

平成 23 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
神戸大学

共催：JST ERATO 前中センシングプロジェクト

後援：兵庫県立工業技術センター

日程：平成 23 年 12 月 10 日（土），11 日（日）

場所：神戸大学 海事科学研究科（深江キャンパス）

平成 23 年度 日本人間工学会 関西支部大会 スケジュール

第1日目 12/10 (土)	8:30	受付(4号館1階)		
	9:00	練習船「深江丸」乗船 (集合場所: 深江キャンパス係留岸壁)		
	09:30-12:00	体験乗船・特別講話 矢野吉治氏 (神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船深江丸船長)		
	12:20-13:20	昼食 / 役員会(総合学術交流棟1階 梅木Yホール)		
		A会場 [4号館1階 4101]	B会場 [4号館1階 4102]	C会場 [4号館2階 4206]
	13:30-14:30	GS1 介護・介助	OS1 医療・健康のための知的情報処理	GS2 刺激・影響
	14:30-15:30	GS3 動作・特性 I	GS4 教育・学習	GS5 技能
	15:45-16:30	特別講演(総合学術交流棟1階 梅木Yホール) 「シーマンシップと人間工学」 古莊雅生氏 (神戸大学大学院海事科学研究科教授/海技教育センター長)		
16:45-19:00	懇親会(総合学術交流棟1階 梅木ホール)			

第2日目 12/11 (日)	9:00	受付(4号館1階)		
		B会場 [4号館1階 4102]	A会場 [4号館1階 4101]	C会場 [4号館2階 4206]
	09:30-10:30		GS6 システム開発	GS7 人間特性
	10:30-12:00	10:00-12:00 OS2 観察工学の深耕	招待SS (4号館3階 4301) 「ヒューマンセンシングフュージョン」 代表 前中一介氏 (兵庫県立大学大学院工学研究科教授/JST ERATO前中センシング融合プロジェクト研究統括)	
	12:00-13:00	昼食		
		B会場 [4号館1階 4102]	A会場 [4号館1階 4101]	C会場 [4号館2階 4206]
	13:00-14:00	OS3 アーゴデザイン部会 企画セッション これからのアーゴデザインを考える 一人間の成長、環境の変化、技術の革新、参加型のデザイン (関東・関西を中継)	GS8 手法・開発	GS9 動作・特性 II
14:00-15:00				

参加者へのご案内

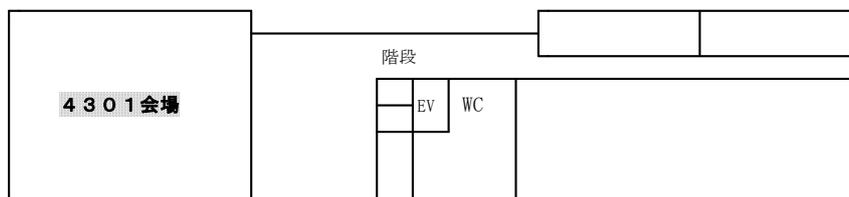
- 受付は、4号館1階フロアにあります。
- 休憩室は、4号館1階ラウンジです。
- 役員会は、12月10日(土)12:20より、総合学術交流棟1階 梅木Yホールにて行います。
- 懇親会は、12月10日(土)16:45より、総合学術交流棟1階梅木ホールにて行います。
- 昼食は、会場または休憩室等をご利用ください。事前注文のお弁当は、受付にて昼食時にお渡しします。
- 喫煙は、校内の喫煙表示のある場所のみでお願いします。

発表者へのご案内

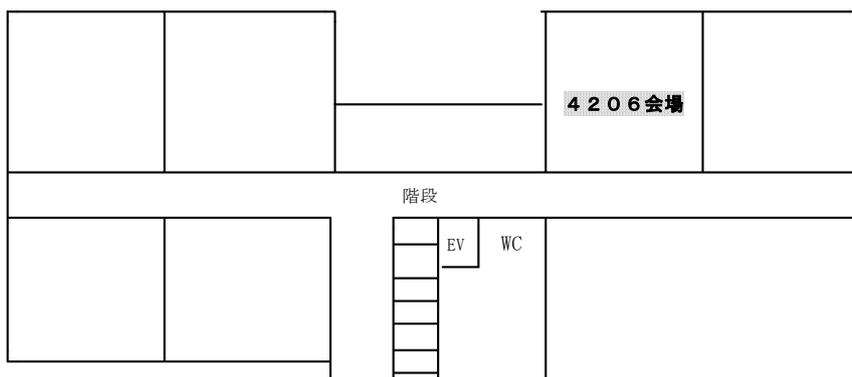
- 各会場にはプロジェクターが設置されています。パソコンは、原則、各自でご用意下さい。
- 一般講演の発表時間は、15分(発表12分、質疑応答3分)です。第1鈴10分、第2鈴12分、第3鈴15分です。セッション開始前にパソコンの接続確認を行ってください。
- 企画セッションの時間配分、進行は、オーガナイザ、座長でお願いします。

会場（4号館）フロア図

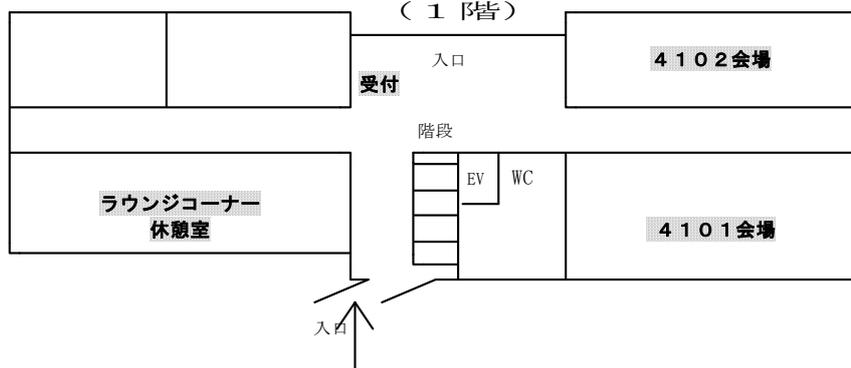
（3階）



（2階）



（1階）



会場へのアクセス

（1）阪神電車を利用される場合

- 1)大阪方面から 特急または直通特急 西宮で普通車に乗り換え 「深江」下車(22分) 徒歩8分
- 2)三宮方面から 特急または直通特急 御影で普通車に乗り換え 「深江」下車(17分) 徒歩8分

（2）JR電車を利用される場合

- 1)大阪方面から 普通車 「甲南山手」下車(15分) 徒歩20分
- 2)大阪方面から 新快速 「芦屋」下車(10分) タクシー10分
- 3)三宮方面から 普通車 「甲南山手」下車(12分) 徒歩20分
- 4)三宮方面から 快速 「住吉」で乗り換え 普通車 「甲南山手」下車 徒歩20分
- 5)三宮方面から 新快速 「芦屋」下車(7分) タクシー10分

平成 23 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

特別講演 (12月10日 15:45~16:30 総合学術交流棟 梅木Yホール)		座長: 村井康二(神戸大学)
シーマンシップと人間工学		古莊雅生(神戸大学大学院海事科学研究科 教授/ 海技教育センター長)
特別講話 (12月10日 09:30~11:30 練習船「深江丸」船上)		座長: 瀧 真輝(神戸大学)
体験乗船/船長学「かたふり」		矢野吉治(神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船 船長)
招待企画セッション (12月11日 10:30~12:00 4号館 4301)		座長: 樋口行平(科学技術振興機構)
ヒューマンセンシングフュージョン		前中一介(兵庫県立大学大学院工学研究科 教授/ JST ERATO前中センシング融合プロジェクト研究統括)
SS-11	MEMS 技術による身体貼り付け型人体活動モニタリングシステムの研究開発	○前中一介(兵庫県立大学)
SS-12	生体適合性を有する柔軟配線材の開発及びその心拍・呼吸センサへの応用	○濱田浩幸(JST), 塩野祥平(JST/兵庫県立大学), 蔣永剛(北京航空航天大学), 橋本泰知(JST/兵庫県立大学), 笠井一夫, 横松得滋(JST), 高尾英邦(JST/香川大学), 神田健介, 藤田孝之(JST/兵庫県立大学), 樋口行平(JST), 前中一介(JST/兵庫県立大学)
SS-13	貼付け型 ECG モニタリングシステム	○園田晃司(兵庫県立大学/JST), 田中智也(兵庫県立大学), 大河内沙也香, Alex Chan Chun Kit(JST), 神田健介(兵庫県立大学/JST), 樋口行平(JST), 藤田孝之, 前中一介(兵庫県立大学/JST)
SS-14	環状受光部を持つ脈波センサを用いた小型脈拍モニタリングシステム	○石井雅敏(兵庫県立大学/JST), 笠井一夫, 樋口行平(JST), 神田健介, 藤田孝之, 前中一介(兵庫県立大学/JST)
SS-15	歯の加速度による音声認識の検討	○瀧澤由佳子(兵庫県立工業技術センター), 樋口行平(JST), 前中一介(兵庫県立大学), 才木常正(兵庫県立工業技術センター/兵庫県立大学)

企画セッション

OS1 医療・健康のための知的情報処理 (12月10日 13:30~14:30 4号館 4102)		オーガナイザ: 新居 学, 小橋昌司(兵庫県立大学) 座 長: 新居 学(兵庫県立大学)
OS1-1	頭部輪郭形状を用いた新生児頭部 MR 画像からの大脳領域抽出法	○橋岡亜弥(兵庫県立大学大学院), 小橋昌司, 倉本 圭(兵庫県立大学大学院/大阪大学), 若田ゆき, 安藤久美子, 石蔵礼一(兵庫医科大学), 石川智基(石川病院), 廣田省三(兵庫医科大学), 畑 豊(兵庫県立大学大学院/大阪大学)
OS1-2	レーダ特性を考慮した複数船舶用レーダ画像の合成法	○三田北斗(兵庫県立大学大学院), 小橋昌司(兵庫県立大学大学院/大阪大学), 中川和也, 西山浩二, 前野 仁(古野電気株式会社), 倉本 圭, 畑 豊(兵庫県立大学大学院/大阪大学)
OS1-3	看護ケア質評価システムの評価結果の分析	○新居 学(兵庫県立大学大学院/大阪大学), 中井一貴, 高橋 豊(兵庫県立大学大学院), 内布敦子, 坂下玲子(兵庫県立大学)
OS1-4	MEMSセンサ情報からの人間状態推定	新居 学(兵庫県立大学大学院/大阪大学), ○中井一貴, 高橋 豊(兵庫県立大学大学院)
OS2 観察工学の深耕 (12月11日 10:00~12:00 4号館 4102)		オーガナイザ: 山岡俊樹(和歌山大学) 座 長: 山岡俊樹(和歌山大学)
OS2-1	観察工学におけるモノ、サービスの観察方法	○山岡俊樹(和歌山大学)
OS2-2	直接観察と間接観察における気付きの違い	○八木佳子(株式会社イトーキ), 藤原義久, 金澤伸昭(三洋電機株式会社), 荒生五月, 生田めぐみ(永大産業株式会社)
OS2-3	ユーザの価値観を想定するための手法の一提案	○森田祐輔(和歌山大学大学院), 山岡俊樹(和歌山大学)
OS2-4	中国の行動観察調査: 上海の80後女性のニーズとモチベーション	○松波晴人, 久保陽綾(大阪ガス/株式会社エルネット)
OS3 アーゴデザイン部会 企画セッション: これからのアーゴデザインを考える -人間の成長、環境の変化、技術の革新、参加型のデザイン(関東・関西を中継)(12月11日 13:00~15:00 4号館 4102)		オーガナイザ: 上田義弘(富士通デザイン), 高橋 靖, 山崎和彦(千葉工業大学), 郷健太郎(山梨大学), 吉井 誠(アイ・エス・ティ), 八木佳子(イトーキ), 安藤昌也(千葉工業大学), 西内信之(首都大学東京), 新家 敦(島津ビジネスシステムズ) 座 長: 高橋 靖(千葉工業大学)
OS3-1	環境の変化とこれからのアーゴデザインの課題	○八木佳子(関西支部: 株式会社イトーキ)
OS3-2	人間の成長とユーザエクスペリエンス	○安藤昌也(関東支部: 千葉工業大学)
OS3-3	ユーザ参加のデザインと人間中心設計	○西内信之(関東支部: 首都大学東京)
OS3-4	アーゴデザイン指標の一考察 -インタラクションからロードマップまで-	○新家 敦(関西支部: 株式会社島津ビジネスシステムズ)

一般セッション

【12月10日(土)】 13:30~14:30		
GS1: 介護・介助		
座長: 岡田 明(大阪市立大学)		
A1-1	入浴介助の身体的・精神的負担の調査	○山本晃嘉(株式会社シティー・ステート/京都工芸繊維大学大学院), 松山 稔, 鴨居宏明, 山本梁介(株式会社シティー・ステート), 桑原教彰, 来田宣幸(京都工芸繊維大学大学院)
A1-2	デジタルヒューマンJackによる介護される人の腰部圧迫力の評価	○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)
A1-3	動画認識を用いた認知症患者用物探し支援システムの提案	○赤澤圭亮, 桑原教彰, 森本一成(京都工芸繊維大学大学院)
A1-4	高品位介護における塗り絵レクリエーション用カラー筆ペンの研究開発	川畑慎一郎(京都工芸繊維大学), ○那須真樹(株式会社 soliton corporation), 山本晃嘉(株式会社シティー・ステート), 来田宣幸, 桑原教彰, 濱田泰以(京都工芸繊維大学)
GS2: 刺激・影響		
座長: 後藤彰彦(大阪産業大学)		
C1-1	壁の素材がにおいの感じ方に与える影響	○鷹尾憲一(株式会社エイチ・イン・ソリューション/京都工芸繊維大学大学院), 来田宣幸, 桑原教彰(京都工芸繊維大学大学院)
C1-2	温熱マッサージによる刺激が心身に与える影響	○井上裕貴(立命館大学), 乾 景太, 筒井慎治(パナソニック電気株式会社), 萩原 啓(立命館大学)
C1-3	触覚の情報獲得に及ぼす深部感覚の影響	○藏野 豪(関西大学大学院), 前橋政樹, 小谷賢太郎, 鈴木 哲, 朝尾隆文(関西大学)
C1-4	視覚および聴覚を用いた課題提示が短期記憶に及ぼす影響	○高宮 徹, 井上裕美子(大阪工業大学)

【12月10日(土)】 14:30~15:30		
GS3: 動作・特性 I		
座長: 畠中順子(人間生活工学研究センター)		
A2-1	漆塗り作業における熟練者と非熟練者の動作と視線の関係	成田智恵子, 遠藤淳司(京都工芸繊維大学), ○小林辰也(大阪産業大学), 下出祐太郎(下出蒔絵所), 高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学)
A2-2	歩行補助車の段差乗り越え時の力学特性	○高見正利(神戸学院大学)
A2-3	食事写真を用いた栄養価推定における思考の分析	○山本知世子, 桑原教彰, 森本一成(京都工芸繊維大学大学院)
A2-4	経験年数が異なる金網細工職人の作業時における動作解析	辻 賢一, 辻 徹(金網つじ), ○和田圭介, 後藤彰彦, 高井由佳(大阪産業大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学)
GS4: 教育・学習		
座長: 中川誠司(産業技術総合研究所)		
B1-1	刺激-反応課題における学習規則が課題方略に及ぼす影響	○田中親自(東京大学/日本学術振興会), 渡邊克巳(東京大学/科学技術振興機構)
B1-2	100m走における筋電図を用いたフォームトレーニング	○佐野川谷陽介(摂南大学大学院), 橋本正治(摂南大学)
B1-3	海上交通における衝突回避判断教育プログラムの試行とその効果	瀧 真輝(神戸大学大学院), ○草加大司郎(神戸大学), 藤本昌志(神戸大学大学院), 臼井伸之介(大阪大学大学院), 広野康平(神戸大学大学院), 持田高德(東京海洋大学)
GS5: 技能		
座長: 才木常正(兵庫県立工業技術センター)		
C2-1	京友禅染における糊置工程に関する研究	○古川貴士(株式会社 菱健), 遠藤淳司, 成田智恵子(京都工芸繊維大学), 佐々木智一(佐々木化学薬品株式会社), 高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学)
C2-2	視界制限状態における船舶のレーダーを用いた衝突回避判断に関する調査	瀧 真輝(神戸大学大学院), ○川井智広(神戸大学), 藤本昌志, 広野康平(神戸大学大学院), 持田高德(東京海洋大学)
C2-3	筆製造工程における毛もみ技術の解析	○川畑慎一郎(京都工芸繊維大学), 那須真樹, 鎌田俊幸, 中原賢一, 造田弘司(株式会社 soliton corporation), 後藤彰彦(大阪産業大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学)

【12月11日(日)】 09:30～10:30

GS6: システム開発		座長: 日井伸之介(大阪大学)
B2-1	ヒューマン・モニタリングシステムの開発 - 小型生体計測装置を用いた心電図の計測と解析 -	○大本涼子(大阪府立大学), 有馬正和(大阪府立大学大学院), 樋口行平(兵庫県立大学/JUST ERATO前中センシング融合プロジェクト), 前中一介(兵庫県立大学大学院)
B2-2	ヒューマン・モニタリングシステムの開発 - in-situ 型表情評価システムの構築 -	○有馬正和(大阪府立大学大学院), 大本涼子(大阪府立大学)
B2-3	Kinect を用いた手指形状の3次元計測の一手法	○松島慎亮(京都工芸繊維大学), 桑原教彰, 森本一成(京都工芸繊維大学大学院)
B2-4	発達障害児の運動機能改善を目的とした遊びリテーションシステムの開発と評価	○岡田衣理子, 岩谷智一, 大須賀美恵子(大阪工業大学)
GS7: 人間特性		座長: 井上裕美子(大阪工業大学)
C3-1	視覚イメージの差に伴う触覚評価の変化	○岡村友俊(金沢工業大学大学院)
C3-2	睡眠時における自律神経系および中枢神経系の生理指標の時系列的相互関係	○江井大輔(立命館大学), 出口明広, 神林優太(立命館大学大学院), 萩原 啓(立命館大学)
C3-3	左視野と右視野における光刺激反応時間の差	○狩野 隆, 川野常夫(摂南大学)
C3-4	冷房使用時の体温調節反応と温熱的快適性の性差について	○安岡絢子(奈良女子大学大学院), 久保博子(奈良女子大学), 都築和代((独)産業技術総合研究所), 磯田憲生(奈良女子大学)

【12月11日(日)】 13:00～14:00

GS8: 手法・開発		座長: 森本一成(京都工芸繊維大学)
B3-1	リラクゼーションのための呼吸誘導装置の開発に向けて	○江口一樹, 山本和司(大阪工業大学), 浦谷裕樹, 大須賀美恵子(大阪工業大学大学院)
B3-2	問題点抽出のためのユーザビリティ評価における評価指標及び問題点の重要度付け方法の提案	○土井俊央(和歌山大学大学院), 山岡俊樹(和歌山大学)
B3-3	製品事故情報へのテキストマイニング手法の適用	○久本誠一(製品評価技術基盤機構/京都工芸繊維大学)
B3-4	機能系統図とコンセプトターゲット表を活用した GUIデザインコンセプト構築方法の提案	○安井鯨太, 山岡俊樹(和歌山大学)
GS9: 動作・特性 II		座長: 川野常夫(摂南大学)
C4-1	歩行動作の個人差を示す足底圧分布情報の抽出	○田村 充, 井上裕美子(大阪工業大学)
C4-2	伝統金属加工における半田付け工程の動作と素材変形	仁科雅晴(京都工芸繊維大学), ○岡田圭史, 高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学)
C4-3	バーチャル空間におけるダイレクトマニピュレーション ～奥行き知覚の個人差への対応～	○土屋宏朗, 大須賀美恵子(大阪工業大学大学院)
C4-4	新幹線保守用車「デッドマン装置」のボタン押下手法に関する検討	○伊藤大介, 藤澤厚志, 吉田 裕(西日本旅客鉄道株式会社)

特別講演

12 月 10 日 15:45～16:30
総合学術交流棟 1 階 梅木 Y ホール

「シーマンシップと人間工学」

【講演者】

古 莊 雅 生 氏

神戸大学大学院 海事科学研究科 教授
国際海事研究センター 海事教育研究部門長
海技教育センター長
神戸大学 乗船実習科長

【座長】

村 井 康 二 (神戸大学大学院 海事科学研究科 准教授)

2011/12/10
平成23年度 日本人間工学会
関西支部大会

「シーマンシップと人間工学」

神戸大学 海事科学研究科 教授
国際海事研究センター 古 莊 雅 生
furusho@maritime.kobe-u.ac.jp

1. はじめに

四面環海の日本は、船舶という海上移動媒体による海上貿易の恩恵を受けながら発展してきた。その船舶の運航に従事する船長や機関長、その他乗組員や水先人 (Sea pilot)、あるいはプレジャーボートの操縦者も含めた海技者 (シーマン) の基本的な身のこなし方、作法、運用規範がシーマンシップ (Seamanship) である。辞書的な意味は、船舶操縦術あるいは操船術、船舶運用技術という訳語も示されている。百人の船長がいれば百種類のシーマンシップが語られるとも言えよう。“スマートで、目先が効いて几帳面、負けじ魂これぞ船乗り”というシーマンの心意気を示した言葉があり、海技者が志向する永遠の努力目標 (課題) でもある。

一方、人間工学とは、国際人間工学連合 (IEA) が示す人間工学の定義 (The Discipline of Ergonomics) [下欄] が示すように、理論 (theory) ・原則 (principles) ・データ (data) ・設計方法 (methods) を有効活用する独立した専門領域の科学的学問である。人間工学会のウェブサイトによると、人間工学は、人間の身体的・認知的・精神的特性を理解し、人間とシステム要素を等距離に捉え、仕事、機械・道具、環境、組織、社会システム、組織文化との相互作用の適正化を図る実践科学であると解説している。

Ergonomics (or Human Factors) is the **scientific discipline** concerned with the understanding of the interactions among humans and other element of a system, and the profession that applies theory、principles、data and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance.

そこで、一般社会における“人間工学”の視点を参考に、海事社会における“シーマンシップ”について、船長の職務権限から考察し、視覚研究の一端を紹介する。

2. 人間工学

ギリシャ語の ergon (仕事や労働) と nomos (自然の法則) に由来し、労働衛生的視点から労働条件と病態との関連性を解明する研究からスタートした人間工学 (Ergonomics) (1857)。一方、米
国空軍機の多発する事故原因<「高度計の計器の

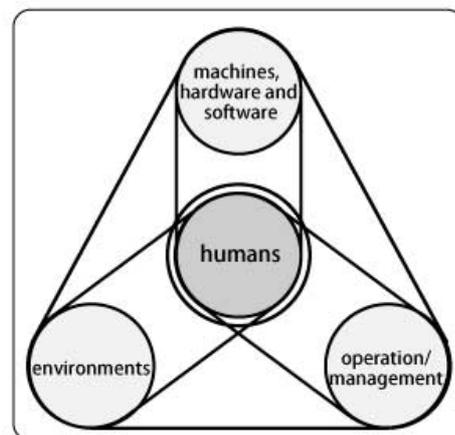


図1 人間中心設計原理 (ISO11064-1/JIS Z8503-1)

インターフェイスデザインが悪いために、パイロットは計器の読み間違いをしている」という原因説明から応用心理学を背景として発展してきた、ヒューマンファクター(Human Factors) (1945)。労働科学とは異なった視点により、米国流の心理学を基礎として人間力を最も経済的に使用できる手法に重点を置き、田中寛一氏が執筆して「能率研究 人間工学」により紹介した Human Engineering(1921)。

Ergonomics⇒Human Factors⇒Human Engineering と時代の流れとともに新たに導入された用語ではあるが、近代産業の発展に伴って生じた人間のさまざまな問題点を克服し、人々の安全・安心・快適・健康の保持・向上に貢献する実践科学であり、安全で安心できる健康な社会を実現するために、人間を中心とした設計原理 (ISO11064-1(JIS Z8503-1) は一貫した姿勢である。

3. シーマンシップと STCW 条約

人間工学が目指す安全で安心できる健康な社会を実現するという基本理念は、シーマンシップが目指す安全で安心できる船舶の運航を実現するという海事社会の目標でもある。海事社会における人間の安全と安心に係る人的要因は、図2のように、人間工学が支える安全・安心の要因として説明することができる。

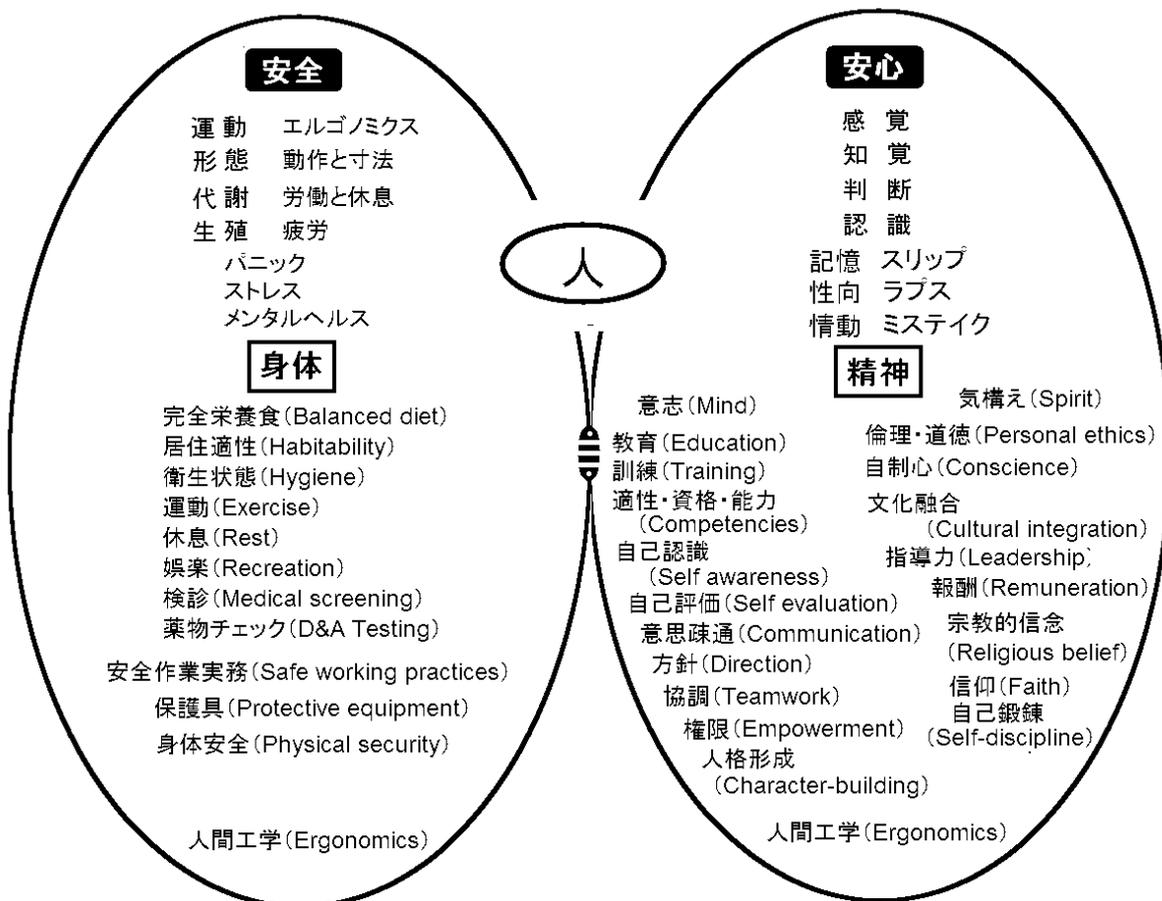


図2 安全・安心を支える人間工学

昨年 (2010年) 6月21日から25日まで、マニラのフィリピン国際会議場において、STCW条約の改正案を審議する国際会議が開催された。STCW条約 (THE International Convention on

Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW, 1978) とは、1967年に英仏海峡で発生した大型タンカー「トリーキャニオン号」座礁事故を契機として、船員の資質と技能、いわゆるシーマンシップに関する国際基準の必要性が高まり、1978年に採択され、1984年に発効した国際条約である。この条約は、1995年の包括的改正 (Comprehensive Review) から十数年が経過しているため、時代に適応し、かつ船員の確保育成に資する内容と改めるべく、2008年から再度の包括的改正が検討され、改正案が採択された。

STCW条約は船長以下、甲板部及び機関部に乗り組む船員に求められる最低限の資質・能力要件 (Competence) 等を規定するほか、加盟国政府に対し、各船員の能力審査および資格証明書 (海技免状) の発給を義務付けている。

客船タイタニックの氷山衝突海難 (1912) が契機となり、船舶救命設備の装備に関する事項から検討が始まった SOLAS 条約 (Safety of Life at Sea : 海上における人命の安全のための国際条約) などの海事に関する国際的な審議機関が、ロンドンに本部のある IMO (国際海事機関 : International Maritime Organization) である。

4. 船長の職務及び権限

4. 1 船員法

船員法は、船員の給料・労働時間・安全衛生その他の労働条件の基準・船長の職務権限・船内規律等を規定した法律である。現在の船員法は昭和22年9月1日に発効したものである。船員 (海上労働者) には、陸上労働者に適用される労働基準法は適用されず、その代わりに、船員法が適用される。船員労働 (海上労働) は、陸上とは異なり、労働環境が海上 (洋上) であるため、職場自体が災害を受ける危険度も非常に高い。そして、労働環境と、労働力の再生産に必要な生活環境が同時に船内にあるという特殊性がある。このため、船員については、陸上労働者とは異なった法的な取り扱いが必要とされている。

4. 2 船員法の適用範囲

船員法は、船員及び船舶所有者を適用対象とする法律である。

(1) 船員とは、日本船舶及び日本船舶以外の命令の定める船舶に乗り組む船長・海員・予備船員をいう。ただし、①総トン数5トン未満の船舶、②河川・港内のみを航行する船舶、そして ③政令の定める総トン数30トン未満の漁船に乗り組む者は含まれない。「船舶に乗り組む」とは、船舶を運航するために、船内作業組織に継続的に加入することであり、労働の場が船舶内にあることを条件とするものではない。水先人の場合は、船舶に“乗り組む”とは言わず、“乗り込む”という表現になる。

(2) 日本船舶とは、船舶法第1条に規定される船舶であり、日本船舶以外の命令の定める船舶 (日本政府が乗組員の配乗を行っている船舶や国内各港間のみを航海する船舶など) は、外国船籍であっても船員法が適用される。

4. 3 船長の職務権限

船員法は、海上航行の安全保持のため、船長に対し厳格な義務と強力な権限をも与えている。この権限は、海上航行という特殊な状態において人命・船舶・積荷の安全を図るという公益を確保するために定められたもので、船舶所有者、荷主等の意思によって左右されるものではない。

船員法に規定されている船長の職務権限を以下に示す。

(1) 指揮命令権

船長は、航海に関する指揮者としての責任を負う一方、船内の統一を図る統制権限を有し、船内の旅客に対してもその職務を行うに必要な命令をすることができる。さらに、船長は、船内秩序を乱す海員に対しては強制権により懲戒をすることができる。

(2) 危険に対する処置

船長は、海員・旅客その他乗船者が、凶器・爆発物・劇薬等の危険物を所持しているときは、その物を保管・放棄・その他の処置をすることができる。

海員・旅客その他乗船者が生命・身体・船舶に危害が及ぶ行為をしようとするときは、その危害を避けるため必要な処置をすることができる。

(3) 行政庁に対する援助の請求

海員・旅客その他乗船者の行為が人命・船舶に危険を与えたり、船内の秩序を著しく乱すような場合は、必要に応じて行政庁に援助を求めることができる。

(4) 司法警察職員としての職務

沿海区域以上を航行する総トン数 20 トン以上の船舶の船長は、船内に犯罪があったときは、犯罪捜査・犯人逮捕等の司法警察職員としての職務を行うことができる。

(5) 船内死亡者に対する処置

船長は、船舶の航行中に船内にある者が死亡したときは、保存することが原則であり内航の旅客船では陸上の場合と同様に取り扱う。

(6) 甲板上の指揮

船長は、船舶の出入港時・狭水道の通過時・その他船舶に危険のおそれのあるときは、甲板上において自ら船舶を指揮しなければならない。

(7) 遭難船舶の救助

船長は、他の船舶又は航空機の遭難を知ったときで、自己の指揮する船舶に急迫した危険があるときは、人命の救助に必要な手段をつくさなければならない。

(8) 発航前の検査

船長は、運航を開始前に船舶が航海に支障がないかどうか、堪航性（たんこうせい：Seaworthiness：船舶が安全に航海できる性能）の検査をするほか、航海に必要な準備が整っているかどうか検査をしなければならない。

(9) 船内巡視制度

非常配置表の作成が義務づけられている旅客船の船長は、船舶の火災予防のための船内巡視制度を設けなければならない。

(10) 非常配置表の作成

船舶に異常な事態が発生した場合、船長は、人命・船舶を守るため乗組員を指揮して対応作業に従事するが、最悪の場合には退船を余儀なくされる。このような事態に対処するため予め各自の作業分担を定めたものが非常配置表である。

(11) 操 練

船長は、非常配置表に定められた部署に関する操練・船上教育・船上訓練を定期的に実施しなければならない。旅客船は多くの旅客の命を預かって運航しているので、万一非常事態が発生した場合は、旅客の安全を第一に確保しなければならないという重大な責任が、法律的にも、道義的にも存在する。

5. 海難防止

5. 1 見張り不十分

海難原因の第1位は、“見張り不十分”である。右図は、“見張り不十分”と指摘された海難原因数が海難原因の総数に対する割合の経年変化を表す。衝突海難では実に半数以上が“見張り不十分”である。見張り（Look-out）は、海上衝突予防法第5条（見張り）は、以下のように規定している。

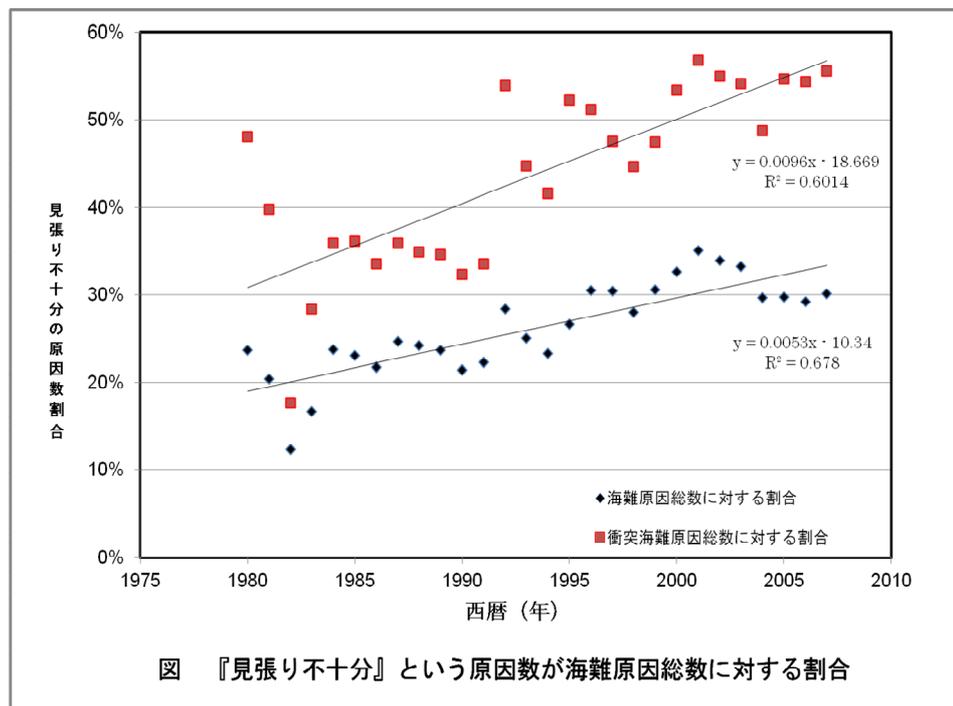


図 『見張り不十分』という原因数が海難原因総数に対する割合

船舶は、周囲の状況及び他の船舶との衝突のおそれについて十分に判断することができるように、視覚、聴覚及びその時の状況に適した他のすべての手段により、常時適切な見張りをしなければならない。

航海の安全を確保するため、視覚による灯火形象物や聴覚による汽笛・音響信号・国際無線電話の確認、そして以下に示す航海計器・航海システムの効果的な利用が求められている。

- レーダー (Radar: **R**adio **d**etection **a**nd **r**anging)
- ARPA (Automatic Radar Plotting Aids: 自動レーダプロットング装置: 船舶設備規程 (146 条の 16) には“自動衝突予防援助装置”というあたかも衝突を自動的に予防してくれる装置のような誤解を生じる名称が付けられている)
- AIS (Automatic Identification System: 船舶の識別符号、種類、位置、針路、速力、航行状態及びその他の安全に関する情報を自動的に VHF 帯電波で送受信し、船舶局相互間及び船舶局と陸上局の航行援助施設等との間で情報の交換を行うシステム/海上保安庁)
- GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System: デジタル通信技術を利用した船舶の遭難救助および安全のための世界的な海上安全通信システム)
- ECDIS (Electronic Chart Display and Information System: 電子海図表示システム: 画面上に自船の位置をプロットし、レーダー映像との重ね合わせにより航路上の危険海域に対する警報を発することができる航海計器)。

人間工学的な観点による ECDIS の工夫は、船橋の明るさに合わせた画面表示や海図の自動スクロール、そして航海の海域に応じた必要な海図の自動ロード等があげられる。

航海船橋の明るさは、実船実験による観測結果から表1のように示すことができる。

表1 航海船橋の水平面照度 - 太陽高度との関係 -

太陽高度	航海船橋の水平面照度 (lx:ルクス)
10° 以上	1,000~10,000
10°	1,000
0°	100
-3°	10
-6°	1
-9°	0.01~0.1
-18°	天文薄明 開始/終了

5. 2 衝突海難と太陽方位

“見張り不十分”に関連して特に明記したい点は、船舶は晴れた日に衝突することが多いという事実である。操船者が相手船を初認する時、その背景条件を与える水平線付近の天空輝度は、太陽高度と太陽方位角、天候等により時々刻々変化する。また、その輝度レベルは真っ暗な夜からざらざらとまぶしい太陽光の海面反射(サングリッター)

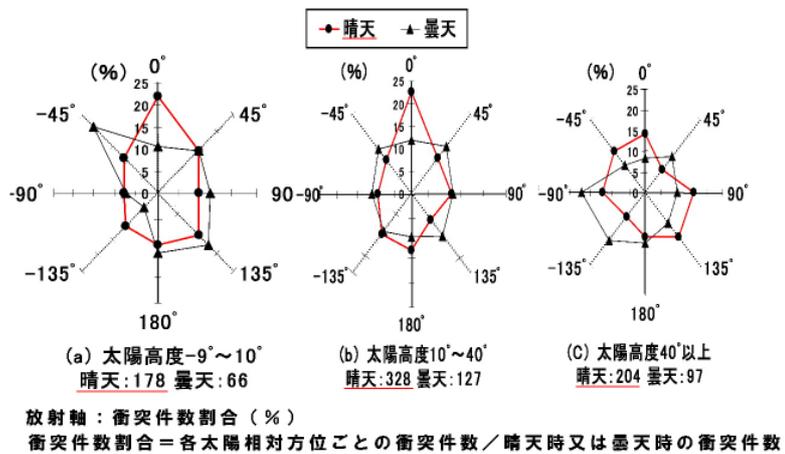


図4: 太陽相対方位と衝突件数割合

までさまざまである。太陽相対方位(太陽方位角を0度とし、見張り不十分とされた自船から見た他の船舶に対する相対方位角)を8方位に区分し、1000件の衝突海難事例を分析した結果を、太陽高度別に晴天時、曇天時の衝突件数割合を図4に示す。太陽高度が40度以下の場合で晴天時、太陽の方向に他の船舶が存在する場合の衝突件数割合が多い。晴れた日は、視界良好と思いがちであるが、実は見えても見えない条件(背景と他船の輝度差[コントラスト]が小さい状況)に陥っていることが考えられ、見張りの盲点でもある。

6. おわりに

シーマンシップは、遭遇したさまざまな状況における自らの経験と判断の蓄積によって形成されるものであり、海技者の多くがマイシーマンシップを持っている。その根底に流れる考え方は、人間を中心とした設計原理という人間工学の発想そのものである。他者(他船)への配慮と自分(自船)の安全・安心を求める姿勢は、シーマンシップの原点である。そして、日々の労働環境や生活環境の改善に向けた取り組みが、人間工学を発展させる原動力になると確信する。人間工学の発展がグッドシーマンシップの新たな知見に向けた大きな成果として開花することを期待したい。

末筆ながら、寄稿の機会を与えて頂いたことに感謝しつつ、日本人間工学会の更なる発展を祈ります。

(雅)

招待 SS ヒューマンセンシングフュージョン

12 月 11 日 10:30~12:00

4 号館 3 階 4301 室

【セッション代表】 前 中 一 介 氏

兵庫県立大学大学院 工学研究科 教授
JST ERATO 前中センシング融合プロジェクト研究統括

【座 長】 樋 口 行 平 (独立行政法人 科学技術振興機構 技術参事)

SS-I 1 MEMS 技術による身体貼り付け型人体活動モニタリングシステムの研究開発

○前中一介(兵庫県立大学)

SS-I 2 生体適合性を有する柔軟配線材の開発及びその心拍・呼吸センサへの応用

○濱田浩幸(JST), 塩野祥平(JST/兵庫県立大学), 蔣永剛(北京航空航天大学), 橋本泰知(JST/兵庫県立大学), 笠井一夫, 横松得滋(JST), 高尾英邦(JST/香川大学), 神田健介, 藤田孝之(JST/兵庫県立大学), 樋口行平(JST), 前中一介(JST/兵庫県立大学)

SS-I 3 貼付け型 ECG モニタリングシステム

○園田晃司(兵庫県立大学/JST), 田中智也(兵庫県立大学), 大河内沙也香, Alex Chan Chun Kit(JST), 神田健介(兵庫県立大学/JST), 樋口行平(JST), 藤田孝之, 前中一介(兵庫県立大学/JST)

SS-I 4 環状受光部を持つ脈波センサを用いた小型脈拍モニタリングシステム

○石井雅敏(兵庫県立大学/JST), 笠井一夫, 樋口行平(JST), 神田健介, 藤田孝之, 前中一介(兵庫県立大学/JST)

SS-I 5 歯の加速度による音声認識の検討

○瀧澤由佳子(兵庫県立工業技術センター), 樋口行平(JST), 前中一介(兵庫県立大学), 才木常正(兵庫県立工業技術センター/兵庫県立大学)

MEMS 技術による身体貼り付け型人体活動モニタリングシステムの研究開発

MEMS Based Human Activity Monitoring System

○前中一介*

*兵庫県立大学 大学院工学研究科

MAENAKA Kazusuke *

*Graduate School of Engineering, University of Hyogo

1. 背景

近年の高齢化・少子化社会、および不健康な生活による疾患のための医療費増大、さらにはこれらが複合的に影響を及ぼす重大な人為的事故など、日本の社会は安心なものではなくなりつつある。このような問題を少しでも緩和するため、人の行動・生活や、肉体的・精神的状態を継続的にモニタし、管理して健康を維持するシステムは有用であると思われる。このようなシステムによると、

- ・高齢化、少子化により増加した独居老人や災害避難中の人たちの健康管理と状態把握、さらには危険な状態を感知してしかるべき警報を発する
- ・肉体的、精神的なストレスおよびその履歴を客観的に数値化し、適切な生活指導、改善勧告を行う
- ・肉体的・精神的な状況を判断し、危険回避を図る一公共交通機関のドライバなどの身体状態を把握し、事故を未然に防ぐ、精神的状況を把握し、うつなどに代表される精神の病を未然に防ぐための措置を講じる
- ・疾患の初期症状を感知し、警告することにより重篤な状態に推移することを防ぐ
- ・広域での多数人の疾患状況を時系列で解析し、流感などの時間的・地域的推移を解析し、速やかに流感を沈静化させる、あるいは流感経路、流感に冒されやすい/冒されにくい地域や生活などについての知見を得る
- ・健康な生活を営んでいると客観的に推定できる人に対しては税金や保険料を低減し、受益者負担の考え方を浸透させ、無用な医療費増加や偏りをなくす

など、社会的安全・安心の向上を期待することができる。我々はこのような生体モニタリングシステムをMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用い

て構築すべく、JST (科学技術振興機構) のERATO事業として取り組んでいる¹⁻³⁾。現在、5年間の時限プロジェクトの4年目である。

2. システムイメージ

生体状況の持続的モニタリングのために、我々は身体に複数貼り付け、多種類の身体情報を同時にかつ長時間連続的にモニタリングし、取得したデータを無線によって遠隔地へ転送することのできるシステムを想定している。このシステムのキーワードは、体への装着を意識させない小型・軽量化と、電池交換などのメンテナンスを極限まで引き延ばすことである。このためプロジェクトでは、センシング要素、回路、ソフトすべてにわたって、目的に合致するための新規なデバイス・システムを創成し究極的な小型化、低消費電力化、センサ融合を行い、汎用品の組み合わせでは不可能なシステムを構築する。最終的なイメージとしては、図1のように絆創膏のような形態で、体のどこにでもまた何カ所でも貼り付けることができ、使い捨て (リサイクル) ができるような形態を想定している。また、生活空間内 (寝室やオフィスなど) にネットワークにより結合された複数の無線のベースステーションを設け、ベースステーションが近辺に存在するときには常時データを無線伝送し、ベースステーションから離れた場合にはシステム内部のメモリにデータが蓄えられ、ベースステーションの近辺に戻ったときには蓄えられたデータを転送する機能、およびオプションとして携帯電話のような高出力端末を中継器 (最近ではコーディネータと呼ばれる) として危険な状況

をリアルタイムでモニタリングするような機構も検討している。現在検討している検出対象種類は、加速度（静加速度および衝撃）、気温、体温、気圧、湿度、周囲音圧レベル、日射、心拍、発汗、血圧などである。

このようなシステムの研究開発には多数の技術の融合とブレークスルーが必要である。特に、多種類のセンサの集積、信号処理、無線通信、発電とシステムの超低消費電力化、解析アルゴリズム、データの秘匿性の確保、最終的には使い捨てが可能なほどの低価格化ができるシステム設計などが大きな課題である。

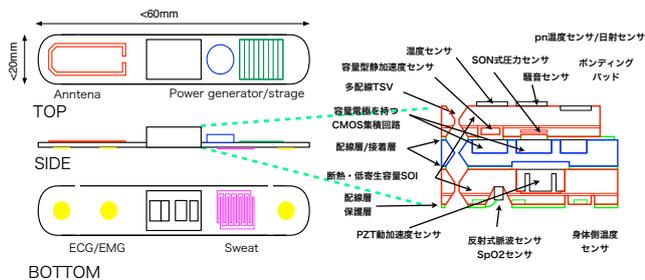


図1 絆創膏型システムのイメージ

3 プロジェクトの内容と成果例

図2に示すように、プロジェクトでは、発電、センシング、集積回路、柔軟基板、ラージモデルに関する仕事を同時に進めている。以下にこれらについて簡単に現在の成果をピックアップして述べる。

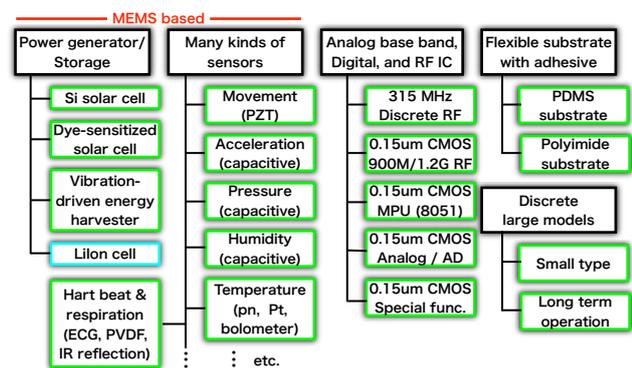


図2 プロジェクトの研究項目

3.1 発電

発電に関しては、太陽電池の内製、エレクトレットおよびマイクロ磁石^{4,5)}による振動発電、熱電発電について検討を進めている。図3は4インチウエハ上に形成されたエレクトレットによる振動発電デバイスで、1つのチップの外形サイズは12×13 mm²である⁶⁾。人

体の通常運動による振動スペクトラムは比較的low frequency側にピークがあり、通常のパネマス系では大電力取得が難しい。我々はエレクトレットの電極間隔を小さくするなどのほか、マスの衝突による非線形運動を利用するなど、小さな印加振動でも大きな電力がとれるよう設計上工夫を凝らしている。現在のところ、発生する電力はまだ小さいが、今後生体活動モニタリングに限らず強く求められている分野でもあり、積極的に研究を進めている。

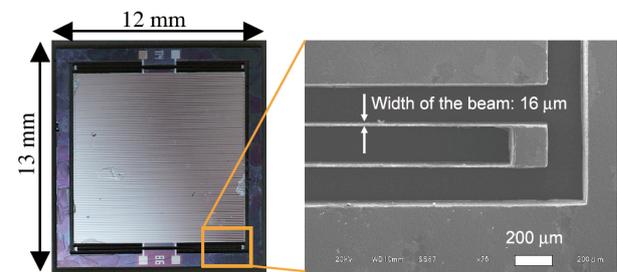
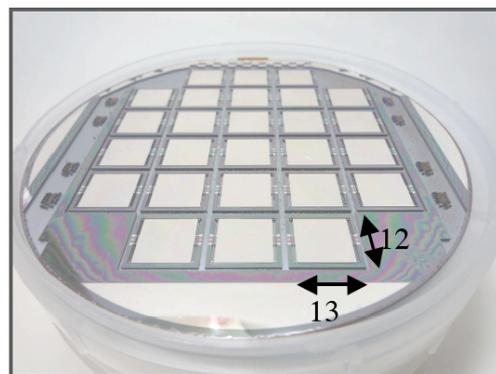


図3 エレクトレットを用いた振動型パワーハーベスタ、(上)試作ウエハ、(下)チップ写真

3.2 センサ

多量のセンサを同一ウエハ上にすなわち同一プロセスで形成するため、MEMS 技術により各種のセンサを構築している。現在、光センサ、温度センサ、湿度センサ、気圧センサ⁷⁾、加速度センサ⁸⁾、(赤外線反射による)脈波センサ、心電センサが試作され、評価されている。また、インターフェイス回路を含むセンサの消費電力を低減させるため、歪みによって電圧（電力）を発生するタイプの加速度センサを構築すべく、圧電材料（PZT）薄膜を MEMS プロセスと融合する研究も進めており、現在 PZT 薄膜の微細な加工が可能となっている（図4）。さらに、セ

ンサや集積回路は最終的にウエハレベルで結合されることを想定しているため、ウエハ間の接合、ウエハ貫通配線などの技術構築も進んでいる。

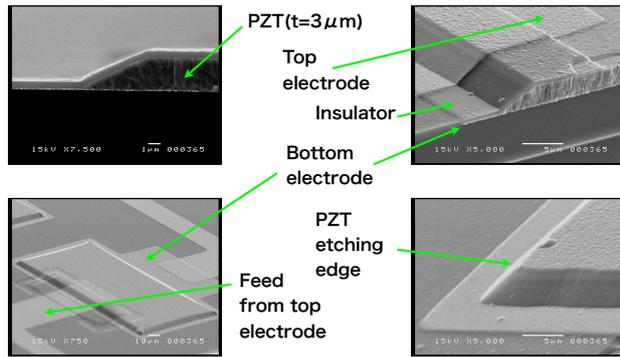


図4 PZT加工技術

3.3 集積回路

システムでは微小なセンサからの信号を処理するためのアナログ回路、信号を処理するデジタル回路、信号を無線で伝送するためのRF回路が必要である。これらは極限の低消費電力で動作させねばならない。現在、各機能モジュールに対して $0.15\ \mu\text{m}$ ルールのCMOS集積回路を設計しており、外部の試作機関でチップを試作し、その評価を進めている。マイクロプロセッサについてはIPコアを購入したが、それ以外は超低消費電力設計を進めるために独自回路となっている。図5は $0.5\text{V}0.12\ \mu\text{W}$ で動作するリアルタイムクロック発振回路である⁹⁾。他の部分もこのように極めて低い消費電力で動作するよう設計を進めている。現在、システム全体の平均消費電力の目標値は $4\sim 8\ \mu\text{W}$ を設定しており、身体と外部環境との温度差で熱電発電できる電力量 ($\sim 10\ \mu\text{W}$) で全システムを動作させることができるよう検討を進めている。

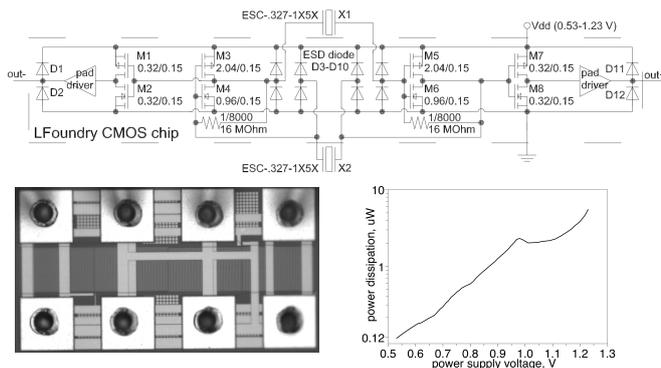


図5 低消費電力のリアルタイムクロック発振回路

3.4 柔軟基板と柔軟配線

身体に絆創膏のように装着できるシステムを考えた場合、デバイスの基板も身体適合性が良く伸び縮みする基板が好ましい。我々は現在のところPDMS (poly-dimethyl siloxane) を材料として取り上げ、これに接着性を持たせる技術、伸び縮みする配線を形成する技術などについて仕事を進めている¹⁰⁾。さらに、同様の技術ベースによる柔軟なセンサ構造についても一部検討している。図6に配線例を示す。配線基板の表面状態をコントロールし、静的には30%の伸びでも断線しない配線が実現している。また、システム全体をPDMSで取り囲み、システム全体が防水機能を持つよう検討している。通常の生活では入浴やシャワー、水泳など、水と接触する機会が多く、防水機構は必須である。

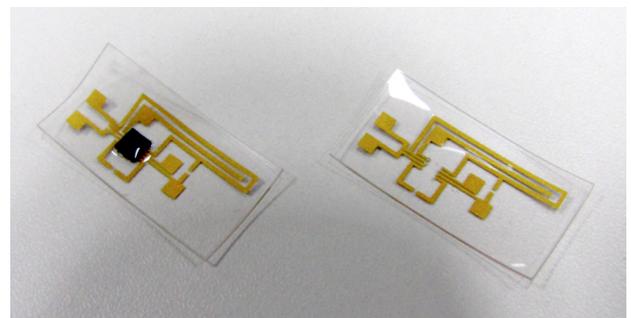
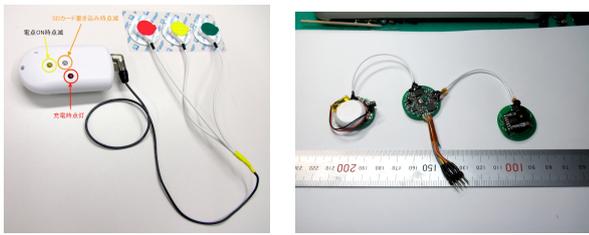


図6 PDMS上にパターニングした柔軟配線

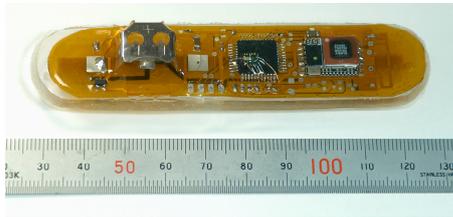
3.5 ラージモデル

システム完成はプロジェクト終了時、となるが、それを待ってから取得されたデータの処理、意味解析などを行うのでは遅すぎる。このため、究極的な小型低消費デバイスの構築推進と共に、現在市場で容易に入手できる素子を用いた大型モデル (ラージモデル) も設計・試作して、生体データの入手、解析を進めている。複数種のラージモデルを試作しており、ポケットサイズで大容量データをSDメモリに書き込めるタイプ、ある程度小型で胸に貼り付ければ心電信号や活動状況を取得して無線伝送できるタイプ¹¹⁾、最終的な絆創膏の形状をイメージできるよう、柔軟な基板上にシステムを構成したタイプなどがある。図7にこれらを示す。



(a)

(b)



(c)

図7 (a)大型のラージモデル、(b)ボタン型モデル(胸に貼り心電図を取得)、(c)ポリイミド基板上に形成した絆創膏形状モデル

一般にこの種のいわゆる無線センサノードでは電源と無線部分がネックとなる。すなわち、市販の Bluetooth などのモジュールでは電源電流を数十 mA 消費する。このため、電源もこれを供給できるものを使う必要があり、超小型の空気電池や最近開発されたペーパー型電池を使用することができない。このため、極めて低消費電力の無線モジュールを開発した¹²⁾。図8がそのモジュールで、従来低消費と言われているモジュールに対して約 1/10 の消費電力(送信 1mA、受信 2mA)で無線通信が可能になった。

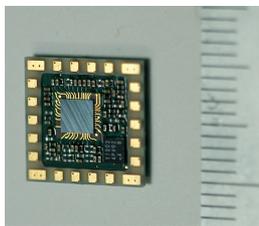


図8 小型低消費電力の 315MHz 帯トランシーバ

4. 今後の方針とまとめ

プロジェクト期間も残りわずかとなり、これまで各パートで研究・開発が行われてきた成果を融合させ、システムとして確立することが今後の仕事となる。ラージモデルについては市販品を用いるということで容易に試作することができ、サイズが大きい、消費電力

が大きい、低価格化が難しいという難点はあるものの実用化までの道程は短いと思われるため、初期的なデータ取得のためだけにとどまらず、その内容を進化させながら継続して研究を進めたいと思う。最終的な絆創膏型については現在センサや集積回路、基板や配線など、各パートの成果を融合させ、まずはセンサチップ、集積回路チップをチップレベルで融合したハイブリッド型、そしてバッチプロセスを目指したウエハレベルへの融合を進めたいと考えている。また、現在データ処理に関する研究成果があまり出でおらず(最近心電波形から交感神経活動指標 LF/HF の抽出ができはじめたところである)、こちらに関して外部機関の協力も仰ぎながら進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 前中一介: 人の安全と健康を支援する MEMS センシング融合、電気学会誌、128-E、pp.419-422 (2008).
- 2) K.Maenaka, et. al.: Human Sensing Fusion - For Health and Safety Life-, 5th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology, p36 (2010).
- 3) <http://www.eratokm.jp/>
- 4) Y Jiang, et. al.: Fabrication of a vibration-driven electromagnetic energy harvester with integrated NdFeB/Ta multilayered micro-magnets, J. Micromech. Microeng. 21, pg. 095014 (2011).
- 5) Y Jiang, et. al.: Fabrication of NdFeB microstructures using a silicon molding technique for NdFeB/Ta multilayered films and NdFeB magnetic powder, J. Magnetism and Magnetic Materials, 323, 21, p. 2696-2700 (2011).
- 6) T. Fujita et. al.: Electret Based Energy Harvester by Using Silicon Grid Electrode, Tech. Dig. PowerMEMS, pp.407-410 (2010).
- 7) X. C. Hao et. al.: Zero Temperature Coefficient Gas-Sealed Pressure Sensor Using Mechanical Temperature Compensation, Transducers 2011, pp. 116-119 (2011).
- 8) K. Kanda et. al.: A tri-axial accelerometer with structure-based voltage operation by using series-connected piezoelectric element, Procedia Engineering, 5, pp. 894-897 (2010).
- 9) N. Oleg etl al.: Quartz Resonator Based, 0.12 μ W, 32768 Hz Oscillator with ± 100 ppm Frequency Accuracy, J. Low Power Electron. Appl., 1(2), pp. 327-333 (2011).
- 10) 濱田他: 生体適合性を有する 3 次元伸縮柔軟配線材の開発、第 33 回日本バイオマテリアル学会大会 p.181 (2011).
- 11) 園田他: 身体貼付け型 ECG リアルタイム計測システム、第 28 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、pp.173-176 (2011).
- 12) 前中他: ワイヤレスセンサネットワークに適した小型低消費電力トランシーバモジュールの開発、第 28 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、pp.177-181 (2011).

生体適合性を有する柔軟配線材の開発及びその心拍・呼吸センサへの応用

Development of a biocompatible and flexible wiring and its application for Heartbeat / Respiration Hybrid Sensor

○濱田浩幸*, 塩野祥平*, **, 蔣永剛***, 橋本泰知*, **, 笠井一夫*, 横松得滋*, 高尾英邦*, ****, 神田健介*, **, 藤田孝之*, **, 樋口行平*, 前中一介*, **

*独立行政法人 科学技術振興機構 **兵庫県立大学大学院工学研究科

北京航空航天大学 機械工程及自動化学院 *香川大学 工学部

HAMADA Hiroyuki*, SHIONO Syohei***, JIANG Yonggang***, HASHIMOTO Taichi***,

KASAI Kazuo*, YOKOMATSU Tokuji*, TAKAO Hidekuni* ****, KANDA Kensuke* **,

FUJITA Takayuki* **, HIGUCHI Kohei*, MAENAKA Kazusuke* **

*Japan Science and Technology Agency, **University of Hyogo,

School of Mechanical Engineering and Automation, Beihang University, *Intelligent Mechanical Systems Engineering, Faculty of Engineering, Kagawa University

1. はじめに

近年、食生活の欧米化や過労・ストレスによる生活習慣病疾患や成人病患者は年々増加しており、悪性新生物や動脈硬化・心疾患による死者数は2010年段階において全死因の55.6%を占めている。一方では少子高齢化に伴い、安全や福祉・健康の維持に大きな関心が寄せられている。不健全な生活による疾患や過労死・孤独死等を未然に防ぐためには、個人の体調や行動、その環境等を多角的かつ常時継続的に把握し、必要な措置を速やかに行う事が望まれる。これらのことを実現するために、我々のプロジェクトでは、人体に装着したセンサにより人体や環境の状態をモニタリングし、得られた情報を無線ネットワークを利用して遠隔地の病院施設等に安全・確実に転送出来るシステム構築を目指している¹⁾。本システムは、人体に直接装着するため、生体適合性・安全性に優れ、かつ伸縮・屈曲能を有する材料の開発が急務であるが、その中でも特に必要な要素の一つが柔軟導電性材料の開発である。本件に関する研究は盛んに行われており²⁻⁶⁾、ポリイミドを用いたFPC等も一般的に知られているが、煩雑な操作が必要・伸縮能に優れていない等の問題点が挙げられる。本研究ではこれらの問題点を改善した柔軟配線材の製作技術を確認した。また、本配線材を用いて生体に貼付けが可能な心拍・呼吸センサの試作も行ったので併せて報告する。今回、製作した柔軟配線材は、ヘルスケア関連機器のみならず医療機器（診断用機器・治療用機器）への応用も期待出来る。

2. 生体適合性を有する柔軟配線材の開発

柔軟配線材の基板にはポリジメチルシロキサン(PDMS)を用い、配線材料には金(Au)を用いた。基板として用いるPDMS表面は、予め凹凸形状(算術平均粗さ: $R_a = 0.28 \mu\text{m}$, $1.88 \mu\text{m}$ の2種類を使用)に加工したもの・未処理のもの($R_a = 0.01 \mu\text{m}$)の計3種類を準備した。上記のPDMS($300 \mu\text{m}$)表面各々にAu(300nm)/Cr(30nm)をSputteringし、さらにその上からPDMS($300 \mu\text{m}$)コーティングをすることで柔軟配線材の作製(サイズ: 幅 1mm ×長さ 30mm)を行った。作製した柔軟配線材を図1に示す。

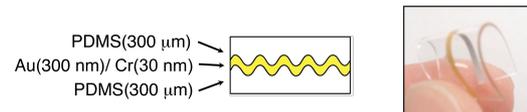


図1 柔軟配線材

本柔軟配線材の特性は、引張試験・屈曲試験を行い評価した。引張試験は、印可電流 $1 \mu\text{A}$ 、引張速度 $100 \mu\text{m}/\text{sec}$ 下での抵抗値変化を観察し、屈曲試験は、直径の異なる円柱を使用し、曲げ応力による抵抗値変化を観察することで評価を行った。

引張試験の結果、 $R_a = 0.01 \mu\text{m}$ PDMSの場合が1%以下のひずみ時で断線したのに対し、 $R_a = 1.88 \mu\text{m}$ の場合は、約16%のひずみ時まで断線しないことが分かった。本柔軟配線材は、断線後に引張応力を解放した際、再び導通する特性を有することから、 $R_a = 1.88 \mu\text{m}$ PDMSの配線材を用いて5%のひずみを与え、その後に引張応力を解放する一連の流れを1サイクルとした引張サイクル試験を行った結果、連続10万回の試験後も抵抗値に変化が見られなかったことから極めて優れた引張耐性を有する事が分かった。次に屈曲試験を行った。結果を図2に示す。

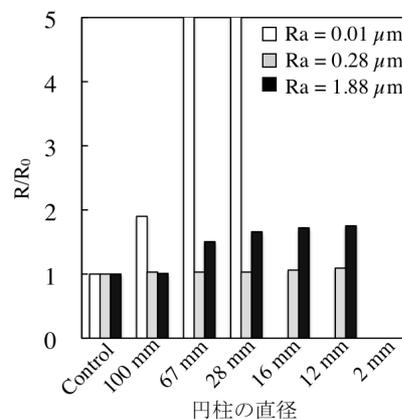


図2 屈曲試験結果

縦軸には曲げ応力を加えていない時の抵抗値 R_0 に対する測定抵抗値 R をプロットした。直径の異なる円柱に柔軟配線材を巻き付けた際の抵抗値変化を観察した結果、 $R_a = 0.01 \mu\text{m}$ PDMS の場合は直径 28 mm の円柱に巻き付けた際に著しい抵抗値の上昇が見られ断線する結果となったが、 $R_a = 0.28 \mu\text{m}$, $1.88 \mu\text{m}$ PDMS を用いた場合、曲げ応力による抵抗値変化は観察されなかった。この結果より、優れた屈曲耐性も有する事が分かった。

3. 柔軟配線材の心拍・呼吸センサへの応用

試作した心拍・呼吸センサデバイスを図3に示す。

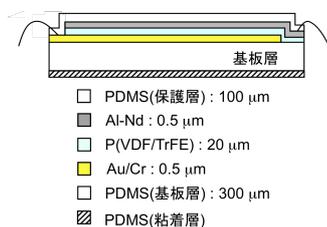


図3 心拍・呼吸センサデバイス

表面を粗面加工した PDMS を作製し、下部電極となる Au/Cr を成膜・パターニングした。その上に P(VDF/TrFE) をスピコート法により成膜した。次に、上部電極となる Al-Nd を成膜・パターニングし、P(VDF/TrFE) をパターニングした。それぞれの電極にワイヤー固定を行った後、PDMS で表面をコーティング処理した。最後に、生体貼付け側に粘着性 PDMS を作製 (サイズ: 幅 12 mm × 長さ 42 mm) することで完成となる。図3に示したセンサを用いて人体の左胸に装着し、出力信号 100 倍増幅・40 Hz LPF 処理後の心拍・呼吸波形測定結果を図4に示す。

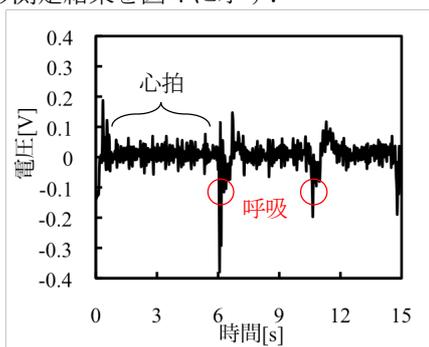


図4 心拍・呼吸波形の測定結果

この結果より、わずかなノイズは乗っているものの心拍由来/呼吸由来の波形が観察可能であった。

4. まとめと今後の方針

本研究では生体適合性を有する 3 次元伸縮柔軟配線材の開発を行った。本柔軟配線材は、引張・屈曲耐性に優れた特性を持つ事が分かった。本技術を用い、生

体に貼付けが可能な心拍・呼吸センサの試作を行った結果、心拍由来/呼吸由来の波形観察が可能である事が分かった。今後、本技術を用いて生体適合性・柔軟性に優れたアナログ回路・センサデバイス (図5参照) の試作もを行い、センサモジュール/センシング部一体型デバイスの開発を行っていく予定である。

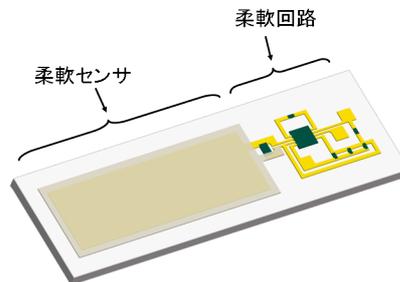


図5 柔軟デバイスの概略図

参考文献

- 1) 前中一介：人の安全と健康を支援する MEMS センシング融合，電気学会論文誌，128-E, No.11, pp.419-422 (2008)
- 2) Dahl-Young Khang, Hanqing Jiang, Young Huang, John A. Rogers : A Stretchable Formo f Single-Crystal Silicon for High-Performance Electronics on Rubber Substrates, SCIENCE, VOL 311, pp.208-212 (2006)
- 3) Hanqing Jiang, Dahl-Young Khang, Jizhou Song, Yugang Sun, Yonggang Huang, and John A. Rogers : Finite deformation mechanics in buckled thin films on compliant supports, PNAS, vol. 104, no. 40, pp. 15607-15612 (2007)
- 4) Dae-Hyeong Kim, Jizhou Song, Won Mook Choi, Hoon-Sik Kim, Rak-Hwan Kim, Zhuangjian Liu, Yonggang Y. Huang, Keh-Chih Hwang, Yong-wei Zhang, and John A. Rogers : Materials and noncoplanar mesh designs for integrated circuits with linear elastic responses to extreme mechanical deformations, PNAS, vol. 105, no. 48, pp. 18675-18680
- 5) Sang-Il Park, Yujie Xiong, Rak-Hwan Kim, Paulius Elvikis, Matthew Meitl, Dae-Hyeong Kim, Jian Wu, Jongseung Yoon, Chang-Jae Yu, Zhuangjian Liu, Yonggang Huang, Keh-chih Hwang, Placid Ferreira, Xiuling Li, Kent Choquette, John A. Rogers : Printed Assemblies of Inorganic Light-Emitting Diodes for Deformable and Semitransparent Displays, SCIENCE, VOL 325, pp.977-981 (2009)
- 6) John A. Rogers, Takao Someya, Yonggang Huang : Materials and Mechanics for Stretchable Electronics, SCIENCE, VOL 327, pp.1603-1607 (2010)
- 7) 堀江聡：強誘電性低分子蒸着薄膜における分極発生過程の解明と新規デバイス，京都大学博士論文 (2008)
- 8) Kim KJ, Chang YM, Yoon S and Kim HJ : A novel piezoelectric PVDF film-based physiological sensing belt for a complementary respiration and heartbeat monitoring system, Integrated Ferroelectrics, 107, pp.53-68 (2009)
- 9) 濱田浩幸, 蔣永剛, 樋口行平, 前中一介：生体適合性ポリマー基板, 特願 2010-150519 (2010)
- 10) 濱田浩幸, 蔣永剛, 樋口行平, 前中一介：生体適合性ポリマーセンサ及びその製造方法, 特願 2010-292988 (2010)
- 11) Yonggang Jiang, Hiroyuki Hamada, Syohei Shiono, Kensuke Kanda, Takayuki Fujita, Kohei Higuchi, and Kazusuke Maenaka : A PVDF-based Flexible Cardiorespiratory Sensor with Independently Optimized Sensitivity to Heartbeat and Respiration, Eurosensors XXIV, pp.1466-1469 (2010)
- 12) 塩野祥平, 蔣永剛, 濱田浩幸, 樋口行平, 藤田孝之, 神田健介, 前中一介：センサ応用のための P(VDF/TrFE) 薄膜の評価, 電気学会全国大会, p.235 (2011)
- 13) 濱田浩幸, 前中一介, 樋口行平：配線構造体, センサ, 及び配線構造体の製造方法, 特願 2011-117661 (2011)

貼付け型 ECG モニタリングシステム

Wearable ECG Monitoring System

○園田晃司^{*,**}, 田中智也^{*}, 大河内沙也香^{**}, Alex Chan Chun Kit^{**}, 神田健介^{*,**}
 , 樋口行平^{**}, 藤田孝之^{*,**}, 前中一介^{*,**}

*兵庫県立大学大学院工学研究科 **JST ERATO 前中センシング融合プロジェクト
 SONODA Koji^{*,**}, TANAKA Tomoya^{*}, OKOCHI Sayaka^{**}, Alex Chan Chun Kit^{**}, KANDA Kensuke^{*,**}
 , HIGUCHI Kohei^{**}, FUJITA Takayuki^{*,**}, MAENAKA Kazusuke^{*,**}
^{*}University of Hyogo, ^{**}JST ERATO Maenaka Human-Sensing Fusion Project

1. はじめに

近年、健康管理への関心が高まり日常生活での運動量、心電図や脈拍などを常時モニタリングし疾患予防に役立てるシステムの研究が盛んに行なわれている^{1) 2)}。これらのシステムに、さらに計測項目を追加すれば、よりの確で詳細な健康状態の判断が可能となると期待できる。

我々は身体に貼付けて使用する小型・省電力の ECG(Electrocardiogram, 心電図)計測システムの研究を行なっている³⁾。最終的な目標としてセンサの種類を追加し高機能化させ、ASIC(Application specific Integrated Circuit)と集積化した超小型システムを目指している。本報告ではそのプロトタイプとして、市販の素子を用いて身体に貼付け可能で小型な ECG 計測システムを試作し、運動前後、姿勢変化や睡眠時における心拍のゆらぎの計測結果と被験者の身体状態との対応について議論する。

2. ECG モニタリングシステム

システムのブロックダイアグラムを図 1 に示す。また、図 2 に試作した ECG システムの写真と各基板に貼付け電極を取付け、被験者の胸部に装着(鳩尾から上へ約 10 mm の位置にそれぞれ 40 mm 離して水平に貼付け)した様子を示す。ケーブルで結合された 3 枚の円形基板(直径 24 mm, バッテリ, センサ・回路および無線)から構成されており、それぞれの基板裏面にはディスプレイ ECG 電極の取付け用ホックが装着されている。バッテリー基板はコイン型の Li-ion バッテリ(3.7 V, 75 mAh)を用い、レギュレータ付きのバッテリーチャージャによってシステム全体へ 3 V の電源電圧を供給する。次にセンサ・回路基板には 3 軸デジタル加速度センサ、体温と外気温測定用に 2 個のデジタル温度センサ、ECG 用に計装アンプとゲイン可変のヘッドアンプ、および全ての制御を行なう MCU(Microcontroller Unit)を装着し、各種センサのデータ取得やゲイン調整、無線送信用データ変換などを行っている。加速度センサお

よび温度センサと MCU の通信には I²C(Inter-Integrated Circuit)通信を用いる。無線回路基板には Bluetooth のモジュールを搭載し、各センサなどのデータ(通し番号, ECG, 3 軸加速度, 温度, バッテリ電圧)が常に送信(115,200 bps)される。ECG 出力は電極の貼付け位置や装着対象によって検出電位が大きく変動するため、ゲイン可変のアンプである PGA(Programmable Gain Amplifier)を用いて、ADC(Analog to Digital Converter)の測定電圧範囲内に自動調整している。本 ECG システムは Bluetooth を内蔵する PC と通信でき、特殊な装置を必要とせずデータの通信・管理が可能である。図 3 に無線通信で取得したデータを波形表示するロギングソフトのスクリーンキャプチャを示す。システムの連続データ通信時の平均消費電流は約 40 mA で、ボタン電池(75 mAh)使用時の動作時間は約 2 時間である。

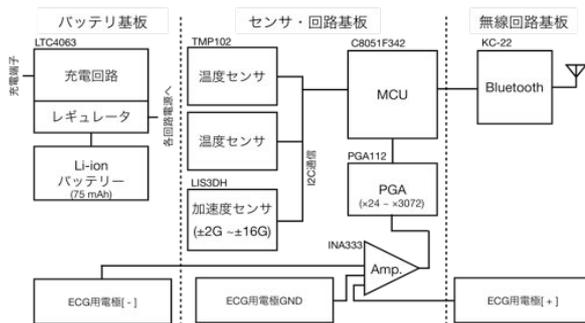


図 1 ブロックダイアグラム



図 2 ECG モニタリングシステムと装着状態

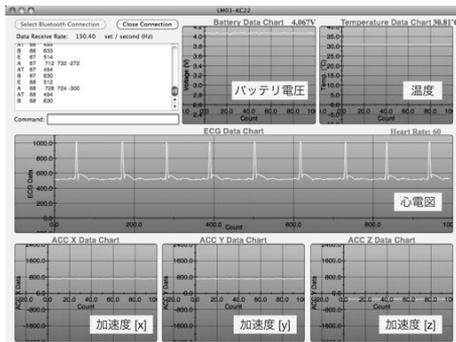


図3 データロギングソフト

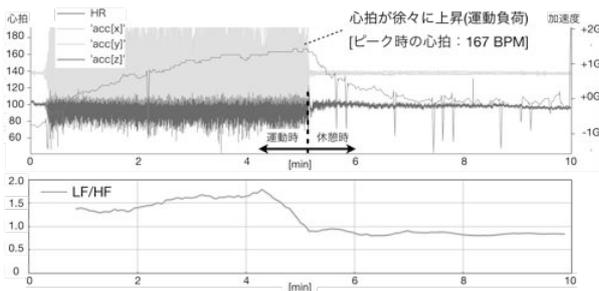


図4 運動状態から安静状態(休憩)へ

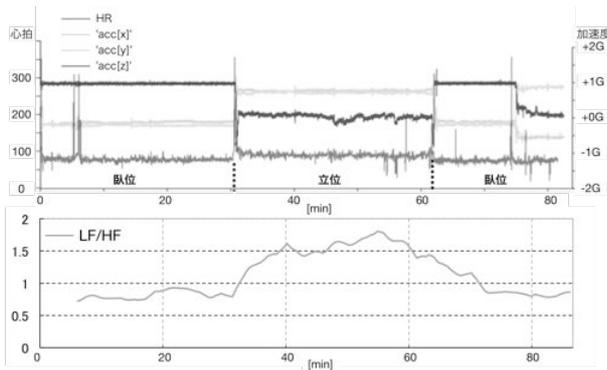


図5 姿勢変化(臥位と立位)時のデータ

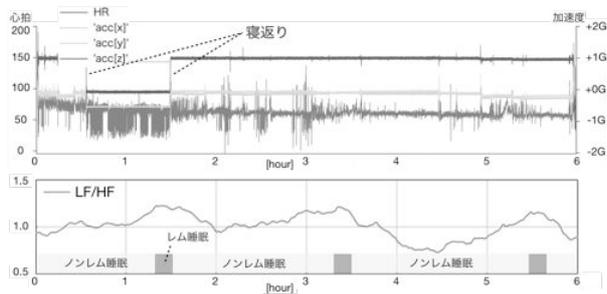


図6 睡眠時(6時間)のデータ

3. システム評価

本システムを被験者(23歳, 男性, 169cm, 51kg, 痩せ型)の胸部に装着し計測した ECG データから PC で心拍を算出した。また, 心拍データを周波数解析し低周波成分(LF:0.05~0.2 Hz)と高周波成分

(HF:0.2~0.35 Hz)の比(LF/HF)を求め, 被験者の活動状態との対応を検証した。一般に LF/HF は交感神経の活動指標として用いられ, LF 優位では活動状態, HF 優位では安静状態と判断される。

図4にランニングと休憩時の3軸加速度と心拍, 心拍から算出した LF/HF の経時データを示す。図4の LF/HF が運動時は LF 優位, 休憩時は HF 優位に変化し被験者の活動状態とよく一致する。

図5に姿勢変化(臥位/立位)時のデータを示す。臥位と立位の姿勢変化に追従するように LF/HF が変化しており, 立位では活動状態といえ, 臥位ではリラックス状態といえる。姿勢変化に伴い心拍も 80 BPM から 100 BPM へと変化しており, 単純な姿勢変化でも心拍や LF/HF が変動することが確認できた。

図6に睡眠時(6時間)のデータを示す。長時間計測には, 多少大型となるが大容量バッテリー(2000mAh)を使用した。加速度変化から被験者が測定開始から30分後と90分後に寝返りをし, 以降は起床(6時間後)まで寝返りしていないことがわかる。LF/HF は約2時間周期の波形となった。一般にレム睡眠・ノンレム睡眠の周期が1時間半から2時間と言われ, この周期と対応すると考えられる。

以上の結果より, 加速度, 心拍や LF/HF の変化から活動状態の変化が推定可能といえる。今後は被験者を年齢, 性別や体格などによるデータの差異や他の日常行動について計測を行ない, より多くのデータを統計処理し状態推定の種類増加や精度向上を目指す。また, システムに搭載するセンサや回路について, 独自のセンサや ASIC を高密度に集積化する技術⁴⁾を適用し超小型・高機能なデバイスを実現する。省電力化についても現在 315 MHz 帯の独自微弱無線モジュール⁵⁾の搭載を進めておりデバイスの長寿命化が可能となる。

4. まとめ

本研究では, 小型で身体に貼付け可能な ECG モニタリングシステムの試作・評価を行なった。直径 24 mm サイズの基板3枚で構成される小型な貼付け型 ECG 計測システムを実現した。計測結果より得られた心拍や LF/HF から被験者の活動状態の推定が可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 山崎ほか:情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol. 54, pp.45-50 (2008).
- 2) 日立製作所:日立 AirSense エントリーモデル 02Plus, http://www.hitachi.co.jp/wirelessinfo/as_entrymodel_02plus.html
- 3) 園田ほか: Proc. of The 28th Sensor Symposium on Sensors, Micromachines and Applied Systems, pp.173-176. (2011).
- 4) Sonoda, et al: Proc. The World Automation Congress (WAC/IFMIP2010), No. 461. (2010).
- 5) 前中ほか: Proc. of The 28th Sensor Symposium on Sensors, Micromachines and Applied Systems, pp.177-181. (2011).

環状受光部を持つ脈波センサを用いた小型脈拍モニタリングシステム

A Pulse Wave Sensor with Ring Shaped Photodiode for Miniature Pulse Monitoring System

○石井雅敏^{*,**}, 笠井一夫^{**}, 樋口行平^{**}, 神田健介^{*,**}, 藤田孝之^{*,**}, 前中一介^{*,**}

*兵庫県立大学大学院工学研究科 **JST ERATO 前中センシング融合プロジェクト

ISHII Masatoshi^{*,**}, KASAI Kazuo^{**}, HIGUCHI Kohei^{**}, KANDA Kensuke^{*,**}, FUJITA Takayuki^{*,**} and MAENAKA Kazusuke^{*,**}

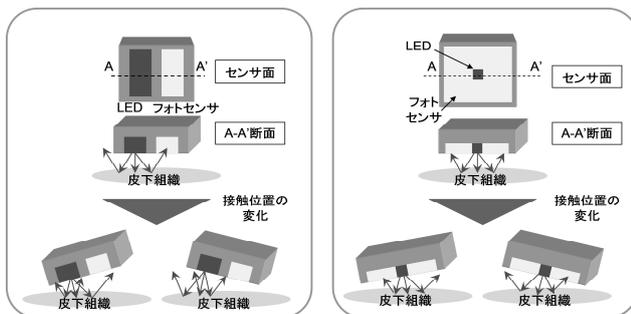
*University of Hyogo, **JST ERATO Maenaka Human-Sensing Fusion Project

1. はじめに

近年、携帯型の生体情報モニタリングシステムが注目を浴びており、個人の体調や行動、環境情報などをワイヤレスで常時継続的にモニタリングすることで健康管理や予防医療への応用が期待されている¹⁾。その中でも、循環器機能を反映する脈拍の長期モニタリングは重要な役割を持つ。また、長期モニタリングにおいては高効率かつ安定的に計測可能な小型センサが求められる。本研究では、非侵襲的に脈波を計測する方法として医療分野で広く用いられている光電脈波法に最適化した環状受光部を持つ脈波センサを提案する。将来的には、ICなどと統合した1チップで完結する小型システムの実現を目指しており²⁾、本報告では脈波センサの試作・初期評価について報告する。

2. 光電脈波法

反射型光電脈波センサの概略を図1に示す。脈波とは心臓の拍動に伴う前進波と血管分枝部などで反射される反射波の両者を含む波形であり、指や耳たぶなどの末梢動脈血管に光を照射することで血流の変化に応じた反射光量の変化(光電脈波)として計測できる³⁾。長波長の光は短波長の光に比べ体のより深い位置の光量の変化を検出できることから、光源には近赤外光が広く用いられる。



(a) 従来の構造

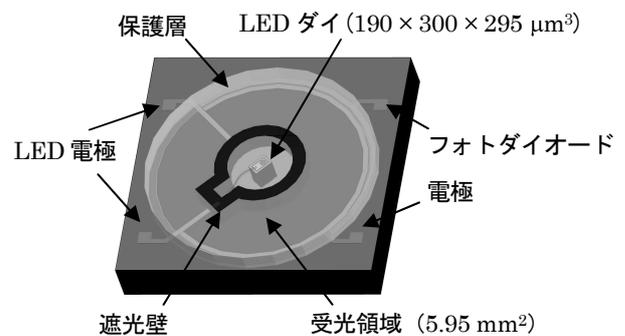
(b) 提案する構造

図1 反射型光電脈波センサの概略

3. 脈波センサの作製

3.1 センサ構造

試作した脈波センサの構造を図2に示す。従来のセンサ構造(図1(a))ではLEDとフォトセンサが横並びにパッケージングされており、反射光の検出感度はセンサと測定部位の接触位置に大きく依存する。一方、本研究で提案するセンサ構造(図1(b))は、LEDの周囲にフォトセンサを配置することで全方位の反射光を回収することができるため、これらの影響を緩和でき、体動によるアーチファクトを低減できると考えられる。このセンサ構造を基に、本センサは環状フォトダイオードの中心にキャビティを設け、LEDダイを埋め込むことで脈波の安定計測を図った。チップサイズは $4 \times 4 \text{ mm}^2$ 、フォトダイオードの受光面積は 5.95 mm^2 である。LEDダイのサイズは $190 \times 300 \times 295 \text{ }\mu\text{m}^3$ であり、前章で述べた特性を考慮し発光波長 $\lambda = 820 \text{ nm}$ とする。表面保護には、LEDの発光波長付近における光の透過率が高く、フォトリソグラフィによる厚膜構造体の形成が可能なSU-8を用いる。SU-8のフォトリソグラフィによりLEDの周囲に溝を設け、黒色アクリル樹脂を充填することで遮光壁を形成する。これにより、センサ出力のオフセット成分となり得るLEDからの光の漏れや保護表面での反射を軽減できる。



チップサイズ $4 \times 4 \text{ mm}^2$

図2 試作センサの構造

3.2 作製プロセス

図3に脈波センサの作製プロセスを示す。基板には熱酸化した厚さ $500\ \mu\text{m}$, $\rho = 1.5\ \Omega\cdot\text{cm}$ の p 型 Si を用いた。まず, (a) リンを熱拡散する。拡散領域の中央部は LED ダイを埋め込むため不純物拡散は行わない。次に, (b) 基板コンタクトのためボロンを熱拡散する。なお, ボロン拡散後の SIMS 測定結果より, リンの表面濃度は $3 \times 10^{20}\ \text{atoms}/\text{cm}^3$, 拡散深さは $4\ \mu\text{m}$ であった。次に, (c) (a) で不純物拡散を行わなかった領域に D-RIE により深さ $300\ \mu\text{m}$ のテーパ型キャビティを形成する。(d) Al のスパッタ, パターニングにより電極を形成し, ダイシングにより $4 \times 4\ \text{mm}^2$ のチップに切り出す。(e) Ag ペーストを用いて LED ダイを埋め込む。LED 底面のカソードはキャビティ内にスパッタした Al 電極によりフォトダイオード表面まで取り出し, LED 上面のアノードはワイヤボンディングにより配線を行う。(f) 表面保護として SU-8 を $300\ \mu\text{m}$ 成膜し, パターニングによりキャビティの周りに遮光壁となる溝を形成する。(g) (f) で形成した溝に黒色アクリル樹脂を充填し遮光壁を形成する。

試作した脈波センサを図4に示す。(a)はパッケージングおよびポッティング後の写真であり, (b)と(c)はチップの全体写真と LED 埋め込み部の拡大写真である。

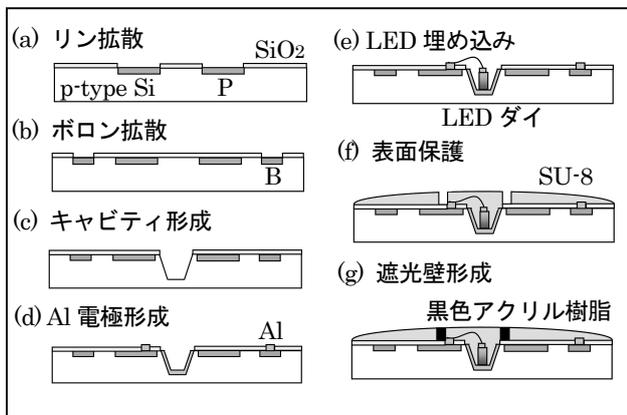


図3 プロセスフロー

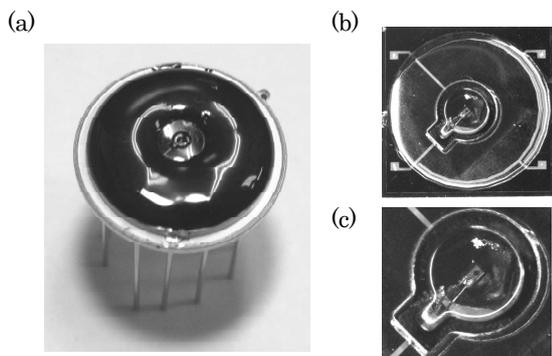


図4 試作センサ写真

4. 特性評価

試作した脈波センサのフォトダイオード特性を図5に示す。(a) 電流-電圧特性より, 飽和電流 $I_0 = 9.0\ \text{pA}$ (飽和電流密度 $J_0 = 0.15\ \text{nA}/\text{cm}^2$) であり, 理想係数 $n = 1.1$ と望ましい特性が得られた。また, パッケージング後の直列抵抗は $R_s = 200\ \Omega$ であった。(b) 分光感度特性より, フォトダイオードの最大感度波長は $850\ \text{nm}$ であり, 脈波センサに用いた LED の発光ピーク波長である $820\ \text{nm}$ に近い感度波長が得られることを確認した。

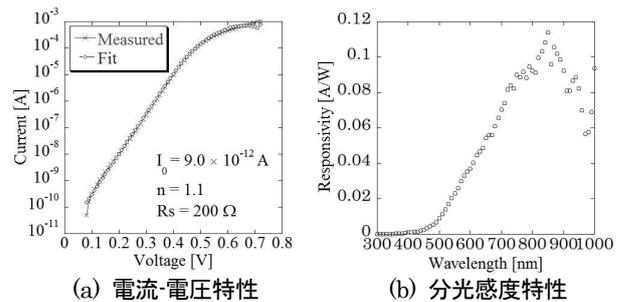


図5 フォトダイオード特性

5. 脈波計測

脈波センサの電流出力を電流電圧変換し, $f_c = 0.7\ \text{Hz}$ のハイパスフィルタにより皮膚の表面反射成分である DC 成分をカットした後, 約 2000 倍の増幅および $f_c = 3.4\ \text{Hz}$ のローパスフィルタにより波形を整形する。LED は $15\ \text{mA}$ で駆動し, このときの発光強度は $39.6\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ である。本センサを用いて計測した脈波を図6に示す。安静状態における右手人差し指を測定部位とした結果, 良好な脈波が検出できることを確認した。

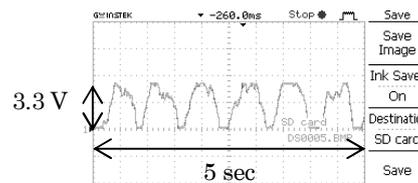


図6 脈波計測

6. まとめ

安定的に脈波を検出できる小型脈拍モニタリングシステムを指向し, 環状受光部を持つ脈波センサの試作・評価を行った。脈波計測の結果より, 本センサが脈波検出に有用であることを確認した。

参考文献

- 1) 板生清: 健康・医療関連材料 ウェアラブルセンサによる健康情報モニタリング, Mater Integr, Vol.23, No.9, pp.2-7 (2010)
- 2) 石井他: 超小型脈拍モニタリングシステムを指向した3次元集積脈波センサの試作, 電気学会フィジカルセンサ研究会資料, Vol.PHS-11, No.19-31, pp.5-8 (2011)
- 3) 山越他: 生体用センサと計測装置, pp.206-209, コロナ社 (2000)

歯の加速度による音声認識の検討

Study on speech recognition by acceleration of teeth

○瀧澤由佳子*, 樋口行平**, 前中 一介***, 才木 常正*,***

*兵庫県立工業技術センター ** (独) 科学技術振興機構 *** 兵庫県立大学

TAKIZAWA Yukako*, HIGUCHI Kohei**, MAENAKA Kazusuke***, SAIKI Tsunemasa*,***

*Hyogo Prefectural Institute of Technology, **Japan Science and Technology Agency,

***University of Hyogo

1. まえがき

現在、手での入力作業ができないまたは困難な人のため、音声での入力作業ができる装置がコンピュータやカーナビゲーションシステム等に取り入れられている¹⁾。通常、このようなシステムでは、音声を取得するにはマイクロフォンが用いられている。そして、音声から言語情報を抽出、解析することによって音声認識を行っている²⁾。この手法では、人の声以外の雑音や発声の不明瞭さに影響されて認識率が低下する場合もある。そこで、この手法に、カメラで撮影した口画像の解析を付加した手法が提案されている³⁾。

一方、著者らの先行研究において、人の発話頻度に基づいた精神的ストレスのモニタングのため、将来のMEMS技術によるセンサの超小型化も考慮して、下顎の中切歯の前方に装着した加速度センサにより口の動きを計測する方法を提案した⁴⁾。そして、このセンサにより下顎の動きのみならず発話時の音声も検出できることもわかった。

もし、この歯に装着した加速度センサを音声認識に用いれば、マイクロフォンとカメラの二つの機能を一つのセンサで代用できる可能性がある。本研究では、歯に装着した加速度センサの出力信号をもとに、ウェーブレット変換を用いて時間周波数解析を行い、本手法の音声認識の有用性について検討する。

2. 実験

実験では、音声と下顎の動きの検出のために、加速度センサを搭載したセンサユニットを用いた。これを装着した時の写真及び加速度センサの座標系を図1に示す。このセンサユニットは加速度検出回路をフレキシブルシート上に実装して製作した。この回路には3軸の加速度センサ(freescale semiconductor 製、

MMA7360L)と、ノイズ除去用のコンデンサ3個が実装されている。そして、このセンサユニットのフレキシブルシート(ポリメタクリル酸メチル樹脂、長さ90mm×幅7mm×厚み200 μ m)面に義歯床安定用糊剤を塗布し、加速度センサが下顎の中切歯の前方中央に配置されるように歯に沿わせて装着した。このとき、3軸の加速度の座標はx, y, z方向は下顎の中切歯の前後、左右、上下方向にそれぞれ一致する。ここでは、著者らの先行研究⁴⁾から発声時の下顎中切歯における加速度の変化はz方向が他の方向に比べて顕著であることがわかっており、更にこの方向に下顎の動きが特徴的に表れると考えられるため、本研究ではz方向のみを用いた。

そして、このセンサユニットを装着した被験者(女性39歳)に座位の静止状態で、日本語の5母音(/a/, /i/, /u/, /e/, /o/)を3モーラ/秒程度の通話速で、発話をしてもらった。そのときの加速度センサからの出力信号をオシロスコープ(サンプリング周波数25kHz)で計測した。その後、その出力信号とセンサの感度からz方向の加速度の変化を求めた。次に、このz方向の加速度のパワースペクトルの時間的推移を調べるために、Gabor Wavelet変換を用いて時間周波数解析を行った。そして、得られたパワース

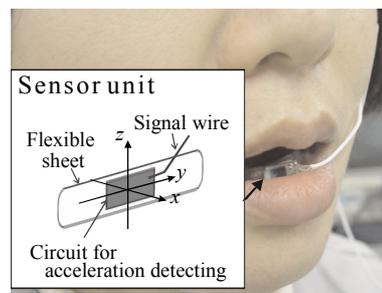


図1 センサユニットの装着時の写真と
加速度センサの座標系

ペクトルの時間的推移から、本手法による音声認識の可能性を評価した。

3. 実験結果

日本語母音の発話時の下顎中切歯における上下 (z) 方向の加速度の変化をウェーブレット変換し、パワースペクトルの時間的推移を求めた。その結果を図 2 に示す。この図の横軸は時間、縦軸は周波数を表している。ここでは、周波数の最大値は本センサユニットの振動伝達特性⁴⁾で約 6dB 低下する 1000Hz とした。また、画像の濃淡は図中の右に示しているようにパワースペクトル密度を表している。同図を見ると、200-1000Hz の周波数域 (以後、高周波域という) と 2-50Hz の周波数域 (以後、低周波域という) のパワースペクトル密度が比較的大きいことがわかる。なお、これらの周波数域のパワースペクトルは、著者らの先行研究⁴⁾よりそれぞれ音声と下顎の動きを表していることがわかっている。

更に、高周波域を母音ごとに見ると、パワースペクトル密度が高くなる周波数は /i/, /u/ に比べて /e/, /o/ が高く、更にこれらより /a/ が高い傾向が見られる。これらは母音の第 1 ホルマント周波数³⁾と一致しており、本センサユニットで音声認識が可能であることを示している。一方、低周波域の下顎の動きを見ると、母音 /a/ から /i/ へ移る途中 (約 0.8s)、及び /u/ から /e/ へ移る途中 (約 1.5s) において、2Hz の低周波から音声を表す高周波に及ぶ周波数域で、パワースペクトル密度が高くなっている。この理由として、母音によって口の形が異なるため上記 2 つの母音間で下顎の変位量が大きくなり、その結果、高周波域までパワースペクトル密度が高くなったと考えられる。したがって、低周波から高周波に渡るパワースペクトル密度を検出するこ

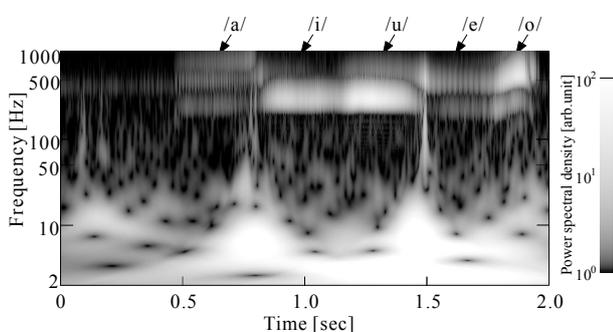


図 2 発声時の下顎中切歯における加速度の
パワースペクトル密度の時間的推移

とによって、前後の母音の組み合わせを判別できる可能性があると考えられる。

これらのことより、本センサユニットを用いることで、高周波域での通常の音声認識のみならず、低周波域から高周波域に渡る下顎の動きによる母音の推移の推定も加味できるため、母音の識別率の向上が期待できる。

4. むすび

歯に装着した加速度センサによって得られた女声の日本語母音の周波数解析をウェーブレット変換で行った。その結果、およそ 200Hz 以上の高周波域において、母音の第 1 ホルマント周波数が表れ、通常の音声認識が可能であることがわかった。そして、2Hz から高周波に渡る周波数域において、発声に伴う下顎の動きが表れ、前後の母音の組み合わせを判別できる可能性があることがわかった。

以上のことより、歯に装着した加速度センサから得られたパワースペクトルの推移から、音声のみならず下顎の動きも付加した音声認識ができ、母音の識別率の向上が期待できることがわかった。今後、被験者数を増やし、子音を含めた発声についても検討し、簡易で有効な音声認識処理の開発を目指す。

謝辞

(独)科学技術振興機構 ERATO 前中センシング融合プロジェクトのメンバーの助言に感謝します。

参考文献

- 1) 古井貞熙:音声認識技術の実用化への取り組み, 情報処理, Vol.51, No.11, pp.1387-1393, Nov, 2010.
- 2) 才木常正, 瀧澤由佳子, 橋詰 努, 樋口行平, 藤田孝之, 前中一介:口腔内加速度センサを用いた発声検出, 電学論 C, Vol.131, No.4, pp.826-832, 2011.
- 3) 古井貞熙:音声情報処理, 森北出版, 1998.
- 4) J. T. Wu, S. Tamura, H. Mitsumoto, H. Kawai, K. Kurosu, K. Okazaki: Neural network vowel-recognition jointly using voice features and mouth shape image, Pattern Recognition, Vol.24, No.10, pp.921-927, 1991.
- 5) 中野宏毅, 山本鎮男, 吉田靖夫:ウェーブレットによる信号処理と画像処理, 共立出版, 1999.

MEMS manufacturing equipments

ICP RIE for PZT
SAMCO, RIE-101HU



XeF2 gas etcher
SAMCO, VPE-4HU

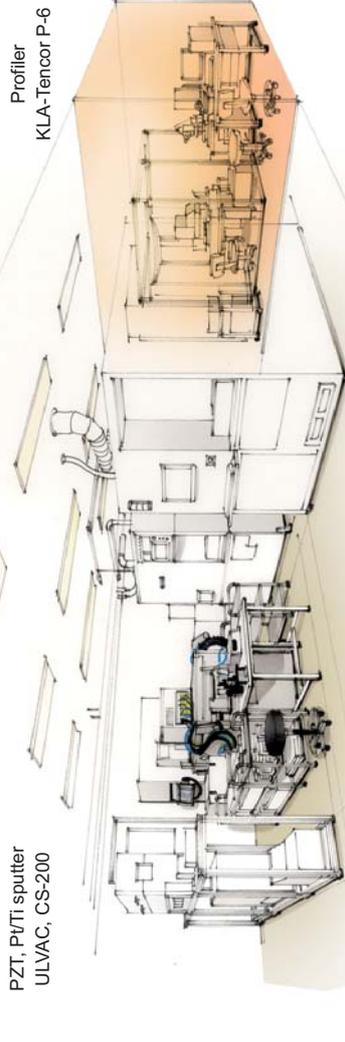


Si DeepRIE
Sumitomo Precision,
MUC-21 ASE-Pegasus



PZT, Pt/Ti sputter
ULVAC, CS-200

Profiler
KLA-Tencor P-6



Furnaces

Multi-target sputter
Eiko-engineering
ES-250B



Water bonder
Ayumi Industry
VE-08-21



Confocal microscope
Lasertec, H1200



E-Beam exposure
Elionix, ELS-3700M

other evaluation equipments



Atomic Force Microscope
Veeco, Nanoscope



High resolution FE-SEM
Hitachi, S-5000H



SEM with EDS
JEOL, JSM6510LA

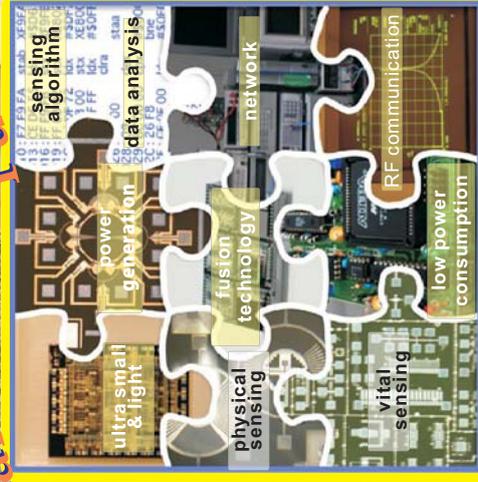


Laser Doppler vibrometer
Neosarc, MLD-103A



Maenaka
Human-Sensing
Fusion
Project

For a safe and healthy life
2011

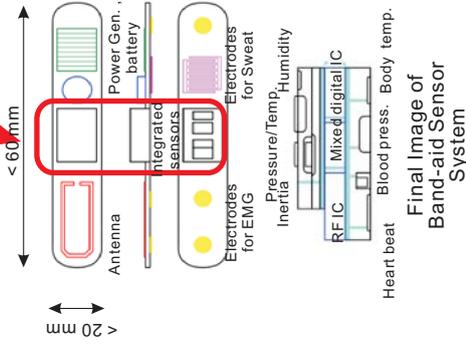
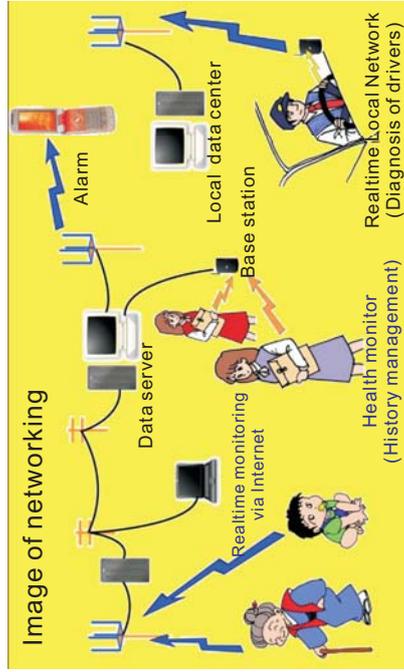


Technology fusion of sensors, circuits
and software for a safe and healthy life



ADHESIVE HUMAN MONITORING SENSOR

Outline and Research Target: Maenaka Human-Sensing Fusion Project started as one of ERATO (Exploratory Research for Advanced Technology) projects which JST (Japan Science and Technology Agency) financially supports at April 1st of 2008. This project has been led by Kazusuke



Maenaka, a Professor of Department of Electrical Engineering and Computer Sciences, University of Hyogo.

The declining birthrate, the graying of society, the increasing incidence of so-called "lifestyle diseases": the rise of these and other problems related to changes in the social environment have led to increased interest in issues of safety, welfare and health care. To avoid dying alone, dying from overwork, fatal injury caused by carelessness, or disease attributable to neglecting our health, it would be desirable to monitor our physical condition, our activities and our surroundings in a number of ways, continuously and at all times without the assistance of others and to do necessary medical treatment in case of emergency. In this research field, we aim to develop a human body monitoring system through the integration of wireless communication devices, power generation devices, and sensor devices.

Research Plan and Research System: We've assembled four groups that have committed to developing an integrated system of ultra-small sensors that consumes little energy, contains its own ultra-small power supply mechanism, and utilizes low power wireless networking.

(1) Device (Sensor Device and PZT Device) Research Groups
 Device Research Groups are composed of two groups, that is, Sensor Device Group and PZT Device Group and are tasked with developing ultra-small integrated sensors that consume little energy and that detect various physical, vital and environmental quantities such as acceleration, pulse, temperature, moisture and so on using functional materials. In particular, PZT Device Group studies sensors and actuators using Pb(ZrTi-x)O3 (Lead Zirconate Titanate). They develop PZT thin film dry process compatible with Si process. These teams are also investigating the layout and assembly of sensor elements.

(2) System (Circuit and Software) Research Group

Researchers in this group are developing integrated circuits including analog circuits for sensor outputs, AD converters, digital signal processors, memory devices and an RF interface (315MHz or 1.2GHz band) using CMOS technology focusing on low power consumption circuits with a programmable standby mode. They are also developing packaging and via hole interconnection technology by thinning and stacking circuit chips.

The investigators in this group are also evaluating what kind of sensors with what characteristics should be used in a target sensing system through initial clinical testing using a prototype sensing system that we call "large model". In this way they are forming an overall picture of the human-monitoring system to be developed. Moreover they take responsibility for developing a low energy consumption RF communication protocol between a device attached to the human body and a base station, along with highly confidential networking technology and an algorithm capable of understanding a person's physical situation through sensor outputs.

(3) Micro Power Research Group

This group is assigned to investigate power generation and storage mechanisms and to embed a small power supply into the above human monitoring sensor system. They are studying technology for converting human motion into electrical power using piezoelectric or magnetic thin film as well as micro fuel cells.

Schedule :

FY.07	FY.2008	FY.2009	FY.2010	FY.2011	FY.2012
		Examination of System concept and method Development of elemental device technology	Systemizing and packaging	Field test with a body-worn sensing system	Wrap-up

Members:

Project leader	Kazusuke Maenaka				
Sensor Device group	Hidekuni Takao	Sensor device G leader			2010.05~
	Hao Xiuchun	Researcher			2008.04~
	Hiroyuki Hamada	"			2009.10~
	Kazuo Kasai	Technical Assistant			2008.04~
	Tokuji Yokomatsu	"			2010.02~
PZT Device group	Takashi Saito	"			2011.04~
	Haruka Takeuchi	"			2011.04~
	Kensuke Kanda	PZT device G leader			2010.04~
Micro Power group	Takayuki Fujita	Micro Power G leader			2008.04~
	Oleg Nizhnik	Researcher			2010.04~
System (Circuit) group	Olinver Vinluan	Technical Assistant			2010.09~
	Travis Bartley	"			2010.10~
	Ucu Maksudi	"			2011.04~
System (Embedded software) group	Sayaka Okochi	"			2010.04~
	Alex Chan Chun-kit	"			2011.03~
Staff	Kohei Higuchi	Research Manager			2008.04~
	Kenji Nakasuji	Administrative Manager			"
	Miho Kurata	Administrative Assistant			2011.04~

OS1 医療・健康のための知的情報処理

12 月 10 日 13:30~14:30
4 号館 1 階 4102 室

【オーガナイザ】 新居 学、小橋 昌司（兵庫県立大学）

【座 長】 新居 学（兵庫県立大学）

OS1-1 頭部輪郭形状を用いた新生児頭部 MR 画像からの大脳領域抽出法

○橋岡亜弥(兵庫県立大学大学院), 小橋昌司, 倉本 圭(兵庫県立大学大学院/大阪大学), 若田ゆき, 安藤久美子, 石藏礼一(兵庫医科大学), 石川智基(石川病院), 廣田省三(兵庫医科大学), 畑 豊(兵庫県立大学大学院/大阪大学)

OS1-2 レーダ特性を考慮した複数船舶用レーダ画像の合成法

○三田北斗(兵庫県立大学大学院), 小橋昌司(兵庫県立大学大学院/大阪大学), 中川和也, 西山浩二, 前野 仁(古野電気株式会社), 倉本 圭, 畑 豊(兵庫県立大学大学院/大阪大学)

OS1-3 看護ケア質評価システムの評価結果の分析

○新居 学(兵庫県立大学大学院/大阪大学), 中井一貴, 高橋 豊(兵庫県立大学大学院), 内布敦子, 坂下玲子(兵庫県立大学)

OS1-4 MEMS センサ情報からの人間状態推定

新居 学(兵庫県立大学大学院/大阪大学), ○中井一貴, 高橋 豊(兵庫県立大学大学院)

頭部輪郭形状を用いた新生児頭部 MR 画像からの大脳領域抽出法

Brain Segmentation from neonatal MR image using head outline

橋岡亜弥¹, 小橋昌司^{1,2}, 倉本 圭^{1,2}, 若田ゆき³,
安藤久美子³, 石蔵礼一³, 石川智基⁴, 廣田省三³, 畑 豊^{1,2}

¹ 兵庫県立大学大学院工学研究科 医療健康情報研究センター

² 大阪大学免疫学フロンティア研究センター ³ 兵庫医科大学 ⁴ 石川病院

HASHIOKA Aya¹, KOBASHI Syoji^{1,2}, KURAMOTO Kei^{1,2}, WAKATA Yuki³,

ANDO Kumiko³, ISHIKURA Reiichi³, ISHIKAWA Tomomoto⁴, HIROTA Syozo³, HATA Yutaka^{1,2}

¹ Himeji Initiative in Computational Medical and Health Technology, Graduate School of Engineering,

² WPI Immunology Research Center, Osaka University, ³ Hyogo College of Medicine, ⁴ Ishikawa Hospital

1. まえがき

低酸素性虚血性脳症やてんかんなどの新生児脳疾患は、脳形状を変形させ、脳機能を低下させる危険性がある。脳疾患を早期発見、早期治療をすることで、病状悪化の抑制や、早期の療育による生活の質の向上が期待されている。脳疾患の診断には、長期的な診察が可能で、人体に非侵襲である MR (Magnetic resonance) 画像が有効である¹⁾。しかし、MR 画像を用いた診断には熟練した技術や労力が必要である。また、診断者による結果変動が発生する恐れがある。定量的かつ効率的な診断を行うために、計算機による診断支援システムが切望されている。

脳疾患の診断には、脳容積や脳表面積の測定が有効である。脳容積や脳表面積を測定するために、MR 画像を用いた脳領域抽出法が提案されている。しかし、多くの手法は成人脳を対象としており、新生児脳を対象とした手法は少ない。新生児脳は成人脳より小さく、脳溝も狭い。また新生児は髄鞘化過程にあるため、MR 信号値が異なる²⁾。新生児脳と成人脳間で画像特徴が異なるため、成人の脳領域抽出法を新生児に適用する事は困難である。

新生児脳を対象とした脳領域自動抽出法として、文献³⁾が提案された。文献³⁾では、脳抽出ツール BET (brain extraction tool)⁴⁾を用いた手法が提案されたが、髄鞘化による MR 信号値の変化を考慮していなかったため、新生児脳への適用は困難である。一方、我々は MR 信号値分布に基づいた頭蓋除去法 (AFSS;

automated fuzzy logic based skull stripping)⁵⁾と、頭部輪郭に基づいた分割結果評価法 (CSM; contour shape based modeling)を組み合わせた自動脳領域抽出法⁶⁾を提案した。AFSS 法では、髄鞘化を考慮したベイジアン識別を MR 信号値分布に適用し、頭部 MR 画像を 5つの領域 (白質, 灰白質, 脳脊髄液, 脂肪, その他) に分割することで、大脳領域を抽出した。CSM 法では AFSS 法で分割した脂肪領域と頭部輪郭を比較し、AFSS 法の抽出精度を評価した。評価結果を基に、AFSS 法に用いるパラメータを更新した。2つの手法を組み合わせることで、抽出精度は向上したが、一部の領域において頭蓋領域の未抽出や大脳領域の過抽出があった。

本研究では、文献⁶⁾の手法で未抽出であった頭蓋領域の除去を目的とする。CSM 法で用いた頭部輪郭と頭蓋領域の形状が近似していることから、提案法では頭部輪郭を頭部 MR 画像から除去し、大まかに頭蓋領域を除去する。輪郭を除去した画像に対し AFSS 法を適用し、大脳領域を抽出する。本提案法を 14名の新生児被験者 (修正齢-1ヶ月から1ヶ月) に適用し、BET²⁾や文献⁶⁾の手法の結果と比較する。

2. 準備

本研究では、放射線医師により重大な疾患がないと確認された 14名の新生児被験者 (男: 11名, 女: 3名) を用いた。被験者の修正齢は-1ヶ月から1ヶ月で、平均年齢は 5.6 ± 17.6 日である。被験者の

頭部 T2 強調 MR 画像は、1.5 テスラ MRI 装置 (Intera, Philips Medical Systems) を用いて撮影した。撮影パラメータは TE (Echo time) : 106-165 [msec], TR (repetition time) : 2000 [msec], 画像サイズ : 320×320 [voxel], ボクセルサイズ : 0.75 × 0.75 × 0.75 [mm³], スライス枚数 : 120-200 枚である。

3. 実験方法

3.1 概要

文献⁶⁾では、MR 信号値分布に基づいて大脳抽出を行う AFSS 法⁵⁾と、頭部輪郭に基づいて AFSS の分割結果を評価する CSM 法を組み合わせたシステムを提案した。この手法を適用することで、従来法と比較し抽出精度を向上できたが、一部の領域において頭蓋領域の未抽出や大脳領域の過抽出があった。本研究では、頭部輪郭を原画像から除去することで、大まかに頭蓋領域を除去し、頭蓋領域の未抽出を抑制する。その後、輪郭を除去した画像に対し AFSS 法を適用し、大脳領域を抽出する。図 1 に提案法のフローチャートを示す。

3.2 輪郭除去画像の作成

原画像から大脳領域最下点を決定し、最下点以下の領域を除去する。大脳領域最下点は手動で取得する。図 2 に最下点以下を除去した画像を示す。図 2 の画像にしきい値処理を適用し、頭部領域と背景領域に分割する。分割した頭部領域に輪郭追跡処理を適用し、輪郭の太さ d を与え、図 3 のような頭部輪郭を作成する。 d は、操作者が原画像の頭蓋の太さを参考に決定する。原画像から作成した頭部輪郭の領域を除去し、図 4 の

ような輪郭を除去した画像を作成する。図 4 の画像を輪郭除去後画像とする。原画像から頭部輪郭を除去することで、大まかに頭蓋領域を除去できる。

3.3 Automated Fuzzy Logic Based Skull Stripping (AFSS) 法⁵⁾による脳領域抽出

AFSS 法は髄鞘化を考慮したベイジアン識別を用いて、脳領域を抽出する。まず脳形状アトラスモデルを移動変形し、3 つの領域 (脳領域、脂肪領域、その他の領域) の初期確率マップを作成する。初期確率マップにベイジアン識別を適用し、MR 信号値分布を複数のガウス混合モデルで表現することで、複数の領域に分割する。分割数は髄鞘化の進行具合によって決定する。髄鞘化前後は白質と灰白質の MR 信号値の差が大きいため、5 つの領域 (白質、灰白質、脳脊髄液、脂肪、その他) に分割する。髄鞘化途中は白質と灰白質の MR 信号値の差が小さいため、4 つの領域 (白質と灰白質、脳脊髄液、脂肪、その他) に分割する。分割された領域から白質と灰白質の領域を組み合わせ、fuzzy rule-based active surface model (FASM)⁷⁾を適用し、全脳領域を決定する。提案法では輪郭除去後画像に AFSS 法を適用し、全脳領域を抽出する。

4. 実験結果

4.1 提案法と従来法の比較結果

従来法と提案法を 14 例の被験者に適用し、従来法と提案法の抽出結果を比較した。従来法には BET2⁴⁾と文献⁶⁾の手法を用いた。提案法において、操作者

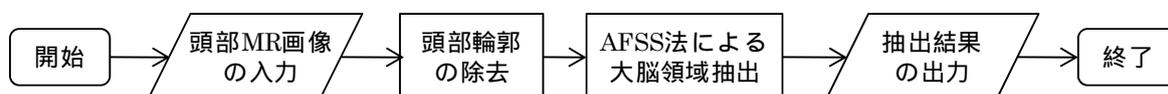


図1 提案法のフローチャート

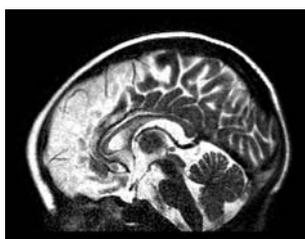


図2 大脳領域最下点以下除去画像



図3 頭部輪郭

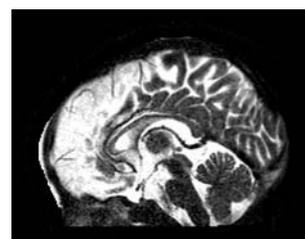


図4 輪郭除去画像

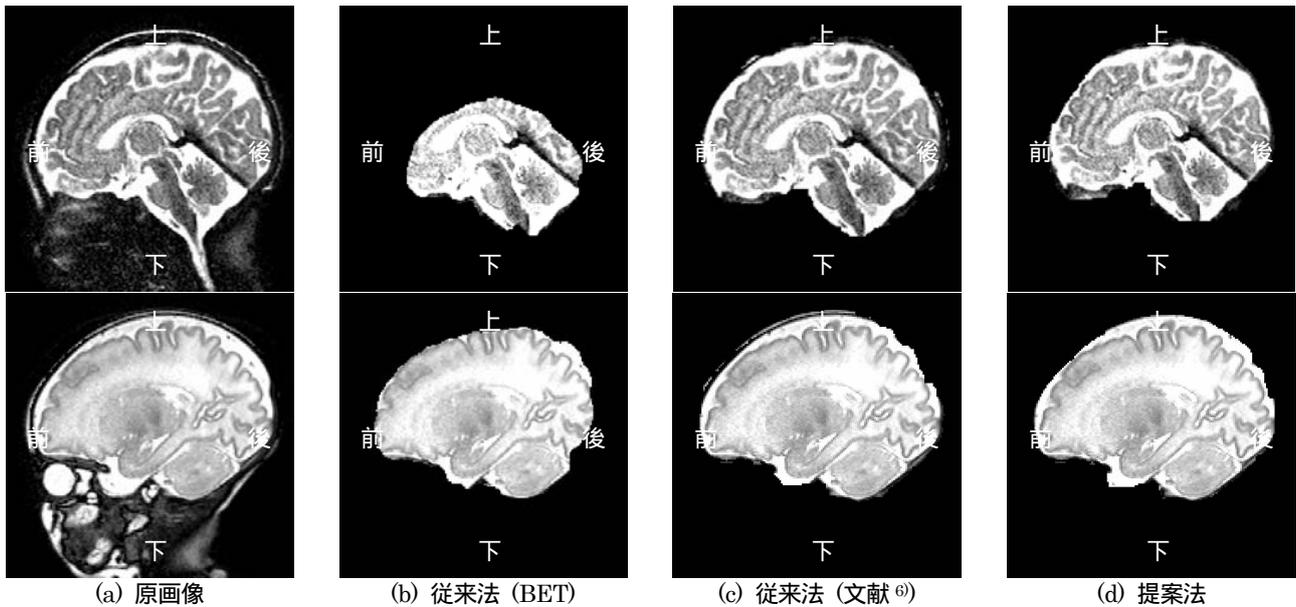


図5 各手法の適用結果 上段：被験者#1 (100/200)，下段：被験者#2 (82/130)

表1 真値画像と提案法の抽出結果の比較結果

スライス番号	TP [ボクセル]	FP [ボクセル]	FN [ボクセル]	sensitivity [%]	FPR [%]
55	3248	2881	114	96.6	2.9
60	5111	2798	165	96.3	2.8
65	6506	3122	121	98.2	3.3
70	7937	2827	106	98.7	3.0
75	9161	2408	195	98.0	2.6
80	8908	3442	138	98.4	3.7
85	10496	2403	182	98.3	2.6
90	10627	2738	118	99.0	3.0
95	10375	3314	162	98.4	3.6
100	9149	4638	17	99.8	5.0
total	81518	30571	1348	98.3	3.2
従来法	82763	31486	456	98.8	3.3

が被験者ごとに d を $0.75 - 2.25\text{mm}$ の幅で決定した．図 5 に従来法と提案法を適用した結果を示す．提案法の d は 被験者#1 では 1.50mm 被験者#2 では 0.75mm と設定した．図 5 より BET2 を用いることで，脳領域の過抽出があった．また文献 [6] の手法を用いることで抽出精度は向上したが，一部の頭蓋領域が未抽出であった．一方，提案法を用いることで，文献 [6] の手法で未抽出であった頭蓋領域を除去する事ができた．被験者#1 と#2 以外の被験者においても同様に，文献 [6] の手法で未抽出であった頭蓋領域を除去することができ，良好に脳領域を抽出できた．以上より，提案法を用いることで，従来法より高精度に脳領域を抽出できた事が分かった．

4.2 真値画像との比較結果

医師により作成された真値画像と，提案法の抽出結果を比較し，提案法の抽出精度を算出した．図 6 に真値画像を示す．真値画像は左脳において，一定間隔の横断面状で取得した，真値画像を用いて，true-positive (TP)，false-positive (FP)，false-negative (FN)，sensitivity，false-positive rate (FPR) を算出した．sensitivity と FPR は以下の式を用いて算出した．

$$\text{sensitivity}[\%] = TP / (TP + FN) \quad (1)$$

$$\text{FPR}[\%] = FP / (FP + TN) \quad (2)$$

表 1 に被験者#1 の真値画像と提案法による抽出結果を比較した結果を示す．total sensitivity は 98.3% ，total FPR は 3.2% となった．また文献 [6] の手法を適

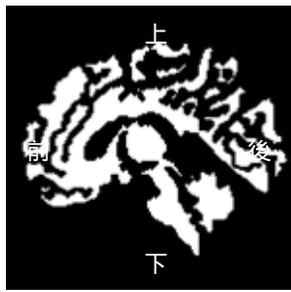
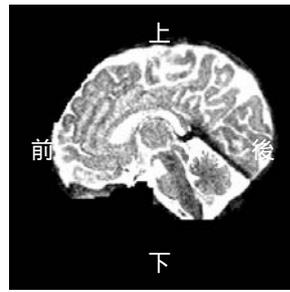


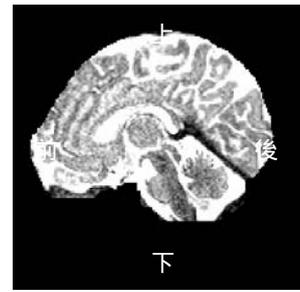
図6 被験者#1 の真値画像 (100/200)



(a) $d = 0.75\text{mm}$ の場合



(b) $d = 1.50\text{mm}$ の場合



(c) $d = 3.00\text{mm}$ の場合

図7 d の変化による結果変動 (被験者#1, 100/200)

用した場合, total sensitivity は 98.8%, total FPR は 3.3% となった. 提案法と文献⁶⁾の手法間で, sensitivity と FPR の変化率が 1% 未満であったため, 抽出精度の変化はほぼないと考えられる.

5. 考察

実験では, 操作者が被験者ごとに最適な d を決定した. 図 7 に d の変化による抽出結果の変動を示す. 図 7 (b) は最適な d ($d = 1.50\text{mm}$) を適用した結果である. 最適な d を設定した場合, 頭蓋領域を良好に抽出できた. 一方, 図 7 (a) のように d を 0.75mm と細くした場合, 頭蓋領域の未抽出があった. また図 7 (c) のように d を 3.00mm と太くした場合, 脳領域の過抽出があった. 以上のことより, 提案法の抽出精度は d に大きく依存することが分かった. 抽出精度を安定させるためには, d の自動決定が必要である.

6. まとめ

本研究では新生児脳を対象とした脳領域抽出法を提案した. 提案法は頭部輪郭を用いて大まかに頭蓋領域を除去した後, MR 信号値分布に基づいたベイジアン識別を用いて脳領域を抽出した. 提案法を修正齢-1 ヶ月から 1 ヶ月の新生児被験者 14 名に適用した結果, 従来法と比べ高精度に脳領域を抽出できた. また文献⁶⁾との精度比較の結果, 抽出精度の変化はなかった. 今後の課題として, 輪郭の太さの自動決定法の提案や更なる精度向上が挙げられる.

謝辞

本研究の一部は, 文部科学省の科学研究費の助成を受けて行った.

参考文献

- 1) H. Kitagaki, E. Mori, S. Yamaji, K. Ishii, N. Hirono, S. Kobashi, and Y. Hata : "Frontotemporal dementia and Alzheimer disease: evaluation of cortical atrophy with automated hemispheric surface display generated with MR images," *Radiology*, Vol. 208, No. 2, pp. 431-439 (1998).
- 2) A. J. Barkovich : "Concepts of Myelin and Myelination in Neuroradiology," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 21, No. 6, pp. 1099-1109 (2000).
- 3) H. Xue, L. Srinivasan, S. Jiang, M. Rutherford, A. D. Edwards, D. Rueckert, and J. V. Hajnal : "Automatic Segmentation and Reconstruction of the Cortex from Neonatal MRI," *Neuroimage*, Vol. 38, Issue. 3, pp. 461-477 (2007).
- 4) M. Jenkinson, M. Pechaud, and S. Smith : "BET2: MR-Based Estimation of Brain, Skull and Scalp Surfaces," *In Eleventh Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping* (2005).
- 5) K. Yamaguchi, Y. Fujimoto, S. Kobashi, Y. Wakata, R. Ishikura, K. Kuramoto, S. Imawaki, S. Hirota, and Y. Hata, : "Automated Fuzzy Logic Based Skull Stripping in Neonatal and Infantile MR images," *IEEE World Congress on Computational Intelligence*, pp. 800-806 (2010).
- 6) A. Hashioka, K. Yamaguchi, S. Kobashi, Y. Wakata, K. Ando, R. Ishikura, K. Kuramoto, T. Ishikawa, S. Hirota and Y. Hata : "Neonatal brain MR image segmentation based on system-of-systems in engineering technology," *Proc. of the 6th IEEE Int. Conf. on System of Systems Engineering*, pp. 107-112, (2011).
- 7) S. Kobashi, Y. Fujiki, M. Matsui, N. Inoue, K. Kondo, Y. Hata and T. Sawada : "Interactive Segmentation of the Cerebral Lobes with Fuzzy Inference in 3T MR Images," *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 36, no. 1, pp. 74-86 (2006).

レーダ特性を考慮した複数船舶用レーダ画像の合成法

Image Fusion for Marine Radar Image Based on Radar Characteristics

○三田北斗*, 小橋昌司*,**, 中川和也***, 西山浩二***,

前野 仁***, 倉本 圭**, 畑 豊**

*兵庫県立大学大学院 工学研究科 医療健康情報技術研究センター **大阪大学免疫学

フロンティア研究センター ***古野電気株式会社

MITA Hokuto*, KOBASHI Syoji**, NAKAGAWA Kazuya***, NISHIYAMA Kohji***,

MAENO Hitoshi***, KURAMOTO Kei**, and HATA Yutaka**

*Himeji Initiative in Computational Medical and Health Care Technology, Graduate School of Engineering, University of Hyogo, **WPI Immunology Research Center, Osaka University, ***Furuno Electric Corporation

1. まえがき

海難を未然に防ぐため現在の船舶はレーダや AIS(Automatic Identification System)による自船周囲の警戒を行っている。特にレーダは AIS の搭載していない船舶や物標においても検出することができる。しかしレーダは原理上、遮蔽やクラッタといったアーチファクトが存在する。これらの問題を解決するため複数地点の情報を統合するシステムが現在求められている。東京海洋大では東京湾における船舶交通観測レーダネットワークシステムと呼ばれるレーダ局から得られたレーダ画像を合成するシステムを開発している¹⁾。同システムでは複数レーダ画像の合成法として上書き、最大値、最小値、平均、和、差を任意で選択し合成を行っているが、これらの方法はレーダの特性を考慮していないため研究の余地がある。

我々は以前に EM (Expectation Maximization) 法²⁾を用いてレーダの特性を考慮した合成法³⁾を提案しているが、それぞれの船舶と注目点との距離にかかわらず分散を一定としていることや、実験において、サイドローブを考慮していないことなどの問題点があった。

本研究では、それぞれの船舶と注目点との距離による分散の違いを考慮した EM 法を用いた合成法を提案する。性能評価として 1 隻の船舶の周囲から得られた複数のレーダ画像に対し本手法を適用する。

2. 取得レーダ画像

レーダ装置から R [m]離れたある地点の反射断面積 RCS(Radar Cross Section)からの受信電力 P_r [W] は、(1)式に示すレーダ方程式を用いて求められる。

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \sigma \quad (1)$$

ここで P_t は送信電力[W], λ は送信波長[m], G はアンテナの送受信ゲイン[dB], σ はその点における RCS 値[m²]である。得られる信号はレーダ装置からの方位と距離の極座標であるため、直交座標に変換して画面に表示する。この表示方式を PPI(Plan Position Indicator)方式と呼ぶ。本研究で使用するレーダ画像は PPI 方式の画像である。図 1 に実際のレーダから取得されたレーダ画像を示す。PPI 表示ではレーダ装置からの距離が大きくなるほど、座標変換中の補間による誤差が大きくなるといった問題点がある。また原理上、受信電力はレーダのアンテナ指向特性によりその周囲の受信電力が重畳された値となるため、注目する一点のみの値を得ることができない。さらに、注目点以前にレーダ反射物が存在した場合、その遮蔽により注目点での受信電力を得ることができない。

3. EM 法によるレーダ画像の合成

我々が提案する EM 法によるレーダ画像の合成は図 2 のようなフローチャートをとる³⁾。E ステップで

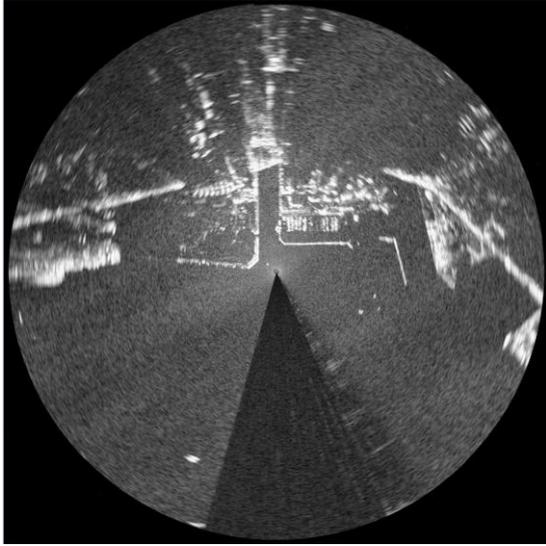


図1 レーダ画像

は観測レーダ画像と前時点で推定されている RCS 値の分布（以後「RCS マップ」と呼ぶ）より完全レーダ画像を作成する．M ステップでは完全レーダ画像より RCS マップを推定する．収束条件を満たすまで，以上の2ステップを更新する．以下では本文で使用する記号を説明する．

レーダの個数を N_R とし， i 番目レーダから見て距離 R_i ，角度 θ 離れた位置における RCS 値を $\sigma(R_i, \theta)$ とする．また， i 番目レーダにおける送信電力を P_{Ti} ，送信波長を λ_i ，アンテナのゲインを G_i ，指向特性関数を g_i とし，観測された受信電力を $Y_i(R_i, \theta)$ とする．距離 R_i ，角度 θ と世界座標系での座標 $(x, y)^T$ は，GPS で計測された各レーダ装置の位置，方位より互いに変換できる． x, y はそれぞれ経度，緯度である．解析海域における RCS マップの経度，緯度方向のサイズを M 点，N 点とする．

3.1 Eステップ

E ステップでは，まず観測レーダ画像と RCS マップより完全レーダ画像を求める．ある地点 (R_i, θ) における理想レーダで得られる受信電力（完全レーダ画像 X ）は観測レーダ画像 Y_i より(2)式によって求めることができる．

$$X_i(R_i, \theta) = r_i(R_i, \theta) \cdot Y_i(R_i, \theta) \quad (2)$$

ここで r_i は(3)式で示すように理想レーダと実際のレー

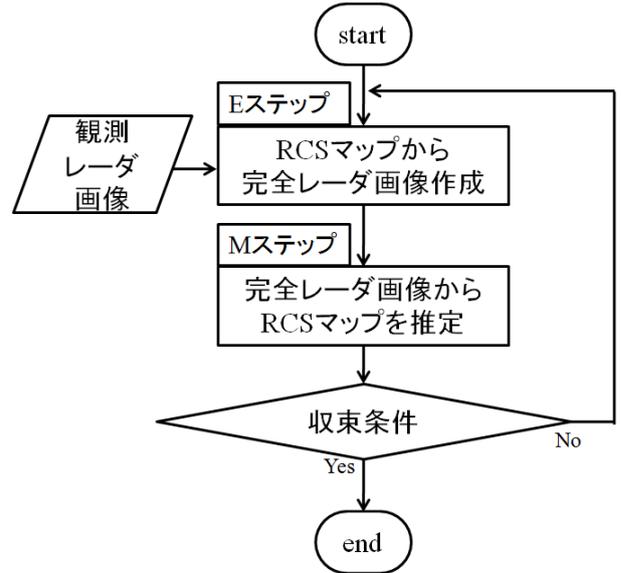


図2 フローチャート

ダによって得られる受信電力の比である．

$$r_i(R_i, \theta) = \frac{P_{rx}(R_i, \theta)}{P_{ry}(R_i, \theta)} \quad (3)$$

P_{rx} は理想レーダで得られる受信電力で， P_{ry} は実際のレーダで得られる受信電力である．

本研究では除去するアーチファクトを，距離による減衰，指向特性によるボケ，遮蔽領域の未検出とし，それぞれの比を r_{1i} ， r_{2i} ， r_{3i} とすると r_i は次式のように表わせる．

$$r_i = r_{1i} \cdot r_{2i} \cdot r_{3i} \quad (4)$$

距離減衰は R^4 に比例するため， r_1 は次式によって求められる．

$$r_1 = R_i^4 \quad (5)$$

一方で，指向特性による比 r_2 と遮蔽による比 r_3 は RCS マップに依存するため予め与えることができない．そこで前ステップで推定された RCS マップ $(\sigma^{(k-1)})$ からそれぞれの受信電力を求めることで，各比を推定する．

指向特性による比 r_2 は，アンテナの指向特性関数 $g(\theta)$ を用いて次式によって求められる．

$$r_{2i} = \frac{\sigma^{(k-1)}(R_i, \theta_i)}{\int_{\theta_i - \frac{\pi}{2}}^{\theta_i + \frac{\pi}{2}} g_i(\phi) \sigma^{(k-1)}(R_i, \phi) d\phi} \quad (6)$$

このときの角度 ϕ はレーダ装置の方向とのアスペクト角である．

次にレーダ反射物により生じる遮蔽領域において

は、レーダからの受信電力が得られないため、注目地点が遮蔽領域であるか否かは、観測レーダ画像からでは判断できない。そこで電波の透過度 c を(7)式で定義することにより遮蔽の有無を推定する。 th_{res} は遮蔽を生じる RCS のしきい値である。

$$c_i(R_i, \theta_i) = \begin{cases} e^{-\frac{x}{2}} & \text{if } \underset{r=R-x}{MAX}^R (\sigma^{(k-1)}(r, \theta_i)) > th_{res} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

(7)式を用いて r_{3i} を(8)式で与える。

$$r_{3i} = \frac{1}{c_i(R_i, \theta_i)} \quad (8)$$

また、透過度 c がしきい値 th_{atn} 以下の場合、注目地点は反射が起こらない領域とみなし、(2)式を用いずに RCS マップ $\sigma^{(k)}$ のみから次式で受信電力を計算する。

$$X_i(R_i, \theta_i) = \frac{P_i G_i^2 \lambda_i^2}{(4\pi)^3} \sigma^{(k-1)}(R_i, \theta_i) \quad (9)$$

以上より、ある地点 (R_i, θ) における完全レーダ画像 X_i は(10)式によって求めることができる。

if $(c_i(R_i, \theta_i) \leq \beta)$

$$X_i(R_i, \theta_i) = \frac{P_i G_i^2 \lambda_i^2}{(4\pi)^3} \sigma^{(k-1)}(R_i, \theta_i)$$

otherwise

$$X_i(R_i, \theta_i) = \frac{Y_i(R_i, \theta) R_i^4 \sigma^{(k-1)}(R_i, \theta_i)}{\int_{\theta_i - \frac{\pi}{2}}^{\theta_i + \frac{\pi}{2}} c_i(R_i, \phi) g_i(\phi) \sigma^{(k-1)}(R_i, \phi) d\phi} \quad (10)$$

(10)式によってそれぞれ求められた完全レーダ画像 X_i から RCS 値を次式で求める。

$$\sigma_i^{(k)}(R_i, \theta_i) = \frac{(4\pi)^3}{P_i G_i^2 \lambda_i^2} X_i \quad (11)$$

3.2 Mステップ

E ステップによって得られたそれぞれの RCS マップ σ_i より RCS マップ σ を推定する。ある点における σ は自船からの距離が大きくなるほど座標変換中の補間による誤差が大きくなるため分散が異なる。そこで、ある点における RCS 値は混合ガウスモデル分布に従うと仮定する。このとき $\alpha(x, y)$ は次のように書くことができる。

$$p(\sigma(x, y)) = \sum_{i=1}^{N_R} \pi_i \frac{1}{\sqrt{2\pi\rho_i^2}} e^{-\frac{(\sigma(x, y) - \sigma_i(x, y))^2}{2\rho_i^2}} \quad (12)$$

ここで ρ^2 は分散である。 π_i は混合係数と呼ばれる正

規化項で、次式のように定義される。

$$\sum_{i=1}^{N_R} \pi_i = 1 \quad (13)$$

分散と混合係数を定義することで、 $\alpha(x, y)$ は次式で求めることができる。

$$\sigma(x, y) = \arg \max_{\sigma} \left\{ \sigma \sum_{i=1}^{N_R} \pi_i \frac{1}{\sqrt{2\pi\rho_i^2}} e^{-\frac{(\sigma - \sigma_i(x, y))^2}{2\rho_i^2}} \right\} \quad (14)$$

3.3 収束条件

更新前後の RCS マップより更新量を求める。

$$Gap^{(k)} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\sigma^{(k)}(i, j) - \sigma^{(k-1)}(i, j))^2 \quad (15)$$

この値がしきい値 th_{env} より大きい場合、E ステップへ戻り、 th_{env} より小さい場合、更新をやめその時の RCS マップを最尤推定値とする。

4. 実験

1 隻の船舶の周囲から得られた複数のレーダ画像に対し本手法を適用した。指向特性 $g(\theta)$ はアンテナゲイン 29.5[dBi]、素子数 71 のチェビシェフ分布としてサイドローブを表現した。各しきい値は $th_{res}=10[\text{m}^2]$ 、 $th_{atn}=0.5$ 、 $th_{env}=100$ とした。また、分散を(16)式、混合係数を(17)式とした。

$$\rho_i^2 = \frac{1}{10} \ln R_i \quad (16)$$

$$\pi_i = \frac{1/R_i}{\sum_{i=1}^{N_R} 1/R_i} \quad (17)$$

同時刻における複数地点のレーダ画像が未取得であるため、移動中の船舶の異時刻における 4 地点で測定したレーダ画像(図 3)に対し提案法を適用した。使用したレーダの送信電力 P_t は 6[kW]、周波数 f は 9.4[GHz]、送受信ゲイン G は 30[dB]であった。測定位置は GPS によって計測した。それぞれの船舶の位置を表 1 に示す。各レーダ画像は 1672×1672[dot] で、1dot は 1.93×1.93[m²]である。

提案手法によって推定された RCS マップを図 4 に示す。比較手法として従来法³⁾と平均法によって得られた RCS マップをそれぞれ図 5, 6 に示す。従来法に比べ提案手法の実験結果は対象とした船舶の

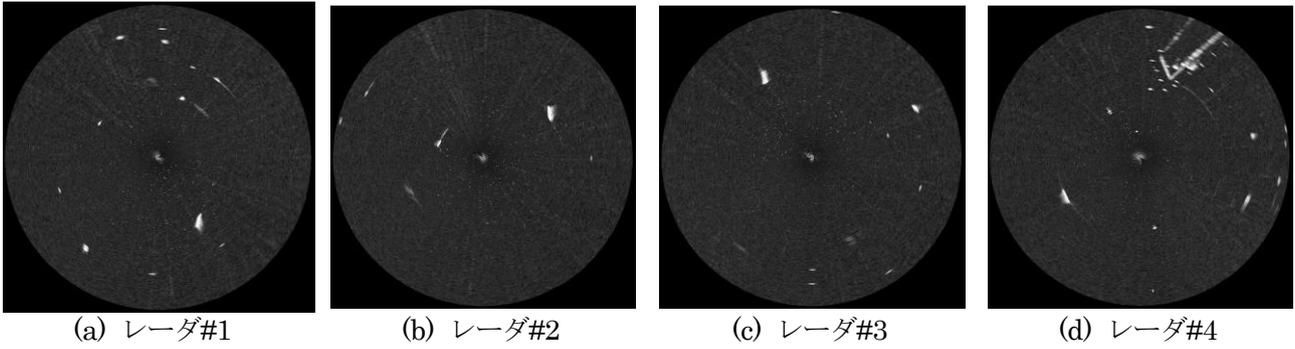


図3 観測されたレーダ画像

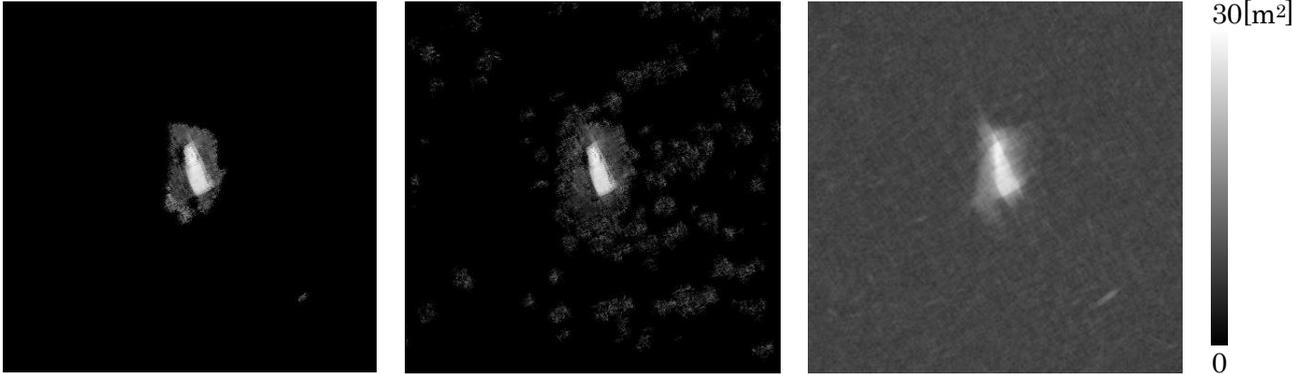


図4 RCS マップ(提案手法)

図5 RCS マップ(従来法)

図6 RCS マップ(平均法)

表1 レーダ装置の位置

レーダ画像	経度[° E]	緯度[° N]
レーダ#1	135.312378	34.605736
レーダ#2	135.306549	34.585838
レーダ#3	135.333267	34.579048
レーダ#4	135.339462	34.602009

RCS 値が大きいことが分かる。また、サイドローブによる信号のボケが抑えられていることが分かる。

5. まとめ

それぞれの船舶と注目点との距離による分散の違いを考慮した EM 法を用いた合成法を提案した。実験結果より提案手法は従来法と比べ自船付近の信号が強いことが分かった。今後の課題として時系列を考慮した RCS マップの推定が挙げられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、公益財団法人ひょうご科学技術協会、医療法人仁寿会 石川病院の助成を得て行った。

参考文献

- 1) S. るり, H. 秀樹, O. 皓平, H. 尚吾, N. 宏宗, L. 順, O. 匡 : 東京湾船舶交通観測レーダネットワークシステムの開発, 日本航海学会誌, Vol.159, pp. 60-64 (2004).
- 2) A. P. Dempster, N. M. Laird, D. B. Rubin : Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm, Journal of the Royal Statistical Society. Series B, Vol.39, No.1, pp. 1-38 (1977).
- 3) M. Hokuto, K. Syoji, N. Kazuya, N. Kohji, M. Hitoshi, K. Kei, and H. Yutaka : Marine Radar Systems for Radar Image Quality Improvement Using EM algorithm, IEEE Proc. System of Systems Engineering, pp.270-275 (2011).

看護ケア質評価システムの評価結果の分析 Analysis of the Computer-Aided Nursing-care Quality Evaluation System

○新居学^{*, ***, ****}, 中井一貴^{*}, 高橋豊^{*, ***, ****}, 内布敦子^{**, ***, ****}, 坂下玲子^{**, ***, ****}

^{*}兵庫県立大学大学院工学研究科 ^{**}兵庫県立大学看護学部

^{***}兵庫県立大学大学院工学研究科 医療健康情報技術研究センター

^{****}WPI 大阪大学免疫学フロンティア研究センター (iFReC)

NII Manabu^{*, ****, *****}, NAKAI Kazuki^{*}, TAKAHASHI Yutaka^{*, ***, ****}, UCHINUNO Atsuko^{**, ****},
and SAKASHITA Reiko^{*, ****}

^{*}Graduate School of Engineering, University of Hyogo

^{**}College of Nursing Art and Science, University of Hyogo

^{***}Himeji Initiative in Computational Medical and Health Technology

^{****}WPI Immunology Frontier Research Center, Osaka University

1. はじめに

医療サービスの質の向上のために看護ケアの質を向上させることは重要である。看護師の仕事は、問診や検査、巡回、食事の介助、入浴など多岐にわたっている。さらに、検査や治療方法、薬などに対する患者への説明や、コミュニケーションにより患者やその家族の不安を取り除くことなども重要な役割である。看護の質向上のためには、これらの看護師の仕事内容について評価を行い、適切な改善がなされるように勧告を行うことが必要であるが、これを行うことのできる専門家は多く存在しているわけではない。

本研究では、看護ケアの質評価に対するコンピュータ支援システムを構築することを目指す。

2. 看護ケアの質

本稿で述べる看護ケアの質は看護実践過程の質であり、すなわち、看護師個人が実施する看護行為の質である。これに対しては、「患者への接近」、「内なる力を強める」、「家族の絆を強める」、「直接ケア」、「場を作る」、「インシデントを防ぐ」という6つの領域が定義されており、これらの観点から評価される。看護ケアの質は技術的側面ばかりでなく、心の観点からの評価も行う必要がある。

2.1 Web 版看護ケアの質評価システム

広範囲にわたる看護ケアの質評価のために Web 版看護ケアの質評価システムが開発されている。このシ

ステムでは、看護師はインターネットを介して、セキュリティに配慮された Web ページにアクセスし、前述の6領域に関連する複数の質問項目について自由記述にて回答を行う。この時、看護師は実際に自分が経験したことについてのみ記述を行うことで、過程評価を行うことができる。

2.2 看護の質評価コンピュータ支援システム

Web 版看護ケアの質評価システムを用いて多数の看護師からの自由記述回答が収集され、データベースに保存される。これらは日本語で書かれた回答のため、コンピュータで評価するために形態素解析を行い単語に分割する。本稿では、評価には名詞と動詞を使用する。

評価は、あらかじめ専門家により評価されている回答（看護ケアテキスト）を教師データとして、サポートベクターマシンにより行う。専門家による評価では、看護ケアテキストは4つのクラスに分類されている。看護師は業務多忙の中、回答を行っているため、看護ケアテキストには誤字等が含まれていたり、内容を十分に記述できていなかったりする。そのようなテキストを注意深く読むことで専門家は評価を行っている。さらに、最終的な評価は複数の専門家による協議で決定されている。

本稿で述べるシステムはさらに、遺伝的アルゴリズムを用いて評価に大きな影響を与える単語を選択して抽出することにより、評価結果の理解の一助と

する。図1にこの評価システムの概要を示す。システムの詳細は文献^{1), 2)}を参照されたい。

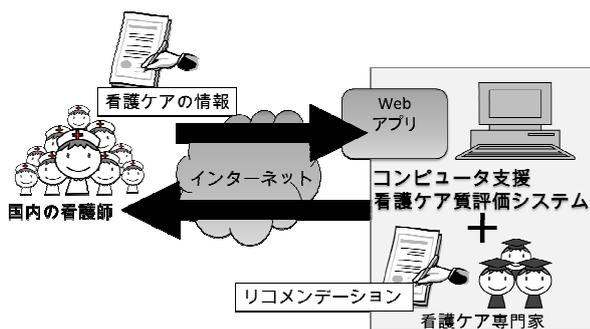


図1 Web版看護ケアの質評価システム概要

3. 数値実験

2008年度に収集された看護ケアテキストを利用して数値実験を行った。複数ある質問項目の中で、本稿では、質問項目P425についてのテキスト集合を対象とする。提案システムによる10 fold-cross validation法を用いた場合の正答率は73.5%であった。このデータは、442テキストを含んでいてクラス1に17(3.8%)、クラス2に125(28.3%)、クラス3に60(13.6%)、クラス4に240(54.3%)のテキストが分類されている。提案システムにより、よく分類できていることがわかる。

表1は提案システムにより重要語として抽出された語を示している。P425は痛みに対する処置について問うものであるため、痛みや薬を表す語が重要なものとして抽出できている。それらを除く一部の語は単に頻出のものだと考えられる。抽出単語は、専門家の評価における着目点とよく一致しており、提案システムで抽出されるこれらの単語を評価結果の根拠として示せば、専門家がリコメンデーションを作成する際に有用であると考えられる。

4. おわりに

本稿では、看護ケアの質向上への取り組みとして、Web版看護ケアの質評価システムを紹介し、これへ組み込むために開発している質評価のためのコンピュータ支援システムについて述べた。看護の質向上に対しては、現状の評価のみならず改善案に関する助言を適

表1 P425 に対して抽出された重要語

着眼点	抽出された語
働きかけ	主治医, 相談, 継続, 必要, 提案, 伝える, 検討, 共有, 把握, 委ねる, あおぐ, ドクター, 見解, 在宅, 帰る, 自宅, チーム, 協議, 楽
改善策	効果, 変更, 軽減, 薬剤, 座薬, 頓服, 使う, 出す, 処置, バランス, 薬, 提供, 再開, 増量, 麻薬, 治療, フェンタニル, 排尿, 解熱, 追加, 坐薬, 併用, 鎮静, NSAIDS, 調整, ロキソニン・セルベックス, 持続, 促進, 交換, 動かせる, 動かす, 随意, 輸液, 手術
原因	現状, 腫れ, 嘔気, 消失, 苦痛, 不安, 原因, 考える, 表情, 絶食, 問題, 現時点, 嘔吐, 疼痛, 方法, 表現, 腕, 増える, 打撲, 咳, 低下, 意識, 頭痛, 影響, 示す, 造影, 支障, 副作用, バイタルサイン, 創部, 悪化, 性質, 体位, 感染, せん妄, 増悪, 向かう, 伴う, 軽度, VAS, 肩, 部位, うずくまる, 不全, おさまる, 胸, 場所, 拡大, 上肢, 病氣, 覚醒, 嫌, 有無, フェイス, 収縮

切に行わなくてはならない。リコメンデーションとして看護師へ提示されるこの改善案は専門家により作成されている。看護ケアテキストの評価は一定の自動化が可能であるが、評価結果に対する根拠が示されなければ、専門家はリコメンデーションを作成するためにテキストを詳細に読まねばならない。本稿では、評価結果の根拠として、分類に貢献した重要語を提示することを考え、提案システムにより抽出される重要語が専門家の評価における着眼点と類似していることを確認した。

今後の課題として、これらをどのように専門家に提示すれば最も効果的か、その提示方法を考えることがあげられる。

参考文献

- 1) M. Nii, T. Yamaguchi, Y. Takahashi, A. Uchinuno, R. Sakashita: Improving Classification Performance of Nursing-Care Text Classification System by Using GA-based Term Selection, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Information, Vol.14, No.2, pp.142-149 (2010).
- 2) M. Nii, T. Yamaguchi, Y. Takahashi, R. Sakashita, A. Uchinuno: Genetic Algorithm based Term Selection for Nursing-care Freestyle Japanese Text Classification, International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences and Image Processing, (Accepted).

MEMS センサ情報からの人間状態推定

A Method of Human State Estimation from MEMS Sensor Information

新居学^{*, **, ***}, ○中井一貴^{*}, 高橋豊^{*, **}

^{*}兵庫県立大学大学院工学研究科

^{**}兵庫県立大学大学院工学研究科 医療健康情報技術研究センター

^{***}WPI 大阪大学免疫学フロンティア研究センター (iFReC)

NII Manabu^{*, **, ***}, NAKAI Kazuki^{*}, and TAKAHASHI Yutaka^{*, **}

^{*}Graduate School of Engineering, University of Hyogo

^{**}Himeji Initiative in Computational Medical and Health Technology

^{***}WPI Immunology Frontier Research Center, Osaka University

1. はじめに

日々の健康状態を維持するために、どのような活動を行ったかを知ることは重要である。そのためには、対象の人物の活動を観測する必要があるが、カメラなどによる映像や音声を伴う観測はプライバシーの問題や死角の存在などにより望ましくない。

この問題を解決する方法として、MEMS を用いた複数の観測システムが開発されている¹⁾。これらのシステムでは、人体にセンサを取り付けることで、加速度などの膨大なデータが収集される。

本研究では、このような膨大なデータからどの時点でのどのような行動を行ったかを推定することを目的とする。

2. 状態推定

2.1 概要

本研究では、学習用にあらかじめ準備した MEMS センサデータから人物の状態を推定するファジィルールを生成し、未知データから状態の推定を行う²⁾。そのために、センサデータに対して2段階の抽象化を行うことを考える。

本研究で使用しているセンサでは、加速度、気圧、心電、温度、湿度のデータが取得できる。本稿では、加速度、気圧および心電のデータを使用して状態の推定を行う。

まず、第1段階抽象化として、センサデータを基本行動の集合により表現する。次に、第2段階抽象化として、基本行動の集合をひとつの状態として表現する。このような2段階の抽象化により状態を表現する。

2.2 第1段階抽象化

本稿の第1段階抽象化では、SVM を用いて加速度センサデータを基本行動の集合により表現する。まず、基本行動を定義する。本稿では、基本行動として、寝ている (Lying)、座っている (Sitting)、立っている (Standing)、歩いている (Walking)、走っている

(Running) の5種類を定義した。このとき、式(1)に示すような学習用データを生成する。

$$(x_1, y_1, z_1, \dots, x_5, y_5, z_5, ap) \quad (1)$$

ここで、 x_i, y_i, z_i は加速度センサからの測定値、 ap はあらかじめ定義された基本行動のいずれかである。これを学習用データとして SVM に学習させ、基本行動の集合として表現する。

また、気圧センサデータに対しては、気圧の変化を用いて状態を表現する。

2.3 心拍数抽出

心電データの解析を行い心拍数を算出し、推定に利用する。心電データから心拍数を算出する手法として、ファジィルールを用いて R 波を検出し、検出した R 波の間隔から心拍数を算出することを考える。

図1に R 波を検出する手法を示す。式(2)と(3)に示すファジィルールを生成し、R 波を検出する。

$$\text{If } h_1 \text{ is } L \text{ and } h_2 \text{ is } L \text{ then R wave.} \quad (2)$$

$$\text{If time of } h_1 \text{ is } T_1 \text{ and time of } h_2 \text{ is } T_2 \text{ then R wave.} \quad (3)$$

これらのルールにより検出された R 波のピーク的位置から RR 間隔を求め、心拍数を算出する。

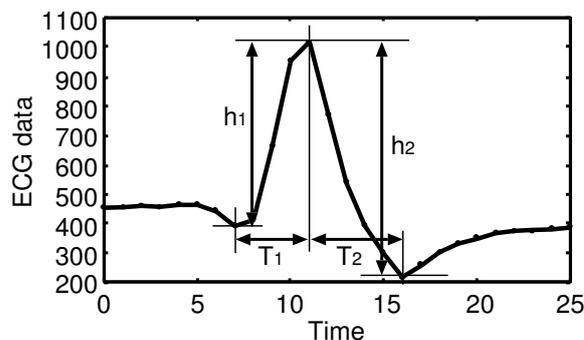


図1 R波検出のパラメータ

2.4 第2段階抽象化

第2段階抽象化では、第1段階抽象化により得られた基本行動、気圧の変化、心拍数を条件部として式(4)に示すようなファジィルールを生成し、対象となる人物の活動を表現する。

If start part is AP_{start} and press is P_i ,
middle part is AP_{middle} for about T ,
end part is AP_{end} and press is P_k ,
average heart rate is HR ,
then "behavior description". (4)

ここで、 AP_{start} 、 AP_{middle} 、 AP_{end} は第1段階抽象化により得られた基本行動のいずれかである。また、 P_i 、 P_k は気圧の変化、 T は AP_{middle} の継続時間、 HR は心拍数の変化であり、これらはファジィ数である。

3. 実験

3.1 心拍数抽出

実際に計測した心電データにファジィルールを適用してR波を検出し、心拍数を算出する実験を行った。図2にR波検出結果を示す。提案手法により、ほぼ正確にR波を検出することができ、RR間隔から心拍数を算出することができた。

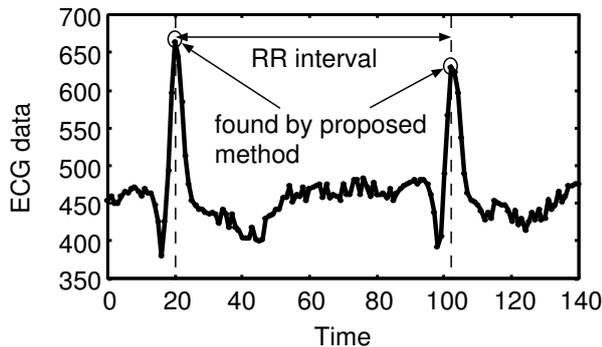


図2 R波検出結果の例

3.2 人間状態推定

提案手法を実際に測定したデータに適用し、対象となる人物の状態を表現するファジィルールを生成する実験を行った。図3に実験結果を示す。このデータは、対象の人物がスロープを上っているときのものである。この結果より、センサデータを基本行動によって表現できることがわかる。これより、例えば式(5)に示すようなルールを生成することができる。

If start part is *Standing* and press is P_1 ,
middle part is *Walking* for about T ,
end part is *Standing* and press is P_2 ,
average heart rate is HR , (5)

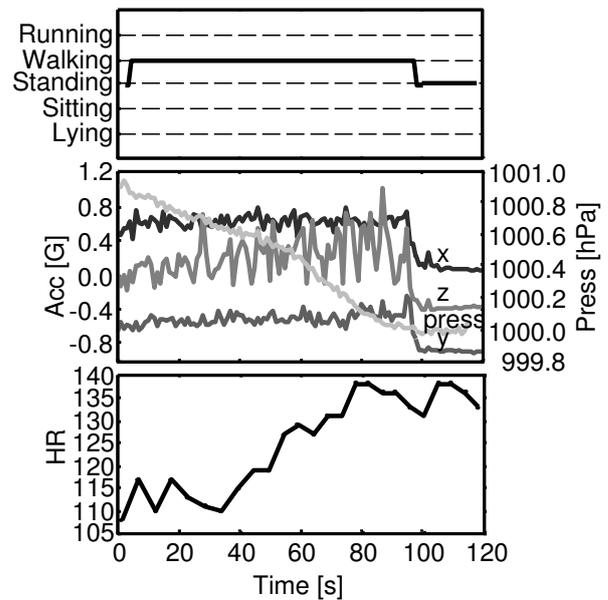


図3 状態推定ルール生成結果

then "the subject moves up the slope by walking".

これを用いることで、より正確に人物の状態を推定することができると考えられる。

4. おわりに

2段階の抽象化を行い、センサデータから人物の状態を表現するファジィルールを生成し、状態を推定する手法を提案した。複数のセンサからのデータを併用することで、より正確に推定できることが確認できた。

今後の課題として、より簡単に推定を行うルールを生成する必要があることや推定の精度を向上させることが挙げられる。

参考文献

- 1) T. Fujita, K. Kanda, K. Maenaka, J. Okada, S. Okochi, and K. Higuchi, "Multi-Environmental Sensing device for Human Monitoring Applications," The 4th International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications, Aug. 2010, pp. 65-69.
- 2) M. Nii, K. Nakai, Y. Takahashi, K. Higuchi, K. Maenaka, "Behavior Extraction from Multiple Sensors Information for Human Activity Monitoring", Proc. of 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.1157-1161.

OS2 観察工学の深耕

12 月 11 日 10:00~12:00
4 号館 1 階 4102 室

【オーガナイザ】 山岡 俊樹（和歌山大学）

【座 長】 山岡 俊樹（和歌山大学）

OS2-1 観察工学におけるモノ、サービスの観察方法

○山岡俊樹(和歌山大学)

OS2-2 直接観察と間接観察における気付きの違い

○八木佳子(株式会社イトーキ), 藤原義久, 金澤伸昭(三洋電機株式会社), 荒生五月, 生田めぐみ(永大産業株式会社)

OS2-3 ユーザの価値観を想定するための手法の一提案

○森田祐輔(和歌山大学大学院), 山岡俊樹(和歌山大学)

OS2-4 中国の行動観察調査: 上海の 80 後女性のニーズとモチベーション

○松波晴人, 久保隅綾(大阪ガス/株式会社エルネット)

観察工学におけるモノ，サービスの観察方法

Observation method of products and service in Observation Engineering

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

観察は様々なところで活用され始めているが，体系化された方法をあまり聞かない。観察工学は，「工学的視点から物事の様相を詳しく調べ，採取された知見をモノ作りやシステム開発に生かす学問である。」¹⁾であり，この視点から本報告ではモノだけでなくサービスも包含した観察方法の試案について述べる。

2. サービスとモノ (HMI) のフレームワーク

図1にサービスとモノ (HMI) のフレームワークについて示す。サービスの場合，サービス提供者と顧客

とのやりとり，環境と顧客の関係，機械と顧客の関係が観察する上で重要な要素である。モノに関しては，HMI (Human Machine Interface)を最適の関係にする①身体的，②頭腦的，③時間的，④環境的，⑤運用的の5側面が重要である。

観察する場合，このフレームワークに基づいて，観察を行う。以下，これらのやり取りについて述べる。

(1)サービスの場合

①サービス提供者と顧客のやりとり(2)

気配り，適切な対応，態度が観察ポイントである。

②顧客と環境との関係

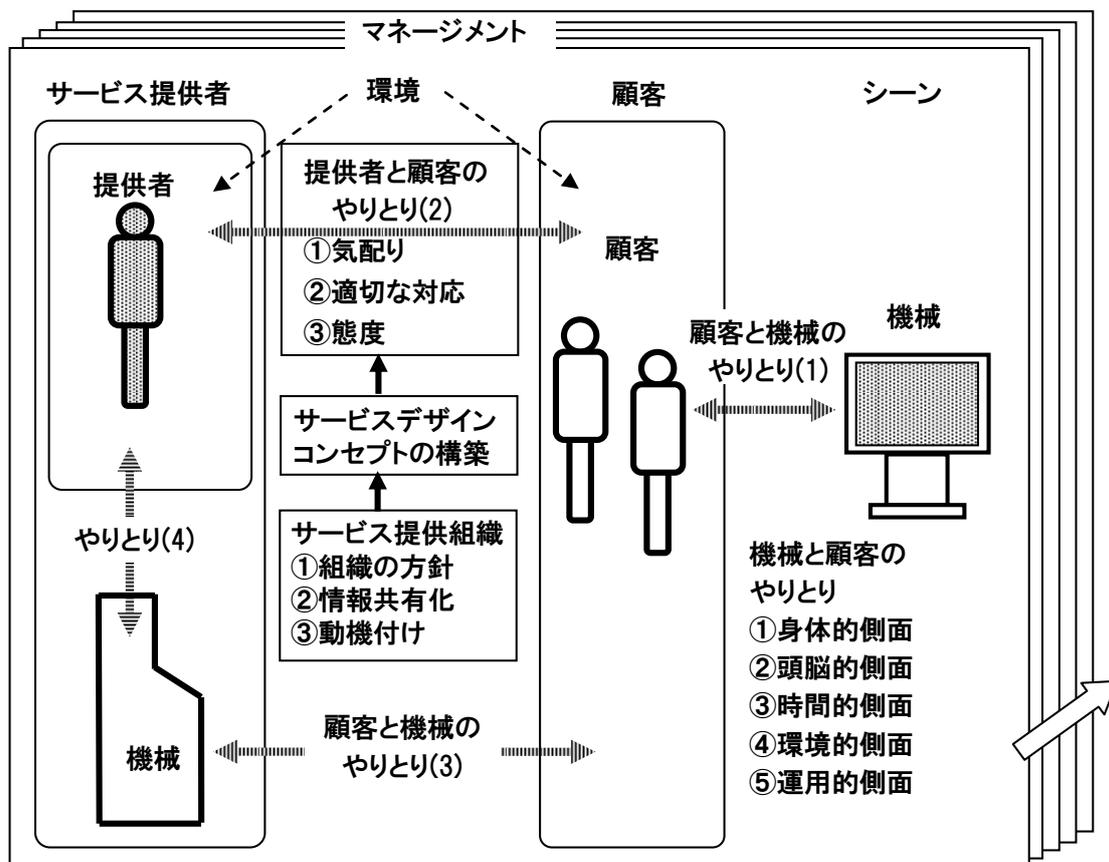


図1 サービスとモノ(HMI)の構成要素

照明, 温度, 湿度, 空調, 騒音などを調べる.

③顧客と機械のやりとり(3)

ユーザビリティ、人間工学の視点から観察する.

④サービス提供者と機械のやりとり

メンテナンスが重要な観察ポイントである.

サービスデザインを行うには、図1にあるようにサービス組織の体制を固め、サービスデザインコンセプトの構築を行い、それに基づいてサービス提供者と顧客のやり取りをデザインすることである.

(2)モノ (HMI) の場合

・顧客と機械のやりとり(1)

人間-機械系において、その妥当性は前述の5側面から観察する.あるいは、70デザイン項目を活用しても良い³⁾.

3. サービスとモノ (HMI) の観察方法

メンタルモデルには、structural model²⁾とfunctional model²⁾があり、簡単に言えば、前者はシステムが記憶の中でどう働くのか構造の知識、後者はシステムを使う手順の知識といえる.以下、この2視点から観察方法を述べる.

(1)手順 (各シーン) の観点から観察する

観察するワンシーン毎、チェックしてゆく.各シーンにおける特異な現象、通常と異なる事項をチェックする.この時、使用するテンプレートが図1のフレームワークである.

①サービスの場合

気配り、適切な対応、態度の3側面からサービス提供者と顧客の関係を調べる.また、メインサービスとサポートサービスからサービスコンセプトを推測し、文脈などと照らし合わせて、そのサービスコンセプトの問題点を抽出する.

②モノ (HMI) の場合

前述したHMIの5側面、70デザイン項目からチェックする.

(2)構造の観点から観察する

観察する各シーンから得られる手がかり情報に基づいて、観察対象者の行動/振る舞いの構造やシステムの構造を把握する.この構造を把握することにより観察対象者やシステムの本質を理解することができる.そのためには図1のテンプレートの各シーンの流れか

らそのシステムの構造を把握しなくてはならない.

一例を挙げると、ニューヨークのブロードウェイにあるホテルに学会参加のため宿泊した.このホテル、つまりシステムとして観察すると、窓は磨かれていなく汚い、朝は無料の新聞が投げ込まれる、ホテルの真ん中に巨大な吹き抜けがあり、この周囲に各部屋が配置されている、廊下でルームキーパーに会っても会釈をしない、部屋で簡易チェックアウトシステムがある.このような特異な知見は著者が動いた各シーンで得た情報である.このような情報を構造的にまとめて推測すると、ブロードウェイにあるにもかかわらずビジネスホテルであるというのが分かる.

4. 観察データを分析する

定性的データでも構わないが、定量的データにするには、以下の方法がある.

①観察対象者とその属性・評価項目との関係を有:

1, 無: 0でマトリックスにまとめる.このデータをクラスター分析でグループ化し、各グループのデータをFCA(形式概念解析)、ISMなどで分析する.あるいは、マトリックスデータを直接、コレスポネンダンス分析でおこない、そのあとクラスター分析を行っても良い.これにより観察対象者の特性を把握できる.

②あること(作業)をどの程度(時間、距離)長く行ったのかデータを取る.これはパフォーマンスのデータであるが、具体的には、(作業)時間、(使用)頻度、エラー回数、距離(動線)などのパラメータが考えられる.これらのデータの関係をマトリックスにバイナリーデータや度数でまとめ、アソシエーションルールで解析する.これにより各パラメータの組み合わせの度合いを知ることができる.

参考文献

- 1) 山岡俊樹編著: ヒット商品を生む観察工学, pp2, 共立出版 (2008).
- 2) Preece, J., Rogers, Y., Sharp, J. and Benyon, H., et al.: Human-Computer Interaction. Addison-Wesley Publishing Company, pp.123-139 (1994)
- 3) 山岡俊樹: ヒューマンデザインテクノロジー入門, pp101-142, 森北出版 (2003)

直接観察と間接観察における気付きの違い

Difference of Findings between Direct Observation and Indirect Observation

○八木佳子*, 藤原義久**, 金澤伸昭**, 荒生五月***, 生田めぐみ***

(株)イトーキ** *三洋電機(株)** *****永大産業(株)**

YAGI Yoshiko*, FUJIWARA Yoshihisa**, KANAZAWA Nobuaki**, ARAO Satsuki***, IKUTA Megumi
*ITOKI CORPORATION, **SANYO Electric Co.,Ltd. , ***EIDAI Co. Ltd.

1. はじめに

一般家庭での調理行動について、現場で直接観察をした結果得られた気付きと、ビデオを通して間接的に観察を行い得られた気付きを、同じ方法でまとめて、気付きの内容にどのような違いがあるかを比較検討したので、その結果について報告する。

2. 調査の概要

調査は2011年7月、兵庫県的一般家庭で行った。あらかじめ指定しておいた料理（カレーライスとサラダ）を通常通り作ってもらい、その様子を観察した。

現場で直接観察した調査者は、なるべく実験協力者の邪魔をしないよう、やや離れた位置から無言でメモを取りながら観察した。同時に、調査者が観察したのとほぼ同じ位置でビデオを撮影した。調査者は、直接・間接ともに、メーカー（家具・建材・住宅設備・電気製品）に勤務し研究開発系の職に従事する女性、各2名である。調査の目的として、特定の商品またはサービスに限定せず、実験協力者とその環境についての気付きを得て、何らかのソリューションを提案することを目的とした。

3. 気付きの抽出

直接観察を行った調査者は、当日のメモを元に後日各自で気付いたこととその解釈、提案できることがあればその内容についてまとめた。間接的に観察を行った調査者は、ビデオを見ながらメモを取り、後日同様に気付き・解釈・提案をまとめた。なおビデオは早送り・巻き戻し・一時停止などの操作はせずに調理行動全体を通常スピードで一度だけ再生した。

4. 結果と考察

得られた気付きの数を表1に示す。

表1 得られた気付きの数

観察方法	観察者	気付きの数	共通する気付きの数	
現場	観察者①	11	3	1
	観察者②	12		
ビデオ	観察者③	16	2	
	観察者④	8		

今回の結果では、抽出される気付きの数は、観察方法の違いによる差はなかった。共通する気付きの数は、同じ観察方法で気付きを抽出した観察者同士では2ないし3点、異なる観察方法では1点であった。なお今回の4名の観察者には日常業務で行動観察を頻繁に行っている者はいなく、いずれも観察の習熟度はあまり高くない。初心者が観察を行う場合、得られる気付きの内容は人により異なると言える。

次に、得られた気付きの質にどのような違いがあるかを知るために、気付きから実験協力者の人柄や価値観を推測することを試みた。まず、抽出された気付きのうち、問題点の指摘等、価値観の推測につながらないものを除き、残ったものについて、観察者本人が行った解釈の内容を元に、類似するものをグループにまとめグループの内容を表すラベルをつけた。たとえば「ザルを手を持ったまま、茹でたオクラを湯切り」という行動に対して「ザルを直接シンクに置くのがイヤなのではないか」という解釈があり、「木のまな板で野菜を、丸い樹脂製のまな板で肉を切る」という行動に対して「清潔感を重視しているのかも」という解釈があればこれらをグループにして「衛生に気を使う」というラベルをつけた。

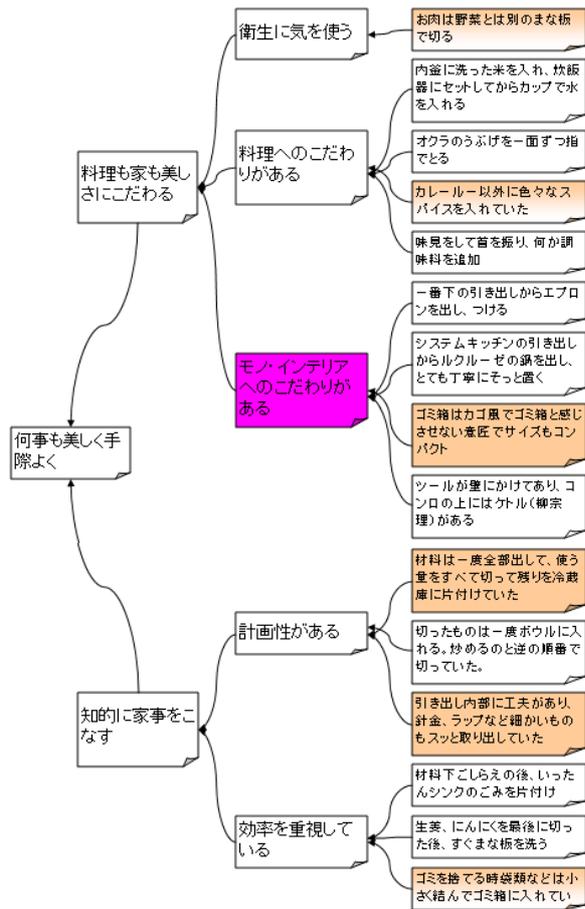


図3 現場観察から得られた気づき

さらに、グループ同士で似通ったものを集め、ラベルをつけ、最上位には実験協力者の人生観や人となりを見出すようなラベルをつけた。ラベリングしてまとめた気づきを図3、4に示す。現場で観察した観察者からは、「モノ・インテリアへのこだわり」に関わる気づきが4点抽出されているが、ビデオのほうからは抽出されていない。逆に、ビデオで観察した観察者からは「汚れを気にする」「節約を意識している」「大雑把なところがある」といったことが挙げられているが、これらの気づきは現場からは出ていない。この理由は、実験協力者の家に行き、本人と話をした観察者はビデオには写っていない玄関やリビングも見えており、家全体から感じられる「モノ・インテリアへのこだわり」を感じ取っていたため、調理行動を観察してもこれに関わる部分に着目していた可能性がある。逆に、実験協力者の初対面での雰囲気とは一見矛盾する「大雑把」な印象の行動や、「節約を意識する」といった些細な行

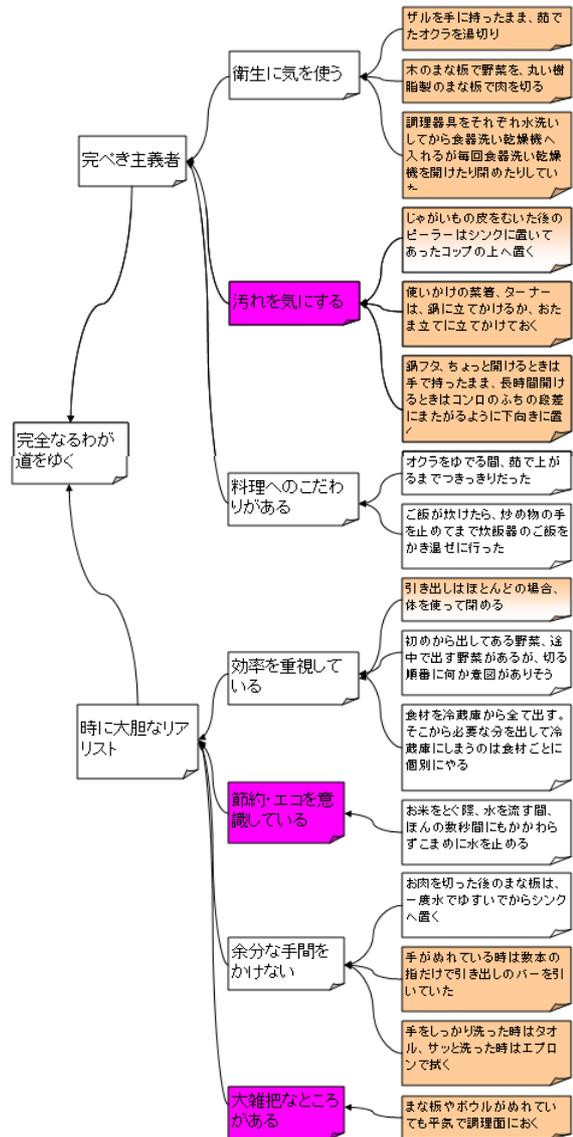


図4 ビデオ観察から得られた気づき

動を見逃しており、こういった点は、ビデオを用いた観察者のほうが客観的に見ていたといえる。

5. まとめ

慣れない観察者が観察する場合、得られる気づきには人による違いや方法による違いが見られた。観察においては、「自分の価値観から自由になること」が重要[1]とも言われているが、今後はこういった場合の注意点など、ノウハウをまとめていきたい。

(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。)

[1]松波晴人：限界を突破する大注目の新手法、P259-261 講談社現在新書(2011)

ユーザの価値観を想定するための手法の一提案

Analysis for assumption of user's value using behavior observation data

○森田祐輔*, 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

Yusuke MORITA*, Toshiki YAMAOKA**

*Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University,

**Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1. はじめに

ユーザの潜在的なニーズを得るための手法として、行動観察がある¹⁾。行動観察の問題として、知識のレベル²⁾や熟練者と初心者の着目視点の違い³⁾が挙げられている。熟練者はユーザの価値観まで読み解いており、それが観察結果の差となっていると考えられる。そこで、本稿では行動観察のデータを用いてユーザの価値観を想定する方法を紹介する。

2. 手法の説明

紹介する手法を、具体例を用いて説明する。使用するデータは2011年8月に兵庫県的一般家庭で行ったカレーとサラダ、スコーンの調理行動のデータである。

2.1 手法の流れ

- ①. ビデオを見て、「気付き」を抽出する。気付きの定義は、観察者が疑問を持った事柄とする。
- ②. 観察者全員で、「気付き」の要因を考え、タグ付けを行う。
- ③. 気付きを行頭、タグを列頭に配置したクロス表を作成する。それぞれの「気付き」に付けたタグの項目に「1」、そうでないところに「0」を入れ(図1,2)、数量化Ⅲ類にて分析を行う。
- ④. 算出されたカテゴリースコアをクラスタ分析にて分析を行う。
- ⑤. カテゴリースコアをグラフに起こし、クラスタ分析の結果とあわせて表示する(図3,4)。
- ⑥. 軸やクラスタの内容を見て、観察対象者の価値観を考察する

	慎重	丁寧	豪快	几帳面	きれいい好き	こだわり	節約	効率化	経験豊富
1.来客用のお皿は奥にしまっている	0	1	0	1	1	0	0	1	0
2.軽く水気を切りたい時はエプロンで拭く	0	0	0	0	1	0	0	1	0
3.あとで使うことを見越して、汲んだ水を捨てない	0	0	0	0	0	0	1	1	0
4.カレーを煮込んでいる間に他の作業を行う	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5.あく取りのためにわざわざカップやおたまを用意	1	1	0	1	1	1	0	0	1
6.野菜用のまな板はまだ使うからシンクの上	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7.肉用のまな板がある	0	1	0	1	1	1	0	0	0
8.小さな混ぜ機を使ってドレッシングを混ぜる	0	1	0	1	0	1	0	0	0
9.鍋の蓋の置き場所に困る	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10.米びつがない	0	0	0	0	1	0	0	0	0
11.お米研いだ水は一切使わず、しっかり水を切り、組み直した水を投入する	1	1	0	1	1	0	0	0	0
12.ドルトインで浄水器をつけている	0	0	0	1	1	1	0	0	0
13.ルクルーゼの鍋の使用	0	0	0	1	0	1	0	0	0
14.じやがいもは流しに置くが、玉ねぎは作業台においた	0	0	0	0	1	0	0	0	0
15.パブリカを使用する	0	0	0	0	0	1	0	0	0
16.先に道具を出してから、調理を開始する	0	0	0	1	0	0	0	1	0
17.玉ねぎは念入りに皮を向いてから、更に洗う	1	0	0	0	1	0	0	0	0
18.包丁の切れ味がとてもよい	0	0	0	1	0	1	0	0	0
19.バスタを節電の際に使用する木べらがある	0	0	0	1	1	1	0	0	0
20.包丁を一回も変えなかった	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21.野菜が関係するツールは念入りに洗う	1	1	0	1	1	0	0	0	0
22.食材とか器具をすぐ片付ける	0	0	0	0	0	0	0	1	0
23.パブリカの使用する量を予想	0	0	0	0	0	0	1	1	1

図1. カレーとサラダの調理行動の観察データ (行頭が気付き、列頭が気付きにつけたタグ)

	慎重	丁寧	豪快	几帳面	きれいい好き	こだわり	節約	効率化	経験豊富	大ざっぱ
1.上のタオルが手拭き用、下のタオルが食器用	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
2.取っ手にタオルをかけていない	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
3.油ものはペーパータオルで拭く	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4.タオルが後ろにある	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5.小物類(ハサミ、包丁、輪ゴム)は手元の引き出しにある	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6.ゴムべらを作業台に直に置いている	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
7.引き出しをおなかで開める	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8.鍋底に焦げがある	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9.考えている時間が長い	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
10.手を動かしながら、次の行動を考えている	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
11.流れを頭に入れてから行動している	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12.軽く水ですすいでから、シンクに置いている	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
13.手をかけるところと手を拭くところがある	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
14.熱いものを直接冷蔵庫に入れる	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
15.器具をつり下げておく収納が多い	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
16.冷蔵庫を大きく開けない	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
17.必要のあるときだけ電気をつける	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
18.たまごころがる	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19.一つのシンクに複数の用途がある	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
20.台ふきがない	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21.バター分量がぴったりで喜んでいた	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22.タスクの句切れにタブレットPCを見ている	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
23.ボールの下に滑り止めを敷いている	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
24.包丁は必ずまな板の上にある	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
25.専用器具を使いこなしている	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
26.包丁を一回も洗わない	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
27.機器にこだわりがある	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
28.タブレットを覗き込む仕草が多い	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
29.最初からレシピを読むことはしない	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
30.分量をきちんと測る	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
31.バターを包丁で割って移動させていた	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
32.油モは手で触りたくない	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
33.食材にこだわりがある	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
34.袋から直接小麦粉を取り出している	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
35.何度もタブレットを見ている	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
36.タブレットをあまり操作していない	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
37.器具を使うときは必ず洗う	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
38.最初に調味料と材料を並べる	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0

図2. スコーンの調理行動の観察データ

3. 結果

3.1 カレーとサラダの調理行動

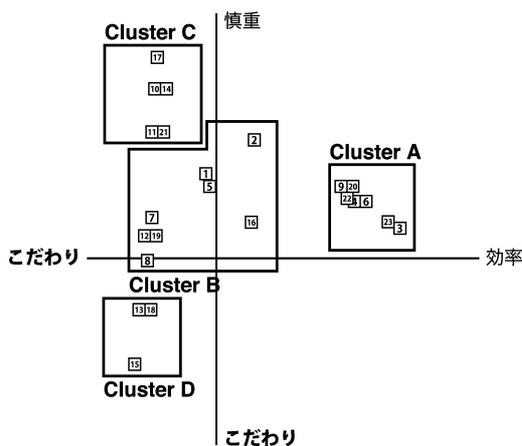


図3. 数量化Ⅲ類とクラスタ分析の統合結果
(カレーとサラダの調理)

得られた結果(図3)の横軸を「行動」、縦軸を「嗜好」と解釈をした。クラスタの中身と軸の意味を踏まえて考察した結果は以下の通りである。

Cluster A 「手際よく調理したい」

Cluster B 他のクラスタの根幹

Cluster C 「清潔を保ちたい」

Cluster D 「よりよいものを提供したい」

3.2 スコーンの調理行動

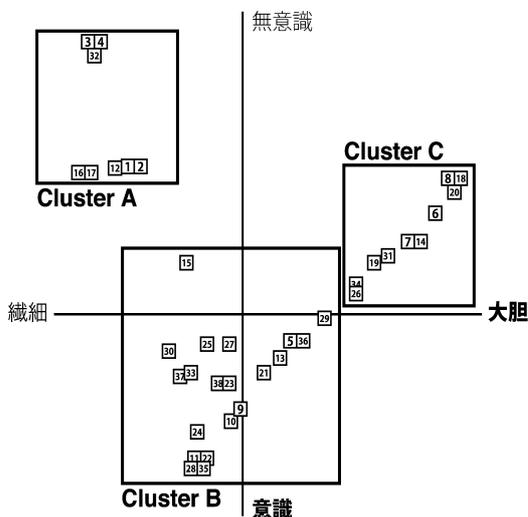


図4. 数量化Ⅲ類とクラスタ分析の統合結果
(スコーンの調理)

得られた結果(図4)の横軸を「行動」、縦軸を「意識の有無」と解釈をした。考察の結果は以下の通りである。

Cluster A 「清潔を保ちたい」

Cluster B 他のクラスタの根幹

Cluster C 「省略して効率をあげたい」

3.3. 想定される価値観

これらの結果から以下に挙げた価値観が想定できる。

- ・ 手際よく調理したい
- ・ 省略できるところは省略したい
- ・ 清潔を保ちたい
- ・ 使用する器具や食材へのこだわりが強い
- ・ 完璧を求めたい

4. 手法の特徴

本方法の特徴は5点である。

- ・ 観察データを用いて観察対象者の価値観を想定することができること
- ・ 複数名でタグ付けを行うことによって、検討漏れを軽減できること
- ・ 定性ではなく定量的な分析であるため、客観性が高いこと
- ・ 誰が分析を行っても一定の結果を出せること
- ・ 分析方法が簡単であること

この手法を使用することによって、観察対象者の価値観の想定が可能になるため、初心者と熟練者の観察結果の差を埋めることができると考えられる。また観察者の主観的な観点から感覚的に理解していたことに客観性を持たせることができる。そのため、熟練者にもとつてもメリットがある手法であると考えられる。

5. まとめ

本稿では行動観察のデータを用いてユーザの価値観を想定する方法を紹介した。今後は、この方法によって得られた観察対象者の価値観が本当に正しいかどうかの検証を行い、手法のさらなる有用性の検証を行いたい。

参考文献

- 1) 松波晴人, 山岡俊樹: 家庭用機器のユーザリクアイメント抽出手法の比較研究, 日本デザイン学会, 論文集「デザイン学研究」51巻2号, p31-40(2005)
- 2) 山岡俊樹: ヒット商品を生む観察工学, 共立出版, p3, (1997)
- 3) 鈴木翔: 行動観察における観察者の着目点の抽出とその構造に関する一考察, 和歌山大学大学院システム工学研究科 2007年度修士論文, (2007)

中国の行動観察調査： 上海の80後女性のニーズとモチベーション Behavior Observation Research in China: Needs and Motivation of Shanghai Women Born in 80's

○松波晴人*, 久保隅綾*

*大阪ガス行動観察研究所、(株)エルネット

MATSUNAMI Haruhito*, KUBOSUMI Aya*

*Research Institute of Behavior Observation, Osaka Gas Co.,LTD, L-net Co.,LTD

1. 背景と目的

行動観察研究所では、これまで主婦の行動観察による潜在ニーズ調査や営業のノウハウ抽出、業務の生産性向上、サービス施設の運用改善による付加価値提案、現場作業の生産性向上など、様々なフィールドにおいて行動観察を実施することにより「付加価値の提案」と「生産性の向上」に寄与してきた。

この行動観察を、文化や言語が異なる外国で実施することが可能かどうかを検討する最初のアプローチとして、中国の上海において80後（バーリンHOW）と呼ばれる1980年代生まれの女性を対象とした行動観察調査を実施した。本プロジェクトにおいては、80後女性についてのエスノグラフィックな調査から深く価値観やライフスタイル、就業観を探り、マーケティングや従業員マネジメントに活用することをゴールとした。

2. 方法

上海に5年以上居住する1980年代生まれの20代の女性8名、4名ずつを、所得および就業により「80後」女性を以下の2グループに分けた。

●サービス業に勤務（1年以上）、月間個人収入2500元またはそれ以下、高校/専門学校卒

●外資系合弁企業/金融関係に勤務（1年以上）、月間個人収入8000元またはそれ以上、大学卒/大学院卒

その全員について家庭訪問を実施し、価値観、ライフスタイル、就業観をインタビューするとともに観察を実施した。

3. 結果

調査の結果、以下のことがわかった。

(1) 上海の80後女性に共通する特性

- ・自画自賛

- ・上昇志向（もっと高い給料で、生活レベルを高めたい）

- ・他人に評価されたい
- ・他人に影響を与えたい
- ・自由を望む
- ・達成感を求める
- ・友人が大事

これらの特性は、今回の対象者に限らず、どの国のどの属性の人間にも当てはまるユニバーサルな内容である。

(2) 世界共通とはいえない特性

-人間関係-

- ・他人をコントロールしたい
- ・小中学時代の友人関係が今も強い
- ・会社での人間関係は希薄
- ・親の面倒をみる必要がない
- ・自分のステータスがどのポジションかを常にチェック

これらの特性は、現在の上海に生きるために適応した特性であると考えられる。

-仕事-

- ・仕事の満足度が低め
- ・残業に対する抵抗感
- ・結婚しても働き続ける

-情報源-

- ・メインはクチコミ（友人）、インターネット（QQ、MSN）での評判で、ネット中毒のため24時間ログインしている

- ・サブはテレビ、雑誌、モバイルメディア
- ・自宅で一番好きで長く居るところは情報源（P

C、TV) のあるところ

- ・新しいことに常に興味を持つ

(3) マーケティング対象としての上海の 80 後女性
対象者は、低収入と高収入という違いだけでなく、
楽(親と同居するなどバックアップが多い)と懸命(親
からのバックアップがなくすべて自力で)というもう
ひとつの軸があることがわかった。

この 2 つの軸で分けた場合のマーケティング対象と
して特徴を表 1 に示す。

表 1: マーケティング対象としての上海の 80 後女
性の特性

	低収入 (サービス業)	高収入 (商社、外資系、など)
楽	・ブランド品、ファッション、デジタル機器 ・給料で買う + 彼氏が買う	・クルマ、住宅、趣味 ・給料で買う + 夫が買う
懸命	・おやつ、フルーツ ・金銭的余裕がない	・癒し関係(スパ、マッ サージ、お手伝い、お酒) ・ネットで共同購入

(4) 社員としての上海の 80 後女性

社員としてモチベーション高く働いていただくため
の特徴として、すべての属性に共通する内容と、職業
の内容によって異なる内容とに分けられた。それぞれ
を表 2、表 3 に示す。

表 2: 社員としての上海の 80 後女性 (共通)

	低収入 (サービス業)	高収入 (商社、外資系、など)
楽	モチベーションアップ ・自分の成長が感じられる ・認められる(上司、同僚、部下、お客さま) ・自分でコントロールする範囲が広い(時間の融通性、裁量権)	
懸命	・仕事のステータスが高い ・自分の興味のある仕事である ・成績が同僚よりもいい モチベーションダウン ・裁量権がない(正しいと思っていることが受け入れられず、従わざるをえないとき) ・成果に見合う報酬ではない(アップ率の上限)	

表 3: 社員としての上海の 80 後女性 (仕事別)

	低収入 (サービス業)	高収入 (商社、外資系、など)
楽	モチベーションアップ ・雰囲気の良い職場 ・みんなが笑顔 モチベーションダウン ・理不尽なお客	モチベーションアップ ・上司が信用してくれている ・上司が精神的支えになっている ・自分のゴール(ex.起業)へのプロセスとして納得性がある ・新しい分野を開拓する モチベーションダウン ・上司がころころと変わる ・昇給が期待より低い

4. 考察

今回の調査全体を通じて、上海の 80 後の女性で
あれ、どこの国の人であれ、共通する部分がかかなり
多いことが分かった。心理面の基本的な点では人間
は共通しており、これらは人間として生き残るため
に環境に適合してきた「世界共通の心理」であると
考えられる。また、同時にたとえば日本人の一般的
な考え方とは異なる点もあった。それはそれぞれの
国の現在の社会環境に適合するための「文化の違い」
であると考えられる。ただし、この「文化の違い」
も、経済発展が目覚ましい現在の上海に女性が、日本
のバブル期の女性と同じ発言をする実態があるなど、
社会環境に影響される部分が大いと思われる。

国による人間行動や文化の違いは、実際にはか
なり大きく評価されていると思われるが、その理由
として以下の 2 点が考えられる。

1) 人間は相対評価が得意

人間は相対評価が非常に得意である。そのため、
外国に行くとき相対比較をして文化の異なる点に目
が行きがちになる。

2) 行為者-観察者バイアス

他人の行動の理由について考えるときに、人間に
は「環境的要因」よりも「内的な要因」に原因を求
める傾向がある。

今後、中国をはじめとして、国際的にビジネス
をするにあたっては、「何が違うのか」に注目する
だけではなく、無視されがちな「何が同じなのか」
により注目することが重要になると考えられる。

OS3 アーゴデザイン部会 企画セッション

これからのアーゴデザインを考える 一人間の成長、 環境の変化、技術の革新、参加型のデザイン

(関東・関西を中継)

12 月 11 日 13:00~15:00

4 号館 1 階 4102 室

【オーガナイザ】 上田義弘(富士通デザイン)、高橋 靖、山崎和彦(千葉工業大学)、郷健太郎(山梨大学)、吉井 誠(アイ・エス・ティ)、八木佳子(イトーキ)、安藤昌也(千葉工業大学)、西内信之(首都大学東京)、新家 敦(島津ビジネスシステムズ)

【座 長】 高橋 靖(千葉工業大学)

OS3-1 環境の変化とこれからのアーゴデザインの課題

○八木佳子(関西支部: 株式会社イトーキ)

OS3-2 人間の成長とユーザエクスペリエンス

○安藤昌也(関東支部: 千葉工業大学)

OS3-3 ユーザ参加のデザインと人間中心設計

○西内信之(関東支部: 首都大学東京)

OS3-4 アーゴデザイン指標の一考察 -インタラクションからロードマップまで-

○新家 敦(関西支部: 株式会社島津ビジネスシステムズ)

環境の変化とこれからのアーゴデザインの課題

Environmental Change and Future Theme of Ergodesign

○八木佳子

株式会社イトーキ

YAGI Yoshiko

ITOKI CORPORATION

1. はじめに

アーゴデザイン部会では、部会員や社会の要求にこたえる有意義な活動をしていくために、今後の部会活動の方向性を検討している。これまでにやってきた部会の活動を通じて、アーゴデザインの対象や、デザインを考える上での視点が変化しており、今後はより大きな枠組みの中で製品やサービスを考えていく必要があることを指摘してきた¹⁾。

本稿は、その枠組みを広げて考えるためにシンポジウムの副題として挙げた4つのキーワードのひとつ「環境」の変化に対応したアーゴデザインの在り方について考えるものである。なお一般的な環境という言葉はある対象を取り巻く周囲の状態や外界全体をさす広い概念だが、ここでは他のキーワードとの関連から「自然環境」や「地球環境」といった文脈で使われるときの環境を指すこととする。また以下に出てくる「製品」は製品やサービスなど、デザインの対象となり社会に提供されるもの一般を指す。

2. 環境の変化とデザイン

環境の変化に対応したデザインを表す言葉として「環境配慮設計(エコデザイン)」がある。これはISOやIECといった国際規格団体が発行する規格でも定義されている言葉で、直接設計についての要求事項を示した規格にはIEC 62430がある。ここで示されているのは「設計段階から製品のライフサイクル全体を考慮して環境への負荷を最小化する」ための設計の考え方で、製品やサービスを提供する側に、資源の有効利用や有害物質の回避等を目指す製品の設計開発を行うことを要求している²⁾。

しかし、個々の製品が環境に与える負荷を減らすだ

けでは、全体で見たときの環境負荷は低減しない。これは、書籍「エコデザイン」で益田が指摘しているように、「環境性能に優れた製品が売れば売れるほど、資源・エネルギー消費の総和は増え続ける³⁾」ためである。つまりどんなに環境負荷の少ない製品であっても、トータルで売れる数が増えれば結局使われる資源は増えるのであり、使い手が「消費電力が少ないから」とその機器を動かさなければ、やはり消費されるエネルギーは増える。つまり環境負荷の定量的な評価や、負荷の少ない材料の選定といった技術的な努力というのは、環境負荷低減のための第一歩であり、環境配慮設計の真の目的である「社会や地球全体で見たときの負荷の最小化」を達成するためには、使い手の行動や意識、文化から社会の仕組みまでを考慮する必要があるということである。

こういった面も含めて検討しなければならないとすれば、環境配慮設計はアーゴデザインと非常にかかわりの深い課題であることがわかる。

3. 二つの方向からのアプローチ

2011年3月に行った部会主催の合宿研究会では、サステイナブル(環境)、クラウド(技術)、BOP(人間)という3つの軸を設定し、アーゴデザインで考慮する領域を広げて、より大きな課題に対応していく方法論を考えるためのワークショップを行った。ワークショップは参加者を4つのグループに分けて行い、グループごとに提案をまとめた。その提案内容はいずれも人の行動や価値観を変え、大局的に見たときに望ましい方向へ社会が変わっていくこ

とを志向したもののだが、アプローチの方法には大きく二種類あった。ひとつはボトムアップ型で、人の意識や行動を変えるための方法論、もうひとつはトップダウン型の望ましい社会や価値観を設定するための方法論である。

ボトムアップ型の事例としては、「人の意識を変える社会システムをデザインする“微少行為の見える化”」という提案があった。これは、個々の生活者には、自分が行う何気ない行為の積み重ねが、社会あるいは地球全体で見るとどのような結果につながるのか実感を持って知ることが出来ないため、よくないとわかっていることでもつい行動してしまうという実態に対して、小さな行為の積み重ねを「見える化」することで、環境に悪影響を及ぼす行為を減らすという提案であった。もうひとつのトップダウン型の事例としては「HCD から SCD (Social Centered Design)へ」があった。これまでは、市場にニーズがあり、これに答えることができるならそれを製品化し、提供するのが普通であったが、今後はその中から社会全体が望ましいと考える状態に合致するようなものを優先的に提供するために、社会全体が望ましいと思う状態とはどのようなものかを知るための方法論についての提案であった。⁴⁾

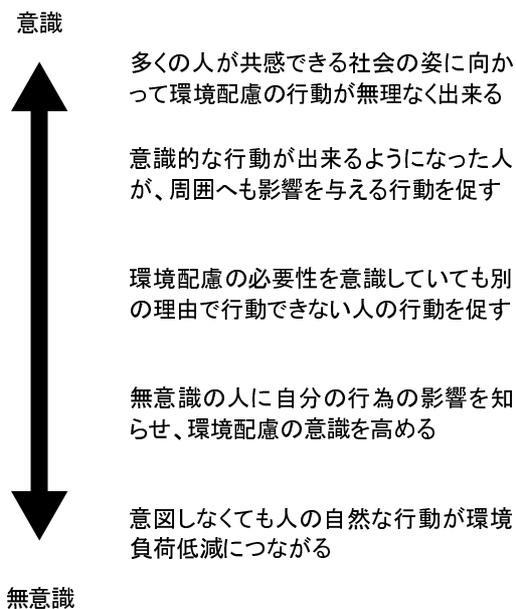


図1 意識のレベルに応じた望ましい状態

4. 環境の変化に対応して持続可能な社会を築くためのアーゴデザインの役割

合宿研究会の成果は、大きく二つに分けられると書いたが、これらのアプローチ方法の違いは、対象となる人の意識のレベルに応じたアプローチ方法の違いと見ることができ、他にもいくつかの段階がある。そのいずれの段階のアプローチを取るにしても、現実に製品をデザインし、社会に提供するためにはアーゴデザイン的な人間の理解や方法論についての研究が必要になると考える。

たとえば無意識の人に自分の行動を意識させるにはどういったタイミングのどの程度の情報を与えればよいのか、人の行動と認知特性を理解してデザインすることが必要である。また、多くの人が共感する社会の姿を描くときに起こりがちなのは「総論賛成、各論反対」である。総論の理想は一人の天才が描くことが出来ても、多くの人が納得して実現できる各論・方法論を作るには、合意形成の方法が必要となる。アーゴデザインが人間中心のデザインであるならば、合意形成のための方法論を作ることもアーゴデザインの課題であるといえる。さらには、トップダウン、ボトムアップなど、さまざまな立場からのアプローチを統合して、矛盾を最小に押さえてデザインに結びつける「総合」の方法論が最終的には求められ、これが今後のアーゴデザインの課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 上田義弘：ヒューマンセントリックなサステイナブル社会を目指して、コンセプト事例発表会，pp.44-47 (2010).
- 2) 山田秀（監）：環境配慮設計（エコデザイン）の要求事項，日本規格協会(2011).
- 3) 浅井治彦・益田文和（編）：エコデザイン，pp.8-21 (2010).
- 4) http://www.ergo-design.org/2011/2011_guide_01.htm
- 5) 浅井治彦・益田文和（編）：エコデザイン，pp.38-65 (2010).

人間の成長とユーザエクスペリエンス

○安藤 昌也*

(*千葉工業大学工学部)

Human Development and User Experience

Masaya Ando*

(*Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology)

1. はじめに

日本人間工学会アーゴデザイン部会では、複雑化する社会の変化に対応できる人間中心設計(HCD)のあり方やその課題を考える取り組みとして、「これからのアーゴデザインを考える」活動を行ってきた。会員から取り組むべきキーワードを募集したり、合宿研究会やコンセプト事例発表会等の機会を通して、会員とのディスカッションにより議論を深めてきた。これらの活動を通して、環境軸、人間軸、技術軸の3つの観点から、「人間の成長、環境の変化、技術の革新、参加型のデザイン」の4つのキーワードをテーマに議論を深めることとした。

本稿では、特に「人間の成長」について、HCD分野で注目されつつあるユーザエクスペリエンス(UX: user experience)との関連性から、今後アーゴデザインとして取り組むべき方向性について検討を試みる。

2. HCDにおける「人間の成長」の視点

2.1 従来からの観点

人間中心設計は、ユーザーを基点とした設計プロセスであり、1999年に制定されたISO13407によって広く知られるようになった。13407におけるHCDの目的は、ユーザビリティの確保にある。しかし、主にHCI分野のユーザビリティ評価の論文のメタ分析を行ったHornækは、従来のユーザビリティ評価には、学習可能性(learnability)や記憶性(retention)に関する指標や、長期に渡る評価がほとんど考慮されていないことを指摘し、特に習熟性やカスタマイズ性など、ユーザーの習熟といった長期視点の評価の重要性を主張した¹⁾。一方、Kjeldskovら²⁾やMendoza & Novick³⁾、倉持・太田⁴⁾等の研究では、ユーザーの習熟や熟達によっても解消されないユーザビリティ上の問題があることを指摘している。

ユーザビリティは、あくまでゴールの達成という観点での有効さや効率を追求するものである。熟達などの研究はあっても、ユーザーが熟達するまでの過程や学びのプロセスについては、必ずしも眼が向けられてこなかったと言えよう。

2.2 ISO9241-210: 2010における観点

ISO13407は、2010年にISO9241-210⁵⁾へと改訂された。この改訂の重要なポイントは、UX概念の導入である。これにより、HCDの目的が、ユーザビリティからUXの実現へと変化した。

9241-210では、UXを次のように定義している。(訳は著者の試案)。

ユーザ体験: 製品やシステム、サービスの利用、および/もしくは予想された使い方によってもたらされる人々の知覚と反応

この定義には、すでに様々な議論があるものの、従来との大きな違いは、単にゴールの達成における効率や有効さにとどまらず、製品の使用前や使用後という時間軸の中で、ユーザーの主観的な立場から捉えようとしている点である。

現時点では、いまだいかにUXを測定するかについて明確な方法がないなど、UXについては発展途上にある。だが、こうした観点の変化は、新しいHCDの方向性を示すものだと言える。

3. UXと人間の成長

確かに熟達や習熟は、人間の成長の一つである。しかし、熟達や習熟は、それ自体は学びや経験の結果であり、プロセスについて言及しているものではない。本来目を向けるべきは、人の学びや経験のプロセスそのものであり、そのきっかけづくりや支援の在り方が、議論されるべきではないだろうか。

著者は、2005年から長期的ユーザビリティという概念を提唱し、人が長期に使い続けているモノとの関わりとその変化について研究を重ねてきた。その中で、利用意欲が、モノの使い方や評価に強い影響を与えていることを実証研究によって示した。また、その利用意欲は、2つの要因(自己効力感と製品関与)によって説明可能であることを示した⁶⁾。

図1は、これらの研究成果を元に、人がモノを長く使用する間に、利用と評価・製品理解を繰り返すことを通

して、生活におけるモノの意味を確立させ、自分の生活におけるモノ(道具)として使い続けるプロセスを模式的に示したものである。

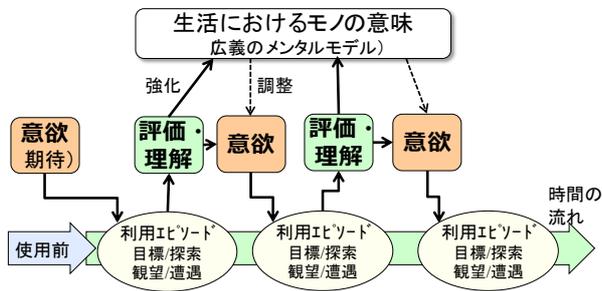


図 1. 利用経験によるメンタルモデル精緻化仮説

図 1 では、利用経験によって気づいた製品の特性を、自身の生活における意味と照らして好意的に評価される場合に、新たな意欲が形成あるいは調整され、製品をさらに使う。この時、製品への理解が深まり、生活におけるモノとしての意味が強化され、広義での製品のメンタルモデルが精緻化されていく、と説明できる。

このように、UXを短期的な学習や習熟の体験としてではなく、生活における意味の向上、いわばモノを使い生活を向上させる知恵のプロセスとして捉えることが、本来HCDにおいて考えるべき「人間の成長」ではないだろうか。

4. 個人の成長から社会の成長へ

先に議論してきたように、UX はあくまで、個人のレベルでの体験を述べたものである。だが、UX を「人間の成長」の観点から議論する際には、現在の我々がおかれている社会状況の中で、位置付ける必要があるのではないだろうか。

そのように考えると、UX で議論してきた個人の学びやモノを使う意欲を地域社会の発展に活用したり、あるいはよりよく・より長く製品を使う智慧を地球環境の保全やサステイナブルな社会の実現につなげていくといった見方こそ重要になるのではないだろうか。

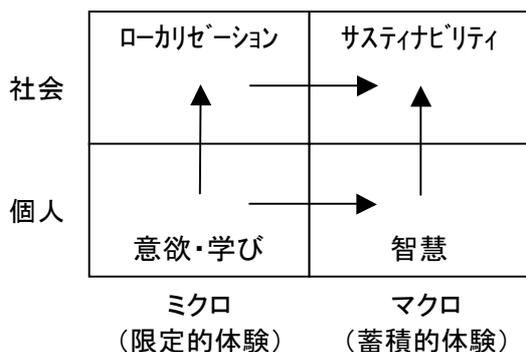


図 2. 個人レベルの成長から社会レベルの成長へ

図 2 は、人の体験をより限定的なマイクロな経験と、それら経験の蓄積という観点に分け、個人と社会の関わりについて検討した枠組みである。単に製品の利用体験の良し悪しを議論することからさらに一歩進め、意欲を地域に、生活の智慧をサステイナブル社会へと、ユーザーを誘導し促すようなモノづくりの在り方も、今後の重要な観点ではないだろうか。

5. まとめ

本稿では、「これからのアーゴデザイン」の一つのテーマである「人間の成長」について、UX との関わりについて議論するとともにさらに視点を拡張し、個人の成長から社会の成長へと導くことの重要性について議論した。

本稿はあくまで議論の枠組みを述べたにすぎず、具体的な研究のアプローチや取り組み方法については検討していない。今後はさらに議論を深めると共に、具体的なテーマの探索について検討していきたい。

6. 参考文献

- 1) Hornæk, K., “Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research,” *International Journal of Human-Computer Studies*, 64 (2), pp79-102, 2006.
- 2) Kjeldskov, et al., “Does time heal? A Longitudinal Study of Usability,” In *Proceedings of the 19th conference of the computer-human interaction special interest group of Australia on Computer-human interaction: citizens online: considerations for today and the future*, pp1-10, 2005.
- 3) Mendoza & Novick, “Usability Overtime,” In *Proceedings of the 23rd annual international conference on Design of communication: documenting & designing for pervasive information*, pp151-158, 2005.
- 4) 倉持・太田, “学習効果と阻害要因-慣れれば大丈夫は本当か?”, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, 6 (1), pp107-112, 2004.
- 5) ISO9241-210: 2010, “Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems”
- 6) 安藤, “インタラクティブ製品の利用におけるユーザの心理的要因に関する定性的研究”, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, 12 (4), pp345-355, 2010.

[連絡先]

安藤 昌也
 千葉工業大学 工学部 デザイン科学科
 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1
 e-mail : ando@sky.it-chiba.ac.jp

※ 本稿は日本人間工学会関東支部大会第 41 回大会 予稿集の著者による転載である。

ユーザ参加のデザインと人間中心設計

○西内信之（首都大学東京 システムデザイン学部）

User Participatory Design and Human Centered Design

Nobuyuki Nishiuchi

(Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University)

1. はじめに

本発表は、日本人間工学会アーゴデザイン部会が主催する企画セッション「これからのアーゴデザインを考える—一人間の成長、環境の変化、技術の革新、参加型のデザイン」の一部である。これまでアーゴデザイン部会では、人間中心設計(HCD: Human Centered Design)について多くの議論がなされてきた。その中で、従来のHCDの考え方では、近年の急速な社会の変化に対応ができなくなる懸念が指摘されるようになった。これからのHCDが扱うべき課題は、広く(環境軸)、深く(人間軸)、難しく(技術軸)なってきたと考えられ、これからは地域社会やユーザを巻き込んでアーゴデザイン(HCD)を深化、追求していかなければならない。

本発表では、特に「ユーザ参加のデザイン」という観点からHCDを改めて捉え、これからのアーゴデザイン(HCD)についての更なる議論を進めるための足掛かりを得ようとするものである。

2. 参加型デザイン

2.1 参加型デザインとは

参加型デザイン(Participatory Design)とは、エンドユーザがデザインの過程に能動的に参加し、デザインされる製品が彼らのニーズに合っているか、使い易さはどうかを確認する助けをするデザイン手法の一種であり、スカンジナビアの国々の労働組合で1960年代から70年代にかけて行われ始めたことが起源と言われている¹⁾。

2.2 これまでの参加型デザインの例

中里らは、ユーザ参加型デザインを4つの型に分類している²⁾。ここでは、これら4つの型の具体例を挙げて、議論の基とする。

① Linux型

誰もが知ることができるLinuxの開発状況: Linuxでは、誰もがソースコードを閲覧して改変できる。開発プロセスもオープンで、誰もが開発に参加したり、開発状況を把握したりできる³⁾。以下に開発状況を知ることができる情報源をまとめる。

・オンラインの議論: Linuxカーネルメーリングリスト(通称

LKML)にて行われている。

- ・オフラインの会合: 主要開発者が集まる Linux Kernel Summit, 広く開発者が集まる Ottawa Linux Symposium など。議事録は公開される。
- ・ソースコードの管理: Git と呼ばれるソースコード管理システムを使ってソースコードが管理されている。

② アイデア提案型

「コクヨ」SNSを使ったユーザ参加型の商品開発⁴⁾(2008年: 現在は終了): ニフティのビジネスパーソン向けSNS内でユーザ参加型の商品開発プロジェクトを行った。ただアイデアを募集するだけでなく、参加するユーザのアイデアを磨き上げるための発想支援ツールが提供されていた。SNSの会員から文房具商品のアイデアを募り、コミュニティでの議論などを通じて商品化を検討していた。

③ カスタマイズ型

「オリヒメ」バッグのオンラインショップ⁵⁾: サイト上でバッグの「サイズ」「素材」「カラー」「ファスナー」の好みを組み合わせデザインしていく。デザインされたバッグはサイト上で人気投票にかけられ、一定数を超えると商品化される。

④ 建築・地域計画型

住民参加型まちづくり手法⁶⁾: 栗山村野門地区(人口約70人、戸数16戸)においてワークショップ(WS)を通して住民参加による地区構想づくりが行われた。WSの前後にアンケート調査、ヒアリングを行い、さらに2年後にも同様の調査を行っている。WSで提案された内容や高まった住民の意識はWS後の2年を経てもなお効果の持続が見られた。

3. 参加型デザインと他の手法との比較

ユーザを取り込んだ調査手法は参加型デザイン以外にも既に行われており、参加型デザインを広義の意味で捉えると、これら従来の手法の多くが含まれることになる。ここでは、一般的な参加型デザインと従来行われてきたユーザを取り込んだ調査手法との比較、およびこれまでのHCDとの比較を行うことで、参加型デザインの特徴を改めて考えてみる。

3.1 参加型デザインと従来の調査手法

従来行われてきたアンケート調査、グループインタビューは、具体的にユーザ参加型デザインとどのように異なるのだろうか。

○アンケート調査:ユーザの意見は、一方通行であり、ユーザ間のコミュニケーションが行われない(どのように参加するのか)。

○グループインタビュー:多数のユーザの意見をまとめることができるが、調査条件にあうユーザ層に絞られたグループが構成されること(誰が参加するのか)、最終的な決定権は開発者にあることが問題となる(誰が決定するのか)。また、実際にユーザが集まって議論するのが一般的である(どこで議論するのか)。2.2 節の例では、ネット上でも議論することが可能である。

3.2 参加型デザインとHCD

ユーザが設計プロセスの中心に考えられ、ユーザの意見が最も重視されているHCDの考えは、広義の参加型デザインに類似する点が多い。しかし、参加型デザインと大きく異なる点は、HCDでは最終的な決定権がユーザにないことである(誰が決定するのか)。

3.3 参加型デザインのまとめ

以上の内容を踏まえ、参加型デザインについて考慮すべきポイントを5W1Hの観点からまとめてみる。

(1) Why(目的)

なぜ議論するのか。何を議論(決定)するのか:
方針作り or デザインそのもの

(2) Where(コミュニティ)

どこで議論するのか:実際の地域 or ネット

(3) Who(ユーザと権限)

誰が参加するのか。誰が決定するのか:地域コミュニティ or テーマコミュニティ

(4) When(タイミング)

いつのタイミングで(どのプロセスで)始めるのか。

(5) What(対象)

扱うものは何か:公共的 or 個人的, 創造型 or 解決型

(6) How(プロセス)

どのように議論するのか。どのように参加するのか。どの程度決めるのか。どのように評価するのか。:議論 or 選択 or デザイン or ものづくり, 1対1 or 多対多

以上のポイントに加え、狭義のユーザ参加型デザインを考えたとき、以下の特徴が挙げられる。

(A) 参加するユーザには、ある程度の知識や技術が要求される。

(B) ユーザ間でのコミュニケーションが存在し、ユーザグループの考えや意見が時間と共に変化しゴール(目的)へ向かう。

4. まとめ

参加型デザインについて、その定義、具体例を挙げ、従来手法、これまでのHCDとの比較を行った。広義では、HCDと参加型デザインの考えは多くの点で類似しているが、狭義では、その特徴が明らかになった。従来、まちづくりの手法として多く用いられてきた参加型デザインを、製品やサービスのデザインに展開する場合は、今後さらなる検討や、これまでとは異なったアプローチや手法の確立が必要である。

謝辞

本発表をまとめるにあたり協力してくれた、首都大学東京システムデザイン学部およびシステムデザイン研究科の鈴木(光)氏、大橋氏、鈴木(真)氏、原田氏、征矢氏、高橋氏、福田氏、阿久根氏、大黒氏、浜田氏、朝倉氏に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) ウィキペディア「参加型デザイン」
<http://ja.wikipedia.org/> 2011/10/20 アクセス。
- 2) 中里耕治、野口尚孝、「ユーザ参加型デザインの現状と可能性について」、日本デザイン学会 BULLETIN OF JSSD 2002, pp.124-125, 2002.
- 3) IT pro 「第1回 アプリケーション開発における Windows と組み込み Linux の違い(2008/06/02)」
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20080528/304546/> 2011/10/20 アクセス。
- 4) ニフティ株式会社、ニューリリース 2008年4月18日
<http://www.nifty.co.jp/cs/newsrelease/detail/080418003353/1.htm> 2011/10/20 アクセス。
- 5) かわいいパソコンケース&バッグの「オリヒメ」
<http://www.e-orihime.com/customize/index.php> 2011/10/20 アクセス。
- 6) 小島英弥夫、他 3名、「住民参加型デザインによる地域整備の効果に関する研究～住民参加型まちづくり手法に関する研究 その16」、日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.461-462, 1997.

[連絡先]

西内信之
首都大学東京システムデザイン学部
〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6
e-mail : nnishiuc@sd.tmu.ac.jp

Fax : 042 (585) 8620

※本稿は日本人間工学会関東支部大会第41回大会予稿集の著者による転載である。

アーゴデザイン指標の一考察

-インタラクションからロードマップまで-

Study of The Ergonomics Design Index

- From Interaction Design To Roadmap Design -

新家敦

株式会社島津ビジネスシステムズ

SHINYA Atsushi

Shimadzu Business Systems Corporation

1. はじめに

上田らはこれまでのアーゴデザイン部会の研究テーマの方向性を「アーゴデザイン研究の変遷」として図にまとめている¹⁾。それによれば、古い順に以下となっている。

表1 アーゴデザイン研究の変遷（抜粋，上田ら）

1982年～	ハード・アーゴデザイン時代
1986年～	ソフト・アーゴデザイン(GUIデザイン)時代
1997年～	アーゴデザイン for ALL(ユニバーサルデザイン)時代
2003年～	ユビキタス・アーゴデザイン時代
2008年～	アーゴデザイン方法論，ロードマップの検討

本稿では、この研究内容の変遷から、アーゴデザイン研究の一貫した指標を見出そうとするものである。

2. インタラクション

ハード・アーゴデザイン時代では、ユーザの操作が直接製品に反映される範疇のごく短時間で完結するインタラクションを扱っていた。

ソフト・アーゴデザイン (GUI デザイン) 時代になり、ハードウェアを直接操作するのではなく、ソフトウェアが仲介する間接的なインタラクションとなってきた。

ユニバーサルデザインおよびユビキタス・アーゴデザイン時代は、インタラクションが多様化した時代である。

ロードマップの検討では、将来的に実現したいモノゴトについて、現在からの道筋をつける方を検討するという、長期的なインタラクションとなっている。

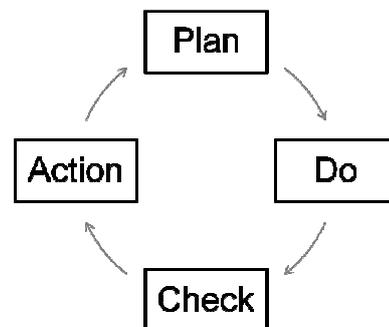
このように考えると、アーゴデザイン部会において、

人間工学的な製品・サービスデザインの検討領域が、時代の進展とともに、短時間のインタラクションから、より長期のインタラクションへと広がっていることが伺える。

3. PDCA

一般的に製品開発における改善指標として、Plan-Do-Check-Action が連環する「PDCA サイクル」がよく使用される。

図1 PDCA サイクル



この考え方は、製品を提供する側において、製品を市場に出す前の開発フェーズ内部での改善サイクルとして用いられており、改善活動の代表的な手法となっている。

4. ユーザサイド PDCA

人間工学をベースにした製品開発では、ユーザ評価を積極的に取り入れている。開発者が用いているPDCAの手法は、同時にユーザを想定したシナリオ

においても用いられるべきであろう。ユーザが製品やサービスを使用するとき、ユーザは製品とのインタラクションにおいて Plan し、Do の結果を Check し、意図と違えば Action により対応を補正するのである。

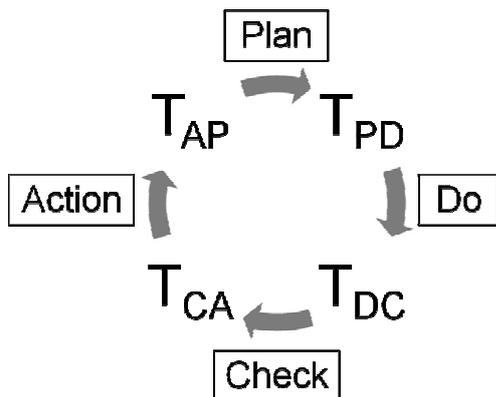
ここで、開発者がユーザ側の PDCA を掌握し、コントロールすることができれば製品事故やサービスに対する不満を解消できることになる。しかし多様なユーザの Plan や Do, Check, Action は開発者側が直接制御しにくいものである。

5. アーゴデザイン指標 : T_{DC}

ここで、PDCA サイクルについて再考する。インターバルを考慮した PDCA サイクルは図 2 のようになる。

各インターバル T_{PD} , T_{DC} , T_{CA} , T_{AP} は開発者側の PDCA サイクル, ユーザ側の PDCA サイクルともに存在しているが、今まで意識されることはなかったものである。

図 2 インターバルを考慮した PDCA サイクル



ユーザ側 PDCA サイクルにおいて、開発者側がユーザの Plan - Do - Check - Action そのものを制御することはできない。ただし、多様なユーザの Plan や Do, Check, Action の散らばりを抑え込むことは可能である。それは、Do と Check のインターバル「 T_{DC} 」をできるだけ短縮することである。ユーザがある操作を実行した後、その結果のフィードバックがどれくらいの時間で得られるかは「インタラクション」の問題とされ、重要である。一般的に実行結果が短時間で得られれば、ユーザごとの Check とその後の Action について、散らばりが少なくなることが期待できる。

ハード・アーゴデザイン時代における T_{DC} は、ほぼ

0 である。このため、ユーザのその後の Check や Action の散らばりは小さい。

システムに組み込まれるユーザインタフェースなどは、ユーザの Do がそのまま結果につながらず、外的要因を考慮した結果が時間をおいて返ってくることになる。ユーザはそれを Check し Action するため、ユーザの次の操作が予測しにくくなる。ソフト・アーゴデザイン時代では、まさにこの領域の研究を行っていたことになる。

また、製品設計段階からユーザの意見や評価を得ようとする、ユーザ参加型の製品開発手法は、製品リリース後（これを Do とする）の市場評価（これを Check とする）を次回開発に取り込んだ場合の T_{DC} と比較して大幅な短縮になっていると考えられる。

アーゴデザイン部会の研究対象領域において、「ロードマップの検討」は開発者側の T_{DC} を考慮するものとなっており、かつそのインターバルが数年単位と最も長いものである。ここでは、ロードマップ作成（これを Do とする）とその結果となる目標の達成の確認（これを Check とする）までのインターバルが T_{DC} である。

このように、アーゴデザイン部会の研究領域の変遷は、 T_{DC} を指標とすれば、それが長くなる方向に広がっていることが分かる。

よって、アーゴデザインの指標として開発者側 PDCA サイクルおよびユーザ側 PDCA サイクルの「 T_{DC} 」を用いることで、ハード分野、ソフト (GUI) 分野、ユニバーサルデザイン領域、ユビキタス領域、ロードマップ領域の製品・サービスについての改善検討および製品開発手法そのものの評価を一元化して扱うことが可能となる。

参考文献

- 1) 上田義弘, 柳田宏治, 山崎和彦, 新家敦: アーゴデザイン研究の発展経緯と展望, 人間工学, Vol. 46, No.2, pp.87-94 (2010).
- 2) 新家敦: サービス設計・評価指針の一考察, 第 13 回日本感性工学会大会予稿集, (2011).

GS1 介護・介助

12 月 10 日 13:30～14:30
4 号館 1 階 4101 室

【座長】 岡田 明（大阪市立大学）

A1-1 入浴介助の身体的・精神的負担の調査

○山本晃嘉（株式会社シティー・ステート/京都工芸繊維大学大学院），松山 稔，鴨居宏明，山本梁介（株式会社シティー・ステート），桑原教彰，来田宣幸（京都工芸繊維大学大学院）

A1-2 デジタルヒューマン Jack による介護される人の腰部圧迫力の評価

○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）

A1-3 動画認識を用いた認知症患者用物探し支援システムの提案

○赤澤圭亮，桑原教彰，森本一成（京都工芸繊維大学大学院）

A1-4 高品位介護における塗り絵レクリエーション用カラー筆ペンの研究開発

川畑慎一郎（京都工芸繊維大学），○那須真樹（株式会社 soliton corporation），山本晃嘉（株式会社シティー・エステート），来田宣幸，桑原教彰，濱田泰以（京都工芸繊維大学）

入浴介助の身体的・精神的負担の調査

A study on physical and mental load of bathing assistance

○山本晃嘉***, 松山稔*, 鴨居宏明*, 山本梁介*, 桑原教彰**, 来田宣幸**

*株式会社 シティー・エステート **京都工芸繊維大学大学院

YAMAMOT Akiyoshi***, MATSUYAMA Minoru*, KAMOI Hiroaki*, YAMAMOTO Ryouyusuke*,

KUWAHARA Noriaki**, KIDA Noriyuki**

*City Estate Co.Ltd. , ** Kyoto Institute of Technology

1. 緒論

高齢化が進む近年において、寝たきりや認知症高齢者の増加、介護期間の長期化などから、介護の重要性が叫ばれている。しかし、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る。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・測定し、介護者が抱える問題について現実的対応を考えることが、非常に重要となってきた。

そして、高齢者にとって入浴は、ADL・清潔を保つ上で必要不可欠である。一方、入浴介助は介護者に負担のかかる介助とされている。

本研究では、入浴介助における介護者の身体的・精神的負担に関するアンケート調査を実施、疲労度の詳細について分析を行った。

2. 調査内容と分析方法

2.1 調査方法

アンケート調査は、有料老人ホーム1施設に勤務する34名（男性、10名；女性、24名）の介護者を対象として実施した（表1）。調査は11日間行い、調査対象日に入浴介助を行った全ての介護者に対して、入浴介助前と入浴介助後に実施した。また、入浴介助の勤務内容については、1日あたりの（1）入浴介助を行った人数、（2）そのうち全介助が必要であった人の人数、（3）入浴させた人の平均年齢、（4）入浴させた人の平均身長、（5）入浴させた人の平均体重、（6）入浴させた人の平均要介護度についてデータの整理を行った。

質問は、自覚症しらべ¹⁾、POMS等を参考にして独自

に作成した質問項目を用いて実施した予備調査の結果に基づき、7因子22項目に整理した質問紙を用いた（表2）。質問の各項目に対して、1（まったくあてはまらない）から5（非常によくあてはまる）の5件法で回答させた。

表1 被験者情報

	人数	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
男性	10	38.0±13.3	171.4±5.6	68.2±8.0
女性	24	38.0±13.5	157.3±6.3	51.7±7.8

表2 質問項目

因子	質問項目	因子	質問項目
ほっこり	充実感がある	いらいら	頭がいたい
	安堵感がある		いらいらする
活気	精力がみなぎる	だるさ	頭が重い
	生き生きしている		気分がわるい
	積極的な気分だ		肩がこる
爽快	気分がよい	ねむけ	足がだるい
	気分が爽快である		腰がいたい
	落ち着いた気持ちである		腕がだるい
不安	元気がいっぱいだ	ねむい	あくびがでる
	ゆううつな気分だ		ねむい
	不安な感じがする		やる気がとぼしい

2.2 分析方法

入浴介助の勤務内容が質問紙により得られた入浴介助前後の身体的・精神的疲労度の変化に与える影響を評価するために、3つの構成概念を用いた多重概念による多重指標モデルで検討した。仮定した3つの構成概念は「入浴介助負荷（以下、「入浴負荷）」「負担感」「（介助終了後の）充実感」とした。「入浴負荷」とは、1日あたりの入浴介助人数、平均要介護度などを観測変数とする入浴介助における勤務の負担を示す概念である。また、「負担感」は介護者の身体的・精神的な疲労に関する概念であり、「充実感」とは、介護者が入浴介助によって受けるポジティブな感情側面を示し、ア

アンケートによる質問項目を観測変数とした。入浴負荷が負担感および充実感に影響を与えると仮定した。なお、共分散構造分析ソフト Amos を用いて分析を行った。

3. 結果

11 日間の調査を行った結果、延べ 126 名のデータを得ることができた。入浴介助の勤務内容は表 3 に示したとおりであった。

質問紙によるアンケート調査の結果、「いらいら」「だるさ」「ねむけ」において勤務後に有意な上昇がみられ、「活気」に有意な低下がみられた (表 4)。そこで、入浴介助前後の変化量を用いて因子分析 (主因子法、プロマックス回転) を行ったところ、固有値が 1 以上であり、モデルに適合した解釈可能な 2 因子が抽出された (表 5)。

共分散構造分析を行い、入浴負荷に関する観測変数について有意なパスが得られなかった項目を削除した結果、図 1 のようなパス図が得られた。適合指標は、GFI=. 893, AGFI=. 821, CFI=. 729, RMSEA=. 099 であり、十分とはいえないものの比較的高い適合度を示した。

4. 考察

共分散構造分析の結果、「入浴負荷」から「負担感」への係数が .20 であることから、入浴に関する介助の負荷が負担感に影響を与えることが確認できた。また、「負担感」からの観測変数のうち、「ねむけ」と「不安」への係数が高いことから、介護者の負担感は、ねむけと不安の項目に強く表れるといえる。

一方で、「入浴負荷」から「充実感」への係数が .01 であったことから、ポジティブな感情や状態に影響を与えると仮定した充実感に対しては、今回の研究で調査した勤務内容以外の要素が影響を与えているということがうかがえる。今回の調査では、職場内のコミュニケーションの状況や勤務内容に対する満足度、入浴介助の方法などについて客観的な数値として評価することができなかったため、今後の課題としたい。また、「入浴負荷」に着目すると、「介護人数」への係数が高いことから、入浴介助の負荷は、介護をする人数に強

く影響をあたえたということがいえる。一方、「入浴負荷」から「平均介護度」への係数は負の値 (-.42) であり、介護度の低い要介護者を介助する際、入浴負荷が高くなる結果となった。これは介護度が低い要介護者の方が、入浴の拒否・抵抗が強くなるからではないかと考えられる。今後は、認知症の程度なども考慮に入れ、研究・分析の実施が必要であるといえる。

表 3 被験者の勤務内容

	N	最小値	最大値	平均値	標準偏差
介助人数	126	1	7	4.0	1.7
全介助人数	126	0	4	1.1	1.0
平均年齢	126	71	95	85.8	3.9
平均身長	126	117.0	170.0	148.3	5.3
平均体重	126	32.0	57.8	43.7	4.8
平均要介護度	126	0.8	5.0	2.4	0.8

表 4 勤務前後のアンケート結果

	N	勤務前		勤務後		F
		M	sd	M	sd	
ほっこり	126	2.4	0.9	2.5	0.9	1.66
活気	126	2.5	0.9	2.3	0.9	2.70 **
爽快	126	2.6	1.0	2.6	0.9	0.38
いらいら	126	1.8	0.8	1.9	1.0	2.58 *
だるさ	126	2.4	1.2	2.7	1.3	4.96 **
ねむけ	126	2.0	1.0	2.2	1.1	2.43 *
不安	126	1.8	1.0	1.9	1.1	1.00

** p<.01, * p<.05

表 5 因子相関

	因子 I	因子 II
ねむけ	.696	.259
不安	.674	-.212
だるさ	.462	-.053
いらいら	.437	-.171
活気	.044	.839
爽快	-.139	.416
ほっこり	-.052	.305
因子間相関		-.038

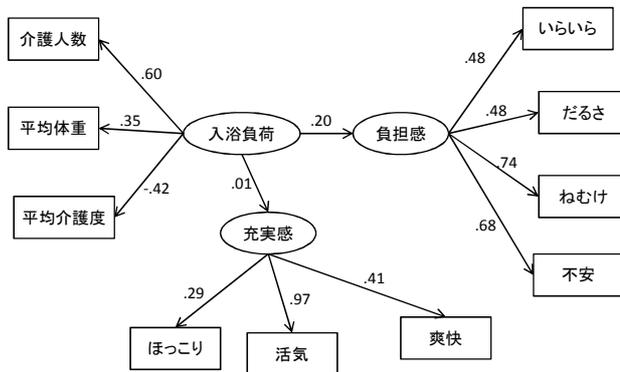


図 1 パス図と分析結果

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, 2002.

デジタルヒューマン Jack による介護される人の腰部圧迫力の評価

Evaluation of Care Recipient's Lower-Back Load

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

2010年7月においてわが国の要介護（要支援）認定者数は490万人を超え、そのうち寝たきり高齢者数は170万人と推定されている。要介護者（被介護者）は、自ら活動することが困難なため、ベッド上で、長時間同じ姿勢をとり続けることが多い。そのことから、接触部に褥創が発生する可能性があり、多くの研究が行われている¹⁾。

しかし、被介護者の身体的負担問題はそれのみではない。小川によると、様々な姿勢に対する腰部椎間板（L4/L5）に加わる圧力を調べた結果、座位の腰部圧迫力は立位時に比べて1.5倍に増加する²⁾。このことから背上げたベッド上で座位に近い姿勢をとると、それだけで腰部椎間板にも負担がかかっていることになる。自ら身体を動かすことのできる人ならば、背伸びをするなどしてその負担を和らげる姿勢に修正することができるが、自ら身体を動かせない人の場合は、ギャッチベッドのモータの力によって腰への負担を強いられたまの姿勢を保つことになる。

他方、車いすによる移動の場合にも腰部圧迫力が増すことが考えられる。このように介護される人（被介護者）は、介護される中で気付かないうちに腰への負担を強いられているケースがあり、他にもそのようなケースが存在することが推察される。これまで介護する側の人の腰の負担に関する研究は数多くあるが^{3)~5)}、本研究では介護される側の人の腰の負担に着目する。

被介護者の腰部負担を求めるにあたり、実際の介護現場でモーションキャプチャや筋電計などを用いるのは、装置が大掛かりとなることが多いため困難である。

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るデジタルヒューマン”Jack” (Siemens)の機能を用いて、被介護者の様々な姿勢における腰部の椎間板圧迫力^{6), 7)}を評価する。対象姿勢として、ベッド上における様々な座位姿勢を取り上げる。まず、被介護者の姿勢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。Jackは腰部の椎間板圧迫力を推定する際に、頭や肩や腰など身体各部に作用する外力を入力できるようになっているため、ベッド上の各姿勢における身体各部の外力を、10人の測定対象者について測定する。

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に示すように身体各部に外力を作用させ、デジタ

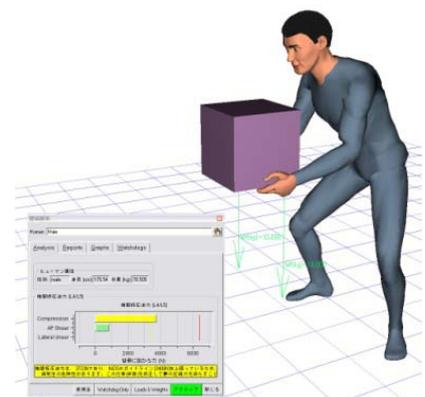


図1 Jackによる腰痛解析

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。

3. Jack による各姿勢の腰部圧迫力

立位や座位、荷作業などの各姿勢について、Jack により求めた腰部鉛直方向の圧迫力を図 3 に示す。図では立位時の圧迫力を 100% として相対値で示している。小川がまとめた Grandjean や Nachemson らのデータを

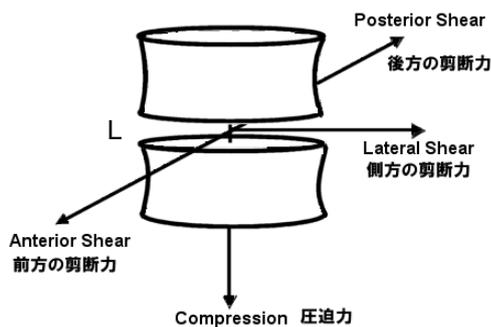


図 2 Jack で求められる椎間板に働く力の 3 成分

同図に記載している²⁾。図から腰の負担は仰臥位が最も小さく、立位、座位、荷作業姿勢の順に大きくなるのがわかる。また、座位では立位の 1.5~2 倍、荷作業では約 4 倍となっていることがわかる。荷作業の荷重は身体の側方 (荷物開脚) で両手に 1 個ずつ把持している荷物は 1 個 10kg, 身体の前方で把持している荷物は 1 個 20kg としている。いずれも、片手に 10kg の重力を作用させている。Jack による値と小川による値は荷作業で若干の違いがあるものの、ほぼ一致していると言える。荷作業で違いがあるのは、小川らによる姿勢の正確なデータがないため、全く同じ姿勢を再現できていないこと、荷重が大きいためモーメントアームの少しの違いが大きく影響することなどの理由によると考えられる。

4. ベッドからの抗力の測定と腰部負担評価

本研究が対象としたベッド上の座位姿勢では、被介護者の身体各部はベッドから抗力 (外力) を受ける。ベッドから抗力を受ける身体部位を頭、肩 (肩甲骨)、臀部 (仙骨)、脛脛、踵の 5 か所と仮定し、各部に電子荷重計を敷いて各抗力を測定した。対象者は男性 10 人とし、年齢は 24.2 ± 4.16 歳、身長は

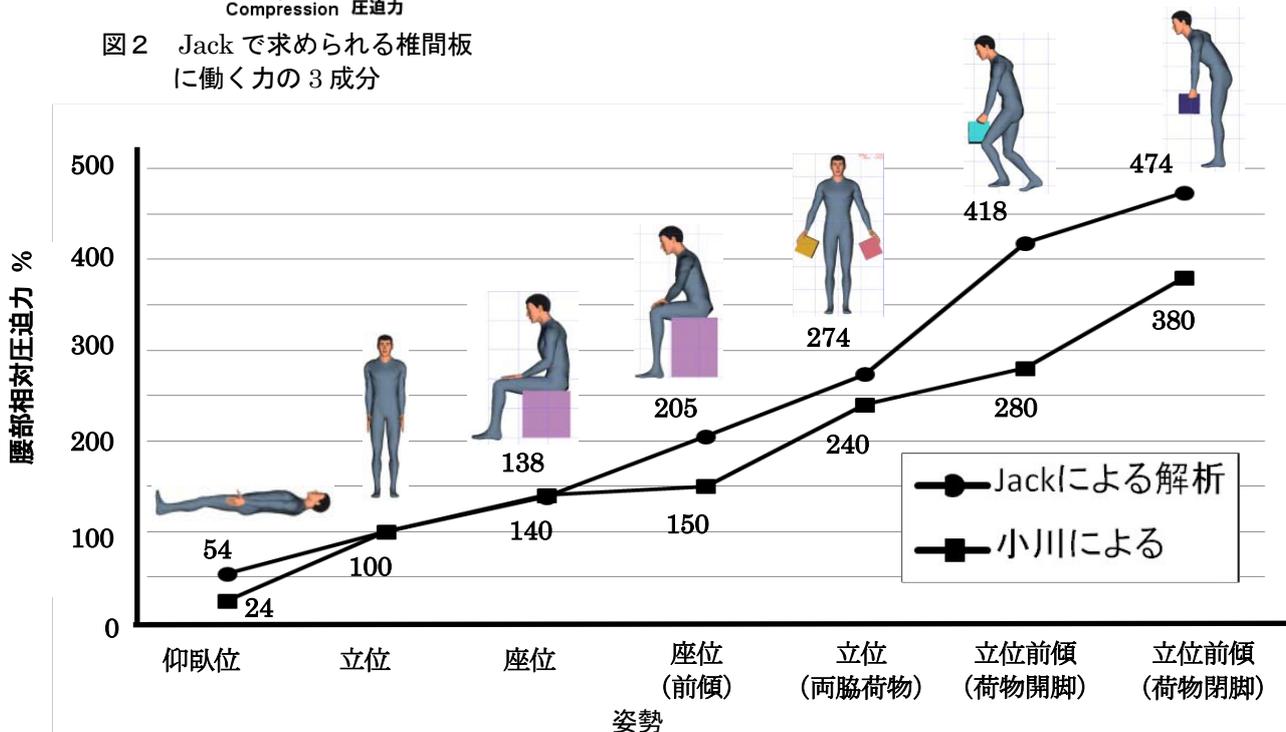


図 3 各姿勢における腰部圧迫力

169.6±3.80cm, 体重は 61.8±10.93kg であった。ベッドはギャッチアップベッドを用い、背上げ角度を 0° から 70° まで 10° ずつ変化させてそれぞれの角度において測定した。また、被介護者がベッドに横たわる位置について、(1)ベッドの背ボトムの回転軸上に被介護者の坐骨結節がある場合(ベッド上方と略記)、(2)L3/L4 が回転軸上にある場合(ベッド下方と略記)の 2 通りを取り上げる。

図4にベッドから受ける身体各部の10人分の抗力を平均して、背上げ角度ごとにプロットして示す。抗力の値は測定対象者の体重で基準化して示している。図から仙骨部の抗力は背上げ角度が 30° を超えてから大きくなり体重の 7~8 割に達することがわかる。一方、肩は背上げ角度とともに減少することがわかる。またベッドに横たわる位置の違いはほとんど認められなかった。

次に、実測から得られた抗力の平均値を Jack の各部に作用させ腰部圧迫解析ツールで各姿勢の椎間板圧迫力を求めた。その結果を図5に示す。図では立位時の圧迫力を100%として相対値で示している。10° から 30°

の各姿勢の腰部圧迫力は立位時と比べ、±10%の範囲内に収まったが、背上げ角度が 40° 以上になると、急に腰部圧迫力増加し 70° になると立位時の約2倍の値となった。また、被介護者がベッド下方に横たわる場合が、ベッド上方に横たわる場合に比べて腰部への負担はわずかに大きくなった。

5. ベッド上の座位姿勢における腰部負担評価

被介護者がベッド上で取る姿勢として、図6に示すような4通りの姿勢、すなわち(a)腰を曲げずに食事、(b)腰を曲げて食事、(c)腰を曲げずに手を伸ばす、

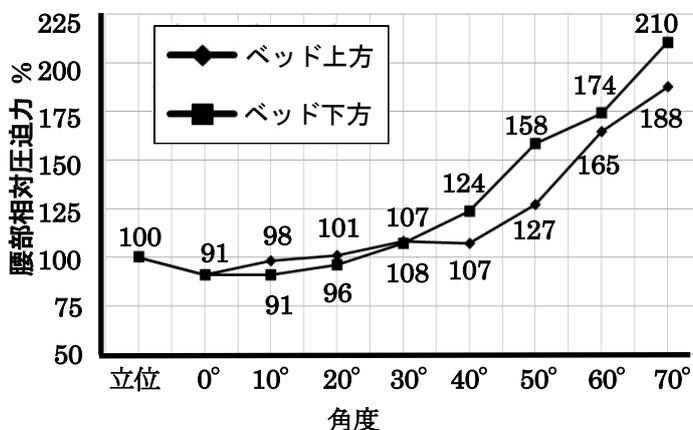


図5 ベッドの背上げ角度と腰部圧迫力

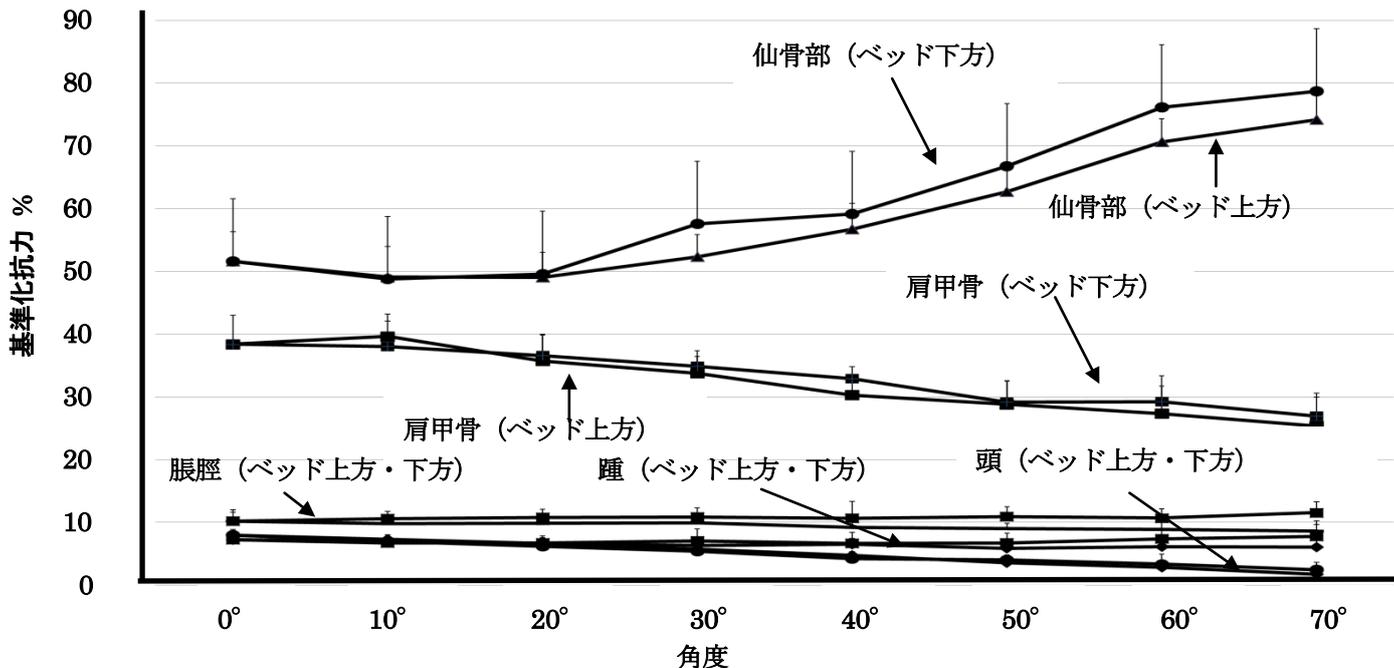


図4 ベッドの背上げ角度と身体各部にかかる抗力 (体重に対する割合)

(d)腰を曲げて手を伸ばすを取り上げて腰部負担を評価した。図7にその結果を示す。図からベッド上で座って食事をしたり手を伸ばしたりすると、腰部圧迫力は立位時に比べて大きくなることがわかる。最大で3倍以上の圧迫力となる場合がある。

6. おわりに

本研究では介護される人の腰部負担に着目し、Jack を用いて様々な姿勢における腰部圧迫力を求めた。特にベッド上の姿勢について評価した結果、腰部負担が立位時の3倍を超えるケースもあることがわかった。ベッド上では布団や毛布のために被介護者の姿勢が周りからわからないことが多いため、介護者の気付かないうちに負担が発生しているということを認識する必要がある。

参考文献

- 1) 例えば、木村 裕和ほか：褥瘡予防に対するシープスキンの有効性, Journal of Textile Engineering, Vol. 55, pp.61-66 (2009).
- 2) 小川鑛一：イラストで学ぶ看護人間工学, 東京電機大学出版, pp.32-35, (2008).
- 3) 田中優介, 福井 裕, 西田修三, 川野常夫：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, 平成 22 年度 日本人間工学会関西支部大会論文集, pp.149-152 (2010).
- 4) 奥本泰久, 高森勝之：介護者の身体負荷を考えた介護用ベッド, 日本機械学会講演論文集, No.055-1, pp.349-350(2005).
- 5) 勝平純司：移乗補助具の使用, 種類, 使用姿勢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).
- 6) 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, バイオメカニクス, 16, pp.195-205 (2001).
- 7) 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).

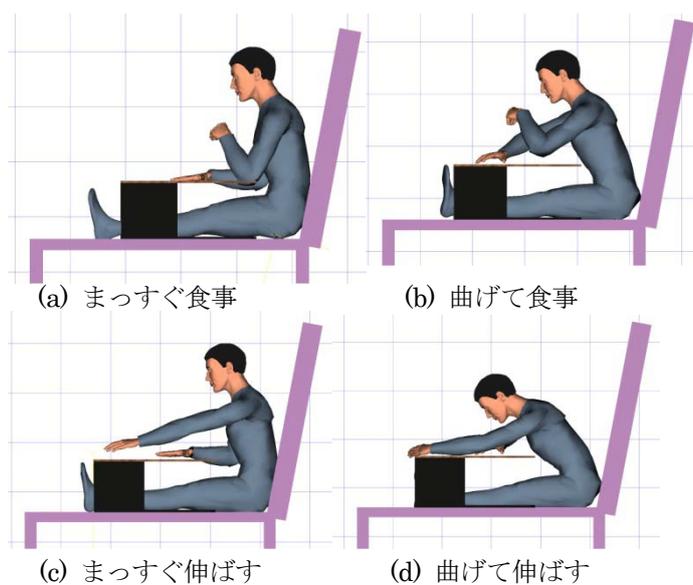


図6 Jack によるベッド上での様々な姿勢

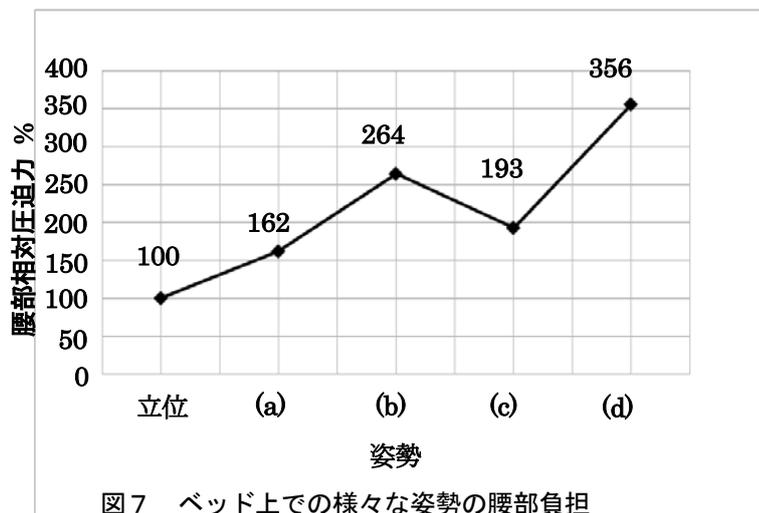


図7 ベッド上での様々な姿勢の腰部負担

- 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).

動画認識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 Video Recognition for Dementia Patient

○赤澤圭亮, 桑原教彰, 森本一成

京都工芸繊維大学大学院

AKAZAWA Keisuke, KUWAHARA Noriaki, MORIMORO Kazunari

Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

1. 背景と目的

近年、認知症患者数は増加の一方をたどっている。認知症の中核症状には記憶障害があり、これは「物とられ妄想」という症状を引き起こす。この症状は、患者が財布や鍵などの大切なものを自分で隠し、その隠した事を忘れ家族や介護者等の周りの人が盗ったのではないかと思ひこむというものである。私生活において、周りの人を疑う事や隠した物を探す事にかなりの時間を費やしてしまうといった事態は認知症患者とその家族また介護者にとって、日常生活において大きなストレスをもたらすと考えられる。

これまでもいくつか物探し支援システムについての研究^{1) 2)}はされてきたが、使用環境が室内などの狭い範囲に制限されていたり、いくつかのセンサ等を身につけなければならず使用者に負担がかかるなどの問題があった。

そこで我々は、患者の行動範囲を限定せず、小型ビデオカメラのみを用いて患者がストレスを感じる事なく使用できるシステムの開発を目指す。本研究では特に映像に映り込んだ手の動きと日常生活の中で物を隠す際の手の動きの特徴を検出し、物を隠している時点の特定基準について検討を行った。

2. 予備実験

2-1. 実験目的

日常生活の中で見られる主要な行動とその手の動きを検出することと、日常生活の中で物を隠すときの特徴を検出することを目的に実験を行った。

2-2. 実験方法

被験者1名(20代男性)の胸部に小型カメラを取り付けて(図1)研究室で日常生活を過ごさせ6時間撮影した。そして、その小型カメラの記録映像から日常生活の中の主要な行動を抽出し、その手の動きの特徴を分析した。また、日常生活の中で物を隠すという行動も行わせた。その時の手の動きの特徴についても分析した。なお、今回使用した小型カメラはアップル社製の第5世代 iPod nano である。



図1. 実験時の小型カメラ位置

2-3. 実験結果

記録映像から日常生活の中での主要な行動と手の動きの特徴及び、物を隠す際の手の動きの特徴を分析し、表1にまとめた。

表1. 日常生活での行動とその時の手の動き特徴

		手の動きの特徴
日常生活	手を洗う	奥と手前を行き来する動き 画面が細かく揺れている
	携帯	片手が映り込んだ状態で手の動きはほぼなし
	本	本をめくる手の横移動のみ
	パソコン	両手が映り込んだ状態で右手の横移動が多い
	食事	手の上下運動が多い
	物を隠す	他の行動に比べ画面内に手が数回出入りしその時間間隔が短い

3. 本実験

3-1. 実験目的

予備実験から得られた主要な行動での手の動き及び、物を隠す際の手の動きの特徴が他の被験者でも見られるのか検討し、物を隠す際の手の動きの特徴の基準を見つけるため実験を行った。

3-2. 実験方法

被験者6名(20代男性4名, 20代女性2名)の胸部に予備実験と同様にカメラを取り付け, 予備実験で検出された主要な日常行動5つ(手を洗う, 携帯電話を使用する, 本を読む, パソコンを使用する, 食事を摂る)と物を隠す行動を1時間のうちに自由に行わせた。そして, まずその記録映像を表2に示すように行動ごとに6つのクラスに分類した。次に, 各行動の動画を5秒ごとに区切り, その5秒内の動画において表2の手の動きの有無を確認した。そして動きがあるときは1をない場合は0をf1~f6にそれぞれ入力した。予備実験の結果から, 手の動きの特徴を決定するにはおおよそ5秒の観察が必要であったため5秒ごとに行動を区切ることにした。最後にすべての行動のデータをまとめ, そのデータにNearest Neighbors法を用いて解析し各行動の認識数を混同行列として出力し, 識別率を算出し表3のようにまとめた。そしてその表から6クラスの行動の中から「物を隠す」という行動が認識できるか分析した。

また, 物を隠す際の手の動きの特徴の基準に関して検討を行った。

表2. 行動のクラス分けと確認した手の動き

クラス分け	確認した手の動き
1 手洗い	f1 手前と奥
2 携帯の使用	f2 左右
3 読書	f3 上下
4 パソコン使用	f4 片手静止
5 食事	f5 両手静止
6 物を隠す	f6 画面内への出入り

3-3. 実験結果と考察

上述の方法によって得たデータにNearest Neighbors法を用いて認識数を出力し, 認識率を算出した。結果を表に示す。

表3からわかるように「物を隠す」という行動の認識率は68.7%であり「手洗い」「食事」という行動として誤認識されることが多かった。これは, 「物を隠す」及び2つの行動には「手前と奥」「画面内への出入り」という手の動きが非常に多いという特徴があったためだと考えられる。

逆に他の行動が「物を隠す」行動として誤認識されることは少なかった。これは, 他の行動はある程度行われる環境が同一(手を洗うのは洗面台, 読書・パソコン・食事をするのは机の上)であったが, 「物を隠す」には様々な環境(棚, 箱の中, 引き出しの中等)があるので手の動きのパターンが複雑になったためであると考えられる。

f1~f6の6つのパラメータを用いて行った今回の実験で「物を隠す」行動の認識率は68.7%であったが, 「手洗い」「食事」以外の行動だけで見ると97%であ

ったので, 上の2つの行動以外とはある程度判別できることが分かった。また, 「物を隠す」行動を「手洗い」「食事」という行動と認識させないためにはいくつパラメータを増やす必要があるとわかった。

また, 「手洗い」など手に何も持たずにする行動と「物を隠す」行動を区別するために, 手に何かを持っていて離れたことを動画で識別できるようにすれば, より物を隠している行動だけを識別できるのではないかと考えた。

表3. クラスごとの識別数と識別率

	手洗い	携帯	読書	パソコン	食事	物隠す	識別率 (%)
手洗い	14	1	0	0	0	1	87.5
携帯	2	89	0	1	1	1	86.4
読書	2	103	6	0	0	0	5.4
パソコン	0	9	5	26	0	1	63.4
食事	3	3	0	8	29	0	67.4
物隠す	6	0	0	1	8	33	68.7

4. まとめと今後の課題

本研究では, 日常生活の中で物を隠す際の手の動きの特徴を検出した。今回の実験から「物を隠す」という行動における手の動きにはある程度特徴があることがわかった。しかし, 「物を隠す」という行動のみを認識するには確認する手の動きのパラメータを増やす必要があると考えられる。また, 今回は比較していないが実験動画には扉を開けるときや机の上物に物を置く部分なども短い時間ではあったが手が映りこんでいたので, その行動についても今後検討していく予定である。

今後は, 被験者データと手の動きのパラメータを増やし実験を続けつつ, OpenCVを用いて手を認識し, オプティカルフローにより今回実験者が目視で確認していた手の動きを動画より自動で確認し, 握っていた物を手から放したこと及び「物を隠す」行動を自動識別するようなシステムの構築を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 亀山裕貴, 赤澤圭亮, 桑原教彰, 森本一成, 安田清: "RFIDを用いた認知症患者用物探し支援システムの提案", 人間工学会 関西支部大会 2010, pp. 217-218 (2010)
- 2) 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, pp. 1049-1054 (2007)

高品位介護における塗り絵レクリエーション用カラー筆ペンの研究開発 Development of color brush pen used during recreation at senior care home

川畑慎一郎*, ○那須真樹**, 山本晃嘉***, 来田宣幸*, 桑原教彰*, 濱田泰以*

*京都工芸繊維大学 **株式会社 soliton corporation ***株式会社 シティ・エステート

KAWABATA Shinichiro*, NASU Maki**, YAMAMOTO Akiyoshi***,

KIDA Yoshiyuki*, KUWAHARA Noriaki*, HAMADA Hiroyuki*

*Kyoto Institute of Technology, **soliton corporation CO. LTD., *** CITY ESTATE CO. LTD.

1. はじめに

世界中で高齢化が問題視されているが、2010年10月1日現在、日本では65歳以上の高齢者人口は過去最高の2,958万人になった¹⁾。そして、総人口に占める65歳以上の人口割合は23.1%とこちらも過去最高を更新した。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。

それに伴い認知症患者数も増加傾向にあり、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250万人に達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³⁾塗り絵に注目すると共に、塗り絵作業時の筆記具としてより有効な筆記具の検証をした。

り絵作業時の脳波を測定した。Mind Setは0-100の数値で表されるβ波を基に算出される集中度とα波を基に算出されるリラックス度という指標がある。実験を行った各筆記具に安静時と塗り絵作業時の集中度とリラックス度の変化を検証した。脳活動測定風景を図1に示す。



図1 脳活動計測風景

2. 実験

2.1 塗り絵レクリエーション

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56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(センサーマット式を含む)の回数を記録した。

2.2 塗り絵作業時における筆記具の比較

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脳活動の変化を調べた。使用した筆記具はクレパス、色鉛筆、マジックペン、カラー筆ペンである。被験者として7人の大学院生が本実験に協力した。実験条件をそろえる為、各筆記具は違う日の同じ時間帯、同じ部屋にて測定した。Mind Set装着後3分間は何もせず閉眼時の脳波を記録、その後5分間塗

3. 結果

3.1 転倒件数およびナースコール回数

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とナースコールの回数を図2と図3に示す。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。

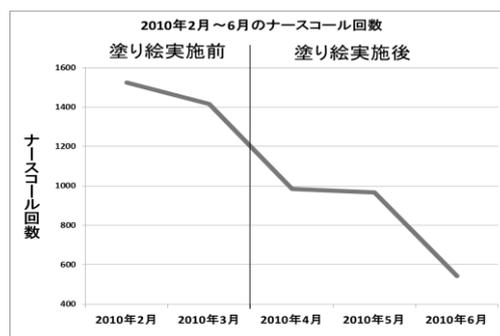


図2 ナースコール回数

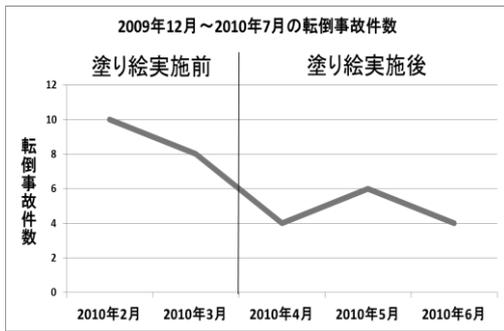


図3 転倒件数

3.2 塗り絵作業時における筆記具の比較

閉眼安静時と塗り絵作業時の集中度とリラックス度の変化を図4と図5に示す。集中度は色鉛筆とカラー筆ペンが安静時比率139%と増加率が高く、リラックス度はカラー筆ペンのみが安静時比率93%と減少する結果となった。

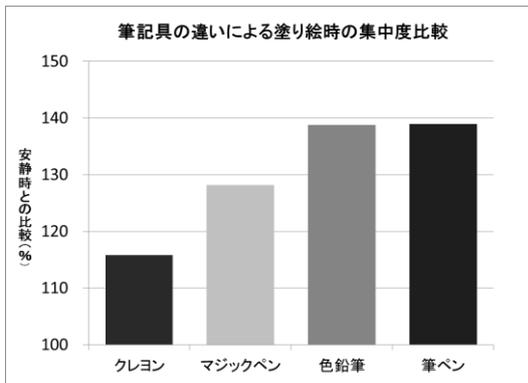


図4 筆記具別集中度

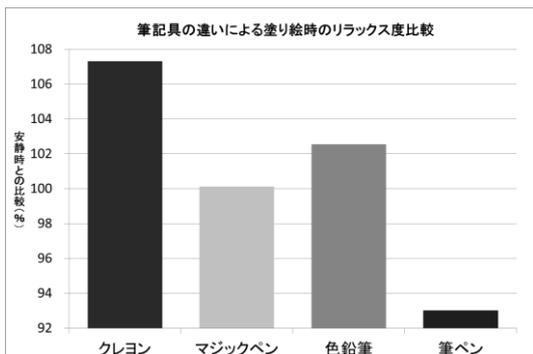


図5 筆記具別リラックス度

4. 考察

ナースコールは通常ヘルパーの巡回が少なくなる夜間に多い。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、夜間に目覚める

ことなく十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得られている⁴⁾。今回の塗り絵を含むレクリエーションにより睡眠が促され、転倒件数の減少に繋がった可能性が示唆される。

塗り絵作業時の筆記具比較において、リラックス度測定でカラー筆ペンのみが安静時より減少する結果となった。これはカラー筆ペンが4種類の筆記具の中で最も柔らかく細い先端をしており、より繊細なタッチが求められるからであり、それにより被験者の緊張度合いが高まりリラックス度の減少に繋がったと推測される。

5. まとめ

塗り絵は、ヘルパーによる補助の負担が軽く、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み、また脳全体を使うことから集中力を高めるとも言われている。本実験においては、有料老人ホームで塗り絵レクリエーションを行うと、入居者の転倒事故やナースコール回数が減少することが実証された。また、クレヨン、マジックペン、色鉛筆、カラー筆ペンの4種類の筆記具を用いての脳活動測定では、カラー筆ペンが塗り絵時の筆記具としてより効果が期待できる筆記具であることが認められた。

参考文献

- 1) 総務庁, 平成22年度版高齢社会白書, 2010
- 2) 厚生労働省高齢者介護研究会, 2015年の高齢者介護, 2003
- 3) 日本ブレインヘルス協会, ブレインヘルスニュースNo15, 2006
- 4) 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)

GS2 刺激・影響

12 月 10 日 13:30～14:30
4 号館 2 階 4206 室

【座長】 後藤 彰彦（大阪産業大学）

C1-1 壁の素材がにおいの感じ方に与える影響

○鷹尾憲一（株式会社エイチ・イン・ソリューション/京都工芸繊維大学大学院），来田宣幸，
桑原教彰（京都工芸繊維大学大学院）

C1-2 温熱マッサージによる刺激が心身に与える影響

○井上裕貴（立命館大学），乾 景太，筒井慎治（パナソニック電気株式会社），萩原 啓（立命館大学）

C1-3 触覚の情報獲得に及ぼす深部感覚の影響

○藏野 豪（関西大学大学院），前橋政樹，小谷賢太郎，鈴木 哲，朝尾隆文（関西大学）

C1-4 視覚および聴覚を用いた課題提示が短期記憶に及ぼす影響

○高宮 徹，井上裕美子（大阪工業大学）

壁の素材がにおいの感じ方に与える影響

Effects of wall material on olfactory sensation

鷹尾憲一*，来田宣幸**，桑原教彰**

*株式会社エイチ・イン・ソリューション（京都工芸繊維大学大学院在学中）

**京都工芸繊維大学大学院

TAKAO Kenichi*, KIDA Noriyuki, ** KUWAHARA Noriaki, ***

*H.In.Solution Co.Ltd, **Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

1. 結論

竹炭は細孔を多く有していることから吸着能力に優れており，ホルムアルデヒドなどの生活環境，あるいは地球環境に悪影響を与える物質の低減や除去を目的とした研究が多く行われている（例えば[1]）。また竹炭のその性能は，室内環境を一定に維持できる吸湿・放湿作用及び消臭に優れた壁材，竹炭成型パネルに活用されている（例えば[2]）。しかしその快適性に関して，性能を定量的な生理指標を用いて評価した研究はない。そこで，本研究はタバコ臭について竹炭ボードの消臭効果を評価した。評価指標として心拍データから計算される交感神経活動指標と副交感神経活動指標を用いた。また，主観評価にて竹炭ボードの快適性についての評価もあわせて実施した。

2. 方法

2.1 竹炭ボード

竹炭ボードとは，孟宗竹からできる竹炭と紙繊維からできており有害化学物質を出す心配のない建材である。約 25 m²の事務所に横 455mm，縦 910mm のパーティション6枚を用いて2つのブースを設置し，



図1 パーティションの設置状況

その一方の壁全面に竹炭ボードを貼った（図1）。

2.2 被験者

被験者は30代から60代の男性5名であった。そのうち喫煙経験者は2名であった。

2.3 実験手順

実験手順を以下に示す。被験者はいずれかのパーティションに入り，パーティション内の椅子に入り口に背を向けて安静座位姿勢を取った。パーティションに入って以降は図2に示すような手順で，竹炭ボードと素地の場合それぞれで被験者の心拍を計測し，また快適性に関するアンケートを実施した。この実験手順は文献[3]を参考にした。快適性に関するアンケートの項目は，不快感，悪臭などの7項目を5段階評価するものであった。またアンケート回答時に室温，湿度，騒音，臭気を記録した。心拍データの収集にはハートレートモニター（RS800-CX，ポラール社製），室温，湿度の計測には，ESPEC社RS-13，騒音の計測にはCEM社のDT-8852，臭気の計測にはシンエイ社のOMX-SRを用いた。

2.4 心拍データの解析方法



図2 実験手順

図2に示した ECG ~ の各5分間で計測された心拍データを用いてR-R間隔を1ミリ秒の精度で求めた後、R-R間隔を2Hzの時系列データに変換した。さらに、数値フィルタを用いて、R-R間隔時系列データのDC成分およびトレンドを除去し、ハミングタイプのデータ窓を経て360個の連続したデータを高速フーリエ変換し、心拍変動中に含まれる周期成分の周波数とその強さ(パワー)を算出した。得られたパワースペクトル(周波数とパワーとの関係で示す曲線)から、低周波成分(Low frequency: LF: 0.04 ~ 0.15Hz)と高周波成分(High frequency: HF: 0.15 ~ 0.4Hz)を定量化した。薬理ブロックを用いた先行研究から、高周波成分に副交感神経動態が、低周波成分に交感神経(一部副交感神経)動態が反映され、それらのパワーの大小が自律神経活動の強弱を示すことが報告されている。また、先行研究[4-8]に従い、LFをHFで除した値を交感神経活動指標、HFをTPで除した値を副交感神経活動指標とする相対指標を用いた。なお、心拍変動のHF成分は呼吸の影響を受けることが知られているため、本実験では電子メトロノームを用いて、呼気2秒間、吸気2秒間の4秒サイクルで呼吸を行うよう被験者に対して教示した。

3. 結果

3.1 臭気データなど

図3にシンエイ社のOMX-SRで計測された臭気データの結果をグラフにしたものを示す。エラーバーは標準偏差を示している。OX-SRは臭気の相対的变化を数値化して示すものではあるが、暴露前、換

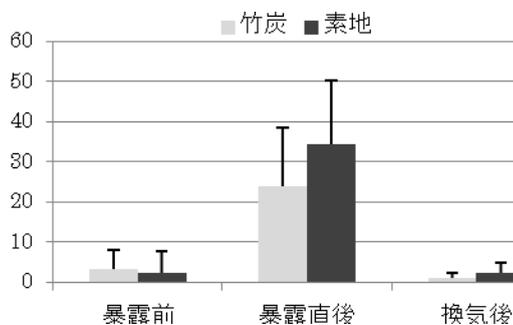


図3 臭気データ

気後それぞれで、値にほとんど差はないことがわかる。また暴露直後のデータは竹炭のほうが低いが、有意な差は確認されなかった。

一方、温度の平均は23.8度、標準偏差は0.4度、湿度の平均は47.5%、標準偏差は11.0%であり、条件間に大きな違いは認められなかった。

3.2 心拍データの解析結果

図4にたばこ暴露前、暴露直後、換気後の心拍変動とパワースペクトルの典型例を示した。上段はトレンドを除去する前のRR間隔であり、下段の図はトレンドを除去した後に高速フーリエ変換し、パワースペクトルとして示したものである。

図5と図6に心拍データを解析して得られた交感神経活動指標、副交感神経活動指標をそれぞれに示す。グラフは、たばこ暴露前、たばこ暴露直後、換気後で各神経活動がどのように変化したのかを示している。白丸が竹炭ボード、黒丸が素地を表している。図5から素地では暴露直後から換気後にかけて交感神経活動が活発化しているのに比べて、竹炭ボードではほぼ一定の値を示した。また図6から竹炭ボード、素地とも換気後の副交感神経活動指標のほうが低下する傾向が見られるが、竹炭ボードのほうが素地に比べて指標が全体として高い傾向が見られた。今回は被験者が5名と少ないため、統計的な有意差を論じることが困難であると考えたため、検定は実施していない。

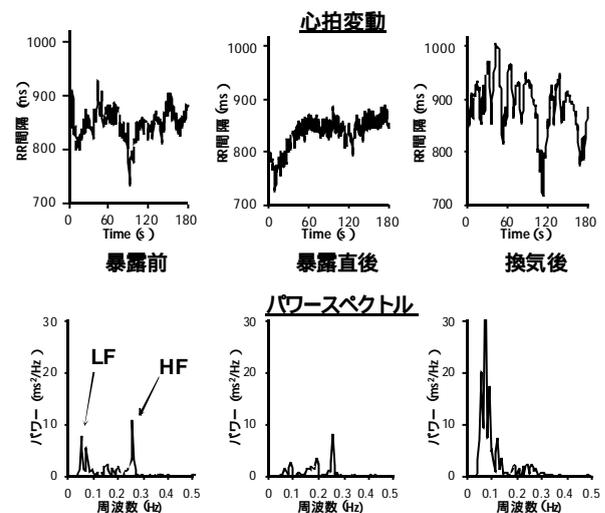


図4 心拍 RR 間隔とパワースペクトルの典型例

3.3 アンケート結果

図7に暴露直後のアンケート結果と暴露前のアンケート結果の差分を、また図8に換気後のアンケート結果と暴露前のアンケート結果の差分をアンケートの各項目に対して示す。差分が+ということは、暴露前よりも快適性が悪化しているということを示している。グラフより、暴露直後は竹炭も素地も全体的に快適性は悪化しているが、換気後、竹炭ボードは快適性に関して暴露前の状態に戻ったことがわかる。一方で素地の場合は、快適性が暴露前よりも悪化した状態であることが見て取れる。しかし、今回は被験者が5名と少ないため、統計的な有意差を論じることが困難であると考えたため、検定は実施していない。

4. 考察

交感神経活動が高いということは、緊張している、あるいはストレスを感じていることを示している。

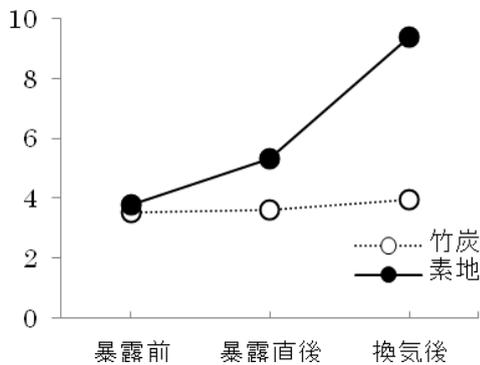


図5 交感神経活動指標

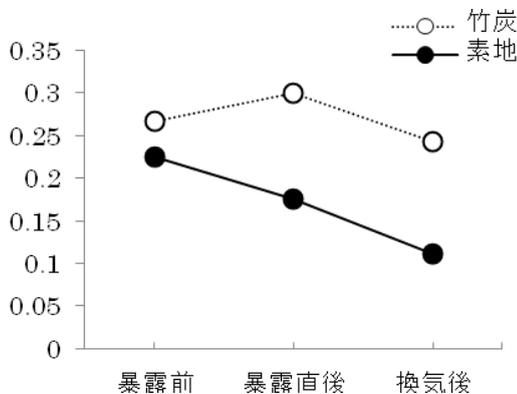


図6 副交感神経活動指標

また副交感神経活動が高いということは、リラックスしている状態にあることを示している。今回の実験の臭気データからは、暴露直後は素地、竹炭ボードとも高い値を示したが、換気後にはともに暴露前の低い値の状態に戻っている。しかし素地の場合はタバコ臭に暴露したのちに換気をしても交感神経活動指標が上がり続ける一方で、竹炭ボードの場合にその指標にあまり変化が見られなかったこと、また副交感系活動指標についてはいずれの場合も暴露前に比べて換気後の値が低下しているものの、竹炭ボードのほうが低下の具合が少なかった。これは快適性について竹炭ボードが

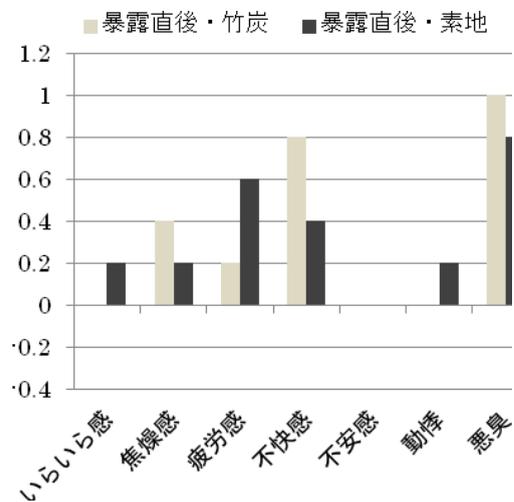


図7 暴露直後アンケート結果

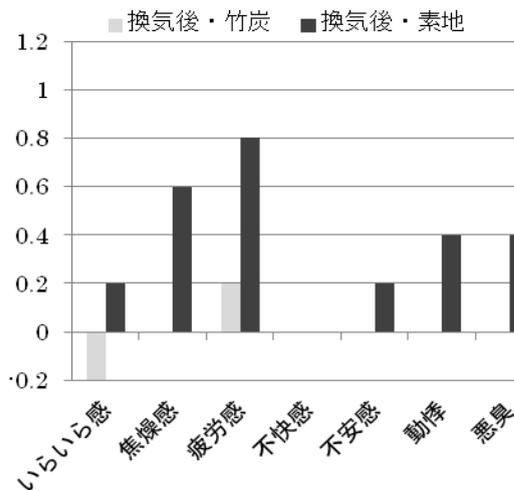


図8 換気後アンケート結果

好ましい効果を及ぼしているからであると考え．アンケートの結果からもそれが支持されていると考える．

今後は被験者の数を増やして，生理指標やアンケートで有意差が得られるかどうか検証したい．

参考文献

- [1] 木幡透，西和枝，神野好孝，松永一彦，笠作欣一，竹炭の吸着化学反応に関する研究，鹿児島県工業技術センター研究成果発表会予稿集(2002)
- [2] カルボボード (<http://www.cobot.co.jp/kinoie100nen/kenzai/kbord/kbord-1.html>)
- [3] 藤林真美，斎藤雅人，太田香織，松本珠希，森谷敏夫，自律神経活動を指標としたコスメティック・フェイシャルマスクの心身リラクゼーション効果，日本女性心身医学会雑誌 13 (1・2), pp.86-93, 2008
- [2] 松本珠希，後山尚久，木村哲也他，自律神経活動から評価した更年期外来における心理療法の臨床効果，日本更年期学会雑誌 15, 135 - 145, 2007
- [3] Moritani T, Hayashi T, Shinohara M, et al. Comparison of sympatho-vagal function among diabetic patients, normal controls and endurance athletes by heart rate spectral analysis. *Journal of Sports Medicine and Science* 7: 31-39, 1993
- [4] Hayashi T, Masuda I, Shinohara M, et al. Autonomic nerve activity during physical exercise and postural change: investigation by power spectral analysis of heart rate variability. *Japanese Journal of Biochemistry of Exercise* 6: 30-37, 1994
- [5] Matsumoto T, Miyawaki T, Ue H, et al. Autonomic responsiveness to acute cold exposure in obese and non-obese young women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 23: 793-800, 1999
- [6] Heart rate variability, Standard of

measurements, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European Society of Cardiology, the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation* 93: 1043-1065, 1996

温熱マッサージによる刺激が心身に与える影響

Effects of Physical and Mental Behavior by Thermomassage

○井上裕貴*, 乾景太**, 筒井慎治**, 萩原啓*

*立命館大学 情報理工学部 知能情報学科

**パナソニック電気株式会社 電器 R&D センター

INOUE Hiroataka*, INUI Keita**, TSUTSUI Shinji**, HAGIWARA Hiroshi*

*College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

**Panasonic Electric Works Co.,Ltd. Research & Development Center,

Home Appliances Manufacturing Business Unit

1. はじめに

現在、多くの先進国では長時間労働、睡眠不足、対人関係など、様々な要因によってストレスが生じており、過度のストレスは鬱病や生活習慣病を発症する原因の一つとして挙げられている^{[1][2]}。そのため、いかにストレスを解消させるかが現代社会の大きな問題と言える。

ストレスを減少させるには様々な方法がある。先行研究において、温熱によるリラックス効果が示されている^[3]。また、マッサージなどによって筋肉をほぐすことによりストレス減少を実現させる方法も存在している^[4]。しかし、それらを同時に行った手法はあまり示されていない。

そこで、効果的に「温熱刺激」と「マッサージ刺激」を与えることでストレスを減少させ、リラックス状態へ効率よく移行させる方法の導出を目的とし、その前段階として、本実験では皮膚温度と血流に着目し、刺激を与えている間のそれらの特徴と相互の関係、またその時の主観・官能評価を求めた。

2. 実験方法

2.1 実験概要

安静座位、マッサージ刺激、マッサージ刺激+温熱刺激の3種類の異なった刺激(タスク)を与えた状態における皮膚温度と血流の変化を計測し、それらの特徴および相互関係を求めた。

皮膚温度計測には、データ収集型ハンディタイプ温度計LT-8 SERIES(グラム)の電極を、平均皮膚温測定点を参考に被験者の肩前方;僧帽筋上端前方(ch1)、肩後方;僧帽筋上端後方(ch2)、背中;僧帽筋中央(ch3)、首筋

(ch4)に装着し、実験を行う^[5]。また、血流計測には、ch2の近傍にレーザー組織血流計「オメガフロー FLO-C1 HP」(オメガウェーブ)のプローブを装着し、血流が安定したのを確認した後、計測を開始する。ch2近傍は、肩こりを訴える割合が高く、かつ後述するマッサージ刺激部位の近傍であるため計測位置として設定した。皮膚温度及び血流計測位置を図1に示す。

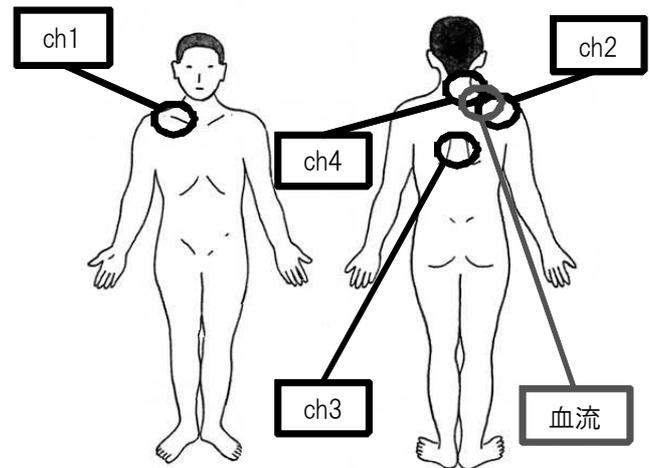


図1 皮膚温度及び血流計測位置

2.2 実験プロトコル

被験者に皮膚温度計の電極、および血流計の電極をそれぞれ装着し、各状態における皮膚温度、血流を計測した。安静座位を10min マッサージチェアで行い、4min 刺激を与える。刺激後、1min 主観・官能評価表を記入してもらい、10min マッサージチェアで安静座位、最後に10min オフィス用チェアで安静座位を行った。

マッサージチェアにて安静座位からオフィス用チェアにて安静座位までのプロトコルは刺激（タスク）を変えて3回繰り返した。計測対象はそれぞれの刺激（タスク）において、マッサージチェアにて安静座位から刺激、主観・官能評価記入を経て、マッサージチェアにて安静座位終了までの間（25min）とした。タスクは3種類の刺激（安静座位、マッサージ刺激、マッサージ刺激+温熱刺激）を順序効果を考慮して実験毎にランダムに行った。実験には、人体に対してマッサージを行うモミ玉部分にセラミックヒーターを搭載し、身体背部の任意な部位に対して機械的なマッサージ刺激と温熱刺激を同時に、かつ局所的に与えることができるマッサージチェア（リアルプロ EP-MA70 パナソニック）を使用した。マッサージ刺激には「もみ動作」を選択し、温熱刺激を付加する際にはセラミックヒーター機能を入にして使用した。また、マッサージ刺激位置は体系センシング機能により検出された肩位置とした。

主観・官能評価表には、表1に示すマッサージの気持ち良さに関する項目とマッサージの温かさに関する項目をそれぞれ5段階で評価してもらう。

計測環境による変化を防ぐため、室温を20℃で厳密に管理し、計測時の服装はTシャツ一枚で統一した。

2.3 被験者

被験者は20～23歳の健康な成人（男性5名、女性1名）である。十分なインフォームドコンセントを得た後、実験前に激しい運動をしていないことを条件とする。

3. 解析方法

250Hzでサンプリングした血流の波形にMATLABで作成したローパスフィルタ（0.003Hz）をかけてノイズを除去した。血流計測では、FLOW（組織血流量）、MASS（赤血球成分量）、VELOCITY（血流速度成分）の3種類の成分が測れるが、今回はMASS、VELOCITYの値を用いた。皮膚温度は計測周期を1secで計測し、LTシリーズ用標準ソフトウェアLT-USB1（グラム）でデータ形式を変更した後、解析を行った。

解析箇所は皮膚温度、血流共にタスク前の「マッサージチェアにて安静座位」から、タスク後の「マッサージチェアにて安静座位」までの計25minとした。

表1 主観・官能評価表

主観・官能評価表

年 月 日 : 名前 _____

① マッサージの気持ちよさは、どうですか？

①	1	2	3	4	5	②
首	全く気持ち 良くない	あまり気持ち 良くない	どちらとも いえない	やや気持ち 良い	とても気持ち 良い	
肩	全く気持ち 良くない	あまり気持ち 良くない	どちらとも いえない	やや気持ち 良い	とても気持ち 良い	
背中	全く気持ち 良くない	あまり気持ち 良くない	どちらとも いえない	やや気持ち 良い	とても気持ち 良い	
腰	全く気持ち 良くない	あまり気持ち 良くない	どちらとも いえない	やや気持ち 良い	とても気持ち 良い	
全体	全く気持ち 良くない	あまり気持ち 良くない	どちらとも いえない	やや気持ち 良い	とても気持ち 良い	

② マッサージの温かさは、どうですか？

1	2	3	4	5
大変不満	やや不満	どちらでもない	やや満足	大変満足

4. 実験結果

4.1 皮膚温度変化の特徴

全被験者のタスク別の皮膚温度変化の平均グラフを以下に示す（図2、図3、図4）。図3、図4のグラフからマッサージ刺激により肩後方(2ch)の皮膚温度が上昇しているのが分かる。また、両者を比較すると明らかにマッサージ刺激+温熱刺激のタスクの皮膚温度上昇が大きいといえる。

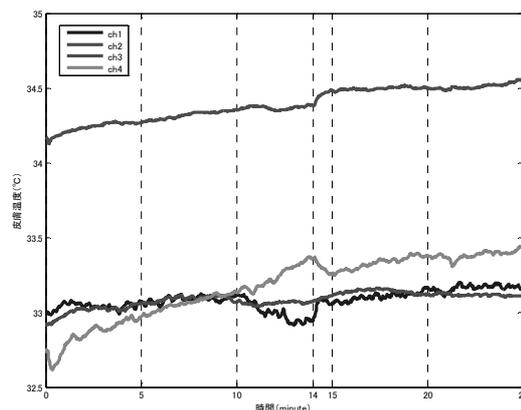


図2 安静座位（皮膚温度）

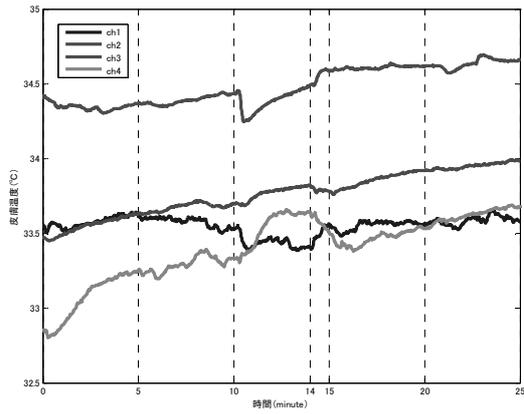


図3 マッサージ刺激 (皮膚温度)

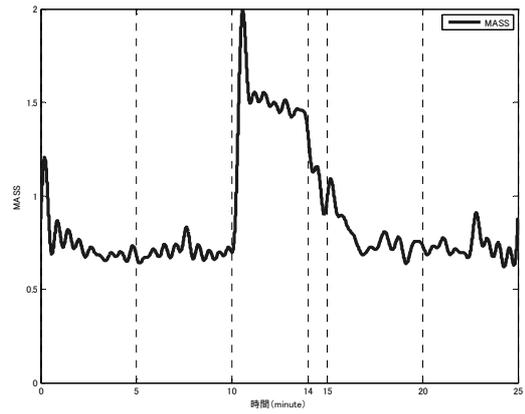


図6 マッサージ刺激平均 (MASS)

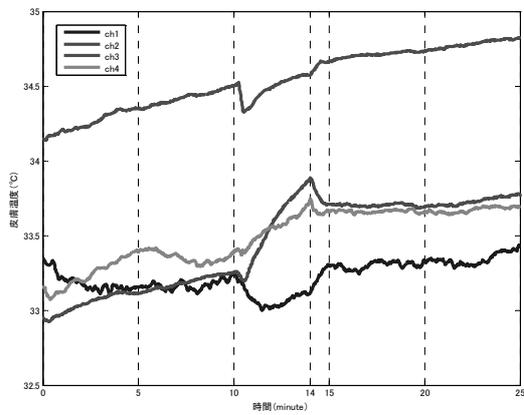


図4 マッサージ刺激+温熱刺激 (皮膚温度)

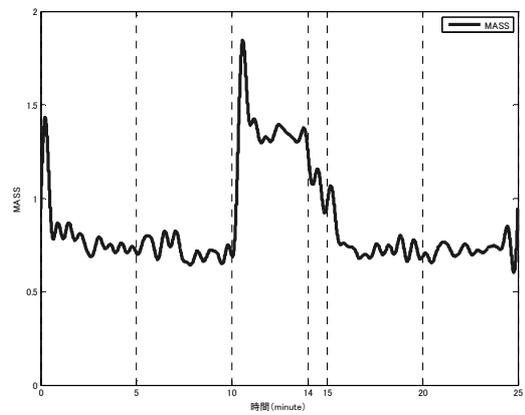


図7 マッサージ刺激+温熱刺激平均 (MASS)

4.2 血流 (MASS) の結果

全被験者の血流 (MASS) 波形の平均グラフを以下に示す。(図5、図6、図7)。図6、図7からタスク中に大きな変化が見られる。しかし、タスク以外の部分ではタスク前後で大きな差は見られなかった。

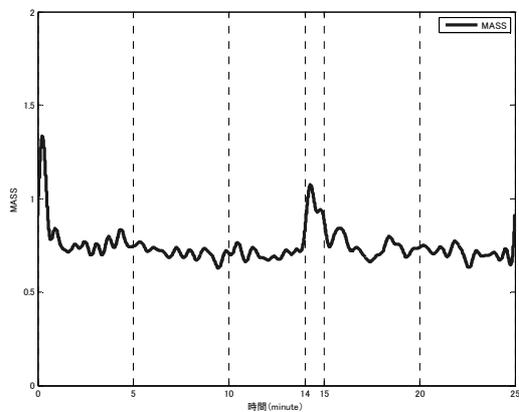


図5 安静座位平均 (MASS)

4.3 血流 (VELOCITY) の結果

全被験者の血流 (VELOCITY) 波形の平均グラフを以下に示す(図8、図9、図10)。図9、図10でタスク開始1minを除いた3minの血流変化を平均し、タスク前後と比べるとタスク中で値が下がっている。しかし、それ以外の部分ではMASSと同様に大きな差は見られなかった。

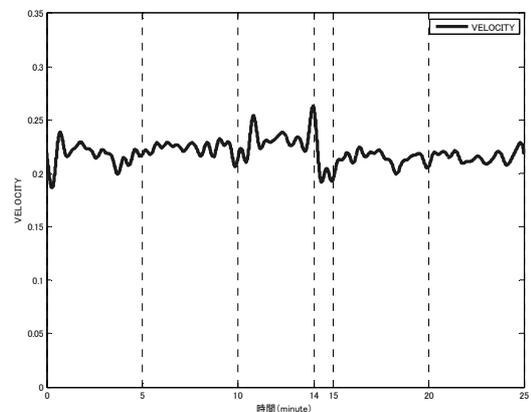


図8 安静座位平均 (VELOCITY)

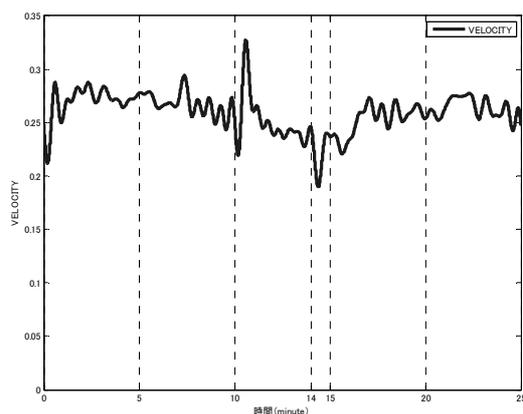


図9 マッサージ刺激平均 (VELOCITY)

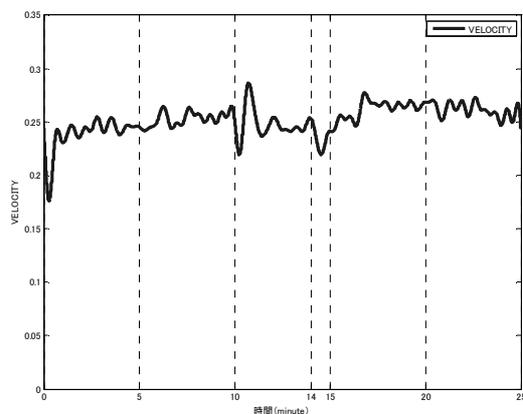


図10 マッサージ刺激+温熱刺激平均 (VELOCITY)

5. 考察

皮膚温度は、刺激なくマッサージ刺激<マッサージ刺激+温熱刺激の順に温度上昇の幅が大きく、刺激後も刺激前に比べて高い温度を維持しているのが見られた。主観・官能評価については、温熱刺激に対する皮膚温度変化の顕著な傾向と比較して変化幅が小さく、今後、温熱刺激の温度幅および温熱刺激部位の選定が必要であると考えられる。血流MASSとVELOCITYについては、マッサージ刺激や温熱刺激が与えられているときに顕著な赤血球成分量 (MASS) の増加や血流速度成分 (VELOCITY) の減少が見られた。これらの結果は、刺激が与えられている部位がマッサージ刺激や温熱刺激による血管拡張効果により、組織内の赤血球成分量 (MASS) が多くなり、血流速度成分 (VELOCITY) が遅くなったのではないかと考える。また、マッサージ刺激や温熱刺激により赤血球成分量 (MASS) が大きく上昇した後に、皮膚温度の上昇が始まっていることから、血行動態の変化により皮膚温

度変化が起こったものと考えられる。

6. おわりに

今後の課題として、被験者数を増やして定量的な傾向を把握するとともに、温熱刺激の温度幅および効果的な温熱刺激部位の選定を行う。また、刺激による赤血球成分量 (MASS) や血流速度成分 (VELOCITY) の変化がマッサージ刺激や温熱刺激による血管拡張効果によるものであるかどうかの確認を行う予定である。さらに、季節の違いによる血行動態の変化や温熱感の変化について検討を行う予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、実験に協力していただきました立命館大学情報理工学部知能情報学科生体情報研究室の皆様と、被験者として参加していただいた皆様に深く感謝いたします。

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] 溝口和臣：慢性ストレスによるうつ病様病態に対する柴胡加竜骨牡蛎湯の効果，和漢医薬学雑誌，pp. 52(2003).
- [2] 下北輝一：生活習慣とストレス，心身医学，pp. 487(2010).
- [3] 末弘静子，市村孝雄：温熱刺激のリラクゼーション効果，下関短期大学紀要，pp. 41-56(2007).
- [4] 上田恵里子，福岡博史，小山悠子，福岡明：歯科治療における頰肩部の指圧マッサージと経皮的低周波ツボ通電法 (TEAS) の有用性について，Journal of International Society of Life Information Science，pp. 412-416(2002).
- [5] 桑原浩平，持田徹，長野克則，嶋倉一實：熱伝達率を加味した平均皮膚温の算出式，人間と生活環境，pp. 33-40(2001).

触覚の情報獲得に及ぼす深部感覚の影響

Influence of proprioceptive sensation information on the cutaneous sensation during receiving tactile information

○藏野豪*, 前橋政樹**, 小谷賢太郎**, 鈴木哲**, 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機械工学科

KURANO Go*, MAEBASHI Masaki**, KOTANI Kentaro**, SUZUKI Satoshi**, ASAO Takafumi**

* Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

** Faculty of Engineering Science, Kansai University

1 はじめに

近年、触覚インタフェースの研究が盛んに行われており¹⁾、装置の小型化や装着型の触覚インタフェースといった設計指針の研究が多くされている。しかし、情報を受け手であるヒトに焦点をあてた研究は少なく、ヒトが意味を把握しやすい触呈示法の視点からの研究が必要であるとされている²⁾。

触呈示法についての研究として月東ら²⁾は、仮現運動により掌に方向情報を提示し、人間の受容姿勢や用いる応答規則が触覚の方向知覚に与える影響について調査している。この結果、受容姿勢や基準とする応答規則を変化させることによって方向識別の正確度が変化するという結果となった。しかし、受容姿勢の変化が触覚の精度に影響を与えるメカニズムは明らかにされておらず、受容姿勢を変化させる際に生じる筋張力や関節に与える力の感覚³⁾と触感覚との関係性については考慮されていない。

そこで本研究は、筋張力や関節から得られる深部感覚が触覚による情報獲得に影響を与えるかを検証することを目的としている。触覚の情報を正確に判断するための適した呈示方法を発見することができれば、触覚ディスプレイの設計指針として有効であると考えられる⁴⁾。

2 実験

2.1 実験目的

本研究では、筋や関節に与える力の感覚である深部感覚⁵⁾を強く感じることによって、触覚の精度にどのような影響を与えるのかを検証することを目的として

いる。そこで我々は、被験者の手首に重りを装着し、姿勢を維持することに必要な抗重力筋群の張力を発生させることによって触覚情報獲得時に深部感覚を付加させた。重り装着時・非装着時という2種類の深部感覚の強度が異なる条件それぞれに、空気噴流刺激による単一刺激の圧力を掌上に与え、その圧力をどのように触覚として感じているのかということをもグニチュード推定法によって明らかにする。

2.2 被験者

健康成人男子大学生7名を被験者として実験を行った。7名とも右利きの被験者で、実験では右手掌に標準刺激を提示し、左手首に重りを装着し左手掌に比較刺激を提示した。

2.3 実験装置

実験装置を図1に示す。本研究で使用する空気噴流提示装置は、エアコンプレッサー (Hitachi Koki, EC1430H2) により生成された空気が精密レギュレータ (CKD, RP2000-8-08-G49PBE)、電空レギュレータ (CKD, EVD-1900-P08 SN)、電磁バルブ (CKD, FAB11-M5-1-12C-3) を経由して、ノズル (スプレーイングシステムスジャパン, HB1/8U-SS 00 03) から噴射されるものである。提示圧力は電空レギュレータにより、1kPa単位で設定可能である。

被験者に装着してもらう重りは、0kg から 2.0kg まで 0.4kg 間隔で重さが調節可能である。本実験では、被験者の左手首に 2.0kg の重りを取り付けた。重りは、材質がナイロン、サイズは長さ 39 cm×巾

12 cm×厚み 3.5 cm のものでベルト状になっている。

実験環境を図 2 に示す。本実験では、刺激提示位置であるディスプレイ部には空気噴流が噴出するためのノズルが装着されており、被験者はそこに手をかざして刺激を受けてもらい、使用していない方の手は被験者の膝の上に置いてもらう。また、視覚からの情報を遮断するためにアイマスクを装着し、装置からの空気噴流音によって刺激圧力を予想されないように耳栓をし、ヘッドホンを装着してもらった。

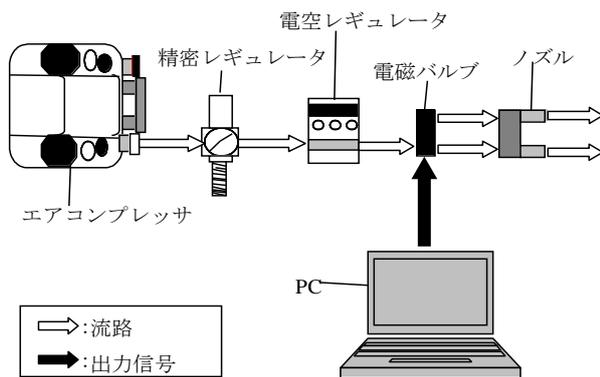


図 1 実験装置

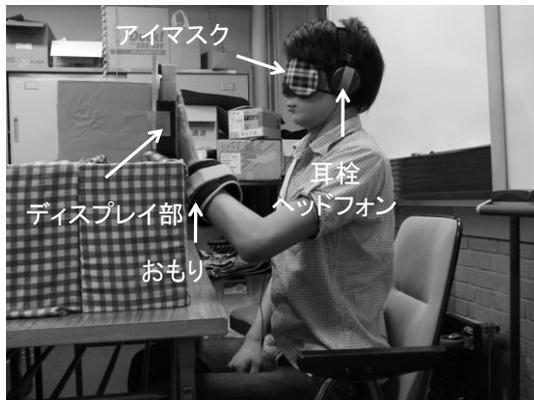


図 2 実験環境

2.4 実験手順

実験 1 試行の流れを図 3 に示す。被験者には、実験を開始する前に空気噴流刺激に慣れてもらうため、実際の実験と同じ試行の流れで右手に標準刺激を、左手に比較刺激を提示する練習を行った。なお、この時は左手に重りは装着していない。練習で提示する圧力は、提示する最小の圧力である 50kPa と最大の圧力である 350kPa とし、3 回ほど刺激を受けてもらい練習を終了

とした。実験では、提示圧力に対して被験者がどの程度の圧力に感じているかという知覚圧力をマグニチュード推定法によって求めた。まず準備として、掌を入れ替えた時に掌への刺激が常に掌の中心に提示されるように位置合わせを行った。実験が開始するとビーブ音が鳴り、装置にかざしてもらっている被験者の右手掌に標準刺激として 200kPa の空気噴流刺激が提示される。この標準刺激の強さを 100 と定義してもらう。標準刺激が提示された後、左手掌で比較刺激を受けてもらうため、ディスプレイ部にかざしている被験者の右手掌と左手掌を入れ替える。被験者はアイマスクをしているため実験者が被験者の掌を誘導する。この、左右の掌を入れ替える時間は 4.0sec の間に行う。4.0sec 後にはビーブ音が流れ、被験者の左手掌に比較刺激が提示される。この比較刺激の圧力は 50kPa から 350kPa の範囲で設定した 7 種類の圧力をランダムに提示した。被験者は比較刺激を提示された後で標準刺激を 100 としたときの比較刺激の強さを数値で答えてもらった。被験者が回答を終えたところまでを 1 試行としている。圧力 7 水準を 1 セットとし、重り装着・非装着の 2 条件を 1 セットずつ交互に行い、繰り返し 3 回行う。被験者 1 人につき全 42 試行を行い実験終了とする。

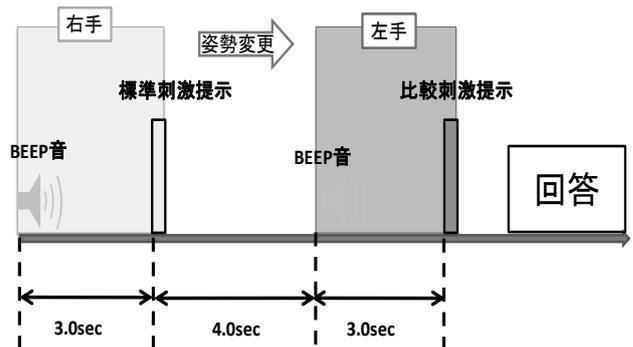


図 3 実験 1 試行の流れ

2.5 データ処理

表 1 に実験で使用した比較刺激の圧力と標準刺激の圧力を、表 2 に実験時に設定した条件を示す。

表 1 提示する圧力

刺激強度 受容姿勢	比較刺激 (kPa)							標準刺激 (kPa)
	50	100	150	200	250	300	350	
重り装着	50	100	150	200	250	300	350	200
重り非装着	50	100	150	200	250	300	350	200

表 2 実験条件

項目	実験	
被験者	大学生7人(21歳~22歳)	
試行回数	各姿勢で21試行	
提示部位	標準刺激	利き手掌
	比較刺激	非利き手掌
提示圧力	7種類	
ノズルの内径	1.0mm	
ノズルから皮膚までの距離	5.0mm	
刺激点数	1点	
受容姿勢	2種類	
おもり	2.0kg	

本実験において、標準刺激の提示圧力を「100」とした時に、比較刺激の刺激強度を答えてもらった。この回答してもらった数値は提示圧力ごとに平均値を算出した後、知覚圧力に換算する処理を行った。この換算した被験者ごとの知覚圧力を被験者7名分の合計・平均を算出し、その値を各提示圧力に対する知覚圧力とした。この知覚圧力を、重り装着時・非装着時の2条件によって比較した。また、統計処理として、被験者・重りの有無・提示圧力の3要因によって知覚圧力の分散分析を行った。また、提示圧力と知覚圧力の関係は Stevens の法則に従うとされる。したがって、そのべき乗について装着・非装着時の両条件における推定式を求め先行研究と比較した⁶⁾。

3 実験結果

図4の棒グラフは実際に提示した圧力に対して被験者がどの程度の圧力で感じているのかを知覚圧力で表したものである。また、Stevens&Galanter⁶⁾によって設定された圧刺激提示時の推定モデルを合わせて記している。図5は重り非装着時の圧力を100%とした時の重り装着時の知覚圧力の割合を表している。

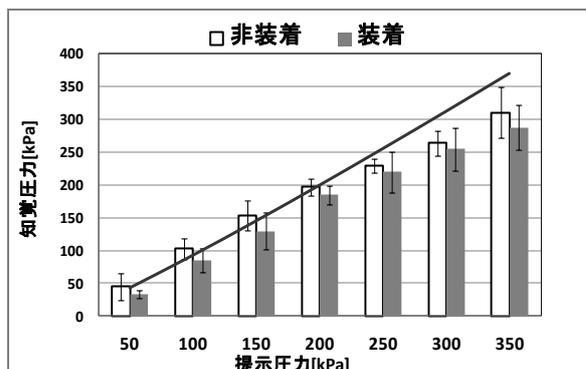


図 4 被験者7名の非装着時・装着時の知覚圧力

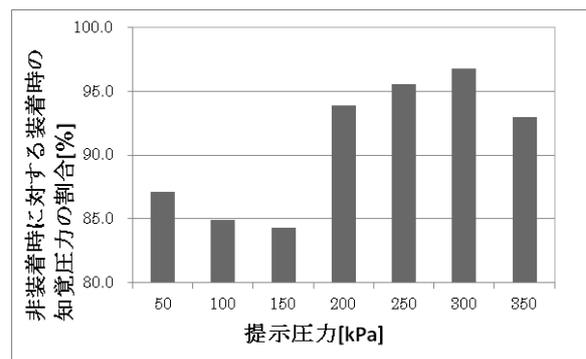


図 5 非装着時に対する装着時の知覚圧力の割合

図4の結果に示す通り、50kPa~350kPaまで測定した全ての圧力で、重り装着時は重り非装着時に比べて提示された圧力を弱く見積もる傾向があることがわかった。また、被験者・重りの装着と非装着・提示圧力の3要因の知覚圧力において分散分析を行った結果、被験者 [F(6,280)=8.95;p<0.01]、重り装着・非装着 [F(1,280)=14.74;p<0.01]、提示圧力 [F(6,280)=305.68;p<0.01]のそれぞれの要因において知覚圧力が有意に変化していた。また、重り装着時・非装着時それぞれにおいての知覚圧力を Stevens&Galanter の式である $R=kS^n$ ⁷⁾ のべき乗に変換し、最小二乗法によって求めた推定式と Stevens&Galanter によって求められた指数値と比較を行った。その結果、Stevens&Galanter が掌への圧による皮膚への静的な力によって測定されたべき乗を 1.1 と報告している⁶⁾のに対して、重り装着時では 0.97、重り非装着時では 0.98 と Stevens&Galanter の報告より小さい値となり、またわずかながら重り装着時のべき乗数も非装着時のそれと比べて小さくなっていた。

図5の結果に示す通り、重り装着時の知覚圧力は

非装着時の知覚圧力に対して平均約 90.0%に見積もる結果となった。2つの結果を合わせてみると提示圧力が 50kPa, 100kPa, 150kPa といった弱い提示圧力時に重りを装着していると、提示圧力を弱く見積もる傾向がより顕著に表れており、特に 150kPa においては 15%以上も提示圧力を弱く見積もっているという結果になった。

4 考察

図 4 に示した通り、重り装着時は重り非装着時に比べてどの提示圧力に対しても圧力を弱く知覚しており、図 5 から約 10%弱く見積もっていることがわかった。我々の実験では重りを装着時・非装着時といった条件下で深部感覚の強さを変化させている。重り装着時は重り非装着時に比べて筋肉への負荷が多く、深部感覚は強く感じていると考えられる。Craig⁸⁾ は、視覚・触覚間といった複数モダリティに入力される感覚の相互作用・統合を調べている。Craig の実験では、触刺激として示指の第一関節に異なる 2 点を刺激し触覚仮現運動を提示し、視覚刺激として 2 つの LED によって構成される視覚妨害刺激を触覚仮現運動と同時に提示している。結果、視覚妨害刺激の運動方向が触覚刺激と異なる場合において触覚運動刺激に対する方向弁別成績が下がることを示し、視覚情報が触覚に影響を及ぼすといったクロスモーダル作用があると述べている。我々の実験において特に提示圧力が小さい時には、本来生じることのない筋張力によって生じた深部感覚情報が妨害刺激となって触覚刺激を弱く見積もってしまったと考えられるが、その原因と予想されるクロスモーダル作用がどのように働いたのか明確にすることはできなかった。また、装着・非装着時において標準偏差を比較したところ、50kPa と 350kPa 以外の圧力では非装着時よりも装着時の標準偏差は大きくなっていった。これより、装着時は非装着時に比べ、圧力を弱く見積もる傾向と、触覚の精度にも影響し、触覚の精度を下げる傾向があると考えられる。また、触覚ディスプレイといった触覚からの刺激によって情報を読み取る際には、筋や関節に負担をかけず、深部感覚の影響をできるだけ減らす姿勢を用いることが有効であることが考えられる。

5 まとめ

本報告では、筋や関節に与える力の感覚である深部感覚を強く感じることによって、触覚の精度にどのような影響を与えるのかを検証することを試みた。その結果、重りを装着して深部感覚を感じることに よって、重りを装着していない時に比べて刺激強度を約 90.0%に見積もることがわかり、分散分析の結果、知覚圧力が有意に変化していることがわかった。しかし、深部感覚の強さの変化と触覚の知覚圧力との関係性についてはこの実験では明らかにはなっていない。今後は、深部感覚の感じ方を変化させるために重りの重さを変化することで、深部感覚と知覚圧力の感じ方の変化について調査していく。

謝辞

本研究の一部は、科研費(23700154)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 山本晃生:触覚ディスプレイの研究動向, 計測と制御, Vol.43, No.2, pp.122-126, (2004).
- 2) 月東充, 藤本浩志, 篠原正美:触覚を用いた手掌への提示方向呈示法の検討—刺激受容姿勢と応答規則が提示方向識別に及ぼす影響—, 電子情報通信学会論文集, Vol.82, No.10, pp.1652-1656, (1999).
- 3) 岩田洋夫:体性感覚呈示技術; バイオメカニズム学会誌, Vol.31, No.2, pp.78-81, (2007).
- 4) 野嶋琢也, 船引浩平:皮膚感覚を通じたパイロットへの飛行情報呈示に関する研究; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.9, No.1, pp.1-8, (2007).
- 5) 和氣典二, 和氣洋美:振動刺激を用いた能動触の装置の試作; 中京大学心理学研究科・心理学部紀要, Vol.6, No.2, pp.15-25, (2007).
- 6) Stevens,S.S.& Galanter,E.H. : Ratio scales and category scales for a dozen perceptual continua, Journal of Experimental Psychology, No.54, pp.377-411, (1957).
- 7) 大山正, 今井省吾, 和氣典二:感覚・知覚心理学ハンドブック, p.56, 誠信書房, (1994).
- 8) Craig,J.C : Visual motion interferes with tactile motion perception, Perception, Vol.35, pp.351-367, (2006).

視覚および聴覚を用いた課題提示が短期記憶に及ぼす影響

Differences in Short-term Memory Performance using Visually and Aurally Presented Words

○高宮徹*, 井上裕美子*

*大阪工業大学情報科学部

TAKAMIYA Toru*, INOUE Yumiko*

*Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

1. 諸言

外界からの刺激は、視覚、聴覚、体性感覚、味覚、嗅覚など感覚神経系を介し、短期記憶として一時的に脳のワーキングメモリに保存される。感覚神経系の中でも、特に精密な情報のやり取りを可能にしているのが視覚と聴覚である。濱田¹⁾⁵⁾は、短期記憶課題として8~10個の数字列を再生させる実験を行い、視覚的数字列の平均再生率が聴覚的数字列の平均再生率よりも高いことを示している。このような課題提示方法の違いが、数字のように記号化されたものだけではなく、意味のある文字、つまりイメージが伴う言葉の短期記憶時にも、影響を与えるかどうかについては、まだ明らかにされていない。

本研究では、意味のある単語を用い、短期記憶時に課題の提示方法が視覚提示・聴覚提示・視聴覚提示と異なる場合、短期記憶の成績が、提示条件によってどのように変化するかについて検討した。

また、短期記憶課題時に前頭前野部の活動がみられることが知られているため⁶⁾、記憶時および記憶想起時の前頭前野部の脳酸素動態の変化についても検討することにした。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、健康な20代(23±2歳)の男性12名を対象とした。実験参加者には、予め本実験の趣旨や起こりうるリスクなどを記した説明書を示し、口頭による説明を行い、文書による同意書を得た上で実験を行った。本研究は、大阪工業大学ライフサ

イエンス実験倫理委員会の承認を得て行った。

2.2 記憶課題

本実験では、一度に8つの短い単語とその提示された場所の組み合わせを記憶する記憶課題を行った。記憶する単語は、2または3文字の単語とした。

記憶課題は、実験参加者の1mほど前方の19インチPCディスプレイ上に提示した。ディスプレイには、2行4列に計8つの黒枠のパネルを順に表示した。表示順は、1行目左端から右端まで順に表示し、その後、2行目左端のパネルという順序で1パネルに1単語ずつ提示した。図1に実験風景を示す。



図1 実験風景

2.3 実験条件

記憶課題の提示条件は、視覚条件、聴覚条件、視聴覚条件の3条件とした。視覚条件では、単語をディスプレイ上に平仮名で提示した。聴覚条件では、

イヤフォン（EHP-IN20, ELECOM）を用いて、50～60 dBの音量で単語を音声提示した。視聴覚条件では、単語を文字と音声で同時に提示した。

2.4 実験手順

視覚・聴覚・視聴覚条件とも課題提示時間は1パネルにつき4秒間とした。提示時間が終了すると視覚条件、視聴覚条件では平仮名が消え、次のパネルに異なる文字を提示した（図2）。聴覚条件では、イヤフォンから1パネルにつき、1つの単語を4秒間に2回繰り返し提示した。視聴覚条件は、平仮名で単語をパネル上に示し、同時に音声も2回繰り返し提示した。

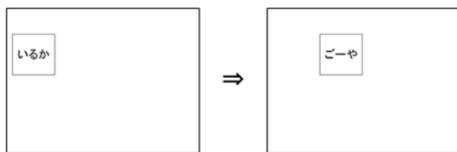


図2 視覚条件の一例

8つのパネルがすべて提示された後、30秒間の遅延時間を設け、課題提示順にパネルに対応する単語を口頭で8つすべて解答させた。1パネルにつき解答時間は5秒間とした。3条件を1セットとし、各条件間に1分程度の休憩をはさみながら6セット繰り返した。1セット内の条件の試行順序はランダム順とした。なお、生理応答の基準値を得るために、実験開始前に3分間の安静時間を設けた。図3に実験プロトコルを示す。

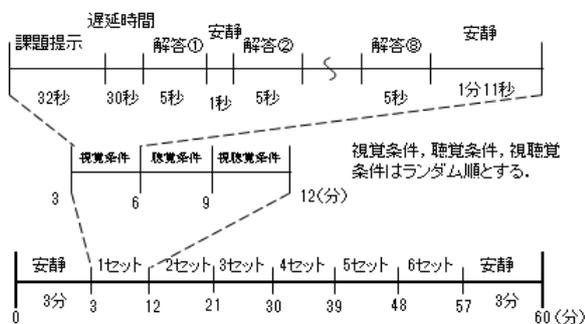


図3 実験プロトコル

2.5 測定項目と測定装置

2.5.1 正答率

各条件について、パネル毎の正答率およびセット毎の正答率を算出した。

2.5.2 脳酸素動態

前頭前野部の脳酸素動態を示す酸素化ヘモグロビン (OxyHb)、脱酸素化ヘモグロビン (deOxyHb)、総ヘモグロビン (totalHb)、組織酸素飽和度 (StO₂) は近赤外線分光法 (NIRS) により、組織血液酸素モニター (BOM-L1TRW, オメガウェーブ) を用いて測定した。測定部位は、左額部とした。サンプリングレートは、10Hzとした。

2.6 統計処理

正答率を実験参加者ごとに算出し、12人の平均値と標準偏差を求めた。各条件間の正答率の有意差を検討するために、パネル毎およびセット毎に2元配置分散分析 (ANOVA) を行った。各ANOVAの結果、有意差が示された場合には、その後の検定として多重比較を行った。

脳酸素動態の各パラメータは、実験開始30秒から2分30秒の2分間の平均値を算出し、基準値とした。各パラメータについて、基準値を減算し変化量を求めた後、各条件の6セットの平均値と標準誤差を算出した。また、正答率と同様にANOVAを行った。本研究の有意水準は5%とした。

3. 結果

3.1 正答率について

各条件における12名のパネル毎の平均値および標準偏差を図4に示す。パネル毎の正答率は、提示順に6パネル目まで低下を示した。いずれの条件も8パネル目に正答率が高くなる親近性効果が示された。親近性効果についてみると視覚条件では、6、7パネル目で最も低下し、U字型曲線を示した。聴覚条件では、視覚条件よりも早い段階で親近性効果が示された。視聴覚条件では、聴覚条件と同じ7パネル目から親近性効果が示され、8パネル目には、他の条件よりも高い平均値を示した。ANOVAの結果

果、パネル間に有意差が示された ($F=10.399$, $df=7, 77$, $P<0.01$). 条件間には、有意差が示されなかったが、条件×パネルの交互作用には、有意差が示された ($F=2.929$, $df=14, 154$, $P=0.01$). 課題提示の前半では、視覚条件は視聴覚条件より高い正答率を示した. その後の検定として多重比較を行った結果、1~3パネル目に有意差が示された. また、4~8パネル目には有意差は示されなかった.

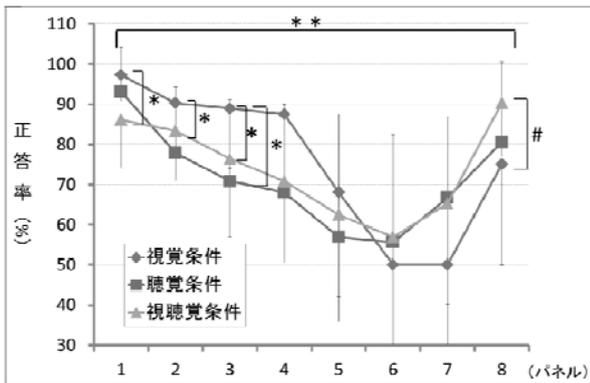


図4 パネル毎の正答率

セット毎の平均値および標準偏差を図5に示す. 各条件ともセットを重ねると正答率が少し高くなる傾向があるが、条件間およびセット間には、有意差は示されなかった.

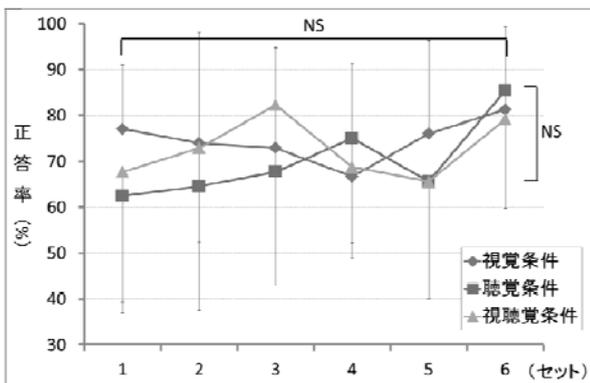


図5 セット毎の正答率

3.2 課題遂行時における脳酸素動態の変化

3.3.1 OxyHb について

OxyHb の変化量を図6に示す. OxyHb は、記憶開始前に増加し、記憶中は増加傾向を維持しているが、遅延時間に入ると減少する傾向が示された. この減少は記憶想起時に、より大きくなる傾向が見られた. しかし条件間および時間要因における有意差

は示されなかった.

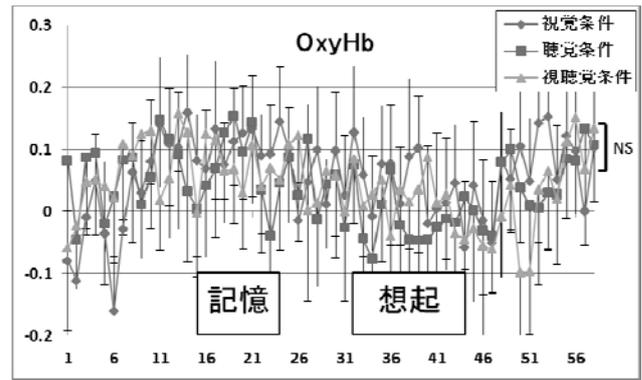


図6 OxyHb の変化量

3.3.2 deOxyHb について

deOxyHb の変化量を図7に示す. 3条件とも記憶開始前に増加し、記憶開始とともに減少し、想起時までその減少傾向が続くことが示された (時間要因: $F=2.611$, $df=57, 570$, $P<0.01$). しかし、条件間における有意差は示されなかった.

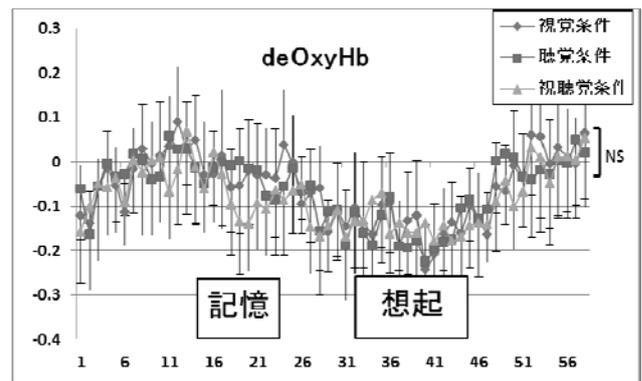


図7 deOxyHb の変化量

3.3.3 totalHb について

totalHb の変化量を図8に示す. 3条件とも記憶開始前に増加し、記憶開始とともにわずかに減少した. その後、遅延時間および想起時では、その減少傾向が大きくなることが示された (時間要因: $F=1.463$, $df=57, 570$, $P=0.018$). しかし、条件間における有意差は示されなかった.

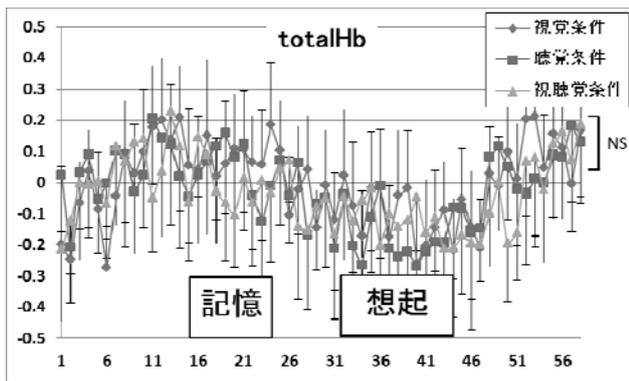


図8 totalHb の変化量

4. 考察

4.1 各条件における正答率の差

各条件において、パネル毎に正答率を算出した結果、パネル間の正答率に有意差が示され、3条件とも親近性効果がみられた。この結果は、視覚および聴覚課題において数字を用いた濱田の先行研究と同様の結果であり、意味のある文字においても親近性効果があることが明らかになった。

1～3パネル目までの記憶課題の前半では、視覚条件が視聴覚条件より正答率が高い要因として、「視覚情報を記憶しようする時に聴覚刺激が入ると記憶の邪魔になる」という感想を聴取している。この結果から、聴覚刺激が記憶の手助けにならず、むしろ外乱になっているのではないかと推察される。また、ヒトが短時間に情報を得る割合は、視覚の方が聴覚より多いため、視覚条件で正答率が高くなったのではないかと推察される。後半で、有意差が示されなかった1つの要因としては、3条件とも後半になると、記憶課題の成績が極端に低下する実験参加者と、前半と同様高い正答率を維持する参加者に分かれ、個人差が大きいため有意差が示されなかったのではないかと考えられる。

4.2 安静・記憶・想起時の脳活動

OxyHb, deOxyHb, totalHb において、記憶時よりも記憶想起時に変化量が大きい結果が示された。この結果は、左前頭前野部の脳活動が記憶時と記憶想起時では異なることを示唆していると考えられる。左前頭前野部に対する負荷は、記憶時よりも記憶想

起時の方が大きいのではないかと推察される。特に、deOxyHb, totalHb の記憶想起時の減少は、顕著であった。その減少傾向は、6パネル目で最も大きく、正答率の低下と同じような経過をたどっていることから、正答率と何らかの関連があるのかもしれないと考えられる。この点については今後、さらに検討していきたい。

5. まとめ

本研究では、意味のある文字を用いた課題の提示方法が視覚提示・聴覚提示・視聴覚提示と異なる場合の短期記憶課題の成績について検討した。その結果、3条件とも親近性効果が示された。提示条件の違いは、主に1～3パネル目、つまり課題の前半に示され、視覚提示が最も正答率が高く、視覚の優位性が示唆された。左前頭前野部の脳酸素動態は、記憶時よりも記憶想起時に変化量が大きく、記憶時と記憶想起時では、脳活動が異なることが示唆された。

参考文献

- 1) 濱田治良： 順向および逆向復唱・再生条件におけるランダム数字列に対する視覚記憶と聴覚記憶の相互作用, 基礎心理学研究, Vol.5, No.2, pp. 55-61 (1986).
- 2) 濱田治良： 記銘周期に依存する聴覚的初頭効果と視覚的初頭効果の優位, 基礎心理学研究, Vol.7, No.2, pp.85-89 (1988).
- 3) 濱田治良： 短期記憶における視覚記憶と聴覚記憶の差異, 心理学研究, Vol.61, No.1, pp. 172-179 (1990).
- 4) 濱田治良： 反復学習に見られる視覚記憶と聴覚記憶の相互作用, 心理学研究, Vol.62, pp.172-179 (1991).
- 5) 濱田治良： 視聴覚記憶における自由再生法と系列再生法の比較, 日本心理学会発表論文集, Vol.64, p.709 (2000).
- 6) 斉藤恵一, 安藤貴泰, 百瀬桂子： 機能的MRIを用いた視覚性ワーキングメモリ課題における脳活動の検討, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol.11, No.2, pp.87-91 (2009).

GS3 動作・特性 I

12 月 10 日 14:30～15:30
4 号館 1 階 4101 室

【座長】 畠中 順子（人間生活工学研究センター）

A2-1 漆塗り作業における熟練者と非熟練者の動作と視線の関係

成田智恵子, 遠藤淳司(京都工芸繊維大学), ○小林辰也(大阪産業大学), 下出祐太郎(下出蒔絵司所),
高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学)

A2-2 歩行補助車の段差乗り越え時の力学特性

○高見正利(神戸学院大学)

A2-3 食事写真を用いた栄養価推定における思考の分析

○山本知世子, 桑原教彰, 森本一成(京都工芸繊維大学大学院)

A2-4 経験年数が異なる金網細工職人の作業時における動作解析

辻 賢一, 辻 徹(金網つじ), ○和田圭介, 後藤彰彦, 高井由佳(大阪産業大学),
濱田泰以(京都工芸繊維大学)

漆塗り作業における熟練者と非熟練者の動作と視線の関係

Relationship between Motion and Line of Sight of Expert and Non-expert on Urushi Painting

成田智恵子**, 遠藤淳司**, ○小林辰也*, 下出祐太郎***, 高井由佳*, 後藤彰彦*

*大阪産業大学 **京都工芸繊維大学 ***下出蒔絵司所

NARITA Chieko**, ENDO Atsushi**, KOBAYASHI Tatsuya*,

SHIMODE Yutaro***, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*

*Osaka Sangyo University **Kyoto Institute of Technology, ***Shimode Makie-shisho

1. 緒言

京都には日本が誇る多くの伝統工芸品が終結しており、ものづくりの町として発展してきた。歴史ある伝統工芸の技術には、先人たちによるたくさんの知恵が内在している。しかし、職人の知恵や技を理解し、その基本を身に付けるだけでも 10 年の修行が必要とされている。長年に渡り受け継がれてきた職人による知恵やコツ、勘は、暗黙知という形で伝えられて来たため、その本質を理解することは容易ではない。この暗黙知を科学的解釈により形式化することは、後継者育成に役立つとともに、新たなものづくり文化の発展に繋がると考えられる。

日本を代表する伝統工芸のひとつに「漆工芸」がある。漆製品は高級感を感じさせ、古くから親しまれている。本研究では漆塗り作業における職人の動作と眼球運動に着目した。熟練者と非熟練者を対象に、視線の違いが漆塗り技術に与える影響を明らかにした。

2. 実験方法

2.1 被験者

被験者は、京蒔絵師（男性，56歳，経験年数38年）を熟練者とし、弟子（女性，26歳，経験年数2年）を非熟練者とした。

2.2 材料・道具

材料は黒呂色漆（鹿田喜造漆店）とした。

器胎には 300mm×300mm×5mm のアクリル板を用いた。漆塗りの道具には女性の毛髪を使って作られた漆刷毛（幅約 30mm）を使用した。図 1 に漆塗りで使われた道具を示す。



図 1. 漆塗りの道具

2.3 測定方法

眼球運動を解析するための実験機材には眼球運動測定装置 Talk Eye II（竹井機器工業）を用いた。サンプリング周波数は 30Hz とした。図 2 に測定風景を示す。



図 2. 眼球測定風景

2.4 測定条件

カーテンにより窓からの日光を遮断した室

内にて、蛍光灯の元で作業を行った。道具の配置、道具の使用順序、作業終了は被験者の判断によるものとした。

3. 結果および考察

3.1 瞬き

作業時間内の被験者の瞬き回数と間隔を測定した。表 1 に瞬きの回数と瞬きの間隔の平均時間を示す。人は無意識の状態では 3 秒に 1 回は瞬きをされると言われている。非熟練者の瞬きの間隔の平均時間は無意識の状態とほぼ同等であるが、熟練者の瞬きの間隔の平均時間は非熟練者の約 5 倍長いことが確認された。

図 3 に瞬きの間隔と瞬きの回数の関係を示す。非熟練者の瞬きの間隔は約 10 秒以内であった。熟練者は刷毛で漆を塗っている時には瞬きを行っていないことが明らかとなった。

表 1. 瞬きの回数と平均間隔

	熟練者	非熟練者
作業時間 (秒)	412	552
瞬きの回数 (回)	19	135
瞬きの平均間隔時間 (秒)	22.4	4.2

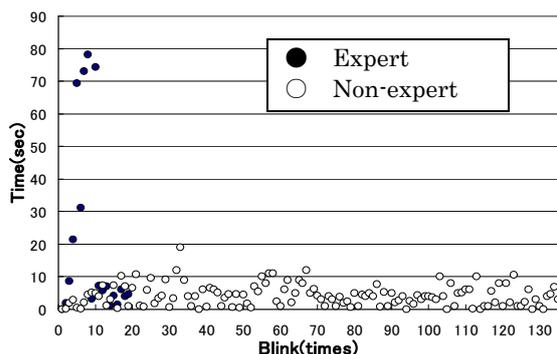


図 3. 瞬きの間隔と瞬きの回数の関係

3.2 視線の移動速度

視線の移動速度による違いを検討した。図 4 に漆の塗り広げ時の視線の移動速度分布を、図 5 に仕上げ塗り時の視線の移動速度分布を示す。塗り広げ時においては、熟練者は

4deg/sec をピークとした遅い速度で視線を移動させている。これに対し非熟練者は 6deg/sec がピークであった。8deg/sec 以上の速度においては非熟練者が熟練者よりも多くの割合を示しており、熟練者のほうがよりゆっくりと視線を動かしていることが分かる。仕上げ時においては、熟練者は塗り広げ時と同様の傾向を示した。非熟練者には速度のピークが見られず、様々な速度で視線を動かしていたことが明らかとなった。

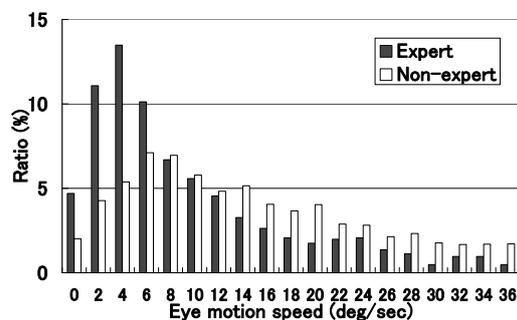


図 4. 塗り広げ時の視線の移動速度分布

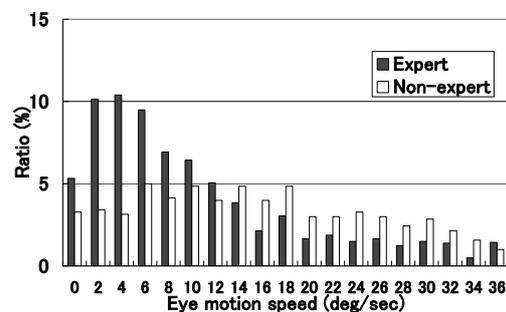


図 5. 仕上げ時の視線の移動速度分布

3.3 視線と手の動きの関係

眼球運動測定装置の視野カメラの映像より、熟練者の視線は、塗り始めにおいては刷毛先とほぼ同じ位置にあるが、塗り始め直後から塗り終わりにおいては刷毛がこれから向かう場所を先に追っていることが明らかとなった。この視線の動きは、規則的な塗りの動作の間常に繰り返されていた。非熟練者では、このような規則的な視線の動きが観察されなかった。

歩行補助車の段差乗り越え時の力学特性

Step-climbing Property of Wheeled Walkers

○高見正利

神戸学院大学 総合リハビリテーション学部
TAKAMI Masatoshi
Faculty of Rehabilitation, Kobe Gakuin University

1. 結論

シルバーカー（歩行補助車的一种）の利用増加とともに歩行中の転倒事故が増えている。シルバーカーは、ハンドルが後輪に近い位置にあるものが多く、ハンドルにもたれかかった場合や、坂道を上るときにはハンドルに加えた力が後輪軸よりも後方になる事態が生じ、後へ転倒することになる。

段差に前輪が乗り越えられなく、つまずき、前へ転倒する場合も多い。歩行中に一定速度でシルバーカーを押して段差を乗り越えることもあるが、一度、段差に当たり停止してしまうと乗り越えにくい。前輪が段差に接触した状態で強引に押すと、前方に転倒する危険が大きくなる。

平成21年の国民生活センターの報道発表資料¹⁾によれば2004年度以降5年間に歩行補助車は34万台以上出荷されている。その間、事故事例は30件寄せられ、その90%に当たる27件がバランスを崩すなど転倒して怪我をした事故である。この歩行補助車のほとんどは、シルバーカーと呼ばれるものである。

シルバーカーは主として歩行や品物の運搬および休息に用いる四輪のもので、ハンドル、フレーム、ストップパ等で構成されており、多くは、利用者を含めた重心が支持基底面外にある。対象は主に自立歩行が可能な高齢者であるが、運動機能が低下している上に、ハンドルに体重を預ける姿勢で移動するとバランスを崩しやすい。わずかな段差や点字ブロックと呼ばれる障害者のための誘導・警告ブロックで、つまづいたり、シルバーカーごと転倒することさえもある。段差を乗り越えられないときは、前のめりになる傾向がある(図1)。荷物を運んでいるときは前輪の乗り越え性がさらに悪くなる。

歩行補助車にはそのほか、歩行困難な人の歩行を補うための歩行車がある。これは安定した構造であり、良い歩行姿勢が取れるようにハンドルが使用者の側方かつ四輪の内側にある。

歩行補助車の適切な選択を促すことが必要であるが、段差越えが難しく不安定な要素が多いシルバーカーも、利便性を維持しながら安定性を高める設計が求められる。しかし、歩行補助車の段差越え時の転倒に関する力学的分析についての報告は見当たらず、車体に作用する力の分析や計測の報告さえも少ない^{2,3)}。

本報告では、安全な歩行補助車の開発に貢献するために、車体構造と段差高さ間の力学的関係を解析し、段差乗り越えの条件を見つけることを目的とする。

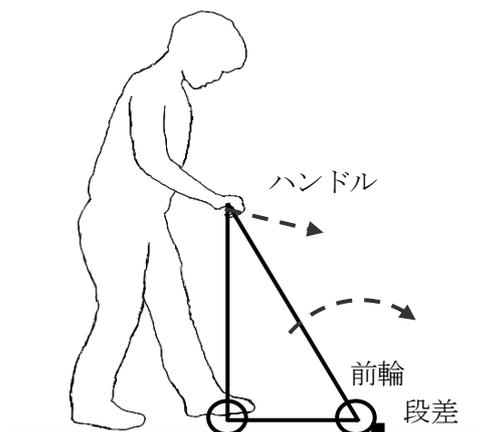


図1 シルバーカーを用いた歩行

2. 方法

力学モデルを設定し、これに市販されている歩行補助車の車体データを使用して、段差乗り越えに必要な力の数値シミュレーションを行う。続いて、その妥当性を確認するために実験を行う。

2.1 力学モデル

前の左右2輪が均等に段差へ接触すると仮定すると、それぞれの車輪には1/2の力が伝わるが、乗り越える際の負荷も1/2になるために片輪だけを考察する。

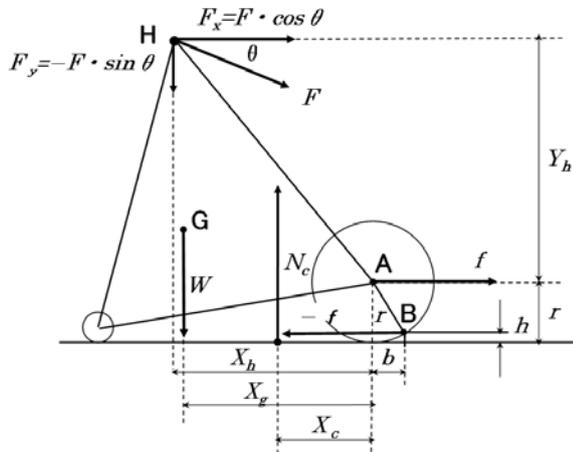


図2 歩行補助車の構成と各部に作用する力

図2にシルバーカーの構成と各部に作用する力を示す。ここで、前輪軸Aを座標原点として、進行および鉛直方向座標を各々X、Yとする。前輪の半径をr、段差の高さをh、重心GのX座標を X_g 、ハンドル位置を X_h 、車重をW、ハンドル操作力をF、その方向を θ 、各鉛直力の合力を N_c 、圧力中心を X_c とする。また、前輪が段差の角Bから受ける力をFとする。

タイヤと床との摩擦力は無視できるとすると、ハンドル操作力Fの進行方向成分はfと釣りあうので、

$$F \cdot \cos \theta - f = 0 \quad (1)$$

ここで、 N_c を合力に対する床反力、 X_c をその圧力中心とすると、

$$-F \cdot \sin \theta + N_c - W = 0 \quad (2)$$

となる。また、モーメントの釣り合いから、車体全体の前輪軸回りのモーメントは、

$$-F \cdot \sin \theta \cdot X_h + F \cdot \cos \theta \cdot Y_h - W \cdot X_g + N_c \cdot X_c = 0 \quad (3)$$

となる。③と②により、

$$X_c = \frac{(F \cdot \sin \theta \cdot X_h - F \cdot \cos \theta \cdot Y_h + W \cdot X_g)}{(W + F \cdot \sin \theta)} \quad (4)$$

$X_c > 0$ であれば転倒しない。すなわち

$$F \cdot \cos \theta < (F \cdot \sin \theta \cdot X_h + W \cdot X_g) / Y_h \quad (5)$$

では転倒しない。さらに、 $F \cdot \cos \theta$ が、前輪の段

差乗り越えに必要な力以上であれば、転倒しないで段差を乗り越えることができる。ただし、前輪が持ち上がった瞬間からは、回転中心は前輪車軸の位置から段差の角の位置に移動するので、重心Gやハンドルでのモーメントアーム水平成分はそれぞれ X_g 、 X_h から、 $X_h + b$ 、 $X_g + b$ となる。

前輪が段差を乗り越えるのに必要な力を求める。段差の角を回転中心としたモーメントの釣り合いの式は、次のようになる。

$$-N_c \cdot (X_c + b) + f \cdot (r - h) = 0 \quad (6)$$

$$\text{ただし } b = \sqrt{r^2 - (r - h)^2} \\ N_c = (W + F \cdot \sin \theta)$$

であるので、乗り越えに必要な力fは⑥から、

$$f = N_c \cdot (X_c + b) / (r - h) = \\ (W + F \cdot \sin \theta) \cdot (X_c + \sqrt{r^2 - (r - h)^2}) / (r - h) \quad (7)$$

となる。整理すると、安全に乗り越えるには

1) 転倒しないために、⑤式を満たし、

2) 段差を乗り越えるために、 $F \cdot \cos \theta$ が⑦式以上の値で操作する必要がある、ということが言える。(車体全体が前輪軸を中心に回転して転倒する瞬間は、 $X_c = 0$ である。)

2.2 対象とする歩行補助車

a. シルバーカー

市販品の一般的なタイプのものであり、重量(W)が4.8kg、幅400mm、奥行540mm、ハンドル高さ($Y_h + r$:最大)910mm、タイヤ半径(r)62.5mm、重心位置(X_g)230mm、ハンドル位置(X_h)360mmである。

b. 歩行車

重量(W)は7.8kgであり、幅600mm、奥行590mm、ハンドル高さ($Y_h + r$:最大)790mm、タイヤ半径(r)100mm、重心位置(X_g)230mm、ハンドル位置(X_h)330mmである。

2.3 計算方法

転倒への影響が大きいハンドルの高さや車輪の径に対する、段差乗り越えに必要な操作力を推定する。

コンピュータプログラムには「Ultra BASIC Ver.3 (株式会社ラネクシー)」を使用した。

2.4 実験方法

床反力計 (竹井機器工業 TKK1273a) の上に、高さ 5mm、幅 15mm、長さ 600mm の木材の角棒を貼り付けて、これを段差とする。シルバーカーを床反力計に乗せ、一度、前輪をこの段差に接触させた後、乗り越える瞬間の床反力を計測する。

ハンドルに直接手をかけて押すと、身長や上肢の関節角度など操作者の姿勢の状態が操作力発揮に制限を与え、段差乗り越え力の検出にも影響を与える可能性がある。これを考慮し、太さ 3mm の綿ロープをハンドルに掛けて、前方下方から牽引する。

シルバーカーの転倒を避けながらロープを引く方向を変えつつ力を漸増させ、前輪が段差を乗り越えるまでを PowerLab 16/30 (ADInstruments 社) にてサンプリング速度 100hz で記録した床反力信号のピーク値を検出し、乗り越え力とする。

3. 結果

ハンドル高さを変化させ、転倒しないまま乗り越えるのに必要な操作力の推定値を図 3 に示す。横軸は操作力の前後成分 F_x 、縦軸は鉛直成分 F_y である。

ハンドルを作用点として操作力の大きさと方向が直感的に理解できるように表現した。左上の座標原点 (0, 0) はハンドル位置に重ねると、矢印はハンドルに作用した操作力の大きさと方向を意味する。操作力の矢先が、影の領域に入れば転倒しないで乗り越えることができるが、大きすぎると転倒し、小さいと乗り越えない。原点から、この領域左上の頂点までのベクトルが、乗り越えに最小操作力の最小値とその方向である。

図 4 は実測値であり、ハンドルの高さを変えて、段差乗り越えに必要な操作力の最小値を示したものである。

図 5 は、段差乗り越えに必要な車輪径と操作力との関係を示している。車輪径を大きくするほど段差乗り越え力は減少している。

図 6 は、歩行車についての、ハンドル高さと段差乗り

越え力との関係を示している。

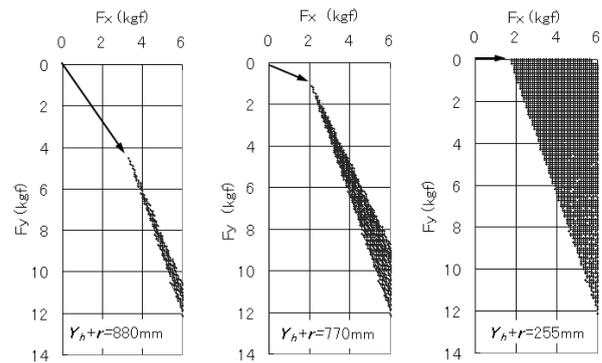


図 3 シルバーカーのハンドル高さで段差乗り越え力 (推定値) 操作力の作用点の高さ (Y_h+r) は左から 880mm、770mm、255mm、段差高は 5mm。

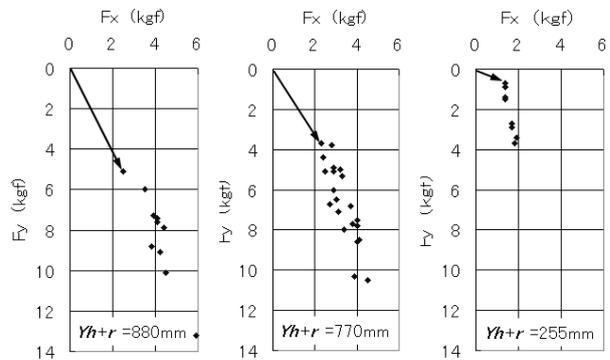


図 4 ハンドル高さで段差乗り越え力 (実測値) ハンドル操作力の作用点の高さ (Y_h+r) は左から、880mm、770mm、255mm、段差高は 5mm。

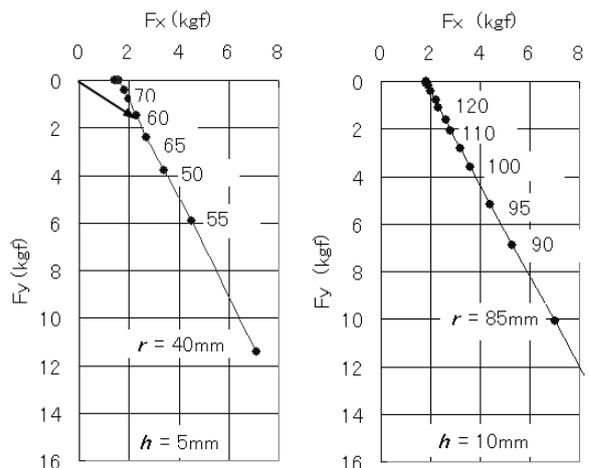


図 5 段差乗り越えに必要な車輪径と操作力 (シルバーカー、推定値) 操作力の作用点の高さ (Y_h+r) は 770mm、段差の高さ (h) は左図が 5mm、右図は 10mm。

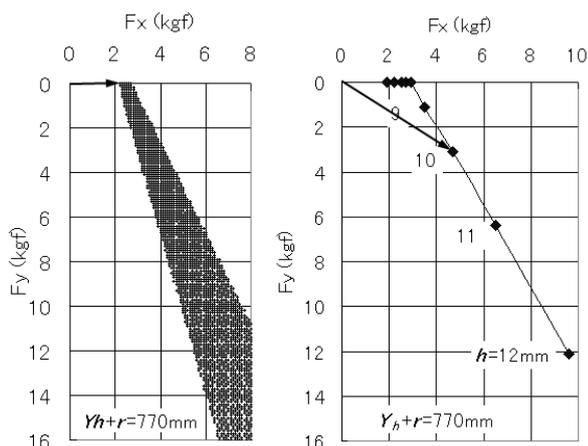


図6 歩行車のハンドル高さと同差乗り越え力(推定値) 操作力の作用点の高さ (Y_h+r) は 770mm。左図は高さ 5mm の同差乗り越えに必要な操作力の範囲、右図は同差の各高さに対する乗り越えに必要な操作力最小値。

4. 考察

ハンドルを押す力により、車体の前輪軸回りのモーメントと前輪の同差角回りのモーメントが発生する。前者が重力による車体の前輪軸回りのモーメントよりも少なく、かつ、後者が重力による前輪の同差角回りのモーメントよりも大きい場合、転倒しないで同差を乗り越えることができる。この力学条件を満たす操作力 F_x 、 F_y を計算した。

図3からは、ハンドル位置が低いと操作力も少なく主に前方に押すだけですむが、高くなるほど下に押し付ける力が必要となり、力も大きくなることわかる。シルバーカーは 5mm 高の同差でも、ハンドル位置が 770mm では約 2kgf の力を、主に前方へ、押すだけですむが、880mm と高くすると前方に回転しやすくなるので、それを防ぐために押し下げる力がより必要となる。その結果 5kgf に増えたと考える。一方、操作力の作用点を下げて 255mm の位置で車体を押した場合、乗り越えに必要な力は減少し、ほぼ水平の力 F_x で乗り越えることができた。

図4は、ハンドルの高さに対する操作力の実測値であり、これは推定値と同様の傾向を示している。乗り越えに必要な最小値と比較すると、実測値は推定値よりも鉛直成分が大きい。転倒の危険を意識するために下に押しつける傾向になると考えられる。図3と図4を対

比すると推定値が実験結果とよく合っており、この力学モデルの妥当性が認められた。

つぎに車輪タイヤ径が与える影響を、このモデルに基づき検討する。図5からは、車輪径を大きくするほど、操作力は減少していることから、同差乗り越えが容易になることがわかる。同差 10mm の場合、現行の 62.5mm の車輪径ではハンドルへの操作力だけでは乗り越えられないが、100mm 位に大きくすれば、容易に乗り越えられると考える。

図6から、同差乗り越えに必要な操作力の発揮の仕方は、シルバーカーに較べて歩行車の方が自由度があり、高さ 5mm 位ならば水平に押すだけで乗り越えられる。また、シルバーカーでは深野であった高さ 10mm 以上の同差も乗り越えられることがわかる。これは図5に見られるように、シルバーカーの前輪の半径を 100mm と、歩行車と同じにすると、同差乗り越えの操作力は近似することから、同差乗り越えには前輪の径が大きく影響していることが言える。

5. 結論

歩行補助車の転倒防止の条件を見いだすために、同差乗り越え時力学特性を検討した。力学モデルを設定しシミュレーションを行ったところ、その結果は実測値とよく一致しており、この力学モデルの妥当性が確認できた。さらに、このモデルから、安全に同差を乗り越えるための設計指針を得ることができた。

歩行中、一定速度を持つ状態での同差乗り越えに関する力学的分析は今後の課題として残した。

参考文献

- 1) 独立行政法人国民生活センター：歩行補助車(シルバーカー)の安全性、報道発表資料, pp.1-17 (2009).
- 2) 高野倉雅人：定常歩行時に歩行補助車へ作用する力の分析, 人間工学, Vol. 42, No.1, pp.22-30 (2006).
- 3) 堀内邦雄、青木和夫：シルバーカーを押す力の測定, 人間工学, Vol. 39, No.1, pp.38-41 (2003).

食事写真を用いた栄養価推定における思考の分析

Study on Thinking in Estimation of Nutritional Value Using Food Pictures

○山本知世子, 桑原教彰, 森本一成

京都工芸繊維大学大学院

YAMAMOTO Chiyoko, KUWAHARA Noriaki, MORIMORO Kazunari
Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

1. 背景と目的

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上で重要である。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。

調査対象者の日常的な食事内容を把握する食事調査法の中に、食事写真を用いた方法がある¹⁾。調査対象者は食事前の料理と食後の残食を撮影し、その写真を調査者である管理栄養士に送付して、管理栄養士が食事写真から食品名と食品重量を推定し、栄養価を算出する。筆者らはこの食事写真から栄養価を推定する手法の自動化を目指している。昨年度は管理栄養士が食事写真から栄養価を推定する際に、栄養価推定精度を低下させる原因を調べ、被験者ごとに推定手法が異なることが分かった²⁾。

本研究では自動化に必要な開発要素を知るために、調査者である管理栄養士の思考分析を行った。この思考分析から管理栄養士の思考プロセスを明確にすると共に、食事写真を用いた食事調査法の作業工程を検討した。

2. 実験方法と条件

2-1. 実験方法

管理栄養士9名(男性2名, 女性7名)に食事写真を見せて、できるかぎり正確に食品名と食品重量の推定を行わせた。その際、食品名や食品重量の一例を記載した資料^{3)~6)}を自由に使用できることとした。

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としてチャーハンとチンジャオロースとした⁷⁾。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、

そして斜めの3方向から撮影した(図1)。



図1 使用写真(左が上から、中央が斜めから、右が横から)

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う管理栄養士の発話データをプロトコルデータとして記録した。そのデータを基に思考内容と行動を分析し、管理栄養士が食事写真を見て栄養価を算出する際の作業工程と各作業工程に至るまでの思考プロセスを明らかにした。そして、自動化しやすい作業工程について考察した。

3. 実験結果と考察

3-1. 作業工程と思考プロセス

推定を行いにくい場合、料理名の同定、全体重量の推定、食品の同定、食品重量の推定、調味料の同定、調味料重量の推定、食品コード付の大きく7つの作業工程を経て、管理栄養士は栄養価を算出することが分かった。

料理名の同定を行う際の思考プロセスは被験者全員同じで、食事写真を確認し、経験則から料理名を同定した。しかし、経験則が何に起因しているのかは今回のプロトコルデータからは分析できなかった。

次に、全体重量の推定を行った被験者は9名中2名であった。1人は食事写真を確認し、スケールの大きさを確認した後、実物大の食品写真が掲載された資料と食事写真の料理の大きさを比較することに

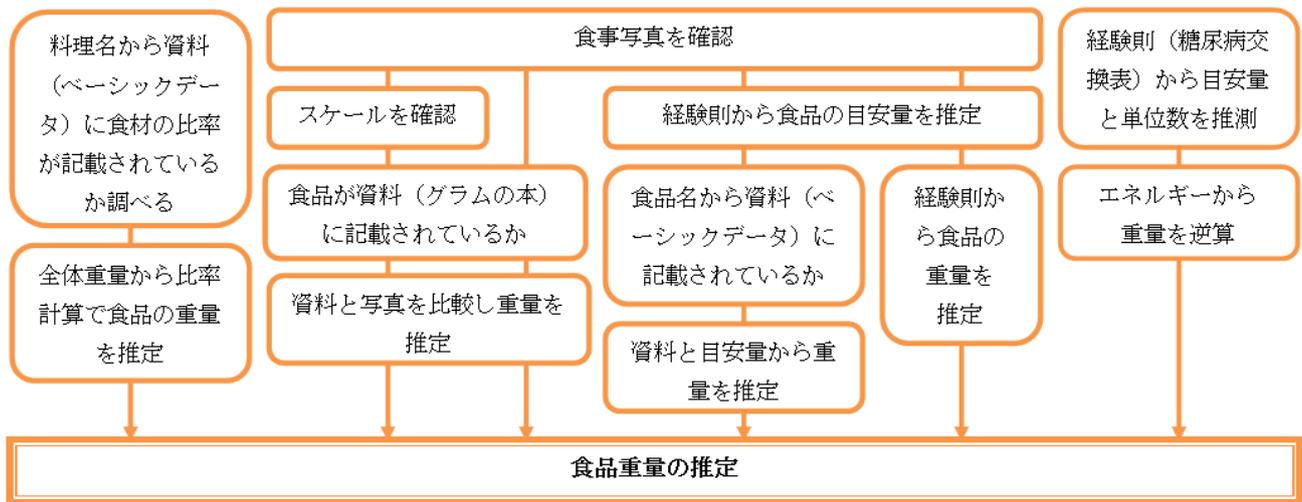


図2 食品重量の推定を行う際の思考プロセス（チャーハン）

より全体重量を推定した。もう一人はスケールを基に料理の直径と高さを推定してから、資料を基に全体重量を推定した。また、全体重量の推定は行わず、全体重量をイメージしてから食品重量の推定を行った被験者もいた。

次に、食品の同定を行う際の思考プロセスは料理ごとに異なっていた。チンジャオロースの食品の同定を行う際、料理名から経験則により食品名を推測し、食事写真にその推測した食品があるかどうか確認した。チャーハンの場合料理名から経験則により食品名を推測できる場合は、食事写真にその推測した食品が写っているか確認し、食品の同定を行った。逆に推測できなかった場合は、写真から得られる情報を考慮して食品の同定を行った。この時の写真の情報とは主に色情報であり、9名中5名は色情報について発話した。これより、料理名から経験則で食品名が推測できない場合は、食事写真の色情報に起因して食品の同定を行っていることが分かった。

次に、食品重量の推定を行う際の料理ごとの思考プロセスを図2と図3にまとめた。全ての被験者が料理ごと又は食品ごとに思考プロセスが異なっていた。資料に記載されている食材ごとの比率を参考に全体重量から比率計算で食品重量の推定を行う場合、全体重量が誤っていると食品重量も誤ることから、食品重量の推定において全体重量の推定は重要な要素であることが分かる。また、食事写真を確認し、写

真の情報と資料や経験則を基に食品重量の推定を行っていた。この時の写真情報は食品の大きさと料理全体の中にその食材がどの程度入っているかという比率であった。

調味料の同定を行う際、料理ごとの調味料が記載されている資料に推定した料理名が載っているか調べ、記載されている場合はそれを基に調味料の同定を行い、逆に記載されていない場合は料理名から経験則で調味料を推定している者と、料理名と写真の情報を考慮して調味料を推定している者がいた。この時の写真の情報も9名中6名が色情報を考慮し、チャーハンの濃口醤油の同定を行った。また、9名中3名は写真のテキストチャーからチンジャオロースの片栗粉の同定を行っていた。

次に、調味料重量の推定を行う際には、料理ごとの調味料重量の比率が記載されている資料に推定した料理名が載っているか調べ、それが記載されている場合は全体重量から比率で調味料重量を推定した。一方、記載されていない場合は経験則で調味料の目安量を推測し、調味料重量の推定を行っていた。資料を参考に調味料重量の推定を行う場合は全体重量から比率計算するため、調味料重量の推定でも全体重量の推定が重要な作業工程であることが分かる。

最後に、食品コード付を行う際は食品の同定を行った食品名が食品成分表で食品コード付ができる場合に、食品名から食品成分表で食品コードを調べて

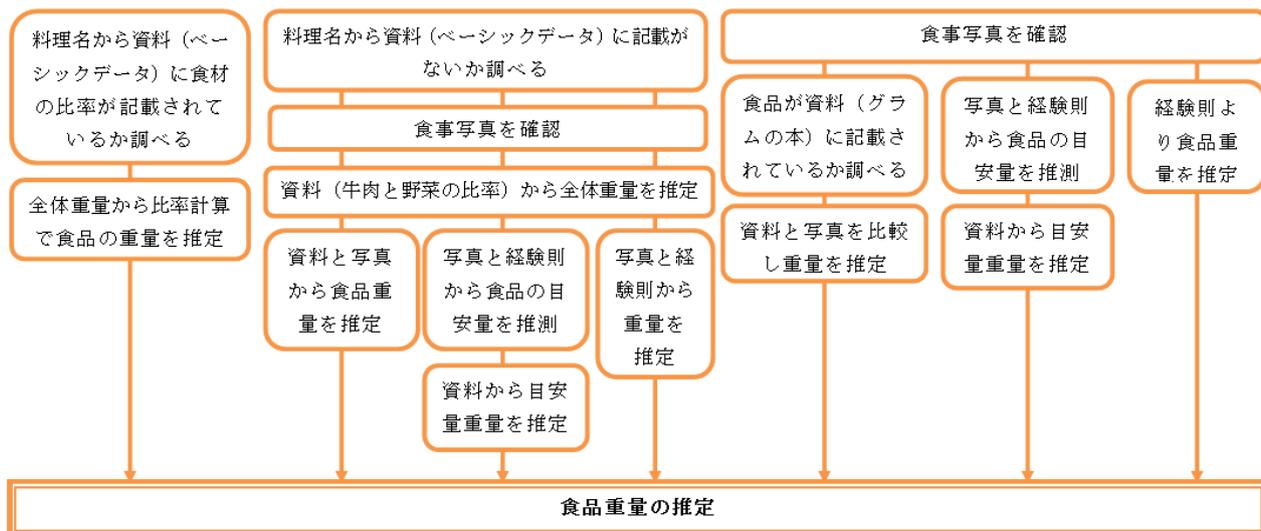


図3 食品重量の推定を行う際の思考プロセス (チンジャオロース)

食品コードを割り付けるというものであった。一方、食品コード付ができない場合、たとえば、食品の同定で牛肉と同定した場合の食品成分表には牛肉だけで108種類の食品コードが存在する。その108種類の牛肉の中から1種類の食品コードを選ばなければならない。これが食品の同定を行った食品名が食品成分表で食品コード付できない場合である。この場合は食品の写真が掲載された資料で食品を調べ、食事写真と資料の写真を比較する。その時、食品コード付できない場合は、国民健康・栄養調査で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間違いが少なく、頻繁に使用される食品に※印を付けているので、この※印を参考に食品コード付を行っていた。

3-2. 自動化しやすい作業工程

管理栄養士が食事写真から栄養価を推定する際の7つの作業工程についての関連を図4に示す。

まず、料理名の推定を行い、その料理名を基に食品の同定と調味料の同定が行われる。また、資料を基に食品重量の推定、調味料重量の推定を行う際にも料理名は必要である。これから、料理名の同定は各作業工程を行う上で重要なことが分かる。しかし、料理名の同定に関しては、被験者の経験則がどのようなパラメータに起因しているのかが今回の実験からは明確にすることができなかった。

次に、全体重量の推定を基に食品重量の推定と調味料重量の推定が行われた。全体重量の推定はスケールの大きさを確認し、スケールの大きさから実物大の食品写真が掲載された資料と食事写真を比較していた。この資料をデータベース化し、スケールの大きさから食事写真と資料の縮尺を自動的に測定することにより自動化は可能であると考えられる。

次に、食品の同定と調味料の同定については料理名の同定を行えばでき、料理名ごとの食品名と調味料が記載されている資料をデータベース化することで自動化は可能である。しかし、この手法だと資料に記載がない食品や調味料については対応できない。これから、食品の同定、調味料の同定を行う際に写真の情報を考慮していることは分かったが、色情報、テクスチャー情報以外に何の情報に起因しているのか不明のままである。今後この分析も必要であると考えられる。

食品重量の推定と調味料重量の推定については、料理名ごとの食品名と調味料の比率が記載されている資料を参考に全体重量から比率計算で推定していたので、この資料をデータベース化することにより自動化は可能であると考えられる。また、食事写真を確認し、写真の情報と資料や経験則を基に推定することも行っていた。この時の写真情報というのは食品の大きさから料理全体の中にその食

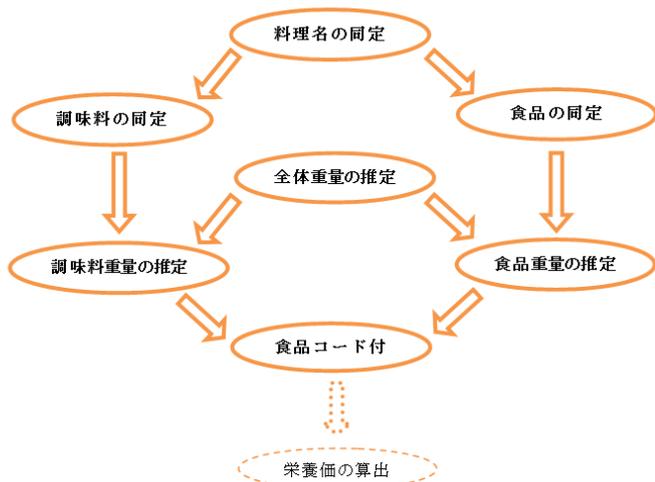


図3 思考分析から明らかになった7つの作業工程の関連

材がどの程度入っているか（比率）であった。つまり、上からの写真から食品の面積，横からの写真から高さを求めることで，食品の体積を求めることができれば，食品の体積に食品の比重をかけることで食品の重量を算出することができる。しかし，今回の画像では個々の食品の高さ情報が取得に対応できないため，この点を改良する必要がある。

最後に，食品コード付は食品成分表をデータベース化することで自動化が可能であるが，それができない場合は国民健康・栄養調査で利用されている※印をデータベース化することにより自動化は可能であると考える。

4. まとめと今後の課題

本研究では管理栄養士が食事写真から栄養価を推定する際の思考分析を行い作業工程と思考プロセスの一部を明らかにした。栄養価を推定しにくい献立の場合，管理栄養士は料理名の同定，全体重量の推定，食品の同定，食品重量の推定，調味料の同定，調味料重

量の推定，食品コード付の大きく7つの作業工程を経て，栄養価を算出することが分かった。そして，全体重量の推定，食品重量の推定，調味料重量の推定，および食品コード付に関しては，自動化しやすい工程であることが分かった。

料理名の同定は食品の同定と調味料の同定，食品重量の推定，調味料重量の推定を行う際に必要な作業工程であることを示した。しかし，料理名の同定において，被験者の経験則がどのようなパラメータに起因しているのかを今回の実験からは明確にすることはできなかった。また，食品の同定と調味料の同定に関しても，写真から得られるどの情報を利用しているかの分析が必要である。

参考文献

- 1) 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，日公衛誌，Vol.42,pp.992-998(1995)
- 2) 山本知世子 他：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，人間工学会関西支部大会講演論文集，pp. 201-204 (2010)
- 3) 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)
- 4) 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)
- 5) 「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，女子栄養大学出版社 (1999)
- 6) 香川芳子 監修：五訂増補食品成分表<2010>，女子栄養大学出版社 (2010)
- 7) 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，日公衛誌，Vol.49，pp.749-758 (2002)

経験年数が異なる金網細工職人の作業時における動作解析 Motion Analysis of Wire net Craftworker with Different Years of Experience

辻賢一*、辻徹*、○和田圭介**、後藤彰彦**、高井由佳**、濱田泰以***

*金網つじ **大阪産業大学工学部 ***京都工芸繊維大学

TSUJI Kenichi*, TSUJI Toru*, WADA Keisuke**, GOTO Akihiko**, TAKAI Yuka**,
HAMADA Hiroyuki***

*Kanaami TSUJI, **Faculty of Engineering, Osaka Sangyo University,

***Kyoto Institute of Technology

1. 結論

金網は古くからお寺のハト避けや香炉火屋に用いられるなど身近な製品として存在してきた。また、京都の伝統工芸品のひとつでもある金網は、豆腐すくいをはじめ餅焼き網、火取り籠などの工芸品としても残っている。それらの金網細工は職人によりひとつひとつ手作業で作製されている。図1に豆腐すくいを示す。

職人には高品質な金網の作製が求められるため、再現性の高い手指制御が要求される。そのため、手作業による金網細工には熟練した匠の技が必要とされる。そこで本研究では経験年数が異なる金網細工職人の作業時の動作解析と完成した製品の仕上がりが度合いを評価した。さらに同じ作業を連続して行ったときの身体の疲労状態について検討を行った。



図1 豆腐すくい

2. 方法

2.1 被験者

被験者は、職歴44年、63歳男性を熟練者とし、職歴8年、29歳の男性を非熟練者とした。

2.2 実験方法

図2に豆腐すくいの外観を示す。金網の写真の右上の1を起点としねじっていく。それぞれのねじり始めは数字の直下であり、右斜め下にねじり進める。

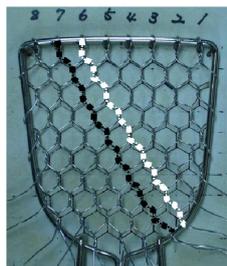


図2 豆腐すくい外観

2.3 測定条件

各被験者は豆腐すくいを5本ずつ作製した。被験者にはできる限り日常に近い状況で作業ができるように、通常の作業場と同様の作業環境を実験室に再現し集中できるように努めた。また、測定条件以外の教示は行わず被験者のペースで作業ができるように配慮した。図3に測定風景を示す。

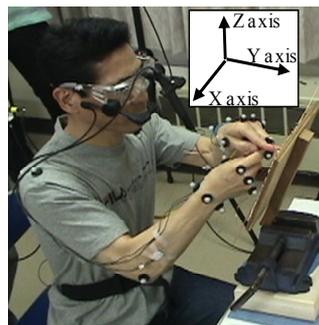


図3 測定風景

2.4 動作解析方法

動作解析には3次元動作解析装置(MAC 3D SYSTEM, Motion Analysis社製)と6台の赤外線カメラ(hawk-I, Motion Analysis社製)を用いた。サンプリング周波数は100Hzとした。また、被験者には赤外線マーカーを合計21カ所に貼り付けた。図3にマーカーを貼り付けた位置を示す。

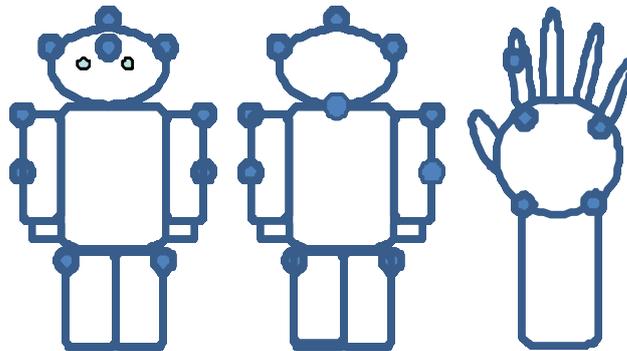


図4 マーカー貼り付け位置

3. 結果および考察

右肘の屈曲角度に着目し、熟練者と非熟練者の違いを比較した。豆腐すくいの作製の中でも、ここでは6, 7列目に着目した。図2の白色の波線は6列目を、黒色の波線は7列目を示す。

図5に豆腐すくいの作製一回目の屈曲角度と作業時間の関係を示す。熟練者は6列目および7列目では約60°から70°で作業をしている。非熟練者は約50°から70°で作業していた。これより非熟練者は熟練者と比較し右肘の屈曲角度の振れ幅が約10°大きいことがわかる。図6に豆腐すくいの作製五回目の右肘の屈曲角度と作業時間の関係を示す。熟練者は一回目と同様に6列目および7列目は約60°から70°で作業をしていた。非熟練者は一回目より大きく屈曲角度が変化している箇所が増加した。熟練者の屈曲角度は、一回目、五回目ともに6, 7列目で約10°の範囲で変化していた。

非熟練者の屈曲角度は一回目から大きく変化している箇所が見られた。

図7および図8に一回目および五回目の6, 7列目の平均屈曲角度を示す。熟練者は6列目および7列目ともに一回目より五回目において約1°大きくなっているのに対して、非熟練者は6列目および7列目ともに一回目より五回目において屈曲角度が約2°小さくなる傾向を示した。

4. まとめ

熟練者の右肘の屈曲角度は約10°の範囲で変化していた。一方、非熟練者ではその二倍の約20°の範囲で変化していた。さらに熟練者は6列目、7列目とも一回目より五回目において右肘の平均屈曲角度が約1°大きくなり、非熟練者は約2°小さくなることが明らかとなった。

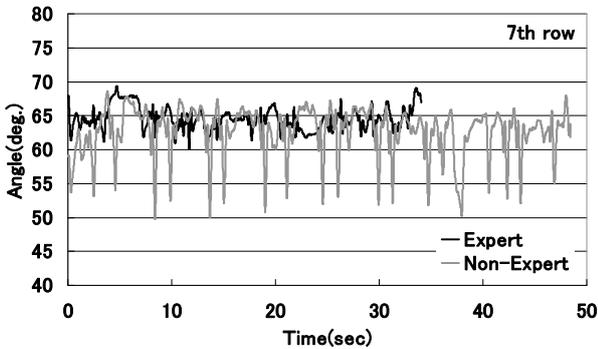
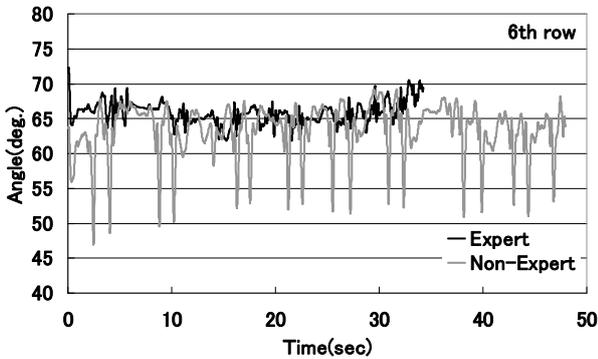


図5 一回目の右肘の屈曲角度と作業時間の関係

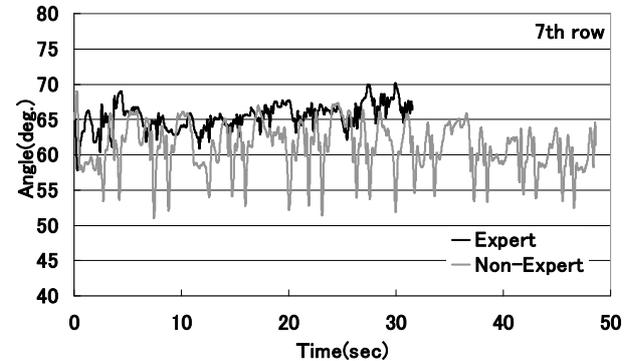
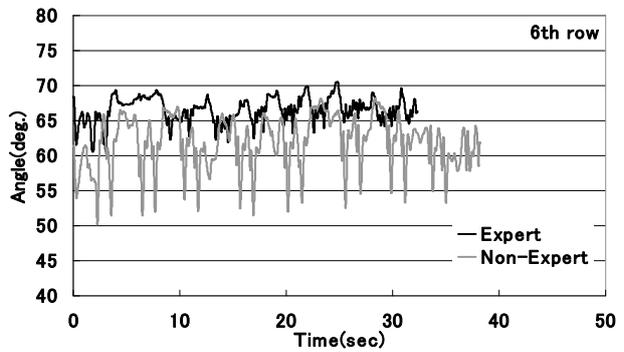


図6 五回目の右肘の屈曲角度と作業時間の関係

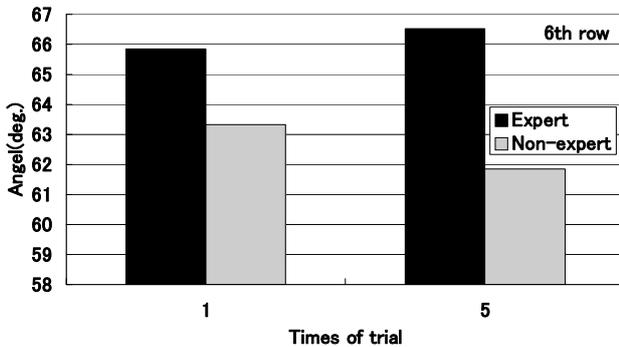


図7 6列目の平均屈曲角度

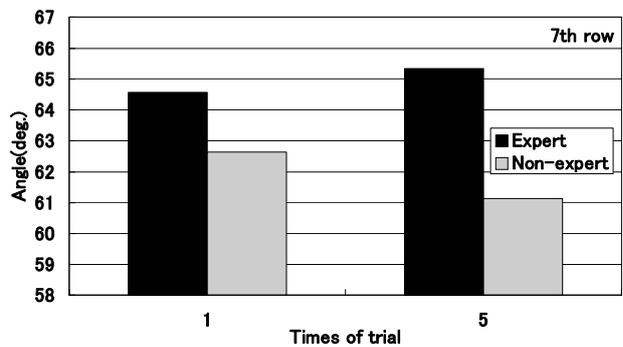


図8 7列目の平均屈曲角度

GS4 教育・学習

12 月 10 日 14:30～15:30
4 号館 1 階 4102 室

【座長】 中川 誠司（産業技術総合研究所）

B1-1 刺激-反応課題における学習規則が課題方略に及ぼす影響

○田中観自（東京大学/日本学術振興会），渡邊克巳（東京大学/科学技術振興機構）

B1-2 100m走における筋電図を用いたフォームトレーニング

○佐野川谷陽介（摂南大学大学院），橋本正治（摂南大学）

B1-3 海上交通における衝突回避判断教育プログラムの試行とその効果

瀧 真輝（神戸大学大学院），○草加大司郎（神戸大学），藤本昌志（神戸大学大学院），臼井伸之介（大阪大学大学院），広野康平（神戸大学大学院），持田高德（東京海洋大学）

刺激-反応課題における学習規則が課題方略に及ぼす影響

Influences of task strategy brought by learning rules in stimulus-response task

○田中観自^{*},^{**}, 渡邊克巳^{*},^{***}

^{*}東京大学先端科学技術研究センター ^{**}日本学術振興会 ^{***}科学技術振興機構

TANAKA Kanji^{*},^{**}, WATANABE Katsumi^{*},^{***}

^{*}Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

^{**}Japan Society for the Promotion of Science

^{***}Japan Science and Technology Agency

1. はじめに

人がどのように新しい環境に適応し、行動を学習していくのかを調べることは、人間工学における重要なトピックである。代表的な手法として、あるカテゴリルールによってマッピングされている刺激と反応の組み合わせを学習した後、カテゴリ間の規則を変化させることによって、人がどのように適応（学習が転移）するのかを検討する手法がある。具体的には、学習したカテゴリルールを、全部反転および一部反転させると成績が低下するが、カテゴリを一部反転させた場合は、全体を反転させた場合よりも、課題が難しくなることが明らかとなっている[1]。これは、刺激とカテゴリに関する表象を修正する際、全体反転の方が簡単であるためと言われているが、このカテゴリ間の規則を変化させたときの方略プロセスを、実証的に調べた研究は見あたらない。そこで本研究では、この刺激-反応学習のカテゴリ転移における一部反転と全体反転の違いに注目し、カテゴリ学習時にどのような方略で学習し表象を作っているのかについて、転移課題時に生じる干渉を解析することにより検討した。

2. 方法

2.1. 参加者

日本人 73 名(男性 47 名, 女性 26 名, 平均年齢:22.1 歳, 標準偏差 : 4.26) が参加し、学習課題遂行時に 3 つのグループ(同順群、全体反転群、一部反転群)に振り分けられた。

2.2. 学習課題

参加者は、まず初めに数字を用いた課題を行い、次にアルファベット文字を用いた課題を行った。数字を用いた課題では、1,2,3 の 3 つの数字からランダムに 2 つ選択され、モニターに 2 桁の数字として表示された。参加者は、表示された数字に対して下記の 2 つの規則を用いて回答した。

1. 表示された数字が同じであるならば、その数字と同じ数字を回答する。(例) 表示数字 = 22 , 回答数字 = 2
2. 表示された 2 桁の数字が異なる場合、表示されていない残りの数字を回答する。(例) 表示数字 = 21, 回答数字 = 3

課題は、1 セットにつき 5 回連続で行われ(図 1 (a))、合計 40 セット、つまり 200 試行を行った。

次の学習課題では、数字 (1,2,3) がアルファベット文字 (A,B,C) に変更され、課題規則の中の「数字」が「アルファベット」に変更されたが、他の課題規則および試行数は同じであった。アルファベット文字を用いた課題では、振り分けられた 3 群(同順群、全体反転群、一部反転群)によって反応ボタンの位置が異なった(図 1 (d))。同順群は、数字学習時の (1,2,3) に対して、(A,B,C) と同順に対応していたのに対して、全体反転群は C と A が入れ替えられており、また一部反転群では、B と A が入れ替えられていた。

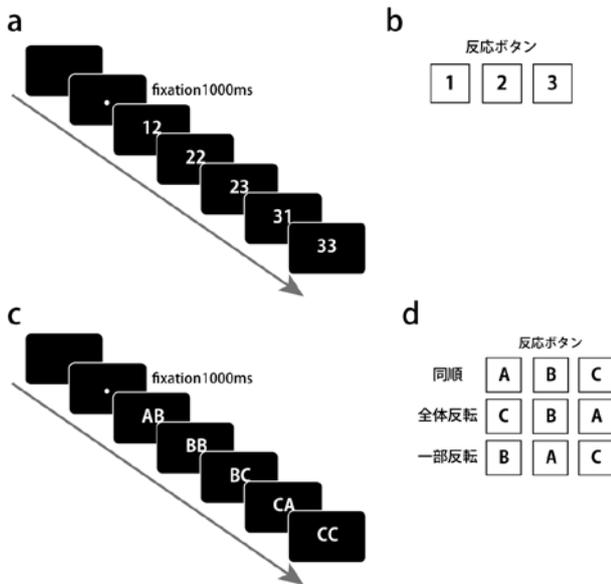


図 1. 学習課題の流れおよび課題時における反応ボタン. (a) 数字学習課題時の実験の流れ. (b) 数字学習課題における反応ボタン. (c) 文字学習課題時の実験の流れ. (d) 文字学習時における反応ボタン(同順群、全体反転群、一部反転群)

2.3. 転移課題

学習課題終了後に転移課題を行った. 転移課題では、学習課題時の 2 つの課題が混合された状態でランダムに出現する(図 2.(a)). 参加者は、表示された数字および文字に対して、学習課題時に学習した規則を用いて回答を行った. なお、数字と文字が同時に出現することはない、また振り分けられた群が変更されることもなかった.

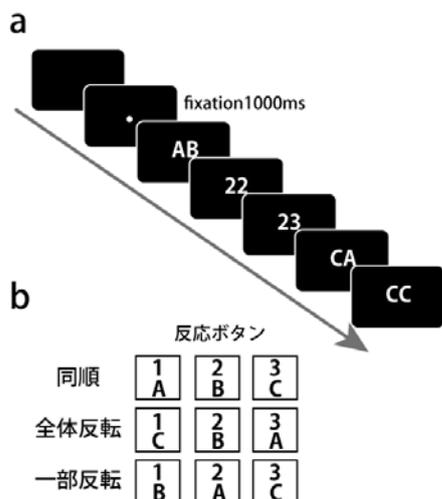


図 2. 転移課題の流れおよび反応ボタン. (a) 転移課題の流れ. (b) 課題時における反応ボタン. 一つの数字と一つの文字が一つのボタンに割り当てられている.

3. 結果

3.1. 学習課題

まず 3 群間での参加者の課題遂行能力をあわせるために、数字学習課題において、正解時に反応時間が 2 秒以上かかった試行を除外した後に正解時の平均反応時間が 0.8 秒以上となる参加者を解析から除外した. 結果として、12 名が除外され、加えて 3 名がデータ取得時による不備によって除外された.

学習課題の平均反応時間(図 3)において、学習群(同順・全体反転・一部反転) × 学習条件(数字・文字)の 2 要因分散分析を行ったところ、主効果が学習群 ($F(2,55) = 10.14, p < 0.001$; post hoc Shaffer's method, 一部反転群 > 全体反転群 = 同順群, $p < 0.01$) と学習条件 ($F(1,55) = 90.72, p < 0.001$; 文字 > 数字) において認められた. また学習群と学習条件との間で交互作用が見られた ($F(2,55) = 41.12, p < 0.001$). 下位検定の結果、文字における学習条件において単純主効果 ($F(2,55) = 22.84, p < 0.001$; 一部反転群 > 全体反転群 = 同順群, $p < 0.01$) が見られた.

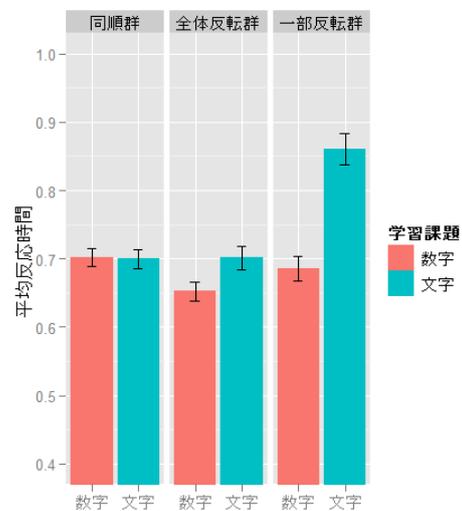


図 3. 学習課題の成績.

3.2. 転移課題

図 4 は、転移課題の正解時の平均反応時間を示しており、数字条件は数字が出現した試行の平均反応時間、文字条件は文字が出現した試行の平均反応時間をそれぞれ示している. 転移課題の平均反応時間

において、学習群（同順・全体反転・一部反転）×学習条件（数字・文字）の2要因分散分析を行ったところ、主効果が学習群 ($F(2,55) = 14.82, p < 0.001$; Shaffer's method, 一部反転群 > 全体反転群 > 同順群, $p < 0.05$) と学習条件 ($F(1,55) = 86.48, p < 0.001$; 文字 > 数字) において認められた。また学習群と学習条件との間で交互作用が見られた ($F(2,55) = 9.44, p < 0.001$)。下位検定の結果、単純主効果が、数字における学習条件間 ($F(2,55) = 9.36, p < 0.001$; Shaffer's method, 一部反転群 > 全体反転群 = 同順群, $p < 0.01$)、および文字における学習条件間 ($F(2,55) = 17.38, p < 0.001$; Shaffer's method, 一部反転群 > 全体反転群 > 同順群, $p < 0.01$) において見られた。また各学習群において文字条件の反応時間は、数字条件よりも遅いことが示された。

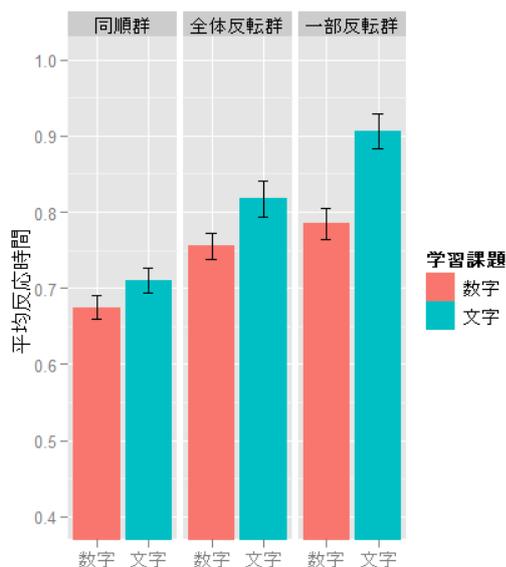


図 4. 転移課題の成績

次に学習課題と転移課題の平均反応時間の差 (図 5) において、学習群 (3) ×学習条件 (2) の2要因分散分析を行ったところ、主効果が学習群 ($F(2,55) = 32.84, p < 0.001$; Shaffer's method, 全体反転群 > 一部反転群 > 同順群, $p < 0.05$) において認められたが、学習条件 ($F(1,55) = 0.01, p = 0.89$) では認められなかった。また学習群と学習条件との間で交互作用が見られた ($F(2,55) = 8.51, p < 0.001$)。下位検定の結果、単純主効果が、数字における学習条件間 ($F(2,55) = 30.16, p < 0.001$; Shaffer's method, 全体反転群 = 一部反

転群 > 同順群, $p < 0.01$)、および文字における学習条件間 ($F(2,55) = 18.95, p < 0.001$; Shaffer's method, 全体反転群 > 一部反転群 = 同順群, $p < 0.01$) において見られた。

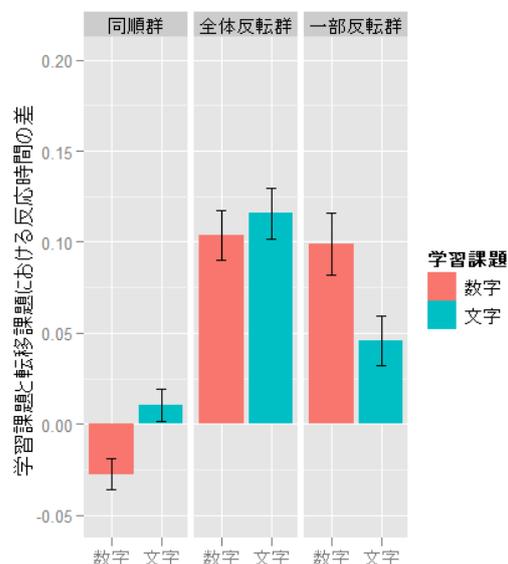


図 5. 学習課題と転移課題間の反応時間の差

最後に、転移課題の数字回答時における平均反応時間 (図 6) を用いて、文字学習の干渉が、どのような影響を及ぼしているのかを検証した。具体的には3つの反応ボタンのうち、学習によって影響を受ける2つのボタンと残り1つボタンにおける反応時間がどのように異なるのかを調べた。全体反転群では、文字学習時に C と A の場所が入れ替わっているため、転移課題の数字回答時は、1 と 3 の場所が干渉を受ける可能性があると思われる。また一部反転群では、文字学習時に A と B のボタン位置を変更したので、転移課題の数字回答時には、1 と 2 が影響を受けると考えられる。そこで、干渉の違いを以下の式によって算出し、群間比較を行った。数値はそれぞれの回答時の平均反応時間を用いた。

全体反転群 : (ボタン 1 + ボタン 3) / 2 - ボタン 2
 一部反転群 : (ボタン 1 + ボタン 2) / 2 - ボタン 3
 t 検定を用いて両群の比較を行ったところ、全体反転群の方が、一部反転群より強い干渉を受けていることが分かった ($t(38) = 4.07, p < 0.001$)。

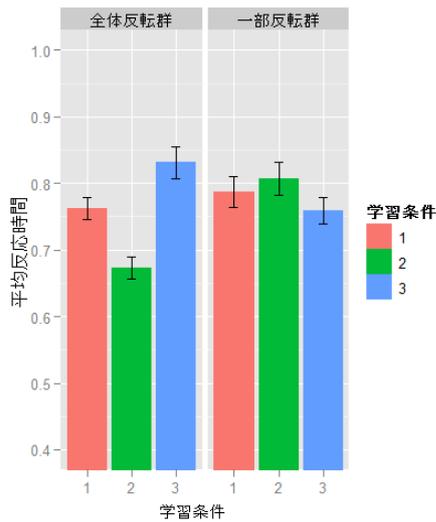


図 6. 転移課題の数字回答時における全体反転群と一部反転群の平均反応時間. 1, 2, 3 はそれぞれ回答ボタンを指している.

4. 考察

学習課題の文字課題において、一部反転が全体反転と同順条件よりも難易度が高く反応時間が遅いことが明らかとなった。これは、先行研究の結果を支持するものであり、マッピング規則を一部反転させると、人は表象を上手く修正できないことを示唆している。

次に、転移課題の文字回答時における平均反応時間では、学習課題と同様に、一部反転が全体反転よりも遅いことが示され、数字と混合になった状況においても一部反転の強い干渉が確認された。また数字回答時における平均反応時間では、一部反転群と全体反転群が同順条件よりも遅いことが明らかとなり、これは文字学習における干渉が、数字回答時においても起きていることを示唆している。さらに、干渉に注目していくと、学習課題と転移課題における平均反応時間の差分では、全体反転群が一部反転群に比べて大きいことが示された。これは、両群の学習時における方略が、異なっていることを示唆している。そこで、両群の方略の違いを明確に調べるために、転移課題の数字回答時の反応時間に着目した。数字回答時の各ボタンにおける平均反応時間について調べる際、干渉の影響があるボタンとないボタンを区別して解析したところ、全体反転群では入れ替わったボタンと入れ替わっていないボタンにおける平均反応時間の差が大きいのに対し

て、一部反転群はその差が小さいことが明らかになった。つまり、全体反転群の方が、数字回答の際に文字学習時の方略に強い干渉を受けていることが分かる。したがって、文字学習時では、“A と C を入れ替えて回答する”という課題方略ではなく、“全体の表象を入れ替える”という課題方略を持っている可能性が高く、この方略によって、数字回答時に関連するボタンの干渉を強く受けたと考えるのが妥当であろう。それに対して、一部反転群では、“A と B を入れ替える”という方略を持って学習を行っていたと推測される。このため、数字回答時において、各ボタンで干渉の差がなかったと思われるが、一部反転自体の干渉が強いこともあり、数字回答時にはある程度の干渉も受けている。

5. 結論

本研究では、刺激—反応課題を用いて、カテゴリの一部反転と全体反転時における課題方略の違いについて検討した結果、全体反転では部分的に変化箇所を入れ替えるという表象を持たずに、全体像をひっくり返した表象を作って学習しているのに対して、一部反転では変化に対する具体的な表象を用いて学習していることを示唆する結果を得た。

6. 謝辞

本研究は日本学術振興会特別研究員奨励費の補助を受けて行われた。

参考文献

- 1) Sanders, B (1971). Factors affecting reversal and nonreversal shifts in rats and children. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 74, 192-202.

100m走における筋電図を用いたフォームトレーニング Form training using EGM in 100m running

○ 佐野川谷陽介* 橋本正治**

*摂南大学大学院機械工学研究科 **摂南大学工学部

SANOGAWAYA Yousuke* HASHIMOTO Masaharu**

*Graduate School of Engineering Setsunan University **Faculty of Engineering Setsunan University

1. はじめに

スポーツ競技において多くのトレーナは選手の動きを自身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い。どちらにも熟練したトレーナがいなくても、客観的に評価出来ることが望ましい。ランニングの研究や筋電図を用いた研究は多々行われているが、解析に時間がかかり[情報提供にラグタイムが生じる]、[測定する環境や場所が限定される]、[装置が大掛かりになる]といったことからトレーニングに用いるには適していない。

このような状況のもと、競技者の運動特性を計測して客観的に分析し動作を即座に評価できる運動計測システムの開発が望まれている。本研究では筋電センサを用いて短距離走の走動作に必要な脚部筋肉の筋電位の変化をSDカードに記録し、グラフ化した筋電位をもとにフォームの修正を行うためのトレーニングシステムを開発する。

2. システム概要

図1にシステムの概要を、図2に試作した電子回路の基盤を示す。A)信号処理部は電極の信号を約1000倍に増幅しノイズの除去を行うフィルタとアンプ、A/D変換器(12bit 8ch)で構成している。B)制御部は信号処理部と記憶処理部の制御を行うワンチップマイコンR8C/29で構成している。C)記憶処理部はSDメモ리카ードに、1msec間隔で30秒間の筋電位の変化を記録している。

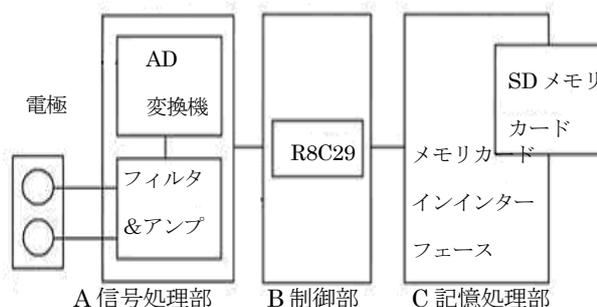


図1 システム概要

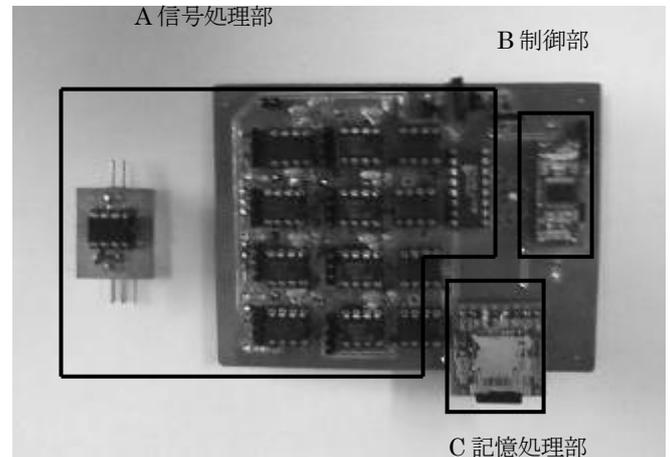


図2 電子回路

3. 計測装置の詳細

計測装置の概観を図3に示す。筋電位を計測する電極には図4のBLUESENSOR NF-50-F((株)メッツ)を用いている。電源スイッチかリセットボタンを押すと5秒の準備時間があり、動作ランプが点灯すると計測を開始する。30秒経過後、計測が終了して動作ランプが消える。動作ランプが消えると約600KBの容量の計測データはCVS形式で「TEST[3桁の数字].TXT」というファイル名でSDメモ리카ードに保存される。データの内容は「時間、右(大腿直筋、外側広筋、前傾骨筋、ヒラメ筋)、左(大腿直筋、外側広筋、前傾骨筋、ヒラメ筋)」の順になっている。

30秒後に全てのデータの保存が終了し、データは上書きされることなく別名で保存され、次の計測を行うことができる。

電極と計測機器を繋ぐコードは競技の邪魔にならないように伸縮するゴム帯でまとめている。

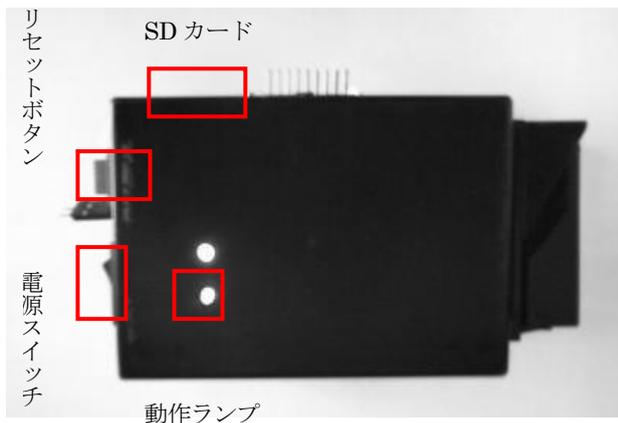


図3 計測機器概観

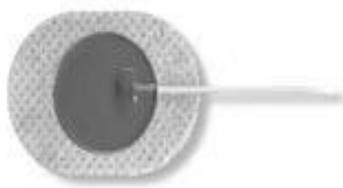


図4 電極 (BLUESENSOR NF-50-F)

4. 計測手順

計測手順を以下に示す。

- ① 被験者の腰に計測機器を装着して2つの電極を5mmの間隔をあけ「前頸骨筋、ヒラメ筋、外側広筋（大腿四頭筋）、大腿直筋（大腿四等筋）」の4箇所、アースは耳たぶより取る。
- ② 選手が電源スイッチをONにし、5秒後スタートする。
- ③ ゴール後、計測機器の動作ランプが消えるのを確認してから電源スイッチをOFFにしてSDメモ리카ードを計測機器から取り出す。継続して計測するときは電源をOFFにせず、リセットボタンを押す。
- ④ 取り出したSDメモ리카ードからPCにデータを取り込む。測定したデータをグラフ化して表示する。

計測状態を図5に示す。

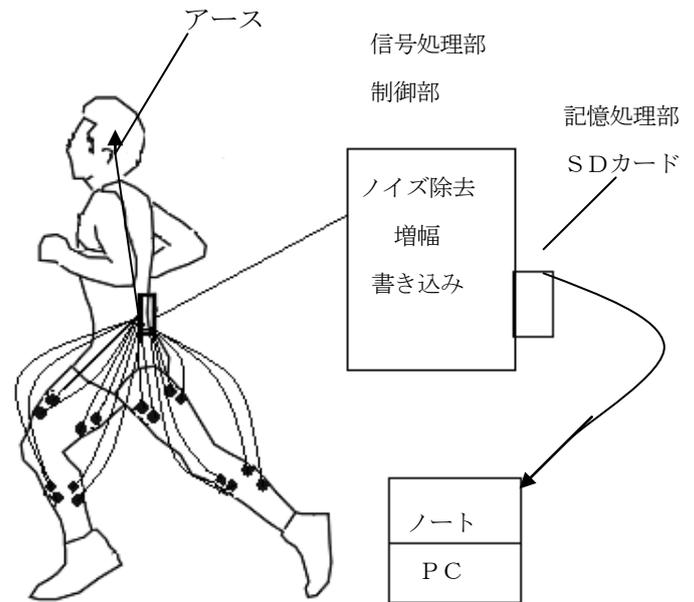


図5 計測状態

5. 評価

計測した選手自身の記録または目標とする選手の記録の計測データと、計測したデータをグラフ化して比較し、どの時点で筋肉動作に関する差異があるかを観察することができる。

具体的には大腿直筋と外側広筋の関連を見ることで足の屈伸の速さを確認することができ、データを比較することでフォームの修正に利用することができる。

6. おわりに

短距離走において走行直後に、筋電位を計測し定量化した情報をトレーナと選手に提示し、フォームの修正などコーチング情報を得ることを目的としたトレーニングシステムの開発を行った。試作装置を用いてコーチングシステムを運用した結果、計測中のビデオ映像を付加することでより適切な指導が行える等、次システムの改良方針が得られた。

海上交通における衝突回避判断教育プログラムの試行とその効果 Effects on Educational Program in Collision Avoidance at Maritime Traffic

淵 真輝*, ○草加大司郎**, 藤本昌志*, 臼井伸之介***, 広野康平*, 持田高德****

*神戸大学大学院海事科学研究科, **神戸大学海事科学部, ***大阪大学大学院人間科学研究科,
****東京海洋大学工学部

FUCHI Masaki*, KUSAKA Daishiro**, FUJIMOTO Shoji*, USUI Shinnosuke***, HIRONO Kohei*,
MOCHIDA Takanori****

*Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, **Faculty of Maritime Sciences, Kobe
University, *** Graduate School of Human Sciences, Osaka University, ****Faculty of Marine
Technology, Tokyo University of Maritime Science and Technology

1. はじめに

学生の避航判断に関する特徴として、先行研究では判断時機が適切でないこと¹⁾、どのように操船して避航するかといった判断（以下、操船方略判断という）が適切でないこと²⁾等を指摘している。

そこで本研究では学生の避航判断に関する特徴に注目し、判断時機、操船方略などに重点を置いた教育プログラムを試行し、効果検証を行うことを目的とする。なお、教育プログラムの試行と効果検証は、2010年度の神戸大学海事科学部海事技術マネジメント学科航海分野学内船舶実習を利用して行なった。学内船舶実習に参加する学生を、教育プログラムを試行しない群（統制群）と教育プログラムを試行する群（教育群）に分け、学内船舶実習の前後に質問紙を実施した。さらに教育プログラムの効果持続性について検証するため、約1年後に再び質問紙を実施した。

2. 海上交通ルールと判断時機

海上交通ルールは、衝突のおそれが発生したときから適用される。本研究では衝突のおそれが発生することを見合い関係が発生するというようにする。見合い関係が発生すると海上交通ルールが適用され、両船舶には避航船や保持船としての義務が発生する。

避航船と保持船、さらに海上交通ルールにより求められる行動と判断領域を横切り船の航法を例に示すと図1のようになる³⁾。図1において、他船を右にみる船舶が避航船、他船を左にみる船舶が保持船である。

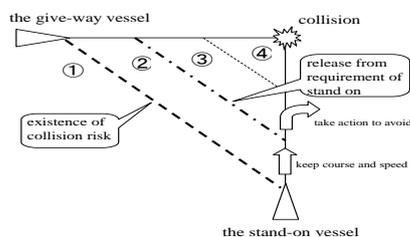


図1 避航船と保持船に求められる行動

図1において、①の領域は見合い関係が発生していない領域であり両船はまだ海上交通ルールが定める避航船、保持船ではなく、両船は自由に行動をとることができる。②の領域は見合い関係が発生し、両船が海

上交通ルールに定める避航船、保持船となる領域である。この領域では、避航船は避航義務があり、保持船は針路速力の保持義務がある。③の領域は避航船が海上交通ルールに定める避航動作をとらないために、保持船が針路速力の保持義務を解除し、衝突を避けるための動作をとることが許される領域である。④の領域は避航船による避航動作のみでは衝突を避けることができないため、保持船が最善の協力動作をとらなければならない領域である。本研究では①と②の間を見合い関係発生時機と呼び、②と③の間を保持船の保持義務解除時機と呼ぶことにする。

3. 教育プログラムの内容と効果検証方法

3.1 参加者

教育プログラムの試行と効果検証は、2010年度の神戸大学海事科学部海事技術マネジメント学科航海分野学内船舶実習を利用して行なった。さらに約1年後に効果持続性を検証した。学内船舶実習は、1組と2組の2グループに分けて行われた。1組には教育プログラムを試行せず、これを統制群とした。2組には教育プログラムを試行し、これを教育群とした。統制群が20名、教育群が17名であった。なお、統制群に対しては、後の授業でフォローアップを行なった。

3.2 教育プログラムの内容

教育群に実施した教育プログラムは(a)海上交通ルールおよび距離認識に関する講義、(b)実際の衝突回避操船記録、(c)距離目測実習、(d)操船方略に関する集団討議の4つから構成された。

3.3 効果検証方法

各群とも質問紙を2010年度の学内船舶実習の前後に行い、比較することで教育プログラムの効果を検証した。さらに教育プログラムの効果持続性を検証するため約1年後の2011年度の学内船舶実習前に質問紙を行った。質問紙は2つの航海場面から構成された。効果検証に用いた航海場面設問紙は(1)保持船場面(2)3隻場面の2つであった。両場面において、小型船同士および大型船同士の場面を設けた。保持船場面は①見合い関係発生時機②保持義務

解除時機、3隻場面は①見合い関係発生時機②通常避航時機③避航方向を尋ねた。各判断時機は相手船までの距離（以下、船間距離という）で回答を求めた。

4. 結果

4.1 判断時機について

保持船場面における小型船同士の場合の各判断時機の結果を図2に示す。

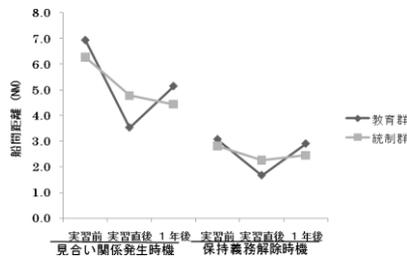


図2 保持船場面の結果 (小型船同士)

図2に示すように、実習直後の教育群の船間距離は統制群と比較して減少した。また、1年後の教育群の船間距離は実習直後と比較して増加しており、統制群の回答に近い。他の場面における判断時機についても同様の傾向がみられた。

4.2 操船方略について

3隻場面で尋ねた避航方向の結果を図3に示す。

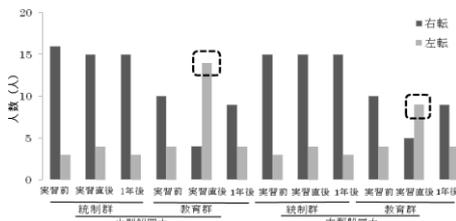


図3 避航方向の結果

図3において、小型船同士、大型船同士ともに実習後の教育群のみ左転すると回答した学生が増加している。一方で、1年後の教育群は実習直後と比較して右転すると回答した学生が増加している。

5. 考察

5.1 判断時機について

船間距離は増加した場合に判断時機が早くなったこと、すなわち時間的余裕が増えたことを表す。しかし、教育群の実習直後の船間距離は統制群と比較して減少し、判断時機は遅くなった。この結果は、時間的余裕が少なくなったことを表す。一方で、実習直後の教育群が回答した船間距離の平均値は3.5マイルであるが、内航船操船者の comfort zone⁴⁾は自船の前方約3マイルであることが示されており、この値に近づいたように見て取れる。

学内船舶実習で乗船した船舶は総トン数450トンの深江丸であったことを考えれば、教育群の実習直後に

おける判断時機が深江丸の船型の影響を受け、深江丸と同程度の船型である内航船の操船者に近づいた可能性が考えられる。

持続性について1年後に教育群が回答した船間距離は実習直後と比較して増加しており、1年後の統制群に近い。両群の学生は、実習直後から1年後の間に独立行政法人航海訓練所の練習船大成丸、もしくは青雲丸に約1ヵ月間乗船している。両船の総トン数は約6000トンであり教育プログラムを実施した深江丸は450トンであった。判断時機が経験する船舶船型に影響を受ける⁵⁾ことを考慮すれば、教育群は実習直後、教育プログラムを受けた深江丸の船型影響を受け判断時機が早くなり、その後1ヵ月間乗船した6000トンクラスの練習船の船型の影響を受け、統制群に近づいたと考えられる。

5.2 操船方略について

3隻場面では避航方向について尋ねた。実習直後の教育群のみ左転すると回答した学生が増加し、実習直後の教育群の学生は避航方向を柔軟に選択できるようになったことが示唆された。しかし、見合い関係発生前に左転と回答した学生は1名のみであり、本来見合い関係発生後であれば右転という回答が正しい。見合い関係発生後の遅い判断時機において左転と回答した学生が増加したことは望ましくない結果と言える。

これは、学生は海上交通ルールに規定する判断時機と実際の避航動作を関連付けられておらず、図1におけるどの領域に自船があるのかを考えず左転すると回答した可能性が考えられる。

持続性について1年後の教育群は、実習直後と比較して右転と回答した学生が増加しており、教育プログラムの効果は1年後まで持続していない。

1年後に効果が消滅していた理由としては、海上交通流の中で操船方略を考える機会が非常に少ないことが推察される。効果的な教育を考えるうえで、教育プログラムの効果がどの程度の期間持続するか今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 渕 真輝・藤本昌志・臼井伸之介・岩崎裕行：保持船の動作判断時機について，日本航海学会論文集，No.119，pp137-143(2008)。
- 2) 渕 真輝・古莊雅生・藤本昌志・臼井伸之介：操船方略の経験による違い，日本航海学会論文集，No.117，pp119-206(2007)。
- 3) Cockcroft A.N.& Lameijer J.N.F. : A GUIDE TO THE Collision Avoidance Rules(6th Ed.)， Butterworth-Heinemann (2004)。
- 4) Captain Gilbert W U Lee, Julian Parker : MANAGING COLLISION AVOIDANCE AT SEA, The Nautical Institute (2007)。
- 5) 渕 真輝・藤本昌志・臼井伸之介・広野康平：船型経験が避航判断に及ぼす影響，日本航海学会論文集，No.122，pp121-130(2009)。

GS5 技能

12 月 10 日 14:30～15:30
4 号館 2 階 4206 室

【座長】 才木 常正（兵庫県立工業技術センター）

C2-1 京友禪染における糊置工程に関する研究

○古川貴士(株式会社 菱健), 遠藤淳司, 成田智恵子(京都工芸繊維大学), 佐々木智一(佐々木化学薬品株式会社), 高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学)

C2-2 視界制限状態における船舶のレーダーを用いた衝突回避判断に関する調査

○瀧 真輝(神戸大学大学院), ○川井智広(神戸大学), 藤本昌志, 広野康平(神戸大学大学院), 持田高德(東京海洋大学)

C2-3 筆製造工程における毛もみ技術の解析

○川畑慎一郎(京都工芸繊維大学), 那須真樹, 鎌田俊幸, 中原賢一, 造田弘司(株式会社 soliton corporation), 後藤彰彦(大阪産業大学), 濱田泰以(京都工芸繊維大学)

京友禪染における糊置工程に関する研究

A study of “Nori-oki” in Kyo-Yuzen-Zome

○古川貴士*, 遠藤淳司**, 成田智恵子**, 佐々木智一***,
高井由佳****, 後藤彰彦****, 濱田泰以**

*株式会社 菱健 **京都工芸繊維大学 ***佐々木化学薬品 株式会社 ****大阪産業大学
FURUKAWA Takashi*, ENDO Atsushi**, NARITA Chieko**, SASAKI Tomokazu***,
TAKAI Yuka****, GOTO Akihiko****, HAMADA Hiroyuki**
*HISHIKEN Co. Ltd., **Kyoto Institute of Technology,
SASAKI CHEMICAL CO. Ltd, *Osaka Sangyo University

1. 緒言

日本において伝統的な着物への染色法は友禪染と呼ばれており、その中でも京都で染色されたものは特に“京友禪染”と呼ばれている。

京友禪染は、手描友禪、型友禪、スクリーン捺染、機械捺染の4種類に大きく分類される。その中でも代表的な手描友禪は本友禪、糸目友禪、手挿友禪などとも言われ、各工程別に分業化されており、全工程が手仕事による一品作品を基本としている。

生地の上に模様の輪郭を青花で描き、その上から筒紙を用いて糸目状に糊を置き防染し、その内側に目的の色に合わせた染料液を挿す染色技法が用いられ、模様の部分を糊で伏せることによって防染することから、手挿友禪、糸目友禪と呼ばれている。

手描友禪の染色工程には大きく10工程ある。図1に工程のフローチャートを示す。第1工程「下絵」は、意匠図案にもとづき白生地に青花液で模様を描く。第2工程「糊置」は、下絵の線に沿って糸目糊を置き、挿友禪の際に染料が他の部分ににじまないようにする。図2に糊置の作業風景を示す。第3工程「糊伏せ」は、模様の部分を糊で伏せるようにすることで、引染めの際に、模様に入らないようにする。第4工程「引染め」は、色合わせをした染料を刷毛で均一に、またはぼかしながら染める。第5工程「蒸し」は、引染めされた生地を蒸し箱に入れ、約100℃の蒸気で20～50分間蒸すことで、生地に地色（染料）を定着させる。第6工程「水元」は、完全に染料が定着された生地を、水で余分な染料や薬剤、糊料をきれいに洗い流す。第7工程「挿友禪」は、筆と刷毛を駆使して絵模様部分に色を挿す。第8工程「湯のし」は、生地に蒸気をあててシ

ワを伸ばし、風合いを柔らかくする。第9工程「金彩（金加工）」は、華やかにするために、染め上がった生地に金・銀の箔や粉を接着したり、模様を金泥で仕上げる。第10工程「刺繍」は、ボリューム感を与えることで気品と豪華さを持たせる。

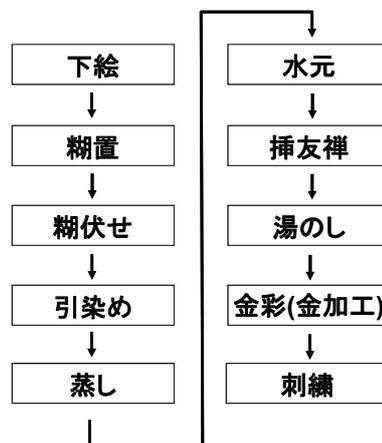


図1 工程フローチャート



図2 糊置の作業風景

本研究で取り上げた糊置工程では、主にでんぷん糊とゴム糊を用いる。でんぷん糊を用いた場合、仕上がりが全体的に柔らかく見え、味わい深くなり、見た目にも温かさを得ることができる。そのためゴム糊よりもでんぷん糊を用いた方が、最終的な商品価値が高い。京友禪染を評価する際、「はんなり」と

という言葉が用いられる。本研究では、染織業界に長く携わっている方々から比較的業界歴が短い方々を対象として広くアンケートを行った。同じ図柄を対照としてでんぷん糊とゴム糊を用いたサンプルにおける、「はんなり」度合いについて検討した。

2. 方法

2.1 サンプル

アンケートで用いたサンプルを図3に示す。でんぷん糊を用いて染め上げた染帯A、ゴム糊を用いて染め上げた染帯Bの2種類を用意した。サンプルの作製は、経験年数約50年の糊置職人（70歳、男性、右利き）が行った。生地は正絹であり、比較検討を行うため、同じ図柄とした。

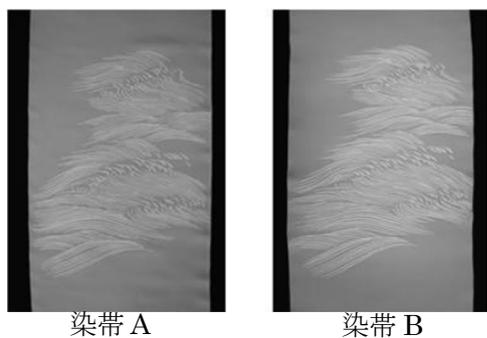


図3 サンプル

2.2 アンケート対象者

染織業界に長く携わっている方々から比較的業界歴が短い方々まで、日頃から京友禅染に接することの多い染織業界人、関係者50名を対象に行った。

2.3 アンケート方法

1. 日頃から京友禅染に接している方々の「はんなり」という言葉へのイメージを検討するために、記述による回答を実施した。
2. 染帯A、染帯Bについて、5段階評価にてはんなり度合いについてアンケートを実施した。
3. 染帯A、染帯Bについて、はんなり以外の要素を検討するため、シャープさ、上品さ、明るさ、温かさ、豊かさ、深みについて、5段階評価委による回答を実施した。
4. 染帯A、染帯Bについて、感じ取ることのできるイメージについて記述によるアンケートを実施した。

3. 結果

図4にはんなり度合いの評価点を示す。でんぷん糊

の方がゴム糊よりもはんなり度合いが高いことがわかった。

また図5に各要素の評価点を示す。でんぷん糊は上品さ、温かさ、豊かさ、深みについてゴム糊より高い評価点を示し、ゴム糊はシャープさについてでんぷん糊より高い評価点を得る結果となった。明るさに関してはでんぷん糊、ゴム糊ともに近い評価点を示した。

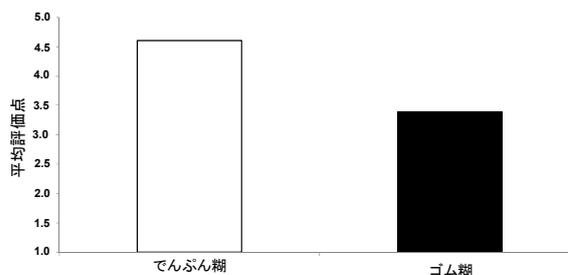


図4 はんなり度合いの平均評価点

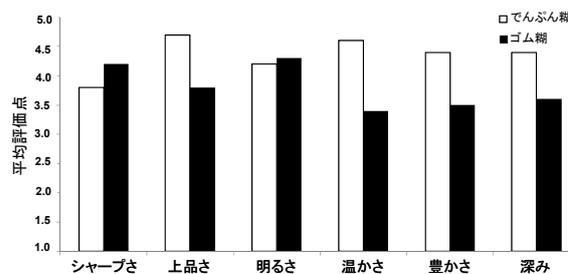


図5 各要素の平均評価点

4. まとめ

でんぷん糊を使用したサンプルにおいて、全要素の内「上品さ、温かさ、豊かさ、深み」の4要素が、はんなり度合いのイメージとして高い評価を得た。

ゴム糊の場合は、材料の一部が揮発精洗で十分に除去されずに生地に残留する。このため、生地本来の光沢が失われ粉が付着したような白っぽい仕上がりになる。一方、でんぷん糊の場合は、材料となっているものが、すべて水で流れ落ちるので、生地の光沢が失われない。¹⁾このような観点から、糊置工程におけるはんなり度合いには、表面観察および断面観察を行い糊の違いの評価への影響を検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 京都市染織試験場：手描友禅染の技術と技法，pp. 84，京都市染織試験場（1984）

視界制限状態における船舶のレーダーを用いた衝突回避判断に関する調査

Ship's Collision Avoidance Decision by Rader in Restricted Visibility

瀧 真輝*, ○川井智広**, 藤本昌志*, 広野康平*, 持田高德***

*神戸大学海事科学研究科 **神戸大学海事科学部 ***東京海洋大学海洋工学部

FUCHI Masaki*, KAWAI Tomohiro**, FUJIMOTO Shoji*, HIRONO Kohei*, MOCHIDA Takanori***

*Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, ** Faculty of Maritime Sciences, Kobe University, ***Faculty of Marine Technology, Tokyo University of Maritime Science and Technology

1. はじめに

霧などによる視界制限状態において船舶衝突事故が多発しており、事故原因として早期に避航していない、左転が禁止されている状況でも左転している等の事例が報告されている¹⁾。さらにその多くはレーダー情報の不適切な利用によるものと指摘されている。本調査では質問紙を用い、国内海上輸送（内航）に従事する船員の視界制限状態におけるレーダーを用いた衝突回避判断の判断時機等を調査することを目的とする。

2. 調査方法

2-1. 調査協力者および調査時期

内航船員 43 名が本調査に協力した。普段操縦している船舶の内訳は内航小型貨物船 23 名、内航大型カーフェリー 20 名であった。調査は、2011 年 6 月から 10 月にかけて、船上又は船員の陸上研修を利用して実施した。

2-3. 場面と回答項目

質問紙で想定させる場面は、視界制限状態 3 場面と視界良好状態 1 場面であった。各場面において衝突回避判断時機（他船との船間距離で回答）、衝突回避方略（変針又は変速）、衝突回避方略の根拠（選択式）の 3 項目を回答させた。

視界制限状態場面ではレーダー画面を模したイラストにより船舶関係を提示した。視界制限状態場面の内容は、①直交場面、②右前真ベクトル場面、③右前相対ベクトル場面であった。視界制限状態場面である「②右前真ベクトル場面」を図 1 に示す。

「①直交場面」は、右側から針路が直交する他船が

接近し、衝突回避動作が必要な場面であった。他船のベクトル表示は真運動表示方式であった。「②右前真ベクトル場面」は、右斜め前から針路が交差する他船が接近し衝突回避動作が必要な場面である。他船のベクトル表示は真運動表示方式であった。「③右前相対ベクトル場面」は、状況としては「②右前真ベクトル場面」とまったく同一であるが、他船のベクトル表示が相対運動表示方式であった。

視界良好状態場面は俯瞰図により船舶関係を提示した。視界良好状態場面は「④横切り場面」のみで、船舶関係は視界制限状態場面の「①直交場面」と同一であった。異なる点としては視界の状態、視界良好状態では他船の大きさ（船型）が分かることである。

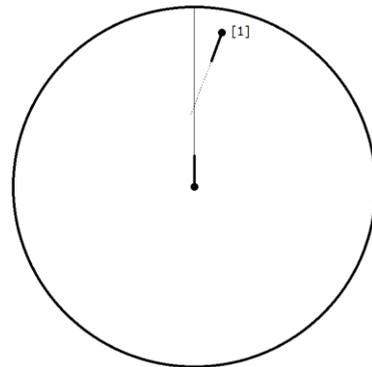


図 1 ②右前真ベクトル場面のレーダー画面

2-4. 手続き

調査協力者には普段の操船を参考に回答するよう教示した。また他人と相談すること、資料・参考書等を見ることを禁止した。想定する自船は全長 75m、総トン数 499 トンの貨物船とした。視界制限状態場面では、視界が制限されているために他船を目視で

視認することができない想定であるため、他船の船型情報は与えなかった。視界良好状態場面では、他船の船型は全長 75m、総トン数 499 トンの貨物船とした。

3. 結果

3-1. 視界の状態による衝突回避判断時機について

視界の状態による衝突回避判断時機の変化を検討するために視界制限状態である「①直交場面」と、視界良好状態である「④横切り場面」の衝突回避判断時機を比較した。結果を図 2 に示す。いずれの船型においても視界制限状態で衝突回避判断時機が早く、変針量が大きくなった。また視界の状態に関わらずフェリー船員の方が内航船員より早期に衝突回避し、その差は約 3 マイルであった。

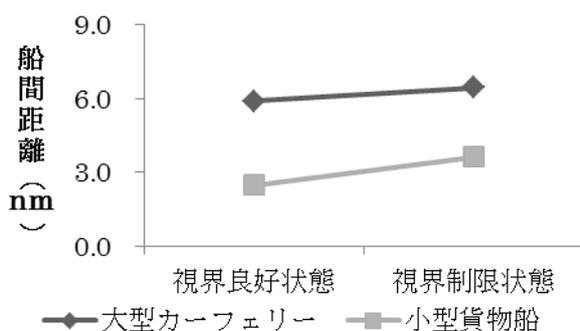


図 2 視界の状態による避航判断時機の変化

3-2. ベクトル表示方式による衝突回避方略について

ベクトル表示のみが異なる「②右前真ベクトル場面」と「③右前相対ベクトル場面」の衝突回避方略の結果を図 3 に示す。真ベクトル表示方式で左転を選択した者は 42 名中 1 名であったが、相対ベクトル表示方式では 19 名が左転を選択した。

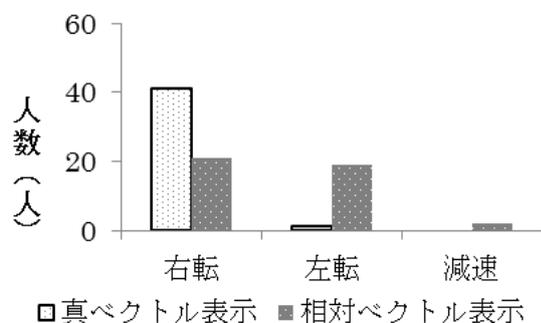


図 3 異なるベクトル表示方式の回答結果

3-3. 衝突回避方略決定の根拠について

「①直交場面」での避航方略の根拠の結果を図 4 に示す。避航方略の根拠が行会い船・横切り船・追い越し船の航法を選択した者を「視界良好ルール適用」、視界制限状態の航法を選択した者を「視界制限ルール適用」、その双方を選択した者を「両ルール適用」と分類した。正解は「視界制限ルール適用」で、43 人中 7 人であった。また、19 人は「両ルール適用」であった。



図 4 ①直交場面の衝突回避方略の根拠の回答

4. 考察

衝突回避判断時機について、大型フェリー船員の方が遠方から衝突回避する傾向が見られたことは、普段の船型が影響したと考えられる²⁾。

「②右前真ベクトル場面」と「③右前相対ベクトル場面」で衝突回避方略が異なることから、ベクトル表示の違いを正しく理解していない可能性が考えられる。また、衝突回避方略決定の根拠から、法的には視界の状態により区別されているルールが、実務的には区別されていない可能性が考えられる。

以上より、視界制限状態における船舶のレーダーを用いた衝突回避判断について、判断時機、衝突回避方略、ルール知識に焦点を当てた教育が必要であると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 海難審判庁 (編集) : 霧中海難, 財団法人海難審判協会 (2007).
- 2) 瀧 真輝・藤本昌志・白井伸之介・広野康平 : 船型経験が避航判断に及ぼす影響, 日本航海学会論文集, No. 122, pp121-130 (2009).

筆製造工程における毛もみ技術の解析 Analysis of KEMOMI process during brush manufacturing

○川畑慎一郎*, 那須真樹**, 鎌田俊幸**, 中原賢一**,
造田弘司**, 後藤彰彦***, 濱田泰以*

*京都工芸繊維大学 **株式会社 soliton corporation ***大阪産業大学

KAWABATA Shinichiro*, NASU Maki**, KAMADA Toshiyuki**, NAKAHARA Kenichi**,

TSUKUDA Hiroshi**, GOTO Akihiko***, HAMADA Hiroyuki*

*Kyoto Institute of Technology, **soliton corporation Co. Ltd., ***Osaka Sangyo University

1. はじめに

筆のはじまりは古く、日本に於いては1200年前に遣唐使として中国に渡った弘法大師空海が毛筆の製法を修めて帰り、大和の国の住人に伝授したのが奈良筆、つまり日本の筆造りの始まりと云われている。高性能な筆を製作するために、性質の違う原材料を多種混ぜ合わせることで単一種ではできない性能を実現させる。しかし、用途に合わせて選毛・毛組(幾種類かの繊維を組み合わせる工程)されても、一定に混毛されないと、バラつきが出て品質が安定しない。そこで筆製造工程における毛揉み技術(繊維束のあらゆる部分で、混合比を一定にする作業)により、多種類の原材料を均一的に分布させる。本研究では毛もみ工程における混毛進捗率の測定を行い、混毛進捗率が機械にて製造された筆性能に与える影響を調べた。混毛進捗率が25%, 50%, 100%の原材料を製造機械に投入し、混毛進捗率毎の不良品発生率、筆剛性(筆の腰)のバラつき度合いを測定した。

2. 実験

2.1 原材料

PBT (ポリブチレンテレフタレート)

- ①東レモノフィラメント(株) 520M-0.14-50
- ②尾張整染(株) SOW-W-0.10-50
- ③東レモノフィラメント(株) 521M-0.15-50

PBT繊維は化学的手段(加水分解)によりテーパ加工される。その結果同一品番においても、テーパ角度及び形状にバラつきが出る。そのために計測・選別・分類(全数)により、毛組段階でそのバラつきを最小化して使用する。今回の実験では選別・分類工程を終えた上記3種類の原材料を各40g配合し毛揉み進捗率が可視化できるように2種類の裏面に青色と赤色で着色を行った。着色後の毛束を図1、原材料断面図を図2、毛もみ風景を図3、図4に示す。



図1 原材料毛束

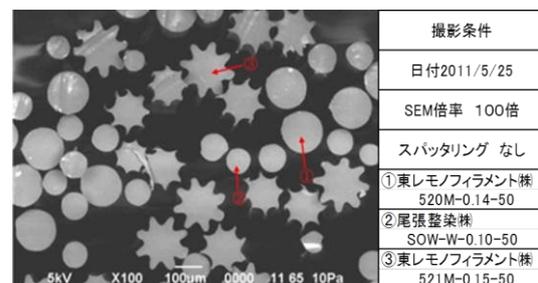


図2 走査型電子顕微鏡による筆原材料断面観察



図3 毛もみ作業風景



図4 毛もみ作業（手元）

2.2 混毛進捗率測定

図1に示した毛束を3領域に分け、混毛進捗率が0%のときに、白色、青色、赤色の領域をそれぞれ、上部、右下、左下として二値化処理による解析を行った。各画像に対して、同様のしきい値49をもとに解析し、経過時間ごとにおける白画素の占有率を算出し混毛進捗率を測定した。

2.3 外観不良品

混毛進捗率が25%、50%、100%になる3つの毛束から作られた筆の品質安定性を評価するために完成品の外観不良となる穂先全長が規定値より長い不良・短い不良、穂先のネジレ・ナナメ、ツバ不良、ループ、の発生率を計測した。外観不良品例を図5に示す。

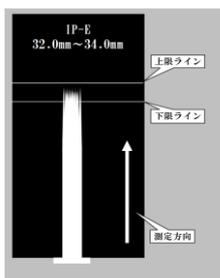


図5.1 長・短不良品見本図



図5.2 ループ不良見本図



図5.3 ツバ不良見本図



図5.4 ネジレ不良見本図

2.4 剛性評価

混毛進捗率の違いによる完成品筆剛性のバラつきを測定するために、図6に示すようにスケール上にミットヨ社製マイクロメーターMHD-50Mをセットした剛性測定器を2mmまで沈み込ませ0.1mm毎に荷重を測定した。各混毛進捗別に150本の完成品から20本を不作為に選び測定。



図6 筆剛性測定器

3 結果および考察

3.1 混毛進捗率測定結果

二値化による画像処理結果を図7に示し、図7を解析した毛もみ経過時間における白画素占有率の変化の結果を図8に示す。毛もみ工程開始3分後に上部、左下、右下の領域ともに白画素の占有率は20%以下を示し、4分後には上部と左下は10%以下の値を示した。右下は0分のときに青色部分であったため、占有率が10%になるまでに時間を要した可能性が示唆される。6分後には3領域ともに10%以下の値を示し、7分後には3領域ともに同様に変化して平均

12.7%に収束致した。これらの結果から各工程における職人の進捗率識別（判断）の過程を次のように考察する。3分後から5分後においては、優れた眼力を有する職人の場合、色の識別が可能であると推定される。この状態では視覚と触覚の両方を用いて判断が可能であると考えられる。しかし、毛もみ工程開始6分後と7分後においては、各領域ともに白画素の占有率は同様の変化を示しており、手の触覚のみで仕上がり度合いを最終的に判断していることが推定される。そのため、毛もみ作業を3つの段階に分けて考えることが可能になる。

第一段階：0分から3分まで、急激な混合過程
 第二段階：3分から5分まで、全体的な調整過程
 第三段階：5分から7分まで、最終的な仕上げ過程である。これは熟練の職人が触覚から感じている感覚と一致しており、長い年月によって養われてきた感覚が今回の解析と一致することが認められた。

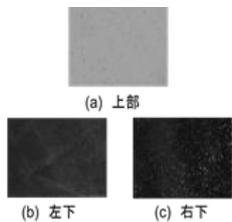


図7.1 毛もみ0分時の解析写真

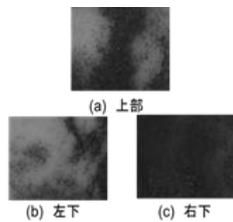


図7.2 毛もみ1分時の解析写真

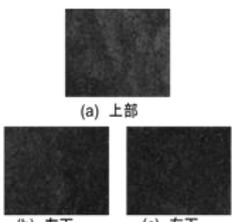


図7.3 毛もみ2分時の解析写真

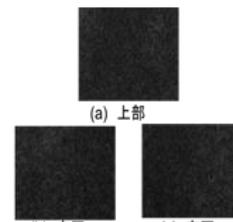


図7.4 毛もみ3分時の解析写真

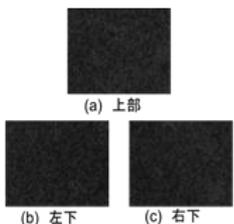


図7.5 毛もみ4分時の解析写真

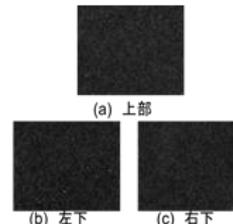


図7.6 毛もみ5分時の解析写真

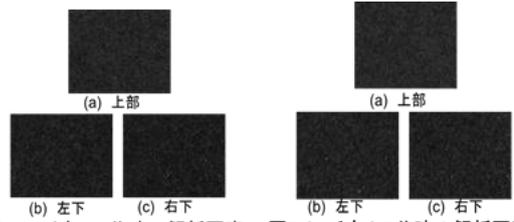


図7.7 毛もみ6分時の解析写真 図7.8 毛もみ7分時の解析写真

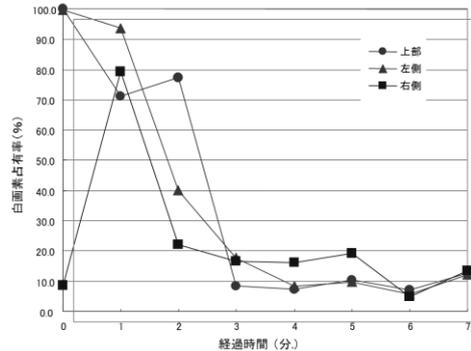


図8 毛もみ経過時間における白画素占有率の変化

3.2 不良品発生率結果

進捗度が上がると不良品の発生数は減少する。特に規定値より全長の長いまたは短い、穂先がナナメになる不良が激減するが、これらはいわゆる不均一な材料が工程に投入されることが原因の不良である。混毛進捗度が低く材料が均一に分布されていない場合、1本分の毛量を掴んでくるピッカー内に材料が一定して挿入されないため、次工程での毛鞘への挿入そして毛鞘に振動を与えた時に繊維が綺麗に配置されないことに起因している。反対に片落ちループ増は機械的な問題であり、進捗率の低い材料が投入されたことにより機械のバランスが乱れたことが示唆される。

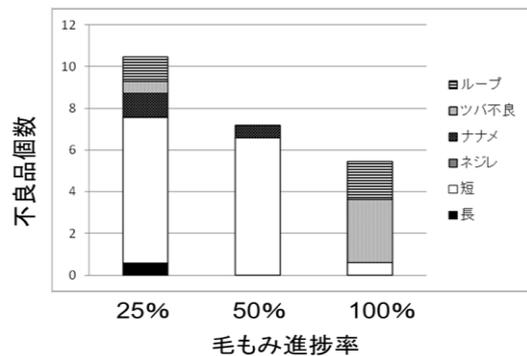


図9 毛もみ進捗率別不良品発生数

3.3 剛性評価結果

混毛率毎の筆剛性測定結果を図 10 に示す。混毛率が 25%では剛性のバラつきが大きくなった。これは混毛率が低いと 3 種類の原材料が均一になっておらず、太い径の繊維が多い時は、剛性が高くなり、細い径のものが多いと剛性が低くなるためである。進捗率が 50%程度になると剛性のバラつきは減少する。50%進捗率の剛性が相対的に低い結果となっているが、これは上で述べているように P B T 繊維は、化学的手段(加水分解)によりテーパー加工されており、同一ロットにおいてもテーパー角度及び形状にバラつきが出るためである。

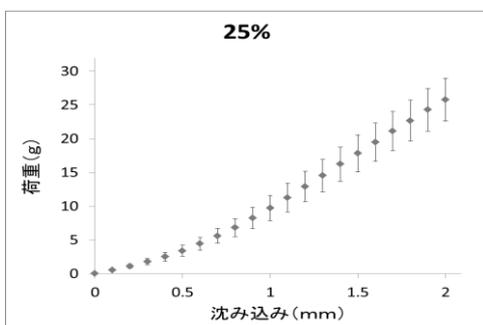


図 10.1 混毛率 25%の筆剛性測定結果

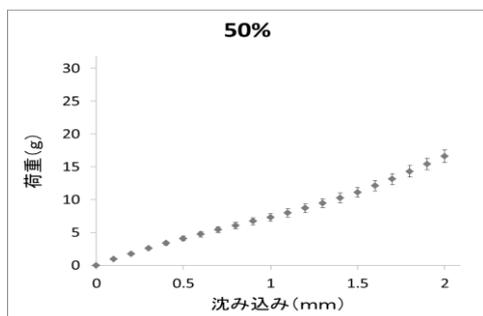


図 10.2 混毛率 50%の筆剛性測定結果

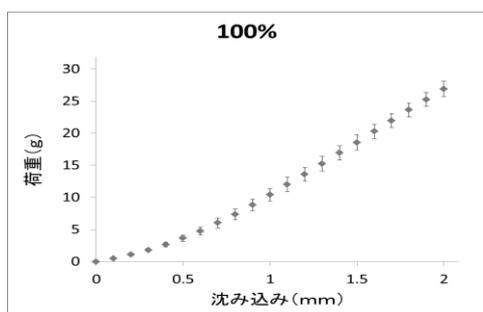


図 10.3 混毛率 100%の筆剛性測定結果

4. まとめ

本研究では、筆製造工程における毛もみ工程(繊維束のあらゆる部分で、混合比を一定にする作業)が筆完成品に与える影響を解析した。結果として毛もみ進捗率は外観不良発生率と完成品筆剛性のどちらにも大きな影響を与えることが認められた。このことから、高品位・高性能な筆を安定して製造するにあたって繊維束のあらゆる部分で、混合比を一定にする毛もみ工程が、全体の製造工程の中でも非常に大きなウエイトを占めることが確認された。

参考文献

- 1) 宮崎晶子, 二瓶美和, 他: 歯ブラシ刷毛の剛さ試験: 試験方法の比較, 日本歯周病学会会誌 40(秋季特別号), 180, 1998-09-15
- 2) 宮崎晶子, 二瓶美和, 他: 歯ブラシ刷毛の剛さ試験に関する検討: (第 2 報)各種試験方法間の関係, 歯科材料・器械. Special issue, 日本歯科理工学会学術講演会講演集 15(特別号 28), 316-317, 1996-09-05 日本歯科理工学会
- 3) 佐藤治美, 宮崎晶子, 他: 歯ブラシ刷毛のこわさ試験における荷重の影響日本歯周病学会会誌 42(春季特別号), 184, 2000-04-15 特定非営利活動法人日本歯周病学会
- 4) 小倉英夫, 佐藤治美, 清水智幸, 他: ISO 改良試験による歯ブラシ刷毛の剛さ評価 (2)一般日用品歯ブラシ, 日本歯周病学会会誌 41(春季特別号), 202, 1999-03-30 特定非営利活動法人日本歯周病学会

GS6 システム開発

12 月 11 日 09:30～10:30
4 号館 1 階 4101 室

【座長】 臼井 伸之介（大阪大学）

B2-1 ヒューマン・モニタリングシステムの開発 – 小型生体計測装置を用いた心電図の計測と解析 –

○大本涼子(大阪府立大学), 有馬正和(大阪府立大学大学院), 樋口行平(兵庫県立大学 ERATO 前中センシング融合プロジェクト), 前中一介(兵庫県立大学大学院)

B2-2 ヒューマン・モニタリングシステムの開発 – in-situ 型表情評価システムの構築 –

○有馬正和(大阪府立大学大学院), 大本涼子(大阪府立大学)

B2-3 Kinect を用いた手指形状の3次元計測の一手法

○松島慎亮(京都工芸繊維大学), 桑原教彰, 森本一成(京都工芸繊維大学大学院)

B2-4 発達障害児の運動機能改善を目的とした遊びリテーションシステムの開発と評価

○岡田衣理子, 岩谷智一, 大須賀美恵子(大阪工業大学)

ヒューマン・モニタリングシステムの開発
－ 小型生体計測装置を用いた心電図の計測と解析 －
Development of a Human Monitoring System
－ Measurement and Analysis of ECG using a mEMS －

○大本涼子*, 有馬正和**

樋口行平***, 前中一介****

*大阪府立大学工学部 **大阪府立大学大学院工学研究科

***兵庫県立大学 ERATO 前中センシング融合プロジェクト

****兵庫県立大学大学院工学研究科

OMOTO Ryoko*, ARIMA Masakazu**

HIGUCHI Kohei***, MAENAKA Kazusuke****

*Faculty of Engineering, Osaka Prefecture University

**Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

***ERATO Maenaka Human-sensing Fusion Project, University of Hyogo

****Graduate School of Engineering, University of Hyogo

1. はじめに

近年、公共交通機関や大型エネルギープラントにおけるヒューマンエラーによる事故が発生しており、その対策の検討が求められている。また、少子高齢化や生活習慣病など近年の社会環境の変化に伴う問題が多発し、安全や福祉、健康の維持に大きな関心が寄せられている。孤独死や過労死あるいは不注意によって引き起こされる大事故、不健全な生活による疾患等を未然に防ぐためには、個人の体調や行動、その環境などを多角的かつ常時継続的に把握し、必要な措置を速やかに行うことが望まれる。これらのことを人手を介さずに行うためには、人体に装着したセンサにより状態や環境を計測し、得られた情報を処理するとともにデータを遠隔地の病院や肉親に無線ネットワークを利用して安全・確実に転送できるシステムを構築することが有効であると考えられる。このようなシステムの構築は、センサの統合化技術や低消費電力回路技術、発電技術や電源管理技術、無線通信技術や生体の状態を把握し処理するための情報処理技術など、広範囲なセンシング融合技術の開発により初めて実現できる。

本研究では、小型発電機や無線通信素子を統合して心電図と環境データを取得することのできる小型生体計測装置を開発し、心拍変動性指標の解析を試みた。

2. 小型生体計測装置

2.1 ラージモデルの開発

著者らは、被験者の生理的・心理的な負担を軽減するために、小型の生体計測装置の開発を目指しているが、まず最初に市販のセンサを用いたラージモデルを開発して問題点の抽出などを行った。試作したラージモデルの外観図を図1に示す。また、本システムおよびインターフェースの仕様をそれぞれ表1と2に示す。本システムでは、姿勢・行動などを把握するための加速度と心電図を計測することができるになっている。計測データは、タッチパネル型ディスプレイで確認することができる。

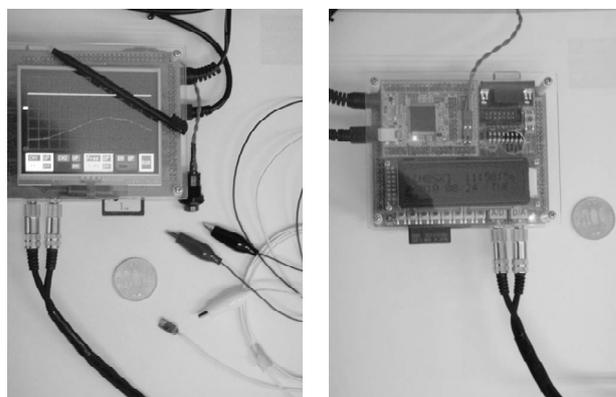


図1 試作したラージモデル

表1 ラージモデルの仕様

Items	Contents
CPU	H8SX Core Frequency; 48 MHz
ROM	512 KByte Flash Memory
RAM	40 Kbyte
Peripheral devices	Interrupt Controller User Break Controller DMA Controller External Bus DMA Controller Data Transfer Controller Bus Controller Clock Control 10 bit A/D Converter 2ch 10 bit D/A Controller 2ch 8 bit Timer 16 bit Timer Pulse Unit Programmable Pulse Generator Watchdog Timer Serial Communication Interface I ² C BUS Interface USB Interface I/O Port
Package	120 PIN LQFP

表2 インターフェイスの仕様

Item	Contents
Power supply	USB Bus Power / AC Adaptor
No. of Channels	2 (CH1, CH2)
Signal Input Terminal	Stereo Input Jack on Expansion Board SB
Input Signal Level	DC, 0.0 - 3.3 V
Voltage Range	0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 V/div
Time Range	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
Sampling Period	20 μ s for Time Range = 1 ms/div 16 μ s for other case
Trigger Settings	No Trigger / Rise of CH1/ Fall of CH1 / Rise of CH2 / Fall of CH2
Capture Function	0.1 V step between 0 - 3.3 V

加速度データは、1次ローパスフィルター（バターワース特性）を介してA/D変換され、心電図信号は、アンチエイリアシングフィルター（8次ベッセルフィルター、 $f_c = 100$ Hz）と増幅器を介して取り込まれる。

2.2 小型生体計測装置

近年、センサだけでなく駆動装置や電源装置、無線通信機能等を集積したMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）が注目を集めている。本研究の最終目標は超小型生体計測装置の研究開発であるが、第一段階として小型生体計測装置（mEMS：mini Electro Mechanical Systems）を開発した。その外観図を図2に示す。

本装置では、心電図に加えて加速度、湿度、温度、圧力などの環境データを計測することができるようになっている。前述のラージモデルではSDメモ리카ードに格納するようになっていたが、本装置では125 samples per secondで計測したデータは、Bluetoothを通してPCに取り込むことができるので、現場でのリアルタイム解析が可能となる。



図2 小型生体計測装置

3. 心電図の計測と解析

本稿では、心電図の計測と心拍変動性指標の解析について述べる。公共交通機関における運転手や大型エネルギープラントの作業員、植物工場などで働く身体障がい者や高齢者などを対象とするため、安静状態ではない人の心電図を計測・解析するための手法について検討を行った。

部屋の中を歩き回っている被験者の心電図波形と低域遮断フィルター（3次バターワース特性、 $f_c = 15$ Hz）を適用した心電図波形を図3に示す。図より、フィルターによって心電図のR波が抽出できていることがわかる。

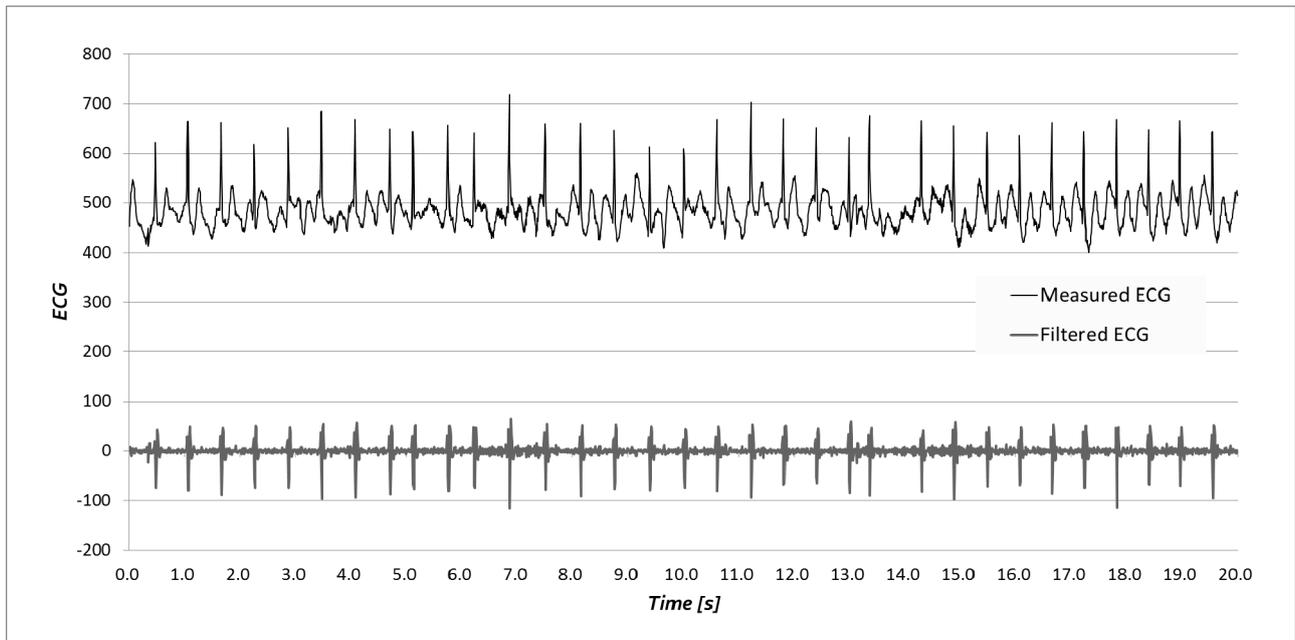


図3 心電図波形と低域遮断フィルター処理後の心電図波形

次に、フィルター処理後の心電図信号から閾値を設定して、R波のピーク時間を抽出し、それに基づいて元の心電図波形から真のR波のピーク時間を算出した。

立ったり座ったりを繰り返すなど、さまざまな雑音環境での心電図を計測して、同様の解析をした結果、本手法によってR-R間隔の抽出が可能になることを確認した。

R-R間隔の時系列データを図4に示す。図より、R-R間隔は一定ではなく、ゆらぎがあることがわかる。

心拍変動性指標の解析のためには、等間隔に取得された時系列データが必要となるので、3次元スプライン補間を行ってから5 samples per secondでリサンプリングを行った。図4より、3次元スプライン補間によって正しく元の波形を通る等間隔データが得られていることがわかる。

本研究では、職務中、作業中の心電図解析を行う必要があるため、安静状態のような長時間のデータを用いて解析を行うことができない。

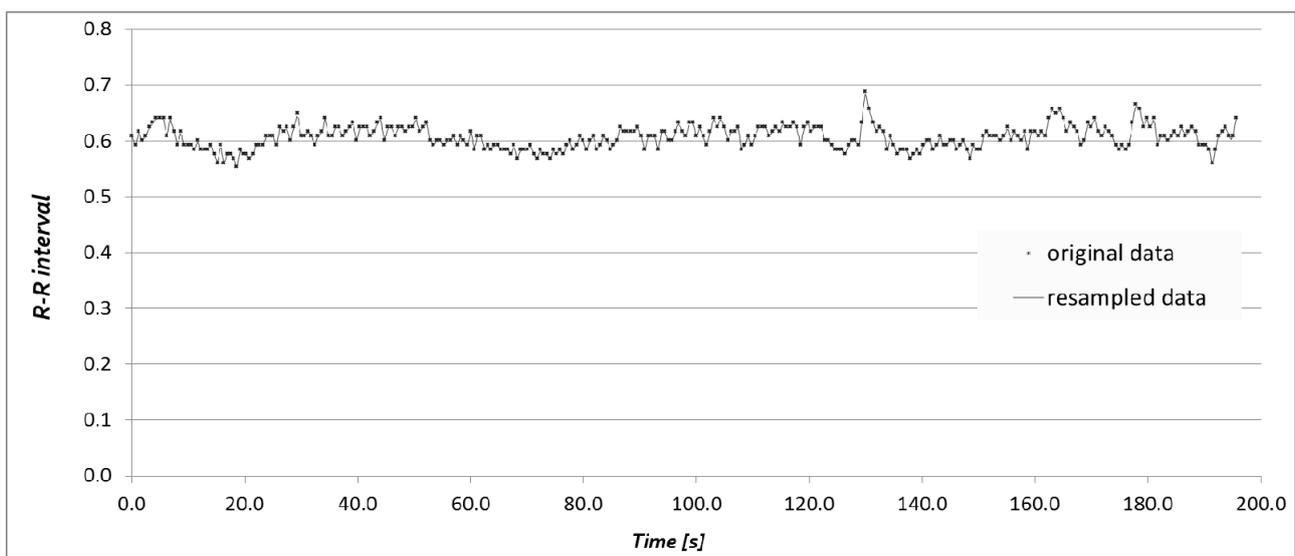


図4 心電図R-R間隔の時系列データとリサンプリングデータ

そこで、5 samples per second で取得された 25.40 秒間のデータ (128 個) を用いてスペクトル解析を試みた。図 4 に示す約 200 秒間のデータから 30 秒ごとに 128 個のデータを抽出してフーリエ解析を行った結果を図 5 に示す。

サンプリング周波数が低くデータ数が少ないので、周波数解像度は粗いが、時間的な変動を知ることができる。そして、自律神経系の交感神経と副交感神経の複合的な影響を表わしていると言われる LF (Low Frequency) 成分 (0.05 ~ 0.15 Hz) や副交感神経の活動を表現する HF (High Frequency) 成分 (0.15 ~ 0.40 Hz) の変化を算出することができる。

4. おわりに

本研究では、安全・安心で快適な社会を実現するために、公共交通機関の運転手や大型エネルギープラントの作業員、植物工場などで業務に携わる身体障がい者や高齢者などを対象として生理的・心理的な変化をいち早く察知するためのヒューマン・モニタリングシステムの構築を試みた。

新しく開発した小型生体計測装置を用いて心電図の計測・解析ができることを明らかにした。現時点では、取得された心電図データを解析しているが、今後、計測プログラムに組み込んで、現場でリアルタイムに心電図の解析ができるように改善を進めていきたいと考えている。また、実際の現場で大勢の被験者を対象とした実験を行い、本システムの実用化を目指していきたい。

本研究は、科学研究費補助金 (挑戦的萌芽研究: 23656554) を受けて実施したことを付記し、関係各位に厚く御礼申し上げます。また、小型生体計測装置は、JST ERATO 前中センシング融合プロジェクトで 研究開発したものである。

参考文献

- 1) 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, pp.141-142, (2010).

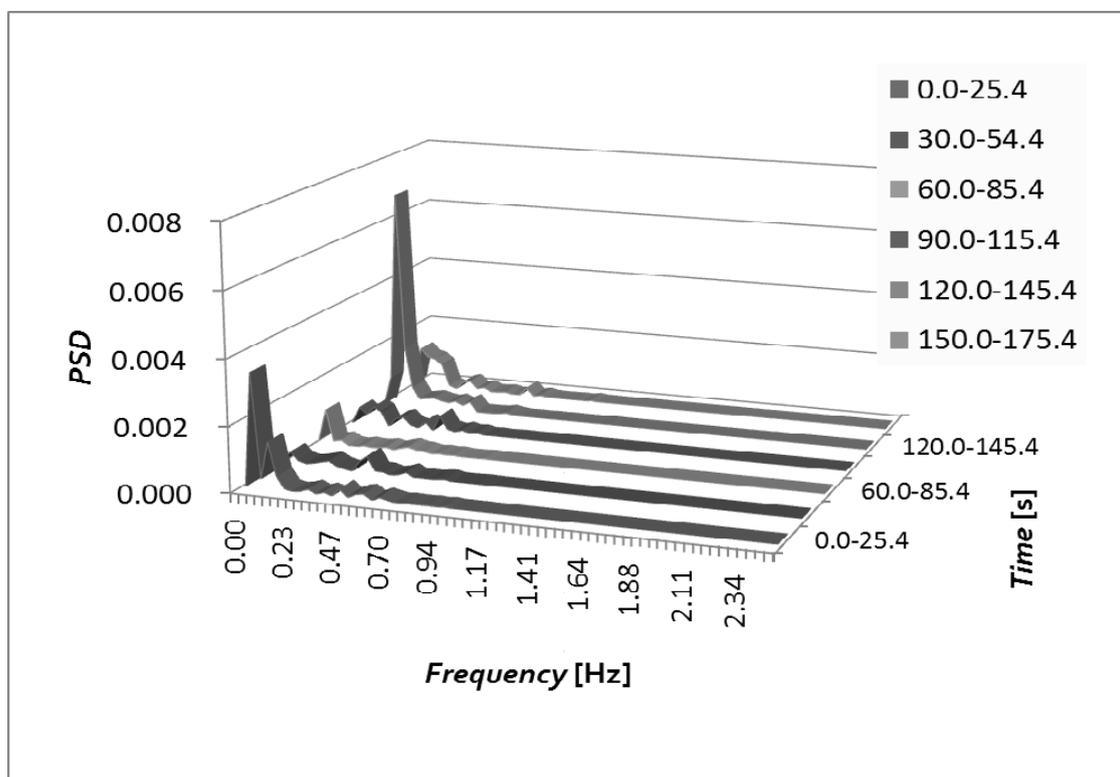


図 5 心拍ゆらぎの変化

ヒューマン・モニタリングシステムの開発 — in-situ 型表情評価システムの構築 — Development of a Human Monitoring System — In-situ Evaluation System of Facial Expression —

○有馬正和*, 大本涼子**

*大阪府立大学大学院工学研究科 **大阪府立大学工学部

ARIMA Masakazu*, OMOTO Ryoko**

*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

**Faculty of Engineering, Osaka Prefecture University

1. はじめに

著者らは、安全・安心で快適な社会の実現を目指してヒューマン・モニタリングシステムの構築を進めてきた。本研究が対象とする被験者は、公共交通機関の運転者や大型プラントの操作者、植物工場などで作業をする身体障がい者や高齢者など、日常の業務や生活を営んでいる人々である。このためには、被験者への生理的・心理的な負担をできるだけ軽減することがとても重要であり、本研究では、顔の表情と心電図に着目してヒューマン・モニタリングシステムの開発を行っている¹⁻³⁾。顔の表情には、生理的・心理的な反応が現れやすく、市販のビデオカメラなどを用いて非接触で比較的容易に観察・録画することができるという大きな利点がある。また、心電図は、心拍変動性指標などを用いて自律神経系の活動状態を推定・評価することのできることで、心拍 (R-R 間隔) を取得するだけであれば、雑音信号があっても比較的容易に抽出することが可能であること、そして脳波などの計測に比べて電極の装着が簡便であるという特徴がある。

著者らは、公共交通機関や作業場などでの実用化を図るため、in-situ 型の表情の計測・解析・評価システムの構築を目指している。これまで 3 次元画像解析システムを構築して、ステレオカメラで撮影した顔の表情から正面画像を生成して、眼と口の輪郭形状の変化から心理的な変化を推定・評価するためのモデルを開発している。眼と口の輪郭形状を自動的に抽出することは非常に困難であるが、本論文では、これらを自動的に取得する方法について検討した結果について述べることにする。

2. 表情評価モデル

本研究では、形状の特徴表現手法のひとつであるフーリエ記述子法を用いて、両眼と口の輪郭形状の変化からフーリエ記述子を求めて、形状の定量化を行っている^{1,2)}。フーリエ記述子によって、図形の傾きや大きさの影響を受けることなく形状を定量的に記述することができるので、撮影時の拡大・縮小を気にしなくても良いという利点がある。さらに、フーリエ記述子から元の形状を復元することができるので、平均的な形状を生成することも可能である。また、フーリエ記述子の時間的な変化から発話を推定することも可能であることが明らかとなった³⁾。

しかしながら、被験者が横を向くなどをすると 3 次元的な立体形状を持つ眼や口の輪郭形状は大きく変化してしまい、生理的・心理的な変化を正しく推定・評価することができなくなってしまうという問題点がある。そこで、ステレオカメラを用いて顔の表情を 3 次元的に取得して、正面画像を生成して 2 次元平面の閉曲線で眼と口の輪郭形状を表現することで表情解析を容易にすることができた^{7,8)}。

3. in-situ 型表情評価システム

本研究の最終目標は、公共交通機関や工場などの現場でリアルタイムに表情を計測・解析・評価することのできるシステムの開発であり、そのためには顔画像から眼や口の輪郭形状を自動的に取得することが必須となる。そこで、本論文では、まず最初に in-situ 型表情評価システムの構築における問題点の抽出を試みた。

本研究で用いたステレオ画像法では、左右のカメラで写された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できない。そこで、図1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、この6点を2次元座標系に書き換え、3次スプライン補間によって眼の形状を再現した。

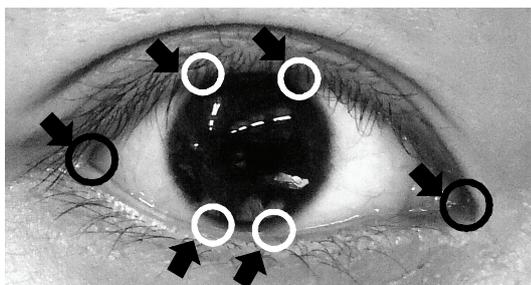


図1 眼の特徴点

一方、口の輪郭形状は、図2に示す、両口角の2点と上部の傾きが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、図のように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非常に困難となる。光環境や顔色、化粧の状態、防止やメガネの影響などによって、眼や口の輪郭形状を自動的に抽出することは容易ではないが、我々人間が他者を見て、ある程度表情を読み取ることができることから、その可能性を探ることができる。

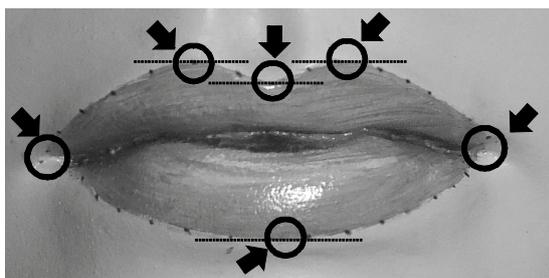


図2 口の特徴点

6. おわりに

本研究では、顔の表情に着目して in-situ 型の表情評価システムを開発するための検討課題について述べた。さまざまな光環境や顔色、化粧などの影響について、さらに検討を進めていきたいと考えている。

本研究は、科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究：23656554）と科学技術振興機構（JST）の研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）探索タイプの補助を受けて実施したことを付記し、関係各位に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 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, 平成15年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.38-41, (2003).
- 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, 有馬正和: 心拍変動の粗視化スペクトル解析による高速旅客船の乗り心地評価, 平成19年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.157-160, (2007).
- 5) 馬場祐太, 能見光司, 脇水俊行, 有馬正和: 緊張ストレス環境における生理的反応の計測と解析, 平成19年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.161-164, (2007).
- 6) 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).
- 7) 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).
- 8) 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, pp.137-140, (2010).

Kinect を用いた手指形状の 3 次元計測の一手法

A Method of Measuring 3-D Hand Shape using Kinect

○松島慎亮*, 桑原教彰**, 森本一成**

*京都工芸繊維大学 **京都工芸繊維大学大学院

MATSUSHIMA Shinsuke*, KUWAHARA Noriaki** and MORIMOTO Kazunari**
*Kyoto Institute of Technology, ** Graduate School of Kyoto Institute of Technology

1. 背景と目的

聴覚障害者と健聴者との間の円滑なコミュニケーション支援のために手話通訳システムが必要とされている[1]. このシステムでは手指の形状や動作を自動的に検出することが欠かせない. 従来手法であるデータグローブ[2]を用いた方法は, 精度は高いが計測機器が高価である. また, 画像認識に基づく方法[3]は安価であるが精度が低いことが課題となっている.

そこで, 本研究では安価で高精度な動作検出装置である Kinect を用いて, 手指の 3 次元形状を再構築することを目的とした. 本報では Kinect を複数台組み合わせる方法を提案する.

1.1 手話通訳システム

筆者らはこれまでに, テキスト情報から手話画像を生成表示するシステムの開発を進めてきた. 手話通訳システムは, 手話者の手話を文章や音声に変換し, また健聴者の言葉を手話に変換することで両者の円滑なコミュニケーションを支援するものである. このシステムで最も大きい課題は手話の動作認識部分であり, 特に手指形状を正確に計測することである.

1.2 Kinect

Kinect は Microsoft 社が 2010 年にテレビゲーム機用に発売した動作検出装置である. マイクに加え, 映像カメラと深度センサーの計 3 種類のセンサーを利用でき, 対象となる人の位置, 動き, 声, 顔を認識することができる. 深度センサーが 1mm ピッチの奥行き情報を持つ最大 640×480 ピクセルの 3 次元データを, 毎秒 30 フレーム提供する. そのため手話の手指形状の検出に十分な性能を持つと思われるので, これを手指

の計測に用いることにした. 既にオープンソースのドライバが開発されており, アプリケーションが作成できる[4].

2. 1 台の Kinect を用いた場合の手指形状計測

1 台の Kinect での計測限界を明らかにするために以下の計測を行った.

(1) 手指形状の抽出方法

深度センサーから得られる画素ごとの距離値から手指の 3 次元データを抽出する. 簡単のため Kinect に向かって片手を突き出し, 固定した状態を計測した. そしてカメラから最も近い点を基準にし, その点からさらに 20cm までにある座標データを手指データとして扱った. これらの条件は予備実験により得たものである.

(2) 計測結果

得られた手指計測データを図 1 に示す. 図 1(a)では肉厚が表示されているが, 図 1(b)でそれが表現されないことから 1 台では一方向からの形状しか抽出できないことが分かる.

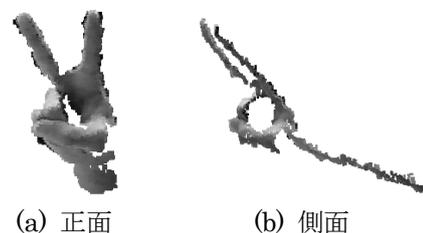


図 1 1 台の Kinect から得られた計測データ

既に 1 台の Kinect を使った手話認識方法は, アメリカ手話の指文字を対象にして Pugeault らによって提案されている[5]. しかしその認識精度は 75%に止まる. この原因については言及されていないが,

筆者らの計測データから明らかなように手指形状を十分に計測できていないことがその大きな要因と考えられる。

3. 2台の Kinect を用いた場合の手指形状計測

3.1 計測方法

そこで測定精度を上げるために複数台の Kinect を用いた手指計測を試みた。ここでは 2 台を用いる例について説明するがこの方法は 3 台以上にも応用できる。

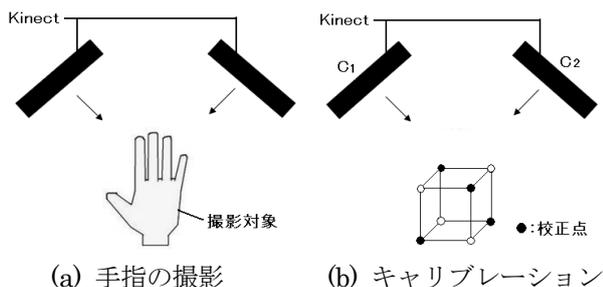


図 2 Kinect を用いた計測と校正

(1) Kinect の配置

配置にはいくつかの方法が考えられるが、一例として図 2(a)のように配置した。

(2) 手指形状抽出データの結合方法

2 台のカメラデータを一般的な、変換行列を用いた方法で結合する。すなわち図 2(b)に示した 2 つのカメラ座標 C_1 , C_2 を変換行列 X により

$$X \cdot C_1 = C_2 \quad (1)$$

と対応付ける。ここでの問題は X を求めることであるが、(1)式より

$$X = C_2 \cdot C_1^{-1} \quad (2)$$

となる。そこでデータ校正用に図 2(b)のような立体格子を用いて平面に並ばない 4 点を 2 台のカメラでそれぞれ計測し、そのときの 4 点の座標を(2)式に代入すれば変換行列が定まる。

3.2 結果と考察

2 台から取得したデータを組み合わせて再構築した画像を図 3 と図 4 に示す。図 3(a)をみると図 1 で示した V サインの手指形状がより実物に近く表現されていることが分かる。図 4 は Kinect ごとに得られたデータを濃淡の違いで示したものである。 C_1 のデータを淡い

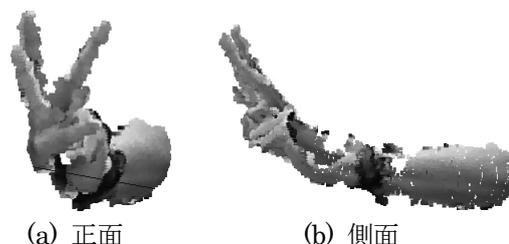


図 3 2 台の Kinect から得られた計測データ

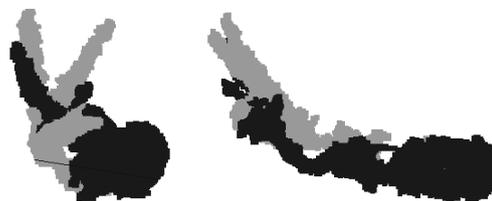


図 4 2 台から得たデータの結合の様子

色で、 C_2 のデータを濃い色で表示した。本来は異なるカメラ座標 C_1 , C_2 に属していたデータが同じ座標上で表現できた。しかし、図 3(b)で明らかなように手指形状を所々再構築できていない部分がみられる。これは 2 台の計測装置を用いた場合も、撮影できない領域があるためである。

本報では手指の 3 次元形状を再構築するために 2 台の Kinect を組み合わせる方法を提案した。この方法の課題は、取得したデータを結合する変換処理が不十分なため指先の形状が正確に再構築されていないことである。その理由はキャリブレーション方法や変換後のデータの扱いに問題があると思われるので、今後検討していく。また、再構築した手指形状が実際の形状にどれだけ近いかを従来の手法と比較し、手話通訳システムへ組み込むことができるかを検証する予定である。

参考文献

- [1] 池田, 松本: 点字と手話と自然言語処理, IEICE Fundamentals Review, Vol.4, No.4, pp.282-292 (2011)
- [2] 國貞, 間下, 清川, 竹村: 全方位視覚センサと LED を用いた手指姿勢推定法, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集 (2010)
- [3] 陳, 藤木, 有田, 谷口: 複数カメラを用いた実時間三次元手形状推定, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2006), pp.328-333 (2006)
- [4] 中村: KINECT センサープログラミング, 秀和システム (2011)
- [5] Pugeault, Bowden: Spelling It Out: Real-Time ASL Fingerspelling Recognition, 1st IEEE Workshop on Consumer Depth Cameras for Computer Vision, ICCV'2011 (2011)

発達障害児の運動機能改善を目的とした 遊びリテーションシステムの開発と評価

Development and evaluation of "Asobi-litation" system aiming at the motor function improvement in children with developmental disorders

○岡田衣理子*, 岩谷智一*, 大須賀美恵子*

*大阪工業大学大学院工学研究科

OKADA Eriko*, IWATANI Tomokazu*, OHSUGA Mieko*

* Graduate school of Engineering, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

発達障害は障害の重度化や関節拘縮といった2次障害の予防や将来の自立に備え、早期発見・早期療育が重要とされている¹⁾。また、家族が家庭で行う適切な介護・ケアを学ぶ機会を作ることや、家族をケアすることも大切とされている。本研究では運動機能改善のためのトレーニングを目的としており、リハビリが受動的になりがちな発達障害児、特に平衡感覚に不安のあるダウン症や脳性麻痺を対象にした遊びリテーションシステムの開発を行った。

2. 遊びリテーション

遊びリテーションとは、三好春樹氏らが提唱する遊びながらリハビリテーションをしようとする考え方である²⁾。障がいや認知症があっても、楽しく遊びながら、夢中になって体を動かすことで、心身の活性化が期待できる。本来、遊びリテーションでは、風船やタオル、ペットボトルなど身近にある物を使って行われることが多い。しかし、対象者の身体機能によってできることが異なる。そこで、遊びリテーションに、マルチメディアやバーチャルリアリティなどの工学技術を取り入れ、対象者の身体機能をゲームの中で拡張したり、対象者のレベルに合わせてハンディをつけたりして、より多くの人に楽しんでもらえるようにする試みがなされている^{3), 4)}。このような遊びリテーションシステムの研究は、認知症高齢者を対象としたものが多いが、障がいをもつ子どもにも、遊びを提供し、遊びの中でのリハビリを可能にする遊びリテーションシステム⁵⁾が役にたつと考えられる。

3. システム開発

3.1 システム概要

開発したシステムはスクリーン（大型ディスプレイ）とパソコンとWiiボードや加速度センサ、マイクなどの入力装置から構成されている。Actionscript3.0で制作したFlashゲームをスクリーンに投影し、足踏みや重心移動、腕の振り、発声時の声の大きさによりキャラクターを動かしてゲームを行うものである。

3.2 入力装置

下肢の運動にはWiiボード（RVL-021, 任天堂）を使用し、4つのロードセル出力をBluetoothを介してPCに取り込み、重心動揺や足の位置を計測する。足を置く位置がわかりやすいように足形を印刷したものをWiiボード表面に張り付けている(図1)。



図1 Wiiボード(左)と使用風景(右)

腕の運動には、3軸加速度センサ(KXM52-1050, (株)秋月電子通商)を使用した。加速度センサは回路が直接皮膚に触らないように、また装着が簡易なようにバンドを製作し、腕に取り付けた(図2)。

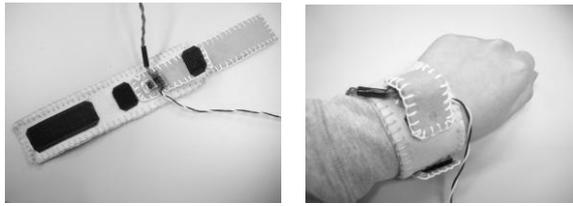


図2 加速度センサつきバンド(左)と装着時(右)

3.3 コンテンツ

落ちものゲームは、上から落ちてくるお菓子を真ん中にいるキャラクターを動かして取るゲームである(図3左). Wii ボードの上で左右に重心移動するか、加速度センサを右手と左手に装着して、進みたい方の手を振るとクマキャラクターが左右に動く. 木のぼりゲームは、足踏みや腕の上下運動、発声によって猿が木を登る時間を競うもので、対戦もできる(図3右).



図3 落ちものゲーム(左)と木のぼりゲーム(右)

4. 評価

4.1 受容性の評価

近隣の発達障害児のための福祉施設を慰問し、開発したゲームをしてもらう機会を得て、障がいのある子どもに受け入れられるのか、トレーニング装置として役に立ちそうかどうかを検討した.

その結果、市販のゲームと比べると非常に単純なゲームでも楽しんでもらえることがわかった. 障がいの度合いが異なっても、ゲームの難易度をキーボードや画面上のボタンで簡単に変更できるようにしておけば対応できることもわかった. また、上級生が下級生にゲームのやり方を説明する場面も見られ、コミュニケーションの活性化に役だつ可能性も伺えた.

同じ位置で足踏みができず、横にそれてしまう子どもや、バランスを取るのが難しく職員に支えられている子どもが見られたことから、このゲームでバランスのトレーニングをする意義があると考えられた.

4.2 トレーニング効果の評価

これまでは、実際に現場で使えるか、楽しく使えるかという評価にとどまっていたが、今後は、トレーニングの効果を定量的に評価したい. 獲得点数やゲームにかかった時間などゲームのパフォーマンスだけでなく、ゲーム入力として用いた加速度や音量、重心移動データ(図4)を保存し、評価に用いる.

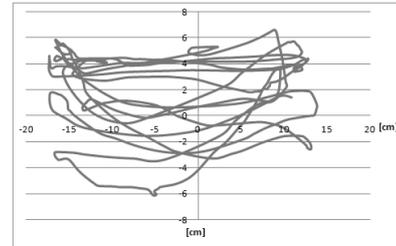


図4 重心移動データ例

レクリエーションで一生懸命なときに、普段中々立つことができない人がバランスを保ちながら立つことがあるという²⁾. そこで、画面に何も表示しないで、足踏みや重心動揺の計測を行うコンテンツも用意をし、ゲーム中に夢中になることで、バランスが改善するのかどうかを調べる予定である. また、継続してゲームを続けることで、ゲームをしていないときのバランスが改善されるのかも調べたい.

5. おわりに

発達障害児のための遊びリテーションシステムを開発した. 受容性は確認できたので、今後、対象者を選定して、バランストレーニングの効果検証を行う予定である.

参考文献

- 1) 日本発達障害福祉連盟: 発達障害白書, 2010
- 2) 三好春樹, 他: 遊びリテーション学, 雲母書籍, 1999
- 3) 橋本渉, 他: グループホームにおけるVRとリハビリテーション, バイオメカニズム学会誌, Vol.33, No.2, pp.117-122, 2009
- 4) Mieko Ohsuga, et al.: VR Applied Asobi-Litiation System for Dementia Elderly in Group Homes, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.19, No.6, pp.698-704, 2007
- 5) 橋本渉, 他: 力覚を用いた障害児向け遊びリテーションシステム, バーチャルリアリティ学会論文集, Vol.9, No.1, pp.115-118, 2004

GS7 人間特性

12 月 11 日 09:30~10:30
4 号館 2 階 4206 室

【座長】 井上 裕美子（大阪産業大学）

C3-1 視覚イメージの差に伴う触覚評価の変化

○岡村友俊（金沢工業大学大学院）

C3-2 睡眠時における自律神経系および中枢神経系の生理指標の時系列的相互関係

○江井大輔（立命館大学），出口明広，神林優太（立命館大学大学院），萩原 啓（立命館大学）

C3-3 左視野と右視野における光刺激反応時間の差

○狩野 隆，川野常夫（摂南大学）

C3-4 冷房使用時の体温調節反応と温熱的快適性の性差について

○安岡絢子（奈良女子大学大学院），久保博子（奈良女子大学），都築和代（(独)産業技術総合研究所），磯田憲生（奈良女子大学）

視覚イメージの差に伴う触覚評価の変化

Change of tactile evaluation with difference of visual images

岡村友俊*

*金沢工業大学大学院工学研究科

OKAMURA Tomotoshi*

*Kanazawa Institute of Technology Graduate School of Engineering.

1. 序論

人は、五感情報から周りの世界を認識している。その際、多様な入力情報は統合され、安定した知覚世界が構成されている。しかし、情報の質や量の差など、何らかの理由で情報が合わないときは違和感を感じる。五感情報を具体物ではないデジタル情報で表現し、複数の多感覚情報による組み合わせの適合性を明らかにすることにより、ネットショッピングのシステムの改良や、遠隔教育、医療の実施など、多様な展開への応用の可能性が考えられる。

五感情報は脳内で統合されており、それらについての研究も数多く行われている。例えば、視覚と触覚の統合評価に色が及ぼす影響は調べる感覚によって異なり、視覚依存である、触覚の影響が強い、などさまざまな結果が出ているが、不明瞭な点も多い。他にも聴覚と触覚では、音の提示レベルが手の感触に影響し、音圧レベルが高いほど手の感触¹⁾や紙やすり²⁾の手触りが滑らかで乾いた感触になるという研究も存在する。

人はある感覚が入力されたとき、その感覚から他の感覚をイメージするが、その際に他の感覚のパラメータが正確に解る場合はほとんどない。そのため、感覚統合の際に重要となるのは感覚に直接関わるパラメータよりも、人間の記憶と経験、またそれらによって想起されるイメージの方である可能性も考えられる。

本研究では、視覚と触覚の統合において、判別に重要となるのは画像の実際のパラメータか、画像から想起されるイメージか調査する。

2. 実験

装置として触覚マウスを使用した。触覚マウス(図1)は、通常のマウスに2次元モーターとセンサーを組

み込んだものであり、ディスプレイに表示された立体の凹凸感やうねり、振動などの動作をマウスの触覚呈示部と呼ばれる部分に擬似的に表現する³⁾ことが可能な装置である。

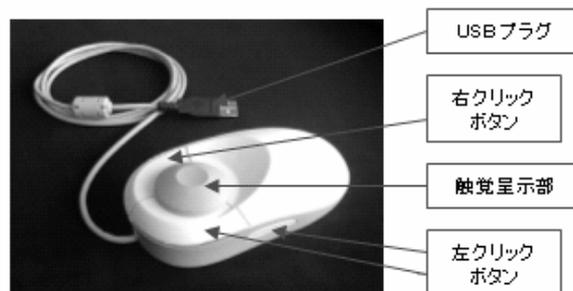


図1 触覚マウス

触覚マウスを使用することにより、視覚や聴覚と同じように数値で触覚情報を自由に作成し、参加者に与えることが可能となる。具体的な使い方としては、各パラメータを変化させることにより、画像の見た目は異なる触感を付加したり、画像に触れてから指に触感が伝わるまでに時間差を発生させるといったことが可能である。

五感情報のうち視覚と触覚が統合される際に重要となる要因について調べるため、20代の参加者20名に対して実験を行った。最初に視覚から発生するイメージがどのようなものか調べるため、色と触覚に関わる項目についてSD法を用いた評価実験を行った。

参加者をPCの前に着席させ、PCのディスプレイに表示した画像(視覚刺激)について評価を行わせた。評価項目は、先行研究⁴⁾で視覚的な評価から発生するイメージを知るために用いられた用語の中から硬軟感、温冷感、明暗感、乾湿感、色彩感、軽重

感の 6 項目に、触感の粗さに関連した項目である粗滑感を加えた 7 項目を使用し、評価は 7 段階とした。評価後、画像に関して、具体的にどのようなものをイメージしたかを口頭で回答させた。次に、提示した視覚画像の下にそれぞれ異なる触覚刺激 10 種類を提示し、参加者に触覚マウスで刺激を確認させ、視覚画像に最も適合していると感じられた触覚刺激を選択させて、視覚画像を変化させて実験を繰り返し、8 種類の視覚画像全てに対して評価を行わせ、参加者が持つ視覚画像へのイメージと、視覚画像から想起される触覚刺激について求めた。

実験条件として、画像による視覚刺激 8 種類、振動による触覚刺激 10 種類を使用した。視覚刺激は触覚と対応しやすいよう図 2 のようなサンドペーパーの画像を使用し、各画像において色のみを変更した暖色系 (a 群) と寒色系 (b 群) に分け、合計 8 種類を使用した。その際、画像 b 群の一部には、粒度と色彩から、サンドペーパーではなく別のイメージを持つ可能性があるようにした。

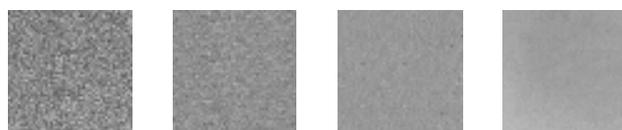


図 2 実験に使用した視覚画像

触覚刺激は振動を触覚マウスで作成した。具体的なパラメータとして、周期が X,Y 軸方向共に 5、力の中心値は X,Y 軸方向共に 0、中心座標は X,Y 軸方向共に 0、波形は矩形波として、振幅を X,Y 軸方向共に 10 から 100 まで 10 刻みの 10 種類を使用した。なお、視覚画像は図 2 の左から画像 1、画像 2、画像 3、画像 4 とし、それぞれ振幅 80、振幅 60、振幅 40、振幅 20 に対応する。

3. 結果

参加者が選択した触覚刺激の平均値を図 3 に示した。全体的に暖色系よりも寒色系の方が触覚刺激の振幅が低く評価される傾向があり、差の検定を行った結果、全ての画像において画像 a と画像 b の平均値に有意な

差が見られた ($p < 0.05$)

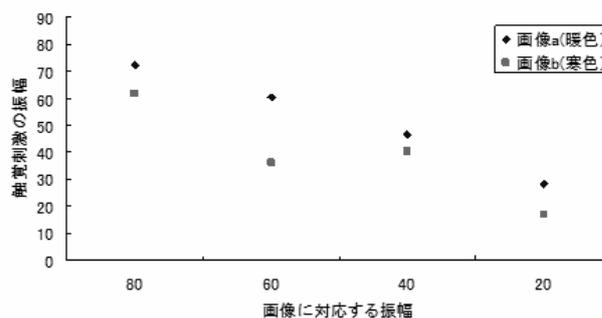


図 3 選択された触覚刺激の平均値

画像のイメージにおいて、画像 b 群で参加者の多くは画像に対し石や壁など固体のイメージを持っていたが、画像 1b は 1 名、2b は 7 名、3b は 4 名、4b は 2 名が「海面の画像」など、液体のイメージを持っていた。イメージしたものが固体か液体かでは触覚刺激の評価に大きな影響が出ると考えられたため、固体をイメージした場合と液体をイメージした場合の評価を比較した。図 4、図 5、図 6、図 7 に画像 b 群のイメージ別の官能評価平均値を示した。

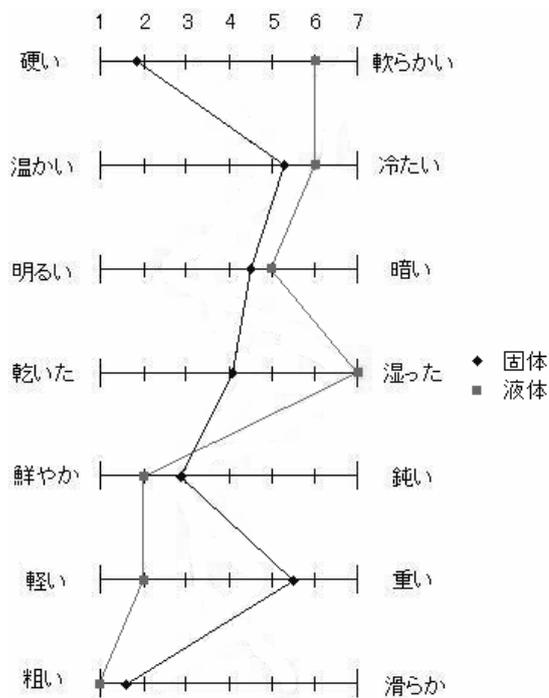


図 4 イメージ別官能評価の平均値 (画像 1b)

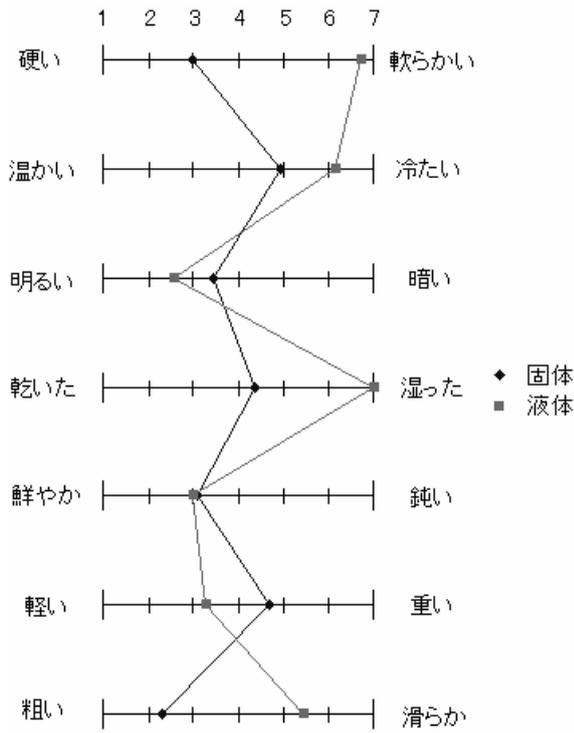


図5 イメージ別官能評価の平均値 (画像 2b)

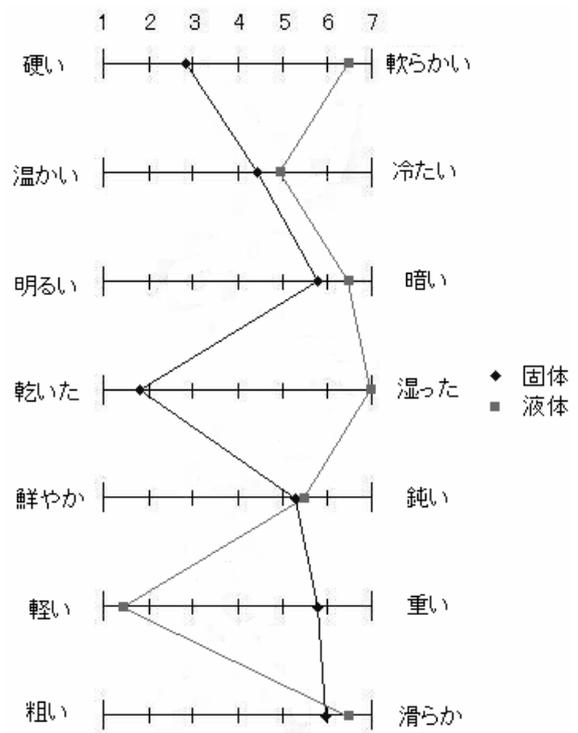


図7 イメージ別官能評価の平均値 (画像 4b)

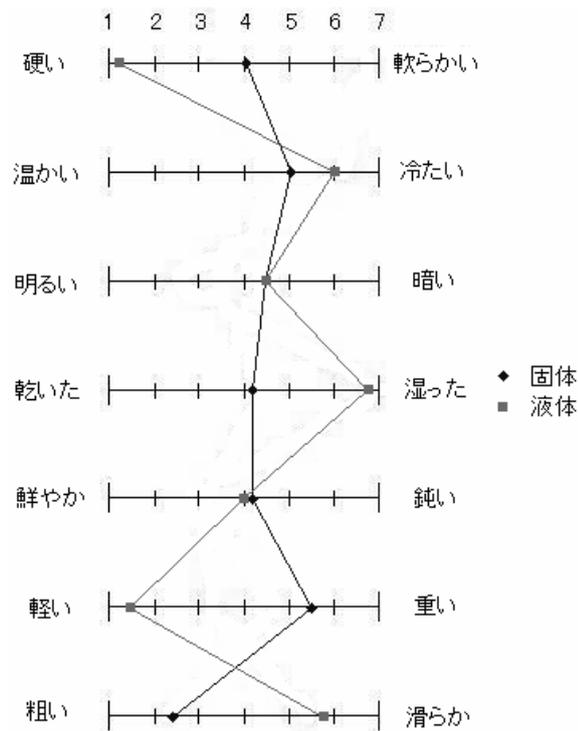


図6 イメージ別官能評価の平均値 (画像 3b)

それぞれの結果について固体と液体で平均値の差について検定を行ったところ、画像 1b は硬軟感、乾湿感、軽重感、画像 2b は硬軟感、乾湿感、粗滑感、画像 3b は硬軟感、乾湿感、軽重感、粗滑感、画像 4b は硬軟感、乾湿感、軽重感に有意な差が見られた ($p < 0.05$)

固体、液体別に分けた画像 b 群の触覚刺激の平均値の差を図 8 に示した。

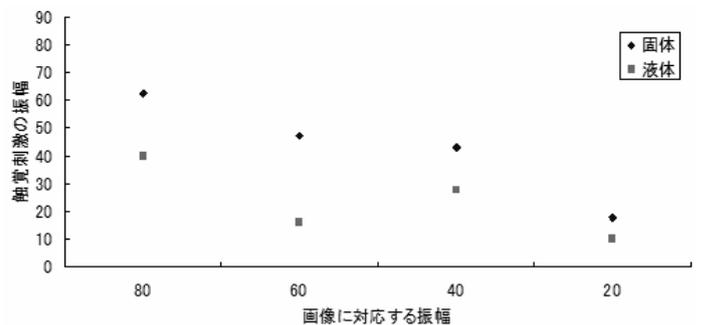


図8 イメージ別画像 b 群の触覚刺激の平均値

固体と液体で平均値の差について検定を行ったところ、画像 1b、2b、3b において固体と液体の平均値に有意な差が見られた。 ($p < 0.05$)

4. 考察

固体と液体のイメージにおいて平均値に差が見られた理由として、画像内でサンドペーパーの粗さは画像 a と画像 b で変化しておらず、画像 2b は液体をイメージした人数が多く、官能評価の結果で固体と液体のイメージにおいて触感の粗さに関わる粗滑感に有意な差が見られたことから、参加者は画像の粗さよりも、画像からイメージしたものを手がかりとして適合する触覚を選択したためと考えられる。なお、画像 4b のみ固体と液体で差が見られなかった理由としては、元のサンドペーパーの画像の粗さが細かいため、固体のイメージと液体のイメージに他の画像ほど大きな差が無かったためと考えられる。

人は実物の感覚を確かめる場合、実際に見る、触るなどして感覚を確実に知ることができるが、今回のようにデジタル情報で作成した感覚情報を使用する場合、提示された 2 つの感覚が適合しているかどうか、少なからずイメージを用いる必要がある。そのため、今回の結果はデジタル情報を使用した場合などに限定されると考えられるが、今後、2 次元などで複数感覚の統合は増えていくことを考えると、視覚と触覚だけでなく聴覚など別の感覚を用いて感覚間によるイメージの影響力の差について、または三感覚以上が提示される場合について設定し、検討する必要がある。

参考文献

- 1) Jousmäki, V., & Hari, R.: Parchment-skin illusion: sound-biased touch, *Curr Biol*, 8, R190 (1998)
- 2) Guest S, Catmur C, Lloyd D, Spence C: Audiotactile interactions in roughness perception: *Exp Brain Res*. Sep;146(2):pp161-71. Epub (2002)
- 3) 富士ゼロックス: 触覚マウス取扱説明書 (2001).
- 4) Yukari Tanama, Sachiko Sukigara: The Influence of Vision and Tactile Sensation on Evaluation for “Shittori” Characteristic of Fabrics, *SENI GAKKAISHI* Vol.66, No.1(2010)

睡眠時における自律神経系および中枢神経系の生理指標の時系列的相互関係

Time Series Correlation of Physiological Indexes of Autonomic Nervous System and Central Nervous System during Sleep

○江井大輔*, 出口明広**, 神林優太**, 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

EI Daisuke*, DEGUCHI Akihiro**, KAMBAYASHI Yuta**, HAGIWARA Hiroshi*

*College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

**Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

近年の日本は24時間化社会と呼ばれ、昼夜の区別なく人々が働いている。労働時間の増加は睡眠時間の減少をまねき、睡眠不足が原因で活動中の集中力の低下や居眠り運転などの交通事故の引きがねともなる。自身の健康や安全だけでなく他人をも巻き込む可能性が大きいため、睡眠不足に対する関心は今後益々増加していくものと考えられる。

現在、睡眠状態の解析に最も多く用いられる指標は中枢神経系の活動状態を示す脳波である。しかし、脳波の計測には多くの電極の装着が必要であり、電極の装着自体が睡眠を阻害する可能性も十分考えられる。そのため、脳波を用いずに自律神経系の活動状態を示す呼吸や心拍などの生理指標により睡眠深度を推定する方法が行われている^{1) 2)}。これらの睡眠研究の成果により、より簡易に計測できる生体信号を用いて睡眠状態の推定を行うことが可能になり、睡眠を阻害する電極が少なくなることで本来の睡眠の質を知ることが可能になると考えられている。

これらの先行研究により、脳波、心拍、呼吸の生理指標が睡眠状態の変化に応じてどのような変化を示すのかが明らかになってきているが、それぞれの生理指標の変化が起こるタイミングについて時間軸上のずれが問題として報告されている。そこで本研究では中枢神経系の活動状態を示す脳波を用いて判定された睡眠状態と、自律神経系の活動状態を示す心拍や呼吸のそれぞれの生理指標の変化が生じる時間軸上のずれについて注目した。

本研究では睡眠時における脳波、心電図、呼吸、体動のデータを取り、心電図のRR間隔と呼吸のピークとピークの間隔を解析し、それらの値の変化が始まる時間と睡眠状態の変化が始まる時間のずれを検討した。

2. 方法

2.1 被験者及び実験装置

被験者は20~22歳の健常者(男性8名、女性1名)であり、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激しい運動をしていないことを条件とした。実験では多用途脳波計EEG-1100(日本光電)を用いて、午前0時から午前7時までの睡眠時における脳波、心電図、呼吸、眼球運動の計測を行った。また、実験時に使用する部屋は光や音などの外部からの刺激を極力少なくし、室温は一定の温度を保った。

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)より導かれる脳波の計測を行った。眼球運動の計測は右目の右上1cm、左目の左下1cmの箇所に電極を装着した。心電図の計測は両肩の鎖骨下の2箇所と左の肋骨の下から2番目の箇所に電極を装着した。脳波の解析は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を通して行った。呼吸はサーミスタ呼吸センサ「サーミスタ呼吸ピックアップ」(日本光電)を用い、センサ部を鼻孔付近にテープで貼り付け、呼気と吸気の温度差による抵抗値の変化を呼吸曲線として検出した。

2.3 評価方法

睡眠深度の解析は Rechtschaffen & Kales の睡眠段階国際判定基準^{3) 4)}に従って行い、その睡眠段階をさらに詳しく分類し、REM期を加えた10段階の睡眠状態で評価を行う。また、睡眠状態の判定は1エポック1分で行う。睡眠状態の分類を表1に示す。

表 1 睡眠深度評価表

睡眠深度	睡眠状態	判定方法	身体の状態
Wake	0	50% α波	起きている
REM	REM	低振幅の周波数と急速眼球運動	意識はないが浅い睡眠夢を見ている
1	1	α 波 $\leq 50\%$	寝ているが意識がある
	2	主に θ 波	
	3	瘤波の出現	
2	4	K-complex	意識がない
	5	スピンドル	
	6	δ 波 $< 20\%$	
3	7	$20\% \leq \delta$ 波 $< 50\%$	
4	8	$50\% \leq \delta$ 波	

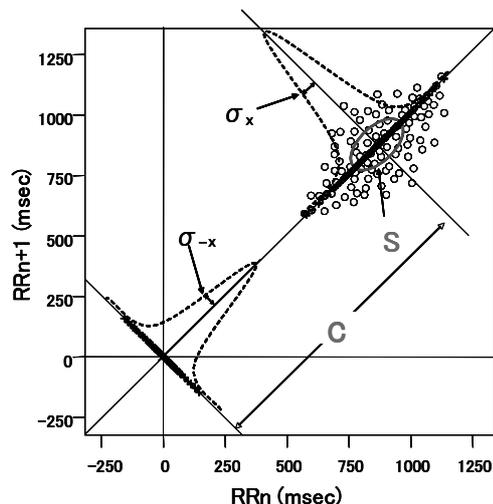


図 1 ローレンツプロットの中心 C と面積 S

心拍の評価は実験により得られた心電図のデータから RR 間隔を出し、HF を算出する。HF は 1 分間の RR 間隔時系列データの FFT 解析を行い、パワースペクトルを導出した後、高周波数成分である 0.15~0.40Hz の値を求めることによって算出した。1 分間隔で HF の値を求め、入眠後睡眠が一旦深くなって浅くなる睡眠の第 1 周期が終了するまで計算を行った。

また、HF の算出と同時に RR 間隔を用いてローレンツプロット(LP : Lorenz Plot)を行った⁵⁾。LP とは n 番目の RR 間隔を x 座標、n+1 番目の RR 間隔を y 座標として、x-y 平面上に順にプロットしたものである。LP の評価を定量的に行うために LP を $y=x$ 上と $y=-x$ 上に投影して、1 分間のプロットデータの分布の中心と原点からの距離を C として算出した。また $y=x$ 上での標準偏差 $\sigma(x)$ 、 $y=-x$ 上での標準偏差 $\sigma(-x)$ を用いてローレンツプロットの分布を楕円と考え面積 $S = \pi \times \sigma(x) \times \sigma(-x)$ の算出を行った。HF と同様に 1 分間隔で睡眠の第 1 周期が終わるまで算出を行った。ローレンツプロットの中心 C と面積 S の関係を図 1 に示す。

呼吸の評価については、1 分間における呼吸のピークを検出し、心拍のときと同様に RR 間隔を呼吸のピークとピークの間隔時間に置き換えて LP を行い呼吸データによる中心 C と面積 S を求めた。

本研究では睡眠状態の変化との時間軸上のずれを評価することを目的としているため、最も睡眠状態の変動が大きいと考えられる睡眠の第 1 周期のデータに対して解析を行った。

3. 結果

3.1 第 1 周期の睡眠状態と心拍 HF の推移

被験者 1 名の睡眠の第 1 周期の睡眠状態と心拍 HF の推移を図 2 に示す。

REM 期のときの睡眠状態を 0.5 として睡眠状態の推移を見ると、睡眠開始から 37 分経過した時点で睡眠状態が最も深くなり、64 分経過した時点で体動が起り、一気に睡眠が浅くなり、REM 期に移行していることが分かる。

次に心拍 HF については、睡眠状態が最も深くなる時点より少し遅れて、40 分経過後に HF の値が大きくなっていることが分かる。その後 60 分までは HF が高い状態を維持するが、睡眠が浅くなる時点より 3 分程早い 61 分の時点で心拍 HF は大きく減少し、体動による大きな変動を経た後も低い値を維持していることが分かる。

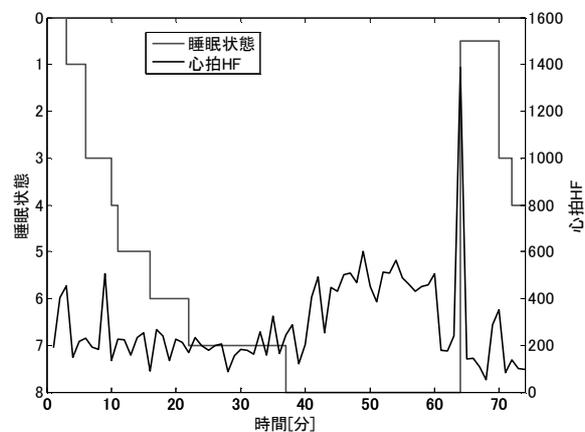


図 2 睡眠状態と心拍 HF の推移

3.2 睡眠状態と心拍LPの中心Cと面積Sの推移

睡眠状態と心拍LPの中心Cと面積Sの睡眠の第1周期の推移を図3、図4に示す。

中心Cの推移について、睡眠が深くなり始める入眠期において値が上昇し、その後睡眠が浅くなる64分まで一定の範囲の値を維持した。64分には体動の影響により中心Cの値が大きく減少し、直後には体動が起こる前と同様にほぼ一定の値を維持した。

面積Sの推移について、睡眠開始から10分経過した時点から睡眠が最も深くなる時点まで数値が安定したままであり、睡眠が最も深くなった時点から3分後の40分の時点から面積Sの値が少しずつ上昇し、HFと同様に体動が起きて睡眠が浅くなるより3分程早く面積Sの値が減少を始めた。その後睡眠が浅くなった時点で急激に面積Sが上昇し、睡眠が浅い間は値が不安定な状態が続いた。

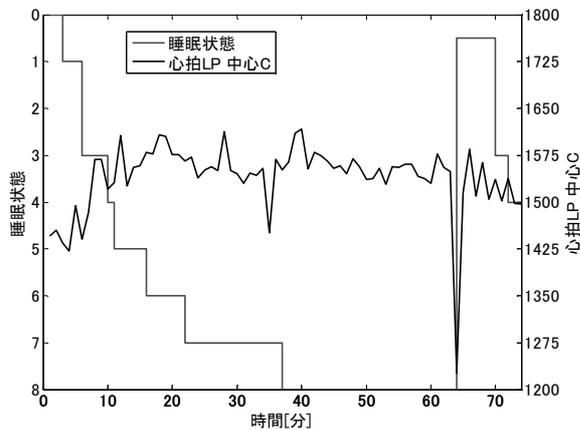


図3 睡眠状態と心拍LPの中心Cの推移

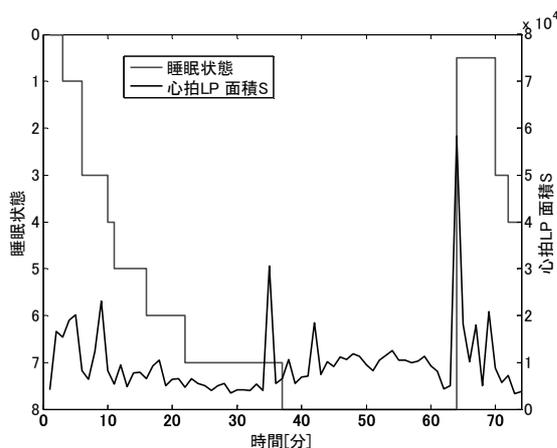


図4 睡眠状態と心拍LPの面積Sの推移

3.3 睡眠状態と呼吸LPの中心Cと面積Sの推移

睡眠状態と呼吸LPの中心Cと面積Sの睡眠の第1周期の推移を図5、図6に示す。

呼吸LPの中心Cについて、Wakeから睡眠状態1まで値が増加した後、睡眠が深くなるにしたがって値が減少し、睡眠が最も深くなる2分前から値が上昇した。その後睡眠が深い間は中心Cの値は一定であり、その後体動時に値が一瞬だけ大きく減少した。

呼吸LPの面積Sは、入眠直後は変化のばらつきが大きいですが、睡眠が深くなるに従って、値は減少し変化の幅も小さくなった。睡眠深度が最も深くなった時点から2分程遅れた39分から睡眠が浅くなるまでは大きな変化を示すことがなかった。その後体動が起きて睡眠が浅くなると面積Sの値も大きく上昇し、入眠期に見られた大きなばらつき幅をもつ変化が現れるようになった。

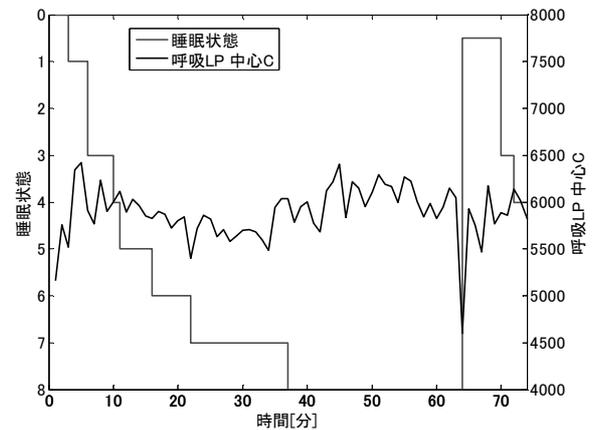


図5 睡眠状態と呼吸LPの中心Cの推移

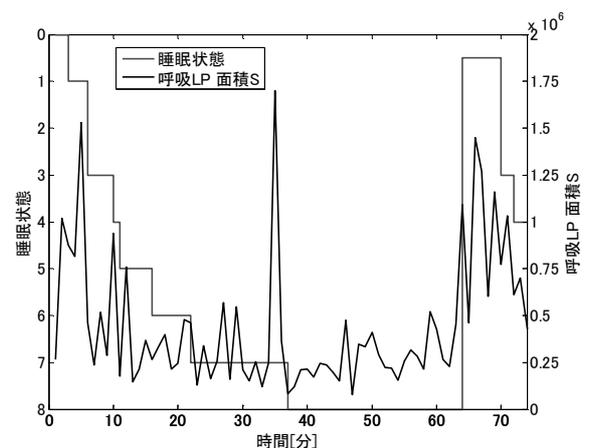


図6 睡眠状態と呼吸LPの面積Sの推移

4. 考察

心拍 HF の値は睡眠状態が最も深くなる時点より約 3 分遅れて値が上昇し、睡眠が浅くなるより約 3 分早く値が減少した。

また、心拍 LP の中心 C について、睡眠開始から値が上昇し睡眠が浅くなると同時に値が減少したので睡眠状態の変化とのずれを見ることはできなかった。一方面積 S は HF 同様睡眠状態が最も深くなる時点より約 2 分遅れて値の上昇を始め、浅くなる時点より約 3 分早く値が減少した。

呼吸 LP の中心 C は睡眠が最も深くなる時点より約 2 分早く値が上昇し、浅くなると同時に値が急激に減少したため睡眠が最も深くなった時点でのずれしか見ることができなかった。一方面積 S は睡眠が深くなるより約 2 分遅れて変化のばらつきの幅が小さくなり、睡眠が浅くなったと同時に変化が大きくなった。

心拍 HF と心拍 LP の面積 S については睡眠状態が最も深くなった時点と浅くなった時点どちらにおいても変化開始の時間軸上でのずれを確認することができた。従ってこれら 2 つの指標の値が減少を始めると、そのすぐ後に睡眠状態が浅くなることを予測することが可能になると考えられる。また、呼吸 LP の中心 C について、睡眠が深くなるより早く値が上昇を始めることが確認できたので、この後に睡眠がさらに深くなることを予測できると考えられる。しかし面積 S については睡眠が深くなる時点より少し遅れて値の変化が生じ、時間軸上のずれを確認できたが、浅くなる時点では時間軸上のずれを確認することができず、心拍 LP の中心 C においてはどちらの時点でも時間軸上のずれを確認することはできなかったため、これらの 2 つの指標については変化に引き続いておこる睡眠状態の変化の予測は困難であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、覚醒状態から深い睡眠状態へとその変動が最も大きいと考えられる睡眠の第 1 周期に焦点をあてて中枢神経系の活動状態を示す脳波を用いて判定された睡眠状態と自律神経系の活動状態を示す心拍や呼吸のそれぞれの生理指標の変化が生じる時間軸上のずれを明らかにすることができた。これらの結果より心拍 HF、心拍 LP、呼吸 LP から睡眠状態の推定を行う際に時間軸上のずれを考慮する必要があることが確認できた。しかしこの時間軸上のずれは被験者によって

差があり、心拍 HF の変化においても時間軸上のずれがほとんど見ることができなかった被験者も存在した。そのため、睡眠が深くなってからの経過時間や、深い睡眠状態に至った被験者とそうでない被験者を比較して時間軸上のずれの大きさを推定することができないかを検討していきたいと考えている。また、今回は状態が変化する時間軸上のずれを求めたが、変動幅のばらつきの状態についても検討していきたいと考えている。さらに、今回は心拍 HF を 1 分ずつずらして計算を行ったことで、1 秒ごとの詳細な変化を見ることができなかった。今後は 1 秒ずつずらして計算を行うことで、より詳しく時間軸上のずれを見ていきたいと考えている。

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) 坪井宏祐, 出口明広, 萩原啓: ローレンツプロットの定量評価による睡眠推移の推定, ヒューマンインタフェース学会, 13(2), pp127-pp134(2011)
- 2) 出口明広, 萩原啓: 呼吸情報と心拍情報を指標とした睡眠状態の推定, 生体・生理工学シンポジウム論文集, pp93-pp96(2010)
- 3) 日本睡眠学会: 日本睡眠学ハンドブック, pp23-pp26, pp28-pp33(2002)
- 4) Rechtschaffen A, Kales A 編, 清野茂博 訳: 睡眠脳波アトラス, 医歯薬出版, pp1-pp55(1971)
- 5) 谷田陽介, 萩原啓: 心拍 RRI のローレンツプロット情報に着目した入眠移行期の簡易推定法, 生体医工学, 44(1), pp156-pp162(2006)

左視野と右視野における光刺激反応時間の差

Difference of Reaction Time to Light Stimulus between Right and Left Visual Field

○狩野 隆*, 川野常夫*

*摂南大学 工学部

KARINO Takashi*, KAWANO Tsuneo*

*Faculty of Engineering, Setsunan University

1. はじめに

交叉支配の原則により脳の右半球は左半身を支配し、左半球は右半身を支配している。しかし、視覚については右半球と左半球がそれぞれ左目と右目を支配しているのではなく、視野の左右が逆側の脳と結びついている。すなわち、右半球は左視野から、左半球は右視野から情報を得ている。ここで、視野とはある1点を見つめたとき眼球を動かさずに見える範囲のことで、見つめている点より右側が右視野、左側が左視野である。図1に示すように、左視野にある物体は右目、左目ともに脳の右半球につながる網膜上で像を結び、右半球で知覚される¹⁾。同様に、右視野にある物体は左半球で知覚される。また、右半球と左半球で異なる機能の専門性が存在することが脳分離研究などにより明らかにされてきた²⁾。左半球は情報を論理的に捉え、言語的処理能力など分析的・維持的・部分的認知に優れており、対して右半球は直感的に捉え、空間認知・図形・パターンの認知・メロディの認知・感情認知な

ど総合的・同時的・全体的認知に優れている³⁾。この半球で異なる機能の専門性と交叉支配の原則に基づき、これまで左右視野別での情報提示による認知能力差を明らかにする研究が行われてきた。書字言語、つまり文字や文章を認知する言語機能についての能力差は、おもにタキストスコープ(パソコン画面などに図形や文字などの視覚刺激を瞬間的に提示する装置)を用いた瞬間視の実験で検討されてきた⁴⁾。他にも片山の記憶能力差についての研究¹⁾や沼田らの図形認知差に関する研究⁵⁾などにより左右半球の特性が明らかにされてきた。

本研究では、光刺激に対する反応時間に左視野と右視野に差があるかどうかを実験を行うことによって検証し、差があるならばそれを定量的に明らかにすることを目的とする。また、その結果をスポーツや日常生活の場において活用することを検討する。

2. 実験方法

左右いずれかの視野の優位性を定量的に明らかにするため、左右それぞれの視野内から発せられた光刺激に対する単純反応時間を測定する実験を行った。

前節で取り上げたこれまでの研究に共通する点は実験参加者が全て右利きで行われているということである。この理由として、瞬間提示法を用いた視覚機能の研究は、右利きが左右脳の機能差を明確に示すのに対して、左利きは明確な左右脳機能差を示さないということが挙げられる⁴⁾。これに対して、本研究における実験は実験参加者の条件を右利きに統一せず、利き手・利き目・利き脳・性別など異なる条件を取り上げて実施し、それらの違いを検討する

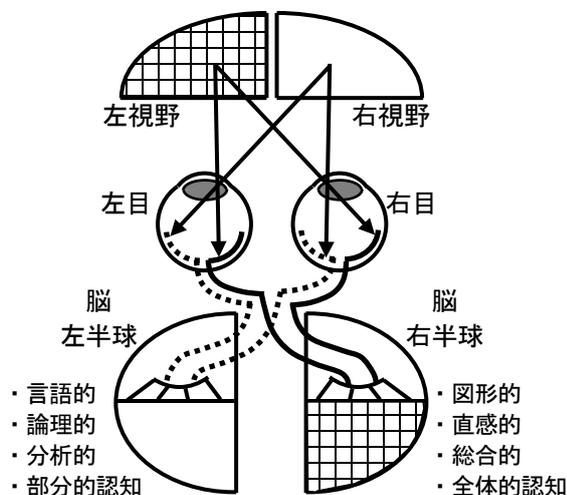


図1 視覚経路と左右脳の機能差のモデル

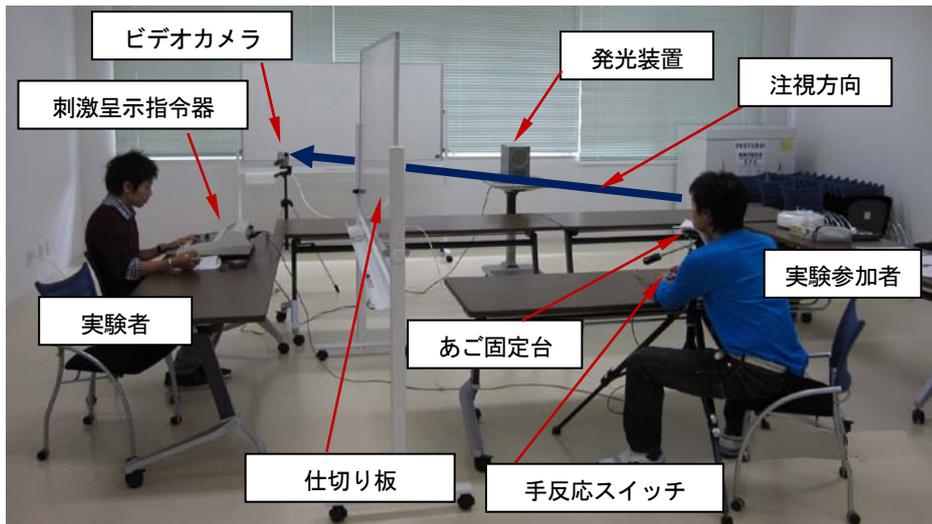


図2 実験風景（右視野の反応時間測定の場合）

ことも計画している。利き手が違うことによって、脳の使い方や左右半球脳の機能優位性が異なるように、利き目・利き脳・性別が異なることによっても優位性や特徴が異なると推測されるためである。

実験参加者は13名（男性12名、女性1名、21.3±0.98歳）とした。実験前には事前にアンケートにより、実験参加者の性別・年齢・利き手・利き目・利き脳・静止視力・目の状態（近視や乱視など）・矯正有無・スポーツ経験について調査した。利き脳に関しては情報の入力と出力に分け、両手の指を交互に組んだ時、右手の親指が上にくる人は情報の入力を左脳で行っている人とし、左手の親指が上にくる人は右脳で行っている人であるとした。また、両腕を自然に組んだ時に右腕が上にくる人は情報の出力を左脳で行っている人とし、左腕が上にくる人は右脳で行っている人であるというように簡易に区別した⁶⁾。

光刺激反応時間の測定器具として全身反応測定器Ⅱ型（竹井機器工業製）⁷⁾を使用した。測定器は指令器・発光装置・手反応スイッチで構成され、1000分の1秒までの精度で測定することができる。図2に測定実験風景の1例を示す。実験参加者はあご固定台にあごを乗せて固定し、約3m離れたビデオカメラの方を注視する。図2は発光装置をビデオカメラより右の方向に配置しているため、発光装置は実験参加者にとって右視野に配置されている例を示している。実験者は実験

参加者から見えない位置で、刺激呈示指令器を用いて発光指令スイッチを押して発光装置が発光する。それを知覚した実験参加者は手反応スイッチを押して反応する。実験者が発光指令スイッチを押してから、実験参加者が反応するまでの時間が指令器にデジタル表示される。

実験を行った部屋は大学のゼミ室で、部屋の明るさは約1200 lxであった。

発光装置の発光面は円形で直径120mm、発光色はキセノンによる赤色で、瞬間発光して消える。

実験では図3に示す5通りの視野角を設定した。すなわち、ビデオカメラを実験参加者の真正面、および左右に10°、30°回転した位置に配置し、各位置を左から順にA、B、C、D、Eとした。実験参加者が位置Aまたは位置Bのビデオカメラを注視したとき、発光装置は右視野に位置する。同様に位置Dまたは位置Eのビデオカメラを注視したとき発光装置は左視野に位置する。ここで位置B、C、Dは中

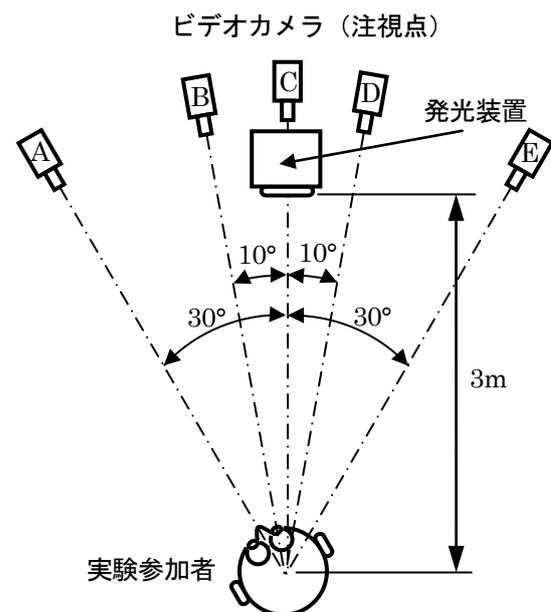


図3 実験で取り上げた視野角

心視野で，A，E は周辺視野となる．以上をまとめると以下のとおりとなる．

- ・A：視野角 30°・周辺視野・右視野・左脳認知
- ・B：視野角 10°・中心視野・右視野・左脳認知
- ・C：視野角 0°・中心視野・中心視野・左右脳認知
- ・D：視野角 10°・中心視野・左視野・右脳認知
- ・E：視野角 30°・周辺視野・左視野・右脳認知

実験は，これら 5 通りの視野について，両目で認知する場合，眼帯で覆うことによって左目または右目だけで認知する場合の 3 通りの条件について行う．位置 A から E までの順序効果をなくすため，くじ引きで実験順序を選択した．実験参加者はビデオカメラを注視し続けながら反応するが，測定中に眼球を動かしていないことを確かめるため，ビデオカメラに実験参加者の眼球を録画しチェックを行った．それぞれの条件について，練習を 5 回以上行い，反応時間が安定することを確認したあとに本実験を行う．本実験は 1 つの条件につき，10 回ずつ繰り返した．したがって 1 人の実験参加者の試行回数は，注視する目の 3 条件×位置の 5 条件×15 回の 225 回以上となる．その間，疲労しないように休憩を任意に十分に取るようにした．

3. 実験結果

表 1 に実験結果のデータを示す．列方向には実験参加者 13 名全員が両目で行った結果，および右目，左目で行った結果を示している．さらに利き手が右手である場合，利き脳が右および左である場合の結果を示している．行方向には，該当する人数，および視野の方向を示している．最後に左右の視野の違いを比較するため，A（右周辺視）の値と E（左周辺視）の値の差を A-E として示している．同様に B-D も示している．この表から，光刺激に対する単純反応時間は 0.2 秒前後の値をとっており，Morgan の視覚単純反応時間 0.150~0.225 秒とも合致している⁸⁾．

各条件における反応時間については後述するが，A-E，B-D の値は右目の場合を除いて正の値となっている．これは E の左周辺視野と D の左中心視野の方が右視野よりも反応時間が 1/100 秒程度

表 1 実験結果データ(単位：秒)

	両目	右目	左目	両目 右手利き	両目 右脳利き	両目 左脳利き
人数(人)	13	13	13	10	5	7
A(右周辺視)	0.226	0.205	0.221	0.226	0.221	0.230
B(右中心視)	0.216	0.210	0.209	0.210	0.212	0.223
C(中心視)	0.192	0.193	0.196	0.189	0.201	0.188
D(左中心視)	0.207	0.211	0.204	0.200	0.202	0.213
E(左周辺視)	0.217	0.220	0.201	0.212	0.220	0.220
A-E(比較)	0.009	-0.015	0.019	0.014	0.001	0.011
B-D(比較)	0.009	-0.001	0.005	0.010	0.010	0.010

早いことを示している．

図 4 に両目で行った結果と両目で行った中で右利きの人だけで平均した結果をグラフにして示す．図から周辺視より中心視の方が反応時間が早いことがわかる．また，右利きの人だけの方が早い結果となっている．左右の比較については，両目全員の結果および右利きの人だけの結果の両方において，左視野の方が早くなっているのがわかる．t 検定の結果，右利きの人だけの結果において，左視野の方が有意に早いことがわかった ($p < 0.05$)．以上から右利きの実験参加者は左視野の優位性が出やすい傾向にある．これは前に述べた通り，右利きの実験参加者の方が左右脳の機能の優位性を示し易いことに一致する．

図 5 に右目と左目の結果についてグラフにして示す．図から右目は左目に比べて右周辺視が早く，左目は右目に比べて左周辺視が早くなっているのがわかる．これは各目が反対側の方向の視覚情報を得ることに慣れていないためであると考えられる．左右の周辺視において左目と右目の t 検定を行った結果，

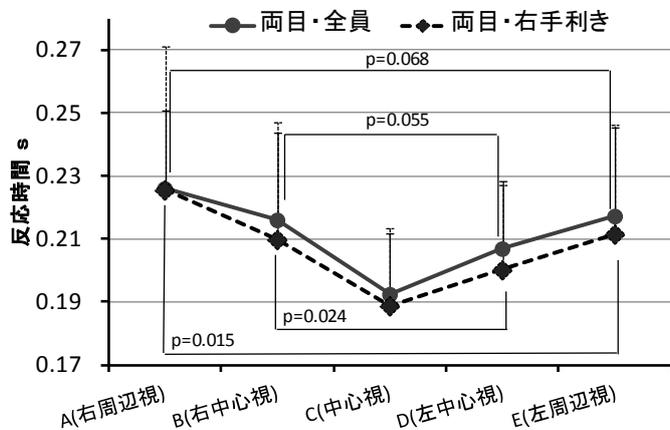


図 4 各周辺視の反応時間の比較

有意な差が認められた ($p < 0.05$).

図6に右脳利き(入力), 左脳利き(入力)の反応時間の比較をグラフにして示す. 対象となる人数はそれぞれ5名および7名と少ないため, 両者の差に有意差は認められなかったが, 右脳利きは各視野の反応時間の差がほとんどなく, 0.200~0.220 sの範囲内にある. 左脳利きは各視野での差が大きく, Cでの反応のみ右脳利きの反応よりも速い. すなわち, 右脳利きの人は総合的・全体的認知に優れていることを示し, 左脳利きの人は部分的認知能力に優れていることを示している. これは, 前述の左右脳半球で異なる特性と合致している. 今後, 実験の人数を増やして確認する必要がある.

4. おわりに

本研究では, 左視野, 右視野の優位性を定量的に明らかにするため, 光刺激に対する単純反応時間を測定した. その結果, 左視野の光刺激を右脳で知覚する場合の反応時間が, 右視野に比べて約0.01秒早くなることがわかった.

この結果をスポーツの場, 例えば野球のバッティングに適用すると, 時速150kmの投球を左視野で捉えて0.01秒早く知覚することができれば41cmの余裕が生まれる. 中心視が最も速く反応できるが, スイング姿勢において中心視が無理な場合, 左視野で捉える方が有利となる. また, 日常生活の場, 例えば日本において横断歩道を渡る場合に適用すると, 通常, 自動車は歩行者の右視野に入ることになり知覚が遅れることになる. 一方, 自動車の運転者にとって歩行者は左視野に入ることになり, 歩行者の存在をより早く知覚することができると言える.

本研究は今後, 利き手, 利き脳, 性別, 年齢など違った条件でさらに実験を進め, それぞれの特性を明らかにする予定である.

参考文献

1) 片山滋友: 記憶特性に与える図表と横書き文章の左右配置の効果, 電子情報通信学会, 信学技報, ET, 教育工学,

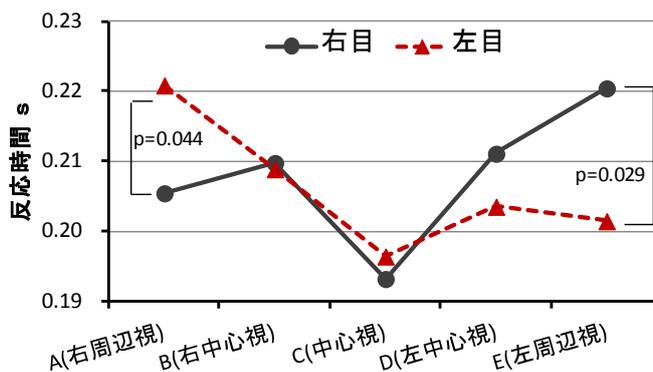


図5 右目, 左目の反応時間の比較

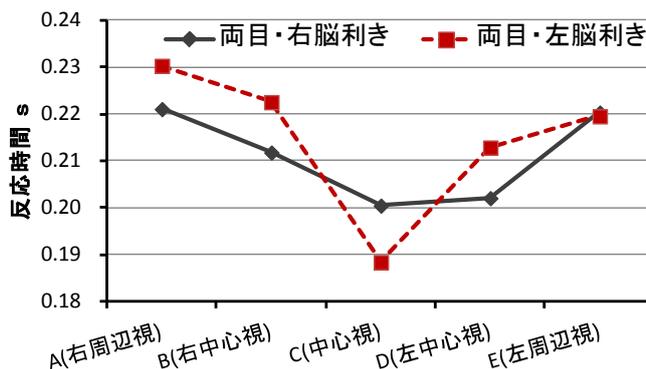


図6 右脳利き, 左脳利きの反応時間の比較

103(536), pp.11-16 (2003).

- 2) 宮本敏夫: 脳のはたらき 知覚と錯覚, pp.52-53, ナツメ社 (2002).
- 3) 心理学用語集:ラテラルリティ,
<http://www.1-ski.net/archives/000143.html>
- 4) 八田武志: 左対右 きき手大研究, pp.142-144, 化学同人 (2008).
- 5) 沼田憲治, 中島祥夫, 清水忍: 図形認知の右大脳半球優位性—半側視野図形呈示を用いた事象関連電位による研究—, 理学療法学, 第25巻, 第1号, pp.1-5 (1998).
- 6) 右脳・左脳のおもしろ診断:
<http://luckybrains.zero-yen.com/shindan.htm>
- 7) 竹井機器工業株式会社: 全身反応測定器具II型,
<http://www.takei-si.co.jp/productinfo/detail/82.html>
- 8) 大島正光ほか: 人間工学の百科事典, p.589, 丸善 (2005).

冷房使用時の体温調節反応と温熱的快適性の性差について

Study on sex differences in body temperature regulation and thermal comfort when using air-conditioners in summer

○安岡 絢子*, 久保 博子**, 都築 和代***, 磯田 憲生**

*奈良女子大学大学院 **奈良女子大学 *** (独)産業技術総合研究所

Ayako YASUOKA*, Hiroko KUBO**, Kazuyo TSUZUKI***, Norio ISODA**

*Graduate School of Nara Women's University, **Nara Women's University,

***National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. 目的

温熱的快適性に関する研究は数多く、「女性の方が暑熱、寒冷環境に対する不快度が高い¹⁾」ことや「オフィス調査では、温熱的に中性と感じる気温は日本人女性に比べて、非日本人男性の方が約3.1℃高い²⁾」ことなどが報告されている。

このような違いは、暑熱、寒冷環境への曝露実験等から、体組成や体温調節能力、熱感受性の違いに起因することが明らかとなっている。しかし日常生活で経験しやすい中等度温熱環境において、生理心理反応を検討した例は比較的少ない。

そこで本研究では、中等度温熱環境でも同様のメカニズムの違いが好みの環境に影響しているかを明らかにすることを目的に、実空間においてエアコン冷房を用いた被験者実験を実施した。本報では特に生理心理反応の性差を中心に報告する。

2. 方法

実験は2009年8月に青年男女各100人(18~29歳)を対象に、表1に示す時間帯に4か所の大学教室で行った。表2の実験手順に示すとおり、被験者は非冷房室(前室・-10分目)で心理申告を行なった後、冷房室(実験室)に移動し60分間の椅座安静とした。実験室はエアコン冷房25℃設定とした。実験室入室後は舌下温、血圧、サーモカメラによる皮膚温測定と温冷感、快適感等の心理申告を行った。実験中は室温(H:0.1,0.6,1.1,1.6m)、相対湿度(H:0.6m)、グローブ温度(H:0.6m)、気流速度(H:0.6m)を被験者横1mのポールで測定した。ポールや被験者に直射日光やエアコン気流が当たらないように配慮した。着衣は自由とし、実験時に着用していた着衣を記述させた。また実験中に日常生活に関するアンケート調査および身体計測も行った。

Table 1 測定場所概要

Examination site	City	Period [*]	Subjects	
			Male	Female
Room A	Nara City	2009/7/30-8/23 (except 8/4, 8/5, 8/10)	11	85
Room B	Osaka City	2009/8/4	34	11
Room C	Suita City	2009/8/5	19	3
Room D	Suita City	2009/8/10	85	1

* 1) 10:00-11:30 2) 13:00-14:30 3) 15:00-16:30 4) 17:00-18:30

Table 2 実験手順

	Pre-Test	Test Room(25℃)			
	-10	0	30	60	
Air Temperature Humidity Globe Temperature Air Velocity	Continuously recorded every 60 minutes				
Blood Pressure	○		○		○
Oral Temperature	○		○		○
Skin Temperature	○		○		○
Thermal Sensation / Comfort	○	○	○		○
Questionnaire			○		
Heght/Weight			○		

Table 3 被験者属性

Average (SD)	Subjects		National Average	
	Male	Female	Male	Female
Height (cm) **	171.5 (5.8)	158.1 (5.0)	170.6 (5.4)	158.6 (5.4)
Weight (kg) **	61.1 (8.8)	49.7 (6.0)	59.5 (6.9)	53.5 (7.7)
Body Fat (%) **	15.0 (5.4)	25.2 (5.4)	-	-
Body Surface Area(m ²) **	1.71 (0.11)	1.49 (0.09)	1.69 (0.10)	1.54 (0.11)

Between males and females ** P<0.01 Between subjects and national average ** P<0.01

3. 結果

3.1 被験者

被験者属性を全国平均³⁾と比較して表3に示す。女性は体重、体表面積が全国平均より少なかった。

被験者内では身長、体重、体表面積は女性の方が有意に少ないものの、体脂肪率は有意に高かった。

各被験者に行った日常生活アンケートの結果を図1に示す。夏の暑さへの強弱は、男女ともに約半数が「弱い」もしくは「非常に弱い」と申告した。また男女ともに「暑さに弱い」ものほど「冷房使用を好む」割合が高く、男性の方がその傾向が顕著であった。夏期の冷房使用時の冷えへの強弱について、男性は約50%、女性は70%が「冷えに弱い」もしくは「非常に冷えに弱い」と回答した。また「冷えに

弱い」者ほど、「冷房使用が嫌い」、「温度変化に敏感」と申告した。

なお、冷房の冷えによっておこる症状として、男女とも頭痛、腹痛、だるさ等の症状を挙げたが、女性の方が頭痛やだるさを訴える割合が多かった。また男性は約20%が「症状なし」と申告した。

3.2 着衣について

表4に被験者の申告から推定した⁴⁾、実験時の着衣量(clo値)と着衣枚数、肌の露出面積率を男女別に平均(SD)で示す。男性は0.43(0.10)clo、女性は0.47(0.09)cloであり、女性の方が有意に高かった(P<0.01)。下着、靴類を除く着衣の枚数は、男性が2.8(0.8)枚、女性が4.2(0.8)枚であり、女性の方が有意に多かった(P<0.01)。またHardy and DuBoisの体表面積比率⁵⁾を参考に、肌の露出面積率を求めたところ、男性が26.4(6.7)%、女性が30.0(7.3)%となり、女性の方が有意に高かった(P<0.01)。

3.3 温熱環境

被験者が滞在した前室(10分間)、実験室(60分間)の気温および、湿度を求めたところ、全実験場所の平均(SD)は前室が29.7(1.58)℃、65.9(13.49)%、実験室が25.0(0.82)℃、60.3(16.77)%となった。各実験場所における時間帯の有意な差は認められなかった。しかし天候の違いが影響し、実験場所による温湿度には有意差が認められた。そこで、実験室入室後58~60分目に測定された温熱4要素および代謝量、着衣量からSET*を算出し、心理反応との対応に用いた。なお、曝露されたSET*に男女間で有意な差は認められなかった。

3.4 生理反応

3.4.1 舌下温、皮膚温

表5に舌下温および皮膚温3点の測定値および低下度を男女別に示す。男女ともに舌下温、各部位皮膚温において60分間で有意な低下が認められた(P<0.01)。

舌下温(T_{or})は、実験室30分目(P<0.05)、60分目(P<0.01)において女性の方が有意に低く、60分間の低下度も有意に大きかった(P<0.01)。

前額皮膚温(T_{s-forehead})は0分目(P<0.05)、60分目(P<0.01)ともに女性が有意に低かった。手掌皮膚温(T_{s-palm})は0分目、60分目ともに女性の方が有意に低かったものの(P<0.05)、低下度は同値であった。手背皮膚温(T_{s-back of hand})は時間に関わらず有意差は認められなかった。佐々ら⁶⁾は青年女性を24℃・50%の人工気候室に120分滞在させた際の前額皮膚温は34℃、

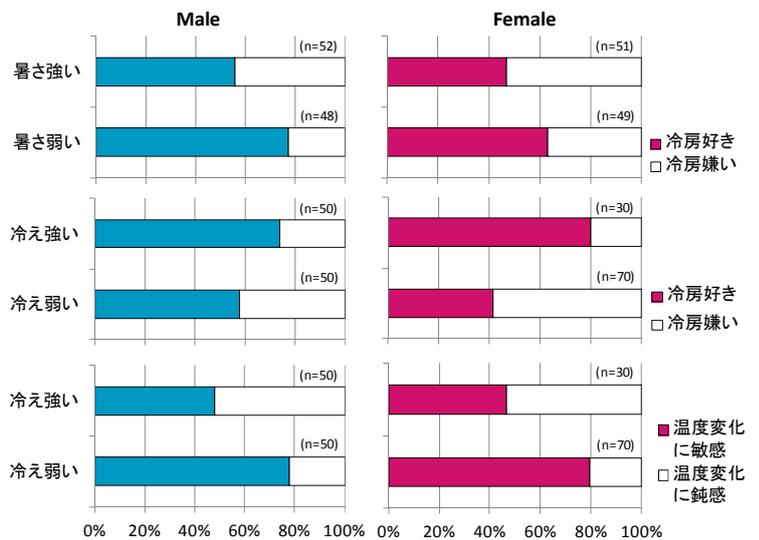


Fig.1 日常生活アンケート

Table 4 被験者着衣概要

	Clo Value (clo)	Male	Female	all
	**ave.	0.43	0.47	0.45
	SD	0.10	0.09	0.10
	Number of clothing items	Male	Female	all
	**ave.	2.8	4.2	3.5
	SD	0.8	0.8	1.1
	Percentage of Exposed Skin (%)	Male	Female	all
	**ave.	26.4	30.0	28.2
	SD	6.7	7.3	7.2

Between males and female ** P<0.01

Table 5 舌下温および各部位皮膚温

	Measured Value	0 min			30 min*			60 min**		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
T _{or}	Male	36.98	0.30	14	36.89	0.26	14	36.82	0.30	14
	Female	36.92	0.27	13	36.81	0.30	13	36.67	0.35	13
	Decreased	0-30			30-60			0-60**		
	Male	-0.09			-0.07			-0.16		
Female	-0.11			-0.13			-0.24			
T _{s-forehead}	Male	34.4	0.56	14				33.9	0.61	14
	Female	34.2	0.68	13				33.6	0.67	13
	Decreased				0-60					
	Male				-0.48					
Female				-0.57						
T _{s-palm}	Male	34.2	0.68	14				33.2	0.99	14
	Female	34.0	0.70	13				33.1	0.92	13
	Decreased				0-60					
	Male				-0.94					
Female				-0.94						
T _{s-back of hand}	Male	33.4	0.87	14				32.6	1.12	14
	Female	33.4	0.69	13				32.5	0.87	13
	Decreased				0-60					
	Male				-0.47					
Female				-0.96						

Between males and females P<0.05*, P<0.01**

Table 6 血圧の経時変動

		0min			30min			60min		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
Systolic pressure (torr)	Male	114	14	14	110	16	14	110	13	14
	Female	98	13	13	96	10	13	96	11	13
Diastolic pressure (torr)	Male	73	13	14	69	13	14	71	12	14
	Female	61	9	13	61	10	13	62	9	13
Mean pressure (torr)	Male	87	12	14	84	13	14	84	12	14
	Female	76	10	13	75	9	13	73	8	13

** Significant difference P<0.01

手背皮膚温は 32℃と報告している。本実験は 60 分間の曝露であったが女性に関してほぼ同様の結果が得られた。

3.4.2 血圧

表 6 に実験室入室後 30 分ごとの血圧を男女別に示す。血圧は、時間帯に関わらず女性の方が有意に低かった。男性は収縮期血圧(0-30 分目、0-60 分目)及び、拡張期血圧(0-60 分目)が有意に低下した。女性は平均血圧(0-60 分目)が有意に低下した(P<0.01)。0-60 分目の低下度は、収縮期(P<0.05)、拡張期(P<0.01)ともに、男性の方が有意に大きかった。

3.5 心理反応

3.5.1 温冷感と快適感の経時変動

図 2 に全身、背部、手温冷感および快適感の経時変動を男女別に示す。前室(-10 分目)では女性の方が有意に暑い側に申告したものの、実験室入室 0 分目は有意差が認められなかった。全身や末梢部である手温冷感 は 30、60 分目において女性の方が有意に涼しい側に評価した。躯幹部である背部は 30 分目に男女差は無いものの、60 分目では女性の方が有意に涼しい側評価になったことから、長時間の滞在によって女性は躯幹部皮膚温まで低下した可能性が推察された。女性の方が高温環境、低温環境に対してより暑い側、より寒い側に評価する傾向にあった。

快適感 は時間帯に関わらず有意差が認められ、非冷房の前室では女性が、25℃の実験室では男性が有意に快適側に評価した。低温環境に対しては男性の方が涼しく快適に、高温環境に対して女性の方が暖かく快適に評価しており、好まれる温冷感や許容度に性差があった。

3.5.2 SET*と全身温冷感

図 3 に 60 分目の SET*と全身温冷感の関係を男女別に示す。プロットは 23℃以下、および 1℃ごとの SET*と温冷感の平均値を示す。男女とも SET*による温冷感の違いは認められなかった。しかし女性の方が涼しい側に評価した。

3.5.3 SET*と快適感

図 4 に 60 分目の SET*と快適感の関係を同様に示す。SET*23.5℃、25.5℃付近で男性の方が有意に快適側に評価した。また男性は SET*26.5℃で不快側申告となり、好みの SET*や温冷感に性差があったと考えられる。

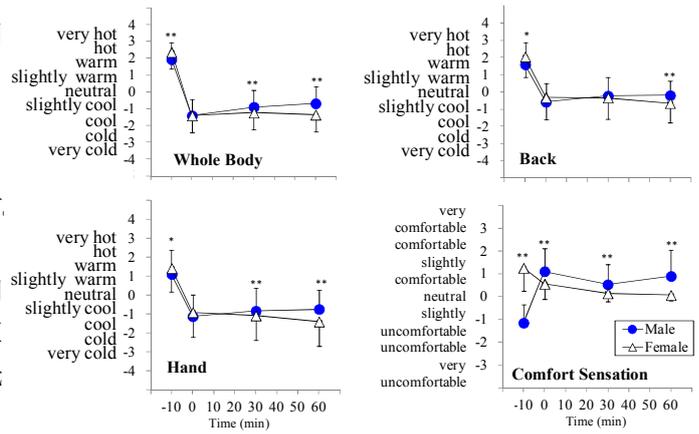


図 2 全身、背部、手温冷感の経時変動

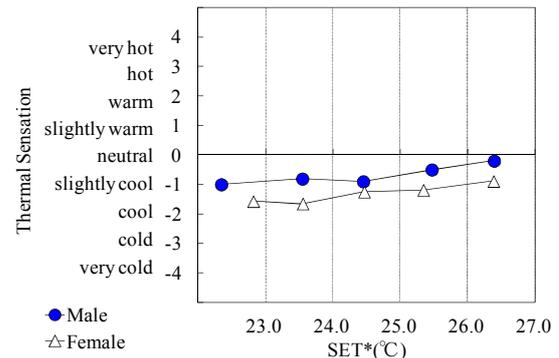


図 3 SET*と全身温冷感 (60 分目)

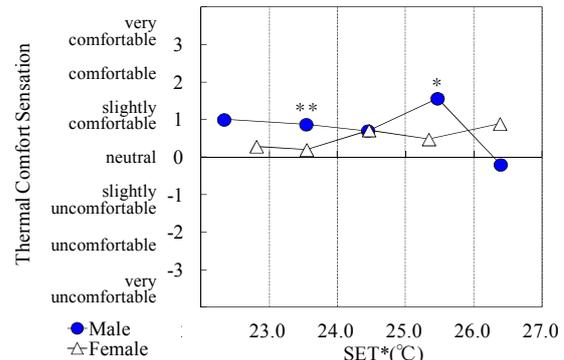


図 4 SET*と快適感 (60 分目)

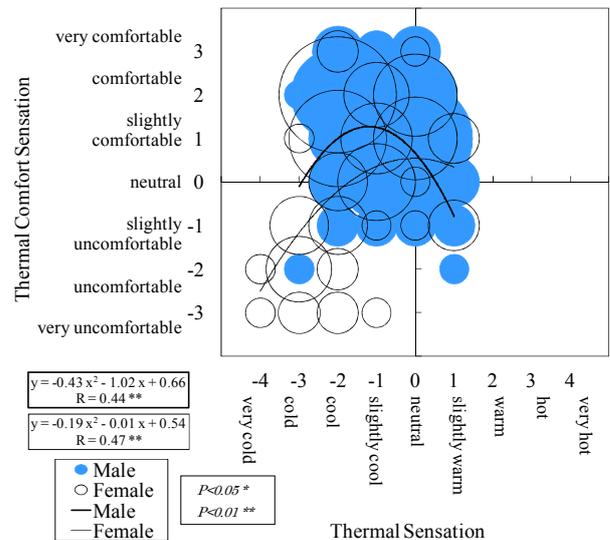


図 5 全身温冷感と快適感 (60 分目)

3.5.4 温冷感と快適感の関係

図5に60分目の温冷感と快適感の関係を男女別に示す。最も快適側評価が得られた温冷感は、男性が「やや涼しい」、女性が「中立」となった。男性は暖かい側、女性は寒い側評価時に不快度が高くなる傾向にあった。25°C・60分曝露後も男性は涼しいと感じる環境を、女性は暖かいと感じる環境を好む傾向にあり、快適評価が得られる温冷感には性差があった。

4. 考察

着衣量は女性の方が多いものの、肌の露出面積率は女性の方が高かった。既往研究⁷⁾から、露出部位の異なる着衣で被験者を10°Cの環境に曝露すると、直腸温に有意な差が認められたと報告されている。女性の露出面積率の高さは温熱環境の直接的影響が大きく、生理反応に影響した可能性が示唆された。

手掌や手背の末梢皮膚温は時間帯に関わらず女性の方が低いものの、低下度に有意な差は認められなかった。このことから25°C曝露による血管収縮については男女間で差は小さかったと推測される。しかし舌下温の低下度は女性の方が有意に大きく、核心温への影響も考えられる。

血圧は男女ともに低下した。一般的に寒冷環境曝露や室温低下の場合、放熱を防ぐために末梢血管は収縮し血圧は上昇する。しかし今回は25°C一定であり極端な寒冷環境ではなかったことから、安静状態による自律神経系の応答も反映し低下したと推測される。

心理反応について、男性に比べて女性の方が非冷房の前室では暑い側、冷房使用の実験室60分目では寒い側に評価する傾向にあった。「低い気温に対して男性よりも寒さを感じやすい」という既往研究⁹⁾と一致した。一方で、女性は暑い環境をより快適側に、涼しい環境をより不快側に評価した。「男性に比べて女性は暑熱、寒冷環境に対して不快度が高い」とするBeshirら¹⁾の結果とは異なった。これはBeshirの実験に用いた高温条件は43.3°Cで、本研究よりもかなり高温であったためと推測される。

本研究において、皮膚温の高い男性は低温への快適度が、皮膚温の低い女性は高温への快適度が高い傾向にあった。体温の性差が好みの気温に影響するとした既往研究¹⁰⁾と同様、生理反応の性差が心理反応の性差につながったと考えられる。

5. まとめ

日常生活で経験しやすいエアコン冷房25°Cの環境に60分間滞在したところ、以下の結果が得られた。

- 1) 女性の方が着衣量は多いものの、肌の露出面積率は高く、直接的な温熱環境の影響を受けやすい。
- 2) 25°C・60分曝露によって、男女ともに舌下温、皮膚温は低下したが、女性の方が低かった。
- 3) 非冷房室に対して女性の方が暑い側に評価したが、不快度は低かった。
- 4) 25°C・60分間の曝露により男女ともに涼しい側評価に移行したが、女性の方がより涼しい側、不快側に評価した。
- 5) 体温の影響も受け、男性は涼しい環境、女性は暖かい環境への快適度が高い傾向が確認された。

参考文献

- 1) Beshir, M.Y., Ramsey, J.D., Comparison between male and female subjective estimates of thermal effects and sensations. *Appl. Ergon.* 12.1, pp.29-33 (1981)
- 2) Nakano, J., Tanabe, S., Kimura, K., Differences in perception of indoor environment between Japanese and non-Japanese workers. *Energy and Buildings.* 34, pp.615-621 (2002)
- 3) 河内まき子, 持丸正明, 岩澤洋, 三谷誠二: 日本人人体寸法データベース 1997-98, 通商産業省工業技術院くらしとJISセンター (2000)
- 4) ISO 9920, Ergonomics of thermal environment-Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. (2007)
- 5) Hardy, J. D., DuBois, E. F., The technique of measuring radiation and convection, *Journal of Nutrition*, 15, pp461-475 (1938)
- 6) 佐々尚美, 久保博子, 磯田憲生, 梁瀬度子: 温熱的生理心理反応の個人差に関する研究-夏期における設定気温条件の場合-, 日本建築学会計画系論文集, 第542号, pp.35-40 (2001)
- 7) Lee, Y.H., Tokura, H., Thermophysiological significance and the role of local clothing in ambient 10°C environments. *Appl. Human. Sci.* 17(1), pp.19-26 (1998)
- 8) Lu, S.-H., Dai, Y.-T., Normal body temperature and the effects of age, sex, ambient temperature and body mass index on normal oral temperature: A prospective, comparative study. *Int. J. Nur. Stu.* 46, pp.661-668 (2009)
- 9) Parsons, K.C., The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. *Energy and Buildings.* 34 (6), pp.593-596 (2002)
- 10) Grivel, F., Candas, V., Ambient temperatures preferred by young European males and females at rest. *Ergon.* 34 (3), pp.365-378 (1991)

GS8 手法・開発

12 月 11 日 13:00～14:00
4 号館 1 階 4101 室

【座長】 森本 一成（京都工芸繊維大学）

B3-1 リラクゼーションのための呼吸誘導装置の開発に向けて

○江口一樹, 山本和司(大阪工業大学), 浦谷裕樹, 大須賀美恵子(大阪工業大学大学院)

B3-2 問題点抽出のためのユーザビリティ評価における評価指標及び問題点の重要度付け方法の提案

○土井俊央(和歌山大学大学院), 山岡俊樹(和歌山大学)

B3-3 製品事故情報へのテキストマイニング手法の適用

○久本誠一(製品評価技術基盤機構/京都工芸繊維大学)

B3-4 機能系統図とコンセプトターゲット表を活用した GUI デザインコンセプト構築方法の提案

○安井鯨太, 山岡俊樹(和歌山大学)

リラクゼーションのための呼吸誘導装置の開発に向けて

Toward the development of respiration guidance tool for relaxation

○江口一樹*, 山本和司*, 浦谷裕樹 **, 大須賀美恵子*,**

*大阪工業大学 **大阪工業大学大学院

EGUCHI Kazuki*, YAMAMOTO Kazushi*, URATANI Hiroki**, Ohsuga Mieko *,**

*Graduate School of Engineering, Osaka Institute of Technology

**Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology.

1. はじめに

長時間のデスクワークは、視覚疲労や頸肩腕症候群に繋がる。この問題は昔からあり、定期的に小休止を挟むことで対処されてきた。しかし、根を詰めて作業をすることで、ミニブレイクを取ることを忘れてたり、休憩中にも携帯電話等の操作をしたりで疲労がとれないということが間々ある。そこで我々は、ストレスフルな状態でデスクワークを行っている人に呼吸法を用いたリラクゼーションを奨める呼吸誘導装置を開発することにした。

手軽なリラクゼーション装置として、脈波計測を行って呼吸を誘導するストレスイレイサがある。また、リラクゼーションヨガの方法を指南するスマートフォンのアプリケーションや、PCに常駐し一定時間ごとにストレッチを奨めるソフトウェアがある。ストレスイレイサや携帯のアプリケーションは、自らやろうと思わなければならないので、最もリラクゼーションが必要な忙しいときには利用されない可能性が高い。PC常駐ソフトはリラクゼーションの必要性を喚起してくれるが、本人の状態に関係なく働きかけるため、煩わしさを感じさせる可能性がある。そこで、我々は、装置使用者がリラクゼーションの必要なときに働きかける呼吸誘導装置を開発したいと考えた。

一般に、ゆっくりした深い呼吸をするとリラックスできると言われている。さまざまな呼吸法が提案されているが、多くは、吸気よりも呼気を長くするもので、その比率は1:2~1:5と幅があるが、その中でよく用いられているのは1:2である¹⁾。また、吸気と呼気の間、あるいは呼気と吸気の間には止息を入れるものもある²⁾。

前述のストレスイレイサは、心拍変動の呼吸性成分を用いたバイオフィードバック手法を提供するものである。目標とする呼吸を提示せず、心拍変動の波形を見ながら、これが大きくなるように呼吸する。心拍変動呼吸性成分は、呼吸の周期が約10秒のときに最も大きくなるので、結果的に周期10秒の呼吸を誘導することになる。一方ではこの呼吸は主観的には苦しいという報告もある³⁾。

そこで、呼吸誘導装置を開発するにあたって、どのような呼吸パターンに誘導すればよいのかを調べることにした。子どもを対象とした調査²⁾では、リラックスできる呼吸パターンの個人差が大きいことが示された。成人でも望ましい呼吸パターンは人によって異なる可能性がある。本研究のもう1つの目的は、リラックス度の評価方法の検討である。前述の子どもの調査では、主観評価(本人の申告)と自律系指標による評価が乖離した。自律神経指標の中でも、一致が見られるものとそうでないものがあった。今回、成人で同様の検討を行う。特に心拍変動呼吸性成分をリラックス指標とすることの是非についても検討する。

2. 予備実験

インフォームドコンセントを得た22~24歳の若者健康者8名(女子学生1名、男子学生7名)を対象に、種々の条件を試してもらい、主観評価により最もリラックスできる条件を選定した。

PC画面上に提示される円の大きさと色を変化させ、これに合わせて呼吸するように教示した(図1)。

主観評価に従って吸気，呼気の長さを調整し，止息あり/なしを比較して良い方を選ぶなどして模索し，最もリラックスできる呼吸パターンを決定した。

結果を表 1 に示す。選ばれた呼吸パターンは多様であった。呼吸周期（吸気，呼気，止息の合計）は，半数以上が 5~6.0[s] で 10 秒周期よりかなり速い呼吸が選ばれている。吸気，呼気の比率は，一般によいと言われている 1:2 ではなく，逆に吸気が長いパターンが多く選ばれている。止息についてもまちまちであった。



図 1 呼吸誘導に使用した円（赤は止息時）

表 1 予備実験で選ばれた呼吸パターン

参加者	呼吸パターン (吸気-止息-呼気-止息: 合計) [s]
A	2.0-1.0-2.0-0.0: 5.0
B	2.0-1.0-3.0-0.0: 5.0
C	2.0-0.5-3.5-0.0: 6.0
D	3.0-1.0-5.0-0.0: 9.0
E	8.0-0.0-7.5-0.0: 15.5
F	5.0-0.0-3.0-0.0: 8.0
G	4.0-0.0-2.0-0.0: 6.0
H	3.0-0.0-2.5-0.5: 6.0

3. 実験方法

3.1 目的

実験参加者に様々なパターンの呼吸を体験してもらい，本人の主観評価と自律神経指標から，リラックスできる呼吸パターンを調べる。主観評価と自律神経系指標による評価，各自律神経指標の結果がどの程度一致するかを調べ，リラックス度の評価方法を検討する。

3.2 実験参加者

実験参加者は，予備実験に参加した 8 名である。なお，この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を経て実施した。

3.3 測定方法

実験参加者の胸部 3 箇所（Bs-150，日本光電），右手の人差し指に光電式ピックアップ

(Polypul, ニホンサンテック)，腹部に呼吸ピックアップ(TR-75IT, 日本光電)を装着し，生体アンプ(BA1008m, ニホンサンテック)で増幅し，AD 変換して PC に取り込んだ。呼吸統制条件の試行後に，リラックスできる呼吸かどうかを 5 段階評価で主観申告してもらった。



図 2 センサをつけた実験協力者

3.4 実験条件と手順

実験条件を表 2 に示す。条件 1,2 は呼吸誘導なし，条件 3, 4 は参加者ごとに予備実験で選ばれたパターンに基づいて決めたパターンで呼吸誘導，条件 5~10 は参加者全員共通とし，周期 6~10[s] で吸気:呼気が 1:2 のパターンと，これに吸気後の止息を 1[s] 入れたパターンで誘導するものである。各条件は 60 秒ずつで，条件 1, 条件 2, 条件 3・4, 条件 5~10 の順に実施し，条件 3,4 と，条件 5~10 の順序はカウンタバランスした。

表 2 呼吸の条件

No	条件 (5~10: 吸気-止息-呼気-止息: 合計) [s]
1	開眼平常時 (教示なし)
2	開眼安静時 (リラックスするように教示)
3	予備実験で選ばれたパターン (表 1 参照)
4	3 のパターンより呼気, 吸気, 止息が 1.2 倍長い
5	2.0-0.0-4.0-0.0: 6.0
6	2.0-1.0-4.0-0.0: 7.0
7	2.6-0.0-5.4-0.0: 8.0
8	2.6-1.0-5.4-0.0: 9.0
9	3.3-0.0-6.7-0.0: 10.0
10	3.3-1.0-6.7-0.0: 11.0

3.5 データ解析

心電図に R 波強調フィルタをかけて R 波のピークを検出し，RR 間隔を求めて瞬時心拍(以下，HR)に変換した。加速度脈波のピーク間隔と RR 間隔の相関が高いという報告がある³⁾が，加速度脈波は高周波ノイズに弱いこと，また，速度脈波のピーク間隔と RR 間隔の相関が高いことが確認されたことから，

ここでは速度脈波を用いる。速度脈波のピークと R 波ピークとの時間差を脈波伝達時間（以下、PTT）として求めた。速度脈波のピーク直後の脈波のピークと直前の谷の差を脈波振幅（以下、PLA）として求めた（以上、図 2a）。また、HR をスプライン補間して等時間間隔データに変換し、一呼吸ごとに、呼吸性変動成分の振幅（以下、HRV）を求めた（図 2b）。各条件の 20～50 秒の区間で、一拍ごとの HR、PLA、PTT、一呼吸ごとの HRV の平均を求めた。

HR は心臓交感神経系、心臓副交感神経系のバランスで決まる指標でリラックスすると低下する。PLA は末梢交感神経系の活動を反映しリラックスすると増大する。PTT は血圧と血管の硬さによって変化する指標で、心臓交感神経系・副交感神経系、末梢交感神経系の活動を反映し、リラックスすると増加する。HRV はリラックスして副交感神経系優位になると増大するが、前述のように呼吸の影響も大きく、周期が長く呼吸振幅が大きくなると増大する。

これらの指標と主観評定値について、条件を要因とした一元配置分散分析をかけ、主効果が有意水準 5% で有意な場合には、テューキーの HSD 法による多重比較検定を行った。

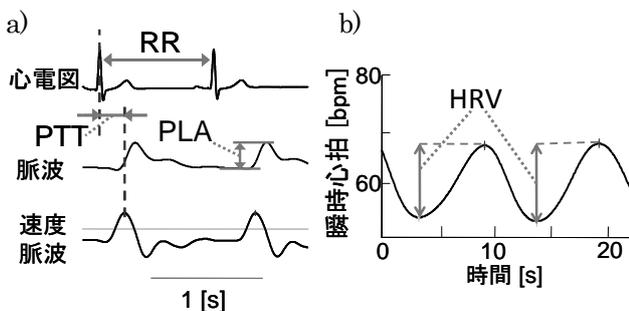


図 2 指標値の求め方
a) RR (HR=60/RR), PLA, PTT, b) HRV

4. 結果と考察

4.1 条件ごとの全参加者平均値による検討

主観評定, HR, PLA, PTT, HRV の条件ごとの全参加者の平均値を図 3, 4 に示す。エラーバーは標準偏差を示し、有意差が示された条件ペアを*で示す。

主観評定では、予備実験で主観的に一番リラックス

するとされた呼吸パターン（条件 3）が最も評定値が高く、呼吸誘導パターン 5～10 はこれに対して評定値が低く、予備実験の結果を再現する結果となった。有意な差があるのは条件 3 と条件 7, 9, 10 であった。周期の長い呼吸を続けるのは負担が高いというコメントが得られた。

HR は、条件 9（10 秒周期）が最も低く、条件 5（6 秒周期）が最も高かったが、有意差はなかった。PLA では条件 7（8 秒周期）と条件 9（10 秒周期）が高いが、有意差は示されていない。PTT は変化が小さかった。HRV は条件 1 が最も小さく、条件 2～4 にかけて大きくなる。ここまでの条件は、参加者によって呼吸パターンが異なるが、平均的に見ると、条件 4 の呼吸周期が最も長く HRV の結果はこれを反映したものと考えられる。条件 5～9 にかけて増加し条件 10（条件 9+1 秒の止息）では 9 より小さい。有意差があるのは条件 9, 10 と条件 1, 2 の間のみであった。

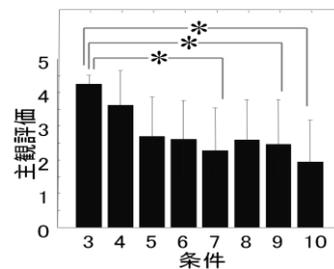


図 3 主観評価の条件ごとの平均値

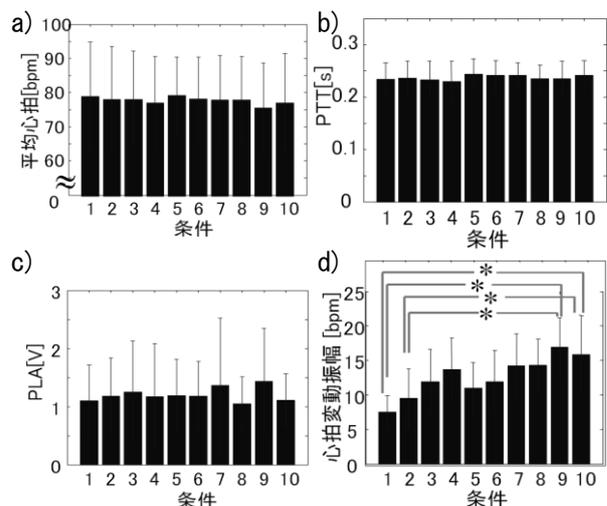


図 4 自律神経系指標の条件ごとの平均値
(a) HR, (b) PLA, (c) PTT, (d) HRV

4.2 各参加者の上位3パターンの比較

主観評価値および自律神経指標の全組み合わせについて、個人内でスピアマンの順位相関を求めたが、主観指標と自律神経系指標の間の相関はこの逆になることが多く、自律神経指標間の相関も仮説どおりの高い相関が得られず、指標の絞り込みができなかった。そこで、各自律神経指標を個人内で順位点に変換し、HRV以外(HR,PLA,PTT)の合計、HRとPLAの合計、HRV単独合計および主観評価で判定した1~3位のパターンを比較した(表3)。

主観評価では、参加者によらず、予備実験で選ばれた条件3とこの周期を1.2倍に伸ばした条件4を挙げる人が多く、4.1の結果と同じであった。

主観評価と自律神経系指標による3評価ともに同じ条件が挙げたのは、Dの条件9とFの条件4(約10秒周期)、Gの条件5(予備実験で選定されたパターンと吸・呼気の比率は異なるが同じ周期)のみであった。

HRVでは、周期10秒程度(条件9,10,参加者D,Fの条件4)の呼吸パターンが全員で1位に選ばれており、2・3位も長周期のものがほとんどで、HRVの呼吸周期依存性を反映している。HRV以外の自律神経系指標でも、8名中4名は条件9が1位になっており、残りの4名も条件8,10のいずれかは3位までには入っている。これらの長周期パターンに加え、主観評価の高い条件3,4やこれらに周期の近い条件(参加者Gの条件5,参加者C,F,Hの条件6)がはいっている。

HRV以外の自律神経系指標とそこからさらにPTTを除いたHR+PLAの指標を比較すると、順位や周期に若干の差はあるが、大差のない結果が得られている。

PTTは脈波と心電図を計測しないと算出できない。

HRはここでは心電図から求めたが、脈波からでも同等の値(脈拍)が得られる。計測の簡便さを考慮すると、脈波のみから求められる脈拍とPLAの組み合わせをリラックス度の評価に用いるのが望ましいと考える。

以上より、10秒程度の呼吸は比較的多くの人でリラックスしやすいと言えるが、そうでない人もいたことがわかった。また、主観評価との生理指標による評価の相関はよくないが、上位3パターンの比較で見ると、比較的一致が見られること、HRVよりもそれ以

外の自律神経指標の方が主観評価との一致度が高く、HRVは主観評価より、HRV以外の自律神経指標と一致度が高いことと、HRV以外の自律神経指標からPTTを省いても、同様の結果を得られることがわかった。

表3 指標ごとの上位3位の呼吸パターン

番号は表2に対応。
同点がある場合は合計3パターン未満となるように抽出。
()は同位。左から順に1, 2, 3位。

参加者	主観	HR+PLA+PTT	HR+PLA	HRV
A	4, 3	9, 3, 4	3, 9, 7	10, 7, 9
B	3, 4, 8	9, 8, 10	9, 10, 8	9, 10, 6
C	3	(3, 6, 8)	6, 3, 4	10, 9, 8
D	4, 3, 9	9, 5, 6	9, (8, 10)	4, 9, 3
E	3, 8, 6	7, (6, 8)	(4, 8), 7	9, 10, 7
F	3, 4	(4, 6), 10	4, (6, 9)	4, 3, 9
G	3, (4, 5)	5, 10	(5, 6), 10	9, 5, 10
H	3, 4	9, 3, 6	9, 8, 3	9, 8, 10

5. おわりに

リラックスのための望ましい呼吸パターンは、人によって異なり、必ずしも、10秒周期の呼吸がよいとは限らないことがわかった。リラックス度を評価する指標の絞り込みはできず、心拍変動呼吸性成分はリラックス度よりも呼吸周期の影響を強く受けることが確認された。現段階では、平均心(脈)拍、脈波振幅を総合して評価するのがよいという結論になった。今後はこれをリラックスの評価に用い、個人に適した呼吸パターンを探索する機能と、リラクゼーションが必要な状態にあるかどうかを判定して、リラクゼーションを奨めるタイミングを決める機能をもった呼吸誘導装置の開発をめざしたい。

参考文献

- 1) 佐藤和彦: リラクゼーション手法としての呼吸法, 心身健康科学, Vol.5, No.2, pp.33-41 (2009)
- 2) 浦谷裕樹, 他: 子どものリラクゼーション促進のための呼吸誘導ぬいぐるみの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011 論文集 (CD-ROM), pp.685-686 (2011)
- 3) 山口浩二, 他: 疲労の生理学的計測: 加速度脈波, 医学のあゆみ, Vol.228, No.6, pp.646-653 (2009)

問題点抽出のためのユーザビリティ評価における評価指標及び 問題点の重要度付け方法の提案

The Usability Metrics based on Inspection Method finding the Usability Problems

○土井俊央*, 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

DOI Toshihisa*, YAMAOKA Toshiki**

*Graduate School of System Engineering, Wakayama University,

** Faculty of System Engineering, Wakayama University

1. 背景

人間中心設計において製品のユーザビリティ評価指標を定量的に捉えることは重要である。これはユーザビリティ全体の度合を把握することで、製品間の比較評価が容易に行えたり、ユーザビリティ基準の設定・確認を行えたり、また開発関係者間でのコミュニケーションツールとして役立つためである。

しかし現状の主な方法ではユーザを用いるため、テストユーザ、時間、費用など多くのリソースが必要となり、人間中心設計における反復設計プロセスにおいて繰り返し実施することが難しい。さらにテスト後に統計などによるデータ処理が必要になる場合がある。これらのことから、ユーザビリティ全体の定量化がデザイン開発現場で十分に活用できていない。

2. 目的とアプローチ

本研究では、ユーザビリティ定量化に関する現状の問題を解消し開発現場で利用しやすい方法の提案を目指した。そのためには、(1)実施の容易さ、(2)反復プロセスで繰り返しの実施が可能、(3)データ処理が簡潔、ということが必要になる。このことから、開発の上流工程でも実施ができ、ユーザテストに比べ実施が容易なインスペクション法による定量化を検討した。

インスペクション法とは、ユーザには協力してもらわずユーザビリティの専門家が自ら機器を操作し評価する方法であり、デザイン開発においても実施の容易さなどから頻りに利用される。インスペクション法にも種々の手法があるが、特に現状のデザイン開発過程において頻りに利用される問題点抽出方法に基づく定量化を検討した。

3. 提案手法

問題点抽出のためのインスペクション法では、問題の発見・改良を目的としているため結果の定量化は行われていない。また抽出された問題点への重要度付けにおいても現場で利用しやすい定量的な方法がないのが現状である。本研究では抽出された各問題点への重要度付けを行い、ユーザビリティの総合得点を算出する方法を提案する。以下に提案手法の手順について記す。

- (1) インスペクション法によって対象製品の問題点を抽出する。
- (2) 抽出された問題点を表 1 に示すフォーマットに記述し、各問題点の(A)発生頻度と(B)ユーザ操作への影響度を定める。それぞれの値は 5 段階の主観評価によって決定する。また影響度については評価者が検討しやすいよう複数の側面から考慮する。

表 1 提案手法のフォーマット

問題点	頻度	ユーザの操作への影響度			重要度
		X	Y	Z	
a					
b					
c					

- (3) 頻度と影響度から各問題点の重要度を算出する。以下の式で重要度を算出する。この方法により問題点間の相対的定量化が可能となる¹⁾。

$$\begin{aligned} \text{重要度} &= \text{頻度} \times \text{ユーザ操作への影響度} \\ &= \text{頻度} \times (\text{影響度 X} + \text{影響度 Y} + \text{影響度 Z}) \end{aligned}$$

(4) 各問題点の重要度の総和を算出し、それを総合得点とする。なお本手法では、得点が高いほどユーザビリティが悪いことを表す。

4. 手法構築のための調査

4.1 概要

提案手法により問題点の重要度を検討するにあたって、適当なユーザ操作への影響度の項目を検討するために調査を実施した。本研究では、インスペクション法によって抽出された種々の製品の問題点に基づいて影響度の項目を検討した。

まず提案手法の活用が考えられる機器を 10 機種選定し、代表的な 1~2 タスクについて著者（人間工学準専門家）がウォークスルーを実施し、問題点を抽出した。次に抽出した問題点を 2 名の人間工学準専門家によって同じ種類の問題点群に分類した。そして数量化Ⅲ類とクラスタ分析によって、類似する種類の問題点を把握し、それらを影響度の項目とした。

4.2 結果・考察

ウォークスルーによって合計 104 の問題点を抽出し、9 つの問題点群に分類した。そして各製品において 9 つの問題点群に含まれる問題点が抽出されたか否かをカテゴリデータで表し、数量化三類を実施した（サンプル：製品、カテゴリ：問題点群）。次に類似する問題点を集約するために、数量化Ⅲ類で算出されたカテゴリスコアを用いてクラスタ分析を実施し、以下の 3 つのクラスタに分類することができた。

(1) 操作に関する情報の得やすさ：用語、機能、操作方法の入手・理解などについて

(2) 操作や情報の連続性・関係性：機器や情報の構造・操作手順の理解などについて

(3) その他：上記以外の問題点。身体・物理的、操作時間、操作環境などについて

この分類結果は、ユーザビリティ評価手法の観点について報告・提案している関連研究との類似を確認することができたため、影響度を検討するための側面として適当であると考えた。

5. 提案手法の効果検討のための実験

5.1 概要

提案手法の効果を検討するために、提案手法で算出する総合得点と既存の他指標の比較検討を行った。提案手法と比較する他指標としては、ユーザの主観評価である ASQ²⁾、SUS、パフォーマンス測定であるタスク達成率、タスク時間、エラー率、問題点に基づく指標として 1 タスクあたり的问题点数、ユーザビリティ総合指標である SUM³⁾を算出した。

比較検討のために 10 機種について各指標を算出した。提案手法では、著者によるウォークスルーから抽出された問題点に基づいて総合得点を算出した。他指標では、各機器 10 名程度の実験協力者によるユーザテストを実施した。

5.2 結果・考察

提案手法と既存の種々の指標とのピアソンの積率相関係数を算出した。算出結果を以下の表 3 に示す。提案指標は、タスク時間とエラー率以外のすべての指標と有意に強い相関が認められた。このことから提案手法のユーザビリティの総合得点は、他指標と同傾向の結果が得られており、妥当であると考えた。

表 3 提案指標と既存指標との相関係数

指標		提案指標	
ユーザの主観評価	ASQ	-0.91	**
	SUS	-0.87	**
パフォーマンス測定	タスク達成率	-0.83	**
	タスク時間	-0.45	
	エラー率	-0.44	
問題点	問題点数	0.73	*
統合指標	SUM	-0.77	**

**：p<0.01, *：p<0.05

参考文献

- 1) 小野寺勝重: FMEA 手法と実践事例, pp.1-11 (2006).
- 2) Lewis, J. R: Psychometric evaluation of an after scenario questionnaire for computer usability studies: The ASQ, SIGCHI Bulletin, 23, pp.78-81, (1991)
- 3) Sauro, J and Kindlund, E: A Method to Standardize Usability Metrics Into a Single Score, CHI'05, pp.401-409 (2005)

製品事故情報へのテキストマイニング手法の適用

Application of a text mining method to information on product related accidents

○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 総合プロセシス研究センター

HISAMOTO Seiichi**

*National Institute of Technology and Evaluation,

**Holistic Prosthetics Research Center of Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

過去に発生した製品事故の情報を整理してデータベース化し公開することは、新たに製品を設計する際に同様の事故を発生させないための検討を加えたり（未然防止）、既存の類似製品により同様の事故が発生しないように対策を講じる観点から（再発防止）、極めて有用である。一方、このようなデータベースでは一般に検索機能を有するが、それだけでは折角の情報を十分に活用できるとは考えにくい。特に事故の内容や事故原因、対策等の、自由記述された膨大なテキスト情報に基づいて傾向の分析や問題点の抽出を行うことは、事故発生日や製品の型式、発生場所等の、数値や簡単な単語で表現された情報の分析に比して極めて困難な作業となる。そこで本稿では、自由記述のテキスト情報を分析する手段としてテキストマイニング手法を適用し、事故情報の分析を試行し、手法の有効性を検証した結果を報告する。

なお、ここでは、製品の安全性が高まる中で残された課題となっている、誤使用・不注意を要因とする事故に注目して検討をおこなった。

2. テキストマイニングについて

テキストマイニングは、自由記述のテキストデータを分析対象とし、そのプロセスは一般に、①テキストを語素（日本語の最小単位）に分解し、②全ての語素の相互関係を解析し、③統計処理を行う、というものである。主な分析内容としては、単語の出現頻度、単語の係り受け、コレスポンデンス分析、出現する単語の因果関係の分析等である。

3. 対象データ

分析の対象データは、NITE（製品評価技術基盤機構）がホームページで公開している製品事故情報約34000件から、事故原因が誤使用・不注意に分類された事故5705件(2011年7月22日時点のデータ)とした。当該事故情報では、属性データとして「事故発生日」「年度番号」「品目」「品名」「型式・機種」「製造・輸入事業者」「製品の使用期間」「事故通知者」「被害の種類」「原因区分コード」が、テキストデータとして「事故通知内容」「事故原因」「再発防止措置」がデータベース化され、これらに対してキーワード検索を行うことができる。「年度番号」は、事故案件を整理するための個別番号で、「品名」は製品群をカテゴライズするための名称、「被害の種類」は「1.死亡」「2.重傷」「3.軽傷」「4.拡大被害」「5.製品破損」から「6.被害なし」の6段階に分類され、「原因区分コード」は、「設計不良」「製造不良」「品質管理不十分」「表示または取扱説明書の不備」「経年劣化」「設置・施工不良」「修理不良」「消費者の誤使用・不注意」「偶発的事故」等に分類してコード化されている。

なお、テキストデータは、元データがMicrosoft Accessで整理されている都合で、255字を上限に記述されている。

4. 方法

分析にはテキストマイニングツール「True Teller」（株式会社野村総合研究所）を用い、csv形式に変換した事故情報データをインポートして分析した。

5. 結果と考察

5.1 属性データのクロス分析

本稿で使用したデータの性質を鳥瞰するため、まず、属性データのうち「品目名」について件数をカウントした。結果を図1に示す。これより、誤使用・不注意に分類できる事故では、燃焼器具に関した事故(2578件)と家庭用電気製品(1594件)で全体の73.1 [%]を占める結果となった。これは、①身の回りに家庭用電気製品が数多く存在すること、②燃焼器具には、1年を通じて使用頻度の高い製品(ガスコンロ、ガス給湯機等)や季節によっては使用頻度の高い製品(石油ストーブ等)が含まれること、等が要因と考えられる。

さらに燃焼器具の内訳をカウントすると、ガスコンロが最多で1075件(燃焼器具の41.7[%])、次いで石油ストーブが415件(燃焼器具の16.1[%])で、両者をあわせると燃焼器具の過半数を占める。

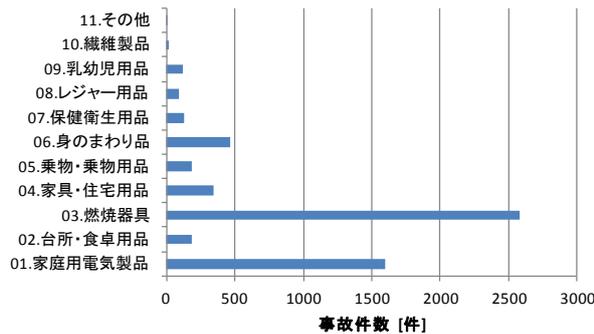


図1 品目名と事故件数

5.2 テキストデータにおける単語の出現頻度

図2に、「事故内容」を対象として品詞を限定せずに単語の出現頻度をカウントした結果のうち、上位20位までを示す。これより、「出火する」、「全焼する」、「焼く」、等の直接火災に関連した単語や、「ガス」、「コンロ」等の、火災に関わる恐れのある製品に関連した単語の出現頻度が高いことが分かる。

また、製品使用者の誤使用・不注意に係る挙動を検討するために、「事故内容」から動詞を抽出し、出現頻度をカウントした結果を図3に示す。ここでも、「出火する」「全焼する」「焼損する」「焦げる」等の火災に関連した動詞の出現頻度が高いことと、併せて「過熱する」「隣接する」「置く」「転倒する」等の、使用者の挙

動に係ると思われる動詞の出現が認められる。

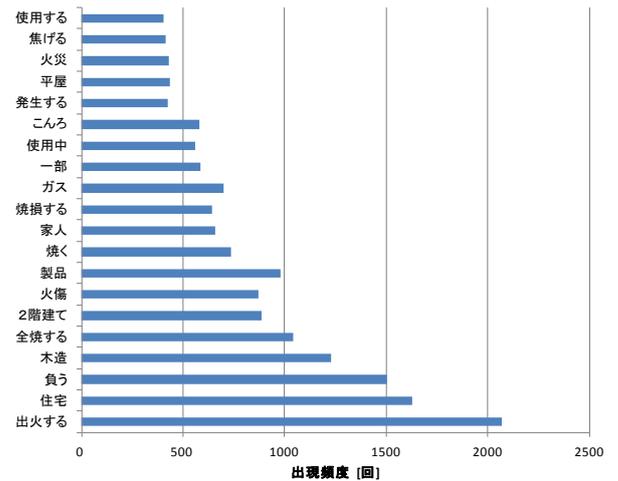


図2 「事故内容」における単語出現頻度

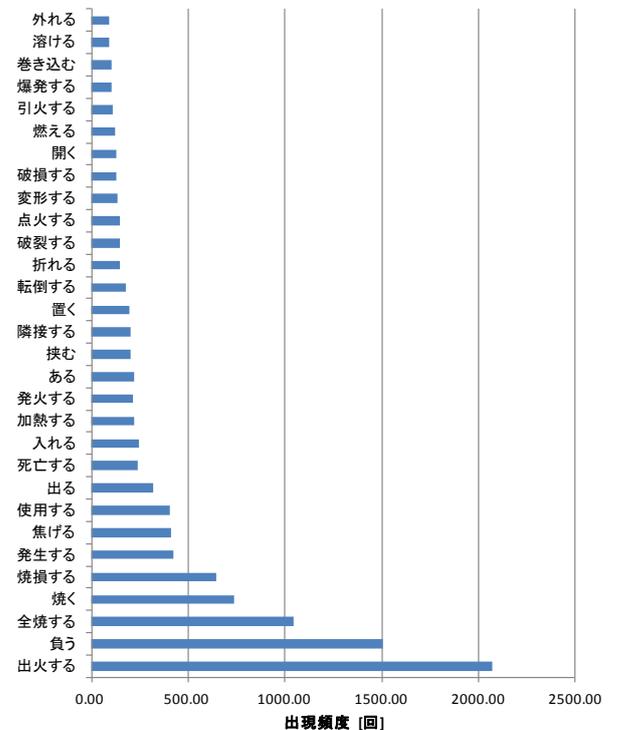


図3 「事故内容」における動詞の出現頻度

さらに、「事故原因」から動詞を抽出して出現頻度をカウントした結果から、上位20位までを図4に示す。これより、事故原因の観点から、「過熱する」「放置する」「かける」「接触する」「誤る」等の、使用者の挙動に関連すると思われる動詞が抽出されていることがわかる。

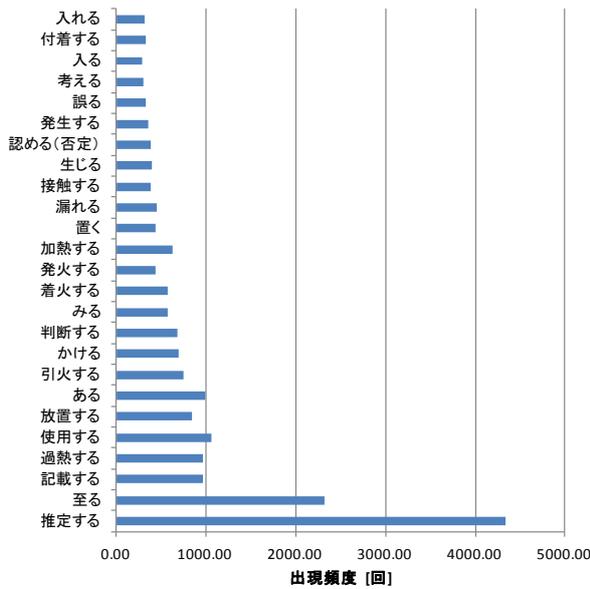


図4 「事故原因」における動詞の出現頻度

5.3 コレスポネンス分析

前項の結果をうけて、さらに詳細に分析するため、まず「事故内容」を対象としてコレスポネンス分析を実施した。図5は、その結果を単語のプロット図(布置図)として示したもので、距離の近い単語ほどひとつのテキスト中に含まれる頻度が高い(共起性が高い)ことを示す。図5で表示した単語は全単語の75%までで、単語相互の関連度を示す線は100[%]を表示した。図5の左端の「製品」の近傍には「使用中」「火災」「上」等の単語がプロットされ、また、右端の「全焼」の近傍には「2階建て」「木造」「住宅」等の単語がプロットされ、何れも事故発生の状況を象徴的に示している。

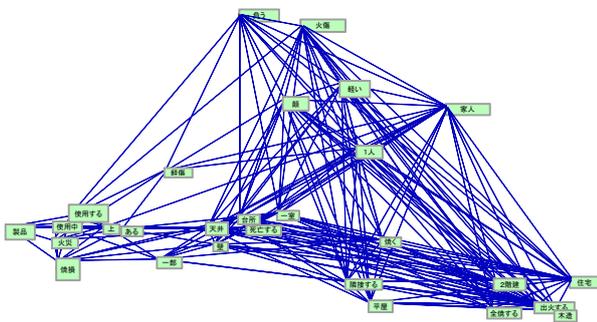


図5 「事故内容」のコレスポネンス分析

さらに、「事故原因」についても同様にコレスポネンス分析を実施した結果を図6に示す。図6も全単語

の75%までを表示し、単語相互の関連度を示す線は100[%]を表示している。図6左端の「ガス」「こんろ」の近傍に「かける」「火」がプロットされ、中央左よりには「被害者」の近傍に、「操作」「判断する」「誤る」等の単語がプロットされて、ヒューマンエラーの存在を示唆している。

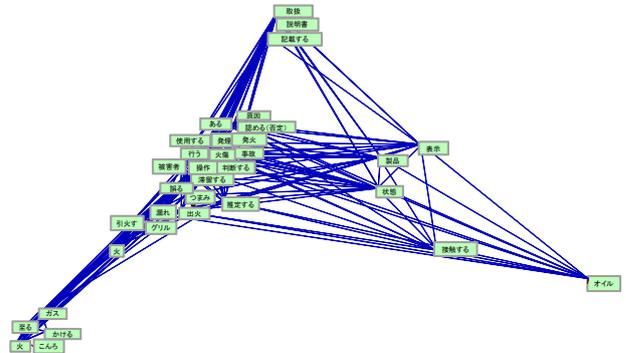


図6 「事故原因」のコレスポネンス分析

以上をふまえ、事故件数の多い製品としてガスこんろに係る情報を抽出し、コレスポネンス分析を実施した。結果を図7に示す。図7の左上には、「グリル」の近傍に「油脂」「溜まる」等の単語がプロットされ、グリルの清掃不良によるグリル火災がイメージされる。図7の右下には、「こんろ」の近傍に「天ぷら鍋」「油」「かける」「放置する」「過熱する」等の単語がプロットされ、ガスこんろによる事故の典型例である天ぷら油火災がイメージされる。また左下には、「調理中」「ホース」「漏洩する」「火」「引火する」等の単語がプロットされ、ガス漏れがイメージされるが、その他にも多くの単語がプロットされており、複数の事故原因が分離されずにプロットされていると考えられる。

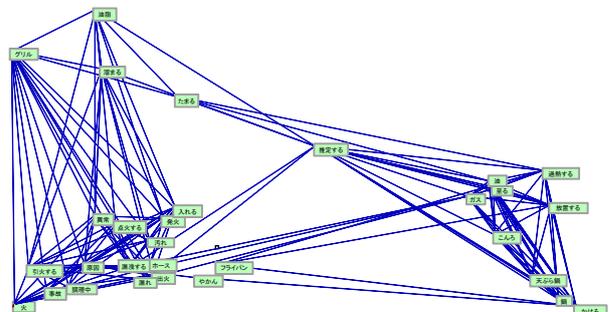


図7 ガスこんろに係る事故の「事故原因」のコレスポネンス分析

5.4 因果関係分析

さらに、ガスこんろに係る事故情報について、「事故内容」と「事故原因」を対象に因果関係分析を実施した結果を図8に示す。ここでは事故内容と事故原因の各々について、動詞単独、並びに、名詞 - 動詞の係り受けについての分析をおこなった。図8では単語は抽出された全単語を表示し、因果関係を示す線は、関係の深いものから上位30[%]を表示している。

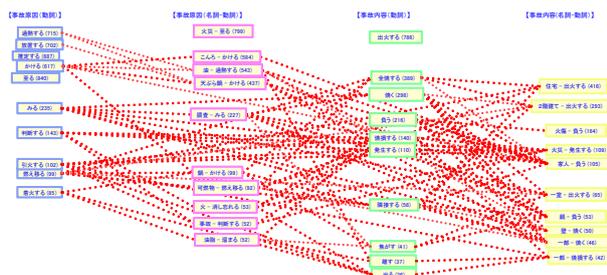


図8 ガスこんろに係る事故の

「事故内容」と「事故原因」における因果関係分析

図8で、事故原因の係り結びとしては、「こんろ - かける」(584件)、「天ぷら鍋 - かける」(437件)の件数が多く、前者は事故内容の「家人 - 負う」(105件)との関連が深く、後者は事故原因の「過熱する」(715件)、「放置する」(702件)及び事故内容の「家人 - 負う」(105件)との関連が深いことがわかった。これより、後者では、「天ぷら鍋をガスこんろにかけて火を付け、そのまま放置したために火災に至って、家人が火傷を負う」という、天ぷら油火災の一般的なパターンを表出していると考えられる。

6. おわりに

テキストマイニング手法による製品事故情報分析の有効性の検証を目的として、コレスポネンス分析及び因果関係分析を試行した。ここでは過去の事故発生件数も多く、また多く発生している事故のパターンも既知である製品として、ガスこんろを中心に解析を試行した。その結果、過去の事例にみられる、事故の典型パターンを表出する分析結果が得られた。これより、事故のパターン(モデル)が整理できていない製品(あるいは製品群)について、テキストマイニング手法を

適用すれば、事故の未然防止に有効な情報を得られると考えられる。

NITE 事故情報データベースでは、個人情報保護の観点等により、公開情報には製品使用者や被害者の属性情報がほとんど含まれておらず、分析には限界がある。しかしデータ件数が多いことから、さらに詳細な分析を行うことで、一般消費者が陥りやすい誤使用・不注意のモデル化に向けた検討を進めたい。

参考文献

- 1) NITE 事故情報データベース：
<http://www.jiko.nite.go.jp/>
- 2) 川野雅央, 和多田淳三, 青木祐介: テキストマイニングを用いた家電製品事故情報分析, International Symposium on Management Engineering 2005, Session 5-18 (2005).
- 3) 早坂敏治, 木村昌臣, 大倉典子, 土屋文人: テキストマイニング手法を用いた医薬品投薬ヒヤリハット事例の解析, 第36回日本人間工学会関東支部大会講演集, D2-1-1, 177/178 (2006)
- 4) 板垣晴彦: 事故情報をどう活かすか, セーフティハート, 122号(2008)
- 5) 久本誠一: 製品安全とヒューマンエラー, 生活安全ジャーナル, 11, pp. 16-19(2011)

機能系統図とコンセプトターゲット表を活用した GUI デザインコンセプト構築方法の提案

Proposal of method for making GUI design
using the functional analysis system technique diagram and the concept target format.

○安井鯨太*, 山岡俊樹*

*和歌山大学

YASUI Keita*, YAMAOKA Toshiki*

*Wakayama University

1. はじめに

従来の製品設計は、あいまいなコンセプトで行なってきた。本研究では、HDT(ヒューマンデザインテクノロジー)に、コンセプトターゲット表と機能系統図をプロセスに加え、より厳密で論理的なコンセプトが構築できるよう改善を行った。

1.1. ヒューマンデザインテクノロジー¹⁾とは

初心者でも論理的な製品設計が行える手法である。ユーザ要求事項に基づいて、効率よく製品を可視化・評価し、魅力ある製品が構築できる手法である。

1.2. コンセプトターゲット表とは

コンセプトターゲット表とは、設計の対象となるシステムとユーザ層を明確にするための仕様書のことである。表1にコンセプトターゲット表のフォーマットを示した。

1.3. 機能系統図²⁾とは

機能系統図は、機能を目的-手段の観点から体系化した図のことである。つまり、基本機能から、「目的→手段」の関係で上位・下位構造の機能を決定し、システムの仕様を固めることができる。

2. 本手法の提案

(1)従来手法の問題点

従来の製品設計において、ペルソナや IS09241-210 による手法はコンセプトを独立した作業として定義されていないため、抽出されたユーザ要求事項がそのままコンセプトになっている。しかし、もしコンセプトの一部が高コストの場合、どう調整するのか不明である。そのため、結果として、企業としての WILL をどう反映させるのか不明であり、検討漏れ

表1 コンセプトターゲット表

システムの明確化	システム	機能:	入力デバイス:	
		使用環境:	使用時間:	
		運用システム:		
	システムの構成要素	機能性:	効率性:	
		経済性:	信頼性:	
安全性:		保守性:		
利便性:				
インタフェース機能	システムとユーザとの機能面での割り当て:			
主要タスク	ユーザに行ってもらいたいタスクの内容:			
ユーザの明確化	ユーザ属性	年齢:	性別:	
		職業:	年収:	
	ユーザレベル	経験, 習熟度:		
		教育レベル:		
		生活スタイル	(1) 価値観:	
			(2) エクスペリエンス:	
			(3) 消費スタイル:	
概略生活ストーリー ((1) から (3) に基づきストーリーを構築する)				
その他				
ユーザのメンタルモデル	ファンクショナルモデル:			
	ストラクチャルモデル:			

などの問題点が考えられる。HDT は検討漏れの少ない論理的な製品設計が行えるが、製品仕様書とコンセプトの相互の論理的関係があいまいという問題点がある。しかし、製品仕様書とコンセプトは同時に作成するので、使用上問題はない。

(2)本手法

本研究では、HDT にコンセプトターゲット表と機能系統図をプロセスに加え、ユーザとシステムを明確化することにより、検討箇所が明らかにし、より厳密なコンセプトが構築できるよう改善を行った。図1手順の概略を示した。

はじめに、製品に関するユーザ要求事項の調査データをコンセプトターゲット表に当てはめ仮のコン

セプトターゲット表を作成する。この表によりユーザとシステムの特長や相互の役割分担が明確になる。次に、この参考に機能システム図の作成を行う。この図により全体の機能が明確になる。最後に、機能システム図に削除、追加する項目を決定し、それに基づいて構造化コンセプトを構築する。最後に、最終的に決まった構造化コンセプトに従って、コンセプトターゲット表も修正する。

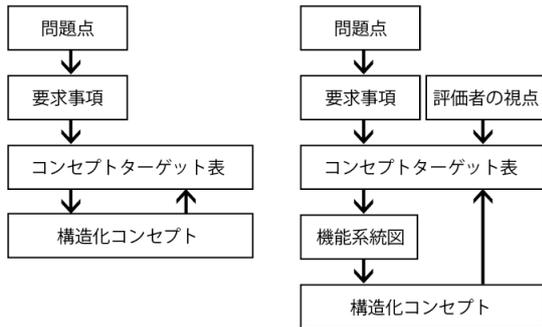


図1 HDTの手順(左), 提案手法の手順(右)

2.1. コンセプトターゲット表の作成

ユーザの視点と評価者の視点からユーザの要求事項を抽出し、コンセプトターゲット表を記入する。

(1)ユーザ調査による問題点の抽出

3P タスク分析やプロトコル解析などによってユーザビリティなどの問題点を抽出し、問題点の解決策をユーザの要求事項とし、これらをコンセプトターゲット表に記入する。

(2)評価者による要求事項の抽出

評価者はコンセプトターゲット表から構造化コンセプトに反映させる要求事項を決める。

(3)ユーザの分類

さまざまな調査データ⁴⁾より、対象ユーザを決める際に、表2のような人間のタイプ別分類が利用できる。

表2 人間のタイプ別分類の例

日本人のライフスタイルの分類 ⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・アチーブ ・プレジャー・ナイーブ ・リョウシキ・ヘイオン ・キハン ・ヤリクリ ・クール
消費者の分類 ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・習慣的消費者 ・認知的消費者 ・価格認知的消費者・衝動的消費者 ・感情的消費者 ・新しい消費者
価値観の基準による分類 ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・理論的人間・経済的人間 ・審美的人間・社会的人間 ・政治的人間・宗教的人間

2.2. 機能システム図の作成

(1)コンセプトターゲット表から機能を抽出

コンセプトターゲット表で示される項目(要求事項)から得られた情報から機能に変換して機能システム図を作成する。例として、年齢について多様なユーザ層であれば、表示方法を複数用意するなどの機能が必要だと考えられる。同様にすべての項目から抽出される機能を定義する。

(2)機能を構造化する

抽出した機能の関係を機能システム図によって示し、不足すると考える機能を機能システム図に追加する。機能の構造化にはカードソーティング,ISM 法, 形式概念分析(FCA)³⁾を用いて、行う。

2.3. 構造化コンセプトの作成

機能システム図を基に項目を削除や追加を行い、第2層のコンセプト項目をウエイト付けしたのが構造化コンセプトである。

2.4. コンセプトターゲット表と機能システム図の修正

構造化コンセプトに基づいて、コンセプトターゲット表を修正する。

3. 今後の課題

コンセプトターゲット表の問題点として、ユーザの生活スタイルやメンタルモデルを記入しづらいことがある。事前に選択肢を用意しておくといった方法で改善が必要である。今後調査していきたい。

参考文献

- 1) 山岡俊樹:ヒューマンデザインテクノロジー, p3, 森北出版株式会社(1991).
- 2) 菅澤喜男:パソコンによる製品機能の分析と評価, pp116, 130, 131, 日刊工業新聞社(1991).
- 3) 長田博泰:『社会情報』Vol.14, No.1, pp1-22, 札幌学院大学社会情報学部(2004).
- 4) ODS マーケティングコンサルティングチーム:消費行動の「なぜ?」がわかる 実践講座ライフスタイル・マーケティング, pp16-17, 株式会社宣伝会議(2006).
- 5) 池上直隆, 小林一三:消費者心理学入門, pp79-81, 中央経済社(1994).

GS9 動作・特性 II

12 月 11 日 13:00～14:00
4 号館 2 階 4206 室

【座長】 川野 常夫（摂南大学）

C4-1 歩行動作の個人差を示す足底圧分布情報の抽出

○田村 充, 井上裕美子(大阪工業大学)

C4-2 伝統金属加工における半田付け工程の動作と素材変形

仁科雅晴(京都工芸繊維大学), ○岡田圭史, 高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学)

C4-3 バーチャル空間におけるダイレクトマニピュレーション ～奥行き知覚の個人差への対応～

○土屋宏朗, 大須賀美恵子(大阪工業大学大学院)

C4-4 新幹線保守用車「デッドマン装置」のボタン押下手法に関する検討

○伊藤大介, 藤澤厚志, 吉田 裕(西日本旅客鉄道株式会社)

歩行動作の個人差を示す足底圧分布情報の抽出

Extraction of Individual Differences in Planter Pressure Parameters during Gait

○田村充*, 井上裕美子*

*大阪工業大学情報科学部

TAMURA Makoto*, INOUE Yumiko*,

*Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

ヒトの歩行を観察していると、非常に様々な歩き方をしていることに気がつく。歩行の個人差について検討した先行研究では、足底圧分布の計測を行っている研究が多く、中でも足底圧分布情報の足圧中心点(COP)についての検討が多く報告されている^{1)~4)}。個人内のCOPパターンは歩行速度を変化させても変わらない報告²⁾もあり、個人差を示す情報としてCOPが使用できる可能性があると考えられる。

そのため本研究においても、足底圧情報の中からCOPに着目し、個人差を示す指標を抽出することを目的とした。個人差を示す指標が明らかになれば、その人に適した歩行指導を行う際に、評価指標として将来的に使用したい。

2. 方法

2.1 実験参加者

本研究には、健常な男性18名(年齢 19.7 ± 0.8 歳、体重 61.0 ± 7.4 kg、足のサイズ 25.8 ± 1.0 cm)が参加した。全ての実験参加者に本研究の目的及び手順を説明した後、実験参加の同意書を文書で得た。なお、本研究は、大阪工業大学のライフサイエンス実験倫理委員会の承諾を得て行った。

2.2 実験方法

足底圧分布計測は足底圧プレート(Footscan 2D plate, RS INTERNATIONAL)を用いて計測した。実験参加者にどこにプレートがあるかを意識させないために、足底圧プレートと床面の段差を解消し、布を敷いた7mの歩行ルート作成した。4歩目と5歩目の左右の足が足底圧プレート上にくるように実験参加者のスター

ト位置を調整した。実験参加者には自由なスピードで歩いてもらい、計測は合計で3回行った。サンプリングレートは300Hzとした。

2.3 解析方法

歩行時の足底圧分布から、COPの軌跡を算出した。COPの進行方向をy軸、左右方向をx軸とし、y軸方向のCOPの速度を算出した。図1にCOPの軌跡とy軸方向の速度の一例を示す。COPの特徴をみてみると、COPのx座標は、第2、第3中足骨遠位付近で大きく方向を変える。このx座標の最大値を X_{max} とした。また、踵接地から X_{max} までの時間を X_{max} time、踵接地からCOPのy軸方向の速度の第2ピークまでの時間を VY_{max2} time、第3ピークまでの時間を VY_{max3} time、足長として Y_{max} を算出した。また Y_{max} の1/2時点のx値を X_{half} とした。

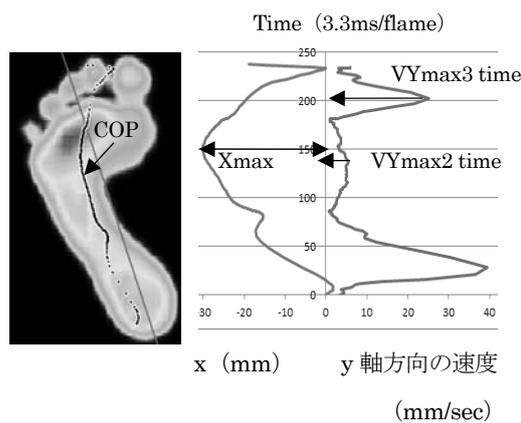


図1 足圧中心点(COP)とx座標及びy軸方向の速度の例

各実験参加者の左右の足の各3回のデータについて X_{max} , X_{max} time, VY_{max2} time, VY_{max3} time, Y_{max} , X_{half} の6つの指標をそれぞれ算出した。6つ

の指標データからそれぞれの平均値を減算し、標準偏差で除し、正規化を行った。正規化データについて重判別分析を行った。

3. 結果

重判別分析を行った結果、正準判別関数が6つ抽出された。寄与率は、関数1が51.8%、関数2が19.0%となり、関数1と関数2の累積が70.8%となった。そのため、関数1、2の係数を使用し、各実験参加者の判別得点を算出した。図2に関数1及び関数2の判別得点の分布を示す。各実験参加者の3回の得点データの重心をアルファベットの大文字で示した。

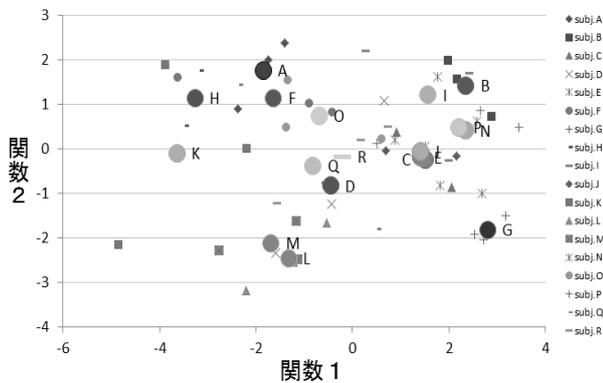


図2 関数1及び関数2の判別得点の分布と各実験参加者の重心

各実験参加者の重心についてみると、C、E、Jのように重心が重なっている人もいれば、Kのように他の実験参加者と分布が離れた実験参加者もみられた。また、正準判別関数係数の絶対値は大きい順に、関数1では、Xhalf, Xmax time, VYmax3 time (図3)、関数2がVYmax3 time, Xhalf, VYmax2 time となった(図4)。正準判別分析係数を用いて個人判別した結果、63%の判別率であった。

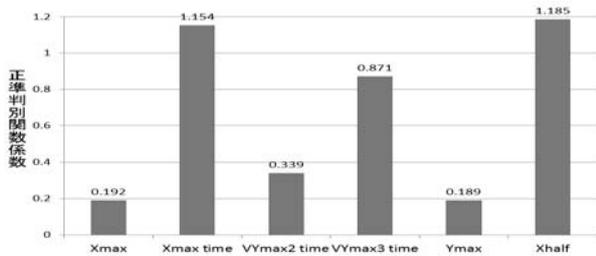


図3 関数1の正準判別関数係数の絶対値

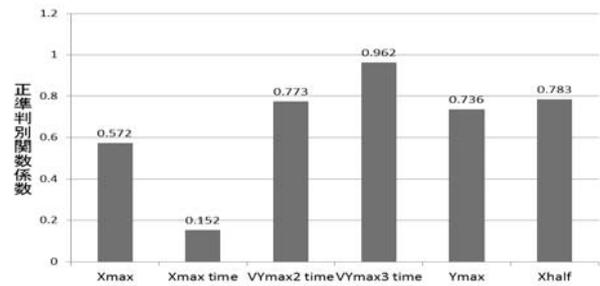


図4 関数2の正準判別関数係数の絶対値

4. 考察

本研究では、自由歩行時のCOPの軌跡から6つの指標を抽出し、個人差についての検討を行った。その結果、6指標のうち正準判別関数係数の絶対値の大きかったXhalf, Xmax time, VYmax3 time, VYmax2 time が個人判別に貢献していることが示唆された。個人差が示されるこれらの指標は、言い換えれば、個人の歩行の癖がその指標に出やすいと考えられる。歩行指導を行う際に、この指標を使用して指導をすることが可能かどうかについて、今後更なる検討が必要である。6指標を用いた個人判別では、判別率が63%と低いため、他の指標についても検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 桜井進一, 川越誠, 加藤和夫, 坂本雅昭, 中澤理恵: 健康成人女性の歩行分析-足圧中心軌跡による分類法の検討-, 理学療法科学, Vol. 22, No. 2, pp. 209-213 (2007).
- 2) 渡邊弘毅, 丸山剛生: 歩行時の下肢・骨盤運動が足圧中心軌跡に及ぼす影響, 日本機械学会スポーツ工学シンポジウム・シンポジウムヒューマン・ダイナミクス講演論文集, Vol. 2007, pp. 325-330 (2007).
- 3) 井上裕美子, 橋本涉, 大須賀美恵子, 中泉文孝: 歩行時の足手圧情報による個人識別の可能性, 画像ラボ, Vol. 20, No. 6, pp. 38-42 (2009).
- 4) 井上裕美子, 橋本涉, 大須賀恵美子, 中泉文孝: 足圧プレートを用いた高齢者のバランス機能と歩行の特徴の抽出, 生体医工学, Vol. 41, No. 1, pp. 109-116 (2008).

伝統金属加工における半田付け工程の動作と素材変形

Relationship between Motion and Material Deformation of Soldering Process on Traditional Metal Work

仁科雅晴*, ○岡田圭史**, 高井由佳**, 後藤彰彦**

*京都工芸繊維大学大学院 **大阪産業大学工学部

Masaharu NISHINA*, Keishi OKADA**, Yuka TAKAI**, Akihiko GOTO**

*Kyoto Institute of Technology

**Faculty of Engineering, Osaka Sangyo University

1. 緒言

日本において校旗、社旗などは総称して会旗と呼ばれており、その会旗を構成する金属部材は、旗本体、旗竿、旗金具に大別される。旗の構成を図1に示す。

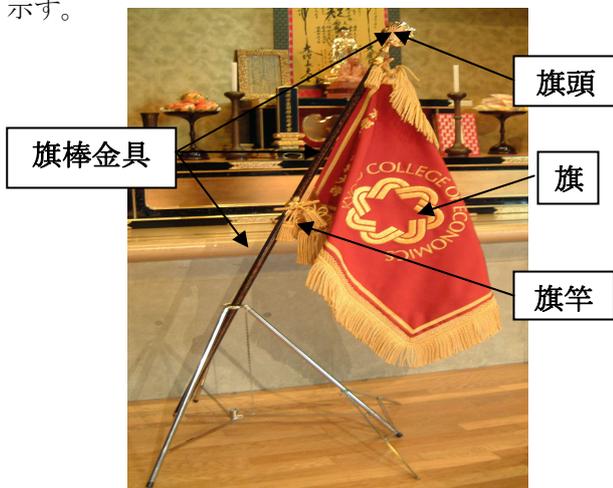


図1 旗の構成

旗と旗竿を紐で繋ぐための用具として用いる旗棒金具と旗に印された様々なシンボルマークが彫刻され、またそれを象った物などが竿先に取り付けられた旗頭などに分けられ、それぞれの部位に金属工芸技術が多用されている。

旗金具の製造工程において、特に多くの時間を占める作業は、半田付け作業である。半田付けは、技術の原理が単純であり、かつ、簡便で確実に接合できるなどの長所を有しているために、その有用性は現代産業、特に電子工業においても余すことなく発揮されている。

半田付けは材料の扱いが難しく、匠は長年の経験に基づくコツやカンで日々作業を行われている。半田付け作業時において匠が材料変形を少なくするために注意していることを明らかにすることは、後継者育成を円滑に行うために重要である。

そこで本研究では、旗金具製作時の半田付け作業において、材料の変形と熟練者のコテの動かし方に着目し、熟練者の半田付け技術の特徴を定量化することを目的とした。真鍮板の突き合わせ接合を行い、

このときの半田ゴテ付近の板の温度と熱ひずみを測定した。また、作業時の動画により半田付けの作業時間を測定した。さらに、熟練者にヒアリングを行い、測定項目との相関関係を明らかにした。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は職歴20年の旗金具職人1名(年齢42歳, 身長163cm, 体重65kg, 右利き, 男性)を対象とした。

2.2 材料および試験片

半田付けの材料として、100mm×100mmの真鍮板(真鍮材3種:C2801P Cu60%-Zn40%)を用意した。板厚は0.5mm, 0.6mm, 0.7mmの3種類とした。真鍮板を接合するために半田(ニホンゲンマ社製50A)を使用した。接合部およびコテの過熱による酸化被膜の除去と、半田の接合部におけるヌレ性の向上のためにフラックス(塩化亜鉛飽和水溶液)を使用した。半田付けには焼き半田ゴテ1本(斧型 頭部質量450g)を使用した。材料は圧延方向に対し水平に突き合わせ接合を行った。突き合わせ方向と圧延方向を図2に示す。試験片製作においては被験者の作業場において日常の作業環境を再現し、普段の手順で半田付け作業を行うよう指示した。

2.3 測定方法

図2に熱電対とひずみゲージの取り付け位置を示す。素材の変形を定量化するために熱電対とゲージ長1mmのひずみゲージは真鍮板の裏表に取り付けた。

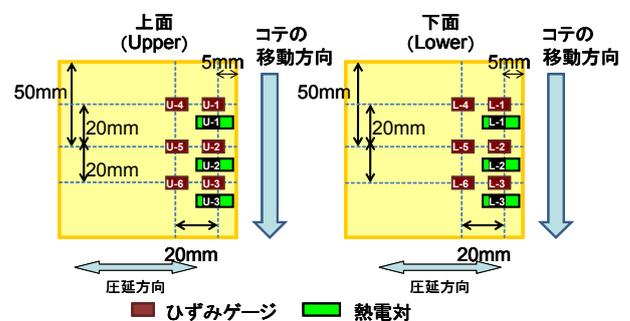


図2 測定条件

熱電対は真鍮板表面の測定位置をU-1, U-2, U-3とし、真鍮板裏面L-1, L-2, L-3と呼ぶこととする。

ひずみゲージは真鍮板表面を U-1, U-2, U-3, U-4, U-5, U-6 とし, 真鍮板裏面を L-1, L-2, L-3, L-4, L-5, L-6 と呼ぶこととする。測定値はデータロガー (EDX-100: 株式会社共和電業製) を用いて記録した。半田付け直前の半田ゴテの温度計測には放射温度計 (IR-302: 株式会社 CUSTOM 製) を使用した。サンプリング周波数は 10Hz とした。同時に, 半田付け作業の動画を撮影し, コテの動きを定量化した。また, 半田付け作業時に熟練者が実施している事柄についてヒアリングを行った。

3. 結果および考察

3.1 コテの温度

表 1 に各板厚における半田付け直前のコテの温度を示す。コテの温度は板厚 0.7 mm の時に最も高い値を示した。図 3 に板厚 0.6 mm の各測定位置における温度と

表 1 半田付け直前のコテの温度

板厚 (mm)	0.5	0.6	0.7
コテの温度 (°C)	325	293	403

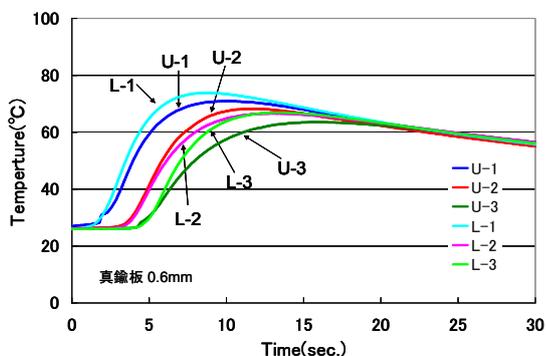


図3 温度と時間の関係

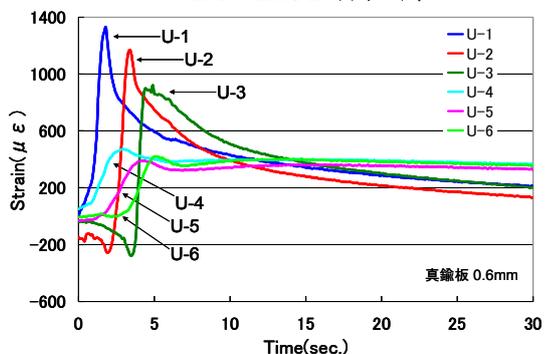


図4 表面の熱ひずみと時間の関係

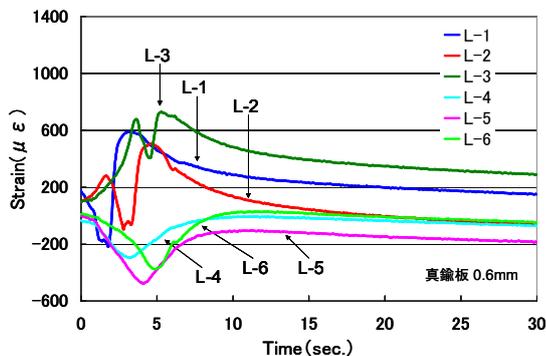


図5 裏面の熱ひずみと時間の関係

時間の関係を示す。U-1, U-2, U-3 は真鍮板表面の測定位置を, L-1, L-2, L-3 は真鍮板裏面の測定位置を示す。表面裏面とも, 半田ゴテの接触位置の変化に伴い温度が急激に上昇したことがわかる。1, 2, 3 の順で高い温度を示した。

3.2 熱ひずみ

図 4 および 5 に, 板厚 0.6 mm の各測定位置における熱ひずみと時間の関係を示す。真鍮板表面では, 半田ゴテの接触位置に近い U-1, U-2, U-3 にて鋭いピークが観測された。これらのピークは半田ゴテの移動に伴い出現している。また, 半田ゴテから遠い U-4, U-5, U-6 においては, 緩やかなピークが観測された。真鍮板裏面では, 半田ゴテの接触位置に近い L-1, L-2, L-3 にてピークが観測された。L-4, L-5, L-6 においては, 真鍮板が圧縮されていることが明らかとなった。板厚 0.5 mm, 0.7 mm においても, 温度, 熱ひずみとも同様の傾向が見られた。

図 6 に板厚 0.5mm, 0.6mm, 0.7mm の表面における最大ひずみと測定位置の関係を示す。0.6mm, 0.5mm, 0.7mm の順でひずみは大きい値を示した。表 2 に半田付け作業時間を示す。0.5mm と 0.6mm は作業時間が同じであり, 0.7mm では作業時間が短いことが明らかとなった。熱ひずみと作業時間との相関は見られなかった。

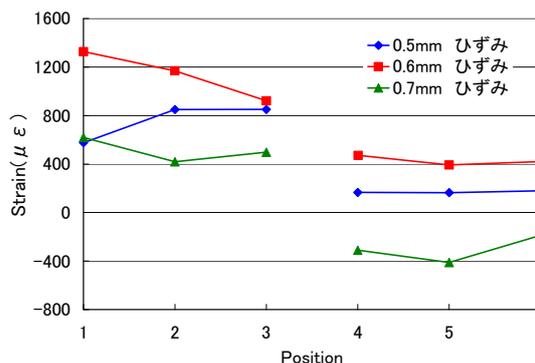


図6 最大ひずみと測定位置

表 2 半田付け作業時間

板厚 (mm)	0.5	0.6	0.7
作業時間 (sec.)	10	10	6

3.3 熟練者の知恵

被験者に対するヒアリングにより, 以下の項目が明らかとなった。

- 板厚によりコテの動かす速さは変えず, コテの温度を変えている。
- コテの温度が低いときはコテをゆっくり動かすよう意識している。

これらのヒアリング結果は, 0.7 mm 時にコテの温度が最も高く, 作業時間が最も短いという結果と一致した。

4. まとめ

旗金具の熟練者は, 半田付け作業において, 板厚ごとにコテの移動速度を変えるのではなく, コテの温度を板厚によって変えることにより熱ひずみを最小限に抑え, よりよい半田付けを行っていることが明らかとなった。

バーチャル空間におけるダイレクトマニピュレーション ～奥行き知覚の個人差への対応～

Direct manipulation in virtual space – coping with the individual differences in depth perception –

○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

手を伸ばしてオブジェクトに触れるというポインティング動作は、実世界において頻繁に行われるインタラクションの一つで、バーチャル空間においても、これを自然な形で実現することは、使いやすいインタフェースを実現する上で重要なことである。

2次元の画面の操作において、ポインティングデバイスとカーソルなどを用いた間接指示環境と、人の指などを用いて直接ターゲットに触れて指示する直接指示環境とでは、ポインティングやドッキングの操作性、操作時間の観点から、直接指示環境の方が優れていることが示されている¹⁾。このような人の自然な動作でコンピュータに入力するインタフェースは、ナチュラルユーザーインタフェース (NUI) と呼ばれ、グラフィカルユーザーインタフェース (GUI) の進化型として位置づけられる²⁾。すでに、スマートフォンやタブレット PC で普及しており、初めてのユーザや子どもにもわかりやすく、すぐに操作を覚えられるインタフェースとして受け入れられている。

直接指示の3次元バーチャル空間への拡張は、人工現実感や拡張現実感の研究の一環として行われてきた。最近になって Wii や PS3 (PSmove), KINECT など体感ゲームのインタフェースでも手や体の動きを入力に使うものが増えている。これらはまだ立体視との組み合わせで利用されることは少ないが、3D テレビの普及により、3次元空間で見えているものを触るというインタフェースが増えるものと考えられる。

3次元バーチャル空間の直接指示で問題となるのが、

立体視環境におけるターゲットの位置の知覚である。バーチャル空間では様々な要因により実空間に比べてターゲットの位置やサイズを正確に把握しにくく³⁾、特に奥行き知覚には個人差が大きいことが知られている⁴⁾。我々も昨年のこの学会で、時分割式立体視映像における奥行き知覚の個人差が大きいことを報告した⁵⁾。視差と瞳孔間距離から計算した提示位置に見える人は半数程度で、提示位置より常にほぼ同じ距離だけ手前や奥に見える人、提示位置を変えても見える位置が変化しない人、目からの距離によって提示位置と同じに見えるか提示位置より手前や奥に見えるが変わる人、見える位置が安定しない人など様々なケースがあることがわかった。

そこで、本研究では、立体視提示した物体との直接指示インタラクションの際に、個人の見え方に応じて、接触判定位置を調整することにより、自然なインタラクションを実現することを目標とする。そのためには、ユーザに負担をかけずにどこに見えるかを推定する手法を開発する必要がある。ここでは、物に触れようとして手を伸ばすときの手の動かし方を計測して、接触判定位置と見えている位置のずれを推定できないか検討した結果を報告する。

2. 方法

本実験は大阪工業大学ライフサイエンス倫理委員会の審査を経て実施した。対象者は、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 (女性 1 名, 男性 10 名) である。

モデリングソフト（OmegaSpace, ソリッドレイ研究所）を用いて作成した視差つきオブジェクトを、時分割式の3Dプロジェクター（Sight3D U27, ソリッドレイ研究所）でスクリーンに前面投影し、液晶シャッターメガネ（GeForce 3D Vision, nVIDIA）を用いて立体視させた。参加者の指先に再帰性反射材を巻きつけ、三次元位置計測装置（ステレオラベリングカメラ、サイヴァース社）で位置を計測し、オブジェクトとの接触判定に用い、指先の位置の変化（動き）を記録した。

オブジェクトは $8 \times 8 \times 2$ cmの直方体で赤系と青系の2色を用い、接触したときには白色系の色に変化するようにした。赤系と青系の2色を用いたのは、色によって奥行き知覚が異なるという知見がある⁶⁾からで、最も手前に見えると言われている赤系と奥に見えると言われている青系を用いた。

実験は簡易暗室内で行い、スクリーンから137 cmの距離に参加者の目の位置が来るように調整し、顎台に顎を乗せて椅座位をとらせた（図1, 2）。オブジェクトは目の高さに提示し、目からの計算上の距離を45, 50, 55 cmの3条件とした。立体感を強調するために水平軸回りに手前に 10° 、垂直軸方向上から見て時計回りに -22.5° 回転させた。実験の始めに各距離・各色の提示条件ごとに、どこに見えるかを手を伸ばして示してもらって計測した。実験ではその知覚距離を基準に接触判定を行った。知覚位置と接触判定位置のずれをつくるために、知覚距離 ± 5 cmで接触判定する条件を加えた。接触判定の範囲は提示刺激と同じ $8 \times 8 \times 2$ cmとした。

提示距離3条件 \times 判定位置3条件 \times 色2条件の18条件を1セットとして、3セット54試行を実施した。1セット内の提示順序は適宜変更した。



図1 実験風景

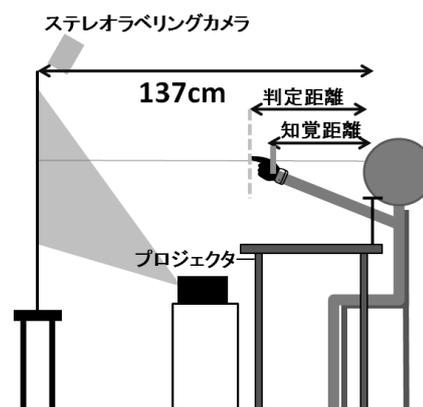


図2 計測方法

手置台を用意し、参加者の手の初期位置が顔の横の少し前の、目の高さになるようにした。参加者には実験者の合図でオブジェクトが見えている位置に素早く手を伸ばし、オブジェクトに触った状態で静止するように教示した。手が触ったときにオブジェクトの色が変わることを説明し、色が変わらないときは、色が変わる位置に素早く微調整するように指示した。

3. 結果

3.1 奥行き知覚

オブジェクトが計算上の距離と同じ距離に見えた人は11名中4名であった。他の4名は、条件によらず、一定のずれを示した。内訳は、オブジェクトより5 cm手前が2名、4 cm手前が1名、2 cm奥が1名であった。残りの3名中2名は、提示距離を変えても見える距離が変化せず、1名は知覚される位置が安定せず、再現性がなかった。この3名を除く8名をこれ以降のリーチング実験の対象者とした。このように、今回の実験でも、奥行き知覚の個人差は大きいことが確認されたが、色による違い、一人の人のなかでの提示距離による違いはなかった。

3.2 リーチング動作の違い

8名の参加者のリーチング時の指先の動き（奥行き方向の位置変化）の例を図3に示す。同じ条件（提示距離・判定距離・提示刺激の色が同じ）の3試行のうち、明らかな失敗の試行を除いて加算平均した

ものである。左から順に、判定距離が知覚距離 -5cm のとき、判定位置が知覚位置と同じとき、判定距離が知覚距離 $+5\text{cm}$ のときの結果である。最終到達距離が3種類あるのは、提示位置の違いに対応しており、人により距離が異なるのは、判定距離を提示距離ではなく知覚距離を基準に決めているからである。

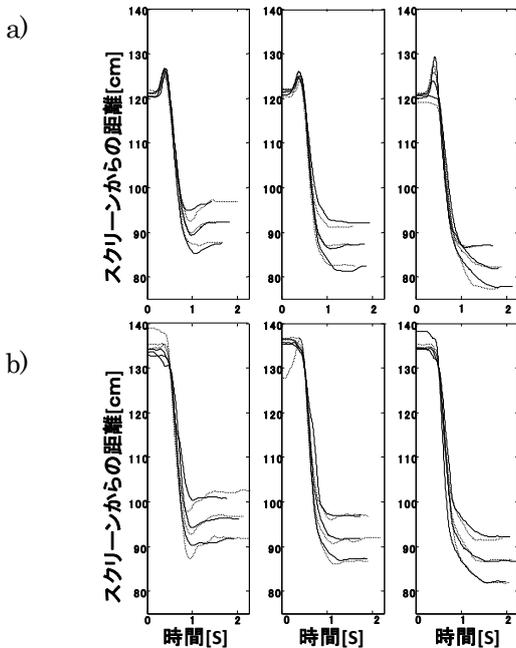


図3 リーチング時の指先の動き

a) 提示位置に知覚している人(参加者 5), b) 提示位置の5cm手前に知覚している人(参加者 3)
 左欄: 判定距離=知覚位置 -5cm , 中欄: 判定距離=知覚位置,
 右欄: 判定距離=知覚位置 $+5\text{cm}$
 太線: 赤系のターゲット, 細線: 青系のターゲット

判定距離が知覚距離 -5cm のとき(図3左欄)は、判定位置を通り越してから判定位置に戻す微調整を行っていることが多い。判定位置と知覚位置が同じ場合(図3中央)は、一部行き過ぎて戻るケースがあるが、多くは滑らかに判定位置まで動作している。判定距離が知覚距離 $+5\text{cm}$ の場合(図3右欄)は、知覚位置までは他の条件と同じように手を伸ばすが、オブジェクトの色が変わらないため、そのままゆっくり探るようにさらに手を伸ばして判定距離に到達している。これらの特徴には、提示距離条件(知覚距離)やターゲットの色による明らかな違いは見出せなかった。

そこで、提示距離(知覚距離)の違いをキャンセルして、知覚位置と接触判定位置のずれによる手の動き

の違いを見るために、速度がピークとなる時点を時刻0とし、接触判定位置を基準として知覚距離と判定距離のずれの異なる3条件ごとに、提示距離、色の異なる試行を個人内ですべて加算平均した。速度がピークとなる時点は、実際の応用場面でも特定でき、判定距離はシステム側で設定している既知パラメータであるので、これを基準とすることは妥当であると考えたからである。図4に3条件の加算平均波形を重畳した例を示す。

平均加算波形で、8名中5名に時刻0(速度がピークの時点)で3条件に違いが見られ、残りの3名中2名は $0.5\sim 1.5\text{[s]}$ で差が見られた。

そこで、個人ごとに、各試行のデータを時刻0 $\sim 1.5\text{[s]}$ を 0.3[s] の5区間に分け、一要因の分散分析をかけたところ、参加者4の 0.9[s] 以降の2区間を除くすべての区間で有意水準5%で主効果が認められた。Tukeyの下位検定の結果を表1に示す。表からわかるように、2名(参加者4, 7)を除く6名でいずれかの区間で3条件間に有意な差が見られた。

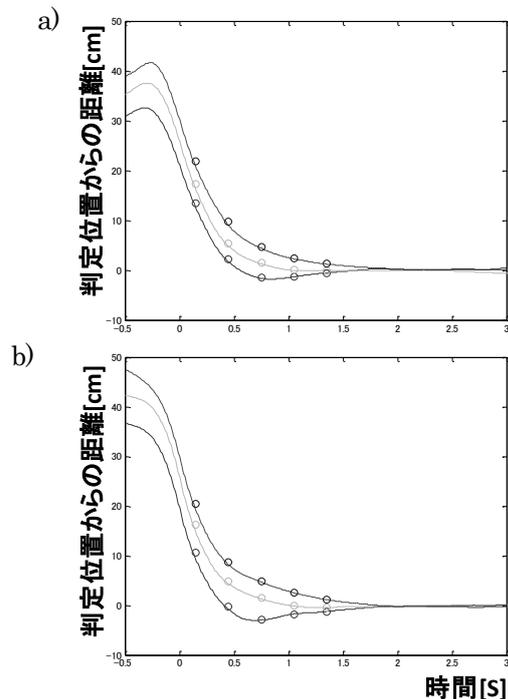


図4 接触判定位置と知覚位置のずれの異なる3条件の比較(0.3s区間の平均値を重畳)

a) 提示位置に知覚している人(参加者 5), b) 提示位置の5cm手前に知覚している人(参加者 3)
 太線: 判定距離=知覚距離 -5cm , 細線: 判定距離=知覚距離,
 点線: 判定距離=知覚距離 $+5\text{cm}$

表1 区間ごとの2条件の間の差の有無
○:有意差あり, ×:有意差なし(5%水準)

区間	0~0.3[s]			0.3~0.6[s]			0.6~0.9[s]			0.9~1.2[s]			1.2~1.5[s]		
	-5 と 0	0 と +5	-5 と +5												
参加者1	○	○	○	×	○	○	×	○	○	×	○	○	×	○	×
参加者2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○
参加者3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○
参加者4	○	×	○	○	×	○	×	×	○	-	-	-	-	-	-
参加者5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○
参加者6	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○
参加者7	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○
参加者8	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

3.3 知覚位置と接触判定位置のずれの判別

手を伸ばしてオブジェクトに触れる度に、リーチング動作から、接触判定位置と知覚位置のずれの有無と方向を判別し、判定距離を変更して、徐々にユーザの見え方に適応させるようにしたい。そこで、手始めに、3条件の平均値の95%信頼区間を用いた簡単なアルゴリズムで判別を試みた。隣接する2条件の信頼区間が重なっていないときには、ずれのある条件の信頼限界を境界とし、重なりがある場合には、ずれのない条件の信頼限界を境界とした。不確かな場合には、接触判定距離を変化させない方がよいので、ずれがない(接触判定距離と知覚距離が一致している)ときにずれがあると判別する間違いを減らしたためである。有意差がでにくかった最後の区間を除き、1~4番目の区間のうち1~4区間を用いて判別したところ、最もよい判別結果が得られたのは2~4番目の3区間(0.3~1.2[s])を用いた場合で、このときの正判別率は、個人別に見ると61.1~82.8%であった(表2)。

表2 個人ごとの正判別率

	正判別率(%)
参加者1	61.1
参加者2	67.3
参加者3	80.4
参加者4	66.7
参加者5	70.7
参加者6	71.4
参加者7	64.3
参加者8	82.8

表3 8名合わせた判別結果

判別結果 \ 正解	正解		
	-5	0	5
-5	70	14	5
0	27	80	23
5	3	11	54
判別不能	1	0	0

8名合わせた判別結果を表3に示す。全体の正判別率は70.8%、ずれあり(-5,+5)をずれなし(0)と誤判別する率は17.4%、ずれなし(0)をずれあり(-5,+5)と誤判別する率は8.7%、ずれの方向を誤判別する(-5を+5,+5を-5)率は2.1%、判別不能は0.3%だった。

5. おわりに

手先の動きを計測することで、ユーザに訊かなくても判定位置と見えている位置がずれているかどうか、どちらにずれているかを判別できる可能性が示された。ただし、今回の示したのは、対象データから求めた統計量を用いた判別結果である。今後、予め求めた統計量を用いた判別を試み評価する必要がある。次の段階では、手を伸ばしてオブジェクトに触れる度に、リーチング動作から、知覚位置と接触判定位置のずれを判別して判定距離を変更するしくみを実装する。これにより、繰り返し利用しているうちに、見えている位置に手を伸ばせば接触判定される自然なインタラクションが実現できるようになると期待する。将来的には、リーチング動作が完了する(手が到達する)前に、判別距離を調整することができるようにしたいと考えている。

参考文献

- 1) 高嶋和毅, 他: 3次元直接指示環境におけるポインティングの速度波形と奥行き知覚に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 106, No. 143, pp. 29-34 (2006).
- 2) 勝村幸博, 他: 進化するユーザーインタフェース, 日経パソコン 2011.10.10号, pp.50-65 (2011)
- 3) Drascic, D., et al.: Perceptual issues in augmented reality, In Proc. of SPIE Vol. 2653, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems 3, pp.123-134 (1996)
- 4) 松本圭司, 他: 両眼視差立体視における加齢の影響, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 8, pp. 329-330 (2003)
- 5) 土屋宏朗, 他: 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, 平成22年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.131-132 (2010)
- 6) 大森正子, 他: 立体視における色彩の進出・後退効果の加齢変化について, 日本色彩学会誌, Vol. 28, pp. 96-97 (2004)

新幹線保守用車「デッドマン装置」のボタン押下手法に関する検討

An Examination about How to Push the Button of Deadman Devices Installed on a Shinkansen Maintenance Car

伊藤大介*，藤澤厚志*，吉田裕*

*西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所

ITO Daisuke*, FUJISAWA Atsushi*, YOSHIDA Yutaka*

*Safety Research Institute, West Japan Railway Company

1. はじめに

新幹線保守用車は営業列車運行後の夜間、線路の保守を目的に使用される車両である。夜間は生理的にも眠たくなる時間帯であり、新幹線保守用車の運転においては「いかに居眠りを防止するか」が重要な課題となっている。

当社の新幹線保守用車には「デッドマン装置」(オペレータが20秒以内に1回の頻度で確認ボタンを押さなければ警報を鳴らし、それでも確認ボタンを押さない場合には5秒後に非常ブレーキをかける装置)が設置されており、この装置の設置目的の1つはオペレータの居眠り防止である。そして、現在、この装置の確認ボタンは「腰を浮かした状態で押す位置」に設置されているため、オペレータは20秒以内に1回、腰を浮かして確認ボタンを押すという動作を続けながら運転操作をしている。

現在の20秒以内に1回、腰を浮かして確認ボタンを押すという手法(以下、現状手法)は、「筋肉を動かすことは覚醒を高める1つの手法である」とする一般的な知見¹⁾を参考にすれば、オペレータの居眠り防止に一定の効果を期待できそうである。ただ一方で、「軽く腕を伸ばし適度な声で喚呼する指差喚呼と、まっすぐ腕を伸ばし大声で喚呼する指差喚呼を比較した場合、長時間の作業では、後者において疲労により確認がおろそかになる」ことを示した既往の研究²⁾もあり、長時間の居眠り防止効果には疑問も持たれる。以上のような点から、現状手法については、その居眠り防止効果を科学的に検証する必要があると思われる。

また、現状手法に関して、現場には「腰を浮かす動作は辛い」という意見もある。この点からは、現状手

法と同等の居眠り防止効果を維持する前提で、負荷を軽減した新たな手法を検討する必要があると考えられる。

そこで本研究では、新幹線保守用車のデッドマン装置におけるボタン押下の手法について、現状手法の効果を検証するとともに、これにかわる新たな手法を提案することを目的とした。

2. 実験

2.1 実験協力者

当社社員24名(性別:男性24名/年齢:28~53歳/平均年齢:38.1歳)。このうち新幹線保守用車の運転経験者は1名のみであった。

2.2 実験装置

運転操作を再現するため、新幹線保守用車の運転台を模擬したシミュレータにA、B、Cの3つの確認ボタンを設置して実験を行った(図1)。



図1 実験装置

また、実験協力者の右斜め前方にスクリーンを設置し、横向きで運転する新幹線保守用車のフロントガラスを再現して、ここにシミュレータを操作するための操作指示を表示した。さらに、実験協力者の前方・後方にスピーカを設置し、ここから実際の保守用車運転台における走行中の騒音（72 dB A 程度）を提示した。

2.3 主課題

スクリーンの操作指示に対応したシミュレータの操作（加速・減速レバーの操作）をできるだけ速く正確に行うよう求めた。

操作指示は信号と速度指示（時速）により構成され、その内容は表 1 に示す通りである。スクリーンの画面遷移については信号点灯（青、黄、赤のいずれか）と同時に速度指示が切り替わり、この状態が 2 秒間続いた後、信号が消えて（無点灯の状態になって）、速度指示（直前の信号点灯時と同じ速度指示）だけが表示される状態が 6 ~ 10 秒続くことを繰返す設定とした。なお、信号は「青：黄 or 赤 = 5 : 1」の割合で表示した。

表 1 操作指示

信号	指示内容
-（無）	速度指示どおりに運転
青	速度指示どおりに運転
黄	速度指示に関係なくブレーキ（ただし、非常ブレーキ以外）
赤	速度指示に関係なく非常ブレーキ

「非常ブレーキ」とは鉄道車両において緊急時に使用するブレーキであり、その操作を行うか否かは減速レバーの調節により決定できる。

2.4 副課題

主課題と並行して、以下 4 つの条件でボタン押下を実施させた。

何もしない（以下、条件 ）。

20 秒以内に 1 回の頻度でボタン A を押す（以下、条件 ）。

常時ボタン B を押しておき、20 秒以内に 1 回の頻度でボタン B を離して押し直す（以下、条件 ）。

20 秒以内に 1 回の頻度でボタン C を押す（以下、

条件 ）。

まず、条件 は他の条件の比較対象として設定したものである。次に、条件 は現状手法の「腰浮かし」を単純にやめることで作業負荷の軽減を図った手法である。条件 と条件 を比較することにより「腰浮かし」と「ボタン押下」それぞれの居眠り防止効果を分離して把握することができる。そして、条件 は現状手法の「腰浮かし」をやめるとともにボタン押下の時間を変更することで、条件 と現状手法の中間の作業負荷を狙った手法である。また、条件 は常時のボタン押下により長い時間「オペレータが起きている」ことを検知できるため、安全性の向上が期待できる。最後に、条件 は現状手法を再現したものである。

2.5 実験手続き

実験協力者には夜間に各条件で 1 時間（前半 30 分 + 後半 30 分）ずつのシミュレータ操作をさせた（一晚に計 4 時間）。なお、4 つの実験条件の試行順序については、順序効果を相殺するため 24 通りの順序を各実験協力者に振り分けた。

3. 結果

3.1 エラー率

シミュレータの操作記録から各実験協力者のエラー率を求め、各条件の前半 30 分と後半 30 分でその平均値を算出した（図 2）。ここでエラーとは信号が点灯してから 2 秒間に操作指示と違う操作をしたもの、および 2 秒間に何も操作しなかったものである。

独立変数を「条件」（条件 ~ ）、「時間」（前半と後半）として、2 要因の分散分析を行ったところ交互作用が有意となった。そこで単純主効果の検定を行った結果、条件 の後半が前半よりも、条件 の後半が前半よりも、それぞれ有意にエラー率が高くなった。

3.2 反応時間

シミュレータの操作記録から反応時間を求め、3.1 と同様に平均値を算出した（図 3）。ここで反応時間

とは、正しい操作をした場合の信号点灯から操作開始までの時間である。

3.1 と同様に2要因の分散分析を行った結果、交互作用が有意となった。そこで、単純主効果の検定を行った結果、条件の後半が条件の後半、条件の後半、条件の前半よりも有意に反応時間が短くなった。

3.3 フリッカー値低下率

点滅する赤い点をちらついていることが感知できないような周波数(50Hz)から一定間隔で低下させたとき、ちらつき始めたと感知した際の周波数がフリッカー値(以下、CFF値)である。覚醒水準が高いときには高い値が測定され、覚醒水準が低下すると低い値が測定されるといわれている。

本研究では、4つの条件の実施前、閉眼状態で2分間安静にした後に測定したCFF値(以下、安静時CFF値)を各実験協力者の基準とし、以下の式で算出した値をCFF値の評価指標(以下、CFF値低下率)とした。なお、式中の測定時CFF値とは、各条件の前半30分終了時および後半30分終了時に測定したCFF値である。

$$(\text{CFF値低下率}) = \frac{(\text{測定時CFF値}) - (\text{安静時CFF値})}{(\text{安静時CFF値})} \times 100$$

上式からCFF値低下率を求め、3.1と同様にその平均値を算出した(図4)。そして、独立変数を「条件」(条件 ~)、「時間」(中と後)として(ここで、「中」は前半30分終了時点、「後」は後半30分終了時点)、2要因の分散分析を行った結果、条件の主効果が有意となった。そこで、多重比較を行った結果、条件が条件、条件よりも有意に小さい低下率を示した。

3.4 眠気

本研究では、芳賀³⁾が提案する負担度調査票を用いて実験協力者の主観を測定した。負担度調査票は14項目の質問から構成されており、それぞれについて「決してそうではなかった」(0点)から「全くその通りであった」(5点)の6段階で評価をさせ、7つの作業負担要因を測定しようとするものである。

ここでは負担度調査票で測定した7つの作業負担要因のうち「眠気」の結果を示す。眠気に関する質問は

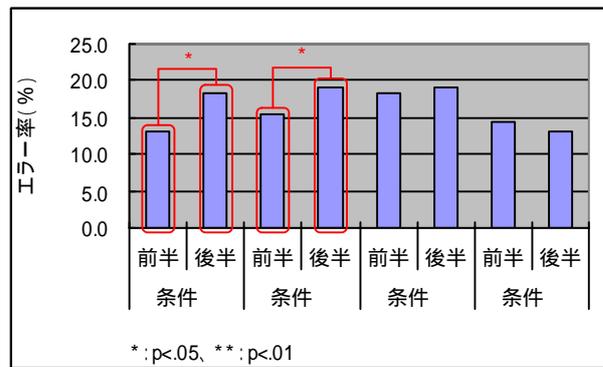


図2 エラー率

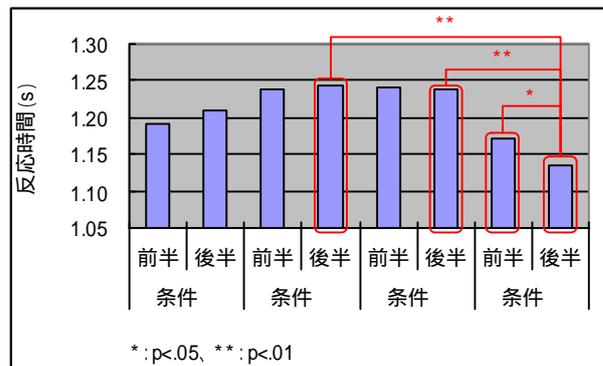


図3 反応時間

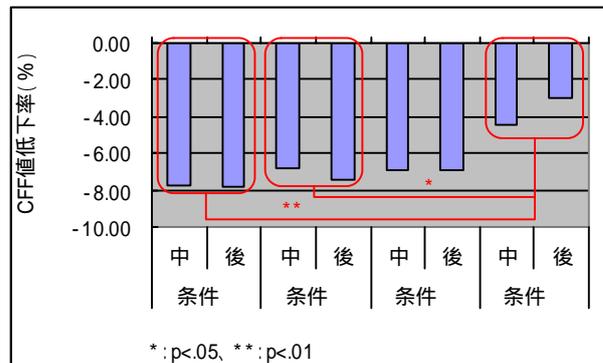


図4 CFF値低下率

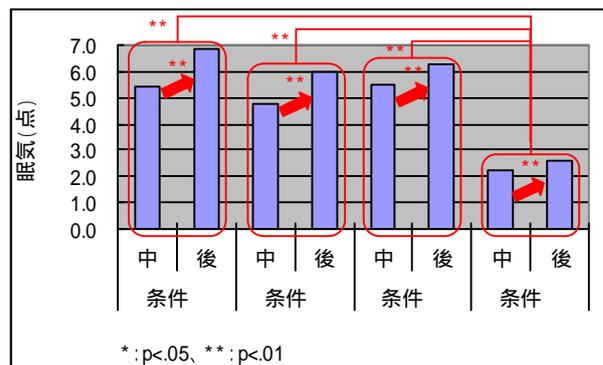


図5 眠気

表 2 に示す 2 項目からなっている。2 つの質問項目の回答（点数）の和を評価指標とし、3.1 と同様にその平均値を算出した（図 5）。そして、3.3 と同様に 2 要因の分散分析を行った結果、条件と時間の主効果が有意となった。多重比較を行った結果、条件に関しては条件 が条件、条件、条件 よりも有意に低くなった。時間に関しては後が中よりも有意に高くなった。

表 2 眠気に関する質問項目

作業負担要因	質問項目
眠気	まぶたが重たかった
	眠ってしまいそうだった

4. 考察

実験結果は総合的にみて、条件 の居眠り防止効果が他の条件に比べて高いことを示唆するものと考えられる。以下ではその理由について考察する。

まず、「作業負荷の最適水準」という考え方について説明しておきたい。JIS Z 8503⁴⁾では、作業負荷の設定に関して「作業者の疲労を少なくすることを考慮した作業システムの設計に対するアプローチの仕方のなかで最も重要なものは、作業負荷の大きさを減らす若しくは最適化する、その負荷を受ける時間を制限する、又は休憩を入れてその配分を変えることである。しかし、作業効率が低下していないのに、精神的負荷を減らすことは、必ずしも最適な方法ではないということを知覚しておく必要がある。精神的負荷を最適水準より下げるとは、単調感の増大、注意力の低下、心的飽和のような障害を引き起こす可能性があるからである。」と述べている。つまり、これは作業負荷には最適水準というものが存在し、それより負荷が大きくても小さくても問題があることを示している。

これを参考にすれば、今回の実験においては、条件 が最適水準に近い作業負荷であったため、居眠り防止効果が他の条件に比べて高くなったと想像される。逆に言えば、条件 ~ の順で作業負荷が大きくなるように設定した今回の実験において、条件 ~ の作業負荷は最適水準よりも小さかったと考えられる。

では次に、条件 の中で具体的にどの動作が最適水

準に近づける負荷として有効に作用したかについて考察する。実験結果について条件 と条件 ~ を比較したとき、これらの間に明らかな差を確認できる結果がいくつかある。その一方で、条件、条件、条件 を比較したとき、これらの間に明らかな差を確認できる結果はほとんどない。このことは条件 にだけ存在する（条件 ~ にはない）動作が、最適水準に近づける負荷として有効に作用することを示唆していると思われる。条件 にのみ存在する「20 秒以内に 1 回の頻度で腰を浮かす」という動作が最適水準に近づける負荷として有効だったと考えられる。

5. まとめ

本研究では、新幹線保守用車のデッドマン装置におけるボタン押下の手法について、現状手法の居眠り防止効果を検証するとともに、これにかわる負荷の少ない新たな手法を提案することを目的とした。

実験の結果、現状手法に一定の効果が確認された一方で、新たな手法には現状と同等の効果を確認することができなかった。これは、現状手法の「腰を浮かす」という動作が、1 時間程度の作業においては眠気を抑制するのに有効であることを示している。

ただ、この腰を浮かす動作には「辛い」という現場の声がある。これを踏まえれば、やはり負担軽減の検討が必要と思われる。今回は主に肉体的な（体を使う）作業に注目してこの最適化を検討したが、今後は精神的な（脳を使う）作業に着目し、腰を浮かす動作にかわる作業を検討したいと考えている。

参考文献

- 1) マーチン・ムーア-イード：大事故は夜明け前に起きる，講談社，(1994)。
- 2) 重森雅嘉：指差喚呼によるエラー防止効果の体感ソフトウェアの開発，鉄道総研月例発表会講演要旨，(2010)。
- 3) 芳賀繁：メンタルワークロードの理論と測定，日本出版サービス，(2001)。
- 4) JIS Z 8503，人間工学 - 精神的作業に関する原則 - 設計の原則

平成 23 年度 日本人間工学会 関西支部大会

会期：2011 年 12 月 10 日(土), 11 日(日)

会場：神戸大学 海事科学研究科 深江キャンパス

主催：一般社団法人 日本人間工学会 関西支部
神戸大学

共催：JST ERATO 前中センシングプロジェクト

後援：兵庫県立工業技術センター

大会長：林 祐司（神戸大学 海事科学研究科）

事務局長：村井康二（神戸大学 海事科学研究科）

事務局：神戸大学 海事科学研究科 航海学研究室

委員：

 瀧 真輝（神戸大学 海事科学研究科）

 中井 宏（神戸大学 海事科学研究科）

 北村健一（神戸大学 海事科学部）

運営協力：神戸大学海事科学部 有志

平成 23 年度 日本人間工学会 関西支部大会 講演論文集

発行日 2011 年 12 月 10 日

発行者 平成 23 年度日本人間工学会関西支部大会事務局

〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5-1-1

神戸大学 海事科学研究科 航海学研究室

e-mail: ergow-11@maritime.kobe-u.ac.jp

Phone & Fax: 078-431-6242

印刷所 株式会社 サン・ライティング