ISSN 1341-7614

2018年度
一般社団法人日本人間工学会
関東支部第48回大会
第24回卒業研究発表会
講演集

Proceedings of the 48th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Proceedings of the 24th Graduation Thesis Presentation,

Japan Ergonomics Society

2018年12月15日（土）・16日（日）

神奈川大学

目次

大会概要

■会期

2018年12月15日（土）～16日（日）

■会場

神奈川大学 横浜キャンパス 23号館
（横浜市神奈川区六角橋3-27-1）

■大会長

髙野倉　雅人（神奈川大学）

■主催

一般社団法人　日本人間工学会　関東支部

■日程

12月15日（土）
一般講演，卒業研究発表，特別講演，支部総会，支部委員会，懇親会

12月16日（日）
一般講演，卒業研究発表

■参加受付

事前参加登録：	正会員・賛助会員・協賛団体	5,000円
	非会員	6,000円
	学生（大学院生を含む）	2,000円
当日参加登録：	正会員・賛助会員・協賛団体	6,000円
	非会員	7,000円
	学生（大学院生を含む）	2,000円

■懇親会

日時：12月15日（土）　18：20～20：00
会場： LUX（19号館）
会費：3,000円

■事務局

日本人間工学会関東支部第48回大会　大会事務局
〒221-8686　横浜市神奈川区六角橋3-27-1
神奈川大学 工学部 経営工学科 髙野倉研究室内
E-mail　jeskanto-48@kanagawa-u.ac.jp

日本人間工学会関東支部第48回大会　運営事務局
〒100-0014　東京都千代田区永田町2-9-6 十全ビル4階　株式会社ドーモ内
TEL　03-5510-7923　　FAX　03-5510-7922

ご案内

■食堂

土曜日のみ学食（10 号館 2 階カルフール，時間 10:30-14:00）および生協（19 号館 1 階，時間 10:30-15:30）がご利用いただけます。

■企業展示，休憩所

23 号館 3 階 304 教室にて企業展示を行っておりますので，ぜひお立ち寄りください。
また同教室は，休憩所としてご利用いただけます。

■全面禁煙について

23 号館を含むキャンパス内は全面禁煙です。

■一般演題，卒業研究発表会の発表者の方へ

時間は発表 10 分,質疑応答 4 分,入替 1 分の計 15 分です。時間厳守にてお願いします。
発表時間経過をベルにてお知らせします。8 分で 1 鈴，10 分で 2 鈴，14 分で 3 鈴です。
発表者の方はご自分の PC をご持参ください。
ビジュアルエイドとしてプロジェクタをご用意します。
プロジェクタの接続にはアナログ RGB(D-Sub15)をご利用いただけます。
持参される PC によっては専用のアダプタが必要ですので，忘れずにご用意ください。

■座長の方へ

座長の先生は，ご担当セッションの３０分前までに受付をお済ませください。
セッションの時間内にすべての発表が終了できますようご協力をお願いいたします。
卒業研究発表会をご担当される座長の先生には，表彰関連のお願いがございます。受付にてご説明申し上げますので，よろしくお願い申し上げます。

スケジュール

12月15日（土）　1日目

	A会場 (23-311教室)	B会場 (23-310教室)	C会場 (23-306教室)	D会場 (23-307教室)	23-304教室	委員会 (23-535室)
9:30	受付開始　9:30 23号館3階311教室前					
10:00 11:00	A-1 安全① 座長：三林洋介	B-1 姿勢，福祉 座長：鈴木聡	C-1 認知，AR・VR 座長：吉武良治		企業展示 休憩室	
11:10 12:10	A-2 卒研発表① 座長：阿久津正大	B-2 卒研発表② 座長：大西明宏	C-2 卒研発表③ 座長：西内信之			
12:20 13:00						支部委員会
13:00 14:00	支部総会					
14:00 15:20	特別講演					
15:20 15:50	人間工学専門家 資格紹介					
16:00 17:00	A-3 卒研発表④ 座長：三澤哲夫	B-3 卒研発表⑤ 座長：武藤憲司	C-3 卒研発表⑥ 座長：矢口博之	D-3 卒研発表⑦ 座長：瀬尾明彦		
17:10 18:10	若手支援企画 ワークショップ 学生交流カフェⅡ	B-4 筋活動，負担 座長：深谷直樹	C-4 交通 座長：久宗周二	D-4 視覚，VDT 座長：橋爪縛子		
18:20 20:00	懇親会 (19号館ラックスホール)					

12月16日（日）　2日目

	A会場 (23-311教室)	B会場 (23-310教室)	C会場 (23-306教室)	D会場 (23-307教室)	23-304教室
9:30	受付開始　9:30 23号館3階311教室前				
10:00 11:00	海事人間工学研究部会 企画セッション ―海と人―	B-5 卒研発表⑧ 座長：柴田隆史	C-5 卒研発表⑨ 座長：劉欣欣	D-5 卒研発表⑩ 座長：井戸健二	企業展示 休憩室
11:10 12:10	11:30	B-6 安全②，動作 座長：鈴木郁	C-6 生理，感覚 座長：高野倉雅人	D-6 デザイン，子ども 座長：荻谷光晴	

プログラム

○発表時間は発表 10 分，質疑 4 分，入替 1 分の計 15 分です。

12月15日（土）　1日目

【特別講演】　A会場（23-311教室）

14:00-15:20　急速に普及するドライブレコーダーと交通事故予防

講演者：堀野定雄（神奈川大学 工学研究所）　司会：髙野倉雅人（神奈川大学）

【人間工学専門家資格紹介】　A会場（23-311教室）

15:20-15:50　CPE紹介：「活かそう！」人間工学専門家資格　井出有紀子（人間工学専門家認定機構CPE/NEC）福住伸一（CPE/理化学研究所）

【若手支援企画ワークショップ】　A会場（23-311教室）

17:10-18:10　卒論・修論テーマ交流会 学生交流カフェⅡ～研究についてかたりませんか？～　日本人間工学会若手支援委員会

A会場（23-311教室）

10:00-11:00　**A1　安全①**　座長：三林洋介（東京都立産業技術高専）

- A1-1　テールゲートリフター使用時の作業者の昇降方法に関する考察　○大西明宏（労働安全衛生総合研究所）
- A1-2　STAMP/STPAを用いた踏切システムの安全限界評価の検討　○林健太朗（早稲田大学）
- A1-3　押し間違いを減らすエレベータ開閉ボタンのデザイン―全体最適化および部分最適化の効果検証実験―　○糸井川高穂（宇都宮大学）　村田智明（京都造形芸術大学）　矢口博之（東京電機大学）　村上遥香　古賀誉章（宇都宮大学）
- A1-4　4インチ映像を用いた場合の刺激の提示順が船舶航行音の主観評価に与える影響　○甲斐幹康　武藤憲司（芝浦工業大学大学院）

11:10-12:10　**A2　卒業研究発表①**　座長：阿久津正大（玉川大学）

- A2-1　計算の得意・不得意の発見と改善 ―ERPを用いて―　○吉田奨梧　船田眞里子（白鴎大学）
- A2-2　ヘッドアップディスプレイにおける色情報を用いた危険物優先表示システムの提案　○大塚榛奈　高野倉雅人　荻谷光晴（神奈川大学）

	A2-3	マルチタスキング作業時の脳血流のNIRSによる評価	○飯泉隼（法政大学）
	A2-4	音声認識ツールを用いたMRI検査中の被験者の音声検出実験	○河本有紀　武藤憲司（芝浦工業大学）
16:00-17:00	A3	卒業研究発表④	座長：三澤哲夫（千葉工業大学）
	A3-1	漁船の労働災害防止に関する研究	○村上雄紀　二見凌也　土屋諒恭　久宗周二（神奈川大学）
	A3-2	公共マナー不遵守者に対する注意の言葉遣いとその注意の受容/反発について－注意者と不遵守者の関係において－	○山野奨太（早稲田大学）
	A3-3	シースルー型スマートグラスとLCDにおける文章理解の比較	○眞壁駿（東京電機大学）　萩原広太（東京電機大学大学院）川澄正史（東京電機大学）
	A3-4	視野狭窄・視野欠損が自動車運転に及ぼす影響に関する研究	○大高雄樹　三林洋介（東京都立産業技術高専）

12月15日（土）　1日目

B会場（23-310教室）

10:00-11:00	B1	姿勢，福祉	座長：鈴木聡（神奈川工科大学）
	B1-1	ミーティングシーンにおける座面可動式チェア使用の人間工学的評価	○佐藤秀磨　中村啓佑　河合隆史　三家礼子（早稲田大学）
	B1-2	バイオフィードバック法を用いた機能訓練に関する研究	○浦崎拡幸　高田一　松浦慶総（横浜国立大学大学院）
	B1-3	座位・立位可変作業方式の有効性に関する実験的研究―長時間作業における生理的負担の男女比較―	○下川英亮　阿久津正大（玉川大学）
	B1-4	ベッド上で使用可能な臀部洗浄装置の洗浄性能向上に関する研究	○村田拓也　高田一　松浦慶総（横浜国立大学大学院）
11:10-12:10	B2	卒業研究発表②	座長：大西明宏（労働安全衛生総合研究所）
	B2-1	手術用持針器の人間工学的研究	○星巧大　三林洋介（東京都立産業技術高専）
	B2-2	透析施設間における穿刺ハンドリングの特徴	○西村健桃　鈴木聡　渡邊晃広　西村宗修（神奈川工科大学）

	B2-3	内視鏡用鉗子による柔軟性材料の把持感覚評価法に関する研究	○小野俊介（明治大学）
	B2-4	ショック状態検知のためのドップラーレーダーを用いた仰臥位での非接触・脈波伝播速度由来血圧推定法	○草野紘平　橋爪絢子　松井岳巳（首都大学東京）
16:00-17:00	B3	卒業研究発表⑤	座長：武藤憲司（芝浦工業大学）
	B3-1	センサーフュージョンによる生活状況検知システムの開発	○髙畑慶（法政大学）
	B3-2	浴槽での溺水事故防止のための睡眠検知法の検討-覚醒時と入眠直前の心拍数変動指標の比較-	○大竹裕介　橋爪絢子　松井岳巳（首都大学東京）
	B3-3	指屈曲モード選択可能な指機構の開発	○山崎伶　深谷直樹（東京都立産業技術高専）
	B3-4	短時間の精神負荷作業におけるLF/HFの変化	○今井一斗（東京電機大学）　栗原修平（東京電機大学大学院）　川澄正史（東京電機大学）
17:10-18:10	B4	筋活動，負担	座長：深谷直樹（東京都立産業技術高専）
	B4-1	リュックサックの背負い位置の違いが歩行時の筋活動量に与える影響	○露崎健太（千葉工業大学大学院）　三澤哲夫（千葉工業大学）
	B4-2	取り置き作業対象物の初期姿勢による身体負担変化の生体力学的評価	○倉元昭季（首都大学東京）　平内和樹（首都大学東京大学院）　瀬尾明彦（首都大学東京）
	B4-3	筋電図を用いた運転中の覚醒度低下検出法の検討	○渡邉みちる　下村義弘（千葉大学大学院）　大西太一郎（株式会社ピー・アール・エム）
	B4-4	荷物持ち上げ作業における荷物重量と持ち上げ動作経路の違いが身体負担に与える影響	○三輪翼　平内和樹（首都大学東京大学院）　倉元昭季　瀬尾明彦（首都大学東京）

12月15日（土）　1日目

C会場（23-306教室）

10:00-11:00	C1	認知，AR・VR	座長：吉武良治（芝浦工業大学）
	C1-1	VRを活用した作業設計における身体負担のフィードバック方法による改善効果の比較	○海老原研　平内和樹（首都大学東京大学院）　瀬尾明彦（首都大学東京）
	C1-2	VR空間におけるWEB閲覧時のユーザビリティ評価に関する研究	○村上俊輔　西内信之（首都大学東京大学院）

	C1-3	遠隔操縦ロボットの操縦方法の違いが操縦性に及ぼす効果についての検討-ニンテンドーラボのリモコンカーを例にして-	○堀口僚太（早稲田大学大学院）　小松原明哲（早稲田大学）
	C1-4	デジタルサイネージによるバス乗り場案内地図の視認性評価-色情報の比較検討-	○月本晴菜　西内信之（首都大学東京大学院）
11:10-12:10	C2	卒業研究発表③	座長：西内信之（首都大学東京）
	C2-1	VR空間の現実感向上のための研究	○山口明人　吉武良治（芝浦工業大学）
	C2-2	VR映像内の移動に則した下肢運動によるVR酔い軽減の検討	○村井克彦（東京電機大学）　萩原広太（東京電機大学大学院）　川澄正史（東京電機大学）
	C2-3	オープンキャンパス用適応騒音制御デモ装置の構築	○中村僚汰　武藤憲司（芝浦工業大学）
	C2-4	騒音下で用いられる拡声器のための実時間音声加工システムの開発	○飯塚優人（法政大学）
16:00-17:00	C3	卒業研究発表⑥	座長：矢口博之（東京電機大学）
	C3-1	ピクトグラムを用いた一般用医薬品理解度向上のための基礎研究	○魚住咲希愛　三林洋介（東京都立産業技術高専）
	C3-2	失語症者の外出先でのコミュニケーションを支援するアプリケーション開発	○名取知晃　荻谷光晴　高野倉雅人（神奈川大学）
	C3-3	衣服の柄(がら)による視覚効果	○米倉裕加　吉武良治（芝浦工業大学）
	C3-4	視線入力における注視時のブレの検討	○森田清志朗　矢野智裕　髙野裕貴　佐藤彩夏　大矢哲也（日本医療科学大学）
17:10-18:10	C4	交通	座長：久宗周二（神奈川大学）
	C4-1	UXカーブを用いたカスタマージャーニーマップの評価に関する研究	○掛川彩人　西内信之（首都大学東京大学院）
	C4-2	屋外環境下におけるデジタルカメラ画像を用いた輝度測定の検討	○渡部貴浩　大野央人　中井一馬（公益財団法人鉄道総合技術研究所）
	C4-3	住宅室内の運河船舶航行音における騒音制御の計算機シミュレーション	○深津遼貴　武藤憲司（芝浦工業大学）
	C4-4	人間工学から見た自動運転事故：テスラ―社とウーバー社公道試験事故の教訓	○堀野定雄（神奈川大学工学研究所）　小木和孝（大原記念労働科学研究所）

12月15日（土）　1日目

D会場（23-307教室）

16:00-17:00　D3　卒業研究発表⑦　　座長：瀬尾明彦（首都大学東京）

D3-1	転落防止センサーシステムを搭載した白杖の開発	○荒川泰成（法政大学）
D3-2	馴染み機構を有する在宅介護ロボットの開発	○渡辺悠太朗　深谷直樹（東京都立産業技術高専）
D3-3	江の島のバリアフリー情報の提供に関する研究	○草柳龍一　小林大晃　中嶋優輝　久宗周二（神奈川大学）
D3-4	ヒトの指を模倣した動作を行うオリガミハンドの開発	○手塚蒼太　深谷直樹（東京都立産業技術高専）

17:10-17:55　D4　VDT，視覚　　座長：橋爪絢子（首都大学東京）

D4-1	座位作業時の角度付きデスク使用の人間工学的評価	○中村啓佑　佐藤秀磨　杉田琢郎　川島稜平　田中知里（早稲田大学）　野崎真奈美（順天堂大学）　河合隆史　三家礼子（早稲田大学）
D4-2	長時間VDT作業における休憩催促システムの開発	○山本瑞穂　高田一　松浦慶総（横浜国立大学大学院）
D4-3	注視点解析による歩きスマホ時の没入度の定量的評価	○高地雄太郎　西内信之（首都大学東京大学院）

12月16日（日）　2日目

【企画セッション】　A会場（23-311教室）

10:00-11:30	海事人間工学研究部会 企画セッション ―海と人―	司会：村井康二（東京海洋大学）
	先端ナビゲートシステム～船舶自律化・自動化に向けた遠隔操船システムへの展開～	○庄司るり（東京海洋大学）
	海中における表面筋電図の計測に関する研究	○才木常正　瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター）　村井康二（東京海洋大学）　有馬正和（大阪府立大学）
	ダイバーを対象とした海中での心電図測定の試み	○福造博（大阪府立大学）　才木常正　瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター）　村井康二（東京海洋大学）　有馬正和（大阪府立大学）
	ダイバー安全監視を想定した口腔内における脈拍計測位置の検討	○瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター）　村井康二（東京海洋大学）　有馬正和（大阪府立大学）　才木常正（兵庫県立工業技術センター）

12月16日（日）　2日目

B会場（23-310教室）

10:00-11:00	B5	卒業研究発表⑧	座長：柴田隆史（東京福祉大学）
	B5-1	顧客満足度向上に繋がる接客要素の明確化に関する研究　～カフェを題材として～	○石井茉織（早稲田大学）
	B5-2	AED操作パフォーマンスにおける動作要因に関する検討	○伊藤駿　鈴木聡　青木真希子（神奈川工科大学）
	B5-3	地図の表現方法に関する研究	○王尾晴香　吉武良治（芝浦工業大学）
	B5-4	押圧を利用した三次元入力装置	○吉沢和真（法政大学）
11:10-12:10	B6	安全②，動作	座長：鈴木郁（法政大学）
	B6-1	荷物取り置き作業における作業姿勢の時系列異常検知に基づく突発的な動作変化の抽出	○平内和樹（首都大学東京大学院）　倉元昭季　瀬尾明彦（首都大学東京）
	B6-2	自動運転中のドライバ覚醒度と緊急時対応に関する研究	○栗山直之　高田一　松浦慶総（横浜国立大学大学院）
	B6-3	小企業向け安全マネジメントの効果について	○坂田真一郎（WIB協会）　久宗周二（神奈川大学）

12月16日（日）　2日目

C会場（23-306教室）

10:00-11:00　C5　卒業研究発表⑨　　座長：劉欣欣（労働安全衛生総合研究所）

C5-1	筋負担の軽減を目的とした無電源の歩行補助装置の開発	○清野亘（法政大学）
C5-2	CNNを用いた船舶騒音検出における学習データ分類方法の検討	○山口晴己　武藤憲司（芝浦工業大学）
C5-3	短時間睡眠時が作業効率に与える影響ー自然音を用いた入眠の促進とその効果ー	○片桐京一朗　橋爪絢子　松井岳巳（首都大学東京）
C5-4	離床検知のための静電気を利用した人体検知センサー	○塚原和樹（法政大学）

11:10-12:10　C6　生理，感覚　　座長：高野倉雅人（神奈川大学）

C6-1	移動音源の映像が移動音像の座標に与える影響の調査	○倉林実可　武藤憲司（芝浦工業大学大学院）
C6-2	精神作業中の休息のタイミングが心血管系反応へ及ぼす影響	○劉欣欣　岩切一幸　外山みどり（労働安全衛生総合研究所）
C6-3	生理指標による道具の身体化の評価	○石郷岡拓哉　下村義弘（千葉大学大学院）
C6-4	NLMSアルゴリズムを用いたMRI振動信号の低減による骨伝導通話品質改善の検討	○稲垣未知　武藤憲司（芝浦工業大学）

12月16日（日）　2日目

D会場（23-307教室）

10:00-10:45　D5　卒業研究発表⑩　　座長：井戸健二（株式会社東芝）

D5-1	自動車運転における危険物検出の視覚特性の検討と自動運転技術への応用	○平川将　高野倉雅人　荻谷光晴（神奈川大学）
D5-2	買回品のUX要素の抽出とそれを活用した商品企画支援ツールの提案	○國井夏子（早稲田大学）
D5-3	唾液分泌量の定量化に関する研究	○渡邉裕介　秋山一樹　藤崎健太郎　栗山茜　波多野優　藤田梨紗　韋琦　張琰雯（千葉大学）　下村義弘（千葉大学大学院）　野原佳織　貨泉朋香　黒川亜紀子　小林利彰（ライオン歯科衛生研究所）

11:10-12:10 D6 デザイン，子ども　　座長：荻谷光晴（神奈川大学）

D6-1	現代のデザイン教育における人間工学系授業の必要性とその在り方－多摩美術大学 美術学部 統合デザイン学科での講義・演習を通じて－	○井戸健二（株式会社東芝）　米山貴久　長崎綱雄（多摩美術大学）
D6-2	学校でのICT導入に対する生徒と保護者の健康面に関する意識	○柴田隆史　藤井彌智（東京福祉大学）　山崎寛山（三条市立大島中学校）　佐藤和紀（常葉大学）　堀田龍也（東北大学）
D6-3	サービス施設のサブサービス提案を考えるための支援方法の検討-歯科医院を題材として-	○冨田依里（早稲田大学大学院）　太田友康（長田電機工業株式会社）　小松原明哲（早稲田大学）
D6-4	子守帯装着方略における意思決定要因の検討	○青木真希子　鈴木聡（神奈川工科大学）

会場案内図

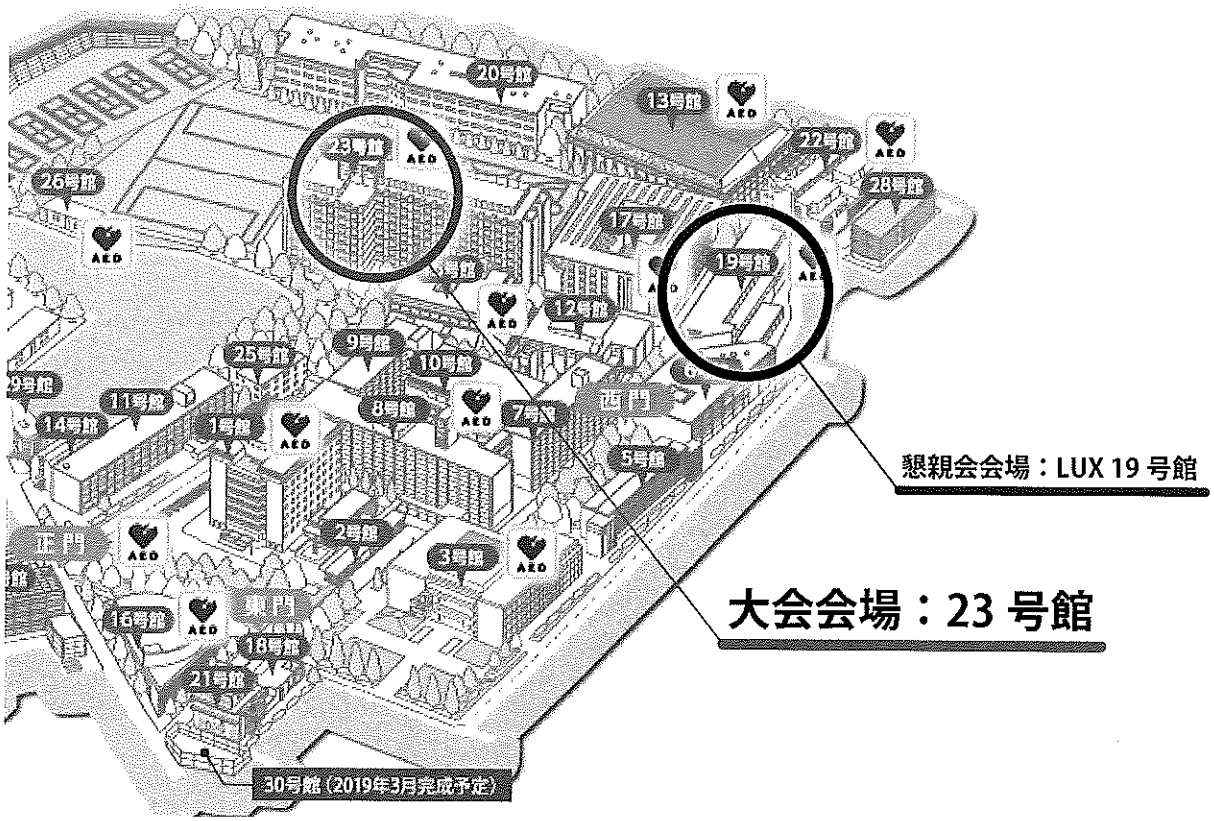
■会　場

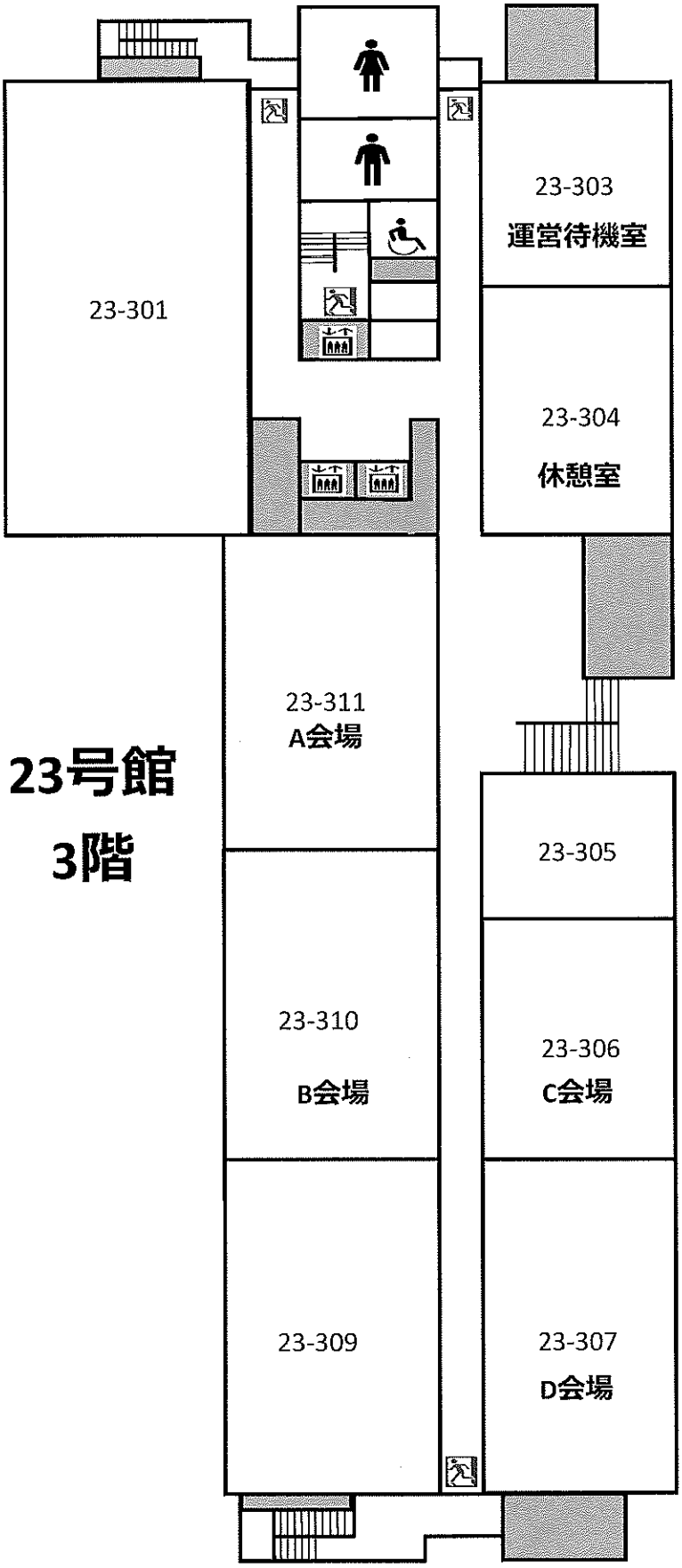
神奈川大学横浜キャンパス

〒221-8686　横浜市神奈川区六角橋 3-27-1

■アクセス

東急東横線「白楽駅」　下車徒歩 13 分




23-301
23-303
運営待機室
23-304
休憩室
23-311
A会場
23号館
3階
23-305
23-310
B会場
23-306
C会場
23-309
23-307
D会場

2018年度
一般社団法人日本人間工学会
関東支部第48回大会
講演集

Proceedings of the 48th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Japan Ergonomics Society

会　期　2018年12月15日（土）・16日（日）

会　場　神奈川大学 横浜キャンパス

大会長　髙野倉　雅人

特別講演

大会１日目　12 月 15 日（土），14:00-15:20，A 会場

『急速に普及するドライブレコーダーと交通事故予防』

堀野　定雄
神奈川大学 工学研究所

司会
　髙野倉　雅人（神奈川大学）

特別講演

急速に普及するドライブレコーダーと交通事故予防

堀野 定雄（神奈川大学）horino@kanagawa-u.ac.jp

Rapid distributing video driving recorder and prevention of traffic accidents

Sadao HORIMO (Kanagawa University, Research Institute for Engineering)

1．ドライブレコーダーの沿革

ドライブレコーダーが初めて公式文書に紹介されたのはASV(先進安全自動車、国交省、1996-3)です。ドライブレコーダー初の市場化はITS-WC(Intelligent Transport System 世界会議トロント1999-11)企業展示で、新潟バス会社に納品された(株)パナソニック製です。あまり反響はなかった由。展示記録を見ると技術解説中心で事故分析など活用紹介は皆無でしたから・・・。

筆者は交通事故激減を意図した科学的方法として航空機事故原因究明に有効なフライトレコーダーを参考にドライブレコーダー開発を運輸技術審議会(国交省自動車局1998-6)で提案。国は即応し技術開発+, 効果判定*, 普及*を主題に委員会(+委員, *委員長：筆者)を次々組織しタクシー業界から実用化しました(2004-10)。

事故原因究明効果が認められトラック、バスへ、世界初貸切バス設置義務化まで進展(2016-3)。更に京都祇園暴走事故映像(2012-4)、一般車の隕石墜落映像(ロシア, 2013-2)、トランスアジア航空235便墜落事故：離陸直後エンジン不調を示す高速道路上映像(台湾, 2015-2, 図１)や東名あおり運転死亡事故自動車運転処罰法違反（危険運転致死傷）起訴(2017-10)報道など社会的反響の相乗効果でマイカー普及も急増、既に1000万台超が普及していると推察します。

2．ドライブレコーダーで何が判るか

筆者は運技審提案当初事故原因究明に集中、防犯目的は想定外でした。その背景として1970年代から従事した数十件の交通事故裁判に於ける鑑定、証人業務で蓄積した冤罪温床疑念に至る警察官作成実況見分調書を基にした裁判の非科学性を指摘します。有効数字概念欠如、再現性なき方法による現場検証が堂々と通用する実態に驚嘆！この制度下では我国から交通事故はなくならないと確信、何か画期的方法で打破する必要を感じました。

フライトレコーダーをヒントに1995年頃から学生と共に愛車助手席に小型ビデオカメラを装着し、常時記録映像を分析、交叉点でしばしばしば経験する自転車や横断者など交通弱者との不都合関係

図1台湾トランスアジア航空機(金門島行)墜落ドライブレコーダー記録映像(台北松山空港離陸直後、2015-2-4)(TV朝日モーニングバード2015-2-5、8:00から)

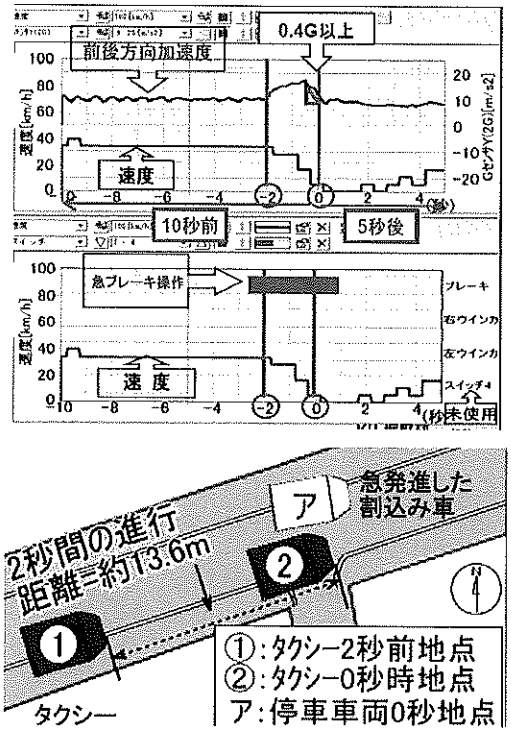


図2 割り込み急制動時2当側(タクシー)ドライブレコーダー記録データ事例(上)と1当・2当の空間配置図(下)

の分析や事故予防に有効と判りました。

信号の色特定は大きな成果で、フライトレコーダーにはないドライブレコーダー固有の必須機能として最初から映像記録機能を提案しました。

国委員会の実証実験で得た代表的成果は前方駐車中乗用車が合図なく急発進、通過しようとしたタクシーに進路妨害で急制動を強いたニアミス事例で、各車の空間配置図を誰でも作成可(図２)と

なり、実況見分調書作成の警察特権は実質的に消滅、本技術が広範囲に公開された事です。

ドライブレコーダーの必須機能は衝突瞬間を含む十数秒間の映像・位置・速度・加速度など各種走行データ記録です。従来、非常に困難だった交通事故詳細状況の４M分析が容易かつ客観的に行える様になりました。

４Mとはヒューマンエラーを誘導する背景要因、Man(運転者)、Machine(車両)、Media(道路環境)、Management(管理)を意味し、一見運転者のヒューマンエラーと見える事故も精査すると４Mの有機的バランス関係の崩壊で事故が起こる事が長年の人間工学研究で判っています(図３)。

今後、交通事故原因究明、裁判に必要な時間が極端に短縮されると見込まれます。更に、正確な事故原因究明を通して事故予防策策定が科学的にできる様になった事も大きな成果でしょう。

ただ、ドライブレコーダーにも限界があり、管理要因(Management)は判らず、運転者取材や事業所保管資料分析など別方法が必要です。

３．ドライブレコーダー技術の課題と展望

ユーザー視点で本題を考察します。車載デジタル情報機器ドライブレコーダーは装着、記録、データ保存・保管は円滑に進みます。が、肝心の活用段階のデータ分析でデータ洪水状況となり各事業現場では全車に装着したのに有事の時だけ再生する活用が増える状況になっています。この難題解決に画像自動分析は必須ですが決定打はなく未だ未解決で若い研究者の参加を熱く期待します。

プロドライバーがアマチュアドライバーに模範を示す文脈で今後の技術展開を展望します。トラックの事故致死率が異常に高いのです。全国の交通事故件数 47.2 万件に対して事業用車両事故件数は 3.3 万件(6.9%,2017 国交省,以下同様)、全交通事故死者数 3,694 人に対して事業用車両事故死者数は 352 人(9.5%, 2017)と事業用車両事故の致死率は高く、更に業態別に事故件数と死者数を対比分析すると、バス：1,498 件(4.6%)-15 人(4.3％)、ハイタク：13,171 件(40.3%)-39 人(11.1%)、トラック 17,985 件(55.0%)-298 人(84.7%)で、トラックの事故件数は全体の約半分なのに死者数は 85%でこれは異常です。

この実態を踏まえラック最優先で４M 視点のドライブレコーダーを活用した事故予防策を提案すべく奮闘中です。トラック運行の日常的ニーズ

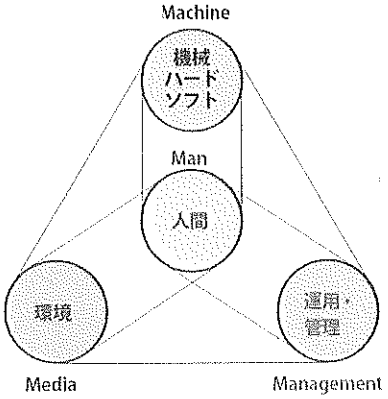


図3 ヒューマンエラーの背景要因4要因 ISO11064-1, 2000、JISZ8503, 2001「コントロールセンターの人間工学的設計：第1部コントロールセンターの設計原理」

調査から必須スペックを引出し、専門知識がなくても課題発見と事故予防に有効なアプリケーションを開発する構想です。

ドライブレコーダー活用視点に Reactive(原因究明)と Proactive(未然予防)があり、Proactive 活用の進展で有効な課題発見/事故予防が展望出来、従来の Reactive 発想に加え、褒めるに値するポジティブデータを発掘する方針で活動中です。

更に、交通弱者 VRU(Vulnerable Road Users)対象の自転車専用ドライブレコーダーの自転車/車いすのフィールド活用でも成果を挙げています。これらの蓄積で道路インフラ改良の取り組み方法が一新する見込みです。

今後、自動運転技術の進展に比例して、後付けドライブレコーダーの必要性が高まります。混合交通下で起こる新モード事故対応では、自動運転車メーカー任せにしないで、運転者自らの責任で運転する自動運転車の現場レベル性能確認が必須になるからです。これはドラプリ 2016 の講演と会場との討論で確認済みです。

４．結　論

今、100 年に一度の自動車技術変革を遂げようとしています。この変革に現場ユーザー視点で対応すれば自ずと道は見えてきます。ドライブレコーダー利用急増現象はそれだけ社会ニーズが高い事を示しています。人間中心設計思想の人間工学視点を軸にデジタル車載新技術ドライブレコーダーの多様な付加価値を存分に開発・活用するのが得策です。共感者があちこちで集まり自由な討論を経て交通事故激減の日が来ると確信し、本稿を閉じます。

人間工学専門家資格紹介

大会１日目　12 月 15 日（土），15:20-15:50，A 会場

『CPE 紹介：「活かそう！」人間工学専門家資格』

井出　有紀子
人間工学専門家認定機構(CPE/NEC)

福住 伸一
CPE/理化学研究所

人間工学専門家資格紹介

CPE紹介：「活かそう！」人間工学専門家資格

井出　有紀子（人間工学専門家認定機構(CPE/NEC)，福住 伸一（CPE/理化学研究所）

How to use the Certification Program for Professional Ergonomists

Akiko IDE (Committee on Certified Professional Ergonomist/ NEC),
Shin'ichi FUKUZUMI (Committee on Certified Professional Ergonomist/ RIKEN)

1．認定人間工学専門家資格制度とは

本制度は，『人間工学の知識，技術，問題解決能力を充分に持ち，それを実践できる人材』に対し，(社)日本人間工学会(以下JES)が資格を認定している．2003年8月に発足し，2007年5月に国際人間工学連合(International Ergonomics Association：IEA)の認証を取得した．米国のBCPE(Board of Certification in Professional Ergonomics)や欧州のCREE(Centre for Registration of European Ergonomists)とともに国際的な人間工学の専門家として通用する資格となっている[1]．

2．認定人間工学専門家の資格区分と人数

表１　認定人間工学専門家資格区分

	主に取得される人	必要学歴	日本人間工学会会員資格
認定人間工学専門家 (IEA 認証ライセンス)	企業内などでの人間工学エキスパート	大卒以上	不要
認定人間工学準専門家	大卒または大学院在籍者	大卒以上	不要
認定人間工学アシスタント	実務をしている方	6単位以上の専門教育	不要

表２　各支部人数に対する専門家人数（全区分合計）の構成比(2018. 9. 21時点)

		CPE全体		
	支部総数	CPE総数	JES数	支部人数に対する構成比
北海道支部	26	4	3	11.5%
東北支部	50	2	2	4.0%
関東支部	751	203	117	15.6%
東海支部	121	17	12	9.9%
関西支部	244	77	28	11.5%
中国・四国支部	103	32	14	13.6%
九州・沖縄支部	68	9	6	8.8%
合計	1363	344	182	13.4%

認定人間工学専門家の資格区分を表１に示す[2]．専門家資格は専門教育年数や実務経験レベルに応じて３段階に資格を区分している．2018年9月21日現在の認定者数は認定人間工学専門家 205名，認定人間工学準専門家 127名，認定人間工学アシスタント 12名の合計344名である．これらの地域別の内訳を表２に示す．表２より，関東支部は，支部総数に対するCPE保有率が，全国平均約13%に比べるとやや高いがそれでも２割に満たないのが現状である．専門性がある方の人数は多いはずなので，実態との乖離が大きいように感じる．

3．人間工学専門家資格の認定基準

※詳細はホームページ参照
https://www.ergonomics.jp/cpe/

1)認定人間工学専門家

認定人間工学専門家は一定の基準を満たす人間工学の実践者を対象とした資格である．以下に示す２条件のいずれかの基準を満たし，筆記試験と小論文・面接によって認定される．

1) 大卒かつ３年以上大学にて専門教育を受講かつ実務経験２年以上
2) 大卒かつ実務経験７年以上

2)認定人間工学準専門家

将来，認定人間工学専門家の資格取得を目指している人を対象とした資格である．以下に示す２条件のいずれかの基準を満たし，書類審査によって認定される．

1) 大卒かつ３年以上大学にて専門教育を受講
2) 大卒かつ実務経験５年以上

3)認定人間工学アシスタント

人間工学を学び関心を持った人，または実務で人間工学を活用したいと思う人を対象とした資格である．以下に示す２条件のいずれかの基準を満たし，書類審査によって認定される．

1) 短大・専門学校等にて専門教育を受講
2) 企業研修などで上記1)同等の教育を受講

4．世界で珍しい準専門家資格

本制度は，IEAに認証されている国際的な資格制度でありながら，段階的にステップアップができるシステムとなっていることが他国にない特徴である．

準専門家資格は，大学卒業と同時もしくは修士在学中に取得が可能であり，自身が社会に役立つ人間工学を専門に学習した経歴を周囲に理解してもらうことを可能としている．また，この資格の保有者は，専門家へのステップアップに対しての優遇を受けられる．将来の目標となる専門家を見据え，継続的に学び，そして自らの知識を活用していくモチベーションにもつながっている．

5．資格取得のメリット

本資格を有することにより大きく分けて以下の3つのメリットがある．

1)　「コミュニティの形成」
2)　「専門性の明示や活用」
3)　「仕事の獲得」

この3つの項目について，認定人間工学専門家機構の活動例を含め詳細を説明する．

1)　コミュニティの形成

・CPEセミナー/サロン

昨今，多くの情報はネット上に溢れており，資格の有無や学会員かどうかに関わらず，興味関心のある情報は手軽に入手可能である．しかし，人間工学の専門家がどのようにして専門性を発揮したのか，その苦労やノウハウはなかなかない．本機構では，現場で活躍している方に依頼し，そこの見学と意見交換の場を設けて，人間工学の実践に関する話を直接きける仕組みなどを用意している．その結果，さまざまな領域の専門家の視点で意見交換を行い，新たな発見や交流が生まれている．昨年度は，大和ハウス総合研究所(奈良市)で開催し，16名が参加した(図１)．

図１　大和ハウスでのセミナー．ダイワマンとともに（本人の許可を得て掲載）

2) 専門性の明示や活用

資格保有のメリットとして，以下の3件の例を示す．

・社内での人間工学関連プロジェクトの立ち上げ提案時に，必要性や有効性を説明し，周りを納得させる必要がある．その際，「有資格者の提案と説得」で実現できる．

・社内外を対象としている人間工学関連業務の遂行の際，プロジェクトとしては認知されていても，個人として資格を有しているかどうかで，顧客からの信頼が違う．そのため，有資格者であることで，個人の成果（業績評価）がアピールできる．

・元々の専攻は違うが，途中から人間工学関連業務に従事するようになった場合，学位等ではなく自分の専門性を客観的に示すことができる．

3) 仕事の獲得

資格を活用して仕事を獲得する例を以下に示す．

・就職（転職）の際，最近多くのビジネスで求められる「顧客視点」について，自己主張だけでなく，客観的に「顧客視点」を有していると認められて，就職(転職)に成功した．

・アジア諸国で，人間工学専門家資格を持っていることが国のプロジェクト参加の条件としているところもある．これは専門家にとっても会社にとっても大きなビジネスチャンスになる．

6．最後に

認定人間工学専門家機構では，人間工学実践者が自身の人間工学活動の更なるレベルアップの機会を提供するだけでなく，有資格者が業務上のメリットを享受できる仕組みも提供している．今後，より一層有資格者が増え，本専門家のメンバが中心となり，様々な分野で人間工学を活用したより良い社会づくりに貢献していくこと願っている．

【参考文献】

1)　人間工学専門家認定機構の機構概要
<https://www.ergonomics.jp/cpe/outline/institution-outline>

2)　人間工学専門家認定機構の認定試験情報
<https://www.ergonomics.jp/cpe/exam-info/guide>

若手支援企画ワークショップ

大会１日目　12 月 15 日（土），17:10-18:10，A 会場

日本人間工学会若手支援委員会

学生交流カフェⅡ～研究についてかたりませんか？～

若手支援企画ワークショップ

＜若手支援企画ワークショップ＞

学生交流カフェⅡ

～研究についてかたりませんか？～

Students' Café　Ⅱ

- Let's talk about your studies! –

日本人間工学会若手支援委員会

日本人間工学会第59回大会（2018年6月、宮城学院女子大学）で大好評だった「学生交流カフェ キックオフミーティング」。よりパワーアップして関東支部大会でもやります！

大学生・院生のみなさん！ 前回ご参加の方も初めての方も皆様お誘いのうえ、ぜひご参加ください！

企画趣旨

日本人間工学会では「卒論発表会」を開催し、大学院生を中心とした若手研究者が気軽に発表できる場を提供してきました。毎年多くの学部生・大学院生に参加していただいています。若手支援委員会では、このような機会を発表だけではなく、情報交換の場としても活用してもらえるよう、気軽に話し合える学生交流の場を提供することとしました。

素朴な疑問をぶつけて語り合ってみよう！

研究について素朴な疑問をぶつけてみたいと思ったことはありませんか？「いまさら、こんなことは聞けない」なんて思っていることはないですか？「他の大学の様子はどうだろう？」「研究テーマってどうやって決めるの？」「論文ってどう書けばいいの？」「研究って、いつ頃から始めればいいの？」「実験してみたけど、これで条件統制できてたのかな」などなど。。。このような話は中々聞きにくいものです。同じ学部・大学院生同士で話し合っても、答えが見つからず、必要以上に焦ってしまうこともありますね！そんな悩みや疑問、学会でたのしく話してみませんか？

学生会員のみなさんの語り場をお手伝いします！

当日は、研究の疑問について何でも話してみましょう。たのしく情報・意見交換できる場となるよう、先輩や若手支援委員会メンバーがお手伝いします。

みなさんお誘いの上、ふるってご参加ください！

大学を超えて研究について語り合える貴重な場です。

学部生・大学院生のみなさん、お友達をお誘いの上、是非お気軽にご参加ください！！！

お菓子とお茶を用意してお待ちしています！

日時：2018年12月15日（土曜日）17:10～18:10

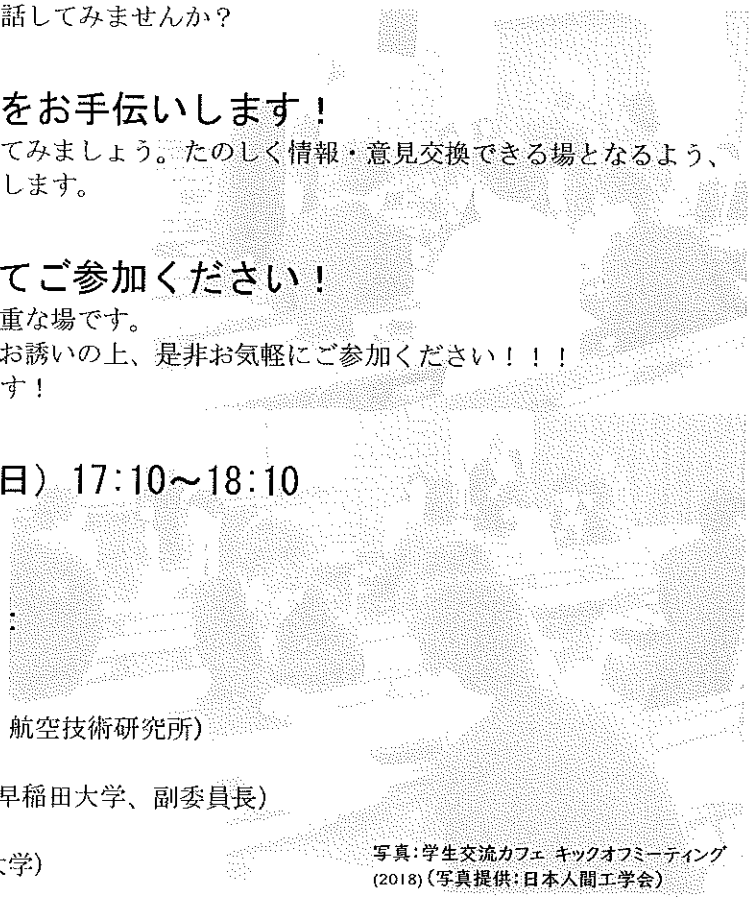
A会場（23-311教室）

当日司会＆ファシリテーター：

加藤麻樹（早稲田大学）
申　紅仙（常磐大学）
吉村健志（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所）

企画：日本人間工学会若手支援委員会

申紅仙（常磐大学、委員長）、加藤麻樹（早稲田大学、副委員長）
吉武良治（芝浦工業大学）
榎原毅（名古屋市立大学）、鳥居塚崇（日本大学）



写真：学生交流カフェ キックオフミーティング（2018）（写真提供：日本人間工学会）

企画セッション（海事人間工学研究部会）

大会２日目　12 月 16 日（日），10:00-11:30，A 会場

テーマ：海と人

概要：海事人間工学研究部会の活動目標は，海事社会で働く人（ヒト）の安心・安全の確保とその向上にある．本企画セッションでは，船舶の自律化・自動化を目指したシステムの開発と人の重要性を取り上げるとともに，ダイバーの安全性を確保する様々な取り組みなど，海で活躍する人を対象とした最新の研究を紹介する．

招待講演：先端ナビゲートシステム

～船舶自律化・自動化に向けた遠隔操船システムへの展開～

庄司るり（東京海洋大学）

講演１：海中における表面筋電図の計測に関する研究

才木常正，瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター），村井康二（東京海洋大学），有馬正和（大阪府立大学）

講演２：ダイバーを対象とした海中での心電図測定の試み

福造博（大阪府立大学），才木常正，瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター），村井康二（東京海洋大学），有馬正和（大阪府立大学）

講演３：ダイバー安全監視を想定した口腔内における脈拍計測位置の検討

瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター），村井康二（東京海洋大学），有馬正和（大阪府立大学），才木常正（兵庫県立工業技術センター）

司会：村井康二（東京海洋大学）

企画セッション

海事人間工学研究部会企画セッション

招待講演

先端ナビゲートシステム
～船舶自律化・自動化に向けた遠隔操船システムへの展開～

庄司　るり（東京海洋大学　教授）

【講演概要】

先端ナビゲートシステムは、環境問題、省エネルギー、物流輸送高速化、安全航行における海賊対策などの各種問題の支援をベースに、船舶の状態、気象海象情報および海上交通流などの静的、動的航海情報を総合的に収集し、リアルタイムに解析することで、船舶運航の安心・安全に対する適切な情報提供をすることを可能とする(1)。

近年では、船舶の自律化・自動化を目指した陸上局からの遠隔操船において、船舶交通流の予想や遠隔操船を行うための陸上局のオペレータに関する人のノウハウの共有化やシステム化が一つの重要なポイントになっている。

本講演では、AIS（Automatic Identification System：自動船舶識別装置）データによる船舶交通流の予測(2)や船舶交通流に潜在する衝突、乗揚げ等のリスク解析手法であるIWRAP (IALA Waterways Risk Assessment Program)(3)と OZT (Obstacle Zone by Target)(4)について紹介するとともに、最終判断を行う人の重要性について言及する。

※IALA：International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities（国際航路標識協会）

参考

(1) 日本無線ホームページ：https://www.jrc.co.jp/jp/casestudy/case0002/index.html（2018年10月参照）

(2) 船舶交通流解析のための汎用的な解析データ生成システムの提案、日本航海学会第134回講演会（2016.5.19）

(3) Open Forum & Panel Discussion on the Use of the IALA Risk Management Toolbox（2018.10.4）

(4) 中期的行動におけるOZTによる衝突危険の発生を避ける航路の決定に関する基礎研究、日本航海学会第139回講演会（2018.10.27）

先端ナビゲートシステム

海中における表面筋電図の計測に関する研究

○才木常正*,**, 瀧澤由佳子*, 村井康二***, 有馬正和****
**兵庫県立工業技術センター, **兵庫県立大学, ***東京海洋大学, ****大阪府立大学

Study on Surface Electromyogram Measurement in Seawater

Tsunemasa SAIKI*,**, Yukako TAKIZAWA**, Koji MURAI***, Masakazu ARIMA****
*Hyogo Prefectural Institute of Technology, **University of Hyogo
***Tokyo University of Marine Science and Technology, ****Osaka Prefecture University

1. はじめに

島国の日本ではマリンスポーツが盛んであり，ダイビングを 100 万人以上が楽しんでいる [1]．更に，国家資格の潜水士の合格者が毎年 5 千人以上もいることから，水中で工事やレスキューを行う職業ダイバーも多くいる．ダイビングは，趣味，職業に関係なく，日常の生活環境ではない水中での活動(作業)となるため，常に危険が伴う．ダイビングを安全に行うために，ダイバー自らも注意して行動していることは当然ながら，バディ（相棒）システムによる行動等のクロスチェックもしているが，依然，死亡等の重大事故は無くならない．このような事故を少しでも少なくするために，ダイバーの行動を監視して見守るシステムが期待されている．ダイバーの行動監視としてはビデオカメラや加速度センサ等が考えられるが，我々は周波数分析を行うことで筋肉の疲労度も推定できる [2]筋電図に注目した．

水中で筋電図を測定した研究としては，水泳選手に筋電電極を装着し，効率的な泳ぎ方を調べた報告 [3]がある．この実験では，体に貼り付けた筋電電極や生体アンプ等をテープで覆って完全に防水し，水泳時の筋電図を測定している．このように体に筋電電極等を直接貼る方法は実際にダイビングを行う上で困難である．

そこで本研究では，ダイビング時に着用するウェットスーツに組み込む新規の筋電位センサを提案・製作し，海水中での筋電図測定を試みた．更に，淡水においてもダイビングを行うことから，淡水中でも筋電図測定を試みた．

2. 海中筋電位センサの提案と製作

ダイバーは海中への体温の放出を避けるために保温効果のあるウェットスーツを着用する．このウェットスーツへの筋電電極を組み込むために，我々は図 1 に示す海中筋電位センサの構造を考えた．それはウェットスーツ生地内側の突起部に設けた穴に筋電電極を埋め込む構造である．この構造とすることで，体より若干小さく作られているウェットスーツの生地であるクロロプレン(CR)スポンジゴムがスーツ装着時に皮膚へ密着する．故に，筋電電極前の凹部（以後，電極前キャビティという）には海水が満たされているが，筋電電極間は CR スポンジゴムによって電気的に絶縁される．ちなみに，電極前キャビティの海水は陸上の筋電図測定で使用する導電ペーストの役目を果たす．

本実験では，この海中筋電位センサを実際のウェットスーツに仕組むのでなく，その構造を網羅した図 2 に示す簡易の海中筋電位センサを製作した．製作では，まず，CR スポンジゴム(W33×D13×T5mm³, CSC2 硬度:39)に直径 7mm の穴を 10mm の中心間隔で 3 つ開けた．そして，この加工したスポンジゴムをアクリル板(W35×D33×T2mm³)に貼り付け，それぞれの穴に直径 4mm の Ag/AgCl 皿電極((株)ユニークメディカル製，EPA-12)を埋め込み固定した．こうして製作した筋電位センサの両端の皿電極 A,B で筋電図を測定した．ちなみに，中央の皿電極 R はアーチファクト対策用の参照電極である．

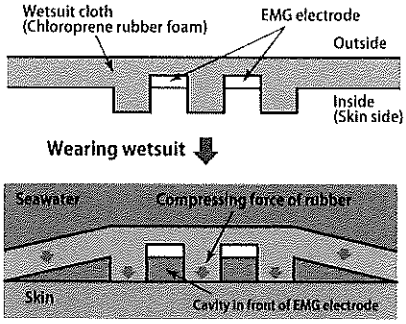


図 1　海中筋電位センサの構造と装着(断面)

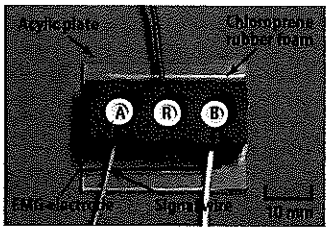


図 2　製作した簡易の海中筋電位センサの写真
（皮膚側から）

3. 海水中での筋電図の測定実験

3.1 実験方法

海水中での筋電図測定実験の概略を図 3 に示す．実験では被験者（48 歳女性）に左腕を水槽（W450×D200×H220mm³）の模擬海水（水道水に NaCl を溶かして 12L 作成．導電率 5.3S/m）に浸けて貰い，製作した筋電位センサを手芸用ゴム(幅 15mm)で橈側手根屈筋の中央部付近に取り付けた．そして，

握り拳を作り，手関節を掌屈側へ全力で曲げる動作を行って貰った．ちなみに，橈側手根屈筋は掌屈動作をするときの主動作筋の一つである．この時に得られる筋電位は生体アンプ(TEAC 製，BA1008)を通してオシロスコープ(Tektronix 製，MSO2024)で記録した．この時の生体アンプの設定値は低域遮断周波数 5.3Hz，高域遮断周波数 3kHz，増幅率 1000 倍である．

本実験は，被験者を著者の一名が行ったため，倫理委員会の承認は得ていない．

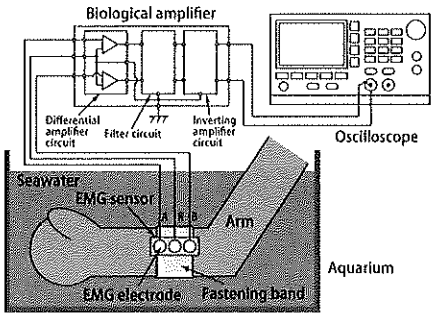


図 3　海水中での筋電図測定実験の概略

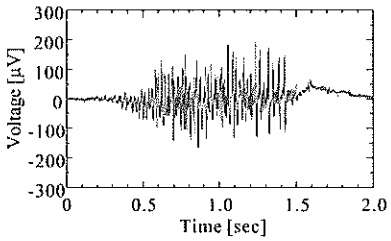
3.2 実験結果

海中で被験者に掌屈動作して貰った時に筋電センサから得られる筋電図を図 4 に示す．図(a)，(b)はそれぞれセンサと皮膚を接触させた場合と接触させない場合の筋電図である．ちなみに，接触させない場合はセンサを皮膚から 2cm 程度離して測定した．図(a)を見ると，センサを皮膚に接触させた場合には，掌握動作に伴い，約 300μVp-p の電位が得られていることがわかる．一方，図(b)を見ると，センサを皮膚に接触させない場合には，掌握動作に関係する電位変化が見られないことがわかった．この原因としては，筋電電極 A-B 間が海水で短絡に近い状態となり，皮膚表面に表れた筋電位が測定できなかったと推測できる．ちなみに，センサを接触させた場合とさせない場合の筋電電極 A-B 間の抵抗を計ったところ，それぞれ 5.7 と 0.4kΩであった．

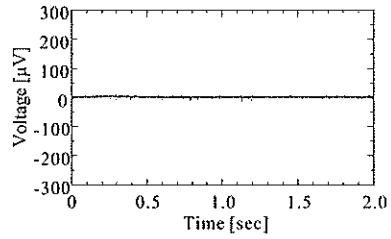
以上のことより，海水中で筋電位を測定するためには，電極前キャビティの海水を完全に封じ込めることが重要であることを改めて認識した．

4. 淡水における筋電図の比較実験

実験の詳細ついては紙面の関係で割愛するが，海水との比較検討のために淡水(17.3mS/m)においても，同様に筋電図測定実験を我々は行った．その結果，センサと皮膚を接触させた場合では海水とほぼ同程度の電圧の振幅が得られ，淡水でのダイビングにおいても本筋電位センサが利用できることわかった．更に，センサを皮膚から 2cm 離した場合においても，接触時に比べて 1/3 程度であるが筋電位の振幅が得られ，淡水では海水中のように電極前キャビティの液体を必ずしも封じ込める必要がないこともわかった．ちなみに，非接触時の筋電電極 A-B 間の抵抗は 29.8kΩもあった．



(a)センサを皮膚に接触させた場合



(b) センサと皮膚を接触させない場合

図 4 掌屈動作時の筋電センサから得られる筋電図

5. まとめ

ダイバー安全監視のために，ウェットスーツに組み込むことが可能な筋電位センサを提案し，その構造を網羅した簡易センサを製作して，海中における筋電図測定を試みた．その結果，筋電位センサの筋電電極間を短絡させないようにする(電極前キャビティ内の海水を封じ込める)ことで，筋電位が測定できることが明らかになった．今後，電極前キャビティ内の海水をより封じ込め易い筋電位センサ構造について検討する．そして，この検討を基に改良したセンサをウェットスーツに埋め込み，実海域にて筋電図の測定を行う予定である．

6. 謝辞

本実験のウェットスーツ生地を提供して頂いた(株)モビーディックに感謝する．本研究の一部は日本学術振興会科学研究費基盤研究 (C) No. 17K00291 によった．

7. 文献

1) (公財)日本生産性本部: レジャー白書 2016, 生産性出版, p.69, 2016.
2) 木塚朝博, 増田正, 木竜徹, 佐渡山亜兵: 表面筋電図, 東京電気大学出版, p.55, 2006.
3) 生田泰志, 松田有司, 山田陽介, 来田宣幸, 小田伸午: クロール泳における泳速度, ストローク頻度およびストローク長の変化と筋活動の関係, 体力科学, 59, 427-438, 2010.

[連絡先]
さいき　つねまさ
e-mail：saiki@hyogo-kg.jp

ダイバーを対象とした海中での心電図測定の試み

○福造博*，才木常正**，瀧澤由佳子**，村井康二***，有馬正和*
*大阪府立大学，**兵庫県立工業技術センター，***東京海洋大学

Experimental Approach for Measuring Diver's Electrocardiogram in Seawater

Hiroshi FUKUZO*，Tsunemasa SAIKI**，Yukako TAKIZAWA**，Koji MURAI***，Masakazu ARIMA*
*Osaka Prefecture University，**Hyogo Prefectural Institute of Technology
***Tokyo University of Marine Science and Technology

1. はじめに

ダイビングは海中で行うレジャーで，普段陸上で生活する人間にとっては特殊な環境に曝されることになる．それ故に不慮の事故に遭う危険性も高くなる．ダイビング中における事故原因をみると，海水の誤飲やマスクに水が入ったときなどにパニックになり事故に繋がっている[1]．また，ダイビングの事故は平成 29 年のマリンレジャーにおける海難事故のなかでも 7%を占めている[2]．このようなダイバーの不注意や知識・技能不足に起因する事故を未然に防ぐためには，初心者でも安全にダイビングができるように，常にダイバーのストレス状態を監視することのできるシステムの実用化が求められる．

ストレス評価を行うための手法として，心拍変動性指標が用いられることが多い．このためには心電図の R 波と呼ばれる特徴的な波形の間隔(R-R 間隔という)を測定する必要がある．

心電計は，心臓を挟む 2 ヶ所に生体電極を取り付けて心臓が全身に血液を送り出す時に発生する生体信号を測定する機器である．陸上で用いる通常の生体電極を海水中で使用しても，電気伝導率が人体よりも海水の方が大きいため，生体信号を測定することはできない．

そこで本研究では，水中でも測定のできる生体電極を提案し，これを用いて水中であっても心電図の測定を可能とする手法を考案した．

2. 水中における心電図の計測

2.1 生体電極の作成

本研究で用いる電極を図 1 のように加工する．まず，厚さ約 5mm のクロロプレーンスポンジゴム（以後，CR スポンジゴムという）を直径 20mm の円筒状に切り抜く．この中心に直径 7mm の円筒状の貫通穴を開ける．CR スポンジゴムの半径方向に切り込みをいれ，そこに導線を通し電極（ユニークメディカル製 Ag/AgCl 皿電極 EPA-12）を CR スポンジゴムの中心の穴に固定する．CR スポンジゴムの平面の部分に 25mm 四方のアクリル板を接着する．

このようにすることで，肌が接触したときに CR スポンジゴムの内側と外側で絶縁され，生体電極同士が水を介して直接接続されないようにした．

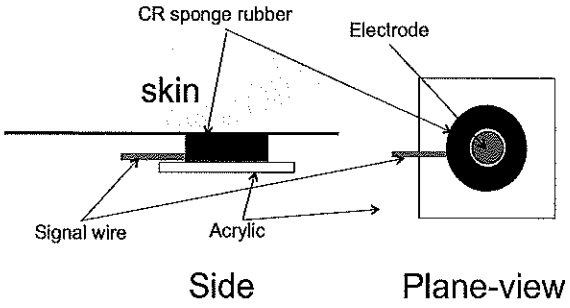


図 1 生体電極の概要図

2.2 生理計測のための実験装置

心電図の測定では生体電極で得られた信号を生体電気用アンプ(日本光電製 AB-621G)で増幅し，データロガー(キーエンス製 NR-2000)で時系列データとして記録する．その後，この時系列データをパーソナルコンピュータに取り込み，ソフトウェア(キーエンス製 WAVE SHOT! 2000)で処理する．本実験で使用した生体電気用アンプの設定を表 1 に示す．

表 1 生体電気アンプの設定

時定数	2 sec
高域遮断周波数	300 Hz
感度	0.02 V/DIV
増幅率	41 倍

2.3 水中における心電図の計測実験

被験者（22 歳，男性）にアクリル水槽（長さ×幅×深さ：内寸 1770mm×570mm×570mm）の中で仰向けの状態で安静にしてもらった．

心電図を測定するにあたって「陸上」と「淡水中」，「海水中」の 3 通りの環境で行った．陸上で実験する際には生体電極を左右の前腕に取り付けた．淡水中と海水中での実験に関しては生体電極の取り付け位置を腕と胸部の 2 ヶ所で行った．生体電極の取り付け位置は，左右の前腕（腕）と第四肋間の高さの胸骨を挟んだ 2 ヶ所（胸部）である．

淡水は水道水を使用した．海水は，一般的な

海水の電気伝導率 (25℃で約 5.3 S/m) [3]に合わせて水道水に食塩を混ぜて作成した. 実験に用いた淡水および海水の電気伝導率の値を表 2 に示す.

表 2 電気伝導率

	電気伝導率 [S/m]
淡水	0.0224
海水	5.35

3. 実験結果と考察

陸上（腕）および淡水中（腕，胸部）と海水中（腕，胸部）で計測した心電図の測定結果を図 2 から 6 に示す.

図 2 の陸上での心電図を見ると，約 1 秒間に一度電圧の値が数 mV 大きくなる R 波という特徴を見ることができる. また，淡水中では，図 3 の腕，図 4 の胸部ともに陸上と同様に R 波を確認することができた. 一方，海水中では，図 5 に示すように腕の場合に雑音の影響が大きく，心拍を抽出することが困難であるが，胸部では R 波が顕著に現れており，心拍の計測が可能であることがわかる.

4. まとめ

本研究では，ダイバーの体調管理やストレス評価を目的として海中での心電図測定を試みた. 生体電極を作成し，淡水中および海水中で実験をした結果，淡水中や海水中でも心電図を測定することが可能であることを明らかにした.

本研究では，被験者が水中で安静状態での測定であったため，今後，実際のダイビングのように運動中の測定を行い，実用化を目指していく予定である. また，今回の実験では生体電極を CR スポンジゴムとアクリルで絶縁して心電図の測定を行ったが，今後，ウェットスーツへ埋め込み，装着を容易にするとともに安定した心電図の計測が実現できるように検討を行っていく.

5. 謝辞

本実験の CR スポンジゴムを提供して頂いた(株)モビーディックに感謝する. 本研究の一部は，日本学術振興会科学研究費基盤研究(C) No.17K00291 に依った.

6. 文献

1) 海上保安庁救難課：平成 23 年ダイビング事故の状況，NAUI ホームページ（2018.11.09 閲覧）https://www.naui.co.jp/info/120806/accident.pdf
2) 海上保安庁：平成 29 年における海難発生状況，海上保安庁ホームページ（2018.11.09 閲覧）https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h30/k20180124/k180124-3.pdf
3) Report of key comparison CCQM-K105, 2014.

[連絡先]
ふくぞう　ひろし
e-mail : szb03125@edu.osakafu-u.ac.jp

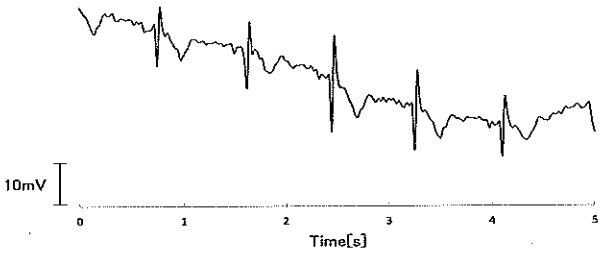


図 2 陸上での心電図（腕）

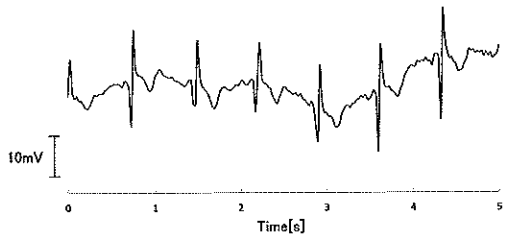


図 3 淡水中での心電図（腕）

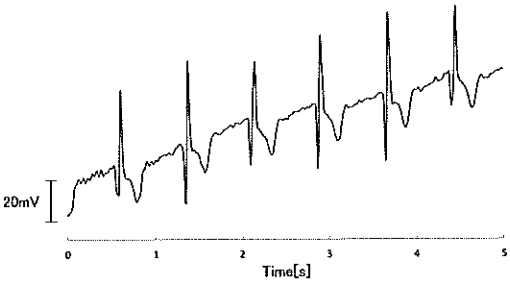


図 4 淡水中での心電図（胸部）

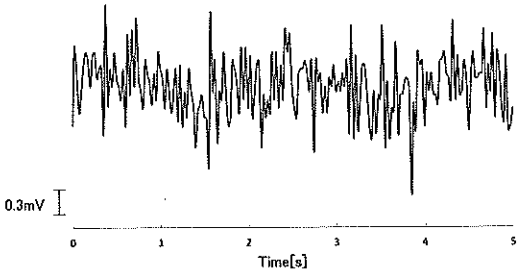


図 5 海水中での心電図（腕）

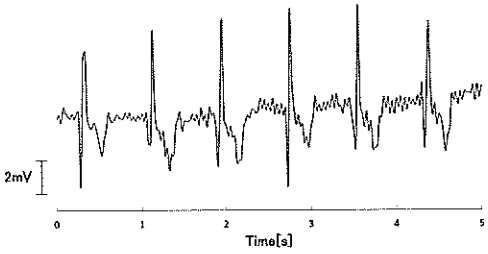


図 6 海水中での心電図（胸部）

企画セッション

ダイバー安全監視を想定した口腔内における脈拍計測位置の検討

○瀧澤由佳子*，村井康二**，有馬正和***，才木常正*，****
*兵庫県立工業技術センター，**東京海洋大学学術研究院
大阪府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

Suitable Position for Measuring Pulse Wave in Oral Cavity, on Assumption of Diver Monitoring for Safety

Yukako TAKIZAWA*, Koji MURAI**, Masakazu ARIMA***, Tsunemasa SAIKI****
* Hyogo Prefectural Institute of Technology, **Tokyo University of Marine Science and Technology
*** Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University
**** Graduate School of Engineering, University of Hyogo

1. はじめに

島国の日本ではマリンスポーツが盛んであり，ダイビングを 100 万人以上が楽しんでいる [1]．しかしながら，ダイビングは生活環境ではない海中活動となるため，安全には陸上より注意が必要となる．このようなことから，ダイバー生体監視に関する研究が行われてきた [2]．しかし，これら監視には大掛かりな装置が必要であったため，未だに海洋での本格的なダイバーのバイタルサイン（体温，呼吸，脈拍等）計測は行われていない．

一方，近年の MEMS（Micro Electro Mechanical System）技術の進歩でセンサが非常に小型化され，あらゆる部位へセンサの取り付けが可能となっている．そこで，著者らは超小型センサが実装された義歯を想定して，口腔内での各種センサによる高齢者見守りの有用性について検討してきた [3-5]．

今回，我々は高齢者の義歯ではなくダイバーの呼吸用マウスピースに注目し，超小型の光電センサを実装して口腔内で脈拍を測定できないかと考えた．この呼吸用マウスピースへの光電センサの組み込みを想定した場合には，歯でマウスピースを噛むことから毛細血管の通っている歯茎で脈拍を検出することが妥当であると考えられる．

そこで本研究では，歯茎上での光電センサの最適な設置位置を歯茎形状から検討した．そして，その位置において実際に光電センサを設置し，脈拍検出の可能性についても調べた．

2. 光電センサの設置位置の検討

光電センサの設置位置を歯茎形状から検討するために，図 1 に示す被験者（女性 48 歳）の下顎の石膏歯型を歯科医院で製作して貰った．図を見ると，この歯型には歯茎部も存在していることが確認できる．そして，この歯型を非接触三次元計測装置（Breuckmann 製, Opto TOP-HE）で測定し，約 10 万点の表面位置データを得た．そして，これら表面位置データを基に，光電センサを埋め込む直径 6mm の円平面（図 4 参照）が添い易くなる，言い換えれば，平坦度が良い歯茎位置をパーソナルコンピューターにより数値解析し調べた．

ここで，この平坦度の数値解析での求め方を説明する（図 2 参照）．まず，或るデータの 3 次元位置から直線で 3mm 以下の距離に 3 次元位置が存在する全てのデータを抽出する．そして，これら抽出されたデータの 3 次元位置から最小二乗平面を求める．更に，抽出されたデータ全てに対してこの最小二乗平面までの最短距離を求めて，これら最短距離の標準偏差を計算した．ここでは，この計算された標準偏差を或るデータの 3 次元位置における平坦度として定義した．

こうして計算した歯型の各表面位置における平坦度をまとめて図 3 に示す．この図では，濃い程，

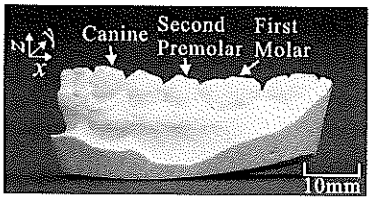


図 1　被験者の下顎の石膏歯型の写真

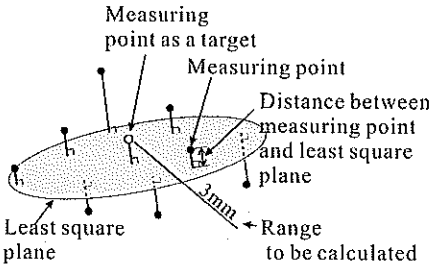


図 2　平坦度の数値解析の対象となる測定点とそれらから決定した最小二乗平面

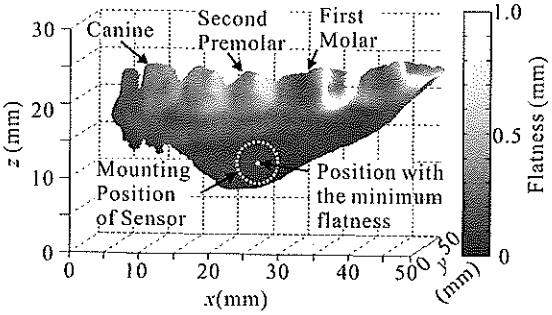


図 3　歯型の表面位置データをもとに数値解析して得られた平坦度

その位置における平坦度の値が小さくなり(0.023mm)，平面に近い状態を表す．この図から，奥歯（第1大臼歯と第2小臼歯）下の歯茎において平坦度が良いことが見て取れる．そこで，この歯茎位置に光電センサを取り付け，脈波を測定することに決定した．

なお，実験は被験者として著者の一人が行ったため，倫理委員会の承認は得ていない．

3. センサが歯茎に添い易い位置での脈拍検出

前節で決定した奥歯下の歯茎位置で脈波を測定するため，図 1 に示した歯型を基に製作した歯科矯正用マウスピース（PET 樹脂シート，約 0.5mm^{t}）に PCB 基板（6mmφ×1.25mmt）上に実装した光電センサ（新日本無線製 NJL5501R，サイズ：1.9mm^{l}×2.6mm^{w}×0.8mm^{h}）を納めた円筒ケース（PMMA 樹脂，7.6mmφ×9mmh）を固定した（図 4 参照）．この光電センサの歯茎への片当たりを防ぐため，周りに EP 樹脂を盛ってセンサを埋め込み，平坦にした．

そして，光電センサを取り付けたマウスピースを被験者に装着して貰い，マウスピースの円筒ケースに付いているネジを調整してセンサと歯茎を接触させた．この状態で得られた光電センサの出力電圧波形の例を図 5 に示す．この図を見ると，この電圧波形には約 0.7 秒毎の 0.08V 程度の増減変化があることがわかる．このことから，奥歯の歯茎において脈波が検出可能であることが明らかになった．しかし，この歯茎での電圧変化は，同じ光電センサで測定した一般的な脈波の測定部位における人差し指接触時の電圧変化 0.8V（図 6 参照）に比べて一桁程小さいことから，口腔内での脈波測定の難しさが伺える．

4. まとめ

本研究では，ダイバーの見守りのために，バイタルサインの一つの脈拍が口腔内において超小型の光電センサで検出できるかについて検討した．

まず初めに，口腔内での最適な脈拍検出位置を，光電センサの投受光面が添い易い歯茎位置を基に調べた．その結果，奥歯下の歯茎位置が良いことがわかった．そして，この位置に光電センサを設置して脈波を調べたところ，光電センサから約 0.7 秒毎の周期的な電圧変化が得られた．このことから，奥歯下の歯茎で脈拍検出が可能であることが明らかになった．

今後，この成果を基に，ダイバーの呼吸用マウスピースに光電センサを組み込み，実海域での脈拍検出を行う予定である．

5. 謝辞

実験に協力して下さったイタガキ歯科板垣賢治氏，兵庫県立工業技術センター兼吉高宏氏に感謝します．本研究は科研費 17K00291 の助成を受けたものです．

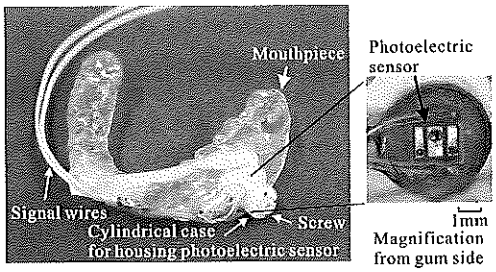


図 4　光電センサを納めた円筒ケースを固定したマウスピースの写真

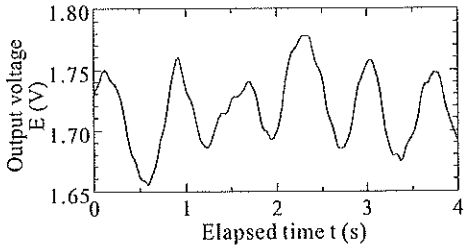


図 5　歯茎に接触させた光電センサの出力電圧波形

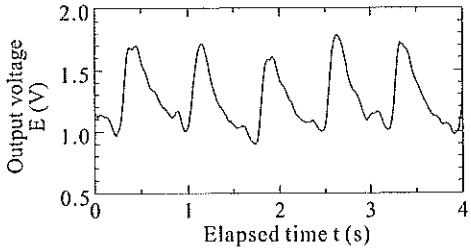


図 6　人差し指に接触させた光電センサの出力電圧波形

6. 文献

1) （公財）日本生産性本部：レジャー白書 2016, 69, 2016
2) D. G. Forgays: Behavioral and Physiological Responses of Stayers and Quitters in Underwater Isolation, Aviation, Space, and Environmental Medicine, 60(10), 937-942, 1989.
3) 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, 131(4), 826-832, 2011
4) 中谷真太朗・荒木望・小西康夫・前中一介・板垣博文・瀧澤由佳子・才木常正：筋電位を用いた口腔内摂食センサ, 電学論 C, 134(11), 1678-1683, 2014.
5) 荒木望・中谷真太朗・小西康夫・前中一介・板垣博文・瀧澤由佳子・才木常正: 口腔内温度変化による飲食動作検出, 電気論 C, 135(4), 462–463, 2015.

[連絡先]
たきざわ　ゆかこ
e-mail：yukako@hyogo-kg.jp

大会１日目

12月15日（土）

A1-1

テールゲートリフター使用時の作業者の昇降方法に関する考察

○大西明宏*
*労働安全衛生総合研究所　リスク管理研究センター

Discussion on traveling for an operator on the tailgate lifter (tail lift) platform

Akihiro OHNISHI*
*National Institute of Occupational Safety and Health, Japan (JNIOSH)

1. はじめに

テールゲートリフター（TGL）はトラックの荷台後端に装装される荷役省力装置である（図1）。この TGL は便利な装置だが、その一方、既報[1]にて休業 4 日以上の労働災害における TGL 使用に起因する災害（TGL 起因災害）が問題となっている。とりわけ作業者や荷の転倒・転落が全体の 6 割以上であることから、作業者への教育および TGL の昇降板（プラットホーム）が地面側に接する端部に安全柵を設置するのが合理的な対策であると結論付けられた。また、作業者の足などが TGL の昇降板の動作時に挟まれる災害が全体の 2 割以上であり、その大半はほとんどの国内メーカーが禁止している TGL 昇降板に作業者が乗って移動する際に発生していたことも確認された。しかし実際には作業者が TGL の動作により昇降している姿をよく見かけること、厚労省などが推奨する方法[2]では昇降板を地面と荷台の中間で停止させ、ステップとして昇降するのが望ましいとされていること、その他にもいくつかの昇降方法が用いられていることもあり、何が最も適当なのかは議論の余地があると思われる。

本報告では、いくつかの TGL 昇降方法の安全性や使い勝手等を査定することで、現状の装備で TGL 昇降板への挟まれ防止につながり、可能な限り作業効率を低下させない方法を考察することにした。

図1　テールゲートリフター（TGL）

2. 方法

対象は昇降板の動作を利用した方法を含め、実際に用いられている荷台から地面までの移動（昇降）方法を中心に、図2に示した A から E の 5 種類とした。A は国内メーカーの大半が禁止している作業者搭乗による方法、B は厚労省などの推奨方法、C は後部バンパーを使った方法、D は荷台高さにある場合の方法（飛び降りを含まず）、E は外部の昇降設備として脚立を配置した方法である。これら 5 種類の昇降方法の査定は、①昇降の容易さ、②昇降に要する時間（荷物の積載・昇降および準備を含む）、③昇降中の挟まれリスク、④昇降中の転落リスクの 4 項目を筆者の視点にもとづき以下の 3 段階で実施した。

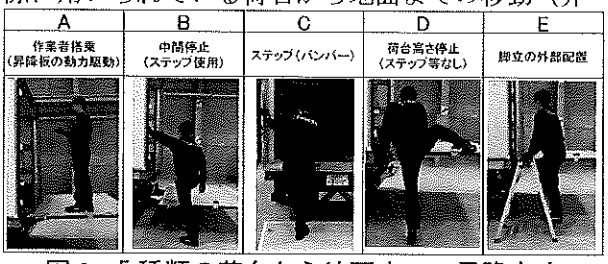


図2　5種類の荷台から地面までの昇降方法

適当：◎，許容範囲：○，問題あり：×
リスク低：◎，リスク許容：○，リスク高：×

各査定結果は、◎：3 点、○：1 点、×：−3 点を配点し、査定総合得点を算定した。

3. 結果

表1に5種類の査定結果を示した。査定総合得点はBの6点が最も高く、Cの2点、Aの0点、DおよびEが−2点となった。なお、本報告の端緒になった昇降時の挟まれ災害防止のためには、③昇降中の挟まれリスクを重要視しなければならない。その場合でも上述の配点による査定方式は A を除くすべてが「適当」の 3 点であったことから、本来の目的を達成することは可能であった。ちなみに作業者側のメリットである①昇降の容易さや②昇降に要する時間を重視すると A は①および②は共に「適当」の 3 点となり、優れていることが確認された。その他の特徴として、作業者の安全に関する事項である④昇降中の転落リスクにおいて C が「問題あり」の−3 点になったのはバンパーが奥まっているので降りる際に足元を視認できなかったためである。また、E を「許容範囲」の 0 点と

表1　5種類の昇降方法の査定結果[注)]

	A 作業者搭乗 （昇降板の動力駆動）	B 中間停止 （ステップ使用）	C ステップ（バンパー）	D 荷台高さ停止 （ステップ等なし）	E 脚立の外部配置
①容易性	◎	○	○	×	×
②所要時間	◎	○	○	○	×
③挟まれリスク	×	◎	◎	◎	◎
④転落リスク	×	○	×	×	○
総合得点	0	6	2	−2	−2

注）◎：3点、○：1点、×：−3点にて総合得点を算出した。

したのは、平坦な地面を前提としたからであり、僅かな段差や凹凸がある場合は「問題あり」のマイナス3点と査定することになる。

4. 考察

4.1 適切な昇降方法および査定の信頼性

査定結果にもとづく総合得点が最も高かったのは昇降板を中間で停止させ、ステップとして昇降するBだった。Bは大きな問題である③の挟まれリスクは低いが、約1メートルの荷台高さを踏まえると50センチ程度のステップとなり、昇降しやすいとは言い難いが、昇降板を止めての移動になることから④の転落リスクも許容範囲として問題ないと思われた。また、①および②の使い勝手においても許容範囲だったことから、今回の5種類では×の査定がない唯一の昇降方法であり、バランスのよい方法であると思われた。

その他を見ると、Aは③の挟まれリスクに問題があること、CおよびDは足元が見えない又は危険な高さがあることから④の転落リスクが高いことから、適当な昇降方法ではないと示唆された。Eについては、今回は1メートル20センチ（3段）の脚立を用いたが、脚立の高さは昇降の容易さや転落リスクに関係するため、本結果は参考であり、更なる検討が必要と考えられた。

これら査定結果等を踏まえると、現状では厚労省などが推奨するBが適当であると示唆された。ただし本結果は身体負担や所要時間などの客観的データにもとづいたものではなく、筆者の主観によるものであるため、十分な根拠に欠ける。したがって測定可能な項目に関してはデータにもとづく比較をおこない、信頼性の高い査定が課題になると考えられた。また、測定できない項目に関しても現場からの意見聴取を反映させる必要性があると考えられた。

4.2 安全装備の追加による効果

今回対象とした5種類の昇降方法の査定結果はあくまでTGL現行装備のみを前提としたものである。実際にはそれぞれの昇降方法に現在よりも安全に実施するための装置などを追加することにより、査定結果の大幅な向上も期待できる。例えば、Aに関しては挟まれの元となっている荷台に面する昇降板の端部に、障害物を検知すると停止する装置や欧州ではオプション装備として販売されている昇降板端部からの転落防止につながる安全柵（図3）を導入することが可能となれば、Aは全てにおいて「適当」の3点となるため、総合得点は12点となり、最も適当な方法として査定されることになるからである。このような安全装備は非現実的なものではないことから、新たな安全装備等を含めて、より適切なTGLの昇降方法の提案も必要になると思われた。

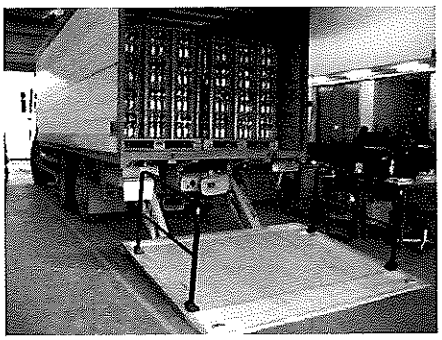


図3　欧州で用いられている安全柵の例
写真提供：BÄR Cargolift, ETMA (European Taillift Manufacturers Association)

5. 参考文献

1) 大西明宏: テールゲートリフター使用に起因する労働災害の特徴, 人間工学, 54(3), 115-123, 2018.
2) 厚生労働省・労働安全衛生総合研究所: テールゲートリフターを安全に使用するために　2ステップで学ぶ　6基本＆11場面別ルール, http://www.jniosh.johas.go.jp/publication/houkoku/houkoku_2018_01.html, 2018.

[連絡先]
おおにし　あきひろ
e-mail：aohnish@s.jniosh.johas.go.jp

A1-2

STAMP/STPA を用いた踏切システムの安全限界評価の検討

○林　健太朗*　小松原　明哲**
早稲田大学創造理工学研究科　早稲田大学理工学術院**

Attempt to evaluate safety limit of railroad crossing system using STAMP/STPA

Kentaro HAYASHI*　Akinori KOMATSUBARA**
*Waseda University　**Waseda University

1. 研究背景・目的

踏切における事故は近年，減少傾向にあるものの，毎年 200 件以上発生している現状がある [1]．そもそも，踏切は車や人が通行する道路（道路交通システム）と鉄道が通行する線路（列車運行システム）が交差する場所において，立体交差などといった本質安全を達成することができない場に作られる．つまり，踏切は両者の安全を守るためのみに必要な物であり，機能安全の役割を果たしているシステムであると言える．しかし，機能安全を果たすシステムであるがゆえに，踏切が守ることのできる安全には限界がある．

そこで，本研究では機能安全を果たすシステムの個々の構成要素が守りうる安全の限界を評価する方法を検討する．

2. STAMP/STPA による踏切の分析 [2]と結果

林 [3] は，STAMP/STPA を用いた踏切の安全制約の導出を行っている．本研究ではこの研究で明らかとなった踏切の安全制約 35 種を用いる．安全制約は安全に対して持つべき要素であり，システムがその制約を満たしている場合，そのシステムが安全を保障できる限界と捉えることができる．よって本研究では，林 [3] で得られた 35 の安全制約を安全限界と考えて研究を進める．

3.踏切の構成要素と制御構造図

踏切を構成する要素を調べたところ21項目が得られた [4]．得られた項目を用いて踏切の構造分析を行った結果の一部を図 1 に示す．図 1 では矢線の始点が制御する側，矢線の終点が制御される側を表している．並列の構成要素それぞれが独立して存在していることが分かる．

4.踏切の安全限界と構成要素

3 で得られた構成要素がどのような安全限界を守備しているのか表 1 に整理した．表 1 では踏切の構成要素を行に，安全限界を列に配置した（紙面の関係で安全限界の番号 [3] のみを示す）．表の色付けされたセルは行に配置した構成要素が列に配置した安全限界を受け持っていることを示している．

5.安全限界の検討と考察

踏切の安全限界を検討するために，表 1 の行の，ある踏切の構成要素を一つ除く．それによって達成する安全限界がどのように変化するのかを評価する．例として「赤色警報灯」「遮断機」二種の構成要素をそれぞれ除いた場合に，踏切全体の安全限界がどう変化するのか検討する．

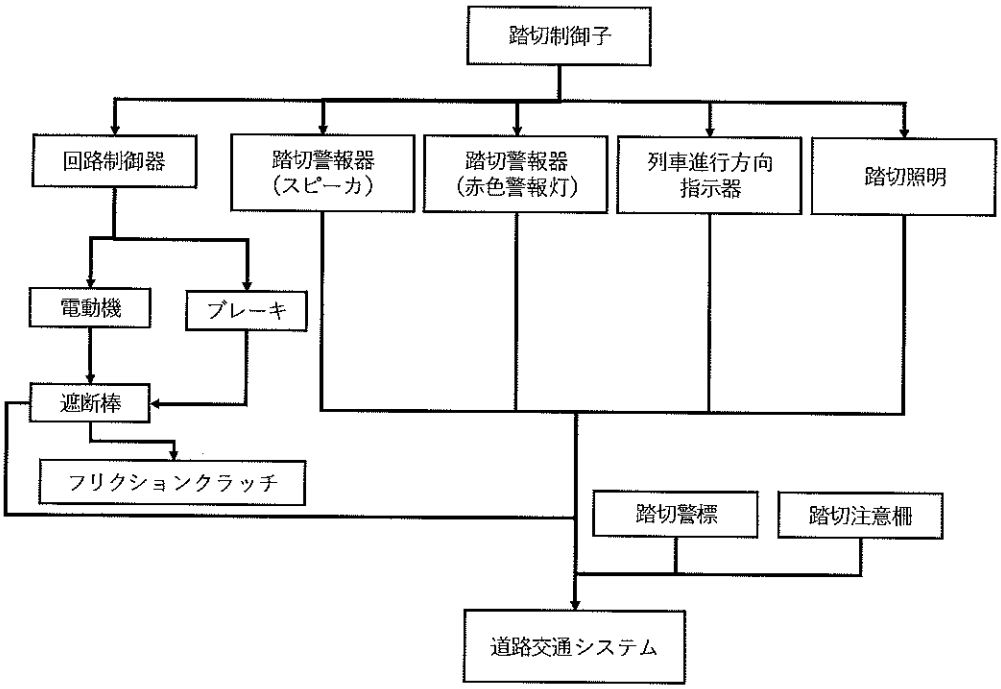


図 1　踏切の制御構造図

5.1　赤色警報灯の安全限界と考察

表 1 から踏切警報器（赤色警報灯）を除いた結果が表 2 である．図 1 より赤色警報灯は「回路制御器」「踏切警報器（スピーカ）」などとは独立した制御構造となっているため，赤色警報灯を除いても他の要素がこの構造で有していた安全

限界を果たしており，システム全体が果たす安全限界に影響はないことが分かる．つまり冗長系であると言える．

5.2 遮断棒の安全限界と考察

遮断棒を除いた場合を考える．図1より遮断機は「回路制御器」「電動機」「ブレーキ」によって制御されており，加えて「フリクションクラッチ」を制御している．また，道路交通システムを直接制御しているのは遮断棒である．

つまり図1から考えると，これら四構造は遮断棒によって安全限界を果たしていることが分かる．よって遮断棒が除かれた場合，上記四構造は道路交通システムに対して安全限界を果たせなくなる．表1から遮断機と四構造を除いた結果を表3に示す．分析結果から得られる考察は以下の2点である．

ア）踏切は遮断棒によって安全限界のほとんどをカバーされていることが分かる．道路交通システムの構成物のうち，現状の遮断棒によって対応できない物は安全限界を超えていると考えられる．

イ）遮断棒を除いた場合でも安全限界「13：踏切は道路交通システムに無視されてはならない」「14：踏切は道路交通システムに対して目立たなければならない」「15：踏切は道路交通システムに列車が来ることを気づかせなければならない」が残る．現状の踏切で遮断機が故障した場合でも，道路交通システムに対して踏切の存在を報知するシステムが残るように設計されていることが分かる．制御構造図と安全限界を同時に考えることで，システム構成要素が故障しても守備できる安全限界が明らになると考えられる．

表1　踏切の制御構造と安全限界表

		安全限界																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
踏切の制御構造	踏切制御子	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	
	回路制御器	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	
	電動機									■	■	■	■							■	
	ブレーキ								■			■	■								
	遮断棒	■	■	■	■	■			■	■		■	■	■	■	■			■		
	フリクションクラッチ			■			■	■						■				■			
	踏切警報器（スピーカ）													■	■	■				■	
	踏切警報器（赤色警報灯）													■	■	■				■	
	列車進行方向指示器													■		■					
	踏切照明													■	■	■				■	
	踏切警標													■	■	■					
	踏切注意柵													■	■	■					

表2　踏切警報器（赤色警報灯）を除いた安全限界表

		安全限界																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
踏切の制御構造	回路制御器	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	
	電動機									■	■	■	■							■	
	ブレーキ								■			■	■								
	遮断棒	■	■	■	■	■			■	■		■	■	■	■	■			■		
	フリクションクラッチ			■			■	■										■			
	踏切警報器（スピーカ）													■	■	■				■	
	列車進行方向指示器													■		■					
	踏切照明													■	■	■				■	
	踏切警標													■	■	■					
	踏切注意柵													■	■	■					

表3　遮断棒・回路制御器・電動機・ブレーキ・フリクションクラッチを除いた安全限界表

		安全限界																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
踏切の制御構造	踏切制御子													■	■	■				■	
	踏切警報器（スピーカ）													■	■	■				■	
	踏切警報器（赤色警報灯）													■	■	■				■	
	列車進行方向指示器													■		■					
	踏切照明													■	■	■				■	
	踏切警標													■	■	■					
	踏切注意柵													■	■	■					

6.結論

STAMP/STPAによって安全限界を導出し，その結果と踏切の制御構造図を合わせて踏切構成要素各々を検討することで踏切の安全限界を検討することができた．踏切への侵入形態等との関係において,さらに踏切の安全限界を人間工学的に検討することが今後の課題である．

7. 文献

1)国土交通省運輸安全委員会：運輸安全委員会ダイジェストNo.20，pp2-7，2016

2)独立行政法人情報処理推進機構：初めての STAMP/STPA（実践編），2017

3)林健太朗：「STAMP/STPAを用いた踏み切りシステムの機能安全評価の試み」，第58回人間工学会講演集．2018

4)JR 東日本：新人研修教本，pp320-373,2018

[連絡先]
林　健太朗
rinken@asagi.waseda.jp

A1-3

押し間違いを減らすエレベータ開閉ボタンのデザイン

—全体最適化および部分最適化の効果検証実験—

○糸井川高穂*，村田智明**，矢口博之***，村上遥香*，古賀誉章*
*宇都宮大学，**京都造形芸術大学，***東京電機大学

Useful design to distinguish between two elevator buttons, re-opening button and closing button.
-Experimental verification on overall / partial optimization-

Takaho ITOIGAWA*, Chiaki MURATA**, Hiroyuki YAGUCHI***, Haruka MURAKAMI*, Takaaki KOGA*
*Utsunomiya Univ., **Kyoto Univ. of Art and Design, ***Tokyo Denki Univ.

1. 目的

本研究は、エレベータの開閉ボタンの押し間違いを予防するデザインを提案し、その効果を検証することを目的とする。

エレベータの開閉ボタンには、目安は示されている[1]ものの、国やエレベータメーカにより様々にデザインされている。我々は、これまでに、人の認知特性に着目し、顔を描き口の開閉でエレベータの開閉を表したデザインが、従来のデザインより開閉の判別の容易性を高められることを確認してきた[2]。

本研究は、イラスト、色、サイズに着目して最適化したデザインを提案したこれまでの研究[3]に基づき、提案の効果を検証するものである。

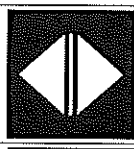
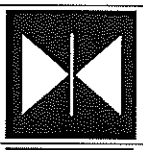
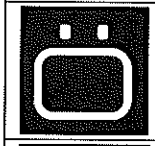
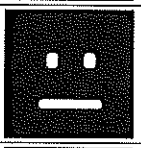
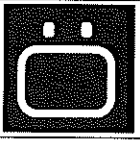
2. 方法

2.1 評価に用いたエレベータ開閉ボタン

本研究では、エレベータ開閉ボタンのデザインを、イラスト、サイズ（幅）、色の 3 種類で構成されるものとした（表１）。実験に用いた組み合わせは、以下の 6 種類とした。

- 従来のデザイン：三角×灰灰×1:1（三角）
- 従来のデザイン：開閉×灰灰×1:1（漢字）
- 全体最適化：口×緑灰×1:1.5（目）
- 全体最適化：目×緑灰×1:1.5（口）
- 部分最適化：三角×緑灰×1:1.5（三角・改）
- 部分最適化：開閉×緑灰×1:1.5（漢字・改）

表１　評価に用いたデザイン

	開	閉	名称
イラスト			三角
			開閉
			口
			目
色	灰	灰	
	緑	灰	
サイズ（比率）	1	1	
	1.5	1	

2.2 評価方法

実験では、暗算課題への回答と開閉ボタンのうち開ボタンに触れる課題の 2 種類の課題を交互に実施した。開閉の判別のしやすさは、以下の指標にて判別した。開閉ボタンのうち開ボタンに触れる課題では、開閉ボタンの左右は乱数に基づきランダムに配置した。

- 正答率：開閉ボタンのうち、開ボタンに正しく触れられた割合。
- 所要時間：正答に触れるまでの時間。
- 注視時間率：正答に触れるまでに正答を注視していた時間の割合。

評価にはアイマークレコーダを用い、サンプリング周期は 60Hz とした。

2.3 実験条件

実験は宇都宮大学の実験室で、2018 年 6～8 月に行った。室温を 28℃程度の制御した実験室内に、暗室（約 1.5m×約 1.5m×約 1.5m）を設けた。この案室内に机、椅子、ノート pc を設置した。モニタと被験者の目の距離はモニタに自然に手が届く距離（およそ 40～60cm）とした。

2.4 被験者

被験者は大学生 10 名とした。眼鏡およびコンタクトレンズの使用は許可した。

2.5 実験の手順

実験では、まず、実験に用いた 4 種類のイラストを 1 分間表示し、開閉の意味を被験者に理解させた。次に、4 種類のイラストを用い、実験の練習を経験させた。その後、イラスト、色、サイズを組み合わせた 6 種類の開閉ボタンの開ボタンに触れる課題と暗算課題に交互に取り組ませた。暗算課題の問題数は、3～7 個のうち乱数に基づきランダムで決めた。

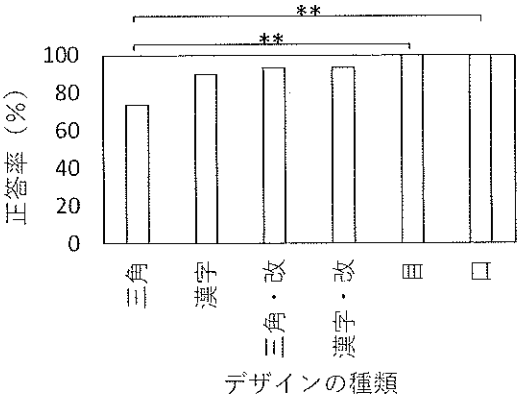


図１　デザインの種類による正答率の違い
(: p<0.01)**

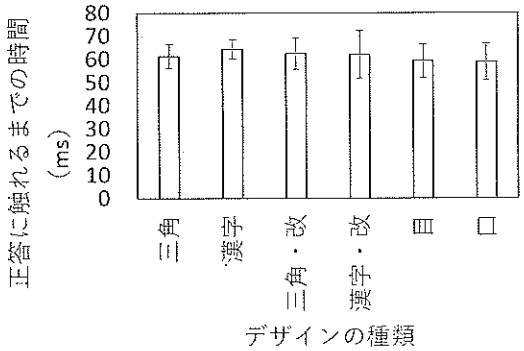


図２　デザインの種類による正答に触れるまでの時間の違い

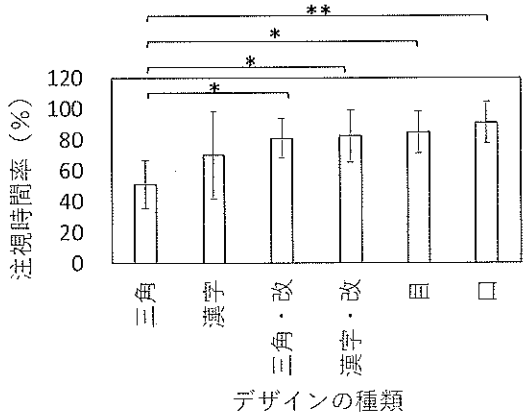


図３　デザインの違いによる注視時間率の違い
(: p<0.01, *: p<0.05)**

3. 結果

3.1 正答率

左右ランダムに表示される開閉ボタンのうち、開ボタンに触れる課題の正答率（図１）の平均は91.7%であった。また、従来のデザイン（三角）と全体最適化したデザインの間で正答率に有意に差が生じた。平均値で比較すると、部分最適化により三角では 20.0%、漢字では 3.3%正答率が上昇した。

3.2 所要時間

開閉ボタンが表示されてから開ボタンに触れるまでの所要時間（図２）は、平均 61.4ms であった。デザインの違いにより所要時間に有意な差は見られなかった。平均値で比較すると、従来のデザインと部分最適化したデザインに大きな差は無かったが、全体最適化により 8%程度所要時間を短縮できた。

正しく開ボタンに触れられた場合と、誤って閉ボタンに触れた場合とで所要時間を比較すると、誤答に触れる時間の方が有意に長くなった（「三角」のみ）。

3.3 注視時間率

正しく開ボタンに触れられた場合に、開閉ボタンを注視していた時間のうち開ボタンの占める割合は、平均78%であった。部分最適化又は全体最適化により、被験者は従来のデザインより有意に長い時間開ボタンを注視していた。

正しく開ボタンに触れられた場合と、誤って閉ボタンに触れた場合とで注視時間率を比較すると、有意な差は無かった（「三角」のみ）。

正答率と注視時間率を比較すると、0.97 の強い相関があった。

4. まとめ

本研究では、これまでの研究で提案したエレベータ開閉ボタンの判別を容易にするデザインの、開閉の容易性を実証する実験を行い、以下の知見を得た。

1) 判別を容易にするデザイン要素として提案したイラスト、色およびサイズは、正答率および注視時間率を改善できる。
2) イラスト、色およびサイズの全てを変更するだけでなく、色とサイズのみの変更によっても、判別の容易性を改善できる可能性がある。

5. 文献

1) ISO 4190-5:2006 Lift (Elevator) installation -- Part 5: Control devices, signals and additional fittings. 2006, Geneva
2) 糸井川高穂、村田智明、古賀誉章、山田昭徳：判別の容易なエレベータ開閉ボタンのデザイン、人間工学、54(2), pp.56-64, 2018
3) 糸井川高穂、村田智明、矢口博之、村上遥香、古賀誉章、誤認識の少ないエレベータ開閉ボタンのデザイン—顔と動作に着目したイラストの効果—、日本人間工学会 第 59 回大会、1G4-1、2018

[連絡先]
いといがわ　たかほ
e-mail：itoigawa@cc.utsunomiya-u.ac.jp

A1-4

4インチ映像を用いた場合の刺激の提示順が船舶航行音の主観評価に与える影響

○甲斐幹康*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

Influence of Presentation Order of Stimuli with 4-inch Size Video on Subjective Evaluation of Boat Noise

Mikiyasu KAI*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

ある運河では，小型船舶が航行していて，その航行音が運河沿いの住宅内に伝搬している．室内にいる居住者はこの騒音の状況把握ができないので不快に感じることが考えられる．Anderson らの研究では，快適な環境を目指すためには，景観のみでなく聴覚と視覚を含めた環境として評価することが重要であるとしている[1]．

騒音に対する人の主観的な評価は視覚情報と聴覚情報の提示方法によって騒音評価へ影響が起こることが考えられるとされている[2,3]．我々は，移動する 1 つの騒音として小型船舶の映像と航行音を提示刺激として映像と音に関する主観評価に影響する要因の検討を行ってきた．その結果，視覚情報による主観評価の影響が大きいことが確認された．さらに，騒音源をイメージできる情報を視覚刺激として付加することが，音のうるささといった騒音評価が低減することを確認した[4,5]．

本研究の目的はスマートホンを用いた船舶航行騒音の印象低減のための報知システムの開発である。船舶音報知システムとは，住居内など，船舶に対する状況把握が困難な人々に対し，スマートホンを用いて船舶到来の報知を行うシステムである[6]．本報告では，映像と音の提示順序による船舶航行音の主観評価の検討を行うために，視覚情報として，4インチサイズの小さい映像を用いた場合の主観評価実験結果を報告する．

2. 映像と音の提示順による船舶航行騒音の主観評価実験

視覚情報による船舶航行騒音に対する印象評価への順序効果の影響の確認をするために，船舶の航行音及び映像を用いた騒音に対する主観評価実験を 2 種類行った．

先に船舶航行音のみの提示を行い，その後騒音源である船舶の映像と船舶航行音を提示する場合と[5]，映像と音の提示を行い，その後に音のみの提示をする場合の主観評価実験を行い，アンケート評価結果を比較する．船舶航行音の提示後，音に関する 5 つの項目のアンケート評価を行った．これを 3 種類行った．このとき，提示する音刺激の順番はランダムとした．また，映像を付加した場合も同様である．表 1 に提示刺激の詳細を示す．

音に関するアンケート評価項目は「音の大きさ(全体的な印象)」「音の大きさ(ピークの大きさ)」「音に関する不快感」「音のうるささ(全体的な印象)」「音のうるささ(ピークの大きさ)」の 5 つを設けた．アンケート回答方法は無段階評定尺度法を使用し，0 から 100 の数字で評価した[7]．図 1 にアンケート評価方法を示す．

図 2 に実験の構成図を示す．視覚刺激の提示は 24 インチの PC モニタ(DELL U2412 M-1)に 4 インチサイズの船舶の航行映像を表示した．音刺激の提示はヘッドホン(SENNHEISER 280PRO)を通して被験者にモノラル再生で行った．刺激提示前には乗り物の走行音及び映像を見てくださいとだけ教示し，音や映像の内容に関しての教示をせずに実験を始めた．本実験の被験者は健康な 20 代の男女 32 名である．

表 1　提示刺激の詳細

Type of boat	Length[m]	Audio time[s]	L_{Amax}[dB]
Cruiser	7	25	71
Houseboat	25	25	69
Tugboat	9	34	69

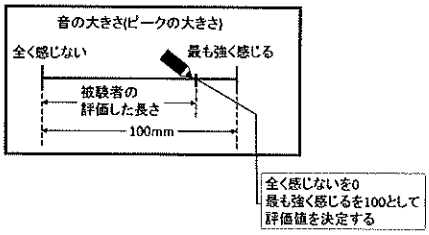


図 1　アンケート内容

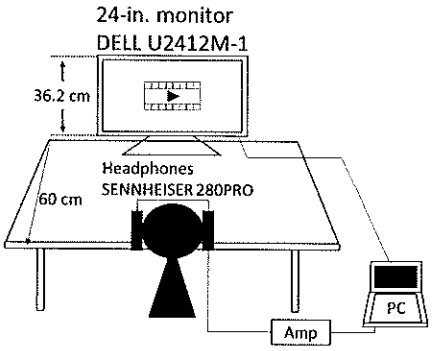


図 2　実験構成図

3. 映像と音の提示順による主観評価実験結果

先に船舶航行音のみの提示を行い，後に船舶の映像と航行音を提示した実験の音のうるささに対する評価結果を図3に示す．3種類の船舶全てに対して，音のみの提示の場合と映像と音の提示の場合は同等な評価結果となった．先に映像と音の提示を行い，音のみの提示を行った実験の評価結果を図4に示す．図3同様，音のみの提示の場合と映像と音の提示の場合は同等な評価結果となった．しかし，標準偏差が大きいことが今回の結果に影響している可能性がある．また，図5に2つの実験の比較結果を示す．各船舶における 4 つの実験結果(先に音提示の場合の音のみ，音と映像，先に音と映像提示の場合の音のみ，音と映像)に対して t 検定を行った結果，屋形船提示時の 2 つの実験の音のみの結果間と音と映像の結果間に有意差を確認した．その他の項目に関しては同等な評価であった．

4. まとめ

本報告では，映像と音の提示順序による船舶航行音の主観評価の検討を行うために，視覚情報として，4インチサイズの小さい映像を用いた場合の先に船舶音を提示しその後船舶映像と航行音を提示する主観評価実験と，その逆手順の提示を行う主観評価実験を行いそれらを比較した．その結果，視覚情報が見づらく小さい映像であった場合は，視覚情報を先に提示しても，後に提示しても，船舶映像による船舶航行音に対する騒音評価に対する影響は見られなかった．また，提示順に対して t 検定を行った結果，屋形船提示時以外は有意差を得られなかったため，順序効果による影響は少ないものと考えられる．しかし，被験者数が少ないことが今回の結果に影響していると考えられる．そのため，今後は被験者の増加を図り，実験結果の信頼性の向上を目指す．

5. 参考文献

1) L.M. Anderson, et al.: Effects of sounds on preferences for outdoor settings, Environ. Behav., 15, .5, pp.539-566.
2) 宮川他：視覚情報が種々の環境音の印象に与える影響，日本音響学会誌，pp. 427-436，1999.
3) 安倍他：環境音のラウドネス評価に対する映像の基礎研究，日本音響学会騒音振動研究会資料，pp.1-8，2005.
4) 細野他：視聴覚情報提示方法による船舶航行音の主観評価の影響，音響講（春），2-Q-17，2017.
5) M. Kai, et al.: Effect of visual information presented on a cellphone on subjective evaluation of boat noise, Proc. of IEEE GCCE2018, pp.306-307, 2018.
6) 甲斐他：スマートホンを用いた船舶騒音の印象低減のための報知システムの提案，電気関係学会東北支部連合大会，2D07，2018.
7) 甲斐他：船舶音報知システムにおける情報提示方法に対する因子分析，日本人間工学会第 59 回大会，2B1-2，pp.1-2，2018.

[連絡先]
甲斐　幹康(かい　みきやす)
e-mail：ma17029@shibaura-it.ac.jp

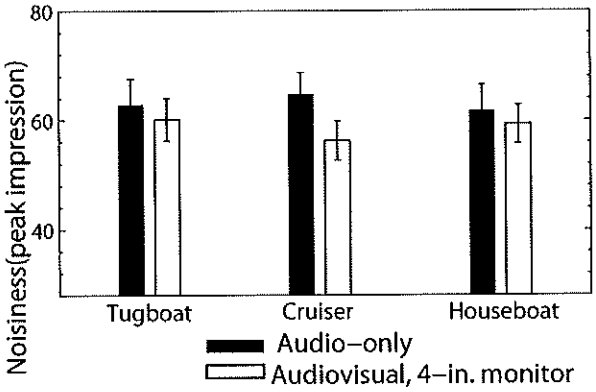


図 3　先に音のみの提示を行った場合の主観評価実験結果．各船舶音における音のうるささ評価の平均値と標準偏差 [4].

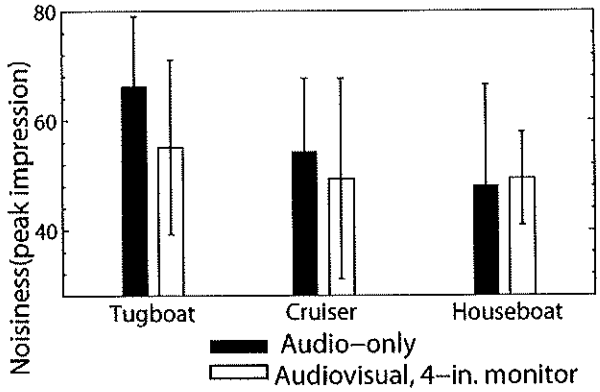


図 4　先に映像と音の提示を行った場合の評価結果．各船舶音における音のうるささ評価の平均値と標準偏差.

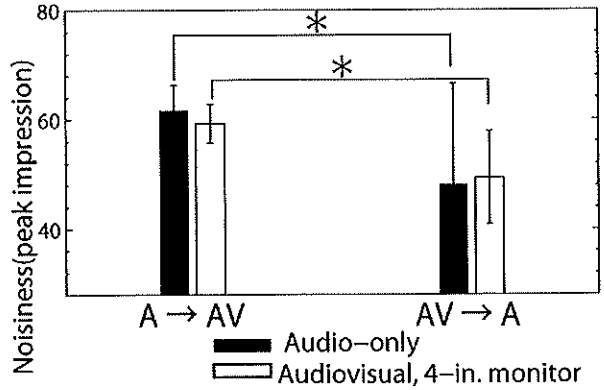


図 5　屋形船提示時の刺激の提示順に対する評価結果の比較．(＊: p<0.05)

B1-1

ミーティングシーンにおける座面可動式チェア使用の人間工学的評価

○佐藤　秀磨，中村　啓佑，河合　隆史，三家　礼子
早稲田大学

Ergonomic Evaluation of Usage of Mobile Chair during the Meeting Scene

Hidema SATO, Keisuke NAKAMURA, Takashi KAWAI, Reiko MITSUYA
WASEDA University

1. はじめに

近年，健康経営[1]の推進に伴い，オフィスワークの在り方が変化しつつある．その一例として，使用者の身体の動きに追従する機構を持つ座面可動式チェアが注目されている．

従来の座面可動式チェアは座面下の支点を中心に可動する機構または座面が前後にスライドする機構を持つが，今回，肘掛けに支点を持ち前後に揺れる椅子が開発され，それを評価する機会を得た．

従って，本研究で，肘掛けを中心に揺れる座面可動式チェアの使用が与える影響に関して，特にミーティングシーンに着目し，定量的な分析・検討を行う．

2. 実験方法

実験参加者は，社会人男女 12 名(28.1±4.7 歳)，学生男女 6 名(22.0±1.0 歳)の，計 18 名に対し実験を実施した．

実験に使用する椅子は，肘掛けを中心に揺れる椅子 A，座面が前後にスライドする椅子 B，可動機構を持たない従来の椅子 C の 3 条件とした．

3 人 1 グループでそれぞれ指示された A，B，C の椅子に着座してもらい，30 分間のミーティングタスクを行った．タスクの議題を表 2.2 に示す．

表 2.2　実験タスク

参加者	議題
社会人 4 グループ	2020 年発売をめどにした新オフィス家具の企画
学生 1 グループ	若者の選挙投票率を上げるための CM の企画
学生 1 グループ	化粧品メーカー社員の立場から新規ビジネスプランの立案

実験前後において，気分，感情の変化を測定する主観評価アンケートである日本語版 POMS 短縮版に回答を求め，ストレスの程度を調査するために唾液中のアミラーゼ濃度を測定した．

また，実験タスク中において，1 グループにつき 2 名に簡易型脳血流測定器（HOT121）を，1 名に心拍計（MIO Alpha）を装着してもらい，タスク中の身体活動を測定した．加えて，参加者の身体側部 8 箇所にマーカーを貼付し，真横から動画を撮影し，時間的姿勢変化を測定した．

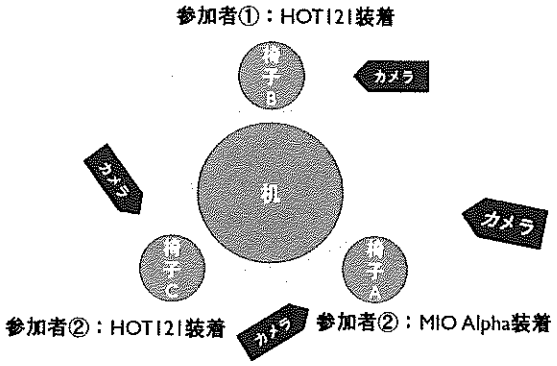


図 2.2　実験環境例

3. 結果

本実験において得られた結果の一部を以下に示す．

3.1 LF/HF 値

各参加者のタスク中の LF/HF の平均値を求め，各条件における箱ひげ図を作成した(図 3.1)．

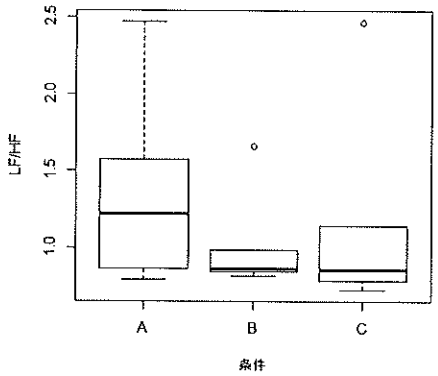


図 3.1　LF/HF 値の箱ひげ図

椅子 A において，LH/HF 値が他条件に比べて高

くなる傾向がみられた.

3.2 客観指標の相関

本実験における各客観評価指標の関連を調査するために，相関係数を求めた（図 3.2）.

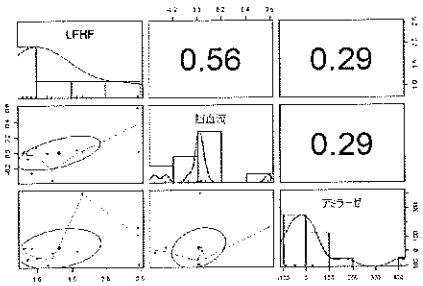


図 3.2　客観指標の相関係数

LF/HF 値において，脳血流値との正の相関，アミラーゼ変化率との弱い正の相関がみられた．また，脳血流値において，アミラーゼ変化率との弱い正の相関がみられた.

3.3 POMS

LF/HF 値の結果と，主観的な精神負担の関連を調査するために，POMS の項目の 1 つである「緊張—不安」に着目した．各条件における実験前後の POMS（緊張—不安）項目について，得点変化率の箱ひげ図を図 3.3 に示す.

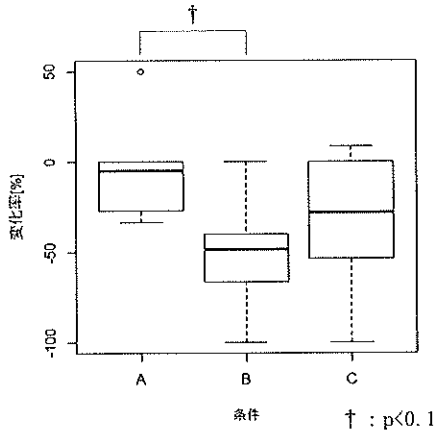


図 3.3　POMS（緊張—不安）変化率の箱ひげ図

実験参加者 18 名に対しノンパラメトリック検定を行ったところ，椅子 A において，椅子 B に比べ変化率が有意に高くなった.

4. 考察

LF/HF 値において，椅子 A 条件が他条件より高い傾向にある．井上ら（2010）の研究によると，LF/HF 値が 0.2~2.0 の範囲内において，バランス良好（副交感神経優位），2.0~5.0 の範囲内において，バランス良好（交感神経優位）としている [2]．また，アミラーゼの濃度変化，POMS（緊張—不安）においても，椅子 A 条件は他条件に比べて高い傾向にあることから，椅子 A の使用者は，30 分間の実験タスク中に，リラックスしつつも，適度な緊張・ストレス状態にあることが示唆された．また，これらの要因として，椅子 A は支点が身体重心付近にあることから，椅子 B に比べ前後移動を行いやすく，リラックス姿勢（後傾）とコミュニケーション姿勢（前傾）の切り替えが容易であったことが考えられる.

客観指標の相関において，緊張・ストレスの増加に伴い集中の度合いも増加することが示唆された．つまり椅子 A の使用による適度な緊張・ストレス状態は，ミーティングシーンでの集中の度合いを増加させると考えられる.

また，POMS（緊張—不安）において，可動式の椅子 A,B 間で有意な差がみられた．椅子 B は前傾の機構を持たないことから，ミーティングシーンにおいて，前傾姿勢でのコミュニケーションが緊張感を増加させる可能性が示唆された.

5. 結論

本研究では，肘掛けを中心に前後に揺れる座面可動式チェアの使用が与える影響に関して，定量的な分析・検討を行った.

その結果，ミーティングシーンにおいてこのチェアを使用することで，リラックスしつつ，適度な緊張・ストレス状態により集中してタスクを行えること，姿勢を変化させることで集中/リラックス状態の切り替えを行えること，コミュニケーション姿勢への容易な移行が可能になることが示唆された.

今後は，本チェアの使用が身体負担に与える影響について検討を続ける予定である.

6. 謝辞

共同研究企業のイナバインターナショナル株式会社の皆様のご協力に御礼申し上げます.

参考文献

1)健康経営 オフィス レポート - 経済産業省，www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/downloadfiles/kenkokeieioffice_report.pdf.（参照 2018-11-09）

2)井上　裕之，長谷　利子，松坂　利之，井出　桃，長谷　徹，西村　康，柿木　保明：アルコール依存症患者に対する歯科治療時の体調リスクマネージメントに関する研究，障害者歯科，31(3), p428, 2010.

[連絡先]
佐藤　秀磨
email：henyahenya0710@ruri.waseda.jp

B1-2

バイオフィードバック法を用いた機能訓練に関する研究

○浦崎拡幸*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学大学院工学府，**横浜国立大学大学院工学研究院

Study on function training using biofeedback

Hiroyuki URASAKI*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. はじめに

高齢者の転倒の危険因子[1]には，一般的に力みとして表現される主働筋と拮抗筋の同時活動によって生じるバランス障害と，加齢に伴うボディイメージの変容やずれがあげられる．転倒を予防するために，機能訓練によって力みやボディイメージの改善・維持が大切であると考えた．しかし，デイサービスなどを通して行う機能訓練の現場では，主に徒手的操作や口頭指示による定性的な指導に止まっているのが現状である[2]．そこで，工学的な手段を用いて身体情報を定量的にフィードバック（以下 FB と略す）する，バイオ FB 法を用いた機能訓練の提案を行う．転倒予防には，下肢の運動が重要であると考え，膝の屈伸時に発生する大腿の筋活動と膝の関節角度を FB しながら行う機能訓練の開発とその有効性の検討をおこなう．

2. 実験方法

2.1 実験概要

本システムは、下肢膝関節運動の筋活動とボディイメージを対象とした訓練であり，図 1 のように構成されている．大腿の筋活動と膝関節の関節角度を個別に FB できるような仕組みとなっている．

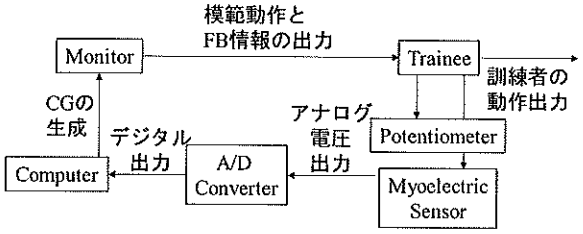


図 1　訓練装置の仕組み

この装置は 2 種類の訓練方法がある．第 1 の訓練方法は，ボディイメージの訓練である．ボディイメージのずれを補正するためには，イメージと実際の動作のずれを可視化することが重要であると考えた．-第 2 の訓練方法は，力み軽減の訓練である．力みを軽減するためには，動作中の拮抗筋の筋活動量を可視化し，筋活動の強弱を理解できることが重要であると考えた．具体的な訓練方法は 2.2 節に示した．2 種類の訓練方法による訓練前後で，ボディイメージの補正や力みの軽減を評価し，比較することで機能訓練の有効性の検討を行う．有効性の検討には，男子学生 4 名の非利き足の膝屈伸運動を対象とし，筋電 FB 群 2 名（被験者 A，B）と関節角度 FB 群 2 名（被験者 C，D）に分類して評価実験を行った．

2.2 実験手順

実験は，以下のように 3 段階に分けて行われた．

a)訓練前：訓練前のボディイメージと力みの評価を行う．この時，筋電 FB・関節角度 FB は与えない．0～90deg の範囲で周期 5sec の sin 関数による定常的な変位の膝の屈伸運動を模範動作として CG でモニタに提示する．模範動作を視覚的に確認しながら，自身の膝関節によって模範動作に追従し再現してもらう．この時，被験者には 2 周期に 1 回追従させることで，1 回追従する毎に 1 周期分休憩を取らせた．10 試行追従させた時の，模範動作と実際の動作の誤差角度と，拮抗筋の活動量(*Iant*)の大きさを検証することで，ボディイメージと力みの評価を行う．

b)訓練：訓練内容は FB 群によって異なる．

ｉ)関節角度 FB 群：図 2 左のようにイメージとしてコンピュータにおいて生成される膝関節の模範動作（周期 5sec）の CG を表示する．同時に被験者の膝関節に装着したポテンショメータの情報を基に，実際の下肢運動に対応する CG を関節角度の FB としてモニタに表示する．訓練中，被験者には，模範動作と実際の動作の CG をリアルタイムで視覚的に確認しながら，その角度のずれが最小限になるように膝関節の屈伸運動を行うように要求した．訓練では 20 試行追従させ，訓練前と同様に 1 回追従する毎に 1 周期分休憩を取らせた．

ⅱ)筋電 FB 群：大腿四頭筋とハムストリングスに筋電センサを貼り付ける．模範動作の屈伸運動のみを CG で提示しながら追従させた．膝の屈伸運動をする際に，伸展時にはハムストリングスが，屈曲時には大腿四頭筋が拮抗筋として活動する．この拮抗筋の最大筋活動量を図 2 右のようにモニタに FB し，実際の動作中にリアルタイムで確認しながら，活動量がなるべく小さくなるように要求した．このとき FB される値は A/D 変換器から出力されるデジタル値であり，0～5V のアナログ値が 0～1023 のデジタル値に変換される．訓練では 20 試行追従させ，訓練前と同様に 1 回追従する毎に 1 周期分休憩を取らせた．

c)訓練後：訓練後のボディイメージと力みの評価

を行う．即時的な訓練効果を検証するために，すべての被験者は訓練終了後，3min の休憩を取り，訓練前と同様の実験を行った．

図 2　左：関節角度 FB，右：筋電 FB のイメージ

3.実験結果及び考察

3.1 訓練前後のボディイメージの評価

被験者自身の膝の角度はサンプリング周期 1000Hz で計測を行った．模範動作と自身の下肢運動の 1 試行中の平均誤差角度（*Error*[deg]）によって評価する．*Error*[deg]は，

$$Error[\mathrm{deg}]=\mathrm{Ave}|Di(t)-Dt(t)|$$

$Di(t)$[deg]：模範動作の提示角度

$Dt(t)$[deg]：自身の膝の関節角度

と表現される．*Error*[deg]の全被験者の平均値を図 3 に示す．

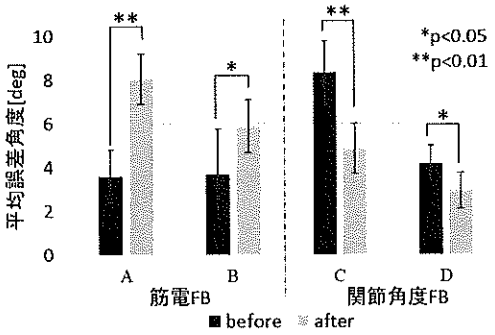


図 3　訓練前後の 1 試行中の平均誤差角度

筋電 FB 群（A，B）では，筋電 FB を伴った訓練後，1 試行中の *Error*[deg]が有意に増加し（A：$p<0.01$，B：$p<0.05$），ボディイメージが悪化したと考えられる．関節角度 FB 群（C，D）では，関節角度 FB を伴った訓練後，*Error*[deg]が有意に減少し（C：$p<0.01$，D：$p<0.05$），ボディイメージが補正されたと考えられる．筋電 FB 群で *Error*[deg]が増加した理由としては，訓練中に筋電 FB を見ながら，拮抗筋の減少を伴う膝の屈伸運動を行った結果，本来の筋活動と異なる運動となり，模範動作に対応，追従できなくなったと考えられる．

3.2 訓練前後の力みの評価

被験者の大腿 6 箇所（quadriceps femoris：3 箇所，hamstring muscles：3 箇所）の筋電位をサンプリング周期 1000Hz で計測を行い，平滑化（0.2sec）処理を行った．訓練前の 10 試行から 1 試行中の平均積分筋電図を求め．その平均積分値が 100 となるように筋電位の正規化を行った（以下，%EMG と示す）．そして，力みの評価には 1 試行中の *Iant*[-]で評価する．*Iant*[-]を以下の式により算出した．

$$Iant=\int_{t0}^{t1}\%EMG_{qua}(t)dt+\int_{t1}^{t2}\%EMG_{ham}(t)dt+\int_{t2}^{t3}\%EMG_{qua}(t)dt$$

t0～t1：運動開始からハムストリングスの方が大腿四頭筋より大きい区間
t1～t2：大腿四頭筋の方がハムストリングより大きい区間
t2～t3：ハムストリングスの方が大腿四頭筋より大きく運動終了までの区間

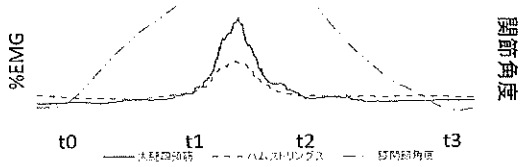


図 4　*Iant* の算出時の t0～t4 の例

Iant[-]の全被験者の平均値を以下の図に示す．

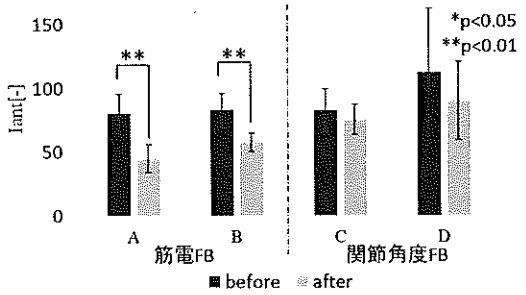


図 5　訓練前後の *Iant* の平均

筋電 FB 群（A,B）では，筋電 FB を伴った訓練後，1 試行中の *Iant*[-]が有意に減少し($p<0.01$)，力みが軽減できたことが考えられる．関節角度 FB 群（C,D）では，関節角度 FB を伴った訓練後に，1 試行中の *Iant*[-]の有意な減少は見られなかった（C:$p<0.4$，D:$p<0.4$）．以上の結果から，被験者は反復動作を行うことで，力みを軽減することができるが，筋電 FB を与えることで，FB される情報を用いてより効果的な力み軽減の訓練が行えることが示唆された．

4.まとめ

提案した 2 種類の機能訓練の中で，筋電 FB を伴った訓練は，力みを軽減させることができる可能性を示した．また，関節角度 FB を伴った訓練は，ボディイメージの補正が行える可能性を示した．以上の結果から，被験者は FB される情報を用いて，自身の動きを効果的に補正していたと考えられる．

5. 参考文献

1)三輪晶子・秦温信：高齢者のボディイメージと評価方法の検討，日本医療マネジメント学会雑誌, v9(3), p472-p475, 2008

2)辻下守弘：リハビリテーション医療現場におけうBFの応用について，バイオフィードバック研究，v2(36)，p173-p177，2009

【連絡先】

浦崎　拡幸

e-mail:urasaki-hiroyuki-zb@ynu.jp

B1-3

座位・立位可変作業方式の有効性に関する実験的研究

—長時間作業における生理的負担の男女比較—

○下川英亮*，阿久津正大*(玉川大学工学部)

Experimental Study on Effects while Working in Adjustable Sit-stand Worktable
—Sex Differences in Physiological Reactions during Long Hours Work with Sit-stand Worktable —

Hideaki SHIMOKAWA*,Masahiro AKUTSU *
(* College of Engineering,Tamagawa University)

1.はじめに

90 年代に入り，持続的な座位姿勢による運動疾患や有訴軽減に対する予防策として，座位・立位選択可能な作業方式の研究が行なわれるようになった．北欧等では座位・立位可変机がオフィス作業現場で実践導入されている.近年,国内でも徐々に導入されてきている.

座位・立位可変作業方式の有効性を実証する研究結果が蓄積されてきている.しかし,座位・立位可変作業方式で長時間作業を行なった検討例は少ない.

本研究では，長時間作業における座位・立位可変作業方式の作業特性と有効性について研究している。既報[1]では,座位・立位可変机を用いた 1 日 8 時間の作業実験を行い，座位・立位可変作業方式における座位と立位の可変状況，および座位・立位可変作業方式が作業パフォーマンス,生理的負担,心理的負担において座位作業方式より有効であることを明らかにしている.さらに，座位・立位可変作業方式の有効性について男女差の視点から検討し,座位・立位可変作業方式では長時間作業を行っても男女ともに高い作業パフォーマンスを継続できることを明らかにしている[2].

既報に続いて本報では,座位・立位可変作業方式と座位作業方式で長時間作業を行わせ,その際の生理的負担を 2 つの作業方式および男女で比較することにより,男女差の有無とともに座位・立可変作業方式の有効性を検討する.

2. 実験

実験では，被験者に座位・立位可変作業方式（椅座位,立位を自由に変更できる作業姿勢，“可変姿勢”と略），座位作業方式（オフィスで通常用いられている椅座位姿勢，“座位姿勢”と略）で Excel による一桁の計算作業を 8 時間課した．計算結果をテンキーで入力し，Enter キーで次問題へ進ませる作業であった.

1 日における作業－休憩の時間編成は，8：30～10：30（作業期 AM1），10 分休憩，10：40～12：40（AM2）,60分昼食休憩，13：40～15：40（PM1），10分休憩，15：50～17：50（PM2）とした．各 2 時間の作業中に 30 分ごとに自覚症しらべ等の測定を兼ねて 1～2 分の小休憩を設けた.

被験者には「長時間継続できる作業ペースで，できるだけ正確に多く計算作業を行うこと．可変条件のときは，机面昇降機能を最大限に活用し作業を行うこと」を教示した．被験者には実験の参加報酬として時給 888～950 円を支払った.

被験者は健康な大学生 16 名(男子 8 名，女子 8 名であった．男性群は年齢 21.6±0.9 歳,身長 1716±68.6mm,体重 63.8±12.6kg,女性群は,年齢 21.0±0.9 歳,身長 1604±37.8mm,体重 51.6±4.6kg であった.前日の睡眠時間など，生活面の条件統制を行った．平均睡眠時間は6時間42分±24.6分であり，男性群が 6 時間 35 分±21.0 分,女性群が 6 時間 42 分±24.6 分であった.

実験で使用した什器は，座位・立位可変机（Edsbyn 製 Sit&Stand デスク，電動で机面高を 70～120cm 無段階に可変），オフィスチェア(武藤工業製)，PC(DELL 製 Vostro Desktops)であった.

作業パフォーマンスの指標として正解数，不正解率，生理的負担の指標として心拍数，筋電図(右足ヒラメ筋)，左足脹脛部位のインピーダンス(IP)，CFF 値，心理的負担の指標として自覚症しらべ(日本産業衛生学会産業疲労研究会撰:新版「自覚症しらべ」)，身体疲労部位しらべ(産業疲労研究会撰:「疲労部位しらべ」)，「作業姿勢としての好ましさ」等の主観評価を取り上げた．自覚症しらべ，身体疲労部位しらべは作業前，作業中 30 分ごとに測定した．CFF 値は作業前，作業中 60 分ごとに測定した．可変姿勢実験では，同一姿勢連続作業時間を計測するとともに姿勢変更理由を問診した.

可変姿勢/座位姿勢の 2 条件，可変姿勢実験における作業開始姿勢:座位から開始/立位から開始の 2 条件をカウンターバランスするよう，16 名の被験者を実験 1 日目，2 日目に割付けた．全実験数は姿勢 2 条件×被験者 16 名の計 32 実験であった．実験室内の平均温度は 24℃，湿度は 62%であった.

3.結果および考察

心拍数と脹脛部位の IP の結果のみ示す.

(1)心拍数

図 1 に 1 日および各作業期における作業姿勢別,男女別の平均心拍数を示す.1 日 8 時間におよぶ平均心拍数について,作業姿勢,性差を要因にとり二

元配置分散分析を行った．その結果，作業姿勢に有意差($p<0.05$)が認められたが，性差に認められなかった．また，各作業期の平均心拍数について，作業姿勢，作業期，性差を要因にとり三元配置分散分析を行った結果，作業姿勢($p<0.01$)と作業期($p<0.01$)に有意差が認められた．しかし，性差に有意差は認められなかった．

1 日における平均心拍数は，男女とも可変姿勢で座位姿勢よりも高くなった．各作業期においても，平均心拍数は男女とも可変姿勢で座位姿勢よりも高くなり，作業期によって変動した．とくに可変姿勢の作業期 PM1 で高値になった．

以上から，平均心拍数は男女とも可変姿勢で座位姿勢に比べて高くなることがわかった．立位では自律神経系の働きで血管の収縮および心拍数を高めることによって，上半身に血液を送る．これにより，立位をともなう可変姿勢で心拍数が高くなる．

可変姿勢の作業期 PM1 で心拍数が高値になる原因は，眠気を抑えるために立位の頻度が多くなるためであると考えられる．男女とも可変姿勢で高い心拍数が示されたが，適度な負担の範囲内であった．

(2)脹脛部位のインピーダンス

図 2 に 1 日および各作業期における作業姿勢別，男女別の脹脛部位平均 IP を示す．1 日 8 時間におよぶ平均 IP について，作業姿勢，性差を要因にとり二元配置分散分析を行った結果，性差に有意差($p<0.05$)が認められた．しかし，作業姿勢に有意差は認められなかった．また，各作業期の平均 IP について，作業姿勢，作業期，性差を要因にとり三元配置分散分析を行った結果，性差に有意差($p<0.05$)が認められたものの，作業姿勢，作業期に認められなかった．

1 日および各作業期における平均 IP は，女性群が男性群に比べて可変姿勢、座位姿勢ともに高かった．作業姿勢の要因に有意差は認められなかったが，平均 IP は男女とも可変姿勢で座位姿勢より高くなる傾向がみられた．

被験者ごとに 1 日および各作業期における可変姿勢時と座位姿勢時の平均 IP を比較した結果，可変姿勢時に高くなる人が過半数みられた．その人数は男女でほぼ同数であった(表 1 参照)．脹脛部位 IP が大きいことは，電流が流れにくいことを意味し，脹脛部位の水分量が少ない状態を示す．

以上のことから，可変姿勢は男女にかかわらず長時間作業でもむくみを軽減する効果が示唆された．

4. まとめ

本研究の結果はつぎのようにまとめられる．

1) 可変姿勢では男女とも，心拍数が座位姿勢に比べて適度に高くなり，身体活動エネルギーを適度に消費できる点において有効である．
2) 可変姿勢では男女にかかわらず，長時間作業において下肢のむくみを軽減する効果が示唆される．

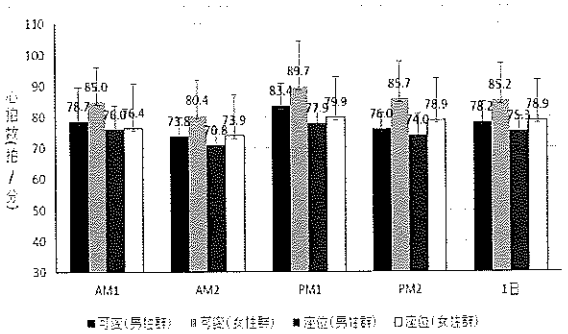


図 1　1 日および各作業期における作業姿勢別男女別の平均心拍数

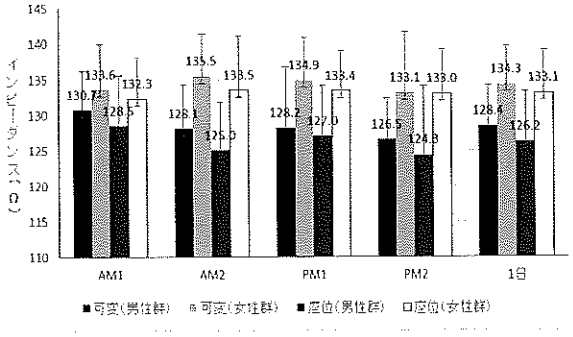


図 2　1 日および各作業期における作業姿勢別男女別の脹脛部位平均 IP

表 1　脹脛部位平均 IP の作業姿勢間比較結果

作業期/1 日	脹脛部位平均 IP の作業姿勢間比較		
	可変＞座位 (人)	可変＝座位 (人)	可変＜座位 (人)
AM1	9(5/4)	3(1/2)	4(2/2)
AM2	7(3/4)	5(4/1)	4(1/3)
PM1	9(5/4)	2(1/1)	5(2/3)
PM2	8(4/4)	4(2/2)	4(2/2)
1 日	8(4/4)	6(3/3)	2(1/1)

( )内の数値は男性人数/女性人数

参考文献

1) 塙悠希，河野春奈，畑山沙菜，見元梨奈，阿久津正大：座位・立位可変型作業の有効性に関する実験的研究―長時間作業における座位・立位の作業状況と作業パフォーマンスからみた有効性について―，日本人間工学会関東支部第 45 回大会講演集，p66～p67，2015.
2) 河合大悟，阿久津正大：座位・立位可変作業方式の有効性に関する実験的研究―長時間作業における座位・立位の作業状況と作業パフォーマンスの男女比較―，日本人間工学会関東支部第 47 回大会講演集，p72～p73，2017.

[連絡先]
阿久津 正大
e-mail:akutsu@eng.tamagawa.ac.jp

ベッド上で使用可能な臀部洗浄装置の洗浄性能向上に関する研究

○村田拓也*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学大学院工学府，**横浜国立大学大学院工学研究院

Study on improvement of cleaning performance of buttock washing device used on a bed

Takuya MURATA*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

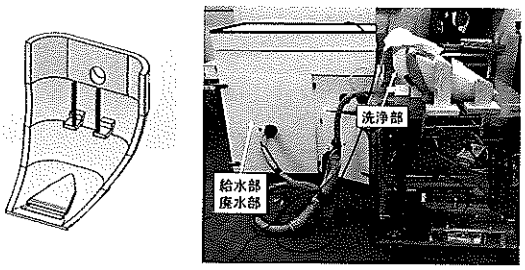
1. はじめに

1.1 研究背景

日本では，介護者の数に対する寝たきりの要介護者の数が増加傾向であり，介護現場での介護者の負担は大きくなっている．また，被介護者の身体をシャワーで洗浄する機会は介護施設では週に2, 3回，在宅介護では週に1回と少ない．しかし，臀部の洗浄は毎日行う必要があり，週に数回という頻度は適切ではない．そのため，ベッド上で臀部を容易に洗浄することができれば，肛門付近を清潔に保つことができ，さらには介護者の負担軽減にもつながると考えられる．この背景から，ベッド上でも使用できるように水漏れをしない設計を施した臀部洗浄装置を開発したが，水漏れをしないことに重点を置いて設計したため，洗浄性能に向上の余地があった．そこで本研究では，その臀部洗浄装置の洗浄性能の向上を目的とする．

1.2 先行研究

ベッド上で臀部の洗浄を可能にするために，水漏れをしないような臀部洗浄装置を開発した．なお，臀部洗浄装置において，臀部と接する部品を洗浄ヘッドと呼ぶこととする．



(a)洗浄ヘッドの3DCAD図　(b)洗浄装置全体図

図1 既存の臀部洗浄装置

図1は開発した臀部洗浄装置である．この洗浄装置を用いたとき，肛門を中心とした縦70 mm，横50 mmの長方形の範囲に均一に塗った1 gの水彩絵具を，1分間で92.5 %の範囲の面積を洗浄することができた．

2. 実験方法

2.1 実験概要

介護者の意見をもとに，洗浄時間を20秒以内，洗浄範囲を，肛門を中心に縦130 mm，横130 mmとした．これによって，先行研究よりも洗浄時間の短縮，洗浄範囲の拡大を図った．

本研究では，水を噴出する穴(以後，水噴出口と呼ぶ)を直径1 mmの穴とするとき，その穴1つから一定時間噴出される水で洗浄できる範囲をまず測定した．そして，その範囲と洗浄したい範囲から水噴出口がいくつ必要かを求め，その条件を臀部洗浄ヘッドに組み込むことにした．

2.2 実験方法

実際の臀部を用いて実験を行うことはできないので，先行研究では臀部モデルを用いて実験を行っていたが，臀部モデルも1名の20代男性の臀部を型取りして作製したものなので再現性が低い．そこで，ターゲットとして直径50 mmの円を描いたアクリル板を臀部と見立てて洗浄実験を行った．その際，水噴射速度を4.5 m/s，水噴出口とターゲットの中心までの距離を40 mmとした．水噴出口は，外径8 mm，厚さ1 mmの真鍮パイプの側面にあけた穴だが，その真鍮パイプを給水管と呼ぶとき，給水管とアクリル板の設置の模式図を図2に示した．

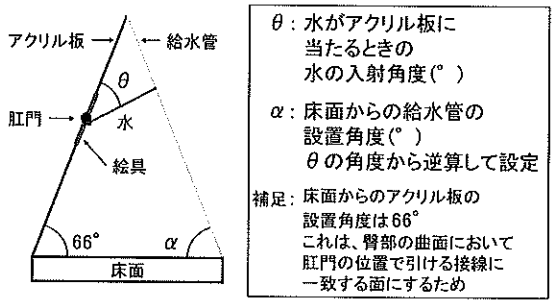


図2 アクリル板と給水管の設置の模式図

なお，図2の水の入射角度θと給水管の設置角度αの関係について，以下の表1に示した．

表1 水の入射角度の関係と給水管の設置角度

θ (°)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
α (°)	34.6	44.8	54.9	65.0	75.1	85.1	95.1	105.1	115.0

10秒間洗浄したあと洗浄範囲幅を測定する実験を，上記の9つの水の入射角度についてそれぞれ5回ずつ行った．なお，洗浄範囲幅とは，水が当た

ったところを中心に広がっている横方向の洗浄範囲のことを指し，図 3 における黒線の円の中の矢印の長さにあたる．

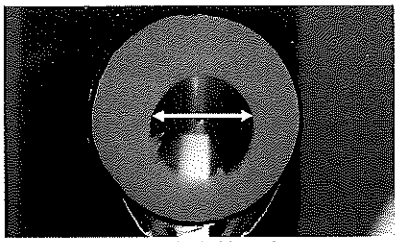


図 3 洗浄範囲幅

3. 実験結果

3.1 水の入射角度と洗浄範囲幅の関係

水の入射角度を変えたときに，洗浄範囲幅がどのように変わるかを測定した．その結果を図 4 に示した．

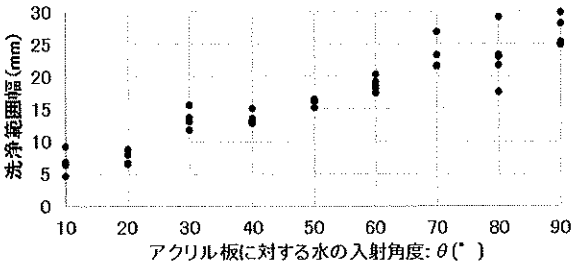


図 4 10 秒間洗浄したときのアクリル板に対する水の入射角度と洗浄範囲幅の関係

図 4 より，水の入射角度が大きくなると洗浄範囲幅が大きくなることが分かった．

3.2 時間変化による洗浄範囲幅の変化

入射角度 50°，60°，70 °，80°，90°について，時間変化による洗浄範囲幅の変化も確認するために，15 秒間洗浄し，洗浄範囲幅を毎秒測定する実験をそれぞれ5回ずつ行った．なお，入射角度10°，20°，30°，40°については，水が絵具に当たったときに，絵具を流す方向の力が絵具を浮かす方向の力よりも大きくなるため試行しなかった．また，3.1 のときは水噴射速度を 4.5 m/s にしていたが，介護者の意見から，この実験では水噴射速度を 3.6 m/s とした．さらに，アクリル板の設置角度も 66°から 60°に変更した．給水管とターゲットの中心までの距離は 40 mm のままとした．このとき，図 2 における給水管の設置角度 α が表 1 とは異なるので，水噴射速度 3.6 m/s のときの水の入射角度 θ と給水管の設置角度 α の関係について表 2 に示した．

表 2 水噴射速度 3.6 m/s のときの給水管の設置角度

θ (°)	50	60	70	80	90
α (°)	81.7	91.7	101.7	111.6	121.5

このときの実験結果を図 5 に示した．

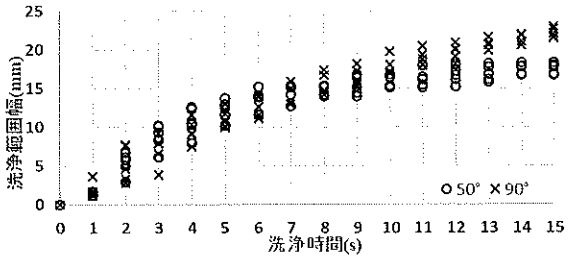


図 5 時間変化による洗浄範囲幅の変化

図 5 では水の入射角度 50° と 90° の結果を載せたが，全体の傾向は 3.1 の結果と同様であり，水の入射角度が 90°のとき，洗浄時間 15 秒で洗浄範囲幅は 21.5 mm 以上となった．

3.3 必要な水噴出口の数

この結果から，実際に洗浄したい臀部の範囲である縦 130 mm，横 130 mm の長方形の範囲を洗浄するためには，水噴射速度 3.6 m/s，水噴出口とターゲットの中心までの距離 40 mm，給水管の設置角度 121.5°(図 2 参照)のとき，水噴出口が 81 個必要だと分かった．このとき水噴出口間の距離は，縦方向，横方向ともに 15 mm とした．

4. まとめ

本研究では，直径 1 mm の穴(水噴出口)を持つ給水管を，ターゲットから 40 mm，水平面から 121.5°(図 2 参照)の位置に設置し，水噴出口を縦方向，横方向ともに 15 mm の間隔で 9 個ずつ，計 81 個用意し，各水噴出口から 3.6 m/s の水噴射速度で出る水で 15 秒間洗浄することで，洗浄したい範囲である縦 130 mm，横 130 mm の範囲を洗浄できる臀部洗浄装置を設計できることを示唆した．

5. 今後の課題

まとめで述べた条件では，1 度の洗浄で 3 L の水を使うことになるため，使用する水量の減少や設計をより容易にすることを目的として，必要な水噴出口の個数を減らす取り組みを行う予定である．

また，実際の臀部は曲面が多いため，水噴出口とターゲットの距離が変わったり，水の入射角度が変わったりする考慮も必要となる．そのため，上記の設計で作製した洗浄ヘッドと臀部モデルを用いて洗浄実験を行うことで，ベッド上で使用可能な臀部洗浄装置としての有用性をより高めることができると考えている．

6. 参考文献

1)公開特許方法(A)特許出願公開番号 2010-273945
2)佐藤裕和 他：「温水用身体洗浄装置の開発」日本人間工学会関東支部第 45 回大会講演論文集 pp.28-29

[連絡先]
村田　拓也
e-mail：murata-takuya-gc@ynu.jp

B4-1

リュックサックの背負い位置の違いが歩行時の筋活動量に与える影響

○露崎健太*, 三澤哲夫**
*千葉工業大学大学院工学研究科デザイン科学専攻, **千葉工業大学創造工学部デザイン科学科

Effect of backpack position on muscle activity during walking

Kenta TSUYUZAKI*, Tetsuo MISAWA**
*Department of Design Science, Graduate School of Engineering, Chiba Institute of Technology,
**Department of Design Science, Faculty of Creative Engineering, Chiba Institute of Technology

1. はじめに

高校生や大学生などのリュックサック使用者には,肩紐を伸ばした状態で腰部や臀部付近の低い位置でリュックサックを背負っているものもいる.インターネット等でリュックサックの正しい背負い方を調べると,肩紐を調整し,高い位置で背負うことが良いとされている.しかしこの背負い方の多くは登山用のリュックサックのような大容量のものを対象にしており,デイパックと呼ばれるような普段街中等で使用することを目的としているリュックサックに関して明確に記述しているものはない.

その中で,リュックサックを低い位置で背負うことは,ファッションなどの見た目の要因の他に,身体への何かしらの影響が関わっているのではないかと考え,その中の 1 つの要因として筋活動量への影響を計測し、比較検討することを目的とした.

2. アンケート調査

2-1. 目的

リュックサックを背負い歩行を行う際の筋活動量を計測するにあたり,背中に接する面に固い物が入っているのか柔らかい物が入っているかで想定する使用状況とリュックサックが異なった動きをしてしまうことが考えられる.歩行中に通常使用時以上にリュックサックが左右に揺れてしまうことや,また逆に背中にフィットしすぎることで通常通りの歩行が行えないことが考えられる.そのため,普段リュックサックにどのように荷物を入れているか,アンケート調査を行った.

2-2. 結果

アンケートは大学生 37 名から回答を得た.このうち 30 名がリュックサック内の背面に最も近い位置にノート PC またはタブレットを入れており,81%の学生が背中に固い物が触れていることがわかった.その他の学生であっても本やノート,ファイルなどの体にフィットしにくい物が背面に最も近い位置に入れられていることがわかった.

3. 実験

3-1. 方法

一定重量の重りを入れた市販されているリュックサックを被験者に背負わせ,室内の平坦路を直線で 16m 歩行した際の筋活動量を計測した.

筋活動量の計測部位は腹直筋,傍脊柱筋,大腿直筋,ヒラメ筋の 4 ヶ所に左右とも,計 8 ヶ所とした.

実験条件は武山らの調査[1]から,日本人の平均体重より被験者の体重に対して,5%,7.5%,10%の 3 条件を重量条件とし, 背負い位置条件は山田らの調査結果[2]をもとにリュックサックの上端が第 2 胸椎の位置になるように肩紐を調整し高い位置で背負うことを想定した位置(以下 S 条件)とリュックサックの上端が第 8 胸椎の位置になるように肩紐を調整し低い位置で背負うことを想定した位置(以下 L 条件)の 2 条件(図 1)とし,計 6 条件で行った.

重量の調整はチャック袋に砂を入れたものを用いた.この際,アンケートの結果よりリュックサックの中で背中に最も近い位置に入れられているノートパソコンなどの固い物の当たり心地をプラスチックケース内に砂袋を入れることで再現した.

歩行する 16m の平坦路の前後 4m ずつを除いた中央部の 8m 内での 3 歩行周期分を分析対象とした.1 歩行周期(図 2)は,利き足の踵が地面に着地した瞬間から,もう一度同じ側の足の踵が地面に着地する瞬間までとした.

被験者は年齢 22.5±0.7 歳,身長 168.6±5.6cm,体重 63.2±13.0kg の腰部に疾患のない健康な男子大学生 8 名を対象とした.被験者本人が普段と同様の速度で歩行できるように計測前に歩行練習を行った後,計測を行った.歩行を行う順番はランダムになるようにし,各条件間で十分な休憩を設けた.

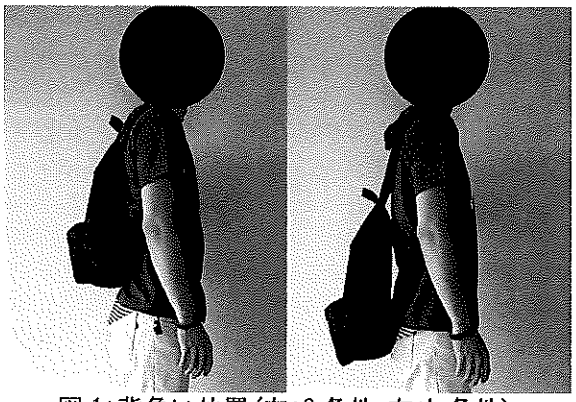


図 1:背負い位置(左:S 条件,右:L 条件)

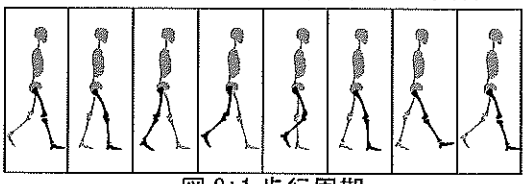


図 2:1 歩行周期

3-2. 結果

3-2-1. 筋活動量

計測した 8 名分のデータのうち, 明らかなエラーを含んでいた 2 名のデータを除いた 6 名分を用いてデータの解析を行った. 8 ヶ所全ての計測部位の全ての条件で有意な差は見られなかったが, S 条件に比べ L 条件の方が筋活動量の値が小さくなる傾向が示された(図 3〜図 6).

3-2-2. 歩行周期

1 歩行周期に要した時間では 重量・背負い位置での交互作用と, 背負い位置の主効果では有意な差は見られなかったが(図 7), 重量の主効果は有意($p<0.01$)であった. 重量条件について多重比較を行った結果, 5%と 10%の重量条件間で有意な差($p<0.05$)が見られた.

3-3. 考察

リュックサックを低い位置で背負うことにより臀部に接触し歩行動作の妨げになることが考えられたが, 有意な差は見られなかったことから, 背負う位置の違いが 1 歩行周期に要する時間に与える影響は少ないと考えられる.

また歩行時の筋活動量は低い位置でリュックサックを背負うことで, どの計測部位でも重量に関係なく小さくなる傾向があり, 筋活動量の視点から見た場合, リュックサックを低い位置で背負うことに問題はないと示唆されるであろう. これにより, 一般的に言われている「高い位置で背負った方が良い」ということは, デイパックのようなリュックサックでは当てはまらない場合も考えられる.

本研究での歩行時間は短く, リュックサックの長時間使用における疲労等については調べられていない. また歩行姿勢などへの影響や, リュックサックを日常的に使用する際に想定される動作として, 背負う動作や降ろす動作, 荷物を出し入れする動作についての検討も今後の課題である.

4. 結論

i. リュックサックを背負う位置の違いによる 1 歩行周期に要する時間に有意な差は見られなかった.

ii. 1 歩行周期に要する時間において重量の主効果に有意な差が見られ, 5%と 10%間で有意であった.

iii. リュックサックの背負い位置の違いによる歩行時の筋使用量に有意な差はなかった.

5. 文献

1)武山智子・金井章・塚本歩美・島尚哉：アンケートによる大学生の鞄の使用状況調査, バイオフィリア リハビリテーション学会研究大会予稿集 ,p33, 2010

2)山田由佳子・林広人：リュックサックの背負い位置が使用感に与える影響, 生活文化研究 / 大阪教育大学家政学研究会 編, vol.53,p.39-48,2015

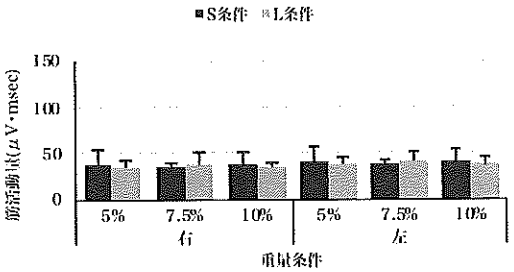


図 3:腹直筋の筋活動量

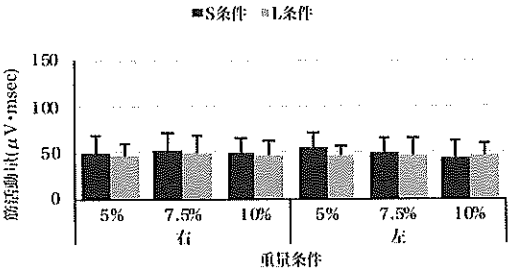


図 4:傍脊柱筋の筋活動量

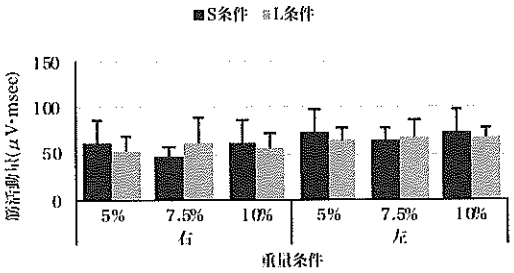


図 5:大腿直筋の筋活動量

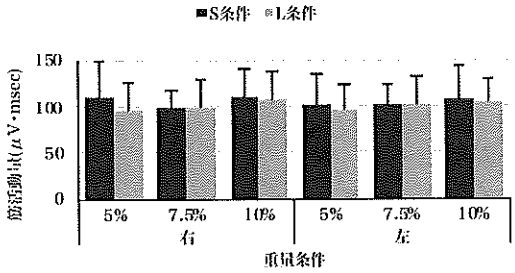


図 6:ヒラメ筋の筋活動量

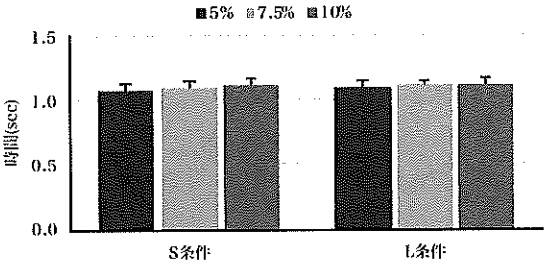


図 7: 1 歩行周期に要した時間

[連絡先]
露崎健太
e-mail：tsuyuken620@gmail.com

B4-2

取り置き作業対象物の初期姿勢による身体負担変化の生体力学的評価

○倉元昭季*，平内和樹**，瀬尾明彦*
*首都大学東京システムデザイン学部，**首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Biomechanical evaluation of physical load change caused by initial pose of work objects in manual handling tasks

Akisue KURAMOTO*, Kazuki HIRANAI**, Akihiko SEO*
* Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University
** Graduate school of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

熟練作業や多品種少量生産の現場など，機械やAI による自動化のコストが高い場面では人間による手作業の重要性が高い．このような場面で製品の生産能率と品質を高い水準で保つには，作業性が高い(身体負担が少ない)作業環境の設計が重要である．作業環境の作業性に影響する項目の一つとしては作業対象物の配置が挙げられるが，生体力学的な最適性に関する議論は充分でない．そこで本研究では，作業対象物の初期姿勢が異なる荷物取り置き作業について，特に初期動作を，関節の動作開始順や準備姿勢からの関節角変化量，関節トルク比等を考慮し生体力学的に評価する．

2. 姿勢および身体負担の評価

2.1 関節の動作開始順

荷物取り置き動作の初期動作方向の評価にあたり，まず肩，肘，手首の関節の動作開始順に着目する．i番目およびi+1番目の体節の基準座標系に対するクォータニオンをそれぞれ $\boldsymbol{q}_i, \boldsymbol{q}_{i+1}$ とすると，i番目の体節に対するi+1番目の体節の方向，即ちi番目の関節(以下$\boldsymbol{Jnt}_i$)のクォータニオン ${}^i\boldsymbol{q}_{i+1}$は以下の通りである．

$$ {}^i\boldsymbol{q}_{i+1} = \boldsymbol{q}_{i+1} \otimes \boldsymbol{q}_i^* \tag{1} $$

なお $\boldsymbol{q}_i^*$は $\boldsymbol{q}_i$ の共役クォータニオンである．${}^i\boldsymbol{q}_{i+1}$の角速度ベクトル ${}^i\boldsymbol{\omega}_{i+1} = [\ {}^i\varphi_{i+1} \quad {}^i\theta_{i+1} \quad {}^i\psi_{i+1}]^T$を用い，${}^i\boldsymbol{q}_{i+1}$の速度 ${}^i\dot{\boldsymbol{q}}_{i+1}$ は以下のようになる[1]．

$$ \Omega = \begin{pmatrix} 0 & {}^i\psi_{i+1} & -{}^i\theta_{i+1} & {}^i\varphi_{i+1} \\ -{}^i\psi_{i+1} & 0 & {}^i\varphi_{i+1} & {}^i\theta_{i+1} \\ {}^i\theta_{i+1} & -{}^i\varphi_{i+1} & 0 & {}^i\psi_{i+1} \\ -{}^i\varphi_{i+1} & -{}^i\theta_{i+1} & -{}^i\psi_{i+1} & 0 \end{pmatrix} \tag{2} $$

$$ {}^i\dot{\boldsymbol{q}}_{i+1} = \Omega\ {}^i\boldsymbol{q}_{i+1} \tag{3} $$

式(3)から得られる ${}^i\dot{\boldsymbol{q}}_{i+1}$の$L^2$ノルム$\|\ {}^i\dot{\boldsymbol{q}}_{i+1}\|_2$が，関節の変化速度の大きさを示す．荷物取り置き動作における各関節の$\|\ {}^i\dot{\boldsymbol{q}}_{i+1}\|_2$の変化や立ち上がり順が，初期動作における各関節の重要性を表現すると予想されるため，以下で述べる身体負担の評価にあたり参考として用いる．

2.2 身体負担と姿勢のシミュレーション

次に各関節角が変化した時の身体負担を評価する．これにはコンピュータ上に構築された仮想の作業環境とデジタルヒューマンモデル(Digital Human Model，以下 DHM，Fig. 1)を用いる．DHMの生体力学モデル解析機能，および手先位置から姿勢を逆運動学(Inverse Kinematics, IK)的に推定する機能を用い，作業に伴う身体負荷の数値シミュレーションを行う．実測された作業動作開始直前の姿勢(以下，準備姿勢)を基準として，手先位置の移動先を複数設定して姿勢探索を行い，各移動先における推定姿勢での関節トルク比を推定する．

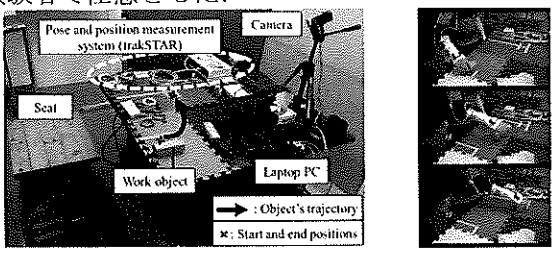
初期動作の評価にあたり，今回は前節の結果より選択された$\boldsymbol{Jnt}_i$の関節トルク比の変化を指標とする．これは既存の手先動作軌道の計算モデルのうち，筋骨格系のダイナミクスを考慮したモデルの一つであるトルク変化最小モデル[2]を参考として選択した．以下，手先位置に応じた推定姿勢jにおける関節トルク比の，初期姿勢における関節トルク比からの変化を$\Delta\boldsymbol{T}_{j,i}$とする．実際の初期動作に支配的な関節$\boldsymbol{Jnt}_i$について$\Delta\boldsymbol{T}_{j,i}$の分布を計算し，実際の初期動作との関係性を考察する．

Figure 1. Digital Human Model

3. 姿勢測定試験

試験環境を Fig. 2(a)に示す．男子学生 5 名(身長 171.5 ± 1.8 cm，体重64.6 ± 1.9 kg)を被験者とし，Fig. 2(b)のように座位姿勢での荷物取り置き作業における 4 体節(体幹，上腕，前腕，手根)の姿勢と位置を測定した．各体節の姿勢と手根位置は磁気式 3 次元位置・方位測定システム(trakSTAR, Ascenssion Technology Corporation)を用いて測定した．作業物の初期位置及び移動先は試験を通して一定とした．試験条件は作業物の重さ 2 種類(51 g，1051 g. 市販の中空容器 (147 mm × 55 mm × 62 mm の直方体，51 g) の内部の 1.0 kg のバラストの有無で設定)，ならびに作業対象物の初期姿勢 4 種類($\theta = 0°, 45°, 90°, 135°$)の組み合わせの計 8 条件を設定した．試験作業は，[自然姿勢(基本的肢位): 3

秒－準備: 3 秒－作業動作: 3 秒－静止: 3 秒－初期姿勢へ戻る動作: 3 秒] からなる 15 秒を 1 試行とし，一つの条件を 5 試行連続で実施した．作業物初期姿勢の各条件はランダムに提示し，作業速度は各被験者で任意とした．



(a) systems　　(b) test scene

Figure 2. Overview of the experiments

4. 結果と考察

4.1 関節の動作開始順

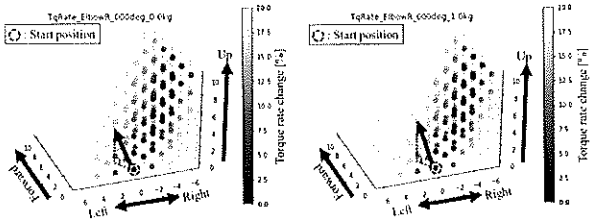
Fig. 3 に$\| {}^{t}\dot{q}_{t+1} \|_2$の履歴の例を示す．全ての条件で共通して，肘関節角度の変化が早期に生じたことがわかる．この傾向は全ての被験者の全ての条件でほぼ共通していた．そこで以降，肘関節トルク比変化$\Delta T_{j,elbow}$に着目して議論を行う．なお，θによって動作全体で支配的な関節が異なる傾向(小さいθでは肘関節が，大きなθでは肩関節や手関節の角度変化が相対的に支配的)も確認された．

4.2 肘関節のトルク比変化の分布

Fig. 4 に$\Delta T_{j,elbow}$の分布および手先軌道の実際の動作方向の例を示す．手先位置の実際の移動先とは異なり，やや斜め右上方向に手先が移動した際の推定姿勢で肘関節トルク比変化が小さくなる傾向がみられた．また，作業対象物が軽い場合の方が，$\Delta T_{j,elbow}$のばらつきが大きい傾向も見られた．

4.3 考察

Fig. 3 より明らかに，作業動作全体で支配的な動作を行う関節が，作業対象物の初期姿勢に応じて異なることが見て取れる．ただし初期動作に関し



(a) 0 kg, 0 deg　　(b) 1 kg, 0 deg

Figure 4. Examples of simulation results of $\Delta T_{j,elbow}$ distribution

ては共通して肘が支配的だと示唆された．これは取り置き作業の初期動作において，移動の自由度を得るために荷物を持ち上げる大きな動作が最も重要なためと考えられる．実際に肘関節は肩関節と比較して，姿勢探索範囲内での関節トルク比変化が上方向に広い範囲で小さかった．これが理由で，作業の初期動作開始時のメインの関節として肘が選択された可能性があると考えられる．

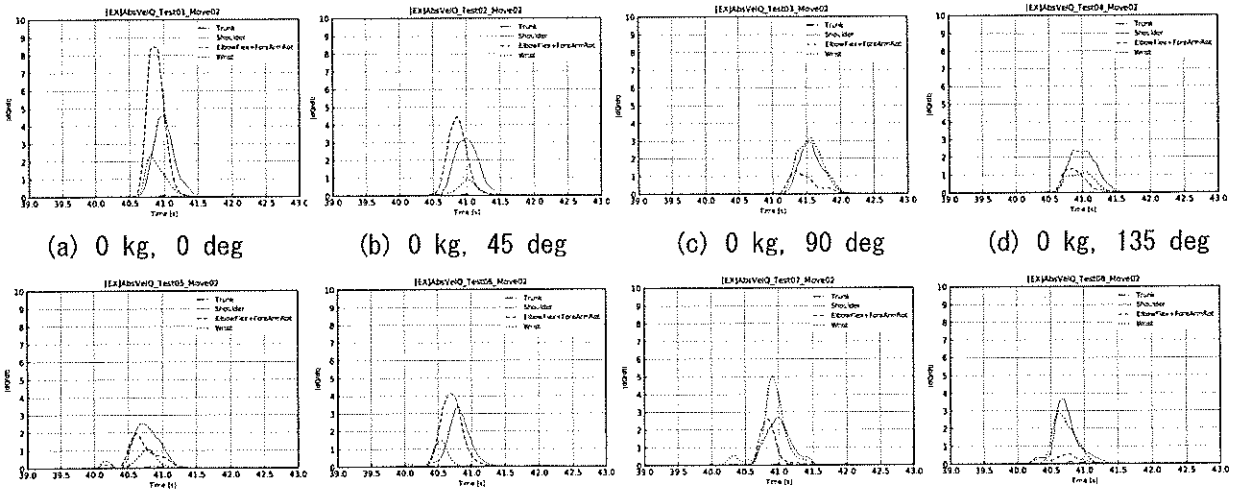
5. 結論

取り置き作業対象物の初期動作における身体負担変化を生体力学的に考察した．作業対象物の初期姿勢に応じて動作中に支配的な関節が異なること，初期動作に支配的な関節は関節トルク比変化が小さい領域の分布の広さで選択されることが示唆された．

6. 文献

1) James R. Wertz ed. (1978): Spacecraft attitude determination and control, Astrophysics and Space Science Library, Vol 73, D. Reidel Publishing Company, 510-512p.
2) Uno, Y., Kawato, M., Suzuki, R.: "Formation and control of optimal trajectory in human multijoint arm movement – minimum torque-change model", *Biological Cybernetics*, **61**, pp. 89-101, 1989

[連絡先]
倉元　昭季 (e-mail : kuramoto.a.aa@tmu.ac.jp)



(a) 0 kg, 0 deg　(b) 0 kg, 45 deg　(c) 0 kg, 90 deg　(d) 0 kg, 135 deg

(e) 1 kg, 0 deg　(f) 1 kg, 45 deg　(g) 1 kg, 90 deg　(h) 1 kg, 135 deg

Figure 3. Time history of $\| {}^{t}\dot{q}_{t+1} \|_2$

B4-3

筋電図を用いた運転中の覚醒度低下検出法の検討

○渡邉みちる*，下村義弘**，大西太一郎***
*千葉大学大学院融合理工学府，**千葉大学大学院工学研究院，
***株式会社ピー・アール・エム
○Michiru WATANABE*, Yoshihiro SHIMOMURA**, Taichiro ONISHI***
* Division of Design, Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, **Division of Design Science, Graduate School of Engineering, Chiba University, ***PRM Inc.

1.背景

1.1 はじめに

高速道路本線での最大の事故原因である前方不注視は死亡事故の約4割を占めており[1]、その大きな要因の1つは居眠り運転だと考えられている。米国では大型車事故の41%、乗用車事故の46%が、ドイツでは高速道路事故の25%が居眠りや不注意によるものであるとの報告もある。以上のことから、車を運転している際の眠気は交通事故の主な原因の1つであることが示唆される。

眠気による事故を減らし、より安全な運転環境を実現するために眠気を判定、検出するための様々なシステムや手法が検討されている。

1.2 眠気検出に用いられる測定手法と指標

眠気検出に用いる手法には様々なものがあり、それぞれの手法には利点とデメリットがある[2]。以下にそれぞれの方法について概観して述べる。

1.2.1 車両測定

車両部品にセンサを配置し、ステアリングホイールの動きや車両位置の変位などを測定する手法。

道路環境の影響や個人差が大きく、眠気を直接表す指標ではないため、精度の高い検出のためには別の測定指標と合わせて使用する必要がある[3]。

1.2.2 行動測定

連続的な瞬き、頻繁なあくびなど、眠気に伴う様々な顔の表現や行動を観察することで運転者の眠気レベルを判定する測定法である。研究の多くは運転者の瞬き、特にPERCLOS（閉眼時間の割合 - Percentage of eye closure）に焦点を当てている。

PERCLOSの測定については信頼性があり[4]、実製品で取り入れているものもある。しかし車両や道路環境、外見の個人差が眠気の判定の結果に影響を及ぼす可能性がある点や安定した画像認識性能技術を得る必要がある点などが課題となっている。

1.2.3 生理指標測定

生理学的信号は眠気の初期段階から変化を始める。従って、これらの信号はわずかな眠気を検出することにより適している測定手法だと考えられている。

脳波（Electroencephalogram）：

眠気を検出するのに最も一般的な指標である。眠くなると、α周波数帯域におけるパワー値の減少およびθ周波数帯域におけるパワー値の増加が見られる[5]。

心電図（Electrocardiogram）：

心拍数（HR）は覚醒状態や眠気の段階によって大きく変化をする。覚醒状態から眠気状態に移行するにつれて、LF/HFの比が徐々に減少する[6]。

眼球電図（Electrooculogram）：

覚醒度が低い状態になると、瞬目群発（数秒間の間にまばたきが連続して発生する事象）や単独瞬目の閉眼時間の増加が見られる[5]。

筋電図（Electromyogram）：

睡眠ポリグラフ検査によく用いられる手法。抗重力筋であるオトガイ筋などを測定することが多い。また眠気検出の際には脳波と組み合わせることでより精度の高い判定をすることができる[7]。

2. 目的

本研究の目的は、顔面筋活動と自動車運転中の覚醒度低下との関係を明らかにすることであった。

3. 方法

3.1 被験者

運転免許証を所持する20代から60代の男女11名（男性7名、女性4名）を対象とした。

3.2 実験環境

運転シミュレータ（機体：Hyper Simulator、ソフトウェア：rFactor）を用いて、疑似運転実験を行った（図1）。シミュレータ周囲に暗幕を張り、低照度下（眼前照度105Lx）で運転動作を行った。

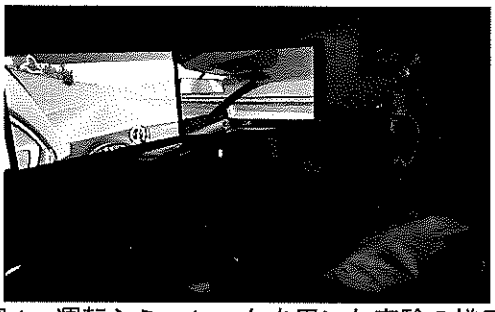


図1　運転シミュレータを用いた実験の様子

3.3 実験プロトコル

実験は午後 13 時から開始した。実験内容の説明後、被験者は現在の眠気についての主観評価を行った。電極を装着した後、被験者は運転シミュレータを操作し、50 分間の運転動作を行った。運転は休憩を挟まずに連続して行い、運転中の走行速度は 90km 前後を維持した。実験者は運転中の被験者の様子をモニタで監視し、極度の眠気状態であるように見られた（1 秒以上閉眼する、首が傾く）場合は被験者に声をかけ、目を覚まさせた。実験終了後運転中の眠気についての主観評価を行った。

3.4 測定項目

筋電図

左前頭筋、右皺眉筋、左眼輪筋より取得。

脳波

正中頭頂部（Pz）及び後頭部（Oz）より取得。

眼球電図

右目右端と下端に電極を配置し、取得。

主観評価

運転前の眠気と運転中の眠気について、スタンフォード眠気評価尺度、カロリンスカ眠気尺度、VAS 法の 3 つを用いて主観評価を行った。

3.5 データ処理

筋電図、脳波、眼球電図はサンプリング周波数 1kHz にて計測した。筋電図は 50Hz を基準とするくし形フィルタとバンドパスフィルタ 100-300Hz で処理をし（図 2）、脳波はバンドパスフィルタを用いて α 波帯域（8-13Hz）と θ 波帯域（4-8Hz）を算出した。

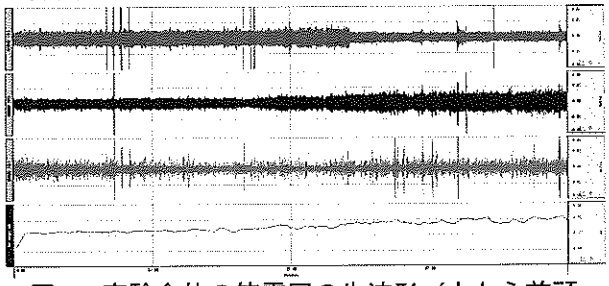


図 2　実験全体の筋電図の生波形（上から前頭筋、皺眉筋、眼輪筋）と Pz における θ 波のパワー値の絶対値平均の変化

4. 結果

実験ではほとんどの被験者が 50 分間の中で眠気が増加している様子や覚醒と眠気状態を繰り返すような状態を起こしていることが確認できた。

筋電図の解析では、フィルタ処理の後、絶対値を平均化する波形処理を行った。皺眉筋、眼輪筋（図 3 - それぞれ上から 2 番目、3 番目）について覚醒前後で挙動について大きな変化が見られた。また被験者によっては眠気出現に伴って波形がより細かく、連続的に続く様子が観察された。

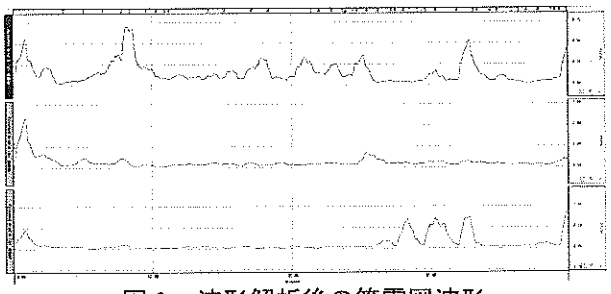


図 3　波形解析後の筋電図波形

5. 今後の展望

これまで筋電図を用いた眠気判定の手法についてはあまり研究がなされていなかったが、解析次第では眠気の判別の手法として適切な指標になりうる可能性がある。また今後は、眠気の出現をより的確に検出できるような最適なデータ処理の方法を検討していく必要がある。

7. 文献

1) 公益財団法人高速道路調査委員会, “高速道路での居眠り運転防止に向けた 高速道路で居眠り運転防止に向けた 効果的な対策に関する調査研究,” 2012.

2) A. Sahayadhas, K. Sundaraj, and M. Murugappan, “Detecting driver drowsiness based on sensors: A review,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 12, no. 12, pp. 16937–16953, 2012.

3) C. C. Liu, S. G. Hosking, and M. G. Lenné, “Predicting driver drowsiness using vehicle measures: Recent insights and future challenges,” *J. Safety Res.*, vol. 40, no. 4, pp. 239–245, 2009.

4) D. F. Dinges, M. M. Mallis, G. Maislin, and J. W. Powell, “Evaluation of Techniques for Ocular Measurement as an Index of Fatigue and as the Basis for Alertness Management,” *Rep. NHTSA Washington, DC, USA*, no. April, p. 113, 1998.

5) J. Arnin *et al.*, “Wireless-based portable EEG-EOG monitoring for real time drowsiness detection,” *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, pp. 4977–4980, 2013.

6) M. Patel, S. K. L. Lal, D. Kavanagh, and P. Rossiter, “Applying neural network analysis on heart rate variability data to assess driver fatigue,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 6, pp. 7235–7242, 2011.

7) M. Akin, M. B. Kurt, N. Sezgin, and M. Bayram, “Estimating vigilance level by using EEG and EMG signals,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 17, no. 3, pp. 227–236, 2008.

[連絡先]
わたなべ　みちる
e-mail：acda2243@chiba-u.jp

B4-4

荷物持ち上げ作業における荷物重量と持ち上げ動作経路の違いが身体負担に与える影響

○三輪翼*，平内和樹*，倉元昭季**，瀬尾明彦**
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科，**首都大学東京システムデザイン学部

Effect of luggage weight and lifting path on physical workload during manual lifting tasks

Tsubasa Miwa*, Kazuki Hiranai*, Akisue Kuramoto**, Akihiko Seo**
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University
**Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

物の持ち上げ動作は，日常生活や労働場面で頻繁に行われている動作である．しかし，重い荷物を持ち上げる動作は身体に与える負担が増大し，筋骨格系障害を引き起こす要因となっている．また少子高齢化が進んでいる地域では，若い人の働き手が少なくなり，高齢者の労働者が増加することが予想され，荷物の持ち上げ動作の負担軽減のための作業改善が必要になると考えられる．荷物を持ち上げる際は持ち上げ開始時の姿勢，初期姿勢によって腰などにかかる負担が異なると言われていて，実際に，初期姿勢の違いによる身体負担への影響についての研究も行われている．しかし，動作方法に着目した研究は少なく，初期姿勢だけでなく動作方法まで加味した動作設計を行えば，より身体への負担が少ない持ち上げ方を提案できると考えられる．そこで本研究では，荷物の動作方法に着目し，荷物重量と持ち上げ動作経路を実験要因として荷物の持ち上げ動作を行ってもらい，動作経路の違いによる身体負担へ与える影響を明らかにすることを本研究の目的とする．

2. 方法

2.1 実験方法

被験者は健常な男子大学生5名とし，年齢，身長，体重はそれぞれ23.6±1.0歳，170.3±4.0 cm，66.1±3.8 kg（平均±標準偏差）であった．本実験では，荷物の持ち上げを対象とし，荷物重量，荷物を台までに持ち上げる際の動作を変更して実験を行った．荷物重量は0 kg（ケースのみ），5 kg，10 kgの3水準，動作経路は自由経路1回目，正面持ち上げ，正面引き寄せ，斜め持ち上げ，垂直持ち上げ，自由経路2回目の6水準，計18条件とした．ケースのサイズは幅45 cm，奥行29.5 cm，高さ16 cmである．各条件での作業は直立静止，持ち上げ準備，持ち上げ動作，戻る，をそれぞれ5秒間の計20秒間とし，これを1条件につき3試行ずつ繰り返し行った．今回の実験ではそれぞれの重量物において，自由経路1回目，正面持ち上げ，正面引き寄せ，斜め持ち上げ，垂直持ち上げ，自由経路2回目の順番で実験を行った．また，持ち上げ時の足幅は肩幅程度として，荷物側ではない方の足の踵は浮いても構わないこととしている．

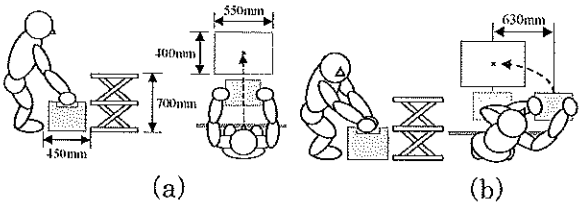


図1 荷物持ち上げ動作（a：正面，b：正面以外）

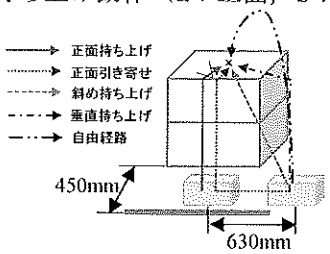


図2 動作経路

2.2 計測項目

筋電図は，三角筋中部左右，上腕二頭筋左右，脊柱起立筋左右の計6個所を計測した．各筋の最大随意筋収縮（MVC）を計測し，各筋に対する作業中の筋収縮の相対値（%MVC）を算出した．また，モーションキャプチャシステム（Perception Neuron , Noitom社）を用いて動作計測を行い，肩関節合成トルク比，肘関節屈曲トルク比，腰部合成トルク比を算出した．トルク比は，作業中の関節トルクの最大トルクに対する相対値である．今回の実験では，正面持ち上げの最大負荷に対する，正面持ち上げ以外の最大負荷の増加率を作業負担の評価指標としている．

3. 結果・考察

3.1 筋電図

三角筋中部に関して，動作経路によらず左側よりも右側の方が増加率が高くなった．また，垂直持ち上げにおいて他の経路よりも増加率が高い結果となった．三角筋中部は肩関節の外転に作用する筋であり，初期姿勢時右肩が外転している状態であるためだと考えられる．また，垂直持ち上げの場合は持ち上げ時に外転する動きとなるため，他の経路よりも高い結果になったと考えられる．上腕二頭筋に関して，動作経路によらず右側よりも左側の方が増加率が高くなった．初期姿勢時に

左腕が身体に接していて少し肘が屈曲した状態にあり，持ち上げ時に屈曲動作を行ったためだと考えられる．脊柱起立筋に関して，動作経路および重量によらず増加率が0%付近となった．正面持ち上げと同程度の負担にするため，正面持ち上げに近い姿勢になるように上体の姿勢を少し変化させた可能性があると示唆される．

3.2 関節トルク比

肩関節合成トルク比に関して，右側は左側よりも増加率が約2倍高くなった．左側は身体に近づいていて肘が少し屈曲しているのに対し右側は肩が外転し，持ち上げ時に肩が挙上することにより，肩周りのトルク比が高くなったと考えられる．また，左側において斜め持ち上げの増加率が低い傾向となった．上記と同様で左側は肩よりも腕の力による持ち上げ動作を行っているためだと考えられる．肘関節屈曲トルク比に関して，右側の垂直持ち上げの増加率が低い傾向となった．垂直持ち上げの場合，右肘をあまり屈曲させず伸展させるためだと考えられる．腰部合成トルク比に関して，動作経路による増加率の差はあまり見られなかった．この結果から腰部は動作経路ではなく，重量物の重さや持ち上げ時の初期姿勢に依存する可能性があると考えられる．

3.3 筋電図と関節トルク比

筋電図とトルク比の増加率を比較した際に，特に上腕二頭筋と肘関節において，両者の増加率が定性的に一致しない結果となった．初期姿勢時に右腕は回内していて持ち上げた際に筋は発揮しにくくなるため，その分右側のトルク比が高くなったと考えられる．対照的に左腕は回外していて筋が発揮しやすくなるため，トルク比が低くなったと考えられる．三角筋中部と肩関節においては垂直持ち上げの際に，右側において筋の方がトルク比よりも高い傾向となった．三角筋中部は外転に作用する筋であることが要因であると考えられる．脊柱起立筋と腰部に関して，他の部位と比べると大きな差はない印象が見られた．

4. 結論

本研究では，荷物重量と動作経路を実験要因として各条件にて持ち上げ動作を行ってもらい，動作経路の違いによる身体負担への影響を調査した．今回対象とした非対称（左捻り）の持ち上げ動作において，作業姿勢によって負担のかかる筋や関節が異なることが分かった．また，動作経路による負担の違いについても確認することができた．この結果から，筋や肘に負担のかけにくい持ち上げ動作につなげられることが示唆される．

[連絡先]
三輪　翼
e-mail : miwa-tsubasa@ed.tmu.ac.jp

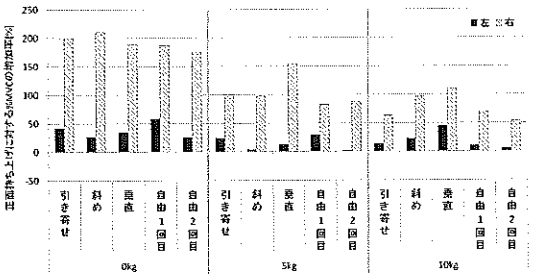


図 3 三角筋中部筋電図

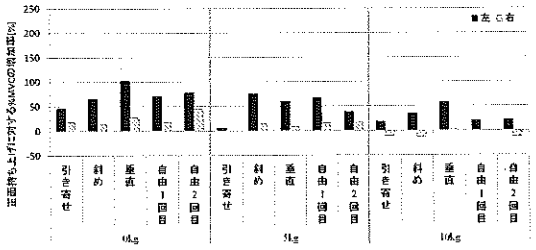


図 4 上腕二頭筋筋電図

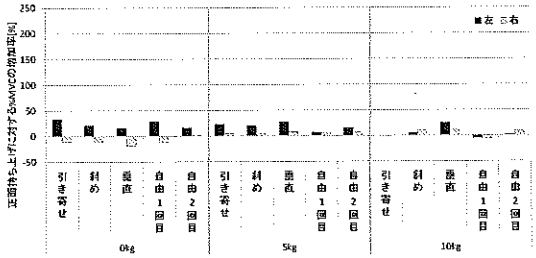


図 5 脊柱起立筋筋電図

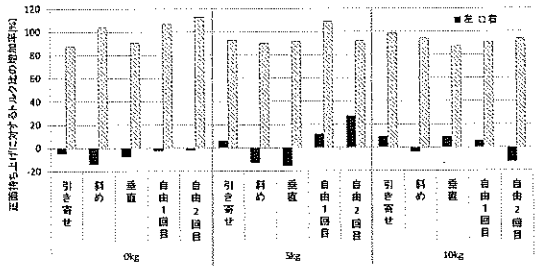


図 6 肩関節合成トルク比

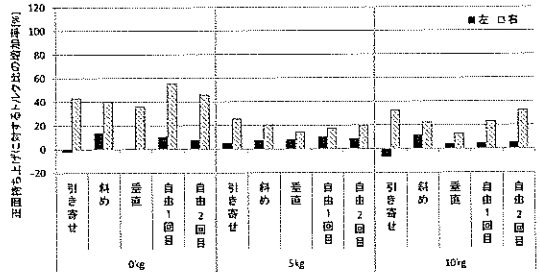


図 7 肘関節屈曲トルク比

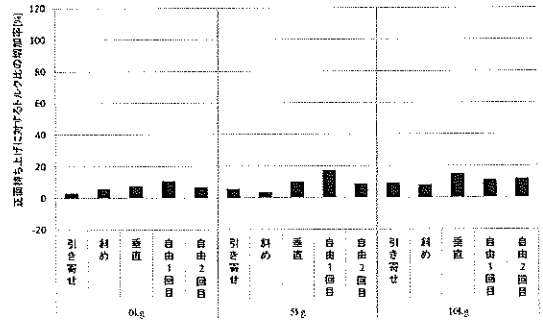


図 8 腰部合成トルク比

C1-1

VRを活用した作業設計における身体負担のフィードバック方法による改善効果の比較

○海老原　研*，瀬尾明彦**，平内和樹*
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科，**首都大学東京システムデザイン学部

Comparison of feedback methods on improvement effect of physical workload for workstation design using virtual reality

Ken EBIHARA* , Akihiko SEO** , Kazuki HIRANAI*
* Graduated School of System Design, Tokyo Metropolitan University ,
** Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

製品の設計ライフサイクルでは，段階ごとに次の段階に進めるかを判断する会議であるデザインレビュー (Design Review. 以下，DR) が行われる．DR の従来の問題を改善するために，ヴァーチャルリアリティ (Virtual Reality. 以下，VR) と，ヘッドマウントディスプレイ (Head-Mounted Display. 以下，HMD) の活用が注目されており，3D モデルデータを VR 空間に表示し，低コストで実寸大の形状把握が可能となる．さらに，作業対象に腕が届くか，体に干渉する部品や視野を遮る部品の有無を確認可能である．

DR において筋骨格系障害のリスク低下等を目的として身体負担評価を含む人間工学的評価が必要とされる一方で，VR を活用した DR において身体負担評価を組み込んだ例は少ない．HMD に作業中の身体負担評価値を即時に表示し，DR 実施者に身体負担を可視化することにより，様々な姿勢を試行する DR を行うことが可能となると考えられる．そこで，本研究では VR を活用した DR を行う際に，HMD に使用者の身体負担評価値を提示するシステムを開発し，その効果の検証を目的とした．

2. システムの開発

開発したシステムの構成を図 1 に，使用者の様子を図 2 に示す．Unity（Unity Technologies 社）にて作成したアプリケーション内に，モーションキャプチャシステムの Perception Neuron（Noitom 社）で得た使用者の姿勢を投影するデジタルヒューマンモデルとモックアップを配置した．使用者の頭部の方向は HMD の HTC Vive（Valve 社，HTC 社）で得られた回転角データを使用した．これにより生成される VR 空間を図 3 に示す．また，得られた姿勢データから，本研究室開発の生体力学解析ソフトを用いて身体負担評価値として関節トルク比を算出した．

身体負担評価値の提示方法としては，使用者の姿勢を再現した図の各関節に球体を配置し，球体の色と大きさで表現した．これを図 4 に示すように HMD 画面内の一部に表示した．また，図 5 に示すように手先に沿って描画した作業軌跡の色を身体負担評価値に応じて変化させて表現した．これらの 2 つの機能により，使用者は作業中の身体負担を視覚的に把握することが可能となる．

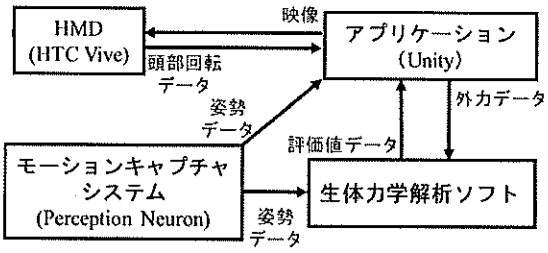


図 1　システムの構成

図 2　使用者の様子

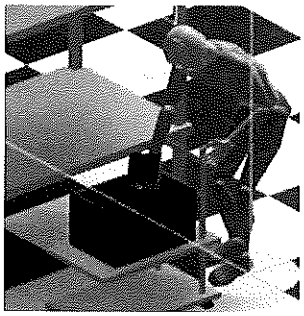


図 3　VR 空間

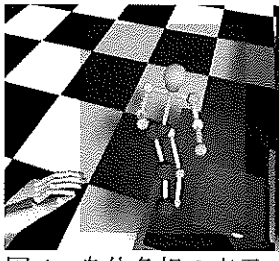


図 4　身体負担の表示

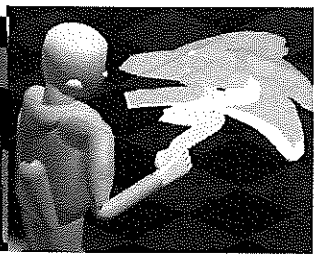


図 5　作業軌跡

3. 実験方法

本研究では，開発したシステムの効果を検証することを目的とし，実験を行った．

被験者は健常な学生 10 名とした．年齢，身長，体重の平均と標準偏差はそれぞれ，23.2±0.9 歳，166.4±8.5 cm，58.9±9.9 kg であった．

被験者には，図 6 に示す VR 空間内に表示したモックアップにて，荷物取り置き作業を行う際の，右上肢と腰部にかかる身体負担が可能な限り小さくなるように，被験者正面に配置された机の位置を調整するタスクを課した．タスクの流れとしては，作業を試行して身体負担を確認した後，モッ

クアップを調整し，再度作業を試行することとなる．これを被験者には3分間繰り返させた．

実験条件として，身体負担のフィードバック（以下，FB）方法条件を，視覚 FB，口頭 FB，FB 無の3条件設定した．視覚 FB 条件は本システムで開発した身体負担評価値を使用者の姿勢を再現した図により提示する機能と，作業軌跡を用いて提示する機能を使用する．口頭 FB 条件は検者が口頭で関節トルク比の値を読み上げ，FB 無条件は身体負担の FB を行わない．

計測項目は，荷物を目標地点に置く時点の右肩関節と腰部の関節角度とした．関節角度の計測には，モーションキャプチャシステムの Perception Neuron を用い，本研究室開発の生体力学解析ソフトにて関節トルク比を算出した．

解析手順は，まず各被験者の評価時点の関節トルク比の結果をプロットし，プロット間の値を線形補間で求め，時系列データを作成した．その後，全被験者の時系列データを時間ごとに平均した．

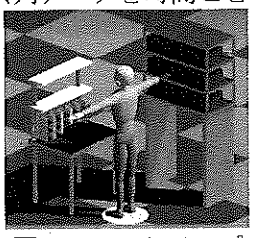


図6　モックアップ

4. 結果

4.1 腰部関節トルク比

図7に腰部関節トルク比の結果を示す．最小値を比較すると，視覚 FB 条件と口頭 FB 条件は FB 無条件より低く，同程度の値まで軽減する結果となった．最終値を比較すると，口頭 FB 条件，視覚 FB 条件，FB 無条件の順で低い結果となった．視覚 FB 条件と口頭 FB 条件を比較すると，視覚 FB 条件の方が負担の軽減する時期が早く，早期に最小値に近い値に収束する傾向が見られた．

4.2 右肩関節トルク比

図 8 に右肩関節トルク比の結果を示す．最小値を比較すると，視覚 FB 条件，口頭 FB 条件，FB 無条件の順で低い結果となった．最終値の結果も，同様の傾向が見られた．視覚 FB 条件と口頭 FB 条件を比較すると，視覚 FB 条件の方が負担の軽減する時期が早い傾向が見られた．また，腰部関節トルク比と右肩関節トルク比の結果の間には，トレードオフの関係が見られた．

5. 考察

腰部関節トルク比と右肩関節トルク比の両方で，視覚 FB 条件と口頭 FB 条件の最小値・最終値は FB 無条件より低くなる傾向にあった．これは，身体負担の FB があることにより，負担の高い関節を

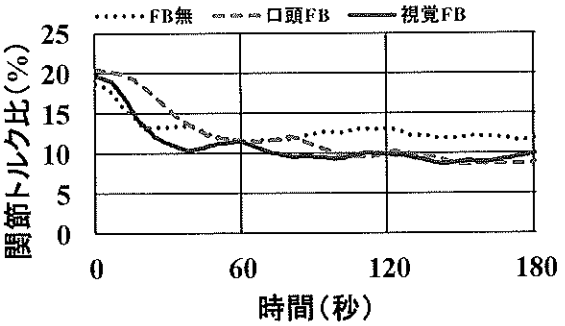


図7　腰部関節トルク比

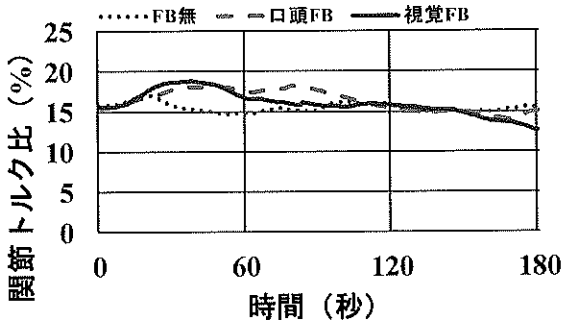


図8　右肩関節トルク比

把握して，モックアップの適切な調整ができたためであると考えられる．

視覚 FB 条件と口頭 FB 条件を比較すると，視覚 FB 条件の方が負担を軽減する時期が早い傾向にあった．これは，口頭 FB 条件では関節トルク比の口頭での伝達に時間を要するのに対し，視覚 FB 条件では全ての関節を同時に確認できるため，負担の把握にかかる時間が短かったためであると考えられる．また，作業軌跡を用いることで，負担の小さい作業姿勢を効率的に探索できたためであると考えられる．

腰部肩関節トルク比と右肩関節トルク比の結果の間には，トレードオフの関係が見られた．これは，タスク開始時の姿勢は体幹を大きく前傾する必要があるため，机を高く調整することで体幹前傾角を小さくした結果，肩関節屈曲角・外転角が大きくなったためであると考えられる．

6. 結論

本研究では，VR を用いた DR の際に身体負担を視覚的に提示するシステムを開発した，また，身体負担の FB 方法を実験条件とした実験により，開発したシステム効果の検証を行った．結果より，身体負担評価値の視覚的な FB は，他の FB 方法より高い改善効果があることが明らかとなり，本システムの効果が示された．

[連絡先]
海老原　研
e-mail：ebihara-ken@ed.tmu.ac.jp

C1-2

VR 空間における WEB 閲覧時のユーザビリティ評価に関する研究

○村上俊輔*，西内信之*
*首都大学東京大学院　システムデザイン研究科

A Study on Usability Evaluation of Web Browsing in Virtual Reality Space

Shunsuke MURAKAMI*, Nobuyuki NISHIUCHI*
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University.

1. はじめに

1.1 研究背景

2 年前の 2016 年は、一般消費者向けの VR デバイス登場や、医療や不動産等のあらゆる産業分野で VR を活用した取り組みが普及したことから、「VR 元年」と呼ばれている。VR は産業で活用される一方、ソーシャルVRアプリの様に一般人向けの娯楽・コミュニケーションツールとしても用いられる。ソーシャル VR アプリとは、VR 空間で他者とオンラインでコミュニケーションが取れるもので、PC 画面を投影してミーティングを行う等、遠隔地にいる人と同じ空間・映像を共有できるアプリケーションである（図 1）。この様なアプリの開発・普及が進むことで、今後 VR 空間の中で日常生活を楽しむ人が増加することが予想される。

図 1　ソーシャル VR アプリ使用画面例 [1)]

1.2 従来研究

阿久津ら [2)] の研究において、文字サイズや視距離といった閲覧環境の違いに応じて、文の読みやすさ等の観点でユーザビリティの違いがあることが示されている。またその他の研究では、情報量が多い場合には画面サイズが大きい方が適していることも示されている。

Jennifer ら [3)] の研究においては、VR 空間と現実空間で同じタスクを行った際にユーザビリティの違いがあることが示されており、テクノロジの機能上の問題が影響を与えた可能性を示唆している。

UI や VR についてのユーザビリティに関する研究をいくつか挙げたが、VR 空間における物理的制約の緩和を活かした Web 閲覧に着目したユーザビリティ評価に関する研究はまだなされていない。

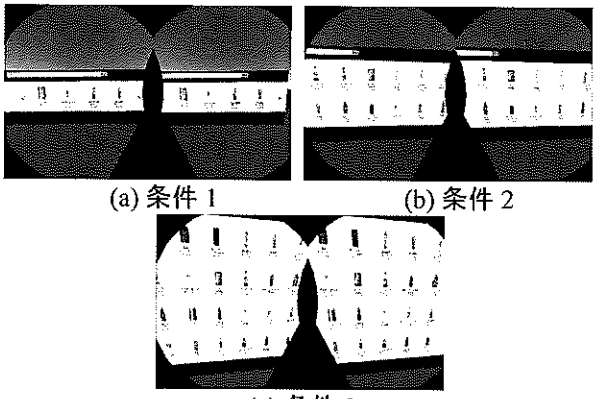
1.3 研究目的

近年注目の集まる VR 分野の更なる発展を見込み、ユーザの満足度を高めるためのユーザビリティの向上が求められると考えられる。そこで今後使用機会が増加する VR 空間での Web 閲覧に着目して、VR 空間の特性を活かした環境でのユーザビリティ評価を行う。特に VR 空間での Web 閲覧において有効な要因として、現実空間よりも大きな画面サイズを容易に使用できるため、スクロールの動作が不要となり、ページ内容の把握しやすさに繋がる可能性が考えられる。また、画面数に制限がなくなるため、複数のページの同時閲覧が可能になり、前方だけでなく横方向や上方向などにも好みの角度・サイズで画面の配置ができる。これらのことを踏まえて VR 空間における Web 閲覧時のユーザビリティ評価を行い、最適な Web 閲覧環境の提案を行うことを本研究の目的とする。

2. VR 空間における情報探索実験

2.1 実験概要

この実験は、目的の商品を見つけるサイト内探索をタスクとして設定し、3 つの異なる画面サイズの条件で行ってもらうことで、VR 空間における一定の視距離に対する適した画面サイズの検討を行うことを目的に行った。画面サイズ等の各条件については図 2 と表 1 に示すとおりである。なお、画面までの距離は 1m に固定した。



(a) 条件 1　(b) 条件 2　(c) 条件 3

図 2　各条件における HMD 投影時の画面サイズ

表 1　各条件における画面の詳細

	条件1	条件2	条件3
画面の大きさ (m)	横2.40×縦0.81	横4.00×縦1.35	横7.20×縦2.36
全ページ枚数 (ページ)	16	4	1
1ページ画像枚数 (枚)	4 (縦1×横4)	16 (縦2×横8)	64 (縦4×横16)

2.2 実験方法

被験者は健常な大学生および大学院生（22～24歳）6名とした。HMDはHTC社のVIVEを使用し、アプリはUnityで自作した疑似ECサイトを用いた（図3）。

被験者には64種の商品の中から指定された商品をクリックしてもらった。また、条件1と2において、ページ切り替えを行う際には画面端にあるボタンをクリックしてもらった。クリック動作はコントローラのトリガーを押下げることで行え、各条件8回ずつタスクを実行してもらった。

8回の実験タスクでは、指定された商品が配置されている位置は異なっているが、各条件で逐次探索を行った際に同じ位置になるようにしてある。実験開始前に、被験者にはインタフェースを操作してもらい、実験時の操作とVRについて慣れてもらった。また実験終了後には、アンケートによる主観評価を行った。

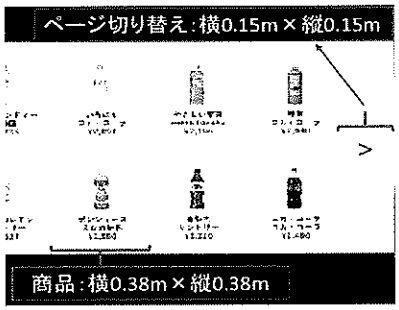


図3　使用アプリ画面（条件2右側）

2.3 実験結果及び考察

図4に各条件でのタスク完了時間の全被験者平均をまとめる。条件間でタスク完了時間の有意な差は見られなかった。条件2が条件1よりも早い傾向にあったことについては、条件1で商品を探す際のページ切り替えに時間がかかっていたと考えられる。しかし、ページ切り替えの必要がない条件3が最もタスク完了時間がかかるという傾向が見られており、画面サイズを大きくすることが探索時間の短縮に繋がるとはいえないことがわかった。

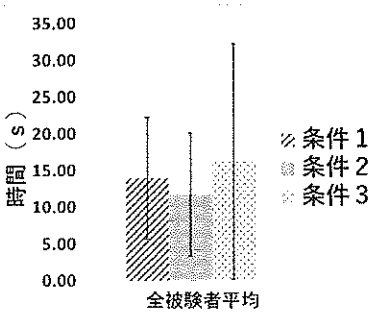
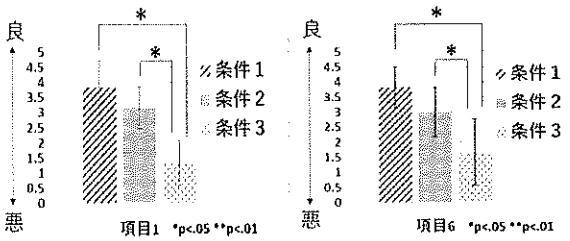


図4　タスク完了時間の全被験者平均

以上の結果から、探索タスクでは最適な画面サイズが存在することが考えられる。

アンケートによる主観評価は8項目行ったが、今回は、特徴的な結果のみをまとめる。図5(a)には項目1（商品を探しやすいか？）のアンケート結果をまとめてある。画面サイズが大きくなるにつれて評価が下がっている。これより、単純な探索タスクでは画面が視野内におさまる方が好ましいと考えられる。

図5(b)には項目6（目にかかる負担は小さいか？）の結果をまとめてある。こちらも項目1と同様に、画面サイズが大きくなるにつれて被験者の目に負担がかかっていることがわかる。



(a) 項目1　　(b) 項目6

図5 アンケート結果

3. まとめ

本研究では、VR空間におけるWeb閲覧時のユーザビリティ評価を行い、VR空間のための最適なWeb閲覧環境の提案を行うことを目的とし、実験を行った。実験では、一定の視距離に対する適した画面サイズを検討した。実験結果より、探索タスクでは最適な画面サイズが存在すること、単純な探索タスクでは画面サイズを大きくすることがユーザビリティの向上に繋がらないことが示唆された。今後、タスク難易度を変更したり、異なる条件・実験パラメータによって実験を行うことで、VR空間のための最適なWeb閲覧環境を提案できると考えられる。

4. 参考文献

1) Steam:https://store.steampowered.com/app/457550/Bigscreen_Beta/（2018/11/7アクセス）
2) 阿久津正大, 竹内晴彦, 吉武良治, 本田言海: 画面サイズ，文字サイズ，視距離と表示の見やすさとの関係, 人間工学, Vol.39, Supplement号, pp.61-62, 2003.
3) Jennifer Brade, Mario Lorenz, Marc Busch, Niels Hammer, Manfred Tscheligi, Philipp Klimant: Being there again - Presence in real and virtual environments and its relation to usability and user experience using a mobile navigation task, International Journal of Human - Computer Studies, Vol.101, pp.76-87, 2017.

[連絡先]
村上　俊輔
e-mail：murakami-shunsuke@ed.tmu.ac.jp

C1-3

遠隔操縦ロボットの操縦方法の違いが操縦性に及ぼす効果についての検討

—ニンテンドーラボのリモコンカーを例にして—

○堀口僚太*，小松原明哲**
*早稲田大学大学院，**早稲田大学理工学術院

Study on the effect of difference in the maneuvering method of the remote control robot on the maneuverability
- Taking Nintendo Lab's remote control car as an example -

Ryota HORIGUCHI*, Akinori KOMATSUBARA**
* Waseda University graduate school, ** Waseda University Science and Technology Academy

1. 研究背景・目的

ドローンや小型ロボットといった遠隔操縦ロボットを遠隔操縦する際，ロボットと操縦者が向かい合う位置関係になると，ロボットの視点と操縦者の視点が逆になり，操縦方向のイメージが難しい場合がある．このような問題に対し，操縦者にとって直感的な操縦方法の検討が必要と考えられている[1]．

そこで本研究ではニンテンドーラボのリモコンカー操縦を対象にリモコンを用いた 4 水準の操縦方法を比較し，直観性や操縦性の観点から遠隔操縦方式の効果を検討する．

2. 研究方法

本研究の手順を以下に示す．

① 各水準の直観性に関する実験
　各水準の直観性に関する特徴を明らかにするために直進-U ターンコースで実験を行う

② 各水準の操縦性に関する実験
　各水準の操縦性に関する特徴を明らかにするために 8 の字コースで実験を行う

3. 操縦方法

本実験で比較対象とした操縦方法を以下に示す．

① 水準 1:ジョイスティックによる操縦
　ジョイスティックの倒した方向でリモコンカーの移動方向を示し操縦する

② 水準 2:リモコン振動による操縦
　2 つのリモコンを振ることで操縦する．各リモコンがリモコンカーの各側面と対応しており，どちらか一方のリモコンを振ることで左右に回転を行い，両方のリモコンを振ることで直進する．

③ 水準 3：リモコンの傾きによる操縦
　リモコンを傾ける角度・方向でリモコンカーを操縦する．リモコンを地面に対し垂直に持った状態を起点とし，前に傾けることで前進，その状態からリモコンを左右に傾けることで，リモコンカーが左右に回転する

④ 水準 4：ボタンによる操縦
　リモコンのボタンによりリモコンカーの移動方向を示し操縦する水準．リモコンのXボタンで前進，Aボタンで右側に，Yボタンで左側に動く

図 1. リモコンカー

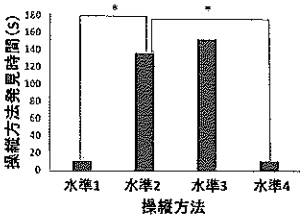
4. 実験 1：直観性に関する実験

4.1 目的・方法

4 水準の操縦方法を比較することを目的として大学生 4 名を対象に直進-U ターンコースでのリモコンカー操縦を行ってもらった．その際，4 水準について操縦方法を伝えずに，被験者自身に操縦方法を発見してもらった．また操縦後にアンケートとインタビュー調査を行った．

4.2 結果・考察

操縦方法の発見に要した時間の平均値を図 2 に，分かりやすさについての主観評価の平均値を図 3 に示す．



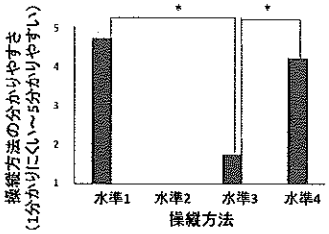


図 2. 操縦方法発見時間　図 3. 分かりやすさ

図 2 から水準 1，4 が水準 2，3 より短時間で操縦方法を発見できる傾向にあり，図 3 から分かりやすさに関しても水準 1，4 の評価が高い傾向にあることが分かる．これらから，水準 1，4 が水準 2，3 より直観的な操縦方法であることが示唆された．また，被験者によって操縦原理に対する理解が異なることがインタビュー調査から分かった．このような操縦原理に対する理解が直感性に影響を及ぼすことが推察されるため，実験 2 では操縦原理をどのように理解しているかについての検討も行った．

5. 実験 2：操縦の捉え方・操縦性に関する実験

5.1 目的・方法

大学生 6 名を対象に操縦方法の操縦性を明らかにすることを目的として 8 の字往復コースでの比較実験を行った．各水準において，操縦に慣れてもらうために操縦方法の説明の後，自由に操縦する時間を設けた．その後，アンケートとインタビューによる調査を行った．

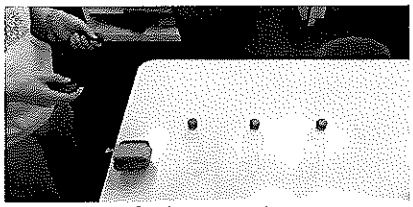


図 4．実験で用いたコース

5.2 操縦原理の理解についての結果・考察

操縦観察とインタビューにより分かった操縦原理の理解を表 1 に示す．

表 1．操縦原理の理解

水準	操縦原理の理解	理解した被験者数(人)
水準1	リモコンスティックを倒すことで方向を示し， リモコンカーは示された方向に進む	6
水準2	リモコンを振ることで方向を示し， リモコンカーは示された方向に進む 例）右手に持ったリモコンを振ることで右方向が示され， リモコンカーは右に進む	4
	リモコンを振ることでリモコンカーの対応する側面が 振動しリモコンカーが進む 例）右手に持ったリモコンを振ることで リモコンカーの左側面が振動し右に進む	2
水準3	リモコン先端の向きで方向を示し， リモコンカーは示された方向に進む	4
	手首の角度によって方向を示し， リモコンカーは示された方向に進む	2
水準4	押したボタンの配置位置によって方向を示し， リモコンカーは示された方向に進む	6

表 1 より水準 1，4 については全被験者が進行方向を示す操縦であるという理解をし，分かりやすさ評価も高いことから，このような被験者による理解の差異が生じず進行方向を示す操縦方法が直感的と思われる．一方で，水準 2 において，進行方向を示すと理解した被験者から「直進操縦が分かりにくい」，水準 3 において，先端向きでの方向指示と理解した被験者から，「曲がりにくい」と意見が得られており，操縦原理の理解が直感性，操縦性に大きく影響することが示唆された．

5.3 操縦時間・操縦性についての結果・考察

コース通過操縦時間の平均値を図 5，操縦性の主観評価の平均値を図 6 に示す．

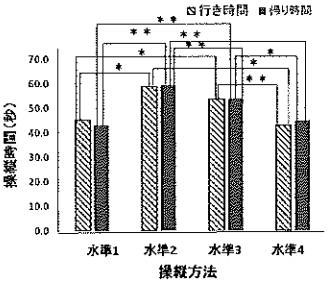


図 5．操縦時間

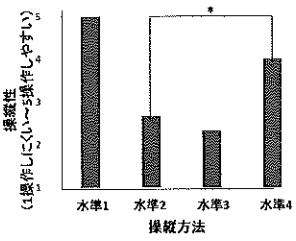


図 6．操縦性

図 5 より水準 2，3 は操縦時間が長くなる傾向にあり，図 6 より操縦性も同様の傾向にあることがわかる．インタビュー調査を行った結果，水準 2，3 は曲がる量の調整が難しく手間がかかるという意見が共通して得られた．分かりやすさのみならず，曲がる量を調整する難しさといった技能的な側面からも，操縦性が低くなったと思われる．

5.4 ぶつかり・回転ミスについての結果・考察

障害物にぶつかった回数と操縦者が意図していた方向と逆回転をした回転ミス回数の合計を表 2 に示す．

表 2．ぶつかり回数・回転ミス（回）

操縦水準	行き		帰り	
	ぶつかり	回転ミス	ぶつかり	回転ミス
水準1	1	0	3	1
水準2	4	0	2	0
水準3	2	0	4	3
水準4	2	0	7	2

表 2 より帰りのぶつかり回数，回転ミスが行きより多くなる傾向がみられた．これはリモコンカーと操縦者の視点が逆になり，リモコンで示した方向とリモコンカーの進行方向が逆になるために生じたと思われる．一方で，水準 2 は帰りでの評価が高くなった．これは方向を示す操作でないと理解したことが理由の一つと思われる．また方向を示すと理解した場合でも，方向の示し方が分かりにくく操縦者は自身の動作とリモコンカーの動作の対応関係を強く意識して操作するために帰りでの評価の方が高くなったと思われる．

6. まとめ

本研究では遠隔操縦ロボットの操縦方法としてリモコンカーを例にとり，直観性・操縦性の観点から考察した．その結果，操縦原理の理解に差異が生じず，リモコンカーの進行方向と一致する方向を示すようなボタンやジョイスティック操縦が分かりやすく操縦性が高くなることが示唆された．一方でリモコンカーの向きが操縦者と逆向きになる状況においては，方向を示す操縦は誤操縦が増加する傾向が見られた．

以上より操縦原理がシンプルで理解に差異が生じないこと，曲がる量の調整が容易なこと，リモコンカーの視点に関わらず，リモコンカーの進行方向を、リモコンにより示す操縦であることが操縦性において重要であると思われる．

8. 参考文献

[1]川那部　聖史ほか：“2 つの把持型デバイスを用いたロボット操縦手法の評価”，情報処理学会研究報告，vol2011-EC-19 NO14，pp1-6，2011

[連絡先]
堀口　僚太
e-mail:amatikakeru@ruri.waseda.jp

C1-4

デジタルサイネージによるバス乗り場案内地図の視認性評価
— 色情報の比較検討 —

○月本 晴菜*, 西内 信之*
*首都大学東京大学院, システムデザイン研究科

A Visibility Evaluation on Bus Platform Guide Map of Digital Signage
- Comparison of Color Information -

Haruna TSUKIMOTO*, Nobuyuki NISHIUCHI*
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに
1.1 デジタルサイネージの動向

高層ビルや駅の案内板に紙媒体の掲示板ではなく、デジタル媒体の掲示板、いわゆるデジタルサイネージが 2000 年代以降普及している。ディスプレイ合計金額は 2016 年の 227.6 億と比較し、2021 年には 115%の 262.2 億円との予測もでている [1]。ディスプレイの大きさが多種多様であり、またディスプレイ自体の価格が安価なことから小売店等で幅広く使用されている。

デジタルサイネージは一定の時間で画面を切り替えられることで多くの情報を提供することができ、電車の時刻表（図 1）や病院の呼び出し案内板等が例として挙げられる。自動的にスライドするものから、タッチ式や赤外線で反応して動作するものまで幅広く導入されている。

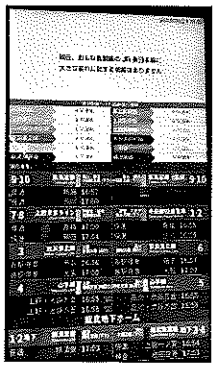


図 1 東京駅のデジタルサイネージによる時刻表

1.2 従来研究

吉村ら [2]は VDT 作業時、図形認知過程を提示速度、個数及び図形の類似度から動作精度と時間評価を行っており、タスク難易度と時間について比例関係があることが示されていた。

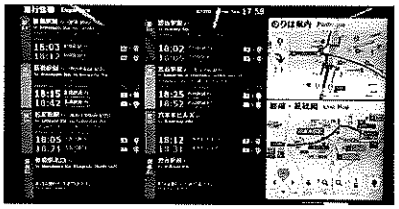
また、遠藤ら [3]の研究では学内案内掲示板の視線によるデザイン評価を行っており、ピクトグラムの色付きは少ない注視で効率的に参照されるデザインということが示されていた。

1.3 研究目的

これまで、図形や案内の提示と視認性について、幾つかの研究がなされているが、デジタルサイネージによるバス乗り場案内地図に着目した視認性の評価については行われていない。そこで本研究では、デジタルサイネージによるバス乗り場案内地図をとり上げ、提示する情報量をパラメータとするときの視認性評価を行い、更に、色情報を付加した場合の効果を比較することを目的とする。本稿では特に認知時間について報告する。

2. 情報量と色をパラメータとする情報提示の実験
2.1 研究概要

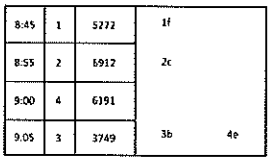
実験では、図 2(a)のような実際にあるバスのデジタル案内板を参考に左の時刻表から右の地図を探索して認知する図 3(a)のコンテンツを作成した。図 2 (b)および図 3(b)はバス乗り場を色で識別できる色情報を付加した場合である。それぞれの図は左の列から「発車時刻」、「バス乗り場番号」、「行き先(数字 4 桁)」、「乗り場の地図」の構成となっている。



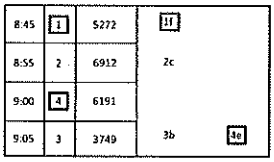
(a) 色情報無し

(b) 色情報有り

図 2 実際のバス案内板のデザイン



(a) 色情報無し



(b) 色情報有り (四角枠)

図 3 実験タスク用の画面例（情報量 4）

行き先については、日本語で表記したときに難易度の差が生じないように、今回の実験では 4 桁の数字にした。また、情報量については「バスの乗り場の数」と定義した。色情報を付加した図 3(b)では、バス乗り場番号と地図上のバス乗り場の数字の周辺を同色の四角枠を描画した。色の組み合わせについては、赤を基準として、色相環 360°を情報量で割ったときの角度間隔で色を選定した。

2.2 実験環境

実験でのディスプレイは EIZO 社 ColorEdge CG222W(22 型)を使用し、コンテンツの表示サイズは約横 47.3cm×縦 26.6cm である。視線計測には Tobii 社 Tobii Pro スペクトラム(60Hz)を使用した。ディスプレイ面の平均照度は 370lx で、被験者との距離は約 65cm、ディスプレイ面の角度は垂直方向から 12.6°上方向に回転させている。

2.3 実験方法

被験者は、色覚に障がいのない 5 名の大学生・院生(22～24 歳)に行ってもらった。

被験者は、指示書に記載してある行き先(数字 4 桁)を覚えておき、実験開始とともに図 3 のようなタスク画面が表示される。

被験者が、記憶している行き先を探索し、その横のバス乗り場番号を読み取り、それに対応した地図上のバス乗り場番号の横に書いてあるアルファベットを認知した段階で、マウスをクリックする。クリックと同時に画面がブラックアウトする。被験者は解答用紙に読み取ったアルファベットを記入する、というタスクが 1 試行となる。8 回の試行（情報量が 2 から 5 でランダムに変化）を 1 セットとし、被験者 1 人につき、色情報有り／無しを各 5 セットずつ計 10 セット行ってもらう。なお、順序効果を配慮して被験者ごとに実験順序は変更した。

3. 実験結果および考察

3.1 情報量と色による認知時間

図 4 は、横軸に情報量、縦軸に認知時間をとり、色情報有り／無しの結果を棒グラフで示してある。図 4 より、色情報の有無に関わらず、情報量が増加すると認知する時間が長くなることが分かり、吉村ら[2)]の先行研究と同様の結果となった。これは、コンテンツの情報量が増えることで視線移動が増え、逐一探索するのに時間を費やしたものと考えられる。

情報量 4 において、色情報の有無で有意差（$p<0.05$）が見られた。その他の情報量でも同様の傾向が見られ、色情報を付加することにより、認知時間が短くなることが確認できた。色に一意性を持たせることで数字を逐一比較せずとも色のみで時刻表から地図上のバス乗り場を探索できるため、視認性が上がったと考えられる。

なお、正答率は色情報無しで 100%、色情報ありで 98.6%であり、大きな差はみられなかった。

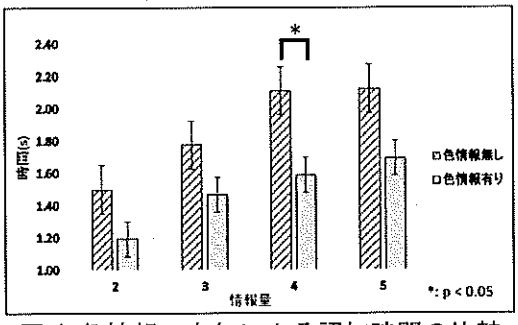
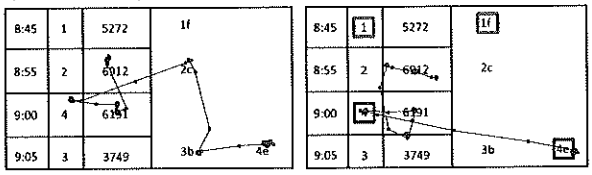


図 4 色情報の有無による認知時間の比較

3.2 視線解析について

図 5 は被験者 A の色情報有り／無しの視線の軌跡をプロットしたものである。図 5(a)と図 5(b)を比較すると、図 5(b)の方が地図上の注視している点が少ないことが分かる。これにより、色情報を付加したことで地図上の探索時間が短くなったと考えられ、図 4 の結果に起因したと考えられる。



(a) 色情報無し　　(b) 色情報有り（四角枠）

図 5 タスク中の視線の軌跡（被験者 A）

4. まとめ

本研究では、デジタルサイネージによるバス乗り場案内地図をとり上げ、提示する情報量をパラメータとして視認性評価を行い、更に、色情報を付加した場合の効果の比較を行った。実験結果より、情報量が多い程、認知する時間が長くなり、また、色情報付加の効果が大きいことが定量的に示された。今後は、どのような色覚の人にも見分けやすい色を用いた場合の実験を行う予定である。

5. 参考文献

1)「業務用ディスプレイ＆デジタルサイネージソリューション：東芝」, https://www.toshiba.co.jp/vs/digital-signage/index_j.htm, 2018/7/26 アクセス.

2) 吉村 勲・泉井 力・中村 正躬：図形認知過程における時間評価について，人間工学, vol.25, pp.118-119, 1989.

3) 遠藤 潤一・茂登山 清文・中村 純：学内向けデジタルサイネージの視線情報によるデザイン評価, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 2009-CE-102(3), pp.1-4, 2009.

[連絡先]
月本　晴菜
e-mail：tsukimoto-haruna@ed.tmu.ac.jp

C4-1

UX カーブを用いたカスタマージャーニーマップの評価に関する研究

○掛川彩人*，西内信之*
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科

A Study on Evaluation of Customer Journey Map Using UX Curve

Ayato KAKEGAWA*, Nobuyuki NISHIUCHI*
* Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

近年，単なる使いやすさを求めたユーザビリティだけでなく，システムを介して得られる経験に注目するユーザエクスペリエンス(以下，UX)が登場した．社会全体の動きとしても，商品そのものに価値を見出すモノ消費から，商品やサービスを購入することで得られる体験を重視するコト消費へと消費者の嗜好が移っている．消費者の経験や体験を評価する新たな手法を生み出すことは，今後の製品やサービス開発に役立てることが出来る．

UX デザインのプロセスでは，調査・分析，設計，開発，評価などのステップで構成されており，それぞれのステップにおいて様々な手法やツールが開発されている．調査・分析のステップではインタビューやエスノグラフィ，設計ステップではシナリオ手法やカスタマージャーニーマップ[1]（以下，CJM)，開発ステップではプロトタイプ，評価ステップでは UX カーブ[2]や UX グラフなどの手法が知られている．これら手法に関する先行研究は数多く存在するが，手法同士の関連を研究したものは少ない．

そこで本研究では，サービス提供者側の意図と時間的変動を考慮したサービスの内容を視覚化した CJM を，UX カーブを用いて評価することで，両者の相関関係を調査し，サービス改善のために利用できる手法を提案することを目的とする．

2. UX カーブと CJM について

UX カーブ(図 1)とは，サービス評価者（ユーザ）が自身の体験や感情の時間的変動を曲線と，感情の変化の理由をテキストでまとめたものであり，長いスパンの体験を回顧的に評価することができる手段である． 一方で CJM(図 2)とは，ユーザのサービス体験のプロセスを時系列に並べて視覚化したものであり，サービス提供者側が設計したものである．主に，CJM はサービスの設計段階で，UX カーブはサービスの評価段階で用いられている．この 2 つの手法には曲線（グラフ）を描画する部分があり，縦軸が主に満足度，横軸が時間（フェーズ）という共通点を持っている．

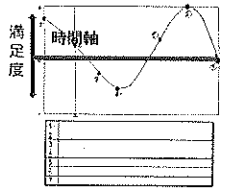


図 1　UX カーブの例

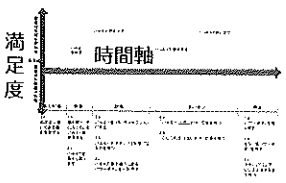


図 2　CJM の例

3. 某コーヒーショップの CJM 評価の実験

CJM を構成している要素を，UX カーブ記入用紙に反映させることで，CJM に記載されているサービスに関するタスクを UX カーブで評価できるようにし，サービス改善に繋げられるかを検証する．

3.1　実験で使用する UX カーブ記入用紙

今回，評価を行う某コーヒーショップの CJM は Web に公開されているものを用いた．CJM(図 3)の構成は，①サービスに対する感動の大きさと原因，②入店から退店までのフェーズ，③各フェーズでの行動，の 3 つの要素から成っている．

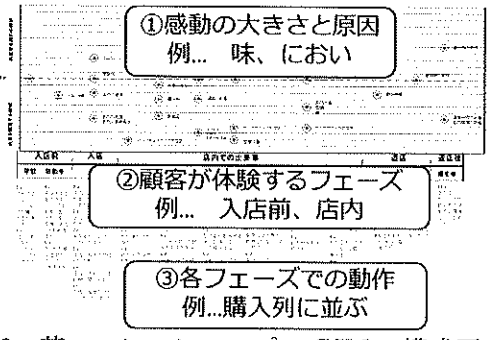
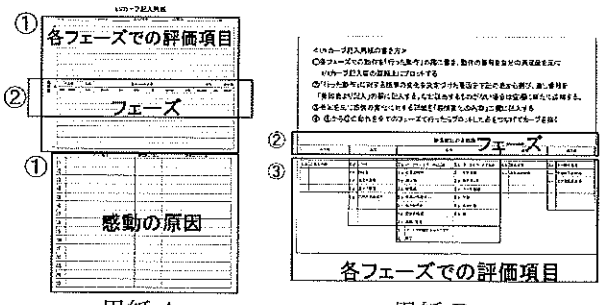


図 3　某コーヒーショップの CJM の構成要素

図 3 の CJM の各要素を UX カーブ記入用紙に反映したものが図 4 である．

提案する UX カーブ記入用紙は感動（満足度）を表す曲線と感動の原因を記入する用紙 A と，入店から退店までの各フェーズでの行動が記載されている用紙 B の 2 枚組で構成されている．図 3 の CJM と図 4 の UX カーブの①～③の部分は対応しており，例えば，CJM に記載されている「各フェーズでの動作」は，用紙 A の曲線描画部の横軸，および用紙 B に記載されている「各フェーズでの評価項目」と対応している．



用紙 A　　用紙 B

図 4　提案する UX カーブ記入用紙

被験者は実際のサービスに関係する様々な事柄が記載されている用紙 B から満足度評価に最も関連する「各フェーズでの行動」を選択し，満足度とその満足度に対する感情を用紙 A に記入する．なお，用紙 B に該当する項目が存在しない場合は，被験者が新たに項目を追加して評価してもらう．

3.2 実験方法

被験者は，健康な男子大学生・院生(22～24歳)10名とした．実験タスクは，被験者が好きなタイミングで某コーヒーショップに行きサービスを受けてもらう．被験者が購入する商品に指定はないが，商品をテイクアウトすることは出来ず，店内で最低 30 分間過ごしてもらい，退店後すぐにUXカーブ記入用紙に記入してもらう，というものである．

4. 実験結果及び考察

4.1 各被験者の UX カーブと CJM の相関係数

用紙 A の UX カーブの曲線を記入する欄には基準線から上下に 10 本ずつ罫線が引かれており，それにより満足度を数値で表した．一方で，CJM に記載されている項目に対しても基準線からの高さを満足度とすることで数値化を行った．今回は、CJM の各項目に対応する UX カーブの数値をのみを抽出して相関係数を求めている．そのため，被験者が独自に記入した項目は除外している．

各被験者の UX カーブと CJM の相関係数を表 1(a)に示す．ほとんどの被験者で相関係数が小さいことがわかる．CJM では 1 つの項目に対してポジティブ，ネガティブのどちらかの満足度しか示されていない．そのため，被験者の実際の評価に対応できない．そこで CJM において，各項目の満足度をポジティブ，ネガティブそれぞれ同値の満足度を設定するように改良した所，多くの被験者で相関係数が大きくなった(表 1(b))．

以上の結果から，CJM の作成において，タスクの項目にポジティブとネガティブの両側面を持たせることで，UXカーブの評価と関連させられることがわかった．今回は改良後の CJM でポジティブ，ネガティブそれぞれ同値の満足度を設定したが，設計段階の調査データに基づき，それぞれの値を検討することが望ましいと考えられる．

表 1　各被験者の UX カーブと CJM の相関係数

(a) 従来 CJM との比較

ID	相関係数
A	0.1044
B	-0.2215
C	0.7464
D	-0.1945
E	-0.7038
F	0.0166
G	0.1042
H	-0.1231
I	-0.3987
J	-0.1236

(b)改良 CJM との比較

ID	相関係数
A	0.7933
B	0.8319
C	0.2839
D	0.7484
E	0.7038
F	0.5811
G	0.1406
H	0.3720
I	0.5913
J	0.3363

また，UX カーブと CJM の相関係数の大小から，サービスの設計段階で作成した CJM の妥当性を評価できると考えられる．

4.2 フェーズに着目した際の被験者間の傾向

入店前から退店後までの時間と共に推移するフェーズを基準とし，そのフェーズ内の代表する評価項目における UX カーブに記載された満足度の合計を，被験者ごとに求めた．それら被験者の満足度の特徴に対しクラスター分析を行い，被験者を 2 つのクラスター（C1，C2）に分類した．分類した 2 つのクラスター内で満足度を合計したものが図 5，図 6 である．

C1 は，「飲み物（図 5 の丸)」，C2 は「帰宅中（図 6 の丸)」に対する満足度の合計が最も高いグループとなっている．2 つのクラスターで，「店内での出来事」のフェーズの「飲み物」において，多くの被験者が高い満足度を示していた．クラスター間を比較すると，飲み物の満足度が高い場合でも退店後の評価があまり高くならず（C1)，飲み物の味以外の評価が退店後の評価に関わっていることがわかった．

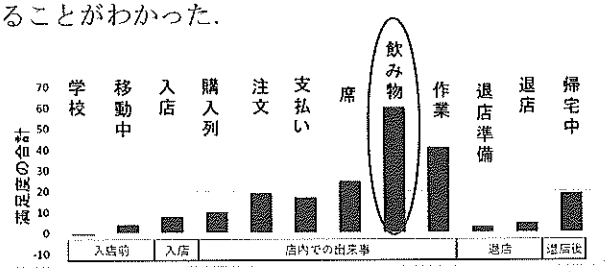


図 5　フェーズを基準とした満足度の分布（C1)

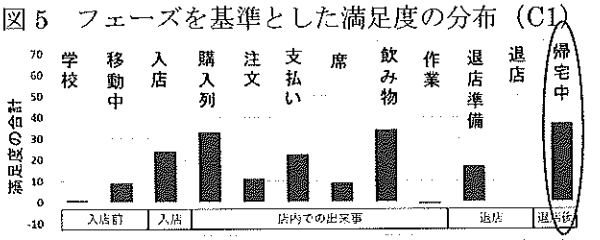


図 6　フェーズを基準とした満足度の分布（C2)

5. まとめ

本研究では，UX カーブを用いた CJM の評価方法を提案した．CJM の各項目にポジティブとネガティブの両側面の満足度を考慮し，時系列で満足度を評価することでサービス改善の手がかりが得られることを示した．

6. 参考文献

1) Nenonen, S., et al.,: Customer Journey-a method to investigate user experience, European Facility Management Conference, pp.45-49, 2008.
2) Kujala, S., et al.,: UX Curve A method for evaluating long-term user experience, Interacting with Computers, Vol(23), Issue 5, pp.473-483, 2011.

[連絡先]
掛川　彩人
e-mail：kakegawa-ayato@ed.tmu.ac.jp

C4-2

屋外環境下におけるデジタルカメラ画像を用いた輝度測定の可能性の検討

○渡部　貴浩*，大野　央人*，中井　一馬*
*公益財団法人鉄道総合技術研究所

Study on possibility of luminance measurement using digital photos outside

Takahiro WATANABE*, Hisato OHNO*, Kazuma NAKAI*
*Railway Technical Research Institute

1. はじめに

鉄道の駅ホームにおける旅客の転落事故防止への取り組みは、視覚障害者をはじめ、全ての旅客にとって大変重要な課題である。近年、旅客に対する注意喚起等の目的で、ホーム縁端部に色の帯（色帯）や縞模様の表示（以下、色帯と縞模様を合わせて視認性向上策という）を施した例が散見される。視認性向上策が意図した効果を発揮するためには、それらの視認性が高いことが必要条件となるが、一般に、ある事物の視認性には当該物とその背景の視覚コントラスト、とりわけ輝度コントラスト（以下、輝度比という）が大きく影響する。したがって、視認性向上策の有効性を評価する１つの方策として、視認性向上策とその周囲との輝度比、また縞模様の場合には縞と縞の間の輝度比の測定が必要となる。

従来、輝度比の測定にはスポット輝度計や反射率計が用いられてきた。ただ、スポット輝度計の使用に際しては、正反射（鏡面反射）が生じている箇所を避けて測定するなど、諸々の配慮を要する[1]。また、反射率計は測定面に密着させて測定する機構上、線路面のように立ち入りの難しい箇所には適用できない。

他方、近年ではデジタルカメラで撮影した画像から輝度分布画像（以下、輝度画像という）を生成し、これに基づいて輝度比を測定する技法（写真測光方式）[2]が確立されつつある。この技法を用いれば、撮影エリア全体の輝度分布を可視化してから任意の箇所の輝度を定量化できるため、測定作業が容易で効率化も図れる。また、線路面のような立ち入りの難しい場所もホーム上から撮影することで困難を回避できる。

ただし、写真測光方式を用いて実環境下の輝度比を測定する試みは、光条件が安定した屋内環境においては既に一定の妥当性を確認している[3]ものの、日射下で光条件が安定しておらず、照度が非常に大きい屋外環境については妥当性をまだ確証できていない。そこで本報告では、駅ホーム縁端部の輝度比測定に写真測光方式を使用し、屋外での適用可能性について検討した結果を報告する。

2. 方法

2.1 測定ポイント

都市部に位置する11箇所の鉄道駅において測定調査を実施した。同じ駅内で視認性向上策の色味に違いが顕著に見られる場合は、その違いの幅を含むように複数の地点で測定を行った。各測定地点における測定ポイントは、図１に示す「枕木」「枕木間」「色帯」または「縞模様の各色（縞①、縞②）」、「笠石」とした。なお、縞模様の各色を測定する際には、便宜上、輝度の高い側を「縞①」、低い側を「縞②」とした。

各測定ポイントとも、スポット輝度計、反射率計、写真測光方式の全てで測定を行ったが、測定対象に接触して測定を行う反射率計については、線路内に立ち入れないため枕木と枕木間の測定を省略した。

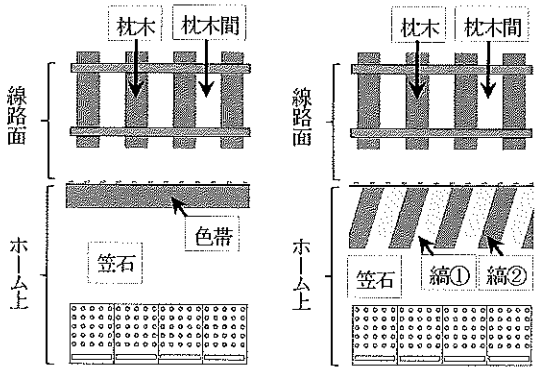


図１　測定ポイント（場所を示す名称を線で囲んだ）

2.2 輝度の測定と輝度比の算出

①写真測光方式：写真の撮影にデジタルカメラ（Canon/EOS-80D）と広角レンズ（シグマ／10-20mm F3.5 EX DC HSM）を使用した。レンズが床上1.5mの高

さとなるようにカメラを三脚に固定し、図１に示した各測定ポイントが収まるように画角を調整した後、シャッター速度を変えて8枚の写真を撮影した。

この8枚の写真から、ソフトウェアQUAPIX（岩崎電気）を用いて輝度画像を生成した。この輝度画像に基づいて各測定ポイントの平均輝度を定量化し、輝度比を算出した。

②スポット輝度計：色彩輝度計（コニカミノルタ/CS-100A）を使用した。先行研究[1]に従って各測定ポイントで3点ずつ測定を行い、その平均値を用いて輝度比を算出した。

③反射率計：分光測色計（コニカミノルタ/CM-600d）を使用した。先行研究[1]に従って各測定ポイントで5点ずつ測定を行い、その平均値を用いて輝度比を算出した。

3. 結果

図2にスポット輝度計で得た輝度比と写真測光方式で得た輝度比の散布図を示す。Ｙ＝Ｘとなる直線の近傍にプロットが散らばったが、一部、これから外れたプロットも見られた。相関係数は0.86であった。

図3に反射率計で得た輝度比と写真測光方式で得た輝度比の散布図を示した（線路内は反射率計の測定を省略したため、ホーム上の測定箇所のみ表示）。両者の相関は高く、相関係数は0.97であった。

4. 考察

図2、図3の相関は一般的に見ると決して低いものではない。しかし、同一対象物で測定方式の異なる測定結果の一致度を検証するという今回の目的に鑑みれば、心許なさを否めない。このように測定方式によって測定結果にばらつきが生じた理由として、旅客の往来の多い駅ホームで測定を行った制約上、測定ポイントの位置を厳密に統制することができなったことが一因である可能性がある。また、図3では図2に比べてばらつきが小さかったが、これには測定器自体の影響の他、線路面上の測定ポイントを含まなかったことも一因である可能性がある。

今後、模擬環境などを活用して測定ポイントの位置などの条件を厳密に統制した検討を行い、ばらつきが生じた理由を明らかにする必要があるだろう。

5. まとめ

本報告では、スポット輝度計、反射率計、写真測光方式による輝度比の測定結果を比較し、写真測光方式の利用可能性について検討した。その結果、上記のような問題点が明らかになった。今後はこうした点を更に検証するなどして、実環境における写真測定方式の活用の可能性について検討を重ねていきたい。

参考文献

1) 大野央人他：駅における視覚障害者誘導用ブロックの輝度比の測定方法, 鉄道総研報告, 30(9), pp.35-40,2016
2) 中村芳樹：光環境における輝度の対比の定量的検討法, 照明学会誌, 84(8A),pp.522-528, 2000
3) 山本昌和他：駅のトイレにおける衛生器具の視認性に関する研究 実測に基づくスポット輝度計と写真測光法による輝度の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）, 日本建築学会, 2018

［連絡先］
わたなべ　たかひろ
e-mail：watanabe.takahiro.30@rtri.or.jp

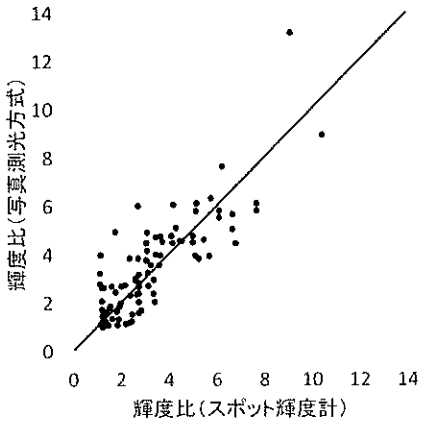


図２　スポット輝度計と写真測光方式から得た輝度比の散布図

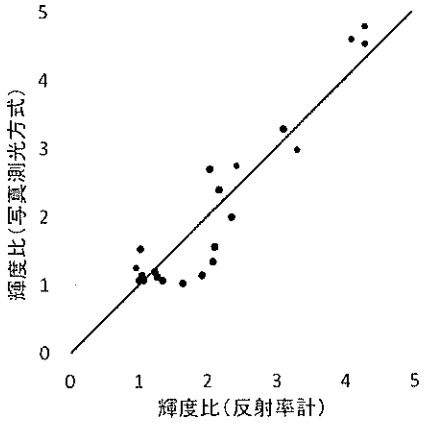


図３　反射率計と写真測光方式から得た輝度比の散布図

C4-3

住宅室内の運河船舶航行音における騒音制御の計算機シミュレーション

○深津遼貴*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

Computer Simulation of Boat Noise Control in a Room Near a Canal

Haruki FUKATSU*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

ある運河では，朝から夕方まで多くの小型船舶が航行している．船舶航行音の多くは 70 dB 以上であり，運河沿いに立ち並ぶ住宅や会社に騒音の影響を与えている．航行騒音を低減させることで人々の暮らしや仕事，健康に支障の出ない環境をつくることができると考える[1) 2)]．

船舶騒音の軽減・静音化に関する研究は数多く存在しているが，現在では防音壁などの遮蔽物や制振材料によって軽減させる方法が効果的とされている．しかし，遮蔽物による防音は高い周波数に対し有効であるが，低い周波数に対して効果が低い[3)]．船舶航行音の 500 Hz 以下のエンジン音を軽減するため適応騒音制御を用いることで騒音軽減に期待ができる．

本研究の目的は，船舶航行音を適応騒音制御し室内を静音化することである．本報告では船舶航行音の適応騒音制御を想定した計算機シミュレーションより騒音低減の可能性及び騒音低減量の予測を検討した。

2. 船舶航行音の適応騒音制御の原理

住宅室内における船舶航行音はエンジン音からなる低い周波数成分である．また，卓越周波数成分が少なく，比較的定常状態といえる．そのため，IIR 型適応騒音制御が有効である．さらに IIR 型適応騒音制御は FIR 型と比較するとフィードフォワード構造に加え，フィードバック構造を持ち計算量を少なくすることが可能である[4)]．そのため小型マイコン上で演算処理を想定する本実験では IIR 型適応騒音制御が適している．

適応騒音制御は，騒音源からの騒音と制御信号に基づき，制御点で騒音を打ち消すように制御信号を出力できるシステム[5) 6)]であり，制御点で騒音をできるだけ小さくするためにシステムの特性を時々刻々と調節する LMS アルゴリズムを用いる[7)]．IIR フィルタのフィードフォワード側とフィードバック側のフィルタ係数ベクトル $\boldsymbol{w}(n)$，$\boldsymbol{u}(n)$の更新式は次式で示される．

$$\boldsymbol{w}(n+1) = \boldsymbol{w}(n) + \mu e(n)\boldsymbol{x}(n) \qquad (1)$$

$$\boldsymbol{u}(n+1) = \boldsymbol{u}(n) + \nu e(n)\boldsymbol{y}(n) \qquad (2)$$

ここで，誤差信号を $e(n)$, 参照信号ベクトルを $\boldsymbol{x}(n)$, 出信号ベクトルを $\boldsymbol{y}(n)$，ステップサイズをそれぞれ μ, ν とする．これらのステップサイズは，制御音が騒音の逆位相同振幅の音にどれだけ近づくかという騒音制御の精度と、フィルタ係数が定まる過程の速さに関係している[8)]．

3. 船舶航行音の適応騒音制御実験

3.1 実験方法・条件

計算機シミュレーションは，最初に環境音と船舶航行音を録音し，この収録音をそれぞれ任意に 1 秒切り出した．その音を用い，IIR 型適応騒音制御を計算機上で実行した．船舶航行音はタグボートの音とした．IIR フィルタの条件は，フィードフォワード側のタップ数を 10，フィードバック側のタップ数を 8，ステップサイズは，$\mu = \mathbf{1.0} \times \mathbf{10^{-15}}$，$\nu = \mathbf{1.0} \times \mathbf{10^{-16}}$とし，サンプリング周波数は 48 kHz とした．船舶航行音の周波数を 4 つまで制御できるようするために，IIR フィルタのフィードバック部を 8 タップに設定した．また，船舶航行音としてタグボートとクルーザの音と，環境音及び制御前後の音信号の周波数分析も行った．FFT 窓長を 8196 点，ハミング窓を適用し，こちらもサンプリング周波数を 48 kHz とした．

3.2 実験結果

船舶航行音の周波数特性を図 1 に示す．ここではタグボートとクルーザの音を周波数分析した．これにより船舶航行音は，低い周波数成分である．船舶航行音を適応騒音制御する前の出力波形を図 2，適応騒音制御する後の出力波形を図 3 に示す．ここでは，音圧が制御後に小さくなっていることがわかる．制御が始まる前後の音圧レベルの時間推移を図 4 に示す．時刻 0 より制御を開始している．音圧レベルは，制御前後で 25 dB 低減している．また，IIR フィルタが収束まで 0.1 秒かかっていることがわかり，これは適応騒音制御に十分早い収束となる．最後に環境音と入力信号と制御した信号の音圧レベルの周波数特性を図 5 に示す．環境音と船舶航行音を比較すると 60 Hz，180 Hz，220 Hz で船舶航行音による音圧レベルの増幅がみられる．船舶航行音と制御後の信号の音圧レベルを比較すると適応騒音制御が有効である低い卓越周波数で音圧レベルの低減がみられた．また，環境音と制御後の信号を比較すると，300 Hz 以下では環境音よりも制御後の信号の音圧レベルが低減されている．これらの結果より住宅室内において船舶航行音を適応騒音制御することで 25 dB 程度の低減ができると予測した．

4. むすび

本実験では船舶航行音の IIR 型適応騒音制御の計算機シミュレーションを行った．その結果，船舶航行時のエンジン音の周波数成分の音圧レベルを低減させることができた．そのため，室外では 70 dB 程度の船舶航行騒音を室内では適応騒音制御によって 50 dB 程度にできると期待でき，室内の船舶航行騒音を生活音と同程度にすることができるといえる．今後の課題は，小型マイコンを用いて実験を行い，今報告の計算機シミュレーションの結果に近づけていくことである．

5. 参考文献

1) K. Muto, T. Akahira: A Result of 24-Hours Measurement of Small Boat Noise in Residential Area along a Canal Proc. of WESPAC 2015, P8000017, 2015.
2) 環境省水・大気環境局大気生活環境室：よくわかる低周波音，pp.2-10，2007.
3) 西沢：船舶用制振材料，騒音制御，Vol.23, pp.405-408，1999.
4) 村晋：音遊び！blackfin DSP 基板でディジタル信号処理初体験，pp.65，2015.
5) 吉田，石川：作業者被曝騒音のアクティブコントロール(第 1 報)，農業機械学会誌 55(3), pp.81-83, 1993.
6) P. Lueg: Process of silencing sound oscillations, U. S. Patent No. 2043416, 1936
7) 石光，吉村：船室内騒音のアクティブ制御システムの検討，日本マリンエンジニアリング学会誌，第 37 巻，pp.72-74，2002.
8) S. Haykin：適応フィルタの理論，科学技術出版，2001.

[連絡先]
深津　遼貴　（ふかつ　はるき）
e-mail：af15076@shibaura-it.ac.jp

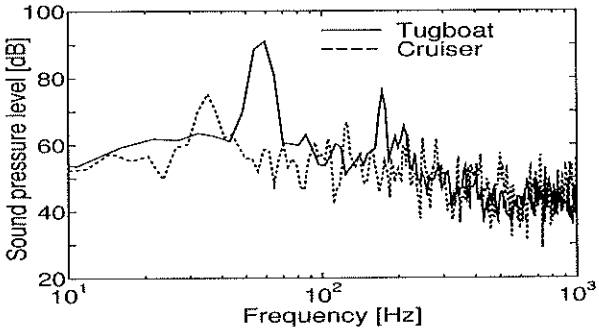


図 1　船の音の周波数特性
（タグボートとクルーザ）

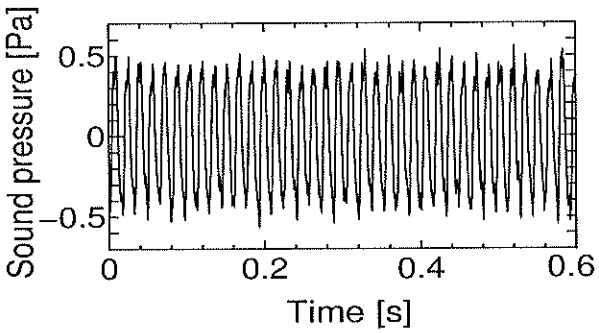


図 2　船の音の音圧

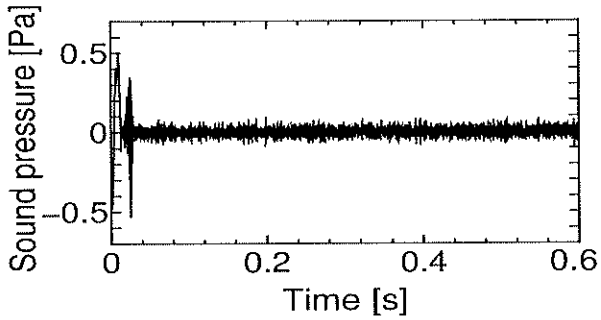


図 3　適応騒音制御した船の音の音圧

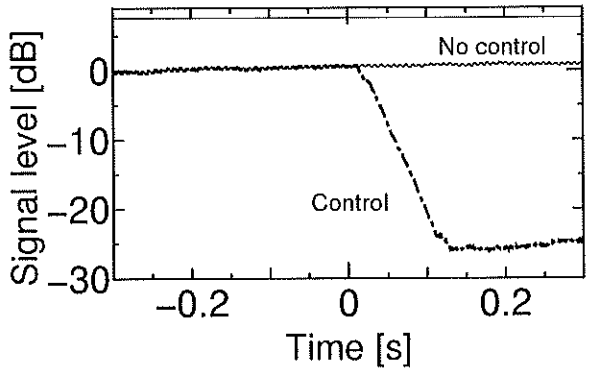


図 4　船の音の適応騒音制御の低減量
（ｔ＝０より制御開始）

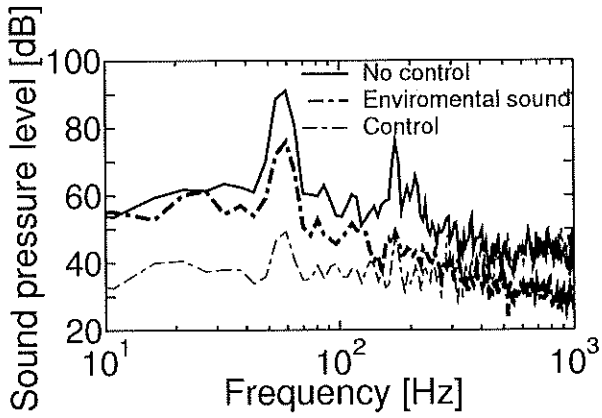


図 5　船の音の制御前後の周波数特性
及び環境音の周波数特性

C4-4

人間工学から見た自動運転事故：テスラ社とウーバー社公道試験死亡事故の教訓

堀野定雄（神奈川大学・工学研究所）、小木和孝（大原記念労働科学研究所）
Sadao Horino<horino@kanagawa-u.ac.jp>, k.kogi <k.kogi@isl.or.jp>

Ergonomic view of accident by self-driving vehicle: Learnings from fatal accident on public road test caused by Teslar and Uber

Sadao HORIMO[1] and Kazutaka KOGI[2]
1: Kanagawa Univ., Research Inst. for Engineering 2: Ohara Memorial Inst. for Labor Science

1. 目 的

百年に一度の変革只中にある自動車業界のキーワードは自動運転です。筆者らは現実に発生した米国代表的2社の自動運転車公道試験中死亡事故を人間工学視点で検証、教訓を整理しました。

我国政府も欧米に先駆け2020年東京オリパラ目途に、事故低減、渋滞緩和、環境対応、快適性向上、高齢運転者支援や運輸業人手不足対策などを大義名分に自動運転技術開発を主導、事故2社と同じ文脈上にいます。

自動運転車死亡事故分析で判った事はユーザー(運転者)視点を欠如した制御技術者が進める自動運転技術開発が致命的パラダイムに陥っている現実です。人間工学が新たな自動運転技術開発指針をタイムリーに世界的発信する意義を提案します。

2. 方 法

本来実施すべき方法である事故現場観察、事故当事者取材が事実上不可能で、公開インターネットNTSB 情報や新聞・テレビ報道で得た情報を駆使して分析しました。分析視点はヒューマンエラーを誘導する 4M 要因(Man 運転者、Machine 車両、Media 道路環境、Management 管理)です。

3. 結 果 と 考 察

3−1 テスラ死亡事故:ユーザー無視で過信を招く

テスラ・モーターズ「モデル S」を米国フロリダ州で「オートパイロット」(実は, レベル2)で運転中、中央分離帯付片側4車線幹線道路を左折、横切ろうとした大型トレーラー側面に衝突、トレーラー荷台下を突き抜け車体上部はすっ飛び運転者はギロチン状態で死亡する事故が発生しました(図1, 2, 3, 2016-5-7, 16:40)。

事故原因は優先権あるテスラ車に道を譲らなかったトラック運転手過失とテスラ運転者過信でトラックに無反応だった前方不注意の複合です。

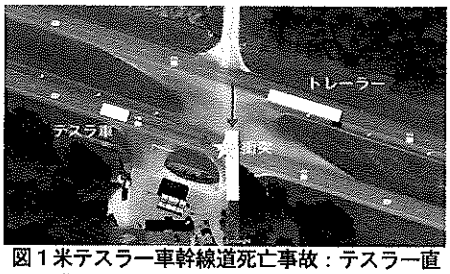


図1 米テスラー車幹線道死亡事故：テスラー直進、トレーラー左折、

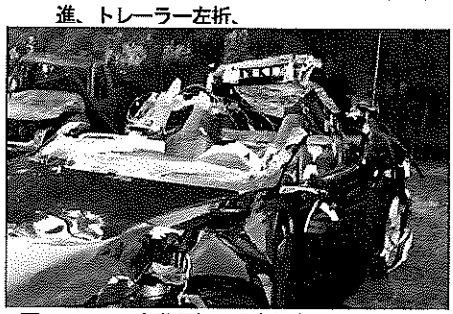


図2 テスラー自動運転死亡事故車(2016-5-7)

図3 テスラーが突抜けたトレーラー荷台下部(○)

表1 自動運転レベルの定義(内閣府SIP、2016)

自動運転レベル	概要	注(責任関係等)	左記を実現するシステム	
レベル1	加速・操舵・制動のいずれかをシステムが行う状態	ドライバー責任	安全運転支援システム	
レベル2	加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態	ドライバー責任 ※緊急時直ちにいつでも完全運転できる状態	準自動走行システム	自動走行システム
レベル3	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときはドライバーが対応する状態	システム責任(自動走行モード中)* ※特定の交通環境下での自動走行(自動走行モード) ※緊急時除外し(自動走行モード:システム要請時)		
レベル4	加速・操舵・制動を全てドライバー以外が行い、ドライバーが全く関与しない状態	システム責任 ※全ての行動での自動走行	完全自動走行システム	

ただし、いずれのレベルにおいてもドライバーは、いつでもシステムの制御に介入できる。

しかし、テスラ社はトレーラーの白色側面が明るい空を背景としていた為に運転者も「オートパイロット」もトレーラーを認識できず制動しなかったのが事故原因と発表しました。筆者らの分析では、低いバンパーに取付けたミリ波レーダー端末器が発したミリ波がトレーラーの高い荷台側

面下部空間を突き抜け「障害物なし」と誤判断した初歩的システムエラーと判断しました。

ユーザー特性を無視し運転者に過剰期待を抱かせる「オートパイロット」命名やミリ波レーダー性能限界を伝えず運転中に DVD 鑑賞可能と過信させた不備、トレーラー側面不認識原因を空の明るさとするなどテスラ社の複合責任は重いです。

類似の運転支援機能搭載車 BMW やベンツは運転者が数秒以上ハンドルから手を離すのを認めないがテスラは認めます。テスラの運転者は自車が「レベル３」と勘違いしていた様です。これが事実ならテスラが負う責任は重く法的には製造物責任法違反で問責出来ます。

3－2 ウーバー社死亡事故:ユーザー無視設計

米ウーバー・テクノロジーズ社製完全自動運転車が試験運行中歩行者をはねる死亡事故を発生しました(2018-3-18 夜, アリゾナ州テンピ)。被害女性(49)が自転車を押しながら横断歩道のない複数車線道路を横断中時速 63km/h で衝突しました。運転席に運転者 1 人(44, 男性)が乗っていました。事故直後、前方と運転席を記録した動画が警察が公開、運転者は事故直前脇見運転をしていて緊急対応は出来なかった様です。

米国国家運輸安全委員会(NTSB)は暫定報告書で、システムは衝突 6 秒前に歩行者を検知し 1.3 秒前に緊急ブレーキ必要と判断したが、ウーバー社は作動しないように設定していた、と公開しました(2018-5-24)。

3－3 ユーザー無視の自動運転定義

レベル分類(表１,元は NHSTA)は制御工学者が独善的に構想し、特にレベル３は、システムが対応しきれない緊急事態で運転者が対応する想定ですが、人間工学視点を著しく欠落しています。

国連欧州経済委員会(UN-ECE)傘下の自動車基準調和世界フォーラム(WP29)は実行性検証なしに車から運転者への遷移時間を 4 秒と決めた(2017-4)のですが運転者は交通状況を把握していない状況下で咄嗟に交代要求されても的確な瞬時対応は無理です。最低 20 秒は要ると言う専門家もいます。

ウーバー社製全自動運転車死亡事故が立証した重大事実は運転者がいてもシステムから人間への瞬時交代は無理で死亡事故は起る現実です。これがレベル３システムのお粗末な実態です！

３－４ 新幹線：ハイブリッド自動運転システム

新幹線開業(1964)以来 54 年間乗客人身事故ゼロ記録更新快挙の鍵は最初から「ハイブリッド自動運転システム」を導入した事です。駅停車前 30km/h 以下になると自動システムは退却、駅定点に完全停車するまで運転士が全制御を担います。設計者は人間の自由の証としてシステムと人間を繋ぐインターフェイス、ノッチを残しました(図４)。宮嵜拓郎氏はこの構想を自動車に応用、レベル５：ハイブリッド自動運転を ITS 世界会議 2016,Melbourne で提案しました (図５)。皆で真剣に検討しましょう。

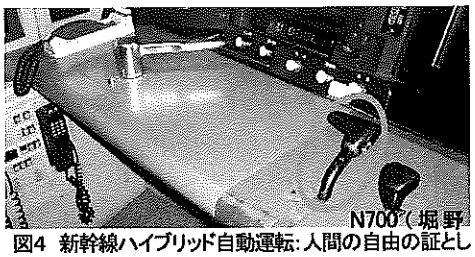


図4 新幹線ハイブリッド自動運転:人間の自由の証として運転全部を機械化せず人間に任せるノッチ○を残す。

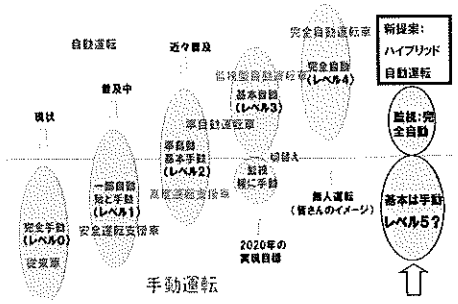


図5 レベル5ハイブリッド自動運転:基本は手動(宮嵜拓郎、ITS-WC. Melbourne. 2016)

表2 完全自動運転車実施への挑戦（ITS-WC 2016 Melbourne, Joseph Kanianthra、堀野訳）

1 全車両実施には、30年以上要する。
2 広範な受容はほぼ不可能である。
3 消費者教育は社会的受容の鍵である。
4 早期実施には分離限定策が必要となる。
5 インフラ投資は法外な額となる。
6 責任所在の明確化。
7 支援から自動運転への遷移及び自動運転から手動運転への遷移は困難である。急な交代は無理。
8 完全自動運転から得られる成果は限定的。
9 消費者受容には長期間無故障が条件。
10 セキュリティとプライバシー要求が障害となる。
11 初期費用と維持費が受容を妨げる可能性がある。
12 無事故インフラ環境保証は到底無理。

3－5 完全自動運転車実現への条件

筆者と親交ある米運輸省安全局(NHTSA)元副長官 Joseph Kanianthra 氏が完全自動運転車実施挑戦として ITS 世界会議 2016 で公開した実務 12 条件(表２)は低い Cost/Performance、従来技術開発に比べて極めて高い社会コストなど否定的です。

4．結　論

２社の死亡事故分析で得た教訓はユーザー特性を無視したシステム開発のためレベル３以上の自動運転車開発は現実味が薄い事です。自動運転技術の総合的検証が必要で、現行新幹線のハイブリッド自動運転方式の応用は大いに期待できます。この教訓を国際的に合意する必要があります。

D4-1

座位作業時の角度付きデスク使用の人間工学的評価

○中村啓佑*, 佐藤秀磨*, 川島稜平*, 田中知里*, 杉田琢郎*, 野崎真奈美**, 河合隆史*, 三家礼子*
*早稲田大学, **順天堂大学

Ergonomic Evaluation of Using Angled desk in Sitting Work

Keisuke NAKAMURA*, Hidema SATO*, Ryohei KAWASHIMA*, Chisato TANAKA*, Takuro SUGITA*, Manami NOZAKI**, Takashi KAWAI*, Reiko MITSUYA*
*Waseda University, **Juntendo University

1. はじめに

ノートパソコンを用いた座位作業は，目の疲れや首の痛みなどの身体的悪影響を引き起こすことが問題点として指摘され，それらを予防・改善するための作業環境の整備が必要とされている[1]．そこで，本研究では，オフィス家具の一つである角度付きデスクに着目し，その使用がもたらす効果について検証することを目的として，主観的・客観的な評価実験による検討を行った．

2. 実験概要

2.1 実験条件

天板角度が変更可能なデスク，および機能が異なる 2 種類のチェアのそれぞれの組み合わせによって構成された，3 つの作業環境を実験条件とした．デスクの天板角度は 0 度または 12 度であり，チェアの機能の違いは，座面下が 360 度揺れるか否かであった．各条件における実験環境，およびデスクの天板角度とチェアの機能の組み合わせを示したものを表 1 に示す．なお，地面から天板上面までの高さは，肘側端部で 720mm となるよう統制した．

表 1　実験条件

実験条件	条件 1	条件 2	条件 3
天板角度	0 度	12 度	12 度
360 度の揺れ	なし	なし	あり

2.2 実験タスク

ディスプレイ上に呈示された見本となる公募小説（https://ncode.syosetu.com/n5399el/）をタイピングする作業を実験タスクとした．1 試行あたりの遂行時間は 20 分間とし，タイピングの前後には 30 秒間の安静状態をとらせた．見本の文章とタイピング位置の配置に関しては，ディスプレイの右側に見本画面を，左側にタイピング画面を呈示することで統制した．

2.3 評価指標

客観指標として，生体信号システム（biosignals plux）を用いた左右の上部僧帽筋の筋電図計測を行い，首にかかる負担の指標とした．また，実験参加者を側面からビデオカメラで撮影し，図 1 に示す頭部角度θ_Hと頸部角度θ_N，および視軸角度θ_E（水平線の上側が正の向き）[2]を算出することで，姿勢を定量化する指標とした．主観指標として，身体負担やタイピングのしやすさに関する 6 つの質問項目に対し，7 段階で回答する主観評価アンケート，および総合評価による順位付けを実施した．

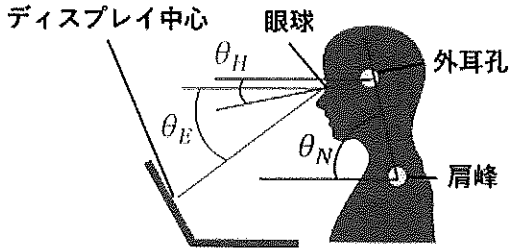


図 1　頭部角度・頸部角度・視軸角度の算出図

3. 実験手順

実験参加者に対し実験内容を説明し，同意を得た後に実験を開始した．はじめに練習用の文章を用いて，キーボード操作に十分慣れてもらうための時間をとった．筋電センサーを装着後，実験タスクを開始したが，各試行前には椅子の高さ，ノートパソコンの位置，ディスプレイの角度を適宜調整するよう教示を与えた．各条件はランダムな順序で行い，試行終了後にアンケートへの回答を求めた．実験参加者は，男性 6 名，女性 10 名の計 16 名とし，平均年齢 25.9±9.4 歳であった．

4. 実験結果

4.1 筋電図

筋電位の時系列データを使用し，式(1)により RMS 値を算出した．右上部僧帽筋における条件ごとの RMS 値の結果を図 2 に示す．結果から，条件 1 に比べて，条件 2 の RMS 値が 10%水準で有意に低くなる傾向がみられた．

$$RMS\ Value = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} {e_i}^2} \quad (e_i\text{: 筋電位}) \quad (1)$$

4.2 姿勢

撮影された動画から代表的な姿勢を静止画像として抽出し，図 1 に示した角度をそれぞれ算出した．条件ごとの頸部角度の結果を図 3 に，視軸角度の結果を図 4 に示す．結果から，頸部角度に関して，条件 1 に比べて，条件 2 では 5%水準で，条

件 3 では 1%水準で，角度が有意に大きくなることがわかった．また，視軸角度に関して，条件 1 に比べて，条件 2 および条件 3 の角度が 1%水準で有意に小さくなることがわかった．

4.3 主観評価アンケート

首の負担に関する「首が痛む」，「首が疲れる」への回答結果から，条件 1 に比べて，条件 2 および条件 3 で評点が低くなる傾向がみられた．また，目の負担に関する「目が疲れる」への回答結果については，図 5 に示すように，条件 1 に比べて，条件 2 の評点が 10%水準で有意に低くなる傾向がみられた．

5. 考察

条件 1 と比較し，条件 2 において，上部僧帽筋の RMS 値や目の疲れに対する自覚症状が低下する傾向がみられたことから，天板に 12 度の角度をつけることで，首や目への負担が軽減されることが示唆された．その要因として，頸部の前傾が緩和されたことや，ノートパソコン使用時の視軸角度が VDT ガイドラインの提示する 10～15 度[3]に近づいたことなどの作業姿勢の改善が考えられる．

6. まとめ

本研究では，座位作業における角度付きデスクの使用に関して，筋電図や姿勢動画，アンケートを使用した効果の検証を行った．結果から，作業姿勢の改善がみられ，首や目に対する負担の軽減が確認されたことから，角度付きデスクは座位作業による身体的悪影響の予防・改善に有効であると考えられる．

謝辞

本研究を行うにあたり，コクヨ株式会社の皆様にご協力いただきましたことに深く感謝いたします．

参考文献

1) テレワークガイド委員会：2010 年版　ノートパソコン利用の人間工学ガイドライン　ーパソコンを快適に利用するためにー，https://www.ergonomics.jp/official/page-docs/product/guideline/notePC-guideline-2010.pdf，（参照 2018-11-06）．
2) 斎藤真：FPD ワークステーションの形態と作業姿勢，人間工学，31 (Supplement)，pp. 120-123，1995.
3) 野呂影勇：図説エルゴノミクス入門，培風館，2006.

[連絡先]
中村　啓佑
e-mail：keibow@ruri.waseda.jp

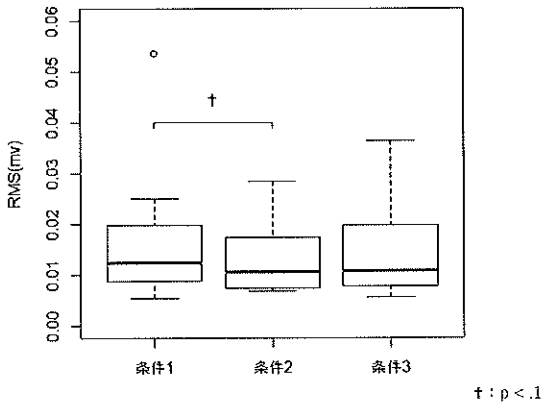


図 2　右上部僧帽筋の RMS 値

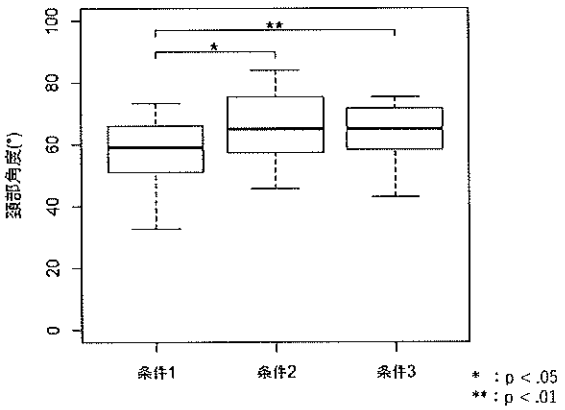


図 3　頸部角度

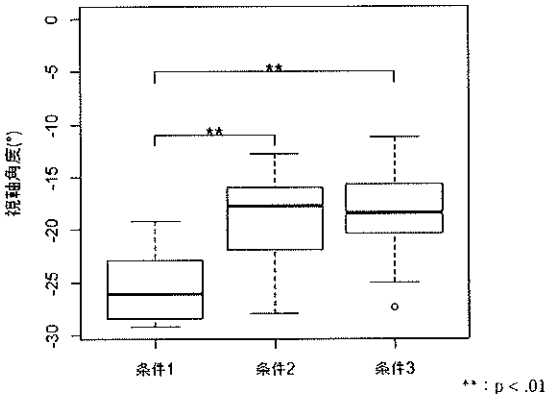


図 4　視軸角度

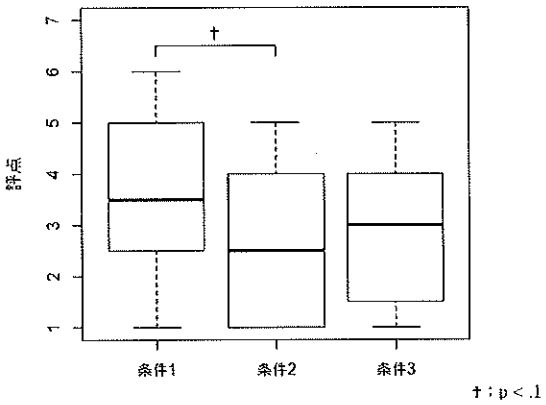


図 5　「目が疲れる」の評点

D4-2

長時間 VDT 作業における休憩催促システムの開発

○山本瑞穂*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学大学院工学府，**横浜国立大学大学院工学研究院

Development of Break Remind System in VDT Work

Mizuho YAMAMOTO*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. はじめに

近年，パソコンをはじめとする VDT(Visual Display Terminal)機器が広く普及し，デスクワークにおいて業務の作業効率は飛躍的に高まった．しかしその一方で，長時間の作業は眼への影響が大きく，ドライアイや眼精疲労を訴える患者の増加が問題となっている．

これに対し，厚生労働省は VDT ガイドラインを策定し，「一連続作業時間が 1 時間を超えないようにする」，「作業間は 10～15 分の作業休止時間を設ける」などの基準を設けて VDT 作業における休憩管理を行うよう促している[1]．しかし，これは一般的な推奨数値であり，休憩を取るタイミングは作業者個人の状態によって変化させることが望ましいと考えられる．そこで，ウェブカメラなど導入が容易な機器を用いて作業者をモニタリングし，得られる生体情報によって休憩タイミングを判断するシステムが必要とされる．

2. 目的

VDT 作業中にウェブカメラから得られる生体情報として，瞬きが挙げられる．瞬きは眼の疲れとの関連が報告されており，先行研究では休憩を促すタイミングの指標として提案されている[2]．しかし，これは主観的な疲労タイミングを推定するものであり，生産性が重視されている現在においては，主観評価だけでなく作業効率の観点を加えた評価が必要であると考えられる．

本研究ではシステム開発に先立ち，長時間の VDT 作業において眼の疲れを感じたタイミングと作業成績を考慮した休憩タイミングの提案を行う．また，その時の瞬き傾向について調査し，システムにおける指標を検討する．

3. 実験

3.1 概要

被験者 3 名に対し，1 時間の単純な VDT 作業を休憩なしで行ってもらった．作業開始前に 5 分間の安静時間を設け，作業中はノートパソコン内蔵のカメラを用いて被験者の様子を録画するとともにその映像から瞬き計測を行った．

作業内容としては百マス内にランダムに表示される二つの数字の足し算を行うタスクを課し，1 問ごとの回答時間を記録した．作業画面の例を図 1 に示す．作業中，ぼやける，かすむなど眼の疲れ，首・肩のこりを感じたら，作業画面内のボタンを押して詳しい症状を口頭で回答してもらった．パソコン位置や椅子の高さなどは，違和感がないよう被験者自身に調節してもらった．

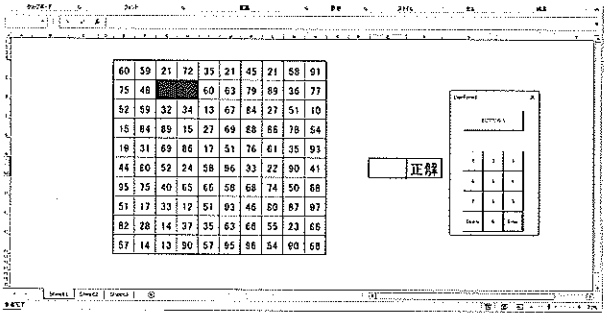


図 1　VDT 作業中の画面

3.2 瞬き計測方法

実験における瞬き計測には，顔特徴検出ライブラリとして一般公開されている「clmtrackr」を利用した[3]．これは，入力された動画像に対して顔検出を実施し，図 2 のフェイスモデルを適用して顔の特徴点を取得するものである．

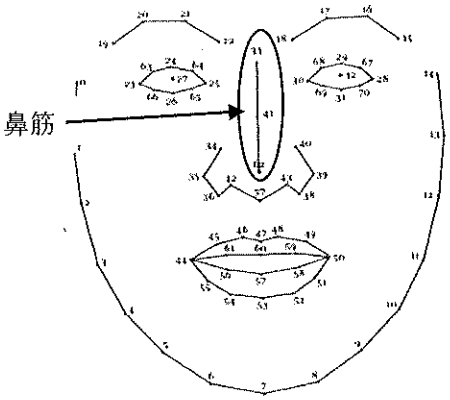


図 2　clmtrackr のフェイスモデル

取得した瞳孔位置と鼻位置(図 2 の特徴点 37 番)の距離が閾値を超えた場合，瞬目と判断する．ただし，閾値は画面と顔との距離の変化に対応できるよう鼻筋の長さ(33 番から 62 番)によって変化させる．また，瞬きを検出した際には直後の 5 フレームは検出を行わないものとした．本実験で使用したカメラのフレームレートは 30 fps である．

3.3 タイミングの検討

図3に被験者3名の作業成績の5分ごとの推移を示す．今回は作業成績として 1 分間あたりの回答数を用いた．すべての被験者で作業開始 30 分後前後から回答数が減少していき，最後の 5 分間は直前と比べ増加する傾向が見られた．

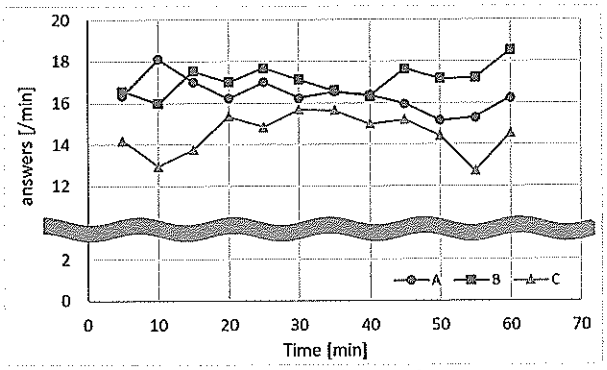


図 3　回答数の時系列変化

主観による疲労タイミングは表 1 の通りである．3 名ともそれぞれ 2 回の申告があり，申告タイミングを含む5分間の回答数は，その前の5分間と比較して申告全6回中4回，回答数が減少しており平均 -4.9%であった．

表 1　疲労申告タイミング

	A	B	C
1回目	23分	43分	9分
2回目	37分	53分	39分

また，被験者 A は図 3 の 45 分から 50 分，被験者 C は50分から55分において回答数がそれぞれ5.4%, 13.3%と大きく減少しており，このタイミングの 7～8 分前に疲労の申告があった(表 1 参照)．この申告タイミングで休憩をすることで作業成績の悪化を防げる可能性がある．

3.4 瞬きの傾向調査

図4に1分間当たりの瞬目回数である瞬目率の変化を 5 分間ごとに示す．被験者 C に関しては，瞬目率が低く数回程度であったため，瞬目間の時間間隔である，IBLI(Inter-Blink Interval)を用いて 5 分間の平均値を求め時系列変化を確認した [4](図 5)．

図 4，5 より被験者 A は瞬きが減少から増加傾向へ，被験者 B は全体的に減少，被験者 C は IBLI が全体的に減少傾向，つまり瞬きは増加傾向と，時系列変化は 3 名で異なる結果となった．

被験者 A，B に対しても 5 分ごとに IBLI 平均値を求めたところ，3.3 で提案したタイミングにおいて，被験者 A の 35 分から 40 分の IBLI 平均値（図 5 で 40 分の値）は，直前の 5 分と比べた時の減少幅が最大であった．被験者 C の 40 分から 45 分における IBLI 平均値も直前と比べ減少していた．眼の疲労により，瞬目率が上昇し IBLI 値が減少したと考えられるが，システムによるタイミング検出のためには他の減少箇所との区別が必要である．

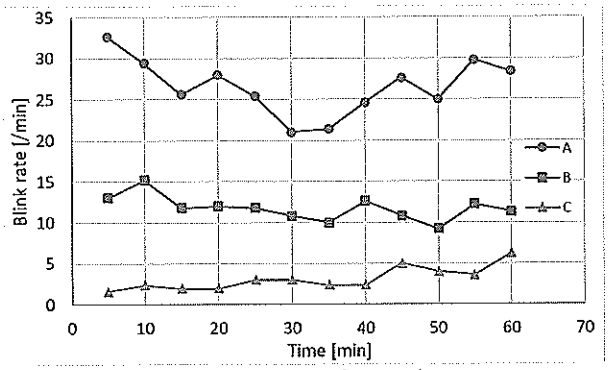


図 4　瞬目率の時系列変化

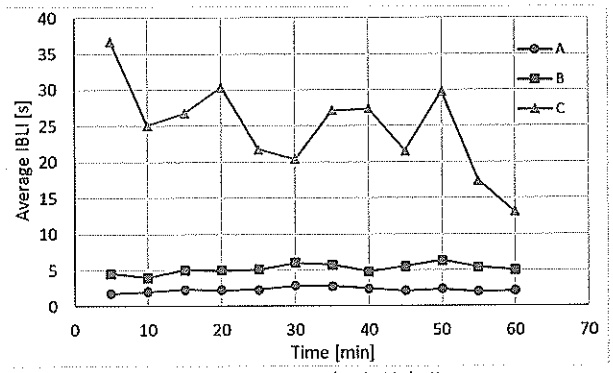


図 5　IBLI の時系列変化

4.　まとめと今後の課題

主観的な疲労タイミングと作業成績から長時間の VDT 作業における休憩タイミングの検討を行い，その時の瞬き傾向を調査した結果，瞬目間の時間間隔 IBLI に着目することが有効だと考えられる．今後は，被験者を増やして作業成績と主観的な疲労の傾向をさらに調査するとともに，休憩を促すための指標を瞬きから確立し，システムへの応用を検討する．

5.　文献

1) 厚生労働省：VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン,2002 https://jsite.mhlw.go.jp/tokyo-roudoukyoku/jirei_toukei/anzen_eisei/toukei/anzen-vdt.html
2) 東川知生 他：デスクワーク時における瞬目に基づく疲労蓄積の検出と適切な休憩タイミングの提示，情報処理学会研究報告,Vol.2012-HCL-146 No.1,2012
3) https://github.com/auduno/clmtrackr
4) 浅海吏 他：VDT 作業時における瞬目と眼疲労の関係性の検討,日本機械学会[No.10-52], 2010, p112, 2010.

[連絡先]
やまもと　みづほ
e-mail：yamamoto-mizuho-nh@ynu.jp

D4-3

注視点解析による歩きスマホ時の没入度の定量的評価

○高地　雄太郎*，西内　信之*
*首都大学東京大学院　システムデザイン研究科　情報科学域

A Quantitative Evaluation on Immersion Degree in Walking Smartphone Using Gaze Analysis

Yutaro KOCHI*, Nobuyuki NISHIUCHI*
* Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

11. はじめに

1.1 研究背景

近年、スマートフォンの普及に伴い、歩きスマホをするユーザが増加し、歩きスマホを原因とする事故が発生している。歩きスマホを防止するために数多くの啓発活動が行われているが、“ながらスマホ”が原因の事故による緊急搬送者数は平成24年から平成28年まで増加傾向にあることが報告されており、問題はより深刻化している[1]。さらに、歩きスマホに対する意識調査では、歩きスマホに対して危険を感じるという人が9割以上、歩きスマホをしないように注意している人が約9割いるにも関わらず、未だに歩きスマホを行なってしまうというユーザが約半数いるということが明らかになっている[2]。

1.2 従来研究

歩きスマホに関する研究は多くなされており、大きく2つのグループに分けられる。1つ目のグループは歩きスマホを防止するためのアプリケーションがあまり使用されていないことから新たに多くのユーザに使用してもらえるようなアプリケーションを開発しようという研究である。2つ目のグループとしては、視覚・聴覚の生体情報やユーザの状態から歩きスマホの危険性を推定して警告を促すアプリケーションの開発である。歩きスマホの危険性を考える際に新しい概念として没入度という言葉が定義されている[3]。これはユーザのスマートフォンの画面注視状態から画面への没入度を推定しようというものであるが、この研究の中では視線情報が利用されておらず、顔の向きのみで没入度を推定している。

このように、アプローチは異なるものの、歩きスマホを防止するためのアプリケーションの開発が、これまで主に行われてきている。

1.3 研究目的

本研究では、歩きスマホ防止のアプリケーションを開発するのではなく、歩きスマホの危険性を認識しながらも歩きスマホを行なってしまうユーザが、操作コンテンツ（アプリケーション）の違いによって没入度が異なることが認識できていないと考え、歩きスマホを行う際の操作コンテンツの違いによる没入度を視線計測により定量的に示すことを目的とする。これらの実験結果をもとに、歩きスマホ時の没入度の高さを数値で示し、スマホユーザに対して定量的データに基づく客観的な注意喚起が可能になると考えている。

2. 実験概要

2.1 実験目的

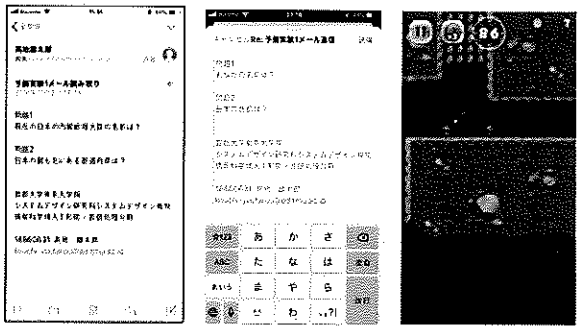
歩きスマホ時の操作コンテンツ（使用するアプリケーション）の違いによって没入度に差が出る可能性があるかを検証することを目的とする。

2.2 実験方法

本実験では、被験者に歩きスマホを行なってもらうというタスクを課し、建物内に設定したコースを歩行してもらった。図1のように、視線の取得には、Tobii社製のTobii Pro Glass2を使用し、また歩行時の様子をビデオカメラで録画した。

図1　実験の様子

実験タスクとして、歩きスマホ中に使用するアプリケーションの操作の難易度ごとに、タスク1:メールの読み取り（難易度低）、タスク2:メールの返信（難易度中）、タスク3:ゲーム（難易度高）、の3条件（図2）を設定した。被験者は、健康な大学(院)生6名（22～24歳）に実験を行なってもらった。



(a)タスク1　(b)タスク2　(c)タスク3

図2 スマホでの実験タスクの画面

3. 実験結果および考察

3.1 頭部の傾き

通常歩行時の頭部の傾きを 0 度としたときの、歩きスマホ時の被験者の頭部の傾きを、被験者側面の映像を基にマニュアルで算出し、全被験者の平均値を図3にまとめた。難易度が低いタスク1に比べ、タスク2および3の頭部の傾きがやや大きくなっていることがわかる。

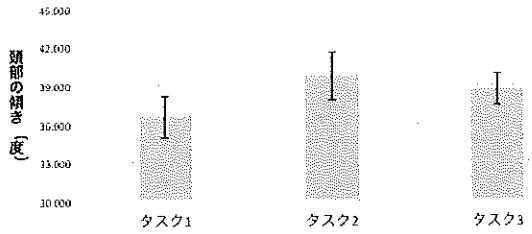


図 3 頭部の傾き

3.2 視距離

頭部と同様に、歩きスマホ時の被験者側面の映像から目とスマホ画面までの距離（視距離）を求め、全被験者の平均値を図 4 にまとめる。スマートフォンの操作の難易度が高くなるにつれ、視距離が長くなるという傾向がみられた。

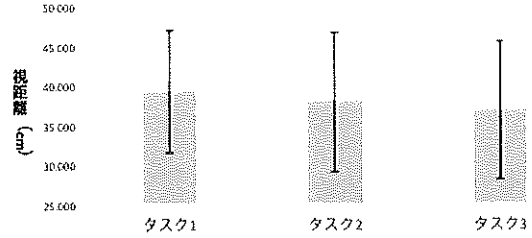


図 4 視距離

3.3 前方確認回数

歩きスマホ時に前方を見た回数について、全被験者の平均値を図 5 にまとめる。タスクの難易度が高くなるにつれて前方を確認する回数が減少する傾向が見られた。今回の実験では、タスク 3 での回数はタスク 1 の約 30%に減少しており、操作コンテンツの違いにより大きな差が生じていることがわかった。

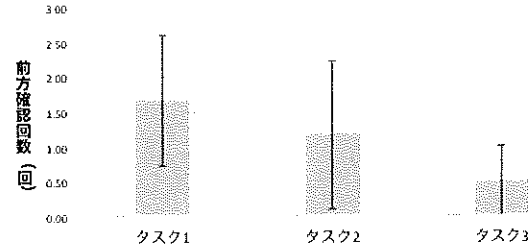


図 5 前方確認回数の平均値

3.4 スマホ画面注視時間

歩きスマホ時にスマホ画面を注視していた時間について、全被験者の平均時間を図 6 にまとめる。注視点の算出方法としては従来研究を参考にした[4]。タスク2と3では、あまり差が見られなかったが、タスク1と比べると、タスク2は約59%、タスク3は約 52%増加しており、ここでも操作コンテンツの違いによって、差が生じていることがわかった。

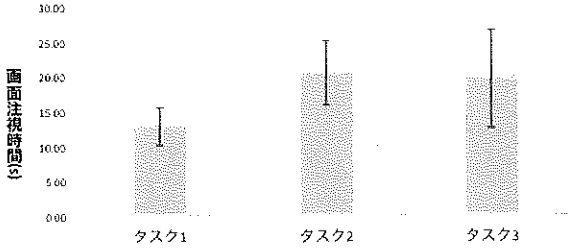


図 6 スマホ画面注視時間

以上の結果より、操作コンテンツの難易度と没入度には関係性があり、様々なパラメータから没入度を定量的に評価できる可能性が考えられた。

4. まとめ

本研究では、歩きスマホの危険性を認識しながらも歩きスマホをしてしまうユーザがいるという問題から、従来研究として定義されていた没入度という概念から歩きスマホの危険性を定量的に評価した。没入度を定量的に評価するために視線計測装置を使用し、異なる操作コンテンツでの歩きスマホ時の視線情報を取得した。実験結果から、タスクの難易度と視線特徴や歩行姿勢の間には密接な関係があり、視線特徴・歩行姿勢から歩きスマホ時のユーザの没入度を定量的に評価できる可能性が示唆された。

5. 参考文献

1) 東京消防庁：
http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201602/mobile.html, (2018/07/25 アクセス).

2) 一般社団法人電気通信事業者協会：
http://www.tca.or.jp/press_release/pdf/170308sumahochosa.pdf, (2018/07/25 アクセス).

3) 江口眞人・三好匠・新津善弘・山﨑達也：没入度と環境危険度を考慮した歩きスマホ注意喚起システムの開発と利用促進要因の考察, 電子情報通信学会技術研究報告：信学技報, 第 116 巻, pp.17-22, 2016.

4)福田亮子・佐久間美能留・中村悦夫・福田忠彦：注視点の定義に関する実験的検討, 人間工学会, 32 巻, 4 号, p.197-204, 1996.

[連絡先]
高地　雄太郎
e-mail:kouchi-yuutarou@ed.tmu.ac.jp

大会２日目

12月16日（日）

荷物取り置き作業における作業姿勢の時系列異常検知に基づく突発的な動作変化の抽出

○平内和樹*，倉元昭季**，瀬尾明彦**
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科，**首都大学東京システムデザイン学部

Extraction of unexpected variation of human motion based on time-series anomaly detection during the material handling task

Kazuki HIRANAI*, Akisue KURAMOTO**, Akihiko SEO**
*Graduate school of Systems Design, Tokyo Metropolitan University
**Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

異常検知手法は，通常期待される振る舞いとは異なる振る舞いを検出する機械学習の応用分野の1つである．人間工学評価へ応用することで，測定した作業姿勢や動作から異なる状態を識別し，作業性評価指標との関連を明らかにすることで，動作から作業性を評価する手法の構築が期待されている．筆者らはこれまでに，離散値である作業姿勢に対して異常検知手法を適用し，作業性と異常検知手法による結果との関連を示した．本研究は連続した動作中の変化を抽出するため，時系列データを対象とした異常検知手法を適用し，各種パラメータを調整することで，動作変化の抽出に対する有用性を示すことを目的とする．

2. 特異スペクトル変換

本研究では，時系列データを対象とした異常検知手法の1つである特異スペクトル変換（Singular Spectrum Transform, SST）に着目する．SSTは，時系列データの分布を仮定せず，時系列データから何らかの「時系列の特徴」を表す成分を取り出して成分を比較し，どの程度差異があるのかを異常度合いとする手法である．図1にSSTの概要を示す．

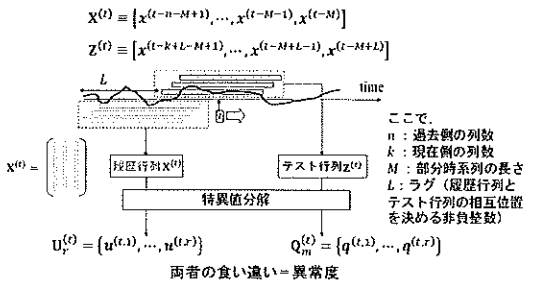


図1　特異スペクトル変換（SST）の概要

長さTの1次元時系列$\boldsymbol{D} = \{\xi^{(1)}, \xi^{(2)}, \cdots, \xi^{(T)}\}$が与えられ，窓幅$M$のスライド窓を使い$M$次元のベクトルの集合$\boldsymbol{D} = \{\boldsymbol{x}^{(1)}, \boldsymbol{x}^{(2)}, \cdots, \boldsymbol{x}^{(N)}\}$ $(N = T - M + 1)$に変換したとする．そこで，ある時刻tの周りに，部分時系列を用いて過去側と現在側に2つの行列，履歴行列$\mathbf{X}^{(t)}$とテスト行列$\mathbf{Z}^{(t)}$をそれぞれ作成する．それぞれの行列の定義は以下の通りである．

$$\mathbf{X}^{(t)} \equiv [x^{(t-n-M+1)}, \cdots, x^{(t-M-1)}, x^{(t-M)}] \quad (1)$$
$$\mathbf{Z}^{(t)} \equiv [x^{(t-k+L-M+1)}, \cdots, x^{(t-M+L-1)}, x^{(t-M+L)}] \quad (2)$$

定義から明らかな通り，過去側にはn本，現在側にはk本の部分時系列を使用する．Lは履歴行列とテスト行列の相互位置を定める非負整数で，通常ラグ（lag）と呼ばれる．

次に履歴行列とテスト行列に対して特異値分解を行い，特異値上位の左特異ベクトルを取り出し，行列としてまとめる．$\mathbf{X}^{(t)}$においてr本，$\mathbf{Z}^{(t)}$においてm本の左特異ベクトルを選ぶとすれば，それぞれ次の通りに定義される．

$$\mathbf{U}_r^{(t)} = \{u^{(t,1)}, u^{(t,2)}, \cdots, u^{(t,r)}\} \quad (3)$$
$$\mathbf{Q}_m^{(t)} = \{q^{(t,1)}, q^{(t,2)}, \cdots, q^{(t,m)}\} \quad (4)$$

それぞれの列ベクトルで張られる空間を主部分空間などと呼ぶ．

時刻tにおいて過去側と現在側で主部分空間が求まれば，両者の食い違いを定量化することでその時刻での異常度が定義できる．異常度$a(t)$の計算は以下の式で行う．

$$a(t) = 1 - \left\| \mathbf{U}_r^{(t)^{\mathrm{T}}} \mathbf{Q}_m^{(t)} \right\|_2 = 1 - \left(\mathbf{U}_r^{(t)^T} \mathbf{Q}_m^{(t)} \text{の最大特異値} \right) \quad (5)$$

ただし，$a(t)$は$0 \le a(t) \le 1$の値をとる．

3. 実験方法

被験者に座位姿勢での荷物取り置き作業を行わせた際の作業姿勢について磁気式3次元位置測定装置（trakSTAR, Ascension社製）を用いて測定し，測定された作業姿勢に対してSSTを適用した．被験者は男子学生5名（年齢：22.4±0.4歳，身長：170.7±1.9 cm，体重：62.4±4.8 kg）であった．取り扱う荷物は高さ14.7 cm，幅5.5 cm，奥行き6.2 cm，重さ51 gの中空直方体を基準とし，突発的な動作の変化を誘発するために，異常荷物とし

て，基準荷物の中に 1 kg 分の重りを追加した荷物を設定した．また，荷物の表面はテープを巻き付け，中身が見えないよう配慮した．荷物取り置き作業は 1 試行を 15 秒（静止 5 秒，作業 5 秒，静止 5 秒）とし，50 試行繰り返し行わせた．異常荷物は全試行 50 回の内およそ 2 割程度が異常荷物になるように完全ランダムで設定した．本研究では特に，部分時系列の長さを定義するパラメータMを調整し，異常動作の検出傾向について考察した．

4. 結果と考察

実験結果として，関節角度と異常度の変化について，被験者 1 名分の解析結果を一例として示す．

図 2 に右肩関節外転角の作業開始から 10 試行分の変化を示す．試行開始から 75 秒から 90 秒の間の動作が異常荷物の取り置き作業を行った動作である．初回の 2 試行は他の動作の波形と比較すると，関節角度のピークの発生の仕方が異なる．これは，初回 2 試行分の作業は被験者が持ち方や動かし方の検討を行っている段階であるため，他の動作との違いが生じたと考えられる．

図 3 に$M = 250$，$L = 600$の時の異常度グラフの変化を示す．グ試行開始から 75 秒から 90 秒の間の動作が異常荷物の取り置き作業を行った動作である．異常度が最も大きく変化しているのは，異常荷物の取り置き作業を行った 75 秒から 90 秒の間に大きくなっていることがわかる．また，その直後の試行（90 秒から 105 秒）も異常度が大きくなる傾向が見られた．これは，ラグLを作業の周期とほとんど等しくなるように設定したことによって，直前の動作の影響を受けたためであると考えられる．

図 4 に$M = 100$，$L = 600$の時の異常度グラフの変化を示す．試行開始から 75 秒から 90 秒の間の動作が異常荷物の取り置き作業を行った動作である．$M = 250$の時と比較して，算出される異常度が増加している．$M = 100$はサンプリングレートが 50 Hz であったことから，約 2 秒の動作データに相当する．今回の結果では，動作開始から 2 秒程度かけ荷物へアプローチ，その後，3 秒程度で所定の位置へ動かす動作であったため，$M = 100$の時に動作の特徴が最も捉えやすく，動作フェーズごとの異常値を検出したことにより，感度が増加したと考えられる．一方，$M = 250$の時は，約 5 秒の動作データに相当するため，作業全体の異常値として検出されたと考えられる．Mを変更することにより，それぞれの特徴を確認することが可能になっていると考えられる．

5. 結論

本研究では，荷物取り置き作業中の突発的な動作変化を抽出するために，特異スペクトル変換を用いた．結果として，異常荷物の取り置きを行った時の動作を異常度の増加という観点から抽出することを可能にした．また，パラメータMを変更する効果についても確認した．今後の展望として，異常荷物の取り置きを行った後の動作の異常度が大きくなる傾向が見られたため，異常値が大きく検出された動作を取り除いた履歴行列の作成方法について検討する．

[連絡先]
平内　和樹
e-mail : hiranai-kazuki@ed.tmu.ac.jp

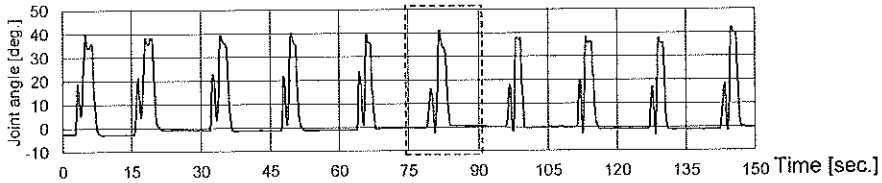


図 2　肩関節外転角の作業開始から 10 試行分の変化

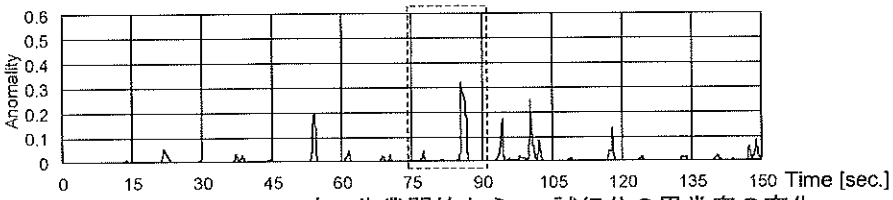


図 3　$M = 250$，$L = 600$の時の作業開始から 10 試行分の異常度の変化

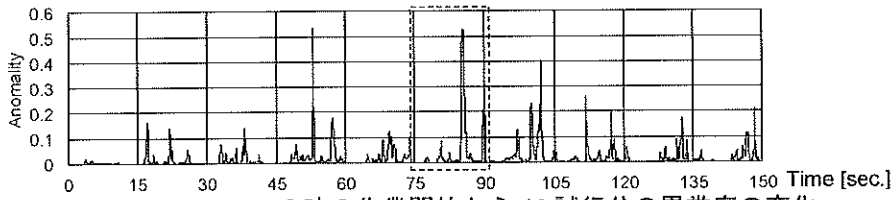


図 4　$M = 100$，$L = 600$の時の作業開始から 10 試行分の異常度の変化

B6-2

自動運転中のドライバ覚醒度と緊急時対応に関する研究

○栗山直之*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学大学院工学府，**横浜国立大学大学院工学研究院

Research on driver awakening degree and emergency response during automatic driving

Naoyuki Kuriyama*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. はじめに

近年,技術の進歩とともに自動運転の実用化へ向けた動きが本格化しており,2020 年までに高速道路での SAE レベル 2，2025 年までに SAE レベル 3 という段階的に自動運転を実現する目標が掲げられている[1].SAE レベル 2，3 の下ではドライバは緊急時に対応必要がある．しかし，先行研究において自動運転は手動運転時に比べ，覚醒度の低下が生じることが示されている．そこで，本研究ではドライバの覚醒度と緊急時対応の関係を評価し，ドライバの緊急時対応可能な覚醒度状態を生理指標から推定することを目的とする．

2. 実験

2.1 実験概要

被験者は免許所持者男性 6 名で行った．本研究では先行車が急ブレーキをかけ，自動運転車が十分に減速できないという緊急時を模擬する．ドライビングシミュレータで 3 車線の高速道路を模擬し，中央車線の被験者の車の前にトラックを時速 80km/h で走行させた．被験者には車間距離 50m を意識し，先行車に追従するように指示した．手動，自動運転中の覚醒度と緊急時対応を比較するために，実験要因を自車のモード（自動，手動）と緊急シナリオ発生時間（3 分後，20 分後）とし，4 つの実験シナリオを準備し，一日に 1 つの実験シナリオを行った．また，被験者間でシナリオの順番を入れ替え実施した．実験開始前にクレペリンタスクを課し被験者を覚醒させた状態から実験を開始した．被験者には緊急時の内容を伝え，監視義務の強調をした．

2.2 測定項目

実験における運転情報の取得を株式会社フォーラムエイトの UC-win/Road ドライビングシミュレータ内から行った．運転情報として，先行車急ブレーキから自車ブレーキまでの反応時間を測定した．被験者の覚醒度を評価するために自覚症状しらべの眠気感の質問を Visual Analog Scale で実験開始時の覚醒した状態を 50 として，緊急対応時の状態を両端を「0 全くない」，「100 これ以上ないくらい強い」で回答してもらった．また，覚醒度を評価する生理指標として，瞬目数を被験者顔動画から測定した．実験装置の概略図を Fig.1 に示す．

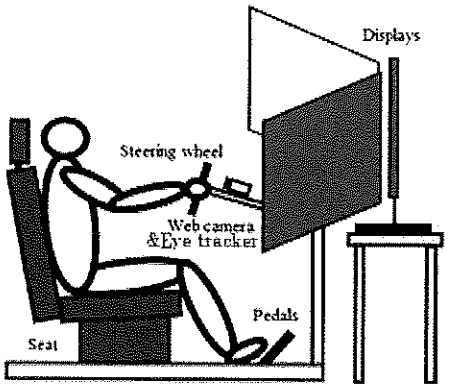


図 1　実験装置

3. 実験結果及び考察

3.1 覚醒度主観評価

自覚症状しらべの眠気感の「ねむい」，「あくびが出る」の 2 項目を用いて被験者の覚醒度を評価した．評価方法としては「ねむい」と「あくびが出る」の評価値の合計から実験開始時の値(100)を引いて相対覚醒度評価値を算出した．その結果を図 1 に示す．但し，以降の表記において m は手動運転，a は自動運転，s は 3 分後，l は 20 分後に緊急時が起こったことを示す．

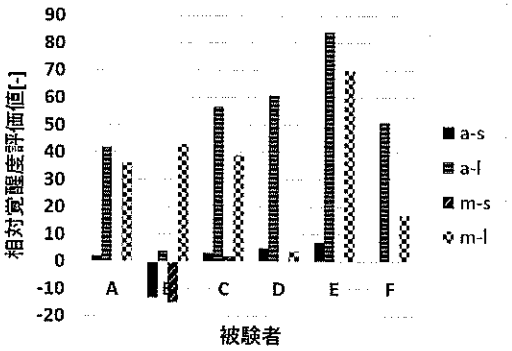


図 1　相対覚醒度評価値

条件 s ではどの被験者においても覚醒度の低下は見られなかった．条件 l では被験者 B の a-l と被験者 D の m-l では覚醒度の低下は見られなかったが，被験者 A,C,E,F では条件 m，a ともに覚醒度が低下した．但し入眠した被験者はいなかった．

以降，覚醒度と緊急時との対応を評価するために相対覚醒度評価値が 10 以下のものを覚醒状態(以降 H)，10 以上のものを低覚醒状態(以降 L)としてグループ分けして検討していく．

3.2 緊急時対応評価

先行車が急ブレーキをかけたとき，被験者全員がブレーキから操作を始めた．先行車の急ブレーキを認知してからブレーキ入力に至るまでの時間を動作時間として測定し，反応時間から引くことで認知時間を算出した．認知時間と相対覚醒度評価値との関係を図2，図3に示す．

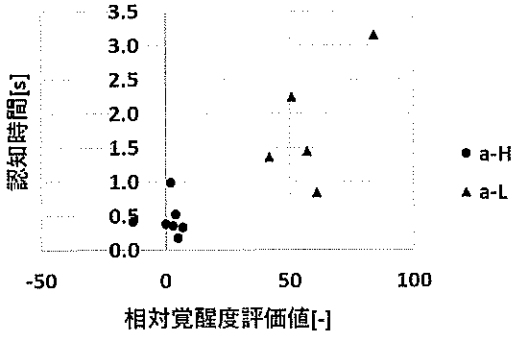


図2　自動運転における認知時間と相対覚醒度

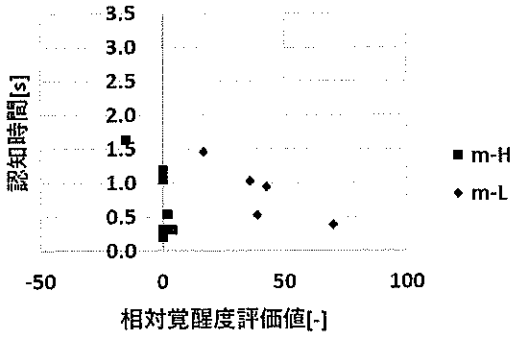


図3　手動運転における認知時間と相対覚醒度

図2，3から自動運転では低覚醒状態の方が認知時間が遅くなり，手動運転では覚醒と低覚醒状態で認知時間に変化がない傾向があることが分かる．認知時間をa-H，a-L，m-H，m-Lの4つの群において多重比較を行った結果を表1に示す．有意水準5%で有意差がある場合は"*"，有意水準1%で有意差がある場合は"**"で示す．

** P<0.01
* P<0.05
† p<0.1

表1　多重比較結果

	m-H	m-L	a-H	a-L
m-H		0.35	1.00	3.23*
m-L			1.26	2.67 †
a-H				4.15**
a-L				

表1よりm-Hとm-L，m-HとA-Hにおいて認知時間に有意差がないことが分かる．またa-HとA-Lにおいて有意差があり，a-LとM-Lでは有意な傾向にあることが分かる．つまり自動運転では覚醒状態と低覚醒状態（眠気を感じ眠気に抗した状態）で緊急時対応に差があり低覚醒状態の方が悪いことがわかる．また覚醒状態の緊急時対応は自動と手動で差がなく，低覚醒状態の緊急時対応は自動の方が手動に比べ悪い傾向にあることが分かる．よって自動運転中の低覚醒状態の時にはドライバに注意喚起を与えたほうがよいことが分かる．以降，自動運転中のドライバの覚醒度状態判別のための生理指標を検討していく．

3.3 生理指標評価（瞬目数）

先行車ブレーキ直前におけるドライバの覚醒度の変化を調べるために実験開始直後1分間に対する，先行車ブレーキ直前1分間の瞬目数増加率を算出した．その瞬目数増加率と覚醒度状態の関係を図4に示す．

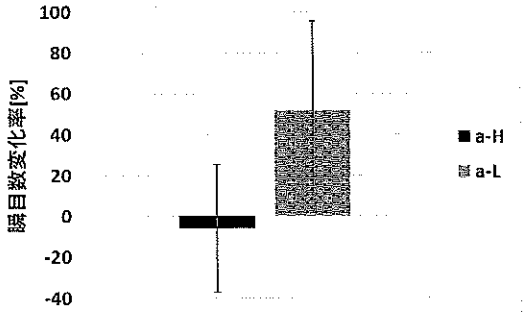


図4　自動運転中の瞬目数変化率と覚醒度状態

図4から覚醒状態では瞬目数変化率に変化はなく，低覚醒状態では増加する傾向にあることが分かる．そこで，a-HとA-Lの2つの群でt検定を行ったところ($p<0.05$)で有意な差があることが分かった．

4. まとめ

自動運転時の緊急時対応は覚醒状態と比較し低覚醒状態(眠気を感じ眠気に抗した状態)では対応が悪くなることが分かった．またそのドライバ状態を表す指標として，瞬目数変化率が有効である可能性を示した．

5. 今後の予定

自動運転時の低覚醒状態では認知時間が長くなり衝突などの事故の可能性が高くなると考える．そこで被験者を増やしつつ，心拍などの他の生理指標の解析をすすめ，これらの指標から判別分析を用いて覚醒度のモデルを作成していく予定である．

6. 参考文献

1) 内閣官房 IT 総合戦略室: 官民 ITS 構想・ロードマップ 2017
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dai71/siryou3-2.pdf

[連絡先]
栗山　直之
e-mail：kuriyama-naoyuki-xr@ynu.jp

B6-3

小企業向け安全マネジメントの効果について

○坂田真一郎（WIB協会）*、久宗周二（神奈川大学）**

(On the effect of safety management for small business)

Shinichiro SAKATA(WIB Association)*, Shuji HISAMUNE(Kanagawa University)**

1.はじめに

国際規格を認証するISOにおいては、当初メーカーを中心に広まったが、その後建築業やサービス業へそして、現在は業種を問わず、様々な組織に広がっている。ところが近年、取得件数が頭打ちになり、減少に転じはじめている。これはいくつかの理由があり、公共工事の入札要件ではない、組織に役に立たないなどと萩原は述べている。[1]身近なISO取得事業者によると、ISOは書類の数ばかり求められることで、そのため煩雑性をはらみ、大量の書類がどう安全につながっているか、果たして本当に必要なのかを担当者レベルでも十分整理ができないほど複雑だという声を聴いた。また、評価については、あまりにも平仄が合っていて安全の創作が行われているのかと疑いたくなる部分もある。このような声が挙がっているのは大企業ではなく、人員不足が顕著な中小規模の事業者である。

また、労働安全衛生ではOHSASが有名であるが、この制度も記録の管理や内部監査等があり、なかなか認証を受けるのは難しいと聞く、データは古いが公益財団法人日本適合性認定協会2013年4月マネジメントシステム認証組織件数によるとOHSASは1603社であった。中小企業で取得している社は限られる。

また、船内労働安全衛生マネジメントにおいては、運輸安全マネジメントシステムと併用して導入している社があることは確認しているが少数派にとどまる。

本稿では、小規模の事業において、事務負担や要員の確保で内部監査やヒヤリ・ハットが課題であることは、国土交通省の安全管理規程に係る報告徴収又は立入検査の実施に係る基本的な方針の改正について、においても言及されている。そこで、新しいマネジメントシステムとしてWIB方式OHSMSマネジメントシステムを開発した。その特徴としては、現状行っているマネジメントに過度な負担を求めないシステムを考案した。そのWIB方式OHSMSマネジメントシステムについて協力者に実施を依頼し、課題であったヒヤリ・ハット等が増えたかの有用性の検証を行うことにした。

2．WIB方式OHSMSの導入の概要

呉市の親力海運株式会社は呉市蒲刈町に本社を構える、主に海上運送業、内航船舶貸渡業
船舶の修理及び売買、土木一式総合建設業、産業廃棄物、一般廃棄物収集運搬、処理並びに再生業を営む、船舶を7隻所有し船員がおよそ35名から40名の会社である。安全対策としてOHSAS18001平成24年3月8日認定を受け、認証登録範囲は海上運送業務に係わる労働安全衛生である。

しかしながら、社長からヒヤリ・ハット年間で、6件程度であり、安全マネジメントシステムの構築は難しいということであった。筆者はWIBのシステムの説明を行った。社長から受講依頼を受け平成28年11月にその地区の内航海運組合青年部でWIB講習を行った。その際に、WIB方式OHSMSマネジメントシステムの説明を併せて行った。次に、12月にWIB講習で配布したチェックリストを利用して改善の進め方シートを活用し全船舶に提出させた。その後、同社はWIB方式OHSMSマネジメントシステムを導入することになった。

3．WIBの方法

新しい労働災害対策として、船内向け自主改善活動が(WORK IMPROVEMENT ON BOARD　以下WIBという。)国土交通省及び水産庁の委託事業で全国で広がりをみせている。

久宗によると、船内向け自主改善活動講習をWIB講習と呼び、講習では目標を掲げ計画・実施・記録・見直しのPDCAシステムがWIBに含まれており、目標は労働災害の未然防止(P)は講師の座学、座学の中で好事例の紹介と講習の作業等の計画を行い、(D)はチェックリストを用いての船内の点検作業など各種労働安全衛生活動の実施、(C)は実施したチェックリストを踏まえた上、改善のすすめ方シートに記録するなどの労働安全衛生の諸活動の評価、(A)問題があった場合。改善案を提出ですることでPDCAとする。

これを年単位で繰り返すことをWIB方式OHSMSと呼び、次の活動を行う。

(1)最初に、方針の表明・推進メンバー役割と責任・安全衛生目標・活動計画（実施頻度、時期）に船舶所有者等に記入させる。

(2)責任者を通じて、船員に周知する。

(3)船内等でミーティング等を行い船内にその書類

を掲示する。

(4)WIB講習を含めて、計画を実施していく。

(5)実施の記録を取る。

(6)振り返りを行う。

上記(1)から(6)を一定の期間を定めて実施する。当初は労働安全衛生が中心であったが、安全マネジメントに移行している。平成29年度に筆者らは横浜市内の埠頭で係船中の船舶に乗り込みで現状調査を実施した。加えて、平成29年10月には同社の安全大会に招かれ、WIB講習会と、同社所有船舶の良い改善事例を発表し、その評価をおこなった。[2]

4．結果

12月は従来のヒヤリ・ハット報告に代えて、改善案の提出では、1ヶ月で9件の改善提案が行われた。その内容については、WIBが低予算で簡単に行えるものを推奨しており、清掃と整理整頓、書類のファイリングなどがあった。そして、29年1月から本格的に導入することになった。目標などについては、既にOHSAS18001などの認証も受けており、安全の目的としては、「船舶作業に係る事故をゼロにする」ことであった。その中で施策として「全体的にヒヤリ・ハットの報告が少ない。個人での報告ではなく船全体でのヒヤリ・ハット（自主改善活動）を報告させ、ヒヤリ・ハット（自主改善活動）の内容によりランク付けを行う。A,Bとランク付けにし、賞金を与えるようにし、全船舶で競わせるようにする。」が加えられた。年別の結果は27年から29年については、6件から78件とおよそ13倍となった。

表1

ヒヤリ・ハット数(自主改善活動) 平成27年から29年			
年	27年	28年	29年
ヒヤリ・ハット数(自主改善活動)	6件	15件	78件

では本格導入を行った平成29年は安全大会に合わせるように7月から9月で最高の27件を記録した。賞金の拠出と相乗効果があったとも言える。

表2

ヒヤリ・ハット数(自主改善活動) 項目別件数							
項目	交換	点検	新規	修理	清掃	提案	合計
件数	26	24	13	11	2	2	78

項目別に見ると交換や点検が多い、新規とは新しく実施したもの及び製作した件数である。修理とは自分たちで修理・修繕したもの、提案とは提案しているが未だ実施されていないものである。

5．まとめ

WIB方式OHSMSマネジメントシステムが、ヒヤリ・ハット等を13倍に増やせたことは、有効性が高いと判断できる。これは、WIBのアクションチェックリストや好事例の説明などにより、従来のヒヤリ・ハットよりも大幅な改善が提出されたのは、チェックリスト・改善の進め方シートなどのツールが効果的だった。船員に何をどうしたらいいのかを具体的に周知できたので、改善が増えたのがその証左であろう。また従来のヒヤリ・ハットでは、分析が必要であるが改善を行わせるのでその分析そのものが不要である。事務局の分析時間も不要である。これは小企業においては、人員的に余裕がないためマネジメントが効果的に行われることになる。次に項目別の表については、
まずは、身近な交換・点検が中心となっている。
だが、内容については交換も点検も非常に高度である、一例を挙げるとシリンダの中身までひとつひとつ点検し不具合を発見した事例もある。新規に行うことについてもWIB講習の好事例を船の改善に取り入れている。最大の効果はこれらの改善を通して管理部門と現場との距離間が大幅に縮まった、証左としては同社会長が船舶を訪問した際には、以前と異なり積極的に船員から話しかけてくるようになったと述べている。
WIB方式OHSMSの最大効果はコミュニケーションツールであることが実証された事例でもある。

6．参考文献

1　ISO9001わかりやすい解釈　萩原睦幸　オーム社　2008年　P2

2　参加型自主改善活動のすすめ　久宗周二　創成社　2016年　P22

さかたしんいちろうe-mail：
u04gkeb308@hi3.enjoy.ne.jp

C6-1

移動音源の映像が移動音像の座標に与える影響の調査

○倉林実可*，武藤憲司*
*芝浦工業大学大学院

A Study on the Movie of Moving Sound Image Influenced on the Coordinate of Sound Source

Mika KURABAYASHI*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

仮想現実環境において，高い臨場感をもたらすための音の再生方法に関する研究は多数報告されている．大内らは一定位置だけではなく頭部運動を考慮した頭部伝達関数の補間を行ったことで，聴覚ディスプレイ装置においてより再現性の高い音環境を構築した[1]．また，伊勢らは境界音場制御の原理を用いた音場再現システムを構築し，高い音像定位精度を報告した[2)3)]．

我々は，仮想現実環境を用いた災害訓練システムにおいて，簡易的な装置で臨場感を与えるシステムの構築を目指している．本報告では，5種類の分解能を持った音像提示による救急車のサイレン音を映像とともに提示し，それらの感覚の整合度を測定した．同時に，音像の定位方向の精度を測定することで，音像定位方向の精度が臨場感に与える影響について調査した．

2. 音と映像の整合度を求める主観評価実験

2.1 臨場感再生のための離散的音像制御法

簡易的な音像制御として，音像の座標を離散的に与えて音像を跳躍的に移動させる方法を提案する．音と同時に映像を提示することで，移動音像の違和感が軽減されると考えられる．ここでは，再生信号の音圧の左右差を利用して音像を被験者から見て等距離・等速で移動させる．このとき，左チャネルのスピーカ出力P_L，右チャネルのスピーカ出力P_Rは次式で表される．

$$P_L = A_L S \tag{1}$$

$$P_R = A_R S \tag{2}$$

Sは再生信号，A_Lは左チャネルの振幅，A_Rは右チャネルの振幅である．これより頭部中心における音圧Pは次式のように表される．

$$\begin{aligned} P &= P_L + P_R \\ &= (A_L + A_R)S \end{aligned} \tag{3}$$

図1に，音像を与える位置$x = 1, 2, \ldots, x_{max}$の設定を示す．これより，$A_L$，$A_R$は次式で表される．

$$A_L = C_1 \times (x_{max} - x) \tag{4}$$

$$A_R = C_1 \times x \tag{5}$$

$$A_L + A_R = C_2 \tag{6}$$

(C_1，C_2は定数)

また，移動する音源は頭部中心から等距離であるので，音圧Pは一定である．

図2に本実験で使用した音刺激の合成波形，図3に提案手法で求めた$x_{max} = 3$ の左チャネルのスピーカ出力P_L，右チャネルのスピーカ出力P_Rの時間波形を示す．

提示した音と映像の整合度を調査したアンケート結果を，一対比較法を用いて分析する．そこから違和感のない音像を与えるために必要な音像移動回数の下限を求める．

2.2 実験刺激

音像方向を離散的に与える場合，分割回数が音源の移動映像と音の移動の整合度に影響を与える．また，音から連想できる画像を，音像の映像として使用することの評価値に対する影響を調べるために，聴取実験を行った．

音像方向の移動回数は x_{max} = 3, 4, 5, 9, 149 とした．x_{max} = 149 は，テレビで使用される映像が 30 fps であることに着目し，映像刺激を 30 fps で制作した上で，音刺激の移動回数と画像の切り替わる回数が同じとなるように設定した．使用する音の種類は，救急車のサイレン音とした．映像刺激は丸印と，救急車の絵とし，それが等速で移動する約5秒間のものとした．表1に10種類の刺激の種類を示す．

2.3 実験条件

図4に実験構成図を示す．映像刺激は24インチのPCモニタ（DELL P2416D）で提示した．音刺激はモニタ下部に設置した USB スピーカ（Towa electronics Olasonic TW-S7）で提示した．モニタから被験者までの距離は約 60cm とした．視野角は46°であり，x_{max} =30のとき$x = x'$と$x = x' + 1$の間隔は約1.5°である．

2.4 実験手順

実験は，実験1と実験2を交互に三回行った．実験1では，x_{max} = 30 とした時の x = 0, 1, ⋯, 30 のそれぞれの場所に定位させた 1 秒間の音を提示した．被験者は音が聞こえた場所を画面に表示した 0 から 30 までの数直線上の数字で回答した

実験 2 では，映像の動きと音の動きが合っているか，あるいは違っているか二つの動画を視聴して比較・評価するアンケートに回答した．被験者

に提示する刺激について，10 種類の刺激から 2 つずつ組にして，先に提示するものを A，後に提示するものを B とした．10 種類の刺激から 45 の組を構成した．提示順を変えた影響を調べるため同じ組を二回提示した．提示順はランダムで，刺激 A を提示してから刺激 B が提示されるまでの時間は約 2 秒である．

被験者は二つの動画 A と B を視聴し，映像の動きと音の動きが合っているか，あるいは違っているかを評価するアンケートに回答した．アンケートの評価項目は A の方が合っている場合を 3，A の方が違っている場合を−3 とした 7 段階である．

3. 結果

実験 1 で，誤差 $x = \pm 2$ つまり誤差 $\pm 3.1^\circ$ で求めた音像定位位置の平均正答率は，約 60%であった．また，誤差 $x = \pm 3$，つまり誤差 $\pm 4.6^\circ$ で求めた音像定位位置の平均正答率は，約 70%であった．

実験 2 で，図 5 に 20 代男女 20 人によるアンケート結果を一対比較法で分析した平均評価値を尺度図で示す．音像定位位置が理論値と乖離しているとき，音像方向の移動回数と音と映像の整合度が比例しない．また，映像の種類に関わらず移動回数が 9 回のときは，移動回数 149 回の時と同等の映像と音の整合度が示された．

4. むすび

本研究では，5 種類の分解能で移動音像を与えた報知音と連続的な映像を提示し，音像定位の精度が臨場感に与える影響について評価実験を行った．音像を表す映像として使用する画像が，音と映像の動きの整合度に影響を与え，音から連想できる画像を選ぶことで音の動きと映像の動きが合っていると感じることが示された．今後，音像定位位置の精度と音と映像の座標感覚の整合精度の関係を求める．

5. 謝辞

本研究の一部は，科研費（C）（17K01052）の援助を受けて行われたものである．

6. 文献

1) 大内他：汎用聴覚ディスプレイ用ソフトウェアエンジンの開発と音空間知覚訓練システムへの応用，日本音響学会誌，62(3)，224 - 232，2006.
2) 伊勢：キルヒホッフ - ヘルムホルツ積分方程式と逆システム理論に基づく音場制御の原理，日本音響学会誌，53 (9)，706 - 713，1997.
3) Omoto *et al.*：Sound field reproduction and sharing system based on the boundary surface control principle, Acoustical Science and Technology, 36(1), 1-11, 2015.

[連絡先]
倉林　実可（くらばやし　みか）
e-mail：ma18038@shibaura-it.ac.jp

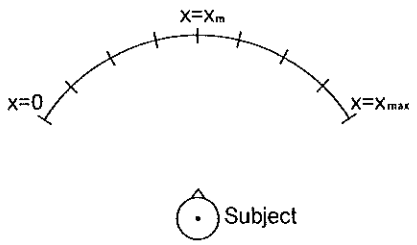


図 1　離散的に与える音像位置の設定

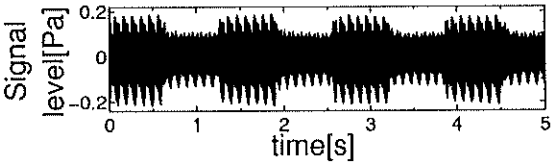


図 2　使用する音刺激の左右合成波

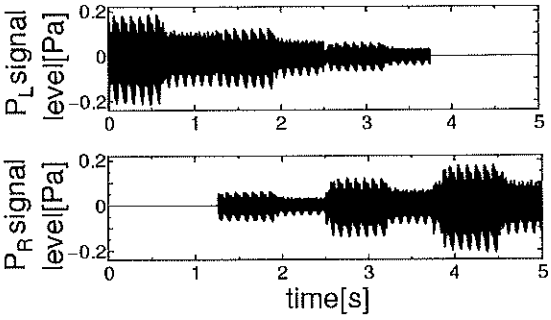


図 3　使用する音刺激の左右各チャネルの出力

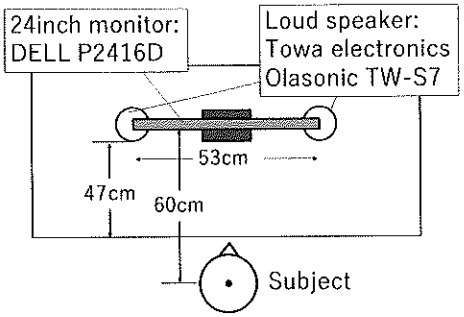


図 4　実験構成図

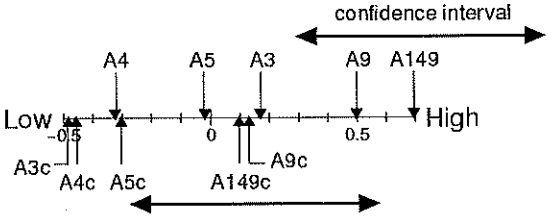


図 5　音と映像の整合度の平均評価値

表 1　各刺激の種類

index	the number of sound moved	image of sound source	index	the number of sound moved	image of sound source
A3	3		A3c	3	
A4	4		A4c	4	
A5	5		A5c	5	
A9	9		A9c	9	
A149	149		A149c	149	

C6-2

精神作業中の休息のタイミングが心血管系反応へ及ぼす影響

○劉欣欣*, 岩切一幸*, 外山みどり*
*独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

The influence of rest timing on cardiovascular responses during mental works

Xinxin Liu*, Kazuyuki Iwakiri*, Midori Sotoyama*
*National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

1. はじめに

適切な休息を取ることは,作業パフォーマンスの維持に重要であり，また疲労の緩和に有用である．先行研究では，15 分の作業ごとに 3 分以下の短い休止をとるこまめの休息条件において，作業パフォーマンスがもっとも高く，身体の不快感がもっとも低いと報告されている [1]．一方，労働現場では，こまめの休息が頻繁な作業中断につながるため適用しにくく，60 分の作業ごとに 10 分の休息を取るのが望ましいと報告されている [2]．

これらの先行研究では,主に作業パフォーマンスの維持および筋骨格系疲労の緩和の観点から休息の効果を検討している．一方，精神作業では，筋骨格系疲労だけではなく，心臓血管系の作業負担に着目する必要がある．これは，週 60 時間以上の長時間労働者が，心臓疾患のリスクを高め，突然死の要因となることがある [3,4]．精神作業における心臓血管系の負担を軽減するには，作業中の休息が心血管系反応に及ぼす影響を明らかにする必要がある．そこで本研究では，異なる作業・休息スケジュールを用いて，精神作業中の休息のタイミングが心血管系反応に及ぼす影響について検討した．

2. 方法

2.1 被験者

9 名の健常な成人男性（平均年齢 22.8±4.7 歳）が実験に参加した．実験前夜は飲酒と運動を控え，実験 2 時間前からは，カフェインを含むお茶やコーヒーなどの飲食と喫煙を禁止した．

2.2 作業課題と実験条件

作業課題はカラーワード課題を用いた．この課題では，コンピュータ画面上に色を意味する文字がその意味とは異なる色で提示され，被験者はその文字の提示色を 6 つの選択肢から選択した．実験では，その課題における反応時間とエラー回数を記録した．

実験条件は，図 1 に示す LR 条件と SR 条件を設けた．LR 条件では，48 分の作業と 12 分の休息を 1 セットとし，それを 2 回繰り返した．SR 条件では，24 分の作業と 6 分の休息を 1 セットとし，それを 4 回繰り返した．実験条件の順序は，カウンターバランスを考慮して実施した．

2.3 測定項目と統計解析

測定では，まず作業前に，座位安静状態における心血管系指標のデータを 6 分間記録した．その後，各条件において，作業中の心血管系反応を 1 時間ごとに 1 回 24 分間測定し，それを計 2 回測定した（図 1 参照）．

心血管系の指標は，収縮期血圧，拡張期血圧，平均動脈血圧，心拍数，一回拍出量，心拍出量，総末梢血管抵抗を，連続血行動態測定装置を用いて非侵襲的に測定した．解析は，指標ごとに，作業前から作業中の変化量を求め，二元配置分散分析（条件[2]×時間[2]）にて行った．

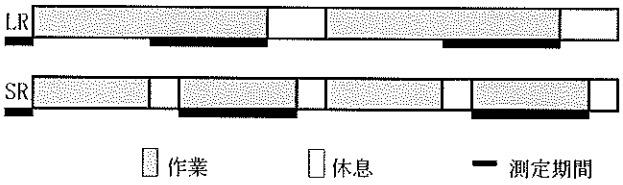


図 1 実験のプロトコールと測定期間

3. 結果

図 2 に主な指標の結果を示す. 血圧(収縮期血圧，拡張期血圧，平均動脈血圧）は，条件と時間において有意な主効果が認められたが，交互作用は有意ではなかった．これらの血圧の変化量は，両条件とも時間と共に上昇したが，LR 条件と比べて SR 条件の血圧上昇量が大きかった．また，総末梢血管抵抗も同様の傾向を示した．心拍数は，時間において有意な主効果が認められたが，条件と交互作用は有意ではなかった．心拍数の変化量は，両条件とも時間と共に低下した．心拍出量は，条件と時間において有意な主効果が認められたが，交互作用は有意ではな

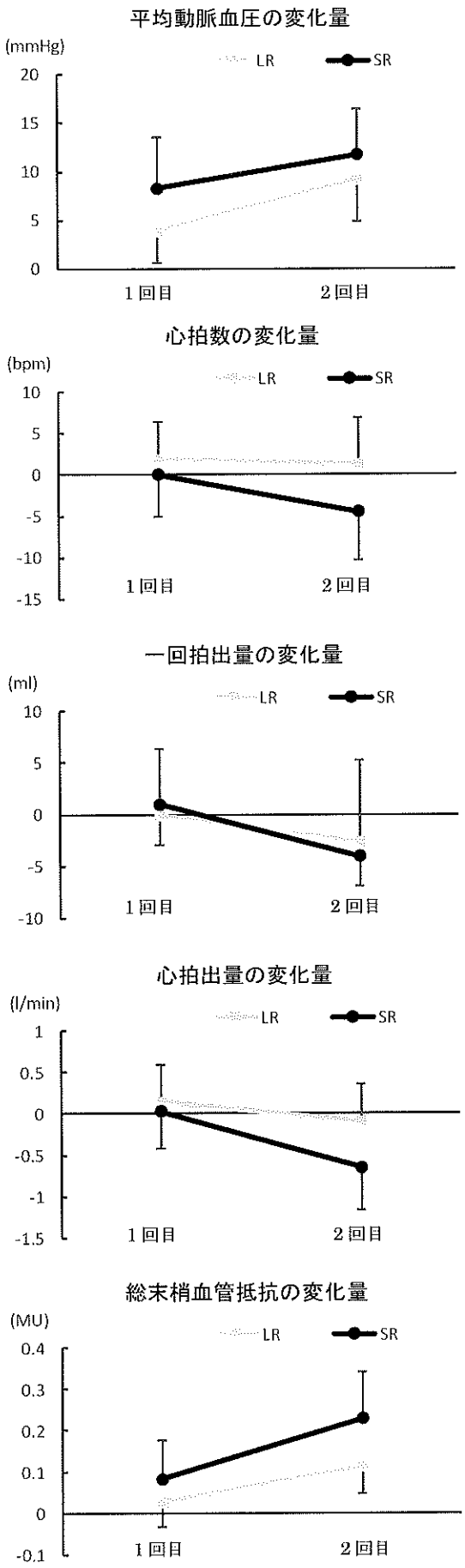


図2　心血管系反応

かった．心拍出量の変化量は，LR 条件と比べて SR 条件の低下量が大きかった．一回拍出量は，有意差が認められなかった．課題の反応時間およびエラー率は，条件と時間において有意差が認められなかった．

4. 考察

本研究では，まとめて休息を取る LR 条件において，こまめに休息を取る SR 条件に比べ，心血管系反応が小さかった．先行研究では，こまめに休息を取ることは作業のパフォーマンスの維持や筋骨格系疲労の軽減に有用と報告されている[1,2]．しかし，本研究では，心血管系の作業負担を軽減するには，長めの休息を取る方が望ましかった．作業パフォーマンスに関しては，有意差が認められなかった．これらの結果から，精神作業における心血管系負担を減らす適切な作業・休息条件は，筋骨格系負担の軽減などと異なることが示唆される．今後は，心血管系の作業負担の軽減と作業パフォーマンスの維持のため，バランスの良い作業・休息スケジュールをさらに検討することが必要と考える．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費　JP17K01814 の助成を受けたものです．

5. 参考文献

1) Balci, R., Aghazadeh, F.: The effect of work-rest schedules and type of task on the discomfortand performance of VDT users. Ergonomics, 46, 455-465, 2003.

2) Dababneh, A.J. et al. :Impact of added rest breaks on the productivity and well being of workers. Ergonomics, 44, 164-174, 2001.

3) Kivimaki M, et al.: Long working hours and risk of coronary heart disease and stroke: a systematic review and meta-analysis of published and unpublished data for 603,838 individuals. Lancet 386: 1739-1746, 2015.

4) Virtanen M, et al.: Long working hours and coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis. Am J Epidemiol 176: 586-596, 2012.

[連絡先]

劉　欣欣（リュウ　シンシン）

（独）労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6－21－1

e-mail：liu@h.jniosh.johas.go.jp

C6-3

生理指標による道具の身体化の評価

○石郷岡拓哉*，下村義弘**
*千葉大学大学院融合理工学府，**千葉大学大学院工学研究院

Evaluation of tool embodiment by a physiological index

Takuya ISHIGOOKA*, Yoshihiro SHIMOMURA**
*Graduate School of Science and Engineering, Chiba University,
**Graduate School of Engineering, Chiba University

1. はじめに

ヒトは日常的に無数の道具に触れ，操作し，使いこなしている．このようにヒトが道具を器用に扱う能力は，脳が道具を身体の一部として表象する能力（道具の身体化）に由来すると考えられてきた[1]．道具の身体化は身体感覚の拡張として起こりうることが，自覚的な前腕の長さ[2]や到達可能な判断がされる距離[1]の変化によって検証されてきた．道具は持つだけで自己身体感覚に影響を及ぼすとされているが，道具の使用，特に運動中にどのようなメカニズムで身体化が可能になるのかに着目した研究は少ない．現状，認知的な観点から錯視刺激を用いた道具の身体化評価方法[3]が提案されているが，錯視の変化を被験者が認識してから行動に移すプロセスを経る以上どうしても主観的な影響を生みかねない．そこで，客観的かつ連続的測定が可能な生理指標を用いた道具の身体化の評価方法は研究の余地があると考えられる．

次に，精度の高い運動を可能にするメカニズムに注目したい．運動を行う際，大脳の運動中枢にて運動指令と遠心性コピーの計算→指令が脊髄，運動ニューロンを介し筋へ伝導→運動出力→フィードバック入力を遠心性コピーと比較し次の運動指令の再計算を行う．この一連のループからなるフィードバック制御は道具使用時の運動制御にも密接に関係しており，道具の身体化による自己身体感覚の拡張は運動指令の計算時に影響すると考えられる．また，運動習熟に伴い関節周りの筋の共収縮率が低下する[4]ことが運動学習の研究で明らかにされてきた．共収縮は関節剛性を高め，外乱に抗する際に必要とされる[5]筋制御方略である．すなわち，運動中に道具への外乱刺激が与えられた際，道具の身体化度が高ければこの共収縮率にも影響を及ぼす可能性があると考えられる．

本研究は，異なる道具使用時の道具の身体化度は運動習熟の進行速度の違いとして生理指標に表れるか検討することを目的とした．

2. 方法

60 秒間道具を把持し手関節による往復直線運動を行い，受動的に与えられる外乱刺激に対する反応を前腕の表面筋電図を用いて測定した．

2.1 被験者

筋骨格系疾患のない健常な大学生 10 名（男性 7 名，女性 3 名，平均 22.6±1.9 歳）が実験に参加した．うち 2 名は左利きであったが，実験装置の都合上実験動作は全て右手で行った．

2.2 実験装置

左右への往復直線運動を実現するスライダーと道具モデルを固定する把持部からなる手製の実験装置（図 1）を用いた．把持部の両端にはバネにより把持部の変位に応じた張力がかけられており，実験動作中にはソレノイドによってバネ長を瞬間的に短縮させる外乱刺激が加えられるようになっていた．刺激提示は実験者の任意のタイミングで行われたが，把持部の磁石と実験装置のリードスイッチにより把持部が左方に近づき，外乱刺激が往復運動へ影響しやすい位置での刺激提示が可能であった．把持部の変位は赤外線測距モジュール，把持部に加わる力はアンプ内蔵小型 3 軸力覚センサによりそれぞれ測定された．把持部の角度は机の水平面に対し 45° に固定されていた．

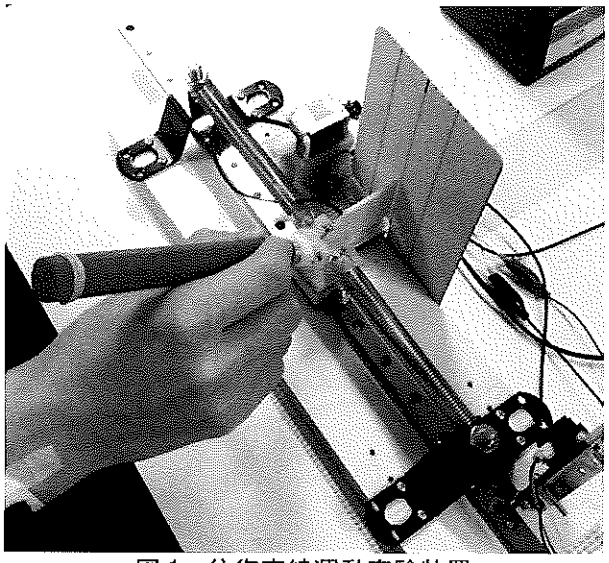


図 1　往復直線運動実験装置

2.3 条件

道具モデルは直径 10mm，長さ 150mm の実験用に単純化された円柱形状とした．条件は非常に軟らかめ(5.05MPa)，少し軟らかめ(41.4MPa)，非常に硬め(12300MPa)の硬度が異なる 3 種類（JIS K7171 に倣って独自に測定した曲げ弾性率）を用意し，硬いモデルほど使いやすい（＝身体化しやすい）条件として想定した．実験時には直径 15mm の ABS 製のカバーを用いて指先の触覚フィードバック等

に差が出ないよう統制した．

2.4 実験手順

被験者は椅子に座り，実験装置が設置された昇降机を実験を遂行しやすい高さに調節した．肘を含んだ前腕を 5cm 厚のスポンジの上に載せ，腕の自重による実験動作への影響をキャンセルした．この時被験者は前腕を実験装置と直交する角度，かつ手関節をスポンジの上からはみ出すように載せ，実験動作は全て腕を動かさず手関節の運動のみで実現するよう教示された．実験動作として，1 往復 150bpm の速度で，スライダー後方のパネルに示された 2 本の赤い線 4cm の間を可能な限り正確に往復運動をし続けた．往復運動 1 試行の持続時間は疲労の影響を考慮して 60s に設定し，外乱刺激は 10s，30s，50s 付近において実験者の任意のタイミングで作動された．実験フローは電極配置等準備→手長の寸法測定→机の高さと姿勢の調整→練習試行 30s*1 試行（バネによる張力及び外乱刺激なし）→本試行 60s*6 試行（道具 3 条件*2 試行，条件の順序はカウンターバランスを考慮）→最大随意筋収縮の発揮の順で行われた．試行間には上肢を十分に脱力させる休憩を 180s 以上設け，直前試行の難易度と外乱刺激提示時の主観評価に回答させた．実験全体の所要時間は 60～80 分ほどであった．

2.5 測定項目

右上肢前腕の表面筋電図（尺側手根屈筋，尺側手根伸筋，総指伸筋，浅指屈筋を対象に通過帯域 5～500Hz，ゲイン 2000 倍で記録），把持部の変位，把持部に加わる 3 軸方向の力を実験動作中連続して測定，全てサンプリングレート 1kHz で A/D 変換し集録した．実験動作中に外乱刺激提示タイミングをデジタル信号として記録，トリガとした．手の寸法（茎突点手長・第 3 指長・示指握り内径）は実験開始前に測定した．

2.6 データ処理

表面筋電図波形は櫛形バンドストップフィルタで交流電源ノイズを除去し，200samples 窓長で実効値化した後，最大随意筋収縮に対する動作中の筋電位相対値（%MVE）波形を求めた．続いて，%MVE 波形を基に往復運動の協働筋（尺側手根屈筋・尺側手根伸筋）共収縮率（%CCI-U），姿勢維持の協働筋（総指伸筋・浅指屈筋）共収縮率（%CCI-D）を求めた．共収縮率波形の算出は式 1 によって行った．

$$\%\mathrm{CCI}(t) = 2 * \frac{\%MVE_{low}(t)}{\%MVE_{agon}(t) + \%MVE_{ant}(t)}$$

式 1　共収縮率波形の算出 [6)]

$\%MVE_{agon}$: 主動筋の筋電位相対値，$\%MVE_{ant}$:拮抗筋の筋電位相対値，$\%MVE_{low}$:主動筋と拮抗筋を比較してより小さい一方の筋電位相対値とした．また，外乱刺激に対する反応を抽出するため筋電図，変位及び 3 軸の力波形は往復運動の周波数成分 2.5Hz をバンドストップフィルタにより除去した．刺激提示トリガを基点として提示前-1000ms～提示後+2000ms 間を刺激に対する反応区間と定め，加算平均を行った後，各ピーク潜時と平均ラインに対する振幅を代表値として用いた．

3. 結果

実験で得られた刺激提示への反応波形例を図 2 に示した．刺激提示に対して把持部の変位は即座に影響を受け，続いて共収縮率は一旦落ち込んだ後に高まる傾向が見て取れた．

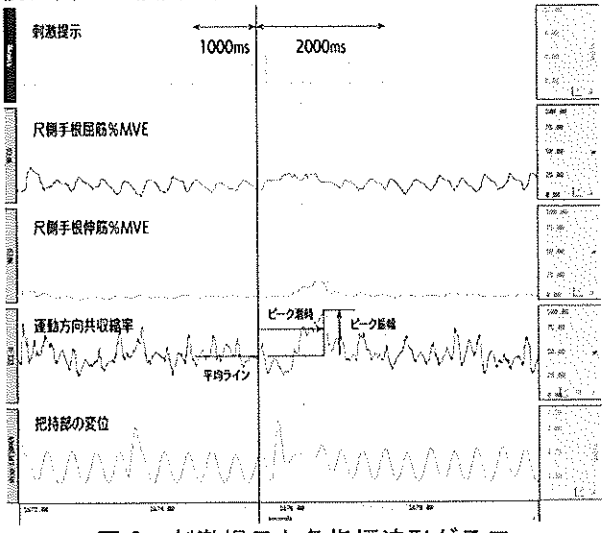


図 2　刺激提示と各指標波形グラフ

4. 引用文献

1) Ganesh, G. et al. : Immediate tool incorporation processes determine human motor planning with tools. Nat. Commun. 5, (4424), 2014.
2) Cardinali, L. et al. : Tool-use induces morphological updating of the body schema. Curr. Biol. 19, 478–479, 2009.
3) 堀内智貴ら：道具使用における実体ネッカーキューブの 錯視変化に関する基礎的研究. 情報処理学会研究報告 134, 1-6, 2009.
4) Osu, R. et al. : Short- and long-term changes in joint co-contraction associated with motor learning as revealed from surface EMG. J. Neurophysiol. 88, 991–1004, 2002.
5) 篠崎淳ら：拮抗筋の共収縮パターンとその発生機序. 電子情報通信学会 10, 51-56, 2009.
6) Falconer, K. et al. : Quantitative assessment of co-contraction at the ankle joint in walking. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 25, 135–149, 1985.

[連絡先]
いしごうおか　たくや
e-mail : adta2075@chiba-u.jp

C6-4

NLMS アルゴリズムを用いた MRI 振動信号の低減による骨伝導通話品質改善の検討

○稲垣未知*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

A Consideration to Improve on Bone-Conducted Speech Quality Reducted MRI Vibration with Noise Canceller by NLMS Algorithm.

Michi INAGAKI*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

MRI(Magnetic Resonance Imaging)装置は人体の断層画像を得る医療装置で，駆動時に 100 dB 以上の騒音レベルを示す場合がある [1]．この騒音下で MRI 被験者が緊急事態を医師へ知らせる際，一般的に呼び出しボタンを使用するが，手が不自由な被験者は使えない．そこで被験者の音声を医師へ伝える方法が有効である．空気伝搬音を検知する指向性マイクロホンは大きな駆動音の混入により声がかき消されてしまう．そこで振動を検知する骨伝導マイクロホンは騒音下で有効であるとされる [2]．ここでは体調不良の被験者は大きな声を出せないことを想定する．このとき駆動音が被験者の体表面を振動させ，被験者のこめかみに装着した骨伝導マイクロホンへ混入するため，通話品質が劣化する．

我々は MRI 検査中に通話可能な骨伝導通話品質を目指している．振動の混入を低減するために骨伝導マイクロホンを遮蔽した結果，SN 比の改善効果は 6 dB になり，SN 比は −13 dB から −7 dB まで改善した [3]．しかし，このとき音声は駆動音の振動よりも小さいため改善が必要である．そこで，LMS(Least Mean Square)アルゴリズムのノイズキャンセラを使用した振動信号の低減量を骨導音の信号を 0 として計算機シミュレーションした結果，改善効果は 13 dB となり，SN 比は 6 dB へ改善した [4]．

本報告では骨導音の検知を目的として，骨伝導マイクロホンへ混入する駆動音の振動加速度信号を減少させるために，入力信号の変動に依存しない NLMS(Normalized Least Mean Square)アルゴリズム [5]を用いたノイズキャンセラによる低減効果について計算機シミュレーションした．

2. 骨伝導通話用ノイズキャンセラ

本研究で骨伝導マイクロホンに混入した MRI 駆動音の信号を適応フィルタで減少させ，駆動音の改善効果を FFT 分析した．分析対象の信号は事前に収録した頭部検査時の撮像音 Echo Planner Imaging (EPI)と NTT-AT FW03 の女性音声 [6]を用いた．図 1 に EPI の時間波形を示す．防音箱内においてラウドスピーカで再生した EPI の音圧信号を騒音計(RION NL-31)で録音し，疑似生体(シリコンゴム 6 mm 厚，セラミック 10 mm 厚)に発生した振動を振動加速度ピックアップ（RION PV-85）で録音した（48 kHz, 32 bit）．この疑似生体は生体材料と振動伝搬特性を計測・比較し，有用性の確認ができている [7]．このとき，疑似生体のセラミック部に加振器（CosmoTechno VIBROY）を取り付けて音声を再生し，発生した振動を骨導音とした．これらの振動加速度信号を用いて騒音除去効果を計算機シミュレーションした．このとき振動加速度ピックアップをイヤマフ（遮蔽面積： 5600 mm^2）で遮蔽した．図 2 に MRI 検査時におけるノイズキャンセラを用いた骨伝導通信システム実装環境を示す．

MRI 駆動音$x(t)$と制御信号$y(t)$の関係を次式で示す．

$$y(t) = \sum_{j=0}^{L} w_j(t) x(t-j) \tag{1}$$

ここで，tは時間，Lはフィルタ長，w_jはj番目の適応 FIR フィルタ係数である．

図 3 にノイズキャンセラのブロック図を示す．ここで，$d(t)$は MRI 駆動音による振動加速度信号，$v(t)$は患者の骨導音声の振動加速度信号，$e(t)$は誤差信号である．

次に NLMS アルゴリズムによる誤差信号の更新式を示す．

$$e(t) = d(t) - y(t) + v(t) \tag{2}$$

$$w_j(t) = w_j(t) + \alpha e(t) x(t-j)/(L\delta^2) \tag{3}$$

ここで，$w_j(t)$はj番目の適応 FIR フィルタ係数，αはステップサイズを決定する係数（$0 < \alpha < 2$），δ^2は MRI 駆動音$x(t)$の分散である．MRI 駆動音の低減特性を計算機シミュレーションした．

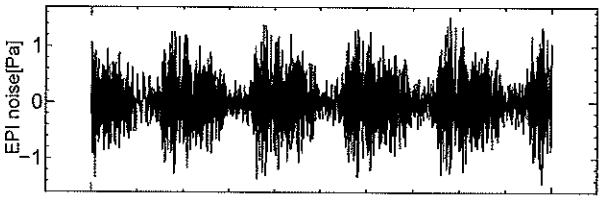


図 1. EPI の時間波形

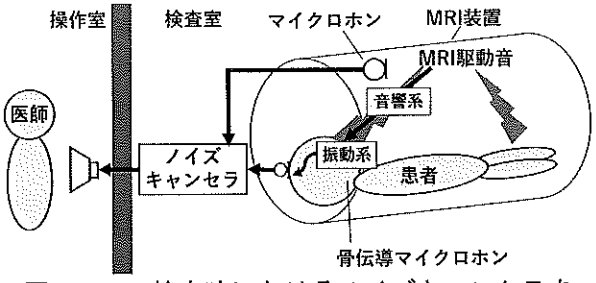


図 2. MRI 検査時におけるノイズキャンセラを用いた骨伝導通信システム実装環境 [4)]

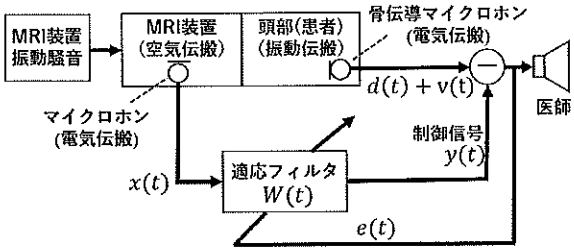


図 3. MRI 検査用ノイズキャンセラのブロック図 [4)]

3. 計算機シミュレーション結果

NLMS アルゴリズムのノイズキャンセラによる駆動音振動信号の低減量を計算機シミュレーションした．ここで，4 モーラの女性音声の単語を用いた．適応 FIR フィルタのタップ数を 3500，サンプリング周波数を 48 kHz，αを 0.004 とした．

図 4 に誤差信号$e(t)$の音圧レベル推移を示す．この結果より，ノイズキャンセラによる駆動音の改善レベルは 9 dB，収束速度は 0.4 s であった．図 5 に制御前後の誤差信号$e(t)$の周波数特性を示す．8192 点 FFT 分析を行った．ここでは，7 秒間の加算平均，ハニング窓による時間重みづけとした．駆動音の周波数のピークである 100 Hz で 14 dB，188 Hz で 21 dB の低減がみられた．本実験のノイズキャンセラによる MRI 駆動音の除去効果に骨伝導マイクロホンの遮蔽効果を総和すると，駆動音の振動低減効果は 15 dB になり，通話品質を示す SN 比は 2 dB まで改善することが期待できる．

4. むすび

本研究では NLMS アルゴリズムを用いたノイズキャンセラを計算機シミュレーションし，骨伝導マイクロホンに混入する駆動音の振動信号の減衰量を示した．被験者の骨導音声を医師へ伝えるために，入力信号の変動に依存しないノイズキャンセラで音声を駆動音の信号を低減できた．

今後は，NLMS アルゴリズムのノイズキャンセラで制御した MRI 駆動音と骨導音の振動加速度信号を用いて，医師が被験者の声を認識できる通話品質であるか評価するために単語の聴取実験を行う．

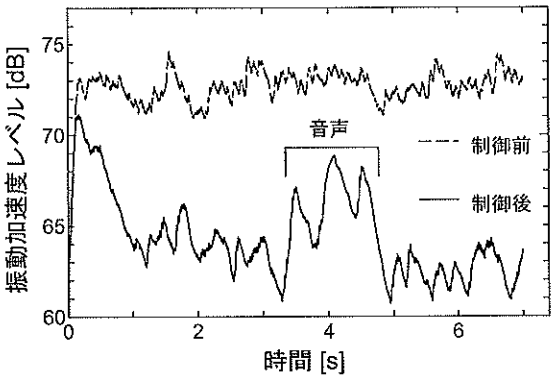


図 4. 誤差信号の音圧レベルの時間推移 (A 特性)

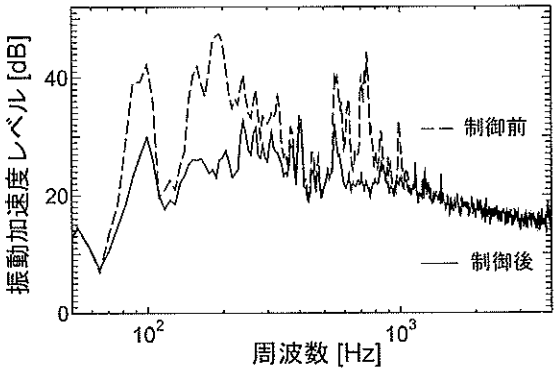


図 5. 誤差信号の周波数特性 (A 特性)

文献

1) 武藤他：MRI 検査室内における騒音レベル測定，日本音響学会, Vol.61, No.1, pp.5-13, 2005.
2) 山本，荻野："骨伝導マイク式非常電話機"，OKI テクニカルレビュー，220，Vol.79，No.2，2012.
3) M.INAGAKI, et al. Improved speech quality with a covered bone conduction microphone for use during MRI examinations，Proc. The 46 th internoise2017, 659，pp. 6977-6982，2017.
4) 稲垣他：ノイズキャンセリングによる MRI 被験者の通話品質改善法，日本人間工学会第 59 大会，2D4-5, pp.1-2, 2018 年 6 月 3 日.
5) S. Haykin, 鈴木訳：適応フィルタの理論，科学技術出版，2001.
6) 天野：親密度別単語了解度試験用音声データセット(FW03)，NII 音声資源コンソーシアム，2003.
7) 徳永他：骨導音に対する生体材料を用いた振動伝搬特性の計測，日本人間工学会第 21 回卒業研究発表会，1d2-2，pp.106-107，2015.

[連絡先]
稲垣　未知
email:ma17014@shibaura-it.ac.jp

D6-1

現代のデザイン教育における人間工学系授業の必要性とその在り方

ー多摩美術大学 美術学部 統合デザイン学科での講義・演習を通じてー

○井戸健二*，米山貴久**，長崎綱雄**
*株式会社東芝，**多摩美術大学

Considerations of Needs and Appropriate Forms of Ergonomics Lessons in Current-day Design Education Acquired through Ergonomics Lectures and Exercises in Tama Art University

Kenji IDO*, Takahisa YONEYAMA**, Tsunao NAGASAKI**
*Toshiba Corporation, **Tama Art University

1. 背景・本論の目的

筆者は電機メーカーのデザイン部門に所属し、人間工学を活用したデザイン業務に従事している。このたび多摩美術大学美術学部統合デザイン学科からプロダクトデザインに必要な造形スキルを学ぶ演習科目「造形技法」の一部として身体適合性に注目した人間工学授業の出講要請を受けた。

同学科は、従来のプロダクトやグラフィックと言ったデザイン領域の区分を取り払い、その他の諸領域を含め横断的に学ぶ新たなデザイン教育の場として2014年に新設された学科である。社会の成熟とともにデザインの役割はモノの美しさや使い勝手の追求のみならず、経験価値(UX)の創出や社会課題解決にまで範囲を広げている。そのような潮流の中で、デザインは企業経営の資源としてもとらえられるようになり、同学科が輩出を目指す統合的な思考とスキルを持った高度デザイン人材の需要はますます高くなると考えられる。

本論では同学科向けに実施している人間工学授業の概要とその成果を報告するとともに、その実践を通して筆者が得た現代デザイン教育における人間工学の必要性と在り方について考察を述べる。

2. 本授業の概要と特徴

同学科2年次演習科目「造形技法」は通年60コマでプロダクトデザインに必要となる3D CGのスキルや、樹脂成型の方法などを学び、最終課題として傘のデザイン・制作を行う。このような演習科目の流れと同学科のコンセプトを考慮し、6コマ分の人間工学授業(講義と演習)を同演習科目の一部として開発した。以下にそのカリキュラムを示す。

①講義
- ヒューマンーマシン・インタラクションと身体適合性
- 身体適合性の様々な観点
- 身体寸法データベースの読み方と使い方
- 体格の多様性に対する人間工学の考え方

②グループ演習
- 手長を計測する
- 手に持って使うプロダクトを身体適合性の観点から分析・考察・発表する

③講義
- 利用状況を広くとらえる
- 電機メーカーにおけるデザイン事例

④小レポートの記述

プロダクトデザイン演習科目の一環である本授業に第一に求められていることは、学生が身体とプロダクトとの適合性について理解を深めて、デザインに応用できる力をつけることである。しかし同学科は先に述べたように従来のデザイン領域の枠を超えた学びを標榜しており、学生の志向するデザイン領域は多様である。授業の開発にあたっては、求められている内容は確実に教示しつつ、学生の志向に応じた気づきを各々が得やすくなるように工夫をした。具体的には、授業冒頭で知覚や認知を含めたヒューマンーマシン・インタラクションの全体像を示し、様々な人間工学的観点の中の一つとして身体適合性を位置付けてからその詳説をしていることや、グループ演習で身体適合性に関する深い考察を行った後に、体験価値(UX)や利用状況など、さらに広くデザインの観点を示すことで、他のデザイン領域にも同様の人間工学の深みがあることに気づきを促していることである。

グループ演習では人類学的な定義に則って手長を計測し、自分や他の学生のパーセンタイル値を確認することによって身体寸法の分布を実感させるとともに、手という部位への関心を高めた後、手に持って使う身近なプロダクトの身体適合性を考える課題に取り組む。グループでテーマを絞り込み、観察や実利用、討議を通して発見した独自の切り口に沿って分析・考察をするもので、これまでに、ある製品カテゴリーに注目してそれらを身体適合性の観点から分類する試みや、「ひねる」という人間の動作に注目して身近なプロダクトを分析する試みなど、様々な発表がなされている。

3. 学生の反応からの考察

授業の最後にA4用紙1枚分の小レポートを個々の学生に課し、自身のこれからのデザインワークにとって最も有益な気づきおよび授業の感想の記述を求めている。以下に過去の小レポートに見られた代表的な学生の反応とそれに対する筆者の考察を述べる。

3.1 これまではモノの美しさだけを考えていたが使いやすさを考える視点を学んだ。

モノのデザインにおいてはユーザーである人間特性の理解の上に美しさを成立させなければならない。美術大学で養成される審美眼や造形力は、人間工学の習得によってより適切に発揮できるはずである。

3.2 対象ユーザーの平均的な体格を想定することが定石だと思っていたが、5%ile から 95%ile までをカバーするという基本を知った。

ユーザーの身体寸法の分布を考慮することは人間工学の基本であるが、これは身体寸法だけでなく身体能力や知識・技術レベルなどにも適用できる考え方である。ユーザーの多様性への気づきを早期に与えるためにも、このような学びはデザイン教育において有効だと思われる。

3.3 モノを観察するための多くの観点を得た。視野が広がった。／「なぜそれが使いやすいのか？」「なぜそれはその形なのか？」という疑問を持ってモノを見ることができるようになった。／当たり前だと思っていた無意識的な自分の行為・行動の中にも多くの発見があった。

グループ演習に入る前の講義では、身体適合性を考える切り口として体格・寸法以外にも、身体の形状、動作、力学、生理など様々な観点を示している。複数の観点とそれを説明できる語彙を習得することで、学生のモノを見る目の「解像度」が高くなることを感じた。

人間工学は、ともすればデザイナーの自由な創造を制限するものという印象があるかもしれない。しかしモノは人間との関係性の中で成り立つものであり、人間工学は人間特性と言う重要な観点からデザインの方向性を様々に示す役割があるはずである。身体適合性を学ぶ授業で「視野が広がった」という学生のコメントがあることは、人間工学はデザインの制約ではなくデザイナーの発想を豊かにするものであることを示唆している。

3.4 プロダクトデザイン以外にも活かせる内容だ。／大切なのは相手を意識すること。

この授業で取り扱った内容は人間工学の部分的な領域とは言え、相手のことを考えてデザインするという根底の理念と方法は一般論としてどのようなデザインにも応用できる。

この授業では、手とプロダクトとの関係性を集中して考えるミクロ的な人間工学のアプローチを主題に据えたが、同時に、人間とモノをとりまく利用状況を統合的に考察することから解決案が決まるというマクロの視点も示した。このような授業構成によって、多くの学生が今回の学びを一般化して自らの興味領域に適用して考える効果があったと思われる。

4. 成果とまとめ

本授業を通して、デザインを人間特性や利用状況から考える観点や方法を学生に教授することができ、それが様々なデザイン領域にも応用できることを示すことができた。その成果として、学生が人間とモノとの関係性をより広く、深く考えられるようになり、最終課題である傘のデザインの出来栄えがこれまでの作品と比べて良くなった。例えば、手元部分の造形に動物や植物などのモチーフを取り入れた作品はプロトタイピングによる持ちやすさの検証を経て制作されており、情緒的かつ実用的なデザインとなっていた。雨上がりに遊び道具として使うことのできる子供向けの傘、相合傘専用傘などのユニークな切り口の作品も、人間と傘との関係性に対する洞察から発想が生まれ、それらの利用状況において最適なデザインを探求するプロセスによって制作されていた。壁に立てかけやすい傘、机の淵に掛けやすい傘など機能的コンセプトの作品も同様である。

モノは人間との関わりの中で存在するので、モノづくりに携わる者すべてにとって人間工学の知識は多かれ少なかれ必要である。その中でも特に、モノのあるべき姿を具体的なカタチとして創出する役割を担うデザイナーが人間工学を学ぶことで上記のように提案の質が大きく向上することが期待できる。一方で、冒頭で述べたようにデザインの役割や対象は広がりをみせており、デザインを学ぶ者が習得すべき知識や技術はこれからますます多くなるだろう。これからのデザイン教育における人間工学系の授業は、限りある授業時間の中であっても効果的に本質を伝え、自発的な気づきを促す工夫が必要である。加えて、人間工学をデザイナーの発想を豊かにするツールとして位置付け、多くの学び手の興味・関心を高める工夫も必要になるだろう。

本論では現代のデザイン教育における人間工学系授業の必要性と在り方に関して、多摩美術大学での授業を通して得た考察を述べた。今後はこれら考察の妥当性検証や、さらに効果的な授業方法の探求など、デザイン界の発展に資する研究を継続したい。

5. 文献

1)経済産業省・特許庁 産業競争力とデザインを考える研究会：「デザイン経営」宣言, 2018, <http://www.meti.go.jp/press/2018/05/20180523002/20180523002.html>, (参照 2018-11-5)

[連絡先]
いど　けんじ
e-mail : kenji.ido@toshiba.co.jp

D6-2

学校での ICT 導入に対する生徒と保護者の健康面に関する意識

○柴田 隆史*，藤井 彌智*，山崎 寛山**，佐藤 和紀***，堀田 龍也****
*東京福祉大学教育学部，**三条市立大島中学校
常葉大学教育学部，*東北大学大学院情報科学研究科

Concern about the Health Issues of Students and Parents on ICT Introduction at School

Takashi SHIBATA*, Misato FUJII*, Noritaka YAMAZAKI**, Kazunori SATO***, Tatsuya HORITA****
*School of Education, Tokyo University of Social Welfare, **Ojima Junior High School
***Faculty of Education, Tokoha University, ****Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

1. はじめに

ICT (Information and Communication Technology)を活用した教育の情報化が推進されている。ICT を先進的に活用している学校では、すでに児童生徒1人 1 台のタブレット端末や、教室での電子黒板やプロジェクターによる大型提示装置などの学習環境が整えられている。また、平成 31 年度からは、紙の教科書と併用してデジタル教科書が用いられるようになるため、今後ますます、子どもが学校で ICT 機器を用いる機会が増えると予想される。

しかし、学校の教室は、ICT 機器を使用することを前提に設計されているとは言い難く、教室環境の整備や ICT 機器の利用には、人間工学的な視点が必要とされる[1]。例えば、教室の窓は、明るくなるように南向きに設計されていることが多いが、普通教室には遮光カーテンが取り付けられていないことも多い。そのため、窓からの太陽光がディスプレイ画面に映り込み、そのグレアにより視認性の低下や視覚疲労が生じることがある。さらに、教室の蛍光灯による画面への映り込みも現状の教室環境における課題であり[2]、児童生徒が用いるタブレット端末の使い方や、視覚疲労などの健康面に関して、十分に配慮する必要がある。

ICT 活用による健康面への影響として、文部科学省・学びのイノベーション事業による調査では、教員が懸念していることとして、特にドライアイ（眼精疲労含む）や視力の低下、姿勢の悪化を報告している[3]。また、保護者も、子どもが学校でデジタル機器を使うことに対して、眼の疲れや姿勢の悪化などの健康面への影響を心配している。本研究では、ICT 機器利用における健康面への懸念に関して、生徒と保護者の意識の相違について検討した。本稿では、特に眼の疲れや姿勢の悪化について報告する。

2. 方法

2.1 調査の対象

ICT 機器を 2018 年度に導入することが決まっていた公立中学校において、その導入前に、タブレット端末を使った学習における健康面への懸念に関して、アンケート調査を実施した。対象は、生徒とその保護者であり、実施時期は 2018 年 5 月であった。

生徒と保護者のいずれに対しても、当該中学校ではこれからの授業でタブレット端末を用いた学習を行っていくことを伝えた上で、アンケート調査を実施した。また、生徒には自分自身が、そして保護者には自分の子どもが、学校でタブレット端末を使って学習することをそれぞれ想定させ、アンケートに回答させた。回答した生徒は 78 名（1 年生 23 名、2 年生 29 名、3 年生 26 名）であり、保護者は 69 名であった。

2.2 質問項目

質問項目は、学びのイノベーション事業実証研究報告書において挙げられた懸念事項[3]を基に作成した 18 項目であった。それぞれに対して、どのくらい心配に思っているのかを 4 件法で回答させた。結果においては、各項目に対して「かなり心配である」「少し心配である」のいずれかの回答を、その項目に対して心配があると扱うことにした。

さらに、生徒に対しては、タブレット端末やスマートフォンの利用経験について質問した。一方、保護者に対しては、保護者自身のタブレット端末などの利用経験に加えて、自分がタブレット端末あるいはスマートフォンを使っていて、眼の疲れを感じることがあるか、また、肩こりなどの身体の不調を感じることがあるのかを 4 件法で質問した。結果では、「あてはまらない」を1、「あまりあてはまらない」を 2、「少しあてはまる」を 3、「あてはまる」を 4 として算出した。

3. 結果

3.1 眼の疲れや姿勢に関わる項目

タブレット端末を使った学習に関する健康面の懸念について質問した 18 項目のうち、生徒と保護者ともに、最も懸念されていた項目は「目が悪くなること（視力が低下すること）」であり、2 番目は、「目が疲れること」であった。

図 1 に、視覚疲労や姿勢に関わる 5 項目について、生徒と保護者の結果を示す。いずれの項目についても、保護者の方が、生徒よりも健康面への影響を心配していることが示された。具体的には、(1)「目が疲れること」は、保護者の約 70%が心配していたのに対して、生徒は約 32%であった。(2)「目が乾くこと」は、保護者の約 55%が心配していたのに対して、生徒は約 17%であった。(3)「目

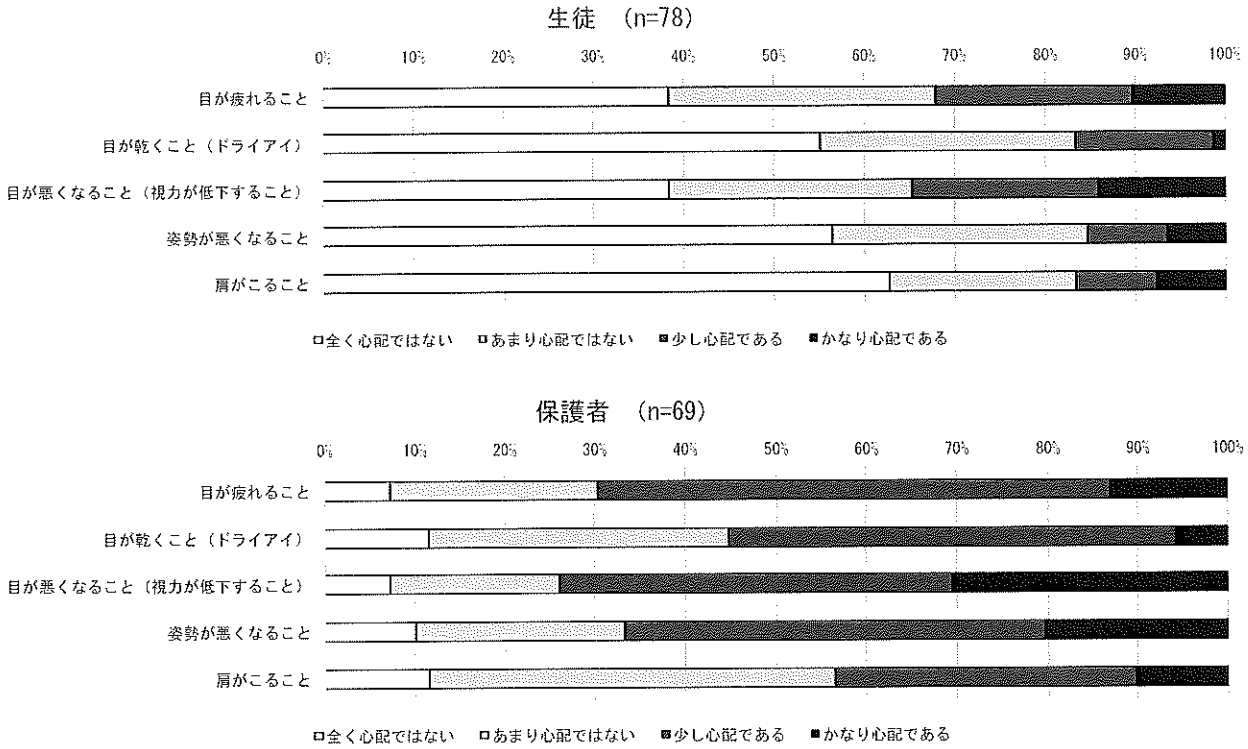


図 1　学校でのタブレット端末を使った学習に関する健康面の懸念（上：生徒、下：保護者）

が悪くなること（視力が低下すること）」は、保護者の約 74%が心配していたのに対して、生徒は約 35%であった。(4)「姿勢が悪くなること」は、保護者の約 67%が心配していたのに対して、生徒は約 15%であった。そして、(5)「肩がこること」は、保護者の約 43%が心配していたのに対して、生徒は約 17%であった。

3.2 保護者自身の疲労感との関係

保護者自身がタブレット端末あるいはスマートフォンを使うことによる眼の疲れの平均値は 3.06（*SD*=0.84）であった。またその回答結果から、保護者自身が眼の疲れを感じやすいほど、自分の子ども（生徒）に対して眼の疲れの心配をすることが示された（$r = 0.41$, $p < 0.01$）。しかし、保護者の回答と子ども（生徒）の回答には、相関関係はみられなかった。

保護者自身がタブレット端末あるいはスマートフォンを使うことによる肩こりなどの身体の不調の平均値は、2.56（*SD*=1.07）であった。その回答結果からは、保護者自身が身体の不調を感じやすいほど、自分の子ども（生徒）に対して肩がこることを心配し（$r = 0.46$, $p < 0.01$）、姿勢が悪くなる心配をすることが示された（$r = 0.47$, $p < 0.01$）。しかし、保護者の回答と子ども（生徒）の回答には、いずれの項目も相関関係はみられなかった。

4. 考察とまとめ

学校でのタブレット端末を使った学習に対して、生徒も保護者も、眼の疲れなどの健康面への影響を心配しており、それは、生徒よりも保護者の方が顕著であった。また、保護者の懸念は自身の経験と関連していた。学校への ICT 導入には保護者からの理解を得ることも重要である。そのため、保護者に対してもデジタル機器の使い方や生活改善の方法を伝えることが必要であるかもしれない。

本調査は、ICT 機器の導入前に行っており、生徒がタブレット端末を使った学習を行うことを想定したものであった。今後は、ICT 機器を学校で使うようになって、生徒と保護者に意識の変化があるのか、また、懸念されるような視覚疲労や姿勢の悪化などが実際にどの程度あるのかを研究していく必要がある。

参考文献

1) 柴田隆史, 斉藤進, 他： 学校における ICT 機器活用に関する人間工学ガイドライン, 人間工学, Vol.53 特別号, pp. 206-207, 2017.
2) 柴田隆史, 佐藤和紀, 堀田龍也：小学生のタブレット端末利用における映り込みや身体的疲労に関する調査, 日本教育工学会研究報告集 JSET16-4, pp. 71-78, 2016.
3) 文部科学省：児童生徒の健康面への影響等に関する配慮事項, 学びのイノベーション事業実証研究報告書 , 2014.

[連絡先]
柴田 隆史
e-mail：tashibat@ed.tokyo-fukushi.ac.jp

D6-3

サービス施設のサブサービス提案を考えるための支援方法の検討

－歯科医院を題材として－

○冨田依里*，太田友康**，小松原明哲***
*早稲田大学創造理工学研究科，**長田電機工業株式会社，***早稲田大学理工学術院

A study of assistance method for sub-service proposition at service facilities
- A case at a dental clinic -

Eri TOMITA*, Tomoyasu OTA**, Akinori KOMATSUBARA ***
*Waseda University, **Osada Electric Co., Ltd, *** Waseda University

1. 研究背景・目的

サービスは大きくコアサービスとサブサービスの 2 種類に分類される．コアサービスはサービスの基本的な目的に関するものである一方，サブサービスはコアサービスの質を高める，競合他施設との差別化を実現するといった支援的な役割と，コアサービスの遂行を助けるための促進的な役割を担っている [1)2)]．同じコアサービスを提供する施設が多数ある現代において，他施設よりも良いサービスを消費者に提供するための検討を行う際に，サブサービスに着目することは有用であると考えられる．

サービスニーズ抽出のための方法としてはアンケートやグループインタビュー，行動観察などの手法があるが，本研究では顧客特性と詳細な利用シーンを想定し効率的にユーザのニーズを抽出する方法として，タスク分析とペルソナを使用したユーザニーズ抽出シートを提案し，歯科医院を事例にその有用性を検討する．

2. 提案手順

①歯科医院通院の行動分析

行動分析の手法として階層的タスク分析(HTA：Hierarchy Task Analysis)を用い，ニーズ抽出シートを作成する．

②ニーズの抽出

ペルソナを用いて具体的なニーズを抽出する．

3.ニーズ抽出シートの作成

3.1 階層的タスク分析

ユーザが各タスクに対してどのようなニーズを持っているのかを明確にするため，HTA の考え方に基づき，歯科医院通院の行動分析を行った．分析に際し，「虫歯ができたので歯科医院に行く」というコアサービスのシナリオについて行動をブレイクダウンした．また，ブレイクダウンの際に直上位のタスクを達成するために必要な下位タスクを洗い出すことで，各タスクの粒度を揃えることに留意した．

これにより，図 1 の HTA が作成され，コアサービスを成就するためのタスクが最下層で 17 個得られた．

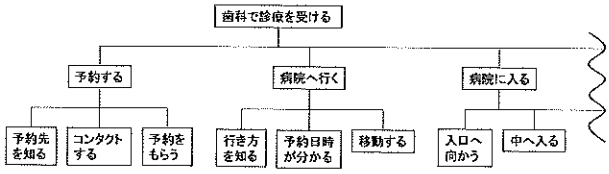


図 1. HTA の例

3.2 ニーズ抽出シートの作成

3.1 で得られた結果をもとに，目的と手段に対するニーズを抽出するためのシートを提案した(図 2)．コアサービスをプロセスレベル，タスクレベルにブレイクダウンし，そのタスクに対する要求を記述する．さらに，要求を実現するための手段としての要求を挙げ，その手段に対する要求をさらに記述していくことでタスクごとに消費者の持つニーズを階層的にかつ効率的に抽出することができると考えられる．

ニーズ抽出シートは直上位のタスクや要求を達成するために必要な下位の要件を洗い出しているため，最下層が成就されないと直上位が達成できず，最終的にコアサービスも達成できないという構造になる．この下層部分を成就するためにどのようなサブサービスがあれば良いか探ることで，より良いサブサービス提案のための支援が可能だと考えられる．

4. ニーズ抽出シート活用方法の検討

4.1 ペルソナの作成

3.2 で作成したニーズ抽出シートから具体的な案を出していくために，歯科医院を利用するユーザを想定した人物像をペルソナとして設定した．これにより，歯科医院のサブサービスに対するニーズを一定の観点から考えることが出来るため，抽出が効率的かつ容易に行えると考えられる．本研究では女子大学院生をペルソナとして使用した(図 3)．

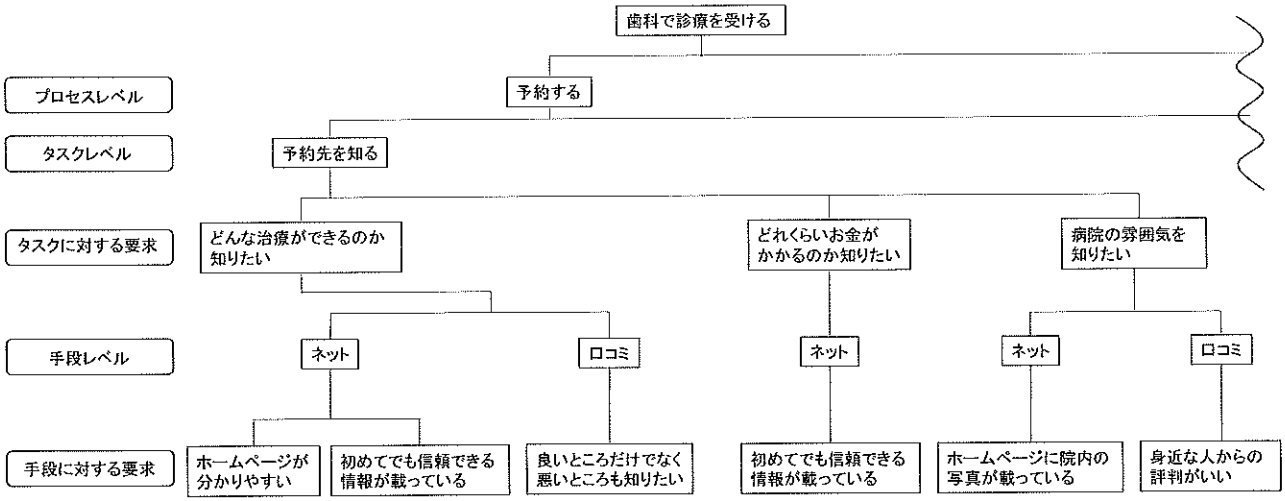


図 2.　ニーズ抽出シート

鈴木 なつ　女性　23歳
早稲田大学　創造理工学研究科　修士1年生
身長:160 cm　体重:45 kg
父・母・兄の4人家族
趣味は友達と話題のスイーツを食べに行くこと

図 3.　ペルソナの例

4.2 ニーズの抽出

4.1 で挙げたペルソナを想定し，ニーズ抽出シートを記述することで図 2 の結果が得られた．このシートにおいて，ユーザのニーズは下位 3 下層に当たり，タスクに対する要求が 32 個，手段レベルの要求が 60 個，手段に対する要求が 60 個の計 152 個が得られた．

具体的に，タスクに対する要求では，病院に関する情報が知りたい，病院へ向かう道中や院内での行動を楽に済ませたい，快適に過ごしたいというニーズが多く抽出された．手段レベルの要求では，情報を得る，行動を楽にするための手段としてネットやスマホなどデジタル機器が多く挙げられた．また，手段に対する要求では分かりやすい，衛生的，対応が適切である，などが挙げられ，どの層の要求においても似た観点のニーズが複数挙がることが分かった．これらのことから，得られたニーズをいくつかの観点に分類し，その観点を参考にシートを記入することで，より効率的にニーズ抽出を行えるものと考えられる．

また，タスクに対する要求の層を検討することによって，前日の予約リマインドメールや交通系電子マネーでの支払いなど現在実現されていない手段について挙げることができた．さらに，要求を挙げる対象を明確にしておくことで，抽出されるニーズの粒度を揃えられたことから，ニーズ抽出のための下位 3 下層は有用であると考えられた．

5. まとめ

タスク分析とペルソナを使用したニーズ抽出手法を提案し，その有用性について検討した．結果としてタスクごとに多数のニーズが抽出でき，得られたニーズはいくつかの観点に分類できることが分かった．また，現在使われていない新たな手段について挙げられたことや，得られたニーズの粒度が揃っていることから，ニーズ抽出シートは有用であると考えられる．

6. 今後の課題

さらに複数のペルソナを使用した場合，顧客特性によるニーズの違いについても考察が可能になると考えられる．また，ニーズを抽出する際の手助けとなるような観点を用意することで，より抽出を容易にし，誰にでも使いやすい手法に近づけることができると考えられる．ただし，本手法では施設全体の雰囲気に関するニーズ抽出はできない．これについては別の方法が必要になる．

7. 文献

1)近藤隆雄：サービス・デザインへの接近，MBS Review，No.1，p.17，2005
2)山岡俊樹，デザイン人間工学 魅力ある製品・UX・サービス構築のために，共立出版，pp.156-157，2014

[連絡先]
冨田　依里
e-mail：eri-tomita@moegi.waseda.jp

D6-4

子守帯装着方略における意思決定要因の検討

○青木真希子*，鈴木 聡**
*神奈川工科大学 看護学部，**神奈川工科大学 工学部

A Study on Decision-Making Factors in Wearing Strategies of Baby Carriers

Makiko AOKI*, Satoshi SUZUKI**
*Faculty of Nursing, **Faculty of Engineering, Kanagawa Institute of Technology

1. はじめに

子守帯は育児中の母親において必需品となっている。現在は使用ニーズに合わせ様々な子守帯が市販されており、選択に迷う程である。一方、落下やヒヤリハットの報告も少なくない[1)]。中には死亡事故に至るケースもあり、不適切な装着が主な原因とされている[2)]。付加価値の多様化と共にメーカーは多機能化を進め、時にはユーザーは使いにくさを感じることもあり、必ずしもユーザー視点の子守帯設計でないことが不適切装着につながると思われる。この是正のために、先ずは使われ方の把握として子守帯装着の意思決定について明らかにする必要がある。本研究では育児経験の有無が子守帯装着の方略に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 概念モデル

本研究の概念を図１に示す。これを基本に子守帯装着実験を通じ意思決定の前後データを収集した。

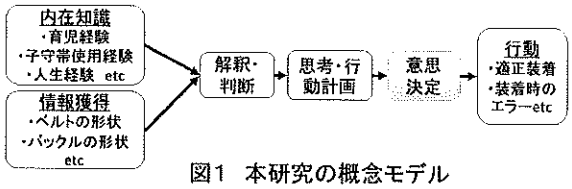


図1 本研究の概念モデル

2.2 基準装着タスクの抽出

取扱説明書に記載された装着方法を元に、各手順を目的に“まとまりのあるタスク”（例えば“ウェストベルト装着”）に分けた。それをさらに細かく下位タスクに分け動作数をカウントした。後述の子守帯各製品に共通する（またはしない）タスクに分け、共通する部分について比較した。

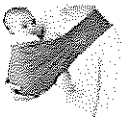
2.3 装着実験

被験者を育児経験により表１の如くA～C群の３つに分類した。用いた子守帯は表 2 に示したエルゴベビー社製Baby Carriers Original（以下①）、ベビービョルン社製ベビーキャリアオリジナル（以下②）、Betta製Carry me!plus（以下③）の3種とした。被験者には各子守帯の取扱説明書を見せずに、5kgの生後７ヶ月等身大ダミー人形（Baby blume 社製 4848）を装着するよう指示し（ただし、前に抱っこかなど詳細に教示していない）、その様子をビデオ撮影した（制限時間各 10 分）。3 種類の子守帯に対する実験順序は以下のように被験者ごとに変えた。①→②→③（2名）、③→①→②（1 名）、②→③→①（2 名）、②→①→③（1 名）。実験直後に各被験者と動画データを見ながら、行動や動作の理由などについてインタビューを行った。

表1被験者の分類

	A群(2名)	B群(2名)	C群(2名)
育児経験	なし	あり	あり
平均年齢	20.5歳	49.5歳	40.5歳
抱っこ紐使用経験	なし	おんぶのみできるもの	腰ベルトありスリング
子ども(末児)の平均年齢		18.0歳	9歳

表2 使用した3種類の子守帯

子守帯		特徴	バックル接合
① エルゴベビー社製 ベビーキャリア オリジナル		・生後4カ月～20Kg ・腰抱き、おんぶ ・SG認証	接合:5か所 形状:全て同じ 
② ベビービョルン社製 ベビーキャリア オリジナル		・新生児～14ヶ月 ・対面、前向き抱き ・SG認証、ASTM	接合:6か所 形状:異なる 
③ Betta製Carry me!Plus		・新生児～24カ月(11.3Kg) ・横抱き、さかさ抱き、縦抱き、腰抱き ・安全基準クリア(HP上記載)	接合なし

2.4 エラーの検出

エラーの有無対する検出方法は、基準装着タスク（取扱説明書から読み取られたタスク）と観察された被験者の動作との間に、“相違あり”の場合を１、“相違なし”の場合を 0 という形で 2 値化し、下位タスクごとの被験者属性（A～C 群）ごとに相違あり（エラー）の割合を算出した。相違有無の判定基準は、取扱説明書通りの順序で“まとまりのあるタスク”を進行させたことの是非、べ

ルトのねじれやバックル位置の誤りなどといった、説明書の注意点に記述された内容に対する該当の有無で判断した。

3.結果

3.1 共通装着タスクの抽出

取扱説明書から読み取れる各製品共通の“まとまりのあるタスク”は「肩へのベルト装着」「子供を抱く」「確認」であった。安全装着に関係が深いと思われる「確認」タスクについて、取扱説明書から類推できる動作数は、①では 9、②では 13、③では 22 であり、製品ごとに開きがあった。各製品における確認対象（取扱説明書で何を確認するように記述されているか）は、「肩ベルト」「腰ベルト」「子ども（手足の位置や姿勢などといった体勢）」などであった。

3.2 確認タスクにおけるエラー割合

被験者群ごとに「確認タスク」の対象におけるエラーの割合を図 2 に示す。③は構造的に腰ベルトが無いため、この分類における確認対象は 2 項目である。

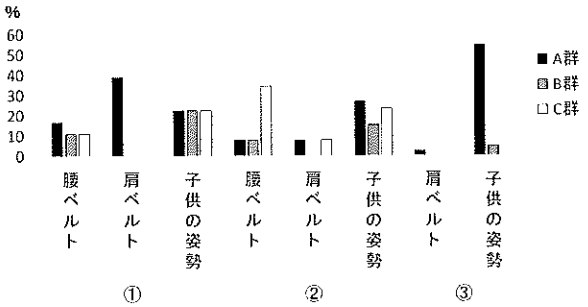


図2 各子守帯の確認タスクにおける群別のエラー割合

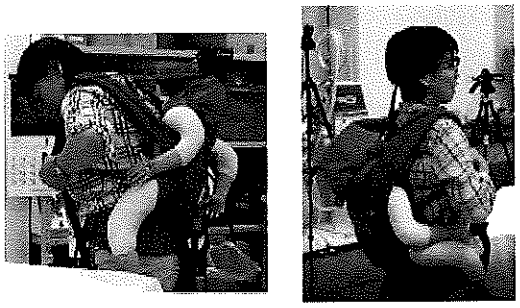


図3 C群の子守帯①装着の様子

子守帯①では、育児経験のない A 群において「肩ベルト」の確認エラーが最も多く、4割近くであった。また、「子ども」の体勢ではいずれの群でも2割超という結果だった。B群では図3のように 2 名とも子供を背負う（おんぶ）装着が観察された。ただし②は背負うことも可能な設計であり、それ自体はエラーと判定していない。

子守帯②では、子守帯経験のあるC群で「腰ベルト」と「子ども」関する確認エラーが目立った。

子守帯③では使用経験のないA群で「子ども」の確認エラーが極めて多く、半数以上の被験者が正しい装着をできていない結果となった。

4.考察・まとめ

育児未経験者が③を使うとリスクが高いことが示唆された。③は構造的に子供の体勢を規定しにくく（子供の位置が定まりにくく、無理な体勢になる恐れが高い）、さらにそれを使用者が検出しにくいことが考えられる。構造がシンプルであり、バックル操作などが不要であることはメリットである一方、装着後の子供の体勢に自由度が高いことや、子供の四肢や頭部などの位置が不適切になりやすく、子守帯本体が四肢などを覆うために体勢が見にくく、育児未経験者には適正な体勢の判断がつきにくいと思われた。

同様に未経験者には①の肩ベルトについてもリスクが高いことが示された。①は適正に装着できれば高いフィット性があるものの、数多くの同形状バックルが存在し嵌合の対象ミスやベルトにねじれを生じやすいなどといった、わかりにくさが存在するためと考えられた。

②は全ての項目にエラーが分散している印象だが、特徴として子守帯使用経験者のエラーが腰ベルトの確認で多い。②には唯一、8ステップの装着手順がアイコンのみ（文字による説明は無い）によって本体に示されている。インタビューによると A 群は全員それを参考に装着したという回答だったが、C群は見ることは見たが、あまり参考にしなかったという回答であった。過去に子守帯の使用経験がある場合、同型製品ではもちろん、類似製品の場合でも適正使用のための情報を積極的には参考にしないことが示唆され、

5. 文献

1) 独立行政法人国民生活センター：スリングや抱っこひもなど赤ちゃん用子守帯に注意，報道発表資料，2010
2) 東京都生活文化局：抱っこひも等の安全対策，東京都商品等安全対策協議会報告書，2017

[連絡先]
青木真希子
e-mail：aoki@ns.kanagawa-it.ac.jp

ISSN 1346-9290

2018 年度
一般社団法人日本人間工学会 関東支部
第 24 回卒業研究発表会
講演集

Proceedings of the 24th Graduation Thesis Presentation,

Japan Ergonomics Society

会　期　2018 年 12 月 15 日（土）・16 日（日）

会　場　神奈川大学 横浜キャンパス

大会長　髙野倉　雅人

大会１日目

12月15日（土）

A2-1

計算の得意・不得意の発見と改善

－ERP を用いて－

○吉田奨梧*，舩田眞里子*
*白鴎大学経営学部

The change of ERPs as a result of the increase of the proficiency in division drills

Shogo YOSHIDA*, Mariko FUNADA*
*Business Administration, Hakuoh University

1. はじめに

1.1 研究の背景

筆者は，事象関連電位（Event-Related Potential, 以下 ERP と略称）[2,3] を用いた虫食い割り算課題の研究に協力したことがある.割り算では，答えを求めるのに掛け算九九を使用する.そこで，筆者は割り算課題で掛け算九九の各段の計算の得意・不得意も ERP を使えば発見することできるのではないかと考え興味を持ち，この研究を始めた.

1.2 研究の目的

本研究では，個人別に，割り算課題において次の仮説を実験により検証をすることを目的とする.

仮説 1　ERP で，掛け算九九の各段の得意・不得意が客観的に把握できる.

仮説 2　不得意な掛け算九九の段の計算実行中の ERP の波形は，課題の反復により得意な段の ERP の波形に近づく.

ただし，掛け算九九の各段の得意・不得意は正答率によって決定する.

2. 方法

2.1 実験の方法

実験は，不得意な掛け算九九の段を発見するための実験 A とその改善のための実験 B を行った. A，B ともに実験の方法は以下の通りである.

(1) 被験者：成人男性 1 名（右利き，22 歳）．ERP は個人差が大きいことと，仮説の設定の仕方から，単一事例実験法 [1] を用いた.

(2) 実験場所：外界から遮断され，実験のみに使用される研究室．実験への集中保持に配慮した.

(3) 刺激の種類：3 桁÷2 桁の正整数の割り算で，答えも 1 桁の正整数となる計算式 (図 1(i)) と答えの入力を促す○ (図 1(ii)) とした．2~9 の答えを 40 個ずつ，計 360 個の刺激を作成した．1 回の実験で 2~9 の答えが各 10 個，計 80 個のデータを使用した．実験を 4 回反復すると全データが 1 回ずつ使用されるよう設計した．答えが k，または除数の 1 の位が k の場合は k の段の掛け算九九を使用することから，これらの正答率で k の段の掛け算九九が得意か不得意かを判定した.

(4) 刺激表示のタイミング：19 インチの画面の中央に画像を 1 秒間ずつ，間に白色画面を 1 秒間表示した. 被験者は画面と目の距離が 60～80cm となる位置に腰掛けた.刺激の大きさは，縦約 1.6cm，横約 7.0cm である.

108 ÷12 = □　　○

(i) 割り算刺激　　(ii) 答の入力合図

図 1　刺激の例

(5) 課題(タスク)：割り算の計算式提示時に割り算を暗算で行い，○提示時に，テンキーからブラインドタッチで答えを入力する.

(6) 反復回数：計算式の刺激(i)と○刺激(ii)を一組としたものを 80 回.

(7) 脳波:国際 10-20 法による A_1A_2 を基準電極とする Cz, Pz, C3, C4 の単極導出とした.A/D 変換のサンプリング周波数は，1kHz である.

実験は，各実験日に 80 回連続した課題を間に約 3 分の休憩をはさんで 2 回実行した．A，B の実験とも間に 1 週間おいて反復した．ただし，実験 A は 2 回の正答率の差が小さくなった時点で終了した．また，実験 B は，A の影響を小さくするために 3 か月程度空けて実施した.

2.2 解析方法

課題実行時の入力から正答率を求めた.

脳波は，適応型フィルタを用いて雑音低減を行った後，刺激ごとに標準化した．割り算課題実行時の連続した 80 個の標準化データを加算平均して ERP を求めた．実験 A では全実験日のデータから 2～9 の段ごとの ERP を求めた.

現在，実験 B は未完了なので，実験 A の結果のみ記述する.

3. 結果と考察

3.1 課題の正答率

図 2 は実験 A の全実験日の正答率である．各実験日を□で囲った．第 1，第 2 実験日では 1 回目よ

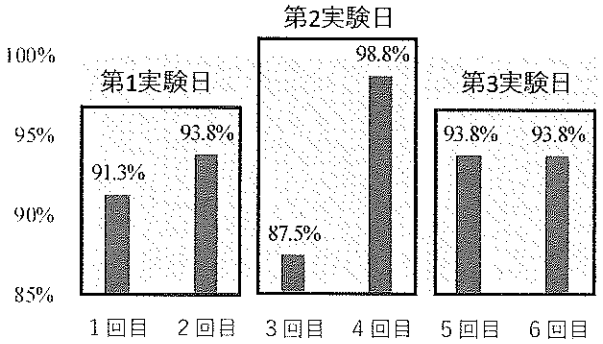


図 2　実験日ごとの正答率（第 1～第 3 実験日）

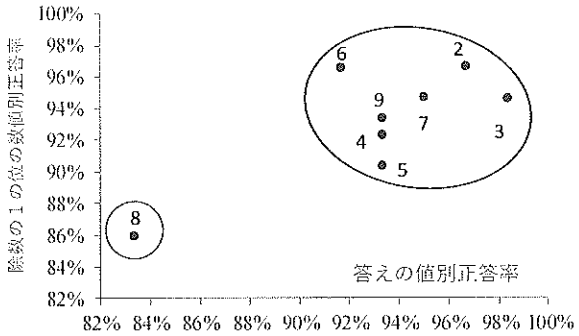


図３　実験Ａの答えと除数の１の位別の正答率

り２回目の正答率が高い．第３実験日で２回の正答率が等しくなったため，不得意の段を発見する実験Ａをこの時点で終了した．答えと除数の１の位の値別に正答率を求めプロットすると図３が得られた．８の段以外では正答率が全て90%を超えた．これらの正答率についてクラスター分析を行った結果，各段の正答率は{2, 3, 4, 5, 6, 7, 9}, {8}の２群に分類された．以上から，今回の被験者は８の段が他の段と比べて不得意であると認められる．

図４は全実験日のデータを加算平均して得たERPと各時点の分振幅の散の平均である．横軸が刺激表示後の時間，左縦軸が振幅，右縦軸が分散に対応している．頂点電位が出現する付近では分散が小さくなるため，頂点電位の出現区間を推定するために分散を求めた．0~50ms と，850ms 以降の大きな変動は使用したフィルタの影響によるものである．50~500ms 付近の分散が相対的に小さく，今回の刺激に対する電位がこの区間に含まれる可能性が高い．この区間に含まれる頂点電位には正の電位 P1, P2, P3，負の電位 N1, N2 が認められる．

図５は実験Ａの全てのデータを答えの値により分類して求めたERPである．図４と同様な頂点電位は出現しているが，潜時や振幅が答えの値によりかなり変動している．そこで，正答率による２群のグループ分けを用いて，グループごとのERPを求めると図６を得る．全グループに対応するERPでP1, N1, ..., P3の頂点電位が認められる，また，P2, N2, P3では正答率が低い方が，潜時が短縮している．

図６の結果は，今回の被験者については，仮説１が肯定的に成立することを示唆している．仮説２に関しては実験Ｂの結果に基づいて検討する．

4. まとめ

正答率で判定した掛け算九九の得意・不得意は，割り算課題実行中のERPの頂点電位の潜時・振幅の差により把握可能であること（仮説１）が，今回の実験では肯定的に支持された．仮説２については発表時に報告したい．被験者を増やすことや今回の結果を踏まえて，効率的な掛け算，割り算の習得方法を考えること等が今後の課題である．

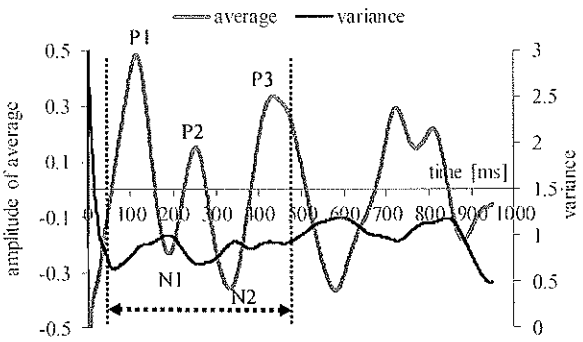


図４　全実験日のデータから得たERPと分散
（測定部位：C3，データ数：480回）

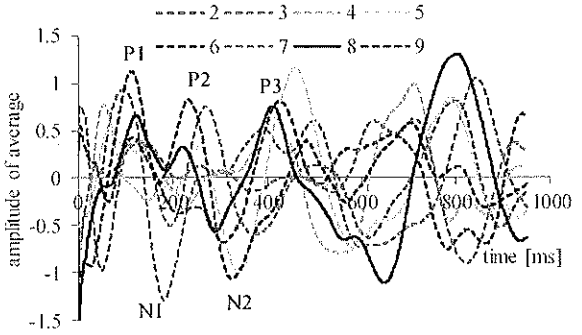


図５　答えの値（2～9）別のERP
（測定部位：C3，加算平均回数：それぞれ60回）

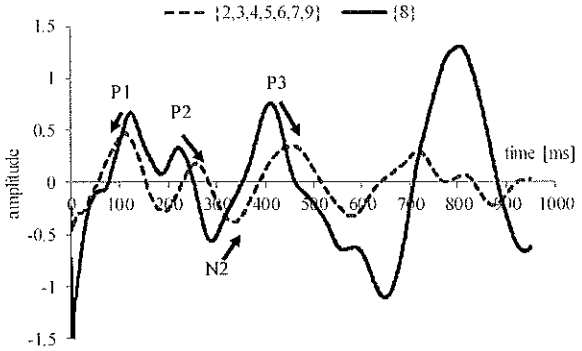


図６　答えのグループ別のERP（測定部位：C3，データ数：それぞれ420回，60回）

参考文献

1) 長谷川芳典：心理学研究における実験的方法の意義と限界(4) ー単一事例実験法をいかに活用するかー，岡山大学文学部紀要，48，31-47，2007.
2) 入戸野 宏・堀 忠雄 ： 心理学研究における事象関連電位（ERP）の利用， 広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編, 26, 15-32, 2005.
3) Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R., Jr., Miller, G. A., Ritter, W., Ruchikin, D. S., Rugg, M. D., & Taylor, M. J. : Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria, Psychphysilogy, 37, 127-152, 2000.

[連絡先]
吉田　奨梧　e-mail：15154163@sd.hakuoh.ac.jp

A2-2

ヘッドアップディスプレイにおける色情報を用いた危険物優先表示システムの提案

○大塚榛奈*，高野倉雅人*，荻谷光晴*
*神奈川大学工学部経営工学科

Proposal of Dangerous Object Priority Display System Using Color Information on Head Up Display

Haruna Otsuka*, Masato Takanokura*, Mitsuharu Ogiya*
*Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering, Kanagawa University

1. 研究背景と目的

近年，自動運転車は国内外で積極的に研究開発が進められている[1]．その一方で，アメリカでは，Uber の自動運転車が歩行者を死亡させる事故を起こした．この事故は，人間が見ていれば防げたと言われている．このことから，自動運転技術は未熟で，安全な完全自動運転の実現には，まだ時間がかかると言える．

自動運転の研究開発が進められている中，人が運転するときの安全性向上の技術研究開発も進められている．交通事故減少や防止のために，自動ブレーキシステムや車線逸脱警報（LDW）など，新技術が多く普及し始めている．その中でも人間の視野に直接情報を映し出すヘッドアップディスプレイが活用され，娯楽や各種産業，公共安全分野での利用が拡大している．

人間は視覚情報をすべて処理しているわけではない．煩雑な視覚情報の中から，注意を用いることで必要な情報だけを取捨選択するシステムが存在する．しかしながら，運転状況のように煩雑な状況では，うまく注意を制御することができないこともある．このとき，ヘッドアップディスプレイの提示において，緊急性の高い情報が目につきやすいように提示することで，安全な運転をサポートすることができると考えられる．このように，人間特性を考慮したサポートシステムを提案することで，運転状況を瞬時に認識できるより安全なシステムを構築することが可能である．

本研究では，昼間，夕方，夜間の 3 つの時間帯での自動車運転に注目し，実際の走行動画上で警告表示として視覚刺激を提示した．視覚刺激の色を変化させ，時間帯別の刺激検出率や視線特性を心理物理実験により検討した．これらの結果から，ヘッドアップディスプレイに表示する警告刺激の色について，どのようなものが良いかを検討した．

2. 実験

2.1. 実験方法

本実験では，実走行動画上に，ヘッドアップディスプレイ上での警告表示を想定し，無作為に視覚刺激を呈示した．視覚刺激の色を変化させ，昼間，夕方，夜間において，視覚刺激の検出率や視線特性に違いがあるかどうかについて検討した．これにより，時間帯において，どのような表示色が良いかを検討した．

2.2. 実験刺激

実験動画は，実際の路上を昼間，夕方，夜間に走行して撮影したものを用いた（図 1，図 2，図 3）．被験者に検出させる視覚刺激は，5 色（赤，橙，緑，青，灰）とし，形状は中抜き円で，大きさは約 1.5 度とした．呈示位置は，右上，右下，左下，左上の 4 か所で，中心から偏心度約 18.3 度の位置に呈示した．1 試行あたりの動画呈示時間は 1 分 30 秒程度とし，視覚刺激は 1～10 秒間隔にランダムで 1 か所，合計 12 回呈示した．

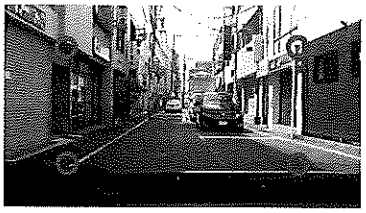


図 1　動画例（昼間）：設定した 4 か所

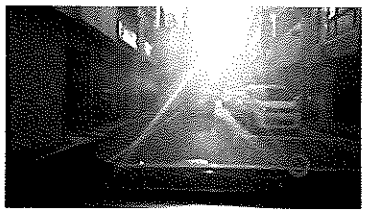


図 2　夕方動画・刺激例

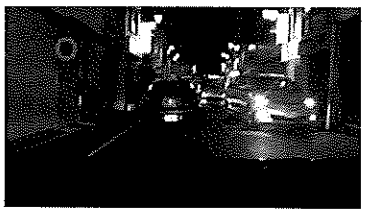


図 3　夜間動画・刺激例

2.3. 実験手順

1 試行は次の通りに行った．はじめに固視画面を 3 秒呈示後，1 分 30 秒程度の実験刺激動画を呈示し，最後に固視画面を 3 秒呈示した．視覚測定は試行中行った．被験者には，動画を運転してい

るつもりで安全確認を行いつつ，視覚刺激が呈示されたら，キーボードを押して応答するように教示した．実験条件は，時間帯 3 条件（昼間，夕方，夜間）と，視覚刺激の色 5 条件の計 15 条件とした．被験者は，各条件に対して 1 試行ずつ行った．

2.4. 実験装置

実験では，被験者とディスプレイの視距離を 57cm とした．使用機器は以下の通りである，

- ディスプレイ：DELL 製 REV A00（4800×2700mm：1980×1080pixel）
- 視線計測機：The Eye Tribe Tracker（測定精度誤差視角±1°，サンプリングレート 30Hz）

2.5. 被験者

被験者は，裸眼または矯正により正常な視力を持つ平均年齢 21 歳の男性 3 人で，全員が運転免許保持者とした．

2.6. 注視点解析方法

測定した視線データから注視点について解析した．注視は，半径 1°以内を 100ms 以上見続けたときとした．注視時間の区分は，100～200ms，200～300ms，300～500ms，500～1000ms，1001ms～の 5 区分に分けた．

3. 実験結果

3.1. 視覚刺激検出率

図 4 に，視覚刺激に関する色別，時間帯別の検出率を示す．グラフから，どの時間帯においても，赤，橙，青色の検出率が高く，灰色の検出率が低いことが示された．また，夜間，夕方，昼間の順で検出率が高いことも示された．これらのことから，時間帯が違うとそもそも検出率が異なること，呈示刺激の色によっても検出率の違いが生じることが示された．

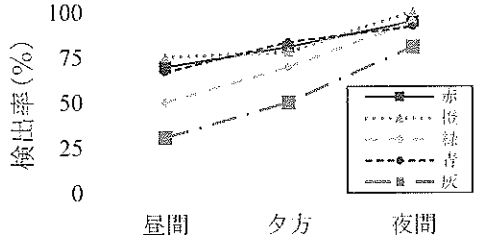


図 4　刺激検出率

3.2. 視線解析

図 5 に，橙の視覚刺激を呈示した場合の，被験者間における注視時間の平均割合を示す．横軸は注視時間を示し，縦軸はその割合を示している．結果より，200ms 以下の注視割合が高いことが示された．また，昼間，夕方，夜間の時間帯の違いによる差は見られなかった．このことから，自動車運転時の安全確認の視線移動は，注視割合の違いはあるが，時間帯での違いは見られないことが示された．

図 6 は，夜間動画における橙の視覚刺激を呈示したときの視線分布を示している．円は，注視点を示しており，線は注視点の移動を示している．結果より，長い注視時間は，中央部分と刺激呈示箇所周辺に多くみられた．この傾向は，すべての色に共通していた．

以上のことから，運転時では進行後方へ長い注視が集中していること，また刺激の確認のために長い注視が生じていることが示された．

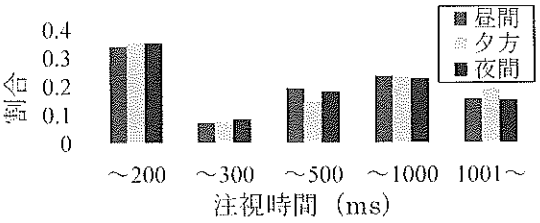


図 5　注視時間（ms）の割合（橙）

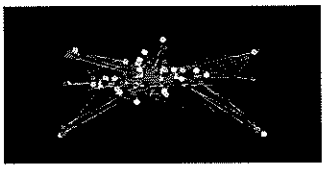


図 6　夜間の視線分布（橙）

4. 考察

刺激検出率からは，赤，橙，青色について，どの時間帯でも検出率が高く，灰色はどの時間帯でも低くなった．また，夜間，夕方，昼間の順で検出率が高かった．このことから時間帯により，刺激の見つけやすさに違いがあると言える．視線分布からは，夜間の灰色とそれ以外の 4 色は中央部分と刺激周辺で長い注視が生じた．

これらの結果より，呈示刺激の色を変化させることで，刺激への注意を変化させることが可能であり，時間帯によりヘッドアップディスプレイに表示する色を使い分けることで，注意の制御が可能であることを示唆した．

5. 結論

本研究では，ヘッドアップディスプレイの表示方法について，どのような色が良いかを検討した．その結果，時間帯により表示色の検出率が異なり，このことから，時間帯別に表示色を変更することで，人間の注意を制御することが可能であることを示唆した．

6. 参考文献

1) 坂井康一・大口敬・須田義大：自動走行システムの高度化・普及展開の姿およびその社会的・産業的インパクトに関する検討，生産研究第 70 巻第 2 号，p.69,2018

[連絡先]
おおつか　はるな
e-mail：r201504254th@jindai.jp

A2-3

マルチタスキング作業時の脳血流のNIRSによる評価

飯泉　隼
法政大学理工学部
Evaluation of brain blood flow while multitasking by NIRS
Jun IIZUMI
Hosei University of Science and Engineering departments

1. はじめに

歩きスマホや運転中の会話など，複数の物事を同時進行で処理するマルチタスク行動は，現代社会において一般的になっている．マルチタスク作業は，一見作業効率が向上するように考えられるが，注意力の散漫や集中力の欠如をもたらし，結果的にパフォーマンスや作業効率が低下すると指摘されている．本研究では，作業中の脳活動の測定に基づき，主作業以外の作業すなわち副次作業に脳の情報処理リソースを割く，マルチタスクの状態になっているか否かを判別する方法について検討する．脳活動の測定には，主に脳波計やMRIを用いた方法があるが，侵襲的な方法で，電極の装着を要するものや，大規模な設備を必要とし，被験者の動きが制限されるものが多い．そこで今回は，非侵襲かつ動きに制約がないNIRS（近赤外線分光法）という方法で，脳活動の評価を試みる．

2. NIRSについて

NIRSとは，1977年にJöbsisによって提唱された，近赤外光（波長700～900nm）を用いた生体内のヘモグロビン（Hb）濃度変化の測定方法である．生体に頭皮上から近赤外光を照射して照射点から数cm離れた頭皮の受光器で体外に現れた光を検出し，Hb濃度変化を求める．照射された光は直進せず，頭部内で散乱を繰り返して進み，経路上のHbにより一部吸収される（図1）．そのため，脳活動によって脳内の血液量（Hb濃度）に変化が生じると，光の吸収量が変化し，検出される光量も変化する．この変化からHb濃度の変化を測定するものである．

3. 研究方法

3.1 使用する装置

使用する装置は，日立製のウェアラブル光トポグラフィ（WOT100）である．図2に示すように頭部に装着することで，ヘモグロビンの濃度を測定することができる．WOT100は，前額部（主に短期記憶，思考，意思決定をつかさどる部位）専用の装置である．装置の内側は，縦2ブロック，横6ブロックで，送光部と受光部が交互に並ぶ構造になっており，上下左右の送光部と受光部の光の送受信で測定される．隣り合う送光部，受光部の組み合わせで測定チャンネルが決まり，チャンネルはch4～19までの全16チャンネルである．測定

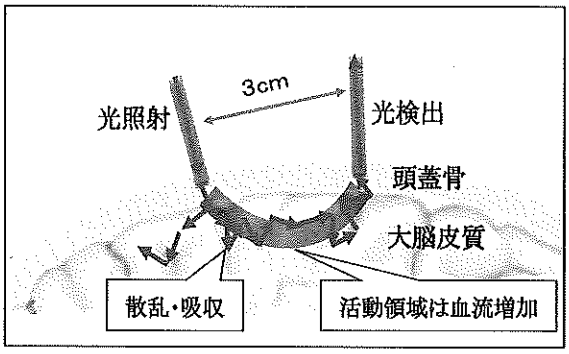


図1 NIRSの原理

図2 WOT100の装着例

に用いる近赤外光は705nmと830nmの2種類，サンプリング周期は0.2秒である．

3.2 課題の内容

本研究では，マルチタスクとして，前額部の脳血流に影響が出にくい単純な計算機作業を主作業，影響が出やすい作業を副次作業とした2つの作業課題を用意する．

3.2.1 主作業課題の仕様

主作業課題として，図3に示すバーとボールを用いたバランスゲームをVisual Basicにて作成する．この課題は，ボリューム装置のつまみを操作し，バーの傾きを変化させることで，バー上を転がるボールを落とさないように保つというものである．初期状態において，つまみは上向きの状態にしておき，ボールはバーの中心に位置している．バーの傾きは，平衡状態を0°，右への傾きを正，左への傾きを負とすると，－30°～30°で変化可能である．図4のように，ボリュームのつまみを上

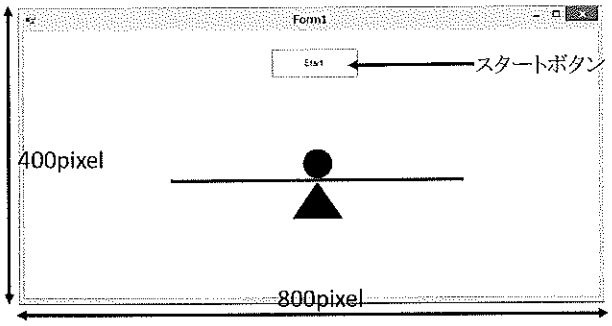


図 3　主作業課題のフォーム画面

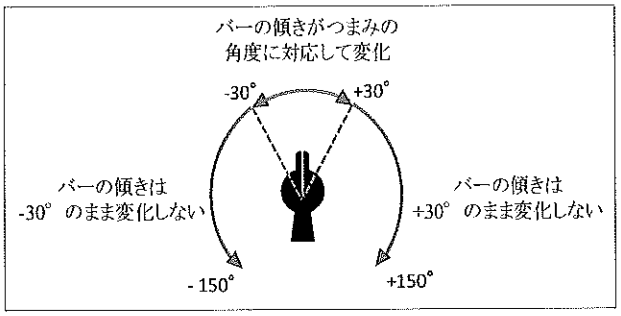


図 4　ボリューム操作によるバーの傾きの変化

向きにした状態を基準（0°）とし，つまみの角度が－30°～＋30°の間に位置する際，バーはつまみの角度に対応した傾きとなる．それ以外の傾きにおいて，変化量は 0 である．フォーム画面の Start ボタンを押すとボールが初速度をもって右に動き出し，主作業が開始される．ボールがバーの外へ落下した場合はすぐに初期画面へと戻り，リスタートすることができる．得点は減点方式とし，1 回落ちるごとに－1 点とする．

3.2.2 副次作業課題

副次作業課題には，7 シリーズを用いる．7 シリーズとは，“100, 93, 86, ...”というように，100 から 7 ずつ引く計算の結果を口頭で回答し，最終的に答えが負の数になる直前まで続けるというものである．7 を 1 回引くごとに回答の正誤を確認し，正答で 1 点，誤答で 0 点，引いた答えが引かれる数より増加した場合は - 1 点とする．それらの得点を合計し，最高得点は, 14 点となる．

3.3 実験方法

被験者に WOT100 を装着し，2 つのタスクを行わせる．1 つは，主作業のみを行うシングルタスク作業，もう 1 つは，主作業と副次作業を同時に行うマルチタスク作業である．測定の際，被験者ごとにシングルタスクとマルチタスクの作業を行う順序をランダムに割り当てる．作業の出来高とタスク中の脳血流量の変化をシングルタスク作業とマルチタスク作業で比較する．

4. 現状と今後の研究計画

現在, 主作業課題の作成を行っている．作成後，自身が被験者となりシングルタスク作業での特性

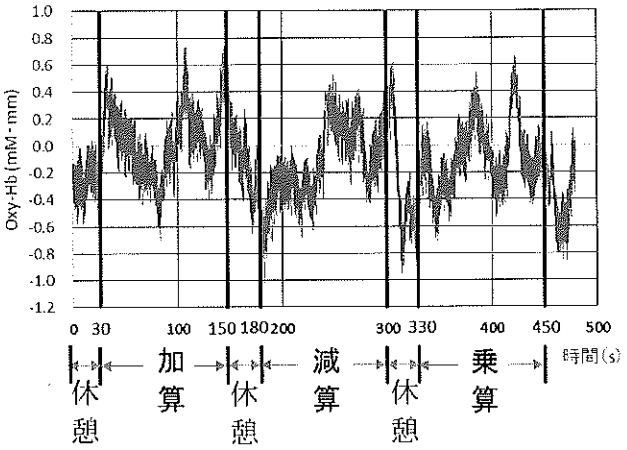


図 5　計算作業中の Oxy-Hb の変化（ch7）

を調べ，主作業，副次作業の課題として相応しいか否かの検討を行う．

NIRS のテスト実験として，自身で簡単な計算作業中の脳血流の測定を行った．タスクの内容は，1 桁の乱数 2 つを用いた暗算で，加算・減算・乗算の 3 種類を行った．それぞれの計算タスク時間は 120 秒とし，回答は PC のキーボードで入力した．スタート後と各タスク間に 30 秒の休憩を挟んだため，測定時間は 480 秒である．NIRS の測定結果の 1 例として，ch7 におけるタスク中の oxy-Hb の変化を図 5 に示す．図 5 のように NIRS によって得られる信号は Hb 濃度変化と光路長の積であるが，光路長は一定と仮定できるため，Hb 濃度変化として信号を扱うことができる．図 5 より，計算作業中に oxy-Hb が上昇し，休憩時に減少していることが大まかに読み取れる．しかし，測定データには，一定の揺らぎやノイズが含まれており，正確な特性の読み取りは困難である．これらは呼吸などに起因する生理的ノイズやタイピング動作によるものであると考えられ，対策が必要である．

文献

1)玉木宗久：NIRS による脳機能計測，国立特殊教育総合研究所紀要，33，p30-33，2006
2)黒田恭史：計算機遂行時の脳内ヘモグロビンの濃度変化の特徴 - 減法課題を用いて－，佛教大学教育学部論集，16，p37-50，2005
3)髙倉大匡：近赤外線分光，Equilibrium Research，74(6)，p552-556，2015
4)WOT-220/WOT100 パンフレット
5)灰田宗孝：光トポグラフィ信号の意味，認知神経科学，13(3)，p241-247，2011

[連絡先]
飯泉　隼
e-mail：jun.iizumi.6x@stu.hosei.ac.jp

A2-4

音声認識ツールを用いたMRI検査中の被験者の音声検出実験

○河本有紀*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

A Detection Experiment of Patient's Voice in MRI Examination Using a Speech Recognition Tool

Yuki KOMOTO*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

MRI（Magnetic Resonance Imaging）検査は磁界と電波で人体の断面図を得る検査である．しかし，駆動時に非常に大きい騒音が生じ，100dB 以上の音圧レベルを示す場合がある[1]．

MRI 検査中の被験者の緊急事態を医師に知らせる方法に，呼び出しボタンを用いる方法があるが，この方法は手が不自由な被験者は使えない．このような場合は音声により緊急事態を知らせる方法が有効である．しかし，MRI 検査中は，体調不良の被験者の小さな声に大きな MRI 駆動音が混入するため，医師が被験者の声に気付かない場合がある[2]．

MRI 検査における被験者と医師との通話に関する研究では，騒音下で骨伝導マイクロホン[3]を用いた通話システムが効果的であり，稲垣らによって，骨伝導通話品質改善のための研究が行われており，骨伝導マイクロホンの遮蔽とノイズキャンセラにより SN 比は 2dB まで改善している[4]．

本研究の目的は，MRI 検査中の被験者の緊急事態を医師に知らせるシステム開発のために，MRI 駆動音中から被験者の声を，音声認識技術を応用して検出する方法の検討である．ここでは，隠れマルコフモデルを用いた音声検出ツールを用い，その有効性を検討した．

2. HTK を用いた音声検出方法

本研究では，音声認識ソフトウェアを用い，音声に加え MRI 駆動音を学習させることによって，MRI 駆動音の混入した音声を用いて音声認識の学習性能を評価した．評価指標として，2 つの指標を考えた．1 つ目は，単語を正しく認識できたかを判断する認識率とし，2 つ目は，医師に被験者が声を発したということを知らせるシステムのために，単語の正誤は関係なく，音声を検知できたかを判断する検出率とした．認識率と検出率を求め，その有効性を考察した．

実験 1 では，音声データセットの音声を教師データとして学習に用いた．ここでは，MRI 駆動音を重畳した音声を用い，SN 比の変化に対する認識率と検出率を求めた．使用した音声波形の例を図 1 に，MRI 駆動音を重畳した音声の波形の例を図 2 に示す．

実験 2 では，MRI 駆動音を重畳した音声を教師データとして学習に用いた．教師データの SN 比は 6dB，9dB，12dB の 3 つを試した．この実験でも，音声と MRI 駆動音を重畳した音声を評価に用い，SN 比の変化に対する認識率と検出率を求めた．

音声認識ソフトウェアとして，音声認識の研究に用いられている HTK（Hidden Markov Model ToolKit）[6]を使用して，隠れマルコフモデルの構築・学習・認識・評価を行った．

ここでは，NTT コミュニケーション科学基礎研究所の音声データセットである NTT-AT FW03 の男女音声[7]を，MRI 被験者の音声として使用した．また，撮像音の一種である MRA（Magnetic Resonance Angiography）を MRI 駆動音として使用した．図 3 に MRA の駆動音の時間波形を示す．

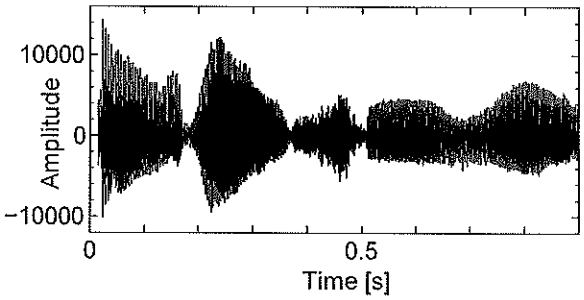


図 1　音声波形

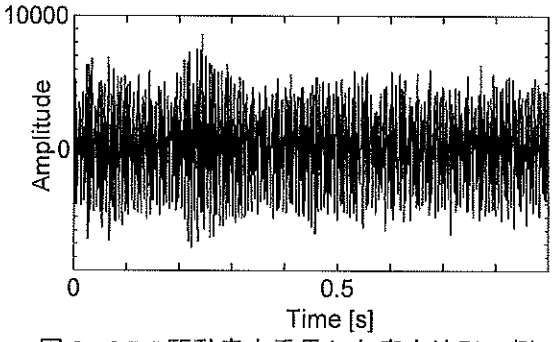


図 2　MRI 駆動音を重畳した音声波形の例

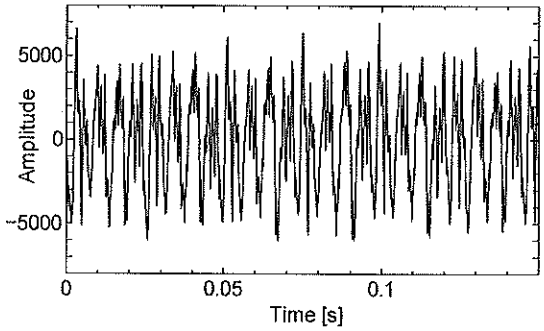


図 3.　MRA の駆動音の時間波形

3. MRI 駆動音中の音声の認識結果

3.1 音声認識率

図 4 に評価に用いた音声の SN 比ごとの音声認識率を示す．横軸の S/N が評価に用いた音声の SN 比で，グラフの横の数字が学習に用いた教師データの SN 比である．SN 比が 0dB のとき音声の音圧レベルと MRI 駆動音の音圧レベルが等しく，SN 比が負のときは MRI 駆動音よりも音声が小さくなり，SN 比が正のときは音声が大きくなる．

音声認識において，実験 1 の音声のみの学習と実験 2 の音声と MRI 駆動音の学習の場合を比較すると，実験 2 の音声と MRI 駆動音の学習をした場合の方が，全体的に認識率が改善されていることがわかる．

実験 2 の認識結果に着目すると，MRI 駆動音を重畳していない SN 比が∞のとき認識率が下がっている．これは，学習に用いる教師データに MRI 駆動音が重畳した音声を用いているため，MRI 駆動音が重畳していない音声の単語を別の単語として認識されたと考える．

3.2 音声検出率

図 4 に評価に用いた音声の SN 比ごとの音声認識率を示す．実験 1 では SN 比が-9dB，-12dB のとき検出率が 10%以下で検出できていないのに対し，実験 2 では 20%から 85%の検出率となり，教師データに MRI 駆動音を考慮することによって検出率が改善することがわかった．

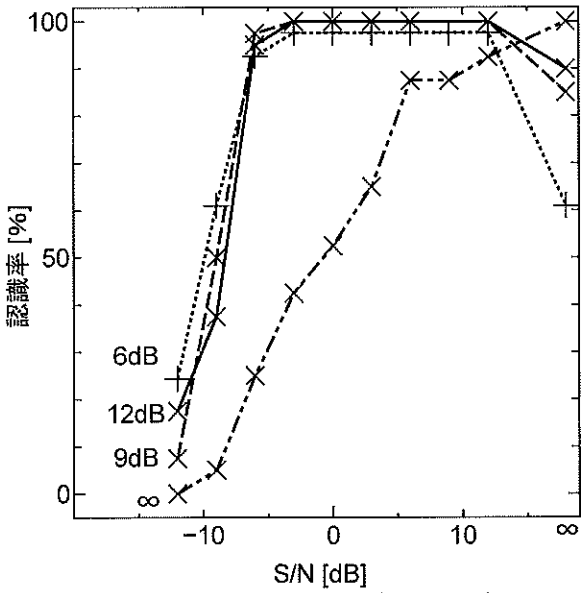


図 4．MRI 駆動音中の音声認識率

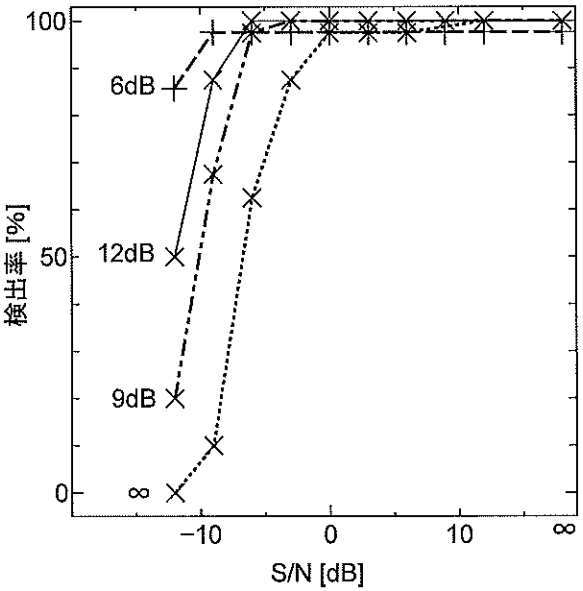


図 5．MRI 駆動音中の音声検出率

4. むすび

本研究では，学習に用いる教師データが，音声のみの場合と，MRI 駆動音が重畳した音声の場合で，認識率と検出率を比較した．これらの結果から，教師データに MRI 駆動音を重畳した音声データを使用することで，SN 比が小さいときも音声を認識や検出しやすくなることがわかった．

5. 文献

1)武藤他：MRI 検査室内における騒音レベル測定，日本音響学会誌，Vol.61，No.1，pp.5-13，2005.

2) 稲垣・武藤：MRI 操作室内の騒音環境における被験者音声の聴取実験，電子情報通信学会技術研究報告，pp.21-24，2018.

3)山本・荻野：骨伝導マイク式非常電話機，OKI テクニカルレビュー，第 220 号，Vol.79，No.2，2012

4)稲垣・武藤：NLMS アルゴリズムを用いた MRI 振動信号の低減による骨伝導通話品質改善の検討，日本人間工学会関東支部第 48 回大会講演集，2018.

5)University of Cambridge：HTK Speech Recognition Toolkit，http://htk.eng.cam.ac.uk/

6)天野：親密度別単語了解度試験用音声データセット（FW03），NII 音声資源コンソーシアム，2003.

[連絡先]
河本　有紀（こうもと　ゆき）
e-mail：af15032@shibaura-it.ac.jp

A3-1

漁船の労働災害防止に関する研究

○村上 雄紀*, 二見 凌也*, 土屋 諒恭*、久宗周二

*神奈川大学工学部経営工学科人間工学研究室

Study on occupational accident prevention of fishing boats

○YukiMURAKAMI*,RyoyaFUTAMI*,RyosukeTSUTCHIYA* Shuji HISAMUNE

**Ergonomics Laboratory, Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering Kanagawa University

1. はじめに

1.1. 漁船員の労働災害の問題点

船員の労働災害発生人数は 609 人で，労働災害発生率は 1000 人中 9.3 人であった [1]．

また，業種別では，漁船は 328 人で，一般船舶は 204 人である．労働災害発生率は，漁船が 13.5 人に比べ，一般船舶は 7.4 人と約 2 倍あった．死亡災害の人数は，一般船舶が 13 人，漁船が 15 人であり，漁船の労働災害は多くなっている [2]．

まき網漁業の過去の安全対策では，漁業関係者にヒヤリング調査を行い，安全な作業方法を提案し、水産庁が作成したまき網漁業における漁業労働災害防止指針 [3]や，島根地区漁船安全対策検討委員会によって作成されたまき網漁船（大中型・中型）の作業手順 [4]などが作成された．年々，災害発生率は減ってきているが，一般船舶に比べて，漁船の災害発生が多いことが問題点である．

1.2. 沖合漁業労働災害の分析

沖合漁業では，海象，漁獲量が環境などにより大きく異なり，一部を除いて機械化が難しい作業がある．そのため，作業方法も漁船毎に異なり災害原因が特定しにくく，安全対策が作りにくい．そこで，労働災害の原因が作業者によるものか，機械，魚具の不具合によるものか，環境によるものか，詳細に分析する必要がある．国土交通省海事局の平成 28～29 年度漁船態様別・作業別災害発生状況において，漁撈と荷役，整備，運航の発生状況を図 1 に示す．

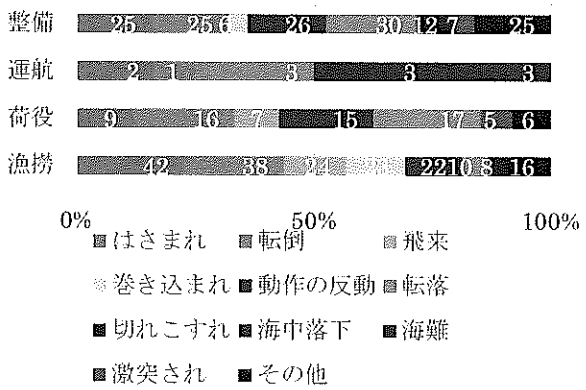


図 1 態様別作業別災害発生状況（漁船）[5]

この結果から，漁撈作業が最も労働災害が起こりやすく，その中でも，作業者と揚網に使用するローラーとの「はさまれ」が多いことが分かる．

2. 漁撈作業の分析

先行研究として，漁業の近代化により網上げ機などの機械化が行われた．漁業者は，海象，漁獲量などの環境に応じて判断し，漁撈装置操作をするなどの特徴が明らかになった．機械化以前の固有技術が不要となった分，機械化により新たな技術が必要になった．また作業者は機械に挟まれ，まき込まれるなどの災害が多くなり，漁業における労働災害は減少していない [1]．

そこで，漁船員自身が作業内容をチェックし安全点検ができ，漁撈技術を教育していく際に，作業のポイントを具体的に示し，船員の労働災害防止と，漁撈作業を改善していく．

3. 漁船内の映像解析とマニュアル作成

3.1. まき網作業の流れ

網入れ：レッコボードの切り離し，網入れ

環巻き：ブロックから降りてくる網を網積み場に積む

網繰り：機械の操作，網繰り

網引き上げ：ローラーと網揚げ機を使って網を引き揚げる．

事故の多くは図 3 上に示す①船首，②網置き場，③右舷前方，④右舷後方で発生している．

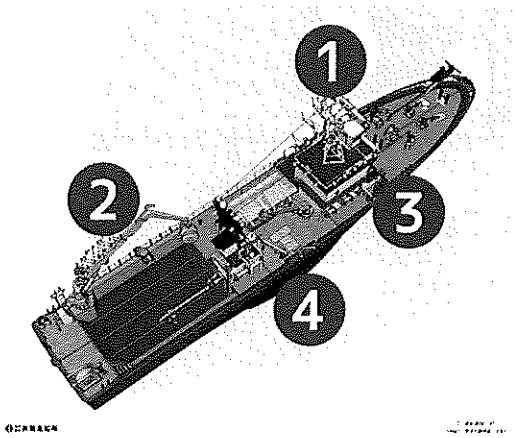


図 2 第 31 源福丸の外観

3.2. 動画分析の結果

主な事故の種類，事故になりうる危険行為として，

以下のものが上げられる.

① 船首
通路ではない足場の悪い所を歩き転倒

② 網置き場
網の上での作業で網に足が引っかかり転倒

③ 右舷前方
通路ではない場所を歩き転倒

④ 右舷後方
船の柵にのぼる

3.3. 労働安全マニュアルの作成

3.2 の映像解析から，作業マニュアルを作成する．マニュアルの構成としては，単に長々と文章を並べるとわかりにくくなるため，はじめに作業の内容を図 3（作業種類）に提示し，動画を挿入し作業を図 4（作業の様子）のように分かりやすく示す．次に作業のコツや注意点などを，ワンポイントアドバイスとして図 5（注意点）のように提示，その作業に関係する危険動作を図 6（危険作業の様子）に示す．そして，実際に乗組員が見て，自分の作業を確認する．

今後は，実際に乗組員が見て意見をもらい，教育の効果が上がるように改善を加える．

マニュアルの例を図 4，図 5，図 6，図 7 に示す．

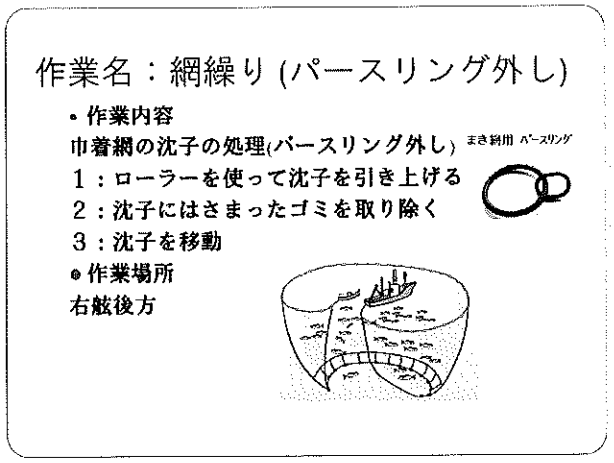


図 3　作業種類

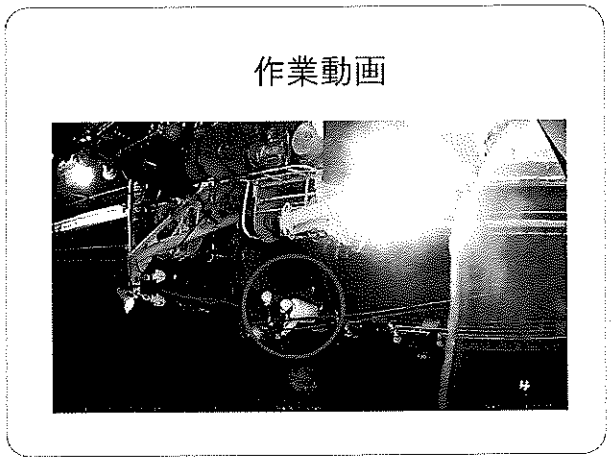


図 4　作業の様子

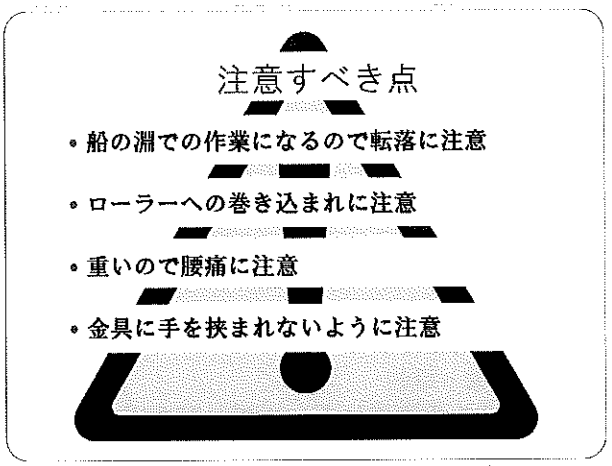


図 5　注意点

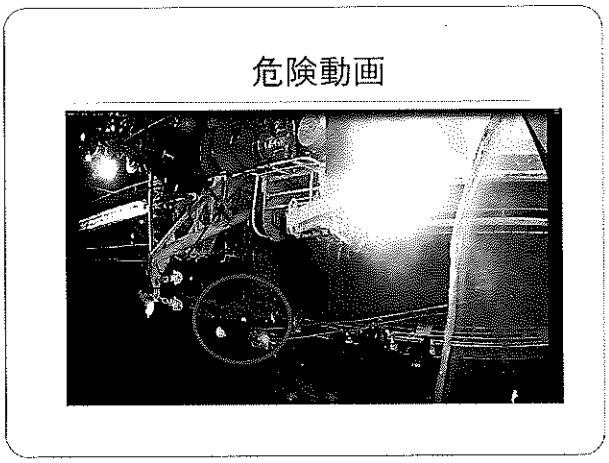


図 6　危険作業の様子

このように，作業内容を示し，実際の作業の様子，注意点と危険な作業を対比してマニュアルとして作成する．

参考文献

1) 久宗周二：漁撈技術の評価と労働災害，pp.5-35(2000)
2) 国土交通省海事局船員政策課：船員災害疾病発生状況報告集計書，p.22(2016)
3) 水産庁：まき網漁業における漁業労働災害防災指針，(1984)
4) 島根県地区漁船安全対策検討委員会：まき網漁船作業手順，(1995)
5) 国土交通省海事局船員政策課：船員災害疾病発生状況報告集計書，p.10(2016)

[連絡先]
村上雄紀
e-mail : r201504296mb@jindai.jp

A3-2

公共マナー不遵守者に対する注意の言葉遣いとその注意の受容/反発について

―注意者と不遵守者の関係において―

○山野奨太*
*早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

A study on warning to the person who disobeys public manners,
on his / her acceptance towards the warning message

Shota YAMANO*
*Waseda University

1. 研究背景・目的

他人に対する注意においては，注意の受け手が注意されたことに対して反発心を抱かず，注意に従う意欲を持つことが重要である．反発心は注意に対する不服感が募ると高まることが多い．タバコのポイ捨てを注意された男性が，注意に腹を立てて注意者を暴行した等の事件 [1]も生じており，不服感が生じにくい注意を検討する必要がある．

今井 [2]は言葉遣いの違いによって受け手の感じ方が異なるため，注意者は状況に応じて特定の表現を選ぶ必要があると述べている．さらに，注意者と注意の受け手の関係を考慮して，注意の言葉遣いの効果について検討する必要があると思われる．

そこで，本研究では公共マナー不遵守者への注意について，注意者と受け手の関係性において不服感が生じにくい注意の言葉遣いを検討し，マナー遵守に効果的な言葉遣いのガイドを提案することを目的とする．

2. 研究方法

本研究は以下の手順で行う．本稿では検討が完了している②までを報告する．

① 注意の言葉遣いの印象評価実験

注意の言葉遣いとそれに対する受け手の不服感について仮説を立てるために，シナリオ実験を行う．

② 仮説構築

言葉遣いと受け手の不服感に関して仮説を立てる．

③ 実験による仮説の検証

②の仮説に基づき，注意者とマナー不遵守者の関係における注意の言葉遣いと受け手の不服感の関係性を検証する．

④ 注意の言葉遣いのガイド作成

③の実験結果を踏まえ，マナー遵守に効果的な注意の言葉遣いに関するガイドを作成する．

3. 注意の言葉遣いの印象評価実験

3.1 実験方法

歩きスマホを注意する表現として考えられる言葉遣いを 85 個作成し，代表的と思われる 22 個に対して，研究室在籍の大学生 9 名に，場面想定法を用いて研究室の教授・年上の学生，同級生からそれぞれ注意を受けた際の不服感を 5 段階評価させた．

3.2 実験結果

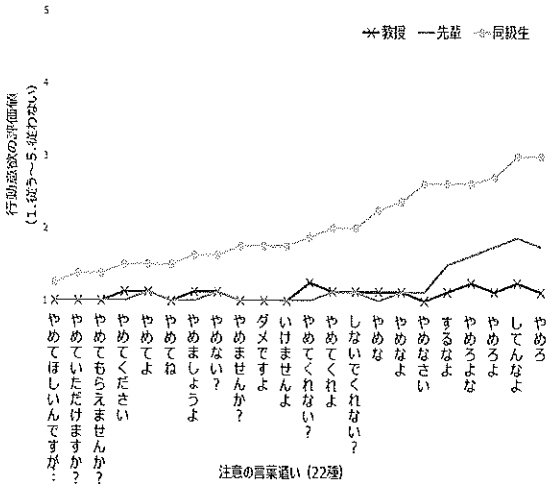


図 1　言葉遣いに対する行動意欲評価の平均値

実験において受け手は，注意者や言葉遣いにより注意に従う意欲には違いがみられた（図 1）．

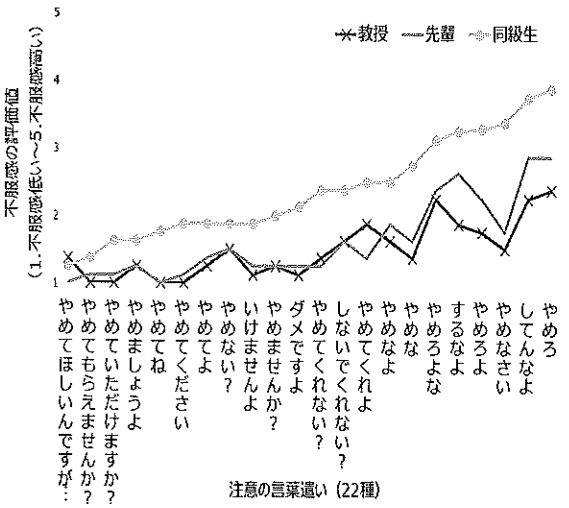


図 2　言葉遣いに対する不服感評価の平均値

また，不服感について以下の傾向がみられた（図 2）．

①全注意者において不服感が低い言葉遣い

- ➢ です・ます調で相手に依頼をする，許可を求める，可能かどうかを尋ねる言葉遣い
  例：「やめてほしいんですが…」「やめていただけますか？」「やめてもらえませんか？」
- ➢ ～ね・～よ調で相手に指示する言葉遣い
  例：「やめてね」「やめてよ」

②年長者からの注意において不服感が低い言葉遣い

- ➢ です・ます調で相手に提案・勧誘するように問いかける言葉遣い
  例：「やめましょうよ」「やめませんか？」
- ➢ です・ます調と～ね・～よ調を併用して相手に行為の禁止を伝える言葉遣い
  例：「ダメですよ」「いけませんよ」

③全注意者において不服感の高い言葉遣い

- ➢ 指示や禁止，命令など，相手の行動を制限しようとする言葉遣い
  例「やめなさい」「してんなよ」「やめろ」

3.3 考察

①全注意者において不服感が低い要因の考察

語尾のです・ますは丁寧な印象を，～ね・～よは優しい印象を与えることで，不服感を低くしていると考えられる．また，相手に依頼をする，許可を求める，可能かどうかを尋ねる表現は受け手が「頼まれている」と感じることで，不服感が低くなっていると考えられる．一方で，指示の表現は高圧的で厳しい印象を受け手に与えるが，語尾に～ね・～よを付けることによって同調的な印象に変化したのではないかと考えられる．

②年長者からの注意において不服感が低い要因の考察

提案・勧誘するように問いかけることで，受け手は注意に対して選択権を感じたのではないかと考えられる．また，年長者から注意された場合で特に不服感が低い理由として，受け手が目上の人から提案・勧誘されることに対して正当性を感じ，違和感を抱きにくくなったと考えられる．一方で，行為の禁止を伝える表現は命令的，高圧的な印象を与えるため，注意者が同級生である方が不服感が高くなると考えられる．

③全注意者において不服感の高い要因

指示や禁止，命令のような表現は，受け手が自身の行動が制限されているように感じることで，心理的リアクタンスを生じさせ [2]，不服感が高まったと考えられる．よって，注意者が年長者である方が，注意によって行動が制限されることに正当性を感じ，不服感が低くなったと思われる．

④実験結果全体に対する考察

年長者から注意された場合の不服感は同級生から注意された場合と比べて低くなった．受け手が注意をされる際に，誰に注意されたのかを気に留ているものと考えられる．また，不服感の高い言葉遣いでも，指示や禁止の表現が，です・ます調や～ね・～よ調の語尾と組み合わさることで不服感が低くなる一方，命令表現は語尾と組み合わせても依然として不服感は高いことから，言葉の表現によって受け手に与える不服感の大きさに差が生じると考えられる．

4.注意者と受け手の関係における注意の言葉遣いに関する仮説の構築

実験結果より，注意者と受け手の関係における注意の言葉遣いとその注意に対する受け手の不服感について，以下のようにまとめられる．

- ➢ 全ての注意者において，命令以外の言葉遣いは，です・ます調や～ね・～よ調の語尾表現と組み合わせることで注意に対する受け手の不服感が低くなる
- ➢ 注意者が受け手より年長者である場合には，相手に許可を求める表現・指示する表現以外で，です・ます調や～ね・～よ調の語尾表現と組み合わせることで，注意に対する受け手の不服感が特に低くなる
- ➢ 相手に許可を求める表現・指示する表現は，です・ます調や～ね・～よ調の語尾と組み合わせることで全注意者において不服感が小さくなる
- ➢ 注意の受け手にとって注意者が目上でない場合には，命令表現は不服感を非常に高くする．

5. 結論と今後の予定

シナリオ実験を行い，注意者とマナー不遵守者の関係性毎の注意の言葉遣いによる不服感への効果について仮説を構築した．

今後は，構築した仮説を検証するシナリオ実験を行い，

①行動意欲が高く，反発心が低い注意の言葉遣い
②行動意欲が高く，反発心が高い注意の言葉遣い
③行動意欲が低い言葉遣い

の 3 パターンに言葉遣いを分類して，マナー不遵守者に対して効果的で，反発心が低い注意の言葉遣いのガイドを作成する．

6. 参考文献

1) 伊勢新聞「タバコポイ捨て注意され暴行 トラック運転手逮捕」2007 年 3 月 6 日（最終閲覧日：2018 年 11 月 9 日）
http://www.isenp.co.jp/2017/03/06/2965/.

2) 今井芳昭：「依頼と説得の心理学　人は他者にどう影響を与えるか」サイエンス社，2012.

[連絡先]
山野　奨太
e-mail：sakura-waseda1@fuji.waseda.

A3-3

シースルー型スマートグラスとLCDにおける文章理解の比較

○眞壁駿*, 萩原広太**, 川澄正史*
*東京電機大学未来科学部情報メディア学科, **東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア専攻

Comparison of Sentence Understanding of See-through Smart Glass and LCD

Shun MAKABE*,Kota HAGIWARA **and Masashi KAWASUMI*
*Department of Information Systems and Multimedia Design, School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University ** Information Systems and Multimedia Design, Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

1. はじめに

近年, 身に付けて使用するウェアラブルディバイスが身近なものとなっている. 本研究では頭部に装着するメガネ型デバイスであるシースルー型スマートグラス（以下 HMD）に着目した. このシースルー型スマートグラスとはAR技術を用いて現実世界を背景とし, メガネのレンズ部分であるグラスに映像や画像を映し出すことで利用者を支援することができるものである. 実際に観光に利用されている事例や業務の効率化を図るため導入している企業もある. また今後スマートグラスの進化とともにスマートフォンと連携していくことが考えられる. しかし, シースルー型スマートグラスは前方視野を背景としているため LCD でコンテンツを表示するデバイスと比べ視界に入ってくる情報量が多くなり, 表示されるコンテンツ受容に何かしらの影響を与えると考えられる. そこで, 文章を読む際に, シースルー型スマートグラスとスマートフォンでは内容の理解度に差が生じるのかの比較を試みる.

2.実験

2.1 使用機器

本実験ではシースルー型スマートグラスに EPSON の MOVERIO BT-200AV を用いる.HMD は画面サイズ 0.42 型(眼前 20m で 320 型相当), 解像度 960 × 540, 画面輝度は初期値とした. この MOVERIO BT-200AV には外光の透過を抑え, コンテンツの見え方を変えるシェードが付属しているが, 本実験では使用せず透過率が最も高い状態で行った. LCD は SONY のスマートフォンである Xperia Z3 Compact を用いる. 画面サイズ約 4.6 インチ, 解像度 1280×720 画面輝度は自動調節機能の値に固定した.

2.2 実験概要

本実験では LCD, HMD を用いて文章題を一定の時間提示し, 内容に関する問に解答させる. 文章題の文字サイズは web サイトなどで一般的に用いられている 14px, フォントは明朝体とした, 内容は被験者が専門知識を持たず, 一般的に知名度が高いと思われる「ルーブル美術館」や「コーヒー飲用・栽培の歴史」などについての説明文を使用した. 提示文章と問題の例を図 1, 2 に示す.

コーヒー飲用・栽培の歴史

アラビカ種の原産地エチオピアでは、古くから葉や青豆を煎(せん)じて薬用や飲用にする習慣があった。他の地域にはこうした習慣はみられていない。アラビアに伝播(でんぱ)したコーヒーは、9世紀にはペルシアに伝わり、さらにイラクやシリアにも栽培が広まっている。これらの地域では、コーヒー豆を熱湯で煎出して飲んでいたようである。

アラビアでは種子を砕いて搗(つ)いたり、成熟した果実から果汁を搾ってこれを発酵させ、カワーというアルコール飲料として飲まれていた。カイロの居酒屋ではこれはビーノとして売られ、トルコではカオバとよんで酒がわりに売られていた。しかし、イスラム教の教義では酒を禁じていたため、一部では果実を煎じて飲み物とし、苦行の苦痛を和らげるものとして賞用されていたという。15世紀になってイスラム教の支配者ダバニがペルシア風コーヒーの飲用を広めて以来、一般の嗜好品として急速に普及していった。

こうしてコーヒーの需要が増大してくると、アラビアの商人は栽培地が他に拡大することを恐れ、コーヒー豆の持ち出しを禁止し、輸出はすべてモカ港（北イエメン）に限定、また輸出する種子は熱湯をかけて発芽力を失わせるなど、いろいろな手段を講じて独占を図ってきた。しかし、16世紀にインドのメッカ巡礼者が種子7粒をひそかに持ち出し、インドのマイソール州(現カルナータカ州)で栽培を始め、これが海外流出の最初とみられている。1699年には、オランダがイエメンからコーヒーノキを持ち出してジャワ島に導入し、同じころモカからもセイロン（現スリランカ）に持ち出され、これらが母本となって、インドネシアのジャワ、スマトラ、チモールなどオランダの植民地で組織的な栽培事業が開始された。1830年には、イギリス人のキャノンがインドに組織的なコーヒー園を開き、アジアのコーヒー栽培は 1862 年ころには最盛期を迎えた。ところが 1867 年にセイロンでコーヒー葉銹病が発生し、数年のうちにアジア全域に広がり、全盛を極めていたアジアのコーヒー産業は 1879 年には壊滅するに至った。

アメリカ大陸へは次のような経過をたどって導入された。1706 年にジャワのバタビア（現ジャカルタ）からオランダのアムステルダムに苗が送られ、その一部が 1713 年にフランスのルイ 14 世に献上された。ここで育てられた苗 3 本が西インド諸島のマルティニーク島に送られたが、途中で 2 本が枯れ、残った 1 本が母本となってジャマイカ、グアドループ島、ヴェルト・リコ、メキシコ、コスタリカ、コロンビアなどカリブ海沿岸諸国や中南米全域に広がった。ブラジルのコーヒーは、ペルギー人の僧侶(そうりょ)モークによってブラジル北部マラニョン州からリオ・デ・ジャネイロの寺院に植えられ、信者の組織を通じて栽培が拡大され、今日の隆盛をみるに至っている。

図 1　提示文章の例(約 1200 字)

問題（コーヒー飲用・栽培の歴史）

1. インドでは、古くから葉や青豆を煎(せん)じて薬用や飲用にする習慣があった。
2. コーヒーは、9世紀にはペルシアに伝わり、さらにイラクやシリアにも栽培が広まっている。
3. アラビアでは種子を砕いて搗(つ)く、果汁を搾ってこれを発酵させ、カワーというアルコール飲料として飲まれていた。
4. カイロの居酒屋ではこれはビーノとして酒がわりに売られていた。
5. イスラム教の支配者がペルシア風コーヒーの飲用を広めて以来、一般の嗜好品として普及していった。
6. アラビアの商人はコーヒー豆の持ち出しを禁止し、輸出はすべてカフ港に限定した。
7. インドのマイソール州で栽培を始めたのが海外流出の最初とみられている。
8. オランダがコーヒーノキを持ち出してジャワ島に導入し、同じころセイロンにも持ち出され、これらが母本となって栽培事業が開始された。
9. 1867 年にモカでコーヒー葉銹病が発生し、数年のうちにアジア全域に広がり、アジアのコーヒー産業は 1879 年には壊滅するに至った。
10. アジアでは病害に強い品種ロブスタ種が導入されて、1915 年にはふたたび栽培が始められた。

図 2　問題の例

実験は顔面照度 730lx の室内で行い, 文章を読む際は, LCD は視距離約 50cm で被験者の読みやすい距離(以下 条件 1)で行った. HMD では視距離 2.5m で無地の壁を背景とした場合(以下 条件 2)と, 実

際に利用される状況に近づけるためモニタに映像出力したものを背景とする場合(以下 条件 3)の 2 条件で文章題を映し出した. 明るさは初期値とし輝度は 49.6cd/m^2 であった. モニタに出力した映像は HMD で利用が想定されている日本古典芸能である歌舞伎とした. また, 被験者は近見作業及び 2.5m の距離に支障のない視力を有しているか, メガネ・コンタクトを用いて視力を矯正し実施した.

文章題は百科事典マイペディアの文章を 1200 文字程度に要約した問題を提示する. それぞれの条件で 3 題ずつ提示, 1 題につき 10 問を設定し 10 点満点で評価した. 問題には「true」か「false」による強制選択解答(2AFC: 2 alternative forced choice)で答えさせた. 先行研究[1]を参考に文章題提示時間を 8 文字/秒(1200 文字の場合 2 分 30 秒)とし, 1 題につき 10 問の問題を 1 分 30 秒で解答させた. また, 実験を行う前に被験者には 8 文字/秒の速度を経験させるため例題として 1200 文字程度の文章を読ませた. LCD, HMD どちらもスクロール操作を必要とするため説明の後に操作練習の時間を設けた.

さらに, 実験後にこれら 3 つの条件の感覚的な読みやすさについての主観的評価として Visual Analog Scale(VAS)を用いて評価をさせた. VAS は左側の端を「0」(読みにくい), 右側の端を「100」(読みやすい)とした 10 cmの横線上に被験者が感じた読みやすさの度合いに応じて縦線を引かせることで読みやすさを評価するものであり, 100 点満点で評価した.

2.3 実験結果

条件 1, 2 を被験者 5 名, 条件 3 を被験者 3 名に行った実験の結果を図 3 に示す. また, VAS の結果を図 4 に示す. 条件 1 と条件 2 では 5 人中 4 人の被験者おいて LCD の平均得点が HMD に比べ高い結果となった. しかし, 被験者の正答率を平均したところ LCD で 7.0 点, HMD では 6.8 点と各条件における文章理解度に有意な差は認められない. また, 実験後に被験者に各条件の読みやすさについての VAS では条件 1 が 78 点, 条件 2 が 49 点と条件 1 の LCD の方が優れているという結果となったが, 実験後の口頭でのアンケートでは実際に読む速度に大きな差は見られなかった. したがって, HMD を用いることによる文書理解度への影響は少なく, 無地の背景を条件とすれば LCD とほぼ同様の理解度が得られると考えられる.

条件 3 に関しては平均点が 4.7 点となり他の 2 つの条件とは得点に大きな差があることがわかった. VAS では 3 つの条件のなかで最も低い評価で 36 点であり, 口頭によるアンケートでは条件 1,2 と比べ約 4 行読む速度が遅くなった. このような結果となった原因としてモニタから発せられた光が HMD に表示されたコンテンツを読む際に妨げとなったことや背景に動きがありそちらに意識が向いてしまい集中力が低下したこと, また被験者の感想で「焦点が動きのあるものに合ってしまい読む速度が遅くなった」ことが挙げられ, 他の被験者でも同様のことが起きたと考えられる.

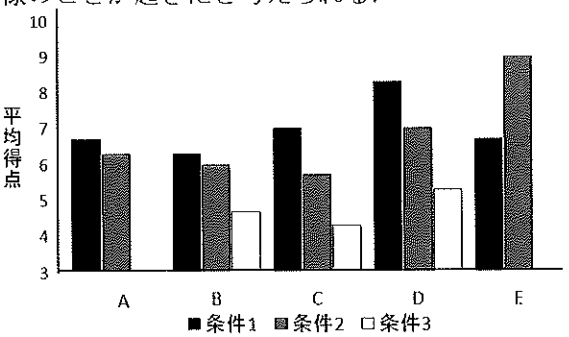


図 3 被験者ごとの文章課題 3 題の平均得点

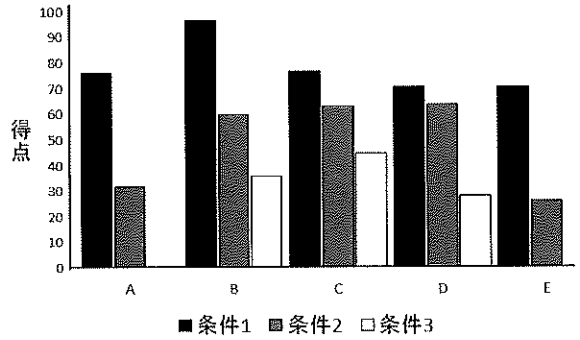


図 4 各条件における VAS の得点

3.まとめ

本実験では LCD と HMD で表示されるコンテンツを読んだ際,文章の理解度に差が生じるか比較を行った.LCD と無地の壁を背景とした HMD ではコンテンツ受容に有意な差は見られず,同等の理解度が得られた.また,映像出力したものを背景とした場合,他の条件と有意な差が得られた.

今後, 条件 3 の実験を行っていくとともに被験者数を増やし実験データを集めることで結果の精度をあげる. また, モニタの輝度を下げるなどして再度実験することで背景の動きの有無によって表示されるコンテンツに影響があるのかを調べる.

文献

1) 清原一暁・中山実・木村博茂・清水英夫・清水康敬：文章の表示メディアと表示形式が文章理解に与える影響, 日本教育工学会論文誌, 27(2), pp.117-126,2003.
2) 小嶌健二・岩田光平・杉浦明弘・宮尾克 ：シースルー型スマートグラスと LCD の可読性比較, モバイル研究論文集, pp. 17-20, 2017.

[連絡先]
眞壁 駿
e-mail：15FI112 @ms.dendai.ac.jp

A3-4

視野狭窄・視野欠損が自動車運転に及ぼす影響に関する研究

○大高雄樹*, 三林洋介*
*東京都立産業技術高専

Study on the influence of field narrowing and visual field deficiency on driving a car

Yuki Otaka*,Yosuke Sanbayasi *
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

現在、高齢運転者による交通事故の割合が増加傾向にある。高齢運転者事故の人為的要因はブレーキとアクセルの踏み間違いなどの操作上の誤りが6.8%なのに対して脇見や考え事をしていたなどによる、歩行者などの発見の遅れが 83.5%との報告もある[1]。 歩行者などの発見の遅れの原因として反応時間の遅延などがあるが、高齢運転者は顕著であり、視野が狭くなる視野狭窄、視野が一部見えにくくなる視野欠損が影響の一因とされる。視野狭窄・視野欠損の症状が出現要因の多くは緑内障である。緑内障は眼球内の圧力が上昇して神経が圧迫されることで発症する。緑内障は日本人の中途失明理由の第一位であり、徐々に進行し、自覚症状を有さないこともあり国内の患者は 350 万人とも推測されている。

本研究では視野狭窄・視野欠損が自動車運転に及ぼす影響を探求する。具体的にはドライビングシミュレーターを用いて、視野狭窄と視野欠損の段階的変化を与える眼鏡グラスを被験者に装着させて実験を行った。

2. 視野狭窄、欠損グラスおよび測定機器の製作

被験者に視野狭窄、欠損を段階的に体験できるゴーグルタイプの眼鏡グラスを自主製作した。緑内障は進行具合が分かれており、今回の実験では視野欠損、視野狭窄それぞれの進行具合を再現できる図１のゴーグルを作成した。視野欠損では重度、中度、軽度の三段階のゴーグルを作成し、視野狭窄では視野を通常、約 200° 程ある視野を 150° および 120° に調整した。

前方の LED 点灯からブレーキを踏むまでの反応時間を計測できる計測装置を製作し、ドライビングシミュレーターに装着した。実験者の手元にあるスイッチ制御により左右前方に設置した任意の方向にある LED が発光し、同時にタイマーが作動する。ブレーキにもスイッチを装着して、被験者がブレーキを踏むことでスイッチが押され、LED が消灯し、タイマーが停止して反応時間が記録できる。

3.実験方法

製作した視野狭窄・欠損グラスを被験者に装着してもらって、ドライビングシミュレーターを用いて一般道を走行してもらった。走行中には前方走行路肩に LED が点灯するようにしドライバーはこれに気付いたら素早くブレーキ制御を行うよう教示した。

各進行度それぞれ 5 分間ずつ運転してもらい、左右の LED を 5 回ずつ点灯させデータを取った。

計測前にドライビングシミュレーターでの運転に慣れてもらうため 10 分間の運転の練習、ゴーグル着用に慣れてもらうため視野欠損・重度での運転を 5 分間行った。

なお疲労が出現しないよう、各運転開始前に自覚疲労調査を実施して、疲労が認められた場合は一定の休憩を与えることを配慮した。

被験者は自動車運転免許を所持する心身ともに健康な高専学生 6 名とした。

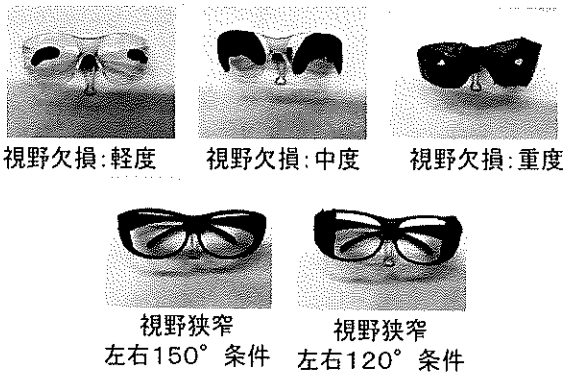


図 1:自主制作した狭窄・欠損グラス

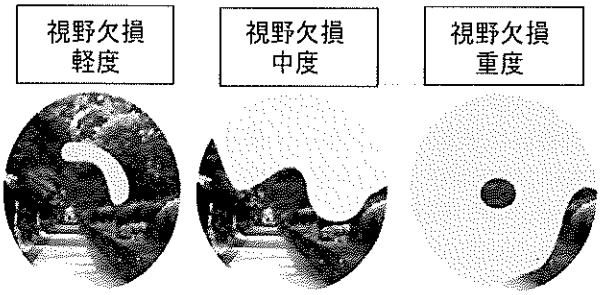


図 2:視野欠損グラスを通した見え方の一例

4. 結果と考察

4.1 反応時間

通常視野および視野欠損（3 段階）と視野狭窄（2 段階）各々に対する運転中反応時間の結果を図 4 に示した。各被験者間でバラつきが生じているが、図から視野欠損が中度から重度にかけて反応時間が遅れ、バラつきが大きくなっている傾向が全被

験者共通してみられた。

ゴーグルを装着していない状態と視野欠損の重度の左側に統計的有意差（$p < 0.05$）が認められたが、右側では統計的有意差が認められなかった。理由として、実際の車の運転席を想定し、左右のLEDの場所を左側は右側より運転席から離して設置したため、左側においては他の交通因子の方を注視していると右側と比較して LED が確認しにくくなり、ブレーキを踏むのが遅延したからだと考えられる。

4.2 車線逸脱回数

通常視野および視野欠損（3 段階）と視野狭窄（2 段階）各々に対する車線逸脱回数の結果を図 5 に示した。

図から各々の条件の相違による車線の逸脱に大きな差は認められず、統計的有意差も認められなかった。

認められなかった。全被験者の平均でのバラつきは大きいものの、各被験者個人での結果を見ると、小さくなっている。従って被験者の運転特性の影響も受けているものと考えられる。

4.3 標識見落とし回数

標識の見落とし回数は、30km 道路から 40km 道路に変わっても変わらず走行し続ける、信号を無視した回数を車線逸脱回数と定義した。標識見落とし回数は全被験者共通して、どの視覚環境においても 0～2 回ほどで、統計的有意差は認められなかった。ゴーグルを装着の有無に関わらず、被験者の運転能力に左右されていると考えられる。

5. まとめ

視野狭窄、視野欠損における自動車運転者のパフォーマンスの低下について段階的に状況再現グラスを装着したシミュレーター実験を通じて明らかとした。前方光刺激による反応時間は視野狭窄に比して視野欠損、特に欠損の程度が重度となることで顕著な延長を及ぼし、延長の程度が左右でも異なることが明らかとなった。一方で車線逸脱などの運転品質に視野狭窄、欠損が与える影響は大きくないこと、また道路標識見落としなど間接的パフォーマンスへ与える影響は確認し得なかった。

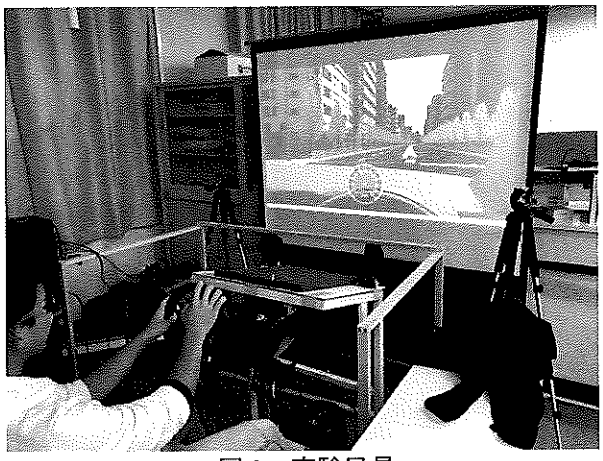


図 3：実験風景

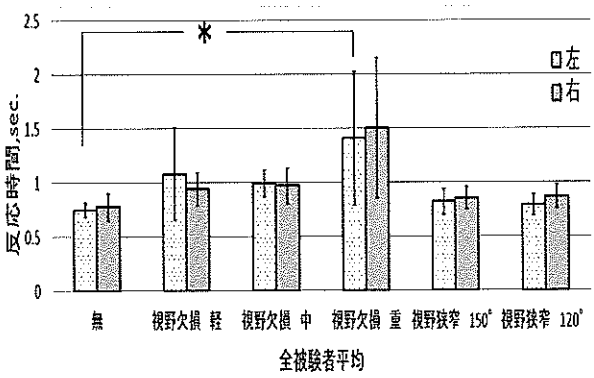


図 4:視野狭窄・欠損による運転中反応時間

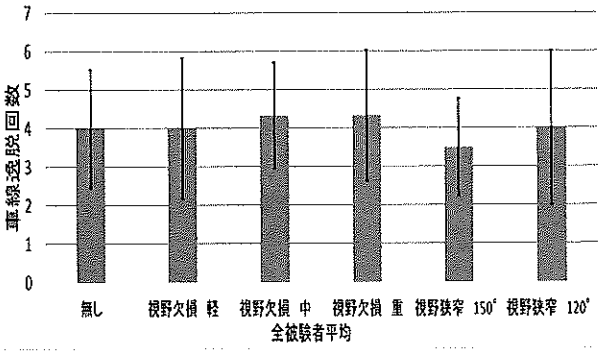


図 5：視野狭窄・欠損による運転中車線逸脱回数

参考文献

1) 警視庁:事故統計
http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotsu

2) 加藤象二郎　大久保 堯夫, 初学者のための生体機能の測り方-第 2 版-, 日本出版サービス (2010)

3) 飯田 真也, 加藤 徳明, 蜂須賀 研二, 佐伯 覚, 高齢者の運転能力の判定, 日本老年医学会雑誌 Vol. 55, No. 2, p 202-207, (2018)

[連絡先]
大高　雄樹
東京都立産業技術高等専門学校医療福祉工学コース　人間工学三林研究室
東京都荒川区南千住　8-17-1
E-mail：m14232@g.metro-cit.ac.jp

B2-1

手術用持針器の人間工学的研究

○星 巧大*，三林 洋介*
*東京都立産業技術高専

Ergonomic study of surgical needle holder

Kodai Hoshi *，Yosuke Sanbayashi*
* Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

現在，外科手術では国民のニーズに伴った低侵襲鏡視下手術が進んでいる．鏡視下手術では狭視野で手術を行うため，3次元空間における水平方向に対して垂直接線方向の運針が可能となる意義は大きい[1]．しかし，従来の外科手術用持針器は垂直接線方向に運針することができず，効果的な運針ができないために不確実で安全性を欠いた縫合をせざるを得ないことがある．本研究は機構的に垂直接線方向も運針可能とする試作器の動作性，操作性の観点から評価するとともに，人間工学的開発の基礎資料を得ることを目的とした．具体的には，垂直接線方向運針可能な持針器の利点を定量的に検討し，提案形状における更なる操作性向上に向けた指針を探究するとともに，鏡視下手術に用いることができる持針器の開発を行う．

2. 開発持針器のプロトタイプ

現有の持針器はポートタイプ及びカストロタイプ，ヘガールタイプに大別されるが，いずれも二次元水平方向にのみ運針が可能である．先端が垂直方向にも運針できるよう溝を棒で押し先端部分を動かす機構を用いて，そのプロトタイプが製作された．この機構を入れることで垂直接線方向に運針を可能にした．本器を用いた垂直接線方向の動作性について，従来の持針器と比較する．また，操作性・把持性等設計寸法について実験と計測を通して検討する必要がある．

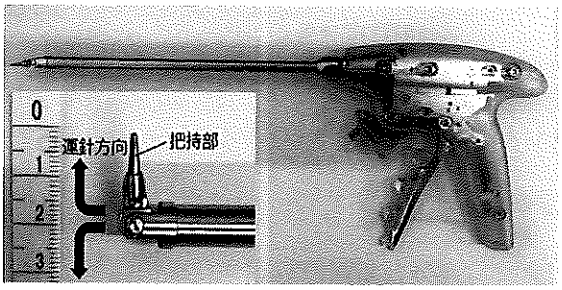


図1 垂直接線方向持針器プロトタイプ

3. 実験計測方法

3.1.縫合計測装置の製作

簡易縫合訓練装置をWEBカメラ，モニターなどを用いて自主製作した(図2)．実際の手術環境を再現することで開発途中の垂直接線方向持針器の有効性を従来の持針器と比較する．

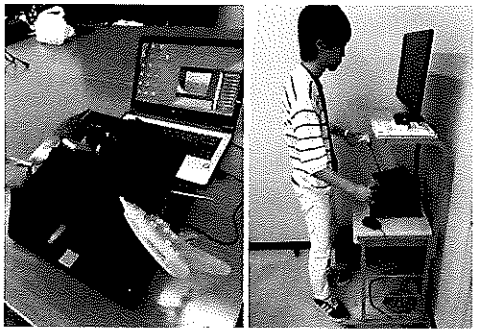


図2 自主制作した縫合装置と実験環境の様子

3.2.実験概要

第一実験を操作課題による精度と品質評価の実験，第二実験を設計寸法・操作性に関する評価の実験とする．第一実験では，縫合時間（針を持ってから針先端が縫合対象を突き抜けるまでの時間）と刺入誤差，刺出誤差（上下左右4方向の目印の線からの針のずれ）を上下左右4方向でそれぞれ計測を行う．第二実験では図面構成要素と関連する人体寸法[2]を測定し，持針器の適正な寸法を検討する．

3.3.測定項目

第一実験では被験者に従来品，開発品の持針器でそれぞれ5分間練習を行ってもらう．その後，上下左右4方向の持針器の縫合操作タスクを与え，その際の縫合時間，刺入誤差，刺出誤差を従来品と開発品の持針器でそれぞれ測定する．計測の際4分以上時間が経過した際は縫合不可能とみなし測定を終了する．使用する持針器の順序は無作為に決定した．

第二実験の人体寸法測定では被験者の手の大きさを測定し，持針器持ち手部分についての評価を行うことで最適な設計寸法値を提案する．今回の測定では7つの図面構成要素に関連する人体寸法を測定し，寸法値の検討を行う．また，時系列の操作項目について5段階評価のアンケートとユニバーサルデザインの7原則に基づく主観的なヒアリング評価を5段階のアンケートで行うことで持針器に最適な寸法を探究する．主観的なヒアリング評価では持針器を使用してみてどうだったかコメントや疑問点を書いてもらい，これらも加味し最適寸法を提案する．

4. 結果と考察

4.1.第一実験

運針方向別刺入誤差の結果を図3に，刺出誤差の結果を図4に，縫合時間の結果を図5に示す．刺入誤差は従来品開発品ともに1~2mm程度となった．刺入誤差はいずれの方向に対しても従来品と開発品の間に統計的有意差は認められなかった．刺出誤差は従来品開発品ともに1~2.5mm程度となり，刺入誤差に比べ誤差が大きくなる傾向が見られた．縫合操作を行う際に死角となり，また運針動作に屈曲を要することで他の方向と比べて困難である右方向の運針では従来品と開発品で誤差に大きな違いが見られ，統計的有意差が認められた(p=0.05)．縫合時間では縫合が困難な右方向が他方向に比べ従来品の縫合時間の延長傾向が認められたものの，統計的有意差は認められなかった．実験では被験者を学生として行ったため，実験に先がけて縫合練習を十分行ったものの作業困難度が高い開発品の上方，下方の縫合時間が増加したと考えられる．

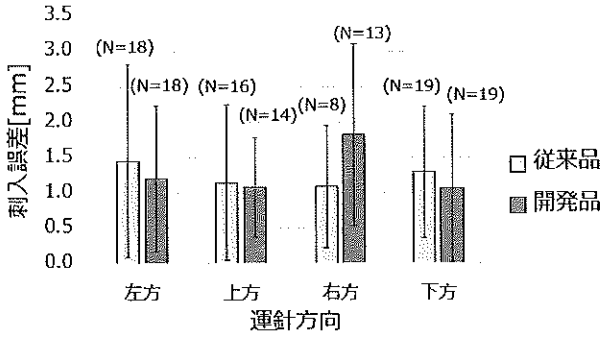


図3 刺入誤差

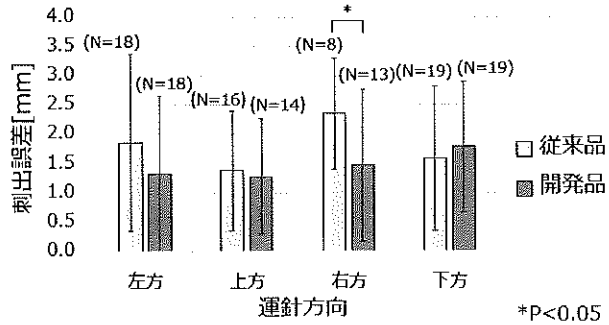


図4 刺出誤差

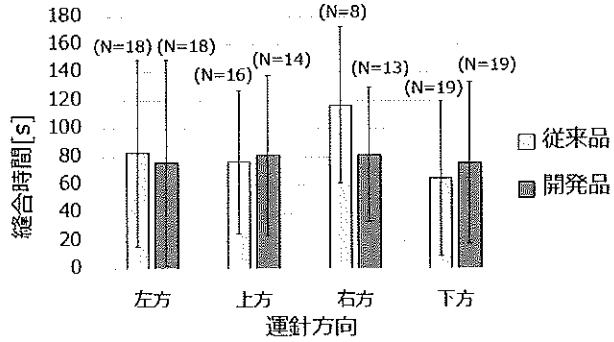


図5 縫合時間

4.2.第二実験

時系列の操作項目について5段階評価の結果を図6に，ユニバーサルデザイン7原則に基づく主観的な5段階評価の結果を図7に示す．1(悪い)～5(良い)とした結果，時系列操作では従来品に比べ開発品の方が縫合操作性に優位な結果が認められた．しかし，主観的評価結果は従来品と開発品の間に大きな差が見られなかった．また，人体寸法計測の結果，人体寸法の20%ile値をもとに適正な寸法を算出したところ7つの測定寸法中2つの寸法項目が提案寸法から外れていることが明らかとなった．よって，今後はこの2寸法値について再設計を行うことで，把持性向上を図る．

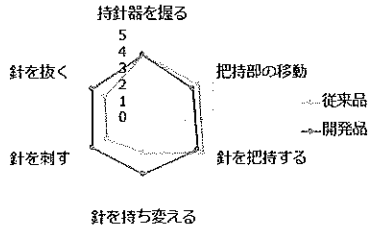


図6 時系列操作

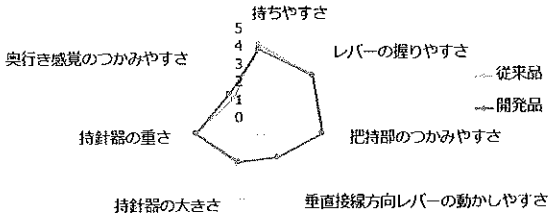


図7 主観的評価

5. 結論

垂直接線方向に運針を可能にすることで縫合精度が向上した．しかし，垂直接線方向に動かす動作が増えた分習熟に時間がかかり縫合時間が長くなる傾向が見られた．そのため使用前は十分な操作練習が必要であると言える．垂直接線方向持針器は従来の持針器では困難な右方向の縫合を容易に行えたので，より困難な手術環境での縫合が可能になると言える．

参考文献

1)山下実，植村宗則，松岡紀之 他：内視鏡外科手術における縫合技術評価法の有用性に関する研究，日本コンピュータ外科学会誌 Vol.17，No1，pp15-22(2015)

2)川野 常夫，福井 裕：身体寸法の個人差を考慮した人間工学的設計法，摂南大学融合科学研究所論文集第 Vol.2，No.1，pp109-115 (2016)

[連絡先]

東京都立産業技術高専　三林研究室

〒116-8523 東京都荒川区南千住 8-17-1

星 巧大

e-mail : s17027@g.metro-cit.ac.jp

B2-2

透析施設間における穿刺ハンドリングの特徴

○西村 健桃*, 鈴木 聡*, 渡邊 晃広*, 西村 宗修*
神奈川工科大学　工学部　臨床工学科

Features of differences in puncture procedures between dialysis facilities

Kento NISHIMURA*, Satoshi SUZUKI, Akihiro WATANABE, Hironobu NISHIMURA,

1. はじめに

血液透析は末期腎不全の延命手段であり、慢性では週 3 回の治療の度にバスキュラーアクセス（血液の出入り口となる血管、以下：VA）への穿刺を要する。医療スタッフの穿刺教育は基本的に施設ごとに行われる為、手技に特徴があると考えた。そこでモーションキャプチャーシステム（以下：MC）を用いて透析針の動かし方について記録し、特徴付けすることを目的とする。

2. 実験方法と解析方法

2.1 被験者

2 施設の臨床工学技士 3 名を被験者とした。本稿では、2 施設を施設 A ならびに施設 B とする。穿刺業務経験の平均期間は、それぞれ 104 ヶ月と 96 ヶ月であった。

2.3 使用機材

以下の機材を利用した。

- Opti Track MC（カメラ 6 台）
- ビデオカメラ 1 台（Sony FS700）
- 自作モデル 16 個
- 透析用穿刺針 15G・17G（アーガイル HC）
- 超音波画像診断装置（東芝 TUS-X200S）

2.4 自作モデルの作成

実験にあたり図 1 に示した「VA を模擬した血管モデル」を作製した。血管外径が 4.6mm、10mm の 2 種（アメゴム、肉厚 1mm）、表皮から血管までの深さ 1mm、5mm、7mm、10mm の 4 種（エクシール社製人肌ゲルシート）の計 8 種である。患者の VA における血管までの深さは、表皮から数 mm 程度までだが、被験者の技能差を顕在化させるため、深いモデルも用意した。

図 1　自作血管モデル

2.5 実験方法

医療用昇降ベッド上にモデルを置き、高さは被験者に調整させた。8 種のモデルへの穿刺実験は 2 種の太さの穿刺針を使い、ランダムに計 16 回施行した（被験者 1 名あたり）。穿刺針には MC 用のマーカーを貼付けることによって針の動きを捉えた。また、ビデオカメラで穿刺を行っている様子を撮影した。穿刺行為前に行われる触知には十分な時間を取らせ、被験者が血管走行を把握できたと判断してから穿刺を行った。穿刺完了（血管に留置できた＝上手く刺せたかどうか）についても被験者に判断させた。最後にアンケートを行い、自施設の規模、モデルへの評価などについて回答を求めた。

2.6 成否の判定・データの記録・解析法

MC による空間座標の記録は Opti Track コントロールソフトウェア Motive を使用した。データの解析は同社製解析評価ソフトウェア SKYCOM を用いた。一方、モデル血管への穿刺の成否について、実験後に留置された針（外筒部分）に対して超音波画像診断装置を用い、被験者とは別の熟練した ME が画像で判定した。

3. 結果

3.1 穿刺の成否

超音波診断装置を観察して判定された成功率を表 2 および 3 に示す。フィッシャーの直接確立検定では有意な差はなかったが、ほとんどの条件で施設 B の方が高い成功率であった。

表 1　血管径 4.6mm における成功率

		深さ			
太さ	施設	1mm	5mm	7mm	10mm
15G	A	25%	25%	25%	0%
	B	75%	25%	50%	50%
17G	A	75%	75%	25%	75%
	B	75%	25%	75%	50%

表 2　血管径 10mm にける成功率

		深さ			
太さ	施設	1mm	5mm	7mm	10mm
15G	A	50%	25%	25%	25%
	B	50%	25%	50%	25%
17G	A	75%	75%	50%	25%
	B	75%	75%	75%	75%

3.2 モーションキャプチャーの結果

MCから得られた結果の一例として、針の太さ15G、血管径4.6mmにおける穿刺針の刺入角を図2、3に示す。

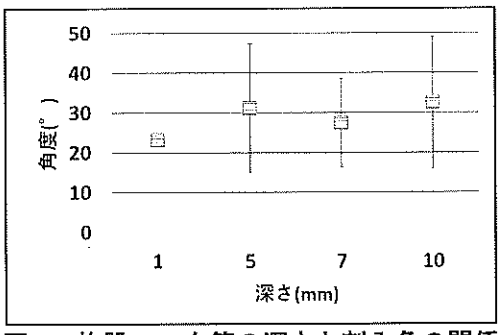


図2　施設A：血管の深さと刺入角の関係

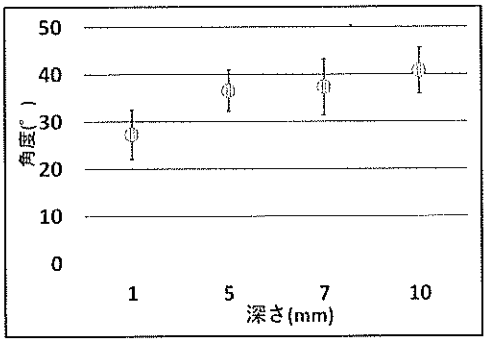


図3　施設B：血管の深さと刺入角の関係

表皮から血管までの距離が遠いほど大きい刺入角となるはずであり Jonckheere-Terpstra 検定では、施設Aの針の太さ15G、血管径4.6mmならびに針の太さ17G、血管径10mmという2パターンを除き、全てのパターンで血管が深いほど有意に刺入角が大きかった。図2より施設Aでは表皮から血管までの距離が1mm以上で刺入角の標準偏差（以下：SD）が大きくなるのに対し、図3の如く施設Bでは深さに依存せず概ね一定であった。

針の太さ17Gの刺入角に対して15Gの刺入角の変化率を図4に示す。表皮から血管までの距離や血管径が同じモデルに対して異なる太さの針で穿刺を行った結果、施設Aは17Gの針より15Gの方が刺入角は小さくなる傾向が見られたが施設Bでは針によってあまり変化しなかった。

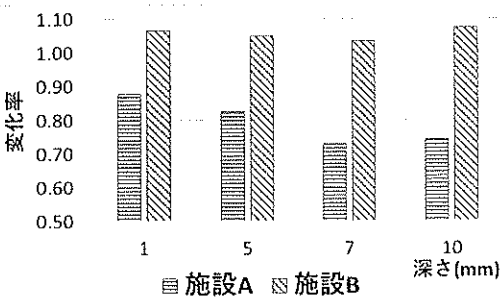


図4　針の太さの違いによる刺入角の変化率

4. 考察

表1および2の成功率や、刺入角のばらつきと変化率に施設差が認められた要因として、日常業務で穿刺対象とする患者の質の違いが考えられる。施設Aは外来慢性透析患者を扱うことを主な目的とした施設であり、VAには特に問題の無い患者が主体である。代表的なVAである内シャントは、表皮から血管までの距離が1～4mm[2]程度であり、表皮からの距離が深くなると急激に難易度が高くなったため、SDが大きくなったと考えられる。一方施設Bは大学病院である。慢性透析患者に加え、VAトラブルや合併症を有した患者が関連施設から転院し、透析を受けるという環境である。従って日常業務において穿刺難度の高い患者を扱う機会が多いと考えられ、その結果施設内における技能差が小さく、成功率も高くなったことが考えられる。

また、針の太さにより刺入角の変化率に施設差が認められた要因として施設間での教育・訓練の違いが挙げられる。VAへの穿刺に関する「知識」は、MEの養成課程や、日本透析医学会ガイドライン等により、施設を越えて同じ内容を習得しやすいが、「技能」（テクニカルスキル）に関しては実務を通じたOJT（On the Job Training）が中心であり、施設特有の手技的な訓練・教育文化が継承されやすいと思われる。そのため、施設による特徴が発生したと考えられた。

5. まとめと展望

本研究を通じ、透析施設における穿刺の特徴には一定の差があり、その要因の一部について明らかにした。実在する患者のVAの構造は、今回作製したモデルよりも複雑である。具体的には、位置による血管径および深さの変化が激しい場合や、湾曲の程度が大きい場合などがあり、それらについては今回のモデルでは表現できていない。被験者数も十分とは言えない。これらに配慮した追加検討により、明らかにできることは多くなると思われる。

6. 参考文献

1) 社団法人 日本透析医学会 「慢性血液透析用バスキュラーアクセスの 作製および修復に関するガイドライン」日本透析学会雑誌 44巻9号 pp884-pp886
2) 編著 春口 洋昭　看護師・臨床工学技士のための透析シャントエコー入門 MCメディカ出版 pp168～175

[連絡先]
西村　健桃
e-mail：s1514043 @cce.kanagawa-it.ac.jp

B2-3

内視鏡用鉗子による柔軟性材料の把持感覚評価法に関する研究

○小野駿介*，宮城善一**
*明治大学理工学部，**明治大学理工学部

Study on grasping sensory evaluation method of flexible materials by endoscopic forceps

Shunsuke Ono*, Zenichi Miyagi**

1. 背景・目的

近年、腫瘍摘出手術等において患者の負担を減らすため、内視鏡手術の普及が進んでいる。しかし感覚フィードバックは機器の介入によって低侵襲な手術でかなり減り、人間の組織を直接触る機会が減っている [1]。また、内視鏡用鉗子では腫瘍の硬さの判別が難しいという課題があり、触診との感覚の一致性が求められている。さらに、使い捨て鉗子と再利用鉗子の感度精度を比較する研究や、組織診断のための標本の妥当性における鉗子特性の影響に関する研究では、感度に差があることは証明されているが、鉗子の最適な形状や評価法はまだ確立されていない [2]。

本研究では官能試験を実施し、内視鏡用鉗子の先端形状の違いによる柔軟性材料の把持感覚の比較と手の把持感覚との比較結果により、感覚特性の評価方法の妥当性を確認する。

2. 実験器具および試料

2.1 鉗子

図１は実験で使用した鉗子である。鉗子は主に手術のときに、器官や組織などを挟み、牽引や圧迫に用いる [3]。図に示す鉗子は、ハンドルを操作し先端のつかみ部で患部を挟むように使う。本研究では、鉗子先端の指示部形状が感覚特性に及ぼす影響を確認するため、図２、図３に示す２種類の鉗子を使用した。

2.2 試料

実際の患部の柔軟性を模擬した代用試料として、図 4 に示す硬さの異なるシリコンゴムを使用した。シリコンゴムの硬さは、JIS K6235 で規定されているデュロメータＡで測定した値を使用し、硬さは A5、A10、A20、A30、A40、A50、A60、A70、A80 とした。

2.3 被験者

明治大学に所属する大学生を被験者とした。

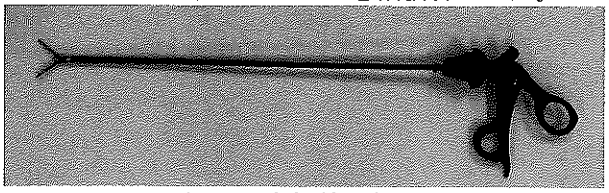


図１　内視鏡用鉗子

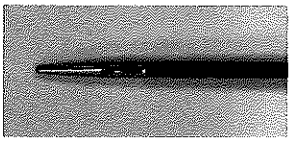


図２　鉗子１

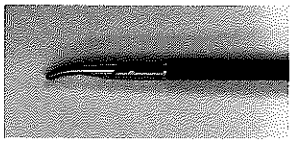


図３　鉗子２

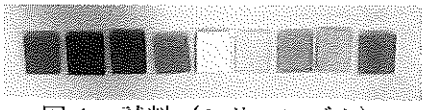


図４　試料（シリコンゴム）
（硬度 A5-A80 JIS K6235）

3. 順位法による官能検査の実施

n個の試料、$S_1, S_2, \cdots, S_n$に対して、ある特性の大きさ、品質の良さ、好ましさなどによって順位を付ける方法を順位法という。この方法は、2組又は 3 組以上の試料間の独立性や中心の位置の差などの有意差検定について順位を用いて解析する方法である [4]。今回、試料数が 3 組以上のため、ケンドールの一致性係数 W とフリードマンの検定を用いる。

$$S = \sum_{j=1}^{n} \left\{ S_j - \frac{1}{2}k(n+1) \right\}^2 \tag{1}$$

$$W = \frac{12S}{k^2(n^3 - n)} \quad (0 \le W \le 1) \tag{2}$$

$$\chi_0^2 = k(n-1)W = \frac{12S}{nk(k+1)} \tag{3}$$

S:順位の和の残差平方和
W:一致性係数
k:人数
n:試料数

検定方法として、$\chi_0^2 > \chi^2(k-1, \alpha)$ならば有意であると判断する。現在の時点で、$\chi_0^2 > 31.410$ の場合、有意と判断する [5]。

4. 実験方法・結果

順位法における官能試験の試験手順は、被験者に手および２種類の鉗子を使用し、硬さの異なる 9 種類の試料をランダムに挟んだ後に硬さの順位を判断するよう指示した。この時被験者は試料を目視しないように試験を行った。試験では１試料毎に挟み、その前後の試料の硬さを比較しながら順位付けを行う。被験者は、9 種類の試料の順位付けが終了後、試料中で最も軟らかいと判断した試料から再度挟み、硬さの順位補正を行う。

今回の官能試験では、比較する参照試料は使用せず、各被験者自身の判断基準で硬さの順位付けを行った。試験結果は図 6、図７、図８、および表１に示すとおりである。

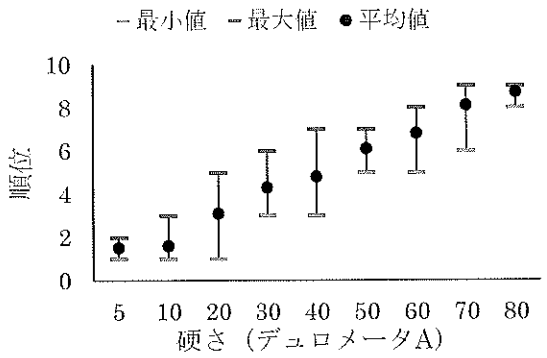


図６　順位法結果（手）

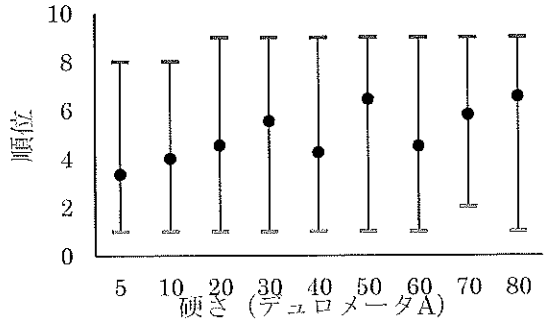


図７　順位法結果（鉗子１）

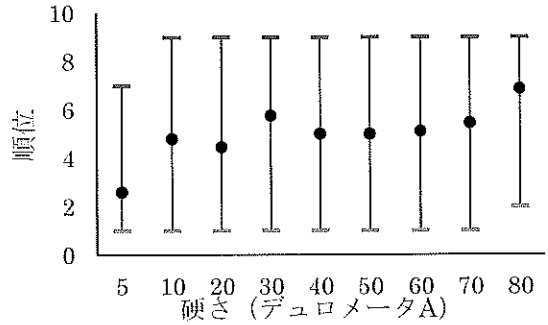


図８　順位法結果（鉗子２）

表１　検定結果

	W	χ_0^2	検定結果
手	0.928	148.533	有意
鉗子1	0.170	27.160	有意でない
鉗子２	0.172	27.467	有意でない

図６は手で資料を直接挟んで測定した硬さの順位の結果を示している。これより、試料の硬さと測定結果としての順位の平均値の変化には相関関係が確認できる。この結果からケンドールの一致係数は１に近く、またχ^2の有意差検定では有意性が確認できた。図７、図８の結果は、それぞれ鉗子１、鉗子２を使用して測定した結果で、鉗子を用いると試料の硬さの判断が困難になり、また判断のばらつきが大きくなることがわかった。

鉗子間の判断結果の相関は、次式のスピアマンの順位相関係数を用いて判定した[6]。

$$r_s = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (-1 \le r_s \le 1) \qquad (4)$$

r_s:スピアマンの順位相関係数
$r_s = 1$のとき順位が完全に一致している
$r_s = -1$のとき順位が完全に逆である
$r_s = 0$のとき順位は全く無関係である

結果として$r_s = 0.968$となり、その値は有意と判断できる$r_s \ge 0.600$の範囲内であった。これより鉗子による試料の硬さの順位付けの傾向に相関関係は認められるが、いずれの結果も順位の判断のばらつきが大きく、判断の逆転が容易に起こる可能性が高い。また、鉗子によって最も柔らかいと判断されたA5の試料と最も硬いと判断されたA80の試料の硬さの差の判断は、平均順位としてはできているが、ばらつきが大きく判断結果の信頼性は低いことがわかった。

5. 結論

シリコンゴムを使用した試料の硬度差は、手の把持感覚ではほとんど判別できたが、鉗子の把持感覚では判断のばらつきが大きく、結果の信頼性が低いことがわかった。また、鉗子のつかみ部の形状の違いによる硬度差の判別の差は確認できなかった。

本報で取り上げた順位法とその解析方法では、試料間の硬度判別の精度が低く、被験者の層別や一対比較法など他の官能試験の方法を適用し、判別結果の信頼性を図る。

6. 参考文献

1)K. T. denBoer, J. L. Herder, W. Sjoerdsma, D. W. Meijer, D. J. Gouma, H. G. Stassen、Sensitivity of laparoscopic dissectors ～What can you feel?～、Surgical Endoscopy、1999、p869-873
2)Karen L. Woods, MD, Bhupinder S. Anand, MD, DPhil, Rhonda A. Cole, MD, Michael S. Osato, PhD, Robert M. Genta, MD, Hoda Malaty, MD, PhD, Inanc E. Gurer, MD, Daniela De Rossi, MD、Influence of endoscopic biopsy forceps characteristics on tissue specimens:results of a prospective randomized study、GASTROINTESTINAL ENDOSCOPY、VOLUME 49, NO. 2, 1999
3)デジタル大辞泉、鉗子、小学館、https:kotobank. jp/word/鉗子-48155
4)天坂格郎・長沢伸也、官能評価の基礎と応用～自動車における感性のエンジニアリングのために～、日本規格協会、p126, p134-136
5)同上、p407
6)同上、p127
7)同上、p410

[連絡先]
小野　駿介
e-mail ： ee53023@meiji.ac.jp

B2-4

ショック状態検知のためのドップラーレーダーを用いた仰臥位での非接触・脈波伝播速度由来血圧推定法

○草野紘平*，孫光鎬**，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部，**電気通信大学大学院情報理工学研究科

Non-Contact Blood Pressure Estimation induced by Shock using Dual Doppler Radars

Kohei Kusano*, Guanghao Sun**, Takemi Matsui*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University, **Graduate school of informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

1. 背景

前例のない高齢化が加速する中、入院費などの医療費の増大が国の財政を圧迫しており、政策として往診の保険点数などが見直されており、在宅医療の普及が推奨されている。在宅医療は、比較的病態が安定した慢性疾患患者を対象としているが、厚生労働省の報告では、在宅医療患者の感じる不安要素として、症状が急に悪くなった時の対応への不安が挙げられており[1]、不安解消の観点からもショックなどの病態の急変に備える必要がある。ショック状態とは、何らかの理由で血圧が急激に下がることにより、細胞に十分な血液が送られなくなる状態のことである。このショック状態の継続は細胞を壊死させ、臓器不全を引き起こすため、死亡率が高くなる。しかしながら、医療従事者がいない在宅医療では早急な対応が困難であるため、在宅医療の現場において使用可能な、医療従事者の立会いを必要としない、ショック状態を自動検知するシステムの開発が急務である。

本研究では、血圧測定のためのカフを使用せず、２台のドップラーレーダーを用い、非接触で脈波伝搬時間を計測することにより血圧変化の推定が可能か否か検証する。

2. システムを用いた血圧変化推定可能性の検証

2.1 本システムの概要

本システムでは、センサーの装着等による在宅医療患者の負担を失くすために、当研究室の高齢者・自律神経モニター[2]の先行研究に準じ２台のドップラーレーダ(24GHz, 10mW)をベッドの下に設置した（図１）。計測対象者の第８肋間付近を照射できる位置及び、左足の膝窩部を照射できる位置にそれぞれ１台ずつ、ドップラーレーダーを設置し、収縮期血圧によって変化する胸部大動脈と膝窩動脈の間の脈波伝搬時間を非接触で測定した。

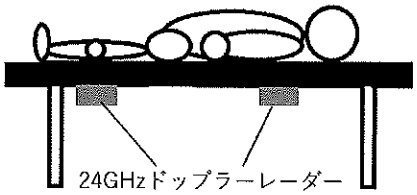


図１　胸部付近と膝窩部付近のベッドにドップラーレーダーを設置した提案システム

2.2 脈波伝播時間(PTT)を用いた血圧変化推定

血圧変化の推定には、脈波伝播時間（Pulse Transit Time、以下 PTT）を用いた。PTT とは、心臓からの拍動が特定部位に伝わるまでにかかる時間であり、血圧と相関を持つことが知られている[3]。一般に、血圧が上がることで脈の伝わる速度が速くなることから、PTT は小さくなるとされており、カフを用いない血圧変動推定に用いられている[4]。本研究では、胸部大動脈付近と膝窩動脈付近に設置した２台のドップラーレーダーから脈波伝搬時間（PTT）を求めた(図 2)。

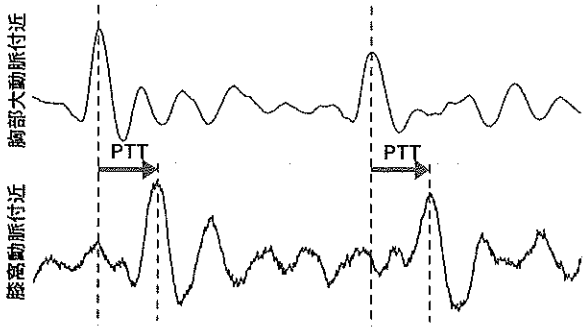


図 2 ドップラーレーダーによる脈波伝播時間(PTT)計測

2.3 ハンドグリップ運動負荷時の PTT 測定

健常な男子大学生３名(平均年齢 23±0.5 歳)を対象に、仰臥位で測定を行った。

ベッド上で最大握力の 30%の負荷で２分間静的ハンドグリップ運動を行った後４分間安静姿勢を取る。ハンドグリップ運動負荷の際の血圧上昇と負荷後の血圧降下に伴う PTT の変化を、ベッド下の長軸方向に設置した２台のドップラーレーダーにより計測し、得られた出力波形から PTT の変化を求める。

２台のドップラーレーダーで求めた PTT と比較するために、血圧上昇過程（2 分間ハンドグリップ運動）及び血圧降下過程（4 分間安静）の心電図(ECG)胸部誘導、及び左足小指の光電指尖脈波(PPG)計測を行い PTT を求めた。また、血圧のレファレンスとしてカフを用いた電子血圧計による血圧測定を１分おきに計７回行った。

2.3 解析方法

LabView(National Instruments)で作成した解析プログラムを用いて、以下の手順で解析を行った。

胸部大動脈付近と膝窩動脈付近に設置したドップラーレーダーの出力波形には呼吸波形と心拍波形が混在しているので、移動平均(0.3秒)による平滑化を施して心拍波形を除去し、呼吸波形を抽出した。次に、ドップラーレーダー出力波形と得られた呼吸波形との差分をとることで、心拍波形を抽出し、胸部大動脈付近と膝窩動脈付近の心拍波形の脈波到達時刻の差からPTTを求めた。

その後、ドップラーレーダーを用いて非接触で求めたPTTと電子血圧計のカフを用いて求めた1分毎の収縮期血圧から計測対象者ごとに回帰式を作成し、血圧の連続推定を行った。

3. 結果と考察

PTTの時系列データの例を図3に示す。ハンドグリップによる運動負荷中にPTTの値が減少し、運動負荷後は増加していることがわかる。

1分毎に電子血圧計で計測した収縮期血圧と、同時点のPTTを用いて回帰分析を行い、作成した推定式の例を以下に示す。

収縮期血圧（SBP）=−0.72・PTT+278

PTTと上記の推定式により算出された連続的な収縮期血圧及び電子血圧計で計測した1分毎の収縮期血圧の1例を図4に示す。運動負荷中に血圧上昇と、負荷後の血圧低下が確認された。

また、3人の計測対象者のデータを一つにまとめたところ、ドップラーレーダーで非接触で求めた収縮期血圧とカフを用いた電子血圧計で求めた収縮期血圧の間には相関が認められた(R=0.80)。(図5)

4. まとめ

本研究では、ショック状態の検知を目的としてベッド下に設置した2台のドップラーレーダーを用いてPTTを算出し、非接触で血圧の連続推定を行った。カフで求めた血圧の変化とは一定の相関が確認できたので、ドップラーレーダーによる非接触血圧変動推定の可能性が示唆された。

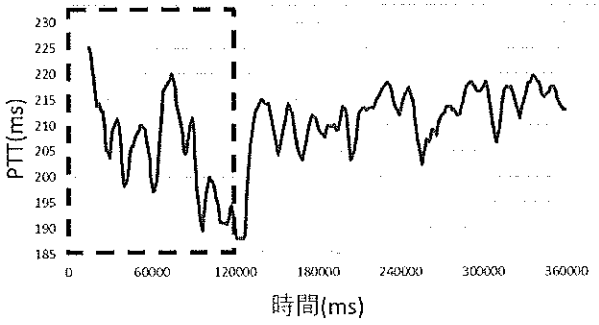


図3　2台のドップラーレーダーで計測したPTTの時系列変化（破線枠内がハンドグリップによる運動負荷中）

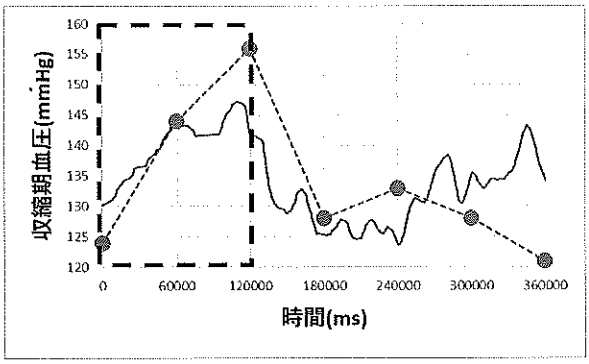


図4　ある対象者における収縮期血圧の時系列変化 実線はレーダーで推定した収縮期連続血圧、破線は電子血圧計で計測した1分毎の収縮期血圧（破線枠内が運動負荷中）

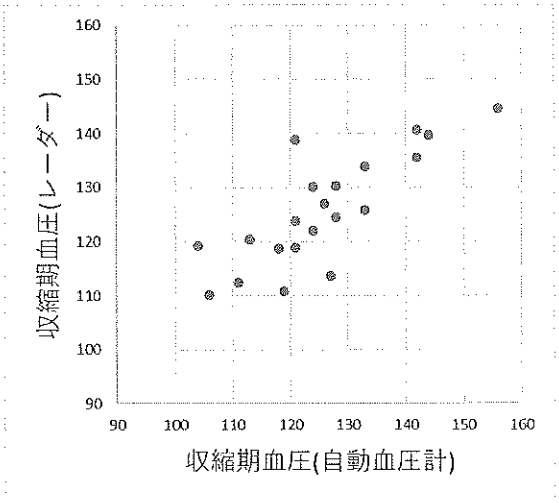


図5　レーダーで得られた収縮期血圧と電子血圧計で得られた収縮期血圧の比較

5. 参考文献

1) 厚生労働省. 終末期医療のあり方に関する懇談会報告書. 2010

2) Takemi Matsui, Yuto Yoshida, Masayuki Kagawa, Masayuki Kubota, Akira Kurita. Development of a practicable non-contact bedside automic activation monitoring system using microwave raders and its clinical application in elderly people. J Clin Monit Comput(2013) 27:351-356

3) Obrist, P.A., Light, K.C., McCubbin, J.A., Hutcheson, J.S., Hoffer, J.L.
Pulse transit time: relationship to blood pressure. Behav. Res. Methods 10(5), 623–626 (1978)

4)X.F.Teng, U.T.Zhang.
An Evaluate of a PTT-Based Method for Noninvasive and Cuffless Estimation of Arterial Blood Pressure, in Proc. Of thr28th IEEE Int. Conference, pp6049-6052, 2006

[連絡先]
草野　紘平
e-mail: wideflat.876.soccer@gmail.com

B3-1

センサーフュージョンによる生活状況検知システムの開発

○高畑 慶*
*法政大学 理工学部

Development of living conditions detection system by the sensor fusion

Kei TAKAHATA*
* Faculty of Science and Engineering, Hosei University

1. 研究背景と研究目的

現在の日本では高齢化社会となり，一人暮らしの高齢者の孤独死などの問題が生じ，人が生活できているか否かを検出したいというニーズがある．人が生活しているか否かを判断する方法として，人手による安否の確認連絡，カメラで撮影するなどの方法が存在する．しかし，安否確認連絡を行う事は手間がかかる．カメラでの撮影は見守られる人に嫌われるという問題点がある．そこで，本研究では，人手やカメラを使わずに人が生活できているか否かを判断するシステムを作成することを目的とする．

2. 生活状況検知システム

2.1 生活状況検知システムの概要

本研究で作成する生活状況検知システムは，見守られる人が生活を行う部屋に設置して用いる．この生活状況検知システムは部屋の温度や湿度など部屋の状況を検知するための複数のセンサーによる入力部分と，複数のセンサーの情報から生活している，生活していないなどを判断する機械学習を用いた分類器による出力部分から構成される．

2.2 入力部分（データーの取得とセンサーの制御）

2.2 1 入力部分のセンサー

入力部分には，市販の温度，湿度，気圧，照度，二酸化炭素濃度の 5 つのセンサーを採用した．温度センサーは生活時の空調設定やドアや窓の開閉による変化，湿度センサーは加湿器や換気による変化，気圧センサーは換気扇による変化，照度センサーは照明による変化やカーテンの開閉による変化，二酸化炭素濃度センサーは呼吸や野外排出しないストーブによる変化を取得できることを期待している．

2.2 2 センサーの制御

データーはセンサーから 1 分ごとに取得するように設定し，センサーの制御とデーターの取得を行うためにラズベリーパイというボードコンピューターを使用した（図1）．センサーのデーターは1分ごとに取得するので，取得後のデーターは1分ごとの時系列データーとなる．

2.3 出力部分（分類器による処理）

2.3 1 分類問題と処理の流れ

センサーから入力されたデーターをもとに生活しているか生活していないかを判断するために，機械学習を用いて分類を行う．機械学習における分類問題は入力データーがどのクラス（ラベル）に属するかを判断し，出力させるタスクである．本研究では 1 分ごとに取得した 5 つのセンサーからの入力データーが，生活をしているクラスのデーターなのか，生活をしていないクラスのデーターなのかを判断させる．判断するためのモデルを生成する過程を学習という．分類問題は，入力データー（入力値）とそのデーターの正解ラベルをもとに学習を行うので，機械学習において教師あり学習と呼ばれる．教師あり学習における処理は，まずデーターをモデル生成のための学習データーと，評価するためのテストデーターに分け，モデルの精度を上げるための前処理を行う．次に学習データーだけを用いて学習した後に，テストデーターを用いて評価するという流れである．

2.3 2 ニューラルネットワーク [1]

分類手法は多数あるが，本研究では非線形分離が可能で，分類精度の高いニューラルネットワークを用いて行う．ニューラルネットワークは複数の信号を入力として受け取り，一つの信号を出力するパーセプトロンというアルゴリズムを拡張したものである．入力値を$\boldsymbol{x}$，各入力からの重みを$\boldsymbol{w}$，バイアスを$\boldsymbol{b}$，入力値の総和を$\boldsymbol{a}$，入力値の総和を出力値に変化させる関数（活性化関数）を$\boldsymbol{h}(\boldsymbol{a})$，出力値を$\boldsymbol{y}$とすると，図 2 のように表せる．図 2 はわかりやすさを重視し 1 層の場合を表しているが，通常のニューラルネットワークでは，複数になっている．層ごとの活性化関数を 0 か 1 のような離散値を出力にするステップ関数

$$\boldsymbol{h}(\boldsymbol{x}) = \begin{cases} \mathbf{1}\ (\boldsymbol{x} > \boldsymbol{a}) \\ \mathbf{0}\ (\boldsymbol{x} \leq \boldsymbol{a}) \end{cases}$$

をシグモイド関数

$$\boldsymbol{h}(\boldsymbol{x}) = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1} + \boldsymbol{e}^{-\boldsymbol{x}}}$$

のような，連続値を出力する関数に変えた点がパーセプトロンとは異なる．

ニューラルネットでのモデル式は 1 層につき、行列を使えば

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{XW} + \boldsymbol{B}$$

と表せ，出力$\boldsymbol{Y}$が最適となる，重み$\boldsymbol{W}$と，バイアス$\boldsymbol{B}$を生成することを学習という．出力が連続値になる活性化関数にすることで，勾配法などのアルゴリズムが使用できるので，重みパラメーターの値を自動的に学習することが可能となっている．

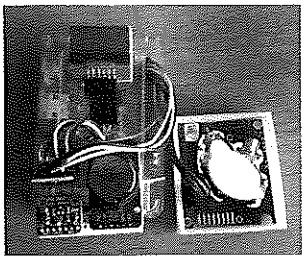


図 1 ラズベリーパイと入力部分のセンサー

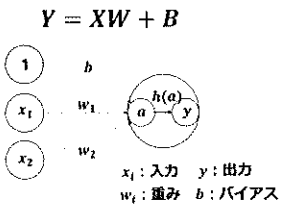


図 2 ニューラルネットのイメージ 1 層の場合

3. 研究の方法

3.1 データーの取得

ラズベリーパイで制御したセンサーを用いて，データーの取得を行う．データーの取得は，4 人家族が生活している家のリビングで行った．データー取得時には，生活しているか否かを判断する（後述）ためにセンサーとは別にカメラで動画を撮影した．

3.1.1 ラベル付け

入力部分で取得したデーターは 1 分ごとにセンサーが取得した値だけである．分類問題を解くためには，取得したデーターが生活している場合のデーターか，生活していない場合のデーターかを示すラベルを付ける必要なため，データー取得時の動画をもとに生活している場合を 1，生活していない場合を 0 としてラベル付けを行った（表 1）．

データー取得時にその部屋に人が存在し，かつ起きている場合を生活していると定義し，ラベル付けを行った．

3.2 分類処理

取得したデーターをもとに，ニューラルネットを用いて分類を行った．計算量が多いため，分類の処理はパソコンを用いて行った．

ラベル付けが終わり，かつ破損データーの無い 2018 年 9 月 30 日 0 時から，10 月 9 日 0 時 56 分までの計 13017 件のデーターを用いて分類を行った．

3.2 1 前処理

前処理として，まずセンサーから取得した各値を平均 0，標準偏差 1 に正規化した．次に，時間経過に伴う値の変化が人の生活により生じることを仮定し，各センサーで取得した値と一定時間前の取得データーとの差を計算しパラメーターとして加えた（表 2）．実験では，1 分前との差から 5 分前との差までを計算し，パラメーターとして追加した．

3.2 2 分類

前処理後，13017 件のデーターのうち，10080 件を学習データー，2937 件をテストデーターにランダムに分け，入力層 1，中間層 1，出力層 1 の計 3 層のニューラルネットを利用し分類を行った．活性化関数にはシグモイド関数を用いた．学習率を

表 1 ラベル付けの例

日時	気圧	気温	湿度	照度	CO2濃度	ラベル
	センサーより					動画より
18/09/30_00:00	1010	23.7	74.3	33.6	720	1
18/09/30_00:01	1010	23.7	74.3	34	721	1
18/09/30_00:02	1010	23.7	74.3	34	729	1
18/09/30_00:03	1010	23.7	74.4	33.5	724	1
18/09/30_00:04	1010	23.7	74.3	33.5	722	1
18/09/30_00:05	1010	23.7	74.2	33.5	727	1

表 2　パラメーター追加の例

	現時刻のデータ					1分前との差				
	気圧	気温	湿度	照度	CO2濃度	気圧	気温	湿度	照度	CO2濃度
1	0.37	-1.14	1.52	-0.161	0.388	0	0	0	0	0.030
2	0.36	-1.14	1.52	-0.161	0.391	0	0	0	0	0.0037
3	0.36	-1.14	1.52	-0.161	0.421	0	0	0	0	0.030
4	0.36	-1.13	1.53	-0.161	0.403	0	0	0.01	0	-0.019
5	0.36	-1.13	1.52	-0.161	0.395	0	0	-0.01	0	-0.0075

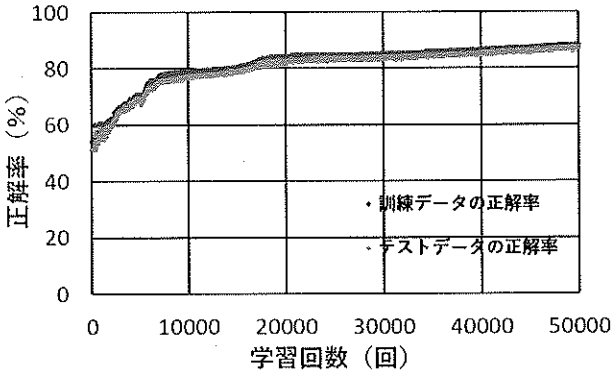


図 3　ニューラルネットでの分類の結果

0. 2 に固定し，学習回数を 5 万回として行った実験の結果が図 3 である．訓練データーの正解率が 88%，テストデーターの正解率は 87%となったことから，収録済みデーターを判別する場合は，約 9 割の精度で分類できることがわかった．

3.2 4 リアルタイム処理

本研究では，リアルタイム処理を行う事が目的となるので，分類精度をより高め，観測データーをリアルタイムで判断させる予定である．前処理時に正規化をするための平均や標準偏差など，現在行っている方法では対応できない点も多い．取得時の 24 時間前のデーターの平均と標準偏差から正規化するなどを予定している．

参考文献

1)斎藤 康毅：ゼロから作る Deep Learning，オライリー・ジャパン，pp. 39-51，2016.

[連絡先]
髙畑　慶
e-mail：kei.takahata.6a@stu.hosei.ac.jp

B3-2

浴槽での溺水事故防止のための睡眠検知法の検討

—覚醒時と入眠直前の心拍数変動指標の比較—

○大竹裕介*，橋爪絢子*，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部

The Sleep Detection Method for Preventing Drowning Accidents in the Bathtub
- Comparison of Heart Rate Variability in the Waking State and Just Before Falling Asleep-

Yusuke OTAKE*, Ayako HASHIZUME*, Takemi MATSUI*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

厚生労働省によると，平成29年の日本の家庭の浴槽内での溺死及び溺水者数は5,498人で，平成19年と比較すると10年間で約1.4倍に増加し，うち90%以上が65歳以上の高齢者である[1]．また，日本法医学会の調査では，浴槽内での溺死の主な原因として，動脈硬化症や冠動脈硬化症などの病死(39%)と不慮の外因(35%)が挙げられている[2]．不慮の外因の全ては明らかにされていないものの，溺死者の解剖事例から，睡眠導入剤の服用後の入浴が溺水事故につながると報告されており，入浴中の睡眠の危険性が指摘されている[2]．

本研究では，入浴中の睡眠に焦点を当て，浴槽における睡眠検知システムを開発することを目指す．覚醒状態から睡眠への移行時に，心拍数と自律神経系の活動度を示す心拍数変動指標(HRV：Heart Rate Variability)が変化する[3]．本システムでは，心拍数とHRVの変化から，浴槽内での睡眠検知を行う．一般的には，HRVの算出のための計測には心電計(ECG: electrocardiogram)を用いるが，電極やリードを使用する心電計による計測は入浴中には適さない．それらを使用しない手法として，マイクロ波レーダーによる非接触計測がある[4]．本システムは，浴槽で使用することを考慮して，この非接触計測技術を適用して開発を行う．本論では，浴槽内にて計測対象者に睡眠を行ってもらい，本システムで算出した心拍数とHRVの変化から，睡眠の検知が可能かを検証する．

2. システムを用いた浴槽内睡眠検知の検証

2.1 システムの概要

本システムは，衣服等を透過する24GHzのマイクロ波レーダー2台と，マイクロ波レーダーの電波を透過するFRP製の浴槽で構成した(図1)．マイクロ波レーダーは，浴槽外壁面から計測対象者の心臓部と臀部が照射できる位置に1つずつ設置した．これらのマイクロ波レーダーから，対象者の心拍に伴う体表面の動きを読み，A/Dコンバータを通してデジタルデータに変換して，PCで収録・解析を行える構成とした．

2.2 実験方法

本システムで算出した心拍数とHRVから睡眠の検知が可能かを検証するための実験を行った．

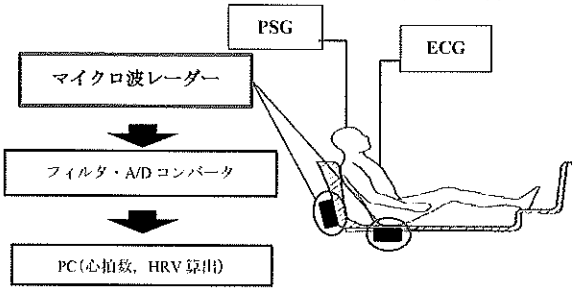


図1 システム構成図

健康的な男子学生7名(平均年齢22.3歳)を対象に，本システムを用いて浴槽内で睡眠を行ってもらった．実験の実施時間帯は，午後1時から3時の間の20分間とし，実験協力者には前日からの飲酒と当日のカフェイン摂取，喫煙を控えるよう指示を与えた．

なお，リファレンスとして，同時にメモリー心拍計(LRR-03, GMS)とポリソムノグラフィ検査装置(PSG-1100, 日本光電工業)を用いて計測をしたため，浴槽に給湯しない状態で実験を行った．ポリソムノグラフィ検査装置では，脳波と眼電図，顎筋電図計測によるR&K法に基づいた30秒ごとの睡眠段階判定を用い，初めて睡眠段階を判定した時点を入眠とした．

2.3 解析方法

LabVIEW2017(National Instruments)で作成した解析プログラムを用いて，レーダーから得られた波形から，心拍数とHRVを算出した．心拍データを取得した後に時間微分し，振幅の変化が大きい区間の変曲点をピークとしてピーク検出を行い，検出したピークからピーク間隔を求めた．得られたピーク間隔に対して，1秒ごとにチャンネル選択を行い，最適なピーク間隔データを選択し，心拍数の算出を行った．また，算出したピーク間隔のリサンプリングを行い，AR法を用いて周波数解析を行い，HRVを算出した．その際のデータ長は40秒で，1秒ずつシフトさせて解析した．

3. 結果と考察

本システムと心電図で計測，および算出した心拍数とHF，LF/HFの相関係数をそれぞれ求めた

(心拍数: r=0.97, SD=0.016; HF: r=0.65, SD=0.12; LF/HF: r=0.70, SD=0.10)ところ，いずれも強い正の相関が示された．

本システムで算出した心拍数と HF，LF/HF の覚醒時と入眠前の値を比較した．覚醒時と入眠直前の時間の幅を，2 分間と 3 分間，4 分間，5 分間，6 分間で平均した結果を比較したところ，5 分間の場合が最も差がみられた．ここでは，計測開始直後 5 分間の平均値を覚醒時，ポリソムノグラフィ検査装置で出した睡眠段階の入眠した時点を基準にその前の 5 分間の平均値を入眠直前とする．

本システムで算出した心拍数と HF，LF/HF の覚醒時と入眠直前の値をそれぞれ平均し，覚醒時の平均値を基準に 1 とした場合の入眠直前の各指標の変化割合を算出した結果を，表 1 にまとめた．なお，HF は個人差を考慮し，自然対数値を用いることとする．t 検定の結果，心拍数と LF/HF は覚醒時と比較して，入眠前に有意に減少する(心拍数: t(6)=4.4, p<.01, LF/HF : t(6)=6.5, p<.01)が，lnHF は増加傾向にあるものの，有意な差は認められなかった(lnHF: t(6)=0.97, n.s.).

HF はより睡眠が進行した際に上昇するといわれている[5] ため，浴槽における一時的な浅い睡眠状態では，顕著な上昇がみられなかったと考えられるが，微小ではあるものの増加傾向がみられるため，睡眠検知の指標として用いることとする．睡眠検知を行うために，覚醒時と入眠直前の本システムで算出した心拍数，lnHF，LF/HF の 5 分間の平均値と，入眠前 5 分間の平均値を用いて以下のような判別式を得た(X_1: 入眠直前 5 分間の心拍数平均値; X_2: 入眠直前 5 分間の lnHF 平均値; X_3: 入眠直前 5 分間の LF/HF 平均値).

$$Z = -24.09 + 0.14 * X_1 + 1.04 * X_2 + 4.65 * X_3$$

$$Z \geq 0 : 覚醒, Z < 0 : 睡眠$$

得られた判別式に，1 分ごとに値を代入した結果(表 2)，全てのケースにおいて，ポリソムノグラフィ検査による入眠時点より前，またはそれと同時に睡眠入眠と判別できることが示された(平均は実際の入眠の 2 分前，最大で 7 分前)．判別式を用いた睡眠検知の結果と睡眠段階の一例を図 2 に示す．この例では，実際の入眠の 1 分前に睡眠と判別できた．この判別式を用いたアルゴリズムをシステムに組み込むことで，浴槽での睡眠を検知できることが示唆された．しかしながら，本実験の計測者数は判別式に用いる指標を検討するのには十分とはいえず，より信頼性のある結果を出すためには，さらに覚醒時と入眠直前の心拍数，HRV の事例を確認する必要があるといえる．

4. 結論

浴槽での睡眠検知システムを開発するために，浴槽にて睡眠を行ってもらい，その際の心拍数と HRV から睡眠検知が可能かを検証した．覚醒時と入眠の直前の心拍数と HRV を比較し，心拍数と lnHF，LF/HF を用いて線形判別式を得たところ，実際の入眠より前に睡眠を検知できることが示され，本システムで浴槽での溺水事故防止の可能性が示唆された．

5. 参考文献

1) 厚生労働省:平成 29 年人口動態統計月報年報, 2018
2) 日本法医学会:浴槽内死亡事例の調査, 2014
3) Shiner Z, et al.: Autonomic changes during wake-sleep transition, Autonomic Neuroscience, 130(1-2), 17-27, 2006
4) Matsui T, et al.: Development of a practicable non-contact bedside autonomic activation monitoring system using microwave radars and its clinical application in elderly people. Journal of Clinical Monitoring and Computing, 27(3), 351-356, 2013
5) Haslaile A, et al.: Cross-correlation of EEG frequency bands and heart rate variability for sleep apnoea classification, Medical and Biological Engineering and Computing,48,1261-1269,2010

表 1　各指標の変化割合

計測者	心拍数	lnHF	LF/HF
A	0.96	1.02	0.61
B	0.98	0.97	0.90
C	0.92	1.01	0.84
D	0.90	1.01	0.80
E	0.94	1.00	0.93
F	0.98	1.02	0.87
G	0.98	1.09	0.83

表 2　判別式を用いた睡眠検知

	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960
A	0.93	1.4	0.41	-0.72	-0.89	-1.5	-1.5	-0.95	-1.2	-1.1	-1.5	-1.3
B	1.6	1.8	1.4	1.3	1.3	0.16	-0.07	-0.12	-0.06	-0.73	-1.4	-1.0
C	0.59	-1.5	-0.94	-1.0	-0.89	-1.1	0.07	0.73	1.3	2.0	2.8	4.9
D	-0.35	-2.4	-2.4	-2.4	-2.8	-3.1	-3.4	-2.6	-1.4	0.16	1.1	2.0
E	1.7	1.2	0.90	-0.80	-1.1	-2.3	-2.5	-2.5	-2.6	-2.5	-2.2	-2.5
F	-0.30	-0.76	-0.74	-1.5	-3.3	-3.5	-4.1	-4.5	-5.0	-4.5	-4.6	-4.5
G	3.1	1.2	0.22	-1.1	-1.1	-0.82	-0.24	-0.65	-1.1	-1.3	-1.2	-0.90

□: 入眠時点　▒: 睡眠検知

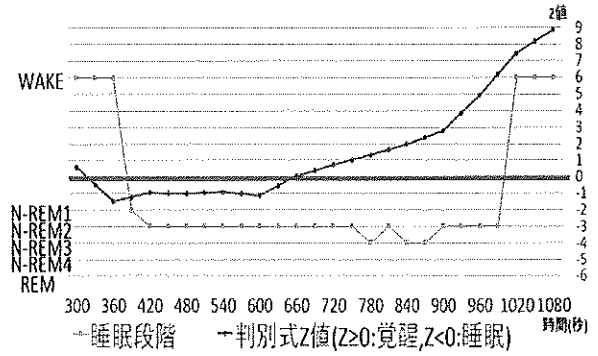


図 2　判別式を用いた睡眠検知と睡眠段階

[連絡先]
大竹　裕介 e-mail: otake-yusuke@ed.tmu.ac.jp

B3-3

指屈曲モード選択可能な指機構の開発

○山崎伶*, 深谷直樹**
*東京都立産業技術高等専門学校

Development of finger mechanism that can select finger flexion mode

Ray YAMAZAKI*, Naoki FUKAYA**
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

人間の手は日常生活を送る上で多様な動作をすることが可能である. 例えば卓上のペンをつまむ, 消しゴムを掴むなどの把持動作は日常の中で多く用いられ, その日常生活動作(ADL)の中につまみ把持がある. このつまみ把持には MP 関節のみ屈曲する指頭つまみ把持, MP, PIP, DIP 関節全てが屈曲する指尖つまみ把持の 2 つがあり, どちらも主として示指と拇指とが適切に対向することが必要である. これらの動作を MP 関節屈曲と PIP, DIP 関節屈曲の 2 つに切り分けて考えると, 指頭つまみ把持は前者, 指尖つまみ把持は双方の組み合わせで機能することがわかる. 双方を使い分けることは, 人の手の器用さを具現化する上で重要である.

しかしながら我々が開発してきた電動義手 (F-hand) は 1 つのアクチュエータで 5 指全てを同時に開閉する機構の要因により上記の双方が個々で制御できず, 卓上からの簡易的なつまみ把持, 指尖つまみができないという課題があった[1]. また F-hand を実際に電動義手として使用する場合, 人間に近いつまみ把持動作であればユーザー側も簡易的に対象物を把持することが可能となり, 利用者にとっても好ましい特性となる.

よって本研究では任意の指屈曲姿勢となるモード選択可能な指構造の開発を目的とする. 本報告では卓上物のつまみ把持, 指尖つまみ把持機能について実験を行った結果を示す.

2. F-hand の現状と具体的な課題

先行研究で F-hand は馴染み機構と協調リンク機構と呼称される機構により対象物に馴染む電動義手で 1 つのアクチュエータのみで把持することが可能である (図 1, 図 2). 馴染み機構は対象物に対し受動的に動作するリンク機構である. これは人間の指が原動節を牽引することによって対象物に受動的に馴染む特徴を模している. また, 協調リンク機構は各指で力のバランスを取り続けることで 1 つのアクチュエータにより 5 指全てを同時に屈曲, 伸展することを可能にする機構である. このような対象物になじむ機構を搭載した義手によって多くの ADL を行うことが可能となり, 3D プリンタにより造形した義手の開発も行われてきた[2].

この F-hand の馴染み機構は理論的に MP 関節から屈曲し, 基節骨もしくは中節骨に対象物が接触すると, 受動的に PIP, DIP 関節も屈曲する仕組みである. しかしながら実際には各指が毎回同じ屈曲の仕方をするわけではない (図 3). これは 1 つのアクチュエータでの入力により, 各指の基節骨のばねの長さ, MP 関節部のボールジョイントによるねじれ, リンクの摩擦などの様々な要因によるものである. そのため基節骨, 中節骨に対象物が接触する前に PIP, DIP 関節が屈曲することがある. また, 各指リンクの牽引のしやすさが異なれば, 協調リンクによりさらに指屈曲の仕方が毎回まばらになる.

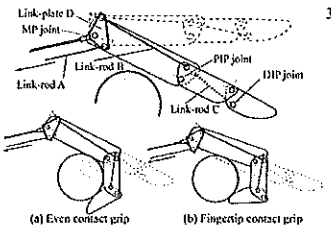


図 1 なじみ機構

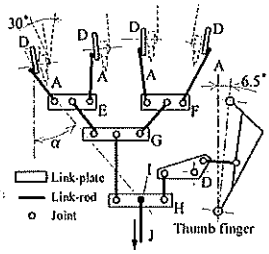


図 2 協調リンク

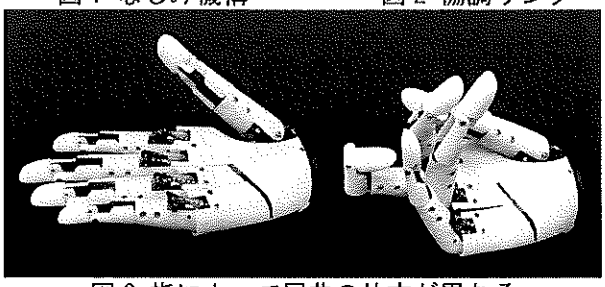


図 3 指によって屈曲の仕方が異なる

このことから, 示指と拇指の適切な対向, 対象物に対する指先の優先的接触ができず, 卓上からのつまみ把持, 指尖つまみできないという課題があった. そこで F-hand の馴染み機構を参考に DIP, PIP 関節と MP 関節の屈曲動作を分けることにより, 高度なつまみ把持を可能とする機構の開発を目指す.

3. 指機構について

3.1 指機構の牽引方向

まず本研究では F-hand の MP 関節部の三角のプレートの部品をなくし, 半月状の部品にした (図 4). これは MP 関節と DIP, PIP 関節を別々もしくは同時に屈曲させた場合に牽引する方向が変わらないようにするためである. 具体的には F-hand で MP 関節を伸展, DIP, PIP 関節を屈曲する場合, 基節骨を固定し三角プレートを牽引する必要があるが, 図でいう斜め右上方向から牽引しなければならない (図 5). 見映え上の問題で指の腹に平行な手のひら方向に牽引して屈曲するのが理想的である. しかし F-hand

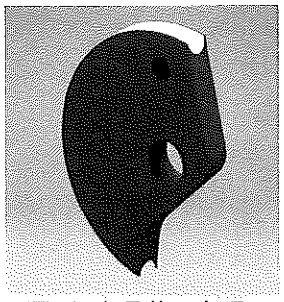


図 4 半月状の部品

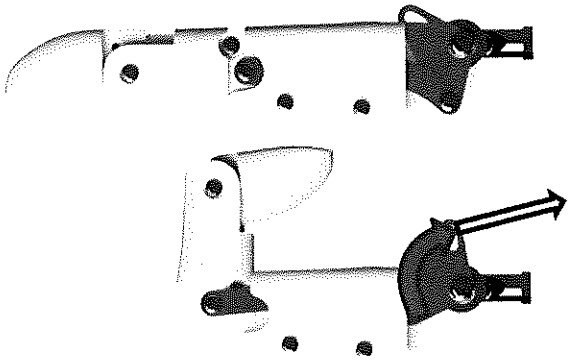


図 5 F-hand の伸展時, 屈曲時

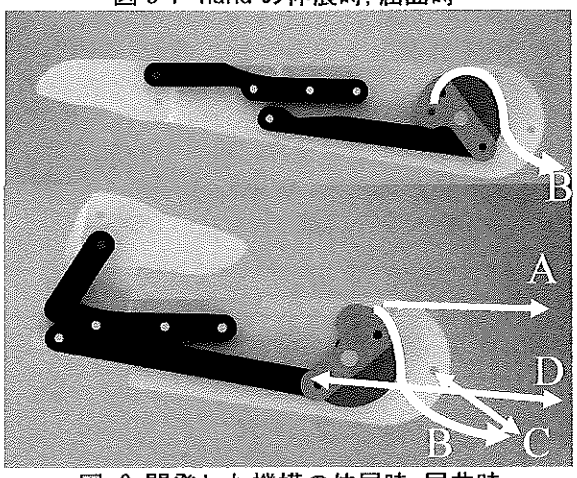


図 6 開発した機構の伸展時, 屈曲時

の馴染み機構はMP関節から優先的に屈曲するような設計がされているため, MP 関節が伸展状態にあるとき DIP, PIP 関節が屈曲することが考慮されていない. 本研究で開発した機構では半月状の部品の円周上にケーブルを這わせ牽引する方向を変わらぬようにした（図 6）.

3. 2 指屈曲モードとその仕組み

2 章で述べた DIP, PIP 関節と MP 関節の屈曲動作を能動的に行うことにより, F-hand の機構, 構造的な要因に依存せず指屈曲の仕方が予測可能になる. 具体的なモードとしては, DIP, PIP 関節の屈曲を行う指尖つまみモード, MP 関節の屈曲を行う指頭つまみモードにそれぞれ 1 つのアクチュエータを使用する.

つまみ把持では DIP, PIP 関節と MP 関節の屈曲動作を分け制御する必要がある. 図 6 に示すように A, B はケーブルで C, D はばねである. D のばねは指が伸展するために必要である. まず, 指頭つまみモードで A を牽引した場合, MP 関節のみが屈曲をする. 次に指尖つまみモードで B, C 牽引した場合には, C のばねにより基節骨が抑えられ, B の牽引により DIP, PIP 関節が屈曲する仕組みである. これら 2 つの屈曲モードを組み合わせ高度なつまみ把持を可能とする.

4. 実験結果, 考察

ADL で行う把持の中から, つまみ把持を中心としたいくつかの物体を取り上げる実験を行った. 今回把持の対象にした物は, マウス, 缶, ボールペン, ボールペンの芯, M2-5mm のビスである. 方法としては卓上からハンドを近づけ把持を行った.

実験結果は, 指尖つまみモードでマウス, 指頭つまみモードで缶の把持を行うことができた. このように異なった対象物をモード選択により把持することが可能である. また, 同じ対象物（ボールペン）でつまみ把持を行った場合, どちらのモードでも把持が可能であった. しかしながらボールペンの芯の場合, 指頭つまみモードではつまみ把持ができず, 指尖つまみモードのみでつまみ把持が可能であった. これは指頭つまみモードでつまみ把持を行った場合, 円筒の直径が小さく示指, 拇指, 机との間にわずかな隙間ができ, 把持できなかったと考えられる. つまり, 隙間よりも大きい対象物に関しては指頭つまみモードでのつまみ把持が可能であると考えられる. 最後に M2-5mm のビスのつまみ把持を行った. これも上記と同様に指尖つまみモードのみでつまみ把持が可能であった. F-hand の馴染み機構ではこのような極小さな対象物に対しての把持ができずにいたが, 屈曲モードを分けることにより, 指尖つまみモードで極小さな対象物を把持することが可能となった.

5. まとめと今後の課題

本研究では屈曲モードを分けることにより, 様々な対象物を卓上からつまみ把持することが可能となった. しかしながら, 今回開発したハンドは示指と拇指が対向した状態であったため, 適切に対立しつまみ把持を可能としていた. そのため今後は, 拇指内外転を加えた五指で高度なつまみ把持を目指す.

6. 文献

1) 深谷直樹, 和田博, 遠山茂樹, TUAT/Karlsruhe Humanoid Hand の拇指 MP 関節 2 自由度化, 日本ロボット学会第 30 回記念学術講演会講演論文集, 2O2-5(in DVD), 2012
2) 小笠原佑樹, 深谷直樹, 馴染み機構を用いた人型ハンドの開発, 日本機械学会 2016 年度年次大会, S1170502,2016

[連絡先]
山崎　伶
e-mail : m14352@g.metro-cit.ac.jp

B3-4

短時間の精神負荷作業におけるLF/HFの変化

○今井一斗*，栗原修平**，川澄正史*
*東京電機大学未来科学部情報メディア学科
**東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

Changes of LF/HF in the mental load work for a short time

Kazuto IMAI*, Shuhei KURIHARA**and Masashi KAWASUMI
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University,
**Information Systems and Multimedia Design,
Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

1. はじめに

近年，情報化の進展に伴い，日常生活における人々のストレス負荷が高まっており，厚生労働省の「労働者健康状況調査」によると，現在，仕事でストレスを感じる事柄のある者の割合は 60.9%となっている[1]．過度のストレスが長期間にわたって継続すると，自律神経系に変調をきたし，生活習慣病を引き起こすとも言われているため，早期にストレス軽減を図る必要がある．

また，厚生労働省の「技術革新と労働に関する実態調査結果の概況」によると，97%の事業所でコンピュータ機器を使用しており，VDT 作業で精神的疲労を感じている者の割合は 34.6%となっている[2]．VDT 作業時の精神的疲労は身体的疲労よりも自身での判断が難しい．そこで，本研究では短時間の VDT 作業でかかる精神的ストレスに着目し，短時間でストレス軽減を図る方法の考案を目的とする．

2. 研究概要

ストレス指標として，心拍データから得られる LF/HF が多く使用されている．心拍変動の LF 成分は交感神経と副交感神経の両方の活動を反映し，HF 成分は副交感神経の支配を受ける．LF/HF は LF を HF で除したものであり，交感神経と副交感神経のバランスを示す．先行研究では，LF/HF が大きい場合は交感神経活動が優位となり，LF/HF が小さい場合は副交感神経活動が優位になると述べている[3]．そのため，本研究では心拍センサ（WHS-2）を使用して計測・算出した LF/HF を生理的指標として使用する．また，主観的指標として 5 段階評価のアンケートを行い，その結果とあわせて考察を行う．短時間の精神負荷作業として仕事での環境を想定し，実際の事務作業で使用されている Excel 作業を行わせる．複数の休憩時のストレス変化を測定することで，どの休憩方法がストレス軽減に適しているかを考察する．

3. 安静姿勢の休憩における LF/HF 測定

3.1 実験概要

Excel 作業間に，目を閉じ座位姿勢をとった安静状態の姿勢（以下安静姿勢）で休憩した場合の効果を LF/HF の変動とアンケートの結果から考察する．被験者は健常な 20 代男性 6 名とし，心拍センサを装着させた状態で実験を行い，作業時の LF/HF の計測を行った．課題には，Excel の資格試験である MOS2013 の模擬試験問題を使用した．これは成果物を 1 から作り上げていく流れを解答させる問題となっているため，実際の事務作業を模した実験として適していると考え使用した．

15 分間の作業を 5 分間の休憩を挟み 2 回行い，実験時の状態と比較するために前後に安静時の状態を 5 分間測定する．実験の流れを図 1 に示す．休憩時は安静姿勢をとるように指示をした．アンケートは実験後に安静時，各 Excel 作業時，休憩時のストレスの感覚を 5 段階評価で行った．

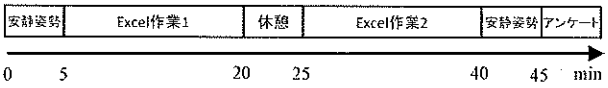


図 1　実験の流れ

3.2 全体についての結果と考察

被験者 6 名の LF/HF 平均値を図 2 に示す．Excel 作業 1（以下作業 1）に比べ，休憩時に LF/HF が上昇したため，安静姿勢の休憩ではストレス軽減効果がないことが示唆された．また，休憩後の Excel 作業 2（以下作業 2）ではさらに値が上昇したことから，安静姿勢の休憩がその後に与える LF/HF の低減効果はないことが示唆された．一方，作業 1 - 休憩間よりも休憩 - 作業 2 間の方が LF/HF の増減の差が小さいことから，ストレス量は軽減されたと考えられる．

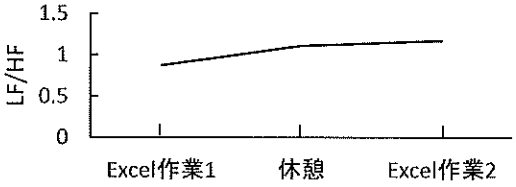


図 2　被験者 6 名の LF/HF 平均値の変化

3.3 群ごとの結果と考察

休憩時に LF/HF が減少し，作業 2 で再び LF/HF が上昇する α 群と，休憩時に LF/HF が上昇し，作

業 2 で再び LF/HF が減少する β 群に分け考察を行う．被験者 6 名のうち，α 群は被験者 A，D の 2 名であり，β 群は被験者 B，C，E，F の 4 名であった．各被験者の Excel 作業時，休憩時の LF/HF の変動を図 3 に示す．

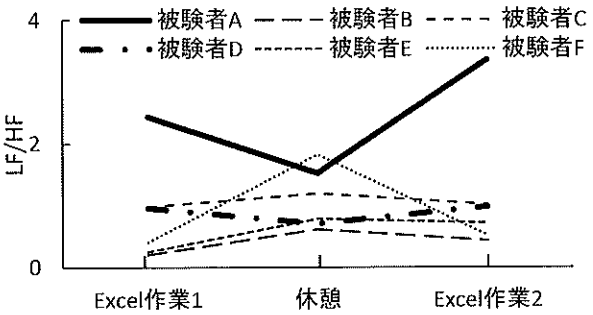


図 3　各被験者の LF/HF 変動

（1）α 群における結果と考察

α 群は休憩時に LF/HF が最も低い値を示したため，安静姿勢の休憩によるストレス軽減が示唆され，休憩後の作業時には再び値が上昇したことから，安静姿勢の休憩がその後に与える LF/HF の低減効果はないことが示唆された．LF/HF の増減は，休憩 - 作業 2 間の方が作業 1 - 休憩間よりも大きく，休憩時にはリラックスできても休憩後にはストレス量が休憩に入る時よりも増加するため，仕事をする上では適切でないと考えられる．特に被験者 A について，作業時に LF/HF が 2 以上の値を示したことから高いストレス状態にあると考えられ，アンケートにおいては休憩時に最もリラックスできたと回答し，LF/HF の結果と一致した．

（2）β 群における結果と考察

β 群は休憩時の LF/HF が最も高い値を示し，休憩後に減少したことから，安静姿勢の休憩ではストレスが減少せず，作業時の方がリラックスできていると考えられる．被験者 B，E，F について，アンケートでは作業 2 よりも休憩時の方がストレスを感じなかったと回答したが，LF/HF は逆の傾向を示したため，自身ではリラックスできたと感じていても実際にはストレス状態にある可能性があると考えられる．被験者 C，E について，「休憩時も次の作業のことを考えていた」という回答から，安静姿勢での休憩では考え事をしてしまい，ストレスが上昇したと考えられ，休憩時にリラックスするためには安静姿勢は適切でない可能性があると考えられる．LF/HF の増減は，休憩 - 作業 2 間の方が作業 1 - 休憩間よりも小さく，仕事における安静姿勢の休憩として適していると考えられる．

3.4 実験のまとめ

α 群と β 群の作業 1 - 休憩間，休憩 - 作業 2 間の LF/HF の増減の差から，仕事における安静姿勢の休憩としては β 群に効果的と考えられる．α 群では，安静姿勢の休憩はその後に与える影響としてはストレス量の増加が大きく，別の休憩方法が必要である可能性があるため，次の実験を行う．

4. スマホ操作の休憩における LF/HF 測定

4.1 実験概要

α 群である被験者 A，D について休憩時にスマホ操作をさせた場合の LF/HF の変動を測定した．スマホ操作の内容については，実際の事務作業を模したものにするため，指定は行わず，リラックスできる操作を行うよう指示した．

4.2 結果と考察

α 群の安静時とスマホ操作時の 2 種類の休憩方法による LF/HF 変動を図 4 に示す．結果として，スマホ操作による休憩がその後に与える影響としては安静姿勢の休憩時と逆の傾向を示した．スマホ操作時の休憩では LF/HF が休憩時に上昇し，作業 2 で作業 1 よりも下がっているため，休憩後に好影響と考えられる．

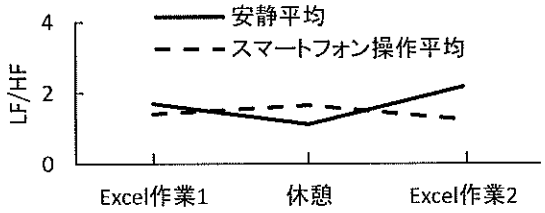


図 4　α 群の 2 種類の休憩方法による LF/HF

5. おわりに

今回の実験では休憩がその後に与える影響として，LF/HF の増減から，α 群は安静姿勢よりスマホ操作による休憩の方が仕事においてストレス軽減に適したものであると考えられ，β 群は安静姿勢の休憩で効果があることが示唆された．

今後は被験者数を増やし，群分けを継続し，休憩方法によるストレス軽減効果の違いについて考察する．また，厚生労働省によると，VDT 作業時間管理対策を行っている事業所のうち，「VDT 作業の途中に他の作業を組み込んだり，他の作業とのローテーションを実施している」という回答が 49%と多い．そのため，Excel 作業の間に他の作業を行った場合の LF/HF を測定し，その対策がストレス軽減に適したものであるかを検討する．

文献

1)厚生労働省：平成 24 年労働者健康状況調査，
available from<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/h24-46-50.html>, (accessed 2018-11-01).

2)厚生労働省：平成 20 年技術革新と労働に関する実態調査結果の概況，
available from<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/h24-46-50.html>, (accessed 2018-11-01).

3)足達義則：ストレスと精神的・肉体的疲労の関係の解析，情報科学リサーチジャーナル, v(22), pp.45-56, 2015.

[連絡先]
今井　一斗
e-mail：15fi016@ms.dendai.ac.jp

C2-1

VR 空間の現実感向上のための研究

○山口明人*, 吉武良治*
*芝浦工業大学　デザイン工学部　UX デザイン研究室
Research to improve the reality of VR space
Minto YAMAGUCHI* and Ryoji YOSHITAKE*
*UX Design Lab, College of Engineering and Design, Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

バーチャルリアリティ(VR)ツールの低価格化、普及によって手軽にVR空間を作成し体験できるようになったことから,これまで困難であった建築や空間,大型のプロダクトなどの評価が比較的容易になりつつある[1,2]. 一方で,両眼視差を利用した VR 空間は現実空間に比べ,奥行き感を狭く感じるという研究結果も報告されており[1],VRツールを評価に活用する際の信頼性が懸念される.

本研究は,VR 空間と現実空間での知覚の差に着目し,その要因と補正方法を調査, 検討することで,VR ツールをプロダクト等の評価に活用する際の有効性の向上を目的とする.

2. 実験①

2.1 実験内容

現実空間と VR 空間で,空間に対する奥行きの感じ方がどの程度異なるかを明らかにするために,現実空間と VR空間の比較評価実験を行った. まず,実験空間として奥行き 2880mm, 幅 3465mm, 高さ 2990mm の現実空間(図 1)を用意した。そしてその比較対象として現実空間と同じ寸法の VR 空間(図 2)と,現実空間と奥行きの長さだけが異なる 5 種類の VR 空間を Unity Technologies SF 社の Unity を使用して作成した.VR空間の奥行き条件を表 1に示す. この計 6 種類の VR 空間について,現実空間を基準とした際の奥行きの長さの評価を行った. 評価方法は基準の刺激(現実空間)を 100 としたときの実験刺激(VR 空間)の評価得点を申告するマグニチュード推定法を用いた. 実験参加者は, 20 代の大学生 5 名(男 3名, 女 2名)とし,実験参加者の床からの目の位置：座眼高を 1250mm に統一した. また, VR 装置及びゴーグルは HTC 社の VIVE を使用した.

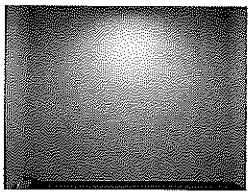


図 1　現実空間①

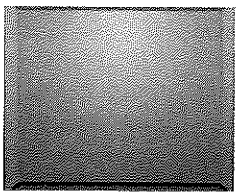


図 2　VR 空間①

表 1　VR 空間の奥行き条件

	奥行き（倍率）	奥行き（長さ）
現実空間①	1倍	2880mm
VR空間①	1倍	2880mm
VR空間②	1.1倍	3168mm
VR空間③	1.2倍	3456mm
VR空間④	1.3倍	3744mm
VR空間⑤	1.4倍	4032mm
VR空間⑥	1.5倍	4320mm

2.2 実験手順

実験は以下の手順で行った.

(1) 実験参加者に説明書(実験の内容・実験手順の概要を記述)と確認書を提示し, 同意を得る.
(2) 実験空間に入り、空間内の椅子に座った状態で基準の刺激(現実空間①)を 15 秒間観察してもらう.
(3) 座った状態でヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着し, 比較対象の刺激(VR 空間①)を 15 秒間観察してもらう.
(4) HMD を外し, 比較対象刺激の評価点を申告してもらう. この時再度比較の刺激を見たいと申し出があった場合は再度提示した.
(5) (2)～(4)の流れを VR 空間②～⑥に対しても同様に行う.

2.3 実験結果

実験結果を表 2 に示す. VR 空間の奥行きは現実空間に対して 1.1 倍から 1.2 倍に設定すると現実空間と同じように知覚されることが分かった.

表 2　実験①結果

実験参加者	1	2	3	4	5
現実空間①	100	100	100	100	100
VR空間①	75	60	80	80	80
VR空間②	83	100	100	92	90
VR空間③	100	100	100	102	95
VR空間④	110	110	110	105	102
VR空間⑤	105	120	105	107	105
VR空間⑥	115	130	110	109	110

3. 実験②

3.1 実験内容

現実空間と VR 空間で，空間内に置かれた物体のサイズ感や物体までの距離感に差が存在するかを明らかにするために，現実空間と VR 空間の比較実験を行った．実験に用いた現実空間と実験器具は実験①と同一とした．空間内に置く物体は，木材とマスキングテープで作成した立方体とし，大きさは 150mm×150mm×150mm，色は白色とした．またこの立方体を VR 空間内でも同様のサイズで作成し，色は#FEFDF8FF とした．この物体を両空間内で実験参加者から 2000mm 離れた位置に置き，物体の向きは正面と斜めの 2 パターン用意した（図 3～6）．実験参加者は 20 代の大学生 5 名（男 3 名，女 2 名）とし，VR 空間内の物体の「高さ」「幅」「奥行き」，そして物体までの「距離」について評価を行った．評価方法は実験①と同様にマグニチュード推定法を用い，現実空間内の物体の大きさ，物体までの距離を 100 としたときの，VR 空間内の物体の大きさ，物体までの距離を評価した．

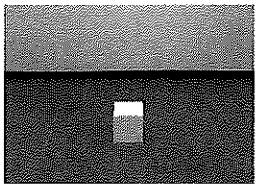


図 3　現実空間②

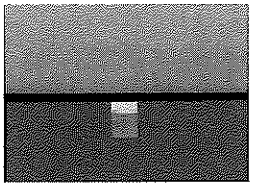


図 4　VR 空間⑦

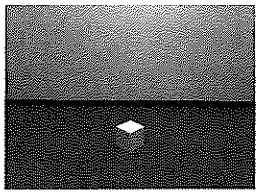


図 5　現実空間③

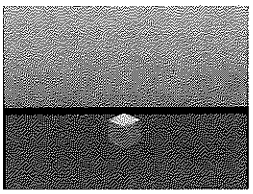


図 6　VR 空間⑧

3.2 実験手順

実験は以下の手順で行った．

(1)実験参加者に説明書（実験の内容・実験手順の概要を記述）と確認書を提示し，同意を得る．

(2)実験空間に入り，空間内の椅子に座った状態で基準の刺激（現実空間②）を 15 秒間観察してもらう．

(3)座った状態で HMD をつけ，比較対象の刺激（VR 空間⑦）を 15 秒間観察してもらう．

(4)HMD を取り，比較対象刺激の評価点を申告してもらう．この時再度比較の刺激を見たいと申し出があった場合は再度提示した．

(5)(2)～(4)の流れを，基準の刺激を現実空間③，比較の刺激を VR 空間⑧にした場合でも行った．

3.3 実験結果

実験結果を表 3～6 に示す．VR 空間上の物体は現実空間に比べてやや小さく知覚されることが分かった．物体までの距離に関しては，データがばらついており，明確な傾向が認められなかった．

表 3　実験②結果：幅

実験参加者	現実空間②	VR空間⑦	現実空間③	VR空間⑧
1	100	98	100	95
2	100	90	100	70
3	100	70	100	90
4	100	85	100	98
5	100	85	100	90

表 4　実験②結果：高さ

実験参加者	現実空間②	VR空間⑦	現実空間③	VR空間⑧
1	100	100	100	95
2	100	100	100	100
3	100	70	100	90
4	100	85	100	98
5	100	90	100	95

表 5　実験②結果：奥行き

実験参加者	現実空間②	VR空間⑦	現実空間③	VR空間⑧
1	100	98	100	95
2	100	70	100	70
3	100	90	100	90
4	100	103	100	95
5	100	95	100	95

表 6　実験②結果：物体までの距離

実験参加者	現実空間②	VR空間⑦	現実空間③	VR空間⑧
1	100	80	100	95
2	100	140	100	130
3	100	110	100	100
4	100	95	100	103
5	100	105	100	95

4. 考察

現実空間と VR 空間で距離感や大きさ感にずれが生じる理由については現在検討中であるが，VR 空間において自分の身体等の参照情報が得られないことがひとつの要因と思われる．

5. おわりに

これらの実験の結果をもとに，最終的には VR 空間と現実空間での知覚の差の補正値の規格化，知覚の差を補正できる方法の提案を行っていきたい．

6. 文献

1) 吉沢望他：バーチャルリアリティを用いた住環境呈示システムにおける実空間再現性の検討，日本建築学会計画系論文集 550,87-93,2001.

2) 松下寛，吉武良治：VR 空間における UX 評価の有効性～第 2 報：実空間での検討との比較実験～．人間工学 54(特別号)，1A1-2, 2018.

[連絡先]
やまぐち　みんと
e-mail：cy15241@shibaura-it.ac.jp

C2-2

VR 映像内の移動に則した下肢運動による VR 酔い軽減の検討

○村井克彦*, 萩原広太**, 川澄正史*
*東京電機大学未来科学部情報メディア学科
**東京電機大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

Investigation of reduction of VR sickness by movement of lower limbs in accordance with movement in VR image

Katsuhiko MURAI*,Kota HAGIWARA** and Masashi KAWASUMI*
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life,Tokyo Denki University
**Information Systems and Multimedia Design,
Graduate School of Science and Technology for Future Life,Tokyo Denki University

1. はじめに

VR 映像を観賞した際, 頭痛や吐き気, 眩暈などの症状が起きる場合があり, VR 酔いとして知られている. VR 映像は普及し始め, 家庭用ゲーム機などのゲーム産業や企業で設計, 製造, 作業支援などに利用されている. しかし, 観賞する時間に関わらず VR 酔いを引き起こす場合がある. 先行研究[1]では, 映像の精度が高いほど VR 酔いは軽減できると報告されている. また, 別の先行研究[2]では, 映像の加速度方向に前庭電気刺激を与え加速度感覚を提示するインタフェースを考案され, 加速度感覚の有効性を確認されている. 本研究では, 現実と VR 映像の差により体調が悪化すると考え, 観賞者の下肢に VR 映像の移動に則した刺激を与えることで, VR 酔いを軽減させるシステムを考案するための調査を行う.

2. 方法

2-1 使用機器・映像

本実験と予備実験では,VR 映像を観賞するために Windows MR ヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD と省略する）である DELL Visor を映像提示する. HMD は, 対角約 110deg, 片目あたりの画面サイズは 2.89inch, 実行解像度は片目あたり 1440×1440pixel, 時間周波数は 90Hz である. VR 映像内でカメラの移動を行うため Windows MR コントローラを用いる.PC は DELL NG55-8NLCLW を用いて,映像作成や VR 映像を出力する. LF/HF（交換神経の働きである LF を副交感神経の働きである HF で割った値でストレスの指標に用いられる）を測定するため, ユニオンツール社の心拍センサ myBeat（心拍周期計測のサンプリング周波数 1000Hz）とその計測アプリケーションを用いる. VR 映像は Unity 2018.2.2f1(64-bit)を用いて作成した一人称視点で映像内を移動可能な 3D ゲームを観賞し, 被験者の移動制限をするため 4 脚の椅子を用いる.

2-2 実験概要

刺激を下肢に与えることによる VR 酔い軽減の有効性を調べるため, 立位姿勢状態と模擬歩行状態の二つの条件を比較する. 立位姿勢状態は被験者を立位姿勢にし, VR 映像の移動で移動方向を変える場合のみ下肢を運動させるように教示する. 模擬歩行状態は被験者を立位姿勢にし, VR 映像に合わせその場で足踏みをするよう教示した. 被験者は HMD を装着し VR 映像を各条件で 10 分間観賞する. VR 映像はマップ内に存在する 2 つの建造物を見つけるため移動するよう教示する. また, 移動方向は前方のみに制限するため, 移動方向を変更する場合は移動方向に体を水平方向に回転させるよう教示する. VR 映像内の移動は右手の Windows MR モーションコントローラのサムスティックで行う. 現実の歩行による移動を制限するため椅子（幅 550mm, 高さ 770mm）4 脚を図 1 のように背もたれを近づけ配置し, その内側で VR 映像を観賞する. 観賞後に VR 酔いの主観評価で用いられている SSQ(Simulator Sickness Questionnaire)で身体と精神への影響を評価する.

実験の構成は, 被験者に心拍センサを左胸部に貼付し立位姿勢状態で VR 映像を観賞し, 観賞直後と実験開始から 20 分後に SSQ を行う. その後, 被験者が実験前の状態に回復するまで休憩する. 休憩後に模擬歩行状態で VR 映像を観賞し, 観賞直後と実験開始から 20 分後に SSQ を行う. 心拍センサのシステムの関係より, 計測が安定するのに 50 秒程要するため, 各実験の 2 分前から計測開始する. また, VR 映像観賞後の LF/HF を計測するため, VR 映像を 10 分間観賞した後に 8 分間心拍センサの計測を続ける.

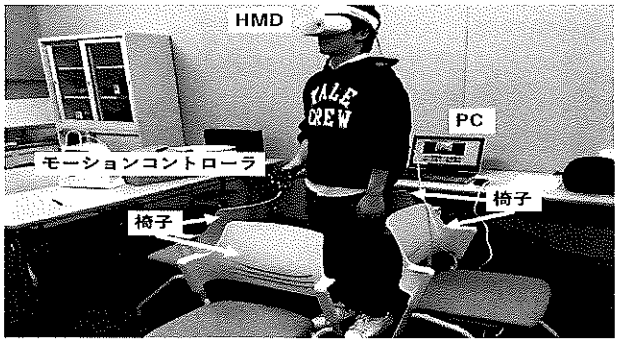


図 1.実験の概要図

2-3 実験の結果と考察

被験者は健常な学生 2 人で実験を行った. SSQ の各項目の主観的評価の得点結果を図 2, 図 3 に示す. 主観的評価の得点は Nausea の合計に係数 9.54, Oculomotor の合計に係数 7.58, Disorientation の合計

に係数 13.92，Total Score に係数 3.74 をかけて求める．SSQ の主観的評価の得点は高いほど各項目を強く感じ，Total Score が高いほど VR 酔いを強く感じていることを示すことができる．図 2 より，被験者 A は各項目と Total Score が立位姿勢状態実験直後より模擬歩行状態実験直後の得点が高い．また，図 3 より，被験者 B は立位姿勢状態実験直後より模擬歩行状態実験直後が 3.73 点低いが，得点の明確な減少は見られない．

各被験者の LF/HF を図 4，図 5 に示す．LF/HF は 2.0 未満が通常であり，2.0 以上は交感神経と副交感神経のバランスが悪化しストレスを感じている状態である．今回使用した心拍センサのシステムの関係より計測開始から 2 分未満の数値は使用しない．図 4 より，被験者 A は 2 分から 12 分の間で，立位姿勢状態は LF/HF が 2.0 を上回る時間があるが，模擬歩行状態は 2.0 を上回る時間が無く，VR 酔いの軽減が確認できる．また，図 5 より，被験者 B は 2 分から 12 分の間で，立位姿勢状態が模擬歩行状態より LF/HF が 2.0 を上回る時間が 8 秒減少しているが，明確な差は見られないため，VR 酔いの軽減は確認できない．

以上より，SSQ は各項目と TotalScore の被験者 A の得点は立位姿勢状態より模擬歩行状態が高く，VR 酔いの軽減の有効性は確認できない．また，LF/HF では被験者 A は模擬歩行状態で 2.0 を上回る時間が無く，下肢運動による VR 酔いの軽減の有効性が確認できる．これは，立位姿勢状態と模擬歩行状態は実施日が異なるため SSQ の評価が変化したと考えられる．また，被験者 A の LF/HF は VR 映像の観賞時より観賞後が高く，頻繁に 2.0 を上回るため，SSQ は立位姿勢状態と模擬歩行状態の 20 分後で比較すべきである．よって，立位姿勢状態 20 分後より模擬歩行状態 20 分後が TotalScore の得点が低く，VR 酔いの軽減が確認できる．また，被験者 B は立位姿勢状態と模擬歩行状態で SSQ と VR 観賞時の LF/HF に明確な差が見られない．しかし，立位姿勢状態は模擬歩行状態より 2 分から 20 分の間で，LF/HF の 2.0 を上回る時間は 127 秒多いため，VR 映像観賞時と観賞後を含めると VR 酔いの軽減が確認できる．

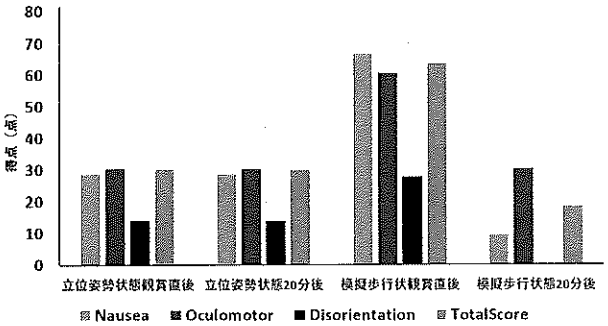


図 2.SSQ 各項目と TotalScore の平均点被験者 A

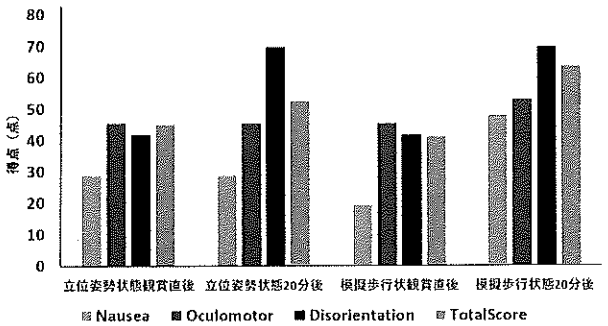


図 3. SSQ 各項目と TotalScore の平均点被験者 B

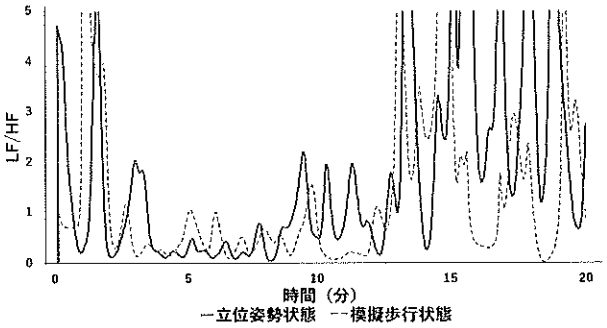


図 4.LF/HF 被験者 A

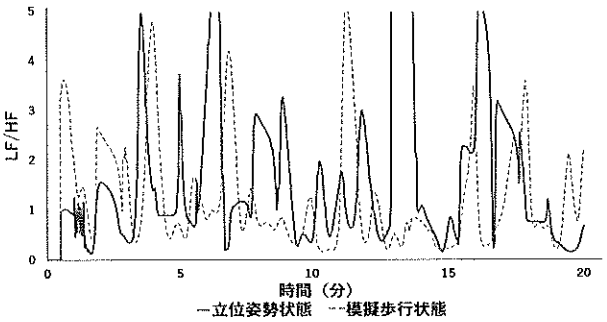


図 5.LF/HF 被験者 B

3. まとめ

本研究では，VR 映像内の移動に合わせその場で足踏みをすることによる下肢運動で VR 酔い軽減を検討した．VR 映像観賞直後の SSQ と LF/HF は明確な差が見られず VR 酔い軽減の有効性は確認できなかった．しかし，2 分から 20 分の間では LF/HF が 2.0 を上回る時間が減少し，下肢運動による VR 酔いの軽減が確認できた．今後，被験者数と計測回数を増やし，SSQ の各項目と TotalScore の平均値を求める．

参考文献

1)藤木卓，市村幸子，寺嶋浩介，小清水貴子，“VR コンテンツの精度が現実感と酔いに与える影響”，日本教育工学会論文誌,36(SuppL),p73-p76,2012.

2)安藤英由樹，渡邊淳司，前田太郎，“前提電気刺激を利用した平衡感覚インタフェース”，映像情報メディア学会誌,62 巻,6 号,p837-p840,2008.

[連絡先]
むらい　かつひこ
e-mail:15fi123@ms.dendai.ac.jp

C2-3

オープンキャンパス用適応騒音制御デモ装置の構築

○中村僚汰*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

Construction of an active-noise-control system for demonstration on campus open day.

Ryota NAKAMURA*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

適応騒音制御(Active Noise Control: ANC)は同振幅逆位相の信号を発生して特定の信号を打ち消す技術である．ANC は，内容の理解し易さや視覚的な分かりやすさから，受験生や外部の見学者向けにデモンストレーション実験を行っている．研究室など暗騒音が 50 dB 程度の静かな環境では消音を確認できるが，オープンキャンパス会場では参加者が多く，様々な声が混入してしまうため暗騒音が 75 dB の騒がしい環境では ANC による消音の状況が観察できない．鈴木らはダクトを用いた ANC 実験を行っているが，実験環境に存在する騒音環境について考慮していない[1]．

本研究の目的は，暗騒音が 50 dB だけでなく 75 dB 程度の騒がしい実験環境において，消音効果が観察できる適応騒音制御デモ装置の構築である．

2. デモ用 ANC 装置の構築

2.1 デモ用 ANC 装置の原理

暗騒音の音圧レベルが 75 dB の実験環境において，適切な実験結果が得られない原因は，音響管内へ暗騒音が混入すること，打消スピーカの出力音圧が小さいことである．図 1 に ANC 実験装置の構成を示す．

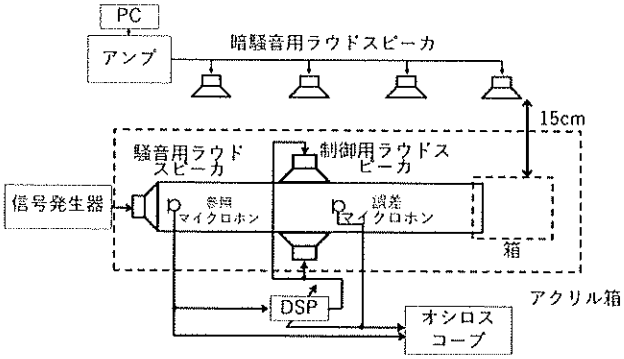


図 1　ANC 実験デモ装置構成図

装置全体を暗騒音から守るために，製作した装置を透明なアクリル箱で覆う．また，制御用スピーカの合計出力音圧を大きくするために制御用スピーカを 2 個設置する．さらに，見学者が装置の構成を観察可能にするために音響管を透明なアクリル板で製作する．

実験の達成目標は騒音環境において，オシロスコープの画面にて ANC の様子が確認できることである．また評価指標である参照信号と誤差信号の騒音低減量が 10 dB になることを目指す．

2.2 Filtered-x NLMS アルゴリズム

適応フィルタで多く用いられている信号処理アルゴリズムは LMS アルゴリズムである．原理は再急降下法を，演算量の削減のため簡易化した方法である．LMS アルゴリズムのフィルタ係数 $\boldsymbol{w}(n)$の更新式は以下のように与えられる．

$$\boldsymbol{w}(n+1) = \boldsymbol{w}(n) - \mu e(n)\boldsymbol{x}(n) \qquad (1)$$

ここで μ はステップサイズ $e(n)$は誤差信号 $x(n)$は参照信号である．収束条件が入力の電力に依存しないアルゴリズムが Filtered-x NLMS アルゴリズムである．

Filtered-x NLMS アルゴリズムのブロック図を図 2 にて示す。フィルタ係数の更新には、参照信号 $x(n)$に二次経路特性$\hat{c}(n)$を組み込んだ濾波参照信号 $\boldsymbol{r}(n)$を用いる．

$$\boldsymbol{r}(n) = \sum_{j=0}^{Nc-1} \hat{c}(j)\boldsymbol{r}(n-k-j) \qquad (2)$$

Filtered-x NLMS アルゴリズムのフィルタ係数 $\boldsymbol{h}(n)$の更新式は以下のように与えられる．

$$\boldsymbol{h}(n+1) = \boldsymbol{h}(n) - \frac{\alpha}{\|\boldsymbol{r}(n)\|^2+\beta} e(n)\boldsymbol{r}(n) \qquad (3)$$

ここで $e(n)$は誤差信号，$x(n)$は参照信号，α はステップゲイン，βは発散防止のための係数である．

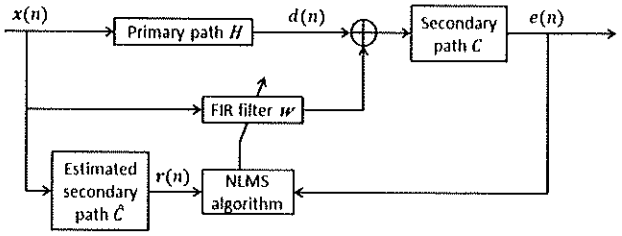


図 2　Filtered-x NLMS アルゴリズムのブロック

3. デモ用装置の ANC 実験

3.1 デモ用装置の ANC 実験条件

発振器から騒音用スピーカで騒音信号として，80 dB 程度の正弦波または中心周波数 500 Hz のオクターブバンドノイズを出力する．そのとき制御用スピーカの出力音圧は，音圧 80 dB とする．騒音用スピーカの前の参照マイクロホンと誤差マイクロホンで観測した騒音信号を基に，Digital Signal Processor: DSP (Texas Instruments 製 C6713 DSK)の適応フィルタで逆位相同振幅の信号を推定し，制御用スピーカから出力した．デモ装置の周囲の音圧レベルが 75 dB である騒音環境を再現するために，装置の周囲にスピーカ 4 個を等間隔に並べ，白色雑音を出力した．

DSP 駆動時のサンプリング周波数を fs = 48000 Hz とした．また二次経路特性$\hat{c}$はクロススペクト

ル法で，加算平均は 128 回行い求めた．FFT 分解能は 512 ポイント，窓関数はハミング窓を使用した．適応 FIR フィルタのタップ数を TAP= 500，二次経路特性$\hat{c}(n)$のタップ数を 330，ステップゲインを α=0.001，正規化係数を β=0.1 とした．

3.2 正弦波の騒音に対する ANC 実験結果

騒音環境と静音環境の場合で正弦波に対する ANC 実験を行った結果の音圧レベルの推移を図 3 に示す． ANC 開始直後の消音スピードは騒音環境と静音環境の場合で違いがなかった．しかし収束する音圧レベルは静音環境の場合の方が騒音環境の場合より 6 dB 小さかった．また騒音低減量は騒音環境で 33 dB となった．図 4 の波形を比較すると，ほとんど違いがなかった．以上の結果より消音効果をオシロスコープによって観察できた．

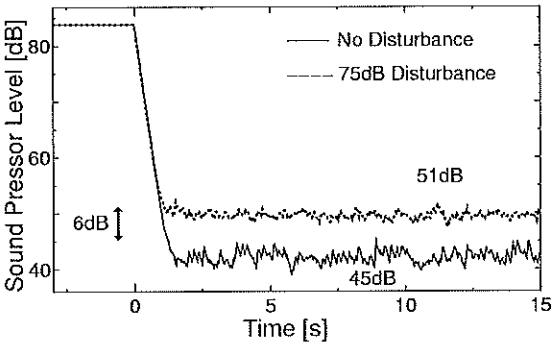


図 3　正弦波(250Hz)の音圧レベルの推移

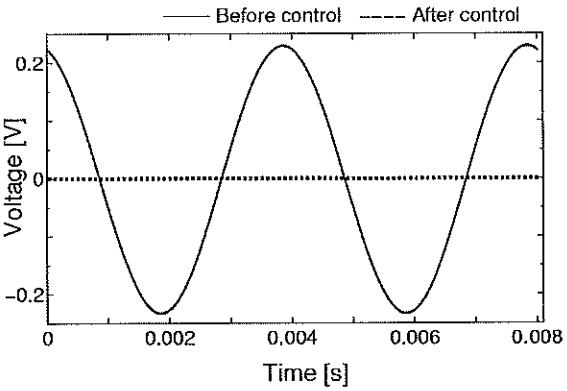


図 4a　正弦波の ANC 実験結果(静音環境)

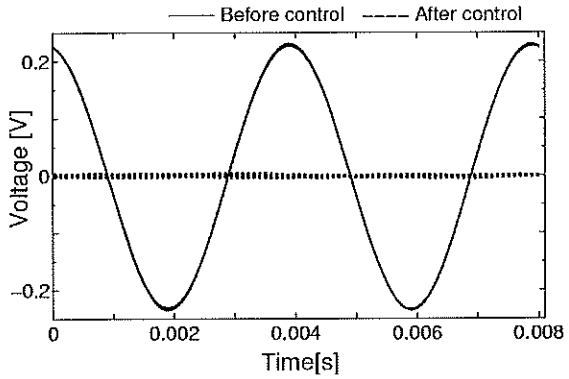


図 4b　正弦波の ANC 実験結果(騒音環境)

3.3 ホワイトノイズに対する ANC 実験結果

騒音環境と静音環境の場合でホワイトノイズに対する ANC 実験を行った結果の音圧レベルの推移を図 3 に示す．ANC 開始直後の消音スピードは騒音環境と静音環境の場合で違いがなかった．しかし収束する音圧レベルは静音環境の場合の方が騒音環境の場合より 3 dB 小さかった．また騒音低減量は 14 dB であったため，消音効果をオシロスコープによって観察できた．

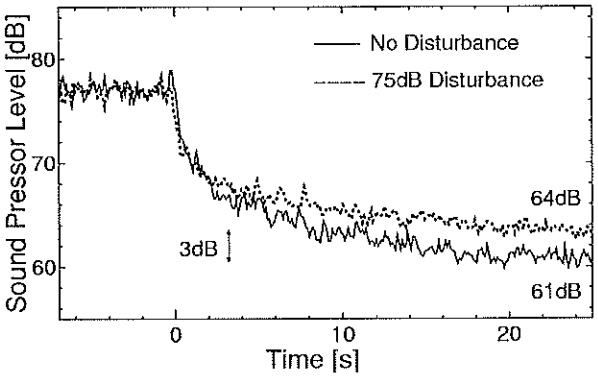


図 5　バンドノイズ(中心周波数 500Hz)の音圧レベル

4. むすび

本研究の目的は騒音環境において，ANC の様子がオシロスコープの画面にて確認できるオープンキャンパス用 ANC デモ装置の構築である．

オープンキャンパス用の ANC デモ装置を構築し，静音環境と騒音環境の場合で正弦波またはホワイトノイズに対して ANC を行った．その結果，騒音環境で消音効果をオシロスコープによって観察できた．

本デモ装置を構築することでオープンキャンパスの騒音環境で音響信号処理技術の紹介が可能になった．透明なアクリルカバーによる可視化と防音により DSP の処理による適応騒音制御を学べる教育効果が高いシステムを構築することができた．

5. 参考文献

1)鈴木，藤井，榎本：DSP を用いたダクトのアクティブ騒音制御，木更津工業高等専門学校紀要，第 28 号，pp.33-37，1994.
2)西村，宇佐川，伊勢，梶川：新版アクティブノイズコントロール，pp.144-152，コロナ社，2017.
3)三上直樹：C/C++によるディジタル信号処理入門，pp.145-151，CQ 出版社，2009.

[連絡先]
中村　僚汰
e-mail：af15065@shibaura-it.ac.jp

C2-4

騒音下で用いられる拡声器のための実時間音声加工システムの開発

○飯塚　優人*
法政大学理工学部*

Development of real-time speech processing system for the loudspeakers under noisy environments

Yuto IIZUKA*
*Faculty of Science and Engineering, Hosei University.

1. はじめに

聴覚機能は加齢に伴って劣化することが知られている．例えば，駅の構内アナウンスにおいて，列車の通過音などの騒音によって，構内アナウンスがマスクされ聞き取りにくくなる事がある．特に高齢者は若年者よりもその影響を受けやすい．この問題の解決策の１つとして，構内アナウンスの音量を上げるという方法があるが，これでは健聴者は不快に感じる可能性がある．

そこで既に補聴器などの分野で研究されている多帯域振幅圧縮処理を利用することで，当研究室では周囲騒音の分析結果に応じて目的音声の周波数帯域ごとに圧縮程度を決定するような既存システム[1), 2)]の実時間処理化を目指している．

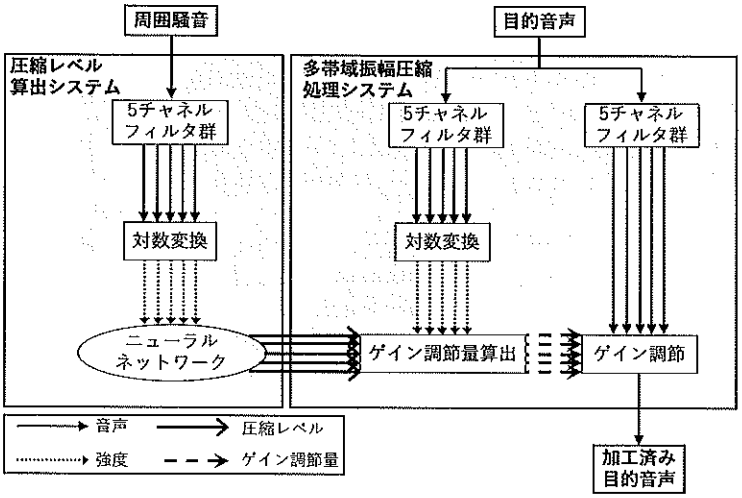


図１　実時間音声加工システムの概略図

2. システムについて

2.1 システムの概要

このシステムは，周囲騒音の分析結果によりどの周波数帯域をどの程度圧縮するかを自動で決定し，その圧縮レベルと目的音声の分析結果から，目的音声の多帯域振幅圧縮処理を行う．図１にシステムの概略図を示す．このシステムは大きく２つに分けることができる．１つ目はニューラルネットワークを利用した圧縮レベル算出システムであり，２つ目は多帯域振幅圧縮システムである．

2.2 ニューラルネットワークの使用

ニューラルネットワークとは，人間の脳内に存在する神経細胞（ニューロン）のつながりを人工ニューロンという数式的なモデルで表現したものである．ニューラルネットワークを使用することによって，理論的に導き出すのが難しい関数を求めることができ，かつ汎化能力も期待できる．今回用いるニューラルネットワークの構成を図２に示す．バックプロパゲーション法を用いて，入力層にトレーニングデータを与え，出力から出た値と教師データの差を小さくしていき重みを調整していった．そうすることで，入力に対して望ましい結果を出力するように学習さる．入力層と中間層には，バイアスニューロンを設けてある．また，0から１までのあらゆる中間的な値が出力されることを望んでいるため，シグモイド関数として

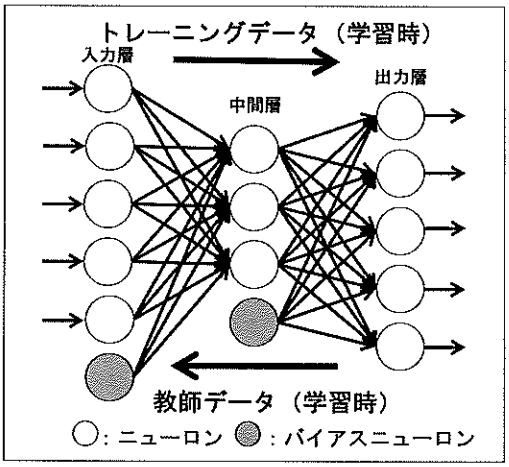


図２　ニューラルネットワークの構造

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-0.5x}}$$

を用いる．

2.3 教師データ作成実験

前述したニューラルネットワークを用いて，周囲騒音の分析結果に応じて適切な圧縮レベルを出力するために，予めニューラルネットワークに学習させる必要がある．そこで，被験者に騒音下で複数の単語を呈示し，全ての単語を聞き取ることができるまで，圧縮レベルを手動で調整させる．騒音の帯域毎の強度をトレーニングデータ，また実験より得られた騒音に対する目的音声の適切な圧縮レベルを教師データとする．

教師データ作成実験における被験者は，本来なら高齢者とすべきであるが，実験時は，被験者を長時間拘束することになる．従って，高齢者を被験者とするのは困難であるため，呈示する音声に，予め高齢者の聴覚機能の劣化を模擬するように加工し，若年者が被験者となることを可能にした．

2.4 圧縮レベル算出システム

このシステムは図 1 のように入力される周囲騒音をフィルタ群で 5 帯域に分け，対数レベルに変換する．フィルタは遮断周波数 350Hz のローパスフィルタと， 中心周波数 500Hz，1kHz，2kHz，4kHz の 4 つのバンドパスフィルタによって構成されている．また，対数レベルの変換式は，

$$10\log_{10} x^2$$

を使用する．この周囲騒音の分析結果を，学習済みニューラルネットワークに入力することで，その騒音下において適切な，目的音声の圧縮レベルを，図 1 における多帯域振幅圧縮処理システムへ出力するものである．

2.5 多帯域振幅圧縮処理システム [3)]

振幅圧縮とは，目的音声が周波数帯域分けされた時の，ある帯域における非圧縮の音声と圧縮を施した音声の入出力値を図 3 に示す．左の図は非圧縮の状態を示しており，入力に対する出力のダイナミックレンジは等しい．それに対して，右の図は入力に対し狭いダイナミックレンジで出力する．入力に対して，出力のダイナミックレンジを抑えることを振幅圧縮という．

このシステムは図 1 のように入力される目的音声を圧縮レベル算出システムで使用したフィルタと同様のフィルタで 5 帯域に分けた後，対数レベルに変換することで，帯域ごとの音圧レベルを推定する．続いて，目的音声の帯域毎の強度と，圧縮レベル算出システムから得られた圧縮レベルより，目的音声の帯域毎のゲイン調節量を算出する．ここで 5 帯域のある帯域 k における圧縮特性を図 4 に示す．横軸は入力の対数レベル，縦軸が出力の対数レベルである．図中の**X_min**は，過増幅を抑えるための閾値レベル，**X_max**は入力の最大レベルである．$\mathbf{complevel_k}$は周囲騒音の分析結果をもとに，圧縮レベル算出システムによって決定される可変圧縮レベルである．$\mathbf{X_k_in}$は目的音声の帯域毎の音圧レベルであり，これを$\mathbf{X_max - complevel_k}$のダイナミックレンジに抑えることで振幅圧縮処理を行っている．これを実現するために，入力信号を$\mathbf{G_k}$分増幅すればよく，**X_min**以上の入力レベル$\mathbf{X_k_in}$に対し所望の利得$\mathbf{G_k}$を求める．$\mathbf{G_k}$は

$$\mathbf{G_k} = \frac{\mathbf{X\_max - complevel_k}}{\mathbf{X\_max - X_k\_in}}(\mathbf{X_k\_in - X\_min}) - \mathbf{X_k\_in} + \mathbf{complevel_k}$$

で求められる．また，多帯域振幅圧縮処理システムには，5 帯域のフィルタ群と同じものがもう一組含まれている．これは目的音声を帯域毎に分けるために用いられる．帯域毎に分離された目的音声に対し，上述のゲイン調節量に基づくゲイン調節を行うことにより圧縮を施す．最後に圧縮された各帯域の信号を合成することにより，多帯域振幅圧縮された，適切な加工後の目的音声が得られる．

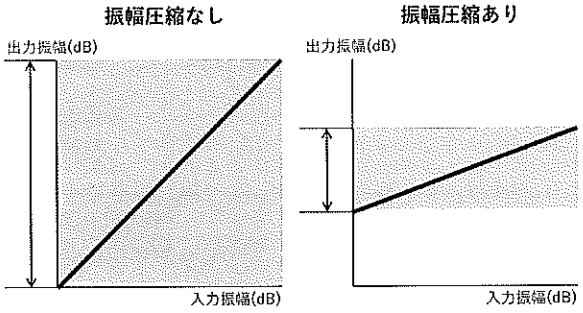


図 3　振幅圧縮によるダイナミックレンジの変化

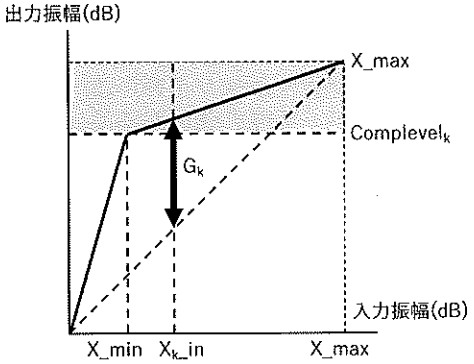


図 4　帯域 k における圧縮特性

3 今後の研究スケジュール

圧縮レベル算出システムにおけるニューラルネットワークに学習させるための教師データ作成実験を行う．その後，MATLAB を使用して，ニューラルネットワークのプログラムを作成し，トレーニングデータと作成した教師データを用いて学習させる．

参考文献

1) 鈴木郁,越智寛毅：“高齢者にとっての了解度改善を目的とした拡声器のための音声加工処理”, 人間工学, Vol40, No. 6, 289-301, 2004
2) 越智寛毅：“騒音下で用いられる拡声器のための音声加工システムについての実験的検討”,法政大学大学院工学研究科修士論文, 2001
3) 上田祐市, 阿川貴之, 青山正純, 渡邊亮：“合成フィルタによるデジタル補聴器のための振幅圧縮処理”, 電子情報通信学会論誌, Vol. J81-A, No. 12, 1728-1738, 1998

[連絡先]
飯塚　優人（いいづか　ゆうと）
e-mail：yuto.iizuka.4q@stu.hosei.ac.jp

C3-1

ピクトグラムを用いた一般用医薬品理解度向上のための基礎研究

○魚住咲希愛*，三林洋介*
*東京都立産業技術高専

A study on improvement of the understanding level for medical package insert the pictogram

Sakie Uozumi *, Yousuke Sanbayashi*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1．はじめに

2009年の薬事法改正によりOTC医薬品が普及し、セルフメディケーションの考え方も浸透してきている。軽度な身体の不調なら手軽に治療できるという利点があるが、薬効の強い医薬品は使用法を間違えるとかえって症状が悪化してしまう危険がある。私たちが医薬品の情報を得ることができる最も身近な手段として添付文書やパッケージに直接印字された文書が挙げられるが、限られたスペースに記載されている情報は決してわかりやすいとはいえず、文章量が多く読む気が失せる、意味が分かりづらいなどの声が挙げられている。
そこで公共施設や他の製品説明書等に活用されているピクトグラムを医薬品の添付文書に活用することで文章を読みやすく、読解効率理解度向上の一助とすることを考えた。

本研究では先行研究と予備実験で得られたデータを基に、医薬品添付文書におけるピクトグラムの有効性について探求していく。添付文書に求められる要素として、見やすさ、読みやすさ、分かりやすさとし、これらをピクトグラムの導入実験によって検証した。具体的には読解しやすさをアイトラッカーでの視線計測結果から、分かりやすさを口頭質問の結果から客観的評価を試みた。

2．実験方法

現有の医薬品添付文書を基に文書のみのものと独自に制作したピクトグラムを並記させ、各々、PC画面上に提示させて被験者に読んでもらう実験を行った。被験者は心身ともに健康な高専学生12名を無作為にA群（subjectA～D），B群（subject E～H），C群（subjectI～L）の3郡に分け、A群には、一定の条件を満たした実際の添付文書、B群には14種のピクトグラムを加えたものを提示した。また、C群には14種のピクトグラムに加え予備実験で意味を取り違えやすかったピクトグラムを4種加えたものも提示した。なお、B,C群には添付文書の提示前に、文書中に登場するピクトグラムを目視理解してもらった後にカード合わせを行い、ピクトグラムを事前によく認知、理解してもらえるように配慮した。実験中は弱い赤外線を角膜に照射することにより人の眼球運動を計測できる、Tobii社製アイトラッカーX2-30にて測定を行い、時間制限を設けず添付文書を見てもらった。また、提示後に理解度調査のための内容に関する20問の口頭質問を行った。なお、実験前後に自覚症状しらべを行うことで、本実験による疲労が影響しないよう配慮した。

図１．提示した添付文書の一例

3．実験結果と考察

図2は、添付文書読解直後に行った理解度調査結果全20問の平均正答率を表している。A群の平均正解数が13.3問、66.3%の理解度であったのに対してB群は平均正答数が16.8問、83.8%の理解度であった。ピクトグラムを添付文書に加えたことで平均17.5%の理解度向上が認められ、分散分析により、統計的有意差も認められた。

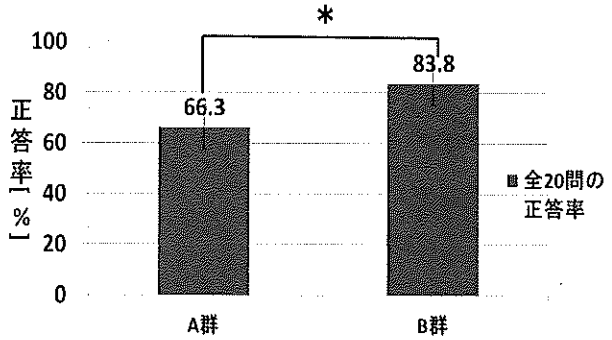


図２．ピクトグラムの有無による正答率の比較

さらに、C群の平均正答数は13.3問、66.3%の理解度であり、B群とC群を比較したところ、平均17.5%理解度が低下した。意味を取り違えやすいピクトグラムは理解度に影響を与えることもあることが推察される。

読解時間はA群と比較して、B群に平均13.3%の減少がみられ、C群に平均42.6%の減少がみられた。しかし個人差による影響により被験者間でばらつきが大きく、統計的有意差は認められなかった。図3に群別に求めた被験者の文書読解時間についてA群とB群を比較したものを示した。図から、読解時間はA群と比較してB群に平均41.9%の減少が見られ、またB群とC群を比較すると、C群にさらに平均34.4%の減少が認められ、A群との比較では平均61.9%の減少が認められた。これにより、ピクトグラムは読解効率向上にポジティブに影響すると考えられる。

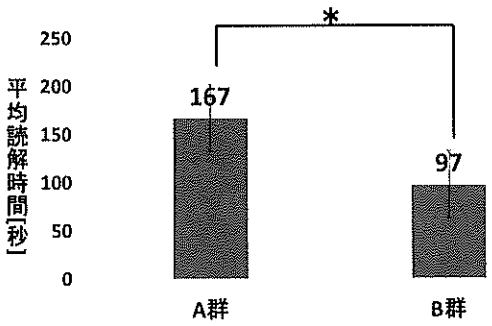
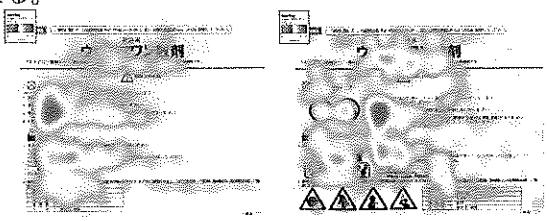


図3．ピクトの有無による平均読解時間の比較

図4は視線ヒートマップである。A群は記述された文章の文末まで読解する傾向となり、2枚目も文章があるところは読む傾向にあった。B群は文頭から半分程度までは読解するものの、文末にかけては注視点が到達していない結果となった。ピクトグラムと文章の内容が適合するか確認する視線移動軌跡が認められる被験者が多かった。ピクトグラムのあったB,C群で薬剤の説明文書をも読解する傾向にあったことは、実験前にピクトグラムとその意味を把握していたものの、その後の理解度を問う質問実施が影響したものと考えられる。文書内前半のしてはいけないことエリアのピクトグラムはよく見られていたが後半の相談することエリアのものには視線が集中しない結果となった。ピクトグラムを文書内の後半にかけてみなくなる傾向は、実験前に記憶したピクトグラムすべて表記されていることを察した影響であると考えられる。

ピクトグラムの存在により注視する箇所に変化があらわれ、文章への視線の集中が減少したことから、見やすさにポジティブな影響を与えたと考える。



(a)A群　　(b)B群

図4. 視線ヒートマップ

ピクトグラムを添付文書に取り入れることで見やすさ、読みやすさ、分かりやすさがある程度向上できた。しかし分かりやすい質の高いものでなければ理解度を下げてしまうことも確認できた。

4．まとめと今後の課題

医薬品添付文書にピクトグラムを加えることで文書の理解度ならびに読解効率を向上させることができることを実験研究を通して明らかにした。特に印字文字情報と同一の意味づけのピクトグラムを並記させることで文字読解時の注視特性が異なる。なお、意味づけが被験者により発散するピクトグラムを加えることで文書理解にネガティブな影響を与える場合があり、配慮も必要である。

今後、ピクトグラムの数を統一した上で質の異なるものを比較検討する必要がある。加えて標準化を目標とした質の高いピクトグラムの作成とアンケート調査による比較検討、解析ソフトウェアでの正確な視線停留時間計測やAOI分析による詳細な読解効率に関する解析を行うことが課題である。

参考文献

1) 八並真麻、鎌戸敦子、丸山順也、望月眞弓、土屋文人、三林洋介、ピクトグラムを用いた医薬品添付文書の理解度向上に関する研究、日本人間工学会関東支部第47回大会講演集 p14-15(2017)
2) 橋口正行氏、金子梨沙ら、一般用医薬品の添付文書理解度調査法の開発、日本医薬品情報学会医薬品情報学第14回第4号 p144-160(2013)

[連絡先]
東京都立産業技術高専医療福祉工学コース
三林研究室
〒116-8523 東京都荒川区南千住 8-17-1
魚住咲希愛
e-mail:m14225@g.metro-cit.ac.jp

C3-2

失語症者の外出先でのコミュニケーションを支援するアプリケーション開発

○名取知晃*，荻谷光晴*，高野倉雅人*
*神奈川大学工学部経営工学科

Application development to support communication of aphasic persons outside their home

Tomoaki NATORI*,Mitsuharu OGIYA*,Masato TAKANOKURA*
*Department of Industrial Engineering and Management,Faculty of Engineering,Kanagawa University

1. 研究背景と目的

失語症は脳血管障がいや，脳外傷によって発症する言語障がいである．知的障がいではないため，物事を考える能力は保持されるが，言葉を話す，聞く，読む，書くなど，コミュニケーションをとることが困難になるという特徴がある．人と接してコミュニケーションをとることが難しいため，発症する前と同じように生活をすることが困難になり，社会的な役割を失うことになる[1].

言語障がいは，身体的な障がいと違い，見た目では分かりにくく，理解されにくいという問題がある．また，失語症の世間での認知度は低く，症状の特徴を理解していない人が多いため，社会でのコミュニケーションをとることが難しいと感じている失語症者も多い．

認知度の低い失語症の障がい者を支援する上では，失語症の症状の特徴に関する知識がない人でも，患者とお互いにコミュニケーションをとれるような工夫と仕組みが必要であると考えた．

既存のシステムの問題点としては，アイコンと単語の種類が多く，選択するのに時間がかかる点や，タブレットの操作に慣れていない人にとっては操作が難しく，使いづらいという点があげられる．

多くのシチュエーションで使えるようにアイコンや機能の数を多くしすぎると，操作が複雑になり，使いこなすのが難しくなる．反対に，少なくしすぎると，使う場面も少なくなってしまう．

本研究では，言語障がいである失語症に関する，コミュニケーションを支援するスマートフォンアプリケーションの開発を行い，外出先でのコミュニケーションの不自由を低減させることを目的とする．

2. 日本失語症協議会でのインタビュー調査と失語症カフェでの調査

日本失語症協議会は，失語症者の福祉，医療の向上に関する活動や失語症者等に関する調査研究，広報活動などを行う，NPO 法人である．日本失語症協議会を訪問し，失語症者に関するインタビュー調査を行った．調査結果として，会話だけでコミュニケーションをとることが難しくても，会話の内容を文字に書き起こして読んだり，絵や図など，言語以外の情報を取り入れたりすることで，コミュニケーションでの理解が深まることが分かった．そのほかにも，数字や日時について考えることが難しくなるため，予定を決めるときには，カレンダーを使うことが重要であることや，失語症者が理解できなかった会話の内容を録音し，家族が協力して確認することで，理解することができるのではないかという声があった．

失語症カフェにも参加し，失語症者と実際に会話をした．失語症カフェとは，日本失語症協議会が定期的に開催しているイベントであり，失語症者や家族，失語症に関心のある人が集まり，自己紹介や現状の報告などを行い，失語症に関する理解を深める場である．

3. 方法

3.1 開発環境

本研究では，Android アプリ開発用の公式な統合開発環境である Android Studio を使い，アプリケーションの開発を行う．Android アプリケーションは Java 言語でプログラミングを行う．

3.2 アプリケーションのプロトタイプ制作

日本失語症協議会でのインタビュー調査で得られた調査結果をもとに，アプリケーションのプロトタイプを制作した．主な機能は 4 つあり，それぞれ，音声認識機能による音声の文字化機能，ボイスレコーダー機能，お絵描き機能，カレンダー機能とし，プロトタイプに実装した．

また，ユースケース分析を用いて，アプリケーションの具体的な機能を設計した．ユースケースとは，利用者がシステムを使い，何か目的を達成しようとするときに，利用者とシステムの双方の動きや関係を明確に表したものであり，使う人の目線でシステムの完成をイメージしやすくすることができる．

3.2.1 音声認識機能による音声の文字化機能

失語症の症状は人によって異なる．会話でのコミュニケーションが難しい人でも，その会話の内容を文字にして読むことで，理解が深まることがある．この機能では音声認識機能を使い，会話を文字化し，画面に表示させた．

この機能が利用されると考えられるシチュエーションは，ホテルなどでスタッフと会話をする際に，スタッフの話している内容が理解できないときに，スタッフの話している言葉を文字化し，失語症者が読むことで理解を深めることができるなどである．

3.2.2 ボイスレコーダー機能

外出先で失語症者が理解できないことを，ボイスレコーダーに保存することで，帰宅した際に，家族などがその内容を確認することができるようにした．

この機能が利用されると考えられるシチュエーションは，失語症者が一人で病院に行き，医師からの説明を受けるが，十分に理解できなかったときに，医師との会話や説明を録音して，家族が後から聞けるようにするなどである．

3.2.3 お絵描き機能

失語症は，考えていることを言葉にすることが困難になる．そのため言葉ではなく，絵を描いて伝える機能を作成した．

この機能が利用されると考えられるシチュエーションは，買い物で商品を探しており，欲しい商品が言葉として出てこない時に，絵を描くことで店員に伝えるなどである．

3.2.4 カレンダー機能

失語症者は，予定を組む際などに，会話だけだと，考えていることと異なる日程や曜日を言ってしまうことがある．カレンダーを実際に見ながら予定を組むことで，間違いや勘違いを減らすことができる．プロトタイプでは，カレンダーを見ながらスケジュールを組める機能を作成した．

この機能が利用されると考えられるシチュエーションは，病院などで次回の予約をする際に，カレンダーを使い，確認しながら予約するなどである．

4. 若い失語症者のつどいでの評価実験

若い失語症者のつどいとは，失語症カフェと同じように，失語症者が集まり，近況の報告や，テーマに沿って意見の発表などを行う場である．作成したアプリのプロトタイプを，参加した失語症者に使用してもらう予備実験を行い，改善点や，ほかに必要と考える機能などの意見を調査した．

プロトタイプを使った失語症者からは，失語症の特徴は理解されにくいため，会話はゆっくり話してほしいなど，自分のことを相手に伝える機能や工夫が必要であるという意見を得られた．また，文字だけでなく，イラストや地図，文字の読み上げなどで，情報の量を増やし，分かりやすくする工夫が必要という意見を得られた．具体的には自宅や，行き先を伝えるための地図機能や，自分で登録したスケジュールを音声で読み上げる機能などである．

そのほかにもプロトタイプの機能に対する細かい意見や，知り合った人の名簿を作成する機能がほしいなど，新しい機能に関する意見も得ることができた．

5. アプリケーションの改善

若い失語症者のつどいでの評価実験で得られた意見をもとに，アプリケーションの改善を行った（図 1）．現状の大きな改善点は，音声読み上げ機能とAndroidの内部ストレージを使ったデータの活用の 2 つである．

音声合成によるテキストの音声読み上げ機能は TTS(Text To Speech)とも呼ばれ，Android では，TTS クラスを使いプログラミングを行うことで実装することができる．カレンダー機能や，新しく実装した名簿機能で，TTS を実装し，スケジュールや名簿の内容を読み上げる機能を実装した．

また，アプリから内部ストレージへのデータの保存や，保存してあるデータをアプリで活用できるようにプログラムを作成した．これにより，お絵描き機能で描いた絵を，画像データとしてストレージに保存する機能や，保存した画像データをメールで送れる機能，名簿に写真を設定する機能などを実装した．

図 1　アプリケーションのプロトタイプ（左）と改善したアプリケーション（右）

6. 今後の課題

予備実験で得られた意見をもとに，現状のアプリケーションの機能の更なる改善や，地図表示機能などの新しい機能の実装を行う．また，12 月の若い失語症者のつどいで，改良したアプリケーションのユーザビリティ評価を行う．

7. 文献

1) NPO 法人全国失語症友の会連合会：失語症の人の生活のしづらさに関する調査，2013.

[連絡先]
なとり　ともあき
e-mail：r201504230rf@jindai.jp

C3-3

衣服の柄(がら)による視覚効果

○米倉裕加*，吉武良治*
*芝浦工業大学　デザイン工学部　UXデザイン研究室

Visual Effects on Patterned Clothes

Yuuka YONEKURA*and Ryoji YOSHITAKE*
* UX Design Lab, College of Engineering and Design, Shibaura Institute of Technology

1.背景・目的

近年、多くの女性が痩せ型体型を理想としている。細く見えるからという理由で黒い衣服やストライプ柄の衣服を選択し、衣服に錯視が起きるような柄を使用している事がよくある。先行研究[1,2]より錯視による着痩せ・着太りの効果があることは分かっているが、どの程度細くまたは、太く見えるのかについては明確にされていない。そこで本研究では、衣服の柄によって体型の見え方がどの程度変化するかを定量的に明らかにする事を目的とする。

2. 予備調査

衣服の着装に関する意識を調査するために10代から50代までの54名(男29名：女25名)にアンケート調査を行なった。その結果「衣服による着痩せ効果があるなら利用したいか」という質問に対して「利用したい」が48.1%、「興味ある」が40.7%と約9割が利用に関して積極的であることがわかった。

3. 実験

3.1 Tシャツに対しての視覚効果

ストライプ柄のTシャツとボーダー柄のTシャツに対しての視覚効果の確認を目的として大学4年生の女子2名、男子3名の計5名を対象に実験を行った。今回は９号体型のモデルを想定し、調査対象である上衣はモデルに適したMサイズを使用した。着用時のシワなども錯視に影響するため、基準となる白無地の上衣を着用した状態で提示画像を撮影し、これを基準としてAdobe社のPhotoshopで柄のある画像を製作した。25mm幅、40mm幅、55mm幅の縞を縦方向と横方向に配置した計6パターンの上衣を着用した画像と、比較基準用に白無地の上衣を着用した計７パターン用意した。図1に実験で使用した上衣の画像を示す。比較方法は図2のように基準である白無地の画像と、柄のある画像を左右に並べて提示し、柄のある画像が白無地の画像に比べて細く見えるか、同じに見えるか、太く見えるかを9段階で評価させた。回答方法は、図3に示す評定尺度を用いて2枚の写真を比較し、直感的に回答させた。

3.2 円柱に対しての視覚効果

ストライプ柄とボーダー柄の円柱に対しての視覚効果の確認を目的として実験を行った。直径100mm高さ200mmの円柱に対して、計10種類の柄

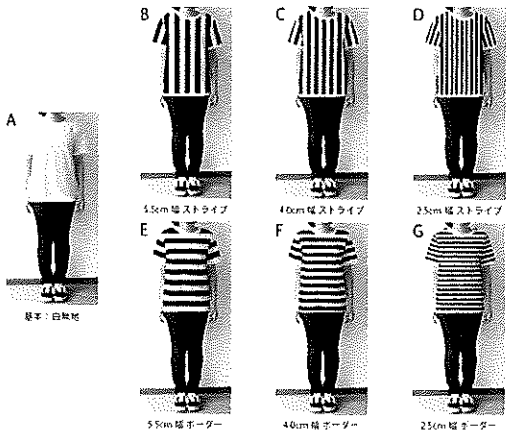


図 1. 柄比較調査用上衣

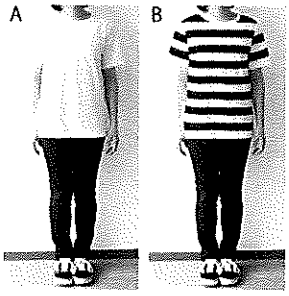


図 2. 柄比較調査用画像

図 3. 回答表評定尺度

を製作した。2.5mm幅、5mm幅、7.5mm幅、10mm幅、12.5mm幅の縞を縦方向と横方向に配置した計10パターンの円柱と、比較基準用に白無地の円柱を用意した。図4に実験で使用した画像を示す。比較方法は図5、図6に示すように基準である白無地の画像と、柄のある画像を左右に並べて提示し、柄のある画像が白無地の画像に比べて細く見えるか、同じに見えるか、太く見えるかを評価させた。回答方法は、5段階の評定尺度を用いて2枚の写真を比較し、直感的に回答させた。

3.3 定量化

ストライプ柄とボーダー柄の円柱に対して、白無地の円柱がどの程度細くまたは太く見えるのか定量化することを目的として実験を行った。前実験で使用した円柱を用いて、白無地の円柱の画像

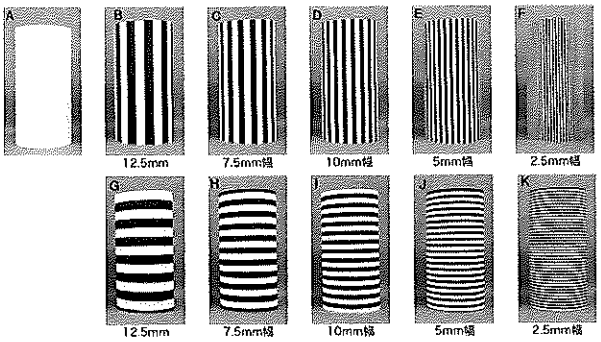


図 4. 柄比較調査用円柱

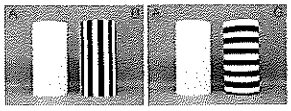


図 5. 柄比較調査画像 1

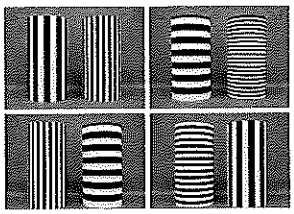


図 6. 柄比較調査画像 2

を Adobe 社の XD で 1px ずつ 20px まで画像加工により変化させ、評価刺激を作成した（図7）。実験方法は調整法を採用した。白無地の画像と柄のある画像を左右に並べて提示し、白無地の円柱の画像が左右のカーソルキーを押下することで幅が 1px ずつ変化する装置を準備した。評価者は左右のカーソルキーを用いて柄のある円柱と太さが同じに見える幅の条件を申告した。

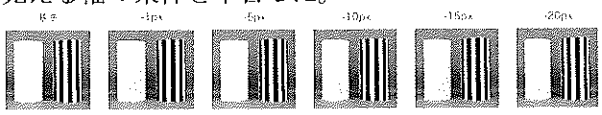


図 7. 柄比較調査用円柱

4. 結果・考察

4.1 T シャツに対しての視覚効果

ストライプ柄に関しては、B(55mm 幅),C(40mm 幅)が白無地に対して太く見え、D(25mm 幅)が白無地に対して細く見えた。ボーダー柄に関しては、E(55mm 幅) が白無地と同じに見え、F(40mm 幅)は白無地に対して細く見え、G(2.5mm 幅) は太く見えた。先行研究ではストライプ柄とボーダー柄のどちらも白無地に対して細く見えるという結果だった。しかし、今回の実験では白無地に対して細く見えたのは D(25mm 幅)、 F(40mm 幅)の 2 種類だけだった。原因として、モデルの背景が白であり、白無地の T シャツが背景と同化してしまった事などが考えられる。

4.2 円柱に対しての視覚効果

ストライプ柄に関しては、細いストライプは細く見え、太いストライプは太く見えることがあり、ボーダー柄は、全て白無地に対して太く見え、線の太いボーダーが太く見えるという結果となった。並べる順番を左右反転することによって見え方に差が生じた。T シャツに対しての視覚効果の確認の実験において、問題点であった背景色に関してはグレーに変更したことにより前回より錯視がはっきり現れた。比較するものが右にある場合と左にある場合では見え方に少し差が出ることがあった。原因として実験資料の撮影時の影や少しのずれが関係している可能性が考えられる。

4.3 定量化

今までの実験と同様白無地に対してストライプ柄が細く見え、ボーダー柄は太く見える。今回の実験から得られた結果を図 8 に示す。結果の概要は以下の通りであった。

・B , C , D , E は白無地に対して 2%細く見える
・G は白無地に対して 4%太く見える
・H , K は白無地に対して 6%太く見える
・F は白無地に対して 3%細く見える
・I , J は白無地に対して 5%太く見える

予想していた変化量に比べて小さい値となった。また、画像の引き伸ばしによって白無地の円柱のサイズを変えたことで見え方に差が生じたと考えられる。

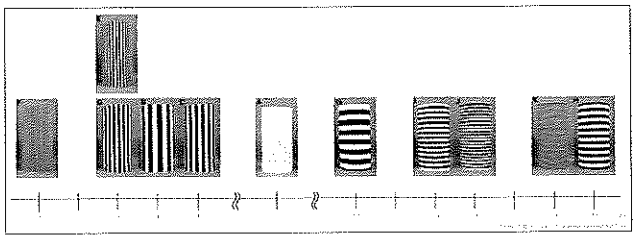


図 8. 実験結果

5. 今後の展望

今後はさらに明らかに差が生じる条件にて精度のよい定量化を目指す。円柱の撮影条件の向上、また 3D で刺激を作成し検証する予定である。さらに、筒のプロポーションや筒以外の形状にて効果があるものを探り、最終的に衣服の柄による体型の見え方を定量的に明らかにしたい。

6. 文献

1) 鈴木ちひろ，廣瀬直美，曇谷要：色彩および柄が着やせ・着太りに与える視覚効果, 和洋女子大学紀要, 第 50 集, 1-10, 2010.
2) 三木幹子，植木由香，池田並穂，本永恵理華：女子大生の体型と着想に対する意識と実態-女性と男性の理想体型とダイエット意識の比較-, 広島女子学院大学生活科学部紀要, 第 19 号, 1-15, 2012.

[連絡先]
よねくら　ゆうか
e-mail : cy15245@shibaura-it.ac.jp

C3-4

視線入力における注視時のブレの検討

○森田清志朗*，矢野智裕*，髙野裕貴*，佐藤彩夏*，大矢哲也*
*日本医療科学大学　保健医療学部　臨床工学科
Study of Gaze Stabilization for Eye-Gaze Input System
Kiyosiro MORITA*, Tomohiro YANO*, Hiroki TAKANO*,
Ayaka SATOH* and Tetsuya OHYA*
*Department of Clinical Engineering,
Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症などの重度肢体不自由者は残存機能である眼球運動を用いてコミュニケーションを行う [1]．また，眼球運動を画像解析し，視線入力を用いたコミュニケーションツールなども利用している．コミュニケーションツールなどは入力領域が大きいが，Word や Excel などのメニュー項目は非常に小さい．そのため，注視時に生じるブレにより入力が困難となる．

そこで本研究では，小さい入力領域に対して正確な入力を可能とするため，視線入力におけるブレの検討を行った．

2. 目的

メニュー項目などの小さい入力領域に対して正確に入力する場合には対象者のブレを測定する必要がある．そこで本稿ではブレ補正処理の検討を目的とするため，ブレがどの程度生じるかを測定した．

3.注視時のブレ測定

3-1. ブレ測定の実験方法

実験では上下左右の視線のブレに特徴があるかを確認するため，ディスプレイ上に 9 つの点を図 1 のように表示した．点の大きさは 20pixel であり，画面サイズは 1,024×640 である．9 つの点を 1 つずつ被験者に 3 秒間注視してもらった．1～9 点それぞれの注視を 1 セットとし，2 セットずつ行い視線の座標を測定した．なお，被験者には実験前に数回練習を行ってもらい，その後実験を行った．

本研究では各点のブレの大きさで評価した．視線計測装置には Tobii eye tracker 4C を使用した．検定には多重比較検定（Tukey 法）を用い 5%未満を有意水準とした．被験者は 20 代 6 名とした．また，倫理的配慮として事前に実験内容と注意事項を説明し，被験者の同意を得て実験を行った．

3-2. ブレ測定の実験結果

水平座標を x，垂直座標を y とし，1～9 点のブレの大きさを表 1 に示した．また各被験者のブレの大きさを表 2 に示した．

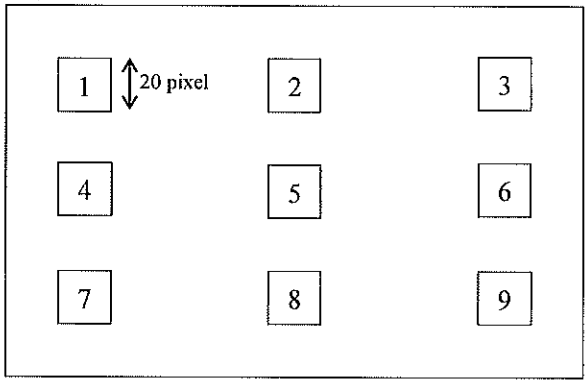


図 1　ブレ測定の実験画面

表 1　各点のブレの大きさ(標準偏差)

点の位置	x[pixel]	y[pixel]
1	7.45	10.47
2	6.30	10.43
3	7.06	8.16
4	6.47	11.88
5	7.02	12.76
6	6.53	10.50
7	9.60	9.12
8	12.48	11.71
9	12.97	13.27

表 2　各被験者のブレの大きさ(標準偏差)

被験者	x[pixel]	y[pixel]
A	5.93	7.59
B	5.45	5.95
C	8.11	9.79
D	15.72	14.67
E	8.82	22.36
F	7.25	6.31

表 I の x 軸と y 軸のブレの大きさを多重比較検定を行った結果，上下左右でブレの大きさに有意差は見られなかった．また，1～9 点のブレの平均は x 軸が 8.43，y 軸が 10.9 となった．各点ごとの x 軸と y 軸に対し t 検定を行った結果，有意差は見られなかった．

3-3. ブレ測定の考察

上下左右の点でブレの大きさに有意差は見られなかった．また，x 軸と y 軸のブレの大きさに有意差は見られなかった．このことから，注視位置によって上下左右，x 軸と y 軸のブレ補正はどの点も等しく処理することが可能であると考えられる．

4. 入力領域の違いによる入力精度

4-1. 入力領域の違いによる入力精度の実験方法

どの程度入力領域を大きくすれば入力可能であるかを確認するため，以下の実験を行った．

図 2 のように，ディスプレイ上部に 1～3 の数字をランダムに表示させた．その数字と同じ場所を注視し入力が確定されると，再びランダムに 1～3 までの数字を表示する．なお，本実験では対象を 1 秒間注視することで項目を入力することができる注視入力方式を用いた．実験は 30 秒間において何回入力可能か測定した．入力領域を 10pixel 刻みに 10pixel～80pixel までとし，それぞれの入力領域において 2 回測定を行った．なお，被験者には事前に数回練習を行ってもらい，その後実験を行った．検定には多重比較検定（Tukey 法）を用い 5%未満を有意水準とした．被験者は 20 代 6 名とした．また，倫理的配慮として事前に実験内容と注意事項を説明し，被験者の同意を得て実験を行った．

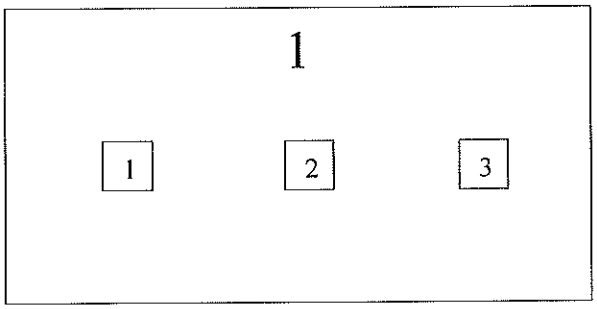


図 2 入力領域の違いによる入力精度の実験画面

4-2. 入力領域の違いによる入力精度の実験結果

平均判定回数を図 3 に示す．多重比較検定の結果，10pixel に対して 30 pixel～80 pixel に有意差が認められた．20 pixel に対して，40pixel～80pixel に有意差が認められた．30pixel に対しては，80pixel のみ有意差が認められた．

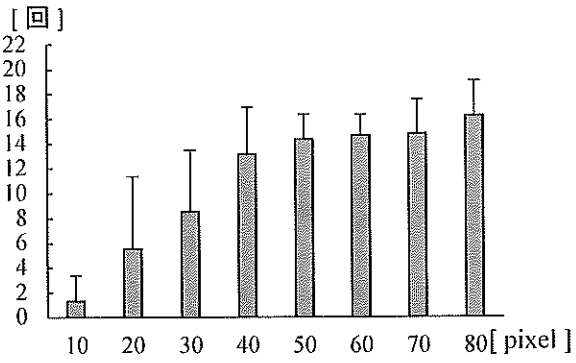


図 3 入力回数の結果

4-3. 入力領域の違いによる入力精度の考察

Word や Excel のメニュー項目の大きさは 20pixel 程度である．20pixel の判定回数は 5.5 回，40pixel の判定回数は 13 回であった．そのため，20pixel においても 40pixel の 13 回程度の判定回数になるような補正処理が必要である．また，40pixel とそれ以上の大きさに対しての平均判定回数に有意差は認められなかった．このことから，40pixel ほど大きさで良く，これ以上に大きくくしなくとも判定回数に変化がないと考えられる．

5. おわりに

本研究は小さい入力領域に対するブレの検討を行うため，上下左右のブレに特徴があるかを検討した．その結果，上下左右のブレに有意差はなく，また，水平方向および垂直方向においても有意差がないことが確認された．このことから，注視位置によって上下左右，水平方向および垂直方向のブレ補正はどの点も等しく処理することが可能である．また，どの程度入力領域を大きくすれば入力可能であるか確認を行った．その結果，40pixel 以上の大きさが必要であることが確認された．しかし，メニュー項目などは 20pixle 程度であるため，20pixle においても 40pixel 以上と同等の入力精度が求められる．よって，今後は小さな入力項目においても入力可能なブレ補正処理方法を検討する．

参考文献

1) 下り藤 菜穂子：生活支援障碍者福祉分野におけるアイトラッキング技術の応用：拡大する Tobii 視線入力ツールの応用分野，画像ラボ，27(9)，10-16，2016-09.

[連絡先]
森田　清志朗
e-mail：m155049@ooya-lab.main.jp

D3-1

転落防止センサーシステムを搭載した白杖の開発

―消費電力低減と小型化について―

○荒川泰成*
*法政大学理工学部創生科学科

Development of white cane for visual impaired with falling prevention sensor system
―Reduction of power consumption and volume―

Taisei ARAKAWA*
* Department of Advanced Sciences, School of Science and Engineering, Hosei University

1. はじめに

近年，視覚障がい者の階段や駅のホームからの転落事故が発生している．そこで，転落可能性のある段差を検知するセンサーシステムを搭載した視覚障がい者用白杖を作成する．その際，当研究室の転落防止センサーシステムの先行研究を引き継ぎ，本研究では先行研究の課題点であったセンサーシステムの消費電力低減と小型化の実現を目的とする．あわせて，白杖を振っている時に起こる振動によって，転落可能性を使用者に伝えるモーター振動がマスクされるという問題の解決も目的とする．

2. 転落防止センサーシステムの概要

2.1 センサーシステムの構造

センサーシステムを搭載した白杖の概要図を図1に示す．視覚障がい者用白杖に搭載した転落防止センサーシステムは，マイコンに距離センサーと角速度センサーを接続したセンサー部と，モーターを主とする持ち手のインタフェース部から構成されている．センサー部が周囲の段差を検知した場合，インターフェース部よりモーター振動で使用者に転落可能性を伝える．今回，先行研究で用いられていた赤外線距離センサーをレーザー光を使用した ToF 距離センサーに変更することでセンサー部の消費電力を低減と小型化を行う．また，センサーの出力値を処理するマイコンには，より小さく安価なものを使用する．

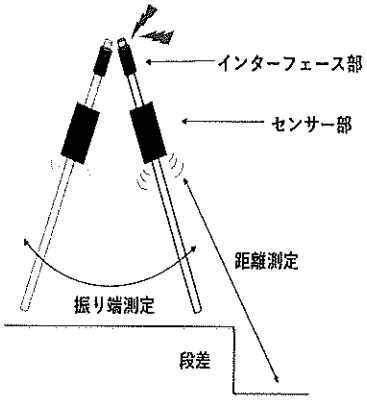


図1 センサーシステムを搭載した白杖の概要図

2.2 転落可能性判定方法

転落可能性のある段差の有無を判定する現行の処理内容は，角速度センサーの出力値から白杖の振り端を検出し，その時点における白杖センサー部と地面との距離測定結果が閾値を超えたかどうかで段差の有無判定を行っている．振り端の検出は白杖の振り端時点の角速度センサーの出力値が0(rad/sec)であると期待できることから，角速度センサーの出力値に正負の符合変化を検知した時点で振り端として検出している．

3. 試作機を用いた予備実験

段差判定および各センサー出力が正しく取得できているか検証するため，簡易的な試作機を作成し，100mm の段差の判定実験を行なった．試作機の全体図を図2に示す．距離センサーを白杖下端から 450mm 地点に水平固定し，白杖シャフトから 15° の角度をつけ白杖の左右に固定した．閾値決定の簡略図を図3に示す．

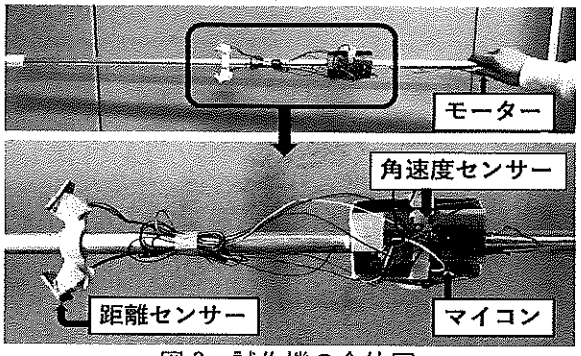


図2 試作機の全体図

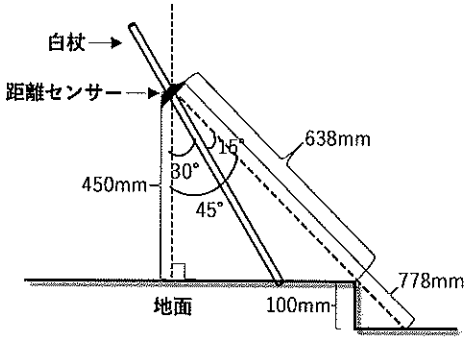


図3 閾値決定の簡略図

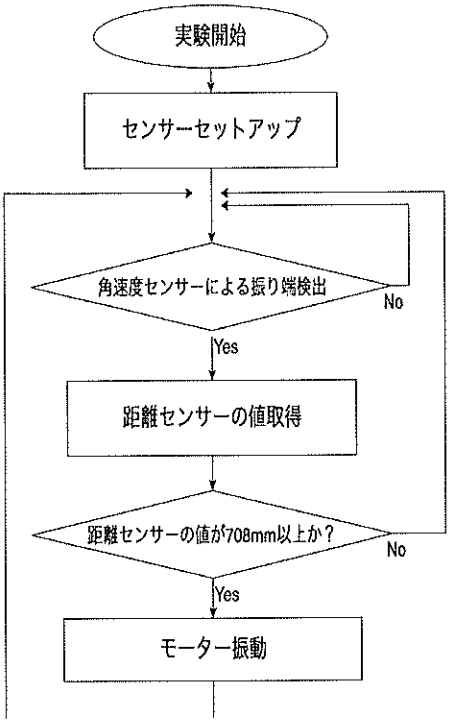


図 4 転落可能性判定アルゴリズムの簡略図

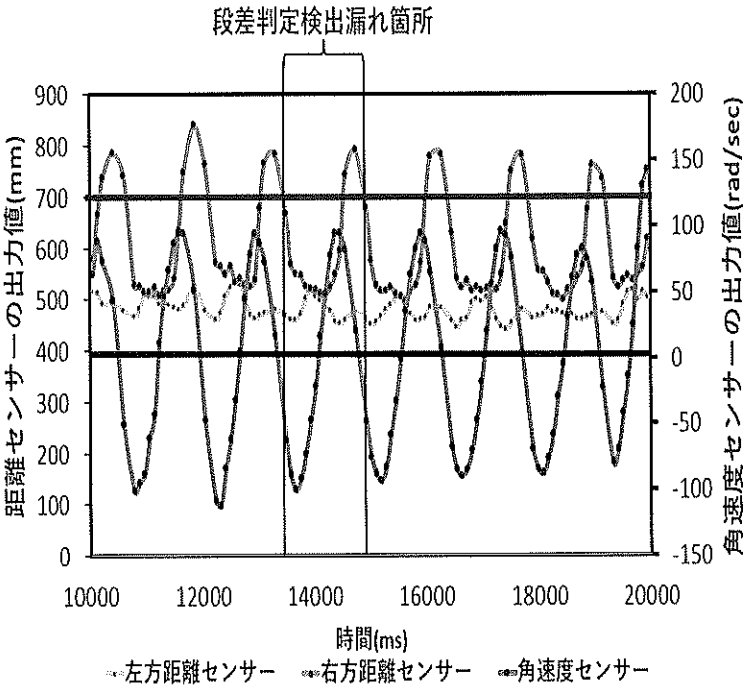


図 5 各センサーの出力と段差検出の結果

図３より，白杖の振り角を左右対称に 30° と仮定した時，閾値は地面の 638mm から下段面の 778mm の間で設定可能なので，今回の実験では中間値をとって 708mm に閾値を設定した．次に段差から左方に 300mm 離れた位置に立ち，白杖先端を地面から離さないスライドテクニック方法[2]で白杖を振り，センサーの出力値を確認した．本実験の段差判定アルゴリズムの簡略図を図４に示す．

4. 結果

距離センサーと角速度センサーの出力結果と段差判定結果を図５に示す．図５より右方の振り端において段差分の距離が測定されていることがわかった．しかし段差判定結果と比較したところ，振り端時点で距離が閾値を超えていても段差を検出できていないところが見つかった．

5. 考察と今後の課題

段差判定ができていない原因としては，角速度センサーで振り端を検出したものの，その後の距離を測定した時点で閾値を超えていない範囲に入ってしまっていることが考察された．今後の課題としては，振り端検出前の値も段差判定に使用できるようなアルゴリズムや，現在使用しているセンサー以外に加速度センサーを併用することで，より適切な閾値をリアルタイムで動的に設定できるアルゴリズムを検討し，プログラムを修正することが挙げられる．

そのほか白杖の使用感の改善や，段差の判定のアルゴリズムとプログラム修正を行う際に，試作機を用いた比較実験を行うことを予定している．比較実験方法は，白杖試作機を転落可能性のある道で，晴眼あるいはアイマスクをかけた状態の被験者に使用してもらい，その際の各センサーの出力値や段差の有無判定結果を，三次元位置計測器による座標計測結果と比較することを想定している．座標計測より被験者の歩行の所用時間や軌跡，白杖の傾きや加速度等の情報を取得する．なお実験後には白杖の使用感やモーター振動が適切であったか等の主観評価も取得する[1]予定である．

文献

1) 吉岡 学，清水 順市，木崎 秀臣，中尾 弘喜：視覚障害児専用の白杖の開発と評価，日本機械学会論文集，Vol. 82，No. 836，p1-7，2016

2) 人見 優，森 傑：視覚障害者の白杖の使い方と空間知覚に関する基礎的研究 −全盲者の歩行時における白杖の環境への走位の仕方に着目して− ，日本建築学会計画系論文集，No. 611，p75-82，2007

[連絡先]
荒川 泰成
e-mail：taisei.arakawa.3k@stu.hosei.ac.jp

D3-2

馴染み機構を有する在宅介護ロボットの開発

○渡辺悠太郎*，深谷直樹**
東京都立産業技術高等専門学校

Development of home care assisting robot with familiar mechanism

Yutaro WATANABE*, Naoki FUKAYA**
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1．はじめに

近年，進行する少子高齢化により，要介護者の割合は2000年の時点では218万人であったが，2016年には622万人と，約2.9倍にまで増加したが，在宅介護スタッフなどの数は要介護者の増加に追いついていないのが現状である．従って近年では介護ロボットの需要が高まってきている．しかし，現段階での介護ロボットは，単一作業しか行えず，人間の手が必要になることがあるので実用的ではないことが多い．また，要介護者から見ても，介護ロボットの見た目が人間とかけ離れていることにより，安全性に不安を感じてしまい，問題となっている[2]．

現在，我々は人の手の形状に近似した，未知形状物体を把持できるロボットハンド（F-Hand）を研究している．このハンドは協調リンクによりひとつのアクチュエータで五指すべてが物体に馴染むようになっており，馴染み機構（図1）と総称されている[3]．これにより物体の安全・安定な把持に加え，五指型による見た目の安心感や作業の多様性が期待できるため，在宅介護における上記の問題に貢献できると考えられる．

そこで本研究では，上記のロボットハンドを有した双腕ロボットを製作し，在宅介護を想定したときの飲料水の給与や毛布をたたむ等のタスクをロボットで試みることで，介護者・要介護者の負担を軽減し上記の問題の解決を図る．

2．ハンドの構造

F-Handにおける馴染み機構は，前述したように協調リンク機構（図1）と併用する．物体を把持する際，指が物体に接触するまでは指の根元（MP関節）がまず屈曲する．物体に接触するとそれに馴染むように第1，第2関節（DIP関節，PIP関節）が順に屈曲していく．そのため，指一本につき，一つのアクチュエータで動作可能である．また，協調リンクは手掌部に内蔵されており，物体把持時の各指間のバランスを取るための機構である．図1における，Link-rodJに入力が行われた場合，Link-plate E～HとともにLink-rodAは手首方向へ引かれることになる．そのため拇指を除いた4指は物体に沿っていき，拇指は4指の支えとなるため把持を行うことができる．そして，すべての指が物体に接触するまで，リンクは動作し続け，かつ指への接触圧が均一になるように自動的にバランスを取り続ける．この結果，本ハンドは力センサやタッチセンサなどが無くとも適切に力を分散し，一つのアクチュエータにより物体を安定して把持できる（図2）．

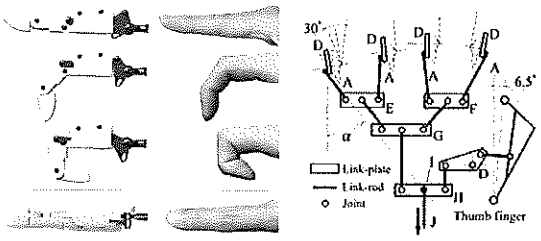


図1　馴染み機構（左）と強調リンク（右）

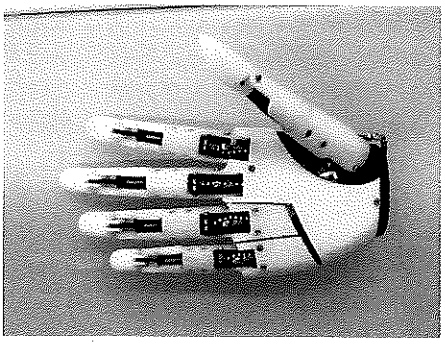


図2　馴染み機構を有するロボットハンド（F-Hand）

2．制御方法

今回製作する双腕ロボットはマスタースレーブ方式と呼ばれる制御方法を用いた．マスタースレーブとは，複数の機器が協調動作する際に，複数機器の制御・操作を司るマスター機と，マスター機の一方的な制御下で動作するスレーブ機に役割を分担する方式のことである．この方式を用いる利点として，マスター機とスレーブ機の構造を等しくした場合，スレーブ機はマスター機に追従した動きをするため，人間による直感的な操作性が期待できる．

そのため，関節部分にポテンションメータを付けた着脱可能な上半身ユニットをマスター機，関節部

分にサーボモーターを付けたロボットアームをスレーブ機としてそれぞれ製作を行った.制御に用いたマイコンはArduino MEGAであり,それぞれマスター機側用の送信基盤,ロボットアーム側用の受信基盤を製作した.今回用いたマスタースレーブ制御は,ポテンションメータの抵抗値をサーボモーターの回転角度に置き換え,比例制御するというものである.マスター機,スレーブ機間の通信にはシリアル通信法を用い,Xbee素子を使用することで有線通信,無線通信の両方を対応可能にした.

3．製作過程

本研究に当たり,ロボットのハード部分として製作が必要なものは大きく分けて,馴染み機構を有するロボットハンド,人間が操作するマスター機,操作されるロボットアームの3つである.マスター機の試作では,操縦者と同じ長さの右上腕部,右前腕部を製作し,関節部分にポテンションメータを付けることで,抵抗値の変化により関節の動きを検出した.ロボットアームには,マスター機のポテンションメータの位置と同じ箇所にサーボモーターを組み込み,無線通信によりポテンションメータの回転角度（抵抗値）に比例して駆動するようプログラミングを行った.これにより,マスター機を装着した操縦者が右腕を動かすと,遠隔操作でロボットアームが追従した動きをする.また,今回のマスター機における右上半身の各関節に用いたポテンションメータは計5つであり,それぞれ肩の前後開閉,肩の左右開閉,肘の屈曲,腕の軸方向のねじり,手首の屈曲・伸展を再現した（図3・図4）.また,操縦者の右手の指に曲げセンサを付けることで,指を曲げた際の抵抗値の変化に応じてF-Handの開閉動作を制御した.

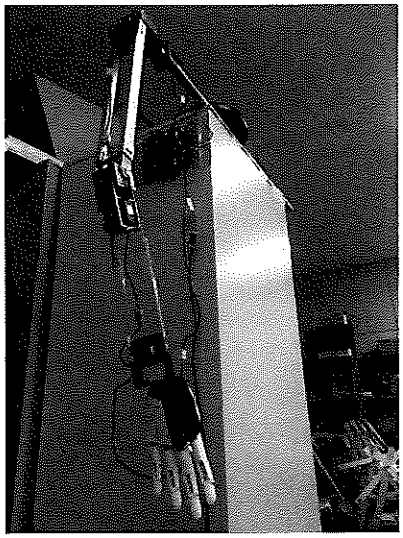


図3　製作したロボットアーム

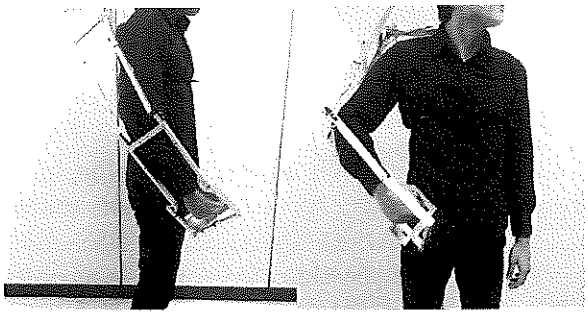


図4　製作したマスター機

3．実験結果と今後の展望

試作したマスター機を装着し,ロボットアームの手首部分にFハンドを実装して在宅介護を想定した駆動実験を行った.実装したF-Handで掴んだペットボトルやタオルを台の上に置くといった動作を直感的な操作で行うことができた（図5）.今後の課題として,アームの肩のアクチュエータを強化することや,左側のマスター機とスレーブ機を製作することなどが挙げられる.同時に,在宅介護を想定した身の回りのタスクをさらに効率よく本ロボットで行うことを目標に,卒業研究発表に向けて備えたい.

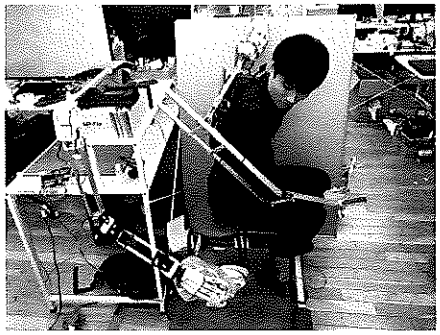


図5　掴んだタオルを台の上に置く様子

謝辞

この成果は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（ＮＥＤＯ）の助成事業の結果得られた.

4．参考文献

1）深谷　直樹　The TUAT/Karlsruhe Humanoid Hand

2）長谷川 真也　厚生労働省老健局　高齢者支援課高齢者介護における介護ロボットの 活用について（2015）

3）小笠原　佑樹 馴染み機構を有する動力義手の開発（2016）

[連絡先]
渡辺　悠太郎
e-mail: mi4361@g.metro-cit.ac.jp

D3-3

江の島のバリアフリー情報の提供に関する研究
―江ノ島の現状―

草柳龍一　小林大晃，中嶋優輝　久宗周二
神奈川大学工学部経営工学科人間工学研究室，

Research on the provision of barrier-free information for Enoshima
—Current status of Enoshima Island—

KUSAYANAGI RYUICHI KOBAYASI HIROOAKI NAAKASIMA YUUKI,
*Ergonomics Laboratory, Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering
Kanagawa University

1. 研究目的

神奈川県藤沢市は 2020 年の東京オリンピック・パラリンピックでヨット競技の開催地に決まり観光客増加が見込める．また，江の島は高低差がある独特の地形で車いすや障害のある方は観光をするのが難しくなっている．安心して誰もが行き来できる街へとするため，湘南バリアフリーセンターの協力のもと，車いすや障害のある多くの方が江の島を観光できるようバリアフリーマップを作成し情報を提供することを目的とする．

2. 研究方法

本研究では，江の島周辺のバリアフリーの現地調査をする．湘南バリアフリーセンターの協力のもと車いすの方の意見を聞きながら危険な場所，注意すべきことや改善すべき点を見出しそして，より分かりやすいバリアフリーマップを作成する．

2.1. バリアフリーの定義

湘南バリアフリーセンターより，バリアフリーとは何か，バリアフリーマップを作る意義，バリアフリーマップはどのように作ったらいいか，等を話し合った．

2.2. 江の島調査

江の島周辺のバリアフリー調査を行った．現在，江の島の名所として挙げられる江の島灯台に上がるまでの方法としてエスカーが挙げられる．しかし，車いすでは，エスカーを利用できない為登れない状況である．江の島灯台や江の島上部へ行くのが困難なため，ヨットハーバー周辺の高低差が緩やかなところで楽しむことのできるようなバリアフリーマップ作製に取り組む．

江の電，湘南モノレールから来た車いすの観光客の方は通常では図 1 に示す，スロープから江の島に行く方法が近道となる [1]．しかし，車いすの方と江の島を回った際に坂の傾斜が急なことと，砂利道が多く，車いすの利用が困難なことがわかった．

図 1 江の島へのスロープ

観光するときに必要な情報として，車いすではトイレの有無だと考える．その中で，車いすの方でも利用可能なトイレは 10 か所以上確認できた．

3. 結果及び考察

3.1. バリアフリーとは

湘南バリアフリーセンターでバリアフリーの研究をしている．同センターの榊原理事長は，バリアフリーとは，障害のある人が行きたいと思ったところに自分の体では十分に動き回ることができないため，「行けない」と考えてしまう，実際に足を運ぶ機会を失ってしまうことこそ「バリア」であり，このバリアを取り除き，行きたいと思ったところに行けると思わせることこそがバリアフリーでる．バリアフリーマップを作製する，障害のある人向けの観光ガイドのようなバリアフリーマップを作製すれば，より多くの人に役立つのではないかと述べていた．

3.2. 江の島の道の現地調査結果

江の島周辺の道では，上記で記載したが，江の電，湘南モノレールから来た場合多くの人が利用するスロープの危険性を示し，横断歩道による迂回ルートの提案を行うべきと考える．

しかし，迂回ルートの中に橋が含まれている．水はけをよくするために中央の部分から左右に下る構造となっている．また，橋に敷いてあるタイルが，車いすの走行の妨げになっている．
迂回ルートを利用する際は，この橋の傾斜やタイルの配置をあらかじめわかるような情報を載せる必

要がある.

3.3. トイレの現地調査結果

江の島周辺の車いす対応トイレは10か所以上確認できた．しかし，車いす対応トイレが設置されているが場所によって利用が難しいところがあった.

調査した結果,車いすでトイレを利用するうえで3つ注意しマップに載せる必要がある.

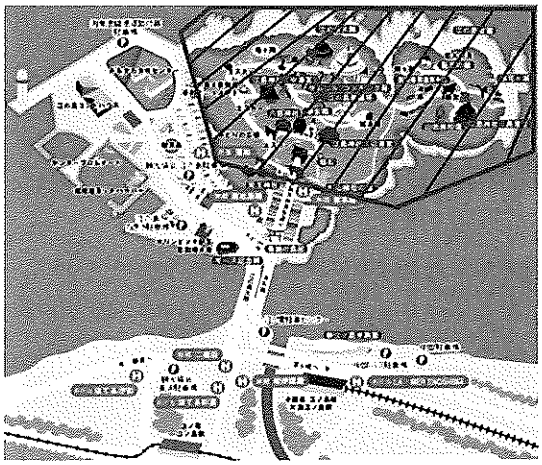
1つ目は，車いすの方は扉の重さである．江の島周辺のトイレは，手動引き戸のものを採用しており重みで閉まる仕組みとなっている．その為，一人利用する際に車いすがドアに挟まれる場合や開けるのが難しい場合がある．湘南バリアフリーセンターの,研究協力者である宍戸さんと調査した際に，重さを三段階に分類した.

2つ目は，入り口幅である． 車いすの幅は利用する方によって大きさが違う為，入り口幅の大きさを表示する.

3つ目は，ベビーシートの位置とトイレ横にある手すりの位置と形状である．ベビーシートが入り口のすぐ横にあると，ベビーシート利用後倒されたままでトイレを利用できない事がある．また，手すりは位置を利用者に合わせて，決められるタイプがあった．この手すりの多くは位置固定のバーが重く,利用する際難しいためマップに記載する.

3.4. バリアフリーマップ作製

湘南バリアフリーセンターとの話し合いの結果， 障害のある人が江の島を楽しく観光できる,観光マップに近いバリアフリーマップを作製することになった．しかし,全ての障害のある人向けのバリアフリーマップを作製することは困難であり，ある程度ターゲットを絞ったマップにしないとわかりにくく，バリアになってしまう箇所が出てきてしまう.そこで,本研究ではターゲットを車いす利用者に絞り，車いす利用者が安全で，楽しく江の島観光をできるようなマップを作製する計画である.



車いす利用者は実質，図2の弁財天仲見世通りより上の赤印区域は，現状観光が不可能である為，各種江の島の駅から，オリンピックを楽しむという側面や，海沿いの観光，海鮮などの食事をするということを重点にバリアフリーマップを作製する.[1]

図 3 トイレの入り口幅比較

障害のある人は利用できるトイレが限られているため，江の島周辺の利用可能なトイレをマップ上に示す．しかし，図3に示す通り，車いす対応用トイレは入り口幅から手すりの位置など多種多様にあり，車いすもサイズが違う為，トイレの位置だけをマップ上に示しても，上記に示したことが障害のある人にとってのバリアになってしまう．当初はトイレ内の写真をマップ上に示すことを考えたが，写真を載せるだけではわかりにくいので，トイレ内の動画を撮り，そのQRコードを発行し，マップ上に示すことにより，バリアを取り除く.

4. 結論

今回行った現地調査の結果，バリアフリーマップで取り上げる範囲を，車いす利用者が行動しやすい， 片瀬江の島駅・江の電江の島駅・湘南モノレール湘南江の島駅から江の島下部に絞り，観光マップの用途としても利用できるバリアフリーマップを作製する，また,湘南バリアフリーセンターとの情報共有の結果，ＱＲコードを取り入れたトイレ情報等，より扱いやすいバリアフリーマップの要素を組み込む.

オリンピックの影響もあり，観光需要がより増える江の島を，より多くの人が楽しめる様なバリアフリーマップの作製に取り掛かる.

7. 文献

1) 江の島片瀬旅館組合・：江ノ島 湘南 鎌倉観光ガイド,
http://www.cityfujisawa.ne.jp/~ryokan/e_map.html

[連絡先]
草柳龍一 e-mail：uw.tk-24-kr.t@docomo.ne.jp

D3-4

ヒトの指を模倣した動作を行うオリガミハンドの開発

○手塚 蒼太，深谷 直樹
東京都立産業技術高等専門学校

Development of the "Origami Hand" that imitates the movement of human fingers

souta TEZUKA， naoki FUKAYA
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

エンドエフェクタがどのような機能や性能を持っているかはロボットアームにとって重要であり，多くのグリッパーやロボットハンドが企業や研究者によって開発されている．しかし，それらのほとんどは，様々な形状の物体を把握するために複雑な制御を必要としている．また，現在開発されているロボットハンドの多くは金属部品を組み合わせて構成され，関節部分には軸と軸受けを用いたヒンジ機構を採用している．そのため金属の使いにくい場所では使用することができない．たとえば，宇宙などの高真空環境下でエンドエフェクタを使用する場合はベアリングなどの金属部品を真空に適合した材料を変更する必要がある．これは，設計の柔軟性を狭める要因となっている．また，食品工場や医療関係で使用する場合は，使用するたびに厳重な滅菌処理が必要となる．軸部品を採用すると全体の部品数が増加して，異物混入や一部が損傷した場合のメンテナンスに手間がかかってしまうという問題もある．

そこで本研究では簡易的な制御で直感的に操作可能で，樹脂や金属材料を必要としない安価な使い捨て可能なロボットハンド（オリガミハンド）を開発し，上記の問題の解決を試みる．軽量でメンテナンスが不要等の利点があるため，動力義手への適用も検討している．

2. 設計

研究室が開発している人の指を模倣した動作を行うことができるロボットハンド，F-hand の動作確認用として製作した馴染み機構を持つ指を参考に設計を行った（図１）．この指の機構を３ＤＣＡＤでデータに起こし，真横から見た際の軸から軸の距離を測定した．その値を使って元の指とほぼ同じ機構となるようにＣＡＤの２Ｄスケッチ上に展開図を設計した．２本指モデルと５本指モデルがあり，２本指モデルはＡ４用紙の大きさから２セット作ることができる．

3．製作

材料は水に強く強度の高い耐水紙を用い，切断にはレーザ加工機を使用している．まず，レーザの出力を低くした状態で折り線を入れる．次に，レーザの出力を高めて外周部分を切断する．最後に，切断されたパーツを折り線に沿って折り曲げ，必要であればのりしろを両面テープ等で接着して組み立てを行う．図２に組み立て過程（親指）を示す．拡大・縮小も設計図の倍率を変更することで容易に行うことができる．実際に，１/９倍縮小モデルを通常の半分の厚さの耐水紙で，４．５３倍拡大モデルをプラスチック段ボールで製作した（図３）．５本指モデルを製作する際はそれぞれの指の倍率を少しずつ変更し，ヒトの手の形状に近づけている（図４）．

動力義手への適用を視野に入れ，ハンドの直感的な操作を目的とした簡易的な入力装置の製作を行った（図５）．手を開閉させたときに生じる腕の太さの変化を圧力センサで読み取り，その値に応じてサーボモータを制御している．

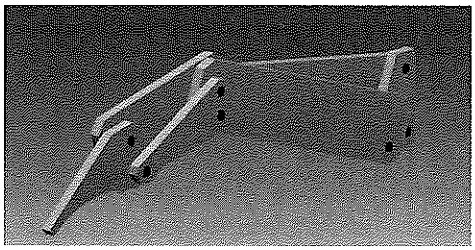


図１　F-hand と同様の構造を持つ指

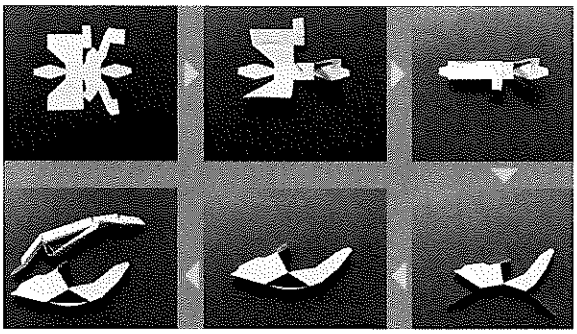


図２　組み立て過程

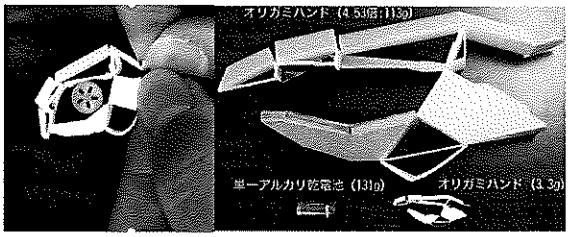


図３　縮小モデルと拡大モデル

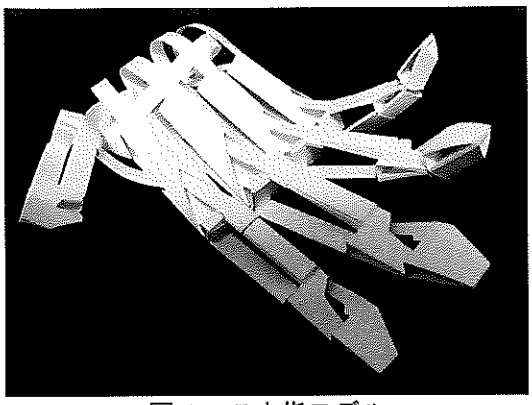


図４　５本指モデル

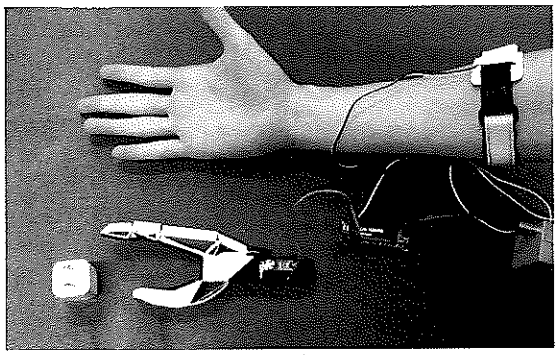


図５　２本指モデルと入力装置

４．構造

オリガミハンドの指は１枚のシート状のパーツを折り込むことで構成され，ヒンジ部分には軸と軸受けの代わりにシート状部品の折り目を用いている．指を真上から見たときに左右２段に分かれた構造にすることで，元の指のパーツが交差した部分を再現するとともに横向きの力への強度を高めている．また，力がかかりやすい部分は折り目をつけると強くなるという紙の性質を利用して補強している．重量は２本指モデルで約 3.3g となっている．親指部分には板バネを使用している．これにより親指は物体をつかむ際に受動的に動くため，様々な大きさの物体に対応することができる．また，大きな力がかかった際に力を逃がして他の指が壊れることを防ぐことができる．

５．実験・結果

２本指モデルで実際に様々な物をつかむ実験を行った．人差し指のなじみ機構と親指の板バネにより物体の形になじんで保持することができる（図６）．また食品工場など衛生分野での使用を想定して実際に食品をつまみ上げる実験を行い，傷つけることなく食品を持ち上げることができた（図７）．動力にはＲＣ用サーボモータ(KST X08H)を用いている．実験では様々な形状，重量のものを把持したが，使用している耐水紙が破れたり伸びたりということは起こらなかった．今後，さらに実験を繰り返して耐久性も確認する．重量は弁当具材程度のものなら問題なく把持することができ，把持できた中で最も重いものはアルカリ単２乾電池（66g）であった．５本指モデルではＲＣ用サーボモータ(ACTUONIX PQ12-100-6-R)を用いてマウスの把持を行った．

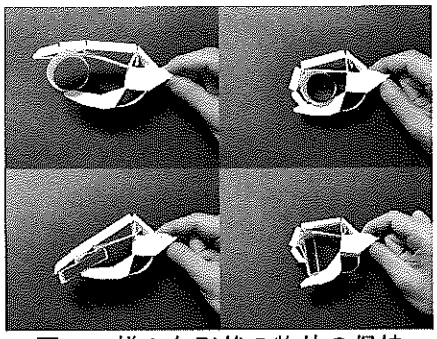


図６　様々な形状の物体の保持

図７　食品のつまみ上げ実験

６．まとめ

１枚のシート状部品から構成したロボットハンドの製作を行い，物体になじみ込んだ把持ができることを確認した．

７．今後の課題と方針

現在，接着剤等を必要としない差し込み式で，生産性や強度を改善した改良型の設計を行っている．把持の際のグリップ力については，紙の柔らかさを利用した機構を指の内側全体に設置し，把持物体になじませて接触面積を増やすことで，ゴムシート等を使わずに向上させようと考えている．

謝辞

この研究の成果は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業の結果得られた．

[連絡先]
手塚　蒼太
e-mail：ml4304@g.metro-cit.ac.jp

大会２日目

12月16日（日）

B5-1

顧客満足度向上に繋がる接客要素の明確化に関する研究
ーカフェを題材としてー

石井　茉織
早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

Study of clarification of service-elements for customer satisfaction improvement

Maori ISHII
Waseda University

1．研究背景・目的

サービス業では顧客嗜好の多様化において，顧客満足の重要性が高まっている．特に飲食店においては，従業員は顧客との接点が多く，接客業務は顧客満足に影響を与える重要な役割を担っており[1]，顧客満足度向上のために顧客が魅力を感じる接客をすることが求められている．顧客満足度向上のための接客方法は，実用書ではいくつか提案されているが体系化されていない．また多くの飲食店では接客マニュアルを作成しているものの，もっぱら新人アルバイトを対象としたもので，基本的な接客業務の習得を目的としている．このため，一段上の接客サービスは個人任せになっている現状がある．

そこで本研究では飲食店の例としてカフェを題材とし，カフェにおいて顧客満足度向上に寄与する接客要素の明確化を行う．また，その指導の優先順を整理し教育のためのマニュアルとして提案することを目的とする．

2．研究方法

本研究は以下の手順により行う．

(1)満足度の高い接客経験の収集
(2)満足度向上に寄与する要素の明確化と整理
(3)優先指導項目の検討

3．満足度の高い接客経験の収集

3.1　目的・方法

カフェにおける満足度の高い接客経験の抽出を目的として，大学生・大学院生11名に自分を加えた12名で「カフェを利用した際，満足を感じた経験」というテーマのもとに座談会を行った．「接客を受ける際，満足を感じたことはあるか」「なぜそう感じたのか」などを，一般的なカフェでの過ごし方に沿って時系列的に質問した．

3.2　結果・考察

満足度の高い接客経験として91項目が収集できた．それについて接客一般の基本項目を除き，同じ内容と考えられる経験を整理した結果，62項目になった．

4．満足度向上に寄与する要素の明確化と整理

4.1　目的・方法

得られた接客経験62項目の内，類似したものを要素別に分類することを目的として，大学生・大学院生4名に自分を加えた5名で，収集した満足経験について親和図法を用いて分類を行った．

4.2　結果・考察

分類の結果，小項目17個と中項目6個，大項目3個に分かれた．結果を表1に示す．

表1　親和図法による接客要素分類

大項目	中項目	小項目	例
会話	能動的会話	声かけ	袋で商品を持ち帰る場合続きやすいことを伝える
		雑談	手持ち無沙汰にならないように話しかける
		商品紹介	無料で利用できるサービスを教える
		商品豆知識	店の商品のおいしい食べ方や飲み方を教える
		マッチング	好みに合った商品を紹介する
	受動的会話	質問回答	質問したことに対してプラスα情報まで教える
		話しかけやすさ	気軽に質問できるように声をかける
雰囲気	雰囲気づくり	笑顔	笑顔の程度を会話の流れに合わせて変える
		言葉づかい	使う言葉に合わせて敬度や言い方を変える
	付加価値	エスコート	客の欲しいものがある場所まで寄いていく
		特別感	カップにメッセージや名前を書く
商品提供時対応	受け渡し時対応	おつり	おつりを一目で金額がわかるように見せる
		客の状態	客の動作が終わる前に別の仕事を始めない
		客の属性	こちらに合わせた容器で飲み物を提供する
		空気を読む	見ればわかることを何度も聞かない
		席案内	立って待つのが大変な客の席まで商品を持ってきてくれる
	商品提供	商品の渡し方	受け取りやすいところから商品を提供する

表1のように，大項目については「会話」「雰囲気」「商品提供時対応」の3つに分けることができ，顧客満足度にはこれらが大きく寄与していることが示唆された．た．「会話」については，顧客からの質問対応を始めとする受動的な会話と，雑談や商品紹介のような能動的な会話の2種類に分けることができた．「雰囲気」については，特別感を演出する付加価値や笑顔などの雰囲気づくりが含まれていることから，店で過ごす時間を価値あるものにするためのも重要な要素であることが示唆された．「商品提供時対応」については，商品の渡し方や席案内など，飲食店の商品を提供する際の対応

が含まれていた。基本業務中の臨機応変な対応も顧客満足度に影響を与える要素の一つであると思われる.

5. 優先指導項目の検討

5.1 目的・方法

親和図法から得られた接客要素の内，優先して指導すべき項目について検討することを目的として，接客要素の小項目についてISM法を用いて分析を行った.

5.2 結果・考察

接客要素項目について，習得すべき順序を検討するため，隣接行列を作成した(表2). そしてカフェで接客経験のある自分が一対比較を行った. 列の接客要素に対して行の接客要素が先に習得される必要があると思われる場合は0を，後に習得すべき項目には1を入力した. その結果を用いて，ISM法により階層化を行った(図1).

表2 接客要素優先指導項目についての隣接行列

基準＼比較対象	笑顔	言葉づかい	エスコート	特別感	声かけ	雑談
笑顔	1	0	0	0	0	
言葉づかい	1	1	0	0	0	
エスコート	1	1	1	0	0	
特別感	1	1	1	1	1	
声かけ	1	1	0	0	1	
雑談	1	1	0	0	1	
商品紹介	1	1	0	0	1	
商品豆知識	1	1	0	0	1	
マッチング	1	1	0	0	1	
おつり	0	0	0	0	0	
客の状態	1	1	0	0	1	
客の属性	1	1	0	0	1	

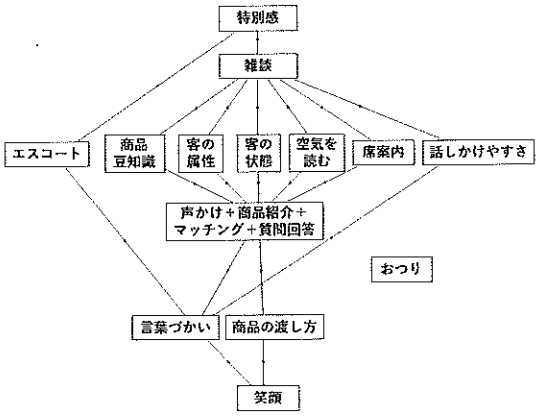


図1 優先指導順序階層構造図

この結果をもとに，優先指導順序について検討を行った. 結果を表3に示す.

表3 優先指導順序

Step1	笑顔
Step2	言葉づかい，商品の渡し方
Step3	声かけ，商品紹介，マッチング，質問回答，エスコート
Step4	商品豆知識，客の属性，客の状態，空気を読む，席案内，話しかけやすさ
Step5	雑談
Step6	特別感

Step1の「笑顔」は，他の項目実行時にも意識されるべきであり，全要素の基礎となる要素であるため優先的に指導すべきであることが示唆された. また，その付近に位置している「言葉づかい」と「商品の渡し方」に関しても，同様に指導優先度が高い項目であると考えられるため，「笑顔」に次いで指導すべき項目であるとしてStep2とした. 一方Step6の「特別感」項目については，各ステップで要するスキル全てが求められるため指導優先順位が後になっているものと思われた. また「おつり」項目に関しては，どの接客要素項目とも相互関係がないことから，その他業務習得の有無に関わらず指導が可能であると考えられた.

6. 結論

本研究では顧客満足度向上に寄与する接客要素を，実際にカフェを利用して満足を感じた経験を抽出し，親和図法による整理から，小項目17個と大項目6個に分類した. さらに抽出された接客要素からISM法を用いて階層構造図を作成した結果，接客要素の優先指導順序を導出することができた. この優先指導項目の順序にしたがってスタッフに対して業務指導を行うことができれば，顧客満足度に寄与する要素を押さえた接客を従来よりも効率的に身に付けさせることができると考えられる. 今後は優先指導項目の妥当性の検証やマニュアル作成を行っていく.

参考文献

1) 小川祐樹, 野田五十樹, 竹中毅, 小柴等："外食店舗における接客サービス向上のためのシミュレーション"，第26回人口知能学会全国大会論文集，2012.
2) 高橋将希："飲食業アルバイト従業員の顧客対応能力向上のための教育プログラムの作成"，2014.
3) 渡部俊介, 横山真一郎 "飲食店における時間経過を考慮した顧客満足度向上に関する研究"，第16回信頼性シンポジウム，pp41-44，2003.

[連絡先]
石井 茉織
e-mail：maori.77.vega@fuji.waseda.jp

B5-2

AED 操作パフォーマンスにおける動作要因に関する検討

○伊藤駿*，鈴木聡*，青木真希子**
*神奈川工科大学工学部臨床工学科，**神奈川工科大学看護学部看護学科

Estimation of behavioral factors through observation of AED operations

Shun ITO*, Satoshi SUZUKI*, Makiko AOKI**
*Faculty of Engineering, **Faculty of Nursing, Kanagawa Institute of Technology

1. はじめに

自動体外式除細動器（Automated External Defibrillator：AED）（以下、AED）は、誰でも操作可能でなければならない医療機器である。心停止後の救命率は 1 分につき 10%低下すると言われており[1]、傷病者を救助するにあたり AED 操作には素早さが求められ、AED の操作プロセスにおける無駄な動作を減らす必要がある。

本検討では、タスク分析により AED 操作における個人差を検出し、個々の行動要因について顕在化することを目的としたマッピング（以下、PSF ‹Performance Shaping Factors›マップ）を行った。それを用い危惧される項目を明らかにし、今後の AED 設計や使用講習会等における教育・訓練へのフィードバックを目指した。

2. 方法

2.1 被験者

現任の臨床工学技士 11 名（A~K）、臨床工学技士養成課程の学生 1 名（L）、非医療系学生 2 名（M, N）の計 14 名とした。

2.2 使用機器

実験に使用した機器を以下に示す。

・AED　2 台（TRN-3100　日本光電㈱）
　（RQ-5000TR　日本ライフライン㈱）
・アイマークレコーダー（Talk Eye Lite
　竹井機器工業㈱）
・レサシアン患者モデル（ResusciAnne QCPR Laerdal Medical）
・ビデオカメラ　3 台
　（FDR-AXP35,HDR-CX680　SONY）

2.3 実験方法

①事前アンケート

実験前にアンケートを用い、AED の使用経験や、関連質問（15 問）を準備し、既存の経験と知識に関するデータを採取した。

②AED の操作（実技）

死角ができにくいよう 2 台のビデオカメラを設置した環境下で被験者にアイマークレコーダー（以下、EMR と示す）を装着し、順番に 2 台の AED を用いて、AED 受取から通電までのタスクを行わせた。2 種の AED の順序はランダムに割り当て、AED 要否の判断を含めず（AED を使う前提）に操作させた。また、AED タスク遂行の成否については、エラーが無く（パッド貼付部位の正確性など）かつショックボタンを押すタスクまで辿り着けたら成功と判断した。また途中の作業停止が 30 秒以上継続した場合はタイムアウトとした。エラーの観察またはタイムアウトの場合を以下本稿では不成功者とする。実験の様子を図 1 に示す。

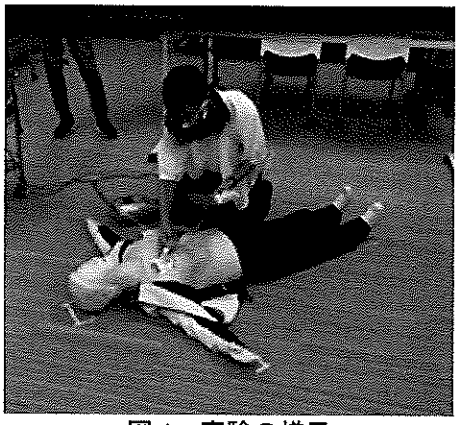


図 1　実験の様子

③実験後インタビュー

被験者のビデオ映像を一緒に見ながら、被験者にインタビューをして、動作理由を明らかにした。

④分析

意思決定プロセスを元とした PSF マップの基本モデルを図 2 に示す。基本モデルに①～③から得られたデータを追記することにより、被験者ごと、および機種ごとの要因の特徴を明らかにした。

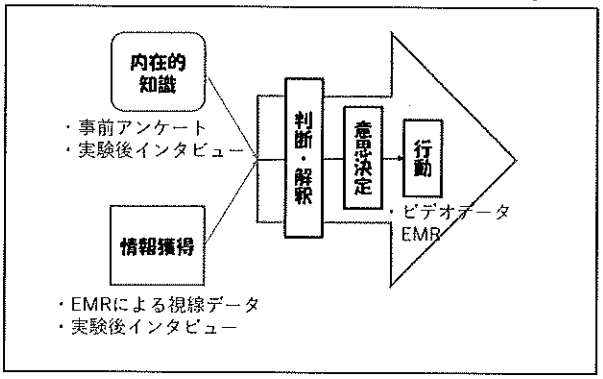


図 2　PSF マップの基本モデル

本検討は、神奈川工科大学ヒト倫理審査委員会（第 20180322-1）によって、承認されている。

3. 結果

3.1 実験結果

機種別の成功者の割合を図3に示す。2つの装置を比較するとTRN-3100の方が成功者の割合が多かった。実験後インタビューで明らかになったが、被験者の9割以上が同じ装置、または同メーカーの旧モデルAEDの使用経験があった。RQ-5000TRは、被験者全員が初めてということであり、多数の医療機器を扱う臨床工学技士にも周知されていないことが分かった。したがって、装置インターフェース評価を同条件で行えないが、機種別の個人における操作パフォーマンスの差は検出できた。

両装置はいずれも、被験者の6割以上が成功し、残りの3割弱が不成功であった。

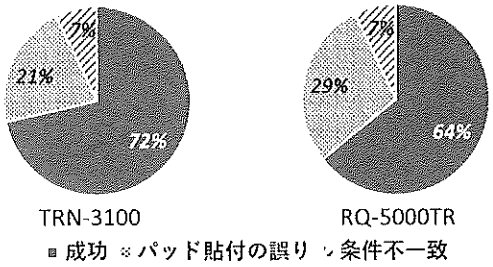


図3　AED機種別の成功者の割合

3.2 PSFマップへの適応

PSFマップについて成功者の適応例を図4、不成功者の適応例を図5示す。

図4は、被験者A、機種TRN-3100である。このケースは、臨床工学技士として4年目、AEDに関し特に独学しておらず、病院内外で行われるAED関連講習に過去3回参加しており、AED関連知識を問う事前アンケートで正答率80%であった。

パッドの貼付部位に関する事前知識が曖昧なため、実験ではEMR上パッドのイラストを見ており、インタビューからも2つのパッドにより貼付部位に指定があることも理解したようで、パッドを正確に貼付することができたようだった。

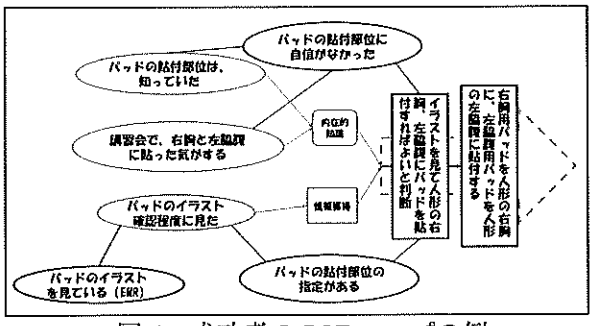


図4　成功者のPSFマップの例

図5のケースは被験者B、機種TRN-3100であり、臨床工学技士として4年目、AEDに関し独学しておらず、院内で行われるAEDに関する講習に2回参加経験のみであった。事前調査のAED関連知識では正答率73.3%であった。実験における主なエラーは左脇腹用パッドを左胸に、右胸用パッドを右脇腹に貼付する誤りであった。パッドの図へのアイマーク停留はあったものの、情報を収集しているというより、パットを貼り付ける際の動作補助として視線を向けたようで、音声ガイダンスにより情報を収集していた。しかし、当人が知識の曖昧な部分だけキーワードで聞き取ってしまい、左右を誤ったようであった。

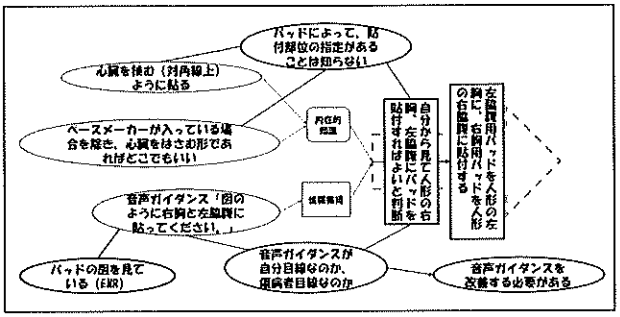


図5　不成功者のPSFマップの例

4.考察

成功者はタスク遂行に必要な基本知識を有している上、機種の差異による若干の知識不足があっても、それを補う情報獲得を直ちに行うという対応力を有していると考えられる。一方不成功者は、AEDの基本構造は機種によらず同様と理解できているものの、曖昧な知識を補うような対応力は無く、ケースによってはエラーに至ったと思われた。

例えば前述の被験者Bのエラーで、音声ガイダンスでは、パッドの貼付位置を案内しているが、案内の内容として、主語が傷病者か救護者が言及されておらず、本来は傷病者から見た左右の情報であるのに対し、それを逆に解釈した可能性が示唆された。「傷病者の…」という誰から見た内容かが明確な音声ガイダンスがあるだけで、正確なパッド貼付ができる可能性があると思われた。

本マッピングにより個人の特性を顕在化することにより、個別の具体的指導につなげることが可能になると考えられた。また、AED設計上の改善個所も明らかにすることができると思われた。

5.文献

1）三田村秀雄：突然死と AED, 日本保険医学会誌 第112巻第3号（2014）,pp.180

[連絡先]
伊藤　駿
e-mail：s1514022@cce.kanagawa-it.ac.j

B5-3

地図の表現方法に関する研究

○王尾 晴香*，吉武 良治*
*芝浦工業大学 デザイン工学部 UX デザイン研究室

Research and discussion on map representation method

Haruka OBI* and Ryoji YOSHITAKE*
*UX Design Lab, College of Engineering and Design, Shibaura Institute of Technology

1. 背景・目的

地図は、情報を表現する手段のひとつとして広く利用されている．また、地図には、その使用目的によって様々な表現方法が存在する．よって、同じ場所を示した地図でも、表現方法の違いによって使用者にとっての価値や特性が大きく異なる．地図の価値や特性を決定する表現方法についての研究を行うことで、使用者にとってより良い地図を提供することができると考えた．

そこで本研究は、地図の表現方法について調査・分析を行い、それによって得られた知見・成果をもとにして「わかりやすい地図表現」または「地図表現手法」を提案することを目的としている．また、研究を進めるにあたって、対象を「徒歩移動のナビゲーションを目的とした地図」とした．

2.地図表現の調査・ 検討

研究を進めるにあたってまず研究の位置づけ、及び深堀するポイントを明確にするため、地図の表現についての調査・検討を行った．

地図上に表現されるデータは点データ・線データ・面データの 3 種類に分類でき、そのデータを実際に地図上に表現する記号は点記号・線記号・面記号の 3 種類である．基本的に点データは点記号、線データは線記号、面データは面記号で表現されるが、縮尺や想定される利用目的によってその表現記号は変化する．

また、データは、地図で表現されることで種類が変化する場合がある．例えば、ドットマップは点データを面データに、等値線図は点データを面データもしくは線データに、メッシュマップは面データを点データに変換する働きがある．このようなデータの種類の変化は「データの転換」と呼ばれる [1]．

さらに、地図上の情報は点・線・面をベースとした図形である「図形情報」とそれに紐付く「属性情報」に二分して捉えることができる [2]．図形情報は点・線・面といった図形、属性情報は文字が該当することが主である．

また、ナビゲーションアプリなどのデジタル地図には「レイヤー」と呼ばれる情報の層が存在する．レイヤーは、縮尺を変更したり、表示設定を変えることで表示/非表示を切り替えることが可能である．

3. 比較調査

3.1 目的

縮尺は、地図の表現方法に影響を与える重要なパラメータである．そこで、本調査では縮尺に着目し、縮尺を変更することで地図表現がどのように変化するのか、また、同じ縮尺の異なる地図の間にどのような違いがあるのかを明らかにすることを目的とした調査を行った．

3.2 方法

本調査は、3 種類のナビゲーションアプリ(アプリ A，アプリ B，アプリ C とする)に搭載されている地図を対象とした．

調査方法としては、〈方法 1：縮尺を拡大していき、変化を観察する方法〉と〈方法 2：縮尺を統一し、アプリごとの違いを見る方法〉の 2 種類の方法で調査を行った．

〈方法 1：縮尺を拡大していき、変化を観察する方法〉では、3 種類のアプリの地図を最少縮尺から少しずつ拡大していき、表現方法が変化した時点の地図を順次保存した．そして、保存された地図を縮尺の小さいものから順に観察し、表現方法がどのように変化しているのかを記録した．

〈方法 2：縮尺を統一し、アプリごとの違いを見る方法〉では、3 種類のアプリにそれぞれについて、統一した縮尺(1/500 万，1/400 万，1/300 万，1/200 万，1/100 万，1/50 万，1/25 万，1/10 万，1/5 万，1/1 万，1/5 千)の地図を保存した．そして、保存された地図のうち、同じ縮尺同士の地図を比較し、表現方法の違いを記録した．

調査の対象とする地図は、すべて芝浦工業大学芝浦キャンパス(東京都,港区)が画面の中心に来る範囲のものとした．また、スマートフォンは iPhone7(iOS10.2.1)を用いた．

3.3 結果/考察

方法 1 における地図の変化の記録の一例を表 1、地図画面の記録の一例を図 1 に示す．方法 1 においては、得られた変化の記録を「図形情報に関する変化」と「属性情報に関する変化」の 2 種類に分類し、さらに「点記号に関する変化」，「線記号に関する変化」，「面記号に関する変化」，「記号の種類の変化」の 4 通りに分類した．

表１　変化の記録の一例

図形情報	
変化の記録	記号の種類
鉄道の路線を、道路の線よりも細いグレーの線記号で表示。「上越新幹線」など、主要な新幹線の路線は青緑の線記号で色分けして表示	線
道路で2番目に太い線記号で描かれていたものの両端に枠をつける	線
山の頂上の位置を点記号のアイコンで表示	面
属性情報	
変化の記録	記号の種類
鉄道の路線名を黒い文字で表示	線
「東京湾」「相模湾」など詳細な海の名前を表示	面
国道のナンバーの表示数を増やす	線
主要都市の表示数を増やす	点
山の名前を緑の文字で表示	点

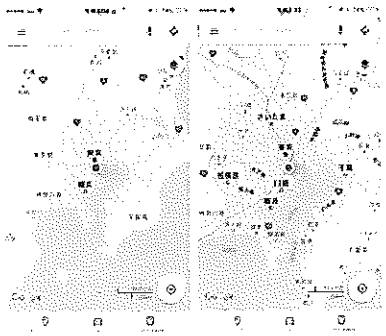


図１　地図画面の記録の一例

方法２におけるアプリごとの違いの記録の一例を**表２**、地図画面の記録の一例を**図２**に示す．方法２においては、「ある情報を表示しているかどうかの違い」と「同じ情報の表示方法の違い」に焦点を当てて記録を行った．

表２　アプリごとの違いの記録の一例

アプリごとの違い
アプリCのみ駅舎の形状を面記号で表示している
画面全体において点記号が占める面積の割合は、目視でB>A>Cである。アプリBの割合が多いのは、国道ナンバーなどのアイコンの個々の大きさが大きいこと、また、図形で囲った文字の量が多いことによる。アプリCの割合が少ないのは、施設や国道ナンバーなどの情報を省略しているため、単純に点記号の数が少ないことによる
画面全体において線記号が占める面積の割合は、B>A,Cである。これは、アプリBのみ、細かい道路を表示していることによる
上2つの理由により、画面全体の情報量は、目視でB＞A>Cとなっている

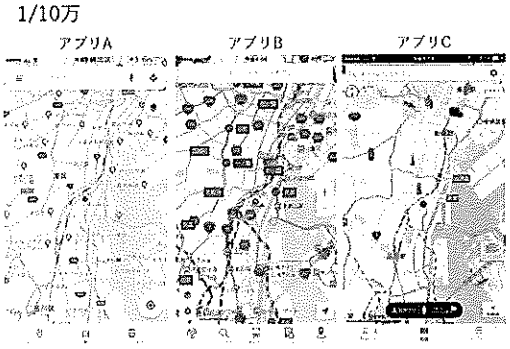


図２　地図画面の記録の一例

調査によってわかったこと、また、そこから考察できることを方法１，方法２それぞれについて以下に述べる．

〈方法１：縮尺を拡大していき、変化を観察する方法〉では、まず、情報の変化の仕方が「既存の情報の省略」と比較して「新たな情報の追加」の回数が圧倒的に多かったことから、ナビゲーションアプリに使用される地図上の情報の種類は、縮尺が大きくなるほど増加する傾向にあると考えられる．

次に、全てのアプリにおいて「道路や路線」が線記号から面記号、「市区町村」が点記号から面記号に変更されたことから、点記号、線記号は縮尺の大きい地図においては面記号に変更されると考えられる．逆に言うと、面記号は、縮尺の小さい地図においては点記号や面記号に変更される場合があると考えられる．

さらに、アプリ間で変化の記録回数に差があり、多い順にアプリ A(17 回)、アプリ C(15 回)、アプリ B(11 回)であった．これは、この順番で「縮尺を変化させた際の情報の変化の回数」が多かったためであると考えられる．また、これは地図を構成するレイヤーの数が多いためであると言い換えることもできる．

〈方法２：縮尺を統一し、アプリごとの違いを見る方法〉では、まず、同じ縮尺においても、各アプリで表示する情報と省略する情報が異なることがわかった．このことから、アプリの制作元ごとに、重要視している情報が異なっていることが考えられる．

次に、同じ縮尺の地図でも、目視によって情報量の差を読み取ることができた．これは、アプリごとに情報の省略の仕方が異なることや、同じ情報のでも表現の仕方が異なることによると考えられる．

4. 今後の展望

今後は、地図の表現方法の要素のうち、縮尺以外の要素にも注目し、わかりやすい地図表現について違った視点から明らかにしていく．そこで得られた知見をもとに、最終的には「わかりやすい地図表現」についてまとめ、その表現を用いたアプリ等のプロトタイプを作成することを目標としている．

5. 文献

1)浮田典良，森三紀：地図表現ガイドブック―主題図作成の原理と応用，ナカニシヤ出版, 23-24, 2004.
2)川原靖弘，関本義秀：生活における地理空間情報の活用，放送大学教育振興会, 32-33, 2016.

[連絡先]
王尾　晴香
e-mail：cy15208@shibaura-it.ac.jp

B5-4

押圧を利用した三次元入力装置

○吉沢 和真
法政大学理工学部
A three-dimensional input device using depression force
Kazuma YOSHIZAWA
Hosei University of Science and Engineering Departments

1. はじめに

現在のポインティングデバイスとしての主流はマウスやタッチパッドであるが，これらの装置は平面座標での操作となるため，三次元座標の入力などの操作は複雑なものとなる．そこで近年，平面座標に加え，押圧を検出する三次元の入力が注目されている．ペン等の道具を用いず押圧を無数の段階で検出する装置として，センサーに感圧面積センサーを用いた例とホール素子を用いた例が過去に試作されている．しかし，前者は力が加わる部位にゴム素材を用いたためヒステリシスが影響し，後者は操作時に長いストロークが必要という問題点があった．本研究ではセンサーとして圧電素子を使用した三次元入力装置を作成する．負荷の変化量に応じた電荷を発生させる圧電素子ならば応答が速く，動的な圧力の検出に適していると考えられる[1]．

2. 装置の構造

図 1 に示す構造により，上面を指で押した位置の座標および荷重を検出する．操作具は押圧を加える上面とセンサーを設置する底面，それらを固定する枠から形成され，上面裏側の四隅の突起からそれぞれ底面のセンサーに荷重が伝わることで押圧を検出する構造になっている．センサーには村田製作所製の圧電振動板 7BB-15-6L0 を用いる．これは，直径 10mm の圧電素子を金属板に貼り合わせたもので，金属板がバネの役割も兼ねている．そのため，センサーの設置については，図 2 に示すように圧電振動板の縁のみを固定する．また，底面と枠は一体に形成されており，押し下げに適度なストロークが生まれるよう，上面と枠の接合には弾性接着剤を用いる．上面，枠，底面は3D プリンターで作成する．

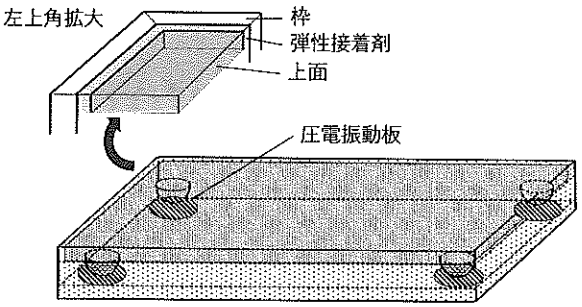


図 1　操作具の概形

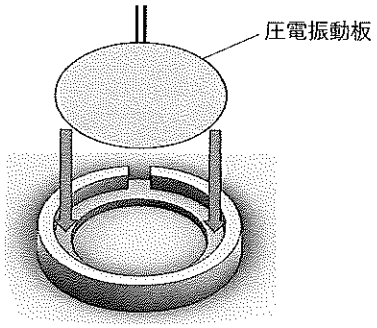


図 2　センサ周りの構造

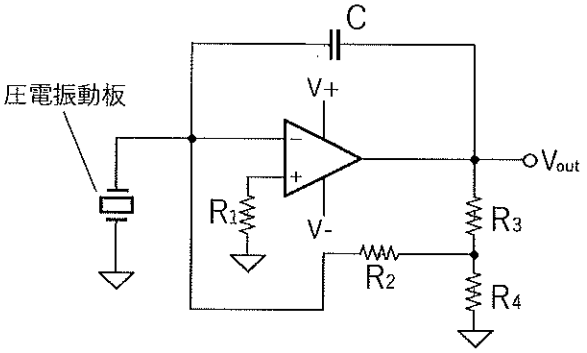


図 3　チャージアンプによる荷重入力回路

センサーに圧電素子を使用するため，加圧した際に生じる電荷を電圧に変換する必要がある．また，センサーは負荷の変化量により信号を出力するため，一定の負荷を加え続けた場合，出力信号が低下する．そこで低い周波数までの出力を得るべく，図 3 のチャージアンプ回路を用いる．R_4に対してR_3が十分に大きく，かつ R_2の値がR_3とR_4に対して十分に大きい時，フィードバックのコンデンサ C に並列に高抵抗を接続した回路と同等の動作をする．なお，回路基板は操作具の内部（底面）に固定する．

3.押圧による操作実験

押圧による制御操作が上記の回路により行えるかを検証するため，センサーである圧電振動板に荷重を加えた時の出力信号をコンピューターへ入力し，PC ディスプレイ上で変化する目標値の追従を行った．図 4 に示すように，ディスプレイには

2本のバーが表示されており，それぞれ目標値の信号とセンサーに荷重を加えた時の出力信号に対応して左右にスライドする．目標値は関数発生器から供給し，正弦状に変化するようになっている．圧電振動板を図2の構造で固定し，加重・抜重することで制御操作を行った．結果は図5に示すように追従が行えており，圧電振動板による制御操作は十分に可能であると期待される．

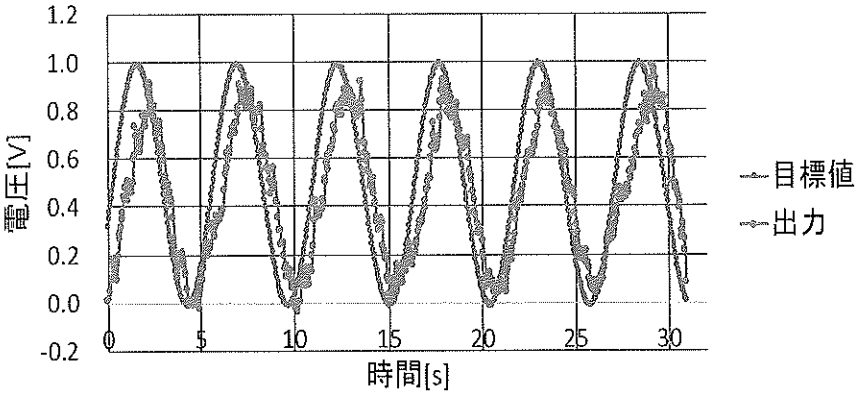


図5 圧電振動板による制御操作の実験結果

4.座標の算出

上面を指で押した際に各センサーが検出する荷重の比から平面座標を，和から総荷重を算出する．一次元座標について，F_xを各センサーにかかる荷重としたとき，$F_{x_1}+F_{x_4}$と$F_{x_2}+F_{x_3}$の比から左右方向の一次元座標を，$F_{x_1}+F_{x_2}$と$F_{x_3}+F_{x_4}$の比から奥行き方向の一次元座標を算出する（図5）．また，全センサーにかかる荷重の和を総荷重とする．

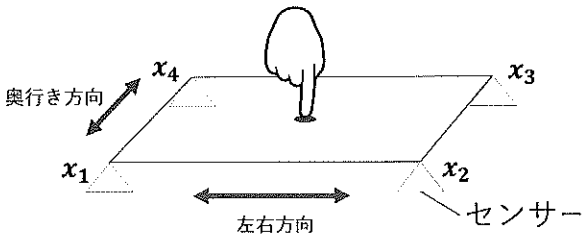


図6　座標算出の概要

5. 今後の研究

電源に圧電素子を使用するため，一定の荷重を加え続けると出力信号が減少する．そこで錘を用いてセンサーに力を加え，出力信号の継時的変化を観察し，時定数を推定する．

装置の評価として，描画実験を行う．装置に力を加えた時の出力信号をADコンバータ経由でコンピュータへ入力し，各センサーが検出した押圧の比から平面座標，和から総荷重を表示する評価ソフトを作成する．評価ソフトは，装置上面の任意の位置に力を加えたとき，PCディスプレイ上のキャンバスに連続して点が表示されるというものであり，装置上面の座標とキャンバスの座標は対応している（図7）．加えた力の大きさによって，点のサイズや色を変化させることを検討している．描画実験では円形や四角形など，数種類の課題を設定し，三次元入力装置とマウス等の既存のポインティングデバイスで描画を行い，図形課題の再現度や描画にかかった時間，被験者の主観的評価などの結果から2つの入力装置の操作性を比較する．また，描画実験の結果に応じて操作具および回路の改良を行う．

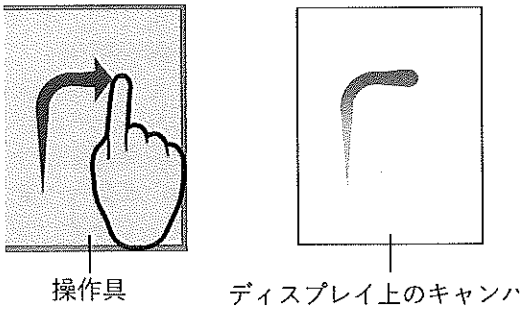


図7評価ソフトによる描画の概要

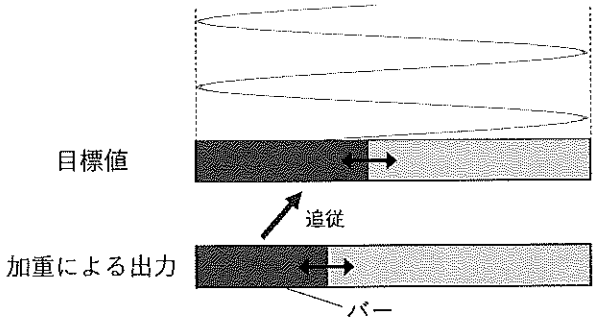


図4　操作実験の概要

参考文献

1) シチズンファインテックミヨタ株式会社．チャージアンプ回路．特開2010-154394．2010-07-08

[連絡先]
吉沢　和真
e-mail：kazuma.yoshizawa.2t@stu.hosei.ac.jp

C5-1

筋負担の軽減を目的とした無電源の歩行補助装置の開発

○清野亘*
*法政大学理工学部創生科学科

Development of a walking aid device without a power supply to reduce muscle strain

WATARU KIYONO*
* Hosei University School of Science and Engineering, Department of Advanced Sciences

1. 研究目的とその意義

近年，歩行が困難な高齢者などのために，歩行の筋負担を軽減するための装置が多く開発されている．高齢者でなくとも坂道などの傾斜地を歩行する際には筋負担が大きくなるが，坂道での歩行を補助する装置は開発されていない．さらに既存の装置は，バッテリーを使用してモーターを作動させて補助するものが多く，使用者の装備が多くなり，価格も高い．本研究では，障がい者用の短下肢装具を用いて，電力を用いない歩行補助装置の開発を行う．

2. 人の歩行に関して

図 1 に 1 歩行周期における足関節の角速度と関節トルクの模式図を示す．歩行において，関節まわりのパワーは 関節トルク×角速度 で表される．底屈方向（床に踏み込む方向）を正とし，歩行時の足関節に着目すると，立脚期（脚が接床している期間）では，背屈方向に角速度を生じるが足関節トルクは底屈方向に発生しておりそれぞれが逆方向に働いている．よって，この区間は関節まわりのパワーは負の値（遠心性収縮）となっており，筋肉で歩行のエネルギーが熱となって外部へ放出されている．その際，足関節の最大背屈角度は約 10 [deg]であり[1]，足関節トルクは約 50 [Nm]である[2]．

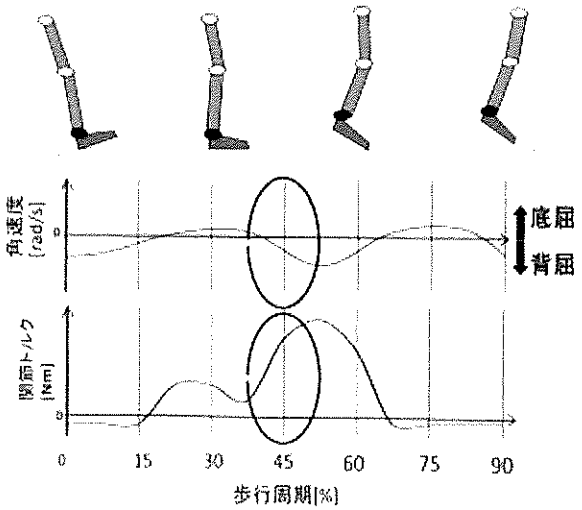


図 1　1 歩行周期における足関節の角速度と関節トルク

3. 方法

本研究では，歩行で放出されるエネルギーをばねの弾性エネルギーとして一時的に蓄えることにより筋肉の負担を軽減し，歩行を補助する方法を検討している．今回作成する補助具は，障がい者用の短下肢装具と，クラッチと自動二輪車用のトーションばねを組み合わせた自作の補助ユニットを組み合わせて作成する．作成した補助具を装着した状態で歩行を行い，3 次元位置計測装置と床反力計を用いて測定する．また必要に応じ筋放電の測定を行う．得られた各関節の速度・加速度，床反力のデータから関節トルクを推定し，その値から補助具の効果を検討する．また，傾斜地を下る動作において効果が期待できるため大学構内の傾斜地において筋放電の測定をする実験も行う．

4. 歩行補助装置の構成

4.4.1　歩行補助装置の概要

短下肢装具は，左右両側に支柱のある両側支柱クレンザック継手型(永野義肢)のものを使用する．短下肢装具の足関節部に，アルミ製の補助ユニットを取り付ける．製作する補助具の概要図を図 2 に示す．

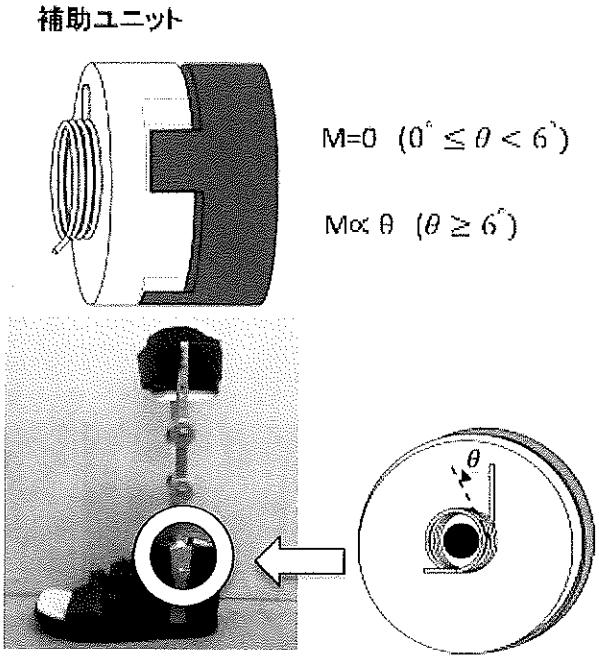


図 2　歩行補助装置概要図

4.4.2 補助ユニット

図 3 に補助ユニットの概要図を示す．この補助ユニットは，アルミを削り作成する二層構造のクラッチ部分と，主に自動二輪車のリターンスプリングとして使用されるトーションばねの組み合わせによって同軸上に構成される．トーションばねは一方を補助ユニットを囲む枠に固定し，もう一方をクラッチの二層目に固定する．二層目は一層目が初期位置から背屈方向に 6.0 [deg] 以上変化すると歯車がかみ合い一層目と同じ方向に回転する．一層目は足関節の動きに応じて回転する．

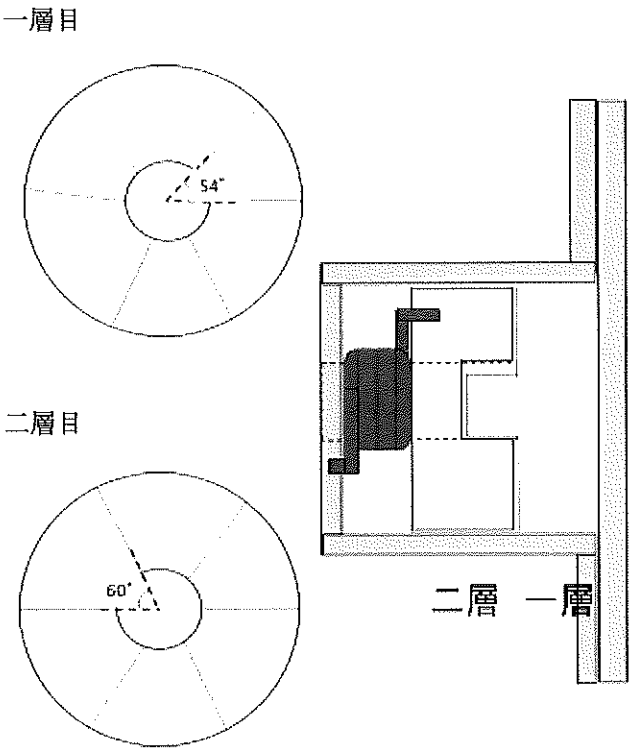


図 3　補助ユニット用クラッチの概要図

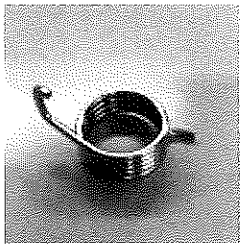


図 4　50644-MM5 -000

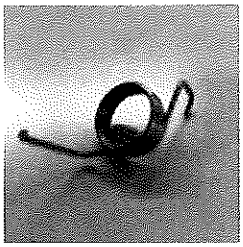


図 5　50645-ML7-700

本研究では，リターンスプリング(HONDA；50644-MM5 -000，50645-ML7-700)を使用した．簡易な実験を行い，ばね定数を測定した．

実験で得られた値を示す．使用するばねを図 4 と図 5 に示す．

・50644-MM5 -000

実験によって得られた値は

k = 4.55 [Nmm/deg]　となった．

・50645-ML7-700

実験によって得られた値は

k = 2.11 [Nmm/deg]　となった．

補助ユニット内で発生させるトルクは，足関節が遠心性収縮をする際に発生するトルクの 10%程度を想定している．そのため，上記の 2 つのばねでは，遠心性収縮時の背屈角度が最大となった際に 0.01% 程度しかトルクが発生しないため 500 [Nmm/deg] ほどの大きなばね定数のばねを使用する必要がある．

5. 現状と今後の研究計画

現在，補助ユニットの動作確認用として 3D プリンターを用いて，補助ユニットの試作を行っている．今後，ばねと試作機の適合度を確認し，アルミでの作成を行っていく．アルミでの補助ユニットが完成でき次第，補助装置を装着して歩行時の筋放電の測定等を行う．

文献

1)江原義弘，山本澄子：臨床歩行計測入門，医歯薬出版株式会社，p139-p141，2008

2)金承革　他：下肢関節モーメントの歩行速度への寄与－速い速度での歩行に寄与する筋群の調査－，バイオメカニズム学会誌，vol25，No1，p29-p32，2001

3)宮川健：歩行運動に関する生体学的研究－多様な歩行条件における動作特性と歩行運動指導への応用－，広島大学教育学部学位論文，p12-p22，2000

[連絡先]
清野　亘
e-mail：wataru.kiyono.8u@stu.hosei.ac.jp

C5-2

CNNを用いた船舶騒音検出における学習データ分類方法の検討

○山口晴己*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

Consideration for Classification of Training Data using Convolutional Neural Network to Detect of Boat Noise

Haruki YAMAGUCHI*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

ある運河では，小型船舶が頻繁に航行しており，その航行音は運河沿いの住宅内に伝搬している．居住者はこの騒音の状況把握ができないため不快に感じている．Anderson らの研究では，快適な環境を目指すために，景観のみでなく音環境を含めた景観として評価することが重要であるとしている[1]．

視覚と聴覚の相互関係に関する工学研究は，甲斐らによって，移動する 1 つの騒音源として，自動車や小型船舶の映像と航行音を提示刺激とした主観評価実験が行われている[2]．その結果，視覚情報による主観評価の影響が大きいことが確認され，騒音源をイメージできる情報を視覚刺激として付加することが，音に対する不快感やうるささといった騒音印象を低減させることを確認している[3]．この騒音印象低減を利用し，我々は船舶接近報知システムの開発を目指している．

本研究の目的は船舶接近報知システム開発のための航行音による船舶航行検知法の検討である．秋山らは映像による船舶航行検知を提案しているが，太陽光による水面の反射や夜間の検知に課題がある[4]．これを解決するために音響信号の利用を提案する．本報告では航行音の検知に向けた音のスペクトグラム画像のラベル付け方法と分類方法について，接近時の判別を 4 通りの組み合わせで分析した．

2. CNNによる航行音の分析方法

2.1 CNNとスペクトログラムについて

CNN(Convolutional Neural Network)は主に画像を畳み込み演算し，学習分析を行うことに特化している[5]．CNN で分析するために環境音を周波数分析し，そのスペクトログラム画像を教師画像として学習する手法を用いた．船舶航行音の有無のスペクトログラムを図 1 に示す．

2.2 航行音を使用したスペクトログラム作成方法

環境音から船の航行音を抽出するために，船の騒音原因であるエンジン音に着目し周波数分析を行う．エンジン音は 200 Hz 以下の低い周波成分が主成分である．分析する周波数帯域を低い周波数帯域に限定することで船を識別する．

2.3 航行音のラベル付け方法

航行音を学習するためのラベル付け方法を図 2 に示す．環境音を NoBoat と定義し，航行音を知覚する前の 30 秒間を Gap と定義した．航行音を知覚し始めた最初の 10 秒を Near と定義し，航行音を知覚し終わる 10 秒前までを Boat と定義した．その後，航行音を知覚し終わるときまでを Near と定義し，航行音を知覚しなくなった時から 30 秒間を Gap と定義し，その後の環境音を NoBoat と定義した．学習する際のカテゴリ分類を表 1 に示す．本報告で航行音が聞こえ始めた時間は，環境音の中から航行音が知覚できたときとした．さらに人間には聞こえない小さな音で船の到来を判別できるか検証するために Gap という分類を定義した．

2.4 実験条件

学習に用いる音データは，ある運河の 2015 年 3 月 16 日の 24 時間のデータである．また検証用音データは，2015 年 3 月 17 日 7 時 00 分から 7 時 30 分までの 30 分間である．各音データのサンプリング周波数は 24000 Hz である．

スペクトログラムを作成時の FFT の窓長は 4096 点，オーバーラップは 154 回とし，スペクトログラムの時間窓長は 1，2，3 秒，表示する周波数帯域は 10~1000 Hz とした．以上の条件より，FFT 周波数分解能は 5.9 Hz であるため，ディーゼルエンジンの低い周波数帯域を分析することが可能である．

次に CNN で使用するスペクトログラム画像の数を表 2 に示す．ここで，表中に示す枚数のうち，CNN の内部では 80 %の画像が学習用に用いられ，20 %は学習中のパラメータ評価実験に用いられる．学習時のエポック数は 25 回とした．

3 実験結果

3.1 CNN 学習時の分類精度

カテゴリ別の学習結果を表 3 に示す．1 秒から 3 秒までの音源を使用したそれぞれのカテゴリにおいて，カテゴリ 1 の精度が 90%後半と非常に高い正解率であった．これは船の通過時の音は大きなエンジン音のため学習しやすい音が多いと考えられる．またカテゴリ 2 と 3 は航行音の増加，減少時の音を分類し，正解率はカテゴリ 1 に比べ 10%程度低下した．カテゴリ 4 では，船の判別が困難な Gap と NoBoat の学習のため，正解率はカテゴリ 1 に比べ 20%程度低下した．

3.2 検証用音データを用いた結果

学習した CNN より，検証用音データ 30 分間を分析した結果を図 3 に示す．スペクトログラムの

時間窓長を長くすると誤検出する回数が減り，正解率が向上する傾向にあった．カテゴリ3と4においては，Gap 分類の影響により，正解率が低下した．スペクトログラムの窓長が 3 秒とき，カテゴリ 1 よりカテゴリ 2 の方が船の航行を再現していた．これらより，Boat, Near, NoBoat の 3 分類の学習が効果的と考える．

4. むすび

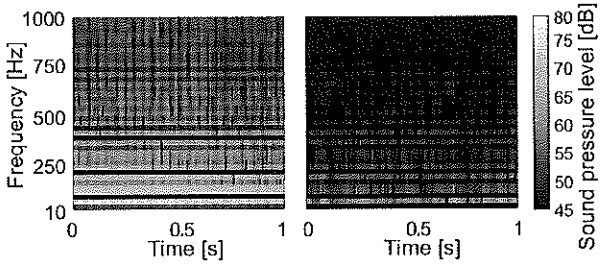
本報告では，航行音分析による船の検出方法の検討を行った．航行音の周波数特性より，周波数帯域を絞り，また分析対象時間を長くすることで誤検出が減った．スペクトログラムの窓長が 3 秒においての学習時のラベル付けでは，船の接近時の音を分類することで再現性が向上した．

今後は船舶航行音と近傍を航行するトラックのエンジン音を音で判別する機能について検討する．

5. 文献

1) L.M. Anderson, et al. : Effects of sounds on preferences for outdoor settings, Environ. Behav.,Vol.15, No.5, pp.539-566.
2) 甲斐，武藤：騒音報知システムのための映像提示時間に対する船舶騒音の印象評価値，音響講（春），2-P-22，2018.
3) 細野他：視聴覚情報提示方法による船舶航行音の主観評価の影響，音響講（春），2-Q-17，2017.
4) 秋山他：畳み込みニューラルネットワークによる小型船舶有無識別の基礎検討，電子情報通信学会総合学会，D-12-48，2018.
5) Yangqing Jia, et al. : Caffe: Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding, 22nd ACM, pp.675-678.

[連絡先]
山口　晴己（やまぐち　はるき）
e-mail : af15092@shibaura-it.ac.jp



(a) Boat の音　　(b) NoBoat の音

図 1　航行音と環境音のスペクトログラム

表 1 試行パターンのカテゴリ分類

Category	Include category
Cat. 1	Boat, NoBoat
Cat. 2	Boat, Near, NoBoat
Cat. 3	Boat, Gap, NoBoat
Cat. 4	Boat, Gap, Near, NoBoat

表 2 ラベル付けされた各音源の数

Label	Count (1s)	Count (2s)	Count (3s)
Boat	13310	13304	13298
Near	4138	4135	4132
Gap	1401	1401	1401
NoBoat	13556	13447	13348

表 3 CNN の学習正解率

Category	1s	2s	3s
Cat. 1	99 %	98 %	98 %
Cat. 2	85 %	86 %	87 %
Cat. 3	87 %	87 %	86 %
Cat. 4	80 %	78 %	77 %

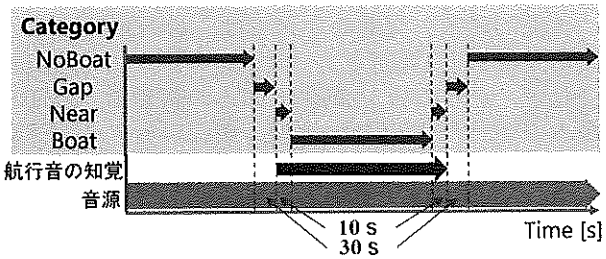
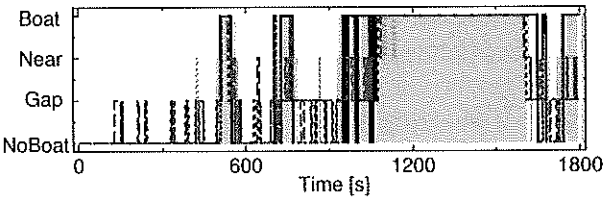
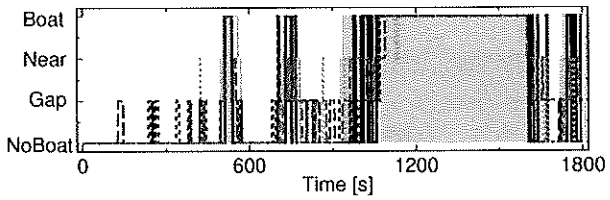


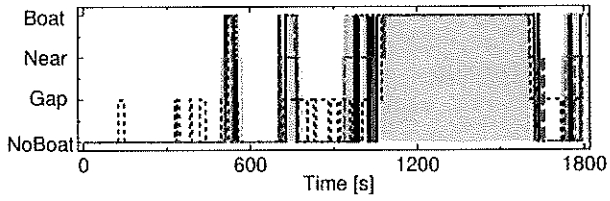
図 2 ラベル付けの方法



(a) 1 秒の場合



(b) 2 秒の場合



(c) 3 秒の場合

航行音　— Cat.1 ··· Cat.2 ···· Cat.3 – – Cat.4

図 3 音データを用いた分析結果

C5-3

短時間睡眠時が作業効率に与える影響

―自然音を用いた入眠の促進とその効果―

○片桐 京一朗*，橋爪 絢子*，松井 岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部

The Effect of Short Sleep on Work Efficiency: Promotion of Sleep Onset with Natural Sounds and Its Effect

Keiichiro KATAGIRI*, Ayako HASHIZUME*, Takemi MATSUI*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 背景

深夜勤務や準深夜勤務などを行う看護師や長時間労働者が疲労に起因する事故を起こすケースが報告され，労働者の負担軽減のために勤務時間内に短時間睡眠をとることの必要性が議論されている [1]．労働環境の改善策の 1 つに，労働者が勤務時間をコントロールできる「フレックスタイム制」の採用があり，厚生労働省の調査によると，従業員 1000 人以上の企業では 2017 年で 23.6%の企業がフレックスタイム制を採用している [2]．

人間の睡眠と覚醒のリズムは，体内時計によって約 24 時間の周期でサーカディアンリズムの影響を受け，さらに約 12 時間リズムの影響で，眠気の最大のピークは午前 2～4 時，第二のピークは午後 2～4 時に存在する [3]．一方，午後の眠気の解消には 20 分以下の短時間睡眠が効果的で，それ以上の睡眠は逆効果であることも示されている [4]．また，入眠を補助するものとして，音響を聴きながらの睡眠が注目されているが，自然音を用いた入眠誘導効果は副交感神経活動を優位にし，リラックスした状態での入眠欲求を高めさせる [5]．

本研究では，日中に眠気がピークとなる午後 2 時から 4 時の作業効率の向上を図ることを目的に，短時間睡眠を導入することの効果を検証する．また，短時間睡眠の際，効率よく入眠できるよう自然音を用い，その効果についても併せて検証する．

2. 方法

短時間睡眠の導入が作業効率に与える影響を検証する実験を行った．実験には，自然音あり短時間睡眠条件，自然音なし短時間睡眠条件，覚醒条件の 3 条件を設け，実験協力者(健常な男子学生 8 名)には順序を変えて全条件を行ってもらった．

実験の前日 6 時間以上の睡眠と当日 9 時以前の起床，前日のアルコールの摂取と当日のアルコール・カフェインの摂取を控えることをお願いし，参加同意を得た．当日は，午前 10 時から 12 時までデスクワークを行ってもらい，昼食含め 1 時間の休憩をとった後，短時間睡眠を行う 2 つの条件では防音室にて 30 分間ベッドに横になってもらい，その前後に 2.2 の作業効率を測る検査と 2.3 の睡眠の主観評価を実施した．先行研究 [4]に倣い，30 分間のうちの 20 分間を短時間睡眠の時間として 2.1 のポリソムノグラフィ計測を行い，その前の 10 分間は入眠のための時間とした．睡眠中の体勢は自由とし，自然音あり短時間睡眠条件では自然音を再生した．覚醒条件では，休憩後に短時間睡眠を行わない代わりに，30 分間のデスクワークをしてもらい，その前後に 2.2 の検査を実施した．

本実験は，首都大学東京安全倫理委員会において承認を受けた．

2.1 ポリソムノグラフィ計測

短時間睡眠を行う 2 つの条件では，短時間睡眠中にポリソムノグラフィ計測を行った．頭部 6 箇所と顔 6 箇所の計 13 箇所に電極を装着してもらい，脳波と眼電図，顎筋電図を計測した．

2.2 作業効率を測る検査

作業効率を測る検査として，フリッカー検査と内田クレペリン検査 [6]をもとに作成した 50 問の一桁の足し算の暗算テストを行った．フリッカー検査にはフリッカー値測定器 (TKK-501C, 松吉医科機器)を用い，上昇系と下降系の両方を行った．暗算テストでは，その回答時間と正答率を集計した．

2.3 睡眠の主観評価

短時間睡眠前にはアテネ不眠尺度 [7]を用いて前日の睡眠の主観評価を行い，短時間睡眠後にはアテネ不眠尺度を短時間用に改編したものを用いて短時間睡眠の主観評価を行った．設問は，寝つき，途中での目覚め，睡眠時間，睡眠の質，現在の気分，身体的・精神的な活動レベル，現在の眠気に関する 7 問から成り，4 段階で回答してもらった(設問ごとの得点は 0～3 点で，21 点満点)．

3. 結果と考察

短時間睡眠の 20 分間のデータをそれぞれ解析した(図 1)．自然音なしと比べて，自然音ありでは自然覚醒状態が 21.5%減少し，深い睡眠を表す睡眠段階 3 と 4 がそれぞれ 18.3%, 5.6%増加した．

フリッカー検査の結果(表 1)，覚醒条件では 30 分間のデスクワーク後に閾値が下がるか変化しなかったが，2 つの短時間睡眠条件では短時間睡眠後に閾値が下がることはなかった．自然音なしでは短時間睡眠後に閾値が上がるか変化しなかったが，自然音ありでは全員の閾値が上がった．

暗算テストの正答率は，覚醒条件では 1 回目と 2 回目に差は見られなかったが，短時間睡眠条件

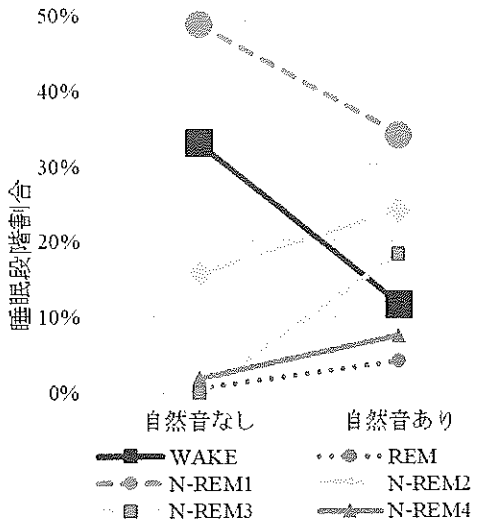


図 1　各睡眠条件の睡眠段階の割合の差

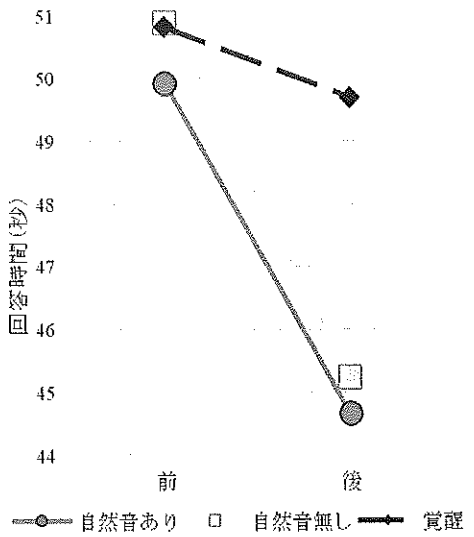


図 2　暗算テストの回答時間の増減

表 1　フリッカー検査 結果表

自然音あり睡眠条件					自然音なし睡眠条件					覚醒条件				
	前		後			前		後			前		後	fp(Hz)
対象者	UP	DOWN	UP	DOWN	対象者	UP	DOWN	UP	DOWN	対象者	UP	DOWN	UP	DOWN
A	35	38	40	42	A	36	37	37	42	A	37	37	36	36
B	35	37	39	40	B	36	36	36	37	B	36	36	36	36
C	36	37	38	38	C	39	39	37	39	C	40	40	37	39
D	35	36	36	37	D	39	39	39	40	D	39	39	39	38

では自然音なしで 0.5%，自然音ありで 2%，2 回目の正答率の平均が高くなった．回答時間は全条件で 2 回目が短く，覚醒条件では 1.1 秒，自然音なし短時間睡眠条件では 5.67 秒，自然音あり短時間睡眠条件では 5.26 秒回答時間が短縮された．

睡眠の主観評価は，短時間睡眠の前には半数の協力者が前日の睡眠に対して不満がある状態だったが，短時間睡眠について不満を感じた数は，自然音なしでは 2 名，自然音ありでは 0 名で，主観的にも自然音を聴くことの効果がみられた．

これらのことから，短時間睡眠の導入はその後の作業効率の向上に繋がるものと考えられる．また，短時間睡眠時に自然音を聴くことは，入眠時間の短縮と深い睡眠の促進に繋がり，深い睡眠によってより疲労度が軽減されると考えられる．

4. まとめ

本研究では，20 分間の短時間睡眠の効果を検証し，短時間睡眠の導入によって作業効率の向上に繋がることが示された．また，短時間睡眠の際に自然音を聴くことで，より深い睡眠に繋がることが確認された．企業などが短時間睡眠を積極的に導入することで，作業効率の向上や労働事故の減少等，社会問題が解消されることに期待したい．

5. 参考文献

1) 折山早苗ら, 三交代制勤務従事看護師の深夜勤務前・中にとる仮眠の効果: 勤務中の覚醒水準・作業効率の変化, 日本看護研究学会雑誌, 29(4), 49-56, 2006
2) 厚生労働省,平成 29 年就労条件総合調査の概要, 2017
3) 本多和樹, 眠りの科学とその応用Ⅱ, シーエムシー, 2012
4) 林光雄ら, 午後の眠気対策としての短時間睡眠, 生理心理学と精神心理学, 25(1), 45-59, 2007
5) 村上可法, 交代制勤務者を対象とした効果音を用いた仮眠の質向上に関する検討, 首都大学東京修士論文, 2017
6) 日本・精神技術研究所, 内田クレペリン精神検査基礎テキスト, 2007
7) Soldatos C. R., et al, Athens Insomnia Scale: Validation of an Instrument Based on ICD-10 Criteria, Journal of Psychosomatic Research, 48(6), 555-560, 2000

[連絡先]
片桐　京一朗
e-mail : katagiri-keiichiro@ed.tmu.ac.jp

C5-4

離床検知のための静電気を利用した人体検知センサー

○塚原　和樹*
*法政大学　理工学部　創生科学科
Human body detection sensor of bed-exit using static electricity
Kazuki TSUKAHARA*
*Hosei University, department of advance sciences

1．研究背景

病院内や介護施設内ではベッドからの起き上がりを検知する離床センサーが使われている．離床時は，服と布団の摩擦から起こり静電気が発生する期待できる．本研究ではこの静電気を検出することで，離床を検出できるセンサーの製作を目指す．現在の離床センサーは赤外線センサーや圧力センサーなど様々あるが，設置方法の容易さ，衛生面，耐久性に問題がある．この静電気センサーは設置が容易であり，かつ非接触で検出するため衛生面と耐久性の問題も解決できる．

2．構造

静電気とは摩擦や接触によってモノやヒトに蓄えられている電荷そのものとこれの放電を指す．帯電した人体や物体が電極に近づくと，静電誘導が発生し電子の移動が起き電極の金属板に接続した導線に電流が流れる．本研究のセンサーではこの電流から人体の検出をする．

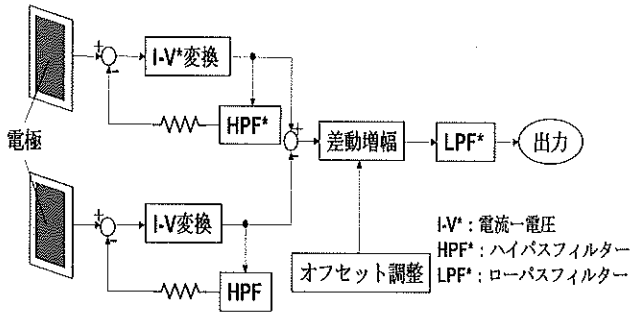


図１：本研究のセンサーのブロック図

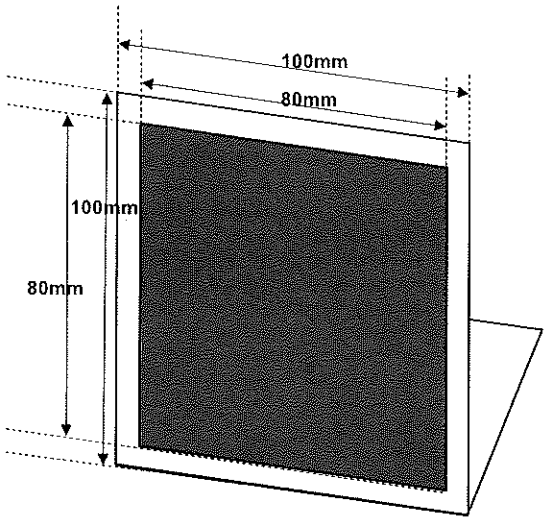


図２：本実験での電極

図１に本センサーの回路構成を示す．最初に I-V(電流-電圧)変換を行う．その後に HPF（ハイパスフィルター），抵抗を通して I-V 変換の前に帰還させる．これは全体が LPF(ローパスフィルター)の役割を果たしており，このフィルターでハムノイズを減衰させている．回路の入力は電極２枚の２入力構成としているため，同様の回路をもう一組用意している．I-V 変換出力からの２つの入力電圧をインスツルメンテーションアンプで差動増幅する．差動増幅で，２つの入力電圧に含まれる同相で入力された LPF で減衰しきれていないハムノイズと，I-V 変換で使用したオペアンプの出力に含まれる同相の温度ドリフトが打ち消される．一方で人体の検出信号は同相ではないため打ち消される事なく出力される．差動増幅の後，さらに別の LPF で低域濾波してから出力する．

本実験では縦 100mm 横 100mm 厚さ 3mm のアクリル板と縦 80mm 横 80mm の銅箔テープを用いて，電極を２枚製作した．

3．実験方法

図３のようにベッドの足元にセンサーの電極を設置する．床に足を下ろして立ち上がる際に人体が電極に接近するためここで人体検出を行う．
本実験では静電気を可能な限り一定に人体に帯電させるために，ベッド上に仰臥位の姿勢から一定の寝返りの動作の後にベッドから床に立つ，ベッドの長辺端に座る，床に立つ，の順に動作を行う．図３のように２種類の設置方法で実験を行う．１つ目は電極を床に設置して実験を行い，２つ目では電極をベッドのフレームに設置する．

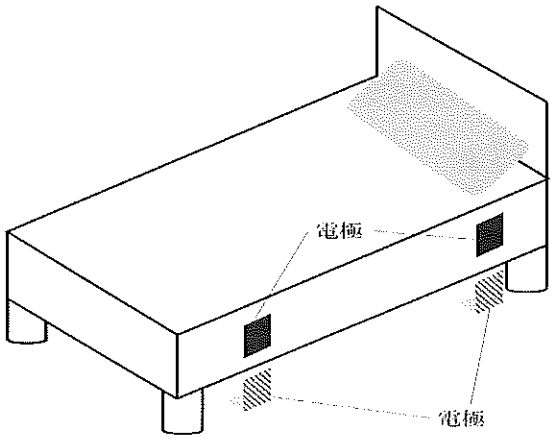


図３：本実験での電極の設置位置

回路のグラウンドはベッドフレームに接続する．センサーの電圧出力は，AD コンバータによってパーソナルコンピュータに取り込み測定した．AD コンバータのサンプリング周期は 10ms とし，入力レンジを±5v とし測定を行った．実験時の室温は 26 度，湿度は約 40%，被験者の服装は綿のシャツと綿のパンツを着用した．

4．実験結果

図４に本センサーの電極を床に設置した時の出力を示す．約 0～32 秒まではベッド上で寝返りを繰り返し行い，その後約５秒静止しベッドからの立ち上がり動作を行った．ベッド上での寝返りと静止している時では出力電圧の差はほとんどみられなかった．ベッドからの立ち上がり時では約-2v まで遷移した．

図５に本センサーの電極をベッドフレームに設置した時の出力を示す．こちらも同様に約 0～32 秒まではベッド上で寝返りを行い，約 5 秒静止しその後ベッドからの立ち上がりの動作を行った．ベッド上で寝返りを行うと出力電圧は約 2v まで出力は遷移し，静止するとほぼ反応はなくなり，ベッドから立ち上がり時では約 4v まで遷移した．

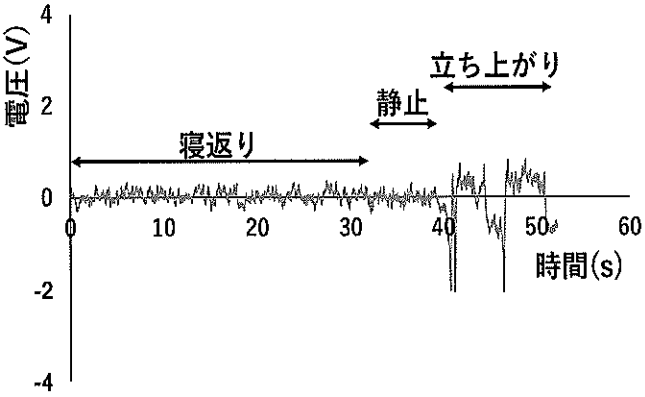


図４：離床時の電圧出力
（２枚の電極を床に設置時）

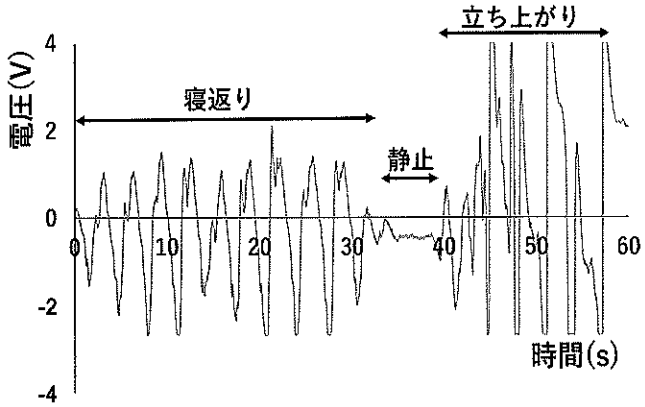


図５：離床時の電圧出力
（２枚の電極をベッドフレームに設置時）

電極を床に設置時は，離床の検出できる可能性があるとわかったが，ベッド上での動きは検出できず，出力電圧の波形に多くのハムノイズが含まれていた．

電極をベッドフレームに設置時は，離床の検出できる可能性が電極を床に設置時よりもより高いとわかった．加えてベッド上での動きに対応して出力電圧の波形が変化しており，一方で波形に含まれるハムノイズが少なくなった．出力波形の特徴としては立ち上がる動作時は足を床に下ろした時ではなく，ベッドから身体が離れた時に最大の約 4v の電圧が検出できた．座る動作時は身体とベッドが接触した時に大きな反応がみられた．

5．まとめ

本研究で製作したセンサーは，身体がベッドから離れたことを検出する離床センサーとして活用できる可能性があるとわかった

さらに図４と図５よりセンサーの電極をベッドフレームに設置した場合では出力電圧に含まれるハムノイズも小さくなり，ベッド上での動きに対応し電圧出力が変化した．今後は電極をベッドフレームに設置して実験を行う．図５の立ち上がり時では出力最大となったが，回路内のオペアンプが飽和し出力は約 4v となってしまった．

6．今後の展望

本実験の立ち上がり時の飽和してしまっている出力を正確に測定するために現在の回路の感度を変更する必要がある．電極は縦 100mm 横 100mm の形状をより小型化するために，最適な電極の設置位置や電極の形状と材質を検証していく必要がある．本センサーではベッドと身体が離れた検出できたが，ベッド上での起き上がりや床に足をついたことやベッドから落下したことも正確に検出することができればより利便性の高いセンサーになると考えられる．

7．参考文献

中島　一樹・田村　俊世：看護・介護モニタの現状と今後，医用電子と生体工学，14 巻 2 号 p. 30-35，2000

澁谷 秀幸，荻原 園子，小澤 恵子，上島 美佳，植松 鶴子，井上 憲昭：焦電型赤外線離床センサーの試作・運用の検討，日本農村医学会雑誌，57 巻 4 号 p. 650-655，2008

［連絡先］
氏名：塚原　和樹
e-mail：kazuki.tsukahara.6i@stu.hosei.ac.jp

D5-1

自動車運転における危険物検出の視覚特性の検討と自動運転技術への応用

○平川将*，高野倉雅人*，荻谷光晴*
*神奈川大学工学部経営工学科

The examination of visual characteristics of the dangerous object detection in the driving and application to an automatic driving technology

Sho Hirakawa*, Takanokura Masato*, Mitsuharu Ogiya*
*Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering, Kanagawa University

1. 研究背景

人工知能（AI）技術革新が進められている現代，自動車業界では，これまで技術的に困難と考えられてきたAI技術を取り入れた自動運転車が普及しつつある[1]．自動運転車にシステムが介入する段階は 5 段階に分かれており，周辺監視を自動運転車のみで行うレベル 3 以上の段階で走行実験を行ったところ，人をはねて死亡させたという事故があった．この事故は歩行者の急な飛び出しが原因ではないかとみられているが，これは実際に人が運転していたのならば防げた可能性があるといわれている．このことから，人間特性を周辺の安全確認技術に取り入れることで，人間よりもはるかに速く処理を行える安全な自動運転車ができると考える．

2. 研究目的

本研究では，自動運転車のセンサー制御に人間の安全確認に関する特性を取り入れることで，より安全な自動運転技術に貢献することを目的とした．人間の危険に対する視線特性を明らかにし，周囲への安全確認を行うセンサー制御への応用を検討した．

人間の危険に対する視線特性を明らかにするために，障害物の少ない見通しの良い道と，障害物の多い道において，人間がどのように安全確認するか視線測定を行い，心理物理学的に検討した．実験の結果を用いて，運転者の危険に対する視線特性を解析することを試みた．

3. 実験

3.1. 実験方法

本実験は，実際の自動車走行中の車内搭載カメラの動画を使用した．被験者には，動画について，実際に運転しているつもりで安全確認してもらい，その視線の動きを計測した．実験動画は，5 つのルートを走行するものを用意した．さらに，同一ルートにおいて，歩行者や対向車等の情報量が多いものを危険場面とし，情報量が少ないものを通常場面として 2 種類を用意した．実験動画は，合計10個用意した．これらの通常場面と危険場面について，視線の動きを比較することで，危険を検出する際の視線分布の変化や，危険に対する注視時間といった視覚特性について検討した．

3.2. 実験刺激

図 1，図 2は，実験に使用した動画の一場面である．通常場面では，歩行者などが少ないが，危険場面では，多数の歩行者が存在している．

図 1　通常場面

図 2　危険場面

3.3. 実験手順

実験における被験者とディスプレイの視距離は57cm に設定した．1 試行の実験手順を図 3 に示す．実験では，固視画面を 3 秒，実験刺激動画を 10 秒，固視画面を 3 秒の順で呈示した．視線計測は，はじめの固視画面から最後の固視画面までの視線を計測した．被検者には，実際に運転をしているつもりで映像の安全確認を行うよう教示した．また計測中にできるだけ頭部と身体を動かさないように教示した．被験者は，10種類の動画について，1 回ずつ実験を行った．

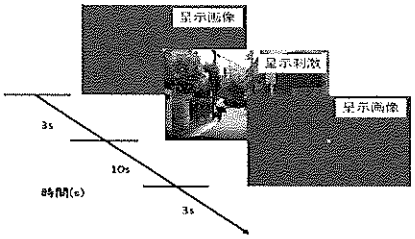


図 3　実験刺激呈示概要

3.4. 実験装置

実験刺激呈示用に，デスクトップ PC とディスプレイを使用した．また，被験者の視線を測定するために，計測器は以下のものを使用した．

・ディスプレイ：DELL 製 REV A00（48×27cm, 1980×1080pixel）

・The Eye Tribe Tracker：（測定精度誤差視角±1°,

サンプリングレート 30Hz)

3.5. 被験者

被験者は，裸眼または矯正により正常な視力を持つ男女5名（男：4名，女：1名）とし，平均年齢は，21.6歳であった．

3.6. 注視点解析方法

測定した視線データから，注視点と注視点間距離について解析した．注視は，100ms 間以上，半径 1°以内を見続けたときとした．注視時間は，100~200ms ， 201~300ms ， 301~500ms ， 501~1000ms，1001ms以上の5区分に分けた．注視点間距離は，注視同士間の距離（°）で算出した．

4. 実験結果

4.1. 視線分布

同一の直線道路における通常場面と危険場面の視線分布結果を，それぞれ図 4 の左図，右図に示す．円が注視位置であり，線は注視点間を直線で結んだものを示している．2 つの場面を比較すると，通常場面では進行方向に視線が集中しているのに対して，危険場面では左右に大きく視線が移動していることが示された．

この結果から，安全確認が必要となる歩行者などが存在する場合には，左右に大きく視線移動することが示された．

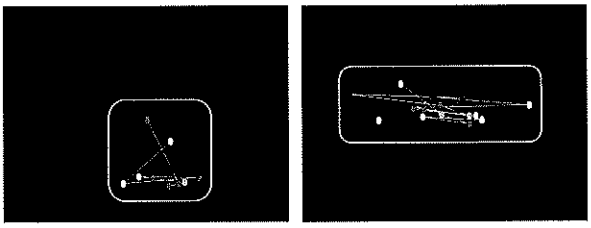


図 4　通常場面(左)と危険場面(右)の視線分布

4.2. 注視点解析結果

図 5 に，注視時間割合の被験者平均結果を示す．横軸は注視時間の区分であり，縦軸は注視時間の割合を示す．青棒グラフは通常場面の結果で，赤棒グラフは危険場面の結果である．結果から，301～500ms と 1001ms 以上の区間で差が見られた．

図 6 は注視点間距離における被験者平均を示す．横軸は注視点間距離（°）を示し，縦軸は注視点間距離の割合を示した．棒グラフの色は，図 5 と同様である．結果から，1~5°, 15~20°，20°~の区分で差が見られた．

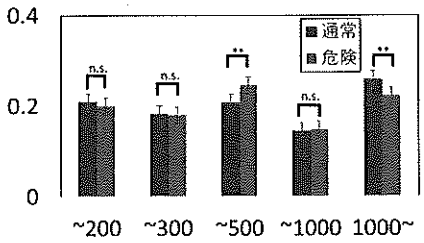


図 5　注視時間(ms)の割合

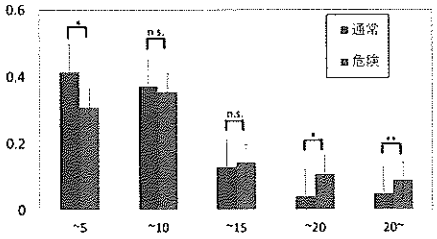


図 6　注視点間距離（°）の割合

5. 考察

注視時間の結果から，通常場面と危険場面について比較したところ，危険場面では，1001ms以上で割合が低くなり，301~500ms の区間の割合が高くなった．このことから，歩行者等の回避対象の動向を確認するために，301~500ms 程度の注視が良く用いられることが示唆される．ここで注目すべきは，長すぎると基本の運転動作に支障が出てしまい，短すぎると回避対象の動向が分からないと考えられる．回避対象の動向を確認しつつ，安全運転にも注意を配分するための注視時間として，301~500ms 程度が適していると考えられる．

視線分布と注視点間距離の結果から，危険場面において視線の範囲が左右に大きく振れる傾向があることが示された．15~20°，20°~の長い注視点間距離の割合が高いことから，危険場面では，歩行者や対向車にも視線を向けていることが示唆される．

これらの人の危険物検出に関する視覚特性から，自動運転車のセンサーは，前方に複数のセンサーを設置することで重点的に安全確認し，歩道や対向車線の状況を認識できる範囲にも届かせる必要がある．また，センサーは最低でも 301~500ms 間は出力し続けなければならないと考えられる．

6. 結論

本研究では，人の危険物検出における視覚特性を明らかにし，自動運転車のセンサー制御への応用を検討した．結果，センサーは前方を重点的に複数設置し， 歩道から反対車線の対向車を認識できる範囲に届かせ，最低でも 301~500ms はセンサーを出力し続けることが望ましいことが示唆された．

7. 文献

1) 須田義大，青木啓二，自動運転技術の開発動向と技術課題，情報管理 vol.57 no.11, 2015

[連絡先]
ひらかわ　しょう
e-mail：r201504540ni@jindai.jp

買回品の UX 要素の抽出とそれを活用した商品企画支援ツールの提案

○國井　夏子
早稲田大学創造理工学部

Study of UX elements of shopping goods and suggestion for product planning support tool

Natsuko KUNII
Waseda University

1. はじめに

急速に多様化するユーザーニーズに対して，企業は新しい価値を提供する必要性が高まってきている．ここで，ユーザーと製品との関わり方の概念としてユーザーエクスペリエンス（UX）が注目を集めている[1]．しかし，UX という考え方は広まってきているにも関わらず，UX を活用した商品企画における効果的な支援ツールは存在していない．

本研究では，UX を「製品を通して得られる体験」と定義し，製品の中でも買回品を対象として，UX 要素の抽出と商品企画における支援ツールを提案することを目的とする．

2. 研究方法

(1) 対象製品の選定
(2) 体験価値分析シートの提案
(3) 体験価値の調査
(4) UX 要素の抽出

3. 対象製品の選定

製品はさまざまな分類ができ，販売対象による分類では生産財と消費財に分けることができる．さらに，消費財は消費者の購買態度や特性によって次の 4 つに分類できる[2]．

(1) 最寄品
消費者の購買頻度が最も高い消費財．単価は低く何度も繰り返し購入される．消費者は特別な努力を払わず，日常の生活行動圏内で購入する．（例：日用品，雑誌，煙草など）

(2) 買回品
購買前に品質や価格，商品特性などを比較されるなど計画を立てて購買される消費財．購買頻度は低く，単価は高め．（例：家電製品，家具など）

(3) 専門品
独自のブランドや個性を持った消費財．高単価で消費者は購買まで十分な努力をかけようとする特徴がある．（例：高級自動車，高級ファッションなど）

(4) 非探索品
消費者が購入することに興味を示さない消費財．認知度は低い，もしくは認知していても購買への関心は低いという特徴がある．（例：生命保険，仏具，墓石など）

山崎[3]は製品の UX を考えるうえで，ユーザー体験の時間軸・環境軸・人間軸を考える必要があると述べている．そこで本研究では，身近な製品かつ日常生活に関わりがあるもの，そして，時間軸を考えられるだけの利用時間が存在するものであることから，「買回品」を研究対象として扱う．

4. 体験価値分析シートの提案

製品の体験価値を調査するために，UX の期間モデル（図 1）と体験の記述シート[1]をもとに製品利用によって感じたこと・思ったことを行動フェーズ・時系列ごとに記述する「体験価値分析シート」（図 2）を提案した．

なお，UX の期間モデル[1]とは，製品の利用前・利用中・利用後・利用時間全体で異なる体験を得られるとしたモデルである．この時間軸で区切ることで利用者の感情の変化を明確化することができる．

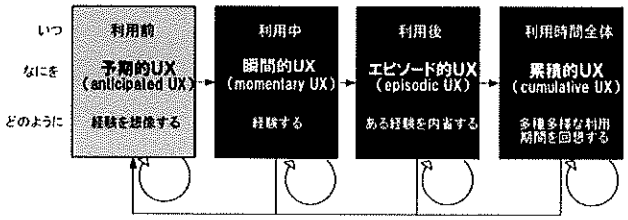


図 1　UX の期間モデル[1]

【体験価値分析シート】

名前（　　）

使用している製品名(メーカー)	洗濯機（　　）		使用年数	年 ヵ月位	現時点での総合評価点	/100点満点
行動フェーズ	思ったことや感じたこと	感情のスコア(1～5)	使用環境(一人暮らし・寮など)		使用頻度	
行動内容① 洗濯物を洗濯機に入れる			製品を購入する前にどのように使うと想像した？(予期的UX)			
行動内容② 洗剤や柔軟剤を洗濯機に入れる			使い始めの頃の使い心地の印象は？(瞬間的的UX)			

図 2　体験価値分析シート

体験価値分析シートにおいては 1)行動フェーズごとの体験の記述 2)製品の時系列的体験（予期的・瞬間的・エピソード的・累積的UX)の記述を求める．それぞれの項目において，思ったこと・感じたことを記述し，行動フェーズごとの体験では感情のスコア（1：1 番ネガティブな感情～5：1 番ポジティブな感情）をつけてもらう．

5. 体験価値の調査

5.1 方法

買回品の 1 つである洗濯機を例に，提案した体験価値分析シートを用いて，大学生 9 名の洗濯機利用体験データを収集した．

5.2 結果・考察

体験価値分析シートから得られた利用体験の例を表 1 に示す．

表 1　洗濯機の利用体験の例

行動フェーズ	思ったこと・感じたこと
洗濯物を入れる	入口が広いので、洗濯物を入れやすい 汚れたものを洗えるから嬉しい 上に口がついてて特に不便はない 容量が大きいので一度にたくさん洗濯できる ドラム式なので入れるのは楽 どれくらい入れていいのか分からない 白い物や色物を分けるのが面倒くさい どれをネットに入れるか分からない 入れる場所が高くて大変 生地が弱いものはネットに入れなければならないので面倒くさい 洗濯物が重い
所定のボタンを押す	ボタンを押すだけなので楽 水の量や総水時間を洗い物ごとに自由に決められる ボタンは少なく分かりやすい 使い方は予想通り 他のコースで洗おうと思っても普通コースで洗ってしまう

体験価値分析シートを用いて製品の利用状況の把握を行うと，異なるフェーズ間でも類似した体験価値が得られることが分かった．これより，行動フェーズごとではなく，全体的に親和図法でまとめることで UX 要素を抽出できるのではないかと考えられた．

6. UX 要素の抽出

6.1 方法

(1)行動フェーズごとの体験のデータを，感情のスコアをもとにプラス要素とマイナス要素に分類し，付箋に書き出す．

(2)プラス要素，マイナス要素それぞれに対してその体験をした時の感情が似ているものを集め，親和図法でグループ化する．なお，グループ名は「○○感」で統一した．

6.2 結果・考察

親和図法の結果，UX 要素のカテゴリーが作成できた（表 2）．また，それぞれの UX 要素を洗濯機以外の製品でも応用できるように，一般化した説明文を付け加えた．こうすることで，他の買回品にも対応できると考えた．

また，一般化の際には洗濯機固有の UX 要素（例えば清潔感）については，「機能の充足感」などという言い換えとした．

表 2　抽出された UX 要素一覧

	UX要素		説明
プラス要素	手軽感		製品の操作や動作が少なくて楽である 例: 製品をボタン一つで動かせる
	機能充足感		製品自体に対する機能が満たされている 例: 思っていた以上に製品の機能が多い
	自己決定感		製品の設定を自分好みにできる 例: 製品を自分の好きなデザインにカスタマイズできる
	サイズ感		製品の大きさ・寸法が利用するにあたって便利である 例: 製品が余裕を持った大きさである
	快感		製品の使用により，心地よい感覚が五感によって得られる 例: 製品からいい香りがする
	直感		製品の使い方が予想通りで，作業手順が分かりやすい 例: 取扱説明書を読まなくても，製品を操作できる
	期待感		製品の使用により，得られる出力が待ち遠しい 例: 製品が目的の作業をしてくれるのが楽しみ
	アシスト感		目的の行動を手助けしてくれる 例: 自分がしなければいけない動作を先読みして行ってくれる
マイナス要素	面倒感	億劫感	製品の作業手順が細かく，面倒くさい 例: 製品使用時の設定に手間がかかる
		疲労感	製品の使用により，無理な姿勢になったり動作回数が増えたりして疲れる 例: 製品使用時に手を伸ばさなければならない
	喪失感	絶対的喪失感	製品自体に対する期待が満たされていない 例: 思っていたより製品の機能が少ない
		相対的喪失感	他の製品と比べた時に，製品のデザインや機能がもの足りない 例: ほかの製品にある機能がない
	やっちゃった感		うっかりミスを犯し，後悔をする 例: 製品のスイッチを入れたと思っていたのに入っていなかった
	不安感		自分が行っている操作が正しいのか分からないまま操作を進める 例: 上手くいくか分からずハラハラする
	留意感		製品を使用する際に，ミスをしないように注意する 例: そっと製品を使用する
	不快感		製品の使用により，嫌な感覚が五感によって得られてしまう 例: 製品の作動音がうるさい
	外部環境		製品の機能では制御できない要因 例: 天気、場所

7. 研究の現状及び今後の予定

本研究では体験価値分析シートを用いることにより，製品の利用体験を時系列・行動フェーズごとに分析することができた．また，親和図法を用いて製品利用時の体験を感情で分類することで，UX 要素一覧を作成することができた．この一覧は商品企画における新製品発想のガイドワードとして使用できると考える．

今後は，定義した UX 要素を用いて新商品開発の模擬会議を洗濯機以外の買回品で行い，UX 要素を提示しない場合と比較する．これにより UX 要素を用いた，提案した商品企画支援ツールの有効性を評価する．

8. 文献

1)Virpi Roto, Law Effie, Vermeeren Arnold, Hoonhout Jettie ：ユーザエクスペリエンス（UX）白書 ユーザエクスペリエンスの概念を明確にする hcdvalue（訳），2011

2) 坪井明彦：商品分類とマーケティング戦略，商学研究論集，2002

3) 山崎和彦：ユーザーエクスペリエンスの視点からの感性の活用，2015

4) 濱 大毅，山本 恒行，栗原 正幸，岩崎 健二，鈴木 隆司，中西 美和：ユーザ・エクスペリエンスに基づくデザイン企画プロセスの提案及び検証，2015

[連絡先]
國井　夏子
e-mail：natsu.ciel722@akane.waseda.jp

D5-3

唾液分泌量の定量化に関する研究

○渡邉裕介*，秋山一樹*，藤崎健太郎*，栗山茜*，波多野優*，藤田梨紗*，韋琦*，張琰雯*，
下村義弘**，野原佳織***，貨泉朋香***，黒川亜紀子***，小林利彰***
*千葉大学工学部デザイン学科，**千葉大学大学院工学研究院，
***公益財団法人ライオン歯科衛生研究所

Study on quantification of saliva secretion

Yusuke WATANABE*, Kazuki AKIYAMA*, Kentaro HUJISAKI*, Akane KURIYAMA*,
Yu HATANO*, Risa HUJITA*, Qi WEI*, Yanwer ZHANG*, Yoshihiro SHIMOMURA**
Kaori NOHARA***, Tomoka KASEN***, Akiko KUROKAWA***, Toshiaki KOBAYASHI***
*Faculty of Engineering Department of Design, Chiba University,
**Graduate School of Engineering, Chiba University, ***The Lion Foundation for Dental Health

1.はじめに

現在、高齢者の口腔乾燥症疾患率は 12-39%であると報告されている[1]。このような口腔機能障害は低栄養や QOL の低下だけでなく、肺炎などの深刻な合併症などへも影響する[2,3]。

口腔乾燥症への対処法として、マッサージや咀嚼、光環境などの介入による唾液分泌量がしばしば対象となる[4,5]。しかし、このような刺激に対する唾液の時系列的な分泌様態は明らかになっておらず、口腔乾燥症の対処法を考える上で、唾液の分泌様態を明らかにすることは重要である。

本研究では刺激後の時系列的な唾液の分泌様態を定量化する方法を構築することを目的とした。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は本研究の趣旨を理解し、協力の同意を得られた 20 代の健常成人 8 名（男性 3 名、女性 5 名）を対象とした。

本研究の実施にあたっては、千葉大学大学院工学研究院生命倫理審査委員会の承認を得た。

2.2 条件

条件は唾液分泌を促すとされる、皮膚の流動性を利用し皮膚上より唾液腺をなでるように刺激をする唾液腺マッサージと、自発的な咀嚼の 2 条件とした。唾液腺マッサージは歯科衛生士が行い、耳珠と顎の先端を結び耳珠より 3cm の点に人差し指を起き、その点を基準に中指・薬指・小指を配置し、円を描くようにして行なった。また圧力センサを用いて被験者間のマッサージの強さが一定圧力以上にならないように統制した。咀嚼は左右の奥歯に設置したポールメン（専用の脱脂綿）を噛むようにして行なった。

2.3 実験方法

実験は座位姿勢で行った。唾液量の測定は舌下部にポールメンを含み、前後の重量の変化で測定を行った。唾液が舌下部に集まるように頭部を 30 度前傾させた状態で唾液量を測定した。

実験開始前に、被験者は座位姿勢において十分な安静後、1 分間、安静時唾液量を測定した。

1 条件につき、唾液腺マッサージまたは咀嚼を 30 秒行い、その間に分泌された唾液量を測定した。その後の 10 分間は 1 分間の休憩と 1 分間の唾液量測定を交互に 5 回行い、その後は 9 分間の休憩と 1 分間の唾液量測定を 4 回行いその後 9 分 30 秒の休憩を取った。

これを 1 セット(図 1)とし、1 時間ごとに 1 セットずつ、1 日当たり計 6 セット行い、マッサージ条件と咀嚼条件は日を変えて行った。

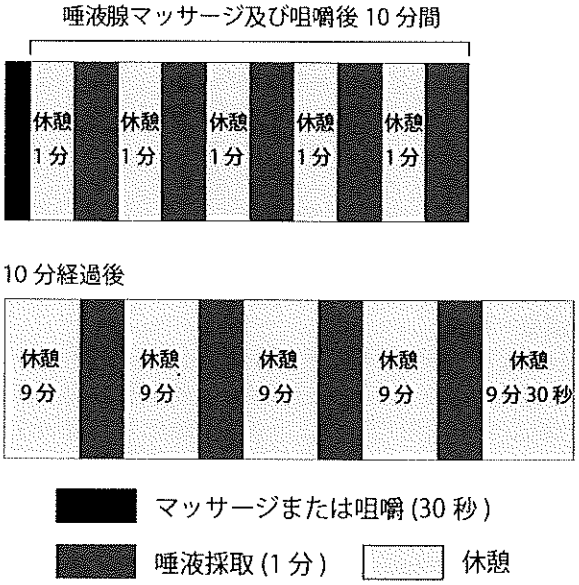


図 1. 1 セットの流れ

実験は人工気象室で行い、室温は 25 度程度、湿度は 50% 程度の不快ではない設定とし、照度は一定とした。

2.4 統計解析

各被験者のセット毎のマッサージまたは咀嚼の終了時をゼロとして、横軸を時間、縦軸を唾液分泌量とするグラフを描いた。このグラフに対し、個人内及び条件内で加算平均を行った。マッサージ及び咀嚼中に分泌された唾液量は 2 倍し 1 分間の積算値とした。

また、マッサージ及び咀嚼中に分泌された唾液分泌量に関し、条件間の差について対応のある t 検定を行った。

3.結果

各被験者の加算平均後の唾液分泌量のグラフを図 2 に示す。また、タスク中に分泌された唾液量の比較を図 3 に示す。

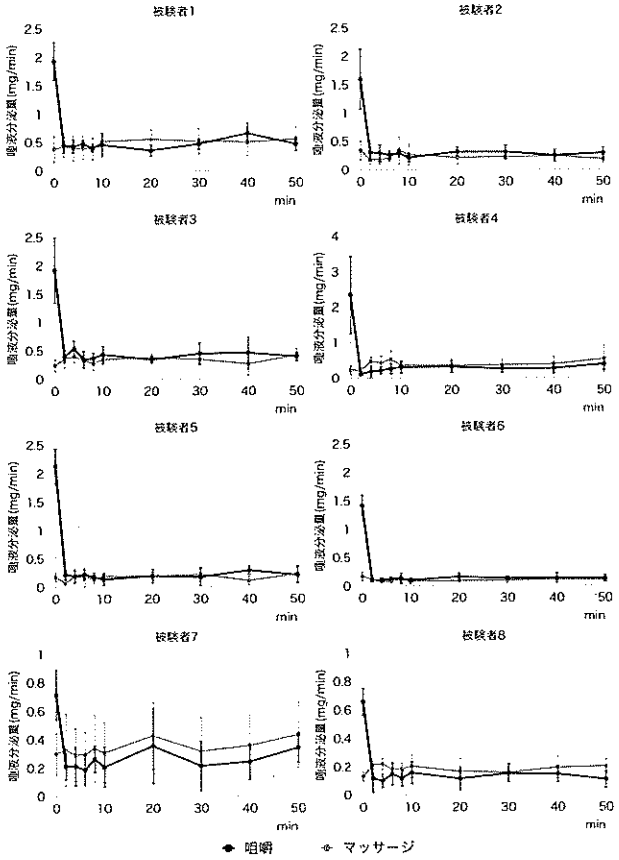


図 2.各被験者の唾液分泌量の変化

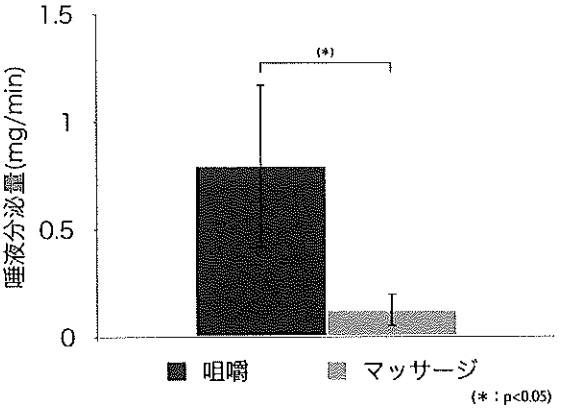


図 3.タスク中に分泌された唾液量

咀嚼中に分泌された唾液量はマッサージ中に比べ有意に大きい値となった($p<0.05$)。しかし、その後の測定値に関しては顕著な増加は見られなかった。

4.考察

本研究では、唾液の分泌様態に着目し測定を行った。その結果、咀嚼による唾液分泌は咀嚼中に最も大きくなり、その後速やかに収まることが示された。唾液腺マッサージによる唾液分泌は 1 セットの間に顕著な増加が見られないことが示された。また、図 3 で示したように条件間での有意差が認められており、このことは唾液量を測定するうえで、本研究の測定方法が有効である可能性を示している。

以上の結果より、咀嚼と唾液腺マッサージによる刺激に対する唾液の時系列的な分泌様態の検討が可能になったと考えられる。

5.参考文献

1) Thomson, W. M.(2005); Issues in the epidemiological investigation of dry mouth, Gerodontology, 22:65~ 76,

2)Fukai K, Takiguchi T, Ando Y, et al. (2008); Mortality rates of community-residing adults with andwithout dentures. Geriatr Gerontol Int. 8: 152-159, 2008.

3)Kim JK, Baker LA, Davarian S, et al. (2013); Oral health problems and mortality. 8: 115-120,

4) 原久美子 (2008); 唾液腺マッサージによる唾液腺機能賦活に関する研究. 広島大学大学院医歯薬総合研究科創生医学病態探求医科学専攻学位論文

5) 西川泰央,吉田洋(1995); 咀嚼運動と唾液分泌との関連性について,歯科医学 58 巻

[連絡先]
渡邉裕介
E-mail : yw1996@chiba-u.jp

大会運営委員会

大会長	髙野倉雅人（神奈川大学）
委員	久宗　周二（神奈川大学）
	荻谷　光晴（神奈川大学）
運営事務局	水垣信威千（株式会社ドーモ）

関東支部

関東支部支部長	矢口　博之（東京電機大学）