ISSN 1341-7614

2015年度
一般社団法人　日本人間工学会関東支部
第45回大会/第21回卒業研究発表会
講演集

Proceedings of the 45th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Proceedings of the 21st Graduation Thesis Presentation,

Japan Ergonomics Society

2015年12月12日(土)・13日(日)

東京電機大学

2015年度
一般社団法人　日本人間工学会
関東支部第45回大会
講演集

Proceedings of the 45th Annual Meeting of Kanto-Branch,
Japan Ergonomics Society

会　期　2015年12月12日(土)・13日(日)
会　場　東京電機大学　埼玉鳩山キャンパス
大会長　矢口　博之

目　次

大会概要 III
事務局からのご案内 IV
会場へのアクセス V
会場案内 VI
大会スケジュール VII
大会プログラム VIII

抄録
　企画セッション 1
　一般講演 13
　パネルディスカッション（公開講座）「人間工学とキャリアデザイン」 74

卒業研究発表会抄録
　卒業研究発表 77

広告 163
実行委員 166

大会概要

1．会　期

平成 27 年 12 月 12 日（土）～ 13 日（日）

2．会　場

東京電機大学　埼玉鳩山キャンパス（埼玉県比企郡鳩山町石坂）　12 号館

3．大会長

矢口　博之（東京電機大学）

4．主　催

一般社団法人　日本人間工学会　関東支部

5．日　程

12 月 12 日（土）　一般公演，卒業研究発表，支部委員会，支部総会，
パネルディスカッション（公開講座），懇親会

12 月 13 日（日）　一般公演，卒業研究発表

6．参加受付

事前受付：正会員　5,000 円，非会員　6,000 円，学生（大学院を含む）　1,000 円

当日受付：正会員　6,000 円，非会員　7,000 円，学生（大学院を含む）　1,000 円

※学生の公開講座のみの参加は無料です。

※日本人間工学会の賛助会員の方は全て正会員扱いとなります。

講演集　：　2,000 円

7．懇親会（大会参加者のみ）

場所：4 号館 1 階　HATO CAFE

日時：12/12(土)　18:00 ～

会費：4,000 円

8．事務局

日本人間工学会関東支部第 45 回大会運営事務局

〒 350-0394　埼玉県比企郡鳩山町石坂　東京電機大学理工学部

エルゴノミクスデザイン研究室内

TEL：049-296-5546，FAX：049-296-5311，E-mail：jeskanto45@yaglab.net

日本人間工学会関東支部 第 45 回大会 運営事務局

〒 100-0014　東京都千代田区永田町 2-9-6 十全ビル 4 階（株）ドーモ 内

担当：井出義之

ＴＥＬ：03-5510-7923 ＦＡＸ：03-5510-7922，E-mail: jeskanto@do-mo.jp

URL: https://www.ergonomics.jp/local-branch/kanto/kb45meeting/index.html

事務局からのご案内

食　堂

７号館（厚生棟）

第２食堂（樹海）がご利用いただけます。

営業時間　11:00 ～ 14:00

９号館　２階の売店（ヤマザキデイリーストア，土曜日のみ）もご利用いただけます。

営業時間　9:00 ～ 17:00

※日曜日は食堂，売店ともお休みです。お弁当をご持参いただくか，学外の施設をご利用下さい。

休憩所

１２号館１階アトリウムをご利用ください。併設で企業展示を行っております。

駐車場

本館横の学生駐車場をご利用ください。

喫煙場所

建物内は全館禁煙です。１２号館入り口横の喫煙所をご利用ください。

一般演題，卒業研究発表会の発表者の方へ

発表時間は，発表１０分，質疑応答４分，入替１分の計１５分です。時間厳守にてお願いします。

発表時間の経過をベルにてお知らせします。８分で１鈴，１０分で２鈴，１４分で３鈴です。

発表者の方はご自分の PC をご持参ください。

ビジュアルエイドとしてプロジェクタをご用意します。

プロジェクタの接続にはアナログ RGB(D-Sub15)，HDMI がご利用いただけます。

持参される PC によっては専用のアダプタが必要ですので，忘れずにご用意ください。

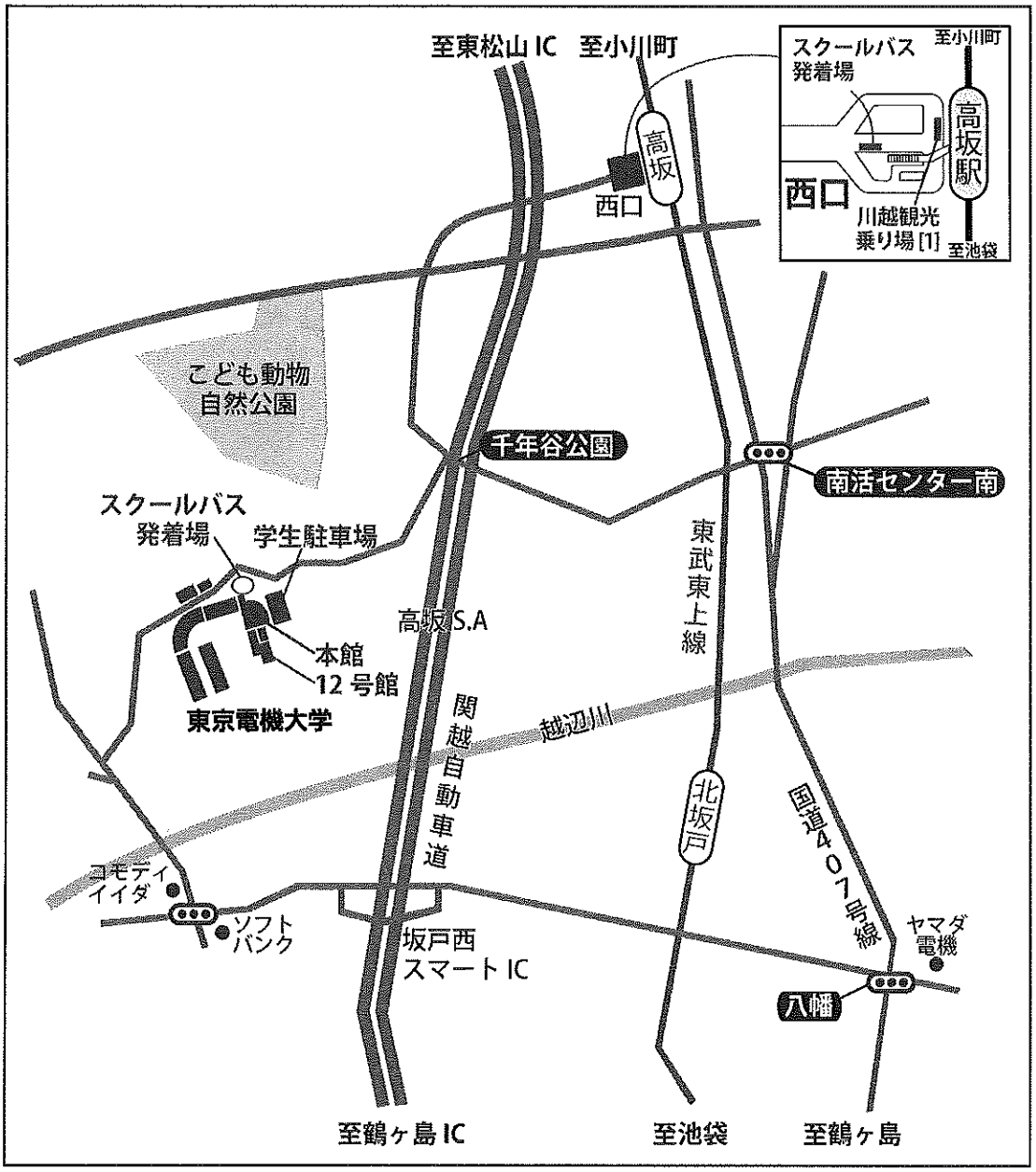
座長の方へ

座長の先生は，ご担当セッションの３０分前までに受付をお済ませください。

発表セッションの時間内にすべての発表が終了できますようご協力をお願いいたします。

卒業研究発表会をご担当される座長の先生には，表彰関連のお願いがございます。受付にてご説明申し上げますので，よろしくお願い申し上げます。

会場へのアクセス



・東武東上線高坂駅西口下車

東京電機大学行きスクールバス 7 分（無料，日曜日は運行しません）

時刻表　https://www.cse.dendai.ac.jp/campus/access/bus_school.html

川越観光自動車　[1] 東京電機大学本館前行き 10 分（210 円）

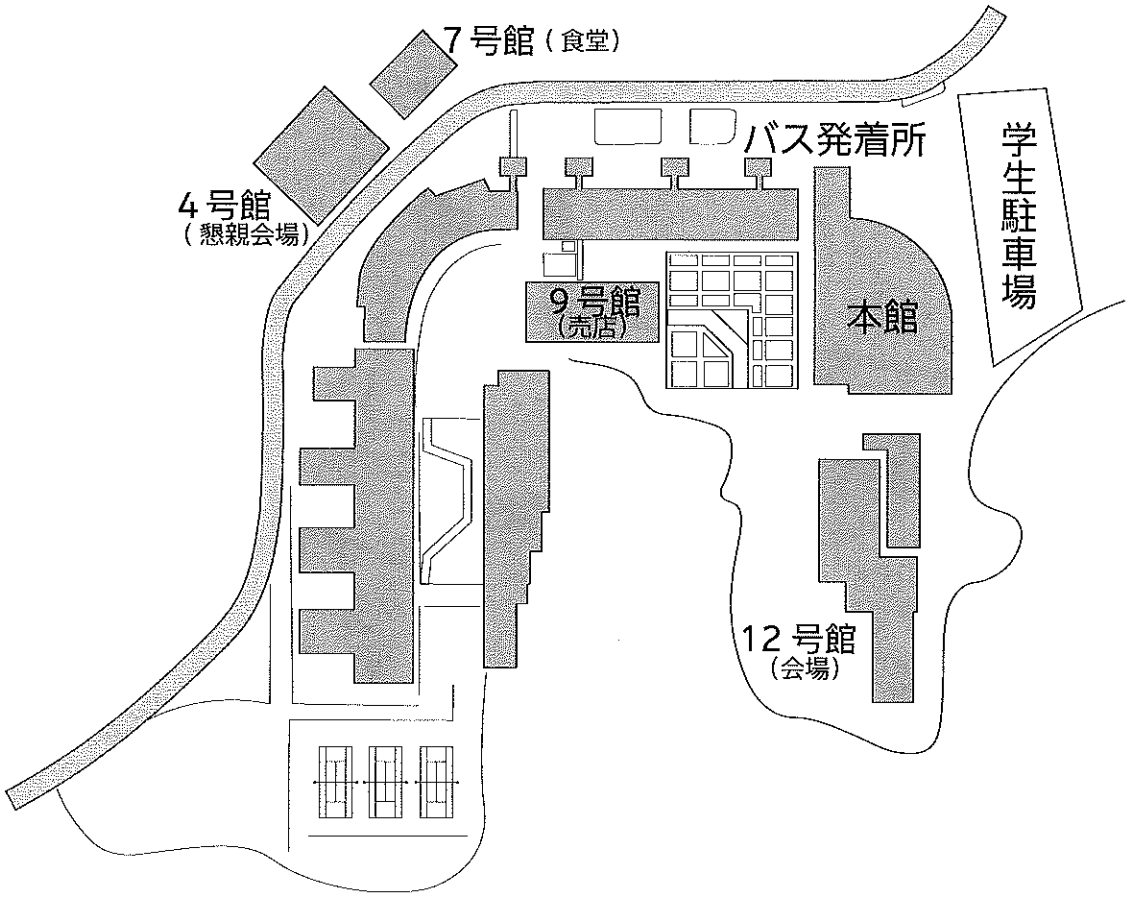
時刻表　http://www.asahibus.jp/html/time/201303taka02_1.pdf

・お車でお越しの場合

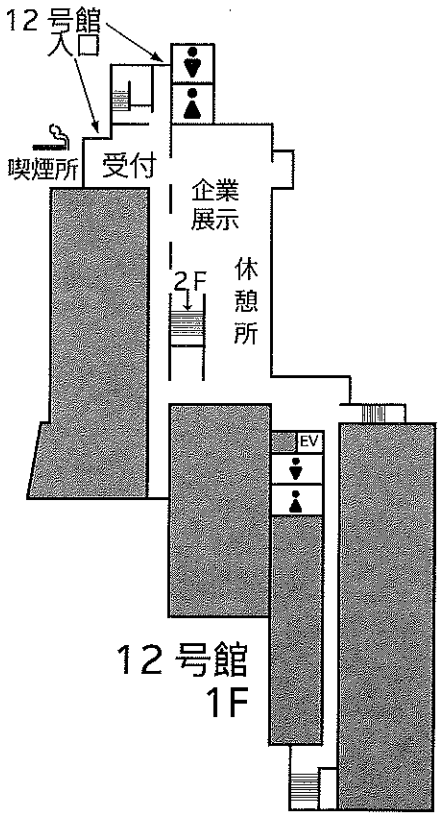
関越自動車道　坂戸西スマート IC より 8 分

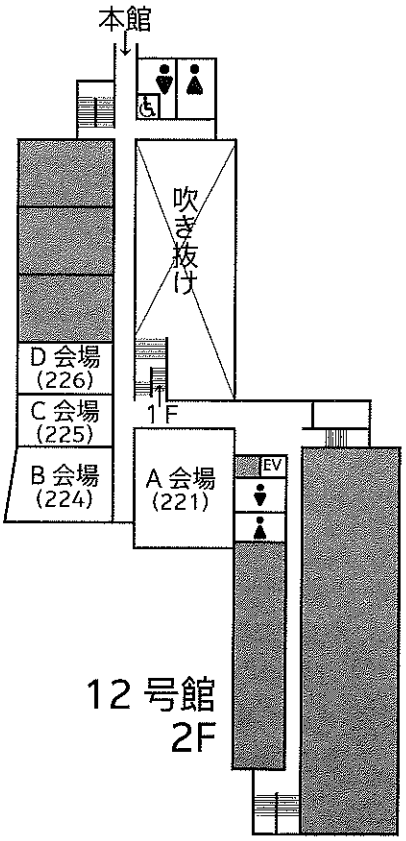
会場案内

会場全体図（東京電機大学　埼玉鳩山キャンパス）



会場案内図（12号館，1F，2F）





大会スケジュール・プログラム

2015年度　一般社団法人　日本人間工学会
関東支部第45回大会/第21回卒業研究発表会　大会日程

大会１日目　12月12日(土)　受付：8:45～12号館 1階　エントランス

	A会場 (211教室)	B会場 (224教室)	C会場 (225教室)	D会場 (226教室)	アトリウム
8:45					受付開始
9:30 9:45	UX・ユーザビリティ	交通・安全	行動・動作		機器展示 (休憩所)
10:45	卒業研究発表会(1)	卒業研究発表会(2)	卒業研究発表会(3)	卒業研究発表会(4)	
12:00		支部委員会			
13:00	支部総会				
14:00	人間工学と キャリアデザイン (公開講座)				
15:30	卒業研究発表会(5)	卒業研究発表会(6)	卒業研究発表会(7)	卒業研究発表会(8)	
16:45	姿勢	生理・生体	視覚・習熟	感覚・感性	
18:00	懇親会 (HATO CAFÉ)				
20:00					

大会2日目　12月13日(日)　受付：9:30～ 12号館 1階　エントランス

	A会場 (211教室)	B会場 (224教室)	C会場 (225教室)	D会場 (226教室)	アトリウム
9:30					受付開始
10:00		卒業研究発表会(9)	卒業研究発表会 (10)	卒業研究発表会 (11)	機器展示 (休憩所)
11:00		人間工学専門家の活動紹介2015 winter(企画)	教育・人間工学応用		
12:30					

12月12日　土曜日

（発表10分，質疑4分，入れ替え1分）

A会場(221教室)

1A1　UX・ユーザビリティ [9:30-10:30]
座長：境薫(富士通デザイン株式会社)

1A1-1	若年者と高齢者の液晶タッチパネル操作の比較	磯野春雄・斉藤雄介・竹ノ内良行(東京電機大学ほか)
1A1-2	視線計測システムを応用したフォントの視認性評価	河村拓也・矢口博之(東京電機大学)
1A1-3	視線データ解析によるUI操作時の探索・情報取得状態の判別	池本佳史・西内信之(首都大学東京)
1A1-4	表情を用いたUX評価手法の研究	青木星磨・西内信之(首都大学東京)

1a2　卒業研究発表会(1) [10:45-11:45]
座長：渡邉裕(医療情報推進機構)

1a2-1	行動変容を目標としたインフォグラフィックス制作指針の提案	八田野沙彩(早稲田大学)
1a2-2	符号化入力方式を用いた視線入力の検討	佐々木優貴乃・鷲谷亮・大矢哲也(日本医療科学大学)
1a2-3	一般医薬品添付文書の理解度向上に関する研究	法師人大基・三林洋介(都立産業技術高専)
1a2-4	新旧輸液ポンプの模擬投薬タスクにおける行動分析	田口雄基・高尾秀伸・鈴木聡(神奈川工科大学)

支部総会　(13:00-13:50)

1AS パネルディスカッション(公開講座) 14:00-15:15
「人間工学とキャリアデザイン」

1a3　卒業研究発表会(5) [15:30-16:30]
座長：三澤哲夫(千葉工業大学)

1a3-1	公共誘導サインにおける経路探索行動のUX向上に関する研究ー誘導サインの矢印に注目してー	金川智耶・吉武良治(芝浦工業大学)
1a3-2	ヒール靴着用時の重心バランスの加速度計を用いた解析	西牧侑香・三田隆広・大矢哲也・川澄正史・小山裕徳(東京電機大学ほか)
1a3-3	法改正が飲酒運転事故に及ぼす影響について	大山このみ・遠藤有紗・成田澪・本田麻惟子(東北学院大学)
1a3-4	筋負担評価に基づく自動車用コンソールボックスの操作性	白土拓磨・石橋基範(日本大学)

B会場(224教室)

1B1　交通・安全 [9:30-10:30]
座長：舩田眞理子(白鴎大学)

1B1-1	心拍と呼吸の非接触計測による座位における覚醒度低下の検出	前田崇斗・橋爪絢子・松井岳巳(首都大学東京)
1B1-2	マイクロ波レーダーを用いた迅速・熱中症スクリーニングシステムの開発―心拍数，呼吸数，体表面温度を用いた判別可能性の検討―	渡井康之・松井岳巳(首都大学東京)
1B1-3	自動運転における操作切り替え後のドライバ応答に関する研究	相良泰・高田一・松浦慶総(横浜国立大学)
1B1-4	温水用身体洗浄装置の開発	佐藤裕和・高田一・松浦慶総(横浜国立大学)

1b2　卒業研究発表会(2) [10:45-11:45]
座長：深谷直樹(都立産業技術高専)

1b2-1	計算課題の正誤における事象関連電位の相違に関する研究	松田拓真・長谷川祐司・舩田眞里子(白鴎大学)
1b2-2	指装着型ポインティングデバイスの開発	中村洸樹・佐藤雅也・小山裕徳・川澄正史(東京電機大学)
1b2-3	音を用いた歩行者信号における経過時間の把握方法	村瀬裕子・吉武良治(芝浦工業大学)
1b2-4	光電脈波センサーを用いたうつ診断システム開発のための認知的負荷課題の検討	佐藤直孝・橋爪絢子・松井岳巳(首都大学東京)

支部委員会(12:00-12:50)

1b3　卒業研究発表会(6) [15:30-16:30]
座長：久宗周二(高崎経済大学)

1b3-1	パラレルリンクを用いた多機能車椅子の開発	押本泰貴・深谷直樹(都立産業技術高専)
1b3-2	踏み方によって歪み具合を変えられるギター用エフェクター	田口靖真(法政大学)
1b3-3	足圧分布計を用いた歩きスマホの歩行解析	大貫誠・三田隆広・小山裕徳・川澄正史(東京電機大学)
1b3-4	感染症スクリーニングシステム(KAZE KAMO)におけるサーモパイルアレイを用いた体温測定の精度向上―室温補正およびシステムの個体差補正―	渡邉明央・松井岳巳(首都大学東京)

12月12日　土曜日

C会場(225教室)

1C1　行動・動作 [9:45-10:30]
座長：鈴木郁(法政大学)

1C1-1	歩行中の携帯電話使用に関する基礎的研究	小松史旺・小林吉之・持丸正明・三林洋介(都立産業技術高専ほか)
1C1-2	２者で行われる遠隔操作課題に対する協調行動の定量的評価	錦織さなえ・高橋雄三(広島市立大学)
1C1-3	ユーザ間の親和欲求に着目した選好対象の推定―グループカラオケでの楽曲選択を対象として―	石田三香子・中西美和(慶應義塾大学)

1c2　卒業研究発表会(3) [10:45-11:45]
座長：阿久津正大(玉川大学)

1c2-1	3次元ジェスチャー入力インタフェースのためのユーザビリティ評価項目の検討	酒井恭平・西内信之(首都大学東京)
1c2-2	光電脈波センサーによる簡易なHRV計測の提案とその精度検証	扇谷彩・橋爪絢子・松井岳巳(首都大学東京)
1c2-3	光トポグラフィーを用いた脳血流評価に基づくオミッションの検出	宮本健史・清水 健太(法政大学)
1c2-4	わかりやすさ向上のためのユーザ印象に基づくワーディング手法の提案	三代川陸・石橋基範(日本大学)

1c3　卒業研究発表会(7) [15:30-16:30]
座長：鳥居塚崇(日本大学)

1c3-1	安全運転行動に対する内発的動機づけに及ぼす言語的報酬の効果	磯崎和豊・石橋基範(日本大学)
1c3-2	災害時被災者支援のためのサムネイル画像を用いた検出時間とクリック回数による初期値について	山下真樹・菅貴之・武藤憲司・八木一夫・三林洋介・浅井紀久夫・近藤喜美夫(芝浦工業大学ほか)
1c3-3	鉄道車両のフリースペースを活用した腰掛けの人間工学的開発	青木孝憲・三林洋介(都立産業技術高専)
1c3-4	人間中心設計に基づく共有フォルダ設計ガイドの提案―学習塾の共有フォルダを対象として―	内海太加志(早稲田大学)

D会場(226教室)

1d2　卒業研究発表会(4) [10:45-11:45]
座長：加藤麻樹(早稲田大学)

1d2-1	人の有無の判別を目的とした簡易加速度センサの製作	橋功大(法政大学)
1d2-2	骨導音に対する生体材料を用いた振動伝搬特性の計測	徳永剛・武藤憲司・高橋康次郎・八木一夫(芝浦工業大学ほか)
1d2-3	スマートフォン用宿泊サイトのユーザビリティ評価	松下亮太・西内信之(首都大学東京)
1d2-4	協和音と不協和音演奏時における事象関連電位の研究	齋藤真菜・船田眞里子(白鴎大学)

1d3　卒業研究発表会(8) [15:30-16:30]
座長：中本和宏(千葉工業大学)

1d3-1	赤外線熱画像から身長差検出による非接触検疫システムの精度向上	土方遼太郎・孫光鎬・宮田圭輔・渡辺彩乃・松井岳巳(首都大学東京ほか)
1d3-2	ウェアラブルデバイスを用いたUXデータの取得	山中章矢・西内信之(首都大学東京)
1d3-3	イラストの描き手の意図と鑑賞者の受け取り方に関する生理指標を用いた研究	市田怜・船田眞里子(白鴎大学)
1d3-4	視線追尾センサを用いた未知英単語自動検出システム	井谷光里・上岡英史(芝浦工業大学)

12月12日　土曜日

（発表10分，質疑4分，入れ替え1分）

A会場(221教室)

1A4　姿勢 [16:45-17:45]
座長：瀬尾明彦(首都大学東京)

1A4-1	ノートパソコン作業時における体幹背部形状変化の測定に関する研究	吉田誉虎・堀内邦雄・青木和夫(工学院大学ほか)
1A4-2	脚立上での最大前方リーチ距離および作業姿勢の計測	菅間敦・大西明宏(労働安全衛生総合研究所)
1A4-3	リカンベント自転車におけるエネルギー効率の高いシートバック傾斜角の検討	五十嵐文貴・熊谷謹・片山遼介・高尾秀伸・高橋勝美((株)SBCほか)
1A4-4	眼科顕微鏡手術執刀医の姿勢に関する人間工学的評価	村重新・三家礼子・渡部晃久・野呂影勇・小山秀紀・藤木通弘・戸上英恵・八谷百合子・渡辺検子・石橋真吾・森田啓文・近藤寛之(早稲田大学ほか)

B会場(224教室)

1B4　生理・生体 [16:45-17:45]
座長：三林洋介(都立産業技術高専)

1B4-1	体表脈波を用いた自動車ドライバの集中力判定に関する研究	遠藤浩太・高田一・松浦慶総(横浜国立大学)
1B4-2	心拍数変動指標による非接触・睡眠段階推定における可変移動平均法の提案	鈴村和季・程漢・香川正幸・橋爪絢子・松井岳巳(首都大学東京)
1B4-3	報酬内容の教示が精神作業中の心血管系反応に及ぼす影響	劉欣欣・石松一真・外山みどり・岩切一幸(労働安全衛生総合研究所ほか)
1B4-4	睡眠時無呼吸・低呼吸イベント発生時の心拍数変動指標(HRV)ダイナミクスの解析	程漢・鈴村和季・香川正幸・橋爪絢子・戸島洋一・松井岳巳(首都大学東京ほか)

懇親会(18：00～20：00) @HATO CAFE

12月13日　日曜日

A会場(221教室)

B会場(224教室)

2b1　卒業研究発表会(9) [10:00-10:45]
座長：武藤憲司(芝浦工業大学)

2b1-1	タッチパネル操作性向上のための触覚フィードバック方法	北尾舞冬・三田隆広・小山裕徳・川澄正史(東京電機大学)
2b1-2	人の向性と小説への自己投影との関係性	木村重裕・高橋直央(東京電機大学)
2b1-3	「楽しい」の構造について－よりよいサービスデザインのために－	押野沙紀・吉武良治(芝浦工業大学)

2BP　企画セッション [11:00-12:30]
「人間工学専門家の活動紹介2015 winter」

2BP-1	遠隔コミュニケーション支援技術の人間工学とテレワークシステム	深澤伸一(沖電気工業株式会社)
2BP-2	UX デザインによる車内インフォテインメント・システムの開発―カーUX の概念実証(Proof of Concept)―	太田智子(パイオニア株式会社)
2BP-3	ユーザー中心設計アプローチの紹介	横田祐介(日本アイ・ビー・エム株式会社)
2BP-4	視覚障害者誘導用ブロックの人間工学―２つの研究事例―	大野央人(鉄道総合技術研究所)
2BP-5	人間工学専門家認定機構の動向2015	吉武良治(芝浦工業大学)

12月12日　土曜日

C会場(225教室)

1C4　視覚・習熟 [16:45-17:45]
座長：福住伸一(NEC)

1C4-1	エッジ強調画像と質感印象との関係	堀越尚志・亀田晃宏・磯野春雄・勝又洋子(東京電機大学)
1C4-2	HMD(Head Mounted Display)及びスマートフォン使用時の周辺視覚刺激に対する反応	戴可嘉・松本啓太・下村義弘・勝浦哲夫(千葉大学ほか)
1C4-3	車載用３Ｄヘッドアップディスプレイの視認性評価	城戸恵美子・香林さやか・佐藤理朗・太田脩平・結城昭正(三菱電機(株))
1C4-4	ユーザインタフェース作業における習熟度の定量化に関する研究	荒井俊貴・西内信之(首都大学東京)

D会場(226教室)

1D4　感覚・感性 [16:45-17:30]
座長：吉武良治(芝浦工業大学)

1D4-1	商品理解度・嗜好傾向と商品への反応に関するERPを用いた研究	伊佐山晟矢・船田眞里子(白鴎大学)
1D4-2	各種筆記具の特性からみた書き心地の評価方法に関する研究―筆記具の書き心地を左右する普遍的な要素についての提案	和田真・須藤あり紗・上野義雪・中井信彦・吉川将史(コクヨ(株)ほか)
1D4-3	昆虫をモチーフにした直観的情報通知の検討	榊原由貴・鳥居塚崇・ディアナ レフラー(日本大学ほか)

12月13日　日曜日

C会場(225教室)

2c1　卒業研究発表会(10) [10:00-10:45]
座長：北村弥生(共立女子大学)

2c1-1	ストレートネック症候群を予防する姿勢の検討	明津美香・徳留規裕・大矢哲也・川澄正史・小山裕徳(東京電機大学ほか)
2c1-2	垂直接線持針器の開発のための基礎的研究	日暮太聖・三林洋介(都立産業技術高専)
2c1-3	眼内閃光を用いた視覚障碍者歩行支援補助システム	金丸真奈美・上岡英史(芝浦工業大学)

2C2　教育・人間工学応用 [11:00-12:00]
座長：矢口博之(東京電機大学)

2C2-1	座位・立位可変型作業の作業特性と有効性に関する研究(6)－長時間作業における座位・立位の作業状況と作業パフォーマンスからみた有効性について－	塙悠希・河野春奈・畑山沙菜・見元梨奈・阿久津正大(玉川大学)
2C2-2	人間工学教材の開発(2)―3Dデジタルツールを活用する人間工学実験実習―	堀江健・大橋政哉・阿久津正大(玉川大学)
2C2-3	血液透析施術時の新人技士の状況把握・対応力強化に関する一考察	前田佳孝・鈴木聡・小松原明哲(早稲田大学ほか)
2C2-4	骨伝導スピーカが骨伝導マイクロホンに与える振動影響の低減実験	髙橋康次郎・武藤憲司・八木一夫(芝浦工業大学ほか)

D会場(226教室)

2d1　卒業研究発表会(11)　[10:00-10:45]
座長：磯野春雄(東京電機大学)

2d1-1	視線入力とスイッチ操作による文字入力の検討	鷲谷亮・佐々木優貴乃・大矢哲也(日本医療科学大学)
2d1-2	立位作業におけるVDT作業者が好む作業面高と姿勢要件	鈴木悠馬・渡辺駿・阿久津正大(玉川大学)
2d1-3	マイクロ波レーダーを用いた椅子型心拍計測システムの開発～姿勢の制約軽減を目的としたレーダー座面設置による計測精度の向上～	藤末幸嗣・橋爪絢子・松井岳巳(首都大学東京)

企画セッション

12月13日(日)　11:00～12:30　B会場

人間工学専門家認定機構

「人間工学専門家の活動紹介 2015 winter」

司会　吉武良治（芝浦工業大学）

1. 遠隔コミュニケーション支援技術の人間工学とテレワークシステム
   深澤伸一（沖電気工業株式会社）
2. UX デザインによる車内インフォテインメント・システムの開発
   ―カー UX の概念実証（Proof of Concept）―
   太田智子（パイオニア株式会社）
3. ユーザー中心設計アプローチの紹介
   横田祐介（日本アイ・ビー・エム株式会社）
4. 視覚障害者誘導用ブロックの人間工学―２つの研究事例―
   大野央人（鉄道総合技術研究所）
5. 人間工学専門家認定機構の動向 2015
   吉武良治（芝浦工業大学）

遠隔コミュニケーション支援技術の人間工学とテレワークシステム

○深澤 伸一*
*沖電気工業(株) 研究開発センタ

Telecommunication Support Technology based on Ergonomics and R&D of Meta-Realistic Telework System

Shinichi FUKASAWA*
*Corporate Research and Development Center, Oki Elec. Ind. Co., Ltd.

1．はじめに

筆者は、大学時代に工学系デザイン学科で人間工学を専攻したのち、現在所属する通信機器メーカーに入社し、以来、遠隔コミュニケーション支援システムのユーザインタフェースの設計および評価に関する研究開発に従事してきた。本年度に認定人間工学専門家の資格認定を受けたことを機会として、人間工学の観点から見た遠隔コミュニケーション支援技術と、事例として臨場感テレワークシステムの研究開発を取り上げ、概説する。

2．遠隔コミュニケーションの課題と人間工学

筆者が研究テーマとして取り組んできたのは空間的に離れた分散オフィスにおけるコミュニケーションの支援である。ところで“コミュニケーション”とはそもそもどのような行為を指すのだろうか。Schramm（1954）は「我々の間に『共通のもの』を成り立たせる、つまり情報、思想、あるいは態度を共有しようとする試み」と定義している [1]。特に、オフィスで行われるコミュニケーションは、組織における情報共有や合意達成において重要な機能を果たし、職場のモラルを高め組織の活動を活発にする効果 [2] だけでなく、イノベーションにつながるようなアイデア創出、すなわち知識創造（高度な思考作業による新たな知識の創出）活動においても重要な要素となる [3]。

このように、オフィスワーカの協働した知的業務遂行においてコミュニケーションは重要であるが、次節で述べる“テレワーク”のような、お互いが遠隔の状況になった場合には課題があらわれる。たとえば、普段私たちは、近くにいる同僚と何気なく会話したり、職場内の雰囲気を感じたりすることを特に意識することもなく自然に行っているが、それを物理的に離れた分散環境下で同様に行うには様々な困難が伴う。岡田ら（1993）は、複数の人間が互いに関わりをもっていく際の行動形式を「協調の次元階層モデル」[4] として説明している（図 1）。人々の協調行動には、下層から、第 1 層のコプレゼンス（共に存在していることがわかる）、第 2 層のアウェアネス（互いの状態がわかる）、第 3 層のコミュニケーション（相手とやり取りする）、第 4 層のコラボレーション（協同作業する）という 4 つの段階があり、ある層の活動が良好に行われるためには、前提としてそれよりも下位の層の活動成立が必要となる。

お互いが同室にいる環境では、上記モデルの条件は自然に満たされる（話す相手は目の前にいるので、相手の状態は見てわかり、周囲の同僚の存在は視認や行為音等で感じ取れる）。しかし、分散環境では、遠隔コミュニケーションを行うためのツールが必要な共有情報を伝達する機能を備えない限り、同室のような協働空間の条件は満たされず、たとえば電話や初期の共同執筆ツールのように、下位層の活動が成立することなしに上位層の活動が発生し得る。そのように下位層のコプレゼンスやアウェアネスの段階を経ずにいきなりコミュニケーションの状態に飛んでしまうことが、同室で行うような自然な会話が遠隔では行い難くなる主要因のひとつだと考えられ、支援システムを設計する際に考慮すべき重要な点である。

さらに、人間工学的な観点から別の課題を挙げたい。従来、人間工学分野において、遠隔コミュニケーション支援に関する研究は十分であったとはいえず、たとえば、人間工学に関する全 860 ページの包括的な事典『人間工学ハンドブック』（伊藤ら編、2003）の巻末索引には「コミュニケーション」の語句はない。図 2 は、人間工学分野でよく知られたマン・マシン・システム（人間ー

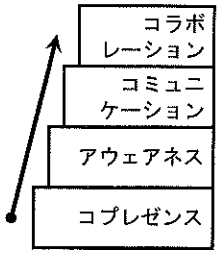


図 1　協調の次元階層モデル

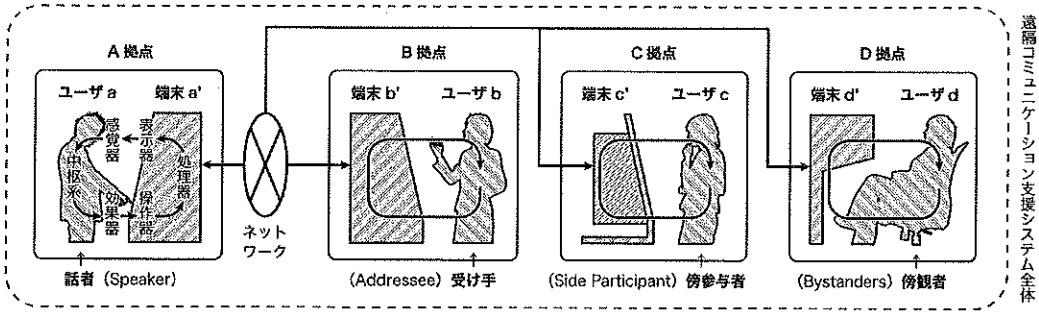


図 2　遠隔コミュニケーション支援システムとマン・マシン・システム

機械系）を要素に用いて説明を試みた、遠隔コミュニケーション支援システムの利用環境概念図である。図 2 左部の A 拠点にいるユーザ a は、遠隔コミュニケーション支援システムの端末 a'を使用しており、A 拠点内においてひとつのマン・マシン・システムの環境が形成されている。一方、図 2 右部のユーザ b、c、d でも、同様に B、C、D 拠点内でそれぞれのマン・マシン・システムの環境が形成されている。遠隔コミュニケーション支援システムでは、このように複数のマン・マシン・システムから成る仮想的な複合環境が形成され、さらに各マン・マシン・システム同士が遠隔コミュニケーションの状況変化に応じて相互に情報伝達し合う、複雑なシステム構造が形成される。そしてそれは、単独のマン・マシン・システムと比較して、遠隔コミュニケーション支援システムに、設計要因に関わるいくつかの複雑性と変動性をもたらす。たとえば、第一にコミュニケーションの内容や様態が自由に変化し得ることによる伝達情報の非定型性、第二に近年みられる情報通信機器のマルチデバイス化による利用環境の多様性、第三にユーザ毎にコミュニケーションの行動状況や役割が異なる可能性である。コミュニケーションの役割とは、たとえば社会学者 Goffman（1981）により指摘された、三者以上の人物で行われるコミュニケーションにおける話者、受け手、傍参与者、傍観者、盗み聞き者等の参与役割 [5] を指す。図 2 下部に例示したように、ユーザ a、b、c、d がそれぞれ異なる参与役割を持ち、さらにコミュニケーションの進展に応じてその役割は時々刻々と入れ替わり、ユーザの状況も多様に変動する。以上のように、複数ユーザのシステム利用環境が複雑かつ変動するという条件が、遠隔コミュニケーション支援システムの UI 設計を難しくする大きな課題要因といえる。

3．臨場感テレワークシステムの研究開発事例

“テレワーク”とは、情報通信手段を活用した場所や時間にとらわれない柔軟な働き方であり、ワークライフバランスの改善や省エネルギー、BCP の観点からも、さらなる社会的普及が望まれる。一方で、国土交通省がテレワーカーに対して実施した調査 [6] では、テレワークの時間を減らしたいと答える者が一定数おり、その理由として、たとえば「上司や同僚とのコミュニケーションが不足するのではないかと心配」等の、職場とのコミュニケーションの不調和が主因とみられる回答が 4 割以上を占めている。この問題に対し、筆者らは“遠隔地にいながらあたかも同じオフィスにいるような感覚で働ける環境”を提供する臨場感テレワークシステム [7)8)] の研究開発を進めてきた。

テレワークシステムを利用する遠隔地のユーザ（テレワーカー）は、オフィスに設置された複数のカメラ・マイクから取得される、同オフィス空間の多様な方向の映像や領域の音声を、タブレット型の情報端末から日常的に得ることができる（図 3）。緊急の用件がある時だけ同僚にかける電話とは異なり、常時接続型の情報通信システムであることで常にオフィスの雰囲気を感じることができ、またズームや視点切換機能を有することで遠隔地の同僚の状況を詳しく様子見したり、続けてそのまま会話するモードに入ることもできる。

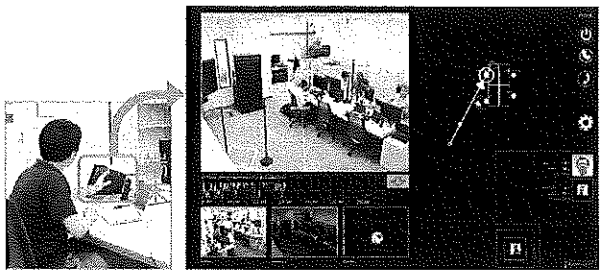


図 3　臨場感テレワークシステムの端末と UI

筆者は、人間工学とユーザインタフェース設計の知識・技能を用いて、テレワークシステムのユーザ評価やそれに基づく機能改良・技術提案を行ってきた（各詳細は本発表や参考文献を参照）。たとえば、遠隔地の同僚の作業状況を推測するために必要な映像品質要件（人物映像の解像度）を主観評価により求め [9)]、その情報を応用する新たな技術を提案し、特許を取得した。また、遠隔空間内の複数カメラ間で映像視点を切り換えるとユーザの仮想的な空間自己位置の認知に混乱が生じる問題を解決するために、新しい Halo-UI を考案し、設計と開発を担当した（CEATEC JAPAN 2015 にてシステム動態デモを展示 [10)]）。他には、様子見機能で見られる側の同僚の心理に着目し、様子見されていることを知らせるために、周辺視野でも認知しやすい“動き”を伴うプッシュ通知機能の設計要件に関する評価研究を行った [11)]。

遠隔コミュニケーション支援システムの設計には特に人間特性との適合性に起因する多くの課題があり、人間の行動・心理・生理特性の知見とそれに基づいた解決手段の提案力が必要とされる。コミュニケーション支援分野に関わる認定人間工学専門家が今後も増えていくことが望まれる。

参考文献

1) 日本社会心理学会編：コミュニケーション, 社会心理学事典, 丸善, pp.254-255, 2009.
2) 産業・組織心理学会編：II-14 コミュニケーション, 産業・組織心理学ハンドブック, 丸善, pp.204-207, 2009.
3) 八木佳子：分野別人間工学の現状と将来（3）－オフィス分野における人間工学研究の現状と将来－, 人間工学, 50(2), pp.71-77, 2014.
4) 岡田謙一, 松下温：協調の次元階層モデルとグループウェアへの適用, 情報処理学会研究報告, GN(00-4), pp.87-94, 1993.
5) 坊農真弓, 鈴木紀子, 片桐恭弘：多人数会話における参与構造分析－インタラクション行動から興味対象を抽出する－, 認知科学, 11(3), pp.214-227, 2004.
6) 国土交通省：平成 20 年度テレワーク人口実態調査－調査結果の概要－, p.19, 2009.
7) 金丸利文：テレワークシステム, 映像情報メディア学会誌, 65(5), pp.615-619, 2011.
8) 野中雅人：超臨場感テレワークシステム, 電子情報通信学会誌, 93(5), pp.415-419, 2010.
9) 深澤伸一, 竹内晃一, 細野直恒：オフィスワーカの作業多忙度推定のための映像画質要件に関する研究, 日本人間工学会第 50 回記念大会講演集, pp.340-341, 2009.
10) CEATEC JAPAN 2015, ブース 3L114, URCF 超臨場感テレワーク WG, http://www.ceatec.com/2015/ja/exhibitors/detail.html?id=5543 .
11) 深澤伸一, 金丸利文, 野中雅人：知的作業者の気づきやすさと作業集中を兼存させる視聴覚通知方法に関する基礎的検討, HIS2012 論文集, 333SS, pp.1007-1010, 2012.

謝辞：本研究の一部は独立行政法人情報通信研究機構の委託研究「革新的な三次元映像による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」による成果の一環である。

2BP-2

UXデザインによる車内インフォテインメント・システムの開発

—カーUXの概念実証（Proof of Concept）—

○太田智子*
*パイオニア株式会社

Development of the In-Vehicle Infotainment System by UX Design Approach

Tomoko OHTA*
* Pioneer Corporation

1. パイオニアが描く未来のカーライフ

1.1 "IVCA"とは

弊社は現在、カーエレクトロニクスを主体とした事業を展開している．このカー事業に関して、3年ほどの活動を経て、パイオニアが描く車内での過ごし方の未来像として新たに掲げたコンセプトが"IVCA"である．"IVCA"は"In Vehicle Context Awareness"の略で、「運転者のちょっと先の未来を先読みし、情報を提示することによって、運転操作をより楽しく快適にする」ことを意味する。

1.2 "IVCA" を実現するシステム

"IVCA"は、言い換えると、「車内でやりたいことをシステムが先読みできている世界」となる。具体的には、以下の3点の実現により、個人にあわせた快適なカーライフの提供を目指している．

①運転の不安を軽減する（安全・安心）

②操作負荷を軽減する、または負荷を感じさせない（操作／UI）

③エンタテインメントをより楽しく（快適）

そのためには、ドライバー（と同乗者）が、その瞬間、その場面で最も欲していることを推定し、最適な情報や機能を最適な手段で提供する、新しい車内インフォテインメント・システムが必要となる．

2. Proof of Concept（POC）に向けたシステムの開発

"IVCA"の検証に向けて、2種類のシステムの開発を並行して進めた。

1つは、モーターショーをはじめとする各種展示会において一般のお客様に"IVCA"の世界を体験していただき、フィードバックをいただくことで、コンセプトのさらなるブラッシュアップや新規の技術開発につなげていくことを目的としたデモ・システムである．もう1つは、刻々と状況の変わるオンロードでの"IVCA"のパフォーマンスを検証することを目的とした実車用のシステムである．

両システムには、

・"先よみ"（行動を推定）するための様々な情報をセンシングするための技術

・推定した結果をふまえてユーザーに情報を提示するHMI技術

など、将来、弊社のビジネス領域を広げていく新たな要素が含まれている．

3.POC用システムのHMI検討

ここから先は、POCに向けたデモ・システムの開発のうち、HMIの検討プロセスにフォーカスして、活動をご紹介させていただく．

3.1 HMIの検討体制

HMIの検討は、企画・技術・デザインなど関係部門を横断したWorking Group（以下WG）体制で行った．

3.2 HMI構築にむけたHCDプロセス

本WGでは、HCD的なアプローチを用いて、将来提供したい新しいUXを具体的に描き、その後、これらのUXを実現するHMIの構築を行った．

HCDプロセスは以下の5つのステップで構成した．（図1）

①ユーザークラスターの設定
②ユーザーと車との接点のフロー化
③ペルソナ・シナリオの作成
④シナリオに基づいたHMIデザイン作業
⑤画面遷移と画面骨格仕様の作成

図1　UXデザインによるHCDプロセス

また、HMIコンセプトは以下のように定めた．

・ユーザーの気持ちや状況にマッチする情報を最適なタイミングで提示する

・走行中に"IVCA"の利用と安全性を両立する

・使い込むほどに賢くなるよう、個人ごとに最適化する

以下に、各ステップにおける作業内容の概略を示した．

①ユーザークラスターの設定

20代～60代の各世代において、様々なライフスタイル、運転スタイルをするユーザーを計4パターン作成した．

②ユーザーと車との接点のフロー化

1日の中でユーザーが車と接するすべての行動を時系列で書き出し、課題や不満を感じている要素を抽出した．その中から"先読み"することでUXが大きく改善すると思われる代表的なシーンを選択した．

③ペルソナ・シナリオの作成

②のユーザーと③で抽出したシーンを組み合わせて、“先読み”が有効に働くシナリオを、約 10 種類作成した．このシナリオにおいて、新たに提供したい UX を明確に描いた．

④シナリオに基づいた HMI デザイン作業

作成したシナリオに基づき、ユーザーの内的状態と外的環境の変化を盛り込みながら、システムが“先読み”すべき事柄、ユーザーが欲している情報、情報を提供するタイミングと提供する手段を具体的に検討した．さらに、情報と操作デバイスの相性も考慮に入れて、ユーザーとシステムのインタラクションをデザインしていった．

⑤画面遷移と画面骨格仕様の作成

作成したインタラクション案を、画面遷移と画面骨格を中心としたドキュメントにまとめ、実装作業を行う開発部隊に引き継いだ．

4. POC にむけたシステムの構成

POC にむけたデモ・システムは、AR 表示が可能な「ヘッドアップディスプレイ（HUD）」、ドライバー専用ディスプレイ、同乗者と共用のセンター・ディスプレイ、立体音響による直感的な聴覚情報アシスト「AUI（Auditory User Interface）」、触覚フィードバックを備えたステアリング操作デバイスを特徴とする．図 2 に主な構成要素の位置関係（左ハンドル想定）を示した．

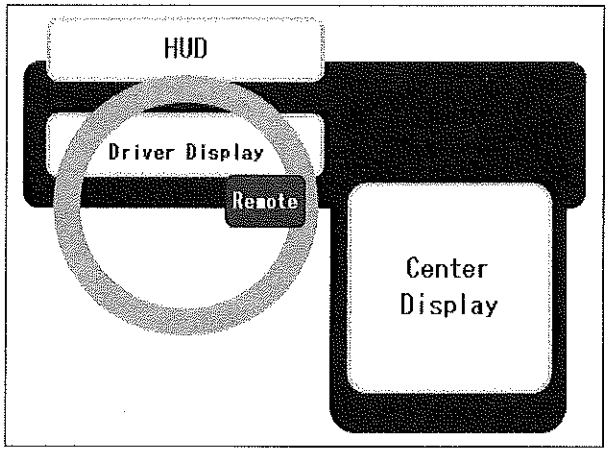


図 2　POC 構成

実車用のシステムは、前述のものとは一部異なる構成となったが、HMI の仕様は両者で共通とした．

5. 検証と改善

POC は 2 回に分けて実施している．

昨年度は、“IVCA”コンセプトの具体化からスタートし、HCD プロセスの 1～5 の作業を行い、社内での検証を前提としたワーキングサンプル（原理試作）を作成した．その後、社員約 100 名を対象に妥当性と受容性の検証を行った．さらに、一部の関係者で実車での操作性についても検証も行い、リアルな使用環境における受容性も確認した。

その結果、“IVCA”というコンセプト自体には高い共感が得られたが、提示する情報の量、配置、タイミングに関してはさらなる検討と改善が必要であることが明らかになった．

この結果を受けて、本年度は、コンセプト自体をブラッシュアップし、HCD プロセスの 3～5 の作業を再度行い、HMI の改善をはかった．具体的には、ドライバーに情報提供する際の GUI とハンドルに装着する操作デバイスの操作性を大幅に見直した．

それらを、新たに開発したシミュレータと連動する展示用のデモ・システムに実装し、2015 年 10 月に開催された東京モーターショーに展示（図 3）、多くのお客様に体験していただいた．

今後、実車用のシステムでの検証作業もあわせて行う予定である．

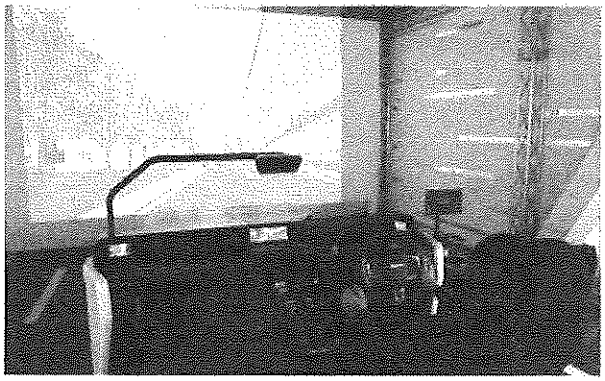


図 3　モーターショーに展示したデモ・システム

6. 文献

1) Joseph L. Gabbard, Gregory M. Fitch, and Hyungil Kim : Behind the Glass: Driver Challenges and Opportunities for AR Automotive Applications, Proceedings of the IEEE, Vol. 102, No. 2, p124-136, February, 2014.
2) 巻慶子, 中道上, 青山幹雄 ： 意図に応じたコンテキストアウェアサービス提供モデルの提案と評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-SE-179, No.28, 1-8, 2013
3) 吉田 佑介, 高尾 秀伸, 大杉 淳 ： タッチパッドを用いたステアリングリモコンの人間工学的評価, 日本人間工学会第 22 回システム大会, HM14-02, 2014.

[連絡先]
おおた　ともこ
e-mail : tomoko_ohta@post.pioneer.co.jp

ユーザー中心設計アプローチの紹介

○横田　祐介*
*日本アイ・ビー・エム株式会社
An introduction of User Centered Design approach
Yusuke YOKOTA*
*IBM Japan, Ltd.

1. はじめに

情報機器や家電製品，アプリケーション，サービスなどの開発現場において，ユーザー中心設計（User Centered Design，以下 UCD）の重要性は既に広く認知され，実践されている．

筆者らの開発部門では，1990年代からUCDのアプローチに基づく製品・サービスの企画・設計・評価に取り組んできた．

本稿では，筆者らが製品・サービスの開発において行っているUCDアプローチのプロセス・手法について紹介する．

2. UCDとは

UCD とは，製品やサービスをユーザーの視点から，使いやすく魅力的に設計するためのアプローチである．

UCD では，ユーザーが体験するすべてを考慮して，プロセス・手法・チームという 3 つのフレームワークに基づいて，よりよいユーザー体験の実現，使いやすいシステムづくりを推進する．

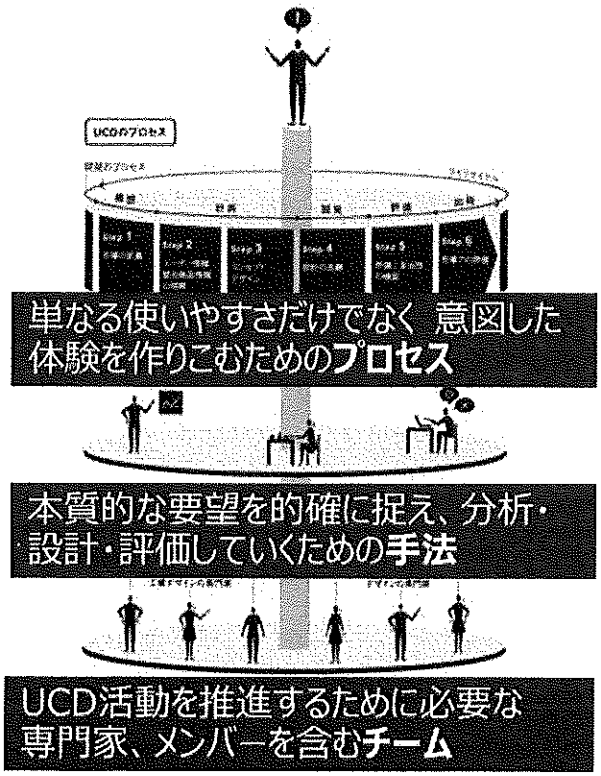


図 1　UCD のフレームワーク

3. UCDのプロセスと手法

3.1 UCDのプロセス

UCD では，以下のプロセスに基づき活動を行う．

1　市場の定義
2　ユーザー情報・競合商品情報の理解
3　コンセプトデザイン
4　設計の洗練
5　評価と妥当性の検証
6　市場での評価

これらのプロセスは，対象となる製品・サービスや開発プロジェクトの特徴，制約事項に応じてカスタマイズされ，各開発フェーズに適用される．

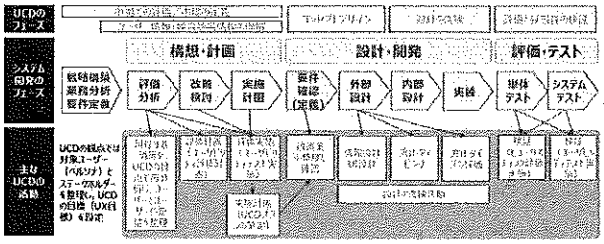


図 2　システム開発における UCD 活動の例

3.2 UCD 活動例：コンセプトデザイン

UCD プロセスにおける活動の例として，製品・サービス開発の初期において多く適用される，ユーザー情報の理解～コンセプトデザインの手順について紹介する．

UCD に基づく開発では，開発の早期に対象ユーザーのニーズを的確に理解し，そのニーズを満たすユーザー体験（ユーザーエクスペリエンス，UX）をデザインすることが重要である．

そのため，開発の構想・計画および設計フェーズ初期において，下図に示す 6 段階のステップでユーザーエクスペリエンスをデザインし，製品・サービスのコンセプトを決定する．

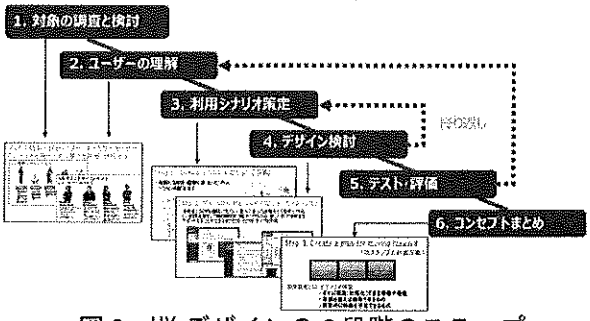


図 3　UX デザインの 6 段階のステップ

このステップでは，最初に対象の製品，市場，ユーザー等の調査と検討を行い，着目すべきユーザーの属性や価値観，ニーズなどを整理し，ペルソナの形で定義する．

その後，対象ユーザーが製品・サービスを利用するシーンや体験（利用シナリオ）を策定し，具体的なデザイン検討とテスト・評価を行う．

このとき，デザイン検討・評価の過程で生じた気づきをシナリオやユーザーの理解にフィードバックし，ステップを繰り返すことで，より魅力的なユーザーエクスペリエンスを作りこんでいく．

最終的に，得られたユーザーエクスペリエンスをコンセプトにまとめる．

3.3 UCD 手法例：ペルソナ／シナリオ手法

前項で触れたペルソナ・シナリオ法は，製品・サービスの開発にあたって，対象ユーザーの属性やニーズを理解，共有し，実現すべきユーザーエクスペリエンスを検討するために広く活用されている手法である．

ペルソナとは，対象ユーザーの属性を詳細に記述した，本物の人間のかわりになる架空の人物像である．ペルソナ作成にあたっては，対象ユーザーに関する調査で得られたプロファイル（基本属性，業務特性，ニーズ等），および対象製品・サービスの利用シーン等を記述に含める．

ペルソナを作成し，プロジェクト内で共有することで，対象ユーザーの特徴やニーズに関する開発者間の情報共有を円滑に行うことができ，意思決定の効率化に有効である．

図 4　ペルソナ作成例

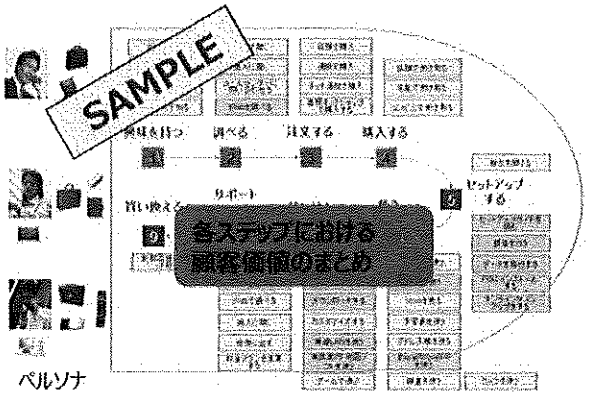
また，シナリオはユーザーエクスペリエンスの記述手法の一つであり，ペルソナが対象製品・サービスを利用するシーンを想定し，そのシーンにおける理想的な利用体験を仮説としてまとめたものである．

筆者らの UCD 適用においては，ユーザーが製品・サービスと関わる利用者接点全体における体験を簡潔にまとめたシナリオ（ジャーニーマップ）と，各利用者接点におけるストーリー形式の詳細シナリオを組み合わせて使用している．

シナリオを作成し，それを実現するための製品・サービスを検討することで，ユーザーのニーズにあった製品・サービスをデザインすることができる．

また，作成した製品のプロトタイプを評価する際に，テストケースの参照元としても活用される．

利用者接点におけるシナリオ（ジャーニーマップ）



各利用者接点における詳細シナリオ

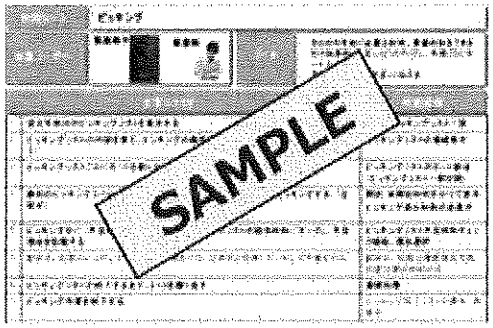


図 5　シナリオ作成例

4 まとめ

本稿では，筆者らが行っている UCD のアプローチについて，プロセスおよび代表的な活動・手法の例を紹介した．

UCD は既に多くの開発現場において適用され，一般的な手法となりつつある．一方で，製品開発期間の短縮や，取得・分析可能なユーザー情報の多様化，情報量の増大など，変化しつつある開発現場の状況に対し，どの様に UCD のアプローチを適応させていくかが今後の課題になると思われる．

5. 参考文献

1) 山崎，松田，吉武編：使いやすさのためのデザイン－ユーザーセンタード・デザイン，丸善，2004
2) 吉武他：UCD 活動の事例からみたペルソナの有効性の検討，HIS 2007 講演集, pp.435-438, 2007

[連絡先]
横田　祐介
e-mail：e30538@jp.ibm.com

視覚障害者誘導用ブロックの人間工学

—２つの研究事例—

大野央人
鉄道総合技術研究所 人間工学研究室

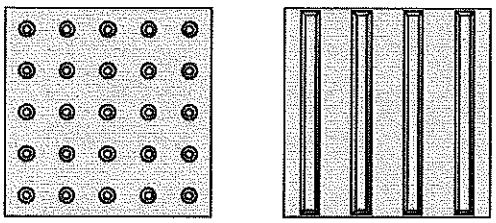
Ergonomics of Tactile Walking Surface Indicators for Blind and Vision-Impaired Persons

Hisato OHNO
Ergonomics Laboratory, Railway Technical Research Institute

1. はじめに

視覚障害者誘導用ブロック（以下，ブロック）は視覚障害者に向けて歩行に必要な情報を提供する目的で，歩行面に敷設される。丸い突起の「点状ブロック」は警告や注意喚起を，細長い突起の「線状ブロック」は誘導や案内を表す(図 1)。

ブロックがその機能を十分に発揮するためには，その形状や配置方法等について視覚障害者のユーザビリティへの配慮が必要である。ブロックの形状は 1990 年代に行われた綿密な検討[1]に基づいて作成された JIS T 9251 規格が規定している。一方，ブロックの配置方法は国土交通省が所管する各種指針類に示されているが，その内容には拡充の余地がある。そこで，鉄道総研では 2000 年頃からブロックの配置方法等について研究を行っている。本稿では筆者が取り組んだ研究から２つの事例を紹介する。



点状ブロック　　線状ブロック

図 1　視覚障害者誘導用ブロック

2. 事例(1)：ホーム縁端警告ブロックの開発

2.1　背景

鉄道駅のプラットホーム（以下，ホーム）から視覚障害者が線路上に転落することを防止するため，ホームの縁端部にはブロックが敷設される。我々が検討を行った時点では既に多くの駅のホームに点状ブロックが敷設されていたが，それでも視覚障害者の転落事故はみられた。その中には点状ブロックの存在には気づいていながらホームの内側と外側（以下，ホーム内外方）を誤って転落したと考えられるものがあり，我々の調査でも視覚障害者の約６割にこうした誤認経験がみられた。

2.2　表示方式の検討

視覚障害者が内外方を誤認する要因として，点状ブロック自体にはホーム内外方を識別する手掛かりが含まれていないことが考えられた。そこで，ホーム内外方を識別するための手掛かりを何らかの方法で視覚障害者に与える方策を検討した。

ホーム上では様々な音が交錯することを考慮して，音声情報を活用するより触覚情報を活用する方が確実と考えた。ただ，既に多くの駅のホームに点状ブロックが敷設されていることを考慮すると，既設のブロックをまったく別の物に入れ替えることはコスト面で非現実的であるばかりでなく，視覚障害者にとっても混乱の原因になりかねないと考えられた。

諸々の観点で検討した結果，点状ブロックの内側部分に線状突起（内方線）を付加する方式が最良と考えられた。また，同時期に行った別の検討[2]では，視覚障害者がブロックに気づかずに踏み越えてしまう事故を防ぐにはブロックの敷設幅の拡張が有効であるとの結果が得られていたことから，内方線を付加することでブロックの実質寸法が大きくなることも転落防止につながると期待された。

2.3　視覚障害者による評価実験

点状ブロックに内方線を付加するにあたり，その形状，本数，配置などがブロックの認識のしやすさや内外方のわかりやすさに影響すると予想されたため，内方線を適切にデザインする必要があった。形状については，靴底で認識しやすいことが確証されている JIS T 9251 規格の線状ブロックに準じることとし，本数と配置を実験的に操作した５種類のプロトタイプを試作した。

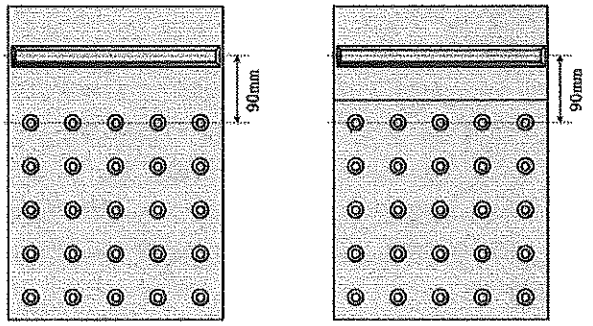
このプロトタイプを用いて，全盲者 38 名による評価試験を行い，通常の点状ブロックや線状ブロックと混同されないか，内方線の付いた側（ホーム内方）がわかりやすいか等の観点で検討を行った。その結果，内方線と点状突起の距離が近過ぎると内方線が点状突起から分離されにくく，離れ過ぎると内方線が見落とされやすいことなどが明らかになり，それらの結果を総合して，１本の内方線を点状突起から 90㎜ 程度離して配置するデザインが最良と結論づけた。

2.4 ガイドラインへの採用と普及

既に多くの駅のホームで点状ブロックが敷設されていたことを考慮して，内方線と点状ブロックを一体化して敷設する以外に，既設の点状ブロックに内方線のみ後付け施工できるようにも配慮した(図 2)。なお，特許の取得は普及を遅らせる可

能性があると考え，特許は出願しなかった。

この新しいブロックは「ホーム縁端警告ブロック」（正式名称は鉄軌道駅プラットホーム縁端警告用内方表示ブロック）として，2002 年以降「バリアフリー整備ガイドライン」に採用され，現在では全国の駅に敷設されている。また，2014 年には JIS T 9251 規格の改訂に伴い，同規格にも採用された。



一体化して敷設する場合　　内方線を後付けする場合

図 2 ホーム縁端警告ブロック

3. 事例 (2)：階段の踊り場における敷設方法の検討

3.1 背景

階段の存在を視覚障害者に知らせるため，階段にはブロックが敷設されている。我々が検討を行った時点では，階段の上端・下端へのブロックの敷設はガイドラインに記載されていたが，踊り場に関しては記載されていなかった。そのため，階段の踊り場におけるブロックの敷設方法は全国的にまちまちで，視覚障害者の混乱の原因になっていた。そこで踊り場におけるブロックの敷設方法を検討した。

3.2 問題点の絞り込み

予備調査において，歩く向きが変わらない踊り場では，踊り場の長さによってブロックの必要度が異なるとの意見が視覚障害者からよく聞かれた。踊り場が短い時にはブロックが無くても歩けるが，踊り場が長い時にはブロックが必要という訳であった。問題はブロックが必要になる踊り場の長さはいくらかということだった。

3.3 視覚障害者による評価実験

そこで，踊り場の長さを自由に変更可能な模擬階段を製作し，踊り場の長さを種々に変えながら，全盲者 41 名による評価実験を行った。その結果，踊り場が長くなるにつれてブロックを「必要」と考える人の割合が増加し，踊り場が 2.5m より長い領域ではブロックを「必要」と感じる人が「不要」と感じる人を上回ることが明らかになった（**図 3**）。

別の実験も行い，上端・下端と同様の配置（階段から 30cm 程度離して，60cm 程度の幅で点状ブロックを敷設）で踊り場にブロックを敷設することの妥当性について検証した結果，視覚障害者の賛同を確実に得られるのは踊り場の長さが 3m 以上の場合であると考えられた。

これらの結果から，踊り場の長さが 3m 以上の場合に，上端・下端と同じ配置でブロックを敷設することを提案した。

3.4 ガイドラインへの採用

この提案は，階段へのブロック敷設に関して行った他の提案内容とともに，2013 年に改訂された「バリアフリー整備ガイドライン」に採用された。

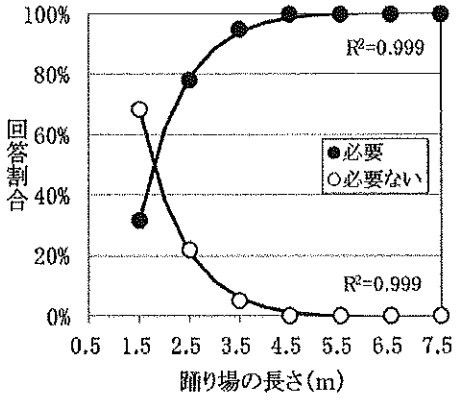


図 3 踊り場の長さとブロックの必要性の関係
（踊り場から降り始める所の場合）

4. おわりに

従来，視覚障害者用の対策は全盲者を想定したものが多かったが，近年では弱視者への配慮の必要性が各所で指摘されている [3]。今後はこうした観点も取り入れ，駅等の公共空間を視覚障害者がより安全かつ安心して歩行できるよう，研究を続けていく予定である。

なお，2 章に述べた研究は（公財）交通エコロジー・モビリティ財団より委託を受け，「誘導・警告ブロック改善検討会」の審議の下に行われた。3 章に述べた研究は（公財）交通エコロジー・モビリティ財団より委託を受け，「視覚障害者誘導用ブロックの敷設方法に関する調査研究委員会」の審議の下に行われたほか，同財団の平成 22 年度研究助成を受けて実施した。

5. 文献

1) 通産省製品評価技術センター：視覚障害者誘導用ブロックに関する標準基盤研究最終報告書, 2000.
2) Fujinami et al.: Tactile ground surface indicator widening and its effect on users' detection abilities, Quarterly Report of RTRI, 46(1), 40-45, 2005.
3) 大野，他：視覚障害者誘導用ブロックと国際標準化, 日本信頼性学会誌, 36(2), 98-105, 2014.

[連絡先]
おおの　ひさと
e-mail：ono.hisato.06@rtri.or.jp

人間工学専門家認定機構の動向 2015

○吉武良治*
*芝浦工業大学デザイン工学部

Recent Activities on the JES Committee on Certification of Professional Ergonomists (2015)

Ryoji YOSHITAKE*
*College of Engineering and Design, Shibaura Institute of Technology

1. 人間工学専門家認定機構の近況概要

2 年前の本大会において人間工学専門家認定機構の概要と近況を報告した[1]。本稿では最近の動向や過去 2 年間における活動について紹介する。本機構は認定人間工学専門資格制度の運営母体である。この専門資格制度は 2003 年に発足し、人間工学の品質の維持向上と人間工学の普及に資するため、人間工学の知識、技術、問題解決能力が、一定の基準を満足する人間工学実践者を認定している。認定人間工学専門家、認定人間工学準専門家、認定人間工学アシスタントの 3 つの資格があり、2015 年 11 月 1 日現在の会員数は、それぞれ 201 名, 93 名, 15 名である。

人間工学専門家認定機構の会員は、全員が認定人間工学専門家の資格を保有する専門家であり、表 1 に示す幹事会メンバーが中心となって認定試験の実施や機構総会、セミナー、見学会、シンポジウム等、イベント開催の運営を行っている。2015 年 4 月に幹事会の認定試験担当に加えて、試験ワーキンググループを設置し、NEC の井出氏をリーダーとして活動を行っている。

表 1. 幹事会と WG メンバー(2015 年 11 月 1 日現在)

機構長	吉武　良治　(芝浦工業大学)
副機構長	福住　伸一　(日本電気株式会社)
事務局長(総務)	山本　雅康　(ポッシュ株式会社)
会計担当	三林　洋介　(東京都立産業技術高等専門学校)
認定試験担当	宇賀神　博　(武蔵野大学)
	堀江　良典　(日本大学)
	松田　文子　(公益財団法人労働科学研究所)
認定試験監査機構	三澤　哲夫　(千葉工業大学)
広報担当	八木　佳子　(株式会社イトーキ)
編集担当	松本　啓太　(富士通株式会社)
再認定制度担当	横井　元治　(株式会社本田技術研究所)
IEA認証担当	藤田　祐志
企画担当	青木　和夫　(日本大学)
会計監査	石川　文武
	垣本　由紀子　(日本ヒューマンファクター研究所)
試験ワーキンググループ	井出　有紀子　(日本電気株式会社)
	石橋　基範　(日本大学)
	澤　　貢　　(鉄道総合技術研究所)

2. 機構の主要活動紹介

認定機構では、資格制度の運営に関する活動はもちろんであるが、社会に向けた発信・貢献や会員の交流などの活動を積極的に行っている。それらの過去2年の主な活動を紹介する。

2.1 講演会

2007 年から毎年 4 月の総会の時期に合わせて専門家による講演会を実施している。2014 年は博報堂アイ・スタジオの白石葵氏、デンソーの石田健二氏に、そして 2015 年は小松製作所の出浦淑枝氏、テルモの有岡哲也氏に専門家の活動を紹介いただき、好評であった。

2.2 会報

編集委員長の松本啓太氏の尽力にて 2004 年の No.1(創刊号)から、確実に年4回会報を発行している。今年の 11 月号で 45 号を数える。バックナンバーもすべて CPE のウェブサイトに公開されており、人間工学専門家に関する活動を知りたい方には必見である。

2.3 セミナー／見学会開催

毎年会員向けセミナーとして見学会を開催しており、2013 年は産業技術総合研究所臨海副都心センターにて、2014 年は(株)デンソー本社にて開催し、最新動向の情報収集や専門家の交流として好評であった。

2.4 シンポジウム・CPE サロン開催

人間工学専門家の活動の共有、及び社会に情報発信する目的等で、学会等で機構主催のシンポジウムや交流会を開催している。図 1 に過去 2 年間の主な活動を示す。2014 年から会員間の交流を主目的に通称: CPE サロンを企画し、比較的少人数で議論や情報交換、親睦を深める機会として活用されている。

2.5 人間工学専門家認定団体の海外動向把握と連携

副機構長である福住伸一氏が中心になり、海外の認定団体との情報交換や交流を行っている。2014 年 7 月には AHFE2014(ポーランド)[2]にて、2015 年 8 月には IEA2015(メルボルン)にてオーガナイズドセッションを企画し、国際連携を深めている。

2.6 ERGO Directory との連携、活用

日本人間工学会の広報委員会と連携して、現在活用がスタートしている ERGO Directory を人間工学専門家リストと連携することを進めている。現在の専門家リストのページでは、氏名・所属先と専門分野のみの表記であることから、専門性の詳細や連絡先などがわからず、コンサルティングの依頼や質問などは機構事務局、学会事務局に届いている。このデータベースを人間工学専

門家全員がアクセスできるようになることで、詳しい専門分野やコンサルティング受託情報も掲載・公表することが可能になる。専門家の皆さんは情報提供者として、そして一般のみなさんにとっては人間工学に関する相談先、情報収集先として有効に活用いただきたい。

認定機構、及び資格制度の情報は随時ウェブサイト(https://www.ergonomics.jp/cpe/)にて情報提供しているので、専門家のみなさんはもちろん、学会員等のみなさんも人間工学専門家情報等を活用いただき、イベント等へも積極的にご参加いただきたい。

参考文献

1) 吉武良治:人間工学専門家認定機構の最近の活動. 日本人間工学会関東支部第 43 回大会講演集, pp.10-11, 2013.

2) 福住伸一:人間工学専門家認定団体の海外動向. 人間工学 51(特別号), pp.84-85, 2015.

[連絡先] 吉武良治, 芝浦工業大学デザイン工学部 UX デザイン研究室 (yoshitak@shibaura-it.ac.jp)

日本人間工学会関東支部第45回大会（2015年12月13日：東京電機大学 鳩山キャンパス）	
テーマ：人間工学専門家の活動紹介	司会：吉武良治（芝浦工業大学）
● 遠隔コミュニケーション支援技術の人間工学とテレワークシステム	深澤伸一（沖電気工業株式会社）
● UXデザインによる車内インフォテインメント・システムの開発 －カーUXの概念実証（Proof of Concept）－	太田智子（パイオニア株式会社）
● ユーザー中心設計アプローチの紹介	横田祐介（日本アイ・ビー・エム株式会社）
● 駅における視覚障害者の歩行安全に向けて	大野央人（鉄道総合技術研究所）
● 人間工学専門家認定機構の動向2015	吉武良治（芝浦工業大学）
人間工学専門家交流会：CPEサロン（2015年11月28日：芝浦工業大学 芝浦キャンパス）	
テーマ：自動車業界での人間工学の活用～フリートーク～	司会：石橋基範（日本大学）
● 人間特性を活かしたキャビン快適性向上	平尾章成（日産自動車株式会社）
● コクピット情報HMI開発への人間工学の活用	石橋基範（日本大学）
● 自動運転における人間工学上の課題	坂口靖雄（トヨタ自動車株式会社）
● カーAUIのProof Of Concept	永田英記（パイオニア株式会社）
日本人間工学会第56回大会（2015年6月14日：芝浦工業大学 芝浦キャンパス）	
テーマ：将来に向けて人間工学は何をすべきか？	司会：福住伸一（日本電気株式会社）
● 1964年頃の「人間工学」	堀江良典（日本大学）
● 公共交通分野における取り組み	鈴木浩明（公益財団法人鉄道総合技術研究所）
● 将来に向けて人間工学は何をすべきか －デザインの観点からの取り組み－	垣内良規（富士通デザイン株式会社）
● 将来に向けた人間工学教育 －被服分野における人間工学教育－	横井孝志（日本女子大学）
● これからの健康と商品開発 －人体の疲労と人間工学との関係－	伊藤勝弘（整体師）
● 人間工学専門家認定団体の海外動向 －活動状況と課題－	福住伸一（日本電気株式会社）
人間工学専門家交流会：CPEサロン（2014年11月29日：芝浦工業大学 芝浦キャンパス）	
テーマ：話題提供とグループディスカッション	司会：吉武良治（芝浦工業大学）
● GUIデザインの感性品質プロセス	永田英記（パイオニア株式会社）
● 話題提供	出浦淑枝（株式会社小松製作所）
● 和製UXのわすれもの	山本雅康（U'eyes Design）
● 企業の人間工学分野における人材育成報告書の紹介	吉武良治（芝浦工業大学）
日本人間工学会第55回大会（2014年6月6日：神戸国際会議場）	
テーマ：国内外の人間工学専門家活動	司会：福住伸一（日本電気株式会社）
● 働きながら健康増進～Workcise の効果と可能性	八木佳子（株式会社イトーキ）
● エラー低減に向けた配色評価方式の構築と現場への適用	池上輝哉（日本電気株式会社）
● 産業現場へ人間工学の発想を広めるために －労働安全衛生分野の経験からの提言 －	福成雄三（日鉄住金マネジメント株式会社）
● ビッグデータ人間工学研究部会が目指すもの	新家敦（株式会社島津ビジネスシステムズ）
● 海外専門家認定団体との連携について	福住伸一（日本電気株式会社）

図 1. 2014 年～2015 年の機構主催のシンポジウム及び CPE サロン('15/11/28, '15/12/13 は予定)

一般講演

12月12日(土)

9:30～10:30

A会場 UX・ユーザビリティ

B会場 交通・安全

9:45～10:30

C会場 行動・動作

16:45～17:45

A会場 姿勢

B会場 生理・生体

C会場 視覚・習熟

D会場 感覚・感性

12月13日(日)

11:00～12:00

C会場 教育・人間工学応用

若年者と高齢者の液晶タッチパネル操作の比較

磯野　春雄[1]、　斉藤　雄介[2]、　竹ノ内　良行[2]
[1]東京電機大学大学院理工学研究科、　[2]日本工業大学

Comparison of LCD Touch-screen Operation between Young and Elderly People

Haruo ISONO[1],　Yuusuke SAITO[2],　Yoshiyuki TAKENOUCHI[2]
[1]Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University
[2]Nippon Institute of Technology

1．まえがき

近年、スマートフォンやタブレットなどの情報ディスプレイ端末が急速に普及し、若年者ばかりでなく高齢者の間でも使用されている。これらの情報ディスプレイ端末では、指で画面を触って使用するタッチパネル操作が基本となっている。タッチパネルの基本操作には、「タップ」、「ダブルタップ」、「長押し（タッチ）」、「フリック」、「ピンチ」、「ドラッグ」の６種類がある。本研究では、タッチパネル付液晶ディスプレイを使用して、大学生および高齢者を対象にタッチパネルの基本操作に関する正確さと所要時間の違いを明らかにすることを目的として実験を行った。

2．実験方法

タッチパネル操作には図１に示す6種類の基本操作がある。このうち、「タップ」、「ダブルタップ」、「長押し（タッチ）」の３種類は操作が容易であるため除外し、今回は「フリック」、「ピンチイン/ピンチアウト」、「ドラッグ」の３種類の操作に着目して比較した。

2.1 被験者

被験者は高齢者１３名（平均年齢70才）および大学生15名（平均年齢22才）である。なお、実験に先立ち実験内容を詳しく説明した後、被験者の自由意思に基づく同意を得て実施した。

2.2 実験装置

本実験で使用したタッチパネル式液晶ディスプレイは、赤外線光学イメージング検出方式のWindowsマルチタッチ対応の23インチタッチパネル液晶ディスプレイ（EIZO(株)、FlexScan T2351W-L）である。

2.3 フリック操作

フリックとは、タッチパネルの画面上を指ですばやく払うようにタッチする操作である。今回、iPad2と同じ7.9型サイズの画像を10枚用意し、右方向および左方向にフリック操作する時の所要時間を計測した。さらに画像枚数を20枚、30枚、50枚と増やしてフリック時の所要時間を計測した。

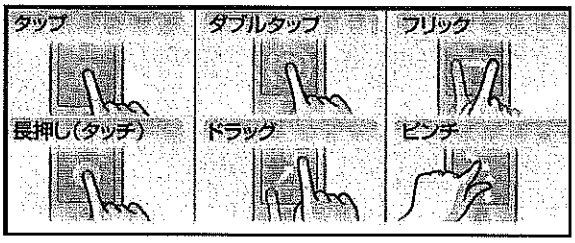


図１　タッチパネルの基本操作

「仕事にすぐ効く！スマートフォン基礎入門」
（アスキーメディアワークス発行、gooスマホ部監修）より改編

2.4 ピンチイン／ピンチアウト操作

２本の指で画面をつまむ操作をピンチイン、２本の指を外側に押し広げる操作をピンチアウトという。今回、23型画面の左側に基準画像として7.9型サイズ(対角長15cm)の画像を配置し、画面の右側に配置した対角長25cmと5cmの２種類の画像をそれぞれピンチイン／ピンチアウト操作して基準画像のサイズに一致させるまでの所要時間と基準サイズとの位置ずれ誤差を計測した。

2.5 ドラッグ操作

ドラッグ操作とは指を画面に付けたまま目的の場所まで指を引きずる操作である。図２に示すように出発点をA、到着点をBとし、ドラッグ距離を15cmに設定して8方向に対してドラッグ操作した時の所要時間と、到着点での位置ずれを計測した。画面上のA点とB点の大きさを直径1.5cm、1.0cm、0.5cmの3条件に設定し、ドラッグ操作は右手の人差し指で行った。

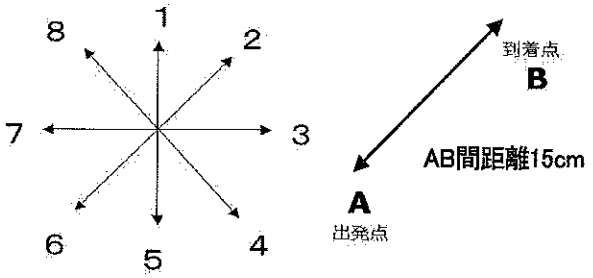


図２　ドラッグ操作の設定条件

3．実験結果

3.1 フリック操作

フリック操作（右方向）の実験結果を図３に示す。高齢者は大学生よりもフリック操作の所要時間（秒）が長いことが分かる。大学生はフリックする枚数が増えるごとに均等に所要時間が延びているが、高齢者は枚数が増えるにつれて所要時間の増加率が大きい。なお、左方向へのフリック操作でも同様の結果であった。

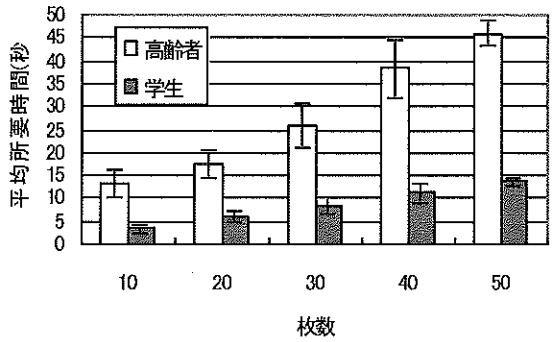


図３　フリック操作（右方向）の所要時間の結果

3.2 ピンチイン／ピンチアウト操作

ピンチインとピンチアウト操作の所要時間（秒）と位置ずれ(cm)の結果を図４と図５に示す。

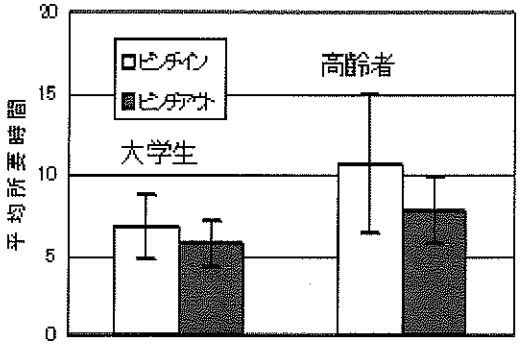


図４　ピンチイン／ピンチアウトの所要時間

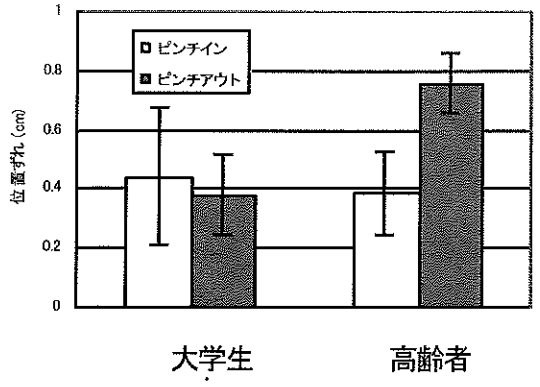


図５　ピンチイン／ピンチアウトの位置ずれ

高齢者は特にピンチイン操作がやりづらく操作に時間がかかっている。また位置ずれに関してはピンッチアウト操作での誤差が大きい。

3.3 ドラッグ操作

高齢者に対するドラッグ操作の所要時間（秒）と位置ずれ(cm)の実験結果を図６と図７に示す。

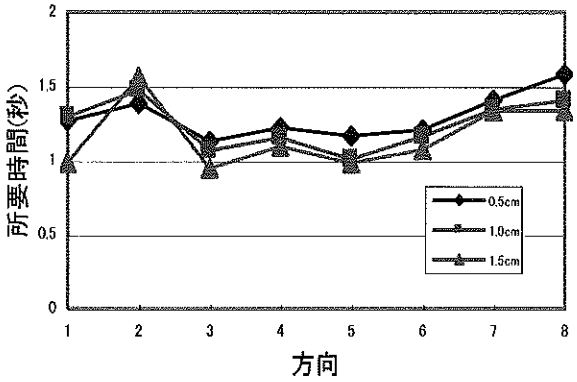


図６　ドラッグ操作の方向と所要時間

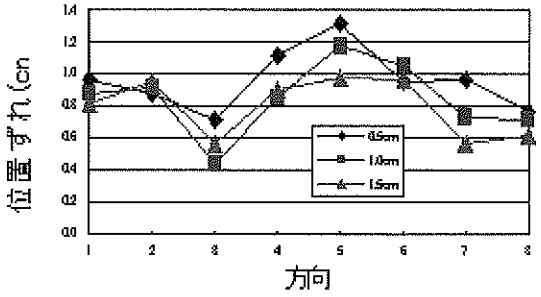


図７　ドラッグ操作の方向と位置ずれ

高齢者のドラッグ操作については斜め方向と垂直方向の操作がやりづらく、所要時間や位置ずれ誤差が大きくなる傾向にある。また、ドラッグ時間が短いほど位置ずれ誤差も大きくなる。

4．あとがき

大学生および高齢者を対象にタッチパネルの操作性について実験した。その結果、高齢者はフリック操作に時間がかかることや小画面のピンチ操作がやりづらいこと、ドラッグ操作では位置ずれ誤差が大きくなることが分かった。特に斜め方向および垂直方向がやりづらいことが分かった。一方、大学生は高齢者にくらべてタッチパネル操作の所要時間が短く、位置ずれ誤差も小さい。これは大学生がタッチパネル操作に慣れているためと考えられる。ただし高齢者も実験を繰り返す過程で練習効果により操作性の向上が認められた。

[連絡先] 磯野　春雄
e-mail: isonoharuo@mail.dendai.ac.jp

視線計測システムを応用したフォントの視認性評価

○河村拓也*，矢口博之**
*東京電機大学大学院，**東京電機大学

A development of legibility evaluation system by the gaze measurement for Universal Design font

Takuya KAWAMURA*, Hiroyuki YAGUCHI**
*Tokyo Denki University Graduate School, **Tokyo Denki University

1. はじめに

高齢化社会の進展により，企業や自治体といった各団体が発信する情報を誰にでも正確に伝わるようにすることは重要な課題となっている．こうした背景に伴い，「誰にでも読みやすい」ことを追求したUD（ユニバーサルデザイン）フォントが多様な用途やデザインコンセプトに基づき開発され，様々な場面で利用されるようになってきた[1]．しかし，UDフォントの開発は主観評価を主として用いていることが多い．主観評価は簡易に行えるという利点がある反面，被験者の体調や集中力などの要素に左右されやすく，同一の人物を対象に行っても日によって結果にばらつきが出るといった不安要素が存在し，エビデンスとしては疑念がある．

そこで，本研究では視線計測システムを用いて徐々にフォント画像の表示を拡大しつつ，被験者の視線を計測することで，フォントの視認性を評価するシステムを開発したので報告する．

2. 視線計測システムについて

視線計測システムは眼球の動きを検出できる専用のカメラを用いて，被験者の視線位置を始めとした様々なデータを集めることができるシステムのことで，画面インターフェースの解析などに利用されている．既存の研究としてWebデザインの評価を行う研究[2]や視線インターフェースの開発などが行われている．

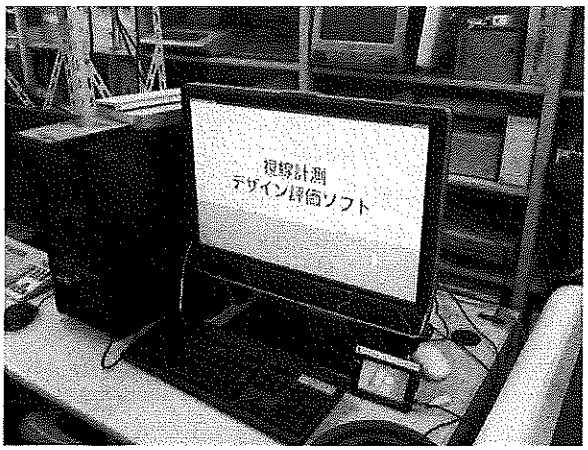


図1 Tobii T60XL アイトラッカー

本研究ではトビー・テクノロジーが開発した非接触型視線計測機 Tobii T60XL アイトラッカーを用いた（図1）．視線計測機には直接装着する接触型の装置もあるが，T60XLは画面一体型で非接触型の装置であり，被験者への負担を最小限に抑えることができる．また，開発用APIであるTobii SDKを用いることでリアルタイムにソフトウェアへ計測データを提供することができる．

3. ソフトウェアの開発

3.1 開発環境

ソフトウェアは Visual Studio 2010 上で XNA Game Studio 4.0 を使って開発した．XNA Game Studio はマイクロソフトから提供されている API で，C#を使ってソフトウェアの開発を行うことができる．またトビー・テクノロジーから提供されている API の Tobii SDK 3.0 を使用し，視線計測機からデータを取得している．

3.2 開発したソフトウェアの仕様

ソフトウェアは一人称視点の簡単なゲームソフトウェア形式で開発した．ゲームソフトウェア形式として開発を行うことで，被験者に気軽に触れてもらうことができ，ゲーム性を持たせることで飽きを感じさせず被験者の集中力を持続させるという狙いがある．さらにPC操作に慣れていない被験者でも操作が負担にならないよう，操作方法はできるだけ簡易なものとし，マウス操作とスペースキーのみで全ての操作を行えるようにした．

ソフトウェア実行時，ディスプレイ上には徐々に近づいてくるデザインオブジェクトを表示している．このオブジェクトには評価対象のフォントを使った単語が表示されており，徐々に近づくというアニメーションを加えることでフォント画像の表示倍率が変更され，被験者にとって段階的に大きく見えるようになっている（図2）．また，対応する課題をあらかじめ表示し，被験者には表示倍率の拡大を一時停止させてから，画面下部にある複数のボタンの中から正解だと思うものを選んでもらう．このタスク中に被験者のオブジェクトに対する視線の停留時間，正解のボタンを選べたかといった行動，オブジェクトまでの距離，といった評価要素を分析することでデザインのユーザビリティを評価する．

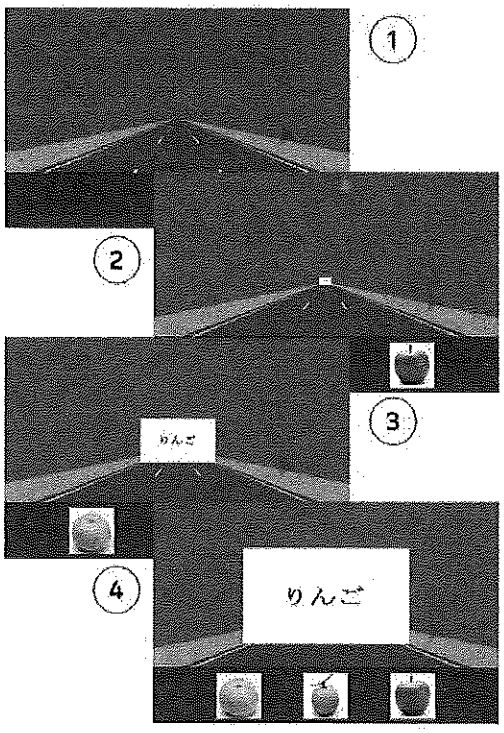


図2　明条件時のソフトウェア画面遷移

さらに，デザインオブジェクトの見づらい状況を再現するフィルターを実装した（図3）．この状態下での計測を暗条件時とし，フィルターのない状態を明条件時として視認性評価を行う．

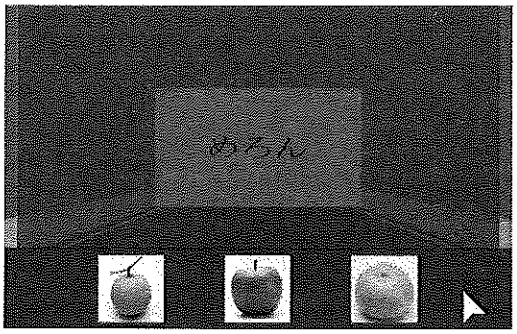


図3　暗条件時の画面

4. フォントの視認性評価実験

4.1 実験目的

本実験は開発したソフトウェアを用いた時にフォントの視認性を評価できるか，複数のフォントを使って同条件で計測したデータの差を分析する目的で行った．

4.2 実験手順

まず被験者に視線計測機でキャリブレーションを実行し，視線計測を行えるか確認をした．さらに，本ソフトウェアの操作方法を説明し，練習問題で十分な練習を行わせた．

本実験では複数のフォントを用いて，被験者にひらがなで書かれた単語について答えさせるタスクを行わせた．この時，被験者によって同様の問題でも表示されるフォントが変わるようパターン分けをした．このタスクを 12 問程度行い，得られる計測データを収集し分析を行う．

4.3 実験結果及び考察

今回は16～56歳の被験者の男性17名女性2名の計 19 名に実験を行った．今回得られたデータのうち，被験者の視線位置がオブジェクトに接触していた時間を注視時間，オブジェクト座標から画面までの距離を反応距離としてグラフにした（図4）．注視時間はフォントを認識するためにかかった時間として捉えられ，数値が小さいほど早い反応だったと言える．反応距離は数値が大きいほどフォントの表示倍率が小さい状態で被験者に認識され，数値の大きさがそのままスコアになる．今回の実験で用いたUDフォントと一般のフォントのデータを比べた場合，UD フォントのスコアが一般のフォントよりも高いスコアを記録していることが分かる．このことから，本ソフトウェアでフォントの視認性を評価できると考えられる．

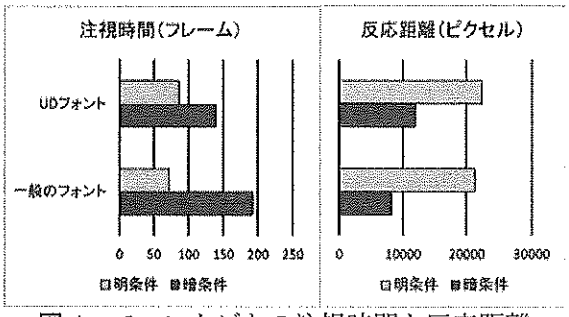


図4　フォントごとの注視時間と反応距離

5. まとめと今後の課題

本研究はフォントの視認性を評価するために，視線計測システムを応用してフォントのデザインを評価するシステムを開発した．このシステムを用いてフォントの視認性を評価する実験を行った．今後実験結果の分析をさらに進め，主観評価の結果と比較を行うことでフォントの視認性について知見を得る．

6. 参考文献

1)矢口博之，竹下直幸，水野昭，八杉淳一：視覚特性や提示条件が変化しても読み違いが起こりにくい金融コミュニケーション向け UD フォントの開発，日本印刷学会誌 Vol.50，No.1， p. 057-067，2013.

2)宮本勝，大野健彦，日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所：視線を用いた Web デザインの評価，社団法人情報処理学会研究報告，2006-HI-119 (2)，2006.

[連絡先]
河村　拓也
xx.kawamura13@yaglab.net

視線データ解析によるUI操作時の探索・情報取得状態の判別

○池本佳史，西内信之
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Discrimination between Search State and Information Acquisition State during UI Operation by Eye Movement Analysis

Yoshifumi IKEMOTO, Nobuyuki NISHIUCHI
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 概要

近年，インターネット利用者の増加とそれに伴うコンテンツが飽和する中，使いやすいユーザインタフェース（UI）を持つコンテンツがユーザに選ばれる要因の一つとなっており，ユーザビリティという指標が世に浸透するようになった．ユーザビリティとは ISO 9241-11 によると有効性・効率・満足度・利用状況から成り立っており，ユーザビリティを測る為の評価手法も多く提案されている．一般的なものはアンケート評価手法や思考発話法・エキスパートレビューなどがあり，いずれも人の主観的な感覚を基にした評価方法である．その為 UI に潜むボトルネックを見つけづらいという問題点がある．一方，利用者の操作のログや身体的なデータを分析する評価手法は客観的な視点からの評価が可能であり UI の潜在的な改善点を発見するのに有効であると考えられる．

本研究では，ユーザの身体的動作であり生理的な状態とも深く関わっている眼球運動を利用した定量的且つ客観的なユーザビリティ評価手法を提案する為の評価要素（探索と情報取得）の検討を行った．

2. 検討する要素について

眼球運動は，近年視線計測技術の発展から安価に計測が可能になり，更に新しい UI の操作方法としても注目されている．また，視線の動き自体の特徴にはユーザの生理的な要素も含んでいる．

本研究では，ユーザの UI 操作時の処理過程を，視線データを解析することで明らかにしていくことを目指している．視線データから抽出する特徴を UI 操作の観点から「思考特徴」・「探索特徴」の二種類とした．これは動作分析におけるサーブリック記号から着想を得たものであり，これまで思考と探索の 2 つの要素を視線データから抽出することを試みてきた [1]．

サーブリック分析は，手作業における動作の最小単位であり，主として上肢で行う．作業に必要な動作である第一類，主として感覚器官，頭脳で行い作業を遅らせる動作である第二類，作業に不必要な動作の第三類に分けることができる．できるだけ排除すべき項目である第二類の中でも，探す，見出す，考えるの 3 動作は，UI 操作時における感覚的な特徴を多く含んだ動作であると仮定し，探す，見出すを「探索特徴」，考える，見出すを「思考特徴」と定義し視線データから特徴量の抽出を行った．しかし，これまでの研究で「思考特徴」において有用な特徴を得ることができなかった [1]．その一つの原因として，ユーザが思考作業をしている際，文章などを読んでいる情報取得が多くの時間費やされていることが観察された．

そこで本研究では，新たに文章を読み取る際の情報取得状態における視線の特徴として，「情報取得特徴」を新たに定義し，探索・情報取得の 2 特徴量の抽出方法について実験・検証を行った．

3. 視線特徴量抽出のための検証実験

3.1 実験方法

被験者は健常な大学生 10 名である．実験では日本語 100 字で構成された文章を 3 題用意した．それぞれの文章は以下の表 1 のような課題となっている [2]．

表 1 被験者が実験で行った 4 つの課題

課題	内容
1:文章読み取り	文章を読む
2:文中探索	文中から特定の語句を見つける
3:無意味ひらがな探索	ランダムに並べられたひらがな中から特定の語句を見つける

表 1 の課題では，それぞれ次のような特徴の取得を試みた．課題 1 の文章読み取りでは情報取得，課題 2 の文中探索では探索，課題 3 の無意味ひらがな探索では探索の特徴である．

また，文字間隔によって情報取得と探索結果に相違点が現れると仮定し，課題 1～3 の文章を 2 パターン（2mm/12mm）の異なる文字間隔でそれぞれ被験者 5 名ずつに提示する．

被験者には PC 上で以上の 3 題の文章を読む，または探索してもらい，その際の眼球運動情報を非接触視線検出装置（Tobii X1 Light Eye Tracker）を用いて取得した．本視線検出装置のサンプリング周波数は約 30Hz であり，注視定義は 30deg/s 未満の状態が 170ms 以上続いた状態とした．

実験において使用したディスプレイは 17.3 インチであり，3 題の文章のなかで表示される文字の大きさはすべて 6mm である．

イギリスの総選挙と、日本の総選挙を比べると、あれこれ考えさられる点が多い。イギリスでは事前運動や戸別訪問は禁止されず、自由にやることができる。日本のならたちまち選挙違反に問われるところだ。国の色を反映している。

ぶつたいんいはにかよきらくえんめゆすいちゆうよくせんえんでごはものおまふこべぶんすうむてきまんもすのげんいんひれきしいしるをねもとぜいらであいむそしなたたみぬらじゆんびちとへぶんほろぼうどうふうあつはにつうたつ

図 1　文字間隔 2mm の文章例
（左：課題 1・右：課題 3）

3.2 実験結果及び考察

(1) 注視点間隔による分析

実験で取得した視線データからユーザの注視状態を抽出し，注視点間の移動距離を文字間隔ごとに分類，その割合をグラフで表した（図 2，3）．

図 2 より文章ベースで構成されている課題 1，2 では注視点移動距離のピークが 2 文字目であったのに対し，無意味な平仮名の羅列で構成されている課題 3 ではピークは 1 文字目であった．

一方図 3 では，課題 1，2 ともピークは 1 文字目に出現している．文字間隔が広くなることによって取得できる情報量が少なくなった為，被験者が課題文章を読み取る際に単語として情報取得できる機会が減った為，注視点移動距離が変化したと考えられる．

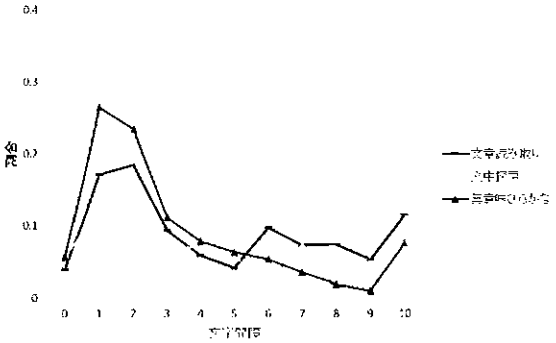


図 2　注視点移動距離の割合（文字間隔 2mm）

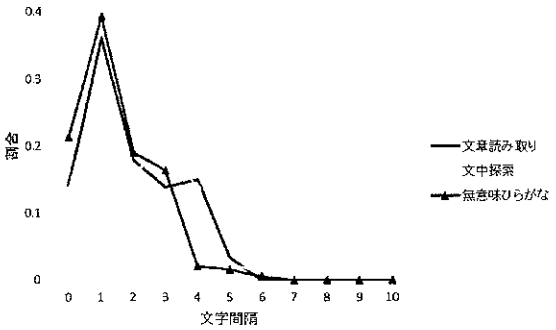


図 3　注視点移動距離の割合（文字間隔 12mm）

(2) Saccadic direction による分析

Saccadic direction とは 2 注視点のなす角を絶対角度で表したものである[3]．注視点間隔による分析より，文章読み取りと文中探索グラフの傾向として，ピークが同じであるなど類似した点が挙げられた．しかし実験後のヒアリングより被験者は総じて課題 2 の文章内容を覚えていなかった．図 4 より文字幅 2mm の課題 1，2 において，Saccadic direction における注視軌跡の角度分布は文中探索グラフの方が多方向へ分布していることがわかり探索の特徴として挙げられる．また情報取得の際は 0 度または 180 度付近に値が分布しており，情報取得の特徴として，文字列に沿った視線の動きが挙げられる．

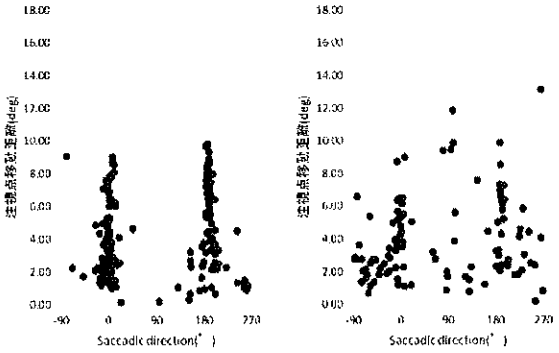


図 4　Saccadic direction と注視点間速度散布図
（左：課題 1・右：課題 2）

4. まとめ

本研究では，定量的かつ客観的ユーザビリティ評価手法の提案を行う為，視線データに含まれる「情報取得」・「探索」の 2 つの特徴量の抽出方法について 3 つの文章課題と 2 パターンの文章構成（文字間隔）を用いて検討した．注視点間隔による分析結果より，情報取得と探索時の注視点距離の割合は文章を構成する文字とその文字間隔に依存することがわかった．また，Saccadic direction による分析結果より、情報取得時の 2 注視点の成す角は文章方向に分布し，探索時では多方向に分布することがわかった．今後はサッカード速度や注視時間などの別パラメータからの評価も行う．

参考文献

1)池本 佳史・西内 信之：線情報を用いた客観的ユーザビリティ評価法の提案，日本経営工学会，2015 年春季大会予稿集, pp.156-157, 2015-05-17 .
2)樋渡 涓二：日本語文章に対する注視と認知，テレビジョン学会誌，37(11), pp.942-947, 1983-11-20 .
3) K Holmqvist・M Nyström, : Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures, 10.1.1(Saccadic direction), 2011.

[連絡先]
池本　佳史
e-mail : ikemoto-yoshifumi@ed.tmu.ac.jp

表情を用いたUX評価手法の研究

○青木 星磨，西内信之
首都大学東京システムデザイン学部
Study of User Experience Evaluation Technique using Facial Expressions
Seima AOKI, Nobuyuki NISHIUCHI
Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

近年、「使いやすい」というユーザビリティ評価だけではなく、ユーザがその製品を手にすることによる「経験」や「体験」をも含めたユーザエクスペリエンス(UX)という概念が注目を集めている。それを裏付ける様に、2010年に改訂された人間中心設計の企画 ISO 9241-210 において新たにUXの定義が追加されたことからも、UXは今後の発展が期待されている分野であることがうかがえる。

しかし現在、このUXを評価する手法の主流はアンケート調査などの主観的なものに留まっており、客観的・定量的な評価法はまだ少ないというのが現状である。そこで本研究では客観的評価が可能なUX評価手法を提案するために、生体情報の中でも特に「顔表情」に注目し、その有用性について検討するものとする。なお、本発表では、顔表情の研究に関する調査、実験結果とその考察について報告する。

2. 従来研究

2.1 ユーザエクスペリエンスとは

ユーザエクスペリエンス(UX)とは ISO 9241-210 において、「製品、システム、またはサービスの、利用または予期的な利用の結果である、人の知覚と反応」と定義づけられている。ここで、代表的なUX評価手法の一例を挙げる[1), 2)]。

(1) 観察法（調査者による評価）
- 文献調査法（Literature review）
- インタビュー（Interview）
- アンケート（Questionnaire）

(2) 経験抽出法（自己報告による評価）
- ダイアリー法（Diary）
- UXカーブ（User experience curve）

これらのUX評価の方法を見ることからも分かるように、ユーザエクスペリエンスはユーザの体験を評価しようとしたものであるため主観的な評価法がほとんどであり、客観的な評価法はほとんど提唱されていないのが現状である。

2.2 顔表情の研究について

顔表情の研究については、Paul Ekman ら[3)]によって提唱される『驚き、恐怖、怒り、嫌悪、悲しみ、幸福といった基本的な6つの感情が、額、眉、瞼、頬、鼻、唇、顎の位置や形の変化によって表情となって顔に現れる』という説がよく用いられている。

本研究では、このEkmanらによる説を活用し、表情というデータから客観的なUX評価が可能なのかを検討する。

3. 顔表情判定実験の実験方法

実験ステップは、大きく次の2つに分けられる。

3.1 顔表情の取得

映像を視聴する被験者は健常な大学生3名とした。被験者の映像視聴時の表情をカメラで記録すると同時に、被験者に感情をポジティブ/ネガティブ/ニュートラルの3項目で感情評価を記録してもらった。なお、感情の記録については、図1の様な感情入力インタフェースを作成した。自身の感情と合致するボックスの中にカーソルを置くことで感情の記録ができるようになっている。また、図2(上)は被験者が実験中に使うインタフェースの構成となっている。

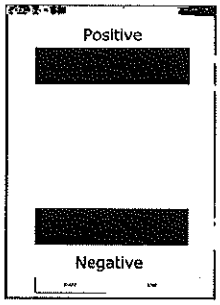


図1 感情入力インタフェース

被験者に視聴してもらう映像のコンテンツは、「お笑い」、「ホラー」、「ヒューマンドラマ」の3種類で、合計25分程度の映像とし、3種類のコンテンツの順番を被験者によりランダムに視聴してもらった。ポジティブ/ネガティブの感情についてはWatsonら[4)]の提唱したPANAS(The Positive and Negative Affect Schedule)に従い、映像にあった感情を入力してもらった。

映像視聴後、被験者にはUXカーブを用いて自身の感情の推移を理由と共に記載してもらった。

3.2 顔表情の判定

映像視聴者とは別の被験者(判定者)は健常な大学生3名とし、先のステップで得られた顔表情映像のみを見せ、そこから感情を推察し、感情入力インタフェースを用いて判定結果を入力してもらう（図2(下)）。

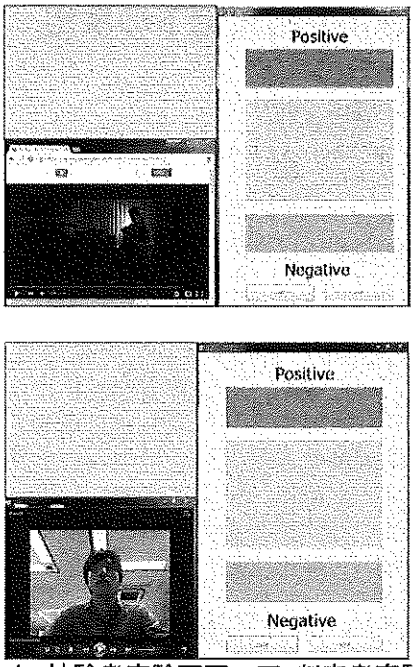


図 2　上:被験者実験画面　下:判定者実験画面

以上の実験で得られた結果より、顔表情より得られた UX にはどのような特徴があるのかを調査し、またどの様な基準で顔表情より得られた UX を評価するのが客観的な UX 評価手法として適切であるのかを検討した。

4. 実験結果および考察

4.1 表情判定の適合率

本実験では、被験者が映像を視聴しながら入力した感情評価の記録と、判定者が被験者の顔表情動画を視聴しながら入力した感情判定の記録を比較するために適合率を算出した。適合率は、被験者の毎回の感情評価記録時間内にどれだけ判定者が同様の感情判定を行う事が出来たかという基準で算出した。その結果、ニュートラル評価を除くと、お笑い動画のポジティブ評価のみが 70%から 80%となったが、他の種類の動画については各判定者によって若干の差は見られたが 0%から 20%という低い結果が得られた。

4.2 UX カーブと感情評価の比較

図 3 は、ある被験者のホラー動画の結果である。UX カーブの時間軸(横軸)の曖昧さはあるものの、UX カーブの特徴点と、感情評価では高い関連性が見られる。また、UX カーブでは感情の変化として記述されていないところで、感情評価の記録がなされているところも多く見られる。

4.3 UX カーブと感情判定の比較

4.2 節と同様に、図 3 より UX カーブの横軸の曖昧さはあるが、UX カーブの特徴点付近では判定者の感情判定も同様の結果が得られていることがわかった。

4.4 感情評価と感情判定の比較

4.1 節の適合率では、お笑いのポジティブ評価以外は低い結果となっていたが、UX カーブの特徴点付近では、被験者と判定者の結果を比較すると、両者の記録が一致している傾向が見られる。このように、厳密な時間値ではなく、ある時間範囲において感情評価と感情判定の一致度を見ると、両者の評価結果に同じ傾向が多く見られることがわかった。

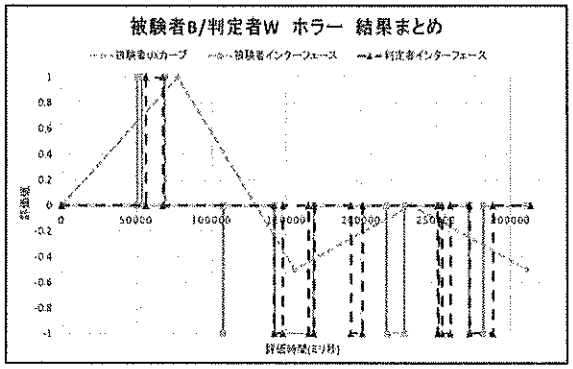


図 3 ホラー動画の結果（被験者 B/判定者 W）

5. まとめ

本研究では、顔表情が UX 評価に利用できるのかを検討するために、被験者が映像を視聴しながら評価した感情評価の記録と、判定者が被験者の動画視聴時の顔表情を視聴しながら判定した感情判定の記録より、適合率を算出して比較検討した。適合率では、お笑い動画のポジティブ評価以外の大半が 0%という結果が得られたが、UX カーブの特徴点付近では、被験者と判定者の結果が一致しやすい傾向がみられた。このことから、顔表情を用いた UX 評価手法においては、適合率などの厳密な時間値での評価ではなく、被験者の各感情評価時間を基準としたある一定の時間範囲での評価が適していると考えられる。今後は、この時間範囲の検討、評価対象物を変化させ、顔表情を用いた UX 評価手法について検討を進める。

参考文献

1) Roto, Virpi, et al.: "All UX evaluation methods" www.allaboutux.org/all-methods, (2015.08.20 visited).
2) 塙拓朗, 西内信之: UX カーブのリアルタイム取得システムの開発, 首都大学東京大学院修士論文 2014 年.
3) P. エクマン, W. フリーセン：表情分析入門,表情に隠された意味をさぐる, 工藤力訳, 第 7 版, 誠信書房, 2000.
4) Watson, D., Clark, L. A., Tellegen, A.: Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scale, Journal of Personality and Social Psychology, Vol.54, No.6, 1988.

[連絡先]
青木　星磨
e-mail：aoki-seima@ed.tmu.ac.jp

心拍と呼吸の非接触計測による座位における覚醒度低下の検出

○前田崇斗*，橋爪絢子*，松井岳巳*
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Detection of the Decline Arousal Reduction by the Contactless Measurement of Heart Rate and Respiration in the Sitting Position

Takato MAEDA*, Ayako HASHIZUME*, Takemi MATSUI*
* Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

運転者および作業者の覚醒度低下による注意力の欠如や判断の遅延などから，運転中や作業中のエラーが引き起こされ，それが車両事故や職業災害をもたらす[1]．覚醒度低下に起因する車両事故を未然に防ぐための対策として，注意喚起の標識の設置や，自己申告による眠気の状態管理などが講じられてきた．しかし，自己の覚醒状態を自覚することは難しく，主観的な感覚に頼った対策だけでは，覚醒度低下に起因する事故の大幅な削減は困難である．そのため，運転者の覚醒状態を客観的にリアルタイムで把握し，覚醒度の低下を検出，および警告するシステムの開発が，国土交通省の計画においても推進されている[1]．

覚醒度を客観的に把握するために，脳活動や呼吸，自律神経活動と覚醒度との関連が研究されてきた[1]．覚醒度と脳活動の関連について，大脳皮質の酸素化ヘモグロビン(Hb: hemoglobin) の濃度を脳活動量の指標にした研究で，覚醒状態から浅い睡眠へ移行する際に，前頭部の背外側前頭前皮質(DLPFC: dorsolateral prefrontal cortex)の酸素化 Hb 濃度の低下が報告されている[2]．覚醒状態から浅い睡眠へ移行する際，特に左脳における DLPFC の有意な活動量の低下が確認されている[3]．また，覚醒度の低下に伴って呼吸周波数も低下することが明らかにされている[1]．さらに，覚醒度と自律神経活動に関しては，副交感神経活動活性の上昇により眠気の発生を検出できるとの報告がある[1]．これは自律神経活動の指標として心拍数変動指標(HRV: heart rate variability)を用いたものであるが，HRV はその周波数帯域によって，LF 成分(0.04~0.15Hz)と HF 成分(0.15~0.4Hz)に分けられ，LF は交感神経と副交感神経活性を，HF は副交感神経活性を表す．また，LF と HF の比の LF/HF は，交感神経活性の指標として用いられている．

覚醒度低下に起因する車両事故を防止するための方法として，これらの脳活動量や呼吸数，HRV などを客観的な覚醒度の指標として活用することが考えられるが，その計測には，光トポグラフィや胸腹呼吸センサー，心電計 (ECG: electrocardiogram)などの機器を取り付ける必要があるため，日常的な運転場面での利用を想定すると非実用的である．一方，マイクロ波レーダーを用いることで，非接触で心拍活動や呼吸に伴う体表面の動きを捉え，心電図や胸腹呼吸センサーとほぼ同等の心拍間隔，呼吸数を取得できる[4]．

本研究では，運転中の覚醒度低下による事故を未然に防ぐためのシステム開発を目指した．座位における覚醒度を運転者に負担のない方法で客観的に把握するために，マイクロ波レーダーによる心拍と呼吸の計測技術を応用し，非接触計測から覚醒度の低下を検出するシステムの開発を行った．

2. 心拍と呼吸による覚醒度低下検出の検証

本システムを用いて，非接触で計測した心拍数，HRV，呼吸数から，座位における覚醒度の低下を検出できるかを検証するための実験を行った．

2.1 方法

健康な男子学生 7 名(21-24 歳)に対し，本システムを用いて計測を行った．計測の所要時間は 15 分で，午後 0 時から 3 時の時間帯に行った．研究対象者には，前日からの飲酒と当日のカフェイン摂取，喫煙を控えてもらった．さらに覚醒度の低下を誘発させるために，計測開始前に食事をとってもらった．食事は，ハンバーガー(日本マクドナルド社)4 個と三ツ矢サイダー(アサヒ飲料社)500ml の計 1285kcal 分を用意したが，研究対象者が満腹感を感じた場合には，途中で食事を終了させた．一人あたりの平均は，ハンバーガー3.9 個と三ツ矢サイダー457ml で計 1225kcal であった．

食事の摂取から 45 分後に眠気が発生するという報告[5]を参考に，食事時間を 15 分と，その後 30 分の食休みを設け，心拍と呼吸の計測を行った．研究対象者には椅子に安静に座ってもらい，前方の注視点を見続けるよう教示した．また，室内の照明を一部消し，約 2Lx の照明環境に統制した．

2.2 機材

計測に用いた機材を図 1 に示す．椅子の背面にマイクロ波レーダーを設置し，マイクロ波レーダーから得られた波形を A/D 変換して PC で収録・解析できるようにした．また，椅子の対面，前方 1m の位置に注視点を設置した．

ECG による計測と胸腹呼吸センサーによる計測も同時に行い，マイクロ波レーダーによる心拍と呼吸の計測精度を確認した．また，ウェアラブル光トポグラフィ(日立ハイテクノロジー社製，WOT-100)を用いて，左 DLPFC の酸素化 Hb 濃度の計測も同時に行い，覚醒度のリファレンスとした．

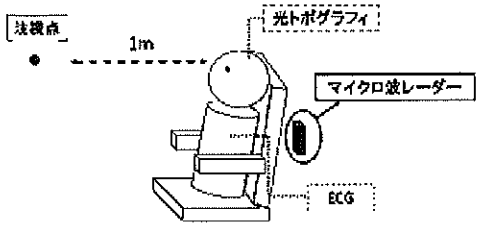


図１　計測に用いた機材

2.3 解析方法

全研究対象者のうち４名は，先行研究[2)]で報告されている左 DLPFC の酸素化 Hb 濃度の時間経過における低下が見られなかったため，解析から除外し，覚醒度の低下がみられた 3 名のデータを解析に用いた．マイクロ波レーダーで非接触計測した心拍数と HF，LF/HF，呼吸数を変数に用いて，研究対象者ごとに左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度の推定式を重回帰分析により求めた．

3. 結果と考察

左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度の推定式を表 1 に示す．各式の有意性の検定の結果，左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度の推定は，いずれも 1%水準で有意であることが示された (a: $F(4, 896)=2151.87$, $p<.01$; b: $F(4, 896)=1254.13$, $p<.01$; c: $F(4, 896)=2868.38$, $p<.01$).

また，ウェアラブル光トポグラフィで計測した左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度と表 1 の式から算出したその推定値を比較した時系列グラフ，および相関係数 r を図 2 から 4 にそれぞれ示す．左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度とその推定値との時系列変化は，いずれも相関係数 0.9 以上の強い相関がみられた．

これらのことから，左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度の低下がみられたケースでは，本システムで非接触計測した心拍数や HF，LF/HF，呼吸数を用いることで，左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度の時系列変化が推定できることが示された．本システムを実装することで，運転中の覚醒度の低下を運転者に負担をかけずに検出できるようになると考えられる．

表１　各対象者に対する推定式

対象者	左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度の推定式 (X_1：心拍数，X_2:HF，X_3:LF/HF，X_4:呼吸数)
a	$0.14X_1-0.0015X_2+0.024X_3+0.065X_4-10.61$
b	$0.059X_1-0.001X_2+0.016X_3-0.012X_4-3.34$
c	$0.26X_1+0.0001X_2+0.20X_3-0.033X_4-16.03$

4. 結論

運転中の覚醒度の低下による事故の予防を目的として，マイクロ波レーダーによる心拍と呼吸の計測技術を応用し，運転者に負担の無い非接触計測から覚醒度の低下を検出するシステムの開発を行った．本システムを用いて，座位における覚醒度低下を検出できるかを検証した結果，左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度により表される覚醒度の低下がみられたケースでは，本システムで非接触計測した心拍数と HF，LF/HF，呼吸数から覚醒度の推定ができ，その低下を検出できることが示された．

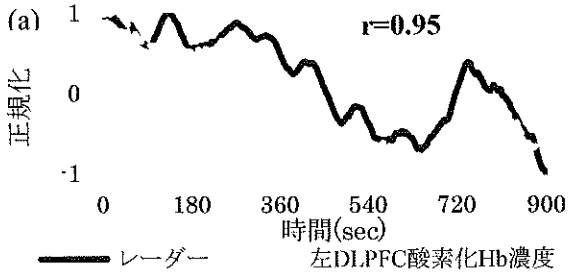


図 2 左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度と推定値（対象者 a）

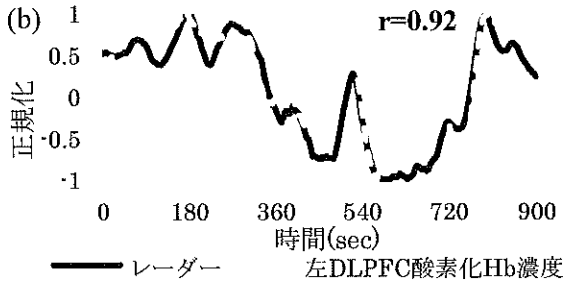


図 3　左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度と推定値（対象者 b）

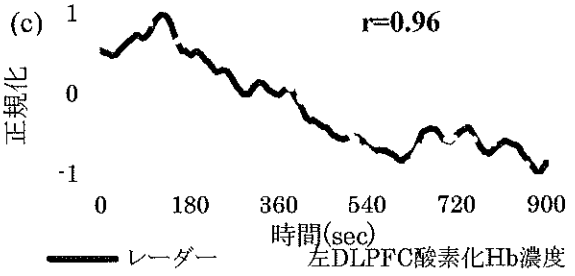


図 4　左 DLPFC 酸素化 Hb 濃度と推定値（対象者 c）

5. 参考文献

1) 大見拓寛: 居眠り運転防止のためのセンシング技術, 眠りの科学とその応用, 102-123, 2007
2) Yasutaka, K .et al.: Dorsolateral prefrontal cortical oxygenation during REM sleep in humans, BRAIN RESEARCH, 1389, 83-92, 2011
3) Naofumi, K. et al.: Activity of midbrain reticular formation and neocortex during the progression of human non-rapid eye movement sleep, The Journal of Neuroscience, 19(22), 10065-10073, 1999
4) Matsui, T. et al.: A novel screening method for influenza patients using a newly developed non-contact screening system, Journal of Infection, 60, 271-277, 2010
5) 林光緒: 居眠り運転発生の生理的メカニズム, IATSS Review, 38,49-56,2013

[連絡先]
前田　崇斗
e-mail: rontricefield90@gmail.com

マイクロ波レーダーを用いた迅速・熱中症スクリーニングシステムの開発

—心拍数，呼吸数，体表面温度を用いた判別可能性の検討—

○渡井康之*，松井岳巳*
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Development of Heatstroke Screening System Using a Microwave Radar in a Short Time
- Study of Discrimination Possibility of Using Heart Rate, Respiratory Rate and Body Surface Temperature -

Yasuyuki WATAI*, Takemi MATSUI*
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

1.1 背景

近年，地球温暖化やヒートアイランド現象による気温上昇に伴った熱中症患者数の増加が懸念されている．日本では，2013 年に熱中症により 35571 人が救急搬送され，そのうち 550 人が死亡している．[1)]

現在その対策として湿球黒球温度 (WBGT)による注意喚起やポスター等による予防法の普及啓発が行われている．しかし，これらの対策は個人の状態を考慮しておらず，発症のしやすさに個人差のある熱中症では予防困難な部分が生じてしまう．[2)]

1.2 熱中症について

一般的に人は運動や暑熱環境への暴露により深部体温が上昇すると，血管を拡張し熱い血液の体表面への配信を増加させ頻脈，心拍出量増加，換気量増加，発汗をもたらす．しかし，塩分と水分の不足や心臓血管疾患などの原因によりこのメカニズムが妨げられると，深部体温上昇が抑えられず熱中症が発症すると考えられている．[3)]アメリカ産業衛生専門家会議(ACGIH)では，暑さに順応した人は深部体温が 38.5℃，非順応の人は 38℃を超えたら作業を中止すべきとしている．

1.3 研究目的

深部体温の上昇を心拍数，呼吸数，体表面温度から約 15 秒で非接触で判定するシステムの開発を目的とする．このシステムは作業や運動の休憩中に使用することを想定しており，深部体温が上昇していることを確認できれば休憩や給水など適した対応が可能となる．現在の対策では不十分である，人により異なる特徴や体調を考慮することができ，熱中症患者数の減少が期待できる．

2.方法

2.1 熱中症スクリーニングシステムの構成

熱中症スクリーニングシステムの構成図を図 1 に示す．心拍数，呼吸数，体表面温度から深部体温を推定し，早期発見のため 37.5℃を超えると警告を出すシステムである．24GHz マイクロ波レーダー(新日本無線)から心拍数と呼吸数を，サーモパイルアレイ(Thermo module, Chino)から体表面温度を計測する．レーダーによる心拍数，呼吸数測定は腹部の振幅を計測し求める．[4)]なお，各センサーから得られた信号の解析には LabVIEW(National Instruments)を使用している．

2.2 試験方法

心拍数，呼吸数，体表面温度の 3 つの指標から，深部体温が 37.5℃を超えているか否か判別可能かの検証を目的とした試験を行った．研究対象者は健康な男子大学生 9 名(21～24 歳)，服装はポリエステル 100%の半袖 T シャツ半ズボンで，気温 30℃湿度 70%の室内で試験を行った．研究対象者は深部体温を上げるために運動負荷として自転車エルゴメーター運動を行い，運動後のバイタルサインを計測した．自転車エルゴメーター運動は 100W の負荷で 60 回転/分を 15 分間行った．運動後，安静状態で深部体温(コアテンプ CM-210，テルモ)，心拍数(ECG: electrocardiogram)，呼吸数(胸腹呼吸センサー，日本光電)，体表面温度(Advanced Thermo

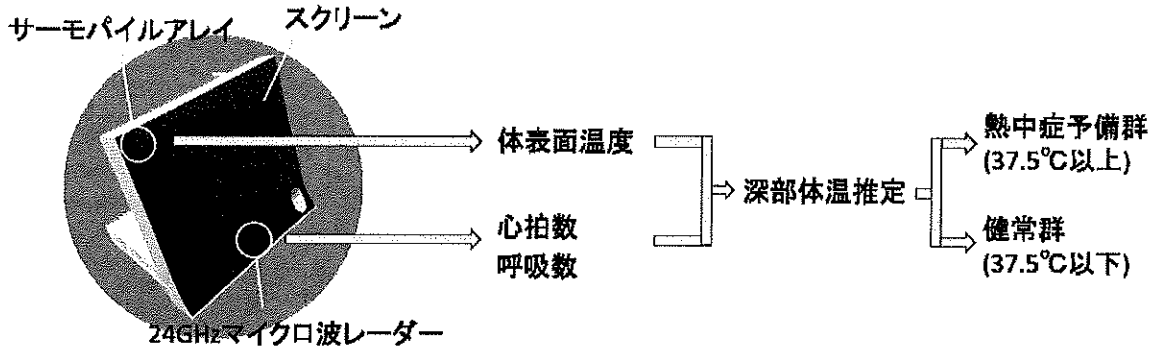


図 1　熱中症スクリーニングシステム構成図

TVS-500EX, NEC/Avio)を 15 分間計測した．なお安全上，運動中に深部体温が 37.5℃を超えた場合運動を中止し安静状態での計測を行った．また，この試験は首都大学東京大学院システムデザイン研究科の倫理委員会の承認を得て行ったものである．

2.3 解析方法

計測した 15 分間の深部体温，心拍数，呼吸数，体表面温度のデータを 1 分間隔で算出した．深部体温が 37.5℃以下を健常群，以上を熱中症予備群とし，心拍数，呼吸数，体表面温度の 3 つの指標から線形判別にて 2 群に分け，1 人毎に leave-one-out 交差検証を行った．

3.結果と考察

心拍数，呼吸数，体表面温度の計測結果を図 2 に示す．心拍数，呼吸数，体表面温度を健常群と熱中症予備群で t 検定を行った結果，心拍数と体表面温度では有意差が認められたが呼吸数では認められなかった．これは熱中症予備群の人がゆっくりと深い呼吸をしていることが原因だと考えられる．深部体温が上昇すると換気量が上昇することから，今回は呼吸数を指標として検証を行ったが，今後換気量を指標に入れることの検討とレーダーを用いた換気量計測の検証を行う必要がある．

次に計測したデータを深部体温 37.5℃を境界に線形判別分析を行い，それにより算出した Z 値と深部体温の相関を図 3 に示す．Z 値が正の場合熱中症予備群と判別され，負の場合健常群と判別される．図より 37.5℃以上の人はほとんどが熱中症予備群と判別されていることがわかる．

線形判別を 1 人毎で leave-one-out 交差検証を行った結果を表 1 に示す．表 1 よりスクリーニングで重要な感度と陰性的中率が共に 90%以上と高く，心拍数，呼吸数，体表面温度による深部体温 37.5℃以上か以下かの判別可能性が示唆された．しかし陽性的中率が 47.5%と低いため，今後より良い指標や判別方法の検討，深部体温 37.5℃以上のデータの収集を行う必要がある．

4.結論

熱中症スクリーニングシステムの開発を目的とした，心拍数，呼吸数，体表面温度を指標として深部体温が 37.5℃以上か以下かの判別が可能かの検証を行った．結果，感度と陰性的中率は 90%を超え，全体で約 80%判別的中率となり，これらのバイタルサインを指標とした判別の可能性が示唆された．

今後の課題として，陽性的中率を上げるための新しい指標や判別方法の検討と，実際に熱中症スクリーニングシステムを使用して判別可能かの検証を行う必要がある．

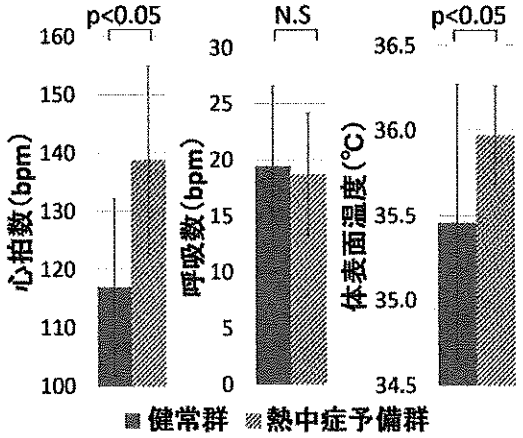


図 2　心拍数，呼吸数，体表面温度の計測結果

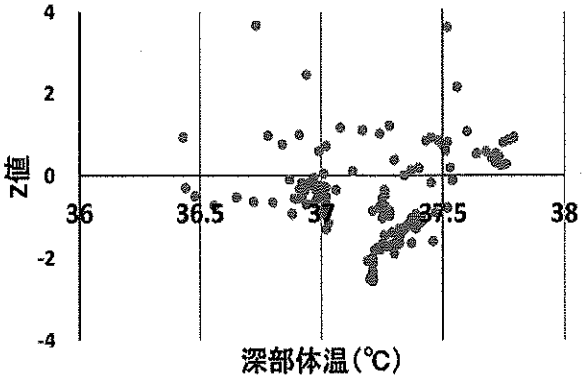


図 3　Z 値と深部体温の相関図

表 1　leave-one-out 交差検証の結果

感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
90.5%	81.6%	47.5%	97.9%

5. 参考文献

1) 日本救急医学会：熱中症ガイドライン 2015
2) 環境省：熱中症環境保健マニュアル 2014
3) Abderrezak Bouchama,M.D., and James P.Knochel,M.M.：HEAT STROKE, The New England of Medicine 2002, 346, 1978-1988, 2002
4) Sun G, Matsui T, Hakozaki Y, Abe S：An infectious disease/fever screening radar system which stratifies higher-risk patients within ten seconds using a neural network and the fuzzy grouping method, Journal of Infection, 70(3), 230-236, 2015

[連絡先]
渡井 康之
e-mail：watai-yasuyuki@ed.tmu.ac.jp

自動運転における操作切り替え後のドライバ応答に関する研究

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

A Study of driver reaction after transition to manual on autonomous vehicle

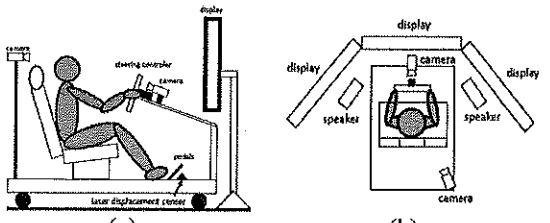
Tai Sagara*, Hajime Takada**, Yoshifusa Matuura**
* Graduate School of Engineering, Yokohama National University
**Faculty of Engineering, Yokohama National University

1. 研究目的

近年，自動車安全技術としての自動運転に関する研究が盛んであり，実際に各国で公道での実証実験が行われている．しかし，現行法では自動運転中であっても，運転の責任はドライバにあるとされる．故にドライバは自動運転中でも集中力を維持して，自車や周囲の環境を監視し，機能限界時には自動車から操作を引き継いで自ら運転することが求められる．しかし，自動車がすべての操作を行う中で，ドライバが集中力を維持できるか，そして長時間の自動運転の後に普段どおりの運転をできるかどうかは未知数である．そこで本研究では，ドライビングシミュレータを用いて自動運転を模擬し，自動運転中のドライバ状態及び自動運転解除時のドライバ応答を評価する．

2. ドライビングシミュレータについて

Fig.1 に実験で使用するドライビングシミュレータの構成図，Fig.2 にシミュレータのシステム構成図を示す．



(a) (b)

Fig.1 driving simulator

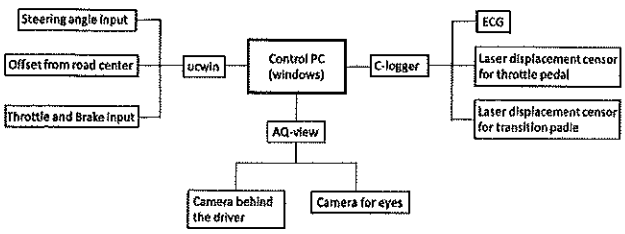


Fig.2 System configuration

シミュレータは実車のシートとステアリングホイールを使用しており，着座位置も実車を模している．アクセル及びブレーキペダルはゲーム用のものを流用した．画面はドライバを囲うように3画面を用意し，メーター類やサイドミラーなど運転席から見た景観を描写している．

3. 実験

Fig.1 及び Fig.2 に示したドライビングシミュレータを用いて，高速道路上での自動運転を模擬した実験を行った．高速道路において，手動運転していたドライバが自動運転を開始し，一定時間自動運転機能に従事した後，自動車からの自動運転を解除するように促す指示に従って，自ら自動運転を解除し，自身で再び手動運転を開始する一連の流れを模擬する．

3.1 実験手順

Fig.3 に実験手順を示す．

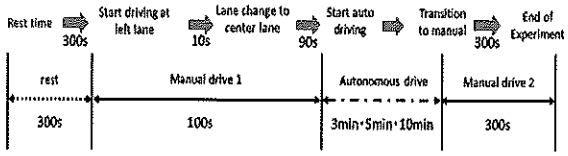


Fig.3 experiment procedure

実験が開始されると，ドライバは左車線から運転を開始し，10 秒後に中央車線へ車線変更を行う．車線変更後 90 秒で，自動運転機能が自動的に開始される．自動運転を一定時間行った後，中央画面上に自動運転を解除するように促すメッセージが表示される．そしてドライバ自身がステアリング裏のパドルを操作して自動運転を解除し，自身による手動運転を再び開始する．その後手動運転を 300 秒間行ったところで実験終了となる．自動運転を行う時間については 3 分，5 分，10 分の 3 パターンを用意した．

また，安静時と自動運転時，手動運転時で心電図(ECG)の変化を比較するため，実験開始前に安静時間を 300 秒設けた．これは各パターンでそれぞれ行った．

3.2 道路および車両について

車線幅 3.5m の車線 3 本で構成される直線の高速道路を再現して用いた．被験者は自動運転の解除などを含めた運転操作の練習を事前に行った．

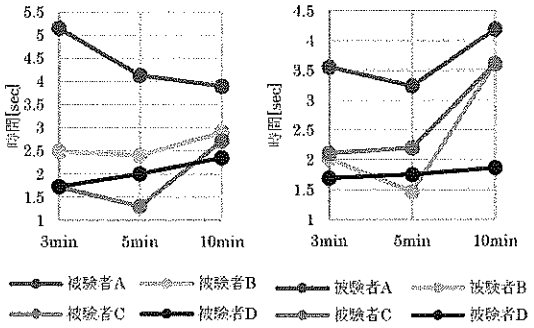
3.3 被験者について

被験者は普通免許を所持する 20 代男性 4 名に依頼した．各被験者のドライバとしての傾向を知るために，事前にドライバスタイルチェックシート及び運転負担感受性チェックシート[1]によるアンケートを実施した．

4. 結果及び考察

4.1 反応時間

自動運転の解除を促すメッセージが提示されてからパドルを操作するまでの時間を解除時間として算出した．また，被験者にはメッセージを提示されてから，アクセルペダルに足を置きステアリングを握った状態でパドル操作を行うように指示した．そこで，解除の指示からアクセルペダルに足を置くまでの時間を準備時間として算出した．被験者 A～D の自動運転時間の違いによる反応時間の変化を Fig.4 に示す．横軸が自動運転時間であり，縦軸が反応時間である．



(a)release time　　(b)preparation time

Fig.4 reaction time

準備時間では被験者全員，解除時間では 4 名中 3 名で 10 分間の自動運転を行った場合が最も反応時間が長くなる傾向を示し，特に準備時間では 4 名中 2 名が単調増加の傾向を示した．他 2 名が 3 分間と 5 分間の間で単調増加とならなかった理由として，操作への慣れが考えられる．それでも，操作への慣れがあるにも関わらず，10 分間の場合が最も大きいことから，10 分以上の自動運転によって，ドライバは操作への集中力を失う傾向があることが分かった．

4.2 車線中央からの変位

自動運転を解除した直後の運転操作を比較するため，2 回目の手動運転における車体と車線中央のずれを示す車線中央からの変位に注目した．被験者によって目指す車線位置は異なるため，操舵のばらつきを表す標準偏差を算出し，3 分間自動運転を行った時の値で正規化し比較した．

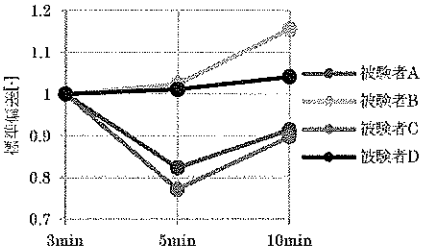


Fig.5 SD of offset from lane center

4 名中 2 名が単調増加の傾向を示した．また，被験者全員が 5 分間から 10 分間にかけて増加傾向を示した．準備時間と違い，4 名中 2 名が 3 分間の自動運転で最も偏差が大きくなっている．これは準備動作と解除動作という体の動きを経ることで，準備動作と解除動作という体の動きを経ることで，覚醒度が上昇したと考えられる．

4.3 LF/HF

実験中の被験者の ECG から R 波の間隔である R-R Interval(RRI)値を算出した．さらに安静状態から手動運転までの 4 つの区間に対して，低周波成分 LF(0.05～0.15Hz)と高周波成分 HF(0.15～0.4Hz)の比である LF/HF をそれぞれ算出し，安静状態の値で除すことで正規化した．自動運転を 10 分間行ったときの LF/HF を Fig.6 に示す．

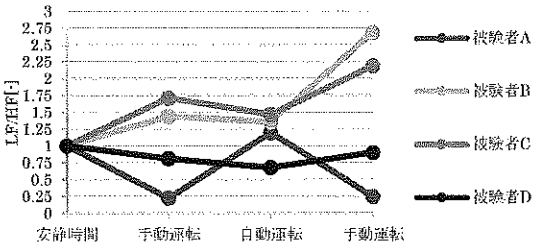


Fig.6 LF/HF of ECG

4 名中 3 名に自動運転における LF/HF の低下が見られた．LF/HF の低下は活動状態や緊張状態を表す交感神経活動の低下を意味している．また，眠気と戦っているときにも交感神経の活動が高まるといわれており，自動運転中に LF/HF が上昇する被験者には強い眠気が生じていたと考えられる．

5. まとめ

シミュレータを用いて高速道路上での自動運転の模擬を行った．そして自動運転解除時の反応時間，解除後の運転操作，LF/HF の結果から，10 分以上の自動運転ではドライバの集中力や緊張感の維持が難しくなり，自動運転の解除動作やその後の運転操作を普段と同じ，もしくは短い自動運転と同じようには出来なくなる可能性を示唆した．

また，事前のアンケートで把握したドライバの運転傾向との関連は確認できなかった．

6. 参考文献

1) 石橋基範，大桑政幸，赤松幹之：運転者特性把握のための運転スタイル・運転負担感受性チェックシートの開発，自動車技術会 2002 年春季大会学術講演会前刷集，No.55-02，9～12，2002.

[連絡先]
相良　泰
横浜国立大学大学院工学府
〒240-0067 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1
sagara-tai-sn@ynu.jp

温水用身体洗浄装置の開発

○佐藤裕和*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学大学院工学府，**横浜国立大学大学院工学研究院

Development of body washing device with hot water

Hirokazu SATO*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. はじめに

日本では，要介護者の急激な増加による介護職員の人手不足が深刻な問題となっており，負担を大きくしている．特に，入浴は移乗・着脱衣・姿勢保持を含むことから重労働である．そこで，介護従事者の負担軽減を図るため，入浴に替わる方法として身体洗浄装置の研究・開発を進めてきた．

しかしながら，この装置は洗浄水を噴射すると同時に吸引を行うため，冷たさを感じさせ嫌悪感を抱く場合があるという問題があった．そこで，本研究では，より快適な身体洗浄を行うため既存装置に搭載する，温水・温気を用いた新たな機構の開発を目的とする．

2. 装置概要

2.1 洗浄ヘッド

洗浄ヘッドは図 1 に示した形状である．特徴として，空気流入口が吸引口の外側に位置し，二重となっている．流入口へは，後述する機構によって温められた空気が吸引力によって流れ込む．また，先端下部の平面が洗浄面となっており，水噴射口から洗浄面へ向けて水が直接噴射され，洗浄後の空気と水は吸引口へ流れる．

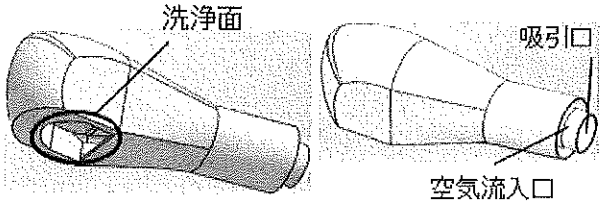


図 1　洗浄ヘッド

図 2 に吸引口負圧-1.5kPa での空気流れシミュレーションの結果を示す．損失の少ない経路形状により，洗浄面付近の空気流速が約30m/s と速く，効率の良い吸引が可能である．

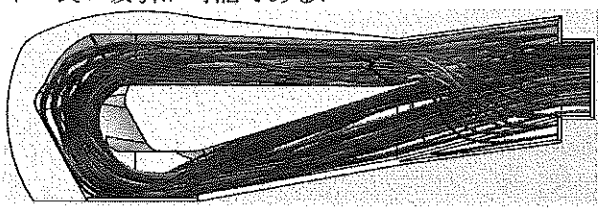


図 2　空気流れ

2.2 水噴射制御

皮膚へ向けて水噴射することにより発生する水漏れの対策として，水噴射の制御回路を搭載している．これは，洗浄面の覆われ具合により，ヘッド内部の圧力が変化することを利用する．

まず，吸引力を一定として被洗浄物を動かした場合の各位置での負圧値を求めた．吸引力は洗浄面を全て覆った状態で負圧-1.5kPa とし，被洗浄物は前腕を模擬した模型(長軸 49.6mm，短軸 41.5mm の楕円形状)を用いた．

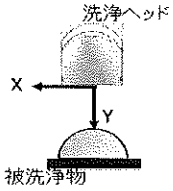


図 3　実験詳細図

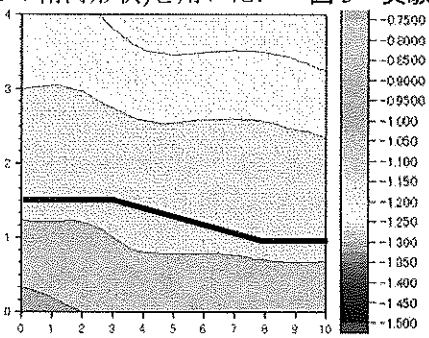


図 4　洗浄面全覆時-1.5kPa での各位置の負圧値

次に，被洗浄物各位置での水漏れの発生しない負圧限界値を求めた．被洗浄物に対する水噴射度は 20°，水噴射速度は 1.9m/s と設定する．

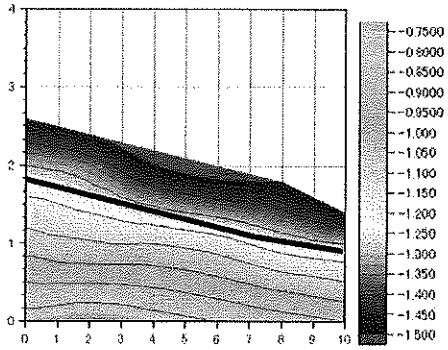


図 5　水漏れの発生しない負圧限界値

図 4，5 の黒線は負圧-1.29kPa となる位置である．この圧力値より低い場合に，水噴射が行われるよう制御設定すると，図 4 の境界線よりも下の位置での圧力値は，図 5 の負圧限界値よりも大きな値をとっており，水漏れせずに使用が可能である．

3. 洗浄能力評価

3.1 画像処理による汚れの判定

洗浄ヘッドに疑似汚れ(赤色絵具)を付着させた模型を密着させ，洗浄の様子を高速度カメラで撮影する．3cm×3cm の汚れを付けた面を画像処理によって二値化し，汚れが付いた白色部の面積を測定することで，汚れ落ちの判定をする．

3.2 実験結果

1.7，1.9，2.1，2.3m/s の 4 つの水流速を比較する．吸引力は洗浄面を全て覆った状態で負圧-1.5kPa に設定した．図 6 に結果を示す．

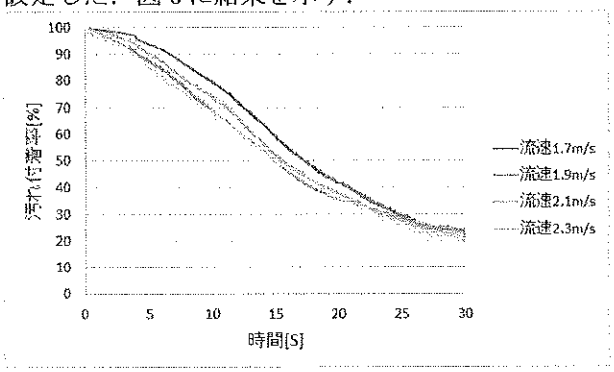


図 6　各条件での汚れ付着率

洗浄開始直後は流速が高いほど，洗浄能力が高い傾向を示すものの，付着した汚れが 25%未満となるために要する時間に大きな差はないことが分かる．この結果から，水噴射の制御から流速を決定することが適当であると分かる．

4. 温気流入機構

本装置による洗浄方法は，洗浄水を皮膚に向けて噴射し，それを同時に吸引する構造となっている．吸引された外気が約30m/sで皮膚に吹き付けるため，体感温度が低く，その冷たさから嫌悪感を抱く場合があった．水に比べ，空気の比熱は小さいものの，流量が圧倒的に多く，洗浄水温度を上げるだけではこの問題が解消されない．そこで，吸引された外気が皮膚に触あたるまでの経路区間で温度上昇させるための機構を考案した．ヘッドの空気流入口付近にヒーターを設置し，この区間を流れることで，空気が温められる．

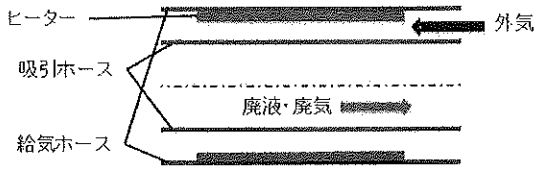


図 7　温気流入機構概要図

4.1 ヒーターによる空気温度の上昇

空気の流入経路である外管(給気ホース)内径 37.3mm，内管(吸引ホース)外径 24mm を流速 30m/s で，長さ 450mm，厚さ 1.5mm のヒーターの加熱区間を通過する際に，吸引される外気(気温 25℃)の温度上昇の結果を図 8 に示す．

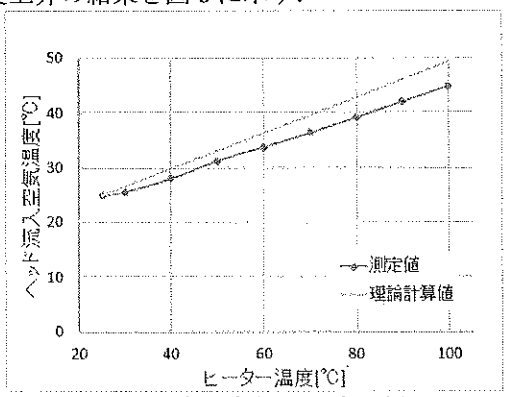


図 8　流入空気の温度上昇

空気が皮膚に触れることを考慮して 40℃まで上昇させるため，ヒーターの温度を 82℃に設定する．また，生じる熱は外管にも影響するため，安全を考慮し外管との間には断熱材を用いることとする．

4.2 官能評価

流入空気温度を変化させ，体感温度，洗浄感，爽快感について，5 段階(5 が良く，1 が悪い)の主観評価を図 9 に示す．条件①：水 45℃，空気 25℃，条件②：水 45℃，空気 40℃で実験した．

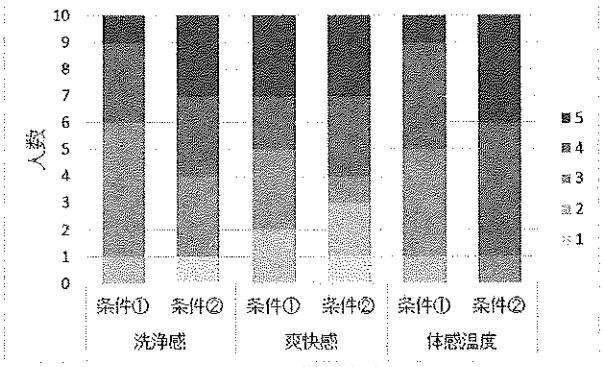


図 9　官能評価

機構の導入により，体感温度の上昇を実現できた．また，半数以上が洗浄感や爽快感についても良いと感じたが，快適な温度に個人差があるため，不快に感じた方もいた．これは温度調整することで解決できると考えられる．

5. 参考文献

1)公開特許方法(A)特許出願公開番号 2010-273945

2)宮内雄平 他：「ベッド上で使用できる身体洗浄装置の研究」日本人間工学会関東支部第 43 大会講演論文集 pp.92-93

[連絡先]

佐藤　裕和

e-mail：sato-hirokazu-cj@ynu.jp

歩行中の携帯電話使用に関する基礎的研究

○小松史旺*, 小林吉之**, 持丸正明**, 三林洋介*
*東京都立産業技術高専, **産業技術総合研究所

Basic study on mobile phone use while walking

Shio KOMATSU*, Yoshiyuki KOBAYASHI**,Masaaki MOCHIMARU**,Yosuke SAMBAYASHI*
* Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, ** Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

現在スマートフォンの普及率は増加傾向にあり内閣府の消費動向調査によると平成 26 年 3 月末現在 54.7%に及んでいる. 普及率に比例して近年問題視されているのが歩行中の携帯電話使用, いわゆる歩きスマホである(以降歩きスマホと呼称). 従来のフィーチャーフォンと比較して, 画面に表示される情報量の増加や, すぐに取り出して操作することのできる手軽さなどによって歩きスマホをする人が増加, これによって引き起こされる事故も多発し, 2013 年 10 月には踏み切り内に侵入し電車で轢かれ, 死亡事故にまで至っている. 著者等はこれまで歩きスマホによる注意反応の有意な遅延について実験を通して明らかとした[1] が本研究では歩行速度の変化, 歩行特性の変化について探究した. 具体的には, 歩きスマホによる注意の低下, 歩行動作に着目し, 反応時間, 歩行ピッチ, 身体動揺について, 実験を通して検討した.

2. 実験方法

Eric らは人が歩きスマホや, 携帯電話を行う際に歩行速度が 3 割減速することを明らかにしている[2]. 本研究ではその速度変化について検証を行ったうえで, 通常歩行時と歩きスマホ時の反応時間および歩行動作特性を明らかにするためにトレッドミル(ランニングマシン)を用いた以下の実験を行った.

2.1 歩行速度および身体動揺度計測実験

通常歩行と歩きスマホの速度を明らかとするため,同一コースを両条件下で歩行してもらい,時間測定を行った.被験者は心身共に健康な若年層 10 名とし,歩きスマホには,メモ機能を利用した簡易入力作業を課した.

身体動揺度については,加速度センサーを被験者の腰部に取り付け,時間計測の実験と同様にスマホの有無の条件下で歩行を行った際の腰部加速度変化を計測,被験者の前額面における左右方向の身体動揺度を測定した.

2.2 反応時間,身体動揺測定実験

被験者の 2m 前方床面上に LED 点灯部を固定設置し, 被験者には歩行中に LED 点灯に気付いた時に手元の応答スイッチを押すように指示した. なお, LED の点灯は 25 秒～40 秒のランダムな間隔に設定した. 身体動揺度の測定方法は動作計測装置(kinect)を用いて, 反応時間の測定と同時に前方にカメラを設置して連続測定した.

2.3 歩行ピッチ測定実験

実験 2.2 で行った歩きスマホのタスクに動画の視聴作業を追加し,2 速度 3 条件下の計 6 条件で実験を行った.動画には映画のワンシーンを使用し,ヘッドフォンを装着して視聴作業を課した.実験には安全確保のため,被験者にハーネスを着用し測定した.4 つの力センサーを,トレッドミルの四隅の直下に配置,4 つのセンサーから得られる 3 軸の力成分のうち鉛直方向の力成分を合算して歩行のピッチを求めた.被験者は心身共に健康な若年層 10 名とした.

3. 結果と考察

3.1 歩行速度および身体動揺度計測実験

通常歩行と歩きスマホ間で生じた速度の差(百分率)を以下の式で算出した. 計測結果を表 1 に示す.

$$\left\{\left(\frac{\text{通常歩行速度}[km/h]}{\text{歩きスマホ速度}[km/h]}\right)*100\right\}-100 \qquad [\%]\cdots(1)$$

また, 速度差の偏差(SD)を算出したところ 25.31 であった. 本実験は校内廊下を使用しているため安全面は確保された状況下で行っていることや, 歩くことを目的としたこの実験では普段の生活にある時間意識を欠いているため, 先行研究で報告されている 3 割減速をさらに上回った結果を得たものと考えられる.

通常歩行, 歩きスマホより得られた加速度の変化を図 1,2 に示す. 実験より得られた変量の値を通常歩行と歩きスマホで比較したところ平均加速度変量, 最大値や偏差, 波形に大きな差が認められなかった. これは, 歩行による揺れで生じる加速度の周波数が低く, 今回使用した加速度センサーでは取得ができなかったためだと考えられる.

表 1　実歩行での速度差

被験者	通常歩行 速度[km/h]	歩きスマホ 速度[km/h]	速度差[%]	速度差平均[%]
Sub.A	4.780	3.889	22.90	36.58
Sub.B	4.601	3.370	36.50	
Sub.C	5.491	3.889	41.18	
Sub.D	4.932	3.605	36.82	
Sub.E	4.660	2.900	60.68	
Sub.F	4.664	2.376	96.28	
Sub.G	5.603	4.800	16.73	
Sub.H	4.076	3.527	15.57	
Sub.I	3.840	3.200	20.00	
Sub.J	4.189	3.516	19.13	

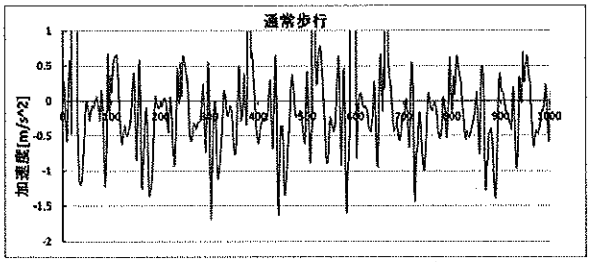


図 1 通常歩行での加速度変化

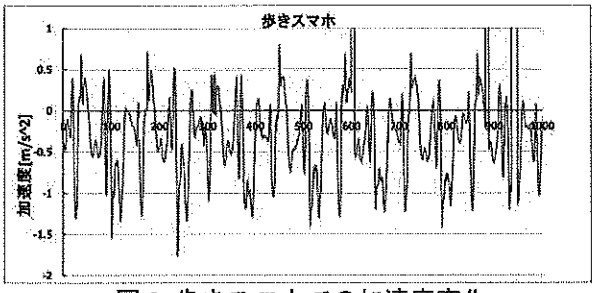


図 2 歩きスマホでの加速度変化

3.2 反応時間,身体動揺測定実験

通常歩行では速度による反応時間の大きな相違は認められなかった. 通常歩行(100%速度)の反応時間を基準にすると, 歩きスマホをすることによって同一歩行速度条件で約 3.8 倍, 70%速度条件では約 2.3 倍の反応時間の増加が見られた. すなわち歩きスマホによる減速を配慮しても反応時間の顕著な増加が明らかとなった. 各実験条件別の反応時間を統計的に比較するため, 反応時間を因子として一元配置分散分析を行ったところ, 100%速度の通常歩行と 70%速度の歩きスマホの間で有意差($p \leq 0.05$)が認められた.

身体動揺度については, 被験者の歩行中の両肩の中心座標変化を最大ブレ幅として x 軸座標(前額面)の最大値と最小値の差分を求めたところ, 通常歩行時と比較して歩きスマホ時には約 30%差分値が大きい. このことから歩きスマホによって歩行動動揺度が大きくなることが明らかとなった.

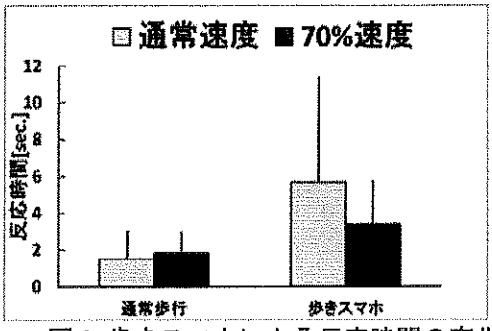


図 3 歩きスマホによる反応時間の変化

3.3 歩行ピッチ測定実験

通常歩行と歩きスマホ(動画視聴), 歩きスマホ(文字入力), 各々における速度 2 条件下の歩行ピッチを図 4 に示す. 図より, 3 条件(スマホの有無)の間でピッチの平均値に変化はみられず速度条件でのみピッチの平均値に差が見られた. また, 実験各条件別によって得られた歩行ピッチを統計的に比較するため, 速度条件とタスクの 2 水準でピッチを因子とした二元配置分散分析を行ったところ, 速度間で歩行ピッチに有意差($p \leq 0.01$)が認められた. スマホによる減速の影響を踏まえると歩きスマホをすることは直接歩行ピッチに影響はないものの, 歩きスマホを行うことによる減速が歩行ピッチに影響しており, 歩きスマホによって間接的に歩行ピッチの変化に影響を与えていることが考えられる. 上松らは歩行ピッチの変化が歩行の直進性に影響を与える[3]ことを明らかにしている. この影響を踏まえると, 歩きスマホをすることによってピッチの変化に影響を与え, その結果として直進性の低下へ至ることが考えられる.

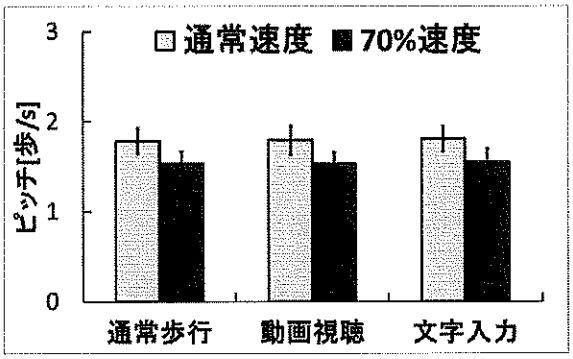


図 4 歩きスマホによる歩行ピッチの変化

4. まとめ

歩行中の携帯電話使用は通常歩行速度を 3 割程度減速させ,反応時間を約 2.3 倍増加させる.また, 歩行速度が減速することで歩行ピッチが小さくなり直進性の低下に影響を与えることを明らかにした.さらに,kinect を用いて歩行動作における身体動揺度の有効的な計測 することができた.

参考文献

1)小松史旺・小林吉之他:歩きスマホが反応時間および歩行動作に与える影響, 日本人間工学会第 56 回大会講演集, p178-179,2015

2) Eric M.Lamberg他 : Cellphones change the way we walk. Gait&Posture ,2011.

3) AzusaUematsu : Preferred step frequency minimizes veering during natural human walking. Neuroscience Letters ,2011.

4) 増田康祐・芳賀繁 : 携帯電話への文字入力が注意、歩行、メンタルワークロードに及ぼす影響,日本人間工学会誌, Vol.51,No.1,p52-61,2015

[連絡先]
小松　史旺
東京都立産業技術高専(三林研究室)
e-mail : s14010@g.metro-cit.ac.jp

2者で行われる遠隔操作課題に対する協調行動の定量的評価

○錦織さなえ*，高橋雄三**
*広島市立大学情報科学部システム工学科，**広島市立大学大学院情報科学研究科

Quantitative Evaluation of Cooperative Behavior during Remote Manipulation Task among Two Operators

Sanae NISHIKIORI*, Yuzo TAKAHASHI**
*Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University,
**Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

1. 序論

ネットワークを介して行われる遠隔操作型作業では，課題の遂行に必要な協調作業を最少のコミュニケーションで行わせなければならない．

ネットワークを介した遠隔操作型の協調作業を行わせるための妨害要因として先行研究[1]では，作業の難易度に加えて，作業を通じて最適な作業行動の主従関係を確立させるとともに，役割分担を確保しやすいインタフェースの整備の必要性を指摘している．特に他者依存的な行動の発現を未然に抑制する仕組みが重要であり，他者依存的な行動の発現の抑制には，協調行動の発現や維持を常にシステムがモニタリングしておく必要がある．

本研究では協調行動という定性的な人間関係をシステムに伝えるための指標について検討する．具体的には，2人の作業者の操作量の差分の時系列変化を解析し，周期的に現れる同調成分の含有量の変化を手がかりに，協調行動の発現・維持を捉えることの可能性について定量的に検討することを目的とする．

2. 方法

2.1 実験参加者

本実験は12人の健康な大学生・大学院生（男性6名，女性6名，平均年齢20.9±1.5歳）を参加者とした．実験参加に際し，実験内容に関する事前説明を行い，書面によるインフォームドコンセントを確立した上で実験を開始した．

2.1 実験課題

図1(a)には実験で用いた燃料管理操作画面を模した課題画面の概略図を示す．図1(a)の左側の課題を1人の参加者に，右側の課題をもう1人の参加者に行わせた．また，図1(b)は図1(a)の中央部を拡大したものである．実験では，図中の3つの燃料タンク（2つの原料混合タンクと1つの熱処理タンク）の容量を原料供給管，原料移動バルブ，混合燃料移送管の開閉操作によって規定範囲（原料混合タンクは80－50％，熱処理タンクは80－40％）に制御する課題を一次課題とした．

次に，図1(a)の上部左右に配置された4個のタンクを燃料供給システム部とした．二次課題では，実験参加者に各自が担当する燃料供給システム部の稼働状態を監視させ，燃料供給システム部のレベルゲージに故障が表示されたら，所定のキーを用いて制限時間内（30秒）にリセットさせた．

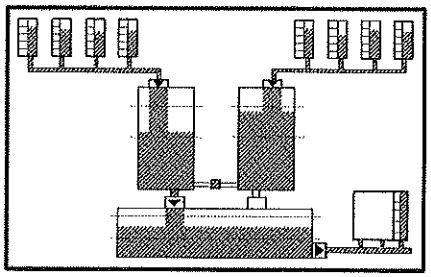
一次課題の難易度は原料供給管と混合燃料移送管の供給停止で決定した．難易度が低い条件では原料供給管は60秒に1回停止し，混合燃料移送管はどちらか一方が3分に1回停止した．難易度が高い条件では，原料供給管は30秒に1回停止し，混合燃料移送管はどちらか一方が2分間に1回停止した．停止タイミングは実験ごとに変化させた．

2.3 実験条件

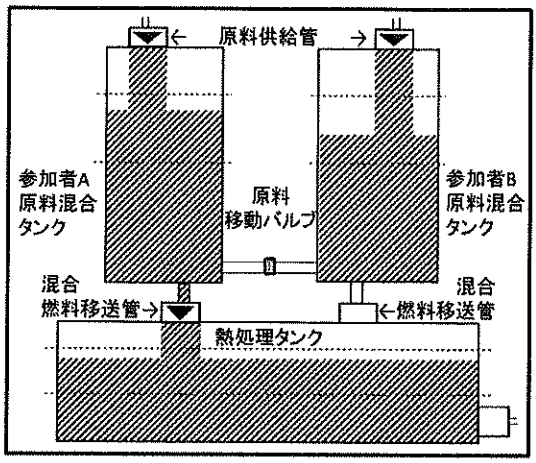
実験は課題の難易度が低い条件（30分），続いて，難易度が高い条件（30分），最後に課題の難易度が低い条件（30分）を連続して行わせた．各被験者は実験に2日間参加させ，日によって与えられる役割（上司と部下）を交代させた．与えられる役割の順序は被験者ごとにランダムとした．

2.4 評価指標

原料供給管，混合燃料移送管，原料移動バルブのキー操作量は，各解析区間（10分間）での操作総量で正規化したキー操作量（％）を算出した．



(a)：実験課題の概略図



(b)：制御対象となるタンク付近の拡大図

図1：課題画面の概略

3. 結果と考察

3.1 目標課題

本課題の一次課題の制御目標である熱処理タンクの容量制御結果を図2の第1軸に，熱処理タンクに混合原料を送る混合燃料移送管のキー操作割合を図2の第2軸に示す．時間を要因とする一元配置分散分析の結果「熱処理タンク容量」において時間の有意の効果が認められた($F(8,88) = 42.31, p < 0.001$)．図2より，課題の難易度が高くなると混合燃料移送管の開閉操作回数が減り，熱処理タンクの容量も低下する傾向が観察された．

3.2 一次課題

図3には，一次課題の原料混合タンクの容量制御に必要な原料供給管と原料移動バルブのキー操作割合を示す．時間を要因とする一元配置分散分析の結果，両操作とも時間の有意の効果が認められた(原料供給管：$F(8,88) = 5.39, p < 0.001$, 原料移動バルブ：$F(8,88) = 2.06, p < 0.05$)．図3より原料供給管の操作は課題の難易度が高くなると操作量が減少したのに対し，原料移動バルブは課題の難易度が高くなると操作量が多くなる傾向が観察された．

3.3 協調行動の定量化

2者の協調行動を定量的に評価するため，2者の原料混合タンク容量の差分値を周波数解析（FFT）し，0.04 Hz 以下（以下，低周波成分）の含有率の合計を 0.04 Hz～0.5 Hz（以下，高周波成分）の含有率の合計で除した比率の時系列変化を求めた．図4には，比率の時系列データを先行研究[1)]で用いた協調群と非協調群に分けて示す．時間（9区間）と被験者群（協調群と非協調群）を要因とする二元配置分散分析を行った結果，時間の要因で有意の主効果が認められた($F(8,40) = 2.50, p < 0.05$)．図4より，難条件の場面では低周波成分が大きくなる傾向が観察され，その傾向は非協調群で顕著であった．協調群と非協調群との間の比率の差は平均で約0.4あり，低周波成分の増大（あるいは高周波成分の減弱）は2者の間の協調の程度を反映した指標となる可能性が示唆された．

4. まとめ

以上の検討より，熱処理タンクや原料混合タンクの容量制御では，高難易度場面で容量の低下や操作量の減少が観察された．本課題では課題の難易度が高い時はシステム・エラーによって制御操作が妨害されるものの，原料移動バルブの利用や協調行動の発動と言った回避策を講じることで，課題遂行パフォーマンスの低下を最小限にすることができる．本実験の結果では，先行研究[1)]で定義した協調行動を率先して選択する「協調群」では原料混合タンクの差分値の制御において，低周波成分（操作の減少）の増加が観察されなかった．したがって，協調行動は常に2者が問題解決を模索して制御行動を行い続けるという戦略の共有が協調行動の基本となる可能性が示唆された．

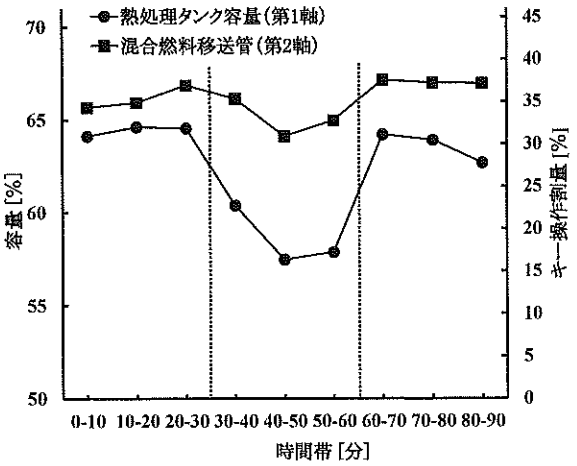


図2：熱処理タンク容量の時系列変化

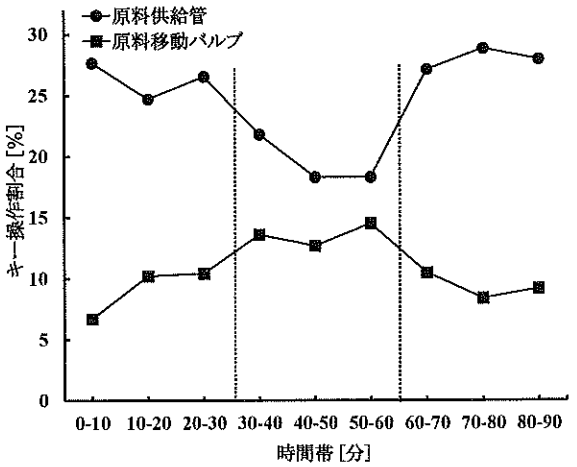


図3：原料混合タンクの制御操作の時系列変化

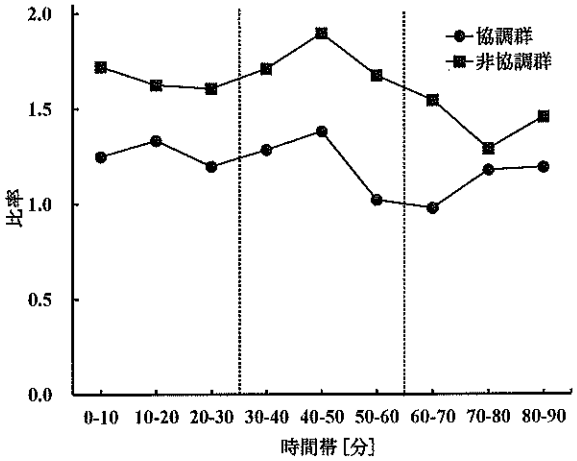


図4：原料混合タンク制御の周波数成分の時系列変化

5. 文献

1) 髙橋雄三：協調作業時に誘発される他者依存的な行動が役割に基づく作業行動に及ぼす影響，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014 論文集, pp.403-406, 2014.

[連絡先]
にしきおり　さなえ
e-mail：s-nishikiori@hfce.info.hiroshima-cu.ac.jp

ユーザ間の親和欲求に着目した選好対象の推定

ーグループカラオケでの楽曲選択を対象としてー

○石田三香子*，中西美和*
*慶應義塾大学

Estimating preferences focused on affiliation need between users
: Case study of selection of songs at group Karaoke sessions

Mikako ISHIDA*, Miwa NAKANISHI*
*Keio University

1. はじめに

近年、個人の選択行動を推定してプロダクトやサービスのリコメンドに応用する手法の開発が進められている。著者らのグループでも、先行研究[1]にて、カラオケにおける楽曲リコメンドサービスへの応用をねらいとした手法の開発に取り組んでおり、個人の「持ち歌」をキーデータとして「歌いたい」と感じる楽曲を推定するモデルの構築に成功している。一方、実場面におけるカラオケの利用形態の特性として、グループでの利用が一般的である。

社会心理学の領域では、人はグループで活動するとき、他人と友好的な関係を成立させ、それを維持したいという親和欲求を持つことが知られている。著者らが予備調査にて「一人カラオケ(ヒトカラ)でのみ歌唱する楽曲」及び「その楽曲をヒトカラでのみ歌唱する理由」を調査した結果、「ヒトカラ」でのみ歌唱するとされた楽曲について、その理由の 63%が「グループのカラオケで歌っても盛り上がらないから」であり、親和欲求がグループでのカラオケにおいても働いていることが示唆された。

そこで本研究では、グループでのカラオケ利用における個人の楽曲選択行動には、個人の選好だけではなく、グループのメンバ全員で盛り上がり、より親密さを高めたいという動機が関係している可能性に着目し、上述した先行研究から発展的に、グループでのメンバ間の親和欲求を考慮した選曲推定モデルを構築する。本研究のねらいは、この選曲推定モデルに基づいて、カラオケでの楽曲リコメンドサービスへと発展させることである。

2. モデルを構成する変数の選定

2.1 心理学観点からの仮説立て

グループでのカラオケにおいては、自身の選曲が他者の選曲に影響されることが想定される。従って本研究では、グループでの一連の楽曲選択には、何らかの時系列的規則性が発生するという仮説を立て、モデルの構築に臨むこととした。

そこでまず、時系列的変化をなす楽曲特性項目について検討した。一章で述べた予備調査から、グループでのカラオケにおける選曲では「その楽曲によってメンバが盛り上がるか否か」を各メンバが重視していることがわかる。そこで、各メンバの楽曲選択は、自身の選好楽曲と他のメンバ（特に近時点のメンバ）を意識した、すなわち「盛り上がる」傾向の楽曲との間で揺らぐのではないかと考えた。このことは、人の集団における選択行動が相互協調性と相互独立性の拮抗のもとで行われるという社会心理学的知見にも一致するものと思われた。そこで、時系列的変化をなす楽曲特性項目は、他のメンバとの「盛り上がり」に関連するものとの仮説を立て、変数選定のための調査に臨んだ。

2.2 時系列的変化をなす変数の選定

個人の選好のみによると考えられるヒトカラの選曲と、他のメンバとの「盛り上がり」を考慮すると考えられるグループでのカラオケの選曲とがどのように異なる傾向を持つのかを明らかにし、この傾向を構成する要因から、時系列的変化をなす変数を探ることとした。そのために、まず、ヒトカラ及びグループでのカラオケの両者を体験したことのある20代男女20名を対象に、表1に示す項目について楽曲数に制限は設けずリストアップさせる調査を行った。

表1　調査に用いた質問項目

項目(回答方法は自由回答とした)
(a)グループでのカラオケでのみ歌唱する楽曲をご記入ください
(b)一人カラオケでのみ歌唱する楽曲をご記入ください

a)グループでのカラオケでのみ選曲される楽曲数として 131 曲、b)ヒトカラでのみ選曲される楽曲数として 138 曲が得られた。a)及び b)の楽曲のうち、各 50 曲計 100 曲についてはテストデータ用に残し、それ以外の a)81 曲、b)88 曲の計 169 曲をサンプルデータとして、a) と b)のどちらに属するかを目的変数、表2に示す楽曲特性項目を説明変数としたロジスティック回帰分析を行った。

表2　解析に使用した楽曲特性項目

楽曲特性(音響特徴量については：以下に概要を示した)		
シングル化の有無	歌詞中の()の有無	2003年以前のアニメタイアップの有無
映画タイアップの有無	CMタイアップの有無	2004年以降のアニメタイアップの有無
BPM(>0.01)	グループ歌手か否か	テレビタイアップの有無
ブライトネス(クラスタ1~16)：特定の周波数よりも高い帯域に全体の何%のエネルギーが含まれるかを計算する。クラスタ数の大きさは、音の明るさの度合いを表す。		
クロマベクトル(クラスタ1~16)：12音名の各音名の周波数パワーを複数のオクターブにわたって加算した特徴量。クラスタ数の大きさは、音のパワーの度合いを表す。		
セントロイド(クラスタ1~16)：各時刻におけるスペクトルの重心。クラスタ数の大きさは、音の鋭さの度合いを表す。		
mfcc(クラスタ1~16)：スペクトル包絡を表現する特徴量。音色を表現する指標。		
ロールオフ(クラスタ1~16)：低周波数側から振幅スペクトルの累積和をとった際に値が85%に達する周波数。クラスタ数の大きさは、音のにぎやかさの度合いを表す。		

分析の結果、表 3 に示す係数を持つロジスティック回帰モデルが得られた（決定係数 0.54）。

表3　ロジスティック回帰分析の結果

変数		係数	変数		係数
BPM(×0.01)		54.74	TVタイアップの有無		2.30
シングル化の有無		2.83	CMタイアップの有無		0.94
グループ歌手か		1.92	歌詞中の()の有無		0.88
昔のアニメタイアップの有無		3.51	最近のアニメタイアップの有無		6.80
音響特徴量クラスタ			音響特徴量クラスタ		
R	8	44.77	mfcc	1	34.23
R	11	-23.62	mfcc	3	16.27
ch	1	40.81	mfcc	4	33.34
ch	2	1.86	mfcc	6	6.35
ch	3	2.79	mfcc	7	-24.76
ch	7	43.80	mfcc	8	4.40
ch	8	80.25	mfcc	9	22.89
ch	9	72.48	mfcc	10	-18.62
ch	10	-39.96	mfcc	11	-23.46
ch	12	4.30	mfcc	12	47.64
ch	13	22.78	mfcc	13	27.90
ch	14	-12.64	mfcc	15	12.29
ch	15	-2.87	mfcc	16	33.76
ch	16	23.31	R	2	-45.30
cen	5	-19.24	R	4	-25.21
cen	11	-31.68	R	7	72.43
cen	13	-27.53	R	8	54.50
cen	14	43.85	R	9	-26.06
cen	16	-130.66	R	16	-24.95
			定数項		-14.31

B:ブライトネス　ch:クロマベクトル
R:スペクトルロールオフ　cen:スペクトルセントロイド

なお、テストデータによる判別精度は 69%であった。表 3 の係数が正の変数はグループでのカラオケで歌唱される楽曲を特徴付ける要因、負の変数は「ヒトカラ」で歌唱される楽曲を特徴付ける要因と解釈できる。結果から、グループでのカラオケへの判別に強く寄与するのは、音のパワーが中程度であることを表すクロマベクトルのクラスタ 7, 8、音の賑やかさが中程度であることを表すスペクトルロールオフのクラスタであり、逆に「ヒトカラ」への判別に強く寄与するのは、最も強く音の鋭さを表すスペクトルセントロイドのクラスタ 16 であることが明らかになった。これらのことから、グループとしての個人の楽曲選択には、音響的な特徴としての個性的ではない中庸さが寄与することが示唆され、これは他のメンバとの相互協調性を意識した親和欲求が働いたものと考察される。以上より、時系列的変数の候補として、ロジスティック回帰モデルの係数が比較的大きいものを選定した。

3. 時系列解析による歌唱楽曲推定モデル

次に、前章で求めた楽曲特性項目を変数として時系列解析による歌唱楽曲推定モデルの構築に臨んだ。実際のカラオケ店舗における 57 グループの歌唱履歴をデータとして、代表的な時系列解析手法である ARIMA モデルを適用した。

ARIMA(自己回帰和分移動平均)モデルとは、自己回帰モデル(直近の p 期分のデータから次のデータを予測するモデル)と移動平均モデル(直近の q 期分の予測値と実績値との誤差から次のデータを予測するモデル)を組み合わせたもので、分析の過程は以下である。まず予測する時系列データは定常性(どの区間で区切っても平均と分散が変化しない状態)を満たさなくてはならないが、実際には多くの時系列データが非定常なため、そのデータの差分をとるなどの処理を試行錯誤的に行い差分したデータのプロットを分析者が観察する事で定常性を満たす時系列データに変換する。次に最適な p 値と q 値を、時間を横軸とし自己相関・偏自己相関をそれぞれ縦軸としプロットしたコレログラムを描きその形状を観察する事で決定する。具体的には、分析対象データのコレログラムの形状に対し、各 p 値、q 値の組み合わせにおける典型的なコレログラムの形状を照らし合わせ、最も近い形状の p 値、q 値の組み合わせを最適値とする。本研究では、下記の楽曲特性項目を合成した変数を定常データに変換するために二回差分し、p=1, q=1 を次数としたとき最もモデルの決定係数が高かったため、その合成した変数を「グループ適性」とし、時系列モデルの変数とした。(1)にグループ適性を求める式を示す。

グループ適性=BPM*0.01+mfcc12+ch1+ch7+ch8+ch9+R8+cen14+B8…(1)

BPM:オーダーを他の楽曲特性と揃えるために 0.01 をかけた.mfcc12:mfcc をベクトル量子化した際の代表ベクトル 12 の割合, ch1,7,8,9:クロマベクトルをベクトル量子化した際の代表ベクトル 1.7.8,9 の割合, R8:ロールオフをベクトル量子化した際の代表ベクトル 8 の割合, cen14:セントロイドをベクトル量子化した際の代表ベクトル 14 の割合, B8:ブライトネスをベクトル量子化した際の代表ベクトル 8 の割合

57 グループ分の時系列データに対しグループ適性を変数として二回差分し p=1, q=1 を次数とした ARIMA モデルを適用した結果、57 グループの平均の決定係数は 0.649、最も決定係数が高かったグループの決定係数は 0.806、最も低かったグループの決定係数は 0.376 であった。このモデルは時系列解析による歌唱楽曲推定モデルとして比較的高い精度を持つといえ、このことからグループでのカラオケでの選曲を、一つの時系列モデルで表現することができたといえる。本モデルを歌唱履歴データに当てはめた例として、2 人グループの歌唱履歴における実測値と予測値のプロットを図 1 に示す。なお他の時系列解析手法として指数平滑法及び最近隣法を用いた解析も行ったが、高い精度は得られなかった。

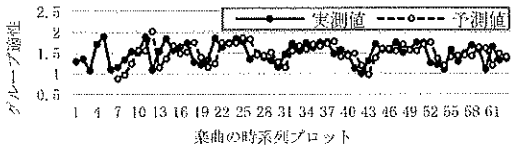


図 1 実測値と本モデルによる予測値のプロット図

また「ヒトカラ」のデータではいずれの時系列解析でも規則性を見出すことができず、グループでのカラオケにおける楽曲リコメンドには、個人の選好だけでなく楽曲の持つグループ適性を考慮した推定モデルの適用が有効であることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、楽曲のグループ適性を音響特徴量から推定し、それを変数としてグループでのカラオケにおける時系列解析による歌唱楽曲推定モデルを構築した。またグループのカラオケでは自身の選曲が他者の選曲に影響されることが分かった。

5. 参考文献

1) 磯貝悟志他:“次世代カラオケサービスへの応用をねらいとした楽曲リコメンド手法の提案-楽曲特性とユーザ特性をデータとしたモデリング-”, 日本人間工学会第 55 回講演集, Vol.50, pp. 220-221, 2014.

[連絡先]石田　三香子 e-mail:m.ishida193@keio.jp

ノートパソコン作業時における体幹背部形状変化の測定に関する研究

○吉田　誉虎*,　堀内　邦雄**,　青木　和夫***
*工学院大学大学院　工学研究科　機械工学専攻, **工学院大学　先進工学部　機械理工学科,
***日本大学　理工学部　まちづくり工学科

Study on the measurement of the trunk back shape change at the time of the Note PC work.

Takatora YOSHIDA*, Kunio HORIUCHI**, Kazuo AOKI***
*Department of Mechanical Engineering School of Engineering Kogakuin University Graduate School,
**Department of Mechanical Science and Engineering , Advanced Engineering, Kogakuin University,
***Department of Town Planning and Design, College of Science and Technology, Nihon University.

1. はじめに

ヒトの姿勢は作業の目的により様々である。椅子に腰掛けた作業の場合、背もたれの形状は座り心地に大きく影響を与える。しかしながら、体幹背部の形状は椅子に腰掛けているときなど、直接目に見えない場合には測定することが困難である。そこで、株式会社ソリッドレイ研究所社製、光ファイバ湾曲センサ（以下、形状センサ）を使用した計測方法を試みた。

2. 目　的

本研究ではノートパソコン作業時における体幹背部形状変化の測定を行う。測定結果より、体幹背部形状と曲率半径を求めて、実験協力者の体幹背部の湾曲傾向から、ノートパソコン作業時の姿勢の特徴を明らかにする。

3. 形状センサ

図1に示す形状センサは光ファイバ技術を用いた曲率測定センサで、位置検出部位の3次元位置を記録することが可能である。人の腕、足、などの動きに追従しデータ取得が可能で、モーションキャプチャ、ロボット制御、衝突試験等に利用する目的で開発されたものである[1]。この形状センサの大きなメリットは、椅子などに座っている状態で測定面が隠れていたり物に接触していたりしても測定対象面にテープ状センサ部を貼り付けることで位置検出部位の静止データおよび動作データを取得することが可能である点である。形状センサの位置検出部位は16箇所である。

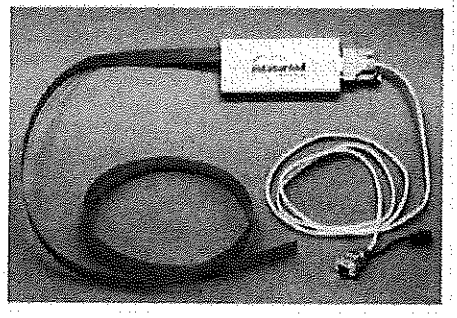


図1　形状センサ

4. 実　験

形状センサを使用して腰部に既往症の無い男子大学生 10 人の体幹背部の形状を測定した。形状センサにはソフトシースを装着し、実験協力者の背中に伸縮性のあるテープを使用して貼り付けた。

体幹背部形状の測定項目は以下のとおりとした。実験協力者に行ってもらうノートパソコン作業は 2 種類とした。どちらの作業時でも最初は背もたれを立てた椅子に背もたれに寄りかかった状態からノートパソコンで作業をしてもらう(図 2 左)。作業途中の実験協力者の姿勢に対しての指示は行わない。

計測時間はそれぞれ約 10 分とし、サンプリングレートは 10 Hz とする。また、側方から作業姿勢をカメラで 2 分おきに撮影する(図 2 右)。

1) Microsoft Word 2010 を使用して、日本語ワープロ検定試験問題初段を打ち込む単純作業をしてもらい、体幹背部形状を測定する。

2) 机の上に両手を置いた状態で市販の環境ビデオを視聴してもらい、体幹背部形状を測定する。

本実験は、工学院大学　ヒトを対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認のもと行われた。

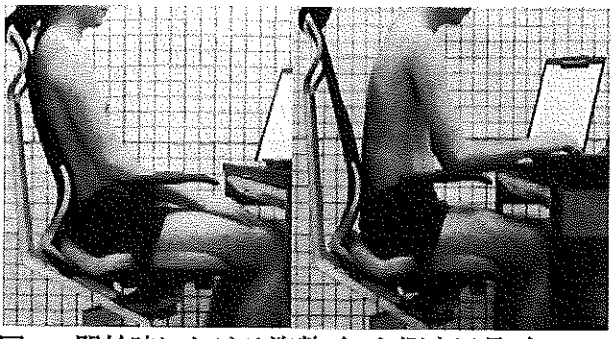


図 2　開始時における姿勢(左)と測定風景(右)

5. 結　果

ワープロ入力時と動画観賞時について、測定開始 0 分、2 分、4 分、6 分、8 分、10 分時における測定データより曲率半径をグラフ化した(図 3～図 6)。なお、曲率半径が±1500 以上のときは直線状とし、+の数値では後弯、−の数値では前弯とした。

胸椎は、どちらの作業時においても 10 人とも直

線状または後湾であり、各作業において1,2名の実験協力者以外は約300～700 ㎜の曲率半径の範囲内にあった。

腰椎は個々がそれぞれ異なった曲率半径の範囲の変化となっていた。

時間ごとの曲率半径の変化は、幾人かのヒトが0分～2分にかけて大きく変化していた。

10人の実験協力者のワープロ入力時と動画観賞時における胸椎と腰椎の曲率半径変化を図7にまとめた。この図から明らかなように、ワープロ入力時では腰椎の曲率半径は広く分布しているが、動画観賞時ではワープロ入力時ほど腰椎の曲率半径は広く分布しなかった。

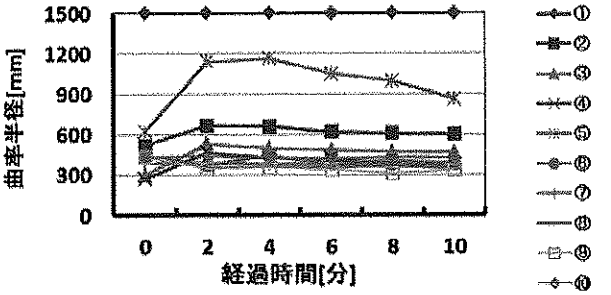


図3　ワープロ入力時の胸椎部の曲率変化

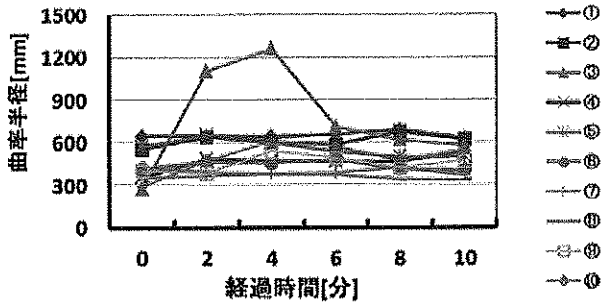


図4　動画観賞時の胸椎部の曲率変化

6. 考　察

形状センサを用いてノートパソコン作業時における体幹背部の形状を測定することができ、着座姿勢の変化を確認することができた。

胸椎は肋骨と繋がっているため、どちらの作業時においても直線状または後湾していていると考えられる。また、腰椎の変化はワープロ入力時の方が動画観賞時よりも上体を動かしていたため、異なった曲率半径になったと考えられる。

ノートパソコン作業において、0分～2分にかけて曲率半径が大きく変化したのは、背もたれに寄り掛からずに作業していたためである。そのため、本研究におけるノートパソコン作業では、背もたれからの影響が少ないことが確認された。

ワープロ入力時では腰椎の曲率半径の分布が広く、動画観賞時では曲率半径が狭い分布であったことから、上体を動かす必要がある作業では腰椎の湾曲の変化が大きく、上体を動かす必要のない作業では、腰椎の湾曲変化が小さい姿勢になるという特徴を有していることが確認された。

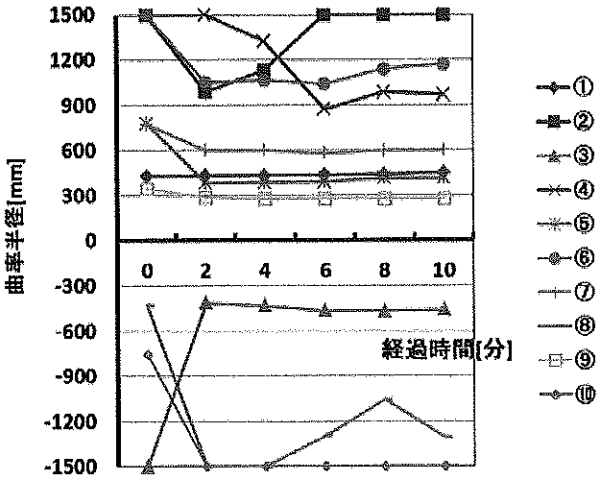


図5　ワープロ入力時の腰椎部の曲率変化

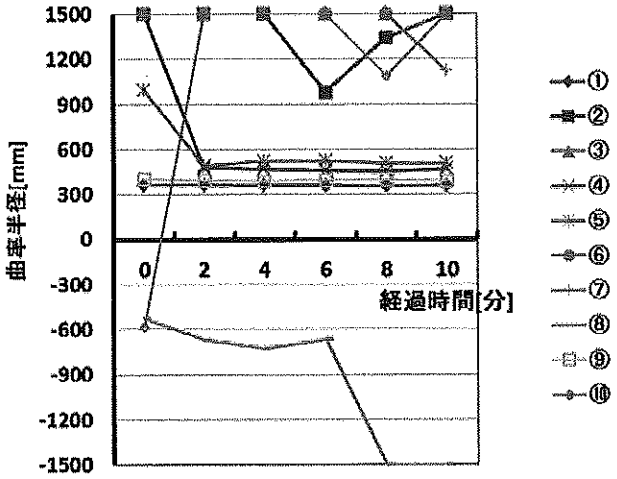


図6　動画観賞時の腰椎部の曲率変化

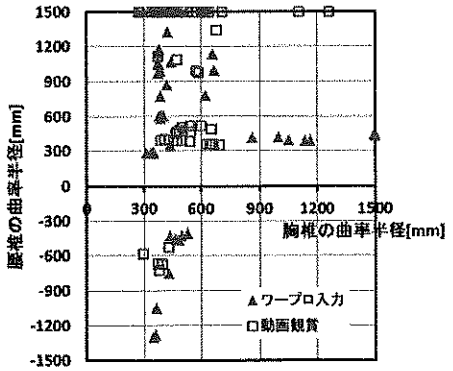


図7　ワープロ入力時と動画観賞時の曲率半径変化の比較

7. 文　献

1) L. Danisch, K. Englehart, A. Trivett: Spatially continuous six degree fo freedom position and orientation sensor, Sensor Review, 19(2), p106-112, 1999

[連絡先]
吉田　誉虎
e-mail：am14069@ns.kogakuin.ac.jp

1A4-2

脚立上での最大前方リーチ距離および作業姿勢の計測

○菅間敦*，大西明宏*
*独立行政法人労働安全衛生総合研究所

Measurement of Maximum Forward Reach Distance and Working Posture on a Stepladder

Atsushi SUGAMA*, Akihiro OHNISHI*
*National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

1. 緒論

業務中に脚立から転落するなど，脚立を起因物とする休業 4 日以上の災害が年間 4000 件程度発生しており [1]，脚立関連の労働災害が問題視されている．なかでも脚立上で作業している最中の災害が多い [1]ことから，作業中の行動が作業姿勢のバランスに影響を与えていると考えられる．しかし現状では脚立上での作業方法に関する具体的な指針はなく，脚立への適切な立ち方についても示されていない．そこで本研究では，脚立への立ち方が脚立上での作業姿勢に与える影響を評価することを目的とし，前方への最大リーチを行った際の作業姿勢の違いについて検証を行った．本稿では体幹の姿勢および最大リーチ距離について報告する．

2. 実験方法

右利きの男性 10 名を対象とした．平均年齢は 22.6±1.3 歳（以下，平均±標準偏差）であり，体格は身長が 170.6±6.3 cm，体重が 70.2±14.8 kg，肩峰高が 138.5±5.7 cm，膝蓋骨中央高が 46.6±1.4 cm，上肢長が 71.8±2.7 cm であった．本実験は独立行政法人労働安全衛生総合研究所の倫理審査委員会の承認を得て実施した．

実験課題として，脚立上で右腕を前方に挙上し，身体を傾けながら最大限手を伸ばすことのできる距離（最大リーチ距離）を計測した．実験条件は，図 1 に示すような，脚立への立ち方 4 条件とリーチ方向 5 条件とした．

実験には 3 段のはしご兼用脚立 [2]（（株）ピカコーポレイション，JOB-90E）を用いた．作業姿勢の計測にはモーションキャプチャシステム（NaturalPoint Inc.，OptiTrack）を使用し，肩関節，股関節，膝関節，足関節上に貼付したマーカの 3 次元位置座標を 100 Hz で計測した．そして体幹部の姿勢として，股関節屈曲角（肩関節中心－股関節中心－膝関節中心がなす角），体幹側屈角（肩関節中心－股関節中心の鉛直線に対する傾き），腰部回旋角（股関節線の膝関節線に対する水平面上の回転角），上体回旋角（肩関節線の股関節線に対する水平面上の回転角）を求めた．また，天板の中心から右腕示指先端までの水平距離を求めた．なお，安全対策として，実験参加者にはフルハーネス安全帯とプロテクターを着用させ，周囲には保護マットを配置して実施した．

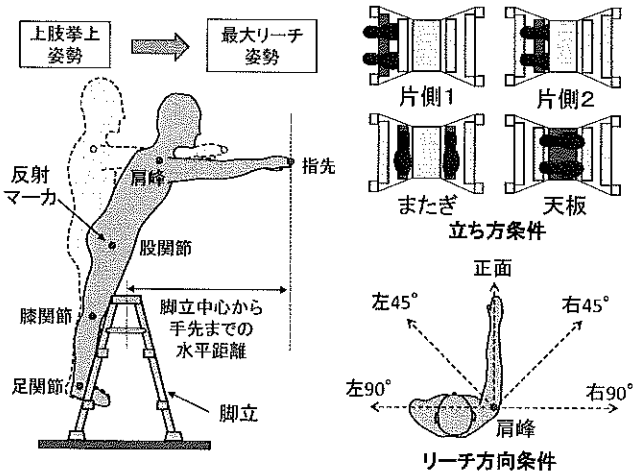


図 1　実験の様子および実験条件

3. 結果および考察

3.1 関節角度

図 2 の股関節屈曲角について，片側 1 条件で有意に小さく，天板で大きいことがわかった．片側 1 条件では 20～30° と他の立ち方より 10～20° 小さく，直立に近い姿勢をとることがわかった．また，片側 1 条件のみ正面方向へのリーチ時に股関節屈曲角が減少していた．

図 3 の体幹側屈角について，正面へのリーチ時は体幹を左に 5° 側屈し，左 90° へのリーチ時は左に 16°，右 90° へのリーチ時は右に 7° 側屈することがわかった．

図 4 の腰部回旋角と上体回旋角について，正面へのリーチ時は腰部と上体のどちらも約 20° 左回旋することがわかった．また左 90° の場合は腰部を 60°，上体を 30° 左旋し，右 90° の場合は腰部を 10°，上体を 10° 右旋することがわかった．

以上のように，脚立への立ち方による影響は股関節屈曲角において，リーチ方向の影響は体幹側屈角と腰部および上体回旋角においてみられた．

脚立への立ち方によって股関節屈曲角に違いが見られた理由として，前方へのリーチ時に身体が前に倒れないよう，股関節屈曲角を調整することで身体のバランスを保つためだと考えられる．片側 1 条件では，下肢を脚立に接触させて水平反力を得ることで後方へのモーメントが生じて身体を支えやすくなると考えられる．一方，片側 2 条件では接触位置が脛部付近と低いため身体が前に倒

れる可能性があり，痛みも生じることから脚立に寄りかからなかったと考えられる．

3.2 リーチ距離

図 5 に脚立中心から手先までの水平距離の結果を示す．リーチ距離は片側２条件で有意に短いことがわかった．またぎ条件では左方へのリーチが長く右方へは短いが，それ以外の条件では右方へのリーチが長くなっていた．片側１条件と天板条件には有意差はなかった．水平距離の結果を上肢長比に換算すると，正面方向に対しては上肢長の 1.37～1.53 倍のばらつきが生じていた．

正面方向に対するリーチ距離は脚立中心から離れて立つ片側１条件において短くなると予想されたが，実際には天板条件と同程度となった．これは股関節を伸展し脚立に寄りかかることができたためと考えられる．このように天板条件と片側１条件では立ち位置に約 20 cm の差があるが，作業姿勢の違いによって補われリーチ距離には違いが生じないことが明らかとなった．

リーチ距離が最短になったのは片側２条件であったが，これは脚立上で身体を前傾できないことに加え，脚立中心からも離れて立っていたためと考えられる．一方，またぎ条件では片側２条件よりもリーチ距離が平均で 5 cm 程度長くなることが示された．これはまたぎ条件では下肢の内側を脚立に接触させて身体を支えることができたためと考えられる．

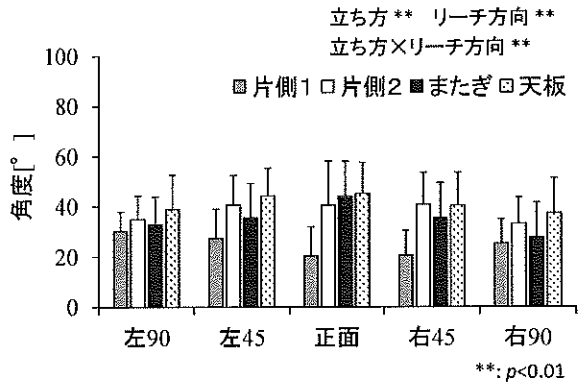


図 2 股関節屈曲角[°]．屈曲時が正．

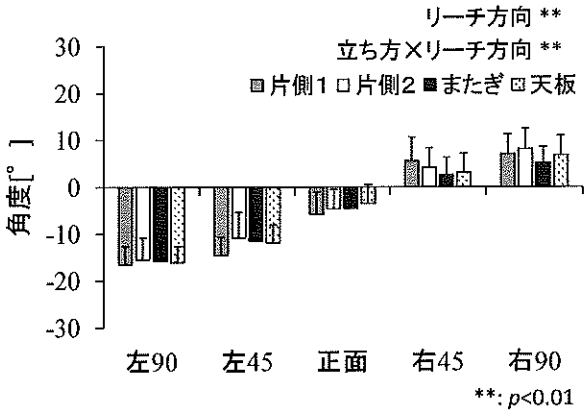


図 3 体幹側屈角[°]．右側屈時が正．

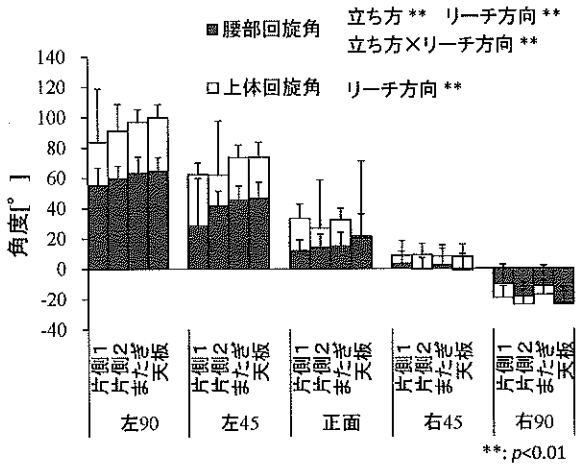


図 4 腰部回旋角と上体回旋角[°]．左回旋が正．

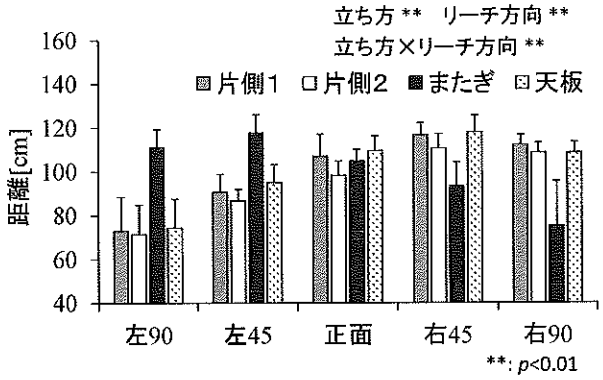


図 5 最大リーチ距離[cm]

4. 結論

本研究の結果，リーチ姿勢において天板の 2 段下（片側１）に立つと股関節を伸展した姿勢で脚立に寄りかかるが，それ以外の立ち方では股関節の屈曲が大きく腰を引いたような作業姿勢をとることがわかった．そのため天板の 2 段下に立つと身体を脚立に預けながらリーチ姿勢をとることができ，前方へのリーチ距離は天板と同程度になるため，天板の 2 段下に立った場合は作業効率を落とさずに作業できる可能性が示唆された．一方，天板の 1 段下に立つだけでは股関節屈曲角が大きくリーチ距離も減少したことから，天板の 2 段下まで下がって作業することが作業効率の観点から望ましいと考えられる．

5. 文献

1) 菅間敦・大西明宏：脚立に起因する労働災害の分析，労働安全衛生研究, 8(2), 91-98, 2015.
2) JIS S 1121：2013 アルミニウム合金製脚立及びはしご，2013.

[連絡先]
菅間 敦 e-mail：sugama@s.jniosh.go.jp

リカンベント自転車におけるエネルギー効率の高いシートバック傾斜角の検討

○五十嵐　文貴[1],熊谷　肇[2],片山　遼介[2], 高尾　秀伸[2], 高橋　勝美[2]
[1]株式会社 SBC
[2]神奈川工科大学

Considering the efficient seat angle for the recumbent bicycle

○Fumitaka Ikarashi[1], Hajime Kumagai[2], Ryosuke Katayama[2], Hidenobu Takao[2],
[1]Katsumi Takahashi[2],
[1]SBC Co., Ltd.
[2] Department Robotics and mechatronics , Kanagawa Institute of Technology

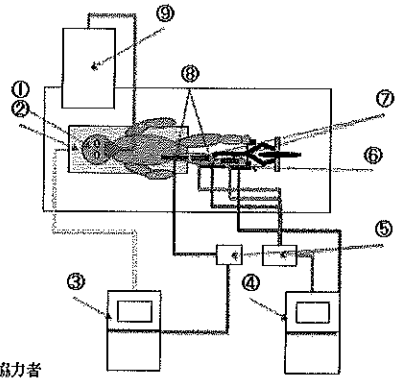
1. はじめに

近年，環境問題や健康志向の高まりから，自転車の存在が見直されており，日用からスポーツ・フィットネス用としての地位を確立している．そこで，３輪・低重心によって高い安定性を誇るリカンベント・トライクに注目した．欧米を中心に急速な需要の広がりを見せており，様々な形態のモデルが販売されている．しかし，このリカンベント型自転車については，体格・筋力バランス等の人間特性に合致した設計やデザインを行われた例はなく，デザインにつながる評価手法の確立が求められる．そこで本研究では，リカンベント・トライクの特徴の１つであるシートバックの設計を行うにあたり，基礎知的件を求めるための実験を行った．

2. シートバック角度の設計値導出実験

2.1　実験環境

シート角度を任意に設定しペダリング時の各種データを測定できるシートを作成し，PERFORMER 社製のリカンベントバイクに装着し実験装置を構築した(図 1)．



① 実験協力者
② 体圧分布測定装置
③ 測定用PC①
④ 測定用PC②
⑤ 筋電計データロガー(S&ME Biolog DL-2000)
⑥ 踏力計インタフェース(共和電業 PCD-300B)
⑦ 筋電計(S&ME Biolog-2000)
⑧ 股関節・フレキシブルゴニオ(S&ME Biolog-2000 DL-210)
⑨ 自動代謝計測装置(A-E 300S, ミナト医科学)

図１　実験環境

踏力は共和電業の LPR-C-1KNS15 と PCD-300 を用い，500Hz で測定した．体圧分散は圧力分散測定装置 FSA(タカノ)を用い 10HZ で測定した．筋電位および各関節角度は S&ME の Biolog DL-2000,筋電計センサ DL-141 ならびにフレキシブルゴニオメータ(DL170A)を用い 1000Hz で測定した．ペダルの負荷はをコンピュトレーナーLab3 (コンピュトレーナー社製)を使用し発生させた．呼気ガス諸量は AE-300(ミナト社製)により測定し，10 秒毎に平均した値を用いて検証した．血中乳酸値は指先より全血を採取し，血液標本は自動乳酸分析装置(アークレイ，ラクテート・プロⅡ)を用いて実験協力者自身が測定した．

2.2　実験条件

シート角度は，床面と水平の角度を 0°，垂直を 90° とし，座面と臀部の接触点を支点とした 20°，30°，40°，50°，60° の５条件とした．

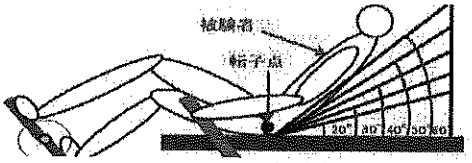


図 2.　実験条件

2.3　定項目

測定項目は踏力，筋電位(大腿直筋，外側広筋，内側広筋，大腿二頭筋，半腱様筋，大殿筋)，膝関節角度(大腿と下腿のなす角度で，完全に伸展した状態を 0° 直角に屈曲した状態を 90° とした)，股関節角度(体幹と下腿のなす角度で，完全に伸展した状態を 0° 直角に屈曲した状態を 90° とした)，シートにかかる体圧，血中乳酸濃度，主観強度ならびに呼吸ガスパラメータの８項目とした．

2.4　実験手順

まず，膝関節 90° においての膝伸展・屈曲等尺性運動を最大努力で行わせ，この時の筋電位を最大努力値とした．次に 3 分間 70rpm グ運動を行い，1 分間インターバルをおいてペダル負荷を増加するプロトコールを，安静時より血中乳酸値が 2mmol/ℓ 上昇する地点が確認できるまで繰り返し行った．各条件は 1 日以上の間隔をあけて実験を行った．被験者は 20(±2 歳)５名でおこなった．

3. 結果および考察

代表的な 1 名の結果を示す. 各条件での筋電位から、シート角の変化に応じてペダリングに発揮される筋群の変化が認められ(図 3), 20° 50° 条件では, 外側広筋や大殿筋等特定の筋を集中的に発揮したのに対し, 30° 40° 条件では各筋を分散的に発揮していた.

シート角を変化させるということは腰部の位置の変化によって関節角度に変化をもたらし, このことは筋長も同時に変化することを示しており, ペダリング中の腰部の位置によって各筋の発揮や各局面での活動する筋の違いなどが生じると考えられる [1]. これらの変化は, 下肢筋群の共同作用に変化をあたえ下肢筋群の長さや収縮速度の操作をもたらすことを知られている [2]. このため, 40° 付近では各筋が協調して発揮されており, 安定した筋活動がおこなわれていたと考えられる.

また、血中乳酸値においてもシート角の変化に応じた変化が認められた(図 4). 平常時よりの血中乳酸値の増加量において, シート角度 40° 条件では緩やかな増加を示したのに対し, 20° 条件では早い段階から増加を示した.

多くの筋群が参加するペダリング運動では、自転車上の身体の位置や運動強度の違いによるネルギー供給に移行する時期が異なってくることが示唆されており [3], これらは速筋繊維の動員増加に起因するものと考えられている [4]. 本実験においても、同様のペダリング運動を行っていながらシート角度条件の変化によって血中乳酸の値において変化が見られたことは, 姿勢変化によって速筋繊維の動員が増加し, これによって血中乳酸の産生が亢進したものと考えられる.

長時間での運動を行う上では継続的に力を発揮できる遅筋繊維を動員することが望ましく, 血中乳酸値の増加が緩やかであったシート角度 40° 条件では遅筋繊維を主とした筋活動量を抑えた運動がおこなわれていたと考えられる.

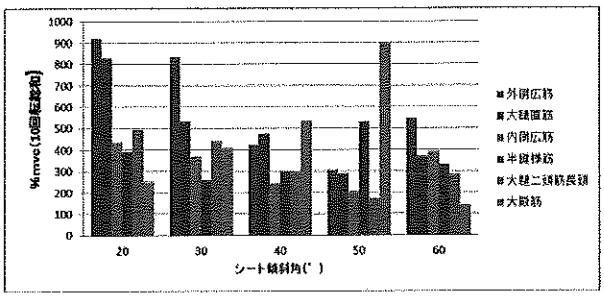


図 3. 各条件での筋活動

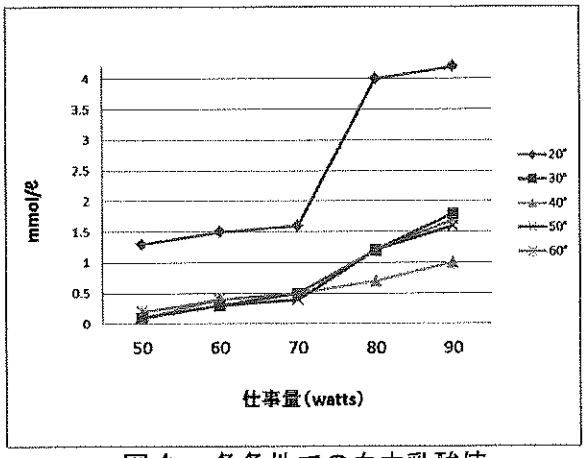


図 4. 各条件での血中乳酸値

4. おわりに

本研究では, リカンベント自転車を用いて, シートバック角度の変化による, 踏力, 筋電位, 膝関節角度, 股関節角度, シートにかかる体圧, 血中乳酸濃度, 主観強度を測定した. その結果, 大腿四頭筋およびハムストリングス双方が効果的に筋活動を行い, 血中乳酸値の増加も緩やかな低い値を示したシート角度は 40° 付近は, 長時間の乗車を行うリカンベント自転車のペダリング運動において高効率である事が示唆された.

5. 参考文献

1) Nordeen-Snyder, K. S. : The effect of bicycle seat height variation upon oxygen consumption and lower limb kinematics. Med Sci Sports. Summer;9(2):113-117(1977)

2) Biomechanics of cycling and factors affecting performance. Sports Medicine. 10(5):286-302(1990)

3) R. J.,GreenD.,Garhammer,J.J. : An electromyografphic analysis of selected muscle activity in elite competitive cyclists. Biomechanics 7 , University Park Press,Baltimore, 537-541, (1982)

4) 三浦哉, 荒木秀夫, 的場秀樹 : 自転車こぎ運動時の外側広筋および腓腹筋外側部における酸素化と筋放電量との関係, 体力科学, 413-420,(1999)

五十嵐 文貴
いからし ふみたか
e-mail:tko14ikarashi@gmail

眼科顕微鏡手術執刀医の姿勢に関する人間工学的評価

○村重新*，三家礼子*，渡部晃久**，野呂影勇*，小山秀紀***，藤木通弘**，
戸上英憲**，八谷百合子**，渡辺候子****，石橋真吾**，森田啓文**，近藤寛之**
*早稲田大学，**産業医科大学，***東北大学，****エルゴシーティング株式会社

Ergonomic Evaluation of Ophthalmologist's Attitude

Arata MURASHIGE*, Reiko MITSUYA*, Akihisa WATANABE**, Kageyu NORO*, Hideki OYAMA***,
Nobuhiro FUJIKI**, Hidenori TOGAMI**, Yuriko HACHIYA**, Kimiko WATANABE****, Shingo ISHIBASHI**,
Hirohumi MORITA**, Hiroyuki KONDO**
*Waseda University, **University of Occupational and Environmental Health, Japan, ***Tohoku University,
****Ergoseating Corporation

1. はじめに

本研究では、客観評価として同一眼科手術時（今回は硝子体手術を対象）の執刀医の姿勢データや主観評価から、人間工学としての手術時の負担がたまりにくい姿勢の検討を目的とした。まず、最適な姿勢を事前に見極めて、取る姿勢毎の偏りを評価するために予備実験を行い、手術時の姿勢を7つに分類した。次に、2名の執刀医による同眼科手術の録画映像3例中、執刀医の7つの作業姿勢の偏りを評価した。同時に、手術の際に顕微鏡を覗いている状態の頸部の角度に注目し、これを計測した。これら姿勢の偏りや頸部の角度、主観評価の結果から、執刀医の負担がたまりにくい姿勢に関する知見を得ることができた。

2. 実験１　最適な姿勢の検討

2.1 方法

予備実験の結果より、本実験では表1に示す7つの姿勢によって執刀医毎に姿勢の分類を行った。 特に姿勢番号1「顕微鏡を覗きながら手術する」については図1の実験環境に示すように、時系列での画面中央部の下げ振りに対する垂線のなす角、頸部と耳につけた2つの赤いマーカーの合計3点のなす角(以下では3点のなす角とする)をフリーソフトのKinoveaを用いて計測した。主観評価ではNASA-TLXなどの質問紙によるアンケートを行った。

表1　7つの姿勢一覧

勢番号	姿勢分類
1	顕微鏡を覗きながら手術する
2	手術器具を入れ替えながら顕微鏡を覗く
3	振り向いて手術器具の入れ替え及びセッティング
4	手を術野に固定して振り向く
5	眼球内への器具の出し入れ
6	顕微鏡の調整
7	椅子の高さを変える

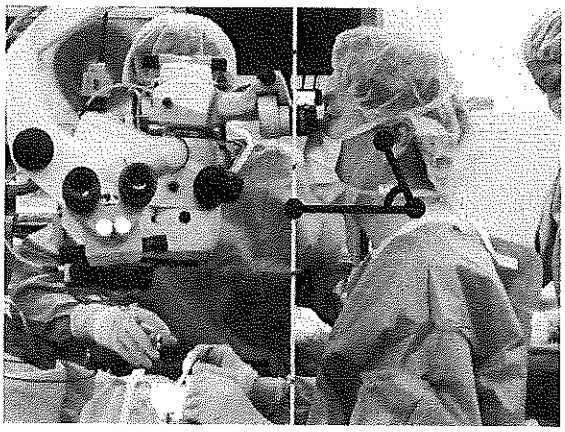


図1　実験環境

2.2 結果と考察

3例の録画映像より、1秒毎の執刀医の姿勢を7つの姿勢に分類した。3例の録画映像の秒数を合計して得られた結果を図2に、3例それぞれの姿勢の登場割合の結果を表2に示す。7つの姿勢のうち、「顕微鏡を覗きながら手術する」と「眼球内への器具の出し入れ」を合わせると全体のおよそ9割を占める結果となった。また、χ二乗検定により、3回の実験を通して執刀医の間で姿勢の出現頻度に差があるかどうか検証した。検定の結果を示す表3より、眼科手術において同じ執刀医が担当するとしても、執刀医固有の姿勢の偏りは見られないことがわかった。また、執刀医Bは執刀医Aと比べ姿勢2に有意差があることが確認された。

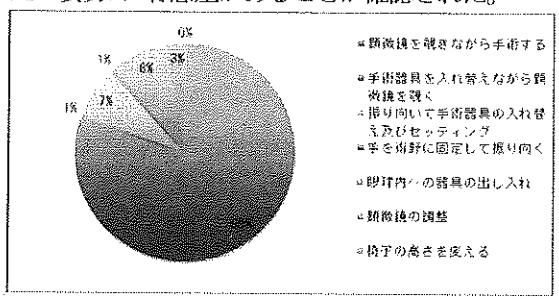


図2　執刀医の姿勢の分類

表2　例目毎の姿勢の登場割合

姿勢番号	1例目（執刀医A）	2例目（執刀医B）	3例目（執刀医A）
姿勢1	82%	77%	81%
姿勢2	1%	1%	1%
姿勢3	5%	9%	8%
姿勢4	2%	0%	0%
姿勢5	7%	9%	9%
姿勢6	4%	3%	2%
姿勢7	0%	0%	0%
時間	54：21	1：06：18	1：00：05

表3　χ二乗検定結果［残差分析］

調整済残差	1例目（執刀医A）	2例目（執刀医B）	3例目（執刀医A）
姿勢1	0.84	-1.75	0.69
姿勢2	-0.97	2.64	-1.40
姿勢3	3.30	3.55	0.50
姿勢4	4.97	-2.16	-3.82
姿勢5	-1.86	1.88	0.39
姿勢6	2.24	-0.05	-2.61
姿勢7	-0.11	-0.02	0.15

3点のなす頸部に関わる角度については、先行研究によると[1), 2)]この角度が小さいほど被験者は疲労感を感じることが明らかにされている。そこで、3例の角度の有意差を、Kolmogorov-Smirnov検定を用いてデータが正規分布に従うかどうかを検証した。その結果、$p < 2.2e-16$となり正規分布に従わないことがわかった。その後、ノンパラメトリック検定として3例の角度データ間の有意差を調べるためにKruskal Wallisの検定を行った。また、3例のうち各2例を選択して合計3回Wilcoxonの符合順位検定による多重比較を行った。その結果、いずれの検定結果も$p < 2.2e-16$となり、有意差があることが明らかになった。

客観データに有意差があることを前提として、手術時の最適な姿勢を見出すため、主観評価としてNASA-TLXを用いた。その結果を図3に示す。表2より、2例目の執刀医Bは他の2例よりも手術時間が長く、それと対応するように図3のNASA-TLXの時間的圧迫感が高い値であることがわかる。執刀医は一日のうちに眼科手術を数回行うため、この圧迫感を感じやすいと考えられる。その一方で肉体的負担に関しては他よりも低いものとなっている。3例目に関しても、1例目と同じ執刀医にも関わらず、1例目と比べて精神的負担や肉体的負担の値が低いものとなっている。これを表3のχ二乗検定の結果と合わせて考察すると、眼科手術に関して以下のことが考えられる。

(1)「手術器具を入れ替えながら顕微鏡を覗く」や「振り向いて手術器具の入れ替え及びセッティング」を中心に、眼科手術の際に意識的に作業姿勢を変えることで肉体的負担を軽減できる

(2)「手を術野に固定して振り向く」や「顕微鏡の調整」は手術の負担に繋がりやすい

(3)眼科手術間のインターバルを十分に確保することが時間的圧迫感の軽減につながる

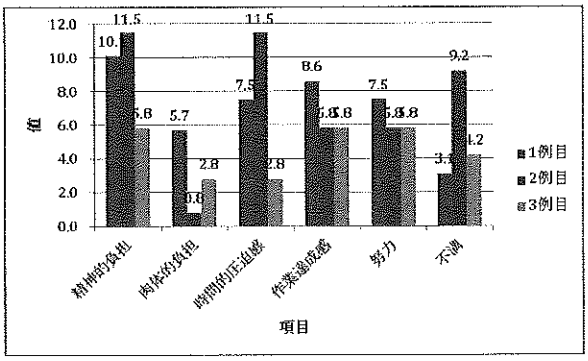


図3　NASA-TLX結果

3. まとめ

眼科手術という特質上、作業姿勢の大部分が顕微鏡を覗きながらの手術となってしまうが、その中で意識的に作業姿勢を変化させることが重要であると言える。上記で眼科手術時の負担を軽減する方法を述べたものの、実際の手術時にはその日の執刀医のコンディションや患者の特性などによってその方法を意識的に実行できないことが十分に考えられる。今後は事例を増やして方法の妥当性を高めるため、疲労評価のための体圧測定や肘掛けの使用頻度などを計測していきたい。

謝辞

本研究は、第一生命財団による助成を受けて行われた。

参考文献

1)浅田晴之・渡辺秀俊：背もたれ角度および頭部角度による頸部の筋負担感 着座姿勢における頭部支持位置に関する研究　その1, 日本建築学会学術講演梗概集, E-1, p621-p622, 2013.

2)Katsuyoshi MAEDA・Wilhelm HUUMLNTING・Etienne GRANDJEAN：FACTOR ANALYSIS OF LOCALIZED FATIGUE COMPLAINTS OF ACCOUNTING-MACHINE OPERATORS, Journal of Human Ergology, Vol. 11, No. 1, p37-p43, 1982.

[連絡先]
村重　新
e-mail：art@asagi.waseda.jp

体表脈波を用いた自動車ドライバの集中力判定に関する研究

○遠藤浩太*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学大学院工学府，**横浜国立大学大学院工学研究院

A study on the concentration determination of car drivers using the Aortic Pulse Wave

Kota Endo*, Hajime Takada**,Yoshifusa Matsuura**
*Graduate School of Engineering, Yokohama National University
** Faculty of Engineering, Yokohama National University

1. はじめに

近年，人的要因による自動車の交通事故防止のため，シートセンサやカメラ，ステアリングセンサなどを用いて非拘束にドライバの状態を推定する様々な手法が研究されている．中でもシートセンサは，多くの生体情報を含むとされる心臓や血管系の音や振動の情報を簡便に計測することができ，本研究分野において大変注目されている[1]．

このような研究では，判定結果が外的基準に一致することを検証するアプローチが一般的である．しかし，集中力に関する外的基準のスタンダードは未だ確立されていないため，各研究者は暫定的な外的基準を反応時間や脳波などの指標を基に個別に設定せざるを得ないのが現状である．そこで本研究では集中力の外的基準の設定手法の提案に加え，シートセンサから簡便に計測できる体表脈波(以後 APW と呼ぶ)と本研究における集中力の外的基準を比較し，APW により人間の集中力を客観的に評価する手法を実験的に導出することを目的とする．

2. 実験方法

実験システムの概略図を図 1 に示す．本研究では，同レベルの単調なタスク(トラッキングタスク)を被験者に長時間課し，時々刻々と変化するタスク成績と心拍，前頭葉のヘモグロビン濃度変化などの生体信号から総合的に集中力の評価を行った．実験は，①主観評価，②タスクの練習，③安静状態の生体信号計測，④トラッキング作業，⑤安静状態の生体信号計測，⑥主観評価の流れで行った．被験者は健常男性 6 名(年齢 22.6±0.47 歳)に依頼し，実験は午前中に行った．

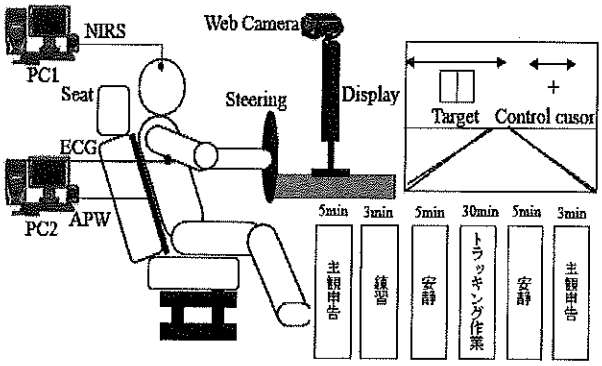


図 1　実験システムの概要図

2.1 作業課題

作業課題は独自に開発したトラッキング動作測定ソフトウェアを用いた．ディスプレイ上を左右に約 30mm/s のスピードで移動するターゲット(30×30mm)の中からカーソルが逸脱しないようにステアリングを操舵するタスクであり，ターンの瞬間はランダム，ステアリングの操舵角度と制御カーソルの移動距離の関係は，1deg 操舵すると 8.5mm 動く設定である．集中させるため，難易度は非常に高いレベル（ターン時にしばしばカーソルが枠から出てしまう)とした．また，実験前に制御カーソルがターゲットの中心線に重なるように努力すること，制御カーソルが枠から出たら実験時間が延長されることを被験者に教示した．

2.2 測定項目

APW はデルタツーリング(株)の共鳴式体幹音響センシング装置，ECG はデジテックス研究所(株)の生体アンプを使用し，サンプリングレート 200Hz で PC に保存した．前頭葉のヘモグロビン濃度変化量は日立ハイテクノロジー(株)のウェアラブル光トポグラフィ(WOT-100)を用いて 1～10ch のデータをサンプリングレート 5Hz で収集した．また，実験中は Web カメラにより顔画像を撮影し，作業課題の前後には主観評価(NASA-TLX 等)を行った．タスク成績として用いるずれ量(制御カーソルの位置からターゲットの中心までの距離)はサプリンプリグレート 75Hz で収集した．

3. タスクの成績による集中力の評価

計測したずれ量から，(ⅰ)ターンの瞬間からステアリングを制御するまでの時間，(ⅱ)ターンの直後枠外に出てから枠内に戻るまでの時間，(ⅲ)ターン前(T_j-T_{j-1}間)の枠内のずれ量平均の 3 指標を導出し，それぞれの指標を点数化し全ターン中の最高点で正規化する．ここで T はターンの瞬間の時間を示す．本研究では，3 指標の点数の平均点をタスク成績 y_j とし，タスク成績の上位 20%を集中状態，下位 20%を集中力低下状態と定義する．以下にタスク成績 y_j の算出式を示す．

$$y_j = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\left(\frac{x_{ij}}{x_{i\max}}\right) \qquad (1)$$

ここで j はターン番号，x_{max} は最高点数を示す．

4. 生体信号の解析方法

4.1 前頭葉のヘモグロビン(Hb)濃度変化

一般的に，神経活動が起こると酸素化 Hb 量の値は上昇し，それに拮抗し脱酸素化 Hb 量は減少するといわれている．しかし，計測された値は絶対量ではなく相対量であるため，本研究では，計測した信号を移動平均 3s で平滑化処理を施した後，レスト時(タスク前後 60s 間のデータ平均)を 0 としてベースライン補正を行い，各チャンネルのデータの時間変化を観察した．

4.2 心電図解析(RRI，RRV，LF/HF)

本研究では，計測した心電図から RRI，LF/HF，RRV の 3 指標を導出し，自律神経活動の評価を行った．LF/HF は，RRI のパワースペクトル密度の低周波域 LF(0.04~0.15Hz) と高周波域 HF(0.15~0.5Hz)の比を示す．HF は副交感神経，LF は交感神経と副交感神経の活動を反映することが一般的に知られている．RRVa は RRI の a 拍毎の分散値であり，一般的に覚醒度が低下すると RRVa は上昇するといわれている．以下に RRVa の算出式を示す．

$$RRVa = \frac{\sum_{i=n}^{n+a}(aRRI_i - \sum_{i=n}^{n+a} RRI_i)}{a^2} \qquad (2)$$

ここで n は RRI のデータ番号を示し，a は任意である．

5. 実験結果および考察

5.1 タスク成績および各生理指標と集中力との関係

図 2 はタスクの成績による集中力の判定結果と RRV の 1 例を示す．左縦軸は集中力の判定結果(1 が集中，-1 が集中力低下と判定)を示し，右縦軸は RRV9 を最大値で正規化したものを示す．集中力の判定結果から，タスクの前半(開始約 15 分間)は集中して作業を行い，それ以降に集中力が低下する傾向を全被験者に確認した．また，図 2 より，大幅に集中力の低下が確認された 900s 以降において，RRV9 が上昇することが確認できる．RRV は深呼吸時，あるいは呼吸周期が乱れた時に大きく変動するとされており，本研究において，集中力の低下に伴い呼吸が乱れたことが RRV9 の上昇から推察できる．

集中時と集中力低下時における脳活動の差を確認するため，チャンネルごとに集中と判定した全時間帯域の Hb 濃度平均値と，集中力低下と判定した全時間帯域の Hb 濃度平均値を比較した結果，6 名中 3 名に集中力低下時に酸素化 Hb 濃度が減少し，脱酸素化 Hb 濃度が上昇するチャンネルを確認した．つまり，集中力の低下に伴い脳活動が減少したことが示唆できる．また，RRI が時々刻々と安静状態時の値に近づく傾向を 6 名中 5 名で確認したことから，徐々に緊張が緩和したことが推察できる．

5.2 APW と集中力の関係

図 3(左図)はタスク成績により集中，集中力低下と判定した時間帯域の APW をそれぞれ集積し，集中時，集中力低下時，安静時における APW を FFT 解析した結果を示す．左縦軸のパワースペクトル密度はそれぞれの最大ピーク値で正規化している．図 3(左図)より，集中時における 2 つのピークが集中力低下に伴い安静時のピーク周波数に近づいていることが確認できる．また図 3(右図)は 2 つのピーク周波数の積(以後 PPF と呼ぶ)を求め，集中時を 1 と正規化した後，全被験者 6 名の平均をとったものを示している．T 検定を行った結果，集中時と比較し集中力低下時は PPF が有意に減少することを確認した($p<0.05$)．これらのピークは心拍変動成分を捉えているため [1]，集中力低下に伴い，拍動周期が徐々に減少することが示唆できる．

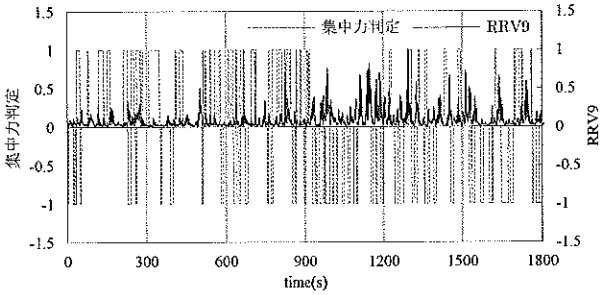


図 2　タスク成績による集中力の評価と RRV9

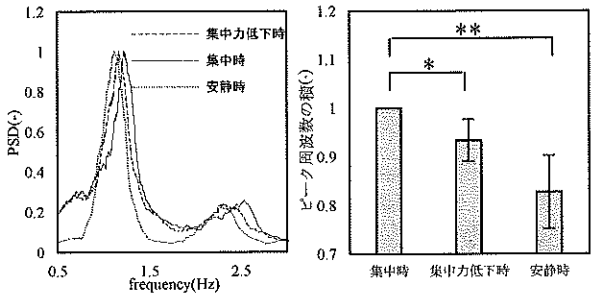


図 3　APW の周波数成分(左図)・全被験者の PPF 平均(右図)

6. まとめ

本研究では，タスクの成績と生理指標により人間の集中力の評価を行い，本実験システムにより人間の集中力の評価を行える可能性を示した．また，APW の周波数成分のピーク変動を捉えることで非拘束かつ客観的に人間の集中力を評価できる可能性を示した．

7. 参考文献

1)小嶋重行他：「体幹生体信号簡易センシングシステムの開発」設計工学論文集 Vol.50,No.2(2015 年 2 月)

［連絡先］
遠藤浩太
横浜国立大学大学院工学府
〒240-0067 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1
e-mail：endo-kota-hc @ynu.ac.jp

心拍数変動指標による非接触・睡眠段階推定における可変移動平均法の提案

○鈴村和季*，程漢*，香川正幸*，橋爪絢子*，松井岳巳*
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Optimal Window-Size of Moving-Average Method for the Classification of Sleep Stage by Heart Rate Variability

Kazuki SUZUMURA*, Han CHENG*, Masayuki KAGAWA*, Ayako HASHIZUME*, Takemi MATSUI*
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 研究背景

睡眠はストレス，運動などその日の状況が影響するため，家庭で日常的に睡眠状態を把握し，自己管理することが重要となる．

睡眠状態は国際基準（R&K 法）に基づいて，覚醒，REM，NREM1～4 の睡眠段階に分けられている．精密判定の睡眠ポリソムノグラフィ計測（PSG: polysomnography）は多くの電極を貼り付けるため，普段どおりの睡眠状態が計測できない問題がある．そのため非接触かつ非拘束な睡眠段階判定システムが望まれている．

REM と NREM2,4 で心拍数変動指標（HRV: heart rate variability）における有意差が報告されている．また本研究グループでは，マイクロ波レーダーを用い，体動および呼吸間隔ゆらぎから睡眠段階を推定することに成功している[1]．

本稿では，レーダー波形から抽出した脈波信号に注目して睡眠段階推定を行うことを目的とする．特に，高精度に心拍間隔を求めるために可変移動平均法を考案した．そして，得られた HRV が睡眠段階分別にどのように貢献するかを検証した後，正準判別分析により睡眠段階推定を行った．

2. システム概要

計測システムは，図 1 のように 24GHz 帯のマイクロ波レーダー2 台をマットレスとベッドの間に設置する構成である．放射電波は，電波防護指針の 1mW/cm^2 以下に準拠しており，人体に安全である．また同時に PSG 計測（日本光電工業㈱PSG-1100）も行う．PSG データは，30 秒間を 1 エポックとして，計測時間 8 時間の睡眠段階が出力される．

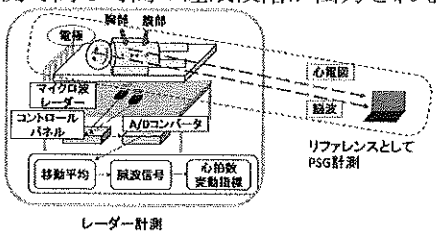


図 1　計測システム

3. 実験方法

実験協力者は，健康な男子大学生 10 名であり，23 時から翌日の 7 時まで計測した．防音室内で室温 23-25℃に保った．また，計測前日と当日に睡眠を阻害する飲食や運動をしないよう留意した．なお，実験に先立ち，首都大学東京日野キャンパスの研究安全倫理委員会の承認を得た．

4. 解析手法

4.1.1 可変移動平均法を用いた脈波抽出手法

レーダー波形x_iに対して呼吸信号を移動平均法（1）で構成する．

$$\bar{x}_j = \frac{1}{N}\sum_{i=-m}^{m} x_{j+i} \ , \quad N = 2m \qquad (1)$$

ここで，この平滑化範囲（N=2m）をきざみ幅と呼ぶ。このきざみ幅を 0.8 秒，0.4 秒，0.2 秒，0.1 秒の 4 パターンとする．さらに，差分法により脈波信号を抽出し，4 つのきざみ幅から最適のものを 1 分毎に選択する。きざみ幅を 0.1 秒，0.8 秒とした場合の例を図 2 に示す．きざみ幅判定条件は，異常な心拍間隔が最も少ないものとする．可変移動平均法により，抽出した HRV と心電図による HRV との相関係数は 0.58 から 0.71 に向上した．

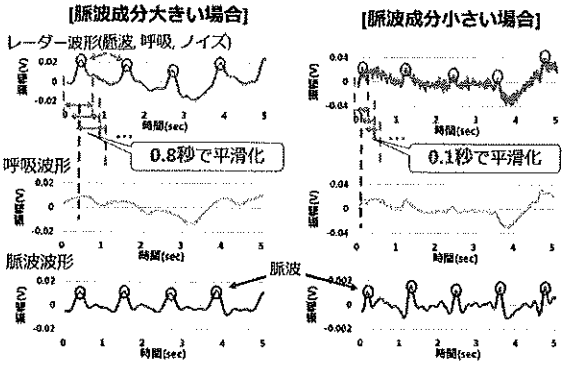


図 2　可変移動平均法を用いた脈波抽出の流れ

4.1.2 心拍間隔の抽出のためのピーク検出

上記脈波信号から，振幅値の小さいピーク，心拍間隔の小さいピークを除外する．さらに，呼吸に同期した脈波の異常な振幅増分を考慮し，適正なピークのみを検出した．

4.2 睡眠段階推定に用いる指標の選択

心拍数，心拍間隔の変動係数（CVRR），さらに自己回帰（AR）法を用いた周波数解析により算出した HF（0.15～0.4Hz），LF（0.04～0.15Hz），LF/HF を用いた．一般的に，HF は副交感神経機能，LF/HF は交感神経機能を反映する．

5. 結果

5.1 HRV による睡眠段階の分別

LIGHT（NREM1,2）と DEEP（NREM3,4）における LF と LF/HF の散布図および ROC 曲線（Receiver Operating Characteristic curve）の一例を図 3 に示す．この図は LF/HF（Y 軸）のみでも LIGHT と DEEP を閾値判定から分別（覚醒感度 0.78、特異度 0.85）できることを示している．10 名全員の覚醒/睡眠

分別，REM/NREM 分別，LIGHT/DEEP 分別の AUC (area under the curve) を表 1 に示す．

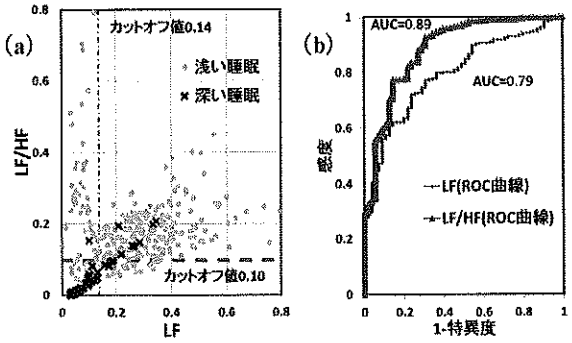


図 3　LIGHT/DEEP 分別時の LF と LF/HF（t1）
(a) 散布図　　(b) ROC 曲線

表 1　各睡眠段階分別における LF, LF/HF の AUC

実験協力者	AUC					
	覚醒/睡眠		REM/NREM		LIGHT/DEEP	
	LF	LF/HF	LF	LF/HF	LF	LF/HF
t1	0.66	0.58	0.50	0.63	0.79	0.89
t2	0.83	0.86	0.70	0.78	0.62	0.63
t3	0.57	0.65	0.55	0.85	0.73	0.86
t4	0.61	0.58	0.88	0.48	0.86	0.70
t5	0.69	0.68	0.73	0.86	0.79	0.69
t6	0.56	0.51	0.81	0.50	0.59	0.65
t7	0.77	0.77	0.66	0.72	0.72	0.79
t8	0.52	0.59	0.67	0.67	0.67	0.77
t9	0.77	0.72	0.61	0.75	0.61	0.69
t10	0.67	0.69	0.81	0.74	0.91	0.89
平均	**0.67**	**0.66**	**0.69**	**0.70**	**0.73**	**0.76**

LF，LF/HF は 3 つの睡眠段階分別で AUC 平均が 0.7 前後と高い分別力が示された．特に，LIGHT/DEEP 分別のとき 10 名中 6 名で 0.7 以上の値が得られ，最も AUC 平均が高くなり，LF，LF/HF は LIGHT/DEEP 分別により適しているということが判明した．一方，HF については期待したほど判別性がなかった（AUC≒0.5）．これは，普段と異なる環境，さらに多くの電極をつけた PSG 計測のため，DEEP のときにも副交感神経の活性化が不十分だったと考えられる．

5.2　正準判別分析による睡眠段階推定の試み

まず，判別関数を判別対象となる 1 名を除いた 9 名のデータから求める．使用する指標は HF(x_1)，LF(x_2)，LF/HF(x_3)，心拍数(x_4)，さらに CVRR(x_5)である．推定する睡眠段階を 2 ステージ（覚醒/睡眠），3 ステージ（覚醒/REM/NREM），4 ステージ（覚醒/REM/LIGHT/DEEP）の 3 種類とした．なお，正準判別分析を行うにあたり個人差を無くすため，実験協力者毎に各パラメータに対して正規化を行った．式（2），(3) は，t2 を判別対象として 3 ステージに判別分析を行った際，導出された第 1 判別関数（寄与率 90%）と第 2 判別関数（寄与率 10%）である．

$$y_1 = -0.60x_1 + 2.55x_2 + 1.07x_3 + 3.80x_4 + 0.90x_5 - 2.11 \quad (2)$$
$$y_2 = 8.90x_1 - 5.63x_2 + 3.06x_3 + 0.49x_4 - 2.04x_5 - 1.78 \quad (3)$$

この式から心拍数，LF，LF/HF，CVRR そして HF の順の重み付けであった．レーダーから推定した 1 分毎の睡眠段階と PSG との一致率を表 2 に示す．一致率は全体として期待したよりも低かったが，t2,t5 のように心拍数と HRV だけで睡眠段階推定の可能性が示された．

表 2　PSG 計測とレーダーの判定一致率

実験協力者	一致率(%)		
	2 段階	3 段階	4 段階
t1	75.98	74.02	26.64
t2	80.00	80.00	**47.22**
t3	58.63	47.19	41.58
t4	32.97	26.08	16.81
t5	70.52	64.54	**46.39**
t6	59.88	59.05	41.15
t7	85.65	52.60	26.40
t8	71.69	61.36	38.84
t9	74.38	60.80	26.39
t10	53.85	45.41	28.29
平均	66.36	57.11	33.97

6.　考察

10 名の計測値を正準軸上に正準スコア｛Z 値：(Z_1, Z_2, Z_3)｝として配置した散布図を図 5 に示す．

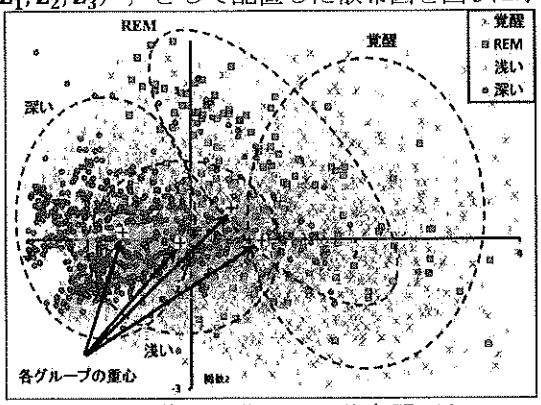


図 5　各睡眠段階の正準スコア分布図（4 ステージ）

各睡眠段階の重心の位置が近く，各群の分布に重なりがあり，睡眠段階の一致率が低くなったと考えられる．そのため，一挙に睡眠段階を判定するのではなく，まず心拍数で覚醒/睡眠分別し，その後 LF，LF/HF で REM/LIGHT/DEEP 推定を行うという手順で一致率が向上すると予想される．

7.　まとめ

レーダーを用いて非接触計測した心拍数と HRV から睡眠段階推定の可能性が示された．LF,LF/HF は特に LIGHT/DEEP 分別において高い分別力が示された．今後は段階的な睡眠段階判定，さらに体動指標，呼吸間隔ゆらぎ指標を組み合わせることにより睡眠段階判別精度向上を目指していく．

8.　文献

1) 佐々木紀幸・香川正幸・鈴村和季・松井岳巳：マイクロ波レーダを用いた体動と呼吸間隔ゆらぎ指標による睡眠段階推定, 生体医工学, 53(4), 2015.

[連絡先]
鈴村　和季
e-mail：kazuki.s1223@gmail.com

報酬内容の教示が精神作業中の心血管系反応に及ぼす影響

○劉欣欣*，石松一真**，外山みどり*，岩切一幸*
*独立行政法人労働安全衛生総合研究所，**滋慶医療科学大学院大学

Influence of Payment Instruction on Cardiovascular Responses to a Mental Task

Xinxin LIU*, Kazuma ISHIMATSU**, Midori SOTOYAMA*, Kazuyuki IWAKIRI*
*National Institute of Occupational Safety and Health, Japan.
** Graduate School of Health Care Sciences, Jikei Institute, Japan.

1. はじめに

精神作業中の心臓・血管系の過剰な反応や作業後の反応の回復の遅延が慢性化すると，虚血性心臓病や高血圧症などの心血管系疾病リスクの増加や心血管疾患が原因となる死亡リスクの増加が報告されている[1,2]．これらの発生には，抑うつ，苛立ち，不安などのネガティブ感情が関与すると考えられている[2]．一方，ポジティブ感情の喚起は，ネガティブ感情により興奮した心血管系反応の回復を早めるなど，well-being や健康の増進につながることが示唆されている[3]．我々はこれらの知見を参考に，ポジティブ感情を喚起すると思われる快適な画像（美しい自然風景やかわいい動物など）を精神作業前に提示したところ，作業中の血管系反応の上昇が抑制され，作業後の心血管系反応の回復が促進される結果を得た[4,5]．しかし，ポジティブ感情を喚起する場合に，どのような喚起方法が良いのかは明らかではない．そこで本研究では，ポジティブ感情に関する基礎的な研究として，精神作業前に報酬内容を教示することで感情を操作し，教示内容の違いが精神作業中の心血管系反応に及ぼす影響について検討した．

2. 方法

2.1 参加者

実験参加者は，10名の健常な男子大学生及び大学院生（平均年齢 23.3±1.3 歳）とした．実験は，独立行政法人労働安全衛生総合研究所の研究倫理審査委員会により承認を得て実施した．

2.2 精神作業課題

先行研究[6]を参考に作成した標的同定課題を用いた．参加者は，ディスプレイ上に円環配置された 8 個の円と 1 個のひし形から構成される探索画面において，ひし形の中に提示される線分（水平あるいは垂直）に関して，事前に指定された線分（垂直）が提示された場合，素早くボタンを押すように指示された．ひし形の提示位置はランダムであった．8つの黒い円形のうちの 1 つは，妨害図形として赤色に変化した．本研究では，正答率が 85%を上回れば標的線分は短くなり，正答率が 65%を下回れば標的線分は長くなるという階段法を用いて作業成績を統制した．

2.3 測定指標と教示条件

心血管系反応は，連続血行動態測定装置（Portapres Model-2, Photal, Inc.）を用いて測定し，指標として収縮期血圧（SBP），拡張期血圧（DBP），平均動脈血圧（MAP），心拍数（HR），心臓の一回拍出量（SV），総末梢血管抵抗（TPR）を測定した．各測定項目は，5 分間の安静区間，5 分間の課題区間（T），10 分間の安静回復区間（5 分毎に R1, R2）にて連続測定した．

実験条件は，課題前に「作業成績が一定水準（85%）を上回れば出来高に応じて報酬が加算される」と教示した報酬増額条件(Encourage)，「作業成績が一定水準（65%）を下回れば報酬が減額される」と教示した報酬減額条件(Discourage)，それと教示なしのコントロール条件(Control)の 3 つを設けた．実験条件の実施順序は，実験参加者間でカウンターバランスをとった．課題前，課題後，回復後には，その時の実験中の気分を二次元気分調査票[7]によって評価した．また，実験条件ごとの作業パフォーマンス（正答率と反応時間）も記録した．

2.4 統計解析

解析データには，各測定区間の平均値から課題前安静区間の平均値を差し引いた変化量（Δ）を用いた．解析では，反復測定による二元配置分散分析[条件（Control, Encourage, Discourage）×測定区間（T, R1,R2）]と多重比較検定（Bonferroni）を行った．有意水準は $p<0.05$ とした．

3. 結果

課題中の血圧は，コントロール条件に比べて報酬増額条件と報酬減額条件にて高い値を示したが，条件間に有意差は認められなかった（図 1 ΔMAP）．課題中の一回拍出量（ΔSV）は，報酬増額条件が報酬減額条件及びコントロール条件に比べて有意に高

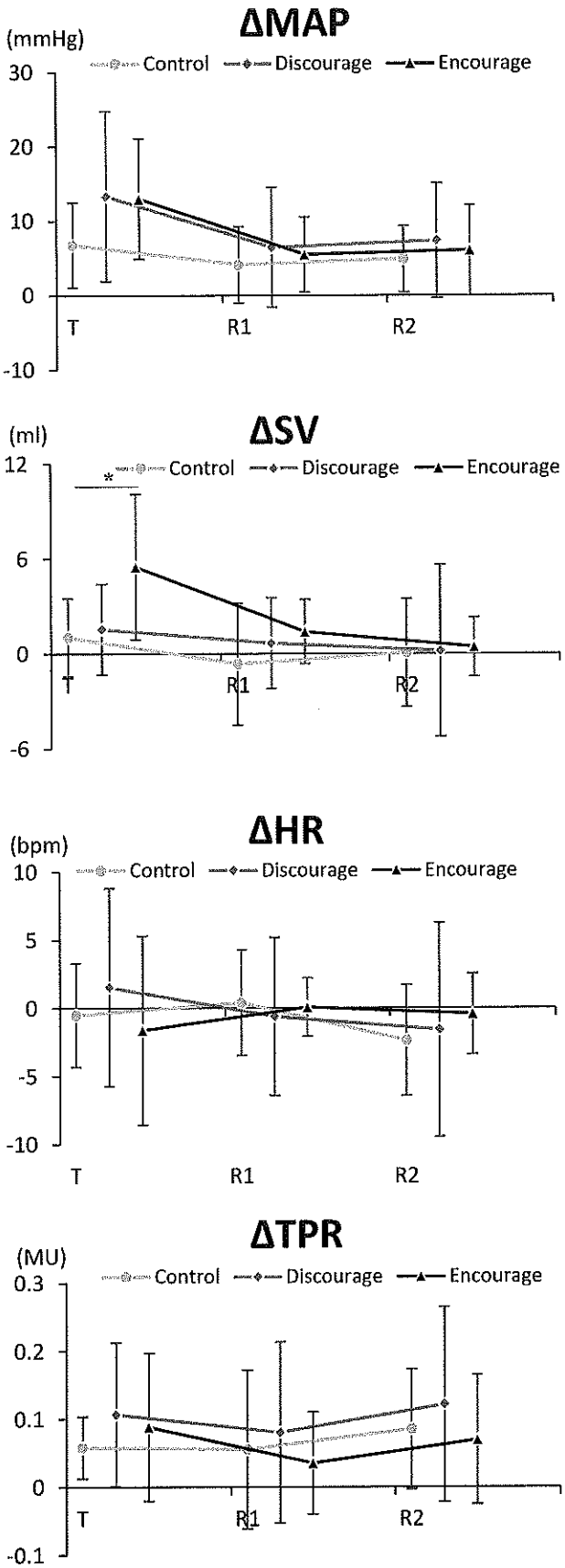


図１教示条件の違いによる課題中及び回復区間の心血管系反応（平均値±標準偏差）.

かった(p<0.05). 心拍数（Δ HR）及び総末梢血管抵抗（ΔTPR）では，条件間に有意差は認められなかった．また回復区間においても，全ての測定指標において条件間に有意差は認められなかった．

実験中の気分については，課題前後，及び条件間の差は認められなかった．作業パフォーマンスにおいても，条件間の差は認められなかった。

4. 考察

実験の結果，報酬増額条件にて課題中（T）の一回拍出量が他条件に比べて増加した（図１ΔSV）．心臓の一回拍出量は，心筋の収縮力を表す指標と考えられる．このことから，報酬増額条件では，実験参加者が課題に備え，素早くエネルギーを供給するよう心筋の収縮力を高めたものと考えられる．一方，二次元気分調査票のスコアに条件間で有意差は認められなかったため，報酬内容に関する教示は期待した感情喚起ができなかった可能性が考えられる．今後は，ポジティブ感情の喚起方法についてさらに検討していく予定である．

参考文献

1) Chida Y, Steptoe A. Hypertension, 55: 1026-1032, 2010.
2) McClelland AB, et al. Int J Psychophysiol, 74, 166-173, 2009.
3) Fredrickson BL, et al. Motiv Emot, 24, 237-258, 2000.
4) Liu X, et al. Proceedings of the 1th Asian Conference on Ergonomics and Design, in USB memory, p1-4, 2014.
5) Liu X, et al. Int J Psychophysiol, 94, 242, 2014.
6) Theeuwes J, et al. Psychonomic Bulletin & Review, 11, 551-554, 2004.
7) 坂入ら, 筑波大学体育科学系紀要 26, 27-36, 2003.

謝辞

本研究は，科学研究費補助金若手研究（B）（課題番号 24700746）の援助を受け実施した．

[連絡先]
劉 欣欣（リュウ　シンシン）
独立行政法人　労働安全衛生総合研究所
〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6－21－1
E-mail：liu@h.jniosh.go.jp

1B4-4

睡眠時無呼吸・低呼吸イベント発生時の心拍数変動指標（HRV）ダイナミクスの解析

○程 漢*，鈴村和季*，香川正幸*，橋爪絢子*，戸島洋一**，松井岳巳*
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科
**東京労災病院呼吸器内科

Dynamics of Heart Rate Variability Affected with Sleep Apnea-Hypopnea Event

Han CHENG*, Kazuki SUZUMURA*, Masayuki KAGAWA*, Ayako HASHIZUME*, Hirokazu TOJIMA**, and Takemi MATSUI*
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University
**Department of Respiratory Medicine, Tokyo Rosai Hospital

1. 緒論

1.1 背景

睡眠時無呼吸症候群（SAHS：Sleep Apnea Hypopnea Syndrome）は，睡眠中に 10 秒以上呼吸が停止する（無呼吸），又は上気道の空気の流れが弱くなる状態（低呼吸）が 1 時間に 5 回以上発生する疾患である．無呼吸及び低呼吸の状態では，自律神経（交感神経と副交感神経）の活性化と抑制が働くことが報告されている．自律神経の状態は心拍数変動指標（HRV: Heart Rate Variability）で測ることが可能であり，LF（低周波成分：0.04～0.15Hz）と HF（高周波成分：0.15～0.4Hz）の指標で表現される．

1.2 レーダーを用いた SAHS スクリーニングシステムにおける HRV の役割

本研究グループではマイクロ波レーダーを用いた SAHS スクリーニングシステムの開発に取り組み，これまでにレーダー振幅の変化を呼吸運動の変化として無呼吸・低呼吸イベントの検出に成功している．しかし，イベントの検出は可能であるが，呼吸障害の結果（例：血中酸素飽和度の低下）は計測できていない．そこで，もう一つの体内変化の結果である HRV の変化，特にそのダイナミクスを明確に解析することにより無呼吸イベントの検出に役立てたい．

1.3 研究目的

本研究では無呼吸・低呼吸時に HRV がどのように変化するか，そのダイナミクスを次の 3 つの視点で分析する．

1) 無呼吸・低呼吸時の HRV（LF, HF）がどのように変化するかを把握する．そして，呼吸障害時特有の変化の様子を特徴的ダイナミクスと呼ぶ．
2) なかでも，無呼吸時の LF/HF に注目し，上昇幅，反応時間，遅延時間を整理する．
3) 特徴的ダイナミクスの発生確率を示す．

2. 方法

2.1 計測対象

被験者は東京労災病院の呼吸内科外来の患者 10 名（平均年齢 61 歳）とし，PSG 装置（日本光電工業㈱ PSG-1100）で終夜計測（20 時から翌朝 6 時まで：8 時間）を行った．計測にあたり，病院および首都大学東京日野キャンパス研究安全倫理委員会の承認を経て，同意を得られた方のみを計測した．

2.2 解析方法

本来はレーダー出力から心拍間隔を抽出すべきところであるが，より精度の高いダイナミクス解析のために心電図を用いて心拍間隔を算出した．そして，HRV 算出のための周波数解析は FFT や AR 法があるが，最も高精度に HRV の計算ができる GMS 社の MemCalc/Tarawa を使用した．

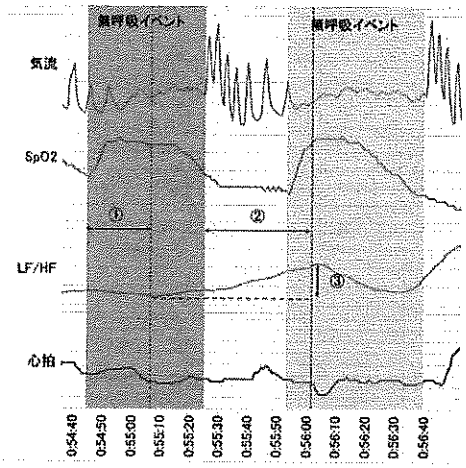


図 1　無呼吸時の LF/HF の典型的な変動

呼吸障害 SAHS の発生時には，図 1 に示すように血中酸素飽和度 SpO_2 が低下し，体内組織への酸素供給量を増やそうと心拍数の増加，すなわち LF/HF の上昇が観測された．HF の変化については予想したほど大きな傾向は観測されなかった．

また，低呼吸時には LF/HF が上昇するものの無呼吸時ほど顕著な変動が観測されない場合が多かった．

そこで，無呼吸時の LF/HF の変化を「特徴的ダイナミクス」と呼び，今後はこの「特徴的ダイナミクス」を定量的に定義する．

HRV 算出同時にポリソムノグラフィ PSG の計測結果の無呼吸イベント，低呼吸イベントの発生状態を根拠に，無呼吸発生開始から LF/HF 上昇の反応時間（図 1：①），上昇幅（③），SAHS 終了時点か

らLF/HFのピークまでの遅延時間（②）を収集し，分析した．

通常呼吸と無呼吸時のLF/HF上昇幅の違いを明確にするため，対象者10名の終夜データを1分間隔で通常呼吸，低呼吸，無呼吸と分類し，その1分区画ごとのLF/HF変動を調査した．

3. 結果と考察

イベント件数は総数1,086件（通常呼吸：598件，低呼吸：176件，無呼吸：312件）であった．

ここで，無呼吸低呼吸イベントが連続して発生するケースは，LF/HFの変動が単一イベント時とは異なるため除外した．すなわち，統計収集データの選択条件は，イベント時間≦1min，かつ単一イベント（前後のイベントとの間隔≧30s）である．

通常呼吸と無呼吸時のLF/HF上昇幅の違いを図2に示す．

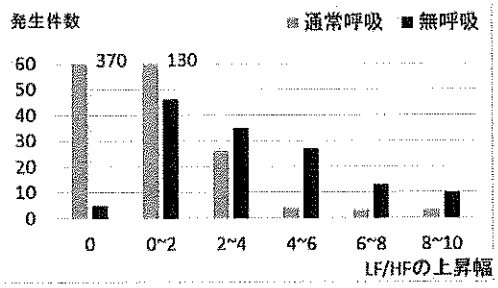


図2　通常呼吸と無呼吸時のLF/HFの上昇幅の分布

この2群（通常呼吸と無呼吸）のLF/HFカットオフ値は2.2であった．

さらに，このLF/HFカットオフ値をもとに通常呼吸および無呼吸を判定した場合の状況は表1のとおりである．

表1　LF/HF値2.2で無呼吸，通常呼吸を判定した場合の正答件数の状況

	LF/HFの上昇幅による判定	
	2.2以上の件数	2.2以下の件数
無呼吸イベント	204	108
通常呼吸	30	568

LF/HFの上昇幅2.2から無呼吸を検出できる感度は65.4%（312件中204件が正答）である．さらに，同様に，LF/HFの上昇幅2.2から無呼吸検出の特異度は95.0%（598件中568件）である．そして，LF/HFの上昇幅2.2による無呼吸を検出精度は84.8%（598件中568件）となり，満足できる結果であった．

ここで，特異度に比較して感度が悪いのは，図1の分布にも示されるように，無呼吸時にLF/HFが意外と上昇しないケースが多いためである．

次に，無呼吸時のLF/HF上昇の反応時間と遅延時間の分布を図3に示す．ここでの対象は，LF/HFの上昇幅0以上である．

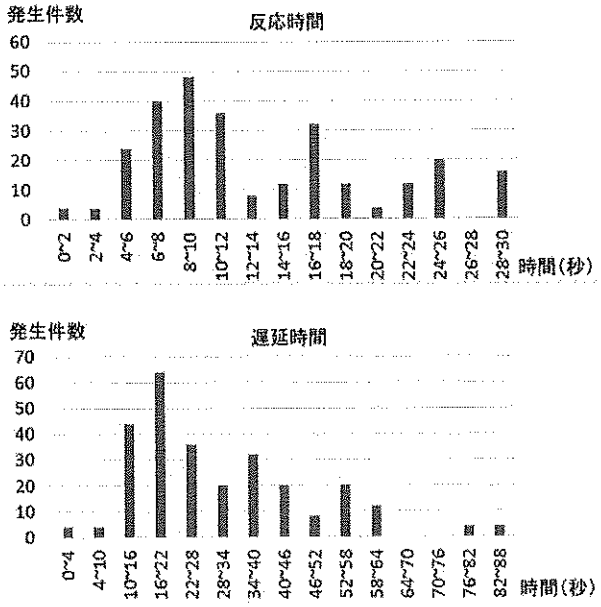


図3　LF/HFの反応時間と遅延時間

図3の分布を平均検定すると，LF/HFの反応時間は14±7s，LF/HFの遅延時間は32±18sとなった．

以上の結果から，無呼吸時のLF/HF変化の特徴的ダイナミクスは，LF/HF上昇幅2.2，反応時間14±7s，そして遅延時間32±18sと整理される．

今回の研究の制限事項は，無呼吸低呼吸イベントが連続して発生する場合を除外したこと，そして無呼吸，低呼吸，通常呼吸の3段階判定をしなかったことである．今後の課題としたい．

4. 結論

LF/HF値が2.2以上上昇の判定条件の無呼吸の判定精度は84.8%である．また，無呼吸が開始した14±7秒後にLF/HFの上昇が反応し，無呼吸が終了した32±18秒後にLF/HFの上昇ピークを迎える．この結果は気流の変化と合わせ，マイクロ波レーダーを用いた非接触SAHSスクリーニングシステムの精度向上に寄与するものと期待される．

5. 文献

1) David Duverney, etc: Screening of Obstructive Sleep Apnea Syndrome by Heart Rate Variability Analysis, Circulation, 100(13), 1411-1415, 1999.
2) Wenlong Xu, etc: Definition of sleep apnea event by one minute HRV spectrum analysis, IEEE, 2292-2294, 2008.

[連絡先]
程　漢
e-mail: otowanotsubasa@gmail.com

エッジ強調画像と質感印象との関係

○堀越尚志*，亀田晃宏**，磯野春雄*，勝又洋子*
東京電機大学大学院*，東京電機大学**

Relationship between edge enhanced picture and texture impression

Takashi HORIKOSI*, Akihiro KAMEDA**, Haruo ISONO*, Yoko KATSUMATA*
*Graduate School of Tokyo Denki University, **Tokyo Denki University

1. はじめに

近年，デジタル技術の進歩により，高画質で鮮明な画像を撮影し，記録することが可能となってきた．このため，極めて質感の高い画像を実現することができる．このような質感に関する研究は，質感脳情報学[1]という新しい分野で研究がおこなわれている．本研究では，画像にエッジ強調を施し、エッジ強調量を変化させることによって、質感や鮮鋭感の印象を一対比較法とSD法で調査した．これにより質感や鮮鋭感の印象評価に影響を与える因子を抽出し，最適なエッジ強調量を求めることを目的とした．

2. エッジ強調量と質感，鮮鋭感の評価

2. 1 実験方法

先行研究[2]の結果より，画像の質感と解像度の関連性を得ることができた．しかし，画像を編集する際に，変化させることのできる物理量は他にも多数存在している．そこで他の物理量との関連性を求めるためエッジ強調量の変化による質感，鮮鋭感との関連性に着目した．

今回，画像の解像度とエッジ強調量を変えた写真5枚を用いて，質感と鮮鋭感の評価を行った．2枚の被写体を同時に提示して行う一対比較法，1枚の写真について印象評価をしてもらうSD法を用いてデータ収集を行った．これらのデータに対して分散分析，主成分分析を行った．

2. 2 実験手順

まずシェッフェの7段階カテゴリー付き一対比較法を用いて，各被写体すべての解像度の組み合わせに対して質感をどのように感じるかを図1の評価シート用いて印象を評価してもらった．

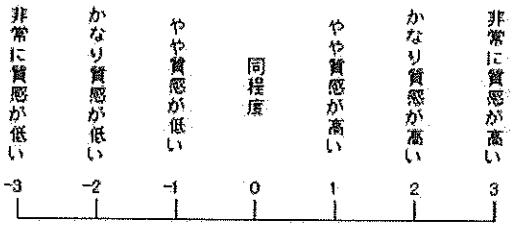


図1．一対比較法評価尺度

その後 12 対の形容詞を用いた SD 法のアンケートにも回答してもらった．SD 法については，それぞれの被写体のエッジ強調量 100%，500%に対してのみ評価をしてもらった．教示文は以下の通りである．

・一対比較法

これから 2 枚の写真を同時に見ていただき，アンケートに回答していただきます．左の写真に対して，右の写真の質感の程度を 7 段階で評価してください．

・SD 法

それぞれの写真について，各形容詞対に対して直感的に7段階の評価を行ってください．

2. 3 被験者

全員正常視力1.0以上を有する21～26歳の男子学生10名を対象とした．

2. 4 被写体

撮影にはデジタル一眼レフカメラのニコン D7100 を用いた．被写体にはグラス(A)，蹴鞠(B)の 2 種類の画像を使用した(図 2)．

それぞれの画像を元画像の解像度に対し解像度 5, 10%の画像と，解像度 10%の画像のエッジ強調量を Photoshop で編集した画像を用いた．エッジ強調量は 100%，300%，500%と変化させた。これらの計 10 枚の写真を実験に用いた．

これらを富士フィルム製の超光沢紙A4サイズにそれぞれ印刷した．印刷にはbrother製プリンターMFC-J6710CDWを用いた．

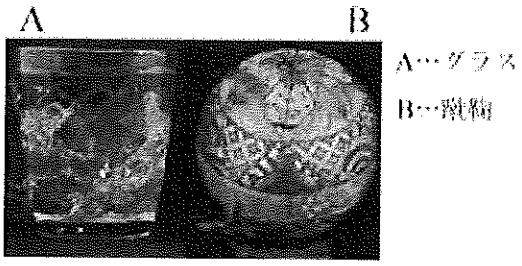


図2．実験に使用した被写体

3. 実験結果

3. 1 一対比較法の実験結果

図 3, 4 の画像番号はそれぞれ 1「解像度 5%」，2「解像度 10%」，3「エッジ強調量 100%」，4「エッジ強調量 300%」，5「エッジ強調量 500%」に対応している．

一対比較法で得られた数値に対して分散分析を行った．それと同時にヤードスティック検定による有意差の有無を調べた．一例として被写体Bの質

感と鮮鋭感，それぞれについての結果を示す．

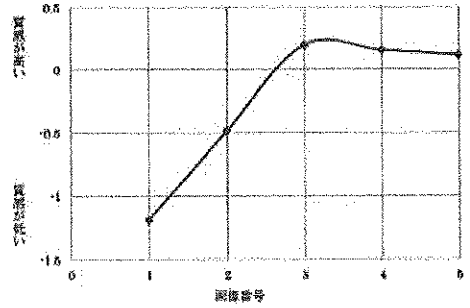


図3．被写体Bでのエッジ強調量と質感の関係

図 3 から，画像番号 3 をピークにエッジを強調した画像 4，5 で質感が低下していることが分かる．次に分散分析を行い，エッジ強調量が主効果をもつことを確認した($q<0.01$)．

さらにヤードスティック検定によって，各画像間での有意差が無いことを確認した．

被写体Aと比較すると，Aが画像番号2で質感がピークに達しているのに対し，Bは画像番号3でピークとなっている．またピーク以降の質感の低下も緩やかなものとなっている．

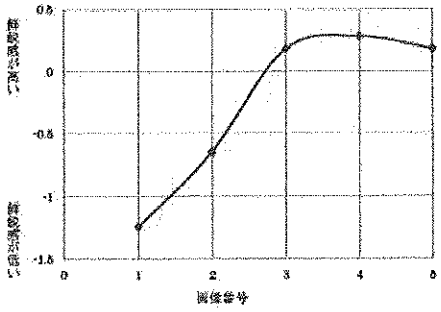


図4．被写体Bでのエッジ強調量と鮮鋭感の関係

図 4 から，画像番号 3 あたりから鮮鋭感の変化が小さいことが分かる．次に分散分析を行い，エッジ強調量が主効果をもつことを確認した($q<0.01$)．

さらにヤードスティック検定によって，各解像度間での有意差が無いことを確認した．

3．2　SD法の実験結果

次に SD 法について分析を行った．形容詞対は先行研究[(2)(3)]でも用いられていた，以下の 12 対を実験に用いた．

Q1「軽やかな - 重苦しい」Q2「濃い - 薄い」Q3「はっきりした - ぼやけた」Q4「目立つ - 目立たない」Q5「落ち着いた - 落ち着かない」Q6「強い - 弱い」Q7「透明 - 不透明」Q8「サラサラしている - サラサラしていない」Q9「きれい - きたない」Q10「鮮やかな - くすんだ」Q11「自然な - 不自然な」Q12「光沢のある - 光沢のない」

被写体 B におけるエッジ強調量 100%と 500%において，それぞれ第 3 主成分で累積寄与率 8 割を超えたので，第 3 主成分までを分析した．次に(B)蹴鞠の最高エッジ強調量(図 5)において，第 1 主成分と第 2 主成分を軸として各形容詞対の主成分得点の分布を表す．

第1主成分ではQ3「はっきりした - ぼやけた」Q4「目立つ - 目立たない」 Q6「強い - 弱い」Q9「きれい - きたない」Q10「鮮やかな - くすんだ」が集中して表れた．これらは画像の鮮明感に関する要素が多く見られる．第2主成分ではQ7「透明 - 不透明」が著しく高い正の値を示した．これらを踏まえると鮮明感が高く，かつ透明感の高いという評価を被験者が示したと読み取れる．

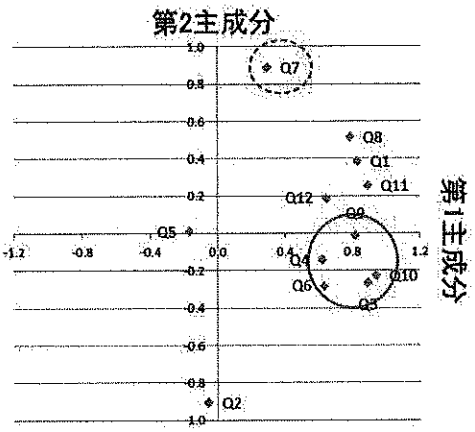


図5．被写体Bの分布図

4．まとめ

エッジ強調量が増えていくと，質感と鮮鋭感の上昇は飽和傾向になる．さらにエッジ強調が過大になると，鮮鋭感と質感はともに減少することがわかった．また，被写体の色や素材によってエッジ強調量との関連性が変わってくる．一対比較法の結果から，被写体 A，B のどちらにおいても画像番号 3，4，5 の間でそれぞれ有意差がなかった．

今後は他のサイズの画像や被写体，光沢紙以外の用紙を使用するほか，電子ディスプレイをもちいた評価実験など様々な条件でのデータを集めることが課題として残る．

5．参考文献

[1] 新学術領域：質感脳情報学：http://shitsukan.jp/，2014

[2]富澤俊介，浜頭尚平，堀越尚志，福住紀明，勝又洋子，磯野春雄：解像度の変化が画像の質感に及ぼす影響，日本人間工学会関東支部大会44回大会，P72-27，2014

[3]堀越尚志，磯野春雄，勝又洋子：画像におけるエッジ強調量と質感の印象評価との関係，第17回日本感性工学会大会，2015

[連絡先]
ほりこし　たかし
e-mail:15rmd15@ms.dendai.ac.jp

HMD(Head Mounted Display)及びスマートフォン使用時の周辺視覚刺激に対する反応

○戴 可嘉*, 松本 啓太**,下村 義弘*, 勝浦 哲夫*
*千葉大学人間生活工学研究室, **富士通デザイン株式会社

Reaction to the peripheral visual stimuli when operating HMD and smart phone

Kejia DAI*, Keita MATSUMOTO, Yoshihiro SHIMOMURA*, Tetsuo KATSUURA***
***Chiba University Humanomics Lab., **Fujitsu Design Limited**

1．はじめに

スマートフォンの普及と共に、「歩きスマホ」が社会問題になっている。「歩きスマホ」とは、多くの人が行き交う道路や公共空間で、スマートフォンを操作しながら歩行することである。

「歩きスマホ」が事故を起こす生理的原因は、スマートフォンに集中すると周辺視野が狭くなり、注意が向かなくなることである。この現象の装置による違いを調べるため、HMD とスマートフォン上のタスクに集中する際の周囲への視覚的注意状況について、二重課題法で実験を行い、生理学的、行動学的指標により評価した。

2．方法

2.1.実験タスク

被験者には、中心視タスクと周辺視タスクを同時に行なうように教示した。

中心視タスクとして HMD（Vuxiz Smart Glass M100）あるいはスマートフォン（iPhone5s）の画面上で、ランダムに並んだ数字列から特定の数字の個数を数え、スマートフォンの外側に装着した２つのボタンのいずれかを押して奇数個か偶数個かで回答させた（図 1)。

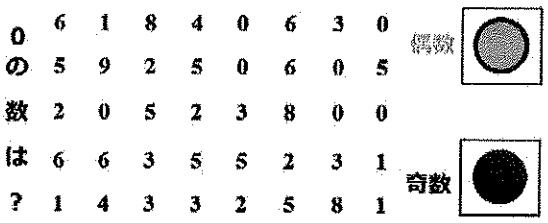


図 1　中心視タスクの例（低難度）

周辺視タスクとして、被験者の周囲に設置された LED の点灯に反応してボタンを押すように教示した。LED は、被験者の目の位置を球心にした半径 1.5m の仮想球面上に、上下 30°、左右 30°と 60°の位置に計 15 個設置し、ランダムな順に点灯した。点灯間隔は、5～13 秒の範囲でランダムであった(図 2)。

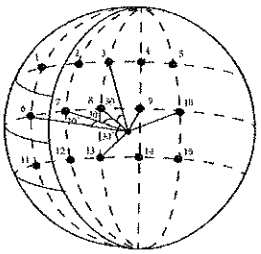


図 2　周辺視タスクでの LED 設置位置

2.2.実験条件及び被験者

実験は中心視タスク難度 3 条件（低、中、高）× 機器 2 条件（スマートフォン、HMD)、および周辺視タスクのみの合計 7 条件であった。難度は数字列のサイズ（行×列）で定義され、低難度は 5×8、中難度は 6×9、高難度は 7×10 であった。中心視タスク 1 試行に対して、10 秒間の回答時間があり、その間の修正は許された。回答しなかった場合も、10 秒経過後に次の問題が呈示された。各条件 50 試行ずつ、実験時間は 500 秒であった。各条件中、LED 点灯が計 45 回、各位置の LED が平均 3 回点灯した。

被験者は大学生 10 名、平均年齢 26(±4.2)歳だった。全員が正常な視力あるいは矯正後正常な視力であった。実験する前に、利き目を確定するテストを行い、HMD 条件では全員利き目を用いた。非利き目で眼球電図が記録された。

2.3.記録項目

中心視タスクのタスクパフォーマンスとして、正答率、誤答率、未答率を測定した。周辺視タスクのタスクパフォーマンスとして、反応時間と反応率を測定した。HMD とスマートフォンとの比較には対応のある t 検定を用いた。生理学的・行動学的指標として、非利き目の左右と上下 2 軸の眼球電図、及び頭部の左右と上下の加速度を測定した。

3．結果

3.1.中心視タスクパフォーマンスにおける比較

中心視タスクパフォーマンスの正答率は、全ての難度で、HMD 条件で有意に低かった（$p<0.05$）。未回答率は、全ての難度で、HMD 条件で有意に高かった（図 3）。誤答率は低難度で、スマートフォン条件で有意に低かった。

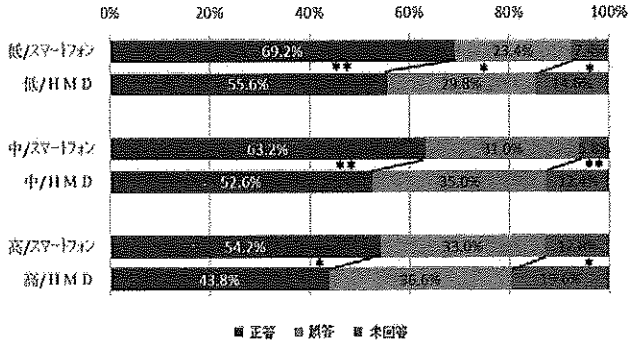


図 3　難度別正答・誤答・未回答率

周辺視タスクパフォーマンスの反応率は、全難度の平均値で、スマートフォン条件より HMD 条件で有意に高く、作業なし条件より HMD とスマートフォン条件で有意に低かった。難度別でも、この傾向は一貫していた。反応時間は、難度の平均値、難度別ともに、HMD 条件でスマートフォン条件より短かったが、その差は、統計的に有意ではなかった（図 4）。

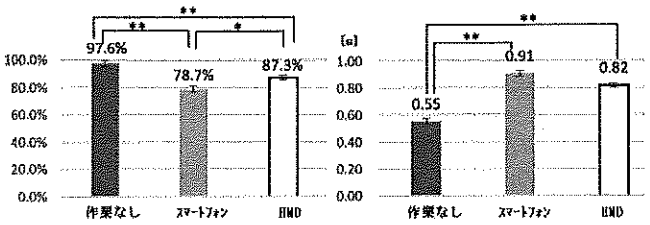


図 4　全難度の反応率（左）と反応時間（右）

LED の位置別の反応率は、スマートフォンでは、上部方向で低く、HMD では、上部両端および中央左端で低かった（図 5）。

作業なし	左60°	左30°	中央	右30°	右60°
上30°	88.5%	100.0%	100.0%	100.0%	80.0%
中央	95.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
下30°	100.0%	100.0%	100.0%	97.6%	100.0%

スマートフォン	左60°	左30°	中央	右30°	右60°
上30°	75.7%	65.0%	50.9%	57.6%	40.0%
中央	92.4%	98.0%	97.0%	97.8%	93.6%
下30°	99.2%	93.9%	73.0%	98.4%	96.7%

HMD	左60°	左30°	中央	右30°	右60°
上30°	75.4%	97.0%	94.1%	90.2%	57.5%
中央	50.0%	87.3%	100.0%	92.2%	91.0%
下30°	91.3%	95.5%	97.1%	97.6%	91.1%

図 5　LED の位置別の反応率

3.2.生理指標における比較

眼球運動と頭部の動きは、全難度で有意差が見られなかった（図 6）。

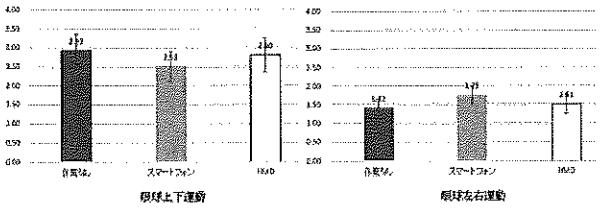


図 6　全平均眼球運動

3.3.結果に関する検討

中心視タスクパフォーマンスは、HMD よりスマートフォンで高かった。周辺視タスクでは HMD で反応率が高かった。これは、検索作業はスマートフォンがしやすく、周辺の知覚は HMD がしやすいことを示唆している。ただし、HMD は周囲が目に入りやすいために作業に集中しにくい、ということも考えられる。一方、周辺視タスクの反応時間に機器間で有意差がないことは、視覚刺激の検出後のプロセスには差がないことを示している。

LED 位置別の反応率の違いは、デバイスの視野内の位置に影響されていると考えられる。

また眼球運動や頭部運動に機器間の差が見られなかったことは、周辺視覚刺激に対する反応が注意配分によって影響を受けたことを示唆する。

4．まとめ

本研究では、「歩きスマホ」という社会現象に対して、中心視と周辺視の二重課題法を用いて、HMD とスマートフォンを比較した。その結果、HMD は、作業には集中しにくいが、周囲の視覚刺激に気づきやすくなる可能性が示唆された。

5．文献

1) S. Martinez-Conde, S. Macknik :*The Role of Fixational Eye Movements in Visual Perception,* Nature Reviews, 5, p229-240, 2004

2) S. Plainis, K. Chuahan :*Raised visual detection threshold depend on the level of complexity of cognitive foveal loading,* Perception, 30, p1203-1212, 2001

[連絡先]
戴　可嘉
Email:daikejiajp@yahoo.co.jp

1C4-3

車載用３Ｄヘッドアップディスプレイの視認性評価

○城戸 恵美子*，香林 さやか*，佐藤 理朗*，太田 脩平*，結城 昭正*
*三菱電機株式会社

Visibility of Automotive 3D Head-Up Display

Emiko KIDO*, Sayaka KOBAYASHI*, Yoshio SATO*, Shuhei OTA*, Akimasa YUUKI*
*Mitsubishi Electric Corporation

1. はじめに

車載用ヘッドアップディスプレイ（以下，HUD）は，ダッシュボード上に表示できるため，運転中のドライバが前方視界から大きく視線を動かさずに情報を視認できる表示装置である．たとえば，自車前方への危険因子発生（子どもの飛び出しやバイクの車線変更など）を知らせる警告を HUD に表示することで，インパネに表示した場合よりも察知しやすく，ドライバは回避行動を早く開始することができる [1]．ただし，より遠くに表示するには光学設計上，装置サイズが大きくなってしまう．車は設置スペースに制限があるため，HUD の表示距離が 3m 程度以下に抑えられており，危険因子発生位置と距離の差は大きい．

著者らは，両眼視差による 3D 映像（以下，3D）は，2D 映像（以下，2D）よりも遠くに知覚させることが可能なため，自車前方での危険因子発生を知らせる HUD の警告表示に 3D を用いると，2D 視認時よりも警告表示と危険因子の知覚位置が近づき，視線移動がしやすくなると考えた．両眼視差による立体視においては，輻輳と調節の矛盾があると言われているが [2]，ヒトは被写界深度の範囲内で輻輳と調節を一致させようとするため [3]，被写界深度が深くなる遠距離視においては，輻輳と調節の矛盾の影響は少なくなると期待できる．

そこで，本研究では，HUD の警告表示は 2D よりも 3D にした方が，運転席から離れた位置に発生した危険因子を発見しやすいとの仮説を立て，実験により検証した．

2. 実験

2.1 被験者

20 代～50 代男女 10 名とした．視力は 0.7 以上（矯正を含む），運転免許の有無は問わなかった．なお，実験は内容の事前説明とインフォームドコンセントを行った上で実施した．

2.2 実験条件と手続き

（1）想定シーン：自動車のダッシュボード上に位置する HUD の警告表示から，自車前方に発生した危険因子に視線移動する．

（2）タスク：被験者が HUD の 2D または 3D 表示を注視している状態で，遠方の液晶モニタに視標を一瞬呈示して切り欠きの方向を回答させ，2D と 3D 間での正答数を比較した．

（3）装置：図 1 に装置の位置関係を示す．HUD の映像は，被験者から 1m 先のコンバイナに投影し，3m 先に表示されるように設置した．2D は 3m 先に，3D は 8m 先に知覚される．3D-HUD は両眼視差タイプを用いた．被験者から 8m 先の地点に，危険因子相当の視標を表示するための液晶モニタを設置した．映像と視標は，2D・3D とも被験者が同時に中心窩で視認できるよう，視角 0.5 度以内に収まる位置関係で，かつ，着座した被験者の目の高さと同じ高さになる位置関係とした．

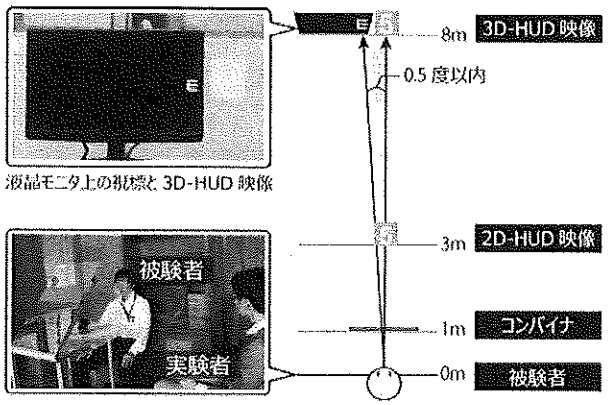


図 1　実験系

（4）実験環境：室内で実施した．実車環境に近づけるため，運転席側（被験者）を暗く（鉛直面 30lx），前方視界側（液晶モニタ付近）を明るくした（同 400lx）．暗順応のため，入室から 10 分間経過してから実験を開始した．

（5）映像：HUD に一桁の数字を常時表示し，被験者に注視させた．焦点を合わせやすくするため，数字を自動的に切り替えた．数字の文字高は，2D・3D で視角が同一になるように表示した．

（6）視標（リアル）：視力検査用画像の E チャートを用いた．切り欠き方向は上・下・左・右の 4 種類である．サイズを被験者毎に最適化するため，タスク開始前に液晶モニタに視標を 200ms 間呈示し，切り欠き方向を 3 回連続して正解したサイズとした．呈示時間は 50ms・100ms・150ms・200ms の 4 パターンとした．2D・3D とも呈示時間毎に 10 回，計 40 回ずつ呈示し，切り欠き方向を口頭にて回答させ記録した．なお，視標の呈示順序はランダムとした．予備実験において上下方向よりも左右方向の正答率が悪かったため，上下・左右の出現頻度を一定にした．視覚の上下・左右

の分解能の違いが影響していると考えられる．疲労防止のため，10 回呈示する毎に目を休ませた．

3. 結果

3.1 平均正答数

2D，および，3D を起点とした場合の，指標の切り欠き方向の平均正答数を図 2 に示す．両者間の差の有無を調べるために t 検定を行った結果，2D よりも 3D の方が，平均正答数が有意に多かった（$t(9)=4.14$，$p<.01$）．実験後の内省報告では，「2D が手前に，3D が奥に表示されるように感じた」「3D では映像と視標が隣に表示されるように感じるので視標が見やすいが，2D では手前に見える映像に焦点を合わせていると，視標がぼやけて見にくい」といったコメントが得られた．

3.2 実施順による違い

呈示時間毎に 10 回続けて切り欠き方向を回答させた（図 3 参照）．実施順による平均正答数の違いを調べるために，HUD×実施順の 2 要因の分散分析を行った結果，交互作用が認められた（$F=(1, 9)=2.42$，$p<.05$）．シェッフェの多重比較を行ったところ，7 回目・8 回目・10 回目で 2D よりも 3D の方が，平均正答数が多かった．

4.考察

輻輳と調節に注目して，タスク中の視対象への視認特性を図 4 に整理した．3m 先に知覚される 2D から 8m 先の視標へ視線移動した場合は（図 4 の①），輻輳運動および焦点調節の両方を行う必要がある．一方，8m 先に知覚される 3D から 8m

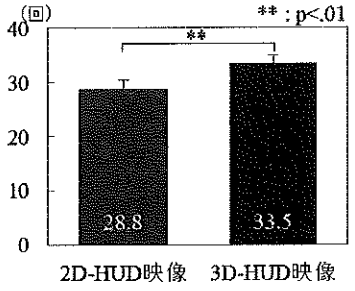


図 2　切り欠き方向の平均正答数

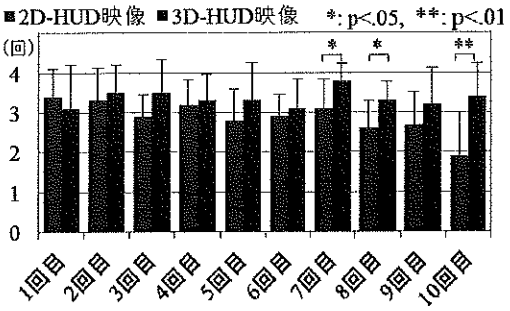


図 3　実施順別の平均正答数

視対象	輻輳距離	焦点距離
視標（リアル）	8m 先	8m 先
3D-HUD 映像	8m 先	3m 先
2D-HUD 映像	3m 先	3m 先

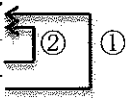


図 4　視対象の輻輳および焦点距離

先の視標へ視線移動した場合は（同②），焦点調節のみを行えばよい．そのため，3D から視標（リアル）に視線移動したときの方が，2D よりも視認負担が軽くなり，2D より 3D の方が，平均正答数が多くなったと考えられる．よって，HUD に警告表示を投影した場合，2D よりも 3D の方が映像から遠方のリアルへ視線移動がしやすく，運転席から離れた位置に発生した危険因子が発見しやすいと言えよう．

また，実施回数を重ねると 2D の正答数が減少し，特に 10 回目で 3D との差が大きかった．これは疲れによる影響ではないか．よって，3D の方が疲労による影響を受けにくいと考えられる．

5. 今後の課題

本実験は実験室内で実施したもので，実車環境では未検証である．前方視界（リアル）から HUD（映像）へ視線移動した場合も同様のことが言えるかどうか，実験による検証が必要である．

謝辞

本研究においては，三菱電機株式会社 平野敬氏，熊谷太郎氏，中村芳知氏にご協力いただきました．ここに感謝の意を表します．

6. 文献

1)SAKATA;MORIMOTO;KIDO;JINGU: Measurement on the feeling of "Bikkuri" at danger warnings, 12th International Symposium on Advanced Vehicle Control, pp.672-677, 2014.

2)3D コンソーシアム安全ガイドライン部会：人に優しい 3D 普及のための 3DC 安全ガイドライン, 2010.

3)HONDA;KOJIMA;SUGIURA;YOSHIKAWA;YAMAKAWA;YOSHIKAWA;MIYAO: Association between the Level of Blurring and Depth of Field in Watching Stereoscopic Images, The Human Factors and Ergonomics Society 58th Annual Meeting, pp.2305-2309, 2014.

4)岡林・古川・畑田：自動車用ヘッドアップディスプレイにおける視覚情報受容の優位性，テレビジョン学会誌, 47(5), pp.714-721, 1993.

[連絡先]
きど　えみこ
e-mail：Kido.Emiko@db.MitsubishiElectric.co.jp

ユーザインタフェース作業における習熟度の定量化に関する研究

○荒井俊貴，西内信之
首都大学東京　システムデザイン学部
A Study on Quantification of Proficiency in User Interface Work
Toshiki ARAI,　Nobuyuki NISHIUCHI
Faculty of System Design,　Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

作業習熟の研究は，工場で行うような製造・組立作業を対象として第二次世界大戦頃から行われてきた．一方で，ユーザインタフェース（以下 UI）を用いた作業についての作業習熟の研究は，これまで多くなされていない．

現在では UI 作業は多くの場所で行われており，UI 作業に関する評価においては，ユーザビリティを考える必要がある．そのときに生じる問題点として，ユーザビリティ評価実験における被験者の UI 作業に対する習熟度が十分検討されていないこと挙げられる．また，一方で熟練者といった表現をよく目にするが，どのような習熟の状態のことを示しているのかは明確でない．つまり習熟度を定量的に示すことができれば，被験者の能力を明確に示すことが可能になり，また，様々な習熟段階の被験者をユーザビリティ評価実験において扱うことができる [1]．しかし，従来研究である工場作業などに用いられる習熟度定量化手法をそのまま利用することは，工場作業と UI を用いた作業で習熟の質が異なるため，新たなアプローチが必要であると考えられる．

本研究では，評価対象となる UI の作業について，作業者の習熟度を示すことのできる指標を検討し，定量的に表現する方法を提案することを目的とする．実験では，実際に UI を用いた作業をタスクとして設定して，その習熟段階を分析した．

2. 習熟について

2.1　習熟の定義

本研究では，一つの作業を繰り返し行い，その作業の作業時間や効率などの要因において一定期間変化が無いときに習熟が完了した，と定義する．

2.2　製造・組み立て作業の習熟 [2]

これらの作業の習熟には二つの種類が存在する．一つ目は，ねじ回しや旋盤などといった道具を扱う技術の習熟である．この習熟は長期間かかると考えられる．もう一つは，作業の手順を記憶する習熟である．この習熟は，短期間で完了すると推測できる．これら二つの習熟が同時に行われているのが製造・組み立て作業の習熟特徴である．

2.3　UI 作業の習熟

一方，ＵＩ作業では，技術習熟が容易であり作業手順の習熟が主であると考えられる．

2.4　習熟曲線 [3]

組み立て作業などで作業が定型的なものを対象として，その毎回の作業の作業時間を計測し，その時点での累計平均をグラフにしたものである．このグラフが飽和したとき，習熟が完了したとしている．またこの手法は，作業者の動作レベルまで細かく捉えておらず，どの動作が習熟を引き起こすかなど，作業習熟の構造を明らかにしていない [2]．今回の実験では，この習熟曲線が UI 作業においても利用可能かどうかを検証することも目的としている．

3. 実験内容

実験では，3 つの UI 作業のタスクを設定し，被験者にはそれらのタスクを 1 日で行ってもらった．これを 1 セットとしたとき 5 日のうち 4 日間（被験者により異なる），4 セット行ってもらった．このときの作業時間とクリック数を計測し，分析を行った．

3.1　被験者

実験での被験者は 5 名（健常な大学生）で，全ての被験者はマウスやキーボードの操作経験は十分にあり，今回の実験タスクについては未経験であった．

3.2　UI 作業のタスク

実験では，クリック数・操作種類の違いの観点から，3 つの難易度のタスクを設定した(図 1)．

タスク１：Google Chrome のテーマ変更
タスク２：画像編集ソフトでの画像編集
タスク３：Libre Office の表計算を用いた表の作成

3.3　実験方法

被験者には，各タスクを 10 回ずつランダムで行ってもらった．1 日の実験終了時に，各タスクの習熟段階を 5 段階で評価してもらった．また，習熟が完了したかどうかを Yes または No で判断してもらった．実験時は，各タスクの作業手順書を手元に置きながら実験を行った．手順書には細かい操作手順は記載されておらず，大まかな作業の流れだけが記載されている．

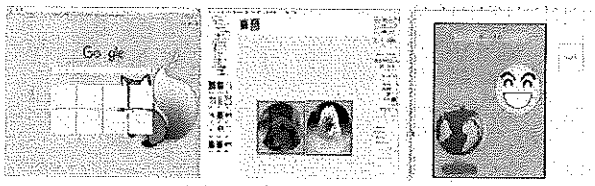


図 1　各タスクの UI

4. 実験結果および考察

実験結果から，タスク 1 は手順を覚えるのが比較的容易であったため，各被験者 1 日目の中盤には，クリック数・作業時間ともに変化がみられなくなった．

タスク 2 は作業手順が多くクリック数・作業時間が 1，2 日目まで変化が見られたが 3 日目以降一定になり始めた．

図 2，3 はある 1 人の被験者のタスク 3 のデータから作成した習熟曲線とクリック数の推移である．

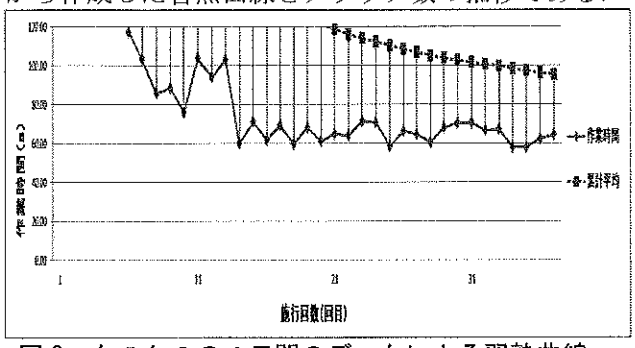


図 2　タスク 3 の 4 日間のデータによる習熟曲線

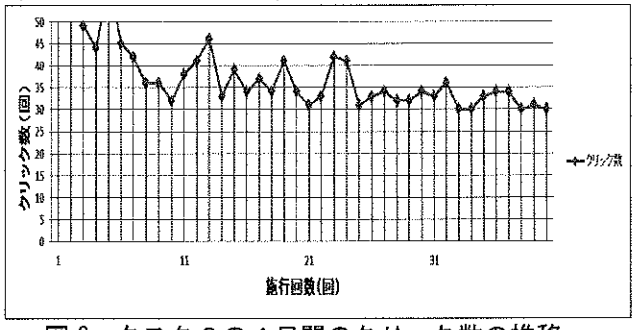


図 3　タスク 3 の 4 日間のクリック数の推移

タスク 3 は，作業手順がタスク 2 より被験者により差があるが，3，4 日目でクリック数・作業時間に変化が見られなくなる傾向が見られた．

また，施行回数 1 0 回目付近の作業のクリック数が 4 日目のクリック数に近い値をとるという結果が図 3 から確認できる．しかし，同じクリック数であっても図 2 のように，作業時間が 10 回目付近の方では長く，4 日目付近の方で短いという結果が各被験者，各タスクで多く見られた．

以上の結果から，習熟の段階としてまず，作業手順を覚える段階があり，それを終了すると次に作業効率を向上させる段階があると考察できる．

続いて，この段階を定量的に示す方法を検討した．まず，作業手順の習熟であるが，これはクリック数が指標になると考えた．図 3 からも見られるように，クリック数が徐々に一定になっていく傾向が，ほとんどの被験者の各タスクで見られた．そこで，クリック数の標準偏差がある閾値以下になったとき，作業手順の習熟が完了したとする．ここでの標準偏差は，データ数を 10 個に固定し，利用するデータを図 3 の横軸方向に移動させて用いることで，今回，40 個の標準偏差の値を計算できる．その結果を図 4 に示す．

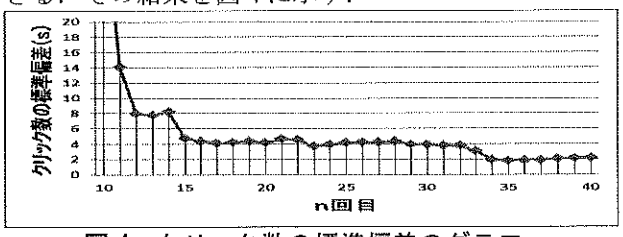


図 4　クリック数の標準偏差のグラフ

次に，作業手順の習熟が完了した時点（25 日目以降）から，作業時間を指標とした従来の習熟曲線を用いる．図 2 では，習熟曲線は習熟を捉えられていなかったが，手順の習熟が完了したと思われる 4 日目のみの習熟曲線は，図 5 のように習熟を示せている（ほぼ一定の値）ため，手順の習熟が完了すると習熟曲線が利用可能であると推察できる．

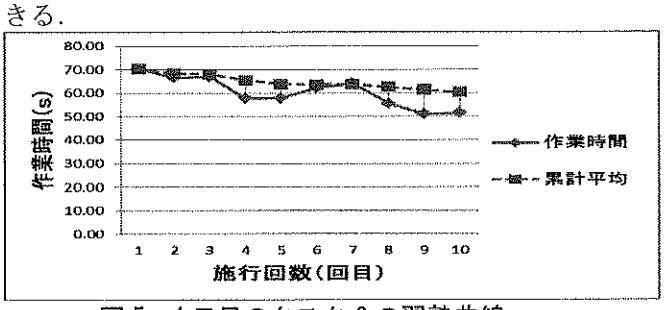


図 5　4 日目のタスク 2 の習熟曲線

5. まとめ

本研究は，UI 作業の習熟度を定量的に示す手法を検証することを目的として，UI 作業の習熟段階を分析するため実験を行った．

実験結果として，クリック数に変化が見られなくなってからも作業時間が減少するという結果が得られた．よって，UI 作業の習熟は，まず手順を覚える段階があり，続いて作業効率の習熟があると考察した．手順習熟は，クリック数の標準偏差を用いて習熟の判定とし，作業効率は作業時間を指標に習熟曲線を用いて判定することができることが示唆された．今後は，クリック数の閾値の決定などを課題として検証を続けていく．

参考文献

1) 鴨志田大地，西内信之：使い慣れた UI がバージョンアップされたときのユーザ行動に関する研究，首都大学東京大学院修士論文，2014.

2) Pongthorn JITTACHALOTHORN，松本俊之，金沢孝：作業手順習得過程の記憶度合とその評価法に関する実験的検討，人間工学，Vol.32，No.2，pp.63-70，1996.

3) 師岡孝次:習熟性工学，日本機械学会誌，Vol.71，No.596，pp.83-88，1968.

[連絡先]
荒井　俊貴
e-mail：arai-toshiki@ed.tmu.ac.jp

1D4-1

商品理解度・嗜好傾向と商品への反応に関するERPを用いた研究

○伊佐山晟矢*，舩田眞里子*
*白鴎大学　経営学部

A Study Using ERPs on the Relationship between Consumers' Preference for Merchandise and Their Reactions

Seiya ISAYAMA*, Mariko FUNADA*
*Business Administration, Hakuoh University

1. 始めに

広告の目標設定・効果測定の管理方法の一つとして，ラッセル・H・コーリーが提言したDAGMAR（Defining Advertising Goals for Measured Advertising Results）モデル[3]がある．このモデルは，広告のコミュニケーション効果をコミュニケーション・スペクトラムと呼ぶ「未知(unawareness)」，「認知(awareness)」，「理解(comprehension)」，「確信(conviction)」，「行動(action)」の5段階で把握している．

本研究では，「商品視認時に出現する事象関連電位（Event-Related Potential[1,2]，以下 ERP と略称）を用いて，DAGMARモデルにおける各段階の広告効果を定量的に把握できる」という仮説を立て，アンケートと ERP を利用した実験によって仮説の検証のための基礎研究を行った．

2. 実験方法

2.1 DAGMARモデル

DAGMARモデルにおける各段階は，「商品を知らない状態」を「未知」，「商品を知っている状態」を「認知」，「商品の特徴など内容にも理解が進んだ状態」を「理解」，「商品に対して購買意欲がわいている状態」を「確信」，「商品を実際に購入する段階」を「行動」とする5段階である．

DAGMARモデルは商品に対する理論であるが，本実験では，その基礎研究として ERP 測定用の刺激として漢字（表意文字のみ）を利用した．

「商品名」と「漢字の読み」を対応させ，「商品の内容」と「漢字の意味」を対応させることにより，漢字を商品とみなした．

2.2 被験者

被験者は 21～22 歳の男女 5 名（*a*~*e*）を対象に行った．解析結果は被験者 *a* を中心に記述する．

2.3 刺激の種類

(1)「未知」の段階の刺激

被験者が読みも意味も知らない一般的でない漢字 36 種（図 1）を用意し，1 画像に 6 文字を表示する刺激（6 個の画像）を作成した．各画像をランダムに 10 回ずつ計 60 回表示した．この実験を 1 回の実験で 5 回反復した．

(2)「認知」の段階の刺激

(1)の各画像から 1 文字をランダムに選択し，その音読みを被験者に伝達した．その後，36 文字を

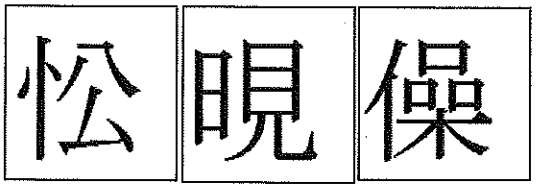


図 1　一般的でない漢字の刺激例

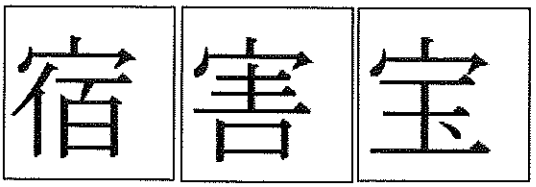


図 2　一般的な漢字の刺激例

1 文字ずつ表示した 36 個の画像を作成し，各画像を 2 回ずつランダムに計 72 回表示した．この実験を 1 回の実験で 5 回反復した．

(3)「理解」の段階の刺激

(2)で未使用の 6 種の漢字をランダムに選択し，それらの訓読みと意味と成り立ちを被験者に伝達し，漢字の理解の状況を作成した．(2)と同画像で同様な実験を行った．

(4)「確信」の段階の刺激

被験者が読み・意味ともに十分理解していると思われる一般的な漢字 12 種（図 2）を選択し，1 文字ずつ表示した 12 個の画像を作成した．1 回の実験で各画像を 7 回ずつランダムに計 84 回表示した．この実験を 1 回の実験で 3 回反復した．

2.4 タスク

被験者には，画像表示後の 1 秒間が対象データとなることを伝え，その間注視するよう求めた．

2.5 アンケート

(4)の「確信」の段階の実験後に実験に利用した 12 種類の漢字を見せ，好きな漢字 3 種と，嫌いな漢字 3 種を回答するアンケートを実施した．

2.6 脳波

脳波は国際 10-20 法で測定した．測定部位は Cz, Pz, C3, C4 で A1, A2 を基準電極とする単極導出（サンプリング周波数 1kHz）で，リアルタイムで測定した．Cz を中心に記述する．実験は各刺激とも 1 日ずつ 1 週間以上空けて実施した．

2.7 解析方法

測定脳波は，適応型フィルターで雑音低減処理後，標準化処理し，刺激に対応する DAGMAR モデルの段階ごとに加算平均して ERP を求めた．

3. 結果と考察

3.1 刺激(2)に関する ERP

図 3 は，「未知」と「認知」を区別する刺激(2)のそれぞれの刺激に対する ERP の例である．横軸が刺激表示後の時間，縦軸が加算平均後の振幅である．正・負の頂点電位を潜時が短い方から順に P1，N1，…，P3 とする．P1，P2，N2 などの電位が「認知」の場合に高電位となっている．他の被験者においても同様な傾向が認められた．ここで，各測定部位における ERP の頂点電位の振幅・潜時をそれぞれ変数として，「未知」と「認知」を区別する判別分析を行った．ステップワイズ法で，全測定部位に関して N1，P2 の振幅，N1 の潜時等が抽出され，判別率 100%を得た．

3.2 刺激(3)に関する ERP

図 4 は刺激(3)を用いた「未知」，「認知」，「理解」の各段階に対する ERP の例である．測定部位 Pz の N2 の潜時，C3 の P3 の振幅，P2，N2，P3 の潜時等を用いて判別分析を行うと判別率 100%を得た．

3.3 刺激(3)，(4)に関する ERP

図 5 は，アンケートの結果，被験者が「好き」と回答した刺激に対する ERP と刺激(3)に対する ERP の比較である．刺激(4)では P1 が低振幅となり，P3 が高振幅になるなど，刺激(3)に対する ERP とは異なる頂点電位が得られた．DAGMAR モデルの「行動」を除く 4 段階を外的基準として判別分析し，判別率の高い（100%）変数の組み合わせを抽出すると，表 1 を得た．測定部位 C3，Pz の頂点電位の変数が多い．それぞれ言語野，視覚野の電位であり，漢字を用いた視覚刺激実験の結果として一定の合理性を持つものと考えられる．

4. まとめ

本実験では，漢字に関する知識や理解を DAGMAR モデルの最初の 4 段階に対応させて ERP を測定し，各段階の ERP の特徴値で判別分析を行った．その結果，ERP の頂点電位の潜時と振幅を用いて 4 段階を 100%判別可能な被験者の存在が認められた．被験者を増やし，商品刺激を使用し，再現性を検討する事等が今後の課題である．

参考文献

1) 入戸野 宏・堀 忠雄，心理学研究における事象関連電位(ERP)の利用 広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編，26，15-32，2000.

2) Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R., Jr., Miller, G. A., Ritter, W., Ruchikin, D. S., Rugg, M. D., & Taylor, M. J., Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. Psychphysilogy, 37, 127-152, 2000.

3) R.H.Colley, Defining Advertising Goals for Mea-sured Advertising Results, NewYork: Association of National Advertisers, 1961.

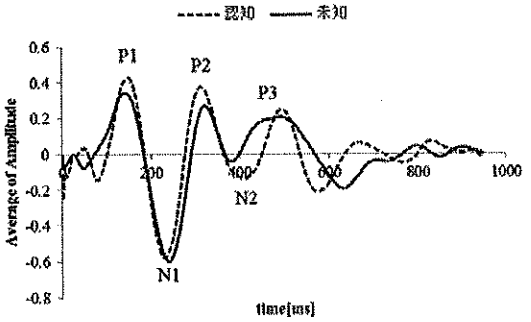


図 3　刺激(2)（「未知」，「認知」）に対する ERP の例（測定部位 Cz，被験者 *a*）

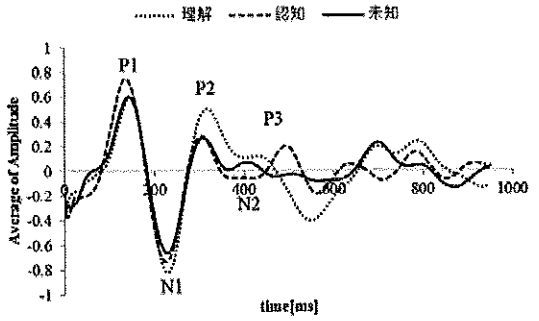


図 4　刺激(3)（「未知」，「認知」，「理解」）に対する ERP の例（測定部位 Cz，被験者 *a*）

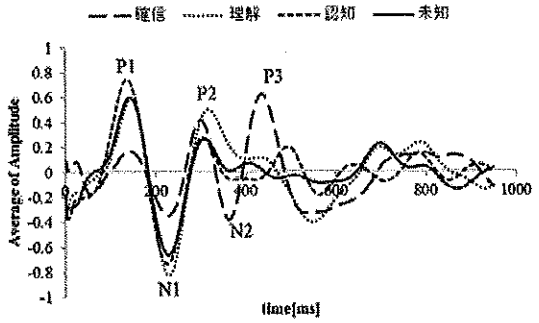


図 5　刺激(3), (4)（「未知」，「認知」，「理解」，「確信」）に対する ERP の例（Cz，被験者 *a*）

表 1　判別率 100%の変数の組み合わせ

変数	case1	case2	case3
CzAP2	○		
CzP1	○		
CzP2	○		
PzAP1	○		
PzAN1	○		
PzP1	○		
PzN1	○	○	
PzP2		○	
C3AN1		○	
C3AP2		○	○
C3P1		○	○
C3N1		○	
C3P2		○	○
C4AP1			○
C4AN1			○
C4P1			○
C4N1			○

[連絡先]　伊佐山晟矢 e-mail：15120205@sd.hakuoh.ac

各種筆記具の特性からみた書き心地の評価方法に関する研究

―筆記具の書き心地を左右する普遍的な要素についての提案

○和田真*，須藤あり紗**、上野義雪***、中井信彦*、吉川将史*
*コクヨ株式会社，**株式会社古川製作所、***千葉工業大学

Evaluation method of writing comfort as viewed from writing characteristics of writing instruments

Makoto WADA*, Arisa SUDO**, Yoshiyuki UENO***, Nobuhiko NAKAI*, Masafumi YOSHIKAWA*
*KOKUYO Co., Ltd., **FURUKAWA MFG. Co., Ltd.
*** Chiba Institute of Technology

1. 背景・目的

筆記具の書き心地については筆記具と筆記面の組合せ、筆記具の機構が多様なこと、好みや感じ方の違いで評価の基準が一定しないことから、良い書き心地についての科学的な議論が少なかった。その中で、一般に万年筆は書き心地が良いと言われる傾向があることから、筆記具の書き心地を決定づける特性の中から普遍的要素の抽出を試み、提案することとした。

2. 研究方法

2.1 主観評価と物理特性指標の抽出

市販されている、評価が良好と考えられる筆記具２２種を選定し、６名による主観評価から書き心地の評価要素を抽出した（表１）。このうち共通性の高い「(A)書きやすさ」に普遍的要素が含まれると仮定し、これを定量化する物理特性指標にまとめた。一方、人により評価が正反対になるなど、分散した要素は「(B)書き味」として整理し、ここでは対象から外した。

2.2 物理特性と主観評価の関係付け

物理測定の結果を主観評価と照らし合わせ、各要素と物理特性の関係の仮説を立てた

2.3 人間工学的評価（動的筆記特性）との照合

物理特性（静的）による評価と「万年筆の筆記特性から見た書き心地の評価方法に関する研究 [1]」に述べられた人間工学的評価（動的）を照らしあわせ、主観と静的な物理特性、動的な筆記特性を関連付けるよう試みた。

3. 結果

主観評価により抽出された「書きやすさ」の要素と関連付けた物理特性指標を表２に述べる。

さらに、測定された物理特性と主観評価に関連性が認められ、かつ須藤らが抽出した人間工学的評価による評価方法と筆記特性の関係性が大きいものを照合すると、共通性を持つ要素は

1　筆記時の安定性（重心位置）　表４、図１
2　筆圧（有効筆圧）　図２、３
3　滑りやすさ（適度な摩擦力）　図４、５

となった。

表１　抽出された書き心地の評価要素

(A)書きやすさ
①筆圧が低くてもしっかりインクが出る
②適度な滑りと引っかかりがある(止めハネがしっかりできる)
③ペン先がしっかり紙に定着している感じがある(ニジミ・カスレがない)
④ペン先の当たりが柔らかい(ペン先がしなる感じ)
⑤ペンの立て方・持ち方に依存しない ⇒ ペン軸の傾き依存がない
⑥ペン先が動かしたい方向にストレスなく動く

(B)書き味
⑦ボディが細く軽い方が良い／太く重厚感のある方が良い(意見が分離)
⑧書いたときの音がよい(心地よい音/振動)
⑨紙の肌触り感がよい(手と紙が接触する部分の感覚)
⑩書かれてる線がよい(細さ、密度、万年筆のグラデーションなど)

表２　書き心地の評価要素と物理特性の指標

物理指標	該当する主観評価の評価要素
A 筆圧一線幅特性	①筆圧が低くてもしっかりインクが出る ③ペン先がしっかり紙に定着している感じ
B 摩擦力	②適度な滑りと引っかかりがある(止めハネがしっかりできる)
C ペン重心特性	⑥ペン先が動かしたい方向にストレスなく動く
D ストローク特性	④ペン先の当たりが柔らかい
(検討対象外)	⑤ペンの立て方・持ち方に依存しない ⇒ ペン軸の傾き依存が少ない →ボールペン・万年筆特有のもので、 90°（鉛直）～45°確保で充分条件である事を確認できたため

表３　書き心地の評価方法一覧 [1]

	←大	筆記特性の関係		小→
筆記時の安定性	重心位置と握り位置の関係	ペン先の位置と軸の関係	グリップの素材	持ち方
最低筆圧	筆圧の測定	ペン先の形状	インキと用紙関係	板面の状態
筆記時の負担	筋活動の評価	使用時間	ペン先の形状	使用者との相性
線描の味(にじみ等)	インキと用紙の関係	ペン先の形状	筆記速度	筆記角度
強弱のつけやすさ	ペン先のしなり	ペン先の形状	インキと用紙の関係	ペン先の素材
ペン先の接地の大きさ	接地面積の測定	示されているペン先の太さ	―	―
線描の太さ	筆跡の太さの測定	インキの種類	ペン先の形状	筆圧
滑りやすさ	ペン先の摩擦	インキと用紙の関係	ペン先の形状	筆記速度

表４：重心位置による主観評価

重心位置mm（安達より）	53	61	72	82	90
%	37%	43%	50%	64%	49%
5段階	4	4	3	2	
コメント	最も疲れない	ちょうど良い重さ、好みだが、やや疲れない	重い	重く、ややつかれる	製品(加工前)

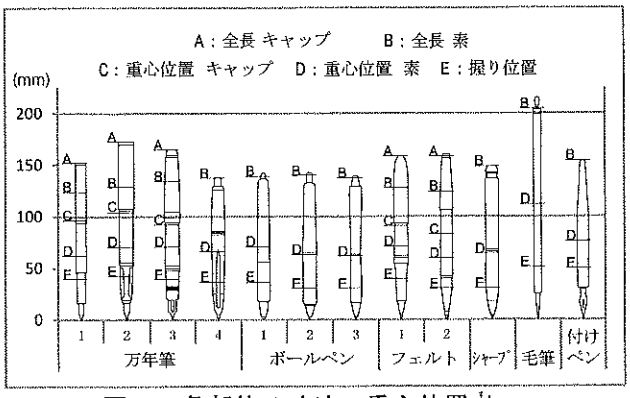


図１　各部位の寸法・重心位置 [1]

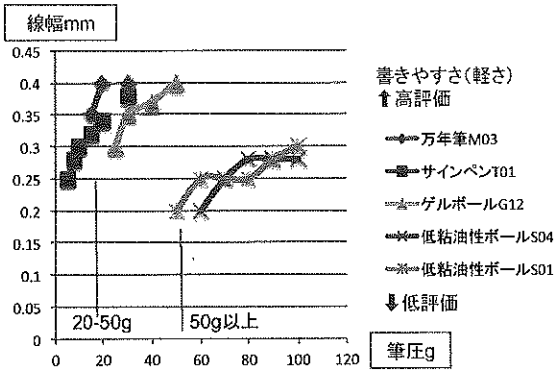


図２　筆圧・線幅特性

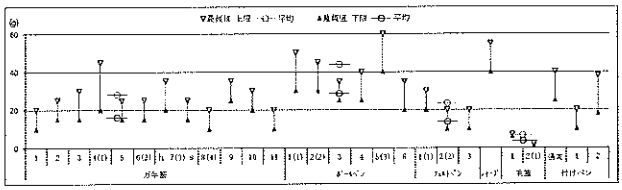


図３　筆圧 [1]

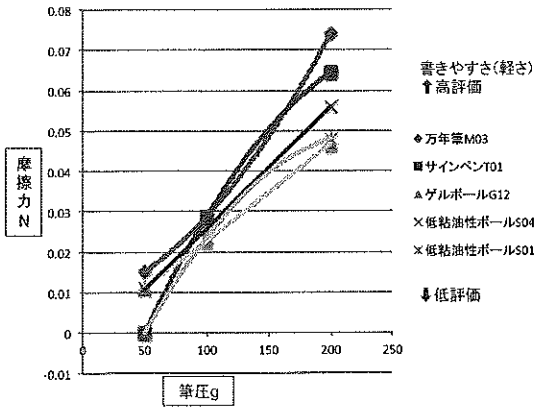


図４　筆圧・摩擦力特性

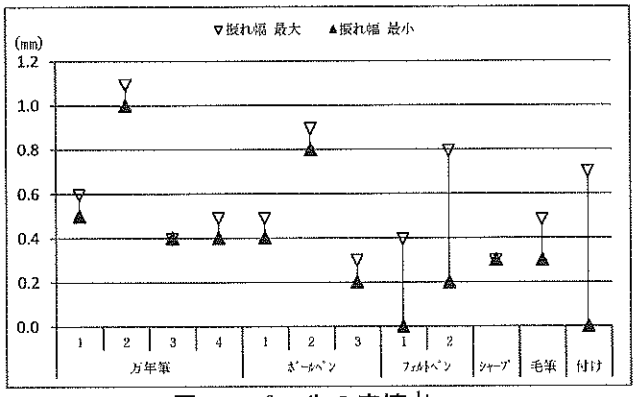


図５　ペン先の摩擦 [1]

7. まとめ・考察

照合結果から、主観と物理特性、人間工学的評価による筆記特性の間で、結果に述べたような共通する評価要素があることがわかった。

このうち「滑りやすさ（適度な摩擦力）」に関して、書き心地の重要な要素として「疲労が少ないこと」があるとすると [2]、摩擦力が相対的に高めの万年筆の主観評価が高いことや、須藤らの「ペン先の摩擦」の感覚評価結果が高めであること、さらに筋活動の評価 [1] では、万年筆の筋活動（振動数）が少ない結果と矛盾しているように見える。これは万年筆の有効筆圧が低いことが影響していると考えられる。相対的に摩擦力が少ない低粘度油性ボールペンと万年筆の摩擦力の差がせいぜい数十パーセント（図４）であるのに対し、最低筆圧は 300％前後の差がある（図３）これは送筆に必要な力が筆圧（筆記面に鉛直）と摩擦力の反力（送筆方向）の合力であることを考慮すると、摩擦力（摩擦率）よりも筆圧の影響が支配的であることと一致している。

一方、今回は詳細な実験は行っていないが、文字筆記の際の運筆に要するエネルギーは、送筆、ペン先を意図した方向に動かす制御、留め、はねに伴う停止に使われるエネルギーを総合したものと考えると、結果に述べた重心位置や適度な摩擦も書きやすさの向上と関係づけてゆくことができると考えている。

8. 参考文献

1)須藤あり紗・上野義雪：『万年筆の筆記特性からみた書き心地の評価方法に関する研究』，千葉工業大学学士論文, 2015.

2)押本秀樹：『書字における書きやすさの重要性と書字動作に関する基礎的研究』，上越教育大学, 2007

須藤あり紗**（現籍：株式会社古川製作所）は千葉工業大学所属時に本研究を実施

[連絡先]　和田　真　e-mail:dawa@acm.org

昆虫をモチーフにした直観的情報通知の検討

○榊原由貴*，鳥居塚崇**，ディアナ・レフラー***
*日本大学大学院，**日本大学，***ヴュルツブルグ大学

Investigation of Insect Inspired Intuitive Notification

Yuki SAKAKIBARA*, Takashi TORIIZUKA ** Diana LÖFFLER ***
* Graduation School of Nihon University, ** Nihon University, University of Würzburg

1. はじめに

近年 PC やスマートフォンなどのデバイスの機能の増加に伴って，ユーザのメインタスクに干渉する情報通知をどのようにマネジメントするかが重要な課題となっており，センサによってユーザの情報を把握し，適切なタイミングでの通知を行ったり，メインタスクへのユーザの注意のレベルが下がったときにはじめて気づくような通知方法など情報通知に払う注意を最小限にするデザインが検討されている[1]．一方で情報通知の手段として現在はポップアップウィンドウなどが使用されているが，これはユーザに対しウィンドウへの注視を必要とするためユーザのメインタスクを妨害しかねない点が問題とされている．そこで，注視を伴わず直観的にその内容を理解させる手段として，生物に対するイメージを応用することを考えた．

我々人間は日常生活の中でほかの生物とのかかわりを持ち，彼らに対して単純な知識や経験だけでなく，好き嫌いやかわいい，怖いなどの感情的なイメージを持つ．本研究では，システムからの通知に生物の特徴的な要素を取り込むことで，それらの知識や感情を利用してユーザに情報を伝達したり，情報に加えてかわいい・怖いなどの感情的なイメージを加えることができるのではないかと考え，その可能性について検討する．

2. インタビューによるイメージ調査

2.1 インタビュー調査

生物をインタフェースのデザインとして用いるにあたって，人間が生物のどんな要素を特徴としてとらえているかを明らかにしようと考えた．一口に特徴といっても，羽や足などの外見的特徴，飛ぶ・泳ぐなどの動きの特徴，巣を作る・毒を持つなどの生態や能力に関する特徴などその質や内容はさまざまである．そこで今回は内容をはじめから限定せず，インタビュー形式の調査の中で広く“イメージ”に関して尋ね，そこから内容を絞る形の実験を行った．

2.2 実験手順

被験者を健康な男女 20 名（22～24 歳，平均年齢 22.5 歳）とし，同じ条件のもと被験者に対してその虫からイメージできることすべてを自由に口頭で応えさせ，虫の名を聞いてすぐに思い浮かぶイメージや単語を聞き出した．次に外見に限定したイメージ，動きに限定したイメージを聞く．これを以下の 9 種すべての昆虫に対して行った．

［ゴキブリ，ハチ，ハエ，ケムシ，カ，ガ，バッタ，アリ，チョウ］

2.3 データのまとめと実験結果

実験で被験者から得られた発話は書き出して単語ごとに記録し，かわいいや怖いなど，対象に抱く感情，さらに対象を指し示す要素の単語を外見，動き，関連したことがらのいずれかに分類した．また，感情に分類される単語の内容をポジティブなものとネガティブなものに分類し，各昆虫が抱かれるイメージのポジティブさネガティブさを数値化した．

図 1 に，単語の総数とその内訳を示す．上から順にポジティブなイメージからネガティブなイメージに並べている．分類ごとの構成も昆虫によって異なり，各昆虫異なった要素に特徴があることが言える．また各々の分類の内，意味が同じと考えられる単語を統合し，最も多かった要素をまとめ，そこから情報通知として利用できると考えられる応用可能性とともに表 1 にまとめた．

動きや外見などの要素は，どんな応用可能性を考える発想の源となるだけでなく，それを具体的にデザインする際に，生物のどんな特徴を表現するべきかの指針ともなる．

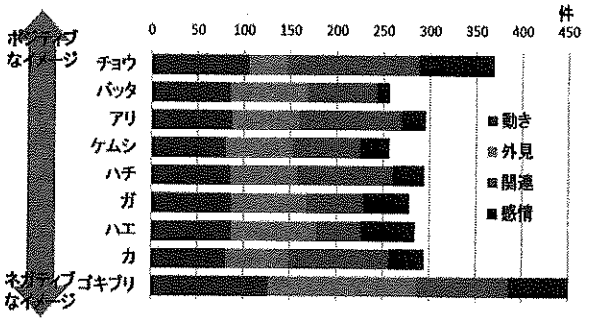


図 1 単語の総数と内訳

3. 昆虫の特徴を取り入れた情報通知

3.1 映像を用いた検証実験

次に，昆虫の特徴を表現した情報通知をデザインし，そこからその虫に関するイメージを想起できるかどうかを検証する実験を行った．PC 画面内で何か作業を行っている際に，新着情報等の通知を周辺視領域に呈示するような場合を想定し，二重課題実験を設定した．映像への反応時間と，その映像から受ける印象が虫そのものへ抱く感情と相関の有無を検証する．

表 1 各分類の上位３つの単語と応用可能性

虫	外見	動き	関連	応用可能性
アリ	黒い、小さい、3つの体	這って歩く、遅い、どんな面でも歩く	協力、力持ち、社会性	"協力""社会性"などから働いている子を示すロード中アイコンとして
ハチ	黒と黄色の縞々、針、大きなおなか	大きなカーブで飛ぶ、音をたてて飛ぶ、花にとまる	危険、はちみつ、社会性	危険を示す警告として
チョウ	大きな羽、鮮やかな色、ストロー状の口	浮いてる、不規則な動き、休む	脆い、花の蜜を吸う、変態する	好感をもたれているため良い内容の情報提供に
ケムシ	柔らかい、前後がわからない形、緑	遅い、這って進む、伸び縮みする	かゆい、変態する、危険	動きが遅く毒々しいイメージがあるため緊急性の低い警告等に
ハエ	大きな二つの目、黒い、小さい	素早い、ターゲットの周りを旋回する、飛ぶ	汚い、しつこい、ハエたたき	憎しみや敵意を誘発させられる可能性があるのでクリックなどの操作を促す
ゴキブリ	黒い、細い、大きい	速い、予測不可能、這うか飛ぶ	生命力がある、汚い、抵抗する	ネガティブなイメージが著しく高いため警告等の中でも緊急度の高いものに
バッタ	緑、大きい、細い	跳ぶ、飛ぶ、速い	草原、力、かっこいい	ポジティブなイメージが比較的高く動きに特徴があるため新着情報などに
カ	小さい、針、黒い	煩わしい音を立てて飛ぶ、人に向かって飛ぶ、速い	血、見えない、病気を媒介する	憎しみや敵意を誘発させられる可能性があるのでクリックなどの操作を促す
ガ	鱗粉、茶色とグレーの模様、三角形	光に向かって飛ぶ、せわしなく動く、羽をパタパタ	夜、明りのあるところ、一か所にじっとしていない	止まっているイメージと動いているイメージがあるのでシステムの状態監視に

3.2 実験手順

実験概要図を図 2 に示す．被験者は健康な男女 9 名（22～24 歳，平均年齢 22.6 歳）とし，主課題として継続的に被験者の注意を必要とする N バックタスクを使用し図 2 左側の A の PC で行った．B の PC は被験者の周辺視領域内に入るよう設置した．B の PC に用いる通知のデザインとして今回は，昆虫の動きという要素に着目し，黒いドットが昆虫の実際と同様の動きをする映像を作成し使用した（図 2 右側参照）．被験者が A の PC で主課題をこなしている間に，B の PC にランダムなタイミングで黒いドットの映像を流す．被験者は黒いドットが動いていることに気づいた時点で主課題の作業を中断し，一度 B の作業（指定された単語を入力する）を終え次第主課題に戻る．7 種類すべての虫の映像を流し，実験を終えた後，映像の好き嫌いの度合い，どの昆虫をモデルになった動きであったかを質問紙によって調査した．

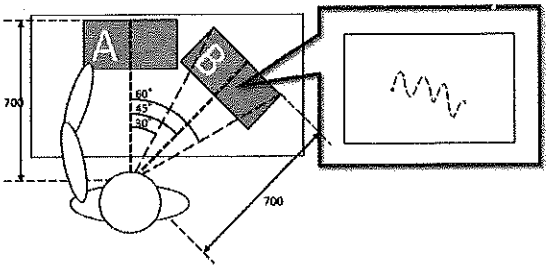


図 2　実験概要図

3.3 実験結果

副次課題（黒いドットの映像）への反応時間，映像の好き嫌いの度合，映像の昆虫のモデルになっている昆虫を選択した被験者の割合を正答率として表 2 に示す．反応時間は昆虫によってばらつきがみられるが，これは黒い点の単純な速度による影響が大きいと考えられる．一方で正答率にもばらつきがみられるが，これは点の動き方からどんな虫を表現しているかわかるものと分からないものが存在し，バッタのようにその動き方に特徴があるものの正答率が高くなっていることが分かる．インタビュー実験の結果として，チョウやバッタなどはポジティブ，ゴキブリやカなどはネガティブととらえられていることを示したが，これらと今回の実験で使用した映像の好き嫌いの度合いもの間には相関が見られた．結論として今回実験に用いた 7 種の中ではバッタやチョウなどの昆虫は動きから昆虫を想像しやすく，昆虫自体もポジティブにとらえられていることが明らかであるためこれらの昆虫を情報通知のデザインのモデルとして利用することで，無機質な伝達でなくチョウやバッタから感じるポジティブな感情を想起させることができると予想される．

表 2　二重課題実験の結果

		アリ	チョウ	ケムシ	ゴキブリ	ハエ	バッタ	ガ
反応時間(秒)	avg	3.5	2.0	3.1	1.9	1.8	1.7	1.7
	sd	*3.0*	*1.0*	*2.8*	*1.0*	*0.6*	*0.7*	*0.4*
映像の好き嫌いの度合い(max=7)	avg	5.9	6.2	3.4	1.3	2.1	6.2	3.1
	sd	*1.9*	*2.2*	*2.1*	*1.0*	*1.3*	*2.0*	*1.8*
正解率		33%	89%	33%	11%	78%	100%	56%

4. より広い視野での応用

今回はユーザの周辺視領域への情報通知を想定し，デザインも動きの特徴のみを取り入れたが，今回用いた映像からでもモデルの生物やその生物の感情的なイメージを想起させられる可能性は十分にあると考えられる結果となったため，生物をインタフェースデザインのモチーフにすることの有用性が示されたといえる．今回は動きの要素のみを抽出した映像を用いたが，今後特定の生物を連想させるためにどんな要素をデザインに活かすべきか等について体系的に明らかにしていくことを検討している．

5. 文献

1) Matthews, Tara, et al, A toolkit for managing user attention in peripheral displays, Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology, ACM, p247-p256,2004

[連絡先]
さかきばら　ゆき
e-mail:sakakbr.yk@gmail.com

2C2-1

座位・立位可変型作業の作業特性と有効性に関する研究(6)
ー長時間作業における座位・立位の作業状況と作業パフォーマンスからみた有効性についてー

○塙 悠希, 河野春奈, 畑山沙菜, 見元梨奈, 阿久津正大(玉川大学工学部)

Study on Work Characteristics and Effects while Working in Adjustable Sit-stand Worktable(6)
— Work Characteristics and Work Performance during Long Hours Work with Sit-stand Worktable—

Yuki HANAWA*, Haruna KAWANO*, Sana HATAYAMA*, Rina MIMOTO*, Masahiro AKUTSU*
(*College of Engineering, Tamagawa University)

1. はじめに

90年代に入り, 持続的な座位姿勢による運動器疾患や有訴軽減に対する予防策として, 座位・立位選択可能な作業方式の研究が行われるようになった. 北欧等では座位・立位可変机がオフィス作業現場で実践導入されている. 一方, 国内では, オフィス作業は椅座位姿勢が一般的である. 座位・立位可変机の認知度は低く, オフィスでの導入例は少ない.

座位・立位可変型作業方式の有効性については徐々に究明されつつある[例えば1]. 座位・立位可変型作業方式で長時間にわたり作業を行った際の有効性についての検討例はほとんどみられない.

本研究では, 被験者に座位・立位可変型作業方式と座位作業方式でVDT作業を1日8時間行わせ, (1)座位・立位可変型作業方式における座位と立位の作業状況の把握, (2)2つの作業方式における作業パフォーマンス, 生体負担を比較することにより, 座位・立位可変型作業方式の有効性を明らかにする. (2)については, 作業パフォーマンスの結果を報告する.

2. 実験

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

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

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

被験者は健康な大学生15名(男子8名, 女子7名, 年齢21.5±1.5歳, 身長1667±118mm, 体重64±21kg, 右利き14名, 左利き1名)であった. 前日の睡眠時間など, 生活面の条件統制を行った. なお平均睡眠時間は6時間16分(SD23分)であった.

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

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

可変姿勢/座位姿勢の2条件, 可変姿勢実験における作業開始姿勢:座位から開始/立位から開始の2条件をカウンターバランスするよう, 15名の被験者を実験1日目, 2日目に割付けた. 全実験数は姿勢2条件×被験者15名の計30実験であった. 実験室内の平均温度は24℃, 湿度は62%であった.

3. 結果と考察

3-1. 座位・立位可変型作業方式における作業状況

(1)座位と立位の時間割合

姿勢変更にともなう座位と立位の時間割合は, 各作業期において立位44.1%〜48.0%(1日平均45.6%), 座位52.0%〜55.5%(1日平均54.8%)で変動した. 各作業期で立位よりも座位の割合が4.0%〜11.4%高かった(図1).

(2)同一姿勢連続作業時間(立位と座位の姿勢変更間

隔)

各作業期における同一姿勢連続作業時間は,立位31.9分～36.1分（平均33.7分）,座位29.9分～38.0分（平均34.0分）であった（図2).同一姿勢連続作業時間は各作業者で変動が大きく,各作業期とも座位と立位間に有意差はみられなかった.PM1では座位時間より立位時間が長かった.眠気を抑える行動と推察される.

(3)姿勢変更の重ねにともなう同一姿勢連続作業時間の推移

同一姿勢連続作業時間は,各作業期とも姿勢変更の重ねにつれて増減をともないながら次第に短くなっていく傾向がみられた.延べ作業時間が長くなるにつれて,心身の耐性が低下することにより,立位と座位の姿勢変更間隔が徐々に短くなることが推察される.

(4)姿勢変更理由の割合

座位から立位への主な姿勢変更理由は,各作業期とも「眠気をとる」35.1%～52.4%,「気分転換」28.5%～42.9%であった.午後の作業期(PM1)で眠気をとるための姿勢変更が顕著に多くなることがわかった.

立位から座位への主な姿勢変更理由は,各作業期とも「足の疲れ緩和」39.4%～43.9%,「足の痛み緩和」9.5%～15.4%,「気分転換」19.5%～34.0%であった.各作業期とも立位による足の負担を軽減するための姿勢変更が多くなることがわかった.

3-2. 作業パフォーマンスの作業方式間比較

(1)正解数

10分当り平均正解数に対する分散分析の結果,作業姿勢($p<0.05$),作業期,被験者($p<0.01$)の要因に有意差が認められた.1日当り平均正解数は可変姿勢が有意($p<0.01$)に多かった.各作業期でも可変姿勢が有意(AM1とAM2;$p<0.1$,PM1とPM2;$p<0.05$)に多かった（図3）.また座位姿勢において平均正解数は作業期の進行につれて有意($p<0.01$)に減少した.

可変姿勢では長時間の作業でも作業パフォーマンスが低下せず,座位姿勢より有効であることがわかった.

(2)不正解率

各作業期の不正解率は可変姿勢で0.59%～0.7%(平均0.64%),座位姿勢で0.45%～0.8%(平均0.62%)といずれも低値であった.不正解率に対する分散分析の結果,作業期,被験者の要因に有意差($p<0.05$)が認められたが,作業姿勢の要因には有意差は認められなかった.不正解率からは可変姿勢の有効性は見られなかった(図4).

座位・立位可変型作業方式では,座位と立位を自由に変えられる効果により,作業に長時間集中でき,高い作業パフォーマンスを継続できるものと推察される.

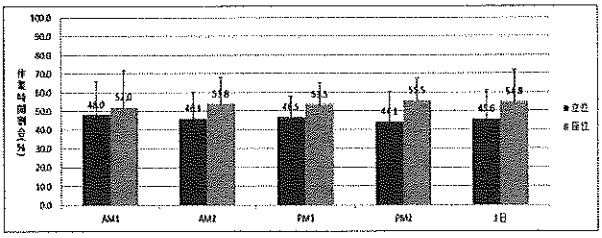


図1 座位・立位可変型作業における各作業期の座位と立位の時間割合

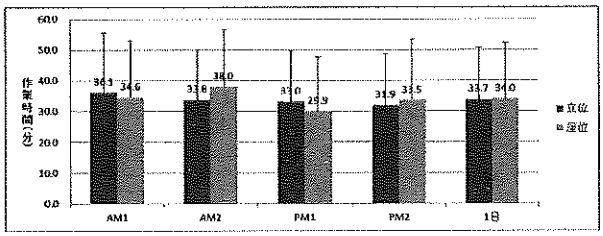


図2 座位・立位可変型作業における各作業期の同一姿勢連続作業時間（立位と座位の姿勢変更間隔）

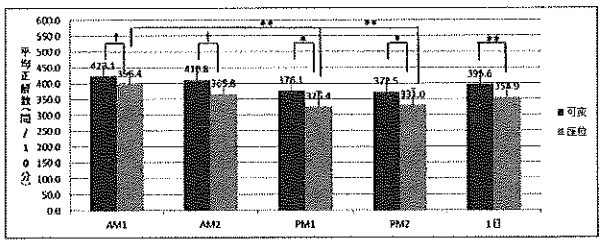


図3 各作業期における10分当り平均正解数

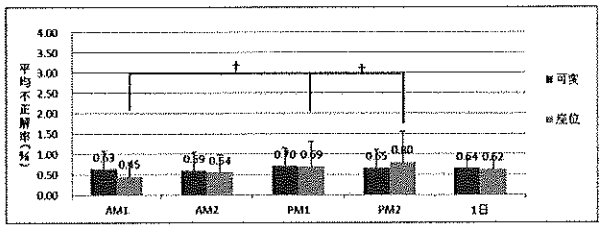


図4 各作業期における平均不正解率

4. まとめ

本研究では,座位・立位可変型作業方式で長時間作業を行った際の作業状況を明らかにした.また,座位・立位可変型作業方式は長時間におよぶ作業でも,高い作業パフォーマンスを継続でき,座位作業方式より有効であることを明らかにした.

参考文献

1) 阿久津正大, 外岡雅人, 浅沼悠未, 榎原毅：座位・立位可変型作業の作業特性と有効性に関する研究(3), 人間工学, Vol.49, 特別号, pp.252-253, 2013

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

人間工学教材の開発(2)

—3D デジタルツールを活用する人間工学実験実習—

○堀江　健*，大橋政哉*，阿久津正大*
(*玉川大学工学部)

Development of Ergonomics Workbook(2) —Practice of Ergonomic Experiment using 3D Digital Tools

Ken HORIE*, Masaya OHASHI*, Masahiro AKUTSU*
(*College of Engineering, Tamagawa University)

1. はじめに

人間工学を活用していく過程を実体験させることは，人間工学を習得するうえで有効な方法である．

阿久津らは学習者自らが人間工学担当者という立場となり，人間工学の原理や知識・技法を活用して製品を開発していく過程を体験できる人間工学教材を開発している [1]．さらに，近年活用が広まりつつある 3D ツール（3D CAD, 3D プリンタ，レーザーカッター等，3D ツールと略）のスキルを習得できるように，その教材における開発品の作図とプロトタイプの製作を 3D ツールで行えるように改訂している [2]．

人間工学要件を見出す主要方法である人間工学実験に 3D ツールを組み込んだ実験教材は見当たらない．

本稿では，3D ツールのスキルと人間工学実験によって人間工学要件を見出す方法を習得できる人間工学実験教材を開発したので報告する．さらに実習教材の実施例を示す．

2. 3D ツールを活用する人間工学実験実習

本教材は，人間工学要件の設定に有効な人間工学実験を計画，準備，実験実施，データ解析および人間工学要件設定を行わせるものである．3D ツールは，実験における独立変数の各水準のプロトタイプ製作で活用する．以下に実習教材の実例を示す．

人間工学要件設定のための人間工学実験実習（概略を記載）

1. 実習のねらい

この実習では、人間工学実験の計画、実施、データ解析、人間工学要件の設定のしかた、および 3D デジタルツール(3D スキャナ、FREE FORM、3D プリンタ、レーザーカッター)の活用スキルを習得することをねらいとしています。

2.課題とステップ

この実習では、選定した研究対象品における人間工学要件を人間工学実験により求めます。人間工学実験計画の立案と独立変数の各水準のプロトタイプ製作、実験の準備、実験実施、データ解析、人間工学要件の設定を行います。

3. 人間工学実験実習の実施

実習者は、つぎのステップに沿って実習を進めます。

3.1 ステップ 1 研究対象品の選定、ユーザ母集団の決定、特性要因図の作成

このステップでは、研究対象品、ユーザ母集団を決定し、研究対象品の特性要因図を作成します。

3.2 ステップ 2 人間工学実験計画の立案

3.2.1 ステップ 2-1 人間工学実験目的の設定

特性要因図の中から、実験で取り上げる要因を 1 つ決定し、実験目的を明示します。

3.2.2 ステップ 2-2 独立変数(説明変数)と水準の設定

独立変数とその具体的な水準を設定します。

3.2.2 ステップ 2-3 各水準のプロトタイプの製作

3D デジタルツールを用いて、ステップ 2-2 で設定した各水準のプロトタイプを製作します。

(1) 3D スキャナを用いた対象品の 3 次元データの取得

対象品の 3 次元データを作成します。以下が、3D スキャナ（NextEngine：スリーディー・システムズ・ジャパン製）を用いた 3 次元データ作成のプロセスになります。3 次元データの作成は以下の手順に沿って行います。①ScanStudioHD の起動 ②POSITIONING の決定 ③RANGE の決定④POINTS/IN. 2 の決定 ⑤スキャン ⑥位置合わせ ⑦トリム ⑧フューズ ⑨穴埋め ⑩スムージング ⑪単純化 ⑫データの保存・出力（各プロセスの詳細は省略）

(2) FREE FORM を用いた 3 次元データの編集

FREE FORM（Geomagic FREE FORM：データ・デザイン製）を用いて、取得した 3 次元データの編集を行います。

(3) 3D プリンタ，レーザーカッターを用いたプロトタイプ製作

3D プリンタ（Agilista：キーエンス製）もしくはレーザーカッターを用いて、各水準のプロトタイプを製作します。

3.2.3 ステップ 2-4 従属変数と測定法の設定、データシートの作成

従属変数とは実験で得られる結果のことです。人間工学実験の場合、従属変数は人間特性になります。妥当な従属変数（人間特性）を選定し、測定法を決定します。また、データシートを作成します。

3.2.4 ステップ 2-5 被験者の抽出とその数の設定

このステップでは被験者を設定し、被験者数を決定します。(詳細は省略)

3.2.5 ステップ 2-6 実験作業の設定

このステップでは被験者に行わせる実験作業を設定します。

3.2.6 ステップ 2-7 被験者へのインストラクション(教示)の設定

このステップでは、以下の要点に注意しながら、被験者へのインストラクションを決定します。①どういう種類の支持を被験者にするべきかをはっきりと決めること ②被験者にやってもらいたいことを正確に伝えるように書くこと ③簡単・明瞭に書くこと ④口頭で示す場合は標準化されたものであること（紙に書く）⑤必ず理解されるようにすること

3.2.7 ステップ 2-8 実験数と実験順序の決定

実験数は取り上げた水準数×被験者数×実験の繰り返し数になります。実験数を決定し、実験順序を決定します。さらに実験日程を作成します。

3.2.8 ステップ 2-9 データ解析手法の決定

実験で得られたデータの統計解析手法を決定します。

3.3 ステップ 3 実験場所、機材の準備（省略）

3.4 ステップ 4 人間工学実験の実施

ステップ 2 の人間工学実験計画に沿って実験を進めていきます。被験者を用いた調査・実験を行う場合、以下のような事項に注意してください。①調査・実験の重要性を印象づけること ②先入観をできるだけ省くこと ③技能レベルを問題としている調査実験の場合→調査実験結果を被験者へフィードバックすること ④インストラクションを正しく伝えること。

3.5 ステップ 5 統計解析と人間工学要件の設定

3.5.1 ステップ 5-1 実験データの基本統計量の算出および図示

このステップでは、データの基本統計量を算出し、その結果を図示します。

3.5.2 ステップ5-2 統計解析

このステップでは、選定したデータ解析手法を用いてデータ解析を行います。

3.5.3 ステップ5-3 人間工学要件の設定

3.5.2で得られた統計解析結果に基づいて、人間工学要件（至適条件）を決定します。得られた結果の考察およびまとめをします。

3. 実施例

実習教材の実施例を示す.

3.1 ステップ1　研究対象品の選定, ユーザ母集団の決定, 特性要因図の作成

研究対象品:ホワイトボードイレーサー(イレーサーと略)を選定

ユーザ母集団:大学の教室等での使用を想定して20代の日本人成人とした. 特性要因図は省略する.

3.2 ステップ2　人間工学実験計画の立案

実験で取り上げる要因と目的:イレーサーの長さを選定し、使いやすい長さ要件を求める.

独立変数と水準:イレーサーの長さ(A)100mm, (B)150mm, (C)200mm, (D)250mm, (E)300mm, (F)400mmの6水準とした.

各水準のプロトタイプの製作:3D スキャナ, FREE FORM, レーザーカッターを用いて, 図1に示す長さが異なる6水準のイレーサーのプロトタイプを製作した(詳細は省略).

従属変数と測定法の設定:実験方法として一対比較実験を採用した。従属変数として, ①使いやすさ, ②持ちやすさ, ③動かしやすさ, ④消しやすさ, ⑤速く消せる, ⑥少ない手の動きで消せる, ⑦長さの好ましさ, ⑧疲れやすさ, ⑨イレーサーの総合的な好ましさの9項目とした. データシートは省略.

被験者の抽出とその数:健康な20代の大学生15名(男性8名・女性7名)とした.

実験作業の設定:200×360cmのホワイトボード上にマーカーで描いた10×8cmの縦横線を6種のイレーサーから2つずつ取り出したイレーサーを用いて消してもらう. その後に9評価項目に対して2つのイレーサー間で比較評価してもらう. 全15通りの組合せについて比較評価をしてもらった. 教示は省略.

総実験数は, 15通りの比較実験/人×15人=225回であった. 実験順序はランダムとした.

データ解析手法の決定:シェッフェの一対比較法〝中屋変法〞, 回帰分析を選定した. ステップ3. 実験場所, 機材の準備, ステップ 4. 実験の実施は省略.

3.3 ステップ5 データ解析と人間工学要件の設定

本稿では紙面の制限から, 最も重要な評価項目のイレーサーの総合的好ましさの結果のみを示す.

表1にイレーサーの総合的好ましさについての分散分析表を示す. 主効果(イレーサーの長さ)に有意差(P〈0.01)が認められた. 図2にイレーサーの長さと総合的な好ましさスコアとの関係を示す. 両者は2次式の関係にあることがわかった. 得られた

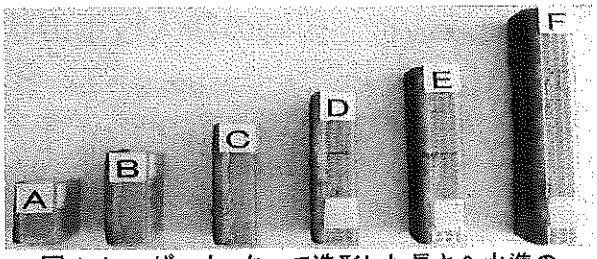


図1 レーザーカッターで造形した長さ6水準のイレーサーのプロトタイプ

表1 イレーサーの総合的好ましさの分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F_0
主効果S_α	117.9556	5	23.59111	27.1
主効果×個人$S_{\alpha(\beta)}$	267.0444	70	3.8149	4.38
組み合わせ効果S_γ	21.9778	10	2.1978	2.52
誤差S_ε	122.0222	140	0.8716	-
総平方和S_T	529	255	-	-

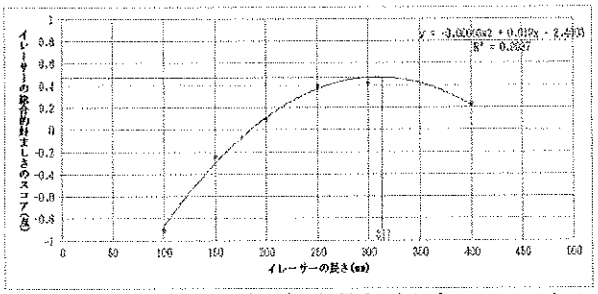


図2 イレーサーの長さと総合的好ましさのスコアとの関係

スコアについて2次式を当てはめた結果, (1)式を得た.

$$y=-0.00003x^2+0.019x-2.4603 \qquad (1)$$

y:イレーサーの総合的な好ましさ, x:イレーサーの長さ

(1)式より, 総合的な好ましさが最高スコアとなるイレーサーの長さ(人間工学要件)を算出した結果, 317mmを得ることができた.

4. まとめ

3Dツールのスキルと人間工学要件設定のための人間工学実験の方法を習得できる実験教材を開発した. この実習を行った学生によるアンケートから, 3Dツールの使い方, 人間工学実験計画の立案から人間工学要件設定までの人間工学実験プロセスの習得に本教材が有効であることを確認できた.

本報告が人間工学の教育方法の検討や教材研究の進展の一助になれば幸いである.

参考文献

1) 阿久津正大, 堀江良典：人間工学教材の開発(1)－製品開発のための人体計測応用実習, 日本人間工学会東海支部2002年研究大会論文集, 226－227, 2002

2) 奥村真之介他：人間工学教材の開発－人体計測と3Dデジタルツールを活用する製品開発実習, 日本人間工学会関東支部第20回卒業研究発表会講演集, 88－89, 2014

[連絡先]

阿久津 正大 e-mail：akutsu@eng.tamagawa.ac.jp

2C2-3

血液透析施術時の新人技士の状況把握・対応力強化に関する一考察

○前田佳孝*，鈴木聡**，小松原明哲***
*早稲田大学創造理工学研究科，**神奈川工科大学工学部，***早稲田大学理工学術院

Training Competencies for Medical Staff to Aware and Deal with the Situational Changes during Hemodialysis Treatment

Yoshitaka MAEDA*, Satoshi SUZUKI**, Akinori KOMATSUBARA***
*, ***Waseda University, **Kanagawa Institute of Technology

1. はじめに

血液透析では“体調問診を透析開始前に実施すること”等，施術において臨床工学技士（技士）が遂行すべきタスクは定まっている．一方，各患者の疾患には個別性があり，施術日の体調等の状況も変化するため，技士はそれら状況を適切に把握し，それに応じて各タスクのアクティビティを調整する．例えば，体調問診では患者に応じて所定項目に追加した問診を行っている．

安全で質の良い医療の提供のためには，技士がこれらに関する知識やスキル等の能力（コンピテンス）を身に着けることが重要であるが，従来の新人訓練では、透析医学の知識，穿刺や医療機器操作等に関する訓練が主となっている．状況に応じたアクティビティ遂行のためのコンピテンスについては前田ら(2015) [1] が新人訓練項目表（アクティビティとコンピテンスの対応表）を求めているが，コンピテンスの教育順序や，その決定のために検討すべき事項について未整理である．この点について本研究では検討することとした．

2. 新人訓練項目表の教育順序検討ステップ

前田ら（2015）[1] が示している技士が遂行している 100 項目のコンピテンスはその類似性でまとめると表 1 の 7 つの大分類，22 の小分類に分けられた．本研究では医療安全と質の向上への寄与度の高いものから効率的に訓練することを念頭に，以下のステップで訓練項目表の教育順序を検討することとした．

①医療安全・患者満足上重要なアクティビティを明確化

リスクアセスメントの考え方を基に「そのアクティビティが適切に遂行されなかった場合に患者に与える危害の酷さ×危害の発生頻度」で評価する．発生頻度については，以下の観点で評価する．

- 当該アクティビティに関連するヒヤリハット，インシデント件数の多さ
- 新人技士が実際に当該アクティビティを適切に遂行できているか否かを客観的に評価
- 新人が当該アクティビティにどの程度苦手意識を持っているかを評価

また，透析では 1 回の施術時間が非常に長いことから，患者満足度を高めるようにアクティビティを遂行することも重要となる [2]．その観点からも同様の検討を行い，重要度を明らかにする．

表 1　100 項目のコンピテンスの内訳

大分類	小分類	
把握すべき状況を知っていること	・各患者の体調・血管の特徴	19項目
	・各患者の満足度に関わる特徴	5項目
	・各患者の起こしやすい不具合	3項目
	・技士自身のスキルレベル	1項目
	計	28項目
状況解釈時の判断基準を知っていること	・各患者の体調に関する判断基準	13項目
	・各患者の要望の安全上の判断基準	3項目
	・医師の指示の適切さの判断基準	2項目
	・各患者の不具合の判断基準	2項目
	計	20項目
予測すべき将来状況を知っていること	・各患者の体調の予測	4項目
	・各患者に生じうる不具合の予測	2項目
	計	6項目
意思決定に必要な知識を把握していること	・患者満足度を高めるアクティビティ遂行方法	13項目
	・医療上安全なアクティビティ遂行方法	6項目
	・医師の指示の参照の仕方	3項目
	・患者不具合への対処の仕方	2項目
	計	24項目
コミュニケーションを適切に行えること	・各患者からの情報収集	6項目
	・各患者への情報伝達	2項目
	・医師からの情報収集	2項目
	・医師への情報伝達	1項目
	計	11項目
適切なアティチュードでアクティビティを遂行すること	・医師の指示の参照時のアティチュード	4項目
	・患者の不具合原因の特定時のアティチュード	3項目
	計	7項目
チームワーク	・各患者の状況把握時のチームワーク	3項目
	・穿刺時のチームワーク	1項目
	計	4項目

②コンピテンス同士の関係性を検討

コンピテンスは相互に関連しあっていると思われる．例えば「患者への穿刺位置によって，当日の脱血状態を予想することができる(1)」というコンピテンスを身につけるためには，事前に「各患者の血管に関する特徴（狭窄箇所等）を把握している(2)」や「各患者の脱血状態が不良か否かの判断基準を把握している(3)」といったコンピテンスが修得されていなければならない．

すなわちコンピテンス同士は階層的な構造で関連しあっていると思われる．前述の例の(1)は(2)(3)より上位のコンピテンスであり，それを身につけるためには，まず下位のものから訓練される必要があると考えられる．

③複数のアクティビティに共通して必要なコンピテンスの明確化

どの順序で訓練しても問題のないものについては，複数のアクティビティに共通して求められて

いるコンピテンスを優先的に訓練することが望ましいと考えられる．その理由として教育効率の良さが挙げられる．これらのコンピテンスは一つ修得されると，新人がそれを複数のアクティビティ遂行に応用できる．

3. 新人訓練項目表の並び替え結果

①~③の検討を基に，教育順序を並び替えた訓練項目表の一部を表2に示す．

①では前田ら（2015）[3)]が T 病院透析室の技士33 名を対象に行なったアンケートにて，各アクティビティの難度を評価しており，その結果を基に並び替えた．例えば「施術中の患者の不具合についてその原因を自分で考えること」や「体調問診において各患者から情報を適切に引き出すこと」等の難度が高いアクティビティが表 2 の上から示された．

また②③では，研究者がコンピテンスを上位と下位に分け，後者から順に表の左から並べた．また特に順序性の無いものについては，複数のアクティビティに関連するものを左側に配置するようにした．例えば「自分一人で判断・対処できる範囲を見積もれる」や「各患者の血管に関する特徴（狭窄箇所）を把握できている」といったコンピテンスが表2の左寄りに示された．

以上より並び替えを行った訓練項目表を用いて実際の透析施設では，1)上のアクティビティから順に，対応するコンピテンスを検索し，2)その中でも左寄りのコンピテンスから順に訓練することが望ましいと考えられる．

4. まとめ

本研究では，状況に応じたアクティビティ遂行に関する新人訓練項目表（アクティビティとコンピテンスの対応表）における，コンピテンスの教育順序や，その決定のために検討すべき事項について整理した．

今回の検討では，コンピテンスの階層的な構造を研究者が仮説として整理し，それを基に訓練項目表を並び替えた．そのため今後の課題として，実際の透析施設において，教育順序の妥当性を検証していくことが挙げられる．

今後，本研究で整理した教育順序に沿ってコンピテンスが訓練されることにより，新人への OJT が体系化され，結果的に透析における医療安全と質が向上することが期待される．

5. 文献

1)前田佳孝，鈴木聡，小松原明哲：血液透析施術中の状況変化への対応に必要な臨床工学技士のコンピテンスの明確化，人間工学, 51(特別号), pp232-233, 2015.

2) シェリフ多田野亮子, 大田明英: 血液透析患者の心理的適応（透析受容）に影響を与える要因について，日本看護科学会誌, 23(1), pp.1-13, 2003.

3)前田佳孝他：血液透析中の不具合判断に関する新人技士への訓練項目明確化－ベテラン臨床工学技士の判断箇所可視化に基づいた検討－，日本経営工学会論文誌, 65(4), pp302-310, 2015.

表 2　教育順序を並び替えた訓練項目表（一部）

※ 下位の(先に訓練すべき)コンピテンスから順に、左から並び替え

※アクティビティを技士が困難に感じている順に上から並び替え

タスク	アクティビティ	把握すべき状況の知識 技士自身のスキルレベル 臨床経験の有無などを基に，自分一人で判断出来る範囲を正確に見積もれる	把握すべき状況の知識 各患者の体調・血管の特徴 患者の血管に関する特徴（狭窄箇所，血管のある場所など）を記録できている	アティチュード 各患者の不具合の原因特定 不具合時の症状などについて，他の技士の対応を直接見るように心がける	アティチュード 各患者の不具合の原因特定 技術の自動化によらず，透析器具を通じないようにする，自分で考える習慣を培やし	把握すべき状況知識 各患者の不具合に関わる状況 体調問診時に前回までの不具合の情報についても詳しく聞き出してみる工夫をできている
血圧確認／血流量推定／低血圧状態／脱血状態／アクセス部における不具合発生時	透析会での対象患者において最近抱えているトラブル（情報）を記録しておくこと（記録や前回までの治療記録を基に記録しておくこと）	●	●	●	●	●
血圧確認／血流量推定／低血圧状態／脱血状態／アクセス部における不具合発生時	不具合が生じた時間で，医師の指示が見わしいと考えるなど，不具合の原因を自分で推定すること	●	●			
体調問診	患者への体調問診時，普段通常に対話的な患者から必要な情報を引き出すこと					
指示／特記確認	医師からの指示項目を正しく解釈すること					
除水設定	設定値がいつもと異なる場合，全ての対象患者において，その変更理由が適切か否かを正確に判断すること					
抗凝固薬確認・セット	患者に普段と少しでも違う点がないか，患者の状態を行い，抗凝固薬の種類が適切か否かを判断すること					
除水設定	変更理由が不適切な場合や当該患者の希望に沿えない場合に，不適切である理由を説明し，理解を納得させること		●			
指示／特記確認	指示内容確認時点で，（他の技士によって）すでに完了されているべき指示の内容が何かを把握すること	●				
体調問診	患者によってコミュニケーションの内容やタイミングを変えた体調問診を行い，患者から情報を引き出すこと					
治療予定の患者への伝達	患者の様子（きちんと聞いているか否かなど）を観察しながら，適切な通のタイミング・内容を調整し，正確に情報を患者に伝達すること	●				
テープ固定	当該患者のテープ固定部位近の様子（ひっかき傷などの有無）や，当日の血液透析の装置を観察し，患者の希望に沿い，かつ安全上適切にテープ固定を行うこと	●				
除水設定	当該患者に見合った適切な除水量・スピードであるかを適が判断すること					
穿刺の観察	通常と異なる位置に穿刺する（痛みを伴う）場合に，患者を納得させること		●			
穿刺の観察	穿刺時の患者の顔の海苔や当日の穿刺部位などの観察を行い，穿刺後に必要な指示内容（注意してモニタリングすべき点など）を判定すること		●			
穿刺の観察	穿刺時に患者の表情などの観察を行い，患者の緊張をやわらげ安心感を与えること		●			

2C2-4

骨伝導スピーカが骨伝導マイクロホンに与える振動影響の低減実験

○髙橋 康次郎*，武藤 憲司*，八木 一夫**
*芝浦工業大学，**首都大学東京

Experiment of vibration reduction influenced by bone conduction speaker to bone conduction microphone

Kojiro TAKAHASHI*, Kenji MUTO*, Kazuo YAGI**
*Shibaura Institute of Technology, **Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

Magnetic Resonance Imaging (MRI)装置は医療診断において重要な医療装置であるが，駆動時に100dB 以上の音を示す場合がある [1]．これは，被験者が一時的な聴覚損失になる危険性があるため，検査中に被験者は防音保護具を装着する．このとき，防音保護具を装着することにより医師からの問いかけや検査中の不安を取り除くために提供される音楽が聞こえなくなる．また，検査中に被験者が体調不良になった場合，医師に異常を伝えたくても，被験者の医師に対する呼びかけは駆動音によりかき消される．MRI 装置には呼び出しボタンが備え付けられているものもあるが手が不自由な被験者は使用できない．

我々は MRI 検査中のコミュニケーションを目的とし，骨伝導スピーカと骨伝導マイクロホンを併用した通話装置を提案した．これにより騒音下で聴覚保護をしながらの通話が可能となる．このとき，骨伝導スピーカの振動と駆動音により人体に発生した振動が骨伝導マイクロホンに混入し，通話品質が劣化する問題がある [2)3)]．体調不良になった被験者は小さな声しか出せないことが想定され，通話品質の劣化により被験者の呼びかけに対する医師の対応が遅れる．そこで，骨伝導スピーカの振動と駆動音による振動の影響を低減するために音響エコーキャンセラの使用と骨伝導素子の遮蔽を組み合わせた方法を提案する．

ここでは骨伝導スピーカと駆動音の振動の影響の計測と提案方法，特に音響エコーキャンセラ使用の有効性を示す．

2. 骨伝導素子を用いた通話装置

骨伝導スピーカと骨伝導マイクロホンは人体の振動を利用する．いずれの装置も皮膚に密着させて利用し，空気を介した伝搬がないため，空気を伝搬する騒音の影響が少ない．図 1 に提案した通話装置の骨伝導素子の装着位置を示す．骨伝導スピーカを被験者の頬骨に装着し，骨伝導マイクロホンをもう一方の頬骨に装着する．これにより被験者は防音保護具を装着したまま医師との通話や音楽を聴くことが可能となる．しかし，駆動音により人体に振動が発生し，その振動が骨伝導マイクロホンに混入すると通話品質が劣化する．さらに骨伝導スピーカから発生した振動が顔を伝搬し，骨伝導マイクロホンに混入すると音響エコーが生じ，通話品質が劣化する．

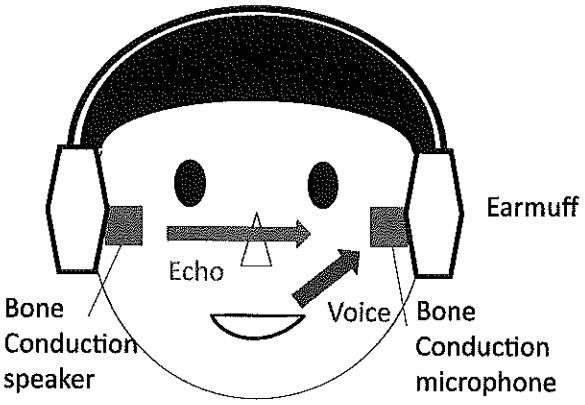


図 1　骨伝導素子の装着位置

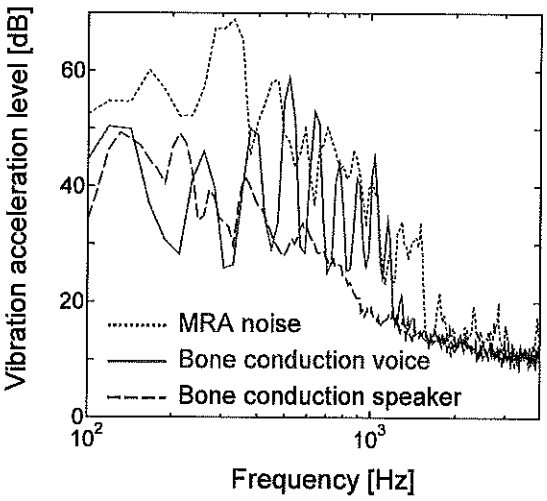


図 2　骨伝導通話装置の構成

ここで骨導音に対する駆動音の影響と骨伝導スピーカの出力の影響を計測した．計測は聴覚に対する危険性を考慮し，疑似生体を用いた．疑似生体は人の骨部を想定したセラミック板(厚さ 5mm)と人の筋肉を想定したシリコンゴム(厚さ 5mm)を重ねたものである．ラウドスピーカから疑似生体に向けて MRI 駆動音の一種である MRA の駆動音を 90dB で出力した．次に骨伝導スピーカの代わりとした加振器からホワイトノイズを出力し，その時

の疑似生体の振動を加速度ピックアップ(RION PV-85)を用いて計測した．骨導音は母音「あ」を 1m 先の騒音レベルが 60dB になるように発声した時の頬骨の振動と同等の大きさで疑似生体に加振し，その時の疑似生体の振動を計測した．

図 2 に駆動音と骨伝導スピーカの影響を示す．骨導音と駆動音，骨伝導スピーカの振動の SN 比は -11dB であった．同じ条件で通常のマイクロホンを用いた場合，SN 比は-30dB であるので，医師と被験者の会話は全くできない．骨導音の SN 比は-11dB であるので，通常のマイクロホンと比較すると改善されているが，この SN 比はかろうじて聞き取れるレベルである．さらに体調不良の被験者の音声は小さいことが想定されるため，雑音を低減し，SN 比を改善することが必要である．

これまでに骨伝導素子をシールドで遮蔽することにより駆動音による振動の影響を低減する方法を提案してきた[4]．骨伝導マイクロホンに混入する駆動音による振動は駆動音を受ける人体の表面積に依存する．そこで骨伝導マイクロホンをシールドで遮蔽することにより人体が駆動音を受けない部分を作り，振動を低減する．防音保護具のイヤーマフで骨伝導マイクロホンを遮蔽することにより，駆動音の影響が 8dB 低減し，骨導音は-8dB となった．この値も不十分なため改善が必要である．

3. エコーキャンセラの有効性

骨伝導スピーカの影響を低減するために音響エコーキャンセラを用いる．図 3 に音響エコーキャンセラと骨伝導素子を用いた通話装置の構成を示す．エコーキャンセラは遠隔会議やハンズフリー通話等に用いられている[5]．そこで，我々は骨伝導通話への応用を提案する．

音響エコーキャンセラはスピーカからマイクロホンまでの音響経路を推定し，適応フィルタで混入する音響エコーと同様の疑似エコーを作成する．疑似エコーを音響エコーから差し引くことにより影響を低減している．遠隔会議の場合，音響経路を決める要因はスピーカの配置や話者による音の反射である．骨伝導通話の場合，骨伝導素子を装着する被験者の体温や顔の部位による振動の反射に加え，脂肪量等の体型も音響経路を決める要因である．そこで，研究室内で疑似生体を用いて骨伝導通話に対する音響エコーキャンセラの有効性を確認する．

2章と同じ疑似生体上に加振器を設置し，ホワイトノイズを出力した．加速度ピックアップ(RION PV-85)で振動を計測し，音響エコーキャンセラ(NTT AT RealTalk71)の有無による振動加速度レベルの変化を分析した．

図 4 に音響エコーキャンセラの有無による振動加速度レベルを示す．エコーキャンセラの使用による，音響エコーの低減量は 19dB であった．

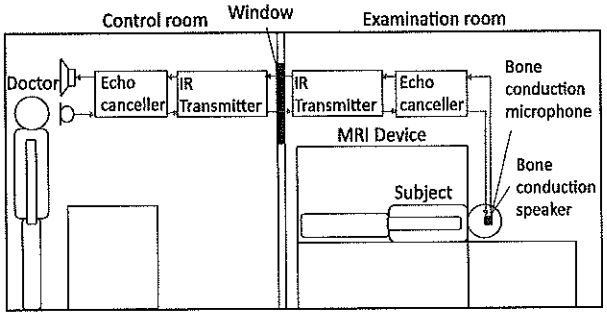


図 3　エコーキャンセラを用いた骨伝導通話装置

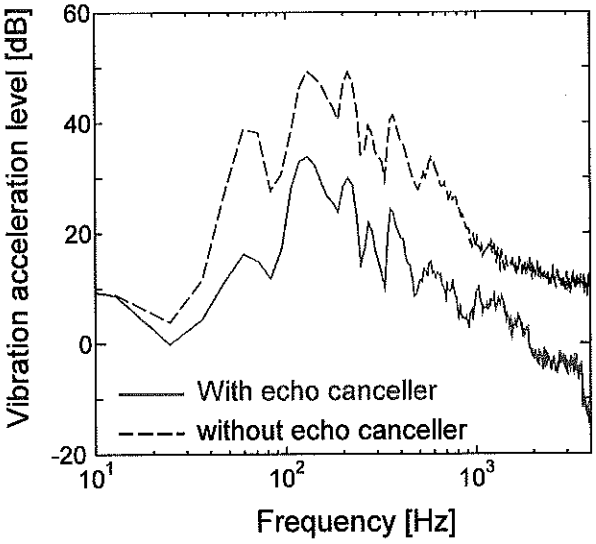


図 4　エコーキャンセラによる振動低減

4. むすび

骨伝導マイクロホンに混入する振動に対する音響エコーキャンセラの有効性を示した．音響エコーキャンセラの使用により骨伝導スピーカの振動が低減された．今後は実際の人に応用するために顔の形や体型，動き等による音響経路の変化を考慮し，それに適した音響エコーキャンセラの設計をする必要がある．また，駆動音による振動をより低減するためには骨伝導素子を遮蔽する面積が重要であるので，遮蔽面積を決定するために振動伝搬の分析を行っていく．

5. 文献

1) Muto, *et al.*, Acoust. Sci.Tech., pp, 174-175,2006.
2) 武藤他, 音講論(秋), 3-P-2, pp.741-742, 2007.
3) 髙橋他, 騒音制御, 1-2-04, pp.33-34, 2015.
4) 髙橋他, 音講論(秋), 1-P-20, pp.641-642,2015.
5) 阪内他, 信学論(A), pp.448-457,2004.

[連絡先]
髙橋　康次郎
e-mail : ma15051@shibaura-it.ac.jp

1AS パネルディスカッション（公開講座）「人間工学とキャリアデザイン」

概要

日本人間工学会関東支部では，公開講座 「人間工学とキャリアデザイン」を下記の要領で開催いたします。本講座では，日ごろから「人にやさしい社会」の実現に努力されている第一線の専門技術者をお招きし，現在の仕事の概要と学生の時にしていたこと，考えていたことなどについて語って頂くとともにディスカッションと質疑を行います。大学生・高校生の皆さんが学びの目標を考えるための一助となることを期待しております。年末のお忙しい時期とは存じますが，大勢の皆さまにご参加いただけますようご案内申し上げます。

－ 記 －

1．開催日時：平成 27 年 12 月 12 日（土） １４：００～１５：１５

2．場所：東京電機大学　埼玉・鳩山キャンパス（埼玉県比企郡鳩山町石坂） 12 号館 221 教室
東武東上線高坂駅下車　スクールバス 7 分 (無料)

3．参加費　無料

4．講師プロフィール（敬称略）

講師（IT 系）
お名前：佐々牧雄（ささ　まきお）
ご所属：ゼロックス　パロアルト研究所
肩書：日本代表　シニア UX リサーチャー
講演テーマ：ユーザーにわかりやすい情報発信とは

講師（医療系）
お名前：井戸　健二（いど　けんじ）
ご所属：株式会社東芝　デザインセンター（医療機器）
講演テーマ：ユーザーにやさしい医療機器デザイン

講師（機械系）
お名前：石原　陽子（いしはら　ようこ）
ご所属：本田技術研究所　四輪 R ＆ D センター
講演テーマ：自動車開発における人間工学の応用

2015年度
一般社団法人　日本人間工学会関東支部
第21回卒業研究発表会　講演集

Proceedings of the 21st Graduation Thesis Presentation,
Kanto Branch, Japan Ergonomics Society

会　期　2015年12月12日(土)・13日(日)
会　場　東京電機大学　埼玉鳩山キャンパス
大会長　矢口　博之

卒業研究発表会

12月12日(土)

10:45 ～ 11:45

A会場　卒業研究発表会(1)
B会場　卒業研究発表会(2)
C会場　卒業研究発表会(3)
D会場　卒業研究発表会(4)

15:30 ～ 16:30

A会場　卒業研究発表会(5)
B会場　卒業研究発表会(6)
C会場　卒業研究発表会(7)
D会場　卒業研究発表会(8)

12月13日(日)

11:00 ～ 12:00

B会場　卒業研究発表会(9)
C会場　卒業研究発表会(10)
D会場　卒業研究発表会(11)

行動変容を目標としたインフォグラフィックス制作指針の提案

八田野沙彩
早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

Proposal of guideline for creation of infographics aimed at behavioral changes

Saaya YATANO
School of Creative Science and Engineering, Waseda University,

1. 研究背景・目的

インフォグラフィックスとは統計データ等の“インフォメーション”を，グラフや地図等の“グラフィックス”で表現する表現手法である[1)2)]．限られた紙面内・画面内で，文章では理解しづらい情報を視覚的に表現することが可能なため，消費者啓発など行政からの情報発信に多用されている（例：消費者庁食品ロス削減活動[3)]）．しかしながら，多くのインフォグラフィックスは読み手の目を引き付けるデザインばかりが注目され，啓発や行動変容の点での制作手法は検討されていない．

そこで本研究は，啓発および行動変容を目標とするインフォグラフィックスの表現方法を検討し，制作指針としてまとめることを目的とする．なお，本研究ではチャイルドシート使用に対する啓発活動を題材とする．

2. 研究方法

① 既存のチャイルドシート啓発ポスターの分析
Web サイトに公開されているチャイルドシート啓発ポスターを収集し，使用されている表現要素を抽出する．

② 啓発・行動変容に有効な表現方法の検討
①を基にインフォグラフィックスを用いた 6 種のリーフレットを試作し，被験者 13 名に一対比較法で評価させ，啓発・行動変容に有効な表現方法を検討する．

③ 制作指針の提案と有用性評価
②の結果を基に啓発・行動変容を促すインフォグラフィックス制作指針をまとめ，その有用性の評価を行う．それにより再度，リーフレットを試作し，その評価結果に基づき制作指針の効果を検証する．

3. 既存のチャイルドシート啓発ポスターの分析

Web サイトに公開されているチャイルドシート啓発ポスターを 10 点収集した．分析の結果，掲載されている表現要素には，主体となる要素（グラフ，表，ピクトグラム等）とそれの付属要素（吹き出し，強調パネル，強調矢印等）があるとわかった．

これら要素は，興味を引くことや，知識付与，啓発など，それぞれに役割があるのではないかと思われた．そこで，次に深田[4)]による「説得による受け手の反応 12 段階」を参考にし，行動変容に至るプロセスの仮説モデル(図 1)を作成した．この各段階に対して，どの表現要素がどの段階に有効であるかを実験により明らかにすることとした．

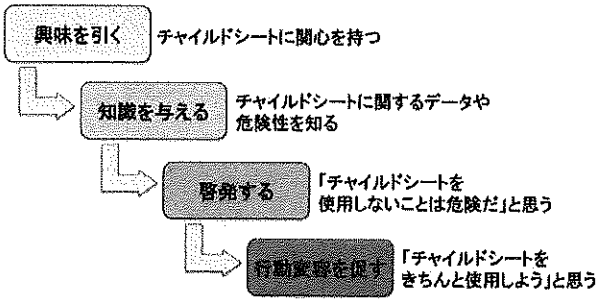
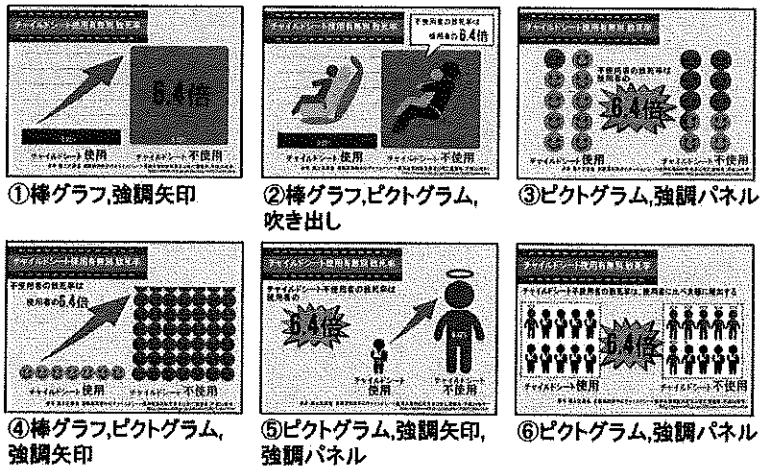


図 1　行動変容に至るプロセス（仮説モデル）

4. 啓発・行動変容に有効な表現方法の検討

4.1 実験内容

大学生 13 名（男性 6 名，女性 7 名）に，3 章で抽出した表現要素を組み合わせ制作したチャイルドシート使用有無別致死率[5)]についてのリーフレット 6 種（図 2）を提示し，シェッフェの一対比較法を用い，計 15 対（$_6C_2$）の比較対について興味，知識，啓発，行動変容についての 4 設問に 5 点法で評価させた．さらに自由記述欄を設け，図 1 の 4 つの段階において具体的にどの表現方法が促進／阻害したかを尋ねた．



①棒グラフ,強調矢印　②棒グラフ,ピクトグラム,吹き出し　③ピクトグラム,強調パネル
④棒グラフ,ピクトグラム,強調矢印　⑤ピクトグラム,強調矢印,強調パネル　⑥ピクトグラム,強調パネル

図 2　評価対象のインフォグラフィックス

4.2 実験結果

各評価対象の平均評価値を心理尺度上に示した結果を図3に示す.

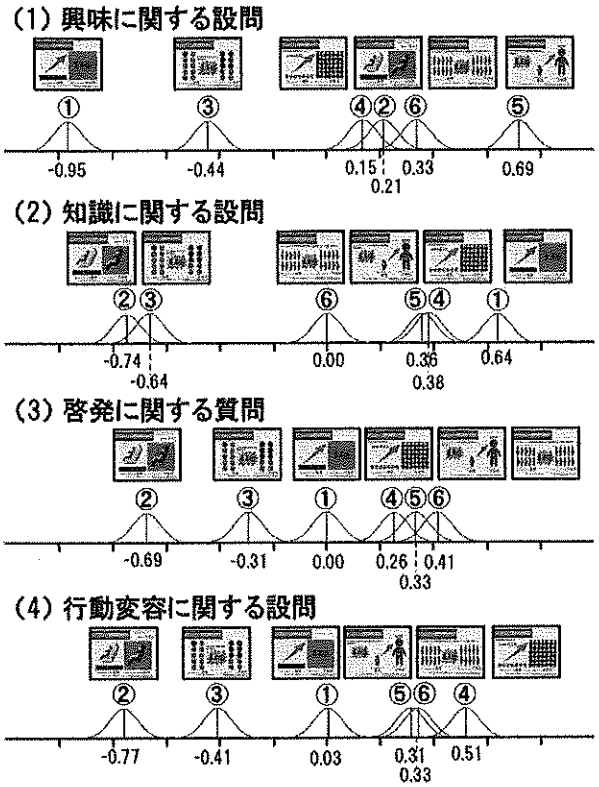


図3 一対比較法から求めた平均評価値の心理尺度

図3より，各段階に対して有効である表現方法は異なることがわかる.

一方，設問3（啓発）と設問4（行動変容）の結果は比較的類似していることから，啓発されれば行動変容につながる可能性が示唆される.

また，啓発・行動変容に有効であるリーフレットは興味と知識についても及第点を得ていた. 図1のモデルに示したように，啓発・行動変容以前に，リーフレットに興味を持たせることは必要であり，啓発・行動変容を目標に制作するとしても，興味と知識についての表現の担保が必要となる.

以上を踏まえ，図1の各段階において表現要素の有すべき・有するべきではない特徴を図3の尺度上での布置状態及び自由記述を基に検討した. 結果を表1に示す.

5. 今後の計画

表1で示した結果をインフォグラフィックス制作指針としてさらにまとめ，それを基に実験で使用したリーフレットの改良を行う. 改良後のリーフレットをチャイルドシート対象年齢児を持つ保育者に評価してもらい，制作指針の有用性を検証する予定である.

啓発および行動変容を目標とするインフォグラフィックス制作手法が確立されることで，健康活動や安全推進行動等，行動変容が求められる場面において，インフォグラフィックスがより一層，活用されていくことが期待される.

6. 参考文献

1) 木村博之：インフォグラフィックス—情報をデザインする視点と表現—，8-11，2012
2) エリック K.メイヤー：情報デザインのためのインフォメーショングラフィックス，猪股裕一編，1-5，2007
3) 消費者庁：食べもののムダをなくそうプロジェクト（食品ロス削減に向けた取組），http://www.maff.go.jp/j/grv2421/index.html
4) 深田博己：説得心理学ハンドブック—説得コミュニケーション研究の最前線—，16-20，2002
5) 国土交通省：自動車同乗中のチャイルドシート使用有無別致死率及び死亡重傷率（平成26年中），http://www.mlit.go.jp/jidosha/child/index.htm

[連絡先]
八田野　沙彩
早稲田大学：人間生活工学（小松原）研究室

表1　興味，知識，啓発，行動変容を促進／阻害する表現方法（一部）

	促進	阻害
興味を引く	ピクトグラムはサイズの大きいものや量が多いものが有効であり，表している概念（全身/顔/チャイルドシート等）による差はあまり生じない.	ピクトグラムを使用せずにシンプルなグラフと強調要素のみで表現すると，読み手の目を引くことが難しい.
知識を与える	一見してグラフだとわかるシンプルなグラフと強調矢印を組み合せ，変化量を強調する表現が非常に有効である.	グラフの上にピクトグラムを重ねるとグラフがあると認識しづらくなり，知識習得の妨げとなる.
啓発する	恐怖喚起を促すようなピクトグラム（今回の例においては致死をイメージさせる天使のピクトグラム）が顕著に有効である.	いくらグラフでデータを示しても，どんな行動が危険なのかという対象情報に関する表現を怠ると危険性が伝わりにくい.
行動変容を促す	行動時（チャイルドシート使用時）のピクトグラムがあると行動を直感的にイメージさせ，「見た通りにしよう」と想起させる.	行動時（チャイルドシート使用時）の表現がないと具体的にどう行動していいのかわからず，危機感しか残らない.

符号化入力方式を用いた視線入力の検討

○佐々木優貴乃*，鷺谷亮*，大矢哲也*
*日本医療科学大学保健医療学部臨床工学科

Study of the Eye Gaze Input with Coding Input Method

Yukino SASAKI*, Ryo SAGIYA* and Tetsuya OHYA*
*Department of Clinical Engineering,
Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症などの重度肢体不自由者のコミュニケーションツールの操作方法として視線入力がある [1]．視線入力は使用者毎にキャリブレーションを行う必要がある [2]．重度肢体不自由者の場合，キャリブレーションをすることが困難な場合もあり，精度の高い視線入力が行えない可能性がある．そこで，精度が低くとも文字入力が可能な視線入力の検討が必要である．

高い精度が求められる要因として，入力領域の大きさが関係している．通常，視線入力を用いたコミュニケーションツールでは直接入力方式を利用する．そのため，50 音表を表示する必要があり，一つの入力領域を小さくする必要がある．一つの入力領域を大きくすれば十分なキャリブレーションが得られなくとも文字入力が可能ではないかと考え，符号化入力方式に着目した [3]．そこで本研究は，符号化入力方式を用いた視線入力の検討を行う．本稿では符号化入力方式と直接入力方式においてキャリブレーションの精度が入力時間および誤字率に与える影響の検討を行った．

2.実験

2.1 コミュニケーションツールの仕様

本実験に使用したコミュニケーションツールは Visual Studio 2013 を用いて作成した．

直接入力方式においては対象文字を 1 秒間注視することで文字を入力することができる．符号化入力方式にはモールス信号を用いた．符号化入力方式は対象符号を 1 秒間注視することで符号が入力され入力された符号に則した文字が表示される．例えば，「・」「—」と入力すると「い」が表示さえる．入力したい文字の符号を入力後，画面上に表示されている「確定」を 1 秒間注視することで文字を入力することができる．

2.2 実験方法

実験には指定したランダムの 5 文字を入力してもらい，その時間を計測した．直接入力方式および符号化入力方式において，本人がキャリブレーションを行った場合，他者のキャリブレーションを使用した場合の 4 条件とした．それぞれの条件において，5 パターンの 5 文字を入力してもらった．なお，符号化入力方式においては，すべて 19 符号で 5 文字が入力されるようにした．実験後，入力の容易さについてのアンケートを行った．

実験者は 20 代 5 名とした．ディスプレイは 23inch，被験者から 65cm の位置に設置した．また，画面右上に入力文字および入力符号を呈示した．実験は蛍光灯下で行い明るさは 320lx とした．視線計測装置には Tobii eyeX を使用した．

入力領域サイズは，図 1 に示すように直接入力方式で 150×150pixel，符号化入力方式で 250×500pixel とした．検定には t 検定を用い，危険率 5%未満を有意水準とした．

なお，倫理的配慮として，事前に実験内容と注意事項を説明し，被験者の同意を得て実験を行った．

2.3 結果

文字入力に要した時間を図 2 に示す．直接入力方式の本人のキャリブレーションは 23.9 秒，他者のキャリブレーションは 44.9 秒，符号化入力方式の本人のキャリブレーションは 58.0 秒，他者のキャリブレーションは 51.9 秒となった．

直接入力方式では他者のキャリブレーション時の入力時間が長くなり，また入力時間のばらつきが多くなる傾向が見られた．一方，符号化入力方式では入力時間およびそのばらつきに大きな変化は見られなかった．検定を行った結果，両者ともに有意差は認められなかった．

誤字率に関しての結果を表 1 に示す．直接入力方式の他者のキャリブレーションでは 16%となり他 3 条件は 10%以下であるという結果になった．

アンケート結果については，最も文字入力が容易だったのは直接入力方式の本人のキャリブレーションで，最も難しいとされたのは直接入力方式の他者のキャリブレーションであった．

3.考察

直接入力方式における本人のキャリブレーションにおいて，入力時間が最も短くなった．これは 1 文字における入力手順が少なく，入力方法も容易であるためと考える．十分な精度のキャリブレーションが得られる場合において直接入力方式が適していることが示唆された．

直接入力方式における他者のキャリブレーションにおいて，入力時間が長くなる傾向であった．また，測定時間のばらつきが他条件と比較し大きくなって

いる．これは入力をしたい目的の文字を注視したとしてもキャリブレーションのずれにより，目的の文字が選択されず，被験者は使用中に視線を意図的にずらし文字入力を行ったためと考える．

符号化入力方式の本人のキャリブレーションにおいて，平均時間が多少長くなっている．これは本人のキャリブレーションの実験を先に行ったため符号化入力に慣れておらず入力に時間を要したと考えられる．

符号化入力方式の他者のキャリブレーションにおいては，本人のキャリブレーション時と大きな差は見られず，アンケートにおいても使い勝手が変わらないとの結果となった．これは入力領域を大きくとったため，キャリブレーションのずれがあっても入力領域内に収まったためと考えられる．

また，直接入力方式と符号化入力方式では符号化入力方式のほうが，入力時間が長いという結果が得られた．これは直接入力方式は 5 文字を入力するに場合，5 回の入力を要する．一方，符号化入力方式では 19 回の入力を必要とする．そのため，入力完了までに時間を要したと考える．しかし，1 回の入力では符号化文字入力において，入力時間が短いことが分かった．このことから，符号の種類を増やすことで入力時間の短縮が図れるのではないかと考えられる．

直接入力方式における誤字の主な要因は，「視線のずれ」によるものであったと考えられる．このため他者のキャリブレーションの誤差率は視線のずれの拡大が関係していると考えられる．

符号化入力方式における誤字の主な要因は，画面右上の入力符号確認の際に入力判定されてしまうというミスによるものであった．これは，符号の暗記もしくは，符号入力を補助することで低減できると考えられる．

以上の結果から符号化入力方式は直接入力方式と比較し，キャリブレーションの精度に影響が少なく，安定した文字入力が可能であると考える．

4.おわりに

本研究は，キャリブレーションをすることが困難な重度肢体不自由者に対し，符号化入力方式を用いた文字入力の検討を行った．本稿では，符号化入力方式および直接入力方式においてキャリブレーションの精度が与える影響を検討した．その結果，キャリブレーションの精度は文字入力時間のばらつきに影響を与えたが，符号化入力方式ではその影響が小さいことが確認された．

符号化入力方式において符号を記憶する必要がある．そのため，入力補助機能の検討が必要となる．また，現状では最適な符号数が不明であるため，符号の種類の検討を行う．実利用を考え，臨床現場のベッドサイドで使うことを想定した，小画面での検討も行う．

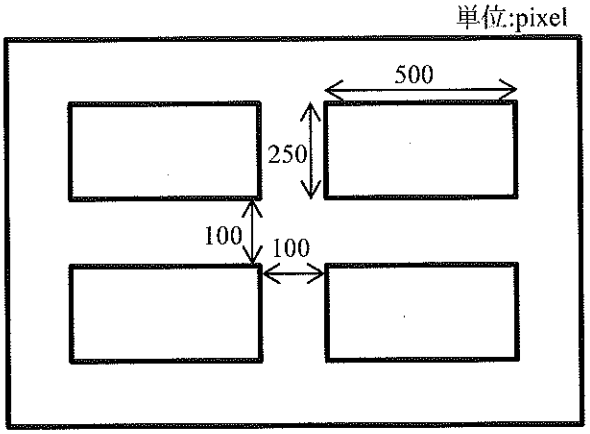


図 1 実験画面

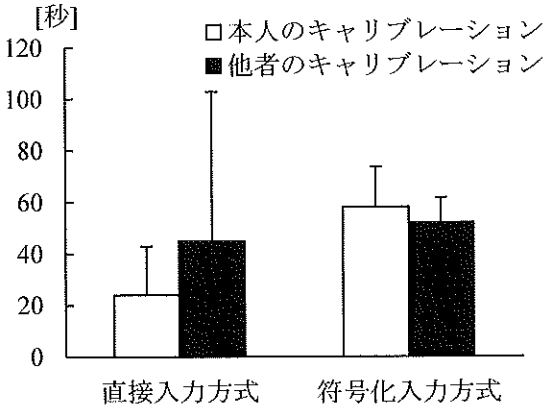


図 2 入力完了時間

表 1 誤字率[%]

条件	本人のキャリブレーション		他者のキャリブレーション	
	直接	符号	直接	符号
誤字率	5.6	5.6	16.0	4.0

5.参考文献

1)伊藤和幸・数藤康雄・伊福部達：重度肢体不自由者向けの視線入力式コミュニケーション装置，電子情報通信学会論文誌. D-I，情報・システム，I-情報処理，J83-D-I(5)，495-503，2000

2)大野健彦：1 点キャリブレーションによる視線計測とその応用，情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション（HCI），67-74，2006

3)小山智史：複数個のスイッチを用いるコミュニケーションエイドの適応符号化入力方式，電子情報通信学会技術研究報告. HCS，ヒューマンコミュニケーション基礎，96(242)，25-30，1996

[連絡先]
佐々木　優貴乃
e-mail:m125021@ooya-lab.main.jp

一般医薬品添付文書の理解度向上に関する研究

○法師人大基，三林洋介
東京都立産業技術高専

A Study in improvement of understanding level of medical package insert

Daiki Hoshito, Yousuke Sanbayashi
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

2009年の薬事法改正によるOTC薬化に伴って今日の医薬品医療には生活者のセルフメディケーションの実践が求められている。セルフメディケーションは、自分自身の健康に責任を持ち、軽度な身体の不調は自分で手当てすることとWHOが定義しており。生活者自らが自己責任で医薬品を服用しなければならない。しかし、現在使用されている医薬品添付文書は記載項目が薬事法によって規定されているものの、我々生活者にとって、決してわかりやすいとは言えない。太田等は患者向け副作用情報提供文書に用いられている言葉の分類および評価を通して重篤副作用疾患別対応マニュアルに含まれる専門用語が情報提供の妨げになっているということを明らかにした[1]。

本研究は、記載文書や用語の難易度に着目して視線計測実験を通して医薬品添付文書の理解度向上について探究する。具体的には文章中に用いられる用語の難易度を変化させて添付文書読解時の視覚特性を分析評価する。

2. 実験方法

文字や文書に着目して実験を行うために図1の添付文書の文書の中のしてはいけないことの項目を画面上に提示して実験を行ってた。被験者はPCディスプレイの前に着座して画面に添付文書を出力して読解してもらう。使用する添付文章は独自に作成された添付文章を使用した(図1)。読解スピードは被験者個々のペースで自由に読んでもらい、その後、記述の内容に関係する質問を行う。質問は医薬品情報に配慮して事前に作成した。その後スライドの中で読みにくかった点やわからなかった用語を挙げてもらいヒアリング調査を行った。読み方を計測するために実験中は被験者の視線を計測しながら行った。使用した視線計測器はTobii社製のTobii X2-30を使用した。この測定機器はサンプリング周波数は30Hzのものを使用し計測、解析ソフトはTobii社製のTobii studioである。被験者は薬の知識を持たない心身共に健康な成人学生11名とした。写真1

3.結果と考察

図2に解析に用いたヒートマップを示す。ヒートマップとは複数の被験者の画面上表記文字を読解した際の停留状況を視覚化したもので色で停留時間の長短を区分している。例えば赤は停留が長いことを示し、

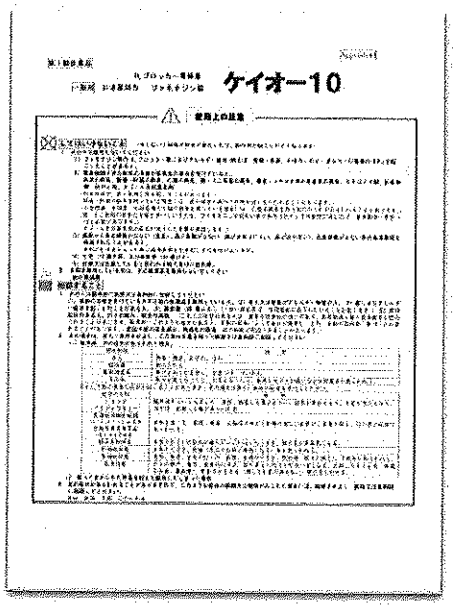


図1．実験に使用した添付文書

写真1．実験風景

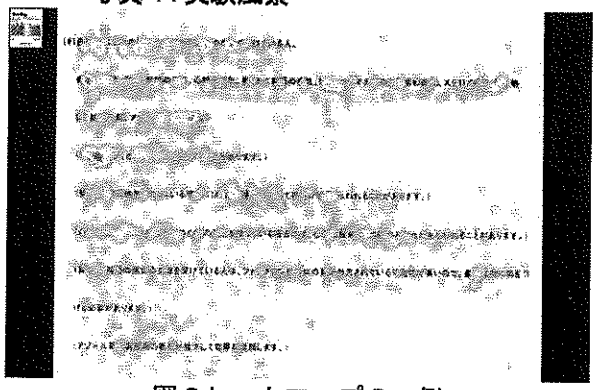


図2ヒートマップの一例

3. 結果と考察

グリーンは最も短いことを示している。図から視線の停留が点在している一文書、一文節、一単語（用語）、一文字とヒートマップの停留位置か

ら解析した際、単語によりその停留が長短が最も顕著に認められた。

そこで医薬品添付文書内の難読用語が文書の読解効率に影響を及ぼすか解析することにした。比較のために使用した視線停留点は 150msec, 2 度と定義した。視線停留回数, 視線停留時間, 視線停留時間の最大値を添付文書に用いられている用語ごとに求めて実験直後のヒアリング調査に聴取した難読であった用語と難読の訴えがなかった用語（非難読解）間で比較してみた。このとき、用語の長さによる視線停留時間の長短に配慮したその結果として図３に視線停留回数、図４に視線停留時間の合計時間、図５に視線停留時間の最大値の群内の平均値を記す。

難読用語として使用した用語は、被験者の過半数以上がわからないと回答した「ファモチジン」,「Ｈ２ブロッカー薬」,「アゾール系抗真菌剤」など 3 語で難読群とした。また非難読用語はヒアリング調査にて全ての被験者がわからないと回答しなかった「心筋症」,「心電図異常」,「免疫系」など 3 語で非難読群とした。図から、難読用語群は非難読群と比較して停留回数、停留時間が読解効率にネガティブな影響を与えていることも考察できる。このことから難読用語が添付文書の読解効率阻害の一つともなっていて読解効率向上のためにこれらの用語について補足文書を追記したりまたは用語の代替を検討するとよいと考える。

次に添付文書の理解度と視線停留点, 時間値の関係を明らかにするため理解度調査結果と視線停留回数、視線停留時間値の平均、最小、最大にて相関分析を行った。結果を表１に示す。相関係数の結果から視線データと理解度の間に大きな相関関係は認められなかった。本実験の添付文書読解においては視線停留点, 時間の大小は添付文書全体の理解度の優劣にまで影響を与えるに至らなかったものであり更なる詳細解析を継続したいと考える。

4. まとめ

医薬品添付文章の読解中視線計測を通して文章中の主観的難読用語における中止停留特性を明らかにすることができた。また, 理解度には影響を与えなかったものの難読用語の使用は読解効率にネガティブに作用していることが認められた。情報表記における難読用語使用について検討する余地がある。

表１. 相関分析の結果

	回数	平均	最大値	最小値	合計値
相関係数	-0.203	0.104	0.246	-0.23	-0.025

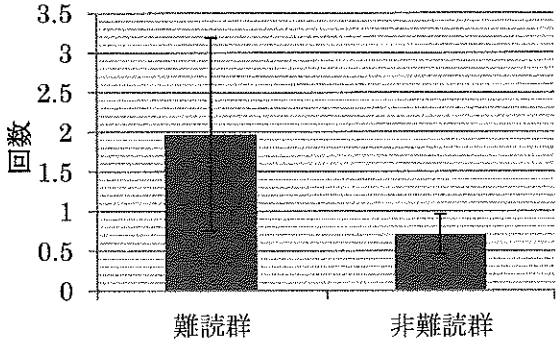


図 3. 難読用語使用における視線停留回数

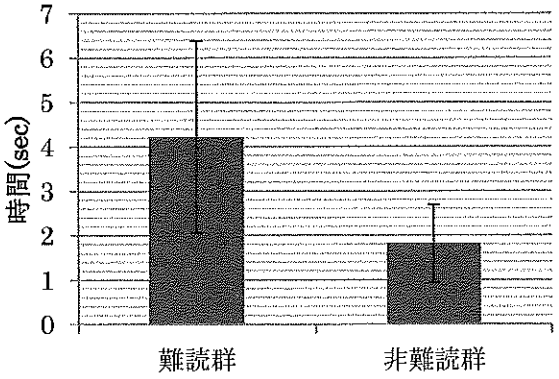


図 4. 難読用語使用における視線停留時間値

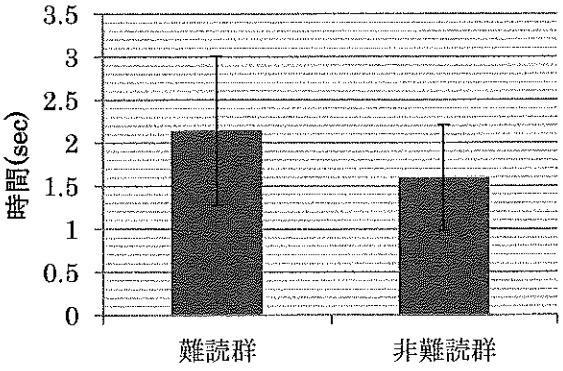


図 5. 難読用語使用における視線停留時間の最大値の平均

参考文献

(1) 太田有香、大津史子、後藤伸之 他太田有香、大津史子、後藤伸之 他 医薬品情報学 H26 Vol.16 No.3p.125~136(2014)

(2) 橋口 正行 望月眞弓 一般医薬品添付文章理解度調査法の開発、医薬品情報学 Vol14、No.4p.144~160(2013)

(3) 増江俊樹、望月眞弓、三林洋介、医薬品添付文書理解度に関する視線計測評価、日本人間工学会関東支部第 43 回大会講演集 p114~115,(2013)

[連絡先]
法師人 大基
東京都立産業技術高専 三林研究室
e-mail : 1911a1.shift@gmail.com

新旧輸液ポンプの模擬投薬タスクにおける行動分析

○田口　雄基[*1]，高尾　秀伸[*1]　鈴木　聡[*2]
神奈川工科大学創造工学部ロボット・メカトロニクス学科[*1]，神奈川工科大学工学部臨床工学科[*2]

Action analysis in the simulated medication task using old and new model infusion pumps

Yuki Taguchi[*1], Hidenobu Takao[*1], Satoshi Suzuki[*2]
Department of Robotics and Mechatronics, Kanagawa Institute of Technology *[1],
Department of Clinical Engineering, Kanagawa Institute of Technology *[2]

1. 目的

1.1 研究背景

輸液ポンプは医療現場において幅広い診療科で最も多く使われている医療機器の一つであり、薬液を緩徐に投薬するものである [1]. 近年, 従来型から大きく変化したインターフェースを持つ新しい輸液ポンプが販売されている. 輸液ポンプメーカーがどのような設計思想や意図に基づいて後継モデルを作ったか明らかでないが、恐らくより良い“ものづくり”の発想で, 旧型の改善, 新機能追加等の改良を行ってきたと思われる. しかし, それらの改良について使用者視点の調査が行われていない.

そこで本研究では, 新旧輸液ポンプを利用し, 投薬を模擬したタスクを臨床工学技士の学生・教員・現任者に与えた際のデータを元に, 被験者・装置から類推される特徴・問題点を明らかにすることを目的とする.

2. 実験

2.1 実験器材

以下の機材を使用した. テルモ社製輸液ポンプ TE-161S(旧型)ならびに TE-LM800A(新型), 同社製輸液セット シュアプラグ®, 点滴スタンド, 三方活栓, アイマークレコーダ（以下、EMR）：竹井機器工業製 TalkEye Lite, ビデオカメラ

2.2 被験者

本実験の被験者として、臨床工学技士になるための学生（臨床実習を終えた最終学年）5 名（以下、学生）, 現場で働いている臨床工学技士 5 名（以下、現任者）, 臨床工学技士の養成施設教員 2 名（以下、教員）とした. 現任者は旧型を日頃から利用しており、教員も旧型の操作経験を有す. それ以外は使用経験が無い.

2.3 実験方法

患者への投薬を模擬した以下のタスクを課した。用意された薬液とチューブを輸液ポンプにセットし、予定総量 200mL、速度 50mL/h で設定するよう指示し、それ以上詳細な説明はしていない. その後、観察者が下流側回路を加圧することにより意図的に閉塞警報を報知させ、その対処をさせる. この一連の行動をビデオカメラで記録した. また被験者には EMR を装着し視線も記録した. 実験タスクは新旧装置ともに、機種選択, 点滴スタンド取り付け, 電源起動, チューブ取り付け, 投与条件設定, チューブ接続, 送液開始, エラー対処というサブタスクから構成される. 手順は, メーカーの添付書 [2,3] を元に想定すると、表 1 のようになる. 新型では, チューブに AFF（Anti Free Flow）クリップというフリーフロー事故防止目的部品が装備され、その装着というサブタスクが追加されている.

表 1　新旧装置の操作手順

旧型	新型
1.ポールクランプ操作	1.ポールクランプ操作
2.点滴スタンド取り付け	2.点滴スタンド取り付け
3.ドアを開ける	3.ドアを開ける
4.電源を付ける	4.電源を付ける
5.セルフチェック	5.セルフチェック
6.クレンメを閉じる	6.輸液セット確認
7.チューブ取り付け	7.AFFクリップ取り付け
8.ドアを閉める	8.クレンメを閉じる
9.流量設定	9.チューブ取り付け
10.予定量設定	10.ドアを閉じる
11.クレンメを開ける	11.流量設定
12.チューブ接続	12.予定量設定
13.送液開始	13.クレンメを開く
	14.チューブ連結
	15.送液開始

3. 解析方法

各被験者の作業時間より、サブタスクレベルで新旧装置の差を把握し、差のあるサブタスクについて、ビデオと EMR データから行動の違いを探索し、行動形成要因を類推した.

4. 結果

4.1 時間結果

各サブタスクにおける作業時間の平均を図 1 に示す.

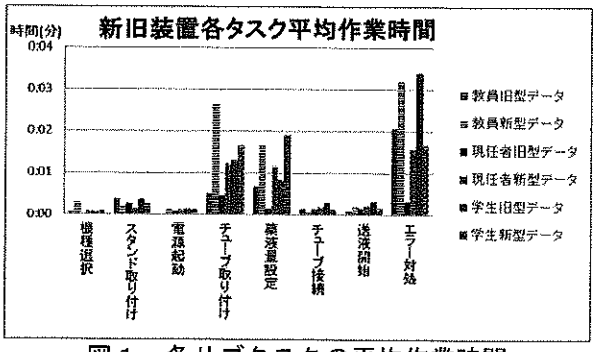


図 1　各サブタスクの平均作業時間

いずれの被験者グループともチューブ取り付け, 薬液量設定, エラー対処のタスクの作業時間が旧型

より増加していることが判明した.

4.2 タスク解析結果

各被験者で観察されたサブタスクのシーケンスを表２ならびに表３に示す．表中の数字は表１に示したサブタスクである.

表２　観察された旧型のサブタスクシーケンス

教員A	教員B	現任者A	現任者B	現任者C	現任者D	現任者E	学生A	学生B	学生C	学生D	学生E
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	4	6	3	12	3	4
7	7	7	4	4	4	3	3	7	3	7	5
8	8	8	5	5	5	5	7	8	8	8	3
8	4	4	7	7	7	6	8	4	4	12	7
4	5	5	8	8	8	7	4	5	5	4	8
5	9	12	11	11	10	8	5	10	3	5	9
10	10	9	10	9	9	11	11	9	7	11	10
9	11	10	9	10	11	12	12	11	8	9	12
12	12	11	12	12	12	9	9	12	9	10	11
11	13	13	13	13	13	10	10	13	10	13	13
13						13	13		11		
									12		
									13		

表３　観察された新型のサブタスクシーケンス

教員A	教員B	現任者A	現任者B	現任者C	現任者D	現任者E	学生A	学生B	学生C	学生D	学生E
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3
9	9	9	4	4	3	5	5	9	4	4	4
7	10	10	5	5	5	3	3	10	5	5	5
10	4	14	6	6	6	6	6	4	6	6	6
4	5	4	9	9	9	9	7	5	9	9	13
5	3	5	10	7	7	10	13	3	7	10	9
11	6	3	3	9	9	3	9	10	10	3	10
12	7	7	7	10	10	7	10	3	14	7	7
13	9	9	9	14	11	9	11	6	13	9	9
14	10	10	10	11	13	10	12	7	11	10	10
15	12	11	14	12	14	14	13	9	12	14	11
	11	12	11	13	12	12	15	10	15	13	12
	13	13	13	15	15	11		11		11	13
	14	15	14			13		12		12	15
	15		12			15		14		15	
			15					13			
								15			

全ての被験者においてメーカー推奨手順の完全一致は観察されなかった．また、新型は一部のサブタスクを１度で方略できず、繰り返しが観察された被験者が多かった．新型の薬液量設定では、数値設定の桁を増加させる新機能[3)]が追加されている．AFF を含め、新機能に対する適正利用ついての観察結果を表４ならびに表５に示す.

表４　AFF クリップ使用状況

チューブ取り付け	先に電源を付けたか	説明画面の注視	AFFクリップエラーは発生したか
教員A	×	見ていない	発生せず
教員B	×	見た	発生した
現任者A	×	見た	発生した
現任者B	O	見た	発生せず
現任者C	O	見た	発生した
現任者D	O	見た	発生した
現任者E	O	見た	発生せず
学生A	O	見た	発生した
学生B	×	見た	発生せず
学生C	O	見た	発生せず
学生D	O	見た	発生した
学生E	O	見た	発生した

表５　薬液量設定新機能使用状況

薬液量設定	数値設定の桁増加機能利用	増加機能装備の推察	内在知識はあったか
教員A	×	×	無し
教員B	×	O	無し
現任者A	O	O	無し
現任者B	O	O	有り
現任者C	O	O	有り
現任者D	O	O	有り
現任者E	×	×	無し
学生A	×	×	無し
学生B	×	×	無し
学生C	×	×	無し
学生D	×	×	無し
学生E	×	×	無し

多くの被験者において、AFF を装着せず、チューブカバーを閉じてから「AFF 未装着警報」の報知により発見する結果となった．また流量設定の新機能も利用した被験者は少なかった.

5. 考察

図１の如く３つのサブタスクで時間がかかる傾向があり、それらは被験者グループ間でも差を認めた。旧型では使用経験を有する教員・現任者グループは、内在知識の利用が時間短縮に影響したと思われ、さらに現任者は“慣れ”による短縮化も加わったと見なせる．使用経験に基づく“慣れ”が新旧両機種とも無いと考えられる学生については、新型の方が短時間でタスク方略ができており、新型のガイダンスには一定の効果があると思われる。しかし、表３の通り、作業のやり直しが多々観察され、ガイダンス方法には改善の余地があると推察できる.これは表４および５に示した“追加された新機能”を使用出来ていない結果からも類推され、設計上、アフォーダンスやメンタルモデルへの配慮が求められる.

6. 結論

本研究によって以下の知見が得られた.

1) ユーザーの想定やメンタルモデルへの配慮により、使用性向上が見込まれる.
2) 新部品・新機能には、特にわかりやすいガイダンス機能が求められる.

7. 引用文献

1) 日本生体医工学会 ME 技術教育委員会:ME の基礎知識と安全管理,pp385-393
2)テルモ株式会社：テルフュージョン輸液ポンプ TE-161S 添付文書【2012 年 10 月改訂】,pp2-3(2012)
3) テルモ株式会社：テルフュージョン輸液ポンプ LM 型（コード番号：ＴＥ－ＬＭ７０２Ａ、ＴＥ－ＬＭ８００Ａ）添付文書【2013 年 2 月改訂,pp2-5(2013)

[連絡先]
田口雄基　e-mail:tko15taguchi@gmail.com

計算課題の正誤における事象関連電位の相違に関する研究

○松田拓真*，長谷川祐司**，舩田眞里子**
*白鴎大学経営学部

A study of the Reflection of Correct and Incorrect Answers during a Calculation Task in ERPs

Takuma MATSUDA*, Yuji HASEGAWA, Mariko FUNADA****

1. はじめに

事象関連電位 [1,2]（Event-Related Potential，以下 ERP と略称）は，臨床・犯罪捜査・心理学・人間工学・学習など様々な分野で応用されている。筆者らは教育工学の観点から課題の習熟を ERP を用いて判別するなどの試み [3]を行ってきた。

本研究では「計算課題実行時の正答と誤答の場合に生じる事象関連電位は異なる」という仮説を立て，実験・検証を行った。

2. 実験方法

(1) 被験者:男女 5 名(男性 3 名，女性 2 名，平均年齢 22 歳)で実験を行った。*a*～*e* で識別する。

(2) 実験場所:外界から遮断され，実験のみに使用される研究室。実験への集中保持に配慮した。

(3) 刺激の種類:2 種類。一つは図 1(i)のような「3 桁の数」割る変数イコール「2 桁の数」となるような 1 桁の変数の値を求める 1 次方程式（虫食い算）である（刺激 A）。他方は，答えの入力を促す○（図 1(ii)）（刺激 B）とした。

(4) 刺激表示のタイミング:19 インチの画面の中央に画像を 1 秒間ずつ，間に白色画面を 1300ms を平均とした 1200～1400ms のランダムな間隔をおいて表示した。被験者は画面と目の距離が 60～80cm となる位置に腰掛けた。刺激の大きさは，縦約 2.14cm，横約 6.32cm である。

(5) 課題(タスク):刺激 A 提示時に割り算を暗算で行い，刺激 B 提示時に，テンキーからブラインドタッチで方程式(虫食い算)の解を入力する。

(6) 反復回数:刺激 A，B を一組としたものを 100 回。

(7) 脳波:脳波は,国際 10-20 法による A1A2 を基準電極とする Cz, Pz, C3, C4 の単極導出とした。A/D 変換のサンプリング周波数は，1kHz である。

実験は，正答率 90%以上を目標として，1 週間毎に 8 回以上反復した。

3. 解析方法

フィルタ処理により測定データの雑音を低減し，各刺激 A，B について測定データを標準化した．標準化データを実験日ごとに正誤別に加算平均し，実験日ごとの ERP を求めた．さらに，全実験日の ERP を加算平均して個人ごとの ERP を求めた。また，全被験者の全実験日の正誤別平均 ERP を求めた。解析結果は Cz を中心に記述する。

184 ÷ □ = 23　　○

(i)虫食い算の刺激 A の例　(ii)答入力刺激 B

図 1　実験に使用した刺激 A の例と刺激 B

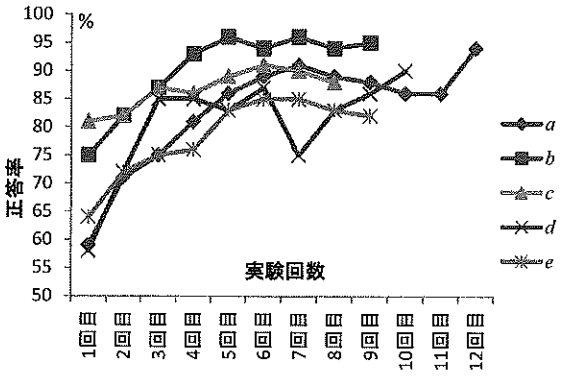


図 2　全被験者の正答率

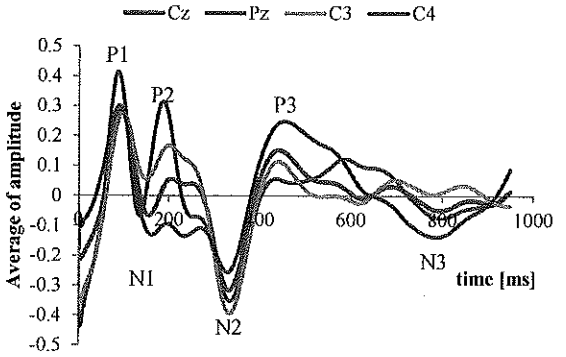


図 3　全被験者の正答の場合の重み付き平均 ERP

4. 結果と考察

図 2 は，全被験者の正答率の変化である。横軸は実験回数で縦軸は正答率である。この実験は，正答率 90%以上を目標にしたが，被験者 *e* を除いて全員目標を達成した。

図 3 は，全被験者の全実験日の正答の場合の重み付き平均 ERP である。横軸が刺激表示後の時間（ms）で，縦軸は電位の振幅である。この課題に対しては，潜時が短い方から順に P1, N1, … , P3, N3 などと呼ばれる正・負の頂点電位が出現するものと考えられる。視覚誘発電位 P1, N2 などは個人差が小さく，P2, P3, N3 などでは個人差が大きいと推定される。Pz の P2 は，個人差が小さい。

図 4 は，正答した場合の被験者 *b* の実験回ごとの ERP の変化である。() 内の数値はデータ数である。頂点電位 N1, P2, N2 などの潜時の変化は小さい。

図 5 は，正答・誤答の場合の全実験日の重み付き平均 ERP である（Cz, 被験者 *b*）。P1 の潜時と振幅で顕著な差が認められる。正答の場合は，図 4 の P1 の出現状況から，P1 の潜時のばらつきが大きため低振幅になっていることが認められる。

次に，各頂点電位に対して，変数 Pos_Pk, Pos_A_Pk，をそれぞれ定義する。ここで，Pos は測定部位（Cz, Pz, C3, C4), Pk は頂点電位（P1, ..., N3），A は Pk の振幅を示し，Pos_Pk はその潜時である。全被験者の全実験日の ERP について全ての Pos_Pk, Pos_A_Pk を求めた。図 6 は被験者 *b* の Cz の潜時の値 CzP1 ,..., CzN3 である。被験者 *b* は 7 回目まで単調に正答率が増加しており，それに対応して N1, ..., P3 の潜時が減少傾向にあることを示している。

上で定義した変数を用いて，ステップワイズ法により被験者別に判別分析を行った。被験者 *b* では，変数｛CzAP1, CzN2, PzAP3, C3AN3｝が抽出され，判別率 100%を得た。図 7 は抽出された変数のうち振幅に関するデータである。横軸が正答の場合の ERP に関する値で，縦軸が誤答の場合である。直線は正答と誤答の場合の値が一致する点を示している。抽出された変数 C3AN3 は，正答の場合の値の方が大きい。CzAP1 は逆に小さい。

5. まとめ

以上の解析結果は，仮説「計算課題実行時の正答と誤答の場合に生じる事象関連電位は異なる」が肯定的に検証されることを示唆している。この相違の原因が、測定環境等の外的要因や疲れや集中力の変動などの内的要因に起因する揺らぎであるか、脳内の処理過程の機序が異なることに起因するか等の検討は今後の課題である。他の被験者に関しても同様な検討を行い，個人差も含めてより詳細な検討を行うことも必要である。

参考文献

1) 入戸野 宏・堀 忠雄 心理学研究における事象関連電位（ERP）の利用 広島大学総合科学部紀要 Ⅳ理系編, 26, 15-32, 2000.
2) Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R., Jr., Miller, G. A., Ritter, W., Ruchikin, D. S., Rugg, M. D., & Taylor, M. J. 2000 Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. Psychphysilogy, 37, 127-152.
3) Mariko Funada, er al., Quantification and Analysis of the Efficiency of Iteratiive Learning by Using Event Related Potential, Educ. Technol. Res., 35, 1-11, 2012.

[連絡先]
松田　拓真　e-mail : 15123282@sd.hakuoh.ac.jp

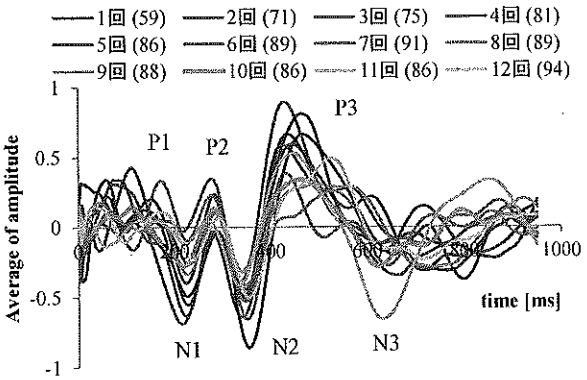


図 4　正答した場合の実験回ごとの ERP
（測定部位：Cz, 被験者 *b*, ( )内はデータ数）

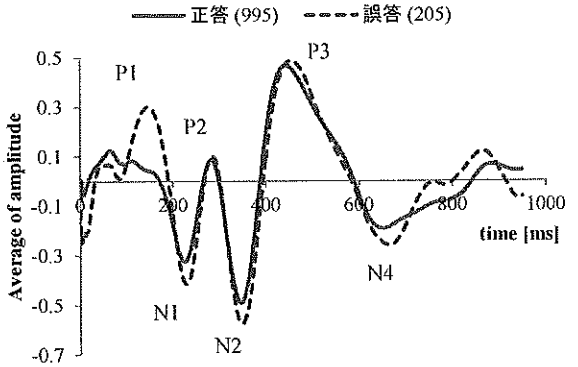


図 5　正答・誤答の場合の重み付き平均 ERP
（測定部位：Cz, 被験者 *b*, ( )内はデータ数）

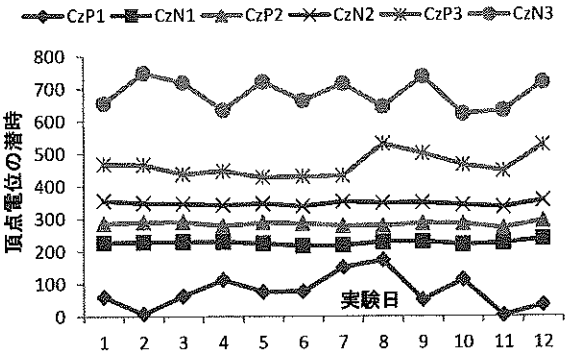


図 6　Cz の潜時 CzP1, ...,CzN3 の値（被験者 *b*）

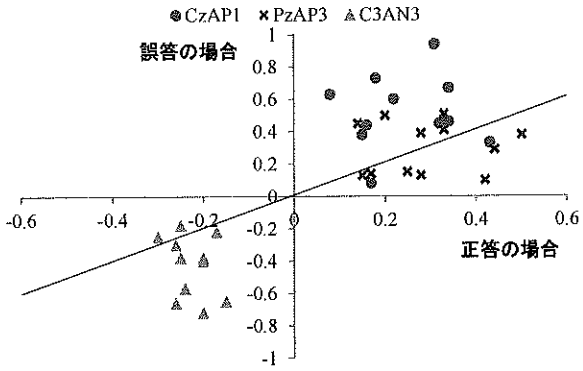


図 7　判別分析で抽出された振幅に関する変
（被験者 *b*）

指装着型ポインティングデバイスの開発

○中村洸樹*，佐藤雅也**，小山裕徳*，川澄正史*
*東京電機大学未来科学部情報メディア学科
**東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻
Development of a Pointing device of finger-fitting type
Koki NAKAMURA*, Masaya SATO**,
Hironori KOYAMA*and Masashi KAWASUMI*
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University,
** Department of Information Systems and Multimedia Design,
Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

1. はじめに

近年，モバイルパソコンの高性能化と軽量化が進み，持ち運びが容易になったことで，自宅やオフィス以外の場所でパソコンを操作する機会が増えている．

しかし，自宅やオフィス以外でのモバイルパソコンの使用は，膝の上に置いての使用，片手で抱えながらの使用となるため，パソコンを置く水平面が広く確保できない問題がある．また，最も一般的な外付けポインティングデバイスである光学式マウスの使用は難しい．そのため，多くのラップトップパソコンには水平面を確保せずに操作が可能なタッチパッドが標準搭載されているが，タッチパッドは操作範囲が狭く，ドラッグ操作などのカーソルを大きく動かす操作に向いていない．

そこで本研究では，水平面が確保できない状況や水平面が狭い状況でポインティングを行う事ができ，ドラッグ操作などのカーソルを大きく動かす操作に適した新しいポインティングデバイスの開発を行う．

2. 提案ポインティングデバイス

2.1 概要

本研究が目的としている，水平面が確保できない状況や水平面が狭い状況で操作が可能で，カーソルを大きく動かす操作に適したポインティングデバイスに必要な条件として以下の 4 つを定義した．

1) 片手での操作が可能
2) 操作時の動作範囲が小さい
3) 平面に置く必要がない
4) 手に持った状況でキーボード操作が可能

この 4 条件を満たしたポインティングデバイスとして，指に装着した 3 軸加速度センサから得られる傾きを信号とした手首の動きのみでマウスカーソルの操作を行うポインティングデバイスを提案する．

2.2 試作機機能

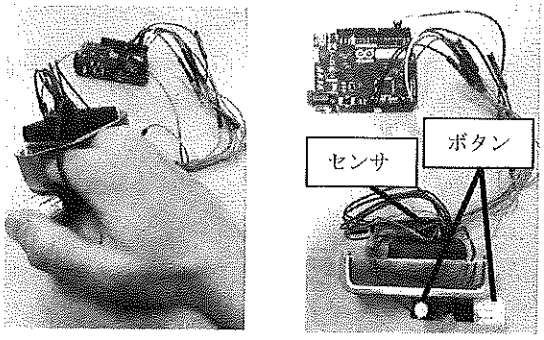
提案したポインティングデバイスが実際にポインティングデバイスとして使用できるか調査するため，指装着型ポインティングデバイスを試作した．試作した指装着型ポインティングデバイスでは，調査項目に関連する，カーソル操作，左クリック，右クリックの基本的な機能のみを実装した．

2.3 構成環境

指装着型ポインティングデバイスの装着例と全体図を図 1 に示す．使用機器として 3 軸加速度センサ (KXR94-205)，マイコンボード (Arduino Leonardo)，プッシュスイッチを採用し，開発を行った．ソフトウェアの開発は，統合開発環境「Arduino IDE」を使用しポインティングデバイスとして必要な機能を実装した．

2.4 試作器操作方法

ポインティングはカーソルを動かしたい方向に手首を左右前後に傾けることで行い，左右のクリックは指でプッシュボタンを押下することで行う．カーソルの移動スピードは傾きの大きさで調整を行う．



(a) 装着例　　(b) 全体図

図 1　試作した指装着型ポインティングデバイス

3. 評価実験

試作した指装着型ポンティングデバイスについて評価実験を行った．被験者は，若年健常者 5 名とした．ポインティングとクリック操作の評価を行うため，ターゲットをクリックすると一定範囲内に再びターゲットが表示される処理を 10 回繰り返すプログラム(以下，評価実験用プログラム)を使用した．

タスクとして，評価実験用プログラムの操作を

2 回および，パソコン画面両端の上方・中程・下方の計 6 箇所に配置したファイルアイコンを画面中央に配置したフォルダにドラッグアンドドロップする操作を行わせた．

実験後，5 段階評価の SD 法を用いたアンケートと操作感に関する「クリックがしやすかった」，「ドラッグがしやすかった」，「ポインティングがしやすかった」，「操作方法が直感的に理解しやすかった」の 4 項目について「全くそう思わない」から「とてもそう思う」までの 5 段階のアンケートを実施し，ポインティングデバイスの操作性についての評価を行った．

4.結果

SD 法アンケートの結果を表 1 に示す．「新しい - 古い」，「面白い - つまらない」，「珍しい - 見慣れた」の形容詞対の値が高く，「自由な - 不自由な」「安定な - 不安定な」の形容詞対の値が低い結果となった．

5 段階評価の操作感に関するアンケート結果を表 2 に示す．このアンケートでは，「クリックがしやすい」，「操作方法が直感的」の 2 項目にポジティブな評価が多く，「ドラッグがしやすい」，「ポインティングがしやすい」の 2 項目にネガティブな評価が多かった．

5.考察

SD 法アンケートの結果から，試作した指装着型ポインティングデバイスは「不安定」であるという結果が得られた．また，操作感に関するアンケートから，指装着型ポインティングデバイスは「操作方法は分かりやすくクリック操作が容易であるが，ポインティングが正確に行われない」という問題が示唆された．この要因として，手首を傾ける動作に慣れていないこと，設定した静止状態の傾きと被験者が想定した静止状態の傾きに誤差が生じたことが挙げられる．そのため静止状態の傾きを体感的に把握するのが難しくなり，カーソルの移動スピードの調整が細かく行われず，カーソルが想定通りに動かなかったことの 2 点が考えられる．

この 2 点の解決案としては，カーソルの移動スピードの最大値を引き下げ，3 軸加速度センサから得られる値の変化によって大きくカーソルの移動スピードが上がらない設定にすることで操作性の改善ができると考えられる．また，静止状態での 3 軸加速度センサの傾きをキャリブレーションできるようにし，静止状態の傾きを自由に変更できるようにすることで，操作性の改善ができると考えられる．

SD 法アンケートの結果から，指装着型ポインティングデバイスは「不自由」であるということが分かった．これは，試作した指装着型ポインティングデバイスでは被験者の指の大きさと形状に合わせてハードウェアのサイズと形状を変えておらず，指の太い人が使用した場合に指が固定されてしまい，不自由さを感じる結果となったと考えられる．この問題の解決案として，ハードウェアの指を挿入する部分のサイズを可変できるよう改良することが挙げられる．

6. おわりに

本研究では，水平面が狭い範囲で操作が可能であり，装着した状態でキーボードの操作ができるポインティングデバイスの開発を行っている．

今回の実験では，指装着型ポインティングデバイスの試作機を作成し，操作感の評価を行った．その結果，試作した指装着型ポインティングデバイスのポインティングは不安定であり，ハードウェアの形状にも問題があることがわかった．

今後は，考察で述べた指装着型ポインティングデバイスのソフトウェアとハードウェア両方の改良を施し，さらなる実験および検討を行う．次回実験を行う場合には，慣れの要素を考慮し，実験前に十分な練習時間を設ける．また，今回行わなかった，指装着型ポインティングデバイスを装着した状態でのキーボードの操作のしやすさを評価し，検討を行う．

表 1　SD 法アンケート平均結果

	平均
単純な - 複雑な	3.2
実用的な - 非実用的な	3.4
自由な - 不自由な	2.6
無駄のない - 無駄のある	3.6
新しい - 古い	4.8
使いたい - 使いたくない	3.4
速い - 遅い	3.8
面白い - つまらない	4.8
珍しい - 見慣れた	5
安定な　- 不安定な	2.4
優れている - 劣っている	3.8
必要な - 不必要な	3.8
好きな - 嫌いな	3.8

表 2　操作感に関するアンケートの結果

	全くそう思わない	そう思わない	どちらでもない	そう思う	とてもそう思う
ドラッグがしやすい	0 人	5 人	0 人	0 人	0 人
クリックがしやすい	0 人	0 人	0 人	2 人	3 人
ポインティングがしやすい	0 人	4 人	1 人	0 人	0 人
操作方法が直感的	0 人	0 人	0 人	2 人	3 人

[連絡先]
中村　洸樹
e-mail：12fi109@ms.denai.ac.jp

音を用いた歩行者信号における経過時間の把握方法

○村瀬裕子*，吉武良治*
*芝浦工業大学デザイン工学部ＵＸデザイン研究室

Method of Grasping the Elapsed Time by Using Sound in Pedestrian Signal

Yuko MURASE* and Ryoji YOSHITAKE*
*User Experience Design Lab, Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

情報化社会では音によるインタフェース（情報提示）が益々注目されている。音を用いた情報伝達の長所は、対象に目を向ける必要がない、すぐに検知できる、感覚的に情報を得ることができる、などがある[1)]。また短所としては微妙な差を区別しづらい、識別能力に個人差がある、時間的に保存できない、うるさいなどが挙げられる[1)]。

音によるインタフェースは、特に家電製品の報知音や自動車運転時の操作音などで役に立っている。最近では使用感を与えたり、誤作動を減らしたりするために、音がしないタッチパネルに操作音を与えることや、ほとんど走行音のしない電気自動車に人工的な走行音をつけて他のドライバーや歩行者、特に視覚障害者に、音によって車が近づいていることを知らせる方法についての研究も行われている。このように音による情報提示は視覚障がい者に情報を伝えるだけでなく、より多くの人に直感的に情報を伝えることに役立っている。

視覚障がい者に信号が青に変わったことを知らせる方法として音響式信号機が利用されている。これは鳥の鳴き声やメロディー、音声アナウンスによって信号が青であり、横断可能であることを伝えている。しかし、現在の音情報だけでは青に変わってからの時間経過や、あとどのくらいで信号が変わるのかを判断することができない。

本研究では、歩行者信号が青に変わってからの経過時間を、音を用いて直感的に伝える方法について検討し、歩行者が信号の状態に合わせて適切な行動をとることが出るようなサイン音を作成することを目的とする。

2. 信号機について

2.1 音響式信号機

音響式信号機の誘導音には故郷の空や通りゃんせなどの音楽が流れるメロディー式、ピヨピヨやカッコウといった鳥の鳴き声などの音が流れる擬音式、音声によってアナウンスを行う方式がある。

音響式信号機は全国で約 18100 基（そのうちメロディー式が約 780 基、擬音式が約 17300 基）が設置されている。約 98%が擬音式であり、警視庁は交差点の両側で違う種類の音を、時間をずらして鳴らす擬音式の異種鳴き交わし式の導入を進めている。

2.2 残り時間表示付き信号機

時間とともに減少するメモリによって信号現示の残り時間を示す信号機が設置されている（図1）。メモリを見ることで歩行速度に応じて横断行動をとることができる。

村田ら[2)]によると、目盛りにより残り時間情報を提供した時、赤開始時の歩行者残留率の減少効果が見られた。歩行者は残り時間情報をうまく役立てながら横断行動を行っていると考えられる。

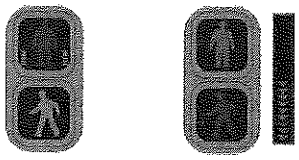


図１　残り時間表示付き歩行者信号

3. 実態調査

横断報道の現状を知るために、体験・計測による実態調査を行った。信号が青に変わってから点滅が終わるまでの間の様子を、音響用押しボタンを押した時と押さなかった時、それぞれをビデオカメラで記録し、分析した。また、そこに映る人の行動も分析した。

【実施場所】

主に音響式信号機が設置されている横断報道 30 か所（港区 14 か所、品川区 7 か所、豊島区 9 か所）

【測定項目】

横断歩道の長さ、音響用押しボタン・青延長用押しボタンを押したときの青信号の時間と青信号の点滅時間、騒音レベル

【結果・考察】

擬音式とメロディー式では音が鳴っている長さが違っており、さらにメロディー式の中でも長さが統一されていなかった。擬音式は青現示の間中鳴っていたが、メロディー式は青現示の間中鳴っているものもあれば、途中で止まってしまうものもあった。残り時間を表示する信号機では、多くの人がその表示を見ており、目盛りの状態に合わせた行動を取っていた。

4.サイン音の作成

継続時間や無音時間などの音響特性や、音高変化（周波数変化）やメロディー、和音、分散和音といった音楽的表現など、サイン音に影響を与え

ると考えられる要素は沢山ある。その中でも音楽的表現、特に音高変化に着目し、サイン音の作成を行った。

4.1 単純な音高変化での経過時間の検討

経過時間が大きくなるにつれて音高変化も大きくしたサイン音を図 2 のように作成した。これらのサイン音は時間が経つにつれ緊張感が増していくように感じられたが、全体としての変化が小さいので、経過時間や残り時間については把握しづらいことがわかった。

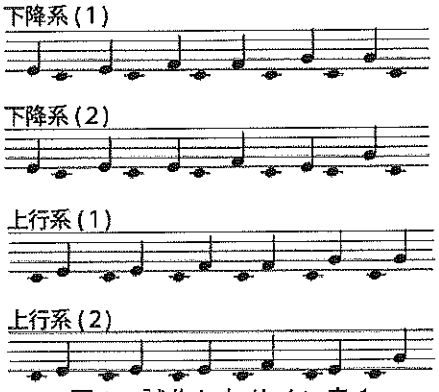


図 2　試作したサイン音 1

4.2 音高変化と機能イメージの活用

藤田ら [3] は継時的に鳴る 2 音の音高変化の違いが機能イメージとどう対応するのかを調べた。この実験では警告、開始、終了、報知、呼出の 5 個の機能イメージについてそれぞれ 7 段階で評価させ、音高変化との関係を調べた。

警報感については完全 1 度、増 4 度で強く感じられた。広い音程においては狭い音程と比べて警報感が高まる傾向が見られた。

開始感については、上昇する音程で強かった。上昇音程の中でも短 3 度、長 3 度、完全 4 度、完全 8 度上昇においては比較的開始感が強い。

終了感については下降する音程で強い。最も終了感が強いのは完全 8 度下降で、短 3 度下降、長 3 度下降が続くことが補足実験で示された。

音高変化と機能イメージの関係を利用し、図 3 に示すように、青信号の前半に開始のイメージ、後半に終了のイメージ、点滅時には警告のイメージをもたせたサイン音を図 4 のように試作した。

(1)は前半からの自然な流れを作るために、後半の音高変化がだんだん小さくなるように作成した。(2)は後半部分の音高変化を徐々に大きくした。(3)は後半の最初の音を高い音から始め、徐々に音高変化を大きくしていった。(4)は音高変化を一定の 3 度にし、前半部分では徐々に基準の音が上がっていくように、後半部分では徐々に下がっていくように作成した。(5)は後半部分に関して 3 度下降しながらも基準の音が高くなっていくように作成した。

これら作成したサイン音に対してヒューリスティックに評価を行った。その結果、試作したサイン音の上昇音程では不快を感じることがわかった。また、音高変化が大きい音程では緊張感や焦り、不快を感じることがわかった。前半、後半の切り替わりについてはほとんどの試作したサイン音がわかりづらく、途中から聴いた場合にどのくらいの時間が経過しているのかを、感じ取ることができないという課題が見つかった。

現在信号機で使われているサイン音が下降音程であり、音高変化もそれほど大きくない。その音に慣れ親しんでいるために、上昇音程や音高変化が大きな音程は不快に感じられたのだと考えられる。

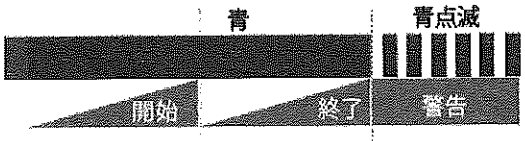


図 3　サイン音制作のイメージ

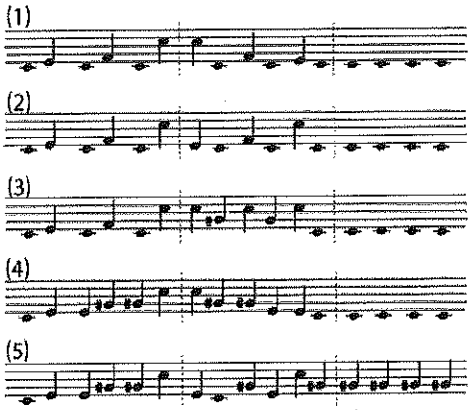


図 4　試作したサイン音 2

5.まとめ

作成・検討したサイン音にさらに修正を加え、評価実験と検討を繰り返し、歩行者が適切な行動を取れるようなサイン音を提案していく。

6.文献

1) 和氣早苗：SUI(Sound User Interface):サイン音を用いた情報提示とそのデザイン,ヒューマンインターフェイスシンポジウム 2005,105-110,2005
2) 村田啓介・浅野美帆・田中伸治・桑原雅夫：歩行者信号の残り時間表示方式の導入に伴う横断挙動分析,国際交通安全学会誌,v(31),76-82,2007
3) 藤田愛子・岩宮眞一郎：継時的に鳴る 2 音の音高変化がサイン音の機能イメージに及ぼす影響,日本音楽知覚認知学会平成 18 年度秋季研究発表会資料,89-98,2006

[連絡先]
村瀬　裕子
e-mail：cy12239@shibaura-it.ac.jp

光電脈波センサーを用いたうつ診断システム開発のための認知的負荷課題の検討

○佐藤直孝，橋爪絢子*，松井岳巳*
*首都大学東京　システムデザイン学部

The Cognitive Load of the Task Used in the Development of the Diagnostic System for Depression Using the Photoplethysmographic Sensor

Naotaka SATO*, Ayako HASHIZUME*, Takemi MATSUI*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

厚生労働省によると，精神疾患患者数は増加傾向にあり，2011年には320万にものぼる[1]．精神疾患患者の中でも，とりわけうつ病患者数が多い．

先行研究では，うつ病に伴う自律神経活動を表す心拍動変動指標(HRV: Heart Rate Variability)の変化パターンの違いが報告されている[2]．認知的負荷を与える課題中およびその前後のHRVの変化をみることで，うつ病の罹患の有無が判別できる．うつ病の罹患がない場合には，認知的負荷課題中に交感神経の活性を表すLF/HFが上がり，副交感神経の活性を表すHFが下がる．一方，うつ病を罹患している場合には，罹患していない者と比べて課題中のLF/HFの上昇やHFの下降の変化が鈍いことが分かっている．

当研究グループでは，うつ病の罹患の有無による認知的負荷課題中および前後のHRVの変化の違いに基づいて，うつ病の診断を行うシステムの開発を行っている．本システムは，脈波を計測しながら認知的負荷課題を与え，課題中およびその前後のHRVを算出し，その変化パターンからうつ病の診断を行うものである．スマートフォンのカメラを光電脈波センサーとして用い，指尖脈波からリアルタイムにHRVの算出が行えるように設計したもので，本システムによるHRVの計測精度は既に検証済みである[3]．

1.1 研究目的

本研究の目的は，開発中のうつ病の診断システムに導入する認知的負荷課題を検討することにある．4種類の認知的負荷課題を用意し，それらの課題の遂行中およびその前後のHRVの変化をそれぞれ比較し，本システムに導入する認知的負荷課題を検討した．

2. 光電脈波センサーを用いた認知的負荷課題の検討

うつ診断システムに導入する認知的負荷課題を，光電脈波センサーを用いた計測実験により検討した．

2.1 実験方法

健康な男子大学生7名(平均 22.9± 0.6歳)に参加してもらい，安静状態で脈波の計測を行った．実験参加者には椅子に座ってもらい，それぞれの課題の疲労感を評価するために，始めに計測前の疲労感をVAS(Visual Analogue Scale)を用いて主観評価してもらった．その後，光電脈波センサーに指をあて固定し，指を動かさないように教示を与えた．光電脈波センサーは，Pulse Sensor社製のSFE-SEN-11574を用いた．なお，光電脈波センサーの計測精度を確認するために，心電図による心拍計測も併せて行った．

実験参加者1名につき4種類の認知的負荷課題を行ってもらったが，各試行の順序はカウンターバランスをとった．また，計測前と各課題の計測後の疲労感の比較をするために，各試行が終了した後すぐにVASによる主観評価をしてもらった．各試行の流れを図1に示す．1試行の所要時間は合計360秒間で，始めに安静時間を120秒間とり，その後に課題の時間を120秒間と後安静時間を120秒間設け，その間の脈波を計測した．

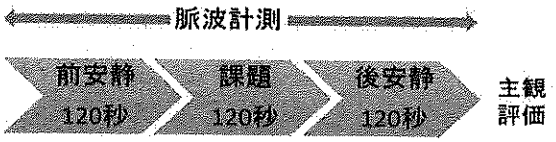


図1　1試行の流れ

2.2 検討した4種類の認知的負荷課題

認知的負荷課題は，先行研究[3,4]をもとに選定し，(1)鏡映文字課題と(2)ストループ課題，(3)言語流暢性課題，(4)乱数発生課題の4種類を用いた．

(1)鏡映文字課題は，1文字ずつ左右反転されて表示させた単語を正しく答えてもらう課題である．(2)ストループ課題は，単語の意味とその色が一致しないものを表示させて，文字の色を正しく答えてもらう課題である．(3)言語流暢性課題は，「あ」や「き」などのひらがな1文字を表示させ，1文字につき20秒間でその文字で始まる単語を，思いつく限り多く発してもらう課題である．(4)乱数発生課題は，1から9の数字をランダムに口述してもらう課題である．

2.3 解析方法

光電脈波センサーで計測した脈波から脈波のピーク間隔を検出し，高速フーリエ変換(FFT)によりHRVを算出した．FFTで解析するデータ長は64秒で，1秒ずつシフトさせて算出した．先述の認知的負荷課題中にLF/HF(交感神経)が上昇し，HF(副交感神経)が下降するという，うつ病の非罹患者の

HRV の変化の傾向[2]と各課題における HRV の変化傾向を比較した.

3. 結果と考察

4 種類の認知的負荷課題を遂行中およびその前後の LF/HF, HF の平均値とその推移を図 2 および 3 に示す. 本実験において検討した 4 つの課題のうち, 乱数発生課題のみにうつ病の非罹患者の HRV の変化傾向が確認された. 乱数発生課題を行った条件では, 実験参加者 7 名中 6 名にうつ病の非罹患者の HRV の変化傾向と同様の傾向がみられた. 乱数発生課題に対し, うつ病の非罹患者の HRV の変化と同じ傾向がみられなかった 1 名は, 乱数発生課題の練習経験を有しており, 課題を負荷として感じなかった可能性が考えられる.

図 4 および 5 に示した課題ごとの LF/HF, HF の変化からも, 乱数発生課題では課題遂行中に LF/HF が上がり, HF が下がる傾向が最も顕著に出ることがわかる. また, 鏡映文字課題においても, 乱数発生課題と同程度の LF/HF の上昇傾向が確認できるものの, HF にも上昇傾向がみられ, うつ病の診断を行うための課題には適していないと考えられる. 一方, ストループ課題においても, 乱数発生課題ほど顕著な変化ではないが, 課題中にうつ病の非罹患者と同じ HRV の変化傾向がみられた. 今後, さらにサンプル数を増やし, ストループ課題についても本システムに導入する課題としての適性を検証していきたい.

これらの結果から, 開発中のうつ診断システムに導入する認知的負荷課題として最も適している課題は, 乱数発生課題であることが示唆された.

4. 結論

本研究では, うつ診断システムに導入する認知的負荷課題を検討するために, 光電脈波センサーを用いて脈波計測を行い, 4 種類の認知的負荷課題の遂行中とその前後の HRV の変化を比較した. その結果, 乱数発生課題のみでうつ病の非罹患者と同じ HRV の変化傾向が確認でき, 乱数発生課題がシステムに導入する課題として最も適していることが示された.

5. 文献

1) 厚生労働省: みんなのメンタルヘルス,精神疾患のデータ, 精神疾患による患者数, 2011.
2) Shinba T.: Altered autonomic activity and reactivity in depression revealed by heart-rate variability measurement during rest and task conditions, Psychiatry and clinical neurosciences, 68, 225-233, 2014.
3) Kido S. et al.: Development and evaluation of a smartphone application for self-estimation of mental stress level, ISASE2015, E2-2, 2015.
4) 榛葉俊一: 総合失調症における乱数生成機能と前頭葉血流, 信学技報, 37, 7-12, 2005.
5) 滝沢龍ら: 精神疾患の臨床検査としての光トポグラフィー検査, MEDIX, 53, 30-35, 2010.

[連絡先]
佐藤　直孝
e-mail : topblue.yuuki@gmail.com

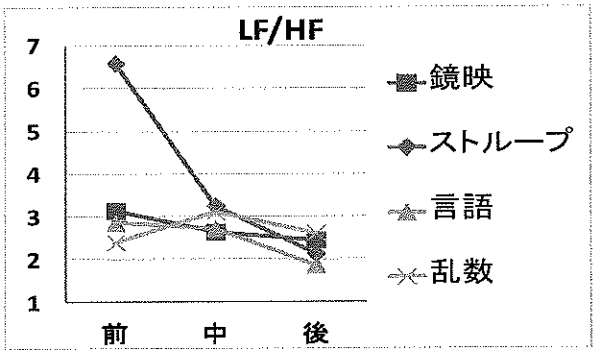


図 2　課題ごとの LF/HF(平均)の変化

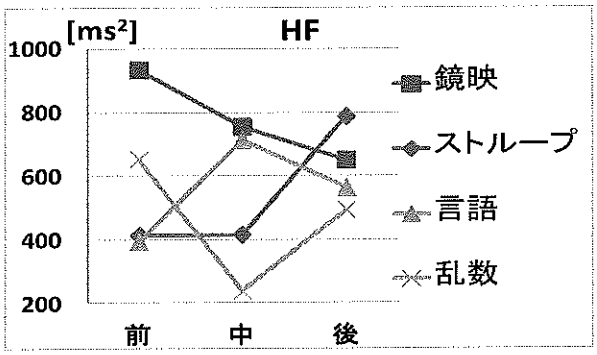


図 3　課題ごとの HF(平均)の変化

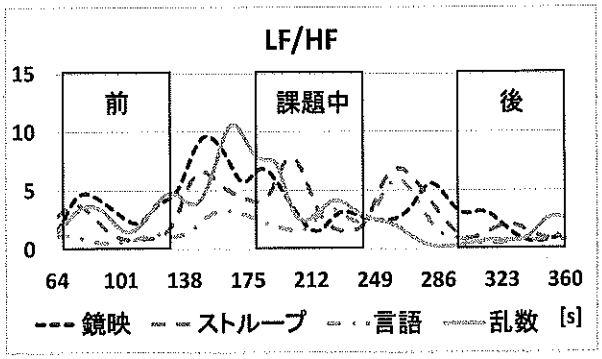


図 4　課題ごとの LF/HF の波形

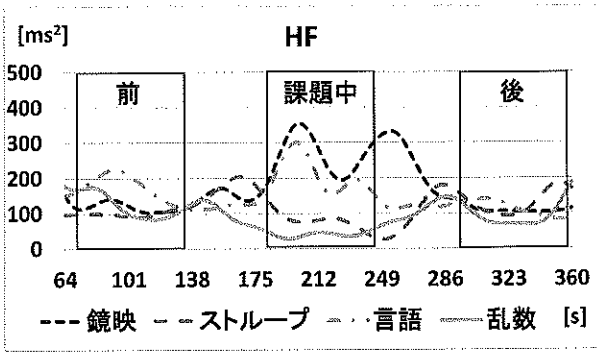


図 5　課題ごとの HF の波形

3次元ジェスチャー入力インタフェースのためのユーザビリティ評価項目の検討

○酒井恭平，西内信之
首都大学東京 システムデザイン学部

Study on Usability Evaluation Factors for Input Interface Using 3D Gesture

Kyohei SAKAI, Nobuyuki NISHIUCHI
Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

近年，マウスやキーボードの代わりとなる入力インタフェース（以後，入力 IF とする）として操作がより直感的な 3 次元ジェスチャー（以後，3D ジェスチャーとする）を用いた入力 IF の開発が進んでいる．3D ジェスチャーの認識には，従来は単眼カメラを用いた画像処理により行われていたが，現在は Kinect や Leap motion といったモーションセンサの性能が向上したため，ジェスチャーの認識は容易に行われるようになった．しかし，使われるセンサの種類やインタフェースの使用用途の違いにより，ジェスチャーの入力方法も様々な形がとられ，ユーザはその都度ジェスチャーを学習する必要がある．また，開発者による一方的な開発とジェスチャーの提案が先行しているため，ユーザにとっての使いやすさを十分に考慮したインタフェースの開発は十分であるとはいえない．

本研究では，3D ジェスチャー入力 IF のユーザビリティ評価に有効な項目の検討を行い，ユーザにとってより使いやすいジェスチャーの検証を試みる．また，入力 IF として，ハンドジェスチャーによって画面上のポインタ操作とクリック操作を行えるシステムを開発し，これらを評価対象として用いる．

2. 入力デバイスにおけるユーザビリティ評価

マウスやトラックパッドなどのポインティングデバイスの性能評価に Fitts の法則がよく使われる．Fitts の法則ではポインティングに要する時間がターゲットの距離と大きさによって示され，ターゲットまでの距離が長くなるほど，また，移動方向に対するターゲットの幅が小さくなるほど，要する時間が長くなるとされている．Fitts の法則を応用した最もよく使われる式が以下の I. S. MacKenzie ら [1]によって定式化されたものである．

$$T = a + b\log_2\left(\frac{D}{W} + 1\right)$$

ここで，Tはポインティング時間，Dはターゲットの距離，Wはターゲットの大きさ，aとbは実験によって決まる定数である．また，対数項は困難度 ID と呼ばれ，困難度の増加に対するポインティング時間の増加の割合を表す b によって，ポインティングの効率性を評価することができる．

さらに，ディスプレイ上のカーソルの速さを表すゲインを含めた Fitts の法則に関する検討として Graham[2]の研究があり，マウスのような間接指示デバイスを用いた環境では，Fitts の法則が画面上のカーソルの動きではなく手元の動きにより適合することが示されている．また，Welford ら [3]の定義した D と W を分離した式は，Fitts の法則の式よりも高い適合度が得られることが示されている．

このように，さまざまなポインティング手法に対し，Fitts の法則が必ずしも適用できるわけではないことが指摘されている．現在も，Fitts の法則を改良する試みや，2 次元または 3 次元タスクに拡張するなどの動きが盛んに行われており，多様な条件下でのポインティングの評価尺度として基本となる法則である．

3. 3D ジェスチャー入力 IF

3.1 ハンドジェスチャーによる入力 IF

現在は，マウスなどに代わりに手のジェスチャーによってポインタを操作する試みが盛んに行われている．Kinect，Leap motion，RealSense を代表とするモーションセンサでは，手の特徴点を追跡することが可能であるため，特徴点の移動をポインタ位置に対応付けることでポインタ操作を実現している．一方，PC 操作における「決定」に相当するクリック操作に関しては，様々なジェスチャーが考えられ，使用場面に適したジェスチャーの定義ができる反面，一貫性がとれないなどの課題がある．

3.2 本研究で開発したインタフェース

本研究では，3D ジェスチャー入力 IF のユーザビリティ評価を行うために，Kinect for Windows v2 を用いて，ポインタ操作とクリック操作を行える入力 IF を開発した．

ポインタ操作は，画面に対して水平方向の手の動きに対応し，マウスの特性を参考に加速度を適用することで，少ない手の動きに対して広いポインティング範囲を実現した．

クリック操作は，指で疑似的にタップする方法と，手を握るような形状にする方法の 2 種類を基本動作として適用した．タップによる方法では，指の位置が画面に近づき始めてから最初に遠ざかるまでの距離が，一定の値の範囲内のときに操作判定される（図 1）．指位置の追跡精度に依存するので，正しい動作を行っても認識されない場合が

ある．形状による方法では，センサの持つ標準機能をそのまま適用した（図2）．センサに対する手の向きによっては認識率が不安定な場合がある．

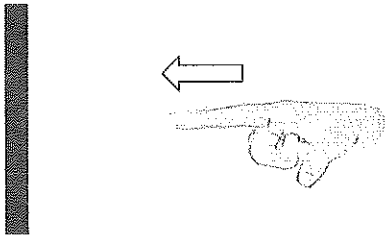


図1　指で疑似的にタップする方法

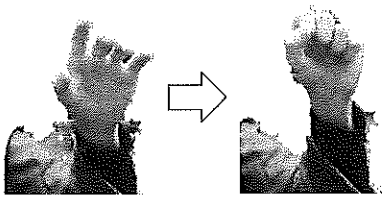


図2　手を握るような形状にする方法

3.3 ユーザビリティ上の問題 [4]

ジェスチャーインタフェースの開発が進む一方で，それらのユーザビリティにおける課題は多く存在する．

ジェスチャーIF の特徴として，使用場面に適したジェスチャーの定義ができることが挙げられる．ジェスチャーによるインタラクションに共通の基準がまだなく，ユーザは1つの IF を使用するごとにジェスチャーを記憶しなければならない．

3D ジェスチャーには直接的なフィードバックがないことも大きな問題である．ある程度は視覚的に情報を提示することにより補うことは可能であるが，ユーザの行うジェスチャーに対する安定性や学習性を損ねる要因として解決が難しい．

ジェスチャーの認識に関して，ユーザが意図しない誤った操作が起こる可能性がある．直観的で自然な動作を追求しすぎるとユーザが意図する操作との区別がつかなくなる問題が生じる．

3D ジェスチャーによる操作はユーザの体にかかる負担が大きいとされる.無理な姿勢を強いない工夫や,動作の繰り返しによる疲労を考慮した IF の設計が必要である．

本研究では，従来の Fitts の法則を用いた操作性の評価に加えて，3D ジェスチャーIF に特有なユーザビリティ項目による評価を行う．

4. ユーザビリティ比較評価実験

4.1 実験概要

本研究で予定する実験では，開発した 3D ジェスチャー入力 IF を用いて，Fitts の法則に基づいた実験タスクをユーザに行ってもらう．

クリック操作は 3.2 節で述べた方法の 2 種類とする．ポインタ操作は，1 つは，加速を適用したカーソル操作とし，もう 1 つは，絶対座標用いた手法とする．以上の組み合わせによる 4 つの条件下で，被験者には実験タスクをしてもらう．

タスクはいずれも，表示されたアイコンに対してのポインティングとクリック操作を含むものとし，Fitts の法則に基づいてアイコンの距離と大きさをそれぞれ 3 段階に設定する．

実験では，1 回の操作ごとに操作時間やエラー回数を記録する．エラーには，困難度に伴うミスクリックの他に，「クリック動作を行ったが認識されなかった」場合と，「クリック動作を行っていないにもかかわらず認識された」場合の 2 種類が存在する．エラーは原因による分類が必要であるため，プログラムで分類できないものに関しては目視での分類を行う．

また，アンケートにより，使いやすさや身体的な疲労の度合いなどの観点から主観評価を行う．

4.2 解析方法

得られた結果から，Fitts の法則への適合度を求めた上で，入力の違いによる効率比較を行う．

また，ポインティング方法とクリック方法の組み合わせによる優位性などを操作時間やエラー率，主観評価により比較し,それらの評価項目の有用性を検証する．

5. まとめ

本研究では，3D ジェスチャー入力 IF のユーザビリティ評価に有効な項目の検討を行う．ハンドジェスチャーによって画面上のポインタ操作とクリック操作を行えるシステムを開発し，ジェスチャーの認識率や身体的負荷などの 3D ジェスチャー入力に特有なユーザビリティ評価項目による比較を行い，評価項目の有用性を検証する．

参考文献

1) MacKenzie, I.S. and Buxton, W.: Extending Fitts' law to two-dimensional task, In *Proc. Of CHI '92*, pp.219-226(1992).
2) Graham, D.E.: Pointing on a computer display, *PhD thesis, the school of Kinesiology, Simon Fraser University*(1996).
3) Welford, A.T.: Fundamentals of Skill(1968).
4) U-site, JakobNielsen, Kinect Gestural IF: First Impressions（日本語版）. http://u-site.jp/alertbox/20101227_kinect-gesture-ux

[連絡先]
酒井 恭平
e-mail：sakai-kyohei@ed.tmu.ac.jp

1c2-2

光電脈波センサーによる簡易なHRV計測の提案とその精度検証

○扇谷彩*，橋爪絢子*，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部

A Simple Measurement Method of the Heart Rate Variability Using Photoplethysmagraphic Sensor and the Verification of Measurement Accuracy

Aya OGIYA*, Ayako HASHIZUME*, Takemi MATSUI*
* Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

近年，うつ病患者数が増加しており，日常的なストレスや不安の溜まった状態が長く続くことがうつ病の原因となりうるといわれている．うつ病の初期症状として，気力の衰退や不眠，倦怠感などがあるが，慢性化したストレス状態に対して現れるこれらの症状は，本人が気づきにくいという問題がある．そのため，うつ病の潜在患者も多く[1]，その初期症状を発見する方法が求められている．

これまで，うつ病に伴う自律神経失調傾向に着目し，自律神経の活動指標である心拍数変動指標(HRV: Heart Rate Variability)の変化パターンの違いが明らかにされてきた．榛葉ら[2]は，精神負荷課題時におけるHRVの変化がうつ病患者と健常者では異なると報告しており，その結果が客観的なうつ病判定の一助となることを示している．しかし，HRVは心電図計測により取得した心拍間隔から算出するのが一般的で，計測機器を扱うための知識を要する．そのため，うつ病の早期発見を考えた場合，医療機関にかかる前段階での利用は難しい．

そこで当研究グループでは，より簡単な方法でHRVの計測および算出が行えるよう，光電脈波センサーを用いたうつ傾向判定システムの開発を行っている．本研究の目的は，うつ傾向の判定システムを開発するための，心拍間隔およびHRV算出の精度検証にある．本論では，心電図から取得した波形と光電脈波センサーから取得した波形を比較し，心拍間隔およびHRVの算出精度を検証した．

2. 心拍間隔及びHRV算出の精度検証

2.1 開発しているうつ傾向判定システムの概要

図1にシステムのイメージ図を示す．本システムは，うつ病患者と健常者における精神負荷課題時におけるHRVの変化パターンの違い[2]を適用し，うつ傾向の判定を脈波計測から算出したHRVにより行うものである．

光電脈波センサーで脈波を計測する際，センサー部分に指を固定し続ける必要があるが，本システムではセンサー部分を樹脂素材でできたクリップに埋め込み，指をクリップに挟むだけで脈波計測が行えるようにした．光電脈波センサー(Pulse Sensor社のSFE-SEN-11574)の入ったクリップを指に装着して脈波計測をし，得られる指尖脈波のピーク間隔からHRVを算出する仕様とした．

2.2 実験方法

健康な学生20名(平均22.4±1.3歳)を対象に，本システムを用いて左手人差し指の指尖脈波の計測を行った．脈波の計測前に，うつ病自己評価尺度(SDS)と，血圧測定を行った．また，光電脈波センサーの計測精度を検証するために，心電図計測も同時に行った．

脈波の計測は合計で320秒間行い，密閉された防音室内で実施した．はじめに100秒間の安静状態での脈波を計測した．その後，うつ傾向の診断に用いるHRVの変化パターンを分析するために，120秒間の乱数発生課題を与え，その後再び安静状態での脈波を100秒間計測した．

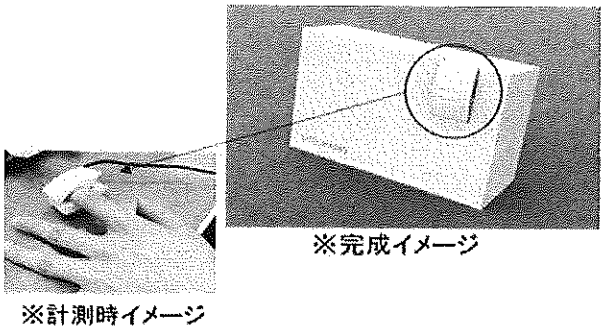


図1 うつ傾向判定システムのイメージ図

3. 解析方法

得られた心電図及び脈波波形に対し，心電図はR波から心拍間隔を算出し，脈波は計測波形を時間微分し，振幅の変化が大きい区間の変曲点をピークとして，ピーク検出を行った(図2)．なお，誤検出を避けるため，検出するピークは0.4秒間で1つとし，その間の最大の振幅をピークとした．

加えて，上記手法で取得した心拍間隔および脈波のピーク間隔に対して高速フーリエ変換(FFT)を行い，HRVを算出した．FFTで解析するデータ長は64秒で1秒ずつシフトさせて算出を行った．

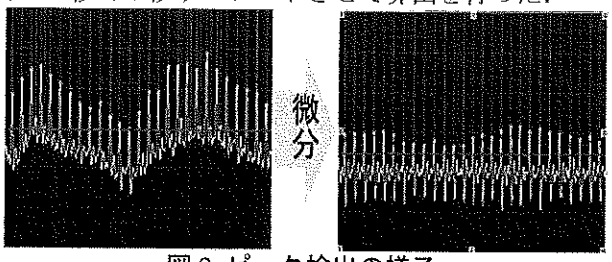


図2 ピーク検出の様子

4. 結果

光電脈波センサーから得られたピーク間隔，および心電図から取得した心拍間隔の時系列データを図 3 に示す． 実験参加者 20 名のうち 18 名は，光電脈波センサーで計測した脈波のピーク間隔と心電図の心拍間隔に強い正の相関が認められ(r=0.98, SD=0.003)，光電脈波センサーで計測した脈波から，心電図計測と同等のピーク間隔が取得できることが示された．脈波のピーク間隔がうまく取れなかった 2 名の両間隔の相関係数 r は，それぞれ 0.58 と 0.66 で，高い相関が示せた 18 名よりも低かった．

脈波のピーク間隔が取得できた 18 名のデータから HRV を算出し，心電図計測から算出した HRV との相関をそれぞれ求めた(HF: r=0.98, SD=0.017; LF: r=0.90, SD=0.26; LF/HF: r=0.98, SD=0.02)．両手法から算出した HRV の相関係数 r には強い正の相関が認められ，光電脈波センサーで取得した心拍間隔から心電図と同等の HRV が算出できることが示された．

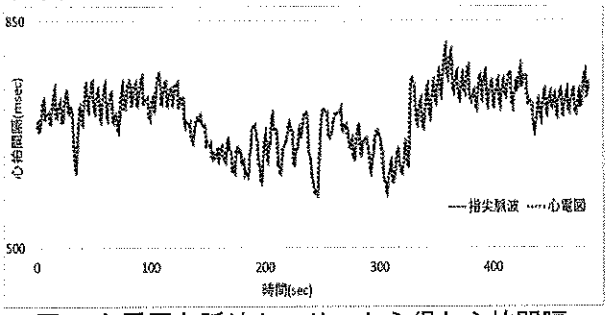


図 3 心電図と脈波センサーから得た心拍間隔

5. 考察

ピーク間隔がうまく取れなかった 2 名の脈波をみてみると，波形から心拍成分を取得できていない箇所が確認でき，その間のピーク間隔のみが取得できなかった．その原因として，この 2 名の血圧が他の実験参加者(収縮期血圧: r=124mmHg, SD=11.3; 拡張期血圧: r=73mmHg, SD=10.0)に比べて低い(収縮期血圧: 110mmHg 未満; 拡張期血圧: 70mmHg 未満)点があげられる．この 2 名の脈波においてピーク間隔が取得できなかった箇所は，精神負荷課題中に限定され，課題により交感神経が活性化し，指先の血流が一時的に悪くなったことに起因していると考えられる．

また，先行研究 [2)]では，うつ病患者と健常者の HRV の変化の違いとして，精神負荷課題中の LF/HF(交感神経活性)と HF(副交感神経活性)をあげている．これにならい，LF/HF と HF を用いて本システムによるうつ傾向の判定の有効性を以下で考察したい．これらの変化を図 4 に示す．

前安静時と課題中，後安静時の LF/HF は，前安静時から課題時に上昇し，課題時から後安静時に減少する傾向が実験参加者全員にみられた．これについて分散分析を行ったところ，有意な群間差がみられ(F(2, 51)=7.35, p<.01)，前安静時と課題中，および課題中と後安静時の LF/HF が，1%水準で有意に異なることが多重比較から示された．

一方 HF は，前安静時から課題時に減少し，課題時から後安静時に上昇する傾向が実験参加者全員にみられた．同様に，課題中とその前後について分散分析および多重比較を行った結果 (F(2, 51)=4.14, p<.05)，前安静時と課題中の HF の間に 5%水準で有意な違いが認められた．課題中と後安静時の間には，有意差は認められなかったものの，全体として上昇する傾向がみられた．

これらのことは， 本システムによるうつ傾向の判定の可能性を示しており，本システムがうつ病の早期発見に寄与しうるものであると考えられる．

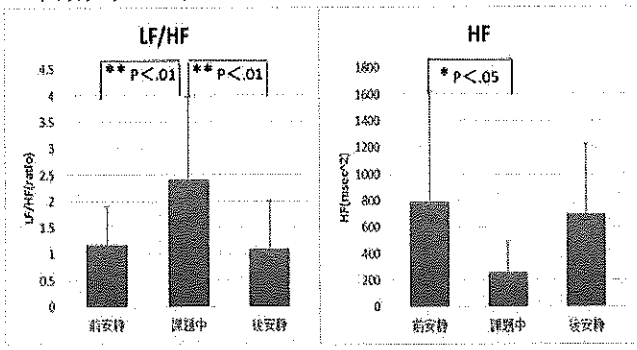


図 4 HRV の変化（平均）

6. 結論

本論では，簡単に計測が行えるうつ傾向の判定システムの開発を目指し，心拍間隔および HRV の算出精度の検証を行った．光電脈波センサーで計測した脈波のピーク間隔および HRV の算出精度検証を行った結果，心電図から得られる心拍間隔と同等のピーク間隔を取得できることが明らかとなった．また，光電脈波センサーによる脈波計測から，心電図計測から算出した HRV と相関の高い HRV 算出が行えることも示された．さらに，本システムで算出した HRV の変化から，本システムによるうつ傾向の判定の有効性が示唆された．

7. 参考文献

1) 竹島正・川上憲人: こころの健康についての疫学調査に関する研究報告, 国立精神・神経センター精神保健研究所, 2005.
2) Shinba T.: Altered autonomic activity and reactivity in depression revealed by heart-rate variability measurement during rest and task conditions, Psychiatry and clinical neurosciences, 68, 225-233, 2014.
3) 岸拓弥: 高血圧は脳の異常であり治療標的は脳である, 日薬理誌, 145(2), 54-58, 2015.

[連絡先]
扇谷　彩
Email: 654321wtpmjgda@gmail.com

光トポグラフィーを用いた脳血流評価に基づくオミッションの検出

○宮本　健史*，清水　健太**
*法政大学理工学部，**法政大学大学院理工学研究科

Omittion detetion based on cerebral blood flow evaluation by Near-Infrared Spectroscopy

Takeshi MIYAMOTO *, Kenta SHIMIZU**
*Hosei University, **Hosei University Graduate School

1. 研究の背景と目的

人間が犯すエラー（ヒューマンエラー）には様々な種類があり，その中には行為のし忘れ・省略（オミッション）を起因とするオミッションエラーがある．オミッションエラーは，重大な事故につながる事もあり，実際にオミッションを起因とした航空機事故や医療事故が発生している．本研究は，オミッションエラーの原因となるオミッションを起こした場合にのみ消失するであろう脳血流変化の特徴を検出することを目的とする．

2. 研究の方法

オミッションの検出には被験者に行為をし忘れ・省略させる（オミッションを誘発する）必要がある．オミッションを誘発するために，簡単な動作・作業を被験者に行わせるゲームを作成し，ゲーム遂行中の被験者の脳血流の測定を行う．測定には，簡単な動作・作業を行いながら脳血流測定をできる光トポグラフィーを利用する．

3. 光トポグラフィーの特徴とゲーム作成

光トポグラフィーはヘッドバンド状の装置を頭部に密着させた状態で血中ヘモグロビンの測定を行う．頭部に密着しているため，装置を装着した状態で移動可能であり，簡単な動作・作業を行いながらでも測定を行うことが出来る．しかし，大きな頭位変動が起こるとゆらぎが生じ，測定データーに不自然な変化が表れる．そのため，実験用ゲームは頭位変動を誘発しにくいものとする．ヘモグロビンを検出するプローブは額に付いているため，大脳の大脳皮質前部が活発に機能する場合に血中ヘモグロビンの変化が検出しやすいと考えられる．一般に，計算を行っている場合に大脳皮質前部が活発に機能すると言われている．よって，実験用ゲームには計算課題を含めることとする．

4. 実験用ゲーム

4.1 ゲームの目的

光トポグラフィーの特徴をふまえ，ゲームは頭位変動を誘発しにくく，計算課題を含めたものとする．計算課題を行わせるにあたり，紙と筆記具を用いた実験形式であると，前傾姿勢になるとともに，文字を書くために手を動かすことになってしまう．手の動きは，光トポグラフィーで測定する領域の上部にある運動野を使用する．運動野が使われると光トポグラフィーで測定する領域に少なからず影響が及ぶため，紙媒体で行う実験ではなく，PC 用ディスプレイを用いた実験形式とし，ディスプレイに表示した計算課題をディスプレイ上の選択肢によって被験者に選ばせる方法を採用する．被験者に計算課題を遂行させる中で，オミッションをさせることをゲームの目的とする．

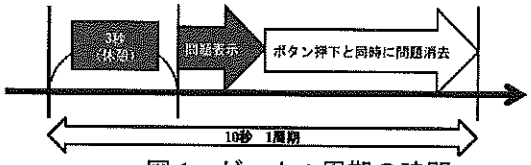


図 1　ゲーム 1 周期の時間

4.2 ゲームの仕様

4.2.1 表示形式

作成したゲームは四隅にボタンを設置し，そのボタンには 2 桁同士の足し算の式を表示する．数式の解と 2 桁の数値はランダムに作成した．被験者には表示する四つの計算式のうち，解が最大になるボタンを選択させる．

4.2.2 時間設定

ゲームの 1 周期の時間は図 1 に示す通りとする．今回のゲームは 10 秒 1 周期とし，各周期は 3 秒間の休憩の後 7 秒間問題を表示する仕様とする．なお，被験者に時間的制約をかけることで被験者を焦らせることも可能である．焦ることでオミッションを起こしやすくなると考えられるので，被験者ごとに制限時間設定を行う必要がある．被験者の計算スピードを計るため，実験前の練習として被験者に実験とは別に時間計測を行いながら計算をさせ，解答スピードに応じて実験の時間設定を被験者ごとに適宜設定していく．

4.2.3 解答入力装置

正解のボタンを選択させる際，マウス操作と比べて所要時間が短いであろうキーボード操作により選択させるものとする．なお，操作するキーボードはボタンの配置を考慮しテンキーとした．

4.3 計算式

4.3.1 式の数値設定

被験者には 2 桁同士の足し算の式四題のうち，解が最大になる式を選ぶよう伝え実験を行うが，その際，十の位のみを見て計算を行い，四つの式の解の大小比較を行う可能性があると考えた．

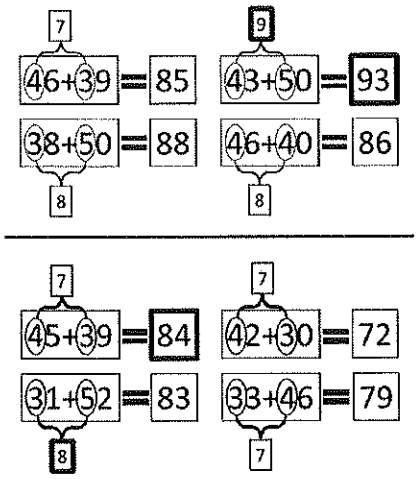


図 2　式の例

そこで，計算式は大きく分けて図 2 の上部と下部に示すように二通り作成することとする．図 2 内部の太枠で示した部分が最大値を示している．図 2 上部パターンの式では十の位のみを計算した場合の最大値と，2 桁同士を正確に計算した場合の最大値が一致している．つまり，図 2 上部パターンの式は十の位のみの計算で正答を導く事が出来る．しかし，図 2 下部パターンの式では十の位のみを計算する事で図 2 上部の式同様最大値が一つ求まるが，2 桁同士を正確に計算した場合の最大値とは異なる．つまり，図 2 下部パターンの式は十の位のみ計算していても正答は導けない．このような 2 通りの式を組み合わせることにより，2 桁同士の足し算を行わなくてはならないという課題の中で，計算を省略し，十の位のみ計算するというオミッションの誘発を期待する．

4.3.2 問題表示の順序

問題表示の順序は，実験前半は図 2 上部パターンの式を出題し，後半では 10 問に 3 問の割合で図 2 下部パターンの式を出題する．前半はオミッションを起こしても正解となるためエラーにはつながらないが，後半にオミッションを起こした場合はオミッションエラーにつながる．図 2 下部パターンの式の表示割合は，ゲーム 1 周期の時間の設定方法とあわせて今後最適な割合を検討する．

5. 測定結果

5.1 使用チャンネル

結果は光トポグラフィーのチャンネルのうち CH13 を採用する．CH13 を採用する理由は二点あり，一つは実際に測定を行った結果，演算中と非演算中の血流変化の違いが最も分かりやすかった点である．もう一つは，光トポグラフィーを装着すると当該チャンネルが額のほぼ中央に位置するため，頭髪や眉の影響を受けにくく，装着が容易である点である．また，主としてオミッション発生の検出に用いるチャンネルは CH13 とするが，今後は他のチャンネルとの相対的な比較も行う．

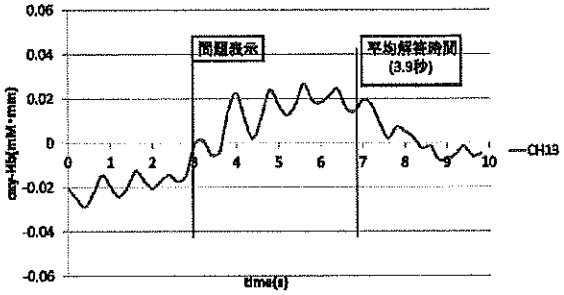


図 3　計算課題遂行中の oxy-Hb 測定結果（CH13）

5.2 データー処理

計算中に得られた光トポグラフィーの測定結果例を図 3 に示す．なお，測定後のデーターには心拍や呼吸等により発生するアーチファクトが混入しているため，データー処理により取り除く必要がある．そこで今回はアーチファクトを取り除くため，3 点移動平均（サンプリング周波数 5Hz）によるフィルタ処理を行い，出題の周期を用いて同期加算し，周期ごとの平均を 0 にそろえることで直流成分を除去している．

6. 考察

図 3 の例より，問題が表示されてから解答を終えるまでの間は oxy-Hb の値が増加しており，計算をすることで脳血流が増加しているといえる．今回の計算中の平均解答時間は問題表示から 3.9 秒であり，そのタイミングとほぼ同時に oxy-Hb の値が減少し始めている．今回の例では，問題を表示すると，血流は増加し，解答を終えると血流は減少している．

7. 今後の研究スケジュール

光トポグラフィーを用いてオミッションを起こした場合にのみ消失するであろう脳血流変化の特徴を検出するためには，光トポグラフィーを用いない方法でオミッションをしているか否かが判別できる必要がある．しかし現時点ではその手段は決まっておらず，まずこの点について検討を行う．あわせて，被験者の解答スピードに応じてゲーム 1 周期の時間を設定する方法，オミッションエラーを誘発する問題を混入する割合，CH13 と相対的に比較を行うための使用チャンネルについての検討を行う．また，心拍や呼吸の周期は安静時に 0.2Hz～1Hz 程度とされる．ゲーム 1 周期の時間は 10 秒であり，それに同期した変化が oxy-Hb の変化量に表れるとすれば周波数は 0.1Hz となることから，アーチファクトを除去するために，0.1Hz を通過帯域とするバンドパスフィルタを使用する予定である．

[連絡先]
宮本　健史（みやもと　たけし）
e-mail：takeshi.miyamoto.5n@stu.hosei.ac.jp

わかりやすさ向上のためのユーザ印象に基づくワーディング手法の提案

○三代川 陸*, 石橋 基範*
*日本大学生産工学部

Proposal of wording method based on user's impression analysis toward comprehension improvement

Riku MIYOKAWA*, Motonori ISHIBASHI*
*College of Industrial Technology, Nihon University

1. はじめに

「わかりやすさ」「覚えやすさ」などのユーザビリティを認知的ユーザビリティと言う。使いやすい製品開発を行うためには認知的ユーザビリティを向上する必要があり、そのためにはヒューマンインタフェイス設計原則に基づいた製品作りがなされなければならない[1]。

認知的ユーザビリティが重要な情報機器の一つに、カーナビゲーションが挙げられる。筆者らは複数の携帯型カーナビゲーション（Portable Navigation Device, 以下PND）を用い、ユーザビリティ上の問題を探った。その結果、特にナビのPOI（Point of Interest）階層構造で言葉の言い回し（ワーディング）の違いにより意味の明瞭性が欠如している点が多く見受けられた（詳細は2章）。POIとは目的地検索等でユーザの興味・関心の対象となる場所（鶴岡八幡宮，横浜アリーナ等）のことであり、例えば鶴岡八幡宮と聞いて観光地を連想する人もいれば、生活に密着した崇拝の地を連想する人もいる。

このように言葉に対してのユーザの印象は多様であり、言葉の印象によって、言葉のとらえ方は変わってくる[2]。PNDのPOIの事例で分かるように、情報機器の階層構造に使われる言葉のあいまいさが分かりにくさ、使いにくさの原因となっている[3]。その一因に、階層構造の言葉に対して設計者が持つ印象とユーザが持つ印象の不一致があると考えられる。その解決のため、ユーザが言葉に対して持つ印象に基づいた階層構造のワーディング手法を提案することを考えた。

本研究では、PNDのPOI階層構造の言葉を事例的に取り上げ、ユーザの言葉の印象に基づいたワーディング手法を検討するプロセスを試行する。

2. 市販PNDのユーザビリティの現状調査

2.1. 調査方法

ユーザが日常的に経験しそうなPND利用状況を想定して6種類の目的地設定タスクを設定し、市販の2機種のPNDで調査を行った。

2.2. 調査結果

設計原則の「一貫性」や「状態の明瞭性」が欠如している部分も見られたが、中でもPOI階層に対して適切な名称が命名されなければならない「意味の明瞭性」が最も多く欠如していた（「城・城跡」というPOIは「その他生活」という階層名称の下にある等）。このことから、POIと階層名称の関係性が分かりにくいという問題が浮かび上がり、ユーザの印象を基にしたPOI階層構造の方が使いやすくなるのではないかと考え、図1に示す流れで研究を進めることとした。

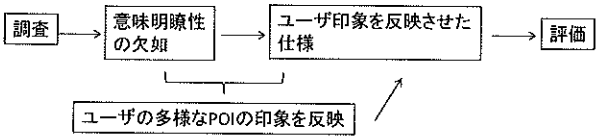


図1 今回の研究の流れ

3. 階層構造の言葉に対する印象の調査

3.1. 調査対象者

20代（大学生）から50代の男女11名とした。年齢層が幅広いのは、若者から中年まで幅広く言葉の印象を聞くためである。

3.2. POI階層に使われる言葉の印象の質問紙作成

質問紙にはPOI階層の言葉に対する23個のイメージ語（以下、イメージ構成要素）を設定し、24個のPOIについてイメージ語の当てはまり度合いを評価するものとした。

イメージ構成要素の抽出手順は以下の通りである。まず市販の2機種のPNDを用いて、POI階層の言葉（例えば「遊ぶ」「観る」「生活施設」等）の印象と、その下に配置されたPOI（例えば「遊園地」「動物園」「郵便局」等）がユーザのイメージと違う言葉を抽出した（20代前半の大学生10名に対する聞き取り調査）。次に、POIとその階層の言葉の組み合わせを見ながら、他にどのような言葉が想定されるかを7名によるブレーンストーミング法で検討した。こうして得られた49個のイメージの構成要素に対して親和図法を用いて意味が類似した項目を集約し、「余暇を楽しむ」、「個人の日々の暮らしと関係する」といった23項目のイメージ構成要素に絞り込んだ。

評価対象とするPOIは、以下の視点で24個を選択した。所属する階層のイメージが多様であると考えられるPOI、設計者が階層の言葉を適切に設定するのが難しいPOI、PNDの利用状況を考えたときに目的地の検索対象となりやすいPOI。

評価段階は、「1.当てはまらない」「2.少し当てはまる」「3.割と当てはまる」「4.非常に当てはまる」の4段階とした。

3.3. 調査方法

調査対象者には、質問紙での回答（9名）、またはweb上に作られた調査サイトでの質問への回答（2名）を求めた。同時に、対象者の年齢、性別及びカーナビゲーションの利用頻度を質問した。

3.3. 解析方法

3.3.1. 素点の集計

回答された得点（4段階評価の値をそのまま利用）の平均値を算出した。

3.3.2. 因子分析

イメージ構成要素の尺度を求めるために、イメージ構成要素を変数とした因子分析を行った。歪度や尖度が極端に大きい3項目は分析から除外した。今回、イメージ構成要素が4つ程度のくくりになることが仮定されたので、因子抽出基準を4因子指定とし、回転にはバリマックス法を用いた。因子負荷量は絶対値で0.5以上の変数を対象に解釈を行った。

4．結果

因子分析の結果、累積寄与率は60.2%となった。表1に各因子に対し因子負荷量が0.5以上のPOIイメージ構成要素を示す。因子１は仕事や勉強など日々やらなければいけないことから離れることを指し、「日常から離れる」と命名した。因子２は社会や地域と密着し、文化的なイメージであるため、「文化や公共的な施設である」と命名した。因子３は観光、旅行のイメージであることを指し、「観光する」と命名した。因子４は「交通と関係する」とした。

次に、各因子の組み合わせ上に各POIの因子得点がどのように布置しているか検討するために、散布図を作成した。図2に、因子１と３についての例を示す。散布図では、因子１，２，３の組み合わせについては各POIが適切に布置していた様子が見られたが、因子４については、因子の意味とは関係性の低いと思われるPOI（例えば「映画館」「住宅展示場」等）が高い因子得点となる等、説明が困難な点が見られた。

5．今後の研究課題

質問紙やwebサイトを用いて引き続き調査していき、60名程度までデータを増やす予定である。その後、再度因子分析により因子名を再度検討する。抽出した因子をもとにPOI階層構造を試作し、既存のPNDとどちらが使いやすいか検討していく。

表1　因子負荷量の高いPOIイメージ構成要素

		寄与率	因子負荷量
因子1	「日常から離れる」	21.17%	
	仕事や勉強から離れて楽しむ		0.912
	遊びに行く		0.844
	余暇を楽しむ		0.795
	家族で楽しむ		0.651
	個人的に趣味を楽しむ		0.611
	個人の日々の暮らしと関係する		−0.59
因子2	「文化や公共的な施設である」	18.18%	
	公共的な施設である		0.878
	教養を身につける		0.696
	社会や地域の営みと関係する		0.684
	文化に触れる		0.617
	観光する		0.546
	観に行く		0.543
因子3	「観光する」	11.37%	
	旅行する		0.869
	観光する		0.765
	個人の日々の暮らしと関係する		−0.578
因子4	「交通と関係する」	9.48%	
	道路や交通網と関係がある		0.944
	身だしなみを整える		0.616

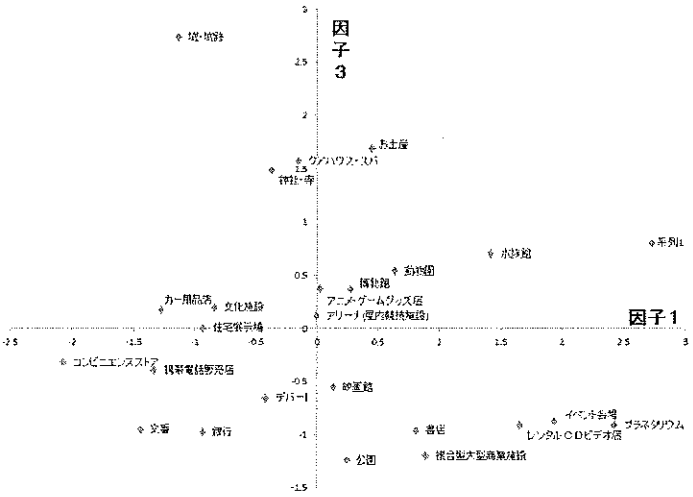


図2　POIと因子の関係

なお、本研究は日本大学生産工学部「人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施している。

参考文献

1) 人間生活工学 第3巻, pp.9-23, 2007.
2) 熊本忠彦, 太田公子：印象に基づく検索のための印象語選定法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.7, pp.1808-1811, 2003
3) 斉藤慎一：質問文のワーディングおよび選択肢の違いがもたらす回答効果の検討, 社会と調査, Vol.1, pp. 73 - 78, 2009.

[連絡先]
三代川　陸
e-mail：rr.riku.922@gmail.com

1d2-1

人の有無の判別を目的とした簡易加速度センサの製作

橘　功大
法政大学

On a simple acceleration sensor aiming human existence detection

Kodai TACHIBANA
Hosei University

1. 研究目的と意義

現在介護現場において，ベッド上の人の存在の有無を判別するためのセンサは，マットレスの下に敷くことで荷重を検出するシート型や，見守りの用途を備えたカメラ型が多く普及している．しかしこれらのセンサはプライバシーやコスト面等で対象者の負担になることが考えられる．そこで本研究は安価で設置が容易であり対象者のプライバシーを侵害しない，ベッド上の人の存在を判別するためのセンサを提案，製作することを目標とする．

2. 研究背景

人の存在の有無を判別するあたり，拍動等に伴いベッドに生じた振動と機械的に共振する系で，振動を検出する方法に着目した．具体的には，拍動等に伴い生じる振動の基本周波数，あるいはその高調波の周波数の近傍に自己共振周波数を有する振子型の系をベッドに設置し，振動を検出する．

3. 研究概要

3.1　検出機構

人の存在の有無を判別するためのセンサにおいては，あらゆる方向に対して均一な感度を持つことが理想である．そこで図１に示すような振動検出機構を考えた．この機構は水平面上に均一な感度を持ち，さらに単純な振子と異なり，うでがないのでベッドに取り付ける装置自体を小さくすることができる．また球の運動には転がり抵抗が加わり，系から散逸するエネルギー量が増えることで振子運動をする球の自己共振周波数におけるＱ値を若干小さくでき，

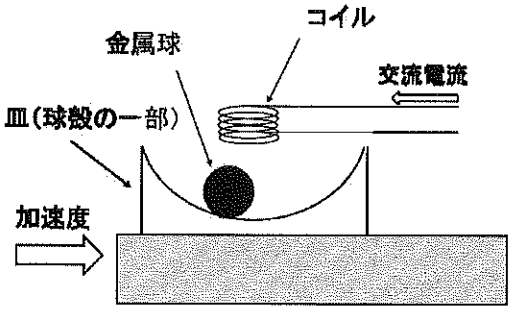


図１　検出機構の略図

広帯域にわたり検出することができるはずである．この装置の検出機構は，加えられた加速度により金属球に生じた運動を，コイルと金属球の位置関係の変化に伴うコイルのエネルギー損失（鉄損）の変化として検出するものであり，鉄損の変化は TEXAS INSTRUMENTS 社の LDC1000EVM を用いてコイルのインピーダンス変化として検出するものである．

3.2　部品の選定

皿の曲率半径と振子運動をする球の自己共振周波数の関係性を明らかし，使用する皿の大きさを選定するために，振子運動をする球の自己共振周波数を，運動方程式より求める．θ が微小角と仮定し，慣性項を含めた運動方程式を以下に示す．

$$\left\{I\left(\frac{l+r}{r}\right)^2+ml^2\right\}\ddot{\theta}+mgl\theta=0$$

I:慣性モーメント[kgf・m²]
l:振り子でいううでの長さ[m]
r:金属球の半径[m]
m:金属球の質量[kg]
θ:振り子でいう振り角[rad]

rはlより十分小さく，また慣性モーメントを回転する一様な球の慣性モーメントと仮定し，球の振子運動の角周波数を求めた結果を以下に示す．

$$\omega[\mathrm{rad/s}]=\sqrt{\frac{5}{7}}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

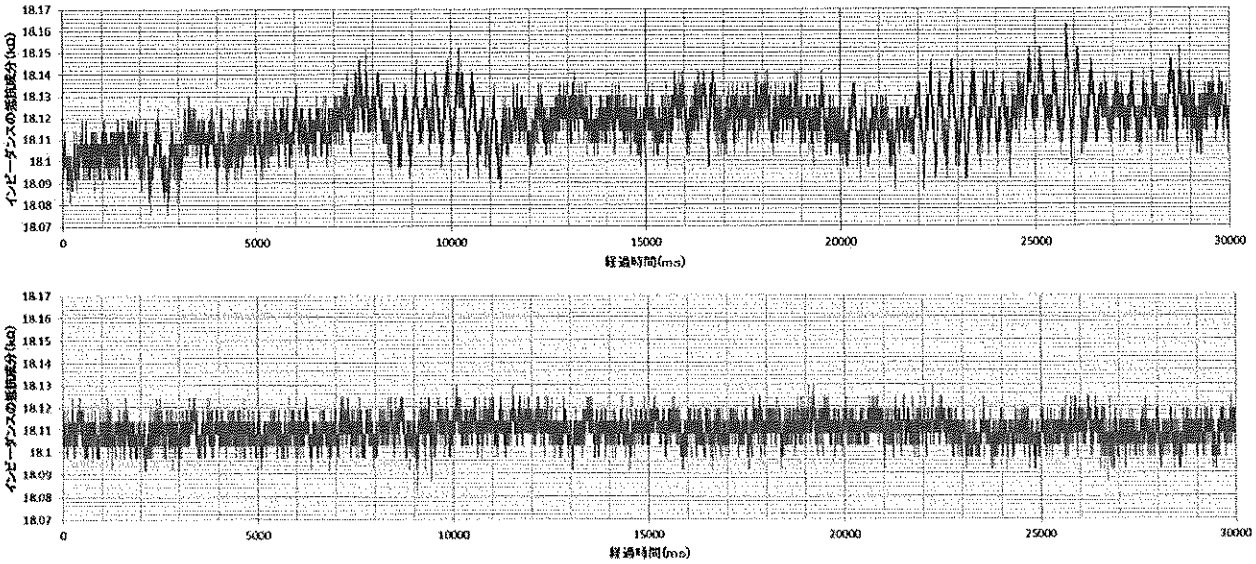


図２　人がいるとき（上）といないとき（下）の検出コイルのインピーダンス（抵抗成分）の変化

振動を検出するためには振子運動をする球の自己共振周波数が，検出したい振動の基本周波数あるいはその高調波の周波数の近傍であることが求められる．つまりωの値を高く設定するほど，それがベッドの振動の高調波の周波数の近傍となり振動を検出できる可能性が高くなる．そのため設定するωの値は拍動の2～5倍近傍の周波数を目安とする．(例としてlを0．02[m]とすると，ωは約6π[rad/s]となる）　皿の材質は，皿に加えられた微小な加速度によって球を振子運動させるため，平滑度が高いガラス製の凹レンズを使用し，球の材質は真球度が高く，空気中で化学反応しにくい鉄クロム合金を用いる．またインピーダンス変化を検出するためのコイルには 22μH のインダクタを用い，このインダクタと 68pF のキャパシタで交流電流を発振している．

4. 結果

曲率半径 19.6mm の凹レンズと，直径 4mm の鉄クロム合金の球を用いてセンサを作成し実験を行った．センサを設置した机の上に人が仰臥位になり，拍動等に伴い机に生じる机に生じる振動を検出する．図２のグラフは机の上に仰臥位で静止しているときと，人がいないときのコイルのインピーダンスの抵抗成分の時間変化を表したものである．人の連続的な拍動をインピーダンス変化として検出することは難しかったが，拍動や呼吸等の人が発する振動による机の振動を間欠的だが検出できることが分かった．

5. 今後の課題

コイルのインピーダンスが人の連続的な拍動や脈動の周期で変化することを期待したが，検出したインピーダンス変化からそれを読み取ることは出来なかった．改善策として，系全体を縮小し，振子でいううでの長さを短くすることで振子運動をする球の自己共振周波数をより高くするか，もしくは球殻（レンズ）の内側にコーティングを施す等をして球殻と球の間の抵抗をより大きくしQ値を下げるという方法が考えられる．系全体の大きさを縮小する場合，球の大きさも合わせて小さくするためコイルと球の位置変化によるインピーダンスの変化量が小さくなってしまうことが懸念される．そのため今後は，鉄クロム合金より鉄損が大きい，銅やニッケル等の金属球を用いるなどして，位置変化によるインピーダンスの変化量を増加させる方法を検討していく予定である．

[連絡先]
橘　功大　（たちばな　こうだい）
e-mail：kodai.tachibana.2e@stu.hosei.ac.jp

骨導音に対する生体材料を用いた振動伝搬特性の計測

○徳永剛*，武藤憲司*，高橋康次郎*，八木一夫**
*芝浦工業大学，**首都大学東京

Measurement of vibration propagation characteristics using biological material to bone conduction sound

○Tsuyoshi Tokunaga*, Kenji Muto*, Kojiro Takahashi*, Kazuo Yagi**
*Shibaura Institute of Technology, **Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

MRI(Magnetic Resonance Imaging) 装置は人体の断面図を得る医療装置であり，駆動時に 100dB 以上の音圧レベルを示す場合がある[1]．検査中に被験者が体調不良を起こすなど緊急自体が発生した場合，声を出しても MRI 装置に備え付けられているマイクロホンでは声がかき消される．また，呼び出しボタンを押す方法もあるが，手が不自由な被験者は使用できない．

これらの問題を解決するために骨伝導マイクロホンを用いた通話装置を提案をした[2]．骨伝導マイクロホンは空気を伝搬する騒音に強い特徴があり，騒音下で通話可能とするための研究が行われている[3]．その多くは骨伝導マイクロホンの使用者が健常であることを想定しているが，MRI 検査中に体調不良を起こした被験者は大きな声を出せず，骨導音が小さくなることが考えられる．また，MRI 駆動音の大きな音により人体に振動が発生し，その振動が骨伝導マイクロホンに伝搬することにより通話品質が劣化する．我々は体調不良等で大きな声を出せない被験者でも騒音下で確実に音声が伝達可能な骨伝導通話品質を目指しており，そのためには駆動音により人体に発生する振動が骨伝導マイクロホンに与える影響を低減することが重要である．

本研究は，振動を低減するために骨伝導マイクロホンを遮蔽する方法を提案する．そして遮蔽面積を決定するために振動の伝搬特性を計測する．現在計測には疑似生体を使用している．しかし，疑似生体上の結果を生体としての結果として扱うには不十分である．ここでは現在使用している疑似生体の有効性を確認するため，生体材料を伝搬する振動の伝搬特性の関係を疑似生体の伝搬特性と比較して報告する．

2. 骨導音に対する振動の伝搬特性の計測

人体が MRI 駆動音を受けることにより音波が振動に変換される．その振動が骨伝導マイクロホンに伝搬し，通話品質の劣化が起こる．そして駆動音を受ける面積によって骨伝導マイクロホンに与える影響が決まる． 図 1 に駆動音から骨伝導マイクロホンまでの伝搬を示す．音響-振動変換比を H_1，人体を伝搬する振動を伝搬特性をH_2とする．

我々は，駆動音による振動が骨伝導マイクロホンに与える影響を低減するために骨伝導マイクロホンを遮蔽する方法を提案している．この遮蔽は，MRI 駆動音を受ける面積を減らすことにより骨伝導マイクロホンが受ける影響を低減するものである．ここで重要な遮蔽面積を決定するためにH_1，H_2 を用いて MRI 駆動音を受ける面積と骨伝導マイクロホンに伝搬する振動加速度の関係を明らかにする．以下に面積と振動加速度の関係式を示す．

$$a(f,t) = \int_{S_a - S_x} H_1(f) H_2(x,f) P(f) \sin(2\pi f t)\, dS$$

ここで，$P(f)\sin(2\pi f t)$ は音圧，f は周波数，t は時間，x は骨伝導マイクロホンから任意の点までの距離，$a(f,t)$ は骨伝導マイクロホンに伝搬する振動加速度，S_a は駆動音を受ける全体の面積，S_x は半径x で遮蔽した時の面積である．

振動の伝搬特性H_2 は周波数応答関数で与えられ，2 点の振動加速度の比であるので，次式で与えられる．

$$H_2(x,f) = \frac{a_2(x,f)}{a_1(x)}$$

ここで，a_1 は加振点の振動加速度，a_2 は加振点から距離x の振動加速度である．

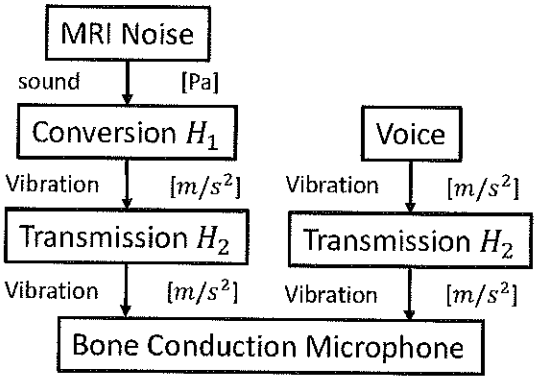


図 1. 駆動音からマイクロホンまでの伝搬の流れ

疑似生体での伝搬特性H_2の計測には骨部を想定したセラミック板と筋肉を想定したシリコンゴムを重ねたものを疑似生体として用いた．生体の伝搬特性H_2 の計測には骨部を想定したセラミック板と豚肉と鶏肉のスライス肉を重ねたものを生体材料として用いた．これらの厚さは 0.5mm である．

図 2 に計測機器の配置図を示す．加振器を疑似生体，生体材料上に置いた．基準点の加速度を計測するためにその加振器の上に加速度ピックアップ(RION PV-90B)を置いた．そして別の加速度ピックアップ (RION PV-85)を基準点からの距離

x (20mm － 65mm)の範囲で置き，それぞれの距離の振動加速度を計測した．

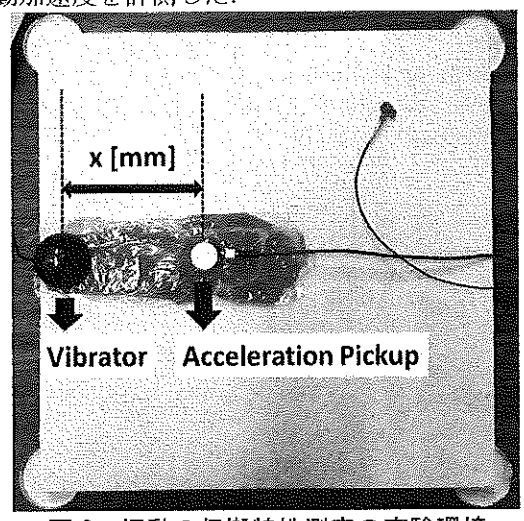


図 2. 振動の伝搬特性測定の実験環境

3. 疑似生体と生体材料の振動の伝搬特性

図 3 に疑似生体における振動の距離ごとの周波数応答関数H_2を示す．低い周波数ほど振動が伝搬しやすい特徴があった．生体材料と比較する周波数と距離として「a」の第一フォルマント周波数と頬への装着を想定して距離 45mm の伝搬特性とする．男性と女性で周波数が異なるので男性の周波数に近い 600Hz と女性の周波数に近い 800Hz を比較する．

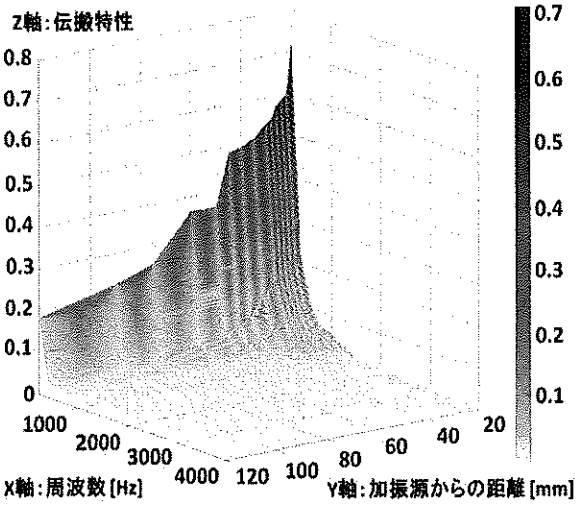


図 3. 疑似生体の伝搬特性の等高線図

図 4 に豚肉における振動の距離ごとの周波数応答関数H_2を示す．さらに図 5 に鶏肉における振動の距離ごとの周波数応答関数H_2を示す．疑似生体と同様な特徴があり，これは鶏肉の場合も同様な特徴が得られた．疑似生体と豚肉の 600Hz の伝搬特性の誤差率は 2.0%，800Hz では 1.1%であった．疑似生体と鶏肉の 600Hz の伝搬特性の誤差率は 0.49%，800Hz で 2.6%であった．

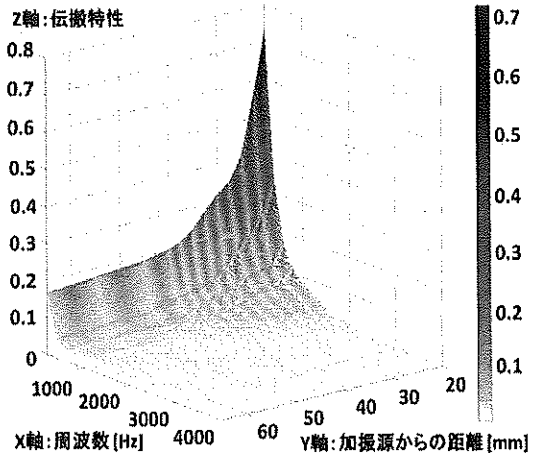


図 4. 豚肉の伝搬特性の等高線図

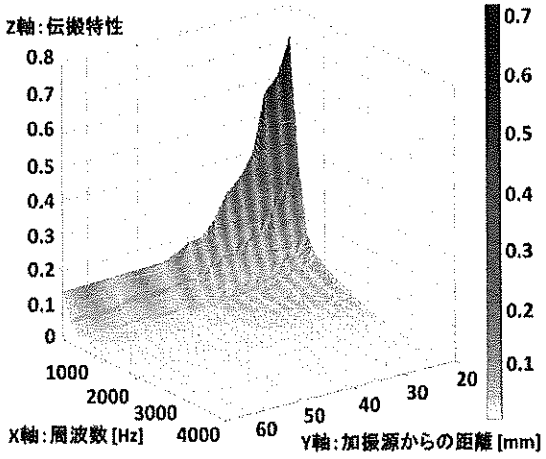


図 5. 鶏肉の伝搬特性の等高線図

4. むすび

本報告は生体材料を用いて疑似生体における振動の伝搬特性の有効性を明らかにした．

鶏肉と豚肉はどちらも伝搬特性が距離に反比例する特徴と，低い周波数が伝搬しやすい特徴が得られた．さらに疑似生体と生体材料の伝搬特性の測定結果より，使用している疑似生体は鶏肉と豚肉両方の生体に近いということが確認できた．この周波数応答関数を用いて適切な遮蔽面積を決定することにより，効率良く振動の低減をすることが可能であり，疑似生体で実際に MRI 駆動音を用いた低減実験を行うことが可能である．

5. 文献

1) K.Muto, *et al.* ,Acoust. Sci.Tech. pp. 174-175, 2006.
2) 武藤他，音講論(春)，2-5-14, pp. 589-590, 2006.
3) 山本，萩野，OKI テクニカルレビュー，第 220 号，Vol.79, No.2, 2012.

[連絡先]
徳永　剛
e-mail : af12058@shibaura-it.ac.jp

スマートフォン用宿泊サイトのユーザビリティ評価

○松下亮太，西内信之
首都大学東京　システムデザイン学部
Usability evaluation of Hotel Booking Site for Smartphones
Ryouta MATSUSHITA,　Nobuyuki NISHIUCHI
Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

近年，情報化社会の発達に伴いインターネット利用の機会が著しく増えている．総務省が発表した平成24・26年通信利用動向調査によると，平成22年末から平成26年末のスマートフォン（以下，スマホ）の世帯保有状況は9.7%から64.2%と上昇傾向にあり，スマホによるインターネット利用状況に関しても16.2%から47.1%と上昇傾向にある．

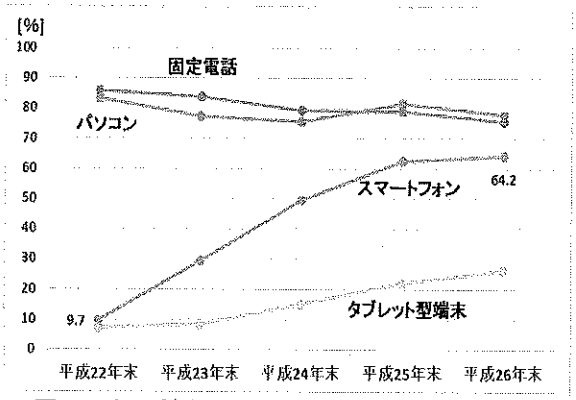


図1　主要情報通信機器の世帯保有状況 [1)2)]

これらのことから今後更なるスマホユーザの増加が見込まれる．つまり，スマホからインターネットへのアクセスが頻繁に行われるような時代に移行していると考えられる．この様な事態を踏まえ，スマホからインターネットを閲覧する際のユーザビリティの向上が求められている．

本研究では，スマホ用サイトのユーザビリティ向上のためのWebデザインを提案することを目的とする．本研究では，2020年の東京オリンピックにより今後需要が高まると予想される国内宿泊予約サイトを対象とした．

実験では，スマホ用サイトとPC用サイトの双方で同じタスクを実施してもらい，タスク完了時間・クリック数・タスク達成率・ＮＥ比・被験者の主観評価などを指標としてユーザビリティ評価を行う．そして，今日のスマホ用サイトが，PC用サイトと比較してユーザビリティが真に高いのかを検証する．

2. スマホ用サイトとは

スマホからWEBサイトを利用する際に，閲覧・操作しやすく最適化されたWEBサイトのことである．スマホに最適化されていないWEBサイトをスマホの端末から閲覧するとなると，文字が小さいため，ピンチアウトの多用，ページ全体を探索するために四方八方にスクロールする，リンクの誤タッチなどが起こってしまうことが考えられる．

3. ユーザビリティ評価実験

3.1 実験概要

２つの実験サイトを用いて，ユーザビリティ評価を行う．スマホ用サイト・PC用サイトの両方で同じタスク（４つのタスク）をスマホの端末で実施してもらい，タスク完了時間・クリック数・タスク達成率・ＮＥ比・被験者の主観評価などを指標としてユーザビリティ評価を行った．

この一連の流れを２つの国内宿泊予約サイトで実施した．実験サイト選定に関しては，Gomezの国内宿泊サイトランキング[3)]を用いた．Gomezのランキングで１位のサイトである「Ｊサイト」と，Gomezのランキングにランクインしていない「Ｍサイト」を用いた．

図２　実験サイトNo.１（Ｊサイト）
スマホ用サイト（左）・PC用サイト（右）

本実験での被験者は，健常な大学生５名（22歳～23歳）である．なお，すべての被験者は，スマホの端末の一般的な操作には十分慣れている．

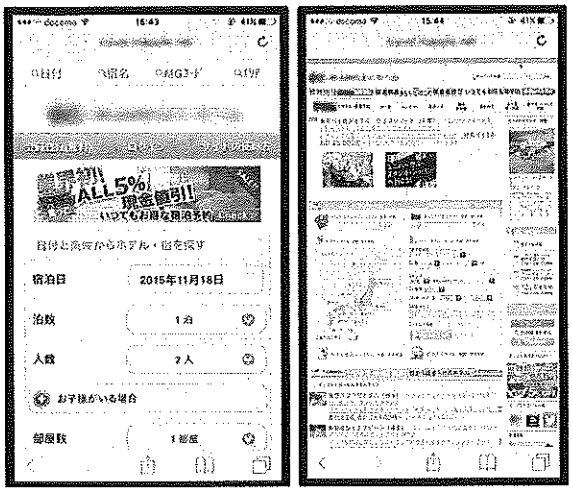


図３　実験サイト No. 2（Mサイト）
スマホ用サイト（左）・PC 用サイト（右）

タスクは次の①～④を設定し，順にタスク完了までに時間がかかるタスクになっている．タスクの詳細は以下の通りである．

・タスク①
⇒ログインページを出す．
・タスク②
⇒問い合わせページを出す．
・タスク③
⇒以下の条件で宿の検索結果を出す．
（2016 年 2 月 22 日/千葉県幕張付近/
1 泊/1 部屋/大人：1 名/子供：0 名）
・タスク④
⇒以下の条件で宿の検索結果を出す．
（2016 年 2 月 22 日/栃木県日光付近/
2 泊/1 部屋/大人：2 名/子供：0 名/
食事：夕食のみ/部屋タイプ：和室）

3.2　実験結果

本稿では,特徴的な結果が得られた,実験サイト No. 1 のタスク③における全被験者の操作時間とＮＥ比の結果（図 4）と，実験サイト No. 2 の全被者の操作時間とＮＥ比の平均（図 5）を示す．

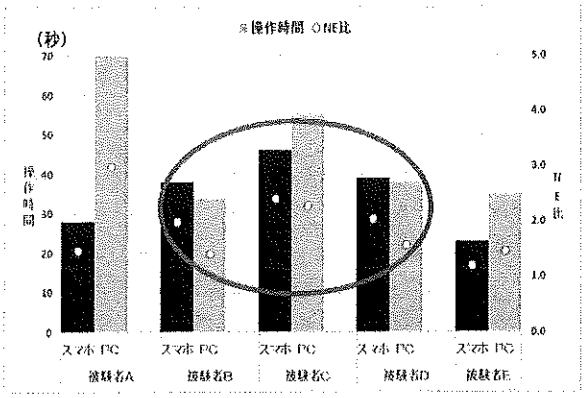


図４　実験サイト No. 1 のタスク③の
操作時間とＮＥ比

実験サイト No. 1 では，被験者Ｂ，Ｃ，Ｄにおいて，ＰＣサイトよりスマホサイトでのＮＥ比が高くなる結果が見られた．これは，タスク③でカレンダーを利用しており，カレンダーの月の変更がボタン操作で行われており，このボタンサイズが小さいことにより NE 比が高くなっている．

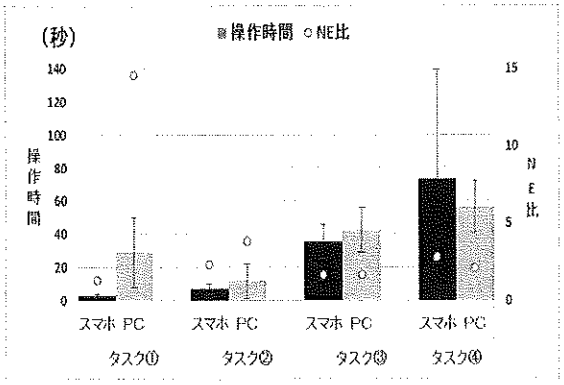


図５　実験サイト No. 2 の
操作時間とＮＥ比の平均

実験サイト No. 2 では，タスク③でタスクを完了できない被験者が 1 名いた．また，タスク④では，ＰＣサイトよりスマホサイトでの操作時間が長くなる結果が見られた．これらは，スマホの画面サイズの小ささによる TOP ページの情報の簡略が原因であると考えられる．これにより，タスクの初期段階で被験者に戸惑いが生じていた．

4.　まとめ

本研究では，スマホ用にデザインされた宿泊サイトのデザイン方針の提案を目的とし，スマホ用・ＰＣ用にデザインされた国内宿泊予約サイトを用いてユーザビリティ評価実験を行った．実験において，PC 用のサイトとスマホ用のサイトの特徴を比較することができ，今後は Web サイトのデザイン方針に繋げていきたいと考えている．

参考文献

1) 総務省：平成 24 年通信利用動向調査の結果
(http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/130614_1.pdf)　Access 2015/11/17
2) 総務省：平成 26 年通信利用動向調査の結果
(http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/150717_1.pdf)　Access 2015/11/02
3) 国内宿泊予約サイトランキング　総合得点 | Gomez (http://www.gomez.co.jp/ranking/hotel/)
Access 2015/11/19

[連絡先]
松下　亮太
e-mail：matsushita-ryouta@ed.tmu.ac.jp

協和音と不協和音演奏時における事象関連電位の研究

○齋藤　真菜*，舩田眞里子*
*白鴎大学経営学部経営学科

How the Consonance and Dissonance during a Music Performance Reflect in the ERPs of the Player

Mana　SAITO*，Mariko FUNADA*
*Business Administration, Hakuoh University

1. はじめに

音楽は和音を利用して作られ、作曲者は和音のもたらす音の印象を組み合わせて音楽を作っている。中でも不協和音は曲の個性を創出し、曲を印象付けるなどの役割を果たしている。この効果は、たとえば CM 音楽中に不協和音を含めることにより消費者の注意をひきつけ、商品を印象付けるなどにも有効であることが期待される。

本研究では、不協和音の中から代表的なコードであるセブンスコードを利用し、演奏時における協和音と不協和音の脳に対する反応を事象関連電位（Event-Related Potential、以下 ERP）を用いて計測し、不協和音の脳に対する作用の把握を試みた。

2. 実験方法と解析方法

協和音と不協和音演奏時の ERP[1,2]の相違の存在を確認するための予備実験 A と、曲の伴奏中に不協和音を混入させた本実験 B を行った。

2.1 実験方法

(1)被験者：ピアノ経験 20 年弱の成人女性 1 名。

(2)実験場所：外界から遮断された実験のみに使用される研究室。実験時には特に実験への集中を保つよう配慮した。

(3)実験 A の刺激：協和音 4 個(C, Cm, F, Fn)、不協和音 4 個(C7, Cm7, F7, Fm7)を表示した画像。

(4)実験 A の刺激表示のタイミング：19 インチの画面の中央に各画像を 1 秒間、間に白色画面を 200ms を平均としたランダムな時間表示した。刺激の大きさは縦横約 9.5×15.5cm である。

(5)実験 B の刺激の種類：曲目はきらきら星(C4～A4 で，あまり手を動かさない曲)を選出した。刺激は、メロディ(図 1 上段)、協和音(三和音：図 1 下段 1 小節目)、不協和音(セブンスコード：図 1 下段 2 小節目)からなる画像とした。

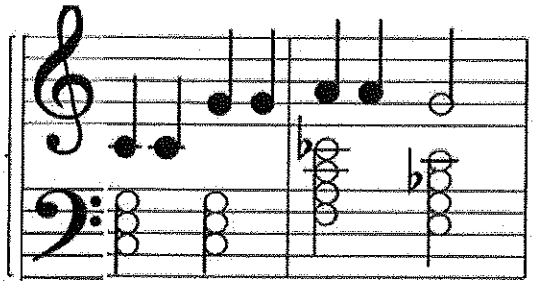


図 1　実験 B の刺激の例

(6)実験 B の刺激表示のタイミング：19 インチの画面の中央に各画像を 2 秒間 2 回ずつ、間に白色画面を 100ms 表示した。刺激の大きさは縦横約 9.5×12.7cm である。

(7)課題(タスク)：刺激画像を「見る」、白色画面を見ている状態で音を「聴く」、刺激画像をキーボードで「演奏する(弾く)」の 3 種類とした。

(8)反復回数：1 回の実験で実験 A は 40 回、B は 12 回反復した。これをそれぞれ 1 セットとして 5 回反復した。実験は一週間おきに 4 回反復した。

(9) 脳波:脳波は日本光電社製の Neurofax EEG8310 でハイカット周波数を 60Hz、時定数を 0.3 秒、抵抗を約 2kΩ とし、A/D 変換ボードを挿入した gateway 社のコンピュータ G7-600 を用いてリアルタイムで記録した。

(10)電極配置：国際 10-20 方による A1A2 を基準電極とする、Cz, Pz, C3, C4 の単極導出とした。

(11)A/D 変換のサンプリング周波数：1kHz。リアルタイムでコンピュータに取り込んだ。

2. 2 解析の方法

測定データに、カットオフ周波数が時間とともに変化するアダプティブフィルタを用いて、高周波・低周波雑音の除去を行った。次に、各波形の平均と標準偏差を用いて標準化後、刺激の種類ごと、協和音・不協和音別に加算平均して ERP を求めた。実験日のデータを加算平均して、それぞれの実験について平均的な ERP を求めた。結果は Cz を中心に記述する。

3. 実験結果と考察

3.1 実験 A の結果

図 2 は実験 A の結果(測定部位 Cz)である。横軸は刺激画像表示後の時間（1 秒間）、縦軸は加算平均後の振幅である。協和音による ERP では正の頂点電位 P1, P2, P3、負の電位 N1, N2, N3 が認められる。これは協和音のみで構成された曲を演奏する先行研究の結果 [3]とも一致した。また、不協和音による ERP では 550ms 付近に高振幅な正の電位が出現しており、協和音と不協和音は異なることが認められた。

3.2 実験 B の結果

図 3、図 4 は、それぞれ不協和音演奏時、協和音演奏時の各測定部位 Cz, Pz, C3, C4 の平均 ERP である（2 秒間）。不協和音ではすべての測定部位で 1000ms までに 5 つの正負の頂点電位が出現し、

潜時の短い方から順に正の電位を P1, ..., P5 とし、負の電位は N1,..., N5 とした。図 4 の協和音では P2, N2 などの頂点電位が不明確である。実験 A では 1 刺激で 1 和音の演奏をしている。一方実験 B では、右手 4 音と左手 2 和音の演奏を行っている。頂点電位が実験 A に比べて多いのは、このタスクの違いに起因するものと考えられる。そこで次のようなモデルを考えた：

$$ERP_B(t) = w_1(t) \times ERP_{A'}(t+t_1) + w_2(t) \times ERP_{A'}(t+t_2) \quad \cdots \quad (3\text{-}1)$$

ここで $ERP_{A'}(t) = ERP_A(t) + \alpha$ であり、$ERP_A(t)$ は図 2 の ERP のいずれか一方とした。$w_1(t)$、$w_2(t)$は t の関数であり、重みである。このモデルは実験 B の課題では 1 刺激に対し 2 個の和音演奏が含まれていることを根拠としている。図 5 は、実験 B の不協和音の ERP(部位 Cz)を実験 A の不協和音の ERP 用いて推定した結果である。パラメタ α、t_1、t_2 はそれぞれ約 0.48、127、391 で、$w_1(t)$、$w_2(t)$は図中の値である。実験 B の ERP の P4, P5 が実験 A の P3 に対応していることが推定される。

次に図 3、図 4 の ERP の各頂点電位の振幅と潜時を求め、ステップワイズ法を用いて判別分析すると、変数の集合{N5 の振幅、P2, P4, P5, N5 のそれぞれの潜時}が抽出され、協和音と不協和音が判別率 100%で判別された。実験 B の「聴く」、「見る」タスクに対して同様に判別分析を行うと、「聴く」タスクにおいては、変数の集合{P5 の振幅、N2, N3, P5, N5 のそれぞれの潜時}が抽出され、「見る」タスクにおいては変数の集合{P3 の振幅、P2 の潜時}が抽出された。どのタスクにおいても協和音と不協和音の判別率は 100%であった。

4.まとめ

以上の試みから、不協和音の演奏時の ERP では協和音には生じない 550m 付近の正の電位が認められた。メロディを含み、複数の不況和音を含む演奏課題においても、各不協和音に対してこの電位は生じることが推定された。

現象の再現性の確認等が今後の課題である。

参考文献

1) 入戸野　宏・堀　忠雄　心理学研究における事象関連電位(ERP)の利用, 広島大学総合科学部紀要IV理系編, 26, 15-32, 2000.

2) Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R., Jr., Miller, G. A., Ritter, W., Ruchikin, D. S., Rugg, M. D., & Taylor, M. J. Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. Psychphysilogy, 37, 127-152, 2000.

3)高瀬奈津美, 他, 音楽の構成要素と事象関連電位に関する研究, 人間工学会関東支部第 44 回大会講演集, 70-71, 2014.

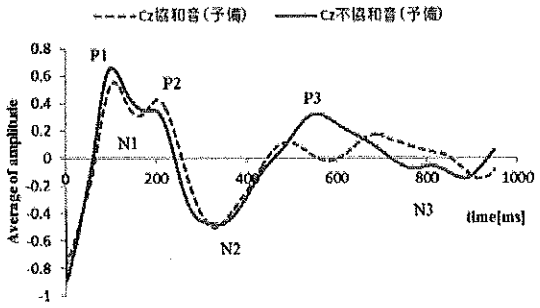


図 2　実験 A の協和音・不協和音による ERP(Cz)

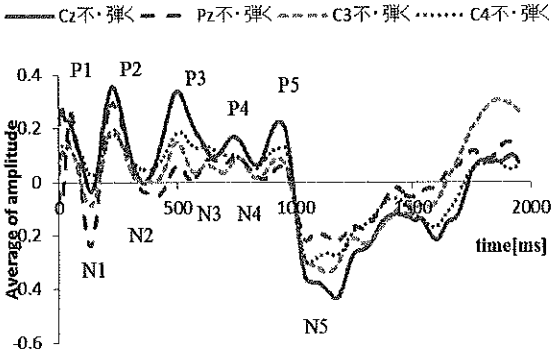


図 3　実験 B の「弾く」タスクの加算平均による不協和音の ERP（測定部位：Cz, Pz, C3, C4)

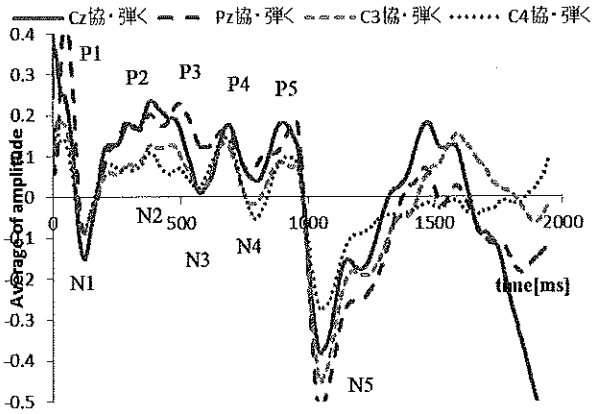


図 4　実験 A の弾くタスクの加算平均による協和音の ERP(測定部位：Cz, Pz, C3, C4)

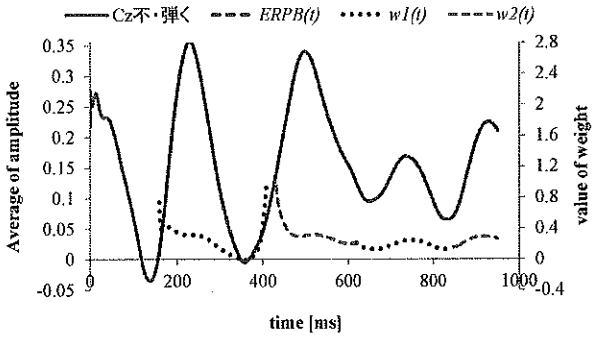


図 5　不協和音の(3-1)式のモデルに元づく実験 A の ERP による実験 B の ERP の推定

[連絡先]
齋藤　真菜　e-mail：15123879@sd.hakuoh.ac.jp

公共誘導サインにおける経路探索行動のUX向上に関する研究

ー誘導サインの矢印に注目してー

○金川智耶*，吉武良治*
*芝浦工業大学デザイン工学部ＵＸデザイン研究室

Improvement of the UX with tracing routes by public signs
-Focusing on the arrow sign-

Tomoya KANEKAWA*, Ryoji YOSHITAKE*
*UX Design Lab, Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

鉄道駅や空港、病院や役所などにおいて、利用者がスムーズに目的の場所へ移動できるように様々な誘導サイン、案内サインが設置されている。しかしながら、都心における鉄道駅や公共空間は構造が複雑なところもあり、多くの誘導サインが掲示されているにもかかわらず、歩行者が不安になったり、目的地に到達することが出来ないことがある[1]。そこで本研究では、そのような公共空間における誘導サインに注目し、複雑な経路においても適切に目的地に到達できる誘導サインの提案を目的とする。公共空間の中でも、まず鉄道駅を対象とし、誘導サインは矢印形状のサインに注目して検討することとした。

2. 提案に向けた調査

2.1 矢印サインの特性と特徴

公共空間の既存サインでは多くの種類の矢印が使用されている。まずはそれら矢印の特徴を整理した。矢印は同じ形状でも設置されている面や歩行者との位置関係によって意味する内容が異なることがある。図１に典型的な矢印の特性・特徴を整理した例を示す。

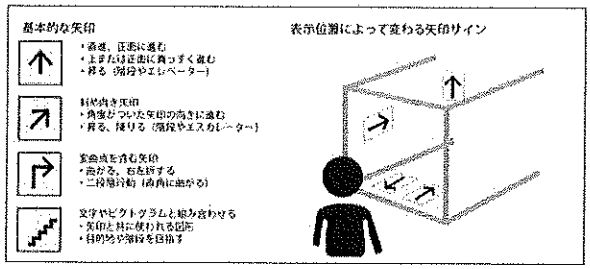


図 1. 矢印サインの特性・特徴

2.2 鉄道駅における実態調査

鉄道駅において実際にどのようなサインが使用されているか、またそれらが効果的に機能しているかを調べる目的で６つの駅を調査した。各駅において４つの目的地（トイレ、バス停、タクシー乗り場、喫煙所）を設定し、到達度合いを評価した。その結果を図２に示す。

トイレやバス停など使用頻度が高いと思われる目的地への到達度合いは高く、比較的使用頻度が低い目的地は到達度合いが低く、誘導サインの誘導効果に優劣があることを確認できた。

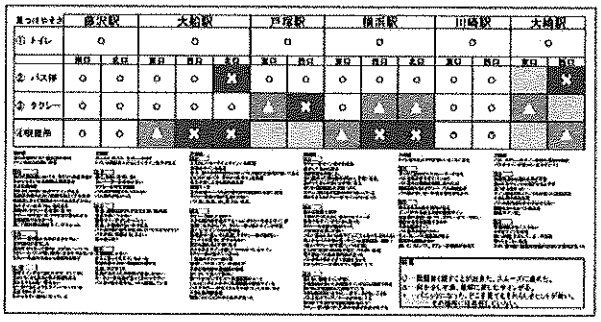


図 2. 鉄道駅における実態調査の結果

2.3 経路探索行動中における誘導サインの評価

鉄道駅における実態調査の中で矢印サインが用いられていた場所について、その誘導サインを分かりやすさや理解度の観点から点数化し、評価した。評価した経路の例を図３、４に示す。

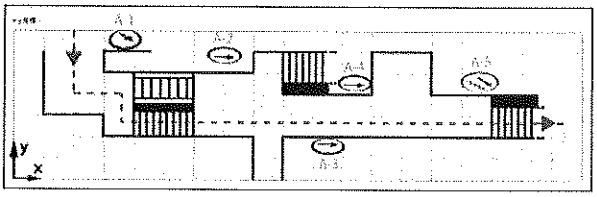


図 3. 評価経路の例（上面）

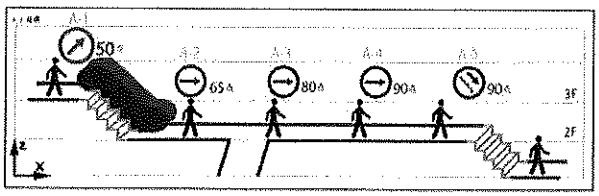


図 4. 評価経路の例（側面）

図３、４の評価結果を図５に示す。例えばA-1については、階下へ誘導すべきところ、矢印の方向が斜め下を示しておらず、歩行者の位置から適切な表示になっていなかった。A-2については経路が２つ存在し、矢印が指し示す物理的な方向との対応づけができていなかった。この調査では、複雑な経路を可視化すると共にサインの点数化によって改善すべき箇所やそのサインの特徴を特定

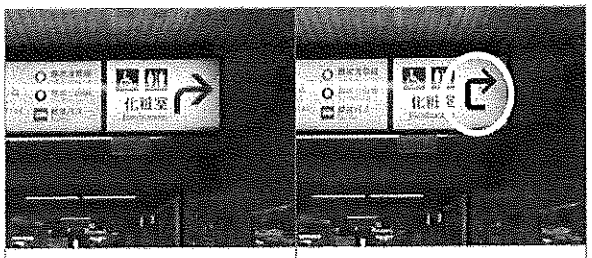
することができた。点数が低かったサインについては視認性、連続性、空間的な方向性、階層変化など適切に誘導できなかった理由を特定、明示し、問題点を整理した。

番号	サイン	点数	評価コメント
A-1		50点	階層の変化があることが分からなかった 空間的な方向性が通していない
A-2		65点	経路が二つ存在しどちらに行けばいいか分からなくなる場所にある 前のサインと種類が異なり、小さく見つけづらいものになった
A-3		80点	先ほどのサインと同じ種類で今回は分かりやすかった 連続出来る一本道のため分かりやすい
A-4		90点	前のサインと類似しているので分かりやすい
A-5		90点	階段を降りるデザインがとても分かりやすい サインの意味が見てすぐ分かる

図 5. 評価結果の例

3. 矢印に注目した新たな誘導デザイン

2.3 で評価した経路や問題点を基に、複雑な経路内における誘導サインのプロトタイプを作成した。複雑な経路の問題点と作成したプロトタイプの例を図 6、図 7 に示す。図 6 の経路の問題点は、階層の変化後正面に障害物が存在し、歩行者は迂回して進まなければならない。よってプロトタイプ①は迂回して進行するような矢印形状にした。図 7 の経路は、進行方向に分岐が二つ存在した。現状のサインではどちらの経路を選択すべきかわかりづらいのが問題点だった。プロトタイプ②の a-1 は右方向に注意を持たせつつ、具体的に階段を降りるような指示を与えた。a-2 は二つの経路を間違わないよう、奥の経路を誘導していることがわかるような矢印形状とした。



現状の誘導サイン　　プロトタイプ①

図 6. 現状のサインとプロトタイプの例 1

現状の誘導サイン　　プロトタイプ②

図 7. 現状のサインとプロトタイプの例 2

3.2 プロトタイプの評価

図 6、7 に示した経路に関して、作成したプロトタイプの評価を実施した。評価の方法は、鉄道駅内の写真を実際の歩行者が見る順番に並べ、その連続した写真をたどってもらうことで駅構内での歩行をシミュレーションした。現状の誘導サインとプロトタイプ①・②を入れ替えた合計 4 パターンの歩行者ルートを作成した。その 4 パターンの歩行者ルートを実験参加者に見せ、比較検証を行った。大学生 10 名に 5 段階評定尺度による主観評価とコメントを収集した。評価項目は『理解度：とてもよく分かる-全く分からない』、『目的達成度：スムーズに到達した-全く到達できなかった』の 2 項目であった。これらの評価は各条件での試行終了後に行った。

4. 結果と考察

現状の誘導サインとプロトタイプ①・②それぞれの評定値について対応のない t 検定を行った。その結果、プロトタイプ①・②は現状の誘導サインよりも理解度と目的達成度に有意差($p<0.05$)が認められた。

プロトタイプ①は方向性がわかりにくかった現状の誘導サインに比べ、目的地までの理想とする経路の理解が早かった。プロトタイプ②は現状のサインでも何となく方向性をつかめていたが、階段を降りるという行為が瞬時に理解することができ、円滑な誘導につながった。矢印形状を少しだけ変えることによって、わかりづらい経路を円滑に誘導できることを確認できた。また、収集したコメントには「誘導サインの見えない（または存在しない）地点での誘導をして欲しい」と言った意見や、次のサインや手がかりを見つけるようとする行為がみられた。これらは誘導サインの連続性に注目することの必要性を示唆している。矢印形状の変更だけではなく、誘導サイン全体としてデザインを検討していくことが重要と考える。

5. おわりに

本研究では、鉄道駅を対象とした複雑な経路に着目し、調査を行った。効果的でない誘導サインを評価し問題点を整理した。この問題点から円滑でない経路における矢印サインの改善案を作成・提案し、その効果を確認した。

6. 文献

1) 山下和英：サインの配置・方向性による空間構造評価,景観・デザイン研究講演集, No.8, 88-91, 2002

【連絡先】
金川　智耶
e-mail:cy12210@shibaura-it.ac.jp

ヒール靴着用時の重心バランスの加速度計を用いた解析

○西牧侑香*, 三田隆広**, 大矢哲也***, 川澄正史*, 小山裕徳*
*東京電機大学未来科学部情報メディア学科
**東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻
***日本医療科学大学保健医療学部臨床工学科

Stability of Walking with Heel Shoes Using the Accelerometer

Yuka NISHIMAKI*, Takahiro MITA**,Tetsuya OHYA***,Masashi KAWASUMI* and Hironori KOYAMA*
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life,Tokyo Denki University
** Information Systems and Multimedia Design,
Graduate School of Science and Technology for Future Life,Tokyo Denki University
***Department of Clinical Engineering,Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

1. はじめに

ヒール靴は一般的に踵の高い靴のことを指し，若年層や社会人の女性にとって重要なファッションアイテムとされている．しかし，ヒール靴を使用することで屋内外に問わず平地での転倒，階段昇降時の転落による骨折や脱臼等の事故を引き起こし，着用時の安全性や機能性が問題視されている．先行研究 [1]ではデパートの女性職員 251 名のうち，ヒール靴着用中の転倒経験者は全体のほぼ半数であると報告している．

ヒール靴着用時の転倒原因の一つとして，着用時に踵が高くなるため，立位姿勢や歩行が不安定になりやすいことが挙げられる．また，勾配が緩やかな場所や平地歩行時でも転倒が起こることから，ヒール靴着用時の重心が不安定になることが考えられる．

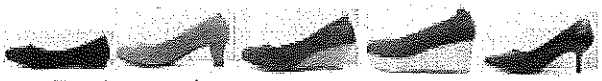
そこで，本研究では歩行時の転倒予防を目的とし，ヒール靴着用時の重心動揺の解析を行う．重心動揺を測定するために加速度計を用いて平地歩行時のヒールの太さ，接地面積が異なる靴を使用し，各ヒール靴による重心動揺の変化の比較検討を行った．

2. ヒール靴の比較実験

2.1 実験概要

歩行時の各ヒール靴による重心動揺の変化を比較するために 5 種のヒール靴を用いて直線 8m の歩行実験を行った． 5 種のヒール靴には，ヒール高 0cm のフラットシューズ(A)，ヒール高 5cm のミドルヒール(B)，ウェッジヒール(C)，厚底ヒール(D)，ピンヒール(E)を用いた．5 種のヒール靴を図 1 に示す．被験者は，20 代女性 5 名を対象とした．なお，倫理的配慮として事前に実験内容と注意事項を説明し，被験者の同意を得て実験を行った．

歩行解析装置には，ワイヤレス型 3 軸加速度計(質量 20g，横幅 3.9cm×高さ 4.4cm×奥行 1.2cm，A TR-Promotions 株式会社製)を用いて行った．サンプリング周波数は 100Hz とした．加速度計の装着位置は被験者の重心移動を計測するため，重心位置に近く，重心移動に近似する第 3 腰椎棘突起部にゴムベルトで固定した [2]．重心動揺の解析は上下，前後，左右方向について行うこととし，先行研究 [3]と同様に加速度の二乗平均平方根 RMS(root mean square)で評価した．RMS 値が大きいほど動揺性が大きく，安定性が低い．また，RMS 値は歩行速度に影響を受けるため，メトロノームを用いて健常成人の普通歩行速度である 110steps/min(歩行周期 1.09s)に指定し，一定の速度で歩行を行った [4]．加速度の値は，静止立位時を基準としてキャリブレーションを行った．検定には多重検定(Tukey 法)を用い，有意水準は 5%未満とした．



A フラット　B ミドル　C ウェッジ　D 厚底　E ピン

図 1　5 種のヒール靴

2.2 結果および考察

実験結果を図 2 に示す．前後方向における RMS 値はフラットシューズと他の全ヒール靴との間に有意差が認められた．特に，ピンヒールとミドルヒール間には大きい差が見られた．この要因として，ヒール靴着用時は踵が高くなったため，足を踏み出した際に重心が前方へ大きくかかりバランスが崩れたことが挙げられる．また，ピンヒール等は踵部分が細く，踵部分の接地面積が小さくなり前後方向のバランスがとりにくいため，重心動揺が大きくなったと考えられる．

上下方向の動揺に関してはフラットシューズと厚底ヒール以外のヒール靴の間に有意差が認められた．この要因として，ヒール靴着用時は通常歩行と異なり，足関節の背屈が得られず，膝関節がやや屈曲した状態で接地する．そのため，通常よりも骨盤位置の上下変化が大きくなり，上下方向の重心が不安定になったと考えられる．

左右方向の動揺に関しては厚底ヒール以外のヒール靴とフラットシューズの間に有意差が認めら

れた．しかし，各ヒール靴との差は小さく，前後，上下方向と比較して左右方向の RMS 値が全体的に低いことから，転倒には左右方向の重心動揺は影響が小さいと考えられる．

以上のことから，転倒予防のためには前後，上下方向の重心動揺の安定性を高める靴の提案が有効であると考えられる．そのためには，靴底に滑り止めを取り付ける方法やヒール靴に足を固定する方法，つま先部分の靴の形状を横長にして接地面積を広くする方法等が考えられる．

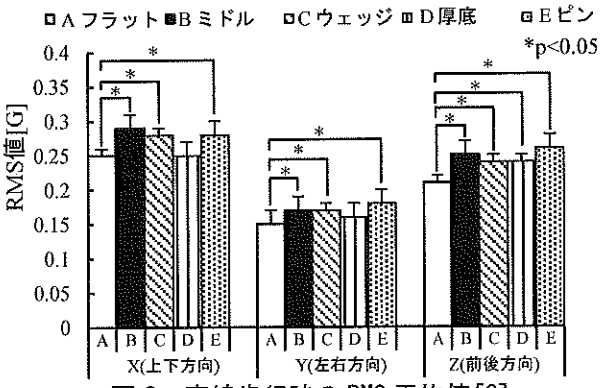


図 2　直線歩行時の RMS 平均値[G]

3. 安定性の比較実験

3.1 実験概要

ヒール靴に補助具として外付けの滑り止めとヒール靴用ゴムバンドを使用した場合の重心動揺の変化を比較するため，補助具の有無による重心動揺の比較実験を直線 8m で行った．実験に使用するヒール靴はヒール靴の比較実験より，特に重心動揺が大きかったミドルヒールとピンヒール，安定の基準としてフラットシューズの 3 種で行った．外付け滑り止めは靴の前足部，ヒール靴用ゴムバンドは足の甲の部分に取り付けた．被験者は，20 代女性 5 名を対象とした．歩行速度，歩行解析装置，加速度計装着位置，重心の動揺性の解析方法はヒール靴の比較実験と同様とした．検定には t 検定を用い，有意水準は 5%未満とした．

3.2 結果および考察

実験結果を表 1 に示す．補助具無しの歩行と補助具有りの歩行を比較してフラットシューズとミドルヒールとの間の上下，左右，前後方向に有意差が認められた．これは，補助具を使用することにより，足が靴から離れることを防いだため重心動揺を小さくなり安定したと考えられる．このことから，補助具の使用で重心の安定性を高めることができると考えられる．

ピンヒールでは上下，前後方向において有意差は認められなかった．この要因として，今回実験に使用したフラットシューズやミドルヒールと比較した際，ピンヒールはつま先に向かって細くなる靴の形状であることから，接地面積が狭くなっている．そのため，滑り止めが作用する面積が小さくなり，効果が得られなかったと考えられる．

また，ピンヒールの甲の部分が浅い形状となっており，重心動揺に関与する足指の動作範囲が制限されたことから，補助具を使用した際も前後方向の重心動揺が大きくなったと考えられる．

以上のことから，補助具を使用することで重心動揺は小さくなりバランスが安定することがわかった．しかし，今回実験で使用したピンヒールのような甲の部分が浅い形状の靴では補助具の効果は得られないことが明らかになった．このことから，甲の部分が浅い形状の靴には外付け滑り止めとヒール靴用のゴムバンド以外の方法が必要であると考えられる．

表 1　補助具の有無における RMS 平均値[G]

	補助具	上下(±X)	左右(±Y)	前後(±Z)
フラット	無	$0.25^{A}\pm0.02$	$0.16^{B}\pm0.02$	$0.22^{C}\pm0.01$
	有	$0.23^{D}\pm0.02$	$0.15^{E}\pm0.02$	$0.21^{F}\pm0.01$
ミドル	無	$0.26^{G}\pm0.01$	$0.16^{H}\pm0.01$	$0.25^{I}\pm0.01$
	有	$0.24^{J}\pm0.01$	$0.15^{K}\pm0.01$	$0.22^{L}\pm0.01$
ピン	無	0.24±0.02	$0.16^{M}\pm0.01$	0.23±0.01
	有	0.24±0.02	$0.15^{N}\pm0.02$	0.23±0.01

A-D, G-J, B-E, H-K, M-N, C-F, I-L 間に有意差有り ($p<0.05$)

4. おわりに

今回，各ヒール靴の重心動揺の比較実験と外付け滑り止めとヒール靴用のゴムバンドを使用した重心動揺の安定性の比較実験を行った．その結果，転倒には左右方向の重心動揺の影響は小さく，上下，前後方向の重心動揺の安定性を高める必要があることが示唆された．また，滑り止め等の補助具を使用することで重心動揺が小さくなることがわかった．一方，甲の部分が浅いヒール靴には補助具の効果は小さいことが示唆された．

参考文献

1)高橋公，他：女子ヒール靴による足の障害：アンケート調査(第 14 回日本リハビリテーション医学会総会)，リハビリテーション医学，14(4)，p.296，1977.

2)眞田瞳，他：ヒール靴での歩容における安定性に関する研究，日本人間工学会関東支部第 41 回大会第 17 回卒業研究発表会講演集，p-p.35-36，2011.

3)牧浦大祐，他：歩行の安定性に性差は存在するのか?－加速度計を用いた歩行解析による検討－，理学療法科学，25(6)，p-p.923-928，2010.

4)窪田俊夫，他：健常者の歩行時間・距離因子に影響を与える要因－計測条件について－，バイオメカニズム学会誌，24(2)，p-p.107-114，2000.

[連絡先]
西牧　侑香
e-mail：12fi116@ms.dendai.ac.jp

法改正が飲酒運転事故に及ぼす影響について

○大山このみ・遠藤有紗・成田澪・本田麻惟子*
東北学院大学教養学部人間科学科

Effects of law enforcement on drunken driver behavior and accidents.

Konomi OYAMA, Arisa ENDO, Mio NARITA, Maiko HONDA
Tohoku Gakuin University, Faculty of Liberal Arts

1. 先行研究と目的

飲酒運転に関する法改正は、2001 年に危険運転致死傷罪、2002 年に道路交通法改正施行、2004、2005、2006 年にも改正があり、2007 年に大幅な法改正が行われた。これらの法改正は、飲酒運転事故減少に効果があったという研究報告がある。

白石・萩田 [3] は、2002 年の法改正の効果について、2001 年から 2004 年までの変化を検証した。その結果、法改正により飲酒運転事故減少の効果は認められたが、無免許などの悪質運転者らによる飲酒運転は減少率が小さかった。

當舎 [4] は、2002 年と 2007 年の法改正のどちらがより効果があったかを検証した。結果、2007 年の法改正の効果が大きいとした。

三上 [2] は、2002 年の法改正より発生した、飲酒運転よりもひき逃げで逮捕された方が罪が軽くなる「逃げ得」について検証した結果、2002 年改正はひき逃げ事故の増加を、2007 年改正はひき逃げ事故の減少をもたらしたとした。

効果が大きかった理由として、人間は合理的であるから罰の重さを計算したことによると考えられた。これは伝統的な経済学の人間モデルであったが、現在は疑問視されている。罰を重くすれば効果があるのならば、取締側は定期的に罰を強化する方がよい。しかし実際は大きな事故が世間で話題となった時に強化している。飲酒運転防止は協力を呼びかける社会運動的な面があると考える。人々は協力するかしないかの社会的ジレンマ状況 [5] にある。

本研究では飲酒運転の法改正の効果について、先行研究と異なる方法により検証する。その結果から、人間が本当に合理的主義者であるかどうかを考察する。

2. 方法

データはイタルダ委託集計より、法改正が行われる前の 1990 年から 2012 年までのものを用いる。このデータは愛知修正後のものである。當舎は違反項目を指標にしていたが、この違反項目は警察官の判断に委ねられる部分があり、曖昧な基準である。そこで我々は、第一当事者が飲酒運転したかどうか、飲酒あり・飲酒なしに分けた指標を用いた。白石・萩田もこの指標を用いていた。

法改正の効果を検証するために、

1) 法改正が行われなかった 1990 年からの約 10 年と、2001 年から 2007 年の法改正の期間、特に改正がなかった 2007 年以降の 5 年間について、飲酒運転が全体の事故に占める割合を検証した。この際、死亡事故、全事故に分けた。

2) 2002 年と 2007 年の法改正の効果について、施行前後 1 年を比べるのが適切な方法だと考えられる。白石・萩田は施行 1 年前から施行後の 2 年の 4 年間の変化を均して比較したが、法改正の効果は施行前と後とで比較した。

人間が本当に合理的主義者であるかについて検証するために、

3) ひき逃げの死亡事故のデータ

4) 飲酒検知不能の割合の推移

を用いた。ひき逃げ事故は自転車の事故も多く含まれ、三上のデータは事故だけで死亡事故については検討しなかった。また逃げ切れないとしてあとから出頭して「検知不能」となる例が増えるかを検討するため、飲酒ありの中でも、酒酔い、酒気帯び、基準以下、検知不能のうち検知不能の割合の推移を検討した。

3. 結果

3.1 飲酒運転事故の割合の推移

死亡事故は法改正の行われなかった期間に減少は見られず、法改正の行われた期間は減少した。

全事故は法改正の有無に関係なく減少しており、法改正期間は減少が大きかった(図 1)。

3.2 寄与度分析

2002 年は事故全体は増加し、飲酒ありの事故は減少し、全体の事故増加には飲酒事故は寄与しな

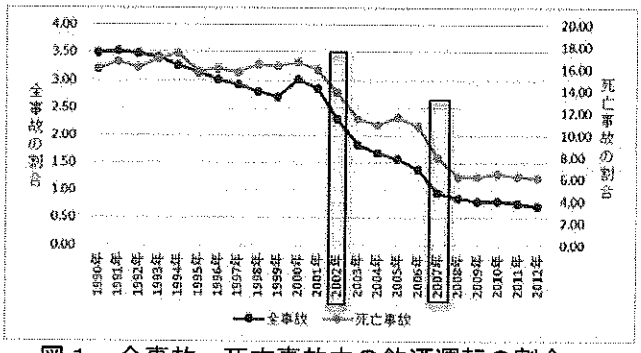


図 1　全事故・死亡事故中の飲酒運転の割合

表１　2002 年の法改正による全事故の増減

	2001年		2003年			
	件数	割合	件数	割合	伸び率	寄与度
飲酒あり	23915	0.029	15308	0.018	-35.99	**-1.027**
飲酒なし	812004	0.969	821638	0.98	1.186	1.15
調査不能	1871	0.002	1228	0.001	-34.367	-0.077
合計	837790		838174		0.046	0.046

表２　2002 年の法改正による死亡事故の増減

	2001年		2003年			
	件数	割合	件数	割合	伸び率	寄与度
飲酒あり	1046	0.159	680	0.115	-34.99	**-5.573**
飲酒なし	5347	0.814	5127	0.865	-4.114	-3.35
調査不能	174	0.026	121	0.02	-30.46	-0.807
合計	6567		5928		-9.73	-9.73

表３　2007 年の法改正による全事故の増減

	2006年		2008年			
	件数	割合	件数	割合	伸び率	寄与度
飲酒あり	10908	0.014	5804	0.009	-46.791	-0.651
飲酒なし	772325	0.985	669783	0.991	-13.277	**-13.079**
調査不能	802	0.001	501	0.001	-37.531	-0.038
合計	784035		676088		-13.768	-13.768

表４　2007 年の法改正による死亡事故の増減

	2006年		2008年			
	件数	割合	件数	割合	伸び率	寄与度
飲酒あり	531	0.109	247	0.062	-53.484	-5.81
飲酒なし	4290	0.878	3668	0.928	-14.499	**-12.725**
調査不能	67	0.014	38	0.01	-43.284	-0.593
合計	4888		3953		-19.128	-19.128

かった。事故と違って死亡事故の全体は減少した。死亡事故は飲酒ありの減少が死亡事故全体の減少への寄与度が大きかった（表１，２）。

2007 年は事故も死亡事故も全体が減少した。事故の減少に寄与したのは飲酒なしの事故であって、飲酒ありの寄与度は小さかった。死亡事故は飲酒ありの割合も減少したが、相対的に飲酒なしの寄与度が大きかった（表３，４）。

3.3 ひき逃げ

三上[2]は逃げ得があるのは 2001 年から 2006 年とした。この期間、死亡事故に占める割合とひき逃げ死亡事故数が増加することはなかった(図２)。

検知不能の割合も逃げ得期間に増加することはなかった。事故の中では 1999 年から 2000 年の間に急増しているが、その後はほぼ減少し、死亡事故では 2005 年までは増減を繰り返しているが、2006 年以降はほぼ横ばいである。

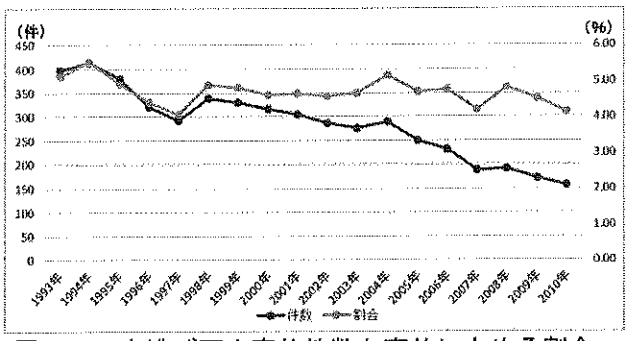


図２　ひき逃げ死亡事故件数と事故に占める割合

4. 考察

法改正の期間は飲酒運転が事故も死亡事故も減少したことから、罰の効果を計算する人間の合理性を示した。寄与度を分析すると 2002 年の法改正は飲酒運転に特化して効果があったといえた。死亡事故を起こすような運転者には、罰則の強化が有効であった。

しかし、逃げ得までは計算しないため、人間は徹底して合理的ではない。そして飲酒事故に関しては飲酒運転防止の運動が広まり、法改正の無い期間も減少した。これを社会的な交通安全運動への協力とみなすなら、山岸[5]の提唱する「みんなが原理」によるとも解釈できた。この原理は、人間は周りの人に合わせた行動を行うとする。しかし中には自分の利益だけを考える徹底した利己主義者がいる。このような利己主義者には、コミットメントが効果的であると考えられる。自分の意思で飲酒運転を止められない場合、周りの人にも罰が与えられるというコミットメントを利用することで行動を抑制する。2007 年改正は飲酒運転を助長した場合も罰せられ、罰則の対象者が増える法改正である。これは罰則を強化しただけの 2002 年改正とは質的に異なると考えられる。

このように社会的ジレンマ論は合理論に代わる有望な説明理論と考えられた。

飲酒運転の関係者への取締りを厳格にし、飲酒運転が割に合わないことを周知させることが飲酒事故の一層の減少に繋がると考えられる。

5. 参考文献

1) 交通事故総合分析センター（2005）：飲酒運転に関する道路交通法の改正効果の分析研究，自主研究報告書（H17-01）　交通事故総合分析センター

2) 三上悠子（2010）：一連の飲酒運転厳罰化の効果に関する研究
〈http://www3.grips.ac.jp/~up/pdf/paper2009/MJU09066mikami.pdf〉（政策研究大学院大学修士論文）

3) 白石洋一・萩田賢司（2006）：飲酒運転に関する道路交通法の改正の効果，IATSS Review，31，105-112.

4) 當舎夕希子・山田祥子・加藤博仁・三浦隆宏（2012）：飲酒運転に関する法改正とその効果
〈http://www.seiunkai.net/images/library/ronbun/2012/2012_1.pdf〉（大阪大学法学部青雲会懸賞論文）

5) 山岸俊男（2000）：社会的ジレンマ，ＰＨＰ研究所

［連絡先］　本田　麻惟子
e-mail：maichan9416@gmail.com

筋負担評価に基づく自動車用コンソールボックスの操作性

○白土 拓磨*，石橋 基範*
*日本大学生産工学部

Operability of in-vehicle console box based on muscle load evaluation

Takuma SHIRATO*, Motonori ISHIBASHI*
*College of Industrial Technology, Nihon University

1．はじめに

自動車の操作スイッチやシートはドライバにとって接触する機会が多く、それらに対する評価や改善の提案は見られる[1), 3)]。同時にコクピットには多数の「小物入れ」があり、運転中に扱う機会も多い。小物を出し入れする際に手を伸ばしやすいレイアウトや操作しやすい蓋を実現することで、運転中に楽に扱えるようになる。

操作機会が多い小物入れの一つに蓋付き（多くは蓋がアームレストも兼用）のコンソールボックスがある（図1）。運転席の横にあり、ドライバは運転姿勢を大きく変えることなく上肢（上腕～前腕～手）で操作する。上肢による操作性は、「手が届くかどうか」というリーチや姿勢の自然さでレイアウト等を設計することが主流である。

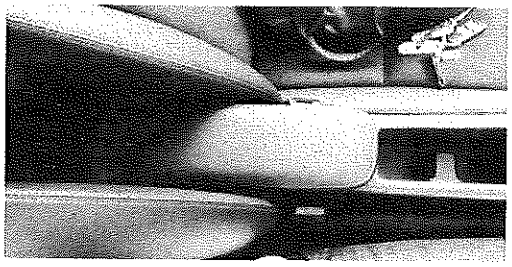


図1　蓋付きコンソールボックス

しかし、手届きが同じでも操作方法（押す・引く、回す等）によって必要な発揮力は異なる。コンソールボックスも同様に、蓋の操作方法によって求められる筋力は異なる。特に運転姿勢という拘束性が高い状況で補助動作（上体の前傾等の付随動作）なしに操作するため、レイアウトや操作方法が適切でないと無理な動作となり筋負荷が高くなる。そのため筋負荷に着目した評価方法が有用と考えられるが、先行研究の調査からほとんど取り組まれていないことが明らかになった[2)]。

そこで、本研究では、筋電図から得られた筋負荷の評価と主観評価の両面から、コンソールボックスの操作性を検討することを目的とする。

2．方法

2.1 市販車を対象にした現状調査

現在販売されている国産車40車種、輸入車20車種を対象に、メーカーのショールームや販売会社、カタログで下記の調査を実施した。

(1) 寸法計測

フロアからシート上面、シート上面からコンソールボックス上面の寸法を計測した。その結果、シート上面からコンソールボックス上面の寸法は約210mm～280mmになっていることが分かった。そこで、本研究では高さ方向で200mm～300mmという実験条件を設定することとした。

(2) コンソールボックスの開閉方法

上開き式が22車種、スライド式が5車種、横開きが5車種、その他（無し、カップホルダーのみ等）というデータが得られた。そこで、本研究では上開き式、スライド式、横開き式を対象に実験を行うことにした。

2.2 実験方法

(1) 実験参加者

右利きの成人男性2名を対象とした。

(2) 被験筋の選定・筋電図の計測

上肢の9つの筋肉を対象に実験装置（図2，後述）を用いて操作時の筋電図計測の予備検討を行った。その結果、浅指屈筋、橈側手根屈筋、長掌筋、三角筋の4つが今回の4方式の操作で使われることが明らかになり、本実験に用いた。筋電図はサンプリング周波数500Hzで記録した。

(3) 実験方法

自動車のコンソールボックスと同様の実験装置を作成した（図2）。蓋の重量は実在のものとほぼ同じに設定した。

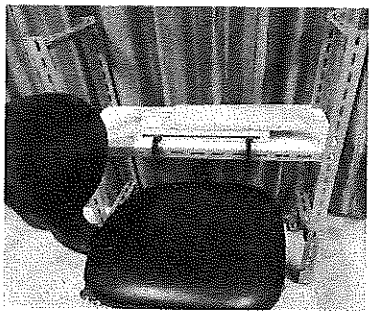


図2　実験装置

実験では、最初にMVC（最大随意収縮）を計測した。次に、スライド式、上開き式、右開き式、

左開き式の順に、実験装置の上下の位置（6条件）、そのうち一部の前後位置（各5条件）についてスライドや開閉操作を行った。高さについては椅子上面と操作機器上面の差200mm～300mmを20mmずつ6段階で区切った。前後方向の検討は今回割愛する。1回の動作終了毎に主観評価シートを記入した。また、実験中の操作はビデオで録画した。

(4) 主観評価

評価項目は、「違和感がある」「無理がある」「つらい」の3項目とした。これは、20代男性3名が実際に実験装置を操作し、感じた形容語（10個）を親和図法でまとめたものである。これら項目を7件法で、0を中立点とし-3~+3で評価した。

2.2 解析方法

(1) 筋電図解析

各部位について100Hzのローパスフィルタを通して整流後、一つ一つの操作開始から終了までの時間積分値を算出し、単位時間当たりの量に変換した。その後、%MVCを求めた。そして、実験参加者間の平均を解析に使用した。

(2) 主観評価の解析

各操作時の各評価項目について、実験参加者間で得点を平均して用いた。

(3) 主観評価と%MVCの関係

被験筋ごとに、横軸に%MVC、縦軸に主観評価得点をとって散布図を作成し、回帰モデルを作成した。回帰モデルは、刺激強度と人間の感覚の関係が対数的であることを考えて、対数による回帰とした。

3．結果

被験筋ごとの条件間比較から、左開き式では浅指屈筋に筋負荷が高く見られ、手首の動作が負担に影響するが、右開き式になると三角筋の負荷が高く見られ、肩の動作が負荷に影響することが分かった。上開き式とスライド式では前腕の負荷は低いが、上腕に負荷がかかることが分かった。

主観評価からは、上開き式、スライド式が全高さ条件において得点が0以下になっていることから、負担であると感じていないことが分かった。

浅指屈筋と橈側手根屈筋について主観評価と%MVCの関係をまとめた散布図を以下の図3、図4に示す。どちらの図でも、%MVCが10以下の時の主観評価の得点が多くは0以下になっており、%MVCの値が高くなると主観評価の得点も0を超えている。右肩上がりの回帰モデルとなったことから、人が負担と感じている操作において%MVCからも高い負荷が見られるという傾向が明らかになった。

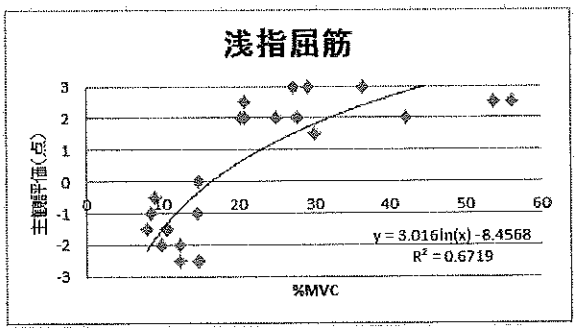


図3　浅指屈筋の得点と%MVCの関係

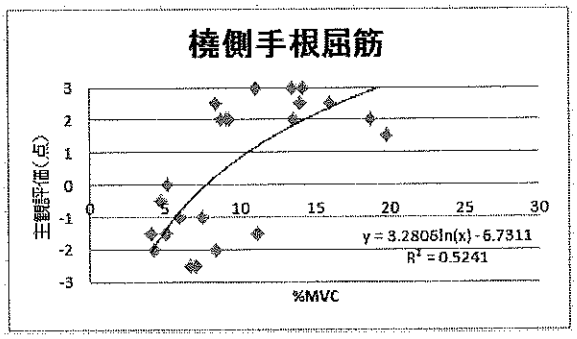


図4　橈側手根屈筋の得点と%MVCの関係

4．今後の研究計画

女性を含む実験参加者を3名程度増やし、より信頼性のあるデータにする。また、今回の実験では三角筋についてデータにばらつきが出ていたことから、実験の動作の統制が出来ていなかったことが原因として考えられるため、今後の実験で対策を検討する。

本研究は日本大学生産工学部「人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施している。

参考文献

1) 難波昇平 他：プッシュ動作の生体力学的要因と自動車スイッチ配置への応用，人間工学，Vol.37, p436 -p437, 2001.
2) 森若 誠 他：筋電図解析・三次元動作解析に基づく自動車用コンソールボックスの操作性評価，人間工学, Vol.42,No.3, p157-p163, 2006.
3) 菊本正之 他：自動車用座席側面の操作し易いレバー位置と体格及び性別の関係，人間工学, Vol.51, Supplement, p216-p217, 2015.

[連絡先]
白土　拓磨
e-mail：cita12080@g.nihon-u.ac.jp

パラレルリンクを用いた多機能車椅子の開発

○押本泰貴*，深谷直樹*
*東京都立産業技術高専

Development of multi-functional wheelchair using a parallel link

Taiki OSHIMOTO*, Naoki FUKAYA*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. 研究背景

生まれつき，または交通事故や病気による後遺症で下半身に障害のある人は歩行が困難である．また，高齢化によって足腰が弱くなると自力での歩行が難しくなる．このような人々の移動を支援する代表的な福祉機器が車椅子である．車椅子を利用することにより比較的自由に移動が可能になり，生活空間を広げることが可能になる．このように車椅子はとても便利である．しかし，一方で多くの問題を抱えている．例えば，高いものに手が届かない，狭い道が通れない，持ち運びが困難である．中でも，車椅子からベッドへの移乗作業は大きな問題の1つとして挙げられる．

移乗作業は介護の中でも最も負担の大きい作業である．車いすを利用している人は自力で立つことが困難で，介護者は使用者を抱き上げて運ぶ必要がある．そのため，介護者の腰や肩には過度の負担がかかってしまう．それにより介護者が体調を崩し，逆に介護される側になってしまう危険性もある．

よって我々はこの車椅子が関係する移乗作業の負担軽減を目的に，移乗作業を支援する機能を有する多機能車椅子の開発を行ってきた．開発の結果，通常の車椅子と同程度のサイズでありつつも5種類の変形機能を有し，簡単に移乗作業支援を実現できる構造を開発するに至ったが，対象者の体重に上限があること，アクチュエータの要求能力が高いことから，より少ない出力でも安定的に動作可能なリンク構造を新たに開発することとした．

2. 多機能車椅子

2.1 従来型多機能車椅子

図1は我々が開発した従来型の多機能車椅子である[1]．この多機能車椅子にはリフトアップ機能，リクライニング機能，ティルト機能，スタンディング機能，スラント機能の5つの支援機能を有している．図の1はaから順に通常状態，リフトアップ，リクライニング，ティルト，スタンディング，スラント機能である．

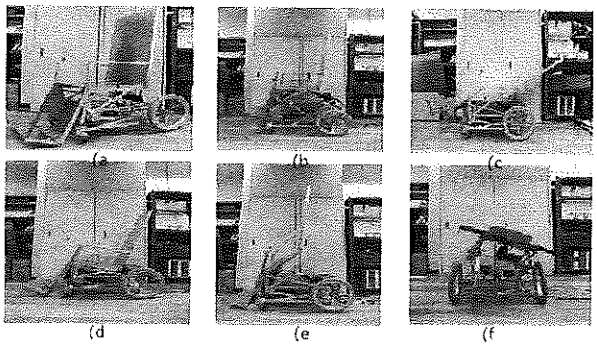


図1　従来型多機能車椅子の各機能

この従来型多機能車椅子の試作機では荷重60kgが加わったと仮定すると最も負担がかかるフレームの安全率は0.9と強度に不安がある．また，加わった荷重を持ち上げるためにはアクチュエータの必要推力は3919Nに対し，用いられているアクチュエータは2000N×2個であり合力が4000Nであると考えれば動作は可能である．しかし，車椅子自体の荷重もかかるため十分な推力でない．

これらの改善を同時に行うには車椅子のサイズアップや重量化，高出力のアクチュエータを使うことによるバッテリーの消費等が発生する．これらのデメリットを考慮すると小さいアクチュエータでも動作可能な機構を開発することが望ましい．

2.2 5節リンクの概要

5節リンク機構とはパラレルリンク機構の中でも5節のリンクが平面での閉ループを形成しているものである．5つの節のうち2つの節の角度を御することで平面2自由度を実現できるリンク機構である．パラレルリンク機構は動作点を2つ以上のリンクで支える構造のため高剛性を保ちやすいという長所がある．また2つの動力が節を通り動作するため，結果的に動作点は2つのアクチュエータの合力で動くことで高出力の動作を行うことが可能である．

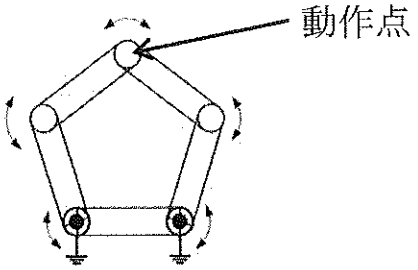


図2　5節リンクのモデル

3. 新型多機能車椅子

図3は5節リンクを搭載した新型多機能車椅子である. 従来型が有していた機能を全て再現可能である. さらに従来型は背もたれ部と座面, 手すり, 足部でリンクを形成しており, リクライニング時には背もたれ部と足部が同時に動作するしかなく, 手すりも着脱不可能であった. しかし, 新型は背もたれ部と足部が別に動作でき手すりも着脱可能である. これにより移乗の際に手すりが邪魔にならず足部リクライニングを使うことによって床ずれ防止にも役立つと予想される.

強度面においては従来型が2000Nの動力で動作限界荷重60kgであったのに対し, 新型は1200Nの動力を使用して動作限界荷重は推定150kgと省電力化, 強度アップに成功した. 図の3はaから順に足部リクライニング, 背部リクライニング, スラント, リフトアップ, スタンディング, ティルト機能である.

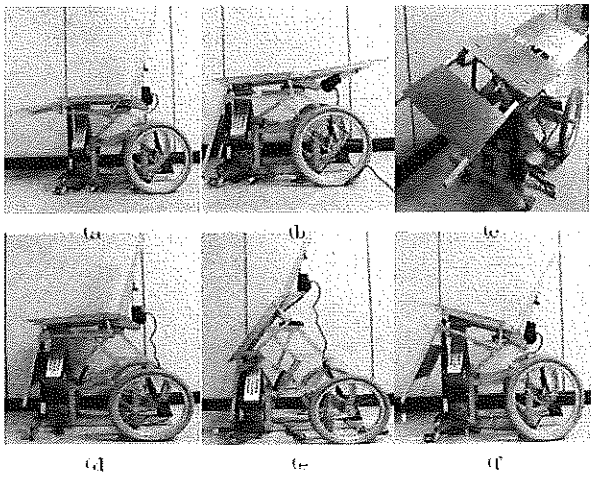


図3　新型多機能車椅子の各機能

4. 新型多機能車椅子の性能評価

4.1 性能評価の目的

従来の多機能車椅子を用いた移乗作業支援において筋電位を計測した結果, 最も軽減されたのがスラント機能使用時であった. 撓側手根屈筋が55.5%, 上腕二頭筋が83.1%, 脊柱起立筋が71.5%負担が軽減された. しかし, 5節リンクを搭載したことにより車椅子の構造が変わったため, 同様に筋電図を用いた負荷軽減の効果を測定する必要がある.

4.2 評価方法

機能の評価は一般的な車椅子と多機能車椅子の機能を使った場合の移乗作業での介護者の負担を比較することとした. 介護者の負担を定量的に評価する方法として筋電図を用いる. 筋電位を測る部位は介護者が抱え上げ等の移乗作業を行う場合に負担が強くかかる腰と腕である. その中でも最も強い屈筋である上腕二頭筋, 撓側手根屈筋. さらに脊柱起立筋を測定する. 評価方法は筋電図で測定した源波形を整流平滑化する. その波形から最大筋電値を筋肉ごとに算出し比較する.[2)]

4.3 実験装置

現在は計測の準備を行う段階であるが, 測定については以下の条件で実施する. 一般的な車椅子にはカワムラサイクル社製のKR801N-Rを使用する. 筋電図測定のための生理実験装置にはBIOPACのUNTKMATE MP35 J05-000202, 湿式電極はNIHON KOHDENディスポ電極Vitrode Fを使用する. また, 多機能車椅子からベッドへの移乗にはスライディングシートを使用する.

4.4. 移乗方法

(1)一般的な車椅子から要介護者を抱え上げ移乗.
(2)リクライニング機能を使用して要介護者を寝かせた状態から滑らすようにしての移乗.
(3)スラント機能を使用して要介護者を寝かせた状態から滑らせての移乗.
以上3つの移乗方法を比較し, その効果について検討する.

5.まとめと今後の予定

今回の研究で車椅子の省電力化および剛性の向上を実現した. 今後は筋電図による性能評価を行い, 移乗作業の際に多機能車椅子の機能による負担軽減ができているか明らかにするとともに, さらなる改良を加えることで, 介助者の負担軽減を実現する多機能車椅子の実現を目指す.

6. 文献

1) 鈴木勇弥, 深谷直樹, 移乗機能を有する多機能車椅子の性能評価, 日本福祉工学会第15回学術講演会講演論文集, p.41, 2013
2) 伊丹君和ほか：下肢の支持性が低下した人に対する移乗動作の身体的・心理的負担の評価, 人間看護研究, vol3,pp.11-21,2006-03-31

[連絡先]
押本　泰貴
e-mail：t.oshimo1995@gmail.com

踏み方によって歪み具合を変えられるギター用エフェクター

田口　靖真
法政大学

A guitar distortion effector controlled by stepping on it

Yasumasa Taguchi
Hosei university

1. はじめに

ギター用歪みエフェクターは，様々なメーカーから多種多様な製品が作られているが，それらは手でツマミを回すことにより歪み具合を変えるものがほとんどである．しかしそれでは演奏中に歪み具合を変えることは困難である．そこで，本研究では受圧面積センサを用いた，足での踏み方によって歪み具合を変えられるエフェクターの作成を目的とする．

2. 研究方法

図2に示したように，受圧面積センサからのアナログ信号をA/Dコンバータにより数値に変換し，マイコンコアに入力する．A/D変換で得た値に応じて，マイコン上で実行されるPWM(パルス幅変調器)のデューティー比を変えるプログラムにより，PWM(パルス幅変調器)の出力でフォトカプラ内のLEDを点滅させる．フォトカプラ内の受光素子は，LEDが光っている時間率が多ければ明るいと感知し抵抗値が小さくなる．そのためフォトカプラ内のLEDの明暗の時間率をマイコンで制御することにより，フォトカプラを可変抵抗の様に動かすことが可能である．歪みエフェクターの歪み具合と音量は可変抵抗で調節されているので，図3に示すように，歪みエフェクターに含まれる可変抵抗部分をフォトカプラに置き換えることで，エフェクターの歪み具合と音量を変えることができる．図3の可変抵抗1は歪み具合，可変抵抗2は音量を調節する部分である．また，歪みエフェクターに含まれる可変抵抗部分1カ所につきフォトカプラを2個，計4個のフォトカプラに置き換えるので，フォトカプラ内のLEDを駆動するPWM(パルス幅変調器)も，図4に示すように，4つ使用する．

3. エフェクター作成の準備

本研究で使用するフォトカプラは，主にデジタル信号伝送で使われる通常のフォトカプラではなく，LEDの明るさに応じてcdsの抵抗値が連続的に変化する，アナログ信号伝送に適した，発光ダイオードとcds光センサが内蔵されたアナログフォトカプラを使用する．フォトカプラ内のLEDを駆動するPWM(パルス幅変調器)のデューティー比を変えることで，LEDの明暗の時間率が変わるので，フォトカプラの抵抗も変わる．しかし，フォトカプラを100

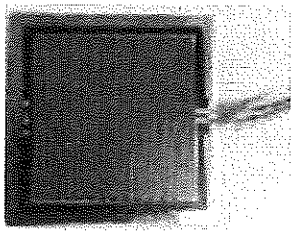


図1　FSR(受圧面積センサ)

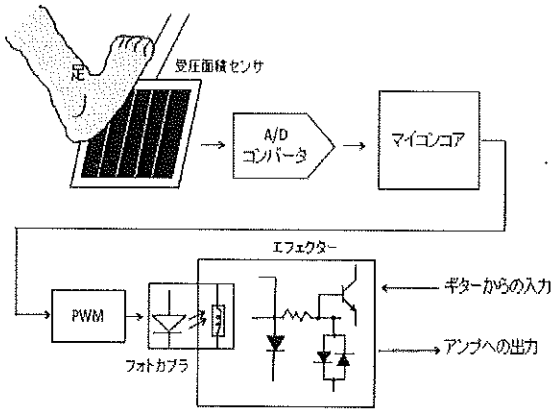


図2　作成するエフェクターの構造概要

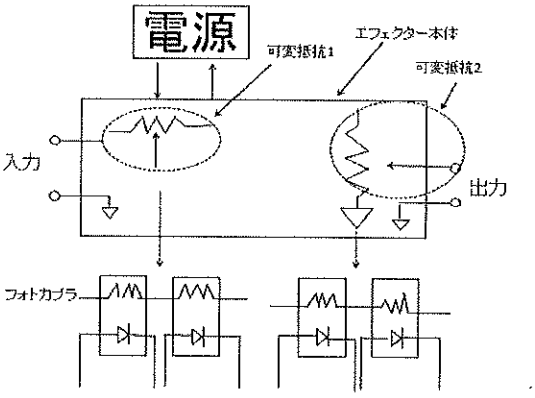


図3　エフェクター回路中の可変抵抗のフォトカプラへの置き換え

kΩ近辺の可変抵抗として使うと動作にフォトカプラの個体差が現れる為，似たような特性のフォトカプラを選別しなければならない．フォトカプラの抵抗と PWM(パルス幅変調器)のデューティー比の関係を調べ，似たような特性のフォトカプラ 2 個 1 組を 2 組選ぶ．PWM(パルス幅変調器)のデューティー比と 10 個のフォトカプラの抵抗値の関係は図 5 のようになった．この結果から選んだ 2 組のフォトカプラが期待通りの動作をするように，各々のフォトカプラを制御する PWM(パルス幅変調器)のデューティー比を変えるプログラムを作成し，マイコン上で実行する．

圧力センサ(FSR)は，一定以上の圧力をかけた際，櫛状に配置された電極とカーボンシートが接触し導通する構造であるため，圧力がかかっている面積に応じて抵抗値が変化する受圧面積センサとして動作する．FSR(受圧面積センサ)からの出力を A/D 変換するために，FSR(受圧面積センサ)を I-V 変換回路と組み合わせ，電圧へ変換する．具体的には，FSR(受圧面積センサ)の加圧面積が増大することで抵抗値が変化し，I-V 変換回路(図 6)と組み合わせることで出力電圧 V_o が得られる．FSR(受圧面積センサ)と並列に抵抗を接続することでオフセットを調整し，I-V 変換回路を経て出力された電圧を反転増幅回路に接続することでゲインの調整が出来るようになっている．回路中の出力端子には 0～5V の電圧を得ることができる．

4. 今後の予定

今後は，FSR(受圧面積センサ)と組み合わせる I-V 変換回路(図 6)を作成する．また，前述した方法で選別したフォトカプラ 4 個を，PWM(パルス幅変調器)で各々制御するためにマイコンにつなげる．そして，FSR(受圧面積センサ)を足で踏んだ程度に応じて，フォトカプラに置き換えた可変抵抗部分の抵抗値を変えるために，PWM(パルス幅変調器)のデューティー比を変えるプログラムを作成する．

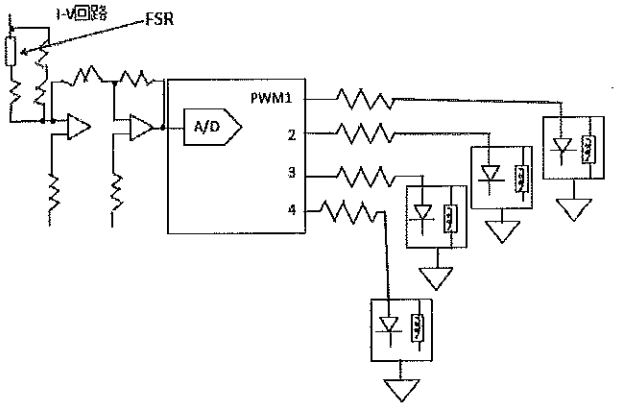


図 4　マイコンによるフォトカプラの制御

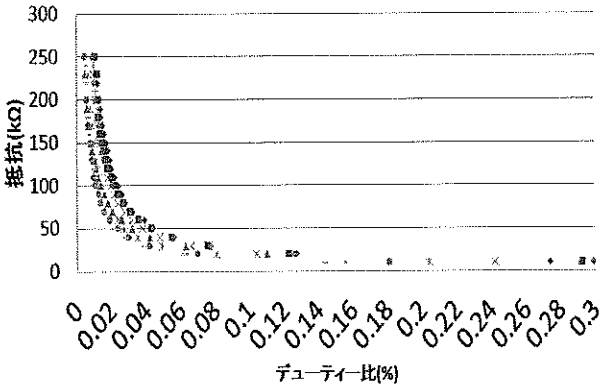


図 5　PWM(パルス幅変調器)のデューティー比とフォトカプラの抵抗値の関係

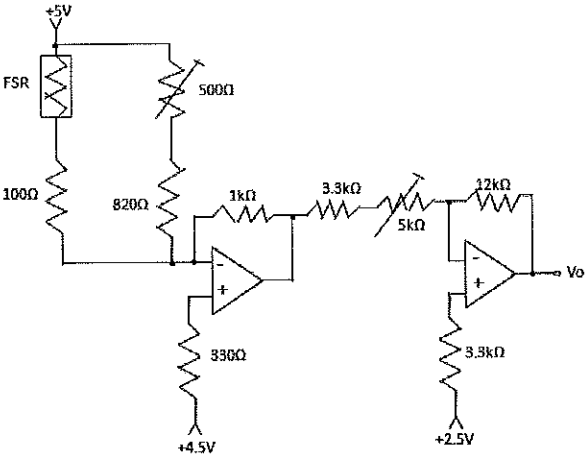


図 6　I-V 変換回路 [1)]

文献

1) 鈴木郁，檜山隼人，岡田武：副次行動評価への応用を目標とした簡便な荷重センサ，人とシステム，15 巻 1 号，pp. 1-5, 2013.

[連絡先]

田口　靖真　（たぐち　やすまさ）

e-mail：yasumasa.taguti.8r@stu.hosei.ac.jp

足圧分布計を用いた歩きスマホの歩行解析

○大貫誠*，三田隆広**，小山裕徳*，川澄正史*
*東京電機大学未来科学部情報メディア学科，
**東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

Study of Foot Pressure Distribution Meter in Using Smartphone while Walking

Makoto ONUKI*, Takahiro MITA**,Hironori KOYAMA*and Masashi KAWASUMI*
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University
**Information Systems and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

1. はじめに

近年，スマートフォン（以下，スマホ）の普及率，利用者ともに増加している．それに伴い，歩きスマホを行う利用者も年々増加している[1]．

東京消防庁の歩きスマホの場所別の救急搬送人員によると，「道路・交通施設」が最も多く，事故全体の 80%を占めている．事故種別ごとに見ると「ぶつかる」，「ころぶ」，「落ちる」になっており，この 3 つが約 96%を占める要因となっている．発生時の動作別救急搬送人員によると「操作しながら」，「画面を見ながら」が全体の約 60%を占めている．

このような，歩きスマホの事故の要因として，スマホへの意識集中，画面注視の視野制限から歩行に対する意識が低下していることが推測される．通常通りの歩行を行えていない場合，斜め歩行や蛇行歩行に繋がる恐れがある．これらは歩行中の足底荷重の位置の変化などによって表すことができる．

先行研究[3]では，視野に着目して歩きスマホ時の障害物に対する反応差を測定し，下肢と視野の制限を設けると障害物への接触回数の増加と歩行速度が低下するとの報告がある．

本研究では，歩行の足底圧力に着目して，通常時の歩行と歩きスマホ時の歩行ではどのような違いが生じているのか，それぞれの歩行の傾向や影響を明確にするため，インソール型の足圧分布計を用いて歩きスマホの歩行解析を行う．

2. 事前実験

歩きスマホの全体的な傾向を調べるため，歩行速度を指定しない自由歩行，一定の歩行速度の 2 通りの歩行を調査した．

実験では縦 10m，横幅 2m の歩行路を歩行させた．歩行の様子を歩行者の正面からビデオカメラで撮影した．歩行中のスマホ操作として，ゲームアプリ操作，Web サイトの閲覧，文章入力をそれぞれ行わせた．足底圧力の計測には図 1，2 に示す実験用の靴とインソール型の足圧分布計，および解析ソフト(ニッタ社製 F-スキャンデータロガーシステム)を使用した．計測は，歩行中の蹴り出しや歩行速度に関わる足指部に着目して実験を行った．速度指定にはメトロノームを使用し，速度を 100/bpm に設定し実験を行ったこのときの一歩は 0.6 秒となる．被験者は，スマホ操作を行える健常な 20 代の学生 5 名とした．評価には t 検定を用い，有意水準は 5%未満とした．

自由歩行時の結果から，全ての端末課題時において左右足指部の圧力が低下する傾向が見られた．また，実験映像から歩行速度が通常歩行より低下する様子が見られ，歩きスマホは，歩行中の蹴り出しと歩行速度を低下させることがわかった．

メトロノーム使用時の結果から，端末課題であるゲームアプリの操作とサイト閲覧に関して有意差が認められなかったが，左右ともに足指部足指部の圧力が低下する傾向が見られた．また，文章入力において図 3 に示す通り有意差が認められる結果となった．一定歩行速度時において，文章入力操作に有意差が認められたのは文章入力において文章を考える行動と，入力操作が影響したと考えられる．

以上の事前実験から，歩きスマホは圧力や速度の低下につながり歩行に影響をおよぼすことがわかった．また，文章入力操作は歩行の意識を低下させ，歩行様式を変化させることがわかった．そのため，本研究では有意差が認められた端末課題である文章入力に着目して実験を行うこととした．

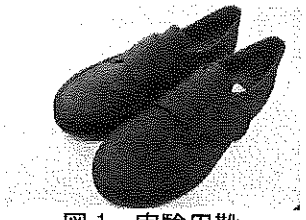


図 1　実験用靴

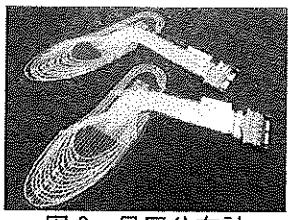


図 2　足圧分布計

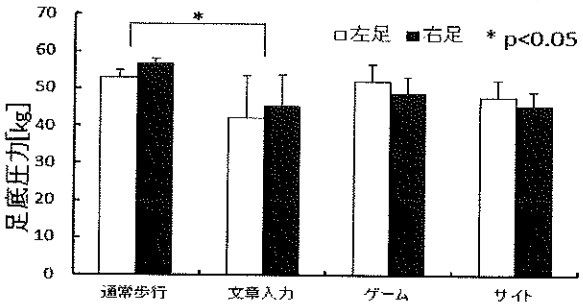


図 3 歩きスマホ時の足底圧力（一定歩行速度時）

3. 歩行実験

事前実験の結果より，文章入力のみ有意差が認められたため，文章入力に着目して実験を行った．事前実験と同様に自由歩行時と一定の歩行速度時2通りで実験した．

実験で行う文章入力課題は，文章入力や歩きスマホを自覚させる 3 つの文章を作成し，歩行に変化が生じるかを検討した．提示した文章を表 1 に示す．文章 1 は，文章入力のみ意識を持たせ，歩行への意識を低下させる内容とした．文章 2 は，文章入力と歩きスマホを同時に行っているという意識を持たせ，入力と歩行のそれぞれに意識を持たせる内容とした．文章 3 は，歩きスマホは危険だという意識を持たせ，歩行に集中させる内容とした．

実験環境は，各文章課題を全て入力可能な距離とし，10m の歩行路を往復させた．ビデオカメラの撮影は，正面と背後からの撮影を行った．被験者はスマホ操作を行える健常な 20 代の学生 5 名とし，事前実験と同様の評価方法と検定方法を用いた．

4. 結果

自由歩行時，一定歩行速度時において左右足指，踵ともに，全ての文章入力時に，足底圧力が低下する傾向が見られた．

一定歩行速度時の実験結果を表 2 に示す．左右足指，踵ともに文章入力における有意差が認められた．通常歩行と比較して，有意差が認められたのは，左右足指における文章入力 1，右踵における文章入力 2，左踵における文章入力 3 となり，全ての文章入力において有意差が認められた．また，実験映像から，全ての文章入力操作において 3 名の被験者が通常歩行と比較し，蛇行歩行や斜め歩行など，歩行の様式に変化が見られた．

5. 考察

結果から，自由歩行時，一定歩行速度時を比較した際，左右の足指，踵ともに全ての文章入力において足底圧力が低下する傾向が見られた．これは，歩きスマホによる歩行への意識の低下，端末への画面注視や端末操作から引き起こされたと考えられる．また，画面注視により，進路を目で捉えられていないことから歩行に影響をおよぼしたと考えられる．

一定歩行速度時，通常歩行と文章入力を比較した結果，左右足指における文章入力 1，右踵における文章入力 2，左踵における文章入力 3 において有意差が認められた．文章入力における端末操作は，フリック操作など，複雑な入力操作により，意識が端末操作に集中し，歩行への意識が阻害されたためだと考えられる．実験映像より，歩行様式の変化が見られた 3 名の被験者に着目すると，つま先を内側に向けて踏み出す様子が見られた．足底圧力に着目した際にも，内側に圧力がかかる様子が見られたため，蹴り出しが前方に正しく踏み出せなかったと考えられる．

以上のことから，文章入力における歩きスマホは足底圧力を低下させ，歩行様式を変化させる事が示唆された．足底圧力が低下し，つま先が内側を向く歩行が行われると，蛇行歩行や斜め歩行になり，階段の踏み外しや障害物への接触など，事故や怪我につながると考えられる．そのため，足底圧力の値や位置など，検討項目を増やすことで，より詳細な歩きスマホの分析が行えると推測できた．

6. おわりに

本研究は，足底圧力に着目し，通常歩行と歩きスマホの傾向や影響を調査した．自由歩行時，一定歩行速度時において歩きスマホを行わせると，左右足指，踵の足底圧力が低下することが明らかになった．歩きスマホによる足底圧力の低下は，蛇行歩行や斜め歩行につながる蹴り出しの方向に影響することが示唆された．

表 1 入力文章

文章 1	これは文章入力のテストです
文章 2	こんにちは今私は実験を行っています
文章 3	歩きスマホは危険です今すぐやめましょう

表 2 文章入力時の足底圧力（左右足指，踵）[kg]

	通常歩行	文章入力 1	文章入力 2	文章入力 3
右足指	14.4[A] ±4.19	7.95[B] ±4.42	11.0 ±7.51	11.2 ±6.49
左足指	14.2[C] ±2.28	10.4[D] ±3.64	13.2 ±5.46	11.9 ±14.2
右踵	60.3[E] ±8.31	45.9 ±6.52	44.3[F] ±8.53	51.6 ±8.85
左踵	52.3[G] ±10.6	45.1 ±5.23	44.4 ±7.81	43.0[H] ±8.41

A-B，C-D，E-F，G-H 間に有意差あり（$p<0.05$）

参考文献

1) SankeiBiz，“「歩きスマホ」経験者は45%事故が社会問題 -Sankeibiz（サンケイビズ）”，available from＜http://www.sankeibiz.jp/business/news/150124/bsj1501240657004-n1.htm＞(accessed 2015-4-15).

2)東京消防庁，“日常生活における事故情報＞歩きスマホ等に係る事故に注意!!” available from＜http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201503/mobile.html＞(acceses2015-4-15).

3)指宿涼子，“歩きスマホ時の障害物に対する反応差 - 視野制限の影響 -”，平成26年度卒業研究論文梗概集，pp.245-246，2015.

[連絡先]
大貫　誠
e-mail：12fi028@ms.dendai.ac.jp

1b3-4

感染症スクリーニングシステム(KAZEKAMO)におけるサーモパイルアレイを用いた体温測定の精度向上

ー室温補正およびシステムの個体差補正ー

○渡邉明央*，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部

Accuracy improvement of temperature measurement using a thermopile array in infection screening system by means of a temperature calibration in a temperature-humidity controlled room (KAZEKAMO)

-on the basis of room temperature fluctuations and indivisual variabilities of each systems -

Akihiro Watanabe*, Takemi Matsui*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

1.1 背景

近年，グローバル化の進展に伴い新型インフルエンザやエボラ出血熱，MERS 等に代表される新興・再興感染症が世界各地で流行している．2009 年に流行した H1N1 型の新型インフルエンザは，衛生環境が整った日本においても多くの人々が感染し，感染者数はアジア諸国の中でもっとも多かったという事実がある [1]．感染症に対しては，空港をはじめ海外との出入り口となる場所での検疫が防衛手段として有効である．しかし，空港で実施されているサーモグラフィを用いた発熱チェックによる検疫の感度は，概ね 50%以下である [2]．解熱剤の服用による体温低下や飲酒による発熱が，健常者と有熱者の区別を困難にしている．

1.2 先行研究

そこで当研究グループでは，呼吸・心拍・体温などの生体情報を短時間で同時に計測する感染症スクリーニングシステム(KAZEKAMO)を開発している [3]．このシステムは，マイクロ波レーダとフォトセンサにより呼吸数・心拍数を，サーモパイルアレイにより体温を測定している．得られた 3 つのパラメータから判別関数を用いて，感染症の有無を判別する．現在まで複数の医療機関でデータ収集を行ってきた．その際，室温は約 24℃で一定になるよう留意したが，今後様々な国や地域で検疫が行われることを想定すると，室温の大きな変化に考慮したシステムを構築することが求められる．更にこれまでの研究において，システムの個体差による測定誤差に対する検討は行われておらず，精度向上をはかるためには個体差を考慮した温度補正が必須と考えられる．

1.3 研究目的

本研究では，感染症の判別精度向上のため，次の 2 点について検討する．室温により生じるシステムの測定温度の誤差と，個々のシステムによる測定温度の誤差である．これらを最小限にする補正式を作成し，感染症スクリーニングシステムに搭載されたサーモパイルアレイを用いた体温測定の精度向上を試みる．この補正により，室温による誤差を抑え，且つシステムの個体差の平準化を行う．

2. 方法

2.1 実験方法

試作した 3 台の感染症スクリーニングシステム(S1，S2，S3)を用い室温とシステムの個体差を考慮した，S1，S2，S3 に内蔵されたサーモパイルアレイの補正式を作成するために，下記の条件下で，実験を行った．

恒温発熱体(Thermed black Nd-SO1，日伸理化社製)を恒温室に設置し，室温 22～26℃(1℃刻み)，湿度 50～55%の室内で，サーモパイルアレイ(Chino 社製，2256 画素)を用い，恒温発熱体の表面温度を測定した．恒温発熱体はサーモパイルアレイから 40cm 離し，表面温度を 35～39℃(1℃刻み)で，各温度 3 回ずつ測定した．

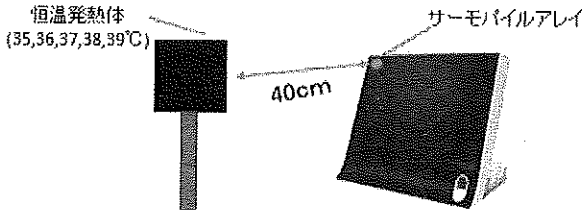


図 1. 恒温発熱体を用いたサーモパイルの補正

2.2 解析方法

3 台のシステム(S1，S2，S3)に搭載されている，サーモパイルアレイで測定した恒温発熱体の表面温度をもとに補正式を作成する．測定温度は，サーモパイルアレイで測定した 3 回の平均測定温度である．最小二乗法を用いてサーモパイルアレイによる測定温度 x の一次関数として推定値 y を算出する．下記に式を示す．

$$y = ax + b$$

補正前後のサーモパイルアレイで測定した恒温発熱体の表面温度を比較し，補正式の有意性を t 検定により検討する．

3. 結果

恒温室の設定室温とサーモパイルアレイで測定した恒温発熱体の表面温度(37℃に設定)との関係を図 2 に示す．恒温室の設定温度とサーモパイルアレイで測定した恒温発熱体の表面温度の間には線形の関係が認められる．図 3 は恒温発熱体の設定温度を 22℃から 26℃まで変化させた時の S1，S2，S3 内蔵のサーモパイルアレイで測定した恒温発熱体の表面温度と恒温発熱体の設定温度の関係である．恒温室の設定温度を 22℃から 26℃まで 変化させた時の補正式を下記に示す．

$$S1{:}y_1 = 1.48x_1 - 16.22 \cdot\cdot (式1)$$

$$S2{:}y_2 = 1.48x_2 - 14.55 \cdot\cdot (式2)$$

$$S3{:}y_3 = 1.50x_3 - 12.59 \cdot\cdot (式3)$$

(S1，S2，S3 内蔵のサーモパイルアレイの補正温度をy_1，y_2，y_3，それぞれのサーモパイルアレイで実測した恒温発熱体の温度をx_1，x_2，x_3とする)

恒温発熱体の設定温度とサーモパイルアレイで測定した恒温発熱体の表面温度との誤差が補正前後で S1 は 1.1℃から 0.6℃，S2 は 2.2℃から 0.4℃，S3 は 3.8℃から 0.3℃となった．t 検定の結果，1%水準で有意差が見られ，補正式を用いることにより補正前後で，恒温発熱体との平均誤差が有意に小さくなることが確認された．

4. まとめ

今回，湿度一定の恒温室で，室温を 22℃から 26℃に変化させ，恒温発熱体を用いて 3 台の感染症スクリーニングシステム S1，S2，S3 内蔵のサーモパイルアレイ(2256 画素)の温度校正を行い補正式を求めた．これにより，どのシステムを用いても，また室温が変化しても平均測定誤差を 0.6℃以下に抑えることが可能となった．腋窩温度は顔表面温度よりも約 1.5℃高いことが知られており [4]，本校正結果を用いることにより腋窩温度推定の精度向上が期待される．この感染症スクリーニングシステム(KAZEKAMO)は既に成田国際空港クリニックで試験的に運用されている [5]．従来は簡便な補正式を用いて温度補正を行っていたが，本手法を用いて厳密な補正式を作成することにより，室温が変化しても温度測定誤差を一定の範囲に抑えることが可能になると思われる．

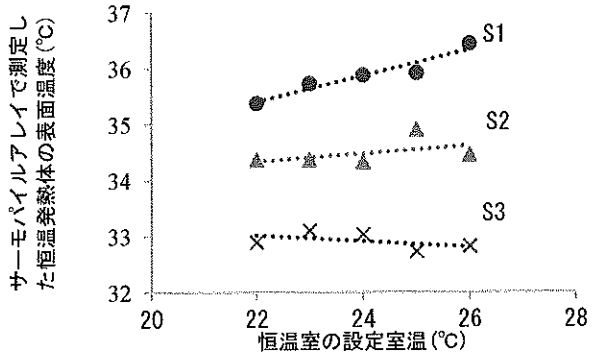


図 2. 恒温室設定室温 vs 実測の恒温発熱体(37℃)表面温度

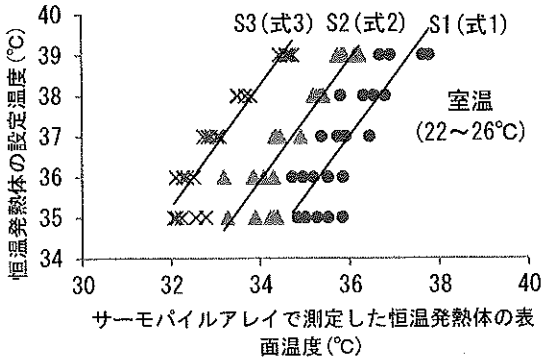


図 3. 実測の恒温発熱体表面温度 vs 恒温発熱体設定温度

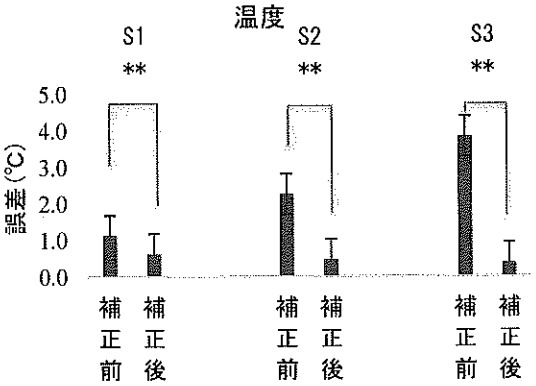


図 4. 恒温発熱体設定温度と測定温度の誤差(補正前後の比較)

5. 参考文献

1) WHO :Influenza updates, Situation updates-Pandemic(H1N1), 19 May, 2009
2) Yao Y :Multiple Vital-sign Based Infection Screening Outperforms Thermography Independent of the Classification Algorithm, IEEE, Trans Biomed Eng, 2015
3) Matsui T :A novel screening Method for influenza patients using a newly developed non-contact screening system, Journal of .Infection, 60(4), pp.271-277, 2010
4) Sun G :Fever screening of seasonal influenza patients using a cost-effective thermopile array with small pixels for close-range thermometry, International Journal of Infectious Diseases, pp. 56-58, 2014
5) Sun G :Clinical evaluation of the newly developed infectious disease/fever screening rader system using the neural network and fuzzy grouping method for travellers with suspected infectious diseases at Narita International Airport Clinic, Journal of Infection, 2015

[連絡先]
渡邉明央
e-mail : watanabe-akihiro1@ed.tmu.ac.jp

安全運転行動に対する内発的動機づけに及ぼす言語的報酬の効果

○磯崎 和豊*, 石橋 基範*
*日本大学生産工学部

Effect of verbal rewards on intrinsic motivation for safety driving behavior

Kazutoyo ISOZAKI*, Motonori ISHIBASHI*
*College of Industrial Technology, Nihon University

1. はじめに

安全運転支援システムは、現在多くの車に搭載されているシステムである。例えば、運転中に危険を察知したら警報でドライバにその状況を知らせ、事故を未然に防ぐシステムがある。こうしたシステムは安全運転を導くもので、多くの研究によって一定の効果があると示されている。一方で、危険な状況では警報提示をドライバが期待するようになり、長期使用ではシステムへの依存が生まれる可能性がある。それにより、例えばシステム故障等のときに問題が生じると考えられる。

このような問題に対して、警報等に頼ることなく、ドライバが自ら安全運転行動を取るように行動変容を促す方法が考えられる。動機を元に行動を起こし、一定の目標に導き、満足が得られるまでの行動を持続させる一連の過程を「動機づけ」と呼ぶ。平岡(2014)は達成動機づけ理論等に着目し、運転環境やドライバの技能に合わせた省燃費運転支援の情報提供が動機づけを高め、行動変容をもたらす可能性を示した[1]。

これは目標を情報で提示してドライバの能動的な工夫を導く設計だが、同様に、言語的な報酬（いわゆる「褒め言葉」）を情報として用いて効果的に行動変容を促せる可能性はある。「内発的動機づけ」では、「言語的報酬がその人の有能感や自己決定感に作用して望ましい行動を持続させ、目標を達成しようとする」とされる[2]。このことから、ドライバの望ましい行動に対して「褒める」というポジティブなフィードバック（以下、PFB）を提示することで、安全運転に対する内発的動機づけを促すようなシステムは有効と考える。

以上より、PFBによって安全運転に自発的に行動変容していくことを目指して、本研究では、危険予知や確認が求められる場面で言語的報酬がドライバの動機づけや行動の変化にどのような効果があるか検討することを目的とした。

2. 実験

2.1 実験参加者

運転免許を所有する21歳～24歳の男子学生8名。

2.2 実験方法

実験はPCを用いて行った。ドライブレコーダに収録された自動車のヒヤリハット事例（市販品）をもとに、危険予知のタスクを設定した。その内容とは以下のようなものである。まず始めに運転中の映像が流れ、ヒヤリハット発生直前の場面で停止する。その際、画面上に矢印で車の進行方向が提示される。被験者は、この時最も危険だと思われる（実際にこの後ヒヤリハットが発生する）箇所を予想し、画面に現れたグリッド線に従って1～4のキーで回答する。このタスクをセッション1で15試行、セッション2で15試行行った。

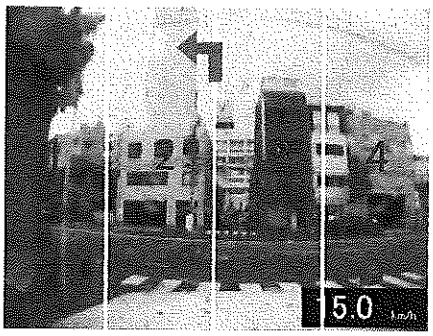


図1 実験画面

回答入力後の情報呈示の方法が異なる下記4群を設定し、各群2名ずつ（計8名）で実験を行った。なお、ネガティブフィードバックを以下「NFB」とする。

①Non：情報呈示なし
②Neutral（以下、Neu）：正解で「○」
③Negative（以下、Neg）：不正解で「×」＋NFB
④Positive（以下、Pos）：正解で「○」＋PFB

2.3 言語的報酬の設定の考え方

Deci(1975)が提唱した認知的評価理論[3]によると、外的報酬には制御的側面と情報的側面が存在しているという。どちらの側面が優位に認知されたかにより、内発的動機づけに至るプロセスが異なる。物質的報酬は多くの場合、制御的側面を持ち、内発的動機づけを低下させる。一方、言語的報酬はその性質上、情報的側面が優位であり、自己効力感と有能感を高め、内発的動機づけも高まるといわれているが、Ryan(1982)の報告[4]にある

ように、よい結果を求めるような表現では、外発的動機づけが強まることが懸念させる。この場合、その点を考慮した情報的フィードバックが必要である（図2）。

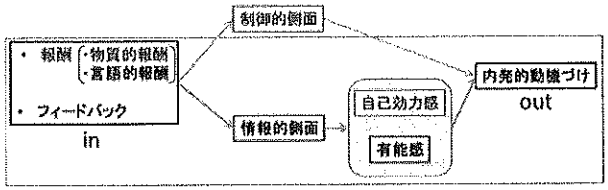


図2　言語的報酬の設定のプロセス

これらのことから、言語的報酬によって内発的動機づけを高めるためにPFBに以下のような特性を持たせる（図3）。

(1) 情報的側面

画面内の危険箇所（タスクの正解）を周辺、正面、見えない危険の3つに分け、4パターンに分けられた言語的報酬[5]に基づき、PFBでは「事態に対する直接的なプラス評価」についての言語的報酬を考えた。NFBはその逆とした。

(2) 有能感

Non、Neuの実験参加者4名の結果から、それぞれのタスクの正解率を求める。60%以上を難易度1、30%未満を難易度3、その間を難易度2とし、それぞれのタスクに難易度を設けた。この難易度に応じた言葉をフィードバックに追加することで、より効果的な有能感を提供できると考える。

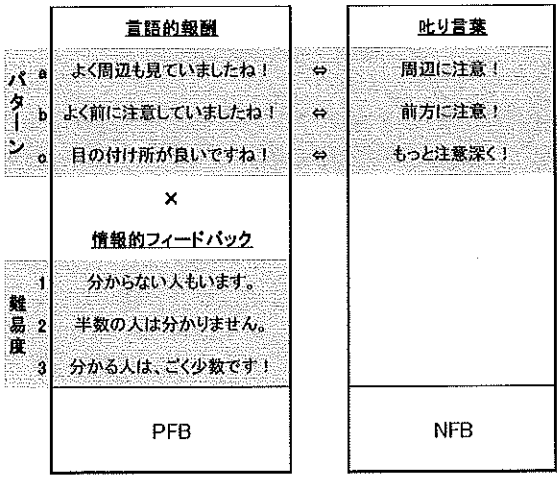


図3　パターン×難易度のPFBおよびNFB

2.4 主観的評価

セッション1とセッション2の終了後に主観評価を行った。これにより、動機の評価、有能さの評価、自己決定感、有能感、自己決定への欲求、有能さへの欲求の6つの尺度より、内発的動機づけの変容を明らかにする。これらは桜井(1984)のSEMモデル[6]を構成する要素であり、今回の情報提供のタスクに合わせて質問文を改訂した。

3．結果

3.1 タスクパフォーマンス

セッション1およびセッション2の正解数および各群の正解数の変化率を表1に示す。

表1　パフォーマンス結果（( )内は標準偏差）

被験者	s1正解数	s2正解数	正解数変化率
Non(n=2)	5.0(0)	5.5(2.12)	1.10
Neu(n=2)	7.5(0.71)	7.0(1.41)	0.93
Neg(n=2)	6.5(0.71)	9.5(2.12)	1.46
Pos(n=2)	4.5(0.71)	7.5(3.54)	1.67

3.2 主観評価得点との照合

セッション1の後に行った主観評価の結果では、得点の合計がNeg<Neu<Pos<Nonという順になった。結果的に上位2群はその後の得点の伸びが比較的見られなかった。特にPosについては、正解数がNonに次いで低かったことがその理由として挙げられる。Nonは自身の正解度合いが自覚できないが、Posでは自覚があるために、有能感の得点減少につながったのだと考えられる。

4．今後の研究計画

実験参加者数を増やして各群の傾向を明らかにするとともに、心理検査や運転スタイルとの関係も検討する予定である。

本研究は日本大学生産工学部「人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施している。

参考文献

1) 平岡敏洋：ドライバの動機づけに働きかける省燃費運転システム，自動車技術，Vol.68(3), p81-p85, 2014.
2) Deci,E.L. et al. : A Meta-Analytic Review of Experiments Examining the Effects of Extrinsic Rewards on Intrinsic Motivation , Psychological Bulletin, Vol.125(6), p627-p628, 1999.
3) Deci,E.L.（安藤延男 訳）：内発的動機づけ，昇栄社, 1980.
4) Ryan,R.M. : Control and information in the intrapersonal sphere, An extension of cognitive evaluation theory. , Vol.43, p450-p461, 1982.
5) 永田良太 他：子どもへの言葉かけに関する研究，学校教育実践学研究, 11, p37-p44, 2005.
6) 桜井茂男：内発的動機づけに及ぼす言語的報酬と物質的報酬の影響の比較，教育心理学研究, Vol.32(4), p40-p49, 1984.

[連絡先]
磯崎　和豊
e-mail：cika12014@g.nihon-u.ac.jp

災害時被災者支援のためのサムネイル画像を用いた検出時間とクリック回数による初期値について

○山下真樹*, 菅貴之*, 武藤憲司*, 八木一夫**, 三林洋介***, 浅井喜久夫****, 近藤喜美夫****
*芝浦工業大学, **首都大学東京, ***東京都立産業技術高等専門学校, ****放送大学

Initial value of thumbnail image relating to detection time and the click number for disaster victim support

○Masaki YAMASHITA*, Takayuki SUGA*, Kenji MUTO*, Kazuo YAGI**, Yosuke SANBAYASHI***
Kikuo ASAI****, Kimio KONDO****
*Shibaura Institute of Technology, ** Tokyo Metropolitan University
*** Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, **** The Open University of Japan

1. はじめに

大規模災害の発生時，被災状況の確認を写真や動画等の利用により、効果的に外部へ伝送することが可能である．地上回線が損傷した場合でも，地上回線に依存しない衛星回線は有効である．

我々は低速回線で運用可能な災害支援画像伝送システムを提案している[1, 2, 3]． 現状の被災者支援のための災害通信は，テキストや音声に依存している． 衛星回線を利用して、被災者が撮影した写真を外部へ伝送することで、安否確認や被災状況を把握できる[4]．これにより，被災地と遠隔地に生じる情報支援格差を是正できることが見込まれる．しかし，衛星回線は地上回線とは異なり，伝送遅延時間が大きいため伝送速度が低下する．このため，現状の災害時の衛星回線を利用した画像伝送には問題がある．

そこで、サムネイル画像表示において所望画像の検出時間を短縮するために、伝送遅延が大きい環境でも伝送できる画像サイズの初期値を決定する．サムネイル画像とは多数の画像を一覧表示するために，原寸大の表示サイズとデータサイズより大幅に縮小された画像データのことである．原寸大画像をそのまま表示した場合，データサイズが大きいため一覧性に欠けるだけでなく，読み込みに時間がかかる．初期値となるサイズのサムネイル画像を利用すれば，通信容量を節約でき，衛星通信を用いた被災者の安否確認を速やかに実行できる．さらにテキストや音声では伝えられない被災地の情報に対して，画像を用いることで正確な情報を効果的に被災地外部へ伝えることが可能となる．

我々は，遅延環境下におけるサムネイル画像サイズ初期値の決定手法を提案した．これは，サムネイル画像サイズの初期値の決定は被験者の所望人物の認識に依存するためである．ここでは，所望画像検出時間に加えサムネイル画像クリック回数も計測し，サムネイル画像サイズの最短検出時間を検証する．

2. サムネイル画像サイズの初期値決定実験

衛星回線利用環境におけるサムネイル画像サイズにおける視認性を評価する． 初期値として有効なサムネイル画像サイズを決定するため， 画像検出時間とサムネイル画像クリック回数の計測を行い，初期値を検証する．

提案は被験者に提示するサムネイル画像サイズと所望画像をランダムに画像を変化させ，検出時間が最も短くなるサムネイル画像サイズを探索する実験である．その実験の構成図を図１に示す．

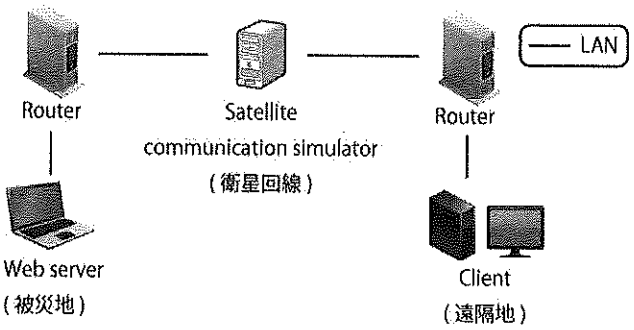


図1　実験構成図

被験者に，モニタ画面に指定人物を含む1枚の所望画像と，複数枚の所望画像以外のサムネイル画像を並べて提示した．スクリーンショットの一例を図2と図3に示す．被験者は複数のサムネイル画像の中から所望画像を検出する．被験者がサムネイル画像をクリックすると原寸大画像が表示される．ここでは，この回数をサムネイル画像クリック回数と呼び，この回数を計測する．所望画像であると判断した場合，その原寸大画像をクリックすることで検出時間が表示される．この時間はサムネイル画像の読み込み開始から所望画像検出までの時間である．ネットワークには遅延発生装置を利用して静止衛星回線相当の遅延負荷を与える．

被験者は表示されたサムネイル画像10枚の中から1枚の所望画像を検出する．所望画像は指定した人物を含むグレースケールの集合写真を用いた．ここでは， 色が所望画像の検出時間に与える影響を除くためグレースケールを用いた． 画像提示は高解像度モニタ(IBM社，T221)を利用した． 画面解像度は3840×2400 pixel，リフレッシュレートは24 Hzである．遅延発生装置のネットワークの伝送

遅延は680 ms，帯域制限は1.99 Mbpsの帯域制限である．画面占有率をR，サムネイル画像サイズをPt，表示枚数をN，モニタ解像度をPdとした場合の画面占有率の算出式を次式に示す．

$$R=\frac{Pt\times N}{Pd}\times 100 \quad [\%]$$

ここでは画面占有率1.4%，2.0%，2.8%，3.9%，5.4%，7.6%，11%，15%，21%，29%，41%の11種類のサムネイル画像サイズを被験者に提示した．被験者は画面占有率1.4%から3.9%と7.6%の場合，大学生16人であり，画面占有率11%から41%の場合，15人であり，画面占有率5.4%の場合31人であった．

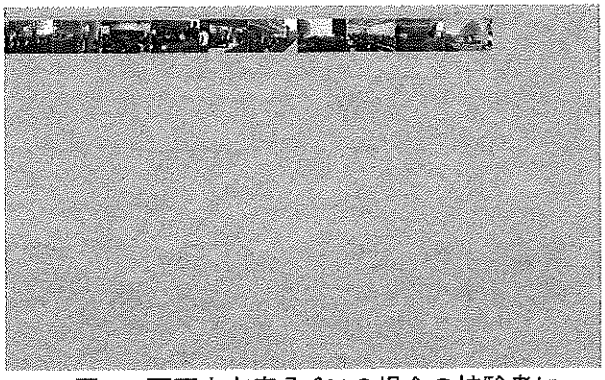


図2　画面占有率7.6%の場合の被験者に提示したサムネイル画像

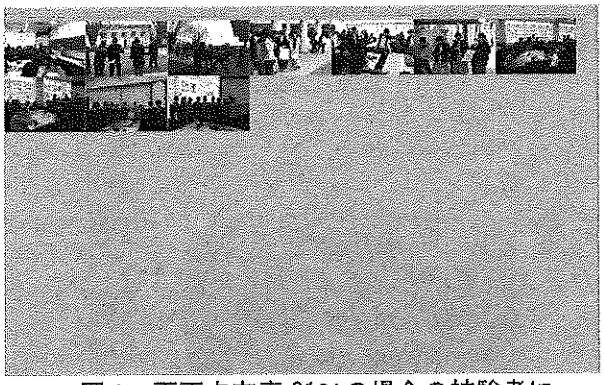


図3　画面占有率21%の場合の被験者に提示したサムネイル画像

3. 所望画像検出実験の結果

さまざまな画面占有率の画像検出時間とクリック回数の関係を図4に示す．最短の画像検出時間は画面占有率21%であり，この値を初期値とすることが適当である．このとき，画面占有率2.8%以下と5.4%では有意差があった．また画面占有率2.8%と3.9%，3.9%と5.4%では有意差がなく，画面占有率5.4%から41%では有意差がない．これらの間のサムネイル画像サイズ画面占有率3.9%は，個人差が大きい．この実験で用いた写真と異なる場合でも，人数や人物の大きさが同等であれば検出時間が最短となるサムネイルサイズはこの結果と同等の値と考えられる．

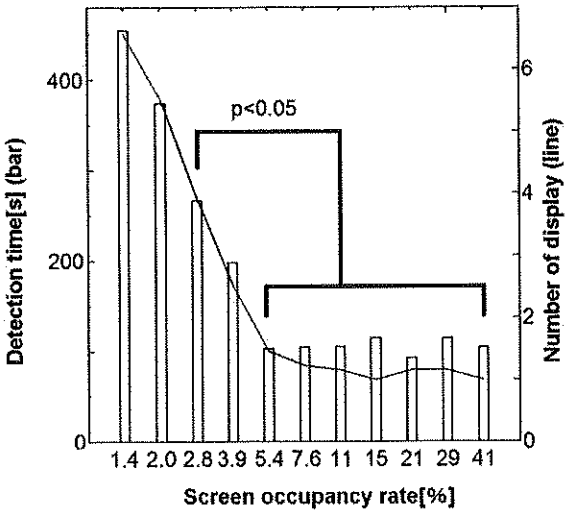


図4　原画像表示回数と画像検出時間の結果

4. むすび

画像検出時間とサムネイル画像クリック回数の計測し，サムネイル画像サイズ検出時間の最短検出時間となる初期値の決定を求めた．この手法により，衛星通信等の伝送遅延が大きい環境において画像を伝送する際に，最適なサムネイル画像サイズの初期値の決定が可能となる．また，所望人物が特定できない程の小さな画像でなければ，初期値とその他の画像の検出時間と比べても，被験者に負担なく，その他の画像サイズを利用することが可能である．この成果は，大規模な災害が発生した場合でも，地上回線が利用できないとき，回線速度の遅い被災地から遠隔地へ被災者のための画像支援を行うことが期待できる．本研究の一部は科研費(No. 25350261)の助成によって受けたものである．

参考文献

1) 八木他：第28回日本医用画像工学会大会，OP6-09，pp. 1-12，2009.
2) 高野他：画像電子学会，Vol. 40，pp. 900-908，2011.
3) 武藤他：電子情報通信学会総合大会，B-3，p. 337，2012.
4) 菅他：日本人間工学会第54回大会，1E2-3，pp. 200-201，2013.

[連絡先]
山下 真樹
e-mail：af12084@shibaura-it.ac.jp

鉄道車両のフリースペースを活用した腰掛けの人間工学的開発

○青木孝憲*,　三林洋介*
*東京都立産業技術高等専門学校

Development of ergonomically seat that utilize free space in the railway carriage

Takanori AOKI*,Yosuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1.　はじめに

鉄道車両のフリースペースは車いすやベビーカーの利用を想定して設置されており、東京メトロでは今後設置車両を増やす方針である。しかしフリースペースを設置することによって座席数は一車両あたり3席減少し、一般利用者にとっては着座機会の損失による乗車満足度低下が懸念される。

本研究は東京メトロ(東京地下鉄株式会社)との共同研究により、車いすまたはベビーカーがフリースペース未使用時に一般利用者が腰掛け可能な簡易的腰掛けを設計開発するための基礎的資料を得ることを目的とする。

2.　法規定と設計の考え方

車いす利用スペースはバリアフリー新法及びバリアフリー整備ガイドラインによって規定されており、その概要は①車いすスペースは、1300[mm]×750[mm]以上が確保されること，②高さ800[mm]～850[mm]程度に直径30[mm]の横手すりを取り付けられていること，③非常通報装置が装着され、車いすマークを添付されていることである。規定を順守し、車いす、ベビーカー利用者の利便性を損なわないために、出来るだけフリースペースに設置する椅子は、コンパクトかつ、簡易的な腰掛けとする。そこでまず適正な腰掛け感覚が得られる座面高と最適座面奥行を求める必要がある。

3.　実験方法

実営業車両に用いられている座席の部材を利用して、座面高と座面奥行が自在に変化できるようにしたモックアップを加工製作した。これを用い、腰掛け時の感覚特性について主観的、客観的測定実験を行った。

座面奥行は、予備実験によって求めた最大値350mm、現行車両の座面厚み260mmを基準に210～360mmを4分割した。

座面高は、現行車両の座面高460mmを基準に、380mm, ～700mmを5分割した。

実験は、被験者に20通りの座面高、奥行条件をランダムに提示して腰掛けた時の主観的評価として「アンケート調査」、客観的評価として座面にかかる荷重の分散具合を見るために「体圧分散」の測定と足にかかる荷重の測定を行った。また、鉄道利用者マナーの観点より足出し長さも測定した。測定装置は、Vista Medical Ltd.社製FSA BodiTrak BT1510(計測サイズ455X455mm、センサ数16行X16列(256個)、センササイズ25.4X25.4 mm)である。

アンケート調査は、①着座動作時の腰掛けやすさ、②着座初期の腰掛けやすさ、③着座終盤期の腰掛けやすさ、④立ち上がり動作時の腰掛けやすさ、⑤総合評価各々を5つの感覚評価で回答する調査票を製作実施した。被験者は心身ともに健康な学生20名とした。

4.　結果と考察

主観的腰掛け感覚について、座面高・座面奥行別にアンケートを取得した。このアンケート項目の一例として総合評価値を条件別に図1に示した。図から、座面高380mm/座面奥行360mm、座面高460mm/座面奥行310mm以上、座面高540mm/座面奥行260mm以上、座面高620mm/座面奥行260mm以上が評価3以上の比較的高い結果が得られた。

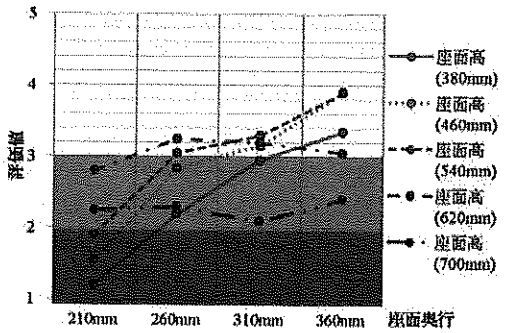


図1. 座面高・座面奥行別腰掛け主観評価結果例(総合評価)(n=20)

客観的腰掛け感覚については体圧測定結果の中で300mmHgを超える測定を局所負担が大きい点として考え、その測定点の数を座面高、座面奥行別に図2に示した。図から、座面高460mm/座面奥行360mm、座面高540mm/座面奥行260mm以上、座面高620mm/座面奥行260mm以上、座面高700mm/座面奥行260mm以上が比較的負荷が集中している点の数が少なく、ある程度体圧分散がなされていることが明

らかとなった。

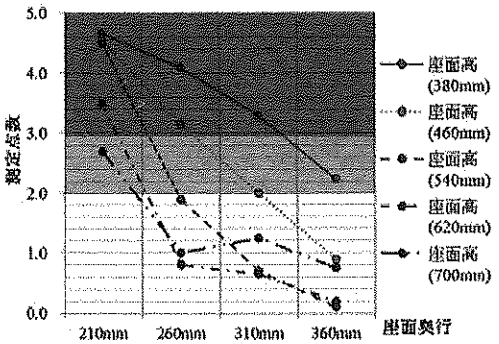


図 2.局所負担(300mmHg 以上)測定点数(n=13)

以上、座面高、座面奥行全 20 条件における主観的、客観的評価結果を各々得点化したものを表 1～表 3 に示す。

表 1 にはアンケートによる主観的評価結果を纏めた。表から、座面高 380mm/座面奥行 360mm、座面高 460mm/座面奥行 310mm 以上、座面高 540mm/座面奥行 260mm 以上、座面高 620mm が主観的良好な条件と考えた。

表 2 に客観的評価結果を纏めた。表から、座面高 460mm/座面奥行 360mm、座面高 540mm/座面奥行 310mm 以上、座面高 620mm/座面奥行 260mm 以上、座面高 700mm/座面奥行 310mm 以上が客観的良好な条件と考えた。

表 3 に、マナーの観点から足投出し量をまとめた。

表より、座面高 620mm/座面奥行 310mm 以下、座面高 700mm/座面奥行 310mm 以下が足出し量が少なく利用者の乗車マナーに優れると考えた。

主観的、客観的、マナー評価全て評価が高い。フリースペースに取り付ける腰掛けとして、車いす利用者が横手すりを掴む妨げとならないよう座面の奥行はできる限り小さくすることに配慮して、実験結果の中から適正なる条件は、座面高 620mm, 座面奥行 260mm となる。

5. まとめ

フリースペースに設置する腰掛けについて、主観的、客観的観点より座面高、座面奥行によって相違が認められることを明らかとし、条件内における適正寸法値を導出した。属性の異なる被験者による計測実験の拡張、身体寸法値による詳細解析が望まれる。

参考文献

1) 岩村敬 他, 公共交通機関の車両等に関する移動等円滑化整備ガイドライン 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団 p16, pp31-40, (2013)

2) 加藤象二郎 大久保堯夫, 初学者のための生体機能の測り方 日本出版サービス,(2010)

[連絡先]
青木 孝憲
東京都立産業技術高専(三林研究室)
e-mail : m11202@g.metro-cit.ac.jp

表 1.アンケートによる主観的評価得点

				座面高 380 [mm]				460 [mm]				540 [mm]				620 [mm]				700 [mm]			
				座面奥行 [mm]																			
主観的評価項目	○条件	△条件	×条件	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360
①着座動作時の腰掛けやすさ	評価3以上	評価2以上3未満	評価2未満	×	△	△	△	×	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△
②着座初期の腰掛けやすさ	評価3以上	評価2以上3未満	評価2未満	×	△	○	○	×	△	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△
③着座終盤期の腰掛けやすさ	評価3以上	評価2以上3未満	評価2未満	×	△	○	○	×	△	○	○	×	○	○	○	△	△	△	△	×	△	△	△
④立ち上がり動作時の立ち上がりやすさ	評価3以上	評価2以上3未満	評価2未満	×	△	△	△	×	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
⑤総合評価	評価3以上	評価2以上3未満	評価2未満	×	△	△	○	×	△	○	○	×	○	○	○	△	○	○	○	△	△	△	△
主観的評価5項目の合計得点(○:2点,△:1点,×:0点)				0	3	7	8	0	5	9	10	2	10	10	10	8	9	9	8	5	6	6	6

表 2.体圧分散測定結果等による客観的評価得点

				座面高 380 [mm]				460 [mm]				540 [mm]				620 [mm]				700 [mm]			
				座面奥行 [mm]																			
客観的評価項目	○条件	△条件	×条件	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360
体重の足にかかる割合(着座1分後)	0.2未満	0.2以上0.3未満	0.3以上	×	×	△	△	×	△	△	△	×	△	△	○	△	○	○	△	△	△	○	○
座面接地面積	500cm以上	300cm以上500cm未満	300cm未満	×	×	△	△	×	△	△	○	△	△	○	○	△	△	○	○	△	△	△	○
300mmHg(40kPa)以上測定点数	2点未満	2点以上3点未満	3点以上	×	×	×	△	×	×	△	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○
客観的評価3項目の合計得点(○:2点,△:1点,×:0点)				0	0	2	3	0	2	3	5	1	4	5	6	2	5	6	5	2	4	5	6

表 3.足出し長さの可否

				座面高 380 [mm]				460 [mm]				540 [mm]				620 [mm]				700 [mm]			
				座面奥行 [mm]																			
	○条件	△条件	×条件	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360	210	260	310	360
足出し長さ	75cm未満	75cm以上80cm未満	80cm以上	×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	△	△	○	○	○	△	○	○	○	△

人間中心設計に基づく共有フォルダ設計ガイドの提案

ー学習塾の共有フォルダを対象としてー

○内海　太加志
早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

A proposal of shared folder design guide based on human-centered design

Utsumi TAKASHI
School of Creative Science and Engineering, Waseda University

1. はじめに

1.1 研究背景・目的

オンラインストレージサービスの発達により小規模組織での共有フォルダ活用が容易になった．しかし適切なフォルダ階層の設計や管理の方法がわからず，フォルダの作成が属人化しファイルが他者に利用されないという問題も起きている．

斎藤ら [1]は，研究部門における共有フォルダ利用の事例を基に管理方法を検討し，「長期にわたって情報を蓄積するためには，年度，知識分類，案件の順番で情報を管理することが有効である」としている(図 1).

しかし，情報の単なる蓄積ではなく、例えば再利用を主眼に置いた場合、この考え方が通用するかは明らかではない。すなわち、共有フォルダにおかれるファイルの利用状況に基づき，それに応じたフォルダ設計を行うことが必要ではないかと考えられる．

本研究では学習塾 A を対象に，フォルダの利用形態のパターンを明らかにし分析することで，ファイルを再利用しやすいフォルダ階層構造を抽出する．その結果を基に，共有フォルダを新設する際の設計ガイドを作成することを目的とする．また、学習塾 A では，講師間の情報共有や記録・教材資料を蓄積し再利用することを目的に，共有フォルダを活用している．

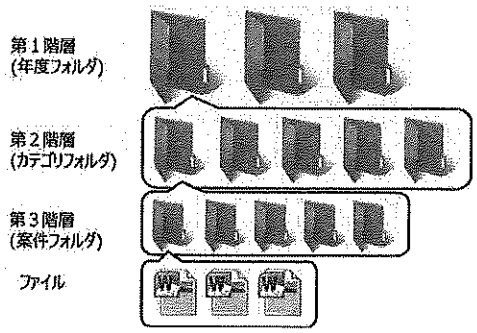


図 1　斎藤ら [1]の提案する
長期運用に適したフォルダ階層構造

2. 研究方法

本研究では人間中心設計(HCD) [2]を参考に、以下の手順で研究を行う．

① 共有フォルダ利用状況の調査
　学習塾 A の共有フォルダの現状調査と講師へのインタビュー調査により，共有フォルダに置かれるファイルの利用状況を明らかにする．その結果を基にファイル利用のユースケースを作成する．

② 要求事項の抽出
　得られたユースケースに基づき、フォルダ設計への要求事項の抽出を行う．

③ 設計ガイドの試作
　得られた要求事項を基に設計ガイドを試作する．

④ 設計案のユーザビリティ評価
　③の設計ガイドに基づき設計・作成し，塾講師に操作してもらい評価を得る．その結果に基づき，設計ガイドの改善を行う．

3. 共有フォルダ利用状況の調査

3.1 目的・方法

共有フォルダの状況及び、そこに置かれているファイルの利用状況を明らかにするため，共有フォルダを活用している塾講師 5 名に「よく利用するフォルダとその利用目的」「具体的な利用の仕方」「共有フォルダ利用時に感じている問題点」を尋ねた．

3.2 結果・考察

(1) 現行共有フォルダの状況は、表 1 の 8 種類があることがわかった．インタビュー調査の結果，ファイルの利用フローが得られた(図 2).

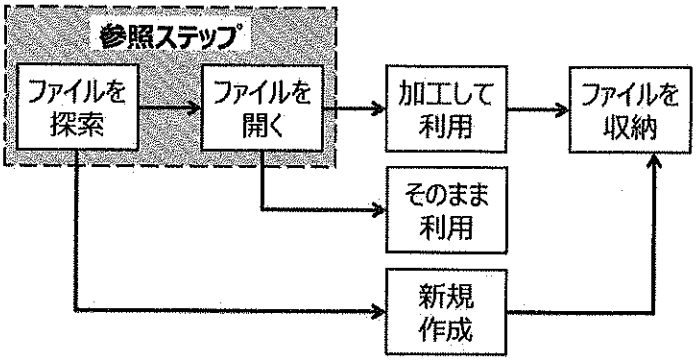


図 2　共有フォルダ内ファイルの利用フロー

どの利用形態においても，講師はまず自分の目的とするファイルの存在を探索する。従って，ファイルの再利用しやすさには，「参照」ステップが大きく寄与すると考えられる．

(2) 「ファイルの参照の仕方」については、表 2 に示す A~G のユースケースが得られた。

表 1　学習塾共有フォルダのファイルリスト

フォルダ名		第一階層	第二階層	第三階層	第四階層以降
a	生徒成績	年度別フォルダ	夏期講習、入試などのカテゴリ別フォルダ	生徒成績ファイル	
b	ミーティング報告用紙	年度別フォルダ	夏期、冬期講習などのカテゴリ別フォルダ	ミーティング報告用紙ファイル	
c	定期テスト過去問	年度別フォルダ	中1、中2、中3などのカテゴリ別フォルダ	1学期、2学期中間などのカテゴリ別フォルダ	定期テスト過去問ファイル
d	国語教材	中1、中2、中3などのカテゴリ別フォルダ	講習、単元などのカテゴリ別フォルダ	教材のファイルもしくはフォルダ	年度別ファイルもしくはフォルダ
e	数学教材	中1、中2、中3などのカテゴリ別フォルダ	講習、単元などのカテゴリ別フォルダ	教材のファイルもしくはフォルダ	年度別ファイルもしくはフォルダ
f	英語教材	中1、中2、中3などのカテゴリ別フォルダ	講習、単元などのカテゴリ別フォルダ	教材のファイルもしくはフォルダ	年度別ファイルもしくはフォルダ
g	社会教材	中1、中2、中3などのカテゴリ別フォルダ	講習、単元などのカテゴリ別フォルダ	教材のファイルもしくはフォルダ	年度別ファイルもしくはフォルダ
h	理科教材	中1、中2、中3などのカテゴリ別フォルダ	講習、単元などのカテゴリ別フォルダ	教材のファイルもしくはフォルダ	年度別ファイルもしくはフォルダ

表 2　「ファイルの参照の仕方」のユースケース

No	「ファイルの参照の仕方」ユースケース	発生する教科とフォルダ					
		国	数	理	社	英	フォルダ名
A	各年度のまとまりで参照	○	○	○	○	○	MT報告用紙
B	利用する単元を決めていない状態で、各年度のまとまりでプリントを参照	○			○		教材、講習系
C	利用したい単元の問題を探すため、複数年度分の同学年内の学期ごとのテストを順番に参照(年間スケジュールが不定なため)	○		○	○		定期テスト過去問
D	利用したい単元の問題を探すため、複数年度分の同学年・同学期のテストを参照		○			○	定期テスト過去問
E	利用したい単元の問題を探すため、その単元カテゴリの複数のプリントを参照		○	○		○	教材、講習系
F	各講師が自分で使いやすいように分類したフォルダで参照	○	○	○	○	○	教材
G	教材を作成した講師のまとまりごとに参照	○					教材

4. 要求事項の抽出

表 2 のユースケースより，ファイルを参照する際には以下の要求事項があると考えられた．

ア) 各年度のまとまりで参照【A，B】
　毎年実施内容が大きく異なるものは、年度ごとに過去のファイルを参照する．

イ) 単元などのカテゴリごとに参照【C，D，E】
　教科の単元分類(例：中学数学の 1 次関数、証明)のように，カテゴリ分類が変化しない場合，単元ごとに参照する．

ウ) 講師が自分で分類したフォルダで参照【F，G】
　講師が教材を自作することが多く，個人フォルダが生まれる．しかしこれにより他の講師の指導方法を参考にするケースもある．

また，表 2 の「発生する教科とフォルダ」について見ると，教科や内容などのフォルダ特性によって要求事項が異なっている．現行共有フォルダ(表 1)ではア，イ，ウが混在しているため，これらを区別してファイル分類する必要があると考えられる．

5. 設計ガイドの試作

現時点での要求事項をまとめ，以下の設計ガイドの草案を作成した．

STEP1: フォルダを「どのように参照するか」記述し、分類する

STEP2: 以下の分類ごとに、各フォルダの階層構造を決定する

- 各年度のまとまりごとに参照するもの　→上位階層で年度分類
- 単元などのカテゴリごとに参照するもの→上位階層でカテゴリ分類
- 講師が個人フォルダとして参照するもの　→個人フォルダを作成

STEP3: その他の細かい配慮事項を満たすようにする。(ファイルの命名法等)

6. 今後の計画

ユースケースからの要求事項抽出をさらに進め、フォルダ特性ごとの詳細な要求事項を明らかにする。そして，設計ガイド試作版を作成し、実際に表 1 に示した A 塾に適用してフォルダをリニューアルする。そのユーザビリティ評価を行い設計ガイドを改善する．

この一連の検討により，ファイルの利用状況に則した共有フォルダの構築について、検討への手順も得られると期待される．

7. 参考文献

1) 斉藤典明・金井 敦：組織知識継承を実現する死蔵されない共有フォルダ構成法，情報処理学会，54(1), 295-308, 2013.

2) 『ユーザビリティハンドブック』編集委員会：ユーザビリティハンドブック，共立出版，17-40, 2007.

[連絡先]
内海　太加志
早稲田大学：人間生活工学(小松原)研究室

赤外線熱画像から身長差検出による非接触検疫システムの精度向上

○土方遼太郎*，孫光鎬**，宮田圭輔*，渡辺彩乃*，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部，**電気通信大学情報理工学研究科

Body Height Detection Using Infrared Thermography for Accuracy Improvement of the Newly Developed Infection Screening System

Ryotaro Hijikata*, Guanghao Sun**, Keisuke Miyata*, Ayano Watanabe*, Takemi Matsui*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University
**Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

1. 緒論

5年後に開催される東京オリンピックを控え，日本を来訪する外国人の数は増加の一途をたどっており，日本政府は2020年に日本を訪れる外国人の数を年間2000万人と推定している[1]．一方で，近年世界中で新型インフルエンザや中東呼吸器症候群（MERS）などの新興感染症の流行が認められており，日本国内でのパンデミックを防ぐためにも，病原体を国外から国内に持ち込まないことは重要である．しかし，現行のサーモグラフィによる有熱者の検出では，アルコール飲料や解熱剤を服用した感染症患者には対応できないため，より精度の高い検疫検査が必要とされている．そこで，本研究グループでは非接触でバイタルサイン（呼吸数，心拍数，体温）を測定し有症者判別を行うシステムを開発した．図1に示すように，このシステムはマイクロ波レーダとサーモグラフィ，CCDカメラを用いて，非接触で呼吸数，心拍数，体温を計測し，測定結果から独自の判別関数（線形判別やニューラルネットワーク）を用いて自動的に感染症の発症の有無を判別する[2,3,4]．

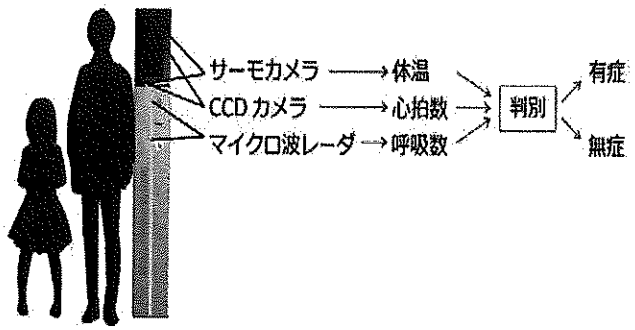


図1. システムの概要

本システムは感染症の発症に伴うバイタルサインの変化から有症者を検出している．しかし，年齢による体温，心拍，呼吸数の表れ方に違いがあり，特に学童以下の子供は大人よりも体温，心拍，呼吸数が高めになる傾向があるため，大人と子供が混合したひとつのグループで感染症判定を行うと誤判定が起こりやすくなってしまう．本システムは，実際に空港などの公共施設で使用されることを想定しているため，実地使用のためには人為的なグループ分けなしでの精度の高い判定を実現しなければならない．

以上の課題点を踏まえ，本研究では大人と子供のグループ分けのため熱画像により身長測定を行い，年齢を推定するシステムを開発し，立位型非接触検疫システムの精度向上を目指す．

2. 方法

2.1 身長測定システムの構成

学校保健統計調査・運動能力調査によると 2013 年における学童卒業時（12 歳）の平均身長は男子が 152.3cm，女子が 151.9cm，男女平均が 152.1cm である．よって本システムでは身長測定により検出した被験者の身長が 152cm 以上を大人，152cm 以下を子供と判定する．身長測定には立位型非接触検疫システムの上部（地面より 150cm の高さ）に設置されたサーモグラフィ（日本アビオニクス， C200C）を用い，被験者の熱画像を撮影し，画像処理を行い被験者の輪郭部分の頂点ピクセル数を検出する．熱画像の総ピクセル数（縦：480，横：630）とカメラと被写体との距離が一定（50cm）における熱画像の撮影可能範囲（縦：150～195cm）は一定であるため，頂点のピクセルから身長推定を行うために，次のような計算式が定義される．

$$推定身長 = \left\{\frac{(479 - ピクセル数)}{479} \times 45\right\} + 150 \quad (1)$$

2.2 画像処理方法

サーモグラフィで撮影した RGB 画像（図 2 左）から緑色のプレーンを抽出し，白黒画像に変換する（図 2 右）．変換された白黒画像には二値化処理を行う．二値化処理とは濃淡のある画像を 1 と 0 の 2 階調に変換する処理であるため，画像データは白と黒の濃度値で表すことができる（図 3 左）．そして，この二値化処理を行った画像に白黒画像内の図形を 1 画素分膨らませる膨張処理と，逆に 1 画素分縮める収縮処理を繰り返し行う基本モフォロジー処理を適応する．この処理により二値化画像の平滑化，且つ孤立点の除去を行い，背景画像に写る照明等によるノイズを除去し，被験者の頭の輪郭部分のみを抜き出し，頂点座標の検出を行う（図 3 右）．

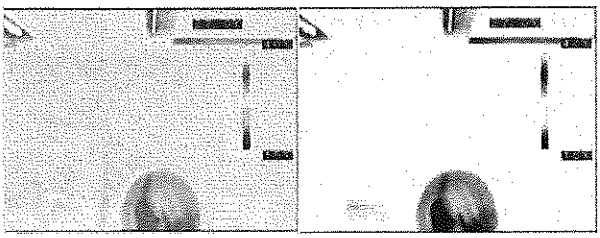


図 2. サーモグラフィによる RGB 画像（左側）と緑色プレーン抽出白黒画像（右側）

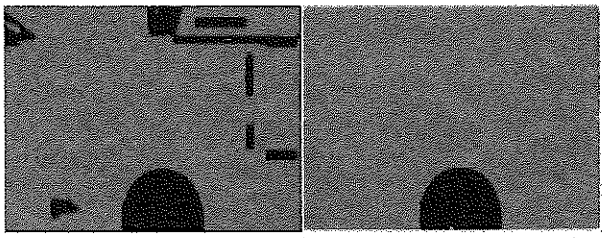


図 3. 二値化処理後の画像（左側）とモフォロジー処理後の輪郭画像（右側）

2.3 実験方法

健康な大学生 10 名（男性：8 名，女性：2 名，22±3 歳）の熱画像をカメラから 50cm の距離で撮影する．計測対象者には通常立った場合に加え，足元に 4.5cm の台を 1 段から 4 段加えた場合の熱画像を撮影し，画像の写る範囲（縦：150～195cm）において実際に身長の計測が可能であるか検討する．

また，本システムで身長を正しく検出できた場合，非接触検疫システムの精度がどの程度向上するか検証するため，本研究グループが収集してきた臨床データの中から，健康な大人 12 名，感染症に罹患した大人 20 名，健康な子供 12 名，感染症に罹患した子供 20 名，計 64 名のバイタルデータ（呼吸数，心拍数，体温）を無作為に選出し，有症者判別のシミュレーションを行う．

3. 結果と考察

1人につき5枚の写真を10人分，全体で50枚の画像を撮影し身長計測を行った．撮影した熱画像でシステムを検証した結果，画像の写る範囲（縦：150～195cm）において，推定身長の平均誤差は1.3cmであった．

非接触検疫システムの有症者検出精度検証のため，大人と子供，計 64 名の臨床データを用いてシミュレーションを行った結果，表 1 が得られた．表 1 より，身長推定により大人と子供を正しくグループ分けできた場合の感度と特異度はそれぞれ 87.5%となった．それに対して身長推定をせず，大人と子供が混在したままのグループで感度と特異度を検出した場合の結果は 62.5%と 87.5%となった．

以上の結果から，本システムにより身長推定から大人と子供の判別を正しく行うことが出来た場合，立位型非接触検疫システムの検出精度の向上に寄与することを示した．

表 1. 判別的中率の比較

	感度（%）	特異度（%）	陽性的中率（%）	陰性的中率（%）
身長推定有り	87.5	87.5	80.8	92.1
身長推定無し	62.5	87.5	75.0	79.5

4. 結論

本論では，立位型非接触検疫システムの精度向上のため身長差検出による年齢推定の検証を行った．その結果，本システムが正しく大人と子供を判別できた場合，現行のシステムの判別的中率が向上することを示した．今後の課題として平均身長以上の子供，平均身長以下の大人に対応するためにも，顔認識による年齢推定等についても検討していく必要がある．

5. 参考文献

1) 国土交通省観光庁：2020年・観光を通じた日本の変革，2014.
2) Matsui T, Hakozaki Y, Suzuki S, Usui T, Kato T, Hasegawa K, Sugiyama Y, Sugamata M, Abe S. A novel screening method for influenza patients using a newly developed non-contact screening system. J Infect. 60(4):271-7, 2010.
3) Sun G, Matsui T, Hakozaki Y, Abe S. An infectious disease/fever screening radar system which stratifies higher-risk patients within ten seconds using a neural network and the fuzzy grouping method. J Infect. 70(3):230-6, 2015.
4) Sun G, Hakozaki Y, Abe S, Vinh NQ, Matsui T. A novel infection screening method using a neural network and k-means clustering algorithm which can be applied for screening of unknown or unexpected infectious diseases. J Infect. 65(6):591-2, 2012.

[連絡先]
土方　遼太郎
e-mail：ryotaro.hijikata@gmail.com

1d3-2

ウェアラブルデバイスを用いたUXデータの取得

山中章矢，西内信之
首都大学東京 システムデザイン学部

Study of Acquisition UX Data Using Wearable Device

Fumiya YAMANAKA, Nobuyuki NISHIUCHI
Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

近年、ユーザーエクスペリエンス(以下、UX)に関する様々な研究が行われ、多くのUXの評価法が提案されている。一方で、IoTが時代の潮流となり、新世代の様々なウェアラブルデバイスが社会的な注目を浴びている。そこで、本研究では、携帯性に優れたウェアラブルデバイスを用いてUXに関するデータを取得することができれば、新たなUX評価法に繋げることができると考えた。

先行研究として、我々の研究グループにおいて「UX PLOT[1)]」というApple社のiPhoneを用いて一時的UXを取得できるアプリケーションを作成し評価実験を行っている。この研究ではiPhoneを用いており、体験中にユーザに体験内容を入力してもらうことでUXデータを取得しているが、その入力の行為が体験を阻害していることが考えられる。そこで、本研究ではウェアラブルデバイスを用いることで、体験の阻害による影響がより小さくなり、更に有効なUXデータを取得できると考えた。

本報告では、本提案システムを用いてUXデータを効率的に取得することが可能であるかどうかを検証した実験についてまとめる。

2. UXデータ取得実験

2.1 実験概要

本研究では、ウェアラブルデバイスとしてApple社のAppleWatch（42mmサイズのSportタイプ）を用いた（図1）。

図1　AppleWatch装着の状態

本提案システムではAppleWatchアプリケーション(以下、アプリ)を用いて感情変化データの取得を行う。アプリ自体はプログラミング言語「Swift」で開発した。図2の左のように「Positive」と「Negative」の2つのボタンをAppleWatchのインタフェースとして配置した。ハードウェア上の制約のため、取得データが別の端末のiPhone側（iPhone5）に送信されるようにした。AppleWatchでユーザがボタンを押下すると図2の右のようにiPhone側に出力される仕様になっている。iPhoneのstartボタンで時間計測を開始し、saveボタンでデータファイルをcsvファイルとして保存することができる。また、本提案システムの有効性を検証するために、従来手法であるUXカーブとの比較を行う。得られた実験結果より、本システムがUXデータを効率的に取得することが可能であるかを検討する。

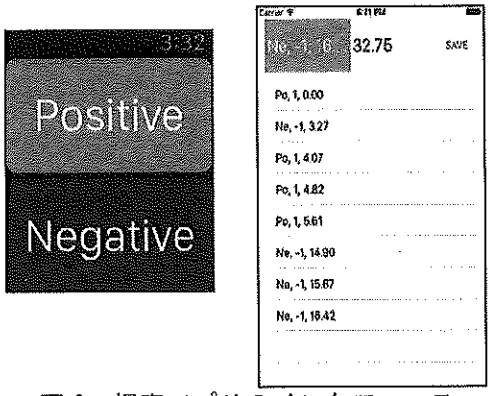


図 2　提案アプリのインタフェース
（左：AppleWatch、右：iPhone）

2.2 実験方法

被験者は健常な大学生 5 名（22 歳から 24 歳）である。AppleWatch 装着後に、実験の説明とリハーサルを経て、実験を開始してもらう。実験中は、被験者にはスマートフォンパズルゲームアプリ(Unblock Me FREE[2])を 15 分間利用してもらう。このときに感情に変化が生じたときに、アプリのボタン（Positive または Negative）を押下してもらう。実験終了後には UX カーブの記入、並びに、ユーザビリティに関するアンケートに回答してもらう。

3. 実験結果および考察

被験者 10 人分の実験結果から代表して 1 人分のデータをグラフ化した(図 3)。横軸はある一定の時間間隔（1 分）で取得したデータを加算している（UX 値)。また、UX カーブと比較するために、最大値が 100%となるよう正規化を行っている。

図 3 でのプロット数に着目すると、明らかにプロット数に差が生じており、UX カーブでは 10 個、提案アプリでは 25 個のプロットを確認することができた。

また、約 100 秒～200 秒、約 400 秒～600 秒の間に UX カーブは値が減少傾向であるのに対し、提案アプリでは 100%に近い「Positive」の UX 値や上昇傾向を計測することができている。これらは、特定のイベントにおいて感情の忘却が生じているのではないかと考えられる。

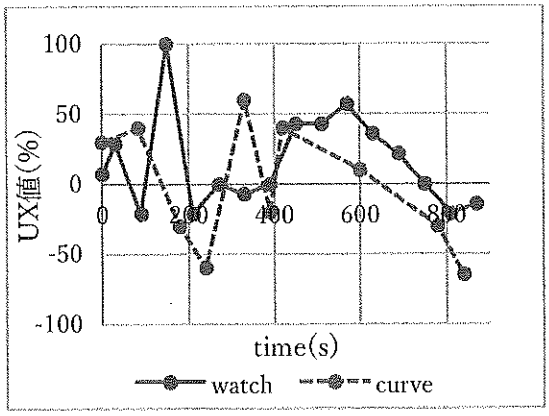


図 3　提案アプリと UX カーブ比較

4. まとめ

本研究では、ウェアラブルデバイスを用いた UX 評価システムを提案した。実験では AppleWatch を使用し、被験者の感情を「Positive」と「Negative」の 2 つに大別して取得し、UX カーブと比較することで提案評価システムの有効性を検証した。

今後は、先行研究との定量的な比較評価を行い、実際の製品体験時における感情の変化の取得を試みる。また、ウェアラブルデバイスのメリットを活かすため、取得可能な生体情報なども利用して、より有効な UX 評価が可能なシステムに改良していく予定である。

参考文献

1) 塙拓朗，西内信之：UX カーブのリアルタイム取得システムの開発，首都大学東京大学院，平成 26 年度修士論文.
2) Unblock Me FREE, Kiragames Co., Ltd,

[連絡先]
山中　章矢
e-mail: yamanaka-fumiya@ed.tmu.ac.jp

イラストの描き手の意図と鑑賞者の受け取り方に関する生理指標を用いた研究

○市田怜*, 舩田眞里子*
*白鴎大学経営学部

The Analysis of ERPs between the Intention of an Illustrator and the Impression of a Reviewer

Rei ICHIDA*, Mariko FUNADA*
*Business Administration, Hakuoh university

1. はじめに

イラストレーション（以下イラスト）は、キービジュアルとして使用されることも多い。その際、描き手の意図がどの程度鑑賞者に伝わるかは、描き手の興味の問題だけでなく、商用に使用される際には特に重要な選択基準となる。

本研究では、描き手が意図したイラストに込めたキーワードがどの程度鑑賞者に伝わるかに関して、アンケートを用いた主観的調査と生理指標の一つである事象関連電位 [1] (Event-related potential: ERP) を用いて客観的に検討した。

2. 実験方法

筆者が作成したイラスト画像 6 枚を準備した(図1)。①は今回の実験のためにキーワードを決定してから作成した画像で、他の 5 枚（②～⑥）は過去の作品もしくは、その一部をトリミングして実験用に切り取ったものである。

2. 1 アンケート調査方法

(1) 被験者：成人男女 31 名（平均年齢約 18.5 歳）

(2) 調査項目：次の 2 項目とした。

(i) 各イラスト画像から想起されるキーワード（名詞または形容詞 1 語）を入力する。

(ii) キーワードを提示し、キーワードに最もふさわしい画像の番号を選択する。

(3) 調査は授業支援システムのアンケート調査機能を使用し、電子的に行った。

2. 2 ERP を用いた実験の方法

(1) 被験者：成人男女 4 名（男性 2 名、女性 2 名、平均年齢 22 歳、*a*~*d* で識別）で実験を行った。

(2) 実験場所：外界から遮断され、実験のみに使用される研究室で行った。実験への集中保持に配慮した。

(3) 刺激の種類：キーワード 1 語と 6 種類の①～⑥の番号が付けられたイラスト（図 1）からなる 6 種類の画像（縦 19cm 、横 26cm）。

(4) 刺激表示のタイミング：19 インチの画面の中央にキーワードと 6 個のイラストから成る画像を 1 秒間表示した。刺激と刺激の間に 1300ms を平均とした 1200～1400ms のランダムな間隔で白色画面を表示した。被験者は画面と目の距離が 60～80cm となる位置に腰掛けた。

(5) 課題：キーワードと一致すると判断した画像の番号を選択し、ブラインドタッチで入力する。

(6) 反復回数：6 個のキーワードに対し各 10 回ずつ計 60 回ランダムな順序で反復した。この実験を 1 セットとし、間に約 1 分間の休憩を挟んで連続で 3 セットを 1 回の実験で行った。実験は各被験者とも 2 回行った。

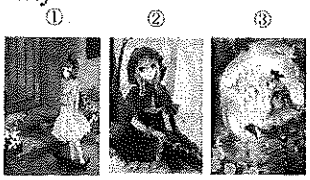


図 1　本実験に使用した刺激の例

(7)好感度アンケート：1 回目の実験の後に、実験中に各キーワードと対応させて選択した画像の番号と最も好きな画像を問うアンケートを行った。

(8) 脳波：日本光電社製の NeurofaxEEG8310 でハイカット周波数を 60Hz、時定数を 0.3 秒、抵抗を 2kΩ とし、A/D 変換ボードを挿入したコンピュータ G7-600 を用いて記録した。

(9) 電極配置：国際 10-20 法による A_1A_2 を基準電極とする Cz、Pz、C3、C4 の単極導出とし、A/D 変換のサンプリング周波数 1kHz でリアルタイムで記録した。

2. 3 解析方法

アンケート調査結果は単純集計とクロス集計を行った。脳波はフィルタを用いて雑音を低減した後、測定データごとに標準化した。実験日のデータを画像別に加算平均して、各画像に対応する ERP を求めた。結果は Cz を中心に記述する。

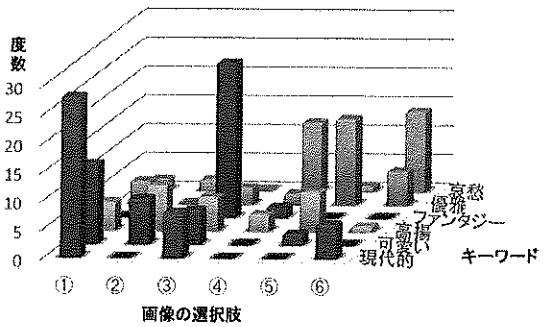


図 2　キーワードを提示した場合の調査結果

3. 結果と考察

3. 1 アンケート結果

各イラストに対して想起されたキーワードは図1の①が「猫、可愛い」、②が「あかずきん」、③が「アリス」など、イラストに描かれた対象をそのまま表現した名詞が多かった。

図2はキーワードを提示した場合のキーワードと実際に選択された図の番号とのクロス集計結果である。今回の実験のためにキーワードを決定してから作成した画像①の一致率が最も高かった。

3. 2 ERPを用いた実験の結果

図3、図4は実験中の課題で入力された画像ごとの度数である。図3の被験者 *a* では、筆者が設定したキーワードと画像の対応と①から順に 80, 90, 93.3, 93.3, 80, 83.3%で一致した。図4の被験者 *c* の場合は、それぞれ、20, 26.7, 13.3, 10, 0.03, 0%であり、一致率が最も低かった。

図5は被験者 *c* の ERP である。正負の頂点電位（P1, N1, …, N3 など）の出現が認められる。画像⑥で P3 が他よりも高電位である。被験者は1回目の実験後のアンケート調査で⑥の画像が最も好ましいと回答した。他の被験者についても最も好ましいと回答した画像の P3 が高電位となった。また、被験者 *c* では、①の画像に対する N2, P3, N3 が他の画像に対する電位と異なっていることが認められる。

ERP の類似度を測定するために被験者ごとに相互相関を求めた。図6は図5に関する相互相関である。画像①、⑤の ERP が他の画像の ERP と異なることを示している。①が他の画像と異なることは、他の被験者についても同様に認められた。また、どの画像にも共通するようなキーワード、例えば「かわいい」「ファンタジー」などに対する画像の ERP は類似性が高い。

4. まとめ

アンケート調査結果と ERP の解析から作者が意図をもって（キーワードを意識して）作成したイラストは、鑑賞者にその意図が伝わりやすいことが示唆された。一方、個人によって判断が異なるような画像やキーワードについては ERP の類似性が高くなり、作者が意図する画像とキーワードとの一致率は低くなった。この原因の一つは抽象性が高い言葉を含むなどキーワードの選択が不適切であったことが考えらえる。商用のイラストなど、鑑賞者に特に情報伝達したい場合には、「描き手による意図の十分な認識が重要であること」が客観的に示された。好感度の高い画像に対しては高振幅の P3 の出現が全被験者について認められた。適切なキーワードを選択し、画像を作成した上で、再現性の確認などが今後の課題である。

参考文献

1) 入戸野 宏・堀 忠雄：事象関連電位入門, 2000 心理学研究における事象関連電位(ERP)の利用, 広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編, 26, 15-32.

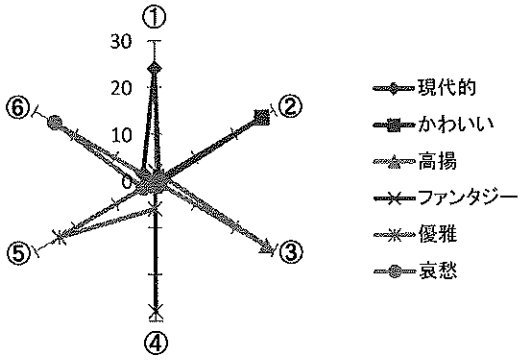


図3　課題実行時の入力例（被験者 *a*）

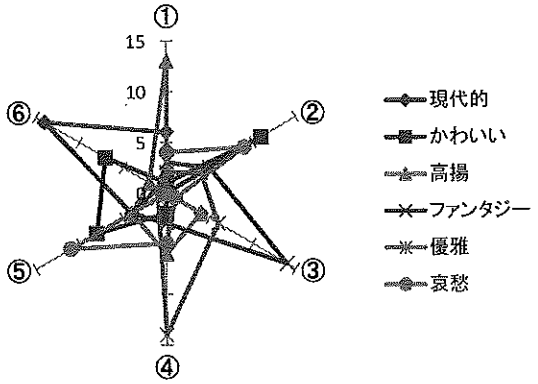


図4　課題実行時の入力例（被験者 *c*）

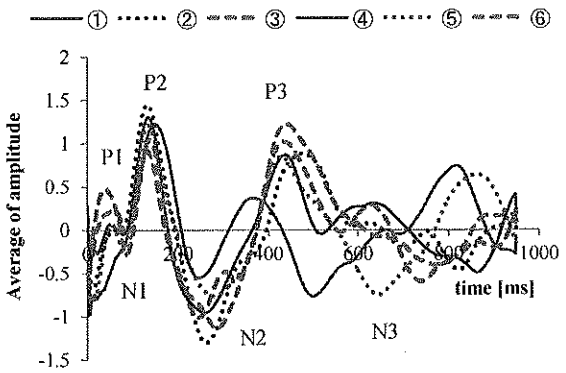


図5　課題実行時の ERP（被験者 *c*、部位 Cz）

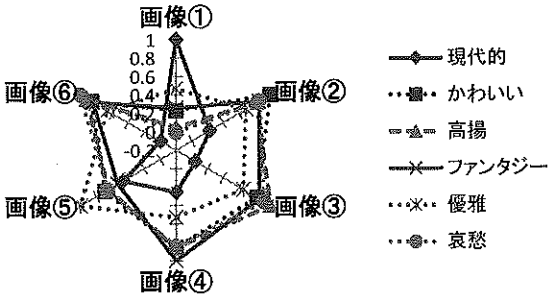


図6　図5の ERP の相互相関（被験者 *c*、部位 Cz）

[連絡先]
市田怜　　e-mail：15120380@sd.hakuoh.ac.jp

視線追尾センサを用いた未知英単語自動検出システム

○井谷光里*，上岡英史*
*芝浦工業大学工学部通信工学科

Study on Eye-tracking based Unknown English Words Detection System

Hikari Itani*, Eiji Kamioka*
*Department of Communications Engineering, Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

何の分野においても，研究を行うためには参考文献が必要であり，時には海外の文献を必要とすることもある．しかし母国語を英語としない日本人は，1 つの文献を読み解くのに時間がかかってしまう．英語で書かれた文献を読む際に，最も時間を要しているのは未知の英単語の意味を調べる時間である．

そこで，英文を読んでいる際の視線を用いて未知の英単語を自動で検出し，その意味を画面上に表示することで時間の短縮が出来ないかと考えた．

本研究では，文章を読む中で未知の英単語に遭遇した場合，読む速さが遅くなると仮定した．この文章を読んでいる際の速さを以後視線移動速度[pixel/sec]とし，視線移動速度が未知の英単語に遭遇したことで遅くなったと判断する適切な値を検討していく．

2. 検証実験

2.1 実験概要

本実験は，はじめに大学入試レベルの英文 7 行をパソコン上に表示させ，読んでいる際の視線の座標及び時間を記録する．次に同じ英文が書かれた紙を渡し，分からなかった単語に丸をつけて貰った．これを内容が異なる 3 つの文章でも行った．

得られた座標のデータから視線移動速度を算出し，設定した閾値 v より遅いことが連続で起きれば，未知の英単語だと判断する．今回の連続の定義は，単語処理時間より[1] 220[ms]とした． また，本実験では，閾値 v を 40,50,60,70[pixel/sec]として解析を行った．これは筆者が同様のことを行った際に，検出精度が高かったからである．

こうして得られた未知と判断された英単語と，紙に書いて貰った本当に未知であった英単語を比較することで，検出精度を求める．

また，被験者は 20 代前半の男女 13 名とした．ただし英語が達者な日本人はベタ読みをしない傾向にあると考えられる[2]．従って，被験者は英語が苦手だと感じている者に限定した．

2.2 実験環境

使用した機材は以下の通りである．

計測機器：The Eye Tribe Tracker
画面：Flex Scan EV2436W (1920×1200[pixel])

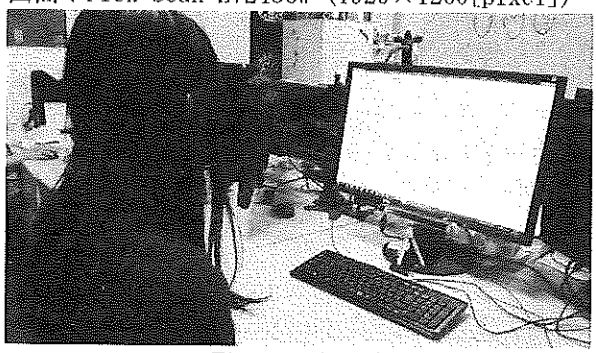


図 1　測定環境

2.3 実験結果

2.3.1 閾値 v について

本実験では，測定データを解析し，紙に書いて貰った未知であった英単語の検出率を求めた．同様に他の文章でも検出率を求め，その検出率の平均を検出精度とした．これを縦軸におき，横軸に被験者番号，さらに閾値毎の検出精度を算出した結果が図 2 である．

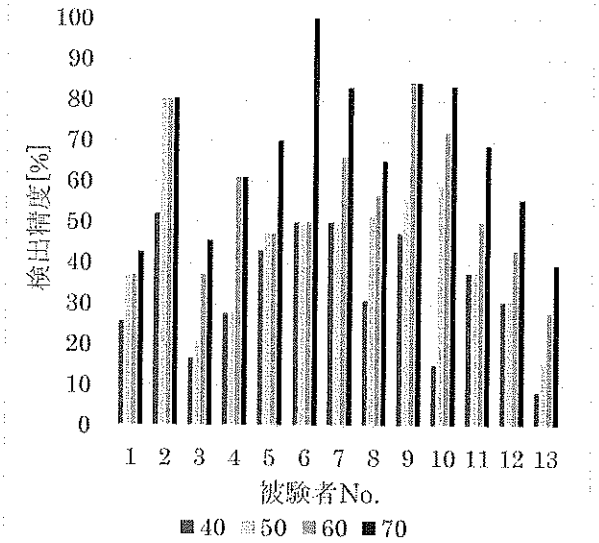


図 2　閾値と精度の関係

どの被験者も閾値 70[pixel/sec]の時の精度が最も高いことから，この値が望ましいと判断できる．

2.3.2 誤判定の割合

2.3.1で求めた検出精度は，被験者が未知であると申告しなかった英単語も検出していることを含めずに考えたものある．しかし，実際には被験者が分かっていた単語でも検出してしまうことがあった．検出された個数に対し，本当に未知であった単語の割合を示したものが図3の灰色の棒グラフである．グラフを見ると分かるように，多くの誤判定を起こしている．

そこで誤判定を起こす箇所を調べたところ，文中のカンマ及びピリオドの付近が多いことが分かった．これらが文中に現れた場合，一般的に人はそこで文章を区切って読むため，視線移動速度が遅くなると考えられる．そこで検出された座標の近くにどちらかがある場合は未知の英単語であるとは判断しないこととした．そのようにして同様の解析を行い，得られた結果が図3の黒色の棒グラフである．カンマ及びピリオドの近くでの検出はカウントしないといった改善を行ったことにより，全ての被験者において誤判定が減ったことが分かる．被験者2の精度は，約12%も改善された．

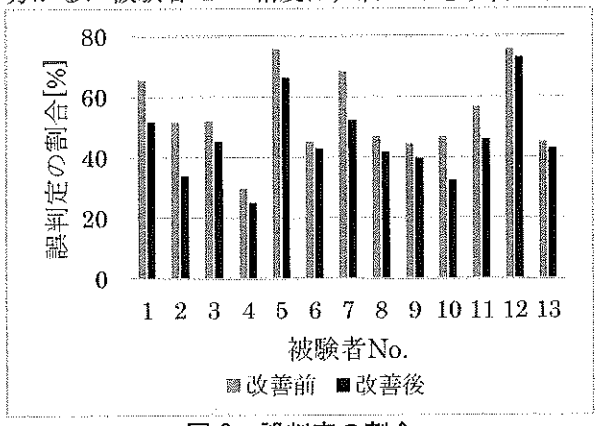


図3　誤判定の割合

3. 考察

3.1 検出精度について

検出精度が低かった原因として，以下のことが考えられる．

(1) 未知の英単語が連続して存在する
(2) 未知の英単語が行の先頭にある
(3) コンタクトレンズとの相性
(4) 測定中に被験者が動いてしまった

今回の解析は，視線移動速度が連続して遅くなった時に未知の英単語を検出するシステムとなっている．そのため，連続して未知の英単語がある場合，視線移動速度が遅かったにも関わらず，1つ前の英単語であると判断されることが起こっていた．

また，改行時には眼球が高速で移動した後に急な減速を行うため，視線移動速度が不安定になる傾向がある．そのため改行直後の測定データは参照していなかったが，結果として行の先頭にある未知の英単語を検出出来なくなってしまった．

(3)に関してはデバイスの問題であるため，こちらで制御することは出来ない．(4)に関しては被験者を固定することで対処は出来るが，それでは測定中に不快感を与えてしまう．加えて，実用化を考えた場合，測定中の姿勢を完全に固定することは芳しくない．そのため，(3)及び(4)については考慮しないこととする．

3.2 誤判定について

2.3.2では文中のカンマ及びピリオドに着目したが，それ以外の要因として以下のことも考えられる．

(1) 一文が長い場合は区切って読むこと
(2) 強調される単語がある
(3) 1つの英単語が長い

1文が長い場合，接続詞や関係代名詞の所で一息つきながら読むことが多い．その場合，視線は一瞬止まるため，誤判定を起こしてしまう．また，1文の中で大事な単語や，文字数が長い単語でも同様の結果が得られた．

4. 今後の課題

今回は未知の英単語を判別するための連続の定義を220[ms]以上としたが，それ以外の定義での精度を求めていない．この値を変化させることで，より検出精度が高くなるよう努めていく．また，3.の中であがった要因を取り除くことが出来る検出方法を考えていく必要がある．

5. おわりに

今回の結果より，視線移動速度が遅くなる要因は個々で違うことが分かった．今後は被験者数を増やすことで，精度を低くする原因が他にもないかを模索し，1つずつ解決していくことで精度の向上に努めていく．

6. 参考文献

1) 懸田孝一，“読書時の単語認知過程－眼球運動を指標とした研究の概観－”，北海道大学文学部紀要，46(3)，pp.155-192，1998.
2) 柳澤絵美，大木理恵，鈴木美加，“アイカメラを使って観察した日本語学習者の読みの特徴”，東京外国語大学留学生日本語教育センター論集，(36)，pp.1-12，2010.

[連絡先]
井谷光里
芝浦工業大学工学部通信工学科
モバイルマルチメディア通信研究室
〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5
e-mail : af12012@shibaura-it.ac.jp

タッチパネル操作性向上のための触覚フィードバック方法

○北尾舞冬*，三田隆広**，小山裕徳*，川澄正史*
*東京電機大学未来科学部情報メディア学科，
**東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

A Tactile Feedback Method to Improve Touch Panel Operation

Maito KITAO*, Takahiro MITA**, Hironori KOYAMA*and Masashi KAWASUMI*
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future life, Tokyo Denki Univercity,
**Information Systems and Technology for Future Life, Tokyo Denki Univercity

1. はじめに

現在，スマートフォン(以下，スマホ)やタブレットなど，タッチパネルによる操作を必要とする機器の普及率が増加しており，これらの使用は一般的となっている．タッチパネルはキーボードをテキスト入力時にだけ表示したりなど画面を効率よく使用することができる．しかし，一般的なタッチパネルではキーボードをタッチしたときやボタン操作をするときに触覚的なフィードバック(以下，FB)や音声による FB をしない場合が多い．そのため，テキスト入力のためにキーボード操作を行うときにタッチ感がなく入力ができていない，または誤入力をするなどの問題が考えられる．

近年，映像視聴などの行動をしながらスマホを操作する人が多く，そのような場合に操作の正確性を欠く可能性が考えられる．行動中のタッチパネル操作に，FB がどのような影響を与えるかを調査することで，正確な操作を促す FB 方法を提案することが期待される．

本研究では，スマホにおけるキーボード入力時に触覚 FB を行うことで行動中の操作性にどのような影響があるかを調査することを目的とし，新しい FB 方法を提案し，その効果について検証した．

2. 事前実験

映像視聴中におけるスマホのテキスト入力時に，振動 FB が操作の正確性，操作時間にどのような影響を与えるかを調査した．

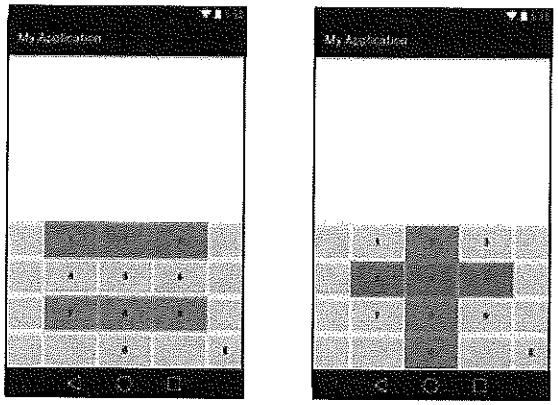
被験者は，スマホの操作に慣れている若年健常者 3 名とした．実験環境は目の前に PC を置き，イヤホンをした状態で映像を視聴させ，課題として 0 から 9 の数字で構成された 6 桁×4 行の数列の入力をさせた．また，スマホの画面を見た条件，見ていない条件において振動 FB の有無の 4 条件で実験を行った．その結果，振動 FB は映像視聴中の操作の正確性向上に効果があるが，操作時間の短縮には効果がないということがわかった．また，誤入力をするとき左右のキーの入力は少なく，主に上下のキーの入力が多くなることがわかった．

3. スマホアプリの概要

事前実験から，キーの判別のために振動を変更する場合は各キーごとではなく，上下の段ごとの変更でも効果があると考えられる．

そこで，新たに図 1 のような 2 つの振動パターンのキーボードを提案する．図 1 (a)のパターンは 1，2，3，7，8，9 のキーに 100msec 長の振動を与え，4，5，6，0 のキーに 10msec 長の振動を 100msec の間隔を挟んで 2 度与えた．事前実験を基に振動による左右の判別は行わず，上下の判別のみを行う配置に構成した．

図 1 (b)のパターンは 2，4，5，6，8，0 のキーに 100msec 長の振動を与え，1，3，7，9 のキーに 10msec 長の振動を 100msec 長の間隔を挟んで 2 度与えた．上下の判別のための振動を 1 列のみとし，左右の判別のための振動パターンを設けた．



(a) 左右判別　　(b) 上下左右判別

図 1　キーボード画面の例

4. 評価実験

4.1 実験概要

事前実験において得られたデータをもとに考案したアプリケーションの評価実験を行った．

被験者は，スマホの操作に慣れている若年健常者 7 名とした．実験環境は目の前に PC を置き，イヤホンをした状態で赤，青，緑の 0 から 9 の数字がランダムに表示される 30 秒の課題映像を視聴させた．また，課題映像視聴中に 2 つの課題を行わせた．課題 1 は，課題映像が終了する 30 秒の間に 0 から 9 の 50 個の数字で構成された数列を提示し，これらを可能な限り入力させた．課題 2 は課題映像内に指定した数字が表示された場合にその個数を課題 1 を行わせつつ数えさせた．

また，スマホの画面を見る条件，見ていない条件において振動無し，キー全体の振動 FB，横 2 列の振動 FB，十字の振動 FB の計 8 条件で実験を行った．

4.2 評価指標

2 つの課題からスマホの操作の正確性および映像の理解度を調査した． 2 つの課題を評価することで映像の内容を理解し，操作が正確にできているかを検証した．

課題 1 からスマホの操作の正確性の指標として，入力数から誤入力回数を引いた数値を入力数で割った数値(入力率)を用いた．

課題 2 から映像の理解度の指標として，課題 2 の回答との誤差(誤答数)を用いた．

5. 実験結果

スマホを見ている条件において，振動 FB が無い場合，入力率は 82.9%，誤答数 1.29±1.11 個，全体の振動 FB の場合，入力率は 92.8%，誤答数は 1.29±0.49 個，横 2 列の振動 FB の場合，入力率は 91.1%，誤答数は 1.43±1.40 個，十字の振動 FB の場合，入力率は 88.7%，誤答数は 2.29±1.89 個であった．また，どの項目間においても有意差は見られなかった．

スマホを見ていない条件において，振動 FB が無い場合，入力率は 54.1%，誤答数は 1.86±1.07 個，全体の振動 FB の場合，入力率は 72.2%，誤答数は 3.57±2.82 個，横 2 列の振動 FB の場合，入力率は 63.1%，誤答数は 1.86±1.68 個，十字の振動 FB の場合，入力率は 66.5%，誤答数は 1.57±1.13 個であった．振動 FB が無い場合に比べて，全体の振動 FB と横 2 列の振動 FB の間には有意差が見られた．

図 2 にスマホを見ていない状態における操作の正確性と映像の理解度を示す．

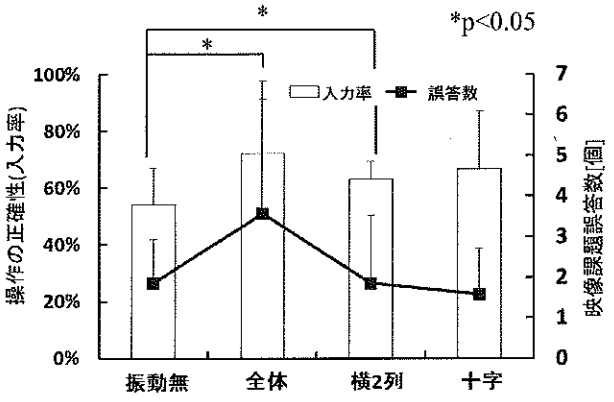


図 2　見ていない条件下の入力率と誤答数

6. 考察

6.1 スマホを見ている条件

各振動 FB が操作の正確性向上に効果があることがわかった．

映像の理解度については横 2 列の振動 FB，十字の振動 FB ともに誤答数が増加する傾向が見られた．これは映像，数列に加えてスマホが視野に入っている状態において，被験者が慣れない振動を感じることにより，視覚以外からの情報に反応して自然とスマホに視点が移るからだと考えられる．

以上のことから，スマホを見ている条件において，操作の正確性，映像の理解度ともに有用であるのは全体の振動 FB であると考えられる．

6.2 スマホを見ていない条件

各振動 FB が操作の正確性の向上に効果があることがわかった．しかし，全体の振動 FB に比べて横 2 列の振動 FB と十字の振動 FB は，操作の正確性が低下する傾向が見られた．これは，振動によりキーの判別がしやすくなったために，全体の振動 FB に比べて操作が速くなってしまい，誤入力回数が増加したためだと考えられる．

映像の理解度については十字の振動 FB において，誤答数が減少する傾向が見られた．これは，振動に特徴をつけたことでキーの判別がしやすくなり，手元の作業よりも視界に意識が集中しやすくなったためと考えられる．また，横 2 列の振動 FB に比べて，十字の振動 FB の方が映像の理解度が高かったのは，上下の判別に加えて，左右の判別が可能だったため上下の判別のみと比べて手元における操作をあまり意識せず，映像に集中できたと考えられる．

一方で，全体の振動 FB は誤答数が増加する傾向が見られた．これは，振動があることによりキー全体の確認はしやすいが，キーの判別が難しいため，振動が無い場合に比べて手元に意識が集中し，映像に意識が向けられなかったと考えられる．

以上のことから，スマホを見ていない条件において，操作の正確性においては全体の振動 FB，映像の理解度においては十字の振動 FB が有用であると考えられる．

7. おわりに

本研究では，映像視聴中におけるスマホ操作の正確性を向上するための振動 FB を提案し，比較を行った．キーの上下判別をするために，新たに横 2 列の振動 FB と，キーの上下左右の判別のために十字の振動 FB を提案し，実験を行った．その結果，スマホを見ている条件においてはキー全体の振動 FB が有用であることがわかった．また，スマホを見ていない条件においては全体の振動 FB と十字の振動 FB が有用であることがわかった．

今後は，会話や歩行など映像視聴以外の状況下における有用な振動 FB の提案，振動以外の FB について検討をする．また，被験者の中には振動の違いは分かりやすいが，不快であると感じた人もいたため，使用者が快適に利用できる振動の検討をする．

[連絡先]
北尾　舞冬
e-mail：12fi049@ms.dendai.ac.jp

2b1-2

人の向性と小説への自己投影との関係性

○木村重裕*，高橋直央*
*東京電機大学

The relationship between the human tropism and the self-projection to novels

Shigehiro KIMURA*, Nao TAKAHASHI*
*Tokyo Denki University

1. はじめに

若者の本離れが叫ばれるようになった近年においても，様々な小説が出版されている．昔よりもジャンルや内容が多種多様になり，それらの作品は読者をより広く深く楽しませる物語，あるいは考えさせるような物語を提供するようになった．

しかし，同じ小説なのに，その小説の話に共感する人，反感する人がいる．抱いた印象や感情は人によって様々だ．

そこで本研究では，その違いを人の心理に求めた．人を分類する際，1 つの基準として向性が挙げられる．向性が異なれば，人が物語に対して受ける印象や感情が変わるのではないかと，我々は考えた．

以上のことから，本研究では人の向性と求める物語の展開との関係性について調査した．

2. 研究目的

本研究では，結末の異なる 2 編の小説について，人の性格の外向型と内向型がどのような印象を持つのかを調査することで，人の向性と物語の展開との関係性について解明することを目的とした．

3. 研究方法

向性を数値的に測るためにユングの向性検査表を用いて向性検査を行った．結末の異なった 2 編の小説についての印象評価を得るために SD 法を使用したアンケート調査を実施した．

4. 実験

4.1 実験準備

表 1，表 2 で示すように設定は同じで展開の違う 2 編の小説を作成した．

SD 法で使用した形容詞対は全部で 18 対あり，形容詞対はプルチックの感情の輪を基にした感情に関する 8 対と先行研究「文章の特徴量を用いた質問回答文の印象の因子得点の推定（横山友也・宝珍輝尚・野宮浩揮，2013)」で使用されていた形容詞対を参考とし，さらに本研究で必要だと思われた語を加え，18 対の形容詞対を選んだ．

4.2 実験協力者

20～23 歳の大学生（平均年齢 21.1 歳），男女 26 名(男子 22 名，女子 4 名)であった．

表 1　小説の共通設定

ジャンル	剣と魔法のライトファンタジー	
あらすじ	勇者が世界と愛する姫を救うために魔王と戦う	
登場人物	勇者	主人公
	魔王	世界を滅ぼそうとしている
	姫	勇者の幼馴染で許嫁

表 2　小説の展開

同じ展開	1. 魔王の城がある 2. 城の中で勇者と魔王が戦っている 3. 勇者が魔王を追い詰める 4. 魔王が姫と同化する	
違う展開	パターンA	パターンB
	勇者は愛する姫もろとも魔王を殺し，世界の人々を救う	勇者は姫から魔王を追い出して姫を救うが魔王に世界を壊されてしまう

4.3 実験手順

実験を行う前に，実験協力者に理工系大学の倫理規定により個人情報が保護されることを説明した．

実験協力者に向性検査表への回答と，2 編の小説の印象評価をそれぞれ行ってもらうように説明を行った．

向性検査表への回答後，はじめに世界設定を付した小説を一読してもらい，7 段階評定による SD 法のアンケートを用いて物語の展開から受ける印象を評価してもらった．これをもう 1 編についても同じように行った．

5. 分析と結果

5.1 SD 法アンケートの分析と結果

SD 法で得ることのできた結果を用いて，主成分分析を行った．表 3 に示す 10 対が実際に主成分分析に用いた形容詞対である．

表 3　形容詞対（1）

Q1	感動的な—無感動な	Q2	力強い—弱々しい
Q3	満足な-残念な	Q4	楽晴らしい-みすぼらしい
Q5	常識的な-非常識な	Q6	充実した-空虚な
Q7	正当な-不当な	Q8	呆れる-説帽する
Q9	独創的な-模倣的な	Q10	的確な-的外れな

向性検査において内向型に振り分けられた実験協力者が「勇者が姫を殺して世界を救う展開」に抱いた印象について，第3主成分で累積寄与率8割近くを示したため，第3主成分までを分析した．

次に，パターンA（内向型）について，第1主成分と第2主成分を軸として各形容詞対の主成分得点の分布を図1に表した．

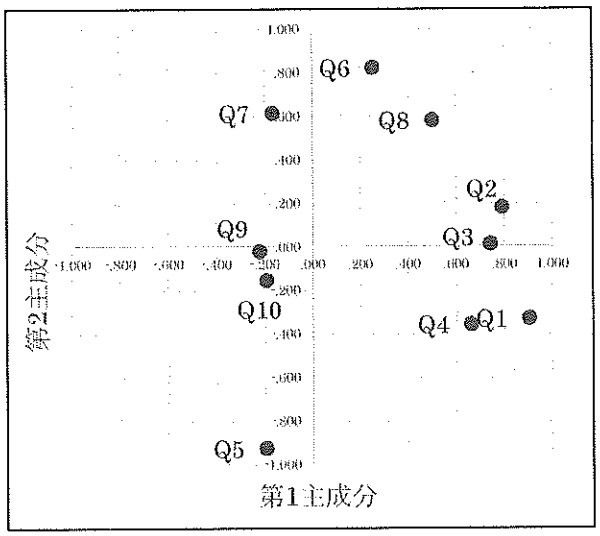


図1　パターンA（内向型）の組み合わせ分布図

5.2 プルチックの感情の輪を用いた分析と結果

「プルチックの感情理論」を基に作成した8項目のアンケートの結果を用いて，外向型と内向型に分けて平均値を割り出し，分析を行った．実際に使われた8項目を表4に示す．

表4　形容詞対（2）

Q1	予測できる―意外な	Q2	嬉しい―悲しい
Q3	信頼感―嫌悪感	Q4	怖い―腹立たしい
Q5	攻撃的な―萎縮する	Q6	楽観的な―悲観的な
Q7	愛情―自責	Q8	屈服する―軽蔑する

次に，パターンBについて表したプルチックのグラフを図2に表した．

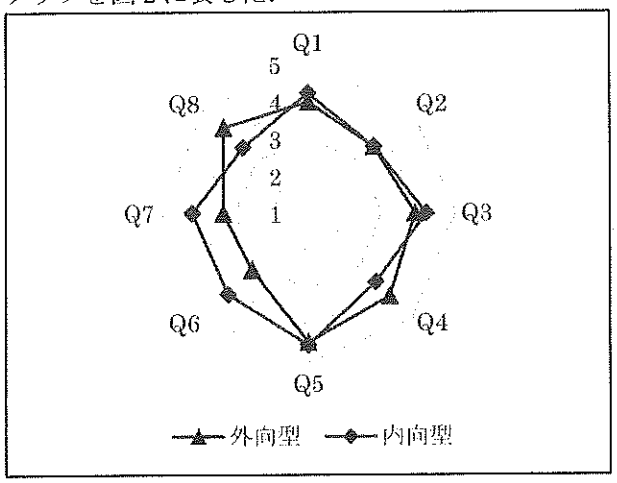


図2　パターンBの感情グラフ

6. 考察

実験結果から，内向型と外向型とでは現実の世界と空想の世界それぞれに用いる常識に違いがあることが分かった．図1を見ると，勇者が姫を殺して世界を救う展開，すなわち身近で大切な人を犠牲にしてでもその他大勢を救う展開を読んだ内向型の実験協力者はQ5「常識的な-非常識な」に対して「非常識」と感じている．それに比べて同じ展開でも外向型の実験協力者は「常識的」だという印象を持っていた．

形容詞対Q9「独創的な-模倣的な」において，勇者が姫を救う展開では，外向型は独創的という印象を抱いた一方で，外向型は模倣的と感じており，第1第2主成分のグラフ上でも点対称な位置をとっている．これは外向型の実験協力者にとって，その他大勢を犠牲にしてでも大切な人を救うという展開は現実の常識では有り得ないためと考えられる．しかし内向型の実験協力者にとって空想は空想であり，その空想世界の常識に照らし合わせれば何よりもまず大切な人を救うという展開はよくあると感じられるためと考えられる．

「姫を救い世界を見捨てる展開」における感情面から，向性別に差異が見られた．外向型は「嫌悪感」「悲観的」「自責」「悲しい」と感じている一方，内向型は「腹立たしい」「軽蔑する」と感じていた．これは，勇者が姫を救ったが，世界を救済できなかったことに対しての感情の表れではないかと推察できる．

7. 今後の展望

今後は実験協力者数を増やし，現在既に行なっているプルチックの感情の輪を基にした内向型と外向型の感情の分析を行ない，SD法アンケートとの相関関係を導き出す．

実験で用いた2つの展開について内向型・外向型の人々がそれぞれどういった展開を好むのかを特定し，その特徴から現代の読者の共感を得られる物語の展開として，どういったストーリーが適当なのかを結論として導きたいと考えている．

8. 参考文献

1) 宗近孝吉：GAを用いた感情識別モデル，山口大学工学部研究報告，　pp.85-90，2002年8月
2) 横山友也*・宝珍輝尚*・野宮浩揮*・佐藤哲司**：文章の特徴量を用いた質問回答文の印象の因子得点の推定，日本感性工学会論文誌，Vol.12，No.1（Special Issue）pp.15-24，2013

[連絡先]
きむら　しげひろ
e-mail：12rd057@ms.dendai.ac.jp
たかはし　なお
e-mail：12rd107@ms.dendai.ac.jp

「楽しい」の構造について

ーよりよいサービスデザインのためにー

○押野沙紀*，吉武良治*
*芝浦工業大学デザイン工学部ＵＸデザイン研究室

Analyzing the structure of enjoyment - for a better Service Design -

Saki OSHINO* and Ryoji YOSHITAKE*
*User Experience Design Lab, Shibaura Institute of Technology

1. 背景・目的

近年、「サービスデザイン」が注目を浴びている。革新的なサービスやよりよいサービスをデザインするために様々な取り組みや手法が提案されているが、その大切な目標のひとつは、「より良い体験(User Experience)」を提供することである。その「よりよい体験」を構成する要素の一つとして、「楽しい」がある。「楽しい」とは曖昧な部分も多く、一意的に説明することは難しい。しかし、多くの人が「楽しい」と感じる共通点や共感できることも多い。そこで「楽しい」の構造や共通点を明らかにすることができれば、よりよいサービスデザインに役立つと考えた。

本研究では、「楽しい」の構造やパターンを分析することにより、よりよいサービスをデザインすることを目的とする。先行研究[1]においてエンタテイメントシステムを対象とした楽しさについての研究があるが、本研究ではエンタテイメント以外の分野にも適用できる「楽しい」を検討する。

2. 予備調査

2.1 「楽しい」こととは？

「楽しい」ことにはどのようなことがあるかを整理する目的で、ブレインストーミングを実施した。参加者は、芝浦工業大学生 8 名(男性 5、女性 3)で、①「楽しい」から連想すること、②「楽しくない」から連想すること、のそれぞれを自由奔放にカードに書き出していき、整理を行った。

調査の結果を、参加者の協力のもと、それぞれについてグルーピングを行った。その結果を図 1、図 2 に示す。『楽しい』ことは、2 軸を用いて大きく 4 つに分類することができた。また、『楽しくない』ことは、「自分に対して」抱くものと「相手に対して」抱くものについてそれぞれ“楽しくない”レベルによって分類することができた。

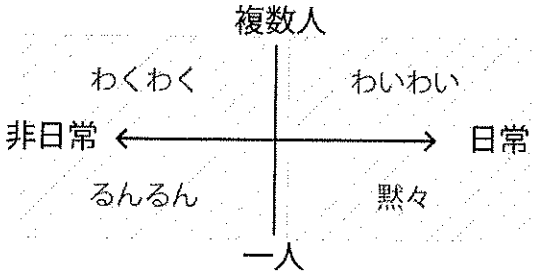


図 1　「楽しい」から連想すること

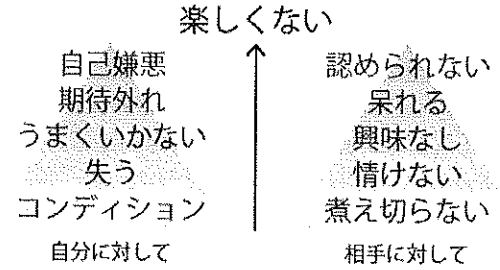


図 2　「楽しくない」から連想すること

これらの結果から、楽しいことは好みや性格による個人差によるところがあり、楽しくないことは共通する部分が多いことがわかった。

2.2 「楽しい」シーンの把握

大学生が「楽しい」と思うことを知る目的でアンケートを実施した。参加者は、芝浦工業大学デザイン工学科 1 年生 126 名(男性 85、女性 41)であった。30 項目の質問に対してそれぞれ 4 択(○:楽しい、×楽しくない、△:どちらでもない、—:経験したことがない)で回答を求めた。その結果の一部を図 3 に示す。

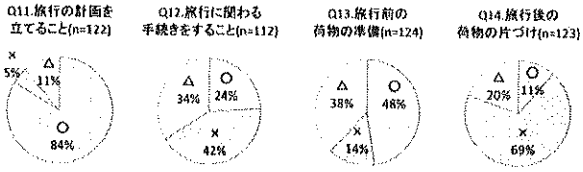


図 3　アンケート結果(一部抜粋)

調査の結果、例えば、旅行について聞いた 4 つの質問(Q11 旅行の計画を立てること、Q12 旅行に

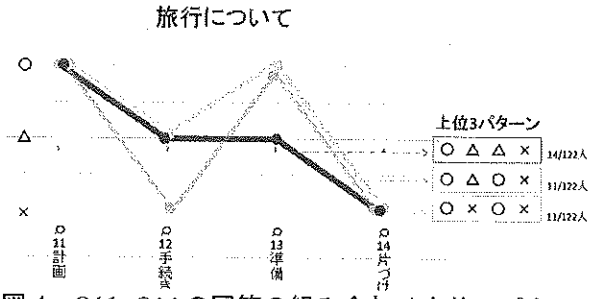


図 4　Q11~Q14 の回答の組み合わせ上位 3 パターン

関わる手続きをすること、Q13 旅行前の荷物の準備、Q14 旅行後の荷物の片付け)において、どのような組み合わせで回答したかを分析したところ、122 人の結果は、3^4 (=81) 通りうちの 27 通りに集約された。そのうちの上位 3 パターンを図 4 に示す。「旅行」と言ってもその中には楽しい部分とそうでない部分があり、それぞれに対する感情がある程度共通する人もいることがわかった。これらのことから、一つの事柄にも複数の要素が含まれておりそれに応じて感情も変化することがわかった。

3.「楽しい」の構造について

3.1「楽しい」の要素の抽出

「楽しい」ことにはどのような要素が含まれているのかを整理する目的でデプスインタビューを実施した。参加者は、芝浦工業大学生 8 名(男性 6、女性 2)であった。質問内容は、①楽しくなる行動、②その前後での気分変化、③行動に用いる道具、④なぜその行動によって楽しくなるのか、の 4 項目[2]を軸に半構造化インタビューとした。

インタビューの結果から要素を抽出し、グルーピングした結果、12 項目に分類できた。このうち、「楽しい」の要因となる 8 要素(①できる、②親しむ、③変わる、④たまる、⑤目指す、⑥特別、⑦縛られる、⑧好む)に着目した。

3.2「楽しい」の構造化

前述した 8 要素の相互関係を見るために、要素間の関係の“あり”“なし”を“1”“0”の 2 値で表しマトリクスを作成し、ISM 法を適用した[3]。

その結果、図 5 のような関係が見いだされた。このことから、「変わる」は他の 7 要素と関係しており、楽しいことにおいて“変化”がキーワードとなることがわかった。

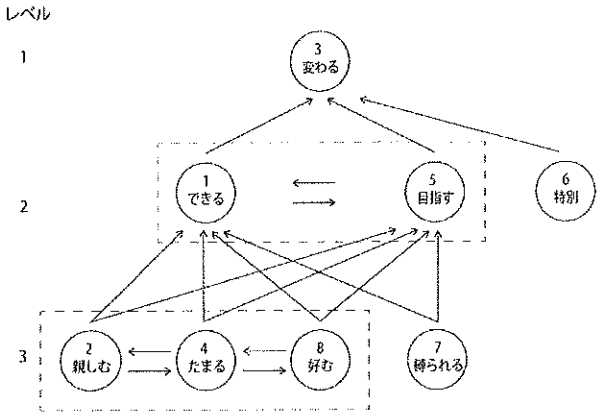


図 5　「楽しい」の 8 要素の相互関係

3.3「楽しい」の視覚化

「楽しい」の構造化により、“変化”がキーワードとなることがわかったため、他の 7 つの要素のそれぞれの楽しさを“変化”をポイントとして図 6 のように視覚化した。

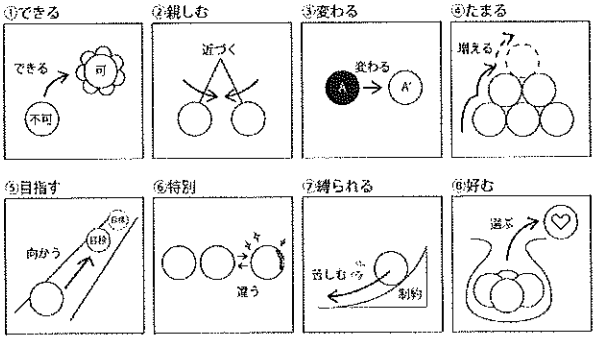


図 6　「楽しい」の 8 要素の視覚化

3.4 サービスへの適用の検討

見いだされた 8 つの要素をサービスを楽しくするために適用することを試みた。例として、美容室の予約から会計までのイベントにおいて楽しさの 8 要素をひとつずつ適用し、楽しくするためのアイディア検討を行った。その一部を図 7 に示す。

	2.親しむ	4.たまる	7.縛られる	8.好む
①予約する	客の髪型に合わせて的確なタイミングで予約を促す。	予約日から毎日ポイントを加算する。		美容師のタイプを分類して、選びやすくする。
↓ ②受付する	名前を聞かずとも客を識別する。		地図に詳しく載せずに道に迷わせる。	座席を選択できるようにする。
↓ ③髪を切る	地方の新聞を読めるようにする。	切った髪を一箇所に集めていく。	顔型に合う髪型を提案する。	シャンプーを選択できるようにする。
↓ ④会計する		スタンプカードにスタンプを押す。	会計に使用できる紙幣、硬貨を制限する。	

図 7　美容室を例とした適用案

4. 今後の展望

さらに「楽しい」を付加することが必要とされるサービスを選択し、適用方法を検討するとともに、「楽しい」サービスをデザインする手法として体系化することを進めている。

5. 文献

1)徳久悟・稲葉正彦：エンタテイメントシステムにおける楽しさをデザインするためのインタラクションモデルに関する考察，情報処理学会論文誌, 48(3), 1097-1112, 2007.

2)古沢克仁・寺内文雄・久保光徳・青木弘行：気分を良くする行動と道具の関係解明，日本デザイン学会研究発表大会概要集, 54, 40-41, 2007.

3)佐藤隆博：ISM 法による学習要素の階層的構造の決定，日本教育工学雑誌, 4(1), 9-16,1979.

[連絡先]
おしの　さき
e-mail：cy12208@shibaura-it.ac.jp

ストレートネック症候群を予防する姿勢の検討

○明津美香*，徳留規裕**，大矢哲也***，川澄正史*，小山裕徳*
*東京電機大学未来科学情報メディア学科
**東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻
***日本医療科学大学保健医療学部臨床工学科

Study of Posture to Prevent the Straight Neck Syndrome

Mika AKETSU*, Norihiro TOKUDOME**, Tetsuya OHYA***,
Masashi KAWASUMI* and Hironori KOYAMA*
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University
**Information Systems and Multimedia Design,
Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University
***Department of Clinical Engineering, Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

1. はじめに

平成 26 年度における 20 代のスマートフォン(以下，スマホ)利用率は 94.1%，30 代では 82.2%であり，若年層の多くはスマホを利用している [1]．また，利用時間は，若年層ほど長い傾向にあり，性別年代別に見た場合，20 代女性の 43.0%は 1 日 2 時間以上スマホを利用している [2]．

スマホを長時間使用することで発生する問題として，ストレートネック症候群が挙げられる [3]．正常なヒトでは頸部の前弯角度は 30°~40°であるが，ストレートネック症候群では 30°以下になり，肩こりや頭痛，めまいなどの症状を引き起こす [4]．

先行研究では，立位姿勢でスマホを使用する場合，耳と肩が一直線であり，背中を伸ばした状態がよい姿勢であると報告している [5]．しかし，スマホを長時間使用する場合は，一般に座位姿勢で使用する．

そこで本研究では，座位姿勢でスマホを使用する場合において，頸部への負担を軽減し，ストレートネック症候群を予防する姿勢の検討を行う．また，長時間使用に対して頸部への負担を警告するスマホアプリの開発を目的として，スマホ自体の傾き角度(以下，スマホ傾き角度)と姿勢および頸部への負担との関連性についても検討する．

2. 実験方法

スマホを使用する座位姿勢として，体幹の前傾，中立，および後傾の角度(以下，姿勢角度)を，水平面を 0°として時計方向に 60°，90°，120°の 3 条件で指定した(図 1 および図 2)．なお，椅子については背もたれ付きイス(横幅 44cm×高さ 42cm×奥行き 45cm)を使用した．

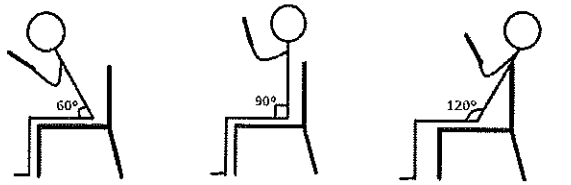
一方，頸部の傾きについては，スマホを持つ位置やスマホ画面との視距離，スマホ傾き角度等で決まる．実際にスマホ使用時の姿勢を観察すると，スマホを胸の前で持つか，膝の上で持つかのどちらかに大別される(図 1 および図 2)．したがって，実験においてもスマホの位置をどちらかに指定し，頸部の角度や視距離等については被験者が自然に決めるように指示した．

スマホ傾き角度の計測には，ワイヤレス 3 軸加速度計を用いた．スマホ傾き角度についても水平面を 0°として計測した．

タスクは，スマホを使用する上で比較的多いと考えられる文字入力と動画鑑賞をそれぞれ行った．

頸部への負担は，スマホを使用時に最も使用する筋である僧帽筋頸部上部繊維を計測筋として測定した．計測には Polymate(AP1124 株式会社デジテックス研究所製)を用いた．サンプリング周波数は 1kHz とした．

また，スマホに搭載する警告システムの開発を目的として，姿勢角度とスマホ位置の各条件において，スマホ傾き角度をスマホに取り付けた 3 軸加速度計で計測した．



(a) 60° 姿勢　(b) 90° 姿勢　(c) 120° 姿勢

図 1　姿勢角度(胸の前)

(d) 60° 姿勢　(e) 90° 姿勢　(f) 120° 姿勢

図 2　姿勢角度(膝の上)

3. 実験

被験者は健常な 20 代女性 8 名とした．姿勢角度は 60°姿勢，90°姿勢，120°姿勢の 3 パターンとし，それぞれでスマホ位置を，胸の前，膝の上の 2 パターンとする，計 6 パターンを指定した．タスク

として 3 分間の文字入力および動画鑑賞を行った．

筋活動量は，%MVC で評価した．%MVC とは，計測された筋活動量を最大随意収縮時の筋活動を用い正規化し評価したものである．検定には，多重検定 Tukey 法を用い，有意水準は 5%未満とした．なお，倫理的配慮として事前に実験内容と注意事項を説明し，被験者の同意を得て実験を行った．

4. 結果

4.1 筋活動量

実験結果を図 3 に示す．僧帽筋%MVC については，胸の前-文字入力の 60°姿勢と 120°姿勢間，膝の上-文字入力の 60°姿勢と 120°姿勢間に有意差が認められた．

同じ姿勢角度とタスク条件で，スマホ位置条件を変化させた場合，%MVC に変化はなかった．しかし，頸部の角度は変化していることが観察された．

同じ姿勢角度とスマホ位置条件で，タスク条件を比較した場合，60°姿勢，90°姿勢において，文字入力時の%MVC に高い傾向が見られた．

4.2 スマホ傾き角度

実験結果を図 4 に示す．僧帽筋%MVC とスマホ傾き角度間の相関分析の結果，相関係数は r=-0.53 となり，負の相関があることが認められた．

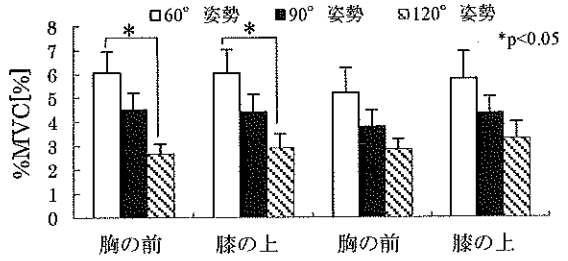


図 3　各スマホ使用時の%MVC[%]

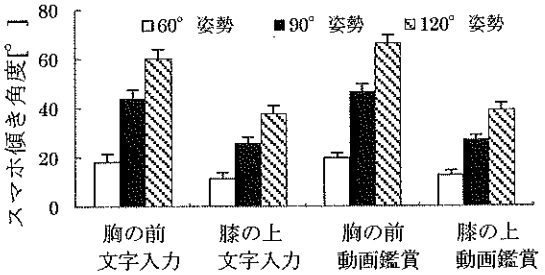


図 4　各スマホ使用時の傾き角度[°]

5. 考察

僧帽筋%MVC については，胸の前-文字入力の 60°姿勢と 120°姿勢間，膝の上-文字入力の 60°姿勢と 120°姿勢間に有意差が認められた．60°姿勢は前傾姿勢になり，頸部の負担が増加した．一方，120°姿勢は背もたれに寄りかかる姿勢のため%MVC が低かったものの，腰などに負担がかかるものと推測される．また，スマホ位置を胸の前と膝の上で持たせた場合，胸の前の方が頸部に負担がかかりにくいと考えられる．

姿勢角度とスマホ位置を同一条件とし，タスク間で筋活動量を比較した結果，60°姿勢，90°姿勢において文字入力時の%MVC が高い傾向にあることがわかった．これは，文字入力時に頸部の筋を多く使用していることによるものと推測される．

また，僧帽筋%MVC とスマホ傾き角度に負の相関があるため，姿勢角度をスマホ傾き角度で推測できることがわかった．

以上のことから，60°姿勢や 120°姿勢はスマホを長時間使用するには向いておらず，立位姿勢と同様に，90°姿勢をとることがストレートネック症候群を予防する姿勢であると確認された．

しかし，90°姿勢を長時間保つことは難しく，徐々に姿勢は変化する．これに対して，姿勢角度の変化をスマホ傾き角度でモニタすることによって，ストレートネック予防の警告システムを開発できると考えられる．

6. おわりに

本研究は，スマホ使用時の姿勢角度とスマホ位置に着目し，ストレートネック症候群を予防する姿勢の検討を行うことを目的とした．今回，姿勢角度 60°姿勢，90°姿勢，120°姿勢において筋活動量の比較実験およびスマホ位置の比較実験を行った．その結果，90°姿勢が頸部への負担が少ない姿勢であり，ストレートネック症候群の予防につながることが示唆された．

今後は，姿勢角度とスマホ傾き角度の相関を利用して，ストレートネック症候群を予防するための警告システムの開発を検討する．

参考文献

1)総務省：平成 26 年情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査，available from <http://www.soumu.go.jp/main_content/000357568.pdf>(accessed 2015-11-05).

2)楽天リサーチ：「スマートフォン利用の格差世代は 50 代から」スマートフォン利用に関する調査，available from <http://research.rakuten.co.jp/report/20140627/>(accessed 2015-11-05).

3)J-CAST ニュース：「スマホ中毒」が首の痛み引き起こす「ストレートネック」患者急増中，available from <http://www.j-cast.com/2013/12/30192343.html?p=all>(accessed 2015-11-05).

4)ストレートネックどっとこむ：うつむき姿勢になることが多い現代人はストレートネックになりやすい，available from <http://www.straight-neck.com/>(accessed 2015-11-05).

5)Kenneth K.Hansraj:Assessment of Stresses in the Cervical Spine Caused by Posture and Position of the Head,Surrgical technology international, v(25), p-p.277-279, 2014.

[連絡先]
明津　美香
e-mail：12fi004@ms.dendai.ac.jp

垂直接線持針器の開発のための基礎的研究

○日暮 太聖，三林 洋介*
*東京都立産業技術高専
Fundamental study for vertical moving needle holder
Taisei HIGURE*, Yosuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

今日の医療手術は低侵襲・鏡視下手術技術が進歩しているがいずれの手術であってもその縫合に際しては、狭小視野で垂直接線方向に運針する場面が存在する。全ての外科持針器は、その運針方向が 90 度に固定されており、0, 180 度の垂直接線方向には、外科医の手首をねじり持針器自体の方向を変える以外に方法はない。従来の持針器による開腹手術のように、大きな視野で手術器具を動かせる場面であれば問題ないが、低侵襲手術・鏡視下手術では効果的運針ができなくなるために、不確実で安全性を欠いた縫合・吻合をせざるを得ない。そのため手術による出血や吻合不全などが発生することもあり、 垂直接線方向の運針を安全,効果的に可能とする持針器開発の意義がある。本研究は手術における持針器を用いた医師の縫合動作を把握した上で動作効率、動作精度に優れた人間工学的観点から垂直接線持針器開発のための基礎資料を得ることを目的とする。なお、本研究は産業情報研究所との共同研究であり、昭和大学医学部の協力を得た医工連携研究である。

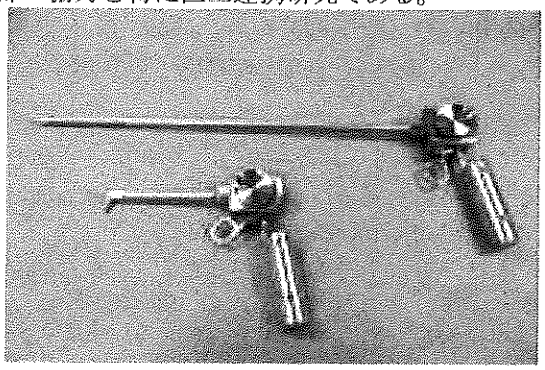


図 1　垂直接線運針持針器モデル

2. 持針器を用いた縫合動作の把握

持針器を用いた鏡視下手術における縫合動作を把握するために昭和大学医学部の協力を得て消化器外科研究室内設置のトレーニング装置を用いて医師の縫合動作を観察記録し、また説明を受けた上で動作体験した（図 2、図 3）。鏡視下実手術環境は図のよう右手に持針器を持ち、左手は用途に応じて器具を持ち替えて手術を行っていた。手腕部位の動作は主として上腕部の旋回、腕の押し引き、持ち手の握りの 3 つで構成されていた。この内、手首の旋回、すなわち手首のねじりを伴う動作頻度は極めて多く、ヒアリング調査結果からはこの動作に十分な習熟が必要であることもわかった。

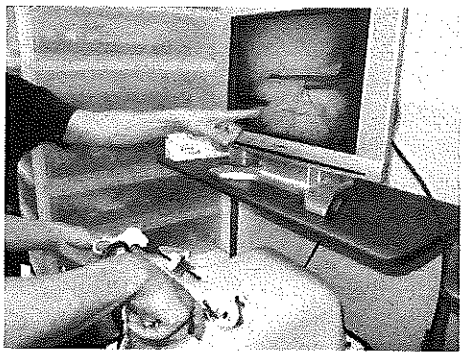


図 2　手術背景

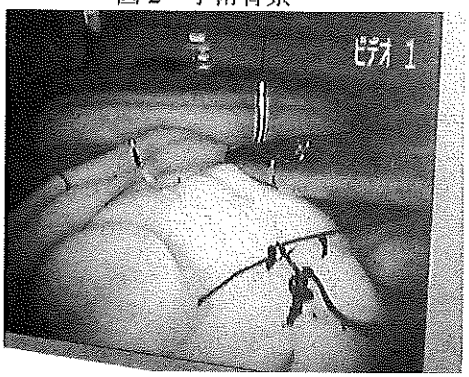


図 3　吻合画像

3. 実験方法

持針器の持ち手の寸法がシャフト先端の微細動作に及ぼす影響を明らかにするため、①図 4 に示す持ち手部の径が異なる持針器,②ポート部の長さが異なる持針器、③持ち手部とポート部の角度が異なる持針器を各々3D プリンターを用いて製作し、これを用いて縫合実験を行った。図 5 は CCD カメラ、パソコン、アクリル板等を用いて作成した鏡視下手術を模擬した実験装置である。各持針器モデルを用いて縫合作業に見立てた作業課題を実施、動作を動画記録すると共に作業時間値の計測を行った。被験者は心身ともに健康な男子学生として、本実験に先駆けて作業課題には十分習熟をさせて、これを確認した上で本実験を行った。

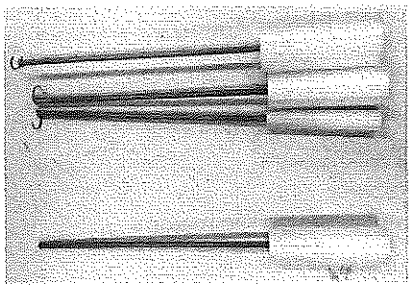


図 4　持ち手部の試作品

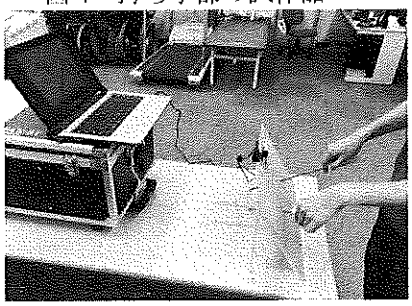


図 5　実験装置

4. 実験結果と考察

作業の習熟をさせるために本実験に先がけて行った作業回数による所要時間の変化を図 6 に示した。図から全ての実験結果が回数を重ねるごとに一定時間値に収束傾向が認められ、これは作業練習において一定の作業習熟が得られた。

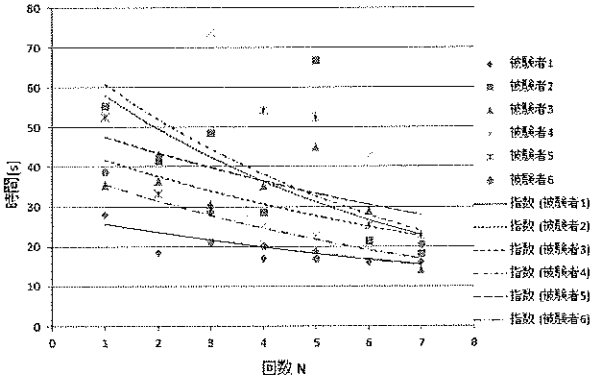


図 6　実験操作習熟度グラフ

径の大小、ポートの長短、ポートと持手の角度、各々3 条件における作業時間値を図 7～図 9 に示した。図 7 より、径の大小による作業時間値の変化には個人差が極めて大きい結果を得た。これは手のサイズによるもので適正な径が存在するものと考えられ、作業時間値にも影響を与えることがあることが考察される。図 8 より、ポート部を長くすると作業時間値が大きくなる傾向が認められた。つまり動作部と作用点が遠くなるほど作業難度は大きく、作業時間値にもネガティブに影響を与える。図 9 よりポート部と持ち手部の角度が大きい程作業時間値が大きくなっていた。手首を使った旋回動作がある場合、ポートと持ち手の角度は小さい方が作業効率が高くなることがわかる。

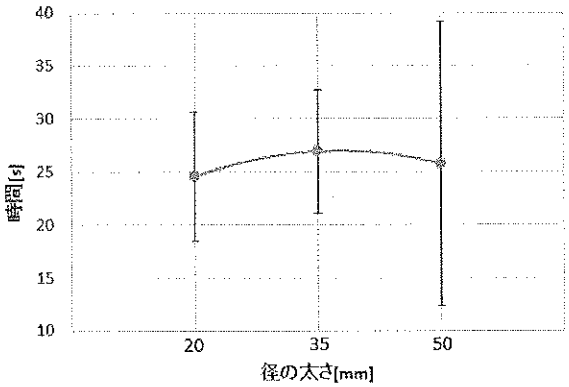


図 7 径の長さ変化における作業時間値

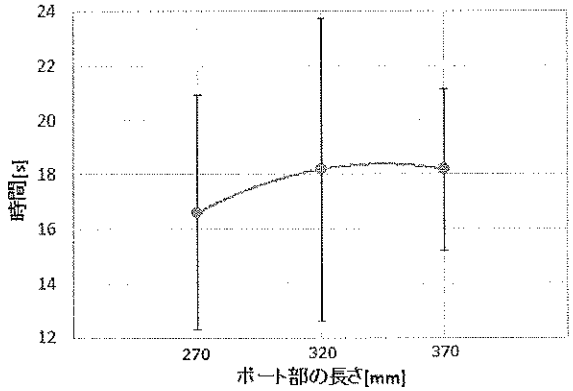


図 8 ポートの長さ変化における作業時間値

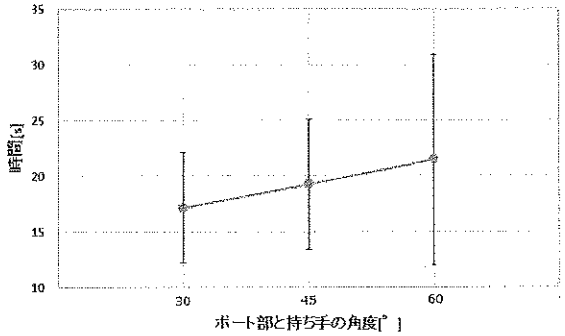


図 9 ポート部と持ち手部の角度変化における作業時間値

5. まとめ

持針器使用時の動作を把握した上で持ち手部の形状要因や角度要因などの異なる持針器を製作し、これらを用いて作業効率に影響を与える要素を導きだし、それらにより垂直接線持針器の開発のための基礎資料を得ることが出来た。

参考文献

(1)　U-site ユーザビリティ評価手法
(http://www.usability.gr.jp)

[連絡先]
日暮 太聖
東京都立産業技術高専　三林研究室
〒116-0003 東京都荒川区南千住 8-17-1
e-mail:mataimu8148@gmai.com

眼内閃光を用いた視覚障碍者歩行支援補助システム

○金丸真奈美*, 上岡英史*
*芝浦工業大学工学部通信工学科

Blind Navigation Support System using Phosphene

Manami Kanamaru*, Eiji Kamioka*
*Department of Communications Engineering, Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

現在日本には 30 万人の視覚障碍者が生活しており,その多くは歩行支援ツールとして白杖を使用している.視覚障碍者の歩行支援ツールには安全かつ自然な外見で歩行できることが求められるが,白杖はその条件を完全には満たしていないため,白杖に代わる歩行支援ツールについて研究が重ねられている.

近年では Navi Hat[1]という超音波センサで障害物の位置を把握し,振動モーターでその方向を示すことで歩行支援を行った研究がある.しかし,振動モーターでの方向認識には限界があり,これは安全な歩行支援における大きな障害であるといえる.そこで本研究では,眼内閃光を用いてより直感的な方向認識を行う.

2. 眼内閃光

眼内閃光とは網膜,または脳の特定の部位に刺激を与えると閃光が見える現象である.

TMS (Transcranial Magnetic Stimulation) を使用して視覚野を刺激した研究では,刺激位置によって眼内閃光が見える位置を変えることが可能であることが報告されている [2].しかし TMS の装置は持ち運びが難しいほど大きく,また,眼内閃光を見ることができない人もいるため歩行支援への使用は現実的ではない.

tACS(transcranial Alternating Current Stimulation) を使用した研究では,眼内閃光を見るために最適な交流電流の周波数が α 波帯であることが報告されている [3].しかし,眼内閃光の見えた位置については言及されておらず,tACS を使用した場合の刺激位置と眼内閃光の見えた位置の対応関係については不明である.

本稿では,持ち運びが可能な tACS を使用し,また刺激位置を網膜に限定し,眼内閃光の見えた位置と刺激を与える電極の配置との対応関係について検証を行う.

3. 検証実験と実験結果

3.1 使用実験器具

本研究では歩行支援への応用を目指すため,tACS デバイスの中でも持ち運びが容易な Foc.us (図 1)を使用する.また制御については,より簡易に実験を行うために Foc.us に対応している iPad のアプリケーションである「take charge」(図 2)を使用することとする.

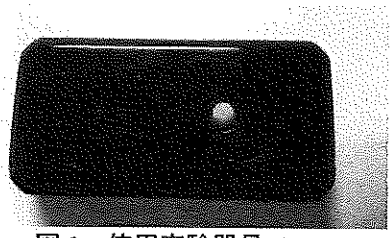


図 1 使用実験器具 Foc.us

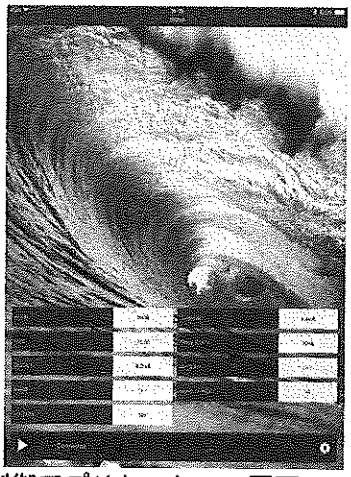


図 2 制御アプリケーション画面(take charge)

3.2 電極配置の検討

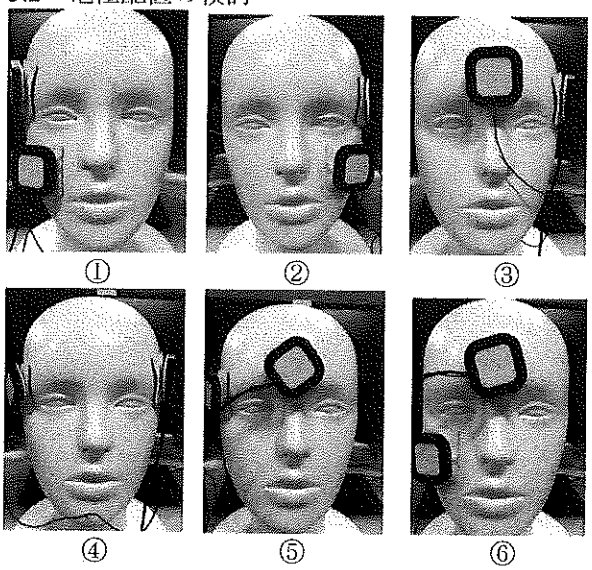


図 3 tACS の電極配置

表 1　電極配置と眼内閃光位置の対応関係

番号	推定位置
①	右
②	左
③	前・左
④	全方向
⑤	前・右
⑥	前

網膜刺激によって眼内閃光を見せるための電極配置について検討した結果,本稿では図 3 の 6 通りを用いることとした.また,図 3 の電極配置と眼内閃光の見える推定位置との対応関係を表 1 に示す.

3.3　検証・評価方法

被験者は健常者 5 人とし,先述した tACS の電極配置 6 通りそれぞれにおいて,電流,電圧,周波数を 0.5~1.5mA,10~15V,10~20Hz の範囲で変化させ,眼内閃光がどこに見えるのかを口頭で報告することで検証した.評価方法は眼内閃光が見えた場合を○,見えなかった場合を×とする。また、 表 1 に示した推定位置の方向を正答として各被験者の進言した眼内閃光の見えた方向がこの正答とどの程度一致するか示すことで本研究の有効性を示す。

3.4　実験結果

表 2　各電極配置における眼内閃光が見えた位置

	①			②			③		
方向	左	前	右	左	前	右	左	前	右
正答	×	×	○	○	×	×	○	○	×
A	×	×	○	○	×	×	○	○	×
B	×	×	○	○	×	×	×	○	×
C	×	×	○	○	×	×	×	○	×
D	×	×	○	○	×	×	○	○	×
E	×	×	○	○	×	×	○	○	×
	④			⑤			⑥		
方向	左	前	右	左	前	右	左	前	右
正答	○	○	○	×	○	○	×	○	×
A	○	○	○	×	○	○	×	○	×
B	○	○	○	×	○	○	×	○	×
C	○	○	○	×	○	○	○	○	○
D	○	○	○	×	×	○	×	○	×
E	○	○	○	×	○	×	×	○	×

表 2 より,①,②および④については A~E のいずれの被験者も間違いなく正答していることが分かる.しかし,そのほかについては正答できていないものも見受けられる.正答できなかった被験者の回答と表 1 に示した推定位置について以下に示す.③において,表 1 の推定位置では前・左となっているが,正答率の低かった被験者 B,および C は前とのみ回答しており,左の検知が不十分であったことが分かった.また⑤において,表 1 の推定位置では前・右となっているが,正答率の低かった被験者 D は右とのみ回答しており,前の検知が不十分であったことが分かった.被験者 E は前とのみ回答しており,右の検知が不十分であったことが分かった.⑥において,表 1 の推定位置では前となっているが,正答率の低かった被験者 C は全方向と回答しており,前方向のみならず,他方向まで検知してしまっていることが分かった.

以上のことを踏まえると,前方向がかかわっている場合に正答率が低くなる傾向があることが分かる.原因としては前方向に閃光を見せる際と左右に閃光を見せる際の電極配置の違いが挙げられる.

左右の閃光を見せる際には左右の網膜近くに電極を配置し,網膜に電気が流れるようにもう一方の電極を頬などに配置している.しかし前方向については,どちらの網膜にも電気が流れるように,その上で流れすぎないようにする必要がある.したがって,被験者によって電流,電圧,周波数のパラメータ値,電極配置に調整が必要であると考えられる.

4.　まとめと今後の課題

前方向と他方向を組み合わせた電極配置はそれ単体では歩行支援を効率化することにつながるように思われるが,視覚障碍者の歩行支援において方向検知の精度は最重要事項である.そのため,右・前・左それぞれの方向を示す電極配置を組み合わせるのが最も妥当であると考えられる.

また,被験者によって電流が 1.0mA であっても痛みを感じる場合があった.歩行支援に使用することを考え,被験者ごとに電流,電圧,周波数のパラメータ値の調整を事前に行う必要がある.

本稿では刺激位置と眼内閃光が見える位置との対応関係を示した.今後はこれをもとに視覚障碍者の歩行支援としての実装を行う予定である.

7. 文献

1) 齋藤幸, 上岡英史, “Navi Hat:視覚障碍者のための衝突回避ウェアラブルデバイス,” 芝浦工業大学工学部通信工学科卒業論文集.

2) Alan Cowey, Vincent Walsh, “Magnetically induced phosphenes in sighted, blind and blindsighted observers,” NEUROREPORT, v11(14), pp.3269-3273, Sep. 2000.

3) Ryota Kanai, Leila Chaieb, Andrea Antal, Vincent Walsh, Walter Paulus, “Frequency-Dependent Electrical Stimulation of the Visual Cortex,” Current Biology, 18, pp.1839-1843, Dec.2008.

[連絡先]
金丸　真奈美
芝浦工業大学工学部通信工学科
モバイルマルチメディア通信研究室
〒135-8548　東京都江東区豊洲 3-7-5
e-mail : af12027@shibaura-it.ac.jp
Fax : 03(5859)8226

2d1-1

視線入力とスイッチ操作による文字入力の検討

○鷺谷亮*，佐々木優貴乃*，大矢哲也*
*日本医療科学大学保健医療学部臨床工学科

Study of the Character Input by Eye Gaze and Switch Operation

Ryo SAGIYA*, Yukino SASAKI* and Tetsuya OHYA*
* Department of Clinical Engineering,
Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

1. はじめに

重度の筋萎縮性側索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis：ALS）患者は，次第に運動神経が麻痺し運動機能を著しく制限される．ALS 患者が他者とコミュニケーションを図るためには残存機能を活かしたコミュニケーションツールが必要である．コミュニケーションツールには視線入力[1-3]やスイッチを利用した走査入力方式などがある．

視線入力はユーザの視線を捉え，コンピュータに文字を入力する．従来の透明文字盤を用いたコミュニケーションと比較し介護者の負担を軽減することが可能である．また，スイッチを用いた走査入力方式は，対象の文字が選択されている時にスイッチを操作することで文字が確定される[4]．

近年では，視線入力とスイッチ操作を組み合わせた文字入力の検討が行われている[5]．スイッチの操作に割り当てられるものとして，文字の決定や削除機能などがある．そこで，スイッチを組み合わせる場合，どのような機能を割り当てるか検討する必要がある．そこで本研究では視線入力とスイッチ操作による文字入力の検討を行った．

2. 実験方法

実験条件として，蛍光灯下（照度 320 lx）の部屋で実験を行った．23inch のモニタの下部に視線計測装置（TobiieyeX）を取り付け，モニタから 65cm の距離に被験者の顔が来るように台に顎を乗せてもらった．また，スイッチの代替としてマウスのクリックを用いた．文字入力は Visual Studio2013 を用いて直接入力方式のプログラムを開発した．図 1 に実験の様子を示す．

実験は「視線入力のみ」，「クリックを文字の決定機能」，「クリックを文字の削除機能」の 3 パターンとした．

「視線入力のみ」は，視線で文字入力と削除を行う．モニタ画面の文字を 1 秒間注視することにより文字が画面上部に入力される．文字の削除は，「消」を 1 秒間注視することにより最後に入力した文字が削除される．

「クリックを文字の決定機能」は，視線で文字の選択を行い，マウスのクリックで文字を入力する．削除は「視線入力のみ」と同様に行う．

「クリックを文字の削除機能」は，「視線入力のみ」と同様に文字を入力するが，文字の削除はクリックで行う．

被験者は一つのパターンに対し，ランダムに選ばれたひらがな 5 文字を入力する．入力をし終えたら 5 文字を削除する．入力から削除までの時間を計測した．これを各パターンにつき 5 回行った．また，実験後の被験者に 3 パターンにおいて一番使いやすかったかアンケートを行った．多重検定（Tukey 法）を用い，危険率 5%未満を有意水準とした．

倫理的配慮として，事前に実験内容と注意事項を説明し，被験者の同意を得て実験を行った．

3. 結果

合計時間の結果を図 2 に示す．平均時間は「視線入力のみ」が 20.44 秒，「クリックを文字の決定機能」が 21.95 秒，「クリックを文字の削除機能」が 14.48 秒であった．Tukey 法の結果，「クリックを文字の削除機能」と「視線入力のみ」に有意差が認められた．入力時間の結果を図 3 に示す．平均時間は「視線入力のみ」が 11.10 秒，「クリックを文字の決定機能」が 10.11 秒，「クリックを文字の削除機能」が 8.73 秒であった．Tukey 法を行った結果，有意差は認められなかった．削除時間の結果を図 4 に示す．平均時間は「視線入力のみ」が 9.34 秒，「クリックを文字の決定機能」が 11.84 秒，「クリックを文字の削除機能」が 5.74 秒であった．Tukey 法を行った結果，「クリックを文字の削除機能」と「クリックを文字の決定機能」に有意差が認められた．

4. 考察

「視線入力のみ」では，文字の入力に画面の中から文字を選択し，1 秒間注視する手順がある．削除の場合も同様に行うため，入力時間と削除時間に大きな差はないと考えられる．

「クリックを文字の決定機能」では，文字の入力に画面の中から文字を選択し，マウスをクリックする手順がある．このため，入力時間に有意差が認められなかったと考えられる．

「クリックを文字の削除機能」では，文字の入力手順は「視線のみ」と同様である．しかし，文字の削除では，マウスをクリックするのみである．これにより，「視線のみ」と「クリックを文字の決定機能」より削除に要する時間が短くなったと

考えられる．「クリックを文字の削除機能」において，合計時間と削除時間で有意差が確認された．この要因として，文字を削除する場合，マウスのクリックだけで可能であるという点が考えられる．他のパターンにおいては削除をする場合，「消」を注視しなければならない．しかし，「クリックを文字の削除機能」では視線に関係なく，マウスをクリックすれば削除が可能なため，容易に文字の削除を行うことができると考えられる．

実験後の被験者に 3 パターンにおいて一番使いやすかったかアンケートを行った．その結果，5 人中 3 人が「クリックを文字の削除機能」が一番使いやすかったと回答した．

よって視線入力とスイッチ操作による文字入力においては，文字の削除をスイッチで行うことで，短い時間で文章を入力することが可能であると考える．

5. おわりに

本研究では，視線入力とスイッチ操作による文字入力の検討を行った．重度肢体不自由者などにおいてスイッチ操作を組み合わせる場合，スイッチの機能は文字の削除にすることでスイッチを決定にする場合と比較し有意に短い時間で文章を入力することが可能であることが考えられる．

今後は，文字の大きさなどのレイアウトや入力に必要な注視時間の検討を行う．

参考文献

1) 伊藤 和幸・数藤康雄・内山幹雄：直接選択方式・符号入力方式によるキーボード・エミュレーター，信学技報，101(67), 1-6, 2001
2) 渡辺 寛望・大木 一浩・小谷 哲司・山本 芳彦：MyTobii における視線評価ツールを用いた視線入力の評価方法の提案(コミュニケーションの心理及び一般)，福祉情報工学，110(384), 55-58, 2011
3) 金森 克浩・土井 幸輝・畠山 卓朗：肢体不自由児への視線入力システム適用についての検討(障害者教育・特別支援教育/一般)，教育工学，110(209), 23-26, 2010
4) パナソニック株式会社：意思伝達装置 レッツ・チャット，available from<http://panasonic.biz/healthcare/aflt/products/letschat/>(accessed 2015-11-20)
5) 株式会社クレアクト：TOBII 障碍者向け意思伝達装置トビーアイトラッキング，available from<http://www.creact.co.jp/welfare/c15eye/c15eye-index/>(accessed 2015-11-20)

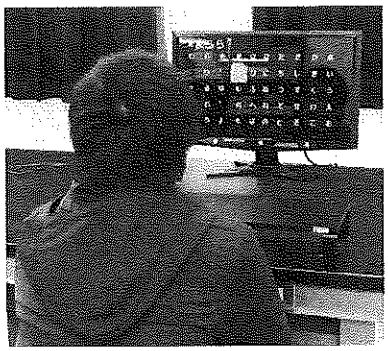


図１　実験の様子

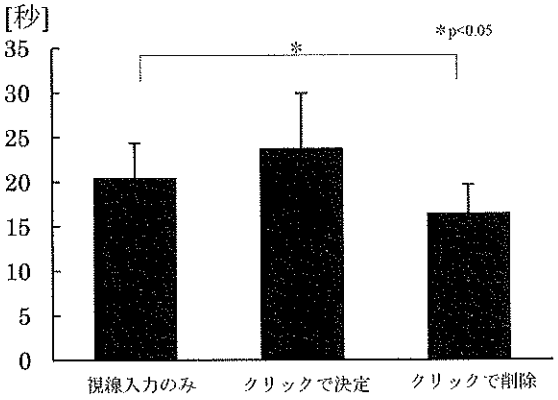


図２　合計時間

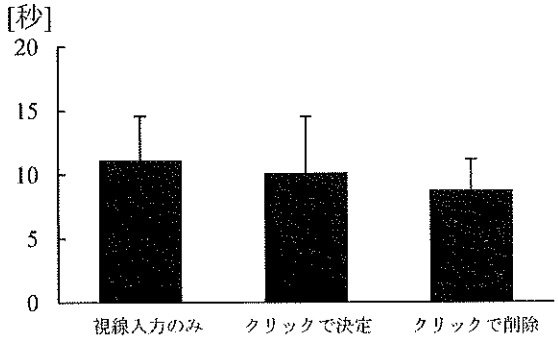


図３　入力時間

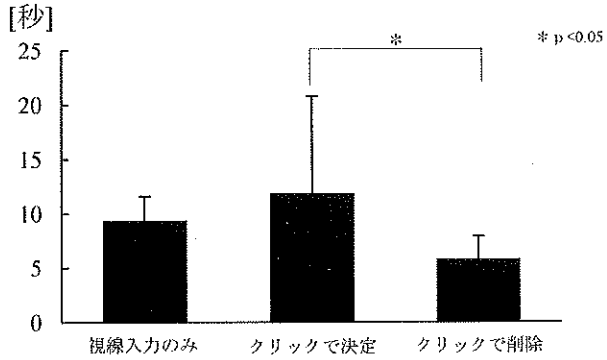


図４　削除時間

[連絡先]
鷺谷　亮
e-mail：m125020@ooya-lab.main.jp

立位作業における VDT 作業者が好む作業面高と姿勢要件

○鈴木悠真*, 渡辺 駿*, 阿久津正大*
*玉川大学工学部

Preferred Height of Worksurface in VDT Workers with Standing and Postural Requirements

Yuma SUZUKI*, Shun WATANABE*, Masahiro AKUTSU*
*College of Engineering, Tamagawa University

1. はじめに

長時間の座位作業では身体的負担は軽減されるものの,大脳機能の活動水準の低下にともなう愁訴の増加や作業パフォーマンスの低下を招く.そのため厚生労働省 VDT ガイドラインでは,姿勢変更などの対策を推奨している.その一つに座位と立位を自由に選択できる作業方式の導入がある.

JIS Z 8515 (ISO 9241-5)「人間工学—視覚表示装置を用いるオフィス作業—ワークステーションのレイアウト及び姿勢の要求事項」では,VDT 作業における座位と立位の姿勢要件に基づくワークステーションの推奨条件が示されている.立位のオフィス作業の作業面高は,座位姿勢の上体をそのままにした立位の設計基準姿勢の立位ひじ高(以後,肘頭高)を基準に決定することを推奨している.その立位姿勢では体重を床だけで支えることになり,下肢の負担が大きくなることが推察される.

本研究では,立位のオフィス作業における VDT 作業者が好む作業面高とその姿勢要件について実験作業を通して検討する.

2. 作業実験

実験では,座位・立位可変机 (Edsbyn 製 Sit&Stand デスク,電動で机面高を 70～120cm 無段階に可変) を用いて,被験者に Excel による一桁の計算作業を 8 時間課した.被験者は座位と立位を自由に変更することができる.

被験者には,「長時間継続できる作業ペースで,できるだけ正確に多く計算作業を行うこと.机面昇降機能を最大限に活用すること.立位,座位ともに自分が好む作業しやすい作業面の高さに調節すること」を教示した.

1 日における作業ー休憩の時間編成は,8：30～10：30 (作業期 AM1) ,10 分休憩,10：40～12：40 (AM2) ,60 分昼食休憩,13：40～15：40 (PM1) ,10 分休憩,15：50～17：50 (PM2) とした.各 2 時間の作業中に 1～2 分の小休憩を 30 分ごとに設けた.

被験者は健康な大学生 15 名(男子 8 名,女子 7 名,年齢 21.6±0.8 歳,身長 1661.9±81.2mm,体重 57.9±11.5kg,右利き 14 名,左利き 1 名)であった.

作業実験では,作業開始姿勢:座位から開始/立位から開始の 2 条件をカウンターバランスするよう 15 名の被験者を割付けた.前日の睡眠時間など,生活面の条件統制を行った.なお平均睡眠時間は 6 時間 16 分(SD23 分)であった.実験室内の平均温度は 24℃,湿度は 62%であった.なお,被験者には実験の参加報酬として時給 888 円を支払った.

作業実験前に,各被験者の a.身長, b.肘頭高, c.座高, d.座位肘頭高, e.膝窩高, f.座面高を計測した.作業中に作業者が座位,立位の姿勢を変更するたびに, g.立位作業面高, h.座位作業面高を計測した.

作業中は作業姿勢を側方からビデオ撮影した.作業実験後に再生画像をプリントアウトして姿勢計測を行った.

姿勢計測では各作業期における任意に抽出した 1 分間を計測対象とした.姿勢計測項目は, i.身体傾斜角度, j.体幹と上腕のなす角度, k.上腕と前腕のなす角度, l.頭・頸部の角度, m.画面中央に対する視線角度であった(図 1 参照).また,作業面への前腕の寄りかかり,作業机への胸部の寄りかかりの有無を調べた.

なお,同一姿勢連続作業時間および正解数などの作業パフォーマンス指標,心拍数や自覚症しらべなどの生心理負担指標を測定しているが,本研究ではこれらの測定データは用いないため省略している.

8 時間における 1 人当り平均姿勢変更回数は,立位 8.3 回(5 回～14 回),座位 9.7 回(8 回～12 回),計 18.0 回(13 回～25 回)であった.

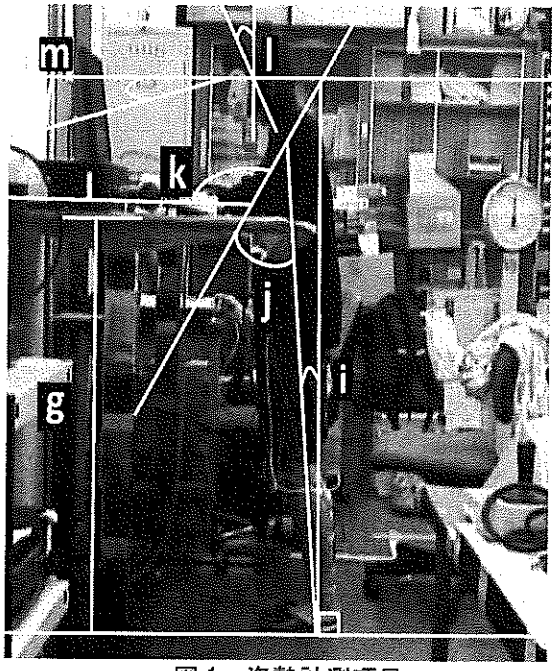


図 1 姿勢計測項目

3．結果と考察

立位の姿勢分析の結果のみを示す．

3-1. 立位作業時に作業者が好んだ作業面高

図1に各被験者が設定した平均作業面高および肘頭高を示す．図では被験者を身長の低い順に並べている．平均作業面高，肘頭高ともに，身長が大きくなるにしたがって高くなっている．立位作業時の作業面高は1087.6～1246.5mmに分布し，全被験者平均1169.75mm(SD52.5mm)，肘頭高は953.0～1098.0mmに分布し，平均1023.7mm(SD49.0mm)であった．作業面高は肘頭高よりも平均145.3mm高かった．作業者は，JIS Z 8515（ISO 9241-5）で推奨している立位の作業面高よりもかなり高い作業面高を好むことがわかった．

3-2. 立位作業時の姿勢分析結果

(1)身体各部の角度

立位時における身体傾斜角度は0.5～9.0°に分布し，全被験者平均3.1°（SD2.2°）であった．全員が前傾姿勢をとっていることがわかった(図2)．

立位時における体幹と上腕のなす角度は41.8～63.5°に分布し，全被験者平均52.2°（SD6.4°）であった．全員が上腕を下垂しておらず，肘を高い位置に置いていることがわかった(図3)．

立位時における上腕と前腕のなす角度は130.8～147.8°に分布し，全被験者平均139.2°(SD5.1°)であった．全員が90°を大きく上回る角度であることがわかった（図4)．

立位時における頭・頸部の角度は9.3～30.3°に分布し，全被験者平均17.7°（SD6.8°）であった．全員が頭・頸部をやや前傾していることがわかった．

立位時における画面中央に対する視線角度頭・頸部の角度は8.0～14.5°に分布し，全被験者平均11.0(SD2.0°)であった．全員が下向きの視線をとっていることがわかった．

(2) 作業面への前腕の寄りかかり/作業机への胸部の寄りかかりの有無

作業面への前腕の寄りかかりの有無については，有96.7%，無3.3%であった．また，作業机への胸部の寄りかかりの有無については，有60.0%，無40.0%であった．全員が前腕を作業面に付け，約6割が胸部を机前端に付けて体重を分散していることがわかった．

4．まとめ

実験結果はつぎのようにまとめられる．

1) 立位のオフィス作業におけるVDT作業者が好む作業面高は，JIS Z 8515（ISO 9241-5）における立位の設計基準姿勢の肘頭高を基準に決定する作業面高よりもかなり高い．

2) 作業者が好む立位姿勢は，床と作業面で体重を分散するために，身体を前傾し，前腕を作業面に付け，胸部を机前端に付ける姿勢である．

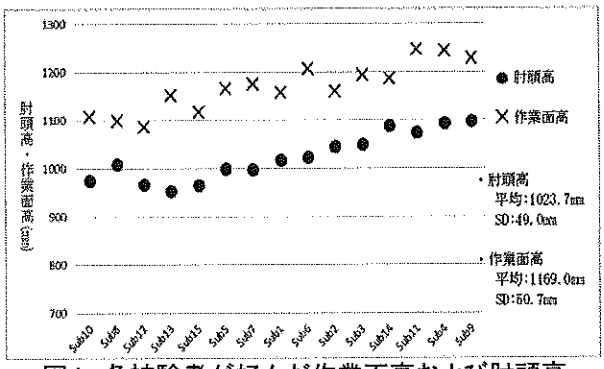


図1 各被験者が好んだ作業面高および肘頭高

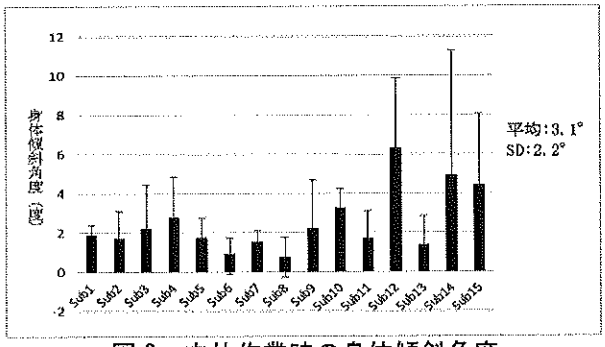


図2 立位作業時の身体傾斜角度

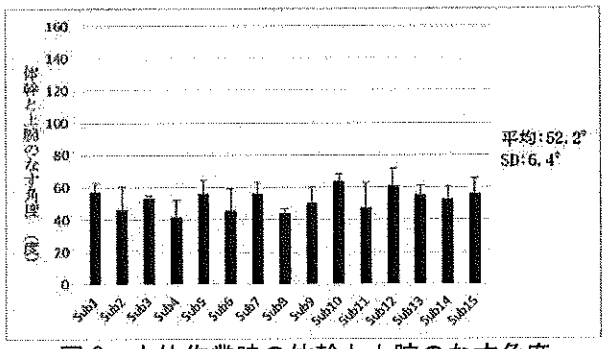


図3 立位作業時の体幹と上腕のなす角度

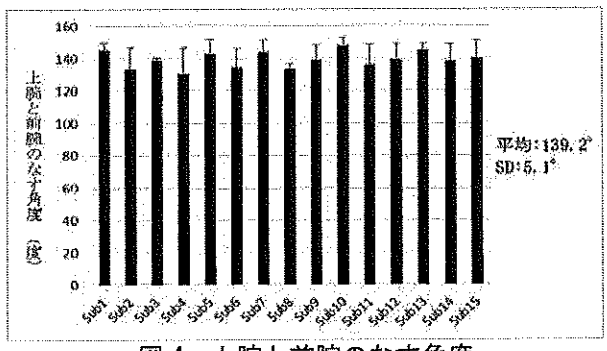


図4 上腕と前腕のなす角度

参考文献

1) JIS Z 8515（ISO 9241-5）「人間工学―視覚表示装置を用いるオフィス作業―ワークステーションのレイアウト及び姿勢の要求事項」

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

マイクロ波レーダーを用いた椅子型心拍計測システムの開発

—姿勢による制約軽減を目的としたレーダー座面設置時の計測精度検証—

○藤未幸嗣*，橋爪絢子*，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部

Chair-type Heart Rate Measuring System Using the Microwave Radar
- Verification of the System that is Installed on the Seat and Reduces the Posture Restrictions -

Koji FUJIRAI*, Ayako HASHIZUME*, Takemi MATSUI*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

平成26年6月に改正された労働安全衛生法に基づき，平成27年12月より職場でのストレスチェック制度[1]が導入される．本制度は，ストレスチェック調査票という質問票を用いて，主観的なストレス状態を年に1回評価するもので，従業員50人以上の事業場には導入が義務付けられる．

ストレス状態の評価において，このような質問票を用いた主観的な評価では，容易に心理的尺度の変化を捉えることができるが，自己の評価基準を維持することが難しい．これに対し，客観的なストレス評価として，心電図計測から算出した心拍数変動指標(HRV: Heart Rate Variability)を用いて，自律神経機能の活性度をストレス指標とする方法などがある．そのための心電図計測は，計測対象者の身体に電極を貼付して行うため，ストレス評価への影響が問題となる．

1.1 既存システムとその課題

当研究グループでは，椅子型の客観的ストレス評価システム[2]を開発している．本システムでは，椅子の背面に設置したマイクロ波レーダーから，体表面の微小な動きを計測し，そこから算出したHRVをストレス状態の評価に用いる．本システムを用いることで，椅子に座るだけでストレス状態の客観的評価が可能だが，計測時に計測対象者の背中が椅子の背面から離れてしまうと，レーダーと背中の距離が定まらず，正確な計測が難しい．すなわち，背中を背もたれに固定した状態での使用に限定しており，姿勢による制約がこのシステムの課題といえる．このような姿勢による制約の軽減は，例えば椅子に座って PC 作業をしている状態でも客観的なストレス評価が可能となるなど，日常場面での本システムの利用範囲の拡大が期待できる．職場で日常的に客観的なストレス状態を把握することで，ストレス性疾患の早期発見および早期治療に繋がると考えられる．

1.2 研究の目的

本システムにおいてマイクロ波レーダーで心拍を計測する際の，姿勢による制約の軽減が可能かを検証することを本研究の目的とした．姿勢による制約を軽減するための手段として，椅子の背面に加えて，座面にもマイクロ波レーダーを設置することを検討した．

2. 椅子の背面と座面に設置したマイクロ波レーダーを用いた心拍計測の精度比較

2.1 実験方法

健康な学生5名(平均22.2±0.75歳)を対象として実験を行った．実験に用いた機材を図1に示す．椅子の背面および座面に，それぞれ1つずつマイクロ波レーダー(図1のBおよびC)を設置した．マイクロ波レーダーの設置位置を図2に示す．背面レーダーは，背後から心臓部付近にレーダーがあたるよう，椅子の背もたれの中心よりも左寄りの座面上45cmの位置に配置した．また，椅子の構造上，座面レーダーが設置可能な位置が限られるため，実験参加者の大腿動脈の位置をそれぞれ測り，座面の裏に設置した座面レーダーの上に大腿動脈があたるように座ってもらった．

2つの姿勢条件を設け，上述の2ヶ所に設置したマイクロ波レーダーで心拍計測を行う際に，その計測精度に姿勢が影響するかを検証した．計測条件と各姿勢の説明を図3にまとめた．姿勢IおよびIIIは，心拍の計測時に腕を肘掛に置いて

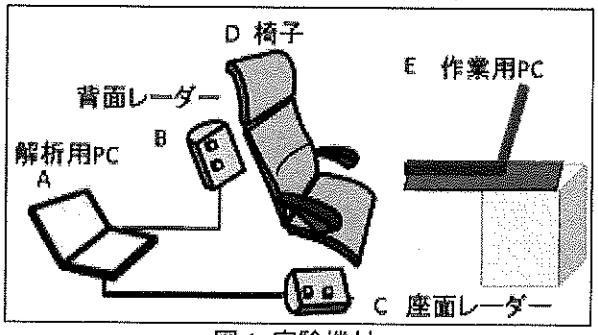


図1 実験機材

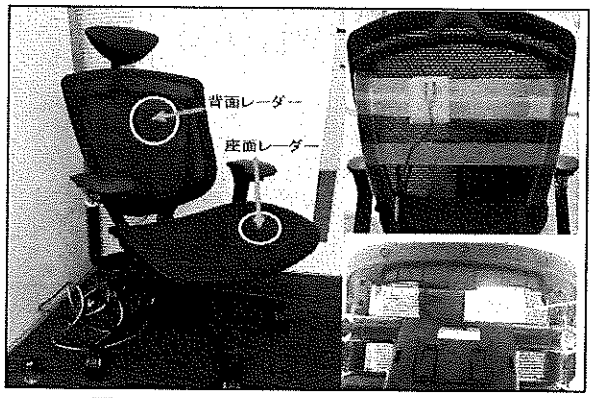


図2 マイクロ波レーダーの設置位置

もらい、何も行わない状態である．それに対し，姿勢IIおよびIVでは，正面に設置した PC で仮の PC 作業(Excel 上での百マス計算)を行ってもらった．それにより，軽度のオフィスワーク程度の体動が生じるような条件下で，マイクロ波レーダーによる心拍計測ができるかを検証した．

姿勢 I と II を組み合わせた姿勢条件①では，背もたれに背中が付いた状態において，PC 作業による体動が心拍計測の精度に影響を与えるかを検証した．姿勢IIIとIVを組み合わせた条件②では，背もたれから背中を離した状態で，その姿勢および PC 作業による体動が計測精度に影響を与えるかを検証した．計測は一人につき両条件を 1 回ずつ，それぞれ合計 6 分間の心拍計測を行った．条件の順序効果を相殺するために，条件の順序はカウンターバランスを取って行った．

なお，マイクロ波レーダーによる心拍計測の精度を検証するために，心電図を用いた計測も同時に行った．

2.2 解析方法

マイクロ波レーダーおよび心電図による心拍計測から得られた時系列データを解析し，心拍間隔の時系列データを算出した．I～IVの姿勢に対して，心電図計から得られた心拍間隔とマイクロ波レーダーから得られた心拍間隔の差分を算出し，姿勢ごとに計測精度を比較した．

また，姿勢を変更している時には，正確な心拍のピーク検出が困難なため，全計測時間(360 秒)のうち，姿勢を変更させる前後 10 秒間に相当する合計 40 秒間(計測開始から 115~125 秒および 235~245 秒)は，解析の対象から外した．

3. 結果と考察

心電図とマイクロ波レーダーから得られた心拍間隔の時系列データの差の絶対値を差分として算出し，姿勢によって計測精度に影響があるかを比較した．その平均差分を表 1 に示す．

レーダーと体表面の距離が一定でない条件②の姿勢IIIおよびIVでは，背面と座面レーダーの双方とも，背もたれに背中を付けた姿勢 I と比べて心拍間隔の差分が大きくなった．一方，背もたれに背中を付ける状態においても，PC 作業をしてもらった姿勢 II では，背面レーダーにのみ，姿勢IIIやIVと同等の差分が生じた．また，各レーダーで計測した波形(図 4)を見てみると，背面レーダーから得た波形に体動による乱れが生じ，波形のピーク検出が難しいことが確認できた．

これらの結果から，マイクロ波レーダーと体表面に，一定の距離が保てなければ，その計測精度が落ちるといえる．また，背もたれに背中を付けて PC 作業をしてもらった姿勢 II の状態でも，PC 操作により腕や肩が動くことで，マイクロ波レーダーでの計測の精度に影響が現れたが，座面レーダーのほうがその影響が小さかった．

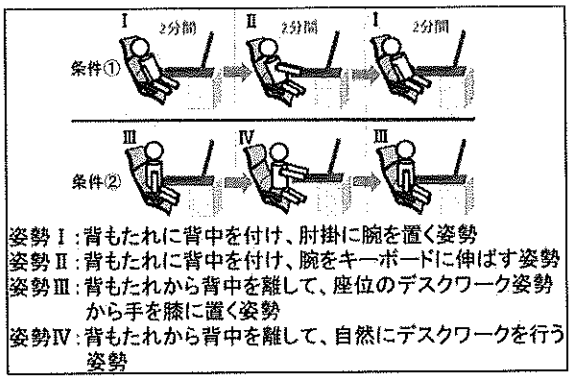


図 3　実験時の姿勢条件

表 1　各レーダーと心電図から得られた心拍間隔における差分(msec)

	条件①		条件②	
	姿勢 I	姿勢 II	姿勢 III	姿勢 IV
背面	25.79	70.86	68.32	79.494
座面	37.85	45.60	65.19	71.96

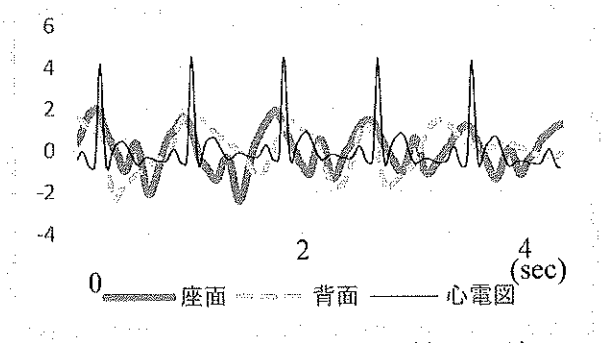


図 4 姿勢 II における心電図および各レーダーの正規化後の生波形

4. 結論

本研究は，背面レーダーから心拍計測を行う既存システムにおいて，計測時の姿勢による制約を軽減させることを目的とした．座面にもマイクロ波レーダーを設置することで，姿勢による制約が軽減されるかを検証した．その結果，背もたれに背中を付けて PC 作業を行う姿勢では，座面のほうが背面よりも心電図との差分が小さくなることが示された．このことから，座面にもレーダーを設置することで，姿勢による制約を軽減できる可能性が示唆された．

5. 文献

1) 厚生労働省：労働安全衛生法に基づくストレスチェック制度実施マニュアル, 3-12, 2015.
2) 海野智暁, 菊川裕也, 田中洋輔, 橋爪絢子, 串山久美子, 松井岳巳：マイクロ波レーダーを用いた非接触バイオフィードバックシステム, バイオフィードバック研究, 41(1), 12-17, 2014.

[連絡先]
藤耒幸嗣
koji.fujirai@gmail.com

実行委員会

東京電機大学

矢口博之（大会長）

磯野春雄

寺島悦恩

柴山拓郎

石川慎也

名児耶厚

ゼロックス　パロアルト研究所

佐々牧雄

玉川大学

阿久津正大（関東支部長）

東京都立産業技術高専

三林洋介（関東支部副支部長）

2015 年度　一般社団法人日本人間工学会関東支部第 45 回大会講演集
第 21 回卒業研究発表会講演集
平成 27 年 12 月 12 日発行

発行　一般社団法人日本人間工学会関東支部第 45 回大会事務局
編集　東京電機大学理工学部エルゴノミクスデザイン研究室
〒 350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂
TEL 049-296-5594/E-mail info@yaglab.net
印刷　有限会社シュープリント