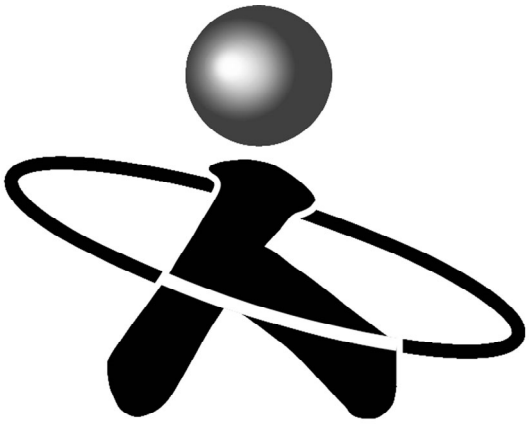


平成 22 年度
日本人間工学会関西支部大会
講演論文集

主催 ： 一般社団法人 日本人間工学会 関西支部
共催 ： 大阪工業大学
日程 ： 2010 年 12 月 4 日(土), 5 日(日)
場所 ： 大阪工業大学大宮キャンパス(大阪市旭区)

平成22年度 日本人間工学会 関西支部大会 スケジュール

12月4日（土）

	1号館3階131	1号館3階132	1号館3階133
9:30	受付（1号館2階多目的室）		
10:00	OS1 観察工学・サービス工学の新しい取り組み	1A1 技能	1A2 安全・ヒューマンエラー
12:00	昼　食　／ 役員会(8号館5階レストラン白馬)		
13:30	OS2 感動を測る・伝える技術開発	1P1 人間計測・人間特性	1P2 歩行・動作
15:00			
15:20	教育講演(4号館6階462) 「人間工学研究のための倫理指針 －背景・概要・運用の私見－」 石橋 基範 氏 （マツダ（株）技術研究所　主幹研究員）		
16:20			
16:40	特別講演(4号館6階462) 「知能と身体の謎に挑む認知発達ロボティクス」 浅田 稔 氏（大阪大学大学院　教授 /JST ERATO 浅田共創知能システムプロジェクト総括/大阪工業大学客員教授）		
18:10			
18:30	懇親会(6号館15階ルラーシュ)		
20:00			

12月5日（日）

	1号館2階121	1号館3階131	1号館3階132	1号館3階133
9:30	受付（1号館2階多目的室）			
10:00	OS3 企業における人間生活工学の活用	2A11 覚醒・疲労	2A21 温熱	
12:15		2A12 作業負担	2A22 認知・インタフェース	OS4 ドライバ支援への人間工学的アプローチ
13:15	昼　食			
15:00	受付開始14:30 JES公開講座 〈安全人間工学研究部会〉 事故防止のヒューマンファクターズ・アプローチ	2P1 高齢者 OS5 高齢者施設における人間工学が果たす役割	2P2 ユーザ工学 OS6 〈アーゴデザイン部会〉 5年先のペルソナを考える	2P3 運動・スポーツ
17:00				

平成22年度 日本人間工学会 関西支部大会 プログラム

特別セッションプログラム

特別講演 （12月4日　16:40～18:10　462室）		**座長：筒井博司（大阪工業大学）**	
知能と身体の謎に挑む認知発達ロボティクス		浅田 稔（大阪大学大学院工学研究科 教授/JST ERATO浅田共創知能システムプロジェクト総括/大阪工業大学工学部　客員教授）	p. 1
教育講演 （12月4日　15:20～16:20　462室）		**座長：大須賀美恵子（大阪工業大学）**	
人間工学研究のための倫理指針 －背景・概要・運用の私見－		石橋基範（マツダ(株)技術研究所　主幹研究員）	p.13
JES公開講座 【安全人間工学研究部会企画】（12月5日　15:00～17:00　121室） 事故防止のヒューマンファクターズ・アプローチ －第一線からの防止対策の紹介－ 座長：臼井伸之介（大阪大学大学院）			
JES-1	ノーマルオペレーションから学ぶ －LOSA・TEM/CRM訓練－	阿部啓二（西日本旅客鉄道(株)安全研究所）	p.17
JES-2	病院情報システム導入後の医療の変化 －医療安全の視点から－	山口（中上）悦子，朴 勤植，仲谷達也（大阪市立大学医学部）	p.19
JES-3	原子力発電所の安全風土 －質問紙調査と現場調査を通して－	福井宏和（原子力安全システム研究所）	p.21

企画セッションプログラム

第１日（12月4日）

OS1　観察工学・サービス工学の新しい取り組み （10:00～12:00　131室） オーガナイザ・座長：山岡俊樹（和歌山大学）			
OS1-1	構造化サービス設計コンセプト構築方法と評価方法	○山岡俊樹（和歌山大学）	p.23
OS1-2	モデリング手法を用いたサービス表記・評価手法の提案	○藤原義久（三洋電機(株)），山岡俊樹（和歌山大学）	p.25
OS1-3	HDTを活用したサービス観察手法の提案	○塩澤啓之（和歌山大学），藤原義久（三洋電機(株)），山岡俊樹（和歌山大学）	p.29
OS1-4	行動観察によるサービス現場改善（飲食店，鉄道，ホテル）	○松波晴人（大阪ガス行動観察研究所/(株)エルネット）	p.31
OS2　感動を測る・伝える技術開発 （13:30～15:00　131室） オーガナイザ・座長：神宮英夫（金沢工業大学・感動デザイン工学研究所）			
OS2-1	携帯電話における初期使用時の魅力の評価指標の提案 －瞬きと心電図からの検討－	○山岸未沙子，神宮英夫（金沢工業大学），笠松慶子（首都大学東京），木曽宏顕，福住伸一（日本電気(株)）	p.33
OS2-2	共感覚性による香りの表現	○春原吉美（P&Gイノベーション合同会社）	p.37
OS2-3	地域産業振興のためのメディア技術活用プロジェクト報告	○出原立子，伊丸岡俊秀（金沢工業大学）	p.39
OS2-4	高臨場感コンテンツを気軽に楽しむための新たなプラットフォームの提案	○山本知仁（金沢工業大学），高橋光太郎，松田誠矢（金沢工業大学大学院）	p.41

第2日（12月5日）

OS3 企業における人間生活工学の活用 （10:00～12:15 121室） オーガナイザ：畠中順子（(社)人間生活工学研究センター） 座長：道盛章弘（パナソニック電工(株)）			
OS3-0	企画趣旨：企業における人間生活工学の活用	畠中順子（(社)人間生活工学研究センター）	p.45
OS3-1	ASICSにおける高付加価値製品の研究開発 －ランニングタイツ研究開発－	○勝 眞理 （(株)アシックス）	p.47
OS3-2	人間生活工学を活用した家電製品の開発事例	○藤原義久（三洋電機(株)）	p.49
OS3-3	むれ感の部位差に着目した快適性に優れるカーシート	○原田弘孝，石丸園子（東洋紡績(株)）	p.51
OS3-4	パナソニック電工における人間生活工学の取組み例（1） マッサージチェアの開発における人間工学的デザイン戦略	○川口亜紀，小川哲史，関家友子（パナソニック電工解析センター(株)），長野正樹，湯川隆志（パナソニック電工(株)）	p.53
OS3-5	パナソニック電工における人間生活工学の取組み例（2） 眼精疲労軽減を目指した新しい視覚呈示方法の開発	○鈴木優介，福島省吾（パナソニック電工(株)），前田史篤，可児一孝，田淵昭雄（川崎医療福祉大学）	p.55
OS4 ドライバ支援への人間工学的アプローチ （10:45～12:15 133室） オーガナイザ・座長：朝尾隆文（関西大学）			
OS4-1	無信号交差点非優先側通過時の自動車速度に影響を与える主要な交差点環境要因に関する一検討	○小坂洋明（奈良工業高等専門学校）	p.57
OS4-2	接近対象の速度見越しにおける注視時間の影響	○植松良太（関西大学大学院），朝尾隆文，小谷賢太郎，堀井 健（関西大学）	p.59
OS4-3	安全運転行動を促す間接型運転支援システム	○平岡敏洋（京都大学大学院）	p.63
OS4-4	4輪アクティブ操舵車両を用いた車両特性変動に対するドライバ属性と適応特性の相関性に関する一考察	○山元敦生，金子哲也，北澤章平，松浦 譲（大阪産業大学）	p.67
OS5 高齢者施設における人間工学が果たす役割 （14:45～17:00 131室） オーガナイザ・座長：濱田泰以（京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター） 座長：芳田哲也，桑原教彰（京都工芸繊維大学大学院）			
OS5-1	基調講演1：高齢社会における有料老人ホームの役割	○山本晃嘉（株式会社シティー・エステート）	p.71
OS5-2	基調講演2：老年精神医学分野における行動測定の重要性と工学への期待	○成本 迅（京都府立医科大学）	p.72
OS5-3	介護士の疲労自覚症状の特徴	○後藤彰彦（大阪産業大学），笹岡奈津美（京都工芸繊維大学），山本晃嘉（株式会社シティー・エステート）	p.73
OS5-4	介護士の行動に関する解析方法の検討	○松山 稔，山本晃嘉（㈱シティー・エステート），桑原教彰（京都工芸繊維大学）	p.75
OS5-5	高齢者施設で働くケアスタッフの介護意識構造	○川浦孝之，菅谷泰行（関西医科大学）	p.77
OS5-6	入浴介助動作の三次元動作解析 ～一人介助における浴槽の影響について～	○越野哲史，吉川貴士（新居浜工業高等専門学校）	p.81
OS5-7	高齢者向け集合住宅の温湿度変化，照度および騒音に与える土壁施工の影響	○鷹尾憲一（(有)エイチ・イン・ソリューション），芳田哲也（京都工芸繊維大学大学院）	p.83
OS5-8	要介護者の介護状態区分と体力および生活状況調査	○西口初江（羽衣国際大学），芳田哲也（京都工芸繊維大学大学院）	p.85

OS6 【アーゴデザイン部会企画】（15:00～16:30　132室） 5年先のペルソナを考える －マザーキューブによるロードマップ作成手法の検討－ オーガナイザ・座長：新家 敦((株)島津ビジネスシステムズ)			
OS6-1	製品開発を対象とした短期的な人間中心指向ロードマップの一考察　－これまでのWG研究成果から－	新家 敦((株)島津ビジネスシステムズ)	p.87
OS6-2	ドライブレコーダーの発展と課題　－マザーロードマップ活用の予防安全技術の近未来－	堀野定雄（神奈川大学）	p.89
OS6-3	マザーロードマップにおける時間変化に配慮した効果的なペルソナ作成	吉井 誠((株)アイ・エス・ティ)，上田義弘（富士通デザイン(株)），新家 敦((株)島津ビジネスシステムズ)，高橋 靖（元千葉工業大学)，細田彰一（日本工業大学)，堀野定雄（神奈川大学）	p.91
OS6-4	短期ロードマップにおける目標設定とライフエンバイロンメント分析　－ドライブレコーダからドライビングエクスペリエンスの支援へ－	○高橋 靖（元千葉工業大学)，新家 敦((株)島津ビジネスシステムズ)，堀野定雄（神奈川大学)，吉井 誠((株)アイ・エス・ティ)，上田義弘（富士通デザイン(株)），細田彰一（日本工業大学）	p.93

一般発表プログラム

第1日(12月4日)午前

1A1　技能　(10:30～11:45　132室)		座長:才木常正(兵庫県立工業技術センター)	
1A1-1	京金網における亀甲形状と感性評価の関係	○府中谷洸介(京都工芸繊維大学), 新井実生 , 阪田将揮, 笹岡奈津美(京都工芸繊維大学大学院), 久米 雅(京都文教短期大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学)	p.95
1A1-2	自動車部品をオールハンドで板金加工する匠の工程分析	○澤田貞良(NPO法人伝統みらい), 因幡兵次郎(元(有)イナバ), 新井実生, 阪田将揮, 笹岡奈津美(京都工芸繊維大学大学院), 久米 雅(京都文教短期大学), 後藤彰彦(大阪産業大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学)	p.99
1A1-3	普通旋盤加工における熟練者(プロ)と学生の製品における相違	吉川貴士(新居浜工業高等専門学校), ○辻中健史, 佐伯宣孝, 真鍋和弘, 越智三義(西条市産業経済部), 越野哲史(新居浜工業高等専門学校), 芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院), 久米 雅(京都文教短期大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学大学院)	p.101
1A1-4	異なる茶筅を用いた点前における薄茶表面の泡の形状分布解析および生成過程の比較	○古川直希, 後藤彰彦(大阪産業大学), 井植美奈子, 太田 達, 濱崎加奈子(京都工芸繊維大学), 濱田泰以, 芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)	p.103
1A1-5	運針における熟練者と非熟練者の脳活動の比較	○大森正子(神戸女子大学), 宮尾 克(名古屋大学大学院)	p.105
1A2　安全・ヒューマンエラー　(10:30～12:00　133室)		**座長:岡田 明(大阪市立大学大学院)**	
1A2-1	リスク傾向と交通違反経験との関連	○森泉慎吾, 臼井伸之介(大阪大学大学院)	p.107
1A2-2	無線連絡受信後における鉄道運転士の注意特性 ー運転経験年数別による検討ー	○上田真由子, 久保田敏裕, 沖 覚(西日本旅客鉄道(株)安全研究所), 臼井伸之介(大阪大学大学院)	p.111
1A2-3	鉄道運転シミュレータにおけるトラブルイベント発生時のエラー分析	○和田一成, 守屋祥明, 横江隆司, 沖 覚, 藤野秀則(西日本旅客鉄道(株)安全研究所)	p.115
1A2-4	大学における化学薬品飛散事故の実態と保護具非着用の背景要因	○太刀掛俊之(大阪大学教育・情報室), 山本 仁(大阪大学安全衛生管理部), 臼井伸之介(大阪大学大学院)	p.119
1A2-5	高齢者のヒューマンエラーに起因した製品事故の検討 ～電動車いすによる事故のヒューマンエラーとリスクの分析～	○久本誠一(製品評価技術基盤機構/京都工芸繊維大学)	p.121
1A2-6	単純作業におけるミスの発生原因について ～紙仕分け実験の考察～	○上平宇篤(中央ビジネスグループ), 豊山裕之(松潮物流(株)), 太田智子(NPO法人伝統みらい), 新井実生, 笹岡奈津美, 阪田将揮, (京都工芸繊維大学大学院), 久米 雅(京都文教短期大学), 濵田泰以(京都工芸繊維大学)	p.123

第1日(12月4日)午後

1P1　人間計測・人間特性　(13:30～15:00　132室)		**座長:渋谷 雄(京都工芸繊維大学)**	
1P1-1	掌上の刺激呈示位置がPhantom Sensationの知覚に与える影響	○林 勝佳(関西大学大学院), 木戸順規, 近藤和久, 小谷賢太郎, 朝尾隆文(関西大学)	p.125
1P1-2	眼間解像度差を用いた立体視環境のための解像度差融像限界に関する研究	○宮崎鷹男(大阪工業大学大学院), 中泉文孝(大阪工業大学)	p.129
1P1-3	時分割式立体視映像の奥行き知覚の個人差に関する基礎的検討	○土屋宏朗(大阪工業大学大学院), 大須賀美恵子(大阪工業大学)	p.131
1P1-4	他者の行動に対する印象評定と評定者の性格との関係	○斎川実里(金沢工業大学大学院), 山田真司(金沢工業大学)	p.133
1P1-5	ヒューマン･モニタリングシステムの開発 －表情の計測・解析・評価システム－	○岡部直樹, 有馬正和(大阪府立大学大学院)	p.137
1P1-6	ヒューマン・モニタリングシステムの開発 －ラージモデルによる生体計測システム－	○有馬正和(大阪府立大学大学院), 五島健太(大阪府立大学), 岡部直樹, 山田智貴(大阪府立大学大学院)	p.141
1P2　歩行・動作　(13:30～15:00　133室)		**座長:久米靖文(近畿大学)**	
1P2-1	姿勢動作改善を目的とした聴覚情報による筋電バイオフィードバックシステムの検討	○高部 涼, 岡田 明(大阪市立大学大学院), 山下久仁子(大阪市立大学研究支援課)	p.143
1P2-2	車いす着座位におけるドアノブ回転操作の困難度評価　－デジタルヒューマンの応用－	○水谷勝一(摂南大学大学院), 福井 裕, 川野常夫(摂南大学), 杉村延広(大阪府立大学大学院)	p.145
1P2-3	デジタルヒューマン"Jack"による移乗介助動作の腰部負担評価	○田中優介(摂南大学大学院), 福井 裕, 西田修三, 川野常夫(摂南大学理工学部)	p.149
1P2-4	手すりを使用した階段避難歩行の浸水時における姿勢安定性	○森 隆(関西大学大学院), 小谷賢太郎, 石垣泰輔(関西大学), 馬場康之, 戸田圭一(京都大学防災研究所), 朝尾隆文(関西大学)	p.153
1P2-5	楽しみながら歯磨き運動を促進するシステムと上肢動作の分析	○坂口智美, 脇 春香, 橋本 渉, 井上裕美子(大阪工業大学), 黒沢晶浩(大阪工業大学大学院), 中泉文孝, 大須賀美恵子(大阪工業大学)	p.157
1P2-6	独立成分分析の復元作用素を利用した手・腕動作の判別	○棒谷英法, 得永翔也, 岩谷智一(大阪工業大学大学院), 大須賀美恵子(大阪工業大学)	p.159

第2日（12月5日）午前

2A11　覚醒・疲労　（10:00～11:00　131室）		**座長：村井康二（神戸大学大学院）**	
2A11-1	ドライバの覚醒維持を目的としたパーカッション演奏の運転への影響	○赤川由里子，大須賀美恵子（大阪工業大学），石田　健二（(株)デンソー）	p.161
2A11-2	トラックドライバーの疲労度調査	○豊山晶子（京都工芸繊維大学），豊山裕之（松潮物流(株)），上平宇篤（中央ビジネスグループ），太田智子（NPO法人伝統みらい），笹岡奈津美（京都工芸繊維大学），久米 雅（京都文教短期大学）	p.165
2A11-3	早朝光照射の色温度が覚醒に及ぼす影響に関する研究	○福田映子，田中紀之（大和ハウス工業(株)），筏義人，岩本淳子，村上能庸，佐伯圭吾，高沢 伸（奈良県立医科大学）	p.167
2A11-4	体動データによる徐波睡眠推定法	○神林優太（立命館大学），坪井宏祐，出口明広（立命館大学大学院），萩原 啓（立命館大学）	p.171
2A12　作業負担　（11:15～12:15　131室）		**座長：篠原一光（大阪大学大学院）**	
2A12-1	Toward Evaluation of Student's Onboard Stress Using Salivary Amylase Activity	○村井康二，矢野吉治，福士惠一，林 祐司（神戸大学），脇田慎一，宮道 隆（産業技術総合研究所）	p.175
2A12-2	精神的負荷作業時における情動反応計測の試み －不快情動と脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度との関係－	○岩崎浩暁，萩原 啓（立命館大学）	p.177
2A12-3	身体を基準としたボタン位置と操作方向の認知に関する空間的適合関係 －自動車運転時の押しボタン操作を事例として－	○徐 光明，岡田 明（大阪市立大学大学院），山下久仁子（大阪市立大学研究支援課）	p.181
2A12-4	立位作業者の負担を軽減する靴下の開発とその評価	○荒木隆宏（岡本(株)）	p.183
2A21　温熱　（10:00～10:45　132室）		**座長：梶井宏修（近畿大学）**	
2A21-1	体動センサによる睡眠時空調制御に関する検討	○三宅晋司，山田晋平（産業医科大学），樋江井武彦，安本千晶，重森和久（ダイキン工業(株)）	p.185
2A21-2	夏期における生理量に応じた室温制御の試行実験	○金澤麻梨子（奈良女子大学大学院），久保博子（奈良女子大学），杉崎智子（東芝キャリア(株)）	p.189
2A21-3	温熱負荷テスト時における体温調節反応の季節差	○良川諒介，出町耕一，松尾英樹，芳田哲也，常岡秀行（京都工芸繊維大学大学院），久米 雅（京都文教短期大学）	p.191
2A22　認知・インタフェース　（11:00～12:15　132室）		**座長：久本誠一（製品評価技術基盤機構）**	
2A22-1	「本の海大冒険」（子ども向け図書検索システム）に搭載した 子ども向け図書検索支援ツール「子ども向けキーワード体系表」の検証	○川浦孝之（関西医科大学），遠藤 純（大阪府立中央図書館），土居安子（(財)大阪国際児童文学館）	p.193
2A22-2	情報機器の操作効率に影響を及ぼすメニュー要素に関する研究	○趙 春楣，岡田 明（大阪市立大学大学院）	p.197
2A22-3	聴覚情報を付加した視覚提示の分かりやすさに関する認知工学的研究	○宮野はるな，岡田 明（大阪市立大学大学院），山下久仁子（大阪市立大学研究支援課）	p.199
2A22-4	食事写真を用いた栄養価推定を行う管理栄養士のプロトコル分析による思考の検討	○山本知世子，桑原教彰，森本一成（京都工芸繊維大学大学院），中塚瞳美（甲子園大学大学院）	p.201
2A22-5	ビデオチャットを用いた診察時における医療通訳支援システムのインタフェースの検討	○川島基子，東 拓央，松延拓生，吉野 孝（和歌山大学）	p.205

第2日（12月5日）午後

2P1　高齢者　（13:15～14:30　131室）			**座長：萩原 啓（立命館大学）**
2P1-1	高齢者が床座位から縦手すりに与える荷重について	○三好英樹（製品評価技術基盤機構）	p.209
2P1-2	若齢者と高齢者との調理空間内での視環境評価の比較	○村上慶太（関西大学），原 直也（関西大学），奥田紫乃（同志社女子大学），岩出 浩（関西電力(株)），岩井 彌（パナソニック電工(株)）	p.211
2P1-3	高齢者や障害者の外出を支援するトイレ休憩提示システムの提案	○辻 愛里（京都工芸繊維大学大学院/ATR知能ロボ研），米澤朋子，山添大丈，安部伸治（ATR知能ロボ研），桑原教彰，森本一成（京都工芸繊維大学大学院）	p.215
2P1-4	RFIDを用いた認知症患者用物探し支援システムの提案	○亀山裕貴，赤澤圭亮，桑原教彰，森本一成（京都工芸繊維大学大学院），安田 清（千葉労災病院）	p.217
2P1-5	介護施設入居者に対してのレクリエーション ～塗り絵～	○川畑慎一郎（京都工芸繊維大学），那須真樹((株)ソリトン），桝本博之（B-Bridge International），佐々木智一（佐々木化学薬品(株)），桑原教彰（京都工芸繊維大学院）	p.219
2P2　ユーザ工学　（13:15～14:45　132室）			**座長：森本一成（京都工芸繊維大学大学院）**
2P2-1	高齢者・若者比較に見る使いやすいデザインの考察　－多機能駅券売機の表示と操作にみる研究を通して－	○久保雅義，遠藤智己（京都工芸繊維大学大学院）	p.221
2P2-2	ユーザビリティに配慮した携帯型多言語医療対話支援システムの設計	○尾崎 俊，川島基子，松延拓生，吉野 孝（和歌山大学）	p.223
2P2-3	DEMATELを用いたユーザビリティタスク分析手法の検討	○篠田茉未絵（和歌山大学大学院），山岡俊樹（和歌山大学）	p.227
2P2-4	ウェブのコンテンツ領域に対応したユーザビリティ評価用閲覧状況分析ツールの提案	○松延拓生（和歌山大学）	p.231
2P2-5	Webアクセシビリティの問題点に関する相関ルール抽出	田中悠輝，仙波元樹，○岡田英彦（京都産業大学）	p.235
2P2-6	製品開発におけるユーザ要求事項抽出のためのインタビュー方法の提案（1）	○森田祐輔，山岡俊樹（和歌山大学）	p.237
2P3　運動・スポーツ　（13:15～14:45　133室）			**座長：川野常夫（摂南大学）**
2P3-1	活動筋冷却が漸増負荷運動時の有酸素性能力に与える影響	○松尾英樹，出町耕一，良川諒介，芳田哲也，常岡秀行（京都工芸繊維大学大学院），久米 雅（京都文教短期大学）	p.241
2P3-2	運動中における食道温と熱流補償法を用いて測定した深部体温の関係	○出町耕一，松尾英樹，良川諒介，芳田哲也，常岡秀行（京都工芸繊維大学大学院），久米 雅（京都文教短期大学）	p.245
2P3-3	走行時情報計測システムの開発	○大賀洸太朗（摂南大学大学院），橋本正治（摂南大学）	p.249
2P3-4	槍投げにおける筋電センサと加速度センサを併用した成績評価に関する研究	○佐野川谷陽介（摂南大学大学院），橋本正治（摂南大学）	p.251
2P3-5	重心動揺計によるアーチェリーの熟練度の評価	○坂本有輝，大賀洸太郎（摂南大学大学院），橋本正治（摂南大学）	p.253
2P3-6	無線モジュールを用いた運動促進システムの開発	○山根信吾，井上裕美子，橋本 渉，中泉文孝，大須賀美恵子（大阪工業大学）	p.255

セッション一覧

	日	時間	テーマ
特別講演	12 月 4 日	16:40～18:10	知能と身体の謎に挑む認知発達ロボティクス
教育講演	12 月 4 日	15:20～16:20	人間工学研究のための倫理指針 －背景・概要・運用の私見－
JES 公開講座	12 月 5 日	15:00～17:00	【安全人間工学研究部会企画】 事故防止のヒューマンファクターズ・アプローチ －第一線からの防止対策の紹介－
OS1	12 月 4 日	10:00～12:00	観察工学・サービス工学の新しい取り組み
OS2	12 月 4 日	13:30～15:00	感動を測る・伝える技術開発
OS3	12 月 5 日	10:00～12:15	企業における人間生活工学の活用
OS4	12 月 5 日	10:45～12:15	ドライバ支援への人間工学的アプローチ
OS5	12 月 5 日	14:45～17:00	高齢者施設における人間工学が果たす役割
OS6	12 月 5 日	15:00～16:30	【アーゴデザイン部会企画】 5 年先のペルソナを考える －マザーキューブによるロードマップ作成手法の検討－
1A1	12 月 4 日	10:30～11:45	技能
1A2	12 月 4 日	10:30～12:00	安全・ヒューマンエラー
1P1	12 月 4 日	13:30～15:00	人間計測・人間特性
1P2	12 月 4 日	13:30～15:00	歩行・動作
2A11	12 月 5 日	10:00～11:00	覚醒・疲労
2A12	12 月 5 日	11:15～12:15	作業負担
2A21	12 月 5 日	10:00～10:45	温熱
2A22	12 月 5 日	11:00～12:15	認知・インタフェース
2P1	12 月 5 日	13:15～14:30	高齢者
2P2	12 月 5 日	13:15～14:45	ユーザ工学
2P3	12 月 5 日	13:15～14:45	運動・スポーツ

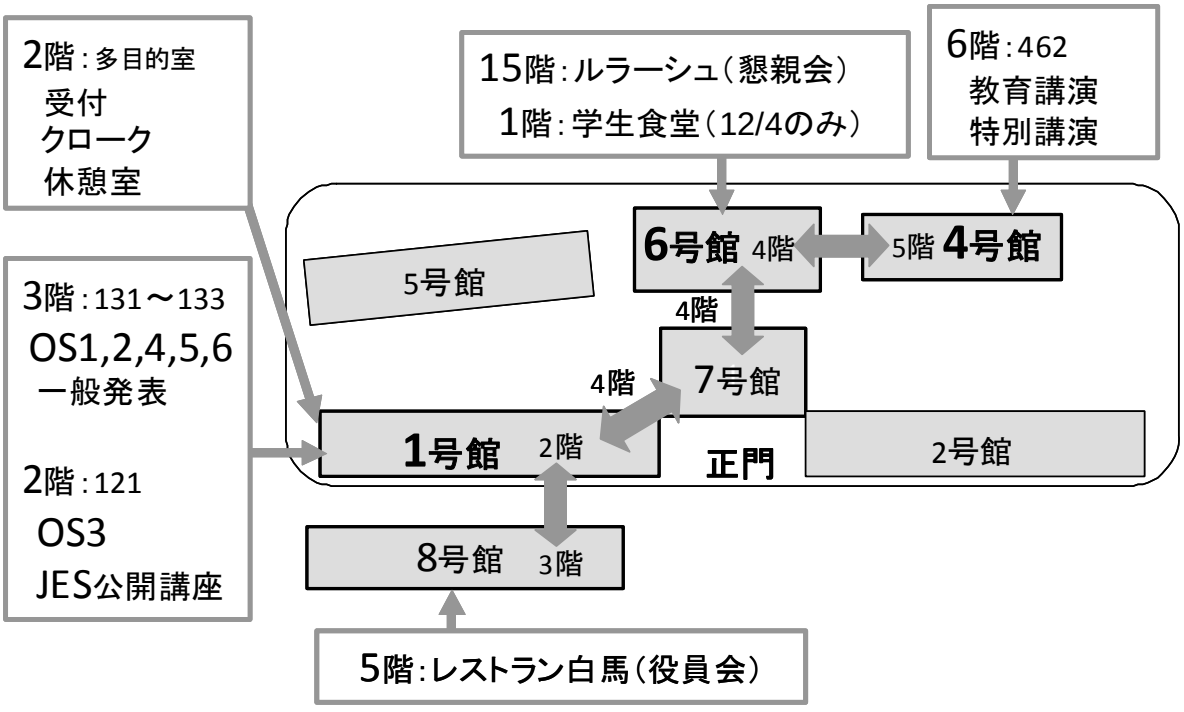
発表者へのご案内

- 各部屋にはプロジェクタが設置されています． 15 ピンの VGA ケーブルを準備しております．パソコンは各自ご用意ください．準備できない方は，予め大会事務局にご連絡ください．
- 一般演題の発表時間は 15 分（発表 12 分，質疑 3 分）です．第 1 鈴 10 分，第 2 鈴 12 分，第 3 鈴 15 分とします．セッション開始前にパソコンの接続チェックを行っていただき，スムーズな進行にご協力ください．
- 企画セッションの時間配分は，オーガナイザにお任せしております．

参加者へのご案内

- 駐車場スペースがありませんので，公共交通機関をご利用ください．
- 1号館 2 階の受付にお越しください． 教育講演・特別講演からお越しになる方は，4 号館会場前でも受付を行います．
- クロークは 1 号館 2 階です．お預けの際に，お引取りの時間帯をご確認ください．
- 休憩室は 1 号館 2 階です．
- 教育講演・特別講演の会場（4 号館）にはエレベータがありません．移動経路は，会場案内図と現地案内をご覧ください．連絡通路にも段差があり，バリアーフリーでなく申しわけありません．また，女子トイレは 4 階にしかありません．ご不便おかけします．移動の際にお手伝いが必要な方は，受付や会場スタッフにお申し出ください．
- 教育講演・特別講演は，大阪工業大学の教員・学生にもオープンにしております．
- JES 公開講座は，大会参加をされない方にも無料で参加いただきます．
- 役員会は，12/4(土) 12:10 より，8 号館 5 階レストラン白馬で行います．
- 懇親会は，12/4(土) 18:30 より，6 号館 15 階ルラーシュにて行います．ぜひご参加ください．
- 昼食について，12/4(土)は6号館1階の学生食堂を利用いただけます．12/5(日)はご持参いただくか，お弁当（事前申し込み：前日昼まで，受付にて）を購入いただき，休憩室でお召し上がりください．
- 構内は喫煙スペース以外全面禁煙となっていますので，ご協力をお願いいたします．喫煙場所は受付でご案内いたします．

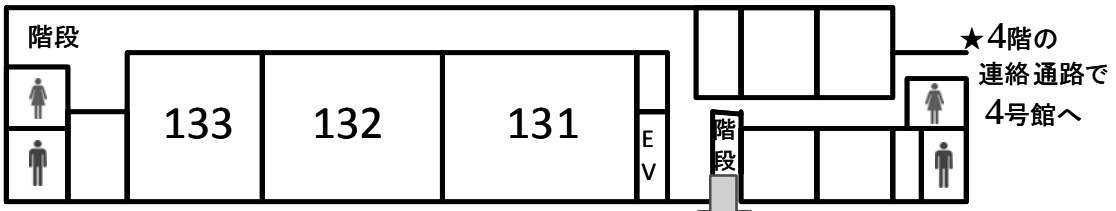
会場案内図



フロアプラン

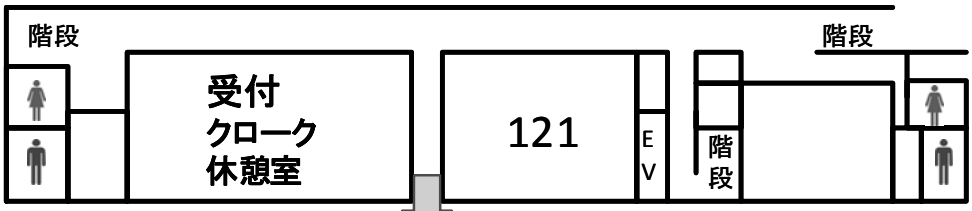
1号館

3階



4号館へは4階に上がり★連絡通路へ

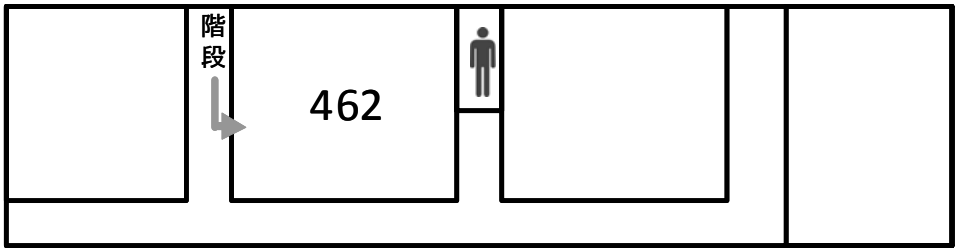
2階



8号館への連絡通路

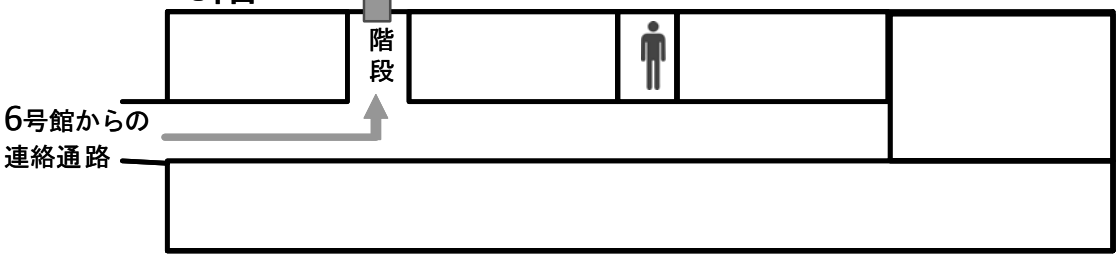
4号館

6階



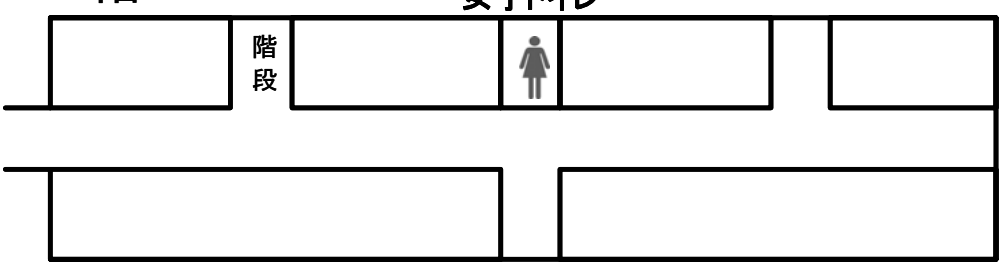
階段を上がり6階講演会場へ

5階



4階

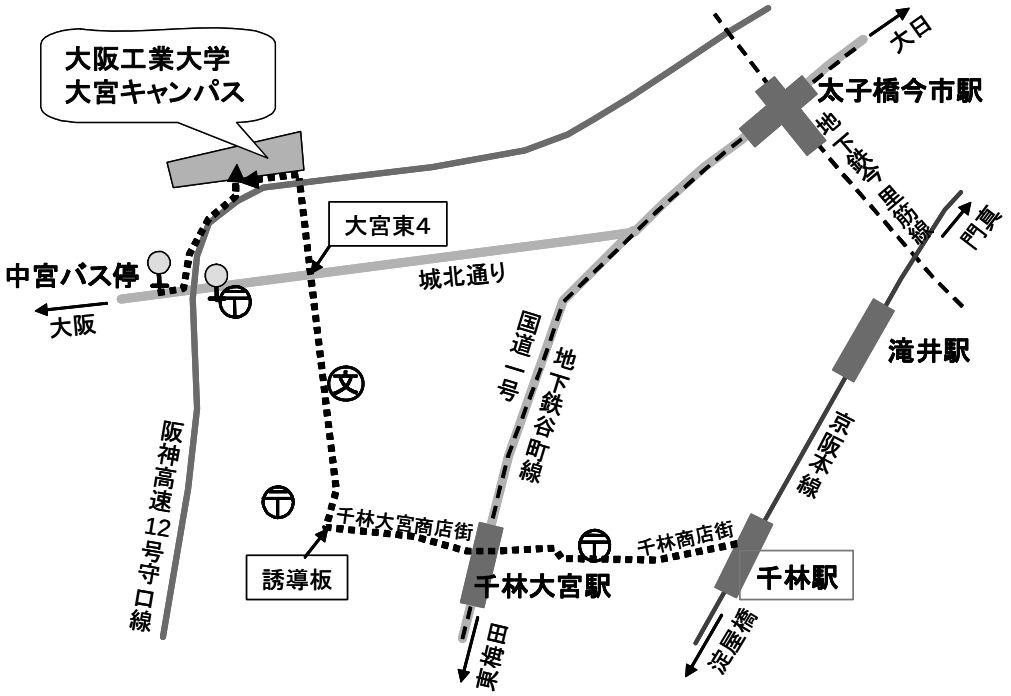
女子トイレ



会場へのアクセス

会場: 大阪工業大学大宮キャンパス（〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1）

アクセス: http://www.oit.ac.jp/japanese/access/omiya.html



★ JR 大阪駅前バスターミナルから

市バス『守口車庫前[34方面』行乗車→中宮[なかみや・大阪工大前]下車（乗車約 25 分），下車後徒歩 3 分

あるいは，東梅田駅から地下鉄谷町線『大日』行乗車→千林大宮駅下車（乗車約 12 分），2 号出口から出て徒歩（約 12 分）

★ 新大阪駅から

御堂筋線『なんば・なかもず方面』行乗車→中津駅下車（乗車約 4 分），2 号出口すぐのバス停『地下鉄・中津』から市バス『守口車庫前[34]方面』行乗車→中宮[なかみや・大阪工大前]下車（乗車約 20 分），下車後徒歩（約 3 分）

★ 大阪（伊丹）空港から

大阪モノレール『門真市』行乗車→大日駅下車（乗車約 35 分），大日駅より地下鉄谷町線『梅田・八尾南方面』行乗車→千林大宮駅下車（乗車約 6 分），2 号出口から出て徒歩（約 12 分）

★ 関西空港から

リムジンバス『京阪守口市駅』行乗車→京阪守口市駅下車（乗車約 70 分），京阪電車『淀屋橋方面』行各駅停車乗車→千林駅下車（乗車約 3 分），下車後徒歩（約 20 分）

あるいは，リムジンバス『京阪守口市駅』行乗車→京阪守口市駅下車（乗車約 70 分），タクシー（約 15 分，1200 円程度）

特別講演

12 月 4 日　16:40～18:10
4 号館 6 階 462 室

「知能と身体の謎に挑む認知発達ロボティクス」

【講演者】

浅田　稔　氏

大阪大学大学院　工学研究科　知能・機能創成工学専攻　教授
JST ERATO　浅田共創知能システムプロジェクト総括
大阪工業大学工学部ロボット工学科　客員教授

【座長】

筒井　博司　（大阪工業大学　教授）

【概要】

人間というミステリーに迫るアプローチには，古来より，哲学，心理学，認知科学，社会学などの主に人文科学的アプローチがあり，また，神経科学，脳科学などの生物学的アプローチがある．これに加え，ロボットという人工物の設計・作動を通じて，人間のミステリーに迫るアプローチとして認知発達ロボティクスがある．本講演では，赤ちゃんの発達過程に焦点をあて，人間の認知発達の謎に迫る研究を紹介する．

【参考文献】

「ロボットという思想 ― 脳と知能の謎に挑む」NHKブックス　2010
岩波講座　ロボット学　第 4 巻「ロボットインテリジェンス」 岩波書店　2006
ブルーバックス「知能の謎―認知発達ロボティクスの挑戦」 講談社　2004

ご略歴　浅田(あさだ) 稔(みのる)

1977 年　大阪大学基礎工学部制御工学科卒業
1982 年　大阪大学大学院基礎工学研究科後期課程修了
同　年　大阪大学基礎工学部助手
1989 年　大阪大学工学部助教授
1995 年　同教授
1997 年　大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻教授
工学博士(大阪大学) となり現在に至る. この間, 1986 年から 1 年間米国メリーランド大学客員研究員. 知能ロボットの研究に従事.

1989 年 情報処理学会研究賞, 1992 年 IEEE/RSJ IROS'92 Best Paper Award, 1996 年 日本ロボット学会論文賞, 1997 年 人工知能学会研究奨励賞, 1999 年 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門貢献賞, 2001 年 文部科学大臣賞・科学技術普及啓発功績者賞, 2001 年 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門賞:学術業績賞, 2004 年 人工知能学会研究会優秀賞, 2006 年 科学技術政策研究所 科学技術への顕著な貢献 in 2006(ナイス ステップな研究者)「イノベーション部門」, 2007 年 (財)大川情報通信基金大川出版賞, 2008 年度 グッドデザイン賞, 2009 ロボット学会論文賞をそれぞれ受賞.

1990 年代初頭からロボカップの活動を開始し, 1996 年秋, 知能ロボットとシステムに関する国際会議で実行委員長を勤める傍ら, プレロボカップ 96 を開催し, 実機デモとシミュレーションリーグの試合を実施. その後 1997 年人工知能国際会議で第 1 回ロボカップ国際大会を開催, 阪大チームを優勝に導く. 2002 年福岡での第 6 回大会では, 総括実行委員長をつとめ, 世界 30 カ国から約 200 チーム, 1000 人の競技参加者, 12 万人の市民がロボカップを観戦した. 日本ロボット学会(元理事), 電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本機械学会(2003 年 4 月からフェロー), 計測自動制御学会, システム制御情報学会, 日本赤ちゃん学会(副理事長), IEEE(fellow since 2005) R&A, CS, AAAI, SMC societies などの会員. NPO ロボカップ日本委員会理事, ロボカップ国際委員会理事(2008 年までプレジデント). 2005 年 9 月より, 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(ERATO)「浅田共創知能プロジェクト」研究総括.

Jst Erato Asada Project

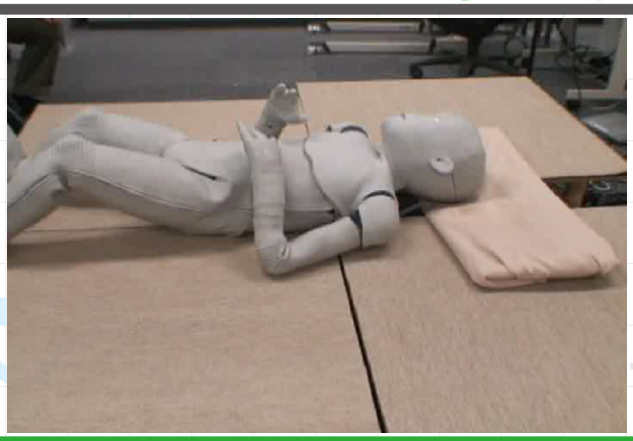
知能と身体の謎に挑む認知発達ロボティクス

浅田 稔
大阪大学大学院工学研究科
JST ERATO 浅田プロジェクト研究総括
ロボカップ国際委員会前プレジデント

平成22年度日本人間工学会
関西支部大会特別講演
@大阪工業大学
2010年12月4日

Video Clips of CB² (1)

Jst Erato Asada Project



本日のお話

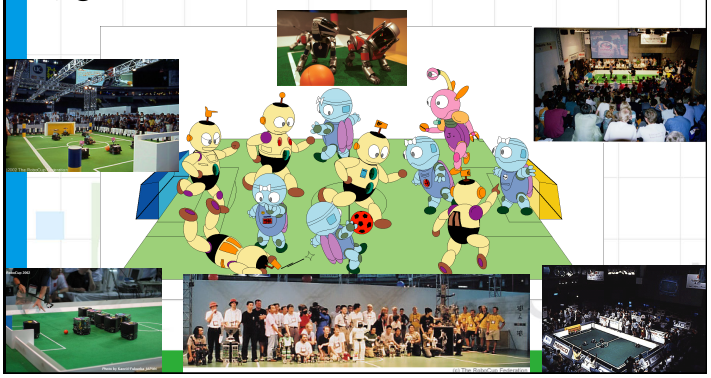
Jst Erato Asada Project

1. ロボカップダイジェストと最新ロボット技術
   - ロボカップヒューマノイドリーグの進化
2. ロボットを通じて人間の心を理解する
   - 心の理論からヒューマノイドサイエンスへ
   - ロボットで人間を知る認知発達ロボティクス
3. アプローチ
   - 新生児模倣の不思議に迫る
   - 抱っこの解析からわかること
   - 親の物理的補助の意味（起き上がり補助の例）
   - 心と言葉のはじまり（共感発達と音声模倣）

ロボカップって何？

Jst Erato Asada Project

- 標準問題を決めて知能ロボット研究をみんなで進める！



なぜロボカップか?

Jst Erato Asada Project

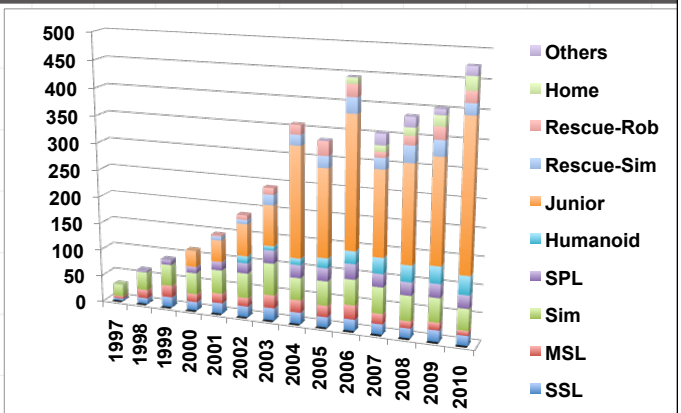
- ランドマークプロジェクト
  - 困難なテーマにチャレンジ
  - チャレンジすることで世の中に役に立つモノが生まれる.
  - みんなが面白いと思うこと

最終目標 ---->

人間のワールドカップチャンピオンチームを11台のヒューマノイドチームが打破

参加チーム数

Jst Erato Asada Project



それで，．．

Jst Erato Asada Project

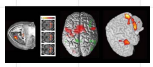
1. ロボットテクノロジーの進化と深化は非常に速い．
2. ロボカップのロボットの行動制御は，設計者の明示的なプログラミングに頼っている．→ロボットの知能は設計者側にあり，ロボット側は再生するのみ．
3. 人間の知能や心の発達のさせ方がよくわかってないので，ロボットの知能の発達のさせ方がわからない．
4. 逆にロボットを通じて，人間の発達のミステリーに迫れるかもしれない．

赤ちゃん学と工学

Jst Erato Asada Project

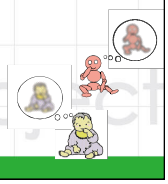
工学が貢献できること

1. 計測技術の供与による検証や新たな現象の発見：代表例はニューロイメージング：fMRI, PETなど



2. 検証手段としての道具の高度化により，人工物を直接，発達研究の場に持ち込み，従来の知見の追認，ならびに新たな現象の発見

3. 認知発達ロボティクス：理解の対象となるヒトの発達モデルを人工物の中に埋め込み，環境のなかで作動させ，その挙動から，発達モデルの新たな理解を目指す



本日のお話

Jst Erato Asada Project

1. ロボカップダイジェストと最新ロボット技術
   - ロボカップヒューマノイドリーグの進化
2. **ロボットを通じて人間の心を理解する**
   - **心の理論からヒューマノイドサイエンスへ**
   - **ロボットで人間を知る認知発達ロボティクス**
3. アプローチ
   - 新生児模倣の不思議に迫る
   - 抱っこの解析からわかること
   - 親の物理的補助の意味（起き上がり補助の例）
   - 心と言葉のはじまり（共感発達と音声模倣）

心の理論とは？(1)

Jst Erato Asada Project

- 心の理論 Theory of Mind
- 1978年 プレマックとウッドラフ(Premack &Woodruff, 1978)が提唱
- チンパンジーの生活を観察

→ チンパンジーが仲間の「心」を推測しているように見える行動を示す

→ 自分以外の存在者に「心」があることをわかっているかどうかを実験的に確認した

→ チンパンジーは仲間や人間が何を考えているのかを，ある程度は推測できる

心の理論とは？(2)

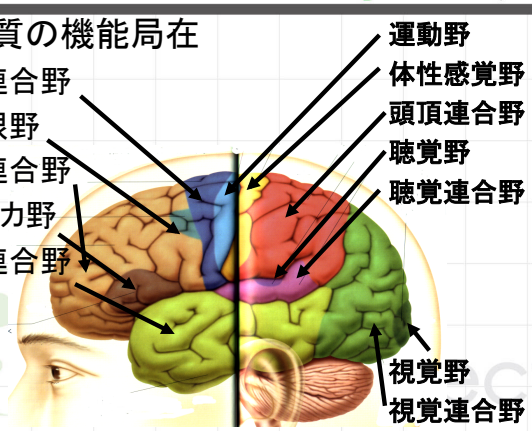
Jst Erato Asada Project

- 「自己および他者の目的・意図・知識・信念・思考・疑念・推測・ふり・好みなどの内容が理解できるのであれば、その動物または人間は『心の理論』を持つ」
- 心の理論 ＝ 自分や他人の心の状態を推測できる能力
- チンパンジー→人間の心理学へ対象を広げていく
- 1980年代乳幼児の発達心理学や自閉症を中心とした障害児心理学で脚光を浴びる

脳の基本構造(1)

Jst Erato Asada Project

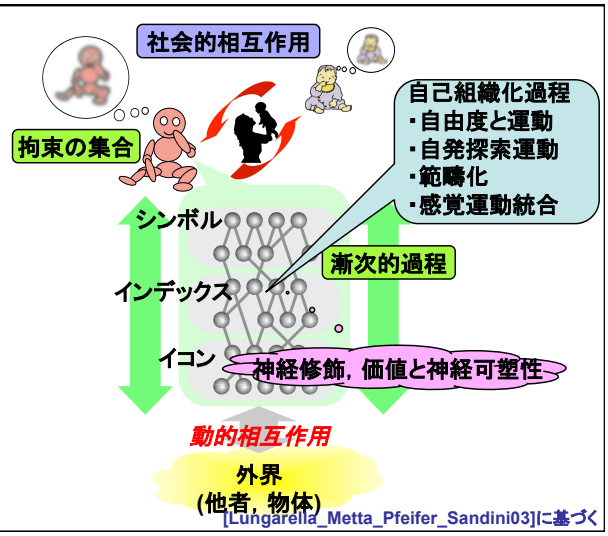
- 大脳皮質の機能局在
  - 運動連合野
  - 前頭眼野
  - 前頭連合野
  - ブローカ野
  - 側頭連合野



脳の基本構造(2)

- 感覚や運動などの末梢系に関しては，脳部位の局在性が比較的よく研究され，理解が進んでいる．
- 認知などの高次系は，いまだよくわかっていない．
- 最近のイメージング技術により，関連する部位が見えつつある．しかしながら，それらがどのようにして獲得されたかに関しては，まだまだ多くのなぞが残されている．
- 赤ちゃんの発達が手がかりになりそう．これまでの静的・受動的な見方から，動的・能動的な見方へ．

発達の多様相



[Lungarella_Metta_Pfeifer_Sandini03]に基づく

胎児の発達の不思議：運動のはじまり

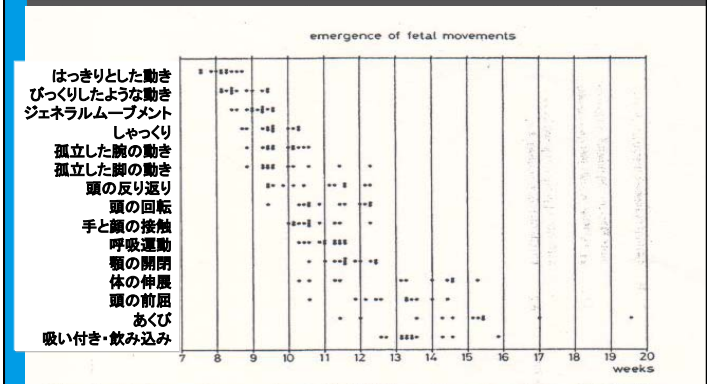
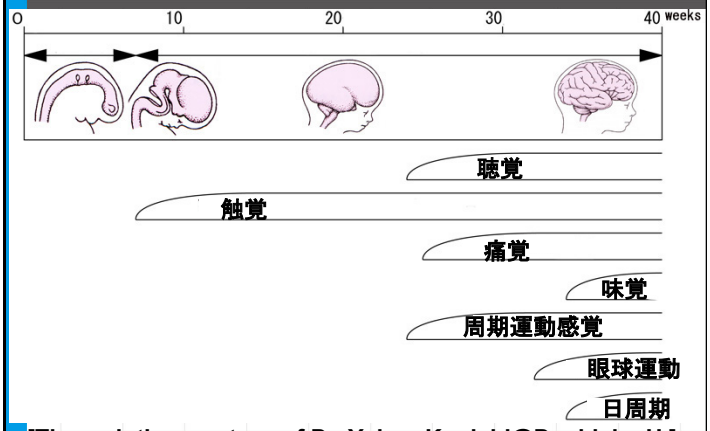


Fig. 1. First occurrence of specific fetal movement patterns. Each dot represents an individual. Ages at observations are given in full weeks and days.

[Vries et al., 1984]

胎児の発達の不思議：感覚のはじまり



[Through the courtesy of Dr. Yukuo Konishi@Doshisha U.]

身体・物体・道具・内的シミュレーションの学習過程

- 5ヶ月：自分の手をじっと見る（手の順・逆モデルの学習）
- 6ヶ月：抱いた人の顔をいじる（顔の視触覚情報の統合）
  いろいろな角度からものを見る（3次元物体認識の学習）
- 7ヶ月：物を落として落ちた場所をのぞく（因果性・永続性の学習）
- 8ヶ月：物を打ち合わす（物体の動力学的モデルの学習）
- 9ヶ月：たいこを叩く、コップを持って口にもって行く（道具使用の学習）
- 10ヶ月：動作模倣が始まる（見ることができない動きをまねる：オツムテンテンなど）
- 11ヶ月：微細握り、他者にものを渡す（動作認知と生成の発達：協調・共同行為の起源）
- 12ヶ月：ふり遊びが始まる（内的シミュレーションの起源）
- 12ヶ月以降：他人の動きを見ながらまねる（皿を洗う、化粧をする、赤ん坊をあやす、車を運転する、掃除をする）

[乾ら，2007]

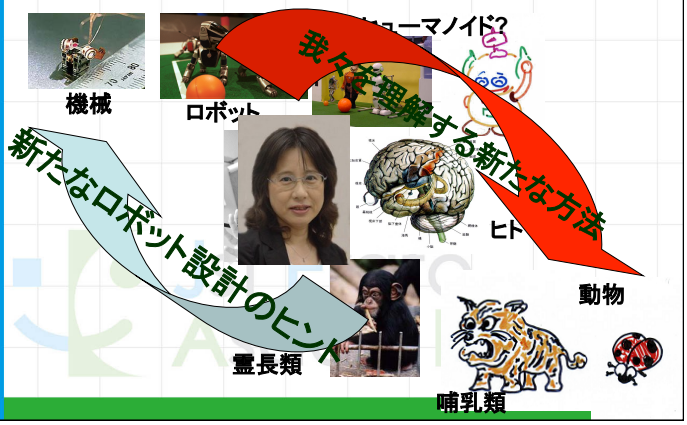
認知発達ロボティクスとは何か？

- これまでのロボット設計論
  - ロボットと環境の物理を設計者が理解し，その帰結のみをロボットの脳に埋め込む
  - 知能はロボット側ではなく設計者側に存在
- 認知発達ロボティクスは理解の過程をロボット自身が環境との相互作用の中で見いだすことを期待
  - 新たな人工物設計論の確立→究極のロボット実現
  - 新たなヒト理解手法の提供

M. Asada et al., "Cognitive developmental robotics: a survey," IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, 1(1): 12–34, 2009.

ヒューマノイド・サイエンス

Jst Erato Asada Project



構成的アプローチの意味

Jst Erato Asada Project

- 人工物の設計論の観点からは，

1. ヒトやロボットにどのような能力や構造が埋め込まれるべきか？→内部構造設計
2. 環境，特に他者とのどのような相互作用がコミュニケーション能力の創発を導くか？→環境設計
3. 時間的発展はどのような構造をもちうるか？

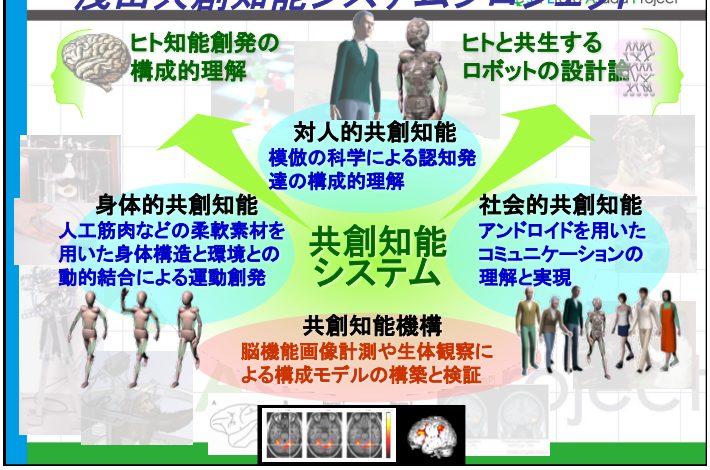
といった疑問に答えなければならない．またヒトをはじめとする生物とのアナロジーや相同性を議論するためには，これらの背景にある神経科学的基盤や行動学的レベルの検証も必要．

最新刊の書籍

- 2010年6月25日刊行
- ロボットインテリジェンス＋ロボット未来世紀＋最新成果＋浅田のつぶやき

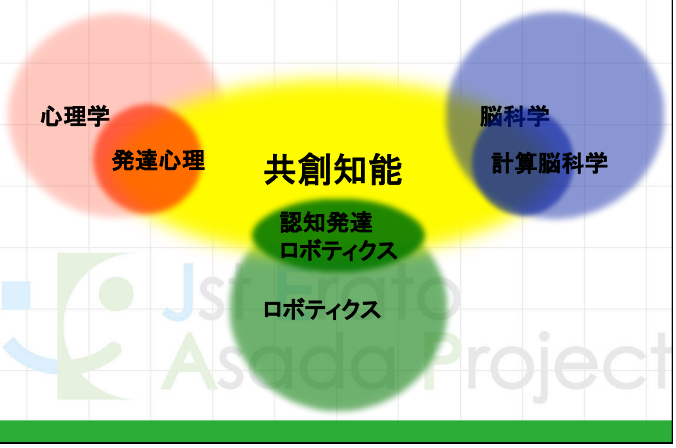
JST ERATO 浅田共創知能システムプロジェクト

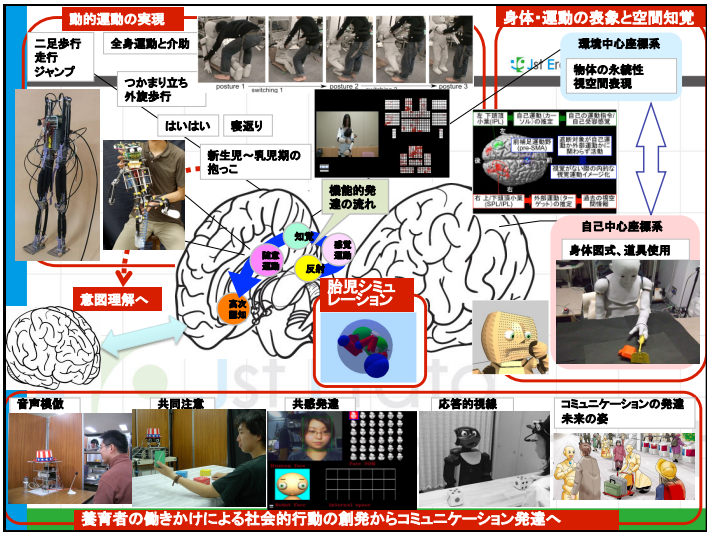
Jst Erato Asada Project



アプローチと現状

Jst Erato Asada Project





本日のお話

Jst Erato Asada Project

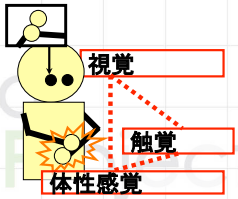
1. ロボカップダイジェストと最新ロボット技術
   - ロボカップヒューマノイドリーグの進化
2. ロボットを通じて人間の心を理解する
   - 心の理論からヒューマノイドサイエンスへ
   - ロボットで人間を知る認知発達ロボティクス
3. アプローチ
   - 新生児模倣の不思議に迫る
   - 抱っこの解析からわかること
   - 親の物理的補助の意味（起き上がり補助の例）
   - 心と言葉のはじまり（共感発達と音声模倣）

新生児模倣の不思議

Jst Erato Asada Project

- 生後数時間で舌だし，口の開閉，唇の突き出しなどの模倣 [Fuke, Ogino, Asada 07]

- 不思議？
  1. 体の部位の対応
  2. 部位の運動制御
- 生得しかないのか？
- 学習の可能性
  1. 母胎内で何が可能か？
- ロボットモデルでの仮説検証



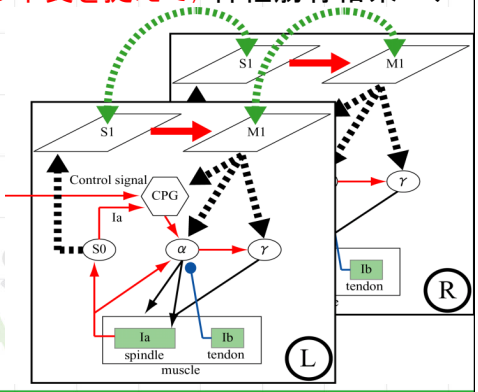
[Fuke, Ogino, Asada 07]

胎児脳の発達シミュレーション(1)

[Sangawa & Kuniyoshi 06]

Jst Erato Asada Project

- 生物システムの本質を捉えて，神経筋骨格系モデルを構築．
- 骨格，筋肉，筋紡錘，腱，脊椎回路，延髄回路（CPG：中央パタン生成器）と基礎的な皮質モデルからなる．

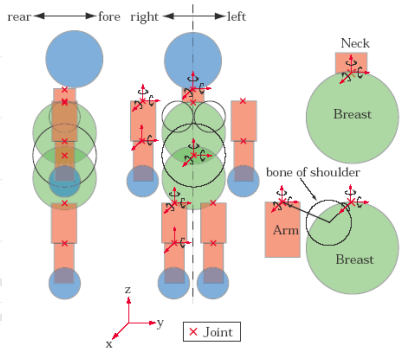


胎児脳の発達シミュレーション(3)

[Sangawa & Kuniyoshi 06]

Jst Erato Asada Project

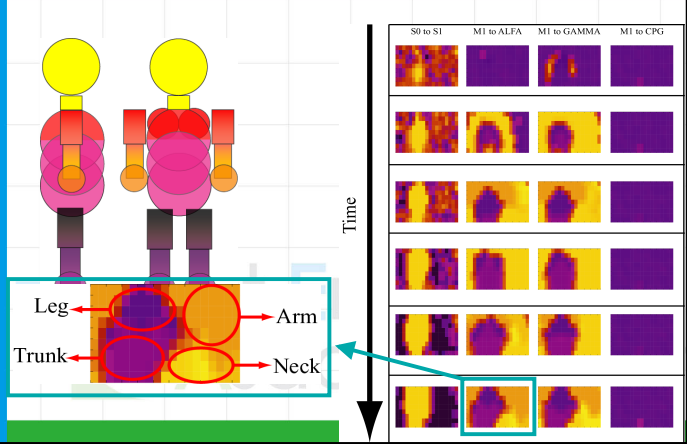
- 人体に拡張したモデルを導入し，初期実験．
- 19の球や円筒で身体を近似．198の筋肉を持つ．
- 寝返りやはいはいなどの意味ある行動パタンが創発された．これは，事前に定義された制御システムが全くない状況で，神経ー身体ダイナミクスにより，意味ある行動が発見され，生成される可能性を示した．



胎児脳の発達シミュレーション(4)

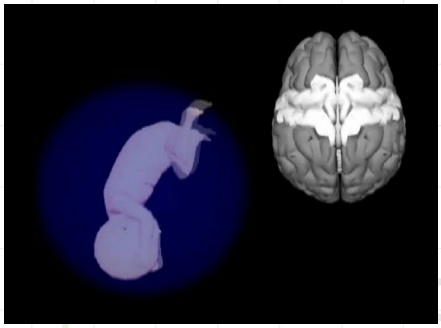
[Sangawa & Kuniyoshi 06]

Jst Erato Asada Project



胎児の動きと学習

Jst Erato Asada Project



羊水
- 流体モデル

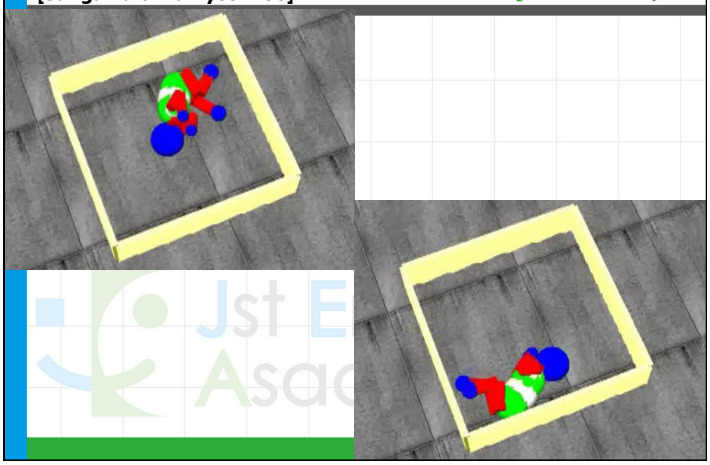
子宮壁
- バネ・ダンパモデル

皮質モデルの可視化
- 発火頻度を表示
  体性感覚野
  運動野

胎児脳の発達シミュレーション(5)

[Sangawa & Kuniyoshi 06]

Jst Erato Asada Project



新生児模倣の不思議

Jst Erato Asada Project

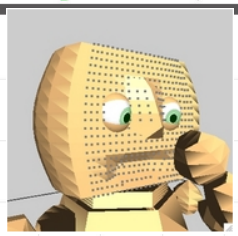
- 仮定:
  - 探索運動:手を探索部として顔や他の身体を接触運動可能 → 関節角速度がわかる.
  - 体性感覚が未発達:触覚分布がわからない. → これを学習で求める試み.
  - 視覚は未発達, しかし, 光の大まかな方向などがわかると仮定する

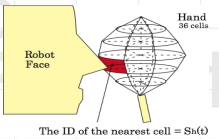
[Eswaran et al., 2002: Magnetoencephalographic recordings of visual evoked brain activity in the human fetus]

新生児模倣の不思議

Jst Erato Asada Project

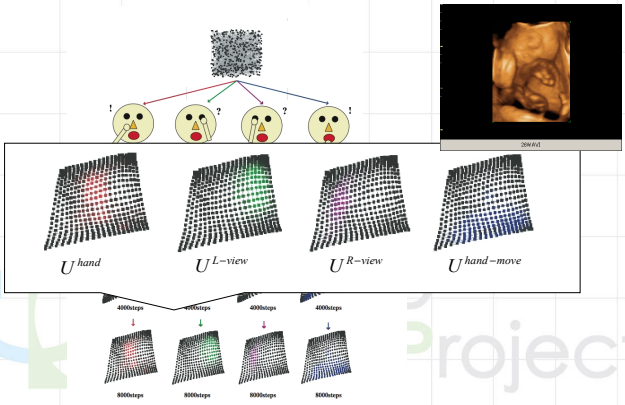
- コンピュータシミュレーション
  - 5自由度のアーム
  - 顔表面に21×21の触覚センサ(配置は不明)
  - 手先は36個の触覚センサを分布配置 → これにより, 両眼, 鼻, 口などが識別可能





新生児模倣の不思議

Jst Erato Asada Project



だけど. .

Jst Erato Asada Project

- 25週の胎児では, 母親の声を聞いて口を開ける反射(?) (明和, 2008).
- 24週で予期的口開け(手が近づこうとすると開口) (Myowa, Takeshita, 2006)
- 随意運動がほとんどなく, 大脳皮質が解剖学的にも機能的にもほとんど残存していない重度の脳性麻痺患者で, 新生児模倣と同様の模倣がみられ, 新生児模倣の神経基盤は皮質下? (Go and Konishi, 2008)

→→→ *どこまでどれくらい生得?*

本日のお話

Jst Erato Asada Project

1. ロボカップダイジェストと最新ロボット技術
   - ロボカップヒューマノイドリーグの進化
2. ロボットを通じて人間の心を理解する
   - 心の理論からヒューマノイドサイエンスへ
   - ロボットで人間を知る認知発達ロボティクス
3. アプローチ
   - 新生児模倣の不思議に迫る
   - 抱っこの解析からわかること
   - 親の物理的補助の意味(起き上がり補助の例)
   - 心と言葉のはじまり(共感発達と音声模倣)

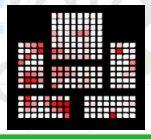
抱っこ実験
（触覚・体性感覚応答行動モデル検証，他者への気づき）

保坂，吉田，國吉，浅田 08

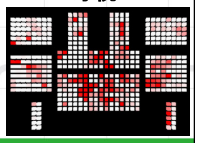
- 抱っこ時の乳児が感じる触覚・体性感覚を再現
  - 様々な条件下での実験が可能 （ある状況でなぜそういう行動をするか等）
- 自分の予測と異なるセンサ情報（触覚、体性感覚）から、他者の存在を認識する

触覚データ

乳児



母親

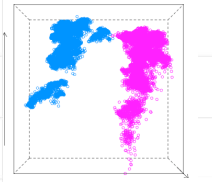


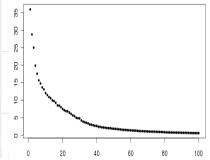
抱っこデータの解析（1）

池嶋，吉田，浅田，國吉（未発表）

Jst Erato Asada Project

- 主成分分析の結果：第一主成分がMom（青），NonMom（赤）を分ける軸
- 第一主成分が安定的なものであるかをLeaveone-out 法を用いて検証→全ての場合で主に第一主成分がMom，NonMom を分ける軸となった．
- 第一主成分の主成分負荷量について相関行列を求めた結果，相関行列の係数の絶対値の最小値が0.900，平均値が0.981 となり高い相関が見られた．



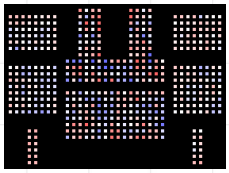


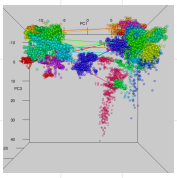
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
寄与率	7.13	5.71	4.96	3.94	3.48	3.11	2.93	2.71	2.59	2.38
累積寄与率	7.13	12.84	17.80	21.74	25.22	28.33	31.26	33.97	36.56	38.94

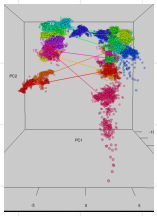
抱っこデータの解析（2）

池嶋，吉田，浅田，國吉（未発表）

Jst Erato Asada Project







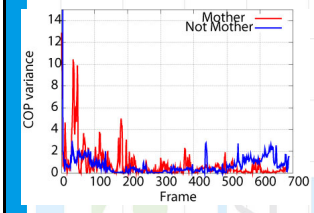
- 第一主成分：Mom（青），NonMom（赤）の分布．Momがおなか中心に対し，NonMomは左手や肩に集中
- 個人でデータは固まるが，第二成分が主に，個別赤ちゃん（横線）に対応している可能性が高い．

抱っこデータの解析（3）：時空間フィルター

Jst Erato Asada Project

保坂，吉田，國吉，浅田

- 胴体の圧力中心（COP）
  - COPの時系列変化



運動データとの統合による3D映像

- 母親の方が時系列的によく変化する

→胴体で乳児の動きを受け止めている

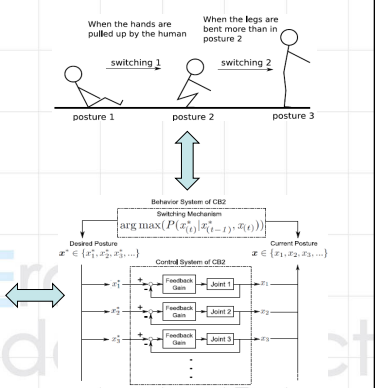
本日のお話

Jst Erato Asada Project

1. ロボカップダイジェストと最新ロボット技術
   - ロボカップヒューマノイドリーグの進化
2. ロボットを通じて人間の心を理解する
   - 心の理論からヒューマノイドサイエンスへ
   - ロボットで人間を知る認知発達ロボティクス
3. アプローチ
   - 新生児模倣の不思議に迫る
   - 抱っこの解析からわかること
   - 親の物理的補助の意味（起き上がり補助の例）
   - 心と言葉のはじまり（共感発達と音声模倣）

CB²のタスク：人間との物理的インタラクション

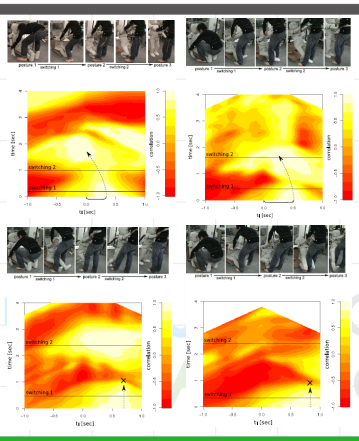
Jst Erato Asada Project



[Ikemoto et al., 08, 09]

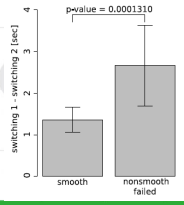
解析結果

Jst Erato Asada Project



主観的な成否を判別するための定性的な特徴を確認

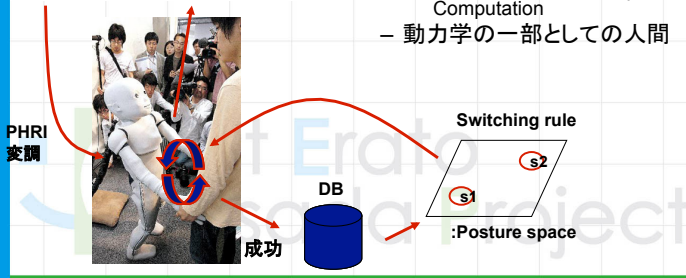
- 目標姿勢切り替えが生じた時間の比較



目標姿勢切り替えルールの学習

Jst Erato Asada Project

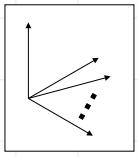
- ロボットの動作の変化⇔人間の動作の変化
- Human-in-the-Loop
  - 評価者としての人間
    - Interactive Evolutionary Computation
  - 動力学の一部としての人間



目標姿勢切り替えモデル

Jst Erato Asada Project

52次元の姿勢空間



主成分分析で次元削減

52 → 2

Gaussian Mixture Model:

EM Algorithm

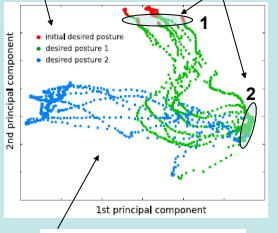
$$\mu_k^{new} = \frac{1}{\alpha_k}\sum_{n=1}^{N}\gamma(z_{nk})x_n$$

$$\pi_k^{new} = \frac{\alpha_k}{N}$$

但し $\alpha_k = \sum_{n=1}^{N}\gamma(z_{nk})$

インタラクション中の各姿勢でどの目標姿勢がとられていたか？

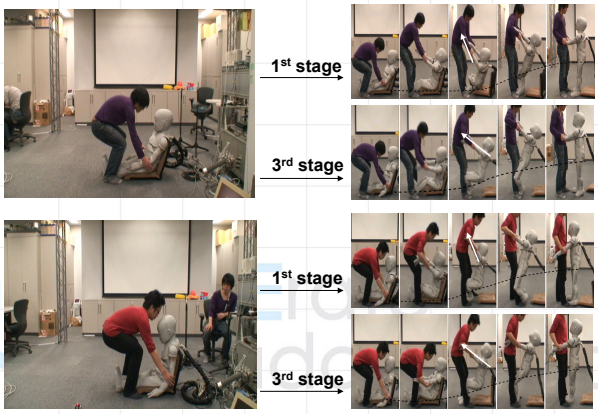
色の変化は姿勢切り替えを表す



人間の物理的補助なしでは、これらの軌道は得られない！

定性的な比較

Jst Erato Asada Project



本日のお話

Jst Erato Asada Project

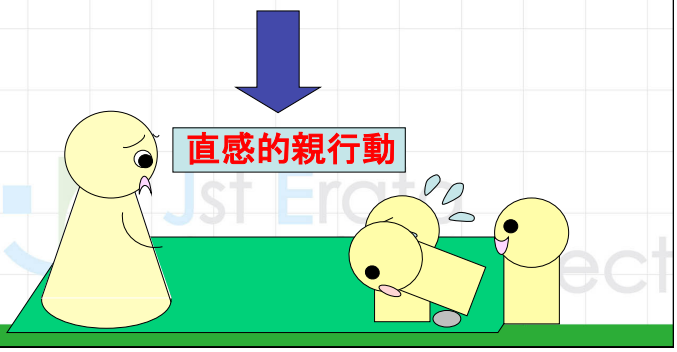
1. ロボカップダイジェストと最新ロボット技術
   - ロボカップヒューマノイドリーグの進化
2. ロボットを通じて人間の心を理解する
   - 心の理論からヒューマノイドサイエンスへ
   - ロボットで人間を知る認知発達ロボティクス
3. アプローチ
   - 新生児模倣の不思議に迫る
   - 抱っこの解析からわかること
   - 親の物理的補助の意味（起き上がり補助の例）
   - 心と言葉のはじまり（共感発達と音声模倣）

表情はどうやって生まれるか？

Jst Erato Asada Project

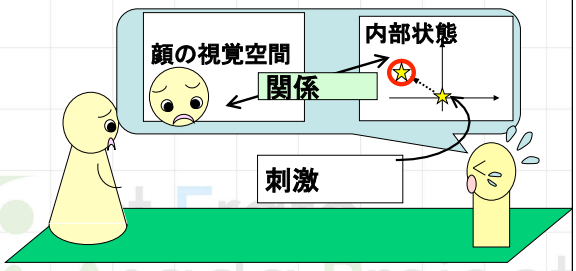
- 親は，子の顔の表情から想定される情動状態に対応して真似したり強調したりする．

[Papousek and Papousek. 1987]



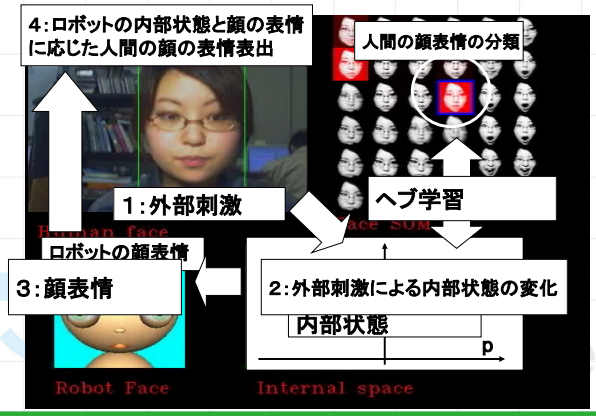
感情はどうやって生まれるか？

- 直感的親行動が子の共感能力の発達を助けていると考えられる. [Gergely and Watson, 1999]



- **直感的親行動を通じた共感の発達過程のモデル化** [Watanabe, Ogino, Asada 07]

感情はどうやって生まれるか？



「あいうえお」の発声の学習

- 赤ちゃんは,
  - 聞くことと声を出すことの関係について知識がない,
  - 未成熟なのでおかあさんの声をそのまま真似できない,

にも関わらず, おかあさんと共通の母音を発声することができる. ロボットはどうやって？

[Yoshikawa et al., 03]

ロボットはどうやって？

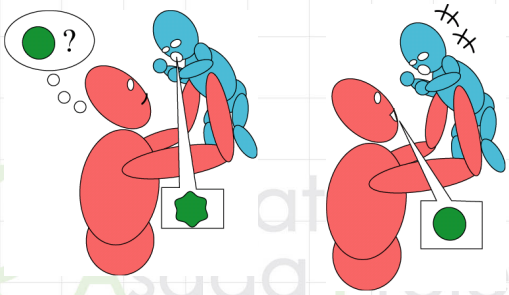
- 目的
  人間の母音を獲得するロボットをつくる.
- 問題:
  - どんなメカニズムが埋め込まれるべきか？
  - 人間はどう行動したらいいか？

ロボットの中身

人間の行動

実際のおかあさんと赤ちゃんは？

- 互いにまねしあってる！



[Masataka and Bloom'94, Pelaez-Noqueras '96] .

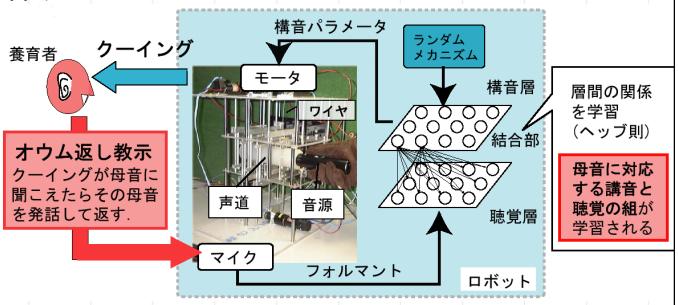
そこで,

- おかあさんと赤ちゃんの関係を, お母さん代わりの学生さんとロボットの関係に置き換える.
- お互いにまねしあうことで, だんだん「あいうえお」がいえるようになる.

母子間相互作用モデル

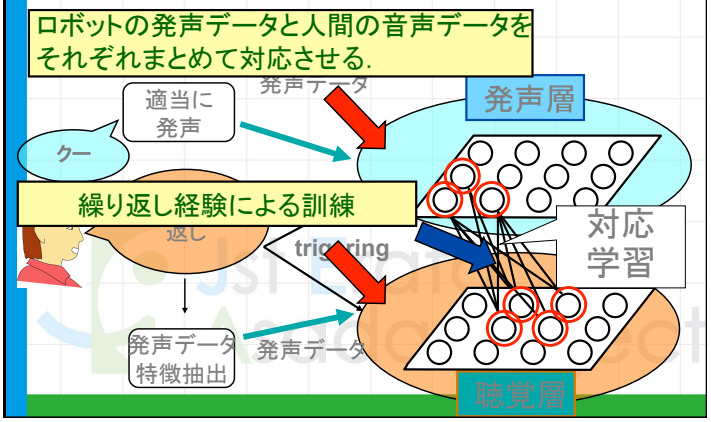
Jst Erato Asada Project

- ロボットが適当に発声→学生さんのオウム返し→ロボットが聞く→ロボットの発声メカに対応→ この繰り返し



どうやって学習する？

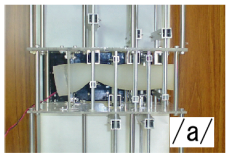
Jst Erato Asada Project

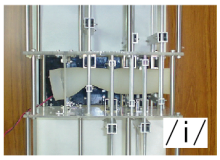


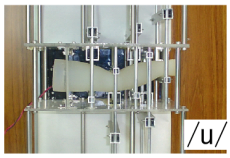
発声時のシリコンチューブの変形

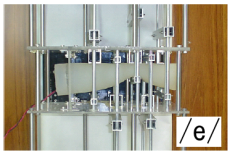
Jst Erato Asada Project

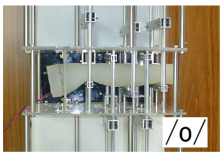
実験







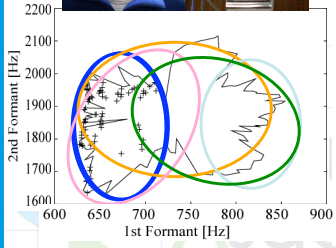


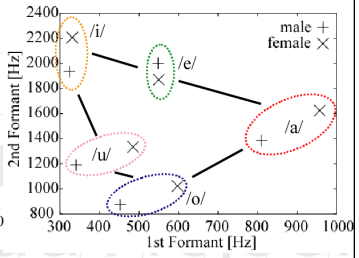


/o/を除いて，識別可能な母音を獲得できた

唇の形を真似るともっと自然に

Jst Erato Asada Project





唇をつけて，真似て．．

Jst Erato Asada Project

二つのバイアス効果

Jst Erato Asada Project

[Ishihara et al. 2003]

- 相互模倣における乳幼児の発達を無意識にガイドする二つのバイアス

1.聞いた音声を自身の母音音声と知覚しようとする知覚マグネットと発声時にも同様のバイアスとして構音マグネット効果．あわせて，知覚運動マグネット効果．

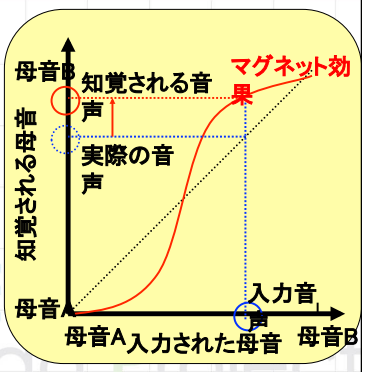
2.相互模倣により，相手の発声音は，自身の発声音に近いと期待する「オートミラリングバイアス」

知覚マグネット効果：知覚範疇

Jst Erato Asada Project

知覚のマグネット効果：
人が自身の知覚する音を実際の音よりも母音や子音に似た音として知覚する現象．[Kuhl ’91]

模倣時に，実際の他者の発声よりも母音に似た音として人は知覚する．



[Ishihara et al., 08]

知覚マグネット効果：知覚範疇

Jst Erato Asada Project

目的

人の模倣音声がモデル通り母音に近い音声となるかを確認

方法

合成音声を聞かせて、できるだけ似るように模倣してもらう

聞かせる音声

母音周りで400音をランダム選択

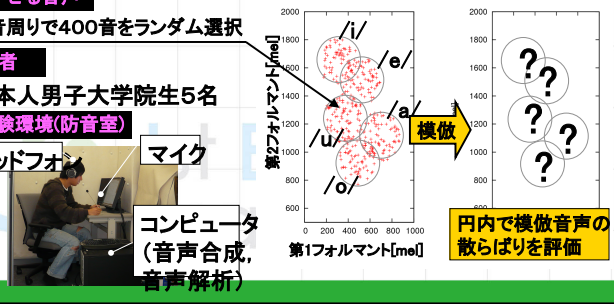
被験者

日本人男子大学院生5名

実験環境(防音室)

ヘッドフォン　マイク

コンピュータ（音声合成，音声解析）

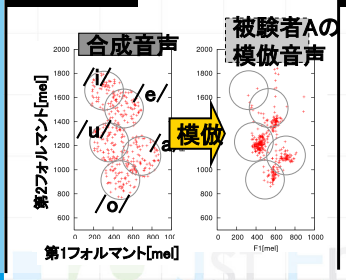


円内で模倣音声の散らばりを評価

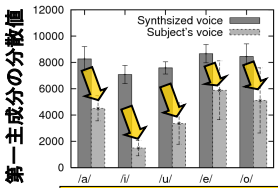
知覚マグネット効果：知覚範疇

Jst Erato Asada Project

実験結果例



解析結果(被験者5名の平均)



各円内で模倣音声の散らばり縮小

分かったこと

人は音声を完全には再現できず，母音により近い音を模倣音声とする

模倣モデルは妥当であるとして、ロボットに搭載

親の自己鏡映的認知が子の母音発達に及ぼす効果[石原ら, 2010]

Jst Erato Asada Project

相互模倣場面における親の模倣の歪みの調査実験

実験手続き

統制群(期待なし)

音声の真似をして下さい．音声はランダムに合成されます．

実験群(期待あり)

音声の真似をして下さい．相手も真似をしてくることがあります．

両群ともランダムに合成される合成音声(単母音)との交互発話

※30音を3セット

※期待の程度は事後アンケートで統制

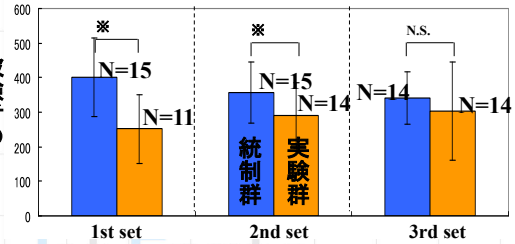
親の自己鏡映的認知が子の母音発達に及ぼす効果

[石原ら, 2010]

Jst Erato Asada Project

相互模倣場面における親の模倣の歪みの調査実験

実験結果



模倣されることを期待していた群(実験群)ほど，被験者自身の直前の発声に似るように模倣した

自身の発声に似た音として母音を歪めて知覚(自己鏡映バイアス)する傾向を示唆

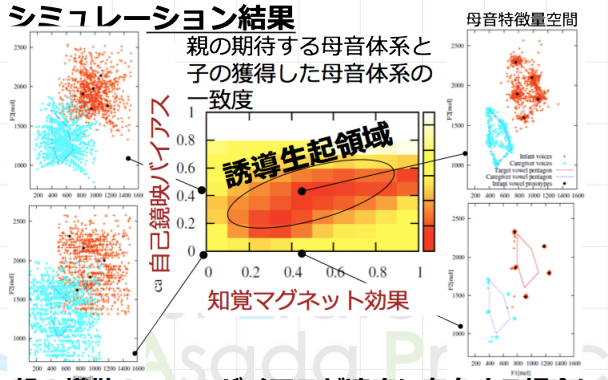
親の自己鏡映的認知が子の母音発達に及ぼす効果

[石原ら, 2010]

Jst Erato Asada Project

シミュレーション結果

親の期待する母音体系と子の獲得した母音体系の一致度



親の模倣の二つのバイアスが適度に存在する場合に乳児の発話が親の母音体系に誘導された

全体まとめ

Jst Erato Asada Project

- ロボットは，感じて，判断して，行動する．
- ロボットは，人間を映す鏡で，ロボットを作って，動かして，人間の不思議を発見する．
- ロボットを通じて，その不思議が分かるかも．．

Jst Erato Asada Project

謝辞

- ERATOプロジェクトリーダーおよび共同研究者

國吉康夫(東大)，石黒浩(阪大)，細田耕(阪大)，乾敏郎 (京大)，荻野正樹(ERATO)，渡邊綾子(元ERATO,阪大修士)，吉川雄一郎(元ERATO,阪大)，三浦勝司(ERATO,阪大博士)，池本周平(元ERATO阪大)，石原尚(阪大院)，研究室の皆さん．

教育講演

12 月 4 日　15:20～16:20
4 号館 6 階 462 室

「人間工学研究のための倫理指針
－背景・概要・運用の私見－」

【講演者】

石橋　基範　氏（マツダ株式会社 技術研究所 主幹研究員）

【座長】

大須賀 美恵子（大阪工業大学 教授）

【概要】

人を対象とした研究では，実験参加者の人権保護，安全確保といった倫理的な配慮が求められる．日本人間工学会では 2009 年 11 月に「人間工学研究のための倫理指針」を策定した．これは，人間工学研究における倫理的配慮の推奨事項をまとめた指針であると同時に，倫理的配慮について学ぶ参考資料としても使えるように作成されている．本講演では，同指針の概要と，実際の運用に対する私見やトピックスを紹介する．

ご略歴　石橋(いしばし) 基範(もとのり)

東京大学 工学部 精密機械工学科 卒業
マツダ株式会社 入社
2009 年 香川大学大学院 工学研究科 知能機械システム工学専攻 博士後期課程 修了
博士(工学)

これまで，運転行動とドライバ個人特性の研究，自動車運転のメンタルワークロードの研究(覚醒低下，精神疲労，ストレス)などに従事し，現在の研究テーマは，運転支援技術開発におけるヒューマンファクタの研究，情報ヒューマンインタフェース技術開発における人間特性(認知等)の研究.
過去に，日本人間工学会の人間工学研究ガイドライン検討委員会，(社)自動車技術会の研究倫理検討委員会(幹事)，(社)人間生活工学研究センターのストレス計測技術安全対策適用性調査委員会などの公的委員会活動にも従事し，現在も，(社)自動車技術会のドライバ評価手法検討部門委員会(幹事)，人間工学領域特設委員会，研究倫理ガイドライン検討委員会(幹事)，ヒューマンインタフェース分科会，(社)人間生活工学研究センターの運転行動データベース活用研究会(主査)で活動を行っている.
日本人間工学会，自動車技術会，ヒューマンインタフェース学会，日本感性工学会，日本生理心理学会の会員. 日本人間工学会 認定人間工学専門家，(社)自動車技術会認定 JSAE プロフェッショナルエンジニア.

人間工学研究のための倫理指針 －背景・概要・運用の私見－

Guidelines of Ethics for Ergonomics Research –Background, Outline and Private View for Operation–

石橋基範*

*マツダ株式会社

ISHIBASHI Motonori*

*Mazda Motor Corporation

1. はじめに

International Ergonomics Association (IEA) の定義によると，人間工学は「システムにおける人間と他の要素とのインタラクションを理解するための科学的学問」とされ [1]，人を対象とした実験，調査，観察といった手法は人間工学で重要な役割を持つ．人を対象とした研究では，特に生命を直接取り扱う医学研究や医療，遺伝子研究等の領域で，医の倫理や生命倫理の問題が議論されてきた．近年では，社会的な動向も受けて，人を対象とした研究領域全般で人権や安全，個人情報の保護等に対する意識が高まっている．そのことを考えると，人間工学において倫理的配慮を行っていくことは社会的責務と考えられる．

本稿では，日本人間工学会が 2009 年に策定した「人間工学研究のための倫理指針 [2]」について概説する．筆者は研究倫理の専門家ではないが，企業で実践していく者の立場でこの指針の検討に携わった．そこで，運用上の私見も交えながら論を進めたい．

2. 倫理指針の策定の背景

歴史を振り返ると，第二次世界大戦時にナチス・ドイツが人体実験を行っていたことはよく知られた史実である．これはニュルンベルク裁判で取り上げられ，人体実験の反省から，医学研究での倫理に関する 10 原則「ニュルンベルク綱領 [3]」が 1947 年に示された．ニュルンベルク綱領では，医学研究において被験者の自発的同意が絶対に不可欠で，そのために実験内容（方法，危険要因，健康影響等）を理解してもらうことが必要なこと，実験で解決される問題の重要さよりリスクが上回ってはならないこと，被験者が実験を中止できること等を述べており，被験者の人権を保護，尊重する内容である．これを受けて，世界医師会は，人を対象とする医学研究の倫理的原則である「ヘルシンキ宣言」を 1964 年に採択した．ヘルシンキ宣言 [4]は修正を重ねられ，現在，人を対象とした研究の倫理の根幹となっているが，本質はニュルンベルク綱領と変わらない．このような歴史を考えると，研究倫理は人権保護に根ざすものと捉えられる．

このように医学では早くから研究倫理の議論が行われてきた．また，心理学では，被験者への配慮を教育課程の中で知識として得て，同時に研究手続きを通して実践することで，倫理意識が芽生えてきたという見方もある [5]．

なお，人を対象とした研究の倫理的原則や指針に関しては，我々人間工学従事者に分かりやすい形で大須賀美恵子先生が概説 [6]しているので，そちらを参照されたい．また，以降，引用の場合を除き，「被験者」に替えて，「研究を実施される者」等の意味で広義かつ中立的に捉えて「研究対象者」を使用する．

工学分野では，人を対象とした研究の倫理は工学上の諸々の倫理的問題の一部とも見られるが，人を対象としたデータ収集やその成果公表という活動の裾野が広がってきたことで，人を対象とした研究倫理の問題が徐々に浮き彫りになってきたという [7]．本学会の「人間工学研究ガイドライン検討委員会」委員長を務めた横井孝志先生によると，医学や医療分野とは異なり，人間工学分野では，日常や就労の場面で日々発生するような心身負荷や負担に近いレベルの研究課題が多く（しかも治療のような直接的利益が研究対象者にないのに負担はある），内容が多

岐にわたり，研究手法は実験，観察，調査と多種多様であるといった特徴を持つ [7]．そのため，医学分野の研究倫理指針は基本理念としては受け入れられても，具体的対策となると実態に合わないことも多い [7]．そこで，人間工学の特質を考慮した指針が望まれる．世界的には，IEA が Code of Conduct for Ergonomists [8] を 2006 年に制定し，人間工学従事者の倫理的原則や，職務上，研究上の行動規範を示した．しかし，ややもすれば具体性に欠ける．また，倫理的側面は文化や地域性，時代性等の影響を受けることも考えると，日本人間工学会における実践的な研究倫理指針の策定が必要との認識が形成され [7]，前述の委員会での議論を経て「人間工学研究のための倫理指針」の策定に至った．

3. 「人間工学研究のための倫理指針」の概要

倫理指針について論を進めるにあたり，考え方ばかりを取り扱っては具体的方策や手続きが分かりにくくなる．一方で，具体的な方策や手続きの話に終始しては，形式を整えることを助長したり，問題ある実験や調査でも公表しなければいいという誤った認識を生んだりする危険性もある [6]．いずれの方法でも短所があることを認識せざるをえない．

「人間工学研究のための倫理指針」は，第一部「基本編」，第二部「実践編」の二部構成である．第二部には具体的事例やノウハウが豊富に記載されており，実務者にとって有用かつ即効的な内容となっている．そこで，本稿では，基本編の内容に沿って，私見を交えながら考え方のポイントを概説したい．必要に応じて実践編の内容にも触れるが，詳細は指針本文に委ねる．

3.1 目的・用語の定義・適用範囲

この倫理指針は，実務者が研究実施にあたっての参考資料と，人間工学初学者が人間工学研究の倫理的配慮について学ぶ参考資料という，2 つの意味を持っている．人間工学初学者が指針のこの部分で誤認識を持つと，その後の理解が深まらないように思われる．

まず，本指針は学会としての推奨事項である．強制力はなく，運用は各研究者や組織に委ねられる．とは言え，本指針に準拠することで自らの研究活動の倫理的な妥当性を担保することにもつながる．研究倫理の遵守は研究対象者の人権保護のみならず，倫理的に配慮された研究実施内容を保護するという目的があることを認識しておきたい．

また，人間工学の研究手法として，統制が伴う実験，人為的要因ができるだけ入らない状態での観察，質問紙や面接等による自然な活動状態の記録に基づく調査の 3 つを本指針で挙げている．研究倫理というと生体反応計測を伴う実験に目が行きがちだが，作業環境の主観的評価やフィールド（労働や生活の実場面等）での行動観察といった活動も対象になる．

なお，本指針で重要な意味を持つ「倫理審査委員会等」「個人情報」「インフォームド・コンセント」の 3 つには，次節で触れることにする．

本指針の適用範囲は「人間工学研究」の一連のプロセスである．大学等で教育（授業や実習等）の一環として行われるデータ収集や，企業や団体が専門の技術者や評価者等を用いて通常業務の中で行う実験，調査等（例えば製品や環境等の評価業務）は対象外である．企業や団体の通常業務は研究倫理とは別の範疇（法人倫理や企業倫理等）と捉えている．ただし，教育や業務の一環であっても，学会発表や研究論文化，講演等で公表可能性がある場合は対象範囲とし，本指針を参考にすることが望ましい．

3.2 研究実施者等が遵守すべき基本原則

まず，「科学的，倫理的妥当性等の確保」を謳っている．そのために，研究の実施前に科学的妥当性，倫理的妥当性に十分配慮した計画を立案し，それを研究計画書の形で具体的に見えるようにした上で，「倫理審査委員会等」で審議して承認を得るというプロセスを示している．つまり，研究計画の立案，研究計画の審査，研究の実施という流れになる．

本指針で，「倫理審査委員会等」の定義は「研究実施の適否やその他研究に関して必要な事項について，科学的観点にも配慮しながら，研究対象者の個人の尊厳および人権の尊重，安全，その他の倫理的観点から調査，審議し，助言するための合議制の機関」としている．人を対象とした研究で大事なポイント

は，研究対象者の人権の保護，安全の確保，研究に社会的コンセンサスが得られること，研究の透明性の確保（機密上の制約はあるが）の 4 点と考えられる．それらを研究者が単独で判断できるだろうか．この疑問に対して，医の倫理マニュアル[9]は，「研究者も被験者も，研究計画が科学的および倫理的に適切かどうかを判断できるほど知識があり客観的であるとは必ずしも限らない」と明快な答えを示しており，倫理審査委員会での承認の必要性に言及している．

大事なのは，形式や手続きではなくその「心」であろう．それは，第三者の視点で多面的に研究内容をチェックしてもらうこと，それを事前に行って必要な対策を準備しておく（泥縄にならないようにする）ことと，筆者は考える．もちろん，現状では人間工学研究を行う全ての組織に十分な仕組みが整備されているとは限らないと思われる．だからと言って整備されるまで待つのではなく，人間工学や倫理的問題の専門家等に第三者の視点でアドバイスを受けたり [6]，組織の産業医等に相談したりする次善策が必要だろう．そして，日本心理学会が倫理規程 [10]で示しているように，将来的には倫理審査委員会かそれに相当するものを全ての組織で整備することが望ましいと考える．

インフォームド・コンセントは，ニュルンベルク綱領で示されているように，研究対象者が研究の内容や，データおよび個人情報等の扱いについて説明を受けて理解し，参加の諾否を自らの意思で決めて同意することである．実験や調査等の内容，計測項目，参加や参加撤回の自由といった項目は事実ベースで記載しやすい．個人情報やデータの扱いについては，使用目的，共同研究者等の他者への提供可能性，学会等での公表と個人特定可能性への対処方法等も含めて説明し，事前に同意を得る必要がある．一方で，参加による不利益や危険といった項目は潜在危険予知の想像力が必要になり，また必要十分な項目を取り上げるバランス感覚が重要と思われる．また，安全については，実験や調査等の間だけでなくその前後も検討対象に入れることが望ましい．例えば，人工現実感の実験ではふらつきや現実感覚との違いが実験後に残る可能性があり，退室前の十分な休憩や注意喚起等の対応策が必要と思われる．自宅と研究場所の間の移動も同様だろう．

「指導の責務」について，本指針では大学等の教育機関を対象としているが，企業や研究機関にも当てはまると考える．安全，個人情報保護，人権保護については各組織で教育の仕組みが整備されているだろう．これを人間工学研究の倫理にもきちんとリンクさせて，初学者（新人等）や学生の研究指導に活用していく必要があると思われる．

3.3　研究計画の管理および承認の体制と責務

前述の通り，研究計画は科学的，倫理的妥当性に十分配慮する必要がある．実践編では，科学的妥当性に関して「社会的・学術的に意義がある」「一般的な科学的原則に従い，情報の精査や十分な予備実験等に基づく」という表現で触れている．このような視点で研究計画書をきちんと作ることは，研究目的を明確にし，先行研究に対して当該研究の意義を分かるようにして，研究の新規性や独自性を示すことになると思われる．私見だが，計画段階での検討をきっちり行うことは，倫理的配慮のみならず研究の質の向上にもつながるのではないだろうか．

倫理的妥当性について，実践編では「危険と利益のバランスに配慮し，可能な限り危害を最小にできる具体的方策を含む」と述べている．これは，ニュルンベルク綱領やヘルシンキ宣言で謳われている趣旨を踏襲している．人間工学研究においても，五感への刺激（光，映像，音，ニオイ等），生体反応計測に伴う磁気や電気刺激の使用，身体的ストレスの付加（強い運動，温熱等）といった，心身に負担がかかる実験がある．また，自動車運転や機器操作等，事故の危険が想定される実験もある．さらに，研究対象者が高齢者，子ども，障がい者といった，実験実施や移動手段等に配慮が必要なケースもある．程度の差こそあれ人間工学研究には何らかの危険がつきまとう．これら危険に対して対策を講じた上で，研究で得られる社会的学術的な利益とのバランスを考えたときに，現在の社会的規範や通念と照らして社会的に受け入れられるか（コンセンサスを得られるか）がポイントになる．

また，各種ハラスメントが起きる危険性はないか計画のチェックが必要である（実践編では「研究の実施」で説明）．研究対象者募集で参加しないことによる不利益を背景にしたパワーハラスメントやアカデミックハラスメントの問題や，実験や調査等の段階でセクシャルハラスメントの問題が発生することも想定される．

社会の人々は多様な価値観で人間工学研究の倫理的対応を見ることになり，社会的コンセンサスを得られるか判断する上でも多様な見方が必要と思われる．それゆえ，倫理審査委員会やそれに準じる機関（本指針で用いている表現である）では，種々の立場の人が多面的に計画を検討して合議でチェックを進めることにより，想定しうる不備をなくすように助言してもらうことが理想と言えよう．

以上のように，研究実施にあたり，当該研究が倫理的，法的または社会的問題を引き起こさないように実施前に措置を講じていく必要がある．事前にこのような検討を行うことは，組織のリスクマネジメントに通じるところがあるのではないだろうか．

なお，危険に対する事前対策について，製造業では安全基準書や作業手順書を整備する，事故時の連絡体制を見えるようにするといった管理を行っている．また，個人情報の扱いについて業務手順や管理方法を内規で定めている企業も多いだろう．そのような安全意識や業務管理が人間工学研究の倫理的対応でも大事だと感じる．一方で大学等では，教員の意識は高くても学生には具体的作業がなかなか浸透しきれない様子も感じられ，今後の課題と思われる．

4. 今後に向けた所感

昨今，「コンプライアンス」という語が国内でも随所で見られるようになってきた．コンプライアンスは，英語（compliance）の「法令遵守」という意味から広がって，社会的規範や通念，常識といった内容も含む解釈があるとも言われる．また，研究倫理で重要なのは被験者保護という社会的規範が守られていることとの指摘もある [11]．倫理的配慮の実践は，単に法に触れなければ良いということではなく，コンプライアンスを考えた研究を行うことに相当すると感じている．

また，本指針の策定にあたり学会でパブリックコメントを募集したところ，筆者の予想より少なかった．私見だが，研究倫理は学会指針を上意下達のように捉えるのではなく，学会全体で議論して，その時々の社会の倫理感や学会の現状を踏まえた合意を「自分事」として作っていくのが大事ではないかと思っている．今後，本指針の継続的な改善に向けて学会全体での多くの議論が望まれる．

倫理指針の全てを覚えて，かつ実践していくことは難しい．筆者自身もそのように実感している．実践のポイントは，各人が現在の社会的規範や社会通念に対して感度を上げておき，それと照らして自身の研究計画に何か倫理的な問題はないか考えるように習慣づけることと，謙虚に第三者の目でチェックしてもらうことではないだろうか．

本稿作成にあたり，人間工学研究ガイドライン検討委員会委員長であった横井孝志先生（産業技術総合研究所）のご協力をいただいた．深く感謝する．

参考文献

1) 日本人間工学会：人間工学とは，http://www.ergonomics.jp/outline.html（2010-10-30 参照）
2) 日本人間工学会：人間工学研究のための倫理指針，http://www.ergonomics.jp/official/page-docs/product/report/JES_Rinri_Guideline_20091113.pdf（2010-10-30 参照）
3) http://www.hhs.gov/ohrp/references/nurcode.htm（2010-10-30 参照）
4) 日本医師会（訳）：ヘルシンキ宣言，http://www. med.or.jp/wma/helsinki08_j.html（2010-10-31 参照）
5) 北島洋樹：わが国の心理学関連学会における「研究倫理」と教育に関するいくつかの事例, 自動車技術, Vol.64, No.4，pp.91-96 (2010)
6) 大須賀美恵子：ヒトを対象とした実験における倫理的問題，自動車技術，Vol.63，No.12，pp.92-97 (2009)
7) 横井孝志：日本人間工学会における研究倫理指針，自動車技術，Vol.64，No.2，pp.93-98 (2010)
8) International Ergonomics Association: Code of Conduct for Ergonomists, http://www.iea.cc/browse.php?contID=edu_codeconduct（2010-10-30 参照）
9) 日本医師会：WMA 医の倫理マニュアル，p.76 (2007)
10) 日本心理学会:社団法人日本心理学会倫理規程 (2009)
11) 一杉正仁：人を対象とした研究における倫理的配慮，自動車技術，Vol.64，No.6，pp.93-98 (2010)
なお，文献 9), 10) は機関の HP からダウンロード可能.

JES 公開講座

12 月 5 日　15:00～17:00
1 号館 2 階 121 室

「事故防止のヒューマンファクターズ・アプローチ
－第一線からの防止対策の紹介－」

【座長】　臼井 伸之介 （大阪大学大学院　教授）

【開催の趣旨】

日本人間工学会では，学会の活動成果を広く社会へ還元し，人間工学の普及と実践を図ることを目的に，公開講座を毎年度開催しております．今回は，平成 22 年度日本人間工学会関西支部大会との合同プログラムとして開催することに致しました．企画は臼井伸之介大阪大学教授を中心に，日本人間工学会安全人間工学研究部会（芳賀繁部会長）が担当いたしました．

【企画の趣旨】

事故防止対策として，これまでは人間個人または人間と設備のインタラクションに着目されることが多かったと言えますが，近年はそれらに加えて組織やシステムなど，より社会・マネジメント的な側面にも焦点が当てられつつあります．本講座では 航空・鉄道，医療，原子力 など現場の第一線で活躍されている研究者をお招きし，個人要因から社会的要因までも含めたヒューマンファクターの観点から取り組まれている最新の事故防止対策について紹介して頂きます．

【プログラム】

1. ノーマルオペレーションから学ぶ －LOSA・TEM/CRM 訓練－
   阿部 啓二（西日本旅客鉄道(株) 安全研究所）
2. 病院情報システム導入後の医療の変化 －医療安全の視点から－
   山口（中上）悦子，朴 勤植，仲谷 達也（大阪市立大学　医学部）
3. 原子力発電所の安全風土 －質問紙調査と現場調査を通して－
   福井 宏和（原子力安全システム研究所）

ノーマルオペレーションから学ぶ －LOSA・TEM/CRM 訓練－

Learning from Normal Operations －LOSA・TEM/CRM training－

阿部啓二
西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所
ABE Keiji
Safety Research Institute, West Japan Railway Company

１．スレット&エラーマネジメント（ＴＥＭ）

ヒューマンエラーは，人間の活動に伴う正常な副産物であり，半年毎の審査で高度な知識技量を維持するパイロットも状況によりエラーを起こす．以前，Helmreichらが大手航空会社のパイロットを行動観察したところ，実に７割を超える便で何らかのエラーが観察された．

それでも事故を起こさず安全な飛行を維持しているのは，パイロットが自身の工夫，あるいは，チェックリストや警報，もう一人のパイロットや管制官などのリソースの活用により，エラーが望ましくない結果をもたらす前に是正しているからである．また，優秀なパイロットは，運航中に想定される様々なリスクに対し，個人的なテクニックや戦略を用いて予防的に対処していた．

航空の安全管理の主流の概念となったスレット&エラーマネジメント(TEM:Threat & Error Management)（図1）は，こうしたパイロットの合理的かつ現実的な行動実態の反映したものである．

運航中のパイロットにとってのスレット(Threat)とは，運航を複雑にさせ，安全運航の維持に努めるパイロットから時間と注意を奪い取る諸要因（表1）である．

その重複は，離着陸時などに多忙を極めるパイロットの限られた処理能力を飽和させ，エラー発生の可能性を高める．(図2)　概念的にリスクマネジメントにおけるハザードに似ているが，パイロットに特段の注意と予防的対処を促すため敢えてスレット(脅威)と呼ばれる．

顕在スレット **（パイロットが認識できるスレット）**	気象(横風，乱気流など)，高い地形，類似便名，空港混雑，機材の不具合，急病人発生，タイムプレッシャー，疲労 など
潜在スレット （パイロットは容易に認識できない）	誤解しやすいマニュアル，実態に合わない規則，不適切な手順，方針，企業文化や組織風土 など

表１ スレットの例

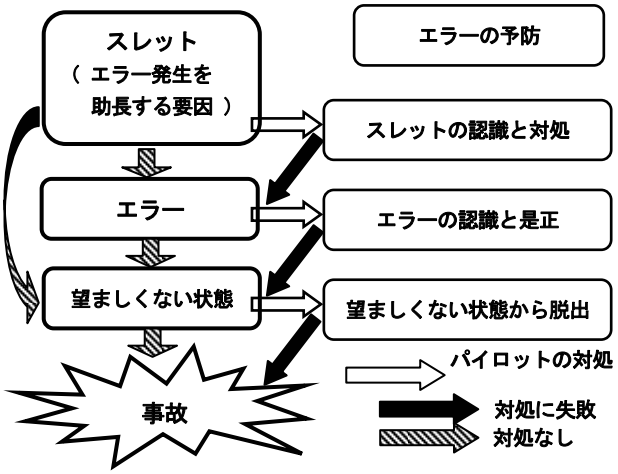


図１　ＴＥＭの概念

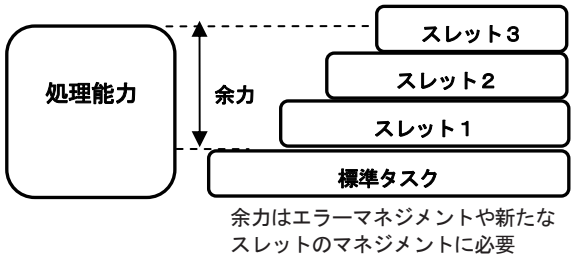


図２　処理能力とタスク要求

２．ＬＯＳＡ（Line Operations Safety Audit）

運航におけるリスクの変動をリアルタイムに認識，管理することにより事故の発生を防ぐことが安全管理プロラムの目標である．プログラムに不可欠な情報やデータは，日常のノーマルオペレーションの中に在り、航空界ではそれらを収集・分析・共有するための自発的報告制度や飛行データ解析プログラムなどが普及している，これらに加え，最近では，運航の最前線で働くパイロットの行動観察を通じて運航システム全体のリスクを探求するLOSA（Line Operations Safety Audit)を導入する航空会社が増えている．

LOSA とは，観察経験豊富な専門家や特別な訓練を

受けた航空会社パイロットが観察員として操縦室に入り，日常運航中の様々なスレットに対処するパイロットの行動を直接観察するプログラムである．厳密な秘匿性と非懲罰的条件の下で実施されるが，特筆すべきことは，準備段階からのパイロット組合の参画を実施要件としていることである．当局の理解とともに，組合によるサポートの効果は絶大で，現場のパイロットは，運航中にどんな失敗をしても人に知られたり懲罰される恐れのないことを十分理解する．こうした安心感やプログラムへの信頼が，取り繕いのない普段着の行動の観察を可能とする．観察されたスレット，エラー，パイロットの対処行動などの記録はコード化され，世界で唯一のLOSA LOSAデータ分析サービス会社であるTLC(The LOSA Collaborative)に送付される．TLCは，数ヶ月の分析作業の後，パイロットが直面しているスレットや発生しやすいエラーの特徴，それらに対するパイロットの対処状況などを，他社との統計比較とともに航空会社に提供する．スレットの発生頻度や対処の失敗が高率である場合，それはシステム上の脆弱性として認識される．エラー発生頻度やエラーマネジメントの失敗が高率である場合，それは手順，方針，訓練，あるいは組織間の連携におけるシステム上の欠陥と認識される．TLCによる分析結果は客観的かつ航空会社の運航の実態をよく反映した説得力のあるもので，航空会社が取り組むべき改善の方向性についての示唆に富むものである．

３．ＴＥＭ／ＣＲＭ 訓練

現在のCRM(Crew Resource Management)訓練は，その昔の概念的な訓練からは様変わりし，LOSAデータの分析結果などをもとに，自社の運航を取り巻くスレットに対応するための実践的なスレット&エラーマネジメントのノウハウを体得するためのプログラムとなっている．

スレット&エラーマネジメントの各段階（エラーの防止，スレットマネジメント，エラーマネジメント，望ましくない状態からの回復）の基本プロセスは，予期，認識，回復であるが，それらにはCRMスキル，すなわち，安全を脅かす状況を認識，評価して正しい意思決定を行うための認知スキル(Situational Awareness, Decision Making)，これを複数の人間の連携で行う場合に不可欠な対人スキル(Communication, Team Building)および，人間の注意や処理能力とタスク要求の折り合いをつけるスキル(Workload Management)が活用される．（表２）

Communication	2way Communication（適切な意思疎通）
	Assertion（意図の表明，疑問の解消）
	Briefing（計画と認識の共有）
Team Building	Climate（チームの雰囲気作り）
	Leadership（リーダーシップ）
	Conflict Resolution（意見対立の解消）
Situational Awareness	Vigilance（警戒心のコントロール）
	Monitor（状況のモニターと相互確認）
	Analyze/Anticipation(状況分析と予測)
Decision Making	Use of Resorce（リソースの有効活用）
	Decision（合理的な意思決定）
	Review/Modify（振り返りと修正）
Workload Management	Prioritize（時間管理と優先順位付け）
	Distribute（業務の振り分け）
	Stress Control（ストレス管理）

表２　TEMに活用するCRMスキルの例

Human Factors 教育	人間の能力と限界の理解
TEM/CRM セミナー	スレット&エラーマネジメントについての理解
LOFT 訓練	実際の運航を模擬した環境での実践と振り返り（年１回）
実運航	実運航環境での実践と振り返り

表３ CRM プログラムの一般的構成

一連の CRM プログラム（表３）を通じてスレット&エラーマネジメントのノウハウを体得したパイロットは，想定外の事象との遭遇時や緊急事態発生時において，柔軟かつ合理的な対処が可能となる．

４．おわりに

TEM モデルは，作業環境とその環境で働く人間に同時に焦点をあてた直観的かつ実際的なモデルであり，事故・インシデント調査，自発的安全報告制度，飛行データ解析プログラムにも応用されている．

リスクマネジメントの概念にも通じるこの考え方は，運航の実態を知らない企業の間接部門やトップマネジメント層にも分かりやすく，ヒューマンエラーへの理解や感性を高め，組織の安全文化の構築にも寄与している．

TEM の利点に納得する航空会社が増えているが，下記はそのことを示す引用文である．

「LOSA を導入して以来，当社ではパイロットに１日 TEM コースを実施している．反応は圧倒的によく，パイロットたちは学者が使う TEM 用語は理解できるし感覚でわかると言っている．当社ではさらに，TEM を訓練後の報告ツールとしても使っている．これにもパイロットは理解を示しているし，皆一様に「これだよ」と納得している．」

病院情報システムと医療安全

Hospital Information System for the Safety Management in a Hospital

○山口（中上）　悦子*，朴　勤植,** 仲谷　達也*

*大阪市立大学医学部附属病院・安全管理対策室　**同医療情報部

NAKAGAMI-YAMAGUCHI Etsuko*, PARK Keunsik**, NAKATANI Tatsuya

*Department of Patient Safety and Infection Control, Osaka City University Hospital,

**Department of Medical Informatics, Osaka City University Hospital.

1.　医療安全と IT

我が国では 1999 年以来、医療事故に対する国民の関心は急速に高まり、医療安全対策として様々な取り組み行われてきた。病院情報システム(Hospital Information System. 以下、HIS)に関しても、厚生労働省の「保健医療分野の情報化にむけてのグランドデザイン」[1]の中では、情報共有や伝達の円滑化、誤記・誤読防止などが医療安全へ貢献すると期待されていた。その一方で、完成度の低いプログラムや不十分な診療支援システム(clinical decision support system, CDSS)によって、HIS 導入が新たなエラーの温床となる点も指摘された[2,3]。また、電子カルテを含む HIS の導入が医療従事者の業務負担感を増大させているという報告もあり[4]、このようなストレスも安全上無視できない問題である。

HISは、厚生労働省の期待通りに、本当に安全に役立っているのだろうか。本報告では、当院における病院情報システム導入前後の様々な変化―インシデント[i]レポートの数や内容、HISならではの事故とその対策―を紹介しながら、HISと医療安全について考える。

2.　病院情報システム導入の実際

2.1 当院の概要と HIS 導入の経緯

当院は、大阪市内の医学部附属病院で特定機能病院である。当院では、1993 年に computer order entry (CPOE) を導入し、2007 年 5 月に現在の新 HIS（以下、本システム）稼働させ、現在、約 3 年半が経過した。本システムは、F 社製パッケージ製品をカスタマイズしたもので、診療録、指示、処方箋・注射箋、各種オーダー（検査・処置・手術・看護・食事・移動・看護)、画像、医事、物流、ベッドコントロール、地域連携、診療情報提供、各種書類作成（サマリー、各種診断書、同意説明文書等）の各機能が電子化された、ペーパーレス・フィルムレスのシステムである。その他、集中治療室（Intensive Care Unit, ICU)、冠疾患集中治療室(Coronary Care Unit, CCU)、NICU（Neonatal Intensive Care Unit, NICU）では P 社製の重症部門用システムを、眼科・内視鏡室・放射線部・血管造影室・手術部でもそれぞれメーカーの異なる部門システムを、F 社製システムと連携させている（部門連携)。

2.2 HIS 導入前後の変化（インシデントレポート数）

当院では、インシデントの発見者または当事者であるユーザーは、部署にある HIS 端末からオンラインのインシデントレポートシステムにアクセスし、レポートを入力している。レポートは匿名で、基本的には自己申告である。このようにして集められたレポートのうち、導入前 2006 年とその後 3 年分を分析した。その結果、本システム導入前後で、総インシデントレポート数は減少していなかった。しかし、医師から看護師への指示伝達エラーが「ある」と入力されたレポート数は減少していた。

	2006	2007	2008	2009
総インシデントレポート数	4774	4170	4684	5048
指示伝達エラー				
あり	744	664	576	551
取り違えの場面				
治療・処置	32	24	28	24
検査	43	27	25	19
搬送	3	3	2	3
調剤・薬剤管理	22	37	31	22
処方与薬	41	33	18	14
記載に関するエラー				
記載形式の不統一	20	21	14	9
記載方法のわかりにくさ	62	36	20	13
記載漏れ	82	42	23	24
字が汚い	5	1	5	0
小さくて読みにくい	24	11	6	3

また、患者や検体（血液、尿、組織など）の取

り違えに関するレポートは、患者誤認防止のためのバーコード認証システムが導入された治療処置、検査、処方・与薬の場面で減少していた。記載が原因で起こるエラーに関するレポート数は、本システム導入後、激減した。

2.3 HIS 導入後に新たに発生したインシデント

2009 年度のインシデント発生時の状況に関する詳細情報を分析してみると、下記のように、HIS 導入に関するエラーのパターンが抽出できた。

エラーのパターン	インシデントの例
新しいツール導入と運用ルールの周知不足・不徹底	医師からの指示が出たことを知らせる「指示クリップ」ツール。実施予定時間が指示入力時間から2日後の23：59分までの指示に、クリップのマークが表示される。この時間制限の仕様を知らない医師・看護師が、伝達を怠ったり、指示を見落とす。
多すぎるツールとヘルプ機能の不備による選択間違い	内服・外用処方ツールだけで9種類あり、それぞれ締め切り時間や搬送時間、運用ルールが違うが、端末画面上では確認できない。新しく配属された医師がツール選択を誤った結果、必要な時間までに薬剤が搬送されてこない、など。
新しい手順導入による業務負荷とルール違反	注射薬投与時に、患者-薬剤-実施者の3点でバーコード認証するルール。繁忙時（深夜帯など）にまとめて薬剤を認証し、誤投与した。
表示デザインの悪さによる見落としや誤入力	1）看護師の指示確認・実施ツール。指示は入力時間順に表示される。注射、処置、医師指示、内服、吸入、清拭・・・など多く指示が雑多に入り乱れて並び、長いスクロールの結果、指示を見落とす。
	2）注射のオーダー画面。薬剤の払い出し時間にあわせ、投与予定時間が0:00-9:59分の薬剤が、前日の日付欄に表示される。医師は、日時通りに薬剤を処方（オーダー）するのが一般的なので、新しく配属された医師が当院独自の表示を知らずに誤入力。
不十分なツール機能によるローカルルール発生とエラーの誘発	インスリン注射や抗がん剤指示ツールには、患者指導のための機能がない。このため各部署独自で指導用の用紙などを作成して対応しているが、この用紙とHIS上の指示との間で転記ミスや指示変更後の未修正が発生し、誤投与。
システムの障害によるエラー誘発	1）インスリン投与単位を自動計算するプログラムのバグ。指示とは異なる量の薬剤を投与。
	2）一日分（単日）の指示しか出せないはずの指示ツールで期間延長ができてしまう上、その延長が看護師の確認画面に反映されないバグ。医師は指示を延長したが看護師は確認できず、患者に必要な指示が実行されなかった。

2.4 インシデントの分析とシステムの障害情報の分析

インシデントレポートは、安全管理対策室（以下、安対室）の医師・看護師・薬剤師によって、毎日、チェックされている。日々の分析によって明らかになった HIS 関連のインシデントに関しては、安対室から医療情報部へ働きかけ、改善を促している。また、事故に至らない障害情報は、ユーザーから医療情報部に報告されるため、この情報を元に安対室メンバー（筆者）と医療情報部職員、医療情報部 SE、ベンダー SE が隔週で検討会を行い、改善策を検討している。

3. 病院情報システムは、安全に寄与するか？

インシデントレポートの報告数はインシデントの発生数ではない。しかし、報告者が「インシデントだ」と感じる頻度は反映している。であるから、レポート数の減少は、報告者である職員が危険だと感じる機会の減少を意味するといえる。このような観点で見るならば、HIS 導入は、指示伝達エラーや取り違え、記載に関連するエラーを防止することに役立っているといえるだろう。

さて、当院の HIS は、当院という病院社会における医療活動の全てに深く関与している。活動理論 [5] に依拠して述べるならば、活動の道具(instrument)の変更は、主体である職員や対象である患者、ひいては当院における医療活動全体のルールや分業に変化をもたらすものである。当院で HIS 導入に関連して発生したエラーは、ルールや分業の変化に伴う必然として生じたのである。つまり HIS 導入に際しては、防止できるエラーもあるが、導入によって新たに誘発されるエラーがあることを認識すべきである。しかし、これらのエラーは、ヒューマンエラーの観点からデザインされたインターフェースや機能によって防ぎ得るものも多い。この点に関して、当事者である病院もさることながら、ベンダー企業や政府を含めて、協働的な改善努力を必要とするだろう。

参考文献

1) 保健医療分野の情報化にむけてのグランドデザイン. http://www.mhlw.go.jp/shingi/0112/s1226-1.html.
2) de Wildt SN, Verzijden R, van den Anker JN, and de Hoog M. Information technology cannot guarantee patient safety. BMJ. 334(7600):916. (2007)
3) Nebeker JR, Hoffman JM, Weir CR, Bennett CL and Hurdle JF. High rates of adverse drug events in a highly computerized hospital. Arch Intern Med. 23;165(10):1111-6. (2005)
4) 工藤直志,山中浩司. 医療現場における電子カルテの影響. 大阪大学大学院人間科学研究科研究紀要. 35: 153-171. (2009)
5) Engestrom, Y. 拡張による学習―活動理論からのアプローチ（山住勝広他 翻訳）. 新曜社（1999）

[i] インシデントとは,「ヒヤリとした」「ハッとした」体験、いわゆるヒヤリ・ハットと、医療事故を総称したもの。医療事故とは、医療行為に関連して起こった患者の状態の変化（傷害）のことで、過失によるものと、病状によって一定の確率で起こることが知られているが予測した以上の傷害に至った合併症（過失によらない）とを含む。

原子力発電所の安全風土　―質問紙調査と現場調査を通して―

Safety Climate at Nuclear Power Plants
- Findings through Questionnaire Survey and Field Study -

福井宏和
㈱原子力安全システム研究所
FUKUI Hirokazu
Institute of Nuclear Safety System, Incorporated

1.　はじめに

一般的に組織は，ピラミッド型の階層構造となっている．そして，組織に所属する人々は，組織集団が織りなす雰囲気の中で行動する．組織集団から喜ばれる行動もあれば，叱責をかう行動もあろう．あるいは暗黙の了解という行動もある．組織成員は，このような組織内の微妙な反応を感じ取りながら行動しているのである．組織に対する個人の認識がそれに見合った行動を生み出しているとも考えられる．そして，組織の成果は良きにつけ悪しきにつけ，多くは末端の組織成員が生み出す．それは組織の上層部が作り出した雰囲気の中での結果とも解釈できる．

このような観点に立つと，安全は直接的に個人の能力や努力に負うところも大きいが，組織環境が大きな影響を与えていると考えられる．したがって，組織成員の安全に対する配慮と安全行動を確かなものにするために，組織環境をよりよいものに整えていく必要がある．以上から安全風土とは，組織成員を安全の配慮や安全行動へ導く組織環境であると定義する．安全風土は個人よりも安全行動の基盤となる組織環境に焦点をあてた概念である．より安全な組織を目指すには，この安全風土の視点が重要と考えられる．

2.　質問紙調査

このような安全風土の視点にたって，A 社の原子力発電所では，数年前から定期的に安全風土の質問紙調査を実施している．調査対象者は課長クラス以下の技術系職員である．調査内容は，発電所幹部の安全姿勢を評定する「組織の安全姿勢」，上司のリーダーシップを評定する「直属上司の姿勢」，安全活動の活性度を評定する「安全の職場内啓発」，同僚の安全行動を評定する「安全配慮行動」，規則遵守などの自律性を評定する「モラル」の 5 要因である．この調査結果は，各職場にフィードバックされ，職場環境の現状認識と職場運営の参考として活用されている．

3.　現場調査

また，この質問紙調査と並行して，原子力発電所の職場(課)単位で現場調査も実施している．この現場調査は，質問紙調査で良好な評定結果を示した職場を選定し，そこで定着している良好な活動を見出そうというものである．調査の方法は，執務室内にテーブルを用意してもらい，課員全員へのインタビューと職場観察を実施するものである．

本文では 2007 年に実施したＢ課の現場調査において見出された良好事例を以下に紹介する．Ｂ課は，原子力発電所の電気設備の定期検査やメンテナンスを担当している約 30 名の比較的大きな課である．

4.　見出された良好事例

4.1　改善要望促進の取組み

Ｂ課の現場調査で最も多く語られたことは，協力会社から改善要望がよくあがってくるようになってきたこと，および，その改善要望のほとんどが採用されるようになってきたことである．原子力発電所では，発電設備の定期検査やメンテナンスのほとんどを協力会社への請負体制で実施している．すなわち，発電設備の定期検査やメンテナンスの計画・管理を原子力発電所の職員が行ない，その施工を協力会社が実施している．したがって協力会社からの改

善要望は，プラントの信頼性向上や，そこで働く人々の安全性向上を図っていく上で重要な情報となる．しかし，その改善要望の仕組みは以前からあったが，数年前まで協力会社から上げられる改善要望は，今ほど多くなかった．

このように改善要望が積極的にあげられ，採用されるようになった理由として，以下のようなA社の積極的な安全姿勢が述べられた．第1に，2005年度から安全対策予算が充実されたこと，第2に，ほぼ同時期に，リスクアセスメントの制度が取り入れられたことである．この制度は，工事の着手前に協力会社と発電所の工事担当課で，その工事の作業環境に関するリスク評価を行い，その評価結果で何らかの対応が必要となれば，事前に改善等の是正措置を図っていくものである．これによって工事前に，より確実に不安全箇所を認識し，対応することが可能となった．

4.2 定例ミーティング

職場観察で特に目についたのは，B課で定例的に実施している役職者ミーティングである．この役職者ミーティングは，作業長以上の課内の役職者が集まり，午前の決められた時刻に毎日行われている．このミーティングでは，主に，当日の作業内容や，課長以上の管理者ミーティングの内容などが連絡されるとともに，他課からの依頼業務の割り振りなどが決められる．この役職者ミーティングの所要時間は20分程度である．つぎに，この役職者ミーティングを受けて，午後から作業グループごとにミーティングが，毎日行われている．ここでは作業長から各担当者に役職者ミーティングの内容などが伝えられる．

これまでの現場調査では，係単位の定例ミーティングを実施している職場はよく見かけたが，このような小規模な役職者ミーティングと作業グループミーティングを組み合わせて毎日実施している職場はB課が初めてであった．この小規模ミーティングの長所は，対話がしやすく発言内容の確認がしやすいところにある．一方，B課のような比較的規模の大きな職場での課単位や係単位のミーティングは，人数が多いため情報伝達が一方的になりやすく，発言者の声が小さい場合には，聞き取りにくいなどの欠点も見受けられる．

インタビューによると，B課でも2000年ごろまで係ごとに集まり，定例ミーティングを実施していたが，忙しい時期に集まりが悪くなったので，このような形のミーティングに切り換えたという．おそらく，集まりやすい小グループのミーティングということで役職者ミーティングと作業グループミーティングに分けられたものと考えられる．

4.3 職場内教育

B課では，1998年ごろから毎週1回定期的に職場内教育が実施されている．以前は定期検査の期間中に行われていなかったが，今では定期検査の期間でも2週間に1回は実施している．この教育では，トラブル事例などを題材として，その教訓が話し合われる．教育の時間は30分程度である．教育担当によると，教育の題材は日本原子力技術協会がインターネット上で公開している原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA)などを活用しているということであった．このNUCIAには，国内の原子力発電所で発生したトラブル事例が公開されている．

これまでの現場調査でも，月に1回程度の職場内教育が実施している課は認められたが，毎週定期的に職場内教育をしている課は認められなかった．しかも1998年ごろから長期にわたって，この教育は実施されている．

5. おわりに

原子力発電所では，健全な安全風土を醸成するための様々な取り組みが行われている．質問紙調査は，それらの取り組み結果を把握することにも，組織や職場の現状を把握することにも利用できる．また現場調査により，良好な職場で実施されている活動を見出し，その結果をフィードバックすることは，その職場の自信にもなるし，より良い安全風土の醸成に努力している他の職場の参考にもなるものと考えられる．

OS1

12 月 4 日　10:00～12:00
1 号館 3 階 131 室

「観察工学・サービス工学の新しい取り組み」

【オーガナイザ・座長】　山岡 俊樹（和歌山大学）

構造化サービス設計コンセプト構築方法と評価方法

A structured service design method and the evaluation method

山岡俊樹
和歌山大学システム工学部
YAMAOKA Toshiki
*Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1. はじめに

サービス設計方法において，一番重要なのがサービスコンセプトを構築することである． モノ作りで，意外とコンセプトを厳密に作らず，開発関係者の曖昧な合意や簡単な箇条書きで済ましている場合が多いようだ．また，コンセプト項目のウエイト付けがされていないので，その曖昧さに拍車をかけている．曖昧なコンセプトにより，デザインや設計を進めると，開発メンバー間で勝手な解釈を行ったり，責任者の個人的な意向に左右されることとなる．

本論では，ヒューマンデザインテクノロジー(HDT)[1]に基づく，厳密な構造化サービス設計コンセプト構築方法とサービスの評価方法について報告する．

2. 構造化サービス設計コンセプト

コンセプト構築方法には，顧客要求事項の基づく①ボトムアップ式と演繹的に最上位項目から決めてゆく②トップダウン式の２つの方法[2]がある．以下，詳説する．

2.1 ボトムアップ式構造化サービス設計コンセプト

手順は以下の通りである．

①抽出し整理された顧客要求事項を最下位のコンセプト項目にする．

②最下位のコンセプト項目をグループ化して，上位項目を決める．

③構造化コンセプトの階層の深さを３か 4 程度にする．

④最上位項目から演繹して，追加すべき下位の項目を決める．あるいは企画者が追加したい項目も必要に応じて追加する．

⑤2 層目のコンセプト項目にウエイト付けを行う

ウエイト付けは%で行い，合計が 100 となるように調整する．

このボトムアップ式は現状の改善をベースにしているが，選択するコンセプト項目次第で革新的なコンセプトに代わることも可能である．

2.2 トップダウン式構造化サービス設計コンセプト

手順を下記に示す．

①企画者あるいはメンバー間で話し合い，サービス経験や抽出した顧客要求事項他を検討して，演繹的にコンセプトの最上位項目を決める．

②最上位項目をブレイクダウン(分解する)

ブレイクダウンする方法は，上位のコンセプト項目を具体的に分解してゆく．例えば，上位概念が「家族で使う―――」の場合，家族→4-5 人を想定する，などと具体的に見える形にしてゆくことである．

トップダウン式は理想の最上位項目からブレイクダウンすることもできるので，革新的なコンセプトを容易に構築することができる．

2.3 コンセプトの構成要素

ユーザ要求事項は，サービスの構造の各要素（顧客，サービス提供者，機械，環境）[3]に絡むので，それぞれ分類して表記しても良い．

3. 構造化サービス設計コンセプトの可視化

構造化サービス設計コンセプトは方針なので，より具体的何をすべきなのか，コンセプトに基づいて検討してゆく．

サービスでは，サービスの構造[3]として顧客－サービス提供者，顧客・サービス提供者-機械，顧客・サービス提供者-環境の関係があるので，それぞれの

面から可視化してゆく．特に一番複雑で動的な顧客-サービス提供者の関係は，コンセプトを元にストリーボードで時間軸上での両者のタスクを記述し，具現化する．ストーリーボードでは，時間軸上で何枚かのボードに予想される顧客の行動に対して，サービス提供者の作業を描いて確認してゆく．

4. サービスの評価

評価方法には大別して，コンセプトやその仕様通りにできているのか確認する検証(verification)[4]と目標を達成するために設計されているのか確認する妥当性確認(validation)[4]がある．この評価方法をサービスデザインにも適用して用いる．

4.2 妥当性確認のためのサービス評価

検証は簡単に言えば，コンセプトとの照合なので難しくはない．一方，妥当性確認は顧客から見た視点での評価なので下記に述べるやり方[5]で行う．

①サービス評価項目を決める．

検証の場合，評価項目はコンセプト項目でもある．妥当性確認の場合は，一般的な評価項目を選ぶ．サービスの場合，メインサービスとサポートサービスに分けられるので[6]，この分類から項目を決めてもよい．

②顧客要求項目を決める

③サービス評価項目と顧客要求項目のマトリックスに，関係の度合いとして，◎，○，△を入力する．また，顧客要求事項のウエイト付けをアンケートなどで行う．このウエイトと関連の度合いからサービス評価項目の点数化を行う．サービス評価項目のウエイト値は最終的には%で示される(全評価項目の合計が100%にする)．

④サービスの各側面に対して，サービス評価項目を使って評価する．

つまり，顧客ーサービス提供者，顧客・サービス提供者-機械，顧客・サービス提供者-環境の各側面に対して，評価を行うのである．あるいは，詳細に行いたい場合は，それぞれの側面における各タスク毎評価を行っていくことも可能である．

4.3 事前期待と事後評価によるサービス評価

妥当性確認のためのサービス評価は，顧客要求事項の観点からサービスを評価してゆく客観的評価を狙っているが，事前期待と事後評価の差分によるサービス評価は，顧客個人毎の評価である．従って，データのばらつきも多い．しかし，顧客の属性毎にグループ化して評価を行うと，ある傾向を見ることができる．

事前期待	サービス内容(80%)		価格(30%)	点数
	メインサービス(60%)	サポートサービス(10%)		
S:期待できる(5点) P:安い(5点)				
S:やや期待できる(4点) P:やや安い(4点)			1.2	1.2
S:どちらでもない(3点) P:ちらでもない(3点)	1.8	0.3		2.1
S:やや期待できない(2点) P:やや高い(2点)				
S:期待できない(1点) P:高い(1点)				
総合点				3.3

事後評価

S:満足した(5点) P:安い(5点)	3.0			3.0
S:やや満足した(4点) P:やや安い(4点)		0.4	1.2	1.6
S:どちらでもない(3点) P:どちらでもない(3点)				
S:やや期待できない(2点) P:やや高い(2点)				
S:期待できない(1点) P:高い(1点)				
総合点				4.6

図1 事前期待と事後評価のサービス評価

参考文献

1) 山岡俊樹: ヒューマンデザインテクノロジー入門, pp.2-6, 森北出版 (2003).

2) 山岡俊樹: ヒューマンデザインテクノロジー入門, pp.49-56, 森北出版 (2003).

3) 山岡俊樹:サービスデザインの方法,DESIGNPROTECT, No.87.pp32-34(2010)

4) 海保博之, 田辺文也：ヒューマン・エラー, 新曜社 pp144-147(1996)

5) 手島直明：実践価値工学, 269-274, 日科技連(1993)
山岡俊樹:サービスデザインの方法,DESIGNPROTECT, No.87.pp38(2010)

モデリング手法を用いたサービス表記・評価手法の提案

Proposal of service notation and evaluation method using modeling method

藤原義久*，山岡俊樹**

***三洋電機株式会社　**和歌山大学システム工学部**

FUJIWARA Yoshihisa*, YAMAOKA Toshiki**

*SANYO Electric Co., Ltd., **Faculty of Systems Engineering Wakayama University

1.　はじめに

近年，日本経済におけるサービス産業の重要性が増している．日本においては，1990 年にはサービス産業の比率は 58%であったが，2008 年には 73.1%（経済産業省サービス政策課）と増加しており，サービス産業の生産性や付加価値向上が重要な課題とされている[1)]．このような背景から，昨今，人間工学や環境心理学などをベースとして，顧客やサービス現場を観察する様々な観察工学の手法が提案されている[2) 3) 4)]．

しかし，サービスは無形で形が無いという特性もあり，サービスを分析するためには，その内容をモデル化し可視化する必要もあるが，現在，サービス工学において標準的なモデリング手法が整備されるまでには至っていない．一般にモデリングとは「対象を深く知るために，その振る舞いを観察しそれを論理的に記述し，関係者と共有する活動である」と定義されている[5)]．サービスにおいても，その内容を可視化して，関係者と共有するためには，観察経験の有無に係わらず，誰が書いたモデル図でも，同じルールに基づいて図が構成されている必要がある．今回，我々は，より汎用的な手法として，ソフトウェア工学においてオブジェクトモデリングのために標準化された統一モデリング言語である UML（Unified Modeling Language）に着目し，カフェを対象にサービス観察を試行して，観察結果の可視化と分析の方法について検討したので報告する．

2.　ＵＭＬモデリング

統一モデリング言語 UML は，2005 年にISO/IEC 19501（Information technology – Open Distributed Processing – Unified Modeling Language Version 1.4.2）として規格化され，ソフトウェア開発における汎用モデリング言語として，現在，最も普及している． UML では, システムの静的側面, 機能側面, 動的側面に関する様々な表記方法が有り，今回，これらの中から，時間経過に沿った行為（action）のフローを記述するアクティビティ図（フローチャートを起源としており，意味上もフローチャートと同じように解釈される）を用いてサービスの可視化を試行した．なお，図 1 にアクティビティ図における並行フローと条件分岐の表現方法を示す．今回はこのＵＭＬをベースとして, サービス観察を実施した.

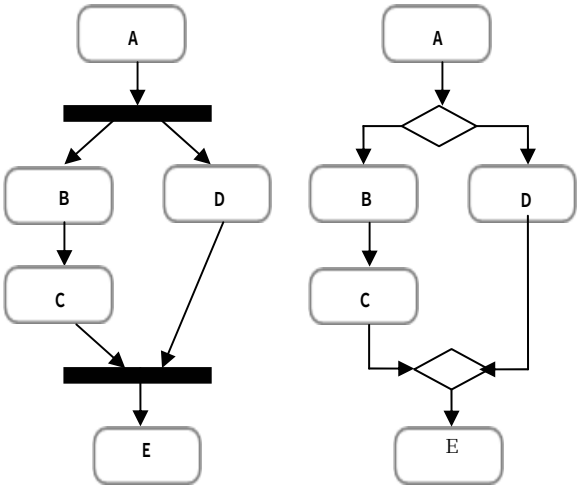


図 1．アクティビティ図における並列フロー表現

3.　カフェを対象としたサービス観察

今回，観察を行うサービス対象としてカフェを選択した．理由としては，最近のカフェは単にコーヒーなどの飲食物を提供するだけの場では無く，カフェを利用する顧客の多様化したニーズに沿ったサービスを重視するなど，カフェ毎によりサービスに質的な異なりがあるためである．例えば，スターバッ

クス・コーヒーでは，店舗を「顧客にとっての家庭・職場・学校などに継ぐ第 3 の拠点」と位置づけて，コーヒーだけでなく，店舗にいる間の雰囲気や時間も含めた「スターバックス体験」という経験価値を提供することを競争戦略としているが [6]，このようなカフェ毎のサービスの異なりを，アクティビティ図を用いた観察を通じて可視化できるかについて検討した．なお，今回の観察は，サービス観察の経験が無い観察者にて実施した．

3.1.カフェのサービス観察

カフェを対象に実施した観察の概要を以下に示す．

① 観察日時：2010 年 4 月 29 日～5 月 1 日．14:00-15:00 の 1 時間．
② 観察者：1 名（男性）　サービス観察経験無
③ 観察カフェ：利用する顧客が店に求めるニーズが異なり，それに応じてサービスの質が異なると思われる 3 種のカフェを選定した．1 つ目は，1 人で読書や PC などを使用するために利用する顧客も多いカフェ A，2 つ目は友人との語らいを楽しむため利用する顧客が多いカフェ B，3 つ目は商談や結婚式の打ち合わせなどに利用する顧客もいるホテルのカフェ C であった．
④ 観察方法：観察者（顧客）が入店して退店するまでの間に起きた行為を時間の経過に沿って記述した．なお，特に，観察者と店の接点（インタフェース）で起きた行為に関しては，それが，受身的行為/能動的行為のどちらであったのかに留意して記述した．なお，各カフェにおける滞在時間は 14:00-15:00 の 1 時間に統一した．

3.2.カフェのサービス観察結果

顧客行為の時間的なフローをアクティビティ図にて記述したものを図２－４に示す．なお，左端に時刻，顧客と店の接点にて起きた行為は太い矢印にて，また，顧客に係わる各行為が能動的であったのか，受動的であったのかに関しては図縁の線類を区別して記述した．ただし，各図において観察が出来なかった部分（特に厨房でのフロー）に関してはアクティビティ図の欠損を回避するため推察で補完した．これらから，各カフェにおいてコーヒーを飲むという同じ行為を行ったにも係わらず，アクティビティ図が示す形には違いが観察された．図から読み取れる各カフェにおけるサービス内容と，観察者が感じた印象を下記に記述する．

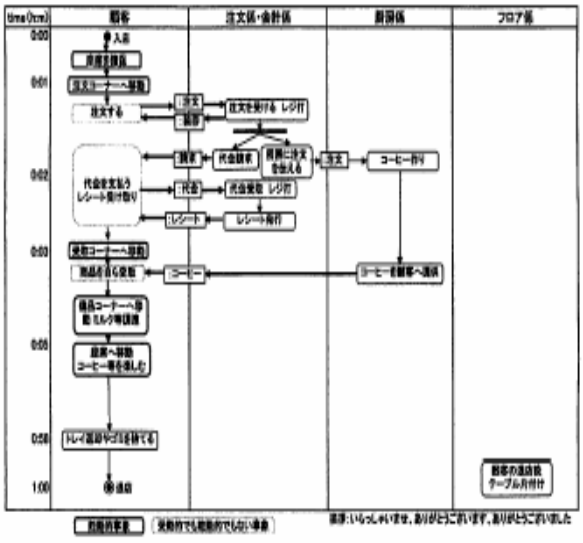


図 2　カフェＡでの観察結果

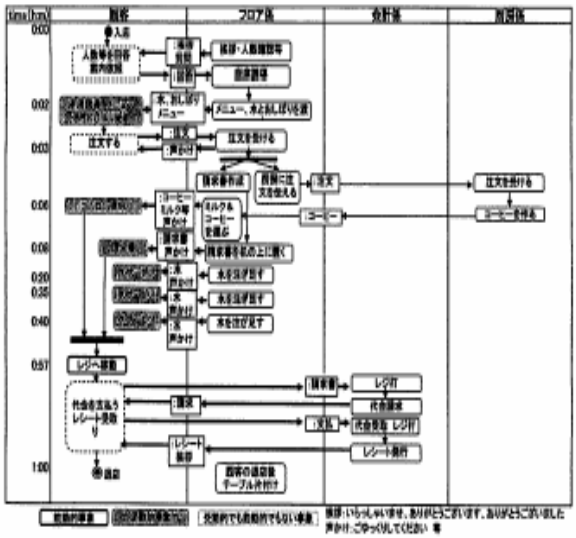


図 3　カフェＢでの観察結果

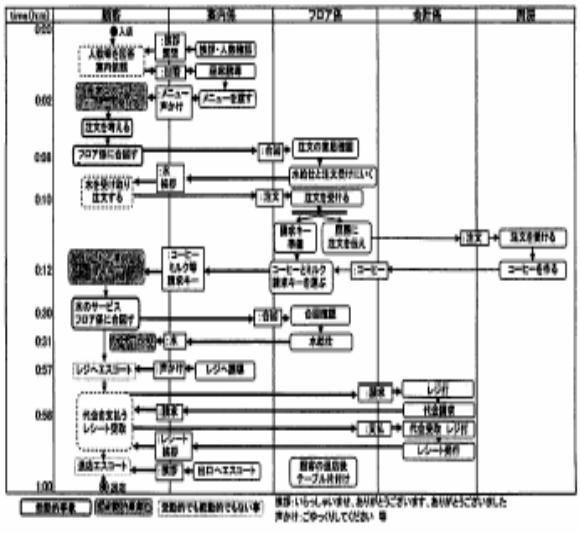


図 4　カフェＣでの観察結果

１）カフェＡ

入店後，自ら席を確保，注文・商品受取コーナーに移動して商品発注と受取を行い，ミルク等を入手した後，座席にてコーヒーを楽しみ，トレイやゴミを廃棄して退店した様子が分かる. 能動的行為が多く, また，コーヒー受取り後（5 分以降）には店側との接点が全く無いことが特徴として見える．顧客属性としては，グループやカップルが約 60%，一方，１人で PC や読書や仕事をするなど，カフェをオフィスや自分の部屋代わりに利用している人も約 40%いた．なお，サービスの印象は，コーヒーだけでなく自由な空間と時間を提供しているという感じであった.

２）カフェＢ

顧客入店後，フロア係から座席案内を受け着席，直後にメニューやおしぼりの提供を受け，コーヒーを注文. 着席したままコーヒーやミルク等の提供を受ける．その後も，水の追加サービスを多く受けるなど，店側からの受身的なサービスが多いことが，特徴として読み取れる．顧客属性としては，女性 2 名やカップル，グループなど，カフェを語らいの場として利用している人が多く，1 人で利用している人はほとんど皆無であった．なお，サービスの印象としては，受身のサービスが多く，また，店側からの挨拶や声かけなどのコミュニケーションもあり，親切なサービスという感じであった.

３）カフェＣ

入店後，案内係からエスコートを受け着席，メニューを手渡される．注文を確定後，フロア係にアイコンタクト．その後，水やおしぼりを受け取り，注文を行う．コーヒー提供後，水などの追加サービスは，フロア係へのアイコンタクト等の能動的な行為をトリガーとして発生．退店時には案内係からのエスコートを受け会計にて清算して退店．入退店時には店員との接点は多いが，着席時には一方的な受身のサービスは少なく，顧客からのアイコンタクト等の合図を尊重してサービスが行われていることが特徴としてうかがえる．顧客属性としては, ビジネス, 結婚式打ち合わせなど，打ち合わせ場所に活用している人が約 40%いた. なお，サービスの印象としては，案内係による丁重な入退店エスコート，また，着席時には各テーブルの独立性を重視しているなどの特徴から，上品でゆっくりとしたサービスという感じであった.

3.3.サービス観察結果の分析方法

前節においては，各カフェのサービス観察結果をアクティビティ図にて可視化した内容を記述したが，以下では，このアクティビティ図を基に，サービスの効率，サービスの質を数値にて定量化するための分析フレームを検討した．この結果を表 1 に示す.

表１　サービスの効率と質に関する分析フレーム

		カフェA	カフェB	カフェC
サービスの効率	・入店から注文までの時間(分)	1	3	10
	・注文から商品受取までの時間(分)	3	6	12
	所感			注文までの待ち時間が長かった
サービスの質	・係わったお店の関係者数	2	2	3
	・顧客に係わる行為の数			
	総数	8	10	11
	受身的行為数(その比率)	0(0)	6(0.60)	3(0.27)
	能動的行為数(その比率)	6(0.67)	1(0.10)	3(0.27)
	双方向行為数(その比率)	3(0.33)	3(0.30)	5(0.45)
	・顧客のお店との接点			
	総数	3	9	10
	受身的行為数(その比率)	0	6(0.67)	2(0.2)
	能動的行為数(その比率)	0	0	3(0.3)
	双方向行為数(その比率)	3(1.0)	3(0.33)	5(0.5)
	・顧客のお店との接点(飲食時)			
	総数	0	4	2
	受身的行為数(その比率)	0(0.0)	4(1.0)	1(0.5)
	能動的行為数(その比率)	0(0.0)	0(0.0)	1(0.5)
	・コミュニケーション(挨拶・声かけ)			
	挨拶	1	2	4
	飲食時　声かけ	0	4	1
	・店員の目の前の通過回数	1	20	5
	所感	自由・気楽な印象	親切な印象	エスコートが高級感上品でゆっくりとした印象
顧客		1人でPCや読書、寝ている人も	2人やグループで会話	ビジネス商談、結婚式打合せ
その他 Findings		コーヒー380円 容器が使い捨て、セルフサービス満席	コーヒー400円 満席	コーヒー1000円 顧客利用時間長い 座席占有率70%

１）サービスの効率の分析方法

アクティビティ図から行為に係わる時間を抽出，数値化することで，各カフェの効率が分析と比較が可能となる．例えば，カフェ C においては，入店からメニューを渡されてから注文を決めフロア係に合図するまで 8 分，注文まで 10 分，コーヒー提供まで 12 分要している．一方，カフェ A においては，入店から 3 分にてコーヒー提供が行われている.

２）サービスの質の分析方法

サービスの質を比較するため，①店の関係者数，②顧客の行為数（総数，受身的行為数，能動的行為数，双方向行為数，および，それらの比率），③顧客

とお店の接点（総数，受身的行為数，能動的行為数，双方向行為数，および，それらの比率），④挨拶や声かけなどのコミュニケーション数（総数，飲食時）などを数値化した．表からも分かるように，①カフェＣではかかわりをもった店の関係者数が多く，②顧客の行為数としては，カフェＡでは能動的行為，カフェＢでは受動的行為が多く，③顧客とお店の接点としては，カフェＢが最も多く，一方，カフェＡでは飲食時にゼロであり，④挨拶や声かけとしては，カフェＣの挨拶回数が多く，一方，カフェＡでは非常に少ないことなどが数値として比較できる．

3.4.UML によるサービス観察のまとめ

今回，3 種のカフェを対象にサービス観察を行い，アクティビティ図にて可視化，分析を行った．結果として，カフェＡでは１人で読書なども行える自由な時間と空間を提供するため，能動的行為が多く，特に飲食時には店側との接触を作らない等のサービスが，カフェＢでは友人やグループでの語らいの場を提供するため，顧客には能動的行為を少なくした受動的なサービスが, また, カフェＣでは商談等にも対応するため，入退店時には丁重なエスコートがあるものの，着席後は顧客の独立性を考慮したサービスが行われるなど，カフェ毎に顧客ニーズに応じたサービスが設計，提供されている様子の一端を抽出できたと考える．

4． まとめ

本報告では，モデリング言語 UML を用いて，カフェを対象にサービス観察を試行，その内容の可視化と分析方法を検討した．結果として観察初心者でも，サービス内容やサービスの効率や質の違いを，系統的かつ科学的に検討できる可能性を示せた．しかし，本手法を用いて観察を行う際には，顧客行為の基本単位や受動的・能動的行為を定義する必要もあるなど課題も残されている．さらに，評価手法に関しては，今後，顧客の満足度（事前・事後）や主観評価（気配り，適切な対応，態度），感性的印象（親切，上品等）との相関なども検討しながら精査する必要もある．この観点から，例えば，図 5 に提案する様な観察フレームも活用して，今後もサービスの生産性だけでなく，感性価値向上につながるサービスの設計評価手法の検討を進めていきたい．（なお, 本研究は日本人間工学会関西支部観察工学・サービス工学研究会（山岡俊樹会長）にて実施した．）

参考文献

1) 新村猛． “外食産業における行動観察の適用事例”, 大阪ガス行動観察研究所１周年記念講演会講演資料， 18-20，2010.

2) 山岡俊樹．“観察工学の方法”， 共立出版，ヒット商品を生む観察工学　山岡俊樹編著，1-47, 2008.

3) 松波晴人．“行動観察の方法と実例”，ヒット商品を生む観察工学　山岡俊樹編著, 共立出版, 51-87, 2008.

4) 北島宗雄,西田佳史. “現場における「観測」技術” サービス工学入門　内藤耕編, 東京大学出版, 71-105, 2009.

5) 児玉公信．“ＵＭＬモデリング入門 ”，日経ＢＰ社，175-186，2008.

6) 山本太郎．“経験価値概論 ”，ヒットを生む経験価値創造　長沢伸也編著，日科技連出版社，16-19, 2005.

図５　サービスの観察と分析フレーム

HDTを活用したサービス観察手法の提案

Proposal of service observation method using HDT

○塩澤啓之*，藤原義久**，山岡俊樹***

*和歌山大学大学院システム工学研究科 **三洋電機株式会社 ***和歌山大学システム工学部

SHIOZAWA Hiroyuki*, FUJIWARA Yoshihisa**, YAMAOKA Toshiki***

*Graduate School of Systems Engineering Wakayama University, **SANYO Electric Co., Ltd.,

***Faculty of Systems Engineering Wakayama University

1. はじめに

21 世紀はサービス化社会[1)]と言われ，サービス産業が重要な位置付けになっている．サービス産業の発展において重要なポイントは生産性向上と新規サービス創造である．この観点から，山岡は Human Design Technology（HDT）を活用したサービスデザイン方法を提案している[2)]．本稿では，HDT によるサービスデザイン方法の中で提案されているサービスの構成要素を活用して，サービス観察を実施したので報告する．

2. HDT を活用したサービス観察手法

HDT は「人間に関する諸情報（生理，心理，認知，行動など）をデザイン要素に変換し，製品の企画からデザイン，評価までのプロセスに反映させ，人間優先の魅力ある製品作りに寄与する技術」[3)]と定義されている．ヒューマン・マシン・インタフェースにおいては，５つの側面（身体的側面，頭脳的側面，時間的側面，環境的側面，運用的側面）が重要であり，実際の機械と人間とのやりとりにおいては，機械に対する人間の情報処理プロセスとして，情報入手，理解・判断，操作が検討すべきデザイン項目である．

この HDT をサービス観察に適用する場合，検討すべきサービスの構成要素は，情報入手，理解・判断，操作に対応した，①気配り，②適切な対応，③態度である．これらは顧客に対するサービス提供者の情報処理プロセスを意味する重要な観察ポイントとなる．

①気配り：サービス提供者が顧客の行動や振る舞いを把握することである．顧客に「共感」すること，「配慮」することが求められる．

②適切な対応：サービス提供者は何か問題やサポートすることがあれば，理解・判断し，適切な対応を取る．このとき，「柔軟」「正確」「安心」「迅速」「平等」な対応が必要である．

③態度：サービス提供者は対応する際，最適な態度を示す必要がある．「好印象」「信頼感」「寛容」な態度が顧客に良い印象を与える．

今回，カフェを対象として，この３つのサービス構成要素を活用して，顧客とサービス提供者との間にて行われるやりとりを中心に観察を行い，顧客満足度との関連にて考察を行った．

3. HDT を活用したサービス観察結果

3.1.カフェのサービス観察

観察の概要は以下の通りである．

① 観察日時：9 月 25 日 15:00-16:00 の 1 時間.

② 観察者：1 名（男性） サービス観察経験無

③ 観察対象：梅田のショッピングビル内のカフェ

④ 観察方法：観察者が一顧客として，入店から退店を体験しタスクを書き出した．

⑤ 観察内容：入店から退店までのタスクにおいて生じた店員（サービス提供者）とのやりとり，やりとりに対する構成要素に係る主観評価，サービスの満足度を時系列に記述した．

3.2.カフェのサービス観察結果

観察結果を図１に示す．図１のフォーマットは，左端から経過時間，顧客のタスク，受け渡しされる物，サービス提供者のタスク，主観評価（満足度 0-100，サービス構成要素 8 項目 5 段階評価），気付きのメモとなっている．図１の記述内容に沿って，観察したサービス内容と，その主観評価について

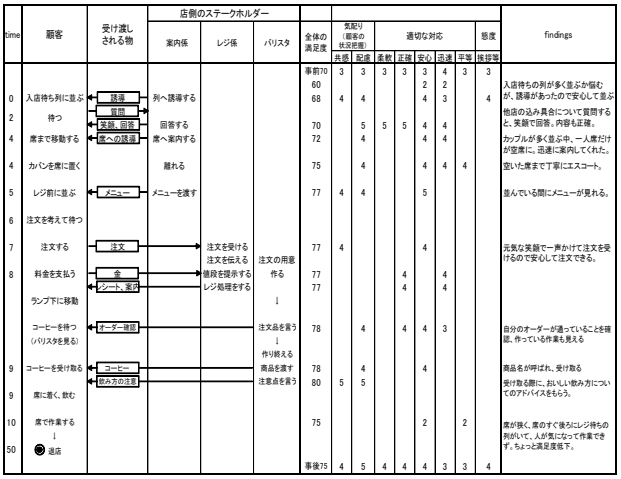


図１　カフェでの観察結果

以下に詳述する．

顧客のタスクは，まず入店待ちの列に並び，数分後に店員に誘導され座席を確保．その後レジ前の列に並び，注文後，受取口で商品を受け取り，席で数十分過ごした後に退店，という流れになっている．同じくサービス提供者のタスクは，案内係が入店待ちの列に顧客を誘導し，空席を確認後，席に案内．次にレジ待ちの顧客に対してメニューを配布し，レジ係が注文を受け，調理係が注文品を用意し顧客に手渡すというフローである．その間に顧客とサービス提供者との間で受け渡しされる物として，誘導，質問，回答，注文などの言葉や，メニュー，金銭，注文品などの物的なやりとりがある．これらのタスクに対し，主観評価を行った結果として，入店待ちの列に並んでいる最中に，サービス提供者から挨拶や配慮，安心，迅速を感じるサービスを受けることによりサービスに対しての評価と満足度が上昇．また，顧客の質問に対する案内係の回答に対して配慮，柔軟，正確，安心，迅速を評価し，再度，満足度が上昇していることなどが事例としてあげられる．

4.　考察

時間経過だけを見れば，入店待ちの列の影響もありコーヒーの受け取りまでに 9 分費やしており，迅速なサービスとは言えないかもしれない．それを象徴するようにタスクにおいても，入店，注文，注文品受取の３場面において「待つ」タスクがある．しかし，タスクごとの満足度を見ていくと，満足度は低下せずにむしろ上昇している．その理由として，上述したように各場面において店員から適切な対応があり，そのサービス構成要素が評価されたことが考えられる．しかし，一方で，迅速で正確だと評価されたレジ対応は満足度の変化は無かった．

これは，狩野[4]が提唱している当たり前品質（満たされて当然で満たされなければ評価が低下する）と魅力品質（満たされると満足するが満たされない場合でも不満とされない）に基づき考察できる．つまり，迅速で正確だと評価されたレジ対応は当たり前品質と考えられ満足度の変化が無かったのに対し，配慮や安心感を評価された入店待ちでの誘導は魅力的品質にあたり，満足度が向上したと考えられる．

5.　まとめ

今回，HDT を活用したサービス観察手法として，３つのサービス構成要素（気配り・適切な対応・態度）を用いて，カフェを対象に観察を行い，顧客満足度との関連にて考察を行った．結果として，提案する観察手法は，顧客とサービス提供者との間にて行われるやりとり等のサービス内容の可視化，サービス構成要素と顧客満足度の関連性の評価や分析に有効性を示すことが出来たと考える．今後は，観察事例を増やしながら本手法の改良を図り，新規サービス創造やサービス生産性向上に貢献できる汎用的・標準的な手法として提案していきたい．（本研究は日本人間工学会関西支部観察工学・サービス工学研究会（山岡俊樹会長）にて実施した．）

参考文献

1)　上村憲行: サービスサイエンス入門, pp. 40-50 , オーム社 (2007)

2)　山岡俊樹：サービスデザイン方法に関する一考察, 人間生活工学, Vol.11, No.2, pp15-18 (2010)

3)　山岡俊樹：ヒューマンデザインテクノロジー入門, 森北出版 (2003)

4)　狩野紀昭, 瀬楽信彦, 高橋文夫, 辻新一：魅力的品質と当たり前品質, 品質, 14, No.2, pp39-48（1984）

行動観察によるサービス現場改善（飲食店、鉄道、ホテル）

Service Improvement by Behavior Observation (at Restaurant, Railway Station, and Hotel)

松波　晴人
大阪ガス行動観察研究所、（株）エルネット
Haruhito MATSUNAMI
(Osaka Gas Co., Ltd.,　L-Net Co.,Ltd),

１．はじめに

世界経済におけるサービスの重要性は拡大傾向にある。また日本でもサービス業の就業者数や国内総生産に占めるサービス業の比率は伸びている。
日本は米国に比べてサービス産業の生産性が低いと言われており[1)]、社会経済生産性本部に「サービス産業生産性協議会」が設立（2007年5月）され、様々な企業の事例を報告するサービスイノベーションセミナーを実施するなど，経済産業省がサービス産業の生産性向上に取り組む動きがある。また，産業総合技術研究所にサービス工学研究センターが設立（2008年4月）されるなど、サービスについて科学的に取り組む動きが加速している。

サービスはその特質「無形であり，しかも保存できない，作られると同時に使われるもの」[2)]により，その状態を定量的に計測し視覚化することが困難であった。そのため、サービス現場でのノウハウやスキルは個人の「勘と経験」という暗黙知に依存する部分が大きくなり、技能の共有化が困難であった。今後、サービスを「勘と経験の世界」から脱却させて、科学の対象とするためには、まずはサービスの実態を把握することが必須であると思われる。そこで、サービス産業の生産性向上を図ることを目的として、サービス現場に科学的・工学的手法等を適用することでサービスの品質向上や経営効率の向上につなげる現場改善事業「行動観察手法を活用したサービス現場改善プロジェクト」が実施された。

調査フィールドとして、がんこフードサービス株式会社、近畿日本鉄道株式会社、株式会社ロイヤルホテルのサービス現場を対象として、「行動観察手法」を適用し、現場の課題解決や人材育成に寄与する実証実験を実施した。本研究では、大阪ガスとエルネットが保有する「行動観察手法」をサービス現場に適用した。

２．行動観察手法とは

行動観察研調査は、基本的に以下の３つのステップで行われる。
（１）観察：現場の実態をつぶさに観察することで、多くのファインディングを得る
（２）分析：人間工学や心理学、エスノグラフィーの知見をもとに、現場の実態を構造的に解釈する
（３）改善：分析結果をもとに現場の改善を行う
今回の３件の事例についても、基本的には上記の手法に基づいて調査・改善を実施した。

３．サービス改善事例

本節ではサービス改善の３事例について述べる。

３−１　がんこフードサービス株式会社

背景：厨房やホールサービスなどの作業効率やＣＳを高める方法やマネジメントの方法を可視化し、チェーン全体のサービス向上を図りたい。

目的：①厨房業務における作業効率化の促進と、設備・レイアウトの最適化を提案する。②顧客接点業務における、優秀店の従業員の行動を視覚化・標準化して他店に展開し、人材育成に活用することでサービス品質を向上させる。

１）厨房観察

厨房に４台のカメラを取り付けて録画するとともに常時１名の観察員が目視で厨房内の行動を終日観察した。観察からレイアウト関連、オペレーション関連など、218個のファインディング（気づき）を抽出した。ディスカッションした上で現場と結果を共有し、今回の改善テーマを「作業価値に応じた適正な業務配分」に決定した。詳細な分析によりスタッフの作業ランク別時間比率を算出し、改善すべきポイントを可視化した。スキルに応じた作業配分を意識した現場改善を実行（約１ヶ月）した後、同じ条件で再びビデオと観察員により観察を実施し、調理長の行動の作業ランク比

率を分析した。その結果、調理長が本来すべき付加価値作業が大幅に拡大（25.7%→40.8%）し、待ち時間が減少した。

２） ホール観察

観察員が客席にて終日目視でスタッフの行動と、その対応を受けるお客様を観察した。スタッフだけでなく、お客様の行動や心理を分析することにより、顧客満足に繋がる行動を抽出した。観察より得られた事実・行動から、サービス向上のポイントを整理した。現場教育担当も交え、教育研修のためのプログラムを検討し、教育ツールとして自己チェックシートを作成して観察結果に基づいて研修を実施した。１ヶ月の実践後、設定した課題に対して６９％の従業員で向上が見られた。さらに、３ヵ月後、６ヵ月後と継続チェックすることでさらなる向上が期待できる。

３-２　近畿日本鉄道株式会社

背景：安全に円滑に利用客が移動できることが、顧客の満足度向上と駅従業員の作業効率に繋がるという観点から、駅利用者が迷わず、利用しやすい構内案内や表示の見直しを行いたい。

目的：顧客満足度・業務効率向上のための、サイン計画の最適化を実施し、検証する。

方法：目的地のみを告げられた被験者が実際にどのようにしてたどり着くかを、観察者は離れた位置から観察した。迷ったポイントや行動を記録し、ゴールした後に、再度同じルートをたどり、インタビューでその時の被験者の感じたことを聞き取ると共に、実際に見たサインを確認した。被験者は15名の50代～60代の女性を対象とし、対象者は上本町駅非利用者を中心に選定した。場所は地下鉄谷町線～近鉄上本町駅～歌舞伎座予定地の範囲で、３つのルートを設定した。観察結果により迷う原因を分析し、現場やサイン計画のスタッフと情報を共有化し、現状サインの改善案や新たなサインの必要性について議論を行った。得られた知見をもとに改善を施した８つのサインを開発した。サイン作成過程においては、明示性、合致性、一貫性に留意して開発を実施した。

結果：同じ条件で新たな被験者を設定し、「行動観察＋インタビュー」を実施した結果、各コースの所要時間が２つのコースで３０％以上時間短縮ができ、迷ったポイントの数も約半減した。

３-３　株式会社ロイヤルホテル

背景：「お客さまの顔やお名前を記憶するノウハウ」は、特定の個人に内在しており、次世代のエキスパートを育成するための必要なノウハウの可視化が困難である。

目的：比類なき高次元のサービスを提供する優秀者の持つ「顧客情報を記憶するノウハウ」を視覚化、標準化し、従業員の育成モデルを作ることでサービスの品質の向上を図る。

方法：優秀なスタッフ、まだ経験の浅いスタッフを織り交ぜ、職種の違う7名の対象者の現場での業務行動の観察調査と2時間のヒアリングを実施した。顧客情報を覚えるために努力している行動や事例などを中心に情報を収集した。

結果：記憶の過程である「符号化」→「貯蔵」→「検索」の各ステップにおける対象者の工夫や行動を認知心理学の根拠とともに整理し、研修システムを構築した。また、本研修を勤続年数２～４年のロイヤルホテル社員１４名に実施した。様々なお客さまが１０名登場するビデオを視聴していただき、１０日後に記憶力テストを実施した。その後、記憶ノウハウ研修を実施し、さらに別の１０名のお客さまのビデオを視聴していただき、さらに１０日後に記憶力テストを実施したところ、研修参加者の半分以上が研修前に比べて記憶力がアップした。

４．謝辞

本研究は近畿経済産業局から受託した「関西における科学的・工学的アプローチによるサービス現場改善事業」として実施された。

参考文献

1) 近畿経済産業局サービス産業室：サービス産業におけるイノベーションの創造を目指して， 経済産業公報， 16645， 40/41 (2009)

2) Sasser， W Earl， Olsen， R Paul and Wyckoff， D Daryl.: Management of Services Operations， Massachusetts: Allyn & Bacon (1978)

OS2

12 月 4 日　13:30～15:00
1 号館 3 階 131 室

「感動を測る・伝える技術開発」

【オーガナイザ・座長】

神宮　英夫（金沢工業大学・感動デザイン工学研究所）

携帯電話における初期使用時の魅力の評価指標の提案
—瞬目と心電図からの検討—

A Proposal for Indices to Assess Attraction on Initial Use of Mobile Phone

○山岸未沙子[1]、神宮英夫[1]、笠松慶子[2]、木曽宏顕[3]、福住伸一[3]
金沢工業大学[1]、首都大学東京[2]、日本電気株式会社情報・メディアプロセッシング研究所[3]
Misako YAMAGISHI[1], Hideo JINGU[1], Keiko KASAMATSU[2],
Hiroaki KISO[3], Shinichi FUKUZUMI[3]
Kanazawa Institute of Technology[1], Tokyo Metropolitan University[2],
Information and Media Processing Laboratories, NEC Corporation[3]

１．はじめに

情報・科学技術の進展により、あらゆる情報機器は高機能になり、我々の生活を便利にした。それに加えて、ユーザを満足させる「豊かさ」を実現させるためには、製品使用を通して感じる魅力を明らかにすることが必要であろう。本研究では、携帯電話を例としてとりあげ、製品初期使用時の魅力を客観的な指標である生理指標で表現することを目的として基礎的研究を行った。

魅力に関わる感性要素について検討した木曽ら[1)]、柏瀬ら[2)]は、魅力を感じる要素には、満足していることや快適性から誘発される安心感とリラックス、操作に対する欲求・興味・興奮から誘発される気持ちが関連することを示している。その結果から、彼らは欲求・興味・興奮、安心感、リラックスに関わる指標、特に自律神経系の活動を反映する生理指標により、魅力を客観的に評価できることを示唆した。

これらのことから、本研究では魅力を感じる状態を、興味や興奮が誘発され、安心感やリラックスが得られた状態であると考え、覚醒水準や興味に関連のある瞬目と自律神経系の活動に関わる心電図を生理指標として取り上げた。特に、測定事態での日常生の担保、および非侵襲・非接触な方法を工夫する必要性を考慮し、身体接触や制約を最小にとどめるよう測定方法を工夫することによって、魅力を規定できる客観的な指標としての可能性を探ることとする。

２．方法

実験には、大学生および大学院生の男性10名が参加した。最初に、実験参加者に実験の趣旨や「今後の買い換えを考え、試しに使ってみる」という実験上の設定を説明した。

実験で使用した携帯電話は、予備実験より選定した3機種であり、それぞれ機種①、機種②、機種③とした。以下に、各機種の特徴的な仕様を述べる。機種①は、全面タッチパネルで、ホームに戻るためのHWキー以外、全てSWキーにより操作が可能な機種である。機種②は、多くの既存端末と同様、10キー等のHWキーにより操作が可能であり、ディスプレイの開き方に特徴を持つ。機種③は、全面タッチパネルであるが、機種①と比較してHWキーが充実し（ON/OFFフック、menuなど）、さらに特徴的なポインティングデバイスを搭載している。

実験では、3つのタスクを設定し、タスク遂行中の瞬目および心電図を連続的に測定した。タスクの内容には、A）新規メールを作成して、保存する、B）AM5:00にアラームを設定する、C）写真を3枚撮影するという比較的使用頻度の高い操作を採用した。

3機種全てのタスクを完遂した後、主観評価項目として、「魅力的な」「欲しい」「使いたい」「買いたい」の4項目についての評価（0-10点）と各機種への順位判断を実験参加者に求めた。3機種の実施順序は実験参加者間でランダムにした。図1に、実験手続きの一例を示す。

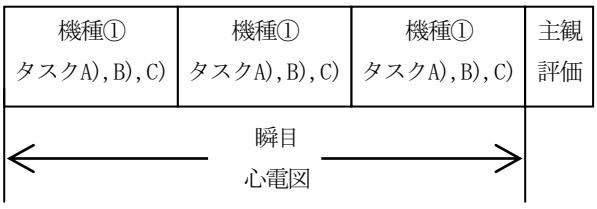


図1 実験手続きの一例

２．１　瞬目と心電図の測定方法

瞬目は、ビデオカメラにより目もとを1/30フレームごとに撮影して収集した。その画像から、実験者2名が個別に、各機種使用時の瞬目の回数を数えた。分析には、2名が集計した瞬目回数の平均値を使用した。

心電図の測定には、RF-ECGワイヤレス生体センサー（㈱医療電子科学研究所）を用い、実験参加者の左胸部に電極を2つ貼り付けた。サンプリングレートは、204 Hzであった。採取した心電図波形から、周波数解析により低周波数成分（LF）と高周波数成分（HF）を算出し、交感神経系の活動を反映するLF / HF値を指標とした。

３．結果

３．１　瞬目と心電図

本研究では、携帯電話操作時の瞬目反応と心電図における機種間の違いを検討するために、機種ごとに3つのタスク遂行時の単位時間あたりの瞬目率（回 / 秒）と、心電図波形から算出したLF / HF値を指標として分析を行った。

各機種操作時の生理的反応の違いを検討するため、まず瞬目率について、機種とタスクの2要因分散分析を行った。その結果、タスクの主効果が有意であることが示された（F (2,18)=4.84, p<.05)。タスクに関する多重比較の結果、タスクA）およびタスクB）の瞬目率は、タスクC）より低いことが示された。

また、LF / HF値を用いて機種とタスクの2要因分散分析を行った。その結果、機種の主効果とタスクの主効果に有意な傾向がみられた（機種: F (2,18)=3.00, p<.10; タスク: F (2,18)=2.71, p<.10)。機種の主効果における多重比較の結果、機種①のLF / HF値は、機種②より高いことが示された。タスクについては、機種間に差はみられなかった。図2に、LF / HF値のその結果を示す。

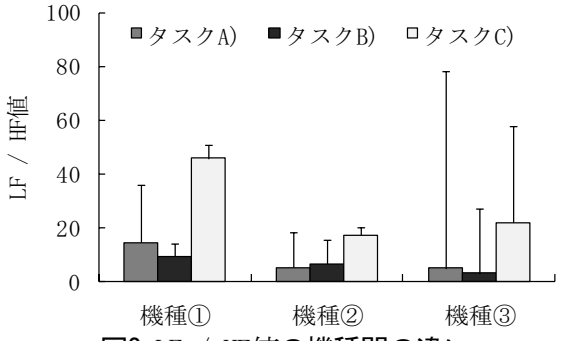


図2 LF / HF値の機種間の違い

両指標により、タスクの主効果が示唆されたため、タスクごとに機種間の違いを検討した。まず、タスクA）について、瞬目率を用いて、1要因の分散分析を行った。その結果、機種間の瞬目率に差がある傾向がみられた（F (2,18)=22.29, p<.10)。LSD法による多重比較の結果、機種①および機種③が機種②より瞬目率が高いという結果が得られた。LF / HF値についてフリードマン検定を行ったが、有意差は認められなかった（S(2)=1.56, ns)。図3に、タスクA）の瞬目率の結果を示す。

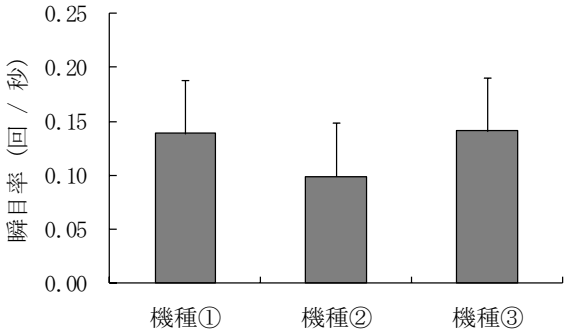


図3 タスクA）の瞬目率に関する機種間の違い

タスクB）について、瞬目率を用いた1要因分散分析を行ったところ、機種間に有意差は示されなかった（F (2,18)=0.86, ns)。LF / HF値についても有意差はみられなかった（S(2)=0.89, ns)。

最後に、タスクC）に関して、瞬目率を用いた1要因分散分析を行った。その結果、機種間に有意差は認められなかった（F (2,18)=0.63, ns)。LF / HF値については、機種間に有意差がみられた（S(2)=6.22, p<.05)。多重比較の結果、機種①のLF / HF値は、機種②より高い傾向が示された（図2)。

３．２　主観評価値と順位

「魅力的な」「欲しい」「使いたい」「買いたい」の4項目について、個別に機種間の違いを検討するため、１要因の分散分析を行った。「魅力的な」について分散分析を行った結果、機種間の評価点に有意な差が認められた（F(2,18)=5.75, p<.05)。LSD法による多重比較の結果、機種①は機種②および機種③よりも評価点が高いことが示された。「欲しい」には、機種間の評価点に有意差はみられなかった（F(2,18)=2.59, ns）が、「使いたい」については機種間に差がある傾向が得られ（F(2,18)=3.51, p<.10)、機種①が機種②、

機種③より評価が高いことが示唆された。「買いたい」については、機種間の評価点に有意な差が認められた（$F(2,18)=4.59$, $p<.05$）。LSD法による多重比較の結果、機種①は機種②、機種③よりも評価点が高いという結果が認められた。この結果は、「魅力的な」と一致している。図4に、主観評価値の結果を示す。

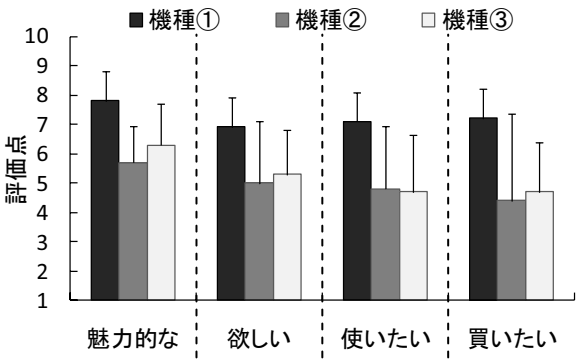


図3 主観評価4項目に対する機種別の評価点の違い

順位についてフリードマン検定を行い、機種間の違いを検討したところ、機種間の順位に有意な差が認められた（$S(2)=6.89$, $p<.05$）。多重比較の結果、機種①は機種③よりも順位が高いことが示された。

３．３　生理指標と主観評価値との関係

瞬目率およびLF / HF値と「魅力的な」「欲しい」「使いたい」「買いたい」の主観評価値4項目との関係を調べるために、機種ごとに相関係数を算出した。その結果、瞬目率については、機種によって「魅力的な」との関係が異なる可能性がみられた。表1に、瞬目率と主観評価値の相関係数を示す。

表1 瞬目率と主観評価値との相関関係

	魅力的な	欲しい	使いたい	買いたい
機種①	0.539	0.425	0.486	0.412
機種②	0.273	0.242	0.405	0.383
機種③	**-0.615**	-0.392	-0.092	0.113

表1から、機種③の瞬目率と「魅力的な」との間にはr =-0.615の負の相関関係がある傾向が示された（$p<.01$）。

LF / HF値については、主観評価値との間に有意な相関関係は示されなかった。

４．考察

本研究では、携帯電話初期使用時の魅力に関わる客観的指標を探究することを目的として、瞬目と心電図を指標として実験を行った。

結果を概観すると、各機種操作時の全タスクを総合した生理的反応については、瞬目率では機種間の違いは認められなかったが、LF / HF値では機種①が機種②よりも高いという傾向が示唆された（図1）。さらに、タスクごとに分析を行ったところ、タスクA）の瞬目率については、機種①と機種③が機種②よりも高い傾向が得られた（図2）。また、タスクC）では、LF / HF値において機種①が機種②より高い傾向がみられた（図1）。主観評価については、「魅力的な」と「買いたい」において機種①が機種②と機種③よりも評価が高いという結果が示された（図3）。「使いたい」では、機種①の評価が機種②および機種③よりも高い傾向が示唆されたが、「欲しい」には機種間の違いはみられなかった。

「魅力的な」に対する評価と生理指標が対応しているならば、機種①操作時の生理的反応は、機種②や機種③とは異なると考えられる。本実験の結果、瞬目率およびLF / HF値において、このような機種間の顕著な違いは認められなかった。しかし、一部に示唆された機種①と機種②の間の違いや、生理指標と主観評価値との関係性を考慮すると、本実験で採用した生理指標は魅力を規定しうる可能性があると考えられる。

その理由の一つとして、覚醒水準が関与している可能性がある。本研究では、携帯電話初期使用時の反応を対象としているため、未知の機種への意識や目標達成への動機が覚醒の度合を高めていると考えられる。そのため、LF / HF値において示唆された機種①と機種②の違いは、「魅力的な」の度合が反映されたと考えられよう。また、この傾向が特にタスクC）で示されたことを考慮すると、使用する機能や目的によって製品に対する魅力の表出の度合が異なる可能性がある。魅力を反映する生理指標の可能性を追究するためには、タスクや機能を精査し、携帯電話操作に関わる魅力や、感動を生む機能の発見を促すような課題を設定する必要があろう。

また、表1のように瞬目率と「魅力的な」との

間に一部相関関係が認められたことも、魅力と生理反応の両者が完全に独立ではないことを示唆している。両指標がそれぞれ独立に携帯電話操作時の生理的、心理的状態を規定するならば、どの機種においても相関関係は弱いはずである。しかし、本実験では機種③について、瞬目率と「魅力的な」との間に負の相関関係の傾向がみられ、魅力との関与が示唆された。

瞬目率は、課題遂行時の覚醒水準の低下や認知的不安といった不快な状態では増加し[3)4)]、主観的な興味[5)]に対しては減少することが知られている。本研究では、先行研究[1)2)]から魅力を感じている状態は、安心感やリラックス、興味が誘発された状態であると考えた。魅力が高いと評価される携帯電話操作時には、覚醒水準が高まり、不安が軽減され、興味が誘発されると考えられるため、瞬目率は低いと予測される。すなわち、瞬目率と魅力との間には負の相関関係が成立すると考えられる。したがって、瞬目率と「魅力的な」との間に負の相関関係が示唆された機種③については、魅力を瞬目率によって説明できる可能性が示されたと考えられよう。

しかし、機種①と機種②については、このような瞬目率と魅力との関係は明らかにされていない。瞬目率による魅力の評価を確立するためには、時系列分析や各機種の機能的、操作的側面における詳細な分析を通して、魅力との関係性が成立する条件も追究する必要があろう。

そのような分析指針の一つとして、入力方式の違いが挙げられる。実験結果から、タスクA）のメール作成について、機種②は機種①と機種③より瞬目率が低いという傾向が得られ、機種②では瞬目が抑制される可能性が示唆された（図2)。各機種を比較すると、機種②は、既存の端末と同様ほとんどの操作をHWキーにより行うが、機種①と機種③は、全ての操作をタッチパネル上のSWキーで実施することができるという違いがある。タスクA）は、タスクB）やタスクC）に比べて、多くの入力操作が求められるタスクであるため、この結果は、入力方式の違いがタスク遂行時の心的活動、それに関わる瞬目活動に影響をおよぼしたことを示唆していると考えられる。

近年、多くの機器がタッチパネル式の入力操作を導入しているため、入力方式による生理的反応への影響を明らかにすることは重要である。それによって、本実験でみられた魅力と生理指標との関係性に関わる要因を見出すことができれば、魅力のある製品の開発や提供にとって有意義な知見を提供できよう。

５．おわりに

本研究では、携帯電話初期使用時の魅力に関わる客観的指標の可能性を得るための基礎的研究として、瞬目と心電図を用いて実験を行った。その結果、魅力に関わる要因や生理反応についての知見を得ることができた。

製品に対する魅力とその客観的指標となりうる生理的状態を明らかにするためには、さらなる検討と実験条件の吟味が必要である。それによって、製品に対する魅力の客観的指標を明らかにすることができれば、ものづくりに加え、ユーザの感性を考慮した良質なサービスへの活用、さらには感動を評価・測定する技術への可能性にもつなげられよう。

謝辞

本研究において、実験およびデータ分析に関し、金沢工業大学情報学部心理情報学科川島裕子さん、島田夏子さんに尽力頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

1) 木曽宏顕・柏瀬七絵・笠松慶子・山岸未沙子・神宮英夫・福住伸一：携帯電話における初期使用時の魅力に関わる感性要素間の関係について，人間工学会誌，Vol.46特別号，pp.360-361 (2010).

2) 柏瀬七絵・笠松慶子・木曽宏顕・山岸未沙子・神宮英夫・福住伸一：携帯電話における初期使用時の魅力に関わる感性要因に関する考察，人間工学会誌，Vol.46特別号，pp.358-359 (2010).

3) 田中裕：覚醒水準と瞬目活動，心理学研究，Vol.70，No.1，pp.1-8，1999.

4) 松尾太加志：ユーザビリティ評価における認知不安の指標としての瞬目の利用可能性，人間工学，Vol.40，No.3，pp.148-154 (2004).

5) 津田兼六・鈴木直人：主観的興味が瞬目率と体動の生起頻度に及ぼす影響-見本評定法による主観的興味の統制-，生理心理学と精神生理学，Vol.8，No.1，pp.31-37 (1990).

共感覚性による香りの表現

Expression of fragrances via synaesthesia

春原　吉美

P&G イノベーション合同会社

Yoshimi SUNOHARA

P & G Innovation K.K.

1.　はじめに

香りは、日常生活において、多くの製品に用いられ、少なからぬ影響を、心理、生理に与えているにも関わらず、音楽の音符やデシベル(音の大きさを表す)などのように数値化、記号化された共通の伝達手段を持たない。

一般的に、香りは、「重い」「軽い」「明るい」「暗い」などの、嗅覚以外の感覚表現語で表される事が多く、このような表現方法を、神宮の一連の研究では、共感覚的表現と呼び、その有用性が示唆されていた[1),2),3),4)]。

また、妹尾らは、一連の研究で香りのイメージを色で表現する可能性を、明度値との観点から検証し、香りの嗜好と明度に正の相関が見られ、また、力量的な印象評価（弱い、軽い、薄い、刺激がない、やさしい）などと高い相関関係が示された事が報告されている[5),6),7),8)]。

本論文では、妹尾らの研究に立脚しながら、これまで着目されなかった色相の観点から、香りと色の共感覚性を使った表現の有用性を明らかにする。

2. 実験方法

評価者は、25 歳から 55 歳の日本女性 80 名を対象とした。テスト製品は、市場に出ていない、香調の異なるシャンプー製品 36 種類と、ベンチマークとして市場で売られているシャンプー製品 1 種類の計 37 種類とし、ベンチマークとほぼ同じ香りの強さになるように、調香師が調整した。

テスト製品 4 品とベンチマーク 1 品の 5 品を、ランダマイズした順番で、一品ずつ評価してもらう連続絶対評価方式を採用し、各評価者は、瓶口から立ち上る香りを嗅いで、自分自身で評価用紙に答えを記入してもらった。

１つの香り毎に、香りの好き嫌いを 5 段階評価（非常に良い＝100～全然良くない＝0）で、「清潔」、「さわやかだ」、「やさしい」、「普段使うヘアケア製品にはない香りがする」、「甘い」、「親しみやすい」の 6 項目の特性を 5 段階評価(2、1、0、-1、-2)の評定尺度法で回答してもらった。

香りのイメージを色に置き換える方法としては、評価者に、試料の香りのイメージにマッチングする色を、色票の中から、1 色のみ選択してもらった。色票は、妹尾らが使用した色票(2008)を参考に、MS-Excel 上で、長方形のオブジェクトを作成し、そのオブジェクトの色を、色設定ダイアログボックス中の赤（R）緑（G）青（B）の 0～255 の値をおよそ等間隔に変更することにより、6 等分の明度と、31 等分の色相からなる 186 種類の色を作成し、白～黒の無彩色の 9 色を加え、195 色とし、番号を付けて配列し、インクジェットプリンタ（HP LaserJet5700）にて印刷して色票を作成した。

3. 分析方法

これまでの研究では、妹尾らの先行研究(2008)に習い、印刷の過程での変化を考慮して、実際の印刷した色票各色を分光測色計（HunterLab 社（米国）製 Ultara Scan VIS）で測り、CIE-L*a*b 値を求め、１つの香り毎に、各評価者の選択した色の a*、-a*、b*、-b*値から、それぞれの平均値を求め、結果解析に使用していた。

L*a*b 表色系は、物体の色を表すのに、現在最も使用されている表色系で、1976 年に国際照明委員会(CIE)で規格化され、日本でも JIS（JISZ8729）において採用されており、明度を L*、色相と彩度を示す色相角度を a*、b*で表す。

しかし、a*, b*値に、色を比べるのに不要な彩度のファクターも入ってしまうため、今回新たに、L*a*b を基に、L*C*h の極座標の色相角度 h を求め、解析に使用した。($h=\tan^{-1}(b^*/a^*)$)

この新たな解析方法により、a*赤方向の軸を 0° として、反時計方向の色相に対する角度で、色相が表され、彩度のファクターがなくなった事により、よりノイズの少ない解析が可能になった。例えば、赤(0°)より

90°の方向は、黄、120°では青、180°であれば緑となる。

4. 結果と考察

4-1. 香りの嗜好性と色相の関係

嗜好性が上位５位の香りと下位５位の香りの色相角度を比較した結果、上位５位の香りは、下位５位の香りに比べて、赤と黄の色相値が有意に高く、青と緑の色相値が有意に低いことが示された。

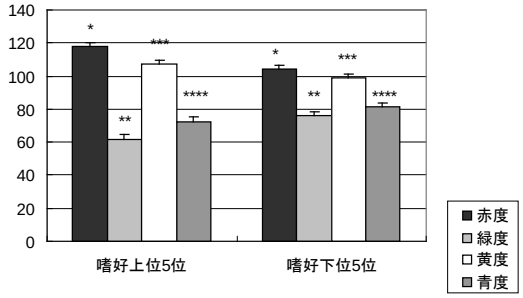


図１　嗜好性上位５位と下位５位の色相値の比較

4-2. カテゴリーイメージと色相の関係

嗜好性の高い香りが、赤と黄の色相値が高い色のイメージを持つことが示されたが、それはどの製品カテゴリーでも同じであるかを明らかにするため、香りのサンプルを嗅がせずに、各製品カテゴリー（スキンケア製品、ヘアケア製品、ボディーソープ、洗濯用洗剤、台所用洗剤の５カテゴリー）に最もふさわしい香りのイメージを色で選んで貰った。

その結果、スキンケア製品、ヘアケア製品、ボディソープなどの、いわゆるビューティケア製品の理想の香りは、洗濯用・台所用洗剤に比べ、赤の値が有意に高く、緑の値が有意に低い事が示された。洗濯用洗剤では、緑と青が、他のカテゴリーより、有意差を持って高いことが示されている。

また、台所用洗剤では、黄の値が、スキンケアを除く他のカテゴリーより、有意に高く、選択色も黄色が多かった。これは台所用洗剤が、歴史的に、レモンやオレンジなどの黄色い柑橘類の香りを付けることが多く、パッケージの色も、近年までは黄色が多いことの影響を受けている可能性も考えられる。

これらの結果より、消費者は、製品カテゴリーによって異なる香りのコンセプトを持っていることが示唆される。

4-3. 特性と色

4-2 で示された、各製品カテゴリーにふさわしい香りとそのイメージにあう色の差はどこからくるのかを明らかにするために、各特性の上位５位と下位５位の香りの選択色を、同様に、色相角度ごとの平均で比較した。

「清潔」のスコアが高い香りは、「清潔」のスコアが低い香りに比べ、緑と青の値が有意に高く、赤と黄の値が有意に低かった。洗濯用洗剤カテゴリーの理想の香りのイメージに、緑と青の値が有意に高いのは、「清潔感」に対する期待感からくる可能性を示唆すると思われる。「やさしい」のスコアが高い香りは、スコアが低い香りに比べて、赤の値が有意に高く、緑の値が有意に低かった。やさしさを求められるビューティケア製品にふさわしい香りに、赤の値が高い傾向に関連のある可能性が示唆される。「甘い」のスコアが高い香りは、スコアが低い香りに較べて、赤と黄の値が有意に高く、緑と青が有意に低くなっている。これは「清潔」と反対の傾向にあり、「甘い」香りが、まず「清潔」であるべき洗濯用洗剤カテゴリーではあまり使用されない理由であろう。

5. 結論

本研究の目的は、香りと色の共感覚性を使った表現の有用性を、明らかにすることであったが、色相角度での分析を加えることにより、より強い香りと色の共感覚性が指摘された。

本研究で提案した手法により、色を介在として、香りと、他の感覚（視覚・触覚・聴覚・味覚）とをより積極的に結びつけることにより、消費者の生活をより快適にする、新たな商品開発の可能性が広がることであろう。

引用文献

1) 櫻井広幸,神宮英夫: 香料の共感覚的表現,日本官能評価学会誌, Vol.1, No.2, pp.109-113 (1997)
2) 神宮英夫,田中吉史: 香りの共感覚的表現による品質構成の特定法の提案, 日本官能評価学会誌, Vol.10,No.2, pp.105-108 (2006)
3) 神宮英夫: 香りと触感との相互作用,Aroma research,Vol.10,No.1, pp.14-17 (2009)
4) 神宮英夫: 香りの官能評価手法と行動分析,Aroma research, Vol.10, No.3, pp.207-210 (2009)
5) 妹尾正巳,元永千穂 : 香りイメージの可視化と広告デザイン,第８回日本感性工学会予稿集, pp.263 (2006)
6) 妹尾正巳,元永千穂:香りを色で表現する,Aroma research,Vol.8,No.4, pp.362-365 (2007)
7) 妹尾正巳,元永千穂:香りイメージの色表現による伝達,感性工学, Vol.7, No.3, pp.497-503 (2008)
8) 妹尾正巳,元永千穂:化粧品の感性価値と感性テクノロジー, Fragrance Journal, Vol.37,No.3, pp.33-38 (2009)

地域産業振興のためのメディア技術活用プロジェクト報告

A Report of Collaborative Project with Media Technology for Local Activation

○出原立子*，伊丸岡俊秀*

*金沢工業大学

IZUHARA Ritsuko*, IMARUOKA Toshihide*

*Kanazawa Institute of Technology

1. はじめに

近年、地方都市において中心地にある商店街の空洞化が進み、石川県金沢市も例外ではなくなりつつある。郊外の大型店舗に人の流れが移動し、中心街にあるタテマチストリートと呼ばれる若者向けのファッションストリートでも、若者の買い物客が減少している。こうした背景から、タテマチストリートの中心に位置するファッション施設「パティオ」を運営している有限会社パティオと本学感動デザイン工学研究所に属する教員と学生達とで、ファッションストリートに大学生を呼び戻すきっかけとなるような共同プロジェクトを行うことになった。企業から依頼された事は、ファッション施設「パティオ」（図 1）において、ゴールデンウィーク期間中にパティオ３周年記念として、共同プロジェクトのイベントを開催することであった。

本稿では、この産学連携プロジェクトの企画案策定から企画実施までの流れを報告する。

図 1. タテマチストリートにあるパティオ

2. 企画案の策定

2.1 共同プロジェクトの目的

共同プロジェクトのイベントを実施するにあたり、企業側から与えられた課題は、パティオ３周年を迎えるにあたり３周年の「３」にちなんだ「３D」を使って何かできないかということであった。そして、大学生にタテマチストリートに足を運んでもらうために、学生がパティオ現地にてイベントを実施することが条件であった。そこで、本学側でイベントの企画を策定し企業側に提案を行った。

パティオはリニューアルオープン 3 周年を迎え「コーディネーターズ」というコンセプトを掲げ、店舗のコーディネーターが前面に出てコーディネートを紹介するという設定で、広告代理店によるＣM，ポスター制作が計画されていた。そこで、我々も同じコンセプトである「コーディネーターズ」に則り、且つ「３D」に関わるメディア技術を活かし、街の若者を惹きつける魅了的なプロモーション・イベントを行うことを目指した。

2.2 プロモーションの設計

店舗で行うイベントの場合、店舗周辺の人々の注意を引き付け、誘引することが重要となる。また、コーディネーターとコーディネートされた服装に興味を持たせるために、親しみ易い表現も必要となる。これらのことを考慮し、一方的な情報発信ではなく、自分でコンテンツを操作してコーディネーターの服装を色々な角度から見ることができる、体験型のプロモーション・コンテンツを制作し、店頭にて提示することにした。店頭のデジタルサイネージを活用しそこにカメラを設置し、道ゆく人々を撮影したリアルタイムの映像を映し、さらに AR（拡張現実）技術を用いてコーディネーターズをキャラクタ化した 3DCG を合成表示するという、AR コンテンツを提示することにした。

図 2. コーディネーターを 3DCG キャラクタ化

また、カメラを設置したデジタルサイネージの場所まで道行く人々を誘引するために、紙媒体によるフライヤーを作成し、それを道行く人々に配布することで導線を作ることにした。

デジタルサイネージにおけるカメラを用いたインタラクティブ広告は、中村ら[1]の顔パターン認識を用いたプロモーション・コンテンツ事例で有効性が確かめられている。我々もカメラを用いて人々の視線をキャッチし、そしてフライヤーを用いて人々の導線を店頭デジタルサイネージに引き寄せ、さらに体験者がコンテンツを操作することで、コーディネーターやコーディネートされた服をより興味深く見てもらえるよう工夫した。

2.3 制作

今回、共同プロジェクトとして企業側には、フライヤーの制作を協力してもらった。集客効果をねらうため、マーカーは町の人へ配りやすいようにカード型のフライヤーにして印刷した。フライヤーは10店舗分全部で12種類のマーカーを用意し、道行く人がフライヤーを集めたくなるようにコレクション性を高めた（図3)。フライヤーのデザインとして、表面にはコーディネーターの写真、裏面にはマーカーを印刷し、カメラの前でフライヤーをあて表の写真の面から裏のマーカーの面へとひっくり返すと、まるでコーディネーターの 3DCG キャラクタが飛び出してくるように表示される。体験者の操作に追随することで、興味を引きつけさせた。

3DCGキャラクタは、各フライヤーに対応する12人のコーディネーター分制作した。フライヤーから飛び出してくるキャラクタ達は愛らしいデザインにし、親しみ易さを追求した。制作したＡＲのシステムはARToolkit[2]を参考に制作し、3DCGキャラクタのモデリングはMetasequoiaを用い、アニメーションはCyberdelia使用した。

図3. カード型のフライヤー

3.実施内容

プロモーションは2010年の5月1日（土）から2日（日）の10：00から16：00の期間で実施した。パティオ・ビル前にて学生がフライヤーを配り、道行く人にコンテンツを体験してもらえるように呼びかけた。フライヤーを受け取った人は入口に設置されたカメラにフライヤーのマーカーを見せ、スクリーンに映し出されるコーディネーターの 3DCG キャラクタを映し出す体験をしてもらった（図4)。

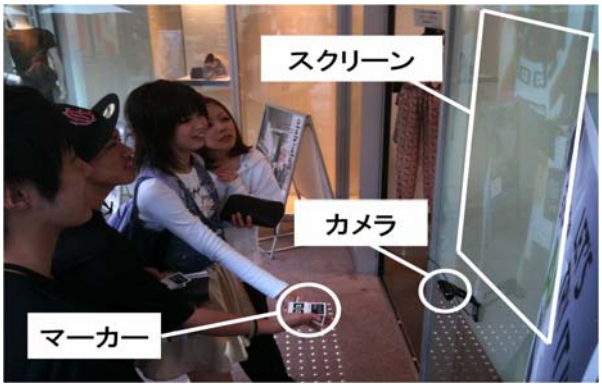


図4.実施風景

4.アンケート結果

プロモーション体験者には、感想とARに関する認知度調査を聞き取り方式で行った。対象者はARプロモーション参加者約342人の内72人に実施した。結果は以下の通りである。

Q1. AR技術をご存じでしたか。

知っている:14人(19.4%)、知らない:58人(80.6%)

Q2. 参加してくれた年齢の割合

10代以下：44%　20代：39%　30代：7%　40代以上：10%

Q3. コンテンツに関する感想

最も多かった意見：すごい。

その他の意見：おもしろい、不思議。

5.考察

本プロモーションでは、メディア技術を活かすことで若者の気持ちをとらえるプロモーションを実現できたと考える。また地域企業と互いの技術、ノウハウを活かして連携できた。今後はイベントに誘導するオンライン広告や、イベント後の情報発信への繋がりも検討していきたい。

参考文献

[1]山口　生・中村俊介,「インタラクティブ広告の有効性に関する実験」, 芸術工学会誌, pp60-61(2008)

[2]加藤　博一、「ARToolkit」,映像情報メディア学会誌 Vol.62, No.1, pp48-51(2008)

高臨場感コンテンツを気軽に楽しむための新たなプラットフォームの提案

A novel and portable platform for playing high realistic contents

○山本知仁*，高橋光太郎**，松田誠矢**

*金沢工業大学 情報学部　**金沢工業大学大学院 工学研究科

YAMAMOTO Tomohito*, TAKAHASHI Kotarou**, MATSUDA seiya**

*College of Information Science and Human Communication, Kanazawa Institute of Technology,

**Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

1. はじめに

視聴覚情報を提示する際，ユーザの感情に強く訴えかけることが可能であるという観点から，これまで高臨場感を提供するディスプレイシステムが多く研究されてきている [1)-3)]．また，これらのシステムはマルチサラウンドスピーカシステムや 3D テレビのような形で，既に一般的なユーザが購入できるようにもなっている．しかし，このようなディスプレイシステムの多くは，システムが大型，かつ高価になりがちで，あまり可搬性がなく，同時に，高臨場感を活用したコンテンツが少ないといった問題を抱えている．結果として，このようなシステムが手に入るようになっているにも関わらず，市場ではあまり成功していないというのが現状である．

本研究では，以上のような問題を解決するために，現在普及している Netbook や iPhone のようなモバイル端末を利用し，これらの端末が存在する環境であれば，ポータブルかつ低コストで導入できる 3 次元視聴覚ディスプレイシステムを提案する．このシステムはモバイル端末を無線 LAN で制御することで，任意の場所に音源を定位することを可能とし，ヘッドトラッキング可能なヘッドマウントディスプレイを用いて全方位に映像を提示することで高い臨場感を実現している．

またこのディスプレイシステムで楽しむことができる音空間コンテンツをブラウザ上で誰もが簡単にデザインし，共有することができる Web システムの提案も行う．このシステムは，Ajax と WebGL の技術を組み合わせて実現されており，ブラウザ上でもインタラクティブな操作を実現している．以下，これらの 2 つのシステムについて説明する．

2. 複数のモバイル端末による 3 次元視聴覚ディスプレイ

2.1 ディスプレイシステムの概要

本研究で開発した 3 次元視聴覚ディスプレイシステムの全体構成を図 1 に示す．本システムでは，サーバ･クライアント型に接続された複数台のモバイル端末（ノート PC，iPodtouch，iPhone など）と，Web カメラ，ヘッドトラッキング機能付きのヘッドマウントディスプレイ(以下 HMD)を使用する．各端末は LAN に接続され，ネットワークを通して情報の送受信を行うことで，視聴覚に対する情報の提示を行う．

システムの動作概要としては，まずサーバ内でユーザが任意に構築した仮想空間のシミュレーションを行い，次にそのシミュレーション結果を視覚及び，聴覚用クライアントに送信する．情報を受け取った視覚用クライアントでは Web カメラと HMD を利用し，仮想オブジェクトと現実画像を重畳することで全方位に拡張現実を実現する．同時に，聴覚用クラ

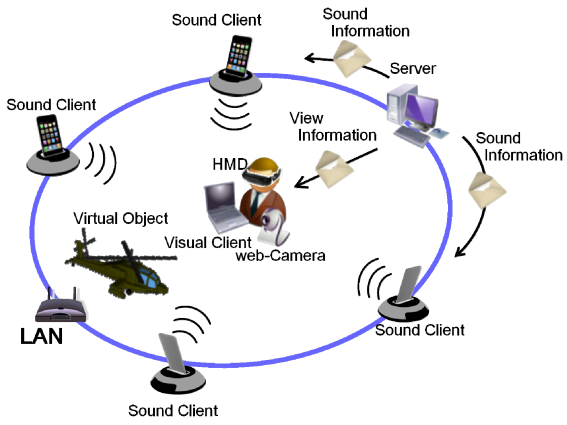


図 1 視聴覚ディスプレイの全体構成

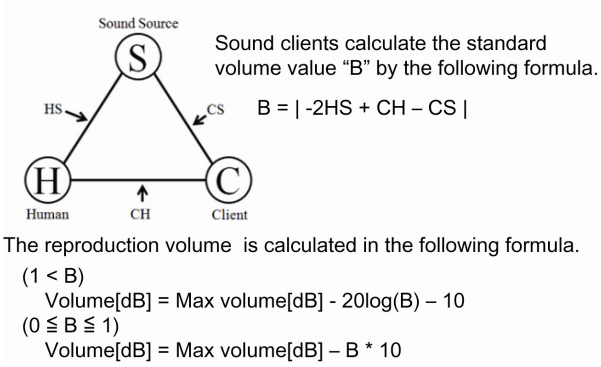


図 2 再生音量計算方法

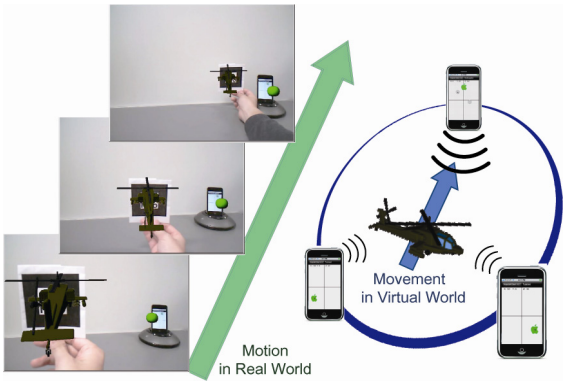


図 3 仮想オブジェクトの操作

イアントでは各モバイル端末を 1ch のスピーカとして利用し，各端末の音量を制御することで立体音響を実現する．なお仮想空間は複数の視聴覚オブジェクトから構成され, それぞれに ID と位置, 姿勢, モデル情報, 音情報，シミュレーション時における振る舞いが設定されている．

2.2 視覚用クライアント

視覚用クライアントは，クライアントに接続された Web カメラとヘッドトラッキング機能付きの HMD を用いて，仮想空間を拡張現実として提示する．具体的には，まず仮想空間と実世界の座標系を合わせるために，HMD の 3 自由度地磁気センサーの基準値を設定する．動作中は，この基準値とセンサー値の差分に対しローパスフィルタを掛けることでノイズを除去し，頭部運動を取得する．次に，サーバから受信した仮想オブジェクト群の情報と頭部運動をもとに，提示する仮想空間の視界を生成する．最後に，Web カメラから得た実空間の映像を仮想空間の視界と重畳し，HMD へ出力することで，拡張現実を実現する．なお通信負荷を抑えるために，実際に HMD で表示される仮想オブジェクトのモデルは，視覚用クライアントにあらかじめ保持させておき, サーバはオブジェクトの ID と位置，姿勢の情報のみを送信する．

2.3 聴覚用クライアント

聴覚用クライアントは，各モバイル端末を 1ch のスピーカとしたマルチチャンネルスピーカシステムを構築することで，立体音響を実現する．具体的には，まず各聴覚用クライアントの初期値として，仮想空間上における自身の位置を個別に設定する．その際，それぞれの位置は現実の空間上に配置した各クライアント間の相対的な位置関係を保つように定める．その後，動作中にクライアントがサーバからオブジェクト群の情報を受信すると，各クライアントは個別に設定した自身の位置と，受信したオブジェクトの位置，受聴者の位置の 3 つの要素を基準として，図 2 に示すような方法で音量減衰を計算する．この音量減衰を用いて，各クライアント間の音圧レベル差を実現することにより，空間的に音情報を提示する [4]．なお通信負荷を抑えるために，実際にスピーカで再生する音データは，聴覚用クライアントにあらかじめ保持させておき，サーバはオブジェクトの ID と位置の情報のみを送信する．

2.4 マニピュレーションシステム

本システムでは，画像認識によるマーカー追跡を用いて仮想オブジェクトの操作を実現している（図 3）．具体的には，まず視覚用クライアントで得られた画像からマーカーの 3 次元座標を計算し， HMD の 3 自由度地磁気センサーから得られた Web カメラの傾きと重ねてマーカーの世界座標を取得する．その結果をサーバに送信して仮想空間を更新し，それを各聴覚用クライアントに送信する．

音源が仮想オブジェクトを通してマーカーと一対一で繋がることにより，各聴覚用クライアントはユーザの操作をリアルタイムに音響へと反映させることができる．これにより．例えば音を手で操作するといった，よりインタラクティブな操作を実現している．

3.　音空間コンテンツのデザインと共有を実現する Web システム

3.1　システム概要

2 章で述べた 3 次元視聴覚ディスプレイに加え，われわれはまず聴覚的な音空間コンテンツに注目し，それをブラウザ上で誰もが簡単に作成し，共有することのできる Web システムを提案する（図 4）．本システムは，音空間コンテンツを Web ブラウザ上で作成するためのデザインシステム，作成したコンテンツを Web 上で共有するためのダウンロードシステム，及び前章で述べたモバイル端末による視聴覚ディスプレイの 3 つから構成される．

これらのシステムで聴覚的な 3 次元コンテンツを作成，共有，再生するためには，ユーザはまず Web ブラウザでデザインシステムにアクセスし（図 4 中の①），音空間コンテンツをデザインする．次にデザインしたコンテンツをダウンロードシステム上で一般に公開する（同②）．最後に，視聴覚ディスプレイに好きなコンテンツをダウンロードし，先のディスプレイシステムで再生することでコンテンツを楽しむことができるようになる（同③）．

3.2　デザインシステム

音空間コンテンツを作成するためのデザインシステムを図 5 に示す．このシステムでは，仮想空間上に複数のサウンドオブジェクトを配置することで，コンテンツのデザインを行う．また，空を飛ぶ鳥の鳴き声のような移動する音源の表現は，サウンドオブジェクトに移動に関する情報を与えることで実現する．

図 5 に示す①のウインドウは，実際にサウンドオブジェクトが配置される仮想空間である．図中に描画されている白い球体がサウンドオブジェクトであり，上部のサウンドオブジェクトから伸びている線がサウンドオブジェクトの移動を表す軌跡である．本システムではデザインされたこの仮想音空間を保存することでコンテンツが作成されるが，このとき保存される情報は，オブジェクトの位置情報，移動情報，各オブジェクトに対応した Wav ファイルである．

図中①の仮想空間を含め各ウインドウは，Web ブラウザ上でのインタラクティブな操作を提供するために，

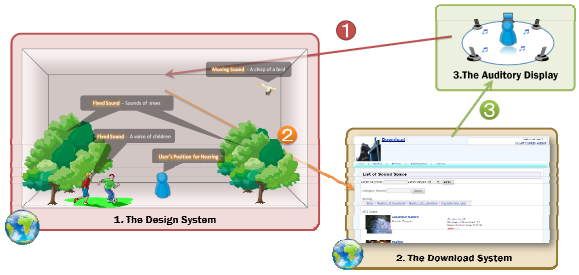


図 4 Web アプリケーションの全体構成

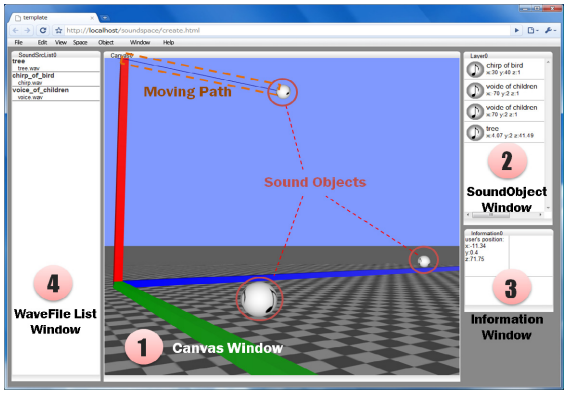


図 5 デザインシステム

基本的には JavaScript で実装されている．また，サウンドオブジェクトを配置するための仮想空間の描画には，Web アプリケーションでも GPU を利用することで高速な 3D 描画が可能な WebGL を利用している．

これらのウインドウを利用して，コンテンツをデザインするには，まず，①上で，マウスや方向キーなどを使い，任意の位置に移動する．次に④のリスト表示されているユーザがアップロードした Wav ファイルをクリックすることで，移動した位置にサウンドオブジェクトの配置を行う．また，②のウインドウは，配置されているサウンドオブジェクトのリストを，③のウインドウはユーザの現在位置や，オブジェクトの位置情報を示しており，これらの情報を確認しながらユーザは音空間のデザインを行う．

以上のように，本システムでは，既存のデザインソフトウェアのように音響に関する知識が必要なく，仮想空間の任意の位置に音源を配置するだけで音空間コンテンツをデザインすることができる．また現状では，基本的な音空間のデザイン機能のみ実装しているが，たとえばプラグインとして，波形処理を

図 6 ダウンロードシステム

行う機能なども追加できる設計となっており，さらに表現力の高いコンテンツの作成も可能となっている．

3.3 ダウンロードシステム

デザインされたコンテンツを共有するためのダウンロードシステムの外観を図 6 に示す．ダウンロードシステムは，既存のコンテンツサイトと同様のインターフェースを有しており，ユーザはコンテンツのタイトルやタグ，作成者名，ダウンロード数や評価レートをもとにしたソートリストなどの情報から，目的のコンテンツを検索することが可能となっている．

本システムでは様々なコンテンツを作成することができるが，例えば，世界中の観光名所のコンテンツを各地のユーザがアップロードすることにより，観光に行くことの難しい障害者や被介護者に，あたかもその場所にいるかのような感覚を与えることができると考えられる．また，音楽の演奏者が各楽器の音をそれぞれにアップロードすることにより，仮想空間上で音楽セッションを実現することも可能であると考えられる．

4. まとめと今後の展開

本研究では，まず高臨場感の視聴覚情報を提示することができ，かつ低コスト性，スケーラビリティ，インタラクティビティを備えた 3 次元視聴覚ディスプレイシステムを提案した．またそのシステム上で再生する音空間コンテンツのデザインと共有ができる Web システムも開発し，それらを組み合わせることによって音空間コンテンツを作成し，共有し，再生する統合環境を提案した．

今後の展開としては，まず視聴覚ディスプレイの視覚用クライアントに対して単眼カメラを用いた特徴点追跡による実空間と仮想空間の合成 [5]などを導入することで，両空間の整合性を向上することを考えている．また，Web システムに関しては，仮想空間を描画するインターフェースの改善および，プレビュー機能の強化を行うことで作成時の操作の直感性を向上させることを考えている．

さらにこれらのシステムを組み合わせたものとして，「いまここ」を残すデジタルアーカイブシステムの開発を今後考えている．今回提案したシステムは，情報を空間的に表現することが可能であり，このことを利用することで，失われつつある自然の風景や，歴史のある建物を，ある種の視聴覚空間として Web 上に残していくことが可能になる．特に本研究では，身近にある私的な風景や，ローカルには価値があるが，なかなか保存されにくいような文化的な遺産などに注目し，アーカイブしていくことを考えている．

参考文献

1) Charles E. Hughes, Christopher B. Stapleton, et al : Mixed reality in education, entertainment, and training, IEEE Computer Graphics and Applications , Vol.25, No.6, pp.24-30, 2005.
2) N.Lee : IOSONO, Computers in Entertaiment(CIE), Vol.2, pp.3, 2004.
3) 大久保 洋幸，中山 靖茂，池永 敏和，小宮山 摂：インタラクティブ３D 映像音響再生システム, NHK 技研 R&D(86), pp.72-79, 2004.
4) 池田進吾，山本知仁:ネットワーク接続された複数台の計算機による聴覚ディスプレイ，電子情報通信学会論文誌，Vol.J92，No.6，pp.897-908，2009.
5) R O Castle, D J Gawley et al : Video-rate recognition and localization for wearable cameras, iswc, pp.15-22, 2008 12th IEEE International Symposium on Wearable Computers, 2008

OS3

12 月 5 日　10:00～12:15
1 号館 2 階 121 室

「企業における人間生活工学の活用」

【オーガナイザ】　畠中　順子（(社)人間生活工学研究センター）

【座長】　道盛　章弘（パナソニック電工(株)）

企業における人間生活工学の活用

Development Examples based on Human Life Engineering in Industries

畠中順子*
*（社）人間生活工学研究センター
HATAKENAKA Nobuko*
*Research Institute of Human Engineering for Quality Life

1. はじめに [1)2)]

人間生活工学とは，人々の「安心・安全・快適・健康・便利」な生活を実現するための「ものづくり」の考え方と技術である．ものづくりの視点を人間生活に置き，人間の特性（身体，動作，生理，心理，感性等），生活の特性（嗜好，生活習慣，暮らしぶり等），生活価値（期待，願い等）を科学的・工学的に把握し，ものやサービスの設計・提供に反映させる技術と手法のことである．（図 1）．生活とは，家庭にとどまるものではなく，仕事，余暇，勉学など，人の営みすべてを指している．

人間生活工学の対象は製品やサービスのみならず，空間や環境，仕事や暮らしも含まれる．ものを生み出すメーカーはもとより，製品やサービスを生活者へ届ける流通，販売や，生活者自身のよりよい暮らし設計のためにも必要な技術である．

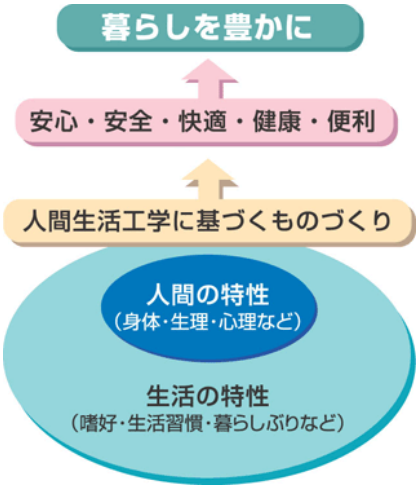


図 1　人間生活工学

（社）人間生活工学研究センター(以下，HQL と略す)は，1991 年の設立以来，人間生活工学の活用により持続可能で安全・安心な社会の構築，国民生活の向上に寄与するため，人間特性データの収集・提供，技術指導，人材育成，広報普及などの活動を実施してきた．

約 20 年を経て，使い手の視点において"もの""サービス""システム"を設計する，「人間生活工学」の考え方や技術は，人間中心設計，ユニバーサルデザインの拡がりなどとも関わりながら，社会に受け入れられつつあるように思われる．

2. 企画の趣旨

産業界では，これまでも，人と製品との適合性を高める活動が行われていたが，少子高齢社会の到来，地球環境問題への対応などの社会的背景を受けて，より多くの業種や製品分野において，人間生活工学を取り入れたものづくりが行われるようになってきている．

そこで，本企画セッションでは，「企業における人間生活工学の活用」というテーマで，人間生活工学を活用した製品開発や研究の事例を紹介することとした．

今回紹介する事例は，（株）アシックスによるランニングタイツの高付加価値製品開発事例，三洋電機（株）による人間生活工学を活用した家電製品開発事例，東洋紡績（株）によるカーシートの快適性の研究開発事例，パナソニック電工（株）によるマッサージチェアの開発事例と眼精疲労を軽減する視覚呈示方法の研究開発事例である．

スポーツウエアから家電製品，自動車用シート，

モニタまで多岐にわたる製品群において，人間生活工学が活用され，操作性向上，身体負荷軽減と言った製品の改善に加えて，健康，快適，疲労回復，省エネと言ったユーザ視点での新たな価値創出への取り組みもみられる．大いに参考にしていただけるものと思う．

HQL は，一昨年より，特に人間生活工学に関する産学官連携の場すなわち「オープン・イノベーション・プラットフォーム」として，十分に機能を発揮することを組織の社会的役割と位置づけ，積極的に取り組んでいる．

本企画セッションが，情報交流，情報共有のきっかけとなり，より多くの連携が生まれ，産業界の人間生活工学活用の推進につながることを願っている．

3. HQL の現在の活動 [2)]

最後に，HQL の活動概要について紹介したい．

HQL では昨年，2012 年までの中期計画を作成した．その中では，3 年後の目標として，HQL がこれまで培ってきたコア技術（人間特性データベース，人体寸法計測スキル・人材育成シラバスなど）や強み（産官学ネットワークなど）を生かし，社会の課題解決に貢献する活動を行うことを掲げている．

今年度は 1 年目として以下の事業活動を実施している．

3.1 研究会活動

会員等から募ったテーマのもと，研究会を設置して，人間生活工学に関する情報交流，研究企画立案，また実際の調査や研究を行っている．

表 1　平成 22 年度の研究会テーマ

感性価値研究会
人間生活工学による製品認証研究会
触感イノベーション研究会
生活観察と質的研究会
サービス工学研究会
運転行動データベース活用研究会
健康マンション研究会
海外の人体寸法・体型 DB の利用に関する研究会

3.2 人材育成

「人間生活工学によるものづくり」を実践できる組織づくり・人づくりを支援するため，誰でも参加できる講座・研修等を実施している．また，企業等の組織単位で行う研修のコーディネートや講師派遣（オリジナルセミナー）等も行っている．

3.3 情報収集・提供

企業等の「人間生活工学によるものづくり」を支援するため，さまざまな媒体により，人間生活工学に関わる各種の情報を提供している．

- 人間特性データベースや人間生活工学に関する書籍・CD の提供
- 電子メール「HQL ニュース」
- ホームページ等による広報
- 会員専用サイトによる会員向けの情報提供
- 人間生活工学の専門情報誌「人間生活工学」の発行

今年度は新たに全身三次元形状データ 2004-2006（相同モデル）の提供を始める予定である．

3.4 人間生活工学に関する技術指導

企業の「人間生活工学によるものづくり」を推進・支援するため，企業等からの個別の要望に応じて，人間生活工学に関するコンサルティングを事務局で実施している．

4. おわりに

本企画セッションに参加された方々が，今後，人間生活工学を活用したものづくりにますます取り組まれて，人々の「安心・安全・快適・健康・便利」な生活が実現することを願っている．HQL がお手伝いできることがあれば，これを機会に様々なかたちでの交流をさせていただければ大変ありがたいと思う．

参考文献

1) （社）人間生活工学研究センター:ホームページ

2) （社）人間生活工学研究センター: HQL のページ 人間生活工学, Vol. 11, No.2, pp.75-77 (2010).

ASICS における高付加価値製品の研究開発-ランニングタイツ研究開発-

Research and development of high-value-added products in ASICS - Research and development of running tights-

○勝　眞理*
*（株）アシックス　スポーツ工学研究所
MAKOTO Katsu*
*Institute of Sport Science, ASICS Corporation

1.　はじめに

スポーツカテゴリーにおいて、吸汗速乾、保温、防汚、紫外線カット、防水など着用時の快適性を向上させる合繊の機能素材が開発されている。その多くは、秋冬では素材の吸湿発熱による保温機能を打ち出し、春夏では素材の吸水拡散性、速乾性による接触冷感機能を打ち出しているが、様々なメーカーから類似した機能を持った製品が市場に投入されているのが現状である。各メーカーは、素材の改良などで体温変化に対する機能を強化して差別化を図ってきたが、体感温度変化に対する機能性（快適性等）のみでは消費者に支持されにくくなっている。このため、体温変化に対する機能を軸として、新たな価値を付加する製品開発に注力している。例えば、スポーツカテゴリーでは、筋を締め付けるコンプレッション機能や筋肉や関節の動きに対応したストレッチ機能により、各スポーツや使用シーン毎に差別化した商品開発に重点が置かれている。走る、蹴る、投げる、跳ぶといった運動は、複数の関節を使った動作であり、関節を動かすトルクを発生させるのは筋肉である。我々は、スポーツ時のパフォーマンス向上や身体の整容・コンディショニング向上など効果のメカニズムを解明し、どのような素材をどのような形状に配置して、関節や筋肉に外力として、作用させるかという基本設計が重要と考える。

さらに、開発したウエア着用によるスポーツパフォーマンス向上効果や身体コンディショニング向上効果などを定量的に計測すると同時に、ユーザーに価値として評価してもらうことも重要であると考える。本報では、ASICS における高付加価値製品の研究開発事例としてランニング用タイツの研究開発を紹介する。

2.　機能コンセプト

ランナー（男子 113 名、女子 63 名）の動作分析を行い、男子ランナーには Knee-Out、Toe-Out 型（支持期 0 脚）、オーバープロネーションが多く、女子ランナーには、股関節の内外旋が不安定な選手が多い（遊脚時Ｘ脚）ことが分かった。また、脚に加わる衝撃荷重により支持脚大腿部は大きく振動（横揺れ）することが確認された。このような不安定要素は、筋や靭帯の損傷などの故障を引き起こしたり、運動エネルギーのロスに繋がる。このため、ランニングタイツには、ランニング動作を促進させる機能と不安定動作を抑制する機能の両立が必要と考えられる。

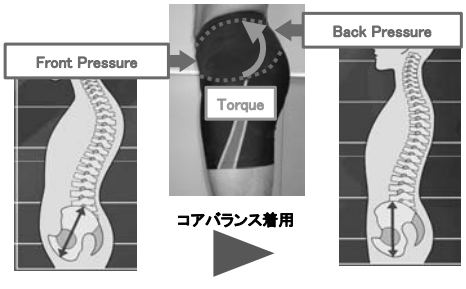
3.　モーションコントロールタイツ構造

ランニング用タイツとして、骨盤安定性を有するコアバランス構造と、脚安定性を有する３つのレッグバランス構造を組み合わせた構造を考案した。

(1) コアバランス構造

高弾性素材を骨盤周りに配置し、腹部と背部にかける締付力に前後高低差をつけて後傾している骨盤を直立する方向に働きかける。

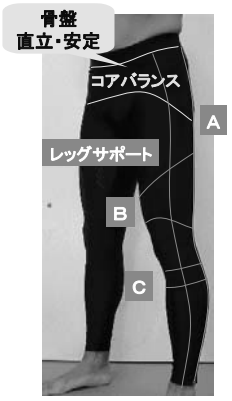
(2) レッグバランス構造



・サポートＡ：高弾性素材が脚の外側に設けられ、側方安定性を有する。

・サポートＢ：高弾性素材が大腿部前面に設けられ、大腿部の振動抑制と側方安定性、膝関節の回旋安定性を有する。

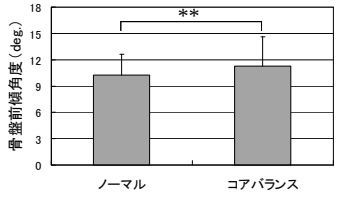
・サポートＣ：高弾性素材が下腿部前面の脛骨・腓骨の骨頭付近に、周囲方向に設けられ、側方安定性、膝関節の回旋安定性を有する。

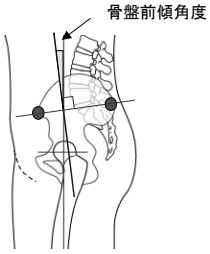


4.　機能検証

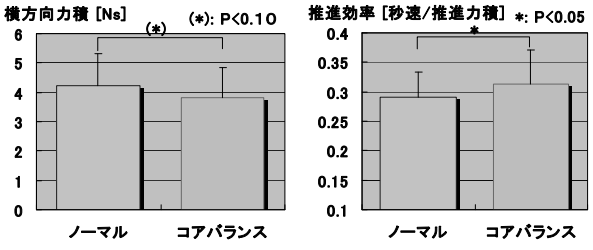
(1) コアバランス構造機能検証

コアバランス着用と非着用を条件とし，成人女性２名において，三次元動作解析システム VICON-MX(Oxford Metrix 社製)を用いて計測した上前腸骨棘および上後腸骨棘の位置座標から，骨盤前傾角度を算出した。測定は 5km／h のトレッドミル歩行で，被験者により着用順序を入れ替えて 2 セット行った。その結果，コアバランス着用が非着用と比較して有意に骨盤が前傾角度が大きくなった。



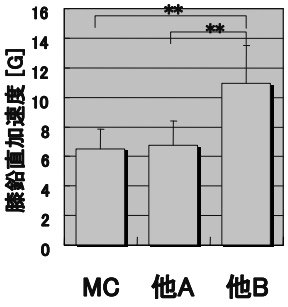


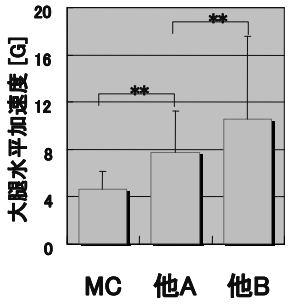
さらに、男子長距離選手５名を被験者として、コアバランス着用によるランニング時の横方向力積、走行効率の変化を検証した結果、キックの横ブレを示す横方向力積が減少し、走行効率が８％向上した。

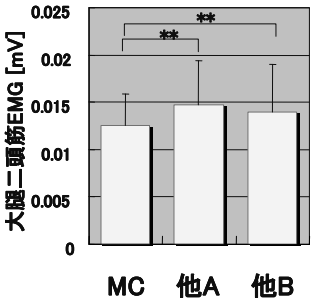


(2) レッグバランス構造機能検証

レッグバランス構造を有する新規タイツ（MC）と他社タイツ A、B を対象に、成人女性５名を被験者としてランニングにおける効果を検証した。測定項目として、膝鉛直加速度（膝にかかる衝撃の指標）、大腿水平加速度（大腿部ユレの指標）、大腿二頭筋活動量（膝の曲げやすさの指標）を測定した。タイツ A は、高弾性生地を膝関節周囲に配置しており、膝の安定性を重視し、タイツ B は、低弾性生地のみからなり、動きやすさを重視した構造となっている。検証の結果、タイツ A は、MC と膝にかかる衝撃は同程度だが、大腿部のユレと大腿二頭筋の筋活動量は MC よりも有意に大きかった。また、タイツ B は、MC と大腿二頭筋の筋活動は同程度だが、膝への衝撃と大腿部のユレは MC よりも有意に大きかった。一方、MC は、高弾性生地と低弾性生地の適正配置により、可動性と動作制御性を併有できた。







5.　まとめ

支持脚を安定させ、関節の負担を軽減さるため、コアバランス構造とレッグバランス構造を搭載したランニングタイツを開発した。日本人、外国人被験者いずれにおいても、新規開発したタイツは、他社タイツに比べて、膝にかかる衝撃、太ももの横振動、太もも裏側の筋負担が小さくなることを確認した。

人間生活工学を活用した家電製品の開発事例

Development examples of home appliances using Human Life Engineering

○藤原義久*

＊三洋電機株式会社 研究開発本部　基盤技術研究所

FUJIWARA　Yoshihisa*

*Advanced Technology Research Center, R&D Headquarters, SANYO Electric Co.,Ltd.

1.　はじめに

グローバルな産業競争においては，従来のものづくりの価値軸（性能，信頼性，価格）に加え，ユーザビリティや感性，さらには利用者の健康や安心・安全など，＋αの新しい価値＝「感性価値」を有した製品開発が求められている[1)]．三洋電機においては，社団法人人間生活工学研究センターの研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術（経済産業省委託）」[2)]・「人間行動適合型生活環境創出システム技術（新エネルギー・産業技術総合開発機構委託）」[3)]や大学との共同研究を通じ，人間の生理・心理・行動量を定量的に計測する技術や人間生活工学に係わる応用技術を蓄積してきた．本稿では，人間生活工学を活用した製品の評価・開発事例について紹介する．

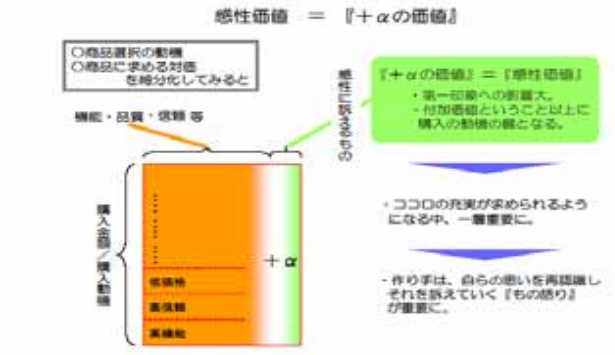


図１　経済産業省感性価値イニシアティブHP[1)]

2.　ユーザビリティ

操作性（使いやすさ・分かりやすさ），人体寸法や身体負荷（体へのやさしさ）に関する様々な評価方法の確立と人間適合性を考慮した製品開発を行っている．

１）操作性：操作性シミュレータ等（図２）を活用し，企画段階にて，HTA(Hierarchical task　analysis)や手数・エラー率・操作時間などの指標を用いた定量評価[4)]と製品開発（例：洗濯乾燥機AWD-AQ3000，ポータブルナビゲーションNVM-4370[5)]）を実施している．（広島国際大学共同研究）

図２　操作シミュレータ（AWD-AQ3000）

２）人体寸法や身体負荷：筋電計測を通じたペングリップタイプシェーバー(SV-AS8)開発[6)]，人体寸法[7)](図３)やモーションキャプチャーによる姿勢や力学的負荷推定値を考慮した洗濯乾燥機(AWD-AQ3000)の人間適合性評価[8)]（広島国際大学共同研究），人体モデルを活用したショーケース(TEM-167SX3)の到達域評価(図４)等，様々な商品において人間適合性を考慮した製品開発や販促支援を行っている．

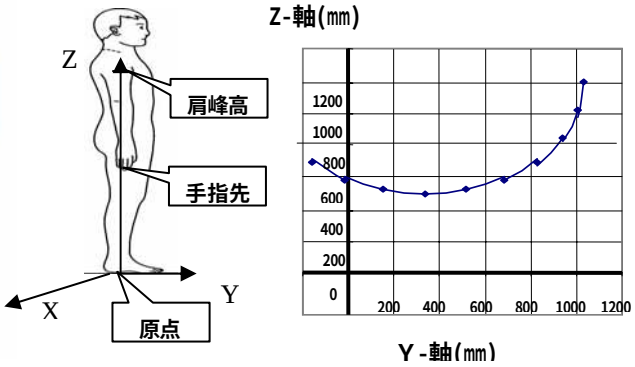


図３　手指先到達域に基づくドラム槽の高さ評価

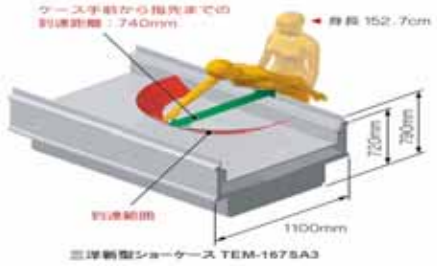


図４　人体モデルによる適合性評価（TEM-167SX3）

3. 快適性，健康

脳波や心電図等の生体計測技術を活用して，２次電池を用いた使い捨てないカイロ（eneloop kairo）などのウォーマ商品，快眠プログラム搭載電気毛布（BKS-PC200，PDC200）にて，エネルギー効率が良く快適性や快眠を図る温度プログラム[9]（図５）を検討し，商品搭載した．（大阪市立大学や立命館大学との共同研究）

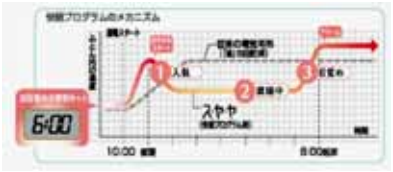


図５　電気毛布における温度制御プログラムの概要

また，健康を訴求する商品事例として，中立姿勢制御マッサージチェア[10]（HEC-DR6000G），さらに，生理量センシングに基づき，利用者の状態（人間感覚，運動強度等）を推定して，利用者毎の状態に応じて機器をパーソナルフィット制御する技術を搭載した人間感覚センサ搭載マッサージチェア（HEC-DR21[11]，HEC-DR8700）や運動センサ搭載家庭用運動器（HRM-DS1）などの商品開発に取り組んできた．（立命館大学共同研究）

図６ パーソナルフィット制御技術搭載機器事例

4. 安心・安全，介護

無拘束生体センシング技術[12]をベースに，介護施設等での高齢者の安心・安全を見守る「ベッドモニタリングシステム」の開発（知的クラスター創成事業：立命館大学共同研究），また，要介護者の寝返りを支援するベッド（体位変換介護ベッド Hist）の評価[13]など，安心・安全や介護という感性価値を提供する技術や商品開発支援などにも注力している（図７）．

図７　安心・安全や介護を訴求する技術・商品事例

5. おわりに

本稿では人間生活工学を活用した製品評価・開発事例の一端を紹介した．現在，感性価値としては，例えば感動などの高次感性，エコロジーへの訴求などが社会的にも求められており，今後，この方向にも，蓄積してきた人間生活工学技術をベースとして，研究開発を進めていきたい．

参考文献

1）経済産業省感性価値イニシアティブ:http://www.meti.go.jp/press/20070522001/kansei-gaiyou.pdf

2）社団法人人間生活工学研究センター：人間感覚計測応用技術　研究のまとめ（1999）

3）社団法人人間生活工学研究センター：人間行動適合型生活環境創出システム技術　研究のまとめ（2005）

4）中川，石原 他：評価実験による全自動洗濯乾燥機の操作部改善，日本人間工学会誌第44巻特別号pp.286-287（2008）

5）今永，久田 他：PNDの開発におけるユーザビリティ評価，第11回日本感性工学会大会予稿集（2009）

6）石原,佐野 他：筋電図と肌への押圧測定に基づく新形状シェーバーの開発，日本人間工学会誌第44巻特別号 pp.254-255，（2008）

7）社団法人人間生活工学研究センター：日本人の人体計測データベース1992-1994

8）Shigekazu Ishihara，et.al: Development of a Washer-Dryer with Kansei Ergonomics，Engineering Letters，18:3，EL18-3-05，(2010)

9）岡田，藤原　他：電気毛布の温度制御方法の提案とその評価，日本感性工学会第８回大会抄録集（2006）

10）橋本，渡辺　他：座位姿勢の違いによるリラックス状態の評価検討，第19回日本トレーニング科学会予稿集，47（2007）

11）藤原，冷水　他：マッサージチェア利用時における自律神経系生体情報を用いた人間感覚推定手法とマッサージ制御手法の開発,VOL.43 No.1（2005）

12）藤原，野田　他：無拘束生体情報モニタリング機能を有した介護支援システムの開発，第８回日本感性工学会大会予稿集，167（2006）

13）藤原，阪井　他：体位変換ベッド hist の評価，人間生活工学，VOL.4 NO.3，38-42（2003）

むれ感の部位差に着目した快適性に優れるカーシート

Car Seat Adjusted difference of thermal sensation between Thigh and Buttocks

○原田弘孝*，石丸園子*

*東洋紡績株式会社

HARADA Hirotaka*, ISHIMARU Sonoko*

*Comfort Engineering Center, TOYOBO Co. Ltd.

1. 緒言

夏季，駐車中の自動車室内は，建築物に対しガラスの占有面積が大きく，かつ，狭く密閉された空間であるため，非常に高温になる [1)]．そのため，乗車直後にエアコンを稼動させても，しばらくは汗をかいてむれ感などの不快感が生じることが問題視されている [2)]．むれ感はカーシート接触部で特に感じられ，むれ感を素早く除去・低減できるカーシートのニーズは高い．このようなむれ感低減に優れるカーシートの代表的な例としてカーシートの臀部や背部から冷風を吹かすことができる空調シートがある．しかし空調シートは電力による制御が必要であり，エネルギー使用量が多いという問題点が挙げられる．

本研究では，電力を使わず，従来のシートに対しむれ感を小さくする手段を検討した．なお，カーシートでは座り心地も重要な快適性の要因であり，従来のカーシートと座り心地も同等であることを前提とした．

2. 現状把握

現状把握として，発汗量，むれ感，および，体圧分散の部位差について調査した．

2.1 実験方法

2.1.1 実験 1

カーシート着座中の被験者の発汗量の測定，および，むれ感の主観評価を行った．

実験条件は以下の通りである．被験者は健康な 20 代から 40 代の女性で，発汗量計測は 5 名，主観評価は 10 名で実施した．試料は一般的なウレタンシート（従来品）を使用した．発汗量計測は，カーシートと接触する左右大腿部後面の各 3 箇所，および，左右臀部中央の各 1 箇所の計 8 箇所に，3cm×3cm のろ紙を皮膚に貼り，蒸発を防ぐためにろ紙の上から 5cm×5cm のフィルムで覆い，カーシート着座前後のろ紙の重量から増加量を求めた．また，むれ感は，カーシート着座中のカーシートに接触している大腿部後面と臀部を対象にし，“とても乾いている(-3)”～“とても湿っている(+3)”の 7 段階のアンケートにより 1 分毎に調査した．プロトコルは，25℃50%RH 環境において，10 分間椅座位安静の後， 32℃70%RH 環境において，5 分間踏み台昇降運動をし，その後，50℃20%RH 環境に移動し評価用カーシートに着座し，その直後に環境温湿度 18℃50%RH に設定変更し，30 分間着座した．

2.1.2 実験 2

従来品のカーシートに着座中の座面の圧力分布を測定した．被験者は健康な 20 代から 40 代の男女計 3 名とした．試料は従来品を使用し，着座 5 分後の座面の体圧分布をニッタ製 Bigmat により計測した．

2.2 実験結果

2.2.1 実験 1

着座 30 分間の平均発汗量は，大腿部が 360g/m^2 h で，臀部が 700 g/m^2 h であった．図 1 に着座 30 分間の大腿部および臀部の乾湿感（むれ感）の経時変化を示す．発汗量の少ない大腿部の方が，発汗量の多い臀部に対し湿り感が高い傾向が見られた．

2.2.2 実験 2

それぞれの被験者の体圧分布測定結果から，臀部および大腿部の最大荷重を中心にした 25 セルにかかった合計荷重の平均値が，臀部で 103kPa，大腿部で 49kPa であり，臀部が大腿部に対し荷重が高かった．

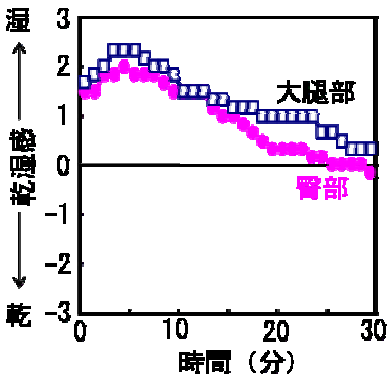


図1　乾湿感の経時変化

3.　製品設計

実験 1 より大腿部は臀部に対し，発汗量は少ないが，乾湿感（むれ感）は大きく，むれ感の感度が高いと推測される．また実験 2 より，臀部が大腿部に対し荷重が高く，体重が集中してかかる部位であり，座り心地の影響を受けやすいと推測する．以上より，大腿部には，通気性の高い素材である三次元網状弾性体ブレスエアー®，臀部には，圧縮特性が従来のシートと同様のウレタンクッションを配置する設計を考えた．

4.　効果の確認

4.1　実験方法

被験者は健康な 20 代から 40 代の男女計 5 名とした．左大腿部後面中央と左臀部中央の衣服内絶対湿度（テクノサイエンス製 TH100）を測定した．また，乾湿感を 7 段階でアンケート調査した．プロトコルは現状把握の実験 1 と同様とした．

着座中の座面の圧力分布を，健康な 20 代から 40 代の男女計 3 名の被験者により測定した．着座 5 分後の座面の体圧分布をニッタ製 Bigmat により計測した．

4.2　実験結果

図 2 に開発品と従来品の大腿部の衣服内絶対湿度，図 3 に開発品と従来品の大腿部の乾湿感を示す．開発品は従来品に対し着座 15 分以降で，大腿部の衣服内絶対湿度が低い傾向を示す．また，開発品は従来品に対し，着座時全体を通じて乾いた感覚（むれ感が小さい）を示す．特に，開発品は，着座 20 分以降はやや乾いている感覚であるのに対し，従来品は，着座 30 分経過しても乾いた感覚になっていない．以上より，むれ感の感度の高い大腿部に高通気性材料を配置することで，着座中のむれ感を低減できることを確認した．

開発品および従来品の体圧分布は，三次元網状弾性体で構成される開発品と、ウレタンで構成される従来品の大腿部において，同様の分布を確認した．臀部においても同様の体圧分布をしていることから、開発品と従来品の座り心地は同様であると推察する．

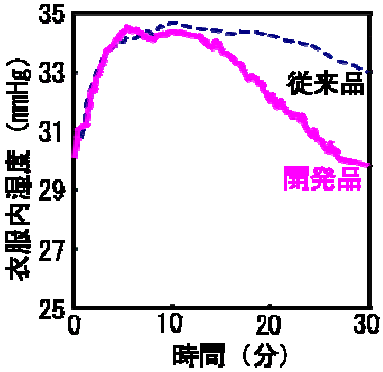


図2　大腿部衣服内湿度

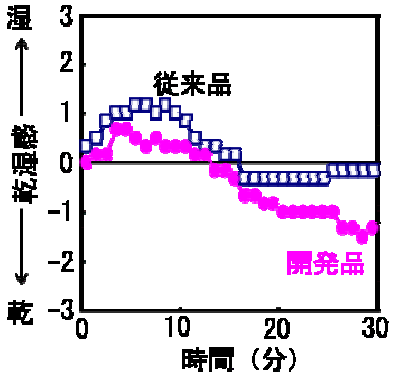


図3　大腿部の乾湿感

5.　結言

むれ感に敏感な大腿部に高通気性材料を，座り心地に敏感な臀部には従来のウレタンを配置することで，座り心地は従来と同等で，かつ、電力を使わずにむれ感を低減できるカーシートを開発した．

参考文献

1)　田丸英司ら: 人間-熱環境系快適性数値シミュレータ（その 5）車室内温熱環境の実測，日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.397-398 (2000).

2)　Omer Kaynakli et al: An Investigation of Thermal Comfort inside an Automobile during the Heating Period, Applied Ergonomics, No. 36, pp.301-302(2005).

マッサージチェアの開発における人間工学的デザイン戦略

Ergonomic design strategy for massage chair development

○川口亜紀*，小川哲史*，関家友子*，長野正樹**，湯川隆志**
*パナソニック電工解析センター㈱　**パナソニック電工㈱
KAWAGUCHI Aki*, OGAWA Tetsushi*, SEKIYA Yuko*, NAGANO Masaki**, YUKAWA Takashi**
*Panasonic Electric Works Analysis Center Co. Ltd., **Panasonic Electric Works Co. Ltd.

1. はじめに

消費者のニーズを探り出し，そのニーズを実現するプロダクトやサービスを実現していくビジネス戦略である「デザイン戦略」が，21 世紀のイノベーションを先導するであろうと言われている[1)]．ここでいう「デザイン」とは，外観デザインではなく，企画から販売に至るまでの商品設計という位置づけである．これまでパナソニック電工解析センターでは，「使いやすい」，「使い心地がよい」などのあいまいな人間の感覚を可視化・定量化し，ものづくりをサポートしてきた[2)]．具体的には，人間の感覚である官能評価と，動作解析や筋電図解析，眼球運動計測，圧分布計測などの物理計測および，脳波や心電図による生体計測を行っている（図１）．これらの計測データ間の関連を，統計的手法を活用して S-H 変換[3)] することで，ユーザーの注目要素を明らかにし，満足度の高い商品開発を支援している．

今回はデザイン戦略の取り組みとして，パナソニック電工の代表的な商品であるマッサージチェア（図２）を対象として実施した内容のうち，ニーズ分析：「ユーザーニーズ分析によるマッサージチェアの企画提案」と効果検証：「生体計測による温熱マッサージ効果の検証」について紹介する．

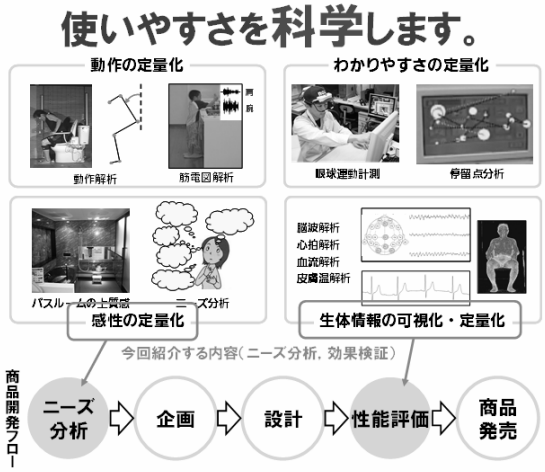


図１　商品開発における人間工学の位置づけ

2. ニーズ分析によるマッサージチェアの企画提案

新商品開発の際には，消費者のニーズを的確に把握し有望性を見極めることが重要となってくる．今回はマッサージチェアの企画案に対してユーザー評価を行い，ユーザーニーズを定量化することで企画案の選定を行った．

2.1 実験概要

評価サンプルは７つの商品企画案 A～G とした．企画案 A はもみ玉を温めることで揉捏刺激と同時に温熱刺激も加えることができる温熱マッサージの企画案であった．他に６つの企画案を加え，計７案について評価を行った．被験者には，商品企画の内容をイラストなどを活用してわかりやすく説明し，各案を実現した試作モデルを体感してもらった．その後，７つの企画を組み合わせた商品イメージカードを用いて，購入意向に関するコンジョイント分析を行った．被験者はマッサージチェアに興味のある男女 16 名（年齢：30～60 歳代）とした．

2.2 結果

ユーザーニーズが高かった企画案は，企画案Ａ(温熱)と企画案 B であった．これらは他の企画案と比べて，魅力度が約 3 倍と大きく，ユーザーにとってかなり魅力的な企画であることがわかった（図３）．

2.3 まとめ

以上の結果を商品企画部門にフィードバックし，温熱マッサージチェア（温感リアルプロ）の商品化が決定した．

図２　マッサージチェア

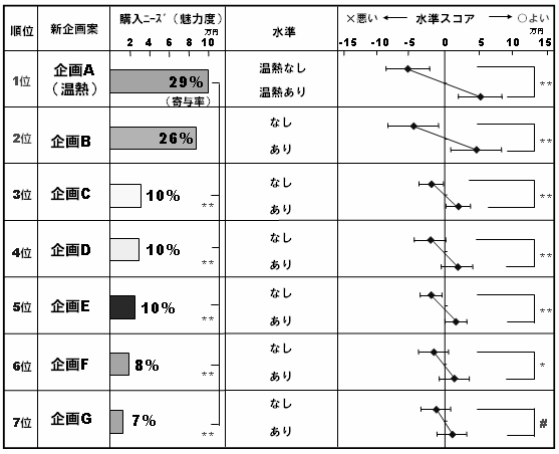


図３　コンジョイント分析結果

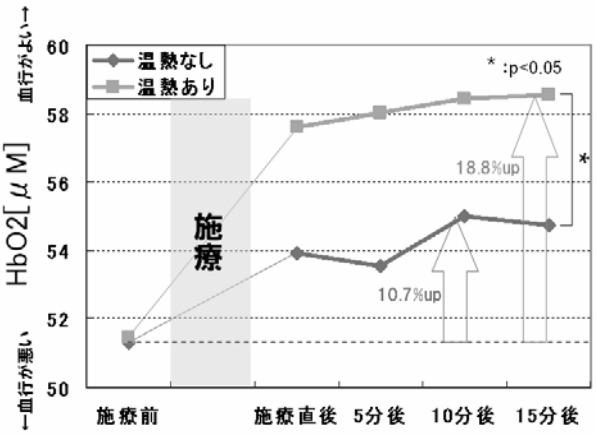


図４　マッサージ前後の筋血流量（７名平均）

3.　生体計測による温熱マッサージ効果の検証

ユーザーが温熱マッサージに期待する効果として，肩こりの解消がある．マッサージチェアでは，僧坊筋をはじめとする背面の筋肉をもみほぐすことにより，血行を促進させ，肩こりの改善を狙っている．今回は，従来のマッサージチェアのもみ玉を加温した温熱マッサージによる肩こり改善効果についての検証を行った．

3.1　実験概要

被験者 1 名につき温熱あり・なしの 2 条件のマッサージを行い，それぞれ施療前後の変化を計測することで，温熱マッサージの効果を調べた．

[条件1:温熱あり] 被験者の僧坊筋近傍に，もみ玉によって機械的刺激(揉捏動作)と温熱刺激を 10 分間付与した．

[条件2:温熱なし] 被験者の僧坊筋近傍に，もみ玉によって機械的刺激（揉捏動作）を 10 分間付与した．

マッサージの直前と，直後から 15 分後まで 5 分ごとに計 5 回，下記項目の計測を行った．被験者は，慢性的に肩こりの自覚がある成人男性 7 名(30～50 歳代)とした．

3.2　計測項目

・筋血流　時間分解分光装置 (TRS-20, 浜松ホトニクス社製) を用い，酸素化ヘモグロビン（HbO2）と酸素化ミオグロビン(MbO2)の濃度を血流量として代用する．被験者背面の，もみ玉による施療箇所近傍を計測した．

・体表温　サーモトレーサー（TH9100Pro，NEC 三栄社製）を用い，背面，手のひら，足先の 3 箇所について体表温を計測した．

・自律神経系　心拍計（EEG9100，日本光電社製）を用いて計測を行い，心拍の拍動間隔の変動量 (CVRR) を算出した．

・主観評価　マッサージ施療後の変化として，体調・気分・肩こり・温感・リラックス感について官能評価を行った．

3.3　結果

筋血流量の変化を図 4 に示す．温熱マッサージ施療後の血流量は，施療前に比べて平均 18.8% 上昇していた．温熱なしの場合には 10.7% の上昇にとどまっており，温熱ありでは温熱なしに比べ血行が有意に促進されていることがわかった（$p<0.05$）．体表温，自律神経系の結果では有意差はないものの，温熱マッサージの方が温熱なしの場合よりも，血行促進効果や副交感神経活動の亢進効果がある傾向が認められ，ユーザーの期待する肩こり改善効果が向上することが示唆された．

4.　あとがき

パナソニック電工の代表的な商品であるマッサージチェアについて，人間工学的手法を活用した企画提案～効果検証によるデザイン戦略の実施例を紹介した．

パナソニック電工解析センターでは，キッチンやバスルームなどの住宅部材，シェーバーなどの美容機器，玄関インターホンや照明スイッチなどの情報機器，ノートパソコン，電子レンジ，洗濯機など様々な商品について人間工学を活用し，魅力ある商品の開発している．今後は人間工学的手法をさらに活用し，商品の外観や操作感，上質感など感性に訴える商品のデザイン戦略として，企画段階から関わっていく予定である．

参考文献

1)　脇田，奥出編: デザイン言語 2.0ーインタラクションの思考法, 慶應義塾大学出版会 (2006).

2)　例えば，阿部ら: 家事作業における身体負担感の定量化法, パナソニック電工技報, Vol.58, No.1, pp.74-79, (2010).

3)　松下電器に学ぶ「変える力」, 日経ビジネスAssocie, 2007年2月 20 日号, (2007).

眼精疲労軽減を目指した新しい視覚呈示方法の開発

The Development of a New Visual Presentation Method to Prevent from Asthenopia

○鈴木優介*，福島省吾*，前田史篤**，可児一孝**，田淵昭雄**

*パナソニック電工株式会社　**川崎医療福祉大学

SUZUKI Yusuke*, FUKUSHIMA Shogo*, MAEDA Fumiatsu**, KANI Kazutaka and TABUCHI Akio**

* Panasonic Electric Works, Ltd. **Kawasaki University of Medical Welfare

1.　緒 言

近年，端末表示装置（visual display terminal, VDT）を用いた作業を行なう機会が増加している．その結果，長時間にわたり近方を固視することによる眼精疲労を訴える患者が増加しており，社会的に注目を集めている[(1)]．これらの眼精疲労は，調節機能の低下，あるいは，異常が原因している可能性が高い[(2)]．その一方で，調節への遠方化刺激による調節の緊張緩和は，眼精疲労の回復効果を有するという報告がある[(2)]．

本研究では，使用者に自覚させずに，調節機能を常に変化させる視覚呈示方法を提案する．本方法は，視野角と明るさをほぼ一定にするという条件下で，観察対象の視距離を大きく変化させることが可能である．本報では，本視覚呈示方法を利用した機能モデルの試作，および，眼精疲労軽減効果の評価について述べる．

２．　調節を無自覚誘発する視覚呈示方法

２．１　視距離の可変表示

本研究では，調節機能を無自覚に誘発する視覚呈示方法として，凹面鏡による虚像結像原理を応用する．その概念を図 1 に示す．本方法に基づく視覚呈示装置の光学系は，凹面鏡，ハーフミラー，物体，および，物体と凹面鏡との光学距離を可変とする機構からなる．図 1 で a により示す物体から発せられた光線は，ハーフミラーで反射され，さらに凹面鏡で反射される．その光学距離が，凹面鏡の焦点距離以下の場合，凹面鏡による反射光は，正立虚像 a'を形成する．物体を，凹面鏡の焦点距離以下で，図 1 の $a \rightarrow b$ のように移動すると，それに伴い，虚像も $a' \rightarrow b'$のように遠方へ移動する．この時，後述する機能モデルのように，凹面鏡の曲率半径を数 100 mm 程度とする場合，物体のわずかな移動（数 100 mm）に伴い，虚像の結像位置は，大きく移動（数 m）する．また，その時の装置の大きさは，数 100 mm 立方程度と小さい．

さらに，虚像の大きさは，遠方に結像する場合ほど大きいという特性を有する．これにより，ある観測点から視覚した場合，虚像の視野角は，虚像結像位置の遠近に関わらず，一定である．加えて，虚像の明るさも，虚像の結像位置の遠近に関わらず比較的一定である．その結果，虚像の移動速度が十分遅い場合，虚像を注視する観察者は，像の移動に対して，無自覚のうちにその調節機能を変化させることが可能である．

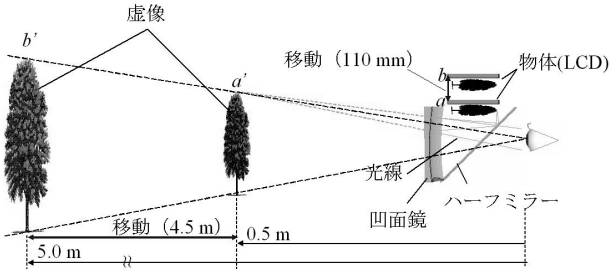


図１　凹面鏡を用いた視覚呈示原理の概念

２．２　機能モデルの作成

前節で示した方法に基づいて，本視覚呈示方法の機能モデルを試作した．試作した機能モデルの外観を図 2 に示す．次に，主な構成要素の概要について述べる．凹面鏡の鏡面は，曲率半径 R ＝ 562 mm の球面とした．虚像を生成するための物体として，6.3 インチ LCD モニタを用いた．表示画像の解像度は XGA（1028×780 pixel）である．虚像呈示位置を変化させるための手段として，LCD 保持位置を移動させる直動機構を設けた．装置全体の大きさは，約 300 mm 立方である．

この凹面鏡により結像される虚像の視距離 x_b，水平視野角θ_h，垂直視野角θ_v と，LCD－凹面鏡間の光学距離との関係を，幾何光学シミュレーションにより解析した．その結果を図 3 に示す．LCD が約 113 mm 移動することで，虚像位置は 0.5 m から 5.0 m ま

で大きく変化した. 一方, 水平視野角の変化は, 31.5 deg から 26.4 deg と，比較的一定であった.

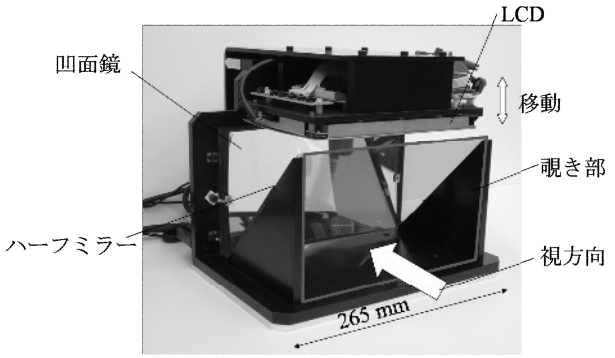


図２　機能モデルの外観

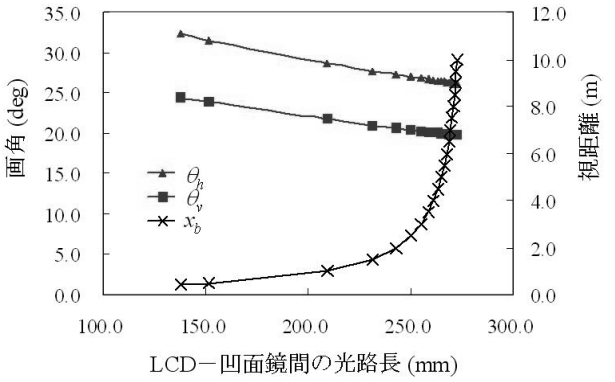


図３　LCD－凹面鏡間の光学距離と
虚像の視距離，水平視野角，垂直視野角との関係

３．　眼精疲労軽減効果に関する試験

本視覚呈示方法による VDT 作業前後の視機能を評価し，眼精疲労軽減の効果について検討した．以下にその方法，および，試験結果を示す.

３．１　試験方法

本研究の被験者は, 事前の調節微動値の計測により，調節緊張，痙攣の傾向が認められた 7 名 (29.0±9.0 歳) とした．計測には，オートレフラクトメータ Speedy-K (ライト製作所)を用いた．被験者には，機能モデルを用いた VDT 作業を 2 時間負荷した．ここで，作業中の視距離は, 一般的な VDT 作業における表示装置の設置位置と，十分遠方との間で変化させるという観点から，0.5 m と 5.0 m の間で繰り返し変化させた．繰り返しの周期は，120 sec とした．また，それぞれの被験者について，対照条件として，機能モデルと同等の視野角を有する 14 インチのノート PC を用いた VDT 作業を，機能モデルと同様の内容で 2 時間負荷した．作業中の視距離は，0.5 m でほぼ固定するよう指示した．視機能の評価は，VDT 作業前後にオートレフラクトメータ Speedy-K (ライト製作所) による他覚的屈折値を測定することにより行なった.

３．２　試験結果

それぞれの被験者について, 機能モデル, および, PC モニタを用いた VDT 作業前後の屈折値を，図 3 に示す．例えば，図 3 で(a)に示す被験者(19 歳男性，近視，眼鏡矯正)は，ノート PC を用いた VDT 作業の結果, 屈折値は-2.65 D 近方化している．その一方で，機能モデルを用いた VDT 作業の場合では, 屈折値は 0.38 D の遠方化と，作業の前後でほぼ変化は見られなかった．同様の傾向は，他の 6 名の被験者でも見られた．全被験者 7 名の平均では，ノート PC を用いた VDT 作業により，屈折値は 1.29 D 近方化した一方で，機能モデルを用いた VDT 作業では，0.28 D の遠方化であった．両者の間には，統計的有意差が認められた($P < 0.05$)．以上の結果より，本視覚呈示方法は，従来の PC ディスプレイを近方で固視する場合に比べ，VDT 作業時の眼精疲労軽減効果を有することが示唆された.

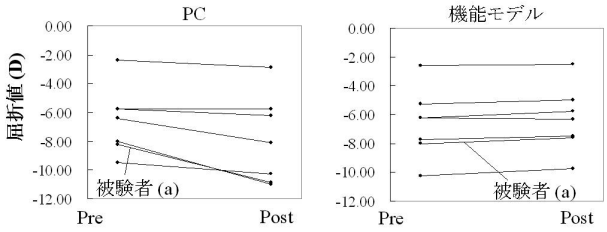


図４　ノート PC および機能モデルを用いた
VDT 作業による他覚的屈折値の変化

４．　結 言

本研究では，視距離を常に変化させることで調節機能の疲労を防ぐ視覚呈示方法について，機能モデルの作成，および，効果に関する被験者試験を行なった．その結果，本視覚呈示方法は，従来の PC ディスプレイに比べ，VDT 作業時の眼精疲労軽減効果を有することが示唆された．今後，本方式の応用開発を行なう予定である.

参考文献

1) 厚生労働省: 平成 20 年技術革新と労働に関する実態調査結果の概況, 2009

2) 岩崎常人，田原昭彦，三宅信行: 調節の緊張緩和と眼精疲労，日眼会誌，107，257-264，2003

OS4

12 月 5 日　10:45～12:15
1 号館 3 階 133 室

「ドライバ支援への人間工学的アプローチ」

【オーガナイザ・座長】　朝尾 隆文（関西大学）

無信号交差点非優先側通過時の自動車速度に影響を与える主要な交差点環境要因に関する一検討

A study on Intersection Environmental Factors Affecting Car Speed when Passing through a Non-signalized Intersection without Right of Way

○小坂洋明*

*奈良工業高等専門学校

Hiroaki Kosaka*

*Nara National College of Technology

1. はじめに

著者ら[1)]は，公道上の 4 つの無信号交差点で非優先側を直進する一般ドライバの運転行動について，車の位置と速度の関係（単にプロフィールと呼ぶ）を調べ，以下のようにまとめている．一般ドライバは(1)停止線で停止や徐行を行わず，見通しが十分にある位置を目標に単調に減速すること，(2)減速のパターンに大きく影響を及ぼす交差点環境は交差道路の見通しであり，停止線や横断歩道は比較的影響を及ぼさない．

ところで見通しの他にも運転行動に影響を与える交差点環境は他にもあると考えられるが，先行研究[1)]では，他の要因についてほとんど調べられていない．

本論では，解析対象交差点を 2 箇所増やした上で，改めて先行研究[1)]の知見が当てはまるのかを調べる．さらに，速度プロフィールの変化に影響する，見通し以外の環境要因についても調べる．

2. 解析対象交差点

解析対象交差点は奈良県生駒市・京都府相良郡精華町にある，無信号で優先・非優先の区別のある交差点から 6 つ（A, B, D, E, K, L）選んだ．これらの概観を図 1 に示す．先行研究に比べ，解析対象として K, L が追加された．交差点 A, B, D, E は住宅街の中にある．交差点 A, B は非優先側にも横断歩道があり，B, D, E にはミラーがついている．

3. 定点観測実験

各対象交差点で非優先側から進入，直進して通過する車の位置について，レーザ距離計から発するレーザビームを車のナンバープレートにあてて時々刻々計測した．なお，この実験は先行研究[1)]で実施された．本論ではこの実験で得られたデータについて解析・考察する．

交差点 A　交差点 B

交差点 D　交差点 E

交差点 K　交差点 L

図 1 各交差点の概観

4. 解析結果

無信号交差点通過時の一般ドライバの運転行動として，a) 停止線で停止や徐行を行わない，b) 最低速度に至るまでは,交差点や横断歩道の存在に関係なく単調に減速する，c) 見通しが十分にある位置を目標に減速を続ける，といった特徴を持つケースが多いとの報告がある [1]．解析対象データにおいて，これらの特徴を持つ交差点 L における 17 台の速度プロフィール例を図 2 に示す．図 2 より，上記の特徴を持つ解析対象車両は，交差点に進入する際単調に減速し，交差道路と交差する位置（0m）の 1～3 m 程度手前で最も速度を落とし，その後単調に増加する様子が分かる．

各交差点の解析対象車両全体に対する上記特徴を持つ解析対象車両の割合は，交差点 A～E で 77～100 %だが，交差点 K は 42 %，L は 53 %と比較的小さかった．

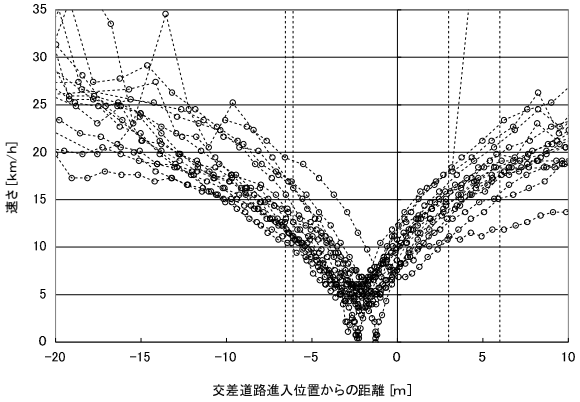


図 2 交差点 L の速度プロフィール
（a) ～c)の特徴を持つケース）

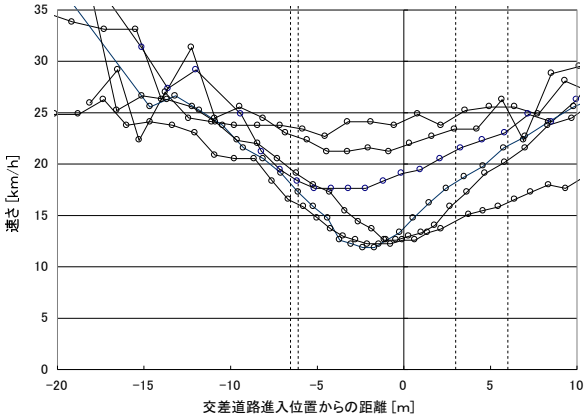


図 3 交差点 L の速度プロフィール
（e) の特徴を持つケース）

5. 考察

交差点 K, L では，a)～c)の特徴を持つ運転行動パターンが半分程度しかないことが分かった．そこで残りの速度プロフィールの特徴について調べた結果,

d) (a), (b)の特徴を持ち，かつ減速目標が停止線付近である

e) 徐行をせず通過する（最低速度が 10 km/h 以上）

f) 停止線と見通しが十分にある位置の 2 点を目標にそれぞれ減速する

g) その他

の 4 つに分類できた．交差点 L における e)の例を図 3 に示す．e)が不安全であるのは明らかであるが，d)も交差道路を横切る時の速度が比較的速くなる傾向があるため不安全と言える．交差点 K, L で d)と e)の合計が全体に占める割合は，それぞれ 34 %，36 %であり，交差点 A～E と比べ大きい．

交差点 K, L の場合不安全なパターンが多くなることに影響を与えている環境要因として，非優先側と優先側の道路幅の差が考えられる．交差点 K は非優先側が優先側より道路幅が 3.8 m 広く，L はほぼ同じである．ドライバが交差点進入時道路幅の差を根拠に優先・非優先を判断することが報告 [2]されており，交差点 K, L でも一部のドライバが同様の判断をしたのではないかと考えられる．

6. まとめ

車両の速度プロフィールからドライバ運転行動に影響すると考えられる交差点環境要因について考察した．今後，運転行動に影響を与える交差点環境要因についてさらに追究したい．

参考文献

1) 小坂洋明他 : 交差点環境の違いによる無信号交差点通過時の速度の比較，2008 年自動車技術会春季学術講演会前刷集，No. 1-08, pp. 13-16 (2008).

2) 木平真 : アンケート調査による無信号交差点における優先方向の判断方法の検討，月刊交通，2003 年 7 月号，pp. 87-96 (2003)

接近対象の速度見越しにおける注視時間の影響

Effects of Gaze Duration on Velocity Perception of Oncoming Vehicles

○植松良太*，朝尾隆文**，小谷賢太郎**

*関西大学大学院理工学研究科　**関西大学システム理工学部

UEMATSU Ryota*, ASAO Takafumi**, KOTANI Kentaro**

*Graduate School of Engineering, Kansai University, **Factory of Engineering Science, Kansai University

1.　はじめに

交通事故は依然として大きな社会問題であり，特に多い交通事故の１つとして交差点右折時における対向車と右折車の衝突事故が挙げられる 1)．ドライバが安全に右折を遂行するためには，対向車までの距離やその速度を認識した上で，時々刻々と変化する距離的・時間的な間隔を受け入れるか否かの判断をしなければならない．

これまでに，間隔受け入れ判断に接近車の速度が及ぼす影響についての検討が行われている 2)～5)．そして，速度の増加に伴って受け入れる距離間隔の閾値は増加したが，時間間隔の閾値は減少したと報告されている 3)～5)．これらの検討 3),4)では，受け入れない間隔を判断させるため，接近車を見続けさせる必要であった．しかしながら，現実の交通状況を考えると，横断歩行者など確認のために接近車のみを注視し続けることはできない．したがって，右折時の間隔受け入れ判断においては，対向車への注視時間と対向車の接近知覚の関係を考慮しなければならない．

右折時にドライバが対向車を注視しているとき，対向車が接近するにつれて網膜上に映る対向車の見えの大きさが変化する．そしてドライバは，この対向車の視覚的面積変化によって接近を知覚していると言われている 6)．

注視時間は情報認知に大きく関わっており，視覚探索の効率，情報処理や注意の深さの 2 つの側面に関係している 7)．一般的に，視覚探索の効率化のためには注視時間を短くする必要があり，反対に深い情報認知や深い注意力が必要な場合には長い注視時間が必要である 7)．右折時におけるドライバの対向車に対する注視特性を調べた研究では，対向車に対する注視 1 回あたりの持続時間は 100-500 ms であり，比較的短い注視が多いと報告されている 8)．このような注視時間が短い場合には，対向車の視覚的面積変化が十分ではなく，対向車の接近の程度を正確に認識できない可能性がある．

これらを踏まえ，本論文では注視時間と知覚される接近速度の関係を明らかにするため，2 種類の実験を行った．

2.　接近速度の知覚モデル

2.1　刺激の視覚的面積の定義

本研究では，ディスプレイに対向車に見立てた刺激を呈示し，その刺激の面積を時々刻々と変化させることで，接近する刺激の視角を模擬できるシステムを構築した．Fig.1 に示すように，観察者がディスプレイに呈示されている刺激を注視したときに，網膜上に写る刺激の視覚的面積 S は，S が小さい場合には網膜は平面とみなせるので，式(1)のように表される 6)．

$$S = W \times H = W_s \times H_s \times f^2 \times \frac{1}{d^2} = S_s \times f^2 \times \frac{1}{d^2} \quad (1)$$

このときの刺激の視覚的面積の時間変化率は式(2)のように表すことができる 6)．

$$\frac{dS}{dt} \propto \frac{dS_s}{dt} \quad (2)$$

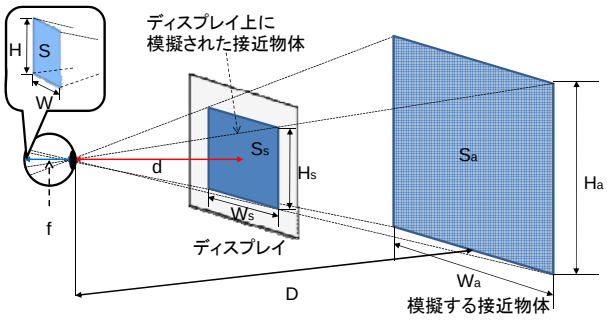
ここで，S_s は式(3)のように表される．

$$S_s = W_s \times H_s = W_a \times H_a \times d^2 \times \frac{1}{D^2} \quad (3)$$

式(3)について時間微分を施すと式(4)のように表される 6)．

$$\frac{dS_s}{dt} = \frac{d(W_s \times H_s)}{dt} \propto \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{D^2}\right) = \frac{d}{dD}\left(\frac{1}{D^2}\right) \times \frac{dD}{dt} = \frac{-2}{D^3} \times V \quad (4)$$

式(4)を式(2)に代入すると，刺激の視覚的面積の時間変化率は，式(5)のように表わされる．



Ha:接近物体の高さ　Wa:接近物体の幅　Sa:接近物体の面積
Hs:映像上の刺激の高さ　Ws:映像上の刺激の幅　Ss:映像上の刺激の面積
H:網膜上に写る刺激の高さ　W:網膜上に写る刺激の幅　S:網膜上に写る刺激の面積
D:接近物体の距離　d:観察者とディスプレイの距離　f:焦点距離

Fig.1 刺激の視覚的面積変化の定義

$$\frac{dS}{dt} \propto \frac{-2}{D^3} \times V \tag{5}$$

式(5)より，刺激の視覚的面積の時間変化率は，速度が一定のときは接近に伴って増加することがわかる．そこで，式(5)を変換すると，

$$V \propto \frac{dS}{dt} \times \frac{-D^3}{2} \tag{6}$$

となる．

ここで，注視時間と刺激の視覚的面積の時間変化率との関係について考える．注視時間を dt とすると，速度が一定のときの注視時間と注視しているときの刺激の接近距離 dD は，Fig.2 のように対応する．したがって，注視時間が短い場合においては，刺激までの距離 D がある程度大きいと，それに反比例して刺激の視覚的面積の時間変化率が小さくなるため，接近の程度を認識できなくなると考えられる．この考え方を元に，刺激の視覚的面積の大きさ変化をもって接近速度を知覚する際の 2 つの仮説について検討した．

V ： 一定	
dt ： 小	⟷ dD ： 小
dt ： 大	⟷ dD ： 大

Fig.2　注視時間と接近距離の関係

2.2　接近速度知覚における仮説 1

式(6)より，知覚される接近速度は，距離を従属変数とする刺激の視覚的面積の時間変化率の感覚量に比例すると考えた．そこで，実際に物体がある速度で接近してきた場合の視覚的面積の時間変化率を模擬できる刺激を呈示し，その刺激の視覚的面積の時間変化率に対する感覚量から知覚される速度と注視時間の関係を明らかにする．

2.2　接近速度知覚における仮説 2

刺激の視覚的面積の時間変化率をもって時々刻々と変化する刺激までの距離を推定し，刺激が交差点や自分のいる地点といった目標に到達するタイミングを計ることで速度情報を認識していると考えた．自動車のような物理的大きさが経験的に見慣れてある物体の場合，その物体の面積と網膜上の視覚的面積の比によって，それがどれくらいの距離だけ離れているかを推定することができる [9]．この知覚特性と視覚的面積の時間変化率をもって時々刻々と変化する刺激までの距離を推定することで認識される速度情報と注視時間との関係を明らかにする

3.　実験環境

3.1　実験装置

刺激は準暗室内のディスプレイ(DELL，E207WFPc)に呈示され，PC(DELL，PRECISION T3400)によって制御された(Fig.3)．映像の解像度は 1280×1040 pixel であった．被験者の頭部は動かないように顎台によって固定され，被験者からディスプレイまでの視距離は 400 mm であった．ディスプレイに対する視野角は垂直方向，水平方向それぞれ 37，57 deg であった．

3.2　呈示刺激

Fig.4 に示すように，観察者の正面から見て 1700 mm 四方の大きさを持った刺激を対向車に見立て， 40 m 先から接近してくる状況を模擬した．

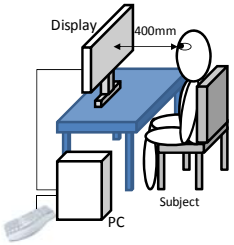


Fig. 3 実験装置

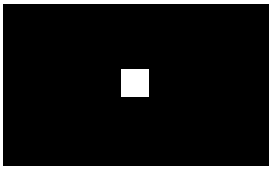


Fig. 4 呈示映像の例

4.　実験 1：ＭＥ法による速度推定実験

4.1　実験概要

知覚される接近速度は，刺激の視覚的面積の時間変化率の感覚量に比例するという仮説に基づいて，マグニチュード推定法による速度推定実験を行った．基準刺激と比較刺激の 2 種類を呈示し，基準刺激に対する比較刺激の感覚量を両者の比として報告させた．基準刺激の速度は 40 km/h と設定し，このときの感覚量を 100 とした場合に，比較刺激による速度の感覚量を数値で判断させた．得られた数値を時速単位に換算して，その値を知覚速度とした．被験者は，男子大学生 7 名(年齢：21-23，平均視力：左 1.2，右 1.2，矯正含む)であった．実験条件を Table 1. に示す．

Table 1.　実験条件

基準刺激	40 km/h
比較刺激	40，60，80，100，120 km/h
呈示時間(注視時間)	0.3，0.6，0.9，1.2 s

4.2　手続き

最初に，基準刺激が静止した状態で呈示され，実験者の操作により接近を開始する．刺激の接近開始後，あらかじめ設定した呈示時間が経過すると刺激は消失する．2 秒間のインターバル後，比較刺激が静止した状態で呈示され，その 2 秒後に接近を開始する．基準刺激と同様に，設定した呈示時間が経過すると刺激は消失する．被験者は，これら 2 つの刺激を観察した後，基準刺激に対する比較刺激の感覚量を両者の比を判断して数値で報告した．被験者は注視時間毎に比較刺激の各条件をランダムに 3 回繰り返し，これを 2 回計測した．計測を行う前に呈示時間 1.2 s の条件での練習を行った．

4.3　結果

Fig.5 に各物理速度に対するマグニチュード推定値の被験者全員の幾何平均から換算した知覚速度を示す．横軸は物理速度，縦軸は知覚速度を示す．注視時間による知覚速度の違いを検討するために，注視時間 4 水準，速度 5 水準

の二要因分散分析を行った. その結果, 注視時間の主効果(F(3, 580)=18.82, p<.01), 速度の主効果(F(4, 580)=269.68, p<.01)は有意であったが, 注視時間と速度の交互作用(F(12, 580)= 0.472, n.s.)は有意でなかった. 多重比較の結果, 60 km/h の 1.2 s-0.3 s および 0.9 s-0.3 s の間に, 80 km/h の 1.2 s-0.3 s, 1.2 s-0.6 s および 0.9 s-0.3 s の間に, 100 km/h の 1.2 s-0.3 s および 0.9 s-0.3 s の間に, 120 km/h の 1.2 s-0.3 s, 1.2 s-0.6 s, 0.9 s-0.3 s および 0.9 s-0.6 s の間に危険率 p<.05 の有意差が認められた.

4.4 考察

多くの条件において注視時間による知覚速度の違いが見られた. Fig.6 は, 伊佐治らの研究[6]で報告されている指標から算出した刺激の視覚的面積の時間変化率を示す. 図中のプロットは注視時間毎の刺激が消失する直前の刺激の視覚的面積の時間変化率を示す. Fig.6 から, 注視時間が短くなるに従って, 刺激の視覚的面積の時間変化率は小さくなることから, 接近を知覚しにくくなり, 速度を過小評価してしまったと考えられる. このことから, 知覚された接近速度に対する注視時間の影響は, 刺激の視覚的面積の時間変化率から説明できることが示唆された.

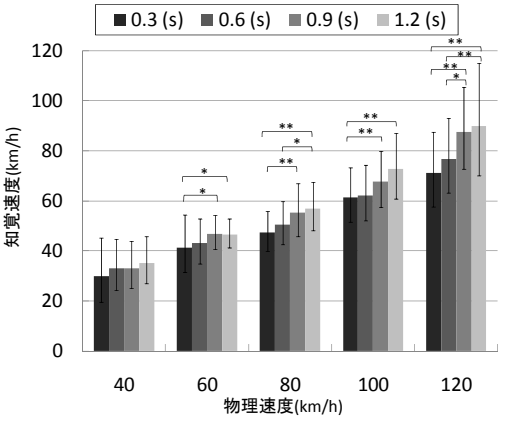


Fig. 5 物理速度に対する知覚速度(*5%, **1%)

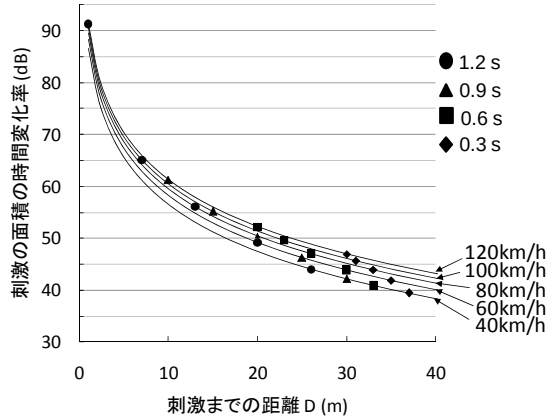


Fig. 6 刺激の視覚的面積の時間変化率

5. 実験 2：到達時間推定実験

5.1 実験概要

刺激の視覚的面積の時間変化率をもって接近を知覚し, ある目標に到達するタイミングを計ることで速度情報を認識しているという仮説のもと, 刺激が観察者のいる地点に到達するタイミングを推定する実験を行った. 刺激の接近開始時から被験者が自分の位置に到達したと判断したときの時間を計測し, この時間を到達予測時間とした. 刺激は接近中に消失するが, イメージとして接近を知覚する. 得られた到達予測時間と刺激の接近開始距離との関係から間接的に速度を算出し, この速度を被験者が認識した速度情報と定義した. 被験者は, 男子大学生8名(年齢:21-23, 平均視力：左 1.2, 右 1.2, 矯正含む)であった. 実験条件を Table 2.に示す.

Table 2. 実験条件

刺激速度	40, 60, 80, 100 km/h
呈示時間(注視時間)	0.3, 0.6, 0.9 s

5.2 手続き

刺激は被験者がマウスの左ボタンを押すと接近を開始する. その時, 被験者は左ボタンを押したままにしておく. 途中, 刺激は消失するが, 消失しても接近してきていることをイメージし, 被験者の位置に到達したと判断した時に左ボタンを離す. このボタンを押している間の時間を到達予測時間とした. 被験者は刺激速度の各条件と呈示時間の各条件をランダムに 3 回繰り返し, これを 2 回計測した.

5.3 結果

Fig.7 に各物理速度に対する被験者全員の到達予測時間の平均から算出した速度を示す. 横軸は物理速度, 縦軸は到達予測時間から算出した速度を示す. 注視時間による到達予測時間から算出した速度の違いを検討するために, 注視時間 3 水準と速度 4 水準の二要因分散分析を行った. その結果, 速度の主効果(F(3, 564)=67.89, p<.01)は有意であったが, 注視時間の主効果(F(2, 564)=0.36, n.s.)及び注視時間と速度の交互作用(F(6, 564)=2.11, n.s.)は有意ではなかった.

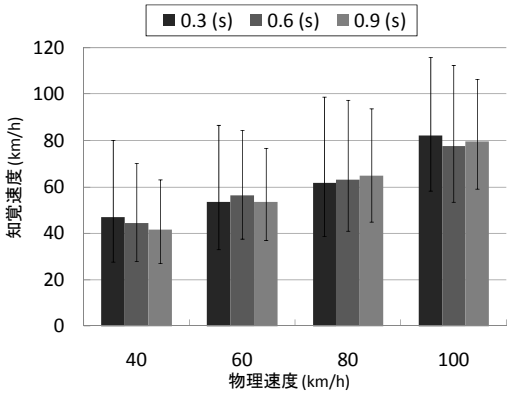


Fig. 7 到達予測時間から算出した速度

5.4 考察

到達予測時間から算出した速度に注視時間による違いは見られなかった. すなわち, 速度条件ごとにみると, 注

視時間が異なっていてもほぼ同じようなタイミングで刺激が到達したと判断できたことを意味する．これは，刺激の接近開始距離が 40 m であったことから，到達時間が短かったことにより(Table 3.)，刺激が消失してからも接近のイメージがしやすく，注視時間に関係なく到達のタイミングを計ることができたと考えられる．

速度の増加に伴って，過小評価している傾向が見られた．これは，実験 1 の結果や従来研究[4]の結果とも一致しており，速い速度の時には到達のタイミングを遅れて判断しており，右折時においては危険性が高まることが示唆される．また，従来研究[4]では接近車に対する距離判断の実験を行っており，実際の距離に対して過大評価すると報告している．このことから，当実験で得られた速度の過小評価(到達タイミング判断の遅れ)については，刺激までの距離を過大評価していたことが要因として指摘できる．

Table 3. 速度ごとの刺激の到達時間（接近開始距離 40 m）

速度 km/h	40	60	80	100
到達時間 s	3.6	2.4	1.8	1.4

6. 両実験で得られた結果の比較

Fig.8 に実験 1 と実験 2 の結果について，注視時間と速度の同条件ごとに比較した結果を示す．実験 1 と実験 2 の結果に違いがあるかを検討するため，両実験群における知覚速度または間接的に算出された速度を対象として，独立二群の二標本 t 検定を行った．その結果，40 km/h では 0.3 s 時と 0.6 s 時に，60 km/h では 0.3 s 時と 0.6 s 時に，80 km/h では 0.3 s 時と 0.6 s 時に，100 km/h では 0.3 s 時と 0.6 s 時と 0.9 s 時に危険率 p<.05 の有意差が認められた．

実験 1 では知覚速度に注視時間による違いが見られたことから，実験 2 でも到達予測時間に注視時間による違いが見られると予想したが，結果は異なった．これは，実験 1 では刺激の視覚的面積の時間変化率の感覚量から速度情報を認識し，実験 2 では刺激までの距離変化によって速度情報を認識するといった，メカニズムの違いがもたらしたと考えられる．

7. おわりに

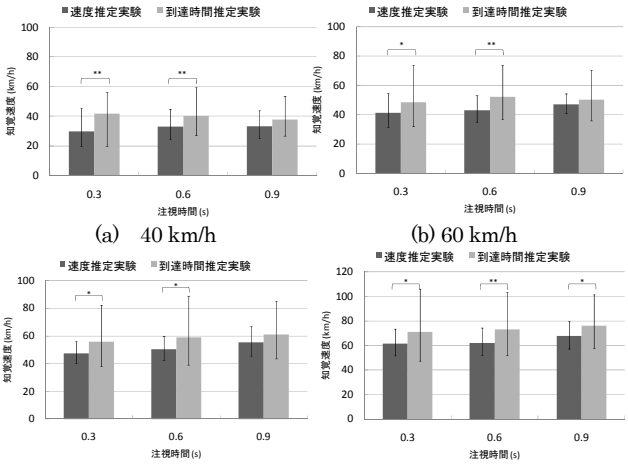
注視時間と接近知覚の関係を明らかにするため，2 つの知覚メカニズムに基づいて実験を行い，以下のことが分かった

・実験 1 では，知覚速度に注視時間による違いが見られた．これは，接近対象の視覚的面積の時間変化率と注視時間の関係から説明できた．

・実験 2 では，接近対象の到達タイミングの推定に注視時間による違いは見られなかった．

・実験 1 と実験 2 では接近知覚メカニズムが異なるため，速度情報が一致しなかったと考えられる．

実験 2 では，接近対象が接近開始から被験者のいる地点に到達したと判断したときの時間を計測している．すなわち，



(a) 40 km/h (b) 60 km/h

(a) 80 km/h (b) 100 km/h

Fig.8 両実験結果の比較(*5%，**1%)

接近対象までの距離的，時間的な間隔が無くなったときを判断させた．しかしながら，右折時においては，対向車までの間隔を確保している状態で推定しなければならない．したがって，実験 2 では間隔が無くなる時の判断という点で，実際の右折時の判断とは差異がある．右折時の間隔受け入れ判断に関係づけて議論するためには，刺激が消失した地点での被験者までの到達時間の予測について検討する必要がある．

参考文献

1) 警察庁交通局：平成 21 年中の交通事故の発生状況，pp.24-26 (2010).
2) William L. Gibbs : Driver gap acceptance at intersection, Journal of Applied Psychology, Vol.52, No.3, pp.200-204 (1968).
3) C. G. Bottom，R. Ashworth : Factors Affecting the Variability of Driver Gap-Acceptance Behaviour , Ergonomics, Vol.21, No.9, pp.721-734 (1978).
4) 三浦利章 : ギャップ・アクセプタンス行動およびその知覚的要因についての予備的研究，大阪大学人間科学部紀要，Vol.6，No.2，pp.33-77 (1980).
5) 鈴木雅洋，金子寛彦 : 右折時の間隔受け入れ判断に対向車の速度が及ぼす影響と二段階モデル, 自動車技術会論文集, Vol.37，No.1，pp.161-166 (2006).
6) 伊佐治和美，津留直彦，和田隆広，今井啓介，土居俊一，金子弘 : 前後方向の接近に伴う危険状態評価に関する研究(第 1 報)，自動車技術会論文集，Vol.38，No.2，pp.25-30 (2006).
7) 三浦利章 : 行動と視覚的注意，風間書房，pp.28-35 (1996).
8) 矢野伸裕 : 交差点右折時における対向車に対する注視特性の年齢層別比較, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.26, pp.5-8 (2006).
9) 日本視覚学会：視覚情報処理ハンドブック，朝倉書店，pp.454 (2007).

安全運転行動を促す間接型運転支援システム

Indirect Driver-Assistance System to Encourage Safe Driving Behavior

○平岡敏洋*

*京都大学大学院情報学研究科

HIRAOKA Toshihiro*

*Graduate School of Informatics, Kyoto University

1. はじめに

運転支援システムには，運転者の運転操作に直接介入する直接型運転支援と，情報提示のみ行うことで運転者自身に判断を行わせて安全な運転操作を促す間接型運転支援がある．本稿では，筆者がこれまでに行った研究事例を中心に紹介し，間接型運転支援システムの有効性を示すとともに，システム設計時に注意すべき項目について述べる．

2. 運転支援システム

2.1 運転行動における三つの過程

図 1 に示すように，人が交通の流れに乗って車両を運転するとき，認知・判断・操作という一連の処理を行っている．事故原因の多くは，この三過程のいずれかにおいて生じるヒューマン・エラーにある．したがって，認知・判断・操作の支援を行うことにより事故削減が期待される．夜間時視覚支援システム（NVES: Night Vision Enhancement System）における赤外線映像提供機能は認知支援の代表例の一つであり，システムなしでは見えない位置にいる歩行者を可視化するという点で非常に有用であると期待されている．

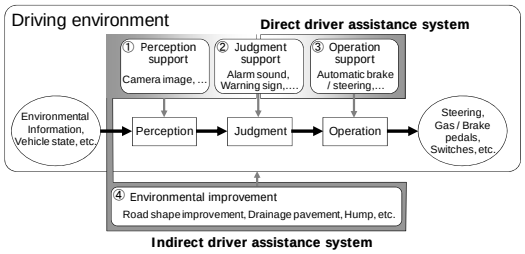


図 1　運転支援システムの分類

判断支援の例としては，上述の NVES においてシステムが歩行者を認識した場合にディスプレイ内に強調表示すると同時に警報を鳴らすものや，前方障害物衝突防止支援システム（FOCWS: Forward Obstacles Collision Warning System）や出会い頭衝突防止支援システムなどがある．

操作支援は判断支援に続いて生じるフェーズである．FOCWS において警報を鳴らしたにも関わらず運転者が適切な減速行為を行わず，衝突が不可避であると判断した場合に自動ブレーキをかけるプリクラッシュセーフティシステムなどが代表例であり，すでに一部車種において実装されている．

2.2 直接型運転支援システム

筆者は既報 [1] において，運転者と支援システムの関わり合いに基づいて，直接型運転支援システムと間接型運転支援システムに分類した．

判断支援や操作支援のように，システムが独自の基準に基づいて状況を判断して，その判断結果を警報音や警告表示によって運転者に提示したり，操作介入するようなシステムを直接型運転支援システム（Direct Driver-Assistance System）とよぶ．このようなシステムは，被害を最小限に抑えたり，運転に不慣れな初心者や運転能力が低下した高齢者などが運転する場合に有用であると考えられる．しかし，通常時には，システムと運転者の判断基準が異なることが原因で煩わしさを感じたり，オートメーションサプライズが生じる恐れがある．そこで近年，このような問題を解決するために，運転者の意図と交通状況を理解し，それらに応じて支援の形態を動的に変化させるアダプティブ・オートメーションに関する研究が盛んに行われているが，近い将来に実現

することは困難であるといわれている．また，支援システムに対する依存や，支援システムに含まれるセンサなどの信頼性などが運転行動に与える影響も大きいと思われる．

2.3　間接型運転支援システム

直接型運転支援システムが内包する問題点を回避するために，システム側の判断が含まれないような情報提供のみを行い，運転者自身が判断した結果，安全な行動をとるように促されるといったシステムのあり方が望ましい．既報では，これを間接型運転支援システム(Indirect Driver-Assistance System) と定義している．間接型運転支援システムでは，運転者とシステムの間にコンフリクトが生じることもなく，システムの信頼性も高い．しかしながら，あくまでもシステムは情報提供のみを行うことが前提であるために，すべての運転者に対して安全な運転行動を促すことを保証できない点に注意しなければならない．

3.　運転者の心理に関する各種理論

運転者は，間接型運転支援システムから提供された情報に基づいて，自分自身の判断で行動する．したがって，同じ情報であっても，情報提示の仕方を工夫することによって，運転者が受けとる印象が変わって，そこから誘発される運転行動も大きく変容する可能性があることは想像に難くない．本節では，情報を提示されてから運転行動を変えるまでの間にもっとも影響を与える運転者の内面，すなわち運転者の心理に関する話題として，リスクホメオスタシス理論と運転者の動機づけに関する理論について述べる．

3.1　リスクホメオスタシス理論

Wilde[2] は，運転支援システムの導入などによって安全性が向上し，運転者が知覚するリスク量（知覚リスク量：R_p）が低下すると，走行時の車速を上げたり，走行距離を増加させるなどのリスク補償行動が発現し，期待していたほどの効果が得られないというリスクホメオスタシス理論を提唱しており，図 2 を用いてリスク補償行動の発現メカニズムを説明している．

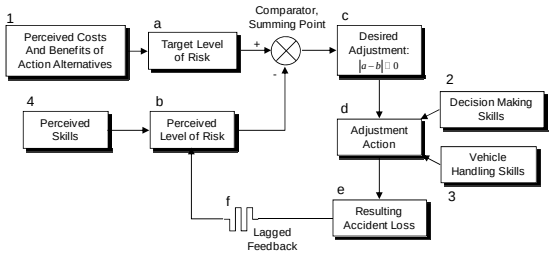


図 2　リスクホメオスタシス理論

リスク補償行動を抑制するためには目標リスク水準を下げる対策が必要であり，1) 安全な行動によって感じられる利益を増やす，2) 安全な行動によって感じられるコストを減らす，3) 危険な行動によって感じられるコストを増やす，4) 危険な行動によって得られる利益を減らす，といった戦術が考えられる．

3.2　外発的動機づけと内発的動機づけ

3.1 節で述べた目標リスク水準を下げるための戦術は，報酬や罰則などの外的要因によって運転行動を安全側に推移させることを狙ったものであり，外発的動機づけ[3] とよぶ．外部報酬のみに基づく行動を持続させるためにより大きな報酬が必要となり，一般的には欲求不満や挫折を引き起こす確率が高いといわれている．しかし，課題の価値を自己の価値観に内在化させることによって，外発的動機付けも持続性の高い自律的な動機づけになることができる．

これに対峙する概念として内発的動機づけ[3] がある．内発的動機づけとは行動すること自体が目的で，それ以外に報酬を必要としないような状態をさす．内発的動機づけによる行動を通して有能感と自己決定感を感じている人は，さらなる有能感と自己決定感を求め，意欲を燃やし努力する．したがって，内発的動機づけにより行動が発生し，有能感と自己決定感を得ることができる状況では，行動の持続性は高くなるといえる．

4.　事例紹介

4.1　自車両状態を提示するインタフェース

運転者がステアリングホイールによって車両の横加速度指令値を，アクセルペダルとブレーキペダルによって前後加速度指令値を入力し，車両制御器に

よって加速度指令値を実現するようにタイヤの前後力と横力を発生させるような統合制御系を既報[4]で提案した．さらに，前輪に発生している横力に比例した操舵反力トルクを提示すると同時に，前後加速度と横加速度の指令値と実測値を同時に視覚情報提示するマルチモーダルインタフェース[5]を提案した（図 3）．

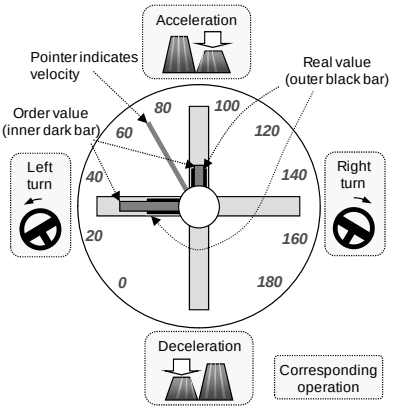


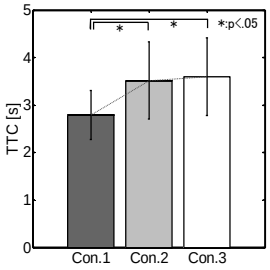
図 3　SBW 車両における加速度表示系

この加速度表示系は，車両を一つのタイヤとみなした際の摩擦円を模擬したものとなっており，実測値を超えるような加速度指令値が入力されるような状況は車両挙動が不安定になる恐れがあることを表す．このインタフェースを提示された運転者は，自分の入力した加速度指令値が車両に発生している実測値を超えないように操作を行うことで安定した走行を実現できる．

また，この表示系は運転者の操作とバー表示の変化が対応しており，S-R 適合性[6]における概念的および運動的適合性を満たしている．S-R 適合性とは，刺激と反応のパターンの類似性が高いほどインタフェースとして優れていることを示す尺度であり，概念的(conceptual)，運動的(movement)，空間的(spatial)，様相的(modality)の四種類がある．

4.2　NVES 使用時の運転行動と燃料消費量計の提示によるリスク補償行動の副次的な抑制

ドライビングシミュレータ上に夜間走行環境を再現し，目標走行速度を教示しない状況下において，1) 何も情報提示を行わない通常走行条件，2) NVES 提示走行条件，3) NVES と燃費計を同時に提示する条件，の 3 条件で実験参加者 10 名を走行させた[7]．NVES を提示する条件 2 と条件 3 において，歩行者の飛出しに対する回避行動タイミングが早まることが確認された（図 4）．これは情報提示によって，運転者の運転行動が安全側に推移したことを示す結果である．



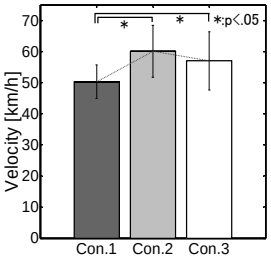


図 4 ブレーキオン TTC　　図 5 平均車速

しかし，図 5 に示すように，条件 2 の NVES 走行時には通常走行よりも平均車速が増加しており，主観評価においても NVES があることで安心して速度を上げてしまうという意見が得られた．この行動変容はリスク補償行動の発現を示す結果といえる．

さらに，NVES がある場合でも燃費計を提示することで，副次的に走行速度が走行速度の増加が抑制されうることが示唆された．この行動変容は，「燃費計の数値を上げたい」という内発的動機づけが運転者内部に生じたためと考えられる．

4.3　エコドライブ運転行動の持続性

安全運転行動ではないが，エコドライブ運転行動の持続性について調べた実験結果[8]について紹介する．8 名の実験参加者をエコドライブ教示群と燃費計提示群に分けて，約 1 週間おきにドライビングシミュレータ上で走行させた．前者の実験参加者に対しては，最初の走行前に 1 度だけエコドライブ運転法を教示し，後者に対しては燃費計の簡単な説明のみを行っただけである．エコドライブ教示群では，教示後しばらくするとエコドライブを行わない実験参加者が存在したが，何も教示を行わずに燃料消費量計の提示のみを行った実験参加者群では継続的に省燃費運転が行われるといった実験結果が得られた．この結果は，1) エコドライブ運転法の教示だけでは動機づけとして不十分であること，2) 燃費計提示により内発的動機づけが生じ，エコドライブ運転行動が持続される，ということを示すものであり，動機づけの重要性を示す結果といえる．

4.4 The Fun Theory

スウェーデンのフォルクスワーゲンが提唱する“The Fun Theory”というものがある．これは，『楽しさ(fun)が人々の行動をよりよい方向に変えていく最も簡単な方法である』という考えであり，この考えを具現化した取組みを Web [9]上で紹介している．たとえば，図 6 のように，エスカレータが併設された階段の模様をピアノ柄に変えたうえで，実際に音が出るような仕掛けを作ったところ，66%の人が階段を使うようになったという実験結果が示されている．

「楽しさ」が人々の行動を変えるきっかけとして有効であることには異論ないが，内発的動機づけや内在化された外発的動機づけといったものが行為者の内側に生じない限りは，飽きが生じて行為が持続しない恐れがある．したがって，運転者に安全運転を促すような間接型運転支援システムには，安全運転そのものが楽しいと思える仕組みを組み込むだけでなく，自分の安全運転行動が適切に評価されて，その結果がフィードバックされることで有能感を感じることができるような仕組みを組み合わせることが有効と考えられる．

図 6 Piano stairs

5. おわりに

既報で得られた知見をまとめると，運転者に安全運転や省燃費運転を自発的に促し，さらにその行動を持続させるインタフェースの設計指針としては，以下のような項目が挙げられる．

1. 安全運転に対するインセンティブを高める．
2. 有能感を促進するような娯楽性を盛り込む．
3. 情報を連続的かつマルチモーダルに提示する．
4. S-R適合性を満たすようなインタフェースにする．
5. システムの制御則や仕組みを直感的にわかりやすく設計する．
6. 錯覚などを利用して知覚リスク量を増加させる．

上記の 1 と 2 は安全運転を始めるきっかけや行為の持続性といった動機づけに大きく影響を与えるものである．3～5 はシステムの可視性を高めることで，運転者が適切なメンタルモデルを作り上げることを促すものである．6 はこれらとは全く異なるアプローチであり，詳細については参考文献 [1] を参照されたい．

参考文献

1) 平岡: 間接型運転支援システムが運転行動に与える影響に関する研究, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2006 講演論文集, pp.241-246 (2006).
2) G. J. S. Wilde（芳賀繁訳）：交通事故はなぜなくならないのか －リスク行動の心理学－，新曜社 (2007).
3) 上淵: 動機づけ研究の最前線，北大路書房 (2004).
4) 平岡, 西原, 熊本: タイヤ負荷の Minimax 最適化による制駆動力配分（四輪アクティブ操舵による横すべり零化制御の場合），日本機械学会論文集（C 編）, Vol.71, No.704, pp.1238-1246 (2005).
5) 平岡, 熊本: 生態学的マルチモーダルインタフェースを用いた車両状態提示がステアバイワイヤ車両の運転行動に与える影響，ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.4, pp.185-195 (2008).
6) P. M. Fitts, C. M. Seeger: S-R Compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes', Journal of Experimental Psychology, Vol.46, pp.199-210 (1953).
7) 平岡, 増井, 西川: 夜間時視覚支援システムに対するリスク補償行動の分析，計測自動制御学会論文集, Vol.46, No.11 [印刷中] (2010).
8) T. Hiraoka, et al.：Sustainability Verification of Eco-driving Behavior based on Driving Simulator Experiments, Proc. of 17th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM (2010).
9) http://www.thefuntheory.com/

４輪アクティブ操舵車両を用いた車両特性変動に対する ドライバ属性と適応特性の相関性に関する一考察

A Study on Correlation between Driver's Attribute and Adaptability to Variation of Vehicle Characteristics with Four-wheel Steering Active Control

○山元敦生*，金子哲也**，北澤章平**，松浦譲**

*大阪産業大学大学院工学研究科　**大阪産業大学

YAMAMOTO Nobuo*, KANEKO Tetsuya**,KITAZAWA Shohei**, MATSUURA Yuzuru**

*, **Osaka Sangyo University, 3-1-1 Nakagaito, Daito-shi, Osaka 574-830, Japan,

1.　はじめに

現在，自動車はバイワイヤ技術の適応やアクティブ制御の導入が進んでおり，車両特性の設計自由度は拡大し，車両特性も制御パラメータを変化させるだけで容易に変動させることが可能になった．これにより，ドライバや走行状況，走行環境などによって車両特性を変化させ様々な運転支援が実現できる．ただし，この運転支援による車両特性変動や制御介入は，ドライバに対して違和感の無いものであることが重要である．しかし，ドライバは制御対象である車両の特性変動に対して常に自身の伝達関数を切り換えて，制御目標を達成しようとするため，操縦特性を一定として押さえる事ができない[(1)]．さらに，視覚や体感から得られる車両運動状態，操舵反力などの変化に対する感度や弁別特性はドライバ個々で大きく異なる[(2)]．このため，ドライバと協調した支援システムを構築するには，ドライバ個々の車両特性変動に対する弁別特性や適応特性を充分に考慮する必要があると考えられる．

本研究は，バイワイヤ技術等の適用により車両特性を走行時に変動させることによるドライバ支援拡大を想定し，車両特性変動に対するドライバ個々の弁別や適応特性を考慮したオーダーメイドの支援システム構築を目的とする．本稿では，操舵系の特性を任意に変化させ，この変化に対するドライバの感度や適応操作と，運転特性やドライバの属性との関係について検討した結果を報告し，さらに平面運動特性変化に対すドライバの感受性の検討方法について報告する．

2.　操舵系の特性変化に対するドライバの適応操作

2.1　実験条件

実験車両は図 1 の小型電気自動車をベースに改修し，図 2 のように操舵機構をバイワイヤ化した．ハンドル角 θ_h の入力信号が制御用 PC を介して式(1)に示すステアリングシャフト角 θ_s に変換された後，モータによってステアリングシャフトを θ_s 回転させる機構とし，操舵反力は中立復帰ばねとした．

$$\theta_s = \frac{G}{\tau s + 1}\theta_h \qquad (1)$$

Fig.1　Experimental vehicle

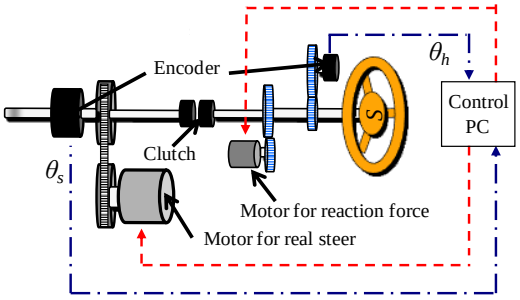


Fig.2 Steering control system of experimental vehicle

実験コースは，図 3 に示すように直線と車線変更 2 区間で，被験者には 20[km/h]でコース中央を走行することを教示し，車線変更 1 区間目を車両特性変化の無い基本特性区間として操舵ゲイン G=1，応答遅れ τ=0 で，2 区間目は，ゲインまたは応答遅れを変化させる，もしくは特性変化の無い特性変化区間であることを伝えた．特性変化は，ゲイン G が 8 水準(0.7，0.8，0.9，0.95，1，1.05，1.1，1.2)，応答遅れ τ が 4 水準(0，0.02，0.04，0.07)の 32 パターン，これに特性変化の無い 8 回を加え，計 40 回をランダムに走行させた．また事前に，運転スタイルチェックシートを実施し，運転スタイルと運転頻度が異なる被験者を選定した[3]．そのスコアを表 1 に示す．

2.2 ドライバ特性評価のための指標

操舵のばらつき評価は，各車線変更での切り始めの操舵角のピーク値を $\theta_1(n)$，およびその後の切り返しを $\theta_2(n)$，の標準偏差 SD_i（$_i$=1,2）をそれぞれ算出した[4]．

操舵の滑らかさ評価はステアリングエントロピー法の考えを参考にした[5]．人間の最短反応時間とされる 0.15[s]毎の操舵角の平均値 $\theta_s(n)$を求め，この値から過去 3 点の操舵角を用いて式(2)の二次テイラー展開により操舵角の予測値 $\theta_p(n)$を算出し，式(3)に示すように $\theta_s(n)$との差を取り誤差値 $\theta_e(n)$を求める．そして 0.15[s]毎の $\theta_e(n)$の分布における 90%タイル値 α を操舵の滑らかさ評価とし，評価区間は各車線変更の入口通過パルスの 1 秒前から 4 秒間とした．

$$\theta_p(n)=\theta_s(n-1)+\{\theta_s(n-1)-\theta_s(n-2)\}$$
$$+\frac{1}{2}[\{\theta_s(n-1)-\theta_s(n-2)\}-\{\theta_s(n-2)-\theta_s(n-3)\}] \quad (2)$$
$$\theta_e(n)=\theta_s(n)-\theta_p(n) \quad (3)$$

総操舵量評価は操舵角 θ_s の変化量の絶対値の積分により算出した．評価区間は操舵の滑らかさ評価と同様とした．

主観評価は，走行終了後毎回 Q1 ではいと回答した場合，表 2 に示すように Q2~Q4 に対して 3 択(はい･いいえ･どちらともいえない)で回答を求めた．

2.3 適応操作の比較

運転特性を定量化として，基本特性区間での操舵のばらつき評価（SD_1： 1 回目切り返し，SD_2：2 回目

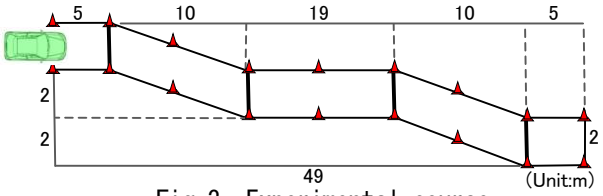


Fig.3 Experimental course

Tab.1 Score of DSQ

被験者	運転スキルへの自信の有無	運転に対する消極性	せっかちな運転傾向	几帳面な運転傾向	不安定な運転傾向	虚偽発見尺度	運転頻度
sub.1	3	2.5	3.5	2.5	2.5	2.5	週3～4日
sub.2	3	1.5	1.5	2	1	3	月1～2日
sub.3	3.5	1	2.5	3	2.5	2.5	週3～4日
sub.4	1	4	1.5	2.5	2.5	2.5	年間数日

Tab.2 Subjective assessment

Q.1	1回目の車線変更と2回目の車線変更で 車両特性に変化がありましたか.
Q.2	Q.1で「はい」と答えた方に質問します. その変化は操舵に対して操舵角のゲインが変化したと思いますか.
Q.3	Q.2で「はい」と答えた方に質問します. 操舵角のゲインはどのように変化したと思いますか.
Q.4	Q.1で「はい」と答えた方に質問します. その変化は操舵に対して車両の応答が悪くなったと思いますか.

Tab.3 Score of evaluation

	Sub.1	Sub.2	Sub.3	Sub.4
操舵のばらつき評価SD_1	15.4	14.3	9.4	17.6
操舵のばらつき評価SD_2	13.6	15.7	8.4	12.3
操舵の滑らかさ評価	6.5	3.8	8.6	7.2
総操舵量評価	340.5	199.8	424.6	250.3

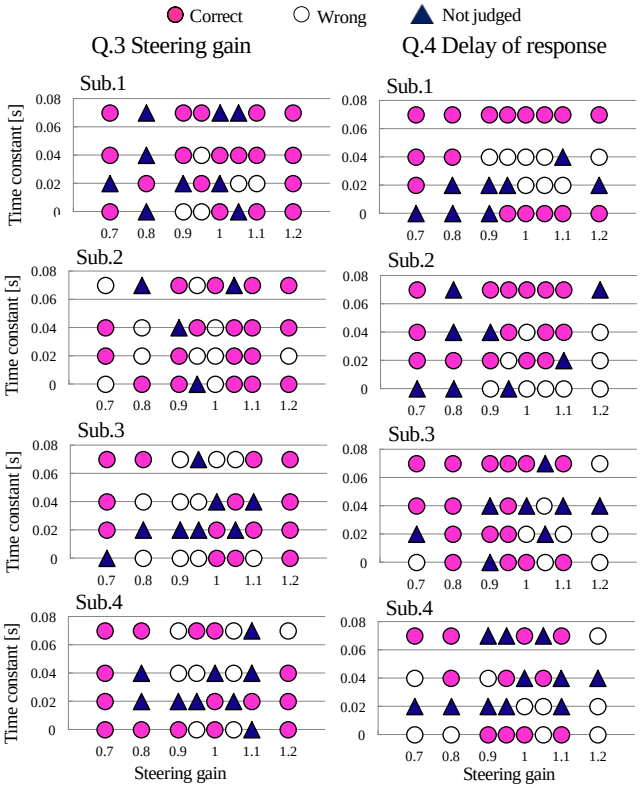


Fig.4 Answer of subjective assessment

切り返し)，操舵の滑らかさ評価，総操舵量評価を算出した．その結果を表 3 に示す．

次に，ドライバの車両特性変動に対する感度や適応操作を評価するため，表 2 の質問 Q3 操舵ゲインの増減，Q4 応答遅れの有無に対する回答結果を図 4 に示し，特性変化区間の操舵の滑らかさ評価と総操舵量評価を図 5，図 6 に示す．図 4 から，ゲインの変化が 1.2 と比較的大きい条件で同時に応答を変化させた場合，今回の被験者では，その変化を応答遅れの変化として認知する事が難しいという共通点があることがわかる．しかし，この時の操舵は被験者により異なっている．図 5 から Sub.1，Sub.2 は評価値が悪化しているのに対し，Sub.3 は車両特性の変化が無いときの評価値に近づく傾向を示している．Sub.4 は傾向がなく評価値が殆ど変化していない．図 6 から，Sub.1，Sub.2，Sub.3 は評価値が大きくなっているが，Sub.4 は操舵の滑らかさ評価と同様に傾向が見られない．ここから，Sub.1，Sub.2 は積極的に修正操舵をして，コース中央を走行しようとしていると考えられ，Sub.3 は車両の応答を見ながらゆっくりと操舵を行っていると考えられる．Sub.4 は，主観評価がばらついており，操舵の滑らかさ評価，総操舵量評価も，ゲインと応答遅れの変化のどちらに対しても相関が見られないことから，車両応答の変化が，ゲインまたは応答遅れ，どちらの変化によるものか認知できていないと考えられる．

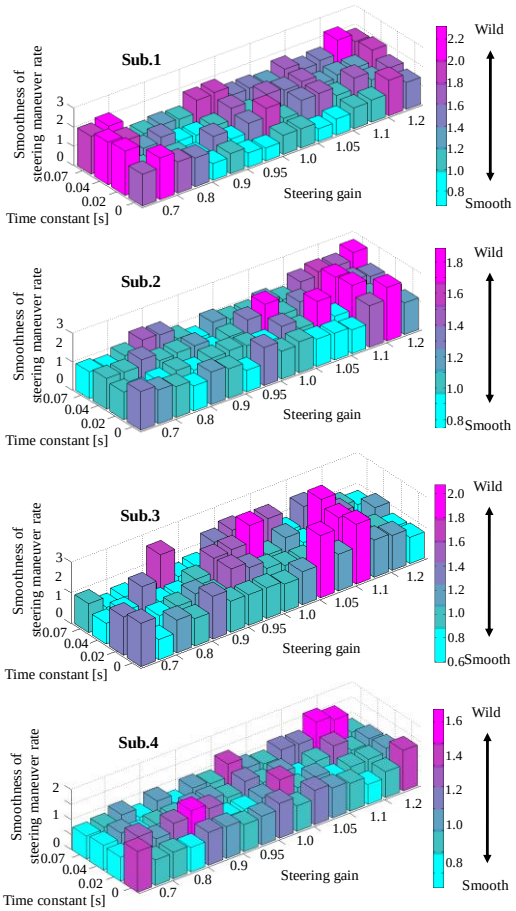


Fig.5 Smoothness of steering maneuver rate

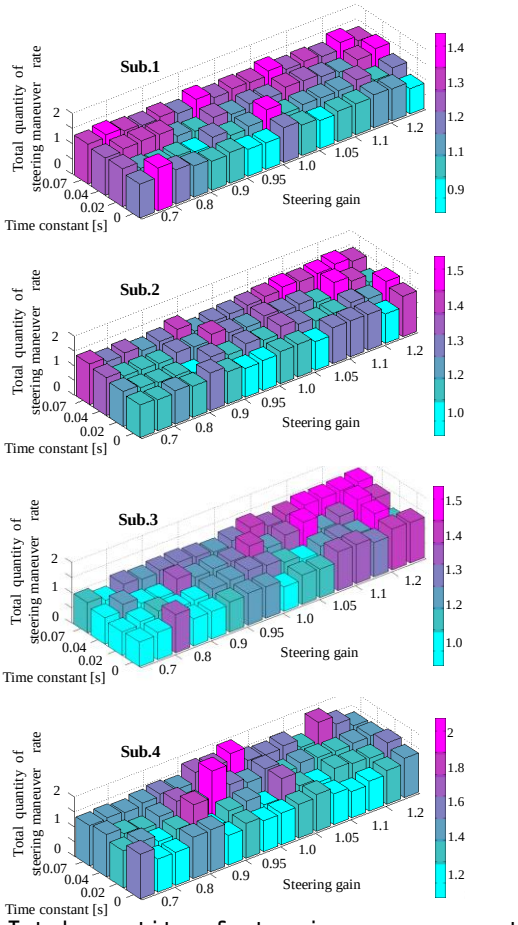


Fig.6 Total quantity of steering maneuver rate

3. 平面運動特性変化に対するドライバの感受性

前述の実験では，操舵系の特性変化により車両の応答特性を変化させ，その変化がドライバに与える影響と適応操作について検討を行った．このとき，ドライバは操舵系のゲインや応答遅れの特性変化を直接認知していたのではなく，操舵特性の変動による車両応答の変化を認知していたものと考えられ，この応答の変化が操舵ゲインあるいは応答遅れによるものなのかを判断していると考えられる．ここで，操舵に対する車両の応答は，車両の平面運動として考えた場合，横運動とヨー運動が複合して現れ，ドライバはこれらの運動を認知して適応操作を行っていると考えられる．そこで，横運動とヨー運動の伝達関数を独立に変化させ

ることが可能であれば，それぞれの運動がドライバにどのように認知され，影響を与えているかを調べることができる．

そこで，操舵に対する横運動とヨー運動の伝達関数を独立で任意に設定できる実験車両として，4 輪アクティブ操舵車両を製作した．ここで，図 7 に示す 4 輪車の等価的な平面 2 輪モデルにおいて，並進運動とヨー運動についての車両運動方程式を立て，横滑り角 β とヨーレート γ について整理すると，式(4)となり，4 輪アクティブ操舵車両では，横運動とヨー運動が独立で求められることがわかる．

$$\begin{bmatrix}\beta\\ \gamma\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{A_1B_2-A_2B_1}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}B_2\delta_r-A_2\delta_f\\ A_1\delta_r-B_1\delta_f\end{bmatrix} \qquad (4)$$

ただし

$$\begin{bmatrix}A_1\\ A_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{2lK_f}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}ml_rVs+2lK_f\\ Is+ml_rV+\dfrac{2l_flK_f}{V}\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}B_1\\ B_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{2lK_r}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}ml_fVs+2lK_r\\ -Is+ml_rV-\dfrac{2l_rlK_r}{V}\end{bmatrix}$$

この車両応答変化を実現するための 4 輪アクティブ操舵は，前輪バイワイヤ機構に加えて後輪操舵機構を搭載した．制御 PC によってモータを回転させ，ステアリングギヤ機構を介して後輪を操舵するバイワイヤ機構とした．前後輪の実舵角は，実験車両と同定した平面 2 輪車両モデルを構築し，ハンドル角 θ_h，車速 V に対して，横滑り角 β とヨーレート γ の伝達関数が任意の値になるように前後輪の実舵角を算出している．

車両の特性変化は，操舵に対するそれぞれの運動の伝達関数を式(5)に示すようにゲイン G_β，G_γ，一次遅れ系の時定数 τ_β，τ_γ，の組み合わせを変化させる．

$$\frac{\beta}{\theta_h}=\frac{G_\beta}{\tau_\beta s+1}\ ,\quad \frac{\gamma}{\theta_h}=\frac{G_\gamma}{\tau_\gamma s+1} \qquad (5)$$

4. まとめ

操舵系の特性を任意に変化させ，この変化に対するドライバの感度や適応操作と，運転特性やドライバの属性との関係について検討した結果，今回の被験者では，操舵に対するゲインを 1.2，応答遅れを 0.07 と同時に大きく変化させた場合，車両の特性変化に対する

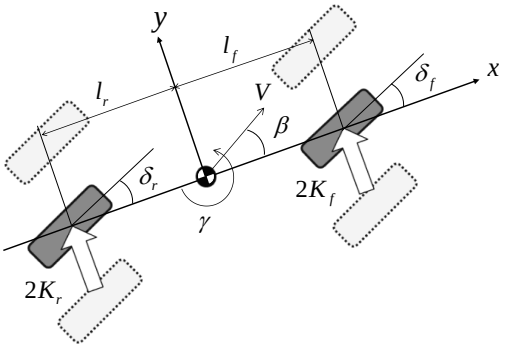


Fig.7 Equivalent bicycle model

主観評価の正誤が同様の傾向を示していたが，ドライバ個々の操舵動作は異なり，ドライバによって適応操作の違いが見られた．

これを受け，ドライバの認知と適応操作をさらに調査するための手法として，操舵に対する横運動とヨー運動の伝達関数を独立して任意に設定できる 4 輪アクティブ操舵車両を製作した．今後，横運動とヨー運動のゲインと応答遅れが，ドライバに与える影響やどのように認知されるのかを考察し，ドライバ個々の属性や運転特性との関係について調査を行う．

参考文献

1) D.T.Mc sis, Guidance and Control-Ⅱ(1964)Ruer et al.: Pilot-Vehicle Control System Analy
2) 堀口明伯ほか : 運転者のヨー運動知覚特性の研究，自動車技術，Vol.48，p.38-43(1994) .
3) HQL 式 運転スタイルチェックシート 解説書，社団法人 人間生活工学研究センター, 解説書 ver.1, (2003).
4) 山元敦生ほか : 走行時における車両特性変動に対するドライバの適応操作と個人特性に関する研究，ADVANTY 2009 SYMPOSIUM p.29-32.
5) 中山沖彦ほか :「運転者負荷定量化手法“ステアリングエントロピー法”の開発」，自動車技術会学術講演会前刷集 No.45-99 (1999)

OS5

12 月 5 日　14:45～17:00
1 号館 3 階 131 室

「高齢者施設における人間工学が果たす役割」

【オーガナイザ・座長】

濱田　泰以（京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター）

【座長】

芳田　哲也（京都工芸繊維大学大学院）

桑原　教彰（京都工芸繊維大学大学院）

基調講演１：高齢社会における有料老人ホームの役割

山本 晃嘉

株式会社 シティ・エステート 代表取締役

抄録

近年日本の人口増加が頭打ちとなり急速に高齢化が進んでいる。2008 年調査で 65 歳以上が 2,757 万人 2025 年には 3,600 万人になります。現在 65 歳以上の人口と 20～64 歳人口の比率が約 1：3 この比率が、2025 年には約 1：2 となります。このような状況に対し高齢者向け住宅の供給率（2008 年）は 65 歳以上の人口に対し 4.2%です。福祉先進国の供給率は 6.4～11.4%です（スウエーデン・デンマーク・アメリカ）。また、2007 年度より総量規制のため高齢者施設の開設数も 80,000 床/年から 60,000 床/年に減っています。さらに 2012 年には療養型病床（介護型）15 万室を全床撤廃と行政の方針もでています。これらのことより今後ますます民間の運営する有料老人ホームの必要性が高くなると考えます。

こういった状況で、今後求められるものとしてはリーズナブルな価格で高品質な介護が提供できる施設です。品質が保てない原因の一つとして離職率の高さが挙げられます。離職の原因として体力面・精神面とさまざまな原因があります。

そこで、『疲れない介護』をテーマとし研究を進めています。介護は、経験と勘でサービスを提供しているケースが多々あります。これを、定量化し科学的に論理化することにより『疲れない介護』高品質なサービスに繋がると考えます。

基調講演２：老年精神医学分野における行動測定の重要性と工学への期待

成本 迅

京都府立医科大学大学院医学研究科精神機能病態学 講師

抄録

近年の急速な高齢化を背景として、老年期うつ病と認知症の患者数が年々増加しており、老年精神医学へのニーズが高まっている。本人、介護者が困って治療を求める症状としては、幻覚妄想、焦燥、暴言、暴力、徘徊、介護への抵抗といった行動の過剰として位置づけられるいわゆる陽性症状と、無気力、意欲低下、抑うつ気分といった行動の過少として位置づけられる陰性症状がある。これらの精神症状に対しては、抗精神病薬や抗うつ薬による薬物療法と、行動的介入や回想法などの非薬物療法がおこなわれるが、いずれも標的となる症状を決めて、治療を開始し、客観的に治療効果を判定することが重要となる。しかしながら、診察室では観察されない症状もあることから、家族や介護スタッフの報告を中心に評価することになるが、精神症状の評価は身体障害と比較して主観的になりやすく、このため不必要な薬剤が追加されてしまったり、逆に有効な薬剤を中止したりしてしまうことがしばしばある。このような点から、在宅生活の活動を測定でき、わかりやすい形でその情報を得ることができれば、合理的な治療選択が可能になると期待される。

介護士の疲労自覚症状の特徴

○ 後藤彰彦(大阪産業大学)，笹岡奈津美(京都工芸繊維大学)
山本晃嘉（株式会社シティー･エステート）

Feature of fatigue subjective symptom in care person

GOTO Akihiko (Osaka Sangyo University), SASAOKA Natsumi (Kyoto Institute of Technology), YAMAMOTO Akiyoshi (CITY ESTATE, Co., Ltd.)

１．緒言

高齢化が進むにつれて、寝たきりや認知症性高齢者の増加や介護期間の長期化等の観点から、介護の重要性が高まっている。しかしながら、従来、介護を必要とする高齢者を支えてきた状況は大きく変わりつつあり、高齢者介護の問題が、家族にとって、身体的にも精神的にも大きな負担となっている。そのため、介護にあたる人々の疲労度を調査し、介護者が抱える問題について現実的対応について考えることが、非常に重要となってきた。

そこで、本研究では介護作業を職業としている介護スタッフに着目し、作業前後における疲労感の自覚症状をアンケートにより調査して、介護作業における疲労の特徴を明らかにした。さらに、介護者の経験年数や性別，年齢、握力および作業時間と疲労自覚症状との相関分析を行った。

２．方法

介護スタッフの疲労調査は、関西圏内の16ヶ所の事業所で実施した。被験者の総数は361名である。介護スタッフには、通常通りの介護業務を遂行してもらい、介護業務にあたる前と後にアンケートを実施した。アンケートの質問項目として日本産業衛生学会産業疲労研究会(1)の「自覚症しらべ」を用いた。この質問表では疲労自覚症状を25項目に分類しており、この項目は5つの群別に評価することができる。分類は以下の通りである。

Ⅰ群　ねむけ感：ねむい、横になりたい、あくびがでる、やる気がとぼしい、全身がだるい

Ⅱ群　不安定感：不安な感じがする、ゆううつな気分だ、落ち着かない気分だ、いらいらする、考えがまとまりにくい

Ⅲ群　不快感：頭がいたい、頭がおもい、気分が悪い、頭がぼんやりする、めまいがする

Ⅳ群　だるさ感：腕がだるい、腰がいたい、手や指がいたい、足がだるい、肩がこる

Ⅴ群　ぼやけ感：目がしょぼつく、目がつかれる、目がいたい、目がかわく、ものがぼやける

これら25項目の内容について、その程度を1～5段階（1：まったくあてはまらない2：わずかにあてはまる　3：少しあてはまる　4：かなりあてはまる　5：非常によくあてはまる）の何れか1つの番号を選択させた。また、疲労調査は休み明けの勤務日に条件を限定して行い、疲労調査実施日とは別の日に介護者の握力を測定した。

３．結果および考察

３．１　群別に見た疲労自覚症状

図１に全地区の疲労自覚症状の平均（群別）を作業前と作業後で比較した結果を示す。Ⅱ群以外の全ての群において、作業後に有意に高値（$p<0.01$）を示した。また作業後の疲労度は、Ⅳ群（だるさ感）が最も大きくなり、次いでⅠ群（ねむけ感），Ⅴ群（ぼやけ感），Ⅲ群（不安定感）・Ⅱ群（不快感）の順であった。

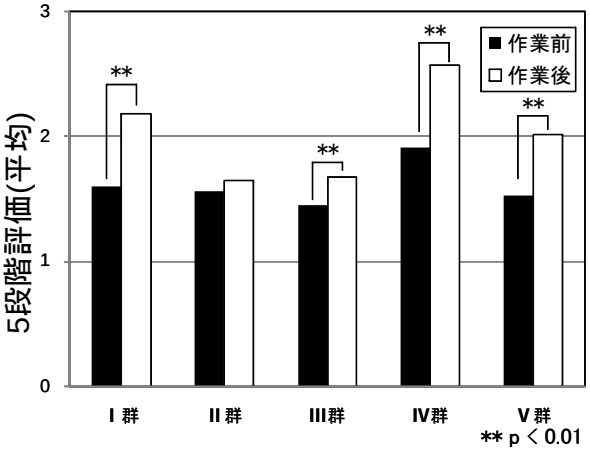
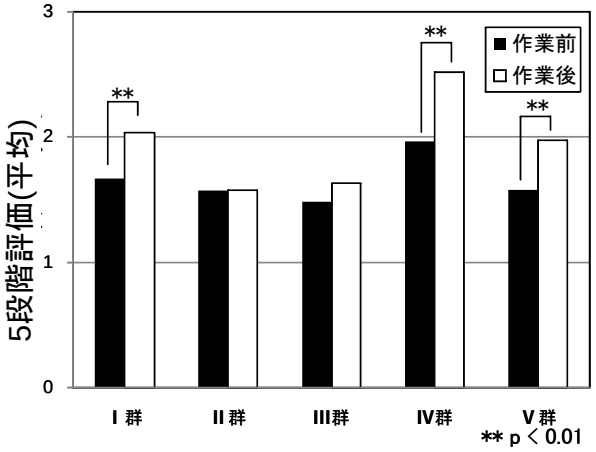


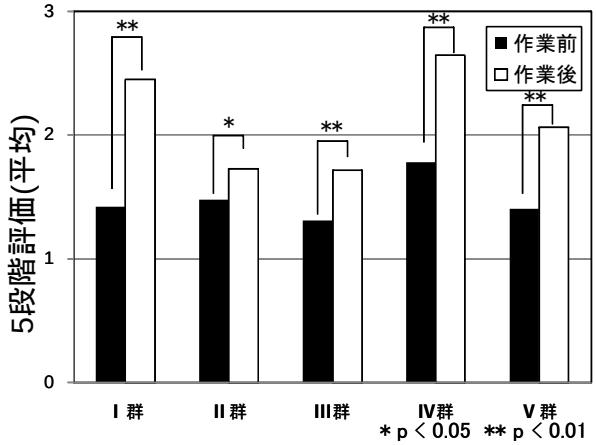
図１　作業前後における疲労自覚症状の平均

3．2　勤務形態（日勤・夜勤）の違いによる群別疲労自覚症状

図2に全地区の疲労自覚症状の平均を日勤と夜勤にわけて比較した結果を示す。日勤の人数は239名、夜勤の人数は118名であった。日勤と夜勤の疲労自覚症状を作業前と作業後で比べると、日勤は作業前の数値が高く、夜勤は作業前と作業後の変化が大きかった。日勤の疲労自覚症状を群別に見ると、Ⅰ,Ⅳ,Ⅴ群において作業後に有意に高値（$p<0.01$）を示した。また、夜勤では、Ⅱ群は5%水準で、Ⅰ,Ⅲ,Ⅳ,Ⅴ群は1%水準で作業後に有意に高値を示した。



(a)　日勤における疲労自覚症状

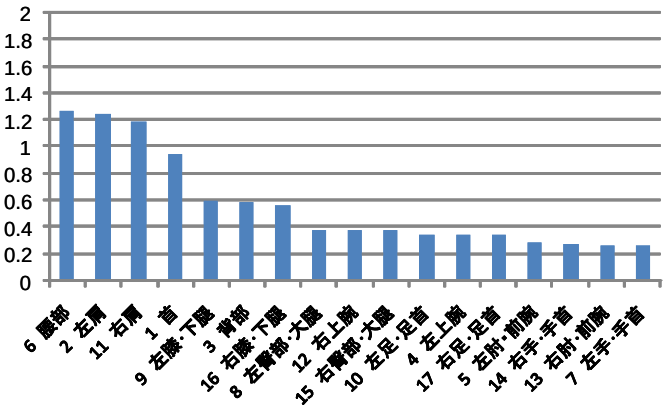


(b)　夜勤における疲労自覚症状

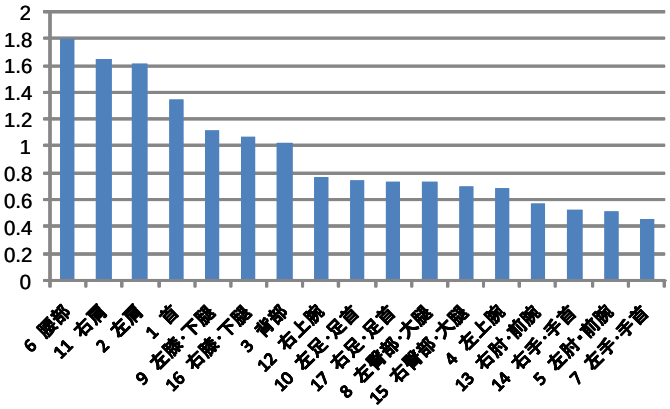
図２　日勤と夜勤による疲労自覚症状

3．3　疲労部位

図3に作業前後における疲労部位の訴え値を示す。すべての項目において、作業前より作業後に疲労の訴えは、有意に増加していた。作業前後において、疲労の増加が大きかったのは、「腰部」、「膝（ふくらはぎ）」、「肩」であった。



(a)　作業前



(b)　作業後

図３　作業前後における各疲労部位の疲労訴え値

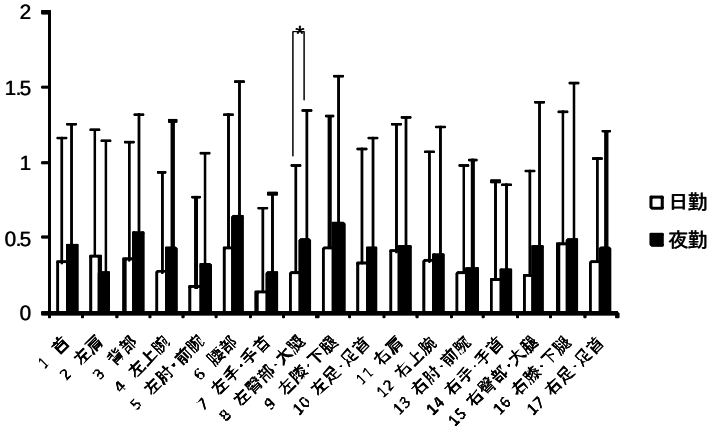


図４　日勤と夜勤における疲労部位の疲労訴え値の差分

図4に日勤と夜勤における疲労部位の訴え値の差分を示す。日勤と夜勤では、左大腿部の疲労にのみ有意差が認められた。

4．結言

介護作業における疲労の特徴として、ねむけ感、だるさ感が高くなる「一般型」に類似することが認められた。

介護士の行動に関する解析方法の検討

Evaluation of the movement analysis on the care workers during nursing-care activities

○松山稔*，山本晃嘉*，桑原教彰**

*株式会社シティー・エステート　**京都工芸繊維大学

MATSUYAMA Minoru*, YAMAMOTO Akiyoshi*, KUWAHARA Noriaki**

*City Estate, ** Kyoto Institute of Technology.

1.　背景

高齢化が進む中で在宅や介護施設において介護者の重要性が増加している。しかし、介護現場では要介護者に対する介護士の数が少なく、介護労働者への負担は増加している。このような状況で、要介護者に良質な介護サービスを提供するためには、介護士としてのスキルを習得した熟練介護士の育成が不可欠である。介護士のスキルには、「排泄」や「清掃」、「入浴介助」、「食事介助」など入居者の居室内で個別に介護を提供する「居室介護」と、食堂、談話室への「誘導」や「緊急コール対応」、「配膳」など、施設の共用部にて入居者に介護を実施する「施設介護」に分類できる。また「居室介護」は介護士自身の介護動作に関する「手段としてのスキル」であり、「施設介護」は介護者と要介護者や介護者同士のコミニュケーションを必要としたり、業務の優先付けのような「段取りのスキル」がある。介護士の育成では主に前者が重視されるが、介護施設で限られた人数により介護の質を維持するためには、後者のスキルも重要である。

そこで、本研究では「施設介護」に着目し、施設における介護士の行動を動画で撮影記録することにより、経験のある介護士と経験の浅い介護士との業務の進め方の差異の可視化を行い、「段取りのスキル」を効果的に習得するための動画分析の有用性につい検討した。本稿では、「食事提供時」における介護士の行動の動画記録とその解析方法について検討した結果を報告する。

2.1　対象とした被験者

被験者として、経験のある介護士（熟練者）と経験の浅い介護士（非熟練者）の 2 名を対象とした。両者ともに大阪府にある有料老人ホームで勤務する女性である。前者は年齢が 37 歳で施設介護歴が 2 年 7 ヵ月であり、かつ施設の職員と入居者からも評判が良い。後者は年齢が 59 歳で施設介護歴 1 ヵ月である。

2.2　分析方法

表 1 で示すように、食事提供時の代表的な行動として、移動する〔体重移動が始まってから終わるまでを含む〕の「移動」(a) と、入居者の側で配膳している〔食事の包装などを開封する時間も含む〕「配膳」(b) と、スタッフと会話している「会話スタッフ」(c) と、入居者に声をかけている「会話入居者」(d) と、缶を所定位置より取り出している「缶取りだし」(e) と、缶を机に置く〔振る動作も含む〕「缶出し」(f) と、ふりかけを入居者に運んでいる「ふりかけ選択」(g) と、入居者の側でふりかけを配る「ふりかけ置き」(h) と、配ったふりかけを所定位置に戻す「ふりかけ戻し」(i) と定義した。

代表的な行動とは別に会話に絞った行動として、入居者に声をかけている「声掛け」(A) と、厨房より配膳を受け取った際に返事をする「配膳受取返事」(B) と、スタッフと会話している「会話スタッフ」(C) と定義した。

動画記録は平成 22 年 5 月 19 日の昼食時の配膳作業を 2 台のデジタルビデオカメラでそれぞれの被験者を同時に撮影した。記録時間は配膳が始まり配膳が終わるまでの 381,5 秒間である。

動画記録を見て目視により定義した行動をしている開始時間と終了時間を記録した。そのときに得られた時間データを用いて行動識別を試みた。

表１.食事提供時の行動定義

行動			定義
代表的な行動	移動	a	移動している（体重移動が始まってから終わるまでで体重移動が1秒以内は除く）
	配膳	b	入居者の側で配膳している（食事の包装などを開封する時間も含む）
	会話スタッフ	c	スタッフと会話している
	会話入居者	d	入居者に声をかけている
	缶取りだし	e	缶を所定位置より取り出している
	缶出し	f	缶を置く（その後に振る動作も含む）
	ふりかけ選択	g	入居者に配るふりかけを選んでいる
	ふりかけ置き	h	テーブルの側で入居者にふりかけを配る
	ふりかけ戻し	i	配ったふりかけを戻している
会話行動	声掛け	A	入居者に声をかけている
	配膳受取返事	B	厨房より配膳を受け取った際に返事をしている
	会話スタッフ	C	スタッフに声をかけている

3. 結果

代表的な行動における行動時間の比較は、図１で示す通り、いずれの被験者も「移動」と「配膳」で全体の80%以上を占めた。回数においては、熟練者と非熟練者の「移動」の差異は１回に対して「配膳」は３回であった。

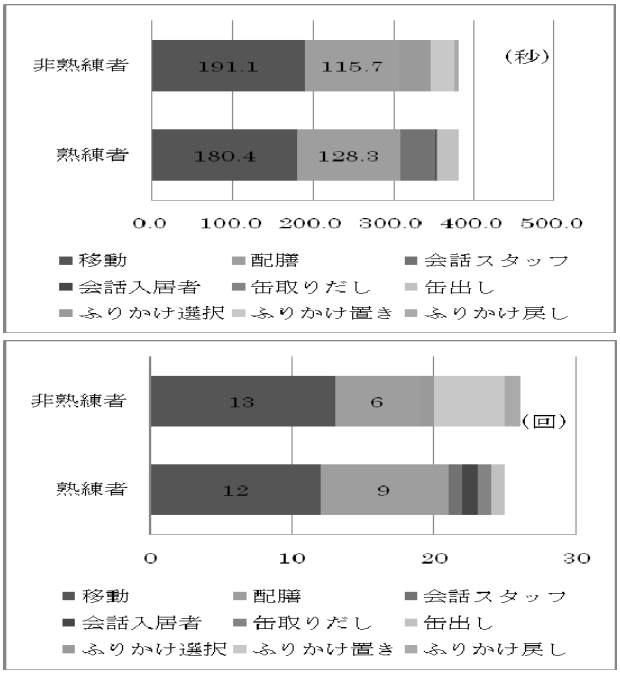
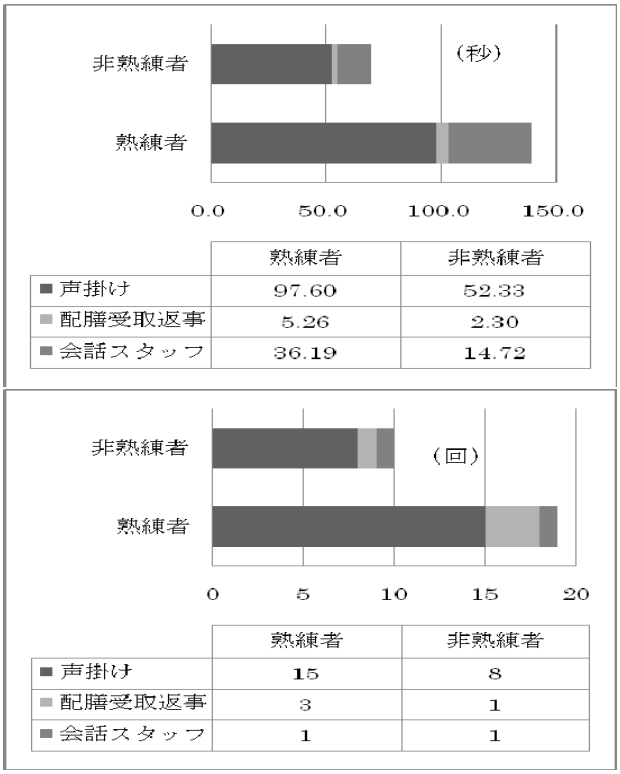


図１.食事提供時の代表的な行動における熟練者と非熟練者の時間（上段）及び回数（下段）の比較



	熟練者	非熟練者
声掛け	97.60	52.33
配膳受取返事	5.26	2.30
会話スタッフ	36.19	14.72

	熟練者	非熟練者
声掛け	15	8
配膳受取返事	3	1
会話スタッフ	1	1

図２.食事提供時の会話行動における熟練者と非熟練者の時間（上段）および回数（下段）の比較

会話行動における行動時間と回数の比較を図２に示した。「声掛け」、「配膳受取返事」、「会話スタッフ」の行動時間は熟練者が非熟練者に比べて約２倍の時間をかけていた。回数比較においては「会話スタッフ」が１回の同数であったが「声掛け」、「配膳受取返事」は熟練者が非熟練者の約２倍の回数であった。

4. 考察

代表的な行動で熟練者と非熟練者の「配膳」の時間差異は少ないにも関わらず、回数に顕著な差が見られたことは、熟練者の１回当たり配膳時間が短く、効率よく配膳動作を進めていたと考えられる。また、会話動作においては時間、回数ともに熟練者が大きく非熟練者を上回っている。効率よく配膳動作を行うと、要介護者においては冷淡なイメージを抱く可能性が高いが、熟練者は会話を多くすることにより、それを和らげていると考えられる。今回は被験者が少なかったが、今後、動画記録のデータ化を時間以外についても検討を行う予定である。

高齢者施設で働くケアスタッフの介護意識構造

Caregivers' Awareness Structure in the Elderly Care Facility

○川浦 孝之*，菅谷 泰行**

*関西医科大学 数学教室　**関西医科大学 ドイツ語教室

KAWAURA Takayuki*, Sugatani Yasuyuki**

* Department of Mathematics, Kansai Medical University,

** Department of German, Kansai Medical University

1. はじめに

総務省統計局人口推計によると平成 22 年 4 月 1 日現在，65 歳以上の高齢者の人口は 2926 万 8 千人で，前年同月に比べ増加 58 万人（△2.02%）となり，総人口に占める割合（高齢化率）は 23%である[1)]．昭和 25 年では，65 歳以上の人口は総人口の 5%に満たなかったものが，昭和 45 年に 7%，平成 6 年にはその倍化水準である 14%を超え，「高齢化社会」と称される時代に突入し，現在は，23%を超えて 5 人に 1 人が高齢者，10 人に 1 人が 75 歳以上人口（総人口に占める割合：11%）という「本格的な高齢社会」となったのである[2)]．

ところで，このように急激に進む高齢化の中で，高齢者施設で働く介護者の離職率の高さなど，介護者を取り巻く労働環境が大きな社会問題となっている[3)]．離職の原因の多くは介護に対する問題を解決できないことから悩み，それがストレスに繋がることが多く，この点で，介護者への問題解決のための支援の必要性が高まってきている．

本稿では，平成 19 年 10 月に関東，関西，中部に所在する 7 つの介護付有料老人ホームで働く 523 人の介護者を対象に介護上の悩みについてアンケート調査を実施し，その回答結果を基に，回答者の基本属性との関係を探った．年齢，性別，経験年数，就業形態などの介護職員の基本属性と介護者が抱える悩みやその悩みに対する対処法などとの間にある関係性を明らかにし，その類型化と構造化を試みることで，介護現場におけるキャリア教育やコミュニケーション支援に役立てることを目的としている．

2. 分析

2.1 調査データ概要

実　施：平成 19 年 10 月

施　設：介護付有料老人ホーム

（関東，関西，中部に所在する 7 施設）

人　数：523 人

2.2 分析対象の質問項目

本稿では，今回のアンケート調査より以下の質問項目を使用する．

1　あなたの年齢は

2　あなたの性別は

3　あなたの介護年数は

4　正職員としてお勤めですか

5　入居されているご高齢者の日常行動で，
いま困っている事や，悩んでいることは
ありますか

→「はい」と答えた人

⇒　それをひとつだけ挙げてください

→「はい」と答えた人

→　何か解決策を考えていますか

→「はい」と答えた人

⇒　どのような解決策

→「はい」と答えた人

→　解決策を実行しましたか

→　解決策に効果がありましたか

→「はい」と答えた人

⇒　どのような効果

※質問 5 内の「⇒」は記述回答

2.3　データ集計と独立性の検定

質問 1 から質問 4 の年齢別，経験年数別，就業形態別と性別の質問回答結果を集計し，各々の質問内をさらに区分した．集計結果は以下に説明する独立性の検定結果と併せて表 1 から表 4 に示す．なお，集計を行うにあたって，今回の主の分析対象である質問 5 において 523 名中 5 名が無回答だったため，以下 518 名を対象に分析を行う．

最初に，年齢別，経験年数別，就業形態別と性別の集計結果内にそれぞれの区分での境界線を設け，質問 5 の問題の有無との独立性の検定を行なう．ここでの，独立性の検定における自由度は 1 で，χ^2 値の境界値は $\chi^2_{(0.1)}=2.705$，$\chi^2_{(0.05)}=3.841$，$\chi^2_{(0.01)}=6.634$ である．

表 1　年齢別集計と問題の有無との独立性の検定

	はい（n=237）	いいえ（n=280）	各境界線での
年齢	人（%）	人（%）	χ^2 値
10～20歳代	53（22%）	53（19%）	
			← ρ =0.929
30歳代	60（25%）	65（23%）	
			← ρ =1.592
40歳代	65（28%）	70（25%）	
			← ρ =3.936*
50歳代	51（22%）	70（25%）	
			← ρ =4.716*
60歳以上	8（3%）	22（8%）	

※年齢無回答：1名

表 2　経験年数別集計と問題の有無との独立性の検定

	はい（n=234）	いいえ（n=258）	各境界線での
経験年数	人（%）	人（%）	χ^2 値
1年未満	19（8%）	29（11%）	
			← ρ =1.357
1～3年未満	55（24%）	56（22%）	
			← ρ =0.098
3～5年未満	50（21%）	57（22%）	
			← ρ =0.207
5～10年未満	65（28%）	74（29%）	
			← ρ =0.734
10年以上	45（19%）	42（16%）	

※介護年数無回答：27名

表 3　就業形態別集計と問題の有無との独立性の検定

	はい（n=237）	いいえ（n=279）	各境界線での
就業形態	人（%）	人（%）	χ^2 値
正職員	120（51%）	82（29%）	
			← ρ =24.273**
正職員以外	117（49%）	197（71%）	

※就業形態無回答：2名

表 4　性別集計と問題の有無との独立性の検定

	はい（n=238）	いいえ（n=280）	各境界線での
性別	人（%）	人（%）	χ^2 値
女性	195（82%）	239（85%）	
			← ρ =1.110
男性	43（18%）	41（15%）	

表 1 より，年齢を 5 つの区分に分け，その 4 つの境界線ごとに独立性の検定を行った結果，50 歳未満と 50 歳以上で分けた場合と 60 歳未満と 60 歳以上で分けた場合に問題の有無との関連性が有意水準 5%で認められた．

表 2 より，経験年数を 5 つの区分に分け，その 4 つの境界線ごとに独立性の検定を行ったが問題の有無との関連性が認められなかった．

表 3 より，就業形態を 2 つの区分に分け，その 1 つの境界線で独立性の検定を行った結果，正職員と正職員以外に分けた場合に問題の有無との関連性が有意水準 1%で認められた．

表 4 より，性別を 2 つの区分に分け，その 1 つの境界線で独立性の検定を行ったが問題の有無との関連性が認められなかった．

本稿では，表 3 の結果に伴い就業形態別での正職員と正職員以外に注目して分析を行う．

ここで介護者が抱く問題に傾向があるのかを分析するため問題の記述回答から 3 つのカテゴリを抽出した．この 3 つのカテゴリは「問題行動」，「身体介助・生活支援」と「対人コミュニケーション」である．「問題行動」では入居者の徘徊や妄想などに関する回答を分類，「身体介助・生活支援」では入居者の入浴や食事などに関する回答を分類，「対人コミュニケーション」では入居者と介護者との問題や入居者同士の問題に関する回答を分類した．

ここで，各区分と 3 つのカテゴリとの独立性の検定を行なう．独立性の検定における自由度は 2 で，χ^2 値の境界値はそれぞれ $\chi^2_{(0.1)}=4.605$，$\chi^2_{(0.05)}=5.991$，$\chi^2_{(0.01)}=9.210$ である．なお表内における「身体介助・生活支援」の表記は「介助支援」，「対人コミュニケーション」の表記は「対人 C」としている．

表 5　就業形態別集計と 3 つのカテゴリとの検定

	問題行動（n=155）	介助支援（n=19）	対人C（n=57）	各境界線での
就業形態	人（%）	人（%）	人（%）	χ^2 値
正職員	79（51%）	8（42%）	29（51%）	
				← ρ 0.545
正職員以外	76（49%）	11（58%）	28（49%）	

※1名無回答

表 5 より就業形態と 3 つのカテゴリには関連性は認められなかった．

表 5 より，少数のケアを省いて問題行動と対人コミュニケーションの 2 つのカテゴリのみに分類した場合，就業形態との関連性があるかの検定を行う．独立性の検定における自由度は 1 で，χ^2 値の境界値は $\chi^2_{(0.1)}=2.705$，$\chi^2_{(0.05)}=3.841$，$\chi^2_{(0.01)}=6.634$ である．

表 6　就業形態別集計と 2 つのカテゴリとの検定

	問題行動（n=155）	対人C（n=57）	各境界線での
就業形態	人（%）	人（%）	χ^2 値
正職員	79（51%）	29（51%）	
正職員以外	76（49%）	28（49%）	← $\rho=0.001$

※無回答の1名，身体介助・生活支援に分類の19名を除く

表 6 より，就業形態と 2 つのカテゴリには関連性は認められなかった．

就業形態別にみたとき，正職員と正職員以外が「問題行動」のカテゴリを構成するどの問題を強く意識しているかを調べ，その問題と就業形態との関係を以下の介護者の記述回答より分析する．

2.4　就業形態別介護者の問題意識の DEMATEL 分析

就業形態別介護者の問題意識の構造化を行うに当たり，DEMATEL 法[4] を用いた．この手法は，与えられた問題（テーマ）に対する要素（問題項目）間のペア比較を行い，要素 i が要素 j にどれくらい直接影響（寄与）しているかを a_{ij} で表し，行列 A（クロスサポート行列）を作る．成分 a_{ij} は要素 i が要素 j に与える直接影響（寄与）の程度を示している．これらのペア比較は次に示すような形容尺度に伴う数値により各影響（寄与）の程度 a_{ij} を評価している．

非常に大きい直接影響（寄与）　4
かなりの直接影響（寄与）　3
ある程度の直接影響（寄与）　2
無視しうる直接影響（寄与）　1

行列 A は直接的影響（寄与）のみを表しているので，各要素間の間接的影響（寄与）をも表現することを考える．そこで，まず行列 $A=[a_{ij}]$ から直接影響行列 D を次式により定義する．

$$D = s \cdot A \quad s > 0 \qquad (1)$$

ただし，s は尺度因子であり，

$$\sup = \frac{1}{\max\limits_{1 \leqq i \leqq n} \sum\limits_{j=1}^{n} |a_{ij}|} \qquad (2)$$

より計算する．

各要素間の直接と間接の影響を測る全影響行列 F は，

$$F = \sum_{i=1}^{\infty} D^i = D(I-D)^{-1} \qquad (3)$$

で表される．ここで I は単位行列である．すなわち，全影響行列 F は，要素 i から要素 j への他のすべての要素を通じての直接と間接の影響すべての強さを表すものである．

次に示す行列 H は，

$$H = \sum_{i=2}^{\infty} D^i = D^2(I-D)^{-1} \qquad (4)$$

で表されるが，これは，全影響行列 F から直接影響行列 D を取り除くことで得られる要素間の間接的影響の強さのみを表しており，この行列を間接影響行列と呼ぶ．

また，(3)式の全影響行列 F から DEMATEL 法の指標である影響度，被影響度，原因度，中心度を計算する．全影響行列 F の行和は要因間の相互関係におけるその行要因の影響の強さを表し，影響度と言う．また列和はその列要因の被影響の強さを表し，被影響度と言う．影響度と被影響度の和は中心度であり，全影響行列 F の中でその要因の中心的な位置づけの度合いを表す．影響度と被影響度の差は原因度であり，全影響行列 F の中でその要因の原因的な位置づけの度合いを表す．

本稿では，影響度，被影響度を各々の合計で除することにより正規化をした値を用いている．

「問題行動」のカテゴリをさらに分割して，DEMATEL 分析を行った結果，表 7（正職員）と表 8（正職員以外）に示す影響度，被影響度，原因度と中心度を得た．また，全影響関係の構造化グラフを図 1（正職員）と図 2（正職員以外）に示す．その際の閾値は，$p=0.10$ とした．

表 7　就業形態別（正職員）の DEMATEL 分析結果

	影響度	被影響度	原因度	中心度
① 問題行動	0.27	0.13	0.14	0.40
② 妄想	0.00	0.02	-0.02	0.02
③ 無気力	0.00	0.02	-0.02	0.02
④ 不穏	0.05	0.07	-0.02	0.13
⑤ 認知機能の低下	0.12	0.09	0.03	0.21
⑥ 盗癖	0.00	0.03	-0.03	0.03
⑦ 性的行動	0.00	0.02	-0.02	0.02
⑧ 収集癖	0.00	0.01	-0.01	0.01
⑨ 購入	0.00	0.01	-0.01	0.01
⑩ 攻撃的行動	0.00	0.05	-0.05	0.05
⑪ 拒否	0.01	0.05	-0.04	0.06
⑫ 願望過多	0.00	0.03	-0.03	0.03
⑬ 外出行動	0.07	0.08	-0.01	0.16
⑭ アルコール依存	0.00	0.03	-0.03	0.03
⑮ ひきこもり	0.00	0.03	-0.03	0.03
⑯ しまい込み	0.00	0.02	-0.02	0.02
⑰ 解決策あり	0.15	0.06	0.08	0.21
⑱ 解決策なし	0.08	0.05	0.03	0.13
⑲ 実行した	0.14	0.06	0.09	0.20
⑳ 実行していない	0.00	0.03	-0.03	0.03
㉑ 効果あり	0.09	0.05	0.04	0.14
㉒ 効果なし	0.01	0.03	-0.02	0.04
㉓ 効果どちらでもない	0.00	0.03	-0.03	0.03

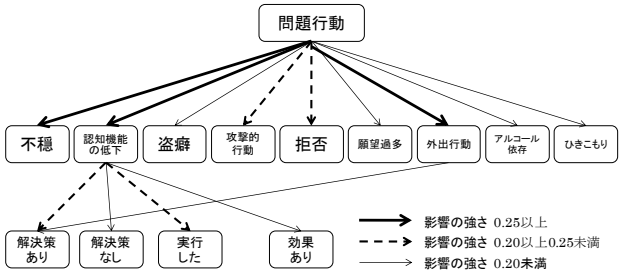


図 1　就業形態別（正職員）の構造化グラフ

表 8　就業形態別（正職員以外）の DEMATEL 分析結果

	影響度	被影響度	原因度	中心度
① 問題行動	0.30	0.14	0.15	0.44
② 妄想	0.00	0.04	-0.04	0.04
③ 無気力	0.00	0.03	-0.03	0.03
④ 不穏	0.06	0.07	-0.01	0.13
⑤ 認知機能の低下	0.02	0.06	-0.04	0.09
⑥ 盗癖	0.00	0.01	-0.01	0.01
⑦ 収集癖	0.00	0.01	-0.01	0.01
⑧ 購入	0.00	0.04	-0.04	0.04
⑨ 攻撃的行動	0.03	0.07	-0.03	0.10
⑩ 拒否	0.03	0.06	-0.02	0.09
⑪ 外出行動	0.10	0.08	0.02	0.18
⑫ ひきこもり	0.00	0.02	-0.02	0.02
⑬ 解決策あり	0.16	0.07	0.09	0.23
⑭ 解決策なし	0.10	0.05	0.06	0.15
⑮ 実行した	0.04	0.07	-0.03	0.11
⑯ 実行していない	0.03	0.03	0.00	0.07
⑰ 効果あり	0.04	0.06	-0.02	0.10
⑱ 効果なし	0.03	0.03	-0.01	0.06
⑲ 効果どちらでもない	0.04	0.03	0.01	0.08

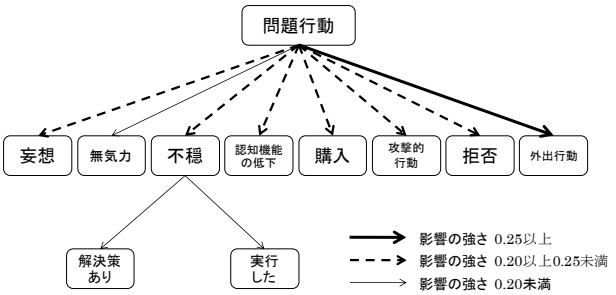


図 2　就業形態別（正職員以外）の構造化グラフ

表 7 と図 1 より正職員の介護者の問題行動の中の区分で影響度が強いのは，「不穏」，「認知機能の低下」と「外出行動」であった．正職員の介護者にとっての問題要因であると考えられる．

表 8 と図 2 より正職員以外の介護者の問題行動の中の区分で影響度が強いのは，「外出行動」であった．正職員以外の介護者にとっての問題要因であると考えられる．

なお，図 1（図 2）は，表 7（表 8）における①のカテゴリ（問題行動），②から⑮（②から⑫）の問題行動要因，⑰から㉓（⑬から⑲）の結果要因で，「カテゴリ（問題行動）→問題行動要因→結果要因」の方向のみの影響度を図示している．

3.　おわりに

本稿では，平成 19 年 10 月に関東，関西，中部に所在する 7 つの介護付有料老人ホームで働く 523 人の介護者を対象に介護上の悩みについてアンケート調査を実施し，その回答結果を基に，回答者の基本属性との関係を探った．年齢，性別，経験年数，就業形態などの介護職員の基本属性の中から特に就業形態に視点を置き，介護者が抱える悩みやその悩みに対する対処法などとの間にある関係性を明らかにし，その類型化と構造化を試みた．今後，さらに研究を進め，介護現場におけるキャリア教育やコミュニケーション支援に役立てることに繋げたい．

参考文献

1) 総務省統計局: 人口推移平成 22 年 9 月報 (2010).
2) 内閣府共生社会政策統括官，平成 22 年版高齢社会白書 (2010).
3) 財団法人介護労働安定センター: 平成 18 年度版介護労働の現状 (2006).
4) 木下栄蔵: わかりやすい意思決定論入門，近代科学社 (1996).
5) 菅谷泰行，川浦孝之，川畑ユミ子，中井みつ江，梶原美絵 : せん妄ケアにおける病棟看護師の意識構造―その 1 : DEMATEL 法による発症前後の比較―，関西医科大学教養部紀要，Vo. 30，pp.67-88 (2010).
6) 川浦孝之，菅谷泰行: せん妄に関する病棟看護師のグループインタビューにおける自然発話の DEMATEL 分析，第 26 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集，584-589 (2010).

入浴介助動作の三次元動作解析

～一人介助における浴槽の影響について～

Three dimensional motion analysis of bathing assistance movement

~Effects of bathtub on bathing assistance by one person~

○越野哲史*，吉川貴士*

*新居浜工業高等専門学校

KOSHINO Tetsushi*, YOSHIKAWA Takashi*

* Niihama National College of Technology

1. はじめに

介護現場において、介助空間の広さと介助動作の容易性との関係を明らかにすることは，空間的因子だけでなく，介助を必要とする人（要介護者）の身体機能や介助者の熟練度などを考慮する必要がある。近年の高齢化に伴い要介護者が増加し、介助者の負担軽減対策が検討されている。このような対策は要介護者に快適な介助を提供することにも関係すると考えられる。そこで，本研究では擬似的入浴介助現場を再現し，その空間で車いすから浴槽への入浴介助動作に与える浴槽サイズや熟練度の影響、および介助者の熟練度が要介護者の快適度に与える影響を介助熟練者と非熟練者の介助動作を比較することにより検討した.

2. 実験方法

2.1 実験条件

被験者は熟練群介護士 9 名（以下，熟練群と称す）と介護学校に通う学生 9 名（以下，非熟練者群と称す）の計 18 名とした. 被験者には本研究の目的および趣旨を説明し同意を得た上で計測を行った．要介護者は座る，立つなどの動作がある程度可能である左半身麻痺患者（体重約 50kg）を想定した女子学生 1 名とした. 用いた浴槽は横 1.8m×縦 2.6m のスペースに設置し，その中に 1.6m×0.8m の浴槽（以下，浴槽大と称す）と 1.0m×0.8m の浴槽(以下, 浴槽小と称す), さらに，洗い場に見立てたスペースを設けた．身体の 3 次元位置座標を測定するために赤外線カメラ 6 台で構成されるリアルタイムモーションキャプチャーシステム MAC 3D SYSTEM (Motion Analysis 社製) を用いた.

2.2 実験手順

要介護者が車いすに座った状態から，車いすが計測開始位置に戻り，介助者が車いすのブレーキをかけるまでの各部位の 3 次元座標を測定した．また，介助者は実験前および実験後に「自覚症しらべ」「身体疲労部位調査票」[1] への記入をそれぞれ行った. 要介護者は各実験後に介助の快適度を 5 点満点で評価した.

3. 結果と考察

熟練者群の中には経験年数が 1 年程度や機械浴以外行ったことのない介助者が存在したため，本研究では実験後の要介護者による快適度の評価が 3 点の介助者のデータは除外し 2 点以下の介助者データ（8 名）および 4 点以上の介助者（5 名）のデータをそれぞれ非熟練者および熟練者のデータとして取り扱った.

3.1 介助時間に及ぼす影響

浴槽の大きさの違いにおける熟練者と非熟練者の介助時間の平均値を Table 1 に示す.

Table 1 Times required to help for experts and non-experts. (unit: second)

	Experts	Non-Experts
Big Bath	135.6±49.7	89.4±26.0*
Small Bath	96.4±24.5	87.5±23.9

* $p < 0.05$ (Experts vs Non-experts)

浴槽大における熟練者の平均値は 135.6 秒,非熟練者は 89.4 秒となった. 浴槽小における平均値は熟練者が 96.4 秒，非熟練者は 87.5 秒となった．浴槽大における熟練者の作業時間は非熟練者よりも有意

(p=0.048) に長かった．一方，浴槽の大きさの違いによって介助時間における顕著な変化は見られなかった．

3.2 腰部の移動距離(3 次元軌跡)に及ぼす影響

熟練者および非熟練者の動作について,腰部の移動距離(3 次元)を浴槽の違いで比較した結果を Table 2 に示す. 熟練者では浴槽大が 27.6m,浴槽小が 16.9m で、浴槽大が有意(p=0.044)に長かったが，非熟練者では浴槽大が 20.3m,浴槽小が 19.6m であり，浴槽の違いによる顕著な変化は見られなかった。

Table 2 Distance of trajectories of lumbar part for experts and non-experts for both bathes in three dimensions. (unit: m)

	Experts	Non-Experts
Big Bath	27.6±9.6#	20.3±7.0
Small Bath	16.9±2.8	19.6±6.3

# p<0.05(Big bath vs Small Bath)

3.3 浴槽大における介助時間の介助動作別分析

3.1 節より，浴槽大において熟練者と非熟練者の介助時間に有意差が認められた．この結果について，まず浴槽大における一連の介助動作を次の 4 つに分割した．〔動作 1〕：車いすを浴槽のそばに移動させる，〔動作 2〕：要介護者を車いすから浴槽内に座るまで移動させる，〔動作 3〕：要介護者を浴槽底から車いすまで移動させる，〔動作 4〕：車いすを計測開始位置に移動させるまでとした．各動作の熟練者と非熟練者における介助時間を比較した結果を Fig.1 に示す．

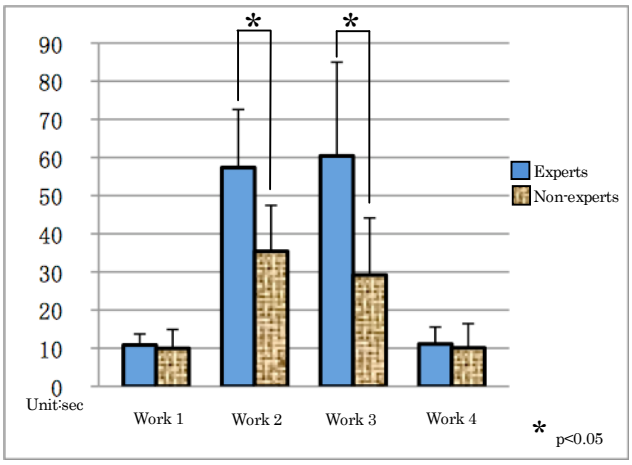


Fig.1 Times required to each operation for experts and non-experts in the big bath.

Fig.1 より，〔動作 2〕と〔動作 3〕における熟練者の時間は非熟練者より有意(p＜0.05)に長かった。このことは，要介護者から高い評価を得た熟練者は要介護者の重心移動を伴う動作時に，丁寧に時間をかけていることが考えられた．

3.4 介助動作別 3 次元腰部移動量

3.3 節より時間的有意差が認められた〔動作 2〕と〔動作 3〕において，介助者の腰部 3 次元移動距離について Table3 にまとめた. その結果，時間に有意差が認められた〔動作 2〕と〔動作 3〕の腰部 3 次元移動距離には有意差は認められなかった．このことから，介助者の腰部（重心）の移動における距離の変化以上に時間が増加していることが明らかとなった．すなわち，時間だけが異なることで，要介護者に対して熟練者は速度の緩やかな重心移動を伴った介助を行っていると考えられる．このことは要介護者が快適性が高いと申告した要因と考えられる。

Table 3 Distance of trajectories of lumbar part for experts and non-experts for both bathes in three dimensions. (unit: m)

	Experts		Non-experts	
	Work2	Work3	Work2	Work3
Big Bath	8.7 ±3.20	10.8 ±4.17	8.0 ±3.90	6.7 ±3.98
Small Bath	5.9 ±4.70	8.1 ±5.27	7.3 ±3.57	6.5 ±3.92

4. まとめ

1) 腰部 3 次元移動距離は，浴槽が大きくなると熟練者において長くなる．
2) 熟練者は要介護者を車いすから持ち上げて，浴槽内へ移動させる動作に時間をかけることで非熟練者と比べて丁寧な介助を行っている．
3) 熟練者は非熟練者に比べ，重心移動が遅いことが要介護者における快適度の評価が高い要因と考えられる．

参考文献

1）日本産業衛生学会産業疲労研究会選定：自覚しらべ，身体疲労部位調査表，2002.

高齢者向け集合住宅の温湿度変化，照度および騒音に与える土壁施工の影響

Effects of clay wall on the variation of ambient temperature, humidity, illumination, and noises in the house for senior citizen

○鷹尾憲一*，芳田哲也**

*有限会社エイチ・イン・ソリューション　**京都工芸繊維大学大学院

TAKAO Kenichi*, YOSHIDA Tetsuya**

*H.In.Solution Co.Ltd, ** Kyoto Institute of Technology

1.　緒論

日本の伝統的技術の一つである土壁は，夏季は吸湿，冬季は放湿作用があるため[1) 2)] 室内の湿度環境を一定に維持できると考えられる．また土壁を施工した部屋は通常の壁紙の部屋に比べて明るさ(照度)や音の響き具合（騒音）も異なると考えられる．しかし，部屋の温湿度や照度，騒音環境はその間取りや日当たりなどの周辺環境に影響することから，土壁の効果を検討するには同じ建物内で間取りや日当たりが類似する土壁を有する部屋と，一般的な壁紙の部屋とを比較する必要がある．そこで，本研究は同じ建造物内の隣合わせ2室を利用し，土壁と壁紙の部屋の室温，湿度，騒音，照度の変化を比較・検討した．

2.　方法

2.1 温湿度の測定

温湿度測定は，壁紙の上からベランダ側を除く 3 面に土壁を塗った部屋（土壁）と白い壁紙の部屋（壁紙）が隣合わせた 2 室で同時に実施し，両部屋とも 6 階建て建造物の 5 階，南向きであった．温湿度計（THERMO RECORDER RS-12, ESPEC）は各部屋の中央および両壁際の床上 50 cm 地点に設置し，土壁と壁紙の部屋の窓および戸を全開にし，両部屋の室温と湿度に差が見られなくなった後，部屋を閉め切り測定を開始した．なお，サンプリング間隔は 15 分，測定は昼の 12 時から 24 時間とした．

2.2 騒音測定

騒音測定は各部屋に騒音計（SOUND LEVEL METER DT-8852,　NIHON SHINTEC ）を部屋中央，床上 20 cm地点に設置し，音源（82.3db）として小型ラジオ（GENTOS H-549 SAINTGENT）に付随している非常用ブザーを床上 40cm に設置,ブザーと騒音計の間隔 3.5m として測定を行った.サンプリング間隔は 1 分間とした．なお音源となる非常用ブザーの騒音(82.3db)測定はブザーより 50cm の位置で 1 分間測定した値とした．騒音の測定は 8 月と 10 月に実施した.

2.3 照度測定

照度測定は照度計(SDK-50　DENSAN)を各部屋カーテンを開けた状態でポイント 6 点に定め測定した.サンプリング間隔を 2 時間とし朝 10 時から夕方6時とした.また照度の測定は10月に実施した.

3.　結果

3.1 温湿度

土壁と壁紙における温湿度測定は 6～10 月の間で延べ 123 日間実施した．各月の天気の違い（晴天日・雨天日）によりそれぞれ 3 日間を抜粋し，1 日の変動を求めた．図 1 は 7 月の晴天における温度と湿度の経時変化を示した．土壁は壁紙に比べて温度は高いが，湿度の変化は少なかった．また雨天日についても同様の傾向を示したが,8 月や 9 月の測定時には相対湿度が 50%を超える日が多く，土壁と壁紙の湿度変化が同様になる日が多かった.

3.2 騒音

図2は音源から3.5m離れた所で測定した各部屋の騒音(1 分間)の平均値を示した.土壁は 78.18db, 壁紙は 80,01db となり音源(82.3db)との差は，土

壁－4.11db 壁紙－2.28db となり土壁のほうが 1.82db 音を減音していた．また両者の間に統計的に有意差（p<0.0001）が認められた．

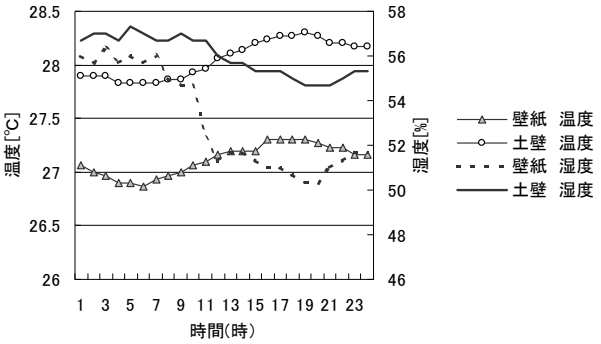


図１．7 月の晴天における温度と湿度の経時変化

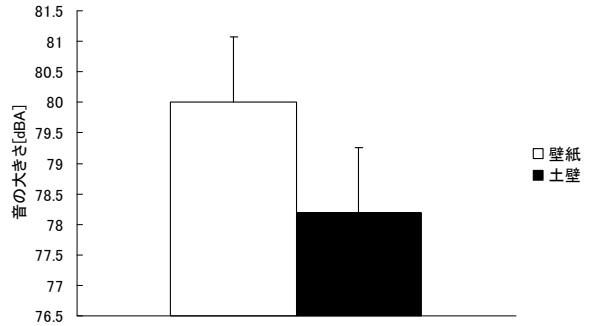


図２．各部屋の騒音（1 分間）の平均値

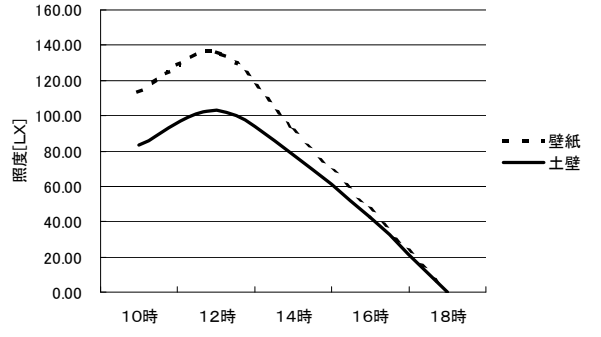


図 3．各部屋の照度変化

3.3 照度

図 3 は各部屋で測定した 1 日（8 時間）の照度の変化（6 点の平均値）を示した．測定時間中の照度は壁紙が土壁に比較して高く，その差は日没が近づくに伴い小さくなる傾向を示した．また 1 日の照度変化（最大―最小）は土壁が壁紙よりも小さかった．

4. 考察

著者たちは 4 階建て集合住宅の 2 室を利用して本研究と同様の調査を実施した結果，相対湿度 50%未満では室温に対する湿度の変化は土壁の部屋が少ないことを明らかにした[3)]．図 1 に示した各部屋の湿度は 50%程度であり，本研究の結果においてもこれまでの結果と類似していた．また，図 2 に示したように土壁は壁紙よりも音源に対する騒音が低く，吸音効果を持つことが示された．さらに照度についても土壁は壁紙より 1 日の変動が少なく，ある程度の明るさを一定に維持できることが示された．

このように，土壁の部屋は温湿度に加えて照度の維持機能が壁紙部屋よりも高く，さらに吸音効果を有することが示された．したがって，高齢者施設における土壁の施工は入居者に対して平穏な環境を提供する可能性があり，人にやさしい建築材料としての有用性が示唆された．

参考文献

1）尾崎，辻丸：湿式住宅の温湿度環境性能に関する研究その 1　通年に亘る土壁の吸放湿特性，日本建築学会大会学術講演梗概集．D-2, pp403-404, 2005

2）冨樫，佐野：土壁を有する住宅の快適性に関する研究（その 1），日本建築学会大会学術講演梗概集．D，pp403-404，1994

3）東海林丈修，芳田哲也：4 階建て集合住宅居室の温・湿度変化に与える土壁施工の影響，日本生気象学会雑誌，46（3）S25，2009

要介護者の介護状態区分と体力および生活状況調査

Investigation of physical fitness and living conditions in older persons on the nursing-care state division

西口初江*，〇芳田哲也**

*羽衣国際大学　**京都工芸繊維大学大学院

NISHIGUCHI Hatsue*, YOSHIDA Tetsuya**

* Hagoromo Universisy of International Studies, ** Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

介護サービスを提供する介護施設において,介護者が適切な介護支援を行うためには高齢者の機能低下の程度を日常生活状況や体力の現状から正確に把握する必要がある.さらに介護者の生体負担を軽減するためにも介護技術の向上や要介護者の介護の等級に応じた適切な介護方法を行う必要がある。

介護保険制度において，要介護区分は「認定調査」と「主治医の意見書」をコンピューター処理した一次判定と介護認定審査会による二次判定で要介護１～５と要支援１～２に区分される。しかし，同じ区分の要介護者であっても実際の体力や日常生活動作が異なる場合があり，介護福祉士による介護負担の程度にばらつきがみられる。

そこで本研究では要介護者の体力を測定し，同時に「認定調査」による基本調査項目の移動・複雑動作等の回答結果を参照して日常生活動作の程度により要介護者を再区分し，介護する立場から見た介護保険制度における要介護状態区分の妥当性について検証した。

2. 方法

2.1 対象とした要介護者

対象者は,要介護状態区分１～５（要支援含む）男女で年齢 70 歳～100 歳の 245 名である。

2.2 体力測定と生活状況調査

体力の測定は握力と棒反応時間とした．握力は幼児用握力計で座位にて左右を測定し，その平均を求めた。棒反応時間は利き手で２回測定した最高値を用いた。生活状況調査は三軸加速度計を用い身体活動量を測定し，さらに聞き取り調査から要介護者の生活時間を調査用紙に記入した。

2.3 日常生活動作の程度による再区分

対象とした要介護者について，認定調査による基本調査項目の 2-1 移動（寝返り・起き上がり・座位保持・両足での立位・歩行・移乗・移動），3-1 複雑動作（立ち上がり・片足での立位・洗身）の項目を点数化し，要介護者をＡ（46~60），Ｂ（31~45），Ｃ（16~30），Ｄ（0~15）の 4 段階に区分した。

3. 結果

表１は現状の要介護区分と移動・複雑動作による再区分の人数（%）を示す。介護等級が大きくなると再区分の得点が低いグループの人数が多くなる傾向を示したが，要介護３～５（介護３～５）は再区分 A~D のすべてのグループに属する介護者が見られた。図１に示した現状の要介護区分別の握力には介護等級間で有意差は見られなかったが，移動・複雑動作による再区分別の握力(図 2)には各グループ間で有意差($p < 0.01$)が認められた。しかし，棒反応時間には介護等級間および再区分によるグループ間に顕著な違いは見られなかった。また生活活動時間においても現状の介護等級間や再区分のグループ間に顕著な違いは認められず，三軸加速度計を用い測定した身体活動量は，体重が重い要介護者が大きくなる傾向が認められた。

表１．現状の介護区分（要支１～介護５）と移動・複雑動作による再区分（A～D）の人数（%）

	要支1	要支2	介護1	介護2	介護3	介護4	介護5
A(46～60)	7(70%)	2(14%)	22(73%)	25(54%)	10(18%)	1(2%)	2(5%)
B(31～45)	3(30%)	11(79%)	6(20%)	14(30%)	26(46%)	19(37%)	2(5%)
C(16～30)	0	1(7%)	2(7%)	7(15%)	18(32%)	25(49%)	5(14%)
D(0～15)	0	0	0	0	3(5%)	6(12%)	28(76%)
計	10(100%)	14(100%)	30(100%)	46(100%)	57(100%)	51(100%)	37(100%)

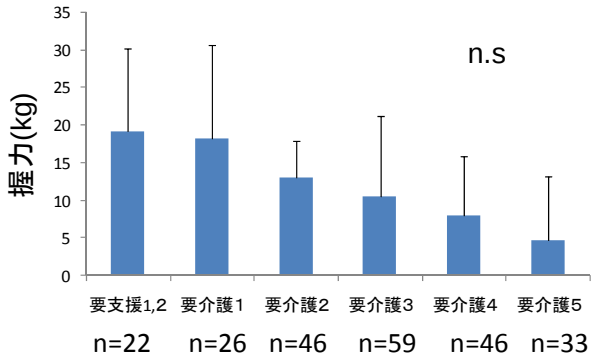


図１．要介護状態区分別の握力
(n.s, Not significant)

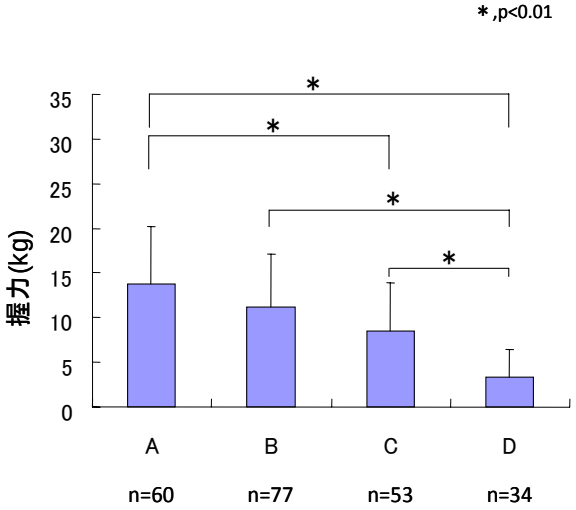


図２．移動・複雑動作による再区分別の握力

4. 考察

本研究の結果から，現状の介護保険制度による要介護区分は等級(1~5)が異なっていても体力が同程度の場合があり，介護福祉士が介護負担の程度を等級(1~5)から推定する場合の困難さが伺われた．一方，今回実施した移動・複雑動作による再区分では，棒反応には顕著な違いは見られなかったが，握力については各グループ間（A~D）で明らかな差異が認められた。握力は腕力や脚力および背筋力と有意な相関関係[1)]が認められていることから全身の筋力を反映していると考えられる。したがって握力が高い要介護者は全身の筋力が高く，移動・複雑動作による得点も高くなることが示唆されるので，要介護者の握力測定は，移動・複雑動作の程度を推定できる可能性が示された。

このように，現行の介護等級の区分は高齢者体力を的確に把握して判定区分を決定しているとは言いがたいことが明らかになった。介護者の生体負担を軽減し，かつ適切な介護支援を行うためには，握力測定などにより要介護者の体力や移動・複雑動作の程度を的確に把握して介護方法を決定する必要性が示唆された。

参考文献

１）東京都立大学体育研究室編：日本人の体力標準値第四版，不味堂出版，184－185，1989.

OS6

12 月 5 日　15:00～16:30
1 号館 3 階 132 室

【アーゴデザイン部会企画】

「5 年先のペルソナを考える
－マザーキューブによるロードマップ作成手法の検討－」

【オーガナイザ・座長】　新家 敦（(株)島津ビジネスシステムズ）

製品開発を対象とした短期的な人間中心指向ロードマップの一考察

－これまでの WG 研究成果から－

A Study of the Short-Term Human-Centric Road Map

○新家敦*, 高橋靖**, 上田義弘***, 細田彰一****, 吉井誠*****, 堀野定雄******
*島津ビジネスシステムズ, **元千葉工業大学, ***富士通デザイン, ****日本工業大学,
*****アイ・エス・ティ, ******神奈川大学
SHINYA Atsushi*, TAKAHASHI Yasuhi**, UEDA Yoshihiro***, HOSODA Shouichi****,
YOSHII Makoto*****, HORINO Sadao******
*Shimadzu Business Systems Corporation, **formerly Chiba Institute of Technology, ***Fujitsu Design Limited, ****Nippon Institute of Technology, *****IST Co., Ltd., ******Kanagawa University

1. マザーロードマップワーキンググループについて

日本人間工学会アーゴデザイン部会では、2008 年度よりロードマップ作成技法についての検討を開始した。

人間工学分野の技術ロードマップ自体の作成が目的ではなく、企業が必要とする製品・技術ロードマップにおける人間工学分野の支援のあり方を主に検討している。

2. 製品・技術ロードマップ

企業の開発する製品・技術は多種多様である。したがって、製品・技術ロードマップも描かれ方は多様となっている。

しかしながら、企業にとって「人間に役立つ製品・技術を開発すること」「人間の幸福を追求すること」という大きな目標は通底するものと考えられる。

製品・技術ロードマップへの人間工学という学問の関与は、学問領域そのもののロードマップ作成も重要であるが、それ以上に、企業が作成するロードマップを人間的側面から支援するという方向性が求められていると思われる。

3. 人間中心指向ロードマップ

企業の描く多様な製品・技術ロードマップを唯一統制できるのが人間という軸である。一般的に製品・技術ロードマップは、X 軸を時間とし、Y軸にその特定のパラメータの値の増減が描かれる。X 軸は時間の流れであるが、それはすなわち人間の生活・考え方の変化の軸でもある。

もし、X 軸に人間特性の時間的な変化が予めしっかりと描かれていれば、その上に描く製品・技術ロードマップはより容易に、精度良く、そして何よりその時点の人間が求めているものを的確に捉えて作成できるであろう。これが人間中心指向ロードマップの考え方の端緒である。

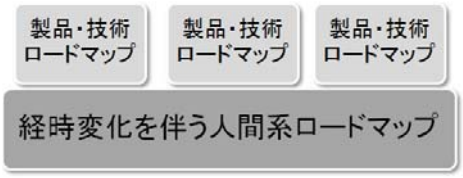


図 1 ロードマップの階層構造

4. マザーロードマップの概念

製品・技術ロードマップにおける人間工学の役割は、ロードマップを作成するための母体となる人間の各属性の経時的変化を正確に捉えたロードマップを提供することである。ロードマップのためのロードマップ、すなわち、「マザーロードマップ」の提供が求められているのである。

このマザーロードマップでは、人間の経時的変化を載せた時間軸を主軸とし、他の人間的要素や技術的要素を副次的な軸とする n 次元の空間を考えている。

簡単のため、3 次元のマザーロードマップを描くと図のようになる（図 2 マザーキューブ)。

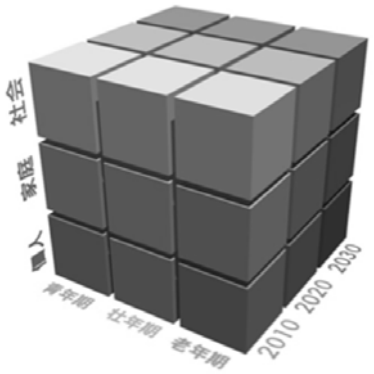


図 2 マザーキューブ（2009 細田ら）

ここでは、以下の軸を表示している。

表 1 マザーキューブの 3 軸の例

時間軸	2010 年	2020 年	2030 年
世代軸	青年期	壮年期	老年期
集団軸	個人	家庭	社会

たとえば、図 2 の左下のセルは 2010 年における青年期の個人を表すことになる。企業の製品・技術ロードマップでは、このセルを基点とし、時間軸の流れに沿って 2020 年および 2030 年における製品・技術の実現内容を記述していけば良い。

たとえば仮に、「自動車用ドライブレコーダーに求められる映像データの情報交換のリアルタイム性」という指標があれば、以下のように表現される。

表 2 指標の例（世代：青年期、集団：個人）

時間軸	2010 年	2020 年	2030 年
情報交換の リアルタイム性	オフライン	基地局 自動収集	運転中
世代	青年期	青年期	青年期
集団	個人	個人	個人

この際、それを使用するであろう各時間単位における青年期の個人について、図 1 における「経時変化を伴う人間系ロードマップ」を考慮する必要がある。

マザーキューブのひとつのセルごとにベースとなる「ペルソナ」が必要である。これを「マザーペルソナ」と呼称する。人間工学の専門家がこのマザーペルソナ群を提供することにより、企業の製品・技術の担当者は 2020 年、2030 年における自社の製品・技術が、その時点のマザーペルソナに求められているものかどうかを容易に検討することが可能になる。

5. 製品開発を対象とした短期的ロードマップ

アカデミック領域で求められる時間軸の区分はおよそ 10 年であるが、現場の製品開発者・技術者にはより短期的なロードマップが必要と考えられる。

マザーキューブを用いることで、統制のとれた状態で時間間隔を細分化することが容易である。マザーペルソナの時間的細分化も、隣接するセルのペルソナを見比べながら行えるため、比較的容易な作業となる。

このようにして、製品開発時に必要となる短期的なロードマップを提供することが可能となる。

6. おわりに

本ワーキンググループは、現時点で人間工学分野におけるロードマップのあり方についての大枠の概念を構築したと考える。

今後は、ロードマップ作成技法の明文化、経時的ペルソナの作成手法など第三者に提供できる情報としてまとめる活動を強化していきたい。

参考文献

1) 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課: 技術戦略マップ, http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str-top.htm, (2010).

2) 日本機械学会: 技術ロードマップ, http://www.jsme.or.jp/InnovationCenter/activity_a.html, (2007).

3) 細田彰一他：マザーロードマップの構造に関する提案ーマザーキューブ技法ー, 平成 22 年度日本人間工学会第 51 回講演集,pp438-439（2010）

ドライブレコーダーの発展と課題
－マザーロードマップ活用の予防安全技術の近未来－
Development of an Image-recording-type Drive Recorder and Issues to be Solved
-Immediate Future for Preventive Safety Making Active Use of “Mother Road Map”-

○堀野定雄[1]、吉井誠[2]、上田義弘[3]、新家敦[4]、高橋靖[5]、細田彰一[6]
1 神奈川大学、2 アイエスティ、3 富士通デザイン、4 島津ビジネスシステムズ、
5 元千葉工業大学、6 日本工業大学
HORINO Sadao[1], YOSHII Makoto[2], UEDA Yoshihiro[3], SHINYA Atsushi[4],
TAKAHASHI Yasuyuki[5], HOSODA Shouichi[6]
1Kanagawa University, 2IST Co.,Ltd., 3Fujitsu Design Limited, 4Shimadzu Business Systems,
5former Chiba Institute of Technology, 6Nippon Institute of Technology

１はじめに

国土交通省（当時運輸省）運輸技術審議会（1999）で筆者が航空機事故時フライトレコーダーによる科学的事故調査をヒントに交通事故削減中核技術として映像記録型ドライブレコーダー（DR）構想を提案、答申「安全と環境に配慮した今後の自動車交通政策のありかたについて」に反映された。

これを受けて国は技術開発を促進、5 年目にウィットネス市販､以後タクシー業界中心に急速に普及、今や 20 数社が市場参入（図 1)、長時間記録･小型化も進展、一般車も含めて 50 万台普及した。年間 77 万件、死者 5000 人弱、負傷者 95 万人と言う膨大な犠牲者を出す交通事故の削減に効果を挙げている。

２ドライブレコーダーで出来ること、出来ないこと

ドライブレコーダーは事故過程の詳細分析で事故原因を解明し事故処理を効率的に進めるだけに限らず、事故分析やニアミス分析を通して運転者の安全教育にも活用されるようになった（表 1、図 3)。

非優先側の白のランドクルーザが一時停止を怠って交差点に進入、優先側走行のタクシーと衝突不可避場面で交差点隅切りが大きい効果で双方が直視できとっさに制動、衝突を回避してニアミスで終わった。これは安全教育上教訓的好事例である（図 2）[1)]。

画素数が少ない記録でも、映像記録を緻密に分析すれば新夜の都心幹線道におけるタクシーとバイクの右直死傷事故の精密な解析が可能になり、相手側譲歩を期待した双方の赤信号無視が原因と結論、信号遵守は最低の安全則と再確認した（図 4）[2)]。

ドラレコで出来ないことは､道路情報の詳細把握、

国内市販ドライブレコーダー例（2010･順不同）

図１　国内で市販されているﾄﾞﾗｲﾌﾞﾚｺｰﾀﾞｰ

表１　映像記録型 DR で出来ること

（１）事実発見に顕著な効果
　「虫瞰図」的ﾀｽｸ分析、時系列分析
（２）事故/ﾆｱﾐｽ分析の迅速化
　実況見分図作成迅速化（映像活用）
（３）事故/ﾆｱﾐｽ発生ﾒｶﾆｽﾞﾑとﾘｽｸ要因判明
　上位ﾘｽｸ要因：①合流・車線変更、
　②追突、③出会い頭
（４）相手当事者の 1/3 ：自転車・歩行者
・ﾏﾅｰが守れる環境再設計が急務
・公道利用者として公平な権利・義務分担
（５）安全教育に活用＝事故未然防止に有効
・事故/ﾆｱﾐｽ過程事実の共有、客観化
・教材開発（警察庁・国交省、2008-2009）
・点呼時、明け番、定期講習会、新人教育、事故惹起者・危険乗務員教育
・自己啓発用小冊子（ヒヤリハット集）
・ｸﾞﾙｰﾌﾟﾜｰｸ：相互経験交流

図２　ニアミスで終わったタクシー判断の好事例

相手側の詳細データ把握、事故に関連した労働条件記録などがある。

3　予防安全への貢献

自車前の先行車体の画素数をリアルタイムに分析、衝突余裕度を計算、急接近を検知して追突防止警告を出す活用法は、事故分析用に開発した車載カメラが追突防止用車載装置に進化した事を示す。

0.4G 前後を超える急制動・急ハンドルをトリガに自動記録するトリガータイプの他に、半導体技術進歩の結果、常時記録タイプが急速に普及している。稀に起こる事故対応だけでは魅力がなく楽しいドライブ全記録を可能にした一般用ドライブレコーダー（JAF-Mate ドラドラなど）は人気上昇中である。

当該運転者の約 1 週間の通常運転時固有値をデータベースとしてメモリーしておき、今の運転と通常走行モード固有値との差をリアルタイム検知し、必要に応じて運転者に警告し安全走行を担保する個別適応と言う新活用法は大衆化インパクトが大きい。

4 ドライブレコーダーの近未来ロードマップ

個別事故の詳細分析から始まり、予防安全に軸足を置き替えつつあるドライブレコーダーに対するユーザ側の期待は個からシステムへ、ハードからソフトへ一気に膨らんでいる。業務用では安全マネジメントツールとしての位置づけが明確になった。

筆者堀野らの研究ではタクシー2 社 3 営業所に所属する 200 台端末から無線 LAN 活用で営業所 PC 端末に自動転送、大学へ毎日深夜定時に自動転送するシステム（図 5）と収集したドラレコデータの速度・加速度など車挙動データをインデックスに万単位データ件数を瞬時分類する自動仕分けソフトを組み合わせてタイムリーな分析・フィードバックシステムが実用化している（図 6）。近未来、国際標準化も進み、カメラはハイビジョン（1920×1080）で高画質を楽しむ娯楽用途の進展が一層予想される。

トリガーをクリアーする安全運転は燃費改善＝エコドライブにも有効と判明、ドラレコを介して安全と環境が融合しつつある。今後、ユーザの多様なニーズを反映したドラレコ実践技術は更に成長・繁栄すると見込まれ多様なセクター参加が期待される。

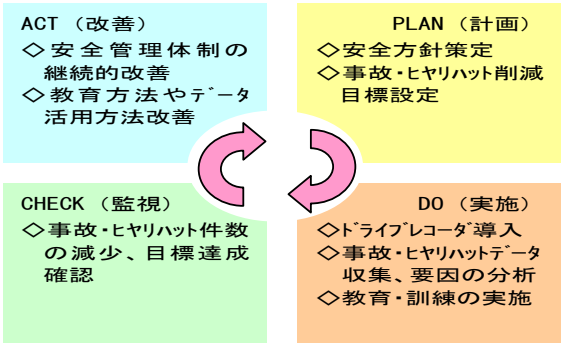


図 3　PDCA ｻｲｸﾙと DR の継続的活用（国交省 2009）

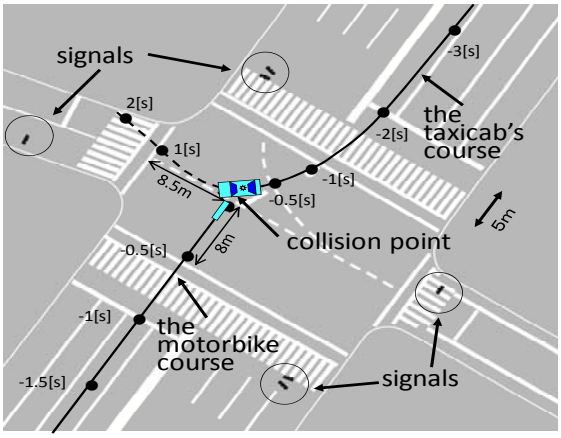


図 4　事故過程詳細分析（ﾊﾞｲｸ・ﾀｸｼｰ右直死亡事故）

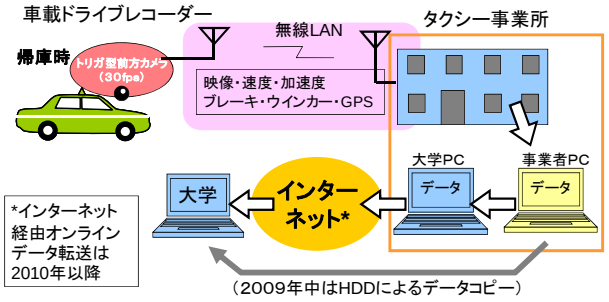


図 5　ﾀｸｼｰ DR ﾃﾞｰﾀ回収自動転送ｼｽﾃﾑ（KU-WIRF2010）

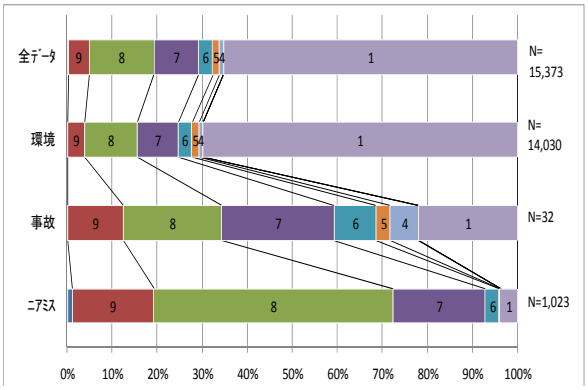


図 6 目視分析(事故･ﾆｱﾐｽ･環境)とﾘｽｸﾚﾍﾞﾙ自動判定

5 参考文献

1）国土交通省「映像記録型ﾄﾞﾗｲﾌﾞﾚｺｰﾀﾞｰの搭載効果に関する調査報告書」2004-2006
2）久保登、堀野定雄他「ﾄﾞﾗｲﾌﾞﾚｺｰﾀﾞｰ映像を用いた事故詳細分析」自動車技術会 2010 春季大会予稿集、2010-5

マザーロードマップにおける時間変化に配慮した効果的なペルソナ作成

The method of creation for effective persona conscious time on "the Mather Roadmap"

○吉井誠*1，上田義弘*2，新家敦*3，高橋靖，細田彰一*4，堀野定雄*5

*1アイエスティ *2富士通デザイン *3島津ビジネスシステムズ *4日本工業大学 *5神奈川大学

YOSHII Makoto*1, UEDA Yoshihiro*2, SHINYA Atsushi*3, TAKAHASHI Yasuyuki,
HOSODA Shouichi*4, HORINO Sadao*5

*1 IST Co.,Ltd., *2Fujitsu Design Limited, *3Shimadzu Business Systems,
*4Nippon Institute of Technology, *5Kanagawa University

１．はじめに

日本人間工学会アーゴデザイン部会で取り組むマザーロードマップは、長期ビジョン提案のための人間中心デザイン指向ロードマップとして提案するものである。人間に焦点をあてた開発手法として、企業で活用できるように配慮した。マザーロードマップはマザーキューブを利用することにより、効果的にペルソナを活用することができる。本稿ではマザーキューブに内包されるマザーペルソナ作成について記述する。また事例として、ドライブレコーダーを取り上げ、活用について示す。

２．マザーペルソナ

マザーロードマップで利用し、マザーキューブに内包されるペルソナをマザーペルソナと呼ぶ。マザーペルソナは検討対象となる商品・サービスに合わせて作成するペルソナの原型となるものであり、マザーキューブ内に蓄積していることが前提である。[1)～4)] マザーペルソナを構成する記述項目として、ビジョン提案型デザイン手法[5)]で使用されるペルソナシートを参考にし、基本情報の他に人間像を明確にできる項目として「生きがい」「座右の銘」や「尊敬する人」などを新たに設ける。

マザーペルソナの記述項目を表１にまとめる。

マザーペルソナは現在のペルソナの他、現在のペルソナから５年後、１０年後など経時変化を加えた際に変化する要素が存在する。ペルソナの名前など基本的に経時変化に影響されない項目、年齢など経時変化に対してリニアに変化する項目、職業・家族構成などマザーペルソナ利用者による推測が必要となる項目の３種類がある。ただし検討対象となる商品・サービスに合わせて、全ての項目は追記・修正ができるように配慮しておく。

マザーペルソナは一度作成したものをマザーキューブ内データベースに全て保存され、再利用可能な状態にする。異なる商品・サービスが検討テーマになった場合でもマザーペルソナとして、ペルソナの原型として再利用する。

表１　マザーペルソナに記述される項目

時間経過での変化	マザーペルソナの項目
変化がない	名前、性別、性格、生きがい、座右の銘、尊敬する人など
リニアに変化する	年齢、家族の年齢、身長、体重など
予測が必要な変化がある	勤務先（職業）、職種、住所、家族構成、学歴・職歴、趣味、資格、利用する目的など

３．マザーペルソナの作成方法

マザーペルソナの作成は、(1)現在のマザーペルソナ、(2)経時変化を加えたマザーペルソナの順に、それぞれライフエンバイロンメントシナリオを反映させて作成するものである。

(1)現在のマザーペルソナ作成

ライフエンバイロンメントシナリオを反映しながら、必要な現在のペルソナを作成する。原型としてふさわしいマザーペルソナが存在しない場合には、マザーペルソナを新規に作成する必要がある。その場合、ビジョン提案型デザイン手法６）で使用される手順を用いて、検討するテーマ用のペルソナを経時変化のための項目を追記する。

(2)経時変化を加えたマザーペルソナの作成

現在のマザーペルソナを基に、経時変化が加わった際のライフエンバイロンメントシナリオを参照しながら経時変化を加えたマザーペルソナを作成する。経時変化があっても変化しない項目、リニアに変化する項目、予測を必要とする項目それぞれを決定し、

経時変化後のマザーペルソナを構成する。

４．マザーペルソナの作成事例

事例として、「ドライブレコーダーの開発」をテーマにしたマザーペルソナを作成した。作成したマザーペルソナを図１に示す。本稿ではマザーキューブの世代軸に掲げる「青年期」のマザーペルソナの事例を示し、「壮年期」「老年期」については発表当日、公開する。

(1) テーマ決め～現在のマザーペルソナ作成

ドライブレコーダーの今後の展望をテーマにし、基本情報などを抑えた上で、ペルソナ像を抽出する。ユーザーがドライブレコーダーを使用した喜び、目的はマザーペルソナの記述する時点では含まれていない。ドライブレコーダーを取り付けは原則として自動車であるため、自動車所有者又は自動車を運転する機会のあるユーザーをマザーペルソナとして作成した。

(2) ５年後のマザーペルソナ作成

５年後のライフエンバイロンメントシナリオを反映しながら現在のマザーペルソナを基に、５年後のマザーペルソナを作成した。

ペルソナの名前は変わらないが、年齢は５年老いた。家族構成なども変化があったと想定して、５年後のマザーペルソナとして作成した。変化することはないと考えられる座右の銘なども、ライフスタイルの変化から変わることが予測されたため、今回の作業では修正した。

現在、および５年後のマザーペルソナともに共著メンバーでの意見を抽出し、練り上げた。

(3) マザーペルソナからペルソナを作成する

現在のマザーペルソナ、5 年後のマザーペルソナからそれぞれのペルソナを作成した。

５．まとめ

経時変化に配慮したマザーペルソナを作成するだけでも、使い続けてもらう商品・サービス開発に活用でき、長い時間軸を用いたビジョン作りが可能であると感じられた。また現在のマザーペルソナを基に５年後のライフエンバイロンメントシナリオを反映させると、マザーペルソナを作成しやすかった。また、長期ビジョン作成にも効果があることが予想される。

マザーペルソナはマザーキューブ内に作成されたものが保存されるものであるが、現時点ではまだ少ないため、今後はマザーペルソナを作成し、蓄積したい。

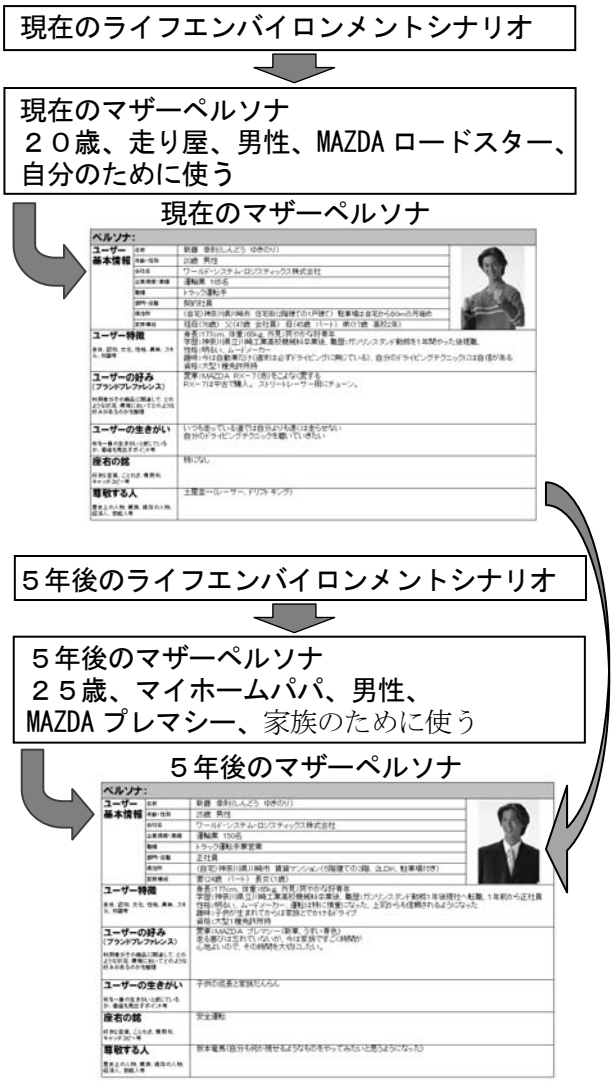


図１　マザーペルソナからペルソナ作成事例

参考文献

1) 新家敦他：「マザーロードマップ」の提案, 平成 22 年度日本人間工学会第 51 回講演集, pp232-233（2010）
2) 吉井誠他：マザーロードマップの実践ーマザーロードマップを楽しもうー, 平成 22 年度日本人間工学会第 51 回講演集, pp234-235（2010）
3) 細田彰一他：マザーロードマップの構造に関する提案ーマザーキューブ技法ー, 平成 22 年度日本人間工学会第 51 回講演集, pp438-439（2010）
4) 髙橋靖他：アーゴデザイン・ロードマップが目指すものー環境問題の分析から得た次世代デザインの方向性ー, 平成 22 年度日本人間工学会第 51 回講演集, pp440-441（2010）
5) 山崎和彦他：ビジョン提案型デザイン手法の展開と事例, 平成 22 年度日本人間工学会第 51 回講演集, pp100-109（2010）

短期ロードマップにおける目標設定とライフエンバイロンメント分析

—ドライブレコーダーからドライビングエクスペリエンスの支援へ—

A Goal-setting and Life-environment Analysis for Short-term Roadmap -Move from Drive Recorder to Driving Experience Support-

○高橋靖、新家敦[*1]、堀野定雄[*2]、吉井誠[*3]、上田義弘[*4]、細田彰一[*5]

[*1]島津ビジネスシステムズ [*2]神奈川大学 [*3]アイエスティ [*4]富士通デザイン [*5]日本工業大学

TAKAHASHI Yasushi, SHINYA Atsushi[*1], HORINO Sadao[*2], YOSHII Makoto[*3], UEDA Yoshihiro[*4], HOSOYA Shouichi[*5]

[*1]Shimazu Business Systems, [*2]Kanagawa University, [*3]IST Co.,Ltd, [*4]Fujitsu Design Limited, [*5]Nippon Institute of Technology

1. はじめに

本学会アーゴデザイン部会はこれまで人間中心指向ロードマップ作成のデータベースとなるマザーロードマップの考え方を提案し、中長期ロードマップの取り組み方を紹介してきた。本シンポジウムでは、企業や研究の現場で常用される5年程度の短期ロードマップへの適用を促すために、普及の兆しが窺えるドライブレコーダーを事例として本ロードマップ手法の有効性を検証する。その中で本報告は短期ロードマップにおける目標設定のありかたと、人間中心指向ロードマップの特徴であるライフエンバイロンメントシナリオを導く過程を紹介する。

2. ロードマップの目標設定

ロードマップはグループが目指すゴールを定め、そこに至る具体的なアクションステップと方法を共有することが目的である。5年スパンのロードマップであれば目標は5年後の到達点を示すものであるが、企業のビジネスや大学等の研究はその時点で終了してしまうものではなく、ましてや人間社会は未来永劫の持続を目指すものである。従って短期ロードマップは当該課題の直接情報のみならずその周辺情報及び科学技術情報から中長期に繋がる重点軸を抽出し、目標設定をしなければならない。そのためにも人間、社会、文化等の人文データ及び地政学的データ、自然環境データを含むマザーロードマップ・データベースの構築が期待される。

3. ロードマップ作成プロセスと目標設定及びライフエンバイロンメントシナリオの位置付け

マザーロードマップ・データベースを活用した人間中心指向ロードマップの作成手順は、次のステップをとる。

①当該課題の問題抽出
②ロードマップの目標設定
③現状、目標年度及び節目年度におけるペルソナ作成
④同じくライフエンバイロンメントシナリオの作成
⑤ロードマップ実現のためのアクティビティシナリオとインタラクションシナリオの作成

以下、第4節では①から②の目標設定について述べ、第5節において④ライフエンバイロンメントシナリオの作成について検討する。

４．ドライブレコーダーにおけるロードマップの目標設定

ドライブレコーダービジネスの5年スパンのロードマップを作成する手始めとして、まず課題領域に関する直接情報と周辺情報及び技術情報を収集した。直接情報は現状のロードマップ市場データや活用状況、新規機能や開発状況、問題点や潜在ニーズの掘り起こしなどである。周辺情報は物流、タクシーを含む公共交通および個人移動、人口動態と高齢者問題、都市の空洞化と地方の限界集落化、環境問題、化石燃料高騰とEV 車開発等々の幅広い情報を含むみ、将来マザーロードマップ・データベースから検索することを想定している。技術情報はドライブレコーダーに直接・間接的に関係する技術の研究開発情報を収集したものである。

これらの情報を分析した結果得られた主な問題点と可能性を示す。

1. 業務用途の普及（2008年タクシーで49%。ヒヤリ・ハット映像をレビューし安全運転教育と業務改善）と自家用車での伸び悩み（0．1%。普段のメリットがなく保険の特約条項も未整備）
2. 多メーカー参入で価格低下するが、コンスーマー用はキラーアプリケーション不足
3. カーナビ、ケータイ、GPS、更にステレオカメラと画像解析による運転支援機能内蔵車などの普及が見られる中、ドライブレコーダーとリンクした用途開発が今後の課題
4. 高齢者ドライバー（2010年1400万人）の事故率低下策が喫緊の課題（（2002年交通死者中1／3が65歳以上の高齢者）
5. 道路交通情報通信システム（VICS）や新交通管理システム（UTMS）とドライブレコーダーのシステム融合によって、安全快適なドライブ支援が期待できる。
6. 中長期のコンパクトシティ開発構想と合わせて車・歩・

自転車道分離や高齢者に配慮しバリアフリー化した道路交通環境を実装する動きがある。ドライブレコーダービジネスはこれとリンクして、個人のモビリティとドライブエクスペリエンスを総合的に支援する新たなサービス開発を行う必要がある。

以上から、ドライブレコーダービジネスは今後次の3軸の空間に拡張展開することがふさわしいと考えられる。

[第1軸]ベネフィット軸:事故処理から快適ドライブ支援へ
[第2軸]機器機能軸:映像記録から綜合データ活用へ
[第3軸]システム軸:対向移動体記録からドライバー、運転車両及び交通・沿道情報システムとの連携活用へ

以上の考察を踏まえて5年スパンのドライブレコーダービジネスの目標を次のように定めた。

[目標]:ドライブレコーダーからドライビングエクスペリエンスの支援へ

3軸空間のイメージを図1に示す。

図1 ドライブレコーダービジネスの３軸展開

５．ライフエンバイロンメントシナリオの作成

人間中心指向ロードマップは人間に幸せをもたらす未来の生活環境を目標とした行動指針であり、ビジネスロードマップといえども人間中心の表現が特徴となる。**ペルソナ**はそうした目標への欲求や問題を抱える世代・集団のクラスターを代表するいくつかの典型的な人物像として構成される。**ライフエンバイロンメントシナリオ**は各ペルソナが目標に至る時間軸上で享受する生活環境や経験、サービスなどの価値すなわち**バリューポイント**を記述する。このシートには**ロードマップの目標、ペルソナの概要**、及びバリューポイントと呼応する**直接情報、周辺情報、技術情報**の欄がある。

ドライブレコーダー・ロードマップのペルソナとしては旅行好きなファミリードライバー、都心の独居高齢者、車通勤の営業マン、等々さまざま考えられるが、ここでは旅行好きなファミリードライバーを例にとった2015年時点のライフエンバイロンメントシナリオを示す（表 1）。

６．おわりに

ドライブレコーダーは業務用途では普及が進み、安全運転の意識向上に役立っているが、一般生活者には直接的なメリットが感じられず伸び悩んでいる。これに対していたずらにコスト競争や付加価値競争に向かうのではなく、人間の立場に立って潜在的に何を求めているか、事故処理や安全教育だけでなくドライビングやモビリティに関わる生活シーンでどんなことが発生し、人を取り巻く環境とどのようなインタラクションが生じているかを考察すれば、ドライブレコーダーの新しいビジネスが見えてくる。これを支援するツールとして人間中心指向ロードマップ手法は有効と考えられる。とりわけ目標設定の解析方法やペルソナ・シナリオ手法による問題整理と他者への伝達方法は未開拓の部分があり、多くの分野で試して頂きたい。こうした事例研究を通してマザーロードマップ・データベースの要件も次第に明らかになりつつあるが、これについても多方面からのご意見を頂きたい。

参考文献

野口吉昭:ロードマップのノウハウ・ドゥハウ、PHP研究所、2004

表1ドライブレコーダーのライフエンバイロンメントシナリオ

ライフエンバイロンメントシナリオ	作成者	高橋靖	作成日	2010.12.5	整理番号	
	目標	ドライブレコーダーからドライビングエクスペリエンス支援へ				

■ペルソナの目標	■対象ペルソナ
先端業務と自然に親しむスローライフの両立	轟 慶介（45歳） 家族思いの旅行好きビジネスマン、IT 機能満載の HV 車で家族旅行が趣味 都心勤務で郊外戸建て住まい、妻(45)と娘(17)息子(15)の家族

■直接情報	■間接情報	■技術情報
・HV 車 EV車の普及・低価格化 ・自動車保険での優遇策始まる ・DR多機能化と乗用車への普及 ・ドライブレコーダーの純正部品化 ・運転者の生理心理把握センサー ・運転中の警告やアドバイス機能 ・画像や運転データで運転者の安全運転レビュー ・同乗者の発話解析による感動映像の自動編集 ……	・世界の化石燃料価格高騰 ・地球温暖化防止と環境保護規制強化 ・国内のガソリン税等税率アップ ・日本の人口減少傾向と少子高齢社会の進行 ・過疎地限界集落増化と都市部虫食い空洞化 ・都市部でコンパクトシティ構想による再開発 ・車・歩・自動車道分離と公共交通の再構築 ・都心への自動車乗り入れ制限と交通機関のシームレス化、バリアフリー化 ・都会人の過疎地長期滞在型交流が盛んに ……	・画像認識技術の向上 ・IT関連製品の価格低下 ・クラウドコンピューティング環境の進展 ・カーナビゲーション、ウエブ、携帯電話等の普及と多機能化、融合化 ・第9次交通安全基本計画（2015年完）により、路車間通信、車車間通信、歩車間通信などが始まる ・車椅子や自転車に代わる一人乗り軽量電動ビークルの開発が進む ……

■バリューポイント
1. 家族ドライブは安全・快適・感動が共有できる豊かな時間を持ちたい。 2. 都心の混雑路は高度交通システムの支援で安全快適に抜けたい。 3. 車がドライバーの気持ちや状態を見て安全運転アドバイスを。 4. 同乗者の会話や挙動を察知して車窓の感動映像を自動編集。 5. 映像記録から自分のヒヤリ・ハット体験を簡単にレビューしたい。 ……

一般発表 1A

12 月 4 日　午前
1 号館 3 階

---

132 室

1A1　技能 （10:30～11:45）

【座長】　才木 常正（兵庫県立工業技術センター）

133 室

1A2　安全・ヒューマンエラー （10:30～12:00）

【座長】　岡田 明（大阪市立大学大学院）

京金網における亀甲形状と感性評価の関係

Relationship between Structure and Sensitivity in “KANAANMI”

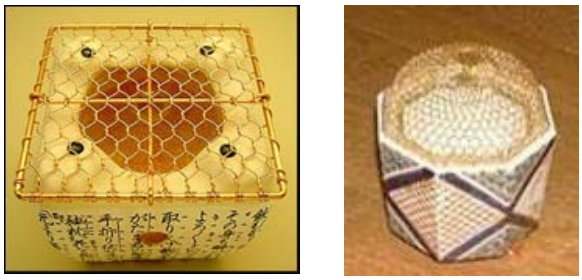
○府中谷洸介*，新井実生*，阪田将揮*，笹岡奈津美*，久米雅**，濱田泰以*

*京都工芸繊維大学　**京都文教短期大学

Kosuke FUCHUYA*, Mio ARAI*, Masaki SAKATA*, Natsumi SASAOKA*,
Masashi KUME**, Hiroyuki HAMADA*
* Kyoto Institute of Technology, ** Kyoto Bunkyo Junior College

1.　はじめに

京都の伝統工芸品のひとつである金網細工は，焼餅金網（図１a）や香炉の火屋（図１b）をはじめ職人の手作業により作製される．中でも針金を六角形に編んでいく亀甲模様は金網細工の基本的な編み方であり，この亀甲形状という幾何学模様の連続からなる美しさは金網細工の醍醐味といえる．



a　焼餅金網　　b　香炉の火屋蓋

図１　金網細工

ものづくりにおいて，製品がもつ特徴の決定要因は図 2 に示す材料，成形，構造，物性，機能，感性にあると考えられる．製品に対して生じる感性は，その製品の材料，成形，構造，物性，機能に影響されると考えられるため，それらとの関係性について検討することが必要であると考えられる．また，金網細工の美しさ，つまり感性についてその構造とどのような関係があるのかについて検討した研究は見られない．

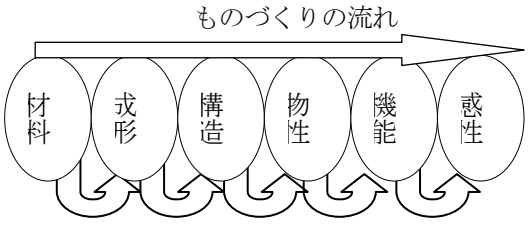


図２　ものづくりの流れ

そこで本研究では金網細工の基本的な模様である亀甲模様をもつ豆腐すくい（図 3）に着目し，豆腐すくいの構造と感性の関係について分析を行った．

図３　豆腐すくい

2.　方法

2.1　被験者

被験者はこれまでに金網を作製したことのない健常な大学生 25 名とした．

2.2　実験

本実験において被験者は豆腐すくいを作製した．ここで同じ針金をねじることにより作られる右下方向へのねじれの一連を列と呼び，図 4 に示すように 1 から 10 まで列に番号を付けた．豆腐すくいの亀甲形状は各列において右下方向に針金をねじっていき，一列終わると新しい針金で次の列で同様に針金をねじっていくことで作られる．初心者にとっては１列目から作製することは難しいため，金網細工の熟練者が４列目まで亀甲形状を作製することによって基準を設けた豆腐すくいを用い，被験者は 5 列目から 10 列目まで作製を行った．

図 4　列番号

2.3　構造評価

豆腐すくいの亀甲形状は図 4 に示す数字の順に行われるため，作製の時に生じる誤差は次の列の作製に影響を与える．それゆえ豆腐すくいの下部の亀甲形状は上部と比較して誤差が蓄積し形が崩れやすい [1]．本実験では構造評価の測定部位は熟練者が豆腐すくいの評価を行う際に特に観察する領域である図 5 に示す領域 A と領域 B の 2 つとした [1]．領域 A と領域 B のそれぞれの亀甲模様を六角形に近似し，その内角，辺の長さ，面積に着目した．測定は豆腐すくいの網の部分をデジタルカメラで撮影したものを用いて行った．なお辺の長さについてはそれぞれの領域に対し水平方向（H）の 12 個の辺と垂直方向（V）の 5 個の辺に分けて測定した．（図 6）内角は 6 つの頂点に番号をつけ区別して測定した．（図 7）各豆腐すくいの亀甲模様の内角，辺の長さ，面積のばらつきの指標として平均偏差を算出した．

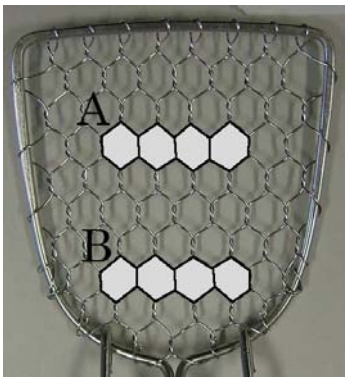


図 5　測定領域　A 領域と B 領域

図 6　辺の長さの測定部分

図 7　頂点番号

2.4　官能評価

官能評価は撮影した豆腐すくいの写真を拡大印刷し，計 25 個の写真を見て，善し悪しを 3 段階の絶対評価で行い，良い評価から順に 3 点，2 点，1 点の点数を対応させて，その獲得点数平均を官能評価の指数とした．

3.　結果および考察

3.1　角度，辺の長さ，面積の比較

図 8 に各領域の頂点 1 から 6 の内角の平均値を示す．後藤らが報告しているように [2]，頂点 1 および 4 は 120°以下であり，頂点 2，3，5 および 6 は 120°以上であった．また対角となる頂点 1 および 2，頂点 2 および 5，頂点 3 および 6 はほぼ同じ角度であった．各内角の平均値について領域 A と領域 B の間に有意な差はなかった．

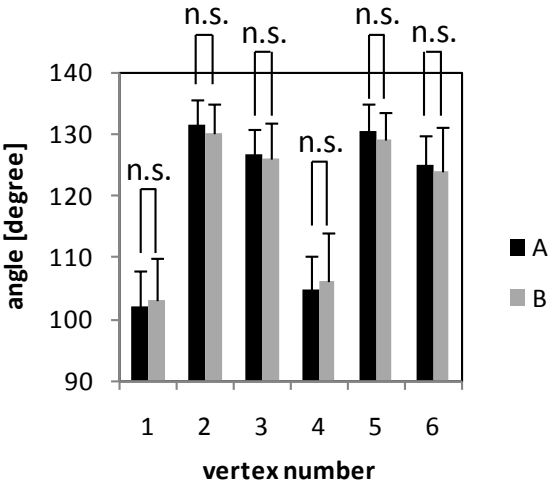


図 8　領域別の各内角の平均値

図 9 に各領域の辺の長さの平均値を示す．辺の長さの平均値において，水平方向では領域 B が領域 A よりも有意($p<0.01$)に長かった．垂直方向は領域 A と領域 B の間に有意な差はなかった．

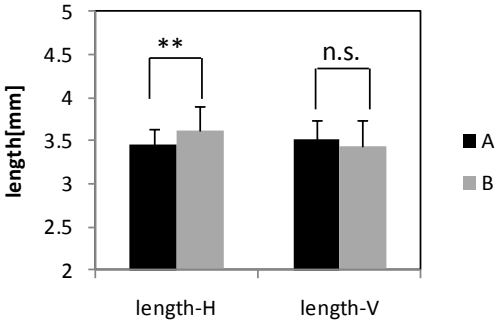


図 9　領域別の辺の長さの平均値

図 10 に各領域の亀甲模様の面積の平均値を示す．面積では，領域 A と領域 B の間に有意な差はなかった．

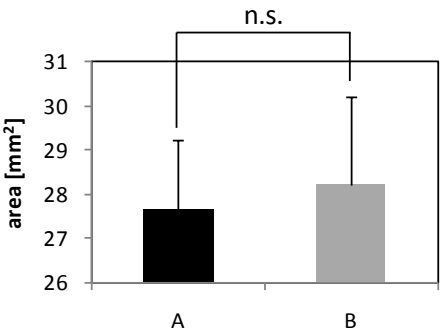


図 10　領域別の面積の平均値

領域Bにおける水平方向の辺の長さは領域Aに比べ有意に長いが，亀甲模様の角度および面積の大きさには有意な差がないことから，領域 A と B の亀甲模様の主要な違いは亀甲模様の水平方向の長さであることがわかった．

3.2　角度，辺の長さ，面積の平均偏差による比較

図 11 に各領域の頂点 1 から 6 の内角の平均偏差を示す．内角の平均偏差において領域 A と領域 B の間に有意な差はなかった．

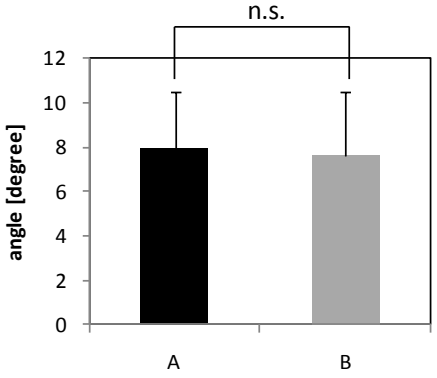


図 11　領域別の各内角の平均偏差

図 12 に各領域の水平方向および垂直方向の辺の長さの平均偏差を示す．辺の長さの平均偏差では，領域 A と領域 B の間に垂直方向では有意な差はなかったが，水平方向には領域 B の方が A よりも有意($p<0.001$)に高い値を示した．また，各領域における垂直方向と水平方向の辺の長さの平均偏差を比較すると，共に水平方向のほうが有意($p<0.001$)に高い値を示した．垂直方向の辺は針金をねじることにより生成される辺であることから，水平方向に比べてばらつきが少ないと考えられる．さらに各領域で垂直方向の辺の長さに有意な差がないことから金網全体でばらつきが少ないことが明らかとなった．以後，辺の長さのばらつきに注目する場合，水平方向の辺の長さの平均偏差について着目すればよいことが示唆された．

図 13 に各領域の面積の平均偏差を示す．面積において領域 A と領域 B の間に有意な差はなかった．

領域 A と領域 B における亀甲模様の形状のばらつきの差異として，水平方向の辺の長さにおいて優位な差があった．金網の上部と下部の形状のばらつきの差は，角度，面積のばらつきではなく水平方向の辺の長さのばらつきの違いにあることが示唆される．

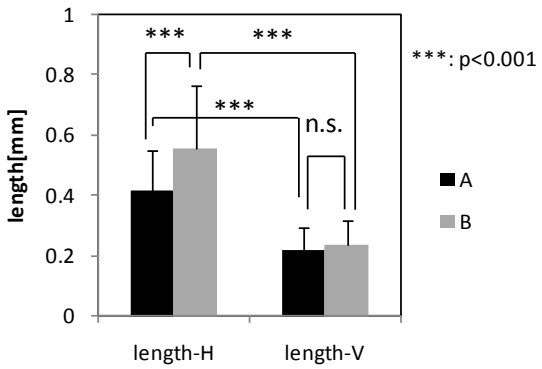


図 12　領域別の辺の長さの平均偏差

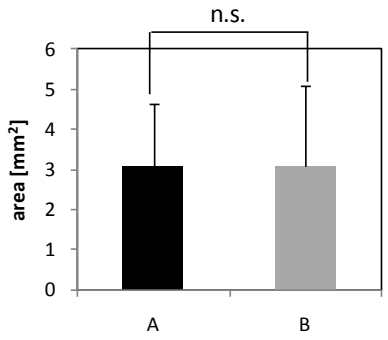


図 13　領域別の面積の平均偏差

3.1　構造評価と官能評価の関係

領域Aおよび領域Bの亀甲模様の内角と官能評価の関係を図14に示す. 領域Aおよび領域Bにおいては, 両者の間には相関は見られなかった．領域Aにおける相関係数は領域Bにおける相関係数よりも高い値を示した.

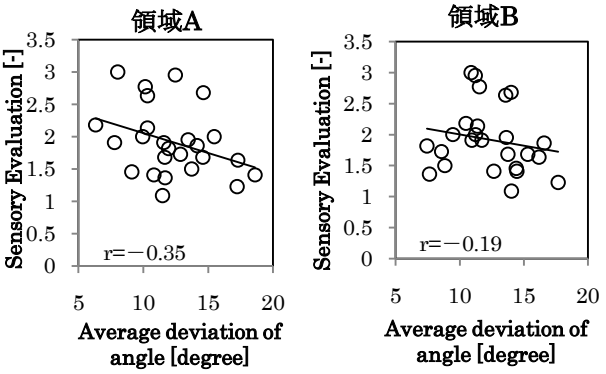


図 14　各領域における角度の平均偏差と官能評価の関係

図15に領域Aおよび領域Bの亀甲模様の水平方向の辺の長さの平均偏差と官能評価の関係を示す．領域A においては，両者の間に有意(p<0.01)な負の相関(n=25，r=−0.72)が見られた．領域Bにおいては，両者の間に有意(p<0.01)な負の相関(n=25，r=−0.66)が見られた.

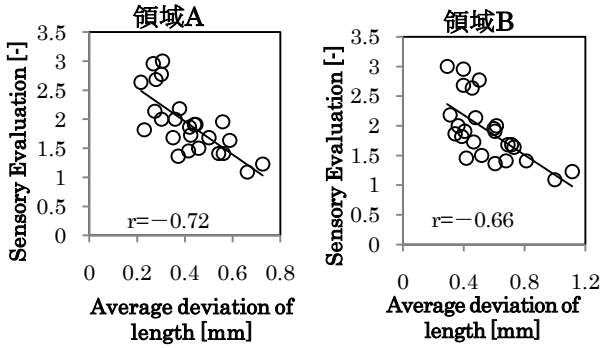


図 15　各領域における辺の長さの平均偏差と官能評価の関係

図16に領域Aおよび領域Bの亀甲模様の面積の平均偏差と官能評価の関係を図 14 に示す．領域 A においては，両者の間に有意(p<0.01)な負の相関 (n=25，r=−0.73)が見られ，領域Bにおいては，両者の間に有意(p<0.01)な負の相関(n=25，r=−0.62)が見られた.

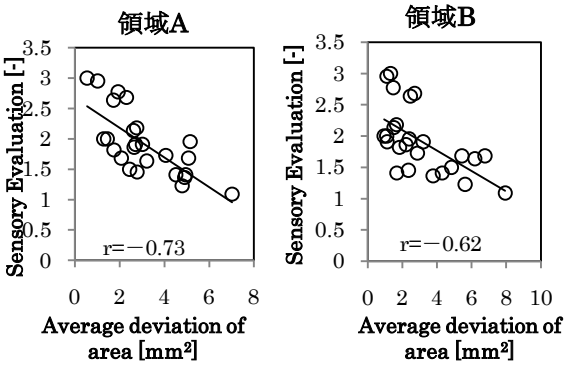


図 16 各領域における面積の平均偏差と官能評価の関係

角度，辺の長さ，面積における平均偏差の指標において領域Bよりも領域Aの方が官能評価との相関係数が大きかった．また，角度よりも水平方向の辺の長さ及び面積の平均偏差において，官能評価値との相関係数が大きかった．この結果より，金網の亀甲形状の美しさは水平方向の辺の長さと面積の平均偏差が影響していると考えられる．このことから，水平方向の辺の長さのばらつきにより左右対称および上下対称を視認し，面積のばらつきにより亀甲模様の大きさを見比べていると推察される.

4. まとめ

本研究では手製の金網の構造とその評価に関して比較検討を行った．構造の評価として角度，辺の長さ，面積に着目した．手製の金網は金網下部に誤差が蓄積し，下部の亀甲模様が崩れやすい．上部と下部の亀甲模様の形状の比較には，水平方向の辺の長さが指標となることがわかった．また，金網の亀甲模様の美しさを判断する指標として，水平方向の辺の長さのばらつきにより左右対称および上下対称を視認し，面積のばらつきにより亀甲模様の大きさを見比べていると推察される.

参考文献

1) 辻賢一, 吉田康行, 井上直樹, 阪田将揮, 久米 雅, 後藤彰彦 ，仲井朝美 ，芳田哲也， 金網細工の豆腐すくい網における亀甲模様の分析，人間工学会第 50 回記念大会講演集，p194-195, (2009)
2) 後藤彰彦，井上直樹，田中辰憲，阪田将揮，久米雅，吉田康行，辻賢一，仲井朝美，芳田哲也，金網細工の作製における習熟度の評価，人間工学会関西支部大会講演論文集，p11-12，(2008)

自動車部品をオールハンドで板金加工する匠の工程分析

○ 澤田貞良(NPO法人伝統みらい)，因幡兵次郎(元有限会社イナバ)，
新井実生，阪田将輝，笹岡奈津美(京都工芸繊維大学大学院)，
久米雅(京都文教短期大学)，後藤彰彦(大阪産業大学)，
濱田泰以(京都工芸繊維大学)

Process analysis of the expert concerning sheet processing by all hands for making automobile parts

SAWADA Sadayoshi(NPO Dentou Mirai), INABA Heijirou (Inaba Ltd.)
ARAI Mio, SAKATA Masaki, SASAOKA Natsumi (Graduate School of Kyoto Institute of Tech.),
KUME Masashi (Kyoto Bunkyo Junior College), GOTO Akihiko (Osaka Sangyo Univ.),
HAMADA Hiroyuki (Kyoto Institute of Tech.)

１．緒言

自動車を量産する前段階のフォルムを手仕事である板金技術を用いて作製する職人は、高齢化や後継者の問題のため、近年激減している。このため、このような手仕事における優れた匠の技の「コツ」や「カン」を解明することが急務であると考える。そこで、本研究では約60年に渡り板金技術を駆使して、オールハンドでプロトタイプの自動車作製に携わって来られた職人を対象とした。現場において、板金の各工程をビデオ撮影し、さらに、ビデオ画像を見ながら職人に対して、ヒヤリングを実施して動作解析を進めることとした。これにより、素材のひずみ度合いに対する感覚的な把握の仕方あるいは、道具の使い分けに関するコツやカンを見出すことを目的とした。本報では、まず作業の工程分析に着目し、匠の技の解明を試みた。

２．方法

２．１　被験者

被験者は年齢 76 歳、職歴 59 年である自動車部品の板金加工に熟練した職人 1 名とした。

２．２　測定環境および解析対象

被験者の行動を記録するために 3 台のデジタルビデオカメラを用いて、各作業が明確に撮影出来るようにカメラの配置を行った。撮影は被験者が作業を始めてから終わるまでの時間行った。解析対象はボディ後部に装着するフェンダー部分を製作する作業とした。

２．３　工程分析

撮影した映像から工程分析を行うために被験者立ち会いのもと、作業工程および使用道具の確認を行いその時間を記録した。また、用いた道具の使用時間に際しては道具を手で掴んだ時をスタートとし、道具を手から離した時を終了としてカウントした。

２．４　工程分析

被験者が作業に用いた道具は、木槌がデンガク、キヅチ、カラカミキヅチの3種類であり、金槌がイモヅチ、エボシ、ナラシハンマーの3種類である。その他に、タガネ、ハサミ、バーナー、アテバンを使用した。図1に代表的な道具を示す。

(a)デンガク　　(b)エボシ

図１　使用した道具の例

３．結果および考察

対象とした作業工程は6工程に大別された。表1に各工程を示す。まず、形状出し工程が上部、下部、中央部となされる。そのあと溶接工程となり、左側面部の形状出しを終えると仕上げ工程となる。ここでは特に上部形状出しに着目して検討をいった。図2に上部形状出しにおける詳細な工程を示す。カッコ内の数字は作業に要した時間を表す。

表１　解析対象の作業工程

A.上部形状出し	1.ゲージ作り	
	2.板裁ち	
	3.形状出し	a.形状たたき
		b.ひずみ取り
		c.溶接
		d.ひずみ取り(2回目)
		e.溶接(2回目)
		f.ひずみ取り(3回目)
		g.形状たたき(調節)
B.下部形状出し	1.ゲージ作り	
	2.板裁ち	
	3.形状出し	a.形状たたき
		b.ひずみ取り
		c.溶接
		d.ひずみ取り(2回目)
		e.形状たたき(調節)
C.中部形状出し	1.板裁ち　寸法　切断	
	2.形状出し　形状R曲げ	
D.溶接	1.上部と中部の溶接	
	2.溶接個所歪取り	
	3.下部の溶接	
	4.溶接個所歪取り	
E.左側面の形状出し	1.ゲージ作り	
	2.板裁ち	
	3.形状出し	
	4.溶接	
	5.溶接個所歪取り	
F.仕上げ	1.下部を型どおりに切断	
	2.サンダーで仕上げ	

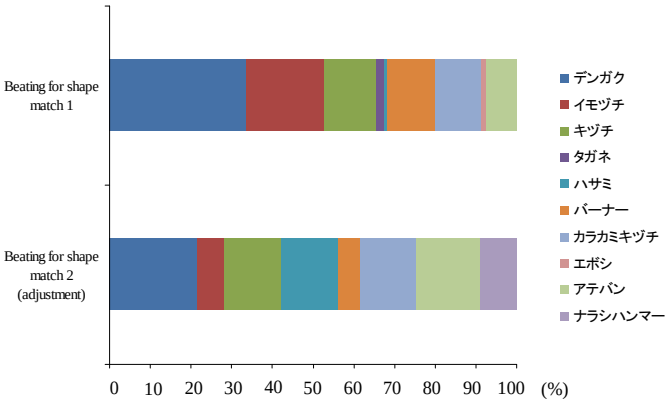


図3　上部形状出し工程における形状たたき時の各道具の使用頻度

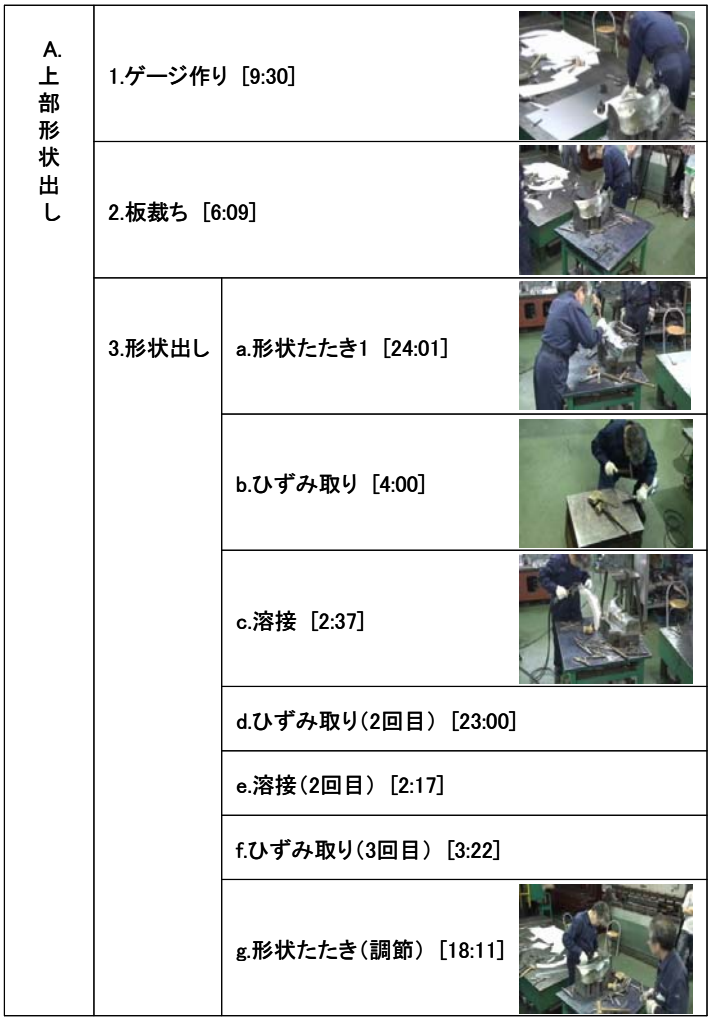


図2　上部形状出し工程の詳細項目

形状出しの基礎となるゲージ作りを最初に行った後に板を裁断する。次に形状出しを進める。形状たたきおよびひずみ取りを繰り返し実施する。

図３に上部形状出し工程における形状たたき時の各道具の使用頻度を示す。最初の形状たたきでは、木槌の１つであるデンガクを多用していることがわかった。最後の形状たたきではデンガクの頻度は前者に比べると７割程度となり、余分な部分を切り落とすためのハサミの使用頻度が非常に増していることが明らかとなった。さらに、前者では使用されなかったナラシハンマーが全体の約１割を占めていた。

４．まとめ

オールハンドで板金加工する匠の工程を大別することができ、複数の道具の使用頻度が明らかとなった。

さらに、職人に対するヒヤリングを行うことにより、各工程における道具の使い分けに関するコツやカンの詳細が明らかになると推察される。

普通旋盤加工における熟練者(プロ）と学生の製品における相違

Differences of products made by between a craftsman and a student

吉川貴士*，〇辻中健史**，佐伯宣孝**，真鍋和弘**，越智三義**
越野哲史*，芳田哲也***，久米雅****，濱田泰以***
*新居浜工業高等専門学校，**西条市産業経済部，***京都工芸繊維大学大学院，
*****京都文教短期大学

YOSHIKAWA Takashi*，TSUJINAKA Takeshi**，SAEKI Nobutaka**，MANABE Kazuhiro**，
OCHI Mitsuyoshi**，KOSHINO Tetsushi*，YOSHIDA Tetsuya***，KUME Masaru****，
HAMADA Hiroyuki***
*Niihama National College of Technology, **Dept. of Industry and Economy, Saijo City,
***Kyoto Institute of Technology, ****Kyoto Bunkyo Junior College.

1. はじめに

愛媛県西条市はものづくり風土として農業に始まり，手漉き和紙などの伝統産業を持ち，かつ，近年は非鉄・電気・電子部品・鉄鋼・機械・飲料・金属・輸送用機械などの産業が発展してきている．しかし，経済のグローバル化の中，部品製造等の比率が高い当地域製造業を取り巻く環境は厳しく，産業振興について人材育成にも官民が連携して取り組んでいる．

そのような取り組みの中，ものづくりのひとつである旋盤加工における技能伝承を試みている．

機械加工方法のひとつである旋盤加工は，古くから存在し，昨今ではその主流はＮＣ旋盤となり，コンピュータ制御による自動加工がほとんどである．一方，近年の多品種少量産の現場においては，図面をみてプログラムを考え，入力し加工させる（ＮＣ旋盤）より，とりあえず作ってみることができる普通旋盤での加工技能が重要性を増してきている．しかしながら，普通旋盤による仕事は多品種少量生産のため，全体としての仕事量は少ないので，現存の技能者以外に人材を確保することは経営的に非常に困難である．そこで,「匠の技」としてマニュアルには表わしにくいコツや意識下の思考を可視化することで,現存の技能者がリタイヤしたのちにも伝承への道を残すことができると考える．技術・技能の伝承には動作解析の手法 [1)]やテンプレート化やタスクの細分化 [2)]などいくつかある．それらの手法を用いて，機械加工の普通旋盤加工技能の伝承への応用を試みる．

本報告においては旋盤加工歴 70 年を超える現役の匠と旋盤加工を学んでいる学生が同じ図面の部品を加工・製作し，その製作工程における差異や製品(加工物)についての差異を検討し報告する．

2. 実験方法

被験者は旋盤加工歴 71 年の匠(現役, 84 歳)および高校生(16 歳)とし，同じ普通旋盤を用いて加工を行った．加工・製作における全工程を 2 台のカメラを用いてビデオ記録した．

加工部品は Fig.1 に示す平成 21 年度技能試験旋盤加工３級(技能検定)の課題における部品Ａに準じた．便宜上，同図左側のテーパー部分から右端φ30 の円筒部分までをそれぞれ(ｱ)~(ｵ)とする．被削材は同一素材 S45C(黒皮)であるが，バイト(切削工具)はそれぞれ使い慣れたバイトを持参して行った．なお，検定は加工時間も評価対象になっているが，今回，加工時間は意識せず行うように伝えた．また，成果物に関して､被験者と異なる現場の職人(プロ)にヒアリングを行った．

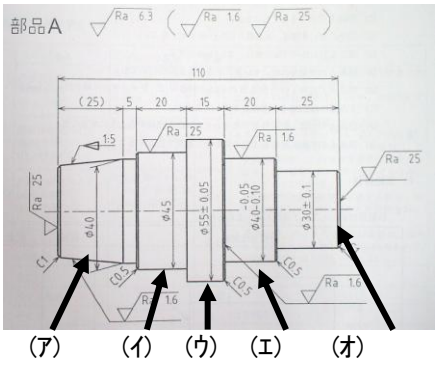


Fig.1 Sizes and accuracies of the object

製品の仕上がり精度については，マイクロメータによる外形寸法の計測および粗さ計（surfcom 130Ａ

東京精密社製）を用いて表面仕上げ状態を計測した.

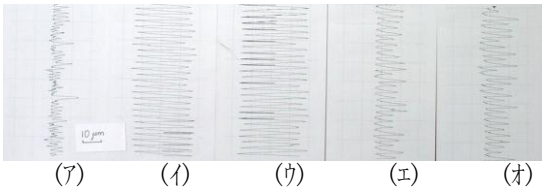
3. 実験結果

Fig.2(a)および(b)に匠および学生が加工した製品をそれぞれ示す. 同図(b)に示す製品は光沢が均一であり, 同図(a)の製品は左から 2 段目および 3 段目の円筒部分（Fig.1(ｲ)および(ｳ)）の光沢がそれら以外の部分よりも鈍いことがわかる. これは表面粗さ(仕上げ精度)の違いによるものである.

(a)by a craftsman　　(b)by a student

Fig.2　Difference of luster between (a) and (b).

実際の加工品における Fig.1 の(ｱ)～(ｵ)の円筒部分の表面仕上げ精度の計測結果について匠および学生のデータを Fig.3(a)および(b)にそれぞれ左から示す．学生による製品(同図(b))はすべての仕上げが Ra1.5 以下であり，かつ，均一であった．一方，匠の製品における仕上げ性状については，(ｲ)および(ｳ)が他の面に対して粗く（Ra10 程度）なっていることがわかる.



(ｱ)　(ｲ)　(ｳ)　(ｴ)　(ｵ)

(a)　By a Craftsman

(ｱ)　(ｲ)　(ｳ)　(ｴ)　(ｵ)

(b)　By a student

Fig.3　Results of surface roughness

4. 考察

学生の製品は全面が Ra1.6 以上の均一な表面仕上げであるが, 匠は Ra1.6 の仕上げが要求されている(Fig.1)円筒部(ｱ)および(ｴ)のでは細かい仕上げとなり、仕上げを要しない円筒部(ｲ)では大きな粗さとなっている.

実際の生産現場における製品の仕上げ精度は，加工工程数に直結するため，直接コストに反映する重大項目である．そのため，不必要な（過剰な）仕上げは極力避けるべきである．しかしながら，仕上げ精度の変化は，被削材の直径や回転数，バイト選択など多くの因子を瞬時に判断する必要があるため，熟練者でなければ，指定仕上げ精度に応じた加工を行うことが困難である．一方，学生が均一な精度の高い仕上げを行っているのは，技能大会等においては製品の光沢が評価基準であることにもよる.

また，加工全行程における被削材の掴み換え回数を計測した結果，匠も学生もともに 7 回と同じであった．一方，直径計測については匠が 41 回，学生が 9 回であった．この差について職人から「我々はコスト面から失敗(作り直し)は許されないので，絶えずチェックしながら加工する癖がついている」とのコメントを得た. さらに, 匠はテーパー部 (Fig.1(ｱ)) については，回転してる被削材に対して直接，指で触診し，その仕上げ精度の確認をしていた．すなわち，匠は製品を絶えず寸法チェックを行いがら加工している．特に，今回使用した旋盤装置は不慣れなため，テーブル移動におけるバックラッシなどの特性を把握できていないことから，計測回数が増えたとも考えられる.

5. まとめ

今回，図面から製作する製品に対する職人と学生の意識の違いにおいて以下の点が明らかになった.

1．　職人は計測回数を増やすことでの時間増加より, 失敗(作り直し)を避ける行為を優先する.

2．　職人は仕上げ記号に沿うことで無駄を省く加工を心掛けている.

謝辞

本研究は(有)タカヨシ工業所ならびに愛媛県立東予高校の多大な協力のもと実施できましたことを深く感謝いたします.

参考文献

1)　白土,宮本,濱田,饗庭,飯,西村,仲井,宇治橋,芳田 : 包丁研ぎにおける熟練者と非熟練者の動作解析と筋活動様式の比較,労働科学,Vol.83,No.4,pp.139-150(2007).

2)　森和夫:CUDBAS の発展とその展望,職業能力開発研究, Vol.16, pp.109-128 (1998).

異なる茶筅を用いた点前における
薄茶表面の泡の形状分布解析および生成過程の比較

○ 古川直希，後藤彰彦(大阪産業大学)，
井植美奈子，太田達（京都工芸繊維大学大学院)，
濱崎加奈子（京都工芸繊維大学)，
濱田泰以，芳田哲也（京都工芸繊維大学大学院）

Comparison of producing processes and distribution analysis of bubble form on the surface of thin tea of with different tea whisk

FURUKAWA Naoki, GOTO Akihiko (Osaka Sangyo University)
IUE Minako, OTA Toru (Graduate School of Kyoto Institute of Technology),
HAMASAKI Kanako, (Kyoto Institute of Technology)
HAMADA Hiroyuki, YOSHIDA Tetsuya (Graduate School of Kyoto Institute of Technology)

１．緒言

本研究では、経験年数が30年以上の熟練者を対象として、異なる形状を有する茶筅を用いて薄茶点前を行った。そこで、画像処理を用いて、薄茶表面における泡の形状および分布状態を解析した。これにより、茶筅の違いによる泡の形状分布および泡立て度合いの過程を比較検討した。

２．方法

２．１　被験者および対象とした茶筅

被験者は茶道歴31年の男性1名である。対象とした茶筅は7種類とした。各茶筅は穂先の形状や穂の本数が異なる。表１に対象とした茶筅の下り穂（外穂）の本数および柄の形状を示す。図１に茶筅の一例を示す。

表１　茶筅の種類

茶筅	下り穂の本数	柄の外径(cm)
A	68	2.2
B	62	2.0
C	66	2.1
D	57	1.7
E	63	2.0
F	54	2.6
G	75	2.4

２．２　実験手順

実験は一般的な量である抹茶3gと湯60mlを被験者に点ててもらった。泡立て度合いは、被験者が通常通り点て終えた時間を100％時間として、80％時間、50％時間、30％時間の4種類の点て時間を設定した。点て終えた後、すぐに茶碗の真上から薄茶の液面を撮影した。デジタル一眼レフカメラ(D40x NIKON社製)と撮影装置を使用した。

図１ 対象とした茶筅の一例

２．３　画像処理

画像処理方法は、Photoshop CS3(Adobe製)を使用し、薄茶表面の中央部とその周囲8箇所に対して、480画素の円形にトリミングした。図2にトリ

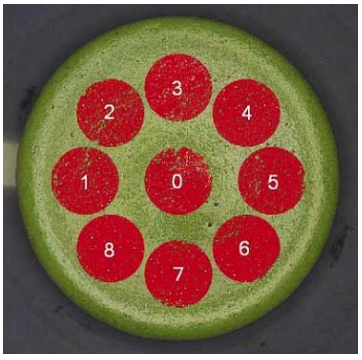


図２ 解析対象画像のトリミング位置

ミングした9箇所を示す。トリミングの番号は、中央部分をNo.0とし、被験者の正面位置をNo.1として、時計回りに付けた。トリミングした画像に対して、泡の形状分布をより明確に捉えるために、泡の塗潰し作業を行う。その後、トリミングした画像は、解像度を2倍にし、16分割したのち、階調反転および2値化を行ってから、研究開発した楕円解析プログラムを用いて処理を行う。

3．結果

図3に茶筅の下り穂の数と泡立て度合いが100%時間との関係を示す。下り穂の数と泡立て時間との相関は見られなかった。図4に茶筅Aおよび茶筌Gにおける泡立て度合い30%、100%の泡の面積分布を示す。ここでは、泡の面積を画素数で表現している。各茶筅ともに、泡の面積分布は、それぞれ同様の傾向を示した。しかしながら、茶筅Aでは、30%時間において、画素数100付近の泡が多く生成され、100%時間において、さらに画素数100付近に集中して多くの泡が生成されていた。一方、茶筅Gでは、30%時間において、画素数100付近の泡が多く生成しているが、同時に10以上の面積を有する泡も多く存在していた。しかしながら、100%時間では、茶筅Aとほぼ同等あるいはそれよりも小さい泡が多く存在する傾向を示した。

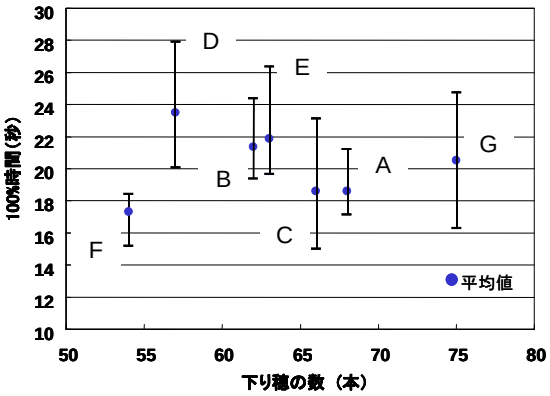
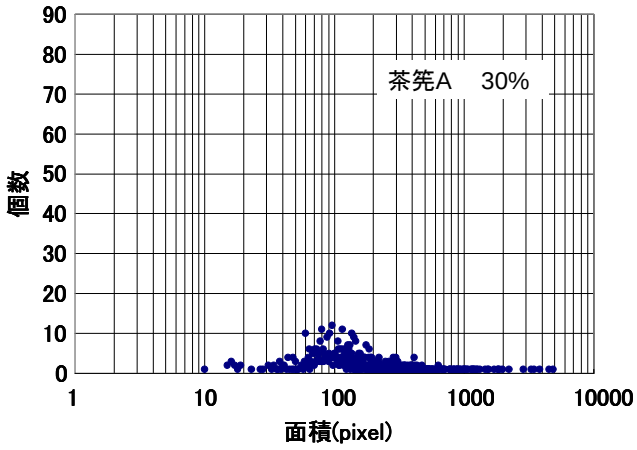
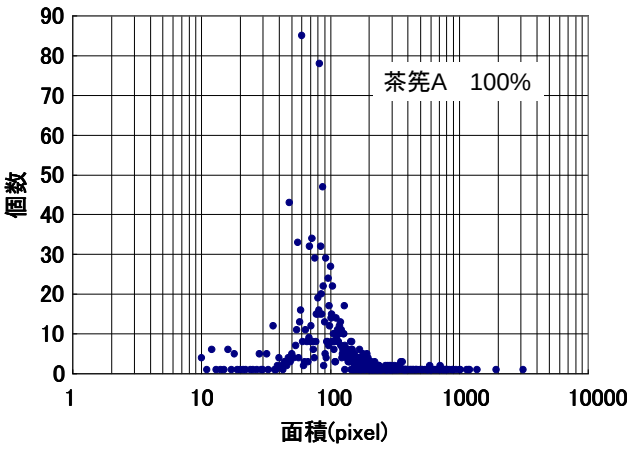


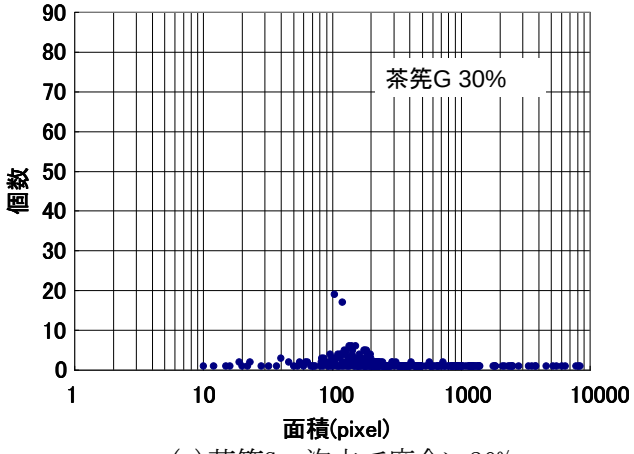
図3 茶筅の下り穂の数と泡立て度合い100%時間との関係



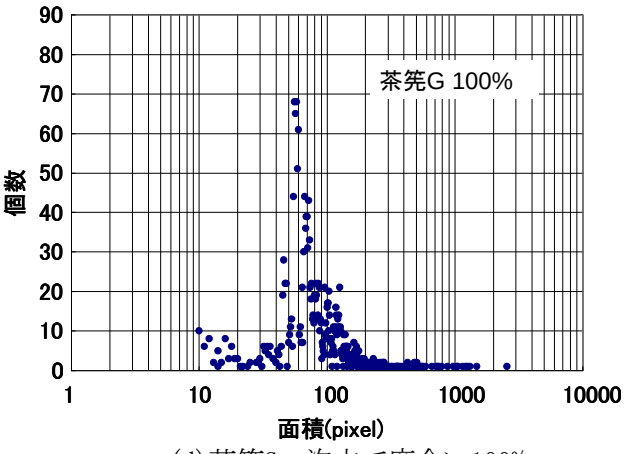
(a)茶筅A 泡立て度合い30%



(b)茶筅A 泡立て度合い100%



(c)茶筅G 泡立て度合い30%



(d)茶筅G 泡立て度合い100%

図4 各茶筅における泡の面積分布

運針における熟練者と非熟練者の脳活動の比較

Comparison of brain activity between veteran educator and students during the handling of a needle

○大森正子*，宮尾克**

*神戸女子大学家政学部　**名古屋大学大学院情報科学研究科

OMORI Masako*, MIYAO Masaru**

*Faculty of Home Economics, Kobe Women's University,

**Graduate School of Information Science Nagoya University

1.　はじめに

既製服の普及に伴い家庭内での裁縫技能の習得も難しく，小中高等学校での家庭科で実習の機会も減少する一方で，被服実習が苦手な学生が増えてきている．将来，責任をもって家庭科を担える教員を養成するためにも技能的なことに慣れていない学生に対する，効果的な教育方法への開発は重要である．

近年では，「脳科学と教育」として，注意力，意欲の増進や動機付け，学習時・問題解決時の脳活動や，教育課程・教育方法などの開発のための学習に関わる脳機能発達，言語習得過程の解明といった研究が行われている．本実験では家政学に関わる，衣・食・住の専門的な実習・演習科目より，特に，衣生活における構成実習の縫製技術に関係した「運針」について，熟練者と非熟練者グループに分け，それぞれの作業時の脳活動を NIRS で測定し，「運針」のスキルの違いを明らかにすることを目的とする．

2.　実験方法

2.1 被験者

本実験では健常成人女性 13 名を被験者とした（年齢 22 歳～49 歳）．このうち，構成学実習を担当する大学教員 2 名（平均年齢 49 歳）を熟練者，11 名の女子大学生（平均年齢 22 歳）を非熟練者とした．なおすべての対象者に本研究の趣旨を説明し，参加の同意を得ている．

2.2 実験条件と手続き

実験条件は，針目間隔を 2 条件（4mm・2mm），布に運針の誘導ラインを画いてある条件・無い条件の 2 条件とした．実験で被験者は，実験装置を装着し，運針用の布と針を持った状態で安静座位を保ったのち，前レスト 20 秒，運針 20 秒，レスト 40 秒を 1 回のタスクとして，4 タスク（ピッチ 2 条件×ラインの有無 2 条件）をそれぞれ 3 回繰り返した．これを 1 回とし 2 日間行い計 24 回計測した．順序効果が出ないよう，被験者ごとに実験順序はランダムとした．被験者は，利き手で縫い針を持ち，通常運針を行う持ち方で運針実験を行った．熟練者 2 名については，利き手は右手であったが，非熟練状態を模擬するため，左手でも実験を行った．

2.3 測定項目

大脳皮質運動野周辺における，酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb），脱酸素化ヘモグロビン（deoxy-Hb）および総ヘモグロビン（total-Hb）の変化を近赤外線分光法（島津製作所近赤外光イメージング装置，FOIRE-3000）により計測した．さらに，運針時の前腕の筋活動変化を（ADInstruments 製，PowerLab 4/25）計測した．

2.4 解析方法

運針実験での 20 秒間の針目数と，針目の大きさと，認知・反応を司る前頭連合野と運動関連領域を含む 49 チャンネルについての運針中の脳内血中酸素化 Hb 濃度長変化の相対変化量について解析を行った．測定部位は，国際 10-20 法における基準点 CZ が中心にくるよう，プローブを配置した（図 1）．

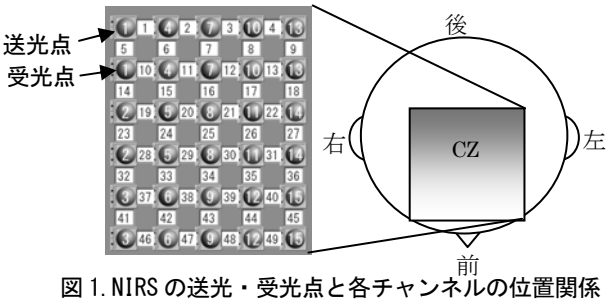


図 1. NIRS の送光・受光点と各チャンネルの位置関係

3. 結果

3.1 運針結果

運針 20 秒間の平均針目数は，熟練者は，非熟練者に比較して有意に針目数が多い結果となった．また，針目の間隔とラインの有無が，針目数に影響するかを検討するため，2 元配置分散分析を行った．その結果，熟練者では，2 回ともいずれも有意差は認められなかったが（図 2），非熟練者では，2 回目の実験で，いずれも有意差は認められなかったが，ラインの有無において、ライン有で若干針目数が少ない傾向が見られた（$p<0.06$）．また，針目の間隔とラインの有無について，全タスクで比較したところ，非熟練者のみでタスク間に有意差が認められた（$p<0.001$）（図 3）．下位検定では，4mm1 回目－4mm2 回目（$p<0.01$），4mm1 回目－2mm2 回目（$p<0.001$），2mm1 回目－4mm2 回目（$p<0.05$），2mm1 回目－2mm2 回目（$p<0.01$）という結果となり，1 回目より 2 回目において有意に針目数が増加しており，練習による効果が示唆される結果となった．ラインの有無について有意差は認められなかったが，ここでも 2 回目のタスクにおいて，両針目間隔ともライン有が無しに比較して針目数が少ない傾向が見られた．

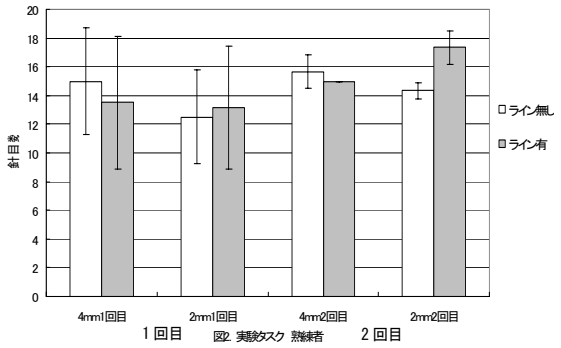


図2. 実験タスク 熟練者

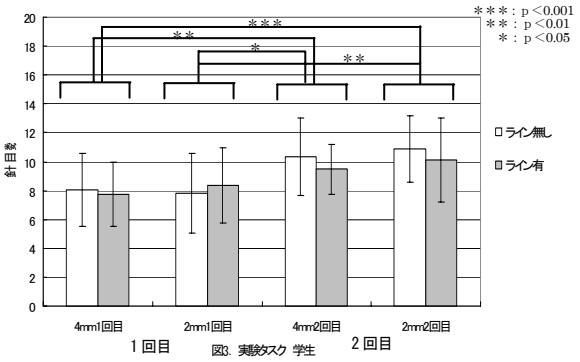


図3. 実験タスク 学生

3.2 NIRS による脳活動測定結果

熟練者では，顕著な oxy-Hb の変化量の増加は認められなかったが，非熟練者では，運動関連領域について，運針による oxy-Hb の変化量の一過性増加が見られたのが 3 名，前頭前野の広い範囲で oxy-Hb の変化量増加が見られたのが 4 名，前頭前野左側では 2 名であった．しかし，5 名については，顕著な運針による oxy-Hb の変化は認められなかった．これらの被験者の運針の結果と照らし合わせると，運針による oxy-Hb の変化が認められた被験者においては，他の被験者に比較して針目数も多く，針目間隔も一定であり，運針の技能による脳活動変化に差があることが明らかとなった．

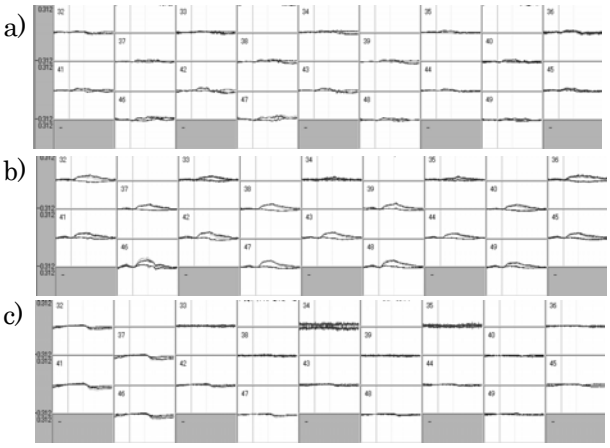


図 4. 熟練者と非熟練者の前頭前野領域の oxy-Hb 濃度長変化の相対変化量（a：熟練者，b：非熟練者（上達者），c：非熟練者（未上達者）

4. 考察とまとめ

本実験では，熟練者とスキルの低い非熟練者のでは，脳活動に変化は見られなかったが，スキルの高い非熟練者において，前頭前野領域，運動関連領域で oxy-Hb の増加傾向が認められ，先行研究 1）と同様の結果が得られた．熟達にいたる段階とスキル獲得に脳活動の変化より確認できることが示唆された．今後は，熟練者数を増やし実験を行っていくとともに，非熟練者がどのようなプロセスを経て，熟練にいたるのかをより多くの被験者を対象として検討を進めていきたい．

参考文献

1) Kenoki Ohuchida, et al,.：The frontal cortex is activated during learning of endoscopic procedures, Surg Endosc, Vol. 23, pp.2296-2301 (2009).

リスク傾向と交通違反経験との関連

Relationship between Risk Propensity and Experience of Traffic Violation

○森泉　慎吾*，臼井　伸之介*

*大阪大学大学院人間科学研究科

MORIIZUMI Shingo*, USUI Shinnosuke*

*Graduate School of Human Science, Osaka University.

1.　はじめに

産業場面等で著名なハインリッヒの法則(図 1)によれば、1 件の重傷害の事故が起こるまでには 29 件の軽傷害の事故、300 件の無傷害事故があり、さらに全ての災害の下には、数千に達するだけの不安全行動と不安全状態が存在するという [1]。またそれらは偶然性の問題によって繋がることが示されている。つまり、不安全行動を繰り返し敢行していると、いずれは大事故に繋がる危険性があることが示唆される。また、違反行動が事故と関連することはこれまでの研究で実証的に示されており [2]、事故減少のためのアプローチとして、違反行動を減少させることが有効であると言える。

警察庁 [3]の発表によると、わが国における平成 21 年の道路交通違反の取締り件数は 12,664,850 件であった。つまり 3 秒に 1 件の割合で交通違反による取締りが行われている計算になる。これはあくまで取締りの件数であり、実際はさらに多くの違反行動が敢行されていることが予想される。

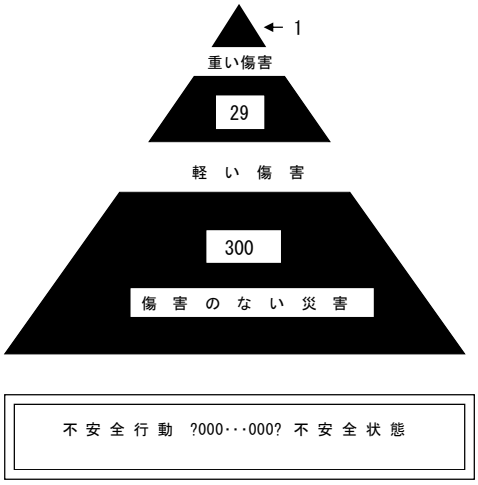


図 1　ハインリッヒの法則の模式図 [1]

違反は「規則からの意図的な逸脱に関連する行動と」と定義される [4]。違反のメカニズムは、リスクテイキング(リスクを敢行すること)と大部分が重複する [5]ため、リスクテイキングの発生プロセスを用いることで違反行動の説明がある程度は可能である。そこで本研究では、リスクテイキングに影響を及ぼす要因の中でも、日常でのリスク傾向(個人の現在におけるリスクを敢行もしくは回避する傾向 [6])に着目した。この傾向性が高いほどよりリスクテイキングを敢行しやすく、違反行動について言及すれば、より違反をしやすいことが考えられる。

リスク傾向について、Moriizumi and Usui[7]は、日常でのリスクの敢行傾向が、場面に強く依存するものではないことを示唆した。つまり、ある特定の場面(ex.交通場面)に限定せず、様々な場面におけるリスクの敢行傾向から違反行動を説明することにより、違反の発生メカニズムや個人差に関して、より詳細に言及できることが考えられる。

以上より本研究では、リスク傾向と違反行動との関連を実践的に検討することを目的とした。違反行動の中でも、本研究では特に「過去の交通違反経験」に着目した。

2.　方法

2. 1　調査対象者および手続き

一般ドライバー142 名(男性 125 名、女性 17 名)を対象に質問紙調査を行った。平均年齢は 38.96 歳(*SD* = 13.62)であった。質問紙は直接配布し、その場で回答を求めた。回答の所要時間は 15 分程度であった。なお、質問紙は無記名形式であり、回答者に

は匿名性が十分に確保されることを教示した。

2. 2　質問紙の内容と分析手法

リスク傾向の測定に関しては、森泉・臼井・中井 [8] が作成した Risk Propensity Questionnaire(RPQ)を用いた。RPQ は、4 因子(計 20 項目)で構成される信頼性、妥当性の確保された質問紙尺度である。各因子の質問項目および因子の説明を表 1 に示す。

表 1 の各質問項目について、「1.　全く当てはまらない」～「5.　非常に当てはまる」の 5 件法によって回答を求めた。また、過去の違反経験については、「過去 3 年間に交通違反をして反則切符を切られたことがあるか」という質問に対し、「はい」、「いいえ」の 2 件法によって回答を求めた。「はい」と答えた場合は詳細な違反内容の記述を求めた。

分析にあたり、因子ごとに質問項目の評定値の平均を算出した。なお、各因子の得点が高いほど、よりリスク傾向が高くなるように逆転項目の処理を行った。過去の違反経験については、経験の有無によって大別し、違反経験がある場合は「違反群」、無い場合は「無違反群」とした。なお、詳細な違反内容に関しては、本研究では扱わない。

表 1　RPQ の各因子を構成する質問項目

ギャンブル志向性：個人のギャンブル傾向を示す因子
何事も「賭け」がないとつまらない
ギャンブルは有害だと思う
ギャンブルが好きだ
大金をギャンブルにつぎ込む人の気持ちが分かる
もし自分の街にカジノがあったら行ってみたい
状況的敢行性：状況に左右されるような行動に対するリスク傾向を示す因子
歩きながら携帯電話でメールをする
歩行時、赤信号でも車が来なければ渡る
歩行時、信号のないところで道路を横断する
駆け込み乗車をする
歩行時、道路を斜め横断する
夜、無点灯で自転車に乗る
確信的敢行性：状況に左右されない個人の一貫した信念が存在すると考えられる行動に対するリスク傾向を示す因子
試験勉強をあまりせずに、試験に臨む
仮病をよく使う
会議など、重要度の高い決められた時間に遅刻する
趣味になら、いくらでもお金をつぎ込めると思う
運動など、日頃体を動かすことが少ない
大事な約束を破る
安全性配慮：防犯や安全に対する配慮に関する行動に対するリスク傾向を示す因子
家を留守にする際は、火の元・戸締りなど安全確認を十分にする
ほんの少しの間でも、留守になる場合は家の鍵をかける
帰宅したら手洗い、またはうがいをする

3.　結果

3. 1　違反経験の有無とリスク傾向の関連

142 名の調査対象者のうち、過去 3 年間での違反経験を報告した者は 37 名(26.1%)であった。違反経験の有無を独立変数、RPQ の各因子の評定値を従属変数とする対応のない t 検定を行った。結果、ギャンブル志向性、状況的敢行性、安全性配慮の 3 因子に関して、違反群の方が、無違反群よりも有意に評定値の平均が高いことが示された(順に、$t(140)=2.45$、$p=.05$、$t(138)=2.16$、$p=.05$、$t(140)=2.88$、$p=.01$)。図 2 に結果を示す。

3. 2　違反群に属する回答者の分類

違反群の回答者(37 名)を RPQ の 4 因子の得点によって分類するために、各因子の評定値の平均を用いてクラスター分析を行った。クラスターの凝集法には Ward 法、距離の指標には平均ユークリッド距離を用いた。図 3 は得られたデンドログラムである。解釈可能性の観点から 3 クラスター解を採用した(Rescaled Distance Cluster Combine = 15)。以下、第 1 クラスターを類型Ⅰ、第 2 クラスターを類型Ⅱ、第 3 クラスターを類型Ⅲとする。

次に、クラスター分析によって得られた 3 類型に無違反群(以下、類型Ⅳ)を加えた違反類型(4 水準)を独立変数、各因子の評定値の平均を従属変数とする参加者間一要因分散分析を行った。結果、ギャンブル志向性、状況的敢行性、安全性配慮に関して違反類型による有意な主効果が得られた(順に、

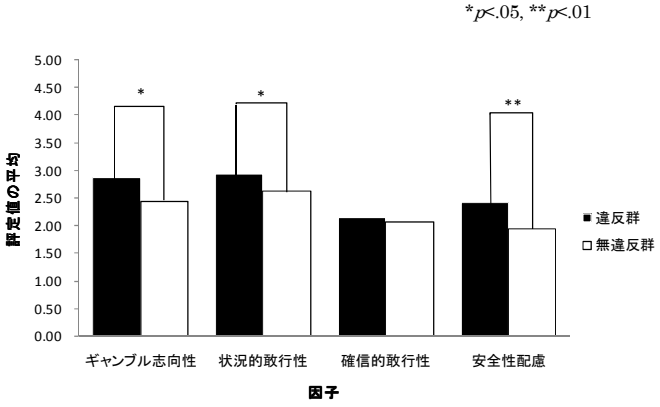


図 2　各因子の評定値

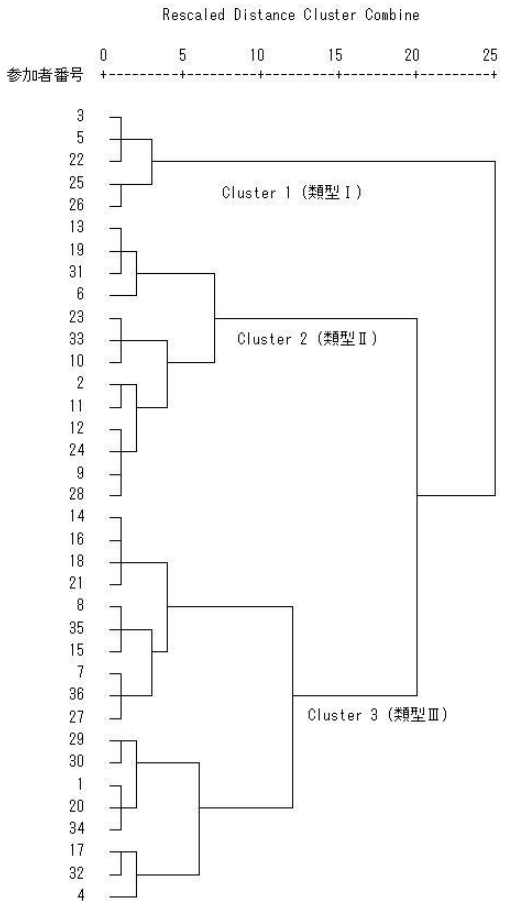


図 3　クラスター分析で得られたデンドログラム

$F(3,137)=11.91$、$p<.001$、$F(3,136)=4.93$、$p<.01$、$F(3,137)=15.33$、$p<.001$)。多重比較(Bonferroni 法) の結果、類型Ⅰは類型Ⅳよりもギャンブル志向性、状況的敢行性、安全性配慮の評定値の平均が有意に高いことが示された(順に、$p<.001$、$p<.05$、$p<.001$：図 4 から図 6)。また、類型Ⅱは類型Ⅳよりも有意に安全性配慮の評定値の平均が高いことが示された($p<.001$：図 6)。類型Ⅲと類型Ⅳとの間にはいずれの因子についても有意な評定値の平均に関して差は見られなかった。なお、確信的敢行性については、類型Ⅰ、Ⅱ、Ⅲのいずれについても類型Ⅳとの評定値の平均に関して有意な差は見られなかった。

4.　考察

4.1　因子の特性と違反行動

本研究で違反経験と関連の得られた 3 因子は、森泉ら[8]に従うと、それぞれ異なる行動特性を示す。ギャンブル志向性は、個人のギャンブル傾向を示すと同時に、利益と損失が明確な状況での行動に関する因子である。また状況的敢行性は、状況が変化した場合でのリスクの敢行傾向を示し、安全性配慮は、防犯や安全に関するリスク回避行動に関する因子である。防犯や安全に関するリスクテイキングは、リスクを回避しても即時的な効果が得られず、また完全にリスクを回避できるわけではない行動であると解釈できる。つまり、この因子の得点が危険側に高いことは、リスクを回避した際に伴う不効用(コスト)をより高く評価していると考えられる。さらに確信的敢行性と違反経験との関連が得られなかったこと

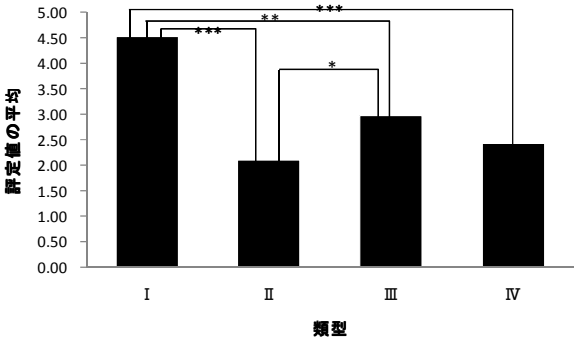


図 4　違反類型ごとの「ギャンブル志向性」得点

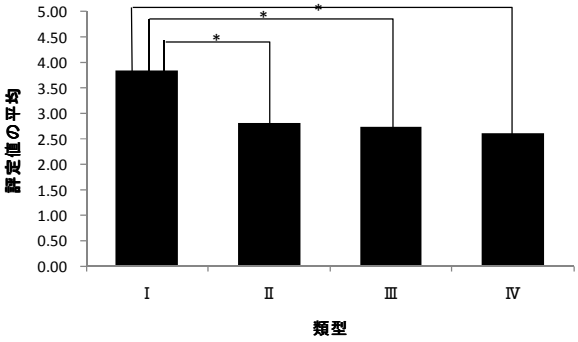


図 5　違反類型ごとの「状況的敢行性」得点

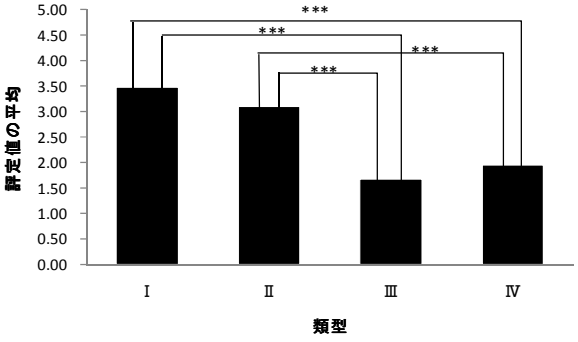


図 6　違反類型ごとの「安全性配慮」得点

を踏まえると、違反経験者の特性は、「状況に左右されず一貫した個人特性に依るというよりも、その時々の状況(損得)を考慮してリスクを敢行し、またリスク回避に伴う不効用を重視する特性」と総合的に解釈可能である。これは、違反行動がリスクテイキングと類似する側面を持ち [6]、状況ごとのリスクやベネフィットに影響されることからも説明できる。

4. 2　リスク敢行傾向から見た違反経験者の特性

過去 3 年間における違反経験者は日常におけるリスク敢行傾向が高いことが示された。本研究では「交通違反者」の定義を「過去 3 年間において道路交通違反による反則切符の交付経験のある者」とした。つまり、違反をしても反則切符が交付されていなければ「無違反群」と定義されるため、本研究での「無違反群」が、真に「過去 3 年間で違反経験がない」とは言えない。しかし、交通違反による取締りを受ける確率が個人間で完全に同等であると仮定するならば、違反経験のある者の方がより日常的に交通違反を敢行していると解釈できる。よって本研究の結果に従えば、リスク傾向と交通違反行動は関連すると言える。

また違反経験者の中でも、リスク傾向による分類を行うと、それぞれ異なる違反類型があることが示唆された。特に、違反経験者が単にいずれのリスク傾向因子についても一様に高い得点を示すのみでなく、特定のリスク敢行因子のみが高く、他のリスク傾向因子は無違反者と同等の場合があることが示唆された。本研究の結果のみでは結論付けられないが、交通違反者について研修などの介入を実施する際、単に違反者全体に画一的の内容を教示するのみでなく、リスク傾向の観点から違反者の行動特性を吟味した上での介入が必要であることが示唆される。

5.　おわりに

本研究により、日常のリスク敢行傾向と過去の違反経験は関連することが示唆された。特に、リスク傾向の特性による違反経験者の分類は、リスク傾向に着目した違反行動の防止策の一助となりうる。

本研究では、調査対象者を過去の違反経験の有無のみで分類したため、詳細な違反内容については言及しなかった。道路交通法違反には様々な種類があり、それぞれ異なる性質があることが考えられる。また反則切符交付時の減点数や罰金も、交通違反に関連し、違反行動の特性を理解するのに役立つことが予測される。以上について、リスク傾向を合わせた検討を行うことで、違反行動のメカニズムのさらなる解明や防止策の提案に貢献できると考える。

6.　参考文献

1) Heinrich HW, Petersen D, Roos N, (著) / 井上威恭監修・(財)総合安全工学研究所(訳) : ハインリッヒ産業災害防止論、p59,　海文堂(1982)
2) Iversen H ,Rundmo, T : Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers,Personality and Individual Defferences Vol.33, pp.1251-1263(2002)
3) 警察庁交通局交通 : 平成 21 年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について : 警察庁　2010-1-28(Web 資料)
〈 http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Pdfdl.do?sinfid=000007188674〉(2010/10/23 現在)
4) Lawton R.: Not Working to Rule : Understanding Procedual Violation at Work, Safety Science, Vol. 28, No.2, pp.77–95(1998)
5) Sitkin BS, Weingart RL. : Determinations of Risky Decision-Making Behavior: A Test of the Mediating Role of Risk Perception and Propensity, Academy of Management Journal, Vol.38, No.6 , pp1573-1592 (1995)
6) 三浦利章・原田悦子(編著) : 事故と安全の心理学 リスクとヒューマンエラー, pp8-22, 東京大学出版会(2007)
7) Moriizumi S, Usui S : Situational and Gender Consistency of Risk-Taking Behavior in Daily Life.:27th International Congress of Applied Psychology,Melbourne,Australia,CD-ROM(2010)
8) 森泉慎吾・臼井伸之介・中井宏: リスクテイキング行動尺度作成の試みー信頼性・妥当性の検討ー, 労働科学, Vol. 3, No.2, pp.1-10 (2010)

無線連絡受信後における鉄道運転士の注意特性

－運転経験年数別による検討－

Attentional Characteristics of Train Drivers after Receiving Train Radio Messages

○上田真由子*，久保田敏裕*，沖覚*，臼井伸之介**

*西日本旅客鉄道株式会社安全研究所　**大阪大学大学院人間科学研究科

UEDA Mayuko*, KUBOTA Toshihiro*, OKI Satoru*, USUI Shinnosuke**

*Safety Research Institute, West Japan Railway Company,
**Graduate School of Human Sciences, Osaka University

１　はじめに

今までの我々の研究結果において，鉄道運転士（以下，運転士）は鉄道無線（以下，無線連絡）に対し，以下のような注意特性を持っていることが明らかになった[1) 2)]．

①無線連絡に対する注意特性は，運転経験を経ることにより変化する

②重要な無線連絡に対して，自動的に注意を惹きつけられる

まず，①に関しては，運転経験年数が３年以下の初任者運転士群と３年超の中堅者運転士群を比較した結果から得られたものである．例えば，初任者群では，時間経過に伴い，課題の作業効率の低下傾向が大きくなるという一般的な結果が見られた．その一方で中堅者群では，時間経過に伴う作業効率の低下傾向がほとんど見られなかった．更に初任者群では，重要な無線連絡が流れた場合，最初の一定時間のみ注意が惹きつけられる一方で，中堅者群では，常に注意が惹きつけられていた．これらの違いは，運転士経験の増加に伴い，より効率の良い運転をするために，注意特性が変化していった結果と言えるだろう．

次に②は，重要な無線連絡を背景音として流した際，無線連絡を無視するように教示したにも関らず，視覚課題に対する反応が遅延した結果から導き出されたものである．しかしながら，無線連絡は運転士自身が安全で速やかな列車運行を図るために必要となる情報でもある．現場でも，「無線連絡が流れている間はその内容に気を取られるが，その後の運転の役に立つ」という声が聞かれる．つまり，「重要だからこそ，自動的に注意を惹かれる注意特性を持つ」と言える．このような背景から今回の研究目的は，以下の２点とした．

①運転士はどのような無線連絡を運転上，有効活用しているのか

②無線連絡を聞いている間と聞いた後の運転士の注意特性はどのようなものか

これらの目的を達成するため，次節から説明する実験を運転士に課し，検討を行った．

２　実験

２．１ 実験協力者

西日本旅客鉄道株式会社所属の現役運転士 30 名（全員男性 / 年齢範囲 24-33 歳 / 平均年齢 27.5 歳 / 運転士経験年数範囲２か月～10 年９ヶ月 / 運転士平均経験年数４年４カ月）が勤務の一環として参加した．

２．２　装置と刺激

本実験で用いられた実験機材は以下のとおりであった．

モニタ：視覚刺激を提示する（Princeton PTFBHF-22W　22 型ワイド）．

スピーカ：無線連絡を提示する（ONKYO 77monitor GX-77M）．モニタの左右に設置された．

２．３　実験課題

本実験の課題は，図１の通り鉄道場面を模した３種類の視覚課題を同時に行う課題であった．この課題は芳賀・澤・藤浪・宇賀神(1999)で用いられた視

覚課題を基に改変した[3]．スピーカから運転士と指令員の無線を介した会話のやりとりも提示した．以下に各種課題の内容を示した．

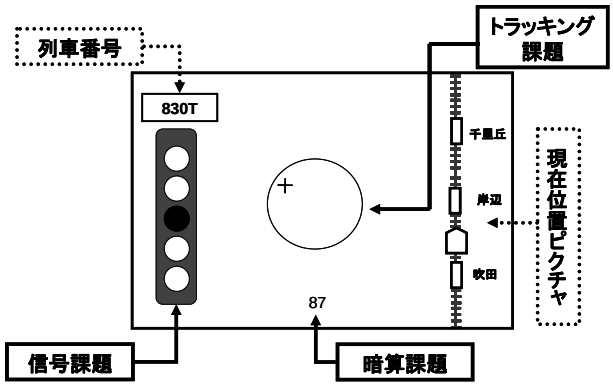


図１ 視覚課題例

(ｱ) トラッキング課題

画面上を斜めに運動する十字カーソルが画面中央の円の外に出ないよう、トラックボールを用いて制御し続ける必要があった。また，この課題は，列車運転中の「操縦」を模擬したものとして提示した．

(ｲ) 信号監視課題

画面左端に「緑」と「赤」の 2 種類の鉄道信号をランダムに表示した。実験参加者はどちらの信号が提示されていたのかをできるだけ速く正確に判断し、所定のキーを押す必要があった。また，この課題は，列車運転中の「信号監視」を模擬したものとして提示し

(ｳ) 暗算課題

画面下方に表示される 2 桁の数字の和の 1 の位が 4 以下であるか、5 以上であるかを出来るだけ速く正確に判断し、所定のキーを押す必要があった。

また，この課題は，列車運転中の「定時運転をするために必要な時間や速度の計算」を模擬したものとして提示した．

(ｴ) 無線連絡記憶テスト

輸送障害が発生し，信号が変化する可能性が高い，（あるいは低い）運転士と指令員の無線を介したやりとりを課題遂行中に提示した（無線連絡の内容と提示法則については後述）．実験協力者は「無線連絡の内容」・「先行・後行列車の選択（自車よりも先行列車に対する無線連絡であったのか，あるいは後行列車に対する無線連絡であったのか)」「自車の運行にとって重要だと思う程度」を課題終了毎に回答させた．実験協力者は視覚課題終了後に行われるこのテストのため，課題遂行中，無線連絡に対して注意を向ける必要があった．

２．４ 画面表示

上述した視覚課題の他に，モニタに２種類の表示をした（図１参照）．これらの表示は，実験協力者にとって無線連絡記憶テストに回答する際のヒントとなった．以下に各種表示の説明をした．

(ｱ) 列車番号

課題遂行中，常に画面左上に表示した．また，1 ブロック毎にこの列車番号を変更した．実験協力者には，自車の列車番号であるという教示を毎回行い，スピーカから聞こえてくる無線連絡の列車番号に対して，自車が先行列車であるか後行列車であるかを判断する目安となった．

(ｲ) 現在位置ピクチャ

課題遂行中，常に画面の右側に表示した．また，1 ブロック毎に各駅名を変更した．時間経過とともに五角形の図形が少しずつ上方向に移動した．実験協力者には，五角形の図形が自車の現在位置を表すという教示を行った．スピーカから聞こえてくる無線連絡の駅名に対して，自車が先行列車であるか後行列車であるかを判断する目安となった．

２．５ 無線連絡の内容と提示方法

(ｱ) 内容

異常時かつ鉄道信号が「赤」に切り替わる可能性の高い（あるいは低い）運転士と指令員間の無線を介した会話のやりとりをスピーカから提示した．実際に提示した無線連絡の内容は表１の通りであった．重要度順位は，全課題終了後の回答で実験協力者が行った順位づけの平均から決定した．また，無線連絡の内容の選定は前回の研究と同様の手法で行った[1]．これらの無線連絡内で提示される列車番号・駅名と，モニタ画面で表示される列車番号・駅名の各々の設定により，その無線連絡が先行列車に対する情報なのか，後行列車に対する情報なのかを区別できた．

また，無線連絡の代わりに白色雑音を提示する無

線なし条件も設定した.

表 1 無線連絡の内容

内容	説明	重要度順位	重要度区分
人身事故	人が負傷または死亡したこと	1	大
飛来物付着	架線に運転上支障がある飛来物が引っかかったこと	2	中
車椅子	車椅子のお客さまが乗降する準備を依頼すること	3	小
蛍光灯玉切れ	列車の蛍光灯の取替えを依頼すること	4	

(イ) 無線連絡提示方法

無線連絡は１ブロックあたり６分間の視覚課題遂行中, 課題開始の２分後から４分後までの間で提示した. このような提示方法を取ることにより，以下の３種類の条件下における，運転士の注意特性を検討した（図２参照).

無線連絡なし条件下：無線連絡が流れていない条件下の注意特性（2 分間）

無線連絡提示条件下：無線連絡提示中の注意特性（2 分間）

無線連絡提示後条件下:無線連絡提示後の注意特性(無線連絡提示後の事後効果)（2 分間）

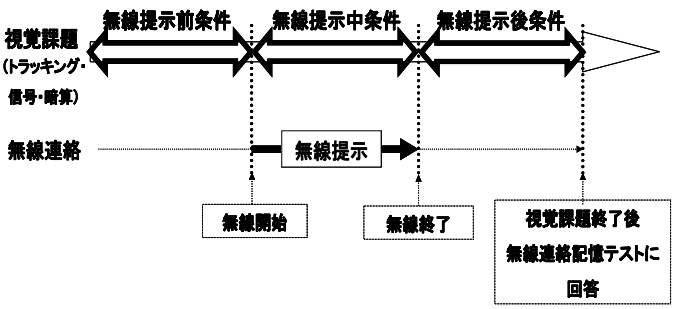


図 2 無線連絡提示の流れ

３ 結果と考察

３．１ 全運転士の結果

本研究の結果については，紙面の都合上，一部を割愛して掲載する.

(ア) 信号監視課題の結果(図 3 参照)

信号監視課題における従属変数は，信号が提示されてから正しく反応するまでの選択反応時間であった. また，300ms 以下の反応時間は焦燥反応として除外した.

まず，選択反応時間を従属変数にとり，実験協力者内 3 要因分散分析を行った（無線連絡の種類×先行・後行列車の別×無線提示前・中・後).「無線提示前・中・後」の主効果が有意となり（$F(2,58)=15.960$, $p<.01$)、無線連絡提示中よりも提示前後の反応が速いことが明らかとなった。これは、無線連絡提示中、その内容に注意を向けると信号に対する反応が遅くなることを示している。

また、２次の交互作用も有意となった（$F(8,232)=2.376$, $p<.05$)。多重比較の結果、重要度が高い人身事故の無線連絡を提示「後」、その無線連絡が後行列車情報の場合よりも先行列車情報の場合、反応がより速くなることがわかった（$p<.05$)。つまり、重要度の高い無線連絡の中でも、自身の運転に支障が生じる可能性が高い先行情報を聞いた後には、信号に対する反応がより速くなることを示している。

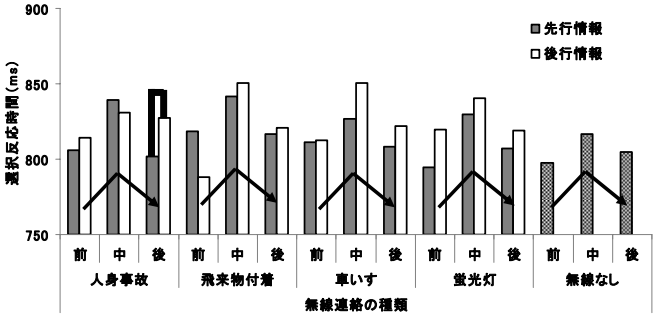


図 3 信号監視課題反応時間の結果（ms）
（運転士全体）

３．２ 運転士経験年数別の結果

本実験に参加した運転士は以下の通り，初任者運転士群と中堅者運転士群の 2 群で構成されていた. これは，運転経験年数別で，無線連絡受信「中」や「後」の注意特性が異なるかを検討するためにこの 2 属性の運転士に協力を仰いだものである．紙面の都合上，一部の結果を掲載することとする.

初任者群：運転経験 3 年以下の現役運転士 15 名（平均年齢：26.0 歳 / 平均運転経験年数：1 年 4 ヶ月）

中堅者群:運転経験が 3 年超から 11 年未満の現役運転士 15 名（平均年齢：28.9 歳 / 平均運転経験年数：7 年 5 ヶ月）

(ア) 信号監視課題の結果

全運転士の分析と同様に，各群の信号監視課題反応時間を従属変数として，実験協力者内 3 要因分散分析を行った（無線連絡の種類×先行・後行列車の

別×無線提示前・中・後）．以下に各群の分析結果を示す．

初任者群：「無線提示前・中・後」の主効果が示された（$F(2,28)=11.12$, $p<.01$）．多重比較の結果，中盤よりも前半，後半が速い結果が示された．（図 4 参照）．

中堅者群：「無線提示前・中・後」の主効果が有意となった（$F(2,28)=6.781$, $p<.01$）．多重比較の結果，中盤よりも前半，後半が速い結果が示された．これは，全運転士・初任者群の分析結果と同様である．また，無線連絡の種類×先行・後行列車の別×無線提示前・中・後の 2 次の交互作用が有意となった（$F(8,112)=3.152$, $p<.01$）．多重比較の結果，全運転士の分析結果と同じく，重要度が高い人身事故の無線連絡を提示「後」、その無線連絡が後行列車情報の場合よりも先行列車情報の場合、反応がより速くなることがわかった（$p<.05$）。（図 5 参照）

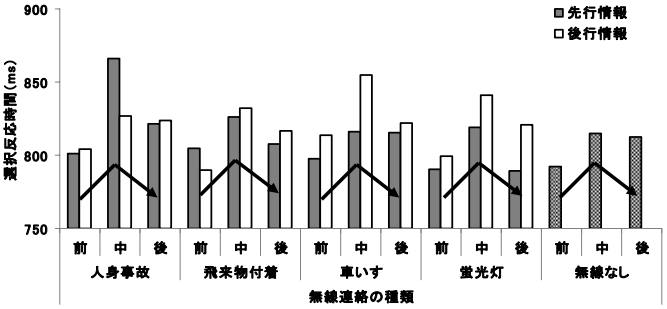


図 4 信号監視課題反応時間の結果（ms）
（初任者群）

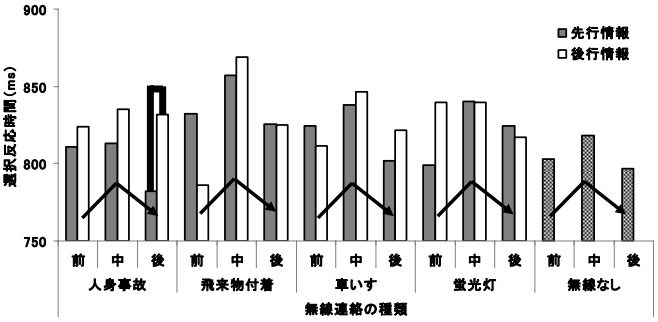


図 5 信号監視課題反応時間の結果（ms）
（中堅者群）

３．３ 考察

本実験の結果から，以下のことがわかった．

① 無線連絡提示中は，提示前後よりも信号監視課題の反応時間が長くなる

② 全運転士と中堅者群の分析結果のみにおいて，人身事故の無線連絡を提示「後」、その無線連絡が後行列車情報の場合よりも先行列車情報の場合に、反応がより速くなる

まず，①については，全運転士，初任者，中堅者群のすべてで同様の傾向が見られた．このことから，経験年数に関わらず，無線連絡の内容に注意を惹かれた場合には，課題に対する注意配分が小さくなり，その結果として反応が遅くなったと考えられる．

一方，②の傾向は初任者群では見られなかった．つまり，全運転士の結果で②の傾向が見られたのは，中堅群のパフォーマンスが全運転士の結果に大きく影響したと言えるだろう．

人身事故は大きくダイヤが乱れる内容であるため，日常とは大きく異なる異常時対応の運転作業を行う必要がある．しかも，先行列車からの人身事故情報は自身の今後の運転に関わってくる可能性が大きい．このような無線連絡を聞いた場合には，運転経験を重ねた運転士は後行列車からの人身事故情報を聞いた場合よりも，覚醒水準を上げる傾向にあるのかもしれない．その結果，先行列車からの人身事故の無線連絡を聞いた「後」，反応がより速くなったと考えられる．

つまり，今回の初任者群と中堅者群の結果の違いは，鉄道運転士が運転経験を経ることによって，無線連絡を積極的に活用し，運転をより効率よく活用しようと努めたことにより，無線連絡に対する注意特性が変容していく可能性を示していると言える．

【参考文献】

1) 上田真由子・内藤久士・臼井伸之介：無線連絡受信時における鉄道運転士の注意特性，人間工学 46(1)，pp.1-9，2010

2) 上田真由子・臼井伸之介：無線連絡受信時の注意特性 －経験年数の観点から－， 日本心理学会第 74 回大会発表論文集，p.1263，2010.

3) 芳賀繁・澤貢・藤浪浩平・宇賀神博：列車運転作業を模した課題を用いた室内実験による作業負担測定と負担度調査票の開発，立教大学心理学科研究年報，第 41 号，pp.25-34，1999

鉄道運転シミュレータにおけるトラブルイベント発生時のエラー分析

Analysis of errors when dealing with trouble events in operating a railway driving simulator

○和田一成*，守屋祥明*，横江隆司*，沖　覚*，藤野秀則*

*西日本旅客鉄道株式会社安全研究所

WADA Kazushige*, MORIYA Yoshiaki*, YOKOE Takashi*, OKI Satoru*, FUJINO Hidenori*

*Safety Research Institute, West Japan Railway Company.

1.　目的

様々な労働場面で、エラーが続くことにより大きな事故に発展することがある。本研究は、鉄道運転場面で起こるエラーの連鎖について、そのプロセスやメカニズムを実験的に確認することを目的としている。

和田[1)]では、鉄道運転場面に起こるエラーの連鎖として、エラーやトラブルに遭遇した際の情動の喚起によって後続のエラーが発生する過程を基本のプロセスと考えている（図 1)。しかしその核となるエラー・トラブル時の情動の内容や、その後のエラーへの影響ついては実証的な研究はほとんどない。そこで本研究では、鉄道運転シミュレータを用いて、トラブルイベント発生時の運転士の情動反応や対処行動を測定する実験を行った。

図 1　和田[1)]（一部改変）による連鎖の概念

2.　方法

2.1　実験協力者

現役運転士 40 名（全員男性、平均年齢 27.0 歳、運転士経験 2 年未満 20 名、5 年以上 10 年未満 20 名)。であった。

2.2　課題

課題は、シミュレータ上で与えられた行路を、途中のトラブルイベントに適切に対処しながら最終駅まで運転することであった。行路に含まれる駅は 7 駅で、どの行路も各駅停車とした。本試行の行路は全部で 5 本あり、そのうち 4 本では様々なトラブルイベントを発生させた。行路の例を図 2 に示す。この行路では、特殊信号発光機が動作（以下、特発動作)、軽微な停止位置行過ぎ（以下、停止位置行過ぎ（小))、踏切で人が飛び出してきて列車と衝突（以下、踏切人身事故）が発生したときにそれぞれに適切に対処しながら最終駅の玄海東まで運転することが課題であった（対処例およびその他のトラブルイベントについては、図 3、表 1 を参照)。なお、実験では、トラブルのまったくないベースライン行路も実施した。

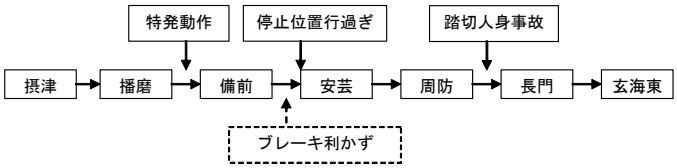


図 2　トラブルつき行路の例（A 行路）

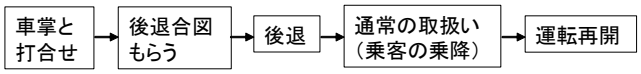


図 3　対処例（停止位置行過ぎ（小）の場合）

表 1　各行路のトラブル内容

行路	第1イベント	第2イベント	第3イベント
A	特発*動作	停止位置 行過ぎ(小)**	踏切人身事故
B	飛来物発見	停止位置 行過ぎ(大)***	踏切自動車 事故
C	信号急変	急病人発生	場内信号機消灯
D	踏切内自動車 進入（早期発見）	通告（踏切警報機 故障）	パイロットランプ 不点灯

*特殊信号発光機の略。
**ホーム内の軽微な行過ぎ
***ホームを外れた、大きな行過ぎ

2.3　手続き

実験の概要説明と練習を行った後、本試行を行った。本試行は全部で 5 本あり、まずトラブルのない行路を行い、続いてトラブルつきの行路 A から D の 4 本を行った。この 4 本の実施順序は、カウンターバランスした。実験協力者は、定められた運転時分に従って運転を行った。おおよその運転目安（停止ブレーキのタイミングなど）については、あらかじめ教示した。イベント発生の際には、車掌役や指令役の実験者と連絡を取り合い、適切に対処するよう求めた。運転中は、ノッチ・ブレーキなどの運転操作や対処作業に関わる動作、車掌・指令役との交信内容などを測定し、行路が終了するたびに質問紙を用いて各イベントでの感情や情動を測定した。

質問紙では、25 個の感情・情動語を提示し、それぞれの気持ちに「0.　まったくならなかった」から「8. 非常になった」までの 9 段階で評定させた。質問紙に用いた情動項目としては、野口・佐藤・吉川[3]および横江・和田・藤野・沖・守屋[4]から 21 項目、さらにトラブル時に発生すると思われる 4 項目を追加し、合計 25 項目とした。さらに、これらについて実験協力者が主観的に回答しやすいように形容詞表現に改めて質問紙に記載した（表 2）。なお、実験で設定したトラブルは全部で 12 種類だったが、停止位置行過ぎの場合はブレーキが効かなくなった場面と行過ぎて停車した場面を分けて質問するなど、場面を細分化したものがあったため、質問対象場面は計 15 種類となった。

質問紙への回答が終わると 10～30 分程度の休憩を取り、次の行路を運転した。すべての行路運転と質問紙への回答が終了した後、実験の感想などを聞いて実験を終了した。

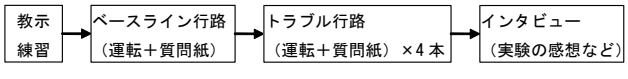


図 4　実験の流れ

行路 1 本の運転に約 30 分から 40 分の時間を要した。質問紙については、約 5 分から 10 分程度であった。

表 2　質問紙に用いた情動項目

怖い	悲しい	緊張した	楽しい	あきらめた
イライラした	安心した	苦しい	嫌な	後悔した
驚いた	うろたえた	くだらない	焦った	面倒くさい
ハッとした	恥ずかしい	うれしい	不安な	不愉快な
あわてた	面白い	とまどった	動転した	くやしい

3.　結果

3.1　情動質問紙

和田[2]では、情動質問紙の結果について因子分析を行い、トラブル発生時の情動反応が驚き・あわて因子、イライラ因子、くやしさ因子の三つの因子から構成されることを示した(表3)。本研究ではさらに、これによって得られた因子得点を用いてWard法によるクラスター分析を行った。その結果、表 4 のような四つのクラスターが抽出された。クラスターごとの因子得点の平均を図 5 に示す。図から、それぞれのクラスターにおける情動反応の特徴は、第一クラスターがいずれの因子も平均的、第 2 クラスターがくやしさ因子優位、第 3 クラスターがいずれの因子得点も他より低い、第 4 クラスターが全体的に因子得点が高い、特に驚き・慌て因子の影響が大きいということがわかった。

表 3　因子分析結果（和田[2] を改変）

評定値の平均が 0.1 未満の 5 項目は分析の対象外とした。

		1	2	3
第1因子　驚き・慌て　（α＝.935）				
あわてた		**.885**	−.050	−.015
驚いた		**.876**	−.049	−.104
動転した		**.875**	−.183	.129
焦った		**.870**	−.089	.008
うろたえた		**.784**	.118	−.023
とまどった		**.728**	−.021	.063
ハッとした		**.714**	.027	−.045
緊張した		**.675**	.049	−.010
不安な		**.641**	.179	−.109
怖い		**.636**	.110	.051
第2因子　イライラ　（α＝.798）				
不愉快な		.013	**.834**	.019
面倒くさい		−.145	**.750**	−.024
イライラした		−.003	**.699**	.016
嫌な		.188	**.554**	.041
あきらめた		.060	**.420**	.021
第3因子　くやしさ　（α＝.774）				
くやしい		−.069	−.047	**.929**
恥ずかしい		−.146	.013	**.587**
悲しい		.058	.040	**.568**
苦しい		.144	.153	**.552**
後悔した		.059	−.019	**.499**
因子間相関	因子1		.457	.347
	因子2			.521

表 4　クラスター分析結果

クラスター	トラブルイベント
第1	飛来物発見、信号急変、場内信号機消灯、自動車進入早期発見、パイロットランプ不点灯
第2	停止位置行過ぎ（小）
第3	特発動作、急病人発生、連絡依頼、踏切警報機故障通告
第4	ブレーキ無効（小）、踏切人身事故、ブレーキ無効（大）、停止位置行過ぎ（大）、踏切自動車事故

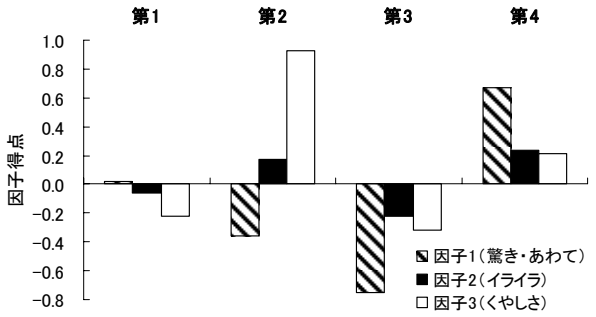


図 5　各クラスターの因子得点

表 5　作業手順例

第 2 クラスターの停止位置行過ぎ（小）と第 4 クラスターの踏切自動車事故での作業手順。作業段階 1, 2, 3 は、序盤、中盤、終盤を示す。

作業段階	達成率	内容
第2クラスター：停止位置行過ぎ（小）		
1	1.00	ブレーキ追加、非常停止手配
1	0.97	その他（序盤）
2	0.92	車掌と後退する旨を打合せ
2	0.92	合図「・・ー」により、所定停止位置まで後退
2	0.87	その他（中盤）
3	1.00	信号を確認喚呼し
3	0.87	逆転器「前」
3	0.97	「（知らせ灯）点よし、進行」ノッチ投入
3	1.00	その他（終盤）
平均	0.95	
第4クラスター：踏切自動車事故		
1	0.95	非常気笛吹鳴
1	1.00	非常停止手配
1	0.74	機関停止（パン降下 or TE使用）
1	0.83	列車防護
1	0.92	その他（序盤）
2	1.00	車掌に連絡、打合せ
2	0.96	指令に状況を連絡
2	0.21	係員召集気笛吹鳴
2	0.82	その他（中盤）
3	0.89	車掌と打合せ
3	0.58	パン上げ等、運転再開準備
3	1.00	車掌の出発合図を受け、運転再開
3	0.89	その他（終盤）
平均	0.83	

3.2　エラー行動（作業達成率）

次に、各グループのエラー反応の分析を行った。今回の分析では、適切な対処作業が履行されない場合をエラーであると考え、適切な対処作業がどの程度達成されたかを分析した。対処作業としては、それぞれのトラブルイベントについて、当社の規定を参考に実験状況に沿った作業手順を定めた。設定した作業手順の例を表 5 に示す。なお、表中の「その他」は、定められた手順からの逸脱に分類しにくいエラー（言い間違いや必要な機器操作の失念など）をカウントするための項目として設けたものである。

それぞれの作業手順について達成率を算出し、作業段階を作業の序盤、中盤、終盤に分けて平均値を算出した。これらの達成率について、クラスター4（第 1・第 2・第 3・第 4）×作業段階 3（序盤・中盤・終盤）の 2 要因分散分析（いずれも被験者内要因計画）を行った。その結果、クラスターの主効果、作業段階の主効果、両者の交互作用のすべてで有意差が得られた（$F_1(3, 114) = 23.14$, $F_2(2, 76) = 15.55$, $F_3(6, 228) = 15.62$, いずれも$p = .000$）。クラスターの主効果について、Bonferroni法による多重比較を行ったところ（有意水準は 5%に設定）、第Ⅳクラスターが第 1、第 2、第 3 のいずれのクラスターよりも有意に達成率が低かった。また、作業段階の主効果について同じく多重比較を行ったところ、作業終盤の達成率が序盤、中盤よりも有意に達成率が高かった。

さらに、クラスター×作業段階の交互作用について下位検定を行ったところ、第 4 クラスターにおける作業段階の単純主効果が有意となった（$F(2, 78) = 34.104$, $p = .000$）。Bonferroni 法による多重比較を実施したところ、中盤の達成率が序盤、終盤よりも有意に低かった。また、中盤におけるクラスターの単純主効果が有意であり（$F(3, 114) = 19.24$, $p = .000$）、同じく多重比較の結果、第 4 クラスターの達成率が第 1、第 2、第 3 の各クラスターよりも有意に低かった。さらに、終盤におけるクラスターの単純主効果も有意となり（$F(3, 114) = 7.82$, $p = .000$）、多重比較の結果、第 4 クラスターの達成率が第 2、第 3 クラスターの達成率よりも有意に低くなっていた。

4.　考察

本研究では、鉄道運転シミュレータを用いて、トラブル発生時の情動反応やその後の行動についての

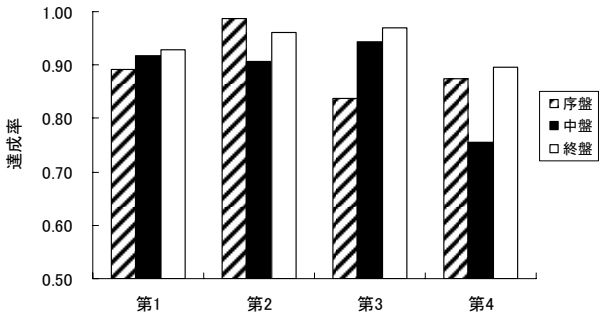


図 6　各クラスターの作業段階別達成率

検討を行った。その結果について考察する。まず、トラブル発生時の情動反応は、和田[2)]の分析から、驚き・慌て、イライラ、くやしさの三つの因子によって構成されると考えられる。驚き・慌て因子は急なトラブルに遭遇した際の覚醒次元の反応を、イライラ因子はトラブルの対処における快・不快次元の反応を、くやしさ因子は事象の結果や自分の行為に対するネガティブな評価（つまり、社会的・内省的次元の反応）を表していると考えられる。

これらの反応が、トラブルの種類によってどのように出やすくなるかをクラスター分析によって検討したところ、第 1 クラスターが平均的、第 2 クラスターがくやしさ優位、第 3 クラスターが情動発生が小さい（特に驚き・慌て）、第 4 クラスターが情動発生が大きい（特に驚き・慌て因子の影響が大きい）ということがわかった。それぞれのクラスターに含まれるトラブルの内容から考察すると、第 1 クラスター・第 3 クラスターともに、あまり突発的ではない事象によって構成されるため、情動の発生がそれほど高くはなっていないと考えられる。特に、第 3 クラスターは実際の業務場面での遭遇頻度から見てもそう珍しいものではなく、他のクラスターに比べても驚き・慌てなどはあまり起こらなかったと考えられる。これらに比べて第 4 クラスターのトラブルは突発的で事象の重大性も明確で、対処作業も複雑になることが多い。従って、驚き・慌てや不快感が起こりやすい状況である。このように、トラブルにより誘発される状況の違いに従って、これに適合した情動反応が起こることが示唆された。ただしトラブルからの誘発状況については条件が統制されていないので、今後の実証的検討が必要である。

また、作業の達成率についての分析からは、作業終盤での達成率が序盤・中盤よりも高いこと、第 4 クラスターでの達成率が他よりも低くなること、その中でも作業中盤でより低くなることが示された。第 4 クラスターは情動の発生、とりわけ驚き・慌て因子による反応が大きく、達成率の低さは情動発生と関連があることがこの結果から示唆される。作業終盤ではトラブル発生時の驚きの影響も低くなることが予想されるので、終盤での達成率が他の段階よりも高くなることは覚醒次元の情動とエラーの関連を示唆する結果と考えられる。ただし、第 4 クラスターの作業中盤で最も達成率が低くなることについては、情動の影響が続いているからなのか、作業そのものの難易度によるのかは今回の実験からは決定できない。これについては、課題の難易度やエラーの種類をより統制した実験を今後行っていく必要があるだろう。

以上、今回の実験から、情動の発生とエラーの発生のしやすさとは関連があることが示唆された。今後は、課題の統制や、より効果的な指標を用いて詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

1)　和田一成：鉄道運転場面におけるエラー連鎖の概念整理と事故事例分類，日本心理学会第 73 回大会発表論文集，p. 1326，(2009).

2)　和田一成：鉄道運転シミュレータにおけるトラブルイベント発生時の情動反応，日本心理学会第 74 回大会発表論文集，p. 1262，(2010).

3)　野口素子・佐藤弥・吉川左紀子：情動喚起刺激としての映像：日本人被験者による評定実験，電子情報通信学会技術研究報告，HCS，ヒューマンコミュニケーション基礎，104(745)，pp. 1-6，(2005).

4)　横江隆司・和田一成・藤野秀則・沖覚・守屋祥明：鉄道運転士へのトラブル時のサポート向上に関する調査，日本機械学会論文集 C 編，Vol. 76，No. 770，pp. 2358-2363，(2010).

大学における化学薬品飛散事故の実態と保護具非着用の背景要因

Human Factors in Chemical Substance University Accidents and Protective Eyewear Devices

○太刀掛 俊之*，山本 仁**，臼井 伸之介***

*大阪大学教育・情報室　**大阪大学安全衛生管理部　***大阪大学大学院人間科学研究科

TACHIKAKE Toshiyuki*, YAMAMOTO Hitoshi**, USUI Shinnosuke***

* Education and Information Board, Osaka University, ** Department for the Administration of Safety and Hygiene, Osaka University, ***Graduate School of Human Sciences, Osaka University

1. 序

国立大学は 2004 年の法人化によって労働安全衛生法の適用対象となった。それに伴い、一部の大学では、安全管理担当の専任部署が設置され、研究教育時の事故予防を目的に、事故事例が体系的に収集されるようになった。しかしながら、収集された事故は集計上の分類に概ね留まっており、事故に至る背景要因と併せて分析されるケースはこれまでに見当たらない。本研究では、一国立大学法人の安全管理担当部署が収集した事例の傾向分析と、それに続く筆者らの調査をもとに、大学における安全管理の在り方について検討する。

2. 目的

本研究の第１の目的は、大学の研究教育場面で化学物質が飛散する事故について、当該事故が発生した際に保護めがね（以下、保護具）を着用していたか否かを確認し、これまで注目されることの少なかった事故の発生傾向と作業者の安全行動を明らかにすることである。また、第２の目的は、各研究室に対する調査を実施することで保護具着用が研究室レベルでどの程度浸透しているかの実態を明らかにし、保護具非着用に至る背景要因について併せて考察を行うことである。

3. 調査方法

一国立大学の安全担当部署に報告された事例をもとに、今回対象となった化学物質の飛散事故について保護具の着用がなされていたか否かについて、可能な範囲で確認を行った。また、キャンパス内で開催される安全衛生委員会を経て、各研究室に対して保護具の着用に関する調査を協力依頼し、研究室に所属する教職員から回答の協力を得た。

4. 結果

2004 年 4 月から 2008 年 3 月までに収集された事故のうち、化学物質に関連する事故は 91 件であった。図 1 で示されるとおり、保護具の着用状況が確認された事例は合計 45 件であり、うち全体の 77.8%が、事故発生時に保護具を着用していなかったことが明らかとなった。

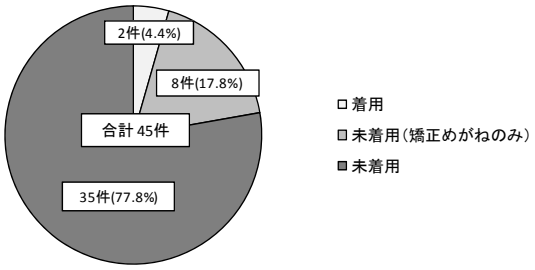


図１．化学物質飛散事故における保護具着用状況

各研究室において、化学物質使用時における保護具の着用状況を調査した結果、49 の研究室から有効な回答が得られた。回答者は研究室に所属する教員が主であった。図２は、保護具着用が必要とされる作業において、各研究室の保護具着用状況（研究室全体の作業時間のうち、どの程度の割合で保護具の着用がなされているか）を示した結果である。また、図３は、各研究室において化学物質が眼に入る等の事故発生の有無と、保護具着用状況との関連を示した結果である。さらに、図４では、指導の立場にあると推測される調査回答者と研究室における保護具着用状況の相関を示した結果である（r=.65）。

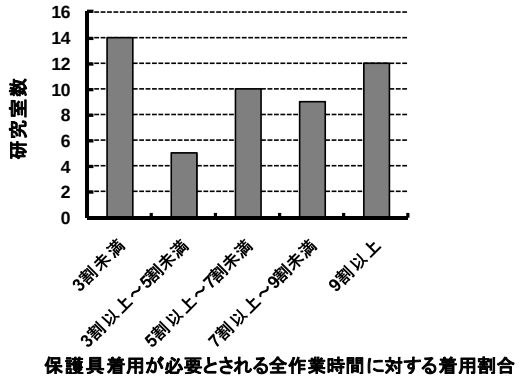


図２．各研究室における保護具着用状況

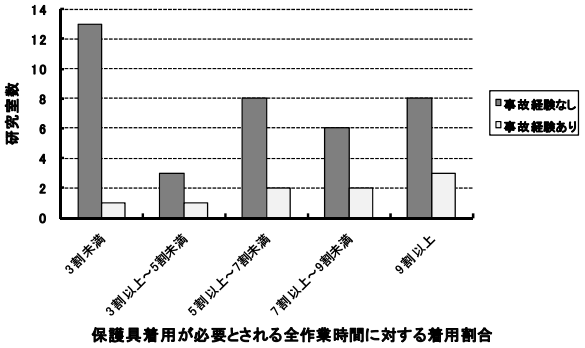


図３．研究室の事故発生有無と研究室全体における保護具着用状況との関係

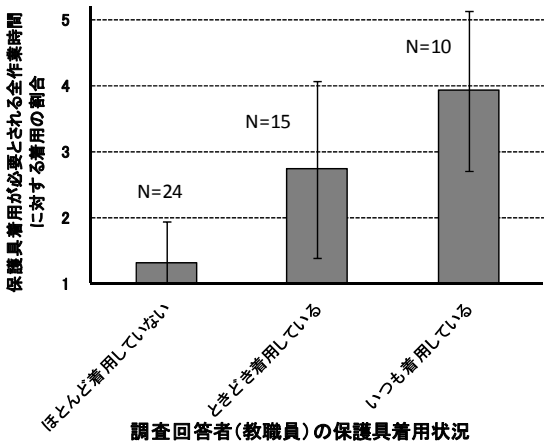


図４．指導的立場にある教職員と研究室全体における保護具着用状況との関係

注）縦軸の表記　1:3 割未満，2:3 割以上～5 割未満，3:5 割以上～7 割未満，4:7 割以上～9 割未満，5:9 割以上

5. 考察

図１の化学物質飛散事故の傾向から、事故に遭遇した際、作業者の大半が保護具を着用していない状況であることが分かる。また、矯正めがねを保護具の代用として使用し、眼を負傷する事例が認められている。本研究で報告される全ての事故事例が眼の負傷を伴うものではないが、図２から着用状況が３割未満と回答した研究室数の結果と併せて、保護具の着用が常態ではなくリスクの高い状況が示されている。また、図３から、保護具非着用の背景要因について、化学物質が眼に入る等の事故を経験した研究室は回答数が少なく、過去の事故経験が保護具の着用に関連するかについて明確に結論することはできないが、事故経験が無い場合においても、着用状況が３割未満である研究室数が目立っている。さらに図４では、指導の立場にあると推測される回答者の着用状況が、研究室全体の着用状況に対して相関の関係が認められることから、教職員と学生等を含む研究室全体の安全確保に際して、メンバーの同調行動が背景要因として作用しているものと推測される。

化学物質接触事故の予防については、化学物質が有する特性や作業手順のリスクを考慮したうえで検討する必要があり、保護めがねの着用状況のみに注目して議論することは出来ない。しかしながら、本研究の結果は、研究教育時の事故予防について、学生のみならず、教職員を含めた安全教育が必要であることを示している。

6. 今後の展開

保護めがねの非着用の要因として、本研究で指摘されたメンバーの同調行動のほか、化学物質の実際の飛散に対して保護めがねが事故予防を果たしているにも関わらず、それらの機能に気付いていないケースが挙げられる[1)]。今後の展開としては、本研究の結果を踏まえながら、保護具着用を促進するための効果的な安全教育の在り方について、リスク認知の観点から検討を進めていきたい。

参考文献

1) Steven J. Garrett., June K. Robinson.: Disposal Protective Eyewear Devices for Health Care Providers -How Important Are They and Will Available Designs Be Used?-, Journal of occupational medicine, Vol. 35, No.10, pp.1043-1047 (1993).

高齢者のヒューマンエラーに起因した製品事故の検討
～　電動車いすによる事故のヒューマンエラーとリスクの分析　～

○久本誠一（製品評価技術基盤機構事故リスク情報分析室/
京都工芸繊維大学総合プロセーシス研究センター）

Consideration on product accidents caused by human errors by elderly people
- Analyses of human errors and risks in electric wheelchair accidents -

**Seiichi HISAMOTO (National Institute of Technology and Evaluation/
Holistic Prosthetics Research Center of Kyoto Institute of Technology)**

１．はじめに

「移動」の可否はQOLに直接的に影響する．高齢者の移動支援の手段として，ここ数年，電動車いすが普及しているが，ハンドル型の電動車いすに係る事故が問題となっている[1)]．本稿では，ハンドル型電動車いすの事故に係る情報を，ヒューマンエラーとリスク評価の観点で検討した結果を報告する．

２．対象データ

重大製品事故の報告制度に基づいてこれまでにNITEが収集した40,000件以上の事故情報のうち，平成17年度から平成21年度の5年間に報告されたハンドル型電動車いすに係る事故，65件を対象とした．

３．方法

３．１　ヒューマンエラーに関連した事故の抽出

事故の内容を吟味し，運転者のヒューマンエラーに関連すると考えられる事故を抽出し，被害者の年齢，危害の程度，使用期間等について整理するとともに，発生したヒューマンエラーを，Slip（錯誤），Lapse（失念），Mistake（ミステイク），Violation（違反）の4つのカテゴリー[2)]に分類する．

３．２　製品のもつリスクの評価

事故を発生した製品のリスクを評価する．評価は，ISO/IEC Guide 51[3)]のリスクの定義（risk: combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm）をベースに，既存のマトリクス法[4)]を参考とし，事故で発生した危害の程度と，製品の生産台数に基づいて算出した事故の発生頻度のマトリクスによって評価する．

４．結果と考察

４．１　ヒューマンエラーに起因した事故の抽出

65件のうち，運転者のヒューマンエラーに関係すると考えられる事故は39件と60%を占めた．また，表1に示すとおり重大な危害（死亡及び重傷）を伴った事故のほとんどが，ヒューマンエラーに関連する事故であった．

表1　ヒューマンエラーに係る事故の危害

	死亡	重傷	軽傷	拡大被害	製品破損	被害なし	合計
全案件	18	16	8	1	18	4	65
HE関連	17	14	5	1	2	0	39

＊HE:ヒューマンエラー　（件）

被害者の年齢と危害の程度を整理して，表2に示す．事故発生件数は80歳代が17件と最も多かったが，90歳代においても死亡事故3件，重傷事故1件が報告されており，90歳を越える高齢者が電動車いすに乗り，大きな危害を伴う事故が発生している実態が明らかになった．

表2　被害者の年齢と危害の程度

年齢	死亡	重傷	軽傷	拡大損害	製品破損	被害なし	合計
90歳代	3	1					4
80歳代	7	8	1		1		17
70歳代	6	1	2	1			10
60歳代	1	1	1		1		4
50歳代		1	1				2
不明		2					2
合計	17	14	5	1	2	0	39

（件）

製品の使用期間と危害の程度を整理して，表3に示す．1年未満の使用期間で発生した事故が19件と突出しており，使用開始後の比較的短期間で事故が発生した背景には，製品のヒューマンインタフェース上の問題の存在が疑われる．

また，ヒューマンエラーに係る事故39件のうち，偶発的に発生した事故（意図せずに身体が走行レバーに接触した等）2件を除く37件について，エラーの種類を分類して表4に示す．Slipの特徴的な事故は，パニック時の操作誤り（5件）であり，

高齢者がパニックに陥った状態でも操作可能な設計が求められる．Mistakeの多くは運転ミスで，速度の目算誤り等が多いが，下り坂でクラッチを切って惰力走行した結果，オーバースピードになる事故が特徴的で，製品設計で防止可能と考えられる．

表3　製品の使用期間と危害の程度

使用期間	死亡	重傷	軽傷	拡大被害	製品破損	被害なし	合計
1年未満	8	9	2				19
1年～	1		1				2
2年～	3		1				4
3年～							0
4年～							0
5年～	1	1					2
6年～							0
7年～			1				1
8年～							0
9年～							0
不明	4	4		1	2		11
合計	17	14	5	1	2	0	39

（件）

表4　ヒューマンエラーの分布

年齢	Slip	Lapse	Mistake	Violation	合計
90歳代	3		1		4
80歳代	6		10		16
70歳代	3		5	1	9
60歳代	2		2		4
50歳代			2		2
不明	2				2
合計	16	0	20	1	37

（件）

４．２　製品のもつリスク評価

リスク評価にあたって，危害の程度と事故発生頻度は表5に示す指標で整理した．頻度の指標「0」は，社会が許容する事故発生頻度を意味し，現状の我が国での事故発生頻度の概算から定めた．

表5　危害の程度と発生頻度の指標

危害の指標	0	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
生命・身体への危害	なし	軽傷	通院加療	重症，入院	死亡
財産（製品）への危害	なし	製品発煙	製品発火	小火	建物火災

頻度の指標	0	1	2	3	4	5
事故件数/稼働台数	10E-7以下	10E-6以下 10E-7超	10E-5以下 10E-6超	10E-4以下 10E-5超	10E-3以下 10E-4超	10E-3超

この指標に基づき，リスク評価が可能であった26件の評価結果を図1に示す．各セルにプロットされた数字は被害者の年齢である．図では，危害が重大で，発生頻度が高い領域（図の右上方）ほどリスクが高くなり，特に太線で囲まれた領域にリスクがプロットされた場合，同種事故の発生を未然防止するために直ちに何らかの対応策が必要と考えられる[4]．

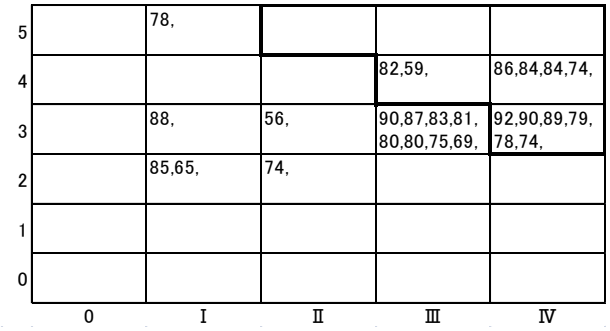


図1　被害者の年齢と製品リスクの分布

５．おわりに

ヒューマンエラーに起因する事故の対策は，「製品の改善」と「使用者への注意喚起」の双方から進める必要がある．前者の具体策は，エラープルーフ（ヒューマンエラーを起こしにくい設計，並びに，ヒューマンエラーを誘発しても重大な危害を生じない設計）である．本稿ではヒューマンエラーの分類と，製品がもつリスクの評価を試みたが，今後，エラープルーフの観点から，Event Tree Analysis等の詳細な検討を加えたい．また，リスク評価については，製品のリスクのみならず，製品が社会に暴露されることによるリスク（生産台数が多いほど，高リスクとなり，製品リスクと逆の性格をもつ）を今後の課題としたい．

自動車による人身交通事故のうち高齢運転者による事故が占める割合が増加するなかで，警視庁は高齢者の運転免許証の返納を進めているが，電動車いすは自動車に乗らなくなった高齢者の移動手段として有用である反面，その運転には自動車に準ずる運転技術や注意が求められると考えられ，事故の未然防止には，電動車いすの設計や，その運用において，十分な検討が必要と考えられる．

参考文献

1) http://www.nite.go.jp/jiko/poster/data/0120.pdf

2) IEC 60601-1-6: 2006 Medical electronical equipment - Part 1-6: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral standard: Usability, Annex B

3) ISO/IEC Guide 51 : 1999 “ Safety aspects – Guidelines for their inclusion in Standards”

4) 日科技連R-Map研究会編著，R-Map実践ガイダンス，日科技連出版社，2004

単純作業におけるミスの発生原因について～紙仕分け実験の考察～

On the Cause of Mistake during Monotonous Work
― Consideration of Experiment of Paper Classification ―

○上平宇篤[1]，豊山裕之[2]，太田智子[3]，新井実生[4]，
笹岡奈津美[4]，阪田将揮[4]，久米雅[5]，濵田泰以[4]
1 中央ビジネスグループ　2 松潮物流株式会社　3NPO 法人伝統みらい
4 京都工芸繊維大学　5 京都文教短期大学

UEHIRA Takashige[1], TOYOYAMA Hiroyuki[2], OTA Tomoko[3], ARAI Mio[4],
SASAOKA Natsumi[4], SAKATA Masaki[4], KUME Masashi[5], HAMADA Hiroyuki[4]
[1]Chuo Business Group, [2]Matsushio Logistics Co. Ltd.,
[3]Future-applied Conventional Technology Center, [4]Kyoto Institute of Technology,
[5]Kyoto Bunkyo Junior College

1. はじめに

人が行う単純作業に関する研究は，約１００年前から行われている．これらの多くは生産現場における生産性および作業効率の向上を目的とするものであった．現代社会における単純作業は，生産現場のみならず事務系職務においても多数存在しており，多くの場合，企業内教育を十分に受けていないパート，アルバイト等の非正規従業員（非熟練者）が行っている．すなわち，現代においては，事務系職種における非熟練者による単純作業の生産性および効率性の向上が重要となってきた．

そこで，本研究は事務系職務における単純作業をも念頭において，単純作業におけるミスが如何なる原因により発生するのかを解明するために，『紙仕分け実験』を行った．

2. 方法

2.1 『紙仕分け実験』

『紙仕分け実験』の内容は以下の通りである．①京都工芸繊維大学大学院学生募集要項（以下，「冊子」）を(a)裏表紙，(b)宛名シール，(c)封筒，(d)履歴書（色紙）(e)裏紙，(f)廃棄紙の６種類に仕分け整理する作業を，被験者１人当たり１２０冊行い，この様子を VTR 撮影する．

②VTR により作業の様子を行動観察し，(a)作業時間，(b)ミスの回数，(c)ミスの種類，(d)ミスの発生タイミングを調べた．

③①の作業時における心拍数測定，作業前後の握力測定，唾液アミラーゼ測定及び性格テストを併せて行った．

2.2 ミスの定義

単純作業のミスは次の６種類に分類できる．

①迷い　各紙を冊子からはずした後，整理する際に置き場所に迷う

②置間違い（方向）　整理する際，紙の表裏，方向を統一するというルールに違反した置き方をする

③置間違い（場所）　整理する際，置場所を間違える

④破れ　各紙を冊子からはがす際，紙を破いてしまう

⑤抜き忘れ　冊子からはがし整理すべき紙をはがしわすれ，廃棄紙とする

3. 結果

被験者９人に『紙仕分け実験』を行い，このうち６人のデータをまとめた．

3.1 作業時間とミスの発生タイミング

被験者６人の一冊当たりの作業時間とミスの発生タイミングを図１から図６に示す．６人の被験者の間では作業時間とミスの発生タイミングについて共通点は見られなかった．

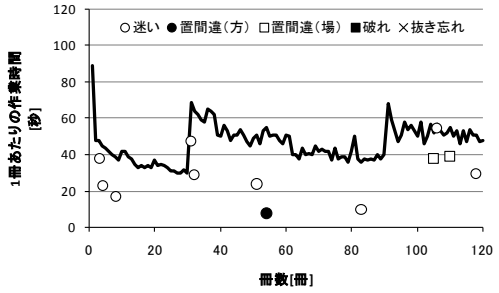


図１　被験者 A の作業時間とミス発生タイミング

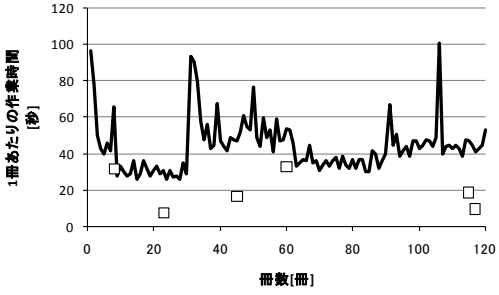


図２　被験者 B の作業時間とミス発生タイミング

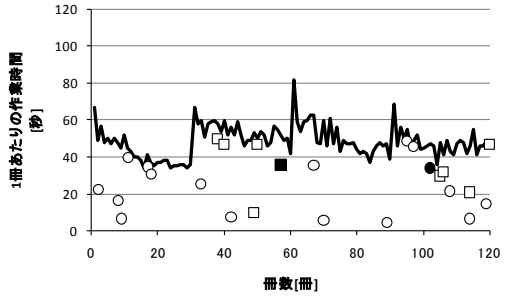


図３　被験者Ｃの作業時間とミス発生タイミング

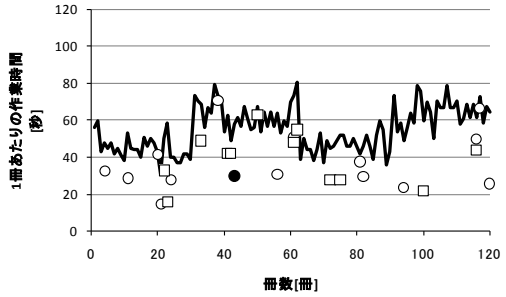


図４　被験者Ｄの作業時間とミス発生タイミング

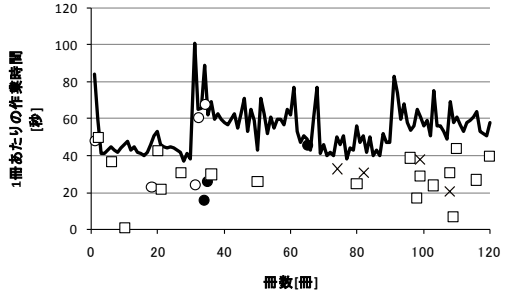


図５　被験者Ｅの作業時間とミス発生タイミング

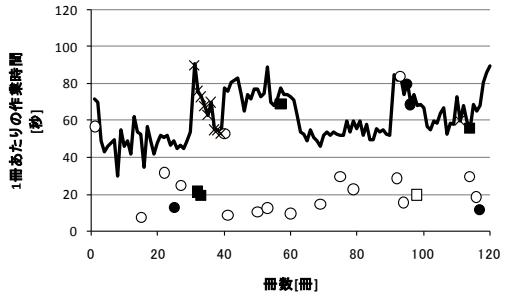


図６　被験者Ｆの作業時間とミス発生タイミング

3.2 平均作業時間とミスの回数との関係

平均作業時間とミスの回数の関係を図７に示す．両者の間には有意（$p<0.01$）な正の相関（$n=24, R=0.642$）がみられた．

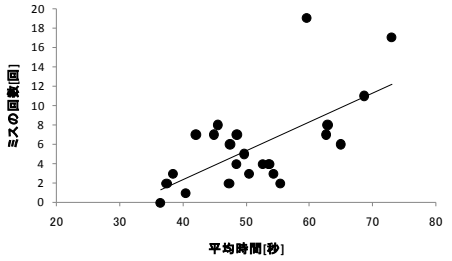


図７　平均作業時間とミスの回数の関係

3.3 握力とミスの回数との関係

握力とミスの回数の関係を図８に示す．両者の間には有意（$p<0.05$）な負の相関（$n=6, R=-0.764$）がみられた．

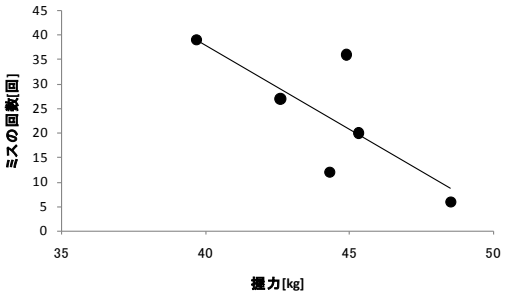


図８　握力とミスの回数の関係

4. 考察

この結果から，単純作業におけるミスの発生は「疲労」により大きく影響を受ける可能性が示唆された．すなわち，筋力が大きい程疲労が少なくミスの発生が少なくなり，ミスの発生が少ない程作業時間が短くなるということである．

本報告の『紙仕分け実験』は，①紙をはがす作業，②紙を整理する作業の２種類の作業を行うものである．このうち①紙をはがす作業が加わったために，一般の仕分け作業よりも被験者の疲労度合が強くなり「疲労」がミスの発生原因であるという結果が得られたものと考えられる．したがって，今後の研究において「葉書の仕分け作業」などの単純な仕分け作業におけるミスの発生と今回の実験で得られた結果との相関関係を検討したい．

また，今回の実験において被験者９名中３名を考察対象から除外した．この３名は単純作業をパターン化する初期段階で「抜き忘れ」を行い，それがパターン化された結果，全ての冊子で「抜き忘れ」を行ったからである．このミスはミス全体の１/３を占めており，作業パターンを習得する初期段階にけるミスが単純作業におけるミスの回数に大きく影響すると考えられる．したがって，今後の研究においては，作業パターンを習得する段階のミスの発生に影響を与えると考えられる作業を段取る力（＝「段取力」）についても検討を行っていきたい．

5. まとめ

①平均作業時間とミスの発生回数との間に正の相関関係がみられたことによる「作業時間が短い程ミスの回数が少ない」

②握力とミスの発生回数との間に負の相関関係がみられたことによる「筋力が大きい程ミスの回数が少ない」

一般発表 1P

12 月 4 日　午後
1 号館 3 階

---

132 室

1P1　人間計測・人間特性 （13:30～15:00）

【座長】　渋谷 雄（京都工業繊維大学）

133 室

1P2　歩行・動作 （13:30～15:00）

【座長】　久米 靖文（近畿大学）

掌上の刺激呈示位置が Phantom Sensation の知覚に与える影響

Influence of perception of phantom sensation on the location of stimulus presentation on the palm

〇林勝佳*，木戸順規**，近藤和久**，小谷賢太郎**，朝尾隆文**
*関西大学大学院理工学研究科　**関西大学システム理工学部
HAYASHI Masayoshi*, KIDO Nobuki*, KONDO Kazuhisa*, KOTANI Kentaro**, ASAO Takafumi**
*Graduate School of Engineering, Kansai University, ** Faculty of Engineering Science, Kansai University

1. はじめに

我々はこれまで呈示刺激に空気噴流刺激を用い，刺激呈示方法に触覚の Phantom Sensation(以下 PS，図 1)を用いた，非接触型の触覚ディスプレイを製作した．本装置で８種類の簡易図形(三角形，九角形，台形，凹，凸，矢印型，Y 字型，W 字型)を呈示し 90%以上の正答率を得ることが出来た[1)]．一方で，刺激の呈示部位により PS の知覚の明瞭さに違いが生じたことが認められた．この現象について我々は，刺激位置による知覚感度が異なることが，PS 知覚の明瞭さに影響を与えていると推測した．PS は二点弁別閾内で生起する錯覚現象である．したがって，二点弁別閾が異なる呈示領域では，同じ刺激点間距離で PS を生起させた時，PS の明瞭さにも影響があると考えられる．

嶋脇らは，刺激呈示部位の違いが二点弁別閾に与える影響を知るため，ヒトの手を細かい領域にわけて二点弁別閾を計測した[2)]．その結果，掌上の細かい領域によっても二点弁別閾が異なることが認められた．この結果から我々が呈示した PS も，刺激の提示位置によって二点弁別閾が異なったため，生起した PS の知覚像の印象が異なったと考えられる．

しかし，嶋脇らの調査結果はノギスを用いた圧覚刺激によるものであり，本装置で用いられる非接触の空気噴流刺激で同様の結果が得られるか検証する必要がある．また，刺激条件が PS 知覚に与える影響についてデータを得ることは，今後 PS を用いた触覚インタフェースの設計に有効であると考えられる．

本研究は，空気噴流刺激を受けたヒトの触覚の情報処理に関する知識を得ること，そして情報伝達手段としての PS の利用可能性を検討することを目的とする．本報告では，空気噴流を呈示刺激とする非接触型触覚ディスプレイを用いて，掌上に与えた空気噴流刺激による刺激位置が PS の知覚の明瞭さに与える影響の調査をまとめている．

2. Phantom Sensation

本研究では PS を利用して，掌の任意の位置に空気噴流刺激を呈示した．PS とは，皮膚上のある距離を隔てた 2 点を同時に刺激すると 2 刺激は個別には感じられずに 2 点間の中間に単一の刺激として知覚される現象のことを言う．一方の刺激強度を変化させることにより知覚位置が強度の大きいほうへ偏移することがわかっている[3)]．

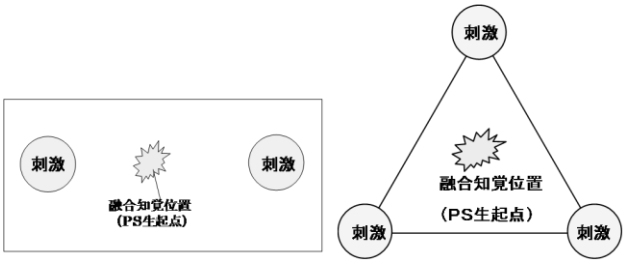


図 1　2 点刺激 PS(左)と 3 点刺激 PS(右)

本研究では，任意の位置に刺激を生起させるため，3 点同時刺激による PS の生起を用いた．3 点同時刺激によって PS が発生することは，機械振動刺激[4)]や電気刺激[5)]では確認されている．多点同時刺激の条件としては，4 点は 2 点と比べ，情報伝達能力が低下する[4), 5)]との報告があるため，ここでは明瞭性を重視し，図形呈示を行う上で最小の数である 3 点同時刺激方式を選択した．

3. 空気噴流刺激型触覚ディスプレイ

我々が製作した触覚ディスプレイを図 2 に示す．エアコンプレッサ（日立工機 EC1430H2）で空気を圧縮し，精密レギュレータ（CKD RP2000-8-08-G49PBE）で空気を適切な圧力に調整，ノズル（スプレーイングシステムジャ

パン HB-1/8U-SS0003）から掌へ空気を呈示する．刺激の大きさ・呈示時間はパソコンから電空レギュレータ（CKD EVD-1900-P08 SN）に，バルブ開閉はパソコンから電磁バルブ(KOGANEI 025E1-2 (DC24V))に信号を送り制御する．

図 2　非接触型触覚ディスプレイ装置の外観

4.　実験方法

4.1　実験環境

被験者には図 3 に示すように，非利き手を掌の中央部が空気噴流を射出する刺激呈示部(図 4)の中心に来るように手をかざしてもらい，最も刺激を明確に感じる位置に調節させた．手の位置を定めさせた後，音を遮断するために耳栓をつけ，そのうえにヘッドホンを装着してもらった．

図 3　被験者の様子

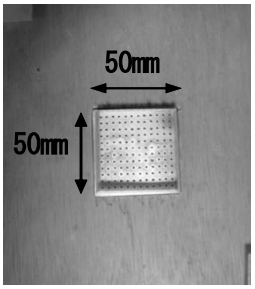


図 4　刺激呈示部

4.2　実験手順

実験手順を以下に示す．また，図 5 に 1 試行の流れを，表 1 に実験条件を示す．

1. 被験者の掌上のある位置に PS を呈示する．
2. 知覚した PS の評価を，以下の選択肢の中から口頭で回答してもらう．（「①PS をはっきりと感じる」「②刺激が広がってぼやけて感じる」「③刺激が複数点に感じる」の 3 つから選択してもらう．）
3. 被験者の回答を確認したら，次の試行に移る．
4. 1～3 を 1 セット分(PS 呈示位置 9×9＝81 点)繰り返す．1 セット終了時に休憩を挟む．
5. PS 呈示 81 点を 5 セットの計 405 回を順に呈示する．

表 1　実験条件

被験者数	健常成人 6 名
呈示部位	非利き手の掌
ノズル孔間距離	5mm
PS 呈示方法	同時同強度の 3 点刺激の重心位置に PS が生起すると仮定
PS 呈示位置	掌上 9×9 マトリクスの 81 点
総呈示圧力	100kPa
総試行回数	81 点×5 回=405 試行

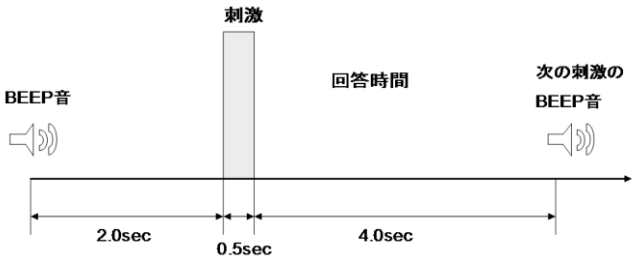


図 5　1 試行の流れ

4.3　刺激呈示位置

実験で与えた PS の呈示位置と，掌との位置関係を図 6 に示す．呈示した PS を刺激呈示位置で評価するため，被験者の回答した選択肢を①=3 点，②=2 点，③=1 点とし，PS 呈示位置 1 か所の合計得点を集計した PS の明瞭さの評価点＝PS 評価点を用いた(1 か所につき 5~15 点の配点となる)．呈示した PS 全 81 点は 9 つの領域に分割し，各領域取得した PS 評価点の分散分析を行うことで，領域間の PS 知覚についての評価を行った．また，被験者の掌上の PS 知覚の様子を把握し易くするため，全被験者の PS 評価点を合計して作成した PS 知覚の明瞭度を表わすトポグラフを図 7 に示す．

4.4　トポグラフ

トポグラフは図 6 の PS 呈示箇所の位置関係と対応しており，図の上下が指先～手首に，左右が小指～親指に対応している．トポグラフの指標を図 8 に示す．トポグラフの画像色は，被験者の PS 評価点(5 試行の合計得点)が高ければ黒に，低ければ白に近づく．トポグラフ製作に使用した計算式を以下に記す．

点数を 255 階調で高いほど黒に近づくようにするため，刺激点 i の RGB 値を X_i，PS 評価点を p とし，両者の関係を式(1)に示す．

$$X_i = 255 - 25.5 \times (p - 5) \cdots\cdots (1)$$

次に補間点の推定法について記す．ある補間点は，全て

の刺激点から距離に比例した影響を受けると仮定した．したがって，一つの刺激点が与える影響は補間点までの距離によって異なる．ある補間点 A を例に計算方法を以下に示す．

① 各 PS 呈示点との距離を L_{A1}，L_{A2}，L_{A3}，…L_{An} (n:刺激点数)とする．

② 点 A における距離の逆数の総和 K_A を求める…式(2)

$$K_A = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{L_{Ai}}\right) \cdots\cdot (2)$$

ある PS 呈示点 i における A までの距離の重み W_{Ai} は，次の式(3)で得られる．

$$W_{Ai} = \frac{\frac{1}{L_{Ai}}}{K_A} \cdots\cdot (3)$$

ある PS 呈示点の RGB 値を X_i とし，点 A の RGB 値を X_A とすると，式(4)のようになる．

$$X_A = \sum_{i=1}^{n} (W_{Ai} \times X_i) \cdots\cdot (4)$$

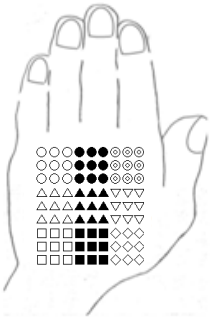


図 6　PS 呈示位置 81 点と その領域分け

【指先側】○領域Ⅰa，●領域Ⅰb，◎領域Ⅰc

【掌中側】△領域Ⅱa，▲領域Ⅱb，▽領域Ⅱc

【手首側】□領域Ⅲa，■領域Ⅲb，◇領域Ⅲc

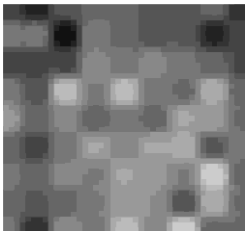


図 7　被験者全体の PS の平均明瞭度

PS を感じない　　PS を明瞭に感じる

図 8　トポグラフの指標

5.　実験結果

被験者間の PS 評価点と刺激呈示位置の結果について，従属変数を PS 評価点(1 箇所 5 試行の合計点)とし，要因を呈示領域 9 領域(図 6)，被験者 6 名として，二元配置分散分析を行った．この結果，呈示領域では $F(8, 432) = 5.810$，被験者では $F(5, 432) = 28.801$，交互作用では $F(40, 432) = 8.444$ となり，全ての要因で $p<.05$ で有意となった．したがって PS 知覚の明瞭さは，有意水準 5%で呈示領域 9 領域(主効果)，被験者 6 名(主効果)，および交互作用が有意となり，呈示領域と被験者によって異なるといえる．

各呈示領域間の多重比較では領域Ⅰc と領域Ⅱb，領域Ⅰc と領域Ⅲb の間で有意であった．指先側～手首側の領域で分けた場合，有意差は認められなかったが，全体の傾向として指先側が PS を知覚し易く，手首側では 3 点刺激を個別に知覚しやすいように見える．一方，小指側～親指側に分けた場合，PS 評価点は有意に変化するとは言えなかった．

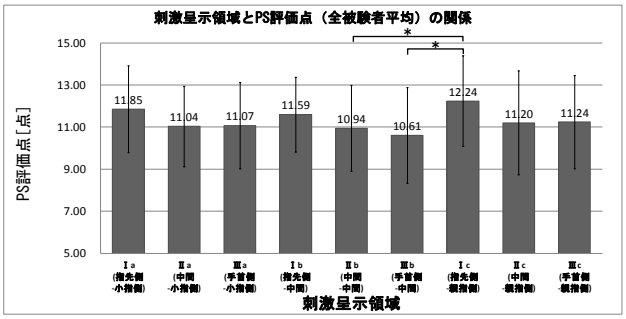


図 9　刺激呈示領域と PS 評価点（全被験者平均）の関係

そこで，被験者ごとの結果から作成したトポグラフを図 10～15 に示す．親指側が PS を知覚し易い被験者(被験者 1，3)，小指側が知覚し易い被験者(被験者 6)，全体で差が見られない被験者(被験者 2，4，5)というように被験者ごとに異なる傾向が得られた．

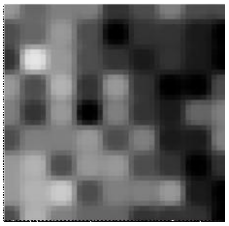


図 10　被験者 1 の結果

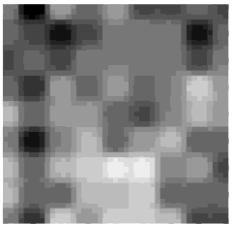


図 11 被験者 2 の結果

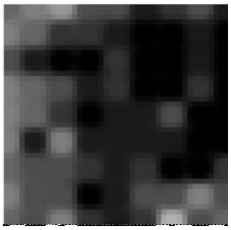


図 12　被験者 3 の結果

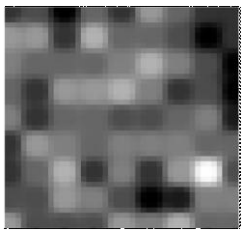


図 13　被験者 4 の結果

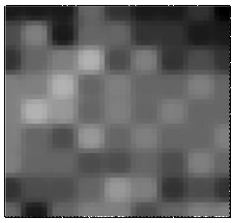


図 14　被験者 5 の結果

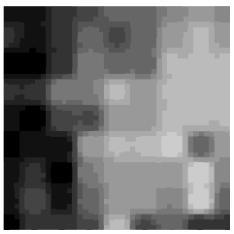


図 15 被験者 6 の結果

6.　考察

嶋脇らは，情報伝達の手段としての触動作に起因する触覚能力を調査するために，ノギスで与えた圧覚の二点刺激から得られる掌上の二点弁別閾を求める実験を行った[2)]．その結果，二点弁別閾が小さければ隣接する触覚受容器の距離が短いことを意味すると考えられ，したがって触覚受容器の密度が高いと述べている．嶋脇らの実験結果をみると，指の付け根部分の感度が良く，掌の中央部が最も感度が悪いことが分かる．この結果と本研究の実験結果を比較したところ，感度が良い(二点弁別閾が短い)とされた指の付け根付近に空気噴流刺激を与えた場合，刺激の融合知覚である PS として感じており，感度が悪い(二点弁別閾が長い)と報告されている親指付け根～手首付近に空気噴流刺激を与えた場合 PS をあまり感じず，3 点の刺激を独立した刺激として知覚するという，嶋脇らとは異なる結果となった．嶋脇らと我々の研究の異なる点は，刺激素子が接触しているか，非接触であるかという点である．

そこで我々は，刺激呈示位置ごとにみられる刺激素子～皮膚表面間の距離の違いが，PS 知覚の明瞭さに少なからず影響を与えていると考えた．我々が用いた空気噴流刺激のような非接触の刺激素子は，刺激呈示位置によって刺激素子～皮膚表面間の距離が変動する．実験結果において指先側が PS を明瞭に知覚したのは，皮膚表面の形状が比較的平らであり，刺激素子～皮膚表面間の距離が一定に保たれているためだと考えられる．また，親指付け根付近があまり PS を明瞭に知覚できなかったのは，皮膚表面の形状の凹凸差が大きく，刺激素子～皮膚表面間の距離が一定に保たれていないためだと考えられる．よって，親指の付け根のような掌表面形状に凹凸の差がある部分は，PS を明瞭に知覚しにくいと考えられる．

次に，被験者間で PS を明瞭に知覚する位置が異なった結果についても，掌の表面形状の際による影響として説明できる．すなわち，被験者の掌の形状を見ると，指の付け根は凹凸が比較的少ないため個人差も少ないが，親指の付け根と手首側は皮膚形状の凹凸の個人差が大きいため，被験者によって PS を明瞭に知覚する PS 呈示位置が異なったと考えられる．

以上より，空気噴流刺激を用いた PS 知覚の明瞭さは，刺激素子～皮膚表面間の距離に影響を受けると考えられる．今後は，刺激素子～皮膚表面間の距離が PS 知覚に与える影響を調査しまとめていく．

6.　まとめ

- 掌上の刺激呈示位置は PS 知覚に影響を及ぼす
- 親指以外の指の付け根付近は PS を知覚しやすい

謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費（20370101）ならびに平成 21～22 年度関西大学学術助成基金（共同研究）において，研究課題「触覚を介したコミュニケーションにおけるヒトの認知メカニズムに関する研究」の助成を受けたものである．

参考文献

1) 林勝佳，小谷賢太郎，朝尾隆文，堀井健: 空気噴流刺激による触覚ディスプレイを用いたヒトの形状認知メカニズムの検討；人間工学，Vol.45 特別号，pp.326-327(2009).
2) 嶋脇聡，酒井直隆: 静的および動的二点識別法による視覚障害者と晴眼者の手掌面触覚の比較；日本機械学会論文集(C 編), Vol72, No.715, pp.147-152(2005).
3) G.vonBekesy: Neural Funneling along the Skin and between the Inner and outer Hair Cells of the Cochlea; Jour. Acousr. Soc. Amer., Vol.31, No.9, pp.1236-1249(1959).
4) R. W. Mann: “Force and Position Proprioception for Prostheses”, The Control of Upper-Extremity Prostheses and Orthoses, pp. 201-219, , Charles C Thomas Publisher (1974).
5) 谷江和雄 : 電気刺激による生体への情報伝達に関する基礎的研究，機械技術研究所報告,Vol.106,No.105(1980).

両眼間解像度差を用いた立体視環境のための
解像度差融像限界に関する研究

Research on Fusional Limit of Resolution Difference for Dichoptic Resolution Difference based Stereoscopic Visualization

○宮崎鷹男*，中泉文孝**

*大阪工業大学工学研究科　**大阪工業大学

MIYAZAKI Takao*, NAKAIZUMI Fumitaka**

*Graduate School of Engineering Osaka Institute of Technology, **Osaka Institute of Technology

1. はじめに

近年，立体視への関心の高まりと共に一般への立体視環境の普及が始まって来ている．また没入型ディスプレイ(IPT:Immersive Projection Technology)，つまりユーザの周りを囲むようにスクリーンを配置して広視野角映像を提示する方式についても盛んに研究・実用化が進められている．高臨場感を得るため広視野角映像での立体視環境についても多くの提案が行われているが，我々の研究室では広視野角ディスプレイ全面への投影映像の他に，一部分に高解像度映像の重畳表示し，その 2 つの映像で立体視を行うディスプレイシステムの開発を行っている．このディスプレイシステムでは左右の目で解像度の差が生じてしまう，この両眼間の解像度差が大きすぎる場合に立体視が行えないことが考える．そのため，本稿では両眼間の解像度差による融像限界についての基礎的実験を行った結果について述べる．

2. 両眼間解像度差を用いた立体視環境

2.1 全周囲低解像度映像

アミューズメント分野などでは高臨場感やより多くの情報を伝達するために，広視野角を持つ没入型ディスプレイが利用されることがある．本研究では，Ensphered Vision[1] のような全周囲球面ディスプレイシステムを用いてユーザの周囲全てに映像の投影を行う．しかし，この方式では一台のプロジェクタの映像を凸面鏡で拡散反射させているため投影範囲が広くなり，映像の解像度や輝度が低下してしまうという問題が生じる．

2.2 中心視野部高解像度映像

全周囲球面ディスプレイでの解像度を向上させる方法の一つとして，プロジェクタの台数を増やすことで全面の解像度を底上げする手段があるが．我々は違う方向からのアプローチとして人間の視野特性に着目した．人間が高解像度映像を知覚できるのは視野の中心 30 度程度の範囲のみで，それ以外の周辺視野に関しては視力が低い．という視野特性を利用し，本研究では全周囲投影映像とは別に，中心視野部のみに高解像度の映像を重畳表示させることで高解像度，高輝度を得る．さらに全周囲映像と高解像度映像の 2 つの映像を用いた立体視を行うことでより高い臨場感を提示できることを期待している．

2.3 システム概要

本ディスプレイシステムの概要図を図 1 に示す．

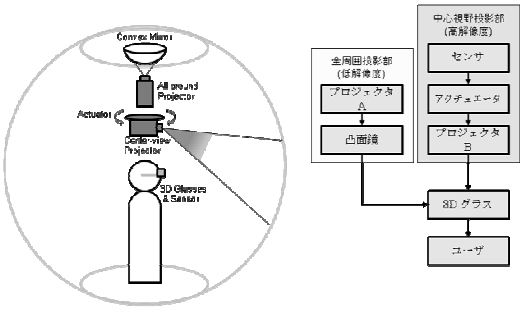


図 1　両眼間解像度差を用いた立体視環境

まず，凸面鏡とプロジェクタを用い球面スクリーン全面に映像投影を行った上で，別のプロジェクタよりユーザの中心視野部のみに高解像度映像の投影を行う．この 2 つの映像を偏光フィルタを通すことで右目用映像，左目用映像に分別し立体視可能な映

像をユーザに提示する．見回し運動に対しては，偏光フィルタの位置計測を行うことでユーザの視線方向を求め，視線方向に高解像度映像の追従投影を行う．

3. 両眼間解像度差による融像限界

本ディスプレイシステムは全周囲球面スクリーン全体に投影された低解像度映像とユーザの中心視野部のみに投影された高解像度映像を右目と左目に分けて提示することで立体視を行うため両眼間の映像に解像度差が生じる，この解像度差が大きすぎると立体視が行えないことが考えられる．そこで両眼間解像度差による融像限界についての予備実験を行った．この実験ではコンセプト検証のため立体視の可否のみの評価を行い，奥行き知覚については評価を行わない．

3.1 実験方法

立体視用プロジェクタ(SOLIDRAY sight 3D U27:120[Hz])と液晶シャッタ付グラス(NVIDIA 3D Vision)を用い対象の前方 1.5[m]にスクリーンを配置し，結像距離が視点より 0.75[cm]，1.0[cm]，1.3[cm]に設定した直径 20[cm]の球体の視差画像を提示した．このとき左右の提示映像の解像度を 1024 x 1024(図 2)，512 x 512，256 x 256，128 x 128，64 x 64，32 x 32(図 3)，のなかから無作為に変化させた映像の提示を行った．なお本稿では予備的な検討として筆者のみを対象とした実験の結果を示す．

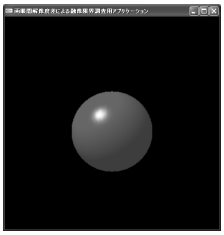


図 2 解像度 1024 x 1024

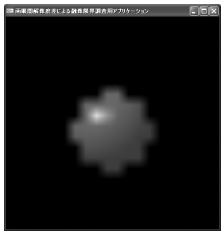


図 3 解像度 32 x 32

3.2 結果と考察

結像距離がそれぞれ 0.75[m]，1.0[m]，1.3[m]の映像を提示した場合の立体視の可否を ○．立体に見えた(融像可)，×．左右の目で別の映像に見えた(融像不可)，として 2 段階での主観評価を行った結果をそれぞれ表 1，表 2，表 3 に示す．

表 1 結像距離 0.75[m]

左目＼右目	1024	512	256	128	64	32
1024	○	○	○	○	×	×
512	○	○	○	×	×	×
256	○	○	○	○	○	×
128	○	○	○	○	○	×
64	×	○	○	○	○	○
32	×	○	○	○	○	○

表 2 結像距離 1.0[m]

左目＼右目	1024	512	256	128	64	32
1024	○	○	○	○	×	×
512	○	○	○	○	×	×
256	○	○	○	○	○	×
128	○	○	○	○	○	○
64	×	○	○	○	○	○
32	×	×	○	○	○	○

表 3 結像距離 1.3[m]

左目＼右目	1024	512	256	128	64	32
1024	○	○	○	×	×	×
512	○	○	○	×	○	×
256	○	○	○	○	○	×
128	×	×	○	○	○	×
64	×	○	○	○	○	×
32	×	×	○	○	○	○

両眼間解像度差が無い(左右の目で同じ解像度)映像を提示した場合は当然ではあるが全ての条件で立体視が可能となった．両眼間解像度差が大きくなるに従って奥行き感が小さくなり，ある点で立体視が不可能となった．融像限界について左目より右目の解像度の方が大きく影響するような傾向が見られるが，これは利き目によるものだと考えられる．

4. おわりに

両眼間の解像度差による融像限界について検討を行い，多少の解像度差であれば立体視が可能であるという結果を得た．今後は実験協力者を募りより多くのデータを取得し，両眼間解像度差を用いた立体視ディスプレイシステムの設計を始めていきたい．

参考文献

1) 橋本渉 ： 凸面鏡を用いた全方向球面ディスプレイの光学設計 日本バーチャルリアリティー学会論文誌 vol.3 No2 (1998).

時分割式立体視映像の奥行き知覚の個人差に関する基礎的検討

Basic Study on Individual Differences in Depth Perception of Frame Sequential Stereoscopic Vision

○土屋宏朗*，大須賀美恵子**

*大阪工業大学大学院工学研究科　**大阪工業大学工学部

TSUCHIYA Hiroaki*, OHSUGA Mieko**

*Graduate School of Engineering Osaka Institute of Technology

** Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

1.　はじめに

2010 年は 3D テレビ元年と言われ，立体映像の家庭への普及を目指した取り組みが活発化している．立体視を用いる家庭用ゲームも発売される予定である．過去の研究で，2 台のプロジェクタと偏光フィルタを用いた両眼視差利用の立体視システムで，映像の奥行き知覚（特に飛び出し感）に大きな個人差が見られ，十分な飛び出し感が得られない人は高齢者より若年者に多いことが示されている[1,2]．立体視提示した物体とのインタラクションのあるシステムを構築するとき，提示したい位置と見える位置のずれが問題となる．今回，時分割式の立体視提示システムを入手したので，この方式でも奥行き知覚の個人差（提示したい位置と知覚される位置の大きなずれ）が生じるかどうかを調べる．

2.　実験 1

2.1　目的

予備的検討として，大学生を対象に，時分割式の立体視映像の奥行き知覚に個人差があるかどうかを調べるとともに，測定の再現性を検討する．

2.2　方法

文書によるインフォームドコンセントを得た健常大学生 11 名（男性 8 名，女性 3 名）を対象とした．視差つき映像をモデリングソフト（OmegaSpace，ソリッドレイ研究所）で作成し，時分割式の 3D プロジェクタ（Sight3D U27，ソリッドレイ研究所）でスクリーンに前面投影し，液晶シャッタメガネ（GeForce 3D Vision, nVIDIA）で左右の目に提示した．実験は簡易暗室内で行い，スクリーンとから 120ｃｍの距離に参加者の目の位置が来るように顎台に顎を乗せて椅座位をとらせた（図 1）．提示刺激は直径 10cm の赤い球で，スクリーンからの距離 55～95cm の 5cm 間隔の 11 箇所にランダムな順で提示した．これを 1 試行とし，各人 2 試行実施，2 回目は逆順とした．見えている球の側面をさし棒で指してもらい，実験者が位置あわせ用の棒のついた測定器具をスライドさせて目視でスクリーンからの距離を測定した(図 2)．

図 1 実験風景

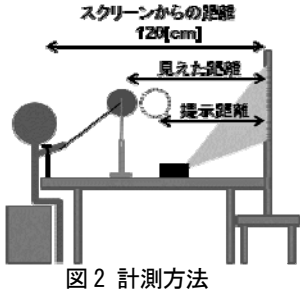


図 2 計測方法

2.3　結果

11 名中 5 名は，すべての刺激について 2 試行の知覚位置の差が 5ｃｍ以下のよい再現性を示し，3 名は計算上の提示距離±5cm の位置に見えた(図 3a)が，2 名は常に 5cm 以上手前に見えていた（図 3b）．3 名は 2 回の差が 5cm 以上 10cm 以下という比較的再現性が良好な群で，このうち 2 名は提示距離±5cm に見えたが（図 3c），1 名は提示距離を変えても知覚される距離の変化が小さかった（図 3d）．残りの 3 名は，眼からの距離が 35cm 以下のところで融像せず，融像した刺激についても，知覚位置の再現性が悪く，計算上の提示位置との乖離が大きかった．以上より，知覚される位置の個人差が大きいこと，この測定方法で立体視が行える参加者に対しては，10cm 以下の誤差で再現性が得られることが示された．

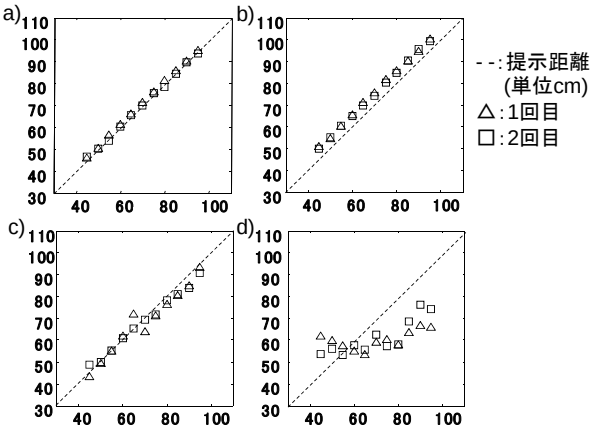


図 3 計算上の提示位置に対する知覚位置（実験 1）

3. 実験 2

3.1 目的

本大学で行われた「工学実感フェア」というイベントの来場者を対象に，幅広い年齢層のデータを収集し，飛び出し感の知覚の個人差を検討する．

3.2 方法

フェア来場者に立体視のしくみの説明と簡単なデモを行う際に，データ収集の説明をし，口頭でのインフォームドコンセントを得た 6～54 歳の 69 名（男性 34 名，女性 35 名）を対象とした．中学生以下の場合は保護者の承諾も得て実施した．フェアの目的である立体視デモを数分間体験させ，時分割式立体視に慣れてもらってから，実験を行った．実験システムと刺激は実験 1 と同様であるが，スクリーンからの距離は 3 とおりとし，{70，90，50，70}cm の順で提示した．

3.3 結果

実験 1 の結果を踏まえ，70cm の 2 回の測定の差が 10cm 以下の 59 名を再現性ありとして検討対象とした．再現性のない 10 名には，第 1 実験同様，手前で融像しない人と見えている位置の指し方の理解が十分でない人（10 歳以下）が含まれている．

再現性ありの 59 名を，計算上の提示位置±5cm 以内に見える人（I），常にほぼ同じ距離（5cm～10cm）分だけ手前に見える人（Ia），逆に常にほぼ同じ距離（5～10cm（Ib），10cm 以上（Ib’））分だけ奥に見える人，{70,90}cm はほぼ提示位置に見えるが奥（50cm）は手前に見える人（IIa），{70,90}cm はほぼ提示位置に見えるが奥（50cm）はさらに奥に見える人（IIb），{50,70}cm はほぼ提示位置に見えるが手前（90cm）は奥に見える人（IIc），提示位置を変えても見える位置が変化しない人（III）と多様であった（図 4）．表 1 に各群の人数と，属性（男女，年代）別の人数を合わせて示す．属性による傾向の違いは見られていない．

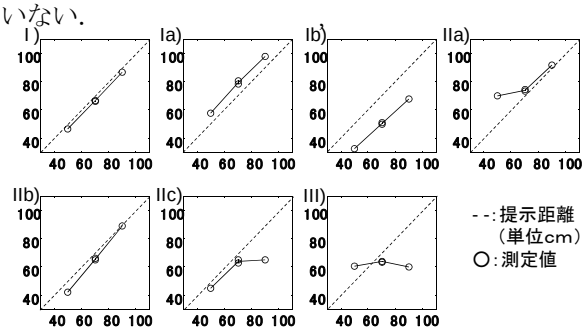


図 4 計算上の提示位置に対する知覚位置（実験 2）

表 1 各知覚特性の人数分布（全体と属性ごと）

	合計	女			男			
		～12歳	36歳～	合計	～12歳	13～35歳	36歳～	合計
I	30	11	5	16	3	4	7	14
Ia	1	0	0	0	1	0	0	1
Ib	2	1	0	1	1	0	0	1
Ib’	2	0	0	0	0	0	2	2
IIa	10	3	2	5	3	0	2	5
IIb	3	1	1	2	0	1	0	1
IIc	6	4	1	5	0	1	0	1
III	5	0	1	1	2	0	2	4
再現性なし	10	2	3	5	2	1	2	5
	69	22	13	35	12	7	15	34

4. おわりに

時分割式の立体視映像でも，奥行き知覚（飛び出し感）の個人差が大きいことがわかった．また今回の測定方法を用いると 6 歳の子供でも知覚位置の再現性のよい計測が可能であることが示された．年齢層の異なる人のデータ収集を試みたが，イベントの性質から，小～中学生とその親の年代という 2 群に参加者が集中してしまった．今後，若年層，高齢者のデータも収集し，知覚の個人差が生じる要因を検討したい．

なお，2 つの実験ともに大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき，大阪工業大学学長の承認を得て実施した．

参考文献

1) 大須賀美恵子ほか：高齢者の心身活性化を目的とした遊びリテーションシステムの開発とグループレクリエーションへの適用可能性の検討，日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.9,No.1,pp.61-68 (2004)
2) 松本圭司ほか：両眼視差立体視における加齢効果，日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，pp.329-330 (2003)

他者の行動に対する印象評定と評定者の性格との関係

Correlation between the Impression Rating of Others' Behavior and the Character of Raters

〇斎川実里*，山田真司**

金沢工業大学大学院 工学研究科

SAIKAWA Minori*, YAMADA Masashi**

Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

1. はじめに

昨今の家庭用ゲーム機のゲームソフトにおいて，プレイヤーがゲーム内のキャラクターとのコミュニケーションをとりながらゲームが展開してゆくタイプのものが一つのジャンルを占めている．このようなゲームソフトにおいては，用意された選択肢の中でプレイヤーがどの選択肢を選ぶのかによって，ストーリーの展開が変化し，プレイヤーによって異なるエンディングを迎えるという，いわゆるマルチエンディングの形式が取られることが多い．しかし従来のこのようなゲームにおいては，選択肢の呈示及びそれに対する反応が非常に明示的で，プレイヤーにとって「今の選択肢の選び方で次の展開が変わるであろう」ということがあからさまに意識されてしまい，自然なゲーム・プレイを阻害するという欠点があった．

そこで（株）カプコンは，ゲーム中にプレイヤーがゲームのキャラクターである「バビー」と自然にコミュニケートし，そのコミュニケーションの様子から，プレイヤーの性格が分析され，この分析結果を反映してプレイヤーが「感動しやすい」方向にストーリーが展開されて行き，最後には，どのプレイヤーも「感動して泣いてしまう」エンディングを迎えるのであるが，体験するストーリーとエンディングはプレイヤーによって異なるというゲームを企画した．我々はこの企画に協力し，ゲーム・システム作りのための感性実験を行った．実験は以下の 3 種類行った．１）ゲーム中でキャラクターである「バビー」とプレイヤーが起こす出来事を 2, 3 行程度の短文に書いたもの（今後，「イベント」と呼ぶ）を提示し，このようなイベントを起こすプレイヤーの印象を被験者に評定させる実験，２）被験者自身の性格の評定実験，３）数行の文章に書いた様々なエンディングを被験者に提示し，その「泣ける」度合いを評定させる実験，以上 3 種である．

１）で得られるプレイヤーの印象は，第三者から見たものではあるが，これが，プレイヤー自身の性格を正しく映し出していると仮定するならば，２）と３）の関係，すなわち「こんな性格の人はこんなエンディングに泣ける」という関係から，プレイヤーがゲーム中に起こすイベントによって，そのプレイヤーが最も「泣きやすい」エンディングにストーリーを誘導することができるはずである，というのが我々の基本的な方略であった．

本稿では，この中の１）と２）の実験結果を基に，果して，プレイヤーという他者の行動の印象評定結果を本人の性格評定結果と同一視して良いかどうかを検討した．

2. 実験方法

2.1 実験 1 の方法

ゲームのキャラクター「バビー」という謎の生物とプレイヤーが起こす出来事（イベント）を 60 種類，ゲーム制作者が用意した．これらの例を以下に示す．

- 「バビーに文字を教えたがなかなか覚えない．
  私は順を追って、毎日丁寧に教え込んだ．」
- 「バビーが蝶を追いかけて走りまわっている．
  私はその蝶を捕まえて、外へ逃がした．」

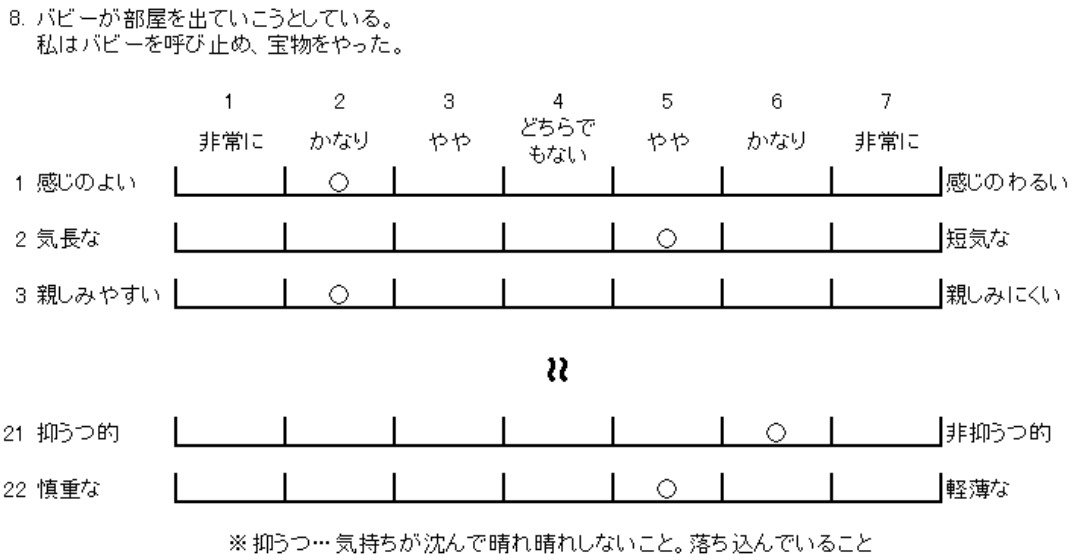


図 1　実験 1 における印象評定の回答例

なお，文中の「私」とはプレイヤーのことであることを，実験前に被験者に教示した．被験者には，各イベントを読了後に，表 1 に示す 22 の表現語対を用いて，それぞれ 7 段階でそのイベントを起こしたプレイヤーの印象を評定することを要請した．これら 22 の印象表現語対は，過去の対人認知で用いられた表現語を参考に決定した[1-3]．イベントの提示順序は被験者毎にランダムに設定し，表現語対の順も，イベント，被験者の組み合わせ事にランダムに並べた．実験 1 における印象評定の回答例を図 1 に示す．

被験者は，金沢工業大学大学生及び大学院生の合計 28 名である．実験は金沢工業大学設置の実験室内で行った．

2.2　実験 2 の方法

実験 2 では，被験者に，自分自身の性格を評定させた．評定には実験 1 と同じ 22 の表現語対を用い，それぞれ 7 段階で評定することを要請した．被験者は実験 1 と同じ 28 名である．

3.　結果と考察

実験 1 の 60 個のイベントそれぞれに対する各表現語対の評定値を，被験者にわたって平均した．各表現語対の平均評定値を変量として主成分分析を行った結果，3 主成分（以後，簡単のため因子と言い換える）で累積寄与率は 92 %となった．各表現語の，各因子への負荷量を表 2 に示す．表 2 の各因子への負荷量の高い表現語から，3 因子をそれぞれ，「親しみやすさ」，「迫力」，「活動性」因子と命名した．これら 3 因子空間上に代表的な表現語を布置させたものを図 2 に示す．以上のようにプレイヤーという他者の行動は，3 次元で説明できることが分かった．

表 1　実験に用いた 22 の表現語対

心のひろい	—	心のせまい
社交的な	—	非社交的な
責任感のある	—	責任感のない
慎重な	—	軽率な
恥ずかしがりの	—	恥しらずの
親しみやすい	—	親しみにくい
意欲的な	—	無気力な
自信のある	—	自信のない
気長な	—	短気な
親切な	—	不親切な
積極的な	—	消極的な
人のよい	—	人のわるい
なまいきでない	—	なまいきな
人なつっこい	—	近づきがたい
かわいらしい	—	にくらしい
重厚な	—	軽薄な
うきうきした	—	沈んだ
堂々とした	—	卑屈な
感じのよい	—	感じのわるい
分別のある	—	無分別な
抑うつ的	—	非抑うつ的
協調的な	—	非協調的な

表 2　実験 1 における各表現語の因子負荷量

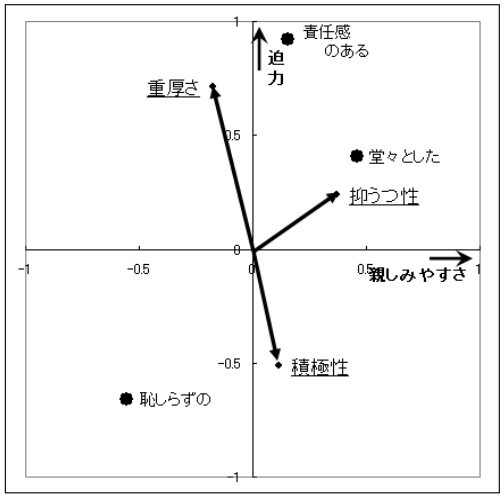
表現語	因子		
	親しみやすさ	迫力	活動性
かわいらしい-にくらしい	0.84	0.41	0.26
心のひろい-心のせまい	0.84	0.42	0.24
気長な-短気な	0.84	0.31	0.05
人なつっこい-近づきがたい	0.84	0.30	0.42
親しみやすい-親しみにくい	0.80	0.46	0.35
なまいきでない-なまいきな	0.77	0.61	0.09
感じのよい-感じのわるい	0.75	0.57	0.30
協調的な-非協調的な	0.73	0.53	0.37
社交的な-非社交的な	0.71	0.46	0.48
うきうきした-沈んだ	0.70	−0.02	0.65
人のよい-人のわるい	0.68	0.65	0.29
責任感のある-責任感のない	0.15	0.92	0.32
慎重な-軽率な	0.32	0.91	0.08
分別のある-無分別な	0.39	0.87	0.21
重厚な-軽薄な	0.49	0.80	0.30
親切な-不親切な	0.60	0.67	0.34
恥ずかしがりの-恥しらずの	0.56	0.66	−0.31
積極的な-消極的な	0.12	0.15	0.92
自信のある-自信のない	0.11	0.10	0.90
意欲的な-無気力な	0.21	0.26	0.87
抑うつ的-非抑うつ的	−0.65	−0.07	−0.72
堂々とした-卑屈な	0.46	0.41	0.70

一方，実験 2 で得られた，被験者一人一人が自分自身の性格を評定した結果を変量として主成分分析したところ，7 因子でやっと累積寄与率が 81 %に達した．これらの因子はそれぞれ，「積極性」，「親しみやすさ」，「自信」，「協調性」，「厚顔さ」，「重厚さ」，「抑うつ性」と名付けられた．

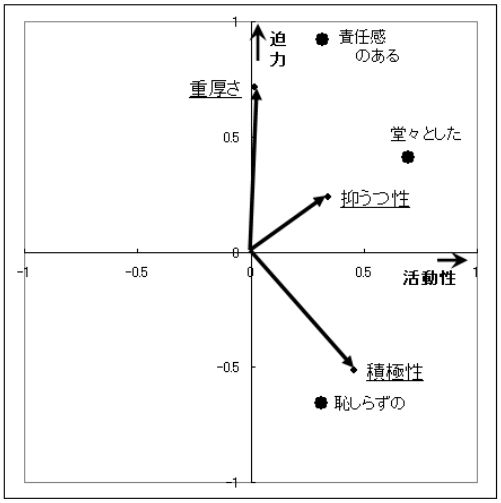
以上のように，このように 2 つの実験の間で次元数が大きく異なったことは、「人は他者の行動の印象を類型的に捉える傾向にあるのに対し、自分の性格は微細にわたって複雑に捉える傾向がある」ことを意味していると考えられる．

次に，他者の行動の印象評定結果と自分自身の性格の評定結果との間の関係を調べるために、自分自身の性格の 7 因子それぞれを従属変数とし、他者の行動に対する印象の 3 因子を独立変数として重回帰分析を行った．その結果、自身の性格の 7 因子のうち、重相関係数 R が 0.7 以上のものは「積極性」、「重厚さ」、「抑うつ性」の 3 因子だけであった．図 2 にこれら 3 因子の重回帰直線をベクトルで示す．前述のように，各ベクトルに関係がありそうな実験 1 の表現語の因子負荷量が布置してある．

図 2 から，自身の性格の「抑うつ性」因子のベクトル方向に「堂々とした」という表現語が布置していることが分かる．このことから，自分自身を「抑うつ的」と評定する人は，他者の行動を「堂々としている」と評定する傾向があることが分かる．同様に，自分自身を「重厚だ」と評定する人は，他者の行動を「責任感のある」と評定する傾向があることが分かる．



(a) 親しみやすさ－迫力



(b) 活動性－迫力

図 2　他者の行動の印象空間

4.　まとめ

本研究の結果，他者の行動に対する印象は「親しみやすさ」「迫力」「活動性」の 3 因子で表すことができた．一方，自分自身の性格の評定結果は 7 因子も用いないと表現できないことが分かった．このことから「人は他者の行動の印象を類型的に捉える傾向にあるのに対し、自分の性格は微細にわたって複雑に捉える傾向がある」ことが示唆された．

さらに,「自分自身の性格を抑うつ的と評定する人は、他者の行動を堂々としていると評定する」傾向があり,「自分自身の性格を重厚と評定する人は、他者の行動を責任感のあると評定する」傾向があることが示され,被験者の性格によって,他者の行動に対する印象評定が変化することが分かった.

以上の結果から,他者の行動に対する被験者（第三者）の印象評定結果が,そのままプレイヤー自身の性格に当てはまると仮定することは妥当でないことが明らかになった.

謝辞

本研究を行うにあたり,ご協力頂いた竹内潤氏,伊藤亜紀子氏をはじめの（株）カプコンの関係者各位に深く感謝いたします.

参考文献

1) 神宮英夫: “印象測定の心理学,感性を考える,” pp.45-50, 川島書店 (1996).
2) 林文俊・大橋正夫・広岡秀一: “暗黙裡の性格観に関する研究(1) ―個別尺度法によるパーソナリティ認知次元の抽出―,” 実験社会心理学研究, 第 23 巻, pp.9-25 (1983).
3) 大橋正夫・林文俊・広岡秀一: “暗黙裡の性格観に関する研究(Ⅱ) ―共通尺度法と個別尺度法の比較検討―,” 名古屋大学教育学部紀要（教育心理学科）, 第 30 巻, pp.1-26 (1983).

ヒューマン･モニタリングシステムの開発
－表情の計測・解析・評価システム－

Development of a Human Monitoring System
－Measurement, analysis and evaluation system of facial expression－

○岡部直樹*，有馬正和*
*大阪府立大学大学院工学研究科
OKABE Naoki*，ARIMA Masakazu *
*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1. はじめに

近年，バスや鉄道，航空機，船舶などの公共交通機関においてヒューマンエラーを原因とする事故や不安全事象がしばしば報告されている．国土交通省は，「予防安全型技術」の必要性を訴えて「公共交通に係るヒューマンエラー事故防止対策検討委員会」を設置し，平成18年4月に最終報告書を公表している[1]．その中では，運転者の心身状態の兆候を検出して潜在的危険状態を予測・評価するモニタリング手法の研究開発が喫緊の課題であると纏められている．

そこで，著者らは，船舶をはじめとする公共交通機関や大型プラントの運転／操作に携わる者の生理的・心理的状態を推定・評価することによってヒューマンエラーを未然に防ぎ，安全・安心な社会を実現するために，ヒューマン・モニタリングシステムの開発を進めてきた．池田らは，顔の表情に着目し，6つの基本感情を表出したときの眼と口の形状の変化からその感情を推定する方法を提案している[2]．また，義平らは，口の輪郭形状の動的な変化を定量的に解析して，発音を推定する「読唇技術」の開発を試みている[3]．さらに，脇水らは，心拍変動性指標と血流の変化から，集中力の低下状態を推定する手法を提案している[4]．

前述の表情評価手法では，心理的・生理的変化の前後の画像を比較評価することによって，基本感情の推定をおこなっていたが，顔の向きや姿勢によっては表情要素の形状を正しく捉えられない可能性もあった．そのため，著者らは，ステレオカメラを用いて正面画像を生成し，眼や口の2次元形状を用いて表情評価を行う手法を構築した[5]．

本研究では，さらなる実用化を目指して，従来は手作業で行っていた表情の計測を自動化し，表情の計測・解析・評価システムの構築を試みる．

2. フーリエ記述子法による表情解析

本研究では，フーリエ記述子法を用いて表情評価をおこなう．フーリエ記述子法[6]とは，2次元平面上に描かれた閉曲線が周長を周期とする周期関数で表されることを利用して閉曲線の特徴量をフーリエ級数展開し，フーリエ係数あるいはその組み合わせによって2次元閉曲線の特徴表現をおこなう方法である．

図1に示すような2次元平面上の閉曲線を考える．

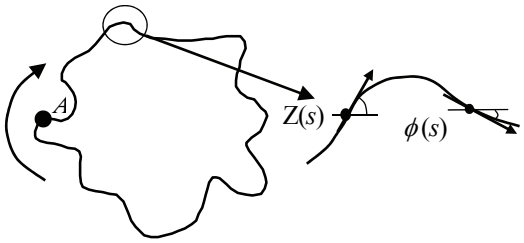


図1 閉曲線と偏角

閉曲線上の1点Aを始点とし，始点から時計回りに曲線上を長さ s だけ進んだ点の位置を$Z(s)$，$Z(s)$における方向ベクトルと水平軸とのなす角を偏角$\phi(s)$とする．図2は，表情解析において得られた唇の輪郭形状から得られた偏角関数の一例であるが，閉曲線の周長を L とすると，始点における偏角は$\phi(0)$で，終点における偏角は　$\phi(L) = \phi(0) - 2\pi$となり，始点と終点において偏角に2πの差が生じ，図中の▲のように，不連続な関数となる．閉曲線では，始点と終点は一致するため，

$$\phi^*(t) = \phi\left(\frac{L}{2\pi}t\right) + t \qquad t = 2\pi\frac{s}{L} \qquad (1)$$

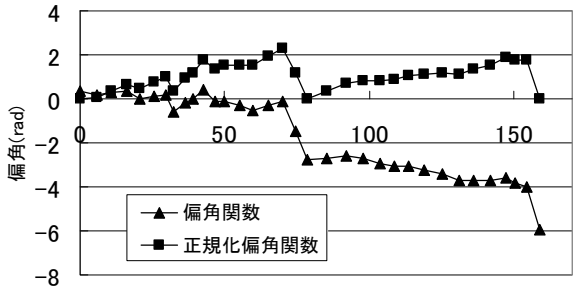


図2 偏角関数

と正規化することによって，■に示すような始点と終点の偏角が一致する周期2πの周期関数 $\phi^*(t)$を得ることができる．$\phi^*(t)$をフーリエ級数展開すると，

$$\phi^*(t) = \mu_0 + \sum_{k=0}^{\infty}\left(a_k \cos(kt) + b_k \sin(kt)\right) \qquad (2)$$

となり，これによって得られる有限個のフーリエ記述子a_k，b_kによって不規則な閉図形の形状特徴を記述することが可能となる．ここに，

$$\left.\begin{aligned} \mu_0 &= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \phi^*(t)\,dt \\ a_k &= \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \phi^*(t)\cos(kt)\,dt \\ b_k &= \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \phi^*(t)\sin(kt)\,dt \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

である．

算出されたフーリエ記述子の一例を図3に示す．形状の全体的な構造はフーリエ記述子の低周波数成分に反映され，局所的な変動は高周波数成分に現れることになる．また，フーリエ記述子法のもうひとつの大きな長所は，フーリエ記述子a_k，b_kから(2)式によって元の図形が復元できるということである．

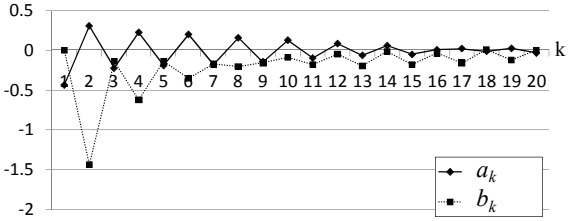


図3 フーリエ記述子の例

3. ステレオ画像解析

3.1 表情解析

ヒューマン・モニタリングシステムの計測・解析・評価項目として顔の表情を取り上げた理由は，生理的・心理的な反応が表情に現れやすいということに加え，脳波や血流などの生理的計測とは異なり電極を装着する必要がないということである．ビデオカメラ等を用いて非接触で非侵襲的な計測ができるということは，被験者の生理的・心理的な負担を軽減することができるという大きな利点がある．

取得する表情は，従来は正面から撮影した2次元画像であったが，ステレオカメラによる3次元計測を適用することによって，たとえ顔の向きや姿勢の変化の影響で正面画像が得られない場合でも，比較的容易に，しかも高い精度で計測・解析・評価をおこなうことができるようになり，操縦席などにおけるヒューマン・モニタリングシステムの実用化に向けて大きく進展させることができた．

3.2 ステレオ画像法

人間の眼は，両眼が離れて配置されていることによって視界に入る物体の位置を把握することができるようになっている．自然界の動物においても，それぞれが必要とする視野や距離感を得やすいように両眼が離れている．この両眼をカメラのレンズで置き換えて3次元世界での位置情報を得ようするのがステレオ画像法である．本研究では，この方法を用いて3次元計測をおこなう．

図4のように，左右に一定距離でレンズが配置されたステレオカメラで撮影をおこない，その左右の差分を求めて平面写真から立体座標を求める．本手法では左右の写真を見比べて，どのピクセルとピクセルが対応しているかを特定することが重要となる．

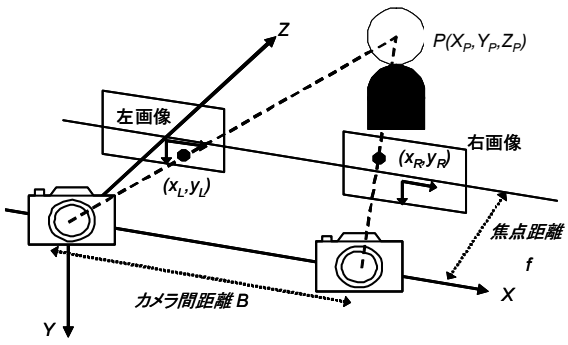


図4 ステレオ画像法

3.3　2次元図形の取得

表情の評価手法には，ワイヤーフレームモデルによる3次元解析なども提案されているが，著者らは，眼や口などの輪郭形状を2次元閉曲線として扱うことによって，簡便に表情から基本感情を推定・評価できることを明らかにしている[2)]．

本研究で対象として想定する交通機関等の従事者は，カメラに対して常に正面を向いているわけではなく，顔の向きや姿勢に変化が見られるものと考えられる．また，その人の体調や生理的・心理的な状態を推定・評価するためには，数多くの被験者から得られた表情のデータが必要となり，カメラの撮影条件を統一することは非常に重要である．そこで，本研究では，図5に示すように，3次元計測によって得られたデータを用いて，正面に投影された2次元座標のデータを取得している．

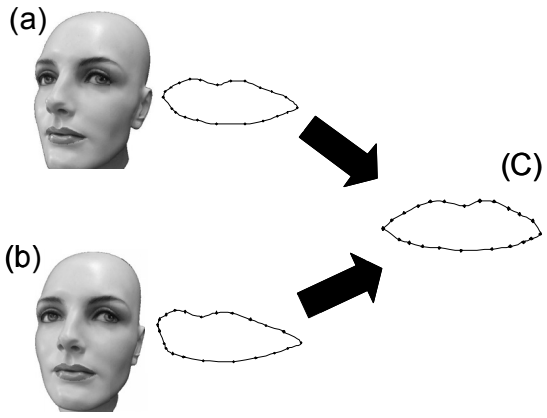


図5 3次元補正手法

4.　表情の計測システム

4.1　表情の計測

従来は，眼や口の輪郭形状からフーリエ記述子を算出して表情評価を行う際には，被験者にマーカーを装着して計測を行っていた．マーカーの装着は，被験者への負担となり，表情計測における妨げとなっていた．そこで，実用的なヒューマン・モニタリングシステムを構築するために，眼，口の輪郭形状を簡便に取得する手法について検討を行った．

4.2　眼の輪郭形状の抽出

本研究で用いたステレオ画像法では，左右のカメラ画像上の同一点を正確に測定しなければ，正しい3次元座標を取得することは困難である．そこで図6に示すように，目頭，目尻，虹彩と瞼との交点4点の計6点を測定し，顔の傾きを求めて3次元座標を補正した．その後，これら6点を2次元座標系に変換して，3次スプライン補間を用いて眼の輪郭形状を求めた．

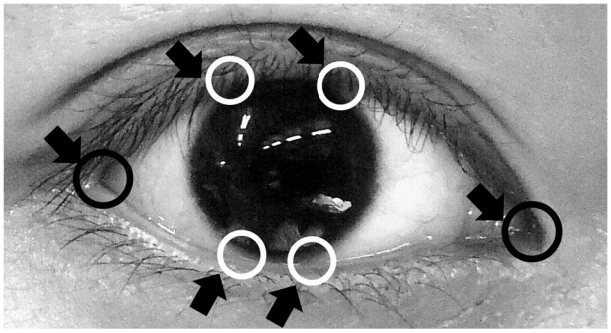


図6　眼の特徴点

図7に補正画像と実際に計測した眼の輪郭形状との比較を，図8に従来の手法を用いて計測した場合のフーリエ記述子と本手法により求めたものとの比較を示す．

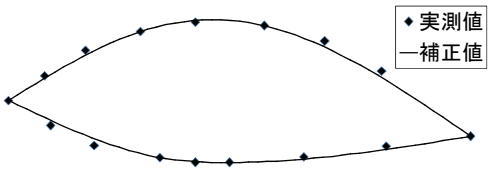


図7　眼の実測値と補正値との比較

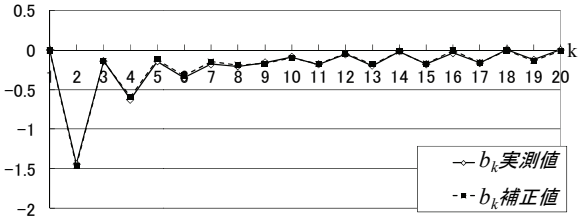


図8　眼の記述子による補正効果の比較

これらの図からわかるように，実際の輪郭形状と補間により生成されたものとの差は極めて小さく，提案手法によって良好な計測ができることがわかる．

4.3　口の輪郭形状の抽出

眼の場合と同様に，3次元の輪郭形状をステレオ画像法により取得するには，正確な左右の画像上の点の同定が必要となる．唇においては，図9に示すように両口角の2点，及び上部の傾きが0となる特徴点3点，下部の特徴点1点を取得する．特徴点の抽出は，唇と周囲の肌との色の差が明確な場合は，正確にできるものの，境界があいまいな場合では自動的に点を取得することが難しくなる．

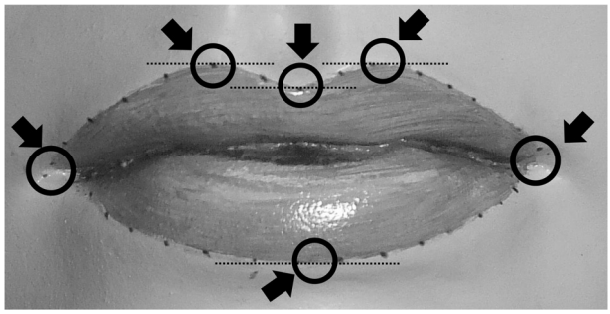


図9　口の特徴点

3次元座標の取得後，顔の向きによる影響を補正し，2次元画像をスプライン補間により生成したものが図10である．また，実測値とスプライン補間による推定値から求めたフーリエ記述子が図11であるが，いずれも良好に一致している．

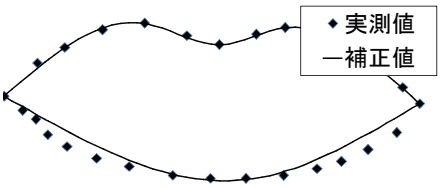


図10　口の実測値と補正値との比較

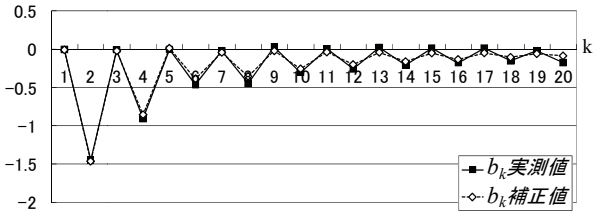


図11　口の記述子による補正効果の比較

5.　表情による基本感情の推定

従来の表情評価手法では，感情表出時と平静時の表情要素のフーリエ記述子の差を用いて，判別分析により基本感情の推定を行っていた．しかし，感情表出の前後で表情の変化がほとんどない場合においても，判別分析式の定数項により特定の感情が表出されていると評価されてしまうという問題があった．そこで，本研究では，統計的手法ではなく，パターン認識として表情と基本感情との関連付けを試みる．具体的には，階層構造型ニューラル･ネットワークを用いたバックプロパゲーション法によって連想記憶や学習を行い，表情から基本感情の推定を行うことが有効であると考えられる．

6. まとめ

本研究では，安全・安心な社会の実現を目指したヒューマン・モニタリングシステムに表情評価を導入するために，3次元画像計測システムを提案して，表情の計測・解析・評価手法について検討を行った．眼や口の輪郭形状を少ない特徴点から復元できることを示し，表情の計測・解析における自動化の可能性を大きく進展させることができた．また，表情から感情を推定する際に生じる問題点を明らかにして，解決手段を提案した．

平静時から感情表出時への表情の変化から基本感情の推定を行う際に，時々刻々と変化する表情を自動的に計測・解析することができれば，わずかな変化も見逃さずに，生理的・心理的な反応を検出することができるようになり，ヒューマン・モニタリングシステムの実現に大きな進展をもたらすと考えられる．

また，読唇技術への応用や，心電図や呼吸，血流などの生理的指標と組み合わせて評価することにより，より詳細な生理的・心理的状況を推定することが可能になると考えられる[7]．

参考文献

1)　国土交通省：公共交通に係るヒューマンエラー事故防止対策検討委員会最終とりまとめ，(2006). http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/01/010426/01.pdf

2)　池田和外，有馬正和，細田龍介：フーリエ記述子による表情の特徴表現（第2報），平成16年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.214-217，(2004).

3)　義平義昭，有馬正和：フーリエ記述子法による『読唇技術』の開発 ―発話の推定に向けて―，平成19年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.7-10，(2007).

4)　脇水俊行，岡部直樹，有馬正和：ヒューマン･モニタリングシステムの開発 ―集中力低下状態の検出について―，平成20年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.65-68，(2008).

5)　岡部直樹，中村由香，有馬正和：ヒューマン･モニタリングシステムの開発 ―ステレオ画像を用いた表情解析手法の適用―，平成21年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.39-42，(2009).

6)　Zahn, Roskies: Fourier descriptors for plane closed curves, IEEE Trans. on Computers, C-21, pp.269-281, (1972).

7)　有馬正和，五島健太，岡部直樹，山田智貴：ヒューマン･モニタリングシステムの開発 ―ラージモデルによる生体計測システム―，平成22年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，(2010)（印刷中）.

ヒューマン・モニタリングシステムの開発
―ラージモデルによる生体計測システム―

Development of a Human Monitoring System
－Physiological Measuring System by a Large Model Prototype－

○有馬正和*，五島健太**，岡部直樹*，山田智貴*

*大阪府立大学大学院　**大阪府立大学工学部

ARIMA Masakazu*, GOTO Kenta**, OKABE Naoki*, YAMADA Tomoki*

*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

**Faculty of Engineering, Osaka Prefecture University

1. はじめに

近年，安全・安心な社会の実現を目指したさまざまな取り組みがなされており，公共交通機関においてもヒューマンエラーを未然に防ぐための安全装置や自動制御システムが開発され，数多く実用化されている．

一方，集積回路技術の進展は目覚ましく，電子回路だけでなくセンサーやアクチュエーターなどを一体化した超小型の MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）が機械工学・生化学・材料科学・医療などのさまざまな分野で応用されるようになってきた．

本研究は，著者らが開発に取り組んできた「ヒューマン・モニタリングシステム」[1~3] に MEMS 技術を導入することによって，被験者への負担を大幅に軽減し，簡便な計測・解析ができるようにすることを目標としている．本稿では，市販のセンサーを組み合わせたラージモデルのプロトタイプの設計・開発，およびヒューマン・モニタリングシステムへの応用可能性について述べる．

2. ヒューマン・モニタリングのための MEMS

人体の生理的な反応を長時間に亘って計測するためには，体温や心拍，呼吸，血圧などの生体信号とともに人体の動きを把握するための慣性センサー，気温・気圧・湿度などの環境センサーを搭載することが求められる．本研究では，第一段階のプロトタイプモデルとして，小型加速度計による人体の姿勢・動きの変化の検出および心拍（心電図）を計測することのできる小型計測システムの設計・構築を試みた．

3. ラージモデルの構築

MEMS を設計・製作する前段階で，その妥当性や有効性を検証するために市販製品を組み合わせたものをラージモデルという．本研究では，ルネサステクノロジ社の H8 マイコンを搭載した基板とその拡張基板を組み合わせて，人体の動きや心拍などの生体信号を取得できるようにした．使用した H8 マイコンの仕様を表 1 に示す．

表 1　H8 マイコン（H8SX/1655）の仕様 [4]

項　目	内　　容
CPU	H8SX コア 動作周波数　48 MHz
ROM	512 K バイト　フラッシュメモリ
RAM	40 K バイト
周辺機器	割り込みコントローラ ユーザ・ブレーク・コントローラ DMA コントローラ 外部バス DMA コントローラ データ・トランスファ・コントローラ バス・コントローラ クロック制御 10 bit A/D 変換器 2ch 10 bit D/A 変換器 2ch 8 ビットタイマ 16 ビット・タイマ・パルス・ユニット プログラマブル・パルス・ジェネレータ ウォッチドッグ・タイマ ｼﾘｱﾙ・ｺﾐｭﾆｹｰｼｮﾝ・ｲﾝﾀｰﾌｪｰｽ I^2C バス・インターフェース USB インターフェース I/O ポート
ﾊﾟｯｹｰｼﾞ	120 ﾋﾟﾝ LQFP

このマイコン基板を拡張してさまざまな用途に応用できるように，拡張基板が市販されている．本研究では，SD カード・ソケットやキャラクタ LCD，アナログ入出力端子などを搭載した拡張基板 SB（System Board）とタッチパネル入力付きグラフィック LCD によって便利なインターフェースが実現できる拡張基板 TB（TFT LCD Panel Board）を組み合わせ，サンプルプログラムを改変して，2ch の生体信号の入出力と波形の確認ができるようにした．

表 2　ラージモデルの入出力部の仕様

項　目	内　容
電源	USB ﾊﾞｽ･ﾊﾟﾜｰ ／ AC ｱﾀﾞﾌﾟﾀｰ
チャネル数	2 チャネル（CH1，CH2）
信号入力端子	拡張基板 SB のｽﾃﾚｵ入力ｼﾞｬｯｸ
入力信号ﾚﾍﾞﾙ	DC のみ，0.0 ～ 3.3 V
電圧軸ﾚﾝｼﾞ	0.1，0.2，0.5，1，2，5 V/div
時間軸ﾚﾝｼﾞ	0.4，0.8，1，2，4，8，10，20，40，80 ms/div，0.1，0.2，0.4，0.8，1 s/div
ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ周期	時間軸ﾚﾝｼﾞ = 1 ms/div のとき 20 μs 時間軸ﾚﾝｼﾞ = 上記以外のとき 16 μs
ﾄﾘｶﾞ設定	ﾄﾘｶﾞなし／CH1 の立ち上がり／CH1 の立ち下がり／CH2 の立ち上がり／CH2 の立ち下がり
ｷｬﾌﾟﾁｬ機能	0 ～ 3.3 V の間で 0.1 V 刻みで設定

人体の姿勢や動きを計測するための 3 軸加速度計は，Freescale Semiconductor 社の MMA7360L である．その仕様を表 3 に示す．

表 3　3 軸加速度計の仕様

項　目	内　容
寸法	3 mm×5 mm×1 mm　LPA14 ピン
電源電圧	2.2 ～ 3.6 V
消費電流	400 μA
加速度範囲	±6 G
内蔵ﾌｨﾙﾀ	1 次ローパスフィルタ

心拍（心電図）は，差動増幅回路とアンチエイリアシングフィルター，非反転増幅回路を組み合わせた電子回路を設計・製作して計測できるようにした．

4.　ラージモデルによる検証

この加速度計によって計測された人体の動きの計測結果の一例を図 1 に示す．上から(a)ウォーキング，(b)ランニング，(c)転倒時の加速度（上下・前後）の時系列データである．

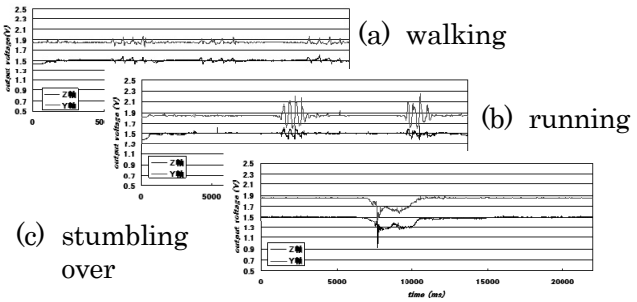


図 1　動作の時系列データ

一般に，MEMS に用いられるセンサーの精度は高くないと言われているが，動きの違いを区別することは可能で，超小型化をするメリットは大きく，MEMS の実用化が有効であると考えられる．

5.　おわりに

人体の生理的・心理的な反応を計測・解析・評価するためのヒューマン・モニタリングシステムの実現に向けて，MEMS 技術を導入することは，人体への負荷を軽減し，長時間に亘る計測を可能にするなど，大きな利点があると考えられる．本研究では，人体の姿勢・動きと心拍が計測できるラージモデルを設計・製作して，MEMS の可能性について検討を行った．

参考文献

1)　脇水俊行，岡部直樹，有馬正和：ヒューマン･モニタリングシステムの開発 ―集中力低下状態の検出について―，平成 20 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.65-68，(2008).

2)　岡部直樹，中村由香，有馬正和：ヒューマン･モニタリングシステムの開発 ―ステレオ画像を用いた表情解析手法の適用―，平成 21 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.39-42，(2009).

3)　岡部直樹，有馬正和：ヒューマン･モニタリングシステムの開発 ―表情の計測・解析・評価システム―，平成 22 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，(2010).（印刷中）

4)　山崎尊永：今すぐ使える！H8 マイコン基板，CQ 出版社，(2010).

姿勢動作改善を目的とした聴覚情報による筋電バイオフィードバックシステムの検討

Electromyographic Biofeedback System by Auditory Information for Posture and Movement Improvements

○高部涼*，岡田明*，山下久仁子**
*大阪市立大学大学院生活科学研究科　**大阪市立大学研究支援課
TAKABU Ryo*,OKADA Akira*,YAMASHITA Kuniko**
*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University,
**Research Support Department, Osaka City University.

1.　はじめに

わが国の高齢者人口は 2055 年に 40.5%に達すると推計されており，将来の高齢者はより健康的で自立した生活を送ることが求められる [1]．しかし，今日における 20 歳の体力と運動実施機会は 15～30 年前と比べて低い水準にあることから，将来の高齢者の心身機能は現在よりも低下することが懸念される [2]．この問題を解決するためには，快適環境への過度の依存から脱却し，普段の生活の中で心身機能向上に取り組む機会を増やすことが必要であると考える．その手段の一つとして，バイオフィードバック（以下，BF）を用いた筋活動の情報提示が挙げられる．さまざまな動作について，筋の使われ方を把握し，正常な筋活動を増強させる方法を学習することで，日常生活動作や運動などにおいて，効率のよい心身機能向上や，自らに適した負担（負荷）の選択が可能になると期待できる [3]．

そこで本研究では，階段歩行において，複数の筋が目標の活動レベルを超えているかを利用者の聴覚にリアルタイムに提示するシステムの提案とその効果の検証を行った．

2.　実験 1

さまざまなフォームで階段歩行を行ったときの各筋の筋電位を測定し、BF が有効に利用できる身体部位を探った．

2.1　実験参加者および実験システム

実験参加者は 24～26 歳の学生 5 名（男性 3 名，女性 2 名），実験は大阪市立大学生活科学部棟内の屋内階段（蹴上 18cm，踏面 30cm，12 段）で行った．

測定部位は右側の脊柱起立筋下部，大臀筋，大腿直筋，内側広筋，大腿二頭筋，腓腹筋，ヒラメ筋である．これらの筋電位を生体アンプを含む多用途テレメータシステムにより導出し、Signal Basic Light（メディカルトライシステム）で作成した波形取り込み・解析ソフトにより記録および解析を行った．

2.2　実験手続

階段歩行はすべて上りで行った．普段通りの歩行（以下，N 歩行）を 10 回行った後，図 1,2 に示すように主に大腿を意識した歩行（以下，F 歩行）を 10 回，主に下腿を意識した歩行（以下，C 歩行）を 10 回，最後に大腿と下腿を同時に意識した歩行（以下 W 歩行）を 10 回行った．

図 1　主に大腿を意識した歩行（F 歩行）

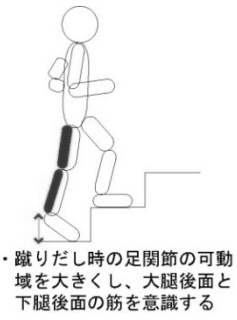


図 2　主に下腿を意識した歩行（C 歩行）

2.3　結果と考察

階段歩行中の筋電図合計積分値を歩行条件ごとに比較した結果の一例を図 3 に示す．F 歩行では，ほとんどの実験参加者において大腿直筋，内側広筋が N 歩行よりも有意に高く，筋電図ではこれらの筋の振幅が大きい傾向が見られた（図 4）．これは，振り上げや踏込みなど瞬間的な筋活動を意識したためであると考えられる．

C 歩行では，ほとんどの実験参加者において腓腹筋，ヒラメ筋が N 歩行よりも有意に高く，筋電図ではこれらの筋の持続時間が長い傾向が見られた（図 5）．一方，大腿直筋，内側広筋が N 歩行よりも有意に低かった実験参加者も見られた．これらは，N 歩行と比べて足関節の可動時間が長く，振り上げや踏み込み時間が短くなったためであると考えられる．

W 歩行では，ほとんどの部位で N 歩行よりも有意に高い傾向があったが，大腿直筋，内側広筋は F 歩行よりも有意に低く，ヒラメ筋は C 歩行よりも有意に低かった．したがって，大腿と下腿の筋を同時に

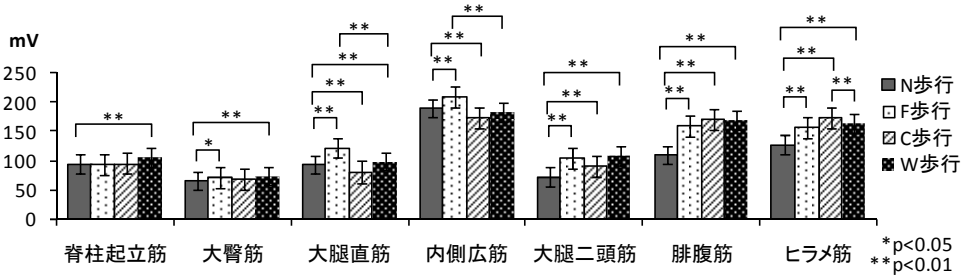


図 3　階段歩行中の合計筋電図積分値

意識した歩行は BF による姿勢動作改善の余地があると考えられる.

3.　実験 2

実験 1 で BF が有効に利用できると判断できた筋に対し音声による BF を行い，階段歩行時における複数の筋の制御にどのような影響を与えるかを調べた.

3.1　実験参加者および実験システム

実験参加者は 24～26 歳の学生 3 名（男性 2 名，女性 1 名），場所は実験 1 と同様である．測定部位は右側の大腿直筋，内側広筋，腓腹筋，ヒラメ筋である．BF の方法は，右脚 1 歩行サイクルの筋電位を算出し，すべての筋が目標値を超えた場合にチャイム音を提示した．大腿直筋と内側広筋は最大振幅値を，腓腹筋とヒラメ筋は積分値を判定に用い, N 歩行の 100～120%以上を目標値として設定した.

3.2　実験手続

N 歩行で 10 回行った後，　W 歩行を BF なしで 10 回，BF ありで 10 回行った.

3.3　結果と考察

右脚 1 歩行サイクルあたりの筋電図積分値を歩行条件ごとに比較した結果の一例を図 6 に示す．BF なし，BF ありでは，すべての筋が N 歩行よりも有意に高かったが，大腿直筋，腓腹筋，ヒラメ筋は BF ありが BF なしよりも有意に低かった．これは，実験参加者がチャイム音をほとんど鳴らすことができず，歩行フォームに確信が持てなかったことや，モチベーションを維持できなかったことが推察される．また，実験参加者からは，どの部位の動きを改善すればよいのかが迷うという報告を得た．したがって，今後は BF の目標値設定や提示方法の改善が必要であると考える.

4.　今後の課題

今後の実験ではチャイム音に加え，例えば，大腿直筋と内側広筋が同時に目標値を超えていない場合には「ウエ」という音声を，腓腹筋とヒラメ筋が同時に目標値を超えていない場合は「シタ」という音声を提示することを予定している．この提示方法ならば複雑な音の聞き分けが不要で，どの部位の動作改善を行えばよいかの把握が可能である．また，達成度が把握できるので，動作学習の動機づけになると期待できる.

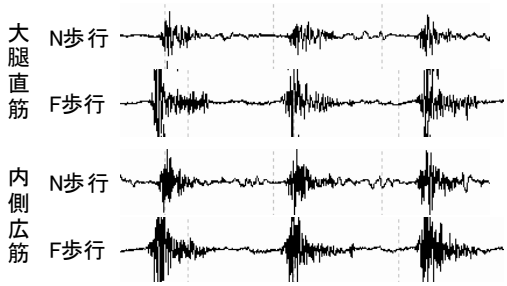


図 4　大腿直筋，内側広筋の筋電図の例

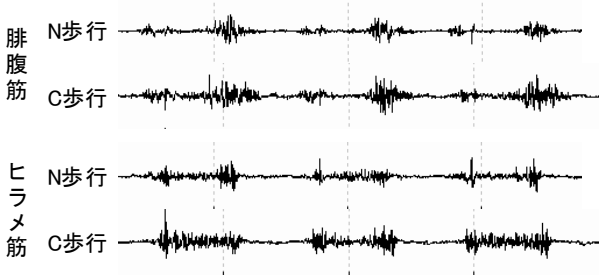


図 5　腓腹筋，ヒラメ筋の筋電図の例

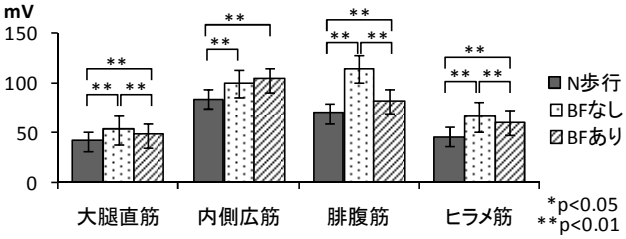


図 6　右脚 1 歩行サイクルあたりの筋電図積分値

また，BF の目標値設定については，各筋の等尺性最大随意筋力発揮中の筋電図積分値との比（%MVC）も検討する予定である.

参考文献

1)　国立社会保障・人口問題研究所　日本の将来推計人口（平成 18 年 12 月推計）
http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/suikei07/suikei.html

2)　文部科学省　「平成 20 年度体力・運動能力調査」の概要
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/1285611.htm

3)　エルマー・グリーン，アリス・グリーン: バイオフィードバックの驚異，講談社 (1990).

車いす着座位におけるドアノブ回転操作の困難度評価
－ デジタルヒューマンの応用 －

Difficulty Evaluation in Turning Doorknob for Wheelchair Users
－ Application of Digital Human Models －

○水谷勝一*，福井 裕**，川野常夫**，杉村延広**

*摂南大学大学院工学研究科，**摂南大学理工学部，
***大阪府立大学大学院工学研究科

MIZUTANI Shoichi*, FUKUI Yutaka**, KAWANO Tsuneo**, SUGIMURA Nobuhiro***
*Graduate School of Engineering, Setsunan University,
**Faculty of Science and Engineering, Setsunan University,
***Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

１．はじめに

人間の日常生活や労働の場において，ドアノブの回転やドライバによるネジ締めといったように上肢を用いて回転して操作する対象は多い．ドアノブの位置は一見固定のようであるが，大人の立位姿勢では，ほぼ腰の高さにあるのに対して，車いす利用者や子供にとっては,肩より上方にある．このような状況において，回転対象の回し易さや力の入り具合といった操作性は，回転対象の位置や上肢姿勢により異なると考えられる．

このような問題に対して，ドアノブを対象として複数位置における回転力を詳細に実測した研究[1,2]は報告されているが,実測したデータに基づき上肢姿勢から回転力を推定する手法を提案した研究は少ない．そのため，筆者らはこれまでに，実測データに基づいて回転角度や回転力の推定方法を確立し，デジタルヒューマンモデルを用いて各姿勢における回転し易さや困難さを可視化する評価システムの開発を行ってきた[3-5]．

車いす利用者の視点に立った上肢操作の困難度を評価することを目的に，本報では，ドアノブの回転操作を対象とし，開発した評価システムを用いて，ドアノブの位置による操作性の違いを検討した．

2. 回転困難度評価

これまでに開発した評価システムを健常者および車いす利用者のドアノブ操作性評価用に改良した結果を図１に示す．これは操作者の代理人である人体モデルおよび回転対象（本報ではドアノブ）から構成される.設計者が回転対象を配置し，

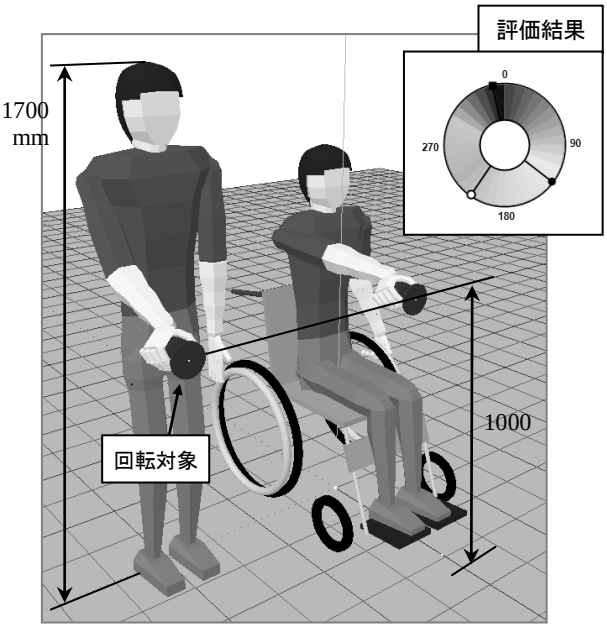


図 1. 回転困難度の評価システム

それを操作するよう人体モデルの姿勢を決定すると，同図右上に示すような評価結果がリアルタイムに可視化される．

ここで評価結果は，実測データに基づいて，回転対象を操作する際の上肢姿勢から，以下の 2 種類の値を推定した結果を表示している．

(1) 回転可動域:1 回の操作で回転することのできる最大角度．これは，上肢各セグメントの方向と回転対象の方向が一致するほど大きくなるような規範に基づいて推定される[3]．
(2) 最大発揮トルク：回転対象の軸周りに付加することのできる最大トルク．これは手首の屈伸と前腕のひねりの寄与率が高いほど，また

表 1. 立位時と車いす利用時の比較

	回転可動域 (°)	最大発揮トルク(Nm)
立位時	177	3.36
車いす利用時	215	2.96

手の高さが低いほど大きくなるような規範に基づいて推定される [5].

ここでは，推定された回転可動域が大きいほど，回転限界までの余裕が大きいことから，困難度は小さいと考える．最大発揮トルクにおいても同様に，推定されたトルクが大きいほど，発揮できるトルクの限界までの余裕が大きいことから，困難度は小さいと考える．

3. 立位時と車いす利用時との困難度の比較

立位時と車いす利用時においてドアノブの操作の困難度の違いを比較した．図 1 に示すように，本評価システムにおいて，立位時および車いす利用時の 2 種類の姿勢を人体モデルを用いて再現した．人体モデルの身長は 1700mm とし，ドアノブは現状の一般的な高さ，すなわち床面から 1000mm に配置した．

立位時と車いす利用時それぞれにおいて，ドアノブを操作する際の回転可動域および最大発揮トルクを推定した結果を表 1 に示す．同表より，回転可動域は立位時では 177°，車いす利用時では 215°となった．車いす利用時の方が立位時に比べ回転可動域が 22%増加した．しかし，最大発揮トルクは立位時では 3.36Nm，車いす利用時では 2.96Nm となり，車いす利用時は立位時に比べ最大発揮トルクが 12%減少した．

これらの結果から，最大発揮トルクの観点から，現状のドアノブ位置では，立位時に比べ車いす利用時の方が困難度は増加することがわかる．

4. ドアノブ位置の違いによる困難度の評価

車いす利用時において，ドアノブの高さや水平方向の位置によって回転可動域と最大発揮トルクがどのように変化するかについて評価システムを用いて検討した．ドアノブは図 2 に示すように配置した．すなわち現状のドアノブ位置（床面からの高さ 1000mm）を中心に，格子状（格子間隔は垂直，水平ともに 200mm）の 9 カ所に配置した．本報では，車いす利用者の正面にドアがある場合を想定した．そのため車いすに着座した状態で手

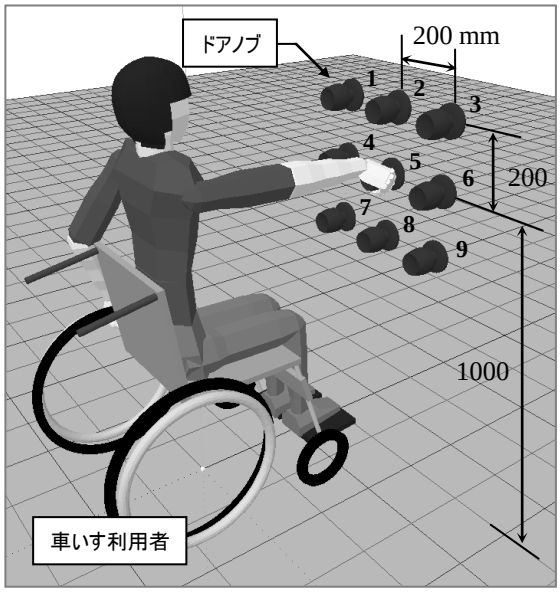


図 2. 位置の違いによる困難度の評価

の届く範囲は，おおよそこの 9 か所に限られる．ドアノブには同図中に示すように，車いす利用者から見て左上から順に 1～9 までの番号を付加した．

車いすおよび人体モデルの体幹は固定したままで，右上肢を用いて全ての位置のドアノブを操作させる．

まず，各ドアノブの位置における回転可動域の推定結果を図 3 に示す．同図中の円はドアノブの位置，円の左上の数字はドアノブ位置の番号を示している．円内部の数字は，各ドアノブ位置における回転可動域を示している．すなわち，この数値が小さいほど回転限界までの余裕が小さいことから，操作が困難であることを示している．円の背景色は，回転可動域が大きくなるにつれて，黒色から白色に近づくよう 4 段階でグラデーション

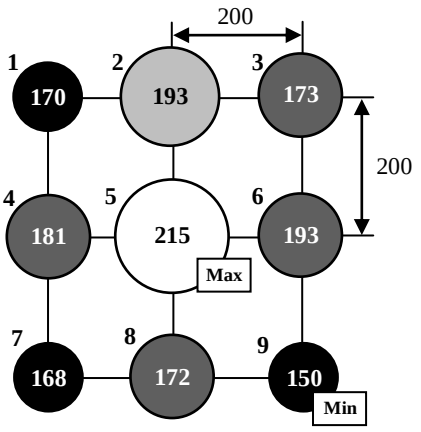


図 3. 評価システムによる回転可動域の推定結果 (°)

して表示している．円のサイズは回転可動域の大きさに基づいて 4 段階で図示している．

同図において，現状の位置である 5 番のドアノブでは，回転可動域が 215°となり，9 箇所のドアノブおいて最も大きくなった．それに対して，9 番のドアノブでは回転可動域が 150°となり，最も小さくなった．

これらの結果から，回転可動域の大きさの観点からすると，現状のドアノブと同じ 5 番の位置の回転可動域が大きい，すなわち困難度が低い，それに対して，9 番の位置の回転可動域が小さい，すなわち困難度が高いことがわかった．

5 番の回転可動域が最大となったことから，現状のドアノブ位置であっても，回転可動域の大きさの観点からすると，車いす利用者にとっても困難度が増えることはないと言える．むしろ，表 1 に示した立位姿勢との比較結果からわかるように，立位姿勢よりも大きく回転することができる．

次に，各ドアノブの位置における最大発揮トルクの推定結果を図 4 に示す．同図より，8 番のドアノブでは，最大発揮トルクが 3.32Nm となり，9 箇所のドアノブにおいて最も大きくなった．それに対して，1 番のドアノブにおいて，最大発揮トルクが 2.63Nm となり最も小さくなった．このとき，ドアノブは車いす利用者から見て頭部のほぼ正面に位置することから，力を入れにくい姿勢であることが推察される．

これらの結果から，最大発揮トルクの大きさの観点からすると，現状のドアノブより 200mm 下方の 8 番の位置の最大発揮トルクが大きい，すなわち困難度が低い，それに対して，5 番から見て左上の 1 番の位置の最大発揮トルクが小さい，すなわち困難度が高いことがわかった．

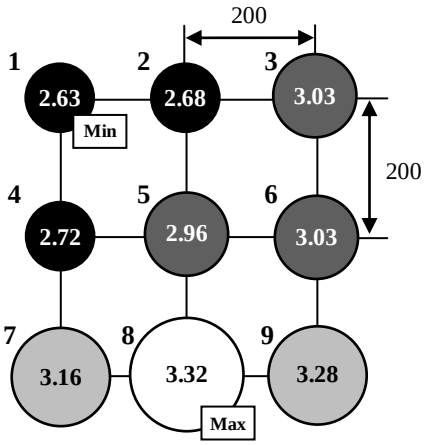


図 4. 評価システムによる最大発揮トルクの推定結果 (Nm)

すなわち，車いす利用者にとっては，現状の位置よりも下方に配置した方が，よりトルクが発揮し易くなると考えられる．また，7,8,9 番のようにドアノブ高さが低い方が最大発揮トルクは大きくなっているが，これは関連研究[1,2]の結果とも一致する．

5. 推定結果の妥当性確認

評価システムによる推定結果の妥当性を確認するために，回転可動域および発揮トルクのそれぞれの観点から，ドアノブの回転操作性の主観評価を行い，評価システムの推定結果と比較した．

実験参加者は，健康な男女 15 名（年齢 22±1.8 歳）とした．ドアノブを想定した木製円筒（φ50mm）を，垂直に立てた木板に図 2 に示したように現状のドアノブ位置を中心に格子状に 9 カ所の位置に取り付けた．木製円筒と木板は 2 種類の方法で取り付けられるようにした．一つは，回転可動域の主観評価を行うために，ドアノブが回転途中で止まらないよう空回りするように，もう一つは，発揮トルクの主観評価を行うために，トルクを加えてもドアノブが回転しないようした．また，車いす利用者を想定していることから，実験参加者は，いすに着座した状態でドアノブの回転操作を行った．

はじめに，実験参加者には適当な位置のドアノブを回転させ，9 ヶ所のうち最も回転可動域が大きいと感じる位置および最も回転可動域が小さいと感じる位置をそれぞれ回答してもらった．結果を図 5 に示す．同図では，左側に最も回転可動域が大きいと感じるドアノブ位置が，右側に最も回転可動域が小さいと感じるドアノブ位置が並ぶように，回答率でソーティングしている．

同図左側より，最も回転可動域が大きいと感じるドアノブのうち，5 番のドアノブが回答率 73%と最大となった．この位置は図 3 に示した評価システムの推定結果でも回転可動域が最も大きくなっている．また，図 5 の右側より，最も回転可動域が小さいと感じるドアノブのうち，回答率が高い方から 3 ヶ所, すなわち 1, 7, 9 番のドアノブ（回答率の合計は 82%）は，図 3 に示した評価システムの推定結果でも，回転可動域の下位から 3 位以内に入っている．これらのことから，回転可動域において，評価システムの推定結果と主観評価の

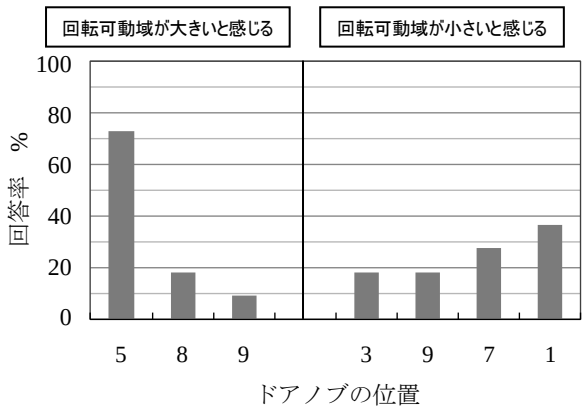


図 5. 回転可動域の主観評価結果

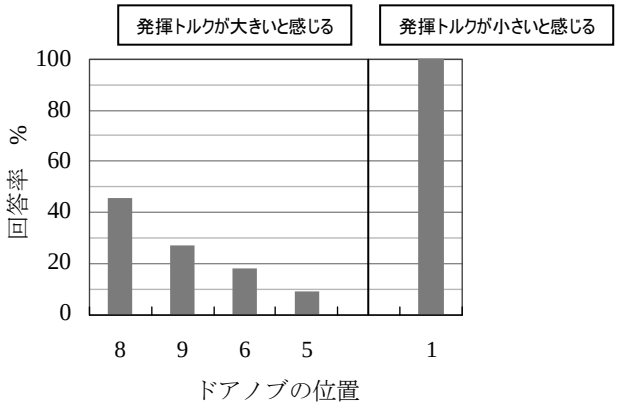


図 6. 発揮トルクの主観評価結果

結果はほぼ一致している.

次に，実験参加者に最もトルクを発揮できると感じる位置および最もトルクを発揮できないと感じる位置をそれぞれ回答してもらった．結果を図 6 に示す．同図左側より，最もトルクを発揮できると感じる位置のうち回答率が高い方から 1, 2 位, すなわち 8, 9 番のドアノブ(回答率の合計は 73%)は, 図 4 で示した評価システムの推定結果でも 1, 2 位という順序になっている．また，図 6 の右側より, 最もトルクを発揮できないと感じる位置は, 全ての実験参加者が 1 番のドアノブを選んでおり, 評価システムの推定結果と一致する．これらのことから，発揮トルクにおいても，評価システムの推定結果と主観評価の結果はほぼ一致している.

以上のことから，回転可動域および最大発揮トルクの両方の観点において評価システムの推定結果と主観評価結果が一致していることから，本評価システムの妥当性が確認された.

6. おわりに

車いす利用者の視点に立った上肢操作の困難度を評価することを目的に，ドアノブの回転操作を対象とし，評価システムを用いて，ドアノブの位置による操作性の違いを検討した．また，評価システムによる推定結果の妥当性を確認するために主観評価を行い，両者の結果を比較した.

本研究をまとめると以下のようになる.

(1) 立位時と車いす利用時におけるドアノブの操作性を比較した結果，立位時に比べ車いす利用時の方が，最大発揮トルクが 12%減少し，困難度が増加することがわかった.

(2) 車いす利用時において，現状の位置を中心に 9 箇所の位置におけるドアノブの操作性を比較した．その結果，回転可動域は現状のドアノブ位置が最大となり，車いす利用者にとっても操作し易い位置であることがわかった．しかし，最大発揮トルクは現状のドアノブ位置から下方に 200mm の位置が最も大きくなり, 車いす利用者にとって，現状のドアノブ位置は力の入れにくい位置にあることがわかった.

(3) 評価システムの推定結果と主観評価結果との比較を行ったところ，回転可動域および最大発揮トルクの両方の観点において，ほぼ一致していたことから，評価システムによる推定結果の妥当性が確認された.

参考文献

1) 友成安伸，渡辺直人，久本誠一，三浦範大：高齢者における前腕回内・回外トルク特性, 人間工学，38 巻，特別号，356-357，2002.
2) 梁瀬度子，平手早苗：高齢者の動作能からみた把持操作時の至適高について，人間工学, 24 巻，特別号，222-223，1988.
3) 福井 裕，川野常夫，杉村延広：デジタルヒューマンのための前腕ひねり作業のモデリング（第 1 報），74 巻，4 号，395-399，2008.
4) 福井 裕，川野常夫，杉村延広：デジタルヒューマンのための前腕ひねり作業のモデリング（第 2 報），75 巻，7 号，871-875，2009.
5) 福井 裕，川野常夫，水谷勝一，杉村延広：前腕ひねり作業のモデリングに関する研究（第 8 報), 2010 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集，105-106，2010.

デジタルヒューマン"Jack"による移乗介助動作の腰部負担評価

Evaluation of Caregiver's Lower-Back Load during Transfer Movement Using a Digital Human "Jack"

○田中優介*，福井 裕**，西田修三**，川野常夫**

*摂南大学大学院工学研究科，**摂南大学理工学部，

TANAKA Yusuke*, FUKUI Yutaka**, NISHIDA Shuzo**, KAWANO Tsuneo**

*Graduate School of Engineering, Setsunan University,

**Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

１．はじめに

介護作業には，ベッドと車いす間の移乗介助，入浴介助，トイレ介助，ベッドでの体位変換などがある。被介護者は人間であり，50kg 前後の体重がある上，自らの力で自立できない人が多いことから，その体重を支えたり，抱き上げたりする介護者の負担は想像以上に大きいことが推察される。これまでに行われてきた介護者の負担に関する研究は数多く，特に腰部の負担を計測したり，解析したりして腰部を中心に評価するものが多く散見される[1)-7)]。それらの方法としてはモーションキャプチャを用いて座標計測を行い，逆動力学における方程式を解くことによって，力学的負担を推定するもの，あるいは身体各筋肉の筋電図を測定して直接的に力学的負担を推定するものなどがある。いずれにしても，装置が大掛かりとなり，実験室で再現する介護動作を対象としていて，実際の介護現場の動作を対象としていないことが多い。

図 1. Jack による腰痛解析

本研究では，人体の骨格および関節構造を模したコンピュータ上の仮想人間でありデジタルヒューマンと呼ばれる”Jack”(Siemens)の機能を用いて，介助動作の力学的負担を評価することを試みる。そのため，現場の介助動作をビデオカメラに収録し，その再生画像に合わせて Jack の姿勢を手動で再現する。通常，Jack は生産工場における作業者の負担評価や製品設計時の人間適合性を評価するときに用いられるが，それを介護動作の評価に適用できるかどうかを明確にする。特に，Jack は手にのみ負担が作用した場合に，腰部の椎間板圧迫力を自動的に推定できるようになっているが，被介護者が介護者の肩に寄りかかる際に肩に負担がかかる場合は，推定できないため，Jack の姿勢情報を基に椎間板圧迫力を別途計算する方法を確立する。対象動作として，ベッドと車いすの間の移乗介助動作を取り上げ，大掛かりな装置を用いた従来の方式による先行研究との比較を行う。その後，3 種類の移乗介助動作の腰部負担を求め，それらを比較することによって，負担の少ない介助動作はどのようなものであるかを検討する。

２．Jack の腰部圧迫解析ツール

Jack はコンピュータ上に人間をモデル化したもので，現実世界の人間に近い骨格構造や運動機能などを持っている[8)]。Jack には 9 種類以上の作業解析ツール（Task Analysis Toolkit）が備わっており，本研究では，その中の腰部圧迫解析ツール(Low Back Compression Analysis)を用いる。これを用いれば図 1 に示すように手に外力が作用する場合にデジタルヒューマンモデルの腰部に作用する力を評価することができ，それが NIOSH（National Institute for Occupational Safety and Health，アメリカ労働安全衛生研究所）のガイドライン推奨値以下であるかどうかによって労働者が腰を痛める危険性をリアルタイムに判定することができる[9)]。

この解析ツールでは，図 2 に示す椎間板（L4/L5）に働く鉛直方向の圧迫力，前後および側方の剪断力を求めることができる。本研究では，ベッドから車いすへの移乗介助動作中の椎間板圧迫力および剪断

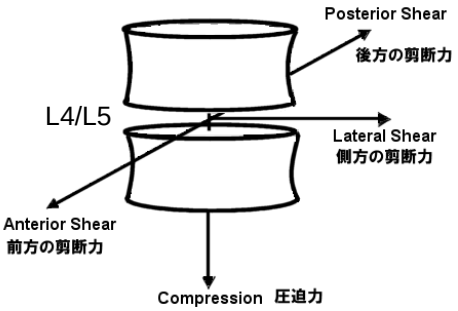


図 2. Jack で求められる椎間板に働く力の 3 成分

力を求め，介護者の腰部負担を評価する。

３．肩に外力がかかる場合の椎間板圧迫力の推定

本研究が対象としている移乗介助では，被介護者が介護者の肩に両腕を回して自らの姿勢を安定に保つことが多い。このとき，介護者の肩に外力が加わる。しかしながら，Jack の腰部圧迫解析ツールでは手にだけ外力を作用させることができるようになっており，肩には作用させることができない。

本研究では，肩および手に外力が作用した場合の椎間板圧迫力の計算法を確立する。介護者の姿勢情報は tcl/tk 言語を用いて Jack から取得する。図 3 に椎間板圧迫力を推定するための介護者の人体リンクモデルを示す。第 4 第 5 腰椎(L4/L5)における椎間板の圧迫力 F_C および剪断力 F_S は以下の式から求めることができる[1),10),11)]。

$$F_C = U_W \cos\theta + F_M - F_A + L_S \cos\theta + L_H \cos\theta \quad (1)$$

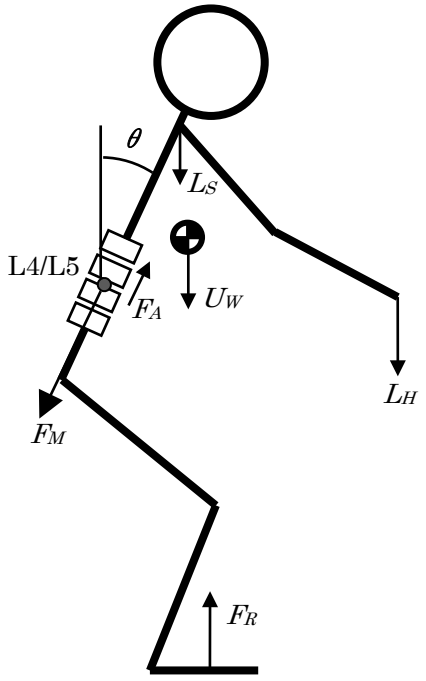


図 3. 介護者の人体リンクモデル

$E \cdot F_M$ = (U_W, L_S, L_Hによる L4/L5 まわりのモーメント) − (F_A によるモーメント) (2)

$$F_S = U_W \sin\theta + L_S \sin\theta + L_H \sin\theta \quad (3)$$

ここで,

U_W: L4/L5 より上方の胴体, 頭, 両腕の重量合計(N)

F_A : 腹圧

L_S : 肩に作用する外力（向きは鉛直下方とする）

L_H : 手に作用する外力（向きは鉛直下方とする）

F_M: 自重や外力による L4/L5 まわりのモーメントに対抗する脊柱起立筋による力

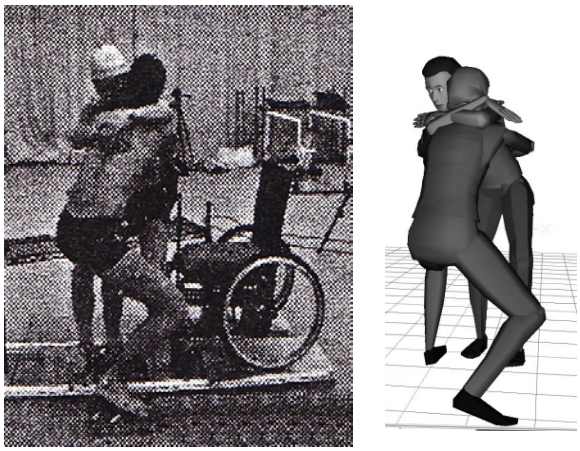
E : 脊柱起立筋のモーメントアーム

θ : L4/L5 における脊柱の傾斜角

なお, 脊柱起立筋の剪断力方向の成分は小さいため, 式(3)の剪断力は自重と外力の体幹軸に直交な成分のみに近似できる[10)]。また，L4/L5 は，近似的に腸骨稜の位置とした。図 3 の F_Rは式には用いていないが，介護者の床反力を示している。式中の自重やモーメントアーム，傾斜角に関する値は，Jack の姿勢から取得する。

４．先行研究との比較検証

前項の方法により求まる腰部椎間板の力学的負担の大きさが妥当であるかどうかを，勝平らの先行研究[1)]の数値と比較することによって検証した。まず，図 4(a)に示す先行研究の移乗介助動作（ベッドから車いすに移乗する途中の姿勢）を Jack で再現する。図(b)にその結果を示す。Jack では介護者を女性モデルとし，被介護者を男性モデルとした。マウスとキーボードを用いて，介護者と被介護者の姿勢を操作し, 先行研究に近くなるようにする。この作業は Jack



(a)先行研究における用具なしの場合の移乗介助動作　(b)Jack で再現した動作

図 4. 先行研究[1)] と Jack の比較

の操作に慣れた者であれば，5 分以内で可能である。

先行研究では，赤外線カメラ 12 台を含む三次元分析装置と床反力計用いて，赤外線反射マーカーの三次元座標位置と介護者の下肢に生じる床反力を計算し，椎間板圧縮力および椎間板剪断力を求めている。Jack 側の介護者および被介護者の体重は先行研究の平均値に合わせて，それぞれ 59.8kg，58kg とした。同様に被介護者を抱き上げている時の介護者の床反力は最大で 83.72kg であることから，それから介護者の体重を除いたものが介護者への負荷（外力）の最大値となる。したがって，そのとき負荷は

（介護者の床反力 F_R）－（介護者の体重）＝

$$83.72 - 59.8 \fallingdotseq 24\text{kg} \qquad (4)$$

となる。先の図 4 では，被介護者は介護者の肩に両腕を回し，介護者は被介護者の背中を両腕で支えている。このことから，24kg の負荷は，介護者の肩と腕（手）に作用していると考える。さらにここでは，肩と手に 1 対 1，すなわち 50%ずつ作用していると仮定する。これは正確に実測できないものであり，本研究では実測をむしろ避けて，後述するようにおおよその仮定でどの程度まで推定が可能かを検討する。

表 1 に介助動作中に椎間板に働く力を求めた結果を示す。これより本研究の推定法による圧迫力は，先行研究の値に極めて近いことがわかる。剪断力はやや差が認められるが，これは，圧迫力に比べて相対的に値が小さいため，手の座標や体幹の傾斜角などのちょっとした誤差が影響しているものと考えられる。しかし，オーダーとしては一致していると見なせる。

圧迫力については先行研究とほとんど一致したため，式(4)で求めた 24kg の負荷の肩と手の配分比を 50%：59%として問題ないと考えられるが，介護者と被介護者が変われば配分比も変わることが予想される。そこで配分比を 70：30 から 30：70 まで変化させて圧迫力を求めたところ，4825～5862N の範囲の値となり，最大で 9.8%の誤差となった。したがって，肩と手の配分比が変化しても，椎間板の圧迫力は 10%以下の誤差で推定できると言える。先の 24kg の負荷は測定値の中で最大値であったため，負荷が小さければ誤差もさらに小さくなることが考えられる。

一方，介護者と被介護者が変わることで 24kg の負荷が変わることを想定し，19～29kg の範囲で変化させたところ，圧迫力は 4804～5883N の範囲で変化し，最大で 10.2%の誤差となった。この場合も同様に介護者に作用する負荷が少々変化しても 10%程度の誤差で推定できると言える。以上の結果は，いくつかの違った介助動作について一度，床反力を測定しておけば，その後その値を用いることで，腰の負担を推定することが可能であることを示唆している。すなわち介護現場のビデオ画像さえあれば，Jack を用いて腰の負担を推定することができ，現場での作業改善に容易に役立てることができる。

表 1. 解析によって求められた椎間板（L4/L5）に働く力の比較(N)

	圧縮力	前後方向剪断力
先行研究	5361	530
Jack+推定式	5350	454

５．移乗介助動作の比較

次に Jack を用いて，以下の 3 種類の移乗介助動作の比較を行った。

(a) 腰だけをひねって移乗する介助動作（以下，「腰のみ」と略記）

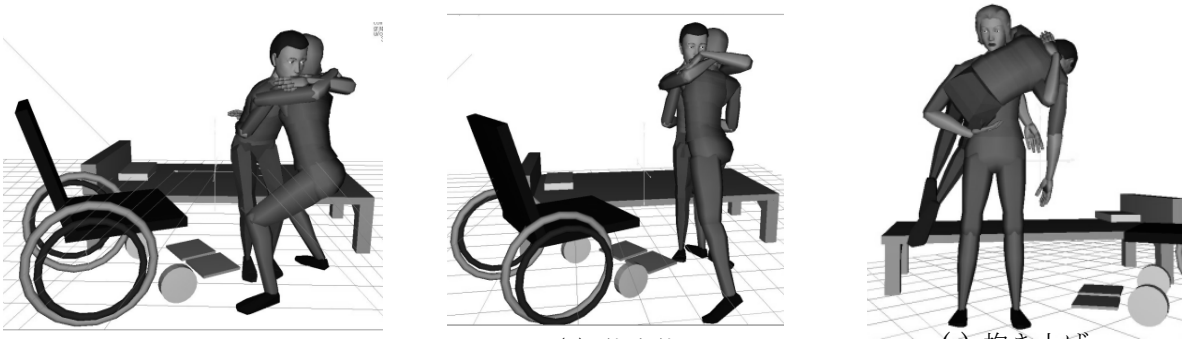
(b) 体全体を使って移乗する介助動作（以下，「体全体」と略記）

(c) 抱き上げて移乗する介助動作（以下，「抱き上げ」と略記）

(a)は介護者が腰を落としつつ，被介護者を引っ張るようにして尻がベッドから浮くまで持ち上げる。持ち上がったら腰を捻って車椅子に向け方向転換し，向き直ったら被介護者をゆっくり下ろす。特徴として全体を通し足は固定，腰だけを使って移乗している。

(b)は介護者が被介護者に密着し腰を落としつつ，被介護者を引っ張るようにして尻がベッドから浮くまで持ち上げる。持ち上がったら，そのまま起立し被介護者を立たせる。この時も被介護者に密着したまま立たせる。立たせたら体全体を車椅子に向け方向転換。向き直ったら足を前後に開き，背筋は曲げず膝を曲げながらゆっくり下ろす。特徴として全体を通し，介護者と被介護者は常に密着している。さらになるべく腰を曲げないよう体全体を使って移乗している。

(c)は介護者の膝に被介護者の脚を乗せる。介護者の片手は被介護者の背中，もう一方の手は太ももに抱え込むように手を回す。持ち上げた時，被介護者が介護者に巻きついているような感じにする。車椅子に向け方向転換しゆっくり被介護者を下ろす。



(a) 腰のみ　(b) 体全体　(c) 抱き上げ

図 5. Jack による移乗介助動作の比較

まず, 健常者 2 人に介護者役と被介護者役を頼み, 上記の 3 動作を実際に行ってもらって，ビデオ撮影し記録する。また，フォースプレートを用いて，介護者の床反力を測定する。図 5 に各動作からそれぞれ 1 姿勢を取り上げ，Jack で再現した結果を示す。(a)～(c)は「腰のみ」,「体全体」,「抱き上げ」のそれぞれ 1 姿勢である。

それぞれの代表的な動作について，椎間板圧迫力と剪断力を求めた結果,「腰のみ」では最大で 5500N, 1020N, 「抱き上げ」では最大で 6050N，1200N の力が作用しており，NIOSH[9]で定められた許容値（圧迫力が 3400N, 前後剪断力が 1000N）を超えていた。これらは腰痛発生の可能性を示唆している。一方,「体全体」の動作では，圧迫力も前後剪断力も許容値を下回っていた。

６．おわりに

デジタルヒューマン Jack で腰部の力学的負担を求める場合, これまで肩に外力をかけられなかったが, 本研究ではそれが可能となるように改善し，Jack と本研究で確立した椎間板圧迫力および剪断力の推定法を用いて介護動作の腰部負担を求めたところ，妥当な値が出ることがわかった。また，床反力を測定しなくてもビデオ画像のみで腰部負担を推定できることを確認した。このことにより，現場の作業そのものを解析できるという点でその意義は大きい。

ただし Jack は，力学解析において加速度を考慮しない点を注意する必要がある。介護動作のようにゆっくりした動作ではその影響が少ないと考えられる。

最後に 3 種類の介助動作を比較した結果，腰への負荷を少なくするためには，被介護者と密着し，腰を曲げない姿勢をとる「体全体を使って移乗する」動作が良いことがわかった。

参考文献

1) 勝平純司，冨田早基ほか : 移乗補助具の使用，種類，使用姿位の違いが移乗介助動作時の腰部負担に与える影響，人間工学，Vol.46, No.2, pp.157-165, (2010).
2) 榎田 めぐみ 1，青木 和夫 : 車椅子移乗援助における車椅子配置角度に関する研究，平成 21 年度　日本大学理工学部　学術講演会予稿集，pp.355-356, (2009).
3) 松本百合美，塩川満久，住居広士，河村顕治 : 3 次元動作解析による移乗介護動作における 6 局面化とその検証，広島県立保健福祉大学誌　人間と科学，8, 1, pp.117-127, (2008).
4) 住居広士，塩川満久ほか : 移乗介護におけるベッドからの車椅子設定角度のバイオメカにクス, 広島県立保健福祉大学誌　人間と科学，5, 1, pp.97-107, (2005).
5) 浅野順一，小川鑛一，鈴木玲子，國澤尚子 : 看護動作に関する研究　～仰臥位から長座位への体位変換～，人間工学，第 37 巻，特別号，pp.370-371，(2001).
6) 奥野暢通 : 保育・介護作業における背腰部負担の分析，四天王寺国際仏教大学紀要，第 45 号,pp.313-330, (2008).
7) 冨岡公子，樋口由美，眞藤英恵 : 福祉用具の有効性に関する介護作業負担の比較研究 ―福祉用具使用の有無および作業姿勢の適正―，産業衛生学雑誌，49, pp.113-121, (2007).
8) 川野常夫 : デジタルヒューマンモデルとその産業応用, 日本機械学会誌, 106, 1013, pp.272-275, (2003).
9) Waters, T.R., Puts-Anderson, V., Garg, A., Fine, L.J.: Revised NIOSH equation for design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics,36,7, pp.749-776, (1993).
10) 山崎信寿，山本真路，井上剛伸 : 移乗介助動作の計測と腰部負担の評価，バイオメカニズム，16 ，pp.195-205 (2001).
11) 瀬尾明彦 : 腰部負担評価のための腰部椎間板圧迫力推定法, http://homepage2.nifty.com/aseo/bpress.htm, (1999).

手すりを使用した階段避難歩行の浸水時における姿勢安定性
Attitude stability of stair climbing using banister during underwater flooding

○森隆*，小谷賢太郎**，石垣泰輔***，馬場康之****，戸田圭一****，朝尾隆文**
*関西大学大学院　**関西大学システム理工学部　***関西大学環境都市工学部
****京都大学防災研究所
MORI Takashi*, KOTANI Kentaro**, ASAO Takahumi**, ISHIGAKI Taisuke***,
BABA yasuyuki****, TODA keiichi****,
* Graduate School of Engineering, Kansai University, ** Faculty of Engineering Science, Kansai University, ***Faculty of Environ. and Urban Engineering, Kansai University,
****Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University.

1. 研究背景

近年，都市部での水害では，地下空間への浸水により死亡事故が発生し，地下空間の危険性が明らかになった[1)]．そこで我々は避難時に特に障害になると言われている浸水時の階段歩行に着目した．

地下空間からの避難に関する先行研究[2)]では，転倒防止を目的に階段に設置されている手すりを使用した実験は行っていない．また，レスキュー隊は被災者を救助する際手すりを使った歩行方法を統一して歩行することがわかっている[3)]．

そこで，浸水時の手すりを用いた歩行が階段昇段歩行に及ぼす影響について明らかにし，安全に階段昇段できる手すりを用いた歩行方法を検討することで，浸水時の被災者やレスキュー隊に対する階段歩行の指標となると考えた．

Okamoto ら[4)]や，Winter[5)]，Larsen ら[6)]より，歩行が不安定な状態の時，下肢筋群は姿勢を維持するための筋活動を示すことが報告されている．姿勢維持のための筋活動は浸水時の階段昇段時においても現れることが考えられ，筋活動から姿勢安定性を評価することが可能であると考えられる．

そこで地下浸水を想定した実物大階段模型を用いて，階段昇段時の筋活動を測定し，手すりの有無によって筋活動の変化を比較し，地下浸水時の手すりの使用が階段昇段に及ぼす影響について検討する．また手すりの持つ位置や使い方を変化させることでより危険性の少ない階段昇段を行うことができるかを検討し，浸水時での避難に適した手すりを用いた歩行方法を提案することを目的とした．

2. 実験目的

実験 1 では地下浸水を想定した実物大階段模型を用いて，階段昇段時の筋活動を測定し，手すりの有無によって筋活動の変化を比較することで浸水時の手すりの使用が階段昇段に及ぼす影響について検討する．また，手すりの持つ位置や使い方を変化させることで浸水時に安定した歩行を行うことができるのかを検討する．

実験 2 では手すりの掴む手を両手にする歩行方法により，普段の手すりの使い方による歩行と比べ，浸水時に安定した歩行を行うことができるのかを検討する．

3. 実験環境

実験で使用する階段は勾配 22.5°，奥行 0.30m，高さ 0.15m，幅は 1.00mの 20 段からなる高低差 3.00mの階段部，11.8m の踊り場および水路から構成されている．被験者には実際の浸水時を想定して，Tシャツとジーパン，靴下，運動靴を履いて実験を行った．

4. 筋電図の計測方法

被検筋は右側下肢の大腿直筋，外側広筋，大腿二頭筋，前脛骨筋，腓腹筋，大電筋の 6 筋とした．被検筋に電極（NM-512，日本光電）を貼付し，マルチテレメータシステム（WEB-5000，日本光電）を用いて筋電図を記録した．計測部位を皮膚前処理剤（スキンピュア，日本光電）で角質除去した後，消毒用エタノールで洗浄し，電極を計測部位に貼付した．また，角質除去を行う前に必要に応じて毛の除去を行った．電極を計測部位に貼付した後，電極の上から医薬用の防水ファイルで防水加工を施した．アース電極は右側の肘に貼付した．電極は WEB-5000 の送信機に接続され，受信機に筋電データを送信し，基礎医学研究システム（LEG-1000，日本光電）を介してパーソナルコンピュータに転送して記録した．時定数を 0.03sec，サンプリング周波数を 2KHz にそれぞれ設定した．足の踵が地面に接地するときと，足のつま先が地面から離れるときを計測するため，右足足にフットスイッチを貼付した．このフットスイッチにより，電極を貼付した右足の立脚期と遊脚期の判別を行った．被験者間，筋群間での比較を可能にするために，各筋について最大随意収縮時の筋電位（MVC）を計測した．MVC の計測方法は，実験者が徒手で被験者の力を発揮する方向に対して抵抗を加え，被験者は抵抗に逆らって 3 秒間の最大等尺性筋力の発揮を各筋についてそれぞれ 2 回行った．この信号に対し，RMS 処理をして平滑化し，平均 RMS 値の高い方を MVC として採用した．

5. 評価方法

本研究では以下の評価方法に基づき，姿勢安定性を評価する．

・歩行不安定度指標 [4]

Okamoto ら [4]によって，幼児の不安定な歩行から，歩行不安定度指標が導かれている．これより，とても不安定な歩行は，立脚期に体後傾保持に働く大腿直筋と前脛骨筋，膝屈曲位保持に働く内側広筋の筋活動量が大きくなる時であることが確認されている．これより手すりの有無や手すりの持ち方について，立脚期の大腿直筋，前脛骨筋，内側広筋と同じ役割を持つ外側広筋の筋活動に着目して，姿勢安定性の評価を行う．

・co-contraction 法 [5), 6)]

関節を固定させる時や重い荷物を持つ時，歩いている時には，主動筋と拮抗筋が同時に活動する．拮抗筋が主動筋と同時に活動することで，関節の固定や衝撃を吸収する役割を果たす．この主動筋と拮抗筋が同時に活動することを共収縮（co-contraction）という [5)]．力が必要と予想される場面など不安定な状況におかれた場合では，大腿，または下腿の共収縮が増加する [6)]と言われている．本研究で想定している浸水状況下での階段の昇段というのは，とても不安定な状況であるので，共収縮が増加すると考えられる．手すりの有無や手すりの持ち方による，大腿，または下腿の共収縮の大きさに着目し，姿勢安定性を評価する．

6. 実験 1

6.1 実験内容

被験者は健常男性 4 名（21 - 23 歳）であった．気温は平均 26.3 度，水温は平均 18.6 度であった．歩行条件は階段最上段の水位 0cm, 40cm でそれぞれ手すりを用いない歩行（手すりなし歩行）と普段の手すりの使い方による歩行（普段の手すり歩行）を行った後，教示する歩行方法について教示を与え(教示 1 歩行), 水位 40cm で教示による階段歩行を行い，計 5 種類の歩行条件で 3 回ずつ階段昇段を行い，筋電位を計測した．手すりの前方遠方に手をつき，引くように使用し，一歩ごと（一段ごと）に持ち直す方法を教示した．教示した歩行方法による階段昇段時には，間違った手すりの持ち方をしてしまわないように手すりを持つ位置に赤色のテープを張り，その上に大きく番号をつけ，そのテープの位置を目安に順番に持ってもらうこととした．

6.2 教示方法の選定理由

我々の先行研究 [7)]より，浸水時に避難が困難な被験者は，階段昇段時にうまく推進力を生みだせないことがわかっている．これより，浸水時の階段歩行では，水流に逆らって歩行する身体の水平方向への移動をうながすような歩行方法により，昇段に必要な筋肉の働きの補助をする必要があると考えられる．水平方向に移動するには手すりの前方遠方に手をつき，引くように使用するとよいと言われている [8)]ことから，この手すりの使用方法を被験者に教示する．

6.3 結果

歩行条件ごとの各筋肉の立脚期における浸水時の平均筋活動を Fig.1 に示す．手すりなし歩行と教示 1 歩行を比較すると，多重比較の結果，すべての筋肉において，筋活動量に有意差が認められた(1%)．普段の手すり歩行と教示 1 歩行を比較すると，多重比較の結果，大腿直筋，大腿二頭筋，外側広筋，大殿筋において筋活動量に有意差が認められた(1%).

歩行条件ごとの大腿と下腿の平均 co-contraction を Fig.2 に示す．大腿の平均 co-contraction を見ると，多重比較の結果，すべての歩行において，筋活動量に有意差は認められなかった．下腿の co-contraction を見ると，多重比較に結果，手すりなし歩行と普段の手すり歩行において有意水準 5%で，手すりなし歩行と教示 1 歩行において有意水準 1%で有意差が認められた．

各歩行条件での右足が一段目についてから階段を昇りきるまでの被験者 4 名の平均歩行時間を Table 1 に示す．

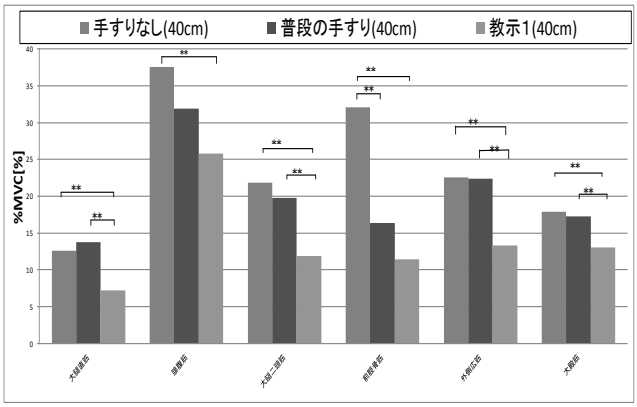


Fig. 1 歩行条件ごとの各筋肉の平均筋活動（立脚期）（＊5%, ＊＊1%）

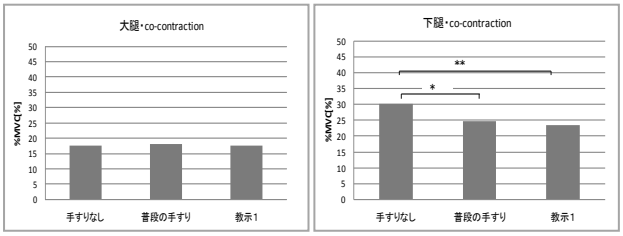


Fig. 2 大腿と下腿の平均 co-contraction（水位 40cm）（＊5%, ＊＊1%）

Table 1 階段昇段時間(sec)

	手すりなし	普段の手すり	教示1
水位0cm	11.64	11.35	×
水位40cm	26.97	17.16	29.01

6.4 考察

・歩行不安定度指標 [4]

Fig.1 より，教示 1 歩行は，手すりなし歩行と比べると，大腿直筋，前脛骨筋，外側広筋の筋活動量が有意に小さいので，手すりなし歩行に比べて安定した姿勢で歩行できていると考えられる．また，教示 1 歩行は普段の手すり歩行に比べ，前脛骨筋において有意差が認められなかったので，歩行不安定度指標から姿勢安定性が確認できなかった．

・co-contraction 法[5), 6)]

Fig.2 の大腿部の co-contraction より，３つの歩行すべてにおいて筋活動量に差がないことから，大腿部の共収縮の差は見られなかった．下腿部の co-contraction より，普段の手すり歩行と教示１歩行は手すりなし歩行と比べて筋活動量が有意に小さい（5%,1%）ことから，普段の手すり歩行と教示１歩行は手すりなし歩行に比べ，下腿の共収縮度が小さいため，階段昇段時に必要な前脛骨筋と腓腹筋の役割を上手く果たすことができる．よって浸水時の階段歩行時は，手すりを持つことで，遊脚期に移行するために推進力をうまく生み出しやすく，また，足首を背屈させやすいため，階段の角につまずきにくいと考えられる．教示１歩行を普段の手すり歩行と比較すると，筋活動量に有意な差は得られなかったため，手すりの持ち方による姿勢安定性の違いは確認できなかった．

・歩行時間

Table 1 より，水位 40cm の時の手すりなし歩行と，普段の手すり歩行，教示１歩行の昇段時間を比較すると，教示１

2.04[sec]，普段の手すり歩行と比べ 11.85[sec]遅いという結果であった．教示１歩行は，手すりの持ち替え時に脚を止めて持ち替えるため，他の歩行と比べて時間がかかったと考えられる．

6.5　まとめ

浸水時の階段昇段時に手すりを持つことで，階段昇段時に必要な腓腹筋，前脛骨筋の役割を発揮しやすい．教示１は普段の手すり歩行と比べ，姿勢安定性の差は小さく，避難に時間がかかるため，浸水時に適した手すりを用いた歩行方法とは言えない．今回は手すりを片手でしか使用していないため，実際の浸水時を想定して，手すりを両手で使用した歩行方法で実験を行う必要がある．

7.　実験２

7.1　実験内容

被験者は実験１と同じ健常男性４名（21 - 23 歳）であった．気温は平均 12.6 度，水温は平均 14.0 度であった．歩行条件は階段最上段の水位 0cm，40cm で普段の手すりの使い方による歩行（普段の手すり歩行）を行った後，教示する歩行方法について教示 2，3 を与え(教示２歩行，教示３歩行)，水位 0cm，40cm で教示による階段歩行を行い，計６種類の歩行条件で２回ずつ階段昇段を行い，筋電位を計測した．教示２歩行では，教示１歩行の使用方法で手すりを持つ手を両手とし，両手で手すりを引きながら足を動かす．足を一段移動させたら手前のほうにある手を離し前方遠方に持ち替える．これを繰り返し階段を昇段していく．教示３歩行は教示２歩行の手すりの使い方で手すりの持ち替えと同時に足を移動させる．

7.2　結果

歩行条件ごとの各筋肉の立脚期における浸水時の平均筋活動を Fig.3 に示す．普段の手すり歩行と教示２歩行を比較すると，多重比較の結果，すべての筋肉において，筋活動量に有意差が認められた(1%)．普段の手すり歩行と教示３歩行を比較すると，多重比較の結果，大腿直筋，腓腹筋，前脛骨筋，外側広筋において筋活動量に有意差が認められた(1%)．

歩行条件ごとの大腿と下腿の平均 co-contraction を Fig.4 に示す．下腿の平均 co-contraction を見ると，多重比較の結果，すべての歩行において，筋活動量に有意差は認められなかった．大腿の co-contraction を見ると，多重比較の結果，普段の手すり歩行と教示３歩行において，筋活動量に有意差が認められた．

各歩行条件での右足が一段目についてから階段を昇りきるまでの被験者４名の平均歩行時間を Table 2 に示す．

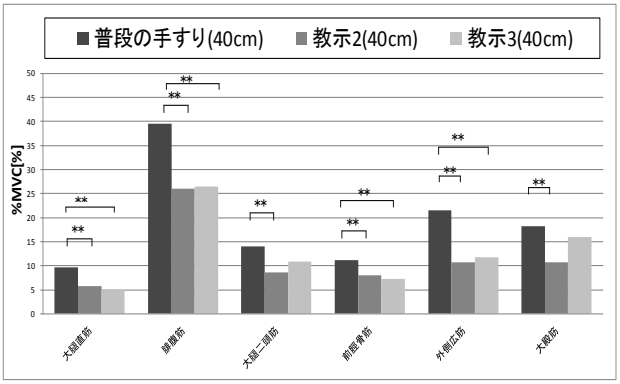


Fig. 3 行条件ごとの各筋肉の平均筋活動（立脚期）（＊5%，＊＊1%）

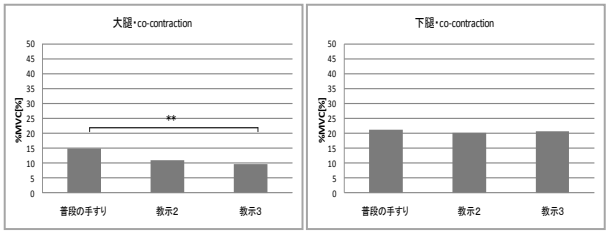


Fig. 4. 大腿と下腿の平均co-contraction(水位40cm)（＊5%，＊＊1%）

Table 2　　階段昇段時間(sec)

	普段の手すり	教示2	教示3
水位0cm	12.05	32.4	26.59
水位40cm	18.36	32.87	25.65

7.3　考察

・歩行不安定度指標[4)]

Fig.3 より，教示２歩行と教示３歩行は，普段の手すり歩行と比べ，大腿直筋，前脛骨筋，外側広筋の筋活動量が有意に小さいことから，普段の手すり歩行と比べて安定した歩行が出来ていると考えられる．教示２歩行と教示３歩行を比べると，筋活動量の差はほとんど見られなかった．

・co-contraction 法[5), 6)]

Fig.4 の下腿部の co-contraction より，３つの歩行すべてにおいて筋活動量に差がないことから，下腿部の共収縮

の差は見られなかった．大腿部の co-contraction より，普段の手すり歩行と教示３において，筋活動量に有意な差が得られた（1%）が，普段の手すりと教示１歩行の間には有意差は見られなかった．これより，教示３歩行は，普段の手すり歩行に比べ，大腿の共収縮度が小さいため，階段昇段時に必要な，大腿直筋，大腿二頭筋，外側広筋，大殿筋の役割を上手く果たしていたと言える．よって，教示３歩行を行う事で，浸水時の階段歩行時に身体の引き上げ，膝関節の伸展，股関節の伸展による身体の支持脚への引き寄せを行いやすく，階段を昇段するために必要な力を出しやすいと考えられる．

・歩行時間

Table 2 より，水位 40cm の時の普段の手すり歩行と，教示２歩行，教示３歩行の昇段時間を比較すると，教示２歩行が一番昇段に時間がかかり，普段のてすり歩行と比べ 14.51[sec]，教示３歩行と比べ 7.22[sec]遅いという結果であった．教示３歩行は，実験１の教示１と同じで，手すりの持ち替え時に脚を止めて持ち替えるため，他の歩行と比べて時間がかかったと考えられる．

7.4　まとめ

教示３歩行は，普段の手すり歩行に比べ，姿勢安定性が高く，浸水時の階段昇段時に，階段昇段に必要な筋肉を発揮しやすいため，浸水時の階段昇段時の歩行に適した歩行方法であることが示唆された．しかし，普段の手すりの使い方と浸水時の階段歩行時の手すりの使い方は，人によって違うことが考えられるため，人によって違うと考えられる浸水時の手すりを用いた階段歩行と，教示３歩行の比較を行い，姿勢安定性の検討を行う必要がある．

8.　今後の方針

歩行評価の研究において，立位時のバランスについてはさまざまな方法で研究されている [9]．しかし，立位時のバランス計測だけで歩行のバランスを評価することには有効性に問題があるため，歩行中のバランス計測の良い方法が必要である [9].本研究においても，浸水時の階段避難歩行の姿勢安定性についての評価方法としては，歩行不安定度指標 [4]や，co-contraction 法[5) ,6)] があるが，主に不安定な歩行時に姿勢を維持し，バランスをとっている時の指標である．このように，姿勢維持時については評価しているが，ひとつの歩行全体を通しての動きからの評価はしていない．そこで，姿勢維持時だけでなく，加速度センサを用いて歩行動作全体の動きを見ることで，バランスを保つ時の安定性だけでなく，歩行時の動揺や，歩行間隔のずれなどに着目しようと考えた．Nilssen[9]は，歩行時の加速度計測データの RMS や自己相関係数，相対変位データなどから，歩行評価方法を導出した．これらの指標を，本研究の姿勢安定性の評価指標に加え，筋活動と加速度の量側面から浸水時の階段歩行の姿勢安定性の評価を行おうと考えている．

現在，実験２によって明らかになった姿勢安定性の高い手すりを用いた歩行方法（教示３歩行）を被験者に指導し，体得させることで，自由に手すりを使用して避難した時と比べ，姿勢安定性に違いがあるのかを，筋電図と３軸加速度センサを用いて評価を行なっている．現在予備実験として，筋電図計測のみで実験を行った結果，歩行安定度指標より，被験者６名中５名において，歩行不安定度指標に着目すると，教示３歩行の方が姿勢安定性が高い傾向が見られた．これより，歩行不安定度指標が着目している筋肉である，大腿直筋，前脛骨筋，外側広筋の筋活動の計測と３軸加速度センサの計測を同時に行い，姿勢安定性を評価しようと考えている．

参考文献

1) 崔容準，吉村英祐：地域防災計画における地下空間への浸水対策の分析に基づく建物計画上の課題；日本建築学会計画系論文集,Vol.620,pp.81-87(2007).

2) 石垣泰輔，戸田圭一，馬場康之，井上和也，中川一，吉田義則:多河英雄:実物大階段およびドア模型を用いた地下空間からの避難に関する水理実験；京都大学防災研究所年報,Vol.48-B,No.48,pp.639-646(2005).

3) 戸田圭一：地下空間浸水時の避難・救助システムに関する研究；重点研究課題報告書（2006）.

4) Okamoto, K.，Okamoto, T.，Andrew, PD.，Ogawa, R. : An Index of Gait Instability Based on Electromyographic Findings during the Development of Gait : Journal of Physical Therapy Science，Vol.10，No.2，pp.61-67(1998).

5) Winter, DA : Biomechanics And Motor Control of Human Movement, ; John Wiley & Sons Inc，pp.130-133(2004).

6) Larsen, AH.， Puggaard, L.， Hämäläinen, U.， Aagaard, P. : Comparison of ground reaction forces and antagonist muscle coactivation during stair walking with ageing;Journal of Electromyography and Kinesiology，Vol.18，No.4，pp.568-580(2008).

7) 平藤 裕司，小谷 賢太郎，石垣 泰輔，戸田圭一：地下空間浸水時の階段避難歩行時の筋電図による危険性評価;地下空間シンポジウム論文･報告集, Vol.14, pp.145-152(2009).

8) 福田孝之：松園圭吾:階段昇降時における手すり形状の効果について；日本機械学会講演論文集，No.58，Vol.2，pp.113-114(2005).

9) R. Moe-Nilssen : A new method for evaluating motor control in gait under real-life environmental conditions. Part 2 Gait analysis ; Clinical Biomechanics，Vol.13，pp328-335(1998).

楽しみながら歯磨き運動を促進するシステムと上肢動作の分析

A System to Enhance Toothbrushing Exercise with Pleasure and Analysis of Upper-limb Movement during Toothbrushing

○坂口智美*，脇春香*，黒沢晶浩**，橋本渉*，
中泉文孝***，井上裕美子*，大須賀美恵子***

*大阪工業大学情報科学部，**大阪工業大学情報科学研究科，***大阪工業大学工学部

SAKAGUCHI Tomomi*, WAKI Haruka*, KUROSAWA Akihiro **, HASHIMOTO Wataru *,
NAKAIZUMI Fumitaka ***, INOUE Yumiko*, OHSUGA Mieko ***
*Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology,
**Graduate School of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology,
***Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

高齢者の健康を増進させ，介護を予防するための取り組みが行われている．遊びながら楽しく体を動かし，健康増進と介護予防を目指した取り組みは，各種施設において実践されている．著者らの研究グループでは，バーチャルリアリティ技術を活用したシステムを構築し，適用評価をおこなってきたが，飽きさせず継続的に運動を促すことは，困難であることが経験的に示唆された．そこで，本研究では日常生活を営む上で欠かせない動作に着目し，この動作を運動促進のきっかけにできればと考えた．また，日常生活に必須の動作を日々測定することにより，もし利用者が普段と異なる行動や動作をとれば，警告を発するなど利用者へフィードバックすることも可能である．ここでは，日常生活動作の一つである歯磨きに着目し，楽しみながら歯磨きができること，さりげなく身体機能を測定し，日々の変化や異常をユーザに気づかせるようなシステムの提案をおこなう．

2. 従来研究

厚生労働省の調査によると，歯ブラシで１日１回以上みがく者は 96.1%となっており[1)]，歯磨きは日常生活に欠かすことのできない習慣となっている．長年にわたる習慣となるため，ブラッシング動作を正しく修得させるための取り組みは珍しくなく，さまざまな方法が検討されている．その一方で，楽しみながらブラッシングを正しく学べるようなシステムも開発されている[2)]．

ブラッシング動作は，長年の習慣により身に付いた動作に基づいており，なかなか変えられるものではない．本研究では，こうした癖や習慣に着目しつつ，利用者に依存しない普通のブラッシング動作と，個人の習慣に基づいた動作を抽出できないかと考えた．個人の習慣を抽出できれば，疲労や覚醒状態に基づく動作のゆらぎや変化を検出でき，それに対して何らかの警告を与えることも可能となる．

ブラッシング動作の測定方法には，歯ブラシに圧力センサを用いた例が多い．また，加速度センサによるもの，画像認識によるものもある．本稿では歩数計などに用いられている加速度センサにより，ブラッシング運動を測定し，どのような運動が検出可能かを検討する．

3. 加速度による歯磨き動作の分析

加速度でどういった動作を分析できるかを検討する．ここでは歯の表面をこするスクラッビング法の動作に着目し，歯磨き回数，磨いている部位について分析を行った．加速度センサ（Phidget 製）を歯ブラシに装着した様子を図１に示す．

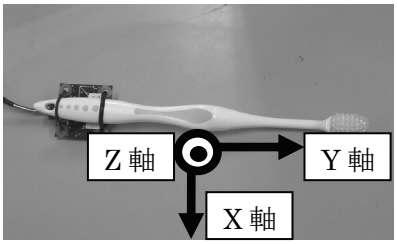


図１　歯ブラシに加速度を装着した図

3.1 歯磨き回数について

加速度センサから得られる x，y，z 軸の値の合成値に着目する．合成値は各軸の二乗平均によって求める．今回はセンサの値のゆれによる誤カウントを防止するため，歩数計のアルゴリズムを参考に閾値を跨ぐとカウントアップするようにする．閾値については1.5Gから±0.1G の 1.4G，1.6G と二つの閾値を設定した．３軸の加速度と加速度の合成値のグラフを図 2 に示す．現時点での歯磨き回数のカウント精度は，部位にもよるが，実際の回数より多くカウントされる傾向がみられ，最悪で３割増に見積もられることがわかった．

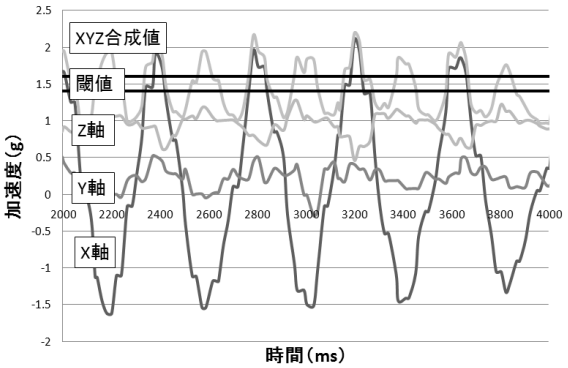


図 2　xyz 軸の加速度と xyz 合成値と閾値の比較図

3.2 磨いている部位について

各軸の加速度の値によって磨いている部位を判別する．判別パターンとしては，前歯から親しらずまでの，歯の外側の左右，臼歯の上下，前歯におけるブラッシングに対して判別を行った．歯の外側の左右の判別は，加速度のＸ軸成分（図１）に着目し，±0.8G を閾値とした．また，臼歯の上下の判別はＺ軸成分に着目し，同様に±0.8G を閾値とした．前歯のブラッシング動作では，歯ブラシを縦に使った動作として判定している．

現時点では，歯の外側か内側かの判断はできず，歯の内側を磨いた場合は，歯の外側を磨いたと判定される．歯の左右，臼歯の上下についてはほぼ 100%の割合で部位を特定できることがわかった．

4. 試作コンテンツ

以上を踏まえ，歯磨き運動を楽しみながら促進するものを開発した．図 3 はシステムの外観である．液晶ディスプレイの上にハーフミラーをかぶせ，鏡の機能を持たせつつ映像を重畳表示している．またコンテンツ作成には FLASH CS4 を用いた．表示されるキャラクタは，誰にも親しみやすいようにポップなデザインにし，ハーフミラー越しでも目立つように色使いをカラフルにした．加速度センサによって取得されるブラッシング位置と回数により，磨いている位置や，どのくらい磨けているのかを分かりやすくしている．

図 3　システムの外観（利用想定図）

5. おわりに

個人に依存しないブラッシング動作の抽出をおこない，楽しみながら歯磨き運動を促すようなシステムの構築をおこなった．歯ブラシは普通，共有するものではなく，使用された歯ブラシにより個人を特定することが容易である．今後は，個人に依存する癖や習慣に基づいた動作を抽出し，利用者の異常の検出につなげればと考えている．例えば疲労している時や慌てている状態，覚醒していない状態はブラッシング動作が普段とは異なると考えられるので，警告を与えられるようなシステムを目指す．

謝辞

本研究の一部は科研費補助金（基盤研究C，課題番号 20500494）を受けて実施されました．

参考文献

1) 厚生労働省医政局歯科保健課：平成１７年歯科疾患実態調査結果（2007).

2) Chang et al.: Playful Toothbrush: UbiComp Technology for Teaching Tooth Brushing to Kindergarten Children, CHI'08, pp.363-372(2008).

独立成分分析の復元作用素を利用した手・腕動作の判別

Discrimination of HAND and ARM movement using Unmixing Matrix of Independent Component Analysis

○棒谷英法*，得永　翔也*，岩谷　智一*，大須賀美恵子**
*大阪工業大学大学院 **大阪工業大学
BOUTANI Hidenori*, TOKUNAGA Syouya*, IWATANI Tomokazu*, OHSUGA Mieko**
*Graduate School of Engineering, Osaka Institute of Technology
**Osaka Institute of Technology

1. はじめに

独立成分分析（ICA：Independent Component Analysis）は，多チャンネルの計測信号から原信号の独立性を利用して原信号を推定する手法で，脳波に適用し特定成分の抽出やアーティファクト成分の除去が行われている．また，全波整流し平滑化した多チャンネル筋電信号に ICA を適用し，手指の動作の判別を行う研究もある．過去の研究で，判別対象の動作を同頻度含み ICA で分離可能な基本データセットに，短い対象データをつなげて ICA にかけることで，指動作の判別が行えることを示した[1]．　今回は，手・腕の 6 つの基本動作の筋電データに ICA をかけ，得られた復元作用素を，判別したい計測データに適用し，動作判別することを試みた．この手法には，判定時の計算量が少ないという利点がある．すでに，脳波を対象とし，ある区間のデータに ICA をかけて求めた復元作要素を別の区間に適用して，P3 成分の抽出を行う可能性が示されており[2]，安定した復元作用素が得られれば可能であると考えた．本発表では，この手法の予備的検討として，復元作用素の安定性について調べた結果を示し，この手法を組み込んだデモシステムを紹介する．

2. データ収集

予備的検討のための実験参加者は研究担当者（筆者および連名者の 4 名）とした．筋電計測には，ディスポ電極（Vitrode F，日本光電）を使用し，8ch 生体アンプ（BA1008m，日本サンテク）を用いて，センシティビティ 100[μV/0.5V]，時定数 0.03[s]，HFF 1000[Hz]で増幅し，サンプリング周波数 1000[Hz]で PC に取り込んだ．　計測部位は深指屈筋または尺側手根屈筋，浅指屈筋，（総）指伸筋，長橈側手根伸筋または短橈側手根伸筋の 6 部位である．

判別する基本動作は，掌の閉・開，手首と肘の屈曲・伸展の 6 動作である．実験参加者は，前方のディスプレイに表示される指示に合わせて，動作を行う．図 1,2 に，掌の開動作の場合の動作指示図と動作例を示す．1 動作 5 秒間，中立状態（肘をついて力を抜いた状態）5 秒間とし，6 動作分を 1 セットとする．

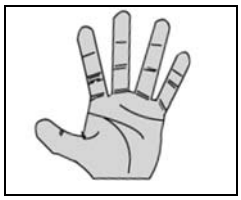


図 1　掌の開動作指示図

図 2　掌の開動作例

まず始めに，復元作用素を求めるためのデータセットを取得した．計測データに全波整流と平滑化（0.3 秒区間の移動平均）を施した後，ICA にかけた．ICA にはカリフォルニア大学の SCCN が開発・提供する EEGLab を利用した[3]．各動作区間で，設定した閾値を越えている時間比率が最も多い独立成分に，その動作区間の動作を割り当て，6 動作が重複なく 6 成分に割り当てられたデータセットを，6 動作に対応した独立成分が得られたとみなして採用し，10 セット取得するまで（実験参加者により 10～20 セット）計測した．

次に，提案する判定手法の評価を行うためのデータセットを 10 セット取得した．

3. 復元作用素の安定性の検討

計測した筋電データを図 3 に，全波整流と平滑化を施したものを図 4 に，ICA で得られた 6 つの独立成分を図 5 に示す．得られる成分の順は，ICA の収束過程に依存するため，指示した動作順に対応するように，並べ替え，復元作用素の行も入れ替える．図 5 の 1～6ch は順に，掌の閉・開，手首と肘の屈曲・伸展に対応している．

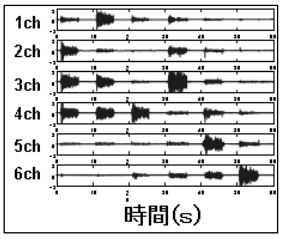


図 3 計測データ

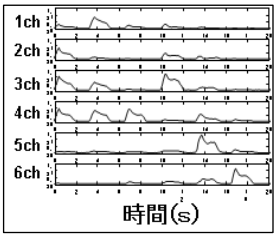


図 4 全波整流と移動平均

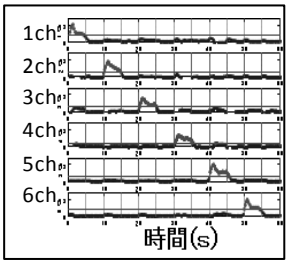


図 5 独立成分

4 名の実験参加者（A～D）から得られた 10 セット分の復元作用素の列ごと（6 動作ごと）の筋電 6 部位に対する重みを重ね書きしたものを図 6 に示す．縦の 1～6 は各動作で図 5 と同じ順である．各図の横軸の 1～6 は筋電計測部位で 2 章に示した順である．各要素のばらつきは見られるものの比較的安定したパターンが得られている．参加者でも類似したパターンが見られる場合もあるが個人差もある．

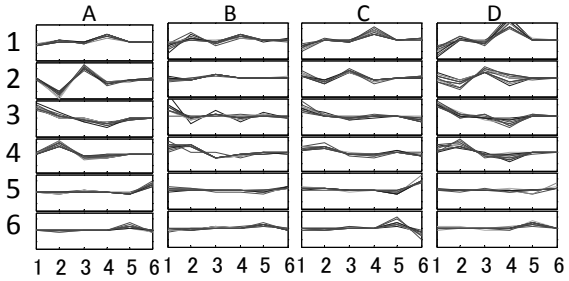


図 6 復元作用素の重ね書き（4 名，10 セット分）

4. 判定手法の評価

各参加者ごとに 10 セット分の復元作用素を評価用データ 10 セットに適用し（10×10 通り），正答率を求めた． 500μV 以上の筋電が出現している区間を判定対象区間とし， 0.3 秒ごとに最も大きい独立成分に対応する動作を判別結果として出力する．

実験参加者，動作別の正答率を表 1 に示す．正答率の高い A は，図 6 で示した復元作用素のばらつきが小さく，正答率の低い D ははらつきが大きい．同じ参加者の中でも，正答率の悪い動作は復元作用素のばらつきが大きいか，重みの絶対値が小さい．

表 1 実験参加者，動作別の正答率（%）

	掌の閉	掌の開	手屈曲	背屈	肘屈曲	伸展	平均
A	90.4	88.9	75.4	94.9	96.8	58.4	84.1
B	77.4	90.9	50.5	77.5	86.0	74.1	76.1
C	76.4	80.9	78.5	81.9	87.8	50.1	75.9
D	63.1	56.8	55.1	86.2	59.6	71.1	65.3

4. グリッパーアームロボットによるデモ

ここで提案した手法を用いて，体験者の手の動作を判定し，おもちゃのグリッパーアームロボット（40320C，(株)イスペット）に対応する動作をさせるデモを開発した．図 7 のように手首の背屈を行うとロボットアームは図 8 のよう動く．大阪工業大学のオープンキャンパスで来訪者に試してもらったところ，キャンデイをつかんで移動させるなど，操作ができる人もいれば，うまく操作できない人もいた．

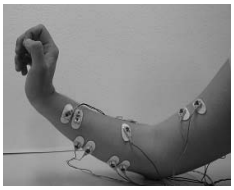


図 7 手首の背屈

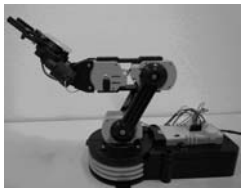


図 8 ロボットアーム

5. おわりに

この手法でうまく行くかどうかは，復元作用素を求めるためのデータ取得のときと判定のときで同じ動作ができるかどうかによる．今後は，少々動作が異なっても，誤判定が少なくなるような復元作用素を得る方法を検討したい．

参考文献

1) 得永翔也, 大須賀美恵子: 多チャンネル表面筋電図からの指の動きの推定, 日本生活支援工学第 1 回若手研究者発表会発表資料, p.3 (2010)
2) 鎌倉快之，大須賀美恵子: 眼球停留関連電位における P3 成分抽出方法に関する検討, 生体医工学会誌, Vol.46, Suppl.1(CD-ROM), pp.314-315 (2008)
3) EEGLAB-Open Source Matlab Toolbox for Electrophysiological Research:http://sccn.ucsd.edu/eeglab/

一般発表 2A

12 月 5 日　午前
1 号館 3 階

---

131 室

2A11　覚醒・疲労 （10:00～11:00）

【座長】　村井 康二（神戸大学大学院）

2A12　作業負担 （11:15～12:15）

【座長】　篠原 一光（大阪大学大学院）

132 室

2A21　温熱 （10:00～10:45）

【座長】　梶井 宏修（近畿大学）

2A22　認知・インタフェース （11:00～12:15）

【座長】　久本 誠一（製品評価技術基盤機構）

ドライバの覚醒維持を目的としたパーカッション演奏の運転への影響
Influence of Playing Percussion aiming at Maintenance of Driver's Arousal Level on Driving Performance

○赤川由里子*，大須賀美恵子*，石田健二**
*大阪工業大学工学部　**株式会社デンソー
AKAGAWA Yuriko*, OHSUGA Mieko*, ISHIDA Kenji**
*Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology, **DENSO CORPORATION

1.　はじめに

交通死亡事故原因の1位，全体の17.5%を占めるのは漫然運転である[1]．漫然運転につながるドライバの覚醒状態の評価手法（居眠り検知）には多くの研究があり実用レベルに近づいている[2,3]．事故防止には，覚醒低下検知後の対処だけでなく，ドライバの覚醒を維持する（眠気の進行を遅らせる）手法の開発が必要である．すでに,音楽や香り，振動など外的刺激を用いた覚醒維持手法の研究がある[4-9]．音楽を聴くだけでなく，音楽に合わせて主体的にパーカッション演奏を行うことで,さらに覚醒維持効果を高めることが期待できる．本研究は，この目的で開発されたステアリングスイッチによるパーカッション演奏装置の効果検証の第1段階として実施したもので，演奏することが運転パフォーマンスに悪影響を与えないかどうかを調べることを目的とした．

2.　方法

2.1 実験参加者

謝金雇用し，文書によるインフォームドコンセントを得た20歳代の健常成人9名(男性7名，女性2名)を対象とした．全員，普通自動車の運転免許を所有しているが，運転暦はさまざまである．

2.2 実験システムと課題

薄暗い半防音室内で，実車のシートとステアリングを用い，自動車運転を模擬した課題を行わせた．図1に実験風景を示す．道路を示す正弦波状に変化する2本の線と自車を示す長方形（道路の半幅）を前方スクリーンに提示し，ステアリング操作で道路からはみ出さず，できるだけ中央を走行するよう指示した．

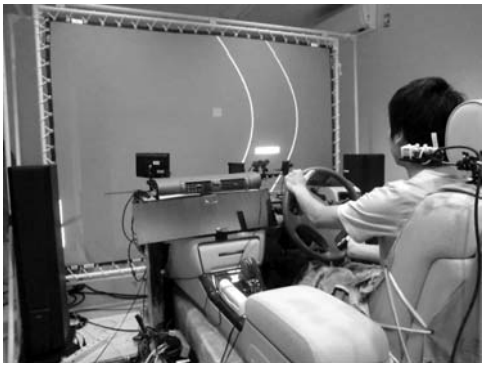


図1 実験風景

同時に，低頻度(約 20[s]に 1 回)の単純反応課題を課した．スクリーン中央に赤い四角が提示されたら速やかに右足でブレーキを踏むものである．

前方2本のスピーカから音楽を流し，曲に合わせて，ステアリングスイッチを押してパーカッション演奏をする．音は4種類で，対応するスイッチを左右対称に表裏2個ずつ配置した．

2.3 計測指標

自車位置の道路中央からの偏位と，単純反応課題の反応時間を記録した．正面ダッシュボード上に赤外線CCDカメラを配置し，参加者の顔画像を撮影・記録した．

同時に，多用途生体アンプ(Polymate,デジテックス研究所)を用いて，後頭部脳波，左右上下眼電図，胸部心電図，皮膚コンダクタンス，呼吸を計測したが，本稿では触れない．

主観評定として，篠原らの主観的メンタルワークロードチェックリスト[10]，眠気度申告を実施した．

2.4 実験手順

実験日以前に，模擬運転課題とパーカッション演奏の練習を 20 分程度行ない，好きな音楽の申告をしてもらった．実験当日は，電極装着して短い練習をさせた後，9 分の試行を短い休憩をはさんで 3 試行，約 30 分の実験を実施した．実験に先立ち，実際に道路を走っているつもりで模擬運転を行うこと，パーカッション演奏は好きなタイミングでよく音楽性は問わないが，１小節に 1 回程度は鳴らすことを求め，演奏に夢中になって運転がおろそかにならないようにという教示を行った．

実験条件は，無音・演奏ともになし（以下「なし」），音楽聴取のみ（「音楽」），音楽に合わせたパーカッション演奏（「演奏」）の 3 条件で，3 分ごとに口頭指示により条件を切り替え 3 条件で 1 試行とした．3 条件の順番は参加者間でカウンタバランスし，参加者内では一定とした．実験後に，実験中の状態を思い出して，条件ごとのメンタルワークロードチェックリストに記入させ，各試行の条件ごとの眠気度を 6 段階評定（後述の顔表情評定に準じたもの）させた．最後にパーカッション演奏に関するアンケートを実施した．

2.5 データ解析

道路から逸脱した回数を各試行の条件ごとに求めた．また，自車位置の道路中央からの偏位の絶対値（道路半幅に対する割合）を約 63[ms]ごとに求め，各試行の条件ごとに平均値を求めた．反応時間は，反応要求刺激提示後 100～2000[ms]のブレーキ反応までの時間を求め，各試行の条件ごとに平均値を求めた．

記録した顔映像を再生して，石田ら [3] の評定基準による覚醒水準と，大須賀ら [2] の覚醒努力（起きようとする努力）の評定基準を加えた方法で，顔表情評定した．覚醒水準は，（0：全く眠くなさそう， 1：やや眠そう，2：眠そう，3：かなり眠そう，4：非常に眠そう，5：眠っている ）の 6 水準，覚醒努力は，（0:なし，1:あり）の 2 水準である．熟練した評定者 3 名が評定し，覚醒水準の評定値の差が 2 以下であることを確認した上で，3 名の評定値の平均をとった．

メンタルワークロードチェックリストより，篠原ら [10] に従い，精神的負担，身体的負担，タイムプレッシャー，達成，努力，フラストレーションの 6 つのカテゴリ得点を求めた．得点は-3～3 の 7 段階である．

3. 結果

図 2 に道路から逸脱した回数，図 3 に道路中央からの偏位，図 4 に反応時間の試行，条件ごとの全参加者の平均値と標準偏差を示す．

試行，条件の 2 要因の分散分析の結果，逸脱回数には，条件の主効果があり（$p<0.05$, 以下同様），下位検定の結果，「なし」条件が他の 2 条件よりはみ出し回数が多いという結果であった．偏位は主効果，相互作用ともに有意ではなく，反応時間は試行の主効果のみ有意傾向があり（$P=0.06$），下位検定の結果，第 1 試行に比べ第 3 試行の反応時間の延長傾向が見られた．

図 5，6 に，顔表情評定の覚醒水準と覚醒努力の結果を示す．同じく，2 要因の分散分析の結果，試行の主効果が有意（$p<0.05$, 以下同様）で，第 1 試行に比べ第 3 試行で有意に覚醒水準の低下と覚醒努力の増加が見られた．ただし，ともに値は小さく，大きな覚醒低下が生じたわけではない．

図 7 に，主観評定の眠気度の結果を示す．分散分析の結果，試行，条件ともに主効果が有意で，第 1 試行より第 3 試行が，また他の 2 条件と比べて「なし」条件で，眠気が高いという結果になった．

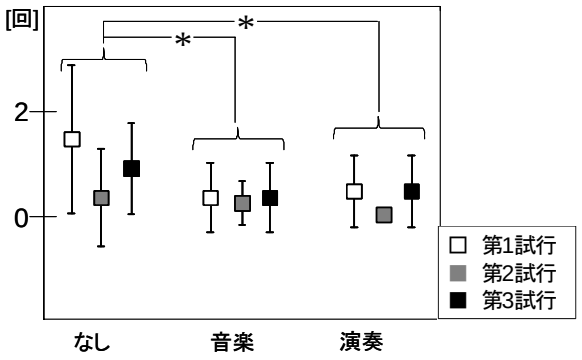


図 2 道路からの逸脱回数

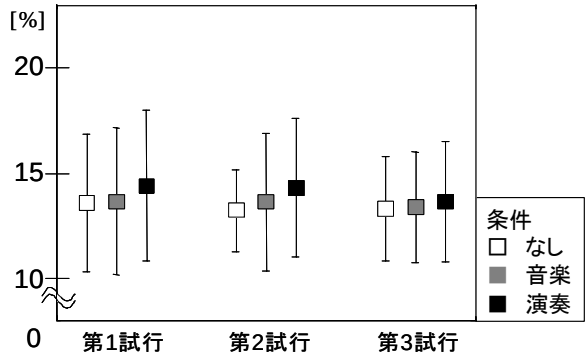


図 3 道路中央からの偏位

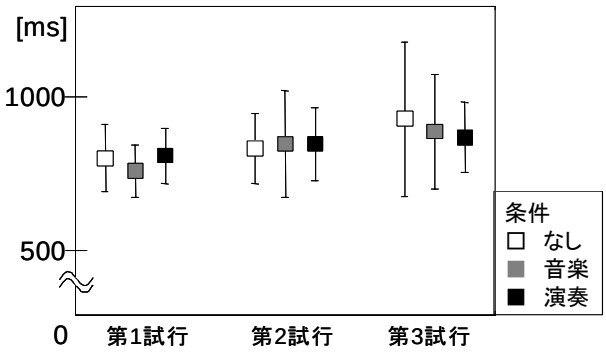


図 4 反応時間

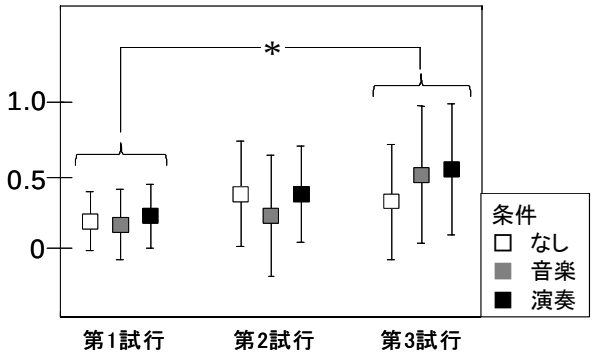


図 5 顔表情評定(覚醒水準)

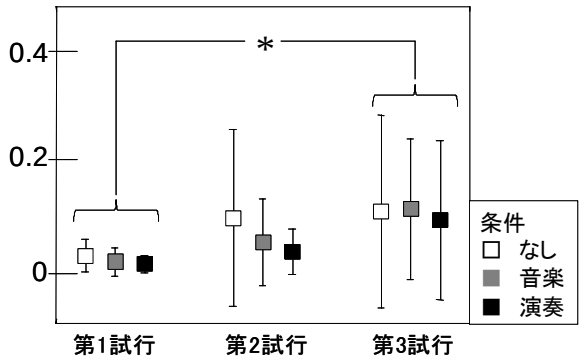


図 6 顔表情評定(覚醒努力)

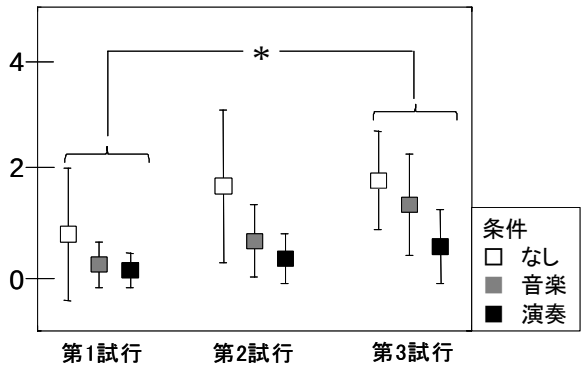


図 7 主観評定による眠気度

図 8 に，メンタルワークロードチェックリストの結果を示す．条件のみの 1 要因の分散分析の結果，精神的負担，身体的負担，努力の 3 カテゴリで，「演奏」は他の 2 条件より有意に高い得点になっている．フラストレーションでは，「音楽」が他の条件より有意に低かった．タイムプレッシャー，達成の 2 カテゴリでは有意差は見られなかった．

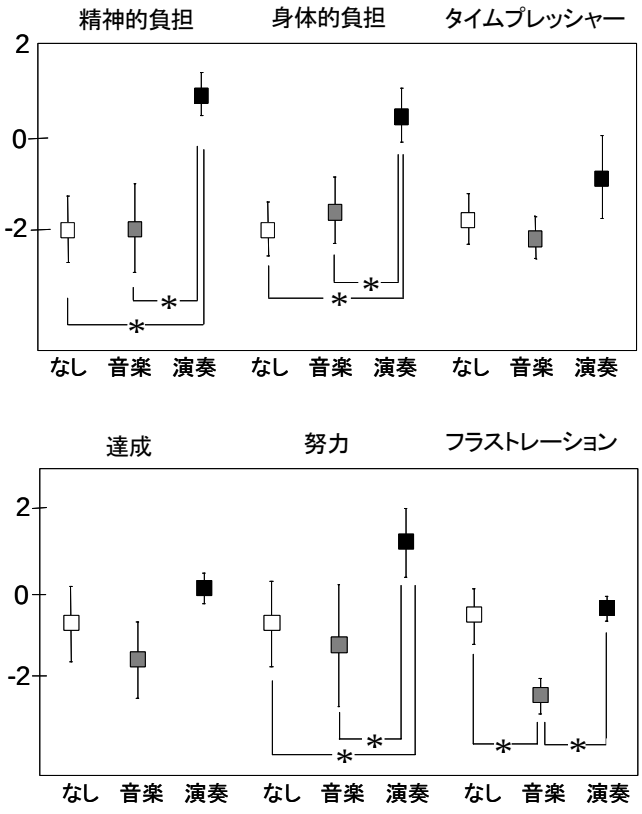


図 8 メンタルワークロードチェックリスト

4. 考察

統計的な結果からは，道路中央からの偏位，反応時間に条件差はなく，道路からの逸脱回数も「なし」条件で多いという結果で，パーカッション演奏の運転パフォーマンスへの悪影響は見られなかった．

顔表情評定と主観的眠気の結果から，第 3 試行での軽い覚醒低下が伺え，反応時間の遅延は覚醒低下によるものと推察される．

一方で，主観評定では，パーカッション演奏は，精神的負担，身体的負担がともに高く，努力が必要との結果になった．単調な運転中にパーカッション演奏によって負荷をかけることで，覚醒維持を図るという意味では妥当な結果である．しかし，運転負荷が高いときにも，演奏を続けることは問題があるかもしれない．

実験後のアンケートからも演奏は楽しいという感想が多く，覚醒維持効果も伺えたが，演奏に気をとられて運転がおろそかになる恐れを指摘したものもあった．

また，個人のデータでは，パーカッション演奏中の道路中央からの偏位が大きい参加者が 1 名いた．この傾向は試行が進むにつれて緩和された．またこの参加者は，第 1 試行のパーカッション演奏の開始後数分間，他と比べて反応時間が遅延したが，第 2 試行からは見られなかった．このことより，慣れないうちは，パーカッション演奏が運転パフォーマンスに影響する可能性が伺える．

5. おわりに

パーカッション演奏の運転パフォーマンスへの影響はなく，単調運転時には問題にならないと考えられる．十分に慣れてから利用させる，運転負荷の高いときには利用させないなど，実用化に向けては工夫が必要であることは言うまでもない．

今後は，広い年代層の参加者を募り，長時間の模擬運転実験を行い，パーカッション演奏による覚醒維持効果を検討する．

なお，本実験は，大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき，大阪工業大学学長の承認を得て実施した．

参考文献

1) 警察庁：交通事故統計, 2010
2) 大須賀美恵子，鎌倉快之，井上裕美子，野口祥宏，ノプスワンチャイ ルーングロシュ：自律神経系指標を用いたドライバの状態推定，自動車技術, Vol.64, No.10, pp.24-29 (2010)
3) 石田健二，蜂須賀知理，木村禎祐，上條正義：覚醒低下に伴う顔表情の表出傾向とパフォーマンス・生体信号の変化に関する比較検討，自動車技術, Vol.40, No.3, pp.885-890 (2009)
4) 倉又哲夫，塚本博康，柏柑進一郎：覚醒レベル保持に有効な刺激とその与え方についての実験的検討，鉄道総研報告，Vol.8, No.1, pp.37-42 (1994)
5) 岡本宜久，堀口明伯，石田健二，畑秀二：覚醒低下軽減手法の開発，自動車技術会学術講演会前刷集, 951, pp.189-192 (1995)
6) 平松真知子，笠井 純一，田口 満：香りが覚醒に及ぼす効果の研究,自動車技術会論文集, Vol.26, No.2, pp.88-93 (1995)
7) 山本恵一：運転注意力モニタのヒューマンインタフェース，自動車技術，Vol.56, No.3, pp.74-78 (2002)
8) 山崎好幸，岡本宜久，畑秀二：局所振動刺激の覚醒維持効果，ヒューマンインタフェース・シンポジウム論文集, Vol.10th, pp.225-228 (1994)
9) Anund A, Kecklund G, Vadeby A, Hjälmdahl M, Akerstedt T et.al. : The alerting effect of hitting a rumble strip －A simulator study with sleepy drivers, Accident Analysis and Prevention, Vol.40, No.6, pp.1970-1976 (2008)
10) 篠原一光，木村貴彦：回答しやすい主観的メンタルワークロードチェックリストの作成とその妥当性の検証，日本人間工学会第 51 回大会講演集, pp.392-393 (2010)

トラックドライバーの疲労度調査

A Survey of Truck Driver Fatigue

○豊山晶子[1]，豊山裕之[2]，上平宇篤[3]，太田智子[4]，笹岡奈津美[1]，久米雅[5]
1 京都工芸繊維大学　2 松潮物流株式会社　3 中央ビジネスグループ
4 NPO 法人伝統みらい　5 京都文教短期大学
Shoko TOYOYAMA[1], Hiroyuki TOYOYAMA[2], Takashige UEHIRA[3], Tomoko OTA[4],
Natsumi SASAOKA[1], Masashi KUME[5]
1. Kyoto Institute of Technology, 2. Matsushio Logistics Co. Ltd., 3. Chuo business group,
4. Future-applied conventional technology center, 5. Kyoto Bunkyo Junior College

1. はじめに

伝統工芸品を手にするとき，それを使うときには，私たちに心の安らぎと満足感を与えてくれる．この感覚を，われわれは“高品位”と呼んでいる．高品位製品は，これからの日本で目指すものづくりであると考え，伝統工芸品のものづくりの技，コツ，見きわめを科学的に解釈して，現代のものづくりに応用しようという研究を京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センターとＮＰＯ法人伝統みらいで行っている．

その中で，得られた結果の一つは、どの伝統工芸品のものづくりにおいても共通していえることは，ものづくりの担い手が疲れないということである．疲れては“いいもの”ができない．そのために道具を工夫し，材料にも改良を重ね，作業中の姿勢に注意を払うという努力を行うのが，伝統工芸品の高品位感を産み出している．すなわち，高品位は疲れない生産現場からである．このことは，どのものづくりにも共通していえることであり，それはサービス産業にも応用できるものである．

このような背景のもと，高品位を介護の現場に持ち込むと，介護する者が疲れないことが，介護されるものに良いサービスが提供できる．気持ちのよい介護が実践できることになる．われわれのグループにおいては，介護現場で発生する作業の動作解析を行い，介護者の熟練度による違いについて検討を始めた．

先にも述べたように，高品位と疲れない現場の考えを運送業に適用したのが，本研究である．運送業においては，単に物を移動させるだけでなく，依頼者の要望に沿って，様々な対応が求められており，その良し悪しが会社の評価に繋がっていることが多い．たとえば，荷物の積み下ろし作業や運搬した機器の設置，さらには倉庫の管理などである．したがって，運送業におけるドライバーは，運転業務以外の作業，仕事が求められる．このことは，運転という業務で発生する疲労以外に新たな疲労を産み出すことにも繋がる．そこで，本報告においては，現場での疲労度，その特徴をアンケートとアミラーゼ測定を行うことにより把握することを目的とした．

2. 方法

運転者の疲労調査は，本社所属の運転手 17 名を対象にした．アンケート実施曜日は，月曜日と水曜日，金曜日であり，合計 12 回行い，延べ人数は 164 名である．運転手の年齢構成は，20 歳代が 6 名，30 歳代が 7 名，40 歳代が 2 名，50 から 60 歳代が 2 名であった．彼らの勤務は，おおむね 7 時から 17 時であり，2 トンから 10 トンのトラックを運転し，一日の走行距離は 50km から 200km である．業務にあたる前と後にアンケートを実施した．

アンケートの質問項目として日本産業衛生学会産業疲労研究会(1)の「自覚症しらべ」を用いた．この質問表では疲労自覚症状を 25 項目に分類しており，この項目は 5 つの群別に評価することができる．分類は以下の通りである．

Ⅰ群　ねむけ感：ねむい，横になりたい，あくびがでる，やる気がとぼしい，全身がだるい
Ⅱ群　不安定感：不安な感じがする，ゆううつな気分だ，落ち着かない気分だ，いらいらする，考えがまとまりにくい
Ⅲ群　不快感：頭がいたい，頭がおもい，気分が悪い，頭がぼんやりする，めまいがする
Ⅳ群　だるさ感：腕がだるい，腰がいたい，手や指がいたい，足がだるい，肩がこる
Ⅴ群　ぼやけ感：目がしょぼつく，目がつかれる，目がいたい，目がかわく，ものがぼやける

これら 25 項目の内容について，その程度を 1～5 段階（1：まったくあてはまらない 2：わずかにあてはまる 3：少しあてはまる 4：かなりあてはまる 5：非常によくあてはまる）の何れか 1 つの番号を選択させた．また、唾液アミラーゼ測定は、アンケート実施期間内に一度行った。

3. 結果および考察

3-1 群別に見た疲労自覚症状

図 1 に疲労自覚症状の平均（群別）を作業前と作業後で比較した結果を示す．作業前後の疲労度は，Ⅳ群（だるさ感）が一番高く，次いでⅠ群（ねむけ感），Ⅴ群（ぼやけ感），Ⅱ群（不快感），Ⅲ群（不安定感）の順であった．一番疲労度が高かったⅣ群の中身をさらに詳しく調べた結果が図 2 である．5 つの質問項目の中で腰がいたい，肩がこるが高い値を示していた．

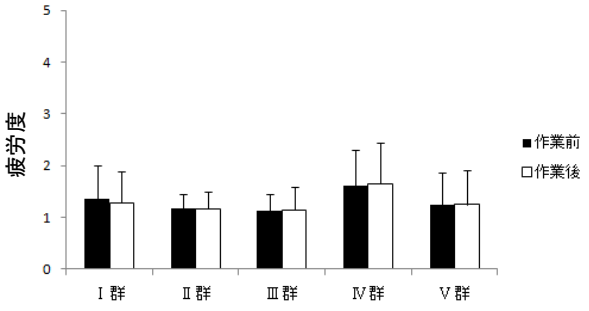


図 1 疲労自覚症状の平均（群別）

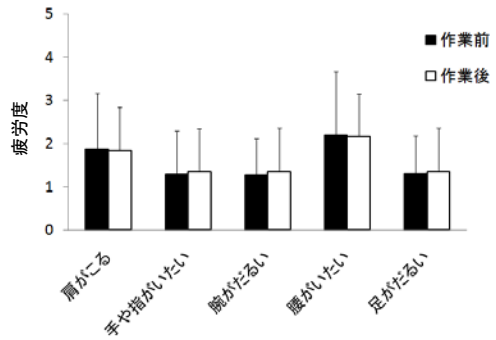


図 2 Ⅳ群における作業前・作業後の比較

3-2 年齢別の群別疲労自覚症状

図 3 に作業前の年齢別疲労自覚症状の平均を示す．図 4 には，作業後の結果を示す．ここで，20 歳代と 30 歳代の値の比較をしてみる．どの群においても，30 歳代の疲労度は 20 歳代より高いことがわかる．作業前においては，Ⅳ群とⅠ群では，その差は大きいが，Ⅱ群，Ⅲ群では差は小さい．一方，作業後においては，Ⅲ群，Ⅴ群でその差が大きくなっている．

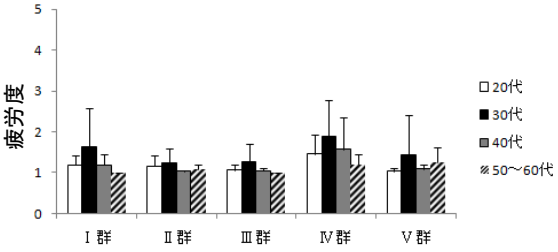


図 3 作業前の年齢別疲労自覚症状

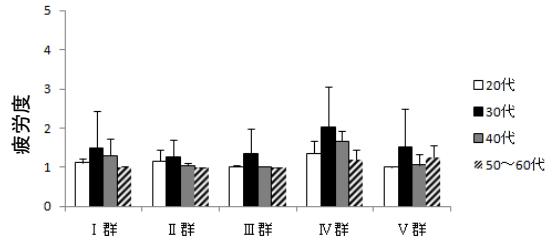


図 3 作業後の年齢別疲労自覚症状

3-3 唾液アミラーゼによる疲労自覚症状

作業前と後で唾液アミラーゼの測定を行った結果を表 1 に示す．得られたデータは 20 歳代 3 人，30 歳代 4 人であった．20 歳代で，値が大きく下がるものが 1 人いた．後の 2 人は，作業前後ともストレスのほぼないと判断できる範囲の値であったか，作業後の値のほうが小さい．30 歳台作業前後で値が下がる者が 2 人，上がるものが 2 人となった．この値で論議をするのは早計であるが，作業前のストレスなり疲労は，作業に不慣れな若年層に多いことは，作業に対する不安があるのかもしれない．また，作業の前日なり，前夜の生活の送り方にも影響されているかもしれない．雇用側は，若年層の離職を防ぐ意味においても，作業への理解の更なる努力なり教育をする必要があり，さらには生活指導を行うことも必要かもしれない．

表 1 勤務前後のアミラーゼ値

年代	勤務前[KIU/L]	勤務後[KIU/L]	差
20 代	100	9	−91
	19	14	−5
	31	24	−7
30 代	10	5	−5
	20	9	−11
	11	15	+4
	18	31	+13

参考文献

(1) 日本産業衛生学会産業疲労研究会選定，自覚症しらべ，身体疲労部位調査表，2002.

早朝光照射の色温度が覚醒に及ぼす影響に関する研究
Study on the effect of light color on arousal in early morning

○福田映子*，田中紀之*，筏義人**，岩本淳子**，村上能庸**，佐伯圭吾**，高沢伸**
*大和ハウス工業株式会社　**奈良県立医科大学
FUKUDA Eiko*, TANAKA Noriyuki*, IKADA Yoshito**, IWAMOTO Junko**, MURAKAMI Yoshinobu**, SAEKI Keigo**, TAKASAWA Shin**
*Daiwa House Industry Co. Ltd, **Nara Medical University

１．　はじめに

近年、睡眠覚醒障害の患者数は年々増加の一途を辿っている[1)]。また 24 時間社会と言われる現代において交代勤務や習い事、深夜営業店舗の増加に伴い、夜遅くまで強い照明を浴びる機会が多く、睡眠覚醒障害の中でも概日リズム睡眠障害が起こりやすい環境となっている。これは本人が病気と自覚しなければ治療対象にならないため、全国に 10 万人の潜在患者がいるとも言われている[2)]。

睡眠リズム障害に対する治療法として、午前中に顔面照度2500lx以上の高い照度の光を2時間以上浴びる高照度光療法[3)]が、薬に依らない治療法として活用されている。また、睡眠リズムを補正する時間帯は起床後の数時間と言われている[4)]ため、起床後の光曝露による睡眠リズム補正は有効だと考えられる。

夜間に高照度光や高色温度の光に曝露されるとメラトニン分泌が抑制される[4),5)]という報告や前述の高照度光療法から、起床後に曝露される光の照度や色温度が高いほどメラトニンリズムを改善し、朝の目覚めや夜間睡眠の改善に効果が期待されるが、起床後に曝露される光の色温度によるメラトニン分泌への影響を調べた研究は見当たらない。

そこで、本研究の目的は起床直後より曝露される照明の色温度が唾液中メラトニン濃度に及ぼす影響を確認することとした。

２．　方法

２．１ 被験者

20 歳以上 40 歳未満の男女 21 名（男性 11 名、女性 10 名、平均年齢 23 歳）を被験者とした。また、睡眠障害を有さない等の唾液採取およびメラトニン分泌に影響する項目に該当しないことを募集時に確認した。また、被験者には生活調整として、実験日の 3 日前より事前にヒアリングした普段の就寝・起床時刻に統一することや深酒の禁止、実験前日より飲酒禁止、激しい運動の禁止、昼寝の禁止、実験３時間前より喫煙禁止、カフェイン摂取の禁止を依頼した。

２．２ 調査項目

１）唾液中メラトニン濃度

メラトニンは脳の視床下部にある松果体において生成されるホルモンであり、生物時計の同調因子であるとともに催眠作用をもつ。そのためこれまで睡眠への影響の推定のために測定されてきている[5)]。メラトニンは血液や尿、唾液より測定することが可能であり、今回は非侵襲的かつ短い間隔で採取できることから唾液を試料として採取することとした。

・採取方法

唾液採取には Saliva Melatonin Collection Tubes（SAR）を使用した。チューブの中に入っているコットンを口の中に入れ、1 分程度噛むなどして十分に唾液を含ませ、再びチューブの中に戻すことで唾液採取を行う。

・分析方法

採取した唾液を 1500×g で 5 分間遠心分離機にかけた後、200μl ずつに分注したものを-80℃で保存した。唾液中メラトニン濃度測定には Salivary Melatonin ELISA, direct method（BÜHLMANN）を使用して、ELISA 分析を行った。

2）主観評価

・KSS（Kwanseigakuin sleepiness scale）

眠気に伴う症状についての 22 項目のうち当てはまるものに丸を記入するもので、項目には 0～7 の尺度値が与えられており、得点が高いほど眠気が大きいことを示す。被験者が選択した複数の症状の平均尺度値を測定時点での眠気とした。

・VAS（Visual analogue scale）

10cm の幅の線の両端にひとつずつ評価項目を記入しており、そのどちらに近い気分かを垂線を引くことで表す。端から垂線までの距離を測定し、0～100 の間の値で評価する。眠気や集中力について評価した。

3）クレペリンテスト

上半分と下半分にそれぞれ 17 行 116 列の数列が記載されている用紙を配布し、号令用 CD から流れる合図に合わせて各行の左から右に数列の隣り合う 2 つの数の足し算の答えの下 1 桁を、その数の間に書き込んでいき、1 分経過後、次の行に移り同様に計算を繰り返す。今回は作業効率を評価するため、回答数とその正誤数を評価した。

2．3 実験スケジュール

1）実験条件設定

同一被験者に対して起床後より条件 1（5000K もしくは 12000K）と条件 2（12000K もしくは 5000K）で照明に曝露したときの、唾液中メラトニン濃度を測定し、条件 1 と条件 2 の結果を比較した。なお、両条件とも顔面照度は 1000lx とした。

1 条件目の実験実施後、前条件の影響を考慮して 5 日間以上の間隔を空けて 2 条件目の実験を実施した。条件の順序は 1 条件目を無作為に選定し、2 条件目は 1 条件目で実施していない条件を実施することとした。

2）1 夜の実験の流れ（図 1）

被験者は起床直後より照明照射を開始するため前夜より実験施設に宿泊し、照明への曝露は普段の起床時刻の 1 時間前から開始した。被験者には起床時刻を知らせず験者が起こすまで寝ているよう指示しており、験者が起こす際に、既に目覚めていた被験者はいなかった。1 時間の照明曝露の後、顔面照度 10lx 以下の環境下で 1 時間椅座にて安静をとった。その後 3000K の照明を使用して机上面照度 200lx に設定した環境下でクレペリンテストを実施し、実験開始より約 3 時間後に実験を終了した。

実験開始前（起床時）、照明曝露 30 分後、照明曝露 60 分後（照明曝露終了時）と安静終了時、クレペリンテスト終了時（評価終了時）に唾液を採取および主観的評価を実施した。なお、起床直後から 1 時間の照明曝露以外は 2 条件とも照度・色温度等全て同様とした。

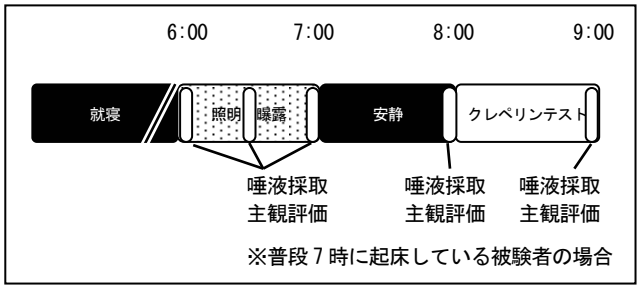


図 1．1 夜の実験の流れ

なお、本研究は奈良県立医科大学の医の倫理委員会の承認を得て実施した。

3． 結果

3．1 唾液中メラトニン濃度

5000K 条件と 12000K 条件それぞれの唾液中メラトニン濃度の変化を見たところ、12000K 条件では起床時と比較して曝露 30 分後、曝露 60 分後、安静終了時、評価終了時の全てに有意差があった。5000K 条件では起床時と比較して曝露 30 分後では差は認められず、曝露 60 分後以降に有意差が現れた。

メラトニン分泌量には個人差があるため、起床時の各被験者の唾液中メラトニン濃度を基準にそれぞれの変化率を求め、分析した。起床時を 100%とした時の唾液中メラトニン濃度の変化率を図 2 に示す。採取ポイントごとに 5000K 条件と 12000K 条件とで分析を行ったところ、曝露 60 分後の変化率において有意に 12000K 条件の方が抑制されていた（$p<0.05$）。また、安静終了時の変化率においても有意に 12000K 条件の方が抑制されていた（$p<0.01$）。

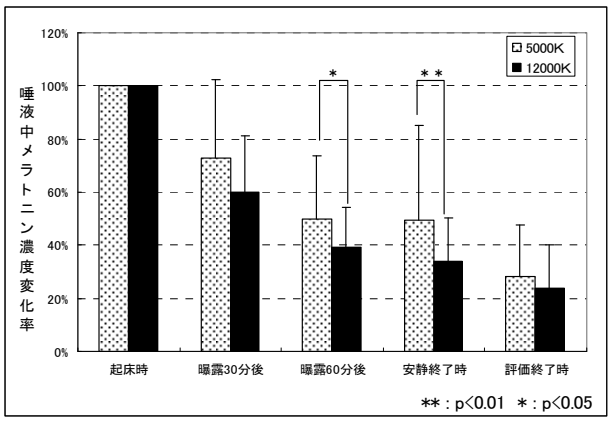


図２．唾液中メラトニン濃度変化率

３．２ 主観評価

１）KSS

評価のタイミングとその時の眠気評価の起床時に対する変化率を分析した平均値の推移を図 3 に示す。値が大きいほど眠気も大きいことを表すため、12000K 条件の方が眠気を抑制しているように見えるが、有意差は認められなかった。

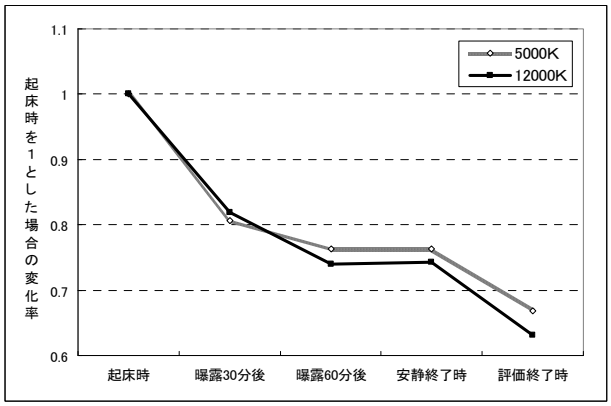


図３．ＫＳＳ変化率

２）VAS

評価のタイミングとその時の眠気評価の起床時に対する変化率を分析すると、以下のような結果が得られた。

・眠気

眠気についてのグラフを図 4 に示す。値が大きいほど眠気が抑制されていることを示しており、クレペリンテストを終えた後は、5000K 条件よりも 12000K 条件の方が眠気が抑制されていた。各条件の採取のタイミングでの値を比較すると、5000K 条件よりも 12000K 条件の方が眠気が小さい傾向があった（p<0.1）。

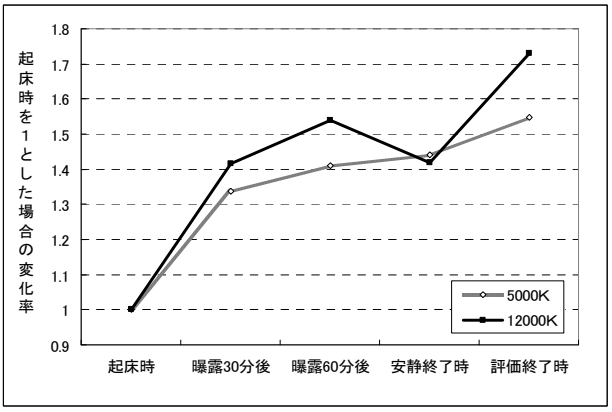


図４．ＶＡＳ（眠気）変化率

・集中力

集中力についてのグラフを図 5 に示す。値が大きいほど集中力が高まっていることを示しており、実験開始から5000K条件よりも12000K条件の方が常に集中力が高まっていた。各条件の採取のタイミングでの値を比較すると、5000K 条件よりも 12000K 条件の方が、全てのタイミングにおいて有意に集中力が高かった（p<0.01）。

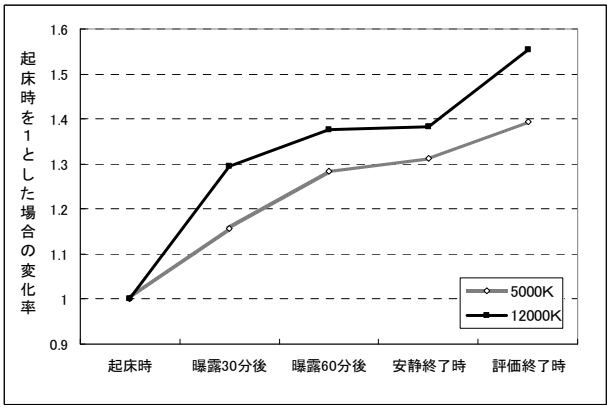


図５．ＶＡＳ（集中力）変化率

３．３ クレペリンテスト

回答数は 12000K 条件の方が多かったものの有意差はなかった。しかし、誤答数については 12000K 条件が5000K条件に比べて有意に低かった(p<0.01)。また、回答数中の誤答数の割合である誤答率についても12000K条件は5000K条件に比べ有意に低かった（p<0.05）。

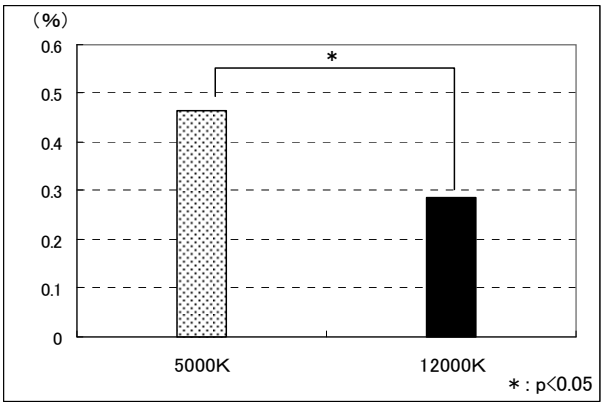


図６．クレペリンテスト誤答率

４．　考察

本研究では起床後に異なる色温度の光を曝露された時の唾液中メラトニン濃度変化の違いを検討した。

Morita ら（1996）は、夜間就寝前において色温度3000K 条件と 6500K 条件とで比較したところ、6500K 条件において有意にメラトニン分泌が抑制されたと報告している[6)]。今回の結果では 12000K 条件の方が 5000K 条件に比べて唾液中メラトニン濃度が照射 30 分後から安静終了まで 10%程度抑制されていることから、夜間就寝前に実施した先行研究結果と同様、起床後においても色温度が高い方がメラトニン分泌を抑制していると考えられる。

道盛ら（1998）は日中に曝露される光の色温度による覚醒度への影響を 2300K 条件と 12000K 条件で評価し、2300K では 12000K に比較して覚醒度が下がることを示唆している[7)]。この研究では光に曝露されている間に測定した覚醒度の違いを評価しており、曝露後の影響について評価した研究は見当たらない。本研究では起床後 1 時間各条件の光に曝露した後の 2 時間も引き続き評価し、5000K 条件よりも 12000K 条件の方が眠気を抑制し、集中力を高めていることが示唆されている。このことから、起床後に曝露される光の色温度の影響は照明曝露中だけでなく照明曝露終了後、少なくとも 2 時間は影響を与えると考えられる。

５．　おわりに

本研究では起床直後より 5000K の照明または 12000K の照明に曝露された場合の、唾液中メラトニン濃度変化の違いを検証した。その結果、5000K 条件に比べて 12000K 条件の方が唾液中メラトニン分泌や眠気が抑制され、集中力や作業効率が改善されていると考えられた。

起床後における高色温度の光曝露によって、メラトニン分泌が迅速に抑制されることが明らかになることで、高色温度の光環境を作ることにより、生活者の朝の目覚め感を向上させる住居環境の開発に資すると考えられる。今後さらに照明の種類や色温度、曝露時間、顔面照度の条件を変えた検証をすすめていきたい。

参考文献

1) 厚生労働省：平成 17 年患者調査報告（傷病分類編(2009)
2) 大川匡子：生体リズムと光, 照明学会誌 93(3), pp.128-133(2009)
3) 太田龍郎、大川匡子、塩澤全司編：臨床睡眠医学, pp.52-53, 朝倉書店(1999)
4) 鳥居鎮夫編：睡眠環境学, pp.59-60, pp.132-133, 朝倉書店(1999)
5) Tomoaki Kozaki,、Shota Koga、Naohiro Toda、Hiroki Noguchi、Akira Yasukouchi : Effects of short wavelength control in polychromatic light sources on nocturnal melatonin secretion, Neuroscience Letters, Vol.439, pp.256-259(2008)
6) Takeshi Morita、Hiromi Tokura : Effects of Lights of Different Color Temperature on the Nocturnal Changes in Core Temperature and Melatonin in Humans, Applied Human Science, Vol. 15, No. 5, pp.243-246 (1996)
7) 道盛 章弘，荒木 和典，井邊 浩行，萩原 啓，阪口 敏彦：照明学会全国大会講演論文集, Vol.31, pp.220(1998)

体動データによる徐波睡眠推定法

Estimation of Slow Wave Sleep Using Body Movement Data

○神林優太*,坪井宏祐**, 出口明広**, 萩原啓*

*立命館大学情報理工学部　**立命館大学大学院理工学研究科

KAMBAYASHI Yuta*, TSUBOI Kosuke**,
DEGUCHI Akihiro**, HAGIWARA Hiroshi*
* College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University
** Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

1.　はじめに

現在、多くの先進国では人々の高齢化、深夜労働、睡眠不足によるストレスなど、睡眠・健康に関わる事柄が社会問題となっており、今後さらに睡眠への関心が高まってくることが予想される。

疲労回復のための睡眠が必要性を増す中、睡眠の状態が無拘束･無意識に自宅で計測することができれば、自己の睡眠に対する認識の助けとなる。

睡眠・覚醒の客観的な評価指標として睡眠ポリソムノグラフ（PSG : Polysomnography）[1]がある。 PSG は脳波、眼球運動、筋電図で構成され、睡眠・覚醒の判別の他に、睡眠の質やステージについても明らかにできる。一方、PSG は多数の電極を装着しなければならず、そのため被験者への負担が大きく、また体動によって電極が外れて計測が出来なくなるなど個人が自宅で計測する事は極めて困難である。

睡眠研究の成果は、人々の日常生活における睡眠の質の向上に寄与すべきものであり、実験中、被験者が日常生活に近い睡眠をとれるよう、計測の無拘束・無意識化が重要な課題とされている。

本研究では睡眠時の被験者への負担を少なくする目的で､赤外線モーションセンサを用いて体動を測定し、PSG によって得られた睡眠深度と比較した｡睡眠深度は Rechtschaffen & Kales の睡眠段階国際判定基準に従っている。その分類を表 1 に示す[2]。

先行研究により体動の出現頻度は睡眠段階と密接に関連しており、総睡眠時間に占める体動の出現頻度の割合は深度 1 を除き、睡眠深度が深くなるほど少なくなることが報告されている[3]。

表 1　睡眠深度

睡眠深度	判定方法	身体の状態
Wake	α 波＞50%	起きている
REM	低振幅の周波数＋ 急速眼球運動	意識がなく 夢を見ている 浅い睡眠
1	α 波≦50%	寝ているが 意識がある
	主に θ 波	
	瘤波出現	意識がない
2	K-complex	
	スピンドル	
	δ 波＜20%	
3	20%≦δ 波＜50%	
4	50%≦δ 波	

体動の測定方法には脳波や眼球運動記録上に出現する筋電位アーチファクトをカウントするもの(脳波アーチファクト法)、体振動を感知する特殊なパッドを用い被験者が動くことによって生ずる静電容量の変化をとらえる方法(static charge 法)、四肢、軀幹の筋電変化により測定する方法(筋電図法)などがある[3]。

著者らの先行研究[4],[5],[6]において睡眠時の脳波から判定される体動（脳波 BM : 脳波 Body Movement）と赤外線モーションセンサから得られる体動（NapVIEWBM : NapVIEW Body movement）が睡眠中の全時間帯においてほぼ同じ状況であるとわかっている。以上の先行研究の結果と被験者への負担を少なくする事が本研究で赤外線モーションセンサから得られる体動を主な生理指標とする事の動機である。

2．　方法

2.1　被験者及び実験装置

被験者は 20～23 歳の健常な成人 14 名（男性 12 名、女性 2 名）である。十分なインフォームドコンセントを得た後、実験前に睡眠を阻害する飲食や運動をして

いないことを条件とする。実験では多用途脳波計EEG-1100(日本光電)を用い、午前 0 時から午前 7 時までの睡眠計測により脳波、眼球運動のデータ、頤筋の筋電図を採取した。また体動は赤外線モーションセンサ(NapVIEW)を用いて採取した。NapVIEW は赤外線センサ NaPiOn(Panasonic 電工)の微動検出タイプを用いて構成される体動検出装置である。NapVIEW から採取される体動とは、NapVIEW を枕元(頭部から 50cm の距離)に置き被験者の頭部の方向に向けて配置することにより 1 分間の体動の回数を計測したものである(NapVIEWBM)。NaPiOn 微動検出タイプの特性は、検出距離最大 2m、検出範囲水平方向 91°、垂直方向 91°。検出対象の条件として背景との温度差は 4℃以上、移動スピードは 0.3～1.0m/s、検出対象は人体(サイズは 200×200ｍｍ)である。センサから 2m 以内の距離での約 20cm 以上の動きを検出するものである。実験時に使用する部屋は、外部から入眠に対して影響が極力少ない部屋を用意し、室温は一定に保つようにする。

2.2 実験方法

被験者の頭部に電極を装着し、C3、C4、O1、O2、A1、A2（国際式 10-20 法）より導かれる脳波を計測する。眼球運動の計測は、右目の 1cm 右上と左目の 1cm 左下に電極を装着する。脳波解析は C3-A2、C4-A1、O1-A2、O2-A1 より導出された脳波信号を 30Hz のローパスフィルターを通して行う。体動の計測は赤外線センサの NapVIEW を用い NapVIEWBM を測定する。

2.3 評価方法

1 エポック 1 分として、脳波、眼球運動、頤筋の筋電図の変化に基づいて睡眠深度を求める。

また、体動の評価値として体動間隔を定義し用いる。体動間隔とは、ある体動が起こった時にそれ以前に起こった最も新しい体動からの時間である。体動間隔の求め方の例として、睡眠開始後 3 分に体動が発生すれば体動間隔=3 分となる。その 2 分後、つまり睡眠開始後 5 分に体動が発生すれば、体動間隔=5-3=2 分となる。図 1 において薄い線は睡眠状態、濃い線は体動発生および体動間隔を表しており、主軸は体動が発生したときの体動間隔、第 2 軸は睡眠深度に対応している。具体的には、図 1 より睡眠開始 0 分から 70 分付近や 120 分から 150 分付近までは、睡眠が深くなっていく過程および睡眠が深い状態であり、あまり体動は起こらない。そのため体動間隔は長くなる。睡眠 160 分付近から 180 分付近までの睡眠が浅い状態の時には比較的多く体動が発生するため、体動間隔は短くなるのがわかる。

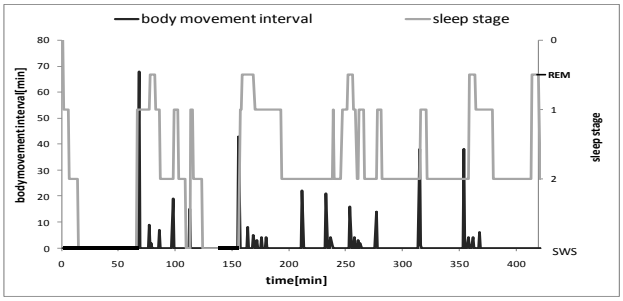


図 1 睡眠深度と体動間隔

2.4 解析方法

本研究での解析はデータ解析ソフトウェアの MATLAB(Math Works)を用いて自作のプログラムを作成した。このプログラムにおいて、総睡眠時間に占める体動の出現頻度の割合は深度 1 を除き、睡眠深度が深くなるほど少なくなるという報告と表 2 に示した 18 歳から 25 歳までの男子学生の一夜の睡眠深度の出現率[3]を利用し、体動間隔の長い方からその間の時間の睡眠深度を推定するというものである。このソフトによって推定した睡眠深度を、本研究では推定睡眠深度と呼ぶ事にする。また、睡眠深度 3、4 は生理的・心理的特徴には顕著な差が無い為、通常合わせて徐波睡眠(slow wave sleep, SWS)と呼んでいる。その為、本研究での推定睡眠深度でも SWS としてまとめて評価した。

表 2 正常成人の睡眠段階出現率

睡眠深度	一夜での出現率(%) ()は標準偏差
REM	25.2 (3.6)
1	8.4 (4.3)
2	48.0 (6.2)
SWS	18.4 (4.7)

アルゴリズムを以下に記す。まず体動間隔をソートし、体動間隔の大きな方から体動間隔 1、体動間隔 2 とする。図 2 は図 1 の体動間隔を降順にソートしたものである。

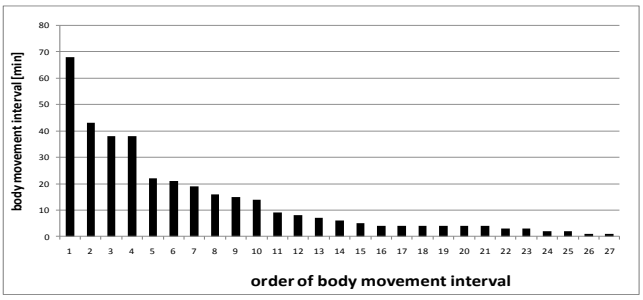


図 2 体動間隔のソート

次に、表 2 に示した各睡眠深度の出現の割合を SWS から順に睡眠深度の深い方から各体動間隔をソートした順に、割り当てる。図 3 は表 2 より得られた SWS の一夜での出現時間(77.28 分)を体動間隔 1、体動間隔 2 に割り当てたものである。この時体動間隔 1 の値が 77.28 よりも小さい為、体動間隔 2 にも残りの時間を割り当てる。図 3 の薄い色の棒グラフが割り当てられた SWS の時間を示すものである。

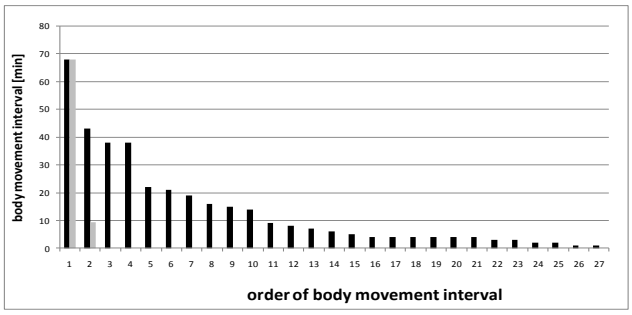


図 3 SWS の時間を体動間隔データに割当

次に割り当てられた深度の時間の長さの分だけその体動の起こった時間から遡る形で睡眠深度を推定する。この処理を図 4 に示した。濃い線が推定睡眠深度 SWS の部分である。薄い線は体動間隔を表している。

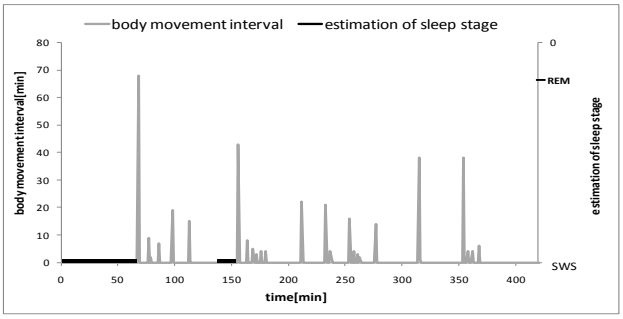


図 4 体動の起こった時間から SWS と推定

この処理を深度 2 にも適用する。図 5 に睡眠深度 2 の時間を図 3 に継ぎ足したもの、図 6 にそれを用いて睡眠深度 2 を SWS に加えて推定したものを示す。

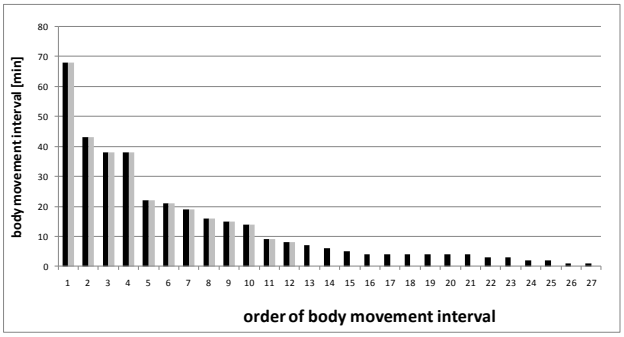


図 5 睡眠深度 2 の時間を図 3 に増補

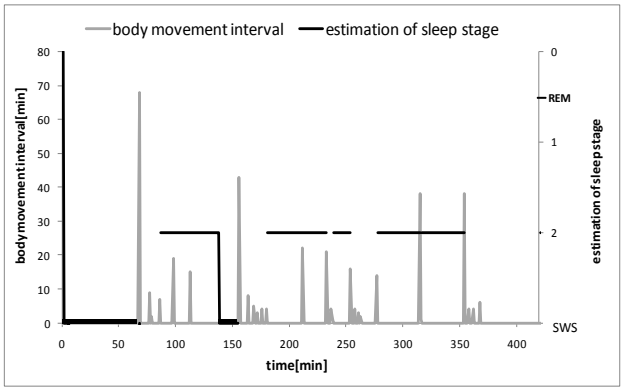


図 6 睡眠深度 2 を SWS に加えて推定

これを睡眠深度 1、REM にも適用した。その結果を図 7 に示す。

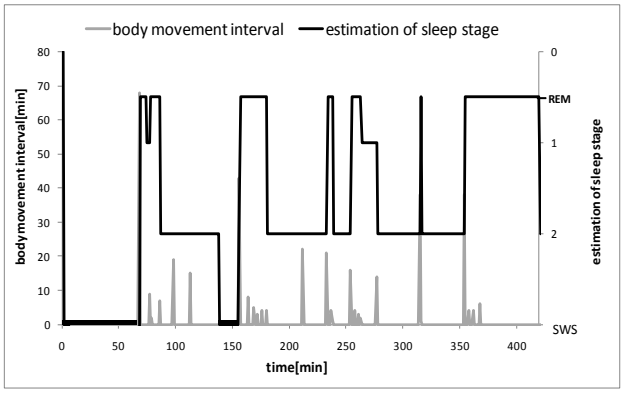


図 7 図 6 に加え睡眠深度 1, REM を推定

３． 結果

3.1 推定睡眠深度と脳波による睡眠深度の一致率

図 8 が、ある被験者の脳波による睡眠深度と体動から得られた推定睡眠深度の関係である。推定睡眠深度を求める為に用いた体動間隔は点線で示している。

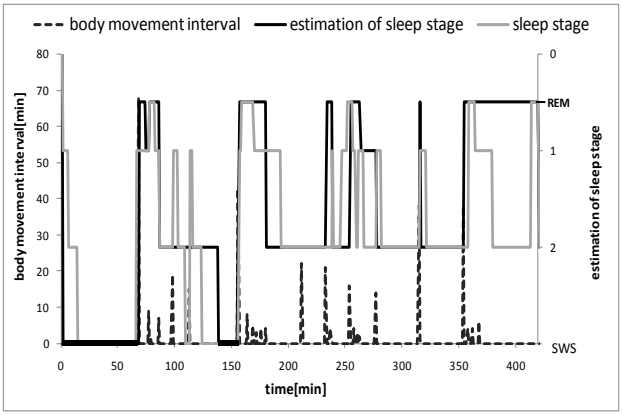


図 8 睡眠深度と推定睡眠深度の比較

本実験では睡眠の最も深い段階である SWS を体動によって推定する事を目的としていることから、睡眠深度の Wake、REM、深度 1、深度 2 を not SWS として SWS と not SWS の 2 値によって脳波による睡眠深度と体動を用いた推定睡眠深度の一夜の一致率を求めた。その結果、被験者 14 名での一致率は平均 82.8%であった。

4. 考察

本研究は無意識・無拘束計測データによる睡眠の質の評価を目指したものである。無意識・無拘束の方法として赤外線モーションセンサを用いた。それを用いて得られた体動データによって、脳波によって得られる睡眠深度との 2 値での一致率が平均 82.8%という推定睡眠深度を求める事ができた。この一致率で用いた 2 値は睡眠深度が SWS か SWS ではないかの値である。被験者 14 名における 2 値での一致率が平均 82.8%という結果から、無意識・無拘束計測における体動データによって SWS を推定できる可能性が示された。

5. おわりに

一致率を求める際、not SWS の中に脳波による睡眠深度と体動を用いた推定睡眠深度の間に深度が異なる時間があった。しかし、全被験者において一夜を通して、深度が大きく異なることは少なかった。例えば、脳波によって深度 1 と判定されている時間に推定睡眠深度が SWS となる様な事は少ない。この事から体動データを用い、脳波より得た睡眠深度の代わりに成り得る睡眠の周期を推定できるものと考えている。そこで、体動データを用いて睡眠の周期を大まかに捉える事を今後の目標に据え、更なる実用性を追求する予定である。

謝辞

本研究は独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究(C)，課題番号 22500415）の助成を受けた。

参考文献

1) 早川敏治, 太田龍朗 ： 睡眠障害に関する検査法 －睡眠ポリソムノグラフ検査（Polysomnography:PSG）を中心に－日本臨床,56(2)：pp.354-360, 1998.

2) Rechstchaffen A, Kales A, ed: A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects, National Institude of Health,1968.清野茂博 訳：睡眠脳波アトラス, 医歯薬出版, 東京, 1971.

3) 日本睡眠学会:日本睡眠学ハンドブック,pp.460-467, pp.28-29

4) 萩原啓, 荒木和典, 道盛章弘, 斎藤正己:覚醒度の定量的評価方法とその応用に関する研究, 精神神経学, 99(1):pp.23-34 (1997)

5) 若林春樹, 堺夏葵, 福井貴行, 谷田陽介, 萩原啓 ： 睡眠時体動のセンシング手法の違いによる特徴抽出,日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.61-64, 2005.

6) 城和男,萩原啓 :赤外線モーションセンサを用いた睡眠時体動の評価,生体医工学学会誌, 47(1):pp.7-14,2009

Toward Evaluation of Student's Onboard Stress Using Salivary Amylase Activity

○Koji MURAI, Yoshiji YANO, Keiichi FUKUSHI and Yuji HAYASHI
(Kobe University)
Shin-ichi WAKIDA and Takashi MIYADO
(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

1. Introduction

Salivary amylase activity (SAA) is a sufficient index to evaluate the mental workload (stress) of a ship navigator [1]; moreover, SAA is useful for a car driver and a student [2), 3)]. The researchers showed salivary amylase measurement reveals sympathetic nervous system activity. During the evaluation period, it is crucial to get the results in a short time and on the spot, without requiring special sensors for the subject. Meanwhile, we never escape from a nature; a ship always receives a current and wind effect. She sometimes rolls and pitches in a rough weather. The ship movement, rolling and pitching, gives motion sickness (seasickness). The seasickness is a problem for a student with the aim of becoming a seafarer in maritime school worldwide, and they are requiring a good way of seasick alleviation.

The purpose of this paper is to measure a stress using salivary amylase activity in a real ship rolling and pitching and to propose salivary amylase activity shows onboard stress during a real ship rolling and pitching.

2. Experiment

The experiment was carried out using a real ship. The ship is Training Ship *Fukae-maru* of Kobe University, Graduate School of Maritime Sciences in Figure 1. Her length is 49.95 meters, width is 10.00 meters, draft is 3.20 meters, and tonnage is 449.0 tons. The subject is 18 students and 6 navigators, total 24. The most of students have three months or one year onboard experience of the training ship. Table 1 shows an outline of the subjects- gender, onboard experiment [year], group and scale from a questionnaire. The subjects were divided three groups- easy get seasick student group (W: weak group for seasick), non-seasick student group (S: strong group for seasick), navigator group (N: navigator). The questionnaire of seasickness has five scales, 5: weakest, 4: weaker, 3: normal, 2: stronger, 1: strongest, and the group divided from the results. Scales 5 and 4 is weak group, 3 to 1 is strong group. The navigator group includes both.

Figure 1: The training ship, *Fukae-maru* (Kobe University, Graduate school of Maritime sciences).

Table 1 Subject and divided groups

Sub.	Exp. [year]	Group: Scale	Sub.	Exp. [year]	Group: Scale
A(M)	0.25	W: 4	M(F)	non	S: 3
B(M)	0.25	W: 5	N(M)	0.16	S: 3
C(F)	0.25	W: 5	O(M)	0.25	S: 2
D(M)	0.25	W: 5	P(F)	0.80	S: 1
E(M)	0.25	W: 4	Q(M)	non	S: 1
F(M)	0.25	W: 5	R(F)	non	S: 3
G (F)	non	W: 5	S(M)	8.00	N: 4
H(M)	0.25	S: 2	T(M)	28.50	N: 2
I(M)	0.25	S: 2	U(M)	8.00	N: 1
J(M)	1.00	S: 1	V(M)	9.50	N: 4
K(F)	0.80	S: 2	W(M)	36.50	N: 3
L(M)	0.25	S: 3	X(M)	25.00	N: 3

(M):Male, (F): Female

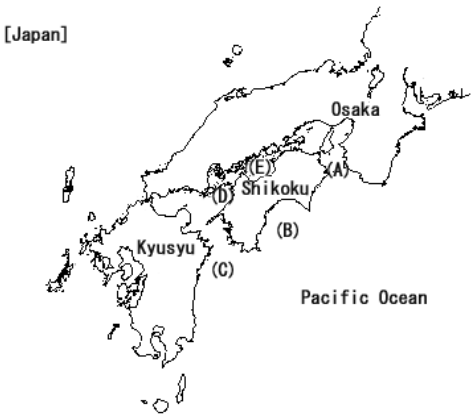


Figure 2. The experimental sea area of west side of Japan.

The experimental sea area (Figure 2) is 5 areas, 3 rolling and pitching areas (A to C in Fig.2) and 2 calm areas of Inland sea (D and E in Fig.2). We measured their SAA at rolling/pitching area and calm area. The subjects stand on a main steering position of a duty officer in bridge and work in lookout.

A tester measures the SAA value [kIU/l] with a "Salivary amylase monitor" (Figure 3). Salivary amylaze monitor consists of a measurement part and a marker (Figure 3). The saliva is gathered with the marker (Fig.3 (b)); the subject puts it under his tongue for thirty seconds; the amylase is extracted using the measurement part (Fig.3 (a)) for thirty seconds. The tester gets the SAA value within one minute. Clean saliva comes from under the tongue because an easily reached salivary gland is located there. The subject is allowed to drink some water while they navigate in order to get enough saliva for the measuring instrument.

(a)Monitor (b)Marker

Figure 3. Salivary amylase monitor (NIPRO, Inc.)

3. Results

We show results of the ratio of SAA value 'R_{SAA}' between rolling/pitching area and calm area (equation (1)) in Figure 4. The SAA of calm area is basis value of each subject.

$$R_{SAA} = SAA_rolling/Pitching / SAA_calm \times 100 \ldots.(1)$$

In Figure 4, the values of 6 subjects C, D, H, P, S, and T is zero for measurement error. 10 subjects are more than 100 %, its trend appears in strong group and navigator group, and 8 subjects are less than 100 % including 3 subjects are nearly 100 %, the trend appears in weak group. Table 2 shows mean value of R_{SAA} for each group. From Table 2, navigator who has a lot of onboard experience and strong group got large value. This results show they feel stress more than weak group, but we think weak group does not keep their composure because they get seasick; they throw up, dead tired as do not eat any foods, and SAA value was small. On the other hand, the other groups did not terrible seasick compared with weak group. On navigator group, three subjects V to X, who answered easy to get seasick, show large R_{SAA}. This result supports our consideration. The SAA does not read the stress on terrible seasick.

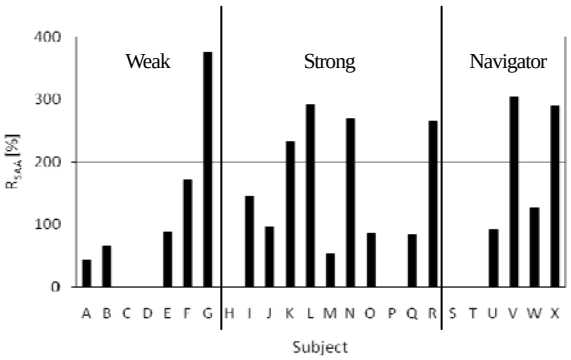


Figure 4. The results of R_{SAA} value [%].

Table 2 Mean value R_{SAA} of each group

	Weak GP	Strong GP	Navigator GP
R_{SAA} [%]	147.7	168.4	202.7

4. Conclusions

In this study, we evaluated a student's and a navigator's onboard stress in ship movement based on salivary amylase activity. We were able to ascertain that SAA value increases in response to feeling stressful situations in ship movement. However, some students, who get terrible seasick not to work lookout like a duty officer in a bridge, did not show the stress with SAA. We need to accumulate more data to do more accurate research and establish the practical use for SAA value.

References

1) Murai K, Wakida S, Miyado T, Fukushi K, Hayash Y and Stone L. Enhancing Maritime Education and Training: Measuring A Ship Navigator's Stress Based on Salivary Amylase Activity, *International Journal of Interactive Technology and Smart Education* 2009; **6(4)**: 293-302, Emerald Group Pub. Ltd.

2) Deguchi M, Wakasugi J, Ikegami T, Nanba S, Yamaguchi M. Evaluation of Driver Stress Using Motor-vehicle Driving Simulator, *IEEJ Transaction on sensors and micromachine* 2006; **126(8)**: 438-444, (in Japanese).

3) Murakami M, Tahara Y, Takeda K, Yamaguchi M. Psychosomatic Stress and Salivary Amylase Activity in Junior High School Student, *Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering* 2009; **47 (2)**: 166-171, (in Japanese).

精神的負荷作業時における情動反応計測の試み

-不快情動と脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度との関係-

Attempt of Emotional Response Measurement at Mental Stress Work - Relationship between Negative Emotion and Oxygenated Hemoglobin in Brain -

○岩崎浩暁*，萩原啓*

*立命館大学　情報理工学部　知能情報学科

IWASAKI Hiroaki*, HAGIWARA Hiroshi*

* College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

１．はじめに

近年、日本の高齢化は世界に例を見ない速度で進行し、現在では65歳以上の高齢者の占める割合が21%を超えた超高齢社会へと突入している。同時にIT産業も急速に発展し、日本は世界でも有数の情報大国であるといえる。しかし、どちらも急激な速度で進行したため、我が国では世代によって、情報を自己の目的に適合するように使用できる能力(情報リテラシー)に格差が発生している。特に情報端末に触れることの少ない高齢者にとって、情報機器を操作することは一種のストレス要因となっている。

今日の高度情報化社会では日常生活のあらゆる所に対話型システム(interactive system)が点在している。対話型システムの基本はヒトと機械のやりとりであり、そこには要求と応答という作業が幾度となく繰り返されている。作業において、一度のやりとりによる不快感は微々たるものでも、複数回繰り返すことでヒトの不快感が累増することが予想される。そこでコンピュータ上で動作する簡易対話型システムを作成し、精神的負荷作業として単純な反復作業を被験者に課すことで、繰り返し作業による情動反応の計測を試みた。

情動反応とは大脳辺縁系にある扁桃体の機能であり、知覚入力を基に利益・不利益の判定が行われる。情動反応(Emotional response)と度々混同される言葉に感情(Emotion)があるが、両者は脳科学、心理学、何れの学問においても研究者によって解釈が異なり、学術用語としての定義がされていない。しかしながら、近年fMRIやfNIRSなどの脳機能計測装置が開発され、感情は情動反応よりも高次な脳機能を必要とすることがわかってきた。大脳辺縁系の機能である情動反応は快情動と不快情動の2種類だけであり、この時点で知覚することはできない。しかし情動反応の結果が身体末梢に出力される過程で、大脳皮質が状況や体験、記憶を基に分岐を繰り返し、適切な身体反応の組み合わせを選択する。これは情動の原因帰結といわれ、大脳皮質が介入することで初めて喜怒哀楽といった感情を顕在感覚として知覚することが可能となる。それを踏まえ、本研究では情動を知覚入力時に伴う一時の生理反射現象、感情を情動の原因帰結によって知覚・類型の可能となった状態と定義し、情動反応である不快情動を計測の対象とした。

2. 計測方法

2.1 提示課題（標的捕捉課題）

本実験は対話型システムにおける単純反復作業時の情動反応計測を想定している。情動反応捕捉の注意事項を以下に示す。

a) 快情動と不快情動は非常に酷似した反応を示すため、反応を快・不快のどちらかに限定する。
b) 情動反応は反応が微小時間で捕捉が難しいため、連続した刺激を与え、擬似的に反応時間を伸ばす。
c) 情動反応である不快情動反応は自覚できないため、課題を終えた後に精神的負荷を主観評価し、被験者にかかる負荷から情動の強度を推定する。

こうした条件の下、単純な要求と応答を繰り返させ、不快情動を発生させる課題をVisual Studio(Microsoft)を用いて作成した(図1)。被験者はクリックする度にランダムで表示場所を変える標的をタスク中に繰り返しクリックする。標的サイズによって4つの難易度(4pixel, 8pixel, 16pixel, 32pixel)に分け、各難易度において標的捕捉数、標的捕捉時間、ミスレートを計測した。

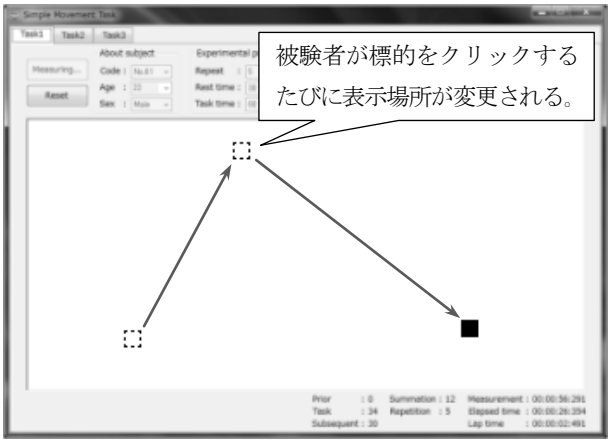


図１ 標的捕捉課題

2.2 皮膚電気活動（EDA）

手掌や足底の発汗は、外界の刺激によって反応した皮質下の中枢の活動が起源となり、交感神経が興奮して汗腺から発汗する精神性の生理現象として知られている。皮膚電気活動 EDA（Electro-Dermal Activity）は、その発汗を電気的にとらえるものである。

皮膚電気活動は、測定法に通電法と電位法がある。通電法は、人体の外部から皮膚の抵抗あるいはインピーダンス変化を見る方法である。電位法は、皮膚に起源する電位変動をそのまま測定する方法である。それぞれの電気活動には、生体の諸活動に伴って、極めて緩徐に変動する皮膚電気水準 EDL（Electro-Dermal Level）と、その皮膚電気水準にのって、自発的にあるいは、刺激に反応して発生する数秒から分単位の一過性の変動である皮膚電気反射 EDR（Electro-Dermal Response）に区別される。

本実験で用いる多用途生体計測器 Polymate（デジテックス）では、通電法により、手指に装着した一対の電極間に微弱な電流を流し、皮膚コンダクタンスをホイートストンブリッジで計測している。皮膚コンダクタンスは発汗の変化を観測する時間オーダーによって皮膚コンダクタンス水準 SCL（Skin Conductance Level）と皮膚コンダクタンス反射 SCR（Skin Conductance Response）に分類される。本装置ではSCLとSCRを同時計測している。

3. 実験方法

3.1 実験準備

本実験では右手を利き手とする健康な成人9名（男8名、女1名）を被験者に起用し測定を行った。計測に先立ち、被験者には十分なインフォームドコンセントを得ている。

はじめに心電図計測用電極を被験者に装着する。実験では多用途生体計測器 Polymateを用い、心電図計測のために左右の鎖骨2箇所と左の肋骨の下から2番目に当たる箇所に電極を装着した。次に皮膚電気活動計測用電極を、被験者の非利き手の人差し指と中指の末節腹側部に装着した。最後に脳内血中Hb濃度変化計測のために近赤外光イメージング装置NIRStation（島津製作所）の頭部ホルダを被験者に装着し、プローブを図2に示したとおりに装着した。10本の発光用プローブ（T字）と8本の受光用プローブ（R字）を取り付けた。隣接するプローブの間隔は3cmである。今回は情動反応を処理していると考えられている前頭葉を主に測定対象とする。

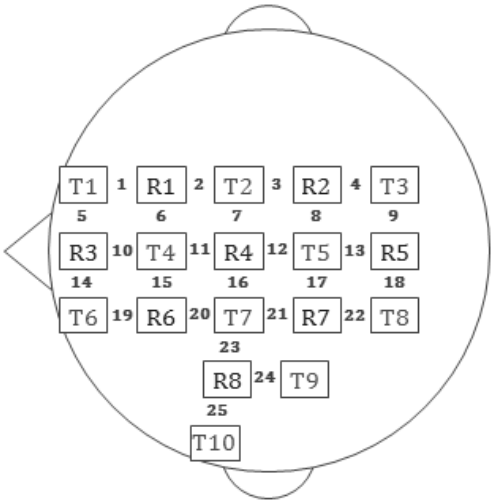


図２ NIRSプローブ装着位置

計測装置による情動の発生を防ぐため、装置による苦痛がないか被験者に確認を取りつつ実験を行った。また本実験では発汗現象を観測するため、常に同じ環境で実験できるように努めた。特に室温に至っては25℃という厳密な温度管理の下で実験を行った。

3.2 実験プロトコル

1）着座姿勢にて実験装置装着
2）安静閉眼（60sec）
3）前レスト（30sec）
4）標的捕捉課題（60sec）
5）後レスト（30sec）
6）安静閉眼（60sec）
7）日本語版 NASA-TLX[1), 2)]
8）計測終了

3）～5）は5回繰り返し、計測対象は2）～6）とした。標的捕捉課題は4種類の標的サイズ（4pixel, 8pixel,

16pixel, 32pixel)を順序効果を考慮して実験毎にランダムに行い、前レストータスクー後レストの反復が5回終わった後、1分間の安静座位をはさみ、主観評価NASA-TLXをとる。全ての提示課題が終わり次第、実験終了とする。

4. 実験結果

4.1 脳内血中酸素化Hb濃度変化の特徴

脳内血中Hb濃度変化の分析ではoxyHbを分析対象とした。前頭葉は知的機能と共に、情動とも深く関わっているとされている。今回は前頭葉において前頭連合野中央に位置する10chのデータに着目した。今後、脳内酸素化Hb濃度の変化量についてはすべて、前頭連合野の中央に位置する10chの変化量を指すものとする。10chにおいて、5回分のタスクを加算平均したグラフを図3に示す。9人の被験者のうち、6人が図3(上)の傾向を示した。この傾向を示す被験者はタスクが開始すると同時に徐々に脳内酸素化Hb濃度が上昇し、タスクが終了すると急激なHb濃度の減少を示した。一方、残る3人の被験者は図3(下)の傾向を示した。タスク開始後、緩やかに酸素化Hb濃度が減少しはじめ、タスクが終了すると緩やかにHbの濃度が上昇した。被験者の統計データを出した結果、この特徴の違いによって、oxyHbの変化量の誤差範囲が増大し、脳内酸素化Hb濃度の変化量と情動の関係は示せなかった。それを踏まえた上で、皮膚コンダクタンスの結果を示す。

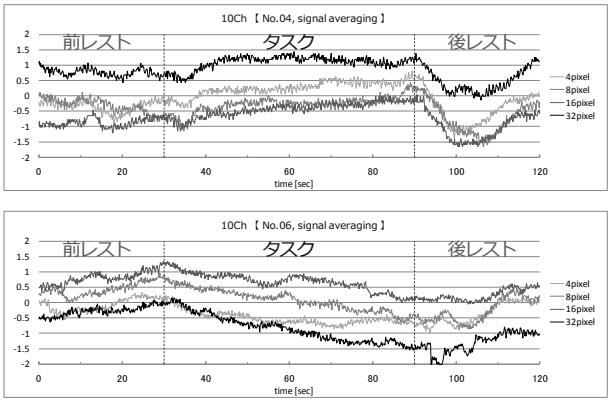


図３ 10chの脳内酸素化Hb濃度変化加算平均グラフ

4.2 NVH値との関係性

皮膚コンダクタンスのうち、一過性の変化であるSCRが示しているのは意識に上らない情動であるとされている。SCRの示す精神性発汗波概形から精神的負荷量を推定する指標として、発汗変位量の正規分散値であるNVHを使用する。NVHは心理的負荷が増大するにつれてロジスティック関数的に増大することがわかっており、本研究ではタスクー後レスト間のNVHを求め、精神的負荷量とした。ここでは、図4におけるH_{ij}を発汗変位量と定義している。

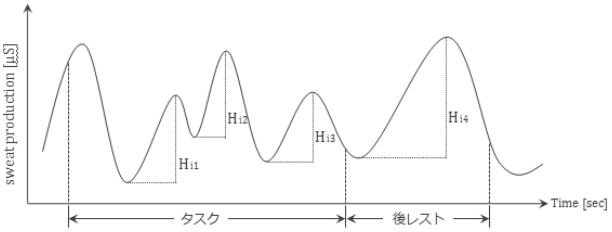


図４ 第i番目のタスク時の精神性発汗波概形

NVH値は以下の手続きを行うことで算出できる。まず、標的捕捉課題中の5回分のタスクー後レストにおける発汗変位量分散値を(4)式によって得る。

$$VH_i = E(H_i^2) - E(H_i)^2 \qquad (1)$$

(1)式が示すのは正規化前の分散値である。全被験者、全タスクにおける発汗変位量分散値と標準偏差を(2)、(3)式によって求める。

$$V(VH) = E(VH^2) - E(VH)^2 \qquad (2)$$

$$\sigma(VH) = \sqrt{VH} \qquad (3)$$

(1)、(2)、(3)より、被験者ごとに各タスクにおいて発汗変位量の分散値の正規化を行い、NVHを得る[3)]。

$$NVH_i = \frac{VH_i - V(VH)}{\sigma(VH)} \qquad (4)$$

図5は各タスク別に算出されたNVH値の平均値を示している。標的サイズが4pixel、16pixelの時はNVH値が低く、誤差範囲も少ない。一方、標的サイズが8pixelと32pixelの場合においては、被験者間においてNVH値の誤差範囲が大きくなる結果となった。

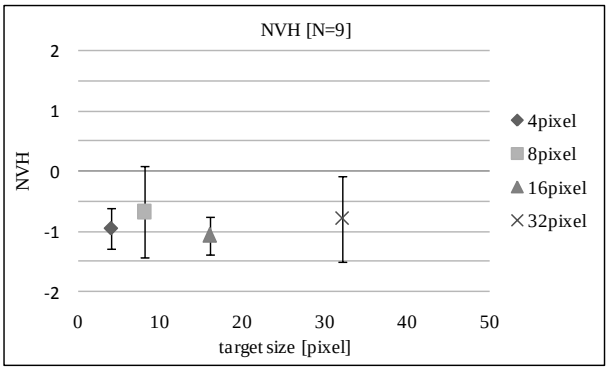


図５ 各標的サイズにおけるNVH値

脳内血中酸素化Hb濃度の変化量とNVHの値を個別に比較した結果、両者共に誤差範囲が大きくなり、比較検討が困難となった。そこで各被験者のそれぞれの標的サイズにおいて、脳内酸素化Hb濃度の変化量とNVH値の相関関係を調べた結果、NVH値が低く、且つ誤差範囲が小さいときに10chにおける脳内酸素化Hb濃度の変化量と直線的な傾向が見られた。この時のHb変化量とは、被験者ごとにタスク中の平均酸素化Hb濃度変化から安静座位時(タスク前)の平均酸素化Hb濃度変化を引いたものである。図6で示されたのは標的サイズが4pixelと16pixelの脳内酸素化Hb濃度との関係である。横軸がNVH値、縦軸が脳内酸素化Hb濃度の変化量を示す。グラフより、NVHの値が大きくなるに伴い、脳内酸素化Hb濃度の変化量も増大する傾向が確認できる。

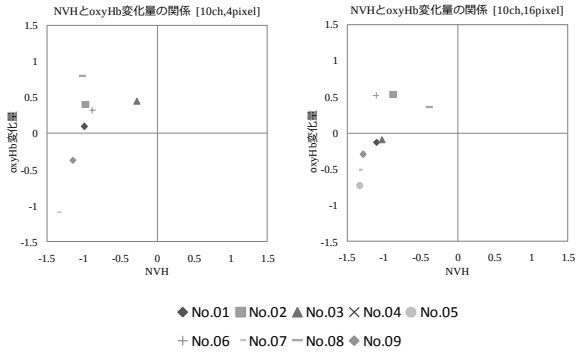


図６ NVHと脳内酸素化Hb濃度の変化量との関係

5. 考察

脳内酸素化Hb濃度の変化量、NVHを一変量解析で解析した結果からは、標的サイズの違いによる生理評価値の誤差範囲が大きく、解釈が難しいものとなった。しかし、脳内酸素化Hb濃度の変化量とNVHの関係性を調べた結果、NVHの値が低く、且つ誤差範囲が小さい場合に限り、脳内酸素化Hb濃度の変化量との直線的関係が確認できた。この直線的関係が、「NVHの値が低い場合のみに起因するのか」、「NVHの値の誤差範囲が小さい場合のみに起因するのか」、「NVHの値が低く、且つ誤差範囲が小さい場合に起因するのか」が現状では判断できない。しかし、NVHの値が低い場合に起因すると仮定すると、NVHは精神的負荷量を示していることから、ある程度の精神的負荷レベルまでは脳内の酸素化Hb濃度と情動性発汗が連動している可能性があると考えられる。本研究の結果から、前頭葉の前頭連合野の活動をNIRS脳計測装置によってモニタリングすることによって、発生した情動の強度を評価できる可能性があることを示している。

6. おわりに

結果からは、標的捕捉課題においては標的サイズの違いによる生理評価値の差異が得られなかった。これについては標的捕捉課題の特性が考えられる。近赤外光による生体計測実験は、データ処理の簡便性からブロックデザインのプロトコルをとられることが多い。本研究においてもブロックデザインのタスクデザインを採用している。本研究の最大の目的は対話型システムを模したシステムを作成し、一定時間に単純反復作業を行うときの精神的負荷を観測することである。しかし、この反復作業において、一定時間内に捕捉できる標的数が標的サイズによって異なり、捕捉しやすいほど標的捕捉数が増え、身体的な要求が増すことが想定される。すなわち、標的サイズの大きさの変化が一様に精神的要求を増加させているかどうかに疑問が残されている。NASA-TLXの評価項目の中には身体的要求の項目があり、身体面への負荷も精神的作業負荷の要因の一部と考えることができる。そのため今後の検討課題として、被験者に課す作業をNASA-TLXの全評価項目が一様に変動するように改善し、より信憑性と再現性の高いタスクを作成することが重要となる。タスク作成後、今回の実験で得られたNVHと前頭連合野中央部の脳内血中酸素化Hb濃度の変化量に関連性があるかを改めて検討することで、情動反応の定量評価をより理論付けできると考えられる。

謝辞

本研究は独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C)，課題番号22500415)の助成を受けた。

参考文献

1) 芳賀繁、水上直樹：日本語版 NASA-TLX によるメンタルワークロード測定、各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度、人間工学、Vol.32、No.2、pp.71-79(1996)
2) 芳賀繁(2001)『メンタルワークロードの理論と測定』 （日本出版サービス）164pp
3) 河崎雅人、高島征助、小西忠孝、坂口正雄：精神性発汗による心理的負荷量の推定に関する研究、医器学、Vol.66、No.12、pp.679-683、(1996)

身体を基準としたボタン位置と操作方向の認知に関する空間的適合関係
－自動車運転時の押しボタン操作を事例として－
Effect of location and orientation of button layout on the direction judgment based on the body
- Manual operation of buttons in a car driving -

○徐　光明*，岡田　明*，山下久仁子**

*大阪市立大学大学院生活科学研究科　**大阪市立大学研究支援課

JO Komei*, OKADA Akira*, YAMASHITA Kuniko**

*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University,

**Research Support Department, Osaka City University

1.　はじめに

身体に対する操作具の位置は身体負担を左右するだけでなく，その操作方向の認知にも影響を及ぼす．操作方向と出力方向のイメージしやすい対応関係については，ポピュレーションステレオタイプとして従来から研究がなされてきたが，いずれも機器と正立する条件下での検討である．しかし，操作形態の多様化に伴い，手の中操作，ウェアラブル機器操作，遠隔操作など，身体に対して様々な位置や方向での操作も増え，そうした条件下でのユーザビリティ改善や安全性向上のためには，イメージしやすい身体－操作方向－出力方向の適合関係を明らかにすることが重要になる．

本研究ではその一環として，自動車運転時の押しボタン操作を想定したシミュレーションによる操作タスクにより，身体を基準とした適正な操作具の位置と方向を検討した．

2.　実験

以下に示す 3 つの実験から構成される．実験１：身体を基準とした適正なボタン位置の検討，実験２：手指の姿位による空間的適合関係の検討，実験３：上記 2 つの条件を組み合わせた適正位置・方向の検討．今回はこのうち実験１と２の結果について報告する．

2.1　実験１：適正なボタン位置の検討

＜方法＞

実験装置：ドライビングシミュレーションソフト（Gran Turismo5Prologue），コントローラ（Driving force GT シミュレータ，Logicool），ゲーム機（Playstation3, Sony），42 インチプラズマテレビ（Panasonic）を組み合わせた運転シミュレーションシステムをメインタスク用に構成した．また，ウィンドウ開閉や DVD 音量調節等の統合操作を想定した上下左右の 4 つのボタンを有する実験用ボタン（図 1）をサブタスク用に作成した．

実験参加者：普通自動車免許証を持つ学生 5 名（23～31 歳）である．

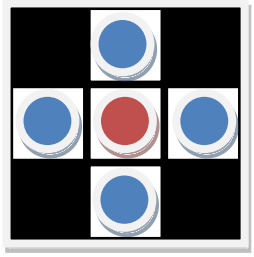


図 1．実験用ボタン

条件：実験用ボタンは以下の 3 部位に設定された．A：従来のコントロールパネル上，B：変速レバー近傍，C：ハンドル近傍．（図 2）．

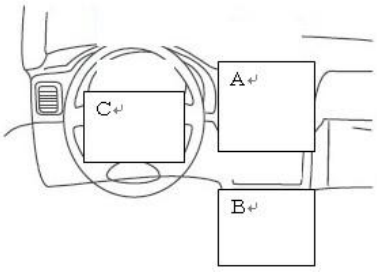


図２．ボタンの位置

タスク：実験参加者は，運転シミュレーションシステムによる模擬運転（メインタスク）を行いながら，コンピュータから音声刺激によりランダムに指示される方向（上，下，左，右）と一致するボタンをできるだけ早く正確に押すこと（サブタスク）が課せられた．その際の音声の提示からボタン押下までの操作時間および正誤がコンピュータに記録され

た．所定の練習タスクの後，各条件にて 40 回の試行を繰り返した．

＜結果と考察＞

指による操作の身体的なやりやすさがボタン配列の方向により異なるため，上下と左右のボタン毎にデータ集計を行った．

ABC の各位置での操作時間は上下方向，左右方向のボタンとも個人差が大きく統計的有意差は認められなかったが，B の位置ではいずれも操作時間の平均値および標準偏差が各参加者で同様の傾向を示していた．また，実験後のインタビューでは全員 B の位置が主観的に最もよい評価だった．

実験 1 ではボタン配列をいずれも正立方向に設定していたため，少なくともここで設定した位置による影響はあまりなかったと思われる．ただし主観的には B が支持されており，認知的な負担だけでなく身体的負担の検証も必要である．

2.2 実験２：空間的適合関係の検討

ボタン配列は設置位置によりイメージしやすい操作方向と出力方向の対応関係が異なると考えられるため，次に正立方向ではない手の中操作を想定した基礎的なボタン押し実験を試みた．

＜方法＞

実験装置：実験 1 のサブタスクで使用したボタンと音声刺激を採用した．

実験参加者：実験の趣旨に同意した学生 10 名（21～25 歳）である．

条件：実験用ボタンを右手で持ち，実験参加者が椅子に着座した状態を基準に，手の中でボタンを押す手指の位置とボタン配列の方向を以下の 8 条件に設定した．C：前腕挙上・手回内位／上方「上」下方「下」，N1：前腕挙上・手回外位／上方「上」下方「下」，H1：同位置／左右反転，SN：上肢下垂・手回外位／上方「上」下方「下」，SV：同位置／手の遠位「上」近位「下」（上下反転），SH：同位置／左右反転，PN：上肢下垂・手回内位／上方「上」下方「下」，PV：同位置／手の遠位「上」近位「下」（上下反転）．

タスク：実験 1 のサブタスクと同様である．上記各条件について 40 回の試行を繰り返した．

＜結果と考察＞

条件 C は身体正面の正立方向での操作となるため，上下，左右とも操作時間は最も短くなった（図３）．上下方向では PN と PV，SN と SV でそれぞれ上下は逆転するが，いずれも有意差は認められず，絶対的な上下方向に関わらず手の遠位方向を上，近位方向を下とする操作方向のイメージが得やすいことを表していた．これに対し左右方向では H1 と N1，SH と SN でそれぞれ左右は逆転するが，いずれも有意差が認められ，左右方向に関しては自己の身体を基準とした左右でないとイメージしにくいことを示していた．これらは手の中操作ではない条件での先行研究[1)]でも同様な結果が得られており，また主観的にもそれを裏付けていた．

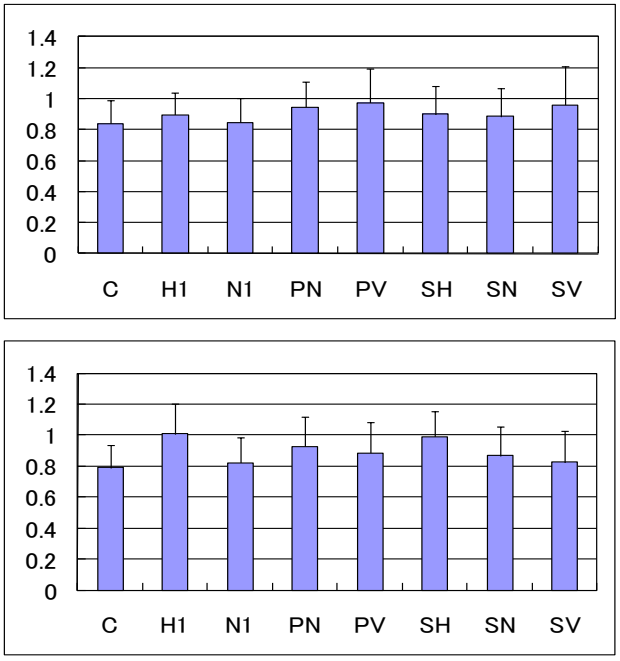


図３．各条件での操作時間　（上：上下，下：左右）

3. 今後の予定

実験 1，2 の結果を踏まえ，実験 3 において身体を基準とする操作ボタンの適正な位置と方向の組み合わせを検討する予定である．

文献

1)　渕上，岡田，山下：機器操作時の方向認知における手と機器との空間的適合関係，ヒューマンインタフェース学会誌，10(4)，537-546，2008

立位作業者の負担を軽減する靴下の開発とその評価

The development of comfortable socks for standing position work,

荒木隆宏
岡本株式会社
Araki Takahiro
Okamoto Corporation. Ltd.

1. 緒言

靴下が日本に普及し始めたのは、靴とともに明治２０年以降とされているが、当時は軍人・貴族・医者など特権階級に限られていた。近代以降、生活様式の西洋化により、下駄や草鞋の使用がなくなり、靴と靴下の使用が一般的となっており、従来の畳の生活での素足や足袋の歩行より、絨毯やフローリングの上での靴下の着用が当たり前になっている。家を出るときは靴下を履き、靴を履くことが当たり前となり、靴下は肌着として一般化した。[1)]

現在の肌着としての靴下の機能はファッション性を除き、主に次の役割を果たしている。①足の物理的保護：素足で靴を履き歩行や運動をすると、足の皮膚に直接機械的摩擦が加わり、時間経過や運動強度が増大するとその作用は皮膚に多大な影響を及ぼす。靴下を着用することにより、人体の皮膚組織への刺激の緩和され足が保護される。②足の衛生的保護：多くの靴は長期間洗浄されることがなく、靴内は雑菌の温床となっている。靴下を着用することにより、靴を汗・皮脂・垢で汚すことを未然に防ぐだけでなく、靴からの雑菌の再汚染を防ぐ役割を担っている。③足の快適性向上：下腿は全身の表面積の２０％を持ち、特に寒冷下での靴下は保温に重要な役割を果たす。また、多くの靴は閉鎖空間を有し、汗が溜まりやすい。靴下は汗を吸収しベタつき蒸れ感を軽減する。[2)] 以上、３点が靴下の基本機能であるが、次にあげる高次機能が近年注目されている。④高次機能：医療分野では下肢静脈瘤治療や深部静脈瘤血栓症予防、リンパ浮腫の患者向けに段階圧迫ストッキング・ソックスが利用されている。近年、それらの靴下を一般向けに応用し、下腿及び足部の整容効果に注目した段階圧力靴下が販売されている。また、運動動作を助けるスポーツテーピング応用したテーピング効果の持つ靴下、高齢者の転倒事故を予防するつま先の上がる靴下など、基本機能を満たすだけではなく、より積極的に身体に働きかける高機能靴下の開発が近年盛んに行われている。

我々は、ソックスメーカーとして、従来の靴下の基本機能を満たすだけでなく、市場のニーズに応えるために、様々な新しい高機能靴下の開発に取組んでいる。今回は、立位作業従事者の足の不具合を解消するための靴下の開発を行ったので、その靴下の紹介を行う行い、その評価を行った。

2. 立位作業従事者の負担を軽減する靴下の設計

我々は、足裏の痛みは足底腱膜の炎症が原因と考え足底腱膜の保護を目的とした設計の検討を行った。（足底腱膜とは、足裏の踵から足趾付根にかけて存在する腱膜であり、足の骨格アーチ構造を補助する柔軟組織である。歩行時などでは、足の骨格アーチは変形し、足裏へ掛かる衝撃を吸収する役割と推進力を得る働きをしている。そのとき、足底腱膜は足

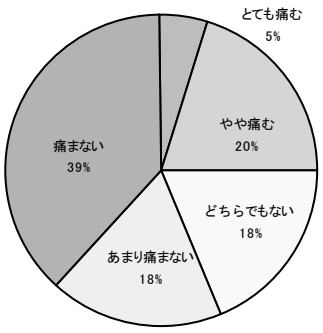


図１．立位作業従事者の足底痛の自覚（N＝３１８）

の骨格アーチの変形に伴い伸縮し、骨格アーチの働きの補助を行っている。足底腱膜に過負荷が加わった場合に起こる障害として、足底腱膜炎が知られている。）

２－１　足底腱膜保護設計

足底腱膜を保護するためには､足底腱膜のへの過負荷を軽減すること､疲労による足の骨格アーチの機能低下を防ぐことが考えられる。我々は、伸縮素材を編み込むことにより、次の構造を設計した。①足底腱膜の保護する、ダンパー構造。②骨格アーチを支え、足底腱膜への負荷を軽減する構造。③アライメントを正しい方向に導く、回内防止の構造。足底腱膜を保護するためには、足底腱膜のへの過負荷を軽減すること、疲労による足の骨格アーチの機能低下を防ぐことが考えられる。我々は、伸縮素材を編み込むことにより、次の構造を設計した。①足底腱膜の保護する、ダンパー構造。②骨格アーチを支え、足底腱膜への負荷を軽減する構造。③アライメントを正しい方向に導く、回内防止の構造。

図２．立位作業従事者の負担を軽減するために開発された靴下の基本構造（左：①ダンパー構造　中央：②骨格アーチを支える構造　右：回内防止構造）

２－２　段階圧力設計

足の疲労を軽減するための設計には、下腿に適度な圧迫を加えることが考えられる。古くは脚反やゲートルなど、下腿を圧迫することにより疲労が軽減されることは経験的に知られていた。また、深部静脈瘤血栓症予防に用いられる医療用靴下は、足首部からふくらはぎ部へ掛けて徐々に衣服圧が弱まる段階圧力設計によって、仰臥位における静脈血流量が増加することが知られている。[3)] これらのことから、下腿に圧迫を加えることにより、血液還流量が増加し筋疲労の軽減が期待できると考え、医療用靴下の設計を参考に段階圧力設計を行った。

3.　評価

上記２点の設計により立位作業従事者用靴下を試作し、立位作業従事者（３１８名）に試着テストを行った。そのアンケート結果から、足の疲労を軽減されたと答えた方が５５％、普段足裏が痛む方（８０名）のうち足裏の痛みが軽減されたと５９％となり、半数以上の方に効果が実感できると評価された。

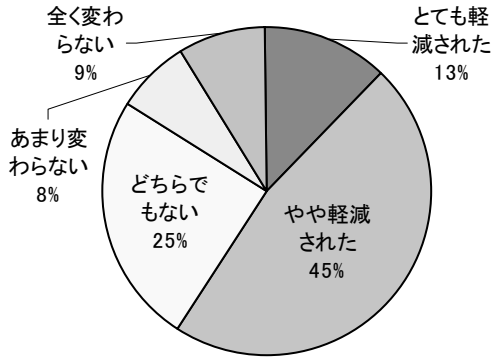


図３．立位作業従事者用靴下の足底痛軽減効果（N＝８０）

4.　おわりに

今回開発された、立位作業従事者用靴下は「立ち仕事快適靴下」として上市する予定である。今後も市場のニーズに応えるために、新しい機能商品を提案し続けたいと考えている。

参考文献

1) THE BOOK OF SOCKS AND STOCKINGS, ARANATA Hiroshi (1993) 日本靴下協会

2)「靴下の知識」(1994)レッグファッション株式会社

3) Type of Compression for Reducing Venous Stasis, Sigel et al ,The Archives of Surgery, Feb 1975,Volume 110

体動センサによる睡眠時空調制御に関する検討

An Air-conditioning Control during a Night Sleep using a Body Movement Sensor

○三宅晋司*，山田晋平*，樋江井武彦**，安本千晶**，重森和久**

*産業医科大学産業保健学部　**ダイキン工業株式会社環境技術研究所

MIYAKE Shinji*, YAMADA Shimpei*,
HIEI Takehiko**, YASUMOTO Chiaki**, SHIGEMORI Kazuhisa**
*School of Health Sciences, University of Occupational and Environmental Health, Japan,
** Environmental Technology Laboratory, DAIKIN Industries, Ltd.

1. 目的

無拘束型体動センサで計測した体動情報からリアルタイムに睡眠周期を抽出し，睡眠段階に応じた温度制御を行なうことによる終夜睡眠への効果を検討した．

2. 方法

2.1. 温度制御方法

温度制御は防音室内（H2710×W2610×D2870［mm］）に設置したエアコン（ダイキン S22LTRXS-W）を用いて行った．本研究では温度条件として，①温度一定の条件と，②V 字快眠温度制御 [1] をベースに睡眠時のノンレム睡眠とレム睡眠のリズムに合わせて温度変化を加えた条件の 2 つの条件を設定した．V 字快眠温度制御とは夜間の体温低下に合わせて 3 時間で温度を 2℃低下させたあと，起床予定時刻 1 時間前までその温度を維持した後，起床前の体温上昇に合わせて起床時刻まで 1 時間で温度を 1℃上昇させる温度制御で，温度一定条件に比べて，就寝後のサーカディアンリズムによる深部体温の低下が促進されることが確認されている [2]．通常，人の睡眠はノンレム睡眠とレム睡眠が周期的に交代して出現し，1 回のノンレム睡眠とレム睡眠を合わせると約 90 分になる．この周期は睡眠周期 sleep cycle と呼ばれ，一晩のうち，4～5 回出現する．睡眠時の体温調節反応は視交叉上核（suprachiasmatic nucleus: SCN）により制御されているが，ノンレム睡眠に入ると SCN により体温のセットポイントが下がり，末端部皮膚温の上昇が起こる [3]．一方，レム睡眠ではこれらの体温調節反応の感度が低下していることが知られており，体温の上昇・下降はそのときの環境温に依存するといわれている．以上のことから，睡眠周期をリアルタイムに検知し，レム睡眠の区間に温度を上げ，ノンレム睡眠の区間に温度を下げる温度変化を与えることにより，レム睡眠区間での体の冷えすぎを抑制しつつ，ノンレム睡眠区間での体温低下の促進により，ノンレム睡眠中の睡眠深度がより深くなることが期待される [4]．そこで本研究では，ノンレム睡眠とレム睡眠のリズムに合わせた温度ウルトラディアンリズム制御として，無拘束型体動センサで計測した体動情報から睡眠周期を抽出し，V 字快眠温度制御の温度変化に，睡眠周期に応じた温度変化を重畳させた制御パターンを生成し，エアコンの設定温度を変化させた．以下，①の制御を温度一定制御, ②の制御をウルトラディアンリズム制御（または UD リズム制御）と記す．図 1 にヒプノグラムと温度制御の例を示した．

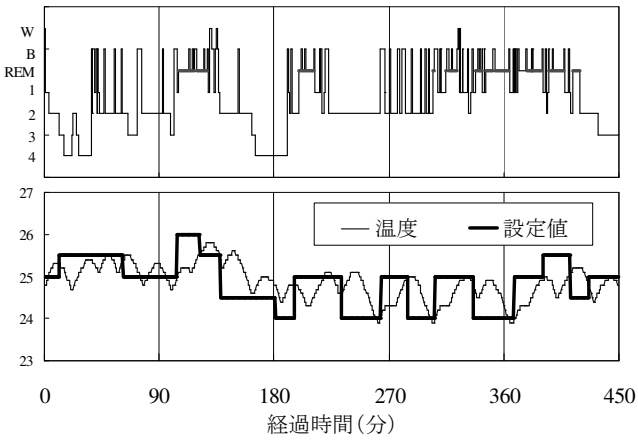


図 1　ウルトラディアンリズム制御による温度変化とヒプノグラムの例

2.2. 被験者

健康な男子大学生 9 名（平均年齢 20.9 歳）に事前に文書により実験内容を説明し，同意を得られた者を被験者とした．被験者には実験の 1 週間前から生活統制（規則的な生活，11 時半就床等）を義務付け，生活状態を記録させた．実験期間中は日中の激しい運動を避けるように指示した．被験者には一定額の謝金を支払った．本実験は産業医科大学倫理委員会の承認を得て実施した．

2.3. 計測項目

生理指標は，Rechtschaffen & Kales の睡眠脳波アトラス [5]に基づく，C3-A2，C4-A1 の脳波，左右水平眼球電位，オトガイ筋筋電図および CM_5 導出による心電図を多用途脳波計（日本電気三栄 Synafit 2200）にて紙記録するとともに，PC データレコーダ（Keyence NR600）に記録した．心拍については，心電図記録と同時に心拍メモリー装置（竹井機器，T.K.K.1876a）により，30 秒毎の心拍数を記録した．また，Hardy7 点法による 7 ヶ所の皮膚温（データ収集型ハンディタイプ温度計，LT-8，LT-USB1，Gram Corporation）および前額部から深部体温（コアテンプ CM-210，テルモ，25mm プローブ使用）を計測した．さらに，赤外線ビデオカメラにより終夜の被験者の状態をモニタするとともに，ハードディスクレコーダへ記録した．

主観指標は，就床前に自覚症しらべに記入させ，起床直後に OSA 睡眠感 [6]および ASHRAE の 7 段階の主観的睡眠感（寝始め，睡眠中，目覚め），VAS による主観評価（熟睡，目覚め，寝冷え）を記入させた．その後，再度，自覚症しらべに記入させ，内省報告を得た．

温度・湿度の計測では，温度・湿度データロガー（おんどとり TR-72Ui，T&D Corporation）により被験者近傍の床上 10cm，60cm，110cm，160cm にて温度と湿度を記録し，室温データとして床上 60cm の温度を用いた．

被験者には就床前および起床時にパソコンにより数値探索作業を行なわせ，所要時間を計測した．これは PC 画面上に 31～55 の 25 個の数字をランダムに提示し，小さい順番に画面の数字をタッチさせるもので，正しい数字にタッチすると，画面はシャッフルされるものである．これを 2 セット行なわせた．

2.4. データ解析

Rechtschaffen & Kales の睡眠脳波アトラスに基づき，30 秒ごと（記録紙 1 ページ）に睡眠段階を判定した．ただし，本研究では，心拍（心電図）を計測しているため，「体動」を重視した．すなわち，通常は，体動により脳波等に筋電図が混入し，脳波から睡眠段階の判定が困難なページを「体動」と判定するが，本研究では筋電図の混入が短時間で，その他の部分から睡眠段階の判定が可能な部分であっても，心拍の上昇（心電図の RR 間隔の短縮）が見られるページは体動と判定した．この判定にもとづき，表 1 に示す各種睡眠変数を算出した．平均睡眠深度 Mean Sleep Depth: MSD の算出では，MSD1 では，StageI = 1，StageII = 2，StageIII = 3，StageIV = 4，REM = 1.5，w = 0，体動は除く，MSD2 では，StageI = 1，StageII = 2，StageIII = 3，StageIV = 4，REM = 6，w = 0，体動 = 0，MSD3 では，StageI = 0，StageII = 0，StageIII = 1，StageIV = 1，REM = 1，w = 0，体動 = 0（StageIII%＋StageIV%＋REM%と等価）として重み付け平均値を算出した [4].

なお，本実験の温度制御は入眠後から開始されるため，入眠までは温度は一定である．したがって，入眠潜時は全条件で同一となるはずであるが，入眠潜時が長い被験者が観察された．これは温度条件以外の要因によるものであるため，睡眠変数の算出では，入眠後（最初の StageⅡ以降）からとした．その場合，総睡眠時間は入眠から起床までとなる．

OSA 睡眠感質問紙については，ねむけ，睡眠維持，きがかり，統合的睡眠，寝付きの 5 項目の得点および標準得点を算出した．VAS による評価は 100mm の線分を用いているため，記入位置を mm 単位で読みとり，100 点満点の素点とし，中央を 0 とするように 50 を引いて尺度値とした．自覚症しらべは，ねむけ感，不安定感，不快感，だるさ感，ぼやけ感の 5 項目の得点を算出し，就床前と起床時の差値を算出した．

表１　睡眠変数

	温度一定制御	UDリズム制御	df	
Percent Wakefulness	2.94 (4.99)	0.81 (0.70)	8	N.S.
Percent Movement	10.44 (5.12)	9.60 (4.33)	8	N.S.
Percent REM	17.80 (5.18)	21.37 (4.36)	8	N.S.
Percent Stage I	11.06 (5.34)	6.23 (4.78)	8	p<0.01
Percent StageII	43.36 (5.32)	45.67 (6.34)	8	N.S.
Percent Stage III	6.06 (4.53)	6.87 (2.62)	8	N.S.
Percent Stage IV	7.93 (4.81)	9.44 (4.39)	8	N.S.
Total Sleep Time	416.4 (58.13)	410.8 (61.47)	8	N.S.
Sleep Efficiency (%)	97.1 (4.98)	99.2 (0.71)	8	N.S.
Number of Stage Shift	131.4 (39.49)	124.3 (40.63)	8	N.S.
Number of Awakenings	5.3 (5.37)	2.8 (2.03)	8	N.S.
Number of REM	6.1 (2.42)	5.3 (2.40)	8	N.S.
Latency to Stage III (min)	12.9 (10.17)	10.2 (4.18)	8	N.S.
Latency to Stage IV (min)	18.2 (15.71)	14.3 (9.28)	8	N.S.
Latency to REM (min)	89.8 (48.45)	85.9 (39.56)	8	N.S.
MSD1	1.95 (0.21)	2.08 (0.17)	8	p<0.10
MSD2	2.54 (0.33)	2.84 (0.17)	8	p<0.05
MSD3	0.32 (0.08)	0.38 (0.06)	8	p<0.05
Skin Temperature (C deg)	30.0 (0.59)	30.0 (0.65)	6	N.S.
Core Temperature (C deg)	35.6 (0.19)	35.7 (0.28)	8	N.S.
Room temperature (C deg)	26.9 (1.51)	26.7 (1.33)	8	p<0.10
Relative Humidity (%)	70.1 (3.46)	72.2 (3.04)	8	N.S.

表２　主観指標，作業成績

		温度一定制御	UDリズム制御	df	
OSA	ねむけ	50.78 (4.54)	51.56 (3.64)	7	N.S.
	睡眠維持	45.49 (2.43)	44.67 (4.58)	7	N.S.
	気がかり	52.85 (4.32)	52.79 (2.81)	7	N.S.
	統合的睡眠	49.25 (4.50)	47.70 (8.37)	7	N.S.
	寝付き	48.83 (2.19)	49.60 (7.64)	7	N.S.
温熱感	寝始め	4.00 (0.53)	3.56 (0.73)	7	N.S.
	睡眠中	4.00 (0.00)	4.22 (0.44)	7	N.S.
	目覚め	4.1 (0.35)	4.1 (0.33)	7	N.S.
VAS	熟睡	-17.9 (16.87)	-17.6 (22.72)	8	N.S.
	目覚め	-19.3 (17.98)	-15.4 (22.17)	8	N.S.
	寝冷え	31.4 (10.81)	29.9 (14.87)	8	N.S.
自覚症しらべ	ねむけ感	-1.9 (2.65)	-1.8 (3.15)	8	N.S.
	ぼやけ感	-0.6 (0.88)	-0.1 (3.14)	8	N.S.
	不安定感	-0.3 (0.44)	0.0 (1.00)	8	N.S.
	不快感	0.9 (1.20)	0.7 (0.87)	8	N.S.
	だるさ感	0.22 (0.88)	-0.89 (1.62)	8	p<0.10
精神作業	数値探索	-300.56 (480.1)	257.50 (324.8)	8	p<0.10

精神作業については，第 2 試行のデータのみを用い，2 個目から 25 個目までの 1 個ごとの探索時間の平均値を算出し，就床前と起床時の差値(msec)を算出した．

以上のデータについて，温度一定制御条件とウルトラディアンリズム制御条件間で対応のある平均値の差の検定（t-検定）を行ない，危険率 5%以下を有意差あり，10%以下を有意傾向とした．

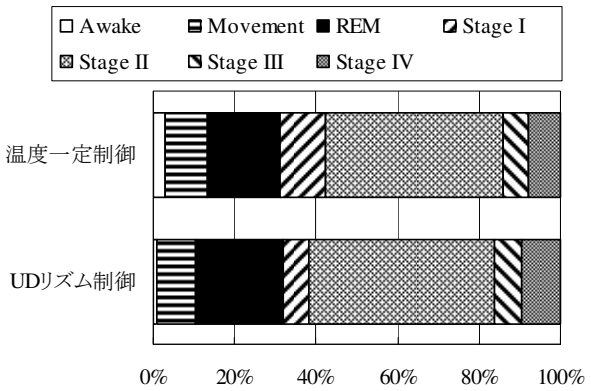


図２　睡眠段階出現率

3. 結果

睡眠変数，皮膚温，深部体温，室温，湿度の平均値（標準偏差）を表 1 に示した．室温に有意差傾向がみられるが，これは一名の被験者の温度一定制御条件における設定ミスにより，ウルトラディアンリズム制御条件に比べ, 温度一定条件が 1℃高かったことおよび, その他の 8 名についても，7 名において温度一定制御条件の方がわずか（0.3℃以下）ではあるが温度が高くなっていたことが原因と考えられる．

各睡眠段階出現率を図 2 に示した．平均睡眠深度 1～3 および徐波睡眠率（=%StageⅢ＋%StageⅣ）を図 3～6 に示した（平均値±SE）．条件間の平均の差の検定の結果を表 1 右欄に示した．ただし，全員のデータが揃わなかった指標（皮膚温）では自由度は 6 となった．検定の結果，ウルトラディアンリズム制御条件において睡眠段階Ⅰ%が有意に小さいことが認められ，各平均睡眠深度もウルトラディアンリズム制御条件でより大きい値を示した．表 2 に OSA 睡眠感，温熱感，VAS 評価，自覚症しらべ，作業成績の平均値（標準偏差）を示した．1 名（S2）に OSA と温熱感の記入漏れがあった．自覚症しらべのだるさ感がウルトラディアンリズム制御条件で低下を示していた．精神作業の成績では，温度一定制御条件では起床時の作業所用時間が短縮しているのに，ウルトラディアンリズム制御条件では所要時間の延長が示され，両条件間に有意差が認められた．その他の指標には条件間の有意差は認められなかった．

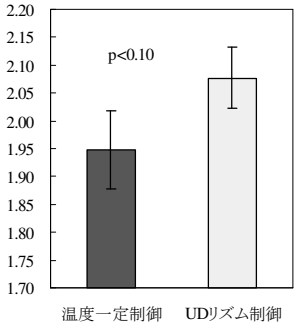


図３　平均睡眠深度１

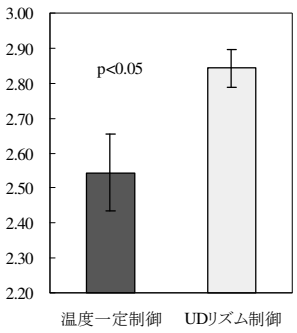


図４　平均睡眠深度２

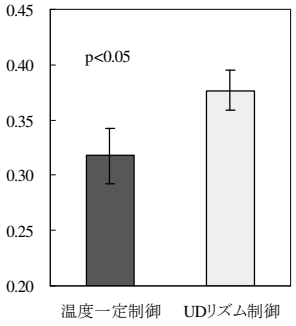


図５　平均睡眠深度３

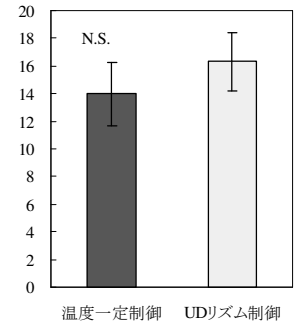


図６　除波睡眠率%

4. まとめ

睡眠変数においてウルトラディアンリズム制御条件でよりよい睡眠状態を示唆する結果が示された．条件間に平均室温の有意差が認められたものの，その差は最も大きいもので 0.3℃程度であり，この温度差の影響は小さいものと思われた．主観指標では，有意差傾向に留まっているが，自覚症しらべのだるさ感がウルトラディアンリズム制御条件で低下が大きいことは，ウルトラディアンリズム制御条件において疲労回復効果が高いことを示唆するのかもしれない．精神作業の平均探索時間は温度一定制御条件で短縮していたのに，ウルトラディアンリズム制御条件では延長しており，原因は不明である．

参考文献

1) 松原篤志, 新井潤一郎: 快適な睡眠を実現する最新空調技術，冷凍，Vol.83，No.974，pp.868-873 (2008)
2) F. Togo, S. Aizawa. J. Arai, S. Yashikawa, T. Ishiwata, R. J. Shephard, Y. Aoyagi : Influence on Human Sleep Patterns of Lowering and Delaying the Minimum CoreBody Temperature by Slow Changes in the Thermal Environment，SLEEP, Vol.30, No. 6, pp.797-802 (2007)
3) 日本睡眠学会編：睡眠学，pp.140-144，朝倉書店 (2009)
4) 三宅晋司，佐藤望，赤津順一，神代雅晴，松本一弥：温度ゆらぎの終夜睡眠に及ぼす影響，人間工学，Vol.32, No.5, pp.239-249 (1996)
5) Allen Rechtschaffen, Anthony Kales 編，浅野茂博訳：睡眠脳波アトラス，医歯薬出版 (1971)
6) 小栗貢，白川修一郎，阿住一雄：OSA 睡眠調査票の開発，精神医学，Vol.27，No.7，pp.791-799 (1985)

夏期における生理量に応じた室温制御の試行実験
The Experiment of Control Air Temperature on Physiological Responses in Summer

○金澤 麻梨子*，久保 博子**，杉崎 智子***
*奈良女子大学大学院人間文化研究科,**奈良女子大学生活環境学部
***東芝キャリア株式会社
KANAZAWA Mariko*, KUBO Hiroko**, SUGISAKI Satoko
* Graduate School of Humanities and Science, Nara Women's University
** Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University,***TOSHIBA Carrier Corporation

1. 目的

夏期を快適に過ごすために、冷房を利用するが、冷房使用による過冷房や手足の冷え、体調不良を経験することがある。また就寝中にエアコンのタイマーが切れ、暑さや発汗による不快感や寝苦しさから、中途覚醒が起こる。在室者の生理反応に基づき室温を調整することは、快適な睡眠や体調管理に役立つと期待できる。そこで本研究は、臥位安静状態で生理反応に応じたエアコンの温度をプログラム制御することを、被験者の生理・心理反応について検討した。

2. 方法

2.1 手順

表1に実験概要、表 2 に実験手順を示す。実験は奈良女子大学 D 棟 1 階環境調節室で行った。表 3 に被験者属性を示す。被験者は健康な青年女性 8 名(24.0±2.20 歳)とした。

環境調節室入室後、着衣に着替え計測器を装着し、臥位安静で 30 分間室内環境に曝露した。その後、室温のプログラム制御を開始し、臥位安静状態で 2 時間室温制御を行った。室温制御中の仮眠は禁止しなかった。

温熱環境は、環境温、グローブ温、相対湿度、枕元温湿度、寝床内温湿度(背部)を被験者入室時より 30 秒間隔で測定した。生理反応は皮膚温 4 点(前腕･手背･下腿･足背)、心拍数、体動量、衣服内温湿度を、制御開始 10 分前より 30 秒間隔で測定し、30 分毎に舌下温、血圧を測定した。心理反応として、温冷感や快適感等の主観申告を制御開始 10 分前、開始後は 5 分毎に得た。

2.2 実験条件

実験開始時の 0.6m での気温を以下の 3 条件とした。実験初日は中温条件に統一し、寒冷条件と暑熱条件はランダムに行った。

中温条件：28℃、相対湿度 60%（実験初日）
寒冷条件：24℃、相対湿度 60%
暑熱条件：32℃、相対湿度 60%

表 1　実験概要

実験期間		2010年07月26日～2010年08月24日
実験室		奈良女子大学　D棟1階　環境調節室
被験者		健康な青年女性8名　（中温選択群　27.0℃±2.0℃）
測定条件		中温条件；28℃、RH60%開始 寒冷条件；24℃、RH60%開始 暑熱条件；32℃、RH60%開始
例数		一人3例　（24例）
測定項目	環境温	環境温（1.6・1.1・0.6・0.1m）・ｸﾞﾛｰﾌﾞ温（0.6m） 相対湿度（0.6m）・枕元温湿度（0.3m） 寝床内温湿度(背部)　［30秒間隔］
	生理量	皮膚温（前腕・手背・下腿・足背）［30秒間隔］ 心拍数・体動量・衣服内温湿度　［30秒間隔］ 舌下温・血圧　［30分間隔］
	心理量	主観申告　［5分間隔］
着衣		半そで、半ズボン（0.35clo）

表 2　実験手順

実験時間		−30	−10	0	30	60	90	120(分) 実験終了後
環境	気温							
	湿度							
	グローブ温							
	寝床内温湿度							
生理量	舌下温		●	●	●	●	●	●
	血圧		●	●	●	●	●	●
	皮膚温			−10分計測スタート				
	心拍数			−10分計測スタート				
	体動量			−10分計測スタート				
	衣服内温湿度			−10分計測スタート				
心理量	主観申告		●	●				●
室温プログラム制御				0分制御スタート				

表 3　被験者属性

	年齢	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)	BMI	体表面積(㎡)	選択気温(℃)
平均値	24.0	159.5	49.2	24.7	19.3	1.499	27.44
標準偏差	2.20	7.57	5.82	3.48	1.32	0.11	0.6

表 4　室温プログラム制御

制御基準			設定
冷え検知	判断部位	前腕皮膚温 下腿皮膚温 足背皮膚温	[絶対値]基準とした皮膚温以下の場合、もしくは [変化勾配]一定速の皮膚温低下がみられた場合、検知する
	検知基準	前腕・下腿・足背皮膚温が設定以下になったとき冷え検知する	
	制御内容	冷え検知した場合、設定室温を上昇させる	
	検知制御	枕元環境温が31℃以上の場合、冷え検知をしない	
暑熱検知	判断部位	手背皮膚温	[絶対値]基準とした皮膚温以上の場合、もしくは [変化勾配]一定速の皮膚温上昇がみられた場合、検知する
		寝床内温湿度	[絶対値]35℃/RH60%以上の場合、もしくは [変化勾配]一定速の湿度上昇がみられた場合、検知する
	検知基準	手背皮膚温、寝床内温湿度が設定以上になったとき暑熱検知をする	
	検知制御	暑熱検知した場合、設定室温を下降させる	
	検知制御	枕元環境温が24℃以下の場合、暑熱検知をしない	

3. 室温のプログラム制御

表 4 に室温プログラム制御の内容を示す。中温条件 28℃に 30 分曝露した時点の被験者の皮膚温、寝床内背部の温湿度に基づき、冷え検知と暑熱検知を行った。検知が起こると、環境調節室の設定温を冷え検知は 0.5℃上昇、暑熱検知は 0.5℃低下させた。枕元環境温が 24℃以下または 31℃以上の場合、検知を行わないこととした。

4.　結果・考察

4.1　制御結果例

図 1 に実験結果の一例を示す。左側 : 寒冷条件、右側 : 暑熱条件、上段 : 枕元、衣服内、寝床内の温湿度、中段 : 皮膚温、下段 : 検知部位及び制御結果、快適感の経時変動を示す。寒冷条件では下腿及び足背の冷えを検知し、室温が上昇した。暑熱条件では手背のほてり及び寝床内背部における高温、多湿を検知し室温が下降した。両条件ともに室温の変動に追随した皮膚温の変動がみられた。快適感は不快側から快適側に移行した。

4.2　環境温

図 2 に各被験者の条件毎の枕元環境温変化幅、開始・終了時の温度を示す。中温条件では終了時の温度に被験者による差はみられなかった。寒冷条件は温度の変化幅が大きく、制御抑制が作動する 31℃に到達した被験者が 8 人中 6 人みられた。暑熱条件は終了時に中温条件とほぼ同じ環境温に到達した。

図3に枕元環境温の経時変動の全被験者平均値を示す。平均気温寒冷 23.7℃、中温 27.7℃、暑熱 31.9℃より実験を開始し、終了時は寒冷 30.0℃、中温 28.5℃、暑熱 28.5℃に到達した。中温、暑熱条件は椅座安静時の平均選択気温より約 1℃高い気温に到達し、臥位であることを踏まえると快適な温度に制御されたと考えられた。一方、寒冷条件は下腿と足背の皮膚温の上昇が遅く、冷え検知が続いたため、到達温度が高くなった。相対湿度は各条件ともに約 60%一定であった。

4.3　心理申告

図4に全身温冷感の経時変動の全被験者平均値を示す。実験終了時の温冷感は中温、暑熱条件ではほぼ中立、寒冷条件では暖かいであった。図 5 に枕元環境温と全身温冷感、図 6 に枕元環境温と快適感の相関を示す。全身温冷感および快適感は枕元環境温との相関がみられた。寒冷、暑熱条件ともに約 28℃で中立の温冷感申告がえられた。28℃では快適側の申告が得られたことより、生理反応に応じて環境温を調節することが可能であることが示唆された。

5.　まとめ

皮膚温や寝床内気候に応じて、室温をプログラム制御した結果、生理反応に応じた室温の制御が可能であることが示唆された。寒冷条件では下腿と足背の冷えを検知して、温度上昇が続く傾向がみられたため、冷えを検知する部位や、検知間隔に今後の課題が挙げられる。

参考文献

1)　杉崎智子: 夏期における睡眠温熱環境と生体センシング手法に関する検討, 第 44 回空気調和冷凍連合講演会論文集 (2010).

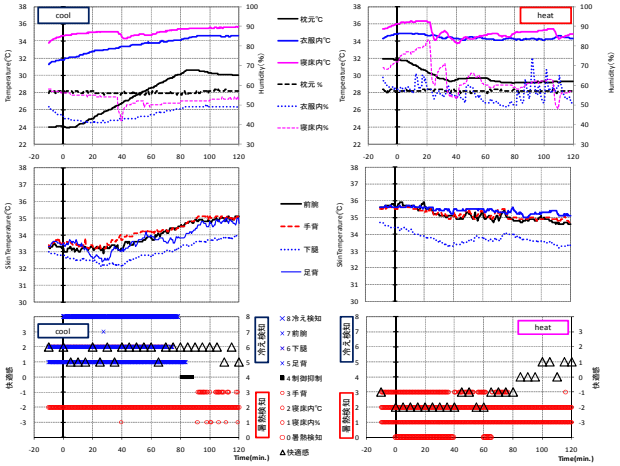


図1　環境温と皮膚温の経時変動例および制御結果
(左側)寒冷条件、(右側)暑熱条件
(上段)枕元・寝床内温湿度、(中段)皮膚温・舌下温

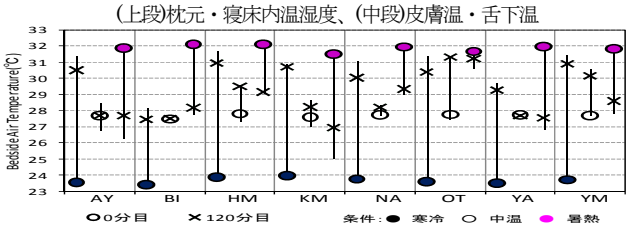


図2　各被験者の枕元環境温変化幅
実験開始(○)、終了(×)時の枕元環境温

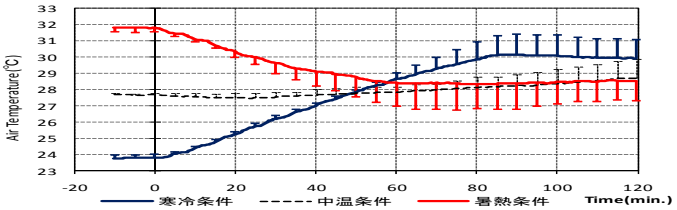


図3　枕元環境温湿度の経時変動(全被験者平均値)

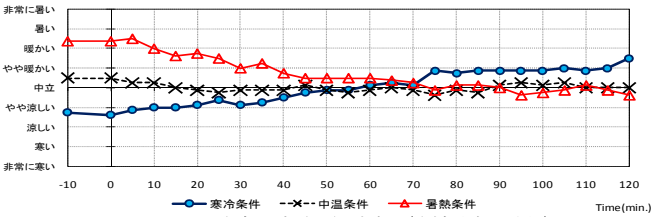


図4　全身温冷感の経時変動(全被験者平均値)

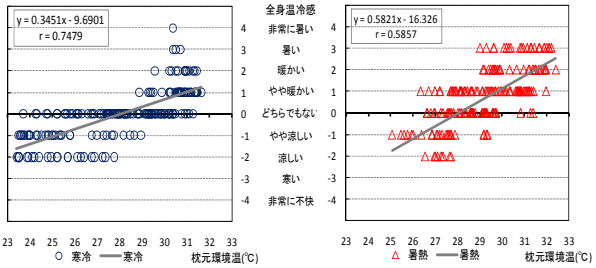


図5　枕元環境温と全身温冷感

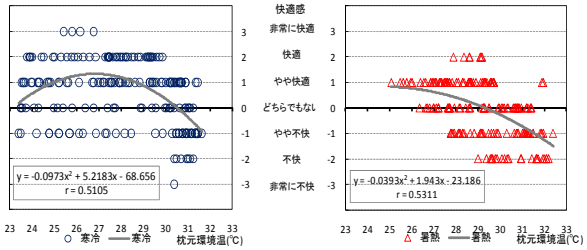


図6　枕元環境温と快適感

温熱負荷テスト時における体温調節反応の季節差

Seasonal variation of thermoregulatory responses during heat stress test in human

○良川　諒介*，久米　雅**，出町　耕一*，松尾　英樹*，芳田　哲也*，常岡　秀行 *

*京都工芸繊維大学大学院 **京都文教短期大学

YOSHIKAWA Ryosuke*, KUME Masashi**, DEMACHI Koichi*, MATSUO Hideki*,
YOSHIDA Tetsuya* and TSUNEOKA Hideyuki*

* Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology
** Kyoto Bunkyo Junior College

1.　緒言

近年，地球温暖化により都市部では気温が上昇し，それに伴い熱中症の発症が増加傾向にある．熱中症は若年～中年層では男性が多く女性の発症は少ないのが特徴である．女性は男性に比べて発汗量が少なく，主に皮膚血流による熱放散により体温上昇を抑制していることが示唆されている．また卵胞早期の女性では，発汗や皮膚血流が増加する体温閾値は男性と同様であるが，局所汗腺訓練効果は男性が大きいことが報告されている．したがって体温調節反応の男女差は，性周期や暑熱順化の程度により異なることが示唆される．そこで，本研究では温熱負荷時の体温調節反応を暑熱順化の前後に測定し，女性の性周期を調整して，その季節差及び男女差について検討した．

2.　方法

2.1　被験者

被験者は健康な成人男子学生 10 名(身長:172.3±5.3cm，体重:61.99±6.23kg)と，女子学生 11 名(身長:158.7±6.1cm，体重:50.21±5.31kg)を対象とした．

2.2　温熱負荷テスト

実験は 6 月と 9 月に実施し，女性は卵胞早期に行った．被験者は長袖 T シャツと半ズボンを着用し環境温度 25℃の実験室で 30 分間以上の安静の後，遠赤外線スチーム足浴器(Panasonic 社製，EH2862P)の温度を 44℃に設定し，50 分間下肢加熱を行った．測定項目は食道温(Tes)，皮膚温，前腕部皮膚血流量(SkBF；OMEGAWAVE 社製，FLO-C1)，前腕部発汗量(SR；SKINOS 社製，SNK-2000)とし，総発汗量は体重変化から算出した．また食道温(Tes)と平均皮膚温(Tsk)から平均体温(Tb，0.9Tes+0.1Tsk)を求めた．

図 1 に示したように，SkBF，SR が上昇する時の Tb の値を閾値(Threshold)とし，閾値から SkBF，SR の上昇の最高点までの傾斜(Slope)を近似直線から求めた．

2.3　生活活動調査

温熱負荷テスト実施日の前後 3 日について，活動量(Panasonic 社製，EW4800P-K)，睡眠前後の体重(A&D 社製，UC-321 にて測定)から睡眠時体重減少量(不感蒸泄量)を求めた．また 1 週間の運動内容についてアンケートを行った．さらに早朝空腹時安静時代謝をダグラスバッグ法で収集した呼気ガスにより算出した．

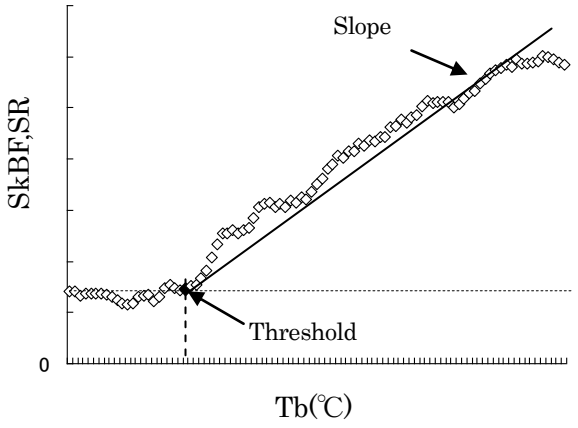


図 1　前腕部皮膚血流量(SkBF)，前腕部発汗量(SR)を増加させる平均体温(Tb)閾値(Threshold)および Tb 上昇に対する SkBF，SR 増加(Slope)の決定法

3. 結果

3.1 体温変動

6月の安静時のTbは男性(36.36±0.09℃)に対し,女性(36.41±0.08℃)は高い傾向を示したが,男女間に有意差は認められなかった．しかし，9月の安静時のTbは男性(36.24±0.07℃)が女性(36.59±0.08℃)に比べて有意($p<0.02$)に低値を示した．また下肢加熱によるTesやTbの上昇は男女間及び季節間で有意差は認められなかった.

3.2 発汗反応

下肢加熱による Tb の上昇に対する SR の増加(Slope)は，6 月の実験では女性が男性に比べて有意($p<0.05$)に低値を示したが,9月の実験では男女差は認められなかった．また男性は6月の実験に比べて9月の実験で有意($p<0.05$)に低値を示した．また図2(上段)に示したようにSRが上昇するTbの閾値は9月の実験では男性が女性に比べて有意($p<0.001$)に低値を示し，男性は 6 月に比べて 9 月の実験では有意($p<0.05$)に低値を示した.

3.3 皮膚血流反応

下肢加熱による Tb の上昇に対する SkBF の増加(Slope)は，6 月と 9 月の男女差および季節差は認められなかった．また SkBF が上昇する Tb の閾値は，図2(下段)に示したように男性は6月に比べて9月は有意($p<0.05$)に低値を示し,9月の実験では男性が女性に比べて有意($p<0.001$)に低値を示した.

3.4 活動量，運動内容，早朝空腹時安静時代謝

被験者の実験期間における活動量は，歩数，総消費エネルギともに女性は 6 月に比べて 9 月は有意($p<0.05$)に低値を示したが,男性の季節差および6月，9月の男女差は認められなかった.6月から9月の平均運動時間は男性(423.0±117.9min/week)が女性(34.5±18.5min/week)に比べて有意に長かった.

また早朝空腹時安静時代謝では女性は 6 月に比べて 9 月は有意($p<0.05$)に高値を示したが，男性の季節差および6月と9月の男女差は認められなかった．さらに1 時間あたりの不感蒸泄量についても男女差や季節差は認められなかった.

4. 考察

山崎ら(2007)は 6 日間の暑熱下(環境温 36℃)運動プログラム前後に暑熱負荷テストを実施した結果，プログラム後の Tes に対する発汗量の増加はプログラム前と比較して勾配は変化しなかったが，より低い Tes から発汗量の増加が見られたことを報告している[1]. 本研究では男性は6月に比べて9月のSkBF, SRが上昇する Tb の閾値が有意に低値を示していたことから暑熱順化が完了したことが示唆されたが，女性にはその傾向が見られなかった．今回の実験では運動習慣の有る被験者が男性には多く，女性には少なかった．そのため,運動習慣の有無が温熱負荷テストから評価した暑熱順化(季節変動)に大きな影響を与えている可能性が示唆された．また，早朝空腹時安静時代謝は夏季に低下することが報告されている[2]. しかし，今回の実験では男女ともに代謝量や不感蒸泄量についても低下の傾向が認められなかった．したがって，運動習慣は温熱負荷テストから評価した暑熱順化(季節変動)に大きな影響を与えることが示唆された.

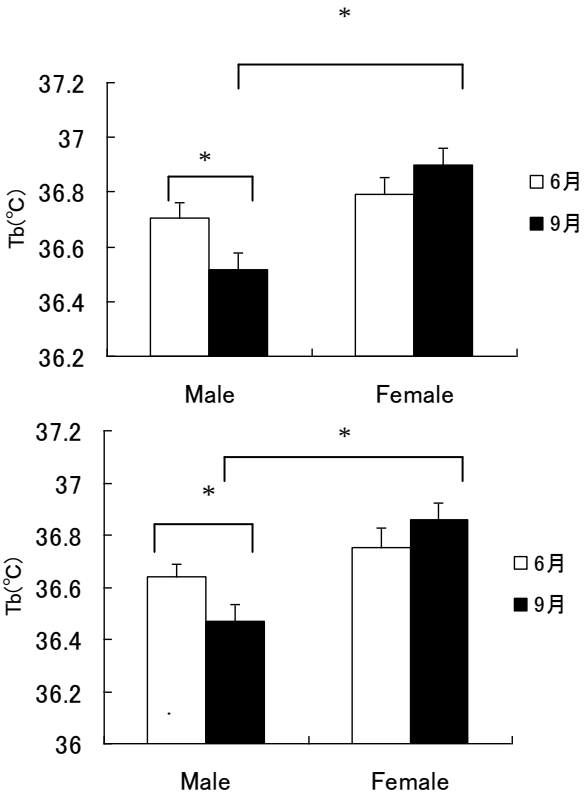


図 2 前腕部発汗量(SR，上段)および皮膚血流量(SkBF，下段)を増加させる平均体温(Tb)閾値の比較(*，$p<0.05$)

参考文献

1) 山崎文夫，生田智也，曽根涼子: 汗の拍出頻度よりみた短期暑熱順化による発汗機能の変化，J UOEH(産業医科大学雑誌), 29 (4), pp431-438 (2007).

2) 森本武利，彼末一之: やさしい生理学[改訂第 5 版], pp.104-107, 南江堂 (2005).

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(B)課題番号:22300229(代表:芳田哲也)により実施した.

「本の海大冒険」（子ども向け図書検索システム）に搭載した 子ども向け図書検索支援ツール「子ども向けキーワード体系表」の検証

Inspection of Subject Heading Lists for Children in the Book Search Engine, “Children's Adventure in the Sea of Books”

○川浦 孝之*，遠藤 純**，土居 安子***

*関西医科大学 数学教室

**大阪府立中央図書館 読書支援課

***財団法人大阪国際児童文学館

KAWAURA Takayuki*, ENDO Jun**, DOI Yasuko**

* Department of Mathematics, Kansai Medical University,

** A Reading Support Section, Osaka Prefectural Central Library,

*** International Institute for Children's Literature, Osaka

1. はじめに

子どもの読書活動を支援するシステムとして，平成14年度に財団法人大阪国際児童文学館[1]において子ども向け図書検索システム「本の海大冒険」[1)][2]を開発した．このシステムには子どもがインターネットを用いて自ら楽しみながら本を探すことのできるコンテンツや独自に構築した「子ども向けキーワード体系表」を搭載している．

本稿では，「子ども向けキーワード体系表」の検証を行う．検証には「本の海大冒険」の機能の一つである利用者からの本のおすすめ紹介文と開発時の大阪国際児童文学館に登録していた本のあらすじデータを用いた．この検証により利用者の本のおすすめ紹介文に使用している言葉と利用者向けに作成したあらすじデータの言葉をそれぞれ「本の海大冒険」に登載している書誌のKWと比較して，利用者が使いやすいキーワードの作成および子ども向けキーワード体系表の構築に繋げる．

2. 子ども向けキーワード体系表

子ども向けキーワード体系表（以下，KW体系表）とは，財団法人大阪国際児童文学館で研究が続けられ構築された子ども向けのキーワード体系表である．この図書検索支援ツールは図1のような画面展開により，利用者がキーワードを辿って，本を見つけるサポートをすることができる．

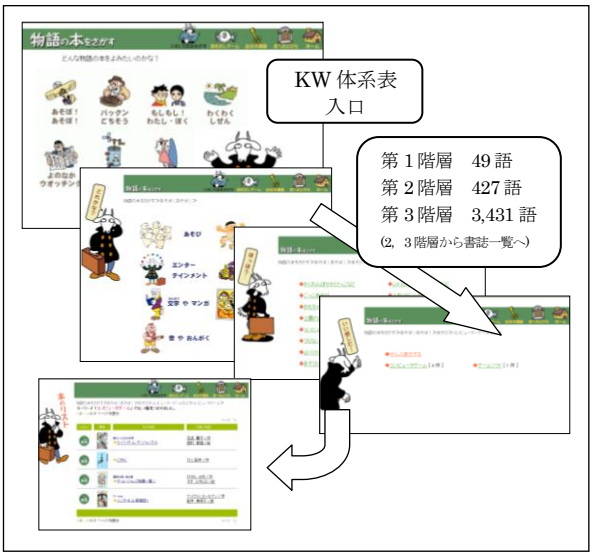


図1　子ども向けキーワード体系表

ここで，キーワードは，書誌それぞれに基本書誌データ以外に，あらすじデータ及び書誌内容に関係するキーワードを付与している．その付与されたキーワードについて関連度などを考慮して体系化したものである．

例えば，下記のようにキーワードを付与している．

書誌名：ねむいねむいねずみのあまやどり
著　者：佐々木マキ
出版者：ＰＨＰ研究所
出版年：1997年　（これは例で、書誌データの一部です）

＋

キーワード：
あまやどり、トラック、ねずみ、ねむり、旅

3.　分析

本稿では，「おすすめデータ」と「あらすじデータ」をそれぞれ「本の海大冒険」に登載している書誌に付与しているキーワードと比較する．分析に用いたデータと手法について以下に説明する．

3. 1　データ

1 つ目の分析に用いたデータは，「本の海大冒険」の平成 15 年 4 月から平成 21 年 12 月までのログデータを用いた．今回は，利用者が本のおすすめ紹介をするにあたり，利用者が作成したおすすめ紹介文より抽出した言葉を使用した（以下，おすすめ KW）．今回対象となった紹介文は 3,020 件であった．

2 つ目の分析に用いたデータは，本の海大冒険が稼働した平成15年4月の時点であらすじデータが付与されていた書誌 3,245 冊のデータを用いた．今回は大人向けのあらすじデータより抽出した言葉を使用した（以下，あらすじ KW）．

この 2 つのデータとの比較対象データとして，「本の海大冒険」に登載している初期の書誌データ 8,409 冊に付与されているキーワードを用いた（以下，登載書誌 KW）．

以下，キーワードを KW と表記する．

登載書誌KWとおすすめKWを比較することにより，

(1)　おすすめデータと比較して、書誌に付与される独特な傾向がある KW
(2)　登載書誌に少なくおすすめデータにみられる KW

を検証することができる．

また，登載書誌 KW とあらすじ KW を比較することにより，

(3)　あらすじデータと比較して、書誌に付与される独特な傾向がある KW
(4)　登載書誌に少なくあらすじデータにみられる KW

を検証することができる．

おすすめ KW 分析には，図 2 に示すデータを用いた．各 KW より，両方に出現する KW 体系表にある KW のみ（440 語）を分析対象とした．該当する KW は，登載書誌 KW では 8,821 個，おすすめ KW では 2,514 個が該当した．

あらすじ KW 分析には，図 3 に示すデータを用いた．各 KW より，両方に出現する KW 体系表にある KW のみ（1,140 語）を分析対象とした．該当する KW は，登載書誌 KW では 13,908 個，あらすじ KW では 10,485 個が該当した．

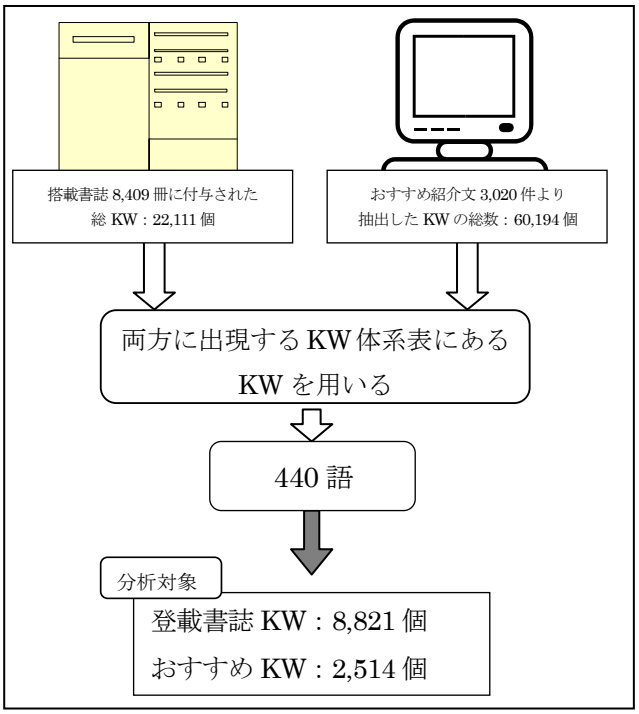


図 2　分析に用いるデータ（おすすめデータ）

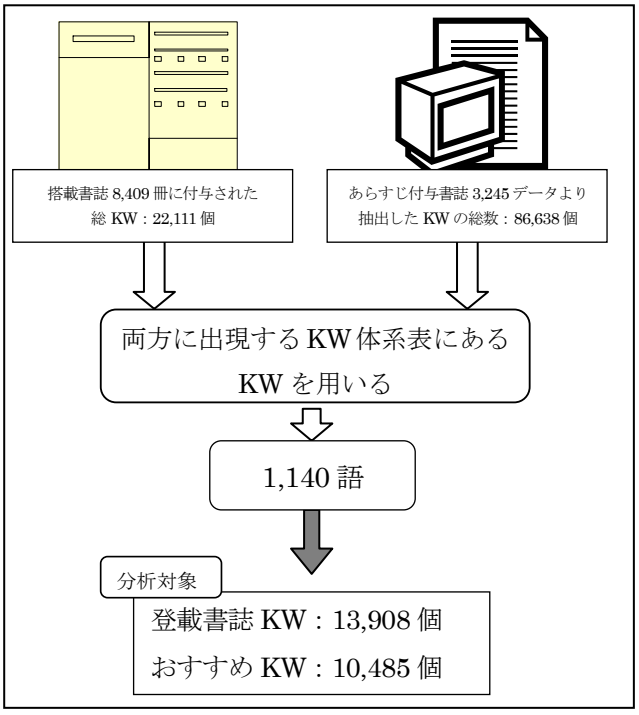


図 3　分析に用いるデータ（あらすじデータ）

3. 2　分析手法

本稿では，表 1 に示す 2×2 の分割表を用いて特徴語を抽出する．データ数が多いため χ^2 検定では検定統計量が高くなりすぎるため，尤度比検定[2), 3), 4)] を用いる．尤度比検定は，日本語教育分野で大規模コーパスを利用しての語彙選定[5)] や英語教育のための分野特徴単語選定[6)] などで用いられ，特徴的に使用される語彙を明らかにする統計的指標の一つとして用いられている．

表 1　KW の検定統計量を得るための分割表

	登載書誌 KW	比較対象 KW	計
KWα の頻度	a	b	$a+b$
KWα 以外の頻度	c	d	$c+d$
計	$a+c$	$b+d$	$a+b+c+d$

（比較対象とは，おすすめデータとあらすじデータを示す）

表 1 より，KWα の検定統計量を得るためのパラメータ a，b，c，d の定義を以下に示す．

> a：登載書誌における KWα の付与頻度
> b：比較対象に存在する KWα の頻度
> c：登載書誌に付与した KW の総数 $-a$
> d：比較対象に存在する KW の総数 $-b$

ここで，KWα の尤度比検定における検定統計量について以下に説明する．

$I \times J$ の分割表において，2 つの属性が互いに独立である場合に実際に得られた観測頻度 f_{ij} より，尤度比検定の検定統計量（LLR）は，

$$LLR = 2\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} f_{ij}\log\left(\frac{nf_{ij}}{f_{i\bullet}f_{\bullet j}}\right)$$

で表され，今回の KWα の検定統計量は表 1 のパラメータより，

$$LLR = 2\left\{a\log\frac{na}{(a+b)(a+c)} + b\log\frac{nb}{(a+b)(b+d)} + c\log\frac{nc}{(a+c)(c+d)} + d\log\frac{nd}{(b+d)(c+d)}\right\}$$
$$(n = a+b+c+d)$$

で求められる．

4.　考察

尤度比検定の検定統計量の計算をして，順位（各 30 位抜粋）を付けた表を示す．表 2 と表 3 はおすすめデータによる結果，表 4 と表 5 はあらすじデータによる結果である．検定統計量がプラスの値であれば登載書誌 KW により多く見られる KW（書誌に付与される独特な傾向がある KW）であり，マイナスの値であれば比較対象データ（おすすめデータ，またはあらすじデータ）により多く見られる KW である．

表 2　おすすめデータとの比較で登載書誌 KW により多くみられる KW

順位	キーワード	登載書誌KW頻度	おすすめKW頻度	LLR
1	むかしばなし	266	1	125.01
2	友だち	367	19	92.14
3	ネコ	208	4	77.64
4	生死	147	1	65.27
5	魔法（まほう）	139	1	61.31
6	イヌ	137	1	60.33
7	ファンタジー・ＳＦ	174	7	49.66
8	海	113	1	48.52
9	ネズミ	108	1	46.08
10	旅	223	20	34.48
11	キツネ	78	1	31.54
12	ドイツ	78	1	31.54
13	スウェーデン	75	1	30.11
14	お父さん	165	13	29.21
15	ブタ	66	1	25.82
16	夏休み	62	1	23.92
17	森	119	9	21.84
18	ウサギ	82	4	20.93
19	おじいさん	98	7	18.93
20	どろぼう	50	1	18.30
21	プレゼント	49	1	17.83
22	ウマ	48	1	17.37
23	赤ちゃん	47	1	16.91
24	雪	46	1	16.45
25	からだの病気	45	1	15.99
26	鳥いろいろ	54	2	15.91
27	家族関係（かぞくかんけい）	83	6	15.85
28	りょうり	44	1	15.53
29	ユーモア	41	1	14.16
30	カエル	49	2	13.77

（440 語中 1 位より 30 語）

表 3　おすすめデータにより多くみられる KW

順位	キーワード	登載書誌KW頻度	おすすめKW頻度	LLR
440	本	16	437	−1248.34
439	恐怖（きょうふ）	26	70	−112.97
438	おかしい	2	42	−111.77
437	さかな	61	92	−103.68
436	うんち	10	46	−91.60
435	じぶんらしさ	43	65	−73.01
434	絵	32	53	−63.70
433	すき	14	39	−63.67
432	ふしぎなできごと	4	25	−54.22
431	心	1	20	−52.82
430	教くん	1	17	−44.07
429	絵本	3	18	−38.59
428	ラーメン	1	15	−38.27
427	かなしみ	2	16	−36.71
426	おい	4	16	−30.25
425	世界の文化	9	19	−26.66
424	水	20	26	−25.49
423	頭	6	16	−25.48
422	学校など	24	26	−21.23
421	おかみ	5	13	−20.44
420	考え	1	8	−18.34
419	先生	52	38	−18.12
418	しり	1	7	−15.57
417	大きい	1	7	−15.57
416	図書館	9	13	−13.94
415	小学生	4	9	−13.09
414	ボール	1	6	−12.84
413	まんじゅう	3	8	−12.73
412	子ども	7	11	−12.61
411	宅配便（たくはいびん）	6	10	−11.98

（440 語中 440 位より 30 語）

表 4　あらすじデータとの比較で
登載書誌 KW により多くみられる KW

順位	キーワード	登載書誌KW頻度	利用者KW頻度	LLR
1	むかしばなし	266	24	175.57
2	アメリカ合衆国（がっしゅうこく）	346	51	172.88
3	イヌ	137	1	144.36
4	生死	147	3	141.47
5	イギリス	242	29	137.79
6	魔法（まほう）	139	4	127.00
7	ネコ	208	22	126.78
8	ファンタジー・ＳＦ	174	18	107.14
9	友だち	367	105	91.01
10	伝記（でんき）	97	6	73.61
11	脚本（きゃくほん）	73	1	73.28
12	きょうだい	115	12	70.34
13	ゆうれい	67	1	66.68
14	スウェーデン	75	3	64.07
15	ウサギ	82	8	51.82
16	北ヨーロッパ	60	3	48.46
17	ブタ	66	5	46.54
18	ナンセンス	77	9	44.20
19	クマ	99	17	43.46
20	シャーロック・ホームズ	45	1	42.68
21	どろぼう	50	2	42.68
22	ウマ	48	2	40.58
23	キツネ	78	11	39.77
24	ドイツ	78	11	39.77
25	サル	43	2	35.38
26	ゆうかい	37	1	34.06
27	環境破壊（かんきょうはかい）	48	4	32.54
28	りょうり	44	3	32.24
29	結婚（けっこん）	34	1	30.84
30	ひっこし	41	3	29.27

（1,140 語中 1 位より 30 語）

表 5　あらすじデータにより多くみられる KW

順位	キーワード	登載書誌KW頻度	利用者KW頻度	LLR
1014	少女	39	552	−703.85
1013	少年	78	576	−597.30
1012	子ども	7	266	−395.69
1011	絵本	3	215	−337.25
1010	本	16	178	−209.59
1009	じぶんらしさ	43	230	−201.08
1008	世界の文化	9	120	−148.17
1007	くらし方	3	92	−132.54
1006	出会い	6	96	−123.68
1005	家	67	201	−114.55
1004	経験（けいけん）	1	55	−84.13
1003	日本	2	57	−81.20
1002	ふしぎなできごと	4	57	−71.38
1001	会話	6	62	−71.03
1000	かくれんぼやかけっこなど	12	73	−67.78
999	学校など	24	91	−63.12
998	心	1	38	−56.07
997	手	11	62	−55.33
996	両親	9	54	−49.75
995	クラス	10	51	−43.03
994	事件（じけん）と事故（じこ）	37	91	−41.53
993	絵	32	81	−38.24
992	考え	1	26	−36.51
991	いろいろなことば	18	59	−36.23
990	男性（だんせい）	4	33	−34.92
989	発見	6	37	−34.53
988	世紀（せいき）と年代	10	44	−33.86
987	弟	36	81	−32.96
986	かけ	3	28	−30.98
985	道	5	31	−29.00

（1,140 語中 1,140 位より 30 語）

表 2 と表 4 より，登載書誌に多くみられる KW は，「むかしばなし」や「ファンタジー・SF」などのジャンルを表す KW，どこの国のおはなしかを分類する国名などが多くみられた．

表 3 よりおすすめデータでは「本」が 1 位で，紹介文を書くときに「この本は…」や「…の本である」などを入力した結果だと考えられる．「恐怖」，「おかしい」や「かなしみ」などの感情を表す KW が使われているのも特徴である．

表 5 よりあらすじデータでは「少女」，「少年」，「子ども」が上位にあり，「3 人の少年が…」や「…に出会った子どもが…」などで使われた結果だと考えられる．

5.　おわりに

本稿では，「子ども向けキーワード体系表」の検証を行った．検証には利用者からの本のおすすめ紹介データと本のあらすじデータを用いた．この検証により利用者が本のおすすめ紹介文に使用している言 KW と利用者向けに作成したあらすじデータの KW，「本の海大冒険」に登載している書誌の KW の特徴を知ることができた．この結果より，利用者が使いやすいキーワードの作成および子ども向けキーワード体系表の構築に繋げたい．

参考文献

1) 川浦孝之: インターネットを活用した子ども向け図書検索システムの構築, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol. 7, No. 1, pp.49-58 (2005).
2) 池田他央：統計ガイドブック，新曜社 (1989).
3) 柳川堯：統計数学，近代科学社 (1990).
4) Ted Dunning: Accurate methods for the statistics of surprise and coincidence, Computational Linguistics, Vol.19, No.1, pp.61–74 (1993)
5) 寺嶋弘道：日本語教育語彙を選定するための統計的指標― 尤度比検定，カイ 2 乗検定，イェーツの補正公式の特徴 ―, ポリグロシア, Vol.17, pp.71-83 (2009).
6) 内山将夫，中條清美，山本英子，井佐原均：英語教育のための分野特徴単語の選定尺度の比較，Journal of Natural Language Processing Vol.11， No3，pp.165-198 (2004).
7) 川浦孝之，遠藤純: 「本の海大冒険」（子ども向け図書検索システム）に搭載した子ども向けキーワード体系表と利用者の入力したキーワードの比較，第 26 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集，pp.590-595 (2010).

[1] 財団法人大阪国際児童文学館：
平成 21 年 12 月 27 日まで大阪府吹田市の万博記念公園内の大阪府立国際児童文学館を運営していた財団．日本国内外の児童書や関連書籍を収集し，研究を行っていた．現在は，大阪府立中央図書館内に移動し，同館および大阪府教育委員会と連携し，引き続き子ども文化の振興のために様々な事業を行っている．資料の収集・整理・保存・運用等については，基本的にこれまでの方法を引き継ぎ，運営をしている．

[2]本の海大冒険：
「本の海大冒険」（URL：http://kids.iiclo.or.jp/）は，平成 14 年度から 16 年度に(財)大阪国際児童文学館が実施した研究事業「インターネットを活用した子ども向け図書検索システムの開発研究」（独立行政法人国立オリンピック記念青少年総合センター助成「子どもゆめ基金」：平成 14 年度，16 年度助成）で構築した図書検索システムである．(財)大阪国際児童文学館の大阪中央図書館への移動に伴い，平成 22 年 4 月から稼働を休止している（平成 22 年 10 月現在）．

情報機器の操作効率に影響を及ぼすメニュー要素に関する研究

Effect of Menu Elements on Selection Efficiency of Electrical Appliances

○趙春楣，岡田　明

大阪市立大学大学院生活研究科

ZHAO Chunmei, OKADA Akira

Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

1.　はじめに

近年、技術の発展により、携帯、パソコン、デジカメなどの情報機器の種類が多様化し、機能も充実してきた。しかし、機能が増える一方、小型化の傾向もあり、機械とユーザのインタフェースの空間が限られている。この傾向に応じた、グラフィカルユーザインタフェース（Graphical User Interface, GUI）は、視認性、操作性に優れ、直感的な操作が可能なため、広く普及し、現在では主流のインタフェースとして使われている。情報機器本体は、様々な使用目的を想定し設計されているために、非常に多機能であるが、その反面、ユーザにとっては、目的の機能を探し出すことは容易ではない。特に初心者のユーザにとって、どれだけの機能があっても、一定の学習過程がないと、使えない。デザイナーの持つメンタルモデルとユーザの持つメンタルモデルの違いが大きいほど、学習過程が長くなる。そこで、ユーザと機器のインタフェースとなるメニューの操作性が、機器の使いやすさに大きく影響する。また、機器の使用に慣れたユーザにとっても、メニューのデザインによって操作効率が変わる。

本研究では、ユーザの実際のメニュー操作の過程を観察、分析し、それからユーザの学習過程及び操作効率に影響を及ぼすメニュー要素の抽出を試みた。

2.　実験

Adobe Flash CS4 Professional を使用し、コンピュータでデジタルカメラの操作メニューをシミュレーションし、マウスを通して選択操作を行う。

2.1　実験で使用するメニューについて

製品化したデジタルカメラのインタフェースを参考に、図 1 のような模擬的な操作メニューを作成した。

操作内容は大きくカメラのセットアップと撮影の際写真設定に分け、インタフェースを文字とアイコン二種類に設定、2 つの画面間で切り替えができるようにした。階層は模擬的な機能により異なり、二階層と三階層を設定した。

図 1　メニューの操作画面

2.2　実験課題

実験は、シミュレーションメニューから 20 のタスクを選び、3 つの段階で行った。

1、セットアップメニューの文字操作画面で 10 個のタスクを 3 回実行する。タスクの提示方法は画面に表示したボタンで構成する方法と意味で表す方法の 2 つがある。

2、撮影メニューのアイコン操作画面で 10 個のタスクを 3 回実行する。タスクの提示方法は画面に表示したボタンで構成する方法と意味で表す方法 2 つがある。操作を始める前と実行した後にアイコンの理解度を確認した。

3、意味で表した 1 と 2 のタスクを混ぜた後、10 個ずつ 2 つのグループに分け、1 つのグループを被験者の好む画面（文字とアイコンのどちらか）で実行し、もう一つのグループは残った画面で実行する。この時の操作は一回のみとする。

実験を通じて、被験者が操作するたび、押したボ

タンとクリックの時間が記録される。

2.3 被験者

21～27 歳までの大学院生（男性 1 名 S1、女性 2 名 S2、S3）とした。

3. 結果と考察

実験の結果から見ると、操作の効率には個人差が見られたが、実験の進行によって操作の変化は、同じ傾向が見られた。

3.1 メニュー項目理解について

実験では、ユーザが単なる操作の効率と実際の意味のあるシステムのメニュー操作の効率を比較するため、タスクの表示を画面に表示したボタンで構成する方法と意味で表す方法 2 つにした。図 2 に示すように、どの操作画面でも、ユーザのシステムへの理解は操作効率に影響することが見られた。アイコンの操作画面の方がより影響が大きい。

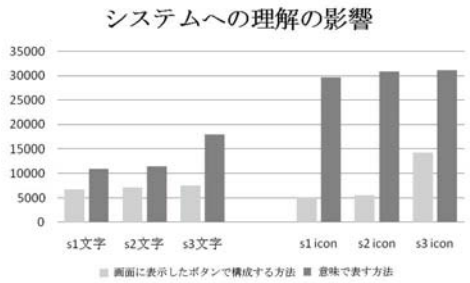


図 2 システムへの理解の影響

3.2 操作画面の影響

タスクの表示方法が違っても、操作を繰り返す事により、効率が高くなる傾向がみられた。この傾向は学習の結果と考えられる。アイコンの操作画面と文字の操作画面の操作の特徴は次のようである。

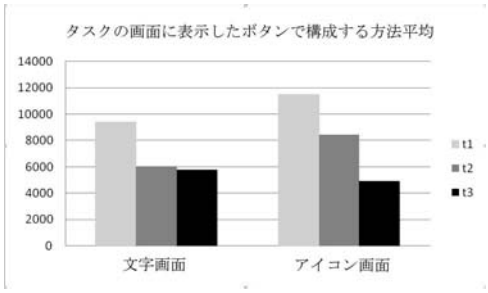


図 3 タスクの画面に表示したボタンで構成する方法（平均）

システムの内容に関係なく、タスクを画面に表示したボタンで構成する方法に表示する際は、文字画面の最初の操作に時間がかかり、二回目からは効率が急に高くなり、それからゆっくり上がる傾向がある。アイコンの画面では、操作の効率はほぼ同じペースで上昇する。3 名の被験者のデータから同じ結果が見られた。文字画面とアイコンの画面のどちらの効率が高いかについては、個人差が現れた。

タスクを意味で表現する際、上と同じ傾向が見られなかったが、文字の画面は効率が高く、アイコン画面を最初の実行で一番時間がかかることが分かった。

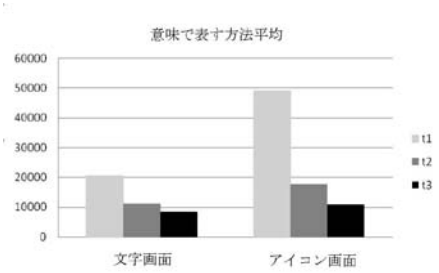


図 4 意味で表す方法（平均）

3.3 被験者画面の好みについて

実験の最後の段階では、3 名のうち 2 名が文字画面を選択したが、もしシステムに慣れたら、アイコンの画面を使いたいと言う意見があった。

好みの画面と効率の高い画面は同じではなかった。

3.4 アイコンの理解度

実験が始まる前の正答率は S1：0.7 、S2：0.2 、S3：0.3 であった。実験終了後は S1：1 、S2：1 、S3：0.8 に達した。

4. まとめ

今回の実験では、ユーザが製品の機能やメニュー項目の用語を理解することは、メニュー操作効率に大きく影響することが分かった。また、新しいシステムを使用する際、文字画面の学習効率が高いことも推測できる。さらに、アイコンを利用する画面は、学習しにくいにもかかわらず、ユーザに好まれることも見られた。被験者の数が少ないため、いくつか推測出来ないこともあったが、今後は、受験者の数を増やし、今回の結果を検証した上で、実験の条件を絞り、さらに正確なデータを取る予定である。

聴覚情報を付加した視覚表示の分かりやすさに関する認知工学的研究

Effect of the the auditory information on the improvement of the visual signs

○宮野はるな，岡田明，山下久仁子
大阪市立大学大学院　生活科学研究科
MIYANO Haruna, OKADA Akira, YAMASHITA Kuniko
Graduate School of Human Life Science, Osaka City University, Research Support Department, Osaka City University

1. はじめに

近年、私たちの身の周りの空間において標識やサインの多様化が進んでいる. 中でも駅や空港といった公共空間の標識の９割は視覚から得られる情報である [1)]. 聴覚情報は指向性がないため、多方面から情報を得ることができる一方で、必要としていない情報まで聞こえてしまうという問題がある.公共空間では注意の警告などを表すサインとして用いられていることが多い. 視覚情報に他の感覚情報を組み合わせることにより効果的な伝達がなされることがこれまでの研究でも明らかになっている.

そこで、本研究ではピクトグラムを用いた標識から目的地を探し、その行き先を認知する過程において、音声情報を付加することにより認知にどのような影響を与えるのか検討した.

2. 実験

2-1 実験概要

男性 7 名・女性 8 名の計 15 名（年齢 21～33 歳：学生) を実験参加者とした. A グループ (音声情報なし)・B グループ （音声情報を意識する)・C グループ（音声情報を意識しない）の 3 グループに 5 名ずつ振り分け、表示された複合標識の中から質問された目的地とその行き先を認知するまでの時間を測定した.

A グループは質問画面→タスク画面、B・C グループは音声情報→3 秒間静止画面→質問画面→タスク画面をそれぞれ 24 回繰り返した.音声情報には音声合成ソフトで作成した音声アナウンスを用いた.それらは、質問と同じ目的地の方向を正しく示す（正しい)・標識に存在する違う場所の方向を示す（間違い)・標識に存在しない場所の方向を示す（無関係）3 種類をランダムな順序で流した.

予備実験により操作確認を行った後に、実験を開始した.実験は机と椅子が設置された静かな部屋で個別に行った.

使用ソフト：Microsoft Visual Basic 6.0
使用パソコン：DELL Inspiron Laptop 6400
使用マウス：サンワサプライ社製　光学式 MA-80U

2-2 タスク

実験課題として、以下のような複合標識を 6 種類用意した.

図 1　複合標識例 1

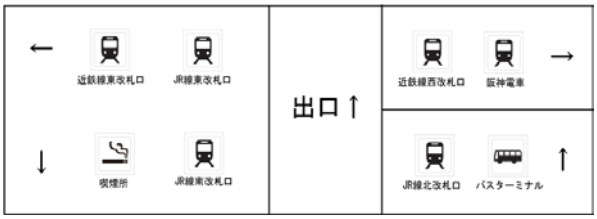


図 2　複合標識例 2

2-3　手続き

音声情報を含むBグループの実験参加者には、流れてくる音声を意識させるために実験前に音声をしっかりと聞くように伝え、実験後に音声に関する質問を行った.反対に、Cグループの実験参加者には、流れてくる音声を意識させないために実験前に音声を無視するように伝えた.

3.　結果と考察

それぞれのグループの実験参加者5名が質問された目的地を探し、その行き先を認知するまでに要した時間とグループごとの所要時間の平均値を以下に示す.

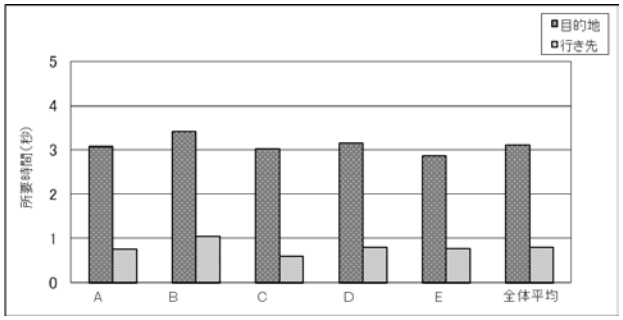


図3　Aグループ（音声情報なし）

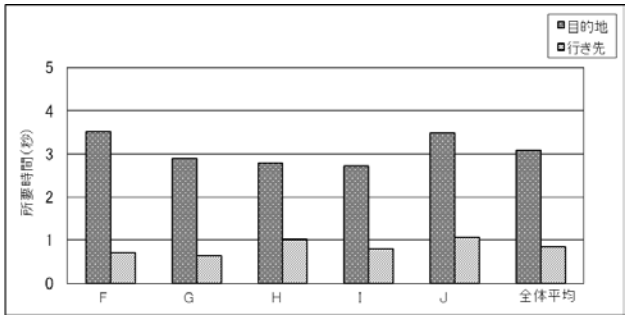


図4　Bグループ　（音声情報を意識する）

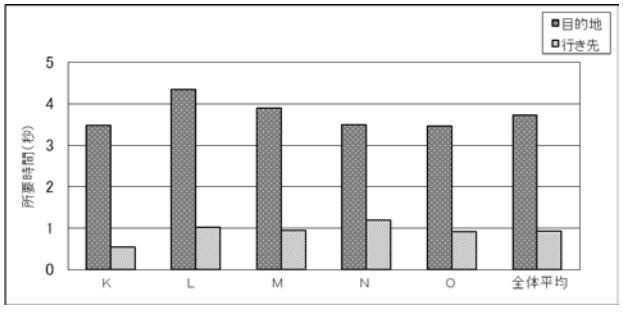


図5　Cグループ（音声情報を意識しない）

Cグループの目的地を認知するまでの平均所要時間は他のグループと比較して高い値を示した. これは、聞かないように意識していた音声情報が目的地を探す過程において妨害する大きな要因となったことを表している.

Bグループの結果から、所要時間の短かった質問と長かった質問に着目したところ、所要時間の短かった結果では正しい音声情報が、所要時間の長かった結果では正しい音声情報以外の音声情報が流されていた. これらのことは音声情報を意識しないCグループでも見られた.

既往研究[2)]によると、必要とする視覚情報と同じ内容の聴覚情報を組み合わせることで促進効果が、視覚情報と違う内容では妨害効果が見られることが分かっている. つまり、今回の実験の複合標識における認知についても同じ効果が確認された.

また、質問によっては所要時間が短い・長いの両方の結果が表れたものがあったが、これは質問される目的地のピクトグラムの位置が大きく関わっていると考えられる.

4.　まとめ

今回の実験では、意識していなくても音声情報は、認知する過程において大きく影響することが分かった. また、音声情報の内容による促進・妨害の効果が見られた. 今回は音声情報が流れてから質問に移るまでに3秒の時間間隔を設けていたが、この時間間隔を変えることにより認知に与える影響は変化すると考える.

今後は視覚表示と聴覚表示のクロスモダリティによる、より有効な情報提示について探っていきたい.

文献

1)　Yang shiuan-ruei, Hotta Akihiro,鉄道駅における視聴覚サインの機能特性, デザイン学研究 BULLETIN OF JSSD Vol.51 No.4,(2004)

2)　稲田克義,ら,視覚・聴覚情報が方向判断の反応時間に及ぼす影響,日本建築学会環境系論文集,(2008)

食事写真を用いた栄養価推定を行う管理栄養士のプロトコル分析による思考の検討

Study on Dietitians' Thinking by Protocol Analysis in Estimation of Nutritional Value Using Food Pictures

○山本知世子*，中塚瞳美**，桑原教彰*，森本一成*
*京都工芸繊維大学大学院　　**甲子園大学大学院

YAMAMOTO Chiyoko*, NAKATUKA Hitomi **, KUWAHARA Noriaki*, MORIMOTO Kazunari*
*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Instirute of Technology
** Graduate School of Nutrition, Koshien University

1.　はじめに

日常的な食事の内容や量を正確に把握し評価することは，食事と疾病との関係性を検討するうえで重要である．また，健康増進や疾病の予防・治療を目的とした食事指導を行う際にも，食事調査は不可欠である．

食事調査法には，食事記録法，24 時間思い出し法，食事摂取頻度法などがあり，調査の目的に応じて使い分けられる [1]．その中でも，国民健康・栄養調査に使用されている食事記録法では，食品の品名と重量を調理中に記録するので記入漏れが少なく，正確な情報が得られるという長所がある．一方，すべての食物を計量して記録しなければならないため，作業時間が長く，作業内容が細かいなど，調査対象者の負担が大きいという短所がある．これを解決するため，食事摂取量を簡便に把握することを目的に写真を用いた手法を川村らが考案した [2]．まず，食事調査の対象者が食事前と食事後の料理と残食を撮影し，その写真を管理栄養士に送付する．管理栄養士はその写真から食品の種類と重量を推定し，食品成分表に基づいて摂取栄養価を算出する．しかし，この手法は写真という情報量の少ない媒体のみで食品の同定と重量の推定を行い，栄養価を算出するために，食事記録法と比較して算出された栄養価の精度が低いという問題がある．このため，写真を用いた食事調査の対象者にとって、簡便であるという長所を活かしたまま，この手法の精度を向上させなければならない．そのためには，管理栄養士による食品の同定と重量の推定を支援するツールが必要である．本研究では管理栄養士が写真を用いた食事調査の過程で栄養価の推定精度を低下させる原因を明確にすることを目的に、プロトコル分析法を用いて推定者の思考分析を行った．

2.　実験方法と条件

2-1. 実験方法

(1) 被験者

管理栄養士 9 名（男性 2 名，女生 7 名）であった．

(2) 実験条件

食事写真に使用した献立は，管理栄養士が食品の同定と重量の推定を行いにくいもの [3] としてチャーハンとチンジャオロースとした．使用した写真は，向かって右奥と左手前に 5cm×5cm のスケールを置き，上，横，斜めの 3 方向から撮影した（図 1）．外光を遮断した室内で蛍光灯の光の下，ディスプレイに食事写真を表示させた．

(3) 課題

被験者に食事写真を見せて，食品の同定と重量の推

図1　使用写真（左が上から、中央が斜めから、右が横から）

定を行わせた．この際，参考資料[4-7]を自由に見られるようにし，できるだけ正確に食品の同定と重量の推定をするように指示した．

2-2. データの収集と分析方法

食事写真を見て食品の同定と重量の推定を行っている際に発言する被験者のプロトコルデータを記録した．そのプロトコルデータを基に思考内容と行動の分類を行った． また，各献立に使用されている主材料と食塩相当に関連する，しょうゆと食塩，エネルギーと脂質に関連する油の重量推定，そして算出された 5 大栄養素とエネルギーの値に関して被験者間の変動を分析した．

3. 実験結果

3-1. プロトコル分析の結果

全被験者のプロトコルデータについて，写真を用いて食品の同定，重量の推定を行う思考内容と行動を分類した．その 1 例を表 1 に示す．

思考･行動の分類を行うにあたり，料理名の推定，食品の同定，重量の推定，食品コード付の 4 つに大きく分類した．表 1 は，この大分類における重量の推定のプロトコルデータを分類したものである．

被験者が写真を用いて食品の同定と重量の推定を行う際の手順は 2 通りあった．1 つは料理名の推定を行った後に料理で使用されているすべての食品の同定を行い，重量の推定を行うものであった．これは被験者 A と H，I が選択した．残りの被験者は，逆に料理名の推定後に使用食品毎に食品名を同定し，その重量を推定した．このように被験者間で推定の手順に違いが見られたが，被験者が少なかったためこれが推定の精度にどのように影響しているかの統計学的分析はしていない．

3-2. 推定値の個人間変動

被験者別の食品重量の推定結果とそれに基づく栄養価算出結果を表 2 に示す．

栄養価算出結果のエネルギーについては，被験者 I が 1468 kcal と最も高く，被験者 D が 522 kcal と最も低かった．その差は 946 kcal と大きかった．被験者 I は，めしの重量推定値を 250g，牛肉の重量推定値を 140g と主材料の推定値が多く見積もっていた．一方，被験者 D は，めしの重量推定値を 110 g と少なく推定しており，油の推定値も少なく見積もっていた．このことがエネルギー算出結果が低値となった要因と考える．また，食事記録法による推定値に最も近かったのは，被験者 I の推定した 1468 kcal であった．そして，次に推定値が近かったのは被験者 H の推定した 1289 kcal であった．

調味料に関しては，チャーハンの食塩の重量推定値の平均は 1.1g (SD=1.1)，しょうゆは 7.6g (SD=10.9)，油は 13.2g (SD=10.4)であった．チンジャオロースの食塩では 0.4g (SD=0.3)，しょうゆは 6.7g (SD=5.9)，油は 13.5g(SD=14.1)であった．

4. 考察

被験者全体のプロトコル分析から，多くの被験者が写真を用いた食事調査法を行うにあたり，困難な点は食品の同定と重量の推定である．そして，今回の実験で見られた写真を用いて食品の同定と重量の

表 1 プロトコルの分類例（一部抜粋）

プロトコル	分類	参考資料
グラムの本のご飯300gと同じくらい	資料と比較	グラムの本
5cmが1・2・3で15cmぐらい	スケールの確認	
そうすると，全体で300から350gぐらい	献立全体重量推定	
チャーハンの具と飯の割合が，・・・・飯と具の塩分パーセントが1%なので	資料を参考	食事調査マニュアル
全体重量を350gとするとだいたい3g	全体重量から比率で重量推定	
3gってことは結構多い	経験を参考	
3gってことは小匙2分の1なので	資料を参考	調理のためのベーシックデータ
3g．うん．	再確認	
塩の重量は全体が350gなのでそれの1%ということで3.5g	全体重量から比率で重量推定	
濃口醤油は本当に香り付け程度なので	経験を参考	
塩が2.5g，濃口醤油が小匙1杯くらいで，6g	全体重量から比率で重量推定	

表2　被験者別食品重量推定結果と栄養価算出結果

	チャーハン					チンジャオロース						栄養素					
	めし (g)	卵 (g)	食塩 (g)	しょうゆ (g)	油 (g)	牛肉 (g)	青ピーマン (g)	タケノコ (g)	食塩 (g)	しょうゆ (g)	油 (g)	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	食物繊維 (g)	食塩 (g)
食事記録法	307.5	107.5	2.5	10.5	14.0	109.8	70.5	47.0	0.9	18.6	9.0	1410	50.0	62.7	147.8	4.2	8.2
被験者A	200.0	50.0	2.0	−	26.0	80.0	30.0	50.0	0.6	7.0	12.0	1067	27.1	66.1	81.2	3.1	3.8
被験者B	180.0	55.0	0.2	5.0	10.0	90.0	40.0	40.0	0.3	8.0	10.0	1016	31.3	60.1	78.5	3.4	3.0
被験者C	200.0	60.0	1.0	6.0	5.0	100.0	60.0	60.0	0.8	9.0	3.0	829	33.9	34.9	85.9	3.9	4.3
被験者D	110.0	50.0	0.5	1.0	2.0	50.0	30.0	20.0	0.5	−	1.0	522	17.1	27.4	46.1	1.8	1.4
被験者E	300.0	50.0	3.0	6.0	18.0	70.0	35.0	30.0	−	−	15.0	1056	31.1	46.9	118.8	2.7	6.9
被験者F	200.0	50.0	−	36.0	26.0	50.0	20.0	30.0	−	18.0	16.0	1020	30.8	57.3	88.1	2.9	10.4
被験者G	190.0	50.0	0.8	3.0	−	50.0	50.0	50.0	0.4	3.0	2.5	569	23.7	15.1	79.5	3.7	2.6
被験者H	200.0	50.0	0.2	6.0	8.0	80.0	30.0	50.0	0.2	12.0	48.0	1289	28.6	88.3	84.4	3.1	4.3
被験者I	250.0	50.0	2.5	5.0	24.0	140.0	50.0	50.0	0.8	3.0	14.0	1468	48.0	88.9	104.7	4.2	5.4
平均	203.3	51.7	1.1	7.6	13.2	78.9	38.3	42.2	0.4	6.7	13.5	982	30.2	53.9	85.2	3.2	4.7
標準偏差	51.2	3.5	1.1	10.9	10.4	29.3	12.7	13.0	0.3	5.9	14.1	306	8.3	25.5	19.8	0.7	2.7

推定を行う際の一般的な手順をまとめた（表 3）.

たとえばチンジャオロースはとろみをつけているために，牛肉の外見的な特徴がなくなりモモ肉を肩ロースと誤って推定し，エネルギーが高くなった被験者がいた．食品の同定が困難な際には，一部の被験者は自身の調理経験に基づいて推測したが，国民健康・栄養調査では特定の難しい食品について，他の類似した食品と比較して栄養価の問題が少なく，頻繁に使用される食品に＊印を付けている．これは，食品の詳細な特定が困難な場合に使用されるものであるが，今回の実験でも使用した被験者は 2 人だけであった．このように，写真に写っている料理から，食品の同定が難しい際に，どの食品を選択するのかという決まったルールはない．

多くの被験者は重量推定の際に料理全体の重量を推定してから主材料の重量推定を行い，その他に使用されている材料は全体重量から主材料重量を差し引いた残りの重量から比率で算出した．この方法は重量の推定には有効であるが，すべての料理の実物大の写真を掲載することは不可能である．そのため，管理栄養士は限られた資料から，個人の経験に基づいて重量の推定を行わなければならない．これが，重量の推定を困難にして推定者の個人差を大きくしている要因の 1 つであると考えられる．

全ての食品を同定した後で各食品の重量を推定する方法は食品毎に同定と重量の推定を行う方法と比較して，料理の全体像に対する理解が作業の早い段階で高まり，推定値の精度の向上につながると考えられる．実際にそれを行った被験者 A と H，I の中でも，特に H と I はエネルギーの推定値が食事記録法の値と近く，A もまたその他の被験者と大きな違いはないが 3 番目に近い値である．そのことから，食品の重量の推定を行う前に全ての使用食品を推定する方法は有効である．

調味料の重量推定に関しては，写真から読み取れる情報が少ないため重量の推定が困難である．そのため，多くの被験者が全体重量に対する塩分濃度が記載されている資料から，使用された調味料ごとに比率を計算した．しかし，資料に記載がない料理の場合，被験者の経験を基に重量の推定を行わなければならないため調味料の重量推定は困難である．

また，重量の推定を行う際の目安として，今回は

表3　本実験で確認された一般的な手順

Ⅰ. 料理名の推定
- 1　写真の確認
- 2　料理名の再確認

Ⅱ. 食品の同定
- 3　料理名から食品の同定
- 4　食品の色・形から食品を同定
- 5　食品の同定が困難な場合，国民健康・栄養調査食品番号表の＊印を参考
- 6　調理過程を考え調味料・油を推定
- 7　食品名の再確認

Ⅲ. 重量の推定
- 8　料理の全体重量を推定
- 9　資料と比較して重量を推定
- 10　経験則から重量を推定
- 11　料理の全体重量から比率で重量を推定
- 12　比率の際には資料を参考
- 13　変換係数をかける
- 14　重量の再確認

Ⅳ. 食品番号の入力

縦 5cm×横 5cm のスケールを設置したが，高さを推定するためのスケールは置いていなかった．しかし，箸置きなどの高さを目安にして推定した被験者もいたように，推定には高さの指標が重要であることが分かった．

重量推定と栄養価の算出では，例えばめしの重量を 110g と推定した被験者 D は，スケールをうまく使えておらず，料理全体の重量を食事記録法の値より大幅に少なく推定した．他の被験者でも同様の傾向が見られた．これは，表 3 の 8 番で示したように料理の全体重量を推定にあたり，この誤差は推定結果全体に大きくかかわるため，重要であり正確な推定ができるようにするための支援が必要な部分である．また，被験者 E はチンジャオロースの食塩としょうゆを推定しておらず，その代わりに味噌を推定していた．このように，実際に使用されていない食品を推定しており，使用されているものが推定していない被験者は他にもいた．これは，経験からこの料理には特定の食品や調味料が必ず入っているといった思い込みが原因となっていると考える．これは，表 3 の 3 に指摘した料理名からの食品の推定や 4 番の食品の色・形から食品を推定にあたる．これらもまた、使用食品が異なることで栄養価の算出結果に大きな影響を与える．そのため，何らかの方策が必要である．

さらに，人が食品の同定や重量の推定を行う際には計算間違いや書き間違いなどのエラーが発生する．今回の実験でも半数の被験者で 1 回以上のエラーが確認され，再確認を含めたマニュアルの必要性が示された．

なお，写真をディスプレイで出力することにより，拡大や縮小することができる．よって，たとえば料理に使用食品や使用されている可能性のある食品を拡大して確認することで，使用食品の判断を補助するなどが考えられる．

5. まとめ

本研究では，写真を用いた食事調査法で食品の同定と重量の推定を行う際の問題点を明らかにするために，プロトコル分析を行った．

その結果，食品の同定の過程では 2 つの問題点が明らかとなった．まず、食品の同定が困難な際の対処法が十分に普及していないこと．そして，推定者個人の調理経験に依存して同定が行われていることである．

また，重量推定の過程でも 2 つの問題点が明らかとなった．まず，スケールを十分に利用できている推定者が少ないこと．そして，全ての料理の情報を記載した資料は不可能であるにも関わらず，現状では管理栄養士の経験以外には参考資料を参照するしか方法がないことである．

そして，手順でも 2 つの問題点が明らかとなった．まず，写真を用いた食事長作法での推定結果を安定して，高い精度を保つための手順のマニュアルがないこと．そして，推定者の思いこみによる勘違いなどのエラーを減少させる方法やチェックが十分でないことである．

今後の課題は，写真を用いた食事調査法の手順をマニュアル化すると共に，重量の推定が行いやすい資料を考案することである．

参考文献

1) 伊達ちぐさ，福留裕子，吉池信夫　著：食事調査マニュアル，pp.3-11 (2005)
2) 川村考　他：写真法による食事調査の妥当性に関する予備的検討，日本公衛誌，Vol.42，pp.992-998 (2000)
3) 鈴木亜矢子 他：写真法による食事調査の観察者間の一致性および妥当性の検討，日本公衛誌，Vol.49，pp.749-758 (2002)
4) 佐藤和子　著：グラムの本 - 実物大の写真に学ぶ - ，大塚製薬株式会社健康増進本部 (1994)
5) 伊達ちぐさ，福留裕子，吉池信夫　著：食事調査マニュアル，pp.49-178 (2005)
6) 「栄養と料理」家庭料理研究グループ　編：調理のためベーシックデータ，女子栄養大学出版部 (1999)
7) 香川芳子　監修：五訂増補食品成分表<2010>，女子栄養大学出版部 (2010)

ビデオチャットを用いた診察時における医療通訳支援システムのインタフェースの検討

Interface evaluation of a Telemedical Translation Support System via Smartphones

○川島基子，東拓央，松延拓生，吉野孝

和歌山大学　システム工学部

KAWASHIMA Motoko, HIGASHI Takuhiro, MATSUNOBE Takuo, YOSHINO Takashi

Faculty of System Engineering, Wakayama University

1.　背景

近年，医療機関での受診と観光を兼ねて海外へ行く医療観光が注目され始め，観光地への外国人の誘致が行われている．また，訪日外国人数も増加しており，医療機関に他言語話者の患者が訪れる機会も増加傾向にある．これらの外国人患者には，日本語での会話が困難な外国人も多く含まれる．従って，医療機関では多言語でのコミュニケーションへの対応が必要とされている[1)]．

他言語話者の患者が来院したとき，現状では，各病院が医療通訳者に患者と医師の間の通訳を依頼し対応している．しかし，医療通訳者の人数が不足しているため，他言語話者の患者に 24 時間対応することは難しい．医療通訳者が通訳をするとき，医療機関で対面通訳を行う方法と，遠隔で電話通訳を行う方法がある[2)]．本来は，医療現場で対面通訳を行うのが望ましいが，遠隔からの通訳には 2 つの利点がある．1 つめは，感染を予防出来ること，2 つめは通訳者が医療現場まで移動する必要がないので，対応可能な状態になるまでの時間を短縮出来ることである．しかし，対面通訳するときと異なり，話者の顔が見えず身振りを読み取ることが出来ないという欠点などがある．

2.　目的

本研究では遠隔での医療通訳を支援するシステムのインタフェースを検討した．遠隔での医療通訳を行うためには，通訳者が遠隔地にいながら患者や医師からの情報を正確に得る必要がある．音声の他に，患者や医師の身振りなどの情報を得ることで，より円滑な通訳が可能になると考えられる．このことから，ビデオチャットを用いた医療通訳支援システムを検討した．

3.　ビデオ教材の分析

3.1 方法

医療通訳の現状を把握するために，NPO 多文化共生センターきょうとの作成した医療通訳者用の教材ビデオ[3) 4)]から，通訳者を介した医師と患者の対話の様子を分析した．このビデオでは，医療現場で対面通訳を行う場合の医療通訳の様子が再現されていた．実際の診療現場で観察を行うのが望ましいが，医療行為に伴う患者のプライバシーの問題があるため，本教材を参考とした．教材ビデオ分析の作業は，英語版とポルトガル語版について行った．

3.2 結果

診察室での診察場面で確認できた対話の特徴を表１に示す．

表１　診察室での対話の特徴

	発話内容	行動
医師	患者への質問	負傷状況・負傷個所・症状を尋ねる
	診察結果	病名・病気の説明、レントゲン写真の提示、検査の説明
	処方した薬について	薬の種類・用法・用量の説明
	診察後の注意	経過観察の指示、次の来院時期、
	質問の回答	検査料金の提示、薬の説明
患者	質問の回答	身振りを加えて負傷個所を説明する、症状を伝える
	医師への質問	検査料金を尋ねる、薬の説明を求める
通訳者	医師の通訳	メモを取る、辞書で調べる

表 1 について，医師からの説明には，病名や薬の種類など固有名詞が含まれる．診察後の注意などは，決まった手順のある説明だといえる．また，通訳者が，数字やキーワードのメモを患者に示しながら通訳を行う様子が見られた.

4. 通訳実験

通訳者が遠隔地から通訳をする際の要求事項を把握するため，日本語話者・他言語話者と通訳者による 2 拠点でのビデオチャットの実験を行った．実験の様子を図 1 に示す.

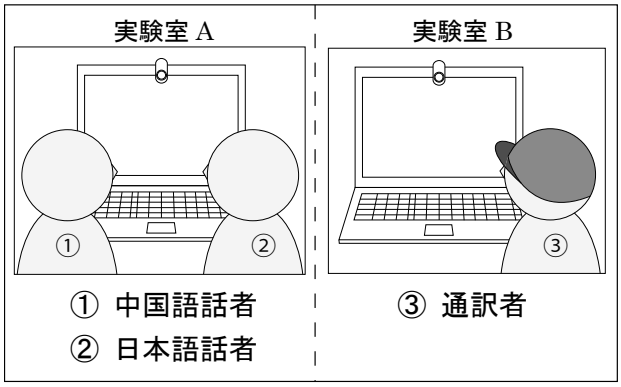


図 1　実験室の様子

4.1 被験者

図 1 について，①の中国語話者は，母語が中国語で日本語での会話が困難な被験者である．②の日本語話者は，母語が日本語で中国語での会話が困難な被験者である．③の通訳者は，母語が中国語で日本語と中国語で会話が出来る被験者を用いた．それぞれ被験者の数は 1 名ずつである.

4.2 実験環境

実験室の双方の PC で，ビデオチャットには Skype を利用した．このとき，通訳者の注視位置を知るために，帽子型のアイカメラであるナックイメージテクノロジー社製 EMR-8B を用いて通訳者の眼球運動を計測した．また，実験室 A，B にはそれぞれ観察用ビデオを設置した．実験室 B での通訳者の様子を図 2 に示す．PC の画面には，相手の Web カメラで撮影した画像が全画面で表示された.

図 2　実験室 B での通訳者の様子

4.3 実験内容

実際に医療通訳を行うのが望ましいが，医療従事者を被験者とするのが困難であったため，診察室での診察と共通点の多い会話内容を検討した. 3.2 より，本実験の内容は日本語話者から中国語話者への日本の郷土料理の説明とした．以下に理由を示す.

- 料理名や材料名などの固有名詞，材料の分量を示すための数字の情報が含まれる
- 料理の説明は診断結果の説明と対応づけられる
- 調理法の説明には決まった手順があり，診察後の注意事項の説明と流れが類似している

中国語話者が，説明された料理を作れる程度に理解することを目的とするように，被験者全員に教示した．日本語話者には，料理の説明が写真付きで掲載された資料と地名の入った日本地図を渡した．料理を変更した 3 回のタスクを行った．対象とした料理を以下に示す.

- タスク 1　三重県の郷土料理「てこね寿司」
- タスク 2　宮城県の郷土料理「ばっけ味噌」
- タスク 3　大分県の郷土料理「そらきたもち」

タスク 1 では PC 内蔵マイクとスピーカを使用したが，音声が聞き取りにくいという通訳者からの申告があったため，タスク 2 以降ではイヤホンと専用マイクを使用し，改善した．また，タスク 2 では通訳者側の PC で相手の Web カメラ画像を全画面表示していなかった.

また，正確に伝えるということを重視させるために，実験前に以下の内容を被験者に指示した.

- 日本語話者は, 通訳者を介さず身振りだけで中国語話者に伝えてはいけない
- 通訳者と中国語話者は, 数字やキーワードのメモを取って良い
- 通訳者は，訳しにくい言葉は辞書で調べて良い

また，どの程度正確に料理の説明が伝わったかを調べるために，実験後，中国語話者に料理について理解した内容を書き出させた.

5. 結果

5.1 通訳作業の分析

観察用ビデオで会話中の聞き返しが確認された．その例を表 2 に示す．会話番号 2 から 3 までは，音に関する聞き返しであり，会話番号 4 から 7 までが言葉の意味に関する聞き返しである．また，会話番号 8 から 10 の間では，通訳者が日本語話者に断りを入れた後，「輪切り」という単語を辞書で調べていた．観察ビデオより，この単語を含めて通訳者がタスク 1 から 3 までの間に辞書で調べた単語は全部で 7 つだった.

表 2　会話の例

会話番号	話者	会話内容
1	日本語話者	で、えーと、その、さつまいもを、えーと、皮をむいて、輪切りにします。
2	通訳者	わ、わわ、わ、
3	日本語話者	輪切り。輪切り、えーと、輪、輪、
4	通訳者	輪で？え？
5	日本語話者	え、違います。さつまいもを、皮をまず剥きますよね。
6	通訳者	はい。
7	日本語話者	で、その後に、えー、輪切りっていって、何だろう、
8	通訳者	輪切り。わ、ぎり。ちょっと待って。すみません。
9	日本語話者	えーと、はい。
10	通訳者	わ、ぎり、わぎり。輪切り、輪切り。あ、分かりました。はい。

聞き返しは，通訳者が正確な通訳をするために必要とした情報の把握につながるため，発音や言葉の綴りなど音に関する聞き返しと，言葉の意味に関する聞き返しの回数をタスクごとに表 3 に分類した.

表 3　会話中の聞き返し

	タスク 1	タスク 2	タスク 3
音に関する聞き返し(回)	11	11	6
意味に関する聞き返し(回)	2	5	4

また，実験後，中国語話者に書き出させた料理の説明内容と，日本語話者に渡した資料の内容を比較した結果，聞き間違いに気付かないままタスクが終了した単語が 3 つあることが分かった．このエラーは，日本語話者と通訳者間の聞き間違いによる.

5.2 眼球運動

眼球運動の計測で得られたデータより，通訳者の注視状況を調べた．通訳者の視野内で，通訳に必要な情報が得られそうな領域を，話者の顔(A：日本語話者，B：中国語話者)，日本語話者の体(C)，キーボード(D)，提示された書類(E)，メモ(F)，辞書(G)，確認画面(H)の 8 つの領域に分けた(図 3). タスク 3 で，アイマークが 8 つの領域内にあった約 311 秒間の領域ごとの注視時間は図 4 のようになった.

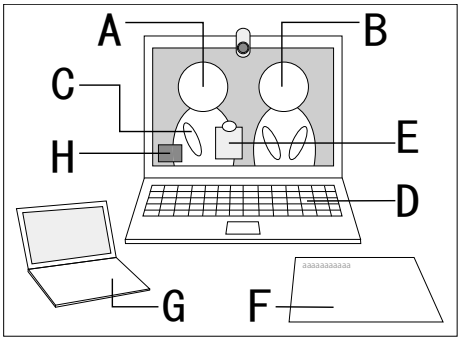


図 3　通訳者の視野領域

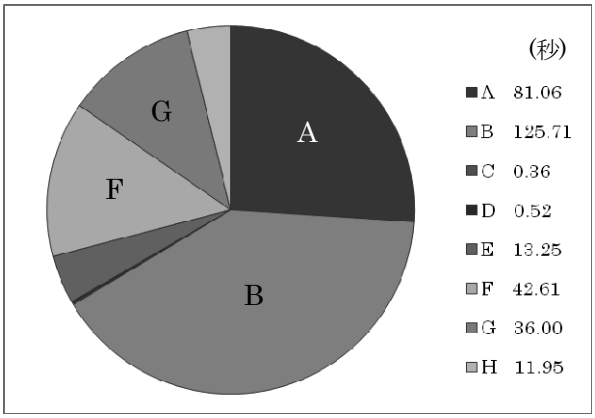


図 4　領域ごとの注視時間(秒)

5.3 アンケート資料

NPO 多文化共生センターが過去に実施したアンケート [2]より，遠隔での通訳支援システムで解決可能な問題を考えるため，医療通訳に求められる内容や現状での問題点を整理した．時間不足や距離が遠いなどが原因で発生した問題に関する記述が 8 件あった．通訳コーディネータや通訳者からは日程調節の重要性が挙げられており，医療従事者からは通訳が必要なときの即時対応がされないという意見があった．

6. 考察

6.1 通訳作業について

表 2 の会話で，通訳者の発話と日本語話者の発話が重なる様子がみられた．これにより聞き返しが増え，言葉が伝わる効率が悪くなったと考えられる．同様の問題が他の会話中にもみられたことから，ビデオチャットでの対話においては，相手の発話タイミングを知ることが重要であると考えられる．

表 3 より，会話中の聞き返し行為は，言葉の意味よりも音に関する聞き返しの方が多いことが分かった．これは特に，通訳者が正しい発音や綴りを聞き取れないと対訳が分からない単語を辞書で調べられないためである．従って，支援システムでは単語の発音や綴りを確認する仕組みの提供が効果的だと考えられる．

また，通訳者が聞き返しをしたとき，通訳者に正確な単語が伝わるより先に，中国語話者が日本語話者の提示する資料から単語を理解することがあった．今回の実験では中国語話者を被験者として用いたため，漢字での提示が有効であったことが分かった．このことから，紙面など資料の情報は音声を介さず通訳者が直接確認出来る仕組みが効果的であると考えられ，ビデオチャットの相手側画面に含む情報の参考となる．

6.2 眼球運動について

図 4 より，タスク 3 での通訳者の主な注視領域は，日本語話者の顔，中国語話者の顔，メモ，辞書の 4 つであることが分かった．話者の顔への注視に関して，実験後に行った通訳者へのインタビューより，特に日本語話者の顔は見えた方が良いという意見が得られた．相手の顔が見えることで通訳する際の安心感が得られ，話者の微妙な表情の変化で言葉が分かる可能性も期待出来る．このことから，話者の顔領域(A，B)の注視時間の合計の長さは正確に訳すことを意識したためであると言える．

7. まとめ

遠隔での通訳では，固有名詞の正確な綴りの確認に課題がある．特に通訳の正確さが求められる医療通訳では，音声品質の改善に限界がある場合，単語のテキスト表示などインタフェースでのサポートを検討する必要があることが分かった．また，より正確な通訳の実現を支援するためには，資料などの補足情報を 3 者間で上手く共有することが重要である．

本実験では，翻訳結果を確認するための日本語話者へのフィードバックが不足していた．通訳者が最後まで聞き間違いに気付かなかった単語もある．これらの問題の解消には，折り返し翻訳が有効であると考えられる．今後は，システムのプロトタイプを作成し実際の現場での評価を行っていく予定である．

謝辞

本研究の一部は，総務省戦略的情報通信研究開発推進精度(SCOPE)の平成 22 年度採択課題「医療現場における利用者適応型多言語間コミュニケーション援のための基盤技術の研究開発」による．

参考文献

1) 宮部真衣ほか:外国人患者のための用例対訳を用いた多言語医療受付支援システムの構築，電子情報通信学会論文誌 D，Vol.J92-D No.6，pp.708-718（2009-6）
2) NPO 多文化共生センター: 大阪府における医療通訳の実態調査,多文化共生センター(2002)
3) NPO 多文化共生センターきょうと: 病院での通訳の基礎知識 医療通訳って何だろう？(英語版) DVD (2006)
4) NPO 多文化共生センターきょうと: 病院での通訳の基礎知識 医療通訳って何だろう？(ポルトガル語版)DVD (2006)

一般発表 2P

12 月 5 日　午後
1 号館 3 階

---

132 室

2P1　高齢者 （13:15～14:30）

【座長】　萩原 啓（立命館大学）

2P2　ユーザ工学 （13:15～14:45）

【座長】　森本 一成（京都工芸繊維大学大学院）

133 室

2P3　運動・スポーツ （13:15～14:45）

【座長】　川野 常夫（摂南大学）

高齢者が床座位から縦手すりに与える荷重について

Result of measurement of maximum force applied to a vertical grab bar for elderly people sitting on the floor

三好英樹

製品評価技術基盤機構

Hideki Miyoshi

National Institute of Technology and Evaluation.

1. はじめに

室内で天井と床や畳に突っ張り固定する取付工事を伴わない支柱型の縦手すり（図１）が市販されている。使用方法としては、立ち上がりや座り込みの際、手すりを手で持って動作の補助を行う[1)]。これらの手すりは室内の動作補助に不可欠なものである。本研究では、これらの手すり規格の開発するために床座位から手すりに与える最大の荷重を計測した。

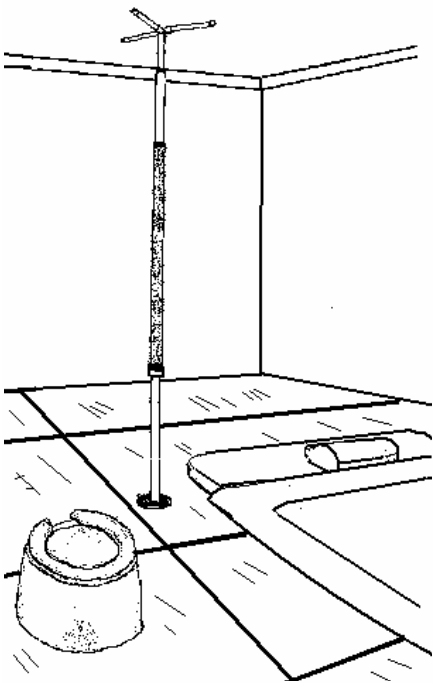


図１　取付工事を伴わない支柱型の縦手すり

2. 計測方法

2.1 計測環境

計測する手すりの直径条件は、階段や廊下に取り付けられているハンドレール（hand rail）の直径が 32～36mm 程度、移乗動作や立ち座り動作ながら使われるグラブバー（grab bar）の直径が 28～32mm 程度[1)]とあるため、28mm、32mm、36mm の３種類とした。

手すりは、長さ 500㎜ のパイプとし、腕を水平に挙げたときの高さ程度を基準とし、床から長手中央の高さを被験者の座位肩峰高にした。(図 2)

パイプは、アルマイト表面加工したアルミニウムで作成し、剛性の治具でロードセル(AMTI 社製、定格容量　前後 X 方向 2225N､鉛直 Z 方向・左右 Y 方向 1112N）に固定した。

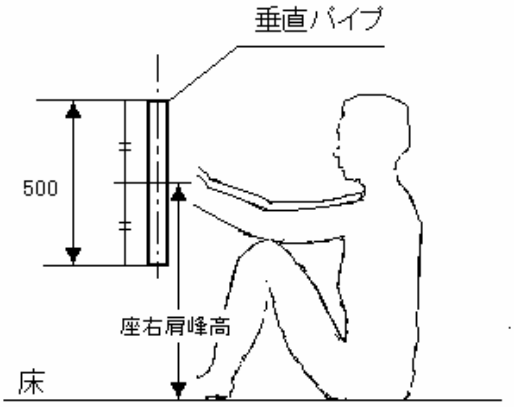


図２　計測環境

2.2 被験者

被験者は、健常高齢者男性６名（64 歳～68 歳、平均 65.8 歳 平均身長 167.0cm 平均体重 63.3kg 平均座位肩峰高 580.5mm）に協力をお願いした。

今回の被験者と、身長体重など約 1000 名分の体格・体力データを収めた人間特性データベース[2)]の 64～68 歳の男性(120 人 平均 66.4 歳 平均身長 162.0cm 平均体重 61.4.kg)と比較したが、体重の平均値に有意差はなかった。(α=0.05)

動作については、手すりの前に座ってもらい、「手すりを両手で持って思い切り引っ張ってください」と教示をし、被験者が力を出しやすい位置や姿勢で計測をおこなった。

３．結果

手すりに架かる３方向の荷重を記録し、３方向の合成力（XYZ 合成力）を計算した。以下に計算式を示す。

$$\text{XYZ 合成力(N)} = \sqrt{X^2+Y^2+Z^2}$$

X:前後荷重(N),Y:左右荷重(N),Z:鉛直荷重(N)

計算した合成力から、手すりに最も負担になると考える最大 XYZ 合成力(N)を各条件の被験者毎に抽出した。さらに最大 XYZ 合成力(N)を体重(N)で割った体重比をそれぞれ表１に示す。

表１　支柱型縦型手すりで計測された最大 XYZ 合成力

	直径	平均値	標準偏差	最大値
最大 XYZ 合成力(N)	28mm	744.65	348.6	1508.0
	32mm	729.78	339.4	1462.4
	36mm	721.45	290.0	1342.8
最大 XYZ 合成力(N)/体重(N)	28mm	1.22	0.60	2.49
	32mm	1.21	0.59	2.42
	36mm	1.19	0.51	2.22

手すり直径条件間で最大 XYZ 合成力の平均値および体重比に有意な差が見られなかった(α=0.05)。

床から上端83cm～下端33cm程度の高さにある縦手すりをしゃがみ込んで引っ張った今回の計測と過去の立位での縦手すり計測（手すり直径28mm、32mm、36mm、手すり上端高さ1500mm　男性高齢者平均517.3N～550.4N　体重比0.78～0.82）[3]と比較すると、今回の計測値の方が大きかった。これは、しゃがみ込みで、脚伸展力を有効に使うことができたためと考えられる。

また、文献 [4]からしゃがみ込んで横手すりを引っ張った衝撃力（成人男性,高さ 60cm 平均値 1240N 最大値1960N）と比較すると今回の方が低かった。これは、今回の被験者が高齢者であったため、年齢体力差があったためと考えられる。

４．おわりに

手すり規格を開発するために、比較的手すりを利用する高齢者で手すりに加わる荷重の計測を行なった。その結果、手すりの直径を変化させても最大引張力に影響しないことがわかった。また、しゃがみ込んで引っ張ることが想定される縦手すりでは、最大で体重の 2.5 倍程度の力が加わることが想定される。

今回、床からの立ち上がりに使用される縦手すり規格開発の参考になるデータの取得ができたと考える。

参考文献

1) 財団法人テクノエイド協会（編）:介護保険福祉用具ガイドブック 2001～2002 ,pp.208-209,中央法規出版(2001)

2) 製品評価技術基盤機構：人間特性データベース, http://www.tech.nite.go.jp/human/.

3) 三好英樹ほか２名:高齢者の筋力と手すり直径の関係について,人間工学,第 45 巻特別号(第 50 回大会講演集),pp.450-451 (2009)

4) 小原二郎:人間工学からの発想,pp.28,講談社(1982).

若齢者と高齢者との調理空間内での視環境評価の比較

Comparison of the rating of the Visual Environment in the cooking space with a person of early age and the senior citizen

○村上慶太 [*1]，原直也 [*1]，奥田紫乃 [*2]，岩出浩 [*3]，岩井彌 [*4]

[*1] 関西大学 [*2] 同志社女子大学

[*3] 関西電力株式会社 [*4] パナソニック電工株式会社

MURAKAMI Keita[*1],HARA Naoya[*1],OKUDA Shino[*2],IWADE Hiroshi[*3],IWAI Wataru[*4]

[*1]Kansai university [*2]D.W.L.A.

[*3]Kansai Electric Power Company,Inc. [*4]Panasonic Electric Works,Ltd.

1 はじめに

多灯分散照明方式では複数の照明を設置できる。空間内の 1 点の視環境に複数の照明が影響し、1 つの照明の設定が複数の点の視環境に影響を及ぼすために、複数点での作業性や明るさなどを考慮した視環境の設計が必要である。本研究では既に多灯照明が設置され作業箇所が複数存在することの多い調理空間に着目し、複数照明の点灯状況が異なる光環境がそれぞれの作業箇所の視環境評価に及ぼす影響について検討することを目的とし考察してきた。[1)2)3)]

本稿では年齢による視覚特性の変化や作業経験の違い、世代による経験した光環境や好みの違いが視環境評価に及ぼす影響について着目した。作業性と明るさ感について、現段階における高齢者と若齢者の異なる年齢層の被験者の評価の比較について報告を行う。

2. 研究概要

実験は図 1 に示す独立型キッチンで実施した。図 1 の平面図の灰色部は照明器具の設置箇所であり、本実験では図示するようにレンジ部照明・空間照明・流し元灯と称する。使用する照明ランプを表 1 に示す。表 2 の列見出しに示す考察対象に対して行見出しに示す実験変量毎に、罫線で区切った枠内の○印で記した組み合わせ条件を設定した。照明の出力は個々の照明によるレンジ台での作業面の照度で示す。表 2 の考察対象が評価に及ぼす影響を把握するために基準条件を設定し、基準条件に対して 1 つの実験変量のみ異なる条件を設定した。基準条件に対して複数の実験変量が異なる条件は、実環境を模した特徴的な組合せを設定した。

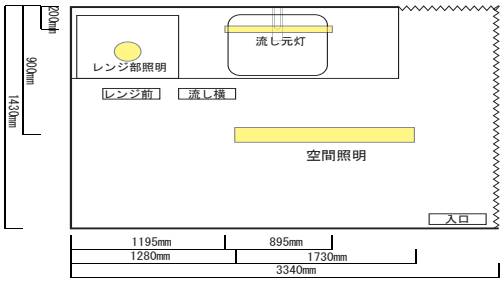


図 1　実験空間の平面図

表 1　使用した照明ランプ

レンジ部照明	LEDランプ	NDNN21932 白色広角 NDNN21933 電球色広角 NDNN21937 白色拡散
	既存のレンジフード	レンジフードに付属のランプ
	市販のレンジ	KR100V54W
流し元灯		FH24SEN 23w 3波長形昼白色
空間照明		FHF32EX-N-H 32w 3 波長形昼白色

表 2　実験条件表

実験変量 ＼ 考察項目		レンジ部照明の点灯状況の違い						特徴的な点灯パターン							
		基準条件	レンジ部照明の中心照度	光色	配光	配置・灯数	レンジ部照明の設置高さ	LEDのみ	空間照明のみ	流し元灯のみ	LED+流し元灯	LED+空間照明	レンジ部照明+空間照明	空間照明+流し元灯	全点灯
壁の色	白 黒	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
設置高さ	800mm 1400mm	○	○	○	○	○	○ ○	○	○	○	○	○	○	○	○
光色	白色 電球色	○	○	○ ○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
配光	広角 拡散	○	○	○	○ ○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
レンジ部照明の配置・灯数	LEDランプ 中心1灯 LEDランプ 4灯 既存のレンジフード 市販の 照明付きの 換気扇	○ ○	○	○	○ ○	○ ○	○ ○	○	○	○	○	○ ○	○	○	○ ○
レンジ部照明での 中心照度	0lx 50lx 100lx 200lx 800lx	○	○ ○ ○ ○ ○	○	○	○	○	○ ○	○	○	○	○ ○ ○	○ ○	○	○
空間照明での 中心照度	0lx 40lx 130lx	○	○	○	○	○	○	○	○ ○	○	○	○ ○ ○	○	○ ○	○
流し元灯の 点灯	無し 有り	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ○	○	○	○

被験者は図 1 中のレンジ前（図 2a)）、流し横（図 2b)）、入口（図 2c)）の順に 3 つの評価点で、設定した光環境に順応した後評価させた。レンジ部では焼く・切る作業を、流し横では切る作業をして作業に関する評価をさせ、各点で明るさに関する評価と満足度をさせた。焼く作業はフライパン内の模造ステーキをフライ返しで返す作業（図 2d)）、切る作業は模造人参に包丁を当てて切る動作をまねる作業（図 2e)）を行わせた。

3. 年齢による視環境評価の比較

本稿では若齢者と高齢者で

1) レンジ部照明の点灯状況の異なる光環境下でのレンジ部における視環境評価。

2) 設置した 3 つの照明器具の点灯状況が異なる光環境下での 3 点の評価点での視環境評価。

1), 2) ついての視環境評価の比較を行った。被験者は調理経験のある人を対象とし若齢者として 30 ～ 40 代の女性 10 名、高齢者として 60 ～ 70 代の女性 10 名の計 20 名で実験を行った。

3.1 異なるレンジ部照明の点灯状況での視環境評価の比較

レンジ部照明の点灯状況（灯数、配置、配光、光色、出力）が異なる光環境下のレンジ前での評価について比較を行う。評価は各 10 名の評価の 50%タイル値とした。図 3 ～ 5 に若齢者と高齢者との評価の関係を示す。レンジ部照明に光色が白色配光が広角の LED ランプ 1 灯を設置しレンジの作業面中心照度が 100lx、空間照明はレンジの作業面中心照度が 40lx、流し元灯は消灯した条件を基準条件し、レンジ部照明の点灯状況が基準条件から異なるときの評価の変化を示している。

図 3 は明るさについての評価を示す。作業台の明るさ感・空間の明るさ感は図中の破線の斜線に付置しており若齢者と高齢者の評価に大きな差はない。高齢者の評価が若齢者の評価に比べ少し低い評価である。作業台と空間の明るさのバランスは明るさ感の評価が高くなっている条件は評価が上がっている傾向がある。

図 4 は作業性についての評価を示す。手元の影の程度について評価している幅が若齢者に比べ高齢者の方が狭いことから焼く・切る両作業でレンジ部照明の点灯状況が異なることでの評価への影響は高齢者に比べ若齢者のほうが大きいことが分かる。これは体の影の程度と影のわずらわしさも同じ傾向である。焼く作業における体の影の程度についてはレンジ部照明の配光と光色が異なるとき若齢者の評価では変化していないが高齢者の評価では他の条件に比べ影が分かりやすくなっている。影の煩わしさは若齢者はレンジ部照明の点灯条件が異なることでわずらわしさが変化するが、高齢者は 1 条件を除き（レンジ部照明の出力が 800lx）切る作評価には影響がない。焼く作業における焼き加減の分かりやすさは若齢者はレンジ部照明の出力を上げる、配光を広くする、光色を電球色にしたと

a) レンジ前

b) 流し横

c) 入口

d) 焼く作業

e) 切る作業

図 2　実験風景

表 3　評価項目

表 3 - 1　作業性についての評価項目

焼く作業				
手元の影の程度	体の影の程度	影のわずらわしさ	焼き加減のわかりやすさ	焼く作業のしやすさ
分からない ぼんやり分かる 分かる はっきり分かる	分からない ぼんやり分かる 分かる はっきり分かる	わずらわしくない あまりわずらわしくない ややわずらわしい わずらわしい	分かりやすい 苦労せずに分かる 多少分かりにくいが分かる 分からない	しやすい 苦労せずにできる 多少しにくいができる できない

切る作業			
手元の影の程度	影のわずらわしさ	作業の危険の程度	切る作業のしやすさ
分からない ぼんやり分かる 分かる はっきり分かる	わずらわしくない あまりわずらわしくない ややわずらわしい わずらわしい	危険でない 多少危険 危険 非常に危険	しやすい 苦労せずにできる 多少しにくいができる できない

表 3 - 2　明るさについての評価項目

明るさ			満足度
作業台の明るさ感	空間の明るさ感	明るさのバランス	光環境の満足度
非常に明るい 明るい やや明るい やや暗い 暗い 非常に暗い	非常に明るい 明るい やや明るい やや暗い 暗い 非常に暗い	適している やや適している やや適していない 適していない	満足 やや満足 やや不満 不満

きに分かりやすくなっているが高齢者はレンジ部照明の出力が 800lx のとき以外の条件で分かりにくくなっている。作業の危険の程度は若齢者、高齢者ともに評価に差がない。作業のしやすさは焼く・切る作業とも若齢者と高齢者の評価に大きな差はない。若齢者は影の程度や影のわずらわしさが評価に影響していると考えられるが、高齢者は影以外の影響が評価に影響していると考えられる。

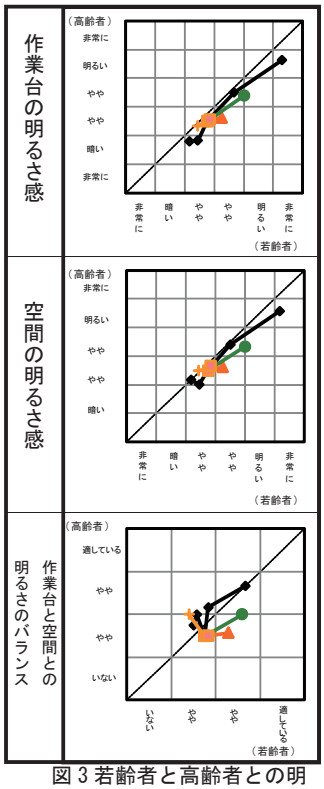


図 3 若齢者と高齢者との明るさに関する評価の関係

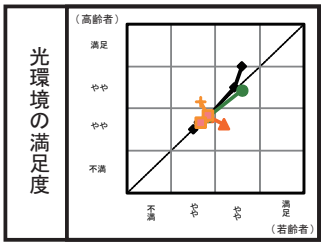


図 5 若齢者と高齢者との満足度に関する評価の関係

図 3 ～ 5 の凡例

中心照度	◆
光色	▲
配光	●
配置	＋
設置高さ	■

3.2 特徴的な点灯パターンでの視環境評価の比較

レンジ部照明、空間照明、流し元灯の点灯状況が異なる特徴的な点灯パターンの 15 条件の光環境下でレンジ前、流し横、入口の 3 点で明るさ感と光環境の満足度を評価させた。図 6 ～ 8 若齢者と高齢者との明るさに関する評価の関係を示す。各プロットは各条件での評価の 50% タイル値を示しており 20%、80%タイル値で各条件の評価の出現範囲を示している。

図 6 に各作業箇所での作業台の明るさ感と空間の明るさ感の関係を示す。３つの評価点での明るさ感に若齢者と高齢者の評価に大きな差はない。明るさ感の評価の出現範囲について着目すると高齢者は極端な評価をしていない。

図 7 に各評価箇所での明るさのバランスの関係を示す。全プロットとも若齢者と高齢者の評

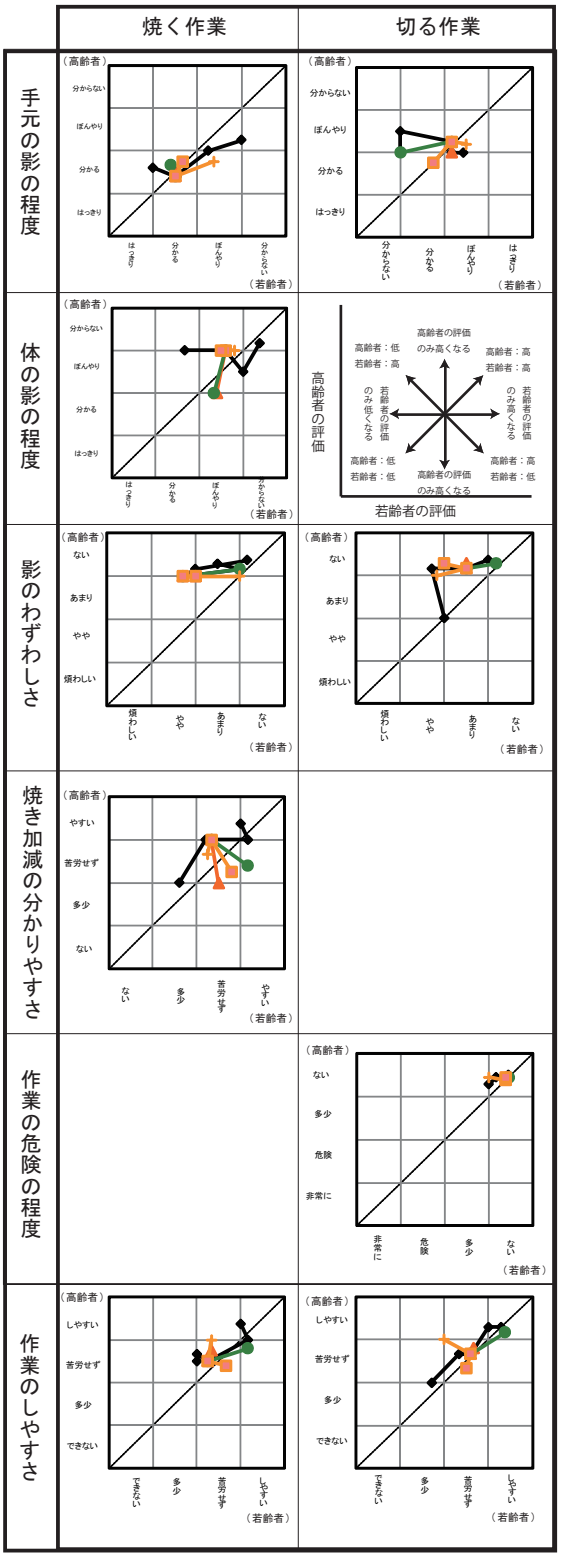


図 4 若齢者と高齢者との作業に関する評価の関係

価に大きな差はない。評価の出現範囲も若齢者と高齢者とでは大きな差はない。

図 8 に各箇所での光環境の満足度を示す。若齢者と高齢者の評価の差は満足度に関しても大きな差はない。評価の出現範囲に着目すると若齢者の評価の評価の幅のほうが高齢者の評価の幅に比べ大きくなっていることが分かった。これらのことから高齢者の明るさ感についての評価の幅は若齢者に比べ狭いことが考えらる。若齢者と高齢者のバランスや満足度に多少差があるが大きな傾向の違いはない。

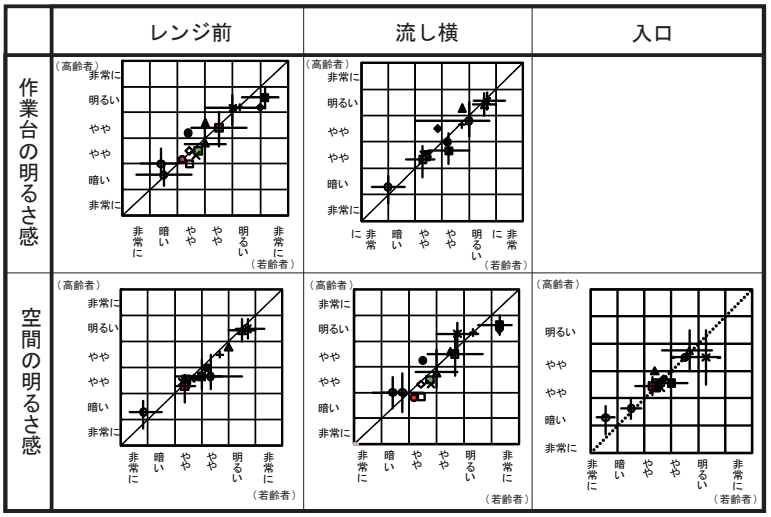


図 6 各評価箇所での若齢者と高齢者の明るさ感の関係

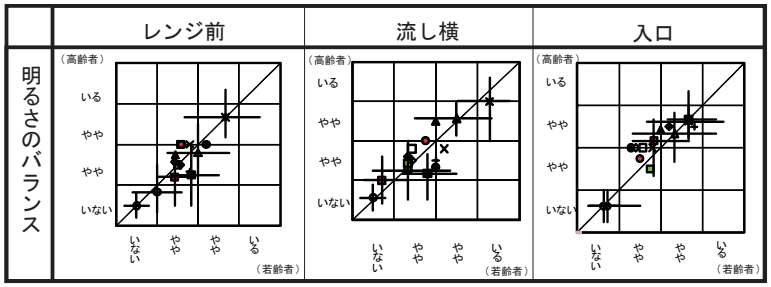


図 7 各評価箇所での若齢者と高齢者の明るさのバランスの関係

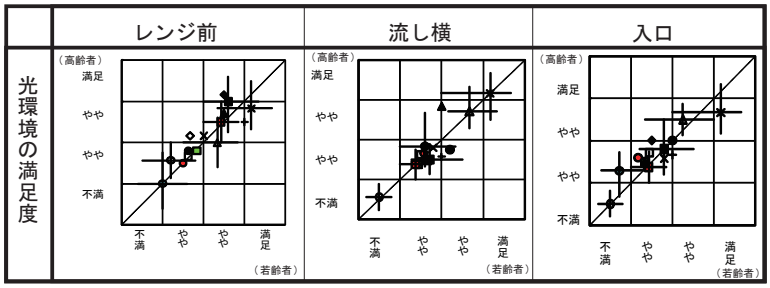


図 8 各評価箇所での若齢者と高齢者の満足度の関係

4. まとめ

キッチン内の 3 か所の照明の異なる点灯条件下での若齢者と高齢者の視環境評価の比較を行った。作業性に関して若齢者は影の程度や煩わしさが作業のしやすさに影響すると考えられるが高齢者はそれらの影響がないことが分かった。また焼き加減の分かりやすさは若齢者と高齢者の評価に差が大きかった。明るさ感においては高齢者の明るさ感の評価の幅が若齢者よりも狭いことが考えられる。明るさのバランスや満足度には年齢による大きな差がないことが分かった。

図 6 ～ 8 の凡例

	番号	配置	レンジ	空間	流し
○	21	中1	10	0	無
●	9	中1	0	0	有
●	2	中1	0	5	無
●	27	中1	0	10	無
□	4	中1	5	5	無
■	10	中1	10	5	無
■	20	中1	20	5	無
■	38	中1	80	5	無
◇	6	4灯	10	5	無
◆	7	4灯	80	5	無
△	19	中1	0	5	有
▲	26	中1	10	0	有
+	8	市販	10	5	無
×	1	既存	10	5	無
*	5	4灯	10	5	有

謝辞　本研究は関西電力株式会社の委託研究であり、文部科学省学術フロンティア推進事業（ 関西大学平成 18 年度～平成 23 年度） の一環として行った。なお本稿は当時同志社女子大学卒論生の原絵里佳氏の尽力による所が大きい。ここに記して謝意を表します。

参考文献　1) 原直也 村上慶太 奥田紫乃 岩出浩 岩井彌 複数作業が行われる多灯照明空間の視環境に関する研究 ～キッチンにおける複数箇所での視環境評価について～ 日本建築学会近畿支部研究報告書 2010

2) 村上慶太　原直也 奥田紫乃 岩出浩 岩井彌 多灯照明空間内の照明状況と複数箇所における視環境評価との関係 ～調理空間における複数作業箇所での視環境評価による検討～ 日本建築学会大会学術講演梗概集 2010.9

3) 村上慶太　原直也 奥田紫乃 岩出浩 岩井彌 調理における光環境と作業性との関係に関する研究 ～作業面に入射する光の方向性が作業性に及ぼす影響～ 平成 22 年度照明学会全国大会講演論文集 2010.9

高齢者や障害者の外出を支援するトイレ休憩提示システムの提案

A restroom timing recommendation system for elderly people's comfortable outing support

〇辻愛里* **，米澤朋子**，山添大丈**，安部伸治**，桑原教彰*，森本一成*

*京都工芸繊維大学大学院，**ATR 知能ロボティクス研究所

TSUJI Airi* **, YONEZAWA Tomoko**, YAMAZOE Hirotake**, ABE Shinji**, KUWAHARA Noriaki*, MORIMOTO Kazunari*

* Kyoto Institute of Technology, ** ATR Intelligent Robotics and Communication Labs.

1. はじめに

日本をはじめとして多くの国が超高齢社会となり、核家族化の影響もあり一人で暮らす高齢者人口が急激に増加している。一人暮らしの高齢者にとって、買い物や旅行など外出の機会を持つことは、身体機能や認知機能を維持する上で重要である。しかし高齢者が外出する際には様々なバリアが存在する。トイレに行きたいと感じた時には周りに適当なトイレがなく難渋するなどはその典型的な例である。これは障害者にも同様である。

最近ではバリアフリー旅行という高齢者や障害者の特性を考慮した旅行プランが提供されているが、都心への買い物といったちょっとした外出などの際には、トイレのタイミングなどは自分で気を付けるほかなく、それが心配で外出時に水分を余り取らないなどする高齢者も多い。しかし必要以上に水分補給を控えることは脱水症状を招く恐れがある[1]。

そこで本稿では、外出プランに応じたトイレ休憩のタイミングを提示するシステムを提案する．このシステムは利用者の外出の予定に応じて事前に計算したトイレ休憩のタイミングを，高齢者や障害者のコンテキストすなわち飲食，気温，位置などの情報に応じて，動的に変更することを特徴とする．

2. システム設計

2.1 設計コンセプトとシステム概要

トイレのタイミングは一般的にデリケートな問題であり、むやみにトイレに行くように推奨されても利用者にとっては迷惑な場合もある。このため利用者心理と適切なトイレ休憩の間のバランスをとるため、次に示すような段階的なトイレ休憩の推奨、通知、警告を行うことにした。

1. トイレが近くにあることを検出したらその利用を利用者に推奨する。
2. トイレ休憩の予定時間が来た場合には利用者にそれを通知する。
3. 上記が無視されて数分以上を経過した場合には利用者に緊急的に警告する。

このシステムは現時点では小型のタブレット PC 上に実装されているが、将来的には利用者の携帯電話上で動作させることを想定している。利用者が外出の予定（時間、場所、目的など）を入力すると、システムはまず初期のトイレ休憩タイミングを計算する。この際には現在の気温や利用者の経路上にあるトイレ、また用事のタイミングなどが考慮される。次に利用者の外出時には、利用者の摂食や水分補給、実際にトイレにいったタイミング、また気温の変動や現在位置などを考慮して、トイレ休憩のタイミングを再計算する。またトイレ休憩が必要な際には、利用者をトイレまで誘導する機能を有する。

2.2 システムの構成と処理フロー

図１にシステムの構成の詳細を示す。前述のようにシステムは大きく、利用者の事前の外出の予定に応じて初期のトイレ休憩のタイミングを生成する初期トイレスケジュール生成部と、利用者にそれにそってトイレ休憩を勧める トイレタイミング推薦部、また実際の外出時の状況に応じてトイレ休憩のスケ

ジュールを再計算するトイレスケジュール再構築部からなる。

2.2.1　初期のトイレ休憩タイミングの生成

利用者が外出の予定を入力した時点でそのときに計測された外気温(temperature)に応じて、式(1)により初期のトイレ休憩のタイミングの基本間隔を生成する[2]。

基本間隔[分]=外気温[摂氏]×3＋30　(1)

2.2.2　トイレ休憩タイミングの動的な見直し

利用者の外出の際には利用者のコンテキストに応じて以下のようにトイレ休憩のタイミングが動的に見直される。

外気温：　トイレ休憩の基本間隔を計算したときの外気温と利用者のいる場所の外気温が大きく異なった場合に、基本間隔の再計算を行う。

摂食や水分補給：　利用者が摂食や水分補給をした場合、基本間隔を 30%短縮する。摂食や水分補給をしたことは利用者が手入力する。

2.2.3　トイレ休憩の推奨、通知、警告

本システムではトイレ休憩に対する利用者心理を考慮して、推奨、通知、警告の 3 段階でトイレ休憩を利用者に促す。

以下でそれぞれについて詳細を示す。ここで最後のトイレ休憩の現在の基本間隔を Ic とし、推奨間隔を Im、そして最後のトイレ休憩からの経過時間を Ti とする。

推奨：　Im < Ti < Ic であり近くにトイレがある場合には、音声でそこに行くように促す。

通知：　Ti < Ic の場合には、音声でトイレ休憩をとるように音声で促す。

警告：　上記の通知が行われた後システムは利用者にトイレ休憩をとったか、一定時間後に確認を求める。利用者がこれを無視した場合には音声とバイブレーションでトイレ休憩をとるよう促す。

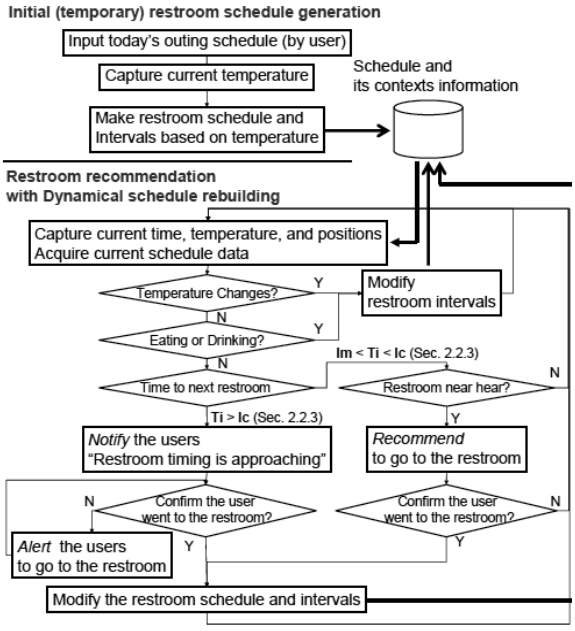


図１　システムの構成と処理フロー

3.　むすびと今後の予定

本稿では我々の提案する、高齢者の外出を支援するためのトイレ休憩提示システムについて述べた。現在は本稿で述べた基本的な処理フローの実装と確認を終えたところである。今後は、計算されたトイレ休憩のタイミングが適切であるか、また段階的なタイミングの提示方法により利用者がシステムを快適に使用できるのかなどについての評価を実施する。また高齢者は身体的条件に個人差が大きいと予想されるため、個人適応などについても検討する。

参考文献

1) Lavizzo-Mourey, Johnson J, and Stolley P: Risk factors for dehydration among elderly nursing home residents. Journal of American Geriatrics Society, 36(3) : 213-318,1988

2) Geirsson G, Lindström S and Fall M: The bladder cooling reflex in man--characteristics and sensitivity to temperature. British Journal of Urology, Jun;71(6):675-80,1993.

謝辞

本研究は総務省からの委託を受けて実施した。本研究の機会を与えて頂いた ATR 知能ロボ研の萩田紀博所長に感謝する。

RFID を用いた認知症患者用物探し支援システムの提案

Study of Memory Assisting System Using RFID for Dementia Patient

○亀山裕貴*，赤澤圭亮*，桑原教彰*，森本一成*，安田清**

*京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科　**千葉労災病院

KAMEYAMA Yuki*, AKAZAWA Keisuke*, KUWAHARA Noriaki*, MORIMOTO Kazunari*

YASUDA Kiyoshi**

*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, **Chiba Rosai Hospital

1． 緒言

認知症の患者は私生活において、無くした物がどこにあるか分からず一日中物探しに時間を費やしてしまうというという事態が頻繁に生ずる。一般の健常者のそれとは線引きが難しく患者の症状にもよるが、介護者が常時傍についていない認知症患者にとっては、日常生活を脅かす大きな問題であると考えられる。こういった事態の解決のため、現在までに考え出されている物探しの手法としては、RFID（Radio Frequency IDentification）により特定した対象物の位置をスポットライトで照らす手法[1)]、頭部又は腰部に取り付けたカメラにより動画を撮影し、後にそれを検索する手法[2)]等が挙げられる。しかし、前者の手法ではユーザがスポットライトに注意を向けていない場合には、提示場所を発見することは出来ない。[3)]また後者の手法においては、対象物の識別が動画に映る角度に大きく依存することに加え、カメラを頭部に装着する際は日常生活の負担が非常に大きくなり、腰部に装着する際では、周囲の環境次第で動画の映り方が大きく変わり、使用状況が限られてしまう。

従って本研究では、患者が屋内での行動範囲内において、容易に無くし物の位置を特定することのできるよう、既に考案されている安田氏**らのメモリーベスト[4)]に対して、RFID（Radio Frequency IDentification）及び小型ビデオカメラを組み合わせることにより、患者が日常生活でストレスを感じることなく使用できるシステムの開発を目指す。物探しシステムの構成としては河野氏らのものと類似しているが、検索した動画から物を探す際の問題点に注目している点が異なる。今回は特に、そのシステムで物探しを行うに当たっての問題点について検討を行った。

2． システムの概要

本システムではまず、あらかじめ無くしそうな物にタグを貼り付けておき、患者にはRFID リーダと前方を撮影する小型カメラを携帯してもらう。そして胸付近のポケットに仕込まれた3cm程度の読み取り距離を持つアンテナに、患者自身がタグを近づけることで読み取りを行う。後に患者又は介護者がその時間付近の動画を見て、動画内の特徴を手掛かりに無くしたものを探し出し出すというものである。

なお今回は、容易に持ち運ぶことの出来る RFID リーダとしてWELCAT 社製のWIT 150 - T を用い、胸部付近で読み取りが行えるようアンテナに改良を加えた。

3． 実験方法

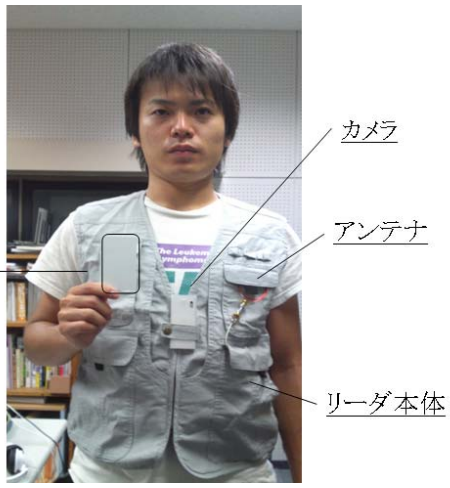


図1　実験に用いたジャケット図

本研究における物探しは、タグ読み取り時付近の動画を手掛かりに行われるため、動画撮影時の状況が物を探し出す難易度に大きく影響する。従って本実験では、動画撮影時に想定される暗さやブレ等のノイズにより、特徴となる物や動作を識別しづらくなった状態をモデル化して、それが変化したときに物探しの難易度がどのように変わるのかを評価した。

具体的にはまず、ポケットのアンテナがタグを最後に読み取ってから隠すまでの時間を t 秒とする。

そしてtを5、10、20、30と変えた動画を用意して、それぞれの動画においてノイズの状態を3段階に分ける。ノイズについては、adobe premier element9のブラー(ガウス)効果を用いて値を0、40、80とし、ノイズが 40 の時は特徴物や細かい動作が見えにくい状態、ノイズが80の時は極めて特徴的な物が映っていなければ位置特定が困難な状態となっている。これらの全 12 動画を見てもらった後に物探しを行ってもらい、その難易度を合計6人の被験者に7段階で主観評価してもらった。なお、難易度は7が最も難しいものとする。

また別の実験より、対象物が動画の視野内に写っている場合、被験者は容易に対象物を見つけ出せてしまう傾向であったため、今回はカメラの視野外に物が置かれたことを想定し動画を用意した。

なお各動画で動画時間を変化させたことについては、それにより周辺状況や対象物の位置特定に影響を与えるかどうかを観察するために行っている。

4. 実験結果

上述の方法によって評価を行った結果、難易度の変化は以下のようになった。

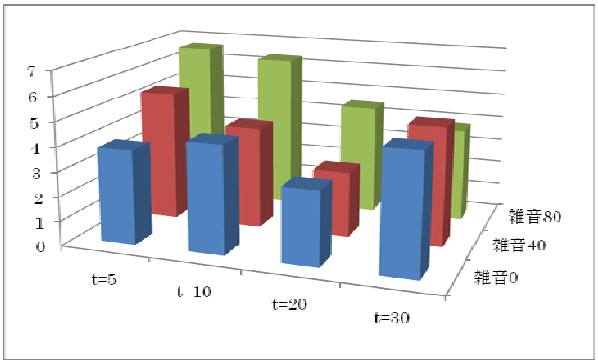


図2　各動画における難易度の平均

上図からは全体的な関係性ははっきりと表れていない。t=5で雑音40・80、t=10で雑音80、t=30で雑音 0・40 の動画では難易度の高さが特に顕著であったが、これは周辺環境の特徴物が見えにくかったことや、物を置く際に特別な動作を識別することが困難であったことが原因であると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本実験から全ての被験者において、動画内では一切手をつけてない戸棚や引き出しを空けるという行為が見られた。また、動画を途中まで見て場所を特定したことに安心をし、最後まで特徴を観察しなかったことにより、動画を何度も見直すということも頻繁に起こった。これらのことより、将来的には物探しをしながらその場で詳細な特徴まで分かる動画を見ることが出来るようにするため、システムに携帯電話やタブレット PC 等を用いる必要があると考えられる。

また本実験では、対象物を置いた時に特徴となる物や動作の少ない動画において難易度が高い傾向にあるという結果が主観評価により得られたが、ある程度難易度が低く特徴の多かった動画においても、被験者が探すのに手間取ることが多々あった。このように健常者でさえも時間のかかってしまうことを、認知症患者が行うことはかなり厳しいことが予想される。従って実用性を考えた場合、本システムに加えて、位置センサ等を用いて音で場所を知らせる山本らのシステム[4] のような、何らかの補助的なシステムを併用すること好ましいと考えられる。

当面の目標としては、魚眼レンズを用いて更に視野角を広げた状態での実験を行うことや、物探し用のアプリケーションを作成し、認知症患者が実際に物探しを行うことが出来るかどうかについて検討していく予定である。またシステムの環境が整った後には、RFIDやカメラ等の機能をいかに使用者の負担なく衣服に組み込んでいけるかということや、対象物が手から離れるより正確なタイミングの情報を取得できるようなハードウェア部についても検討を行い、より実用性を考慮した方向性で研究を進めていきたいと考えている。

参考文献

1）中田豊久，金井秀明，國藤進：”スポットライトによる物探し支援システム”，情報処理学会第55回グループウェアとネットワークサービス研究会，Vol. 30，pp25-30 （2005）

2）河野恭之，三宅祐子，才脇直樹，河村竜幸，木戸出正継：”物探し支援ウェアラブルシステムのためのカメラ装着位置の検討”，情報処理学会研究報告会，HI-118(5)，pp31-38（2006）

3）安田清：”小型ビデオ機と音声認識による生活情報記録検索支援システム”，人間工学会第24回全国大会，1H2-NFC3b-3, pp1-4（2010）

4）山本友紀子，石井健太郎，今井倫太，中臺一博：”物探し支援のための超音波を用いた誘導システムCoCo”，ヒューマンインタフェースシンポジウム2007 一般発表，3311，pp1049-1054（2007）

介護施設入居者に対してのレクリエーション～塗り絵～

○川畑慎一郎*,那須真樹**,桝本博之***,佐々木智一****,桑原教彰*
*京都工芸繊維大学,**株式会社ソリトン,***B-Bridge International,
****佐々木化学薬品株式会社
Shinichiro KAWABATA*, Maki NASU**, Hiroyuki MASUMOTO***,
Tomokazu SASAKI****, Hideaki KUWAHARA*
*Kyoto Institute of Technology, **soliton corporation CO. LTD., ***B-Bridge International,
****Sasaki Chemical CO. LTD.

1. はじめに

我が国日本では生活水準の向上による平均寿命の大幅な伸びにより, 高齢化が急速に進んでおり 1970 年に高齢化社会になり 1994 年に高齢社会に突入した [1]. この傾向が続くと 2015 年には 4 人に 1 人が高齢者という時代を迎えることとなる.

高齢者が病院や介護施設に入居すると，外部からの刺激が少なくなり，結果として認知症の発症や要介護度の進行に繋がる場合がある．認知症の患者数は，2005 年度に介護が必要であると認定された 65 歳以上の人だけで推定 170 万人いるとされており，2015 年度には 250 万人に増加すると予測されている [2].

そこで，脳の働きを活性化させ認知症の予防に効果があるとされている塗り絵に注目した [3]．塗り絵は始める際，手本となる原画や下絵を観察する．この時，視覚を担当する後頭葉が働き，また，原画や下絵を正確に把握するために，過去に見た形や色の記憶を参照するので, 記憶を担当する側頭葉も働く. 絵全体のバランスをつかむときは頭頂葉が協調する. このように脳全体をバランスよく使い活性化させる効果を持つ [4]．本研究においては，塗り絵をレクリエーションの一環として有料老人ホーム入居者に対して実施し，入居者に及ぼす影響を分析した.

2. 実験方法

有料老人ホームにてレクリエーションの一環として，入居者約 30 名を対象に塗り絵を実施した．レクリエーションの実施頻度は週に 2, 3 回程度で, 1 回の実施時間は 1 時間半程度であった．塗り絵を含むレクリエーション実施前後での転倒件数とナースコール(センサーマット式)の回数を記録した.

また脳活動測定器（Neuro Sky 社製 Mind Set）を使用し筆記具の違いによる塗り絵作業時の脳活動の変化から集中度（min:0, max:100）を調べた．被験者として健常な大学生 5 名とした．測定風景を図 1 に示す.

図 1　脳活動計測風景

3. 結果

3.1 転倒件数およびナイスコール回数調査

図 2 に塗り絵を含むレクリエーション実施前後の 1 ヵ月あたりの転倒件数を図 3 にナースコールの回数をグラフで示す．塗り絵を含むレクリエーションの回数を増やすと，施設内での転倒事故は 1 ヶ月平均 10.7 件から 4.6 件と 57%減少し，ナースコールの回数は 1 ヶ月平均 1469 件から 832 件と 35%減少した.

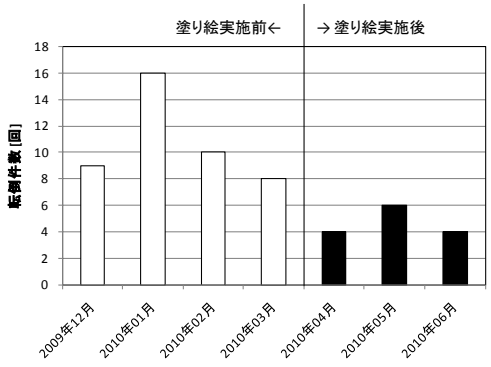


図 2　転倒件数

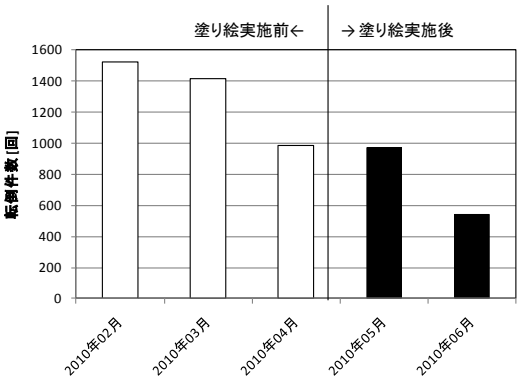


図 3 ナースコールの回数

3.2 脳活動測定

カラー筆ペンと色鉛筆を使用した場合における塗り絵時の集中度の値を図 2 に示す．カラー筆ペンを使用した場合と色鉛筆を使用した場合とでは，有意ではなかったが，カラー筆ペンを使用した場合の方が高い集中度であった．

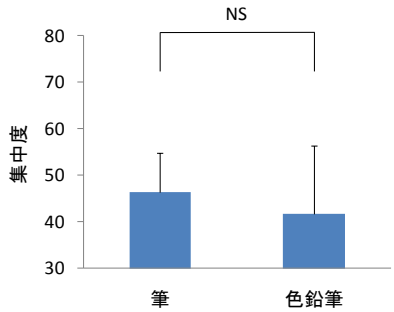


図 2　各筆記具による集中度の平均

4.　考察

ナースコールは通常ヘルパーの巡回が少ない夜間に多い．塗り絵を含むレクリエーションの回数を増やすと，ナースコールの回数が減少したことから，脳や身体が刺激を受けることで疲労し，夜間に良質かつ充分な睡眠が確保出来ていることが考えられる．また，女性のみの結果ではあるが，睡眠時間が短い高齢女性は転倒リスクが高いという研究結果が報告されている [5]．今回の報告で実施した塗り絵を含むレクリエーションにより，良質な睡眠が促され，転倒件数の減少に繋がった可能性が示唆される．

5.　まとめ

本実験において，塗り絵が高齢者の睡眠の質の改善や転倒防止に効果を表すことが示唆された．絵画や描写よりも簡単で，要介護度の度合いに関わらず幅広い高齢者が容易に取り組め，更に脳全体を使うため集中力を高めると言われている塗り絵は，老人介護施設で行うレクリエーションの 1 つとして取り入れるべき活動であると考えられる．

今後は，人の脳に大きな影響を表すとされ，最近日常生活の中でも様々に取り入れられている「アロマセラピー」にも注目したい．例えばラベンダーは，脳を休ませる効果があり，柑橘系の香りは脳を活性化させる効果があると言われる．そのような香りを筆記具につけた「香り付きカラー筆ペン」を使用した塗り絵レクリエーションにより，認知症に効果のある「ぬり絵」「アロマセラピー」の 2 つを同時に生活の中に取り入れ，定期的に行うことにより，脳の老化防止に役立てていきたい．

参考文献

1) 総務庁，平成 17 年度版高齢社会白書, 2005
2) 厚生労働省高齢者介護研究会，2015 年の高齢者介護, 2003
3) 田中宏明 ，芳賀大輔 ，高畑進一 ，井上英治 ，小林 徹,「思い出塗り絵」が軽度認知症患者の認知機能，心理機能，及び日常生活面に与える効果, Journal of rehabilitation and health sciences 7, 39-42, 2009
4) 日本ブレインヘルス協会，ブレインヘルスニュース No15, 2006
5) Katie L. Stone, Sonia Ancoli-Israel, Terri Blackwell, Kristine E. Ensrud, Jane A. Cauley, Susan Redline, Teresa A. Hillier, Jennifer Schneider, David Claman, Steven R. Cummings, Actigraphy-Measured Sleep Characteristics and Risk of Falls in Older Women, Archives of Internal Medicine（2008; 168: 1768-1775）

高齢者・若者比較に見る使いやすいデザインの考察
－多機能駅券売機の表示と操作にみる研究を通して－
Research on the design's easy to use compared the senior person and young person

○久保雅義，遠藤智己
京都工芸繊維大学大学院
KUBO Masayoshi, ENDO Tomomi
Kyoto Institute of Technology

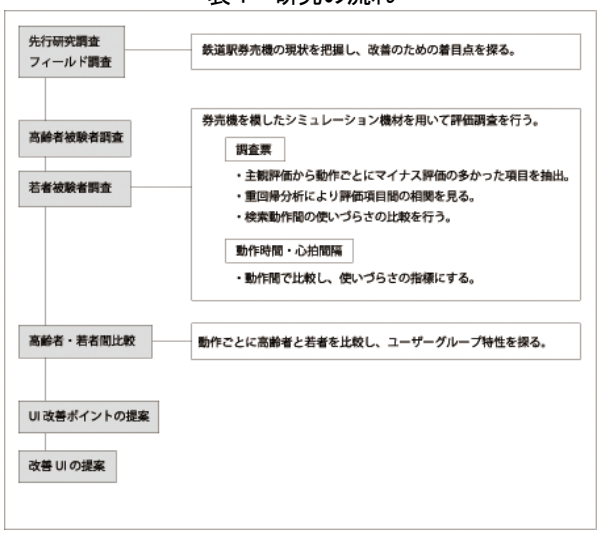
1. 研究背景と目的

近年、鉄道駅券売機は多機能化の一途を辿っている。また鉄道 IC カードの登場・普及により、全国的にタッチパネル式のものが多く、ひとつの画面上で多くの操作が行える最新式の券売機の導入が進んだ。券売機の多機能化に伴い、画面表示は複雑化し、現状では多機能化された券売機ユーザーインターフェイス（以下 UI と略す）の使いやすさについての検証や規格化はなされていない。また、これまでの鉄道駅券売機に関する研究では、金額ボタンを選択してきっぷを購入する動作のみに着目したものが多く、その他の機能に関しては検証がなされていないことが分かった。また、日本は超高齢社会に突入し、公共交通において益々の高齢者対応化が求められている。

そこで、本研究では、多機能・複雑化された券売機の UI に対して、高齢者・若者ともに使いやすい改善をするため、高齢者・若者の使いづらさの違いに着目して、機器評価を行った。

2. 研究方法

表 1　研究の流れ



3. 被験者調査

3.1. 調査概要

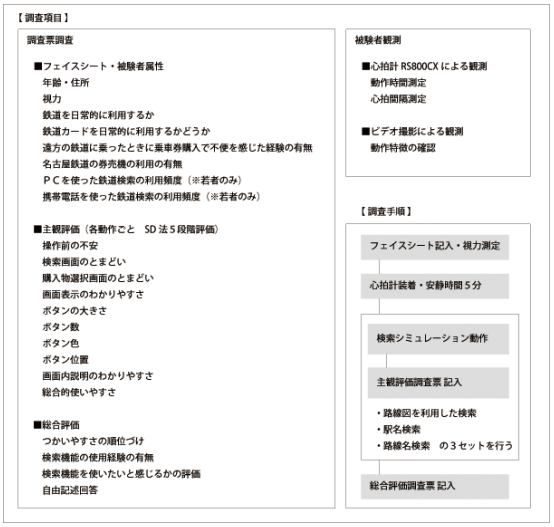
実施期間：2009 年 11 月 25 日（水）～12 月 24 日（水）
実施場所：京都工芸繊維大学総合研究棟 特別実験室
被験者数：高齢者 47 名・若者 38 名
（協力：京都市シルバー人材センター）

フィールド調査により、駅検索機能のつかいやすさ評価が今後の券売機の UI 改善に役立つことが分かった。そこで、実際に被験者調査によって現状の駅検索機能 UI の問題点を明らかにする。この調査ではシミュレーション機材を用いて、被験者に「路線図を利用した検索」「駅名検索」「路線名検索」の３つの検索動作を実際に被験者に行ってもらい、使いづらさの評価を得る。調査は名古屋鉄道 名鉄名古屋駅の実際の駅にある券売機を模して Logitech LCM-TT171AD/S タッチパネル式液晶に、Adobe Flash を用いて筆者が作成したタッチで動作するシミュレーション UI を表示させた、シミュレーション機材を用いて行う。

調査は調査票調査と被験者観測調査に分けて行った。調査票調査で行う主観評価、は SD 法５段階で操作使いづらさに関係する項目を調査し、分析した。また、被験者観測調査からは検索にかかる動作時間と動作間の平均心拍間隔を計測し、分析した。

図１　名鉄名古屋駅ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ式券売機ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ画面（左）　／　写真１　被験者実験風景（右）

表 2　調査項目



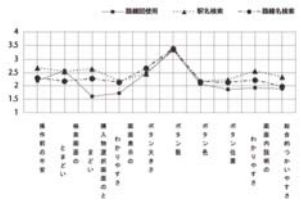


図 2　高齢者 主観評価
ＳＤ法結果分布 N=47

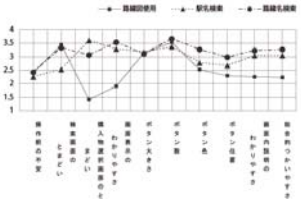


図 3　若者 主観評価
ＳＤ法結果分布 N=38

3.2. 被験者調査結果

3.2.1. 主観評価の結果

表 5　高齢者・若者間 主観評価平均値の差 まとめ

路線図を利用した検索	駅名検索	路線名検索
操作前の不安	操作前の不安	操作前の不安
検索画面のとまどい*	検索画面のとまどい	検索画面のとまどい*
購入物選択画面のとまどい	購入物選択画面のとまどい*	購入物選択画面のとまどい*
表示のわかりやすさ	表示のわかりやすさ*	表示のわかりやすさ*
ボタンの大きさ*	ボタンの大きさ*	ボタンの大きさ*
ボタン数	ボタン数	ボタン数*
ボタン色*	ボタン色*	ボタン色*
ボタン位置*	ボタン位置*	ボタン位置*
画面内説明の分かりやすさ	画面内説明の分かりやすさ*	画面内説明の分かりやすさ*
総合的使いやすさ	総合的使いやすさ*	総合的使いやすさ*

*：高齢者より若者の方が5%水準で有意にマイナスの評価が高い項目

3.2.1.1. 高齢者・若者間の比較

高齢者･若者間で主観評価の項目ごとの平均値の差を見るため、T 検定を行った結果、若者の方が 5%水準で有意にマイナス評価の高い項目が多く見られ､高齢者の方がマイナス評価の高い項目は見つからなかった。また、総合的使いづらさは若者・路線名検索共に、若者の方が有意に使いづらいという評価が高かった（表 5 参照)。

3.2.1.2. 使いづらさの要因

主観評価の結果より､総合的使いづらさの相関を見るため重回帰分析を行った結果、以下の結果を得た。

1.路線図を利用した検索では、高齢者は、総合的つかいづらさと有意に関係する要因は見つからなかった。また若者は、「路線図のとまどい」が総合的使いづらさに影響している事が分かった。

2.駅名検索では、高齢者・若者共に、「画面内説明の分かりづらさ」が総合的使いづらさに影響している事が分かった。また高齢者は、「検索画面のとまどい」が総合的使いづらさに影響している事が分かった。さらに検索画面のとまどいとの相関を見た結果、「ボタンの位置」が検索画面のとまどいに影響している事が分かった。また、若者は、「購入物選択画面のとまどい」と「表示の分かりやすさ」が総合的使いづらさに影響している事が分かった。

3.路線名検索では、高齢者・若者共に、「画面内説明の分かりづらさ」が総合的使いづらさに影響している事が分かった。

以上の結果より、駅名検索では高齢者・若者間で使いづらさの要因に差があり、路線名検索では高齢者・若者間で使いづらさの要因に差がない事が分かった。

3.2.1.3. 動作間の差

Bonferroni の多重比較を使い、動作間の主観評価の差について有意水準を修正して検定した結果､高齢者について以下（表 6）の事が分かった（図 2、3、表 3、4 参照)。

表 3　高齢者主観評価平均値 N=47

	操作前の不安	検索画面のとまどい	購入物選択画面のとまどい	操作画面表示のわかりやすさ	ボタン大きさ	ボタン数	ボタン色	ボタン位置	画面内説明のわかりやすさ	総合的つかいやすさ
路線図	2.19	2.57	1.60	1.72	2.47	3.34	2.06	1.87	1.94	1.89
駅名	2.68	2.53	2.64	2.17	2.45	3.36	2.15	2.23	2.55	2.32
路線名	2.30	2.17	2.28	2.13	2.66	3.36	2.15	2.13	2.21	1.96

表 4　若者主観評価平均値 N=38

	操作前の不安	検索画面のとまどい	購入物選択画面のとまどい	操作画面表示のわかりやすさ	ボタン大きさ	ボタン数	ボタン色	ボタン位置	画面内説明のわかりやすさ	総合的つかいやすさ
路線図	2.39	3.45	1.42	1.89	3.13	3.53	2.53	2.29	2.26	2.24
駅名	2.26	2.53	3.58	3.29	3.16	3.37	2.76	2.66	3.03	3.03
路線名	2.42	3.32	3.05	3.53	3.11	3.66	3.26	2.97	3.21	3.26

表 6　動作間の差

高齢者	1	券売機を使った駅検索機能の購入物選択画面は、金額表示画面よりもとまどいを感じやすい。
	2	駅名検索の画面内表示は、路線図を利用した検索の画面内表示より分かりづらい。
	3	総合的に駅名検索は路線図を利用した検索よりも使いづらさを感じやすい。
若者	1	駅名検索の検索画面が最もとまどいを感じにくい。
	2	駅名検索と路線名検索の購入物選択画面は、路線図を利用した検索での金額選択画面よりとまどいを感じやすい。
	3	駅名検索と路線名検索では、路線図を利用した検索より画面表示が分かりづらい。
	4	路線名検索が最もボタン色が分かりづらい。
	5	路線名検索は路線図を利用した検索よりボタン位置が分かりづらい。
	6	駅名検索と路線名検索は、路線図を利用した検索より画面内説明が分かりづらい。
	7	券売機の検索機能を利用した検索よりも、路線図を利用した検索のほうが使いやすいと感じる。

3.2.2. 動作時間の評価

高齢者・若者間では全ての動作時間平均で、5%水準で有意に差が見られた。このことから、高齢者は若者よりも駅検索動作に長い時間がかかることが分かった。

また、動作間の平均値を T 検定にかけた結果、高齢者・若者共に動作間の有意な差は見られなかったが､高齢者は駅名検索＞路線図を使った検索＞路線名検索の順で動作時間が短い傾向にあることが分かった。また、若者は路線図を使った検索＞駅名検索､路線名検索の順で動作時間が短い傾向にあることが分かった。

4. まとめ

1.高齢者より若者のほうが券売機の駅検索機能に使いづらさを感じやすい。

2.高齢者･若者で駅名検索の使いづらさの要因に差がある。

3.高齢者は駅名検索より路線名検索のほうが使いやすく感じる傾向にある。

4.若者は路線名検索より駅名検索のほうが使いやすく感じる傾向にある。

5.若者より高齢者の方が検索動作に時間がかかる。

これらの成果から、高齢者・若者それぞれに適した検索を使えるように誘導する事と、画面表示を高齢者・若者共に使いやすくする事が､券売機の使いやすさの改善に繋がるのではないかという考察を得た。

ユーザビリティに配慮した携帯型多言語医療対話支援システムの設計

Design of Face-to-face Multilingual Communication System on Handheld device in Medical Field

○尾崎俊，川島基子，松延拓生，吉野孝
和歌山大学システム工学部
OZAKI Shun, KASHIMA Motoko, MATSUNOBE Takuo, YOSHINO Takashi
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1. はじめに

現在，在日外国人数の増加に伴い，日本における多言語コミュニケーションの機会が増加している．コミュニケーションを行う際，言語の違いは大きな障壁となる．多言語コミュニケーションを正確かつ円滑に行うためには，言語の違いを克服する必要がある．特に医療現場では医療従事者と患者で正確なコミュニケーションが出来ない場合，医療ミスにつながる恐れがある[1)]．そのため現在，医療現場では医療通訳による対応が行われている．しかし，入院患者の対応は 24 時間必要であり，医療通訳が全て対応するには限界がある．そのため，情報技術による支援への期待が高まっている．これまでに著者らは，受付場面を支援する M³（エムキューブ）[2)]，診察場面を支援するビデオチャットを用いた診察時における医療通訳支援システムの開発を行ってきた．本システムでは，入院生活における，医療従事者と外国人患者の対話を支援の対象としている．正確性や効率が求められる医療分野において，システムのユーザビリティは大きく影響すると考えられる．そこで本稿では ISO13407 の人間中心設計の原則を参考にして携帯型多言語医療対話支援システムの仕様設計を行った．ISO13407 で定義されている，①利用状況の把握と明示，②ユーザと組織の要求事項の明示，③設計による解決案の作成，④要求事項に対する設計の評価，のプロセス[3)] のうち①，②，③を行った．

2. 携帯型多言語医療対話支援システム

我々はこれまでに，医療通訳者の派遣事業を行っている NPO 法人多文化共生センターきょうとの方々の意見を参考に，携帯型多言語医療対話支援システムを検討してきた．図 1 に本システムの利用イメージを示す．

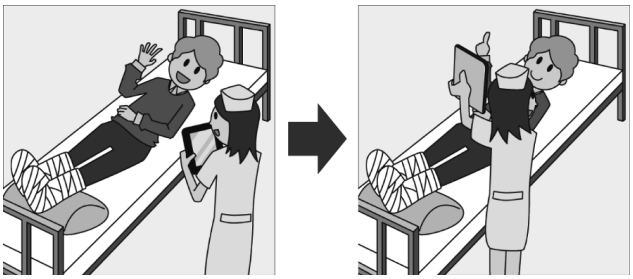


図1 携帯型多言語医療対話支援システムの利用イメージ

2.1 実装機器

病院内広域で外国人患者との対話する機会があるため，システムを携帯端末に実装する．

2.2 主要機能

(1)場面検索機能

医療場面を選択することで，その場面に応じた会話文を検索することができる．

(2)音声翻訳

話した言葉を相手の言語へ翻訳し，音声と文字で伝えることができる．

2.3 翻訳する言語

日本における，外国人登録者数の割合が多い上位五カ国籍[4)] の母語（中国語，韓国語，ポルトガル語，タガログ語，英語）へ相互翻訳できるように実装してある．

3. 調査方法

本システムで対象とする医療現場における，外国人患者との対話状況，ユーザの要求事項を把握することを目的として以下の調査を行った．

3.1 調査報告書の分析

2007 年 4 月に多言語社会リソースかながわ（MIC かながわ）から発行された「在住外国人医療サービスに関する調査報告書」[5] の分析を行った．この報告書では，MIC かながわが通訳者を派遣している医療機関のうち，派遣数の多い上位 21 機関に対してアンケートを行っている．医療従事者全体で，210 人にアンケートを依頼し，137 人から回答があった．調査期間は 2007 年 1 月から同年 3 月である．この調査報告書から，以下 3 つの項目をピックアップした．

(1)通訳以外のコミュニケーションに対する信頼度

(2)支援の要望が高い外国語

(3)医療従事者の外国語会話能力

3.2 外国人患者との対話における痕跡調査

通訳者の不在時に，外国人患者との対話の際使用している道具を調査した．道具の一つとして，外国人患者の言語に翻訳した会話集が掲載されているリーフレット（以後，多言語リーフレット）を入手した．

3.3 医療従事者へのインタビュー

医療現場でインタビューは困難であったため，和歌山大学の保険管理センターに務めている，医師，看護師それぞれ一名ずつにインタビューを行った．医師は和歌山大学以外の医療機関にも勤めているため，学生以外の対応もされている．この施設には年間約 100 人の外国人留学生が訪れ，診察は 50 人ほど受ける．インタビューでは，外国人患者とのコミュニケーションで困った事例を聞いた．さらに，プロトタイプの実演を行い，意見を聞いた．

4. 調査結果

4.1 調査報告書の分析結果

(1)通訳以外のコミュニケーションに対する信頼度

報告書では，信頼度の定義を，ある医療場面においてそのコミュニケーションの方法が「活用できる」あるいは「許容範囲」と回答した数を 100 点満点に換算したものとしている．医師 42 人の回答を得ている．その結果を，表 1 にまとめた．

①多言語リーフレット

197 人中 28 人(14.1%）に使用されている．信頼度は「簡単な処置・検査」が約 50 点で，それ以外の場面では 30 点以下だった．

②身振り手振り

197 人中 47 人（23.7%）に使用されている．信頼度は「簡単な処置・検査」で 26 点で，それ以外の場面では 10 点未満だった．

表 1　コミュニケーション別医療場面別信頼度
（単位：点（100 点満点））

	医療通訳	多言語リーフレット	身振り手振り
初診時主訴聞き取り	98	26	7
治療方針説明（重病以外）	100	17	5
簡単な処置・検査	83	48	26
重病告知・手術前説明	100	0	0
急変・緊急時	95	5	5
服薬説明	95	24	5

(2) 支援の要望が高い外国語の調査結果

医療機関が受け入れた通訳者の言語は，スペイン語が最も多く，約 27%，次いで中国語が約 19%，ポルトガル語約 17%，英語約 15%，タガログ語訳 10%の順となっている．結果を表 2 にまとめた．

表 2　受入医療通訳者の言語（単位：%）

言語	割合
スペイン語	27
中国語	19
ポルトガル語	17
英語	15
タガログ語	10

(3) 医療従事者の外国語会話能力

43 人中 38 人（約 9 割）の看護師が，特に外国語会話能力がないと答ている．さらに，英語以外の外国語が日常会話程度できると答えたのは 1 人だけであった．結果を表 3 にまとめた．

表 3　看護師の外国語会話能力（単位：人）

外国語会話能力	人数（割合）
特に外国語会話能力はない	38(88.4%)
英語は日常会話程度ができる	3 (7.0%)
英語は診察に困らない程度できる	1 (2.3%)
英語以外の外国語が日常会話程度できる	1 (2.3%)
英語以外の言語が診察に困らない程度できる	0 (0.0%)
合計	43(100%)

4.2　外国人患者との対話における痕跡調査結果

図 2 は中国人患者との対話に使用している多言語リーフレットである．リーフレットには，日本語と中国語の対で会話文が表記されていた．リーフレットのサイズは A4 であり，枚数は全部で 35 枚であった．その中に日本語と中国語の対となっている文は 55 個あった．その中から医療場面と関係がある文 7 個を表 4 にまとめた．

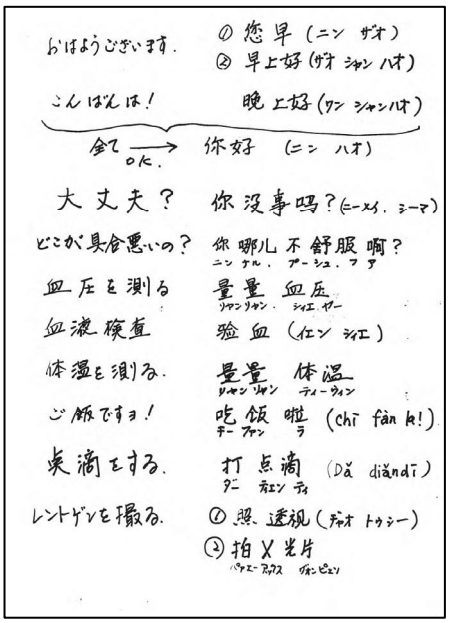


図 2　中国人患者との対話で
使用されている多言語リーフレット

表4　多言語リーフレットの会話文から想定される医療場面

会話文	医療場面
月　日　時に尿/便/血液検査があります．	検尿・検便 血液検査
血圧を測る	血圧測定
体温を測る	検温
点滴を打つ	点滴
お食事は，ご飯，おかず． 全部/半分/3 分の 1　食べた 全く食べてない	食事
体ふきますか？	整容
お薬は飲めましたか？	服薬

4.3　医療従事者へのインタビュー結果

以下に，外国人患者の対応の方法と，プロトタイプの動作を見た感想を医師，看護師に分けて示す．

(1)外国人患者の対応

医師

・自身，留学生とも英語を話すことができるため，特に不便はしていない

・自身の病院では，中国人患者が来院したとき，患者の家族が日本語を喋れたので対応できた

看護師

・英単語でコミュニケーションをとっている

・分からない英単語は辞書を引いて，それを相手に見せている

(2)プロトタイプに対しての意見

医師

・難しい言葉を翻訳するより，簡単な言葉のやりとりができるほうがいい

看護師

・相手に伝えるまでに時間がかかりすぎる

・単語でやりとりするのはどうか

・場面検索は受付など，会話がある程度決まっている場面では有効

・ネイティブの発音で伝えることができたらいい

5.　システムの仕様の考察

5.1 利用状況の把握と明示

本研究から得られた仕様のみを以下にまとめる．

(1)場面の特性

本システムが支援する場面を，多言語リーフレットで支援している場面と，調査報告書から得た医療場面ごとの信頼度を参考に，以下 11 の場面に決定した.

①血圧測定，②血液検査，③点滴，④検温，⑤検尿，⑥検便，⑦レントゲン検査，⑧服薬，⑨整容，⑩食事，⑪日常会話

(2)ユーザの特性

①日本人看護師

・約 9 割が外国語会話能力がない

・3 カ国語以上喋ることは，ほぼ不可能

②外国人患者

英語，中国語，韓国語，スペイン語，ポルトガル語，タガログ語が母語である患者を支援の対象とする．日本における外国人登録者数の割合[4]と，医療通訳者が必要とされた外国人の母語の割合から決定した.

5.2 ユーザと組織の要求事項の明示

現時点で推測できる要求事項を以下に示す.

・目的の翻訳文を素早く検索できること

・用意した翻訳文以外にも対応できること

・端末機器が容易に持ち運べること

・相手に伝えるまでに時間がかからないこと

5.3　設計による解決案の作成

プロトタイプの仕様から変更した点を以下に示す.

(1)支援する場面の明確化

プロトタイプでは入院生活全般を支援するとしていたが,支援する場面を5.1章で示した11場面に絞った.

(2)お気に入り登録機能の追加

どの患者への翻訳文か分かるように保存できる機能を実装することで，使いたい翻訳文を素早く見つけることができる ．

(3)翻訳する外国語の追加

医療機関からの通訳要望が高いスペイン語を追加する.

6.　まとめ

本稿では，ISO13407 の人間中心設計プロセスを参考に，日本人医療従事者と外国人患者の対話を支援するシステムの仕様を検討した．その結果，システムで支援することが可能な場面，インタフェース要求事項を把握することができた.

今後，本仕様を反映させたプロトタイプを作成し，ユーザテストを行う．その後，本システムのユーザビリティを評価を行い改善を重ねていく.

謝辞

本研究の一部は，総務省の戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE) の平成 22 年度採択課題「医療現場における利用者適応型多言語間コミュニケーション支援のための基盤技術の研究開発」による.

貴重な資料をご提供していただいた，多文化共生センターきょうと，インタビューを快諾して下さった，和歌山大学保健管理センターの方々に深く感謝する.

参考文献

1) 田村 太郎：多民族共生社会ニッポンとボランティア活動，明石書店 (2000).

2) 宮部 真衣，吉野 孝，重野 亜久里：外国人患者のための用例対訳を用いた多言語医療受付支援システムの構築.電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J92-D No.6, pp.708-718 (2009) .

3) 黒須 正明，平沢 直毅，堀部 保弘，三樹：ISO13407 がわかる本，オーム 社 (2001).

4) 法務省：平成２０年末現在における外国人登録者統計について，法務省（オンライン），入手先〈http://www.moj.go.jp/nyuukokukanri/kouhou/press_090710-1_090710-1.html〉(参照 2010-10-10).

5) 特定非営利活動法人多言語社会リソースかながわ：在住外国人医療サービスに関する調査報告書，特定非営利活動法人多言語社会リソースかながわ(2007).

DEMATEL を用いたユーザビリティタスク分析手法の検討

Examination of Usability Task Analysis with the use of DEMATEL

○篠田茉未絵*，山岡俊樹**

*和歌山大学大学院システム工学研究科　**和歌山大学システム工学部

SHINODA Mamie*, YAMAOKA Toshiki**

*Graduate School of Systems Engineering Wakayama University, **Faculty of systems Engineering Wakayama University

1.　概要

ユーザビリティタスク分析とは，タスク分析に立脚しユーザ要求事項抽出とユーザビリティ評価の両方を行う事が出来る分析手法 [1]である．本研究ではユーザ要求事項の関係を読み取るため,文章完成法と DEMATEL（Decision Making Trial and Evaluation Laboratory）を用いて分析を行った．その結果と考察を報告する．

2.　実験方法について

ユーザビリティタスク分析とは，ユーザにタスクを遂行させ，ユーザの行動や発言からユーザ要求事項を抽出するユーザビリティ評価手法である．ユーザがタスクを実行する過程の中で感じた，良い点，悪い点の両面をユーザのコメントとして抽出し，同時に評価点も得ることにより，製品の評価・分析を行う方法である．

今回の実験では，ユーザのコメントを抽出する手段として文章完成法を用いる．１タスクを遂行させた後，製品について良い点を「A なので B だから C で良い」のフォーマットに従ってコメントを完成してもらった。A，B，C の部分はユーザの思った通りの言葉を自由に発話してもらうが，A の部分は『部品名』を，B の部分は『どうなっている』かという状態を，C の部分はその結果『どうである』かという意見を言ってもらうように条件を付けた．そうすることで，フリーワードの属性を統一した．

ユーザビリティタスク分析ではコメントについて点数を付けてもらっていたが，今回は点数ではなくフォーマットに「A なので B だから C，よってとても良い／良い／少し良い」のように３段階用意した．点数を付けることはユーザの負担になるため，選択できるようにすることで負担の軽減を狙った．更に，『とても良い／良い／少し良い』と差をつけることで，後に解析する際に点数の差別化をすることが出来る．得られたフリーワードは全て一度カテゴリ化をしてから解析をする．本実験では表１のフォーマットを用いた．

解析の方法は DEMATEL 法を用いる．「文章完成法」で得られたデータを「A→B」「B→C」ととらえ、言葉同士の関係性を DEMATEL によって解析する．抽出した A，B，C のフリーワードは表現が多用であるので，同じ意味を持っているフリーワードは統一し揃える．部品名や，語尾が違うなど様々な言い回しが存在するのでそれらを統一する．そしてそれらの要素に関係性が認められれば重みを入力し，隣接行列を作成，プログラムによって分析をする．

DEMATEL はシステムの構成要素の一つ一つに意味を持たせ，要素関連に関係の強度をふまえ，独自に有向グラフ化させることができる手法である [3]．ユーザの発話したフリーワード同士の関係性を，ユーザの製品に関する要求事項の構造として定量的・客観的に把握できると期待し，今回起用した．

3.　実験内容

本実験の協力者として，よく電子辞書書を使用している学生５名を対象に実験を行った．用いた製品は電子辞書２種類で，一つはキーボードで操作するもの，もう一つはタッチペンによる手書き操作をす

シーン：				
タスク		製品1	製品2	製品3
タスク(1)	5点満点			
	良い点	（　部品　）は（どうなっている）ので（どうである）からとても良い （　　）は（　　）ので（　　）から良い （　　）は（　　）ので（　　）から少し良い	〃	〃
	悪い点	（　部品　）は（どうなっている）ので（どうである）からとても悪い （　　）は（　　）ので（　　）から悪い （　　）は（　　）ので（　　）から少し悪い	〃	〃
タスク(n)	5点満点			
	良い点	（　部品　）は（どうなっている）ので（どうである）からとても良い （　　）は（　　）ので（　　）から良い （　　）は（　　）ので（　　）から少し良い	〃	〃
	悪い点	（　部品　）は（どうなっている）ので（どうである）からとても悪い （　　）は（　　）ので（　　）から悪い （　　）は（　　）ので（　　）から少し悪い	〃	〃
総合評価	5点満点			
	良い点	（　部品　）は（どうなっている）ので（どうである）からとても良い （　　）は（　　）ので（　　）から良い （　　）は（　　）ので（　　）から少し良い	〃	〃
	悪い点	（　部品　）は（どうなっている）ので（どうである）からとても悪い （　　）は（　　）ので（　　）から悪い （　　）は（　　）ので（　　）から少し悪い	〃	〃

表 1. 今回用いたユーザビリティタスク分析のフォーマット

るものを用意した（図１参照）.

図 1. 実験で使用した電子辞書
上）CASIO XD-H7100 下）CASIO XD-SF6300

ユーザビリティタスク分析の手順として，まず主要なシーンを設定し，そのシーンについて考えられるタスクを書き出す．本実験では電子辞書を用いたシーンを「室内のテーブルの上で，わからない英単語を調べる.」とし，それに付随するタスクを以下のように設定した.

タスク１）電子辞書を開いて電源を入れる
タスク２A）使用する英和辞典を，ショートカットキーによって選択する
タスク２B）使用する辞書をメニュー画面から十字キーを用いて選択する
タスク３）調べる英単語を入力する
タスク４）結果を表示し、見る
タスク５）調べた英単語の用例を見る
タスク６）表示されている辞書中の語句を調べる（ジャンプ機能を使って調べる）

次に，実験協力者に用意した３つの製品を１タスクずつ操作し，評価をしてもらう．全ての製品を一通り操作し終えたら，各製品に対して５点満点中何点であるか評価してもらい，その評価点をつけた理由について「良い点」「悪い点」の両方の観点から，前述したとおり，フォーマットに従ってコメントを述べてもらう.

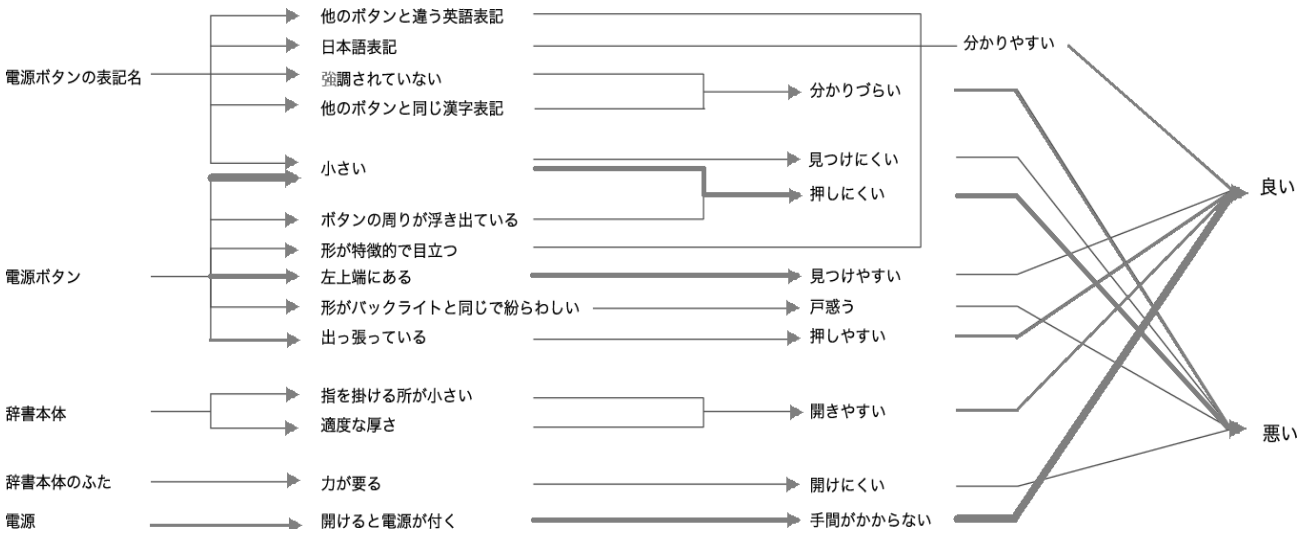


図 2. タスク 1 における実験結果

最後に全てのタスクの評価が終わった後，製品ごとの総合評価として，タスクの時同様に，５点満点中の評価点，更にその理由を「良い点」「悪い点」の観点から述べてもらい，評価点をつけてもらう．

4. 分析方法

前述している通り，文章完成法で得たフリーワードによるコメントを，DEMATEL 法を用いて分析をする．DEMATEL 法で分析するために，隣接行列を作成する（表 2 参照）．今回は統一したフリーワード全てを行列の要素とする．そして行要素が列要素へ直接的な因果関係があると認められる場合は数字を，認められない場合は 0 を入力する．このとき，既にデータは「A→B」，「B→C」となっているので，行要素が A の場合は B に数字を入力し，B の場合は C に入力をする．

このように隣接行列を求めた上で，タスクごとや製品ごとに分けて DEMATEL 法による解析を行った．

5. 実験結果

実験結果の一部である，「タスク１）電子辞書を開いて電源を入れる」についての実験結果は図２のようになった．各項目が実験協力者にタスクを遂行する上で感じた事を書いたフリーワードを統一したものである．左から A（部品名），B（部品名がどうだったか），C（そしてどう感じたか）が配置されており，最終的に良いか悪いかの評価へ矢印が繋がっている．線の太さは出現頻度の多さと，「とても良い」，「良い」，「少し良い」の重み付けを合計した数値が高い程太く表示した．つまり，線が太いほど被験者が感じた回数が多い，もしくは，とても重要に感じた項目であることがわかる．以上の事を踏まえて実験結果（図２）に対する考察を行う．

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	10	0	3	0	0	6	0	3	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2. タスク 1 の隣接行列

タスク１の実験結果において，「電源ボタンの表記名」は他のボタン付近に書いてある表記名が「日本語表記」ばかりの漢字で「強調されていない」の

で「分かりにくく」，また「小さく」細かいため「見つけにくい」．従って「他のボタンとは違う英語表記」にすると「分かりやすい」デザインとなる．「電源ボタン」はまず「小さい」ことにより「押しにくい」と書かれた回数が多く，「押しにくい」ことによって「とても悪い」評価が多かった．「ボタンの周りが浮き出ている」ため他のボタンより目立つようにデザインされているように伺えるが，結果電源ボタンは押しにくく，小さいので，あまり良くないデザインであると言える．「特徴的な形」であり，「左上端にある」ことで「わかりやす」く「見つけやすい」が，他に「同じ形のボタンがあって紛らわしい」ことで操作に「戸惑」ってしまうこともある．「辞書本体」に関しては，「指をかける所が小さい」ことで「開けにくい」所もあるが，辞書本体に「適度な厚さ」があるため「開きやすくて」「良い」と評価された．持ち運びを考えたサイズダウンや軽量化を目指すよりも，適度な厚みや大きさ，フィット感のある形状が求められていると考えられる．「辞書本体のふた」も同様で，開ける時にヒンジの部分が硬く，「力が要る」ので「開けにくい」から「悪い」と評価されている．「電源」については，調べようと電子辞書を「開けると（電源ボタンを押さなくても）電源が付く」ので一々電源ボタンを押す「手間がかからない」ので「とても良い」という評価を得た．タスク数が少ない事により，実験協力者から大きな高評価を得ている事が分かった．

このことからユーザは「分からない英単語を調べる」シーンにおいて，出来るだけ簡単に，ボタンが押しにくいことや開けにくい，戸惑わないなどの手間がかからない操作を望んでいることが分かった．

6. おわりに

本研究ではユーザ要求事項の関係を読み取るため，文章完成法と DEMATEL 法を用いて分析を行った．今回は電子辞書を用いてユーザビリティタスク分析を行い，文章完成法を用いる方法によって実験協力者からのコメントを得た．その結果，今回分析を行った電子辞書に対するユーザ要求事項を抽出，関係を構造的・定量的に見ることが出来た．

この実験結果から，本実験は DEMATEL 法を用いたユーザビリティタスク分析がユーザの製品に関する要求事項の構造として定量的・客観的に把握することが出来たと考察する．

今後の予定として，DEMATEL 法による実験結果と，実験協力者がタスクごとに得点をつけた点数との関係を見出す方法を検証していきたい．

参考文献

1) 山岡俊樹他: ユーザの多面的情報を抽出できるユーザビリティタスク分析，人類働態学会会報，No.87, pp.21 (2007)
2) 山岡俊樹他: ユーザ要求事項抽出及び評価のためのユーザビリティタスク分析の提案，日本デザイン学会誌　第 55 回研究発表大会概要集，pp. 372-373 (2008)
3) 林俊克他: デマテルによる看護婦の化粧意識の解析，日本行動計量学会第 28 会大会発表論文抄録集，pp113-114 (2000).
4) 濃沼政美他: 実務実習事前教育に向けたテキストマイニング手法の活用，YAKUGAKU ZASSHI, Vol. 128, No.6, pp.925-931 (2008).

ウェブのコンテンツ領域に対応した
ユーザビリティ評価用閲覧状況分析ツールの提案

Development of Gaze Analysis Tools on Contents Area for Web Usability

○松延拓生

和歌山大学システム工学部

MATSUNOBE Takuo

Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1. はじめに

画面インタフェースのユーザビリティを考える上で，ユーザがどの部分を見て使用しているかを把握することはデザインを検討する有益な情報である．そのため多くのアイトラッキングを利用した視線の分析が数多く行われている．しかし製品開発の現場では，視線の分析に多大な時間が必要となることから，定量的に評価をすることよりも，代表的なユーザの視線を定性的に確認する程度の利用となっている[1]．

この問題に対し，筆者らはヘッドマウント方式のアイカメラを利用した頭部非拘束型の計測において，評価の対象となるインタフェースを含む画面領域を自動検出し，視線座標を視野の座標系から対象画面の座標系に変換する方法を開発し，分析の効率化に取り組んできた[2),3),4),5)]．次の課題として画面内の注視対象を自動的に特定することが挙げられる．画面内の変化としてスクロール，表示している画面自体の遷移がある．画面の変化する代表的なものとしてウェブがある．ウェブのユーザビリティ評価にアイトラッキングを利用する取り組みが広がっているがヒートマップのような画面上に視線の停留状態をプロットしたものでの検討が中心である．阪井ら[6)]や中道ら[7)]は画面の変化に対応したウェブページ単位での分析を可能とするツールを開発している．しかし現状ではページ単位での眼球運動の分析は可能であるがコンテンツ単位での分析は実現されていない．コンテンツに対応した分析[8)]は人手で行っているのが現状である．

本研究ではウェブユーザビリティ改善を目的に，視線位置のウェブページのコンテンツ領域特定を自動的に行うツールを開発した．

2. ユーザビリティ評価における眼球運動の分析

これまで，ユーザビリティ評価のための非接触型のアイカメラを用いた眼球運動計測データの分析は，表示しているディスプレイの座標系で行われてきた．これは計測機器から出力される座標系が，ディスプレイの座標系となっているため定量評価しやすいためである．

ウェブのユーザビリティを考える上で，評価の対象となっているのはウェブページもしくはウェブサイトである．ウェブページの設計を検討する場合，コンテンツの量や表示設定（文字サイズの大きさ）によってはスクロールが生じることがある．ディスプレイ座標系から得られるのはあくまで位置情報だけであり，注視対象すなわちコンテンツと対応づけることは自動化されていない．そのためコンテンツと対応した分析を行うには，ウェブのような画面が変化する視対象の場合，人の目で視線座標位置にあるコンテンツを frame by frame で特定していく必要があった[9)]．これには多大な時間を要するため，多くの研究ではディスプレイ座標上での眼球運動の特徴を元にページ単位の評価が行われてきた．しかしユーザインタフェースの改善のためには，最終的に何を見ていたかについてほとんどの研究において考察されている．

3. ウェブユーザビリティ

ウェブのユーザビリティを考える上で，ページを構成する情報のレイアウトが重要であるが，CSS を用いてコントロールされることがほとんどである．CSS を用いてレイアウトをコントロールする場合ブ

ロック領域を指定するタグ（代表的なものは div）がよく HTML にて利用される．また，CSS では複数のページでレイアウトを共通の設定でコントロールすることもあり，共通領域ごとに class 指定を行う．

図１　タグ領域によるページの領域分割例

そこでコンテンツ領域としてブロック領域で指定される領域をウェブ閲覧状況を把握するための単位とした．このメリットとしてウェブサイトの評価を行う場合に，異なるページ間でも同じ class 設定のされた領域をどの程度見ているかといった比較が可能となることが挙げられる．例えば図１のような領域分割が可能となる．HTML は文書の構造化のための言語であるため，意味のまとまりとしても整理されている．

4.　評価ツール

本ツールはウェブブラウザの機能を含んだ計測・分析ツールである．計測ツールに含まれるブラウザは，インターネットエクスプローラのコンポーネントを利用しているため，表示はインターネットエクスプローラと同等となっている．プラグインを導入すれば Flash などの表示も可能である．

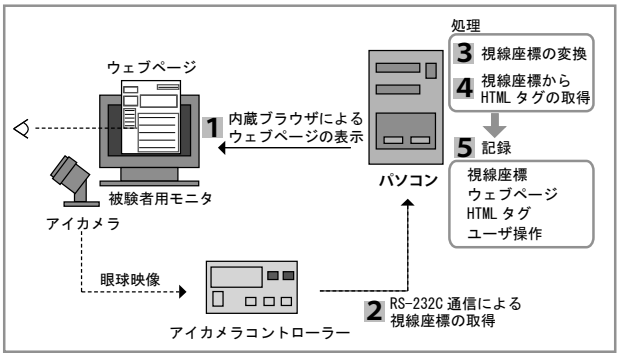


図２　機器構成

計測システムの構成は図２のようになっている．アイトラッキング装置（ナックイメージテクノロジー社製 EMR-NL8B）から出力される視線座標データを計測用 PC で受信する．計測された座標はディスプレイ座標系であるため，アプリケーション内のブラウザの座標系に変換する．次にブラウザの座標位置にある HTML タグを取得する．閲覧状況としてページタイトル，表示したウェブページの URI，視線座標，ページ遷移方法（リンク，URI 入力，戻る，進む），スクロール量，ブラウザサイズが操作時刻と共に記録される．

HTML タグは，視線座標位置のタグが記録されるが，本研究では図１に示したコンテンツ領域の内，各メニューとメインコンテンツの位置を示す body 直下の div に注目して親要素のタグも取得できる．取得するタグのレベルは相対的に設定が可能である．

5.評価

5.1　評価方法

実際に本ツールを用いてウェブサイトの評価を実施した．対象サイトは和歌山県田辺市のウェブサイト[10]を利用した（図３）．このサイトは図４のように３種類のページレイアウトが使用されている．図４

中の(2)のようなレイアウトのページには，※１で示し他目的別メニューの領域がある．HTML は，DIV，TABLE を領域分割に使用しており，ID 属性，CLASS 属性値により個別の領域が区別されている．被験者は 20 代の学生 12 人である．本評価ツールを用いて対象サイトを利用させた．本ツールにより閲覧情報を記録すると共に，アイマークを含んだ画面（視野カメラ映像）をビデオ記録した．被験者には「１：婚姻届に必要なもの」，「２：住民票の移動に必要なもの」を調べるという２つのタスクを行わせた．タスクの説明はサイト内で使われている言葉を使用せず行った．タスク終了後に被験者が何を考えながら閲覧していたかを確認するため，記録したビデオで視線の動きを見ながら解説を行ってもらう形でインタビューを行った．

図３　対象サイトページ例

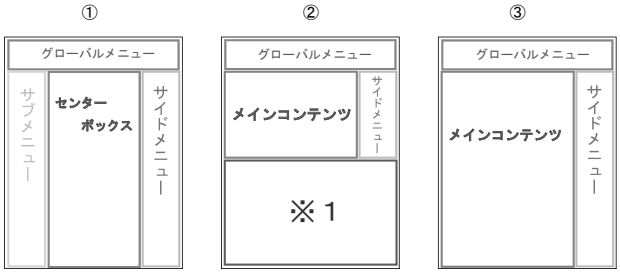


図４ 対象サイトのページレイアウト

5.2 評価結果

支援ツールを用いて，ページ遷移，停留点軌跡，停留軌跡比較図，視線停留時間比較を行った．本論文ではナビゲーションに最も影響を与えるトップページのユーザビリティ評価のために，トップページ内の領域別停留時間をまとめたグラフを図５に示す．

対象サイトのページ構成は図６のようになっている．タスク１からタスク２終了までのページ単位の閲覧ルートの代表的８ルートを図７に示す．

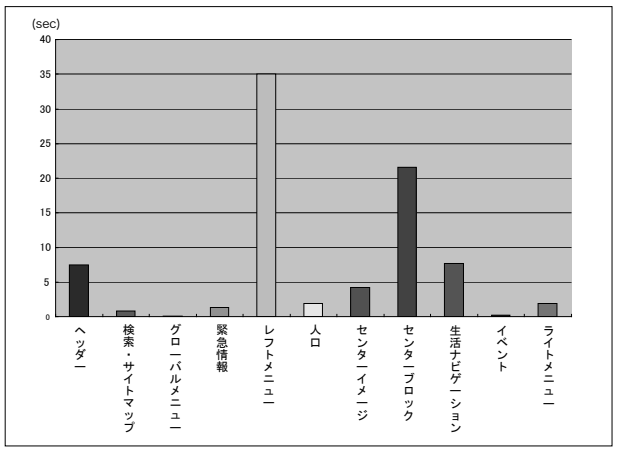


図５　トップページの領域別停留時間

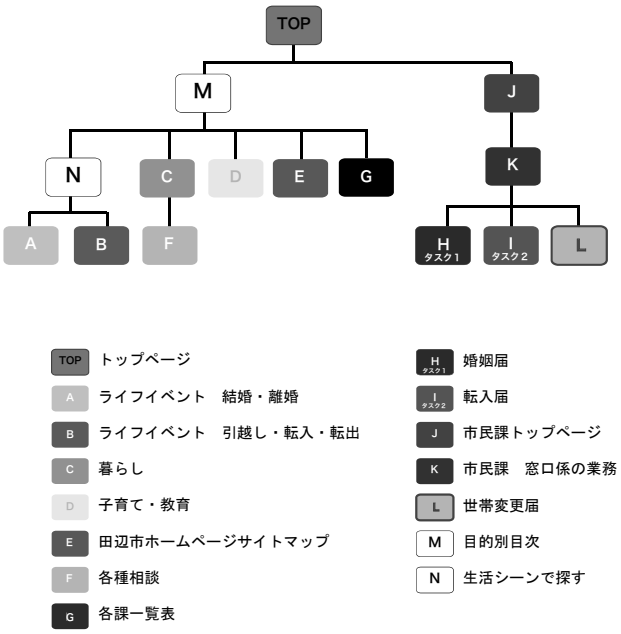


図６　田辺市ウェブサイト構成

6. 考察

ページ遷移図では被験者が迷った場所，その時の行動がわかるようになった．また被験者による閲覧の際の方略のタイプを発見できた．停留点軌跡図からは，コンテンツ領域毎の停留した時間，順序が一覧でき，ページ遷移順に並べることでユーザ毎の特徴が把握しやすくなった．領域毎の停留時間比較図からはコンテンツ構成とメンタルモデルの関係を検討可能となった．

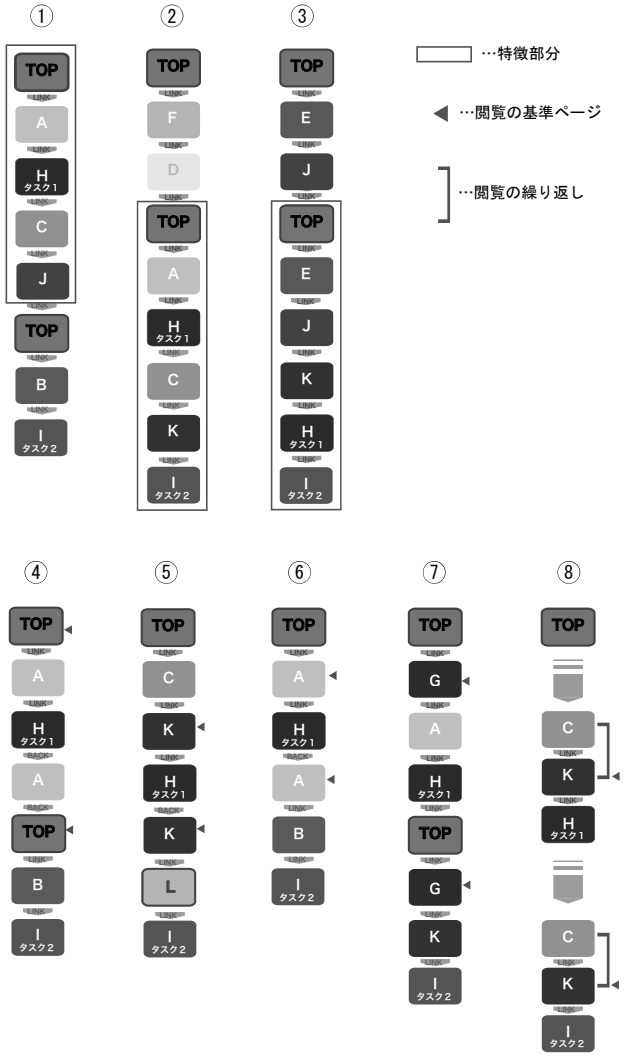


図７　閲覧ルートの特徴

7.　おわりに

本研究では，ウェブサイトを閲覧した際の視線分析を，画面単位ではなくコンテンツの領域，ページ単位での評価を支援するツールを作成した．その結果，各被験者のタスクの達成の仕方に加え，各ページのコンテンツ領域別軌跡，停留時間などからコンテンツ構成がユーザのメンタルモデルに合っていないことが効率的に検討可能になった．

現状では HTML タグの分析方法を検討中で，特にページを跨いだ閲覧のサイト構造の評価方法に課題が残る．また Flash については Flash 領域の検出は可能であるが，ページのほとんどを Flash で構成されている場合は，コンテンツ領域の特定が困難となる．Flash 内の領域については，一部特定可能なものもあるため仕様書の確認を行っている．今後ウェブ以外の評価にも本ツールを応用する方法を検討予定である．

謝辞

本研究の一部は，総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE) の平成 22 年度採択課題「医療現場における利用者適応型多言語間コミュニケーション支援のための基盤技術の研究開発」による．

参考文献

1) 和井田理科: 説得材料としてのユーザビリティ・テスト，ヒューマンインタフェイスシンポジウム論文集, pp. 295-298 (2010) .

2) 松延拓生，下野史弘，山岡俊樹:注視物分析を用いたユーザビリティー評価法の検討，平成 16 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 40-42 (2004) .

3) 下野史弘，松延拓生，山岡俊樹:アイマークレコーダ視野画像処理によるユーザビリティー評価システムの構築，ヒューマンインタフェイスシンポジウム論文集， pp. 393-398 (2004) .

4) 松延拓生:ユーザビリティ評価のための注視物分析に関する研究，日本生理人類学会誌, Vol. 11， 特別号, pp. 128-129(2006).

5) 佐藤康仁，松延拓生:非固定視野映像による注視点分析法，パナソニック電工技報，Vol. 58，No. 1, pp. 68-73(2010).

6) 阪井誠，中道上，島和之，中村匡秀，松本健一:WebTracer:視線を利用した Web ユーザビリティ評価環境，情報処理学会論文誌 Vol. 44，No. 11, pp. 2575-2586(2003).

7) 中道上，木浦幹雄，山田俊哉，上野秀剛:Web インタラクションの協調的可視化ツールの提案， ヒューマンインタフェイスシンポジウム論文集，pp. 341-344(2010) .

8) 松延拓生，鳥羽舞衣子:視線情報と操作ログを用いたページを跨ったウェブユーザビリティ評価，平成 20 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 151-154(2008).

9) 福田忠彦研究室: 人間工学ガイド，サイエンティスト社(2004).

10) 和歌山県田辺市ウェブサイト: http://www.city.tabnabe.lg.jp/index.html，2010 年 2 月 31 日

Web アクセシビリティの問題点に関する相関ルール抽出

Extracting Association Rules on Webpage Accessibility Problems

田中悠輝，仙波元樹，○岡田英彦
京都産業大学工学部情報通信工学科
TANAKA Yuki, SEMBA Motoki, OKADA Hidehiko
Dept. of Information Communication Eng., Faculty of Eng., Kyoto Sangyo University

1. はじめに

Web の普及に伴い，Web アクセシビリティの重要性がますます高まっており，設計ガイドラインの策定 [1]，規格化 [2]，検査手法・自動化ツールの開発 [3),4)] などが活発に進められている．例えば，JIS X 8341-3[2)] に記載のガイドラインへの適合性を検査可能なツールを用いれば，検査対象の Web ページにおいてガイドラインに適合しない箇所（問題点）を発見することができる．

本研究では，Web ページのアクセシビリティ上の問題点に関して，同じページのなかで一緒に発生しやすい問題点の組合せを調べる．ある特定のガイドラインの組合せについて問題点が共起しやすいことがわかれば，その原因を調べることにより，問題点の少ないページを作成する上で注意すべきことがわかると期待される．本研究では，JIS X 8341-3 の 5 章に記載のガイドラインに関して，問題点の共起性を分析する．

2. 抽出方法

2.1 抽出に用いるデータ

問題点の共起性を分析するために，まず，問題点の事例データを集めた．この事例データは，「Web ページ Wi に，検査項目 Cj に関する問題点が Pij 個含まれている」というデータであり，Wi を行，Cj を列，Pij の値を i 行 j 列のセルの値とすれば，行列形式のデータとなる．Wi としては既存の Web サイトのトップページを用いることとし，「Yahoo!カテゴリ」[5)] に掲載されたカテゴリ 14 種類のそれぞれについてランダムに 100 サイトをサンプリングした．これら 1400 サイトのトップページについて，Pij の値を求めるために，自動検査ツール WebInspector 5.11[6)] を利用した．本ツールは，JIS X 8341-3 の 5 章に記載のガイドラインを診断するために，90 項目の検査機能が実装されている．本研究で得たデータ Pij の j の値は 1～90 である．つまり，今回集めたデータは 1400 行 90 列の行列形式のデータであり，行列の要素の値は 0 以上の整数である．

2.2 問題点共起の調べ方

問題点の共起性を分析する方法として，本研究では相関ルール分析（アソシエーション分析）を用い，上記の事例データから相関ルールを抽出することとした．得られるルールは，

X→Y

の If-Then 形式をしており，X は{Cj}の部分集合の and 結合によって表現される条件部，Y は Cj のいずれか 1 つで表現される結論部である．

今回は，共起性分析の初期的な調査として，問題点の「数の大きさ」は考慮せず，問題点の「有無」に注目することにした．つまり，「どのような検査項目の問題点を含んでいるページは，別のどのような検査項目の問題点も合わせて含んでいることが多いか」を調べることにした．そこで，相関ルール抽出への入力となるデータは，元の{Pij}ではなく，以下のルールで{Pij}を 2 値化した{Qij}とした．

If Pij = 0 then Qij = 0, else Qij = 1.

つまり，ページ Wi が検査項目 Cj に関する問題点をまったく含んでいなければ「問題点なし」として Qij=0，1 つ以上含んでいれば「問題点あり」として Qij=1 とした．

{Qij}のデータからアソシエーションルールを抽出する手段として，本研究では，統計解析ソフト「R」

を利用した[7].

3. 抽出方法

2 章に記載の方法で抽出された相関ルールのうち，リフトの値が高い上位 10 件のルールを表 1 に示す．表 1 において，行の要素である 51203～56313 は検査項目を表しており，各検査項目の内容は表 2 の通りである．また，表 1 の「ルール」部の各列がそれぞれ抽出されたルールを表わしており，R と L はそれぞれルールの右辺（結論部）と左辺（条件部）の要素を表わしている．例えば，表 1 のルール 5 は，

(54201 & 56301)→56310

というルールを表わしており，このルールから，54201 と 56301 の問題点を含むページは 56310 の問題点も含むことが多いとわかる．

表 1 から，結論部が 56310 のルールが 10 件中 8 件と多く，56310 は他の検査項目と問題点が共起しやすいことがわかる．また，ルール 2 の確信度がほとんど 1 に近いことから，<embed>を使用しているページのほとんどが<noembed>を指定できていないこともわかる．

表 1　抽出されたルールの例

	ルール									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
51203	R	L								
54201					L					L
54501	L	R								
56101								L		
56301				L	L	L		L	L	L
56304							L		L	
56307			L			L	L			
56310			R	R	R	R	R	R	R	R
56313			L	L		L	L	L	L	L
支持度	0.11	0.11	0.12	0.18	0.11	0.12	0.12	0.10	0.18	0.11
確信度	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
リフト	9.15	9.15	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34

4. まとめ

本研究では，アソシエーション分析の方法を用いて，Web アクセシビリティの問題点に関する相関ルールの抽出を試みた．現時点では，まだ抽出されたルールの報告に留まっており，今後，これらのルールをもとに問題点の共起性を分析し，「ある検査項目に問題点があれば別の検査項目の問題点も含んでいることが多い」という事実から，その原因の分析や，それらの共起の発生を防ぐために注意すべきことを検討する必要がある．またこのほかに，2.2 節に記載の{Qij}のデータではなく元の{Pij}のデータを用いたルール抽出なども今後の課題である．

表 2　検査項目

51203	<embed>を使用していないか？
54201	リンクのある<img>に alt 属性を指定しているか？
54501	<embed>を使用している場合、<noembed>も指定しているか？
56101	font-size:(CSS)で文字のサイズを固定していないか？
56301	文字色と背景色のコントラストは十分か？
56304	文字色と背景色のコントラストは、弱視者(白内障者)の基準で十分か？
56307	文字色と背景色のコントラストは、色覚特性(第一色覚-赤)の基準で十分か？
56310	文字色と背景色のコントラストは、色覚特性(第二色覚-緑)の基準で十分か？
56313	文字色と背景色のコントラストは、色覚特性(第三色覚-青)の基準で十分か？

参考文献

1) W3C, Web Content Accessibility Guidelines 2.0. http://www.w3.org/TR/WCAG20/
2) JIS X 8341-3, 高齢者・障害者等配慮設計指針 - 情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス - 第 3 部:ウェブコンテンツ (2004)
3) W3C WAI, Complete List of Web Accessibility Evaluation Tools. http://www.w3.org/WAI/ER/tools/complete
4) Allied-Brains Accessibility Online, アクセシビリティリンク集, 2-2.点検ツール. http://www.aao.ne.jp/accessibility/links/2-2.html
5) Yahoo!カテゴリ. http://dir.yahoo.co.jp/
6) WebInspector： 富士通 http://jp.fujitsu.com/about/design/ud/assistance/webinspector/index.html
7) 金明哲: Rによるデータサイエンス - データ解析の基礎から最新手法まで, 森北出版 (2007)

製品開発におけるユーザ要求事項抽出のためのインタビュー方法の提案(1)

A proposal of Interview Technique for extracting user requirements for product development(1)

○森田祐輔*，山岡俊樹*

*和歌山大学システム工学部デザイン情報学科

YUSUKE Morita*，　TOSHIKI Yamaoka

*Wakayama University Faculty of System Engineering Department of Design and Information

1．はじめに

製品開発においてユーザ中心設計の製品コンセプトを構築する際，ユーザ要求事項を理解することが必須である．抽出する方法は様々あるが，本研究ではインタビュー方法の提案を行う．今回，各分野で使用されている様々なインタビュー方法を文献で調査し，それらの手順を明らかにし，認知心理学の視点から考察を行った．それを元にインタビュー方法の分類を行った．これを元にユーザ要求事項抽出の為に最も効果的なインタビュー方法を開発していく．

2．インタビューが使用されている分野

今回調査を行った分野とその分野で使用されているインタビュー方法の一覧を以下に示す．

・社会調査　　—ライフストーリーインタビュー
　　—エスノグラフィー
・医療　　—医療面接
・裁判　　—反対尋問
・警察　　—コグニティブインタビュー
・ジャーナリズム　—取材学
・心理カウンセリング
・マーケティング　—ラダリングリサーチ
　　—エスノグラフィー
　　—グラウンデッドセオリー

3．　調査結果

3．1 社会調査におけるインタビュー方法–ライフストーリーインタビュー

ライフストーリーインタビューとは，インフォーマント(インタビュー対象者)の人生や過去のでき事の経験をインタビューすることによって人々のアイデンティティ，生活世界，ローカルな文化や社会を理解するための社会調査方法である[3) 4)]．社会的に少数派意見(具体的な例としては同性愛者などがある)を持った人たちに行われるインタビュー方法である．

(1)ライフストーリーインタビューの手順[3) 4)]

①目的の説明と信頼関係を築く

②ライフストーリーを共同で制作する

③次回に必要な情報や謝礼の授受を行う

(2)ライフストーリーインタビューの特徴

この方法は少数派意見を持った人たちに行われるため，母集団の構成を想定することができない．そのため実験協力者のサンプリングをデータ収集に先立って行うことができず，代表性に欠ける恐れがある．そのため複数に対して複数回インタビューを行い，それらのデータを統合した上で結論を出す必要がある．しかし，データ収集，分析やインタビューが同時進行的に進められるため，回数を重ねるごとに得られる結果が改善されていくところに特徴がある．

(3)エスノグラフィーとの違い[5) 6) 7)]

人間の社会や文化を理解しようとする目的は同じであるが，エスノグラフィーは集団の社会や文化を理解するために行われる社会調査方法であり，ライフストーリーインタビューで対象とされている集団や社会とは異なる．

3．2 医療におけるインタビュー方法–医療面接

医療面接とは，医者が患者の症状を診断するために行う面接方法である．基本的にオープンクエスチョン形式(自由回答での回答を求める面接方法)で質問を行う．医者は患者の態度やしぐさに表れるボディーランゲージ(ため息，うつむき)を細かく観察す

る必要がある.

(1)医療面接の手順[9)]

①オープニング

②信頼関係を築く

③患者の話を傾聴し, 情報を集める

④症状の説明と病名の告知をする

⑤患者の心理的, 社会的な問題を調節する

⑥症状の特徴や, それに伴う感情を聞く

⑦次回に必要な情報のやり取りを行う

(2)認知的視点からの考察[8) 10) 11) 12)]

対人距離は心的距離と比例しており, 親しさを表している. 医療面接では, 患者と医師の物理的距離は比較的近く設定されており, ラポールの形成には, 心的距離を縮めることが必要とされる.

医師は患者の話を聞く際, うなずきなどの共感的コミュニケーションを使う. うなずきは, 患者に「理解されている」という満足感を与え, 発話を促す効果がある. マタラゾらは面接時におけるうなずきの効果を調べており, うなずきの効果によって発話時間が延びたことを示している[2)]. 発話を促し, 一見関係のない話も含めて聞く. これは, 限られた時間で診断を下さなければならないため, 少しでも多くの情報が必要になることと, 症状だけを聞き, 医師の持つスキーマ, スクリプトやメンタルモデルで誤った診断を下すことを避けるためだと考えられる.

3. 3 裁判におけるインタビュー方法–尋問

(1)尋問の手順[13) 14)]

①証拠物を検討する

②尋問事項を作成する

③証拠要旨集, 証拠構造図を作成する

④獲得目標を再度検討する

⑤尋問実施

(2)認知的視点からの考察[15)]

裁判における尋問の問題点は, 証人が故意に嘘をついているのか, あるいは捜査機関からのバイアスを事実として勘違いしているのかの二点である. 刑事事件の場合, 証人として召還される人は警察による度重なる事情聴取を受けている. その事情聴取の中で出てくる証拠の話や, 警察官による圧力, 早く解放されたいという願望から, 自らのスキーマ,スクリプトやメンタルモデルが事実としてとらえられる様になる. また, 目撃者として証人台にたつ人はマスコミからのバイアスを受ける. マスコミは, 容疑者＝犯人として報道する傾向が強いため, 事件の目撃者の記憶すらも変化させてしまうのである. つまりこのような虚偽記憶の原因は反復面接と暗示による記憶違いの可能性が非常に大きい.

3. 4 警察におけるインタビュー方法–コグニティブインタビュー

コグニティブインタビューとはイギリス警察で使用されている警察尋問方法である.

(1)コグニティブインタビューの手順[16)]

①挨拶と面接の個人的関係化, 信頼関係を築く

②面接のねらいを説明する

③自由報告を開始させる

④不明な点について質問し, 事実を明確にする

⑤記憶を多様で広範に検索させる

⑥これまでの発言内容を要約させる

⑦抽象的な話題に戻し, インタビューを終える

(2)認知的視点からの考察

この方法の目的は被面接者の作話や推測による語りを避け, 被面接者の持つ記憶を最大限にかつ正確に引き出そうとすることである. 作話や推測による虚偽の証言の背景には, 暗示による記憶の再構築, 誘導尋問, 面接者からの後情報効果, 警察官による圧力や早く解放されたいという願望などが考えられる. 記憶は非常に曖昧な物であるため, 後情報に関するスキーマやスクリプトが記憶に植え付けられやすいと考える.

3. 5 ジャーナリズムにおけるインタビュー方法–取材学[17)]

取材とは「ある物事や事件から作品・記事などの材料を取ること」とある. 取材は分野によって変化はあるものの, 大きく以下の３種類に分類することができる[17)].

① 必要とする事象(事柄)・事件や人物(歴史上や架空の人間)の正確な資料・知識を探求, 調査する場合

②事件現場や開催現場などのイベント会場に出かけ，実際にその状況を把握，報道する場合

③人にあってインタビューする場合

(1)取材の手順[18)]

取材活動は分野や人によって変わるが，大きく分類すると５ステップに分けることができる．

①取材対象についての情報を集める

②取材コンテを作成する

③取材対象者の緊張を解く

④警戒心の薄らぎやリラックスが感じられたら本題に移る

(2)認知的視点からの考察[19)]

短時間でより核心に近い情報を得るために事前調査や，取材コンテと呼ばれる枠組みを改めて用意していく．事前準備の方法は裁判尋問と非常に酷似している．聞きたいことに対して遠回しな表現や言い方は避けるのは，取材対象者に余計な警戒心を持たせないためであると考えられる．一旦ラポールが形成された後は取材対象者との心的距離が縮まっているため，率直に質問した方が有効であると考えられる．

3．6 心理カウンセリング

心理カウンセリングとは，クライアントが直面している問題に対し，言語的および非言語的なコミュニケーションを用いて，クライアントの問題解決を援助することである[21)]．

(1)心理カウンセリングの手順[20)]

①クライアントの話を傾聴する

②精緻な聞き取り

③問題を定義付ける

④目標を設定させる

(2)認知的視点からの考察[22)]

カウンセラーとクライアントの間にラポールが形成されると，心理的不安定状態にあるクライアントはカウンセラーの発言による暗示を受けやすくなり，場合によってはマインドコントロールに繋がる恐れがある[22)]．カウンセリングという特殊な環境においては，心理的不安定状態にあるクライアントはカウンセラーによる後情報に関するスキーマやスクリプトが記憶に植え付けられやすい．そのためカウンセラーは自身のことを極力話さない様にする．しかし，文献によってはカウンセラーの適切な自己開示はカウンセリングにおいて有効[20) 21)]とする文献もあり，その効果をはっきりと決めることはできない．

3．7 マーケティングにおけるインタビュー方法

3．7．1 ラダリングリサーチ[24)]

ラダリングとは，製品属性，客観的ベネフィット，主観的ベネフィットおよび価値の 4 つの水準より，論理的な結びつきを発見し，製品が消費者にとってどういう意味をもつかを明らかにする．

3．7．2 エスノグラフィー[7) 24) 25) 26)]

エスノグラフィーは本来民族史学や記述人類学のことであるが，マーケティングでは専門の調査員がターゲットとする消費者の生活シーンや消費シーンを調査し，それらの実態を詳細に調べる方法としており，二つの方法がある．

(1)生活者の典型的な一日のライフスタイルを VTR に録画し，消費シーンやどのような媒体に接触するかなどのメディアコンタクトの映像から，消費者行動のキーポイントを押さえる

(2)商品購入の現場や使用の現場に同行し，行動の詳細とその時頭で考えていることを述べてもらう．

4． インタビュー方法の目的による分類

今回調査したインタビュー方法はすべてインフォーマントとのラポール形成のステップが存在しており，すべての方法でうなずきなどの共感的コミュニケーションの使用が薦められている．

そこで調査したインタビュー方法を，インタビューアとインフォーマントとのラポール形成,立場の違いおよび心的距離の３つの視点から分類を行った．その結果以下に示す３つのグループに分類された．

① 正確な記憶の再生が目的

コグニティブインタビュー，反対尋問が該当する．バイアスによる虚偽の証言を避けることを目的としている．このグループでのインフォーマントはインタビューに積極的な態度ではないと考えられる．ラポールはインフォーマントの緊張緩和のために使用されており，インフォーマントと打

ち解けるために使用されていない.

② 限られた時間での情報収集が目的

このグループは心理カウンセリング, 医療面接が該当する. 一度のインタビューである程度の診断を下すことを目的としている. このグループでのインフォーマントは患者であり, 医師との間に上下関係が存在しているが, インタビューには積極的な態度である. ラポールは患者との上下関係の軽減と患者と打ち解けるために使用されている.

③ 思考, 文化, 思想の理解が目的

このグループはライフストーリーインタビュー, 取材, エスノグラフィーが該当する. 複数から集めたインタビュー結果を統合して一つの結論を導き, 報告することを目的としている. このグループでのインフォーマントがインタビューに積極的であるか否かはインフォーマントに依存する. 会話を円滑に行う為には, 緊張の除去が不可欠である.ラポールはインフォーマントとの心的距離を縮める, インフォーマントと深く打ち解けることを目的としている.

5. 今後の展望

ユーザ要求事項はユーザの持つ内面的な欲求である. それを抽出するためには医療面接の形式を取ることが有利であり，インフォーマントの態度が積極的であるかどうかはインフォーマントに依存するため，ラポールの使用目的はライフストーリーインタビュー，取材やエスノグラフィーを見本にすればよいと考える.

また，インタビューの質問事項の組み合わせを Function，インタビュー全体を Struction とし，インタビューの質問構成をインフォーマントに応じて行う方法を模索していく.

参考文献

1) 横山詔一, 渡辺正孝: 記憶・思考・脳, 新曜社 (2007).
2) 松尾太加志: コミュニケーションの心理学, pp.50 ,ナカニシヤ出版 (2000).
3) 桜井厚, 小林多寿子: ライフストーリーインタビュー 質的研究入門, せりか書房 (2005).
4) 桜井厚: インタビューの社会学 ライフストーリーの聞き方, せりか書房 (2002).
5) 大久保孝治: ライフストーリー分析 質的研究入門, 学文社 (2009).
6) James Holstein, Jaber Guburiamu. (翻訳) 山田富秋, 兼子一, 倉石一郎, 谷原隆行: アクティブインタビュー 相互行為としての社会調査, せりか書房 (2005).
7) 松田素二, 川田牧人: エスノグラフィーガイドブック, 嵯峨野書院 (2002).
8) 生和秀敏, 井内安輝: 医療における人の心理と行動, 培風館 (2006).
9) 松村真司, 箕輪良行: コミュニケーションスキルトレーニング 患者満足度の向上と効果的な診療の為に, 医学書院 (2007).
10) Peter Maguire. (翻訳) 若林佳史: 医師のためのコミュニケーション技術, 星和書店 (2009).
11) Frederic, W. Platt Geoffrey H, Gordon. (翻訳) 津田司: 困ったときに役立つ 医療面接法ガイド, メディカルサイエンスインターナショナル (2001).
12) 藤田主一, 山崎晴美: 新医療と看護の為の心理学, 福村出版 (2009).
13) 山室惠: 刑事尋問技術, pp.59-95, pp.124,ぎょうせい (2000).
14) 加藤新太郎: 民事尋問技術, pp.63-73, ぎょうせい (1996).
15) 荘司雅彦: 反対尋問の手法に学ぶ嘘を見破る質問力, 日本実業出版 (2008).
16) Milne, R. Bull, R. (翻訳) 原聰: 取り調べの心理学, pp.50, 北大路書房 (2003).
17) 杉本茂生: 取材学入門, pp.29-40, ダヴィッド社 (1995).
18) 杉本茂生: 取材学入門, pp.77-113, ダヴィッド社 (1995).
19) 小田豊二: 伝わる文章の為の聞く技術・書く技術, pp, 110-123, PHP 研究所 (2009).
20) 大谷彰: カウンセリングテクニック入門, pp.25-114, 二瓶社 (2004).
21) 玉瀬耕治: カウンセリングの技法を学ぶ, pp.10, 有斐閣 (2008).
22) Alfred Benjamin. (翻訳) 林義子, 上杉明: カウンセリング入門—支援する心と技術, 春秋社 (1990).
23) 東山紘久: プロカウンセラーの聞く技術, 太洋社 (2000).
24) 高岡雄仁: ラダリングリサーチに基づくユーザ要求事項抽出方法の提案, 和歌山大学システム工学部卒業論文, (2006).
25) 宇野芳記: CQL表の改善と分析利用を考慮した評価グリッド法の応用, 和歌山大学大学院システム工学研究科システム工学専攻デザイン科学クラスタ修士論文, (2008).
26) 畑中咲月: 商品企画時における５つのユーザリクアイアメント抽出方法の特徴, 和歌山大学システム工学部卒業論文, (2000).
27) 新村出: 広辞苑第六版, 岩波書店 (2008).

活動筋冷却が漸増負荷運動時の有酸素性能力に与える影響

Effect of active muscle cooling on aerobic exercise performances during incremental exercise

○松尾　英樹*，久米　雅**，出町　耕一*，良川　諒介*，芳田　哲也*，常岡　秀行*

*京都工芸繊維大学大学院　**京都文教短期大学

MATSUO Hideki*, KUME Masashi**, DEMACHI Kouichi*, YOSHIKAWA Ryousuke*

YOSHIDA Tetsuya* and TSUNEOKA Hideyuki*

*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology.

**Kyoto Bunkyo Junior College.

１　緒言

著者らはこれまで水循環スーツを用いて活動部位を冷却・加温した場合の筋温と間欠的に 8 秒間を 8set 繰り返す最大自転車漕ぎ運動時のパワー出力との関係について検討し，最大パワー出力は各条件の前半(1～4set)では高筋温条件が有意に高かったことを報告した [1)]．これは，筋温の上昇は筋収縮のエネルギーであるアデノシン 3 リン酸の分解速度や神経の伝達速度の向上を引き起こす [2)]ためと考えられる．

しかし，筋温が上昇しやすい暑熱環境における運動は，上記した最大パワー出力の向上が見られる一方，脱水による運動能力の低下が起こる．暑熱環境下での運動は多量の発汗を伴い，体液量，特に血液量の減少により心拍出量や筋血流量を低下させ，筋へのエネルギー供給を阻害し運動能力を低下させる [3)]．さらに，暑熱環境における運動は，筋肉などの末梢性の身体機能への影響に加え，中枢性の温熱ストレスによる運動能力の低下も考えられる．暑熱環境における運動能力の低下について，三村ら [4)] は高温環境下では無酸素性作業閾値（Anaerobic threshold, AT）出現時間が短縮し，その時の酸素摂取量および最大酸素摂取量が減少することを報告している．また，暑熱環境での体温冷却効果については，下肢運動時では下肢冷却服の体温上昇抑制効果が認められている [5)]．しかし，この様な実験条件は気温に着目したもので筋温のみを変化させた場合の有酸素性能力と筋活動状態を測定した研究はあまり見当たらない．そこで本研究では，下肢の加温・冷却を行い，漸増負荷運動時の有酸素性能力に与える活動筋温の影響を明らかにすることを目的とした．

２　方法

２．１　被験者

被験者は健康な男子学生 8 名を対象とし，本研究の目的と内容を十分に説明した上で参加の同意を得た．また本研究は，京都工芸繊維大学におけるヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認を得た上で実施した．

２．２　実験手順

本研究では筋温が有酸素性能力に与える影響を検討するため，最大酸素摂取量が気温 25℃において最高になる(Satake et al., 1978)ことから有酸素運動を行うのに最適であると考えられる 25℃に室温を設定した．被験者は実験室にて，上肢に長袖 T シャツを，下肢に競泳用パンツと水循環スーツを被験者に着用させ，水循環スーツに 4 条件（6℃，17℃，30℃，44℃）の水を循環させることにより，大腿部の筋温が条件ごとの目標筋温（32℃，34℃，36℃，38℃）に到達するまで椅座位で安静にした．大腿部の筋温が目標温度に達した後，電磁式自転車エルゴメータ（POWERMAX - VⅡ）を用い，毎分 0.3kp(18 watts)の漸増負荷による自転車運動（回転数：60rpm）を疲労困憊まで行った．測定項目は呼気ガス(breath by breath 法)と表面筋電図，大腿部筋温（T_{mt}），下腿部筋温（T_{mc}），及び鼓膜温（T_{ty}），心拍数（HR）とした．

２．３　呼気ガスの測定と分析

瞬時ガス分析器（METS900，ヴァイズメディカル）を用いて吸気中と呼気中の酸素濃度と換気量を測定し，吸気と呼気の酸素濃度の差を換気量に乗じて酸素摂取量（$\dot{V}O_2$）の値を計算した．$\dot{V}O_2$ は疲労困憊までの 1 分間毎に計算，記録し最大値出現時の値を最大酸素摂取量（$\dot{V}O_{2max}$）とした．

２．４　換気性作業閾値

運動負荷に比例し $\dot{V}O_2$ は増加するが、換気量($\dot{V}E$)や二酸化炭素排出量 ($\dot{V}CO_2$) は一定の運動負荷を越えると急激に増加する．このポイントが換気性作業閾値（Ventilatory threshold, VT）で有酸素運動から無酸素運動に切り替わる時点を示す．VT は各負荷の $\dot{V}E$ を 1 呼吸毎に求めて $\dot{V}E/\dot{V}CO2$ の変化をともなわない $\dot{V}E/\dot{V}O2$ の上昇する点 [6]より判別した．また，判別しにくい場合には $\dot{V}E$，$\dot{V}CO2$ の急激な上昇する点および呼気終末 CO_2 分圧（$P_{ET}CO2$）の変化をともなわない呼気終末 O_2 分圧（$P_{ET}O2$）の上昇する点 [6]を加味し総合的に判別した．

２．５　筋電図の測定と分析

筋電図(EMG)の測定は BIOPAC SYSTEMS 社製 MP100 を使用した．測定に際し，サンプリング周波数は 1000Hz とし，左下肢の腓腹筋外側頭（Gastrocnemius Lateralhead，GL），外側広筋（Vastus Lateralis，VL），大腿直筋（Rectus Femoris，RF）の筋腹に脳波用皿電極(NE-121B 日本光電製)を貼付し，双極誘導法により活動電位を検出し，増幅，記録した．電極間距離は約 1cm とし，電極貼付前には酒精綿で十分な皮膚処理を行った．

得られた EMG から，神経運動単位の参加様式や発射頻度の変化を反映し，筋疲労の指標の一つと考えられている 積分筋電値を算出した．

２．６　筋電図学的作業閾値

漸増負荷自転車運動を行う際，主働作筋における積分筋電値は負荷増加とともに直線的な増加を示さず，非直線的に増加することが報告されている [7]．このポイントが筋電図学的作業閾値(Integrated electromyogram threshold, IEMGT)である．

また，VT は呼吸循環機能や末梢での代謝機能が反映された総合的な指標であるため，心・肺・筋機能と深い関係があり，IEMGT と VT には有意な相関が示されている [7]．

IEMGT は iEMG を 15 秒間隔で時系的にプロットし，急激に上昇する点とした．

３　結果

３．１　筋温変動と心拍数

各条件における運動開始時の T_{mt} は，32.1±0.3℃～37.4℃±0.1℃，T_{mc} は 30.6±0.7℃～36.7℃±0.1℃であり各条件の目標筋温に到達していた．また，運動終了直後の T_{mt} は 34.1±0.4℃～38.2±0.1℃，T_{mc} は 33.9±0.6℃～37.7±0.2℃にそれぞれ上昇した．心拍数は高筋温条件（36℃・38℃）が高値を示し（Fig.1），最大心拍数は高筋温条件が低筋温条件（32℃・34℃）に比べ有意に高値を示した．

３．２　発汗量と鼓膜温

発汗量は高筋温条件が低筋温条件に比べ有意に高値を示した（Fig.2）．また Fig.3 に，加温，冷却前（Before perfusion）とそれぞれの時点（運動開始時, Ex start；運動 1, 4, 8 分目, 1min, 4min, 8min；終了直後，Ex end ；運動終了 10, 20, 30 分後，Recovery 10min, 20min 30min）との鼓膜温の差（ΔT_{ty}）を示した．ΔT_{ty} は運動 4 分目以降で条件間で有意な差が認められ，低筋温条件において運動中に低下した．

３．３　運動能力

最大運動時間および最大酸素摂取量は条件間で同程度の値を示した．同様に，各負荷における $\dot{V}O_2$（Fig.4），および $\dot{V}O_2$ と呼吸商（$\dot{V}O2/\dot{V}CO2$）から求めたエネルギー消費量についても条件間に有意な差は見られなかった．さらに VT および IEMGT の出現時間も各条件で同程度の値を示した．また 1 分目を基準とした VL の筋放電量の経時変化は 32℃条件が 38℃条件よりも有意に高値を示したが RF および GL の筋放電量の経時変化には条件間の有意な差は見られなかった．

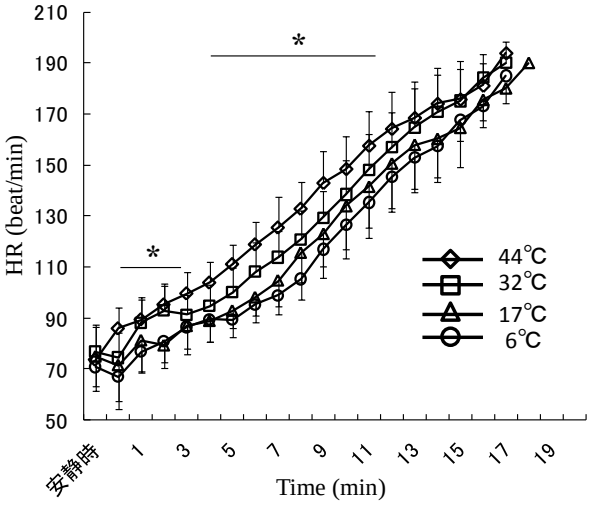


Fig.1 運動時の心拍数変化（*, p <0.05）

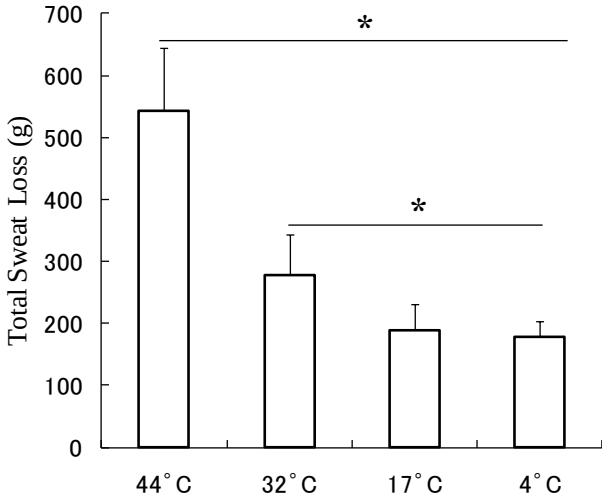


Fig.2　総発汗量（*, p <0.05）

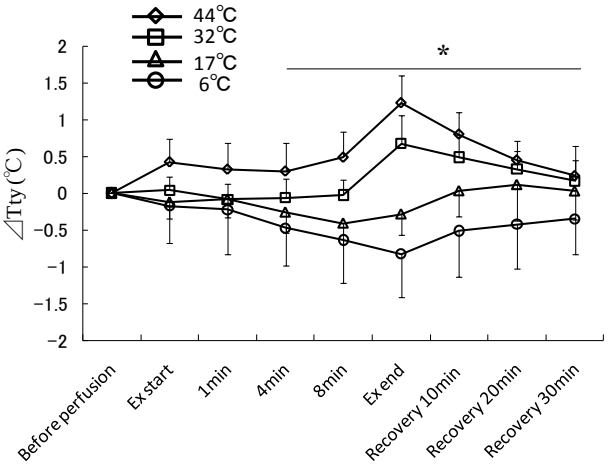


Fig.3　鼓膜温の変化（*, p <0.05）

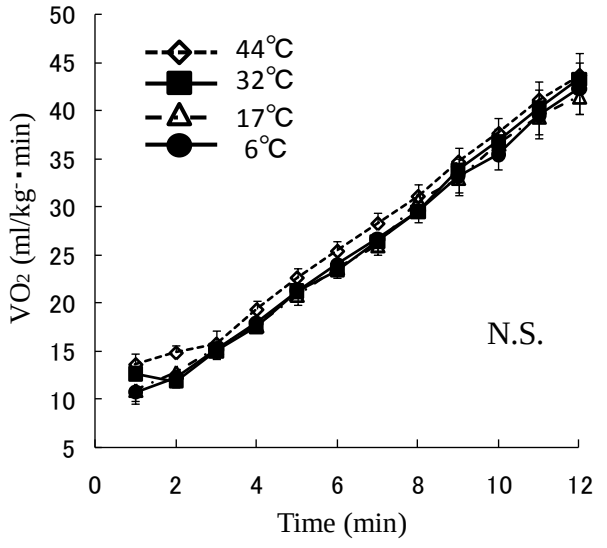


Fig.4　各温度条件における酸素摂取量の変化
N,S., Not significant

4　考察

4．1　筋温と運動能力・温熱ストレス

本研究では筋温の低下は心拍数・発汗量を抑制するが酸素摂取量や最大運動時間には影響が少なかった．これらは Booth ら[8]の報告と同様の結果となった．筋温の違いが有酸素性能力に影響を与えなかった理由として，本研究は漸増負荷運動であったため運動前半は強度が低く，さらに各条件における筋温の差異が少なかったことが考えられる．しかし過度の下肢冷却はふるえおよび非ふるえ熱産生を引き起こしエネルギー消費を増加させる．特にふるえは骨格筋を効果器とし運動を大きく制約する[9]．したがって本研究のプロトコルによる筋温変化（32～38℃）は生理的範囲であったため，運動能力の変化も少なかったと考えられる．

一方，運動強度が強い持久性運動の場合，運動による疲労物質の蓄積により筋内の pH の低下が引き起こされる．それと同時に筋細胞膜興奮性が変調され，筋小胞体からのカルシウムイオンの放出を抑制して筋張力の低下がおこる[10]．既述のように筋温上昇はエネルギーや疲労物質の分解速度を向上させるため筋張力の低下を遅らし効果的な筋出力発揮が期待できるが，脱水及び中枢への温熱ストレスは大きい．本研究では発汗量が高筋温条件において低筋温条件に対して有意に大きかったことから，高筋温条件においては皮膚血流量の増加，及び発汗により体温上昇を抑制するための熱放散が行なわれたと考えられる．また高筋温条件では⊿T_{ty}が有意に高値であり，運動能力には影響が少なかったが温熱ストレスの増大が示唆される．

4．2　筋温と筋活動状態

本研究の iEMG の値の変化を見ると，VL，GL，RF ともに全条件において負荷増加とともに増加傾向にあるが，VL でのみ 32℃条件が 38℃条件より有意に高値を示した．これは，VL は自転車漕ぎ運動の主動筋と考えられ，低筋温状態で大きな出力を発揮しようとすることで筋が疲労し，より多くの筋繊維を動員することで出力を補おうとするためと考えられる．

また，IEMGT について，RF はほとんどの被験者で IEMGT を認めたが他の筋肉（GL,VL）では僅かの被験者でしか検出できなかった．これは，RF が VL や内側広筋よりも IEMGT の出現数が高かったという Glass ら[11]の研究を支持する結果となった．また，VL の積分筋電値は Seburn ら[12]の報告のよ

うに負荷増加に比例し直線的なパターンを示した．これは RF は VL や GL よりも速筋線維の割合が多く，漸増負荷に伴う出力維持のための中間筋（FOG）や速筋（FG）の新たな参加が筋放電量に反映されやすいためと考えられる．

４．３　VT と IEMGT の関係

VT と IEMGT の出現については，負荷増大に伴う FG 繊維の動員により生じる乳酸の蓄積に起因する，代謝性アシドーシス補償のための呼気ガスパラメーターの大きな変化（VT）と，筋収縮力低下を補うための motor units の発火頻度増加および新たな motor units の動員による積分筋電値の大きな増加（IEMGT）が原因であると説明されている [13]．また VT と VL や RF の IEMGT との間に有意な相関関係が認められているが，本研究で得られた VT と IEMGT の間には有意な相関関係は認められなかった．この理由としては IEMGT は負荷量と回転数の影響を受けやすく，本研究は先行研究 [13]（回転数 50rpm，負荷 12.5watts/30s）と違うプロトコルで実験を行ったためと考えられる．近年では VT 法に関しては呼気ガスパラメーターの変化閾値の発見が困難な被験者もいることから非観血的な AT 決定方法として EMG パラメーターを用いた方法が提案されている．しかし，筋活動は負荷量と回転数の影響を受けやすく，被験者の生理的特性やトレーニング方法，あるいは競技特性などが関与する可能性があるため，本研究では IEMGT が VT と間に有意な相関が認められなかった原因の一つと考えられる．

５　結言

本研究では漸増負荷運動時の有酸素性能力に与える活動筋冷却の影響について検討するため，下肢の加温，冷却後に毎分 0.3kp の漸増負荷による自転車運動を疲労困憊まで実施し，その際の酸素摂取量や最大運動時間と活動筋温との関係について比較，検討を行った．活動筋冷却は心拍数と発汗量を抑制するが，酸素摂取量や最大運動時間などの有酸素性能力に与える影響は少なく，換気性作業閾値やそれに深く関与すると考えられている大腿直筋の筋電図学的作業閾値についても活動筋温の影響が少ないことが明らかになった．

参考文献

1) 池田大起，芳田哲也，常岡秀行，繰り返し自転車漕ぎ運動の出力パワーに与える活動筋温の影響，京都体育学会抄録集，pp8 (2009)
2) 宮村実晴，新運動生理学(下巻)，pp273-279，真興交易 医書出版部 (2001)
3) 森本武利，彼末一之，やさしい生理学 改訂第５版，pp261-267 (2005)
4) 三村寛一，前田如矢，気温・湿度の違いが有酸素運動におよぼす影響，体力科學，Vol.48, No.6, pp808 (1999)
5) 筒井隆夫　他，暑熱環境下での下肢運動における体温上昇抑制効果，産業医科大学雑誌，Vol.27 No.1，pp63-71 (2005)
6) 山本義春，中村好男，AT の話，pp53，有限会社ブックハウス・エイチディ (1989)
7) Moritani T, deVries HA, et al, Anaerobic threshold determination by surface electromyography, Med Sci Sports Exerc, Vol.12, No,86 (1960)
8) J.Booth, et al, Whole-body pre-cooling does not alter human muscle metabolism during sub-maximal exercise in the heat, Eur J Appl Physiol, Vol.84, pp587-590 (2001)
9) 彼末一之　他，体温調節の自立分散型神経機構，電子情報通信学会技術研究報告．MBE, ME とバイオサイバネティックス， Vol.98, No.671, pp105-109 (1999)
10) Nakamaru Y, Schwarts A, The infruence of hydrogen ion concentration on calcium binding and release by skeletal muscle sarcoplasmic reliculum, J.Gen.Physiol, Vol.59, pp22-32 (1972)
11) Glass SC, Knowlton RG, et al, Identifying the integrated electromyograpfic threshold using different muscles during incremental cycling exercise, J Sports Med Ohys Fitness, Vol.38, No.1, pp47-52 (1998)
12) Seburn KL, Sanderson DJ, et al, Effect of manipulation of plasma lactate on integrated EMG during cycling, Med Sci Sports Exerc, Vol.24, pp911-916 (1992)
13) Nagata A, et al, Anaerobic threshold determination by blood lactate and myoelectric signals, Jpn J Physiol Vol.31, pp585-597 (1981)

運動中における食道温と熱流補償法を用いて測定した深部体温の関係

Relationship between esophageal temperature and deep forehead temperature measured by zero-heat-flow method during exercise.

○出町耕一*，久米雅**，松尾英樹*，良川諒介*，芳田哲也*，常岡秀行*

*京都工芸繊維大学大学院　**京都文教短期大学

DEMACHI Koichi*, KUME Masashi**, MATSUO Hideki*, YOSHIKAWA Ryosuke*, YOSHIDA Tetsuya*, TSUNEOKA Hideyuki*

*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, **Kyoto Bunkyo Junior College

1.　研究目的

熱流補償法（ZHF 法）を用いた深部温度計は非侵襲的に体深部の温度測定が可能であり，被計測者への負担が少ないメリットがある．そのため，医療現場では手術中の深部体温の計測に ZHF 法を用いて測定した前額部深部温（Tch）が中枢温の指標として用いられている[1]．Yamakage et al.[2]は，ZHF 法を用いた深部温度計（Coretemp CM-210，テルモ製）を用いて手術中の患者の Tch を測定し，Tch が心肺バイパス中の血液温度によく追従することを報告している．Harioka et al.[3]も同様に，Coretemp を用いて測定した Tch が肺動脈血の温度とよく一致し，手術中の深部体温測定法として Tch が有用であると述べている．

現在，運動中の中枢温の指標として食道温（Tes）や直腸温が主に用いられているが，これらは体内に温度測定用のプローブを挿入，留置する必要があり，被計測者の負担が大きい．したがって Tch を運動中においても中枢温の指標として用いることで被計測者の負担を小さくできると考えられる．しかし，これまでに ZHF 法を用いて計測した Tch と Tes の動的運動中の応答を比較し，Tch が中枢温変動をどの程度反映しているかを検討した研究は見られない．

そこで本研究は，Tch が動的運動中における Tes の変化をどの程度反映するか，またその測定精度に与える環境や運動強度の影響を検討することを目的として，3 条件の環境温度下において，軽度負荷と中等度負荷の 2 条件の自転車漕ぎ運動中の Tes と ZHF 法を用いて Tch をそれぞれ測定し，その両者の関係について検討を行った．

2.　実験方法

2.1　被験者

健康な成人男子大学生 7 名を対象とした．被験者の身体的特徴（平均±標準誤差）は，身長 173.6±1.9 cm, 体重 64.24±2.40 kg, 体脂肪率 13.5±0.9 %, 最大酸素摂取量（VO_2max）47.93±3.89 ml・kg^{-1}・min^{-1} であった. 被験者には実験の趣旨を十分に説明し，内容を理解させると共に承諾を得た上で実験に参加させた．尚，本研究は京都工芸繊維大学におけるヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認を得た上で行った．

2.2　実験手順

本実験当日は, 被験者には実験室来室 24 時間前から激しい運動を，17 時間前からアルコールおよびカフェインの摂取を，さらに 3 時間前から食事の摂取を禁止し，12 時に被験者を実験室に来室させた．

被験者は競泳用水着のみを着用し，その後全ての測定用機器を装着し十分な安静の後に実験を開始した．実験は 10 分間の安静の後，セミリカンベント型エルゴメーター（EC-3600，キャットアイ製）を用いて 30 分間の自転車漕ぎ運動を行った．

実験条件は環境温度条件 3 条件と，自転車漕ぎ運動強度 2 条件を組み合わせた合計 6 条件とした．環境温度は 28℃，24℃，20℃に設定し，運動強度は VO_2max の 20%負荷（20%VO_2max）および 50%負荷（50%VO_2max）とした．それぞれの条件の測定には 1 週間以上の間隔を開け，ランダムな順で実験を実施した．

2.3　測定項目

測定項目は Tes, Tch, および 7 部位（前額, 胸部,

腹部，上腕，前腕，大腿，下腿）の皮膚温とした．Tes および皮膚温は熱電対を用いた温度測定プローブを用いて測定し，被験者ごとの Tes プローブの挿入長さは Makjavic and Remple の式[4]を用いて決定した．また，7 部位の皮膚温から Nadal et al.の式[5]を用いて平均皮膚温（Tsk）を算出した．Tch は ZHF 法を用いた深部温度計 Coretemp CM-210（テルモ製）を使用し，被験者の前額部に直径 4.3cm の深部体温測定用プローブ（PD1，テルモ製）をサージカルテープで固定し測定した．また，Tes および Tch が上昇を始めた時刻の差を応答時間差(Delay time, DT)とした．また各被験者の運動中の 2 分ごとの測定値を用いて Bland-Altman 分析[6]を用いて Tes に対する Tch の偏りと一致限界を検討した．

2.4 解析および統計計算

得られた実験結果は全て平均値±標準誤差で表した．Tes と Tch の経時変化については二元配置分散分析（測定項目×時間）を行い有意な主効果あるいは交互作用が認められた場合にはそれぞれ 5 分ごとに条件間の有意差を検定した．Tch と Tes の相関分析および Tch から Tes を推定する回帰式の算出には各被験者の運動中の 2 分ごとの測定値を用いた．DT および Bland-Altman 分析の結果得られた Tch の偏りは一元配置分散分析（実験条件）を行い有意な主効果が認められた場合には Bonferroni 法によって post-hoc テストを行い実験条件間での有意差を検定した．全ての検定において有意水準は $p < 0.05$ とした．

3. 結果

各条件における運動開始時の Tsk はそれぞれ 28℃：33.98±0.09℃，24℃：32.34±0.08℃，20℃：30.37±0.10℃であり，条件間に有意差が認められた．Tes は全ての条件において運動開始時に一過性の低下が見られ，低下量は環境温度が低いほど大きかった．Tch は 28℃-20%VO_2max の運動開始後 5 分目～25 分目までと 20℃-20%VO_2max の 5 分目を除いた全ての条件において実験を通じて Tes よりも有意に低い値を示し，環境温度が低くなるほどその差は大きくなる傾向が見られた．また Tch も Tes 同様，運動開始時に一過性の低下が見られたが低下量は Tes と比較して少なかった．

環境温度条件ごとに運動強度を統合した場合の Tch と Tes の関係を図 1 に示した．全ての環境温度条件下において Tch と Tes との間に有意な相関関係が認められ（$n = 224$，$p < 0.001$），決定係数（r^2）はそれぞれ 28℃：$r^2 = 0.555$，24℃：$r^2 = 0.647$，20℃：$r^2 = 0.491$ であった．また各条件における回帰式はそれぞれ 28℃：Tes = 0.999×Tch + 0.462，24℃：Tes = 0.747×Tch + 9.800，20℃：Tes = 0.747×Tch + 9.765 であり，全ての条件において Tes の切片は正であり，Tch が Tes よりも低値を示す傾向が見られた．

環境温度条件ごとに Bland-Altman 分析によって得られた Tch の Tes に対する偏りと一致限界（mean±2SD）を図 2 に示す．Tch の偏りと一致限界はそれぞれ 28℃：0.41±0.68℃，24℃：0.55±0.48℃，20℃：0.56±0.74℃であり，28℃における偏り（mean）は他の環境温度条件と比較して有意に低値（$p < 0.001$）であった．28℃において Tes と Tch の平均値と Tes と Tch の差との間に有意な相関が認められ（$n = 224$，$r = 0.407$，$p < 0.001$），Tes と Tch の差は Tes と Tch の平均値が上昇すると大きくなった．一方，24℃および 20℃では Tes と Tch の平均値と Tes と Tch の差との間には有意な相関が認められず，Tes と Tch の差は Tes と Tch の平均値によらずほぼ一様に分布していた．

表 1 に各環境温度および運動強度条件ごとの決定係数，回帰式の傾き，Bland-Altman 分析によって得られた Tch の Tes に対する偏りと標準偏差，および DT を示した．環境温度や運動強度が高いと Tch と Tes の関係はより強くなり，決定係数と回帰式の傾きは 1 に近づき，DT は短くなる傾向が認められた．

4. 考察

本研究の結果を麻酔下手術中での Tes と ZHF 法を用いて測定した Tch と比較すると，Bland-Altman 分析による Tch の Tes に対する偏りと一致限界（mean±2SD）に関しては，麻酔下手術中の値（-0.2±0.7℃[7]，0.2±0.6℃[8]）は本研究の結果よりも偏りに関しては小さく，また相関関係の決定係数も大きくなっている．

このような違いの原因として，麻酔下の安静時では環境温度条件が一定であるので体温調節機能の働

きが少なく血液の温度変化が深部温に直接影響するが，運動時では発汗や皮膚血管反応などの体温調節反応が亢進するので，体内の温度分布が大きく変動するためと考えられる．運動中の熱放散システムには深部体温や皮膚温の上昇に起因する温熱性要因だけでなく，セントラルコマンドや機械受容器，代謝受容器等の

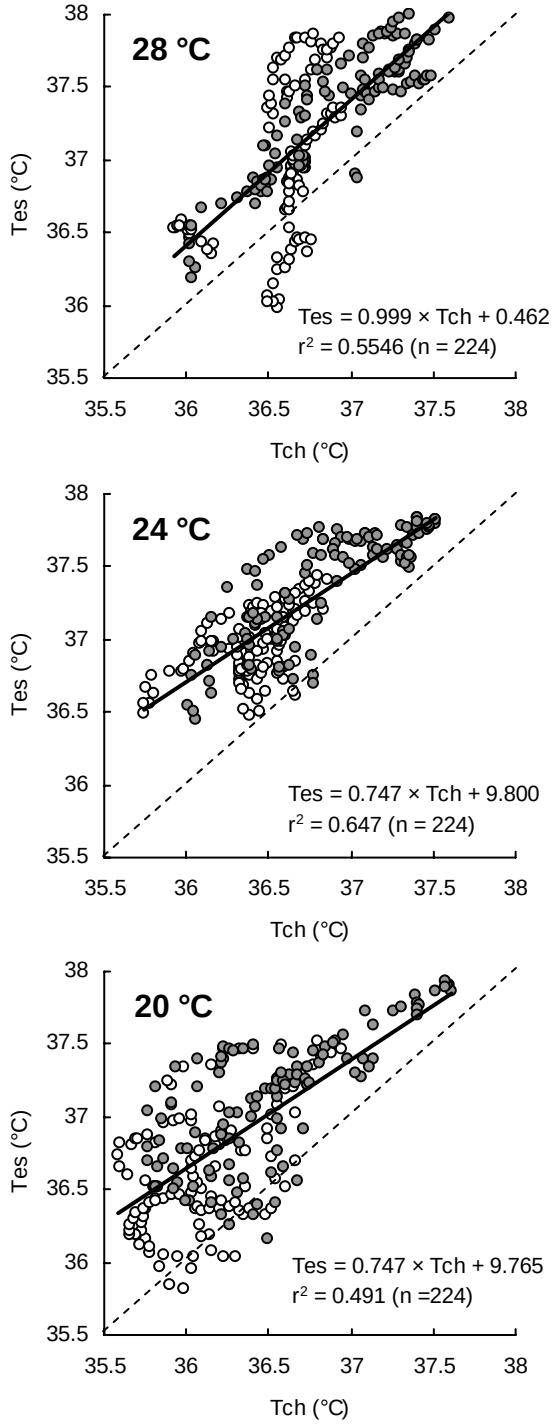


図 1：各環境温度条件下（28℃，24℃，20℃）における熱流補償法を用いて測定した前額部深部温（Tch）と食道温（Tes）の関係．点線は Tes = Tch を示す．○，20%VO_2max；●，50%VO_2max.

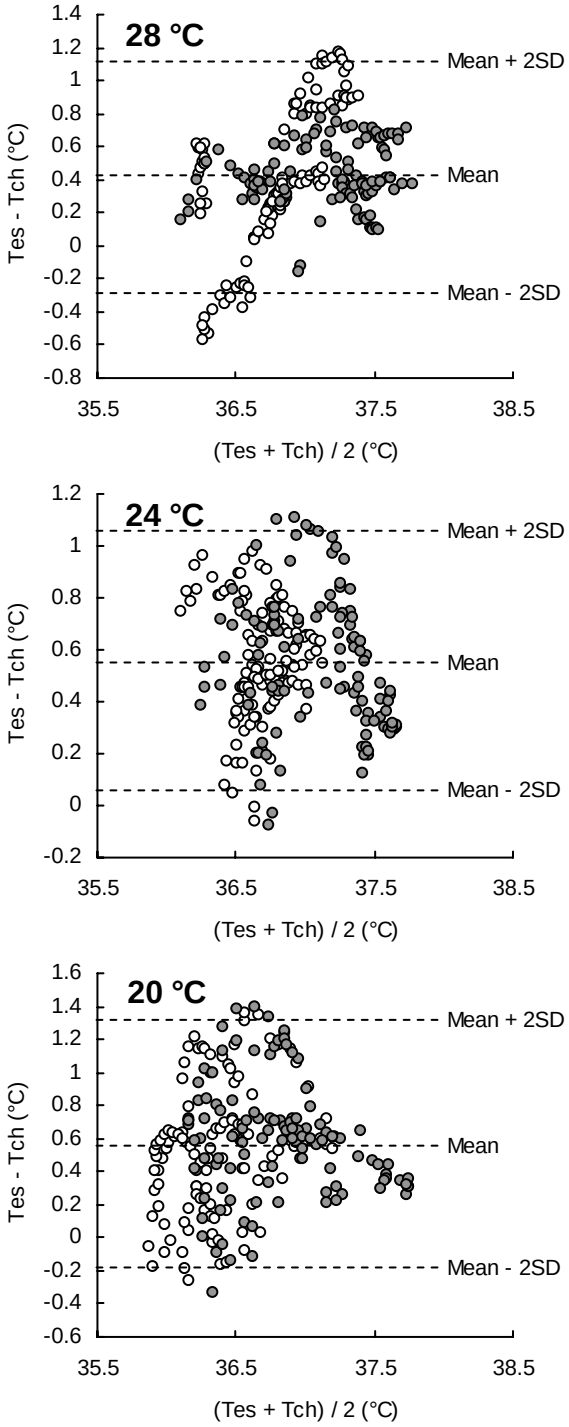


図 2：各環境温度条件下（28℃，24℃，20℃）における熱流補償法を用いて測定した前額部深部温（Tch）と食道温（Tes）の差（Tes - Tch）および両者の平均値に対する分布と一致限界（mean ± 2SD）．○，20%VO_2max；●，50%VO_2max.

表１：各環境温度条件下（28℃，24℃，20℃）および運動強度条件（20%VO_2max，50%VO_2max）下における熱流補償法を用いて測定した前額部深部温（Tch）と食道温（Tes）の決定係数（r^2），回帰直線の傾き（Slope，図 1 参照），Bland-Altman 分析によって得られた Tes に対する Tch の偏り（mean）とばらつき（SD），および Tes と Tch の応答時間の差（Delay Time）.

	28 ℃		24 ℃		20 ℃	
Work load (%VO_2max)	20%	50%	20%	50%	20%	50%
r^2	0.715	0.945	0.752	0.891	0.694	0.847
Slope	1.037	0.946	0.539	0.707	0.618	0.654
Mean (℃)	0.40	0.43	0.55	0.55	0.53	0.59
SD (℃)	0.45	0.20	0.23	0.26	0.39	0.35
Delay time (min)	5.9 ± 2.2	2.9 ± 0.5	7.4 ± 0.8	3.5 ± 0.4	10.9 ± 1.1	5.6 ± 0.5

非温熱性要因も存在し，それらの影響が先行研究における麻酔下安静時と本研究における運動時との差を生じさせた可能性が考えられる．また，核心温の中でも脳温だけが特に冷やされる選択的脳冷却 [9]の影響も考えられる．運動強度の変化に伴う発汗量や皮膚血流量の増加は前額部で顕著であること [10) 11)]から，安静時に比べ運動時には前額部が早く冷却された結果，Tes と Tch に差が生じたのと考えられる．

5. 結論

本研究ではZHF法を用いて非侵襲的に測定したTchから Tes を推定する有意な回帰式を得ることができた．しかし，その推定精度，および応答時間は環境温度および運動強度の影響を受け，環境温度や運動強度が低くなると推定精度が低下し，応答時間は遅くなることが明らかになった．

参考文献

1) Yamakage and Namiki: Deep temperature monitoring using a zero-heat-flow method, J Anesth, Vol.17, pp.108-115 (2003)

2) Yamakage et al.: Evaluation of a newly developed monitor of deep body temperature, J Anesth, Vol.16, pp.354-357 (2002)

3) Harioka et al.: “Deep-forehead” temperature correlates well with blood temperature, Can J Anesth, Vol.47, pp.980-983 (2000)

4) Mekjavic and Remple: Determination of esophageal probe insertion length based on standing and sitting height, J Appl Physiol, Vol.69, pp.376-379 (1990)

5) Nadal et al.: Differential thermal sensitivity in the human skin, Pfügers Arch, Vol.340, pp.1084-1089 (1979)

6) Bland and Altman: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, The Lancet, Vol.1, pp.307-310 (1986)

7) 播岡ら: 食道温を基準とした非侵襲的体温測定法の評価 －FirstTempTM とテルモ社製深部温計の比較－, 麻酔, Vol.42, pp.856-861 (1993)

8) Matsukawa et al.: Comparison of distal oesophageal temperatute with “deep” and tracheal temperatures, Can J Anesth, Vol.44, pp.433-438 (1997)

9) Baker: Brain cooling in endotherms in heat and exercise, Ann rev Physiol, 44, pp.85-96 (1982)

10) Kondo et al.: Regional differences in the effect of exercise intensity on thermoregulatory sweating and cutaneous vasodilation, Acta Physiol Scand, Vol.164, pp.71-78 (1998)

11) Takano et al.: The influence of work loads on regional differences in sweating rates, Jpn J Physiol, Vol.46, pp.183-186 (1996)

走行時情報計測システムの開発
The Development of a Data Logging System for Collecting Information of Running

○大賀洸太朗*，橋本正治**
*摂南大学大学院工学研究科　**摂南大学理工学部
OHGA Koutaro*, HASHIMOTO Masaharu**
*Graduate of School Engineering, Setsunan University,
** Faculty of Science and Engineering, Setsunan University.

1. はじめに

スポーツにおいて運動の状態を計測することは、自分の力量を知り、改善点の発見へとつながる有効な手段である。しかし現在ある計測方法は、カメラの映像の画像解析や、被験者に筋電、加速度、角速度センサなどを取り付ける大掛かりなものがほとんどである。

本研究では、走行技能の向上に役立てることを目的とし、100m競争において被験者に影響を及ぼすことなく、スタート時から走行中の運動を計測するシステムの開発を行う。

2. システム構成

本システムは図 1 に示すように、スタート時の反応速度とスターティングブロックに加わる圧力の分布を計測制御する部分と、被験者のフォームを撮影するカメラや走行速度及び位置情報を収集する装置を搭載し、被験者の位置を検出しながら追従して移動する並走機に分けられる。具体的な測定は、スタート時の空砲音を音センサが検出すると、被験者が反応するまでの時間(反応速度)とスターティングブロックにかかる圧力分布を計測し、同時に並走機が動き出す。並走機は、トラック上の白線を認識してその上を動き、被験者を位置認識センサで検出し並走する。並走機の走行速度と位置(すなわち被験者の走行速度及び位置)は、タイヤの回転情報より算出する。また収集した被験者の走行速度及び位置の記録を基に被験者の走りを並走機で再現させることも可能である。

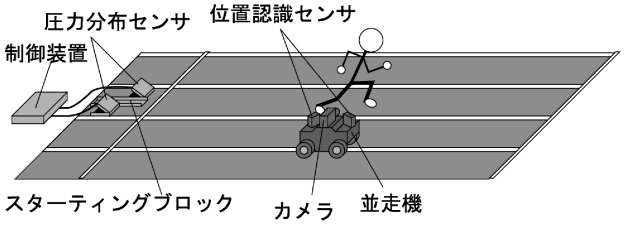


図 1　システム構成

データ収集システムの詳細を図 2 に示す。システム全体を制御するのは並走機に搭載した全体制御部である。全体制御部は、並走機の駆動モータ、操輪サーボを制御し、フォトリフレクタによる白線検出と被験者の位置認識を用いた並走や、スタート時と走行時のデータの統合、LCD による簡易表示などを行う。これらの制御は、音センサによる空砲を検出し、他の制御部に測定開始の指令を送っている。

位置認識センサ制御部は、二次元超音波センサを制御し、センサの情報を解析し被験者の位置による調速信号を全体制御部に送る。

データ収集部は全体制御部からの指令によりロータリーエンコーダを用いてタイヤの回転を検出し、走行速度及び位置情報の算出を行い SD メモリカードに記録する。またフォームを撮影するカメラの制御も行う。

スタート時情報収集部は全体制御部からの指令により圧力分布センサの測定を開始し、測定終了後にそのデータを解析し全体制御部に送る。送られたデータは全体制御部を介してデータ収集部に送られそこで SD メモリカードに記録される。

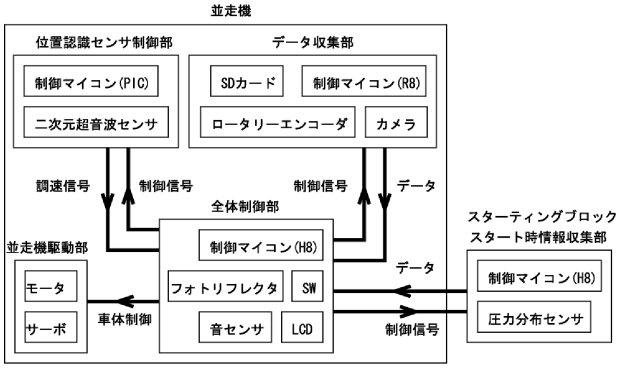


図 2　システムの制御系

3. 各部の詳細と評価

3.1 全体制御部

図 3 に全体制御部を搭載した並走機の外観を示す。並走機の駆動部は、市販の RC カーを使用し、最高速度 40[km/h] の並走速度を実現する。並走機の前部には白線検出のために五個のフォトリフレクタを設置している。

図 3　並走機外観

並走機を制御し白線上を走行するために PD 制御を用いた。式(1)に使用した式を示す。各記号は、θ ：サーボ角[×0.1°]、θ_0：前回のサーボ角[×0.1°]、P：比例制御係数、D：微分制御係数、d_1：現在の偏差、d_0：前回の偏差を表す。サーボ角の範囲は 900±300[×0.1°]、偏差の範囲は 0±4 となる。サンプリング周期は 10[msec]程度である。D 制御はあくまで簡易的なものであり、サンプリング周期が一定として求めている。

$$\theta = Pd_1 + D(d_1 - d_0) + \theta_0 \qquad \text{—(1)}$$

図 4 に並走機走行速度約 5[km/h]、図 5 に約 10[km/h]で、P、D の各係数を変更し安定したときのサーボ角と センサ信号(偏差)のサンプリング周期(データ番号)との関係を示す。図 4 の 5[km/h]の場合は、P＝1、D＝100 で比較的低速であるため安定した制御ができていることがわかる。図 5 の 10[km/h]の場合は、P＝1、D＝150 で 5[km/h]の場合と比べセンサ信号の振れが大きくなっている。P=5、D=150、走行速度 20[km/h]においても白線上を走行することが確認できたが、成功率が悪く信頼性に問題があることが明らかとなった。

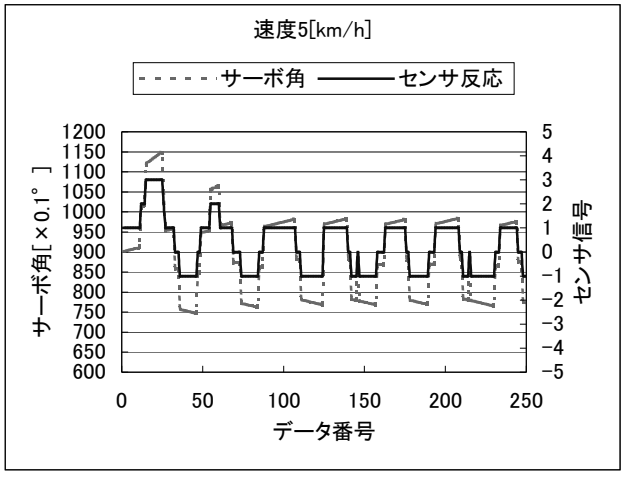


図 4　並走機速度 5[km/h]結果

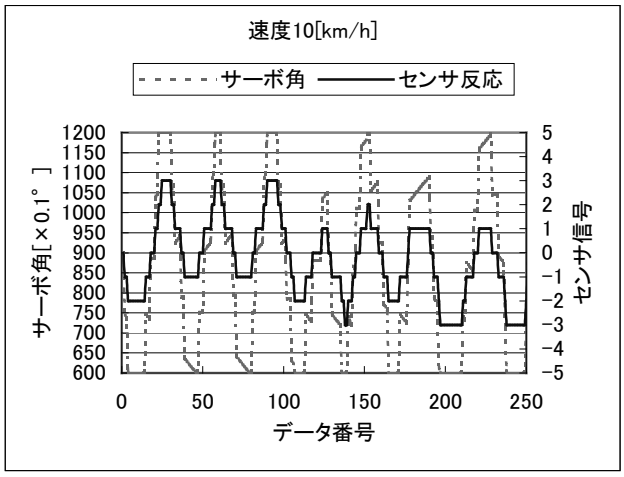


図 5　並走機速度 10[km/h]結果

3.2　位置認識センサ制御部

位置認識センサとして、二次元超音波センサ(スターアイ 2D イメージングユニット USSM2D-100(プロアシスト製))を用いる。スターアイの測定範囲は扇状で、角度方向は最大±49[°]で 7[°]単位、距離方向は最大 150[cm]または 300[cm]を選択でき 25 分割され、各格子点上での反応の強度を 8 ビットの数値として得られる。図 6 に評価のために製作したサーボ首振り装置の外観を示す。位置認識センサの方向をサーボにより制御できる構造で、下部にその制御部を搭載している。

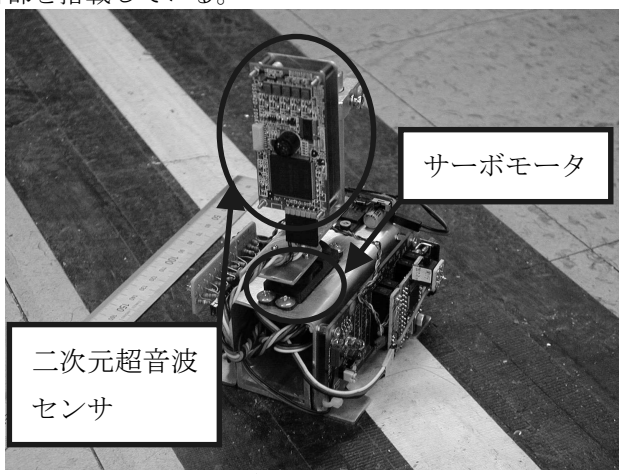


図 6　サーボ首振り装置外観

3.3　データ収集部

収集したデータの記録のために SD メモリカードを使用する。この SD メモリカードには、タイヤの回転軸に取り付けたロータリーエンコーダと時間計測による走行速度及び位置情報とスタート時情報収集部からの解析された圧力分布と反応速度が記録される。記録したデータを全体制御部に送り簡易的に LCD 表示させる。また SD メモリカードを取り外しパソコンでより詳しく解析することもできる。

3.4　スタート情報収集部

スタート時の情報収集のためにスターティングブロックに圧力分布センサを 12×9[cm]の範囲に 4×2 の格子状に配した。これにより各格子内の圧力変化と力の加わる部分が爪先側か踵側、内側か外側かを判定する。また、スタート信号と足の離れるタイミングから反応速度を求める。

4.　おわりに

各部の動作確認と評価実験を行った結果、初期の設計目標を達成しないものがいくつかあるもののほぼシステム各部が所定の機能を果たしていることを確認できた。今後システム全てを使用した運動実験により技能評価を行う予定である。

槍投げにおける筋電センサと加速度センサを併用した成績評価に関する研究

Assessment study on the sensor and accelerometer combined with electromyography in javelin

○ 佐野川谷陽介*,　橋本正治**
*摂南大学大学院工学研究科　**摂南大学理工学部
SANOGAWAYA Yousuke *, HASHIMOTO Masaharu **
*Graduate School of Engineering, Setsunan University,
**Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

1.　はじめに

今日、スポーツ競技における多くのトレーナは選手の動きを自分の経験に基づいて指導しているが、競技と指導のどちらにも熟練している指導者は少なく、適切な指導が行われているかどうかを客観的に評価することが困難となっている。このような状況のもと、競技者の運動特性を計測し客観的に分析し競技者の動作を即座に修正することが可能な運動計測システムの開発が望まれている。

本研究では槍投げにおける競技者の上腕に装着した筋電センサと肘に装着した加速度センサからの信号を収集し、槍投げにおける筋電位、肘の加速度変化が成績に関係するかどうかを評価するシステムの構築を目的とする。

2.　システム構成

システムの運用状態を図 1 に示す。被験者の腰に装着する計測装置は、上腕二等筋あるいは上腕三等筋に取り付けた電極から得られる筋電位情報と肘に装着した加速度センサから得られる直交 3 軸の加速度情報を収集する。収集したデータは一旦ＳＤメモリカードに記録し、競技の終了後にデータ解析部（ノートＰＣ）で読み込む。筋電位情報と加速度情報を比較することで肘の動きと筋肉の関係を求めることができる。

計測装置の詳細を図 2 に示す。計測装置は電極の信号からノイズ除去及び増幅を行うフィルタ＆アンプと得られた信号を量子化する信号処理部、量子化した情報をＳＤメモリカードへ転送する記録処理部、各部の制御を行う制御部に分けられる。以下各部の詳細について述べる。

信号処理部は筋電位計測のためのフィルタ＆アンプと 3 軸加速度センサ（最大加速度　X軸：100G　Y軸：100G　Z軸：50G）から得られる信号を 12bit で量子化するＡ/Ｄ変換器により構成される。

記録処理部ではＳＤメモリカードに時間、筋電位情報、加速度情報をＣＳＶ形式で記録している。ノートＰＣではＳＤメモリカードに記録されたファイルをエクセルで読み込み、グラフ化が可能となる。制御部にはワンチップマイコン R8C/29 を用い測定部全体を 9V の電池で駆動させている。

図 3 に加速度センサの外観を、図 4 に装着状態を示す。2 軸加速度センサを 2 個直角に配置することで 3 軸の加速度計測を可能としている。

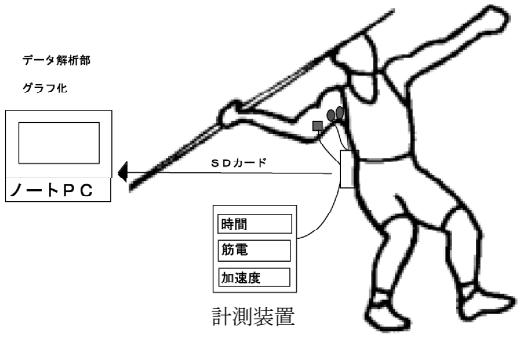


図 1　システム概要

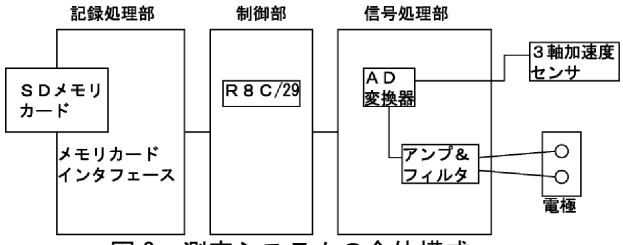


図 2　測定システムの全体構成

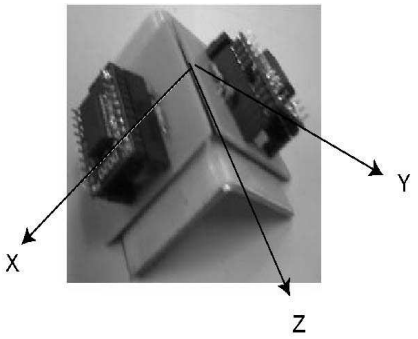


図 3　加速度センサ

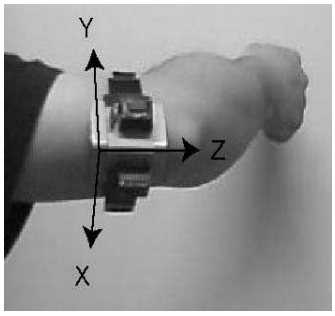
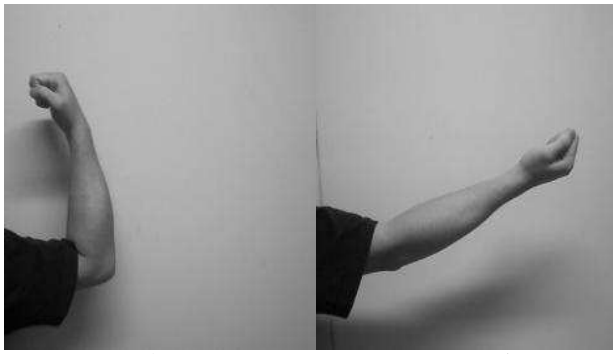


図 4　加速度センサの装着状態

３．計測器の評価

筋電センサと 2 軸加速度センサが正常に動いているかの評価実験を行った。筋電センサの評価実験の状況について述べる。右腕の上腕三等筋に２つの電極を貼り付け、曲げの状態(図 5-a)から伸ばした状態(図 5-b)に素早く変化させる。1 秒後ゆっくり曲げ状態に戻し、その後 9 秒ほど静止させる。この動作を繰り返し、筋電位を計測した。

実験結果を図 6 に示す。測定部位は上腕三等筋であり、伸ばし動作で反応が出ている事が確認できる。また曲げ動作の反応は見られないため、適正な測定がおこなわれている事が確認できる。



a 曲げ　　b 伸ばし

図 5　筋電センサ実験時の動作

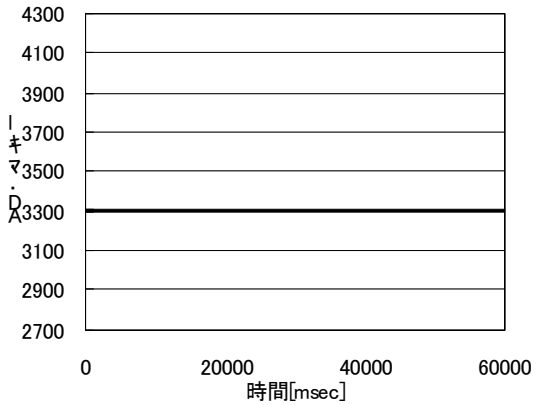


図 6　筋電センサの評価実験結果

加速度センサの評価実験は、右肘の上腕部に加速度センサを取り付け、5 秒毎に図 7 のように腕を後ろから半円を描くように前に降る槍投げ動作を行い、その後腕を後ろに戻すという動作を 1 分間繰り返した。実験結果を図 8 に示す。投げる動作に応じて加速度の変化を捉えていることが確認できる。

また筋電センサと加速度センサを同時に計測した評価実験は、図 7 に示すように 5 秒毎に槍投げ動作を行い元のフォームに戻るという動作を 30 秒間繰り返し行ってもらった。実験結果を図 9 に示す。

結果、筋電位と加速度がほぼ同時に反応していることが確認できた。

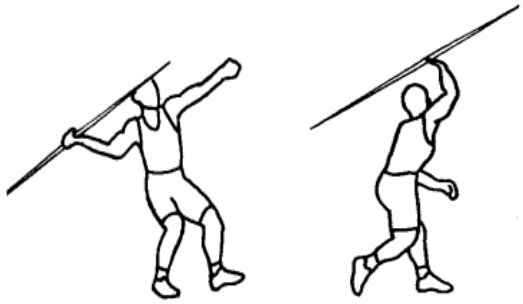


図 7　槍投げの動作

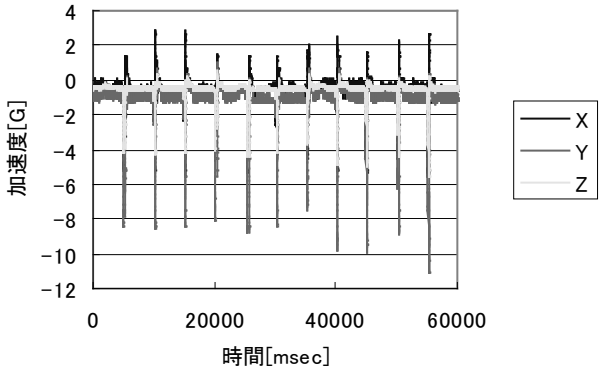


図 8　加速度センサの評価実験結果

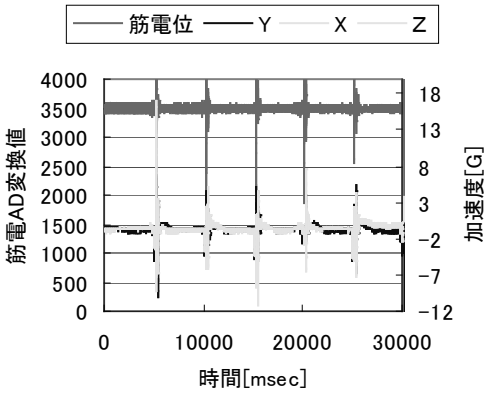


図 9　全てのセンサを同時に計測した時の評価実験

４．おわりに

いずれのセンサも正常に測定できることを確認した。今後、本システムを用いて実際の槍投げ競技の計測を行い、センサ信号と成績との関係、タイミングを評価する予定である。

重心動揺計によるアーチェリーの熟練度評価
Evaluation of the skill of the archery with the center of gravity unrest meter

○ 坂本有輝*, 大賀洸太朗*, 橋本正治**
*摂南大学大学院工学研究科　**摂南大学理工学部
SAKAMOTO Yuuki*,OHGA Koutaro*,HASHIMOTO Masaharu**
*Graduate of School Engineering,Setunan University,
**Faculty of Science and Engineering,Setsunan University

1. はじめに

スポーツの指導をおこなう際、指導員は自身のスポーツの技量や経験等の指標を基に競技者を観察することによって技能の評価をおこなっている。この指標と観察による評価は感覚によるもので他者にはわかりにくい。さらにアーチェリーは立位姿勢のまま行うので他のスポーツに比べて動きが少なく観察による技能の評価は困難である。

本研究では観察による評価とは別の方法を用いて指標を明確化し、容易に技能評価するために競技者の重心移動に着目し競技者に計測装置を装着することなく自然なかたちで計測評価をおこなえる重心動揺計の開発をおこなった。また開発する重心動揺計は持ち運びが容易でどこでも測定できることを目標とした。

2. 装置の概要

測定時の様子を図.1 に示す。被験者は重心動揺計の上に乗って競技をおこなう。重心動揺計は被験者が乗るプレートを支持する4点にひずみゲージを設置し、荷重の測定をおこなう。ゲージの出力信号は、ノイズに対処するためにゲージ近くでフィルタを通過し、増幅され 1 チップマクロプロセッサ（H8Tiny.3664H）によって制御された12bitA/D 変換器により量子化、その後 RS232 シリアル通信によりパソコンへ送られる。送られたデータはパソコンにて分析・評価・グラフ化されその結果や重心移動の軌跡がリアルタイムで提示される。

重心動揺計の寸法を図.2 に示す。被験者がプレート上で立ち位置や姿勢を調整しても余裕のある測定範囲としている。プレートの下にある台座とプレートを片持ち梁で支持しひずみゲージを梁に貼り付けている。

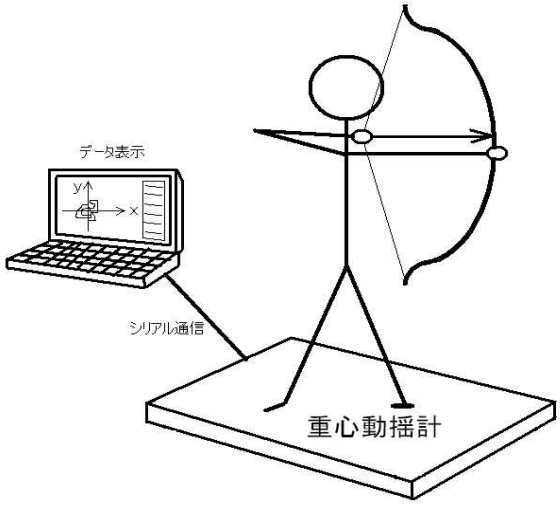


図.1　システム構成

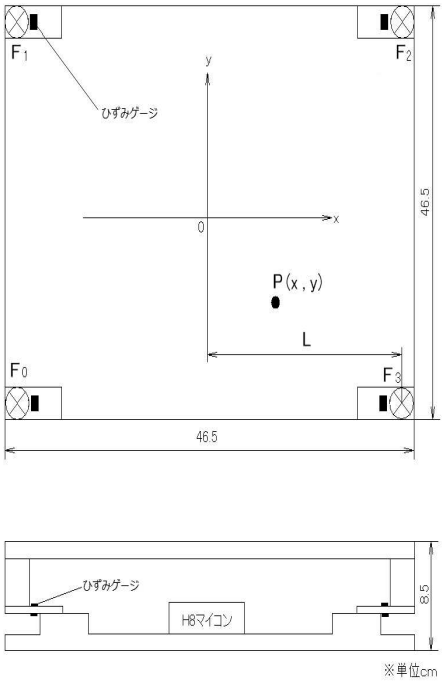


図.2　重心動揺計概観図

任意の点Pに荷重Fをかけたとき、4つのひずみゲージから得られた荷重F0、F1、F2、F3 から重心は次式で求められる。

$F = F0 + F1 + F2 + F3$

$Px = L \cdot \{ (F2 + F3) - (F1 + F0) \} / F$

$Py = L \cdot \{ (F2 + F1) - (F3 + F0) \} / F$

測定システムはどこでも持ち運べるよう電池駆動とした。

3. ひずみゲージの評価実験

ひずみゲージによる計測において生じるノイズには配線から混入するものと周囲の温度変化によって生じる梁材料の物理的熱膨張・収縮およびひずみゲージ自身の温度係数からくるものがある。図.3 に示す１アクティブ法による安静時の実験結果を見ると温度変化がわずかな測定条件であってもオフセット電圧は安定しなかった。このオフセット電圧の変化はひずみゲージとブリッジ回路との駆動回路によって異なってくる。

本実験では片持ち梁のひずみを計測すること・周囲の温度影響を補正できること等からひずみゲージの数ある駆動法の内２アクティブダミー法・2 アクティブゲージ法・4 アクティブゲージ法について試作評価をおこない、安静時におけるオフセット電圧の安定性とノイズの確認の実験をおこなった。

4. 結果

図.4 に実験結果を示す。2 アクティブゲージ法・2 アクティブダミー法・4 アクティブゲージ法は温度影響の補正ができない１アクティブゲージ法よりも安定したオフセット電圧が得られていることがわかった。中でも 4 アクティブゲージ法が最も安定しており、この駆動法を採用することにした。また 2 アクティブゲージ法は 2 枚でひずみを求めるゲージと温度補正用のゲージとを同一の場所に直交配置するため他と比べてやや不安定となった。

5. おわりに

本システムと同様な測定器としてフォースプレートが開発され実用に供されているが、重く大きいため可搬性に問題があることや運用前の調整に時間を要するなどの問題点があった。試作システムは１チップマイクロプロセッサを用いることで調整が容易で実用性が向上したシステムとなっている。

今後実際に計測システムをアーチェリー競技に運用しシステムの問題点と改善を図り、競技における重心と競技結果との関係を分析する予定である。

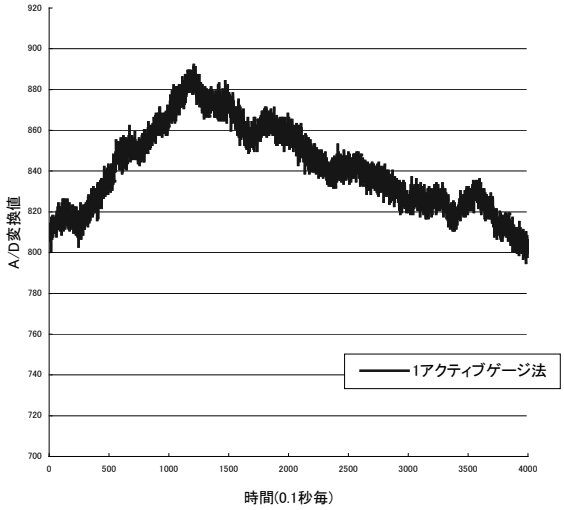


図.3　１アクティブゲージ法

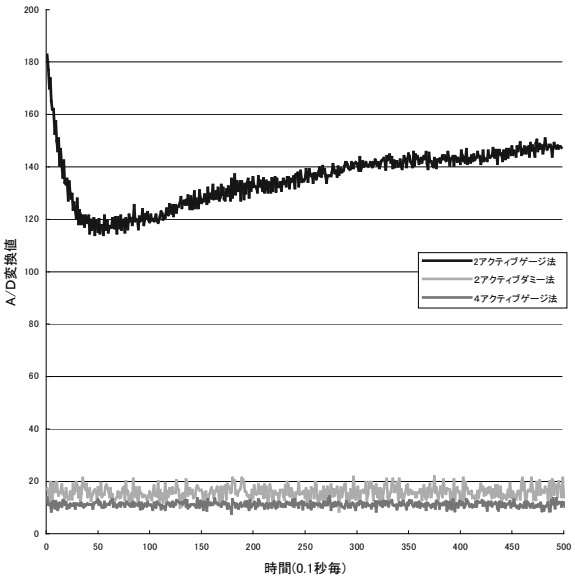


図.4　各ひずみゲージ法安定性確認実験

無線モジュールを用いた運動促進システムの開発

Development of a Health Promotion System for Exercise Using Wireless Module

○山根信吾*，井上裕美子*，橋本渉*，中泉文孝**，大須賀美恵子**

*大阪工業大学情報科学部　**大阪工業大学工学部

YAMANE Shingo*, INOUE Yumiko*, HASHIMOTO Wataru*,
NAKAIZUMI Fumitaka**, OHSUGA Mieko**
*Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology,
**Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

1.　緒言

我々は，様々なインタラクティブな運動促進システムの開発及び評価を手掛けてきた [1, 2]．これまでの経緯から，システム利用の際に接続などの手間がかかると，自発的な継続利用が難しいことが考えられた．そこで今回は,家庭において気軽に行うことができる運動促進システムを提案する.

なお,運動するにあたり,ケーブル類が邪魔になり,運動がやりにくくなることを防ぐため，開発に無線モジュールを用い自然な動きでトレーニングできるシステムを目指した．また，単にケーブル接続の煩わしさがなくなるだけでなく，複数の運動機器を簡単に接続できる利点があるため，今回のシステム開発に無線モジュールを用いることとした.

2.　開発するシステム

2.1　コンセプト

本システムで実施する運動は，筋力トレーニングと敏捷性のトレーニングである．トレーニングの部位は左右上肢（前腕屈筋群，上腕二頭筋，上腕三頭筋）を想定した．片腕が敏捷性の，もう片腕は筋力トレーニングを行う設定である．また，同時に複数人でトレーニングを行い,対戦形式にすることで競争心をあおり,運動意欲の向上を目指した．運動を行うには，家庭内ではスペースの問題があるため，居間のような小スペースにおいても利用可能なシステムとすることにした.ユーザは，運動負荷を調節することで小学生から高齢者までの幅広い年代を対象とすることをめざした.

2.2　システムの構成

本システムは，運動機器 2 種類（LED P.O.V.，ダンベル）と運動に応じて動くモーターカー，制御用 PC からなる．システム構成を図 1 に示す.

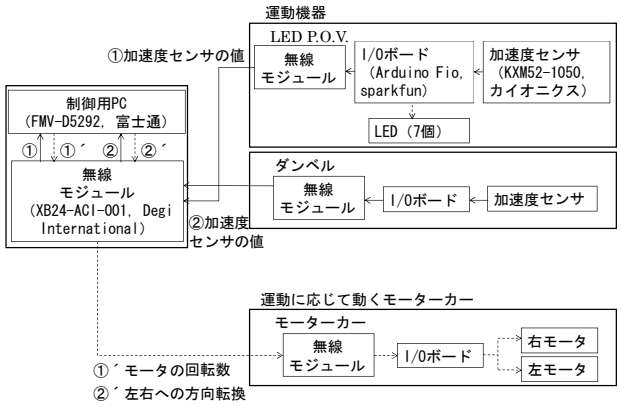


図 1　システムの構成図

2.2.1　敏捷性トレーニング機器（LED P.O.V.）

LED P.O.V.は 7 つ並んだ LED が光り，振ることで光残像効果により文字や模様が見える装置である（図 2）．素早く振る運動を促せることから敏捷性のトレーニング機器とした．LED P.O.V.は，CPU 搭載の I/O ボード（以後マイコンボード, Arduino Fio, sparkfun），無線モジュール（XB24-ACI-001，Degi International），3 軸加速度センサ（KXM52-1050, カイオニクス），LED（P.O.V.，学研）から構成される．LED P.O.V.に装着した加速度センサの Y 軸の値は制御用 PC に送信し，モーターカーのモータの回転数に反映した．LED の出力制御は制御用 PC で行った．LED P.O.V.は，1 秒間に 4 回程度の速さで振ることで文字や模様が見える．文字数を多くすると大きく手を振らないと文字が読めないため，文字数によって運動負荷を調節可能である.

2.2.2　筋力トレーニング機器（ダンベル）

ダンベルに無線モジュール，マイコンボード，3 軸加速度センサを装着し，筋力トレーニング用の運動機器とした．加速度センサの X・Y 軸の値は，制御用 PC に送られ，後述するモーターカーの制御に用いた．現時点では 2kg のダンベルを用いているが，今後，水ダンベルなどの負荷を簡単に変えることのできるものを使用することで，幅広い年齢層に使用できる運動機器とすることを考えている．

2.2.3　運動に応じて動くモーターカー

2 つの車輪をそれぞれのモータで動かす車型のものを作成し，トレーニング動作を車のスピード及び左右方向の制御に反映させた．左右のモータはマイコンボードに接続され，その回転数の出力は，制御用 PC によってコントロールされる．詳細は後述するが，LED P.O.V.を振る回数を回転数に反映させ，腕（ダンベル）の傾きが直進，左右の方向を決める設定とした．

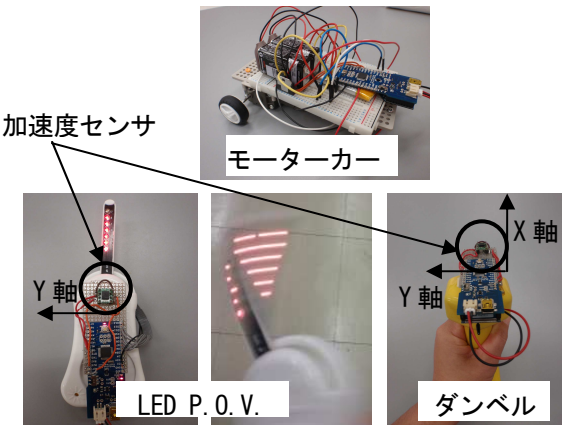


図 2　LED P.O.V. とダンベルとモーターカー

2.2.4　制御用 PC

制御用 PC（FMV-D5292，富士通）では，無線モジュールを介して，LED P.O.V.とダンベルに装着した加速度センサの値を取り込んだ．LED P.O.V.の加速度センサ（Y 軸）の値から加速度を，ダンベルの加速度センサの X・Y 軸の値からダンベルの傾きを算出した（図 3）．これらの値を用いて，モーターカーの左右のモータの回転数を個別に制御した．スピードの制御は，LED P.O.V.を振った回数に応じて，モーターカーのモータの回転数を上げて早く走るようにした．方向の制御は，ダンベル運動（肘屈伸運動）で肘屈曲角度が 90 度であれば直進，肘屈曲角度が 30～50 度であれば左へ，肘伸展 180 度であれば右へ進むようにした．モーターカーを走らせるためには，片手で LED P.O.V.を振り，もう一方の手でダンベルを上げ下げして方向を変えるよう制御した．

無線は，通信可能距離が 100m 程度の 802.15.4 規格を用いた．この通信は，PAN ID が設定できるため，人数分の運動機器とモーターカーを制作すれば，複数人で競い合ってトレーニングできる．なお，本システムは Processing を用いて開発した．

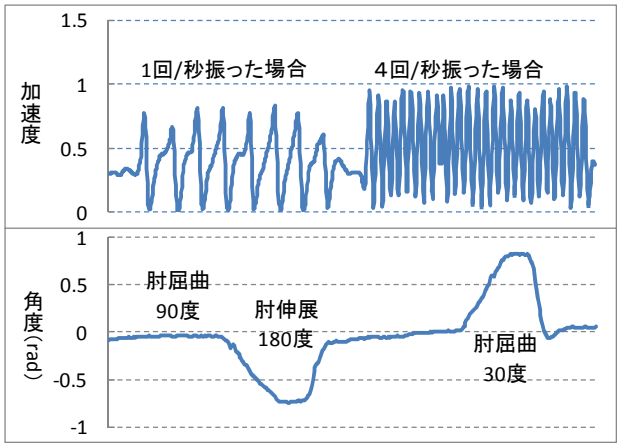


図 3　LED P.O.V. の加速度とダンベルの傾き

3.　まとめと今後の課題

本研究では，無線モジュールを用い，手軽にトレーニングを行うことができる運動促進システムの開発を試みた．現段階では試作段階であるので，今後の課題として，実際に使用した際にトレーニング対象の筋がどの程度働いているのかを筋電図計測をして検証し，ユーザの使用感を聴取する必要がある．それを踏まえて改良を行い，継続利用可能かどうかを検証する予定である．

参考文献

1)　井上裕美子，大須賀美恵子：映像を用いたインタラクティブな運動促進システム，画像ラボ，日本工業出版，Vol. 16, No.4, pp.7-11 (2005).

2)　Mieko Ohsuga, Yumiko Inoue, Wataru Hashimoto, Fumitaka Nakaizumi：VR applied asobi-litation system for dementia elderly in group homes, J.Robotics and Mechatronics, Vol. 19 , No. 6, pp. 698-704 (2007).

ISSN 1344-4565

平成 22 年度　日本人間工学会　関西支部大会

会期: 2010 年 12 月 4 日(土), 12 月 5 日(日)
会場: 大阪工業大学 大宮キャンパス
主催: 一般社団法人 日本人間工学会 関西支部
(JES 公開講座　主催: 一般社団法人 日本人間工学会)
共催: 大阪工業大学
大会長・事務局長: 大須賀 美恵子 (大阪工業大学 工学部)
事務局: 大阪工業大学工学部生体医工学科ウエルネス研究室
プログラム委員 (あいうえお順):

朝尾 隆文 (関西大学 システム理工学部)
井上 裕美子 (大阪工業大学 情報科学部)
臼井 伸之介 (大阪大学大学院 人間科学研究科)
大須賀 美恵子 (大阪工業大学 工学部)
川野 常夫 (摂南大学 工学部)
桑原 教彰 (京都工芸繊維大学 大学院)
神宮 英夫 (金沢工業大学 情報学部・感動デザイン工学研究所)
新家 敦 ((株)島津ビジネスシステムズ)
畠中 順子 ((社)人間生活工学研究センター)
八木 佳子 ((株)イトーキ)

運営協力: 大阪工業大学工学部生体医工学科・生体医工学専攻 有志

平成 22 年度　日本人間工学会 関西支部大会 講演論文集

発行日 2010 年 12 月 4 日
発行者 平成 22 年度日本人間工学会関西支部大会事務局
〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1
大阪工業大学 工学部 生体医工学科 ウエルネス研究室
e-mail: ergow2010@bme.oit.ac.jp
Phone: 06-6954-4493　or 06-6954-4457 内線(4713)
Fax: 06-6954-4463
URL: http://www.oit.ac.jp/bme/~ohsuga/ergow2010/
印刷所 キタオ商事株式会社