

平成25年度  
日本人間工学会 関西支部大会  
講演論文集

- 日時：2013年12月14日(土)
- 会場：京都工芸繊維大学

# 平成25年度日本人間工学会関西支部大会

## 大会スケジュール

		A会場 (3号館 0311教室)	B会場 (3号館0321教室)	C会場 (3号館0322教室)	D会場 (3号館0323教室)
9:30-10:30		ユーザビリティ・UX	交通	技能習得	計測
10:45-11:45		理解支援	安全・安心	生理	身体動作
12:10-13:30	昼休み	評議員会・役員会合同会議 (12:00-13:00) 会場:60周年記念館1階)			
13:30-14:45	特別講演	特別講演「ICTが拓くユニバーサル社会」 竹中 ナミ 様(社会福祉法人プロップ・ステーション 理事長) 会場:60周年記念館1階			
15:00-17:30	合同 シンポジウム	<関西支部-中国・四国支部>合同シンポジウム 『人間工学を叱る』 会場:60周年記念館1階			
17:30~		懇親会(会場:60周年記念館2階大セミナー室)			

### 発表者へのご案内

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

### 参加者へのご案内

- 駐車場スペースがありませんので、公共交通機関をご利用ください。
- 午前(9:00~11:30)は3号館1階にて受付を行います。午後(11:30~)は60周年記念館1階にて受付を行います。時間によって受付の場所が変わりますので、ご注意ください。
- 合同シンポジウムへの参加は、支部大会参加者に限らせていただきます。
- 役員会は、12:00より、60周年記念館1階で行います。
- 懇親会は、17:30より、60周年記念館2階大セミナー室にて行います。ぜひご参加ください。
- 昼食について、12/14(土)は学生食堂・購買をご利用いただけます。また、受付時にお渡しするランチマップをご参照ください。お弁当は、会場にてお召し上がりいただけます。
- 構内は喫煙スペース以外全面禁煙となっていますので、ご協力をお願いいたします。喫煙場所は受付でご案内いたします。

# 平成25年度 日本人間工学会 関西支部大会 プログラム

会場：京都工芸繊維大学 3号館

## ■特別講演会 会場:60周年記念館

●特別講演 13:30～14:45

『ICTが拓くユニバーサル社会』

竹中 ナミ 様(社会福祉法人プロップ・ステーション 理事長)

## ■<関西支部-中国・四国支部>合同シンポジウム 会場:60周年記念館

●シンポジウム 15:00～17:30

『人間工学を叱る』

コーディネーター:藤田悦則(中国・四国支部 副支部長)

パネラー(敬称略):

- ①三本 和彦(モータージャーナリスト)
- ②長町 三生(広島大学名誉教授)
- ③久保 博子(奈良女子大学准教授)
- ④山本 幸男((公財)ひろしま産業振興機構カーテクノロジー革新センター センター長, 元マツダ(株) 技術研究所副所長)
- ⑤大澤 辰夫(ボーズ・オートモーティブ(株))

## ■A会場:3号館 0311教室

●ユーザビリティ・UX 9:30～10:30 座長:篠原一光(大阪大学)

- A1 テキストマイニングによる状況の表現内容と雰囲気之感度との関係  
○西藤栄子(徳島文理大学)  
熊王康宏(静岡産業大学)  
神宮英夫(金沢工業大学・同, 感動デザイン工学研究所)
- A2 視線と閲覧ログを活用したウェブサイトのユーザビリティテスト方法  
○松延拓生(和歌山大学システム工学部)  
高島実穂(和歌山大学大学院システム工学研究科)
- A3 タッチパネル搭載端末使用時の視線および操作の特徴 一読書アプリを事例として一  
○高島実穂(和歌山大学大学院システム工学研究科)  
松延拓生, 満田成紀, 福安直樹, 鯉坂恒夫(和歌山大学システム工学部)
- A4 社内業務システム運用時におけるユーザの感動体験について  
○新家敦(株式会社島津ビジネスシステムズ)

●理解支援 10:45～11:45 座長:篠崎 彰大(株式会社ワコール)

- A5 サイモン効果の増加に関わる諸要因を調べる研究  
○田飛, 篠原一光, 内藤宏(大阪大学大学院人間科学研究科)
- A6 わかりやすさにおけるメタファの有効性について  
○伊藤彰子, 岡田明(大阪市立大学大学院 生活科学研究科)
- A7 眼球運動を利用した文章理解支援システムの提案  
○藤本達哉, 伊丸岡俊秀(金沢工業大学)
- A8 警告表示に対する子どもの理解度に関する研究  
○竹野沙方里, 岡田明(大阪市立大学大学院生活科学研究科)

## ■ B会場:3号館0321教室

●交通		9:30~10:30	座長:澤島 秀成(奈良県産業振興総合センター)
B1	列車運転時における警報音の適正な音量に関する研究 ○西本嗣史(西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所) 藤澤厚志(西日本旅客鉄道株式会社 近畿統括本部 施設課) 宗重倫典(西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 技術部)		
B2	船舶運航シミュレータにおける会話の影響:覚醒水準に着目して ○山田健太, 臼井伸之介(大阪大学大学院人間科学研究科) 淵真輝(神戸大学大学院海事科学研究科附属国際海事研究センター) 小西宗(神戸大学海事科学部海事技術マネジメント学科)		
B3	カーナビ操作時のメンタルワークロード評価のための呼吸指標の検討 ○須澤将馬, 小谷賢太郎, 鈴木哲, 朝尾隆文(関西大学システム理工学部) 榎田亨(関西大学大学院理工学研究科) 石川貴洋, 石田健二, 松岡孝(株式会社デンソー 基礎研究所)		
B4	下肢筋の同期的筋活動を用いたカーナビ操作時に生じるメンタルワークロードの評価 ○榎田亨(関西大学大学院理工学研究科) 小谷賢太郎, 鈴木哲, 朝尾隆文, 須澤将馬(関西大学システム理工学部) 石川貴洋, 石田健二, 松岡孝(株式会社デンソー 基礎研究所)		

●安全・安心		10:45~11:45	座長:臼井伸之介(大阪大学)
B5	半構造化面接法を用いた歩行の動作観察についての一考察 -理学療法士の思考過程について- ○大桐将, 山田勝真(京都工芸繊維大学大学院 先端ファイブ科学専攻) 弓永久哲(関西医療学園専門学校) 来田宣幸(京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 応用生物学部門)		
B6	水先人の行動モニタリングによる出入港操船の安心・安全評価を目指して ○鈴木一博(神戸大学海事科学部) 北村健一、村井康二、林祐司(神戸大学海事科学研究科) 藤瀬一則(博多湾水先人会)		
B7	海岸局航海情報支援者の緊張と操船者への安心・安全への貢献 ○蔵澄大仁(神戸大学海事科学部) 北村健一、村井康二、林祐司(神戸大学海事科学研究科) 岡部和美, 早川友晴(東洋信号通信社) 藤瀬一則(博多湾水先人会)		
B8	大学生の医療行為に対する認知・理解度, リスク認知, 受容度 ○安達悠子(大阪大学大学院)		

## ■ C会場 :3号館0322教室

●技能習得		9:30~10:30	座長:久保博子(奈良女子大学)
C1	入力操作の習熟が手指の動きに与える影響 ○永井正太郎, 岡田明(大阪市立大学大学院 生活科学研究科) 山下久仁子(大阪市立大学 研究支援課)		
C2	高齢者の嚥下障害予防を目的としたシリアスゲームの開発 ○井上翼, 大須賀美恵子(大阪工業大学工学部ロボット工学科)		
C3	包丁研ぎにおける熟練者および非熟練者の特徴比較 ○山田真彦, 高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学) 濱田明美(京都光華女子大学) 飯総(京都調理師専門学校)		
C4	eラーニング教材を用いた土壁塗りの技術習得支援 ○吉田滉史, 高井由佳, 後藤彰彦(大阪産業大学) 佐藤ひろゆき(京都工芸繊維大学)		

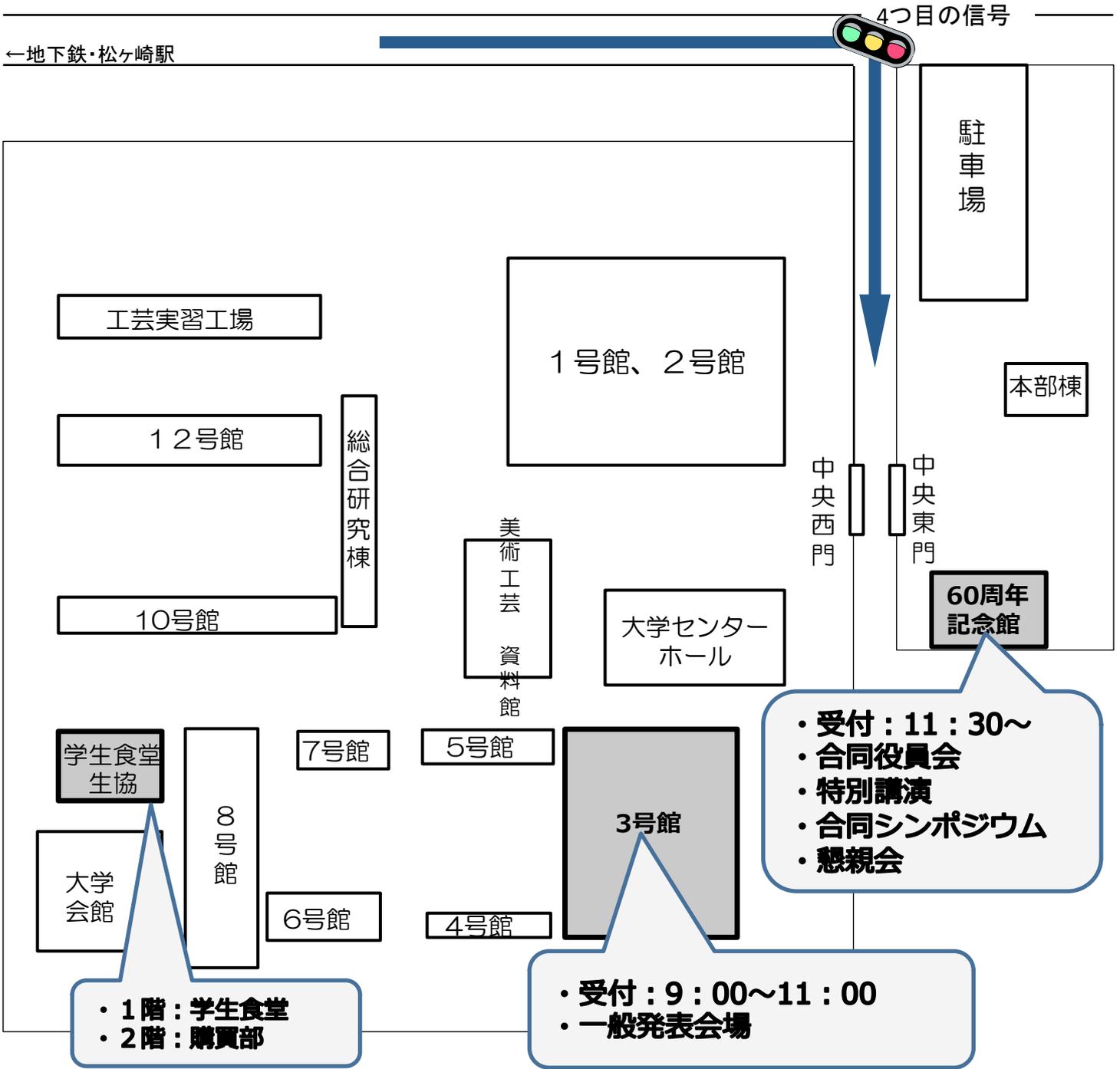
●生理		10:45～11:45	座長:小谷賢太郎(関西大学)
C5	体感振動刺激呈示による脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の特徴抽出 ○小西建斗, 萩原啓(立命館大学 情報理工学部)		
C6	口腔内筋電位測定のための予備検討 ○中谷真太郎, 荒木望, 小西康夫, 前中一介(兵庫県立大学工学研究科) 滝澤由佳子, 才木常正(兵庫県立工業技術センター)		
C7	定常視覚誘発電位を用いたアナログ入力インタフェース ○上島秀生(大阪工業大学工学部ロボット工学科) 棒谷英法(大阪工業大学工学研究科生体医工学専攻) 大須賀美恵子(大阪工業大学工学部ロボット工学科)		
C8	背部体表脈波検知による脊髄損傷者の膀胱内尿量と自律神経活動の評価 ○鈴木ひとみ(神戸常盤大学) 埴田和史, 辻村裕次(滋賀医科大学)		

### ■D会場 :3号館0323教室

●計測		9:30～10:30	座長:萩原啓(立命館大学)
D1	点滅周波数の異なる多点LEDによるフリッカー値測定器の開発 ○北川貴博(摂南大学 大学院工学研究科) 福井裕, 川野常夫(摂南大学 理工学部)		
D2	振動工具管理責任者用 簡易型・手腕周波数補正振動加速度実効値測定器の開発 ○前忠良, 吉田成宣(株式会社 大興) 清水和也(株式会社 DEED) 宮下和久(和歌山県立医科大学) 前田節雄(近畿大学)		
D3	マーカー貼り付けを必要としない3次元動作計測システムの開発 —その2歩行計測への応用— ○石本明生, 本多信夫((株)HALデザイン研究所) 足立和隆(筑波大学)		
D4	三次元距離画像センサーによる車いす利用者のバリアフリー情報の収集方法の研究 ○結城麻衣子, 桑原教彰, 森本一成(京都工芸繊維大学大学院)		

●身体動作		10:45～11:45	座長:川野常夫(摂南大学)
D5	日本の伝統文化の高齢者介護への活用と効果検証についての報告 ○土井輝子(ティー・エム・メディカルサービス) 池坊由紀(華道家元池坊, 京都工芸繊維大学大学院) 桑原教彰(京都工芸繊維大学大学院)		
D6	キャンセル		
D7	微細気泡と入浴剤の併用による入浴の快適性評価 ○松浦周平(関西学院大学大学院理工学研究科) 片平建史(関西学院大学大学院理工学研究科/感性価値創造研究センター) 矢野浩範(関西学院大学大学院理工学研究科) 長田典子(関西学院大学大学院理工学研究科/感性価値創造研究センター) 宮一普, 古川誠司(三菱電機株式会社先端技術総合研究所)		
D8	デジタルマネキンを用いたふとんの運びやすさの向上に関する研究 ○廣川敬康, 三井健太郎, 渋谷唯司, 速水尚, 澤井徹, 大政光史(近畿大学) 廣瀬尚三((株)アイヴィス)		

# 会場案内図



## 会場へのアクセス

- 地下鉄烏丸線「松ヶ崎」駅より徒歩8分。  
(出口1から右(東)へ400m進み4つ目の信号を右(南)へ180m)

### 1.京都駅より

市営地下鉄烏丸線「国際会館」行きに乗車(約18分)「松ヶ崎駅」下車、徒歩約8分

### 2.京阪三条駅より

市営地下鉄東西線「太秦天神川」行きに乗車、「烏丸御池駅」で地下鉄烏丸線・国際会館行きに乗り換え、「松ヶ崎駅」下車、徒歩約8分

## 特別講演

### I C Tが拓くユニバーサル社会

講演者：竹中 ナミ 様  
(社会福祉法人プロップ・ステーション 理事長)



## 竹中 ナミ プロフィール

---



社会福祉法人プロップ・ステーション 理事長

1948年兵庫県神戸市生まれ。神戸市立本山中学校卒。

重症心身障害の長女（現在40歳）を授かったことから、独学で障害児医療・福祉・教育を学ぶ。1991年、草の根のグループとしてプロップ・ステーションを発足、98年厚生大臣認可の社会福祉法人格を取得、理事長に。ICTを駆使してチャレンジド（障害を持つ人の可能性に着目した、新しい米語）の自立と社会参画、とりわけ就労の促進

を支援する活動を続けている。

「チャレンジドを納税者にできる日本」をスローガンに、95年よりチャレンジド・ジャパン・フォーラム（CJF）国際会議を主宰。

内閣官房雇用戦略対話委員、社会保障国民会議委員、財務省財政制度審議会委員、総務省情報通信審議会委員、内閣府中央障害者施策推進協議会委員、国土交通省歩行者移動支援プロジェクト委員、などを歴任。2008年より日清製粉とともに「神戸スイーツ・コンソーシアム」を主宰。2009年春、米国大使館より「勇気ある日本女性賞」を授与さる。同年天皇皇后両陛下より「春の園遊会」に招かれる。2010年から3年間NHK経営委員に就任。2012年4月、関西大学経済学部客員教授に就任。

ニックネーム「ナミねえ」で親しまれている超元気な関西人。

著書「プロップ・ステーションの挑戦」（筑摩書房）

「ラッキーウーマン～マイナスこそプラスの種」（飛鳥新社）

2009年より「ナミねえ BAND」を結成し、ヴォーカリストとしても活動中。

※ナミねえのFacebook <https://www.facebook.com/nami.takenaka>

※Ameba ブログ <http://ameblo.jp/takenakanami/>

## オピニオン～ICTを駆使してユニバーサル社会（共生・共助社会）の実現を目指す～



プロップ・ステーション（略称：プロップ）で学び、働くチャレンジの多くは、日常生活を営む上で何らかの介助・介護を必要としています。ICTが彼等（彼女ら）の潜在的な力を社会に引き出す大きな役割を果たしてきました。

コンピュータは、手指以外に、足、口、眼など、身体のどんな部分であっても、僅かでも自分の意思で動かせたなら「入力装置」を接続することが出来るからです。また最近ではパソコンのハードとソフトが発達したために、身体障害以外のチャレンジにとってもICTは重要な道具になっています。プロップのセミナーでは、知的ハンディあるいはLDや自閉症や発達障害、精神障害のチャレンジでもICTを学び、それぞれの個性と能力を発揮しています。

日本では「IT」と言われることが多いのですが、国際的には「ICT」と呼ばれており、「C」は、コミュニケーションの「C」です。つまり情報技術は本来「人と人の、あるいは人と社会のコミュニケーションに役立つこと」が大きな役割なのです。

自分の個性や能力を社会で生かすためには、チャレンジ個人の努力だけではなく、社会全体が「障害によるマイナス部分のみを見るのではなく、一人一人の可能性の部分に着目し、それを引き出す技術や制度を生み出すこと」が欠かせません。人は障害の有無に関わりなく「誰かから期待されている時」自分に誇りが持てます。マイナスだけに着目する福祉は、いくらそこに「慈愛」が込められていても、人の誇りを奪うことに繋がります。今「もったいない」という素晴らしい言葉が再クローズアップされていますが、「人の力を眠らせるほど『もったいない』ことはない！」というのが私の持論です。

人が自分や社会に挑戦する意欲を持つためには、社会全体の意識の転換と同時に、その人が「支えられる存在」であるだけではなく「支える側にもなれる」柔軟なシステムが必要です。

私の娘は40年前に重い脳障害を持って生まれ、重症心身障害者として全介護を要する状態で現在に至っていますが、彼女から私は「色々な人が居る。それが社会なんや！」「人の成長のスピードは、一人一人違って当たり前」ということを心底学びました。ですから彼女は私の恩師であり、同時に私の宝物です。娘は「日本の非行少女のハシリ」というようなワルであった私を現在の私に育て上げた人です。したがってプロップの活動は、娘の支えによって続けられているとって過言ではありません。私は自分にとって誇らしい存在である娘を、「可哀想」と呼んで欲しくないと思っています。

プロップでは「障害者」というネガティブな呼称ではなく「チャレンジド」（挑戦という使命やチャンスを与えられた人を表す米語）という言葉を使うことによって、すべての人が「支え合うという誇り」を持って生きられる「ユニバーサル社会」の実現をめざしています。

「ユニバーサル社会」を日本語で表現するのはなかなか難しいのですが、敢えていうならば「共生・共助社会」でしょうか。人がみな、自分の身の丈にあった活躍ができ、お互いに尊重しあい、支え合うことができはじめて、持続可能な日本を生み出すことが出来ると思っています。そして、そんな社会が創造された時、私は娘を残して安心して死んで行けると確信しています。「ユニバーサル社会（共生・共助社会）」の実現をめざして、一人でも多くの方が「人のマイナス部分ではなく可能性に着目し、それを引き出す行動」を起こして下さることを願っています。

プロップ・ステーション公式サイト <http://www.prop.or.jp>

※社会福祉法人プロップ・ステーション お問い合わせ先

*神戸本部*

〒658-0032 神戸市東灘区向洋町中 6-9 神戸ファッションマート 6E-13

TEL : 078-845-2263 FAX : 078-845-2918

E-mail : [prop@prop.or.jp](mailto:prop@prop.or.jp)

*東京オフィス*

〒107-0052 東京都港区赤坂 4-9-19 赤坂 TO ビル5F

TEL : 03-3475-4001 FAX : 03-3475-4003

E-mail : [proptokyo@prop.or.jp](mailto:proptokyo@prop.or.jp)

# テキストマイニングによる状況の表現内容と雰囲気之感度との関係

## Relationships between the Expression Contents of the Situation by Text Mining and the Sensitivity of Atmosphere

○西藤栄子\*, 熊王康宏\*\*, 神宮英夫\*\*\*

\*徳島文理大学 \*\*静岡産業大学 \*\*\*金沢工業大学

SAITO Eiko\*, KUMAOH Yasuhiro\*\*, JINGU Hideo\*\*\*

\* Tokushima Bunri University, \*\*Shizuoka Sangyo University, \*\*\*Kanazawa Institute of Technology

### 1. はじめに

情報処理技術の急速な進歩とともに、テキスト型データの処理能力が非常に高まったこともあいまって、製品の使いやすさや危険性などを把握する効果的手法としてテキストマイニングによる検討が多くなった。

発話や文章データは、対象者の思いを直に表現しているものであり、分析の工夫次第では、対象者の意図を全体のまま、効果的に把握できる<sup>1)</sup>。すでに筆者らはテキスト型データが表現している要素を抽出して、それをもとに発信者の意図を効果的に把握する方法をシステム化した「感性イメージ解析法」を開発した<sup>2)</sup>。この解析法を用いて、作り手(発信者)の意図やユーザーの商品イメージの解明<sup>3)</sup>、さらにはユーザー(受信者)に作り手(発信者)の意図が伝わりやすい商品コンセプト文の構成法についても明らかにした<sup>4)</sup>。

ところで多くのテキストマイニングによる研究では、対象者の記述データから類似語、同義語を整理・分類して得た用語の「出現頻度」を分析の第一段階とし、それをもとに種々の分析を行って知見を得ようとしている。もし頻度以外に、事象や対象者の特性・要因による一定の記述傾向が検出できれば、テキスト型データ特有の留意点(言葉の曖昧さ)に加えて、効率的な分析を行うことができる。

本報では、モノや人を取り巻く状況・雰囲気を刺激とし、実験対象者の特性(感度)とテキスト型データの記述傾向を調べて、テキストマイニングでの新たな

留意点を検出することを目的とした。状況・雰囲気はユーザビリティ(人間工学)やモノづくりの観点からも無視できない重要な要因である。

### 2. 実験と分析方法

**刺激:** ブライダル会社の協力を得て開催された模擬結婚式の録画。刺激の取得時期は2012年12月。

**評価:** 模擬結婚式の場面の流れ計画案をもとに、各場面について、状況から感じる内容を自由記述させた。このテキスト型データ取得場面は表1参照。

対象者の感度分析(評価値データ)、生理的データの取得分析は前報のとおり<sup>5)</sup>。実験対象者は前報と同一人物で、テキスト型データ取得有効数は85名(学生:男子26名,女子59名)。実験の実施時期:2012年12月~2013年1月。

**分析:** 「状況」は時々刻々と変化するために、時間を考慮した分析をした。テキスト型データは、場面ごとに、「感性イメージ解析法」を活用して「形容詞+名詞」単位で収集・整理してから、各用語の頻度と対象者の感度との関係を調べた。出現頻度は対象者1人当たりの出現率に換算した。対象者の感度と表現内容との関係はコレスポネンス分析とクラスタ分析によった。なお本一連の研究から男女間の反応傾向に差のないことを確かめたので、男女をまとめて分析した。

### 3. 結果と考察

表 1. 各場面で感じた形容語の出現率(対象者1人当たりの比率)

場面	1.新郎新婦入場	2-1.結婚宣言	2-2.参列者の結婚承認 (参列者の拍手)	3.指輪交換 (参列者のリングリレー)	4.誓いのキス	5.証書へのサイン	6.立会人のサイン	7.新郎新婦退場
感度(人数)								
高感度(26)	0.81	<b>0.88</b>	<b>0.81</b>	1.00	0.77	<b>0.73</b>	<b>0.65</b>	0.88
中間(36)	<b>1.22</b>	0.69	0.64	1.08	<b>0.78</b>	0.61	0.50	1.22
低感度(23)	0.83	0.70	0.70	<b>1.13</b>	0.57	0.70	<b>0.65</b>	<b>1.35</b>
総語数	84	64	60	91	61	57	50	98

参照:最大出現率 

### 3.1 対象者の感度

前報の評価値データから GP 分析の手法を用いて分類された対象者 85(名)の感度は、高感度グループ 26(男子 8, 女子 18), 低感度グループ 23 (男子 8, 女子 15), 中間グループ 36(男子 10, 女子 26)であった。各グループの男女構成比が全男女構成比に近似し、男女間の反応傾向に差のないことがこの結果にも反映された。

### 3.2 状況・雰囲気への反応傾向と文章記述量との関係

対象者の状況への反応程度(感度)とテキスト型データの記述量との関係を、各場面で抽出した形容語の出現率によって検討した。すでに生理的データの検討から、高感度者は録画を緊張感とリラックス感とが入り混じりながらわくわくして視聴しているが低感度者は淡々と視聴していることがわかり<sup>5)</sup>、その認知の仕方については、高感度者が多様なイメージをもって豊かに感じているが低感度者は単純であることも明らかにしている<sup>6)</sup>。それにもかかわらず、本報での状況から感じる形容語の出現率が、場面によっては低感度の方が高感度者を上回った。この結果から、モノや人がおかれている状況・雰囲気の記述では、状況に対する反応程度(感度)と記述量とは一定の関係性をもたず、用語の出現頻度だけで検討することの危険性が示された。

### 3.3 状況・雰囲気への反応傾向と記述内容との関係

高感度者はわくわく感を抱きながら時々刻々と変化する録画(本実験刺激)を視聴していることを明らかにしているが、それがテキスト型データのどの部分に反映されたかを形容語と感度の付置図から検討した。図1に低感度者の形容語出現率最大場面「3.指輪交換(参列者のリングリレー)」でのコレスポンデンス分析結果

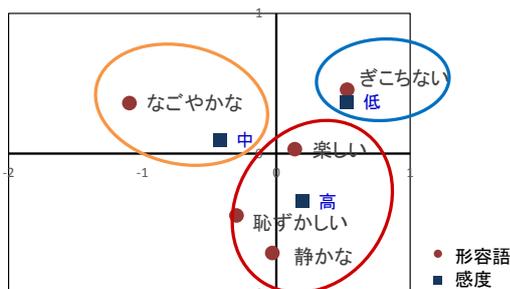


図1. 形容語と対象者の感度との関係  
「3.指輪交換」場面

を示した。これ以外のどの場面でも、高感度者と中間グループでは「静かな」などの状況記録的形容語と併せて、状況から感じる「温かい」「楽しい」といった認知バリエーションや感情表現の形容語が主に関係している。それに対して低感度者は、「ぎこちない」といった感覚的直感的な形容語と強い関係性を示した。このことから、「刺激が何であるかが明確でなくても何となく感じる」といった「状況・雰囲気」では、頻度以上に出現語の意味内容の検討が重要であることを認めた。

## 4. まとめ

モノや人がおかれている状況から感じる内容を全体のまま把握するために効果的なテキスト型データについて、記述傾向と対象者の感度との関係を調べた結果、対象者の感度と状況を表現した形容語の記述量との関係性は検出されず、テキスト型データの出現頻度だけを主に検討する危険性を明らかにした。むしろ感度と記述内容とが関連し、低感度者は感覚的直感的表現が主であるのに対して、高感度者は認知的感情的表現と強く関係していることがわかった。

## 参考文献

- 1) 神宮英夫: テキスト型データは官能評価データとなり得るか,日本官能評価学会誌,Vol. 5, No.1, pp. 46-51 (2001).
- 2) 西藤栄子, 神宮英夫: 商品コンセプト文に対するイメージとその解析法の開発, 日本官能評価学会誌,Vol.12 No.2, pp.83-93 (2008).
- 3) 西藤栄子, 神宮英夫: 「感性イメージ解析法」の応用 - 意見データによるユーザーの化粧品に対する高級感-,第 10 回 日本感性工学会大会予稿集 CD-ROM, 22A-08 (2008).
- 4) 西藤栄子: 第 8 章 感動を伝える商品コンセプト文, 神宮英夫(編)「朝倉実践心理学講座第 10 巻 感動と商品開発の心理学」, pp. 102 -115, 朝倉書店 (2011).
- 5) 西藤栄子, 熊王康宏, 神宮英夫: 雰囲気への感度分析による評価値と生理的反応との対応性, 第 15 回 日本感性工学会大会予稿集, CD-ROM, C52, pp.1-3 (2013).
- 6) Eiko SAITO, Yasuhiro KUMAOH, Hideo JINGU: Difference in Affective Information Processing to the Atmospheres of Wedding Party between High and Low Sensitivity Participants, International Journal of Affective Engineering, Vol.12 No.3, pp. 361-364 (2013).

# 視線と閲覧ログを活用したウェブサイトのユーザビリティテスト方法

## Usability Testing Method for Web Site.

### -Practical Use of Web Access Logs and Gaze Data-

○松延拓生\*, 高島実穂\*\*

\*和歌山大学システム工学部 \*\*和歌山大学大学院システム工学研究科

MATSUNOBE Takuo\*, TAKASHIMA Miho\*\*

\* Faculty of System Engineering, Wakayama University,

\*\* Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University.

## 1. はじめに

ウェブを含めてユーザビリティテストを行う際によく利用される方法として思考発話法があり、実験協力者の様々な行動から操作のどの部分で問題に遭遇したのか、どう解決したのかを調べる上で有効である。しかし実験協力者が思考を発話することに対し慣れが必要なことは分析の手間が問題となっている<sup>[1]</sup>。実験中の実験協力者の行動に対し、インタビューで的確な質問を行うにはインタビューア的能力に依存する。ユーザがどの部分を見て使用しているかを把握することができるアイトラッキングを利用した評価も利用が増えているが、視線を定量的に分析するには多大な時間が必要となることから、代表的なユーザの視線をビデオで確認する程度となっている<sup>[2]</sup>。また視線を分析した結果、迷っている部分などが明らかになっても分析に時間がかかればその理由などを協力者が忘れており確認することができない問題もある。

本研究では、記録した視線を元にインタビューを行う内容を絞り込み、視線が記録されたビデオを確認しながら行うユーザビリティテスト方法を提案する。

## 2. 情報構造対応視線分析ツール

本研究ではウェブユーザビリティ評価用に開発した情報構造対応視線分析ツールを使用している<sup>[3]</sup>。このツールは従来の視線の座標に基づいた視線分析ツールと異なり、注視しているコンテンツをHTMLのブロック領域に対応させて自動特定し分析を行う。計測ツールはナックイメージテクノロジー社製EMR-NL8BおよびTobii製X120に対応している。ツール内蔵ブラウザの座標位置にあるHTML情報（HTML要素、属

性、属性値）を取得する。閲覧情報としてページタイトル、表示したウェブページのURI、視線座標、ページ遷移方法、ブラウザサイズ、マウス位置などが操作時刻と共に記録可能となっている。

本研究ではウェブの情報構造を、個々のウェブページによって構成されるウェブサイトの情報構造と、個別のウェブページ内におけるHTMLによって構成される領域の情報構造として扱う。閲覧ログによってウェブサイトの情報構造を、視線によってウェブページの情報構造を評価することを想定している。

## 3. ウェブサイトのユーザビリティテスト

ウェブの情報構造としてウェブサイトにおける情報をどのように個別のページに配置するかという問題がある。また個別に配置された情報をどうやってメニューで示すかという問題がある。個々のウェブページにおいてはウェブサイト内の位置づけに対応したレイアウトデザインが適切に行われているかという問題がある。

本研究ではウェブサイトのユーザビリティを検討するため、コンテンツ領域の内、各メニューとメインコンテンツの位置を示す<BODY>直下までの親要素の情報を取得している。これを分析ツールで閲覧の特徴がわかる形で出力する。出力方法（集計単位）はウェブサイトのHTML構造に応じて設定を行う。分析ツールでは計測ツールで記録されたデータを集計して、エクセルでグラフ化しやすい形式でCSV出力する。アクセスしたページごとに情報がまとめられ、領域単位での注視順序と停留時間、領域単位の総停留時間がまとめられる。

#### 4. 提案ツールを利用した評価方法

提案方法によるウェブユーザビリティ評価方法を検討するため、既存のユーザビリティテスト方法と開発したツールを用いたウェブサイトの評価を実施した。評価対象サイトとしては前回実施のデータと比較するため和歌山県田辺市のウェブサイト<sup>[4]</sup>を用いた（前回実施時とデザインは同一）。HTML と CSS を用いたサイトでアクセシビリティ的に大きな問題がないサイトとして選定した。

前回の評価実験は計測ツールにより閲覧情報を記録すると共に、アイマークを含んだ画面（視野カメラ映像）をビデオ記録した。実験協力者には大分県から結婚に伴い田辺市へ引っ越すという状況設定を説明し、「1：婚姻届に必要なもの」、「2：住民票の移動に必要なもの」を調べるという2つのタスクを行わせた。評価ツールを用いた実験協力者には20代の学生13人を用いた。既存のユーザビリティテスト方法については、ユーザビリティ評価経験のある学生が実験者となった。計測ツール使用の場合と異なり、ウェブサイト使用時の眼球運動を記録した視野映像ビデオのみを記録した。双方の評価とも、2つのタスク終了後に実験協力者が何を考えながら閲覧していたかを確認するため、記録した視野カメラ映像ビデオで視線の動きとページ遷移を確認しながら、解説を行ってもらった形でインタビューを行った。既存の方法では視野カメラ映像を用いないインタビューも実施した。その際のタスク実施時間とインタビュー実施時間を記録した。また評価後に実験者に対してインタビュー方法に関してヒアリングを行った。

#### 5. 結果と考察

インタビュー実施内容から、経験の少ない実験者は適切なインタビューが行えないという問題に対しては、質問箇所および特徴による質問の仕方をパターン化することが有効ではないかと思われた。

ページ遷移に関しては、ページ遷移図を用いて把握するが、この中で繰り返し閲覧しているページを確認した場合には、そのページまで戻った理由を確認する。よりわかりやすくする場合には重複して閲覧されてい

るページとそのページを閲覧した時間を提示するとインタビューのポイントがわかりやすくなると考えられる。この時具体的に戻った理由、実験協力者の方略を確認するとサイトのメニューおよび各ページにおけるメニューの役割が把握できるのではないかと

個別のページに関しては、領域毎の注視時間比較図を用いることで、コンテンツ構成とメニュー・見出しで用いられる用語の関係が検討できた。メニューの含まれるレフトメニュー、センターブロック、ライトメニューのうち注視時間が多い部分を明示する。それによってタスク中に個々のメニュー領域に何を期待していたのかを確認できると考えられた。

実験後のビデオ再生時には単に視線位置を確認しているという状況であった。特に特徴のない個所では実験協力者のコメントも実験者の質問もない状況であり、時間配分としては特徴のあった部分の聞き取りに絞りこむのがよいと考えられた。

#### 6. おわりに

定性評価で得られる質をより向上させることを目的にユーザビリティテスト方法を提案した。そのためには限られた実験協力者数、時間の中で問題点を見逃さないことが重要である。本提案手法では定量的にインタビューで確認したほうが良い点の実験直後にわかる点が有効と考えられた。今後多様なウェブサイトに対応できるようサイト毎の設定を簡便化できるよう対応していく予定である。

#### 参考文献

- [1] 樽本徹也：ユーザビリティエンジニアリング，p.120，オーム社（2005）
- [2] 和井田理科：説得材料としてのユーザビリティ・テスト；ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，pp.295-298(2010)。
- [3] Matsunobe,T.: Gaze Analysis Tool for Web Usability Evaluation; Communications in Computer and Information Science, Vol.173, Part II, pp.176-180(2011)。
- [4] 和歌山県田辺市ウェブサイト：  
<http://www.city.tabnabe.lg.jp/index.html>

# タッチパネル搭載端末使用時の視線および操作の特徴 —読書アプリを事例として—

Method of use and change of gaze when a subject reads documents on a portal touch-panel terminal

○高島実穂\*, 松延拓生\*\*, 満田成紀\*\*, 福安直樹\*\*, 鯉坂恒夫\*\*

\*和歌山大学大学院システム工学研究科 \*\*和歌山大学システム工学部デザイン情報学科

TAKASHIMA Miho\*, MATSUNOBE Takuo\*\*, MITSUDA Naruki\*\*,  
FUKUYASU Naoki\*\*, AJISAKA Tsuneo\*\*

\*Graduate School of System Engineering, Wakayama University,

\*\*Faculty of System Engineering, Wakayama University

## 1. はじめに

近年スマートフォンやタブレット等タッチパネルを搭載した端末が普及している。携帯電話やPCの代用といった使用用途・目的に合わせて様々なサイズの端末が存在している。立ったまま使用するのか座ったまま使用するのか、両手が使えるのかどうか等、使用状況が異なれば保持方法や操作範囲にも差が出ることから、ユーザビリティ向上のためにはそれらに配慮した画面設計が必要になる。

端末の使いやすさを扱った研究では文字入力方法を対象とした研究が行われてきている<sup>1)</sup>。特にタッチパネル搭載端末のユーザビリティに関する研究では、西村ら<sup>2)</sup>の研究などが行われているが、使用状況からのユーザビリティ面の研究はあまり行われてきていない。そこで使用状況と持ち方や操作方法などから総合的にユーザビリティを考える研究が求められている。

## 2. 利き手と端末サイズに関する実験

### 2.1 方法

先行研究として、利き手と端末サイズに関する使用特性把握のための実験を行った。実験協力者は和歌山大学システム工学部及び研究科の学生30名である(右利き15名, 左利き15名)<sup>3)</sup>。タップ及びドラッグ操作を必要とする4つのタスク(計算問題, ランダムボタンタップ2種類, バーのスライド)を3インチから10.1インチまでの6サイズの端末それぞれで座った姿勢のまま行わせた。操作中の視線計測, ビデオ録画による使い方の観察を行った。なお実験開始前に実験概要を文書で説明し同意を得た上で実験を行った。なお本論文では利き手と使い方, 視線の結果のみ報告する。

## 2.2 結果

### 2.2.1 操作に使用する指による分類

全タスクにおける機器操作で使用した指をビデオから確認したところ, 右手人差し指の使用頻度が最も高かった。次いで右手親指, 左手人差し指, 左手親指の順で高く両手とも中指・薬指・小指の使用はほとんど見られなかった。タップ, ドラッグ操作による分類を行っても同様であった。

### 2.2.2 利き手による分類

操作に使用した指を利き手群ごとに観察した。右利きの被験者では右手の指を使用する頻度が高く, 左利きの被験者では左手だけでなく右手も使用する頻度が高いことが分かった。これは日常生活で右手を使うよう矯正されたことが原因と考えられる。そこで左利きの被験者を利き手の度合いにより「強い左利き」と右利きの要素もある「弱い左利き」に分けて再分類を行ったところ, 強い左利きでは左手の親指, 人差し指を多用しているが, 弱い左利きでは左手を多用しているわけではなかった。

### 2.2.3 操作時の視線

操作時の視線では特にドラッグ操作時において特徴が見られた。視線の動き方は大きく3つに分類することができた。1つ目はドラッグする指の動きをそのまま追うパターンである。2つ目はドラッグさせる目的の場所へすぐに視線が移動するパターンである。3つ目は指がたどる予定の場所を何段階かに分けて視線が移動し, 指より先に視線がドラッグさせる目的の場所へ到達するパターンである。

### 3. フリック・スライド操作時の視線確認実験

指の動き方と視線を確認するための実験を実施し、定性的なデータ分析を行った。先行研究では座った姿勢での実験であったため立位で行った。これは小型端末が移動時など立位で使用されることが多いためである。実験協力者は和歌山大学システム工学部及び研究科の学生6名（右利き2名，左利き4名）で，協力者の同意を得た上で実施した。利き手の分類は実験協力者自身の自己申告によって行った。

タスクは2つ行った。1つ目は縦方向のフリック・スライド操作時の指と視線位置の観察を目的としたウェブページ検索タスクである。「和歌山」と検索し結果一覧のページ6ページ分に目を通した後，指定したウェブページが表示してある部分まで戻らせた。2つ目は横方向のタップ・フリック・スライド操作時の指と視線位置の観察を目的とした読書タスクである。読書用アプリ（i読書 - 青空文庫）で『注文の多い料理店』を最後まで読ませた後，内容に関する2つの質問をして答えが書いてある部分まで戻らせた。またi読書 - 青空文庫ではページ送り時の効果にスライドとページめくりの2種類が用意されている。効果によっても視線や操作などに影響が出ると考えられたため，全体の半分まで読んだところで申告してもらい，効果を変更して後半を読んでもらった。なお適用する効果の順番は乱数によって決定した。最後に読書タスクで使用したアプリの使いやすさに関するアンケートとそれをもとにしたインタビューを行った。

タスクはすべて iPod touch（3.5インチ，iOS6）を用いて行い，視線計測は先行研究と同様に NAC 社の EMR-8B を使用した。

## 4. 結果

操作中の指の位置や動きはビデオ撮影による観察，視線データは位置を確認出来たもののみを対象として観察した。各被験者の結果を，図1を例として利き手ごとの群で図2～図7に示す。なお図1に示されている「親」は親指のことを表しており，図2～図7では「親=親指」「人=人差し指」として表記する。四隅の数字は5章の考察で参照するための表示である。

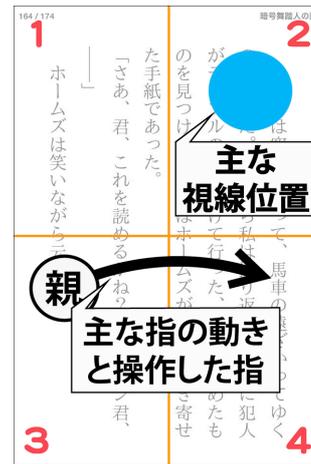


図1：結果の表示例（1～4は領域名）

### 4.1 ウェブページ検索タスク

全被験者とも操作は利き手のみで操作していた。



図2：ウェブページ検索時の操作と視線（左利き）

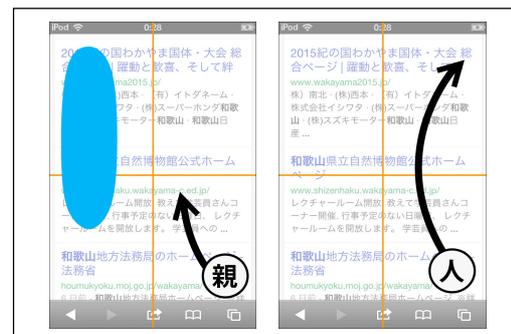


図3：ウェブページ検索時の操作と視線（右利き）

## 4.2 読書タスク

ウェブページ検索タスク同様に、被験者は利き手のみで操作していた。また左利きの被験者で頻繁に指の角度を変えて文章が隠れないように最適な位置を探りながら読み進めている人がいた。図4～図5は文章を読み進めているときの結果であり視線は文章に沿って移動していると考えられる。よって視線位置を確認できたデータであっても視線位置の表示はしていない。図4～図7において使用した指の表記が複数あるものは、ページめくり効果の変更に伴って変化した場合や、途中で使用するインターフェースが変わった場合を表している。なお指の動きの表示がないものはタップ操作を表している。

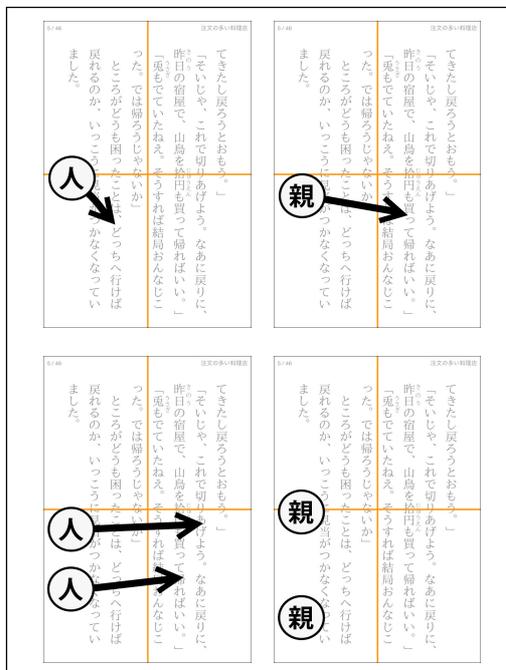


図4：読書時の視線と操作

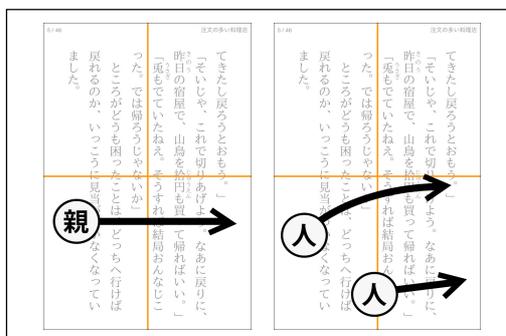


図5：読書時の操作と視線（右利き）

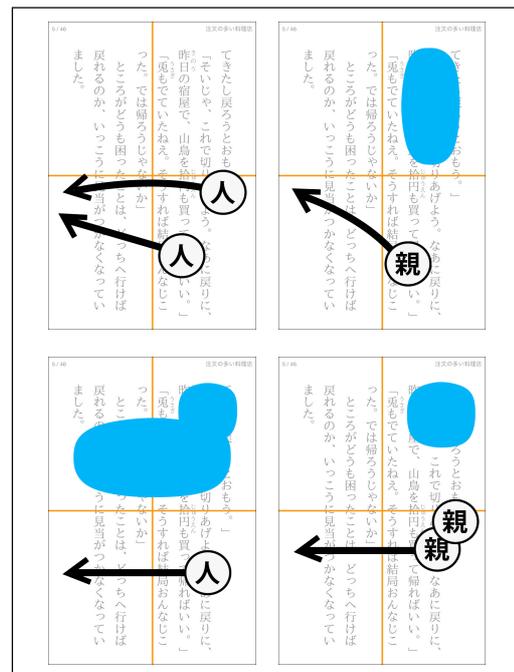


図6：ページ戻し時の操作と視線（左利き）

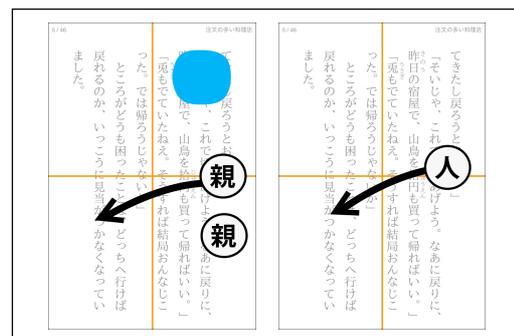


図7：ページ戻し時の操作と視線（右利き）

## 5. 考察

### 5.1 指の位置

図2～図7から操作に使用する指は親指か人差し指のどちらかであった。また操作する画面領域は、縦スクロールを伴う操作では動かす指が親指か人差し指かによって範囲が異なることが分かった。これは2.2.1で示した結果と対応している。親指を使う人は図1の領域3～4の利き手側、人差し指を使う人は領域1と3、2と4の利き手側が操作領域となっていた。

横スクロールを伴う操作では動かす指によって操作範囲が異なる場面は見られず、領域3～4を使っていることが分かった。また横スクロールに関して利き手別に見ると、右にページを動かす場合では右利

きの被験者はほとんどの操作において領域 3~4 で指を大きく動かしているが、左利きの被験者では右利きの被験者ほど大きく動かす操作は頻繁にみられなかった。逆に左にページを動かす場合では利き手に関係なく領域 3~4 で指を大きく動かす操作が頻繁に見られた。

アンケートでは「フリックやスライドさせる動きは普段から慣れているため分かりやすい」という一方で、「スライド効果使用時にページが切り替わったのか分からず普段より大きな動きで操作したため、スムーズさに欠ける」という意見があった。特に左利きの被験者からは「文章を読み進めるときの操作で読んでいる部分に指が被ってしまうためスムーズに読み進めるのを阻害されるように感じた」「指で文章が隠れてしまうのでタップでページを進めた」という意見があった。

これらのことから、特に横方向のフリックやスライド操作が必要な画面を設計する利き手によって操作時に隠れてしまう部分がないか、隠れてしまう部分によく使う機能や表示等をして不便を感じる配置となっていないかを確認する必要があると考える。

## 5.2 視線の位置

ウェブページ検索タスクでは、右利きの被験者では領域 1 の上から 2/3 ほどに視線が集中していたが、左利きの被験者では画面の中心付近に視線が集中していた。これは右利きでは操作する指が検索結果のページタイトルに被ることなく閲覧出来るのに対し、左利きでは指がページタイトルに被ってしまうためだと考えられる。

読書タスクでは、ページが切り替わった後に視線がページ先頭に移動する人と、ページの切り替え効果を追うようにして移動する人が観察された。この結果は 2.2.3 で示した「ドラッグする指をそのまま追うパターン」と「ドラッグする目的の場所へすぐ視線が移動するパターン」に対応している。2.2.3 では指を追うことが原因で発生する視線の動きであると予想したが、本実験では指の動きは必ずしも伴わないため原因が分かっていない。

アンケートからは「ページ切り替え効果とともに視

線を動かすことができるためスムーズに視線移動ができた」という意見と、反対に「ページがいきなり切り替わったように感じて視線を急に左下から右上に動かさなくてはいけないため疲れる」「視線移動がスムーズでない」という意見があった。これについても正反対の意見が出たことについての原因は分かっていない。

## 6. おわりに

今回の追加実験から、画面が切り替わるものを対象とする場合は、画面が切り替わったとはっきり分かるようにすること、切り替わったときの視線移動が無理矢理であったり迷ったりするような配置や表示になっていないかに配慮することが大切であることが分かった。

しかしながら実験人数が少なく定性的な観察から得た結果であることや、読書タスクにおける視線移動方法の違いの発生原因が分かっていないことが課題に上げられる。より多い人数を対象とした実験を行い定量的な結果を得る研究が期待される。

## 参考文献

- 1) 廣川敬康, 鶴崎祥充, 渋谷唯司, 速水尚, 大政光史: 筋肉図計測による携帯電話の押しやすいキー配置に関する研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 論文誌, pp. 511-514 (2010).
- 2) 西村崇宏, 瀬尾明彦, 土井幸輝: タッチスクリーン片手操作におけるスイッチ構成因子とポインティング特性の関係, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 論文集, pp. 1023-1026 (2010).
- 3) 菅悠馬: タッチパネル搭載モバイル機器のサイズに応じた使用特性把握, 和歌山大学システム工学部デザイン情報学科卒業研究(2012).

# 社内業務システム運用時におけるユーザの感動体験について

## About the Impression Experience of the User who Work with Enterprise Systems

### ○新家敦\*

\*株式会社島津ビジネスシステムズ

SHINYA Atsushi \*

\* Shimadzu Business Systems Corporation

### 1. はじめに

社内業務システムの開発・運用を行う場合、ユーザである従業員からの改善要望・提案・クレームを受け付ける窓口を設置することが多い。媒体は電話・FAX・電子メール・Web フォームなどを用いている。

大半は要望の連絡が多いが、時に感謝のメッセージを受信することがある。ユーザのこの種のメッセージを仮に「感動体験」と名付ける。

ユーザが「感動体験」を連絡する時、社内業務システムの開発・運用者の行動の何が影響しているかを実践的に考察することで、システム開発・運用者がユーザに感謝されるように行動するための指標を得た。

### 2. 対象社内業務システム

株式会社島津製作所およびそのグループでは、イントラネット上に複数の業務システムを展開している。その中の一つに、筆者が開発・運用している業務システム「VTAN (ぶいたん)」がある。VTAN は広報・秘書・人事・総務などの管理部門の業務システム、事業部の営業支援システム・製造工程進捗管理システム、各種データの解析システムなど、複数のコンテンツを集積した Web ベースの業務システムである。

2002年に2コンテンツを開発、運用を開始しており、現在では200以上のコンテンツに対して1,000人/日のアクセスがある。これはグループ従業員数の約1割が毎日VTAN上で業務を行う計算となっている。

### 3. ユーザの感動体験の抽出

ここでの「感動体験」の定義は、「システムを操作した時(刺激)に、ユーザが主体的に発した喜び・感激を伴うシステム開発・運用者への感謝の文言の伝達」とする。

最近の連絡内容からユーザの感動体験を数点抽出した。

表1 ユーザの感動体験の抽出

<p>【1】2013/05/15 人事部門担当者 Vtan 定期健康診断の結果報告を早速生かすことができました！ ○○先生から「今から面談があり、至急に結果を確認したい」との連絡をいただき、Vtan から健診結果をご確認いただくことができました。 本当に大変便利なシステムです。</p>
<p>【2】2013/10/09 技術部門管理職 早速の作成、ありがとうございます！！！！ ちょっと動かしましたが問題なさそうです。 登録作業を行っていきます。</p>
<p>【3】2013/11/06 工場部門管理職 ありがとうございます。 こうしていただくと助かります。 監査があったときも説明がしやすいです。</p>
<p>【4】2013/10/21 工場部門担当者 ありがとうございます。 担当の△△さんとじっくり検証してみますが、ざっと見たところこちらの思いとピッタリです。 ※別途、3日かかっていた作業が2時間になったと口頭での連絡があったもの。</p>

### 4. ユーザサイド PDCA による考察

「ユーザサイド PDCA」<sup>1)</sup>とは、PDCA サイクルをユーザの行動過程に当てはめ、Plan, Do, Check, Action のフェーズごとにその状況を検討することでシステムやサービス改善の指標にしようとするものである。開発者側の PDCA に対して、ユーザサイド PDCA では、それぞれのフェーズ間に明確なタイムラグがあるのが特徴である。

#### 4-1. 【1】2013/05/15 人事部門担当者より

これまで診療所では患者の健康診断結果について、多様な紙で保管されている資料を探すのに多くの時

間と手間がかかっていた。今回はシステムリリース直後に、突発の患者が来訪したために、これまではできなかった迅速な対応が今回できるようになったもの。これが感動体験となった。

ユーザサイド PDCA においては、従来と比較し、書類を探す行為「Do」の時間が大幅に短縮されることで感動が誘発されたものと考えられる。

P	T <sub>PD</sub>	D	T <sub>DC</sub>	C	T <sub>CA</sub>	A
P	T <sub>PD</sub>	D	T <sub>DC</sub>	C	T <sub>CA</sub>	A

図 1 【1】2013/05/15 人事部門担当者

#### 4-2. 【2】2013/10/09 技術部門管理職

通常のシステム改定作業であるが、作業発注の翌日に完成したことに対する驚きの感動であろう。

この場合、Do（発注）と Check（確認）の間のタイムラグ「T<sub>DC</sub>」の短縮による感動と考えられる。

P	T <sub>PD</sub>	D	T <sub>DC</sub>	C	T <sub>CA</sub>	A
P	T <sub>PD</sub>	D	T	C	T <sub>CA</sub>	A

図 2 【2】2013/10/09 技術部門管理職

#### 4-3. 【3】2013/11/06 工場部門管理職

他の同類システムで好評だった仕組みの横展開を図ったもの。入力項目のうち、期限切れとなった項目は入力できないことを Web フォーム中のテキストボックスを動的に削除することで誤入力の可能性を完全に排除したもの。当該部署に対する将来の監査時の説明容易性に感謝したものであり、監査時における Plan 時間の短縮と考えるのが妥当である。

P	T <sub>PD</sub>	D	T <sub>DC</sub>	C	T <sub>CA</sub>	A
P	T <sub>PD</sub>	D	T <sub>DC</sub>	C	T <sub>CA</sub>	A

図 3 【3】2013/11/06 工場部門管理職

#### 4-4. 【4】2013/10/21 工場部門担当者

これまで時間のかかっていたデータの確認作業時間を劇的に短縮したことで感謝された例。複数のシステムのデータを VTAN 内で取得・結合することにより半自動的にデータを突き合わせることでできたため、ユ

ーザの作業手順を大幅に減らすことができた。Do の大幅短縮による感謝。

P	T <sub>PD</sub>	D	T <sub>DC</sub>	C	T <sub>CA</sub>	A
P	T <sub>PD</sub>	D	T <sub>DC</sub>	C	T <sub>CA</sub>	A

図 4 【4】2013/10/21 工場部門担当者

## 5. 結論

ユーザサイド PDCA を用いて、社内業務システム運用時におけるユーザの感動体験を類型化した。

もっとも汎用的で効果のある施策が、ユーザの Do と Check の間のタイムラグ「T<sub>DC</sub>」を短縮することである。これは、システムの操作応答時間の短縮、バッチ処理のための待ち時間の短縮などが考えられる。

ユーザサイド PDCA を意識し、それぞれの所要時間を計測することで提供するシステムの弱点を見つけることができる。

これまでのシステム改善の実践により、以下のような知見が得られている。

1. メニュー項目が多い場合には、Plan の時間が必要以上に長くなり、ユーザが実作業に移れない。
2. やることは分かっているのに操作手順が多い場合には Do の時間が長くなる。
3. 操作後のインターバル T<sub>DC</sub> が長い場合、ユーザの次の行動が読めなくなり、いろいろな誤操作防止策を打たなければならなくなる。

ユーザサイド PDCA を意識することで、もっとも時間が短縮できる個所を優先的に改善すれば、効率的にユーザに対するサービスの向上が図れ、ユーザの感動体験を生起させ易くなると考えられる。

## 参考文献

- 1) 新家敦：アーゴデザイン指標の一考察—インタラクションからロードマップまで—，平成 23 年度 日本人間工学会関西支部大会 予稿集，pp. 45-46 (2011)。

# サイモン効果の増加に関わる要因を調べる研究

## Investigate the factors which enhance the Simon Effect

○田 飛・篠原 一光・内藤 宏

大阪大学 人間科学研究科

Fei TIAN, Kazumitsu SHINOHARA, Hiroshi NAITOU  
Graduate School of Human Sciences, Osaka University

### 1. 背景

刺激-反応適合性 (S-R Compatibility) とは、刺激と反応の空間的対応関係である。この概念は、機器操作のしやすさを改善するために重要であり、人間が外界から受け取った情報を動作に変換する内的メカニズムを反映する。

刺激-反応適合性を調べる研究では、サイモン課題がよく用いられる。サイモン課題では、刺激と反応の位置が対応して反応しやすい適合条件と、刺激と反応の位置の対応が悪く反応しにくい非適合条件がある。この適合条件と非適合条件間に生じる反応パフォーマンスの差がサイモン効果と呼ばれる(図1)。サイモン効果に影響する要因を調べることは、よい刺激反応適合性を持ち、使いやすい機器の操作系を実現するのに役立つ。

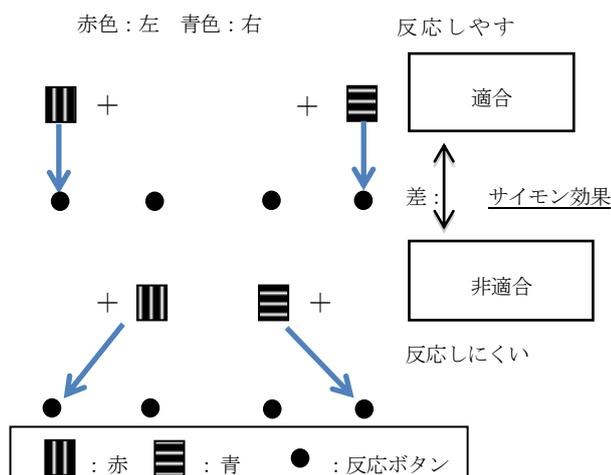


図1 サイモン課題の適合と非適合マッピング

### 2. サイモン効果を増やす三つの要因

① サイモン課題を遂行する際に、刺激の位置に

よって賦活する自動的反應（例えば、左に刺激が出現すると、左側の反応が自動的に生じる）と、刺激の特徴に基づいた方法（例えば、「青色ならば右側の反応を行う」）での反応の間に起こる葛藤（たとえば、右反応に対応づけられた青色の刺激が、左側に提示される）が、サイモン効果を起こす主な原因であると考えられる。減衰仮説では（Bernhard Hommel, 1993）、刺激の位置による自動的反應の賦活は、時間の経過とともに減衰すると考えている。自動的反應がより減衰した場合、刺激の特徴に基づく正反応との間の葛藤が弱まり、サイモン効果が低減すると考えられる。この理論に基づくと、より短い時間で反応する場合、反応するまでの経過時間が短くなり、自動的反應の減衰が小さいため、正常速度で反応を行う場合よりサイモン効果が大きくなると予想される。

② サイモン課題における適合試行の割合を増やすと、課題全体のサイモン効果が上昇する。これは比例効果（Proportion Effect）と呼ばれる（Toth et al. 1995）。適合試行をより多く配置した場合、適合試行を繰り返すことによって適合試行における刺激と反応の関係が強化され、葛藤状態に対応するのが難しくなるのが原因であると考えられる。さらに、ストループ課題では、比例効果が一致試行の比率を上げた特定の刺激のみにみられることも示された（Jacoby 2003）。すなわち、例えば赤色のみで一致試行が多い場合、比例効果が見られるのは赤色の刺激のみで、他の色では見られなかった。このような色特定の比例効果は ISPC（Item-Specific Proportion of Control）効

果と呼ばれる。

③ 次のどの反応を行うのが正しいのかを示す手がかりを事前に与えるとパフォーマンスが向上することが予想される。しかし、Robert (1992) が行った実験ではサイモン課題を遂行する際に、刺激が提示される前に、正しい反応方向を示す矢印を手がかりとして呈示した。その結果、手がかりの呈示は、反応におけるサイモン効果を抑制できず、逆に増加させる可能性が示唆された。

### 3. 目的

本研究では、上記の3つの要因がサイモン効果に対して与える影響について検討する。そのため、以下の実験的な操作を行った。

- ① 反応するまでの時間が短くなった場合に、サイモン効果が増加するかを調べるために、実験参加者の反応に時間制限をかける。
- ② IPSC 効果はストループ課題と同様、サイモン課題にも生じるかを調べるために、サイモン課題で提示した色のそれぞれに、割合の異なる適合試行配置を行う。
- ③ 反応方向を示す手がかり提示が、サイモン効果を減少させるのではなく、増大させる働きを持つことを調べる。

### 4. 方法

**4.1 実験参加者** 大阪大学人間科学研究科学部生及び大学院生 11 名（男性 7 名、女性 4 名、平均年齢 25 歳）。

**4.2 サイモン課題** 図 1 に示すように赤色或は青色の正方形 ( $2^\circ$ ) がスクリーンの左右位置 ( $15^\circ$ ) にランダムに出現する。実験参加者は両手の人差し指を用いて反応を行う。刺激が赤色の場合は左側、青色の場合は右側のボタンを押して反応する。刺激提示時間は 1000ms で、反応は呈示時間内に行うように求めた。

**セッション 1** 統制条件として、サイモン課題のみを行った。

**セッション 2** 各実験参加者のセッション 1 で

得られた反応時間に対して外れ値処理の後、中央値及び最大値を計算した。そして、実験参加者毎に刺激呈示時間を ①反応の中央値と同じ時間間隔、②反応時間の最大値、③1000ms の 3 段階に設定した。セッション 2 では、刺激提示前に、画面中央に 1、2 と 3 の数字がランダムに 1.5 秒の間に呈示され、その試行での刺激提示時間を示した。実験参加者には刺激呈示時間内に反応を行うよう求めた（実験条件 1）。

**セッション 3** セッション 2 と同じように反応に 3 種類の刺激提示時間を用い、さらに数字と同時に左右方向を指す矢印を呈示した。矢印が指す方向は 80% の確率で正しい反応の位置を示した（実験条件 2）。例えば、矢印が左を指す場合、80% の確率で赤色刺激出現し、正しい反応は左の反応となった。矢印が示す方向が必ず反応位置を示すようにすると、実験参加者が正方形の色を無視して反応を行う可能性が高くなると予想したため、正しく反応の位置を示す確率を引き下げた。

**試行数** 各実験参加者が、セッション 1 では 64 試行、セッション 2 では 192 試行、セッション 3 では 240 試行を行った。

**4.3 適合試行の配置** 半分の実験参加者に対しては、実験全体を通して、赤色の刺激が呈示される場合に、75% の割合で適合試行となった（赤が左に出現する）。青色刺激が出現する場合は、適合試行数と非適合試行数が同じだった。残り半分の実験参加者には逆の設定を適用した（青色の正方形が出る場合に、75% が適合試行）。

### 5. 結果

#### 5.1 反応時間制限の効果

統制条件とセッション 1 における平均反応時間に対して、時間制限（統制条件 1 秒間、実験条件時間制限 3 段階）×適合性（適合試行と非適合試行）の実験参加者内 2 要因分散分析を行った。その結果、要因間の交互作用が有意であった ( $F(3, 30)=4.597, p<.05$ )。図 2 のように、非適合試行における反応時間は、制限時間による影響を

ほとんど受けなかった。これに対して適合試行では、セッション2で②または③の刺激提示時間とした場合に、①の刺激提示時間とした場合に比べて、反応時間は有意に長くなった ( $F(3, 60)=4.479, p<.05$ )。

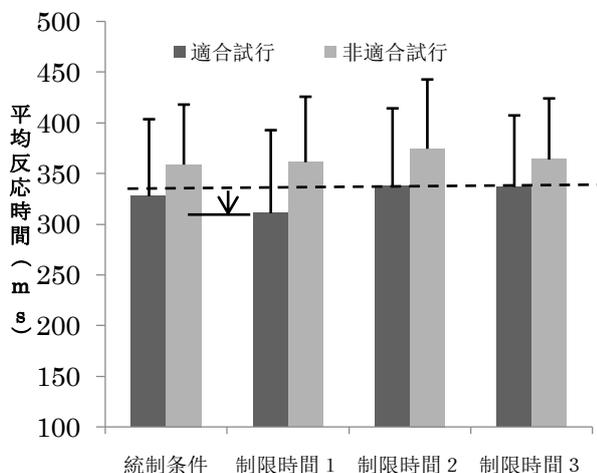


図2 統制条件と実験条件1各時間制限における適合試行と非適合試行の比較 (エラーバーは標準誤差を示す)

## 5.2 適合試行の割合の効果

セッション1で得られた反応時間に対して、色(赤色と青色)×適合性(適合試行と非適合試行)の2要因分散分析を行った(図3)。赤MC(Most Congruent)グループでは、要因間の交互作用が有意であった ( $F(1, 5)=6.999, p<.05$ )。赤色刺激が出現する場合におけるサイモン効果が有意(64ms)であったのに対し ( $F(1, 10)=26.179, p<.001$ )、青色刺激の場合のサイモン効果(27ms)は有意ではなかった ( $F(1, 10)=4.649, ns$ )。一方青MCグループでは、いずれの色でも有意なサイモン効果が見られた(60msVS74ms)、交互作用は有意ではなかった。

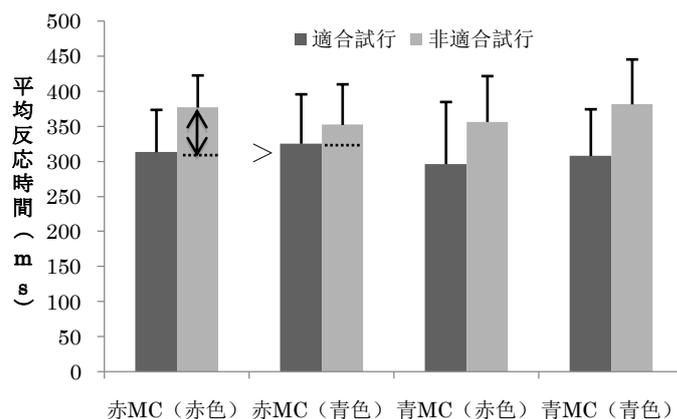


図3 統制条件におけるグループ間の適合試行と非適合試行の比較 (エラーバーは標準誤差を示す)

## 5.3 反応手がかり提示の効果

実験条件1と実験条件2の valid 試行における反応時間に対して、手がかり有無×適合性の2要因分散分析を行った(図4)。その結果、要因間に有意な交互作用が見られた ( $F(1, 10)=7.393, p<.05$ )。ここで、実験条件1より、実験条件2の方の適合試行における反応時間が有意に短くなり ( $F(1, 20)=18.579, p<.001$ )、一方、非適合試行ではこの差は有意ではなかった ( $F(1, 20)=3.528, ns$ )。手がかり提示なしの実験条件1より、手がかり提示ありの実験条件2では、サイモン効果が大きくなったことが見られた。

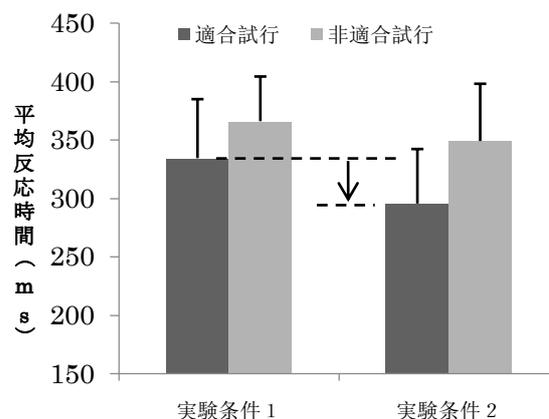


図4 実験条件1と実験条件2における valid 試行の適合試行と非適合試行の比較 (エラーバーは標準誤差を示す)

## 考察

今回の実験では、サイモン効果を増大させる3つの要因(反応に時間制限を与えること、適合試行を多く配置すること、反応方向を示す手がかりを呈示すること)について調べた。実験の結果から見ると、反応に時間制限をかけた場合、非適合試行における反応時間に変化が見られなかった。一方、適合試行の反応時間はより短い時間制限をかけた場合有意に短くなり、その結果サイモン効果が増大するように見られた。つまり、急いで反応しようとする場合に、刺激-反応適合性が良い場合、反応の促進が見られたが、刺激-反応適合性が悪い場合における反応の促進が見られなかった。つまり、「早く反応するように」急がせたとしても、刺激反応適合性が悪い場合には反応の葛藤を乗り越えて反応が早くなることはないと考えられる。

次に、比例効果を検討した結果、赤色の正方形におけるISPC効果が見られた。つまり、青色の正方形より、赤色の正方形に適合試行を多く配置した場合、赤色の正方形で呈示する場合のサイモン効果が高くなったことが見られた。適合性の良いマッピングで操作を行う場合に、刺激の位置に対応する反応と刺激の特徴(色)に対応する反応が一致するため、課題遂行に非関連する刺激の位置情報も、反応に用いられる。適合性の良いマッピングを繰り返すと、被験者がこの位置情報を利用する傾向が強まると考えられる。サイモン効果が生じる原因である、位置情報によって賦活された自動的反応、それに対するフィルターリングが低下する結果、サイモン効果が高まってしまうと考えられる。

反応方向を示す手がかりを呈示することは、非適合試行より、適合試行における反応を有意に速めた。その結果として適合試行と非適合試行間の差が大きくなり、より大きなサイモン効果が見られた。適合試行では正しい反応方向を手がかりで示すことにより、反応への構えが準備されるため、反応が早くなったと考えられる。一方、刺激-反応適合性が低い場合には、準備された反応と、刺激の位置が賦活した反応の間の葛藤が存在し、それは手がかりが与え

られても解消するのではないため、反応への促進がほとんど見られなかった。つまり、操作のためのガイドを事前に提示しても反応時間は短くならないことから、刺激反応適合性の低さを補うためにどのような反応を行うかを事前に示すという方法は有効でないと言える。

## 5. 参考文献

- Bernhard Hommel. 1993. Spontaneous decay of response-code activation. *Psychol Res* (1994) 56:261-268.
- Toth, J. P, D. T. Stuss, A. Oh, G. Winocur. 1995. Dissociation of processes underlying spatial S-R compatibility: Evidence for the independent influence of what and where. *Conscious. Cogn.* 4:483-501. Medline:8750420. doi:10.1006/ccog.1995.1052
- Jacoby, L. L., D. S. Lindsay, and S. Hessels. 2003. Item-specific control of automatic processes: Stroop process dissociations. *Psychon. Bull. Rev.* 10:638-644. Medline:14620358
- Robert W. Proctor, Chen-Hui Lu and Trisha Van Zandt. 1992. Enhancement of the Simon effect by response precuing. *Acta Psychologica* 81 (1992) 53-74.

# わかりやすさにおけるメタファの有効性について

## Effect of metaphor image on comprehension of appliance

○伊藤彰子 岡田明

大阪市立大学大学院 生活科学研究科

ITOH Akiko, OKADA Akira

Graduate School of Human Life Science, OSAKA City University

### 1. はじめに

IT 機器や生活家電は身体機能が低下していく高齢者にとって生活を手助けしてくれる有効な手だてと言える。しかしそうした機器の利用度や習熟度は若年者と比べて高齢者は高くはないと考えられる。また何年も使用している製品でも未だによく使いこなせていない高齢者は少なくない。製品の操作を覚えることができないというよりはむしろ高齢者の持っているメンタルモデルと機器の操作が合致していないことがうかがえる<sup>1)</sup>。そのような高齢者特有の IT 機器や生活家電の操作に対する問題に目を向けた研究は様々みられる。いずれも、高齢者に製品を使用してもらいそのユーザビリティを探る方法が採られているが、その前段階、すなわち実際に使ってもらうまでにいたるアプローチで生じるバリアについての研究は多くはない。そこで本研究では高齢者が抱える IT 機器や生活家電に対する潜在的苦手意識やどの様なメンタルモデルを構築しているのかを調査してきた。その過程で“メタファ”がわかりやすさを向上させる有効な手がかりであることが示唆されたため、今回はそれを検証することを実験的に試みた。

### 2. 調査

#### 2-1 方法

男女を対象に IT 機器や生活機器の使いやすさについてのアンケートをおこなった(図 1)。より保守的な項目に近い方の点数を低く、より進歩的な項目に近い方の点数を高くすることにより、すべての項目の合計点を比較した。

### 2-2 結果と考察

高齢者の参加者と 20 歳代の参加者の合計の平均を比べると高齢者の参加者は 20 歳代の参加者の平均に比べ点数が低かった。高齢者は若年者に比べ、IT 機器や生活機器に対して保守的にとらえる傾向があり、従来の機器の使用方法与差異があるか否かが使いやすさを左右させることが裏付けられた。

	I	I の方が当てはまる の方が当てはまる	どちらかといえば I の方が当てはまる	どちらかといえば II の方が当てはまる	II の方が当てはまる の方が当てはまる	II
例	パンが好きだ		○			ごはん(米)が好きだ
1	操作を間違えることに抵抗がある。怖い。					操作を間違えることをあまり気にすることはない。
2	新しい機能を好む					古い機能を好む
3	新しいモノを見るとつい買い替えたくなる					同じモノをずっと使っていたい
4	間違いがなく、ゆっくりでも確実に操作したい					間違いを多少してもサクサク早く操作したい
5	古い製品を好む					新しい製品を好む

図 1 IT 機器や生活機器の使いやすさについてのアンケート

### 3. 実験

#### 3-1 参加者

参加者は 65 歳以上の男女を対象とした。

#### 3-2 タスク

参加者にいくつかのタスクを課した。タスク例は以下のとおりである。いずれも用意したタスクを口頭で順におこなってもらいプロトコル分析をおこなった。

①Skype 画面 (図 2) で指定した連絡先に電話をかける

②メール画面（図3）を提示し、メールを指定した連絡先に送る、そして受信箱のメールを読む



図2 Skype 画面例

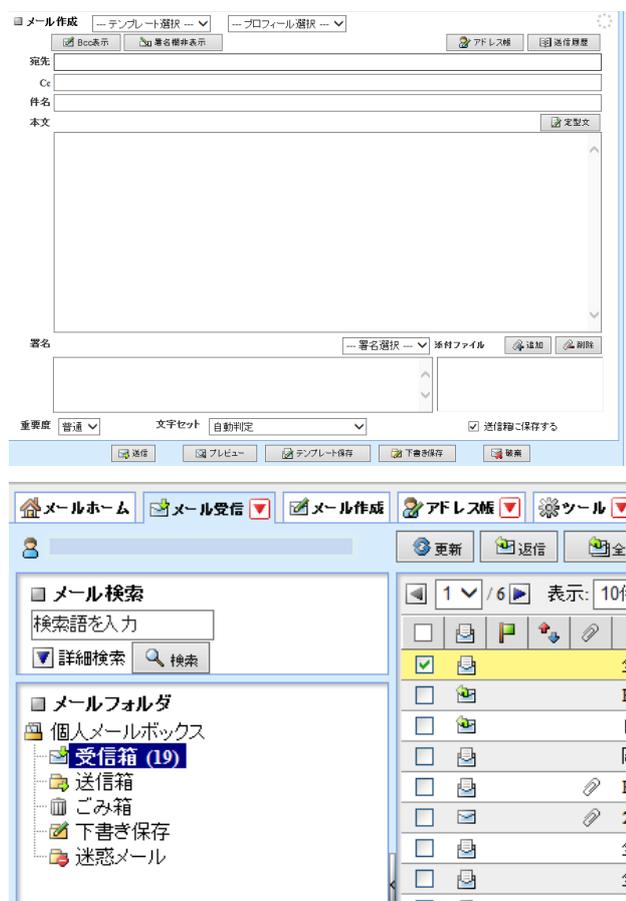


図3 メール画面例

### 3-3 結果

#### ①Skype 画面

-  (SMS: ショートメール) や  (通話音質情報) のアイコンを直感的に理解できていない参加者がほとんどだった。

例) SMS ボタン→鍵、通話音質情報→階段

- Skype を使用する際、電話番号を押してから通話ボタンを押すと発信されるが、番号を押す前に通話ボタンを押す参加者が携帯電話の使用経験のない参加者、ある参加者共にみられた。

- その際通話ボタン→番号を入力してから何を押しせば発信となるのかわからない様子が観察された。

- その後参加者の携帯電話でタスクと同じ操作をおこなってもらったが Skype 操作に変化はみられない場合がほとんどだった。

#### ②メール画面

- メールは手紙のようなモノという認識は、携帯を使用したことのない者、携帯を使用している者も持っていた。

- Cc (カーボンコピー) など専門的な用語の正しい意味や使用方法を思い出すことができなかった。

- 画面の情報が多く戸惑う様子が多く観察された。

- 隅から隅まで画面を確認する傾向がみられた。

### 3-4 考察

これらのタスクを通じ、まず使用するアイコンや略号の意味が理解されていないという基本的な問題が多く見られた。特に Skype を使用する場合、通話ボタンを押してから番号を入力するという行動は、固定電話をかける際には受話器をとってから電話番号を押すことに由来していることが確認された。すなわち、携帯電話や Skype の使用方法が固定電話の使用手順とは違うので間違いが生じており、固定電話のメタファが十分に反映されていないことが操作のつまずきの要因としてあげられた。

以上より、高齢者が従来から使用していた IT 機器や生活家電のメタファが高齢者にとって有効であることが示唆された。今後さらに調査・事例を増やし、メタファの効果的な使い方について明らかにしていきたい。

### 4. 参考文献

1) 山岡俊樹編: ハード・ソフトデザインの人間工学講義 pp. 21-22, 武蔵野美術大学出版局 (2002)

## 眼球運動を利用した文章理解支援システムの提案

○ 藤本達哉, 伊丸岡俊秀

金沢工業大学大学院, 金沢工業大学

### 1. 背景

文章を読むことは人間の基本的な行動の一つであるが、その能力には個人差があり、他の認知的活動に比べて「読み」に特異的に困難を感じる場合があることが知られている。発達障害の一つとして知られる読字障害は、その極端な例と言える。

#### 1.2 読字障害について

日本では学習障害のうち特に失読症や難読症、読字障害と言われている。知的には問題がないのに読むことや書くことに困難を示すものである。文部科学省の調査<sup>1)</sup>によると日本(日本語話者)では5%程度いると言われている。しかし、日本(日本語話者)においては支援方法に関する研究は多くあるとは言えない。

#### 1.3 支援方法について

これまでの読字障害の支援において文章に対する視覚的マーカーと音声と同時に提示する補助ツールであるDAISY<sup>2)</sup>の有効性が示されてきた。また、関口・小林<sup>3)</sup>によると読み書きに障害がある児童は、健常児に比べ初回注視位置が文章読解に不適切な位置にあることが示されている。これは、健常児であれば初回注視点は文章中央にあるが読み書き障害児においては文章の左端に初回注視点がいつてしまうといったものであるため、適切な注視位置に導くトレーニングが有効であることが示唆されている。

### 2. 目的

DAISY<sup>1)</sup>などの既存のツールは、汎用性を重視したものであったため読字障害における様々な個人の特性に対応出来ているとは言えず、より柔軟な支援を行う必要がある。そこで本研究では、関口・小林<sup>3)</sup>によって効果が確かめられている視線誘導を用いて個人の特性に合った支援を行うことを目的とし、そのためのツールを作成し、効果を検証することとした。

### 3. 実験 1

#### 3.1 目的

本実験では、文章を読む際に視線によって誘導されたマーカー表示を行った際に文章理解が促進されるかを検討することを目的として行われた。

#### 3.2 方法

##### 3.2.1 被験者

学生 10 名(男性:4 名, 女性 6 名)であった。

##### 3.2.2 使用機材

刺激提示および眼球運動装置の制御には Matlab を使用した。眼球運動計測には眼球運動計測装置(EYELINK II, SR Research)を用いた。

##### 3.2.3 刺激

被験者の視線にある文章をマーカー表示させる条件(視線位置条件)、被験者の視線にある文章の一つ先の文節をハイライト表示させる条件(先行条件)、ハイライト表示なしの条件(マーカーなし条件)、DAISY<sup>2)</sup>で使用されている自動的にハイライト表示が進む条件(DAISY 文条件)の計 4 条件を用意した。また、1 つの刺激につき 10 文ずつの文章と練習用の文章を 10 文、計 50 文用意した。なお文章は、20 字～30 字程度の簡単な文章であった。またそれぞれの問題につき 1 問出現した文を問う簡単な問題を作成した。図 1 に実際に使用した刺激を示す。図中の円はマーカーの位置を示す。

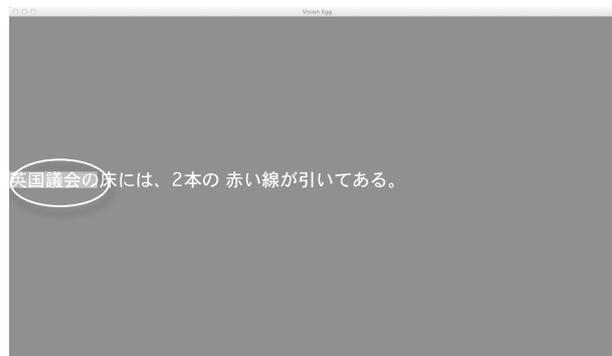


図 1 実際の刺激

実際の画面上には、円は表示されず色付きの長方形のマーカが表示される。

### 3.2.4 手続き

はじめに、被験者はモニターの前に座り眼球運動測定のためのキャリブレーションおよび練習試行を行った。それに続く本実験は1条件あたり10試行から構成された。1試行では画面上に文章刺激が提示され、被験者は文章を読んで内容を把握することを求められた。文章を読み終わった後に内容に関する簡単な質問が与えられた。条件順、および条件内での文章の提示順は被験者間でカウンターバランスされた。

### 3.3 結果

エラー数、課題にかかった時間、課題中の視線が後戻りした回数、視線の停留時間の4つを算出した。また、被験者の内1名のデータに測定時の問題による欠損があったため9人分のデータを用いて分析を行った。

条件別に求めたエラー数を図8に示す。図中の誤差範囲は、標準偏差を示す。

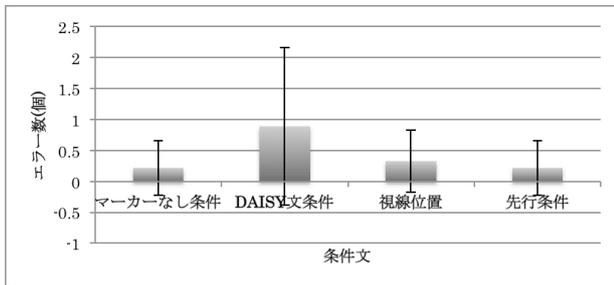


図2 条件ごとのエラー数

この結果から、DAISY文条件の結果をしてみると他の条件よりもエラー数が多いことが分かる。ただし、1要因の分散分析を行ったところこれらの条件間に有意な違いは、見られなかった ( $F(8, 3)=1.41, ns$ )。

次に、解答にかかった時間のまとめを図2に示す。

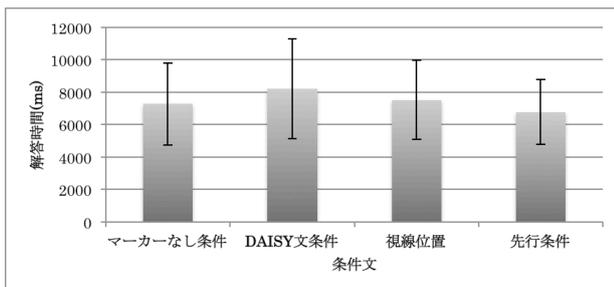


図3 解答にかかった時間

DAISY文条件が最も解答にかかった時間が長いことが分かった。ただし、1要因の分散分析を行ったところこれらの条件間に有意な違いは、見られなかった ( $F(8, 3)=2.08, ns$ )。

次に、各条件別に求めた課題中に視線が後戻りした回数のまとめを図3に示す。

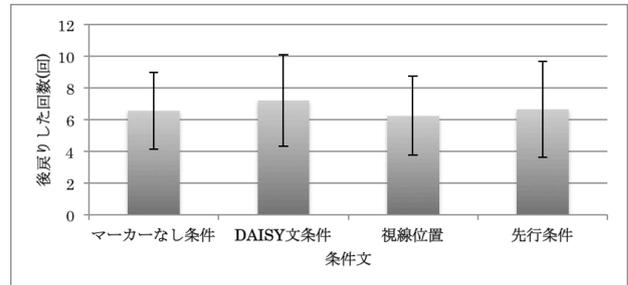


図4 視線が後戻りした回数

この結果から、DAISY文条件より視線位置条件の方が眼球の後戻りが少なかった。これは、自動でマーカーが進んでいくよりも自らの意思でマーカー表示を操作できたほうが読みやすいことを示している。ただし、1要因の分散分析を行ったところこれらの条件間に有意な違いはなかった ( $F(8, 3)=1.27, ns$ )。

次に、各条件別に求めた課題中の視線の停留時間を図4に示す。

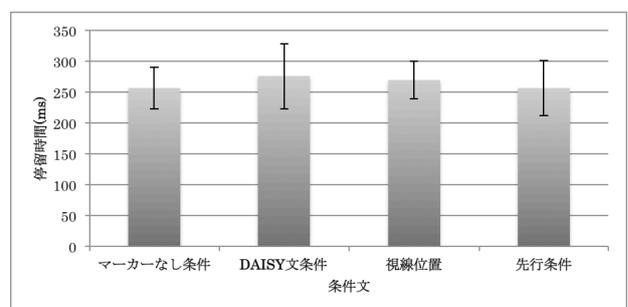


図5 視線の停留時間

この結果から、DAISY文条件が最も視線の停留時間が長かった。また、1要因の分散分析を行った結果これらの条件間に有意な違いは見られなかった ( $F(8, 3)=1.38, ns$ )。

### 3.4 考察

エラー数、課題にかかった時間、視線が後戻りした回数、視線の停留時間において有意な差は見られ

なかった。今回用いた被験者にとって課題文が簡単すぎたことによる天井効果が見られた可能性がある。ただし、視線が後戻りした回数から、視線によって誘導されたマーカー表示が文章理解を促進する可能性があることが示された。

## 4 実験 2

### 4.1 目的

実験 1 の問題点として、表示されていた文章が少なく読解が容易であったという点が挙げられる。また使用機材の問題点として頭部固定式の視線測定装置であったため被験者にとって高負荷になり支援システムとして導入しづらい。さらに経済的コストも高くなってしまふといった点が挙げられる。そこで本研究では、それらの問題点を解消するため文章を長文にするとともに高難易度な文章を設定し、各条件の差を明確にする。また、頭部固定式ではなく比較的安価なカメラ据置型の装置に変更することによって、被験者に対する負担を解消し、低コストで支援への導入が容易であるシステム提案を目的とする。実験 2 については、原稿作成時点で進行中のため、ここでは方法のみを記載し、結果および考察については当日報告する。

### 4.2 方法

#### 4.2.2 使用機材

ノートパソコン 2 台、刺激提示用ディスプレイ、顎乗せ台、眼球運動検出・測定のため図 5 で示されている赤外線を使用することのできるカメラ (OptiTrack 社製 V100R2)、刺激呈示、眼球運動計測に Python, VisionEgg<sup>4)</sup>, GazePaser<sup>5)</sup> を使用する。図 6 に実験環境を示す。

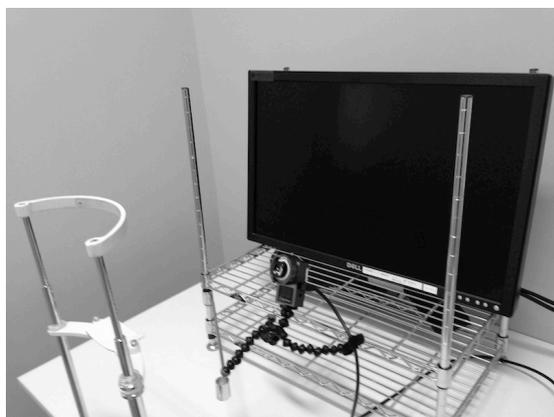


図 6 実験環境

#### 4.2.3 実験刺激

実験条件として、統制条件となるマーカーなし条件、視線が向いている文節にマーカー表示を行う視線位置条件、視線上の 1 つ先の文節にマーカーを表示する先行条件、もう 1 つの統制条件として、視線とは無関係にランダムに選択した文節にマーカーを表示するランダム条件の 4 つを刺激として用意する。文章の難易度を操作するために小学校低学年の教科書から選択した低難易度条件とインターネット上の論文データベースに掲載された研究論文の要約から選択した高難易度条件を用意する。また、練習試行のための文章も 1 つ用意する。したがって、計 9 種類の刺激を用意する。またそれぞれの文章に対し文章の内容に関する設問を作成する。それぞれの文章は 600~700 字程度とする。また、読み終わったものに対する 2~3 つシステムの使用感について問う質問紙を作成する。図 7 に使用する刺激を示す。図中の円はマーカーの位置を示す。

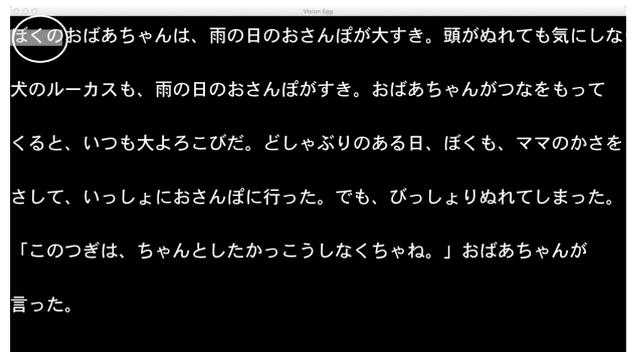


図 7 実際の刺激

実際の画面上には、円は表示されず色付きの長方形のマーカーが表示される。

#### 4.2.4 手続き

はじめに、被験者はモニターの前に座り眼球運動測定のためのキャリブレーションおよび練習試行を行う。それに続く本実験は 1 条件あたり 1 試行から構成される。1 試行では画面上に文章刺激が提示され、被験者は文章を読んで内容を把握することを求められる。文章を読み終わった後に内容に関する簡単な質問が与えられる。条件順、および条件内での文章の提示順は被験者間でカウンターバランスされる。

### 4.3 測定項目

それぞれの課題にかかった時間，視線が後戻りした回数，視線の注視回数，視線の停留時間，課題の正答率，システムの使用感に関する感想を測定する。

### 4.4 仮説

関口・小林(2011)らにより，読み障害に対し，文章読解時における視線誘導の有効性が示されているため，高難易度条件における先行条件において最も文章理解促進効果が得られると考えられる。

### 参考文献

- 1) 文部科学省 ホームページ(2013)  
<http://www.mext.go.jp>
- 2) DAISY Consortium ホームページ(2013)  
<http://www.daisy.org>
- 3) 関口貴裕, 小林玄(2011) 読み書き困難児の平仮名単語, 文章, 漢字の読みにおける注視パタンの分析.  
LD 研究 20 巻 2 号. p180-193.
- 4) VisionEgg ホームページ(2009)  
<http://visionegg.org>
- 5) GazeParser ホームページ(2013)  
<http://gazeparser.sourceforge.net>

# 警告表示に対する子どもの理解度に関する研究 Study on comprehension of the warning pictogram for the children

○竹野沙方里, 岡田明

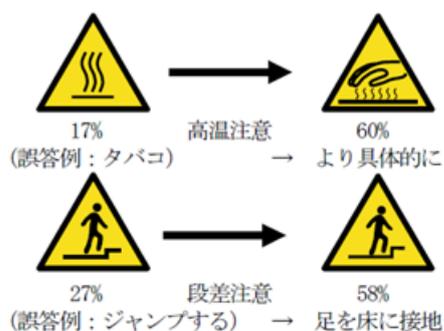
大阪市立大学生活科学研究科

TAKENO Saori, OKADA Akira

Graduate School of Human Life Science, OSAKA City University

## 1. はじめに

人間工学において、子どもの心身機能に配慮したデザインの重要性が増しつつある。特に表示が理解できないために事故につながることもあるという仮説のもと、子どもにもわかりやすい表示、ここでは特に警告絵文字を対象とした実験を試みた。先行研究<sup>1)</sup>により理解度の向上の要素として、より具体的な表現とする、細部まで配慮する、注意すべき対象物を描くなどが明らかとなっているが(図1)、それらは絵文字をじっくり見た条件での結果である。そのため、より実使用場面も想定した瞬時のわかりやすさに焦点を当てた調査を試みた。



## 2. 実験

パソコン上に警告絵文字とそれに関連する場所や物の写真を表示し、絵文字の意味を考えて答えてもらうことを子どもに課した。なお、絵文字は瞬表示されて消えるように設定した。一通り絵文字の意味を答えてもらった後、もう一度写真と絵文字を見せながら意味を考えてもらい、誤答の場合なぜ間違えたのか、どのように見えていたかなどを可能な限り質問した。

### 2-1. 実験1



図2. 実験1の例

JIS規格の中から、理解できないと事故につながる恐れのある

警告絵文字を、注意に関するもの4点、禁止に関するもの4点、計8点選んだ。

#### ●実験参加者

大阪府内に住む5~11歳の男女計8名

#### ●結果と考察

「内に子どもの誤答例を挙げる。

・段差注意  
「階段みたい↓に歩いてた(5歳)」「歩く(6歳)」  
→注意マークがわからない、危なそうだと感じないという理由であった。意味を考えるより、見たまま答えてしまうためと思われる。



・接触禁止  
「手を挟まないように(8歳)」  
→本来の接触禁止の意味を答えた参加者は1名(10歳)のみ。また、手を挟まないようにという回答も注意してほしい戸袋への引き込みのことでなく、閉まるドアに注意と思われていた。普段親や先生から注意されるのが閉まるドアだからと思われる。



・走るな、駈が込み禁止  
「飛び出したらあかん(11歳)」「走らない(8歳)」  
→走るなの意味は出てくるが、ホームの写真と共に表示したにもかかわらず駈が込み禁止と答えた参加者はいなかった。こちらも普段走らないとよく言われるからだと考えられる。



・遊泳禁止  
「落ちた(5歳)」「水に入ったらあかん(6歳)」  
→溺れているように見える、クロールだとわからないという理由であった。小さい子どもには「泳ぐ=クロール」とはならないように思われる。



・立入禁止  
「止まったらあかん(11歳)」  
→1名のみ回答だが、この間違いは誤って立入禁止の場所に入ってしまう可能性があるため危険である。



また、一瞬見せた時と後から考えなおした時で回答が変わる子どももいた。5歳2カ月女児の回答で  
立入禁止: 「人」⇒「×やから入ってばだめ」

接触禁止：「手」⇒「×やからドアに挟まれへんように」  
 →瞬では全体を見れず大まかな意味しか捉えられない可能性があると考えられる。

## 2-2. 実験2



図3. 実験2の例

実験1よりさらに検知が必要と思われる図3点、改善した図案2点、比較して検証する図2点の計7点で同様の実験を行った。検知が必要と思われる図3点は参加者全員共通、その他4点は2グループに分けて実施した。

### ●実験参加者

大阪市内の保育園に通う3～6歳の園児5名、大阪府内に住む6歳1名、大阪市内に住む7～12歳の小学生9名の男女計15名

### ●結果と考察

#### ・立入禁止

「止まったらダメ(4歳)」

→考え直してもらったところ、「歩いて入ったらダメ」と正しい答えとなったが、理由が聞き出せなかった。

#### ・発火注意

「火(3歳 9歳 12歳)」 「火の看板(3歳)」

→火のマークの理解度が高かったが、注意の意味はほとんど出てこなかった。注意マークが分かりにくい、トースターを知らずに熱を発するものとはわからないのが原因だと思われる。



#### ・感電注意

「雷(9歳)」 「矢印(6歳 9歳)」 「ちりちり(3歳)」

→矢印の部分隠すと雷に見える参加者が多くいた(6歳 7歳 9歳 11歳)。矢印が無いため子どもには理解しやすと思われる。また、正解者の意見も聞くと、「テレビで見たから(8歳)」 「お母さんが言った(11歳)」ため感電というものを知っており、体験だけでなく言葉や映像で教えるのも重要であることが明らかとなった。



#### ・遊泳禁止

1:改善前正答率50% 「津波が危ない(12歳)」 「落ちたらダメ(4歳)」

→誤答者全員が溺れているように見えていた。やはり泳いでいるように見えるよう何らかの工夫が必要である。

2:改善後正答率43% 「川にイルカ持ってきたらダメ(9歳)」 「見えなかった(6歳)」

→瞬ではややこしい図案であったと思われる。ぐちゃぐちゃでわからないという意見もある一方で帽子とゴーグルでわかったという意見もあった。具体的でありながらも単純な図である必要があると思われる。

#### ・段差注意

1:改善前正答率25% 「登る(4歳)」 「階段がある(8歳)」

→やはり危険さが感じられていないようであった。

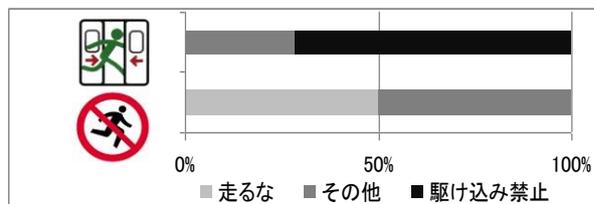
2:改善後正答率29% 「駆け出してはいけません(6歳)」 「落っこちてた(3歳)」

→走ってる人に見えていたり、下の線を見逃したりしていた。危険な場面だとは伝わるものの、段差を彌補する必要があるようだ。



#### ・走るな、駆け込み禁止

表1. 走るな、駆け込み禁止での回答の割合



駆け込み禁止を表現するためには、駆け込みしている図を用いると有効である。

#### ・戸袋への引き込み注意

両者とも、「手挟まるから危ない」との回答が大半であった(86%、63%)。後で開まりかめのドアに挟まるのか、開きかめのドアに引き込まれるのか質問したところ、引き込みと答えたのは両者とも2名ずつであった。どちらの図が有効かの差は今回あまり出なかったが、いずれにしても実験1と比較すると具体的な図の方がよいとわかった。



## 3. 結論

今回の実験では一瞬見た際のわかりやすさに関しても、具体的な図であることが理解度の向上に繋がるとわかった。一方で複雑な図では一瞬では理解できないため、単純な図にすることが重要である。また、体験だけでなく言葉や映像で意味を教えるのも絵文字を理解する上で重要であることが明らかとなった。

## 4. 参考文献

1) 山本直史, 岡田明: 子供の理解度に基づく警告絵文字のデザイン要素に関する研究 人間生活工学, Vol. 12, No. 1, pp. 45-50 (2011)

# 列車運転時における警報音の適正な音量に関する研究

## Study on Suitable Volume Levels for Alarm Signals at A Train Driving

○西本嗣史\*, 藤澤厚志\*\*, 宗重倫典\*\*\*

\*西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所

\*\*同社 近畿統括本部, \*\*\*同社 鉄道本部 技術部

HIDEFUMI Nishimoto\*, ATSUSHI Fujisawa\*\*, MICHINORI Muneshige\*\*\*

\* West Japan Railway Company Safety Research Institute,

\*\* West Japan Railway Company Kansai Urban Area Regional Head Office

\*\*\* West Japan Railway Company Railway Operations Headquarters

Technical Research & Development Department

### 1. はじめに

列車走行時、運転室内の騒音は線路状態や周辺環境などの要因によって様々に変化する。また列車運転台には様々な保安装置や支援装置が装備されており、これらの装置から音によって様々な状況を警告・報知している。これまでの研究で変化する騒音環境下によって警報音が聞き取りにくい状況が認められ、列車運転士アンケートでも同様の意見が聞かれた。一方、特定の車両や場所で「音がうるさい」との声も聞かれ、過去には警報音響機器に対する不適切な事象も発生している。本研究では列車の運転操作をしながら、「聴取可能」かつ「うるさくない」ことを条件に、適正な警報音の音量域を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験概要

本実験は実験室において列車運転室内の走行騒音環境を再現し、保安装置もしくは支援装置の3種類の聴覚表示を段階的に音量を上昇もしくは下降の一方に変化させる極限法で提示し、実験協力者に音量について主観的な評価を求めた。なお、評価の際には、鉄道運転シミュレータを操作することで運転操作を模擬した(図1)。

表1 提示した3種類の聴覚表示

Tab. 1 Three Types of Alarms Presented in This Study

#### 【使用した聴覚表示】

ATS警報ベル	金属打音
EB警報ブザ	電子音
停車駅接近音声	「停車です」(女声)



図1 実験風景

Fig.1 Experimental Scene in This Study

#### 2.2 実験に使用した音と提示方法

実験で使用した走行騒音は現在、当社の代表的な在来線車両 223 系近郊型電車の運転室内の実走行騒音を録音し、線区特徴の異なる 70dB~85dB の 5dB 間隔の4種類の騒音を再現し、実験協力者の聴取位置で音量を設定した。70dB は路盤にバラスト(砕石や砂利)を敷き、枕木で支持する構造の道床のトンネルでない区間(バラスト明かり区間)を走行している騒音、85dB はバラスト軌道のトンネル区間で窓を開けて走行した時の騒音を再現し、全て現実に発生している走行騒音を用いた。また提示する聴覚表示は保安装置の代表的な2つの警報音(ATIS 警報ベル、EB 警報ブザ)と運転支援装置の音声(停車駅接近音声「停車です」)を用い、提示方法は極限法を用いて 42dB~96dB の音量を 3dB 間隔で段階的に音量を上昇もしくは下降させて鳴動させた(表1)。ま

た上昇時と下降時の感覚の差を平準化するため1騒音につき提示音の変化方向として上昇もしくは下降し続ける試行2回ずつ実施した。

### 2.3 実験協力者と回答方法

実験に際しては所内実験倫理審査委員会の承認の受け、実験協力者として、当社間接社員の運転経験者11名、運転未経験者9名の計20名に協力を依頼し、インフォームド・コンセントを得た上で実施した。回答方法は①(聞こえない)、②小さい、③最適、④大きい、⑤うるさい、の5件法を用いて主観的な評価を得た。

## 3. 実験結果

### 3.1 「聴取可能」かつ「うるさくない」音量域の導出

実験結果からはほぼ全ての人が「聴取可能」かつ「うるさくない」範囲を導出するために、得られた最小可聴値、最適値、最大許容値を正規分布と仮定した。聴取可能な音量として最小可聴値の中央値から+3σを採り、99.83%の人が聴取可能な音量の閾値を設定し、ほぼ全ての人が聴取可能とした。また、うるさい音量として中央値から-3σを採り、99.83%の人がうるさいと感じる音量の閾値を設定し、ほぼ全ての人がうるさくない音量とした(図2)。

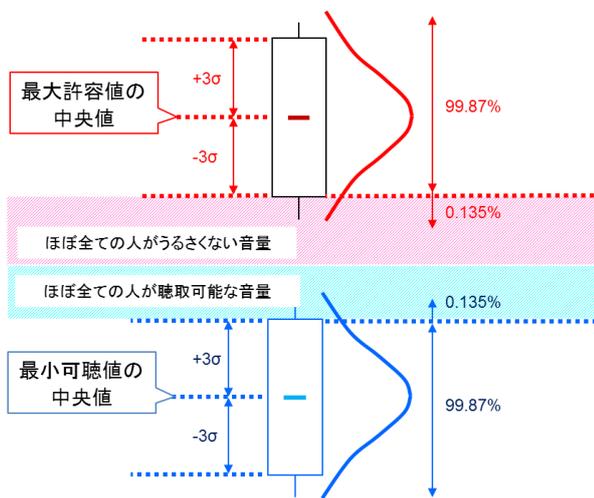


図2 「聴取可能」、「うるさくない」音量域の検討  
Fig.2 Definition of Absolute Threshold of Hearings and Maximum Acceptable Volume Level

ここで70dB~85dBの騒音レベルによらず「聴取可能」かつ「うるさくない」範囲の導出を検討したが、実験結果からは「聴取可能」かつ「うるさくない」音

量範囲は存在しなかった(表2, 図3-5)。

表2 各警報音・音声の最小可聴値・最大許容値  
Tab.2 Absolute Threshold of Hearings and Maximum Acceptable volume level as Each Alarm Signals

	最小可聴値(全騒音条件下)			最大許容値(全騒音条件下)		
	中央値	σ	中央値+3σ	中央値	σ	中央値-3σ
ATS警報ベル	65.5dB	2.4dB	73.5dB	81.0dB	3.3dB	69.8dB
EB警報ブザ	70.8dB	3.4dB	81.1dB	76.9dB	4.0dB	76.9dB
停車駅接近音声	53.9dB	6.5dB	72.7dB	84.3dB	4.8dB	71.2dB

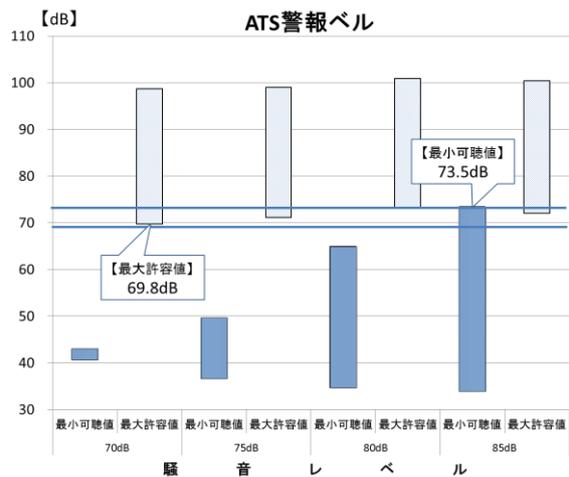


図3 ATS警報ベルの各走行騒音下の最小可聴値・最大許容値  
Fig.3 Absolute Threshold of Hearings and Maximum Acceptable Volume Level under Each Train Running Noises (Alarm Signal from ATS Device)

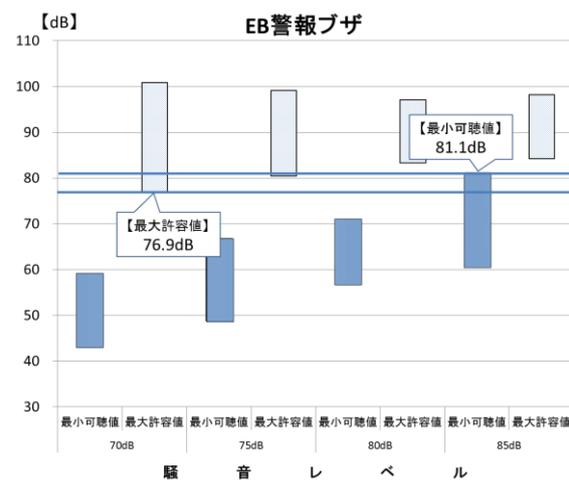


図4 EB警報ブザの各走行騒音下の最小可聴値・最大許容値  
Fig.4 Absolute Threshold of Hearings and Maximum Acceptable Volume Level under Each Train Running Noises (Alarm Signal from EB Device)

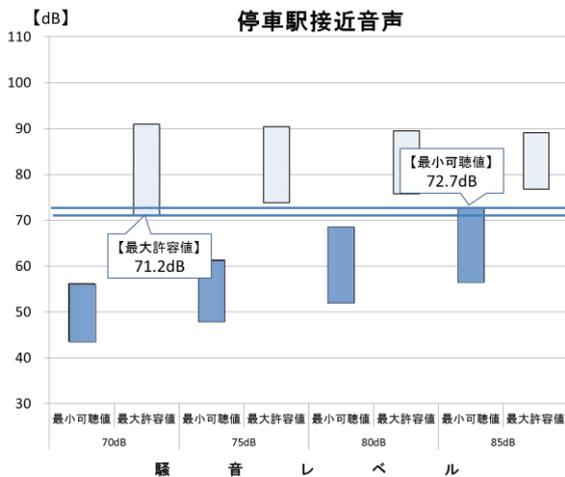


図5 停車駅接近音声の各走行騒音下の最小可聴値・最大許容値  
 Fig.5 Absolute Threshold of Hearings and Maximum Acceptable Volume Level under Each Train Running Noises (Information voice about Train Driving from Support Device)

### 3.2 音量設定の検討

この実験結果を基に適正な音量設定を検討した。警報音の音量設定を検討する上で、最優先すべきは「聴取可能(=最小可聴値)」である。次に「うるさくない(=最大許容値)」を検討したが、本実験結果からは条件を満たす音量範囲は導出できなかった。更に最適値は個人間でのバラつきが大きく一定音量に設定することは困難である。そこで個々の運転士に最適な音量を設定するには音量調整機能が必要であると考えた。ただし、無限の範囲で音量調整を可能とした場合忘れ等により警報音を聞き逃してしまう可能性があることから、本実験結果から導出された最小可聴値を下限值として、下限値より音量を下げられない設定とする。この場合、正規分布を仮定して最大許容値の閾値が最小可聴値の閾値よりも小さくなっているが、安全を最優先に考え、最小可聴値を下限值とする。

### 3.3 全実験協力者データでの音量設定

3.2 の設定をした場合、全実験協力者の結果では以下の表のようになった。初期値には最適値の平均値を設定し、調整幅が小さくなるように設定し、下限値に各警報音・音声の最小可聴値を設定した。またこの設定を実施した場合、正規分布を仮定し、調整できる最小の設定にしても不快を感じる人々の割合についても

併記する(表3)。

表3 各警報音・音声の導出設定音量  
 Tab.3 Volume Setting Derived as Each Alarm Signals from All Data

	初期値	下限値	不快を解消できない割合
ATS警報ベル	79.7dB	73.5dB	0.6%
EB警報ブザ	84.7dB	81.1dB	1.4%
停車駅接近音声	76.8dB	72.7dB	0.4%

### 3.4 運転士経験別実験協力者データでの音量設定

3.3 の設定をした場合、運転士経験者の実験協力者のみ結果では以下の表になる。「聴取可能」かつ「うるさくない」音量範囲は導出できなかったが、全実験協力者データを用いた場合と音量設定値に差が見られた。最適値は全協力者結果よりも上昇し、下限値(最小可聴値)、不快を解消できない割合は全協力者結果より下降した(表4)。また、本実験協力者の運転士経験者は直近の運転経験が平均で10年前であり、運転士経験者において直近の運転経験が5年以内と5年超前に分類し、未経験者を含めてバラつきを比較すると、直近の運転経験から間隔が短いほうがバラつきは小さかった(表5)。

表4 運転経験別の各警報音・音声の導出設定音量  
 Tab.4 Volume Setting Derived as Each Alarm Signals for Each Group of Train Driving Experience

	運転経験者			運転未経験者		
	初期値	下限値	不快を解消できない割合	初期値	下限値	不快を解消できない割合
ATS警報ベル	80.9dB	72.0dB	0%	77.7dB	68.2dB	1.74%
EB警報ブザ	85.3dB	78.4dB	0.16%	84.0dB	77.0dB	7.12%
停車駅接近音声	77.2dB	72.7dB	0.33%	76.2dB	71.6dB	0.48%

表5 運転経験別の各警報音・音声のバラつき  
 Tab.5 Standard Deviation of Each Alarm Signals for Each Group of Train Driving Experience

標準偏差 σ	直近乗務		未経験
	5年以内	5年超前	
ATS警報ベル	3.9dB	4.7dB	4.8dB
EB警報ブザ	2.8dB	3.6dB	3.6dB
停車駅接近音声	2.6dB	2.6dB	2.7dB

### 3.5 各警報音、音声の聞き取りやすさについて

分析結果により ATS 警報ベル、停車駅接近警報音声よりも EB 警報ブザは音量が大きくないと聞き取りにくいことが示され、1/3 オクターブ周波数分析においても ATS ベルと比較し、聞き取りにくいことがわかった。

また走行騒音の周波数分布を重ね合わせても EB 警報ブザはマスキングされる範囲が大きく、聞きとりにくい警報音であることが確認できた (図6-8)。

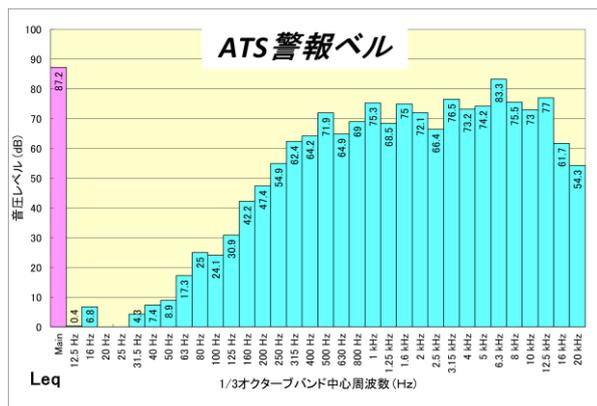


図6 ATS 警報ベルの 1/3 オクターブバンド分析結果  
Fig.6 The Result of One Third Octave Band Analysis (Alarm Signal from ATS Device)

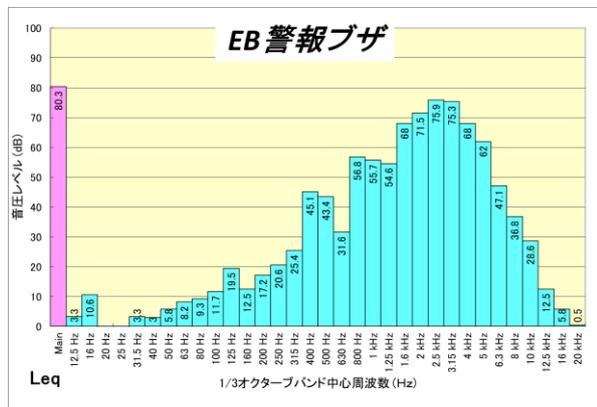


図7 EB 警報ブザの 1/3 オクターブバンド分析結果  
Fig.7 The Result of One Third Octave Band Analysis (Alarm Signal from EB Device)

### 4. まとめ

様々に変化する騒音環境下で「聴取可能」かつ「うるさくない」の両方の条件を同時に満たす警報音の音量を設定することは難しいことがわかった。また運転経験の有無や直近の運転経験からの間隔により傾向に差が見られた。また本実験結果から、安全を最優先と

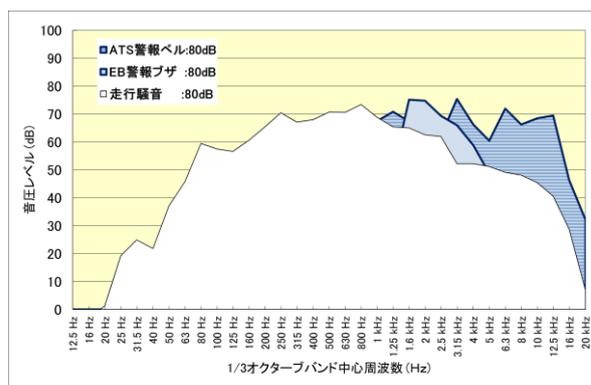


図8 走行騒音と ATS 警報ベル、EB 警報ブザの周波数分布の重ね合わせ  
Fig.8 Comparison of the Frequency Distribution for Running Noise, Bell Alarm of ATS and Buzzer Alarm of EB

した音量設定方法として、乗務経験者の結果を基本としてほぼ全ての人が聴取可能な音量を最優先条件として、「うるさい (不快)」と感じる人が最小になる範囲を策定した。また最も聞き取りやすいと感じる最適な音量についても個人により異なる最適音量に対応するため音量調整機能を備えることが望ましいと提言する。

今後は本研究で定量的に明らかになった警報音として聞き取りにくい EB 警報ブザに着目し、実走行騒音の周波数分布や音量レベルを考慮して聞き取りやすさの改善を検討し、鉄道の安全レベルの向上を図っていきたい。

### 参考文献

- 1) 伊藤大介,上田真由子,石上寛,中川千鶴: 新幹線保守用車の安全装置の音量設定に関する研究, 第 17 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp.597-600 (2010).
- 2) ISO7731: 人間工学—公共の場所及び職場の危険信号—聴覚危険信号, (2003).

# 船舶運航シミュレータにおける会話の影響: 覚醒水準に着目して

## The Effect of Conversation on Arousal Level in Marine Simulator

○山田健太\*・臼井伸之介\*・瀧真輝\*\*・小西宗\*\*\*

\*大阪大学大学院人間科学研究科, \*\*神戸大学大学院海事科学研究科, \*\*\*神戸大学海事科学部

YAMADA Kenta\*, USUI Shinnosuke\*, FUCHI Masaki\*\*, KONISHI Tsukasa\*\*\*

\* Graduate School of Human Sciences, Osaka University, \*\* Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, \*\*\* Faculty of Maritime Sciences, Kobe University

### 1. はじめに

プラントの監視や、夜間の高速道路の自動車運転など、覚醒水準の低下や眠気が問題となる場面は多い。船舶運航、特に大洋航行中の船橋当直は、イベントが非常に少ない長時間の監視作業であり、当直者は非常に単調な作業を実施していると言える。「居眠り」や覚醒水準の低下が潜在的な原因と考えられる「見張り不十分」等の海難事故は近年漸増傾向であるとともに、死傷を伴う重大事件も数多く、海上交通の安全の観点から深刻な問題とされている<sup>2)</sup>。船員の眠気について29名を対象に行ったヒアリング調査では、全員が当直中に眠気を感じた経験があり、特に船が少ない時の方が眠気を感じると回答したものが26名と大半であった<sup>3)</sup>。そこで、長時間の単調作業中に生起する眠気や漫然を緩和する方法を検討する必要がある。本研究では、作業中の覚醒水準低下によるパフォーマンス低下への対策として、「会話」と「チェックリスト」を取り上げた。いずれも単調さを低減させることで動機づけの低下を防ぎ、さらに発声筋や聴覚器への刺激あるいは手指の運動によって覚醒水準を上昇させることが想定される。以上より、本研究では会話とチェックリスト記入作業が課題の成績と生理指標に及ぼす影響を、船舶運航シミュレータを用いて実験的に検討した。

## 2. 方法

### 2.1. 実験参加者

実験には事前に同意を得た14名(男性12名, 女性2名: 平均22.29歳)が参加した。参加者は全員操船経験があり、3級海技士(航海)を取得予定であった。また、視力は正常か矯正して正常であった。なお、実験前日は7時間以上の睡眠をとり、当日はアルコールやカフ

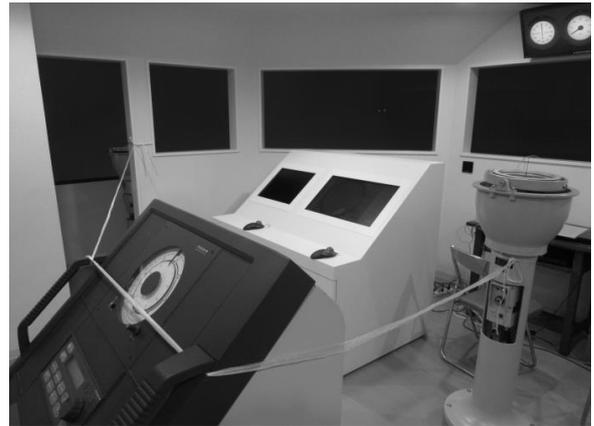


図1. 船舶運航シミュレータの船橋

ェインを摂取しないように指示された。なお、本実験は大阪大学大学院人間科学研究科行動学系研究倫理委員会と神戸大学海事科学研究科「人を対象とする研究計画等審査」の承認を得た上で行われた。

### 2.2. 実験概要

実験は並行作業の種類(3水準: 副次課題なし, 会話課題, チェックリスト課題)の実験参加者内1要因計画で実施した。1つの条件は40分間で、条件の順序はランダム化した。なお、本稿ではチェックリスト課題については報告しない。

### 2.3. 実験装置

実験には船舶運航シミュレータシステムのナビゲーションシミュレータ(CAD CENTER)を用いた。これは、視覚および各種計器類によって様々な航海状態を再現する設備であり、船橋中心から6.5m離れた240°の球形スクリーン上に9台のプロジェクタによるCG映像が提示されるシミュレータであった(図1)。課題の提示はPCに接続したプロジェクタとスピーカを通して行った。課題の制御及び反応の取得には全てVisual Basic 2010で自作したプロ

グラムを用いた。また、生理計測に BIOPAC MP150 を用いた。

## 2.4. 課題

主課題として、シミュレータ上で 40 分間 (10 ブロック) の光点検出課題が課された。実験参加者は広い海域における夜間の航海当直を想定し、漁船の光を模した白色の光点を検出したらボタン押しによってできるだけ速く正確に反応するように教示された。光点の出現頻度は 3 回/4 分であり、間隔は平均 78.67 秒 ( $SD = 59.38$ ) であった。光点の出現範囲は、縦がスクリーン上に提示された水平線から下に  $3.5^\circ$  であり、横が実験参加者の前方  $33^\circ$  から  $40^\circ$  と  $320^\circ$  から  $327^\circ$  であった。光点の大きさは視角  $0.16^\circ$  の円形であり、出現範囲内にランダムに提示された。

副次課題として、ブロック 7 (主課題開始後 24~28 分) において会話課題あるいはチェックリスト課題を課した。会話課題は先行研究<sup>4,5)</sup>を参考に作成したもので、一般常識、歴史、地理、理科、芸術、スポーツ等の事前に録音されたクイズ問題に口頭で回答する課題であり、4 分間で 20 題が出題された。チェックリスト課題は相対風向、Log スピード等の船舶の状況や計器類が示す数値 20 項目について所定の書式に記録する課題であった。

なお、本研究は船舶運航をシミュレートしているため、40 分間の課題中実験参加者は立位であり、一定の範囲内を自由に移動することができた。

## 2.5. 測定指標

行動指標として光点検出率と反応時間を用いた。光点検出率は、2000ms 以内に光点に反応した場合を Hit とし、Hit 数 / 出現数 として算出し、反応時間は Hit 時の反応時間の平均を算出した。生理指標として、覚醒水準について検討するために心電図および眼電図を測定した。心電図波形から R-R 間隔を算出し、心拍変動の LF 成分と HF 成分を算出し、両者の比 (LF/HF) を交感神経系活動の指標として用いた。また、眼電図から瞬目を算出し、1 分間あたりの瞬目数を瞬目率とした。さらに、瞬目間間隔が 500ms 以下で複数回生起する瞬目を瞬目群発としてカウントした。覚醒水準が低下すると LF/HF は低下し、瞬目率は上昇し、

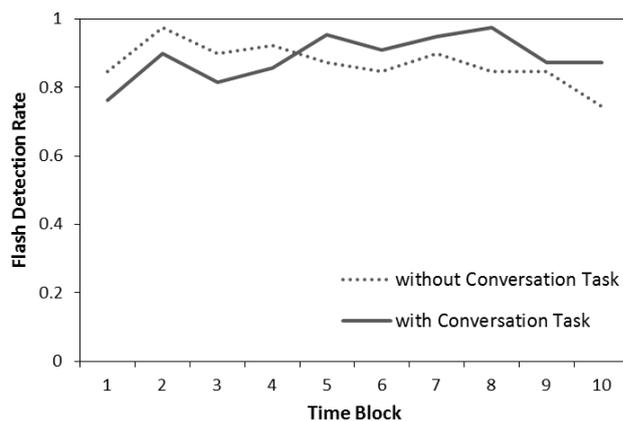


図 2. 会話課題の有無と光点検出率

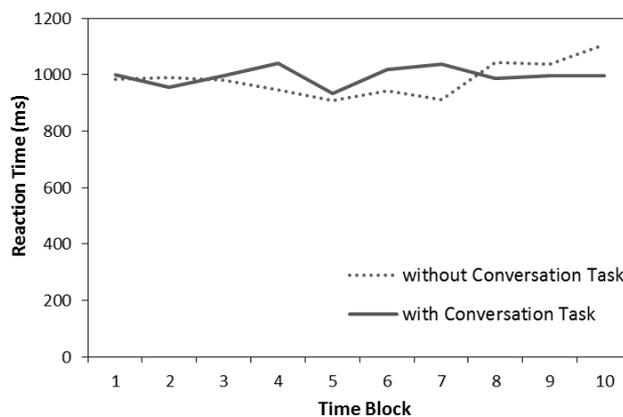


図 3. 会話課題の有無と反応時間

閉眼時間は延長し、瞬目群発は増加するとされている。主観指標としては、メンタルワークロードを測定するために NASA-TLX を、眠気を測定するために KSS を、疲労と活気を測定するために POMS を用いた。また、日常の眠気や外向性等の個人差について検討するために ESS と MPI を用いた。ただし、本稿では主観指標については報告をしない。

## 3. 結果

### 3.1. 行動指標

光点検出率について、課題 (2 水準: 副次課題なし / 会話課題) × ブロック (10 水準) の 2 元配置の反復測定分散分析を行った。結果、課題とブロックの交互作用が有意であった ( $F(9, 108) = 2.64, p < .01$ )。交互作用の多重比較の結果、ブロック 8, 10 で会話課題ありの方が光点検出率が高い傾向が見られた ( $p < .10$ : 図 2)。ただし、ブロック 2 でも有意な差の傾向が見られた ( $p < .10$ )。

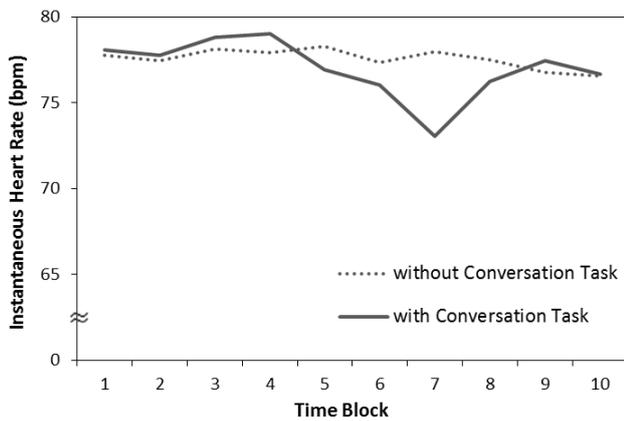


図 4. 会話課題の有無と瞬時心拍数

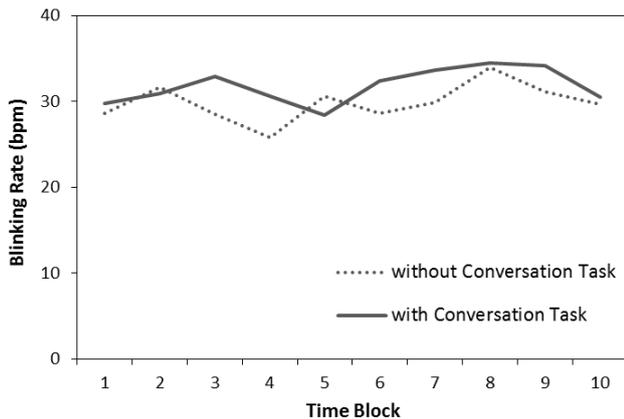


図 5. 会話課題の有無と瞬目率

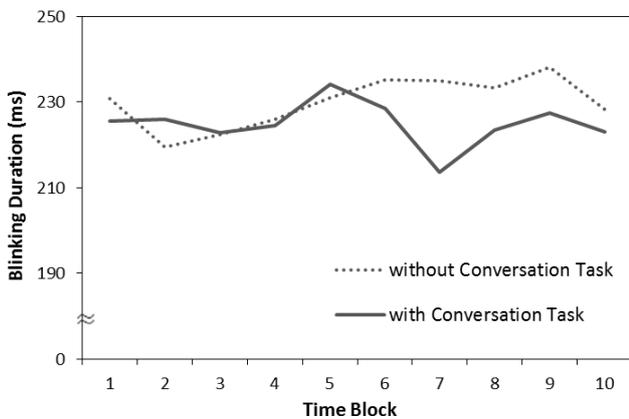


図 6. 会話課題の有無と閉眼時間

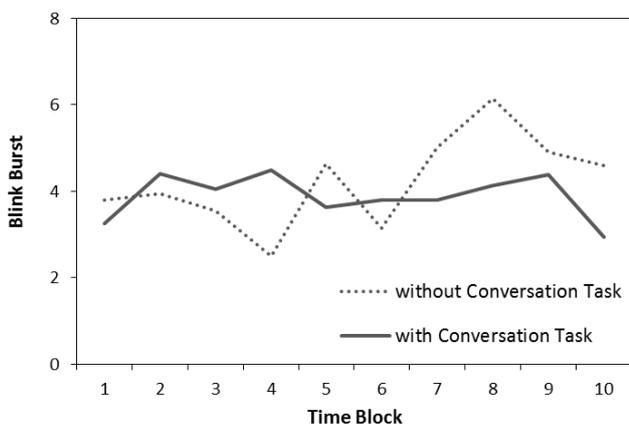


図 7. 会話課題の有無と瞬目群発

反応時間について分析した結果、課題の主効果、ブロックの主効果、課題とブロックの交互作用のいずれも有意でなかった (図 3)。

### 3.2. 生理指標

瞬時心拍数について課題 (2水準: 副次課題なし / 会話課題) × ブロック (10水準) の2元配置の反復測定分散分析を行った。結果、ブロックの主効果 ( $F(9, 99) = 3.01, p < .01$ ) と課題とブロックの交互作用 ( $F(5.14, 56.53) = 2.88, p < .05$ ) が有意であった。交互作用の多重比較の結果、ブロック7では会話課題があると瞬時心拍数が低くなった ( $p < .05$ : 図 4)。

心拍変動について分析した結果、課題の主効果、ブロックの主効果、課題とブロックの交互作用のいずれも認められなかった。

瞬目率について分析した結果、課題の主効果が有意であり ( $F(1, 12) = 10.72, p < .01$ )、会話課題がある方が瞬目率が高かった (図 5)。

閉眼時間について分析した結果、時間の主効果 ( $F(9, 108) = 3.33, p < .01$ )、課題と時間の交互作用 ( $F(9, 108) = 3.34, p < .01$ ) が有意で、課題の主効果 ( $F(1, 12) = 3.53, p < .10$ ) が有意な傾向であった。交互作用を多重比較した結果、ブロック7, 9で会話課題がある方が閉眼時間が短くなった (順に  $ps < .01, .05$ : 図 6)。

瞬目群発について分析した結果、課題の主効果 ( $F(1, 12) = 3.81, p < .10$ ) と課題とブロックの交互作用 ( $F(9, 108) = 1.70, p < .10$ ) が有意な傾向であった。交互作用の多重比較の結果、ブロック7, 8で会話課題ありの方が瞬目群発が少なくなった ( $p < .05$ : 図 7)。ただし、ブロック4でも有意差が見られた ( $p < .05$ )。

### 4. 考察

光点検出率の結果より、単調な船舶運航を模擬した光点検出課題中に会話課題を行うことは、課題のパフォーマンスに有用である可能性が示唆された。

また、閉眼時間と瞬目群発の結果から、会話課題は覚醒水準の上昇をもたらすことが示唆された。ただし、心拍変動と瞬目率からは覚醒水準に影響があ

るということではできなかった。なお、瞬時心拍数については会話課題があると低下することが示された。これは、外的な刺激に注目し情報を取り入れようとしたことによるものとも考えられるが<sup>6)</sup>、会話時は通常心拍数が増加するため、ここでは明確に結論づけられない。

さらに、タイプIIエラーの可能性があるため統計的に断言はできないものの、光点検出課題と会話課題を同時に行ったブロック7において、二重課題の負荷によって光点検出率と反応時間のパフォーマンスが低下しなかった点は着目すべきである。例えば自動車運転場面においては、携帯電話での通話のような二重課題は認知的な妨害として扱われることが多いが<sup>7)</sup>、船舶運航を模して実施した光点検出課題のように負荷が低い課題では、二重課題は妨害とならず、むしろ覚醒水準を上昇させることでパフォーマンスに良い影響を与える可能性がある。

ただし、光点検出率のブロック2と、瞬目群発のブロック4で会話課題の有無によって有意差あるいはその傾向が見られたことには問題がある。本研究は単盲検法で実施したため、実験参加者は今行っている試行がどの条件なのかを知る方法はなく、実験デザイン上ブロック1から6まではどの条件でも光点検出課題のみで、同じ課題であったため、本来なら差は認められないはずである。乗船経験のある者という制約もあり、実験参加者が14名と比較的少ないことも含めて、結果の解釈は慎重にすべきである。

また、一部の生理指標によって会話課題が覚醒水準を上昇させることが示されたが、本研究ではこのメカニズムについて明らかにすることができない。この点については今後、会話を聴取・思考(処理)・発声の要素に分け、そのうちのどの要素がパフォーマンスに影響を及ぼすのかを実験によって検討する予定である。例えば日常でいう「ラジオ聴取」のように音声刺激を聴取するだけでそれに対して発声をしない条件や、「大声を出すこと」のように聴取を伴わない発声をする条件でのパフォーマンスへの影響についても検討することで、会話が覚醒水準に影響するメカニズムを考察し得ると考えられる。

さらに、この点を検討することは副次課題の負荷を適切な水準に保つ上でも有益であると考えられる。会話のどの要素が覚醒水準に影響するのかが明らかになれば、それ以外の要素を排すことで、より負荷が高い課題でもパフォーマンスに悪い影響を及ぼしにくい副次課題を考案することができるであろう。

## 5. まとめ

本研究では、単調課題中の課題の成績と覚醒水準に会話が及ぼす影響を、船舶運航シミュレータを用いて実験的に検討した。結果、光点検出課題中に会話を行うことは、課題のパフォーマンスに有用である可能性が示唆された。また、一部の生理指標から、会話課題は覚醒水準の上昇をもたらすことが示唆された。

## 参考文献

- 1) Grandjean E: Fitting the task to the man-A textbook of occupational ergonomics, 4th ed., Taylor & Francis, 1988.
- 2) 漆谷伸介, 菊地俊紀, 佐野裕司, 寺澤寿一: 操船者の眠気による船舶の事故及びインシデントの背景要因に関する研究, 人間工学, 46, 1, 44-52, 2010.
- 3) 小西宗, 瀧真輝, 白井伸之介, 山田健太: 船舶運航中における眠気に関するヒアリング調査, 海洋人間学雑誌, 2 (2), 53, 2013.
- 4) Gershon P, Ronen A, Oron-Gilad T, Shinar D: The effects of an interactive cognitive task (ICT) in suppressing fatigue symptoms in driving. Transportation Research Part F, 12, 21-28, 2009.
- 5) 櫻井美由紀, 岩崎祥一: 視覚・聴覚の二重課題における注意の偏りについての研究, 応用心理学研究, 33, 2, 73-83, 2008.
- 6) Lacey B C, Lacey J I: Two way communication between the heart and brain, American Psychologist, 33 (2), 99-113, 1978.
- 7) Stayer D L, Drews F A: Cell phone induced driver distraction, Current Directions in Psychological Science, 16, 128-131, 2007.

## カーナビ操作時のメンタルワークロード評価のための呼吸指標の検討

## Evaluation of mental workload during operating car navigation system using respiratory-related indices

○須澤将馬\*, 小谷賢太郎\*, 鈴木哲\*, 朝尾隆文\*, 榎田亨\*\*, 石川貴洋\*\*\*, 石田健二\*\*\*, 松岡孝\*\*\*

\*関西大学システム理工学部 \*\*関西大学大学院理工学研究科

\*\*\*株式会社デンソー 基礎研究所

SUZAWA Shoma\*, KOTANI Kentaro\*, SUZUKI Satoshi\*, ASAO Takafumi\*, ENOKIDA Susumu\*\*, ISHIKAWA Takahiro\*\*\*, ISHIDA Kenji\*\*\*, MATSUOKA Takashi\*\*\*

\* Faculty of Engineering, Kansai University, \*\* Graduate School of Science and Engineering, Kansai University, \*\*\*Research Laboratories, DENSO CORPORATION

## 1. はじめに

近年、自動車運転中のカーナビ操作によって生じるメンタルワークロード(Mental Workload: MWL)の測定が重要な研究テーマとして浮上している<sup>1), 2)</sup>。MWLの生理的評価を行う生体情報のひとつに呼吸がある。これまで暗算やストレスフィルム、寒冷昇圧といった負荷により生じるMWLが呼吸指標によって評価されてきた<sup>3), 4), 5), 6)</sup>。これらの指標より、MWLの種類によって呼吸指標の感度に違いがあることが分かっている。そこでこれらの呼吸指標がカーナビ操作によって生じるMWLをどの程度反映するのかを検討したので報告する。

## 2. 実験

本研究は大阪大学大学院人間科学研究科行動系研究倫理審査委員会による審査と承認を受けたものである。

### 2.1 被験者

運転免許を保有し、右利き、右ハンドル車を月に数回以上運転する男子大学生および男子大学院生19名(24.5±5.5歳)を有償雇用した。被験者には事前に実験に関する詳しい説明を行い、理解させたうえで、インフォームドコンセントを得た。

### 2.2 実験課題と教示

被験者は、主課題としてドライビングシミュレータ(Driving Simulator: DS)による2条件の運転課題、副次課題としてDSダッシュボードに設置したタッチパネル式車載情報機器(以下ナビと略す)を視認手操作する4条件のナビ操作課題、および2条件のマルチモーダル刺激検出課題を同時に遂行した。

運転課題ではDS運転によるS字カーブを繰り返す片側3車線の高速道路の中央車線での先行車の追従

を行った。被験者には横にふらつくことなく被験者が安全だと思う先行車との車間距離を保って追従するよう教示した。

ナビ操作課題では、音声アナウンスによるナビ操作指示の後に、ナビ画面上部に設置された小型モニタで呈示された操作内容に従ってナビ操作を行った。ナビ操作課題はナビ操作なし(以下CONTROLと略す)、手移動(以下HANDと略す)、地図スクロール(以下MAPと略す)、電話番号入力(以下TELと略す)とした。HANDはナビ左下の角に左手を5秒間静止させる条件とした。MAPはナビ画面を2度タッチすることで、小型モニタに呈示された矢印の方向へ地図をスクロールする条件とした。なおMAPの標準的な画面遷移数は2回、タッチ数は3回とした。TELは小型モニタに呈示された10桁の電話番号をナビ画面上で入力する条件とした。なおTELの標準的な画面遷移数は5回、タッチ数は14回とした。

被験者へは課題の優先度を高い方から順に、運転課題>ナビ操作課題>刺激検出課題と教示した。

図1に実験風景を示す。



図1 実験風景

## 2.3 実験手続き

試行の種類は運転課題 2 条件, ナビ操作課題 4 条件, 刺激検出課題 2 条件を組み合わせた 16 種類とした。各被験者とも各種の試行を実験前半および後半に各 16 試行, 実験全体で全 32 試行を行った。運転課題, ナビ操作課題, 刺激検出課題の順序は被験者間でカウンターバランスをとって調整した。

各試行とも, 主観アンケートによる MWL の大きさの評価として日本語版 NASA-TLX を行った。

実験は 2 日に分けて行った。1 日目はインフォームドコンセントを取得および実験課題, 日本語版 NASA-TLX の練習日とし, 2 日目はデータの計測・記録を行う本番日とした。

## 2.4 生体計測

生体データとして呼吸運動を計測した。呼吸運動の信号は胸部および腹部に装着した呼吸ピックアップ (デジテックス研究所製 Polymate AP-C021) によって取得され, 生体现象用増幅器 (デジテックス研究所製 Polymate AP1132) と波形データ収録プログラム (デジテックス研究所製 AP Monitor) を用いて, 呼吸波形としてサンプリング周波数 2000Hz で収録した。

## 2.5 データ処理方法

日本語版 NASA-TLX から WWL 得点 (Weighted Workload score: WWL) を算出し, 各試行における MWL の大きさの主観評価指標の代表値とした。

呼吸解析方法の流れを図 2, 呼吸曲線の概要図を図 3 に示す。計測した呼吸波形をサンプリング周波数 100Hz でリサンプリングした後, 黒原ら<sup>7)</sup>の移動平均による呼吸波形の平滑化を参考に, 前後 37 点, 計 75 点 (750msec) の移動平均を 5 回繰り返す, 極小点および極大点の時系列情報を取得した。次に計測した呼吸波形を再度サンプリング周波数 100Hz でリサンプリングした後, 前後 31 点, 計 63 点 (630msec) の移動平均を行い呼吸指標算出用の呼吸曲線を得た。前述の極小点および極大点の時系列情報における呼吸指標算出用の呼吸曲線上の点をそれぞれ吸気開始点 (呼気終了点), 呼気開始点 (吸気終了点) とし, 図 3 のように吸気開始から呼気終了までを 1 呼吸サイクルとした。1 サイクルの吸気開始点から吸気終了点および呼気開始点から呼気終了点までの振幅差の絶対値をそれぞれ吸気量 IA および呼気量 EA, 吸気および呼気に要する時間を吸気時間 IT および呼気時間 ET とした。呼吸指標算出用の呼吸曲線から, 表 1 の 6 つの呼吸指標を算出した。

WWL 得点および各呼吸指標は被験者内で Z 得点による標準得点化を行い, それぞれの略語の接頭に z

をつけることで標準得点化後の指標を表した。

各試行について, ナビ操作課題の種類とそのときの標準得点化後の WWL 得点および呼吸指標を比較した。条件の比較には分散分析および Tukey 法による多重比較を用いた。

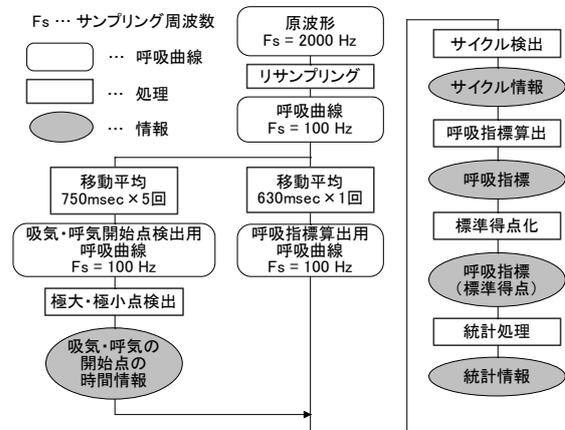


図 2 呼吸解析方法の流れ

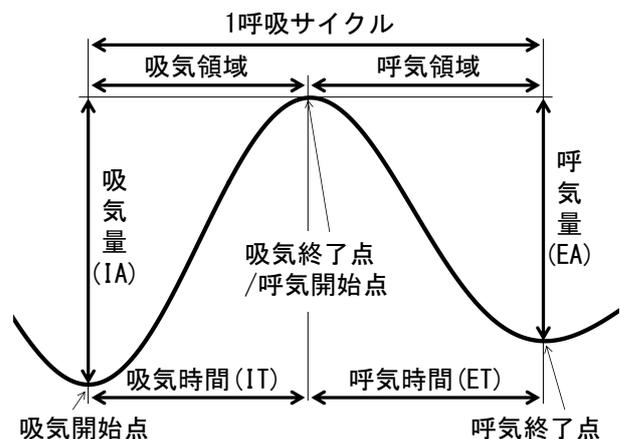


図 3 呼吸曲線の各部名称

表 1 呼吸指標の算出方法

呼吸指標 (単位)			算出方法
呼吸数	RR	(cpm)	1分間あたりの呼吸サイクルの数
呼吸振幅	RA	( $\mu$ V)	(IA+EA)/2
呼吸速度	RS	( $\mu$ V/sec)	(連続データの振幅の差分値の合計)/(IT+ET)
吸気速度	IS	( $\mu$ V/sec)	吸気における呼吸速度
呼気速度	ES	( $\mu$ V/sec)	呼気における呼吸速度
ドライブ	Drive	( $\mu$ V/sec)	IA/IT

RA, RS, IS, ES, Driveは1サイクルごとに算出。試行内で平均をとり, 各試行における呼吸指標の代表値として設定。

### 3. 実験結果

#### 3.1 ナビ操作とMWLの関係

分散分析の結果、zWWLはナビ操作において有意な差が認められた ( $F(1, 298)=207.51, p<.01$ )。ナビ操作とzWWLとの関係およびTukey法によるzWWLのナビ操作間の多重比較結果を図4に示す。

WWL得点が大きくなるほど主観的なMWLも大きくなるため<sup>1)</sup>、図4よりDS運転時のナビ操作で生じるMWLの大きさはCONTROL<HAND<MAP<TELであった。

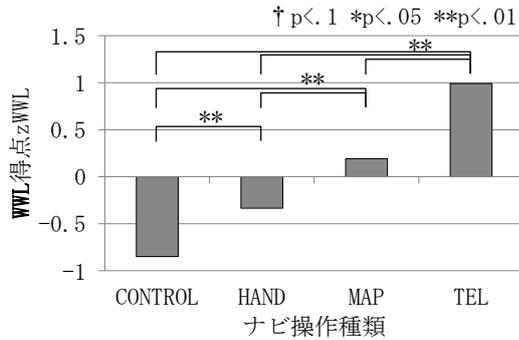


図4 WWL得点 (標準得点)

#### 3.2 ナビ操作と呼吸指標の関係

本稿では、胸部および腹部に装着した呼吸ピックアップで取得された呼吸波形を、それぞれ胸式呼吸および腹式呼吸の呼吸波形と定義する。

分散分析の結果、胸式呼吸のzRA以外の呼吸指標でナビ操作に有意差が認められた ( $p<.01$ )。ナビ操作と各呼吸指標との関係および各呼吸指標のナビ操作間のTukey法による多重比較結果を図5に示す。

図5から、胸式呼吸、腹式呼吸におけるzRR, zRS, zIS, zES, zDrive, 腹式呼吸におけるzRAは本実験

で生じるMWLに対し促進的な変化の傾向を示した。

表2に、呼吸指標についてまとめたナビ操作間のTukey法による多重比較結果を示す。

また表2から、zRS, zIS, zES, zDriveは有意差または有意傾向の認められたナビ操作の組み合わせが胸式呼吸と腹式呼吸で異なっていた。このことから、zRS, zIS, zES, zDriveはMWLの変化を反映可能な負荷レベルが胸式呼吸、腹式呼吸によって異なる可能性が示唆された。

表2より、zRSの吸気での指標zISおよび呼気での指標zESは、zRSで有意差、有意傾向が認められなかったナビ操作間においても有意差、有意傾向が認められた。また呼気よりも吸気において、多くのナビ操作間で有意差、有意傾向が認められた。

表2 呼吸指標別のナビ操作間の多重比較結果

指標 (標準得点)	CONTROL -HAND	CONTROL -MAP	CONTROL -TEL	HAND -MAP	HAND -TEL	MAP-TEL
zRR	胸式呼吸	**	**	**	**	**
	腹式呼吸	**	**	**	**	**
zRA	胸式呼吸			†	**	†
	腹式呼吸				*	**
zRS	胸式呼吸		**	**	*	**
	腹式呼吸			**	**	**
zIS	胸式呼吸	*	**	**	**	**
	腹式呼吸		**	**	**	**
zES	胸式呼吸	†	**	**	**	**
	腹式呼吸		**	**	**	**
zDrive	胸式呼吸		**	**	**	**
	腹式呼吸			**	**	**

† p<.1 \*p<.05 \*\*p<.01

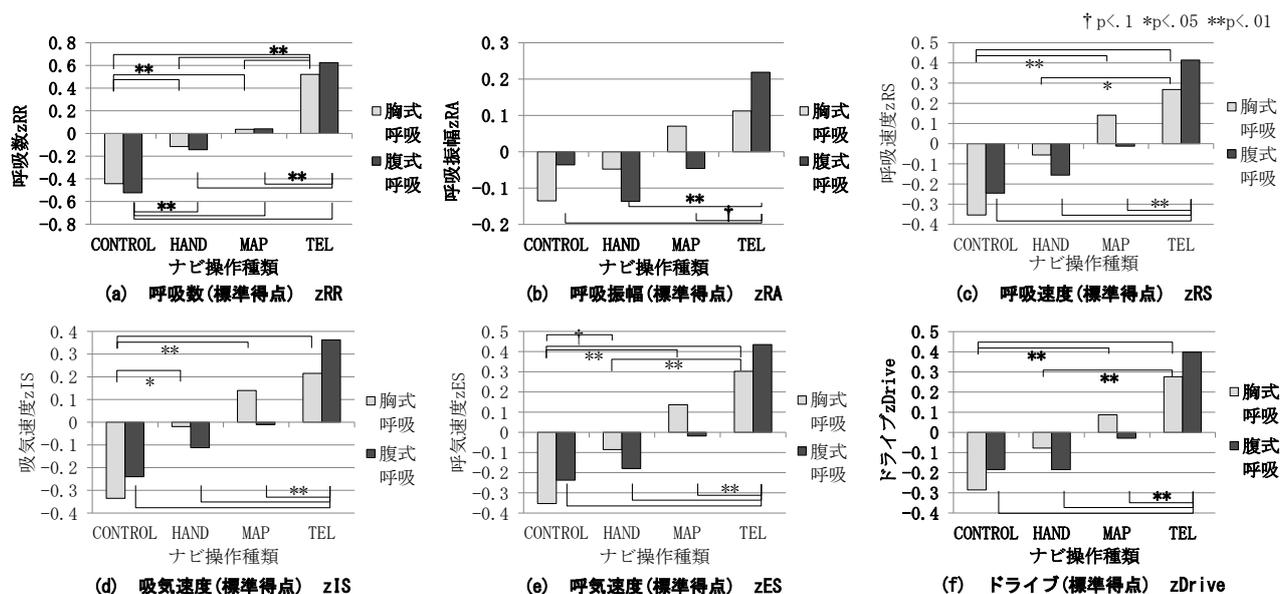


図5 呼吸指標 (標準得点)

## 4. 考察

### 4.1 呼吸指標とカーナビ操作で生じる MWL の関係

呼吸指標のうち、 $zRR$  は呼吸の速さの影響のみを受ける時間的測度であり、 $zRA$  は呼吸の深さの影響のみを受ける量的測度であると言われている<sup>4)</sup>。また  $zRS$ 、 $zIS$ 、 $zES$ 、 $zDrive$  は呼吸の速さおよび深さの影響を受ける時間的・量的測度とされている。本稿での実験結果によると、呼吸の速さに影響を受ける  $zRR$ 、 $zRS$ 、 $zIS$ 、 $zES$ 、 $zDrive$  が呼吸の深さのみに影響を受ける  $zRA$  よりもナビ操作の違いに敏感に反応していた。そのため運転操作とナビ操作を同時に行うことで生じる MWL は呼吸の深さよりも速さをより促進させる可能性があると考えられる。

表 2 より、 $zRR$  が最もナビ操作間の判別を可能とする呼吸指標であった。これより本稿で用いた 6 つの呼吸指標のうち、ナビ操作時の MWL の評価指標として感度の高い呼吸指標は  $zRR$  であったと言える。しかし平柳ら<sup>6)</sup>の行った暗算課題では、必ずしも負荷レベルに対し  $RR$  が促進的に変化するわけではなかった。そして負荷レベルの高まりに応じて一過性の止息や深呼吸などによる呼吸パターンの乱れが生じやすくなると述べている。今回の負荷の範囲では呼吸パターンに乱れは生じず、 $zRR$  は負荷に対し促進的な変化を示した。しかしさらに負荷レベルが大きくなった場合、 $zRR$  がナビ操作を判別できないかもしれない。

梅沢<sup>3)</sup>、黒原ら<sup>5)</sup>の報告では、吸気量は安静状態、中性ストレス状態と比較し暗算に対し有意な変化を示さなかった。これに対し、本研究では腹式呼吸において、呼吸振幅(吸気量と呼気量の平均値)は TEL と他のナビ操作間で有意差、有意傾向が認められた。このことから  $RA$  は負荷が比較的大きい作業の場合、MWL を反映する指標の可能性はある。

### 4.2 呼吸方式と負荷の関係

図 6 は  $zRS$  の  $zWWL$  ごとの分布を示したものである。プロットをつなぐ直線の傾きは、胸式呼吸において CONTROL-HAND>HAND-MAP>MAP-TEL の順に大きくなっていた。腹式呼吸においては MAP-TEL>HAND-MAP>CONTROL-HAND の順に大きくなっていた。つまり胸式呼吸では負荷が小さい場合、腹式呼吸では負荷が大きい場合ほど MWL 増加時の  $zRS$  の増加量が大きかったことが分かる。 $zRS$  の他にも、 $zIS$ 、 $zIS$ 、 $zDrive$  において同様の傾向が見られた。以上のことから、安静状態から負荷レベルが高まる場合、胸式呼吸がまず賦活し、その後腹式呼吸が賦活するという特性が存在する可能性がある。しかし胸式呼吸と腹式呼吸を分離して MWL を評価した報告は少ない<sup>3)</sup>。そのため今後胸式呼吸と腹式呼吸を分離した検討を重ね

ることで、両呼吸方式の特性に対する知見を蓄える必要がある。

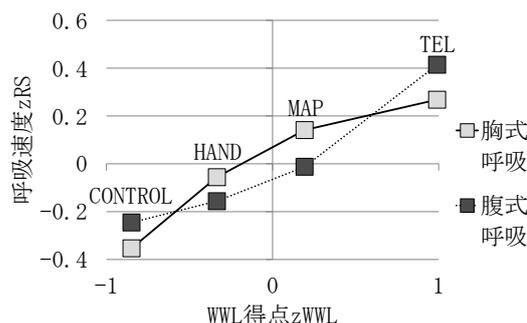


図 6  $zRS$  の分布

## 5. まとめ

呼吸数、呼吸振幅、呼吸速度、吸気速度、呼気速度、ドライブの全ての呼吸指標において、実験課題の条件間に有意差が認められた。しかしそれぞれの呼吸指標ごとに、有意差の認められる条件間が異なっていた。

また呼吸速度、吸気速度、呼気速度、ドライブにおいては、呼吸運動の測定位置が胸部、腹部と異なることでも、有意差の認められる条件間が異なっていた。

## 謝辞

本研究は大阪大学と共同で実施し、共同研究者であった篠原一光准教授、内藤宏助教、吉田周平氏、藤井達史氏に心から感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 芳賀繁：メンタルワークロードの理論と測定，日本出版サービス (2001)。
- 2) 芳賀繁：現代の認知心理学 4 注意と安全 (原田悦子，篠原一光 編著)，pp. 186-208，北大路書房 (2011)。
- 3) 梅沢章男：ストレス刺激に対する呼吸活動の変容，生理心理学と精神心理学，Vol. 9, No. 1, pp. 43-55 (1991)。
- 4) 黒原彰他：ポリグラフ検査で出現する抑制性呼吸の発現機序，生理心理学と精神心理学，Vol. 27, No. 1, pp. 35-44 (2009)。
- 5) 黒原彰他：虚偽検出における呼吸系変容 — 裁決質問に対する抑制性呼吸の発現機序 —，生理心理学と精神心理学，Vol. 19, No. 2, pp. 75-86 (2001b)。
- 6) 平柳要他：メンタルワークロード (MWL) の測定・評価法に関する実験的検討，人間工学，Vol. 32, No. 5, pp. 251-259 (1996)。
- 7) 黒原彰他：呼吸運動の虚偽検出マーカーが反映する呼吸系変容，鑑識科学，Vol. 6, No. 1, pp. 27-34 (2001a)。

**下肢筋の同期的筋活動を用いた  
カーナビ操作時に生じるメンタルワークロードの評価  
Evaluation for assessing mental workload of car navigation systems by using a  
synchronous muscle activity of the lower limb muscles**

○榎田亨\*, 小谷賢太郎\*\*, 鈴木哲\*\*, 朝尾隆文\*\*, 須澤将馬\*\*  
石川貴洋\*\*\*, 石田健二\*\*\*, 松岡孝\*\*\*

\*関西大学大学院理工学研究科 \*\*関西大学システム理工学部  
\*\*\*株式会社デンソー基礎研究所

ENOKIDA Susumu\*, KOTANI Kentaro\*\*, SUZUKI Satoshi\*\*, ASAO Takafumi\*\*, SUZAWA Syouma\*\*  
ISHIKAWA Takahiro\*\*\*, ISHIDA Kenji\*\*\*, MATSUOKA Takashi\*\*\*

\* Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

\*\* Faculty of Engineering, Kansai University, \*\*\*Research Laboratories, DENSO CORPORATION

## 1. はじめに

近年、自動車運転中の車載情報機器操作を行う事によって、ドライバが運転に対する注意力の低下を引き起こすことがないよう十分に配慮することが必要となってきた。このため、車載情報機器の操作による精神的負担を定量化でき、かつ、実際の製品開発でも簡便に活用できる評価手法の確立が望まれている。

筆者らは先行研究としてDS運転中の車載情報機器（カーナビ）操作時の右肩僧帽筋のりきみを評価しており、精神的負担の上昇に伴い筋活動が増加する事を確認し、筋活動を精神的負担評価に用いる事が出来る可能性を示した<sup>1)</sup>。そして、さらに精神的負担評価に感度を示す筋部位の選出が課題となった。

自動車運転時に活動を示す筋として、下肢の前脛骨筋と腓腹筋が挙げられる。下肢ではペダル操作や姿勢保持に伴う筋活動がそれぞれ見られるとされている<sup>2)3)</sup>。これらの研究で報告されているように、ペダルを踏み替える際の足関節の背屈時に前脛骨筋の筋活動量が増加する。また、腓腹筋は前脛骨筋とは反対に、ペダルを踏み込む際の足関節の底屈時に筋活動が上昇すると言われており、前脛骨筋と腓腹筋は拮抗関係にある。したがって、運転中に常に行われるペダル操作時に使用されるこれらの主動筋と拮抗筋の共収縮関係を用いる事で、精神負荷時にペダル操作を保持するためのりきみを負荷指標として検出できる可能性が考えられる。

そこで本稿では、下肢拮抗筋の同期的活動を用いた、実車運転中のカーナビ操作時の精神的負担評価の可能性を検証する。カーナビ操作の負荷水準の違いに対する下肢拮抗筋の同期的活動指標の変化と、同期的活動と主観評価値（NASA-TLX）との相関性評価結果を報

告する。

## 2. 実験

### 2-1 実験参加者と手続き

運転免許を保有し、右利き、右ハンドル車を週に数回以上運転する男性10名（平均年齢40.80歳・標準偏差9.68, 平均運転年数21.1年・標準偏差10.68）を対象とした。この実験は大阪大学大学院人間科学研究科行学動系研究倫理審査委員会による審査と承認を受けており、インフォームドコンセントの取得等の倫理的配慮を行って実施した。

### 2-2 実験課題

先行車追従運転課題を主課題とし、同時にダッシュボードに設置したタッチパネル式車載情報機器（以下、ナビ）の操作と、マルチモーダル刺激検出課題(Multimodal Stimulus Detection Task:以下、MSDT)を遂行する多重課題を行った。追従走行では、実験車両（LEXUS LS460）を用いて、自動車教習所のコース（キョウセイ交通大学、一周=1km, 幅員=約10m）を時計回りで走行しながら一定のスピード（40km/h）で前方を走行する先行車を普段保っている安全な車間距離で追従することとした。

### 2-3 ナビ操作

タッチパネル式デバイスを用いた難易度の異なる5種類のナビ操作を指示した。ナビ操作の開始タイミングは録音された音声で、操作内容はナビ画面とは異なる小型モニタ（以下、操作指示モニタ）で指示した。指示したナビ操作の種類は以下の通りである。

①ナビ操作なし（CONTROL）：ナビ操作を実施

しない

②手の移動 (HAND) : 左手をナビの指定された領域へと移動させる

③地図スクロール(MAP) : 操作指示モニタに提示された矢印方向に 2 回, ナビ画面をタッチしてスクロールする (最小画面遷移数 2 回, タッチ数 3 回)

④ラジオ選局 (RADIO) : 小型モニタに表示された 2 つのラジオ局を順に選局する (最小画面遷移数 5 回, 最小タッチ数 6 回)

⑤電話番号入力(TEL) : 操作指示モニタへと提示される電話番号を入力し, 目的地を設定する (最小画面遷移数 5 回, 最小タッチ数 15 回)

## 2-4 実験手続き

追従運転とナビ操作を行う 2 重課題を行うブロックと, それらに MSDT を加えた 3 重課題を行うブロックを 2 ブロックずつ実施した. 各ブロック内は, 追従運転課題×ナビ操作 5 水準 (なし, 手の移動, 地図スクロール, ラジオ選局, 電話番号入力) の計 5 条件から構成されていた. 以上の課題遂行中において, 右足の前脛骨筋と腓腹筋の筋電図を計測した. 実験条件終了時点における NASA-TLX による主観的ワークロードの評価も実施した.

## 2-5 生体計測

筋電図は右足前脛骨筋と右足腓腹筋に貼付したディスプレイ電極 (GE ヘルスケア・ジャパン株式会社 バイオロード 45352V) により信号を取得し, 生体現象増幅器 (デジテックス研究所製 Polymate AP1132) と波形データ収録プログラム (デジテックス研究所製 AP Monitor) を用いて, サンプリング周波数を 2000[Hz]として記録した. ボディーアースは額に装着した.

## 3. 同期的活動解析

### 3-1 アクセル操作における拮抗筋の同期的活動

先行研究では, 動作安定性や動作精度を上昇させようとするときに拮抗筋の同期的活動が生じるとされている. Gribble らは, リーチング運動の際に肩と肘の同期的活動を調べ, 運動の動作精度を上げるために戦略的に同期的活動を行っているとしている<sup>4)</sup>.

運転時に緊張が生じ, 運転を安定させようとした時にも拮抗筋の同期的活動が生じることも示唆されている. 倉森らは, 自動車の運転しやすさが変化した時のりきみを検証しており, 咬筋の筋活動がドライバーの不安感やストレスを反映すると報告している<sup>5)</sup>. また, 運転が困難な状況では車両安定性を向上させようと左右三角筋の同期的活動が上昇する事を報告している<sup>6)</sup>.

以上より, 運転中にナビ操作を行うことによって運転が不安定になり, 運転者の緊張度が増した時, 筋のりきみや同期的活動を上昇させて運転を安定方向へ導こうとする事が考えられる. 特に本稿では, 下肢拮抗筋である前脛骨筋と腓腹筋の同期的活動に着目した. 自動車運転時に必ず行われる運転動作であるペダル操

作のうち, ペダルの踏み替えやペダルを緩めようとした際の足関節の背屈時に前脛骨筋は活動し, ペダルを踏み込む際の足関節の底屈時に腓腹筋が活動する. これら前脛骨筋と腓腹筋は拮抗関係にあり, ペダル操作の際はそれぞれの筋が交互に活動する. しかし, 精神的負担が生じた際には拮抗関係にある前脛骨筋と腓腹筋が同時に活動する事で, ペダル操作を安定させようとする事が考えられる. これらより, 本稿では車両速度を変化させるためのペダル操作に伴う下肢の拮抗筋の同期的活動を算出し, ナビ操作の違いによる精神的負担の大きさとの関係を調査する事とした.

## 3-2 同期的活動指標の算出

拮抗筋の同期的活動の定量化には倉森らの手法<sup>6)7)8)</sup>を用いた. 同期的活動の評価指標として, 平均活動レベルと同期的活動レベル, 同期的活動率を算出した. まず, 右足前脛骨筋と腓腹筋から計測した筋電図時系列データ EMGtib と EMGgas に対し, 前処理としてカットオフ周波数 200[Hz]のローパスフィルタと 15[Hz]のハイパスフィルタ処理を行う. また, 本稿では筋電図に含まれる交流ノイズを除去するために, ノッチフィルタ処理を施した. このフィルタ処理後の時系列データより, 式(1)(2)(3)を用いて平均活動レベル S, 同期的活動レベル M, 同期的活動率 R の時系列データを算出し, 試行内の全時間の平均値をその試行の同期的活動指標の代表値とした. 算出された平均値に対して被験者間での個人差を除去するために標準得点化を行ったうえで, 統計処理を行った. 統計解析では, 実験参加者間を繰り返しのある反復であると仮定して, ナビ操作の条件 5 水準間で分散分析 (有意水準 5%) と, Bonferroni の方法を用いて多重比較を行った. また, NASA-TLX より算出された WWL (Weighted WorkLoad) 得点に対しても被験者内で標準得点化を行い, 同期的活動指標と同様の統計処理を行った. 加えて, 各同期的指標と WWL 得点との相関分析を行った. ただし, 統計処理には筋電図に含まれる交流ノイズが少なかった被験者 6 名のデータを用いた.

$$S(i) = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^{i-T} (EMGtib(t) * EMGgas(t))} \quad (1)$$

$$M(i) = \sqrt{\frac{1}{T} \left( \sum_{t=1}^{i-T} EMGtib(t)^2 \right) * \frac{1}{T} \left( \sum_{t=1}^{i-T} EMGgas(t)^2 \right)} \quad (2)$$

$$R(i) = S(i) / M(i) \quad (3)$$

## 4. 解析結果

### 4-1 カーナビ操作の違いによる主観評価値の変化

図 1 に標準得点化後の WWL 得点のナビ操作条件間での変化を示す. 図 1 より手移動と地図スクロールの条件間以外で有意差が見られ (F(4,49)=38.79,

p<0.01), ナビ操作難易度の上昇に伴いWWL得点が増加する傾向が見られた。

#### 4-2 カーナビ操作の違いによる同期的活動の変化

図2に平均活動レベル, 図3に同期的活動レベル, 図4に同期的活動率のナビ操作条件間での変化を示す。図2, 3に示すように, 平均活動レベルと同期的活動レベルはナビ操作条件間で有意差が見られた(平均活動レベル:  $F(4,108)=17.52, p<0.01$ ), 同期的活動レベル:  $F(4,108)=17.81, p<0.01$ )は有意差を示した。これらの指標では, ナビ操作難易度の上昇に伴い増加する傾向が見られた。一方, 同期的活動率でもナビ操作条件間で有意差が見られた ( $F(4,108)=3.03, p<0.05$ )が, 難易度の上昇に伴い減少する傾向となった。

#### 4-3 主観評価値と同期的活動指標の相関

図5, 6, 7にWWL得点と平均活動レベル, 同期的活動レベル, 同期的活動率との相関図を示す。WWL得点と平均活動レベルは中程度の正の相関を示した ( $r=0.494, t(120)=6.17, p<0.01$ )。また, WWL得点

と同期的活動レベルに関しても中程度の正の相関を示した ( $r=0.497, t(120)=6.22, p<0.01$ )。対して, WWL得点と同期的活動率は弱い負の相関を示した ( $r=-0.270, t(120)=-3.05, p<0.01$ )。

### 5. 考察

#### 5-1 カーナビ操作の違いによる同期的活動の変化

図2, 図3より, ナビ操作難易度の上昇に伴って平均活動レベルと同期的活動レベルが増加を示した。倉森ら<sup>45)</sup>やGribbleら<sup>1)</sup>の知見に基づく, この平

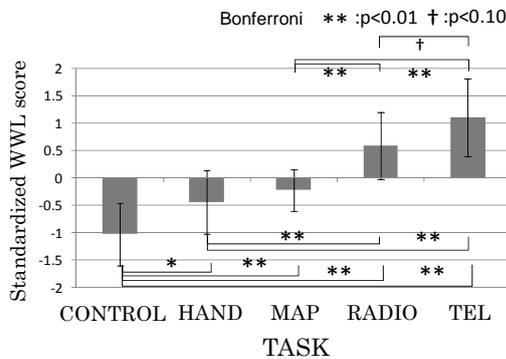


図1. ナビ操作条件間でのWWL得点の変化

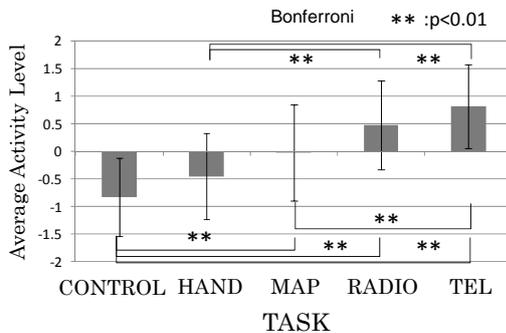


図2. ナビ操作条件間の平均活動レベルの変化

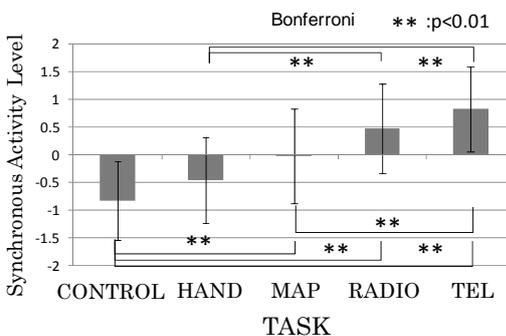


図3. ナビ操作条件間の同期的活動レベルの変化

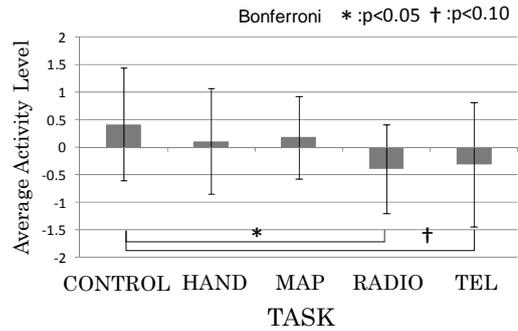


図4. ナビ操作条件間の同期的活動率の変化

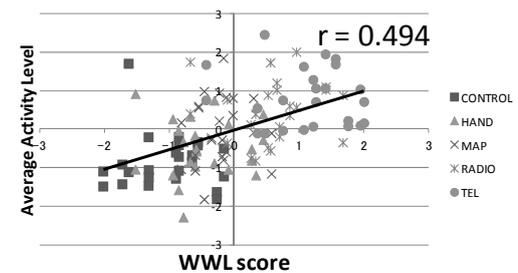


図5. WWL得点と平均活動レベルの相関

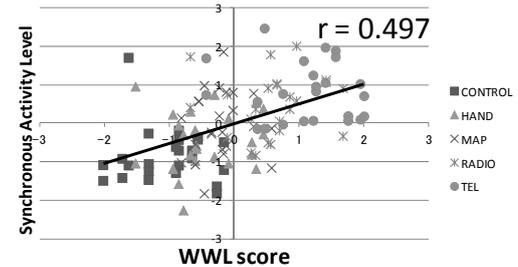


図6. WWL得点と同期的活動レベルの相関

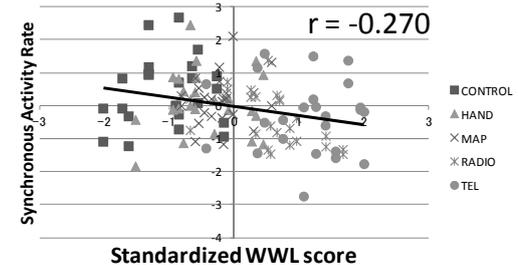


図7. WWL得点と同期的活動率の相関

均活動レベルと同期的活動レベルの増加は、精神的緊張下で運転を安定させようとして、アクセル操作の精度を高めようとしているものと考えられる。これより、ナビ操作の違いによるメンタルワークロードの変化を平均活動レベルと同期的活動レベルを用いる事によって評価出来る可能性が示唆された。一方、図4より同期的活動率がナビ操作難易度の上昇に伴って減少傾向を示したことから、同期的活動率に関しては、他の指標とは異なる傾向となった。

倉森らの実験では、タイヤ仕様の違う運転時にヨーイング共振周波数が高い仕様の時に左右三角筋の同期的活動率が低くなったと報告されている<sup>9)</sup>。また、タイヤ仕様が違う運転時のスタビリティファクタの大きさと同期的活動率の間に強い負の相関が示されたことを報告している<sup>9)</sup>。これらの結果より、ヨーイング周波数やスタビリティファクタが変化する事によって、身体に対する重力が変化の中で、運転姿勢を維持しようとした時に同期的活動率が変化しと考えられる。しかし、本稿でねらいとするナビ操作時の精神的負担を評価しようとする場合、ナビ操作と同時にステアリングを大きく操作したり、ペダルを大きく踏みこんだりする事は考えにくく、シナリオとしては実験で再現したような一定速度でレーンをキープする課題が多いと想像できる。このように姿勢変化が大きく生じない状況では同期的活動率に関してはナビ操作条件間で難易度の上昇に伴って上昇するという変化を示さなかった可能性が考えられる。一方、平均活動レベルや同期的活動レベルに関しては、本稿の実験のように運転姿勢が大きく変化しないと考えられる状況下でも、ナビ操作条件間で有意な変化を示した。よって、平均活動レベルと同期的活動レベルは姿勢の保持のためではなく、ナビ操作の違いによる精神的負担の変化を反映した指標に成り得ると考えられる。

## 5-2 主観評価値と同期的活動指標の相関

図5, 6より平均活動レベルと同期的活動レベルは主観評価値WWL得点に対し中程度の正の相関を示した(平均活動レベル:  $R=0.494$ , 同期的活動レベル:  $R=0.497$ )。対して、同期的活動率はWWL得点に対し、弱い負の相関を示した( $R=-0.270$ )。

横井らは、ドライビングシミュレータ走行時に暗算などの副次課題を行った時の精神的負担を、心電図指標を用いて推定しようとしている<sup>9)</sup>。この研究では、心電図から得られる19種類の指標のうち5つの指標を用いて重回帰分析を行う事により、精神的負担量を推定している。この重回帰分析より推定された精神的負担量と、NASA-TLXより得られたAWWL得点との相関を検証している。重回帰分析の際には、課題に対する被験者の耐性をもとに被験者を分類した上で、生理指標より推定した得点と、主観指標のAWWLの間に $r=0.91$ という強い正の相関結果を示している。本稿においては、NASA-TLXより得られたWWL得点と平均活動レベルや同期的活動レベルの間に中程度の正の相関が得られたが、単一の評価指標を用いた相関結果

としては、平均活動レベルと同期的活動レベルは主観指標との間に強い関係性を示していると言え、他の生理指標と組み合わせることでさらに相関性の高い関係を導き出せる可能性があると言える。

## 6. まとめ

本稿では、実車運転時に数種類のナビ操作を行い、ナビ操作の違いという精神的負担の変化を、下肢拮抗筋の同期的活動が反映するか検証を行った。結果、平均活動レベルと同期的活動レベルはナビ操作難易度の上昇に伴い増加する傾向が見られ、主観評価値WWL得点とも中程度の正の相関を示した。この結果から、平均活動レベルと同期的活動レベルをナビ操作時の精神的負担評価に用いる事ができる可能性が示唆された。本稿では、平均活動レベルと同期的活動レベル、同期的活動率が精神的負担の変化に対して感度良く変化する指標となり得るかを検証したが、それぞれの指標が表す生理的な機序は明らかになっていない。今後は、それぞれの指標のストレスに対する反応特性を検証していく必要がある。

## 謝辞

本研究は大阪大学と共同で実施し、共同研究者であった篠原一光准教授、内藤宏助教、藤井達史氏に心から感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 榎田亨, 小谷賢太郎, 鈴木哲, 朝尾隆文, 石川貴洋, 石田健二: 車載情報機器操作時の精神的負担の生理的評価手法の提案, 自動車技術会 2012 年秋季大会学術講演会前刷集, No. 117-12, pp. 7-12 (2012)
- 2) 麻生動: ペダル操作に伴う下肢の筋活動, 自動車研究, Vol. 7, No. 5, pp. 191-194(1985)
- 3) 三井一志, 細谷聡, 上條正義, 佐渡山亜兵, 清水義雄: 自動車ペダル踏み替えに関する操縦性評価, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 116-02, pp. 5-8(2002)
- 4) Paul L. Gribble, Lucy I. Mullin, Nicholas Cothros, Andrew Mattar: Role of Cocontraction in Arm Movement Accuracy, Journal of Neurophysiology, vol. 89, pp. 2396-2405 (1999).
- 5) 倉森章, 高口紀貴, 上條正義, 佐渡山亜兵, 清水義雄: ドライバの力みに着目した自動車の運転しやすさ評価法, 感性工学研究論文集, Vol. 6, No. 2, pp. 87-92 (2006)
- 6) 倉森章, 高口紀貴, 上條正義, 佐渡山亜兵: ドライバの筋活動に着目した運転しやすさ評価の検討, 自動車技術, Vol. 61, No. 6, pp. 116-121 (2007)
- 7) 酒井大輔, 倉森章, 菅原徹, 上條正義: ドライバの筋電図計測を用いたタイヤ評価手法の研究, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 6-08, pp. 1-4 (2008)
- 8) 倉森章, 高口紀貴, 上條正義, 佐渡山亜兵: 運転者の筋活動による自動車の操縦性の評価, 第6回日本電気生理運動学会大会抄録集, pp. 1-5(2003)
- 9) 横井都司可, 井東道昌, 小栗宏次: ドライバの精神負荷に対する耐性を考慮した心拍変動量からの主観的精神負荷度推定, 電気学会論文誌 C, Vol. 131, No. 12, pp. 2051-2056 (2011)

半構造化面接法を用いた歩行の動作観察についての比較検討  
 ～理学療法士の着眼点に着目して～  
 Comparison of gait analysis by the way of Semi-structured interviews  
 –To notice Physical therapist’s viewpoints–

○大桐将\*, 山田勝真\*, 弓永久哲\*\*, 来田宣幸\*\*\*

\*京都工芸繊維大学大学院\*\*関西医療学園専門学校\*\*\*京都工芸繊維大学工学科学研究科

OOGIRI Masaru\*, YAMADA Katsuma\*, YUMINAGA Hisanori\*\*, KIDA Noriyuki\*\*\*

\*Kyoto Institute of Technology Graduate School

\*\*Department of Physical Therapy, Kansai Vocational College of Medicine

\*\*\* Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

## 1.はじめに

我々理学療法士(以下PT)は、患者の基本的動作能力を改善することが必要であり、基本的動作を観察し分析することは臨床において限られた時間の中で患者の状態を把握する手段として重要である。臼田によれば理学療法の臨床における運動・動作分析は、評価・治療の中核を占めるPTの目と手による行為であり、一般には運動パターンの質的・定性的な分析を中心に実施され、観察された現象からトップダウン思考により、運動・動作の原因となる機能障害を推論していると考えられている。<sup>1)</sup>

しかしながら、現状では動作を観察する能力や方法は各PTにより異なり、さらには動作観察から導き出された問題点に対する治療アプローチも各PTにより様々で、動作観察の良し悪しにより治療効果が異なることがある。それにもかかわらず、理学療法教育課程の中でも動作観察に関する教育方法の標準化や統一化はなされてはおらず、動作観察能力の差が何であるかを明確に示した検討も行われていないのが現状である。

先行研究では、盆子原らによれば歩行の各相の各関節角度を読み取る能力、すなわち見て識別する能力にはPTの経験年数の影響はなかったという報告もされている。<sup>2)</sup>ただ、臨床において患者の動作を観察し迅速に問題点を抽出できるPTは存在しており、一般的に称される熟練した観察眼をもつPTがいることもまた事実である。

そのため、本研究は動作観察能力の要因を検証するため、半構造化面接法を用いたインタビュー調査を実

施した。このことにより、実際の臨床におけるPTの動作観察から問題点予測及び治療プログラム立案までの理学療法思考過程における着眼点を経験年数も視野に入れながら客観的に網羅し、それらを比較検討しようとした。

## 2. 方法

### 2-1. 被調査者

本研究の被調査者は臨床経験年数6年目から11年目(平均8.9年)である一般病院勤務2名、PT養成校専門学校教員1名の計3名の現職PTである(表1)。各PTには口頭にて研究の趣旨を説明し、研究協力の内諾を得た。

表1 被調査者の属性

No	所属	経験年数	年齢	性別
1	一般病院	6	20歳代	女
2	一般病院	9	30歳代	男
3	専門学校教員	11	40歳代	男

### 2-2. 歩行動画モデル

歩行動画の対象モデルは実際の患者とした。①右変形性膝関節症を発症後10年経過した男性患者(症例Aとする)、②頸椎椎弓形成術後1年経過した男性患者(症例B)、③変形性脊椎症発症後2ヶ月経過した男性患者(症例C)の3名である。患者に対しても研究の趣旨を十分に説明し、研究協力の内諾を得た上で、患者の安全性・耐久性についても十分に配

慮し歩行動画撮影を実施した。撮影は当院リハビリテーション室にて実施した。デジタルカメラ（Nikon 製）を定点固定し、患者の前額面歩行 4m を 2 往復、矢状面歩行 4m を 2 往復撮影した。

### 2-3. データ収集

患者の歩行動画を PT3 名に観察させ、観察後各 PT に対して第三者の PT がインタビュー調査を実施した。インタビュー調査者は本稿の筆頭著者 1 名であり、PT の臨床経験 8 年を有する。動画を観察した被調査者の PT には先入観を持たせないため診断名等の患者情報は一切開示しなかった。PT の動画観察時間は前後面歩行については 2 分間、矢状面歩行については 1 分 30 秒程度とした。被調査者である PT へのインタビュー調査は、半構造化面接法を用いたインタビュー調査とした。今回は被調査者である PT の思考過程及び着重点をできる限り多く抽出すべく、あらかじめ準備した質問項目について順番を全く変えずに実施する構造化面接法ではなく、流れに応じて追加質問も可能である半構造化面接法を採用した。本研究では 1 人当たり約 10～15 分程度のインタビュー調査を実施した。インタビュー調査内容は、「この動画を観察して PT として、どのような動作に注目してどのように治療アプローチをしていますか？」という質問に対して、できる限り詳細に回答してもらい、会話の流れに応じて追加質問を実施した。インタビュー調査中の会話は被調査者の了解のもと、デジタル IC レコーダーで録音した。録音中に個人情報特定できる発言があった場合には、その部分は削除し、理学療法思考過程に関する発話内容を筆頭著者が書き起こした。

### 2-4. 分析方法

分析方法についてはインタビュー調査で得た発話データから理学療法思考過程に関連する発話を歩行相、部位、状態等に応じてラベル付けしていった。例えば、「治療展開として左遊脚での骨盤左回旋をとりたい」といった発話は【治療 左遊脚 骨盤】とラベル付けし、また「左股関節外転・外旋位である」という発話は【動作 股関節アライメント】とラベル付けし、それぞれ 1 つの着重点として定義した。

### 3. 結果及び考察

対象者 3 名のデータから全てのインタビュー時間は 97 分、1 人 1 症例平均 10.7 分であった。インタビュー内容から分析された発話数及び着重点数について以下の表 2 にて記載する。

表 2 発話数及び着重点数

		PT ①	PT ②	PT ③
症例A	発話数	54	44	85
	着重点数	32	35	56
症例B	発話数	41	35	58
	着重点数	33	22	35
症例C	発話数	53	63	73
	着重点数	28	39	52

本研究から、経験年数の浅い PT は症例が変化したとしても自分のポイント、自分の見方でしか患者の動作を捉えることが出来ず、観察している症例によって着重点が変化することは少なかった。それに対して経験年数を有する PT は症例に応じて、着重点が変化し、多岐にわたる分析を実施していることが示唆された。また、観察において現象を多く捉えることが重要ではなく、捉えた現象を素早く分析し、そこから治療プログラム立案していく一連の流れを何パターンか持つことが重要ではないかということも示唆された。ただ、本研究においてはまだまだ症例数及び被調査者数共に乏しいため、今後は更なるデータを蓄積していき、動作観察能力の要因を解明していきたいと考える。

### 4. 参考文献

- 1) 臼田滋他：臨床における運動・動作分析の科学的検証, 理学療法学, Vol. 31, No. 8, pp. 483-488 (2004)
- 2) 盆子原秀三他：観察による歩行分析の信頼性と正確性について, 理学療法科学, Vol. 23, No. 6, pp742-752 (2008)

# 水先人の行動モニタリングによる出入港操船の安心・安全評価を目指して

## Toward Evaluation of Safe and Secure Navigation for Leaving and Entering Ports Using Pilot's Performance

○鈴木一博\*, 北村健一\*, 村井康二\*, 林 祐司\*, 藤瀬一則\*\*

\*神戸大学, \*\*博多湾水先区水先人会

SUZUKI Kazuhiro\*, KITAMURA Kenichi\*, MURAI Koji\*, HAYASHI Yuji\*, FUJISE Kazunori\*\*

\*Kobe University, \*\*Hakatawan Pilots Association

### 1. はじめに

水先人とは、各水先区の地理に精通し、当該区域における操船を船長のアドバイザーとして安全かつ効率的に嚮導する専門家をいう<sup>(1)</sup>。海上における水先要請船とパイロットボート間における移乗による乗下船（以下、乗下船）は、水先業務の中で非常に危険な場面であり、全国発生件数から見れば3年に1人の頻度で死亡事故が発生している<sup>(2)</sup>。乗下船は、パイロットボートが水先要請船に接近し、水先要請船で準備されたパイロットラダーと呼ばれる梯子を昇降することにより行う。この時の水先人の安全確保は、重要な課題の一つである。さらに、水先人は港湾の安全を担う専門家でもあり、水先人の行動モニタリングによる水先人の出入港操船の安心・安全の確保は、港湾の安心・安全につながる。

そこで、本研究では一級水先人（専門家）を対象とした水先業務全般を通じた身体運動および心拍変動を小型3軸加速度・気圧センサ並びに心拍計を用いて測定し、水先業務中の身体的、心的負荷について評価し、水先人の安心・安全を確保する為の研究の端緒とする。

### 2. 水先人の行動モニタリング実験

#### 2.1 実験概要

実験は平成25年9月12日に博多湾（博多湾水先区）で行った。博多湾水先区は中規模の水先区で、実験を行う対象として取扱いが容易なことから、当該水先区を選んだ。実験対象船舶は2隻、被験者は60代男性一級水先人、20代男性大学生の2名とした。

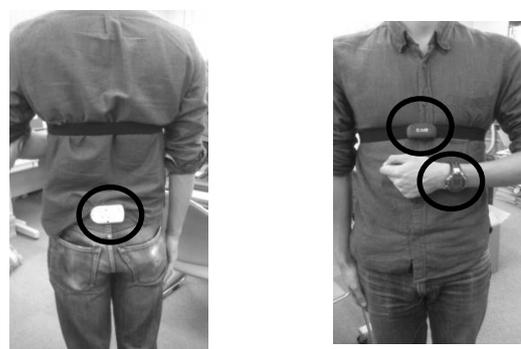
水先人の乗下船のプロセスは、入航及び出航船の2ケースがある。入航船の場合は水先要請船に乗船

する為、パイロットボートで沖に向かい、水先要請船側が用意したパイロットラダーを用いて乗船する。着岸後は通常のタラップで下船する。出航船の場合は、入航船のプロセスとは逆になり岸壁からタラップで乗船した後、沖まで本船を嚮導し、パイロットボートに水先要請船側が用意したパイロットラダーを用いて下船する。実験時の天候は晴れ、波も穏やかであり天候による外乱の影響は無かった。乗下船方法と実験時の風向・風速について表1に示す。

表1 乗下船方法と風向・風速

	計測開始時間	計測終了時刻	乗船方法	下船方法	風向	風速
入港時	8:00	10:00	パイロットラダー	タラップ	北西	2.3m/s
出港時	22:00	23:35	タラップ	パイロットラダー	南東	3.4m/s

被験者には、腰に小型3軸加速度・気圧センサ（図1(a)○印）、胸部に心拍計のバンドおよび腕時計を着用（図1(b)○印）させ、身体加速度および心拍を測定した。



(a) 加速度センサ

(b) 心拍計

図1 センサ着用の概要

被験者には、神戸大学倫理指針に従ったインフォ

ームドコンセントによる説明を行い、同意書を得ている。加速度センサのサンプリング周波数は120Hzとした。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 入港時

図2に入港時における一級水先人の気圧、身体加速度、心拍変化を順に示す。図2中、①はパイロットラダーによる乗船、②はタラップによる下船を示す。図2の気圧変化は、乗船し船橋まで移動する高さ変化の大きい①近傍（40分頃）で大きく下降し、下船する②近傍（110分頃）で同じく大きな変化を示す。これは、乗下船時の高さ方向に対する移動を明確に示している。また、気圧が低下した約1,016[hPa]（①②間）は船橋内において操船していることを示す。次に、身体加速度について、乗船時は全ての軸成分に関して顕著な変化が見られ、同時に心拍数もその身体運動により上昇している。また、時間80分付近における心拍の上昇は岸壁に接近し操船判断が多くなったために生じた心的負荷によるものとする。

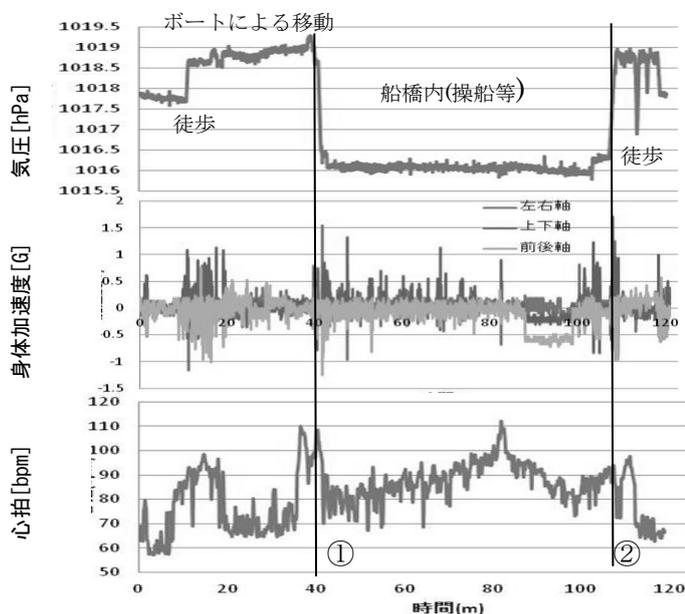


図2 入港時の気圧、身体加速度、心拍変化

#### 3.2 出港時

図3に出港時における一級水先人の気圧、身体加速度、心拍変化を順に示す。図3中、③はタラップによる岸壁からの乗船、④はパイロットラダーによる海上での下船を示す。気圧は入港時と比べ、少し安定していないが、③、④の高さ変化が大きい時点で顕著な変化を示している。身体加速度は海上における下船時に全軸方向に対して大きな変化を示す。心拍に関しては、③、④時点の身体運動にともなう変化が見られた。

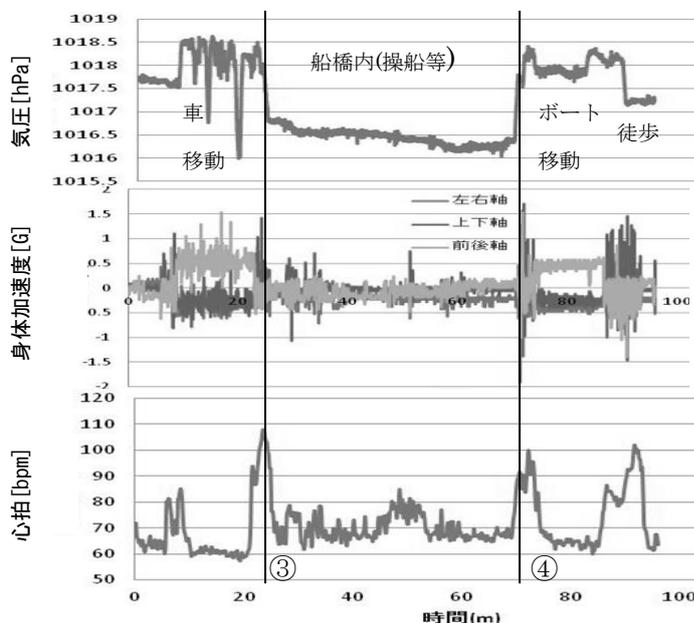


図3 出港時の気圧、身体加速度、心拍変化

### 4. まとめ

本研究により、身体加速度は乗下船時等、身体運動が多い場合にその変化を示し、気圧変化も高さ変化を確認するデータとして有効であることを確認した。さらに、心拍変化も有効であり、身体加速度による身体的負荷、心拍変動による心的負荷をモニタリングすることにより、水先人の心身の状態を考察できる可能性を確認した。このことから、水先人の操船に対するトータルな安心・安全を検討し、今後、本行動モニタリングを港湾の安心・安全につなげていきたい。

#### 参考文献

- (1) 国土交通省海事局：水先人とは  
<http://www.mlit.go.jp/maritime/shikaku/mizusaki2/about/index.html>
- (2) 林 祐司、藤澤邦臣、村井康二 “水先人の乗下船および乗船時の人身事故発生傾向”、日本航海学会論文集、121号、pp. 117-124 (2008)

## 海岸局航海情報支援者の緊張と操船者への安心・安全への貢献

### An Operator's Mental Workload of VHF Harbor Communication Services and Contribution to Safe and Secure Navigation

○藏澄大仁\*, 北村健一\*, 村井康二\*, 林 祐司\*, 岡部和美\*\*, 早川友晴\*\*, 藤瀬一則\*\*\*

\*神戸大学, \*\* (株) 東洋信号通信社, \*\*\*博多湾水先区水先人会

KURAZUMI Hirohito\*, KITAMURA Kenichi\*, MURAI Koji\*, HAYASHI Yuji\*,

OKABE Kazumi\*\*, HAYAKAWA Tomoharu\*\*, FUJISE Kazunori\*\*\*

\*Kobe University, \*\*TST Corporation, \*\*\*Hakatawan Pilots Association

#### 1. はじめに

ポータラジオとは、電波法施行規則及び電波法関係審査基準により定められた海岸局の名称で、「港湾管理事務及び入出港船舶の航行の能率化を図るため港湾通信業務を行う」ことを目的として船舶の航行安全に寄与し港湾管理運営を支援するものである。港へ入出港する船舶と国際 VHF 無線電話にて通信業務を行っており、サービスエリアは各港により異なるが、平均して入港の約 3 時間前から通信可能となる。ポータラジオから入港スケジュールを提供するだけではなく、船舶の航行安全を確保するため必要に応じて航路内状況・港内状況等（出入港船舶の有無、行き会い船舶の有無、港内工事状況等）の情報を船舶に知らせる<sup>(1)</sup>。

港湾では船舶交通が輻輳し、些細なミスが重大な危険につながるおそれがある。本研究では、ポータラジオの海岸局航海情報支援者（オペレータ）が航海情報を的確に提供することにより、港湾の安心・安全に寄与する役割の重要性に着目する。そして、手始めとしてオペレータの緊張評価を行い、その緊張変化から、未然に危険の発生を防ぎ、船舶交通の安心・安全を図ることへの貢献について検討、考察することを目的とする。

評価指標としては、実験協力者に対して負担の無い、非接触の測定が可能な顔面皮膚温を選択し、サーモグラフィーにより測定する。また、参考データとして心拍の測定も行う。

#### 2. 実験概要

実験は、平成 25 年 9 月 12 日に博多湾を対象に実

施した。実験協力者は 5 名（女性 3 名、男性 2 名）で、本研究での主評価対象は経験豊富な 30 代女性オペレータとした。

オペレータは、業務中、オペレータ室内で基本的には椅子に座って業務を行う。ただし、港湾内の状況を実際に視認により確認するため、室内にある移動式大型双眼鏡を使用するために移動することがある。また、オペレータ卓における椅子移動もある。

サーモグラフィーによる測定は、実験協力者の上半身を対象に行った。図 1 に測定例を示す。また、ビデオカメラと IC レコーダーによる行動および音声記録、心拍計による心拍変動（心拍 R-R 間隔）測定を行った。実験協力者には、神戸大学倫理指針に従ったインフォームドコンセントによる書面による事前説明を行い、同意書を得た。



図 1 測定データ一例

#### 3. 評価方法

鼻部皮膚温は心的負荷がかかる場合、交感神経系が優位に働くことで鼻頂部の血管が収縮することにより、その温度は低下し、心的負荷がかからない場合はその温度は低下しないことが報告されている。

一方で前額部皮膚温は外的影響を受けにくく温度変化が少ないと言われている<sup>(2)</sup>。

鼻部皮膚温は、鼻部全面(図1中、○A)を評価領域とし、評価領域内の最大温度、最低温度、平均温度を求める。

#### 4. 結果および考察

鼻部皮膚温および瞬時心拍数の測定結果(15:42~16:04)を図2、図3に示す。発生イベントとしては、VHF無線電話による船舶との交信が4回あり、その内1回は、一級水先人との交信であった。交信時刻および使用言語を表1に示す。

表1 交信時刻と使用言語

交信時刻	15:47	15:51	15:58	15:59
使用言語	日本語	日本語	英語	日本語

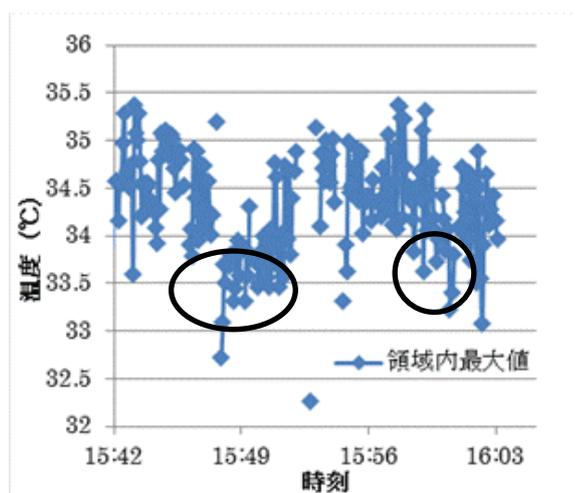


図2 鼻部皮膚温(最大値)

図2より、交信時刻付近で鼻部皮膚温が低下していることが確認できる(図2中、○印)。また、図3の瞬時心拍数も増加傾向にあると考えられるが、周波数解析等による検討が必要である。4回の交信の中で、時刻15:51交信時が最も緊張している時間が長いと考えられる。これは一級水先人との交信であった。一級水先人が操船する船舶は、他の交信時の船舶と比べ大きく、操船が難しい。それは同時にオペレータとしても情報提供者としての緊張と高度な判断を有する場面と考えられる。その結果、他の交

信に比べてより緊張していたと考えられる。

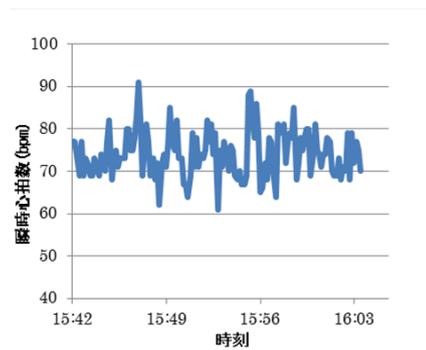


図3 瞬時心拍数

時刻15:42~16:04間で、オペレータが座席から離れて移動したのは1回のみで、かつ極めて短時間であった。その間の鼻部皮膚温は欠損データとなった。

これら測定結果から、オペレータは操船者の立場に立った操船状況の考慮を含んだ航海情報の提供を行っていると考えられ、海岸局からの情報提供者と操船者の情報コミュニケーションが港内操船環境の安心・安全を向上させることを定量的に表現できる一つの可能性を見出せたと考える。今後は、操船者とオペレータの両者に対する同時評価を行い、両者の緊張変化を比較検討する必要がある。

#### 5. おわりに

本研究では、生理指標を用いたオペレータの緊張評価を行い、評価自体に十分な可能性と有効性があることが確認できたと考える。今後、さらなるデータの蓄積を行い、船舶交通システムにおける海岸局の重要性について、評価、検討を行いたい。最後に本実験にご協力いただいた(株)東洋信号通信社(はかたポトラジオ)の皆様にお礼申し上げる。

#### 参考文献

- (1) 東洋信号通信社：業務概要  
<http://www.toyoshingo.co.jp/site/portal/service/shipinfo/outline/index.html>
- (2) 見上晴信、村井康二、林 祐司、三友信夫 “顔面皮膚温によるブリッジチーム員の心的負荷評価-操船者と操舵手の同時測定-”、日本航海学会論文集、第127号、pp.229-234 (2012)

# 大学生の医療行為に対する認知・理解度，リスク認知，受容度

## Levels of Recognition/ Understanding and Risk Cognition, Public/ Individual Acceptance of University Students for Medical Acts

○安達 悠子\*

\*大阪大学大学院人間科学研究科

ADACHI Yuko\*

\* Graduate School of Human Sciences, OSAKA University

### 1. はじめに

医療技術の進歩と普及により，様々な医療行為を受けることが可能になった。それに伴い，患者と医療従事者間との円滑な医療コミュニケーションを成立させることの重要性は益々増していると考えられる。

患者と医療従事者間との円滑な医療コミュニケーションの希求にあたり，まず患者の多くを占める一般の人と医療従事者の医療行為に対するそれぞれの理解の実態を把握することが必要である。また，医療行為には必ずリスクが伴う。加えて，病気や怪我というネガティブな事象と表裏一体にあることから，多くの医療行為には恐ろしさが伴う。例えば，健康診断の受診目標値は50%と掲げられながらも受診率は30%未満を推移しているが，その理由には「怖い」ということが挙げられている<sup>1,2)</sup>。人やものに対して害を及ぼす可能性がある現象や活動の特質を人々がどのように評価するかをリスク認知というが<sup>3)</sup>，医療行為に関しては一般の人と医療従事者がそれぞれどのようなリスク認知の特性を持つかを明らかにすることが重要であろう。さらに，医療行為を受けることを許容する・しないという態度形成がされているか，許容されている場合はどの程度，許容されているかも医療行為に対する人々の捉え方を知る上で重要な側面であろう。

その第一歩として，本研究では大学生を対象に，医療行為に対する(1)認知・理解度，(2)リスク認知，(3)受容度を明らかにすることを目的にした。

### 2. 方法

#### 2.1. 対象者および実施日

2013年7月に，大学生170名を対象に授業中に質問紙を配布・回収した。

#### 2.2. 質問紙

公知な医療行為14項目について，Q1-1 認知度，Q1-2 理解度，Q2 リスク認知，Q3-1 社会的受容度，Q3-2 個人的受容を尋ねた。用いた医療行為を表1に示す。設問は下記する(回答の数字は得点化を示す)。

**Q1-1 認知度**「以下の項目について，あなたは聞いたことがありますか(2件法：聞いたことがない，聞いたことがある)」

**Q1-2 理解度**「以下の項目について，どのような行為を受けるのかどのくらい理解していますか(5件法：1まったく理解していない，2あまり理解していない，3理解している，4かなり理解している，5とても理解している)」

**Q2 リスク認知** 表2に示す9項目を尋ねた。Q2-1からQ2-10の順に設問を配置した。Q2-5で「以下の項目を受けることには，どのような危険性があると思いますか(自由記述・複数回答可)」と尋ねることで，派生する危険性に対する設問Q2-6からQ2-10へスムーズに回答できるように配慮した。Q2-1～Q2-10(Q2-5除く)は，値が高いほどリスクを感じていることを意味する。

表1 医療行為(14項目)

1 予防接種(ワクチン)
2 採血検査
3 バリウム(造影剤)
4 胃カメラ(内視鏡)
5 X線検査(レントゲン)
6 MRI/fMRI(機能的磁気共鳴装置)
7 ステロイド剤
8 抗生物質
9 白内障手術
10 腹腔鏡手術
11 レーシック手術
12 AED(自動体外式除細動器)
13 マスク装着による人工呼吸 ※救急救命ではなく，長期使用をさす
14 気管切開による人工呼吸 ※長期使用をさす

表 2 リスク認知に関する質問(9 項目)

名称	質問	リッカート尺度		
		1	7	
Q2-1	新しさ	以下の項目は、あなたにとって新しいものでしょうか。それとも、古いものでしょうか。	古い	新しい
Q2-2	恐ろしさ	以下の項目は、あなたにとって直感的に恐ろしいと感じるものでしょうか。それとも恐ろしさを感じさせないものでしょうか。	恐ろしくない	恐ろしい
※ Q2-3	自発性	以下の項目は、あなたが自発的に接するものでしょうか。それとも、自発的に接しないものでしょうか。	自発的でなく接する	自発的に接する
※ Q2-4	科学的確立	以下の項目は、科学的にどのくらい確立されていると思いますか。	確立されていない	確立されている
※ Q2-6	知識	もし以下の項目を受けることに危険性があるとすると、その危険性について正確な知識を持っていますか。	正確に知らない	正確に知っている
Q2-7	致命性	もし以下の項目を受けることに危険性があるとすると、その危険性による被害はどの程度、致命的でしょうか。	致命的でない	致命的である
Q2-8	遅延性	もし以下の項目を受けることに危険性があるとすると、それによる被害はいつ起こると思いますか。	被害はすぐに起こる	被害は後で起こる
Q2-9	将来への影響	もし以下の項目を受けることに危険性があるとすると、それによる被害はあなたの将来まで影響は残るでしょうか。それとも将来まで影響は残らないでしょうか。	将来まで影響は残らない	将来まで影響が残る
※ Q2-10	自己制御性	もし以下の項目を受けることに危険性があるとすると、あなたはそれによる被害を自分の努力で減らすことができますか。	自分の努力では減らせない	自分の努力で減らせる

※逆転項目

**Q3-1 社会的受容**「以下の項目について、社会的に普及することに賛成ですか (5 件法+わからない: 1 そう思わない~5 そう思う)」

**Q3-2 個人的受容**「以下の項目を受けることを、あなた自身は許容できると思いますか (5 件法+わからない: 1 そう思わない~5 そう思う)」

Q1-1 認知度で「聞いたことがない」と答えた医療行為は、Q1-2 以降の設問に回答しないことにした。

### 2.3. 倫理的配慮

大阪大学大学院人間科学研究科研究倫理審査委員会の承認を得て、無記名・自記式・任意回答で実施した。

## 3. 結果と考察

### 3.1. 有効回答

137 名 (男性 72 名, 女性 61 名, 不明 4 名) から有効回答を得た。平均年齢は 18.71 歳 ( $SD = 0.84$ , 18-23 歳), 所属学部は文・理系合わせて 10 学部であった。132 名が学部 1 年生であった。医学部に所属する回答者もいたが、学部 1 年生であったため除外せず分析対象に含めた。

### 3.2. 認知度・理解度

表 3 に医療行為別の認知度・理解度を示す。認知度は平均 8 割を超えたが、ステロイド剤、マスク装着による人工呼吸の認知度は 7 割、気管切開による人工呼吸や腹腔鏡手術に関しては、5 割を下回った。理解度

は 2.83 ( $SD = 1.23$ ) で「3 理解している」に近かった。認知度と理解度との間には有意な正の相関が見られ ( $r = .42, p < .001$ ), 認知度の高さと理解度の高さに関連が見られた。

## 3.3. リスク認知

### 3.3.1. 知識と自己制御性

表 4 に医療行為別のリスク認知得点を示す。14 項目の平均値は、科学的確立が 2.44, 知識が 5.85, 自己制御性が 5.85 であった。参加者は、これらの医療行為は科学的に確立されていると捉えている一方、危険性について正確な知識は持っておらず、自分の努力では減らせないと考えていることが示された。

表 3 医療行為別 認知度・理解度

医療行為	認知度*	理解度	
		平均	SD
予防接種	100.00	3.97	0.84
胃カメラ	100.00	3.71	0.89
採血検査	98.54	3.72	0.92
X線検査	98.54	3.11	1.02
抗生物質	97.81	2.07	1.13
バリウム	94.89	2.78	1.11
AED	92.70	3.27	0.85
白内障手術	90.51	2.44	1.14
MRI/fMRI	88.32	3.01	1.08
レーシック手術	83.21	2.21	0.92
ステロイド剤	71.53	3.46	1.16
マスク装着による人工呼吸	71.53	1.56	0.79
気管切開による人工呼吸	48.18	2.41	1.06
腹腔鏡手術	43.07	1.87	0.86
平均	84.20	2.83	1.23

\*Q1-「聞いたことがある」割合

表 4 医療行為別 リスク認知得点

医療行為	科学的確立※		恐ろしさ		遅延性		致命性		新しさ		将来への影響		自発性※		知識※		自己制御性※	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD
予防接種	1.92	1.11	1.87	1.24	4.09	1.92	3.66	1.79	3.31	1.52	3.90	2.06	2.55	1.95	5.12	1.69	5.74	1.77
胃カメラ	2.02	1.06	3.66	1.97	3.06	1.62	2.86	1.57	4.13	1.44	3.11	1.61	5.07	1.67	6.09	1.10	5.93	1.43
採血検査	1.82	0.97	2.30	1.64	3.94	1.87	3.13	1.82	3.23	1.33	3.56	2.04	4.31	1.94	5.52	1.52	5.75	1.66
X線検査	1.92	1.13	2.05	1.31	5.59	1.19	3.38	1.69	3.76	1.50	4.85	1.87	4.42	1.76	5.35	1.58	5.94	1.49
抗生物質	2.75	1.34	3.22	1.83	4.34	1.64	4.34	1.70	3.46	1.36	4.53	1.76	4.68	1.88	5.66	1.51	5.70	1.55
バリウム	2.11	1.10	2.77	1.63	3.38	1.58	2.72	1.40	3.61	1.23	2.98	1.57	5.03	1.65	6.19	1.05	5.84	1.52
AED	2.48	1.17	3.32	1.87	2.43	1.62	4.67	1.80	5.50	1.31	4.61	1.99	5.70	1.66	5.94	1.35	5.74	1.68
白内障手術	2.96	1.34	4.84	1.68	3.15	1.87	4.78	1.74	4.35	1.23	5.96	1.45	4.91	1.94	6.14	1.23	5.97	1.46
MRI/fMRI	1.99	1.00	2.29	1.49	5.21	1.26	3.28	1.54	5.23	1.30	4.41	1.79	4.85	1.65	6.15	1.26	6.05	1.40
レーシック手術	4.01	1.69	5.59	1.40	3.38	2.06	4.90	1.91	6.09	1.09	6.17	1.39	3.81	2.19	5.50	1.62	5.85	1.58
ステロイド剤	3.09	1.20	4.14	1.66	4.23	1.72	4.19	1.62	3.91	1.22	4.68	1.74	5.43	1.59	5.96	1.44	5.54	1.61
マスク装着による人工呼吸	2.43	1.21	3.21	1.84	3.32	1.64	4.17	1.92	3.93	1.14	4.69	1.86	5.95	1.41	6.30	1.00	6.02	1.37
気管切開による人工呼吸	2.72	1.34	4.65	1.63	2.85	1.77	5.20	1.58	4.23	1.32	5.44	1.65	6.10	1.44	6.24	0.86	6.10	1.40
腹腔鏡手術	2.79	1.24	4.91	1.74	2.75	1.80	4.60	1.76	4.68	1.44	5.56	1.68	5.43	1.67	6.46	0.85	6.17	1.45
平均	2.44	0.89	3.31	1.07	3.78	0.99	3.90	1.15	4.20	0.84	4.47	1.20	4.71	1.08	5.85	0.95	5.85	1.12

※逆転項目

濃灰の網掛けは上位2項目、薄灰の網掛けは下位2項目を示す

### 3.3.2. 因子構造

リスクの様相をあらわした 9 項目に背景因子があるかを検討するため、医療行為 14 項目に対する評定結果に探索的因子分析を行った。主因子法・プロマックス回転で、複数の因子に対して.30 以上の負荷量を示した項目およびいずれの因子に対しても.30 未満の負荷量を示した項目を除外し、因子分析を繰り返した。その結果、「影響の規模」、「医療行為の特性」、「自身の主体性」の 3 因子が抽出されたが、因子負荷量、 $\alpha$  係数は低かった (表 5)。人々のリスク認知 (イメージ) は、主に「恐ろしさ」と「未知性」という二つの因子から構成されることが示されているが<sup>4,5)</sup>、本研究ではその二因子構造は見られなかった。初期のリスク認知研究では、死亡リスク高さの順位付けは恐ろしさ (平凡な一恐ろしい) および結果の重大さ (確実に死ぬ—確実に死なない) の様相のみと有意な相関を示したことが報告されている<sup>6)</sup>。また、フッ化物応用<sup>7)</sup>や感染症<sup>8)</sup>に事象を焦点化すると「恐ろしさ」や「未知性」因子は広汎な事象を対象として見出されたほどには強固には見られないことが示唆されている。そのため、医療行為に関しては個別のリスク様相からリスク認知の実態を理解することが有効かもしれない。

本研究では自己制御性 (逆転項目) の値が総じて高かったが、腹腔鏡手術のリスクは、執刀医の選択 (技術認定医など)、過度の肥満にならないこと、術後に体を適度に動かし癒着を防止することなどが、気管切開による人工呼吸に関しては挿入部の衛生などで自己制御が可能である。また、知識 (逆転項目) の値も平均 5.85 ( $SD=0.95$ ) と総じて高く「7 正確に知らない」寄りの値が示されたが、理解度 (Q1-2) は平均 2.83

表 5 リスク認知の因子分析結果

	I	II	III
影響の規模 ( $\alpha = .656$ )			
将来への影響	.975	-.116	.005
致命性	.471	.255	-.072
医療行為の特性 ( $\alpha = .311$ )			
恐ろしさ	.148	.679	.136
新しさ	.007	.363	-.060
科学的確立	-.091	.316	-.139
自身の主体性 ( $\alpha = .401$ )			
知識	-.052	-.240	.607
自発性	-.167	.232	.415
自己制御性	.239	-.084	.383
因子間相関		.324	.006
			.246

「遅延性」は除外

と「3 理解している」寄りの値が示された。Q1-5 で具体的に危険を記述するように求められてから改めて知識を問われると「知らない」に寄った評価がされた可能性が示唆された。

### 3.3.3. 派生する危険

派生する危険に関する自由記述 (Q2-5) について、表 6 に医療行為別の回答率・危険の有無を示す。医療行為によって幅があるものの、「危険はない」という回答が約 1 割に見られた。 $\chi^2$  検定の結果、医療行為により危険あり・なし・わからないの割合は有意に異なり ( $\chi^2 = 165.16, df = 26, p < .001$ )、危険ありの記述が多い医療行為と危険なしの記述が多い医療行為があった (表 6 参照)。予防接種や採血検査・レーシック手術などの身体へ針・刃物やレーザーが入る医療行為は派生する危険が記載されるが、そうでない MRI/fMRI やマスク装着による人工呼吸などは危険なしと記載されたと考えられる。危険が記載されにくい医療行為では症例を挙げるなど具体的なイメージを想起させるような説明などを通じて知識の様相に働きかけることが有効かもしれない。

表6 医療行為別 回答率・危険の有無

	回答率	危険はある		危険はない		わからない		不明		合計	
		件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率
予防接種	70.1	90 ++	90.0	4	4.0	6 --	6.0	0	0.0	100	100.0
胃カメラ	59.1	61	72.6	7	8.3	14	16.7	2	2.4	84	100.0
採血検査	60.0	66 +	78.6	6	7.1	9 -	10.7	3	3.6	84	100.0
X線検査	66.7	61	67.8	17 ++	18.9	8 --	8.9	4	4.4	90	100.0
抗生物質	61.2	61	74.4	3	3.7	16	19.5	2	2.4	82	100.0
バリウム	62.3	49	60.5	10	12.3	18	22.2	4	4.9	81	100.0
AED	58.3	42	56.0	5	6.7	22 ++	29.3	6	8.0	75	100.0
白内障手術	62.9	47	60.3	2	2.6	19	24.4	10	12.8	78	100.0
MRI/fMRI	55.4	26 --	38.2	13 ++	19.1	19 +	27.9	10	14.7	68	100.0
レーシック手術	73.7	74 ++	81.3	1 --	1.1	8 --	8.8	8	8.8	91	100.0
ステロイド剤	66.3	44	64.7	2	2.9	19	27.9	3	4.4	68	100.0
マスク装着による人工呼吸	53.1	9 --	17.3	10 ++	19.2	29 ++	55.8	4	7.7	52	100.0
気管切開による人工呼吸	56.1	22	59.5	3	8.1	10	27.0	2	5.4	37	100.0
腹腔鏡手術	52.5	14 -	45.2	2	6.5	12 ++	38.7	3	9.7	31	100.0
平均	61.3	48	61.9	6	8.6	15	23.1	4	6.4	73	100.0

※回答率は、Q1-Iで「聞いたことがある」と答えた回答該当者のうち、何らかの記載をした回答者の割合  
 $\chi^2$ 検定: +p < .05, ++p < .01, -p < .05, --p < .01

表7 医療行為別 社会的・個人的受容度

項目	社会的受容		個人的受容		t検定 有意差	社会的受容						個人的受容				$\chi^2$ 検定 有意差		
	平均	SD	平均	SD		わからない		欠損		表明		わからない		欠損				
						件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率		件数	比率
予防接種	4.73	0.60	4.75	0.69		124	90.5	5	3.6	8	5.8	127	92.7	1	0.7	9	6.6	***
胃カメラ	4.33	0.91	4.08	1.25 *		122	86.1	4	5.8	11	8.0	124	90.5	3	2.2	10	7.3	†
採血検査	4.61	0.71	4.60	0.86		118	89.1	8	2.9	11	8.0	124	90.5	1	0.7	12	8.8	***
X線検査	4.36	0.89	4.64	0.70 **		118	86.1	5	3.6	14	10.2	126	92.0	1	0.7	10	7.3	***
抗生物質	4.08	1.07	4.06	1.24		110	80.3	13	9.5	14	10.2	118	86.1	6	4.4	13	9.5	**
バリウム	4.23	0.95	4.25	1.08		109	79.6	12	8.8	16	11.7	118	86.1	4	2.9	15	10.9	**
AED	4.71	0.69	4.43	0.97 **		113	82.5	3	2.2	21	15.3	114	83.2	4	2.9	19	13.9	***
白内障手術	4.06	0.94	3.76	1.43 ***		95	69.3	14	10.2	28	20.4	98	71.5	13	9.5	26	19.0	***
MRI/fMRI	4.50	0.85	4.63	0.82		102	74.5	8	5.8	27	19.7	109	79.6	3	2.2	25	18.2	†
レーシック手術	3.28	1.27	2.82	1.58 ***		98	71.5	10	7.3	29	21.2	100	73.0	8	5.8	29	21.2	***
ステロイド剤	3.51	1.19	3.73	1.53		65	47.4	20	14.6	52	38.0	78	56.9	11	8.0	48	35.0	***
マスク装着による人工呼吸	4.17	0.99	3.98	1.43		76	55.5	14	10.2	47	34.3	86	62.8	4	2.9	47	34.3	†
気管切開による人工呼吸	3.78	1.01	3.37	1.67 *		46	33.6	16	11.7	75	54.7	56	40.9	6	4.4	75	54.7	**
腹腔鏡手術	4.04	0.93	3.65	1.47 **		47	34.3	7	5.1	83	60.6	50	36.5	5	3.6	82	59.9	***
平均	4.24	1.01	4.03	1.25 **		70.0		7.2		22.7		74.5		3.6		21.9		

社会的受容と個人的受容の平均は、表明された回答の平均  
 †p < .10, \*p < .05, \*\*p < .01, \*\*\*p < .001

### 3.4. 受容度

表7に医療行為別の社会的受容度・個人的受容度を示す。「わからない」の回答は個人的受容度が社会的受容度より少なく ( $\chi^2$ 検定  $p < .001 \sim .01$ ), 自身の受診は態度が決めやすいことが示された。

### 4. まとめ

本研究では大学生を対象に、医療行為に対する(1)認知・理解度、(2)リスク認知、(3)受容度を検討した。その結果、対象とした医療行為の認知度は平均8割を超え、科学的に確立されていると捉えられていた。しかし、危険性について正確な知識は持っておらず、自分の努力では減らせないと考えられていた。リスク認知に関する因子構造は弱く、自己制御性や知識の様相に働きかけるコミュニケーションの有用性が考えられた。社会的受容に比べて個人的受容は態度が決められることが示唆された。今後は、大学生以外の年代を対象とした一般人や医療従事者が医療行為をどのように捉えているか、同様の調査を実施し、比較検討していく。

### 参考文献

- 1) 医療&健康ナビ:特定健診 受診率伸びず見直し 毎日新聞 2013年03月25日 東京朝刊.
- 2) がん検診受けない理由、「時間ない」47%「怖い」36% 日本経済新聞 2013年03月16日 Web刊速報.
- 3) 吉川肇子:リスク認知, p879 中島義明他編, 心理学辞典, 有斐閣(2005).
- 4) Slovic P: Perception of risk, Science, 236(4799), pp.280-285 (1987).
- 5) Teigen K.H., Burn W., Slovic P.: Social risks as seen by a Norwegian public, Journal of Behavioral Decision Making, 1(2), pp.111-130 (1988).
- 6) Fischhoff B., Slovic P., Lichtenstein S., Read S.& Combs B., How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. Policy Science, 9, pp.127-152 (1978).
- 7) 筒井昭仁・安藤雄一: ウェブ調査(web-based survey)によるフッ化物応用に関するリスク認知, 口腔衛生学会誌, 60(2), pp.119-127 (2010).
- 8) 三橋睦子: 感染症リスク認知地図の試作と有用情報抽出の可能性: 「リスクイメージ」と「リスク認知への影響因子」に関する情報抽出, 日本看護科学会誌, 24(3), pp.60-71 (2004).

## 入力操作の習熟が手指の動きに与える影響

### Effect of skills in key operation on the finger movements

○永井正太郎\*、岡田明\*、山下久仁子\*\*

\*大阪市立大学大学院生活科学研究科 \*\*大阪市立大学研究支援課

NAGAI Shotaro\*, OKADA Akira\*, YAMASHITA Kuniko\*\*

\* Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

\*\*Research Support Department, Osaka City University

#### 1. はじめに

GUI やタッチパネルの普及が進み、いわゆる“直観的な操作”ができるようになったといわれる。しかしそうした“直観的な操作”は視覚を中心としたものであり、視覚負担の増加や視覚に頼れないユーザへの対応が問題となっている。

これに関して、タッチパネル上に物理的手がかりを与えた研究<sup>1)</sup>や画面周辺に物理的手がかりを与える<sup>2)</sup>などの事例はあるが、人間の心身特性に基づく研究はあまり行われていない。

そこで本研究では GUI 操作の中でも特に重要と思われるポインティング操作に着目し、視覚的操作における体性感覚等の効果についての基礎的な実験を試みた。

#### 2. 方法

##### 2.1. 実験参加者

20 歳代の男女 12 名である。数字入力の習熟度について調査するため事前にアンケートを実施し、普段の数字入力の状況と大量の数字入力が必要とする職種への従事経験を聞いた。

##### 2.2. 条件

条件 A は入力に使うテンキーを見ることができる状態、条件 B は入力に使うテンキーを見ることができないように箱状の覆いで隠した状態である。いずれも 3 ケタの数字の入力をそれぞれ 10 回課した。順序効果を避けるために実験参加者ごとに条件と、その中での提示する数値の順序はランダムに配置した。

数字の提示と実験参加者の入力した数字の記録、所要時間の計測には VisualBasic で作成したプログラムを用い、数字の入力には統一したテンキー (ELECOM 製、TK-TCM009BK) を使用した。また、操作時の右手第 2 指の接触力と加速度の計測には HapLog (テック技販製) を使用した。

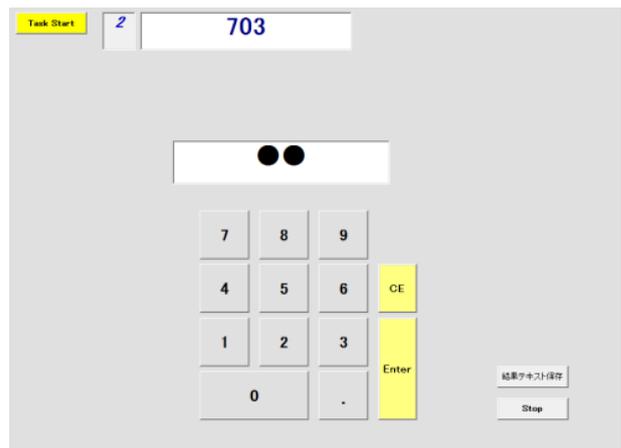


図 1 実験画面

#### 3. 結果

##### 3.1. 指の動作

アンケート調査から得られた習熟度と x, y, z 軸加速度、絶対加速度との間には明確な関連は見られなかった。

全実験参加者のパフォーマンスを条件 A と条件 B の間で比較すると絶対加速度の平均値において有意差が認められた ( $p < 0.01$ )。また、標準偏差においても有意傾向が認められた ( $p < 0.10$ )。

表 1 各実験参加者のタスク中のパフォーマンス（条件 A）

条件A

参加者	所要時間	平均				標準偏差				入力ミス
		絶対加速度	x軸加速度	y軸加速度	z軸加速度	絶対加速度	x軸加速度	y軸加速度	z軸加速度	
1	38.61	1.031	0.524	0.398	0.598	0.122	0.127	0.288	0.188	1
2	18.04	1.048	0.485	0.684	0.412	1.048	0.485	0.684	0.412	3
3	23.87	1.029	0.397	0.605	0.630	0.084	0.121	0.126	0.109	0
4	16.5	1.044	0.102	0.121	0.901	0.091	0.107	0.287	0.117	0
5	17.6	1.005	0.121	0.597	0.766	0.036	0.051	0.126	0.105	0
6	21.34	1.141	0.265	0.460	0.620	0.195	0.163	0.237	0.206	0
7	34.32	1.057	0.443	-0.012	0.816	0.097	0.140	0.246	0.121	0
8	26.07	1.068	0.379	0.215	0.722	0.140	0.132	0.384	0.155	0
9	22.11	1.010	0.339	0.643	0.674	0.041	0.067	0.099	0.078	0
10	22.99	1.014	0.726	0.042	0.648	0.085	0.078	0.144	0.092	0
11	28.49	1.010	0.538	0.440	0.694	0.048	0.070	0.135	0.090	0
12	20.79	1.016	0.865	0.279	0.366	1.016	0.865	0.279	0.366	1

表 2 各実験参加者のタスク中のパフォーマンス（条件 B）

条件B

参加者	所要時間	平均				標準偏差				入力ミス
		絶対加速度	x軸加速度	y軸加速度	z軸加速度	絶対加速度	x軸加速度	y軸加速度	z軸加速度	
1	71.72	1.010	0.129	0.561	0.798	0.038	0.078	0.125	0.085	1
2	23.54	1.031	0.173	0.795	0.542	0.057	0.096	0.100	0.130	2
3	31.24	1.026	0.220	0.738	0.615	0.049	0.083	0.083	0.098	9
4	27.28	1.011	-0.084	0.477	0.826	0.050	0.074	0.187	0.120	0
5	33.33	1.002	0.135	0.694	0.693	0.023	0.050	0.064	0.064	0
6	68.09	1.041	0.210	0.549	0.727	0.125	0.109	0.152	0.174	4
7	95.04	0.997	0.213	0.359	0.889	0.020	0.090	0.091	0.032	3
8	99.99	1.004	0.332	0.397	0.825	0.037	0.103	0.161	0.056	4
9	23.21	1.011	0.132	0.882	0.438	0.025	0.051	0.062	0.100	0
10	60.5	1.000	0.475	0.624	0.598	0.019	0.049	0.114	0.086	6
11	41.47	1.002	0.369	0.605	0.693	0.013	0.050	0.088	0.056	1
12	37.95	1.000	0.569	0.622	0.514	0.015	0.065	0.078	0.079	0

### 3.2. エラーの分析

習熟度の高い参加者ほど条件 B でエラーが生じる傾向にあった。また、エラーの内容を分析すると、右隣のボタンと押し間違え続ける、といったように実験参加者ごとに同じ種類のエラーをする傾向がみられた。

### 4. 考察

エラーの回数から習熟度の高い参加者でもポインティング動作は視覚に依存する度合いが高いことが示唆された一方、条件 A と条件 B の絶対加速度の結果から、体性感覚情報がポインティング動作に影響を与えていることが示唆された。また、同じ方向に間違える等のエラー内容の傾向は指の深部感覚がキーボードの幅を記憶していることが影響していると

考えられる。

今後さらに例数を増やすことにより、入力操作における視覚とそれ以外の感覚情報の効果的配分や、その習熟について明らかにしていきたい。

### 参考文献

- 1)天野貴之他:タッチスクリーン用ソフトウェアキーボードへの物理的手がかりの付与,全国大会講演論文集,2011(1), 313-315, 2011
- 2)赤津裕子他:ATM におけるユニバーサルデザインの取組み, 人間生活工学, Vol.13, No.2, 21-26, 2012

# 高齢者の嚥下障害予防を目的としたシリアスゲームの開発 Development of serious games for elderly aimed at preventing dysphagia

○井上翼 大須賀美恵子

大阪工業大学工学部ロボット工学科

INOUE Tsubasa, OHSUGA Mieko

Department of Robotics, Osaka Institute of Technology

## 1. はじめに

嚥下障害の高齢者は通所サービス以外の高齢者施設で多く存在している<sup>1)</sup>。嚥下障害とは、疾病や老化などの原因により、飲食物の咀嚼や飲み込みが困難になる障害のことである<sup>2)</sup>。嚥下障害があると、高齢者の食べ物を口から食べるという楽しみが失われ<sup>3)</sup>、生活の質 (Quality Of life) の低下につながる。

嚥下障害の予防方法としては、実際に食物を用いて行う直接的訓練と、食物を用いずに行う間接的訓練がある。間接的訓練には、食前に行う運動の嚥下体操やコップに入れた水をストローでブクブクさせるブローイング訓練などがある<sup>4)</sup>。また、声を出すことで訓練する発声訓練と構音訓練がある。発声訓練は大きな声を出すことで、気管内に飲み込んだ食べ物を外に出す力を強化する<sup>5)</sup>。構音訓練の1つに、「パタカラ」を発声する体操があり、「パ」の発声は、唇を閉鎖する機能・「タ」は舌で食べ物を押しつぶす機能・「カ」は食べ物をのどまで送り飲み込む機能・「ラ」は食べ物を飲み込む機能が改善できる<sup>6)</sup>。

本研究では、嚥下機能低下防止に目的を絞り、高齢者が、施設や自宅で一人でも行えるゲームシステムを提案する。音声認識を用いた音声入力によるゲームで、遊びながら大きな声を出すことで、嚥下機能低下を防ぐことを図る。

## 2. 音声認識方法

音声認識は、図1のような市販の音声認識組込モジュール(マイクロテカ、SR-MOD100)を用いて行う。このモジュールの音声認識方法には、不特定話者認識(以下、「不特定話者」と特定話者認識(以下、「特定話者」)の2つがある。「不特定話者」は誰の音声でも学習せずに認識できるもので、あらかじめ数字などの

25語が登録されているが、これ以外の語を追加することはできない。「特定話者」は決まった人の音声のみを認識するもので、その人の音声を2回~6回反復学習させることで音声認識が可能となるが、学習回数を3回より多くしても認識精度は期待できないので、多くても3回程度の反復学習で十分とされている。

音声認識組込モジュールでは、音声が入力されて音声認識処理が行われ、該当する語が登録されていると、そのインデックス値をシリアル通信でPCに出力する。この値から、どの語を認識したかを判断できる。

この音声認識組込モジュールを選んだ理由は、音声認識に関する知識がなくても入力された語の認識結果を容易に得られることと、C言語のシリアル通信を使用して音声認識モジュールの制御が行えることである。

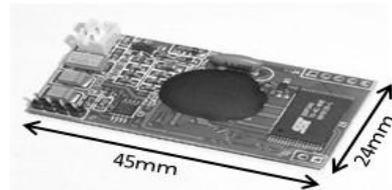


図1. 音声認識組込モジュール<sup>7)</sup>

## 3. 音声認識実験

### 3.1 目的

予備検討で、若年健常者では、「不特定話者」のすべての語で、ほぼ100%正しく認識されることを確認した。「特定話者」で、「パタカラ」のうち1音のみ学習させた場合には認識率が低く、「パタパタ」、「ピカピカ」など、「パタカラ」のうち2音を組み合わせるとほぼ100%の認識率が得られた。

そこで、音声認識組込モジュールが高齢者の発語

にも適用できるかどうかを調べることにした。2つの認識方法について、どの程度正しく認識できるかを検討する。

### 3.2 実験方法

本研究の実施計画は大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき大阪工業大学学長の承認を得たものである（承認番号 2013-15）。

実験参加者は、介護老人保健施設に入所している高齢者で、高齢者4名（男性1名、女性3名）である。認知症の程度が低く、実験参加意思の確認ができると施設長が判断した人を選定し、本人に研究内容を文書と口頭で説明し、文書による同意を得た。

事前に施設長に実験内容を説明した際に、データ収集が目的であることを説明しても、何回も同じ語を発声させると子供扱いされていると感じ、気分を害される可能性があることを指摘された。そこで、気持ちよく実験に協力して頂くために、ゲーム仕立てにして実験を行った。

初めに、図2(a)のような四字熟語の穴埋めクイズを出し、その答えが「不特定話者」で認識できる数字（一、二、三、七、八）と上（うえ）、下（した）、左（ひだり）、右（みぎ）の9語のいずれかになるものとした。下の選択肢から答えを選んで発声してもらい、認識結果を記録した。発声後に、図2(b)のようなキャラクターが答えの正誤を知らせるアニメーションをFlashで作成してディスプレイに提示した。高齢者が選択した答えが違う場合は、答えを教えるから認識結果を記録せずに、次のクイズを出題した。9個の語を各2回ずつ発声するようにクイズを出題し、その後、2分間の休憩をとってもらった。

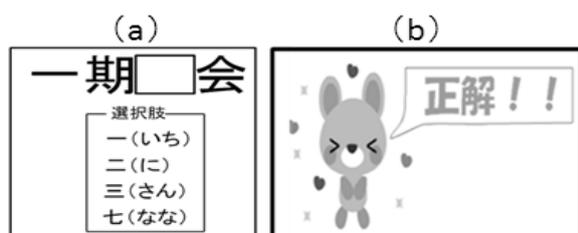


図2. 四字熟語穴埋めクイズ

(a)クイズ画面、(b)正解時に提示するFlashの画像

次に、図3(a)のような当て字を読むクイズを出し、その答えが、「パタカラ」のうちの2音を組み合わせた「パカパカ」「パタパタ」「ピカピカ」の3語とゲーム開始のトリガーとして用いる「スタート」の合計4語のいずれかになるようにし、下の選択肢から答えを選んで発声してもらった。高齢者が選択した答えが違う場合は、答えを教えるから認識結果を記録せずに、次のクイズを出題した。開始時に、「不特定話者」の対象語である「アクション」を2回発声してもらった。次に、「パタパタ」などの4個の語の発声が各4回ずつになるようにクイズを出題した。最初の2回を反復学習に使い、後の2回の認識結果を記録した。健常者の予備検討で、語を発声した直後に実験参加者が話してしまい、その音声も学習対象になって反復学習に失敗したことがあったため、反復学習の発声が終わった直後に話さないように教示した。発声後に、図3(b)のように、その語から連想されるアニメーション、たとえば、「パタパタ」なら鳥が羽ばたいて飛んでいるアニメーションをFlashで作成して提示した。

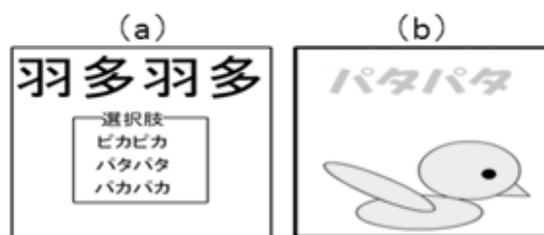


図3. 当て字読みクイズ

(a)クイズ画面、(b)正解時に提示するFlashの画像

### 3.3 結果

4名の高齢者の音声認識の結果を表1に示す。「不特定話者」では100%正しく音声認識することができたが、「特定話者」では1名の「ピカピカ」以外は、反復学習ができなかった。

表 1. 音声認識の結果

		A		B		C		D	
		1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
不特定話者	アクション	○	○	○	○	○	○	○	○
	左	○	○	○	○	○	○	○	○
	右	○	○	○	○	○	○	○	○
	上	○	○	○	○	○	○	○	○
	下	○	○	○	○	○	○	○	○
	一	○	○	○	○	○	○	○	○
	二	○	○	○	○	○	○	○	○
	三	○	○	○	○	○	○	○	○
	七	○	○	○	○	○	○	○	○
八	○	○	○	○	○	○	○	○	
特定話者	バカバカ	x	x	x	x	x	x	x	x
	バタバタ	x	x	x	x	x	x	x	x
	ピカピカ	○	○	x	x	x	x	x	x
	スタート	x	x	x	x	x	x	x	x

### 3.4 考察

「不特定話者」では、7を「なな」ではなく「しち」と発声したり、クイズの答えがわからず、認識結果が得られなかった場合があるが、対象の語を発声したときの認識率は100%で、音声認識組込モジュールの「不特定話者」は高齢者にも適用できると判断した。

「特定話者」では、語の反復学習ができなかった。大きな理由としては、反復学習用の2回の発声と同じでなかったことが挙げられる。繰り返しの回数を増やし、同じように発話したときのみ学習に用いるなどの工夫が必要である。

今回はひとまず、「パタカラ」を使うのをあきらめ、「不特定話者」で認識できる数字や左右を用いたゲームを開発することにした。また、四字熟語の穴埋めクイズは実験中に高齢者が飽きた様子がなかったため、これを開発するゲームの一つにした。

### 4. 開発したゲーム

ゲームは、Actionscript3.0とC言語（開発環境はVisual Studio 2010）を用いて開発した。ゲームのアニメーションはActionscript3.0で作成し、C言語で開発したプログラムでは、音声認識組込モジュールから認識結果を受け取り、その結果に基づいて仮想キーボード入力を介してゲームの制御を行う。

数字を使ったゲームでは、読み方の2つある4と7を除き、9は「きゅう」と「く」どちらも認識できるので使用した。

応援ボートレースは、ボートを漕ぐ人の4人の内1人がランダムに寝てしまうので、その寝てしまった人の番号を発声して起こすことで、ボートが進んでいく

ゲームである。過去の研究で、高齢者の身体活動を賦活する目的で開発されたゲームを高齢者に適用した際に、大縄跳びゲームで足を上げるなど、動作を自然に誘発するようにしないと理解されにくいことがあることがわかっている<sup>8)</sup>。このゲームでは、寝ている人に声を出して呼びかけることが自然なシチュエーションとして受け入れられることを期待した。先頭のキャラクターが認識した数字を発声している吹き出しをつけることで、ゲームと実験参加者がシンクロできるように配置する(図4)。

モグラたたきは、モグラが出てきた穴の番号を発声してモグラを退治するゲームである(図5)。これも直感的に理解できると期待できる。

落ちものゲームは、クマのキャラクターを「みぎ」で右に、「ひだり」で左に動かして、上から降ってくる物を取ったり避けたりするゲームである。物の種類によって得点の正負と点数が決まっている(図6)。

クイズゲームは、認識実験で用いた四字熟語の穴埋めクイズを含めた複数のクイズを出して、選択肢から答えを選んで発声してもらおうゲームである。

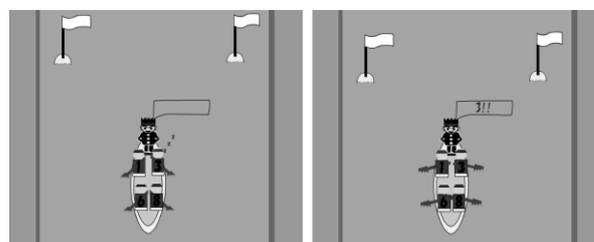


図 4. 応援ボートレース

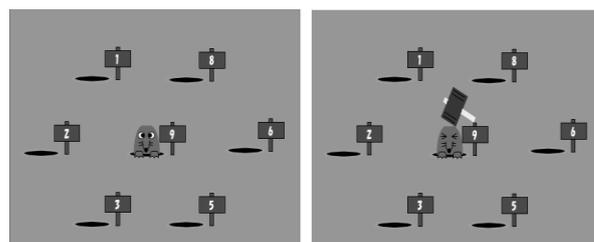


図 5. モグラたたき

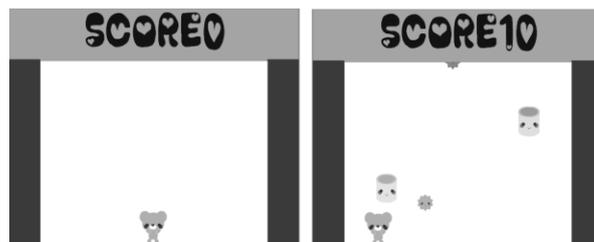


図 6. 落ちものゲーム

## 5. ゲームの試用による改善点抽出

大学のイベントで開発していたゲームを体験してもらえらる機会があり、クイズゲームを除いた3つのゲームを体験してもらった。クイズゲームを除いた理由としては、子供の来客が多いことから四字熟語のクイズは難しいと判断したからである。

大人8名、子ども57名にゲームを体験してもらった後にゲームに関する調査協力に承諾してもらえた方、大人3名(男性1名、女性2名)、子供7名(男性6名、女性1名)の認識結果を収集し、アンケート調査を行った。この調査についても、大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき大阪工業大学学長の承認を得た(承認番号2013-27)。なお、体験者65名に対し、10名しかアンケートをとれなかったのは、来場者の体験を優先したためである。

この調査の結果、開発したゲームの改善点がいくつか見つかった。応援ボートレースでは、睡眠マークが見つづらく寝ている人を判断しにくいこと、モグラたたきでは、モグラが連続して同じ穴から出たときに、モグラの出現が見つけにくいことが指摘された。落ちものゲームでは、「ひだり」の音声認識率が低かった。イベント会場では周囲の環境音が大きく音声認識率が低下することがわかった。また、数字の「6(ろく)」の認識率が低かった。以上より、応援ボートレースは睡眠マークを見やすくし、モグラたたきはモグラの出現がわかりやすいように改善した。落ちものゲームも、発声する語を数字に変更することを検討する。

## 6. おわりに

今後は、このゲームが高齢者に受け入れられるかどうか、さらに、嚥下障害予防の効果があるかどうかを調べる。そのためには、個人に合わせてゲームの難易度を調整できるようにする必要がある。

嚥下障害予防効果は、高齢者に1ヶ月以上継続してゲームを実施してもらい、実施前後で嚥下機能の評価を行って比較して判断する。嚥下機能の評価方法には、舌や唇などの運動機能や運動速度などの評価を発声を用いて評価するオーラルディアドコキネシス<sup>9)</sup>、30秒間で唾液を飲み込めた回数で評価する反復唾液嚥下テ

スト<sup>9)</sup>、参加者の主観的な評価をするアンケートがあり<sup>5)</sup>、これらを組み合わせて用いる。

## 謝辞

本研究に協力していただいた介護老人保健施設おひさま園の施設長とスタッフの方々、実験に参加された皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 葛谷雅文:嚥下困難, 日老医誌, 47, pp. 390-392, 2010
- 2) 新上香奈子:嚥下機能を向上させる薬剤と誤嚥しにくい服薬方法, 鹿児島市医報, 49(8), pp. 56, 2010
- 3) 高井逸史, 村上将典, 大西光子, 中山美佐子, 田中麻美, 越智桂子, 山口武彦:要介護高齢者の摂食嚥下障害に影響を及ぼす要因について, 日本生理人類学会誌 11(3), pp. 35-40, 2006
- 4) 野崎康夫:間接的訓練・直接的訓練のしかた, 産業医科大学病院リハビリテーション部, pp. 1-7, 2004
- 5) 大岡貴史, 拝野俊之, 弘中祥司, 向井恵美:日常的に行う口腔機能訓練による高齢者の口腔機能向上への効果, 口腔衛生会誌, 58, pp. 88-94, 2008
- 6) お口の体操・言葉編:  
<http://sakura.canvas.ne.jp/spr/koba503/koba503/kotoba.html>, 2013年7月17日
- 7) PICマイコンと組込ボードのプロフェッショナル:  
<http://www.microtechnica.net/>, 2013年6月4日
- 8) 岩谷智一, 中泉文孝, 大須賀美恵子:高齢者のグループレクリエーションに適した遊びリレーションシステムの開発と評価, 信学技報 112(65), pp. 45-48, 2012
- 9) 原修一, 山崎きよ子:高齢者の発声・発話機能の低下が健康に及ぼす影響, 九州保健福祉大学, 共同研究結果報告書, pp. 7-8, 2010

# 包丁研ぎにおける熟練者および非熟練者の特徴比較

## A Feature Comparison of Expert and Non-Expert in Kitchen Knife Sharpener

○山田 真彦\*, 高井 由佳\*, 後藤 彰彦\*, 濱田 明美\*\*, 飯 聡\*\*\*  
\*大阪産業大学・ \*\*京都光華女子大学・ \*\*\*京都料理師専門学校

Masahiko YAMADA\*, Yuka TAKAI\*, Akihiko GOTO\*, Akemi HAMADA\*\*, Akira II\*\*\*  
\*Osaka Sangyo University, \*\*Kyoto Koka Women's University Junior College,  
\*\*\*Kyoto Institute of Technology

### 1. はじめに

日本料理の職人が包丁を巧みに使いこなせるようになるには、様々な技術を身に付ける必要があるとされている。多くの技術の中でも重要視されている技術の一つが包丁研ぎである。包丁研ぎは切る技術ではなく道具のメンテナンスである。しかし、日本料理職人は、包丁の研ぎ方の良さ悪しが、包丁の切れ味だけでなく、料理の味を左右すると言う。このことに関して、科学的な知見は得られていないが、切れ味の良い包丁で切られた食材は舌触りや歯ごたえが良いというのが日本料理職人の常識となっている。このため、包丁研ぎはメンテナンスでありながら、調理に関わる重要な技法として、調理師専門学校に多くの時間を割いて教えられている。

包丁研ぎの方法は専門の書籍<sup>1) 2)</sup>が出版されているが、包丁の持ち方は料理人によって異なる。また包丁を押さえつける力加減等は書籍には書かれておらず、個人の感覚に依存する。そのため、包丁の刃をどのような切れ味に仕上げるかは、料理職人が長年培ってきた経験や勘に基づく研ぎ動作や判断方法に強く依存しており、書籍等では明らかにされていない暗黙知が存在すると考えられる。そのため暗黙知が研ぎ動作におよぼす影響を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、包丁研ぎにおける料理職人の包丁の持ち方と圧迫力に着目し、熟練者と非熟練者の比較を行うことによって、両者の特徴を明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

#### 2.1 被験者

対象者は、熟練者として、調理師専門学校で調理師養成のための指導にあたっている日本料理担当の教員10名とし、非熟練者として、調理師専門学校の学生10名とした。熟練者は経験年数が多い順番に熟練者A~Jとし、非熟練者は経験年数が多い順番に非熟練者a~jとした。表1に熟練者の経験年数を示し、表2に非熟練者の経験年数を示す。

表1 熟練者の経験年数

熟練者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
経験年数(年)	36	30	26	25	20	14	13	13	11	5

表2 非熟練者の経験年数

非熟練者	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
経験年数(年)	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1

### 2.2 測定環境

上肢が包丁に負荷する圧迫力を測定するために、調理師専門学校の調理台の上に反力測定装置(TF-3040-A、テック技販製)を設置し、その上にダイヤモンド砥石(畑中砥石製、長径210mm、短径75mm)を置き、対象者に包丁研ぎを行ってもらった。包丁は薄刃包丁を使用した。また、ビデオカメラ2台(HD-HERO2、GoPro製)を使用し、VTR撮影を行った。反力測定装置を用いた測定の様子を図1と図2に示す。座標は対象者に対して左右方向をx、前後方向をy、上下方向をzとした。包丁研ぎの時間は指定せず、被験者には各自が納得いくまで包丁研ぎを行ってもらった。

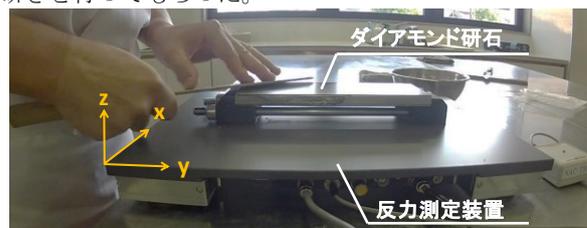


図1 測定装置

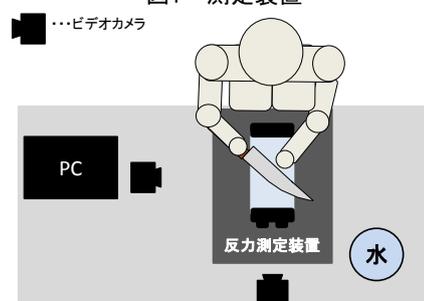


図2 測定環境

### 3. 結果

#### 3.1 包丁の持ち方

まずビデオ撮影で得られた映像をもとに、包丁研ぎ時に観察された包丁の持ち方を整理した。全被験者の持ち方の共通点として、右手で包丁の柄を握り、左手の指を刃の腹に添えていた。ここでは、熟練者A, I, Jの3名および非熟練者a, c, fの3名を比較する。

図3に包丁研ぎ時における各被験者の包丁の持ち方を示す。熟練者Aの包丁の持ち方は、右手で包丁の柄をしっかりと握り、左手の指は、刃の先端を研ぐ場合には示指と中指の二本、刃の中央部分を研ぐ場合には母指を加えた三本を刃の腹に添えていた。

熟練者Iと熟練者Jはともに、左手の示指と中指を刃先に添えていたが、熟練者Iの左手の示指と中指は垂直方向に力をかけているのに対して、熟練者Jは手指を寝かせていた。

熟練者Jは、右手の小指がしっかりと包丁の柄を握っておらず、熟練者A・熟練者Iと比べると右手の包丁の握り方が浅いことが見受けられた。

一方、3名の非熟練者は右手の示指を刃の峰に置いていた。また、非熟練者aの左手の指は示指と中指に加えて環指を使用していた。非熟練者cと非熟練者jの左手の指は、熟練者Iと同じ左手の示指と中指を添えている。非熟練者cは砥石に対する包丁の角度が上向きになっていた。

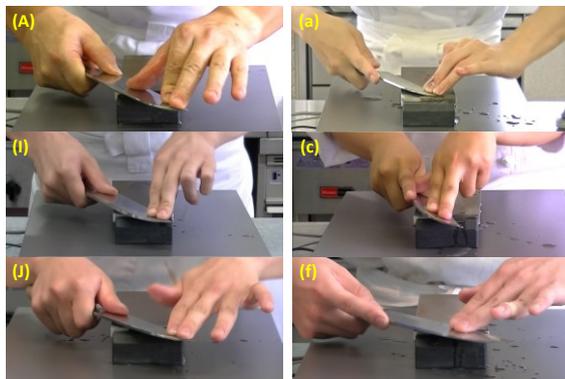


図3 包丁の持ち方

### 3.2 反力測定結果

反力は、z方向、y方向、x方向の順で高い値を示した。このため、対象者が最も強い力を負荷していたz方向に着目することとした。図4にz方向の反力と時間の関係を示す。熟練者Aと熟練者Iは、他の被験者と比較すると強い力で研んでいることがわかる。非熟練者は熟練者に比べると反力が低く、特に非熟練者fが最も反力が低い結果となった。

### 4. 考察

熟練者Aの反力は他の被験者と比べて高いという結果が得られたが、これは右手で包丁の柄をしっかりと握り、左手の母指・示指・中指の三本で包丁の腹を押さえることで3点支持を行ない、二本で押さえるよりもより圧をかけることができたためと考えられる。熟練者Iについても反力が比較的高い傾向にあったが、これは左手の示指と中指が垂直方向に力をかけているためであると考えられる。対して熟練者Jは左手の手指が包丁の腹に対して垂直ではなく、寝かせた状態となっていたため、反力が低い結果となった可能性がある。非熟練者は3名とも示指を包丁の峰に置いており、さらに小指が包丁の柄をしっかりと握れていないことから、力がうまく伝わらず反力が低くなったと考えられる。

このことから、反力の大きさは包丁の持ち方に大きく依存していることが示唆された。今回の結果では、熟練者の間でも経験年数によって差異が見られたことから、今後は更なる調査を行なう必要があると考えられる。

### 5. 結言

熟練者と非熟練者とは包丁研ぎ時の包丁の持ち方に違いがあり、その違いが圧迫力に影響していることが示唆された。熟練者間でも経験年数によって、包丁の持ち方と圧迫力に違いがあることが明らかになった。

### 謝辞

本研究は、科研費・基盤C (24501133) の助成を受け遂行されました。

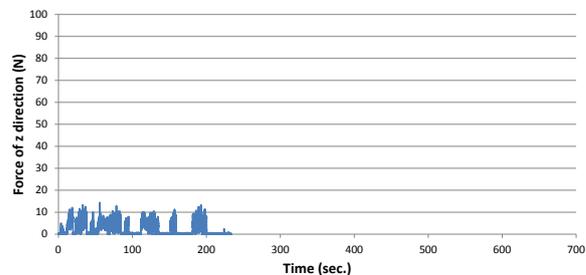
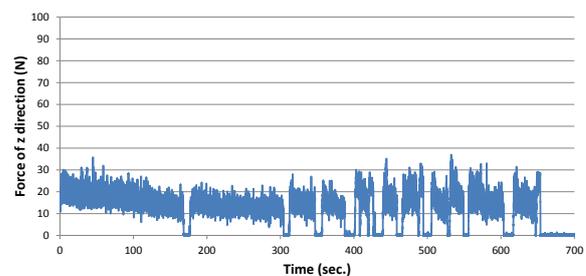
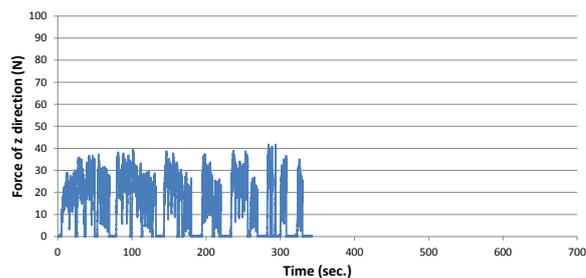
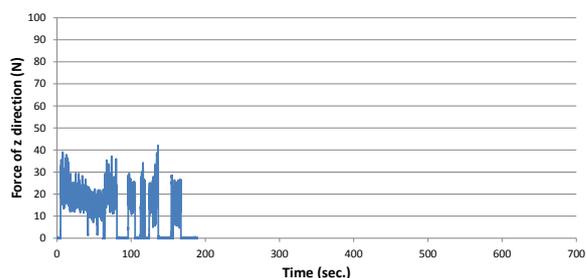
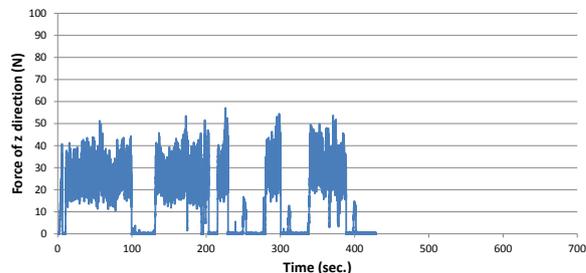
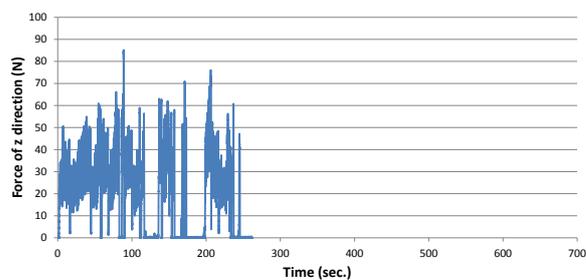


図4 z方向の反力と時間の関係

### 参考文献

- 1) 柴田書店編：包丁と砥石，p. 111，(2008)。
- 2) 築地正本：砥石と包丁の技法：基礎から実践まで、すべてがわかる決定版 / 誠文堂新光社，p. 159，(2010)。

## e ラーニング教材を用いた土壁塗りの技術習得支援

## The learning support for plastering earthen wall by e-learning system

○吉田滉史\*, 高井由佳\*, 後藤彰彦\*, 佐藤ひろゆき\*\*

\*大阪産業大学 \*\*京都工芸繊維大学

YOSHIDA Hirofumi \*, TAKAI Yuka\*, GOTO Akihiko\*, SATO Hiroyuki\*\*

\* Osaka Sangyo University, \*\*Kyoto Institute of Technology

## 1. 緒言

古来より、世界的に土を壁面として使用されている例が数多く存在しており、日本においてはおよそ1300年前の奈良時代に法隆寺金堂仏教壁面下地に土壁が施工され、現在も十分にその役目を果たしている。その中で、「京壁」と呼ばれる塗壁は桃山時代に茶道の発展とともに起こり、日本建築、特に京町家と呼ばれる建造物の壁面を構成する重要な要素である<sup>1)</sup>。

左官職人が一人前になるには、かつては中学校卒業後に弟子入りすることが一般的であったが、近年では高校や大学を卒業した後に左官学校で学び、左官職人となる若者が増えている。このため、一人前の職人になったときには30歳前後になってしまう。これは現在の若者の就学形態からすると、あまりにも長い期間と言わざるを得ない。そのため、修業期間の短縮が急務となっているが、左官の技術は技能者の「勘」や「コツ」に依存する暗黙知であることから、継承が容易ではない。

京壁の特徴としては薄く強い壁を作るために土壁の製造に手間暇をかけ、土壁を薄く塗り重ねる複雑な施工工程を取る。また、仕上げとして京都近郊に産する各種の色土を用いる。京壁の施工工程は、下塗り(したぬり)、中塗り(なかぬり)、上塗り(うわぬり)の3工程に分けられる。各工程で用いられる材料はそれぞれ荒壁土、中塗土、上塗土と呼ばれる。荒壁土は主に壁としての強度が要求され、上塗土は外観が重視される。中塗土は強度が要求される一方で、上塗仕上げのために正確に施工する必要があり、作業性も重視される。

そこで本研究では、中塗り工程時の左官職人の動作に着眼し、作業の特徴を形式知化した。さらに、形式

知化したデータを用いて、技術習得支援のためのeラーニング教材を開発した。

## 2. 計測対象者

中塗り工程の計測対象者は経験年数38年から43年の熟練者3名、経験年数3ヶ月から6年の非熟練者8名、延べ11名とした。

## 3. 技術の形式知化

先行研究において、筆者らは動作解析や眼球運動解析等の結果を報告している<sup>1). 2). 3)</sup>。表1にそれぞれの解析結果を示す。

表1 解析結果の比較

	熟練者	非熟練者
動作	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肩が傾いていない</li> <li>・両足の幅の範囲に上肢及び膝がおさまっている</li> <li>・鏝の移動が肩幅におさまっている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肩が傾いている</li> <li>・左肩が両足の幅から逸脱している</li> <li>・鏝の移動が肩幅から外へ出ている</li> </ul>
筋活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要最小限度の筋活動で作業を行なっている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要以上に力を使い作業を行なっている</li> </ul>
眼球運動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鏝の前方に視線があることが多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鏝の前後及び上下に視線があることが多い</li> </ul>

## 4. eラーニング教材

## 4.1 教材の内容

開発する教材は、土壁塗り初学者がeラーニングを使用することを考慮し、現職の左官職人監修のもと、鏝の持ち方、動かし方、作業工程の紹介も合わ

せる内容とした。教材は各 15 分程度の 2 つの動画から構成され、それぞれを 1 回目、2 回目と呼ぶこととした。図 1, 2 に 1 回目、2 回目それぞれの内容を示す。

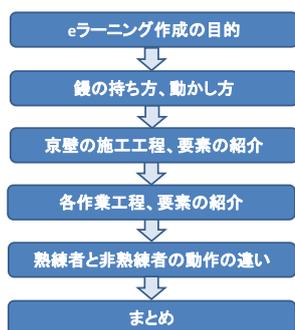


図 1 e ラーニング教材 1 回目の内容



図 2 e ラーニング教材 2 回目の内容

## 4.2 教材の特徴

本教材の特徴を以下に述べる。本教材では、科学的な方法を用いて、これまで言葉で伝えることが困難とされていた土壁塗りの技術を形式知化し説明している。これまで、非熟練者が熟練者の土壁塗りの動作を観察して学ぼうとした場合には、作業が壁に向かって行なわれるため、熟練者の背面及び側面からの観察が主であり、正面からその動作を観察することは困難であった。しかし、動作測定を用いることにより、学習者は多角的に動作を学ぶことが可能となる。また、筋活動、眼球運動についても、これまで目には見えなかった技を可視化した。動作、筋活動、眼球運動の内容は、熟練者と非熟練者を比較した上で、両者の差異を明らかにした。そのため、学習者は熟練者の特徴をより明瞭に理解できる。

さらに、現職の左官職人が各内容に対して解説を行なうことによって、本教材は学習者が理解しやすいように配慮した構成とした。また、内容を章ごとに区切っているため、学習者は再度閲覧したい内容を取捨選択して利用できる。

e ラーニングは時間・空間の制約を離れて個別学習を実現するものとして着目されているが、フィードバックの弱さが指摘されている<sup>4)</sup>。本教材では、学習者が e ラーニング上で随時質問を行なうことができ、それに応答するフィードバック機能を備えることによって、この点に対処している。図 3 に教材の一部を示す。

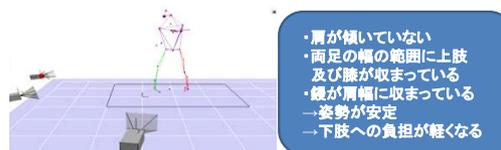


図 3 動作の違いを解説する際のスライドの一部

## 5. まとめ

左官の技術は技能者の「勘」や「コツ」に依存する暗黙知であることから、工芸の技術継承は“見て盗む”行為を通して行われると言われてきた。しかし、現状として仕事量が減少しており、熟練者の技術を見る機会自体が不足している。そのため、e ラーニングを用いて熟練者の技能を繰り返し観察し学ぶことにより、技術習得支援ができると考えられる。

## 6. 謝辞

本研究は科研費、基盤 24501187 の助成を受け遂行されました。

## 参考文献

- 1) 佐藤ひろゆき：京壁の物性と機能および施工法に関する研究，京都月出版，p.2, pp32-41(2008)
- 2) 岡村悟志，後藤彰彦，久米雅，佐藤ひろゆき，濱田泰以，新井実生，芳田哲也：土壁塗り作業の動作に及ぼす経験年数の影響，日本人間工学会関西支部，pp.107-110(2009)
- 3) 白波瀬恭平，高井由佳，後藤彰彦，佐藤ひろゆき：京壁職人の中塗り作業における工程分析および眼球運動分析，日本人間工学会関西支部，pp.127-130(2012)
- 4) 篠田有史，吉田賢史，松本茂樹，河口紅：e ラーニング型式の教材における学習者の思考特性と学習活動，2012 PC カンファレンス，pp.278- 279(2010)

# 体感振動刺激呈示による脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の特徴抽出

## Feature Extraction of Oxygenated Hemoglobin Levels in the Brain with Sensory Vibration Stimulus

○小西建斗\*, 萩原啓\*

\*立命館大学 情報理工学部 知能情報学科

KONISHI Kento\*, HAGIWARA Hiroshi\*

\* Ritsumeikan University

### 1. はじめに

近年、技術の進歩によって危険を回避するために自動で停止するような機能を持った自動車などが増えている。技術革新を伴うパッシブセーフティやアクティブセーフティ機能の向上により交通事故による死者数は年々減少傾向にある。しかし、操作者自身の原因となる居眠り運転や運転操作ミス割合が減っている訳ではない。これらは運転手の覚醒度の低下、集中力の低下などが原因で引き起こされるものと考えられる。このような条件下において、外部から体感刺激を与えることにより覚醒度を上昇させ、集中力を高めることで事故を減らすことができるのではないかと考えられる。そこで、本研究では運転中に必要な認知判断力や操作中の覚醒度、副交感神経系活動度、脳内血行動態の変化を計測し、体感刺激によりどのような変化があるのかを明らかにすることを目的とした。また、座面から振動刺激を呈示するため自動車のみならず、運転、操作を伴う各種作業時における覚醒度上昇や集中力向上に応用できると考えられる。

### 2. 実験方法

#### 2.1 被験者

被験者は健康な成人 21~22 歳の 4 名(男性 3 名、女性 1 名、利き手 右利き 4 名)で、十分なインフォームドコンセントを得て実験を行った。

#### 2.2 概要

本実験では運転中に必要とされる追従型のパフォーマンステストと、認知・判断能力を必要とするパフォーマンステストを被験者に行わせた。パフォーマンステスト中の生理データとして脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化、脳波、心電図を計測した。それぞれのパフ

ォーマンステスト中に振動刺激を呈示した場合と、振動刺激無しの場合のパフォーマンステストの結果や生理データにどのような差異が生じるのかを調べた。また、パフォーマンステストの有無による比較を行うためにパフォーマンステストを何も行わないプロトコルでの計測も行った。

### 2.3 パフォーマンステスト

#### 2.3.1 標的追従課題(UniMove)

追従型のパフォーマンステストとして画面上を 8 の字に動くターゲットをマウスで追従するという標的追従課題を行った。このときマウスを操作する手を被験者の利き手とした。この標的追従課題は LabVIEW(日本ナショナルインスツルメンツ)にて作成した。

#### 2.3.2 ストループ課題

ストループテストは文字、画像、色が一致するかを判断する課題である。図 1 のように文字、画像、色が全て一致しているものをターゲットとし、表示されてからできるだけ早く利き手に持った白の押しボタンを押してもらったようにした。なお、ターゲット以外のときは緑の押しボタンを押してもらったようにした。表示されてから 1 秒以内に回答がない時は無反応とし、不正解とした。

色	赤	橙	黄	緑	紫
文字	リンゴ	ミカン	バナナ	スイカ	ブドウ
図形					

図 1 ストループテスト

### 2.4 生理指標

#### 2.4.1 脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化

脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化計測には近赤外光イメージング装置 NIRS (near-infrared spectroscopy) OMM-3000 (島津製作所) を使用した。国際 10-20 法に則り、CZ が 18ch の受光プローブに位置するように全頭用計測ホルダを装着した (図 2)。前頭前野 (1、6、11ch) から体性感覚野 (14、19、24ch) までの計 6 チャンネルを解析に使用した。

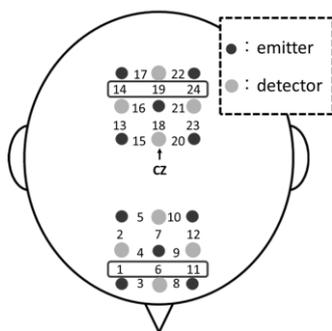


図 2 NIRS 計測位置

### 2.4.2 脳波

脳波の計測には多用途脳波計 EEG1100 (日本光電) を使い、国際 10-20 法 (図 3) に従い被験者の頭部 O1、O2、A1、A2 に装着し計測を行った。電極装着前には皮膚の接触インピーダンスを下げるため、スキンクリームで電極装着部位を擦り、コットンで拭いてから電極を装着した。

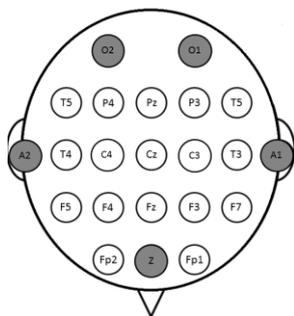


図 3 脳波電極装着位置

### 2.4.3 心電図

心電図の計測には多用途脳波計 EEG1100 (日本光電) を使い、3 点誘導法に則って被験者の左右の鎖骨の下 2 箇所と左の肋骨下から 2 本目にあたる箇所に電極を装着した。

### 2.5 振動刺激

人間の振動感覚受容器はある一定時間振動刺激を呈示し続けると順応することが先行研究<sup>1)</sup>で示されている。従って、順応を考慮して刺激間間隔を 4 秒、振動呈示時間を 3 秒とし、振動周波数は体表面感覚を刺激するためにマイスナー小体の最低閾値である 30Hz を用い、着座している椅子の座面から行った。振動波形は DF1906 DIGITAL FUNCTION GENERATOR DF0106 任意波形作成ソフトウェア (エヌエフ回路設計ブロック) で作成し、振動発生器はバイプロトランスデューサ Vt708 (アクーヴラボ) を用いて振動を発生させた。なお、アンプにはバイプロミュージックアンプ VMA-20 (アクーヴラボ) を信号発生器はファンクションジェネレータ DF1906 (エヌエフ回路設計ブロック) を用いた。

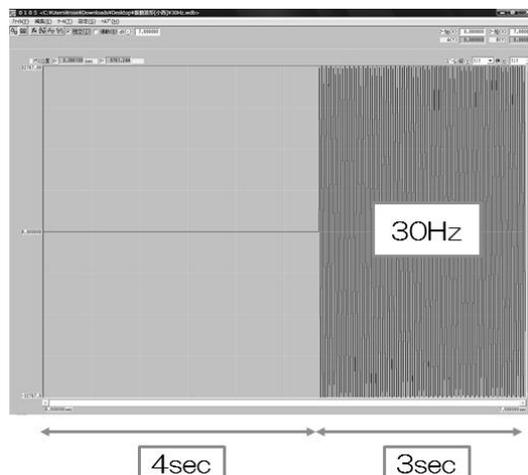


図 4 振動刺激

### 2.6 実験プロトコル

実験は装置を装着後、安静座位、AAT、タスク、AAT、安静座位の順に実験を行った (図 5)。なお、タスクの内容は 6 種あるため種類を変えて合計 6 セットを行った。1) 安静状態、2) 安静状態 + 振動あり、3) 標的追従課題 (UniMove)、4) 標的追従課題 (UniMove) + 振動あり、5) ストループ課題、6) ストループ課題 + 振動ありの 1) ~ 6) のタスクをそれぞれ 3 分間行った。2)、4)、6) は振動刺激を呈示した。安静とはタスクをさせたときと比較するために行うもので被験者にはタスク中は開眼安静座位とした。順序効果を考慮して被験者によって振動刺激あり、

振動刺激なし、タスクの順序をランダムとした。

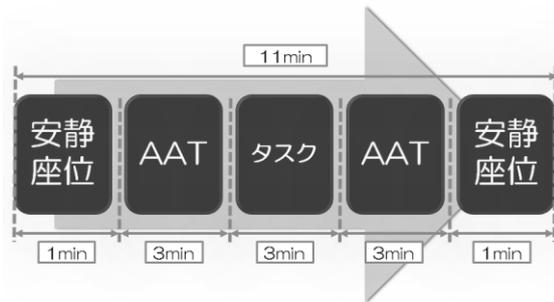


図5 実験プロトコル

### 3. 解析

#### 3.1 標的追従課題

標的追従パフォーマンステストでは、標的の座標 $(x_1, y_1)$ と、マウスの座標 $(x_2, y_2)$ が得られる。下記の(1)式に得られた座標データから標的追従誤差 $L$ をそれぞれ算出し、標的追従誤差の平均値を求め評価に用いた。

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

#### 3.2 ストループ課題

ストループテストの解析には、ターゲットが表示されてからボタンを押すまでの平均反応時間と正誤を解析対象とした。振動あり、振動なしと比較したときにそれぞれにどのような影響を与えるかを調べた。

#### 3.3 NIRS(near-infrared spectroscopy)

NIRS の計測では酸素化ヘモグロビン濃度変化、脱酸素化ヘモグロビン濃度変化、総ヘモグロビン濃度変化の3つの値を得られるが、本研究では局所脳血流変化と最も相関が強いとされる酸素化ヘモグロビン濃度変化を解析対象とした。また、心拍や呼吸といった生体が起源となるノイズを除去する目的で、0.1Hzのローパスフィルタ、0.001Hzのハイパスフィルタを適用した。

#### 3.4 AAC(Alpha Attenuation Coefficient; $\alpha$ 波減衰係数)

AAT(Alpha Attenuation Test;  $\alpha$ 波減衰テスト)により覚醒度の定量的評価を行った。閉眼安静時の $\alpha$ 波出現量と開眼による $\alpha$ 波の減衰が個人の覚醒度に対応して変動することを利用し、閉眼30秒、開眼30秒を繰り返し、各開閉眼時の $\alpha$ 波帯域パワースペクトルか

らその比率であるAACを覚醒度とし下記の(2)式で求めた。

$$\alpha \text{ 波減衰係数} = \frac{\text{閉眼時平均パワー}}{\text{開眼時平均パワー}} \quad (2)$$

### 3.5 心拍HF(High Frequency Component)

心電図の解析には心拍HFを用いた。HFは心拍変動の周波数解析で算出される0.15Hz-0.4Hzの周波数成分を累積したものであり、副交感神経系の活動度合を示す指標である。本研究では心電図の棘波であるP,Q,R,S,T波のうちR波とR波の間隔をとることで心拍周期の変動を得た。

## 4. 結果

#### 4.1 標的追従誤差

平均標的追従誤差は、振動ありのとき $15.27 \pm 5.65$ pixelsで、振動なしのとき $20.04 \pm 4.79$ pixelsとなった。平均標的追従誤差は振動ありの時の方が少ないという結果になった。

#### 4.2 ストループ課題

振動ありのときの平均反応時間は $543.27 \pm 24.23$ ms、正答率は $94.2 \pm 4.04\%$ であり、振動なしのときの平均反応時間は $542.48 \pm 35.24$ ms、正答率は $95.0 \pm 5.46\%$ であった。正答率、平均反応時間共に大きな差は見られなかった。

#### 4.3 脳内酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)濃度変化

前頭連合野中央に位置する6ch、体性感覚連合野中央に位置する19chに着目した。図6のグラフは被験者4名の標的追従課題、ストループ課題中のそれぞれの脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の結果を正規化したものを加算平均したグラフである。標的追従課題では前頭連合野は振動刺激なしのときにoxy-Hbの濃度はやや上昇し、振動刺激ありでは中盤で一度下降するもその後上昇する結果となった。また、体性感覚連合野においては振動刺激の有無に関係なくタスク開始直後に大きく下降した後に、両者ともに同じような傾きで上昇した。このタスク直後の下降は脳の神経が活動した際に遅れて血管カップリング反応がおこるためであると考えられる<sup>2)</sup>。ストループ課題においては、前頭連合野は振動刺激なしにおいてoxy-Hbの濃度が上昇した。一方で、振

動刺激なしのとき、oxy-Hb の濃度は変化がすくなくタスク開始からタスク終了まで大きな変化は見られなかった。体性感覚連合野は振動刺激あり、なしで共に微小ではあるが上昇傾向が見られた。

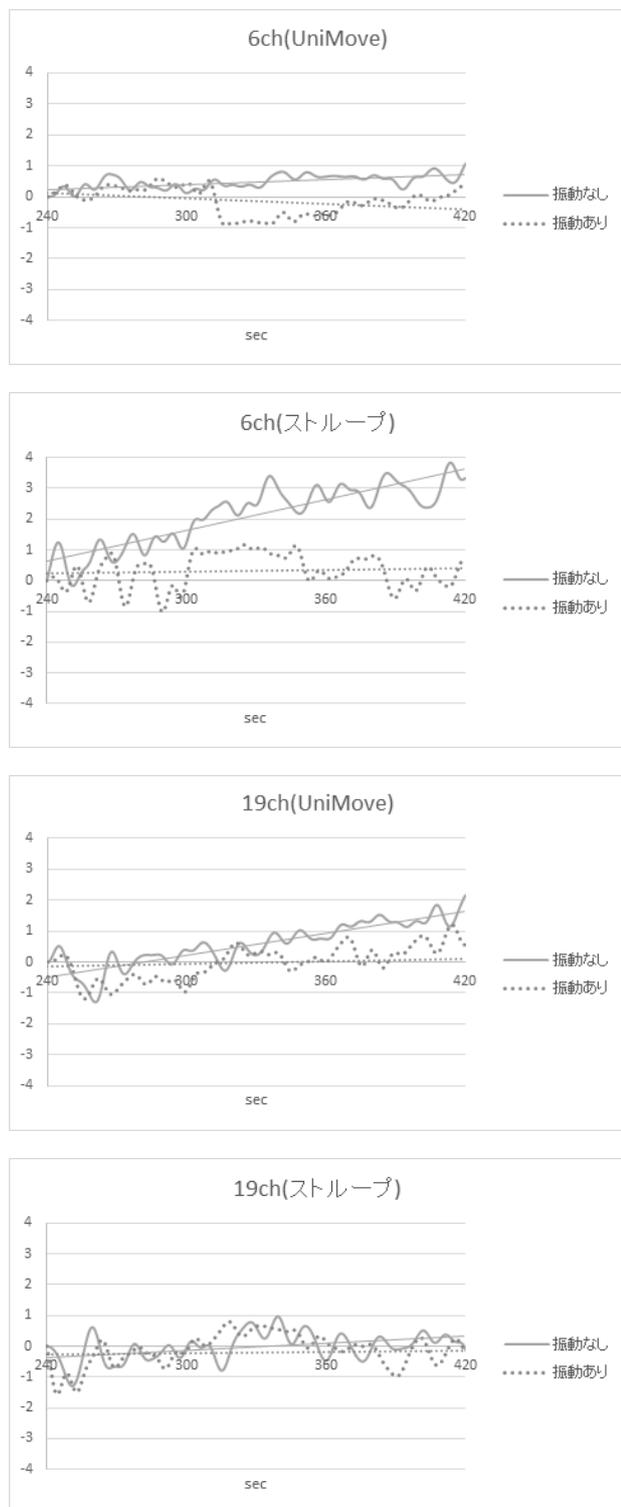


図 6 脳内酸素化 Hb 濃度変化加算平均グラフ

#### 4.4 AAC

振動刺激の有無によるタスク前後の AAC を比較すると、安静状態においては振動刺激なしの方がタスク前後で AAC が上昇している結果になった。一方で、標的追従課題、ストループ課題を課したときには振動刺激ありの方が AAC は上昇する結果となった。

#### 4.5 心拍 HF

振動刺激なしのとき、心拍 HF はタスクの種類関係なく、タスク前後を比較したときに減少傾向が見られ、標的追従課題においては  $0.44 \text{ ms}^2$  減少、ストループ課題においては  $1.29 \text{ ms}^2$  の減少が見られた。振動刺激ありのとき、ストループ課題では  $0.08 \text{ ms}^2$  ではあるが増加傾向である。標的追従課題では減少はしているものの減少幅が振動刺激なしよりも少なく  $0.14 \text{ ms}^2$  の減少という結果になった。

#### 5. 考察

パフォーマンステストを振動刺激の有無で比較を行うと、ストループ課題においては結果に大きな差が見られなかったことから振動刺激の有効性が示されなかった。一方、標的追従課題では振動刺激ありのときに平均追従誤差が少ない結果となったことから、振動刺激が有効であったことが分かる。また、oxy-Hb 濃度変化は振動刺激なしのストループ課題において前頭連合野で大きな上昇が見られたが、タスクの結果に反映されているとは考えにくい。そして、タスクの種類によっても oxy-Hb 濃度変化が変わることも示唆された。AAC の値は振動刺激ありのタスク前後で上昇していることから振動刺激の影響でより覚醒した状態を作り出したと言える。心拍 HF は振動刺激があることによってタスクの前後で増加傾向にあり、副交感神経系の活動度を高めたことになる。課題中の心拍 HF が高くリラックスした状態のとき、標的追従課題の平均追従誤差も少なかった。

#### 参考文献

- 1) 宮岡徹・間野忠明: 手指および手掌における振動感覚順応, The Japanese Journal of Psychonomic Science, Vol.5 No.2 pp.63-69 (1986).
- 2) 福田正人: 精神疾患と NIRS 光トポグラフィー検査による脳機能イメージング, pp52, 中山書店 (2009).

## 口腔内筋電位測定のための予備検討

### Preliminary Study for Tongue EMG Measurement in Oral Cavity.

○中谷真太郎\*, 荒木望\*, 小西康夫\*, 前中一介\*, 瀧澤由佳子\*\*, 才木常正\*,\*\*

\*兵庫県立大学 \*\*兵庫県立工業技術センター

NAKATANI Shintaro\*, ARAKI Nozomu\*, KONISHI Yasuo\*, MAENAKA Kazusuke\*,  
TAKIZAWA Yukako\*\*, SAIKI Tsunemasa\*,\*\*

\*University of Hyogo, \*\*Hyogo Prefectural Institute of Technology.

#### 1. はじめに

近年、高齢者の独居世帯が増加し、自宅内における事故や病気の発見が遅れるという問題が生じている。このため、高齢者の体に生じた異常を早期に発見しようとする試みが行われている。

ここで、65歳以上の高齢者の義歯装着率は70%を超えている<sup>1)</sup>。つまり、義歯にセンサを組み込むことで、効率的に高齢者の健康状態やコミュニケーションの多寡を確認することができると考えられる。そこで、著者らはこれまでに歯の振動を加速度センサで捉えることで発話状態を検出する、義歯埋め込み型発話検出システムを提案している<sup>2),3)</sup>。

さらに、このシステムから高齢者の摂食状況を検出することができれば、高齢者の生活状況がより詳細に得られ、異常の早期発見につながると考えられる。そこで本研究では、摂食状況を検出するために舌の動きに着目した。舌は摂食動作において、食べ物の取り込みから咀嚼、嚥下に至るまで複数の役割を担っている。このため、舌の動きの変化を捉えることで、詳細な摂食状況を知ることができると考えている。

そこで本稿では、被験者の歯茎上に筋電電極を取り付け、舌の動きによって生じる筋電位を口腔内で検出することを試みた。その結果、被験者が舌を突き出した際に筋電信号の振幅が増加することを確認した。さらに、舌の突き出し量の増加に伴い筋電信号の振幅も増加することを確認したので報告する。

#### 2. 筋電位測定用マウスピース

本稿では、舌を動作させた際に生じる筋電位を口腔内で測定することを試みた。本実験で使用する筋電位測定用マウスピースを図1に示す。このマウスピースは、被験者の下あごの石膏歯型をもとに作製したポリエステル製の歯科用マウスピース上に、直径1mmの銀球電極(ユニークメディカル製, UL-3010)を設置することで製作した。また、電極は図2に示すように下あごの左犬歯と左第一小臼歯の間の歯茎(L3)、およびその右側(R3)、左第一大臼歯と第二大臼歯の間(L6)、およびその右側(R6)、加えて左右の中切歯の間(Ct)の5か所に設置した。

口腔内筋電位として、L3, R3, L6, R6の各電極と基準電極であるCt電極との差動信号をサンプリング周波数10kHzで記録した。この時、測定した信号には高感度増幅器(日本光電製, AB-611J)を用いた増幅(10000倍)と、30Hz・3kHzの通過帯域を持つバンドパスフィルタの適用を行っている。

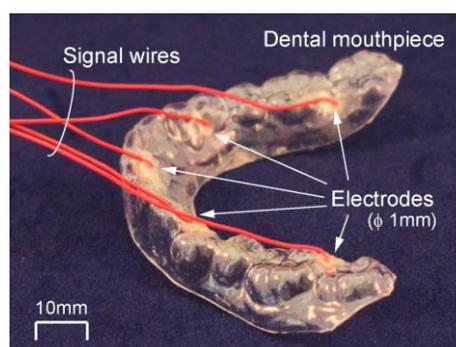


Fig.1 Photograph of lower jaw mouthpiece.

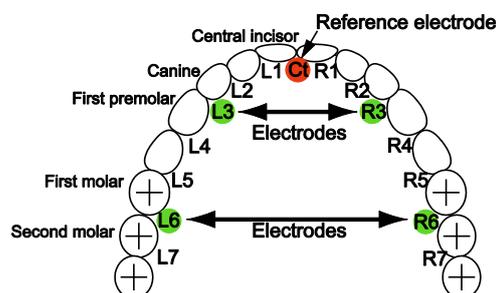
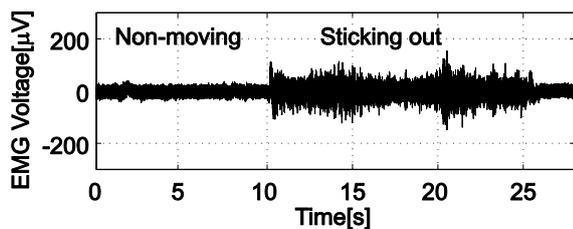


Fig.2 Layout of EMG electrodes mounted on mouthpiece

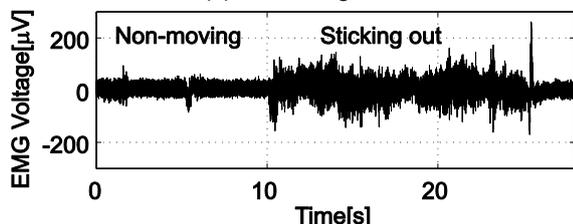
#### 3. 舌突き出し時の口腔内電位測定

筋電位測定用マウスピースは被験者(20代男性)の歯型に合わせて製作した。被験者は椅子に座り、マウスピースを装着した状態で舌を脱力させたまま10秒間静止し、次に舌を突き出して15秒間静止した。その後は再び舌を脱力させた。なお、動作の切り替え指示は被験者の前方に置いた液晶モニタの表示を赤色から青色へ、または青色から赤色へと変化させることで行った。また、舌の突き出し動作は、舌を口先から少し見える(約1cm)程度に軽く突き出す場合と、舌の中ほどまで(約4cm)を口から突き出す場合の2種類の動作を行った。

ここで、図3に舌を軽く突き出した際にL3-R3間およびL6-R6間から得た口腔内筋電位を示す。図3(a)に示したL3-R3間における筋電位を見ると、10秒以降25秒までの突き出し動作時には、脱力時に比べ

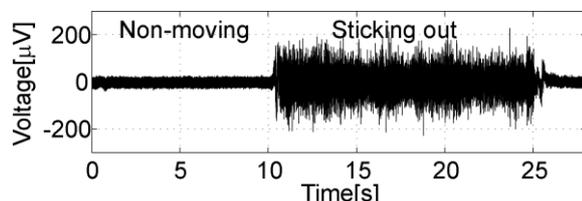


(a) L3-R3 signal

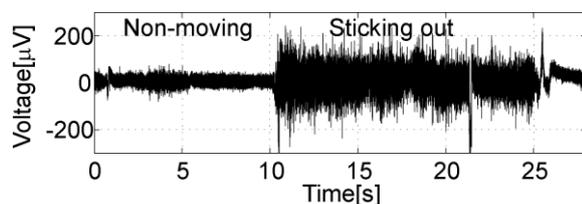


(b) L6-R6 signal

Fig.3 EMG signals during sticking out the tongue.



(a) L3-R3 signal



(b) L6-R6 signal

Fig.4 EMG signals during strongly sticking out the tongue.

て振幅が増加していることがわかる。この傾向は図3(b)に示した L6-R6 間における筋電位でも見られる。なお、突出し動作時における振幅の増加量は、L3-R3 間と L6-R6 間で違いは見られなかった。

次に、舌を前に強く(4 cm程度)突き出した場合の筋電位を図4に示す。図4(a)に示した L3-R3 間における筋電位と、図4(b)に示した L6-R6 間の筋電位からも、脱力時と比べて突き出し動作時の振幅が増加していることがわかる。なお、2つの信号間で、突出し動作時の振幅の増加量に違いは見られなかった。

また、この時の振幅は軽く舌を突き出した時と比べて大きいことから、得られる筋電位の振幅は舌の突き出し量の増加に応じて増加することがわかる。

#### 4. 測定した筋電位に対する考察

以上の実験から、舌の突き出し量に応じて、L3-R3 間と L6-R6 間で測定される信号の振幅値がほぼ同様に増加していることを確認した。このことから、L3-R3 間と L6-R6 間で測定される振幅の増加は、単一の筋もしくは電極付近に存在する筋群の活動に起因している

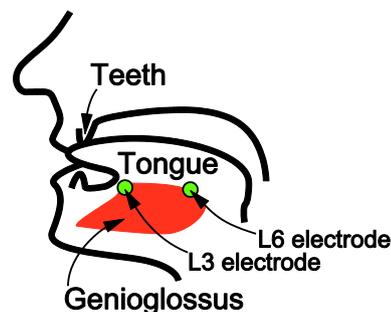


Fig.5 Positional relationship between genioglossus and EMG electrodes.

と考えられる。なお、顎を開閉しても測定される信号の振幅は変化しないことを予め確認しており、顎の開閉に関連した筋電位は測定できないことがわかっていてる。

ここで、舌を前に突き出す動作はオトガイ舌筋 (genioglossus) と呼ばれる筋が担っている<sup>4)</sup>。図5に示すように、オトガイ舌筋は舌の下方、おおよそ L3 電極と L6 電極の間に存在している。このため、口腔内のインピーダンスが均一であると仮定すると、オトガイ舌筋の活動により発生した筋電位は L3-R3 間と L6-R6 間から同様に測定されると考えられる。

つまり、口腔内に設置した電極間の電位差を測定することで、舌の突き出し動作を担うオトガイ舌筋の活動を測定できた可能性が高いと考えている。

#### 5. おわりに

本稿では、口腔内の歯茎上に設置した微小な電極から、舌の動作によって生じる筋電位を測定することを試みた。実験では、左右犬歯と左右第一小臼歯の裏側の歯茎上に設置した微小銀球電極対を用いて、被験者が舌を前に突き出した際の口腔内筋電位を測定した。その結果、測定した信号の振幅が舌の動作によって増加しており、舌の突き出し量と信号の振幅の増加量には関連があることを確認した。

こうした振幅の増加が犬歯付近と第一小臼歯付近で同様に生じていることから、それらの電極設置位置の中間付近に存在するオトガイ舌筋の活動を捉えることができた可能性が高いと考えている。

今後は、摂食動作の検出や、摂食動作時に口腔内で生じる舌の動きの変化の識別について検討する予定である。

#### 謝辞

本研究で使用したマウスピースの製作には、板垣博文歯科医師 (イタガキ歯科・矯正歯科、兵庫県姫路市) の協力を得た。

#### 参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 23 年歯科疾患実態調査 (2011)。
- 2) 瀧澤由佳子・樋口行平・前中一介・才木常正：歯装着型加速度センサを用いた音声認識の提案，電学論 C, Vol. 131, No.1, pp. 1-2 (2011)。
- 3) 才木常正・瀧澤由佳子・橋詰勉・樋口行平・藤田孝之・前中一介：口腔内加速度センサを用いた発声検出，電学論 C, Vol. 131, No.4, pp. 826-831 (2011)。
- 4) Jeri A. Logemann: Evaluation and Treatment of Swallowing Disorders, PRO-ED, Inc. (1997)。

## 定常視覚誘発電位を用いたアナログ入力インタフェース

### Analog input interface using steady-state visual evoked potential

○上島秀生\*, 棒谷英法\*\*, 大須賀美恵子\*

\*大阪工業大学 \*\*大阪工業大学大学院

UESHIMA Hideki\*, BOUTANI Hidenori\*\*, OHSUGA Mieko\*

\* Graduate School of Engineering, Osaka Institute of Technology

\*\*Osaka Institute of Technology

#### 1. はじめに

現在、難病患者が70万6千人と増加している。その中でも、筋委縮性側索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis, 以下ALS）やパーキンソン症候群など運動に命令をあたえる神経に障害が起こり、自由に体を動かすことができなくなっていく疾病がある<sup>1)</sup>。このような患者は、脳波以外にコミュニケーションをとる手法がない。そのために、脳波から情報を読み取り機械と情報のやり取りを行うBCI（Brain Computer Interface）が注目されている。BCIに使用する脳波の特徴の中でも、周期的に変化する視覚刺激によって誘発される定常視覚誘発電位（SSVEP, Steady-State Visual Evoked Potentials）は、視覚刺激に注意を向けると振幅が増大し、短い時間で入力ができると期待される。

SSVEPを用いたChengら<sup>2)</sup>の研究では、異なった周波数で点滅する12個のボタンを用いて、電話番号入力してもらい、13人中8名がこのシステムを用いて電話を掛けることができている。入力する選択肢が多くなると、多くの周波数を使用する必要があるが、Gaoら<sup>3)</sup>の研究では、3つの異なった周波数と位相を組み合わせることで、使用する周波数の5倍の15個の刺激点滅を生成し、60bit/minの高い情報転送率を示している。これらのように、SSVEPを用いたBCIの研究の多くは、選択肢を提示して選択させるといものであるが、安藤ら<sup>4)</sup>の研究では、左右に2つの異なる周波数の点滅刺激を提示し、これらの中間点の見ている場所によって2つの周波数のSSVEPの大きさの比率を計算することにより、アナログ的な入力を試みている。この手法

をドライビングのステアリング操作に適用し、初見のコースでも、オンライン操作で10人中3名が正しく走行できたことを示している。

本研究でもアナログ入力インタフェースを目標とし、異なる周波数の2つの点滅刺激の中間的な位置を注視しているときのSSVEPに関する基礎的な検討を行う。

#### 2. 方法

##### 2.1 実験参加者

実験参加者はインフォームドコンセントを得た健康男子大学生3名である。なお、本研究の実験計画は、大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき大阪工業大学学長の承認を得た（承認番号：2013-10）。

##### 2.2 刺激装置

刺激装置を実験参加者の顔正面に30cmの距離に設置する。刺激呈示は白色LED（φ5mm）とし、ポリエチレン素材のピン球の底をくり抜いてLEDに被せて光刺激の強度を調整した。実験参加者の正面から左に15度の位置に20Hzで点滅する刺激、右に15度の位置に24Hzで点滅する刺激を6cm離して設置した。点滅させる2つのLEDは、デジタルファンクションジェネレータ（DF1936 NF CORPORATION）で作成した矩形波（duty比50%）で駆動した。点滅する2つのLEDの間に注視目標としてLEDを3つ等間隔に配置した。これらのLEDは点灯させない（図1）。実験参加者の眼の位置の刺激装置に相対する面の照度は、非点灯時0.4lx、点灯時3.1lxであった。

20Hz, 24Hz の刺激を用いる理由は、光過敏性てんかんの起こりやすい帯域を避けるためである。

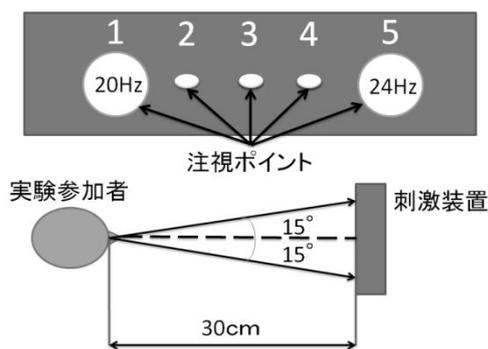


図 1. 刺激装置と配置

### 2.3 計測

脳波計測は、小型電極 (NT-211U, 小型生体電極, 日本光電工業(株)) と 8 チャンネル多用生体アンプ (BA1008m, ニホンサンテック(株)) を用いて計測した。国際 10/20 法に基づき Fpz に接置電極, O1, O2, 左右耳朶 (A1, A2) に関電極を置き, Fz を基準として双極誘導した (図 2)<sup>5)</sup>。導電性ペースト (Elefix, Z-401CE, 日本光電工業(株)) を用い, 接触抵抗を 10kΩ 以下とした。増幅率  $5.0 \times 10^4$ , 時定数 0.03sec で増幅した。増幅した脳波と LED の駆動信号 (24Hz と 20Hz の矩形波) を 32ch 入力ボックス (Nidaq BNC-2111, ナショナルインスルメンツ) を介して, AD ボード (Nidaq PCIe-6321, ナショナルインスルメンツ) に入力し, 1024Hz でサンプリングした。

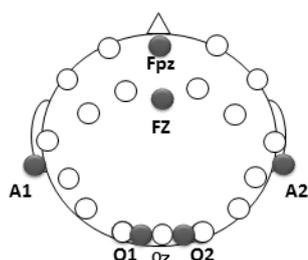


図 2. 脳波電極装着位置

### 2.4 実験手順

実験参加者に、顎台に顎を乗せて顔を動かさないようにし, 眼だけ動かして, 刺激装置の 5 つの注視点を順に注視するよう教示した。注視時間は 1 点あたり 1 分で, 5 点目の計測が終わった時点で 5 分間の休憩を

挟む。これを 1 試行として 4 試行実施する。なお, 第 1, 第 3 試行は, 左から右 (注視点 1 から 5) の順に, 第 2, 4 試行はその逆順とした。

### 2.5 解析

A1 と A2 の平均を用いて, O1, O2 の耳朶連結を基準とした脳波を計算し, 加算平均法で解析した。周波数解析ではなく, 加算平均法を用いるのは, 位相の異なる自発脳波成分をキャンセルして, 刺激に同期した誘発成分のみ抽出するためである。

まず, 60 s のデータに  $20 \pm 1\text{Hz}$  と  $24 \pm 1\text{Hz}$  のデジタルバンドパスフィルタ (2 次バターワースフィルタ, 時間反転して 2 回) をかけた。次に, それぞれのフィルタ出力波形から, フィルタの中心周波数と同じ刺激周波数の LED の駆動波形の矩形波の立ち上がりをトリガとして  $\pm 0.2\text{s}$  分を切り出した。これを加算平均し, トリガ前後の極大, 極小値の差を SSVEP 振幅 (peak to peak) として求めた。加算平均対象区間長は, 1~10 s の 1 s 刻みの 10 通りとし, 1 s ずつずらして 60 s 間について SSVEP 振幅の時間変化を求めた。SSVEP 振幅を安定して得るために必要な刺激時間と区間長を調べるためである。

SSVEP 振幅は刺激周波数や脳波計測部位, 実験参加者の注意集中度合いによって異なる。したがって, SSVEP 振幅を比較する際には, 実験参加者の注意状態が同水準であると考えられる時点の刺激周波数, 部位ごとの SSVEP 振幅で規格化する必要がある。ここでは前述の解析結果をもとに, 規格化に用いる区間を検討する。

### 3. 結果

60 s 間の加算平均の一例を図 3 に示す。20Hz の SSVEP 振幅は, 注視点 1 (20Hz を見ているとき) が最大で, 注視点 3~4 となるに従って低下し, 注視点 5 (20Hz を見ているとき) が最小となっている。24Hz の SSVEP 振幅はその逆である。

SSVEP 振幅の 60 s 間の時間変化の一例を図 4, 5 に示す。加算対象区間 1~10 s で求めた結果を重ね書きしている。図 4 は, 注視点 1 (20Hz) を見ていると

きの20HzのSSVEP振幅, 図5は注視点5(24Hz)を見ているときの24HzのSSVEP振幅である. 参加者3名の01, 02についてこのような図を作成し, 検討した結果, 比較的安定してSSVEP振幅が出現している10~20sを規格化の基準値を求めるための区間として用いることにした. 規格化後の20Hz, 24HzのSSVEP振幅の和に対する24HzのSSVEP振幅の比率を求めた. 理想的には, 注視点1~5の順に, 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0となることが期待される.

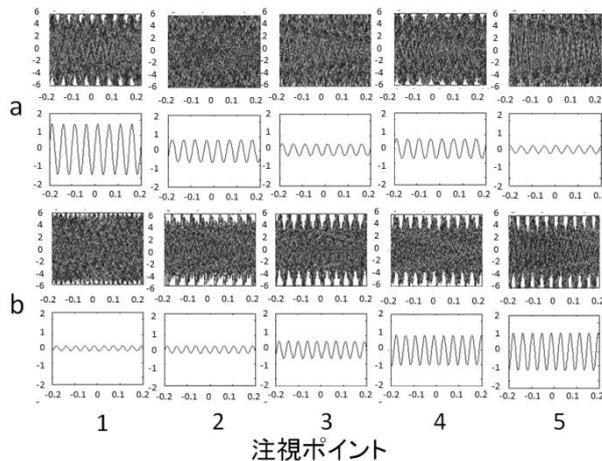


図3. 各注視点を見ているときの20Hz(a), 24Hz(b)の刺激立ち上がりトリガとした重ね書きと平均加算波形(参加者B, 第2試行, 01)

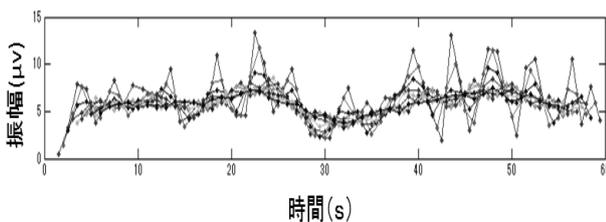


図4. 注視点1(20Hz)を見ているときの20HzのSSVEP振幅の時間変化(参加者B, 第3試行, 01)

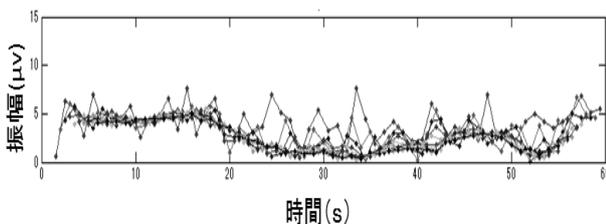


図5. 注視点5(24Hz)を見ているときの24HzのSSVEP振幅の時間変化(参加者B, 第3試行, 01)

規格化したSSVEP振幅を用いた比率の時間変化の一例を図6に示す.

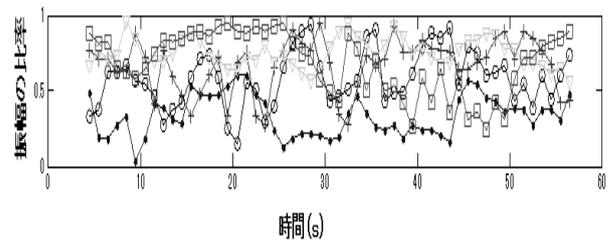


図6. 各注視点のSSVEP振幅の比率  
(24Hz振幅/(20Hz振幅+24Hz振幅))

注視点1: ●-●, 注視点2: ○-○, 注視点3: ×-×, 注視点4: ▽-▽, 注視点5: □-□  
(実験参加者:B, 第3試行, 01, 平均加算区間長7s)

SSVEP振幅の比率はこの図のように時間変化があり, 特に後半で大きく変化する. そこで, 比較的安定している刺激開始後10~20sの平均値を求めた. 図7に, 比率がほぼ線形に変化した例(○), 線形ではないが単調増加した例(△), 単調増加しなかった例(×)を示す. 3名の参加者の試行, 部位, 対象区間長ごとに, この判定基準で評価した結果を表1に示す.

#### 4. 考察

20Hz(24Hz)を見ているときの24Hz(20Hz)のSSVEP振幅はゼロにはならないので, 求めた振幅比率は注視点の位置に対し, 0~1まで変化することはない. 線形に単調増加したものを成功とみなすと, 実験参加者3名の4試行のうち少なくとも1試行で成功例が確認できた. しかし, 部位や加算平均に用いる区間長によっても成功・失敗が異なっている. SSVEPの振幅変化が大きいのは, 実験参加者の集中が持続しないことが主要原因と考えられる. 試行時間を短くしたり, 判定結果をリアルタイムに表示したりして集中力の持続を図ることにより, よい結果が得られる可能性がある.

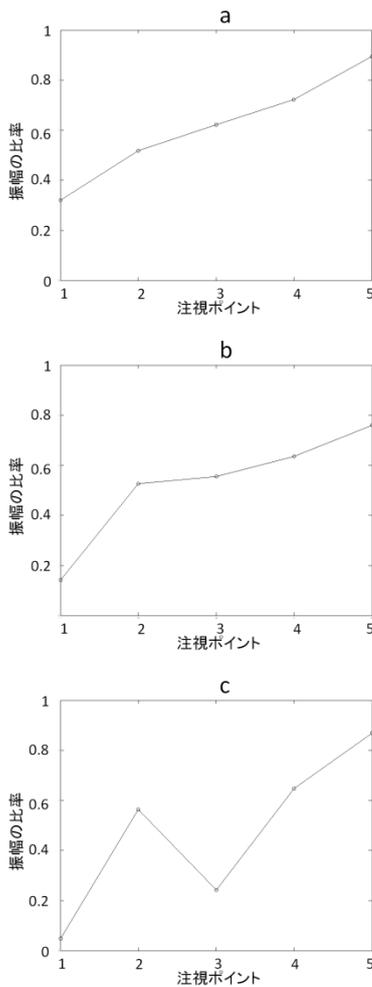


図7. 注視点ごとのSSVEP 振幅の比率

a) 線形増加(○), b) 単調増加(△), c) それ以外(×)

表1 評価結果

(評価基準は図7に示したとおり)

実験参加者	測定位置	実験回数	各時間区切り(s)										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
一人目	O1	1	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		2	△	△	○	○	△	△	△	×	×	×	
		3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		4	×	×	×	×	×	×	×	△	△	○	
	O2	1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2	△	△	○	○	△	△	×	×	×	×	
		3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
二人目	O1	1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		3	×	×	△	△	○	○	○	×	×	×	
		4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	O2	1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	
		3	×	×	△	△	△	○	○	○	△	×	
		4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
三人目	O1	1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2	×	×	△	△	○	○	○	○	○	○	
		3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	O2	1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

## 5. 結論

20Hz と 24Hz の点滅刺激に対する定常視覚誘発電位を用いてアナログ入力を試みた. その結果、失敗が多いが、実験参加者3名全員でアナログ入力が行える例が得られた. 今後、集中力を持続させるための工夫をしてさらに検討を進めたい.

## 参考文献

- 1) 難病情報センター, 財団法人難病医学研究団:  
<http://www.nanbyou.or.jp/top.html>, 取得日 2013年10月30日
- 2) M. Cheng: Design and implementation of a brain-computer interface with high transfer rates, IEEE trans. on Biomedical Engineering, 49(1), pp.1181-1186, 2002
- 3) C. Jia, X. Gao, B. Hong, S. Gao: Frequency and phase mixed coding in SSVEP-based brain-computer interface, IEEE trans. on Biomedical Engineering, 58(1), pp.200-206, 2011
- 4) 安藤惇, 外山純一, 繁樹博昭, 松寄直幸, 北崎充晃: 定常視覚誘発電位によるドライビングシミュレータの定量的ステアリング操作, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, pp.33-39, 15(1), 2010
- 5) 入野野宏: 心理学のための事象関連ガイドブック, pp.44-47, 北大路書房, 2005

# 背部体表脈波検知による脊髄損傷者の膀胱内尿量と自律神経活動の評価

Evaluation of relation between urinary output in a bladder and autonomic nerve activity of spinal cord injury persons using back body surface pulse wave detection

○鈴木ひとみ\*, 埜田和史\*\*, 辻村裕次\*\*

\*神戸常盤大学保健科学部看護学科 \*\*滋賀医科大学医学部医学科

SUZUKI Hitomi\*, TAODA Kazushi\*\*, TSUJIMURA Hiroji\*\*

\* Kobe Tokiwa University Faculty of Nursing, \*\*Shiga University of Medical Science

## 1. はじめに

外力により脊髄神経が不可逆的に損傷することで発症する脊髄損傷は、知覚・運動機能の重篤な後遺障害だけでなく、排尿・排便の機能にも著しい影響を及ぼす。脊髄損傷における神経因性膀胱の合併症<sup>1)</sup>は、排尿筋括約筋協調不全による残尿量増加、尿道括約筋機能不全による尿失禁、神経因性排尿筋過活動による膀胱容量減少などで、尿路感染症、膀胱結石、膀胱尿管逆流症などを引き起こす。これらを予防するために、日常の尿路管理法として間欠的自己導尿が推奨されている。

近年、急性期の全身管理やリハビリテーションの進歩から脊髄損傷者は受傷後早期に在宅療養へ移行するが、そこでは生活再建のための就労問題に直面する。全国脊髄損傷者データベースによる1997(平成8)～2006(平成18)年の10年間の職業復帰群(職業リハ移行、復学を含む)はわずか10.0%であった<sup>1)</sup>。脊髄損傷者の就労を困難にする要因としては合併症の問題があり、とりわけ排泄機能障害に起因するものが深刻である。池田らは復職した脊損者の尿路感染症の発生率が高く、清潔間欠導尿(CIC)を適用していても、導尿を定期的実施できない状況がある、と報告<sup>2)</sup>している。不全麻痺事例では健常時と同様の尿意を感じたり、完全麻痺事例でも頭痛、悪寒、冷汗などの代償尿意を知覚できる者がいる一方で、それらを全く感知できない者もあり、適切なタイミングでの導尿が健康管理の課題となっている。

そこで、車いすバックレストに身体非拘束センサー

を装着する背部体表脈波検知システムを用いて、脊髄損傷者の膀胱内尿量増加時の生体情報の変化を感知できるか否かを検証することを目的に実験を行った。

## 2. 研究方法

### 1) 対象者

病院から退院して社会生活を送り、自己導尿にて排尿管理を行っている男性脊髄損傷者で、環境制御室での約2時間のVDT作業実施にあたって、褥瘡など健康上の支障がないことが確認できた、10名を対象者とした。

### 2) 実験方法および内容

室温24℃、湿度40%前後の静穏な環境制御室内で実験を行った。実験手順は、(1)導尿し尿量を計測した後に入室、(2)被験者が選択した簡単な文書作成などVDT作業(実験課題)を30分間実施、(3)5分程度の休憩で、(2)と(3)を4回繰り返した。実験課題の休息時には、自覚症状調査(尿意、疲労感、空腹感、眠気、仕事の集中度をVisual Analog Scaleにて聴取)、エコーを利用した膀胱内尿量測定(携帯型3次元超音波断層装置Bladder Scan(BVI6100), Verathon社/シスメックス株式会社)、血圧測定を行った。また、実験中車いすの背もたれに設置したエアパックセンサー(Sleep Buster, デルタツーリング社)により大動脈脈波に起因した背部体表脈波と心拍数(RS800CXN, POLAR

社)を測定した(図1参照)。

実験は、合計2時間のVDT作業終了時点、または被験者の導尿の希望があった時点で、終了した。実験終了には、導尿してもらってその尿量を計測した。実験は平成24年9月～11月に実施した。

### 3) 解析

体表脈波データの各ピーク点と、正から負に切り替わる各点を求め、その時間間隔の逆数を周波数(それぞれピーク検出法、ゼロクロス検出法とする)とし、その180秒間のデータから18秒ごとの傾きを算出した。その傾きデータの0.0017Hz、0.0035Hz、0.0053Hzのパワースペクトルの分布率を求め、これらの変動と膀胱内尿量の変動とを比較検討した。

### 4) 倫理的配慮

被験者には研究目的、方法を文書と口頭で詳細に説明し、実験に伴う不利益や苦痛、危険性はなく、実験参加は任意であることを保証した。実験中、実験後は医師および看護師が待機し、体調の変化が認められた場合はただちに実験を中止し、対処できる体制を整えた。なお、本研究は滋賀医科大学倫理委員会にて承認を得て実施した。

## 3. 結果

### 1) 被験者の属性

10名の被験者から研究参加の同意を得た。

平均年齢は45.9歳(34～68歳)であった。脊髄損傷レベルは頸髄損傷が3名、胸髄損傷が4名、胸髄・腰髄分岐部の損傷が3名であった。完全麻痺は6名、不完全麻痺は4名、平均受傷後年数は21.2年(6～53年)であった。健常時と同じ尿意が自覚できる者が2名、悪寒・頭痛、動悸、冷汗などの代償尿意がある者が6名、代償尿意もなく膀胱内に蓄尿したことが全くわからない者が2名であった。

### 2) 結果事例

被験者のうち1名(A氏)の結果を示す。A氏は45歳男性、胸髄損傷(Th4～5)の完全麻痺で受傷後25年経過している。尿意はなく、代償尿意(動悸および頭痛)の自覚はある。尿路管理は約2時間毎の間欠自己導尿を実施している。

図2にA氏のVDT作業中のバイタルサイン、膀胱内尿量、主観的評価、傾き時系列データ各周波数の分布率を示す。VDT作業開始当初から疲労感と眠気は自覚していたが脈拍、血圧の値は安定していた。作業開始後118分で膀胱内尿量が顕著に増量しており、作業開始後151分で強い代償尿意を訴え、実験を終了した。その後の導尿で150mlの尿を排出した。

代償尿意の訴えがあったのとほぼ同じ時間帯やその少し前に、ゼロクロス傾き時系列において0.0035Hz分布率が低値から実験前半に見ら

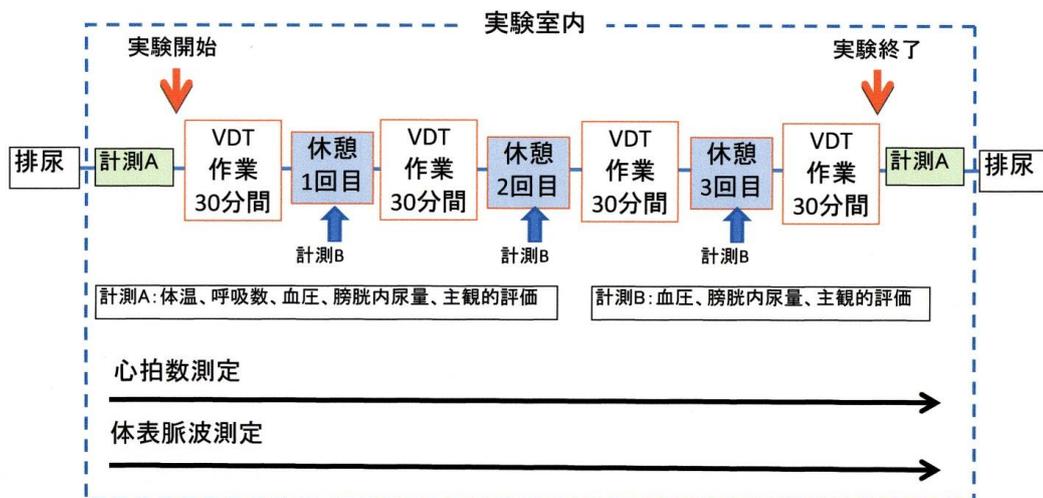


図1 実験プロトコール

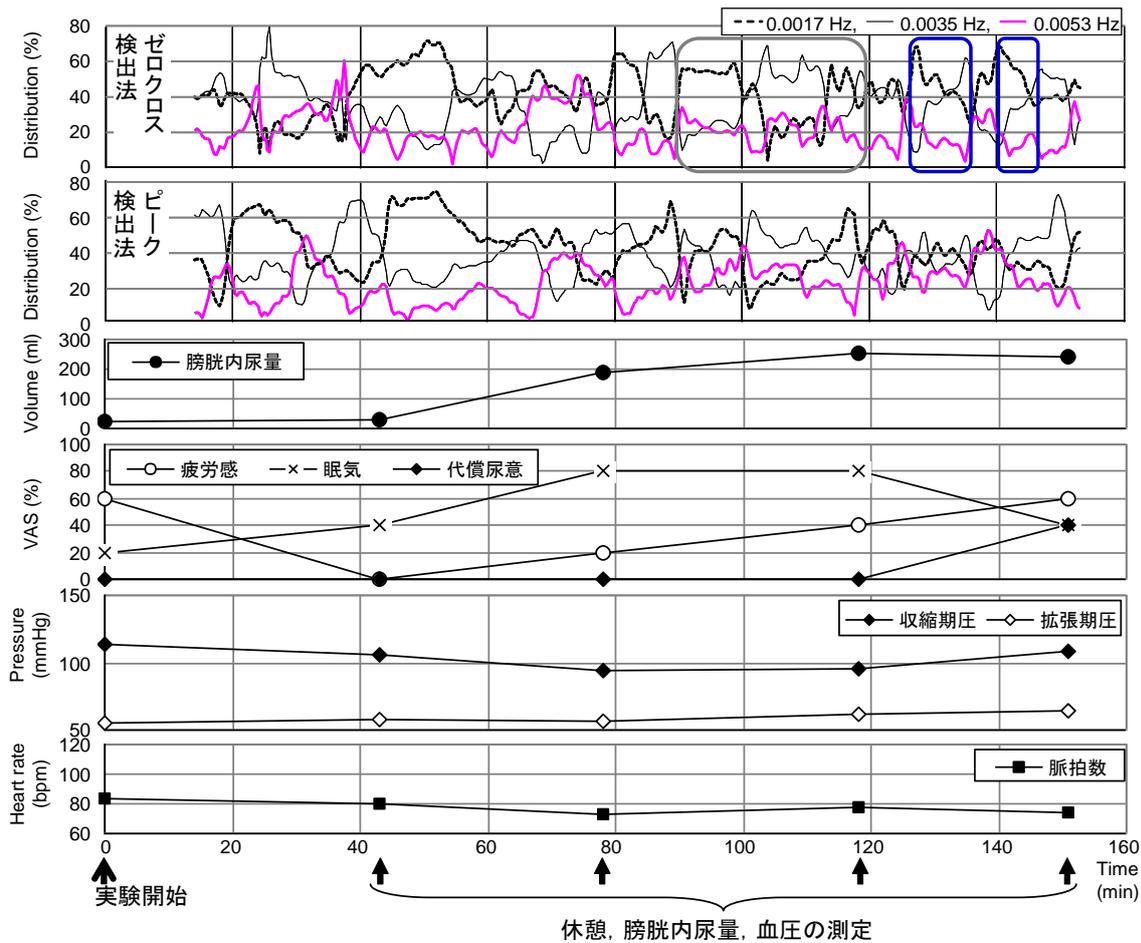


図2 A氏の体表脈波の周波数傾きデータの各パワースペクトル分布率、膀胱内尿量、主観、バタケインの推移

れないような高値にまで上昇し、0.0017Hz 分布率が大きく下降する変動が見られた。0.0053Hz 分布率も下降傾向であった（図2中の青枠で示した部分）。同様の変動が、1人を除いた9人の被験者の膀胱内尿量の増加時間帯や代償尿意の出現時間帯に認められた。

#### 4. 考察

本実験で用いたエアパックセンサーはドライバーの居眠り運転の予兆現象を検知する目的で開発されたものである。延廣らは体表脈波のゼロクロス検出法、ピーク検出法から0.0017Hz、0.0035Hz、0.0053Hzのパワースペクトルの分布率を算出し、その周波数帯の急変の様子から眠気や切迫睡眠現象を推定した<sup>4)</sup>。本実験

では、ゼロクロス傾き時系列での0.0017Hz、0.0035Hz、0.0053Hzの分布率の変化に注目し、膀胱内尿量の増加や代償尿意の発現時に相応した時間帯に、0.0035Hz 分布率が大きく上昇し、0.0017Hz および0.0053Hz 分布率が下降することをほとんどの被験者で観察できた。本実験に先立ち健常者8名に対して同様のプロトコールで行った実験においても、膀胱内尿量増加や尿意発現に伴い本結果と同様の変化を観察できている<sup>5)</sup>。

尿意や代償尿意と自律神経活動の関連性について以下に考察する。膀胱とその括約筋には、交感神経、副交感神経、および体性神経線維が分布している。平均的健常者の場合、膀胱内に約150mlの蓄尿があった時に随意的な尿意を感じ、400~500mlで膀胱の

充満感を抱く。膀胱内圧の上昇により膀胱の緊張が生じ、自立神経性の排尿反射が刺激を受ける。

脊髓損傷者の場合は脊髓の挫滅あるいは離断があり、脊髓性ショックの時期を過ぎれば排尿反射は再生されるものの、随意的な排尿はできない<sup>6)</sup>。蓄尿により膀胱内圧が上昇すると、脊髓損傷者でも健常者と同様にその刺激が脊髓における交感神経活動増加をきたすが、脊髓損傷の慢性期では自律神経が異常な反応を形成するため、健常者が自覚しない症状が発現する。脊髓損傷者が病変以下の脊髓神経に刺激を受けたとき、自律神経過反射として発作性高血圧がみられたり、病変部位より上部での発汗、顔面や頸部の皮膚血管拡張、拍動性頭痛をもたらされる<sup>7)</sup>。これが代償尿意として自覚される症状の原因といえる。

従って、本実験において観察された、代償尿意の訴えと同期するようにみられた体表脈波の傾きデータの特定周波数分布率の変化は、膀胱内尿量増加に伴う交感神経活動増加を示唆している可能性がある。今後、各スペクトル分布率のそれらの変動を定量化解析する予定である。

\*本研究は、科学研究費助成金（基盤 C：課題番号 23593487）を受け、(株)デルタリングと共同で実施した。

## 引用文献

- 1) 小澤秀夫：特集 脊髓損傷のリハビリテーション－合併症に関する最近のトピックス 神経因性膀胱, MEDICAL REHABILITATION, pp. 47-51, No. 115(2010).
- 2) 独立行政法人 労働者健康福祉機構 全国脊髓損傷データベース研究会：脊髓損傷の治療から社会復帰まで－全国脊髓損傷データベースの分析から－, pp. 118-119, 保健文化社(2010).
- 3) 池田篤志, 古澤一成：脊髓損傷-社会生活上の課題 特集 職業生活, 総合リハビリテーション, Vol. 39, No. 7, pp. 651-655(2011).
- 4) 延廣良香, 向井美紀, 小倉由美, 藤田悦則, 村田幸治, 亀井勉, 辻敏夫, 金子成彦, 吉栖正生：体表脈波の超低周波成分を用いた状態推定法, 日本機会学会 CD-ROM 論文集, No.11-2, pp.207-216(2011).

- 5) 鈴木ひとみ, 北原照代：微小体動測定による自律神経機能評価と膀胱内尿量増加との関連～健常者を被験者に～, 第 32 回日本看護科学学会学術集会講演集, pp.389(2012).
- 6) W. F. ボロン, E. L. ブールペープ：ボロン ブールペープ 生理学, pp. 788(2011).
- 7) David Robertson (Editor in Chief)：高橋昭, 間野忠明 監訳：ロバートソン自律神経学, pp. 307-310(2007).

# 点滅周波数の異なる多点 LED によるフリッカー値測定器の開発

## Development of a New Flicker Apparatus Using Multiple LEDs with Different Flashing Frequencies

○北川貴博\*, 福井 裕\*\*, 川野常夫\*\*

\*摂南大学大学院工学研究科 \*\*摂南大学理工学部  
KITAGAWA Takahiro\*, FUKUI Yutaka\*\*, KAWANO Tsuneo\*\*  
\* Graduate School of Engineering, Setsunan University,  
\*\* Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

### 1. はじめに

点滅光の点滅の閾値を測定するフリッカー検査は、70 年以上前から中枢神経系の疲労の検出や精神疲労、身体疲労の判定などに利用されてきており、人間工学や生理学の分野では定番の検査法となっている<sup>1)~4)</sup>。フリッカー値は、ちらつきの臨界融合頻度 (Critical fusion frequency of flicker :CFF) と呼ばれ、代表的な測定器では、赤色 LED を 60Hz の点滅から周波数を徐々に下げていき「ちらつき」を判別できるようになったときの周波数のことを言う (下降系列のちらつき閾)。また、20Hz の点滅から周波数を徐々に上げていき「ちらつき」が判別できなくなる時の周波数 (上昇系列の融合閾) を扱うこともある。

フリッカー検査の方法は簡便ではあるが、1 回の測定に時間がかかること、「ちらつき」の判別に迷いが生じる場合があること、さらに、故意性、恣意性の問題を含んでいる。

本研究では、これらの問題を解決するため、点滅周波数の異なる多点 LED を被検者が同時に視認することにより、境界周波数 (フリッカー値) を割り出す測定器「クイックフリッカー」の開発を行った。

これまで、中心に 1 個の LED と円周上に 4 個の LED を配置した多点フリッカーを作業負担度評価に用いた研究はあるが、これは周辺視での CFF を測定するためのもので、1 個 1 個の CFF の測定方法は従来の方法と同様である<sup>5)</sup>。また、多くの LED を用いた例<sup>6)</sup>はあるが、それは多くの被検者を同時に測定しようとするた

めであり、測定方法は従来と変わらない。

昨今、モバイル端末のディスプレイ上で、視標のコントラストを一定の周波数で 2 段階に変化させることにより「ちらつき」を与える方法が開発されており、恣意性を排除するため、4 つの視標のうち 1 つだけをちらつかせて、その位置を答えさせる工夫がなされている<sup>7)</sup>。

### 2. クイックフリッカーの開発

図 1 に本研究で開発した多点 LED によるクイックフリッカーの構成概要図を示す。基本的には 11 個の赤色 LED ( $\phi 5\text{mm}$ , 640nm, 抵抗付き) を横 1 列に 15mm 間隔で並べ、それぞれの光は、1mm 厚の鋼板に開けた  $\phi 3\text{mm}$  の孔を通して、被検者の目に届くようになっている。そのとき、LED の輝度を下げるため鋼板の被検者側に厚さ 0.15mm のトレーシングペーパー (Ostrich, F-81) を貼りつける。

各 LED を所望の周波数で点滅させるための ON/OFF の制御には、AVR マイコンチップを実装し

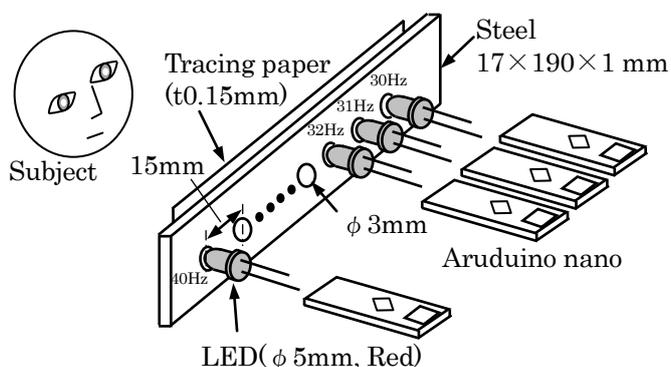


図 1 多点 LED によるクイックフリッカー

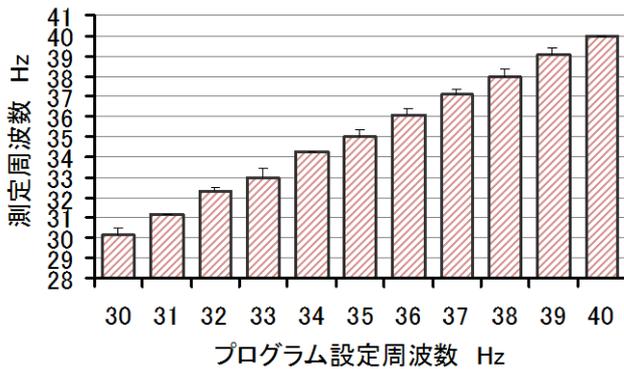


図2 ハイスピードカメラによる11個のLED点滅周波数の測定結果

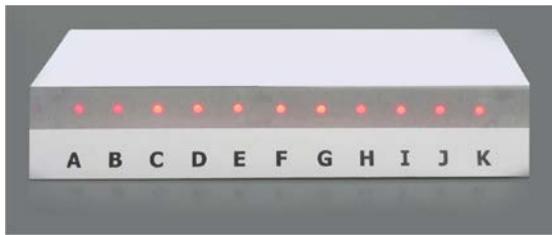


図3 クイックフリッカーの開発器の外観

た基板と開発システムから構成される Arduino Nano v3.1 を LED1 個につき 1 個使用した。制御プログラムは Arduino IDE (開発環境) で ON, OFF 命令と ON, OFF それぞれを持続させる時間設定の Delay 命令を組み合わせて作成し、基板上の ROM に転送して使用した。図には端から 30Hz から 1Hz ずつ増やして 40Hz まで変化させた例を示している。

開発したクイックフリッカーの各 LED がプログラム設定どおりに点滅しているかどうかを確認するため、全 LED の点滅をハイスピードカメラ(カシオ, EX-F1)を用いて 1200fps で撮影した。その映像を 1 コマずつ再生して点滅 1 サイクルの時間を各 LED につき、3 カ所ずつ測定しそれぞれの平均周波数を求めた。その結果を図 2 に示す。図から、概ねプログラム設定どおりの周波数が実現できていることがわかる。多少のばらつきはあるものの、周波数が隣の LED と一致したり逆転したりすることはないと考えられる。

図 3 に本研究で開発したクイックフリッカーの外観を示す。図のように 11 個の LED が横 1 列に並び、それぞれ設定された周波数で点滅するようになっている。LED の下には、記号 A から K まで記されており、検

査の際に被検者には点滅と融合の境界を探し、その点滅側の記号を答えるように指示する。境界がはっきり認知できずに迷う場合は、隣り合う 2 個の記号を答えるように指示し、その 2 個に対応する周波数の中央値を記録するようにする。なお、11 個の LED の輝度はそれぞれ約 150cd/m<sup>2</sup> であった。

### 3. クイックフリッカーの検証実験

クイックフリッカーによるフリッカー値の測定実験を行った。被検者として 20 代の男性 5 名 (24±1.22 歳, 両目視力 1.4±0.1) と 60 歳の男性 1 名 (両目視力 1.5) を検査の対象とした。図 4 にクイックフリッカーによる検査風景を示す。被検者は目の高さを LED の高さに合わせ、点滅と融合の境界を記号 A~K で回答する。検査者は被検者が回答した記号と、回答するまでの時間を記録する。LED から被検者の目までの距離は、30cm, 40cm, 50cm の 3 とおりとし、それぞれの距離で測定を行った。なお、

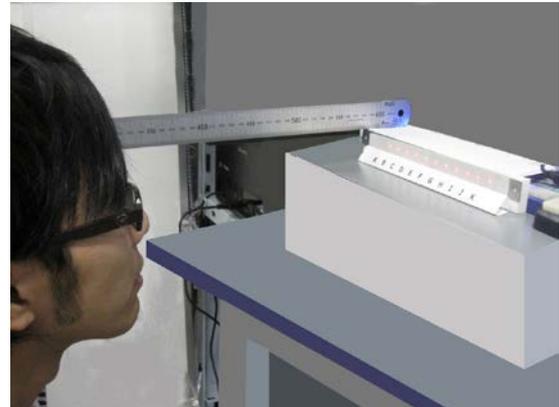
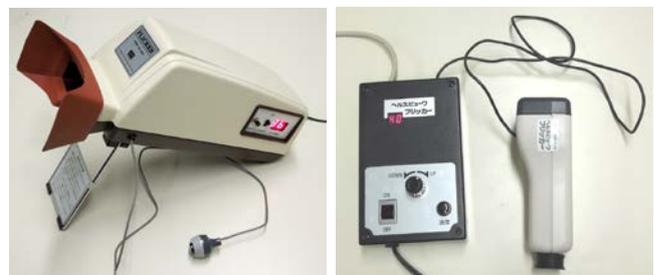


図4 クイックフリッカーによる検査実験



(a)フリッカー値測定器Ⅱ型

(b)ヘルスビューワフリッカー

図5 検証に用いた市販の従来型フリッカー値測定器

部屋は通常の蛍光灯を点けた状態で、被検者の付近の照度は 500lx であった。

一方、開発器によるフリッカー測定値の妥当性を検証するため、従来の測定器による測定値と比較を行った。従来の測定器として、図 5 に示すようなフリッカー値測定器Ⅱ型 (501c, 竹井機器工業製) とヘルスビューワフリッカー (HE-104, 日本アルゴリズム製) を取り上げた。被検者はクイックフリッカーについて距離 30cm, 40cm, 50cm の場合の 3 とおり、フリッカー値測定器Ⅱ型について上昇系列, 下降系列の 2 とおり、ヘルスビューワフリッカーについて左右の目それぞれについて上昇系列, 下降系列の 2 とおりの合計 9 とおりについて、それぞれ 3 回ずつの測定を繰り返した。各測定器について条件の異なる測定の順序はランダムとし、各測定器間に 5 分以上の休憩を挟んだ。検査者はそれぞれのフリッカー値と所要時間を記録した。検査の前には被験者の視力、前日の睡眠時間、起床してからの時間、現在の疲労度合いを質問紙で調査した。

図 6 に開発器と従来器によりフリッカー値を測定した結果を示す。それぞれ 3 回ずつ測定した平均値を示している。従来器では上昇系列と下降系列の値の平均値を示している。図から開発器による値が従来器とほぼ同等の値となっていることがわかる。

図 7 に開発器と従来器の比較を示す。各被検者のフリッカー値を条件間で比較するため、各被検者の測定値とその被検者の中の最小値との差をとることで基準化を行った。同図(a)は従来器について上昇系列と下降系列の平均値を求めた結果を示している。この図から、開発器の場合、LED と目の距離が近づくほどフリッカー値が上昇することがわかる。これは近づくことによって LED の光の刺激を受ける視細胞が増えるために分解能が増えわずかなちらつきを識別できるようになるためと考えられる。開発器と目の距離が 40cm の場合のフリッカー値が従来器の値に近いことがわかる。2 条件間の t 検定を行った結果、距離 40cm の値

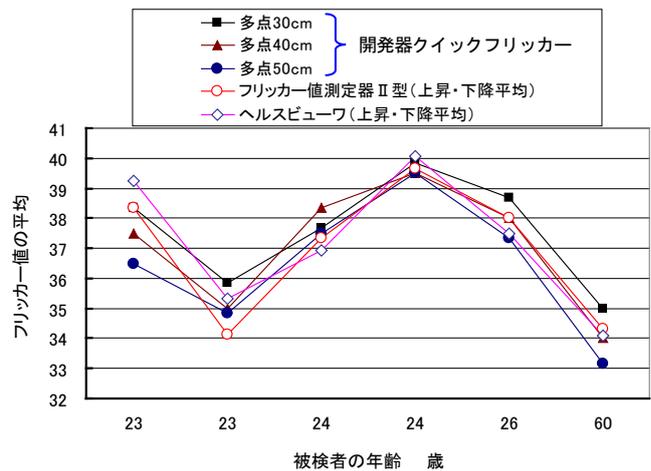
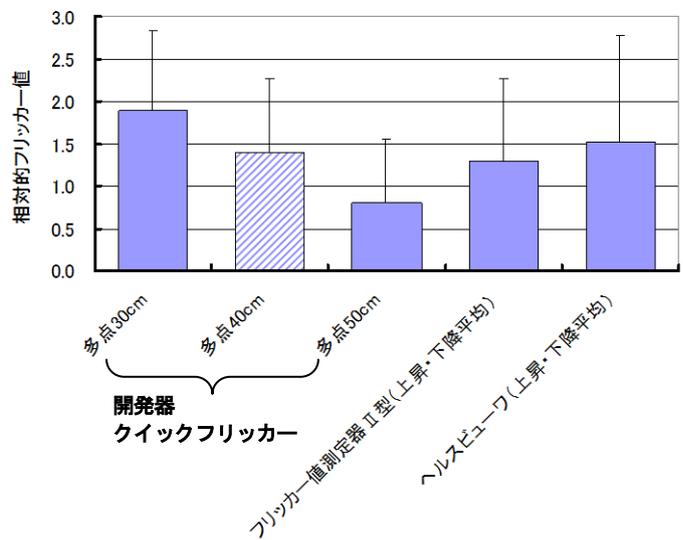
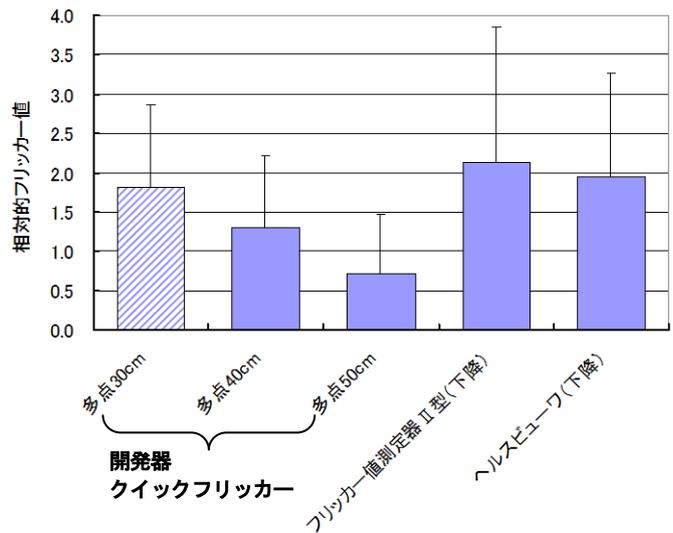


図 6 開発器と従来器によるフリッカー値測定



(a) 従来器が上昇と下降系列の平均値の場合



(b) 従来器が下降系列のみの場合

図 7 開発器と従来器の比較

とフリッカー値測定器Ⅱ型，およびヘルスビューワとの p 値がそれぞれ 0.78, 0.70 となり，それぞれの差が認められなかった。

次に同図(b)は従来器について下降系列のみで平均値を求めた結果を示している。この場合は，開発器と目の距離が 30cm の場合のフリッカー値が従来器の値に近いことがわかる (p 値: 0.50, 0.73)。したがって，上昇系列と下降系列の平均値と同等の評価を用いる場合は，距離を 40cm に，下降系列と同等の評価を用いる場合は，距離を 30cm として測定すればよいという指針が得られる。

図 8 にフリッカー値測定に要する時間の比較を示す。この図は，従来器で上昇系列と下降系列の平均値を求める場合を示している。図からフリッカー値測定器Ⅱ型では，約 1 分，ヘルスビューワでは約 30 秒と長時間を要しているのに対して，開発器のクイックフリッカーでは約 10 秒で測定できることがわかる。

#### 4. おわりに

従来のフリッカー検査は，1 回の測定に時間がかかること，「ちらつき」の判別に迷いが生じる場合があること，さらに，故意性，恣意性の問題を含んでいることが問題であることは冒頭で述べた。これらを解消するため，本研究では，点滅周波数の異なる多点 LED を被検者が同時に視認することにより，境界周波数（フリッカー値）を割り出す測定器「クイックフリッカー」の開発を行った。開発器で測定実験を行った結果，測定に要する時間は，10 秒程度までに下がることわかった。また，「ちらつき」の判別に迷うことがほとんどないことがわかった。

今後は，Arduino のプログラムを改良することにより，点滅周波数の上昇の向きを反転させたり，30Hz～40Hz の周波数の範囲を，例えば 32Hz～42Hz にシフトさせたり，つまり点滅周波数とアルファベット記号との対応を変化させて被検者に判定させ，対応が変化しても同一の周波数を申告するならば，その信頼性は向上し，故意性や恣意性を排除できるものと考えられる。

#### 参考文献

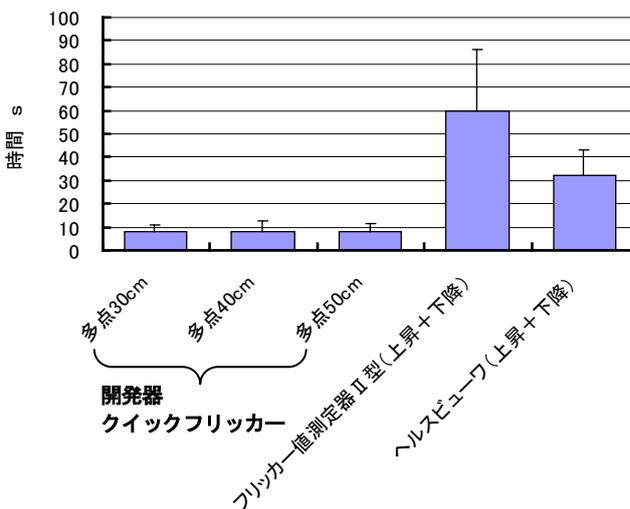


図 8 フリッカー値測定に要する時間の比較

- 1) 橋本邦衛: Flicker 値の生理学的意味と測定上の諸問題，—Flicker Test の理論と実際—，産業医学，第 5 巻，第 9 号，pp.563-578 (1963)。
- 2) 齋藤友幸，内山尚志，and 福本一朗: 労働時精神疲労の低減を目指した最適光環境条件の基礎研究，電子情報通信学会技術研究報告，MBE, ME とバイオサイバネティクス，Vol.101, No.332, p.59-64(2001)。
- 3) 西川雅弥，西原直枝，田辺新一: 中程度の高湿環境下の長時間作業が作業効率と疲労に与える影響に関する被験者実験，日本建築学会環境系論文集，Vol.74, No.638, pp.525-530(2009)。
- 4) 高橋慶多，杜下淳次，田代洋行，中村泰彦: 医用液晶ディスプレイを用いた X 線画像観察による眼の疲労度の客観的な評価，日本放射線技術学会雑誌，Vol.66, No.11, pp.1416-1422(2010)。
- 5) 大崎紘一，菊池 進，三宅博文: 多点フリッカーを用いた作業負担度の評価法，日本機械学会論文集 (C 編)，52, 477, pp.1713-1718(1986)。
- 6) 大槻善樹，米沢宣義，田村武志，大槻宏治，高橋静昭: 集団を対象とするフリッカー値の同時測定とその基礎検討，信学技報，ET93, 24, pp.37-44 (1993)。
- 7) 原田暢善，岩木 直: モバイル端末を用いた精神的疲労計測システムの開発，モバイル学会誌，Vol.2, No2, pp.69-73(2012)。

## 振動工具管理責任者用

### 簡易型・手腕周波数補正振動加速度実効値測定器の開発

#### Development of hand-arm vibration measurement device

○ 前 忠良\*, 吉田成宣\*, 清水和也\*\*, 宮下和久\*\*, 前田節雄\*\*\*\*

\*株式会社大興, \*\*株式会社 DEED, \*\*\*和歌山県立医科大学, \*\*\*\*近畿大学

MAE Tadayoshi\*, YOSHIDA Shigenobu\*, SHIMIZU Kazuya\*\*,  
MIYASHITA Kazuhisa\*\*\*, MAEDA Setsuo\*\*\*\*

\*Taikoh Co.,Ltd.,\*\*DEED Co.,Ltd.,\*\*\*Wakayama Medical University,\*\*\*\*Kinki University

#### 1. はじめに

振動工具を使用する作業において、作業者は振動工具から受ける振動に対するリスクがあり、その障害として白蟻病などに代表される疾病がある。振動工具作業から労働者の安全を管理する目的として、新しい指針が2009年7月10日に厚生労働省から発出された(「振動障害総合対策要綱」厚生労働省、基発0710第5号)。

実作業現場で作業者が使用する振動工具は、使用方法や経年変化、故障等により、振動工具の振動値が変化する。そのため振動工具メーカーからの宣言値との差異が生じる。厚生労働省では、指針の第5号で「振動工具管理責任者」を選定して事前管理の一助とすることとしている。また各事業所に配置し、毎日、振動工具の管理を行うが、そこでは「周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値」の測定が必要となる。

現在、国内において振動工具の振動値を測定する「振動工具管理責任者向けの機器」は、JIS B7761-1に準拠したもので周波数補正加速度実効値を測定できる簡易測定器と、測定時の工具振動加速度の時間波形を記憶して周波数補正加速度実効値以外に周波数分析などを行う汎用計測器の2種類が販売されている。販売価格として、簡易型測定器は100万円前後であり、汎用計測器に至っては数百万円の金額で非常に高価なものである。また操作面においても複雑である。<sup>1)</sup>

振動工具管理責任者は毎日の作業前後に手持ち振動工具の振動値を管理する必要があるが、高価であり、容易に使用することが困難であるため、導入が難しい状況であった。その状況を受け、本研究では、振動工具管理責任者が日々の測定作業の中で容易に取り扱え、周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値を測定できる安価な製品を開発する事を目的とした。

#### 2. 実験

開発製品(図1)の構成として、使用する振動加速度

センサーは、入力加速度200Gまで測定が可能な、安価で扱いやすいMEMS加速度センサーを使用したセンサー(ピックアップ)を採用。測定におけるボタン操作や測定値を表示する本体装置は、設定・操作ステップなどを可能な限り削減して、振動工具管理責任者が簡易に測定できる測定器とした。測定操作は、本体装置の左側の「POWER」を押すと電源が入る。これで測定準備が完了。その後、右側の「START/STOP」ボタンを押すと、測定を開始する。測定を終了するには、同じボタンを押す事で終了し、同時に測定結果が表示される。これら僅か3つの操作で簡単に3軸を同時測定し、周波数補正を行う為、測定結果がそのまま利用可能。

センサーケーブルは、ワンタッチコネクタケーブルを採用し脱着が容易。本体内部にはリチウムイオン充電電池を採用して、連続8時間以上の測定が可能。測定結果は最大10ファイルまでロギング可能。本体は軽量で持ちやすく、センサー(ピックアップ)は、専用ハンドルアダプタで振動工具と共に把持が可能で、測定が容易。<sup>2)</sup>



図1. 開発製品

既に市場で販売されている高価格な振動計測器と性能比較検証を行い、性能における有効性の検証を実施する。比較検証の実験方法としては開発製品とB&K社製4447と行い(図2)、振動検出用ピックアップの評価は、加振器による振動入力での測定値を比較(図3)。



図 2. 比較振動測定器



図 3. 3軸センサー取り付け比較検証

### 3. 実験結果

#### 3.1. 加振器による比較検証

開発製品は、安価な価格で提供できるような製品構成のため、性能確認として現在市販されている高価な計測器と同等レベルの性能を有しているかを検証した結果、同等の測定結果を示しており、簡易測定器として問題が無い事を確認。

#### 3.2. 専用ハンドアームによる加振器比較検証

開発製品は、手持ち振動工具の測定時に容易に振動測定をすることから、専用のハンドアームアダプタにセンサーを取り付けて、加振器による市場製品との比較検証を実施(図4、5)。検証した結果、同等の測定結果を示しており、簡易測定器として問題が無い事を確認。(表1)

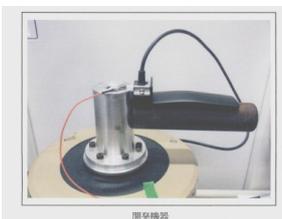


図 4. 開発製品

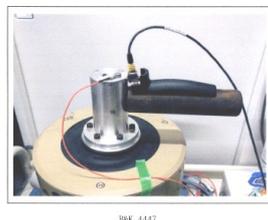


図 5. 市場製品

表 1. 測定結果

(b) 加振器から模擬工具振動を発生させた場合

番号	機器名	x軸	y軸	z軸	振動合成値
1 (1個)	開発機器	20.7	3.7	3.7	21.4
1' (2個)	開発機器	18.7	4.9	3.3	19.6
2	B&K 4447	20.4	4.6	5.1	21.5

#### 3.3. 専用ハンドアームによる実振動工具比較検証

開発製品は、手持ち振動工具の測定時に容易に振動測定をすることから、専用のハンドアームアダプタにセンサーを取り付けて、実振動工具による市場製品との比較検証を実施(図 6、7)。検証した結果、同等の測定結果を示しており、簡易測定器として問題が無い事を確認。(表2)



図 6. 開発製品



図 7. 市場製品

表 2. 測定結果

(c) 実際のインパクトレンチを使用した場合

番号	機器名	x軸	y軸	z軸	振動合成値
1 (1個)	開発機器	8.2	7.2	8.3	13.7
1' (2個)	開発機器	7.7	5.8	7.8	12.4
2	B&K 4447	7.8	5.4	7.3	12.0

### 4. 考察

開発製品と市場製品との比較検証からは、全ての検証から同等の測定値が確認され、簡易測定器として問題が無い事を確認。(但し、JIS 規格の他の要求値は満たしていないため、準じていない製品となっている)。その他、製品の耐環境試験として防塵・防水試験、温湿度サイクル試験等をパスし、屋外でも使用できる耐環境性能を実現。

### 5. まとめ

今回の開発により、振動工具管理責任者が安価で簡単に操作でき、周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値を管理できる製品を市場に供給することができた。これにより、振動作業における振動工具管理を容易に簡便に行えることから、手腕振動障害防止へ寄与するものである。

### 6. 参考文献

- 1) 前田節雄：振動工具管理責任者向け機器の開発状況, 安全と健康, Vol.14, No.3, pp.62-64(2013)
- 2) MAE Tadayoshi : Development of hand-arm vibration measurement device, 第 21 回日本人体振動学会(JCHRV2013), pp.30-37(2013)

# マーカー貼り付けを必要としない3次元動作計測システムの開発

## —歩行計測への応用例—

### Development of Three Dimensional Motion Analysis System without Attaching Marking Points

— One Application to Measuring Walking Parameters —

○石本明生\*, 本多信夫\*\*, 足立和隆\*\*\*

\*, \*\*(株)HAL デザイン研究所 \*\*\*筑波大学

ISHIMOTO Akio\*, HONDA Nobuo\*\*, ADACHI Kazutaka\*\*\*

\*, \*\*Human and Life Design Laboratory, \*\*\* University of TSUKUBA

#### 1. まえがき

今日、主流となっているヒトの3次元動作計測システムは、ヒトの身体に赤外線反射素材の球をマーカーとして装着する方法で、取り扱いの簡便さ等の利点がある反面、かなり高価でマーカーの貼り付けに解剖学的知識と経験と手間を必要とし、マーカーが必ずしも関節位置を見ていないという欠点がある。

一般的に複数のカメラを使用した3次元動作計測でのキャリブレーションは、計測エリア内で、複数の基準点を固定および移動させて行う。これに対して、より簡便なキャリブレーションとマーカーレスを特徴とする3次元動作計測(Anakin)システムの計測原理については、既にご紹介を終えているので<sup>1)</sup>、本報では、歩行への使用例をご紹介します。

#### 2. マーカーレス3次元動作計測システム

##### 2.1 本システムの構成と特徴

本システムは3台の KINECT とキャリブレーション球により構成される。キャリブレーション球を、計測エリア内で2～3m移動させることにより、3台のカメラの座標軸を統合し、各カメラの歪を修正することができる<sup>2)</sup>。そして各カメラから見える被測定物の表面点群を統合して被測定物の体表面点群データを得ることができる。これが本システムの最大の特徴である。

##### 2.2 動作計測への応用

本システムにより得られた体表面点群データを動作解析に応用するために関節点の推定を行う。そのためには、体表面点群データからボリュームデータを作成

し、コンピュータが持つそれに最も近い人体モデルとマッチングさせることにより関節点の推定を行う。

#### 3. 歩行計測

##### 3.1 歩行パラメータ

人間工学分野等でも基礎的なデータである歩行速度、歩幅(ストライド長)を取り上げる。手間のかかる従来法に対して、本研究では、歩行パラメータ計測を、安価且つ簡単で、自動的に行うことができることを目指す。

##### 3.2 着地点の検出

歩幅(ストライド長)の計測は、足として認識されている対象物が、計測エリア内で3サンプリング中(1/10)に歩行進行方向において、高さが最低となり、尚且つ20mm以上移動しなかった場合、足がその位置に接地していると判断し(立脚期)、その位置情報を記録する。その足が移動を開始し(遊脚期)、再度、3サンプリング中に、高さが最低となり、尚且つ20mm以上に移動しなかった場合、次の立脚期と判断し、先に記録した立脚期の足の位置をこの位置から引くことによって歩幅(ストライド長)を求めた。

##### 3.3 歩行実験の被験者および方法

###### (1) 被験者

被験者は健常な成人男性3名であった。

###### (2) 歩行パラメータの計測環境

実験は、縦12m、横7mの室内(フローリング床材)で実施した。実験の長手方向の中央に巻尺(10m)

を貼りつけ、被験者には、巻尺に沿ってこの距離を歩行させた。歩行路の中央部、約 2mの長さにわたり、歩行速度と歩幅の計測を行った。Kinect は、この範囲の計測が十分行えるように、歩行路を歩く被験者の正面および左右の位置の計 3 個所に配置した。また、Kinect の精度検定のために歩行速度、歩幅を別途求めるためのビデオカメラも被験者の左側に配置した。実験に先立ち、歩行路中央の縦、横 2m、高さ約 1.5 m のエリアにおいてキャリブレーション作業を行った。

### (3) 歩行実験

被験者の服装は、普段着である。被験者には、裸足あるいはスニーカー（4種）を履いて通常速度における歩行（通常歩行）、速い速度における歩行（速歩）、遅い速度における歩行（遅歩）、裸足における高齢者を模した歩行（老人歩行）を計 48 試技を行わせ、Kinect による歩行速度、歩幅の計測およびビデオカメラ撮影による同じ試技の歩行速度、歩幅の計測を行った。両計測法における計測値を比較し、Kinect による歩行パラメータの精度検定を行った。

### 3.3 歩行パラメータの計測と検証結果

3名の被験者における様々な歩行 48 試技について、AnakinSystem とビデオカメラによって計測した歩行パラメータを図 1 に示す。いずれも同一試技に関して、x 座標がビデオカメラによって計測した値、y 軸が AnakinSystem により計測した値を示す。さらに、AnakinSystem とビデオカメラによって計測した歩行パラメータに関する相関係数を表 1 に示す。

### 4. 考察

歩行動作は全身の運動なので、歩行パラメータは全身の運動機能の評価の良い指標となる。特に高齢者の同一個人で継続的にその測定を行えば、運動機能低下の前兆や実態を知るための良い指標となる。運動教室あるいは病院、リハビリテーション施設において方向パラメータの計測はあまり行われておらず、これは測定原理こそ簡単であるが、測定方法が多少面倒であるということに起因している。本システムは、一般人でも簡単に操作できるように、特に操作方法に関してはわかりやすさに主眼を置いて設計した。また、被

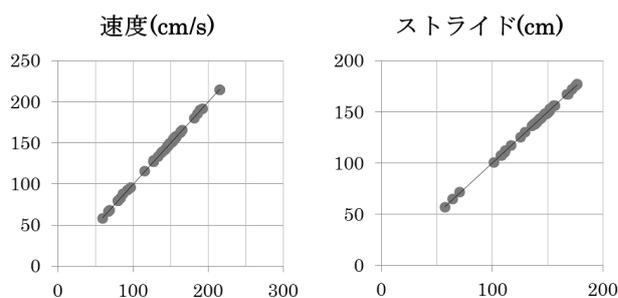


図 1 歩行速度とストライド長の計測値 (AnakinSystem 縦軸、ビデオカメラ横軸)

表 1 AnakinSystem とビデオカメラにおける計測値の相関係数

項目	相関係数
歩行速度	0.999878
ストライド長	0.999784
歩調	0.998553

験者は、計測場所を単に通過してもらっただけで、歩行パラメータの計測が完了する。システムが被験者を自動的に認識し、また一度に 2 名の被験者が画面内においてもそれぞれの歩行パラメータを計測できるので、被験者が流れ作業的に計測場所を通過するような状況でも、各人の歩行パラメータの計測が可能である。

このような付加的な機能がある本システムであるが、基本となる歩行パラメータの計測に関しても、本実験結果が示すように、相関関係と回帰直線の係数がいずれもほとんど 1 であり、精度の点では申し分ない。

### 5. 今後の予定

今後は、本システムをより多くの施設に普及できるように体制を整え、さらに他の動作計測に対する発展、応用についても様々な可能性を視野に入れて取り組む予定である。

### 参考文献

- 1) 石本明生, 本多信夫, 足立和隆 “マーカー貼り付けを必要としない 3 次元動作計測システムの開発—計測原理と開発内容—” 日本人間工学会関東支部第 43 回大会第講演集、2013 年 12 月
- 2) 石本明生, 本多信夫, 足立和隆. “カメラのキャリブレーション方法及びカメラのキャリブレーション装置” 特許(2012)

## 三次元距離画像センサーによる車いす利用者のバリアフリー情報の 収集方法の研究

### A Study of the method for Collecting Barrier-Free Information by Using 3D Range Sensor

○結城麻衣子, 桑原教彰, 森本一成

京都工芸繊維大学大学院

YUUKI Maiko, KUWAHARA Noriaki, MORIMOTO Kazunari  
Kyoto Institute of Technology

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

高齢者人口の増加に伴い、車いす利用者も年々増加している。車いす利用者は通常のトイレでは室内での移動や方向転換が困難であり、また手すりがないと車いすから便座への移動ができず、その利用ができない。よって外出先にバリアフリートイレがあるかどうか分からない状況では、トイレの不安を理由に外出自体を控えることもあり、体力低下など生活に悪影響を与えてしまうおそれがある。このような外出不安を軽減するために、現在、様々なバリアフリー情報が収集され公開されている。しかし、情報は一旦公開されたのちに更新が行われず、実際の情報が間違っている場合も多い。そこで我々は車いす利用者の日常の移動を通してバリアフリー情報を自動的に収集し、車いす利用者がそれをいつでも閲覧できるようなシステムを検討している。

### 1.2 研究目的

本研究の目的の一つは、トイレのバリアフリー情報を三次元距離画像センサーにより自動的に簡便に収集する手法を開発することである。通常、トイレのバリアフリー情報を収集するためには、実際にバリアフリートイレに赴き、入り口の幅、手すりの有無、便座のサイズを実際にメジャーなどで図りながら調査を行なう必要がある。このため調査に時間をかければ、一般利用者によって調査が妨げられてしまう。また利用者自身もトイレの使用前後に調査者が出入りすることにストレスを感じてしまう。そのため、本稿では車いすにマウントした三次元距離画像センサーにより、自動的に簡便にトイレのバリアフリー情報の収集する手法

を検討し、バリアフリー情報収集手段の中で、特徴点検出を SIFT 特徴量及び NARF 特徴量を用いた複数画像間の対応点の検出方法について評価した。

## 2. 三次元距離画像センサーを用いたトイレのバリアフリー情報収集手法

考案したバリアフリー情報収集手法を図 1 に示す。

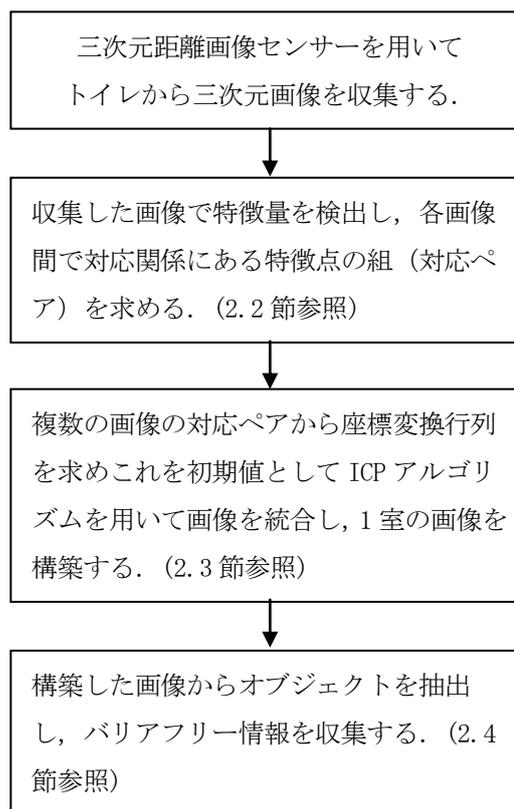


図 1 情報収集手法

### 2.1 画像の収集

本研究では三次元距離画像センサー（Xtion PRO LIVE）を用いて三次元画像を収集した。これは小型かつ電源供給はバスパワーのため、車椅子に取り付

けて使用するのに適していると考えられる。

センサーでは1回の撮影で1つの方向からしか画像データを取得できないので、奥にあるオブジェクトは手前にあるオブジェクトの影となってしまう情報が取得できない。そのため、様々な位置、角度で撮影し、複数の三次元距離画像データを収集した。

## 2.2 特徴点の検出

2.1 で収集した画像から、トイレ1室の情報を手に入れるためには、画像を統合して1室の部屋を構築する必要がある。そのために、複数の画像間で一致する部分の対応を決定する必要がある。その対応を求めるために特徴量を計算し、特徴点を検出する。

特徴点の検出方法として、SIFT 特徴検出(3.1 節参照)やNARF 特徴検出(3.2 節参照)などがあげられる。

## 2.3 ICP アルゴリズムによる三次元画像の統合

ICP アルゴリズムとは広く用いられている三次元形状間の位置あわせ手法である。これを用いて、複数の三次元画像を統合した1つの部屋の全景を作る。以下の手順で行われる<sup>1)</sup>。

- 1 一つまたは2つの画像のメッシュからいくつかの点を選択する。
- 2 1つの点が他方の画像のメッシュのどこに対応するかを求める。
- 3 重み付けをする。
- 4 不要なペアを除外する。
- 5 誤差量を求める。
- 6 誤差量を最小化する。

## 2.4 バリアフリー情報の取得

2.3 で得たトイレの三次元画像データからあらかじめ用意したモデルと比較することでオブジェクト抽出をし、三次元画像に含まれるレンジデータから以下の情報を取得する。

- 部屋の広さ
- 便座の高さ
- 手すりの長さ及び高さ
- 便座と手すりの間隔

- 備え付け設備の有無
  - トイレトペーパー
  - ゴミ箱
  - 洗面台
  - オストメイト など
- 便座と各設備までの距離
- 実際に通行できる入り口の幅

## 3. 実験方法

今回の実験では三次元画像の特徴量として、SIFT 特徴量、およびNARF 特徴量を用い、ユニバーサルトイレの三次元画像から特徴点をカメラアングルに関わらず普遍で抽出できるか、また正しく三次元距離画像間の特徴点を対応付けられるかを評価した。

### 3.1 SIFT 特徴量

SIFT 特徴量は画像のスケール変化、回転、明度変化に頑強な局所特徴量である。また、SIFT アルゴリズムを用いて特徴点を自動算出することができる。SIFT アルゴリズムは以下の手順で行われる<sup>2)</sup>。

- 1 DoG(Difference of Gaussian)を用いて、特徴点の候補点を検出する。DoG とは、Gaussian フィルタを用いて平滑化した画像の変化をみることで特徴的な点を調べていく手法である。
- 2 検出された候補点の中から、特徴点の候補点に向かない点を削除し精度を高めるために候補点位置でサブボクセル推定を行う。
- 3 特徴点のオリエンテーションを求める。オリエンテーションとは特徴点が発見された平滑化画像における特徴点周囲の勾配最大の方向である。オリエンテーションの向きを正規化することで回転に不変な特徴量を算出できる。
- 4 特徴量記述領域を決定し、3 で求めたオリエンテーションに基づいて特徴量を記述する。

### 3.2 NARF 特徴量

NARF 特徴量は三次元画像の距離情報から物体の境界部分を用いて特徴を記述した局所特徴量である。NARF 特徴量は画像のスケール変化、回転に頑強であ

る。NARF アルゴリズムを用いて特徴点は自動算出される。NARF アルゴリズムは以下の手順で行われる<sup>3)</sup>。

1. 各点における点の近傍までの距離、輝度変化を元にして、境界部分であるかの情報と、法線の方法を求めガウシアン平滑化した値を用いて特徴点の候補を検出する。
2. 候補点の中から、閾値を越えた点のみを特徴点とする。
3. 特徴点の記述領域を特徴点の向きを元に決定する。
4. 特徴点のオリエンテーションを求める。
5. 3 で求めた特徴記述領域に 4 で求めたオリエンテーションに基づいて特徴量を記述する。

### 3.3 検出された特徴点

図 2 を入力画像とし、SIFT 特徴量及び NARF 特徴量を用いて特徴点検出を行った結果、図 3 と図 4 に示すような特徴点が検出された。



図 2 入力画像 (0 度画像)

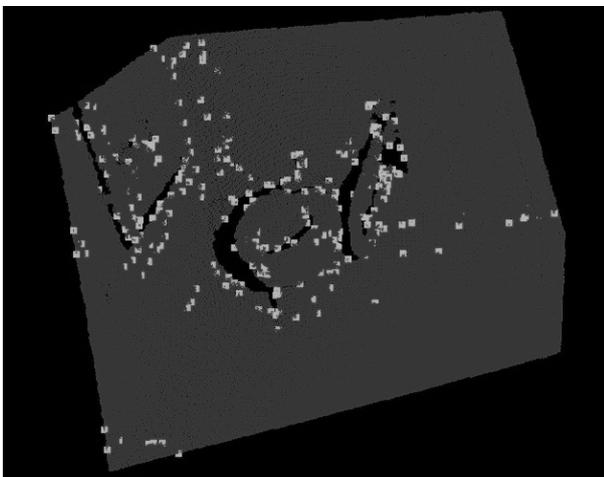


図 3 SIFT 特徴量を用いて求めた特徴点

### 3.4 実験方法

本実験では、SIFT 特徴量及び NARF 特徴量の性能を評価するために、Point Cloud Library を用いて実装したプログラムを使い以下のことを行なった。

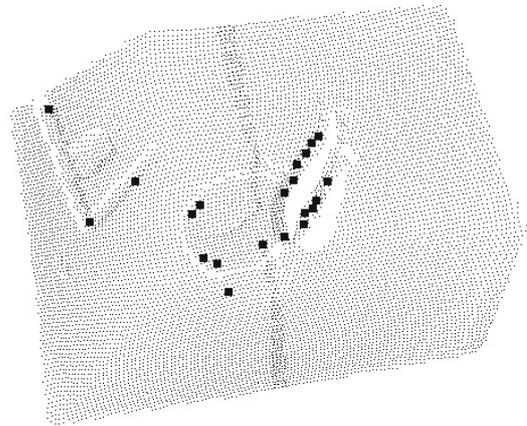


図 4 NARF 特徴量を用いて求めた特徴点

1. 図 2 のバリアフリートイレの三次元距離画像 (0 度画像) とそれを垂直軸方向に 5 度ずつ 45 度まで回転した 9 枚の回転画像の間で特徴点を検出し、画像間の特徴点の対応付けを行った。すなわち対応ペアを求めた。
2. 各回転画像と 0 度画像の特徴点が正しく対応付けられたか、それらの一致率を求めた。具体的には、対応ペアの回転画像の特徴点を 0 度画像の座標系に逆変換し、それが 0 度画像での特徴点に一致すれば正しく対応付けられたとする。

その結果を次章で示す。

### 4. 実験結果

図 2 に示した画像を Z 軸 (垂直軸) 周りに 5~45 度まで 5 度ずつ回転した画像と元画像との対応点のペア数を図 5 と図 6 に示す。

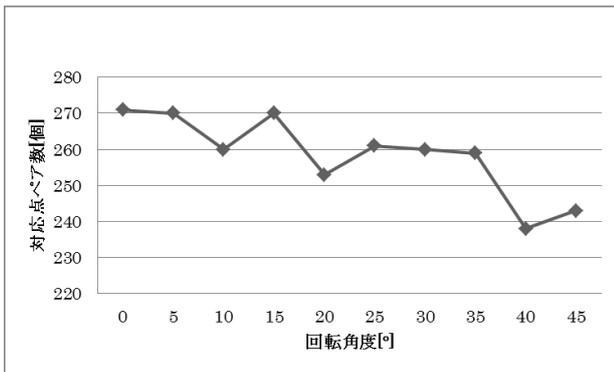


図5 SIFT 特徴量における対応ペア数

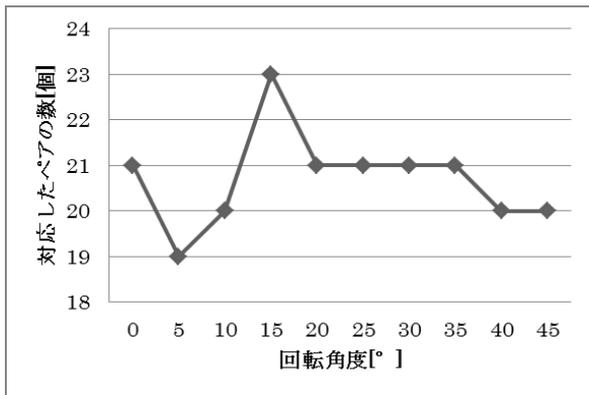


図6 NARF 特徴量における対応ペア数

図5と図6よりSIFT特徴量の方がNARF特徴量よりも特徴点の対応ペアの数は圧倒的に多い。またSIFT特徴量は回転をかけるにつれて対応ペア数が増える傾向が見られるが、NARF特徴量については概ね一定している。

Z軸周りを5~45度まで回転した画像を逆変換して元画像と同じ座標に戻した際の特徴点の対応点の一致率(回転画像の特徴点と元画像のものと一致した対応ペア÷対応ペアの総数)を図7に示す。図7より、NARF特徴量は安定して一致率は100%であるが、SIFT特徴量は98%~100%で変動している。

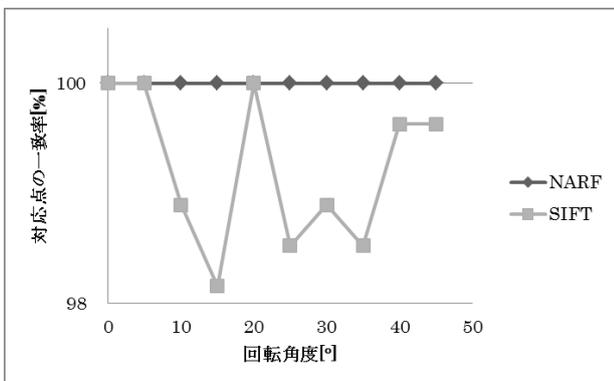


図7 一致率

#### 4. まとめ

本論文では、三次元距離画像センサーを用いたバリアフリー情報の自動収集手法を提案し、提案手法内の処理で必要とする特徴量のうちNARF特徴量とSIFT特徴量の2つで比較を行なった。その結果、SIFT特徴量の方が検出できる特徴点の数が多く、NARF特徴量は検出できる特徴点の数は少ないが対応点の一致から変化に強いことが確認できた。

今後、本論文では言及しなかった他の特徴量(例えばSHOT特徴量)についても検討したい。また実際に統合した三次元距離画像からバリアフリー情報を抽出するアルゴリズムも検討したい。

#### 参考文献

- 1) 増田健：ICP アルゴリズム，情報処理学会研究報告 CVIM，コンピュータビジョンとイメージメディア，pp. 1-8 (2009)
- 2) 渡辺弥壽夫，中村省吾：三次元画像のSIFT特徴量とその応用，信学技報，pp. 201-206 (2009)
- 3) B. Steder, R. B. Rusu, K. Konolige, and W. Burgard: Point Feature Extraction on 3D Range Scans Taking into Account Object Boundaries, the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (2011)

# 日本の伝統文化の高齢者介護への活用と効果検証についての報告

## A study on utilizing Japanese traditional arts in elderly care

○土井輝子\*, 池坊由紀\*\*, 桑原教彰\*\*\*

\*ティー・エム・メディカルサービス, \*\*華道家元池坊, \*\*\*京都工芸繊維大学

DOI Teruko\*, IKENOBO Yuki\*\*, KUWAHARA Noriaki\*\*\*

\* T M Medical Service Co. Ltd., \*\* Ikenobo Society of Floral Art, \*\*\*Kyoto Institute of Technology

### 1. 緒言

「医療と介護の協同により、全ての方の笑顔ある毎日、自分らしい生活の実現を目指します。」ティー・エム・メディカルサービスの運営するグループホーム「かいで」「てらど」の理念である。日常生活や社会生活に支障をきたす状態にある認知症の方は不安と孤独の中で日々を過ごしており、その中核症状（認知機能の障害）よりも、BPSD(行動・心理症状)のために家族の介護負担が大きくなる。このために、介護家族は介護保険のサービスを利用する。

グループホーム（認知症対応型共同生活介護）は認知症の方が少人数でケアを受けながら共同生活を送る介護保険サービスである。物盗られ妄想、興奮、暴力、徘徊等の BPSD に、薬物だけで対応するのではなく、環境を整えその人に寄り添ったケアを提供することでその人らしい毎日を支えようとする認知症ケアに特化した介護保険サービスである。認知症に対する理解を深めることはもちろん、そのケアの工夫と仕掛けは心理療法[1]が中心となる。心理療法には、回想法、音楽療法、園芸療法、アニマルセラピー、などがある。

本稿では、グループホーム「てらど」で心理作業療法の一環として実施した「いけばなおけいこ」について、介護スタッフ、グループホームの入居者の方とその家族が一丸となって取り組むための仕掛けづくり、そしてその効果について検証した結果を報告する。

### 2. 「てらど」での伝統文化の活用例

認知症の記憶障害は直前の記憶の保持が困難になる一方で、昔の出来事は比較的保たれる。そのため、子供の頃や若い時の事はよく覚えている。そうした時代の感覚を取り戻すことは、認知症の方の心理的な安定につながることは知られている。そのために、その方の人生を振りかえりヒストリーに添った話題、レクリエーションを提供することが重要である。

グループホーム「てらど」ではその観点に基づき、ハード、ソフトの両面から認知症の方の、不安の軽減を図り、自主性を重んじ、自己決定する場面の創出、居場所と出番づくりを工夫している。



図1 「てらど」での初釜の様子

日本の伝統文化に根差したレクリエーションもそのひとつで、季節に応じて茶道、華道、着物を着ての行事（初釜、お正月、盆踊り）などの機会を提供している。図1は「てらど」での初釜の様子である。普段、とても着物を着られないと思われるような大変な介護が必要な入居者でも、着物を着ることで昔を思い出してしっかりされる。

本稿で報告する華道については、京都の華道家元池坊のご協力の下で実施しており、グループホーム入居者、地域の高齢者、介護スタッフがいけばなと一緒に習っている。伝統文化である華道は、この国の世間一般に周知されその風土に根ざした慣習、ならわしともいえる。それ故、経験、体験したことがなくても感覚的にイメージし易く、親近感が湧きやすい。伝統文化である華道を取り入れたレクリエーションは多人数を対象にした認知症ケアへ活用できると考えた。

### 3. 方法

#### 3.1 いけばなおけいこの企画

認知症の方を対象としたいけばなおけいこ方法について、健常者を対象とする場合とは異なった配慮が必要となる。いけばなおけいこの中でどういった配慮が必要となるのか、いけばなの先生と介護

スタッフで議論した。まず事前の環境づくりとして以下を実施した。

- 1) いけばなのおけいこがあることを1週間以上前から話題にし、入居者に興味を持って頂く。
- 2) 認知症の入居者本人だけでなく、ご家族に心理作業療法の取り組みについて理解を求める。
- 3) その頃から入居者の体調を整える。特に昼夜の逆転にならないように配慮する。
- 4) 事前に介護スタッフとおけいこの先生がなじみの関係になっておく。
- 5) その過程で、「認知症の人だから理解出来ないのでは」との配慮は無用であることを、おけいこの先生に理解して頂く。

またおけいこについては、以下のことに留意して実施した。

- 6) 当日は入居者を無理なくおけいこの会場に誘導する。体調が悪い、あるいは気が進まない時には無理強いをしない。
- 7) お道具（花鋏、花器、剣山）は全て、本物を使用する。
- 8) 認知症の方は物事への集中の持続が難しいので、いつもより介護スタッフが頻繁に声掛けを行う。また当日の段取りを介護スタッフ、先生方、ボランティア間で共有し、入居者の手持無沙汰な時間を作らない。
- 9) おけいこ中の小さな失敗、低いハードルは許されるが、プライドを損ねることがあってはならない。例えば、花首を切り落としてしまった失敗に対しても、平然と別途用意している新しい花をそっと足して仕上がりが見劣りしないようにする等。
- 10) おけいこ中の各テーブルのメンバーは、日頃の友好関係を考慮して楽しい時間となるよう、折り合いの悪い入居者と同じテーブルにならないようにする

### 3.2 いけばなのおけいこの実施方法

いけばなのおけいこの場所、時間、頻度については以下のとおりである。

- ・場所 グループホーム「てらど」二階リビング
- ・時間 午後2時より2時間程度（おやつを含む）
- ・頻度 月に1回（本稿執筆時点で計5回、それ以降も継続して実施している）

図2はおけいこ中の様子の写真である。おけいこの当日の進め方は以下のようにした。



図2 いけばなのおけいこの様子

- 1) おけいこの当日の午前中は、グループホーム内の雰囲気盛り上げるため、入居者への積極的な声掛けを行い、会場整備等おけいこの準備を始める。
- 2) 午後、昼食後からテーブルに新聞紙を広げ、花器、鋏、剣山等を介護スタッフと入居者協同で運び出す。スタッフはおけいこの参加者の最終確認の上、席を確定する。
- 3) 2時に先生をお迎えし、先生のご挨拶の後、花材の紹介からおけいこが始まる。
- 4) 先生から、どの形式でいけるかホワイトボードを使って説明をして頂く。プリントした教材も配布する。
- 5) その後、入居者は経験の有無、その時々気分自由にお花をいける。先生、助手、介護スタッフ、地域のボランティアは適宜サポートする。
- 6) おおむね3時頃をおやつ時間として休憩を入れる。
- 7) 最後に全員の作品を並べて、お互いに鑑賞する。

### 3.3 いけばなのおけいこの参加者

いけばなのおけいこへの参加者については、例えばグループホームの入居者は、当日の体調の様子で参加できたり、できなかつたりする場合があつて、回によって異なる。このため各回の参加者は以下のようなつた。また「てらど」は地域に開かれたグループホームの運営を特徴としており、地域に在住の高齢者、また地域ボランティアの参加も募つた。

- ・グループホーム入居者 5名～8名
- ・地域の高齢者 2名～4名
- ・地域ボランティア 2名～5名
- ・介護スタッフ 3名～5名

### 3.4 いけばなのおけいこの効果の計測方法

いけばなのおけいこの評価として、グループホーム入居者の心理的な状態を、A いけばなの前、B いけばなの最中、C いけばなの後で評価するため、認知症の機能面別の重症度を評価するスケールである GBS 尺度[2]から感情面の評価を抜粋したものを使用した。

具体的には、「感情鈍麻」、「感情不安定」、「動機付けの低減」、「不安」、「感情の抑うつ」、「落ち着きなさ」の項目を、0（正常）から6（非常に悪い）までの得点で、記録者が評価した。

また事後に池坊の指導者、助手、おけいこに参加した介護スタッフ、記録者へのインタビューを実施して、評価の数字だけでは表れない変化や効果について議論した。

## 4. 結果

これまでに 10 名の入居者の方がいけばなのおけいこを経験されている。このうち 5 か月の間、5 回連続で参加した 4 名の入居者について、A いけばなの前（例えば昼食前）、B いけばな中、C いけばなの後（例えば夕食前）で介護スタッフが GBS 尺度を用いて入居者の様子を評価した結果を、図 3 に示す。

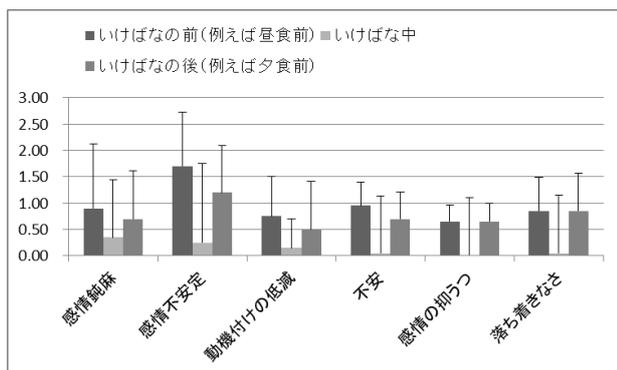


図 3 感情面についての GBS 尺度のいけばな前、いけばな中、いけばな後での比較

図 3 から、いけばなのおけいこ中には GBS 尺度が低下、すなわち感情面での改善が認められている。一方、いけばな後の様子についても、いけばな前に比べて改善の傾向が認められるものがある。一元配置分散分析の結果からは、感情不安定 ( $p<0.01$ )、感情の抑うつ ( $p<0.05$ )、落ち着きなさ ( $p<0.05$ ) でいけばな前、いけばな中、いけばな後の群間平均に有意差があることが示された。

また介護スタッフ、記録者へのインタビューから以下のことが明らかになった。

おやつをはさんで 2 時間以上になることから、入居者によっては体力と集中力が続かず、疲れてウトウト

し始める場合もあった。「てらど」では 1 時間以上、集中出来ない入居者がほとんどであるため、今後、何らかの改善方法が望まれる。

また、入居者と関係性が築かれていない地域の高齢者の参加は、入居者の性格によってはその方たちとコミュニケーションが取りづらく、好意的に受け入れられない場合があった。地域の高齢者、ボランティアの参加は開かれたグループホームとなる反面、そういった入居者への配慮が必要である。

## 5. 結言

認知症になり、喪失感、孤独感、絶望感等多くのストレスを抱えた本人とその介護を担ってきた家族にとって、グループホームでの暮らしが笑顔の見られる毎日でありたい。しかしその生活を支えるスタッフにとって、入居者に個別のプログラムを用意して一人々々に一对一の時間をとることは難しい。このような人的リソースの制限がありながらも、レクリエーションで夢中になった時間は入居者本人はもとより、スタッフにとっても仕事のやりがいにつながる楽しい時間となった。本稿で示したように、レクリエーションに日本の伝統文化である華道を取り入れることは、男女を問わず受け入れられ、五感に働きかけ、癒しの効果をもたらすことが示唆された。一方で、日本の伝統文化が認知症の入居者の感覚に働きかけ、受け入れられるには環境の整備が大きいと思われる。

例えば、華道で使用する花鋏、花器、剣山といった道具を揃えることは、華道のお稽古という体裁を踏襲するためには必要不可欠である。しかし花鋏が刃物で重くて危ないということを理由に最初から軽く持ちやすいクラフト鋏をご用意しておくのでは意味がない。

鋭利な針の集合体である剣山も同様である。実際に使うことが困難であっても本物を揃え、必要な時にあらかじめ準備しておいたクラフト鋏、オアシスなどにさりげなく入れ替えるといった工夫が重要である。

また先生についても同様である。教義を言語で理解できないからといってスタッフが先生役をしても意味がない。正式な流派の先生に教授していただくことが重要である。実際、入居者から「真、副、体」と習いましたがとの言葉があり、花に向かう姿は人生の先輩そのものであった。その姿に接した若いスタッフがケアの双方向性を実感し、尊厳あるケアの積み重ねにつながっていくことを期待している。

未経験者、男女を問わず華道が受け入れられた理由として、前述のとおり、華道は茶道と並んで花嫁修業の筆頭であった時代があり、四季があり自然の恵みを身近に感じてきたこの国の文化として世間一

般に周知され風土に根ざし、心の深い所に共鳴するからだと考える。

また回想療法の視点からは、床の花、庭木の手入れ、幼い頃駆け回った野原、学校の花壇などの花や風景を想起し懐かしい気持ちにつながることも期待できる。実際、コスモスはなじみのある花のようで、入居者からそれを使いたいという要求があった。

池坊の先生からは、「お花と向き合ってください。」と最初に言葉がある。「芽が出て葉が伸びて、光に向かう、その様子をそこに再現してみましよう。」と話して指導される。

それは言語を持たない草花との対話であり、健常者が経験できない認知症を抱える人に向かい合うことに似ている。話さない草花、言語を介してのコミュニケーションを取りづらくなった認知症の人、どちらにも必要なのは、想像力と創造力、思いやりの力である。

花の、葉のつきようを観て、その育ち方を考える、認知症の人と向き合いその人生の物語に思いを馳せる。

どんなに物盗られ妄想で興奮されていた方もおけいこのお誘い掛けにはのっていただき、最中には、夢中になって過去のご自身のことを話されていた。妄想から離れマイナスの気分がプラスに転じたのである。

これからも、華道だけでなく、茶道、香道といった日本の伝統文化を認知症ケアの現場で生かしていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 高橋智：認知症の BPSD, 日老医師, Vol. 48, pp.195-205 (2011).
- 2) Gottfries CG, Brane G, Gullberg B, Steen G: A new rating scale for dementia syndrome, Arch Gerontol Geriatr Vol.1, pp.311-330 (1982)

## 微細気泡と入浴剤の併用による入浴の快適性評価

### Subjective evaluation on micro-bubble bathing with bath additive

○松浦周平\*, 片平建史\*\*, 矢野浩範\*, 長田典子\*\*, 宮一普\*\*\*, 古川誠司\*\*\*

\*関西学院大学大学院理工学研究科

\*\*関西学院大学大学院理工学研究科／感性価値創造研究センター

\*\*\*三菱電機株式会社先端技術総合研究所

MATSUURA Shuhei\*, KATAHIRA Kenji\*\*, YANO Hironori\*, NAGATA Noriko\*\*, MIYA Kazuhiro\*\*\*,  
FURUKAWA Seiji\*\*\*

\*School of Science and Technology, Kansei Gakuin University,

\*\* School of Science and Technology, Kansei Gakuin University / Reserch Center for Kansei Value  
Creation

\*\*\* Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

#### 1. はじめに

日々の入浴には、身体の清潔を保つ働きとともに、心身のリラックスを得る機能が期待されている。特に浴槽を用いた入浴に関して、微細気泡浴の効果が近年注目されている。微細気泡とは直径が数十～100 $\mu\text{m}$ 程度の気泡を指し、微細気泡を含むお湯に入浴することを微細気泡浴と呼ぶ。微細気泡浴に期待される主な効果には、落ち着いた気分になるといった心理的なリラックス効果<sup>1)</sup>と、入浴中や入浴後の温熱効果<sup>2)</sup>が挙げられる。

前報<sup>3)</sup>では、微細気泡浴の心理・生理的效果をさら湯と比較し、心理的效果と温熱効果の両方で微細気泡浴の優位性を検証した。そして、微細気泡の際、気泡量が多い時に高い入浴効果が示唆された。

ところで、入浴の効果を促進する方法としては、他にもさまざまな方法が提案されてきている<sup>4)</sup>。これらの方法と微細気泡を併用することで、微細気泡浴の効果をさらに向上させることが可能であると考えられる。そのような方法の一つとして、入浴剤の使用が挙げられる<sup>5)</sup>。先行研究では入浴剤と微細気泡浴を併用した入浴を検討した例として、清水ら<sup>6)</sup>が体温調節機能の面から検討を行っているが、心理的效果についての検証は行われていない。

そこで本研究では、入浴剤との併用が微細気泡浴の効果を促進するような相乗効果を持つかを心理的な側面から検討する。入浴剤が微細気泡浴の効果を促進する機序としては、まず、微細気泡を発生させる湯中に入浴剤

を投入することで、気泡が形成されやすくなり気泡量の増加が期待される。前報<sup>3)</sup>において、気泡量の多い条件で特に高い入浴効果が確認されており、入浴剤の併用による気泡量の増加が微細気泡浴の効果を向上させる可能性が考えられる。また、入浴剤そのものの効果として、入浴剤によって発生する香りや色によって気分改善効果が促進される可能性も考えられる。本研究ではこれらの要因を別々に取り扱うため、通常の入浴剤の他に無色無香の入浴剤を使用し、微細気泡のみ、入浴剤のみ、2種の入浴剤を併用した微細気泡2種の各入浴条件の間で、心理的效果として気分改善効果の違いを検討した。

#### 2. 方法

##### 2.1 実験参加者

実験は男子大学生24名（平均年齢22.3歳、 $SD=1.3$ 歳）を対象として実施した。実験参加者の入浴習慣は普段の入浴で湯船を用いることがあるという基準で統一した。また、実験前の数日は規則正しい生活を送るよう依頼した。すべての実験参加者に対し、前もって実験の目的および注意事項について詳細な説明を行い、書面による同意を得た上で実験を行った。

##### 2.2 主観評価

入浴による気分状態の改善効果を測定するために、前報<sup>3)</sup>で作成した7項目の気分状態尺度を使用した。

この尺度は入浴の心理的効果を扱った先行研究で主観評価に用いられた形容語を収集して作成されたもので、次の7項目からなる：「さわやかな気分だ」、「体が温かい」、「気分が落ち着いている」、「リラックスしている」、「快適である」、「体が軽い」、「気分が高揚している」。各項目について、8段階のLikert尺度で回答を求めた。

## 2.3 実験環境

実験は三菱電機株式会社先端技術総合研究所の実験室で実施した。実験室の中に入浴のための区画を備え付け、実際に入浴を行う浴室、各種測定や入浴前後の安静時間を過ごすための前室が設けられた。前室の温度環境と浴槽内の湯温は一定のレベルで維持された。前室の気温は入浴前、入浴後ともに25℃に設定され、実際の室温は平均25.5℃ ( $SD = 0.50^{\circ}C$ )、湯温は平均40.1℃ ( $SD = 0.22^{\circ}C$ )であった。

## 2.4 実験条件

実験条件は微細気泡のみを用いた条件と入浴剤浴を用いた条件、これに入浴剤を併用して微細気泡を用いた2つの条件を加えた全4条件であった。入浴剤を併用した微細気泡浴2条件は、無色無香の入浴剤か通常の入浴に使用される市販の入浴剤かで異なった。2種類の入浴剤を用いたのは、入浴剤を併用した場合の心理的効果が高かった場合、それが入浴剤による気泡量の増加によるのか、入浴剤の色や香りの効果によるのかを検討するためであった。なお、入浴剤単体の効果を検討するために、入浴剤のみの実験条件も実施した。

無色無香の入浴剤と微細気泡を併用した条件を微細気泡+無色無香条件、入浴剤と微細気泡を併用した条件を微細気泡入浴剤条件と定義する。入浴剤には、花王バブ®ゆずの香りを使用した。実験は、すべての実験参加者が全条件に参加する被験者内計画で実施された。実験参加者は4回の入浴を1日1回ずつ、日を変えて行った。順序効果が生じないように、各条件に入浴する順序は実験参加者により異なって設定された。また、心理的状態、あるいはこれに影響を及ぼす可能性のある生理的状態の日内の変動を考慮し、同一の実験参加者はすべての入浴を同じ時間帯に行った。

## 2.5 実験手続き

実験プロトコルを図1に示す。実験参加者は別室にて実験の説明を受けてから実験室に移動し、下着とバスローブに着替えた後、前室にて椅座位で15分間安静状態を保った。安静状態の終了直前に入浴前の気分状態についての主観評価を行った。安静時間が終了すると実験参加者はすぐに浴室へ移動し、脇窩までの全身浴を10分間行った。出浴後、実験参加者は身体を拭いてからバスローブと下着に着替え、前室にて椅座位での安静状態を開始した。この間、安静開始後0分、10分、20分時点で気分状態の主観評価の測定を行った。

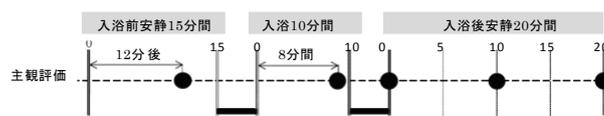


図1 実験プロトコル

## 3. 結果

入浴による気分向上効果の条件間の違いを詳細に検討するため、7項目の形容語の実測値データに基づいて主成分分析を行い、主要な評価軸を導出した。すべての入浴条件と測定時点のデータをまとめて分析を行った結果2つの主成分が抽出され、累積寄与率は75.2%となりデータ全体の情報量の7割以上を説明した。主成分負荷量に基づいて、これら7つの形容語を2つの主成分で構成される平面上に表したものが図2である。評価語の配置を見ると、第1主成分に高い負荷量を持った項目に「リラックスしている」、「快適である」など快適感に結びつく項目が、

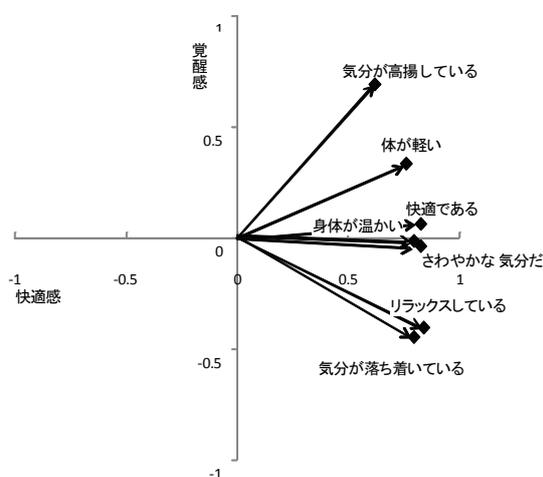


図2 主成分負荷量に基づく7形容語の2次元プロット

第2主成分では正の値に「気分が高揚している」、負の値に「気分が落ち着いている」など覚醒感に結びつく項目が見られた。

次に、主成分分析で得られた第1、第2主成分得点をそれぞれ快適感、覚醒感得点とし、入浴前を基準とした変化量を算出して条件間で比較を行った。図3、図4はそれぞれ快適感、覚醒感得点の変化量の測定時点ごとの推移を条件別に示したものである。実験条件と測定時点を独立変数、得点の変化量を従属変数とした2要因反復測定分散分析を快適感得点、覚醒感得点それぞれについて行った。

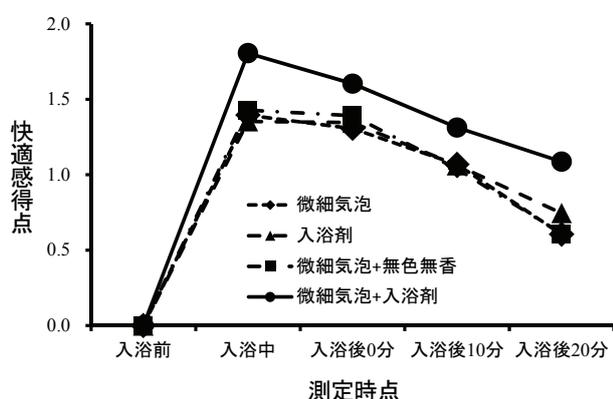


図3 快適感得点の変化量の条件間比較

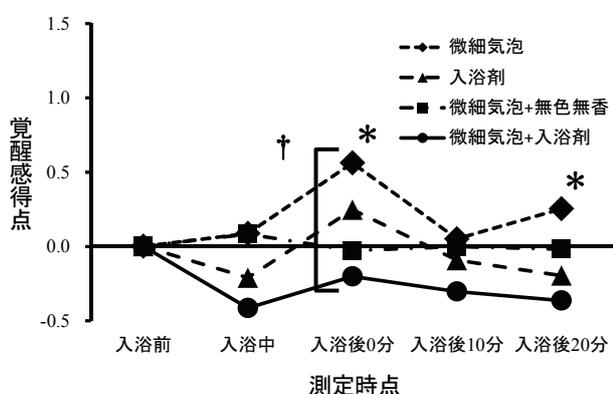


図4 覚醒感得点の変化量の条件間比較

快適感では測定時点の主効果が有意で ( $F(4,92)=3.67, p<.05$ ), 入浴後に快適感得点が向上した。また、有意な結果ではなかったが、データ上では微細気泡+入浴条件で入浴前からの変化量が特に大きい傾向が見られた。覚醒感では、入浴条件と測定時点の交互作用が有意で ( $F(12, 276)=1.89, p<.05$ ), 各測定時点の入浴条件の単純主効果を検定したところ、入浴後0分と

20分で入浴条件の効果が有意で(順に  $F(3,69)=3.67, p<.05$ ,  $F(3,69)=2.82, p<.05$ ), 多重比較の結果入浴後0分では微細気泡条件と微細気泡+入浴剤条件の間に有意な傾向で差が見られた ( $p<.10$ )。

さらに、入浴剤併用時の心理的効果を把握するため、前報<sup>3)</sup>におけるさら湯浴と微細気泡浴のデータとともに、主成分得点に基づく2次元平面上にデータをマッピングした。本研究で測定した気分状態の評価構造は前報<sup>3)</sup>とよく対応していたので、両実験のデータを統合して新たに主成分分析を行い、さら湯、微細気泡、微細気泡と入浴剤を併用した入浴の3つの条件について、気分改善効果を同一平面上で比較した(図5)。なお、この主成分分析は前報<sup>3)</sup>と同じく7項目形容語の変化量に基づくものである。図より、2度の実験で微細気泡条件の評価が似通っていることがわかる。また、微細気泡、微細気泡と入浴剤を導入した場合の気分改善効果への影響を見ると、微細気泡ではさら湯よりも快適感方向への変化が見られ、入浴剤の併用では微細気泡の場合よりも鎮静かつ快適方向への変化が見られた。

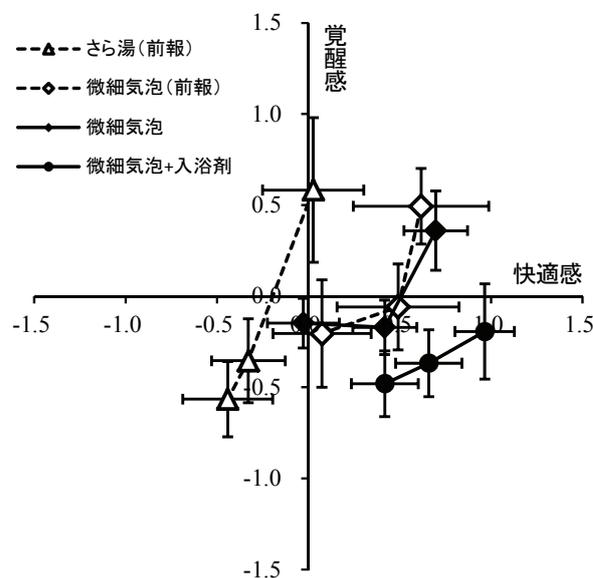


図5 気分状態の変化量の2次元プロット

#### 4. 考察

本研究では、入浴剤との併用が微細気泡浴の効果を促進するような相乗効果を持つかを心理的な側面から検討するため、7項目の形容語から成る心理尺

度によって気分状態の改善効果を調べた。

7項目の形容語についての主成分分析の結果、2つの主成分が抽出され、第1主成分に高い負荷量を持った項目に「リラックスしている」、「快適である」、などが見られ、第2主成分では正の値に「気分が高揚している」など高覚醒の項目、負の値に「気分が落ち着いている」など低覚醒の項目が結びついていた。よって、第1主成分は快適感、第2主成分は覚醒感にそれぞれ対応していると解釈された。これは同じ心理尺度を用いた前報<sup>3)</sup>でも確認された、Russelの感情の円環モデル<sup>7)</sup>と高い共通性が見られる評価構造であり、2度の実験で同様の結果が得られたことから使用した7項目評価語の構造の頑健性が確かめられたと言える。

次に、気分状態の評価構造の検討から得られた「快適感」、「覚醒感」の2つの観点から、微細気泡と入浴剤の併用による相乗効果を検証した。「快適感」得点の入浴前からの変化量に関して、データ上では微細気泡+入浴剤条件の値が大きく快適感の向上が大きかったが、統計的に有意な差は見出されなかった。一方の「覚醒感」得点については、微細気泡と入浴剤を併用した場合に、特に微細気泡のみを用いた入浴に比べて覚醒感の変化量が有意に小さくかつ負の方向へと変化しており、より鎮静的であることがわかった。快適感、覚醒感の両方において、入浴剤条件や微細気泡+無色無香条件では微細気泡条件との差が生じていなかった。このことから、入浴剤の併用による効果が気泡の増加によって得られたのではなく、微細気泡に入浴剤の色や香りがあわさってはじめて促進されたと推察される。

最後に、微細気泡浴が快適感を向上させることを指摘した前報<sup>3)</sup>の結果と比較するため、本研究の結果と同一の2次元平面上にプロットした。この結果、微細気泡条件が2つの実験で非常に類似した評価となっていることがわかり、本研究で用いた心理尺度の信頼性が示されている。また、入浴剤の併用によって鎮静と快適の両方向へと評価が変化しており、入浴剤は微細気泡浴のリラックス感を促進するものと結論付けることができる。なお、各条件間の2次元平面上での評価の変化の大きさを見ると、さら湯条件から微細気泡条件への快適方向の変化と、微細気泡条件から微細気泡+

入浴剤条件への鎮静・快適方向の変化は同程度の大きさであり、微細気泡に入浴剤を併用したときの効果が、さら湯浴と微細気泡浴の差に匹敵するものであると言える。

## 5. 結論

微細気泡浴に入浴剤を併用した場合の効果について心理的側面から検証した。入浴剤の色や香りにより、微細気泡浴の気分改善効果がリラックス方向に変化されることが確認され、入浴剤が微細気泡浴の心理的効果を促進することがわかった。

## 参考文献

- 1) 野中隆 古賀弘子 中塚祐次: 渦流微細気泡浴の生理的・心理的影響, 人間生活工学, Vol. 11, No.2, pp. 42-45 (2010).
- 2) 岩川幹生 小川麻子 佐藤康仁 寺野真明: 微細気泡浴の心理的・生理的効果, 松下電工技報, Vol. 52, No.2, pp. 19-24 (2004).
- 3) 片平建史 饗庭絵里子 矢野浩範 松浦周平 飛谷謙介 長田典子 宮一普 古川誠司: 微細気泡浴の主観評価に基づく快適性評価と体表温度に対する影響の検討, 平成24年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 21-24(2012).
- 4) 西村直記 菅屋潤壹 松本孝朗 加藤雅子 犬飼洋子 西山哲成 緒方昭広 佐藤麻紀 谷口裕美子 米澤弘恵: 人工炭酸泉(1000 ppm)全身浴時の体温, 皮膚血流量, 発汗量および主観的感觉に及ぼす水温の影響, 炭酸泉誌, Vol. 4, No.1, pp. 49-56 (2003).
- 5) 高松衛 中嶋芳雄 銭蘭慧 加藤象二郎: 水溶液の色相による入浴時心理効果の定量化に関する研究, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 799-804 (2009).
- 6) 清水祐樹 河原ゆう子 小粥文雄 岩瀬敏 菅屋潤壹 犬飼洋子 西村直記 佐藤麻紀: 微細気泡浴が循環動態及び体温調節機能に与える影響, 自律神経, Vol. 44, No.6, pp. 418-424 (2007).
- 7) Russell, J. A.: A circumplex model of affect, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 39, No.6, pp. 1161-1178 (1980).

# デジタルマネキンを用いたふとんの運びやすさの向上に関する研究

## Study on Transportation of Japanese-style bedding using a Digital Mannequin

○廣川敬康\*, 三井健太郎\*, 渋江唯司\*, 速水尚\*, 澤井徹\*, 大政光史\*, 廣瀬尚三\*\*

\*近畿大学, \*\* (株)アイヴィス

HIROKAWA Noriyasu\*, MITSUI Kentaro\*, SHIBUE Tadashi\*, HAYAMI Takashi\*,  
SAWAI Toru\*, OHMASA Mitsushi\*, HIROSE Shozo\*\*

\* Kinki University, \*\* Ivis Inc.

### 1. 緒言

日常生活においては、炊事・洗濯・掃除・トイレ・入浴など身体的な負荷がかかる動作が多数存在する。なかでも、ふとんの上げ下げ動作は、大きなサイズのふとんを抱きかかえた状態で身体を動かす必要があり、身体に大きな負荷がかかる動作の典型である。また、ふとんは軽量ながらも大きな物体であるため、抱え込んだ姿勢では身体の動きが制限されるとともに、足下の視界が遮られるために物につまずいて転倒する危険もある。このように、ふとんの上げ下げ動作には課題が多く存在しており、特に高齢者や障がい者にとっては重要な課題である。

本研究では、ふとんに持ち手をつけることによって、ふとんの上げ下げに関わる身体的負荷を低減することを目的とし、その効果をデジタルマネキン<sup>1)</sup>を用いて検証する。

### 2. ふとんの運搬における課題と持ち手

#### 2.1 ふとんの運搬動作

ふとんの上げ下げに関わる動作には、ふとんを押し入れから出す／持ち運ぶ／敷く／たたむ／押し入れにしまうなどさまざまな形態がある。ふとんの上げ下げ時には、多くの場合において上半身や膝、手首などを大きく屈曲したり、肘を広げたりするなどの動作を行う必要があり、身体に大きな負荷がかかる。

#### 2.2 ふとんの持ち手

前項の課題に対し、本研究ではふとんに持ち手をつけることによって身体にかかる負荷を低減することを旨とする。図1に、本研究で提案する2種類の持ち手を



(a) 持ち手 A

(b) 持ち手 B

図1 提案するふとんの持ち手

示す<sup>1)</sup>。

持ち手 A (図1(a)) は、ふとんを3つ折りに畳んだ時の両方の短辺の中央付近に1か所ずつ合計2か所つけた持ち手である。また、持ち手 B (図1(b)) は、ふとんを3つ折りに畳んだ時の短辺と平行に中央付近に2か所で持てるようにつけた持ち手である。

図2に、持ち手をつけたふとんを持ち上げる際の姿勢を示す。持ち手がない場合には、同図(a)に示すように、ふとんを持ち上げる際に上体を大きく倒して両腕を広げた状態でふとんを抱え込む必要がある。しかし、ふとんに持ち手をつけることによって、同図(b), (c)に示すように、その必要がなくなり、身体への負荷が低減することが期待できる。

### 3. デジタルマネキンを用いたふとんの運びやすさの解析

#### 3.1 全体構成

本研究では、デジタルマネキンを用いて、持ち手をつけることによるふとんの運びやすさを解析する。

<sup>1)</sup> 最終的には、持ち手をふとんに縫い付けるなどして固定することを想定しているが、本研究では便宜的に、ひもをふとんに巻きつけて持ち手を実現する。



(a) 持ち手なし



(b) 持ち手 A



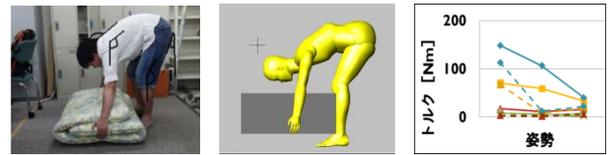
(c) 持ち手 B

図 2 持ち手によるふとんの持ち上げ時の姿勢の違い

デジタルマネキンとは、コンピュータ上に作成する仮想的な人体モデルである。3次元 CAD で作成した製品の 3次元モデルに対して、デジタルマネキンを付加することにより、人が製品を使用する際の姿勢やバランス、視野、力学負荷等を解析することが可能となるため、3次元 CAD を利用した設計段階においても製品の使いやすさを評価することができる。従来、製品の使いやすさは試作品等を用いて設計の終盤で評価されていたが、デジタルマネキンを使用することによって、設計の早期の段階で製品の使いやすさを分析しながら設計を行うことが可能となる。

また、デジタルマネキンは性別や年齢、身長や胴回り等の体格を様々に変更して製品の使いやすさを評価することが容易であることから、多様な特性を有する人に対して使いやすさを評価することにより、ユニバーサルデザインを実現するために用いることができる。

図 3 に、デジタルマネキンを使用した本研究の全体構成を示す。本研究では、①：人がふとんを持ち上げ



① 角度計測 ② 姿勢変形 ③ 負荷解析



(a) 持ち手なし (b) 持ち手 A (c) 持ち手 B

図 3 全体構成

る時／運ぶために保持している時／押入れに収納している時の姿勢を写真撮影し、関節角度を求める。②：①の結果をもとに、デジタルマネキンの姿勢変形を行う。③：ふとんからかかる力をデジタルマネキンの手にかけて身体各部にかかる負荷を解析する。以上の解析を、(a) 持ち手がない場合、(b) 持ち手 A をつけた場合、(c) 持ち手 B をつけた場合について解析することにより、持ち手の効果を検証する。

なお、本研究では、質量が 3.1 kg の敷ふとんを研究対象とし、このふとんを 3 つ折りに畳んだ時の 3次元モデルを長辺 1,000 mm、短辺 700 mm、高さ 300 mm の直方体とする。

### 3.2 デジタルマネキンによる姿勢分析

本項では、(a) 持ち手がない場合、(b) 持ち手 A をつけた場合、(c) 持ち手 B をつけた場合について姿勢分析を行う。

#### (a) 持ち手がない場合

まず、持ち手がない通常のふとんを運搬する際の解析を行う。図 4 に一連のふとんの運搬過程を撮影した写真を示す。また、図 5 にそれぞれの姿勢をデジタルマネキンで再現した姿勢を示す。

#### (b) 持ち手 A をつけた場合

次に、持ち手 A をつけたふとんについて、(a) と同様の分析を行う。図 6 にデジタルマネキンを用いて再現した姿勢を示す。



(1) 持ち上げ時

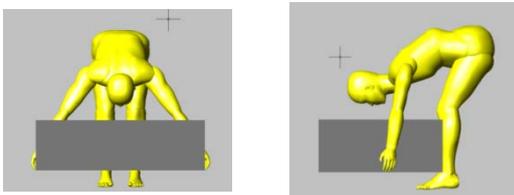


(2) 保持時

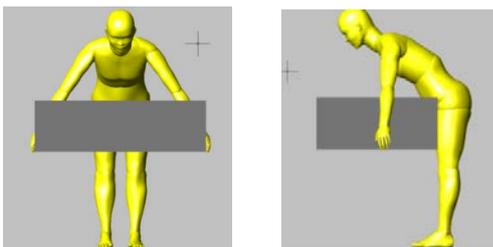


(3) 押入れ収納時

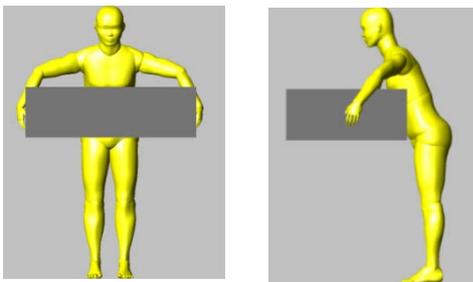
図4 持ち手がない場合のふとんの運搬



(1) 持ち上げ時

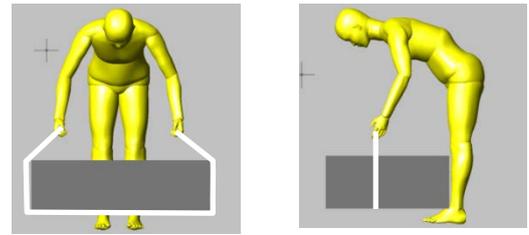


(2) 保持時

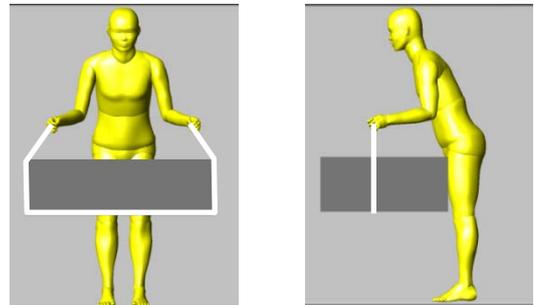


(3) 押入れ収納時

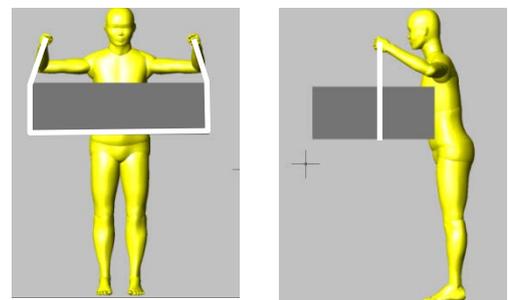
図5 持ち手がない場合のマネキン姿勢



(1) 持ち上げ時



(2) 保持時



(3) 押入れ収納時

図6 持ち手Aをつけた場合のマネキン姿勢

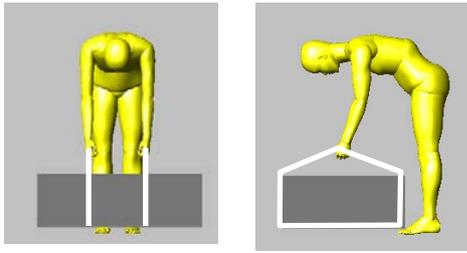
(c) 持ち手Bをつけた場合

最後に、持ち手Bをつけたふとんについて、(a), (b)と同様の分析を行う。図7にデジタルマネキンを用いて再現した姿勢を示す。

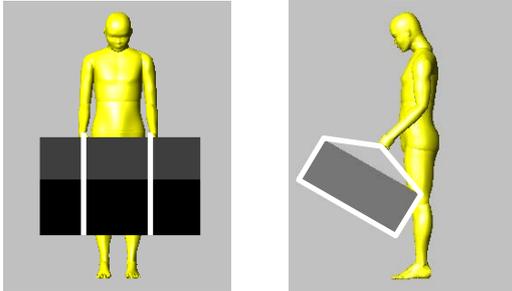
以上より、ふとんに持ち手をつけることによって、(1) 持ち上げ時、(2) 保持時、(3) 押入れ収納時のいずれの姿勢においても身体が起立していることがわかる。

3.3 デジタルマネキンを用いた負荷の解析

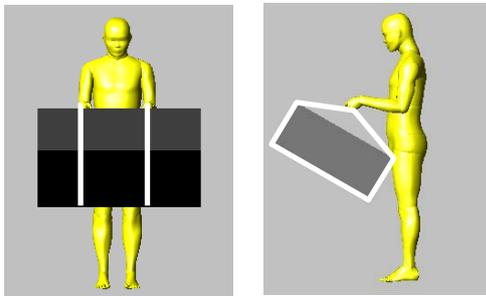
図8に、各姿勢において、デジタルマネキンの両手にふとんによる外力をかけた時に身体の主要部位にかかるモーメントを示す。同図より、持ち手をつけることによって各部位に作用するモーメントが低減しており、特に大きな負担がかかる腰部(図中で



(a) 持ち上げ時



(b) 保持時



(c) 押し入れ収納時

図7 持ち手Bをつけた場合のマネキン姿勢

は「腹」と記載)では、持ち上げ時には持ち手A、保持時と押し入れ収納時には持ち手Bをつけた場合にトルクが最小となっていることがわかる。

#### 4. 結言

本報では、持ち手をつけることによってふとんを運ぶ際の負荷を低減することが可能であることを、デジタルマネキンを用いて検証した。今後は、姿勢の再検証やさまざまな体型での検証を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 廣川敬康ほか: デジタルマネキンを用いた介護用シャワーチェアの人間工学設計, 日本人間工学会第53回大会講演論文集, (2012), pp. 408-409.

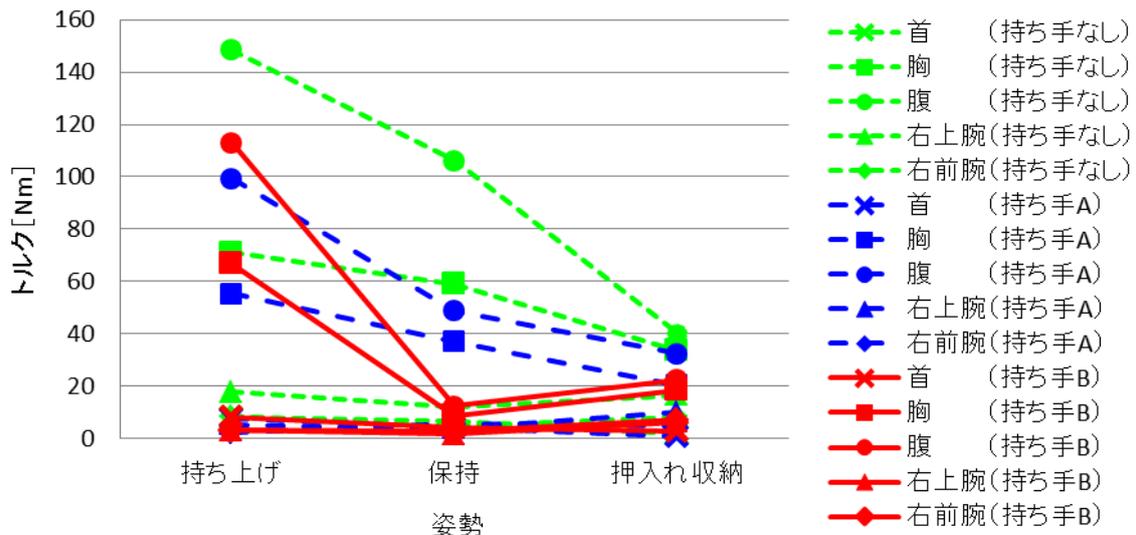


図8 持ち手の種類と負荷の解析