ISSN 1341-7614

2017年度
一般社団法人日本人間工学会
関東支部第47回大会
第23回卒業研究発表会
講演集

Proceedings of the 47th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Proceedings of the 23rd Graduation thesis Presentation,

Japan Ergonomics Society

2017年12月16日（土）・17日（日）

日本大学

2017年度
一般社団法人日本人間工学会
関東支部第47回大会
第23回卒業研究発表会
講演集

Proceedings of the 47th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Proceedings of the 23rd Graduation thesis Presentation,

Japan Ergonomics Society

会　期　2017年12月16日（土）・17日（日）

会　場　日本大学 理工学部 船橋校舎

大会長　松田　礼

目次

大会長挨拶

この度，日本人間工学会関東支部第47回大会，ならびに第23 回卒業研究発表会を日本大学理工学部船橋校舎で開催させて頂くこととなりました。このような機会を頂戴しましたこと厚く御礼申し上げます。また，皆様のご来校を大会事務局一同，心より歓迎いたします。

今年度の大会は，支部大会の一般演題が32件，卒業研究発表演題が50件，合計82件のお申込みをいただきました。エントリーしていただきました皆様に感謝と敬意を表します。

さらに，充実した大会とするために，1 日目に特別講演，2 日目に教育講演を企画いたしました。特別講演は，本学理工学部の青木和夫氏に「人間工学で豊かなまちづくりを」と題して，健康，福祉，景観とまちづくりの関係や人間工学が活躍できる新たな分野としてのまちづくりについてご講演いただきます。また，本部・関東支部共催企画として，名古屋市立大学大学院の榎原毅氏に「続・人間工学研究を進めるにあたり知っておいてほしい7つのこと」と題して，学生や若手研究者を対象として，人間工学の学問的性質や特徴を含めた人間工学研究のノウハウについて教育講演をお願いしております。これらの企画は，皆様の本大会へのご期待に沿えるものと考えております。是非ご参加下さいますようお願いいたします。

皆様には，研究成果の発表や活発な議論の場として，また多くの方々との情報交換や知識を共有する場として本大会をご利用いただければ幸いです。会員の皆様はもちろん，人間工学に興味をお持ちの皆様にとって有意義な大会となりますことを祈念いたします。

日本人間工学会関東支部第47回大会大会長
日本大学理工学部　教授
松田　礼

大会概要

■会期

2017 年 12 月 16 日（土）～17 日（日）

■会場

日本大学理工学部　船橋校舎 10 号館
（千葉県船橋市習志野台 7－24－1）

■大会長

松田　礼（日本大学）

■主催

一般社団法人　日本人間工学会　関東支部

■日程

12 月 16 日（土）
一般講演，卒業研究発表，特別講演，支部総会，支部委員会，懇親会

12 月 17 日（日）
一般講演，卒業研究発表，教育講演（本部・関東支部共催企画）

■参加受付

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

■懇親会

日時：12 月 16 日（土）　17：30～19：00
会場：ファラディホール 2 階
会費：3,000 円

■事務局

日本人間工学会関東支部第 47 回大会　大会事務局
〒271-8501　千葉県船橋市習志野台 7-24-1　日本大学理工学部　松田研究室内
E-mail　jeskanto47@eme.cst.nihon-u.ac.jp

日本人間工学会関東支部第 47 回大会　運営事務局
〒100-0014　東京都千代田区永田町 2-9-6 十全ビル 4 階　株式会社ドーモ内
TEL　03-5510-7923　　FAX　03-5510-7922
E-mail　jeskanto47@do-mo.jp

スケジュール

12月16日（土）　1日目

	A会場 (1011室)	B会場 (1013室)	C会場 (1021室)	D会場 (1023室)	委員会等 (6111室)
9:00	受付開始　9:00				
10:00 11:00	A-1 デザイン 座長：松井岳巳	B-1 モビリティ 座長：橋爪絢子			
11:10 12:10	A-2 卒研発表① 座長：瀬尾明彦	B-2 卒研発表② 座長：武藤憲司	C-2 卒研発表③ 座長：矢口博之	D-2 卒研発表④ 座長：羽多野正俊	
12:20 13:00					支部委員会
13:05 13:50	支部総会				
14:00 14:30	特別講演				
14:30 14:50	準専門家資格PR				
15:00 16:00	A-3 卒研発表⑤ 座長：小林伸彰	B-3 卒研発表⑥ 座長：吉田洋明	C-3 卒研発表⑦ 座長：松田文子	D-3 卒研発表⑧ 座長：高野倉雅人	
16:10 17:10	A-4 環境 座長：深谷直樹	B-4 心理 座長：鈴木郁			
17:30 19:00	懇親会 （ファラデーホール2階）				

12月17日（日）　2日目

	A会場 (1011室)	B会場 (1013室)	C会場 (1021室)	D会場 (1023室)
9:00	受付開始　9:00			
9:40 10:40	A-5 卒研発表⑨ 座長：吉村健志	B-5 卒研発表⑩ 座長：柴田隆史	C-5 卒研発表⑪ 座長：申紅仙	D-5 卒研発表⑫ 座長：田畑昭久
10:50 11:50	教育講演	B-6 負担 座長：鳥居塚崇	C-6 交通 座長：藤井愛	
12:00 13:00	A-7 卒研発表⑬ 座長：松田礼	B-7 安全 座長：加藤麻樹	C-7 姿勢 座長：吉武良治	

プログラム

○発表時間は発表 10 分，質疑 4 分，入替 1 分の計 15 分です。

12月16日（土）　1日目

【特別講演】・・・ P.1

14:00-14:30	A会場 (1011)	「人間工学で豊かなまちづくりを」	
		講演者：青木和夫（日本大学理工学部）	司会：堀江良典（日本大学）

【人間工学準専門家資格PR】

14:35-14:50	A会場 (1011)	「人間工学準専門家資格取得について」	人間工学専門家認定機構

A会場（1011室）

10:00-11:00　A1　デザイン　・・・　P.10　　座長：松井岳巳（首都大学東京）

A1-1	臨床未経験の医学生に対するWhat-If展開を用いたKYTの効果	○前田佳孝　淺田義和　鈴木義彦　渥美一弥(自治医科大学)　長谷川剛(上尾中央総合病院)　河野龍太郎(自治医科大学)
A1-2	美容サービスにおけるユーザーの不満足要因の抽出と分析方法の検討	○押野沙紀　吉武良治(芝浦工業大学大学院)　松田淳(アトリエはるか)
A1-3	ピクトグラムを用いた医薬品添付文書の理解度向上に関する研究	○八並真麻(都立産業技術高専)　鎌戸敦子　丸山順也　望月眞弓(慶應義塾大学)　土屋文人(国際医療福祉大学)　三林洋介(都立産業技術高専)
A1-4	エレベータ開閉ボタンの開・閉は目で見分ける	○糸井川高穂(宇都宮大学)　村田智明(京都造形芸術大学)　矢口博之(東京電機大学)　橋本真実　月守大二郎　山田昭徳(宇都宮大学大学院)　古賀誉章(宇都宮大学)

11:10-11:55　A2　卒業研究発表①　・・・　P.78　　座長：瀬尾明彦（首都大学東京）

A2-1	事象関連電位で把握する家の外見と嗜好の関係	○天田愛香　舩田眞里子(白鷗大学)
A2-2	血液透析の回路準備における学習方法別効果の比較	○和田聡一郎(湘南工科大学)　鈴木聡(神奈川工科大学)　宮坂武寛(湘南工科大学)
A2-3	看護師の処方箋認知に関する研究	○木村夢乃　三林洋介(都立産業技術高専)

15:00-16:00	**A3 卒業研究発表⑤ ・・・ P.84**		座長：小林伸彰（日本大学）
	A3-1	Learning Commonsにおける環境づくりの研究－アンケートと事象関連電位を用いて－	○舘沼彩香　舩田眞里子(白鴎大学)
	A3-2	画面表示文字の視認性評価	○小沢千春　二宮雅樹　矢口博之(東京電機大学)
	A3-3	封筒のユーザビリティに関する検討	○落合峻也　矢口博之(東京電機大学)
	A3-4	曲面型タッチパネル設計のための指の動作特性に関する研究	○汪悦(早稲田大学大学院)　小松原明哲(早稲田大学)
16:10-17:10	**A4 環境 ・・・ P.18**		座長：深谷直樹（都立産業技術高専）
	A4-1	ＭＲＩ検査時における圧着した骨伝導マイクロホン音声の正答率計測	○稲垣未知　武藤憲司(芝浦工業大学)
	A4-2	人型のパネルに人物像を投影するビデオコミュニケーションシステムの効果に関する検討	○鶴岡亮太(早稲田大学大学院)　小松原明哲(早稲田大学)
	A4-3	動画像による騒音の印象評価における騒音源注視距離の計測	○甲斐幹康　武藤憲司(芝浦工業大学)
	A4-4	廃棄物の再生利用を目的とした手選別作業の効率化に関する検討	○落合知　山田正人(国立環境研究所)　五十嵐知宏　古田秀雄(建設技術研究所)

B会場（1013室）

10:00-11:00	**B1 モビリティ ・・・ P.26**		座長：橋爪絢子（首都大学東京）
	B1-1	視覚障害者のための白杖に搭載する転落防止センサーシステムの開発	○永井慧大　鈴木郁(法政大学)
	B1-2	歩きスマホ時の前方への視認性に関する研究	○流石佳幸　高田一　松浦慶総(横浜国立大学大学院)
	B1-3	スマートフォン操作時の回避特性の調査	○萩原広太　三田隆広　小山裕徳　川澄正史(東京電機大学大学院)
	B1-4	支援機能を有した多機能車椅子の開発	○小島雄太　深谷直樹(都立産業技術高専)

11:10-12:10	B2	卒業研究発表② ・・・ P.92	座長：武藤憲司（芝浦工業大学）
	B2-1	高感度な超低周波用マイクユニットの作成と生活音解析	○飯田一輝　鈴木郁(法政大学)
	B2-2	設置が容易で安価な高感度離床センサーの製作	○平井佳　鈴木郁(法政大学)
	B2-3	VDT作業中の作業姿勢改善システムの提案	○山﨑亮(東京電機大学)　三田隆広(東京電機大学大学院)　川澄正史　小山裕徳(東京電機大学)
	B2-4	手指入力のキャリブレーションの検討	○佐藤仁哉　井上翔太　杉澤直樹　田村寿英　津田祥明　大矢哲也(日本医療科学大学)
15:00-16:00	B3	卒業研究発表⑥ ・・・ P.100	座長：吉田洋明（日本大学）
	B3-1	馴染み動作のための前腕の開発	○阿部夏七星　深谷直樹(都立産業技術高専)
	B3-2	ドップラーレーダーを用いた非接触COPD(慢性閉塞性肺疾患)スクリーニングシステムの開発	○高本裕紀(首都大学東京)　孫光鎬(電気通信大学)　西根広樹(聖マリアンナ医科大学病院)　松井岳巳(首都大学東京)　峯下昌道(聖マリアンナ医科大学病院)
	B3-3	小型レーダーを用いた呼吸数、副交感神経活性指標HF、心拍数の非接触計測による高齢者の超早期・肺炎スクリーニング法の検討	○平野雅也(首都大学東京)　松尾太郎　中村凜(電気通信大学大学院)　渡辺貞雄(Vital Lab)　橋爪絢子(首都大学東京)　孫光鎬(電気通信大学大学院)　廣田宗司(コニカミノルタ)　中村大輔　箱崎幸也(元気会横浜病院)　松井岳巳(首都大学東京)
	B3-4	スマートフォン利用時における周辺環境が疲れ目に与える影響の調査	○山﨑悠貴(東京電機大学)　三田隆広(東京電機大学大学院)　川澄正史　小山裕徳(東京電機大学)
16:10-17:10	B4	心理 ・・・ P.34	座長：鈴木郁（法政大学）
	B4-1	モチベーションの定量化に関する研究	○埜田潤子　高田一　松浦慶総(横浜国立大学大学院)
	B4-2	力触覚提示装置を用いた能動的・受動的接触感の提示が曲面知覚の順応に及ぼす影響	○石橋優(千葉大学)　石橋圭太　岩永光一(千葉大学大学院)
	B4-3	重さのスキーマに基づくメタファ間の関連性―環境色と対象物の関係について―	○本田直(日本大学大学院)　藤井愛　鳥居塚崇(日本大学)
	B4-4	製品に対する感情の相違が作業動機づけに与える影響	○木村夢菜(お茶の水女子大学大学院)　藤井愛　鳥居塚崇(日本大学)

C会場（1021室）

11:10-12:10 C2 卒業研究発表③ ・・・ P.108 座長：矢口博之（東京電機大学）

C2-1	歩行補助機用フレキシブルシャフトを対象とした繰返しねじり試験機の開発	○加藤怜 ○伊藤宏臣 田宮高信(都立産業技術高専)
C2-2	ビニール袋の取り出しやすさ向上に関する研究－引出し力の理論的な予測－	○松本俊樹 上西園武良(新潟国際情報大学)
C2-3	サービスアイディア抽出のためのリビング・ラボ運営方法に関する研究	○松藤充比古 小松原明哲(早稲田大学)
C2-4	膝伸展2足歩行ロボットの開発～歩行動作安定性の向上～	○小池郁哉 深谷直樹(都立産業技術高専)

15:00-16:00 C3 卒業研究発表⑦ ・・・ P.116 座長：松田文子（労働科学研究所）

C3-1	ペンタブレットを用いたペン習字学習支援システム	○並木亜樹奈(東京電機大学) 三田隆広(東京電機大学大学院) 小山裕徳 川澄正史(東京電機大学)
C3-2	キーボードの誤タイピング低減に関する研究（第6報）	○藤田郁弥 上西園武良(新潟国際情報大学)
C3-3	EL材を用いた覚醒度測定器の開発	○嘉義卓也 三林洋介(都立産業技術高専)
C3-4	瞳孔径を指標とした困惑検知の試み	○金澤紫(東京電機大学) 荻原広太(東京電機大学大学院) 小山裕徳 川澄正史(東京電機大学)

D会場（1023室）

11:10-12:10 D2 卒業研究発表④ ・・・ P.124 座長：羽多野正俊（日本大学）

D2-1	電動義手の実用化に向けた義手の改良	○佐々木直人 深谷直樹(都立産業技術高専)
D2-2	人間中心設計に基づいたWebサイト制作に関する研究	○園部彩香 小松原明哲(早稲田大学)
D2-3	動画視聴に伴うリラックス指標の変化によるうつ傾向判定システムの開発	○林原史明(首都大学東京) 榛葉俊一(静岡済生会総合病院) 橋爪絢子 松井岳巳(首都大学東京)
D2-4	歩きスマホの事故防止を目的とした前方監視アプリの開発	○檜山尚輝(東京電機大学) 益田星汰(東京電機大学大学院) 川澄正史 小山裕徳(東京電機大学)

15:00-15:45 D3 卒業研究発表⑧ ・・・ P.132 座長：高野倉雅人（神奈川大学）

D3-1	階層性のある地下街などにおける「迷い」を避けるための地図利用に関する研究	○水内葵 小松原明哲(早稲田大学)
D3-2	ADHDに配慮した長期的タスク管理アプリケーションの開発	○小野寺恵(東京電機大学) 三田隆広(東京電機大学大学院) 小山裕徳 川澄正史(東京電機大学)
D3-3	意外性と意思決定に関する研究ーアンケートと事象関連電位を用いてー	○小林詩織 舩田眞里子(白鴎大学)

12月17日（日）　2日目

【教育講演　本部・関東支部共催企画】　・・・　P.5

10:50-11:50	A会場 (1011)	学生・若手向けの教育講演シリーズ２「続・人間工学研究を進めるにあたり知っておいてほしい７つのこと」 榎原毅（名古屋市立大学大学院）	司会：阿久津正大（玉川大学）

A会場（1011室）

9:40-10:40　A5　卒業研究発表⑨　・・・　P.140　　座長：吉村健志（海上技術安全研究所）

A5-1	テーマパークにおける待ち時間と満足度に関する研究	○髙木勇輔　吉武良治(芝浦工業大学)
A5-2	手指入力における選択方法の提案	○杉澤直樹　井上翔太　佐藤仁哉　田村寿英　津田祥明　大矢哲也(日本医療科学大学)
A5-3	睡眠時無呼吸症候群の簡易検査に向けた装置開発―疑似いびき音の第一フォルマント周波数と口蓋垂との関係の検討―	○宮本皓脩　吉沢昌純　大柴哲郎(都立産業技術高専)
A5-4	自助具としてのパワーアシストハンドに関する研究	○塩﨑祐輔(横浜国立大学)　高田一　松浦慶総(横浜国立大学大学院)

12:00-13:00　A7　卒業研究発表⑬　・・・　P.148　　座長：松田礼（日本大学）

A7-1	カーナビの画面遷移を表現するための操作音の印象構成要素の明確化	○山中翔馬　石橋基範(日本大学)
A7-2	運転中停止時における映像メディアがドライバーに及ぼす影響	○香田健一朗(都立産業技術高専)　露木章史(慶応義塾大学大学院)　三林洋介(都立産業技術高専)
A7-3	背景音の速度と高さがドライバーの速度感覚に与える影響	○飯塚大空　鳥居塚崇　藤井愛(日本大学)
A7-4	商品の反復購買を促す要因に関する検討	○船倉ちひろ　藤井愛　鳥居塚崇(日本大学)

B会場（1013室）

9:40-10:40	B5	卒業研究発表⑩　・・・　P.156	座長：柴田隆史（東京福祉大学）
	B5-1	無動力靴型歩行アシスト機器に関する研究	○小川淳司(横浜国立大学)　高田一　松浦慶総(横浜国立大学大学院)
	B5-2	労働災害を防ぐためのPepperを使った安全教育	○藤田大城　鈴木郁(法政大学)
	B5-3	災害情報に対する主観的な重大性	○荒又峻也　鳥居塚崇　藤井愛(日本大学)
	B5-4	高身長者が感じる不満、不快の調査―高身長の人々も使いやすい，暮らしやすいユニバーサルデザイン―	○布施慶太郎　鳥居塚崇　藤井愛(日本大学)
10:50-11:50	B6	負担　・・・　P.44	座長：鳥居塚崇（日本大学）
	B6-1	異なる高さへの荷物持ち上げ作業が手関節角度の変化に与える影響	○平内和樹(首都大学東京大学院)　瀬尾明彦(首都大学東京)
	B6-2	筋疲労モデルを用いた負荷の異なる複数作業の人間工学的評価	○坂口万喜(首都大学東京大学院)　瀬尾明彦(首都大学東京)
	B6-3	異なる状況下におけるパイロットの精神的負担の評価―生理的反応に着目した実験的検討―	○大久保克哉　中西美和(慶應義塾大学)
	B6-4	学校でのICT機器利用における人間工学的配慮に対する教員の認識	○柴田隆史　梅澤佳寿美　藤井彌智(東京福祉大学)
12:00-13:00	B7	安全　・・・　P.52	座長：加藤麻樹（早稲田大学）
	B7-1	歩行時の転倒検知システムの開発	○劉康潤　高田一　松浦慶総(横浜国立大学大学院)
	B7-2	自動運転中の緊急時対応に必要なドライバ状態の推定	○岩品亮佑　高田一　松浦慶総(横浜国立大学大学院)
	B7-3	住居内歩行における転倒要因としての床面の摩擦係数と滑りやすさ評価との関連性―不慮の事故リスクに対する客観的評価と主観的評価との相違―	○本多長(早稲田大学大学院)　加藤麻樹(早稲田大学)
	B7-4	調剤作業におけるヒヤリ・ハットのリカバリーに関する考察－薬局ヒヤリ・ハット事例を用いた分析－	○石田直也(日本大学大学院)　藤井愛　鳥居塚崇(日本大学)

C会場（1021室）

9:40-10:40　C5　卒業研究発表⑪　・・・　P.164　　座長：申紅仙（常磐大）

C5-1	人型囲碁ロボットの開発－囲碁ロボット用ロボットアームと制御システムの開発－	○北河直樹　○高橋昂汰　田宮高信(都立産業技術高専)
C5-2	LCD上に提示された対象物の背景の明度の違いが評価に及ぼす影響	○楠拓也(日本大学)　本田直(日本大学大学院)　藤井愛　鳥居塚崇(日本大学)
C5-3	熟練者の視線情報を活用したスキル習熟支援 —e-Sportsの種目を題材に—	○栗林泰良　吉武良治(芝浦工業大学)
C5-4	VR空間におけるUX評価の有効性　—照明と壁色をパラメーターとして—	○松下寛　吉武良治(芝浦工業大学)

10:50-11:50　C6　交通　・・・　P.60　　座長：藤井愛（日本大学）

C6-1	音量の違いによる車両接近報知音の印象評価に関する研究	○鈴木真里　米村純一(日本大学大学院)　松田礼　町田信夫(日本大学)
C6-2	危険予知タスクにおける内発的動機づけを向上させる言語的報酬と行動変容への効果	○磯崎和豊(日本大学大学院)　石橋基範(日本大学)　岩男眞由美(いすゞ中央研究所)
C6-3	歩行者の横断歩道横断時の行動解析	○星巧大(都立産業技術高専)　岩木直　赤松幹之(産業技術総合研究所)　三林洋介(都立産業技術高専)
C6-4	教育機関に隣接する駅における分散乗車促進に関する事例研究—ラッシュ時の列車乗降行動に配慮した駅ホームのライン表示デザイン—	○田中稜大　西嶌竜太　阿久津正大(玉川大学)

12:00-13:00　C7　姿勢　・・・　P.68　　座長：吉武良治（芝浦工業大学）

C7-1	狭い足場上での姿勢安定性における上向き姿勢および荷物保持の影響	○菅間敦(労働安全衛生総合研究所)　瀬尾明彦(首都大学東京)
C7-2	異なる操作条件における作業姿勢と可操作性に基づく操作力方向の推定	○徳江穂洋(首都大学東京大学院)　瀬尾明彦(首都大学東京)
C7-3	座位・立位可変作業方式の有効性に関する実験的研究—長時間作業における座位・立位の作業状況と作業パフォーマンスの男女比較—	○河合大悟　阿久津正大(玉川大学)
C7-4	教育の場における座位と立位を変えられる姿勢の有効性の検討	○石毛航　高瀬深久　阿久津正大(玉川大学)

D会場（1023室）

9:40-10:40　D5　卒業研究発表⑫　・・・　P.172　座長：田畑昭久（日本大学）

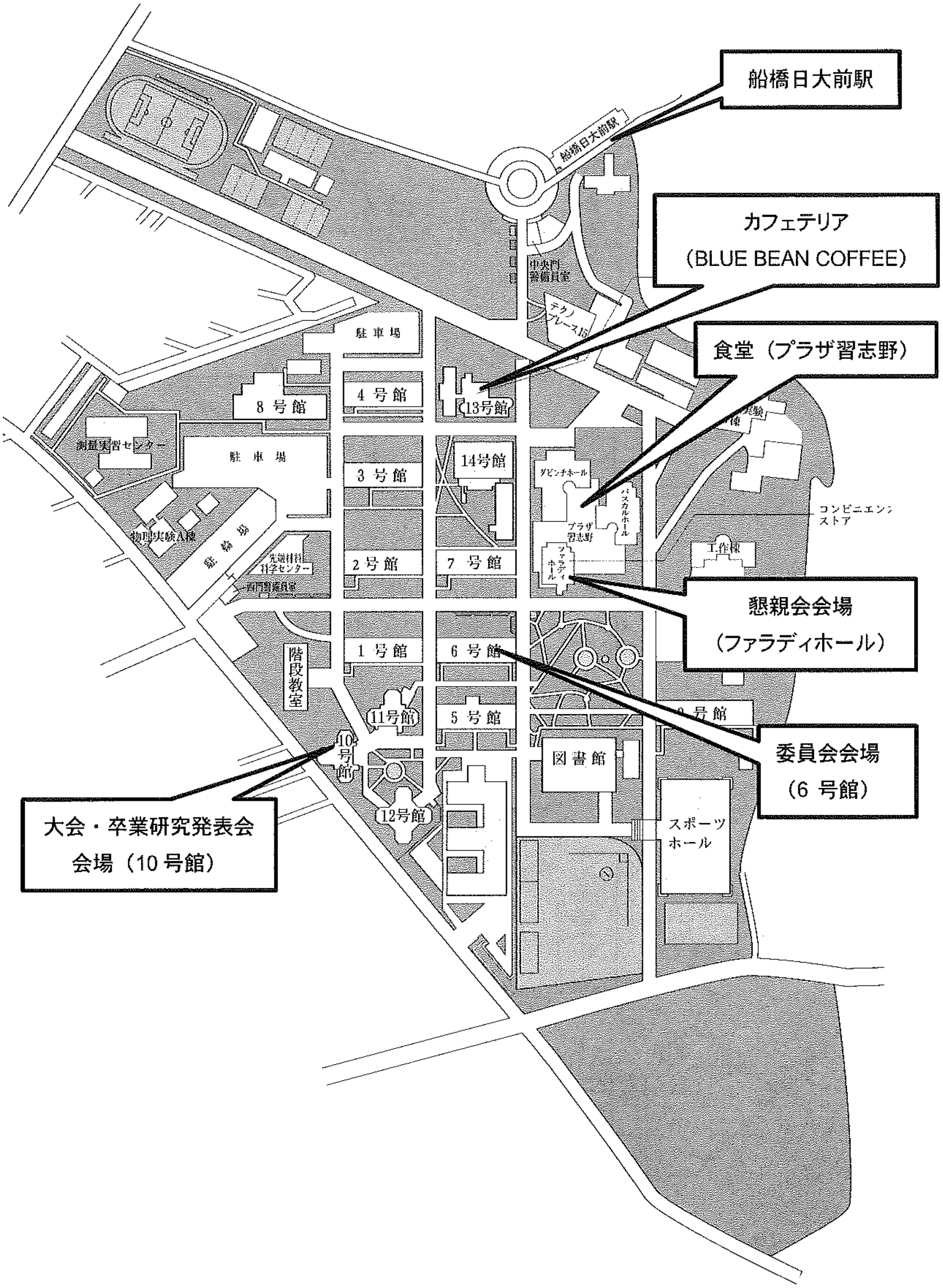
D5-1	実時間音声加工システムのための教師データ作成実験システムの開発	○伊藤郁美　鈴木郁(法政大学)
D5-2	画像解析を用いた漢字フォントの視認性評価手法の提案	○猪野優樹　石橋基範(日本大学)
D5-3	交差点右折場面における有効視野と個人特性の関係	○橋本莉沙　石橋基範(日本大学)
D5-4	路面標示劣化が右左折時の運転行動に及ぼす影響	○神田雅大　相田翔　三林洋介(都立産業技術高専)

会場案内図

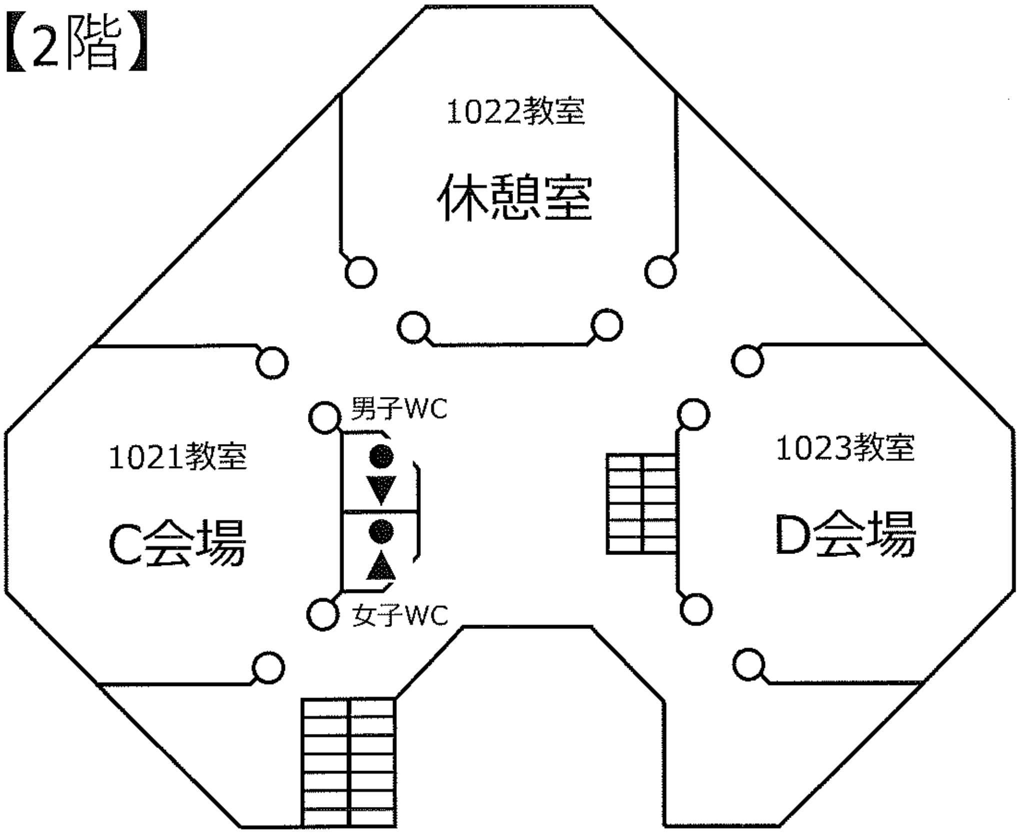
日本大学理工学部　船橋校舎（千葉県船橋市習志野台 7－24－1）

東葉高速鉄道「船橋日大前」駅 下車徒歩１分（東京メトロ東西線乗り入れ）

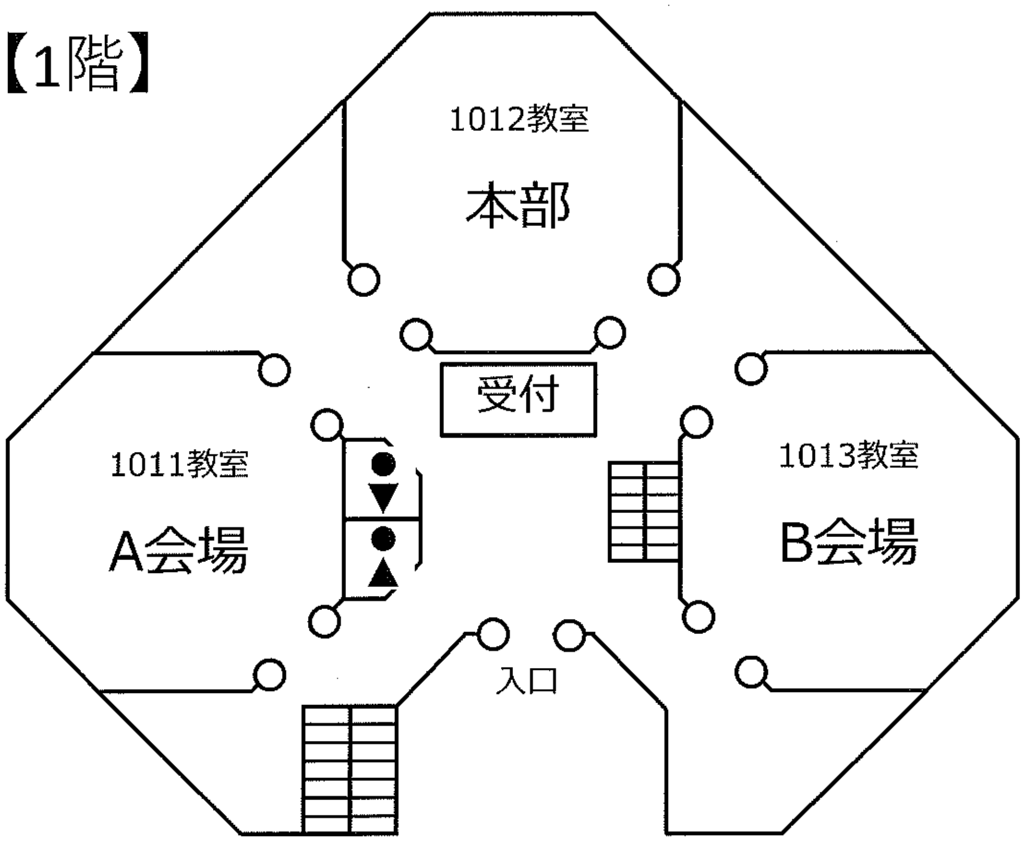
※食堂とカフェテリアは 12 月 16 日（土）のみの営業となります



【2階】


1022教室
休憩室
1021教室
C会場
男子WC
女子WC
1023教室
D会場

【1階】


1012教室
本部
受付
1011教室
A会場
1013教室
B会場
入口

2017年度
一般社団法人日本人間工学会
関東支部第47回大会
講演集

Proceedings of the 47th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Japan Ergonomics Society

会　期　2017年12月16日（土）・17日（日）

会　場　日本大学 理工学部 船橋校舎

大会長　松田　礼

特別講演

大会１日目　12 月 16 日（土），14:00-14:30，A 会場

『人間工学で豊かなまちづくりを』

青木　和夫

日本大学理工学部

<学位>
昭和６０年７月　保健学博士（東京大学）
<職歴>
昭和５４年４月　東京大学医学部助手（保健管理学）
平成　４年４月　日本大学理工学部助教授（医療・福祉工学）
平成　８年４月　日本大学理工学部教授（医療・福祉工学）
平成２５年４月　日本大学理工学部教授（医療・福祉工学，まちづくり工学）
平成２９年４月　日本大学理工学部特任教授（まちづくり工学）
現在に至る
<専門分野>
人間工学　精神的作業負荷の測定と評価，機器の安全性・使いやすさの評価など
健康工学　運動による健康増進，日常生活活動量の測定など
<学会活動>
平成 10 年４月～平成 16 年３月　日本人間工学会関東支部長
平成 24 年６月～平成 28 年６月　日本人間工学会理事長
現在　日本人間工学会理事
日本ストレス学会評議員
日本公衆衛生学会，日本運動疫学会，日本看護管理学会などの会員

司会

堀江　良典（日本大学）

特別講演

人間工学で豊かなまちづくりを

○青木和夫*
*日本大学理工学部
Town Planning for Wellbeing by Ergonomics
Kazuo AOKI*
*College of Science & Technology, Nihon University

1. はじめに

我が国においては高齢社会と人口減少社会が訪れてきている．そのために様々な問題が生じてきているが，その対策の一つとして「まちづくり」が重要な政策となってきている．筆者の所属する日本大学理工学部においても，2013年度からまちづくり工学科が開設され，これらの対策に必要な人材の育成を始めたところである．まちづくり工学科は土木・建築などの建設系の学科群に含まれるが，教育内容には，観光などの産業振興や健康や福祉などの住民サービスなど，ソフト面でのまちづくりが含まれている．

2. まちづくりとは

まちづくりとは何かという点については様々な解釈があるが，従来の都市計画がニュータウン建設に代表されるような大規模な新規開発を主としていた点に対し，まちづくりは既存の住宅地や商店街などを再開発することがねらいとなっているという点で異なっていると考えている．両者の最大の違いは，既に住民がそこに住んでいるかどうかという点に尽きよう．また，既存の住宅地や商店街の問題は，住民の高齢化による福祉サービスの増大と，個人商店の後継者不足による廃業（いわゆるシャッター商店街）による中心市街地の衰退が主である．

このような問題に対処するために，地域の活性化と再開発の手順として，住民のニーズを把握するとともに住民の合意形成が不可欠となってくる．そこで，行政が新たな地域活性化案を提案する際に，住民を含めた協議やワークショップを行うことによって，住民とともに計画を作成してゆくことがまちづくりの特徴と言える．

3. 人間工学とまちづくり

3.1 健康づくりとまちづくり

住民のニーズの第1位は健康に生活することであろう．これは，市町村の首長選挙の公約の第1にはたいてい健康で安心な生活が挙げられることでもわかる．すなわち，まちづくりを考えるうえで健康は最初に考えなければならない課題であると言える．しかし，選挙の際の公約には挙げられるものの，具体的に健康な生活のできるまちづくりが行われているとは限らない．その原因の一つは，どのようなまちづくりをすれば住民が健康に生活できるかが明確でないからと考える．安易に医療機関を充実させれば，医療費の負担は重くなるのである．

健康づくりは疾病にならないような生活環境を整えるという点で，医療費の削減にも寄与するのではないかと考えられている．特に心疾患や糖尿病などの慢性疾患は生活習慣が大きく関与していることから生活習慣病とも呼ばれ，生活習慣の改善がこれらの疾患を予防には不可欠とされている．生活習慣の中でも特に運動習慣が効果が大きいことから，運動が盛んに奨励されている．しかしながら，運動習慣のある人の割合はあまり増加していない．その原因として，運動する環境が生活の場にないことが挙げられている．すまり，知識としては運動が有効であることはわかっていても，時間がないことや，スポーツが嫌いとか，運動する場所がないといった理由で運動をしていないということがわかっている．

そこで，特別なスポーツなどでなくてもできる運動としてウォーキングが推奨されている．しかし，ウォーキングをする人は限られていて，多くの人はあまり歩いていないのが現状であろう．そこで，無意識に歩いてしまうような環境のまちづくりができないものかと考えられている．その一つが「スマートウェルネスシティ」と呼ばれる活動である．これは，主に自動車の通行を制限することによって，歩行空間を確保し，買い物や友人

写真　福井市を走るモダンな路面電車

との交流などの日常生活で歩ける場を作るというものである．ドイツのフライブルク市は，中心市街地への自動車の乗り入れを制限することによって，人々が歩いたり集まったりする場が確保され，市街地が活性化した例としてよく挙げられる．わが国でも，地域の交通確保の手段として，ライトレールとして路面電車が復活したり，コミュニティバスの運行が行われている．

ここでの人間工学の出番は，どのような環境になると人間は歩いたり運動したりするようになるかということである．遊歩道を整備したり，広場を作ったりすることで本当に運動量が増えるのかどうか，実証してゆく必要がある．また，ハード的な対策だけではなく，人間の行動を誘発するソフト的な対策についても，人間工学の研究が役に立つと考えている．

3.2 福祉とまちづくり

高齢者や障害者が生活してゆくうえで必要なさまざまな対策が行われている．特に公共建築物や公共交通機関では法律によってバリアフリーが推進されており，駅や公共建築物の中では車いす使用者や視覚障害者に配慮した設備が用意されてきた．この時に人間工学が大きな役割を果たしており，車いすの人の手が届く範囲，乗り越えられる段差の高さ，視覚障害の人を誘導するための点字ブロックや音声案内など，近年の普及は目覚ましいものがある．人間工学では，JIS や ISO に，このような高齢者・障害者を配慮した様々な規格を提案して制定してきている（表1）．

表1．JIS の高齢者・障害者配慮指針規格の例

- JIS S 0024 高齢者・障害者配慮設計指針ー住宅設備機器
- JIS S 0026 高齢者・障害者配慮設計指針ー公共トイレにおける便房内操作部の形状，色，配置及び器具の配置
- 高齢者・障害者配慮設計指針ー視覚表示物ー色光の年代別輝度コントラストの求め方
- JIS S 0032 高齢者・障害者配慮設計指針ー視覚表示物ー日本語文字の最小可読文字サイズ推定方法
- JIS S 0033 高齢者・障害者配慮設計指針ー視覚表示物ー年齢を考慮した基本色領域に基づく色の組合せ方法
- JIS S 0041 高齢者・障害者配慮設計指針ー自動販売機の操作性
- JIS S 0042 高齢者・障害者配慮設計指針ーアクセシブルミーティング
- JIS S 0052 高齢者・障害者配慮設計指針ー触覚情報ー触知図形の基本設計方法

3.3 よい景観とまちづくり

まちづくりの重要な要素として，よい景観がある．きれいで気持ちの良い景色を見ながら生活するのは多くの人の望むところであり，これを実現するために様々な景観デザインがなされている．

このようなデザインは建築や土木分野のデザイナーが行っているが，デザイナーの感性に基いて設計されるため，客観的な評価が難しい．つまり，よい景観の中に住むと本当に人間が気持ちが良いのかどうかなどを客観的に評価することができないのである．そのため，住民の反対が起きた時に説得するための手段が限られてくる．このような時に，どのような景観が人間にとって快適なのかが客観的に評価できれば，住民の人たちの合意も得られやすいのでは考えられる．

一方，同じ景観ではあるが，観光地の場合も同じような問題が生じている．まちづくりにおいては観光によって地域の活性化を図ることが広く行われているが，必ずしもよい景観が実現されているとは限らない．観光地の土産物店や飲食店の無計画な広告や看板などが景観を台無しにしているところもある．このような景観を評価して，よい景観を実現するためには，やはり客観的な評価手段が必要となる．

人間工学には人間の感情や感性について，さまざまな研究や実践の蓄積がある．このような蓄積をまちづくりに生かしてゆけるとよいのではないかと考える．

4. まちの活性化と人間工学

以上のように，まちづくりにおいては，人間の行動や感性を理解して，住民や訪問者がどのような行動をとったり，感じたりするのかを明らかにすることが重要である．しかし，従来まちづくりを中心的に担ってきた建築や土木の分野ではこのような人間の行動や感性に関する専門的な教育や研究が十分になされてきたとはいい難い．

そこで人間工学を学び，研究や実践を行っている専門家が，建築や土木の専門家とともにまちづくりを担ってゆく必要があると考える．人間工学は人間の生活や仕事など，人間生活のあらゆる場面を対象としており，まちづくりの中心である住民の生活全般に関わるのにふさわしい学問である．

まちづくりの目標は，まちの活性化であり，そこに生活する住民が豊かで楽しく過ごせるようになることが実現されなくてはならない．まちづくりのデザインや評価に人間工学の知識や手法を取り入れることによって，そこに住む人々が豊かな生活が送れるようになると考える．

[連絡先]
青木　和夫
e-mail：aoki.kazuo@nihon-u.ac.jp

教育講演【本部・関東支部共催企画】

大会2日目　12月17日（日），10:50-11:50，A会場

学生・若手向けの教育講演シリーズ2

『続・人間工学研究を進めるにあたり 知っておいてほしい7つのこと』

榎原　毅

名古屋市立大学大学院

司会

阿久津　正大（玉川大学）

学生・若手向けの教育講演シリーズ２：
「続・人間工学研究を進めるにあたり知っておいてほしい７つのこと」

○榎原 毅（名古屋市立大学大学院医学研究科）

Seven rules the young researchers should learn for conducting ergonomics research

Takeshi EBARA (Nagoya City University Graduate School of Medical Sciences)

１．教育講演の趣旨

本教育講演シリーズは学会理事会主催の企画として、阿久津正大企画担当理事および岡田明企画担当理事を中心に検討され、第一回を日本人間工学会第58回大会(2017/6/4, 於：日本大学生産工学部)にて開催しました。多くの若手人材が集まる全国大会にて、人間工学に関する学びの機会を提供し、次世代の人間工学人材の育成と学会の活性化を図ることを目的としています。学会としての新しい試みということもあり、残念ながら当日の参加者が少なく、一部の先生方より支部大会でも同様の内容を再度開催してほしいとの要望を頂き、今回、続編を企画することになりました。

シリーズの第二回目としては、第一回でお話しした「人間工学研究を進めるにあたり知っておいてほしい7つのこと」の内容を一部補足しつつ、再度紹介いたします。筆者の経験則に基づき、知っておいた方がよいと思うことを7つの心得としてまとめたものです。ちなみに、PRoS系の国際学術誌ではEditorialとして科学ライティングの10ルール[1]、学位取得の10ルール[2]、大学院生のための10ルール[3]などが掲載され、最近注目されています。この取り組みに習い、人間工学研究版のノウハウとして、7つの教訓を挙げたいと思います。

２．人間工学研究を進めるにあたり知っておいてほしい7つのこと(文献6)より再掲)

Rule 1：包括的アプローチで解決志向型の視点を持つ

人間工学は、機械・道具、作業条件や物理的・組織的環境などを人の諸特性に合わせることで、アウトカムとして人の安全・健康と生産性の適正化を図るための実践科学です。個々のアウトカムを独立して扱う学問領域はありますが、人間工学では様々な学術知見を横断的に応用することで、安全・健康・快適といった人のウェルビーイング側面とシステムの生産性側面を両立させるソリューションを提供することにその存在意義があります。このような包括的なアプローチ(Holistic approach)[4),5)]で人とシステムの機能配分をデザインすることが、社会の課題解決に応えるためには不可欠な視点です。

Rule 2：多様な人材ネットワークを作る

ネットワークの重要性は学位取得の10ルール[2]でも述べられていますが、特に人間工学領域では重要です。ゼミなどで指導教員から指導頂くだけではなく、学会発表などの場を通じて様々な専門家から助言をもらい、多面的に知的好奇心を喚起してください。人間工学の専門性は「学際性」にあります。人とのつながりを重視し、積極的に研究発表を行い、質問をしてくれた先生とは必ず名刺交換をしてコミュニケーションを図りましょう。

Rule 3：研究成果は対外的に公表する

学術研究は社会のニーズに応える源であり、社会に内在する課題を解決するために、社会から負託されているものです。「Publish or Perish（公表せよ、さもなければ消えよ）」とアカデミアの世界では言われますが、研究を遂行する人は社会にそれを還元する義務を負っています。そして成果発表には必ず「書く」ことが伴います。文豪ヘミングウェイも「書くという行為は、書き直すこと（The only kind of writing is rewriting)」と言っていたそうですが、研究も同じです。何度も推敲し書き直すことが自身の研究マインドの醸成と研究スキルの研鑽につながります。

Rule 4：研究デザインの基礎を身に付ける

研究成果は論文という形で公表されますが、どんなに良い研究テーマであっても不採択になるモノもあります。その多くは、方法論の問題、論理展開や結果の解釈の不備など、研究デザインに起因しています。研究テーマの設定で用いられるFINER基準、研究プロトコルの作成方法、サンプルサイズ設計やポジティブコントロールの設定や実験割付方法、交

絡調整を含む統計解析なども身に付けておくと良いでしょう。

Rule 5：研究のエビデンスレベルを理解する

多くの人の目にとまり、引用される学術成果を世界に発信するためには、質の高い人間工学研究と実践が必要です。研究デザインによってエビデンスレベルは分類されます。またEvidence Grading Systemによる分類を採用し、論文に記載するジャーナルも少しずつ増えてきています。医学系国際ジャーナルでは、不十分な論文が投稿されることで生じる査読資源の浪費（無駄な時間の浪費）を防ぐために、投稿規程で各種ガイドライン（無作為化比較試験ではCONSORT、観察研究：STROBE、メタ解析研究：PRISMAなど）に準拠することを求めている雑誌が増えています。このような学術成果発表の潮流に対応できるように研究デザインの基礎を身に付けておくことは近い将来、きっと役に立つでしょう。

Rule 6：研究倫理の動向をおさえておく

人を対象とした研究で、適切な倫理手続きがなく、所属機関で倫理審査の承認を得ていないモノは、その研究自体実施できません。学術研究に求められる倫理水準は時代によって変わります。日本学術振興会による科学研究費助成事業（科研費）への応募に際しても平成27年度より倫理教育受講が義務化され、また個人情報保護法の改正に伴い2017年5月末に国の倫理指針が改訂・施行されるなど、常にアップデートされています。対象者の人権保護を扱うClinical Research Ethics(CRE)と研究不正などのResearch Integrity(RI)の両面が今日では研究倫理として扱われています。所属機関で実施される倫理研修は必ず受講しましょう。

Rule 7：著作権などの研究者の権利と責任を理解する

オープンサイエンスの時代においては、研究成果の知財管理は重要です。コモンズライセンス運用を採用し、学会誌に著作権を委譲・帰属させずに著者自身に残すジャーナルも増えています。またこの動向に併せ、著者の権利・責任の明確化のためにオーサーシップも重視されています。ICMJE（医学雑誌編集者国際委員会）のオーサーシップ基準を採用するジャーナルの増加や、国際研究者識別子（ORCID ID）の普及など、研究成果の発信や利活用を促進する基盤が急速に整備されてきています。

以上述べてきた7つの教訓について、当日の教育講演では概説します。人間工学固有の話題ではなく、近年の学術コミュニティの動向も俯瞰した内容となっていますので、研究の仕事に従事したいと考えている方や現在従事されている若手研究者の方に、人間工学という学問の性質や特徴を今一度振り返りながら、身に付けておくべき点を見直す機会になればと思います。

参考文献

1) Weinberger CJ, Evans JA, Allesina S (2015) Ten Simple (Empirical) Rules for Writing Science. PLoS Comput Biol 11(4): e1004205.
2) Marino J, Stefan MI, Blackford S (2014) Ten Simple Rules for Finishing Your PhD. PLoS Comput Biol 10(12): e1003954.
3) Gu J, Bourne PE (2007) Ten simple rules for graduate students. PLoS Comput Biol 3(11): e229.
4) Dul J et al. (2012) A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession, Ergonomics. 2012;55(4):377-95.
5) 榎原　毅：産業人間工学の次の10年を考える－Evidence Based Ergonomics in Practices (EBEPs)の展開，産業保健人間工学研究，15(suppl), 30-35, 2013
6) 榎原　毅「学生・若手向けの教育講演シリーズ－人間工学研究を進めるにあたり知っておいてほしい７つのこと」、人間工学、53(Suppl): 50-51, 2017

【 講師略歴 】

2005年3月名古屋市立大学大学院医学研究科満期退学、博士（医学）（名古屋市立大学 論 第1512号）。同年、同学労働生活・環境保健学分野助手、助教を経て、2009年から環境労働衛生学分野講師。

（一社）日本人間工学会理事（2012-2016）、同副理事長（2016-）、同学会改革・戦略委員会委員長（2016-）、人間工学誌編集委員会副委員長（2012-）、日本産業衛生学会代議員・東海地方会理事（2007-）、Journal of Occupational Health編集委員（2014-, Ergonomics領域委員長:2016-現在）ほか。

専門は、産業保健人間工学（作業関連運動器疾患(WMSDs)予防策）、ビッグデータを利用したライフログ解析の産業保健応用、産業人間工学のメタアナリシスなど。

大会１日目

12 月 16 日（土）

A1-1

臨床未経験の医学生に対するWhat-If展開を用いたＫＹＴの効果

○前田佳孝*，浅田義和**，鈴木義彦*，渥美一弥**，長谷川剛***，河野龍太郎*
*自治医科大学メディカルシミュレーションセンター，**自治医科大学医学部，***上尾中央総合病院

The effect of KYT with using What-If analysis on clinical inexperienced medical students

Yoshitaka MAEDA*, Yoshikazu ASADA**, Yoshihiko SUZUKI*, Kazuya ATSUMI**,
Tsuyoshi HASEGAWA***, Ryutaro KAWANO*
*,** Jichi Medical University, ***Ageo Central General Hospital

1. はじめに

医学部における医療安全教育は，臨床での実習を初めて経験する高学年（4年生以上）で行われることが多いが，医師の基礎を醸成する低学年から継続的に実施し，安全を習慣付けさせることの重要性が指摘されている [1]．特に危険予知（以下，KY）は，個々の医師が普段の医療業務で習慣的に実行することが望まれることから，医学部生へのKY訓練（KYT）は医療安全教育の重要なテーマと考えられる．一方で，低学年の学生は臨床を経験していないため，幅広い観点でのKYを行いにくいことが懸念される．

そこで，本研究では望月ら [2]の提案するWhat-If展開を用いたKYTを基に，医学生のKYの視野を広げる検討を行い，その予知効果を検証することを目的とする．

2. What-If展開を用いたKYT

一般的なKYTはイラストや写真等を参加者に提示し，現状把握，本質追究，対策樹立，目標設定の4ラウンドで実施するが，これではイラスト内の状況に限定したKYが行われ，現場でそれとは異なる状況に遭遇した際に，的確にKYできない可能性をはらむ．望月ら [2]は参加者に「イラストの状況がもし～だったら」と状況展開させ（What-If展開），展開した状況についてKYさせる方法を提案している．本研究ではこれを基にKYTを行う．

3. 方法

3.1 KYTの手順

入学半年の医学部1年生120名を7～8人の班に分け，医療現場を描いた3種のイラスト（表1）[3]について以下の順にKYを行わせた．

① 一般的なKYTの4ラウンドのうち，現状把握（イラスト内の危険の抽出）を個々の学生に行ってもらい，その後，班内で共有する形で模造紙に記載させた．

② 個々の学生に，各イラストについてWhat-If展開させた上，その状況において考えられる危険を予知してもらった．①と同じく模造紙で班内に共有させた．

なお，①と②で予知された危険を区別するよう，模造紙に色を分けて記載するよう指示した．

表1　KYTで用いたイラストの概要 [3]

	業務内容	イラストに描かれている内容
イラスト1	患者移送	看護師2名が，成人患者1名をストレッチャーで移送している
イラスト2	与薬	看護師1名が与薬のため病棟で，指示書を見ながら薬を小分けにしている
イラスト3	点滴	成人患者1名が24時間持続点滴を，ベッド上で受けている

3.2 What-If展開の効果検証手順

一般的なKYT（以下，N-KY）と，What-If展開を用いたKYT（以下，W-KY）で予見された危険について，医療事故に関連する要因として河野(2002) [4]が挙げているPatient（患者），management（管理），Software，Hardware，Environment，Liveware（本人／周囲）を用いて分類した．

4. 結果・考察

4.1 予知された危険のP-mSHELに基づく分類

図1～3にイラスト毎の分類結果を示す．まず，managementに関する危険は，N-KYでは1つのみ予見されたが，W-KYでは，例えば「もし人員不足で一人で患者移送していたら，死角で他の患者に衝突する」のように，イラスト1・2で多く予見された．

その他の要素では，イラストによって予知されやすさが異なり，イラスト1ではN-KY，W-KY共にPatient，Environment，Liveware（本人）が多く，2ではLiveware（本人），3ではPatientが多く予知された．これらの要素は，各イラストに予め描か

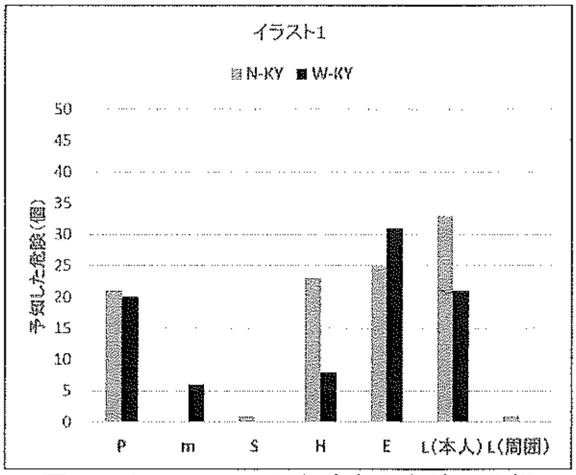


図1　イラスト1で予知された危険の分類

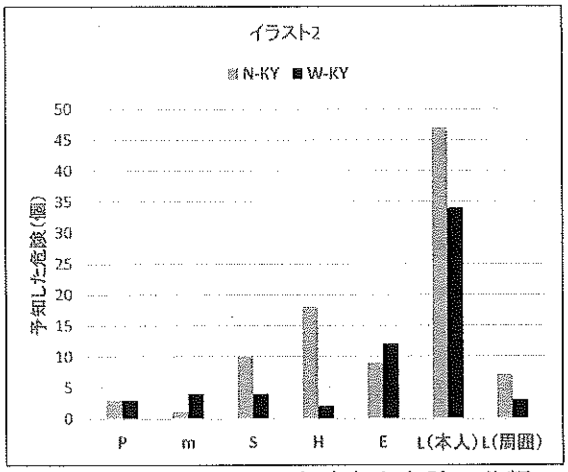


図2　イラスト2で予知された危険の分類

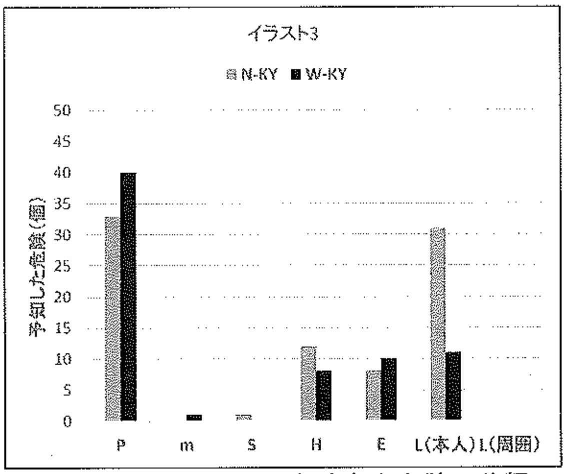


図3　イラスト3で予知された危険の分類

れているものであったことから，W-KY ではイラストに描かれていない登場人物や医療機器等を参加者に新たに想像させることは難しいが，イラストに描写された患者・医療者の属性や，機器・環境等の状態をイラストとは異なる状態に展開させ，KY させることは可能と考えられた．なお，Hardware や Software は N-KY より W-KY の方が少ないが，前者については N-KY で既に幅広く KY できたこと，後者については学生が臨床未経験のために What-If 展開しづらかったことが理由として推察される．

ここで，W-KY の効果を具体的に見るため，P-mSHEL の各要素について，学生がイラストに描かれた状況をどう What-If 展開したのかを整理した．

4.2 What-If 展開の結果

表2に学生の What-If 展開の結果を示す．

Patient，Liveware（本人）については非常に多様な状況に展開できており，What-If 展開しやすいものと考えられる．これは，学生自身に患者としての経験があったり，医療業務ではないものの Liveware（本人）と同一の状況（例：疲労，焦り，知識不足等）を経験したことがあったりするためと考えられる．Hardware，Environment も同様に，

表2　学生による What-If 展開の結果

	イラスト内の描写	What Ifによる展開結果
Patient	成人1名	乳幼児，高齢，感染症，認知症，アレルギー，急性疾患，高身長，肥満，粗暴，せっかち，入眠中，寝返りが多い，自己抜去歴有り，興奮状態，同姓同名患者の存在，患者家族(子供)の存在，宗教上の理由での施術拒否
management	特に描写なし	人員不足
Software	指示書	間違えている，手書きで読みにくい
Hardware	ストレッチャー	壊れている，(整備不良)ねじが緩んでいる，不安定
	ベッド	狭い，(ナースコール)壊れている
	点滴スタンド・チューブ	倒れる，壊れている，(チューブが)詰まる，破れている，(点滴が)複数ある
Environment	廊下	混雑している，(雨天時)濡れている，すべりやすい，狭い，(停電)暗い
	部屋(詳細な描写無し)	(夜間)暗い，段差がある，ちらかっている，患者が多数いる
	作業スペース	散らかっている
Liveware(本人)	看護師	疲労，体調不良，感染症，睡眠不足，夜勤明け，急いでいる，新人，技術不足，知識不足，老眼
Liveware(同僚)	看護師	いない，仲が悪い，むやみに話しかける

普段の学生自身の生活に置き換えて考えることができ，展開しやすかったものと推察される．

一方，Software，management では展開された状況が少なかった．これは臨床経験の無い学生は，例えばイラスト2の与薬時の指示内容や与薬作業手順など，業務に関するルール等を知らないことが原因と推察される．ここから，What-If 展開を用いた KYT であっても，イラストに描かれている業務内容について簡単な解説等を加えた上で行う必要があると考えられる．

5. まとめ

本研究では What-If 展開による KYT を基に，臨床未経験の医学生の危険予知の視野を広げる検討を行い，結果，特に Patient，Liveware（本人）に関する危険は，非常に多様な観点で予知できると考えられた．今後，臨床未経験者にはイメージしづらい Software 等に関する危険についても幅広い予見をできるよう，What-If 展開の仕方を検討することで，低学年から継続的に危険予知の習慣を身に付けさせることが期待される．

6. 文献

1) 石川雅彦，平尾智広，前沢政次：卒前医学教育における医療安全教育の現状と課題，医学教育，39(2)，p115-p119, 2008.
2) 望月隆太郎，小松原明哲: What if 展開による交通 KYT の提案，ヒューマンファクターズ，20(2)，p79-p82, 2016.
3) 安全衛生マネジメント協会：医療｜危険予知訓練(KYT)，Retrieved November 9, 2017, available from https://www.aemk.or.jp/kyt/iryo/page/5
4) 河野龍太郎: 医療リスクマネージメントセミナーテキスト，テプシス，2002.

[連絡先]　前田佳孝　e-mail：y-maeda@jichi.ac.jp

美容サービスにおけるユーザーの不満足要因の抽出と分析方法の検討

○押野沙紀*，吉武良治*，松田淳**
*芝浦工業大学大学院理工学研究科，**株式会社アトリエはるか

Measuring and analyzing user dissatisfaction in beauty services

Saki OSHINO*, Ryoji YOSHITAKE*, Atsushi MATSUDA**
* Graduate School of Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology, **atelier haruka

1. はじめに

本稿は，美容サービスにおけるユーザー体験を分析し，ユーザーが不満を抱く要因を明らかにするものである．得られた結果から，ユーザーの不満を軽減する方法と，より効果的な分析方法を検討する．最終的には，美容サービスにおけるユーザー体験の向上に貢献することが目的である．

厚生労働省の衛生行政報告例によると平成 28 年度末時点で，前年と比較して美容所数は 3061 施設増加し，従業美容師数は 4581 人増加している．美容業界における経営上の問題として，客数の減少による収益減少が第一にあげられている [1]．尹 [2]によると，美容サービス業における顧客には固定店舗の継続利用意向度が高い特性があり，継続利用意向度が高い顧客は美容室の売上に貢献する．日本政策金融公庫による調査においては，美容店を利用する際の重視点に「行きつけである・慣れている」があげられている．また，美容サービスは顧客の身体に応じてサービスの品質が異なるため，他のサービスよりも品質の不安定性が大きいことが特徴である [3]．さらに長時間顧客と接する中で顧客の主観によって評価されるため，顧客への心理的配慮を強く求められる．美容サービスにおいては，技術的な技能だけでなくコミュニケーション能力，行動，態度などの総合的なスキルが求められるのである．

これらのことから本稿では，美容室のユーザーの中で再来店する意欲を持たないユーザーに着目し，その理由となる不満足の要因の抽出を行う．不満足の要因を分析するとともに，効果的な調査方法を検討することで，今後の美容サービスにおけるユーザー体験向上にも貢献する．

2. 美容サービスについて

美容師法第二条第一項において『「美容」とは，パーマネントウェーブ，結髪，化粧等の方法により，容姿を美しくすることをいう』と定義される．日本標準産業分類においては，美容業は「主としてパーマネントウェーブ，結髪，化粧などの美容サービスを提供する事業所をいう．」と定義される．これには美容室や美容院，ビューティーサロンなどが含まれる．

本稿では，容姿を整えるサービスである「フルメイク」「眉カット」の２つを取り上げる．

本稿における「フルメイク」は，「スキンケア，ファンデーション，目元・口元などの各パーツの化粧を含む施術」を指す．本稿における「眉カット」は，「眉の形を整え，ペンシルやパウダーを使って仕上げる施術」を指す．

3. アンケート調査を用いたユーザー体験の分析

美容サービス店における現状を把握する目的で，美容サービス店 A を対象としたアンケート調査を実施した．調査対象のサービスは「フルメイク」とし，一連のサービス体験について調査した．実施日は 2017 年 7 月 3 日～9 月 1 日である．参加者は女性モニター212 名である．参加者には事前に web 上でアンケート項目を確認し，店舗でサービスを受けた後に web 上で回答してもらった．

3.1 調査項目

調査項目はユーザーの基本情報，6 つのフェーズ（1. 電話予約，2. 受付から席への案内，3. 事前カウンセリング，4. 施術，5. 仕上がり，6. 会計からお見送り）それぞれに対する質問，総合評価の合計 57 問である．

3.2 調査内容の構成

今回の調査を行うにあたり，前回実施されたアンケートとその分析結果をふまえて調査項目の構成を行った．前回のアンケートの実施日は 2016 年 7 月 25 日～8 月 23 日である．調査目的と調査方法は今回と同様であり，調査対象のサービスは今回と異なる「眉カット」である．参加者は女性モニター227 名である．調査項目は 62 問である．

前回のアンケートからの変更点は大きく分けて 3 つある．1 つ目は，質問項目の時系列での配置である．質問項目をサービス体験の流れに沿って提示することで，回答者の回顧の妨げとならないよう配慮した．2 つ目は，サービス体験のフェーズごとの点数評価項目の導入である．前回は 5 つのフェーズに対して，対応する点数評価項目は 3 つであった．今回は 6 つのフェーズに対して 6 つの点数評価項目を設けた．3 つ目は，点数評価の基準点の設定である．点数を入力する質問において，50 点を基準値とした．具体的には，「0 点（期待を大きく下回る）」「50 点（期待通り）」「100 点（期待を大きく上回る）」と，3 つの値に説明を加えることで，評価基準の統一を図った．

3.3 調査結果

本稿では，再来店する意欲を持たないユーザーの不満足要因を明らかにするために，「次回も同店を利用したいか」という内容の設問に着目した．212 名のうち「絶対利用しない」と回答した人は 9 人，「多分利用しない」は 33 人，「多分利用する」は 130 人，「絶対利用する」は 40 人であった．

3.4 「総合満足度」を目的変数とした重回帰分析

「総合的な満足度」を点数で回答する設問の結果を目的変数とし，説明変数には 6 つのフェーズ（1. 電話予約時の対応，2. 受付から席案内までの対応，3. カウンセリングの対応，4. 施術中の対応，5. 仕上がりの満足度，6. 会計からお見送りまでの対応）それぞれの点数評価結果を用いた．

調査参加者 212 名全員の調査結果に対して重回帰分析を行った結果，「5. 仕上がりの満足度」「6. 会計からお見送りまでの対応」が「総合的な満足度」に有意に影響を与えているという結果になった．「絶対利用する」と答えた 40 人についての分析結果も，「絶対利用しない」9 人と「多分利用しない」33 人の合計 42 人についての分析結果も同様であった．「絶対利用しない」9 人についての分析では観測数が少ないこともあり，有意な結果とはならなかった．技術面と接客対応面の両方が総合満足度に影響を与える結果となった．ただし、アンケートに回答する直前の出来事が印象に残り、総合満足度に影響した可能性も考えられる．

3.5 UX カーブ [4] 描画による分析

自由記述欄で述べられた内容をもとに，回答者の体験を解釈し，想定される UX カーブの描画を行った．想定する UX カーブを記入した後に，点数評価の値を重ねてプロットしたところ，評価点，傾きともに完全に一致するとは言えない結果であった．描画結果の一例を以下の図 1 に示す．

図 1　想定する UX カーブの描画結果

3.6 テキストマイニングを用いた分析

自由記述欄で述べられた内容をもとに，テキストマイニングソフト（KH Coder）を用いて分析を行った．「次回も同店を利用したいか」の設問について「絶対利用しない」「多分利用する」「絶対利用する」と回答した人の特徴語を対応分析により算出した．今回の分析においては「多分利用する」を選択した人は明確な不満足を抱いていないと考え，分析対象から除外した．分析結果を表 1 に示す．数値は「特徴的」の程度を示す Jaccard 係数である．「絶対利用しない」の特徴語のひとつの「のに」という予想に反する結果を述べる言葉が見られた．「絶対利用しない」と回答した人の記述内容には，「早く来たのに 10 分も待たされた」「店内は照明で明るいのに雰囲気はとても暗い」「目の下がグレーっぽくなっていたのに進められた」などのコメントが見られた．「絶対利用する」と回答した人の記述中では「肌が素肌のようなのに，しっかりカバー」というポジティブな内容も見られた．

表 1　再来店の意欲別の特徴語

絶対利用しない		絶対利用する		多分利用しない	
思う	.105	メイク	.200	メイク	.185
言う	.084	良い	.105	思う	.148
のに	.080	案内	.101	案内	.100
残念	.072	確認	.074	聞く	.077
会話	.064	満足	.072	スタッフ	.075
感じ	.062	笑顔	.068	感じ	.070
挨拶	.058	対応	.064	アドバイス	.062
もう少し	.057	丁寧	.064	席	.061
全く	.056	仕上がり	.062	もう少し	.060
感じる	.055	施術	.062	自分	.059

4. まとめ

本稿では，美容サービスのユーザー体験を定量，定性の両面から分析した．その結果，美容サービスにおいて，美容師の技術に対する不満と，接客対応に対する不満があげられることが確認できた．これは美容サービスにおいて，技術的な技能だけでなくコミュニケーション能力などの総合的なスキルが求められるという尹 [3] の指摘に対応する結果といえる．本稿ではアンケートの調査結果をもとに，複数の方法で分析を行った．アンケート作成時に配慮すべき点や，分析時にポイントとなる言葉については今後さらに検討する必要がある．

5. 文献

1) 厚生科学審議会生活衛生適正化分科会：美容業の実態と経営改善の方策，平成 22 年度生活衛生関係営業実態調査, 2013.

2)尹五仙：美容サービス業におけるサービス品質向上の課題－サービス・プロフィット・チェーンの視点から－，社会システム研究, (23), 95-117, 2011.

3)尹五仙：美容サービス業の事業所におけるマネジメント・システム導入に向けた検討—サービス・マネジメント論の視点から—，立命館経営学, 5, 51-72, 2011.

4) Kujala S, et al. : UX Curve: A method for evaluating long-term user experience , Interacting with Computers,23(5), 473-483, 2011.

[連絡先]
おしの　さき
e-mail：md16020@shibaura-it.ac.jp

ピクトグラムを用いた医薬品添付文書の理解度向上に関する研究

○八並真麻*，鎌戸敦子**，丸山順也**，望月真弓**，土屋文人***，三林洋介*
*東京都立産業技術高専，**慶應義塾大学薬学部，***国際医療福祉大学

A Study in improvement of understanding level of medical package insert using pictogram

Maasa Yatsunami*, Atsuko Kamado**, Junya Maruyama**, Mayumi Mochizuki**, Fumito Tsuchiya***, Yousuke Sanbayashi*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, ** Keio University
***International University of Health and Welfare

1. はじめに

2009年の薬事法改正によりOTC医薬品が普及し、セルフメディケーションの考え方が浸透している。それに伴い使用者自身で医薬品の使用法等を適正に判断する必要がある。医薬品情報を取得する手段として添付文書が利用されているが情報量が多く必要な情報を探すのに手間がかかり、見つけることができない場合もある。そこで添付文書に簡易的なピクトグラム（図1）を用いることで理解度および読解効率向上が期待できるのではないかと考えた。そこで本研究は、医薬品の記述文書にピクトグラムを併記させることによる読解容易性および理解度について読解時の視線計測と脳機能計測を通して探求した。具体的には視線計測装置を用いて文書のみ添付文書と文書にピクトグラムを加えた添付文書の読解認知特性の計測実験を行った。また、文字情報を取得する場合と同様情報をピクトグラムを通して取得する場合で脳の活動性に差があるのかどうか脳機能計測実験を行った。

2. 脳機能測定原理について

生体内のヘモグロビンが酸素との結合状態によって変化する近赤外光から赤光近辺での吸光特性を利用して、生体内のそれほど深くない部分における各部の血液量変化を計測する。具体的には脳を流れている血液の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの変化量を計測することができる。酸素化ヘモグロビンが増加し、脱酸素化ヘモグロビンが減少していると脳に負荷がかかっているとされている。

3. 実験方法

3.1 第1実験

添付文書にピクトグラムを併用したもの（図2）と文書のみの添付文書を用意して読み方や理解力に変化があるのかどうか実験を行った。被験者にはどちらかの文書（ピクトグラム併用、文書のみ）をディスプレイに30秒間提示させて読んでもらうよう指示した。提示後に情報に関する理解度を尋ねる設問を口頭で行った。その後、間違えてしまった問題があった場合や気になる点についてヒアリング調査を行った。

図1　実験に使用したピクトグラム

3.2 第2実験

ピクトグラムに模した図を見て内容理解しているときと同様の情報を文書で記してそれを読んで内容理解しているときの両者の脳活動に変化が現れるのかを脳機能計測を行って検証する実験を行った。測定はスペクトラテック社製のOEG16を用いた。

被験者にピクトグラムまたは文字情報のいずれかをディスプレイで30秒間提示し、その後内容理解度を確認するための設問に回答してもらった。

第1実験、第2実験は続けて実験を行い、実験中は常にアイトラッカーで視線計測を行った。また、実験の前後には日本産業衛生学会産業疲労研究会の「自覚症状しらべ」を用いて主観的心身状況について測定した。

3.3 第3実験

実在する医薬品の添付文書と、文書構成に変化を与えて修正した添付文書、文書中に同じ意味を有するピクトグラムを入れた添付文書の3パターンに分けてインタビュー調査及びアンケート調査を行った。被験者に添付文書を一読してもらった後、内容に関する質問を行い、もう1度添付文書を提示し質問の答えがどこに記載されているかを探してもらった。また、実験中にはアイトラッカーを用いて視線計測を行った。全ての質問が終了した後、間違えてしまった設問や回答に時間がかかってしまった問題等についてインタビュー調査も行った。

被験者は第1実験、第2実験ともに心身健康な医薬品に関する専門知識を有さない高専学生10名とした。提示情報が異なる第1実験ではピクトグラム、文書のいずれか1つを読み込んでもらった。また、第2実験における脳機能計測は被験者10名中4名に実施した。

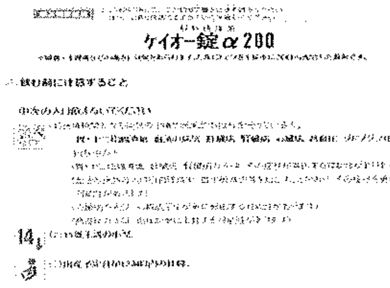


図 2　実験に使用した添付文書（ピクトグラム有）

4. 結果と考察

アイトラッカーより得られた結果をヒートマップにて示す。ヒートマップとは視線計測結果の表示方法の 1 つである。文章のみの添付文書の読解を図 3 にピクトグラムを左端に付記させた添付文書読解を図 4 に各々5 名の被験者の視線データを重ね合わせた。

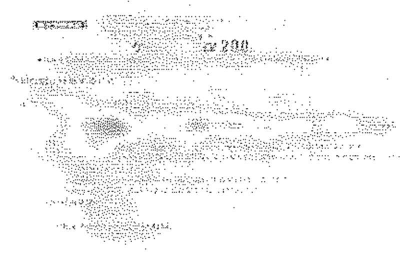


図3　ヒートマップ（ピクトグラム無）

図4　ヒートマップ（ピクトグラム有）

図 3 と図 4 より、ピクトグラムの有無により添付文書の読み方に違いがあることがわかる。文字情報の読解は文書末尾まで視線が分布しているのに対してピクトグラムを配置すると文字情報の末尾まで視線が分布されない傾向が見られる。読解直後に行った理解度の設問には被験者全員が全問正解という結果になったことから文書冒頭に付記されたピクトグラムで記述内容の検討立てが行われて読解効率が向上していると考察できる。また、ヒアリング調査結果から注視点がピクトグラムに向けていない被験者もピクトグラムの認識をしていなかった者はいなかったことからピクトグラムは周辺視でも認識することがあると考える。

添付文書の読解時間の平均の差を図 5 に示した。ピクトグラムが無い文書読解は 22.3[秒]、ピクトグラム有りの文書は 22.0[秒]であった。読解時間に顕著な差が認められないもののピクトグラム有の添付文書は読解時間の分散値が大きくこのことは先の結果と整合する。

さらにはヒアリング調査の結果よりピクトグラムがあることでそのあとに続いている文章の内容の予想ができ、内容理解に役立ったという意見が得られた。一方、ピクトグラムが読者によって間違えて解釈されたケースが本実験で認められた。ピクトグラムはすべての読者に共通解釈されることも大切である。

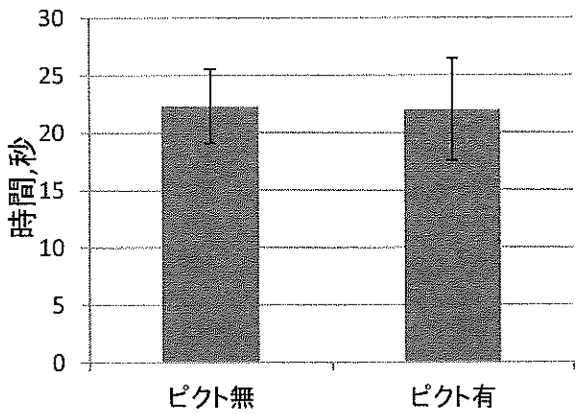


図 5　読解時間

ピクトグラムを見ている時と文字情報を見ている時の酸素化ヘモグロビンの変化量について比較を行った結果、ピクトグラムを見ている時の方が酸素化ヘモグロビンが多く、何らかの思考判断を伴う結果が得られた。提示されたピクトグラムが標準化されたものではなく推定思考が加わったことによるものと考えられる。

5. まとめ

1)医薬品添付文書においてピクトグラムの有無により与えられる影響について明らかにした。
2)添付文書の研究において脳機能計測が有効的な計測手法であるか検討を行った。

参考文献

1) 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)
2) 倉田佳奈、高橋由佳、山下純、一般医薬品添付文書の理解度向上に有効なピクトグラムの開発方法、医薬品情報学 vol.18,No.4,(2017)

[連絡先]
八並　真麻
東京都立産業技術高専三林研究室
Email:m13352@g.metro-cit.ac.jp

A1-4

エレベータ開閉ボタンの開・閉は目で見分ける

○糸井川高穂[1]，村田智明[2]，矢口博之[3]，橋本真実[4]，月守大二郎[4]，山田昭徳[4]，古賀誉章[1]
1 宇都宮大学地域デザイン科学部，2 京都造形芸術大学，
3 東京電機大学理工学部，4 宇都宮大学大学院工学研究科

Let's distinguish DO/DC with EYE

Takaho ITOIGAWA[1], Chiaki MURATA[2], Hiroyuki YAGUCHI[3], Mami TSUKIMORI[4],
Akinori YAMADA[4], Takaaki KOGA[1]
1Utsunomiya Univ. Faculty of Regional Design, 2Kyoto Univ. of Art & Design,
3Tokyo Denki Univ. School of Engineering, 4Utsunomiya Univ. Graduate school of Engineering

1. はじめに

1.1 エレベータ開閉ボタンの現状

閉まりかかったエレベータの扉に人が挟まれそうになっている場合、早急にエレベータの扉を開く「開ボタン」を押し、扉を開く必要がある。その時に誤って「閉ボタン」を押すと、人が扉に挟まれてしまう危険性がある。このような課題に対して、開閉でサイズを変える、開ボタンを点灯させるなどの対策が取られ始めている。

1.2 エレベータ開閉ボタンに関する課題と既往研究

エレベータの開閉ボタンのイラストの例は、ISO4190-5[1)] の Annex C に記載されている。その一方で、現在使われているイラストでは開閉の判別が難しいことは、過去に指摘されている。

Mayer ら[2)] や高橋らは[3)]、課題への取り組みにより、開閉の判別に長時間かかることを明らかにした。しかし、Mayer らおよび高橋らは、判別の容易性を高める開閉ボタンについては示していない。

1.3 本報の目的

本研究では、判別の容易性を高めたエレベータの開閉ボタンのデザインを提案し、効果を検証することを目的とする。本研究では、開閉ボタンのデザインを、開閉ボタンのデザインに不可欠な因子であるイラストと、付加的な因子である色、サイズ、振り仮名の有無と位置の因子に分割し、判別の容易性への効果の大きさを因子毎に示す。

1.4 開閉ボタンのデザインの因子と水準

本研究では、開閉ボタンのデザインの因子として、イラストなどの 5 因子を設定した。本研究で用いる因子および水準を表 1 にまとめる。また、イラストを表 2 に示す。表 2 のうち「口」のイラストは、多摩美術大学の講義で学生が考案したイラストに基づいている[4)]。イラストの「目口」は、「口」を変更したものである。「押す引く」と「横上」は人の動作に基づいて開閉を表している。

2. 開ボタン選択容易性の定量化の方法

本研究では、実験前主観評価、視線および行動に基づく客観評価、実験後主観評価の 3 段階で構成された実験に、18 名の被験者が参加した。実験では、開閉ボタンと暗算課題を交互に表示した。暗算課題は、Turner ら[5)] のアルゴリズムのレベル 3 に基づく 3 から 7 題の 2 桁足す 2 桁（例：26+34=）とし、乱数表に基づき出題数を設定した。

判別の容易性は、開閉の判別の正答率、開閉ボタンが表示されてからボタンに触れるまでの時間、開閉ボタンがモニタに表示されてからボタンに触れるまでに開ボタンを注視している時間の割合をアイマークレコーダで記録し、評価した。

3. 結果と考察

3.1 各因子・水準の正答率、開ボタンに触れるまでの時間、開ボタンを注視している時間の割合

図 1 ～ 3 に、各因子・水準が開ボタンの判断の容易性に及ぼす影響の大きさを示す。

図 1 ～ 3 より、広く使用されている三角のイラストは開ボタンの判別において、検討した範囲内で最も低い評価となった。Moss ら[6)] や Perlman ら[7)] が注意を引く対象として挙げている顔や目、口を用いて開閉を表したイラストは、開ボタンの選択を容易にしていることが分かった。「押す引く」と「横上」は、開閉の間で視線が行き来し、迷いやすいことが示された。図 1 ～ 3 に基づく、最も高い評価を得られる組み合わせを図 4 に示す。

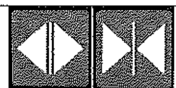
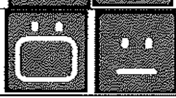
3.2 体験前後での主観評価の差

図 5 に、実験前後での、各因子・水準の判別のしやすさへの評価を示す。開閉ボタンのサイズに

表 1　因子・水準の内容

因子	内容	水準数
イラスト	表 1 のイラスト・テーマ	6
色	灰・灰、灰・緑、灰・橙	3
サイズ	1:1、1/1.25、1:1.5	3
振り仮名	無し、上、下	3

表 2　イラストとテーマ（左が開ボタン）

テーマ	イラスト	テーマ	イラスト
三角		押す引く	
漢字		目口	
口		横上	

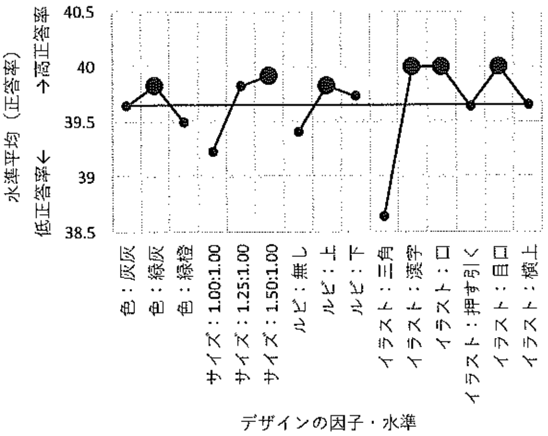


図１　各因子・水準の正答率の高さへの効果

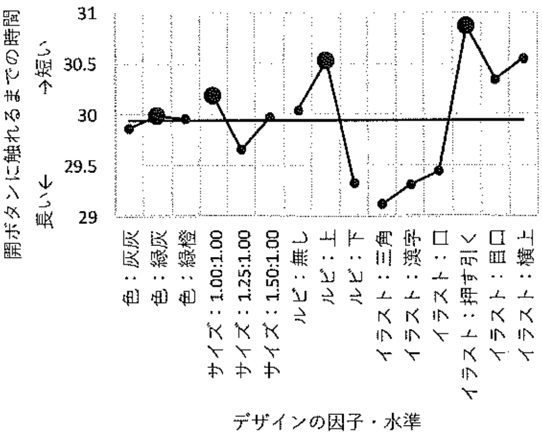


図２　各因子・水準の開ボタンに触れるまでの時間の短さへの効果

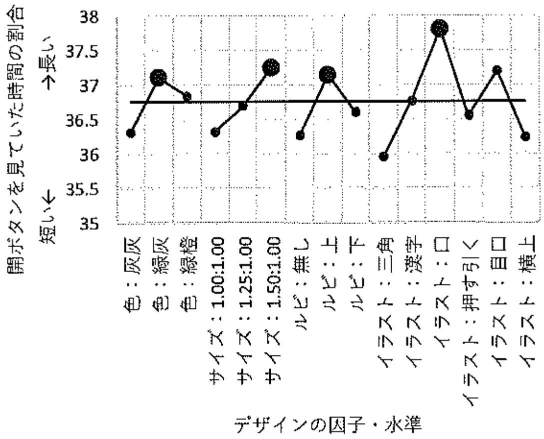


図３　各因子・水準の開ボタン注視時間割合の高さへの効果

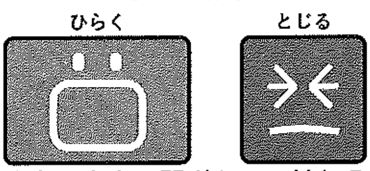


図４　正答率の高さ、開ボタンに触れるまでの時間の短さ、開ボタン注視時間の長さに基づく最適開閉ボタン（色：緑灰、サイズ：1.5:1.0、ルビ：上、イラスト：目口）

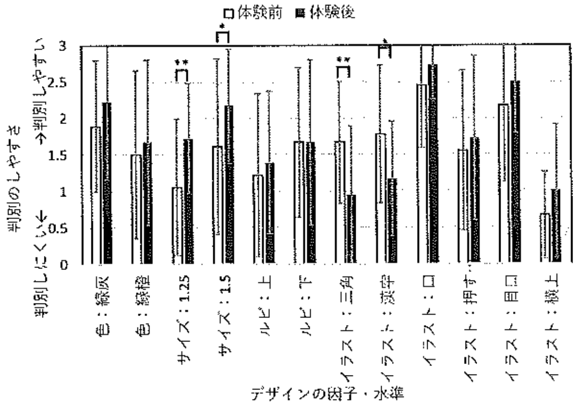


図５　各因子・水準の開閉の判別のしやすさ評価の実験前後での変化（**:p<0.01、*:p<0.05）

ついては、被験者が実際に開閉ボタンの判断を体験する前には評価が低く、体験後に評価が有意に高くなった。他方、広く適用されている「三角」および「漢字」のイラストは体験後には評価を下げた。体験の前後に関わらず、「口」「目口」の評価は高かった。

4. まとめ

本研究により、以下の知見を得た。

1) 広く使用されている「三角」のイラストは、今回用いたイラストの中で最も判別が難しいイラストであった。
2) 顔や目・口を用いて開閉を表したイラストは、高い正答率を得られ、迷うことなく開ボタンを選択できるイラストであった。

5. 参考文献

1) ISO 4190-5:2006 Lift (Elevator) installation -- Part 5: Control devices, signals and additional fittings, Geneva, 2006
2) Meyer C, Gauchard CG, Deviterne D, P Perrin PP: Cognitive task fulfilment may decrease gaze control performances. Physiology & Behavior, 92, 861-866, 2007
3) 高橋知世, 大塚幸生, 服部陽介, 北神慎司: エレベータ開閉ボタンの押し間違いに関わる認知要因の検討, 日本認知心理学会発表論文集, 34, 25-28, 2011
4) 村田智明：問題解決に効く「行為のデザイン」思考法, CCCメディアハウス, 2015.
5) Turner JR, Hewitt JK, Morgan RK, Sims J, Carroll D, Kelly KA: Graded mental arithmetic as an active psychological challenge, International Journal of Psychophysiology, Vol 3(4), 307-309, 1986
6) Moss FJM, Baddeley R, Canagarajah N: Eye Movements to Natural Images as a Function of Sex and Personality, PLoS ONE 7(11), e47870, 2012
7) Perlman BS, Morris PJ, Vander Wyk CB, Green RS, Doyle LJ, Pelphrey AK: Individual Differences in Personality Predict How People Look at Faces. PLoS ONE 4(6): e5952., 2009

[連絡先]
糸井川　高穂
e-mail：itoigawa@cc.utsunomiya-u.ac.jp

A4-1

MRI 検査時における圧着した骨伝導マイクロホン音声の正答率計測

○稲垣未知*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

Measuring Percentage of Correct Answers of Voice by Pressed Bone Conduction Microphone in MRI Examination

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

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，駆動音の音圧レベルは 100 dB 以上を示す場合がある [1]．検査中の被験者の緊急事態を医師に伝える方法として，気導音を検知するマイクロホンは駆動音の混入によって被験者の声はかき消され，医師へ伝わらない．緊急を知らせるブザーを押す方法があるが，手が不自由な被験者は使用できない．MRI 検査中の被験者の緊急を医師へ知らせる方法として我々は骨伝導マイクロホンを用いた通話装置の提案を行った [2]．骨導音を検出する骨伝導マイクロホンは、空気伝搬の騒音に耐性があり，騒音下で通話が可能である [3]．しかし，MRI 検査中において，体調不良の被験者は大きな声を出せないことに加え，MRI 駆動音の振動が骨伝導マイクロホンへ混入することで，被験者の骨導音と MRI 駆動音の SN 比が悪化する．我々は騒音下で被験者と医師が会話できる骨伝導通話品質を目指している．そこで，駆動音の振動の混入を小さくするため，骨伝導マイクロホンの遮蔽を提案し，疑似生体を用いた駆動音と骨導音の振動測定から遮蔽効果が確認できた [4]．

骨伝導マイクロホンの実装に向け，装着方法による人体と骨伝導マイクロホンの圧着力が通話品質に影響する．圧着の検討のため，MRI 騒音下で圧着力の変化による骨導音声の聴取実験を行い，正答率を計測した．400 g の加重を用いたとき，正答率は 80 %程度になった [5]．骨伝導マイクロホンの圧着を再現するためにおもりを用いて加重を与えた．

本報告は骨伝導マイクロホンへ適度な加重を与えたとき，骨導音と MRI 駆動音の SN 比の変化による骨導音声の単語正答率を計測する．

2. 骨導音の測定と聴取実験

2.1 骨導音と MRI 駆動音の計測方法

骨伝導マイクロホンを遮蔽し，加重を与えた時の骨導音の録音環境を図 1 に示す．骨導音を再現するために，疑似生体のセラミック下に加振器を設置し単語を再生した．シリコンゴム上の振動加速度ピックアップ(RION PV-85) を用いて加振器から伝播した振動を録音した(48 kHz, 16 bit サンプリング)．加重の変化による正答率の結果を図 1 に示す．加重の変化による骨導単語の正答率の結果から，最も正答率の高かった 400 g の加重を振動加速度ピックアップへ与えた．また，EPI (MRI 駆動音) を擬似生態の上方からラウドスピーカで再生し，擬似生態上で発生する振動を振動加速度ピックアップ(RION PV-85)で計測した．MRI 駆動音の録音環境を図 3 に示す．

本実験で骨部をセラミック (厚さ 10 mm)，筋肉部をシリコンゴム (共和工業，厚さ 6 mm，硬度 20 °) で模して重ねた 30 mm×30 mm の平板の擬似生態を使用した．この疑似生体の振動伝搬特性は生体材料と比較した結果，同様の特性がみられたため，測定に使用できると判断した [6]．

2.2 骨導音声の聴取実験方法と条件

2.1 で録音した骨導音と EPI の振動を同時に両耳ヘッドホンで再生し，聴取者 (20 代学生 10 人) に骨導音の単語の聴取実験を行った．本実験は骨導音として NTT-AT FW03 に収録されている親密度の最も高い単語の女性音声を用いた．

骨導音と EPI の SN 比を−16, −12, −8, 0, 8 dB に設定した．音源は各被験者の聞き取りやすい音量にした．各 SN 比で 2 人ずつ単語の聴取実験を行い正答率の測定を行った．

3. 正答率の結果

各 SN 比の骨導音声の単語正答率を図 4 に示す．SN 比の向上に伴い，単語正答率の改善が確認できた。また，不正解であった単語の回答は母音のみ正解している場合が多数であった．SN 比が 0, 8 dB のとき，骨導音声ははっきりと聞こえる状態であり，正答率の差はほとんどなく，聴取者の語彙力の差が関係していると考える．骨伝導マイクロホンを遮蔽効果が−8 dB 以上のとき，400 g ほどの加重を与えることで MRI 被験者の音声を医師へ伝達することができると考えられる．

しかし，医師が検査時にいるコンソールは，壁を通過して 65 dB の MRI 駆動音が聞こえている環境である [7]．骨伝導マイクロホンで検知した MRI 駆動音のほかに壁を通過した駆動音を含めた SN 比を−8 dB 以上に改善する必要があるため，更なる SN 比の向上が必要である．

4. むすび

本報告で骨伝導マイクロホンへ適度な加重を与え，遮蔽したとき，骨導音と MRI 駆動音の SN 比の変化による骨導音声の単語正答率を計測した．その結果，医師が被験者の発した単語を聞き取り可能な SN 比の下限値を得た．しかし，骨伝導マイクロホンへ混入する MRI 駆動音以外に検査室の壁を通過する MRI 駆動音の影響を視野に入れると，さらなる SN 比の向上が必要である．今後の課題は骨伝導通信を用いて医師と被験者の会話を実現させるために SN 比を向上させることである．

5. 文献

1) 武藤他：MRI 駆動時における音圧レベルの測定，日本騒音制御工学会秋季研究発表会，pp. 129-132, 2006.
2) 汲田，武藤他：MRI 検査時の骨伝道素子による音声通信システム，日本音響学会秋季研究発表会， p399-p400, 2006.
3) 山本，萩野：骨伝導マイク式非常電話機，OKI テクニカルレビュー，第 22 号 Vol.79 No.2, 2012.
4) Inagaki, et al., : A Study on Improvement Level of Speech Quality with Covering Bone Conduction Microphone for MRI Examination, internoise2017, pp 6977–6982, 2017.
5) 稲垣他：MRI 検査時の骨伝導通話における骨伝導マイクロホン加重の検討， 騒音制御工学会，1-3-05, 2017.
6) 徳永他：骨導音に対する生体材料を用いた振動伝搬特性の計測， 人間工学会第 21 回卒研発表会， p p106-107, 2015.
7) 江口他：MRI コンソールにおける騒音計測，日本磁気共鳴医学会大会，p.183， 2006.

［連絡先］
稲垣　未知
email:ma17014@shibaura-it.ac.jp

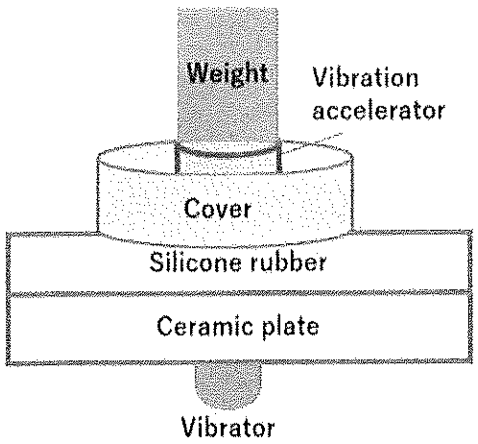


図 1 加重を加えたときの骨導音の録音環境

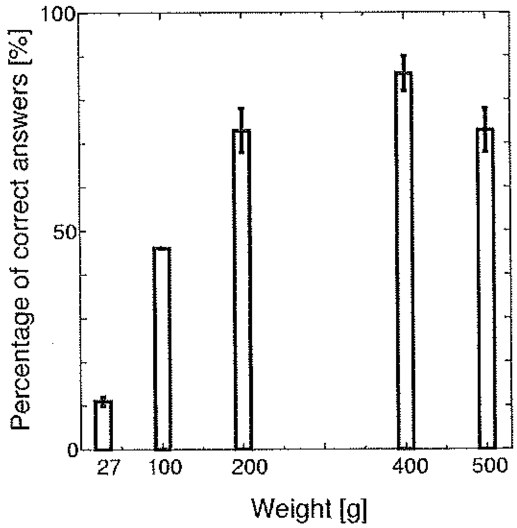


図 2 加重の変化における骨導音声の単語正答率の平均値と 95%信頼区間

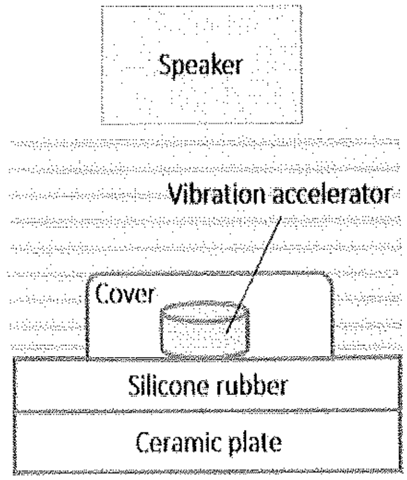


図 3　MRI 駆動音の録音環境

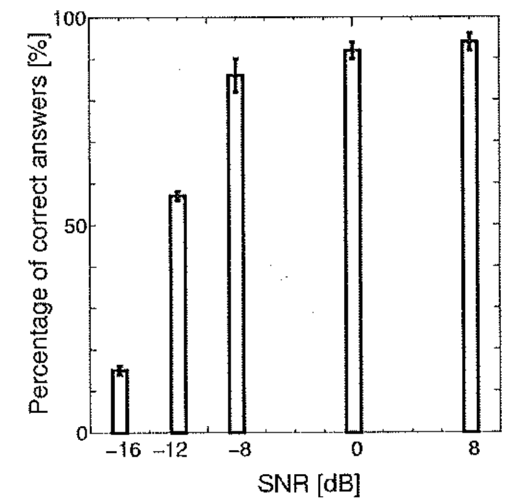


図 4　各 SN 比における骨導音声の単語正答率の平均値と 95%信頼区間

A4-2

人型のパネルに人物像を投影するビデオコミュニケーションシステムの効果に関する検討

○鶴岡亮太*，小松原明哲**
*早稲田大学創造理工学研究科，**早稲田大学理工学術院

Examination of the effect of a system that projecting a person's image on a human shaped panel

Ryota TSURUOKA*, Akinori KOMATSUBARA**
*Waseda University, **Waseda University

1. 研究背景

ビデオ通信システムが普及し，時間節約，経費節約などが期待されることから教育やビジネス会議など様々な場面で利用されている．相手とのコミュニケーションを図りやすくすることを目的に，会話相手が映る映像について，画面サイズや視距離といった視聴環境，画質等の検討がなされてきた[1]が，会話相手と直接会って話している時と同じような感覚が得られず違和感があり，コミュニケーションがとりにくいとの意見は根強い．これはテレビ画面に相手が提示されるだけでは，自分と相手とが同じ空間に存在している感覚が得られないためであると考えられる．

そこで，本研究では空間を共有するような会話相手の映像の提示方法として，人型のパネルに会話相手を投影するシステムを提案し，その効果について考察し，利用可能性について提案を行う．

2. 研究状況[2]

鶴岡ら(2017)は会話相手の人物像のみを当地に投影することで，当地の背景の中に会話相手がいるように感じられるとの仮説を立てた．この仮説のもと，「人型のパネルをスクリーンとし人物映像を投影する」方法を考えた(図1)．

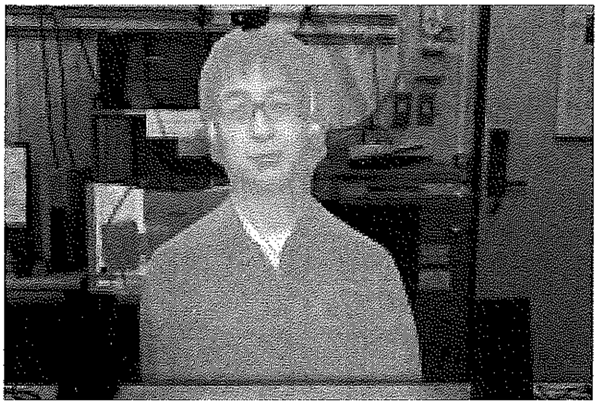


図1　人型パネル

さらに，会話において話を聞く側の映像が映される場合の機能要件の抽出と，人型パネルの評価を行った．実験では人型パネルに映った聞き手役に対して，大学生の被験者に7分程度の研究発表をしてもらい，その際の注視点分析，質問紙調査およびヒアリング調査を行った．その結果，等身大の姿が人型で存在することで，相手の存在感が向上することや，表情を見やすくなるなど状態把握のやりやすさの向上につながるのではないかと考えられた．

3. 研究方法

本研究では以下の2つの実験を行う．

-実験1:話し手をパネルに映した実験

2項の実験における話し手と聞き手の立場を入れ替え，人型パネルに映された人物が話し手となり，聞き手がパネルに映る人物の話を聞き評価を行う．

-実験2：旅行代理店受付を模した実験

実用場面として旅行代理店の受付を再現し，提案システムの有用性を検証するとともに，会話相手に対する印象を検討する．

4. 実験1:話し手をパネルに映した実験

4.1 実験内容

鶴岡ら(2017)とは逆に，人型パネルに映された人物が話し手となり，聞き手がパネルに移る人物の話を聞く状況とした．パネルに映した大学生を話し手とし7分程度の研究発表をさせ，その話を初めて聞く大学生2名を被験者とした．聞き手は発表者が用意した資料が映るディスプレイと人型パネルに映った相手の姿を見ながら聞く環境にある．聞き手にはアイカメラ(ナック社 EMR9)を装着し発表中の注視点データを取った．発表後，相手と空間を共有していると感じられるか，相手の存在感を感じるか，などについて質問紙調査を行い，その評価理由などのヒアリングも行った．

図2　注視点映像

4.2 結果

どちらの被験者も相手と空間を共有する感覚や，相手の存在感を強く感じると評価した．また，注視点映像を分析すると，発表中に相手の姿を見る回数は被験者 a が 11 回，被験者 b が 14 回であった．そこで被験者とともに映像を見て，相手の姿を見る理由を分析すると以下の 5 点に分類できた．

・発表前に相手が誰かを確認
・発表者の喋りに変化があるときに表情の確認
・発表者の表情に変化があるときに確認
・難しい単語等意味がわからない際に表情を見る
・発表者から問いかけ的発言があったとき答える

4.3 考察

相手を見る理由から話し手の映像の機能要件として以下の 4 点が考えられる

1. 相手の姿(会話対象者)を確認できる
2. 相手の表情などの状態の確認ができる
3. 聞き手にとって見るべき対象物となる
4. 相手の発言対象が自分であることが確認できる

この内，1～3 に関しては鶴岡ら(2017)と共通する項目である．4 に関しては本システムを利用することで発言対象がわかりやすくなることが新たな利点として挙げられるが，話し手の視線の向きと実際の聞き手の位置を調整する必要があると思われる．

5. 実験 2：旅行代理店受付を模した実験

5.1 実験内容

被験者は旅行代理店の窓口に，宿泊地予約の相談に来たという設定で担当店員役と会話を行う．会話は異なる目的地設定で 3 度行うが，まず評価の基準とするために相手と対面して会話し，その後①人型パネル②テレビ画面(32 インチ)で相手を提示する条件で評価する．被験者は大学生 7 名とした．3 条件での会話後，人型パネルとテレビ画面の条件について，7 つの項目(表 1)を 5 件法で評価をしてもらい，その評価理由などについてヒアリングを行った．

5.2 結果及び考察

人型パネル条件とテレビ画面条件における各質問の平均評点を図 3 に示す．相手に対する同室感や存在感は，人型パネルを用いたほうが強く感じられた．信頼感や説得力，聞く意欲についてはパネルを用いることで同じ机を挟んで会話するようだと評価する被験者が複数いた．逆に話しかけやすさについてはパネルのほうが，相手がいることを強く意識してしまい緊張するなどの理由から評価がやや下がった．実際にそれぞれのシステムを利用したいかという評価に関しては，わずかにパネルの方が高い評点となったが，大きな差は見られなかった．

人型パネルを用いることで相手の存在を強く感じることが確認できた．また，それを理由に被験者によって受ける印象として以下の 3 点が示唆された．

・相手が同じ空間にいると思うことで安心感，信頼感が強くなる
・相手から実際に見られているように感じることで話を聞こうという意識を持つ
・相手の存在が強まることで緊張感が増し，話しかけにくいと感じる

表 1　質問紙項目

①	相手と同じ部屋にいる感覚があるか
②	相手の存在感を感じるか
③	相手に対して信頼感を感じるか
④	相手の話に説得力があると感じるか
⑤	相手の話を聞こうという意欲がわくか
⑥	相手に話しかけやすいと感じるか
⑦	このシステムを実際に利用したいと思うか

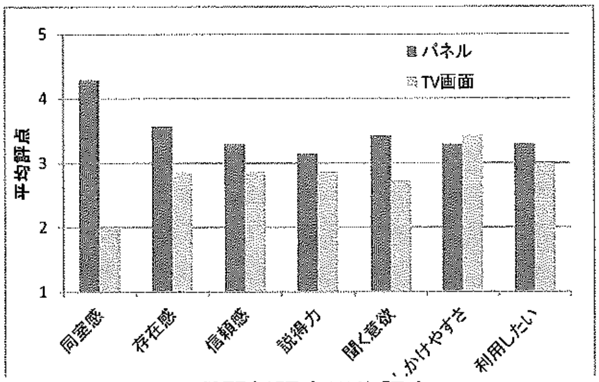


図 3　質問紙調査平均評点

6. 結論

6.1 人型パネルを用いたシステムの特徴

実験より，人型パネルを用いたシステムの特徴として以下の 3 点があると考えられた．

① パネルに映る人物の表情等が確認しやすい
② 発言者の発言対象が分かりやすい
③ 相手と空間を共有しているような感覚がある

また，相手を同じ空間に感じることで相手への印象にも影響があることが分かった．このような特徴に適した場面での利用することで有効に活用できると考えられる．

7. 文献

1) 橋本雅行，譚玉昆，森本一成，黒川隆夫："ビデオ・コミュニケーションにおける画像表示条件と距離間の関係"，電子情報通信学会技術研究報告 Vol.94 No.89 pp39-44,1994

2) 鶴岡亮太，深澤伸一，赤津裕子，小松原明哲："人型パネルに相手の姿を投影したビデオコミュニケーションシステムの効果の検討" 人間工学 Vol. 53 No. Supplement1 p. S170-S171，2017

[連絡先]
鶴岡　亮太
email:chelo.acm22@ruri.waseda.jp

A4-3

動画像による騒音の印象評価における騒音源注視距離の計測

○甲斐幹康*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

Measurement of the gaze distance from noise source in impression evaluation of noise using animation

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

1. はじめに

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

視覚と聴覚の相互関係に関する工学研究は数多く存在しているが，提示刺激に環境音や背景画像が使用されているものが多く[2]，提示する騒音刺激に動きを考慮している研究は少ない．我々はこれまで，移動する 1 つの騒音源として自動車や小型船舶の映像と航行音を提示刺激として主観評価実験を行ってきた[3]．その結果，視覚情報による主観評価の影響が大きいことが確認された．さらに，騒音源をイメージできる情報を視覚刺激として付加することが，音に対する不快感やうるささといった騒音評価が低減することを確認した[4]．しかし，騒音に対して付与する視覚刺激に対して，どの程度付与することが騒音評価の低減につながるかという刺激の提示量についての検討はまだされていない．そこで我々は，提示量についての検討を行う前段階として，騒音源映像提示時における騒音源に対する注視状態及び注視時間について検討した[5]．その結果，騒音源注視時間が騒音源に対する検出時間との相関性が示唆された．しかし，騒音源と注視点と距離情報がなかったため，追従している様子が曖昧であったことが課題であった．

本研究の目的は映像と音に関する主観評価に影響する要因の検討を行うことである[4]．本報告では，騒音源映像提示時における騒音源の注視状態を確認するために，視線計測を行い騒音源及び騒音源に対する注視点の距離の計測を報告する．

2. 騒音源と注視点の距離を考慮した騒音源映像提示による注視状態計測実験

これまでの分析[5]では，視点座標が船舶座標と一致した場合に“見ている”しない場合に“見ていない”という分析を行っていたが，ここでは“見ていない”状態における注視点座標から船舶までの距離情報を分析する．

騒音源映像提示時における騒音源に対する注視状態の確認をするために，船舶の航行音及び映像を用いた騒音に対する評価実験及び視線計測器を用いた騒音源に対する注視時間(Observing time)及び注視点と騒音源との距離の計測を行った．また，船舶が画面上に現れてから船舶に対する騒音源の注視時間(Observing time)と，船舶の検知に関するアンケート評価実験を行う．さらに視線計測により得られた船舶と注視点の座標から，距離を分析する．

始めに，被験者に対し船舶の航行音及び航行映像の提示を行い，視聴後に騒音源への注視に関するアンケート評価を行った．表 1 に提示刺激の詳細を示す．図 1 にアンケート内容を示す．回答方法は無段階評定尺度法を使用し，0 から 100 の数字で評価した．

図 2 に実験の構成図を示す．視覚刺激の提示は 24 インチの PC モニタ(iiyama XB2485WSU)に 4 インチサイズの船舶の航行映像を表示した．音刺激の提示はヘッドホン(SENNHEISER 280PRO)を通して被験者にモノラル再生で行った．提示する船舶の種類はランダムとした．刺激提示前には乗り物の走行音及び映像を見てくださいとだけ教示し，音や映像の内容に関しての教示をせずに実験を始めた．本実験の被験者は健康な 20 代の男女 15 名である．

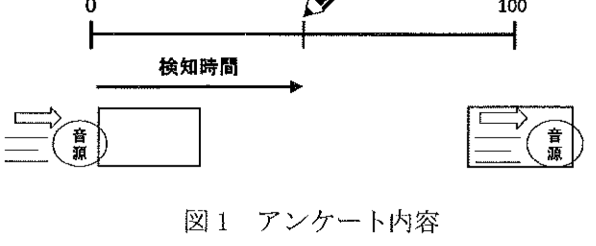


図 1　アンケート内容

表 1　提示刺激の詳細

Boat	Length [m]	L_{Amax} [dB]	Passing Time [s]
Cruiser	7	71	3.018
Houseboat	25	69	2.222
Tugboat	9	69	5.730

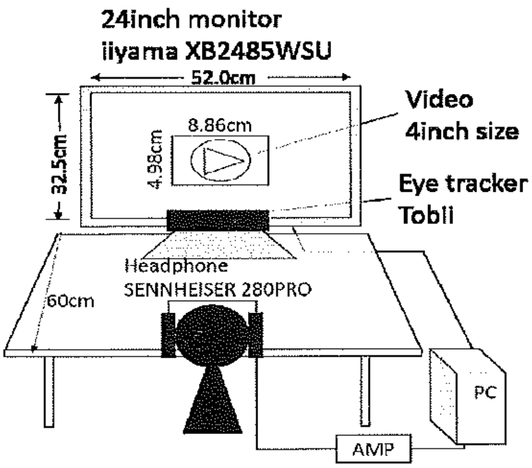


図 2　実験構成図

3. 実験結果

視線計測器を用いた騒音源に対する注視時間の計測及び注視点から騒音源までの距離を算出した結果を表 2 に示す．また，計測の時間推移を図 3 に示す．これらより，いずれの船舶において，ピークを除き，0 cm付近で距離が推移しているのがわかる．いずれの船舶の場合も被験者は初見の映像に対し分析時間の約 7 割以上の間船舶を見ていた．3 つの船舶の結果より，騒音評価時に船舶を見ているということが言える．

4. まとめ

本報告では，騒音源映像提示時において，騒音源に対する注視状態の確認をするために，船舶の航行音及び映像を用いた騒音に対する評価実験及び視線計測器を用いた騒音源に対する注視時間及び注視点と騒音源との距離の物理計測を行った．その結果，注視時間と認知時間の差がわずかなものであった．しかし，被験者数が少ないため今回の結果を参考に，被験者数を増やして分析を行う必要がある．今後は，ベクトルを加味した騒音源に対する注視点の検討を行う．

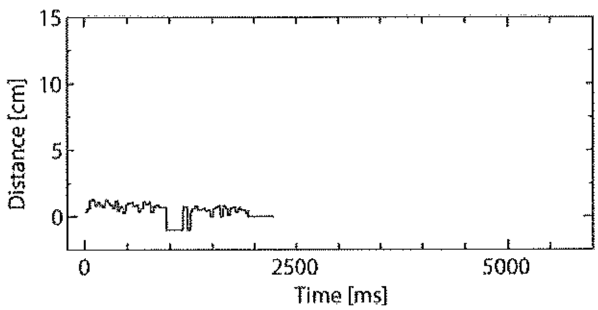
5. 参考文献

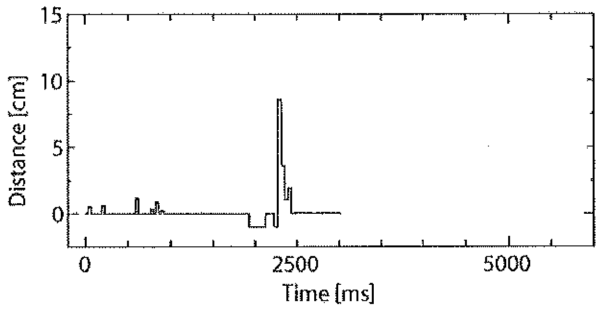
1) L.M. Anderson, et al., “Effects of sounds on preferences for outdoor settings,” Environ. Behav., 15, .5, pp.539-566.
2) 安倍他，” 環境音のラウドネス評価に対する映像の基礎研究”，日本音響学会騒音振動研究会資料，pp.1-8，2005.
3) Y.Tokunaga, et al., “Influence of Visual Information on Subjective Evaluation of Road Traffic Noise,” in proc. Inter-noise2014, 53, pp.530-535, 2014.
4) 細野他，” 視聴覚情報提示方法による船舶航行音の主観評価の影響”，音響講（春），2-Q-17, 2017.
5) 甲斐他，” 映像による騒音の印象評価における騒音源注視状態の計測”，日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集，1-3-08，2017.

[連絡先]
甲斐　幹康
e-mail：ma17029@shibaura-it.ac.jp

表 2　騒音源との距離及び注視時間

Boat	Max distance[cm]	Ave. distance [cm]	Observing time [s]
Cruiser	8.6	1.1	2.6
Houseboat	1.3	0.71	1.9
Tugboat	13.6	6.3	4.2





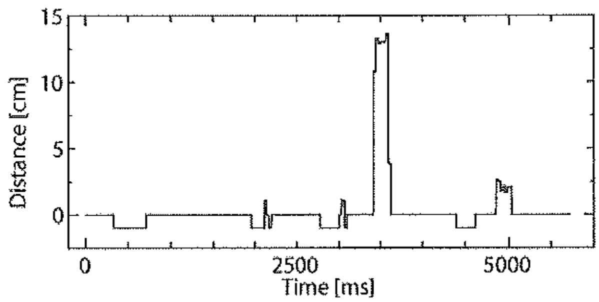


図 2　視線の距離分析結果(Distance の値が 0 の箇所は船舶と視点の座標が一致している状態．0 未満の箇所は計測エラー)

A4-4

廃棄物の再生利用を目的とした手選別作業の効率化に関する検討

○落合　知, 山田　正人（(国研)国立環境研究所）
五十嵐　知宏, 古田　秀雄, （(株)建設技術研究所）

1．はじめに

東日本大震災に伴う災害廃棄物に対して，一般廃棄物処理に則した焼却処理を出口とした処理システムが採用され，再生利用を主な出口とした産業廃棄物の処理技術の導入が進まなかった．結果として，災害廃棄物の復旧や復興のための資材等への活用が大きく阻まれた．今後の大規模災害に備えて，災害廃棄物処理と復旧・復興を連携させるような災害廃棄物処理システムを確立する必要がある．そのためには，産業廃棄物処理で再生利用を担う主軸の技術であるが，現場経験的に運用されている破砕選別技術の仕様を，科学的に評価し，一般化する必要がある．

本研究では，廃棄物処理において主要な選別技術の一つである手選別について，手選別作業の効率に関与する因子として，選別対象物の色，大きさならびに配置位置に注目し，これら因子が選別速度に及ぼす影響を明らかにするための実験を行った．

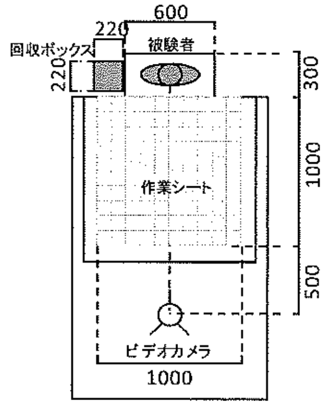


図 1: 平面図

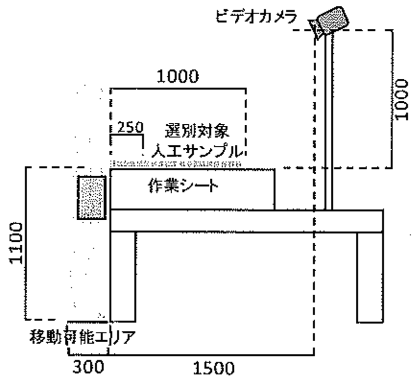


図 2: 側面図

2．方法

図 1 および図 2 に実験に用いた作業スペースを示す.被験者の前に格子状にマークされた作業シートを置き,その上に実験サンプルを並べた.実験前に被験者には，選別対象物を確認できないようにした．被験者は作業開始合図とともに作業用手袋をした利き手のみ（片手）で，実験前に指示された条件に従って選別対象物を回収し，被験者脇に設置された選別対象物の種類毎に用意された回収ボックス（220mm×220mm×300mm、ボックス口高さ=750mm）に入れた．作業開始後，30 秒毎にボックス内の回収数量および回収物の正誤を確認した．被験者には身体的特徴（身長,肩峰高,肘頭高,利き腕）のばらつきの少ない 10 名を選抜した．

実験 1 では被験者ごとに選別物の重量，色，距離と選別作業速度の関係を求めた．選別対象物には人工サンプルを用いた．形状は立方体（30mm×30mm×30mm）であり，重さは軽量物(0.01 g/cm³)，中量物(1.2 g/cm³)，重量物(3.0 g/cm³)の 3 種類を用意した．色は背景のシートと同色の灰色と，灰色に対して誘目性の低い色として黒、誘目性の高い色として黄の 3 種類を用意した．総数 400 個を作業シート上に格子状に並べた．3 種類の重量それぞれで、灰色の人工サンプルのみを並べて回収する条件，灰色 300 個の中に黄色または黒色の人工サンプル 100 個を，乱数

表 1：

品目	形状	色
木くず	プレート状、棒状	木目色
廃プラ（塩ビ管）	プレート状	灰色
廃プラ（廃タイヤ）	プレート状	黒色
廃プラ（その他）	プレート状、フィルム状、糸状	灰色、白色、黄色、赤色、青色、緑色
紙くず	プレート状、フィルム状	灰色、白色、黄色、赤色、青色、緑色
繊維くず	布状、糸状	灰色、白色、黄色、赤色、黒色
金属くず（鉄）	プレート状、棒状	シルバー、赤銅色、黄色
金属くず（非鉄）	プレート状、棒状	シルバー、赤銅色、黄色
コンがら	石状	灰色
ガラス	プレート状	灰色
陶磁器	プレート状	白色、赤色、青色
がれき類（かわら）	プレート状	赤茶色、紺色
がれき類（石）	石状	灰色
がれき類（アスがら）	石状	黒色

表を用いて配置して指定の色を選別回収する条件を設定した．

実験 2 では廃棄物性状が手選別に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした．表 1 に示すような種類の模擬廃棄物を作製した．品目毎に大型（10cm 程度）と小型（5cm 程度）の 2 種類のサイズを用意し、既往研究[1]に基づいた割合で混合した．選別対象品目数は 1, 3 および 5 品目とし，小型のみを選別する条件と大小混合して選別する条件を設定した．選別品目数が 1 品目の場合は「廃プラ（塩ビを除く）」, 3 品目の場合は「廃プラ（塩ビを除く），紙くず，ならびに木くず」,5 品目の場合は「廃プラ（塩ビを除く），紙くず，木くず，金属くず，ならびにがれき」を選別対象品目した．

3．結果と考察

図 3 に実験 1 における選別対象物の重さおよび誘目色と回収速度の関係を示す．結果より本検討で使用した人工サンプルの重量差では，回収速度に明らかな差は見られなかった．一方、誘目性の高い色として黄色，低い色として黒色の人工サンプルを用いたが，回収速度に差は見られなかった．また回収精度を比較しても黒色と黄色では精度の差（誤回収）がなかったことより，誘目性が低いこと期待して作成した黒色の人工サンプルが，被験者にとっては誘目性が高い黄色と同程度に判別しやすかったと考えられる．

作業距離と回収速度の関係を図 4 に示す．作業距離が遠いほど回収速度が低下する傾向が見られた．特に被験者から 750 mm 以上離れてるサンプルで速度低下が大きかった．

実験 2 において，小型の模擬廃棄物のみ設置した条件と大小混合して設置した条件では回収速度に明らかな差は見られなかった．図 5 に回収品目数と回収速度の関係を示す．1 品目（廃プラ）を選別する条件では，3 品目ならびに 5 品目に比べて回収速度が低くなる傾向がみられた．被験者の選別行動を観察したところ，1 品目を回収する際には作業場上で対象品目を探す時間が長いのに対し，3 品目および 5 品目では対象品目と思われるものをまず手に取ってから，どの品目に該当するかを判断する傾向がみられ，この行動の差が回収速度に影響を及ぼしていると推測された．

4．結論

廃棄物手選別作業における廃棄物の色などの性状，配置位置が選別作業効率に及ぼす影響を明らかにするため，人工サンプルおよび模擬廃棄物を用いた回収実験を行った。今回設定した重さ、誘目色の程度および模擬廃棄物の大きさの違いは選別速度に対する明確な影響は見られなかった．一方，選別対象品目数と選別作業者からの距離が回収速度に影響を及ぼしていた。

参考文献

1）山田正人、落合知、高田光康、古田秀雄、五十嵐知宏（2014）災害廃棄物の選別を高度化する操作因子の検討，第 25 回廃棄物資源循環学会研究発表会，117-118

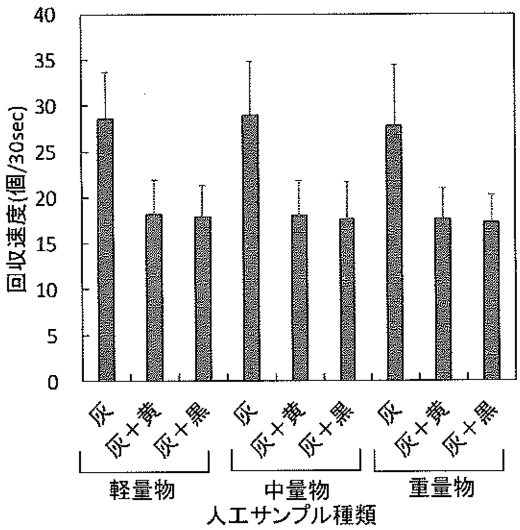


図 3: 重さおよび誘目色と回収速度の関係（実験 1）

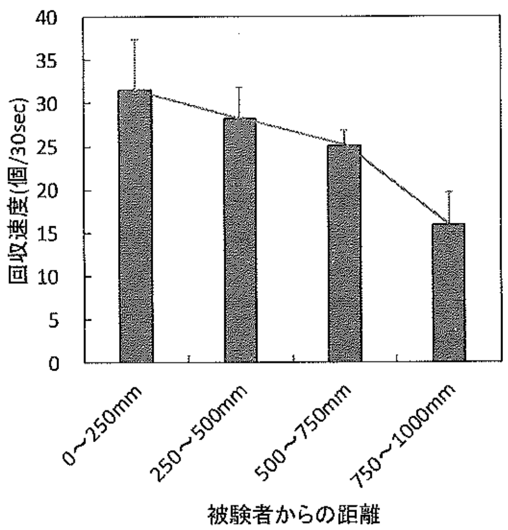


図 4: 作業距離と回収速度の関係（実験 1）

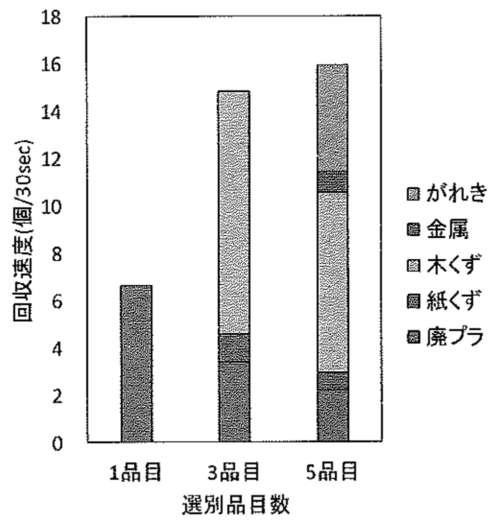


図 5: 選別品目数と回収速度の関係（実験 2）

B1-1

視覚障害者のための白杖に搭載する転落防止センサーシステムの開発

○永井慧大*, 鈴木郁**
法政大学理工学部創生科学科

Development of a falling prevention sensor system mounted on a white cane for the visually impaired

Keita NAGAI*, Kaoru SUZUKI**
Faculty of Science and Engineering Department of Advanced Science, Hosei University

1. はじめに

視覚障害者が単独歩行する際には，白杖を利用することが多い．しかし，白杖で認識できる範囲は狭く，白杖が接触しないかぎり障害物の有無は判断できない．また，近年視覚障害者の駅のホームでの転落事故が発生しており，平成 22 年から平成 27 年の視覚障害者の転落事故平均発生件数は 78.5 件であった [1]．事故防止のためにホームドアの設置が検討されているが，設置の難しさや費用などの様々な問題がある．

本稿では，転落の可能性のある場所を白杖で接触することなく検知することで転落の防止ができる，白杖に搭載するセンサーシステムを提案する．

2. 研究概要

2.1 転落防止センサーシステム

図 1，2 に転落防止センサーシステムの試作機を示す．木材の丸棒の先端部に距離センサー(GP2Y0A21YK)と加速度センサー，角速度センサー(MPU-9250)を搭載し，センサーの出力値をマイコン(PSoC 5LP)で処理し，階段や段差などの有無を判別する．階段や段差などが有った場合，インターフェースとして持ち手に搭載したバイブレーターが振動することで使用者に伝達する．

白杖の操作方法として，タッチテクニックとスライドテクニックがある [2]．実験の際には，操作方法別に，階段や段差などの有無を判別する方法を使用者がスイッチで切り替える．

電源を入れてから 3 軸方向の加速度ベクトルの和の大きさと距離センサーの出力を 50 回測定し平均値を算出する．3 軸方向の加速度ベクトルの和の大きさの平均値を階段や段差などの有無を判別するタイミングの決定に用いる．距離センサーの出力の平均値を階段や段差などの有無を判別する閾値の決定に用いる．

タッチテクニックの場合に階段や段差などの有無を判別するタイミングは，地面を叩いた時，急激に加速度に変化が起こることを利用して決定する．(1)式が満たされたタイミングで階段や段差などの有無を判別する．

$$a_{1(n-1)} > 10\,,\, a_{1(n-1)} > a_{1(n)},\ a_{1(n-1)} > a_{1(n-2)} \quad (1)$$

$$a_{1(n)} = (a_{0(n)} - a_O) \times 100 \quad (2)$$

ここで，$a_{0(t)}$は 3 軸方向の加速度ベクトルの和の大きさ，a_Oは 50 回測定した 3 軸方向の加速度ベクトルの和の大きさの平均値である．

スライドテクニックの場合に階段や段差などの有無を判別するタイミングは，角速度センサーの出力値を逐次積分することによって得られる角度を用いて決定する．(3)式が満たされたタイミングで階段や段差などの有無を判別する．

$$\theta_{(n-1)} > \theta_{(n)},\ \theta_{(n-1)} > \theta_{(n-2)} \quad (3)$$

$$\theta_{(n)} = \theta_{(n-1)} + \omega_{(n)} \times \Delta t \quad (4)$$

ここで，$\theta_{(n)}$は白杖の振り角，$\omega_{(n)}$は図 4 に示したセンサー座標系 [3]における角速度センサーの z 軸周りの出力値，Δtは測定間隔である．

階段や段差などの有無を判別するタイミングで，距離センサーの出力値を閾値と比べる．ここで，建築基準法施行令 [4]に定められている階段の寸法から，閾値は(5)式によって決める．

$$d_0 = d_O + 15 \quad (5)$$

ここで，d_0[cm]は閾値，d_O[cm]は 50 回測定した距離センサーの出力値の平均値である．

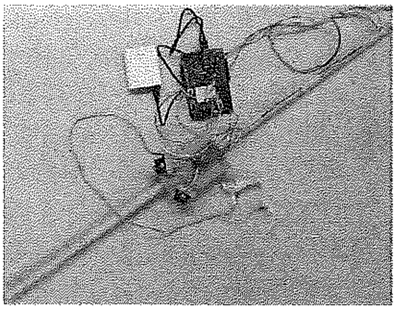


図 1　試作機　全体

(a)　(b)

図 2 試作機 (a) センサー部, (b) バイブレーター

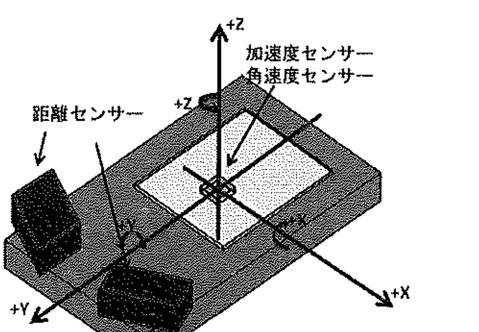


図 3　センサー部におけるセンサー座標系 [3]

3. 実験

3.1 実験方法

試作機を用いてアイマスクを着用している視覚障害者を想定した被験者に，タッチテクニックとスライドテクニックの 2 種類の操作方法で，表 1 の条件と，図 4 のような進行方向の側方に段差がある場所で蛇行し往復させる実験を行った．白杖が階段や段差などの有無を判別するタイミングになり，距離センサーの出力値が閾値を越えた場合，バイブレーターが振動する．被験者はバイブレーターの振動により，段差を認識し，進行方向を変える．さらに，被験者がどの方向に段差があるかわからない状態で歩行させ，段差を認識したら止まる実験を行った．

3.2 評価項目

評価項目を以下に示す．

・段差認識正解率

$$\text{段差認識正解率}[\%] = \frac{\text{段差推定正解率}}{\text{段差推定回数}} \times 100$$

・歩行成功率

$$\text{歩行成功率}[\%] = \frac{\text{歩行成功回数}}{\text{実験回数}} \times 100$$

ここで，段差推定正解とは試作機が段差に落ちる前に被験者が歩行を終了すること．歩行成功とは試作機が段差に 1 度も落ちず，被験者が 1 度も転落しないこととする．

3.3 実験結果

実験結果を図 5 に示す．

表 1　実験条件

項目	値
試作機の持ち手から先端間の長さ	110 cm
試作機の振り幅	30°
試作機を基準とした距離センサーの設置角度	30°
試作機先端からセンサー部間の長さ	50 cm

図 4　実験状況

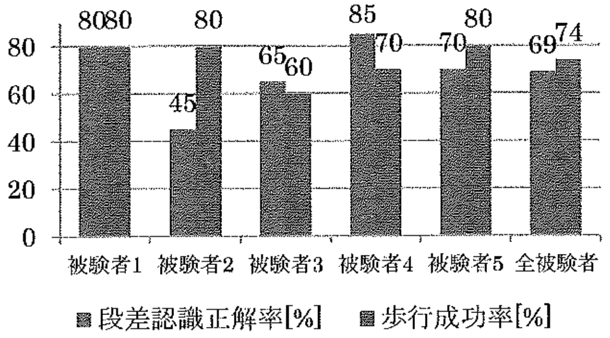


図 5　実験結果

4.結論

本稿では，加速度センサーと角速度センサー，距離センサーを用いた視覚障害者転落防止センサーシステムを提案した．本センサーシステムは，加速度センサーと角速度センサーより，転落の可能性のある場所を判別するタイミングを決定し，距離センサーにより転落の可能性のある場所の有無を判別する．転落の可能性のある場所が有ると推定された時，持ち手のバイブレーターが振動することで使用者に伝達する．

図 6 の実験結果から，センサーが回転することによって起こる誤反応があったが，誤反応を除けば有効性が示せた．

今後は，試作機が木材で構成されていて実験に適した重量ではなく，実際の白杖より重いものになってしまっているので，軽量化を図る必要がある．また，他の場所での実験を行うことで，本センサーシステムの有効性を検証する必要がある．さらに，転落の可能性のある場所の有無は判別できるが，その場所が左右どちらにあるか認識できないことが起きたので，バイブレーターを用いたインターフェース部の改良も必要である．実験においてセンサーが回転することで起こる誤反応を防ぐために，センサーの取り付け方法を考える．および，白杖の操作方法別の判別方法の切り替えは使用者がスイッチを用いて手動で行っているが，自動的に切り替わるようにする必要もある．

参考文献

1) 日本歩行訓練士会：駅ホーム転落事故に関する緊急意見交換会資料，Retrieved April 27, 2017 available from http://www.kawasakiicc.jp/kunrensi/wpcontent/uploads/2017/03/koukankai.pdf

2)全国盲学校長会：見えない･見えにくい子供のための歩行指導 Q&A，青木隆一監修，100，ジアース教育新社，東京，2016

3) InvenSense Inc.： MPU-9250 Product Specification Revision 1.0 Figure 4.，Retrieved June 20，2016, available from http://www.invensense.com/wpcontent/uploads/2015/02/PS-MPU-9250A-01-v1.1.pdf

4) 東京建築士会法規委員会，2017 年版建築基準法規集，一般社団法人　東京建築士会監修，225-226，新日本法規出版，2016

[連絡先]
永井　慧大
e-mail：keita.nagai.9m@stu.hosei.ac.jp

B1-2

歩きスマホ時の前方への視認性に関する研究

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

Study on Evaluation of Riding Comfort for Elevators

Yoshiyuki SASUGA *, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. はじめに

近年，スマートフォンの普及に伴い歩きながらスマートフォンを操作する「歩きスマホ」による事故が多発している．しかし，注意喚起だけでは歩きスマホはなくならないのが現状である．既存の対応策として，歩行の振動を検知しスマホの動作を停止する歩きスマホ防止アプリというのがあるが，ユーザビリティの低さから普及していない．そこで，歩きスマホ中の視線角度や操作内容，歩行速度により，スマホ動作を制御するシステムの開発をすることでユーザビリティを向上し，同時に歩きスマホの危険性を認識させるシステムの開発を目指し，システムの作動条件となる指標を求めることを目的としている．

2. 実験方法

2.1 実験概要

本研究ではドライビングシミュレーターとトレッドミルを用いて歩道を再現し，歩きスマホ中に障害物を視認しうる距離を測定する．その結果から歩きスマホ時の周辺視野角を算出する．実験の際，主タスクとしてスマホ画面内での音読もしくは入力を用意し，副次タスクとして前方からの障害物の視認を課し，障害物を視認したら押しボタン反応を行った．歩きスマホ時の視認性には障害物の色・大きさ，主タスク内容，歩行速度，視線角度などが影響すると考えられる．そのため，視認性に影響のない障害物の大きさを設定し，その他の要因をパラメータにして本実験を行った．

2.2 実験環境

実験概要図を Fig.1 に示す．ドライビングシミュレーターを用いて全長 250m の歩道を模擬したコースを作成した．コース映像は被験者前方に上下に配置した 2 台のディスプレイに映し出される．被験者は 20 代の男女 4 名(男性 3 名，女性 1 名)に依頼した．

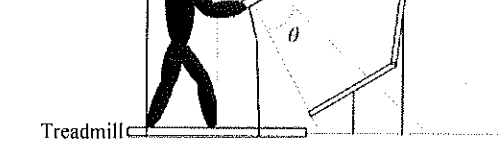


Fig.1 Outline view

3. 実験結果及び考察

3.1 障害物の大きさの選定

ここでは視認性に影響を与えない障害物の大きさを選定することを目的とする．そこで大きさの定義として幅と高さの 2 種類のパラメータで実験を行った．視線角度は鉛直下方向から 30deg，主タスクとして入力タスクを用意した．実験から得られた幅変化のデータ例を Fig.2 に示す．

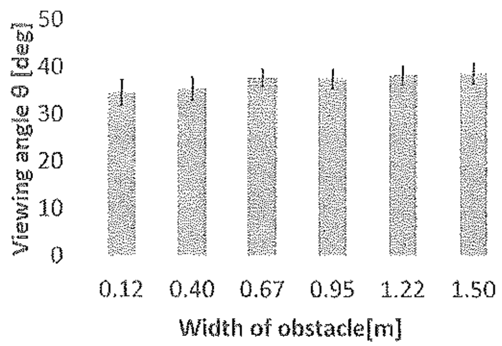


Fig.2 Relationship between width and angle

Fig.2 より幅 0.12m,0.40m で他水準と比べ視野角θが小さいことがわかる．また，幅 6 水準で多重比較を行った結果を Tab.1 に示す． 有意水準 5%で有意差がある場合は“*”，有意水準 1%で有意差がある場合は“**”で示す．

Tab.1 Multiple comparisons of width of obstacle

	0.12	0.40	0.67	0.95	1.22	1.50
0.12		1.29	4.47*	4.36*	5.48**	5.92**
0.40			3.18	3.06	4.19*	4.63*
0.67				0.11	1.01	1.45
0.95					1.12	1.56
1.22						0.44
1.50						

Tab.1 より 0.12m, 0.40m で有意差が得られた．よって， 0.67m 以上の幅であれば視認性に影響しないと結論付けられる．

同様に高さにおいても実験を行い，0.10m 以上の高さであれば視認性に影響しないと結論付けた．以上の結果より，幅 0.67m 以上，高さ 0.10m 以上の障害物で本実験を行った．

3.2 停止距離の算出

ここでは歩きスマホ中に障害物を認知してから停止するまでの距離を求めることを目的とする．

実際の歩道で歩きスマホをしてもらい，任意の時間にスマホ画面内に停止信号を表示し，その時の歩行速度と停止距離を計測した．実験は被験者 4 名各 5 回行った．その結果，平均 1.34m，標準偏差 0.261m であり，1.86m(平均+2×標準偏差)を停止距離とした．また，対向者が歩きスマホをしている場合を想定し，視認し安全に停止できる距離として 3.73m(1.86m×2)を閾値とした．この閾値と身長を考慮し，視野角θの閾値を算出した．

3.3 視野角θの算出

ここでは歩きスマホ中の反応距離を測定することにより，主タスクを行っているときの視野角θを算出した．パラメータとして鉛直方向からの視線角度αを 30deg，40deg の 2 通り，主タスク内容の音読，入力の 2 通り，歩行速度を歩きスマホ速度，通常速度の 2 通りで計 8 試行を行った．視線角度αと視野角θは Fig.1 に示した．

3.3.(1) 主タスク内容

視線角度$\alpha = 30$deg時の音読タスクの視野角の結果例を Fig.3 に示す．縦軸，横軸をそれぞれ視野角[deg]，背景色とのコントラスト(色差)としている．色差ΔEの導出式を以下に示す[1]．ここで，R_o, G_o, B_oはそれぞれ障害物の RGB 値を表し，R_r, G_r, B_rはそれぞれ路面(背景色)の RGB 値を表している．

$$\Delta E = |R_o - R_r| + |G_o - G_r| + |B_o - B_r|$$

障害物の色は背景色との色差ΔE =3.0，12.2，46.2 の 3 通りで実験を行った．また，実線は停止距離から算出した視野角θの閾値 33.4deg を表す．

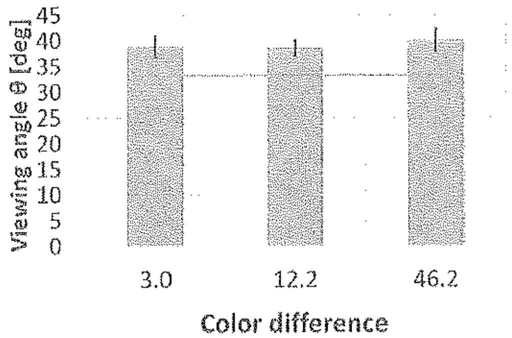


Fig.3 Viewing angle θ for reading aloud

Fig.3 より，どの色差の視野角においても閾値を上回っていることがわかる．また，色差の違いによる視野角への影響が見受けられなかった．有意水準 5%，1%で多重比較を行ったが，すべての色差で有意な差が検出されなかった．よって，障害物の色に関係なく視線角度$\alpha = 30$degにおいての音読タスクでは障害物を認知できると考えられる．次に視野角度$\alpha = 30$deg時の入力タスクの視野角の結果例を Fig.4 に示す．Fig.4 より，全ての色差の視野角で閾値を下回っている．また，色差別に有意水準5%と 1%でそれぞれ多重比較を行ったが，全ての組み合わせで有意な差は検出できなかった．以上より，障害物の色に関わらず，視線角度$\alpha =$ 30deg において入力タスクを行うことによる危険性は高いと考えられる．

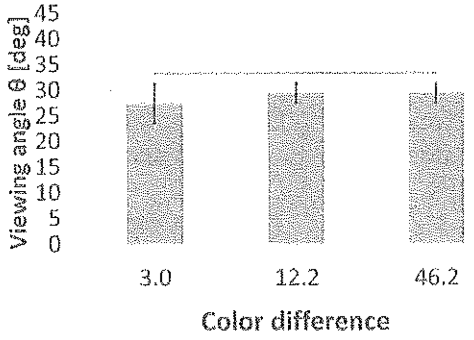


Fig.4 Viewing angle for input

3.3.(2) スマホと顔の角度

歩きスマホ時の前方への視認性にはスマートフォンに対する顔の角度も影響する可能性がある．そこで，実験時に被験者をビデオ撮影し，スマホに対する顔の角度を測定した．色差別に顔角度と実験で得られた視野角のデータの相関係数を求め，無相関検定を行った．その結果，視野角度$\alpha = 30$deg,40deg ともに有意水準 5%，1%で相関係数に有意な差は検出できなかった．以上の結果より，顔の角度変化による視野角θへの影響は少なく，実験により得られたデータのばらつきは主タスクに対する集中力によるものだと考えられる．

3.3.(3) 視線角度

周辺視野角は 1 つの視線角度で実験を行い，得られたデータをもとに視線角度を変化させて推定できるが，視線角度を変化させることによる視野角への影響はないとは言い切れないため，視線角度$\alpha = 30$deg,40deg で実験を行った．その結果，視線角度$\alpha = 40$deg において音読タスク，入力タスクのどちらも閾値を上回る結果となり，視野角自体も大きくなる傾向があった．

4 まとめ

あらゆる要因の中でも視認性に関わるのは特に操作タスク，視線角度が大きく影響していることが確認できた．よって，それらを制御することで歩きスマホ時の危険性を減少しうる可能性を示した．

5 参考文献

1)齋藤大輔 他「Webアクセシビリティのための明度差及び色差を用いた視認性予測の検討」,ライフサポート Vol.25(2013)No.1 p.5-10

[連絡先]
さすが　よしゆき
e-mail：sasuga-yoshiyuki-dc@ynu.jp

B1-3

スマートフォン操作時の回避特性の調査

○萩原広太*，三田隆広**，小山裕徳*，川澄正史*
*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
**東京電機大学先端科学技術研究科情報通信メディア工学専攻

Study of avoidance characteristics during smartphone operation

Kota HAGIWARA*,Takahiro MITA**,Hironori KOYAMA*and Masashi KAWASUMI*
* Info. Systems and Multimedia Design, Grad. School of Science and Tech.for Future Life, Tokyo Denki University
** Info. Communication and Media Design Engineering , Grad. School of Advanced Science and Tech., Tokyo Denki University

1. はじめに

スマートフォン(以下スマホ)の普及率は平成 28 年までに 70%を超えており，それに伴ってスマホを操作しながら歩行を行う「歩きスマホ」が問題となっている．歩きスマホによる事故のうち，最も多い事故が人や物との接触であり[1]，全体の 46%を占めている．また，歩きスマホ事故の要因として，スマホを操作することによる意識の集中や画面注視による視野の制限によって歩行への意識が低下するためであると考えられている．

2. 先行研究

先行研究[2]では通常歩行条件，歩きスマホ条件の直進時の足底圧力を解析することで歩きスマホが及ぼす歩行周期へ影響を明らかにしており，通常の歩行と比較して足指，踵部の蹴り出しが弱くなることがわかっている．本研究では，障害物回避においても足底圧へ何らかの影響があり，歩行特性が変化することで接触事故の原因となっているのではないかと考え，通常歩行条件と歩きスマホ条件の回避行動に着目した比較調査を行った．

3. 実験

通常歩行条件と歩きスマホ条件の足底圧力から回避行動時の特性を調査するため，インソール型足圧分布計(ニッタ社製 F-スキャンデータロガーシステム)を用いた計測実験を行った．実験環境として中間に障害物を想定した高さ 150cm のダンボールを設置した，直線 15m の歩行路を用意した(図 1)．被験者はこの歩行路を往復しながら，指定したマーカを左足で踏んで障害物を回避する．マーカの位置は，事前に障害物を認識したうえで回避を行うゆるやかな回避と，直前で障害物に気付き回避を行う接近した回避を想定し，障害物からそれぞれ 1.0m，0.5m に設定した．スマホの操作内容は一般的な操作である文字入力をとし，歩行の様子を歩行路の正面と横からビデオカメラで撮影した．被験者はいずれもスマホ利用者であり，軸足が左足である若年健常者 5 名とした．各被験者には事前に文字入力及び歩行路往復の練習を十分に行わせた．

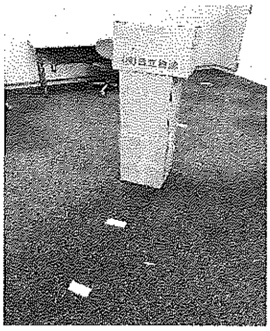


図 1.実験に使用する歩行路

4. 実験結果

各条件において，マーカを踏み込んだステップの足底圧力の最大値を平均化した．データの解析には計測機器付属のソフトウェアを利用し，足底全体と足指部，踵部を中心に行った．それぞれの結果を以下に示す．

4-1.足底全体の平均圧力

足底全体の平均圧力を図 2 に示す．ゆるやかな回避で通常歩行時 1.60kg/cm^2, 歩きスマホ時 1.74kg/cm^2 であった．接近した回避では通常歩行時 1.81kg/cm^2, 歩きスマホ時 1.61 kg/cm^2 であった．ゆるやかな回避条件では歩きスマホ時の足底圧が増加傾向に，接近した回避条件では歩きスマホ時の足底圧が低下傾向となる結果が得られた($p \leqq 0.05$).

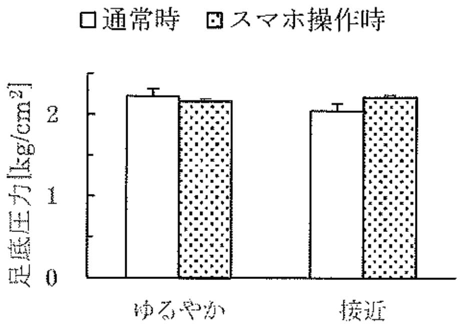


図 2　足底全体の圧力平均

4-2. 足指部の平均圧力

足指部の平均圧力を図3に示す．ゆるやかな回避で通常歩行時 2.22 kg/cm^2，歩きスマホ時 2.16 kg/cm^2 であった．接近した回避では通常歩行時 2.04 kg/cm^2，歩きスマホ時 2.21 kg/cm^2 であった．ゆるやかな回避条件では歩きスマホ時の足底圧が増加傾向に，接近した回避条件では歩きスマホ時の足底圧が低下傾向となる結果が得られた($p \leqq 0.05$).

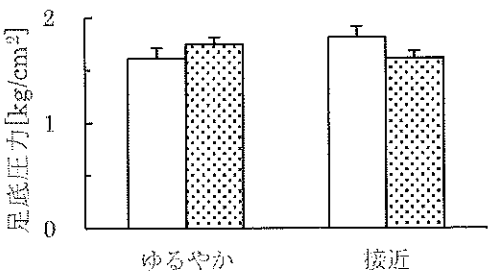


図3 足指部の圧力平均

4-3. 踵部の平均圧力

足指部の平均圧力を図4に示す．ゆるやかな回避で通常歩行時 1.22 kg/cm^2，歩きスマホ時 1.21 kg/cm^2 であった．接近した回避では通常歩行時 1.11 kg/cm^2，歩きスマホ時 1.38 kg/cm^2 であった．接近した回避条件において，歩きスマホ時の足底圧が増加傾向となる結果が得られた($p \leqq 0.05$).

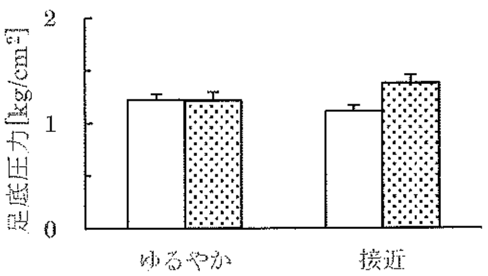


図4 踵部の圧力平均

4-4. その他の結果

ビデオカメラによる観察の結果，歩きスマホ条件において，ゆるやかな回避，接近した回避ともに回避後のふらつきが多く見られた．また，接近した回避において通常歩行条件と比較して障害物と近い距離で回避を行う，マーカを踏み込むために足踏みをするといったケースが見られた．

実験中のすべてのステップを平均化すると足指部と踵部の足底圧は有意に低下しており，先行研究と同様の結果が得られた．

5.考察

ゆるやかな回避について，歩きスマホ時の足底全体の圧力が低下したのに対して，足指部の圧力は増加する結果となった．これは，歩きスマホによって障害物の認識が遅れ，回避行動も遅くなった結果急な回避を試みた結果なのではないかと考えられる．しかし，接近した回避については足指部の足圧が低下傾向にある一方で踵部の足圧は増加する傾向にある．ゆるやかな回避と，障害物との距離が近い条件下において正常な強さ蹴り出せず，回避時の障害物との距離が近くなる原因となったのではないかと考えられる．

また，マーカを踏み込むために足踏みをするケースについては，歩行中の被験者が注意すべきものとして障害物の距離とスマホの画面の他に踏み込む位置が追加されたため，足元への配慮が欠けてしまったのではないかと推察される．

6. まとめと今後の展望

近年問題視されている歩きスマホに関して，障害物回避時の歩行を足圧の観点から計測，考察した．結果，障害物の距離によって異なる傾向がみられた．いずれの条件でも，歩きスマホ条件では通常歩行条件と有意に異なる足底圧の特徴により，回避後のふらつきや障害物との距離感に影響を与えたのではないかと考えられる． このことから，スマホ操作は障害物回避時の踏み込みに関して影響することが示唆された．

今回の実験で足底圧の解析を行ったのは障害物回避の踏込時のステップのみであったため，今後はふらつきがみられた回避後のステップに関しても解析を行う．また，視線計測装置を用いて，障害物を認知してから回避を行うまでの時間や，体のブレを考慮して加速度計測する実験を実施し，複合的な観点から歩きスマホの歩行特性を調査する．

参考文献

1)東京消防庁,"歩きスマホ等に係る事故に注意!!" available from <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201602/mobile.html(acceses2017-11-7>

2)三田隆広,"携帯端末利用者の歩行特徴に関する研究-足圧分布系を用いた解析-",情報・システムソサイエティ特別企画 学生ポスターセッション予稿集,pp73.

3)総務省，"平成28年通信利用動向調査",available from<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05b1.html>(accesed 2017-11-7)

4)小塚一宏"歩行中・自転車運転集の"ながらスマホ!"時の視線計測と危険性の考察",IEICE fundamentals Review ,Vol2 No.2 , pp129-pp136

[連絡先]
萩原 広太
e-mail：17fmi25@ms.dendai.ac.jp

B1-4

支援機能を有した多機能車椅子の開発

○小島雄太*, 深谷直樹*
*東京都立産業技術高等専門学校

Development of Multifunctional Wheelchair Having Support Function

Yuta KOJIMA*, Naoki FUKAYA*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

歩行が困難になった人々の移動を援助する福祉機器の代表として車椅子が挙げられるが，多くの問題も抱えている．例えば，ベッドへの移乗が困難であること [1]や，血行不良による床ずれなどである．そこで，これまでの研究では移乗支援を目的として，車椅子の開発を行ってきた．結果，通常の車椅子と同程度のサイズでありつつも 6 種類の支援機能を有し，移乗支援を実現できる構造を開発するに至った [2]．しかし，床ずれや体圧集中に対しての考慮が不十分であったため，リクライニング機能の改良が必要となった．床ずれ予防には，座面の接触面積を増やす体圧分散が重要である．そのため，本研究室のロボットハンドに使用されている馴染み機構 [3]を用いることで，人の体格に馴染む能動的なリクライニングの開発を行う．リクライニング機能の改善により，健常者と障碍者の双方が利用できるため車椅子に対する消極的なイメージの払拭にも繋がる．よって本研究の目的は，使用者の身体的負担を軽減する多機能車椅子の開発である．そこで我々は，5節リンクと馴染み機構を有した多機能車椅子を提案する．

3. 支援機能

3.1 支援機能の概要

座面が上昇するリフトアップ機能，重心の移動を行うティルト機能，背もたれがフラットになるリクライニング機能，起立動作の補助を行うスタンディング機能，移乗の際車体をベッドへ寄せるスライド機能，ベッドへの移乗を支援するスラント機能の 6 機能がある．

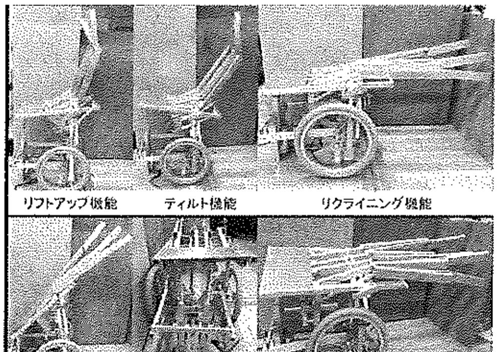


図 1　多機能車椅子の概要

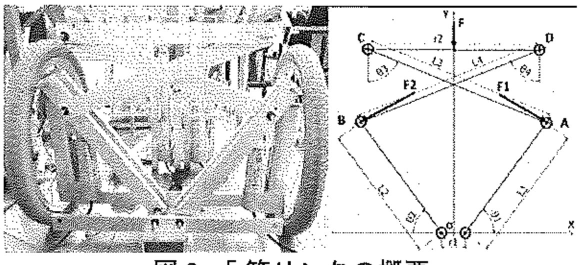


図 2　5 節リンクの概要

3.2 5 節リンク

多機能車椅子は 5 節リンクによって動作を行っている．5 節リンク機構とは 5 節のリンクが平面での閉ループを形成しているパラレルリンク機構である．パラレルリンク機構とは動作点を 2 つ以上のリンクで支える構造のため高剛性・高出力という長所がある．図 2 へ示す 5 節リンクの動作点に負荷 F を加えたとき，曲げ方向の負荷になる F_1, F_2, について負荷計算を行った．

また，左右対称の 5 節リンクを設計したため，片側 F_1 の計算のみを行った．まず，逆運動学を用いて θ_1, θ_2の方程式の導出を行う．5 節リンクの動作点を(x, y)とすると，

$$\theta_1 = -\tan^{-1}\left(\frac{x-\frac{r_1+r_2}{2}}{y}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\alpha}{\sqrt{\left(x-\frac{r_1+r_2}{2}\right)^2+y^2-\alpha^2}}\right) \quad (1)$$

$$\theta_2 = \arctan\left(\frac{x+\frac{r_1+r_2}{2}}{y}\right) + \arctan\left(\frac{\beta}{\sqrt{\left(x+\frac{r_1+r_2}{2}\right)^2+y^2-\beta^2}}\right) \quad (2)$$

$$※\alpha = \frac{\left(x-\frac{r_1+r_2}{2}\right)^2+y^2+L_2^2-L_4^2}{2L_2},\quad \beta = \frac{\left(x+\frac{r_1+r_2}{2}\right)^2+y^2+L_1^2-L_3^2}{2L_1}$$

となる．これより，F_1を求める．

$$F_1 = \frac{mg\times\sin\theta_3}{\sin(\theta_3+\theta_4)} \times \sin(90-\theta_3+\theta_1) \quad (3)$$

この式を用いて 5 節リンクの負荷計算を行った．計算結果のグラフを図 3 に示す．図 3(右図)は動作点に 100N の負荷をかけた時のグラフである．x 軸 y 軸は動作点(x, y)，z 軸は F_1の負荷量を表している．図 3(左図)は 5 節リンクの動作可能範囲である．計算により最大負荷の姿勢が判明し，F の約 88%の負荷が F_1 にかかることが分かった．これをもとに車椅子の設計を行った．

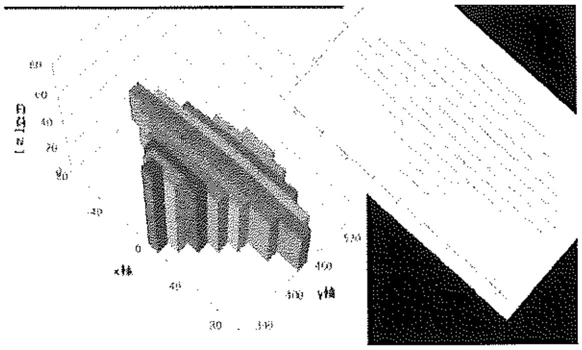


図 3　負荷理論値

4. リクライニング機能

背面が直線では起き上がる際に背中に負担が集中してしまうことが分かった．そのため馴染み機構により体圧を分散させることで，負担の軽減につながると考える．

馴染み機構は対象物に合わせて形状を変化させる機構である．馴染み機構の構造を図 4 に示す．節(d)を引くと，節(a)，(b)，(c)が対象物に接近していく．節(a)が体に接触した時，節(d)は独立的に動き出し，節(b)，(c)を屈曲させていく．そのため，背部は接触圧が分散するように屈曲角を調整し，等圧状態を維持する．人の体格や動きに合わせて背もたれが馴染むため，体圧の分散効果が得られる．

背面が直線であると背部に体圧が集中することが分かった．図 4 のように馴染み機構を用いることにより臀部・背部・頭部の接触面積が増え，着座時の安定性が向上した．また，図 5 のように左右の体圧集中に対しても接触面積を増やすための機構を設けた．

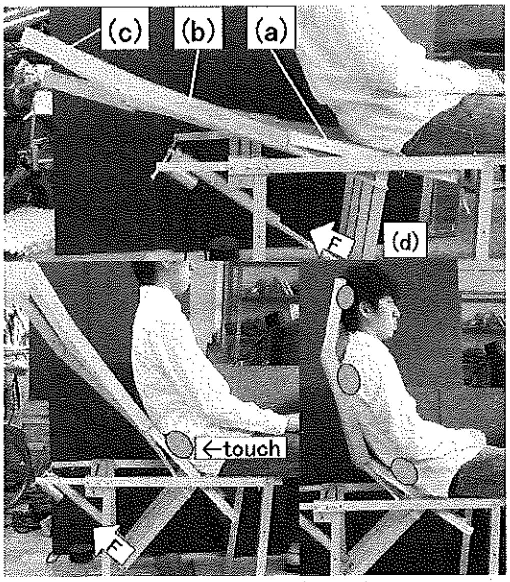


図 4　リクライニング機能概要図 1

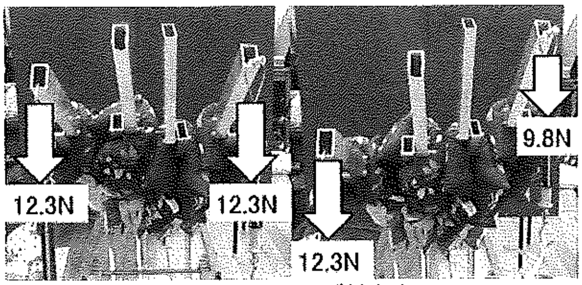


図 5　リクライニング機能概要図 2

5. 実験結果

機体の動作を行ったところ 6 機能とリクライニング機能の安定した動作の確認をした．また，スタンディング機能はスタンディングデスクとの併用ができるなど，様々な面での応用が期待できる．リクライニング機能の試乗では，直線の背もたれに比べ後頭部の安定感が増し，身体の揺れに対して柔軟に馴染むことを確認した．

逆運動学により算出した耐荷重は 150kg となっており負荷に対して十分な強度である．

多機能車椅子の座面高さが従来型の 550mm から 450mm まで下げることができ，JIS 規格（車椅子の寸法）を満たすことができた．また，重量も従来の 26kg から 20kg まで減少した．

6. 今後の展望

移乗支援機能とリクライニング機能を組み合わせることで更に快適な座り心地になると考える．しかし，リクライニング機能に対して定量的な評価が行えていないため，圧力マットなどを用いて定量的な評価を行う必要がある．また，定性的な評価実験の被験体の数がすくないことが問題点として挙げられる．今後の計画として，リクライニング機構の改良を行うとともに乗車実験の被験体を増やし評価の精度向上に努める．

7. 文献

1) Shih-Wei Peng, et al. “Mechanism design and mechatronic control of a multifunctional test bed for bedridden healthcare, ”IEEE/ASME Transactions on mechatronics, v(15), no. 2, 2010.

2) Otsuka Teruma, “Development of the many functions wheelchair using the five sections link, ”Japan Society for Welfare Engineering (JSWE), v(18), 71-72, 2014.

3) N. Fukaya, et al. “Design of the TUAT/Karlsruhe humanoid hand, ”Proc. of IEEE IRS/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2000), 1754-1759, 2000.

[連絡先]
こじま　ゆうた
e-mail : s16012@g.metro-cit.ac.jp

B4-1

モチベーションの定量化に関する研究

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

Study on quantification of the motivation

Junko NODA *, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1.背景・目的

現在，超高齢化社会に伴い，高齢者一人当たりの理学療法士の数が減少している．また，リハビリテーション時においてモチベーションを維持することは難しく，理学療法士がリハビリテーションの際声掛けなどを行うことで患者のモチベーションの維持・向上を図っている．そこで理学療法士不在の在宅時におけるリハビリテーションの際のモチベーションの維持・向上の必要性がある．そこで理学療法士の代わりにモチベーションの変化を検知，動機づけを行う装置開発を目指す．そのためにモチベーション変化の検知が必要であるが，この検知ができればリハビリテーションだけでなくあらゆる分野での活用が期待される．本研究では，モチベーション変化の定量的評価を行うため，モチベーション変化を表すのに有効な生理指標を抽出することを目的とする．

2. 実験方法

2.1 実験概要

本研究では内容は同じだが動機づけの異なる 4 つのタスクを被験者に行ってもらう中で，心理学で用いられている手法を用いてモチベーションの変化が起こるような動機づけを行い，タスク成績，被験者の主観評価，生理指標をそれぞれ計測し主観評価との関係を調査する．実験環境の概略図を図 1 に示す．

主に計測する生理指標としては鼻部皮膚表面温度，心電位，脈波，近赤外分光法(Near-Infrared Spectroscopy:NIRS),フリッカー値とした．鼻部皮膚表面温度は，自律神経系の変化が顕著に現れることが先行研究 [2]から明らかになっている．また，主観評価として，アンケートを各タスクの前後にアンケート用紙に記入してもらった．室温は 21℃で行った．

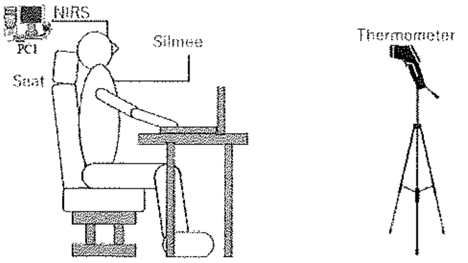


図 1　実験環境の概略図

2.2 作業課題

作業課題は独自に開発した数字探しゲームを用いた．10×10 のマスにランダムに入っている 1~100 の数字の中から指定された数字を探すタスクである．問題数は 40 問である．モチベーションの変化をつけるため，4 つ行うタスクのうち task2 と 4 のみ一問あたりの制限時間を設けた．制限時間の決定方法は，task1 での結果をもとに約 6 割解答できる時間を制限時間とした．また切迫感，恐怖を与えることでモチベーションが上がるようにするため，制限時間が来ると画面上に赤い警告を出した．さらに task4 を始める前によりモチベーションを上げるため，task2 と比較して達成数が多ければ報酬を与えると動機づけを行った．

2.3 測定項目

鼻部皮膚表面温度の測定には非接触赤外線放射温度計 MT-11 を用いた．計測部位は図 2 のように鼻尖部より 2cm 上を中心とした直径 4cm の円である．前頭葉のヘモグロビン濃度変化量はウェアラブル光トポグラフィ(WOT-100)を用いて図 3 のように 7ch~16ch を測定した．また心電位，脈波，皮膚温の計測は貼り付け型ウェアラブル生体センサ Silmee Bar type を用いて計測した．Silmee Bar type は人体の胸部にゲルパッドを張り付けることで同時計測を行うことができるものである．

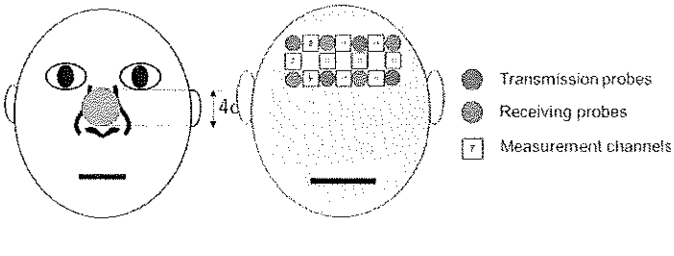


図 2　表面温度計測位置　図 3　NIRS 測定 ch

2.4 主観評価アンケート

各タスクの前後で主観量のアンケートを行った．これは現在の気分について尋ね，自己記入で回答してもらうものである．本研究では Visual Analog Scale(VAS)を用いた主観評価を採用した．VAS は痛み評価のために開発されたものであるが，問いかけの方法により主観的健康感や主観的な気分の評価が可能であることが報告されている [1]．VAS は紙面上に 100mm の直線を配置し，その

両端を「まったくない」「これ以上ないくらい強い」とし，現在の状態を任意の箇所にチェックしてもらうものである．本研究ではProfile of Mood States(POMS)の下位6尺度に準じて「緊張」「抑うつ」「怒り」「活気」「疲労」「混乱」に加え，「やる気」の7本のVASを用意し被験者にそれぞれの項目についてチェックをしてもらった．

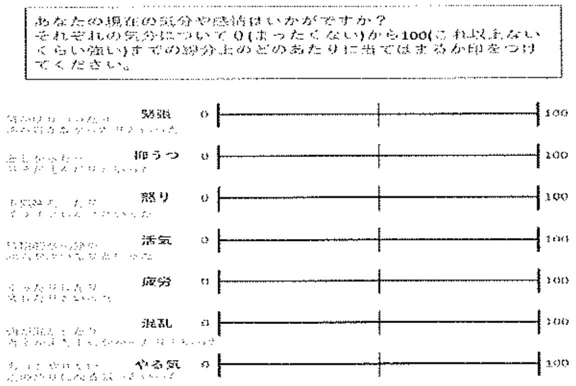


図4　主観評価アンケート用紙

3. 実験結果及び考察

3.1 アンケートとタスク結果

本実験でタスクに課した動機づけはtask2からtask3で低下を引き起こし，task3からtask4で上昇を導くものであったが，同様にアンケート結果の”やる気”項目について，被験者5名全員がtask3でtask2に比べて低下し，task4で上昇するという結果となった．またタスク成績のつけ方について，task24で設定した制限時間を基準としてtask1~4共通で制限時間内に達成できた回答数をタスク成績とした．以下の図5に被験者Bのタスク成績を示す．被験者Bは図のようにtask3の成績がtask2に比べて低下し，task4で上昇するという結果になり，アンケートの”やる気”項目との相関係数も0.98と高い相関がみられた．アンケートとタスク成績の相関が高い場合，これらの指標の信頼度は高いと考えられるためモチベーション変化であるとみなした．

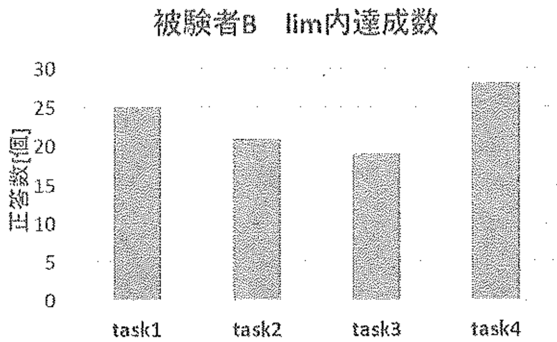


図5　タスク成績

3.2 鼻部皮膚表面温度，皮膚温

被験者Bの鼻部皮膚表面温度と胸部皮膚温の関係のグラフを図6に示す．

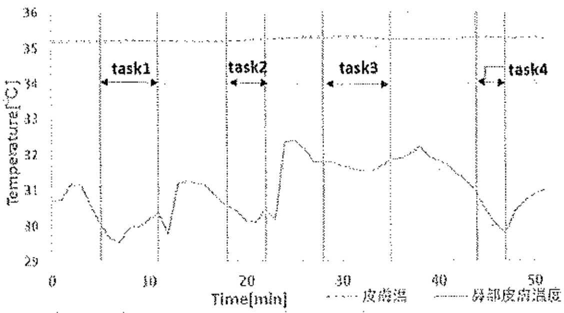


図6　鼻部皮膚表面温度と胸部皮膚温の関係

図6より実験時間中の皮膚温の温度変化と鼻部皮膚表面温度の温度変化を比較するため有意水準5%でt検定すると鼻部表面温度の変化は有意に大きいことがわかる．また室温は一定であるため，この温度変化は本実験による影響であることがいえる．また，鼻部皮膚表面温度について，task中と休憩中の時間で比較すると有意水準5%で有意差があり，休憩中はリラックス状態であることがわかる．またモチベーション変化があったtask2から3，task3から4では鼻部皮膚表面温度に有意水準5%で有意に変化があることがわかった．先行研究[2)]で交感神経が優位な時は温度が低下すると実証されてきた通り，モチベーションが低下した際は副交感神経が優位になるが，鼻部皮膚表面温度でもtask2と比較すると有意差があり平均温度が約1.4℃上昇していることがわかる．またモチベーションが上昇したtask4ではtask3と比較しても約1.4℃低下していることからモチベーション変化と鼻部皮膚表面温度は影響があると示唆できる．

4. まとめ

本研究ではモチベーション変化が起こるような動機づけをした2種類のタスクを行い，タスク成績と生理指標を計測することでモチベーション変化に有効な生理指標を検討した．主観評価とタスク成績からモチベーション変化があるとみなした被験者の鼻部皮膚表面温度を見るとモチベーション変化に伴い，温度が変化する傾向が見られ，検知指標として有効である可能性を示した．今後，他の指標も加えて検討していく予定である．

5. 文献

1)大杉紘徳 他 ：気分・感情状態評価としてのVisual Analog Scaleの応用，Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy，Vol.4(No.3) 137-141, 2014
2)隈元美貴子：ストレスの評価法に関する研究―鼻部皮膚温度と心理状態―，山陽論叢，16,39-48,2009-12

[連絡先]
のだ　じゅんこ
e-mail：noda-junko-xn@ynu.jp

B4-2

力触覚提示装置を用いた能動的・受動的接触感の提示が曲面知覚の順応に及ぼす影響

○石橋 優*，石橋 圭太**，岩永 光一**
*千葉大学工学部デザイン学科，**千葉大学大学院工学研究院

Effects of Active and Passive Touch on Curvature Aftereffect Using Force Feedback Device

Yu ISHIBASHI*, Keita ISHIBASHI**, Koichi IWANAGA**
*Department of Design, Faculty of Engineering, Chiba University,
**Graduate School of Engineering, Chiba University

1. はじめに

凸(凹)の曲面に指で一定時間触れた後、平らな表面に触れると、その表面が凹（凸）に知覚されるという順応現象(Curvature Aftereffect)が報告されている[1)2)3)]（図1）。先行研究[3)]では、物体への接触方法として、自発的に手を動かして物体に触れる能動的接触と、物体が動くことで静止した手に触れる受動的接触の条件を設定し、両者で順応現象が生じることを報告しているが、順応現象の大きさは能動的接触条件のほうが受動的接触条件に比べ大きいことが報告されている。また、このような順応現象は物体に手で直接触れた場合だけでなく、力覚提示装置のような道具を用いて物体に触れる感覚を提示した場合においてもみられるといわれている[4)]。しかし、その報告では能動的接触条件でのみ順応現象が確認されており、受動的接触条件では確認されていない。

本研究では、力触覚提示装置を用いた能動的・受動的接触感の提示が順応現象にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

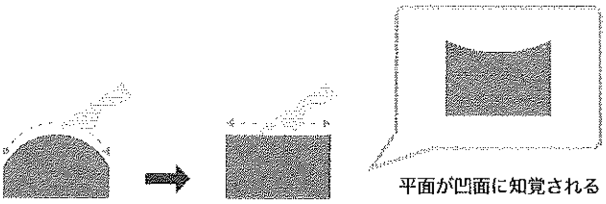


図1　曲面形状の知覚における順応現象
(Curvature Aftereffect)

2. 実験方法

2.1 刺激の提示方法

実験では、力覚提示装置(PHANToM Omni、Sensable社)を用い、曲面に触れている感覚を提示した（図2）。実験中、被験者は机に向かって椅子に座り、利き手の前腕部を台の上に載せた状態で、力覚提示装置のペン部分を握った。実験中の被験者はタスク回答用のキーボードのみが見える状態であり、装置を操作する手元を見ることで曲面の凹凸を判断することは不可能であった。

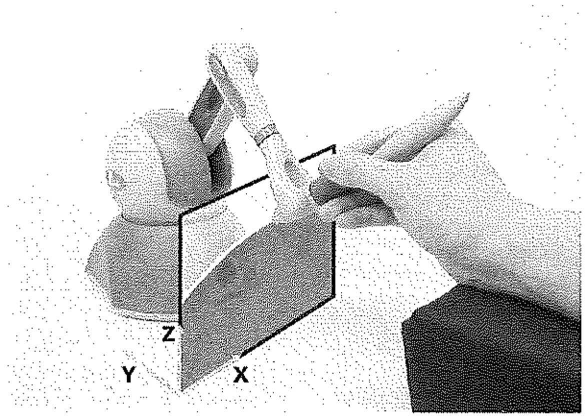


図2　力覚提示装置を用いて曲面に触れている状態のイメージ図。装置のペン部分が仮想的な平面（図中の X-Z 平面）に拘束されており、ペン部分を左右に動かすことで曲面に触れる感覚が提示される。

2.2 実験タスクと条件

図 3 に実験タスクの流れを示す。各試行で順応刺激とテスト刺激の順に 2 種類の曲面を提示し、テスト刺激が凹凸どちらであったかをキーボードを押下して回答させた。

能動的接触条件では、被験者が力覚提示装置のペン部分を動かすことで刺激に触れさせた。受動的接触条件では、被験者にペン部分を握った腕を動かさないよう指示し、刺激を左右方向に往復移動させることで刺激に触れさせた。

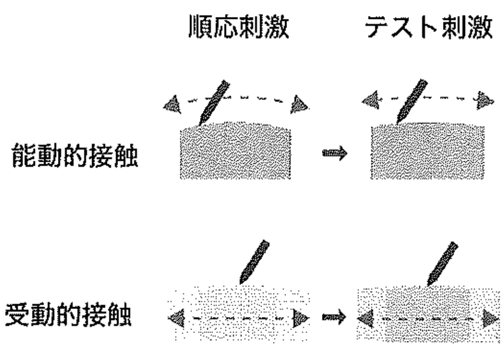


図3　実験タスクの流れ

2.3 刺激曲面の曲率

刺激として提示した曲面の曲率は、順応刺激が3.2 m^{-1}、-3.2 m^{-1}の2水準、テスト刺激は-1.6 m^{-1}、-1.0 m^{-1}、-0.40 m^{-1}、-0.2 m^{-1}、0.2 m^{-1}、0.4 m^{-1}、1.0 m^{-1}、1.60 m^{-1}の8水準とした。能動的接触条件と受動的接触条件の各条件はそれぞれ 80 試行の 2 セッションに分けられた（順応刺激が凸面のセッションと凹面のセッションに対して各テスト刺激がランダムな順序で10回繰り返し提示された）。

2.4 順応現象の大きさ

被験者の回答について、各テスト刺激に対して「凸」と回答した割合を算出した。 条件（順応刺激の凹凸）ごとに回帰曲線を導出し、「凸」と回答した割合が50%となる点を主観的等価点（PSE）とした。順応刺激が凸のときの PSE と順応刺激が凹のときの PSE の差を順応現象の大きさとした（図4）。

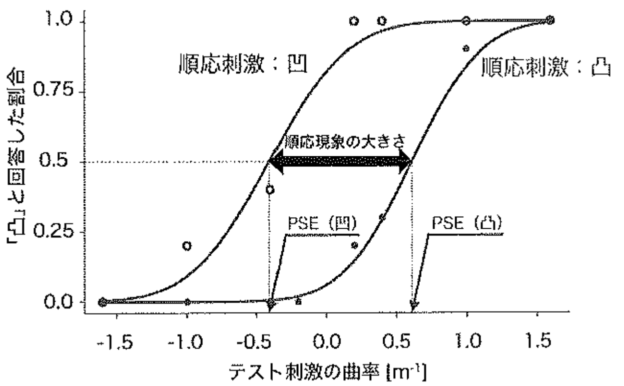


図4 被験者の回答から得られた回帰曲線の例。図中左側の曲線は順応刺激が凹面の場合の回帰曲線。

2.5 被験者

被験者は 12 名の大学生・大学院生の男女で、うち 2 名が左利きだった。すべての被験者は、能動的と受動的の 2 条件の実験に参加した。

3. 結果

能動的接触条件では、順応刺激が凸面の場合の PSE は 0.51±0.36 m^{-1}、順応刺激が凹面の場合の PSE は-0.88±0.40 m^{-1}であり、順応現象の大きさは1.39±0.58 m^{-1}であった。受動的接触条件では、順応刺激が凸面の場合の PSE は 0.10±0.13 m^{-1}、順応刺激が凹面の場合の PSE は-0.27±0.28 m^{-1}であり、順応現象の大きさは0.36±0.37 m^{-1}であった。各条件での順応現象の大きさを図5に示す。

順応現象の大きさは各条件でゼロよりも有意に大きく（能動的接触条件：$p < 0.001$、受動的接触条件：$p = 0.003$）、能動的接触条件と受動的接触条件のいずれにおいても順応現象が生じていた。また順応現象の大きさは能動的接触条件のほうが受動的接触条件よりも有意に大きいということが示された（$p < 0.001$）。

4. 考察

実験の結果から、力覚提示装置のような道具を用いて物体に触れた感覚を提示した場合、能動的に物体に触れた場合だけでなく、受動的に物体に触れた場合においても順応現象が生じることが確認された。このように物体に直接触れておらず、皮膚感覚受容器からの直接的な情報入力がない条件で順応現象が見られたことは、主に筋、腱、関節のからの固有感覚による情報入力が、凹凸形状の知覚に重要な役割を持っていることを示唆している。

順応現象の大きさについて、能動的接触条件のほうが受動的接触条件よりも有意に大きいことが示された。これは物体に指で直接触れて凹凸を知覚する条件で実験を行った先行研究[3]でも報告された結果であり、自発的な運動を伴って物体に触れることが順応現象の大きさに大きく影響していることを示唆している。

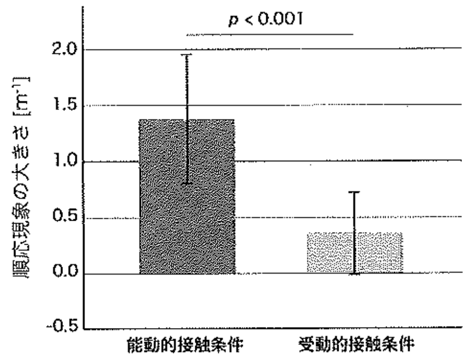


図5 各接触条件での順応現象の大きさ
(n=12, mean±SD)

引用文献

1) Gibson, J. J. : Adaptation, after-effect and contrast in the perception of curved lines, Journal of experimental psychology, 16(1), 1-31, 1933.

2) Vogels, I. M. L. C., et al. : Haptic aftereffect of curved surfaces, Perception, 25(1), 109–119, 1996.

3) Van der Horst, B. J., et al. : Transfer of the curvature aftereffect in dynamic touch., Neuropsychologia, 46(12), 2966-2972, 2008.

4) Denisova, K, et al. : Intra-and intermanual curvature aftereffect can be obtained via tool-touch., IEEE transactions on haptics, 7(1), 61-66, 2014.

[連絡先]
石橋　優
e-mail : adua2077@chiba-u.jp

B4-3

重さのスキーマに基づくメタファ間の関連性
ー環境色と対象物の関係についてー

○本田直*，藤井愛**，鳥居塚崇**
*日本大学大学院，**日本大学

An Examination of the relations between metaphors based on the image schema of weight
-Relations between colors of surroundings and objects-

Nao HONDA*, Ai FUJII **, Takashi TORIIZUKA**
*Graduate school of Nihon University, ** Nihon University

1．はじめに

私たちは同じものを持っても重く感じたり軽く感じたりすることがある．このように重さの感じ方は単に重量だけでなく「何か」によって影響されている．そこで「重い」という言葉を考えた場合，それは単なる物理的な重さではなく，例えば「重い話題」や「重要な情報」のように，私たちは表現をするが，それはメタファとして「重い」という言葉が使用されることもある．色彩に着目すると，色も物理的な重さを持たないにもかかわらず，「重い色」や「軽い色」などのように，重さと関わりのある表現がなされていることもある．したがって重さのメタファが重量感に影響を与えていると考えられる．そこでSchneiderや西川らは重要性や明度が感じる重さへ影響を及ぼしていることを明らかにした[1)2)]．重要性も明度も感じる重さに影響を与えているということは，なにか共通の特徴があると思われる．しかし，上述の研究ではそれぞれが重要性のみ，あるいは明度のみに着目し，共通の特徴に関する検討はなされてこなかった（図 1）．そこで本田ら[3)]は重要性や明度もその程度を重さで表現することに着目し，これらは重さという同じ枠組みでその程度が評価されているということを明らかにした．

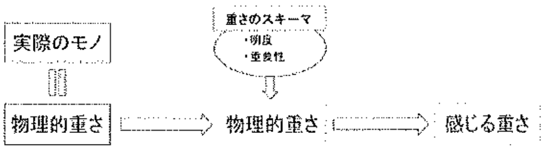


図1　これまでの研究

一方，対象物を変化させるのではなく，周りの環境に着目している研究も多くされている．特に内部空間の印象評価における色彩の影響の重要性は，多くの研究で取り上げられている[4)]．例えば松田らは，事務的な作業を行う際の部屋や机などの色彩環境が作業時の精神面に影響を与えることを明らかにした．加藤らの研究では，壁の配色を変化させることで心拍変動をもとにVDT作業時において疲れを軽減させられることを明らかにしている[5)]．また中村は，実際の空間（病室）の印象評価において，色彩が非常に重要な要因となることを指摘している[6)]．つまりこれらの研究から，色環境が人間の行動に影響を与えていることがわかる．以上から，重さのスキーマは，対象物だけではなく，周りの環境も影響していると考えられる．例えば，「重い」のメタファで表現される空間にいると，同じ「重い」のメタファである「慎重」な行動や重みに支配される安定感のある行動をとるのではないかと考えられる．

2. 本研究の目的

本研究では，これまでの研究に加え，重さのスキーマに基づいて，対象物だけでなく，環境を意図的に変化させることが，判断や行動に影響を与えるかを明らかにすることを目的とした．そして対象物と環境との相互作用にも着目して研究を行った（図 2）．

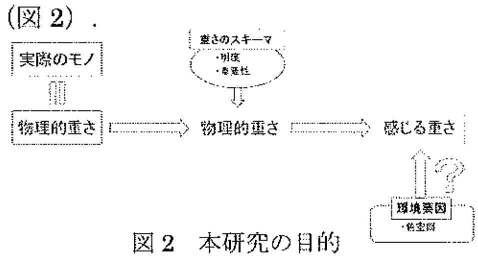


図2　本研究の目的

3. 実験

3.1 実験 1 概要

本実験は，色環境にも重さのメタファが影響を与えているか明らかにすることを目的とした．そのため，「重い」のメタファとして，発表者らによって明らかとなった「重い色」である低明度の色（本実験では黒）と「軽い色」である高明度の色（本実験では白）の 2 種類の空間を用いて実験を行った．他の要因の影響を避けるため，無彩色である白および黒の仕切りをした．その際 1 人の実験参加者に対し，2 空間（白＋黒）で行った．実験課題としては，単純加算課題を用いて，実験参加者に対する課題の進歩度合い及び誤答数を測定した．単純加算課題は，1 行 20 秒で計 16 行おこなわせた．実験参加者は本大学の創生デザイン学科 40 人(男性 24 人，女性 16 人，平均年齢 20.8 歳)とした．

3.2 実験 1 結果及び考察

単純加算課題の回答数の結果を図 3，誤答数の結果を，図 4 に示す．黒空間は回答数に対してあまりばらつきがみられなかった($p<0.01$)．つまり，黒空間は，回答数がほぼ同じ結果となっている．これは黒空間におけるパフォーマンスが安定して

いることを示しており，仮説を肯定するものである．次に誤答数をみると，白空間より，黒空間のほうが誤答数が少ない結果となった($p<0.05$)．つまり，黒空間のほうが慎重に課題を解く傾向がみられた．「慎重」を重さのメタファと考えると，仮説通りの結果になったといえる．これらの結果から，高明度の空間であると行動がより軽率かつ不安定に，そして低明度であるとより慎重かつ安定になることがわかった．つまり色環境を変化させることによって，「重さ」の枠組みが働き，行動が変化すると考えられる．

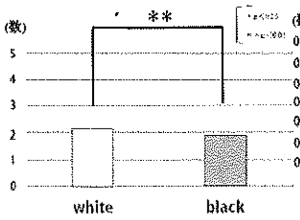


図３　回答数

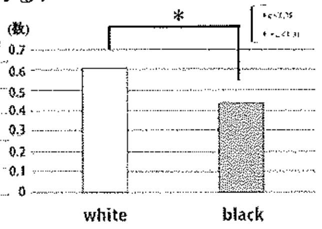


図４　誤答数

3.3 実験２概要

本実験では，高明度（白）と低明度（黒）の２種類のポータブルハードディスク(以下，HDD)を用いて，それらに「重要な情報」および「重要でない情報」を保存したものを組み合わせ，４つのHDDを用いて実験を行った．そしてそこに１人の実験参加者に対し，２空間（白＋黒）を加えて３要因で実験を行った．なお「重要な」情報は自分自身に直接関係があり現在もなお重要な情報，「重要でない」情報は自分自身に関係がない過去の情報とした．上述のように，色彩[黒，白]と重要度[重要，重要でない]をそれぞれ組合せ，４グループに分け，HDDを保持してもらい実験を行った．なお１グループを10人ずつとした．実験に先立ち，それぞれの実験協力者にデジタルデバイスに関する知識を尋ね，グループ間に偏りがないか確かめた．その結果，グループ間には有意差がみられず，上記４グループに分けて実験を行うことの妥当性が示された．実験参加者は本大学の創生デザイン学科40人(男性24人，女性16人，平均年齢20.8歳)とした．

3.4 課題２結果及び考察

重さの主観評価の結果を図6，重要度の結果を図7に示す。重さについては、白空間よりも黒空間のほうが、対象物を重く知覚する傾向がある($p<0.01$)。そして黒空間の中でも、重要な情報が入った黒のHDDが一番重く知覚された($p<0.05$)．
重要性と対象物の色は黒空間の際により顕著に影響を与えることがわかった．また，重要性とHDDの色との組み合わせよりも，色環境と重要性の組み合わせの影響力が強いことも分かった($p<0.01$)．これらの結果から，重さのスキーマは３要因ともに影響しており，同時に３要因のなかでも一番影響力があるのは，環境の要因であることが明らかとなった．重要度については、重要な情報が含まれているHDDは色空間が変化してもあまり差はないが、重要でない情報が含まれているHDDは重要な情報が含まれているHDDよりも色空間や対象物の色に影響されやすいことがわかった。
色空間は３つの要因の中で最も重さ知覚に影響を与えていたが，一方では，重要度に対する影響は少なかった．

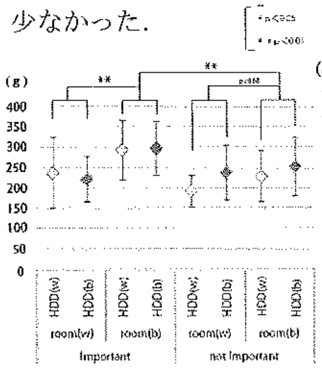


図６　重さの主観評価

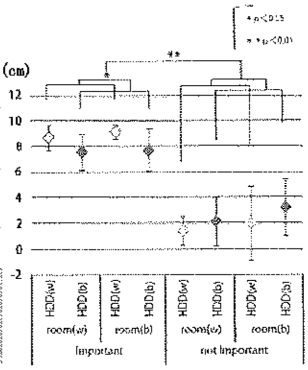


図７　重要度について

4. まとめ

今回の研究を通して，環境を変化させることで，課題取り組み姿勢や行動が変化することがわかった．そして実験２では，対象物の明度が感じる重さ及び行動に影響を与えていること，そして対象物に重要性を持たせることでも感じる重さ及び行動に影響を与えていることが明らかとなったことを再確認するとともに，それに加え，環境を変化させることで，よりそれらの効果が強まることが分かった．すなわち，重さの枠組み（対象物の明度や重要性）と環境要因（色環境）はお互いに影響を与え合い，それらが感じる重さと行動に影響を与えるということがわかった．そしてその３つの要因（色環境×対象物の明度×重要性）の中にも影響力の強弱があることが示された．

参考文献

1)I. K. Schneider, B. T. Rutjens, N. B. Jostmann, D. Lakens：Weighty matters: importance literally feels heavy, Soc. Psychol, Pers. Sci, 2 , pp. 474-478, 2011.
2)西川好夫：新・色彩の心理，財団法人法政大学出版局，1972.
3)本田直，石橋舞，鳥居塚崇：色彩が持つ重量感に関する考察―物理的な重さにメタファが付加された場合の色彩の影響―，人間工学学会誌，vol. 52，特別号，pp. 200-201，2016.
4)須田眞史，初見学：色彩が空間認知に与える影響―空間の認知構造に関する研究―，日本建築学会計画系論文集，第463号，pp. 99-106，1994.
5)加藤千恵子，寺田信幸，鳥谷部達，斎藤兆古：心拍変動を用いた色彩環境の心身に与える影響の解析―性格特性・嗜好による個人差の測定―，可視化情報，vol. 28 Suppl. ，No. 1，pp. 143-146，2005.
6)中村洋一：病室の快適性についての評価―空間の視覚的印象として―，43巻9号，pp. 65-71，1984.

B4-4

製品に対する感情の相違が作業動機づけに与える影響

○木村夢菜*，藤井愛**，鳥居塚崇**
*お茶の水女子大学大学院，**日本大学

Influences of the affective for products on work motivation

Yumena KIMURA*, Ai FUJII**, Takashi TORIIZUKA**

1. 背景及び目的

同じ用途の製品でも，快適と感じる製品もあればそうではない製品もあるように，使用者に「やる気」を与える製品もある．やる気が出ないときにその製品を用いれば，やる気を誘発し，作業への意欲が向上するのではないかと考えた．そこで，実験を通じ，製品がどのように作業意欲に影響を与えるかについて検討することとした．

ユーザが製品の価値を決定する際には，価格やブランド，口コミなど一般的評価のほか，製品の外観，製品への思い入れ，製品の使いやすさなど実用性を考慮していると考えられる．これらのどの要素が作業意欲と大きく関わるかを検討することにより，製品を使用する作業に対して意欲を向上できると考えた．さらに本研究では作業意欲だけではなく，作業することの楽しさ，製品への愛着，製品を失った際の喪失感についても検討することにより，製品と作業動機づけとの関係についても検討した．また，架空の議論になることを抑制するため，本実験の題材となる製品を利用することがどれだけ現実性があるか捉えることとした．

2.実験 1

製品の例としてペンを題材とした．具体的には，「一般的評価に関するもの」としてブランドのペン，「外観が良いもの」として綺麗な見た目のペン，「個人的な思い入れのあるもの」として恋人から貰ったペン，「実用性のあるもの」として使いやすいペンとした．調査を行ったものは，この4つのペンそれぞれについてと，製品の要素同士の影響を調べるため4つのうち2つずつを組み合わせたペンの計10種類のペンである．これらのペンは実際には使用せず，PC画面にペンの説明と，実際にそのペンがあることを想起させる補助としてのシルエットをスライドで別々に提示することにより行った．

調査項目として，作業意欲，現実性，楽しさ，愛着，喪失感がどのくらいあるかVAS調査を行った．またその根拠となる要素は何か調べるため，VAS調査の結果に対してインタビューも行った．被験者は男女計40名（平均年齢21.72歳，SD=1.16）で実施した．

2.1 実験結果

作業意欲に関する結果は，使いやすいペン，恋人から貰ったペンは特に作業意欲が向上するという結果になった（図1）．作業意欲と楽しさ，愛着，喪失感の相関係数を算出した（表1）．愛着と喪失感の相関が弱かったが，その他の調査項目同士については相関がみられた．現実性とそれぞれの調査項目の相関については，愛着とは r=0.57 と弱い相関であったが，他は強い相関を示した．

今回あげた製品の例同士を組み合わせた場合も，作業意欲やその他の項目への影響がみられた．特に今回題材としたペンの例では，すべてにおいて個人的な思い入れが加わることで，作業意欲はさらに向上した．したがって個人的な思い入れのある製品が最も作業意欲向上に効果的であることが考えられる．

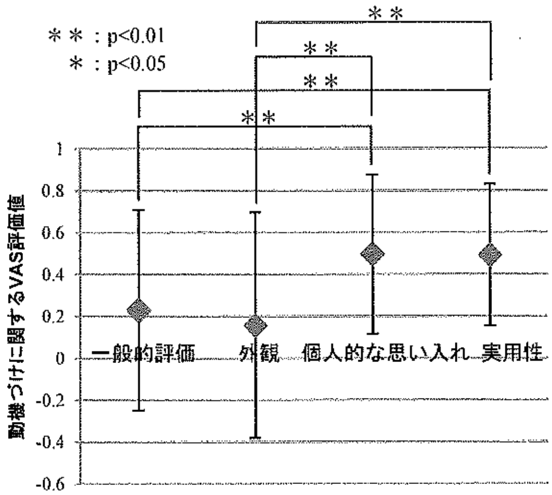


図1　それぞれの属性をもつ製品に対する作業意欲の相違

表1　各調査項目の相関係数

	作業意欲	楽しさ	愛着	喪失感
作業意欲	1.00			
楽しさ	0.99	1.00		
愛着	0.90	0.82	1.00	
喪失感	0.73	0.76	0.45	1.00

2.2 考察

実用性のある製品は，作業を効率的に行う上で必要なことであるとされ，作業に対し意欲的なイメージをしやすいと考えられる．一方外観の良い製品については，使用して捗っている状態とその製品の特徴が結びつかないため，外観の良いものを使用しても作業意欲への影響は期待できない．一般的評価を得ている製品に関しては，そもそも

評価に興味を持たなかったことや作業よりも製品自体を意識させることから，作業において不要な特徴か，もしくは作業の妨げになると考えられる．個人的な思い入れのある製品についても一般的評価を得ている製品同様，製品へ意識が向くということもあったが，自分だけが理解できる価値があることで一般的評価を得ているものよりも作業意欲が向上したと考えられる．

作業することの楽しさ，製品への愛着や失った際の喪失感が大きい場合，作業意欲も向上したことから，これらも作業意欲を構成する要因であることが示唆される．しかし愛着と喪失感の相関と愛着と現実性の相関が弱かったことについて，作業をすることで製品に対し愛着は湧くが，作業をする上で製品を消費することから，使い続けたくても製品は消費していき使い続けることができない，板挟みの状態になったと考えられる．よって，使用する人にとって特別な製品を使うことで作業意欲の向上ができると考えられる．

以上のことより，実用性に富んでいる，かつ使用する人にとって特別な思い入れのある製品を使用することで，作業意欲が向上した状態を促すことが期待できる．

3. 実験 2

実験 1 における個人的な思い入れのある製品と一般的評価を得ている製品のように，製品に対する使う人の意識の違いによって，製品の捉え方が異なるものがある．Norman はそれらを「内省的デザイン」とした．

実験 1 より，一般的評価を得ている製品と個人的な思い入れのある製品では，作業意欲の向上に差がみられたことから，使う人によってそれらの製品への意識が異なると考えられる．また作業意欲が向上する製品は，使用する人にとって特別なものであると考えられるため，製品に対する価値の違いが影響していると考えられる．

よって，一般的評価を得ている製品と個人的に思い入れのある製品に対する意識は異なると考えた．以上を踏まえ，作業意欲とその製品に対する価値の大きさについて調査を行った．

3.1 実験方法

引き続き製品の例としてペンを題材とした．具体的には，一般的評価を得ている製品は「ブランドのペン」「高額なペン」「皆が持っているペン」，個人の思い入れのある製品は「昔から使っているペン」「新品のペン」「大切な人から貰ったペン」「好きなメーカーのペン」，一般的評価を得ているが個人の思い入れのある可能性もあるものは「限定品のペン」「神社でもらったペン」「お土産のペン」として，計 10 種類の調査項目を用意した．実験 1 の調査方法と同様に，PC の画面上にこれらのペンの説明とシルエットを提示し，VAS 調査とインタビューを行った．被験者は男女計 20 名（平均年齢 21.85 歳，SD=0.57）で実施した．

3.2 結果

個人的な思い入れのある製品は，一般的評価を得ている製品よりも価値が大きく，作業意欲が向上したという結果になった（図 2）．

作業意欲と価値についての相関は $r=0.67$ となり，作業意欲が向上する製品は価値も高く感じると考えられる．

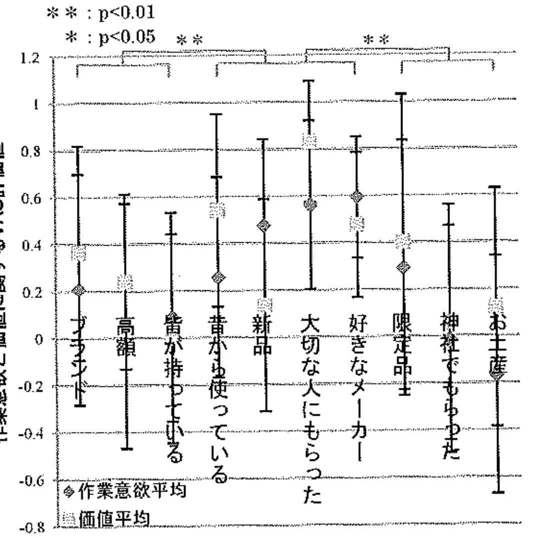


図 2　内省的デザインの特徴をもつ製品使用時の作業意欲と価値の関係

3.3 考察

個人的な思い入れのある製品は，製品に対し自分だけの特別感があり，気分よく作業できると感じることから，その製品を使用した作業意欲も向上することが示唆される．一方で一般的評価を得ている製品は，使用者以外が価値を付けていることから製品の重要性はあるが，もったいなさを感じ，作業には相応しくないと考えられる．一般的評価を得ているが個人の思い入れのある可能性のあるものとした製品は，今回は製品への重要性は感じられたが作業には相応しくないと感じさせたことから，作業には相応しくないと考えられる．

4. 今後の課題

実際に製品を使用した際に作業意欲が向上するかを調査する必要がある．今回検討した特徴をもつ製品を使用したときの身体の変化の測定を行い，今回調査を行った心理的側面だけでなく身体的側面からの評価も行い，製品の特徴と作業動機づけの関係を総合的に裏付けることを検討している．

[連絡先]
きむら　ゆめな
e-mail：g1740705@edu.cc.ocha.ac.jp

大会2日目

12月17日（日）

B6-1

異なる高さへの荷物持ち上げ作業が手関節角度の変化に与える影響

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

Effect of lifting height of handling material on wrist joint angle

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

1. 緒論

手関節の動作は，日常生活，作業場面で多くの動作が見られ，繰り返し動作を行うことによって，手根管症候群などの蓄積性外傷疾患が生じる可能性がある．そのため，手関節の身体負担評価は人間工学的に作業評価を行う上で重要な項目であり，手関節の動作特性や強度特性について多くの研究が行われてきた．手関節の動作を伴う動作として荷物持ち上げ作業が挙げられる．荷物持ち上げ作業は日常生活や産業場面において多くみられる作業であり，腰痛等の筋骨格系障害を引き起こすことが知られている．荷物持ち上げ作業は，一般的に重量物取扱いにおける重量限界は 20 kg 前後であり，手での取扱い重量限界が 5 kg 程度とされているのと比べると明らかに高い．しかし，腰部と比較すると手関節の障害の報告は少ない．このことから，手関節の動作は荷物重量や作業条件により，身体負担を軽減するような方策をとっていると考えられる．このような作業条件による手関節の変化を明らかにすることで，今まで手関節の自由度の多さゆえに，困難であった手関節モデルの構築を行うことが可能になる．そのモデルを用いることによってデジタルヒューマンを用いた作業評価の精度向上が見込まれる．

本研究では，異なる高さへの荷物持ち上げ作業が，手関節の角度の変化に与える影響について明らかにし，手関節動作モデル構築のための基礎的指標を獲得することを本研究の目的とする．

2. 実験方法

2.1 被験者

被験者は 22 歳から 25 歳までの健常な男子学生 5 名とした．被験者の年齢，身長，体重の平均と標準偏差は 23.0±0.7 歳，170.8±3.1 cm，62.4±7.4 kg であった．なお，本実験は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て実施した．実験を始める前に被験者に実験の概要を説明し，書面による同意を得た上で実験を実施した．

2.2 実験内容

本実験における作業内容は，重さ 2.5 kg の荷物を各被験者の膝高から任意の高さまで持ち上げる作業である．この際，被験者に荷物を持つ手の位置を統一するよう教示した．被験者の膝高の平均と標準偏差は 49.4±1.3 cm であった．

実験中の作業姿勢は光学式モーションキャプチャシステム（OptiTrack，NaturalPoint 社製）を用いてマーカ座標を計測し，3 次元リアルタイムモーション計測システム（Venus3D，Nobby Tech 社製）に取り込み，マーカ座標に基づいて 3 次元バイオメカニカル解析を行った．

2.3 実験条件

本研究では，荷物の持ち上げ高さを実験条件とした．持ち上げる高さはそれぞれ，被験者の腰高，肘高，肩高，目線高の 4 条件とした．被験者の腰高，肘高，肩高，目線高の平均と標準偏差はそれぞれ，98.0±2.2 cm，110.2±1.5 cm，140.6±2.2 cm，159.4±1.5 cm であった．

2.4 解析項目

本実験では，持ち上げ作業中の手関節角度の変化を評価した．手関節の評価を行うために，手関節橈屈角，前腕回外角の変化を測定した．また，それぞれの関節角度の初期値と最終値をそれぞれ算出し，持ち上げ作業中の手関節角の動作特性について調べた．本研究では，作業条件による手関節の違いを明らかにするために，高さ条件を実験因子とし，被験者をブロック因子とした多元配置分散分析を行った．なお，危険率は 5%とした．

3. 結果

被験者 5 名分の手関節橈屈角と前腕回外角の結果を図 1～図 4 に示す．なお，図中のエラーバーは標準偏差を示す．

3.1 手関節橈屈角

図 1 に手関節橈屈角の時間による変化を示す．手関節橈屈角は初期値が条件によって異なる傾向が見られた．持ち上げ動作中は手関節が尺屈歩行へと変化し，持ち上げ動作終了付近で，中立位方向へわずかながら変化する傾向があった．また，図 2 に手関節橈屈角の初期値と最終値の全被験者の平均値を示す．手関節橈屈角の初期値と最終値に対して一元配置分散分析を行った結果，初期値に統計的有意差は得られなかった．一方で，最終値は高さ条件による主効果が認められ，高さ条件が手関節橈屈角の最終値に影響を与えることが分かり，手関節角度の変化に高さ条件が影響する傾向が見られた．初期値はすべての条件において橈屈状態で作業が始まり，最終値はすべての条件が

尺屈した状態で作業が終了する傾向が見られた．

3.2 前腕回外角

図3に前腕回外角の時間による変化を示す．前腕回外角は動作開始時は持ち上げ高さ条件による変化は少なく，15° 程度前腕が回内した状態が見られた．その後，持ち上げ高さが高い条件ほど，前腕は回外する傾向が見られた．持ち上げ動作終了付近では，前腕が回外傾向にある条件では，一度回外角が減少し，再び増加する傾向が見られた．また，図4に前腕回外角の高さ条件ごとの初期値と最終値の結果を示す．前腕回外角の初期値と最終値に対して一元配置分散分析を行った結果，初期値に統計的有意差は得られなかった．最終値は高さ条件による主効果が認められ，高さ条件が前腕回外角の変化に影響を及ぼすことが分かった．

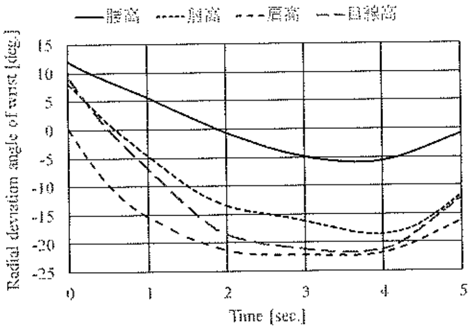


図1 手関節橈屈角の時間による変化

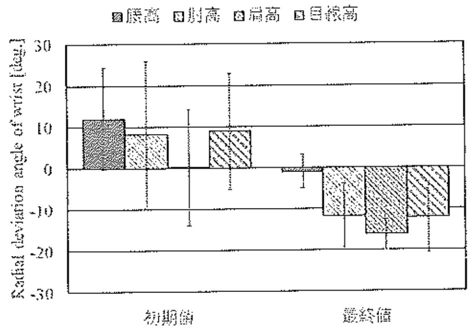


図2 手関節橈屈角の初期値と最終値

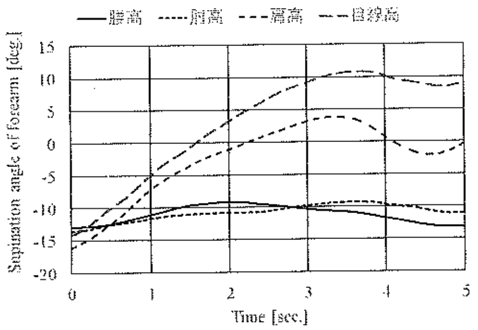


図3 前腕回外角の変化

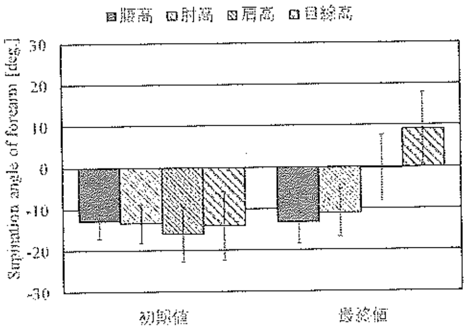


図4 前腕回外角の初期値と最終値

4. 考察

手関節橈屈角はすべての条件において最終値は手関節が尺屈する傾向が見られた．この原因として，手関節は尺屈方向の方が大きなトルクを発揮することから，尺屈方向へ変化させることによって手関節で荷物重量の影響に耐えたと考えられる．また，前腕回外角の初期値と最終値の差について比較すると，高さ条件が高くなるのに伴い，初期値と最終値の差は増加している．高さ条件が高くなるのに伴い，本来であれば，より手関節を尺屈させ荷物を持ち上げる必要があり，手関節の尺屈は最大可動域へと近づき，手関節へ生じる関節トルクが増加すると考えられる．しかし，前腕を回外させることによって，尺屈方向への変化を抑えて関節へ生じる身体負担を低下させる方策を被験者がとっていた可能性が考えられる．

手関節橈屈角の初期値は条件によって違いが見られたが統計的有意差は得られなかった．この原因として標準偏差の大きさが関係すると考えられる．被験者は手関節にかかる負担を考慮し，持ち上げ開始時の手関節角を変化させ，標準偏差が増加したと考えられる．一方で最終値は，荷物持ち上げ開始時と比較すると標準偏差が小さいため，荷物持ち上げ作業中は手関節角度の変化の自由が利かないために，前腕回外角を変化させ，手関節の負担を低下させたと考えられる．

5. 結論

本研究では，持ち上げ高さを変化させたときの手関節角度の変化について測定した．実験の結果，手関節橈屈角は最終的に尺屈方向へ変化し，前腕回外角は高さ条件が高くなるのに伴い，回外する傾向が見られた．これらの実験結果から，作業者は，荷物持ち上げの際，手関節で力を発揮するために尺屈方向へ手関節を変化させ，手関節の過剰な身体負担を避けるために，前腕を回外させ，手関節の変化を抑える傾向が明らかになった．

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

B6-2

筋疲労モデルを用いた負荷の異なる複数作業の人間工学的評価

○坂口万喜*, 瀬尾明彦**
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科, **首都大学東京システムデザイン学部

Ergonomic evaluation for multiple tasks with different workloads based on a muscle fatigue model

Maki SAKAGUCHI*, Akihiko SEO**
*Graduated School of System Design, Tokyo Metropolitan University,
**Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

セル生産など一人の作業者が複数の異なる工程に携わることを求められる作業場面は多い．また，作業の快適性向上のため，コンピュータ上に構築された仮想の生産システムとデジタルヒューマンモデル(Digital Human Model, 以下 DHM)の活用が広がりつつある．仮想生産システムを利用すると，すべての作業条件が数値的に得られるため，DHM の生体力学モデル解析を利用することにより，作業による身体負荷の数値化が容易になる．しかし，作業中の経時的な身体負荷については，筋生理学の観点から姿勢保持による筋疲労の蓄積と休息による回復の過程について多くの研究があるものの，複数の作業を行う際，身体負荷の高い作業と低い作業をどのような順序で実施すると作業者の負担が軽減されるかといった順序効果については研究が進んでいない．

そこで本研究は，筋疲労モデルを用いて負荷の異なる複数作業の人間工学的評価を行うことを目的とし，休憩時間の入れ方の異なる作業における，実測実験による負担感の測定と，筋疲労モデルを用いた負担感の推定値との比較を行った．

2. 方法

2.1 実測実験による負担感の測定

本実験では，10 kg の荷物保持作業を休憩の入れ方の異なる 3 条件で行った．作業内容は，上肢に負荷のかかる座位姿勢での荷物保持作業(作業 a)，上肢と腰部に負荷のかかる立位での荷物保持作業(作業 b)，腰部と下肢に負荷のかかる膝を曲げ肘を伸ばした姿勢での荷物保持作業(作業 c)の 3 種類の作業を各 5 試行と休憩を 2 試行行った．1 試行は前後の準備時間を含め 25 秒間とした．実験条件は休憩 2 試行の入れ方を変えた以下の 3 条件とした．

条件 1：a×5 → b×5 → c×5 → 休憩×2
条件 2：a×5 → 休憩 → b×5 → 休憩 → c×5
条件 3：a×5 → b×5 → 休憩×2 → c×5

1 試行につき 1 回，その時点での上肢，腰部，下肢の負担感について Borg の CR10 スケール[1]を用い，0 点(負担なし) ~ 10 点(極めて強い負担がある)の点数で口頭で回答させた．

被験者は健常な男子学生 5 名を対象とし，年齢，身長，体重の平均と標準偏差はそれぞれ 22.6 ± 1.0 歳，171.8 ± 3.7 cm，65.9 ± 3.6 kg であった．

2.1 DHM を用いた負担感の推定

Xia と Frey-Law らの筋疲労モデル[2]では，筋の運動単位は活動分M_A，未活動分M_R，疲労分M_Fの 3 要素(3 要素の和は 100 %)で構成されるとし，筋活動と休息による疲労･回復で 3 要素の量が経時的に以下の関係で増減するとしている．

$$\frac{dM_R}{dt} = -C(t) + \mathrm{R} \cdot M_F$$
$$\frac{dM_A}{dt} = C(t) - \mathrm{F} \cdot M_A$$
$$\frac{dM_F}{dt} = \mathrm{F} \cdot M_A - \mathrm{R} \cdot M_F$$

ここで，F は疲労係数，R は回復係数であり，$C(t)$は時点 t で筋にかかる負荷 TL (Target Load) に応じた値である．TL は関節トルク比や最大筋力比に相当する．筋が疲労するとM_Fが増えるが，その状態で力発揮ができる筋の残存能力 RC (Residual Capacity) は次式で求められる．

$$RC = 100 - M_F \ [\%]$$

また，中枢からの筋の収縮指令 BE (Brain Effort) は，RC に対する筋負荷 TL の割合から次式のように求められる．

$$BE = \frac{TL}{RC} \times 100 \ [\%]$$

そこで今回は，負担感の推定値として DHM を用いて各作業の筋負荷から上肢，腰部，下肢の BE を計算し，実測結果の負担感と比較した．計算には，右肩関節，腰関節，右股関節の関節トルク比を用い，1 試行 25 秒間の BE の移動平均値を使用した．休憩中の筋負荷は 0 とした．

3. 結果

3.1 実測実験による負担感

被験者 5 名分の実測実験の負担感の平均を図 1~3 に示す．1，2 番目の作業 a と b では上肢の負担感が高く，最後の作業 c では腰部と下肢の負担感が高くなった．また，時間の経過に伴い負担感が上がり，休憩で負担感が下がっている．各条件の負担感の最終値の平均を図 4 に示す．全身体部位で負担感が一番小さいのは条件 1 となった．

c の負担感の平均値を図 5 に示す．各作業における負担感の平均値に対して一元配置分散分析を行った結果，条件 1 と条件 3 の c において上肢と腰部に有意差が見られた．負担感の大きさが，上肢は条件 1 > 条件 3 となり，腰部は条件 3 > 条件 1 となった．

3.2 DHMを用いた負担感の推定

条件 1 の上肢と腰部の *BE* の推定値と負担感の実測値の比較結果を図6，7に示す．推定値は同じ作業中の筋負荷の増加が小さく，休憩では筋負荷が 0 となった．上肢の a，腰部の a，b では実測値と推定値の値が近く，上肢の b，c，腰部の c と休憩において実測値が推定値を上回った．休憩は，推定値は 1 度目の休憩で負担が 0 となるが，実測値は 1 度目の休憩では 0 にならず，2 度目の休憩で負担感が 0 に近くなった．

4. 考察

4.1 実測実験による負担感

条件 1 と条件 2 の b，c において有意差が見られないことから，短い休憩が分散している状態では休憩の効果を持たないことがわかった．また，条件 1 と条件 3 の c を比較すると，上肢の負担感が条件 3 にて小さくなっていることから，連続した休憩の後に上肢の筋負荷がかかりにくい作業を行うことで，負担感が小さくなったと考えられる．一方，腰部の負担感は条件 3 にて大きくなっていることから，腰部に筋負荷のかかる作業の間に休憩を入れると，休憩後の作業にて主観的に負担を大きく感じてしまう可能性が考えられる．下肢はどの条件においても有意差が見られなかったが，下肢に負荷のかかる作業が c のみであったことから，c を行う前の休憩は下肢に影響を及ぼさなかったためだと考えられる．

4.2 DHMを用いた負担感の推定

上肢は b，c において，腰部は c にて実測値が推定値を上回った．b，c は a に比べ肩から遠い位置での荷物保持であり，作業のしにくさから負荷を大きく感じたと考えられる．また，c は体幹を傾ける作業であったため，椎間板圧縮力が大きい作業となり，腰部の負担感が増したと考えられる．また，休憩時の負担の減り方が緩やかであることから，実測の負担感は，計算される筋疲労よりも，前の作業の負荷の影響を受けると考えられる．

5. 結論

本研究は，休憩の入れ方の異なる作業における，主観評価の負担感の測定と，筋疲労モデルを用いた負担感の推定を行った．今回の条件では，分散した休憩よりも最後に連続した休憩をとる条件が，作業がしやすい条件となった．また，休憩前後の作業の筋負荷の違いにより，負担感に影響を及ぼすことがわかった．より主観評価に近い負担感を推定するためには，休憩前後の身体部位の筋負荷を考慮することが必要だと考えられる．また，推定の精度を上げるためには，作業中の筋負荷だけでなく，椎間板圧縮力や作業姿勢による負担の違いの考慮をすることが必要となると考えられる．

本研究は科研費 16K01247 の助成を受けて行った．

6. 文献

1)Gunnar Borg: “Borg's perceived exertion and point scales”, Human Kinetics.1998

2)Xia, T., Frey-Law, L.A.: “A theoretical approach for modeling peripheral muscle fatigue and recovery”, Journal of Biomechanics, Vol. 41, No. 14, pp. 3046–3052, 2008.

[連絡先]
坂口　万喜
e-mail : sakaguchi-maki@ed.tmu.ac.jp

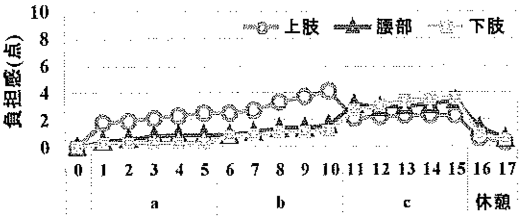


図 1　条件 1_負担感

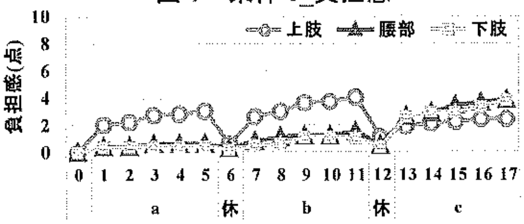


図 2　条件 2_負担感

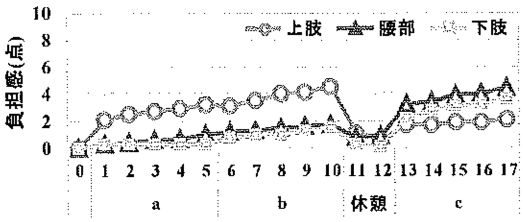
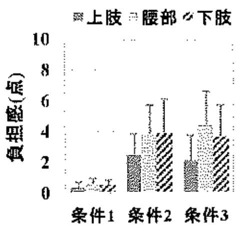


図 3　条件 3_負担感



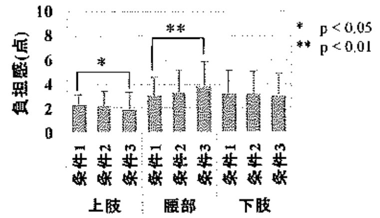


図 4　最終値　　図 5　作業 c 負担感

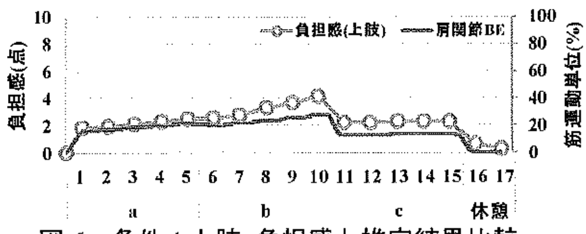


図 6　条件 1 上肢_負担感と推定結果比較

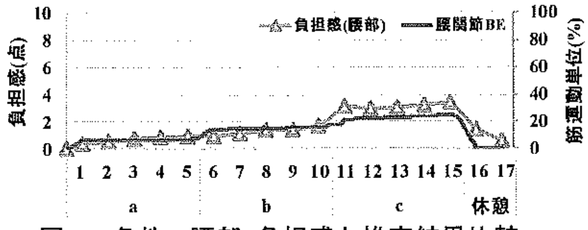


図 7　条件 1 腰部_負担感と推定結果比較

B6-3

異なる状況下におけるパイロットの精神的負担の評価

ー生理的反応に着目した実験的検討ー

○大久保克哉*，中西美和*
*慶應義塾大学

Evaluation of pilot's mental stress under different conditions
-Based on analysis of experiments focusing on psychological reactions-

*Katsuya OKUBO, *Miwa NAKANISHI
*Keio University

1. はじめに

航空機操縦における安定性には、人的要因（ヒューマンファクター）が多分に影響を与えており、事故及び重大インシデントの約80%に人的要因が関与しているという報告もある。パイロットに係る人的要因は、スキルや知識、また疲労など多岐にわたるが、特に飛行中の様々な状況変化によってもたらされる精神的負担については、客観的な評価手法に乏しく、事故や重大インシデントに対する関与の有無や大きさを推定することが比較的難しい。このことは、パイロットの精神的負担に起因する事故や重大インシデントに対して、適切な対策（例えば、教育・訓練における工夫）を講じること、及びその効果検証をすることを困難にしている可能性がある。

本研究では、フライトシミュレータを用いて、飛行中の様々な状況変化がパイロットに与える精神的負担を、生理反応の計測によって評価することを試みる。特に、近年の航空事故及び重大インシデントにおいて比較的多く見られる状況変化を模擬飛行する実験を行い、その際の心拍変動に着目して精神的負担の評価を行うとともに、異なる種類の状況変化について操縦者の精神的負担の観点からその特徴を検討する。

2. 方法

2-1. 実験参加者

実験参加者は21～23歳の男子大学生6名とした。

2-2. 実験環境及び実験装置

実験環境を図1に示す。フライトシミュレータは、Pro Flight Yoke、Mad Catz Pro Flight Rudder Pedals、Multi Panel、Switch Panel、Radio Panel、Flight Instrument Panel(いずれもSaitek社)の装置で自作し、表示用ソフトウェアにはX-Plane10(Laminar Research社)を用い、機体はCessna172SPに設定した。また、心拍変動の測定には、BIOPAC MP150及びECG100C心電図用アンプ(BIOPAC System製)を用いた。

2-3. 実験タスク及び実験条件

実験に先立ち、実験参加者にはあらかじめ操縦方法を教示した上で、タスク用のフライト航路の操縦を完璧に覚えるまで訓練させた。十分な習熟を確認した上で、次の流れで実験を実施した。実験参加者は、実験説明、計測装置取付けの後、最初に1分間の閉眼安静を行った。その後、指定された実験条件で25分間のフライト(佐賀空港から壱岐空港への模擬飛行)を行った。終了後は主観評価(NASA-TLX)に回答した。2分間の閉眼安静をとった後、次の実験条件で同様のフライトを行った。これを、指定された実験条件分繰り返した。実験条件は表1に示す状況変化を含む計8種類とした。ただし、実験参加者の疲労等を考慮し、4日間に分けて実験を実施した。具体的には、上記8種類のうちの2種類をそれぞれ含む実験条件と、日中、快晴、無風で何もトラブルの生じない同区間のフライト(基準条件)、さらにトラブルは生じないが気象条件や時間帯が異なる同区間のフライト（ダミー条件）を含む計4フライトを1日の実験量とし、全ての実験参加者が4日間で全ての実験条件を体験することとした。

図1　実験環境

表1　飛行条件

飛行条件	説明
バード ストライク	離陸後高度200feetに達すると バードストライクが発生
火災	離陸後高度450feetに達すると、「煙」と「エンジン故障」発生
エンジン停止	離陸後高度3000feetに達すると「エンジン故障」発生
燃料欠乏	「燃料漏れ」により燃料が欠乏しエンジンが停止する。燃料が一定量を切ると警告灯が点灯する。
左フラップ 故障	フラップを下ろすと、機体が左に傾き姿勢が不安定になる。
夜間飛行	夜間での飛行
悪天候	強雨と乱気流の中での飛行
雲中飛行	高度3000feetに厚い雲

2-4. 評価指標

主観評価として用いた NASA-TLX については 6 つの尺度項目(精神的要求、身体的要求、時間切迫感、作業達成度、努力、不満)に対する評価点の平均値を AWWL(Adaptive Weighted Workload)にて指標化した[1]。

心拍変動については、RRI(R-R Interval：ECG における各 R 波間の間隔)及びその周波数解析による高周波成分(HF：0.15～0.40Hz)に着目した。RRI は、安静時に大きく精神的負荷により短縮する。また、HF は副交感神経指標と言われており、精神的ストレスによって減少することが報告されている[2]。

2-5. 倫理的配慮

本研究は、慶應義塾大学理工学部・理工学研究科研究倫理審査委員会の承認を得て行なった。

3. 結果と考察

3-1. 主観評価

全実験参加者の AWWL スコアの平均を図 2 に示す。いずれの飛行条件も基準条件に比べ、AWWL 得点が高く、精神的負担が大きいものであったことが確認できた。

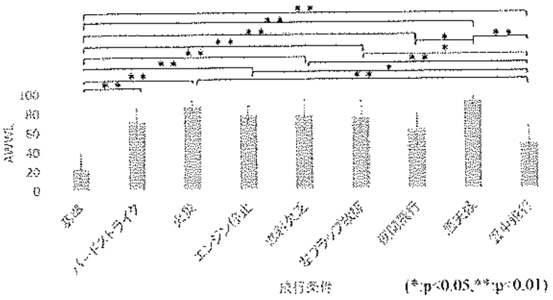


図 2 各飛行条件における AWWL スコア

3-2. 生理評価

各飛行条件における RRI を比較した。その後の飛行継続が困難なバードストライク、火災、エンジン停止、燃料欠乏の飛行条件ではイベントが発生する前後 1 分間の RRI の平均を比較した(表 2)。表 2 から、バードストライク、火災、エンジン停止の発生する前より後の方が RRI の平均は有意に小さくなり、精神的負担が増大したことが分かる。燃料欠乏も同じくエンジンが停止する条件ではあったが、発生前後で RRI の平均に変化が認められなかったのは、エンジン停止の前に警告灯が点灯するため、事前に予期することができたためと考えられる。

次に、左フラップ故障では着陸時にフラップを下ろしてから着陸するまで、夜間飛行、悪天候、雲中飛行では離陸から着陸までの区間の RRI の平均を、各タスクを試行した実験日における基準条件での同区間の RRI の平均と比較した(表 3)。左フラップ故障では、基準条件に比べて RRI の平均が有意に減少したが、他の飛行条件では基準条件との差は認められなかった。ただし、夜間飛行、悪天候では、フライト全体ではなく海上での飛行時の RRI の平均を比較すると、基準条件と比した減少が有意傾向として認められた($p<0.1$)。さらに、悪天候では、着陸時の RRI の平均も基準条件に比べて有意に減少した。このことから夜間飛行及び悪天候時、空間識失調に陥りやすい海上やパイロットの緊張が特に高まるとされる着陸時に精神的負担が増大することが RRI の平均を指標とした評価から確認できた。

さらに、離陸から着陸までの区間の HF 成分に着目すると、特にバードストライク、夜間飛行においては減少が有意傾向として認められた($p<0.1$)。

表 2 RRI 平均 (sec) によるイベント前後の比較

飛行条件	イベント前		イベント後		t
	平均	分散	平均	分散	検定
バードストライク	0.792	0.011	0.770	0.012	**
火災	0.864	0.020	0.813	0.021	*
エンジン停止	0.834	0.012	0.778	0.010	*
燃料欠乏	0.848	0.005	0.861	0.009	n.s.

n.s.：非有意, *：p<0.05, **：p<0.01

表 3 RRI 平均 (sec) による基準条件との比較

飛行条件	基準飛行		各飛行条件下		t
	平均	分散	平均	分散	検定
左フラップ故障(着陸)	0.830	0.014	0.788	0.011	**
夜間飛行	0.845	0.013	0.831	0.013	n.s.
夜間飛行(海上)	0.853	0.014	0.836	0.012	†
悪天候	0.840	0.005	0.833	0.007	n.s.
悪天候(海上)	0.853	0.005	0.826	0.007	†
悪天候(着陸)	0.794	0.007	0.830	0.007	*
雲中飛行	0.813	0.011	0.816	0.017	n.s.

n.s.：非有意, †：p<0.1, *：p<0.05, **：p<0.01

4. まとめ

本研究では、フライトシミュレータを用いた実験を通して、異なる飛行状況下におけるパイロットの精神的負担の客観的評価を、心拍変動に着目して試みた。その結果、エンジン停止に至るイベントの前後、及び夜間飛行や悪天候における海上、着陸時など、パイロットの緊張が高まることが知られている局面において、RRI の平均が有意に低下することが確認できた。

参考文献

1) 三宅晋司：特集 人間工学のための計測手法 (第 3 部)心理計測と解析 (6) メンタルワークロードの計測と解析－NASA-TLX 再考－, 人間工学 v(51), 391-398, 2015.

2) Pagani M・.Furlan R・Pizzinelli P・Crivellaro W・Cerutti S・Malliani A：Spectral analysis of R-R and arterial pressure variabilities to assess sympatho-vagal interaction during mental stress in humans,J Hypertens 7(Suppl 6):S14-S15,1989

[連絡先]
大久保 克哉
e-mail：k-okubo@keio.jp

B6-4

学校での ICT 機器利用における人間工学的配慮に対する教員の認識

○柴田 隆史*，梅澤 佳寿美*，藤井 彌智*
*東京福祉大学教育学部

Ergonomic Considerations for ICT Equipment Use at School by Teachers

Takashi SHIBATA*, Kazumi UMEZAWA*, Misato FUJII*
*School of Education, Tokyo University of Social Welfare

1. はじめに

ICT を活用した教育の推進により、学校の授業で ICT 機器が使われるようになってきている。学校で使われる ICT 機器とは、タブレット端末などの学習者用及び指導者用コンピュータ、電子黒板やプロジェクターなどの大型提示装置、そして実物投影装置である。ICT 教育の大きな特徴は、児童生徒が自ら機器を用いるという点であり、子どもが安全で快適に学習を進めるためには、人間工学的な配慮が必要とされる。

学校の教室は、ICT 機器を使用することを前提に設計されているとは言い難く、教室環境の整備にも人間工学的な視点が必要とされる。例えば、教室内が明るくなるように窓が南向きに設計されていることが多く、普通教室には遮光カーテンが取り付けられていないことが多い。そのため、ディスプレイの配置や、時間や季節の変化により、窓からの太陽光が画面に映り込み、そのグレアにより視認性が低下してしまうことがある。さらに、教室の蛍光灯による画面へ映り込みの可能性もあり、児童生徒が用いるタブレット端末の使い方にも十分に配慮する必要がある。

最も望ましい状態は、児童生徒自身が人間工学的視点を習得することである。そのためには、指導にあたる教員が人間工学的視点を理解しておく必要があるだろう。本研究では、現状を把握するために、教員が ICT 機器の利用における人間工学的な配慮についてどの程度認識しているのかを調査した。特に本稿では、教諭と養護教諭のコメント数の違いに注目して結果を報告する。

2. 方法

本研究は、東京福祉大学で 2017 年 8 月に実施された教員免許状更新講習「学校での ICT 機器利用と子どもの健康」[1]において、教員免許状を有する 67 名を対象として行われた。講習の講師は著者の柴田が担当した。

講習では、導入として、学校における ICT 機器の基本的な利用の仕方について説明した。その後、ICT 機器を利用する教室環境と児童生徒がタブレット端末を用いる学習場面のイラスト[2]（図 1）が描かれたワークシートを提示し、学校で ICT 機器を安全で快適に利用するための配慮について、思いつくことをできるだけ多く記述させた。その際、イラストのどの場所についての記述なのかが分かるように、その場所も併せて記入させた。これを事前テストとした。

ワークシートに用いたイラスト（図 1）は、日本人間工学会・子どもの ICT 活用委員会で検討を進めているものであり、学校で児童生徒が ICT 機器を利用する際に留意する点をまとめているガイドライン案である。上段は主に教員が留意することを意図した教室環境についてであり、下段は児童生徒のタブレット端末を用いた学習における、代表的な使い方を示している。「教室環境」では、蛍光灯や太陽光の映り込み、カーテンの使用、実物投影機と電子黒板に関することなど、下段の「見る・読む」では姿勢や視距離、映り込みを防ぐ工夫としてタブレット端末を傾けることなど、「書く・描く」では、ペンの持ち方や姿勢など、「撮る」では、撮影のブレを防ぐことや映像酔いへの配慮など、「発表する」では、グループの人に見やすいような配慮をすることなどが意図されている[2]。

講習の後半では、小学校におけるタブレット端末の使いやすさや身体的疲労に関する調査結果[3]、画面への映り込み、児童生徒の近視の進行と予防、姿勢などについて説明した。そして最後に、事後テストとして、事前テストと同じワークシートを用いて、学校で ICT 機器を安全で快適に利用するために配慮することについて思いつくことを再度記入させた。

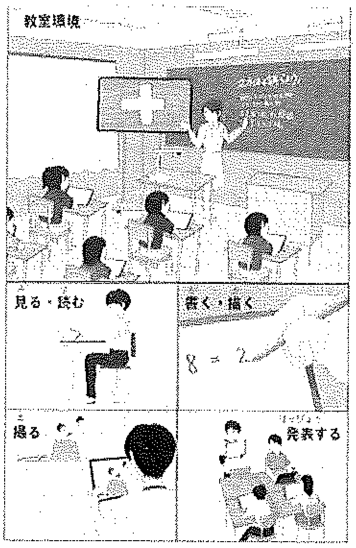


図 1　ICT 機器利用を示すイラスト[2]

3. 結果

3.1 コメント数の変化

事前・事後テストのワークシートに記述されたコメントの個数を比較した（図2）。事前は平均が8.01個、事後は平均が17.67個であり、コメント数が事後で有意に増加していることがわかった（$t(66) = -14.61, p < .001$）。

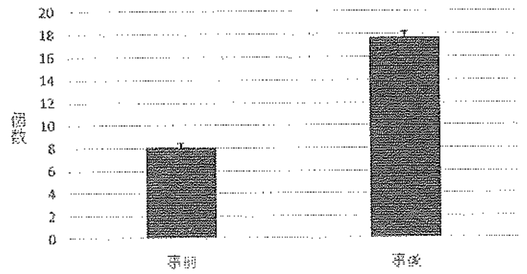


図2　コメント数の変化

3.2 教諭と養護教諭に注目した分析

事前テストのコメント数について、イラストにおける教室環境（図1上段）と児童生徒の学習場面（図1下段）に分けて、教諭（40名）と養護教諭（16名）の結果を比較した（図3）。教室環境については、教諭が平均2.85個、養護教諭が平均3.81個であり、学習場面については、教諭が平均5.13個、養護教諭が平均4.63個であった。2要因の分散分析の結果、イラストの種類の主効果がみられ、学習場面の方が教室環境よりもコメント数が有意に多く（$F(1, 54) = 17.81, p < .001$）、教員の職名の主効果はみられなかった。また、交互作用に有意傾向がみられた（$F(1, 54) = 4.00, p < .10$）。

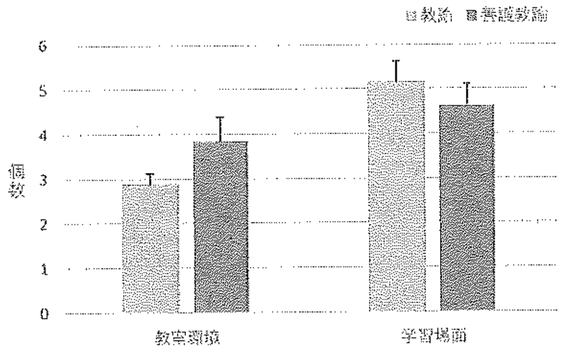


図3　事前テストにおける教諭と養護教諭のコメント数の結果

次に、事後テストのコメント数に対して、同様に分析を行った。教室環境については、教諭が平均6.45個、養護教諭が平均6.88個であり、学習場面については、教諭が平均11.10個、養護教諭が平均11.56個であった（図4）。2要因の分散分析の結果、イラストの種類の主効果がみられ、学習場面の方が教室環境よりもコメント数が有意に多く（$F(1, 54) = 115.83, p < .001$）、教員の職名の主効果はみられなかった。交互作用は有意ではなかった。

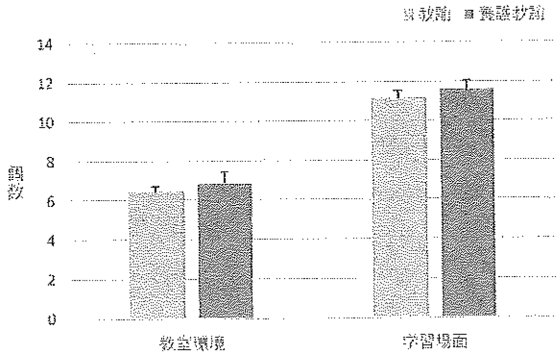


図4　事後テストにおける教諭と養護教諭のコメント数の結果

4. 考察

事前と事後のテストのコメント数を比較すると、事後の方が顕著に多くなった。それは、ICT機器利用における人間工学的視点について知識や理解が深まったからだと考察された。そのため、学校教員に対して人間工学に関する講習や研修を行うことは、学校でのICT学習環境を向上させることにつながる可能性が示唆された。

事前テストにおいて、教諭は、教室環境よりも児童生徒の学習場面に対して多くのコメントを記述していた。それは、普段の授業の中で児童生徒の様子をよく観察していることが反映された結果だと考えられるが、教室環境に関する理解が十分でなかった可能性もある。一方、養護教諭は、教室環境や児童生徒の身体的側面について専門知識を有しており、それが講習前の結果にみられたと考察された。しかし、講習後の事後テストにおいては、教諭と養護教諭の回答傾向に差異はみられなくなった。今後は、コメント内容について精査し、着眼点に関して詳細な分析を行っていく。

本研究の一部は、第一生命財団・研究助成により実施された。また、ご協力いただいた学校教員の皆様に感謝の意を表す。

参考文献

1) 文部科学省：平成29年度免許状更新講習の認定一覧, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/koushin/004/1381419.htm（参照日：2017.11.13）
2) 柴田隆史, 斉藤進, 他：学校におけるICT機器活用に関する人間工学ガイドライン, 人間工学, Vol.53 特別号, pp.206-207, 2017.
3) 柴田隆史, 佐藤和紀, 堀田龍也：小学生のタブレット端末利用における映り込みや身体的疲労に関する調査, 日本教育工学会研究報告集 JSET16-4, pp. 71-78, 2016.

[連絡先]
柴田 隆史
e-mail：tashibat@ed.tokyo-fukushi.ac.jp

B7-1

歩行時の転倒検知システムの開発

○劉康潤*，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 fall-detection system in walk

Koujun RYUU*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. はじめに

日本では平成25年の統計で，転倒・転落による死亡者数は交通事故死亡者数より多い7766人で，その内で高齢者（65歳以上）の割合は85%である[1]．したがって，転倒予防は社会的課題と考える．そこで転倒対策として歩行者保護用のエアバッグも開発[2]されているが，転倒状態を検知して，地面に接触する前にエアバックを十分膨張させるシステムが極めて重要となる．

本研究は高齢者において一番発生率が高い前方への転倒[3]を検知する転倒検知システムの開発を目的とする．

2. 実験

転倒時の安全を十分確保するために，身体が地面に接触する前にエアバックが完全に膨張する必要がある．そこで既往研究[2]を参考にして，検知してから身体が完全に膨張したエアバックに接触するまでの時間を0.14sとした．様々な転倒を日常生活動作から区別できる検知方法を開発することを目的とし，実験を実施した．被験者は健常者8名とし，実験内容を事前に説明をして同意を得た上で実験を実施した．

2.1 実験装置

転倒検知を行うために，本研究では2台の加速度・角速度計(TSN151，㈱ATR-Promotions社製：サンプリング周波数50Hz)をそれぞれ胸骨部(センサ1)，臍部(センサ2)にベルトで設置した．転倒実験は転倒誘発装置を使う．保護用マットまでの高さ(310mm)は，エアバッグが完全に膨張した時の厚さを想定している（図1）．

2.2 実験方法

2.2(1) 日常生活動作計測

比較対象として次の8種類の日常生活動作(ADL: activities of daily living)の計測を行った．お辞儀（Bow)，拾い(Picking)，座る（Sit)，振り向く(Turn around)，躓き後の回復動作(With recovery)は各10回試行した．また，通常歩行(Walk: 110m)，階段上がり(Walk upstairs: 11steps*4)と階段下り(Walk down stairs: 11steps*4)は各1回行った．被験者1名に対して合計53試行を行った．

2.2(2) 転倒計測

転倒計測方法は，まず被験者を転倒誘発装置内に立たせ，計測開始と同時に被験者と装置を押すスタッフは歩行開始する．次にスタッフは任意時刻に転倒誘発装置を引っ張り，被験者が躓いてから保護用マットに接触するまでの計測を行う（図1）．なお，被験者を無意識に転倒させるために，実験時に音楽を聞かせる．1名に対して20試行とした．

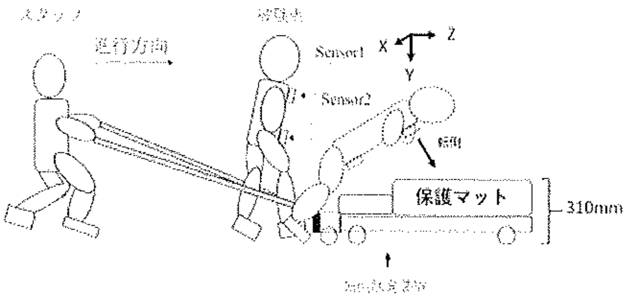


Fig.1 Fall experimental equipment

3.転倒検知方法

転倒時の身体動作は，躓いた後にバランスを失うと，上体が前方及び鉛直下方向に運動する．このことから，「同時に加速度閾値と角速度閾値に達し，一定時間以上角速度閾値を超える」という仮設を立てて，加速条件 RMS[$\boldsymbol{\alpha}$]=$\sqrt{\alpha_x^2+\alpha_y^2+\alpha_z^2}$，角速度条件$\boldsymbol{\omega_{xz}}=\sqrt{\omega_x^2+\omega_z^2}$，継続時間条件($\boldsymbol{t_c}$)のそれぞれの閾値を設定することで転倒検知を行う．各条件の説明は以下のようになる：

加速度条件：加速度センサの特性により，加速度が増加によりすると，RMS[a]の値が減少する，という特徴を利用し，転倒を各日常生活動作から区別できる下側閾値(LFT: Lower Fall Threshold value)を決定する.図2(I)は転倒時と各日常生活動作のRMS[a]の時系列データであり，この結果からLFTを決定する.それに達するのが加速度条件である．

角速度条件：$\boldsymbol{\omega_{xz}}$を指標とするのは，転倒時に横回転($\boldsymbol{\omega_y}$)を伴うことがあり，その影響を排除するためである.転倒時に上体の角速度が増大するため，転倒を日常生活動作から区別できる上側閾値(UFT: Upper Fall Threshold value)を決定する.図2(II)は転倒時と各日常生活動作の$\boldsymbol{\omega_{xz}}$の時系列データであり，この結果からUFTを決定する.それに達するのが角速度条件である．

継続時間条件：加速度条件と角速度条件を同時に満たし，ω_{xz} ≥90dps の状態が続く時間を継続時間(t_c)とする．

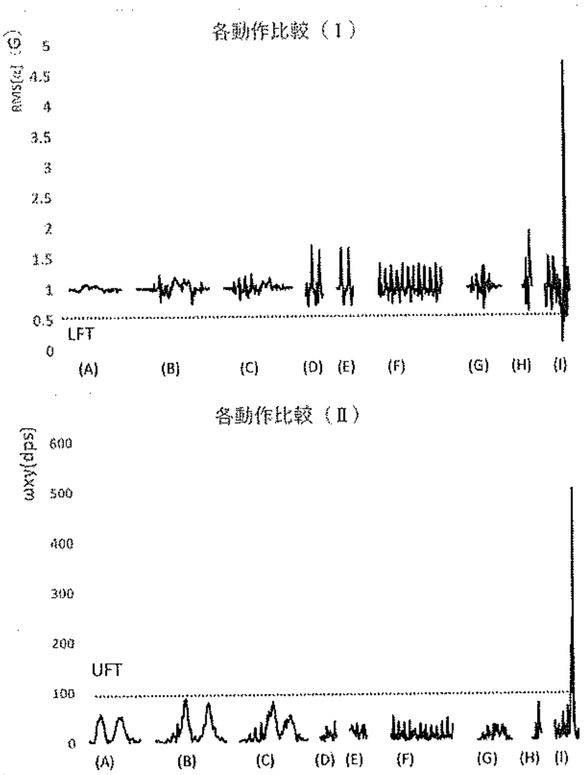


Fig.2 Example RMS[α] (I) and ω_{xz} (II)data for each scenario: (A)Bow, (B)Picking, (C)Sit, (D)Walk down stairs, (E)Walk upstairs, (F)Walk, (G)Turn around, (H)With recovery, (I)Fall.

4. 実験結果

4.1 加速度条件

加速度条件 RMS[$\boldsymbol{\alpha}$]の閾値をセンサ 1 から決定する.

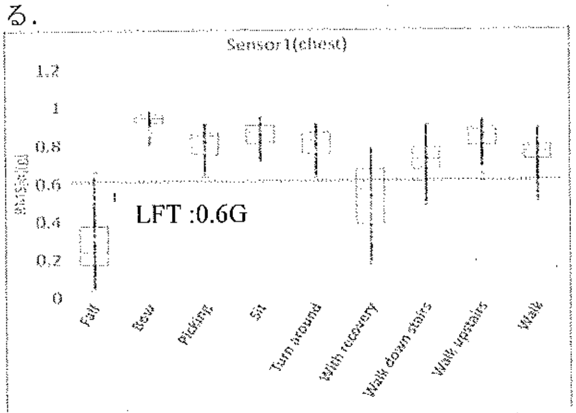


Fig.3 RMS [$\boldsymbol{\alpha}$] in falls and ADL (Sensor1)

図 3 は RMS[α]の全実験データであり，この結果から下側閾値を 0.6G と設定すると，全転倒 160 試行のうち 158 試行の転倒を Bow, Picking, Sit, Turn around から区別できた.

4.2 角速度条件について

角速度条件ω_{xz}をセンサ 2 から決定する.

4.1 で区別できなかった Walk down stairs, Walk upstairs, Walk, With recovery の計測データから，ω_{xz}の上側閾値を設定する．図 4 の結果から，UFT=90degree per sec（dps）と設定すると，158 試行の転倒を Walk down stairs, Walk upstairs, Walk から区別できたが With recovery からは区別できなかった.

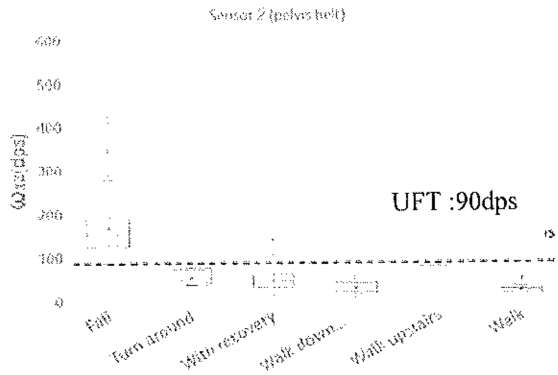


Fig.4 ω_{xz} in falls and ADL(Sensor2)

4.3 継続時間条件について

4.1 と 4.2 で区別できなかった With recovery の結果から，t_cの最大値は 0.02sec であった．したがって，t_c>0.02s を継続時間条件として設定することで，全ての転倒を With recovery から区別できた.

4.4 検知評価

160 試行の転倒データから，158 試行(98.8%)の転倒を検知できた．ただし，目標とした保護用マットに接触する 0.14 秒前の検知率は 88.6%（140 回）であった．日常生活動作から転倒の区別は 100%であり，平均検知時間は 0.3s（SD:0.15)であった.

5.まとめ

加速度条件（RMS[$\boldsymbol{\alpha}$]≤0.6G），角速度条件（$\boldsymbol{\omega_{xz}}$ ≥90dps), 継続時間条件（$\mathbf{t_c}$>0.02s）を組み合わせることで，日常生活動作と転倒時を区別可能とし，目標とする転倒前 0.14 秒の検知は 88.6%可能となった．今後は，転倒検知率の向上と転倒検知システムの構築を目指す.

7. 文献

1) 厚生労働省：平成 25 年人口動態統計

2) T Toshiyo・Tamura・Takumi Yoshimura・Masaki Sekine・Mitsuo Uchida・Osamu Tanaka: A Wearable Airbag to Prevent Fall Injuries, IEEE TRANSACTION ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINR, 13(6), 910-914, 2009.

3) TW O'Neill・J Varlow・AJ Silman・J Reeve・DM Reid・C Todd・AD Woolf: Age and sex influences on fall characteristics. Annals of the Reheumatic Diseases. 53(11), 773-5.1994.

[連絡先]
りゅう　こうじゅん
e-mail： koujun-ryuu-zy@ynu.jp

B7-2

自動運転中の緊急時対応に必要なドライバ状態の推定

○岩品亮佑*，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

Estimation of driver condition required for emergency response in automatic operation

Ryosuke Iwashina*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. はじめに

近年，技術の進歩とともに自動運転への社会的関心が高まっている．しかし，社会に自動運転車を普及させるためには適切な法整備が必要とされる現状である．2014 年には、ドライバの役割と自動運転システムの関係から自動化のレベルが定義された。中でもレベル 2 における議論が活発である．レベル 2 では，前後方向及び左右方向の車両制御をシステムが担い，ドライバは交通状況を常に監視することが求められる．そのため，システムの機能限界が生じた場合，ドライバは即座に運転を引き継がなければならない．自動運転時は手動運転時に比べ，覚醒度の低下が生じることが多くの研究で示されている．そこで，本研究では機能限界の状況をドライビングシミュレータで模擬し，ドライバが安全に引き継げる意識状態を生理指標から推定することを目的とする．

2. 実験

2.1 実験概要

本研究では片側 3 車線の高速道路を走行中に，自動運転車の車載カメラが白線を認識できず誤った追従を起こすという機能限界を模擬する．カーブが多々あるコースにおいて，1 分間手動運転をしていたドライバが自動運転を開始し，約 10 分自動運転機能に従事したところで，カーブに差し掛かる際にカーブせず直進してしまう追従を行う．被験者に実験感覚を慣れさせないため誤追従後，安定してから自動運転を再び開始し，そこから 3 分以上たったところで再び誤追従を模擬するという一回の試験に 2 回誤追従を行った．また，自動運転中には前方の画面内のランダムな位置に簡単な計算を表示させ，被験者に答えてもらう暗算タスクを用意することで，ドライバの監視と観望を模擬した．

2.2 測定項目

実験における運転情報の取得を株式会社フォーラムエイトの UC-win/Road ドライビングシミュレータ内から行った．運転情報として，誤追従時から反応し操作するまでの時間，走行車線からはみ出した車の最大距離を評価項目とした．また，運転情報と生体情報のデータを比較するために Tobii Technology(株)のアイトラッカーTobii Pro を用いて眼球に関する情報の測定を行った．Tobii Pro は視線の先に取り付け，見る対象のモニターでキャリブレーションすることで，モニター内の視線移動，瞳孔径を測定することができる．さらにカメラを用いて被験者の目を撮影し，瞬きについて測定を行った．実験装置の概略図を図 1 に示す．

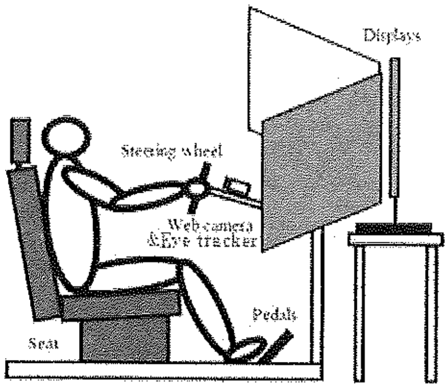


図 1　実験装置

3. 実験結果及び考察

被験者は免許所持者男性 3 名・女性 1 名で行った．また，曲率半径 750m，1500m の右カーブに差し掛かる直前で誤追従をしたときの実験データを記載する．

3.1 運転評価

3.1.1 反応速度

カーブ直前で誤追従が発生したとき，被験者全員はハンドルから操作を始めた．ハンドルには 10°(片側 5°)の遊びが存在するが，ハンドルに入力値が入った瞬間を反応時間とした．

表 1　反応時間

	750[m]	1500[m]
A	2.53	3.75
B	1.47	2.76
C	1.33	1.70
D	2.47	2.79
平均	1.95	2.75

曲率半径と操作にかかった時間の平均の差は有意であるか調べるために t 検定を行った．曲率半径が大きいほど車線の逸脱時間が長いため，反応時間が遅くなると予測し，片側検定を行った結果，

有意水準 5%で有意差があることが確認できた．つまり，曲率半径が大きいほど反応時間は長くなるため，より気付きにくいといえる．また，視線を確認したところ，逸脱は座席から正面を見て判断していた．そのため，反応時間は車線からのずれや，壁が迫ってくる感覚を感じた時間に依存する．早急に気づくためには覚醒度が関与してくるといえよう．

3.1.2 走行車線からはみ出した最大距離

自動運転時の速度でのハンドルの切り具合が瞬時にわからないため、自動運転から手動運転に切り替わる際、適切なハンドル操作ができなくなることが先行研究より判明している[1]．急な切り替わりから不適切なハンドル事故を起こさないためにこの指標と覚醒度との関連を明確にしておく必要がある．結果の例を図 2 に示す．縦軸は，左の車線にはみ出した距離を正とする．

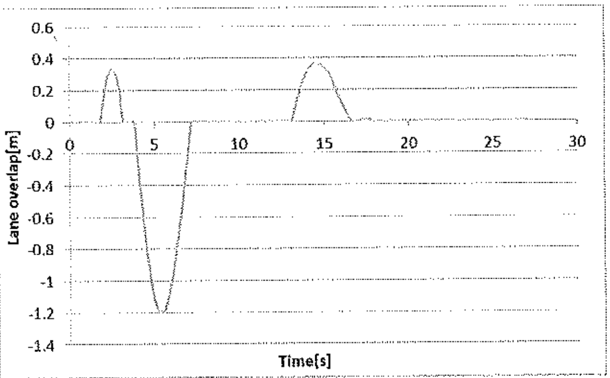


図 2　他の車線にはみ出した距離

図 2 のように，ハンドル操作時までにおけるはみ出した距離の他に，適切なハンドル操作ができず，一旦もとの車線に戻った後再び車線をはみ出してしまうというデータがいくらか存在した．この最大値と生理指標の関連を後に議論する．

3.2 生理指標評価

3.2.1 瞳孔径

最初の自動運転が始まった直後(a)，それぞれのカーブで誤追従がおこる直前(b:750m)(c:1500m)10 秒間の瞳孔径を平均し，瞳孔径の変化を算出した．被験者全員(a)の瞳孔径に比べると(b)(c)の瞳孔径は小さくなっていることがわかった．また，それらに有意差があるか片側検定したところ有意水準 5%で有意差があると確認できた．そして，瞳孔径の減少率と走行車線からはみ出した最大距離に相関があるか調べた．その関係をまとめたグラフを図 3 に示す．それぞれの相関係数は，曲率半径 750m において，左目 0.40 右目 0.65 とやや相関が見られ，1500m においては，左目 0.81 右目 0.85 と強い相関が見られた．したがって，瞳孔径減少率と誤追従後の運転パフォーマンスに対して有効な指標であることを示唆した．また，曲率半径が大きいほど，つまり誤追従に気付きにくいほど覚醒度の低下の影響があるといえる．

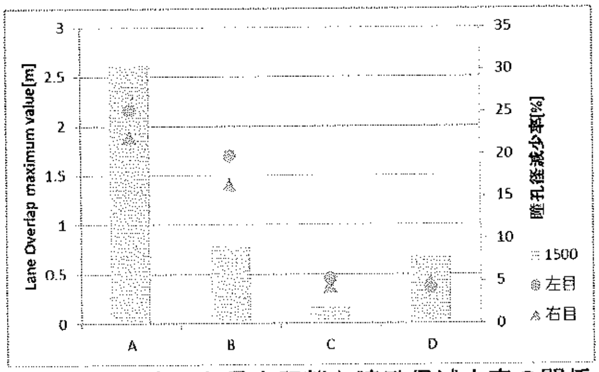


図 3　はみ出した最大距離と瞳孔径減少率の関係

3.2.2 瞬目

最初の自動運転が始まった直後(a)，それぞれのカーブで誤追従がおこる直前(b:750m)(c:1500m)1 分間の瞬きの回数を測った結果，被験者全員(a)の瞬目回数に比べると(b)(c)の瞬目回数は多くなっていることがわかった．瞬目数の増加率と走行車線からはみ出した最大距離で相関を調べたところ(b)は相関が見られなかったが，(c)は 0.59 とやや相関が見られた．3.2.1 と同様に誤追従に気付きにくいほど覚醒度の低下の影響があるといえる．

4. まとめ

本研究ではシミュレータを用いて，自動運転車の誤追従時の被験者の挙動と生理指標の対応を確認することで，緊急時に必要なドライバ意識に有効な指標を調査した．曲率半径が大きいほど，瞳孔径や瞬目が誤追従時のドライバの運転パフォーマンスと相関があり，緊急時対応に必要な意識に有効な指標である可能性を示唆した．

5. 今後の予定

本実験の目的として，自動運転からドライバが安全に引き継げる意識状態を生理指標から推定することであるが，本実験はシミュレータ実験のため本来の環境との違いがある．推定できる指標が多いほど，信頼性が上がるはずである．そこで被験者を増やしつつ，視線移動速度についてからも覚醒度の指標を取り出し，これらの指標を重回帰分析を用いて判断していく予定である．

6. 参考文献

1)Lene Harbott 他 : Taking back control of an autonomous car affects human steering behavior , Science Robotics，2016 年 12 月

[連絡先]
いわしな りょうすけ
e-mail : iwashina-ryosuke-bx@ynu.jp

B7-3

住居内歩行における転倒要因としての床面の摩擦係数と滑りやすさ評価との関連性

—不慮の事故リスクに対する客観的評価と主観的評価との相違—

○本多　長*，加藤麻樹**
*早稲田大学大学院人間科学研究科，**早稲田大学人間科学学術院

Relationship between the coefficient of friction of the floor as overturning factor in walking in the residence and the slipperiness evaluation

Osamu HONDA*, Macky KATO**
*Graduate School of Human Sciences, Waseda University, **Faculty of Human Sciences, Waseda University

1.　背景・目的

身の周りの災害いには自然災害ばかりではなく，誰もが思いもよらず遭遇してしまう不慮の事故とされる事象がある．また，危険な事象に対する，個々人が感じる安心の評価は異なる．例えば「危険か・危険でないか」，「自分に直接関係があるか・ないか」，「許容できない危険か・許容すべき（できる）危険か」など[1]安心に関する共通の判断基準は一般的に共通性に乏しい．

日常生活で生じる不慮の事故のうち，転倒・転落の占める割合は高い．また，転倒・転落事故の死亡者数は年々増加傾向にある[2]ことから，これまでに理学療法分野（LSA 測定他）や自然科学分野（TUGテスト他）等で数多くの研究や実験が行われている．それらの先行研究における対象としては，高齢者に関連した内容が際立っている．

一方，転倒要因を物理的な転倒要因と主観的な安全評価との関連性の観点から言及した例は非常に少ない．また，転倒は高齢者に限った事象ではなく，全ての世代に発生する可能性のある事故である．

本研究では，身近な住居内歩行における床面の摩擦係数（客観的評価基準・安全面）と滑りやすさ評価（主観的評価基準・安心感）とを定量化的に評価して，両者の関連性を明らかにすることを目的とする．

2.　方法

2-1.　主観的評価基準

厚生労働省における転倒不安感尺度[3]と家庭内事故の主な事例[4]に基づき転倒に対する不安感尺度アンケートを作成する．調査参加者に対しては，浴室のタイルや住居内の廊下等の写真（図1参照）を転倒要因に対する刺激として提示し，つまずきと滑りに対する不安に関する質問として「全く不安が無い」から「とても不安である」の4件法を用いて作成し，Web 上で回答を求める．調査参加者は100名（男性60名，女性40名，平均年齢41.2歳，*SD*=14.1）とする．

2-2.　客観的評価基準

客観的評価基準として，ポータブル摩擦計（新東科学，3D ミューズ TYPE：94i-Ⅱ）を用いて摩擦係数を測定する．計測に際しては，ポータブル摩擦計の計測端子に直接主観的評価基準の調査に使用した素材を装着し，床面を各々10回計測する．計測終了後に，客観的評価基準毎の平均摩擦計測値を算出する．

2-3.　解析方法

主観的評価結果と客観的評価結果との独立性検定を行う．

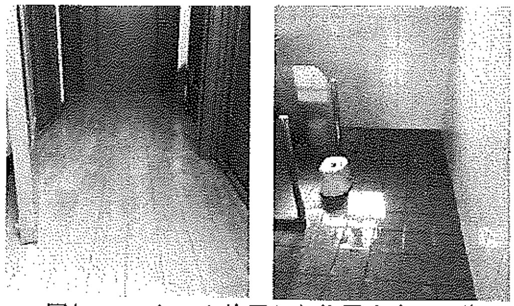


図1　アンケート使用した住居内床面画像

3.　結果

主観的評価基準の調査結果に対して，独立性検定を行った結果，客観的評価結果基準各々に対し有意差（χ^2=154.29，df=27，p<0.01）が認められた．

厚生労働省の判定にも用いられた評価毎の得点合計結果では，「全く不安が無い」つまり評価1とする得点合計で，客観的評価基準毎に差が認められた．また，評価1の合計は他の評価よりも分散していることが分かった（図2参照）．

また，評価1の得点合計を基準に，主観的評価結果と客観的評価結果との相関関係を求めた．結果，客観的評価基準の評価合計点に差が認められた．主観的評価結果と客観的評価結果との間は，r=−0.50 となり，やや高い負の相関が認められた．

次に，極端な相違データである「濡れた浴室のタイル」を除外して評価した．結果，図3に示す通り，主観的評価と客観的評価との順位についての相関は r=−0.76 となり，高い負の相関が認められた．

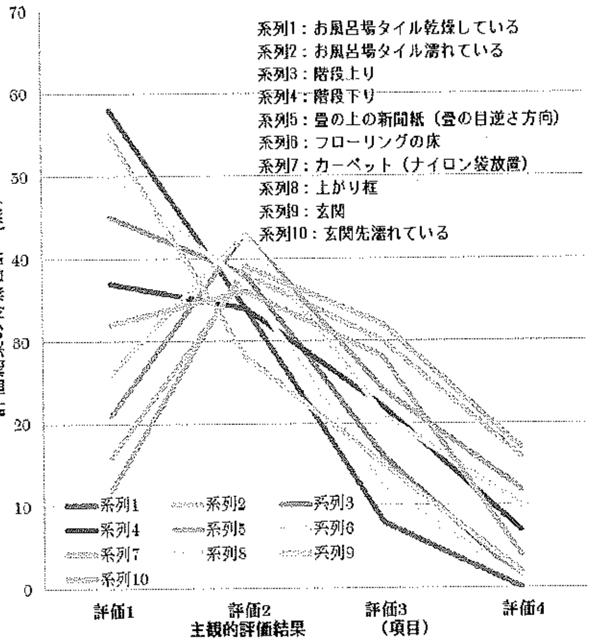


図2　主観的評価結果の客観的評価条件別得点化

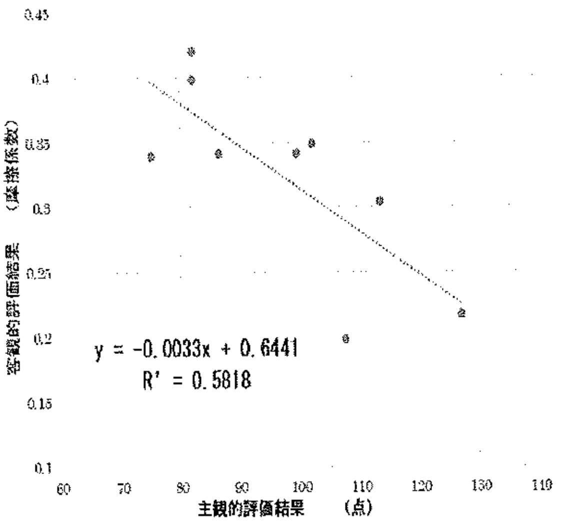


図3　主観的評価結果と客観的評価相関図

4.　考察

独立性検定の結果，有意差が認められたことから，転倒要因として主観的評価は，客観的評価に関連してリスク評価に影響していると考えられる．

客観的評価基準の評価合計点に差が認められたのは，個々人の持つリスクアセスメントに対する相違性によるものと考えられる．

主観的評価結果と客観的評価結果との各々の順位差に着目した場合，濡れた浴室のタイルに対する評価に極端な相違が認められたのは，浴室に使用されたタイルが，防滑タイルという本来は摩擦係数が低く滑りにくいという製品特性を持っていたにもかかわらず，調査参加者の主観的評価基準値（安心感）は高く得られなかったことが理由に考えられる．つまり調査参加者は，濡れたタイルに関して，自らの過去の経験則から蓄積された知識に基づき，濡れた浴室のタイルは滑りやすい物とする判断を下していると考えられる．したがって，床面の実測値と自らの主観的評価の相違は，歩行時に混乱を招くものと考えられる．

5.　まとめ

本調査の結果から，住居内歩行における転倒要因として，床面の摩擦係数と滑りやすさ評価との間には，一定の相関があることが明らかになった．

また，「危ないと感じる感覚」と「ハザードの認知」との間には関係性があると考えられる．さらに，不慮の事故リスクの要因には，客観的評価と主観的評価との相違性と合わせ，無意識に生じる歩行動作との関連性が考えられる．

一方，本調査の課題として，主観的評価基準を探るアンケートに，転倒要因として使用した写真から転倒要因としての刺激を感じなかった可能性と，防滑タイルと言う製品の存在自体を一切知らない調査参加者が存在した可能性が拭えない点があげられる．

また，住居内においてソックスやスリッパを履いて歩行している者と素足で歩行している者とのリスク評価の比較を行う必要性があると考えられる．

6.　文献

1)　向殿政男, 北野大, 菊池雅史他：安全学入門 -安全の確立から安心へ-, 研成社, p106, 5, Aug. 2009.
2) 厚生労働省：人口動態統計，不慮の事故の種類別死亡数・死亡率，Retrieved Nov 3. 2017. Available from http://www.mhlw.go.jp/toukei/youran/indexyk_1_2.htm
3) 厚生労働省：転倒不安感尺度，Retrieved 3, Nov. 2017, Available from http://www.mhlw.go.jp/topcs/2009/05/dl/tp0501-sankou3-6.pdf
4)　独立行政法人国民生活センター：家庭内事故ーその実態を探るー，Retrieved 3, Nov. 2017, Available from http://www.kokusen.go.jp/pdf/n-19990604_3.pdf

〔連絡先〕
本多　長
e-mail: blanc.honda@fuji.waseda.jp

B7-4

調剤作業におけるヒヤリ･ハットのリカバリーに関する考察

―薬局ヒヤリ･ハット事例を用いた分析―

○石田直也*，藤井愛**，鳥居塚崇**
*日本大学大学院，**日本大学

A study on recovery of near-miss in prescription work tasks
-Analysis using pharmaceutical near-miss event database-

Naoya ISHIDA*, Ai FUJII**, Takashi TORIIZUKA**
*Graduate School of Nihon University, **Nihon University

1. はじめに

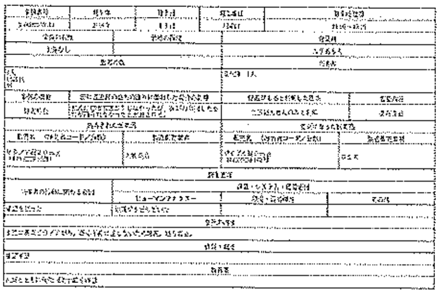
患者の健康と安全・安心の確保に貢献するために，安全な薬物療法の確保をする仕組みとして医薬分業が導入され，「施設」や「物」に関する事故防止や事故に直接結びつく可能性が高いヒューマンエラーへの対策が行われているが，薬局における調剤事故やヒューマンエラーは絶えない [1]．このようにエラー源に着目した対策には限界があると感じられ，視点を変えた対策が必要であると思われる．

そこで，エラーが発生しても，事故（トラブル）に至らなければよいのではないかと考え，エラー発生からのリカバリーに着目してみた．このリカバリーに着目し，どのような状況でエラーからのリカバリーに成功しているのかを明らかにすることを目的に研究を行った．ここでのリカバリーとは，エラー発生に気づくことにより，事故に至らないように回復行動を実施することである．

2. データベース

公益財団法人日本医療機能評価機構にて行われている薬局ヒヤリ・ハット事例収集・分析事業において，報告された薬局内で発生したヒヤリ・ハット事例をもとに研究を行った．ここで扱われているヒヤリ・ハット事例は，情報の範囲が日本薬剤師会の定義とは異なり，『医療に誤りがあったが，患者に実施される前に発見された事例』や『誤った医療が実施されたが，患者への影響が認められなかった事例または軽微な処置・治療を要した事例』，『誤った医療が実施されたが，患者への影響が不明な事例』と定義されている．このデータベースに登録されているヒヤリ・ハット事例を図 1 に示す．事例の基本情報に，発生年月日及び時間帯，実施の有無として患者から処方箋を受け取り，薬を交付される前後の発見，仮に治療がされた場合の程度が記載されている．但し，「実施あり」に該当する事例には，薬の使用前に発見された事例，使用による影響がない若しくは不明，影響による軽微な治療がなされた事例が含まれている．また，事例の概要として，調剤，疑義照会，特定保健医療材料，医薬品の販売に関する項目に分類しまとめられている．さらに，患者の数，年齢および性別，医薬品に関する項目が報告されている．次に，発生要因に関する情報が記載され，その後，テキスト情報として発生した事例の内容，背景･要因，改善策が記述されている．

表 1　ヒヤリ・ハットのデータベース



3. 分析の考え方

3.1 データベースをもとにした従来の分析

前述した分析事業の集計報告書では，ヒヤリ・ハット事例が発生した際の要因や背景に着目して分析を行っている．事例の発生年月日，時間帯，実施の有無・治療の程度，事例概要，発生場面，患者の年齢と性別，発見者，エラーの発生に関与した当事者，発生要因，報告された薬品名が項目ごとに集計されている．

対象事例とした 1,000 件において，従来の方法で分析を行った．まず，薬の交付前後を表す実施の有無で分類した．その結果，患者に薬が渡る前に気づくことができた事例が 619 件あり，薬が患者に渡された後に気づいた事例が 381 件あることが分かった．次に，619 件の内訳について発見によって分類した．薬剤師が発見し時点が明確であるもの，又は不明であるもの，監査（検品）により発見されたもの，患者が発見したもの，事務員が発見したもの，発見時点が不明確なものに分けた．そして，発見後に疑義照会が行われたものに分類し，結果を図 1 に示した．

結果として，分析方法では，ヒヤリ・ハット事例からエラー源や発生要因を把握することはできることが分かった．そのため，注意や確認の強化という対策に利用されており，エラー発生の抑制に重点が置かれる．また，リスクの把握や間違いが起きにくい医療を提供するための手順や改善策，医薬品自体の改善に活用されている．しかしながら，データベースから発見されたタイミングを読み取ることができないことが分かった．また，リ

カバリーとしての行為としてデータベースの事例概要として挙げられている疑義照会がされた時点も不明であることが分かった．

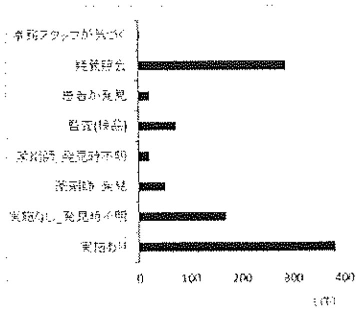


図1　交付前の事例内訳

3.2 タスクフローに基づいた分析

3.2.1 タスクフローの記述

抽出した 1,000 件のうち，患者に薬が渡る前に気づくことができた事例が 619 件あり，薬が患者に渡された後に気づいた事例が 381 件存在している．ヒューマンエラーが発生した場合，トラブルになる直前で気づくことによりリカバリーを成功させることができる．そこで，事故に繋がる事象を誰がどこで気づくことができたのかを明確にする目的をもち，薬局ヒヤリ・ハット事例を用いて新たに分析を行った．

まず，日本薬剤師会の発行する調剤事故防止テキストに記載されている内容をもとに，薬局内で行われている処方箋の受付から患者に薬剤が交付されるまでの一般的な調剤作業の流れをフローチャートとして作成した．また，3 つの立場で登場人物を設定した．1 つ目に患者を設定した．2 つ目に事務作業と投薬を行う立場を薬剤師 A とし，3 つ目に処方箋の監査及び調剤を行う立場として薬剤師 B を設定した．相互の立場をもとに，行動と情報のやり取りを表した．

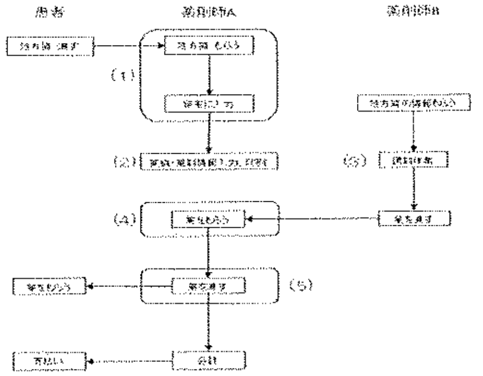
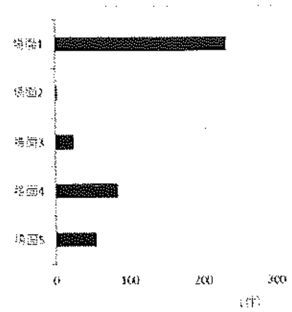


図 2　薬局内の簡略化したタスクフロー

次に，フローチャートを簡略化させたものを作成し，図 2 に示した．さらに，事故に繋がる事象に気づいた場面 1～5 を図中に設定し，調査した．処方箋を受け取り，端末に入力して確認した際に気づいた場合を場面 1 とし，薬剤情報と薬袋の印字業務時に気づいた場合を場面 2 として示した．さらに，調剤作業中に気づいた場合を場面 3 とし，調剤終了後に薬と薬剤情報と薬袋が処方箋どおり揃っているかの検品時に気づいた場合を場面 4 とした．なお，場面 4 は薬剤師 B が検品後に薬剤師



A が検品するため，クロスチェックになっている．服薬指導及び薬の交付時に気づいた場合を場面 5 として示し，誰の立場がどこで多くの気づきが実施できたのかタスク分析を行った．

図 3　発見したタイミング

3.2.2 タスク分析

今回の分析では，とりわけ 1,000 件から抽出した患者に薬剤が渡る前に発見された 619 件の事例に注目しているが，事例内容から気づくことのできた場面を明確に読み取ることのできた 399 件について，ここでは場面ごとに気づいた事例件数を図 2 に示す．図 3 の結果より，薬剤師 A の立場で場面 1 において，半数以上の 233 件が発見されていることから，初期段階での気づきが多いと分かった．また，次に多い 84 件が場面 4 で発見されていることが分かった．注目できる点として，どちらも薬剤師 A の立場で発見されている．このことから，薬剤師 A の立場が薬局内の気づきにおいて，重要度が高いことが分かった．

4. 結論及び課題

従来の分析方法では，ヒヤリ・ハット事例の原因を追究することができたとしても，エラーの発生を前提にした対策へ適用が難しいことが分かった．しかし，新規の分析方法を用いることにより，薬局内で薬剤師 A の立場で，多くのエラー発生に気づき，リカバリーが成功していることが明らかとなった．このように気づきの場面を特定することで，ヒューマンエラーへのリカバリーによる事故（トラブル）を減少させることができると考えられた．今後の課題としては，気づきに必要とされる人間の能力や，気づくのが容易になる状況を明らかにしていく必要があると考える．

文献

1)全田浩・井上章治：「保険薬局における調剤事故防止対策に関する研究」―薬剤師のヒューマンエラーに関する研究―報告書（2004）

2) 公益財団法人日本医療機能評価機構　医療事故防止事業部：薬局ヒヤリ・ハット事例収集・分析事業　事業要綱（2016）

3)公益財団法人日本医療機能評価機構　医療事故防止事業部：薬局ヒヤリ・ハット事例収集・分析事業　第 15, 16 回集計報告（2016）

4) 社団法人日本薬剤師会・職能対策委員会・医療事故防止検討会：新任薬剤師のための調剤事故防止テキスト（第 2 版）（2012）

[連絡先]

いしだ　なおや

e-mail：cina17001@g.nihon-u.ac.jp

C6-1

音量の違いによる車両接近報知音の印象評価に関する研究

○鈴木真里*，米村純一*，松田礼**，町田信夫**
*日本大学大学院理工学研究科，**日本大学理工学部

A study of impression evaluation of audible vehicle alerting sounds for hybrid and electric vehicles by difference in volume

Masato SUZUKI*, Junichi YONEMURA*, Hiroshi MATSUDA**, Nobuo MACHIDA**
*Graduate school of Science & Tech., Nihon Univ., ** College of Science & Tech., Nihon Univ.

1. はじめに

車両接近報知音（以下，報知音）とは，ハイブリッド車や電気自動車に搭載されている，歩行者に車両の接近を知らせる音である．これらの車両は，高い静音性ゆえに歩行者が車両の接近に気づきにくく危険であるとの指摘があり [1]，国土交通省は 2010 年に報知音の搭載を促すガイドラインを示し，2016 年には 2018 年 3 月以降の新型車に報知音の搭載を義務付けた．

本研究は，歩行者が報知音をはっきりと認知できる明瞭性と不快と感じない快適性をもつ報知音の提案を目的としている．本報では，試作した報知音モデルを用いて印象評価に関する実験を行い，音量の違いが印象評価に及ぼす影響について検討した結果を報告する．

2. 報知音モデルの音条件

本研究で試作した報知音モデルは，白色雑音を基に作成した 2 つの卓越周波数をもつ音である．表 1 に示すように，卓越周波数Ⅰ，Ⅱと，卓越周波数Ⅰを基準とした卓越周波数Ⅱとの音圧レベル差を設定し，振幅変調により変動周期と変調度を変え 36 種類の報知音モデルを作成した．報知音モデルの音量は，被験者の耳元で $L_{Aeq,T=20s}$=50 dB または 53 dB となるように設定した．

3. 実験方法

印象評価実験は，床面積 3.2 m²，高さ 2.3 m，暗騒音 L_A=30±2 dB の防音室内で，報知音用 1 基，環境音用 2 基のスピーカーを用いて行った．被験者は聴覚健常な 23±2 歳の大学生 8 名である．実験は，防音室内の椅子に着座させた被験者の背後から報知音を暴露した．初めに閑静な住宅街で録音した環境音（$L_{Aeq,T=40s}$=45 dB）を暴露し，20 秒後に環境音を暴露したまま報知音モデルを 20 秒間暴露する．その後，SD 法による心理アンケート記入と安静時間を 1 分間設けた．

心理アンケート記入の際，被験者には，「後方から接近する車両を想定して車両接近報知音の印象についてお答え下さい」と教示した．心理アンケートの評価項目は，「快い－不快」，「好き－嫌い」等の 13 項目の形容詞対で，両極 7 段階の評定尺度法で測定した．また，得られた印象評価結果を基に因子分析により共通因子を推定した．

表 1　報知音モデルの音条件

卓越周波数Ⅰ Hz	卓越周波数Ⅱ Hz	音圧レベル差 dB	変動周期 s	変調度
630	2500 3500 4000	0 10	0.5 1 1.5	0.45 0.9

表 2　音量 50 dB における因子分析結果

評定尺度	第Ⅰ因子	第Ⅱ因子	第Ⅲ因子
はっきりした-ぼんやりした	0.876	-0.058	0.056
鋭い-鈍い	0.839	-0.013	-0.033
派手な-地味な	0.810	0.096	0.098
新しい-古い	0.701	0.007	-0.200
軽い-重い	0.671	0.064	-0.116
迫力のある-ものたりない	0.574	0.070	0.282
きれい-汚い	0.498	-0.354	-0.390
早い-遅い	0.472	0.216	0.110
好き-嫌い	0.069	-0.937	0.188
快い-不快	-0.020	-0.875	0.189
静かな-やかましい	-0.358	-0.648	-0.107
なめらかな-粗い	-0.020	-0.512	-0.227
大きい-小さい	0.065	-0.133	0.546
寄与率	33.35%	17.67%	5.69%
累積寄与率	33.35%	51.02%	56.70%

表 3　音量 53 dB における因子分析結果

評定尺度	第Ⅰ因子	第Ⅱ因子	第Ⅲ因子
迫力のある-ものたりない	0.732	-0.004	-0.042
鋭い-鈍い	0.722	-0.022	0.237
はっきりした-ぼんやりした	0.702	0.064	0.352
派手な-地味な	0.675	0.074	-0.254
大きい-小さい	0.675	0.027	-0.123
早い-遅い	0.449	-0.111	0.022
新しい-古い	0.337	0.299	0.027
好き-嫌い	0.020	1.054	-0.110
快い-不快	-0.191	0.704	0.070
静かな-やかましい	-0.586	0.256	0.232
なめらかな-粗い	-0.116	0.130	0.541
軽い-重い	-0.047	-0.097	0.526
きれい-汚い	0.152	0.420	0.439
寄与率	20.53%	22.56%	6.92%
累積寄与率	20.53%	43.09%	50.01%

4. 結果と考察

4.1　因子分析の結果

表 2 と表 3 に，報知音モデルの音量が 50 dB と 53 dB の因子分析結果を示す．第Ⅰ因子は聞き取りやすさを示す明瞭因子，第Ⅱ因子は音の快適さを表す評価因子，第Ⅲ因子は音量 50 dB で活動因子，53 dB で質感因子が抽出された．音量 50 dB

と 53 dB における累積寄与率は，それぞれ約 57 % と約 50 %であった．

4. 2　音圧レベル差による印象評価への影響

図 1 と図 2 に，報知音モデルの音条件と明瞭因子，または評価因子を構成する全ての評定尺度の平均値との関係を示す．縦軸の評定尺度値が大きいほど図 1 では聞き取りやすい音，図 2 では快適な音と判断している．

図 1 によると，卓越周波数Ⅱが大きくなると明瞭因子の評定値が増加していることが分かる．また，音圧レベル差 10 dB を与えると，明瞭因子の評定値は音量 50 dB のとき約 10 %，53 dB のとき平均で約 6 %減少した．よって，卓越周波数間に音圧レベル差を与えず（0 dB），卓越周波数Ⅱを大きくすると明瞭性が向上し，聞き取りやすくなると考えられる．

図 2 によると，評価因子の評定値は，卓越周波数Ⅱと変調度を変えてもあまり差がみられない．しかし，音圧レベル差の有無で比較すると，音圧レベル差 10 dB を与えると評価因子の評定値が音量 50 dB で約 9 %，53 dB で約 7 %増加した．よって，卓越周波数間に音圧レベル差を与えると快適性は向上するが，卓越周波数Ⅱや変調度の変化による影響は小さいと考えられる．

4. 3　音量の違いによる印象評価への影響

図 3 に，音圧レベル差 0 dB の明瞭因子と評価因子の評定尺度値について音量の違いに着目してまとめた結果を示す．同一音条件に対して，音量の違いによる差を t 検定により検定した．

図 3（a）によると，明瞭因子は，卓越周波数Ⅱが 3150 Hz と 4000 Hz で音量の違いによる有意差（** : $P<0.01$）がみられた．また，音量を小さくすると明瞭因子の評定値が平均で約 10 %増加した．図 3（b）によると，評価因子の評定値は，変調度 0.45，卓越周波数Ⅱが 2500 Hz と 3150 Hz の一部の条件で有意差（* : $P<0.05$）がみられた．また，音量を小さくすると不快感が減少する傾向がみられたが，約 6 %の低下であるため，効果は小さいと考えられる．

5. おわりに

報知音の明瞭性と快適性について音量の違いによる影響を検討した結果，以下の結論を得た．

(1) 報知音の因子構造は主として明瞭因子と評価因子に分けられる．この因子構造は 50～53 dB 程度の音量では変わらない．

(2) 報知音の明瞭性は卓越周波数Ⅱが大きくなると向上する傾向がみられた．この傾向は，音量が小さく，音圧レベル差を与えない方が顕著に現れる．

(3) 報知音の快適性は，変調度，卓越周波数Ⅱを変えてもあまり差はみられない．音量を小さくすると不快感は減少する傾向がみられたが，効果は小さいと考えられる．

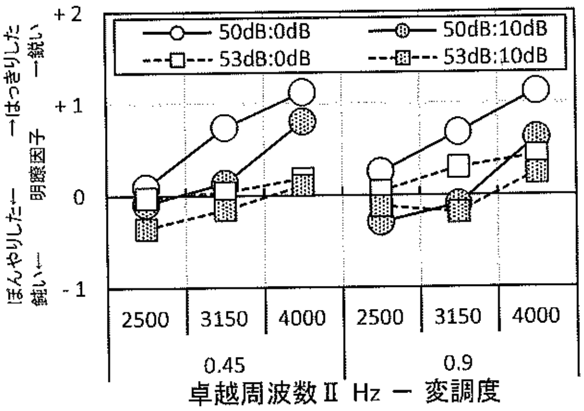


図 1　明瞭因子と報知音モデルの音条件との関係

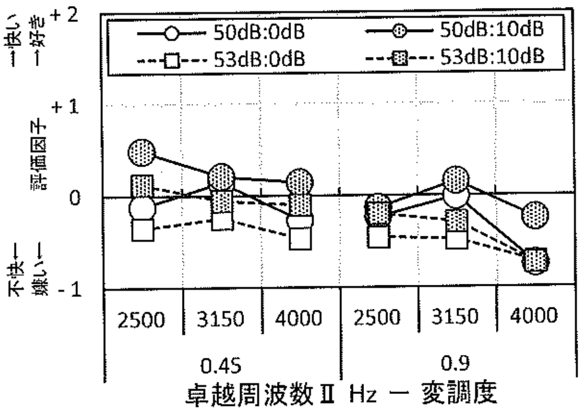


図 2　評価因子と報知音モデルの音条件との関係

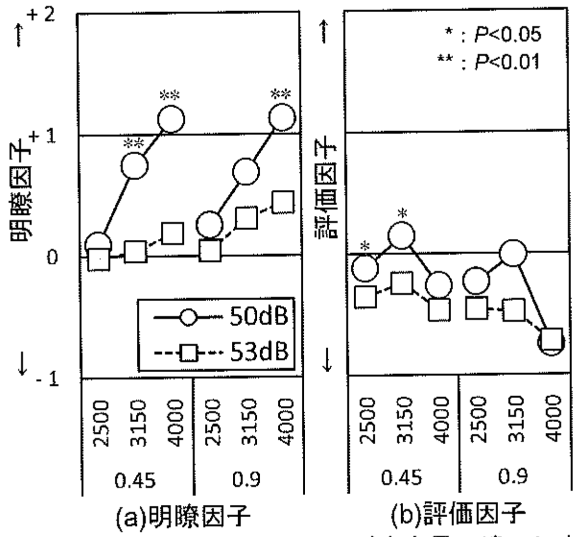


図 3　明瞭因子と評価因子に及ぼす音量の違いによる影響（音圧レベル差 : 0 dB）

6. 参考文献

1)米村純一，松田礼，町田信夫：振幅変調を用いた自動車接近報知音の実環境下における認知性と快適性の検討，日本交通科学学会，Vol.17，p94-p95，2017.

[連絡先]
鈴木　真里（日本大学大学院理工学研究科）
e-mail : csms17023@g.nihon-u.ac.jp

C6-2

危険予知タスクにおける内発的動機づけを向上させる言語的報酬と行動変容への効果

○磯崎 和豊*，石橋 基範**，岩男 眞由美***
*日本大学大学院，**日本大学，***株式会社いすゞ中央研究所

Verbal reward to enhance intrinsic motivation and its effect on change of behavior in hazard prediction task

Kazutoyo ISOZAKI *, Motonori ISHIBASHI **, Mayumi IWAO ***
* Nihon University Graduate School, ** Nihon University, *** Isuzu Advanced Engineering Center, Ltd.

1. はじめに

自動車事故を未然に防止するため安全運転支援システムの開発・普及が進んでいる．これは警報・注意喚起情報によってドライバに危険対処行動を促すものだが，かねてから過信・依存の問題が指摘されている．また，注意喚起が度重なると，運転は「ドライバ中心」のはずなのにシステム側がリードしているような印象も与えかねない．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．

動機を基に行動を起こし，一定の目標に導き，満足が得られるまでの一連の過程を「動機づけ」と呼ぶ[1]．Deci（1975）の認知的評価理論では，外的報酬には制御的側面（行動そのものを規定）と情報的側面（行動に対する良し悪しの情報）があるとされる．言語的報酬は情報的側面が優位であり，自己決定感と有能感が高まれば内発的動機づけも高まると言う[1]．筆者らは，危険予知タスクで言語的報酬（ほめ言葉）を用いたポジティブなフィードバック（Positive Feedback：以下，PFB）の効果を検証し，PFB が他の情報提示に比べ危険予知に対する内発的動機づけにつながることを示した[2]．一方で，PFB をどのように認知して感情が惹起されて内発的動機づけにつながっているのかは不明瞭で，課題として残された．

本研究では，PFB と内発的動機づけの間に介在する因子を明らかにし，運転場面で PFB が視認行動の変化に及ぼす影響について危険予知タスク（以下，KY タスク）を用いて予備的検討を行った．

2. PFB 評価構造の明確化

2.1 目的

適切な PFB を設計するため，言語的報酬により誘発される報酬への認知や動機づけの感情の構成要素を明らかにする．ここでは一般性を持たせるため，運転場面に限定せず「前向きに取り組んでいるかどうかは別として，やることが当たり前になっていること（以降，取り組み）」を想定した．

2.2 調査方法

(1) 調査対象者

インターネット調査とし，30 代の男女 224 名（男女半数ずつ）が回答した．

(2) 調査票の作成

回答の精度を確保するため，まず想定場面について「どの様な気持ちで取り組んでいるか」「誰にほめられているか」を明記させ，続いて「取り組み」に対してほめられたときの言語的報酬への認知や惹起感情を質問した．

言語的報酬の効果を尋ねる質問群として，Deci（1975）の認知的評価理論[1]および Ryan らの自己決定理論[3]を参考に「情報的（取り組みの成果に対する良し悪しが分かるか）」「制御的（取り組みの行動を規定するものを感じるか）」「有能感（取り組みに対する自身の能力が感じられるか）」「内発的（その取り組み自体に興味をもって取り組めているか）」「外発的（取り組みを手段として何かを得ようと感じるか）」の因子を仮定して，40 問の質問項目を構成した．なお，回答方法は「全く感じない」から「かなり感じる」までの 5 段階とした．

(3) 解析方法

最初に，回答態度が疑問視されるデータや同じ回答者の重複回答等を除外した．この前処理を通過した 108 名のデータを対象に主因子法による因子分析（プロマックス回転を実施）を行った．因子抽出基準は固有値 1.0 以上とし，因子の解釈には因子負荷量 0.5 以上の変数を用いた．

2.3 結果・考察

第 7 因子まで抽出されたが，複数の質問（変数）に基づく解釈が可能な第 4 因子までで打ち切った（累積寄与率 61.7%，表 1）．

表 1　因子負荷量行列（各因子上位 3 項目）

変数	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
もっとうまくできる方法を模索したいと感じる	0.819	0.022	0.081	0.026
なぜほめられるのか、理由が分かるように思う	0.791	0.186	−0.014	−0.136
その「取り組み」を続ければ将来の役に立つと思える	0.753	−0.257	0.058	−0.044
他人と比べて優れている気になれる	0.193	0.775	0.031	0.020
自分が優れているかどうかが分かると思う	0.049	0.715	0.013	−0.020
その「取り組み」で、自分の地位・ランクを上げたくなる	−0.130	0.672	0.036	0.200
かえって、やらされている感じになる	0.019	−0.017	0.853	0.040
その「取り組み」は規則のようなものだし、「だから何なの？」と思う	0.081	−0.030	0.831	−0.076
もっと頑張れと"尻たたき"されている感じがする	−0.189	0.032	0.763	−0.054
今の「取り組み」の範囲を広げてみたいと思うようになる	−0.047	0.077	−0.043	0.683
その「取り組み」を自分から進んでやる気になれる	0.362	0.053	−0.031	0.663
その「取り組み」が面白いと思うようになる	0.191	0.168	−0.010	0.642

第 1 因子は，取り組みそのものの価値を理解し，納得して取り組もうとしており，自分が主導権をもって取り組んでいる項目が集まることから「納得して取り組んでいる感」とした．また，こうした「自律的な感覚」に加え，取り組みそのものの

価値を伝える「情報的側面」もこの因子の中に含まれていると考えられる．第 2 因子は取り組みに対する自身の能力が優れているように感じている項目が集まることから「有能感」とした．第 3 因子は取り組みを行うことが規則や周囲の意思によってある程度決められているように思う項目が集まることから「制御的」とした．第 4 因子は取り組みそのものが面白かったり，興味を持ったりすることでさらに取り組みを続けようと思う項目が集まることから「内発的」とした．

以上の 4 因子を用いて言語的報酬と内発的動機づけとの間のプロセスを整理し，モデルを仮定した（図 1）．情報的側面が顕現的で有能感や自律的な感覚が上昇すると「内発的動機づけ」や「自律的動機づけ」となる．逆に制御的側面が顕現的で自律的な感覚が損なわれると「他律的動機づけ」となると考えられる．そして，今回得られた 4 因子は言語的報酬による動機づけの評価軸と言える．

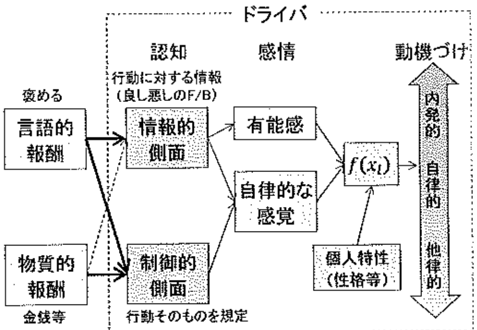


図 1　安全運転における動機づけの仮説モデル

3. PFB が視認行動の変化に及ぼす影響の予備検討

3.1 目的

本研究のゴールは内発的動機づけによって安全運転への行動変容が現れることであり，それを動機づけの評価軸を基に効果検証することである．本研究では，行動変容の対象を，危険予知で必要とされる自車周辺への視認行動とした．そして，運転場面の KY タスクを用いて PFB の効果と視認行動の変容について予備検討を行った．

3.2 実験方法

(1) 実験参加者

運転免許を有する 20 代の男女学生 2 名．

(2) KY タスクとそれに対する言語的報酬

片側 2 車線の道路を走行する自動車の運転シーンを CG で作成した（1 シーンあたり約 15 秒）．実験参加者は 1 シーン終わる毎にどこに注目していたかを口頭で回答した（KY タスク）．そして，回答後に言語的報酬が別モニタに呈示された．これは認知および感情レベル（図 1）に働きかけるもの 4 種を設定した（図 2）．なお「制御的」は本来自己決定感を低下させるが，他の因子との関係を考察するため，本実験では参考条件として言語的報酬に加えた．

良い調子です！（共通語）
→ これで事故を防ぐことができましたね（情報的）
→ 他の参加者より細かいところも見ていますね（有能感）
→ この調子で注意深く見ていきましょう（制御的）
→ 意欲をもって取り組んでいますね（自律的）

図 2　設定した言語的報酬

(3) 実験方法

実験参加者には「動画視聴後に答えた注目箇所は機械によって自動集計され，成績の善し悪しに関係なく FB が返ってくることがある」という教示を行った．実際には予め割り当てられた内容とタイミングで言語的報酬を呈示した．KY タスクはシナリオが異なる 8 試行で，そのうち 4 回で言語的報酬を呈示した．タスク中の視認行動は，非接触視線解析センサ Tobii Pro X2-30（トビー・テクノロジー株式会社）で記録した（図 3）．

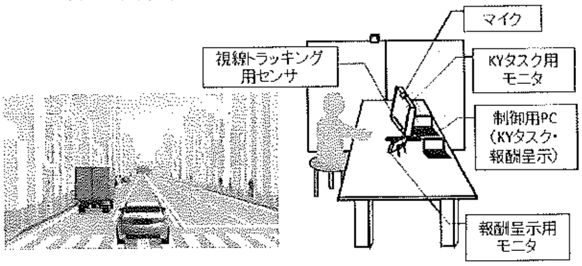


図 3　KY タスク画面（左）と実験システム（右）

(4) 主観評価

2.2(3) の調査票の項目（表 1）に倣い，「情報的」「制御的」「有能感」「自律的な感覚」「内発的」の各因子について尋ねる質問紙を作成した．

3.3 結果・考察

「有能感」「情報的」得点が高いときは「内発的」得点も高いといった関係性などから，仮説モデル（図 1）にあるプロセスを一部説明可能な傾向が見られた．一方，事例的なデータではあるが，PFB 呈示後にそれまでの注視箇所（交差点や信号）に加えて隣から車線変更してするトラックにも視線を向けるようになったり，早いタイミングで危険対象を視認する（0.65s の改善）ようになったりする様子が見られた．

今後，視認行動の変容をより正確に把握するため，視認行動のベースライン設定や，KY タスクで有用な視認行動の特徴検討等が課題と考えられる．

参考文献

1) E. L. Deci（安藤延男 訳）：内発的動機づけ—実験社会心理学的アプローチ，昇栄社，1980
2) 磯崎和豊 他：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，人間工学，Vol.52（特別号），p.400-p.401，2016
3) Ryan, R. M. et al.: Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being., American Psychologist, **55(1)**, p.68-p.78, 2000.

[連絡先]
磯崎 和豊　e-mail：cika16001@g.nihon-u.ac.jp

C6-3

歩行者の横断歩道横断時の行動解析

○星 巧大*，岩木 直**，赤松 幹之**，三林 洋介*
*東京都立産業技術高専，**国立研究開発法人産業技術総合研究所

Behavior analysis of pedestrian on pedestrian crossing

Kodai Hoshi *, Sunao Iwaki** , Motoyuki Akamatu** , Yosuke Sanbayashi*
* Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology,
** National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

交通事故による負傷者は近年減少化傾向にあるものの、依然として交通弱者である歩行者対車両による重大事故は無くなることがない。

平成28年における歩行者対車両の事故のうち歩行者が横断中の事故は事故全体の約58%を占めた。また、横断中の事故のうちの約55%が横断歩道を横断中であり、横断歩道を使用して横断すれば安全が確保されたとは言えないことにもなる。横断歩道を通行する車両に対して横断中の歩行者の行動を妨げてはいけないことが道路交通法に記載されている一方で、歩行者に対して法規則はなく、歩行者側の横断行動を解析した先行研究はない。そこで本研究では実態を把握するために、実際の路上での歩行者の横断歩道横断時の行動を観察・分析した。

2. 方法

2.1.環境

歩行者の行動を観察するにあたり、つくば駅付近の信号機の無いT字路交差点の2ヶ所の横断歩道で定点観測を行った。横断歩道の白線数は12本である。道路は見通しの良い片側一車線の直線であり、右折レーンが存在する。交差点付近にはバスロータリーが存在し、駅にも隣接していることなどから交通量や対象横断歩道を利用する横断者は比較的多い。撮影した映像の中から図1に示した2ヶ所の横断歩道を一人で渡る歩行者の映像のみに限定した。歩行者は性別・年齢は問わないことにした。結果として撮影した横断映像は昼の時間帯73シーン、夜の時間帯64シーン、合計137シーンである。

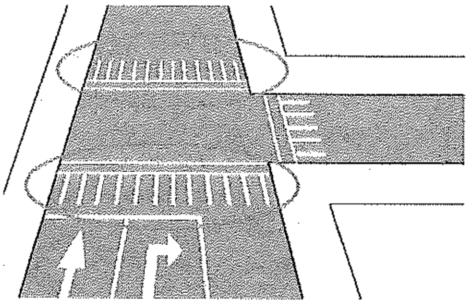


図1 測定対象とした交差点

2.2.測定と解析

横断歩道は図2のように左端の歩道を0地点とし、順に横断歩道の13本の白線に番号を付け、横断歩道に差し掛かるまでに行った確認を横断前の確認、横断歩道横断中に行った確認を横断中の確認とした。それぞれの歩行者映像での横断前と横断中の確認方向と回数（右、左）を求めた。具体的には横断中の各白線での確認回数と方向（白線をまたいだ時に見ていた方向により測定）、横断中に左右確認を行った白線数（右または左を見ながら移動した距離）を測定し、記録した。また、横断開始時に確認する直前確認方向も記録した。

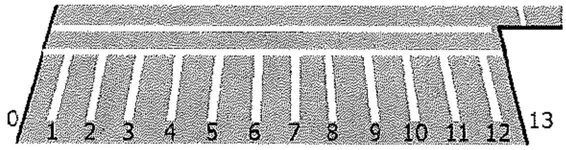


図2 横断歩道の位置番号

解析は周辺環境の明暗により昼間の時間帯と夜間の時間帯の2区分にて測定した。また、横断行動は横断前後も含めて計測した。

3. 結果

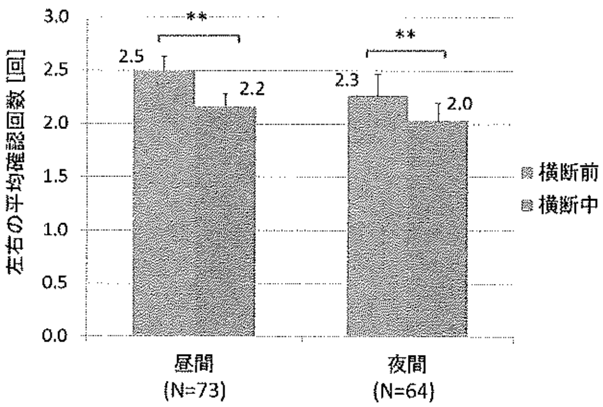


図3 横断前、横断中の左右平均確認回数の変化

対象歩行者全員の横断歩道内に入る前後で道路の左右確認回数を昼夜別に測定した結果を図3に示す。図より、夜間は昼間に比べて左右平均確認回数が少ない傾向が見られた。また、昼夜ともに横断開

始前の左右確認回数に比較して横断中は左右両確認ともに顕著に減少し、統計的有意差が認められた。

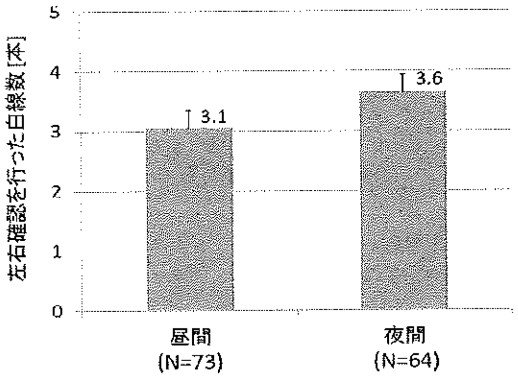


図 4 横断中に左右確認を行った白線数

図 4 より、夜間は昼間に比べ左右確認を行った白線数が多くなり、確認時間が長い傾向がみられた。

横断した白線を前半、中盤、後半と 3 区分して、位置による確認回数の比較を行った結果を図 5 に示す。

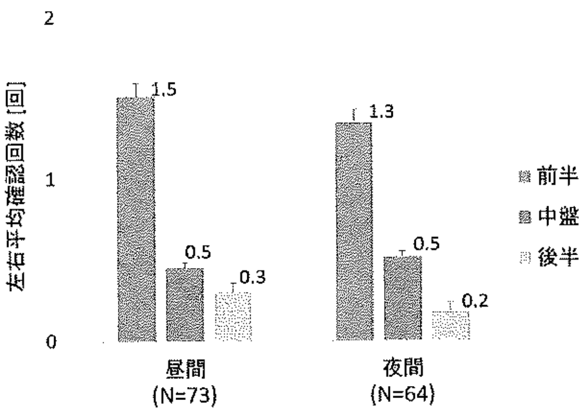


図 5 横断中の確認回数の推移

図から、横断中は前半で安全確認し、その後はほとんど安全確認を行わずに横断していることがわかった。

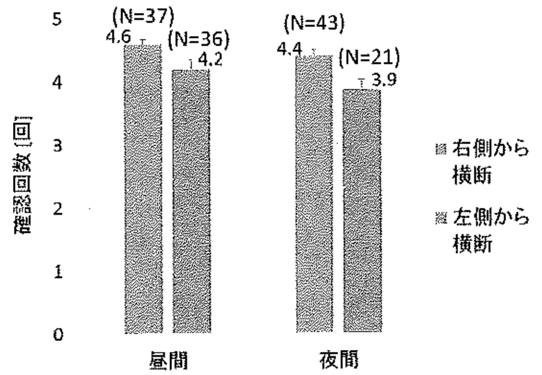


図 6 道路を横断し終えるまでに確認を行った回数

図 6 より、横断方向について解析を行った結果、昼間、夜間ともに右側から横断した歩行者は左側から横断した歩行者に比較し確認回数が多かった。

表 1 に最初に安全確認を行った方向の合計回数を示す。表 1 より、安全確認を左から行う人は、昼間 49%、夜間 33%という結果になった。左と右それぞれでの確認回数をもとにカイ二乗検定を行った結果、両者の間に有意差は認められなかった。

表 1 最初に安全確認を行った方向の合計回数

	左から確認[回]	右から確認[回]	合計
昼間	36	37	73
夜間	21	43	64
合計	57	80	137

4. 考察

解析結果より、横断中は横断前に比べて左右の確認回数が顕著に少ないことが明らかとなった。観察対象の中には横断中左右を全く見ずに歩く歩行者も見られた。これは歩行者が横断直前の左右確認で横断完了までの安全確認ができていると思っている、あるいは横断歩道横断中は車両の方が停止しているものと期待している可能性を示唆している。

昼間と比較して夜間は確認回数が少なくなる傾向があったが、夜間は交通量が少ないので確認する必要が低い、あるいは前照灯が点灯していることで走行車両の有無は周辺視で確認できるために頭を振って左右確認をする必要がないと判断している可能性が考えられる。一方で詳細情報は暗いことで確認する時間は延長することが考えられ、このことが横断行動時の確認に影響を及ぼしたものと考察する。

図 5 により、歩行者は横断開始直後に安全確認を行うと、その後はほとんど安全確認を行わずに横断歩道を横断していることがわかった。日本の場合、左側通行により最初に右から確認するように交通安全教育がなされているため安全確認は右から行う人が多いと予想したが、有意な偏りはなかった。また、横断開始位置の相違すなわち横断方向の違いによって確認回数が異なっている結果が得られたが、このことは車線による交通量の差や、道路形状、景観に起因すると考えられる。

参考文献

1)三井達郎、矢野伸裕、萩田賢司：無信号横断歩道における高齢者の横断行動と安全対策に関する研究、土木計画学研究・論文集 Vol15,No.15, pp791-802(1998)

2)上野精順：横断行動時における交通事故当事者の意識について、人間工学 Vol.27,No.1C03, pp122-123(1991)

[連絡先]
東京都立産業技術高専　三林研究室
〒116-8523 東京都荒川区南千住 8-17-1
星 巧大
e-mail : s17027@g.metro-cit.ac.jp

C6-4

教育機関に隣接する駅における分散乗車促進に関する事例研究

―ラッシュ時の列車乗降行動に配慮した駅ホームのライン表示デザイン―

○田中稜大，西嶌竜太，阿久津正大（玉川大学工学部）

A Case Study on Planning Dispersion Boarding Transition in the Station near the Educational Institution
— Line Display of Station Home Reflected Passenger's Behavior for Getting on and off Trains during Rush Hour —

Ryota TANAKA*, Ryuta NISHIJIMA*,Masahiro AKUSTU*
(*College of Engineering, Tamagawa University)

1. はじめに

大規模教育機関に隣接する駅におけるラッシュ時の分散乗車の促進は，都市部鉄道各社に共通する重要課題になっている．しかし，いまだに良策はみられない．

本研究では，教育機関に隣接する駅において朝・夕のラッシュ時における利用者の列車乗降行動と乗降意識を調査し，それらの実状や問題に配慮した分散乗車促進策について研究している．これまでに朝・夕のラッシュ時における利用者の列車乗降行動と乗車意識を調査・把握している[例えば1]．

本報では既報に引き続き，利用者の列車乗降行動に配慮し，分散乗車の促進を意図した駅プラットホームのライン表示を提示する．

2. 研究対象駅の概要

研究対象駅として大規模教育機関に隣接する某電鉄 T 駅を選出した．同駅の上りホーム（新宿方面）には，階段・エスカレーターが 1 ヶ所設置されている．下りホーム（小田原方面）には階段が 2 ヶ所設置され，うち 1 ヶ所にエスカレーターが併設されている．また上り，下りホームにエレベータが 1 基ずつ設置されている．同駅では 8 車両を中心に 6 車両と 10 車両の各停と準急が運行している．階段に最も近い号車・ドア口は上りホームで 3 号車 3 番ドア口（以後，3-3 と略），階段が 2 ヶ所ある下りホームでは 2-4 と 4-4 である（図 1）．

調査駅近隣に所在する教育機関は T 学園（児童・生徒・学生計 9,596 人，教職員 716 人）と S 薬科大学（学生 1,502 人，教職員 109 人）である．両校の生徒・学生，教職員等の多くが朝・夕のラッシュ時に同駅を利用する．

3. 分散乗車促進を意図した駅ホームライン表示設計

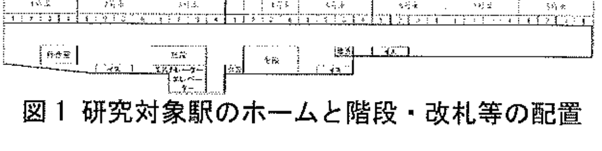


図 1 研究対象駅のホームと階段・改札等の配置

3-1. 駅ホームのライン表示要件

T 駅における朝・夕のラッシュ時の利用者の列車乗降行動を調査した結果，つぎの状況が明らかになった[例えば1]．

①ラッシュ時における利用者の列車乗降は階段付近に集中する．②乗降者が集中する時間帯は，朝の授業開始前と夕の授業終了後の時間帯である．③乗降時間と乗降人数との間には高い相関関係がある．

分散乗車促進のねらいは，各駅に設定されている列車停車時間（設定停車時間と略）内に乗降できるようにすることにある．

ねらいを達成するためには，駅ホームのライン表示が 2 つの要件を満たす必要がある．①列車乗降者が集中する朝・夕の時間帯および階段付近のエリアにおいては，設定停車時間内で乗降を可能にする乗車待ち人数に抑える（乗車待ちスペース設計）②混雑時にスムーズな降車とホームを移動できる（通路設計）．

上記の要件を具備する駅ホームの通路設計と乗車待ちスペースのライン表示設計を行った．対象駅ホームにおいて，最初に通路を設定し，つぎに設定停車時間内で乗降を可能にする乗車待ちスペースを設定した．

3-2. 混雑時にスムーズな降車と分散移動可能な通路設計

研究対象駅の上り・下りホームは，階段・エスカレーターの設置により，乗降者が集中する階段付近のエリアが狭くなっている．狭いエリアでもスムーズな通行を確保しなければならない．そこで最適通路幅だけでなく，最低必要な通路幅を得るため，通路幅の主観評価実験を行った．

実験は大学校舎内の廊下に駅ホームの模擬通路を作成して行った．通路は往路と復路の 2 線とし，通路片側が壁面，もう片側が人の混雑状況を想定して低いボード面とした．被験者は大学生 18 名（年齢 20.7±0.8 歳，男性 12 名，女性 6 名）であった．通路幅は，50cm～90cm を 5cm 間隔に 9 水準設定した．さらに「手荷物なし」，「手荷物あり・前後に持つ」，「手荷物あり・片手持ち」の 3 水準を設定した．各条件の実験繰り返しを 1～2 回とし，ランダムな順序で実験を行った．評価項目は、①通路幅の広さ感（9 段階評定尺度），②最低必要な通路幅か否か（5

段階評定尺度), などであった.

各人ごとに手荷物あり/なし・持ち方 3 条件について通路幅と①通路幅に対する主観評価スコアとの回帰式を求め, 最適通路幅(主観評価スコア 0 点となる通路幅)を算出した. 最低必要な通路幅についても, 同様な手続きで算出した. なお, 最低必要な通路幅の推定値よりも低値な通路幅の回答スコアであった場合はその値を採用した.

主観評価実験より得られた手荷物の有無と持ち方 3 条件における最適通路幅, および最低必要な通路幅を表 1 と表 2 に示す. 設計基準として 95%ile を採用し, 最適通路幅として 77cm, 最低必要な通路幅として 66cm を設定した.

3-3. 設定停車時間内で乗降可能な乗車待ちスペース設定

(1) 設定停車時間内で乗降可能な 1 ドアロ当り乗車人数の算定

1 ドアロ当り乗車人数を算定するために, 1) 設定停車時間における乗降可能時間の算出, 2) 乗降可能時間内で乗降できる 1 ドアロ当り人数の算出, 3) 1 ドアロ当り乗車人数の算出を行った.

1) 設定停車時間からドア開閉時間および安全確認時間を減じて乗降可能時間を算出した. 設定停車時間 30 秒の乗降可能時間は 15.57 秒であった.

2) 乗降可能時間内で乗降できる 1 ドアロ当り人数の算出では, 既報の調査 [1] で収集した上り朝と夕, 下り朝と夕の乗降時間と乗降人数の全データを用いて両者の回帰式を求めた. その結果, 式(1) (寄与率 R^2=0.638) を得た.

$$y=0.8888x+1.0061 \qquad (1)$$

y ; 乗降時間(秒), x ; 乗降人数(人)

式(1)より, 例として設定停車時間 30 秒での 1 ドアロ当り乗降人数を求めた結果, 16 人となった.

3) 1 ドアロ当り乗車人数の算出では, 上り朝と夕・下り朝と夕における(乗車人数/乗降車人数)を算出し、乗降車人数にその比を乗じて 1 ドアロ当り乗車人数を算出した. その結果, (乗車人数/乗降車人数)は 0.5 であった. 設定停車時間 30 秒で乗降できる 1 ドアロ当り乗車人数は, 16×0.5=8 人となった.

(2) 乗車待ちスペース(間隔)の設定

乗車待ちスペースを設定するために, 乗車待ち間隔実験および乗車待ち間隔の主観評価実験を行った. なお紙数の制約により後者の実験は省略する.

実験は T 駅のホームで行った. 手荷物なしと手荷物ありの 2 条件で, 前の人との適正間隔および最低必要な間隔で整列乗車待ちをしてもらい, 前後の人との間隔を測定した. 被験者は大学生 6 名(年齢 20.5±0.8 歳, 男性 4 名, 女性 2 名)であった. 乗車待ちは 1 列 4 名とし, 被験者の全組合せについて実験・前後の人との間隔を測定した.

実験結果を表 3 に示す. 1 人当り乗車待ちスペースの設定では手荷物あり・最低必要な間隔 ; 平均 57.9cm, SD5.7cm, 設計基準 97.5%ile を採用した. 1 人当り乗車待ちスペースは 70.0cm となった。

つぎに 1 列に n 人が乗車待ちするスペースを式(2)により算出した. 2 人待ちの場合 ; 25+35+70=130 cm, 4 人待ちの場合 ; 25＋35＋70×3=270cm となった.

1 列 n 人の乗車待ちスペース＝25cm＋1 人当りスペース/2＋1 人当りスペース×(n−1)　　(2)

表 1 手荷物の有無・持ち方と最適な通路幅

	手荷物なし	手荷物あり・前後持ち	手荷物あり・片手持ち
平均値(cm)	69.68	71.77	74.04
SD(cm)	2.86	6.61	4.36
95%ile(cm)	73.45	87.40	81.91

表 2 手荷物の有無・持ち方と最低必要な通路幅

	手荷物なし	手荷物あり・前後持ち	手荷物あり・片手持ち
平均値(cm)	55.18	59.35	64.10
SD(cm)	3.70	5.80	6.38
95%ile(cm)	60.00	65.00	71.03

表 3 手荷物の有無と乗車待ち間隔

	適正な間隔(手荷物・なし)	最低必要な間隔(手荷物・なし)	適正な間隔(手荷物・あり)	最低必要な間隔(手荷物・あり)
平均値(cm)	77.0	55.4	85.0	57.9
SD(cm)	7.4	4.5	7.3	5.7
97.5%ile(cm)	91.6	64.3	99.5	69.1

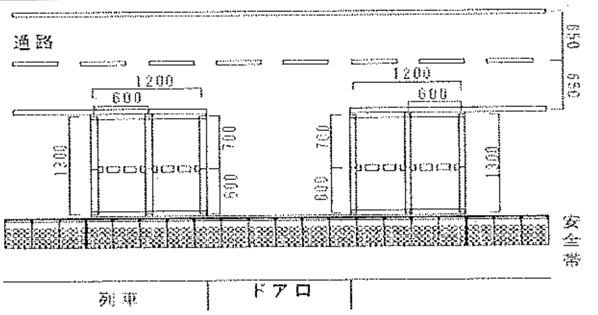


図 1 狭いエリアにおける通路および乗車待ちスペースライン表示の例

3-4. 分散乗車を促進する駅ホームのライン設計例

ライン表示要件を満たす研究対象駅ホームのライン設計を行った. ラッシュ時に乗降者が集中する階段付近のエリアにおけるホームのライン設計例を図 1 に示す. 設定停車時間内で乗降でき, スムーズな通路移動を可能にしている.

4. まとめ

研究対象駅において, 利用者の列車乗降行動に配慮し, 分散乗車促進を意図した駅プラットホームのライン表示を提示した.

利用者が設計意図に沿った行動をとるか否かの確認, および利用者の行動変容を促す案内表示については今後に検討する必要がある.

本報告は玉川大学と小田急電鉄㈱との「連携・協力に関する基本協定に基づく指定研究の成果の一部である.

参考文献

1) 二上祐希他 : "利用者の列車乗降行動と乗降意識からみた分散乗車策の検討(1)―教育機関に隣接する駅における利用者の乗降行動特性―", 日本交通科学学会誌, Vol. 16, 特集号, 2016

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

C7-1

狭い足場上での姿勢安定性における上向き姿勢および荷物保持の影響

○菅間敦*，瀬尾明彦**
*労働安全衛生総合研究所 リスク管理研究センター，
**首都大学東京 システムデザイン学部

Effect of Upward Viewing and Object Holding on Postural Stability on Narrow Platform

Atsushi SUGAMA*, Akihiko SEO**
*Center for Risk Management Research, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan,
**Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. 緒論

国内の労働災害において高所からの墜落・転落は死亡原因のトップを占めているが，その起因物の一つに脚立など高所作業用具が挙げられる．脚立からの転落はその多くが脚立上での作業中に発生しており，作業による姿勢の不安定化がその一因であると考えられる[1]．しかし脚立の足場板のように足長より狭い支持面上での姿勢動揺の実態については十分に明らかにされておらず，用具の必要寸法等についても検討されていなかった．そこで著者らは狭い足場上での静的立位姿勢の安定性評価のため，通常の立位姿勢において，足場板の前後幅が身体質量中心（COM）と床反力作用点（COP）の移動距離に与える影響を評価した[2]．本稿では同様の実験環境において，足場上での作業を想定し，上向き姿勢および荷物保持を行った際の姿勢動揺を評価することを目的とした．

2. 方法

2.1 実験参加者および実験課題

実験参加者は22歳から27歳までの男性11名で，年齢は23.4 ± 1.5（以下，平均±標準偏差）歳，身長は169.3 ± 4.9 cm，体重は61.2 ± 7.9 kgであった．また足長は24.7 ± 1.1 cmで，靴は全員が同じ種類の安全靴（ミドリ安全，MZ010J）を着用した．

実験課題は，図1のように足場板の上に立ち，前方を見ながら立位姿勢を50秒間保持するものである．その際，標準姿勢（Standard）のほかに，上向き姿勢（Upward viewing）として，目線高から60°上側の視認点を目視させた．また荷物保持（Object holding）として質量1 kgの箱（一辺の長さ12 cm）を把持させた．各作業において，足場板の前後幅を6 cm，8 cm，10 cm，15 cmの4水準で変化させた．測定は各水準2回ずつ実施し，条件の順序は被験者間で無作為化した．

実験中は転倒に備えてフルハーネス安全帯を着用して安全に配慮した．本研究は首都大学東京日野キャンパスの研究倫理審査委員会の承認を得て実施した．

2.2 計測および評価項目

光学式モーションキャプチャ（Natural Point, OptiTrack）で計測した姿勢を3次元人体モデルに当てはめ関節角度を推定した．またCOM位置とその前後への平均移動速度を求めた．フォースプレート（Kistler, 9280AA）で計測した荷重とモーメントからCOPの前後位置とその平均移動速度を求めた．その後COMとCOP位置を各足場幅に対して-100%から+100%までの値に変換し相対位置とした．

統計分析は各評価指標について，足場幅，上向き姿勢の有無，荷物保持の有無，被験者の主効果を因子とする分散分析を行い，すべて有意水準5%として判定した．

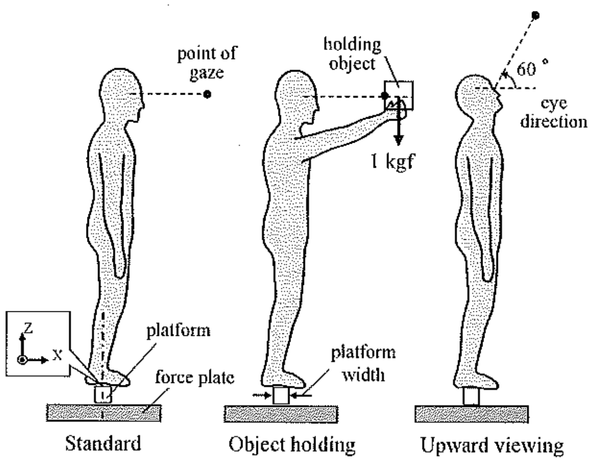


図1 実験の様子．荷物保持条件では質量1 kgの箱を手に持つ．上向き姿勢条件では60°上方の視認点を見る．

3. 結果および考察

3.1 COPの相対移動範囲および移動速度

COPの相対移動範囲として，COPの足場幅に対する相対位置を求め，各試行の最大値と最小値の差の平均をとった．その結果を図2に示す．移動範囲は足場幅が狭くなるにつれて曲線的に増加し，足場幅15 cmでは足場幅の25%，足場幅6 cmでは70%以上であった．実験因子の影響として，上向き姿勢と足場幅との交互作用がみられ，足場幅6 cm，8 cm，10 cmの場合に有意に増加していた．また荷物保持と足場幅との交互作用がみられ，足場幅6 cmの場合のみ荷物保持によってCOP移動範囲が増加していた．

図3にCOPの平均移動速度の結果を示す．相対移動距離の結果と同様に足場幅が狭いほど移動速度が増加する傾向がみられた．また上向き姿勢と荷物保持の因子はそれぞれ足場幅との交互作用があり，どちらも足場幅6 cm，8 cm，10 cmで標準姿勢との有意差が認められた．

以上の結果から荷物保持と上向き姿勢はどちらも足場上での姿勢の不安定化に作用すると考えられ，両者を比較するとわずかに上向き姿勢のほうが不安定化しやすい傾向がみられた．標準姿勢の結果[2)]では，COP移動範囲を足場幅の逆数関数として，またCOP移動速度を足場幅の二乗の逆数関数として高精度に近似できることが示されたが，上向き姿勢や荷物保持などの作業因子が加わった場合はさらに曲線の傾きが急峻になると考えられる．

3.2 上体の姿勢変化

図4に鉛直軸に対する体幹の前傾角度を，図5に体幹に対する頭部の屈曲角度をそれぞれ示す．上向き姿勢では，体幹の傾き角は標準姿勢より2度程度鉛直位に近づくが，上部視認のため頭部は体幹に対して約35度伸展していた．一方荷物保持では頭部が体幹から約30度屈曲しているが，体幹の傾きは足場幅の影響を受け，足場幅が狭くなるにつれ後傾位から鉛直位へと変化する傾向がみられた．

以上の結果から，上向き姿勢では頭部と体幹の姿勢変化が制約を受ける一方，荷物保持では頭部の姿勢変化が制約を受け，それぞれ矢状面上での変化方向が異なることが示された．また荷物保持では体幹の姿勢が制約を受けずに姿勢の調整に用いられるため，体幹前傾角は足場幅の影響を受けて変化したと考えられる．

4. 結論

本研究により狭い足場上での静的立位において上向き姿勢および荷物保持を行うと，頭部または頭部と体幹の角度調整が制約を受け，通常の立位姿勢と比べ，足場幅が狭い場合に姿勢が不安定になる傾向が見られた．実作業における転落防止に向けて，姿勢安定性に対する作業内容の影響を受けにくくするには足場幅が15 cm程度必要であると示唆された．

5. 参考文献

1) Hsiao H, Simeonov P: Preventing falls from roofs: a critical review, Ergonomics, 44(5), 537-561, 2001.
2)菅間敦・瀬尾明彦：脚立作業を想定した狭い足場上での静的立位姿勢の安定性評価，人間工学，53(4), 125-132, 2017.

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

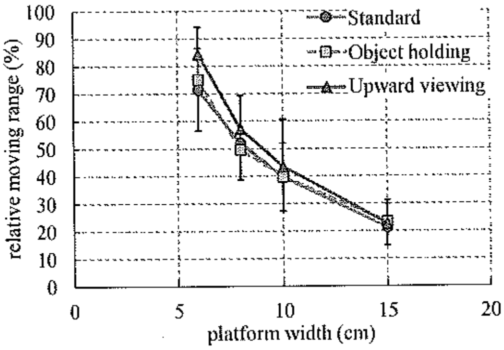


図2　COPの足場幅に対する相対移動範囲

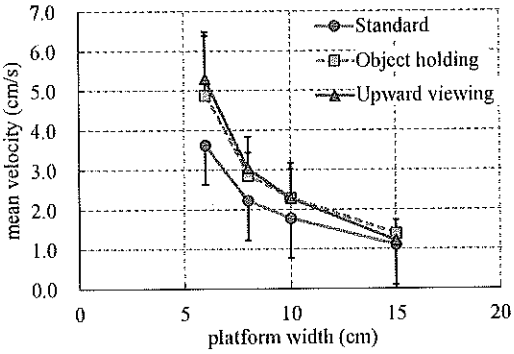


図3　COPの前後方向への平均移動速度

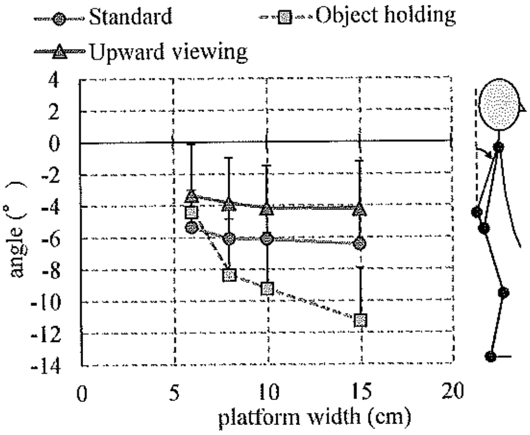


図4　鉛直軸に対する体幹の傾き角度．正値が前傾．

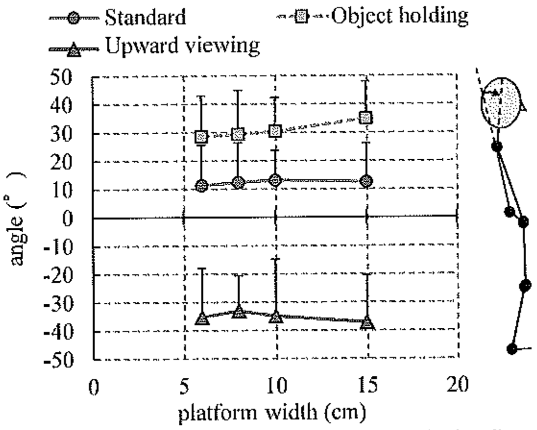


図5　体幹に対する頭部の屈曲角度．正値が屈曲．

C7-2

異なる操作条件における作業姿勢と可操作性に基づく操作力方向の推定

○徳江穂洋*，瀬尾明彦**
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科，**首都大学東京システムデザイン学部

Estimation of handling force direction in different work conditions
based on working postures and manipulability indices

Honami TOKUE*, Akihiko SEO**
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University,
**Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

機器の要求する操作力と実際に発揮される操作力は必ずしも一致しておらず，製品の設計値や設計者の意図と使用者の操作力のずれは操作性や身体負荷に影響するだけでなく，故障の原因となる可能性がある．人間機能をコンピュータ上に模擬したデジタルヒューマン(Digital Human, DH)は製品と人間の相互作用の仮想評価や可視化が可能である．身体負担評価には姿勢データと外力として操作力データが必要となる．姿勢データはモーションデータベース等により，様々な作業に対して柔軟な予測姿勢を取得できるが，操作力データはデータベースや予測に関する研究が十分でない．そのため実測データに頼らざるを得なく，DH による身体負担評価の精度向上のために，未知の操作力の推定を充実させる必要がある．

本研究では，高さと操作面角度を変化させたときの操作力と作業姿勢を測定し，上肢や下肢の操作性評価に用いられる可操作性の力の発揮しやすさに着目し，操作力方向の推定を目的とした．

2. 実験方法

2.1 被験者

被験者は健常な学生 8 名であり，年齢，身長，体重の平均値±標準偏差はそれぞれ 22.9±1.1 歳，166.2±8.0 cm，59.0±8.9 kg であった．

2.2 実験要因

本実験では右手での押し作業を想定し，操作麺角度，操作力の大きさ，操作面の高さを変更して実験を行った．操作面角度は操作面の仰角，方位角がそれぞれ(0°, 0°)，(–45°, 0°)，(–90°, 0°)，(45°, 0°)，(–45°, 0°)となる 5 水準，操作力の大きさを 10 N，30 N，50 N の 3 水準，床から操作面の中心の高さを身長比の 55%，65%の 2 水準とし，それらを組み合わせた計 30 条件で実験を行った．操作部の中心から被験者の外踝までの水平距離は上肢長比の 75%とした．被験者には立位で操作面を 5 秒間押す作業を行ってもらい，1 条件につき 2 回作業を繰り返した．この際，発揮された操作面角度方向の押し力は被験者前方に設置したディスプレイに表示することでフィードバックした．

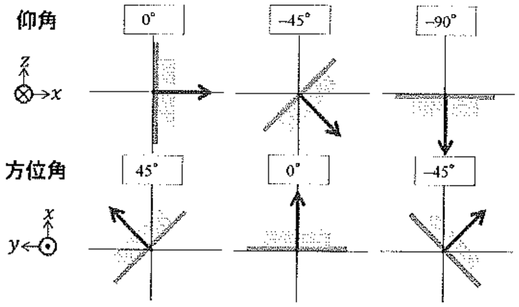


図 1　操作面角度

2.3 解析方法

6 軸力覚センサを用いて測定された操作力は被験者の前座標を+x，上座標を+z，左座標を+y となるように座標変換を行った後，極座標に変換，評価した．極座標は+x 軸方向の仰角，方位角が 0°となる．作業姿勢は 9 軸の IMU センサで測定されたデータを剛体リンクモデルと合わせて解析，関節角度を算出し，可操作性から力の発揮しやすい方向を求めた．

2.3.1 可操作性 [1]の力の発揮しやすい方向

n自由度をもつ剛体リンクモデルにおいて，手先位置ベクトル$\boldsymbol{r}$は関節角度ベクトル$\boldsymbol{q}$の関数で表現できる．

$$\boldsymbol{r} = f(\boldsymbol{q}) \tag{1}$$

両辺を時間変数で微分すると，

$$\dot{\boldsymbol{r}} = J(\boldsymbol{q})\dot{\boldsymbol{q}} \tag{2}$$

となり，$J(\boldsymbol{q})$はヤコビ行列となる．このヤコビ行列と静止状態で対象物に加える力$\boldsymbol{f}$を用いて表せられる(3)式は操作力楕円体と呼ばれ，楕円体の長軸方向は力を発揮しやすい方向となる特徴を持つ．

$${}^t\boldsymbol{f}J(\boldsymbol{q})\ {}^tJ(\boldsymbol{q})\boldsymbol{f} \leq 1 \tag{3}$$

本研究では，体幹部(3 自由度：回旋角，前傾傾斜角，側方傾斜角)，肩関節(3 自由度：内旋角，屈曲角，外転角)，肘関節(1 自由度：屈曲角)の 3 次元 7 自由度アームで操作力楕円体を計算した．

3. 結果，考察

3.1 操作力

実測の操作力の仰角と方位角の平均値と標準偏差を図 2 に示す．操作面角度の仰角が 0°，–45°の条件ではまっすぐ押すよりも下方へ力が発揮される傾向がみられた．腕の力を使い，上から力をかけていたためだと考えられる．操作面角度(–90°, 0°)では，まっすぐ押すより前方に発揮される傾向が見られる．押すよりも体重をかけ，腕で前方に

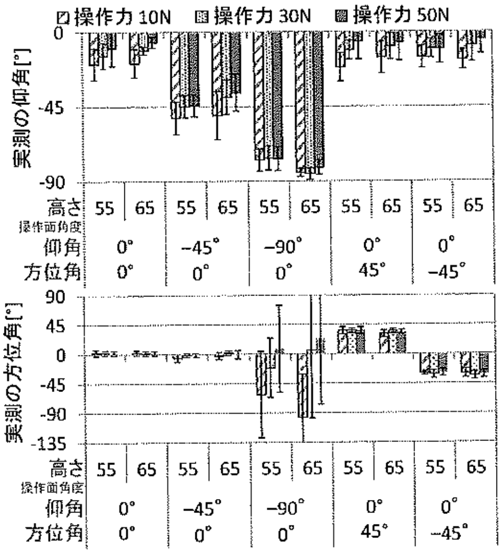


図 2　操作力(上:仰角，下:方位角)

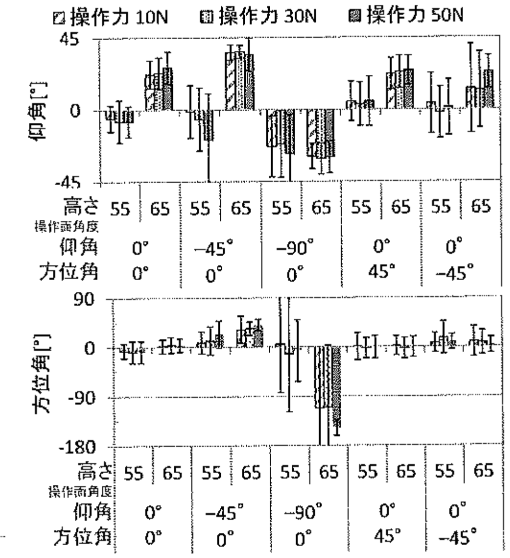


図 3　力の発揮しやすい方向(上:仰角，下:方位角)

転倒しないよう制御するためだと考えられる．操作面角度(0°, 45°)，(0°, −45°)条件ではまっすぐ押すよりも中心に発揮される傾向がみられた．操作面と手掌の接触している面が中心に偏っていたためだと考えられる．

3.2 力の発揮しやすい方向

力の発揮しやすい方向の仰角と方位角の平均値と標準偏差を図 3 に示す．操作面角度(−90°, 0°)以外の条件で同様の傾向を示し，(0°, 45°)，(0°, −45°)条件の方位角は 0°に近い値を取った．これは，(−90°, 0°)条件以外では，手関節や前腕の回内回外で操作面に手掌を合わせ，肩関節や肘関節の角度に大きな変化がなかったためだと考えられる．

4. 推定式の構築

4.1 概要

3 次元の操作力方向の推定式は仰角θと方位角φに分け，作成した．実験条件を$\boldsymbol{c}$，操作力方向に影響する要因（以下，要因）を$\boldsymbol{x}_i$，目的変数として実測の操作力y_iとして，(4)式から最小二乗法を用いて係数行列$\boldsymbol{A}$を求め，推定式とした．添え字iは仰角θもしくは方位角φを示す．

$$y_i = {}^t(\boldsymbol{A}\boldsymbol{c})\boldsymbol{x}_i \tag{4}$$

実験条件$\boldsymbol{c}$の要素は仰角，方位角に高さ水準h (55%, 65%)，操作面角度水準d (操作面角度の仰角もしくは方位角の値)に$\boldsymbol{x}_i$単体の項を設けるために 1 を加えた．y_iと$\boldsymbol{x}_i$の単位は度となる．

4.2 仰角

仰角は全ての条件のデータを用いて，要因$\boldsymbol{x}_\theta$に力の発揮しやすい方向θ_{ma}，重力方向θ_gをとり，係数行列$\boldsymbol{A} \in \boldsymbol{R}^{2\times3}$を求めた．求められた$\boldsymbol{A}$ を(4)式に代入すると，(5)式となる．

$$y_\theta = {}^t\left[\begin{pmatrix} 0.0179 & -0.0013 & -1.1286 \\ -0.0012 & -0.0082 & 0.2211 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} h \\ d \\ 1 \end{pmatrix}\right]\begin{pmatrix} \theta_{ma} \\ \theta_g \end{pmatrix} \tag{5}$$

決定係数R^2は 0.90 であった．(5)式に$\boldsymbol{c}$ を代入し，各要因の係数を出すと，θ_{ma}は−1 から−3 程度，θ_gは 0.15 程度となり，θ_{ma}は実験条件により係数が大きく変動した．

4.3 方位角

方位角では操作面角度が(0°, 0°)，(0°, 45°)，(0°, −45°)のデータを用いて，要因$\boldsymbol{x}_\varphi$に力の発揮しやすい方向φ_{ma}肘関節モーメントが最小となる操作力方向φ_{me}をとり，係数行列$\boldsymbol{A} \in \boldsymbol{R}^{2\times3}$を求めた．求められた$\boldsymbol{A}$ を(4)式に代入すると，(6)式となる．

$$y_\varphi = {}^t\left[\begin{pmatrix} 0.0013 & -0.0011 & -0.2080 \\ 0.0026 & -0.0130 & -0.3375 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} h \\ d \\ 1 \end{pmatrix}\right]\begin{pmatrix} \varphi_{ma} \\ \varphi_{me} \end{pmatrix} \tag{6}$$

決定係数R^2は 0.64 であった．仰角同様，各要因の係数を算出すると，φ_{ma}は−0.2 から−0.3 程度，φ_{me}は−0.2 程度となった．

5. まとめ

本研究では，高さと操作面角度を変化させたときの操作力と作業姿勢を測定し，作業姿勢から得られる指標から操作力方向の推定を行った．結果，仰角，方位角ともに高い決定係数で推定式を作成することができた．各要因の係数を見ると，力の発揮しやすい方向が他の要因の係数と比較して，仰角では 10 倍程度，方位角で 1.5 倍程度と推定式に影響を与えていることが明らかになった．

6. 文献

1)吉川恒夫: ロボットアームの可操作度, 日本ロボット学会誌, 2 巻 1 号,pp.63-67, 1984

[連絡先]
徳江　穂洋
e-mail : tokue-honami@ed.tmu.ac.jp

C7-3

座位・立位可変作業方式の有効性に関する実験的研究
—長時間作業における座位・立位の作業状況と作業パフォーマンスの男女比較—

○河合大悟、阿久津正大(玉川大学工学部)

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

Daigo KAWAI*,Masahiro AKUTSU*
(College of Engineering,Tamagawa University)

1. はじめに

90 年代に入り，持続的な座位姿勢による運動疾患や有訴軽減に対する予防策として，座位・立位選択可能な作業方式の研究が行なわれるようになった. 北欧等では座位・立位可変机がオフィス作業現場で実践導入されている. 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・立位可変作業方式の有効性については徐々に究明されつつある. しかし,座位・立位可変型作業方式で長時間作業を行なった検討例は少ない[例えば1].

本研究では，長時間作業における座位・立位可変作業方式の作業特性と有効性について研究している. 既報では,座位・立位可変机を用いた1日8時間の作業実験を行い,座位・立位可変作業方式における座位と立位の可変状況，および座位・立位可変作業方式が,作業パフォーマンス,生理的負担,心理的負担において座位作業方式より有効であることを明らかにしている.

既報に続いて本報では，座位・立位可変作業方式における座位と立位の作業状況,および作業パフォーマンスにおける男女差の有無を検討する.

2. 実験

実験では,被験者に座位・立位可変作業方式（椅座位と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 888～950 円を支払った.

被験者は健康な大学生 16 名(男子 8 名,女子 8 名)であった. 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 42 分(SD24.6 分)であった.

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

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

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

3. 結果および考察

3.1 座位・立位可変作業方式における作業状況の男女比較

(1)座位と立位の時間割合

各作業期における座位と立位の時間割合は,男性では立位 41.0%～51.0%(1 日平均 45.4%),座位 49.0%～61.1%(1 日平均 55.1%)であった. 女性では立位 36.9%～58.5%(1 日平均 43.9%),座位 46.5%～63.1%（1 日平均 56.1%）であった. 男女とも作業期の進行につれて立位より座位の割合が高くなっていく傾向がみられた(図 1).

(2)同一姿勢連続作業時間(座位と立位の姿勢変更間隔)

各作業期における同一姿勢連続作業時間は，男性では立位 28.7 分～37.9 分（平均 31.9 分），座位 27.1 分～40.5 分（平均 32.6 分），女性では立位 33.5 分～44.7 分（平均 37.0 分），座位 25.4 分～48.4 分（平均 35.6 分）であった（図 2）．

同一姿勢連続作業時間に対する分散分析の結果，作業姿勢，作業期，男女の要因に有意差は認められなかった．

(3)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，各作業期とも男性と女性で同じ傾向がみられ，「眠気をとる」：男性 37.5%～68.4%，女性 20.0%～38.5%，「気分転換」：男性 22.2%～37.5%，女性 30.8%～60.0%であった．男女とも午後の作業期(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，各作業期とも男性と女性で同じ傾向がみられ，「足の疲れ緩和」：男性 28.6%～56.5%，女性 30.0%～46.7%，「気分転換」：男性 21.7%～42.9%，女性 20.0%～34.8%であった．男女とも各作業期で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および男女比較

(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，作業期の要因に有意差（$p<0.001$）が認められた．男女の要因に有意差は認められなかった．10 分当り平均正解数は，可変姿勢では男女とも高値を示した．一方，座位姿勢では男女とも，平均正解数が作業期の進行につれて有意（$p<0.05$ ないし $p<0.1$）に減少した．とくに午後の作業期において顕著な減少がみられた(図 3)．

(2)不正解率

各作業期における不正解率は，可変姿勢では男性 0.49%～0.59%（平均 0.54%），女性 0.69%～0.83%（平均 0.76%），座位姿勢では男性 0.39%～0.53%（平均 0.44%），女性 0.52%～1.11%（平均 0.84%）と低値であった．不正解率は作業期の進行につれて漸増する傾向がみられた．とくに女性において午後の作業期で不正解率の有意（$p<0.05$）な増加がみられた(図 4)．不正解率に対する分散分析の結果，作業期（$p<0.05$）と男女の要因（$p<0.1$）に有意差は認められたが，作業姿勢の要因に有意差は認められなかった．

可変姿勢では男女にかかわらず，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．

4. まとめ

本実験の結果はつぎのようにまとめられる．

1)座位・立位可変作業方式で長時間作業を行った作業状況に明確な男女差はみられない．

2)座位・立位可変作業方式では，長時間作業でも男女ともに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．

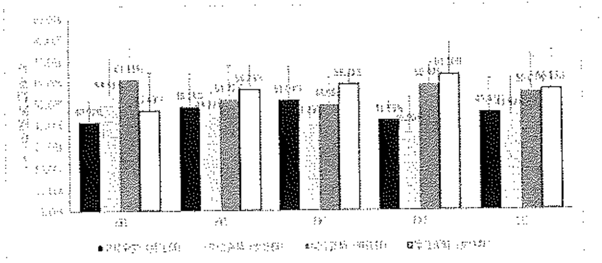


図 1 座位・立位可変作業における各作業期の座位と立位の時間割合

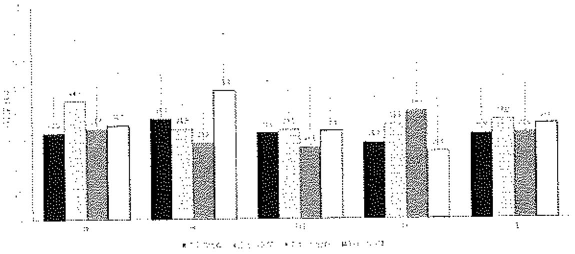


図 2 座位・立位可変作業における各作業期の同一姿勢連続作業時間（立位と座位の姿勢変更間隔）

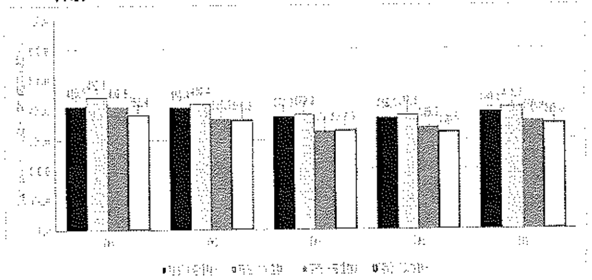


図 3 各作業期における 10 分当り平均正解数

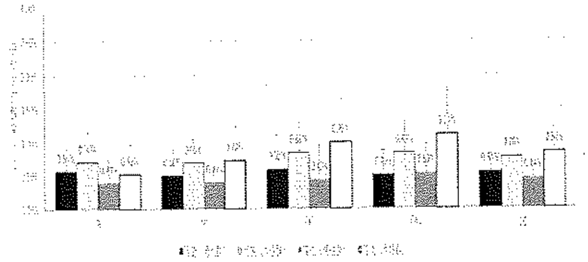


図 4 各作業期における平均不正解率

参考文献

1) 廣野雄介，多賀亮太，長谷川廣佳，阿久津正大：座位・立位可変型作業の有効性に関する実験的研究―長時間作業における使用効果について―，日本人間工学関東支部第 44 回大会講演集，p 76～77，2014

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

C7-4

教育の場における座位と立位を変えられる姿勢の有効性の検討

○石毛 航, 高瀬深久, 阿久津正大（玉川大学工学部）
Effects of Learning Posture with Sitting and Standing at School
Wataru ISIGE*, Kumi TAKASE*, Masahiro AKUTSU*
(*College of Engineering, Tamagawa University)

1. はじめに

近年, ほとんど体を動かさない生活習慣を改善するために, 立ったまま学習できる立机を学校に導入する動きが米国で広がりつつある. 立机を導入している教師から, 居眠りなどの問題行動がなくなり, 授業が効率良く進むようになったという報告がある.

一方, 我が国では, 立机を学校教育に導入・活用している例はみられない. また教育の場において立机を使用して立位で学習する姿勢や座位と立位を変えられる学習姿勢の有効性についての検討例はみられない.

本研究では中学生徒に, 座位と立位を変えられる姿勢と座位のままでの姿勢で学習を行わせ, 学習行動(学習時間の使い方), 学習成果, 眠気感・学習への集中度の観点から, 座位と立位を変えられる学習姿勢の有効性を検討する.

2. 現場実験

実験では中学生徒に, 座位と立位を自由に変えられる姿勢（"可変姿勢" と略）と座位のままで学習する姿勢（"座位姿勢" と略）で漢字の書取り学習を課した.

実験は某学習塾の学習スペースで行った. 座机の背後に立机を設置し, 振り返ることによって座机と立机を使用できるようにした(写真 1 参照).

学習スケジュールは, 19：00～20：20（学習時間 80 分、コマ 1）, 10 分休憩, 20：40～22：00（学習時間 80 分、コマ 2）であった.

被験者は健康な中学生 12 名（男子 5 名, 女子 7 名, 平均年齢 13.8±SD1.0 歳, 平均身長 158.8±SD8.5cm, 右利き 11 名, 左利き 1 名）であった.

学習内容は漢字の書き取りであった. 最初に 25 問の漢字書取りが設問されている学習プリントのテストを実施した. その後に自己採点し, 間違った漢字だけを書き覚えてもらった. そして再テストを実施した. 以上の手続きを全問正解するまで繰り返した. 全問正解したら, 2 枚目の学習プリントに進んでもらった. 以上の手続きを繰り返して漢字の書取り学習を進めた.

被験者には, 座位姿勢での学習時には座机のみを使うこと, 学習中は座机から立ってはいけないことを教示した. また, 座位と立位を変えられる姿勢での学習では, 座机と立机の両方を使って学習すること, 採点時は立机を使うこと, また, 自分の判断で学習がはかどるように座机と立机を使い分けるよう教示した.

実験で使用した座机の高さは 75.0cm, 立机の高さは 105.0cm であった.

測定は, 学習状況の指標として「行動ごとの所要時間」, 「学習姿勢割合」, 学習成果の指標として「達成した学習プリント枚数」, 主観評価の指標として「眠け感」, 「学習への集中度」, 「学習姿勢としての好ましさ」を取り上げた. 学習状況は, 学習行動を目視およびビデオを併用して連続観測した. 学習時間内に達成した学習プリント枚数を計数した. 「眠け感」, 「学習への集中度」は, 学習開始前, 学習開始後 25 分, 50 分, 75 分の時点で, 被験者に 5 段階評定尺度アンケートに回答してもらった. 「学習姿勢としての好ましさ」は, 2 条件の学習姿勢の実験後に, 「立机と座机の両方使用」, 「座机のみ使用」を両極にした 7 段階評定尺度に回答してもらった.

可変姿勢/座位姿勢の 2 条件, 可変姿勢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, 12 名の被験者を実験 1 日目, 2 日目に割付けた. 全実験数は学習姿勢 2 条件×被験者 12 名の計 24 実験であった.

実験室内の平均温度は 25.5℃（SD0.6℃）, 湿度は 60.0%（SD7.3%）であった.

3. 結果と考察

3-1. 学習状況

(1) 行動ごとの所要時間

可変姿勢, 座位姿勢ともに, 2 つのコマにおいて「課

写真 1 使用した立机と座机(左右). 学習風景(右)

題取組み」，「非学習」，「採点」に多くの時間を使っていた(図 1)．コマ 1 では，課題取組み時間は可変姿勢が座位姿勢よりも有意(p<0.05)に長かった．また，非学習時間は可変姿勢で短く，座位姿勢で有意(p<0.01)に長かった．コマ 2 でも姿勢間に有意差はみられなかったものの，同様な傾向がみられた．可変姿勢は学習時間の多くを学習取組みに活用できることがわかった．

(2)学習姿勢割合

座位姿勢では各コマとも座位 100%であった．可変姿勢では，コマ 1 では立位 44.7%，座位 53.2%，姿勢間の移動 2.1%であった．コマ 2 では立位 31.8%，座位 66.0%，姿勢間の移動 2.2%であった．コマ 1 よりもコマ 2 のほうが立位の割合が少なく，座位の割合が多かった．

3-2. 学習成果

コマ 1 およびコマ 1 と 2 の合計学習時間内で達成したプリント枚数は，可変姿勢が有意（p<0.1）に多かった．コマ 2 でも有意差はみられなかったが、可変姿勢での枚数が多かった(図 2)．可変姿勢は座位のままでの姿勢よりも高い学習成果を得られることがわかった．

3-3. 主観評価

(1)眠気感

可変姿勢では，コマ 1，コマ 2 ともに低い眠気感で推移した．座位姿勢ではコマ 1 において時間経過とともに眠気感は漸増した．コマ 2 の学習開始から 25 分時点まで高い眠気感で推移し，その後に漸減した．コマ 1 の 75 分時点（p<0.05），コマ 2 の 25 分時点（p<0.1）で両学習姿勢間に有意差がみられた(図 3)．

(2)学習への集中度

学習への集中度は，全時点において両姿勢間に有意差はみられなかったものの，可変姿勢は座位姿勢に比べてコマ 1，コマ 2 とも高い集中度を維持している傾向がみられた．座位姿勢ではコマ 1 の 25 分時点まで高い集中度がみられたが，その後は時間経過とともに漸減した。座位姿勢のコマ 2 における集中度は時間経過とともに漸増したが，50 分時点までは可変姿勢よりも低い傾向がみられた(図 4)．可変姿勢は座位姿勢よりも眠気感を抑え，学習に集中できることがわかった．

(3)学習姿勢としての好ましさ

学習姿勢としての好ましさは，可変姿勢が好ましい 67%、座位姿勢が好ましい 33%であった．

4．まとめ

現場実験の結果はつぎのようにまとめられる．

1) 可変姿勢は，座位姿勢よりも学習時間の多くを学習取組みに活用できる．
2) 可変姿勢は，座位姿勢よりも高い学習成果を得られる．
3) 可変姿勢は，座位姿勢よりも眠気感を抑え，学習に集中できる．

以上より，学習の場において座位と立位を変えられる学習姿勢は座位のままで行う姿勢より有効である．

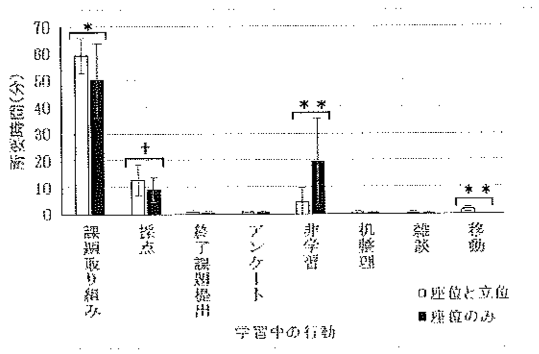


図 1　行動ごとの所要時間(コマ 1 の例)

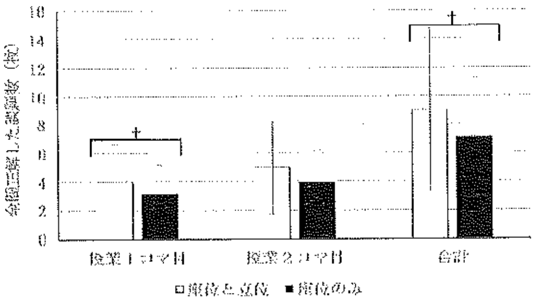


図 2　学習成果

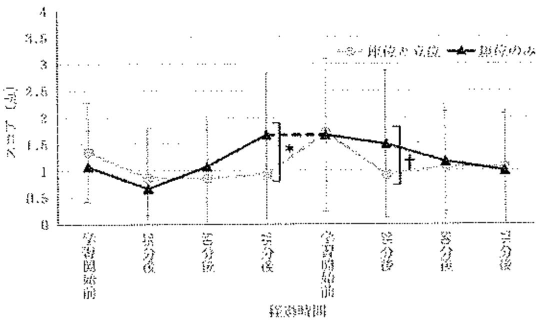


図 3 眠気感の時系列推移

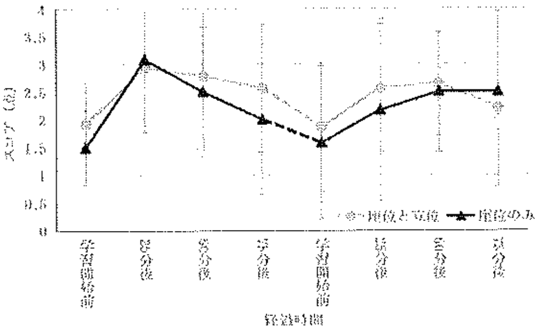


図 4 学習への集中度の時系列推移

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

ISSN 1346-9290

2017年度
一般社団法人日本人間工学会 関東支部
第23回卒業研究発表会
講演集

Proceedings of the 23rd Graduation thesis Presentation,

Japan Ergonomics Society

会　期　2017年12月16日（土）・17日（日）

会　場　日本大学 理工学部 船橋校舎

大会長　松田　礼

大会1日目

12月16日（土）

A2-1

事象関連電位で把握する家の外見と嗜好の関係

○天田愛香*，舩田眞里子*
*白鴎大学経営学部

How Important Is the Appearance of a Detached House to the Satisfaction of the House Owner ?

Aika AMADA*, Mariko FUNADA*
*Faculty of Business Administration, Hakuoh University

1. はじめに

一戸建ての家は人生における大きな買い物である．その外見は一生見ることになる場合が多く，家の購入における非常に大切な一つの要素であり，また，個人の嗜好・感性（個性）に依存するものである．そこで，個人の感性を客観的に把握する手段として事象関連電位（Event Related Potential, 以下 ERP[1,2]と略称）を用いて家の外見の一部である窓についてその形と外壁の色からどのようなものが好ましいと感じているのかを把握し，主観的な意見との関係を明らかにすることを目的とした．また，時間をおいて実験を行い現象の再現性を検討した．

2. 実験方法と解析方法

2.1 実験方法

実験は，基本図形，1 階建ての窓，1 階建ての飾り格子付き窓，2 階建ての窓，2 階建ての飾り格子付き窓に関する嗜好，壁の色に関する実験を行う．それぞれの実験を A, B1, B2, C1, C2, D で識別する．本稿では，実験が完了したところまでを報告する．

(1) 被験者：実験内容を理解し実験に協力することに同意した成人女性 2 名，男性 2 名の計 4 名（平均年齢 22 歳, *a*～*d* で識別, 全員右利き）とした．

(2) 実験場所：実験に使用される研究室で行い，実験時には特に実験への集中を保つように配慮した．

(3) 刺激の種類： 実験 A は図 1 のような基本図形 6 種類，実験 B1 は窓付きと窓無しの平屋を合わせて 7 種類，実験 B2 は窓に飾り格子付きの平屋と窓無しの 7 種類とした．C1 は 2 階建ての窓付きと窓無しを合わせた 7 種類（図 2），実験 C2 は C1 の窓に飾り格子を付けたものとした．刺激の大きさは，縦約 6 cm，横約 10 cm以内である．

(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 秒ずつ表示した．画像の間に 0.3 秒を平均とし 0.2～0.4 秒のランダムな時間，白色画面を表示した．

(5) 被験者の位置とタスク：被験者は画面と目の距離が 60～80cm となる位置に腰掛け，刺激画像を注視した．

(6) 反復回数：実験 A では各刺激をランダムに 10 回ずつ，その他は 5 回ずつ反復した．これを 1 セットとし，1 回の実験で 5 セット反復した．

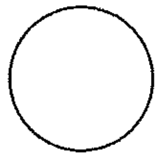


図1　実験Aの刺激の例

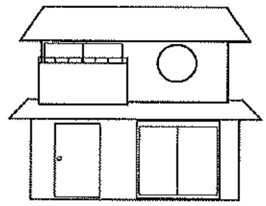


図2　実験C1の刺激の例

(7) 脳波：脳波は国際 10-20 法による A_1A_2 を基準電極とする C_z，P_z，C_3，C_4 の単極導出とした．サンプリング周波数は 1kHz とした．

表示図形に対する主観的な嗜好は，実験終了後のアンケート調査で把握した．

2.2 解析の方法

脳波は，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，刺激表示時点を基準とした加算平均法を用いて ERP を求めた．

3. 結果

3.1 実験 A の結果

図 3 は実験 A の ERP の例（被験者 *b*）である．横軸が刺激表示後の時間，縦軸が振幅である．正，負の高振幅の頂点電位が出現している．被験者 *b* のアンケートの回答は，好ましいものから順に丸，正方形，長方形，三角形，星，ハートであった．図 3 では好ましい刺激と好ましくない刺激に対する ERP をそれぞれ 2 個ずつ表示した．正方形の刺激では P1 が特に高振幅となった．

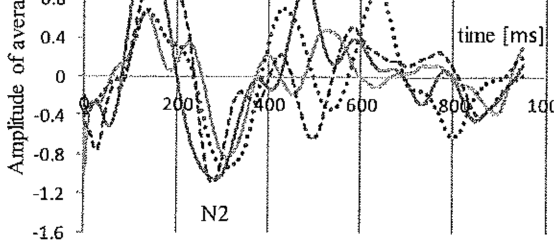


図 3　実験 A で得られた ERP の例
（被験者 *b*，測定部位 Cz，加算回数 50 回）

3.2 実験 B1 の結果

図 4 は実験 B1（1 階建て，窓付きの刺激）実行時の ERP の例である．図 3 と比較すると矢印で示した部分に判断・認知に関する頂点電位 P3（P_{300}）が出現している．これらの刺激は，他の刺激と区別されて認識されていることが推定される．この被験者のアンケート結果は好ましいから順に，窓なし，長方形，正方形，丸，三角形，星，ハートであった．図中は好ましいもの 2 個，好ましくないもの 2 個を表示した．一番好ましい画像と一番好ましくない刺激で P3 が出現している．

3.3 実験 C1 の結果

実験 C1（2 階建て，窓付きの刺激）では，被験者は好ましい順に，正方形，丸，長方形，窓無，三角形，星，ハートであると回答している．図中は好ましい ERP2 個，好ましくない ERP2 個を表示した．好きでない刺激に対し P3 が出現している．また好きな刺激に対して P1 が高振幅である．

4. 考察

実験 A，B1，C1 の ERP の P1 と P3 の潜時と振幅のプロット図を求めるとそれぞれ図 6，図 7 を得た．被験者 *b* は正方形や長方形の図形や刺激を好きであると回答しているが，それらに対して P1 は高振幅で出現している．この結果は先行研究と一致する．図中は好ましいもの 2 個，好ましくないもの 2 個を表示した．実験 B1 の窓無やハートの窓，実験 C1 の星，ハートなどでは頂点電位 P3 が出現している．これらの刺激は，好きか否かを検討している刺激であると考えられる．

5. まとめ

ERP は，刺激に対する被験者の嗜好を反映することが，今回の被験者について示された．好きなものに対しては，高振幅の頂点電位 P1 が出現した．好き・嫌いを判断する場合は P3 が出現した．高価な商品や日常的に使用するものは個人の嗜好が反映されたものであることが望ましい．生理指標はヒトの反応を切り取ったものであり，主観的な判断や思い込みを避けたい場合には有効な判断基準と成り得ることが示唆された．完了していない実験を行い，より詳細なデータの把握を行うことが今後の課題である．

参考文献

1) 入戸野　宏："事象関連電位ガイドブック,北大路書房, 2005.

2) Picton, T. W., et al.:"Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria". Psychphysilogy, 37, pp. 127-152, 2000.

[連絡先]天田愛香　e-mail：15140166@sd.hakuoh.ac.jp

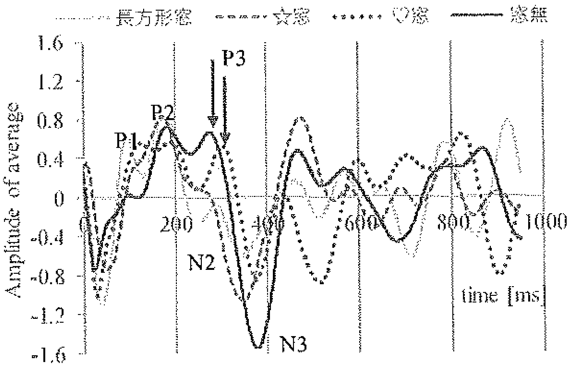


図 4　実験 B1 で得られた ERP の例
（被験者 *b*，測定部位 Cz，加算回数 25 回）

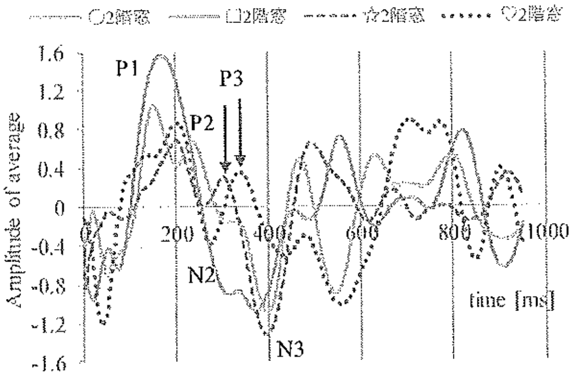


図 5　実験 C1 で得られた ERP の例
（被験者 *b*，測定部位 Cz，加算回数 25 回）

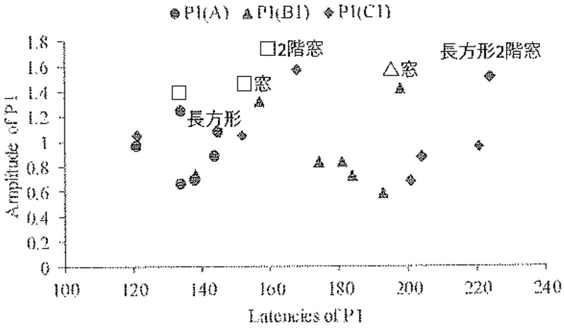


図 6　実験 A，B1，C1 の P1 の潜時と振幅
（被験者 *b*，測定部位 Cz，加算回数 25 回）

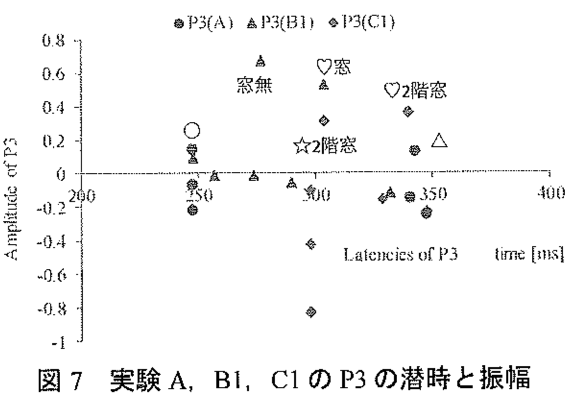


図 7　実験 A，B1，C1 の P3 の潜時と振幅
（被験者 *b*，測定部位 Cz，加算回数 25 回）

A2-2

血液透析の回路準備における学習方法別効果の比較

○和田聡一郎*, 鈴木聡**, 宮坂武寛*
*湘南工科大学工学部人間環境学科
**神奈川工科大学工学部臨床工学科

-A Compcrative Learning Methodology for Hemodialyis Circuit Preparation-

Soichoro WADA*, Satoshi SUZUKI**
Takehiro MIYASAKA*

1. はじめに

臨床工学技士の日常業務に血液浄化装置回路の組み立ておよびプライミング（回路充填）というセットアップ作業（以下：作業）があり、速やかな習熟が求められる。その為の効率的学習方法を明らかにし、技能習得に役立てる検討をした。

2. 実験方法

2.1 被験者

作業未経験者の臨床工学科の大学生名（被験者A、C）および看護学部の大学生 2 名（被験者 B、D）に依頼した。

2.2 実験環境

実験に際し、以下の機材を使用した。

アイマークレコーダー（竹井機器工業社製 Talk Eye Lite）

ビデオカメラ 2 台（ソニー社製 ハンディカム FDR-AXP35）

透析装置（日機装社製 DCS-27）

2.3 実験方法

作業上の重要項目を列挙し評価項目とした（表 1）。各被験者に作業を 7 回行わせ、作業間に 2 種類の教材閲覧（テキスト教材[1]を 8 分、ビデオ教材を 5 分）をそれぞれ3回ずつ行うことにより作業の進捗と重要項目の達成度を観察した。具体的手順として、初回は教材なしで試行錯誤の作業とし、その後 2〜4 回目前にテキスト学習、5〜7 回目前にビデオ学習という被験者と、その逆の被験者に分けた。全 7 回の作業終了までに要する時間を測定した。ただし、途中で作業を諦めた場合はその時点までを作業時間とした。さらに、達成度を定量化するため、作業難易度により、作業を以下の二分割（装着確認（12 項目）、機器の状態確認（7 項目））し、達成度(%)=作業達成数/全作業数を求めた。

・装着の確認（19 項目中 12 項目が該当）

VA（バスキュラーアクセス）キャップが閉じているか、ダイアライザとの接続等、あるいは外観の確認し、透析装置に関する知識がない作業とした。

・機器の状態確認（19 項目中 7 項目が該当）

圧力のモニタリング状態が可否、あるいは気泡の有無確認等、透析装置に関する知識が必要である作業とした。

全作業終了後に被験者にとって望ましい状態の教材（改善ポイント等）について自由に意見を述べてもらった。

表 1 セットアップ作業の分類

NO	作業項目の分類	確認項目
1	装着の確認	VAのキャップ等を閉じているか(VAとはバスキュラーアクセスの略である)
2	装着の確認	動脈側の鉗子で閉じているか
3	装着の確認	プライミング回路の近く鉗子で閉じているか
4	装着の確認	ローラが閉じているか
5	装着の確認	血液ポンプローラチューブが適切にかんでいるか
6	装着の確認	ピローが潰れていないか
7	装着の確認	動脈側ドリップチャンバが開いているか
8	装着の確認	動脈側がダイアライザ奥までしっかり接続されているか（追加で閉めたか）
9	装着の確認	静脈側からダイアライザに奥までしっかり接続されているか（追加で閉めたか）
10	装着の確認	ダイアライザ本体がホルダーのしっかりはめられているか
11	機器の状態確認	静脈側の圧ラインモニタにしっかり接続されているか圧がモニタリングできる状態になっているか
12	装着の確認	抗凝固ラインが鉗子で閉じているかキャップも閉じられているか
13	機器の状態確認	気泡検知に接続されているか
14	機器の状態確認	VA接続部のドリップチャンバーに気泡がないか
15	装着の確認	静脈側の鉗子がされているか
16	機器の状態確認	液面調節ラインは適切に70%程度満たされているか
17	機器の状態確認	ダイアライザ本体に気泡がないか、入口と出口のヘッダー部分にも気泡がないか
18	機器の状態確認	動脈側に気泡がないか
19	機器の状態確認	下流に気泡がないか

3. 結果および考察

図 1、2 にテキスト学習→ビデオ学習の順に行った場合の作業時間と達成度を示す。被験者(A)はテキスト教材による学習の繰り返しによりセットアップ作業時間が短縮でき作業効率が上昇した。しかし 6 回目の学習後に作業効率が低下した。これはビデオ教材による獲得情報がテキスト教材による獲得情報と整理がつかずに混乱してしまったためと考えられる。被験者(B)はテキスト教材による学習の繰り返しにより作業時間は徐々に増加し 4 回目の作業から時間が短縮された。

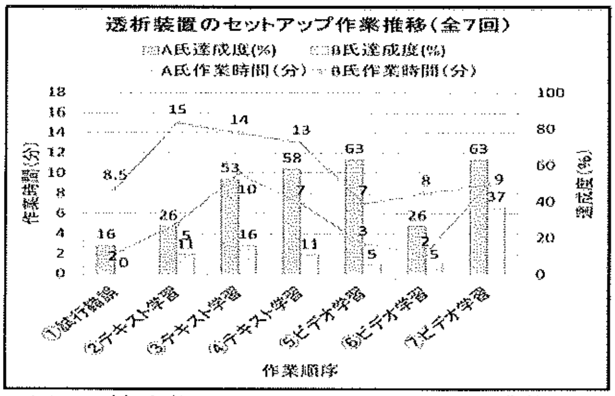


図 1 被験者(A)、(B)のセットアップ作業推移

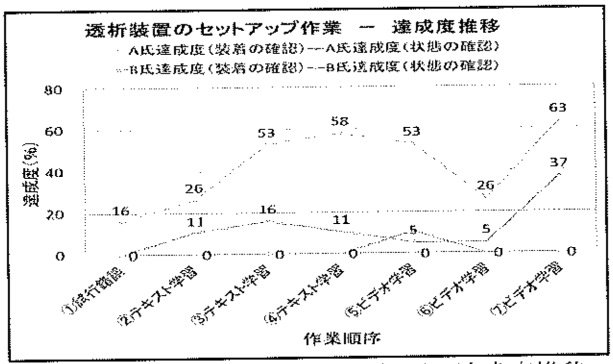


図2 被験者(A)、(B)の項目分類別の達成度推移

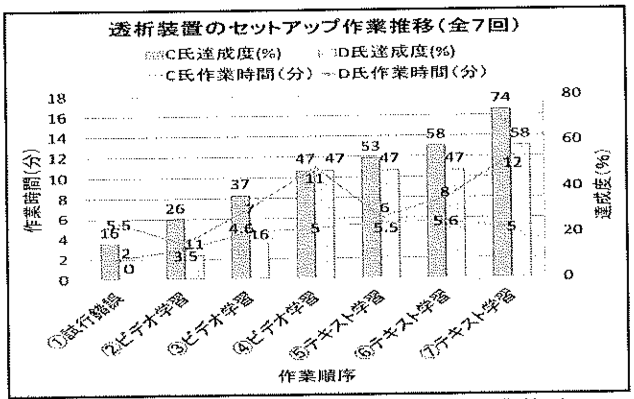


図3 被験者(C)、(D)のセットアップ作業推移

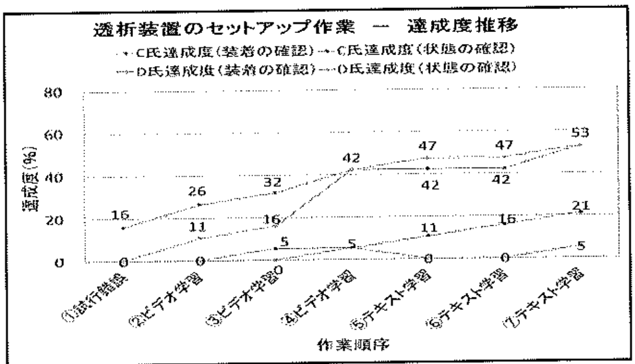


図4 被験者(C)、(D)の項目分類別の達成度推移

更に作業効率も上昇し知識が徐々に増加していったことが分かった。そのためテキスト教材の方が獲得情報は多いと考えられる。ビデオ教材による学習後の作業時間を見ると、被験者(A)と被験者(B)とも作業時間を短縮できなかった。しかし、図2より、作業回数を重ねるごとに、確実に「装着の確認」の達成度が上昇していることが分かった。学習を重ねるごとに、作業時間が削減できると想定していたが、達成項目の増加に伴い、作業時間が延長したと考えられる。

被験者(C)と(D)の実験結果を抽出し、図3および図4にまとめた。図3、4より、被験者(A),(B)と同様に学習を重ねるごとに作業時間が増加しているが、達成度は確実に上昇していることが分かった。学習を重ねるごとに、作業を完遂させたい意識が高まるため、時間を要しているものの達成度が上昇すると推定している。学習による違いではテキスト教材の方が達成度は上昇したと考えられた。テキスト教材は「装着の確認」項目が細かく記載されていたためだと考えられた。

どちらの順序でも学習により「装着の確認」の達成度は上昇したが「状態の確認」の達成度は上昇しなかった。これは機械操作のしかたなどが詳しくされていないためだと考える。

実験終了後、全被験者にセットアップ作業に関するヒアリングを実施した結果、以下のような意見があった。

・テキスト教材やビデオ教材では、鉗子（チューブを閉じる道具）の用途が不明
・テキスト教材では、電解質液の流れが分からないため、鉗子をつける順番が分からない。
・ビデオ教材に音声や文字／テロップが欲しい。
・重要箇所がわかるようにしてほしい。
・テキスト教材と実機（透析装置）の対応付けが分からない。

以上の結果から、事前に道具や用語の説明や知識が必要であり、さらに透析装置の作業における装着確認を強調して教示するテキスト教材、および接続状態の確認箇所を強調して教示するビデオ教材を準備し、両方を併用した学習方法を繰り返すことにより、作業時間の短縮と達成度向上につながると考えられる。

4. まとめ

テキスト教材およびビデオ教材による自己学習は、作業時間および達成度に寄与することが分かった。しかしながら、さらに作業時間を短縮し、かつ達成度を向上させるためには、ヒアリング結果から、音声や文字情報を付加したビデオ教材が必要であると思われた。また、機器の状態確認（鉗子の用途等）を分かり易く提示する方法を追加する必要があることが分かった。それらの内容を加えた教材が求められる。

参考文献

1) 透析手技安全実践マニュアル 透析ケア 2008 年冬季増刊 メディア出版

[連絡先]
和田聡一郎
湘南工科大学工学部人間環境学科
〒251-8511 神奈川県藤沢市辻堂西海岸 1-1-25
e-mail : 14a8056@sit.shonan-it.ac.jp

A2-3

看護師の処方箋認知に関する研究

○木村夢乃*，三林洋介*
*東京都立産業技術高専

A study on the medical prescription cognition for nurses

Yumeno KIMURA*, Yousuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

人間の確認動作に用いられる指さしは、チェック確認の動作として用いられており、対象に向けて指をさすことで対象物へ視線が動き、視覚認知されている。現在、様々な業務や生活場面に活用されているが、本研究では、医療現場における看護師の医薬品情報読み込み時に活用することを探求した。また、本研究では指さし確認をなぞり読みと捉える。医療現場の三大インシデントは「転倒・転落」「チューブトラブル」「誤薬・誤注射」であり、その中で半数以上を占めるのが「誤薬・誤注射」である。「誤薬・誤注射」を引き起こす原因は、名称類似の医薬品名の読み間違いや数量単位の間違いが多く2文字または3文字以上が一致していることに起因している。そこで、看護師が処方箋に記されている医薬品と数量を読むときに指をさしてなぞり読み動作を定着させることで「誤薬・誤注射」を低減させることを提案する。具体的には、処方箋記載の医薬品情報を読み込む際に指さしなぞり読み（以降なぞり読みと呼称）を行うことのトレーニングアプリケーションを開発し、これを用いてなぞり読みを行うことの有効性を実験を通して検証した。

2. トレーニングアプリケーションの開発

看護師が処方箋記載情報をなぞり読みすることを習慣化するため、また医薬品記載情報をなぞり読みして間違わずに把握できるよう、トレーニングアプリケーションを開発することにした。

アプリケーションは、スマートフォン（Android 専用）にインストール可能でいつでも実施が可能であり、トレーニングモードとテストモードの2つのモードに分かれる。トレーニングモードは下線部を指でなぞると、既存しない単語や、単位数量が浮き出てくる。指でなぞらないと文字情報が表記されないため、このアプリケーションを用いてトレーニングすることで、日常に処方箋表示文字のなぞり読み動作が定着するという狙いがある。テストモードは、トレーニングモードとは異なりあらかじめ医薬品名と単位数量が表示されており、文字をなぞる仕組みとした。なお、表記文字や数量は現存する医薬品名、投与量として、画面デザインも処方箋に見立てたものとした。図1はアプリケーション画面の一例で、図2がアプリケーションを用いた実験風景である。トレーニングモードとテストモードともに、なぞり読みを行い次ページに進むと、記載情報に関する設問が表示され、正しく表示情報を認識したかどうか、さらにはなぞり読みが成されたかどうか確認できるように作成した。

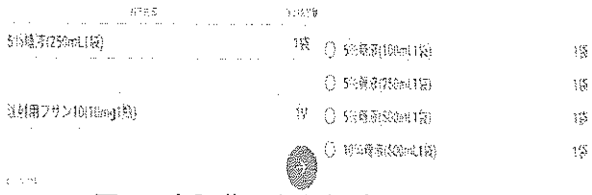


図1　表記薬品と選択肢の一例

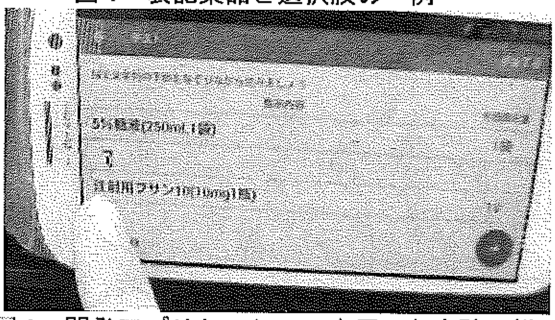


図2　開発アプリケーションを用いた実験の様子

3. 実験方法

なぞり読みによる処方箋情報認知が有効であることを明らかとするため、また、開発したなぞり読みトレーニングアプリケーションを使用することで処方箋の読み方、把握が向上することを検証するために実験を行った。なぞり読みの有効性を検証する実験は被験者をなぞり読みを行うグループとなぞり読みをせず目だけで表記情報を読むグループに分け、医薬品名及び単位数量が記された情報を読んでもらった。なお、なぞり読みをするグループには必ず指で文書をなぞりながら読むことを指示し、なぞり読み無しグループには指は使わずに、目だけで表記情報を読むために画像を教示した。視線の動きを読み取るためにアイカメラを用いて視線計測を行った。実験に用いた視線計測機器は、アイカメラ EMR-8 (nac 社製) である。このアイカメラを用いて、処方箋をなぞり読みし

ている指の動きと注視点の供応性を測定した。被験者は高専の学生6名を対象とし、計測機器のメカニズムに配慮して、眼鏡を使用していない者に限定した。トレーニングアプリケーションをダウンロードしてもらうため日常Androidのスマートフォンを使用している者を選出した。トレーニングアプリケーションの検証実験は、アプリケーションを使用してトレーニングするグループとアプリケーションを使用することなくすなわちなぞり読みをしないで医薬品情報についてトレーニングするグループに分けて、トレーニング前後の表記情報の読み方をアイカメラで計測した。具体的には、トレーニングモードで5セットトレーニングした後テストモードを2セット行ってもらい、トレーニング期間中は自宅にて1日3回（トレーニングモードのみ）行ってもらった。最終日は初日同様アイカメラで視線計測をしながらトレーニングモードを5回、テストモードを2回実施してもらった。

4. 結果と考察

アイカメラで視線計測した実験画像はVideoPadを用い1/30秒ごとに再生してフレーム解析した。1つの情報（図2の場合5%糖液（250mL1袋）1袋まで）に対しアイカメラの注視点がどの程度供応したか読み込んでいたかについて情報に対するものを注視率とし算出した。図3はなぞり読みトレーニングの有無による注視率を比較したものである。なぞり読み有の平均注視率は93.3%であり、なぞり読みトレーニング無の平均識字率は90.0%と、なぞり読みを行った方が表記情報の注視率が高い結果となった。しかし被験者間では注視率の差が大きくなぞり読みの有無による両者の間に絶対的有意差は認められなかった。また、図4はなぞり読みトレーニング前後での平均注視率の変化を表したグラフである。ここでいう平均注視率はなぞり読みトレーニングの有無と自宅トレーニングを挟む前後での注視率を平均化したものである。トレーニング前の平均注視率は、なぞり読み有が90.0%、なぞり読み無が93.7%であった。トレーニング後はなぞり読み有が96.6%で、なぞり読み無が86.4%であった。開発したアプリケーションを用いてなぞり読みトレーニングを実験することで注視率は向上し一定のトレーニング効果が認められた。一方、なぞり読みを行わずに医薬品名、単位数量をトレーニングすると注視率は低下した。これは慣れにより情報を読み飛ばしたと考察する。なお、トレーニング前後での正答数の平均は、トレーニング前が8.25%でトレーニング後が9.25%であった。

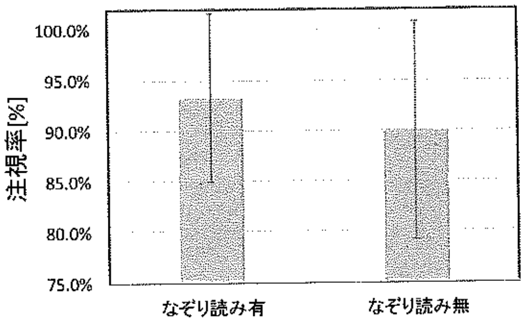


図3　なぞり読み有無による注視率

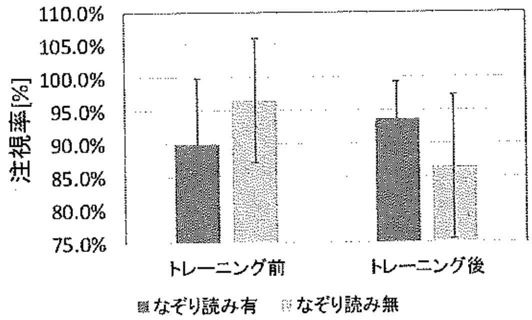


図4　トレーニング前後による注視率

5. まとめ

なぞり読みは処方箋に記される薬品名と単位数量の注視率を大きくして読解精度向上に貢献した。医療現場における誤薬・誤注射の実態を把握した。また、なぞり読みを定着させるためのアプリケーションシステムを作成した。アプリケーションを用いてなぞり読みのトレーニング効果を検証した。なぞり読み有無による注視率の平均はなぞり読み有のほうがなぞり読み無よりも高くなったため、なぞり読みをすると識字率が上昇した。また、なぞり読み有の場合はトレーニングをすると注視率が上昇し、逆になぞり読み無の場合はトレーニングをすると注視率が下降した。

参考文献

1) 大久保堯夫、加藤象二郎他、初学者のための生体機能の測り方-第2版-、日本出版サービス、(2010)
2) 看護師とヒューマンエラー http://nurse-colors.jp/genba/1193/
3) 芳賀繁、指差しが眼球運動に及ぼす効果-指差呼称によるエラー防止効果のメカニズムの検証-

日本人間工学会大会講演集 Vol.43,supl,pp140-141,2007

[連絡先]
木村　夢乃
東京都立産業技術高専　三林研究室
e-mail：m13252@g.metro-cit.ac.jp

A3-1

Learning Commonsにおける環境づくりの研究

－アンケートと事象関連電位を用いて－

○舘沼彩香*，船田眞里子*

*白鴎大学経営学部

Some Studies of Learning Commands

- Using Answers to Questionnaires and Event Related Potentials -

Sayaka TATENUMA*, Mariko FUNADA*

*Hakuoh University, Business Administration

1. はじめに

他者と協働して学習する環境として Learning Commons[3]が整えられつつある．筆者の一人は，同じ空間に他者がいる，または協働して学習する方法で定期試験等の点数が高くなった経験を持つ．しかし，この体験が全ての人に当てはまるわけではない．そこで，Learning Commons の快適な学習環境，効果の高い学習方法について，それぞれアンケートと事象関連電位（Event-Related Potential, 以下 ERP[1,2]）を根拠として検討した．

2. 方法

2.1 アンケート調査

Learning Commons における環境に関するアンケートを実施した．質問項目は 15 問とした．白鴎大学本キャンパス構内の学生食堂 2 か所と休憩スペース 1 か所で，そこにいる学生を対象とし，100 人を目標として調査した．各質問項目に関して単純集計とクロス集計を行った．

2.2 ERP 測定実験の方法

スペイン語の単語（名詞）を 40 個用意し，それぞれの単語のジャンルが同等になるように A~D 群に 10 個ずつ分けた．それぞれ異なる学習方法で暗記した．A 群と D 群は個人学習用として使用し，B 群はグループディスカッションで覚え方を議論し，C 群は第 1 筆者による授業形式で学習した．ただし，A 群は一週間自由な場所で本人が満足するまで学習した．また，B~D 群は同じ空間内で 10 分程度学習した．これらを実験 A~D と呼ぶ．

2.2.1ERP の測定方法

(1) 被験者：実験内容を十分理解した上で実験に同意した成人男女 4 名（全員右利きで平均年齢は 22 歳である）．スペイン語は受講しておらず，スペイン語に関する知識はほとんどない．

(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．

(3) 刺激の種類：上部にスペイン語の単語 1 語を表示し，下部にその答えを含む日本語の選択肢 3 語を表示した画像（図 1）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 1s ずつ表示した．各刺激の間に，400ms を平均とした 200～600ms のランダムな時間，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．刺激の大きさは，縦約 7 cm，横約 18 cmである．

la fresa

1.苺　2.林檎　3.葡萄

図 1　刺激画像の例

(5) 課題（タスク）：表示された刺激画像を見，3 つの選択肢の中から正しい選択肢の番号（1～3）をテンキーからブラインドタッチで入力する．

(6) 反復回数：各群の単語 10 個を 5 回ずつ計 50 回反復した．これを 1 セットとして 1 回の実験で 5 セット繰り返した．

(7) 脳波：国際 10-20 法による A_1A_2を基準電極とする C_z，P_z，C_3，C_4 の単極導出とし，サンプリング周波数を 1kHz とした．

ERP の測定は，実験 A~D の順で行い，それぞれ単語学習の 1 週間後に ERP を測定した．また，刺激は，正答の番号と誤答の日本語を変えることにより，50 回の反復で全て異なるものとした．

2.2.2 ERP の解析方法

最初に高周波・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，加算平均により実験 A~D の各 ERP を求めた．

2.2.3 ERP 測定後の筆記試験

ERP 測定時のテンキーからの入力では，入力ミスも含まれるため，学習の効果を定量的に把握する目的で各実験直後に筆記試験を実施した．問題はそれぞれ A~D 群で使用したスペイン語の単語 10 個の日本語訳を記入するものとした．

3. 結果と考察

3.1 アンケート調査結果

調査は 2017 年 7 月 1 日～7 月 31 日の間に面接法で実施した．調査対象者は 100 人で，全員から有効回答を得た．学部と学年の構成を表 1 に示した．Learning Commons という言葉を聞いたことがない学生（87%）には，説明した後，調査を行った．

グループディスカッションについては 50%の学生が好きと回答し，50%が嫌いと回答した．暗記が必要な学習（以下暗記学習）では 74%が個人学習を，思考が伴う学習（以下思考学習）では，

77%がグループ学習を支持した（表 2）．

Learning Commons での飲食に賛成が 86%，観葉植物に必要性を感じる人が 81%であった．また，使用するボードについてはホワイトボードが 63%，電子黒板が 37%であった．BGM に関しては，無しが 51%と有りが 49%であったが，有りの選択者はクラシックなど比較的静かな曲を希望した．

学習する際の座席は地上の窓側（73%）が支持された．光に関しては教室などで使用される白色系（37%）や自然光（38%）が好まれた．

グループディスカッションでの椅子の必要性が指摘され（98%），椅子の下に荷物が置けるタイプの椅子が支持された．このような椅子では隣人とより近い距離でディスカッションが行えるため，支持されたものと考えられる．

3.2 ERP と筆記試験の結果

表 2 は，学習内容と効率のよい学習方法に関するクロス集計結果である．それぞれ 74%，77%が個人学習，グループ学習が効率が良いと回答した．ERP 測定の学生も類似の回答であった．

一方，暗記課題を行っている ERP 測定時の正答率（図 2）は，筆記試験では実験 A~D の中でグループ学習が最も正答率が高かった．この結果は，主観的な調査結果よりもディスカッションを伴うグループ学習の有効性を示唆している．また，グループディスカッションを目的とした Learning Common の有用性も間接的に示している．

3.3 実験 A~D で得られた ERP

図 3 は実験 A~D で得られた被験者 b の ERP である．横軸が刺激表示後の時間（ms）縦軸が振幅である．線の種類が実験の区別を表し，カッコ内の数値は，それぞれの入力の正答率である．刺激時点を基準に正・負の頂点電位 P1，P2，N2，P3，N3 などが出現している．正答率が最も高かった A では P1，N3 が高振幅であり，P2，P3 は顕著に出現していない．一方正答率が相対的に低い実験 B，C，D では P3 が出現している．この結果は，実験 A では十分に学習がなされ，ERP 測定時には反射的に選択作業が行われているものと推定される．全実験で出現している P1 と N3 の差で振幅を把握すると，実験時の入力の正答数との間に約 0.896 の高い相関が得られた．

4. まとめ

アンケート調査結果から学生が期待する Learning Commons の基本的な環境が把握できた．また，実験の結果から，個人差はあるものの主観的なアンケートでは支持が少なかった暗記課題に関してもグループ学習は一定の効果があることが示された．また，十分に暗記している内容では P3 が明確に出現しないが，選択肢からどれが正解であるかを見きわめる作業を行っている場合は P3 が出現することが示された．ERP の再現性の確認，個人差の検討などが今後の課題である．Learning Commons の照明等の効果を客観的に把握することなども今後の課題である．

表 1　学部と学年のクロス集計

	経営学部	法学部	教育学部	合計
1 年生	17	10	8	35
2 年生	11	3	18	32
3 年生	9	4	4	17
4 年生	10	0	6	16
合計	47	17	36	100

表 2　暗記学習と思考学習クロス集計

		思考学習		合計
	学習方法	個人学習	グループ学習	
暗記学習	個人学習	15	59	74
	グループ学習	8	18	26
合計		23	77	100

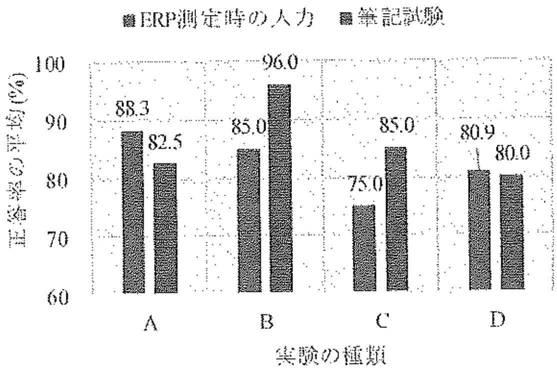


図 2　ERP 測定時の選択肢の正答率の平均と実験後のペーパーテストの正答率の平均

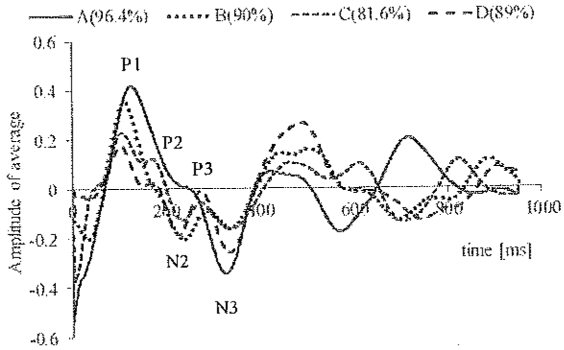


図 3　実験 A~D の ERP の例
（被験者：b，測定部位：Cz，加算回数：50 回）

参考文献

1) 入戸野　宏　：”心理学のための事象関連電位ガイドブック”，北大路書房，2005.
2) Picton, T. W., et al.:”Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria”. Psychphysilogy, 37, pp. 127-152, 2000.
3) Wikipedia https://ja.wikipedia.org/wiki/

[連絡先]
舘沼　彩香　e-mail：15152657@sd.hakuoh.ac.jp

A3-2

画面表示文字の視認性評価

○小沢　千春*，二宮　雅樹*，矢口　博之*　准教授
*東京電機大学

A study of legibility evaluation of letters on television screen

Chiharu OZAWA, Masaki NINOMIYA, Hiroyuki YAGUCHI
Tokyo Denki University

1. はじめに

インターネットが普及し Web 上で情報を簡単に入手することが出来るようになったが、メディア総接触時間の調査結果 [1]によれば全ての年代を通して現在でもテレビの接触時間が最も多い。さらにテレビの利用率は高齢になるにつれて高くなる傾向にある。

また2011年にアナログ放送からデジタル放送に移行し、画面解像度の高精細化によって表示できる文字数は増加している一方、人間が文字を読むスピードは変わっておらず、表示を読み切れないことによって不利益を生じてしまっている恐れがある。したがって、テレビの文字表示は全ての年代に見やすくしていくことが必要であり、特に高齢者に配慮することが重要である。

そこで本研究では、テレビ画面における表示文字の実態調査を行うと共に、視認性の向上を目的とした読みやすい文字のサイズ、行間、行長についてアンケートを行った。

2. 先行研究

CRT

磯野春雄の「~~CTR~~ ディスプレイの文字表示性能の評価手法」[2]では ~~CTR~~ ディスプレイ上で文字の視認性評価の検討が行われている。これは低解像度表示における文字の判別を扱った研究である。

三輪まり枝ほかの「正常者の読み速度についてロービジョン者との比較において」[3]では、通常者の文字を読む速度は 20～30 代で 402 文字/分（6.7 文字/秒）、40～50 代で 359 文字/分（6.0 文字/秒）、60 代以上では 298 文字/分（5.0 文字/秒）という結果が示されている。

3. 実態調査

2017 年の４月と５月に関東地方で放送されたテレビ CM を収集した。収集したテレビ CM の中から図１に示すような、特に文字数が多い14作品を抽出し、文字数と表示時間、行数の計測を行なった。計測結果を表１に示す。

この実態調査の結果から、１秒あたりに表示される文字数の平均は 98.3 文字であった。この値は、文献３に示されている読み速度をはるかに上回る文字数であり、通常の状況では表示時間内に読み終えることは不可能である。また表示文字数と表示時間の長さの相関係数は 0.17 であり、表示文字数と表示時間の長さには相関がないことが分かった。

図 1. CM 画面表示の例

表 1. CM の表示文字数と表示時間

サンプル名	総文字数	表示時間(s)	行数	1秒あたりの表示文字数
D社 頭痛薬	108	1.8	9	60.0
H社 自動車	156	2.1	6	75.7
D社 頭痛薬	133	1.5	7	88.1
E社 頭痛薬	99	1.7	9	58.9
E社 花粉症	48	0.7	4	70.6
N社 自動車1	80	1.4	4	57.1
N社 自動車2	200	1.4	4	142.9
S社 自動車	85	2.4	5	36.2
A社 頭痛薬	70	2.4	5	28.8
M社 自動車1	336	2.0	12	166.3
M社 自動車2	249	1.4	3	177.9
M社 自動車3	144	1.4	3	102.9
D社 ヨーグルト 1	156	1.4	4	111.4
D社 ヨーグルト 2	389	2.0	7	199.5
平均	160.9	1.7	5.9	98.3

なかには同じ CM 内でも文字数の多い画面表示の方が表示されている時間が短い場合もあり、現在のテレビ CM 画面の文字表示は、人間工学的に見て問題のあるものが見受けられる結果となった。

4. 通読時間計測実験

4.1　実験方法

実態調査で得られた文字数の多い CM を対象として視線計測装置を用いて、実際に通読にかかる時間を計測した。

4.2 実験結果

収集した CM サンプル文章が実際にテレビ CM で使用されている時の表示時間と、研究者 2 名が視線計測装置を用いて、通読にかかった時間を記録したものを図 2 に示す。

その結果１秒間に読むことのできる平均通読文字数は16.6文字であった。これは、実験内容、表示される文章等がわかっている状態での値であり、この実験から、実際のCMで用いられている表示時間では、努力してもすべての文字を読み終えることはできないという結果が得られた。

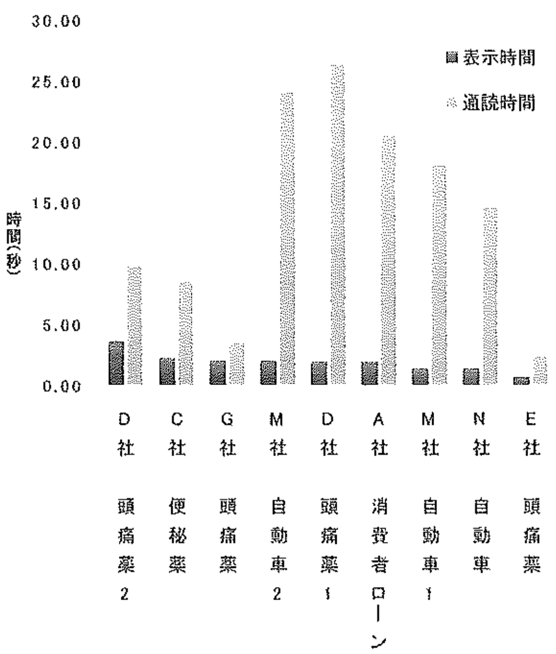


図 2. 実際の画面表示時間と通読時間

5. 視認性評価実験

実際のCM表示をもとに、読みやすい表示条件を探る目的で、行間、フォントサイズ、行長をそれぞれ変更した資料画像を作成し、視認性を比較するアンケートを行った。アンケートは 2017 年 11 月 3～5 日に本学学園祭来場者 178 人に対して実施した。

表 2. 試料画像の条件

	A.行間(pt)	B.フォントサイズ(pt)	C.行長(文字)
A-①	36	30	39
A-②	50	30	39
A-③	64	30	39
A-④	100	30	39
B-①	59.5	20	25
B-②	59.5	33	25
B-③	59.5	39	25
B-④	59.5	51	25
C-①	30	12	55
C-②	30	12	41
C-③	30	12	29
C-④	30	12	15

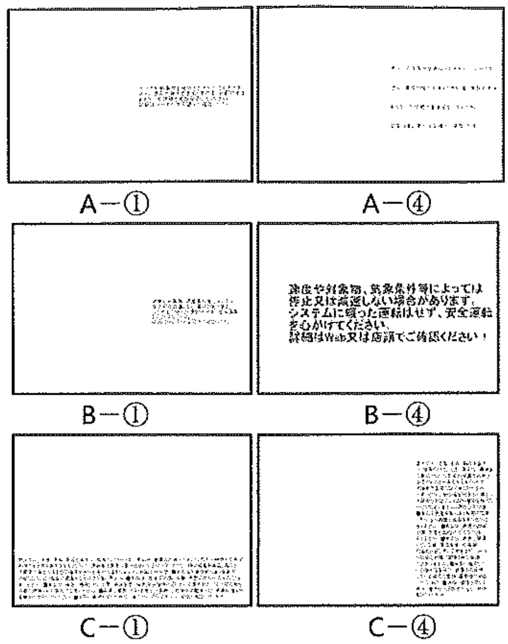


図 3. 資料画像

試料画像は視線計測装置のモニタサイズ24インチ、解像度94.34ppiに合わせて作成した。提示条件を表 2 に、使用した試料画像の例を図 3 に示す。このアンケート結果は現在集計を行っているところである。

6. 結論

テレビ画面における表示文字の多いCMの実態調査を行ったところ、１秒あたりに表示される文字数の平均は98.3文字と、まったく文字を読み終えることのできない表示があり、人間工学的に見て問題のある結果であった。今後は、視認性の向上を目的とした読みやすい文字表示条件のアンケートの結果を解析し、テレビ画面における読みやすい文字表示の条件についてまとめていきたいと考えている。

参考文献

1) 総務省　平成 28 年版情報通信白書、http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/(最終閲覧日:2017/11/13)
2)磯野春雄, CTR ディスプレイの文字表示性能の評価手法, テレビジョン学会誌,Vol. 41 (1987) No. 5 P 469-475
3) 三輪まり枝ほか, 正常者の読み速度についてロービジョン者との比較において, 日本視能訓練士協会誌, Vol. 26 (1998) P 263-267

[連絡先]
小沢　千春
e-mail: 13rd045@ms.dendai.ac.jp
二宮　雅樹
e-mail: 14rd134@ms.dendai.ac.jp

封筒のユーザビリティに関する検討

○落合峻也*，矢口博之*
*東京電機大学

A Study of usability for envelopes baset on ergonomics

Syunya Ochiai*,Hiroyuki Yaguchi*
*Tokyo Denki University

1. はじめに

現在の日本には家電製品，玩具，自動車等の中で高齢者・障害者向け配慮設計がなされたユニバーサルデザイン(以下 UD)品が数多く存在する．実質家計最終消費支出が 1997 年度から前年度比マイナスに転じている経済環境の中で，日用品が市場で 10%以上の伸びを示している．各種の製品の中での UD 製品の割合は増加していくものと考えられ，全体として年間 10%以上の市場拡大は期待でき，高齢化のピークとなる 2025 年まで，この伸び率で推移すると仮定すると，市場規模は少なくとも約 16 兆円となる[1]．

そこで，本研究では生活製品の中でも、頻繁に使用される封筒を題材として通常封筒と比較して UD 商品のユーザビリティを検証する。

2. ユニバーサルデザインと封筒

封筒は開封する際に中身を守る事が大前提として挙げられる．受け手は様々なのでユニバーサルではなくてはならない．そこで様々な UD 封筒が開発されている．本研究で UD 封筒を調査した際，株式会社ミドリ印刷の「よかメール封筒」[2]，株式会社イムラ封筒の「ミシン目加工封筒」[3]，株式会社米谷の「ゆめ～る封筒」[4]などが見つかった．本研究では開けやすく中身の破損もないと思われる株式会社米谷の「ゆめ～る封筒」使用することにした．「ゆめ～る封筒」はミシン目に沿って引っ張るだけで力も必要なく，簡単に開封出来るという封筒である．



図１よかメール封筒 図２ミシン目加工封筒 図３ゆめ～る封筒

3. 封筒の開封性におけるユーザビリティ評価

本実験では封筒の開封性について一般的な封筒と UD 封筒の 2 種類を開封させ，開封方法，開封時間を検討した．

3.1 実験手順

実験は 2016 年 11 月 5 日、6 日に 20 代を中心に 62 名に行った．被験者は始めに通常封筒と UD 封筒を 3 通自由に選び，こちらの合図と同時に選んだ封筒を 1 枚開封させた．実験者側は合図と同時に時間を計測し，被験者が封筒の中身を実験者側に提示した時点で計測終了とした、上記の手順を 1 人につき 6 回繰り返し行い各封筒の開封時間，開封方法，中身の破損の有無を記録した．

3.2 開封方法に着目した分析

被験者 62 名中最初の 30 名には UD 封筒の開封方法を教示せず開封させ，UD 封筒の開封割合を検討した．実験により封筒の開封状況を判断する為，前述で説明した UD 封筒の開け方を「正規開封」とし，他「のりしろ破り」「破いて」「その他」に分類した．以下図 4 に各封筒の開封について、図 5,6 に通常封筒と UD 封筒の開封割合を示す．

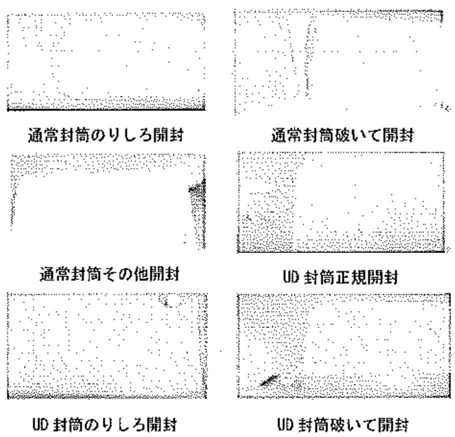


図４ 各封筒の開封

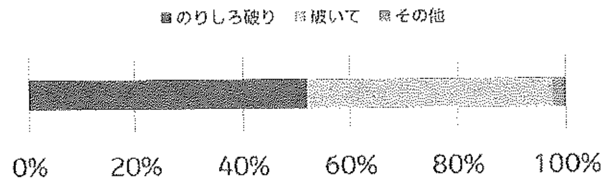


図 5　通常開封割合

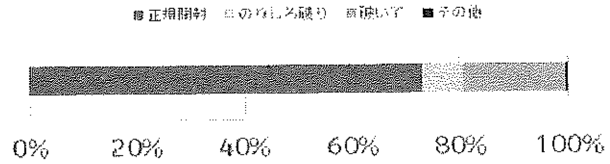


図 6　UD 封筒開封割合（教示なし）

3.3 開封時間に着目した実験

被験者 62 名中後半の 32 名には UD 封筒の開封方法を教示し，通常封筒と UD 封筒の開封時間を検証した．開封時間は 3.2 の開封方法別に平均と標準偏差を算出した．また，実験全体を通じて封筒の中身の破損状況を記録した．以下に図7に各封筒開封時間の平均，図 8 に主観評価の結果を示す．

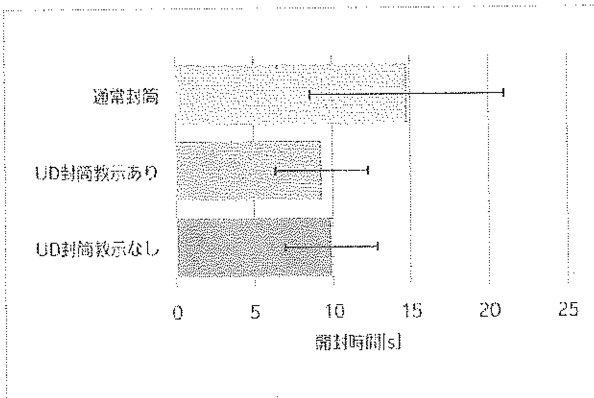


図 7　各封筒開封時間の平均

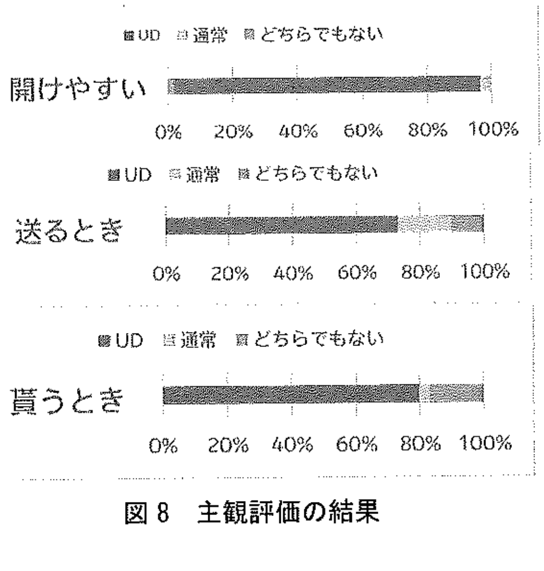


図 8　主観評価の結果

3.4 実験結果の考察

図 7 より UD 封筒(教示有り)の開封時間の平均が 9.31 秒，通常封筒が 14.82 秒と UD 封筒の方が早く開封出来ることがわかった．~~また，封筒の中身破損状況も表 1 より UD 封筒(教示有り)が 0 件と封筒本来の役割を果たせてい~~る~~ことがわかった~~．このことから，UD 封筒(教示有り)は通常の封筒に比べユーザビリティが高い事が判明した．しかし,図 5 より UD 封筒(教示なし)の正常な開封率は 73%であった.また，中身破損率の破損率も調査したところ,UD 封筒(教示無し)のは 4%と比較的高かった、このことから教示なしでは通常封筒と UD 封筒では UD 封筒の方がユーザビリティが低いと言える.しかし図 8 での主観評価では通常封筒より UD 封筒の方がどの項目も上回っていたことが示された．

4.　まとめ

本実験では封筒の開封方法と時間に着目し，UD 封筒のユーザビリティ検討を行った．その結果，UD 封筒を正常に開封した場合はユーザビリティが高い事が検証された．しかし，UD 封筒の開封方法を教示しない場合ユーザビリティは通常封筒より劣る事が判明した．実験結果より封筒を開封する際，破いて開封する割合が高い事がわかった為，封筒を破いて開封する新たな封筒を試作する事が今後の課題に挙げられる．

参考文献

1) ユニバーサルデザイン懇談会 http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g10522cj.pdf(2016/7/27)
2) 株式会社ミドリ印刷「よかメール封筒」 http://midori-p.com/page_envelope.php(2017/11/13)
3) 株式会社イムラ封筒「ミシン目加工封筒」 http://service.imura.co.jp/function/envelope02(2017/11/13)
4) 株式会社米谷「ゆめ～る封筒」 www.p-yonetani.com/yumail.html(2017/11/13)

[連絡先]
おちあい しゅんや
e-mail: 13rd046@ms.dendai.ac.jp

A3-4

曲面型タッチパネル設計のための指の動作特性に関する研究

○汪　悦*
*早稲田大学大学院創造理工学研究科経営システム工学専攻

A study of finger movement for curved touch-panel operations

Yue WANG*
*Waseda University

1. 研究背景・目的

曲面型タッチパネルが提案されてきている. しかしタッチパネルを快適に用いるための曲面状態（縦・横・球面や凹凸）やその曲率等については明らかではない. そこで本研究はその基礎研究として曲面における五指の動作特性を計測し, それに基づき, 使いやすい曲面型タッチパネルの設計指針を検討する.

2. 研究方法

本研究は以下の手順で行う.
①動作項目の特定
②曲面水準の決定
③動作時間測定と主観評価

3. 動作項目の特定

3.1 目的・方法

タッチパネル操作のしやすさに影響する動作要因を抽出し, それに基づき, 実験方法を決定する.

3.2 結果

実際の平面タッチパネル操作を観察分析した結果, それら操作は「移動動作」と終局動作としての「タッチ動作」の 2 種類の基本動作から構成されていることが分かった. このうち, 曲面状態が操作性に関係するのは主に移動動作であると考えられることから, 本研究では, 「移動動作」を対象として進める.

4. 水準の決定

4.1 目的・方法

指の移動動作が曲面の凹凸から与えられる影響を調査する実験を行う. 実験結果を参考にして, 本実験の実験水準を決定する.

実験では図 1 に示す凹凸（曲率半径 10cm）及び平面の 3 水準の面板を制作し, そこにおいて各指での往復移動操作（図 1 下）を行い, 操作しやすさを 7 段階主観評価とヒアリングによって調査する. 被験者は男子大学生 5 名であった.

4.2 結果

操作しやすさの主観評価データを指先の移動方向（縦・横）×動作する手（右・左）×手首の自由度（自由・位置固定）の計 8 水準に分け, 分析した. 図 2 にその一例を示す. 評価値は操作しやすいと評価するほど, 得点が高くなっている.

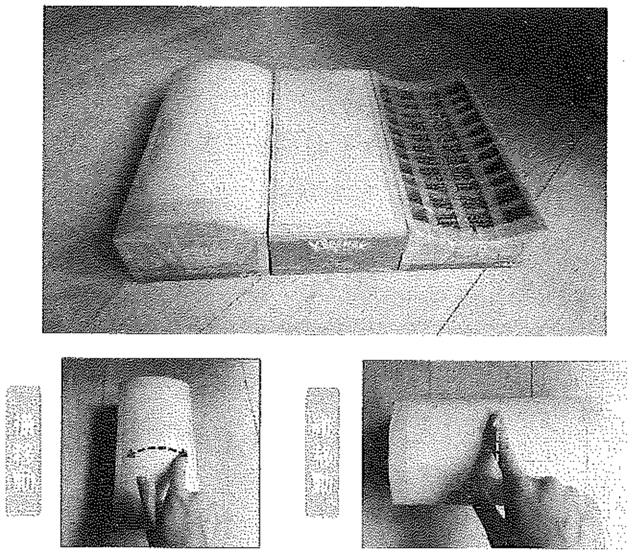


図 1　凸面, 平面, 凹面の曲面道具（上）
横移動（左下）&縦移動（右下）

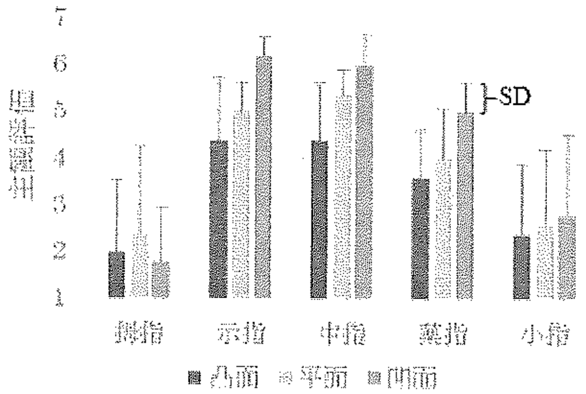


図 2　主観評価（縦移動&利き手&手首位置固定）

分析の結果, 凸面・平面・凹面において, 横移動と縦移動の操作のしやすさには個人差が見られた. また, 五指の評価に差が見られた. 指の運動性能（運動自由度）の影響であると考えられることなどが明らかとなった. これらの結果を踏まえ本実験では, 実験水準として「凸面・平面・曲面」3 通り, 五指の 5 通り, 「横移動・縦移動」2 通り, 「利き手」の 1 通り, 「手首位置固定」1 通りとする. ただし, 縦移動に関して, 拇指の分析は手の構造上, 動きが不自然であるために実験を行わないため, 全 27 水準とすることにした.

5. 動作時間測定と主観評価

5.1 目的

前述の 27 水準においての動作のしやすさを評価し，曲面の凹凸が各指の操作性へ与える影響を考察する．

5.2 実験方法

本実験では，図 1 同様の面板を水平面に置き移動操作を行う．手首は曲面の縁と同じ高度の位置に軽く固定する（手首関節は可動）．動作内容は曲面上の 2 点間で往復移動をする．2 点間の距離は現実のタッチパネル操作を考え 5cm に設定する．これは MODAPTS 法でいう M2P0 に相当し，手首の動きを伴うものとなる[1]．移動する位置については曲面上に描かれた 1cm 間隔の線のうちから最も操作しやすい位置のものを選ばせる（図 3）．

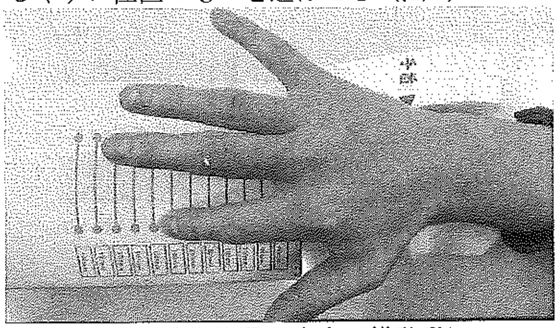


図 3　動作位置の決定（横移動）

被験者には所定位置にある 2 点間で各指を 10 回往復する時間をストップウオッチにより計測し，1 回当りの動作時間を算出する．そして，指ごとに各曲面上の操作しやすさを 7 段階で主観評価を行ってもらう．男子大学生 5 名を対象に，レーティング 100 のペースで実験してもらった．

5.3 結果・考察

5.3.1 横移動

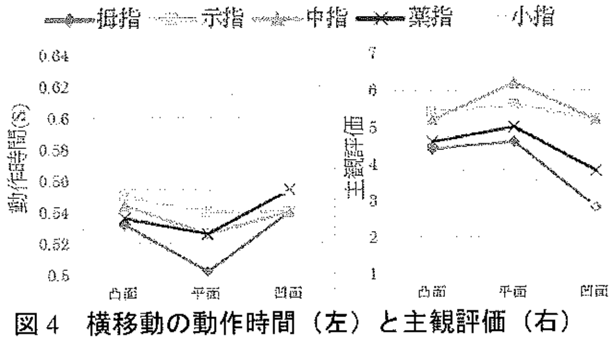


図 4　横移動の動作時間（左）と主観評価（右）

指ごとの動作時間の差は小さく，平面上での拇指動作のみが若干速いという結果が得られた．主観評価では，操作しやすいものから中指，示指，薬指，拇指，小指という順になった．横移動の場合，拇指以外の四指においては，手首関節の左右の動き動作速度の決定要因になっていると考えられる．本実験では手首の位置のみを固定したため指ごとの差別が小さくなったと考えられる．

曲面別にみると，拇指以外の四指の動作時間の差が小さいことがわかる．拇指では，平面での速さが曲面より高い結果が得られた．主観評価では，平面の評価が最も高い結果となった．その原因として，平面操作において手首が左右に動くとき，拇指以外の四指は三次元的な運動をする必要がないことが挙げられる．また，拇指では関節による動きが平面と一致したため，平面の主観評価が高くなったと考えられる．

5.3.2　縦移動

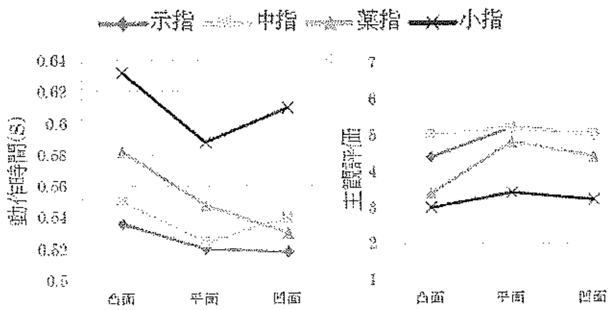


図 5　縦移動の動作時間（左）と主観評価（右）

指ごとで比べると，示指が一番速く動作することが分かった．また，動作速度の速い指の主観評価が高くなる傾向がみられた．縦移動の場合，指の動作が決定要因になっており，力の弱い薬指と小指が動作しにくく，指の筋力が強い示指と中指は操作しやすいと考えられる．

曲面別で比べると，平面・凹面での動作速度は速いが，凸面上の動作は遅いという結果となった．主観評価についても，平面・凹面の評価は高いが，凸面上の評価が下がる傾向がある．凹面上での動きは指の伸曲動作を軽減できるため，動きが速く，評価が高いと考えられる．

6. まとめと今後の予定

動作時間では，横移動において各指の差が小さく，縦移動において薬指と小指の動作が遅い．主観評価では，動作方向，動作曲面に関わらず，示指と中指の評価が高い傾向がある等の傾向がみられた．また曲面の操作性について，横移動の場合，平面上の操作性が最も高く，縦移動の場合，凹面が優れている可能性がみられた．

今後の予定として，曲面の曲率半径と操作のしやすさとの関係をさらに検討する予定である．

7. 文献

1) 日本モダプツ協会：モダプツ法による作業改善テキスト，日本出版サービス，p.14-16，2008.

[連絡先]
汪悦　早稲田大学小松原研究室　03-5286-3509
e-mail：wangyue@moegi.waseda.jp

B2-1

高感度な超低周波用マイクユニットの作成と生活音解析

飯田　一輝
法政大学　理工学部　創生科学科

On a high sensitivity microphone unit for very low frequency, and analysis of life sound

Kazuki Iida
Faculty of Science and Engineering, Department of Advanced Sciences, Hosei University

1. 目的と背景

近年，認知症の高齢者や幼児のために，見守り機能の需要が増えている．そこで，生活の中の音を解析することで，人の見守りにつなげられないかと考えた．生活音の例としてドアの開閉に伴う超低周波音（圧変化）が挙がるが，このような音は可聴域より下であるため，超低周波音を取れるマイクが必要となる．本研究では，広範囲かつ高感度で超低周波音まで検出できるマイクユニットの製作と，それを用いた可聴域より下を含む生活音の解析を目標としている．

2. マイクユニットの構成

マイクユニットの入り口部分には，振動板の直径１０ｍｍの，前面背面に穴が開いている双指向性コンデンサマイクを使用する．低周波音の感度を上げるため，振動板の大きなマイクを選択している．背面が塞がっている方が低周波音を取れるのだが，振動板の背圧による影響を減ずるためには，背面に大きな容積が必要である．そこで，双指向マイクの背面に容積確保用のアルミケース（図１）を取り付けることとする．次段のマイク信号増幅回路として，図２の構成を取った．始めにマイクの信号を，ソースフォロワ回路でインピーダンス変換している．ソースフォロワ回路の出力に含まれる直流成分とその温度による変化を打ち消すため，同様の回路をもう１組用意し，インスツルメンテーションアンプで差動増幅を行う．周囲からのノイズの影響を減らすために，回路自体もアルミケース内部に収納し，１つのマイクユニットとする．

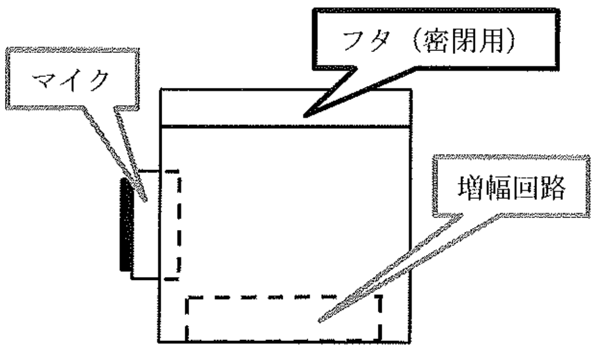


図１：アルミケースの断面図

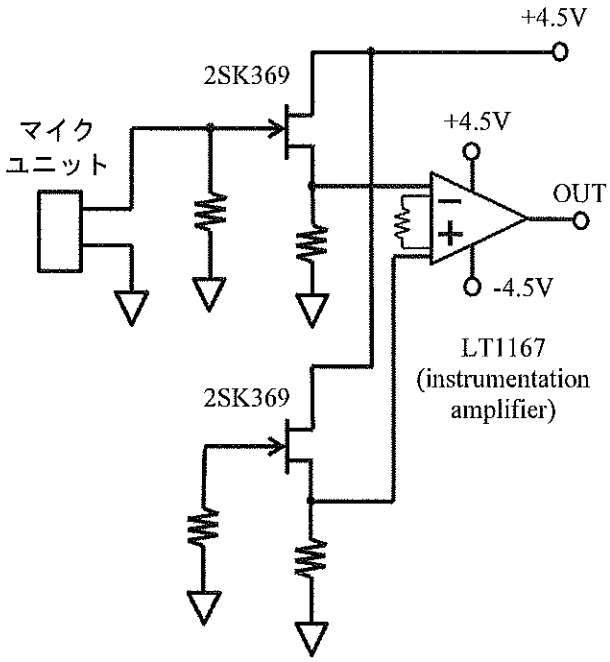


図２：マイク信号の増幅回路

3. 実験方法

マイクユニットの超低周波域における感度および，増幅回路が超低周波域まで適切に増幅しているか知るため，室内にマイクユニットを設置し，ドアの開閉に伴う気圧変化を測定した．超低周波域において，より感度が高いことを確認するため，測定ではマイクユニットを設置した部屋（約5×11×2.5mサイズ，以降部屋Aとする）のドアの開閉に加え，同部屋から約2.2mの通路を挟んだ向かい部屋（以降部屋Bとする）のドアの開閉も行い，気圧変化を測定することとした．

4. 実験結果

部屋Aおよび部屋Bのドアの開閉による気圧変化をマイクユニットで検出し，得られた波形を横軸時間（s），縦軸電圧（V）で図3に示す．

図3より，部屋Aのドアだけでなく，部屋Bのドアの開閉についても気圧変化を検出できた．ただし，空調機の駆動音のようなその他の低周波音が大きい場所（大学内通路など）にマイクユニットを設置すると，ドア開閉の気圧変化が埋もれてしまうことがあった．そのため，超低周波音のみを狙って検出する際には低域濾波する必要があると考えられる．

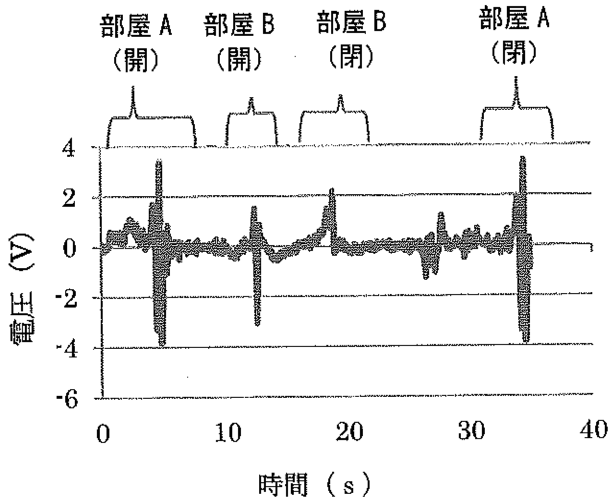


図３：部屋 A および部屋 B のドア開閉に伴う圧力変化

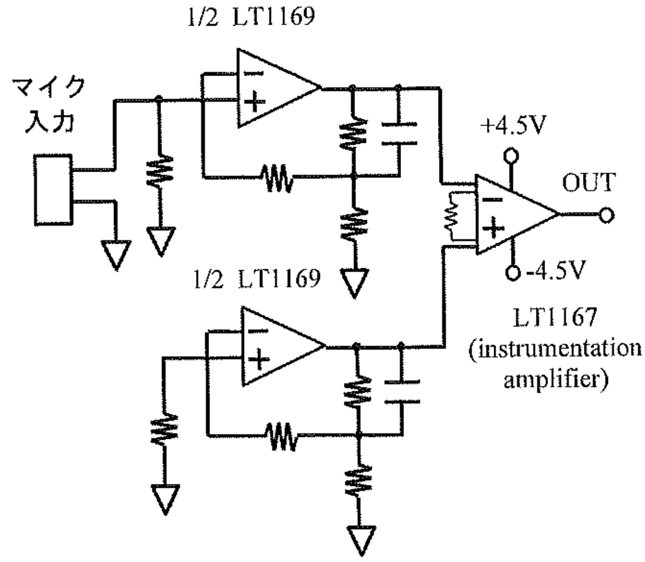


図４：マイク信号増幅回路
（オペアンプ・ローパスフィルタ構成）

5. 考察

空調機の駆動音等，ノイズとなる他の低周波音が大きい環境では検出したい超低周波音が埋もれてしまうことがある．超低周波音のみを検出するため，また回路内部のノイズを減らすための別の回路構成として，図４の構成を考えている．図２のソースフォロワ部分をオペアンプを用いた非反転増幅回路に置き換え，負帰還にＲＣを追加した構成である．非反転増幅回路にすることで，２段での増幅により増幅率を稼ぐことができるほか，差動入力に用いる２つのオペアンプは１パッケージに入っているため，双方のオペアンプの温度に差が出にくくなると思われる．

測定方法について，手動によるドア開閉に伴う気圧変化を検出する現在の測定方法では，超低周波感度について大まかな評価はできるものの，マイクユニットの周波数特性を測ることはできない．そこで，新たな測定方法としてばねの先にマイクユニットを取り付け，ばねとおもりの単振動に伴う気圧変化を検出する図５の装置を作成する予定である．ばねのパラメータ（ばね乗数など）を調整することによって，超低周波域においても必要な周波数を入力として得ることができる．

現段階ではアルミケースのサイズは 10×10×10cm となっているが，マイクユニット小型化を目標とし，空気バネの影響を考慮しながらアルミケース内に粘土などを詰めながら，マイクの背面に必要な容積を確認していく．

作成したマイクユニットで，生活音を録音する．この時点では何の音が取れたのか不明なため，映像も録画しておき，人の行動との結びつきを調べる．音と同様に，湿度や温度など他の指標も状況把握の補助として用いる予定である．

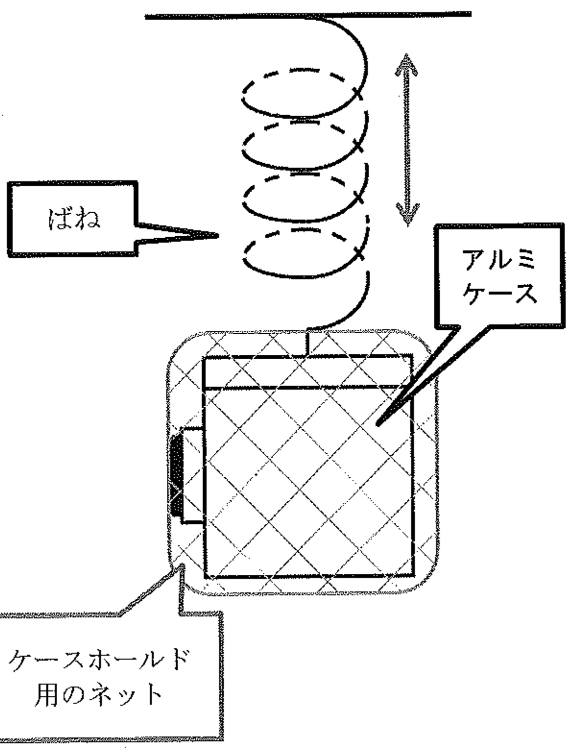


図５：ばねの振動をマイク入力とする装置

[連絡先]
飯田　一輝
e-mail：kazuki.iida.5w@stu.hosei.ac.jp

B2-2

設置が容易で安価な高感度離床センサーの製作

平井　佳
法政大学理工学部創生科学科

On a inexpensive and easily installable bed-exit sensor with high sensitivity

Kei Hirai
Faculty of Science and Engineering, Department of Advanced Sciences, Hosei University

1 研究の目的とその意義

近年，病院などで患者の転倒および転落防止のためには離床センサーというものが使われている．しかし，このセンサーには設置の難しさやコスト面，衛生面などの問題を抱えている．そこで，本研究ではベッド上のヒトの拍動を検出することで，ヒトの有無を確認できる設置が容易で安価な高感度離床センサーを製作し，これらの問題の解決を目的とする．この高感度離床センサーはヒトの拍動を検出する仕組みなので，離床センサーとしてだけでなく，心拍変動性の解析の入力としても利用できる．

2 センサーの原理

現在、図1のような装置をベッドの手すりに取り付ける形での検出を考えている．このセンサーは拍動による液体の揺れを差圧で検出する仕組みである．この性質からこの装置は空気ばねのような運動をすると仮定できる．故に，液体の質量m[kg]，空気ばねでいうばねの長さをh[m]，大気圧をP_0[Pa]，チューブの断面積を$S[m^3]$としたとき共振周波数は$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2P_0S}{mh}}$[Hz]となる．また，Q値は液体の粘性や濡れ性（液体とチューブとの兼ね合い）によって決まる．これより，チューブの長さや内径，液体の比重などを変えることで共振周波数を変えることができ，液体の粘性やチューブの種類を変えることでQ値もすることが可能である．共振周波数を測定対象の周波数に合わせて設定すると信号を高感度で検出でき，一方で測定対象の周波数から離れるにつれ感度が下がる．

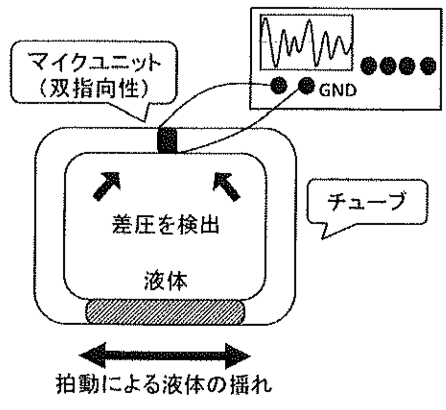


図1　ヒトの拍動を検出する高感度離床センサー

また，Q値を高く設定すると狭い範囲の周波数帯の信号を高感度に検出することができ，逆にQ値を下げて設定すると感度は下がるものの広い周波数帯の信号を検出可能になる．

3 実験方法

図2のように，机の上にヒトに仰向けで寝てもらい，センサーを心臓の近くに設置した状態で拍動の検出を行う．センサーの出力と心電計の出力を記録し，その二つの出力を比較することで拍動が検出できているか否かを調べる．また，机の上に人がいる時といない時のセンサーの出力を比較する．この実験はセンサーの液体に水を用いた時とガリウム，インジウム，スズの合金(比重：$6.44g/cm^3$)を用いた時それぞれで行い，実験を行う際のパラメーター設定を表1に示す．

4 実験結果

センサーの出力から拍動の周波数成分を抽出するため，センサーの出力にフィルター処理を行う．まず，センサーの出力をバンドパスフィルターで濾波し，次に濾波したセンサーの出力を絶対値化した後，さらにローパスフィルターで濾波する．液体に水と合金を用いて実験した時それぞれのセンサー出力のフィルター処理におけるパラメーター設定を表2に示す．

液体に水を用いて実験した時のセンサー出力と心電計出力を横軸時間（s），左縦軸センサーの

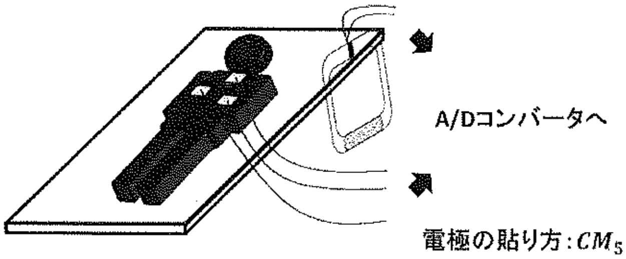


図2　実験方法

表1　実験におけるパラメーター設定

	水	合金
チューブの種類	塩化ビニル	テフロン
液体の質量 m[kg]	9.1×10^{-3}	3.2×10^{-3}
空気ばねでいうばねの長さ h[m]	3.2×10^{-1}	5.0×10^{-1}
チューブの断面積 $S[m^3]$	2.8×10^{-5}	1.3×10^{-5}

表 2　フィルター処理におけるパラメーター設定

	水	合金
センサーの共振周波数[Hz]	8	4
バンドパスフィルターの通過帯域[Hz]	7～9	3～5
ローパスフィルターの遮断周波数[Hz]	2	2

出力電圧(V)，右縦軸心電計の出力電圧（V）として表わしたものを図 3 に，机上に人がいる時のセンサー出力といない時のセンサー出力を横軸時間（s），縦軸センサーの出力電圧（mV）として表わしたものを図 4 に示す．また，液体に合金を用いて実験した時のセンサーの出力と心電計の出力を横軸時間（s），左縦軸センサーの出力電圧（mV），右縦軸心電計の出力電圧（V）として表わしたものを図 5 に，机上に人がいる時のセンサー出力といない時のセンサー出力を横軸時間（s），縦軸センサーの出力電圧（mV）として表わしたものを図 6 に示す．

図 3，図 5 より，液体に水を用いて実験した時と合金を用いて実験した時どちらも拍動を検出できることがわかった．また，図 4，図 6 より，液体に水を用いて実験した時と合金を用いて実験した時どちらも机の上のヒトの有無も判別できることがわかった．

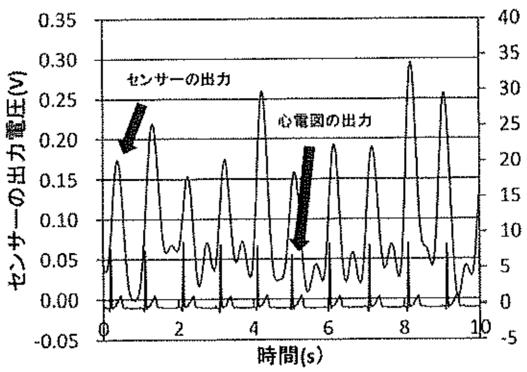


図 3　液体に水を用いて実験した時のセンサー出力と心電計出力の比較

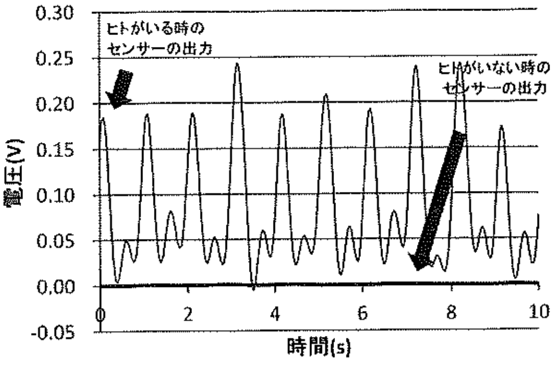


図 4　液体に水を用いて実験した時の机上にヒトがいる時といない時のセンサー出力の比較

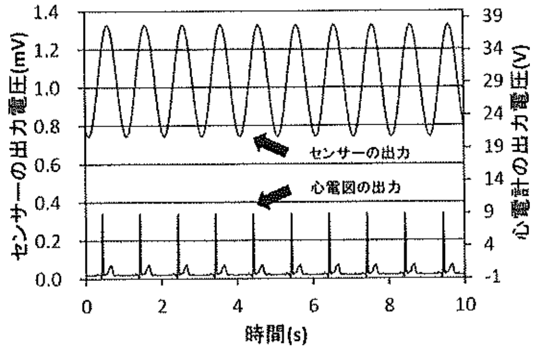


図 5　液体に合金を用いて実験した時のセンサー出力と心電計出力の比較

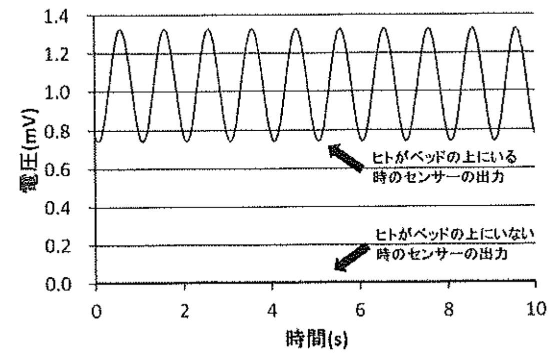


図 6　液体に合金を用いて実験した時の机上にヒトがいる時といない時のセンサー出力の比較

5 考察

現段階でのセンサーでも離床センサーとしての役割を果たせることがわかった．しかし，センサーのサイズが大きく，コストが高いため改善していく必要がある．

まず，センサーの共振周波数が拍動の周波数である 1Hz より高いところにあるため，感度が下がっていると推測できる．また構造上の問題から，重力加速度や毛細管現象がセンサーの共振周波数や Q 値に影響を及ぼしているとも考えられる．

センサーの液体に水を用いるとマイクユニットが湿気に弱いため壊れやすくなる．またセンサーの小型化するには液体の比重が大きい方が良いことから，合金を用いたセンサーを製作していく予定である．液体に合金を用いると濡れ性が非常に高いため，チューブの壁面に液体が張り付いてしまう．これにより多くの液体を使用することになり，コストが高くなってしまう．そのため今後は濡れ性の影響を減らすために，液体と液体の容器の接する表面積が小さくなるような設計にし，同時にセンサーのコスト削減と小型化も目指していく．

[連絡先]
平井　佳
e-mail:kei.hirai.9m@stu.hosei.ac.jp

B2-3

VDT 作業中の作業姿勢改善システムの提案

○山﨑亮*，三田隆広**，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先端科学技術研究科情報通信メディア工学専攻

Proposal of a system to improve work posture during VDT work

Ryo YAMAZAKI*, Takahiro MITA**, Masasi KAWASUMI* and Hironori KOYAMA*
*Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University
** Information, Communication and Media Design Engineering,
Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokyo Denki University

1. はじめに

近年，情報化の進展によりテレビやパソコン，スマートフォン等が急速に普及したため，VDT 作業に従事する人が増加している．厚生労働省の調査によると，VDT 作業者の中で精神的疲労を感じている人は 68.6%であることがわかった．さらに，身体的疲労を感じている人は 74.8%となっている[1]．

厚生労働省はガイドラインを策定することで，作業時間管理や労働衛生教育を VDT 作業者および当該当者を直接管理する者に対して行っている[2]．しかし，これらは作業者本人の裁量に依存してしまうため，それぞれ個人差が出てしまう．

作業姿勢は無意識のうちに変化し，円背姿勢や後傾姿勢などの不良姿勢になる．不良姿勢が長時間続くと疲れ目や肩こりなど疲労の原因となる．変化した姿勢を作業者本人が気づいて正すことは難しい．作業者が不良姿勢であることを本人に意識させるためには，第三者からの指摘が有効であるが，長時間作業者を監視することは困難であると思われる．そのため，VDT 作業者に作業姿勢の変化を意識させる何らかの方法が必要だと考えられる．

2. 目的

VDT 作業者に作業姿勢を意識させる方法としては，音や画面上から通知を行うことなどが考えられる．また，作業姿勢の推定は作業者本人を撮影し，そこから姿勢の推定する方法が負担も少なく，作業の妨げにならないと考えた．しかし，撮影器具の規模が大きい場合，作業者が普段通りの作業を行うことが困難であるから，普段通りの作業ができる環境で姿勢推定を行うことにも考慮する必要がある．

そこで本研究では，PC 内蔵の Web カメラを用いて，身体の頭部の位置から，作業者の姿勢を推定し，VDT 作業に最適な姿勢を促すシステムの提案を目的とする．

3. 方法

3.1 姿勢の推定方法

本研究で設定した作業環境で撮影を行う場合，得られる画像は，胸部より上方の身体部位の二次元情報である．不良姿勢時は画面を下から見上げるような姿勢になるため，頭部位置は下方に移動する．そのため，作業開始時の頭部の位置座標と作業時の位置座標を比較することで姿勢推定が行えると考えられる．以上のことから，頭部位置座標を求めるために Open CV を用いて顔の検出と顔の座標の特定するシステムを試作した．

3.2 事前調査

事前調査として，実際に良姿勢時，不良姿勢時に頭部の位置座標が変化するか調査を行った．被験者は 20 代健常者 6 名，試作したシステムを用いて良姿勢，不良姿勢時(円背姿勢，後傾姿勢)の頭部の位置座標(X，Y)および顔領域(横幅，縦幅)をそれぞれ求めた．撮影した画像のサイズは 1280×720pixel とし，ノート PC を開いたときの角度を 110°～120°とした．また，姿勢推定の基準として股関節を軸に姿勢を良姿勢時は 90°～100°，円背姿勢時は，70°～80°，後傾姿勢時は 120°～130°と設定したうえで調査を行った．調査で使用した画像を図 1 に示す．

3.3 結果

全被験者の計測結果の平均値を表 1 に示す．調査の結果，頭部の位置座標である Y 座標の変化が良姿勢と後傾姿勢とでは差が 285.5 と変化量が大きいが，円背姿勢との比較では Y 軸との差が 13.3 と変化量が少ない．顔領域の変化は良姿勢と比べ，円背姿勢時は+197，後傾姿勢時は-71 とそれぞれ大きな変化が見られた．

3.4 考察

調査の結果，頭部の位置座標の変化から姿勢を推定する方法では円背姿勢時の変化が小さいため，困難だと考えられる．しかし，顔領域の変化量は，円背姿勢時，後傾姿勢時の両者がそれぞれ大きく

変化していることがわかった．よって，顔領域の変化から姿勢の推定が可能であると考えた．

図 1　顔認識(良姿勢時，円背姿勢時)の画像

表 1　全被験者の計測結果の平均値[pixel]

	良姿勢	円背姿勢	後傾姿勢
X 座標	473.7±30.2	435.0±32.7	501.7±33.1
Y 座標	89.0±53.7	102.3±53.1	374.5±30.7
顔領域	341.8±21.6	538.8±14.5	270.8±15.3

4. 本実験

4.1 概要

事前調査から，顔領域の変化で姿勢の推定が行えることがわかった．このことから，姿勢の角度と顔領域の関係性から姿勢の推定のアルゴリズムを求められると仮定し，再度調査を行った．被験者は健常者5名とし，良姿勢と不良姿勢(円背姿勢，後傾姿勢)の顔領域と画面から顔までの距離をそれぞれ求めた．また，姿勢の角度を求めるために良姿勢時と不良姿勢時に横から撮影し，その画像から姿勢の角度を求め，姿勢角度から回帰分析を行った．

4.2 結果

全被験者の計測結果の平均値を表 2 に示す．調査の結果，円背姿勢の状態では，顔領域の数値が良姿勢時より 74.4 増加し，後傾姿勢時では良姿勢時より 27.4 減少した．姿勢角度は良姿勢時と比べ，円背姿勢は 26.7°鋭角化し，後傾姿勢は 19.6°鈍角化している．また，重相関値が $r^2=0.74(p<0.05)$を示し，姿勢角度がこの回帰分析より求められた．

4.3 考察

調査の結果から，姿勢の角度が鋭角になるとともに顔領域が増加し，鈍角になるとともに顔領域が減少することが明らかになった．また，画面との距離が近くなると顔領域の値が増加，遠くなると減少することがわかった．これより，顔領域の変化と姿勢の角度が相関の関係にあることが明らかになったため，姿勢推定するためのアルゴリズムを求めることができると考えられた．

表 2　全被験者の計測結果の平均値

	良姿勢	円背姿勢	後傾姿勢
姿勢角度[°]	100.2±6.4	73.3±3.9	119.8±4.2
顔領域[pixel]	162.6±17.4	237.0±33.4	135.2±18.1
画面距離[cm]	57.0±6.2	39.2±3.6	68.0±5.4

5. システムの開発

顔領域の変化をとらえることによって姿勢角度の推定が可能であると考えられる．そのため，作業開始から数分おきに撮影を行い，作業開始時の姿勢と撮影した画像の顔領域の変化を比較し，姿勢を推定する．領域の変化が大きい場合に通知を行い，VDT 作業者に姿勢を意識させるシステムを C++で開発する．

進捗状況として，作業開始時間からタイマーが起動し，数分おきに作業時の顔の撮影を行うと同時に顔認識を行うプログラムの作成を行った．顔認識で取得した顔領域を開始時と作業中をそれぞれ比較し，変化量が一定値を超えた場合，通知を行うシステムを作成した．作成したシステムを起動し，画面上にポップアップ通知を行った時の画像を図 2 に示す．

図 2　通知を行ったときの画面

6. おわりに

本研究では，VDT 作業者に作業の妨げにならないような方法で作業姿勢を意識させることを目的とした．そのため，作業者の姿勢を正面から撮影し，胸部より上の身体部位の変化で姿勢の推定が可能であるか調査を行った．その結果，良姿勢と不良姿勢時の顔領域の変化から姿勢の推定が可能であることが示唆された．これらの結果を用いて，作業開始から数分おきに姿勢の推定を行い，作業開始時と比較を行い，変化量が一定値を超えた場合に通知を行い，作業者に姿勢が崩れていることを意識させるシステムを制作した．

今後の課題は，制作したシステムを用いて被験者を募り，試験運用を行う．その際，どのような通知方法が作業者に伝わりやすいかなどを検討する必要がある．

参考文献

1) 新 VDT 作業ガイドラインのポイント，厚生労働省，available from <http://tokyo-roudoukyoku.jsite.mhlw.go.jp/jirei_toukei/anzen_eisei/toukei/anzen-vdt.html>, (accessed 2017-5-9).

2) 新しい「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン」の策定について，厚生労働省，available from <www.mhlw.go.jp/houdou/2002/04/h0405-4.html>, (accessed 2017-5-9).

[連絡先]
山﨑　亮
e-mail：14fi114@ms.dendai.ac.jp

B2-4

手指入力のキャリブレーションの検討

○佐藤仁哉*，井上翔太*，杉澤直樹*，田村寿英*，津田祥明*，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 Calibration for the Hand Motion Input

Masaya SATOH*,Syota INOUE*,Naoki SUGISAWA*,
Toshihide TAMURA*,Yoshiaki TSUDA*and Tetsuya OHYA*
*Department of Clinical Engineering,
Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

1. はじめに

医療現場では清潔と不潔の概念があり，手術時は清潔な状態の術者は他の物に触ることが出来ない．清潔な状態の術者が検査画像などの患者情報を確認する場合，他の医療従事者に指示し確認することになる．しかし，コミュニケーション不足による誤操作や指示出しによる手術時間の延長などの問題点がある．この問題点の解決方法として，術者本人が清潔な状態で検査画像などの患者情報を確認する手段を提案する．

術者が清潔な状態で機器操作をする方法としてLEAP Motionを用いた手指入力がある．ユーザの指先を画像処理により捉え，機器に触れることなく指先で操作することが可能である[1-3]．従来の他の医療従事者に指示を出す方法と比較し，術者自身が操作を行えるため，誤操作や手術時間の短縮も可能である．そこで本研究は機器を触れることなく操作可能な手指入力の検討を行った．

2. 目的

手指入力では，指先を認識して画面上にカーソルとして表示し，指先の動きでカーソルを動かすことができる．したがって，ディスプレイ端の対象物を選択する場合は手や腕を大きく動かす必要がある．画面上におけるカーソルの動きは，キャリブレーションにより調節することが可能である．そのため，使用時に利用場面を想定したキャリブレーションを行う必要がある．

また，臨床現場を想定すると可能な限り手指の動作範囲を小さくすることが望まれる．本研究ではキャリブレーションを行うことにより手指の動作範囲や操作性が向上すると考え，手指入力のキャリブレーションの検討を行なった．

3. 実験方法

実験条件として，パソコンに手指入力装置（LEAP Motion）を取り付け，手指入力装置の操作を利き手の人差し指で行うこととした．また，臨床現場で使用することを想定し，パソコンと手指入力装置の位置は固定とし，被験者はパソコンの前方で立位姿勢により操作を行うこととした．

本実験ではディスプレイ上にランダムに表示される対象物を選択する実験を行った．手指入力で画面上に表示されるカーソルを人差し指と同期させた．ランダムに表示される対象物に対して1秒間カーソルを留めることが出来れば選択されたこととした．被験者に課題を1分間実施し，対象物を選択出来た回数を測定した．実験風景を図1に示す．なお，被験者には実験前に数回練習を行なってもらい，その後実験を行なった．

ディスプレイに表示されるウィンドウのサイズを1024×640とし，指の操作範囲を50cm，25cm，6.25cmとした．「指の操作範囲」とは，画面の左端から右端までを操作するのに動かす指の範囲である．例えば，「指の操作範囲が50cm」の場合，左右に50cm指先を移動させることでカーソルが左端から右端へと移動する．

それぞれの操作範囲の選択回数において多重比較検定（Tukey法）を用い5%未満を有意水準とした．また，実験後に使用感に関するアンケートを行なった．

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．

4. 実験結果

各操作範囲における実験結果を図1に示す．「指の操作範囲が50cm」は27.8±4.7回，「指の操作範囲が25cm」は27.6±6.5回，「指の操作範囲が6.25cm」は8.1±5.2回となった．

多重比較検定（Tukey法）を行なった結果，「指の操作範囲が50cm」と「指の操作範囲が6.25cm」，「指の操作範囲が25cm」と「指の操作範囲が6.25cm」の二つでは有意差が認められたが，「指の操作範囲が50cm」と「指の操作範囲が25cm」では有意差が認められなかった．

アンケート結果については，最も操作性が悪かったのは「指の操作範囲が6.25cm」で，手のわずかな動きがカーソルに大きく反映されるため，対象物を選択するのが困難であったという意見が得られた．また，「指の操作範囲が50cm」では操作範囲が広いため少し操作性が悪いという意見が得られた．「指の操作範囲が25cm」では，操作性が良いという意見が得られたが「指の操作範が50cm」と比較し，手のわずかな動きがカーソルに

反映されるため調整に苦労したという意見が得られた.

5. 考察

「指の操作範囲が 50cm」および「指の操作範囲が 25cm」の実験結果は，27.8±4.7 回，27.6±6.5 回であり，ほぼ同等の結果が得られた．これは，指の操作範囲に対してカーソルが小さく動くため，対象物上でカーソルを保持することが容易であったからと考えられる.

「指の操作範囲が 6.25cm」は対象物を選択出来た回数が 8.1±5.2 回と最も少なかった．これは手のわずかな動きによりカーソルが大きく動くため対象物上でカーソルを保持することが困難であったと考えられる．カーソルの移動速度が速く，指の動きも少ないが，わずかな指先の動きでカーソルが動くため選択が困難であったと考えられる.

実験後のアンケートでは，「指の操作範囲が 50cm」と「指の操作範囲が 25cm」で最も操作性が良いという意見が同数であった.

「指の操作範囲が 50cm」では，指先のわずかな動きがカーソルに反映されないため操作性が良いが，カーソルの移動速度が遅いため，次の対象物までカーソルを移動させるのが遅くなったという意見が得られた.

「指の操作範囲が 25cm」では，カーソルの移動速度は適当だが，指先のわずかな動きをカーソルが少し反映するため操作性の悪さが指摘された．このアンケート結果は使用者の使い方によるもので，個人差によるものであると考えられる.

「指の操作範囲が 50cm」では，実験結果およびアンケート結果より操作性は良いが操作範囲が広くなる．したがって，臨床現場では周りに清潔なものがあり使用が困難であると考えられる.

「指の操作範囲が 6.25cm」では，被験者全員から操作性の悪さが指摘された．これは実験結果からも示されるように，指先のわずかな動きがカーソルに大きく反映されるためカーソルで対象物を選択するのが困難であったためと考えられる.

以上の実験結果およびアンケート結果より「指の操作範囲が 25cm」で最も操作性が良く「指の操作範囲が 6.25cm」で最も操作性が悪かったと考えられる.

6. おわりに

本研究ではキャリブレーションを行うことにより手指の動作範囲や操作性が向上すると考え，手指入力のキャリブレーションの検討を行なった．指の操作範囲を 50cm，25cm，6.25cm とし検討を行った結果，50cm および 25cm が最も操作性が高くなることが示唆された.

臨床現場で使用する場合には周りに清潔な物品が置かれているため上肢を大きく動かすことは望ましくない．指の操作範囲において 25cm 未満においても同様の結果が得られるか今後検討を行う必要がある.

また，最適な指の操作範囲が不明なため今後は使用者に合わせたキャリブレーション方法について検討を行う．実利用を考え，臨床現場の手術室で使用することを想定した手指入力装置の使用法も検討する必要がある.

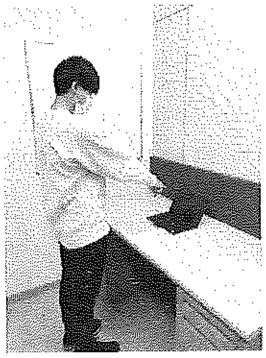


図 1　実験風景

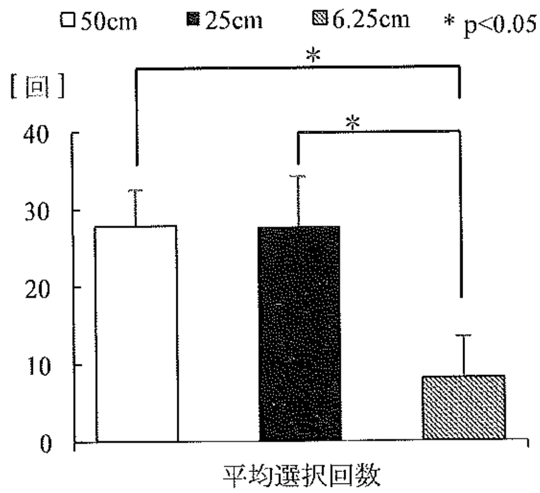


図 2　実験結果

参考文献

1) Leap Motion , https://www.leapmotion.com/ (accessed 2017/11/13)

2) 吉田修梧，伊藤朱音，羽生美里 他：Leap Motion を利用したゲームの試作とユーザーインターフェースの考察，研究報告コンピュータと教育 (CE)，Vol.2015-CE-129，pp.1-8，2015

3) 細野敬太，笹倉万里子,田邊浩亨：Leap Motion を用いたジェスチャ操作による文字入力方法の提案，人工知能学会全国大会論文集，Vol.28，pp.1-4，2014

[連絡先]
佐藤　仁哉
e-mail:m145043@ooya-lab.main.jp

B3-1

馴染み動作のための前腕の開発

○阿部夏七星*,深谷直樹*
*東京都立産業技術高等専門学校

The development of the forearm for the self-adjust motion

Nanase ABE*,Naoki FUKAYA *
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

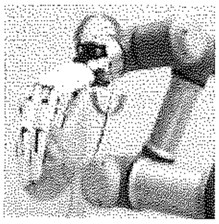
1．はじめに

開発されている筋電義手の中でも腕関節の研究は数少ないのに対し日常生活内で手を用いて行う動作は多自由度関節を有する手首や肩が重要な役割を果たしている．例えば手首を動かさずにスプーンを用いてスープをすくう時を考えると脇を広げて肘を曲げ，肩を上げつつ顔をスプーンに近づけなくてはならない．このため１つ１つの動作を大きく行わなければならず，体に負荷がかかり周囲から注目をされているのではないかという心理的圧迫感を感じてしまうと考えられる．また，この研究は人型ロボットアームへの応用も考えている．以上のことから本研究では多自由度動作が可能な関節を有する前腕の開発を行う．我々はこれまでに掌屈/背屈，尺屈/橈屈運動の２自由度動作が可能な手首を有するロボットアームを開発している[2]ことから，本研究では３自由度目にあたる回内/回外運動について検討した．

2．ロボットアームと人間の骨格

図１(a)に示すようなロボットアームの場合，関節角度や移動距離などの計算や制御を必要とする．また回内/回外運動時には手首の軸が回転し手首全体が回転する．だが人間は１動作を行う際細かく考えて動作しているわけではなく，骨格は図１(b)のように骨が２本(橈骨/尺骨)存在し回内/回外運動は一方の骨が他方の骨に沿って自転しながら交差することによって行うことから，回転軸はロボットに見られるような手首中心を通ってはいない．この違いが，違和感につながる要因の一つである．

以上より日常生活内で人間が装着する場合，動作の自然さを実現するためには人間の骨格を規範とすることが望ましい．よって回内/回外運動についてはこの橈骨/尺骨の関係を参考に構築することとした．



(a)ロボットアーム　　(b)前腕の骨格標本

図１　ロボットアームと人間の骨格

3．設計指針

(１)手首部分について

手首は楕円関節であり回転軸はねじれの位置にある．また，橈尺屈方向の回転軸に関しては掌上に存在する．以上のことを参考に手首の部品を設計し協調リンク機構を邪魔しないようコンパクトに作成した．これにより人間に近い動きが可能となると考えられる．

(２)前腕部分について

橈骨と尺骨が交差するためには特殊な形状を持たなければならない．２つの骨の一方が他方を回転するためには，骨が直線的であると両端が離れる必要がありこのことは実際の関節ではありえない．つまり少なからず湾曲していると考えられる．また上橈尺関節は滑車状であり橈骨は２つ靭帯によって固定される．そのうちの一つである輪状靭帯は回内外運動時には変形し，橈骨頭は僅かに傾く．このことから作成する前腕の近位及び遠位橈尺骨関節はそれを可能とするような形状である必要がある．

構築した結果を図２(a)に示す．(1)は橈骨，(2)は

尺骨の役割を果たしている．回内外運動時に橈骨は僅かに傾くことから接合部には球関節を設け自由度を持たせた．回内外運動を行った際に手首の傾きや骨同士が交差する際の動きを違和感のない形にするためあらかじめ橈骨と尺骨をずらして設計を行ったため肘部は傾いているが，肘の回転軸は水平である．また，通常橈骨と尺骨は交差するためモーターは橈骨，尺骨の間には取り付けられず，図のように外周に設置せざるを得ない．だが構造上の動きが図２(a)と等しければ橈骨尺骨に忠実な形状を取らなくても良いため，図２(b)に示すように，内装することで回内外時にモーターが動作を阻害しない前腕も構築した．

４．動作実験結果

設計した前腕の各自由度を実証するにあたり，まず無負荷状態での動作確認を行った．次にモーターを用いての機構動作の確認を行った．その結果，掌屈/背屈，回内/回外運動の動作確認する際スムーズな動きが見られなかった．観察の結果，掌屈又は背屈運動，回内又は回外運動から元の位置に戻る力が足りていないことが分かった．人間の前腕には靭帯や骨間膜と呼ばれる膜が存在し回内位/回外位の状態から脱力させるとそれらのはたらきにより相対的位置が保たれるようになっている．よって靭帯や骨間膜の役割を果たす部分を設けることとした．(図２(a)，(b))これによりスムーズな動きがみられた．(図３(a)，(b))また，２方向に動作させる実験では回内位の状態で橈屈/尺屈運動を行った際，橈屈/尺屈運動の他に掌屈/背屈方向の動作が見られた．観察の結果，回内時に橈屈/尺屈方向に牽引するためのモーターの位置が変化し牽引力が掌屈/背屈方向に影響していることが分かった．よって掌低部から掌屈/背屈方向に牽引するモーター間にテグスを通し牽引力が掌屈/背屈方向に及ばないようにする予定である．

６．まとめと今後の取り組み

義手や人型ロボットへの利用を前提に，手首の自然な回内/回外動作を実現するために橈骨/尺骨を規範とする前腕を構築した．人間の骨格を規範としたものと簡易的な構造のものの２種類の前腕を作成し無荷重時，モーターを用いての各自由度動作及び問題点を確認した．今後は実際にハンドで作業を行うなど日常生活内で手首を使用する場面を想定した実験を行うことでさらなる改良を進めていく．

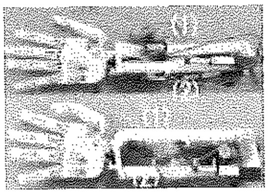
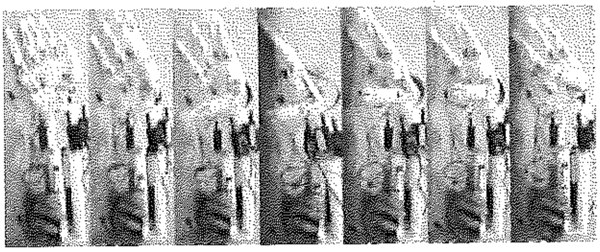
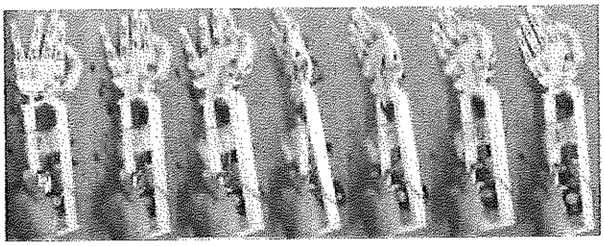


図２　設計した前腕（１型(上)・２型(下)）



(a) 回内/回外運動　１型



(b) 回内/回外運動　２型

図３　動作実験

謝辞

この成果の一部は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（ＮＥＤＯ）の助成事業の結果得られた．

７．参考文献

１）A. I. KAPANDJI：カパンディ 関節の生理学Ｉ上肢 1986 年 1 月 30 日

２）小笠原佑樹，深谷直樹，馴染み機構を用いた人型ハンドの開発，日本機械学会 2016 年度年次大会，S1170502，2016

［連絡先］

阿部　夏七星

e-mail：m13206@g.metro-cit.ac.jp

B3-2

ドップラーレーダーを用いた非接触 COPD（慢性閉塞性肺疾患）スクリーニングシステムの開発

○高本裕紀*, 孫光鎬**, 西根広樹***, 松井岳巳*, 峯下昌道***
*首都大学東京, **電気通信大学, ***聖マリアンナ医科大学病院,

Development of non-contact COPD(chronic obstructive pulmonary disease) screening system using Doppler radar

Hiroki Takamoto* ,Guanghao Sun**,Hiroki Nishine***,Takemi Matsui *,Masamichi Mineshita ***
*Tokyo Metropolitan University, **The University of Electro-Communications,***St Marianna University School of Medicine Hospital

1. はじめに

慢性閉塞性肺疾患(Chronic Obstructive Pulmonary Disease COPD)は汚染された空気やタバコなどに含まれる原因物質の吸引を主因として発症し COPD による死亡者数は世界的に増加傾向にある。COPD による閉塞性換気障害は不可逆的で完全寛解は難しく、早期発見が望まれる。

1.1 従来の COPD の診断方法

COPD の比較的簡便な診断方法として、スパイロメーターを用いた方法が一般的である。努力呼吸時の換気量と呼気流速の関係(Flow-Volume Curve; F-V Curve)は、気管支狭窄の程度に依存するため、スパイロメーターを用いて F-V Curve を求める方法である。COPD の診断においては F-V Curve に加え、努力呼吸時の 1 秒率(最初の 1 秒間に吐き出した空気の割合)を求め、慢性閉塞の進行の程度を評価する。

2. 研究の目的

スパイロメーターを用いた COPD の診断方法は比較的簡便であるが、スパイロメーターは医療機器であるため医療従事者の立会が必須である。本研究では、COPD の早期発見と医療機関の受診を促すことを目的として、家庭やオフィスで誰でも簡単に使用できる簡便な COPD スクリーニングシステムを開発する。すなわち、スパイロメーターを使用せず、ドップラーレーダー（出力 10mW;病院内で使用される PHS の 10 分の 1 程度）を用いて、完全に非接触で COPD のスクリーニングを行うシステムを開発する。

3. 正面と背面にドップラーレーダーを設置した COPD スクリーニングシステム

本研究ではスパイロメーターを使用しないで、完全に非接触でスパイロメーターと同等の F-V 曲線と 1 秒率を求めることができるシステムを開発する。ドップラーレーダー（10mW, 24GH, DC6M4JN3000 SHARP）の位相が 90℃異なる 2 つの出力、すなわち I, Q 出力に逆正接復調処理とアンラッピング処理を行い、正面と背面から胸郭の動きを捉えることにより換気量を推定する。

提案手法の特徴は以下の 3 点に集約される。

① **椅子に座って努力呼吸するだけ**で測定可能でスパイロメーターを必要としない。

② 位相が 90° 異なるドップラーレーダーの 2 つの出力、すなわち I, Q 出力に逆正接復調処理とアンラッピング処理を行うことで、**着衣のまま胸郭の動きの絶対値が測定可能**で、これより換気量が推定できる [1]。

③ 測定対象者の正面と背部にレーダーを設置することで、**呼吸運動と体動を分離**できる。

3.1 ドップラーレーダーの I 出力と Q 出力

ドップラーレーダーは、送信機から計測対象物にマイクロ波を照射しその反射波を受信することで測定物の動きを検出することが出来る。位相が 90° 異なる I および Q チャンネルの出力信号は次のようにモデル化される [2]。

$$I = A_1 \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} vt + \theta_1\right) \tag{1}$$

$$Q = A_2 \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} vt + \frac{\pi}{2} + \theta_1\right) = A_2 \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} vt + \theta_1\right) \tag{2}$$

3.2 正面と背面のレーダーを用いた体動除去

逆正接復調処理とは、レーダーの直交出力信号に対して、逆正接計算を行なうことでレーダー出力が不連続になる問題を解消し、正確な胸郭の動き求めるために必須である [3]。

$$A(t) = \arctan\frac{Q(t)}{I(t)} = \frac{4\pi x(t)}{\lambda} + \frac{4\pi y(t)}{\lambda} + \theta \tag{3}$$

$x(t)$は呼吸運動に依存する成分であり、$y(t)$は非周期的な体動に依存する成分である。対象の動きをそのまま計測するので、体動成分がレーダー出力波形に影響を与えてしまう。そこで図 2 に示したように計測対象者の正面と背部にレーダーを設置し、2 つのレーダーから得られた信号を合成することで体動除去を行う [4-6]。計測と解析プログラムは LabVIEW で作成した

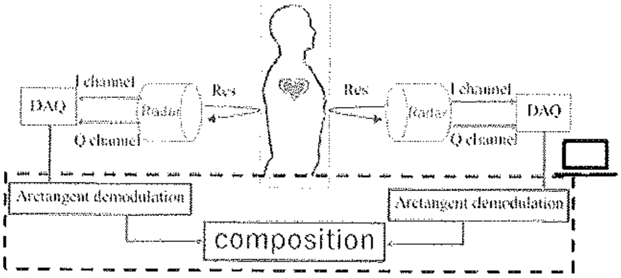


図 1　非接触 COPD スクリーニングシステム

3.3 提案システムの実地検証

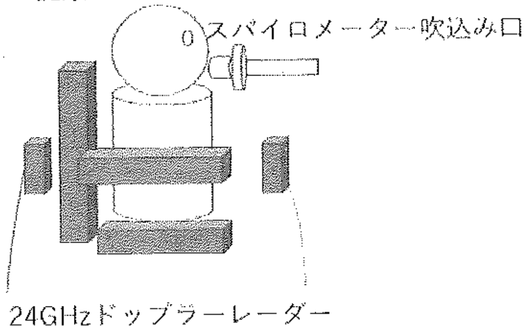


図 2　正面と背部にドップラーレーダーを設置した提案システム

精度検証のために、健常な男子大学生 5 名(男性 5 人、平均 22.6 歳±1 歳)を対象とし、①健常モデル（通常のスパイロメーター吹き込み口）②疑似 COPD モデル（スパイロメーター吹き込み口の反対側にストロー(直径 6mm、長さ 21cm)を装着）のそれぞれに対して 2 回ずつ計測を行った。努力呼吸時の呼吸曲線と 1 秒率を求めた。スパイロメータを用いた診断では 1 秒率が 70%未満を COPD と診断するので[7]、これを満たさない模擬狭窄モデル 3 例を除外した。本研究は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ている。

4. 結果

提案手法で得られた呼吸曲線とスパイロメータで得られた呼吸曲線は類似しており(図3)、両者の 1 秒率には高い相関が認められた(R=0.93)。(図 4)

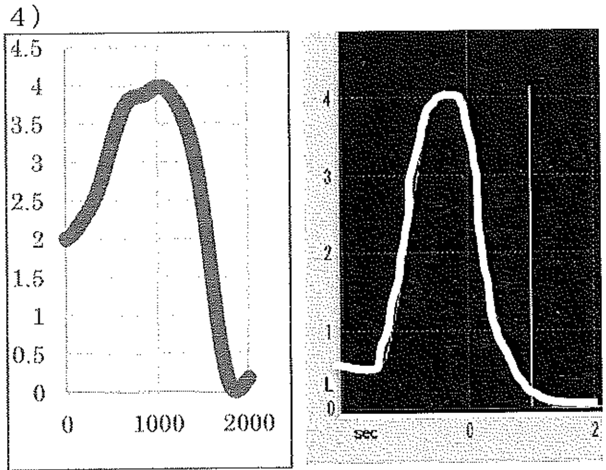


図 3(レーダー(左)とスパイロメーター(右)で得られた努力呼吸曲線の比較、横軸が時間で縦軸が呼気流速)

また提案手法で得られた健常モデルと擬似 COPD モデルの 1 秒率をスパイロメーターと同じ 70%の閾値で判別したところ 100%の感度と特異度が得られた。

5. 結語

我々はこれまでレーダーを用いた感染症スクリーニングシステムを提唱してきた[8]。努力呼吸時には、無意識に体が前に傾いたり、後ろに仰け反ったりしてしまう傾向があるが提案システムは 2 つのレーダーを合成することで体動を除去することが出来たのでレーダーとスパイロメーターの 1 秒率に高い相関が得られたと考えられる。

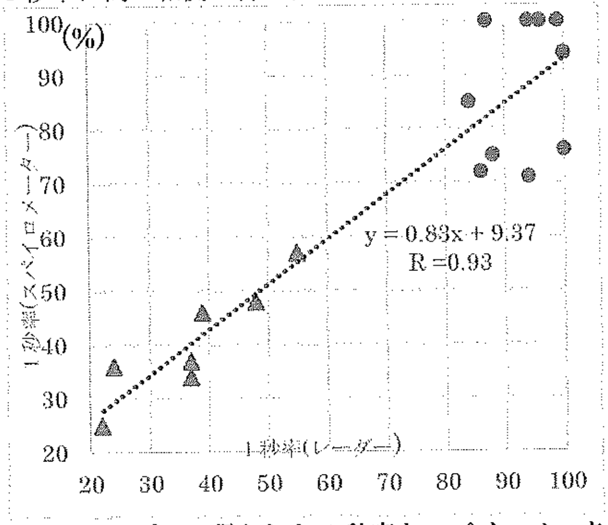


図 4　レーダーで得られた 1 秒率とスパイロメーターで得られた 1 秒率の比較　▲は擬似 COPD モデルの 1 秒率、●は健常モデルの 1 秒率

6. 参考文献

1) Carina Hagman, Christer Janson, Andrei Malinovschi, Hans Hedenstrom and Margareta Emtner;Measuring breathing patterns and respiratory movementswith the respiratory movement measuring instrument, Clin Physiol Funct Imaging,2016, 36, pp414-420

2) 柴田，柳沢：小電力マイクロ波応用技術と装置, 65/136，電気書院（2005）

3) Byung-kwon Park; Arctangent Demodulation With DC Offset Compensation in Quadrature Doppler Radar Receiver Systems,IEEE Trans, Microw, Theory Techn, 55-5 1073/1079 (2007)

4) Changzhi Li, Student Member, IEEE, and Jenshan Lin, Senior Member, IEEE : Random Body Movement Cancellation in Doppler Radar Vital Sign Detection, IEEE Trans. Microw. Theory Tech.,vol.56, no.12, pp.3143-3152,Dec. 2008.

5) Wei Hu, Zhangyan Zhao, Yunfeng Wang, Haiying Zhang and Fujiang Lin : Noncontact Accurate Measurement of Cardiopulmonary Activity Using a Compact Quadrature Doppler Radar Sensor.IEEE Trans, Biomed, Eng., VOL.61,NO,3, MARCH 2014

6) Byung-kwon Park; Quadrature Demodulation with DC Cancellation for a Doppler Radar Motion Detector

7) Ali Al Talag;Clinical physiology of chronic obstru Ctive pulmonary disease.BC MEDICAL JOURNA L, vol,50, NO,2, MARCH 2008

8) 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. 2015;70(3):230-236

B3-3

小型レーダーを用いた呼吸数、副交感神経活性指標 HF、心拍数の非接触計測による高齢者の超早期・肺炎スクリーニング法の検討

○平野雅也*，松尾太郎**，中村凜**，渡辺貞雄***，橋爪絢子*，
孫 光鎬**，廣田宗司****，中村大輔*****，箱崎幸也*****，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部，**電気通信大学大学院情報理工学研究科，
Vital Lab 株式会社，*コニカミノルタ株式会社，*****医療法人社団元気会横浜病院

Early Pneumonia Screening Method for the Elderly Using a Small Rader by Non-Contact Measurement of Respiratory Rate, Parasympathetic Activity Index HF and Heart Rate

Masaya Hirano*, Taro Matsuo**, Rin Nakamura**, Sadao Watanabe***, Ayako Hashizume*,
Guanghao Sun**, Takashi Hirota****, Daisuke Nakamura*****, Yukiya Hakozaki*****, Takemi Matsui*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University, **Graduate school of informatics and Engineering,
The University of Electro-Communications, ***Vital Lab Corporation,
****Konica Minolta,INC. ,*****Genkikai Yokohama

1. 背景

厚生労働省の「平成28年人口動態統計月報年報」によると，日本人の死亡原因の第 3 位は肺炎で，高齢になるに伴ってその死亡率は高まる [1]．実際に肺炎での死亡者の 95%は高齢者で [1]，肺炎にかかると死亡に繋がるリスクが高まるため，高齢者における肺炎の早期発見は特に重要な課題といえる．しかしながら，高齢者の肺炎は，発熱や喀痰といった肺炎の典型的な症状を呈さないことも多く，経皮酸素分圧低下を示しても脳・心疾患などとの鑑別に苦慮し，発見が遅れて重症化してしまうケースが多い [2]．また、寝たきりの高齢者の場合には，鼻腔や歯周の分泌物の誤嚥で肺炎を発症してしまうことも多い [3]．一方、肺炎の発症に伴って，呼吸数と心拍数の上昇が見られることは一般的に知られている [3]．

本研究では，呼吸数と心拍数に注目して，高齢者の肺炎の早期発見を目的としたスクリーニングシステムの開発を目指す．本論では，ベッドで寝たきりの高齢の患者が，肺炎発症後に確定診断を受けるまでの過程について，本システムを用いて得られた呼吸数や心拍数の変化を分析することによって，肺炎の早期発見が可能かを検証する．

2. システムを用いた肺炎スクリーニングの可能性の検証

2.1 本システムの概要

本システムでは，対象者の負担を最小限に抑えた形で肺炎の兆候を発見できるよう，衣服等を透過する非接触のレーダーを用いて，対象者の生体情報を分析できる仕様とした [4]．具体的には，ベッドのマットレスの下から，計測対象者の胸部を照射できる位置(ベッドの頭部分から約 50cm 下，横幅の真ん中)に，24GHz の小型レーダーを 1 台設置し，レーダーで計測対象者の呼吸と心拍による体表面振動を読み取れるようにした．

2.2 検証方法

元気会横浜病院の入院患者 8 名に本システムを使ってもらった．本システムは 2016 年 11 月 16 日に設置し，システムの設置後に実際に肺炎を発症した患者 1 名(79 歳女性)のデータについて，肺炎の確定診断を受ける前 5 日間の呼吸数と心拍数を分析した．また，肺炎の早期発見にあたり，自律神経の状態も調べるために，心拍間隔から心拍変動(HRV)も算出した．

なお，寝返り等の大きな動きや照射位置のずれが生じて，レーダーでの計測が不可能な区間については，分析の対象外とした．

2.3 解析方法

ソフトウェア LabVIEW(National Instruments)で作成した解析プログラムを用いて，レーダーから得られた波形から，呼吸数と心拍数，HRV を算出した．以下の手順で，レーダーの出力信号から，呼吸波形と心拍波形をそれぞれ抽出した．

まず，レーダー生波形にバンドパスフィルタ(0.001～0.8Hz)を施し，呼吸波形を抽出して呼吸数を算出した．呼吸波形のピークから算出したピーク間隔は 1 回の呼吸にかかる時間と等しいため，ピーク間隔を 1 分ごとに平均し，1 分間あたりの呼吸数を算出した．次に，レーダー波形から呼吸波形の差分をとり，呼吸成分を除去することで心拍波形を抽出し，移動平均による平滑化処理を施した．計測被験者の姿勢の変化に伴い，レーダー信号の心拍成分も変化するため，4 つの移動平均幅(刻み幅 m=80, 40, 20, 10)から最適な移動平均を 1 分ごとに自動で選択できるようにした(図 1)．また，心拍間隔の時系列データを，スプライン補間を用いて 4Hz でリサンプリングした後，高速フーリエ変換で周波数解析を行い，HRV を算出した．

呼吸数と心拍数，HRV は，1 分ごとに算出し，60 個分のデータを平均し，1 時間ごとにデータをまとめた．

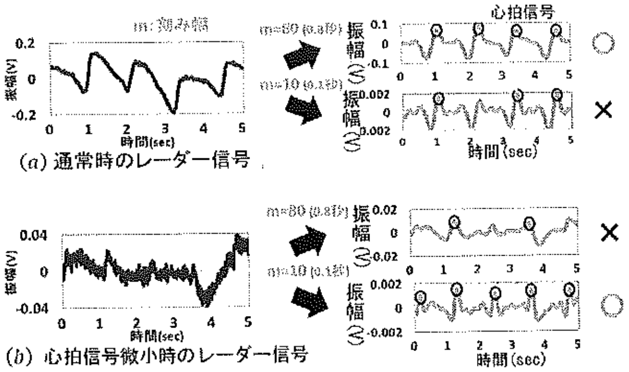


図1　移動平均による心拍信号抽出例

3. 結果と考察

3.1 システムの精度

本システムを用いて算出したデータの精度を検証するために，1日に2〜4回，看護師がパルスオキシメーターを用いて病院で計測した心拍数をリファレンスとして，本システムで算出した心拍数との相関係数を求めたところ，正の強い相関が認められた(r=0.85).

3.2 確定診断前の肺炎のスクリーニング

実際に肺炎を発症した，1名(79歳女性)の解析結果を図2に示す．この患者は，2016年10月24日にアルツハイマー型認知症で入院し(入院当初は肺炎の発症なし)，本システムを設置した2016年11月16日からデータ計測を開始した．その後肺炎を発症し，2016年11月22日に病院で肺炎の確定診断を受けている．図2は，この患者が肺炎の確定診断を受ける前5日間(11月16日から11月21日まで)の呼吸数と心拍数，HRVをまとめたものである．HRVについては，顕著に変化が表れた副交感神経の活性を示すHFのみを示した．

図2を見ると，11月17日の午後から深夜にかけて(図2の点線部分)，副交感神経の活性を示すHFの減少と，それに伴う心拍数の上昇，および呼吸数の上昇が同時に確認できる．この変化は，肺炎発症の初期症状とも一致しており，本システムを用いて呼吸数と心拍数，HRVの変化をモニタリングすることで，病院での肺炎の確定診断よりも前に肺炎の兆候を捉えることができると考えられる．発熱や喀痰といった肺炎の典型的な症状を呈さない場合も多い高齢者の肺炎においても，本システムを用いることで，早期に発見できる可能性が示唆された．

現段階では，本システムで計測したデータを記録した後で解析し，呼吸数と心拍数，HRVを算出したが，今後，リアルタイムでこれらの算出を行えるような仕様とし，肺炎の早期発見に役立てたい．また，本論では，実際に肺炎を発症した1名のみを分析対象にしたが，引き続きデータ収集を行い，他の肺炎発症者においても同様の変化がみられるか，確認することを今後の課題としたい．

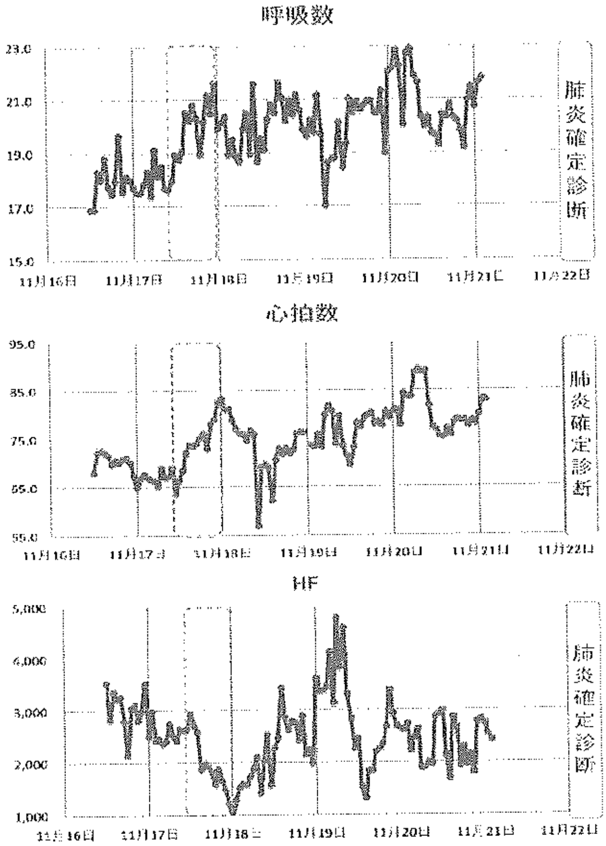


図2　呼吸数，心拍数，HF解析結果

4. まとめ

本研究では，高齢者における肺炎の早期発見を目的として，ベッドのマットレスの下に設置したレーダーを用いて，呼吸数と心拍数，HRVを長時間計測したデータの分析を行った．肺炎の確定診断を受けた患者の，診断前5日間分のデータを分析した結果，診断の4日前には呼吸数や心拍数の上昇と，副交感神経活性指標のHFの減少を検知することができた．発熱や喀痰などの肺炎症状前に，肺炎の早期発見が行える可能性が示された．

5. 参考文献

1) 厚生労働省: 平成28年人口動態統計月報年報, 2017
2) 中村茂樹ら: 当院における超高齢者肺炎 34例の臨床的検討, 日呼吸会誌, 46(9), 687-692, 2008
3) 岡庭豊: 病気が見える: vol.4 呼吸器(第2版), メディックメディア, 2013
4) Matsui T, *et al.* : Development of a practicable non-contact bedside autonomic activation monitoring system using microwave radars and its clinical application in elderly people, Journal of Clinical Monitoring and Computing, Jun;27(3),351-6. 2013

[連絡先]
平野　雅也
e-mail: hirano-masaya1@ed.tmu.ac.jp

B3-4

スマートフォン利用時における周辺環境が疲れ目に与える影響の調査

○山﨑悠貴*，三田隆広**，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先端科学技術研究科情報通信メディア工学専攻

Investigation of surrounding environment's effect on fatigue when using smartphone

Yuki YAMAZAKI*，Takahiro MITA**，Masashi KAWASUMI* and Hironori KOYAMA*
* Department of Information Systems and Multimedia Design,
School of Science and Technology for Future Life，Tokyo Denki University
** Information, Communication and Media Design Engineering,
Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokyo Denki University

1. はじめに

現在，日本のスマートフォン普及率は64. 2%[1]と高く，日常生活の中で使用する機会が急増している．それに伴い，目の疲れや肩のこりなどの症状を訴えることが多くなってきている[2]．厚労省はVDT 作業(Visual Display Terminal)向けのガイドラインを発行しているが，スマートフォンを利用するにあたって，適切な画面照度などの具体的な指標となるものは示されていない.さらに，スマートフォンはPCディスプレイよりも画面が小さいため画面を凝視しやすく，携帯性が高いため周辺環境が目に疲労を及ぼす影響が大きいと考えられる．

そこで本研究では，スマートフォンを利用する上で周辺環境や画面輝度の影響が疲れ目にどのような影響を与えるのかを調査した．

2 事前調査

2.1 調査目的

事前調査ではスマートフォンを使用すると考えられる，日常生活中の画面輝度，周辺照度等の周辺条件を明らかにするため調査を行った．

2.2 調査方法

スマートフォンが長時間連続して使用される環境として室内と電車内を想定し，それぞれの周辺照度の計測を行った．照度計(T-10A，ミノルタ社製)を使用し，室内と電車内(座席，つり革付近)で，日中と日没後それぞれ20ヶ所ずつ，合計40ヶ所の周辺照度の計測を行った．直射日光が当たる箇所については実験環境の再現が困難であると考えたため計測箇所からは除外している．この際，時間帯や天候は可能な限り同じ条件で計測を行い，照度計で計測を行う位置はスマートフォンを使用する視距離40cmの位置とした．

2.3 調査結果

計測した場所ごとの周辺照度は 40 ヶ所のうち500～800 lxの照度が19ヶ所，続いて300～500lx間，800 lx以上が 9 ヶ所，300lx 以下が 3 ヶ所という結果になった．よって，室内と電車内の周辺照度は時間帯に関わらず，501～800lx 間の照度が最も多い結果となった．この結果より実験を行う際の周辺照度の条件を 300lx，500lx，800lx の 3 パターンに設定していくこととした．

3. 実験

3.1 概要

被験者は，若年健常者 4 名とし，事前実験から求められた 3 パターンの周辺照度ごとにそれぞれ複数の画面輝度を設定し，周辺照度や画面輝度の変化によって目の疲労度に違いが生じるかを計測した．

疲労度の計測は当初，フリッカ計測器(DIGITAL FLICKER，TAKEI 社)を用いて行ったが，周波数を申告するのは被験者の主観評価のため，計測の際に点滅を判断することに大きく個人差が出てしまうことがあった．そのため，今回はフリッカ計測器と JINS MEME(JINS MEME ES，JINS 社製)と，JINS MEME に内蔵されている 3 点式眼電位センサの出力から，瞬目回数を計測するアプリケーションを使い，実験中の被験者の瞬目回数と群発の回数も併用して疲労度を調査した．JINS MEME は97.63%の精度で瞬目回数を計測できると報告されている[3]．

3.2 計測方法

今回の実験では周辺照度を事前調査で求められた 300，500，800lx の 3 パターンとする．スマートフォンの画面輝度の明るさの変化によって目の疲労度に影響があるのかを調査するため画面輝度の明るさは 40cd，90cd，150cd の 3 パターンとした．なお 150cd はスマートフォンの画面最大輝度の 60%にほぼ等しい．

実験タスクは，スマートフォンの画面上にランダムに表示された数字の羅列の中から特定の数字をカウントする作業を 10 分間行わせた．短時間でより目に疲労をかけるためスマートフォンで表示される数字は小さく設定した．この際，スマートフォンを操作する位置は視距離 40cm とした．10分

間スマートフォンを用いて作業行ったのち 10 分間の休憩をとることを 1 セットとし画面輝度を変更し 3 パターンの周辺照度にあわせて実験を行った．実験中は JINS MEME を装着してもらい被験者の瞬目，群発回数を計測した．また，実験の前後にフリッカ値計測機器を用いて各 3 回ずつフリッカ値を測定した．

4. 結果

計測したフリッカ値を画面輝度別に図 1，2，3 に示す．画面輝度 90cd，周辺照度 800lx の場合を除いては，差はあるものの作業後のフリッカ値の低下が見られた．画面輝度 40cd の場合が全体的にどの照度においてもフリッカ値が大きく低下した．90cd の場合，どの周辺照度でも作業後のフリッカ値の低下があまり見られない結果となった．

図 4 に画面輝度別の作業中の瞬目回数を示す．画面輝度の低い場合の方が全体的に瞬目回数の少ない結果になった．90cd の時を除いては周辺照度が高いほど瞬目の回数も多くなる傾向にあった．

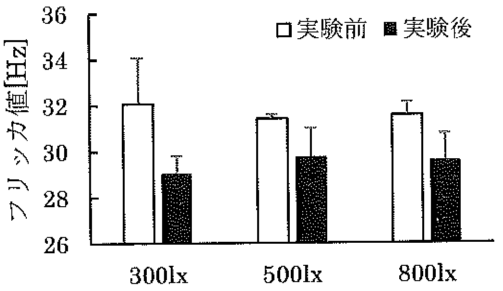


図 1　画面輝度 40cd のフリッカ値

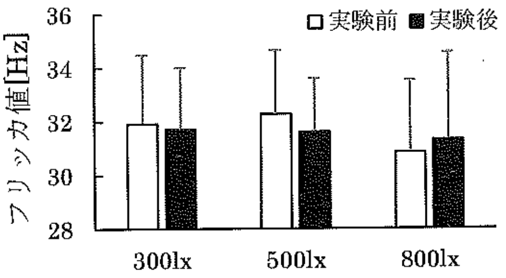


図 2　画面輝度 90cd のフリッカ値

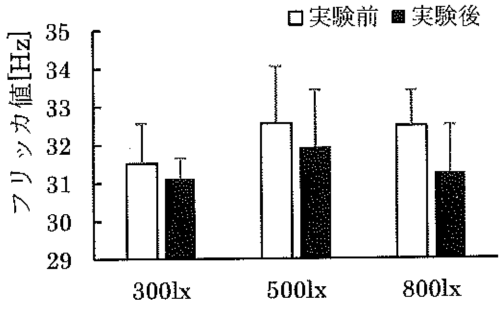


図 3　画面輝度 150cd のフリッカ値

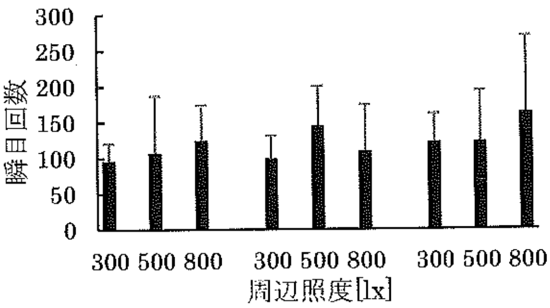


図 4　瞬目回数

5.考察

実験を行った結果，瞬目回数は画面輝度に依存する可能性が高く、画面輝度が明るいほど瞬目回数は多くなるが，瞬目回数が多くなることで，角膜表面における涙液の蒸発が防がれた結果，フリッカ値があまり低下せず，逆に画面輝度が暗くなるほど瞬目の回数は低下しスマートフォンの画面を凝視しやすく，目に疲労が大きく掛かりフリッカ値が大きく低下したと考えられる．

6.おわりに

本研究では，周辺照度とスマートフォンの画面輝度の変化によって，疲れ目に影響があるのかを調査した．その結果，フリッカ値はほとんどの場合，作業後の低下が見られた．しかし，周辺照度，画面輝度による統計的な有意差は認められなかった．瞬目回数については，画面輝度が明るくなるほど瞬目回数が多くなることが示唆された．

今後は被験者の数を増やして実験を行い，画面輝度と周辺照度によって瞬目回数やフリッカ値の数値に有意差が生じることを確かめたい．また実験作業後に目の疲労度や作業する上での画面輝度と周辺照度についてのアンケートを行い，フリッカ値などによる客観的評価とアンケートによる主観的な評価の比較を行っていく予定である．

参考文献

1) 総務省「平成 26 年通信利用動向調査」，available from:http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html
2) 厚生労働省「技術革新と労働に関する実態調査」，available from:http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/48-15.html
3) Nathaniel Barbara, Tracey A. Camilleri, “Interfacing with a speller using EOG glasses”，available from:https://jins-meme.com/ja/academic/casestudies/

[連絡先]
山﨑　悠貴
e-mail：14fi112@ms.dendai.ac.jp

C2-1

歩行補助機用フレキシブルシャフトを対象とした繰返しねじり試験機の開発

○加藤怜*，○伊藤宏臣*，田宮高信*
*東京都立産業技術高等専門学校　医療福祉工学コース

Development of Cyclic Torsion Testing Apparatus For Flexible Shafts Used in Walking Assist Machine

Rei KATO*, Hiroomi ITO*, Takanobu TAMIYA*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, Medical and Welfare Engineering Course

1. 諸言

著者らは歩行補助機の共同開発を進めている(図1)．本歩行補助機はリハビリテーションや高齢者の歩行補助を目的に開発されており，動力伝達にフレキシブルシャフトが用いることによりモータや電源および制御システムをバックパックへ移すことが可能とし，脚部密着型が実現されている．こうすることで，着衣の下に装着することが可能となり，装着者の精神的・物理負担が軽減されている[1]．

フレキシブルシャフトとは動力伝達要素の一つであり，コイル状の鋼線を複数層にわたって交互に巻き付けた構造を持ち，動力軸の向きを自由に変えることができる(図2)．

歩行補助機制御ではフレキシブルシャフトのねじり剛性からを線形と仮定して入力トルクを算出し，モータの制御をおこなっている．しかし，フレキシブルシャフトはその構造上、ねじれ特性が非線形となる．また，フレキシブルシャフトに繰り返しねじりを加えたときのねじれ特性への影響は明らかにされていない．

そこで本研究では，フレキシブルシャフトの機械的特性に及ぼす両方向の繰返しねじりの影響を定量的に評価するため，繰返しねじり試験機を新たに開発した．試験機の概略および本試験機によって得られた実験結果を報告する．

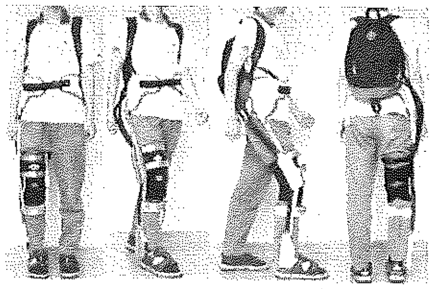


図1　歩行補助機[1]

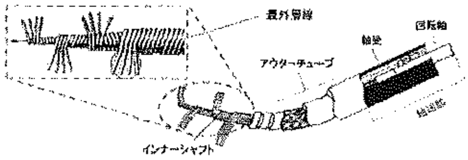


図2　フレキシブルシャフトの構造

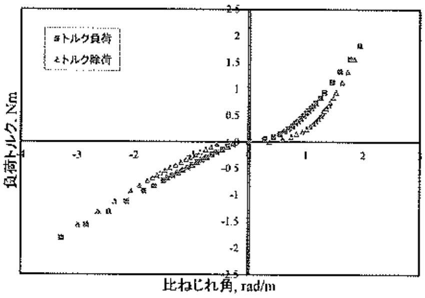


図3　フレキシブルシャフトのねじれ特性[2]

2. 先行研究

図3は著者らが実施した先行研究一例を示す[2]．先行研究ではフレキシブルシャフトが強い非線形のねじれ特性を示すことが明らかにされている．図中，負荷トルクおよび比ねじれ角の正の値は最外層線の巻方向を表している．フレキシブルシャフトは，ねじれ角が小さな範囲では側線間の接触が密ではなくトルクが十分に伝わらずにねじり剛性は小さくなる．ねじれ角が大きくなると側線間の接触が密となり変形が拘束されてねじり剛性が大きくなる．田宮らは，使用履歴のあるシャフトのねじれ特性を測定し，使用履歴を有するシャフトでは第一種剛性範囲が延長されるなど，ねじれ特性が変化する結果を得た[2]．しかしながら，使用履歴によるねじれ特性の変化を定量的に評価するには至っていない．そこで繰返しねじりによるねじれ特性の変化を定量的に評価するため，繰返し試験機の開発を行った．

3. 繰返しねじり試験機の新規開発

開発している繰返しねじり試験機の概要を図4に示す．図ではフレキシブルシャフトの一端にトルク計，他端にモータを取り付けて，繰返しのねじりモーメントを負荷しながら入力トルクとねじれ角との関係を測定する．入力トルクは歪みゲージ式のトルク計からアンプを介してマイコンボードに入力している．ねじれ角はロータリエンコーダの信号をマイコンボードに読み込み処理している．マイコンボードにはこれまでDSPマイコンを用いていたが，制御プログラミングやPCとの通信操作の簡便化によって実験の効率化を図るため，本件開発では新田にSTM32 Nucleo Board STM32F401を使用している．本マイコンボードではプログラム環境としてmbedが提供されている．

モータの制御はPWMを用いたアナログ制御とし，実験条件によって予め与えられた目標トルク

と測定される入力トルクを比較し，目標トルクに達するとモータを逆回転させ，逆方向の回転に対しても目標トルクに達するまでトルクを増加させる. これを設定した繰返し数までおこなうこととなる.

3.1 測定周期の高速化

これまで使用していたプログラムでは入力トルクとねじれ角の測定頻度が 1 秒間に 40 回程度であり測定周期が遅かったため，測定時にはモータの速度を落とすことが必要であった．測定周期が遅かった原因の一つは，試験中に測定した値をその都度 PC に送信していたことである．よって，本開発では配列変数を用いて測定データを格納し，試験後にまとめて PC に送信するよう改良を施した．その結果，計測頻度は 1 秒間に 800 回（測定周波数 0.8kHz）以上に向上させることができた.

3.2 制御プログラムの改良

次に制御プログラムの改良と合理化をおこなった. これまでの制御では PWM のデューティ比は一定の値で実施していた．その結果，実験におけるモータ制御の微調整が困難であった。本研究では制御の高度化を進めることとし，モータの制御モードをねじる方向について「正方向」と「負方向」，トルク入力について「負荷」と「除荷」を考え，これらの組み合わせとして 4 つのモードを用いて制御することとした.

トルクを負荷するモードではシャフトの弾性力によって抵抗を生じるためデューティ比を高めに調整する必要がある．一方，トルクを除荷するモードでは弾性力によって自然に零点に戻ろうとするため，デューティ比を低めに調整することによって過度にシャフトの回転が高速化することを防ぐことができる．改良後の制御フローチャートを図 5 に示す.

4. 実験と結果

新たに開発した試験機を用いて実験をおこなった.実験対象は，歩行補助機で用いた唱和発条製作所のフレキシブルシャフト CS-06F である．実験条件は先行研究における予備実験を基に曲げ半径 0.2m，入力トルク ±3.0Nm とした.

実験の結果を図 6 に示す．繰返しねじりによってフレキシブルシャフトのねじれ特製が変化していることが分かる．5×10^3 回までに傾きの立ち上がりが次第に右にシフトし，よりねじらなければトルクが増大してこないことが分かる．また，$5\times10^3\sim1.4\times10^4$ 回の繰返し範囲では特製の変化が小さくなった．このような結果を示した原因として，フレキシブルシャフトの側線間の接触が初期には点接触となり，大きな接触応力によって側線に変形が生じてわずかに間隙を生じたためと考えられる．また，変形が進んで面接触になると接触応力が低下するため，その後の変形は抑制されたと考えられる．さらに実験を継続すると，1.4×10^4 回

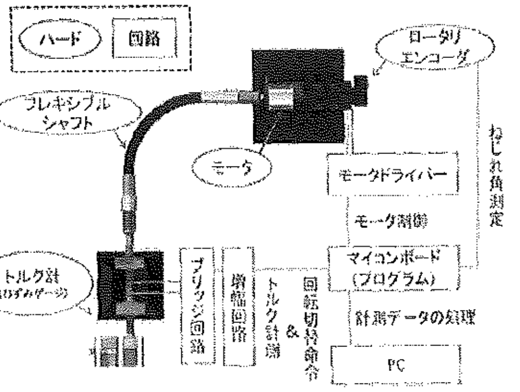


図 4 繰返しねじり試験機の概要

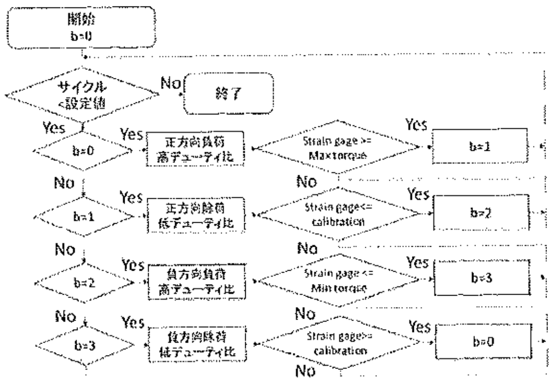


図 5 改良後の制御フローチャート

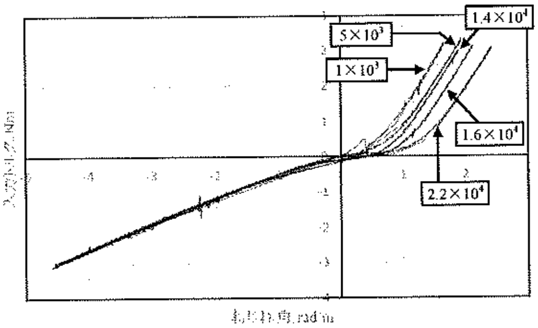


図 6 実験結果（曲げ半径 0.2m，入力±3Nm）

以上で傾きの立ち上がりが右にシフトする現象が再び現れ，2.4×10^4 回で破断を生じた．シャフトの内部構造にも乱れを生じており，今後より詳細に明らかにするため実験を継続する.

5. 結言

(1) 試験機の新規開発により，計測制御の高度化によって実験の効率化が実現された.

(2) 繰返しねじり試験を実施し，シャフトのねじれ特製の変化を測定することができた.

6. 参考文献

1) 池原ら,機論, C 編,77,775,p131-144(2011)
2)田宮ら,数理科学会論文集,14,1,p17-22(2013)

[連絡先]
田宮　高信　e-mail : t-tamiya@metro-cit.ac.jp

C2-2

ビニール袋の取り出しやすさ向上に関する研究
―引き出し力の理論的な予測―

○松本俊樹，上西園武良
新潟国際情報大学

Study on improvement the usability of plastic bags distributor
－Theoretical prediction of drawing force－

Toshiki MATSUMOTO, Takeyoshi KAMINISHIZONO
Niigata University of International and Information Studies

1. はじめに

サッカー台用ロール器具とは、スーパーなどにあるロール状のビニール袋を供給する器具である．この器具でビニール袋を取り出す際に取り出しにくい場合がある．

ビニール袋の取り出しやすさの評価は，「つまむ」，「引き出す」，「切り取る」という 3 つの動作の評価によって構成される．市場には種々のロールが流通しているので，重量が重いものが存在する．この場合，より強い力でビニール袋を引く必要があり改善の余地が残されている．そこで小出[1)]は「引き出す」という動作に着目し，図 1 に示すビニール接触部の低摩擦化，レール角度の減少により引き出し力を減らすことができることを示した．

本研究では，実用化を視野に入れ，ビニール接触部の低摩擦化よりもコスト上昇の少ないレール角度に着目し，引き出し力の予測ができるようにすることを目的とした．

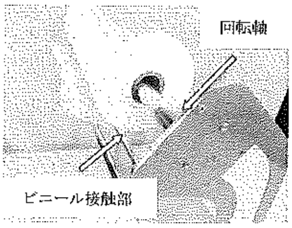


図 1　ビニール接触部

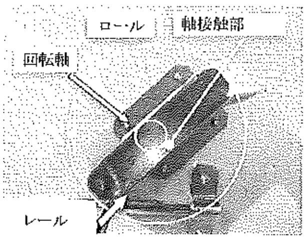


図 2　軸接触部

2. 引き出し力予測のための理論式

引き出し力予測のために理論式を検討する．

引き出し力の発生要因は主に「ビニールロールと器具の間の摩擦力」と「ユーザーの引き出し動作による回転加速力」の 2 つの力である．摩擦力は器具の構造と素材によって決定され，ユーザーの引き出し動作には依存しない．一方，回転加速力はユーザーの引き出し動作によって変化する．このため，本研究では，「ユーザーの引き出し動作による回転加速力」は考慮しない．

力のかかっている部分は図 1，図 2 に示すビニール接触部，軸接触部である．ビニール接触部に関しては，ビニールが巻きついているため，通常の摩擦に加えオイラーのベルト理論に基づく摩擦力を考慮する必要がある．よって理論式は以下のようになる．

$$T = \left(\frac{b}{a}\mu_1 \cos\theta + \mu_2 \sin\theta\right) W e^{\mu_2\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)}$$

ただし，

T：引き出し力(gf)
a：ビニールロール全体の半径(m)
b：ビニールロールの芯の半径(m)
θ：レール角度(°)
W：ビニールロールの重量（gf)
μ_1：軸接触部の摩擦係数
μ_2：ビニール接触部の摩擦係数

である．

摩擦係数 μ_1，μ_2 は実験的に求める必要がある．

3. 摩擦係数決定のための実験

上記の 2. で示したように，引き出し力を予測するための理論式を使うには，摩擦係数の数値が必要であるので，実験により決定する．

3.1 摩擦係数 μ_1 決定のための理論式（実験 1）

軸接触部の摩擦係数 μ_1 を決定する．レールと軸の接触部であるので、図 3 のように表すことができる．ここから，μ_1 決定のための理論式は以下のようである．

$$\mu_1 = \frac{F_1}{W_1}$$

ただし，

F_1：引き出し力（gf)
W_1：金属軸への荷重（gf)

である．

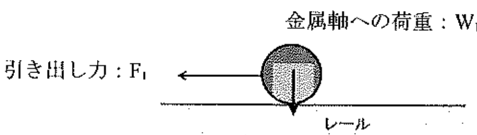


図 3　μ_1 の決定

3.2 使用器具

本実験には図 1 のサッカー台用ロール器具を使用した．図 4 に示すように，軸をレール上で滑らせて摩擦係数を測定した．この際，軸接触部に荷重をかけるため，重りとして水の入ったペットボ

トルを使用し，実際の引き出し力に近くなるように水の量を調整した．引き出し力の計測に当たっては，図 5 のように，フォースゲージを引き出し力の測定に使用し，水平に引けるように配置した．

図 4　軸接触部

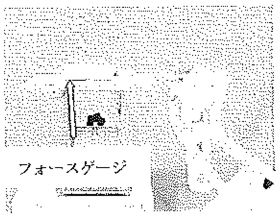


図 5　引き出し力計測

3.3 摩擦係数 μ_2 決定のための理論式（実験 2）

ビニール接触部の摩擦係数 μ_2 を決定する．この場所は，ビニールとビニール接触部が摩擦する部位であるので、図 6 のように表すことができる．この図から，オイラーのベルト理論に基づき，μ_2 の理論式は以下のようになる

$$\mu_2 = \frac{2}{\pi}\log_e\frac{F_2}{W_2}$$

ただし，

F_2：引き出し力(gf)

W_2：荷重(gf)

である．

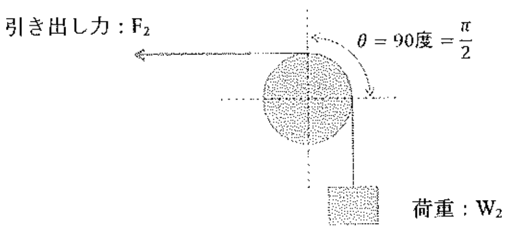


図 6　μ_2 の決定

3.4 使用器具

サッカー台用ロール器具は、μ_1 測定時と同じもの（図 1）を使用した．図 7 に計測時のビニール接触部を示す．ビニール接触部に荷重をかけるため，重りとして水の入ったペットボトルを使用し，実使用時の引き出し力に近くなるように水の量を調整した．引き出し力の計測に当たっては，図 8 のように，フォースゲージを引き出し力の測定に使用し，水平に引けるように配置した．

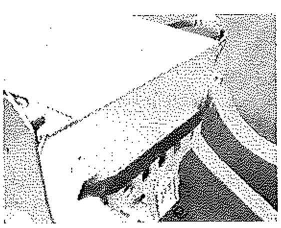


図 7　ビニール接触部

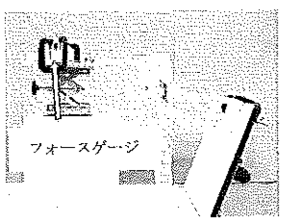


図 8　引き出し力計測

3.5 理論値と測定値の比較

実験により，μ_1=0.16，μ_2=0.28 の値が得られた．これらの値を使い，理論式のグラフを図 9 に示す．また，実際の測定値もプロットした．

図 9 より，全体の傾向としては理論値と測定値は良い一致を示している．ただし，レール角度 60 度（引き出し力 1000g）以上では測定値は理論値を上回っている．しかし，実使用時のロール器具での引き出し力は 900g 以下であるので，実使用時の引き出し力に対する理論的な予測は十分であると考えられる。

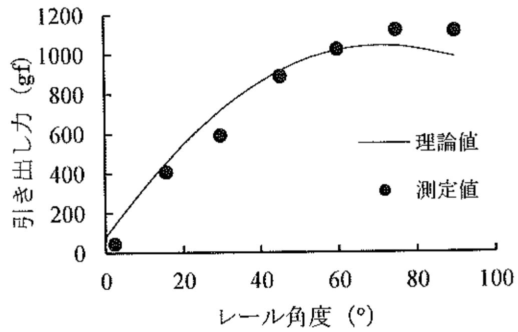


図 9　角度ごとの測定値と計算値の比較

4. まとめ

先行研究では，ロール器具において，レールの角度を低減させることが引き出し力の低減につながることが実験的にわかっていたが，理論的に明らかにされていなかった．そこで本研究では，不明であった摩擦係数を実験的に決定し，理論式を導いた．理論式から導けた値と測定値を比較したところ，良い一致が見られたので，引き出し力の予測が可能となった．

5. 参考文献

1) 小出瑞季・上西園武良：ビニール袋の取り出し易さ向上に関する研究，2016 年度日本人間工学会関東支部第 22 回卒業研究発表会講演集，p184-p185， 2016.

[連絡先]
上西園　武良，e-mail：tkami@nuis.ac.jp

C2-3

サービスアイディア抽出のためのリビング・ラボ運営方法に関する研究

○松藤 充比古*
*早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

A Study for extracting service idea on "Living-labor"

Atsuhiko MATSUFUJI*
*Waseda University

1. 研究背景・目的

企業はユーザーのニーズを基にしてサービスデザインを行なっている．しかし近年，顕在ニーズだけでは他社と差別化できるサービスの開発が困難になっている．

ここで，ユーザーに利用され続けるサービスを提供するため，顧客の中で明確に意識できていない潜在ニーズを抽出するリビング・ラボ手法が注目されている．しかし，その運営のための方法論は確立されていない．

そこで本研究では，サービスアイディアを効率的に抽出するためのリビング・ラボ運営の方法論を抽出し，ガイドライン化して提案することを目的とする．

2. リビング・ラボの概要

リビング・ラボとは，アイディア創出の部分を含めた製品開発プロセス全体に生活の専門家としてユーザーを参加させる新しいアプローチ[1]である．様々な専門性を持つステークホルダーが参加し，サービスを共創する開発設計のプラットフォームである．

3. 研究手順

本研究は，以下の手順で行う．

①実際のリビング・ラボに訪問し，参与観察により，運営方法の仮説を構築する．

②実験を行い，仮説の検証，運営要件を抽出する．

③リビング・ラボ運営方法を提案する．

4. 実際のリビング・ラボより運営方法の仮説構築

(1) 目的・方法

実際のリビング・ラボを訪問し，その観察や内容の分析を行うことで，効率的な運営方法の仮説を構築する．今回は，NTT テクノクロス(株)が運営する「ともに育むサービスラボ」の参与観察をさせていただき，観察や毎回のアウトプット，音声データを分析した．

(2) 結果

分析により，運営方法の要件として以下が得られた．

①リビング・ラボにおける議論活性化の要件

リビング・ラボでは，ユーザーが主体的にサービスデザインに参加してもらうことが重要であり，そのためにユーザーを含めた全体の議論を活性化させることが非常に重要になる．分析の結果，議論活性化のための要件は，以下の図 1 のように構造化できた．

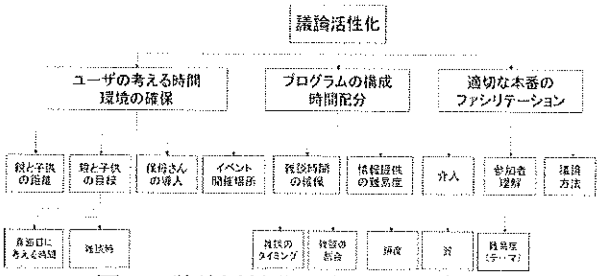


図 1．議論活性化のための要件構造

②質の高いサービスアイディア創出の方法論

サービスデザインプロセス（図 2）ごとに，効果的にサービスアイディアを創出する，リビング・ラボのプロセスをモデル化した（図 3）．この図をもとに 6 つの仮説を得た．

図 2. サービスデザインのプロセス

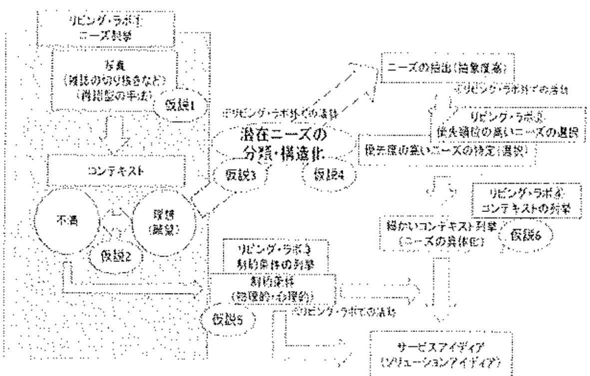


図 3. リビング・ラボのアイディア創出モデル

仮説 1：写真を用いることで，数多く幅の広いニーズを列挙することが出来る

ニーズ発想の際，「ニーズを発想してください」と指示してもニーズを発想するのは難しい．そこで，写真を用いた再認型の方法を用いることによって，潜在ニーズが発想され，幅広くニーズが発想できる．

仮説 2：議論の中で，理想→不満→理想の流れを踏むことで，よりサービスアイディアに繋がりやすい現実的な潜在ニーズが列挙されるようになる

ニーズ列挙の際，最初のニーズは，比較的現実的でない飛躍したニーズが列挙されることが多い．これを最初の“理想”とし，その理想がなぜ達成できないのか，現状の“不満”を引き出し，その“不満”を解決するためには，どういう状態が“理想”なのかを議論することで，よりサービスに繋がりやすい現実的な潜在ニーズが列挙されるようになる．

例：子どもと旅行を楽しみたい（理想）→計画をする時間がない（不満）→旅行プランを提案してほしい(理想)

仮説 3：ニーズ分類では，テキストマイニングを用いることで,効率的に分類を行うことができる

列挙されたニーズは様々なジャンルのものがある．後にニーズを構造化することを考えると，ニーズをジャンルごとに分類を行う必要がある．その際に，テキストマイニングを用いてニーズの傾向を見ることで，効率的にニーズ分類のカテゴリを決定できる．

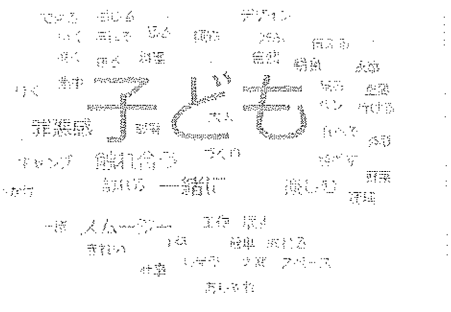


図 4．テキストマイニングによるワードクラウド

仮説 4：ニーズの優先順位付け・コンテキスト列挙,制約条件列挙のプロセスで議論活性化を促すために，ISM 法でのニーズの構造化を行うことで，議論活性化に向いた具体的すぎない抽象度のニーズを抽出することができる

ニーズの優先順位付けやコンテキスト列挙,制約条件列挙のプロセスで議論を活性化させるために，適切にニーズを選ぶ必要がある．その際に，抽象的すぎるとシーンの特定が必要になり，具体的すぎると，議論は活性化しない．そのため，ISM法を用いて構造化することによって，抽象的すぎず，具体的すぎないニーズ層（図4）を特定する．

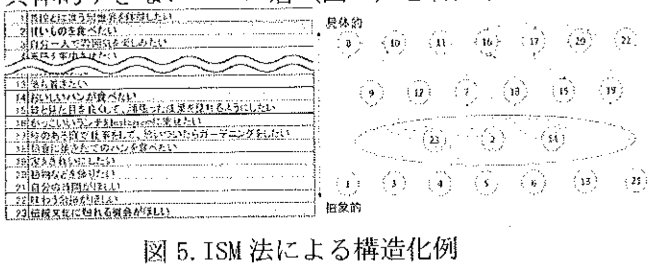


図 5．ISM 法による構造化例

仮説 5：制約条件列挙の際には，時間軸のフレームを用いることで，「利用しない条件」を潰すための列挙を行いやすくなる

制約条件列挙の目的は，「サービスを利用しない条件」を潰すことである．そのためにも，選択されたニーズを中心にして，そのニーズを叶えたサービスが利用されるためには，何が障害になっているのか（過去の制約条件），ニーズを叶えたサービスを使えるとしたら何をしたいか（未来の制約条件）を列挙することで，過去未来ともに利用されない状況を明確化し，その状況を潰すことが出来る．

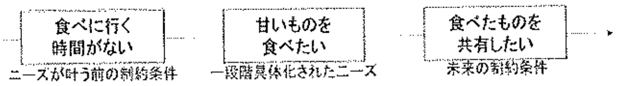


図 6．時間軸による制約条件列挙の例

仮説 6：細かいコンテキスト列挙では，5W1H のフレームを用いることで，その後にサービスアイディア化しやすいようになる

このコンテキスト列挙は，ニーズの具体化のプロセスであり，最終的なサービスアイディアに繋げるための重要な種となる．選択されたニーズに対して 5W1H を,願望度をつけながら並べていくフレームを用いることで，サービスアイディア化しやすくなる．

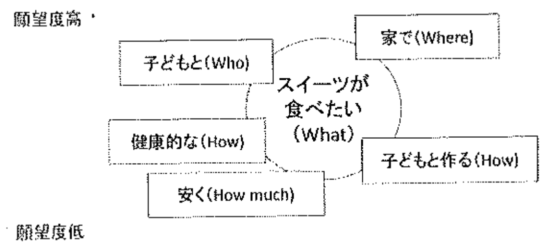


図 7．5W1H を用いてのコンテキスト列挙例

5．まとめと今後の予定

以上の仮説を検証することにより，サービスアイディア抽出という目的を効率的に達成するためのリビング・ラボ運営要件を整理することができると考えられる．

今後は，リビング・ラボを実際に運営する実験を行い，これまで構築した仮説を検証し，ガイドラインを作成する予定である．

6．文献

1)西尾 好司 研究レポート Living Lab(リビングラボ)－ユーザー・市民との共創に向けて―，2012.

[連絡先]
松藤 充比古
e-mail：reires5555@moegi.waseda.jp

C2-4

膝伸展２足歩行ロボットの開発

～歩行動作安定性の向上～

○小池郁哉*，深谷直樹*
*東京都立産業技術高等専門学校

Development of Knee Stretch Walking Robot
～Improvement walking motion～

Fumiya KOIKE*, Naoki FUKAYA*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

ヒューマノイドロボットは人間の生活に適応し，人の代わりに様々な作業を行える可能性を秘めていることから数多くの研究がされている．それらの多くはZMPによる歩行制御を行っている．ZMP理論は整地では安定した歩行が可能であるが，膝伸展時に特異点が生じてしまうため人間の歩行方法とは異なる膝屈曲歩行で歩行をしている．また，整地でなくなるとZMPを計算ことが難しくなり，高度な制御が必要となる．一方人間は膝を伸展させながら歩行をする膝伸展歩行を行っており，不整地であっても特有の足構造により地面の状況に対して受動的に対応することができている．

そこで我々は人間が歩行に活用する足の要素に着目し，人間の骨格や筋構造に近い構造を，機構を有する膝伸展歩行ロボットの開発を行ってきた[1]．昨年度までで3歩目までの歩行が可能となっている．本研究ではより安定して歩行の実現を目指す．

2．膝伸展歩行ロボット

これまでの研究を元に特徴的な足構造，協調リンク機構による受動的な足裏，リンク機構を用いた疑似筋骨格の要素を取り込んだ膝伸展歩行ロボット「Strollman」を開発した．このロボットの概観を図1に示す．

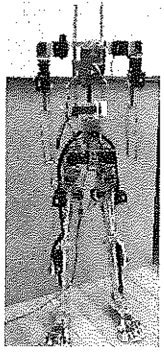


図１　Strollman 概観

表１　Strollmanの諸元

身長	1170mm
全幅	310mm
質量	3.3kg
アクチュエータ	Futaba RS405CB
電源	7.2～12V
コントローラ	mbed LPC1768
足部被駆動自由度	44
駆動自由度	19
腕部	4
腰部	3
脚部	6

足構造については踵骨や中足骨による土踏まずといった特徴的な人間の骨格構造を再現した．足指は協調リンクと呼称される不静定リンクにより結合される．これは本研究室の電動義手として開発を行ってきた技術であり，1入力で足指および足甲を路上の起伏になじませることできる．また脚部はリンク機構を用いて擬似的に筋骨格に沿った動作を与えるように配慮した,各モータを動かしリンクプレートを介して動作することで脱力状態を再現することも可能である[2]．これまでは機械的要素検討のために歩行制御はシーケンス制御によるものであり，接地タイミングとモーションの間に僅かなズレが生じていた．そこで昨年度は踵部に圧力センサを設け，踵接地確認後に次のモーションに移行するように一部フィードバック制御が実装された．このことにより3歩目までの歩行が可能となった．歩行の様子の連続写真を図2に示す．3歩以上の歩行ができない理由として自身の姿勢を考慮できていないということと，歩行モーションは計算によるものではなく，人間の手によって定性的に作成されているのが原因であると考

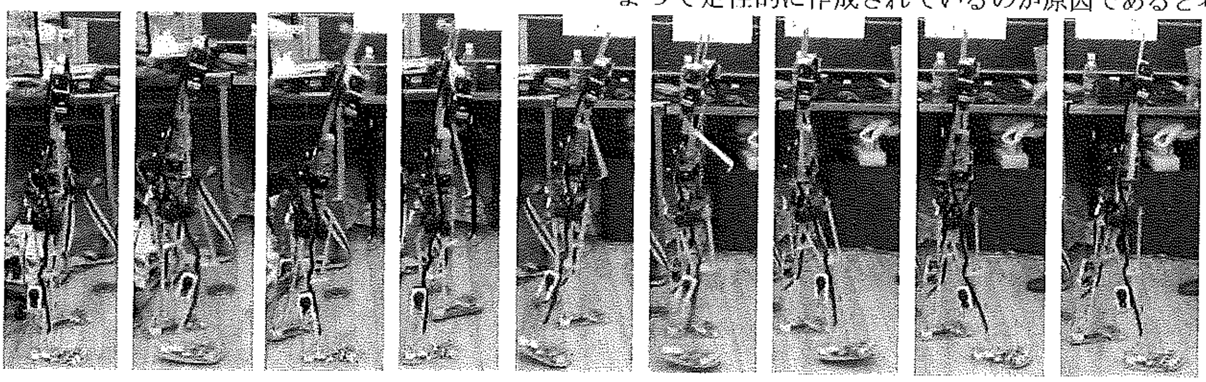


図２　歩行の様子（連続写真）

えられる.姿勢を考慮できないので転倒しそうであっても次のモーションに移行してしまっている.また,歩行モーションはランチョ・ロス・アミーゴ方式に基づき作成されているがモーション間の移行時間やサーボモータ間の位相は実験的に決められているため厳密なものではない.

そこで本研究ではStrollmanにジャイロセンサを搭載し,制御は強化学習を用いることとした.

3. コントローラの改良とジャイロセンサの搭載

ジャイロセンサの搭載に際し,PC 側のコントローラに改良を施した.昨年度までプログラミング言語は C++/CLI を使用していたが今年度からは C#言語を使用することとした [3]. C#言語では interface が利用できるため冗長な表現を避けることができる.Visual Studio のコードメトリックス機能によりコード保守性の測定をしたところ 70 となった.昨年度は 57 であったことから保守性が向上したと評価できる.

ジャイロセンサには STMicro 社製の L3GD20 を使用した.mbed との通信方式は I2C 方式, サンプリング周期は約 40kHz とした.

4. 強化学習の実装に向けて

強化学習は機械学習の手法の一つである.環境の中を動くエージェントが,今の状態からある方針に基づいて行動を決定するとその行動に対して環境から報酬が得られる.エージェントは試行錯誤を繰り返し価値が最大になるような行動を学習していくというものである [4].

これをStrollmanに当てはめると環境は各関節角,圧力センサの値,ジャイロセンサの値に相当し,行動は次の関節角に相当する.報酬は長い距離進むことができた,転倒せずに歩くことができているという行動に対して与えられる.

行動は,状態Sとその時に選択可能な行動aの組に対して決定される行動価値のテーブル関数（Q関数）にもとづいて決定される.このテーブル関数は入力が低次元のものであれば作成可能であるが,入力が高次元,連続値であるとメモリに収まらなくなる.そこでQ関数をあるパラメータθを使いニューラルネットワークで近似することで連続値も扱うことが可能となる.この θ を更新することで目標のQ関数に近づけていく.式(1)はシータの更新式である [5].ここで ∇_θ は θ の勾配である.

$$\theta \leftarrow \theta + \alpha\left(r + \gamma\, max_{a'}\, Q_\theta(s',a') - Q_\theta(s,a)\right)\nabla_\theta Q_\theta(s,a) \quad (1)$$

ニューラルネットワークは入力を圧力センサの値（6入力）,ジャイロセンサの値（3入力）,関節角の値（19入力）の計28入力とし,出力は1つの関節を上げる,下げる,そのままのどれを選択するかの3出力とする.これを19関節分作成する.その概略図を図4に示す.

5. まとめと今後の展望

ジャイロセンサの搭載に際しPC側のプログラムの改良を試みたところ保守性優れた記述をすることができ,結果的にデバッグなどの作業効率の向上が図れた.

強化学習はまだ実装段階であり実験はできていない.実際に歩行動作を学習させ,評価することが今後の課題である.

参考文献

1)深谷直樹, 下駄ロボットによる膝伸展歩行, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集,3P3-01, 2009

2)深谷直樹, 武居直行, 下駄ロボットの特徴を有する足構造の開発, 第30回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集,4K1-3, 2013

3)伊藤達也, Visual C#2015 アプリケーション開発入門,日経BP社,2016年

4)斎藤康毅, ゼロから作るDeep Learning, オライリージャパン,2016年

5)ゼロからDeepまで学ぶ強化学習,http://qiita.com/icoxfog417

[連絡先]
小池　郁哉
e-mail：m13250@g.metro-cit.ac.jp

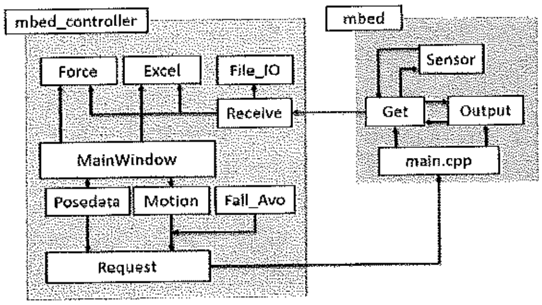


図 3　システムの概略図

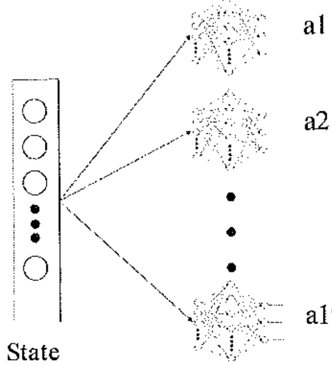


図 4 ニューラルネットの概略図

ペンタブレットを用いたペン習字学習支援システム

○並木亜樹奈*，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先端科学技術研究科情報通信メディア工学専攻

Penmanship Learning Support System using a pen tablet

Akina NAMIKI*, 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, Communication and Media Design Engineering,
Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokyo Denki University

1. はじめに

ヒトは日常生活を営むためのコミュニケーション手段の一つとして，字を書くという行為を行う．これを書字動作という．スマートフォンの普及率が平成 22 年の 9.7%から平成 26 年では 64.2%[1]と急速に普及が進んでいる．そのため書字を行う場面は少なくなったが，重要な書類を作成する時や咄嗟にメモを取る時など，未だ様々な日常場面において，書字動作は必要不可欠である．

本研究で対象とするペン習字学習に関しては，通信教室やペン習字教室がある．通信教育では手本の理解力の違いや，添削，郵送などの時間がかかり，ペン習字教室に通うにも，自由な時間に学習できないという問題がある．

先行研究 [2]では，ペン入力技術を利用した情報機器により筆跡のデータを取得し，そのデータを用いて書字能力向上の評価を行うシステム開発がされている．そのメリットとして，字形の定量評価により算出した書字学習結果のフィードバックによる技術向上およびモチベーションの向上が挙げられる．また，運筆リズムを可視化することにより短時間での上達を支援するペン習字アプリの開発では，有効性が認められている [3]．運動リズムの可視化以外にも，文字を綺麗に書くコツとして，字に抑揚をつけることも挙げられる [4]．

そこで本研究では，字に抑揚をつけることに重点をおき，ペン入力技術を用い，得られた筆圧データを可視化する．そして，文字を書く際の止めや払いのポイントを意識づけ，短期間で文字を綺麗に書けるように支援するペン習字学習支援システムについて検討する．

2. 使用機器・フォント

本研究では，液晶ペンタブレット(DTZ-1200W/G0，Wacom 社製)を用い，ソフトウェアは PhotoshopCS6 を使用した．お手本の文字は HGP 教科書体を使用する．HGP 教科書体は主に小学校の教科書で使われる楷書の活字体である．筆やペンで書いた手書き文字に最も近い形をしている．

3. 事前実験

3.1 実験目的

ヒトの筆圧には，個人差がある．したがって，被験者の筆圧の絶対値に適した，筆圧が可視化されたお手本を作成する必要がある．そのため，被験者間の平均筆圧のデータの集計を目的とした．

3.2 実験方法

被験者は，健常な 20 代 5 名とし，3 回の書字練習を行った．書字させた文字は「公平」である．画面左側に，手本を示し，右側に被験者が書字動作を行うスペースを設けた．被験者の利き手が左だった場合は，配置を逆にした環境を用意する．ここでは，筆圧に合わせて色が変化するブラシを作成した．筆圧 100 を黒 RBG 値(0,0,0)に，筆圧 0 を白色に近い灰色 RGB 値(230,230,230)に設定した(図 1)．各被験者の最大筆圧を 100 とする．これにより，書字を終えた画像の RGB 値から筆圧の数値を測定することができる．また，題の「公平」という文字は，「公」においては払いや止め，「平」において，横画，縦画の安定した筆圧が測定できると仮定し，選定した．

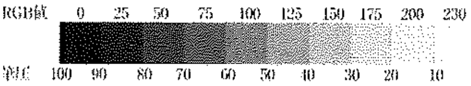


図 1 RBG 値と筆圧の数値比較

3.3 実験結果および考察

「平」の筆圧値は「公」と比べ，各部分の被験者間の標準偏差が小さく，筆圧のばらつきが少ない．被験者の試行ごとのばらつきが小さい筆圧位置は，平の一画目の中心部分，五画目の中心部分と終筆部分という結果が得られた．これにより，横線，縦線の中央部分は安定した筆圧で書字をしていることがわかる．終筆においては，被験者の止め，払いの認識の違いで，被験者間の筆圧の平均値に差が見られた．また，標準偏差が大きい被験者もいたため，安定して書ける位置ではないと考えた．この結果から，横線，縦線の中央部分の筆圧を参考に，筆圧を可視化した手本を作成することとした．

4. 実験

4.1 実験目的

事前実験から，被験者の筆圧値を平均し筆圧を可視化した手本(以下，可視化手本)を作成した(図2)．また，はねや払い，曲線部分に筆圧の変化があると考え，「好感」を書かせた．可視化手本を参照した場合の書字と標準手本を参照した場合の書字における筆圧の変化，上達の差を比較する．

4.2 実験方法

被験者は健常な20代8名．その内，習字経験者は2名，非経験者は6名である．画面左側に手本を示し，右側に被験者が5回の書字練習を行った．これを3日行う．実験は連続では行わず，1日から1週間の期間を設け行った．書字範囲は，一文字あたり液晶上一辺3cmの正方形である．4名は標準手本(図3)を参照，残りの4名は可視化手本を参照する．被験者には日常と同様の書字と上達を意識するように指示した．

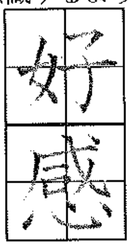


図2 可視化手本

図3 標準手本

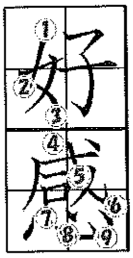


図4 測定位置

4.3 実験結果

筆圧変化が表れやすいと仮定した筆圧の測定位置を図4(①～⑨)に示す．測定位置における標準手本，可視化手本を参照したそれぞれの被験者4名の筆圧値の平均，可視化手本の筆圧値をグラフ化し図5に示した．参照する手本が異なることで，被験者の力の入れ方が変化している．可視化手本を参照した場合，筆圧に強弱があり，手本に近い力の入れ方を行っている．標準手本を参照した場合，強弱が少なく，①②③と④⑤⑥の書字部分では手本と異なる力の入れ方を行っている．

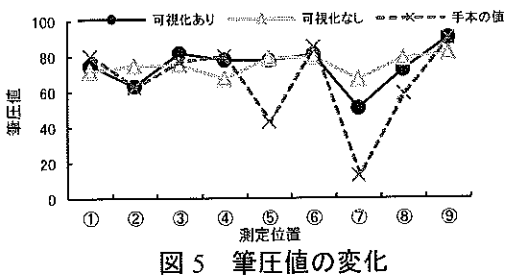


図5 筆圧値の変化

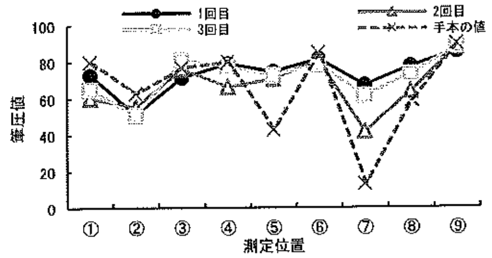


図6 非経験者の筆圧値の変化

また，可視化手本を参照した被験者の中で，習字経験者と非経験者では差が見られた．非経験者の実験3回ごとの筆圧値の変化を図6に示す．④⑤⑥部分における力の入れ方は，手本の筆圧を参考にすると強→弱→強の順である．1回目と3回目は可視化手本に近い力の入れ方をしている．しかし，2回目の筆圧は④から⑥に向け強くなっている．経験者は，可視化手本に近い安定した力の入れ方で書字を行っている．

また，標準手本を眺め，書字を行った被験者4名は，回数ごとにおける書字に大きな変化は見られなかった．

4.4 考察

上記の結果から可視化手本を参照し行う書字により，手本に近い筆圧の強弱をつけることが出来た．標準手本を眺め行う書字は強弱が少ないことから，手本で要点となる場所を抑えられなかったと考えられる．このことから，可視化手本は標準手本より短期間での上達に有効となる可能性がある．また，習字経験者は3回の計測全てで，要点を抑えて書字を行えていたのに対し，可視化手本を参照した習字非経験者は，実験回数において要点を抑えた回と抑えられなかった回があった．これは，1回目と2回目の計測に期間を空けすぎた為，被験者が前回の学習で捉えた要点を忘れてしまったことが原因だと考えられる．

5. おわりに

本研究では，ペン入力技術を用い，得られた筆圧データを可視化した．可視化手本と標準手本を参照し書字した際の被験者の力の入れ方の変化を調査した．可視化手本を参照した場合に，筆圧を意識し，手本に近い力の入れ方をする結果が得られた．今後は，書字した被験者の字が視覚的に上達したかを評価していく．

参考文献

1) 総務省「平成26年通信利用動向調査」，Available from:＜http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html＞(Accessed 2017-5-31).
2) 山口達也，村中徳明，徳丸正孝：ペン習字学習支援システム：PDAを用いた学習効果，電子情報通信学会技術研究報告,v(10),p.41-p.46,2010.
3) 浦正広，遠藤守，山田雅之，宮崎慎也，安田孝美：運筆リズムにより短時間での上達を支援するペン習字アプリ，電子情報通信学会技術研究報告，v(113)，p.23-p.28，2013.
4) 樺澤貴子：『読むだけで字がうまくなる本』，明日香出版社，2008.

[連絡先]
並木　亜樹奈
14fi081@ms.dendai.ac.jp

C3-2

キーボードの誤タイピング低減に関する研究（第 6 報）

○藤田郁弥*，上西園武良*
*新潟国際情報大学

Research on incorrect typing decrease of a keyboard (Part 6)

Fumiya FUJITA*, Takeyoshi KAMINISHIZONO*
*Niigata University of International and Information Studies

1. はじめに

パソコンのキーボード入力作業をしていると，タイピングミスをすることがあり，入力作業に時間がかかってしまう．

そこで，富樫[1]はタイピングミスを減らすため，500 文字程度の文章を入力する被験者実験によりタイピングミスのパターンを解析し，ミスが多いパターンやキーの箇所を映像から分析することを提案している．しかし，この研究においては，実験後のタイピングミス解析に 1 人分につき約 1 時間かかり，研究を効率的に進めることが難しいという問題点がある．

佐護[2]は映像での解析は時間効率が悪いと考え，キーのログ記録による解析を考案している．その結果，1 人分のミスパターンの解析時間を約 30 分に短縮することに成功している．しかし，富樫[1]，佐護[2]等の方法では 1 つ 1 つ手作業でタイピングミスを検出しているため，間違えて別のミスとして認識してしまう等のヒューマンエラーが発生する可能性がある．

そこで，藤田[3]はミスパターンを自動解析するプログラムを作成し，1 人当たりにかかる時間の検証を行っている（完全な自動化は未達）．その結果，1 人当たりの解析時間を 10 分に短縮することに成功している．しかし，この研究においてはプログラム上で判別できない入力パターンが存在するといった問題点が上げられる．この問題が生じる度にマニュアル処理が必要となっており，解析時間が長い原因となっている．プログラム上で判別できない入力パターンは後述する．解析時間の内訳はデータ変換に 1 分，データ処理に 8 分（マニュアル処理を含む），データ保存に 1 分である．

そこで，本研究ではマニュアル処理を削減することでデータ処理の時間を 3 分に短縮し，被験者 1 人に対し 5 分程度で自動解析するプログラムを作成することを検討する．

2. 分類の方法

2.1 用語

本報においては，被験者が入力したキーを「入力したキー」，本来入力すべきキーを「本来のキー」と表記する．

2.2 分類の方法

まず，前処理として被験者に入力してもらう文章のローマ字化を行う．次に，文章入力の被験者実験を行う．そして，得られた「入力したキー」のデータからミスパターンの分類を行うデータ処理を実行する．データ処理の段階では，実験で得られた「入力したキー」とローマ字化した「本来のキー」を比較する．この段階で，両者が一致しない場合にミスパターンの分類を行い，その後，ミスパターンのファイル記録を行う．

2.3 分類の実例

例えば，「入力したキー」が「SO」であり，「本来のキー」が「SI」であった場合，2 文字目が不一致であり，「I」と打つべきところを間違えて隣り合っている「O」を打っているので，この場合はミスタイプ「近隣タイプ」であると分類され，ファイル記録を行う（表 1）．

表 1　分類の実例

本来入力すべきキー（本来のキー）	被験者が入力したキー（入力したキー）	分類されたミスのタイプ
S	S	-
I	O	近隣タイプ

3. 前報での問題点

「1. はじめに」で述べた通り，プログラム上で判別できない入力パターンが発生する度にマニュアル処理に時間がかかることが問題であった．

プログラム上で判別できない入力パターンは以下の 4 つである．

(1) 変換時の文字数減少

1 つ目の問題点は，被験者が文字を修正する際に押した BackSpace の回数で「本来のキー」を何文字戻すのか判別したため，ひらがなを漢字に変換することで文字数が減少することに対して対応できていなかった点である．

例えば，「まるでべつじん」と入力するつもりが，「まるででつじん」と間違えて入力した後に「まるでで津人」と変換し，文字数が減少することで，変換前と変換後で比較すると修正する際に BackSpace を押す回数が異なる．

(2) 複数のローマ字入力方法

2 つ目の問題点は，複数のローマ字入力方法がある文字に対して 1 種類の入力方法しか考慮をし

ておらず，別種類の入力を行った場合に対応できなかった点である．

例えば「わたし」と入力する際に本来のキーを「WATASI」と設定した場合，「WATASHI」とキーで入力した際に誤入力として間違えて判別される．

(3) 十字キーを使い修正

3 つ目の問題点は，十字キーを使い文字カーソルを動かし，タイピングミスを修正することを考慮していなかったため，「入力したキー」のログだけでは上記の場合にどの文字を修正しているか判別不可能な点である．

(4) マウスを使い修正

4 つ目の問題点は，マウスを使い文字カーソルを動かし，タイピングミスを修正することを考慮していなかったため，「入力したキー」のログだけでは上記の場合にどの文字を修正しているか判別不可能な点である．

4. 対応策

(1) 変換時の文字数減少

「タイピングミスの直前」と「タイピングミスした文字の削除の直後」を「本来のキー」と比較することで「本来のキー」をどこまで戻せばよいか判別可能となる（表 2）．

表 2　「変換時の文字数減少」の例

本来入力すべきキー（本来のキー）	被験者が入力したキー（入力したキー）	分類されたミスのタイプ
M	M	-
A	A	-
R	R	-
U	U	-
D	D	-
E	E	-
B	D	近隣タイプ
E	E	-
T	T	-
U	U	-
	・	-
	(省略)	-
	・	-
	BackSpace	-
	B	-
	E	-
	T	-
	U	-

タイピングミスの直前

文字の削除の直後

(2) 複数のローマ字入力方法

各ひらがなに対し通し番号を振り分けることにより，どのひらがなを入力したか判別可能となる．3(2)の例の場合，「し」を「SI」と「SHI」のいずれの場合で入力した際に，どちらも同じ通し番号を振ることで同様の文字を入力したと判別することができる．

(3) 十字キーを使い修正

実験前に 1 行の文字数を一定（本研究では 16 文字に設定したため，以下では 16 文字と表記する）に設定し，「上キー」を押したら 16 文字戻す，「下キー」を押したら 16 文字進める，「左キー」を押したら 1 文字戻す，「右キー」を押したら 1 文字進めることで判別可能となる．

5. 結果

本プログラムで解析を行った結果，「(1)変換時の文字数減少」「(2)複数のローマ字入力方法」「(3)十字キーを使い修正」のパターンに対応することで修正方法のうち，「マウスを使い修正」の場合を除き，自動処理が可能となった．また，1 人当たりの解析時間を 5 分（前報[3]では 10 分であった）に短縮可能となった．解析時間の内訳はデータ変換に 1 分，データ処理に 3 分（マニュアル処理の削減により減少），データ保存に 1 分である．

6. 課題

課題としては，完全な自動化が未達な点が上げられる．本研究では「(4)マウスを使い修正」への対処が未達である．この問題点に対する方策としては，マウスポインタの位置と入力画面をスクロールした距離から，修正した文字の位置を特定することで可能となると考えられる．

7. まとめ

本研究の自動解析が可能なプログラムにより，「マウスを使い修正」の場合を除き，マニュアル処理を削減可能となった．また，富樫[1]，佐護[2]，藤田[3]等の方法に比べ短い時間での解析が可能となった．

8. 参考文献

1) 富樫拓真，上西園武良：キーボードの誤タイピング低減に関する研究第 1 報，日本人間工学会関東支部 2012 年研究大会論文集，p74～p75，2012.

2) 佐護菜摘，上西園武良:キーボードの誤タイピング低減に関する研究第 3 報，日本人間工学会関東支部 2015 年研究大会論文集，p50～p51，2015.

3) 藤田郁弥，上西園武良:キーボードの誤タイピング低減に関する研究第 5 報，日本人間工学会関東支部 2016 年研究大会論文集，2016.

[連絡先]

上西園　武良，e-mail : tkami@nuis.ac.jp

C3-3

EL材を用いた覚醒度測定器の開発

○嘉義　卓也*，三林　洋介*
*東京都立産業技術高専

Development of Arousal Level Measuring Instrument using Organic Light Emitting Diode

Takuya KAGI*, Yosuke SANBAYASHI*
* Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1．はじめに

フリッカー検査は点滅する光源より与えられる光刺激が視覚中枢へ伝達された時の時間感覚を識別する機能を用いて判別可能な最大点滅周波数をフリッカー値として計測評価するものである。大脳皮質連合野の活動水準に基づいているため覚醒度との間に顕著な相関があることが知られており精神性疲労測定などにも用いられている。従来から多くのメーカーにより製品化もされているものの構造上の理由により外形寸法が大きく、また結果に主観的な部分が大きいとされていることから、現在は一部研究機関の使用に留まっている。

そこで本研究ではフリッカー値試験器に再び注目し、有機EL光源を用いた従来の測定器とは異なる構造の新型覚醒度測定器の開発を行った。

2．試験器の製作

光源に使用した有機EL材は、発光層が有機化合物からなる素子で電圧を印可することにより発光する電界発光体である。従来よりフリッカー値試験器に使用されているLED光源は点光源であるため点滅光に焦点を合わせるための30cm程の焦点距離が必要であった。しかし有機EL光源はシート全体が発光することで面光源となり、焦点距離に配慮することなく点滅光を組み入れることができる。これによって発光部の外形寸法を小さく抑えることも実現できた。

制御にはArduinoブートローダを書き込んだマイコンATmega328Pを用い、図2の回路を製作した。光源点滅周波数の設定は水晶振動子によって決定されたクロックに基づいた時間を割り当ていることによって、精度や温度特性に優れ常温下の使用では極めて高精度な光源点滅周波数となる。なお開発言語にはArduino言語を用いているため、I/Oポート入出力制御に標準関数を用いた場合オーバーヘッドが大きく光源の点滅に遅延が生じた。そこでI/Oポート制御には直接制御を用いて約80%の高速化を行った。また、点滅間隔の調整を行う標準の遅延処理関数にも精度上の問題が発現したため、自作関数を用いることにより微細周波数も再現性の点で安定化させるよう改良を実施した。

外装は頭部に装着して測定が可能なようVRヘッドセットをベースに製作を行った。頭部装着により小型かつ軽量化に配慮して、9Vアルカリ電池1つで駆動するようにしてインバータやメイン基盤もゴーグル内に収めた。またメイン基盤を収めるにあたって3DCADにて操作部が露出するよう蓋をモデリングし、3Dプリンターにて製作を行なうことで新型試験器の総重量は364gとなり、外形は180×100×120mmと軽量化、小型化を実現した。

以上より図1の新型試験器を製作したが、使用している部品や電源の特性により連続使用可能時間が約3.5時間と短い。そこで次のような改善を行った。

1号機では高い電圧と外形寸法の小ささから9Vアルカリ乾電池を使用していたものの，放電容量が小さく連続使用可能時間が短い。そこで単四アルカリ乾電池4本(合計6V)を電源として採用し，それに伴い6Vで駆動可能なようコンバータやレギュレータの選定も行った。その他にもコンバータの無負荷時電力消費やレギュレータの熱損失等にも考慮して使用部品や回路を見直し，外観を変更することなく連続使用可能時間を約8時間まで延長させることができた。

図1 製作した新型試験器

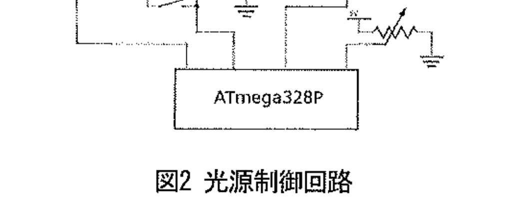


図2 光源制御回路

3．新型試験器の評価実験

3.1 方法

第一実験として、心身ともに健康な学生を被験者とし、神経感覚的作業として内田クレペリン検査を課したことによる精神性疲労および覚醒度の変化を、従来型フリッカー試験器(オージー技研社製)と本研究で製作した新型試験器で計測し、加えて主観的疲労測定に用いる疲労自覚症状しらべおよび客観的生体指標となる心拍数の経時変化を計測した。

次に第二実験として高齢者8名を被験者として同様の実験を行なった。なお、第二実験では神経感覚的作業としてドライビングシミュレーターによる運転を課した。

3.2 結果と考察

両実験の新型試験器と従来型試験器の計測結果の整合性を明らかにするため閉眼安静時からの測定値を基準として各測定時点の値の増減率を算出し図3に示した。図から第一実験においては両試験器間にはある程度の相関性が認められた(r=0.76)。すなわち有機EL材を発光させた面光源で従来から使用される点光源によるフリッカー値測定が可能であり、ある程度の整合性を検証することが出来た。一方、第二実験における両試験器間の結果の相関性は低下した。特に従来型試験器の測定値が大きく分散していることから高齢者に対する従来型試験器の測定方法や点光源による焦点適合に問題があると考察した。

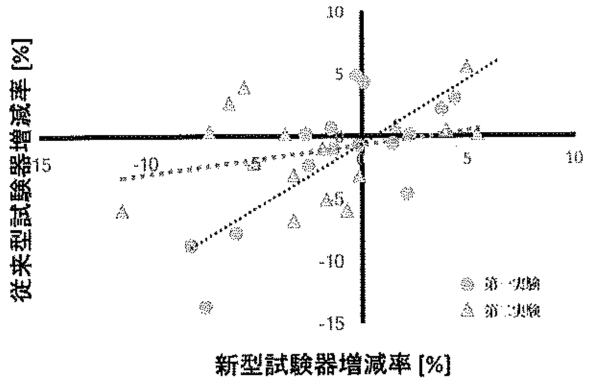


図3 従来型試験器と新型試験器の測定結果

次に両実験においての測定精度について考えるため新型試験器と従来型試験器の各測定分散値として変動係数を算出し図4に示した。新型試験器の変動係数は従来型に比較して統計的にも有意に小さいことが認められた。これより測定精度の向上が実現できたことが両実験より確認できた。なお、本実験で使用した従来型、新型ともにフリッカー値のスイッチング部は調整法を採用していることや、特に高齢の被験者からは新型の方が光源が大きいことによって点滅の判別がしやすくなったとの意見も多く、新型の光源提示構造が精度向上にポジティブに影響したとも考察できる。

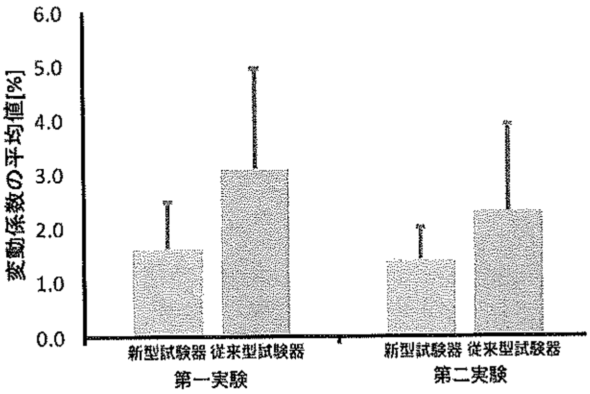


図4 新型試験器と従来型試験器の変動係数

先に求めた作業前後におけるフリッカー値の増減率と疲労自覚症状しらべの訴え率の増減は、相関関係が認められた(r=-0.62)。作業中の経時変化の測定に用いた心拍数の結果からも心拍数経時変化と新型試験器の測定結果に整合性を確認できた。

4．まとめ

1) 有機EL材を用いて光源構造を新しく従来より小型かつ軽量化した覚醒度測定器を製作した。
2) 新型測定器が従来のフリッカー試験器とある程度の整合性が認められ、覚醒変化および精神神経感覚的疲労測定、評価への使用の実際を実験を通して確認することが出来た。測定精度が高いことを実験から検証した。

参考文献

1) 嘉義 卓也, 三林洋介: “有機EL材を用いた新しい覚醒度測定器の開発”, 人間工学, Vol.53, pp.288-299, 2017
2) 岩木 直, 原田 暢善:“日常的に利用可能な疲労計測システムの開発”, Synthesiology, Vol.7 No.4 pp.220-227, 2014
3) 福井 裕, 川野 常夫:“被検者の恣意性や虚偽性を排除する多点LED式フリッカー検査装置の開発”, シンポジウムモバイル研究論文集, pp.117-122, 2016

[連絡先]
嘉義 卓也
東京都立産業技術高専 三林研究室
e-mail : m13235@g.metro-cit.ac.jp

C3-4

瞳孔径を指標とした困惑検知の試み

○金澤紫*，萩原広太**，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，**東京電機大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

Attempt of trouble detection with pupil diameter as index

Yukari KANAZAWA*, Kota HAGIWARA**, 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 Multimedia Design,
Graduate School of Science and Technology for Future Life, Graduate Tokyo Denki University

1. はじめに

人間がコミュニケーションをとる場合，言語だけでなく，相手の様子や表情などから，ある程度相手の心情を読み取り，非言語でのコミュニケーションをとることが可能である．しかし，現在の情報機器は利用者の非言語的な情報を読み取ることができず，利用者が機器を利用する際は何らかのコマンドを入力しなければ動作しない．そのため，利用者がコマンドの入力方法を理解できていない場合は使うことが困難である．

ただし，利用者の表情から情報を読み取ることができれば明示的なコマンド入力なしに，機器の方から使い方を提示することが可能である．近年では，顔画像から表情を読み取る研究も進められているが，瞳孔径などの身体の無自覚な反応を計測することで，より正確な内省の推測が可能になると考えられる．そこで本研究では，予測に反した画面の表示や意図しないキーボード入力に伴う視線の動きを読み取り，情報機器の操作を補助することを目的とした．

2. PCトラブルの現状

情報機器の操作を補助するにあたり，パソコンの操作で困ったときユーザはどのようにして解決しているのかを調べた．株式会社ニフティの調査[1]によると78.3%の人が「インターネットで調べる」とほとんどの人がインターネットを利用して対処を試みるという結果が示されている．ここから，どんなトラブルが多いかはインターネットでの検索数により予測できると考えた．

「なにしろパソコン」での調査[2]によると，2015年のパソコントラブルに関する最もアクセスが多かった記事は1位に「CapsLockを解除する方法/外し方」，6位に「「かな入力」と「ローマ字入力」を切り替える3つの方法」，9位に「「上書きモード」と「挿入モード」を切り替える「Ins」キー」と入力に関する検索が多いことが示されている．従って，入力に対する提案を行うことがユーザの情報機器操作の補助に有効であると考えた．

3. 先行研究

目と潜在的な心の関係に関する先行研究[3)4)]において，規則的な音列の中に予測を裏切るような逸脱音を混ぜると，逸脱音に対するマイクロサッケードの位置制御が一時的に不正確になることが示されている．この結果を踏まえ，自分の操作に対し予測外のことが起こった時の反応を確認できるようになればトラブルが起きたか否かの判断が可能となり，機器側からの提案ができるようになるのではないかと考えた．

4. 予備実験

4.1 実験方法

予想外の結果が表示されたときの瞳孔径の計測を目的として実験を行う．10個のリンクを設置したWebページを用意し，被験者に開いてもらい，そのときの瞳孔径を計測した．被験者の困惑を誘発させるため，通常のページの中にワンクリック詐欺を想定したページを混ぜた．瞳孔径の計測はアイマークレコーダ(EMR-9，ナックイメージテクノロジー社製)を用いて行う．

4.2予備実験結果

通常のサイトを開いた時の瞳孔径の平均と，被験者が困惑するような仕掛けをしたサイトの瞳孔直径を比較すると平均で0.28±0.09mm大きくなっていることがわかった．また，通常時と困惑時でt検定を用いて検定した結果，困惑時の瞳孔径は有意に拡大する傾向にあった．($p \leqq 0.05$) 被験者C，Dの計測結果には瞬目によるエラー値が多くみられたため，エラー値は除き，正常な値が出力された部分だけを抽出した．

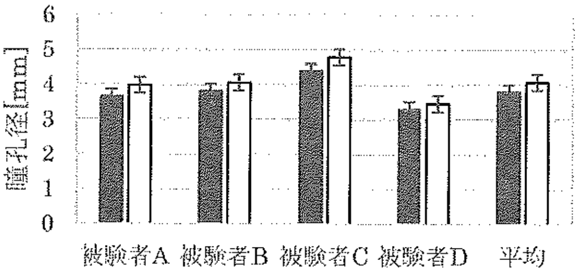


図1　通常時と困惑時の瞳孔径の平均

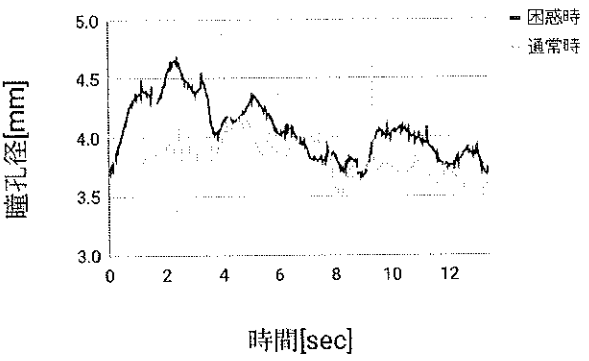


図 2　瞳孔径の推移

4.3 予備実験結果考察

予備実験の結果から予想外の出来事に対して瞳孔径が散大する傾向がみられた．この結果は，交感神経の作用の活発化によって瞳孔が散大するというこれまでの研究結果[5]とも一致している．また，瞳孔の散大が起こるまでの時間は被験者によって差があった．これは，リンクを開いた時間を「被験者が困惑した」と仮定したため，実際に被験者が抱いた感情とずれが生じた可能性と，被験者によって瞳孔散大速度に差があるからだと考えられる．また，図 2 の結果に値の欠損がみられるが，これは瞬目などによって瞳孔径が正しく得られなかったのではないかと考えられる．

5. 本実験

5.1 実験方法

不本意な入力切替時の心情に伴う瞳孔径の計測を目的として実験を行った．60 文字程度の例文を九つ用意し，それぞれを被験者に入力させたときの眼球運動を計測する．心情変化を意図的に起こすため，被験者の入力中に外部から NumLock をかけ，通常の入力時との差異を計測した．瞳孔径の計測は予備実験と同じ計測機器を用いて行う．

5.2 実験結果

NumLock 中と通常時の瞳孔径の平均を求めると NumLock がかかっている最中に約 0.04mm 瞳孔直径が小さくなっていることが確認されたが，有意な差は認められなかった．

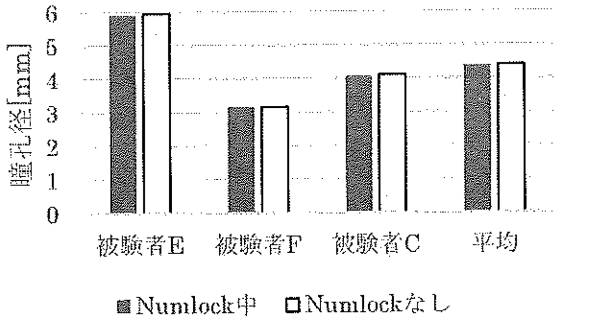


図 3　被験者 EFG の瞳孔経

5.3 実験結果の考察

入力方法の切り替えによる瞳孔直径の差異はわずかであり，有意差は認められなかった．原因として，入力妨害に対し被験者の対処時間に差があったことから，妨害に気がつきにくい文章があったことや，入力切り替えをしたときの被験者の対処時間が 2 回目以降早くなっていたことから慣れが生じたことなどが考えられる．また，被験者から「測定機器が邪魔で手元が見えない」，「自分の入力ミスに困惑した」という指摘があった．そのため，これらの要因を排除した実験環境を構築し，再度実験を行う必要がある．

6. おわりに

今回は操作に対してユーザの意図しない結果が表示された時のユーザの反応を得ることを目的として実験を行った．結果として，ユーザの瞳孔径を指標として利用できる可能性が示唆された．しかし，入力妨害といった小さな刺激に対する反応に有意な差はみられなかった．近年では，顔画像から表情を読み取る研究もあるが，瞳孔径という身体の無自覚な反応を計測することで，より正確な内省の推測が可能になると考えられる．今後は被験者の主観評価などもあわせることで内部状況を多角的に計測し，反応が起こる困惑の強さや，瞳孔径が散大するまでの時間の計測などを行い，ユーザの利用補助へ活用するための調査を行う．

参考文献

1) @nifty ニュース　なんでも調査団　パソコンについてのアンケート・ランキング第 3 弾，available from <http://chosa.nifty.com/pc/chosa_report_A20170224/5/?theme=A20170224&report=5&cookie_err=1>，(accessed 2017-11-09).

2)なにしろパソコン林　俊二　“2015 年　パソコントラブル検索ランキング” available from <http://www.724685.com/weekly/qa160106.htm>，(accessed 2017-11-09).

3) NTT コミュニケーション科学基礎研究所　柏野牧夫ら，“身体から潜在的な心を解読するマインドリーディング技術”，NTT 技術ジャーナル，pp.32－36，2014.

4) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 古川茂人ら，“目から読み取る心の動き -Heart-Touching-AI のキー技術”，NTT 技術ジャーナル，pp. 22－25，2016.

5)黒崎中央医院　森久美子ら，“感情語提示時における大学生の瞳孔反応と抑うつ・不安との関連”，福岡県立大学人間社会学部紀要，Vol.23，No.2，pp33-44，2014.

[連絡先]
金澤　紫
e-mail：14fi032@ms.dendai.ac.jp

D2-1

電動義手の実用化に向けた義手の改良

○佐々木直人*, 深谷直樹*
*東京都立産業技術高等専門学校

Improvement of artificial arm for practical application of electric prosthesis

Sasaki NAOTO*, Fukaya NAOKI*
*Tokyo Metropolitan college of industrial technology

1. はじめに

災害や事故などにより上肢を失ったり，生まれつき上肢がない人は昔から一定数存在している．そういう人たちは健常者と同じように生活したいという思いを日々抱いている．このようなニーズによって義手は開発され，その重要性は日々増加傾向である．

従来の義手は重い，人から注目を集めたくない，反対の手で代用できるといった理由から外観が似ていることや軽量であることが重要視されてきた．これに対して，外観よりも機能の再現を目指して開発されたものが電動義手である．しかし，日本国内での電動義手の普及率は低い．理由として一般的な義手よりもアクチュエータやセンサといった部品が多く重い．また，値段が非常に高い．

我々はこれまで人間型ハンドを多く開発してきたが，それらは機能検証のための実験機であり，すべてが手作業で製作されてきたため，定量的な設計図や仕様などは存在しない．一方，開発した義手の普及を行うためには，このような手作業での製作は性能が安定せず定量的評価を行うためには好ましくない．また動作の再現性についても安定的であることが好ましい．よって本研究はなじみ動作を持つ動力義手に関し高い再現性と安定的な動作を実現するための設計を行った．

2. F-hand について

我々は以前から「F-Hand」という電動義手の開発が続けられている[1]．この義手の特徴を以下に挙げる．

- 1個のアクチュエータですべての把持動作を行うことができる．
- 5指だけでなく，手掌部も動作する．
- 全ての動作部は，協調的に動作するリンクで結合されており，間接に均等に力が掛かるよう自動調整される．
- 指および手掌の関節は適切に力を分散するため，タッチセンサ，力センサ等が無くとも安定して物体を把持することができる．

これらの特徴により従来の電動義手よりも軽量化やコストを抑えることができる．しかし，この義手

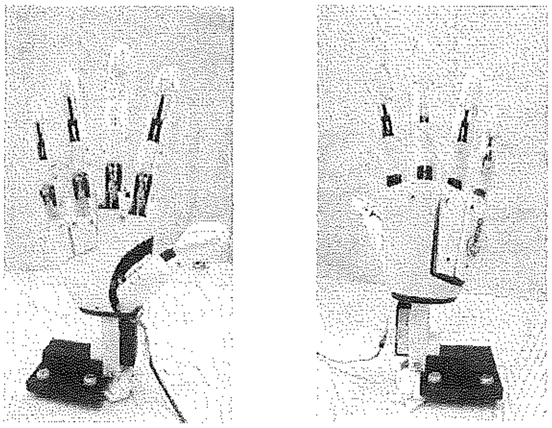


Fig. 1 F-hand の外観

の問題点として，

(a) 指がねじれ方向にも曲がる

(b) 指の付け根の三角形のプレートが突出する．

(c) 握る際，指が別々に曲がり不自然．

(d) 整備性が悪い．

が挙げられる．中間発表までに改善に取り組んだ問題点は，優先度の高い(a)と(b)である．

3. MP 関節の自由度の改善

この問題は MP 関節（指の付け根の関節）の自由度がボールジョイントを使用していたため3自由度存在していたことが原因であった．人の指の付け根は本来曲げる方向と開く方向の2自由度しかない．しかし，ボールジョイントを使用したため，上記に加えてねじれ方向にも曲がってしまった．結果，

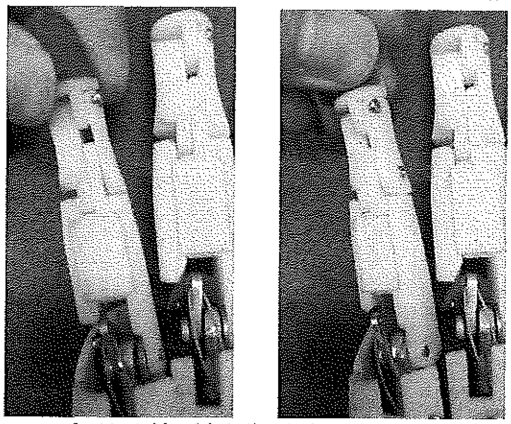


Fig. 2 ねじる前（左図）とねじった後（右図）

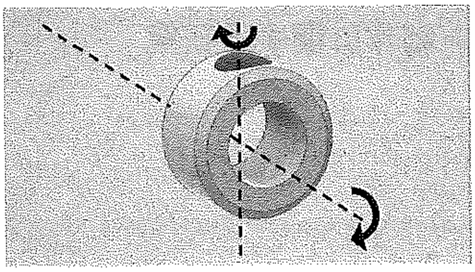


Fig. 3 ホイルストッパー

指を曲げる際に不安定になり不自然になってしまった.

改善点としてMP関節に使用していたボールジョイントをホイルストッパーに変更した. ホイルストッパーとは, 軸を固定するための部品だが, これに変更することにより図に示した通り, ねじり方向の自由度がなくなり, 自由度が2つになった.

結果としてねじり方向へ左右合わせて60[deg]回転していたが, ホイルストッパーに変更後は左右合わせて10[deg]になり, 変更前と比べて50[deg]減少した. これにより, 屈曲する際にねじることがなくなり安定した屈曲を実現した.

4. 指の三角形のプレートの改善

この問題は指を曲げる際にリンクを押す動作を必要とするのに対し, サーボモーターは牽引する動作をする. 引張の力を押す力に変換するため, 無駄が生じそれがプレートとして突出したのが原因である. 結果, 指を曲げる際にプレートが物に当たり握りにくくなった. また, 見た目にも違和感を生じてしまった.

改善点として指を曲げる際に, リンクを押す動作から引く動作に変更した. 今までは, 中節骨の外側を押して指を曲げていたが, これを内側に変更することで中節骨を引くと指も曲がるようになった. これによりサーボモーターとリンクの力の方向を変換する必要がなく, 省スペース化を実現した. その結果, 変更前は突出した部分の面積が約43.2 ㎟だったのに対し, 変更後は20.5 ㎟になり, 22.7 ㎟減少した. これにより指を曲げた際に突出する部分が小さくなり, 物を掴む際にプレートが物に当たり握りにくくなることがなくなった. また, 見た目の違和感も少なくなった.

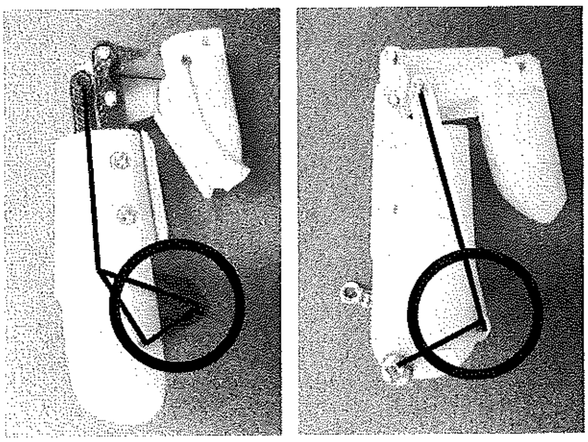


Fig. 4 改良前(左図) と改良後 (右図) の比較

5. 考察

上記の問題は改善はしたが, まだ完全に解決したわけではない. ねじり角は小さくなったものの, まだゼロになったわけではない. ゼロにならなかった理由はホイルストッパーとリンク部の空間が原因であると考えられる. この部分は可動する部分であるため, 1 mm程度の空間がある. この空間が原因でねじりが発生したと考えられる. ねじりを止めるには空間を無くせばよいが, それではスムーズな動きができなくなる. 対策として摩擦の小さいブッシュのようなものを挟んで空間を無くすことが考えられる.

三角形のプレートが突出する問題も, 突出部が完全に無くならなかった. 理由は, 中節骨を引っ張る位置がまだ最適化されてないからだと考えられる. 中節骨の引っ張る位置を指先側にすると, リンクの長さが長くなり, 屈曲するまでに必要な変位量が大きくなりプレートが大きくなる. 逆に, 引っ張る位置を付け根側にすると, 必要な変位量が小さくなりプレートも小さくなる. しかし, 小さすぎるとほかのリンクに干渉してしまう. この調整がまだ不十分だったと考えられる.

6. まとめと今後の課題

人間型ハンドにおいて, MP関節の2自由度化やリンク機構の変更を行った結果, 動きを阻害していたMP関節のねじりは1/3, 指を動作させる突起部も47.5%まで減少させることができた. 今後は5指がすべてリンク機構で結合されているために, ある時は示指から, ある時は小指からと指が曲がるといった屈曲順が一意でない問題について取り組む. 対策として復元ばねの張力調整やロック機構の開発などを行うことで, 屈曲順の安定化について取り組む.

7. 参考文献

1) 小笠原佑樹, 深谷直樹, 馴染み機構を用いた人型ハンドの開発, 日本機械学会 2016 年度年次大会, S1170502, 2016

[連絡先]
佐々木　直人
e-mail : jbnatosu37@gmail.com

D2-2

人間中心設計に基づいたWebサイト制作に関する研究

○園部彩香*
*早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

Development of Web-site based on human-centred design

Sayaka SONOBE *
*Waseda University

1. 研究背景・目的

Web サイトでは利用者の要求に適合したコンテンツ選定及びその表現が重要である.利用者のニーズを分析し，それをどのような構成で本研究では Web サイトに掲載するかというプロセスとその手法について検討する.

なお，本研究では早稲田大学創造理工学部経営システム工学科の Web サイトを例に，Web サイトのユーザーのうち，受験生を対象とする.

2. 人間中心設計の概要

人間中心設計[1]とは，「インタラクティブシステムをより人間中心的にする設計プロセス」である. 製品やサービスの対象ユーザーとその要求を明確にし，要求に適合するものを設計し，評価を行う. これをユーザーの要求が満たされるまで，プロセスを繰り返す.

3. 研究手順

本研究では以下の手順で行う.本稿では検討が完了している 2.までを報告する.

1. 対象サイトの現状調査
2. 利用状況の把握と要求事項の抽出
3. Web サイトの作成とユーザビリティ評価
4. Web サイトにおける制作プロセスの提案

4. 対象サイトの現状調査

4.1. 目的・方法

対象とする Web サイトの現状提供されているコンテンツや画面構成について研究者自身が調査を行う. また，他学科との比較を行うことで本学科の Web サイトの特徴を調査する.

4.2. 結果・考察

対象とする現状の Web サイトのトップページはタイル状にコンテンツが掲載されている(図1). また，受験生向けコンテンツと在学生向けコンテンツが混在して表示されているだけでなく，トップページに表示されているコンテンツの粒度も異なっている. そのため，ユーザーは自分が要求しているコンテンツがどこに掲載されているのかが分からないのではないかと考えられる.

そこで本研究では，SBD (シナリオベースドデザイン) [2]の考え方に基づき，研究を行う. 受験生の行動シナリオを分析し，Web サイトの閲覧モデルを作成した上で Web サイトを設計すれば，ユーザーは自分の利用シナリオ通りに Web サイトを利用できるのではないかと考えられる.

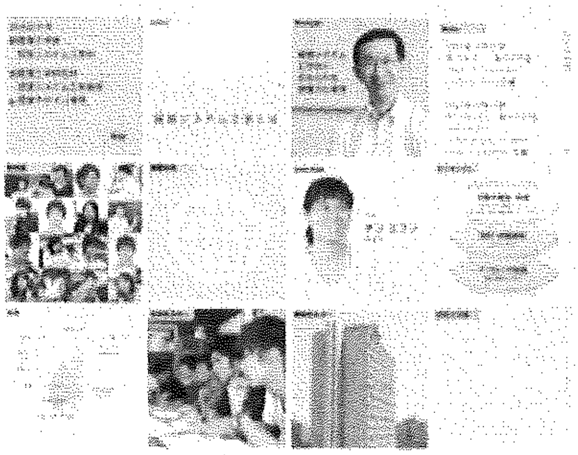


図1. 対象とする Web サイト

5. 利用状況の把握と要求事項の抽出

5.1. 目的・方法

ユーザーシナリオ作成のために，対象ユーザーである受験生や在校生の Web サイトの利用状況を調査し，要求事項を抽出する. 具体的には，対象学科の在校生(学部1年生)144 名，オープンキャンパス来場者(高校生，浪人生)146 名を対象に，質問紙調査を行った. 志望理由や Web サイト閲覧の目的，情報の取得方法などを質問項目とし，プリコード回答法を用いて質問紙の作成を行った.

5.2. 結果

(1) 利用状況の把握

今回対象とするユーザーは「一般入試受験生」「推薦入試の受験生」「在校生」とした. 本稿では，例として一般入試受験生についての分析について述べるが，同様に推薦入試の受験生，在校生についても分析を行う.

質問紙を分析すると，一般入試受験生が Web サイトを閲覧する目的として，「オープンキャンパスに行く前の事前知識として」や「どのようなことを学ぶのか知りたい」，「受験方法を知るため」といった利用状況が抽出された.

一般入試受験生の受験シナリオについて，AIDMA モデル[3] (消費プロセスが「Attention(注意)→Interest(関心)→Desire(欲望)→Memory(記憶)→Action(行為)」と推移するモデル) を基に受験シナリオを記述した(表1).

表 1. 一般入試受験生のシナリオ例

		必要となる情報や行動
A	知る	・学校や予備校の先生に薦められる
		・パンフレットなどで知る
I	興味を持つ	・どのような学科か知りたい
		・学科の雰囲気を知りたい
		・大学のOCや学祭に行く
D	検討する	・学科についての情報を取得する
		・入試の流れや出願方法を知る
		・実際に大学に訪れる
M	記憶する	・学科情報を取得し、他の学科と比較する
A	受験する	・試験場で受験する
		・合格者発表を確認する

表1のシナリオにおいて Web サイトは「検討する(D)」ために用いられ，そのためには受験生の「興味を持つ(I)」情報を提供する必要がある．さらに，「興味を持つ(I)」においては，漠然と学科について気になる段階や，学科の概要を知った上で詳細情報をみたい段階など順序があり，各段階においてWeb閲覧のシナリオを考える必要がある．

(2) コンテンツの決定

受験生行動シナリオにおいて，要求されているコンテンツを明確化するために「本学科に興味を持った理由」と「学科選定のために重要視すること」についての受験生に対するアンケートを分析した．図2，3にはその結果を示す．

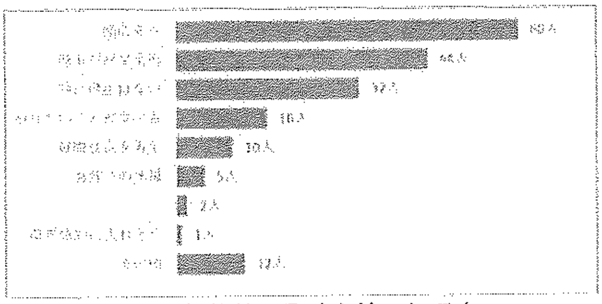


図 2. 本学科に興味を持った理由

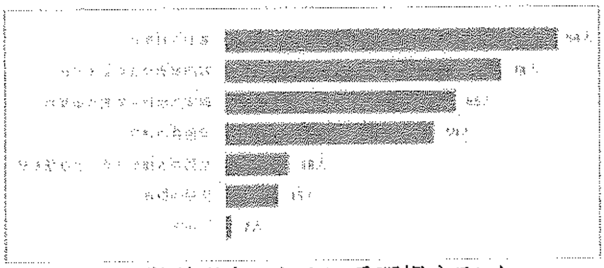


図 3. 学科選定のために重要視すること

興味を持った理由はユーザーの学科に対する漠然としたイメージであり，それを判然とさせる必要があるのではないかと考えられる．そこで,トップページには抽出された要求事項が掲載されていることがわかるように,サイト内へとを誘導させる必要があるのではないかと考えられる．

(3) 品質機能展開図[3]の作成

抽出された要求事項と提供可能なコンテンツ（現状のサイトのコンテンツや追加コンテンツ）について，品質機能展開表を作成することで，コンテンツの分類化をはかった(表 2)．表 2 における◎は要求事項に対して網羅的に提供できるコンテンツとし，○は要求事項に対して一部提供できるコンテンツとしている．このように重み付けすることによって，類似コンテンツの結合，機能が不足しているコンテンツは充実化を行うことができる．

表 2. 品質機能展開表

			提供可能なコンテン							
			TOP	About	News		研究室			国際交流
				学科概要	OC・講演会情報	学会情報	各研究室紹介	研究室メンバーの声	各研究室リンク集	国際化プログラム	国際会議
要求事項	I	なんとなく気になる	○	○			○	○			
		どんな学科なのか知りたい	○	◎		○	○	○		○	○
		学べる内容を知りたい					○	○	○	○	○
		学科の雰囲気を見たい						◎			
		実際に大学を訪れる	○								
		どんな学生がいるのかを知りたい						◎			
		専門分野の詳細を見たい					◎	○	◎		
	D	卒業後の進路を知りたい									
		必修の授業が知りたい									
		オープンキャンパスの詳細を見たい			◎						
		志望学科（受験をするか）を決めたい									
	M	入試の詳細を確認したい									

6. まとめと今後の予定

本研究で掲示したプロセスよりユーザーの行動シナリオを想定することで,よりユーザーが利用しやすい Web サイトを構築できるのではないかと考えられる．

今後は，これまで作成した品質機能展開表によるコンテンツの分類化を基に実際の Web サイト制作を行い,評価実験を行う．

7. 参考文献

[1] ISO 9241-210:"Human-Centered Design for Interactive Systems",2010

[2]Mary Beth Rosson ら著:"Usability Engineering",2002

[3] 池田謙一ら著:社会心理学，有斐閣，2013

[4] 日本品質管理学会 編:新版 品質保証ガイドブック，日科技連，2009

[連絡先]

園部 彩香 e-mail:s.rfgf.p@gmail.com

D2-3

動画視聴に伴うリラックス指標の変化によるうつ傾向判定システムの開発

○林原史明*, 榛葉俊一**,橋爪絢子*,松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部, **静岡済生会総合病院

An Estimation System of Depression Based on the Relaxation Index while Watching Video

Fumiaki HAYASHIBARA*, Toshikazu SHINBA**, Ayako HASHIDUME*, Takemi MATSUI*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University
** Shizuoka Saiseikai General Hospital

1. 緒論

世界保健機構によると，2015 年におけるうつ病罹患者数は全世界人口の 4%を超え，3 億 2200 万人を上回っているが，有効な治療を受けているうつ病罹患者はその半数以下とされている [1]．一方，2015 年の世界の自殺者は推計約 80 万人で，自殺の主要因はうつ病との指摘もある．また，WHO の調査の一環として行われた研究によれば，うつ病罹患者の受診率は約 29%と低い水準にある [2]．うつ病罹患者の受診率が低い要因として，受診の必要性を自覚できなかったり，精神科や心療内科に対する負の印象や心理的抵抗感を持っていたりすることが挙げられる [3]．その結果，うつ病の症状が重症化してしまうケースも多いが [3]，早期に治療を開始するほど予後は良いと言われている [2]．

うつ病の自覚症状から，受診の必要性を自覚することは難しいが，自律神経の活動指標である心拍数変動指標(HRV: Heart Rate Variability)の変化から，客観的にうつ傾向を見分ける方法も研究されている [4]．具体的には，健常者とうつ病患者で精神的負荷課題を与えた際の HRV の変化パターンが異なることから，精神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，客観的にうつ傾向の有無を判定する．この HRV の算出には，心電図計測により算出する方法が一般的であるが，電極の貼付が対象者の負担となり，オフィスや自宅などの日常的な場面での計測には向かない．そのため，当研究グループでは，椅子に設置したマイクロ波レーダーを用いて脈波を計測し，非接触で心拍数と HRV の算出を行い，椅子に座るだけで自律神経の評価ができるシステムを開発している [5]．

本研究では，このシステムを用いて，精神的負荷を与える課題の代りに，対象者により負担の少ない動画を用い，動画の視聴中，およびその前後の HRV の変化を分析する．それにより，うつ病を早期に発見し，受診を促すことを目的とした，うつ傾向の判定システムの開発を目指す．また，猫の動画を見るとストレスが改善し，癒し効果が得られる [6]という知見から，リラックス指標に変化を与える刺激として，猫が映った動画を採用することとした．本システムを用いることで，椅子に座って動画を視聴するだけで，うつ傾向の判定が行えるようになる．

本論では，本システムを用いて動画を視聴中，およびその前後の健常者のリラックス指標(HRV のうち副交感神経の活動度を反映する HF)の変化を分析し，うつ傾向の判定を行うための刺激として，リラックスができる動画の視聴が有効かを検証した．

2. リラックス動画視聴による非接触うつ傾向判定システムの検証

2.1 システム概要

システムの構成図を図 1 に示す．モニター(a)，およびスピーカー(b)に対面する形で，背面と座面に 24GHz のマイクロ波レーダーを設置した椅子(c)を配置した．マイクロ波レーダーは，背面では計測対象者の心臓部，座面では計測対象者の大腿部が照射できる位置に 1 つずつ設置した．これらのレーダーで，対象者の心拍と呼吸に伴う体表面の動きを読み，A/D コンバータ(d)を通してデジタルデータに変換し，PC で収録・解析を行える構成とした．

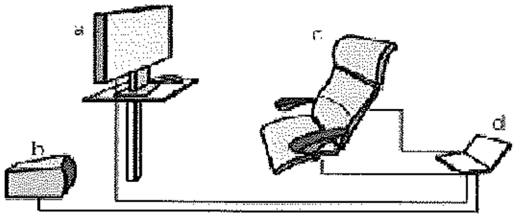


図 1. システム構成

2.2 実験方法

健康的な男女 13 名(平均年齢 45.8±19.7 歳)を対象に，本システムを使用してもらった.また，本実験の前に，猫が好きかどうかを質問し，その度合いを 5 段階で評価してもらった．

実験は 1 名につき 300 秒間を要し，最初に前安静を 120 秒間設け，60 秒間の動画視聴をしてもらった後，さらに後安静を 120 秒設けた(図 2)．なお，リファレンスとしてワイヤレス心電計 RF-ECG2(株式会社 GM3)を用いて，心電図も同時に計測した．

前安静 120秒 ⇨ 動画視聴 60秒 ⇨ 後安静 120秒

図 2. 実験の流れ

2.3 解析方法

本システムの椅子に設置した 2 つのマイクロ波レーダーから得た各波形から，ソフトウェア LabVIEW (National Instruments)で作成した解析プロ

グラムを用いて心拍データを取得した後に時間微分し，振幅の変化が大きい区間の変曲点をピークとしてピーク検出を行い，ピークからピーク間隔を求めた．得られたピーク間隔に対して1秒ごとにチャンネル選択を行い，最適なピーク間隔データを選択し，心拍数の算出を行った．なお，本システムで算出した心拍数と心電図計測による心拍数の相関係数(全対象者の平均: r =0.988)から，強い正の相関が認められた．

また，算出したピーク間隔のリサンプリングを行い，AR 法を用いて周波数解析を行い，HRV を算出した．その際のデータ長は 40 秒で，1 秒ずつシフトさせて解析した．

3. 結果と考察

本システムで算出した HF の時系列データの例を図3に示す．破線で囲んだ動画視聴中に HF の値が上昇しており，副交感神経が活性化していることがわかる．

前安静と動画視聴中，後安静の 3 つのセクションの変化に着目するため，13 名分のセクションごとの HF の平均値の変化を図 4 にまとめた．なお，HF の値は個人差が大きいため，前安静を基準とした比をとった．図4を見ると，動画視聴中に HF の値が上昇し，後安静で減少する傾向にあることがわかる．統計ソフト EZR(自治医科大学附属さいたま医療センター)を用いて分散分析を行ったところ，前安静と動画視聴中，動画視聴中と後安静の両方ともに 1%水準で有意差が見られた(図 5)．

本実験の結果，動画視聴中，およびその前後のリラックス指標の値が有意に変化することが示された．本実験では，健常者のみを対象としたが，リラックス時とその前後における健常者とうつ病患者の HF の変化パターンが異なる [5]ことを考慮すると，健常者とうつ病罹患者では，本システムを使用した際の HF の変化が異なるものと考えられる．

4. 結論

本論では，開発したリラックス動画視聴による非接触うつ傾向判定システムを用いて，健常者を対象に HRV の変化を分析した．その結果，副交感神経の活動度を反映する HF の値が，動画視聴中はその前後と比較すると有意に高くなることが確認でき，本システムを用いて非接触でうつ傾向の判定ができる可能性が示唆された．今後，うつ病患者を対象に本システムを使用してもらい，判別のためのアルゴリズムを確立させる．

5. 参考文献

1) World Health Organization: Depression and Other Common Mental Disorders Global Health Estimates, (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254610/1/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf?ua=1, 閲覧日 2017年10月26日).

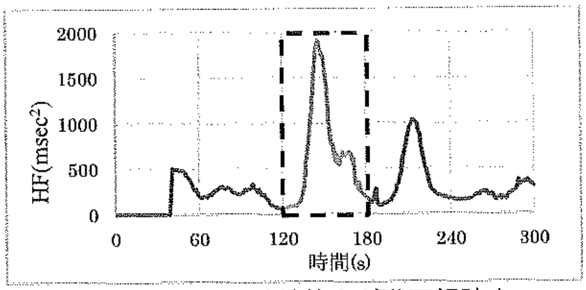


図 3. HF(破線枠内が動画視聴中)

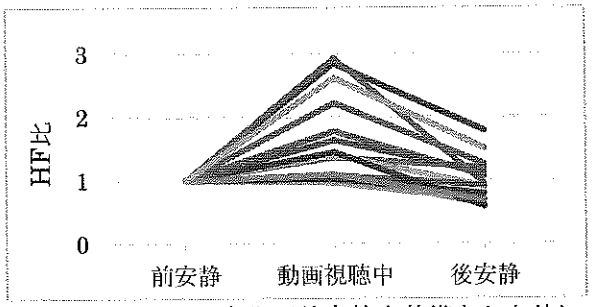


図 4. HF の変化（前安静を基準とした比）

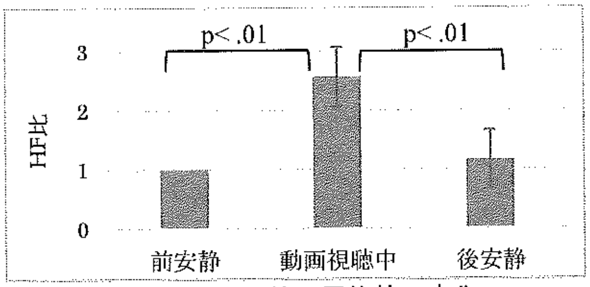


図 5. HF 比の平均値の変化

2) 一般診療科におけるうつ病の予防と治療のための委員会: うつ病診療の要点－10, 2008 (https://www.jcptd.jp/medical/point_10.pdf, 閲覧日 2017年11月7日).
3) 荒井 稔: うつ病の診断と治療，都民公開講座現代の病:「うつ」と「もの忘れ」，順天堂医学, 51, 386-391, 2005.
4) 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.
5) Matsui T. *et al.*: Impaired parasympathetic augmentation under relaxation in patients with depression as assessed by a novel non-contact microwave radar system, *Journal of Medical* Engineering and Technology, 40(1), 15-19, 2015.
6) Myrick J. G.: Emotion regulation, procrastination, and watching cat videos online: Who watches Internet cats, why, and to what effect?, Computers in Human Behavior, 52, 168-176, 2015.

[連絡先]
林原　史明
e-mail : hayashibara-fumiaki@ed.tmu.ac.jp

D2-4

歩きスマホの事故防止を目的とした前方監視アプリの開発

○檜山尚輝*，益田星汰**，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

Development of forward monitoring application to prevent accidents by using smartphone while walking

Naoki HIYAMA*，Seita MASUDA**，Masasi KAWASUMI* and Hironori KOYAMA*
*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，移動しながらスマートフォンを利用することを目的とするアプリが配信されている．このようなアプリの配信によって歩きスマホによる事故が増加し，問題視されている．歩きスマホによる事故には，駅のホームからの転落事故や，前方不注意による接触事故等が発生している．歩きスマホ対策のため，電気通信事業者協会や鉄道会社，携帯キャリア会社が合同で「やめましょう、歩きスマホ。」キャンペーンを実施している[1]．その取り組みの一方で，図1の東京消防庁の調査[2]によると，平成24年から平成28年までの過去5年間の歩きスマホ等に係る事故で，平成28年は過去5年間で最も救急搬送人員が多くなっている．また，図2,図3の電気通信事業者協会による「歩きスマホ」に関する調査[3]によると，約96%以上の人が歩きスマホに対して危ないと感じており，約90%の人が普段から注意・意識していることが分かっている．その一方で，歩きスマホをしてしまうという人が約50%いることも分かっている．その原因としては，携帯の操作に夢中になってしまう，移動しながら電車の時刻表や地図アプリを使用することが便利であるという理由が多かった．

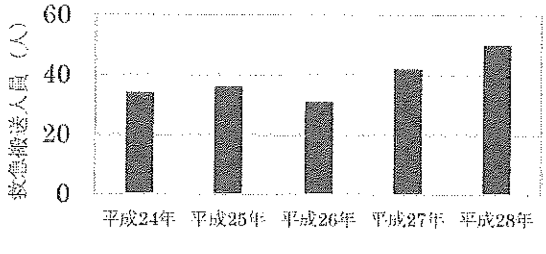


図1　歩きスマホによる年別の救急搬送人員

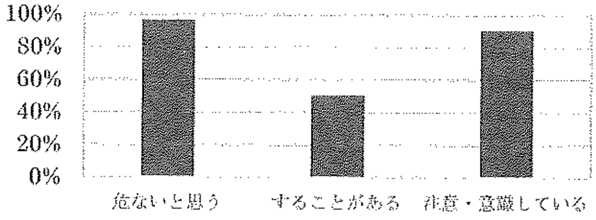


図2　歩きスマホに関する普段の意識・行動

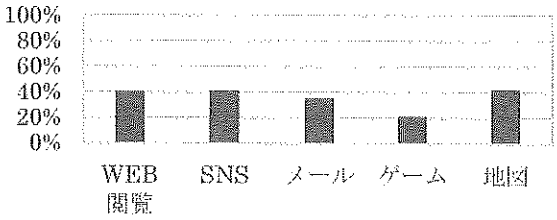


図3　歩きスマホをしてしまう理由

2. 目的

歩きスマホによる事故が発生してしまう原因として，意識がスマートフォンの画面に集中してしまい，周囲への注意力が不足してしまうことがあげられる．最初は周囲への注意を払っていた場合でも，安全な時間が続くことによって，スマートフォン画面に意識が段々と集中してしまい，周囲への注意力が散漫になって事故が発生してしまうと考える．

そこで本研究では，前方に人が歩いていた場合に，スマートフォン使用者に周囲への注意を促すようなアプリの開発を行う．また，再通知までの時間を設定することで，意識がスマートフォンの画面に集中してしまった場合にのみ通知をすることができ，操作の妨げになりにくいと考える．

3. 先行研究

先行研究[4]では，前方からの歩行者の有無や，歩行者までの距離を検出することができる超音波センサが使用されている．このセンサを使用し，ある一定の距離以上に近づいた場合に，通知を発することで周囲への注意を促すシステムの開発が行われた．

また，この先行研究では前方からの歩行者との距離がどれだけ離れていれば，接触することなく回避することができるかという実験が行われている．表1の実験結果から，500cm離れていれば接触は回避することができるという結果が示されている．

また，通知方法の実験では，点滅する矢印，点滅するアイコン，バイブレーション，音声の4通りの条件と通知を行わない条件で実験を行った．

通知を行わない条件と通知を行った条件を比較すると，有意差が認められた．しかし，通知を行った 4 条件間の比較では，有意差は認められない結果となった．実験後のアンケートによると，点滅する矢印が最も高い得点となった．

表 1　停止距離[cm]

スマホ利用者	歩行者	600cm	500cm	400cm
被験者 A	被験者 B	220	157	接触
	被験者 C	100	70	接触
被験者 B	被験者 A	170	120	接触
	被験者 C	130	110	接触
被験者 C	被験者 A	70	60	接触
	被験者 B	188	185	接触

3. アプリの開発

本研究では，バックグラウンドでカメラを起動させた状態にしておくことで，前方から来る歩行者を検知した際に，使用者に注意を促すようなアプリの開発を行う．アプリ使用者に注意を促す機能を付けることによって，歩きスマホによる事故を防止することができると考えられる．

PC 上で，Python の OpenCV を利用してリアルタイムでカメラの映像を取得し，下半身を検知することができるプログラムを作成した．このプログラムは，OpenCV の Haar-like 特徴分類器を使用し，取得したカメラ映像の中から，下半身であると判定した場所に四角形を表示させるプログラムである．プログラムの実行画面を図 4 に示す．図内の白い四角形は，下半身として認識している部分を表す．画面上に表示される四角形の大きさから，前方から来る歩行者とのおよその距離を推定し，先行研究の実験結果を基に，前方への注意を促すかどうかの判定をする．

Python で作成したプログラムを基に，Android Studio を利用して再度作成し，Android アプリの開発をしたいと考えている．

図 4　プログラムの実行画面

4. 今後の予定

今後は Android Studio を利用して，実際にこれまで作成した Python のプログラムを基に Android Studio で書き直し，アプリの開発をする．図 5 は，アプリの完成イメージ図である．通知の方法は，先行研究のアンケートを基にいくつか作成し，ユーザに分かりやすい通知方法を選択してもらう．また，再通知までの時間等を使用者が自身で変更できる機能を実装したいと考えている．このことによって，より分かりやすく，使いやすいアプリになると考える．アプリの完成後は，実際に使用する環境を想定し，精度に関する実験を行うことで，どの程度の精度で事故を回避することができるのかを検証したいと考えている．

図 5　アプリの完成イメージ

参考文献

1) 「やめましょう、歩きスマホ。」キャンペーンの実施について，電気通信事業者協会，available from <http://www.tca.or.jp/press_release/pdf/171019.pdf>，(accessed 2017-11-9)
2) 歩きスマホ等に係る事故に注意！！，東京消防庁，available from <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201602/mobile.html>，(accessed 2017-11-9)
3) 「歩きスマホに関する調査」，電気通信事業者協会，available from <http://www.tca.or.jp/press_release/pdf/170308sumahochosa.pdf>，(accessed 2017-6-5)
4) 佐藤雅也：スマートフォン利用者のための接触事故回避システム，平成 28 年度　修士課程学位論文・研究成果報告書予稿集，p41-p44，2017

[連絡先]
檜山　尚輝
e-mail：14fi090@ms.dendai.ac.jp

D3-1

階層性のある地下街などにおける「迷い」を避けるための地図利用に関する研究

○水内葵*
*早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

A Study on using of map to avoid "lost" in hierarchical underground areas

Aoi MIZUUCHI*
*Waseda University

1. 研究背景・目的

人間が空間移動をする際，ランドマークが自己定位及び空間認知に影響を与える重要なファクターである[1] など人間の空間移動に関する様々な研究がなされてきた．しかし，従来の研究では屋外での移動を対象としていて，これを地下街など屋内での移動にそのまま適用することは困難である[2] との指摘もある．

そこで本研究では，屋内空間における移動で生じる迷いの原因を抽出し，それに基づく情報支援を備えた地図とその利用方法を検討する．

2. 屋内における空間移動の課題

屋内での空間移動では「高さによる制限」「面積の制限」「階層構造」「障害物」「照明による採光」といった制約点で，屋外とは異なる（杉岡ら，2012）[2]．さらに，屋内でのナビゲーションシステムではGPS機能などが十分な機能を果たすことができないため，移動者自身が自己定位し，移動しなければならないという課題がある．

3. 研究方法

本研究では以下の手順で行う．本稿では検討が完了している②までを報告する．

① 屋内空間における空間移動実験

屋内空間での空間移動の特性の仮説を立てるため，地下街において移動実験を行う．

② 仮説の生成

実験を基に屋内での移動の特性の仮説を生成し，効果的な地図使用フェーズのモデルを作成する．

③ 地図使用ガイドの作成

①②の結果を基に，屋内地図の作成ガイドと地図の使用ガイドの作成を行う．

④ 検証実験

③で作成したガイドが実際に効果的であるか，仮説を基に地図を作成し，評価実験を行う．

4. 屋内空間における空間移動実験

4.1 目的・方法

立体構造を持つ屋内空間である渋谷駅構内において渋谷駅に不慣れな男子学生 2 名に指定した目的地までの移動を行わせた．被験者が何を目印にして空間移動をしているのかなどを明らかとするために実験中は思考発話法を行った．Google Maps®による紙地図を与え，実験前に SDQ-S[3]を用いて被験者の移動における空間認知能力が著しく低くないことを確認した．

4.2 結果・考察

図 2 のような地図を基に被験者が階段を利用し，階層を移動した際に自己定位ができなくなり「迷い」が生じた．これは，図 2 のように，階段出口の方向が様々捉えられることによって，被験者は実際に向いている方角とは異なる方角を向いていると考えたため，誤った経路選択を行い，「迷い」が生じたのではないかと考えられる．

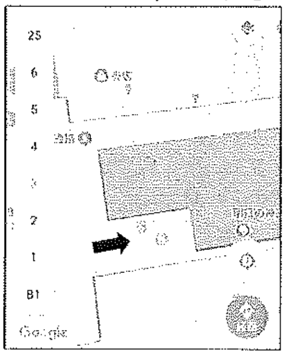


図 1.　迷いが生じた地図（渋谷駅 3F）

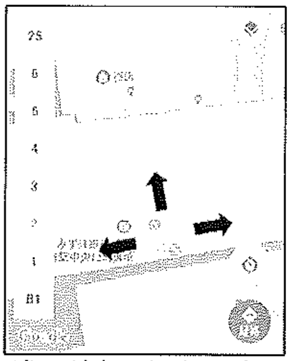


図 2.　迷いが生じた地図(渋谷駅 2F)

また，階段を利用したにもかかわらず，階層移動が起こっていないときに「迷い」が発生した．渋谷駅地下 1 階では JR と東京メトロの駅が連結している．しかし互いの駅の階層の高さが異なるため駅間での移動をする際に階段を利用するが，実際には階層の移動はないという現象が起こる．これは図 3 のように使用した地図には同階層が同じ背景色で表現されているにも関わらず生じた．

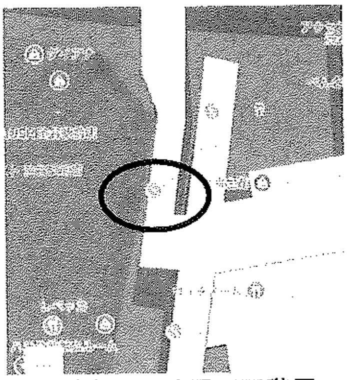


図 3. 迷いが生じた地図（同階層の場合）

5. 仮説の生成

5.1 屋内空間移動の「迷い」に関する仮説の生成

実験結果より，以下のような屋内特有の「迷い」の原因があるのではないかと考えられた．

(1) 階段の繋がりがわからないことによる迷い

屋内空間において，階層を移動した際に地図上での自己定位，また地図の繋がりを認識しにくいという特性があると考えられる．

(2) 階段を下りたことにより階が変わったと思ってしまうことによる迷い

近年，駅の複雑化により地下街で建造物が連結する構造が増加しており，建物により階層の高さが異なるため，地下街では階段を使用した移動でも階が変わらないことがある．従来とは異なるこの空間構造により，駅の地下街などで「迷い」が発生すると考えられる．

5.2 地図の使用プロセスモデル

屋内空間移動実験の考察に基づき，「迷い」を発生させないための地図の使用フェーズの仮説を構築した（表 1）．さらに，それらの関係性をモデルに示した．

表 1.　地図の使用フェーズ仮説

使用フェーズ	状況
① present	【自己定位】 地図上での現在地と自身の向いている方向を理解する．
② final goal	【最終目的地】 最終目的地を地図上で確認し，現在地との位置関係，階層構造を把握する．
③ milestone	【仮目的地】 目的地確認後，現在の階層から移動する際に使用する階段を決定する．その階段を仮目的地とする．
④ rout	【経路計画】 仮目的地，もしくは最終目的地までの同一階層内での経路を設定する．
⑤ check point	【確認地点】 設定した経路上に確認地点を設定する．
⑥ execution	【実行】 設定した経路上を進む
⑦ confirm	【確認】 正確に経路を進んでいるか確認する．確認地点，もしくは目的地に到達するたびに行う．

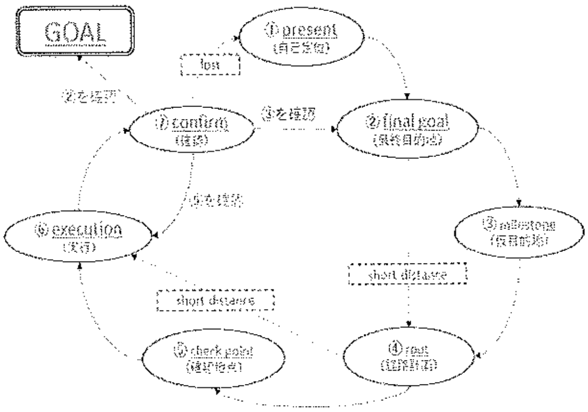


図 4.　地図の使用モデル

地図を使用する際は①からスタートし，各手順を追い⑦まで進める．その際，⑦で確認した地点が②ならば終了，③ならば②へ，⑤ならば⑥へ戻り移動を続ける．また，⑦で計画とは異なる場所を確認した際には，①へ戻り再自己定位をして各手順を行う．現在地と最終目的地が近い場合は③を省略することができ，さらに現在地と最終目的地が同一階層上にある場合は⑤も省略することができる．

屋内空間移動実験で被験者に「迷い」が生じた際は，③④⑤を省略して②から⑥への飛躍がみられた．上記のモデルの手順に従うことにより，階段のつながりを理解することができ「迷い」を防ぐことができ，また「迷い」が発生した際にも迅速に対応することができると考える．

6. 結論と今後の予定

屋内での空間行動に基づき，屋内空間特有の迷いの原因及び地図の有効的な使用モデルの仮説を構築した．今後は使用モデルに基づき地図の使用ガイドを作成し，そのガイドの有効性を検証する実験を行う．さらに，屋内で「迷い」を生じさせないための地図の作成案を検討する．

7. 参考文献

1)中川啓介，北望，高木健士，井上智雄，重野寛，岡田謙一：ランドマークの視認性に基づいた動的な案内地図作成，情報処理学会論文誌，2008.

2)杉岡基行，柳澤政生，戸川望：歩行者ナビゲーションシステムのための屋内環境での空間認知，マルチメディア，分散協調とモバイルシンポジウム，p1066-p1067，2012.

3)竹内謙彰：空間認知の発達・個人差・性差と環境要因，風間書房，1998

[連絡先]
水内　葵
e-mail：aoiwaseda0796@akane.waseda.jp

D3-2

ADHDに配慮した長期的タスク管理アプリケーションの開発

○小野寺恵*，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先端科学技術研究科情報通信メディア工学専攻

Development of long-term task management application for ADHD

Megumi ONODERA*, 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, Communication and Media Design Engineering,
Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokyo Denki University

1. はじめに

ADHD（Attention Deficit Hyperactivity Disorder, 注意欠如・多動性障害）とは，年齢あるいは発達に不釣り合いな注意力，衝動性，多動性を特徴とする行動の障害で，社会的な活動や学業の機能に支障をきたすとされる発達障害のひとつである[1]．幼少時に症状が現れると言われているが，近年では「大人のADHD」と呼ばれ，大人になってから自身の症状や社会生活における困難に気付くケースが増えている．実際に図1に示したように，発達障害者支援センターの支援実績からも発達障害患者の総数，19歳以上の患者数共に増加傾向であることがわかっている[2]．また，児童や思春期の患者に対する治療法は確立されているが，成人に対する治療資源は児童や思春期の症例に比べ乏しい問題がある[3]．

未成年に対して確立されている治療法としては薬物を用いて症状を抑える薬物療法と，患者の利用しやすい環境を整える，トレーニングを行うといった療育と呼ばれる方法が存在する．現在では，この療育の一環としてICT機器を用いることで日常の生活をサポートすることができるという結果が報告されている[4]．

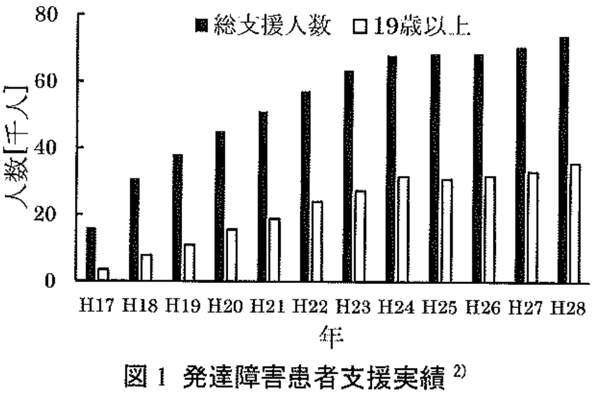


図1 発達障害患者支援実績[2]

2. 目的

ADHDの症状として，集中が続かず気が散りやすいこと，やる気の継続が難しいこと，大きなプロジェクトなどのタスクの未来を見通すことが難しいこと，次々と浮かぶ自らの考えで混乱してしまうこと等が挙げられる．これら症状の軽減または対症方法として一般に提案されている「大切な情報を見えるようにする」，「タスクを小分けにする」，「未来を思い描くことを意識する」，「考えていることを可視化する」[5]といった方法が挙げられる．先行研究[2]でも，上記の症状軽減方法をICT機器，アプリケーション等に落とし込み，生活を補助する方法が有効とされており，タスク管理アプリケーションが用いられることが多い．

上記の症状により，ADHD患者はタスクの計画的な達成が困難な場合がある．本研究ではそこに着目し，生活上の目標を達成する際に障害となると考えられる症状を軽減するToDoリスト型タスク管理アプリケーションを開発することを目的とする．

主な対象はADHD患者および「グレーゾーン」と呼ばれる，ADHDの傾向を有していると思われ，日常に困難を感じている未診断の者のうちタスク管理が苦手だと感じる者に対して検討を行う．

3. アプリケーションの検討

2節で述べた「タスクを小分けにする」ことに注目したToDoリスト型アプリケーションを試作した．タスクを小分けにし，直近のタスクのみに集中できるよう，1日に必要なタスクのみを表示する機能を設置した．しかし利用上の問題として，複数の日にまたがるタスクの扱いが難しいことや，この構造では長期的なタスクの運用をすることができないことなどが挙げられたため，アプリケーションの構造を検討し直す必要があった．

2節で述べた症状および軽減方法の要素と，試作の問題点を踏まえ，達成に時間を要し，複数の手順が必要なタスクの管理を行えるという部分を中心に据えたアプリケーションを開発することとした．

3.1 画面構成

アプリケーションの画面は図2のように3つの段階を踏み遷移する．図中左の1段階目では大きな目標やタイトルを記入し，図中央の2段階目でそれを3~5個程度に分解する．図中右の3段階目

では更にタスクを細分化し，ひとつにつき30分から 1 時間程度で達成できる単純な目標に分解する．この手順を踏むことで，複雑なタスクを前に不安を抱えるユーザが，達成しやすい単純なタスクへ目を向けることを補助するためである．

3 段階目の画面は一般的な ToDo リストのように機能するため，ひとつずつ達成しチェックを付けていくことで，1 段階目で記入した大きな目標を達成する足掛かりにすることができる．また，3 段階目のページ下部にはタイマーのボタンを設置し，タスクの合間に取る短い休憩を任意の時間で設定できるようにする．

3.2 特徴

本アプリケーションには次の特徴があると考えられる．a)目標ごとに達成までの手順を事前に細かく書き出すことで，「タスクの未来を見通すこと」ができる．b)細かい手順が明示されることで実行内容がわかり，短い作業時間で区切ることで達成感をこまめに味わうことができるため「やる気の継続」に繋がる．c)短時間の間に集中するため「気が散ること」を防ぐことができる．d)リスト形式のため，思いついたタスクを次々と書き出すことができ，これにより「思考の整理」に繋げることができる．

3.3 実装

アプリケーションは生活中，場所を問わず参照できることが望ましい．そのため，スマートフォン等の携帯端末を利用することとした．

以上の検討内容を基に，iOSアプリケーションをベースにXCodeを用いて開発を行った．使用言語はSwiftである．現在はタスクの新規追加，2段階の画面遷移の機能が実装されており，この段階で一度評価を行う．

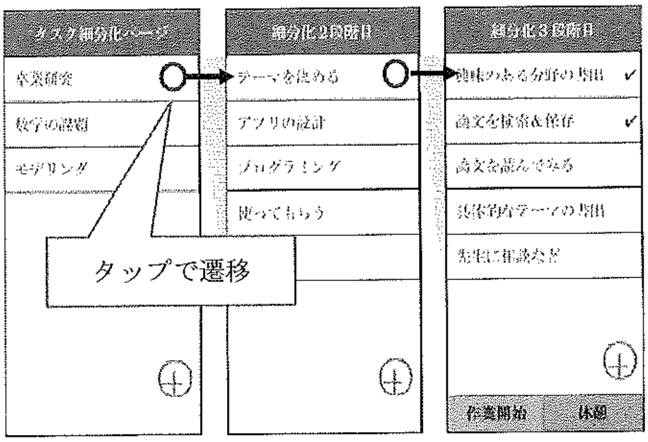


図 2　アプリケーション画面のイメージ

4. 評価方法

評価方法は主観評価とし，被験者は成人のうちタスク管理が苦手と感じている者で，ADHD の診断を受けているかどうかは問わないものとする．

被験者に本アプリケーションを数日間利用させた後，アンケートを実施する．アンケート内容は使い勝手，デザイン，タスクの遂行が行えているか，機能の過不足，全体としての評価の 5 項目に関しては，5 段階の評価とその理由の記述とし，このアプリケーションを利用してできるようになったこと，または制限されるようになったことを記述の形式で実施する．

評価とアンケートは 2 度実施することとする．1 度目はアプリケーションが最低限の機能で動作するようになった段階で実施し，得られた結果は使いやすさや今後必要な機能の検討に利用する．1 度目のアンケート結果を反映したアプリケーションの開発が終了した段階で 2 度目の評価を実施し，最終評価とする．

5. おわりに

本研究では ADHD 患者およびその症状を持つ未診断者の日常生活上の困難を軽減することを目的にアプリケーションの検討，開発を行った．開発するアプリケーションでは，ToDo リスト型のタスク管理方法を採用することで，複雑なタスクを達成しやすいタスクから順に達成させることが可能になると考える．

今後は評価を行い，アプリケーション完成に向け，引き続き開発を行っていく．

参考文献

1) 文部科学省，“学習障害（LD），注意欠陥／多動性障害（ADHD）及び高機能自閉症について”,available from<http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/004/008/001.htm>(accessed 2017-5-11).

2) 発達障害情報・支援センター，”発達障害者支援センターにおける支援実績”，available from< www.rehab.go.jp/ddis/>(accessed 2017-11-10).

3) Biederman J，Carter P, Maggie E, Jacqueline S, and Stephen F, “How persistent is ADHD? A controlled 10-year follow-up study of boys with ADHD”, Psychiatry Res., v(177), p.299-p.304, 2010.

4) 水内豊和，“発達障害児（者）への ICT 機器活用の基本視座”，日本教育工学会論文誌，v(39), p.117-p.122，2015.

5) R・A・バークレー他，“大人の ADHD ワークブック”，星和書店，p.194-p.222，2015.

[連絡先]
小野寺　恵
e-mail：14fi031@ms.dendai.ac.jp

D3-3

意外性と意思決定に関する研究
－アンケートと事象関連電位を用いて－

○小林詩織*，船田眞里子*
*白鷗大学経営学部経営学科

The Effectiveness of Unexpected Impacts in Commercial Messages for Consumers to Make Decisions
-Using Even-Related-Potentials -

Shiori KOBAYASHI*, Mariko FUNADA*
* Hakuoh University, ** Business Administration

1. はじめに

日常生活で TV を見ていると CM も自然に目に入るが，携帯会社の CM や文具の CM など目を引く CM もある．著者が興味深いと感じた CM を列挙すると，それらの CM には共通して「意外性」が含まれていることに気づいた．また，「意外性は人の興味を惹きつける」という先行研究 [1]もある．本研究では，チョコレートを例に，過去に放映された CM と，筆者が作成した「意外性」を含む CM を被験者に提示し，商品選択に違いが生じるか否かをアンケートと事象関連電位（Event-Related Potential, 以下 ERP）を使用して把握した．それらの比較からチョコレートの CM における「意外性」の効果について考察した．

2. 実験方法

2.1 ERP を用いた実験の方法

実験は，チョコレートの画像を見るという課題実行時の ERP を測定するものである．測定の前に CM を見るか否か，CM 中の「意外性」の有無による 4 種類の条件下で行った（以下それぞれ実験 A~D と呼ぶ）．実験 A では実験の前に CM を見ずに ERP を測定し，B では過去の CM 動画を見た後に ERP を測定した．C では「意外性」のない動画の CM を見た後で ERP を測定し，D では「意外性」を含む CM 動画を見た後で ERP を測定した．ERP の測定は以下の方法で行った．

(1)被験者：実験に協力的な成人女性 3 名（平均年齢 21.8 歳，a～c で識別）．事前に実験内容を十分に説明し，各被験者の同意を得た．

(2)実験場所：外界から遮断され，実験にのみ使用される研究室．実験への集中保持に配慮した．

(3)刺激の種類：市販の一口サイズの 4 種類の味（アーモンド，ストロベリー，コーヒー，バナナ）のチョコレートの画像で縦約 4.7cm，横約 3cm とした（図 1）．

(4)刺激のタイミング：19 インチの画面の中央に画像を 1 秒間ずつ表示した．刺激と刺激の間に 100ms を平均とした 50~150ms 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 となる位置に腰かけた．

(5)反復回数：4 種類の刺激を各 15 回ずつ計 60 回ランダムな順序で反復した．この反復を 1 セットとし，各実験では連続して 3 セットを行った．セット間には約 1 分間の休憩を挟んだ．

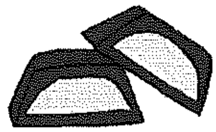


図 1　使用した刺激の例のイメージ

(6) 脳波：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，A/D 変換のサンプリング周波数 1kHz とした．

A～D の各実験は，間に 1 週間程度の期間をおいて行った．本稿では，被験者 a の実験 A～D の結果を中心に記述する．

2.2 解析方法

脳波はフィルタを用いて 50Hz の交流雑音等を低減した後，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．

2.3 アンケート調査

ERP 測定の各実験後に，チョコレート選択に関するアンケート調査を行った．買いたいを 100，買いたくないを 0 とし，50 をどちらでもないとして数値での回答を得た．

3. 結果

図 2 は，実験 A で測定した被験者 a の Cz で得られた 40 回加算平均した ERP である．横軸は刺激表示後の時間，縦軸は振幅で，線の種類が 4 種類の刺激の区別を表している．ERP の頂点電位は刺激時点から順に正の電位を P1，P2，P3，負の電位を N1，N2 などのように呼ぶ．実験後に行ったアンケート調査では（アーモンド，ストロベリー，コーヒー，バナナ）順に（50，70，30，75）の回答を得た．P1 の振幅に着目すると買いたい度合いの強いバナナとストロベリー，買いたくないコーヒーで高振幅となっている．300ms 付近の P3 の頂点電位は最も買いたいバナナ，次いでストロベリーで高振幅となっている．

図 3 は実験 B の ERP である．P1，N1 でバナナが他の刺激より高振幅である．実験後のアンケート結果は（50，70，30，85）であり，バナナの得点と ERP の P1 と N1 の高振幅と対応している．

図 4 は実験 C の ERP である．P1 では，ストロベリーとコーヒー，バナナが高振幅となっている．

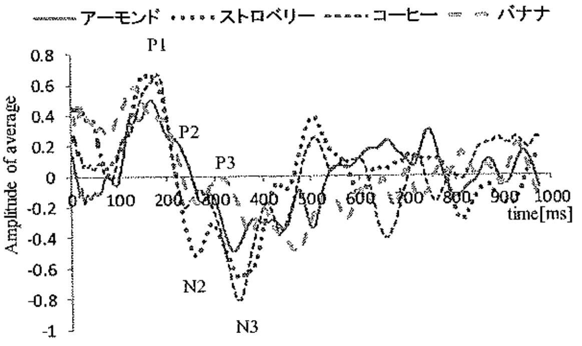


図 2　実験 A の ERP（被験者 a,　測定部位 Cz）

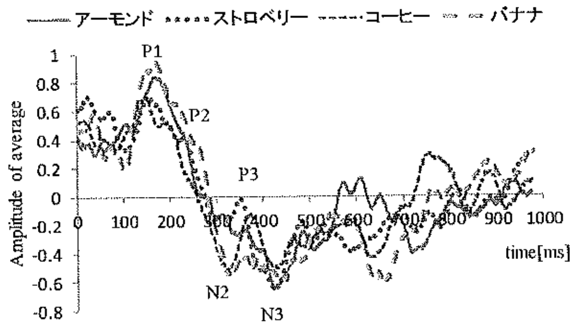


図 3　実験 B の ERP（被験者 a,　測定部位 Cz）

アンケート結果は（50，85，25，100）である．この実験でも関心が高いものが高振幅となっている．

図 5 は実験 D の ERP である．P1 は，全ての刺激で高振幅となっているが，P3 はコーヒーのみ出現している．アンケート結果は（50，60，20，90）であった．

4. 考察

ERP と実験後のアンケート調査の結果との比較から，P1 の振幅や P3 の出現の有無と主観的な嗜好を対応けることができた．

図 6 は，横軸に実験 A，縦軸に実験 B，C，D のアンケート結果をプロットした図（被験者 a）である．実験の反復により 図中の矢印のような得点の変化が生じた．実験 D では被験者の嫌いなコーヒーを売り込む意外性を含む CM を作成したが，逆に被験者の反感をかい，コーヒー味が嫌いであることを意識させ，さらに他の味の得点まで下げた．「意外性」を含む CM では消費者の感性に合わせることの重要性が示唆された．

5. まとめ

商品の CM は対象とする商品への関心を高めることがアンケートと ERP の振幅の変化から示唆された．「意外性」を含む CM は，製作者の意図したことが受け取る側に適切に伝わらず，負の効果が生じる場合もあり，直接的な表現よりも作成に注意が必要であることが示唆された．「意外性」の内容を変え，どのような意外性が購買につながるかを検討することなどが今後の課題である．

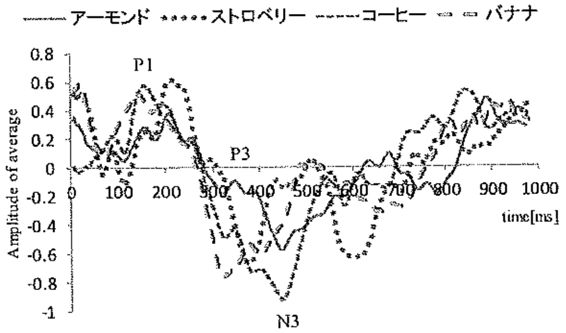


図 4　実験 C の ERP（被験者 a,　測定部位 Cz）

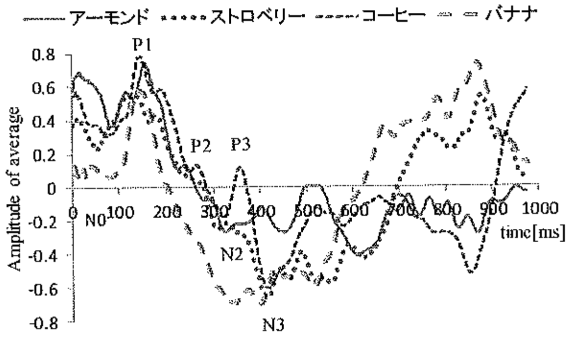


図 5　実験 D の ERP（被験者 a,　測定部位 Cz）

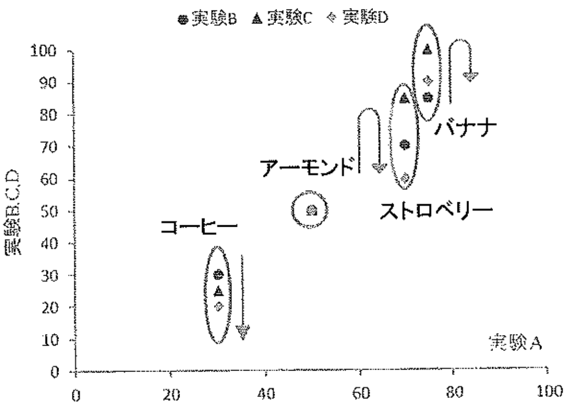


図 6 実験 A と B~D のアンケート結果（被験者 a）

参考文献

1) 浅川雅美・渡辺雄二・大澤清二・青木宏:"食品のテレビコマーシャルに対する消費者の反応測定法", Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi Vol.39, No.12, 1077～1085 (1992)
2) 入戸野　宏　・　堀　忠雄：”心理学研究における事象関連電位(ERP)の利用”, 広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編, 26, pp. 15-32, 2000.
3) Picton, T. W., et al.:"Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria". Psychphysilogy, 37, pp. 127-152, 2000.

[連絡先]
小　林　詩　織　　　e-mail:15141439@hakuoh.ac.jp

大会２日目

12 月 17 日（日）

A5-1

テーマパークにおける待ち時間と満足度に関する研究

○高木勇輔*，吉武良治*
*芝浦工業大学 ユーザーエクスペリエンスデザイン研究室

Research on waiting time and visitors' satisfaction in theme parks

Yusuke TAKAGI* and Ryoji YOSHITAKE*
* User Experience Design Lab, Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

娯楽部門においてテーマパーク業界は長い間トップを走ってきた．しかし，最近は娯楽の多様化によりその状態は崩されつつある．テーマパーク業界の代表格とも言える東京ディズニーリゾートも，サービス産業生産性協議会が発表している顧客満足度ランキングにおいて，集計開始当初は顧客満足度首位を守っていたが，2016 年には 27 位にまで低下している [1]．

満足度の低下の要因のひとつとして，混雑が大きく関係していると考えられる．特にアトラクション等の待ち時間は立ったままで何もすることがなく大きなストレスを感じる人も少なくない．本研究ではアトラクションの待ち時間の実態について調査し，ストレスを軽減し、満足度を向上させる方策の検討を目的とする．

2. 現状調査

2.1 現状調査①（優先パス）

優先パスとは事前に発券したり購入したりすることで待ち時間を短縮することができるチケットである．東京ディズニーリゾート（以下：TDR），ユニバーサルスタジオジャパン(以下：USJ)において導入されている優先パスを調査した．調査に際して 4 人家族での利用を想定し，ジャーニーマップによる視覚化手法を用いて分析を行った．

2.1.1 ディズニー・ファストパス

TDR では，混雑するアトラクションを対象に「ディズニー・ファストパス（以下：FP）」を導入している．誰でも無料で発券できる FP を取得し，記載された時間に戻ってくると，少ない待ち時間でアトラクションを利用することができる．FP 利用時のジャーニーマップを図 1 に示す．

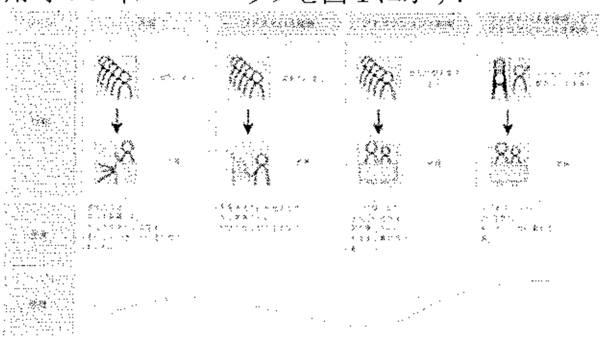


図 1　FP 利用時のジャーニーマップ

2.1.2 ユニバーサル・エクスプレス・パス

USJ では，混雑するアトラクションに対し「ユニバーサル・エクスプレス・パス（以下：UEP）」を導入している．当日，または事前に UEP を購入すると，列のほぼ先頭に案内される．時間指定のあるアトラクションと，好きな時に使えるアトラクションがあり，前者の場合は自分で時間枠を選ぶことができる．UEP 利用時のジャーニーマップを図 2 に示す．FP と利用の流れはほぼ同じだが，FP 利用時より想定した利用者の感情曲線の振れ幅が大きくなっている．

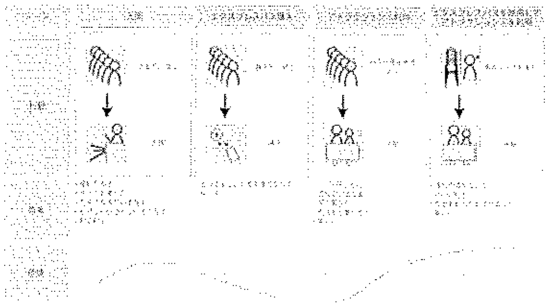


図 2　UXP 利用時のジャーニーマップ

2.2 現状調査②（キューライン）

テーマパークでは，人気アトラクションの待ち時間が 3 時間を超えることもあり，その行列のことをキューラインという．調査の結果，TDR や USJ では，長い待ち時間も利用者が退屈しないよう，キューラインの間に，そのアトラクションのテーマに合った空間作りの工夫や様々な展示物が設置されていることも多かった．

2.3 考察

現在，待ち時間に対して行われている工夫は，現状調査①のように待ち時間そのものを物理的に減らすこと，現状調査②のように待ち時間を心理的に感じさせないことの二つに分けられると考える．本研究では，物理的な時間短縮ではなく，後者の心理的に待ち時間を短く感じるような方策を，特にキューラインを対象にして検討していくこととした．

3. キューライン評価

3.1 要素抽出/主観評価

キューラインをさらに詳細に分析するために，来場者の心理的な待ち時間に影響を及ぼすと思われる 11 の要素（A～K）を抽出した．そして，各要素の心理的負担度を 5 段階（0～4）で評価する

基準を作成した．負担が大きいと予測される状況を0，小さいと予測される状況を4とした．その要素と基準を以下に示す．

〔カテゴリー①：キューライン内の工夫〕

A：動いているアトラクションが見えるか(0：見えない，4：見える)，B：アトラクションに関するもの/空間の有無(0：ない，4：ある)，C：アトラクションに関するものや空間がある場合静的か動的か(0：静的，4：動的)

〔カテゴリー②：列の進み〕

D：列が進むスピード(0：遅い，4：速い)，E：列が進む頻度(0：少ない，4：多い)

〔カテゴリー③：キューラインの構成〕

F：キューラインの長さ(0：長い，4：短い)，G：キューラインの幅(0：狭い，4：広い)，H：折り返しの回数(0：ない，4：多い)，I：階段やスロープなどの高低差(0：多い，4：平ら)，J：屋根や空調設備(0：完全屋外，4：完全屋内)，K：キューラインの終点が見えるか(0：見えない，4：見える)．

以上の基準を基に，東京ディズニーリゾート内61のアトラクションを11要素ですべて主観評価した．

3.2 キューライン図示

キューラインの状況を見える化し，評価を正確に行うため，61の全アトラクションのキューラインを調査し，図示した．図3にその例を示す．これらの図をもとに，評価値の修正を行った．

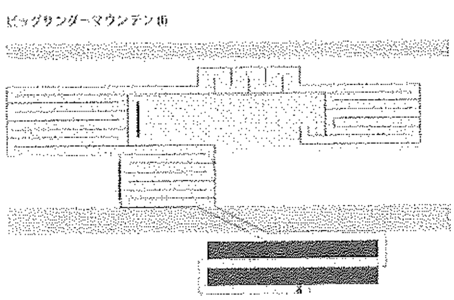


図3　ビッグサンダーマウンテンのキューライン

3.3 評価式の検討

評点をもとに満足度 S を算出する評価式を検討した．式(1)に示すように11の要素を単純に加算しただけでは主観的な満足度との一致度は低かった．

$$S = A+B+C+D+E+F+G+H+I+J+K \quad (1)$$

$$S = \frac{\frac{A+B+C}{12}+\frac{D+E}{8}+\frac{F+G+H+I+J+K}{24}}{3} \quad (2)$$

そこで式(2)に示すようカテゴリーごとの得点率を算出し，さらにその平均を求めたところ，(1)式よりも主観的満足度に近い結果となり，大きな改善がみられた．

3.4 エキスパートへのアンケート実施

3.1の基準を確認すること，そして客観的な順位を算出する目的で，テーマパークで働いている従業員25名（エキスパート）に対し次のようなアンケートを実施した．その結果を点数として換算した結果を表1に示す．3.1の基準が概ね問題ないことが確認できた．

<アンケートの例>

(1) 動いているアトラクションが見えないより，見える方が短く感じる．

□ とてもそう思う　□ そう思う
□ ややそう思う　□ この要素は関係ない
□ ややそう思わない　□ そう思わない
□ とてもそう思わない

表1　アンケート結果

			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	7	7	5	4	2	0	0	[illegible]	38
	[illegible]	[illegible]	14	5	5	1	0	0	0	[illegible]	57
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	10	3	1	0	0	0	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5	1	1	0	0	0	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7	3	2	0	1	0	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	4	1	2	1	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	7	[illegible]	3	7	0	[illegible]	0	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7	0	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	7	10	[illegible]	1	1	[illegible]	0	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	20	[illegible]	0	0	0	0	0	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]
										[illegible]	[illegible]

3.5 重み付け

アンケートにて算出した値をもとに，より正確な満足度 S の数値を算出するために(3)式に示すような重み付けを実施した．その結果，エキスパートが感じる主観的な満足度と(3)式の満足度 S がほぼ一致する結果となった．(3)式によって得られた得点順位の上位3位までと下位3位を表2に示す．

$$S = A \times \frac{38}{464} + B \times \frac{57}{464} + \cdots + K \times \frac{25}{464} \quad (3)$$

表2　満足度得点 S の上位3つ下位3つ

2.760776	カートゥーンスピン
2.553879	ワールプール
2.424569	スティッチ

1.038793	レオナルド
1.021552	スプラッシュ(O)
0.920259	ハニーハント

4. おわりに

満足度 S の得点が上位のアトラクションにおける効果的な要素を参考にし，今後、下位のアトラクションを上位に近づけるための方策を検討していく．

5. 参考文献

1) 日本生産性本部サービス産業生産性協議会：2016度JCSI年間発表，http://activity.jpc-net.jp/detail/srv/activity001503/attached.pdf(参照日2017年6月26日).

[連絡先]
髙木　勇輔
e-mail：cy14219@shibaura-it.ac.jp

A5-2

手指入力における選択方法の提案

○杉澤直樹*，井上翔太*，佐藤仁哉*，田村寿英*，津田祥明*，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 Selection Method of Hand Input

Naoki SUGISAWA*, Syota INOUE*, Masaya SATOH*,
Toshihide TAMURA*, Yoshiaki TSUDA* and Tetsuya OHYA*
*Department of Clinical Engineering,
Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

1. はじめに

医療現場では清潔不潔の概念がある．術者などの清潔野側の人間は，不潔である装置を直接触れて操作することができない．そのため，他の介助者が術者の指示に従い機器を操作する必要がある．このため，術者本人の意図とは異なる操作となり，誤った操作をする場合がある．この問題点の解決方法として，手指入力装置である LEAP motion による選択方法を提案する．LEAP motion とはコンピュータに接続する小型 USB 周辺装置で，二基の赤外線カメラで手や指の位置を推定できる [1-3]．また，装置に触れることなく清潔な状態を維持したまま操作を行える．これにより，介助者を必要としないため，伝達間違いによる誤操作を無くすことが可能である．

LEAP motion では手指の水平，垂直，奥行きの座標をコンピュータに取り込むことが可能である．しかし，手指入力による選択方法が定まっていない．そこで本研究では，選択方法となる選択動作の検討を行った．

2. 目的

アイコンやメニューなどの対象物を選択する場合，選択を確定する「選択動作」を行う必要がある．ディスプレイ上のカーソルは人差し指の位置と同期し，その後対象物を選択する．そのため，選択動作時にカーソルとなる人差し指が大きく動くと誤った対象物を選択する可能性がある．そこで本稿では，各選択動作による人差し指の動きの大きさを比較する．

3. 実験方法

実験方法として，ディスプレイの下部に LEAP motion を配置した．人差し指の動きに同期するカーソルと，ディスプレイ中央に円の対象物を表示するプログラムを作成し選択動作を行った [4]．また，実際の医療現場を想定し，被験者の上肢は他の物に触れないように指示した．各選択動作を行う腕は被験者の利き腕とした．

実験では，カーソルの役割を「人差し指の伸展位」とした．人差し指の静止時における座標測定を行った．また，比較する選択動作として「親指の伸展」，「中指の伸展」，「小指の伸展」の三つの動作とした．各選択動作の指の形状を図1 (a) から (d) に示す．

人差し指の静止時においては，円の対象物に 5 秒間「人差し指の伸展位」でカーソルを合わせ，人指し指の動きを測定した．選択動作時では，円の対象物にカーソルを合わせ，1 秒毎に動作を 5 回行った．

本研究では人差し指の座標の統計値の散らばりを RMS で評価した．RMS は統計値や確率変数の散らばり具合を表す数値の一種である．検定には多重比較検定（Tukey 法）を用い 5%未満を有意水準とした．被験者は健康な成人男性 4 名，成人女性 2 名とし，選択動作を 2 回ずつ行った．

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．

4. 実験結果

水平方向の RMS の実験結果を図 2 に，垂直方向の RMS の実験結果を図 3 に示す．水平方向の RMS 平均値は静止時で 2.35±0.81pixels，「親指の伸展」で 4.07±1.14 pixels，「中指の伸展」で 5.20±3.12 pixels，「小指の伸展」で 4.33±1.35 pixels となった．検定を行った結果，水平方向では静止時及びすべての選択動作で有意差が認められなかった．

垂直方向の RMS 平均値は静止時で 4.29±1.60 pixels，「親指の伸展」で 7.95±3.83 pixels，「中指の伸展」で 14.60±4.04 pixels，「小指の伸展」で 8.19±2.61 pixels となった．検定を行った結果，垂直方向では「中指の伸展」に対して，静止時及びすべての選択動作で有意差が認められた．静止時，「親指の伸展」，「小指の伸展」では各組合せで有意差は認められなかった．

5. 考察

水平方向の RMS については有意差を認められなかった．手指の構造上，指が特定の方向に動くと隣接している指も同方向に動く．選択動作とした指の伸展は，垂直方向の動きが主軸となっている．このため，水平方向への影響が少ないことが考えられる．

垂直方向の RMS については，「中指の伸展」に

対して静止時を含む他の選択動作全てに有意差が認められた．中指は人差し指の隣に位置するため，選択動作によって人差し指に一番大きく影響を与えたと考えられる．親指も人差し指の隣に位置しているが，他の四指と違い独立した構造をしている．したがって，「親指の伸展」の RMS は，「中指の伸展」に対して有意差が認められたと考えられる．小指は中指と比較し，人差し指から離れている．そのため，「小指の伸展」の RMS は，「中指の伸展」に対して有意差が認められたと考えられる．

以上のことから，「中指の伸展」は RMS が大きく，誤入力の可能性が高くなり，選択動作には不適切であると考えられる．「親指の伸展」と「小指の伸展」は，静止時との有意差が認められなかった．したがって，選択動作として適切である．

また，「親指の伸展」と「小指の伸展」の間に有意差が認められなかったため，同様な精度の選択を行えることが確認された．以上のことから，「親指の伸展」と「小指の伸展」の選択動作が適していると考えられる．

6. おわりに

本研究は，医療現場における清潔不潔の概念に着目し，手指入力で清潔状態を維持し機器操作を行うことを目的とした．「親指の伸展」と「中指の伸展」と「小指の伸展」の三つの動作において，RMS を用いたカーソルに与える影響の比較を行った．その結果，提案した選択動作において「親指の伸展」と「小指の伸展」はカーソルに与える影響が少なく，誤入力が少なくなると考えられ，選択動作として最も適切であることが示唆された．また，「中指の伸展」はカーソルに与える影響が大きく，誤入力となる可能性がある．

今後は「親指の伸展」および「小指の伸展」による符号化入力が可能であるため，組み合わせた選択動作を提案する．

参考文献

1) Leap Motion , https://www.leapmotion.com/ (accessed 2017/11/13)

2) 吉田修梧，伊藤朱音，羽生美里 他：Leap Motion を利用したゲームの試作とユーザーインターフェースの考察，研究報告コンピュータと教育（CE），Vol.2015-CE-129，pp.1-8，2015

3) 細野敬太，笹倉万里子,田邊浩亨：Leap Motion を用いたジェスチャ操作による文字入力方法の提案，人工知能学会全国大会論文集，Vol.28，pp.1-4，2014

4) 中村薫：LEAP Motion プログラミングガイド [改訂版]，工学社，2015

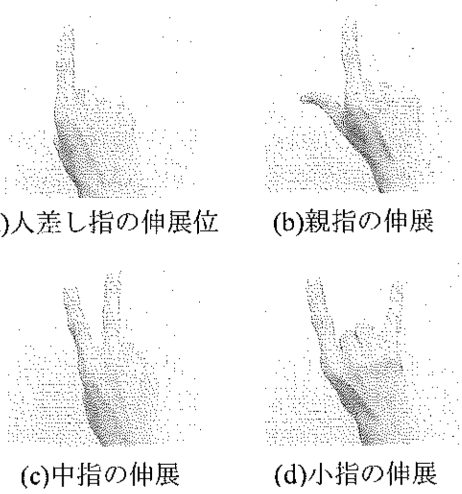


図 1　各選択動作の指の形状

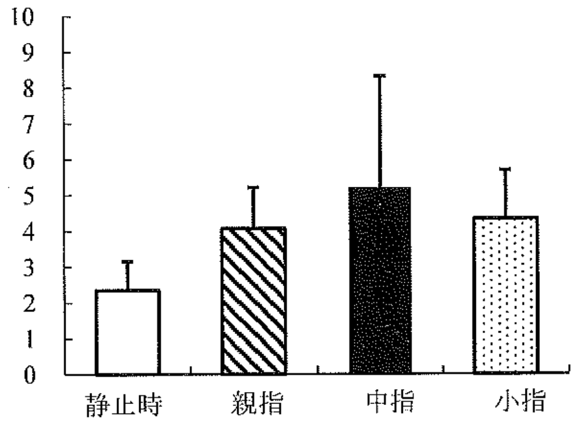


図 2　水平方向の RMS［pixels］

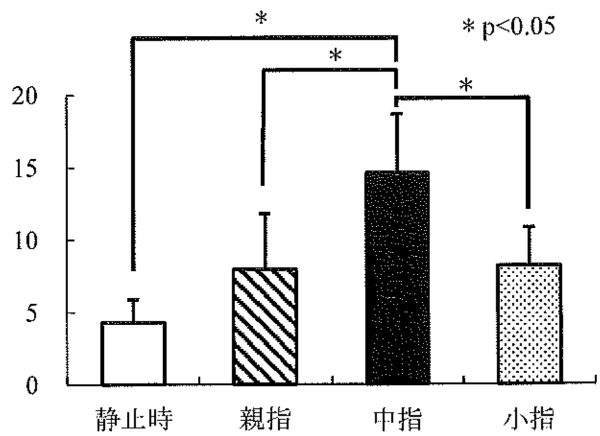


図 3　垂直方向の RMS［pixels］

[連絡先]
杉澤　直樹
e-mail：m145020@ooya-lab.main.jp

A5-3

睡眠時無呼吸症候群の簡易検査に向けた装置開発
―疑似いびき音の第一フォルマント周波数と口蓋垂との関係の検討―

○宮本 皓脩*, 吉澤 昌純**, 大柴 哲郎**
*東京都立産業技術高等専門学校

Equipment development for the simple test of sleep apnea syndrome
-Study of the first formant frequency of Pseudo snoring relationship with Uvula-

Kosuke MIYAMOTO*, Masasumi YOSHIZAWA**,Tetsuro OSHIBA**
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

近年、睡眠時無呼吸症候群（SAS：Sleep Apnea Syndrome）が社会問題となっている。この病気に罹患すると睡眠中に呼吸が止まり、その状態が断続的に繰り返すため十分な睡眠が取れない。また、日中強い眠気に襲われることがあるため、労働災害や自動車の運転操作ミスによる交通事故につながる。しかし、睡眠中に起こるため、自分では気づきにくく早期発見が難しい。さらにSASは経年変化などが関係しており、現在は健常者であっても数年後にはSASになることもあるため定期的な検査が必要である。SASの一般的な検査方法として終夜睡眠ポリグラフ検査が用いられる。しかし、これは睡眠時に様々なデータを収集し、そこから診断を行うため、体にいくつものセンサーを取り付けた状態で一晩入院する必要がある。このことから、気軽に検査を受けづらく、早期発見につながりにくいといった問題点がある。

我々は、SASの早期発見につながる覚醒時のスクリーニング検査装置の開発を最終目標として擬似いびき音の解析を行うための基礎研究[1]を行ってきた。今年度は疑似いびき音の第1フォルマント周波数と中咽頭の個人差を特徴付ける中咽頭各部の寸法との関係を検討し、中咽頭の各部の寸法を通してSASと疑似いびき音の第1フォルマント周波数との関連を検討したので報告する。

2. 理論

2.1 疑似いびき

いびき音は軟口蓋振動音であり、そのフォルマント周波数の音程は声道の形状に起因している。この覚醒時にいびき音を真似た音を本研究では擬似いびき音と呼ぶ。この疑似いびき音と声道の状態を対応付け、診断に応用することができれば、一晩入院することなく通院時や集団検診などで覚醒時に検査でき、SAS患者の早期発見も見込めるのではないかと考える。

2.2 フォルマント周波数

声帯の振動によって生成された音波（喉頭原音）が声道で共振されたパワースペクトルにいくつかのピークを生じる。この、それぞれのピークをフォルマント周波数と呼び、周波数の低いものから順に第1フォルマント周波数、第2フォルマント周波数と呼ばれる。擬似いびきの周波数解析には線形予測法を用いた。線形予測法の用いられるモデルは数種類あり、その中でも音声解析などの時系列信号解析によく用いられる自己回帰モデルを解析に使用した。

2.3 中咽頭とSAS

中咽頭とは口を開けた時に見える図1の円で示す場所を指す。食物や空気の通路であり、食べ物を飲み込む嚥下、言葉を話す構音をうまく行うための重要な働きをしている[2]。また中咽頭の中に軟口蓋と呼ばれる器官がある。軟口蓋とは口を大きく開けた時に見られる口蓋垂と呼ばれる突起した部分とその上の上顎の軟らかい部分を指し、鼻腔と口腔との間を開けたり閉じたりする扉の役割をもっている。特に口蓋垂の縦幅及び横幅は実際のいびき音の発声やSASに関連があるされており、口蓋垂長（縦幅）は長いほどいびき音発生時に振動が増し生じやすく、口蓋垂幅（横幅）は太いほど口狭から舌根の間で閉塞が起こりやすいという報告がある[3]。またSAS患者の特徴として、自然の状態にはしばしば軟口蓋が舌の背後に隠れ舌背を舌圧子で強く圧迫しないと視診できない事が多いことが挙げられている[3]。本研究ではこれらの事柄を参考に、舌圧子で圧迫しない自然の状態において図1で示している中咽頭が見えるか見えないかを、SASの兆候があるグループに分ける判断の1つとして用いた。

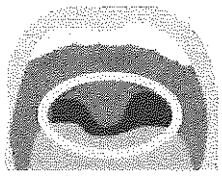


図1 中咽頭について

3. 実験方法

3.1 擬似いびき音の計測・データ解析法

今回は15～21歳の男性19名の計測を行った。被験者には食後3時間の絶飲食をしてもらい、座位の姿勢で計測を行った。座位で擬似いびき音を3回ずつ発生させ、マイクを介してPCに録音し、解析を行った。第1フォルマント周波数は3回発声した平均値とし、疑似いびき音を一定区間で切り出し、線形予測法により求めた。

3.2 中咽頭計測・解析方法

被験者に口を大きく開けてもらい、何もしない自然な状態と舌を舌圧子で強く押さえつける状態の2種類の計測法で計測した。図1で示した軟口蓋の手前の部分にスケール(舌圧子の先に紙で5mm基準スケールをセットしたもの)を置き、座位の姿勢で口の中をiPhone SEによって撮影した。撮影した画像から、スケールを基準とし口蓋垂の縦幅・横幅を計測しImageJによって寸法を求め、擬似いびき音と口蓋垂の結果の相関を検討した。また文献[4]にて引用したSAS患者といびき群の口蓋垂長(口蓋垂の縦幅)8.8-15.8mmを参考に、口蓋垂の縦幅がその範囲にあり、なおかつ、口を開いたときに中咽頭を確認できないものをSASの特徴を持つとして「SAS特徴」と名付け、その有、無の2グループに分けた。なお、今回の検討では、SAS特徴が有としても、SASの発症の有無は検査していない。

4. 結果と考察

図2に口蓋垂長と擬似いびき音の第一フォルマント周波数との結果を示す。相関は0.53となり中程度の相関があった。相関は高くないものの、口蓋垂長が長いほど振動が増し、周波数も高くなる傾向を持つことが確認できた。相関の結果が中程度の正相関になった事の考察として擬似いびき音の第一フォルマント周波数には声帯からアデノイドを含む鼻の部分までの影響を含むためであると解釈できる。

図3に口蓋垂の横幅(口蓋垂幅)と擬似いびき音の第一フォルマント周波数との結果を示す。相関は0.08であり、相関は確認できなかった。しかし文献では、口蓋垂幅はSAS患者との関連が示唆されおり、SAS患者も対象に含め、今後も検討を続ける必要がある。

次に、SAS特徴のあるグループは、無いグループと比較して、擬似いびき音の第一フォルマント周波数が高い傾向にあることが分かった。疑いのあるグループの擬似いびき音の第一フォルマント周波数の平均は409.8 [KHz]、標準偏差は76.7となった。特徴の無いグループの第一フォルマント周波数の平均は313.5[KHz]、標準偏差65.8となった。その理由としては中咽頭から口腔において舌根が盛り上がることで、気道スペースが少なくなり、かつ気道にも圧迫つながり擬似いびき音の第一フォルマント周波数が高くなったと考えられる。そこで、SAS特徴の有無に対する擬似いびき音の第一フォルマント周波数について、T検定を実施した。その結果、5%水準の有意差を確認した。この事から、擬似いびき音の第一フォルマント周波数の値を用いて、SAS特徴を持つ健常者を簡易的に判別できる可能性が確認できた。

5. まとめ

口蓋垂長と疑似いびき音の第一フォルマント周波数との相関は0.53と正の相関を得ることができ、口蓋垂幅と疑似いびき音の第一フォルマント周波数は0.08とほとんど相関なかった。口蓋垂幅はSAS患者との関連が示唆されおり、OSAS患者も被験者として加えて検討を継続する必要がある。更に、SAS特徴の有無に対する疑似いびき音の第一フォルマント周波数について、T検定の結果、5%水準の有意差を確認した。この事から、擬似いびき音の第一フォルマント周波数の値を用いて、SAS特徴を持つ健常者を簡易的に判別できる可能性が確認できた。

今後、疑似いびき音の第一フォルマント周波数の値に加え、姿勢変化等の手法を加えた我々のスクリーニング手法にて、SASの特徴を持つ被験者を経年的に検査していくことにより、現在はSASが発症していないが、年を重ねるにつれた筋力の衰え等からの SAS の発症を早期に発見できる可能性について検討する必要がある。また、今回検討したSASとの関連のある口蓋垂長、口蓋垂幅、口を開いたときに中咽頭を確認できないという項目以外にも BMI などの他の指標についても加えて検討を継続したい。

参考文献

1) 平成27年度__大柴哲郎__卒業論文。
2) 国立がん研究センター__中咽頭ガン__基礎知識。
3) 閉塞生睡眠時無呼吸症候群における中咽頭計測の検討__頭頸部外科__4(2):133~140,1994.
4) 中咽頭計測法によって得られた閉塞性睡眠時無呼吸症候群患者の解剖学的特徴_日気食会報__44(1),1993_pp.20-26

[連絡先]
宮本皓脩
E-mail : m13135@g.metro-cit.ac.jp

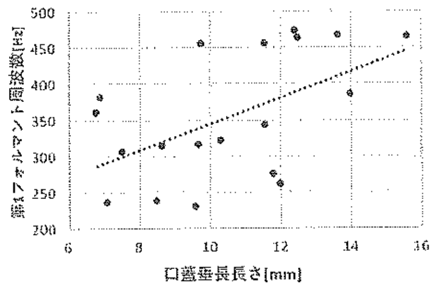


図2 口蓋垂長と周波数の関係

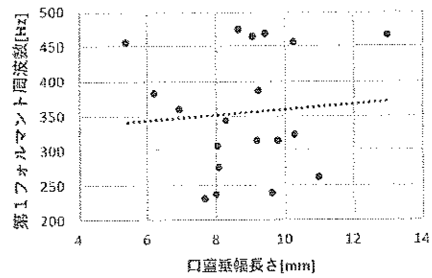


図3 口蓋垂幅と周波数の関係

A5-4

自助具としてのパワーアシストハンドに関する研究

○塩崎祐輔*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学理工学部，**横浜国立大学大学院工学研究院

A Study of Power Assisted Hand as A Self Device

Yuusuke SHIOZAKI*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
* College of Engineering Science Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1.緒言

現在，日本において，脳血管疾患の患者数は年間 117 万人にも上り，今後，高齢化が進行するにつれてさらに患者数が増加することが予想されている．脳血管疾患の死亡率は医療の進歩によって 1970 年頃を境に下降しているが，患者数自体は減少していない[1]．脳血管疾患は一命を取り留めても，しばしば後遺症として手足が麻痺・拘縮する片麻痺が発生する．片麻痺のリハビリには理学療法士による手指のマッサージが必要だが，理学療法士の不足や個人でのリハビリ継続の難しさが問題となっている．パワーアシストハンド（PAH）は指の各関節部に取り付けたベローズの膨張・収縮を空気圧によって行うことで，麻痺した手の屈伸運動を補助し，反復的にこの運動を繰り返すことで不自由になった手指のリハビリを行うグローブ状の機器である．先行研究にて，PAH に自助具としての把持機能を備え付けることに成功し，茶碗や衣服を掴むことが可能になった．そこで本研究では，この自助具としての PAH に改良を加え，ベローズに流入する空気の圧力を入力として把持力を調節する機能を備え付けることを目的とする．PAH の把持力を調節可能とすることで，片麻痺患者の拘縮度に合わせた把持力で運用することや，把持する物体の形状，重量に合わせたアシストが可能になるといった利点がある．

2 自助具としてのパワーアシストハンド

物体を摘まむことに重点を置き，人差し指，中指の PIP 関節，MP 関節にのみベローズを設置した．拇指は樹脂製の板で対立位となるように固定している．この改良を加えたことで茶碗の把持が可能となった．

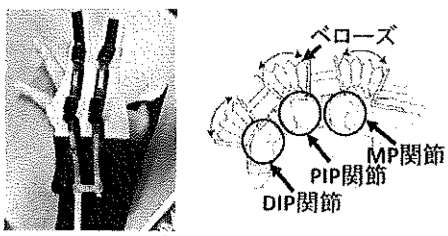


図 1　自助具としての PAH

3. 形状の改良

ベローズ位置と関節位置を合わせるため，被験者の手のサイズを測定し，ベローズを関節の真上に配置した．また，DIP 関節以降の布を取り除いた．既存の PAH では拇指の固定が不十分であったため，拇指部は取り除き，D&M 社のサムロックという関節固定器具で代用した．

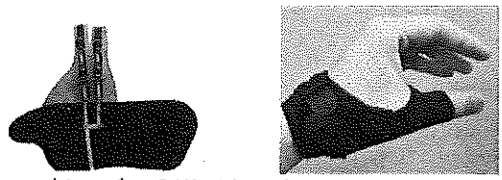


図 3　新モデル PAH（左）とサムロック（右）

4. 健常者を用いた把持力測定実験

4.1 圧力調節弁

ベローズに流入する空気の圧力を変化させることによって PAH の把持力を調節する機能を実現するためには，圧力と把持力の関係を調べる必要がある．ここで，把持力は人差し指，中指，親指の 3 本の指で物体をつまんだ際に指と物体が接する面に垂直に働く力と定義する．ポンプとベローズの間に圧力調節弁を設置し，ベローズに流入する空気の圧力を調節可能にした．

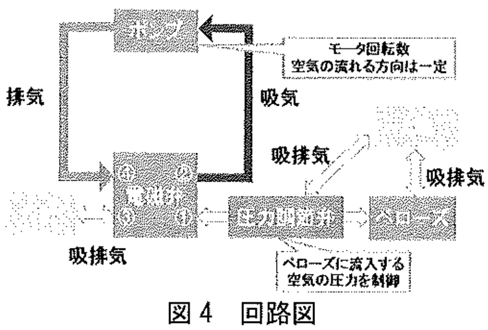


図 4　回路図

4.2 実験方法

被験者（健常者）が PAH を装着し，ロードセル（厚さ 46mm）をつまんだ状態でベローズに流入する空気の圧力を連続的に変化させ，そのときの把持力の変化を測定した．

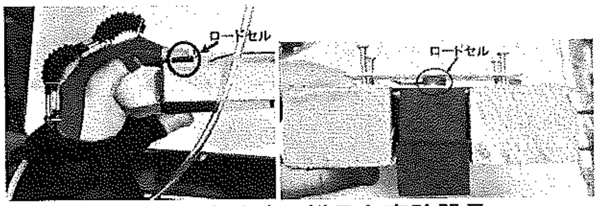


図５　実験時の様子と実験器具

4.3 実験結果

被験者１名に対して６回の測定を行った．６回の測定の間，被験者にはロードセルを摘まんだ状態で目をつぶってもらい，無意識的に力が入らないようにした．また，MP 関節上部のベローズ入り口からポンプ側に 160mm の位置に圧力計を設置し，ベローズに流入する直前の空気の圧力を計測した．６回の測定から得られた把持力-圧力のグラフを次に示す．

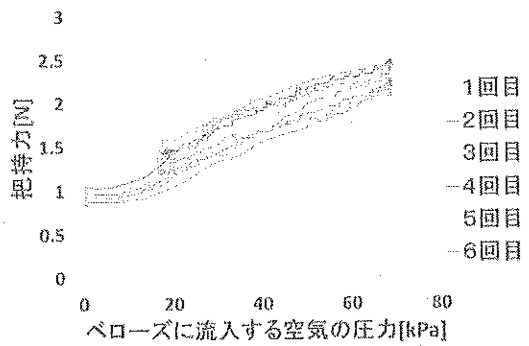


図６　把持力と圧力の関係

図６より，把持力-圧力間には正の相関があることが読み取れた．しかし，被験者の無意識的な力みによって測定ごとに把持力にばらつきが生じてしまった．

5.手指の 3D モデルを用いた把持力測定実験

5.1 手指の 3D モデルの作成

健常者を用いて把持力測定実験を行ったが，無意識的な力みによって把持力にばらつきが見うけられたため，3D プリンタを用いて手指の 3D モデルを作成し，再度，把持力計測実験を行った．作成した 3D モデルの寸法を以下に示す．

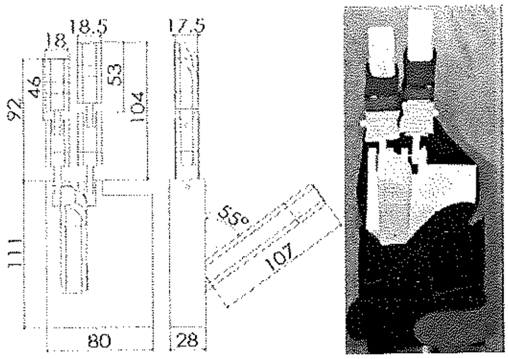


図７　手指の 3D モデル

5.2 実験方法

3D モデルに PAH を装着し，健常者を用いた把持力測定実験と同様の手順で測定を３回行った．

5.3.実験結果

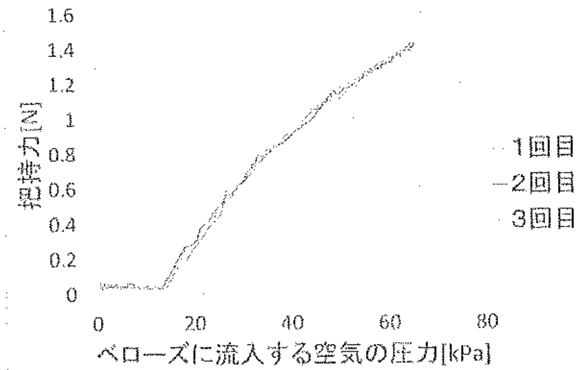


図８　把持力と圧力の関係

3D モデルを用いて実験を行ったところ，健常者を用いて行った実験と比較して，把持力のばらつきが小さくなった．また，ベローズ内圧力が約 15kPa 付近の領域では，グローブの布による反力の影響で指の屈曲が妨げられていることが分かった．

6. 結言

ベローズに流入する空気の圧力を変化させながら，把持力を計測する実験から把持力-圧力間には正の相関があることが示された．また，3D モデルを用いて実験を行うことで，PAH がアシストできる力は最大約 1.4N であることがわかった．今後は，日常生活における把持動作を想定し，把持する物体の形状と PAH の把持力の関係を調査する．また，ベローズに流入する空気の圧力を高めることで PAH の把持力を向上させる．

7. 参考文献

1)三輪のり子，中村隆，成瀬優知，大江洋介，大野ゆう子：わが国における 20 世紀の脳血管疾患死亡率の変動要因と今後の動向，日本公衛誌，v(7), p493-p496，2006

[連絡先]
しおざき　ゆうすけ
e-mail：shiozaki-yuusuke-pc@ynu.jp

A7-1

カーナビの画面遷移を表現するための操作音の印象構成要素の明確化

○山中 翔馬*，石橋 基範*
*日本大学生産工学部

Clarification of impression factors of operation sound to express menu transition in car navigation

Shoma YAMANAKA*,　Motonori ISHIBASHI*
*College of Industrial Technology, Nihon University

1．はじめに

操作に対する適切なフィードバックは非常に重要である。特に、カーナビゲーション（以下「カーナビ」）のようなタッチパネル上に表示されるボタンを操作する機器は、触覚的なフィードバックが感じられないため、音を利用して聴覚的なフィードバックを返す必要がある[1]。

カーナビの場合、自動車を運転中に操作する場面もあるため、操作時はできるだけ画面を見ずに操作確認をすることが望ましい。現在、単なるビープ音による操作完了のフィードバックもあるが、行った操作の確認のためには改めて画面を見る必要がある。しかし、画面遷移の種類（進む、戻る等）に応じてどのような操作を行ったのか直感的に分かるようなフィードバック音にすることができれば、画面を見ずに音だけで操作確認が可能となる。これにより、カーナビ画面の視認を減らすことにもつながり、運転時のカーナビ使用の安全性向上に寄与できる。

そこで本研究では、カーナビの画面遷移や操作内容をユーザに直感的に伝える方策の提案に向けて、フィードバック音がどのような印象の要素を持つべきか予備的検討を行う。

2．操作音の印象予備調査

2.1 調査方法

(1) 調査参加者

20代の大学生で、聴覚に障がいのない男女4名とした。

(2) 音そのものが持つイメージの抽出

最初に音そのものが持つイメージを抽出するために、実験参加者に24種類の音の印象について自由に回答させ、音の評価語を探した。音はカーナビに使用されている音に近い音以外も含め、様々な音を使用した。24種類の音はインターネット上にあるフリー音源をダウンロードし使用した。表1は抽出されたイメージワードの例である。

表1　音そのもののイメージワード

高い、低い、短い、長い、心地よい、不快、綺麗、汚い、ダメ、宇宙感、カウントダウン等

(3) 音が想起させるカーナビ操作内容の検討

使用した音は、音のイメージ抽出で明らかにした24種類とした。そして、カーナビ操作にそのフィードバック音を入れた場合、音がどのような操作を行った音に感じられるか調べた。操作は「進む」「戻る」「現在地」「チェックボックス」の4種類で、その音のイメージに合う操作を選択させた（複数選択可）。

「進む」とは、選択したボタンにより、ユーザが目的とする次の画面を表示することである。例えば、画面上の「設定」と書かれたボタンを押すことで、設定画面が表示される。「戻る」とは、現在表示されている画面の一つ前に戻ることである。「現在地」は、図2の左上に表示されている「現在地」ボタンを押すことによって、初期画面である図1のようなマップが表示される。「チェックボックス」は、図2のようなチェックマークの入った四角形を選択することにより、コンビニエンスストアをマップ上に表示させるか選択する。この4種類の選択肢のどれにも当てはまらないと感じた場合は「不明」を選択させた。

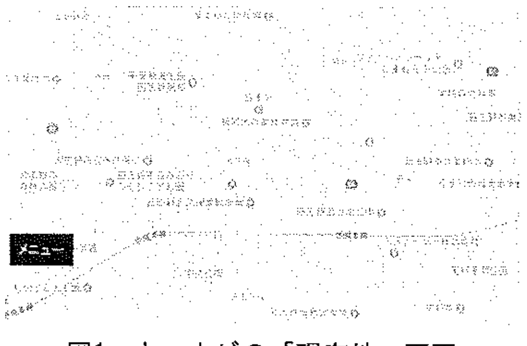


図1　カーナビの「現在地」画面

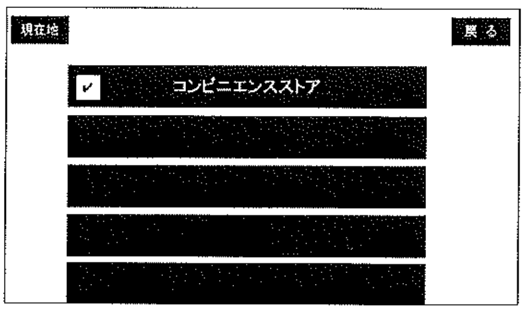


図2　カーナビ模擬画面

2.2 解析方法

(1) 各提示音が持つ操作と印象の対応づけ

2.1(2)と(3)で得られた、24種類の音に対する印象語とカーナビ操作内容のデータセットについて解析した。ここで、「高い」「低い」「長い」「短い」という印象語は多くの音で見られた。そこで、各操作内容について、その操作（例えば「進む」）を感じると選択された音の総数を分母に、各印象語（例えば「高い」）の出現回数を分子にして、100%での比率を算出した（分母・分子とも実験参加者4人の総数）。

(2) 親和図法による評価語作成

音のイメージ調査では自由に回答してもらったため、実験参加者によって多数の言葉が出てきた。その中から近い意味のものをグルーピングするため、親和図法を用いて解析を行った。

(3)音の構成確認

音の周波数構成を調べるためにWaveToneというフリーソフトを用いた。図3はWaveToneにより解析された音の図を右に90° 回転させ、グレースケール表示にしたものである。横軸は音の高さであり、どの鍵盤に相当する高さかを示している。右に表示されている音がより高音である。縦軸は時間で、下方向ほど経過時間が長いことを表す。また、色の違いは各周波数（鍵盤位置）における音量（つまりパワースペクトルにおけるパワー量）を表している。

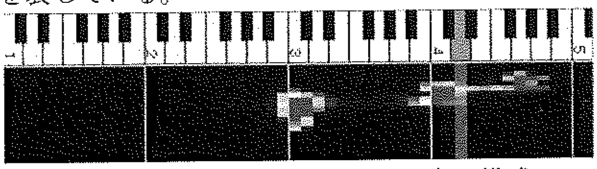


図3 WaveToneにより表示した音の構成

3. 結果

(1) 「進む」音の印象特徴

「進む」音は、高い音であるという評価が78.6%得られた。よって、「進む」印象を受ける音は高音であると考えられる。

(2) 「戻る」音の印象特徴

「戻る」音は、音の高さや長さについての比率はどれも高いとは言えずそれらの言葉で表現できないと考えた。そのため、新たな評価語を探すために親和図法を使用した。「音が小さく」「ピューン」「敵が消える音」「1機消滅」といった印象語を「閉じる」としてまとめた。また、「エラー音」「ミスしたとき」「何かミスした音」といった印象語を「エラー」でまとめた。「汚い」「音が混ざっている」といった印象語は「濁った」[2)]、「やや不快」「うざい」は「不快」とした。このような整理はできたが、「戻る」印象を受ける音は「進む」のような単純な音でなく、複雑な印象を持っていると考えられる。

(3) 「現在地」音の印象特徴

「現在地」音は、実験参加者が選択した音が多岐に渡り、かつ操作を感じさせる音の選択数が少なかった。そのため、「現在地」は音だけで提示することは困難であると考えられる。

(4) 「チェックボックス」音の印象特徴

「チェックボックス」音は、高い音という評価が71.4%、短い音という評価が57.1%であった。よって、「チェックボックス」の印象を受ける音は、短い高音であると考えられる。

(5) 各操作の印象特徴まとめ

各操作において、頻出した印象語を表2に示す。

表2 各操作における頻出語の一覧

進む	高い
戻る	閉じる、エラー、濁った、不快
現在地	
チェックボックス	高い、短い

4. 今後の研究計画

実験参加者を増やし、より信頼性のあるデータにする。

今回の調査で得られたデータを参考に、「進む」音は高い音、「戻る」音は「閉じる」「エラー」「濁った」「不快」というような印象を持つ音、「チェックボックス」音は非常に短めの音で高音なものを重点的に探して、新たな音を評価タスクに当てはめて実験参加者に評価してもらう。また、他にも適切な評価語がないか検討する。評価タスクには、PowerPointで作成したカーナビの画面を模擬したものを使用する予定である。

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) 和氣早苗 他：操作フィードバックデザイン音のデザイン指針導出に向けての実験～選択操作音および決定操作音，情報処理学会，Vol69，No.4，p.37-p.38，2007.

2) 伊藤謙治 他（編）：人間工学ハンドブック，p.654-p.657，2003.

[連絡先]
山中　翔馬
e-mail：cisi14176@g.nihon-u.ac.jp

A7-2

運転中停止時における映像メディアがドライバーに及ぼす影響

○香田健一朗*，露木章史**，三林洋介*
*東京都立産業技術高専，**慶応義塾大学大学院

The adverse effects a driver receives by a commercial at the time of the stop with traffic signal

Kenichiro KODA*, Akifumi TSUYUKI**, Yousuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, **Keio University

1. はじめに

車両の運転走行中は他車両や歩行者などの周囲の状況把握に努め、適切な情報認知・判断が求められる。しかし信号での車両停止中は、周囲状況の情報認知に余裕ができるほか運転操作が中断されることである程度の安全性も確保されている。このことは道路交通法によって、自動車の走行中にカーナビなどの画像表示用装置を注視・操作（画面を見ない場合を除く）・保持することが禁止されているのに対し、信号や渋滞等で車両を停止させている状態であれば画像表示用装置の注視、使用に制限がないこととも整合している[1]。

現在こうした運転が中断するわずかな時間に、映像メディア放映を自由化することが検討されている。情報を受けるドライバーにとっては有益性が高いことであるが、車両停止中も運転中であることに変わりなく、映像媒体の視聴が運転阻害要因となることが懸念される。

そこで本研究では、自動車の運転中停止時に画像表示用装置を通して映像放映した場合のドライバーの運転行動、情報処理行動に与える影響について探求した。

2. 実験走行路の製作

ドライビングシミュレーター(UC-win/Road)を用いて実験用走行路を作成した。具体的にはランダム間隔で信号が設定された片側1車線の緩やかなカーブからなる7.5km程の走行路である。なお道路幅(1車線2.6m）等は都内の一般的な道路を参考にした。

3. 実験方法

ドライビングシミュレーターにより作成した走行路を被験者に走行してもらい、赤信号での停止時に小型ディスプレイからドライバーに映像を提示する走行（実験A）とディスプレイにはなにも表示しない走行（実験B）の2条件で実験を行った。

被験者にはアイカメラ（nac社製EMR-8）を装着して実験中の被験者の注視点を計測した。また信号が変化した際のドライバーの反応時間と運転行動を測定するために、2台のカメラをドライバー前方及びアクセル・ブレーキ制御部に設置して計測した。被験者は普通自動車運転免許を所有する心身共に健康な学生1名に依頼した。なおメディア提示に使用したディスプレイはカーナビ画面で一般的な8インチとし、設置位置は同一視野内で画面を見られるよう配慮した。

3.1 実験A

被験者にはシミュレーター走行で赤信号での停止時にディスプレイからメディアを与えた。映像をしっかり視認してもらうために、1桁加算タスクを課した。

これは画面に表示される2つの数字の和を計算して回答させるものである。数字を画面上に2秒表示したのち、間隔を空けて新たな異なる2つの数字を2秒表示した。提示する数字は0～9の何れか2つで画面上にランダムに表示され、提示間隔も被験者に表示するタイミングが予測されないよう0.5～5秒の間でランダムにした。

車両が停止したら実験者がディスプレイに1桁の数字を2つ表示し、被験者には表示されている数字の加算値を口頭で回答してもらった。ただし青信号に変化したことを被験者が確認次第、車両を発進させるように指示した。また車両が動いているときはディスプレイには映像を表示しないこととした。

3.2 実験B

被験者にはシミュレーター走行で赤信号で停止してもタスクを与えず、ディスプレイ映像は一切提示しない状態で走行してもらった。その他の条件は実験Aと同様である。

4. 結果と考察

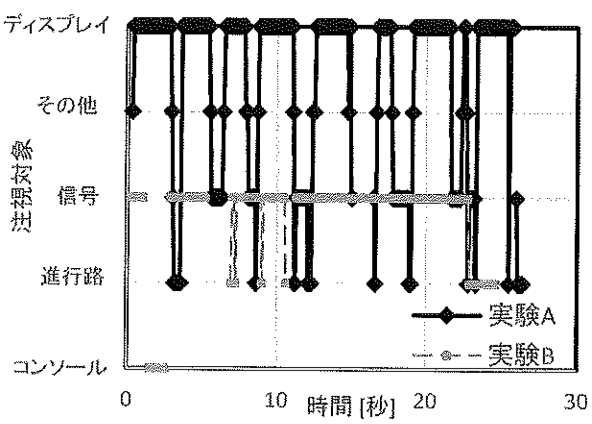
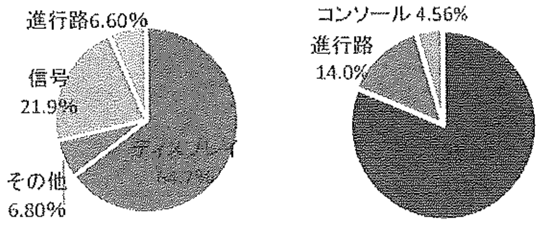


図1　停止時の視線移動



(a)実験 A　　(b)実験 B

図 2　停止時の注視率

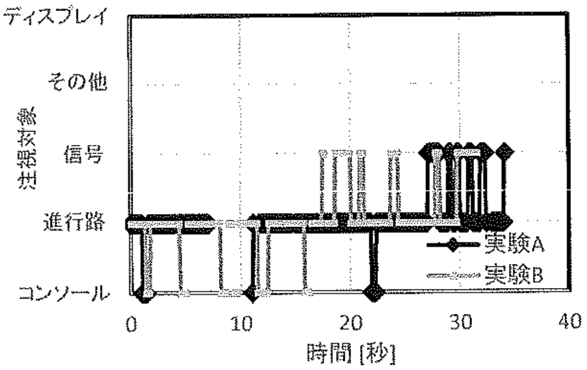


図 3　走行時の視線移動

アイカメラの測定データについて注視対象を分析した結果、信号、前進行路、ディスプレイ、速度計などのコンソール、その他に分類された。走行時と停止時の注視点を 1/30 秒間隔にてフレーム解析した結果を実験ごとに比較できるよう、図 1 ~3 に示す。図から走行中と停止時では注視対象が大きく異なることを確認した。また停止中にディスプレイ視聴をすると、信号等前方への注視配分が約 1/4 低下した。走行時の視線移動では実験 A と実験 B で同様の傾向がみられ、車両停止時にディスプレイ視聴をすることは、走行時の視線移動へ影響を与えにくいと推測される。

反応時間の結果のグラフを図 4 に示す。停止中にメディアを視聴した実験 A の反応時間の平均は 1609 [msec.]であったのに対して、実験 B の場合では反応時間の平均が 360 [msec.]であった。停止中に映像メディアの提示を行うと状況変化への対応時間が 4.4 倍以上遅延し、交通流の阻害を誘発すると考えられる。偏差量に着目すると、実験 A での標準偏差は 1214 [msec.]なのに対して、実験 B では 110 [msec.]であった。実験 A の方が反応時間の離散が大きいことがわかる。なお車両停止中に提示した加算タスクに対する正答率は 100%であり見逃しもなかったことから、被験者はディスプレイからの情報を正確に認識していた。

停止中にディスプレイを見ていた時間の割合と反応時間について結果の散布図を図 5 に示す。両者の間には正の相関($r = 0.697$)を有することがわかった。また停止中に信号を見た回数と反応時間については相関は認められなかった（$r = -0.220$）。

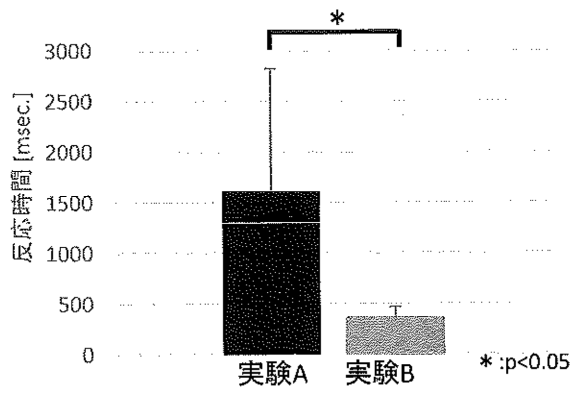


図 4　信号変化に伴う反応時間

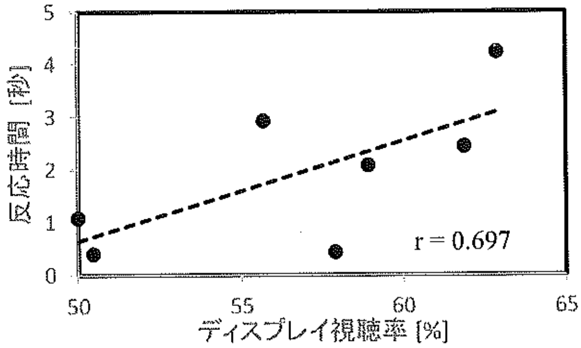


図 5　ディスプレイ視聴率と反応時間の関係

5. まとめ

自動車運転中の車両停止時に映像メディアの提示を行うことによる影響を実験を通して調査した。停止時にディスプレイ視聴をすることで、信号等の前方への注意配分が約 1/4 に低下する場合があること、反応時間も約 4.4 倍遅延する場合があることなど、ネガティブな影響を確認した。また停止中にディスプレイを注視した時間の率が、信号変化などへの反応時間の遅延と相関性を有した。

参考文献

1) 電子政府の総合窓口 e-Gov[イーガブ] 道路交通法　http://elaws.e-gov.go.jp
2) 森田和元，益子仁一，他「自動車の車室内表示装置を注視することによる反応時間の遅れについて」，照明学会誌,Vol. 82,No.2,pp121-130,(1998)
3) 牧野浩志，宗広裕司,他「VICS 車載器による安全運転支援情報の提供がドライバーに与える影響の検討」，交通工学研究発表会論文報告集,Vol.25,pp177-180,(2005)

[連絡先]
香田　健一朗
東京都立産業技術高専 三林研究室
e-mail：m13261@g.metro-cit.ac.jp

A7-3

背景音の速度と高さがドライバーの速度感覚に与える影響

○飯塚大空*，鳥居塚崇*，藤井愛*
*日本大学生産工学部創生デザイン学科

Effects of the Background Sounds on the Subjective Velocity of Drivers

Hirotaka IITSUKA*, Takashi TORIIZUKA*, Ai FUJII*
*Department of Conceptual Design, College of Industrial Technology, Nihon University

1. 背景と目的

走行中にドライバーが感じている主観的な速度は，スピードメータが示す客観的な速度と異なる[1]ことが指摘されている．主観的な速度は，走行中の景色の流れ(オプティカルフロー)や，車のエンジン音，臀部から感じる振動など，ドライバーの感覚器官に入ってくる情報により形成される[2]．

伊藤ら[3]は，ドライバー視点の運転映像の周囲に人工的なオプティカルフローを提示すると，運転映像の走行速度が変化して見えることを明らかにした．具体的には，80km/h の運転映像の周囲に60km/h や 70km/h の速さで動くオプティカルフローを提示したときは走行速度が遅く感じ，90km/h や 100km/h の速さで動くオプティカルフローを提示したときは走行速度が速く感じる．他の研究でも，道路の路面に設置した人工的なオプティカルフローがドライバーの走行速度に影響を与える[4]ことが報告されている．

以上は視覚によるものであるが，感覚器官は他に聴覚，嗅覚，味覚，触覚も存在する．著者らはこれらのうち聴覚に着目し，背景音がドライバーの速度感覚に影響を与えるのか興味を持った．

背景音(特定の作業を行っている背景で聞こえる背景音楽や環境音)が人の行動のペースに与える影響については数多くの研究が行われており，レビュー論文[5]に詳しくまとめられている．先行研究で用いられた聴覚刺激は，クラシックなどの音楽，メトノームなどの単純音，運転中の車の音に大別される．これらのテンポ，高さ，大きさなどを操作している．作業課題は，単位時間当たりの咀嚼数，飲料水を飲む速さ，筆記ペース，読書ペース，呼吸の速さ，カードの選択反応時間，歩行速度，運転速度などがある．運転に関する課題を設定した研究を取り上げると，テンポの速い音楽によってシミュレータによる運転速度が速くなる[6]ことや，実験者が選んだ高覚醒な音楽によってドライビングゲームによる運転速度が速くなる[7]ことが指摘されている．

音楽には，メロディ，リズム，音色，テンポ，音の大きさ，音の高さ，好みなどの様々な要素が含まれるため，結果の解釈が難しい問題がある．本研究では，これらの要素の中からテンポと音の高さのみを取り上げ，ドライバーの速度感覚に与える影響について明らかにすることを目的とする．

2. 方法

2-1. 実験概要

背景音を独立変数とし，テンポ(120bpm，240bpm)と音の高さ(220Hz，880Hz)の 2 要因を設定した．従属変数はドライバー視点の運転映像を見た際の主観的速度とした．実験では伊藤ら[3]と同様に 80km/h の運転映像をスクリーンに投影し，実験参加者には運転映像を見ながら走行速度が何 km/h に感じるかジョイスティックを用いて連続的に評価するよう求めた．

2-2. 背景音と提示条件

背景音の作成には音楽作成ソフト(Medly)を用いた．音色は「チップ音」を適用した．背景音のパターンは，テンポと音の高さを組み合わせた(120bpm，200Hz)，(120bpm，880Hz)，(240bpm，200Hz)，(240bpm，880Hz)の 4 パターンを作成した．

1 パターンあたりの試行時間は 140 秒間で，その内訳は「無音 20 秒間→音あり 20 秒間→無音 20 秒間→音あり 20 秒間→無音 20 秒間→音あり 20 秒間→無音 20 秒間」であった．これを 4 パターンについて行った．

2-3. 運転映像

運転映像は東京湾アクアトンネル内で撮影した．一方通行の直線道路であった．撮影には GoPro(解像度 1920×1080 ピクセル，フレームレート 30fps)を用いた．撮影車には軽自動車(ステラ)を用い，視点に近い映像となるように，GoPro は車内の地上 110cm，車両の中心から右に 15cm の位置に設置した．撮影時の走行速度は 80km/h とし左車線を走行した．

撮影された映像の中から，前方および側方に自車以外の車両がいない走行場面(約 120 秒間)を切り出し，この 120 秒間の映像をつなぎ合わせてループ映像を作成した．ループ映像の結合部分は違和感がないようにクロスディゾルブ処理を行った．本研究では背景音(人工的な聴覚刺激)のみの検証を行うため，撮影中に記録されたエンジン音などの音声は全て削除した．

2-4. 走行速度の評価方法

走行速度の評価にはジョイスティック(CHProducts 製，FlightStickPro)を用い，感じる速度に応じて前後に動かすよう求めた．ジョイスティックを一番手前に倒した場合を 70km/h，一番奥に倒した場合を 90km/h，中央を 80km/h とした．

ジョイスティックはPCに接続し，記録用プログラムを用いて毎秒40回のサンプリングでレバーポジションを記録した．

2-5. 実験装置と実験環境

運転映像はプロジェクター(Panasonic, TH-LB60NT)により185cm×104cmのサイズのスクリーンに提示した．実験参加者には撮影時の画角に合うようにスクリーンから約190cmの位置に着席するよう求めた．実験参加者の前には机を置き(高さ70cm)，その上に速度を評価するためのジョイスティックとスピーカー(Boss)を設置した．背景音はこのスピーカーにより発生させた．

2-6. 実験手続き

最初に実験参加同意を得た後，ジョイスティックによる評価に慣れてもらうために練習を約3分間行った．続いて，本試行には使わない70km/hおよび90km/hの運転映像を提示し，走行速度を評価するよう求め，運転映像の走行速度通りに評価できていることを確認した上で本試行に移った．本試行開始から実験終了まではスクリーンに80km/hの運転映像を提示し続けた．実験参加者には運転しているつもりで映像を見ながら，運転映像の走行速度を評価するように教示した．この状態で2-2に記載した4パターン分繰り返した．各パターン間には約1分30秒間のインターバルを設けた．4パターンの実施順はカウンタバランスさせた．

2-7. 実験参加者

運転免許を持っている者とし，15名を予定している．本稿では実験が終了している1名の結果を報告する．

3. 実験が終了している1名の結果

仮説では，最初の「無音20秒間」は運転映像の走行速度と同じ80km/hと評価され，「音あり20秒間」になると評価は80km/hから変化し，次の「無音20秒間」になると評価は80km/hに戻るといった反応を示すと考えていた．レビュー論文[5]にまとめられているように，多くの研究で，テンポが早いほど行動ペースが上がったり，音の高さが高いほどその傾向が強くなったりすることが明らかになっており，本研究においても「音あり20秒間」については，テンポが速く音の高さが高いほど評価速度が上がると予想していた．

しかし，実験が終了している1名については，「音あり20秒間」の時も含めた全体を通じて走行速度の評価は80km/hのままほとんど変化しなかった．予備実験も同様の傾向であった．

4. 考察

1名のみの結果から考察を行うことは困難であるが，本稿では今後予想される結果とその場合に考えうる可能性について述べる．

予想される1つめの結果は，仮説通りの結果である．この場合，背景音はドライバーの速度感覚に影響をもたらすと考えられる．本研究に用いた背景音はテンポ(120bpm, 240bpm)も音の高さ(220Hz, 880Hz)の2水準ずつであったが，水準数を増やすことにより，背景音のテンポや音の高さと速度感覚に関する関数式を得ることができる．さらに，一定間隔のテンポによる背景音が速度感覚に影響するとすれば，徐々にテンポが上昇・下降するパターンや，音の高さが上昇・下降するパターンを提示した場合に速度感覚がどのように変化するかについても興味がある．また，伊藤ら[3]が用いた人工的なオプティカルフローと本研究で用いた背景音の2つを刺激とし，視覚刺激と聴覚刺激のどちらがどの程度速度感覚に影響しているかを検討すると有用な知見が得られると考えられる．

予想される2つめの結果は，実験が終了している1名と同様に，「音あり20秒間」も速度が変化しないという結果である．この場合，オプティカルフローのような視覚刺激とは異なり，背景音はドライバーの速度感覚に影響しにくいと考えられる．先行研究では，テンポの速い音楽によって運転速度が速くなることが指摘されているが[6]，この研究の背景音は音楽であった．これまで「音楽のテンポを速めると行動ペースが速くなるため，テンポが行動ペースに影響している」という因果関係で語られてきたが，音楽からメロディやリズムの要素を抜いたいわゆるメトロノーム的な背景音になると，テンポを速めても速度感覚に影響を与えない可能性が考えられる．

5. 文献

1) Evans, L. : Speed estimation from a moving automobile, Ergonomics, 13(2), 219-230, 1970.
2) Reason, J. : Man in motion: The psychology of travel, 1974.
3) 伊藤輔・中村愛・島崎敢・石田敏郎：運転者視点映像の周囲に提示したオプティカルフローが速度感覚に与える影響, 日本交通心理学会第79回大会発表論文集, 29-30, 2014.
4) Denton, G. G. : The Influence of Visual Pattern on Perceived Speed (Report LR409). Crowthorne, Berkshire, UK : Transport and Road Research Laboratory, 1971
5) 栗林龍馬・入戸野宏：背景音のテンポが行動ペースに与える影響, 人間科学研究, 9, 17-29, 2014.
6) Brodsky, W. : The effects of music tempo on simulated driving performance and vehicular control, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, 4, 219-241, 2001.
7) Cassidy, G. G., & MacDonald, R. A. : The effects of music on time perception and performance of a driving game, Scandinavian Journal of Psychology, 51, 455-464, 2010.

[連絡先]
いいつか　ひろたか
e-mail：cihr14007@g.nihon-u.ac.jp

A7-4

商品の反復購買を促す要因に関する検討

○船倉ちひろ* 藤井愛** 鳥居塚崇**
*日本大学

An examination of factors promoting customers' repeat purchase

Chihiro Funakura*, Ai Fujii **Takashi Toriizuka**
*Nihon University

1. はじめに

1.1 研究背景

市場には常に数々の新商品が並び,メーカー同士の競争が盛んに行われている．しかし，その中にはすぐに市場から姿を消してしまうものも多い．つまり安定した利益を生み出そうとすると，新規顧客を獲得するよりも，既存顧客を維持していく方が低コスト[1]であり，消費者に同じ商品を何度も買い続けてもらうことは，商品開発の段階において非常に重要な課題だといえる．

1.2 先行研究

反復購買とは，消費者の購買行動における一定の行動様式が示す反復性のことを意味する[2]．言い換えると，消費者が同じ製品を繰り返し購入することを意味する．購買の反復性については，情報・探索・評価，および購買行動を再度通過することによるものである[3]．先行研究では反復購買の概念や構造に関するもの[4 5 6]のみで，商品開発に組み込むことを目的とするものではなかった．また，特定の商品や状況での検討は見られたものの，商品カテゴリ別に検討した例はない．

2. 目的

本研究では，商品分類法を元に対象物を複数選び，実際に行った反復購買についてアンケート調査行う．そのデータを分析することで，反復購買を促進させるにはどのような要因が必要であるかを明らかにすることが目的である．

3. 実験 1

被験者は，本大学創生デザイン学科，男性 20 人女性 20 人平均年齢 20.3 歳の学生とした．

3.1 概要

本実験は，実験 2 で行う反復購買についてのアンケートで対象となる商品を決定するために行う．扱う商品の類似性を低くするため Copeland(1932) の分類体系[2]をベースに質問項目を考える．商品を，最寄り品(恒常商品，衝動購買商品，緊急商品)，買回り品，専門品，サービス・コンテンツに分け，それぞれの定義について思い浮かぶ製品・サービスを各 3 つ以上回答させた．この質問に対しては重複を可とし，正当性は関係ないものとした．

表 1 商品分類のためのカテゴリ

カテゴリ	
恒常商品	定期的に購入する製品，または使い切るたびに買う製品
衝動購買商品	購入する予定は無かったが，つい買ってしまうような製品
緊急商品	突然必要になり，買わざるを得ないような製品
買回り品	購入前に情報を集めたり，他の製品と比較して購入する製品
専門品	購入するために金額・時間・労力などを惜しまないような製品
サービスコンテンツ	サービス，コンテンツ，施設など

3.2 結果

得られたデータを男女別に集計し，被験者がリピート購買を想像しやすくするため，各カテゴリ上位の製品を複数選択した．さらに，本来のカテゴリに当てはまる製品・サービスかどうかを確かめ，各カテゴリ 2 種類，そして男女で差が出たものを 2 種類，計 14 項目を本実験で扱う製品・サービスとした．

表 2 商品の分類

カテゴリ	男女共通		男	女
恒常商品	シャンプー	ティッシュペーパー		
衝動購買商品	雑誌	ボールペン	漫画	
緊急商品	ばんそうこう	傘	タオル	生理用品
買回り品	服	靴		ファンデーション
専門品	スマートフォン	パソコン		
サービス	美容室	ファミリーレストラン		

4 実験 2

4.1 概要

実験 1 で選ばれた 14 項目について，リピート経験の有無，リピート継続期間，リピート回数，そしてリピート購買理由についてアンケートを行った．リピート経験を無と答えた場合は，リピート購買否定理由を記入させるようにした．(実験では被験者の理解を促すために，反復購買をリピート購買と表記した)．また，アンケートを始める前に，被験者のプロフィールとして金銭感覚や家庭環境などをフェイスシートに記入してもらった．注意点として，リピート回数を数える際に，トライアル購買は含めないとした．

4.2 結果

図 1 は男女のリピート経験人数を散布図に表したものである．緊急商品(ばんそうこう．傘)は男女ともにリピート回数が少なく，あまり同じ商品を購入しないことが言える．単価が高い専門品を見ると，パソコンはほとんどリピートされていないが，スマートフォンは男女ともによくリピートされている．サービスのカテゴリである美容室は，男女ともに高く，ほとんど同じ人数がリピートを経験している．一方，ファミリーレストランは男子のリピート経験がほとんど見られない．いずれも容姿に関連する洋服，シャンプー，美容室は男女ともに比較的にリピート経験人数が多い．実験 1 のアンケート調査で集めたリピート購買理由を

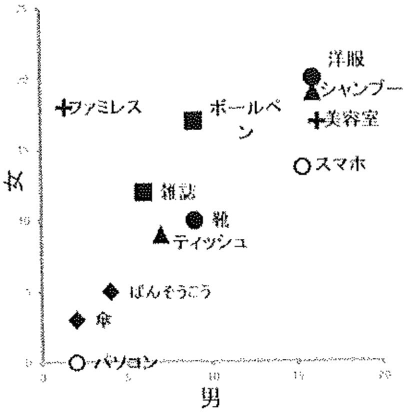


図１　男女のリピート経験人数

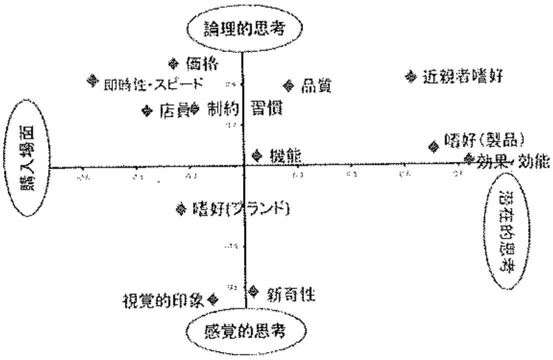


図２　主成分負荷量

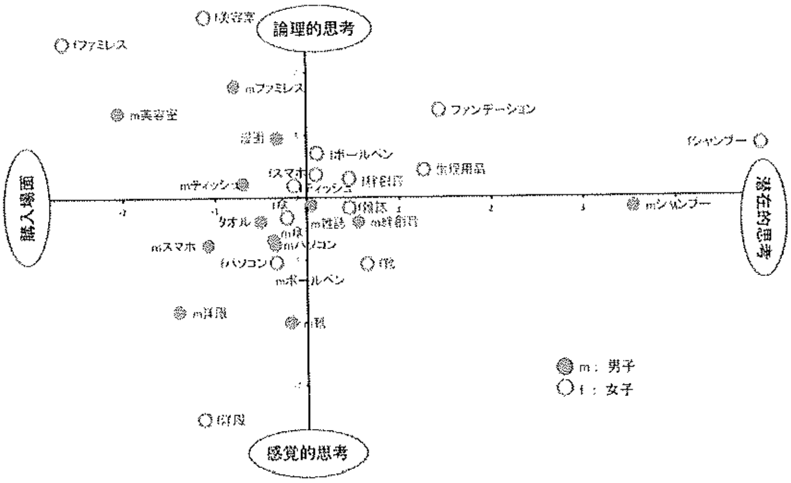


図３　主成分得点

価格，効果・効能．品質，視覚的印象，機能，新奇性，嗜好(製品)，嗜好(ブランド)，近親者嗜好，制約・習慣，即時性・スピード，店員の 12 項目に分け，主成分分析を行った．図 2 は主成分負荷量の散布図である，主成分 1 では，ほとんど正の負荷量になってしまったため，総合力と判断した．したがって，今回は主成分 2 と主成分 3 を取りあげ分析した．図 2 は，x 軸を主成分 2， y 軸を主成分 3 ととった．主成分 2 を見ると，価格，即時性・スピード，品質など，商品に対する論理的な思考と，視覚的印象，新奇性の直感的，感覚的な思考は対立概念であり，主成分 2 を論理・直感主成分とした．また，主成分 3 は嗜好(製品)，効果・効能，近親者嗜好の商品に対する潜在的な思考と，即時性・スピード，店員などの商品の購入場面での思考は対立概念であり，主成分 3 購買行動段階主成分とした．

5. まとめ

主成分得点の散布図(図 3)により，男女ともに洋服，靴が直感的，感覚的にリピート購買される傾向にあることがわかる．買い回り品は，視覚的印象に含まれる，デザインについての評価が大きく影響していると考えられる．ファミリーレストランや美容室は，利用時の印象が深く関わってくるため，サービスは購入場面での評価が大きく影響されると考えられる． シャンプーは，男女ともに製品自体の好みや，期待される効果など潜在的な思考で評価されているが，同じ恒常商品であるティッシュペーパーについては，今回の分析では目立った傾向は見られなかった．

6. 今後の展望

今回の実験ではリピート購買理由を記述式で集め，主成分分析を行い，興味深い結果が得られた．しかし，図 3 の主成分得点の散布図で中心に集まってしまった商品群についてはまだ明らかにされていない．生理用品やファンデーション，タオルや漫画など男女の差が見られた製品についても，今の段階では検討が十分でないと考えられる．これらを解決するために，今までの実験の見直しと発展が必要である．また，実験 1 で得たリピート購買理由は，自由記述であり．本質を追及するには不十分であるため，ヒアリング調査を追加で行い，より理解を深める必要がある．さらに次の展開としては，今回取り上げられたリピート購買理由を示し，その要因がどのくらいリピート購買に影響しているのかなどを，五段階評価させる質問紙調査を行う予定である．これらの実験結果を再び分析，考察し，商品開発に組み込めるような，より具体的なリピート購買要因を明らかにしたいと考えている．

参考文献

1) Reichheld, Frrederik F. amd Saseer, Earl W.Jr:Zero Defections Quality Comes to Srevice, Harverd Business Review, 5September-October, pp105-222, 1990
2)杉下玄哲，杉本徹雄，堀内圭子：リピート購買要因の探索研究～トライアル購買との関連を手がかりに～，マーケティングジャーナル，vol.28 No3(2008),pp133-144
3)Nicosia,F.M:Consumer Decision Processes, Marketing and Advertising Implication, Prentice-Hall 1966
4)来住元朗:小売戦略環境としての消費者行動論，中央経済社，pp67-72(1955)
5)蓮池隆:人の心を巧みに操る価格マジック，オペレーションズ・リサーチ　vol.15.pp521-525
6)Howard,J.F,and Sheth, J.N:The Theory of Buyer Behavior, Wiley & Sons (1969)

無動力靴型歩行アシスト機器に関する研究

○小川淳司*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学理工学部，**横浜国立大学大学院工学研究院

A Study of non-Powered Shoe-Type Walking Assist Device

Atsushi OGAWA*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
* College of Engineering Science Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

1. 緒言

高齢者は筋力の低下や関節可動域の減少に伴い，歩行能力が低下する．高齢者の異常歩行として，衝撃初期から足裏全体がほぼ同時に接地し，荷重移動が踵から爪先まで滑らかに変化しない歩行(いわゆるすり足歩行)が挙げられる[1]．すり足歩行は蹴りだし時に足の指に力が入らず，荷重移動の変化が少ないため適切な推進力が発生せず，歩幅や歩行速度が減少し，躓きによる転倒の危険性がある．また，すり足歩行は高齢者だけでなく若者にも見られ，日常生活の中で無意識に行っている．そこで本研究では，すり足歩行をする歩行者を対象に，蹴りだし時における底屈力を与え，荷重移動をアシストすることで，すり足歩行を正常歩行に矯正する歩行アシスト機器を製作する．すり足歩行者が日常生活で機器を装着して歩行することで，正常歩行の感覚を身に着け，足の指を使う歩行を意識させることで機器を外した際にすり足歩行が正常歩行に近づくことを目的とする．

2. アシスト機器

図 1 に製作した歩行アシスト機器を示す．歩行アシスト機器は外骨格型が多いが，外骨格型は使用者の骨格に合わせて設計し，関節の位置の調整などを行う必要がある．日常生活で使用することを考え，機器はサイズ調整と装着が容易な靴型とした．また，バッテリーを必要としないことや軽量で低コストであることを考えて無動力とした．ばね力を利用したノック機構を用いることで底屈力をアシストする．ノック機構は踵部に搭載し，自重を用いてばね力を蓄えるため，負荷が生じない．靴底と踏み台は蝶番で接続されており，踏み台は蝶番の軸で回転する．蝶番にはポテンショメータを取り付けている．

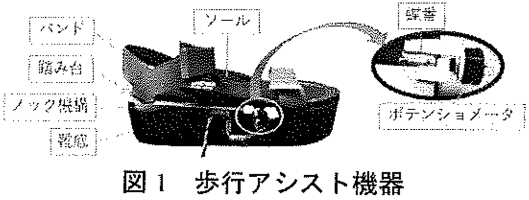


図 1　歩行アシスト機器

図 2 に 3DCAD で作成した 3 種類のノック機構のモデルを示す．ノック機構 1 は回転子が存在せずに，常にノック棒にばね力が加わる．ノック機構 2 とノック機構 3 は回転子が存在し，ノック棒を押し込むと回転子とカムがかみ合うことでばね力を抑え込む．ノック機構 2 はノック棒が一定距離持ち上がるとばね力を瞬間的に開放するのに対し，ノック機構 3 はカムの形状に応じて連続的にばね力を開放する．

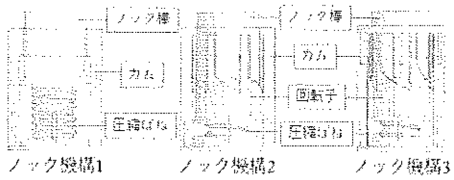


図 2　ノック機構(3D モデル)

3. アシストモデル

図 3 はノック機構による踵が受ける力のモデルである．モデルは摩擦を考慮した静的な力のつり合いから算出した．摩擦係数は実験により求めた値(ABS-ABS 0.150，ABS-ばね 0.185)を用いている．

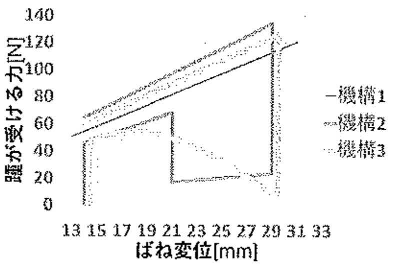


図 3　踵が受ける力(モデル)

ノック棒を押すとばね変位が大きくなり，踵が受ける力が増加する．ばね変位が最大になると踵が受ける力は，ノック機構 1 では最大になるのに対し，ノック機構 2 とノック機構 3 では回転子とカムがかみ合うことで瞬間的に減少する．ノック棒が持ち上がるとばね変位が小さくなり踵が受ける力は，ノック機構 1 では減少し，ノック機構 2 では減少してばね変位が 21mm のとき瞬間的に増加し，ノック機構 3 ではカム形状に応じて連続的に変化する．図 4 にノック機構によって足関節に生じるアシストモーメントのモデルと，体重 60kg と仮定した際の正常歩行における足関節モーメントの 30%の値を示す．ここで足関節モーメントとは，底屈筋群の発生する筋力と背屈筋群の発生する筋力によって生ずる足関節周りのモーメントの代数

和のことであり，底屈方向を正としている．ノック機構 3 はアシストモーメントの最大値が足関節モーメントの 30%の値に追従するように設計した．

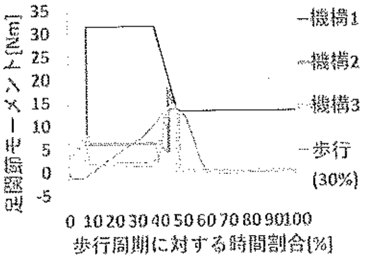


図 4　アシストモーメント(モデル)

歩行周期に対する時間割合が 10%～38%のとき足底接地状態であるためばね変位が最大となる．ノック機構 1 では踵が受ける力が最大となり，正常歩行に比べて大きなアシストモーメントが発生してしまい，踵離地が早くなることや踵を持ち上げないように背屈方向に余分な力が生じると考えられる．一方，ノック機構 2 とノック機構 3 は踵が受ける力が減少しているため，歩行を妨げないと考えられる．歩行周期に対する時間割合が 38%～48%のとき踵離地から対側接地状態となりばね変位が減少する．このとき正常歩行における足関節モーメントが最大となる．ノック機構 1 ではアシストモーメントが減少していくのに対し，ノック機構 2 では瞬間的に増加し，ノック機構 3 では連続的に増加する．

4. 実験方法

4.1 ノック機構性能実験

ノック棒にロードセルを取り付けたノック機構を万力に挟み，荷重を加えていくことで踵が受ける力を計測した．また，万力にレーザー変位計を取り付けることでばね変位を計測した．なお，ロードセル，レーザー変位計のサンプリング周期は 1ms とした．

4.2 歩行実験

アシスト機器の性能を評価するための指標を模索するため，歩行の特徴を測定する予備実験を行った．ノック機構を搭載していない状態で被験者 4 名がトレッドミル上を歩行した．歩行アシスト機器に取り付けたポテンショメータから踵の上り角度を測定し，それをサンプリング周期で除すことで角速度を算出した．なお，ポテンショメータのサンプリング周期は 20ms とした．

5. 実験結果及び考察

5.1 ノック機構性能実験

図 5 はノック機構性能実験の実験結果である．踵が受ける力を図 3 のモデルと比較すると概ね等しい挙動を示したことが分かる．

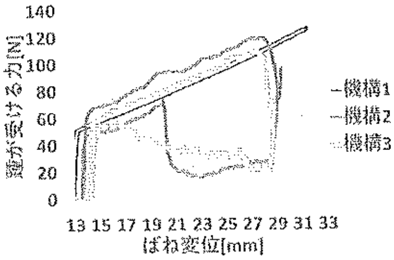


図 5　踵が受ける力(実験値)

5.2 歩行実験

図 6 は歩行実験で得た実験結果の 1 例である．歩行実験における評価項目を角速度最大値，角度変化，歩行周期とした．表 1 は被験者ごとの歩行実験における実験結果である．

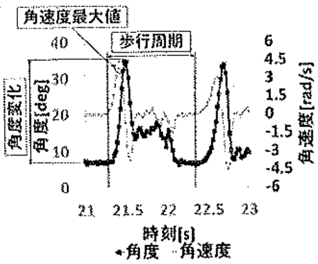


図 6　評価項目

表 1　実験結果

被験者	角速度最大値 [rad/s]	角度変化 [deg]	歩行周期 [s]
1	4.03±0.37	26.9±2.47	1.20±0.06
2	3.17±0.18	25.6±1.39	1.31±0.05
3	3.25±0.20	25.7±1.46	1.35±0.05
4	2.40±0.26	19.4±3.20	1.28±0.05

被験者 4 は被験者 1 から被験者 3 に比べて，角速度最大値，角度変化が小さい．これは被験者 4 が無意識にすり足歩行を行っていたためだと考えられる．このように，無意識にすり足歩行を行う被験者に対して歩行アシスト機器を用いて歩行実験を行うことで，より顕著な変化が得られると考えられる．

6. 結言

歩行評価における指標として角速度最大値，角度変化が有効だと考えられる．今後，本アシスト機器の性能を評価するための歩行実験の方法を模索していく．現在，歩行実験の測定項目としては，踵の上り角度・角速度，歩行速度，歩行周期，筋電位，主観アンケートを予定している．また歩行時におけるアシストモーメントを測定可能にする．

7. 文献

1) 冨田隆太・井上勝夫：高齢者及び成人の歩行時における足裏の圧力分布特性，人間工学，v(44)，p362-p363，2008 年

[連絡先]
おがわ　あつし
e-mail：ogawa-atsushi-ck@ynu.jp

B5-2

労働災害を防ぐためのPepperを使った安全教育

藤田　大城
法政大学　理工学部　創生科学科

Safety education using the pepper to prevent occupational accidents

Hiroki Fujita
Faculty of Science and Engineering, Department of Advanced Sciences, Hosei University

1. 目的と背景

Pepperは自律行動機能，音声認識機能，滑らかな動きを実現する動作生成機能，人の感情を推定する感情認識機能など，人とのコミュニケーションに特化した開発がなされている．今回はPepperを使い労働災害を防ぐための安全教育を行うアプリを製作する．Pepper本体の動きや胸部にあるタブレットの映像を使った視覚的なわかりやすさ，Pepperを使うという目新しさにより，効果的な教育ができると考えられる．

2. 研究方法

人間工学誌に掲載されている論文の中から，労働災害と予防方法に関係したものを抽出した．それらの論文に書かれている，機器や工具の安全な使い方，体に負担がかかりにくい力の使い方などを説明するアプリを製作することとした．製作するにあたって， Pepper本体の動きや音声などを多用し“Pepperとコミュニケーションをとっている”ことを利用者に感じとらせることを目標とした．しかし，Pepper本体の動きの制限や音声だけだと処理が正常に進まない場合もあるので，Pepper胸部にあるタブレットも併用する．

2.1 具体的な例

例として“荷物の安全な持ち上げ”を選んだ場合のフローチャートを図1に示す．メニューから”荷物の安全な持ち上げ”を選択する際は音声，タブレットタッチのどちらでも行えるようにする．次に2択のクイズを表示し利用者に答えさせる．このクイズはタブレットの映像を使って問題を提示する．図2のようにPepperを使った正しい荷物持ち上げと間違った荷物持ち上げを実演した様子を映像で流す．そのあとどちらが正しいか2択の選択肢で答えさせる．クイズの正誤にかかわらず，Pepper 本体の動作を使い“荷物の安全な持ち上げ”を実演する．しかしPepperは可動範囲が限られているため，図2のように膝や腰を大きく曲げる動作などを行うことはできない．実際にPepperが動かせる膝，腰の可動範囲は図3にあるように小さく，少ししか曲がらない．そのため，タブレットによる映像で説明を加える．映像に加えて，声や動きを使い，Pepperとコミュニケーションを

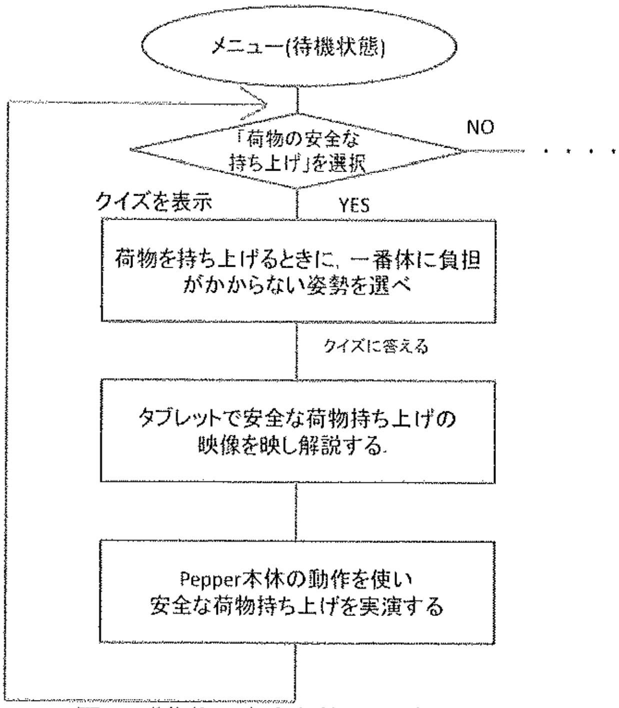


図1　“荷物の安全な持ち上げ”を選んだ場合のフローチャート

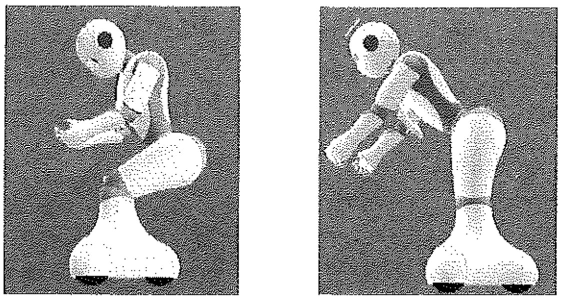


図2　荷物持ち上げを実演するPepper

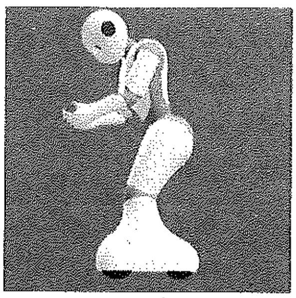


図3　Pepperの膝，腰の可動範囲

とっていることを感じさせる．映像はクイズで使ったものを使い，それに加えてPepperの声や動きで解説を加えていく．

2.2 “安全な荷物持ち上げ”の解説部分

“安全な荷物持ち上げ”を選択した場合の腰だけを曲げる正しくない荷物持ち上げと膝を曲げる正しい荷物持ち上げ解説部分のフローチャートを図4に示す．映像とPepperの声，動きで解説していく．初めに映像で正しくない荷物持ち上げを解説する．このとき，映像を流しつつPepperの声で解説を加え，またPepperの声が聞き取れない場合も想定して字幕を入れる．次にPepper本体で正しくない荷物持ち上げの実演を行う．Pepperは構造上，腰が曲がらないのでうまく実演することはできないが，“似ていない”ということ逆に利用する．Pepperは独特の声や動作をもつシュールな雰囲気をもつロボットであり，わざと似ていない動作をすることで，記憶に残りやすくなると考えられる．そしてその動作が終わった後，この動きはしてはいけない，ということを音声で注意する．正しい荷物持ち上げの解説も先ほどと同様に初めに映像で説明し，次にPepper本体で実演する．正しくない荷物持ち上げ解説と違うところは，実演後，「かわりにやって見せて」等と言って利用者に実行させる．

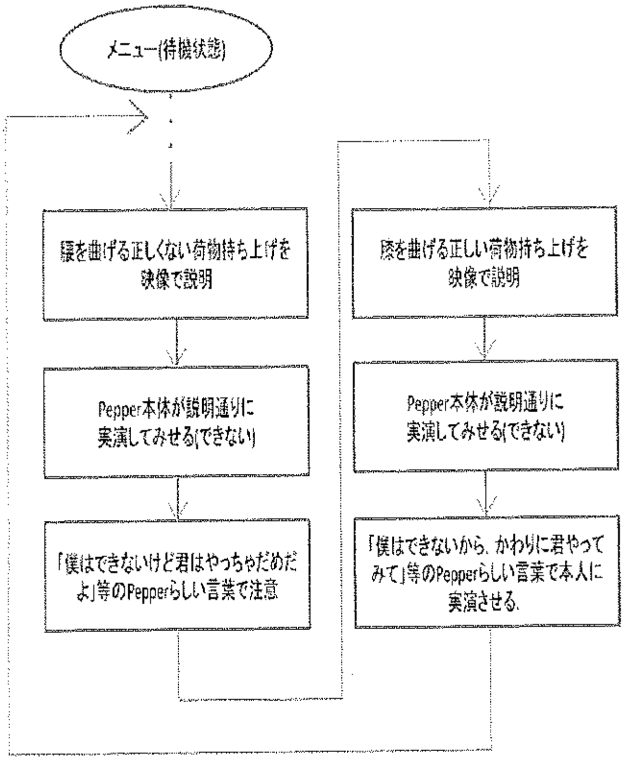


図4　荷物持ち上げ解説部分のフローチャート

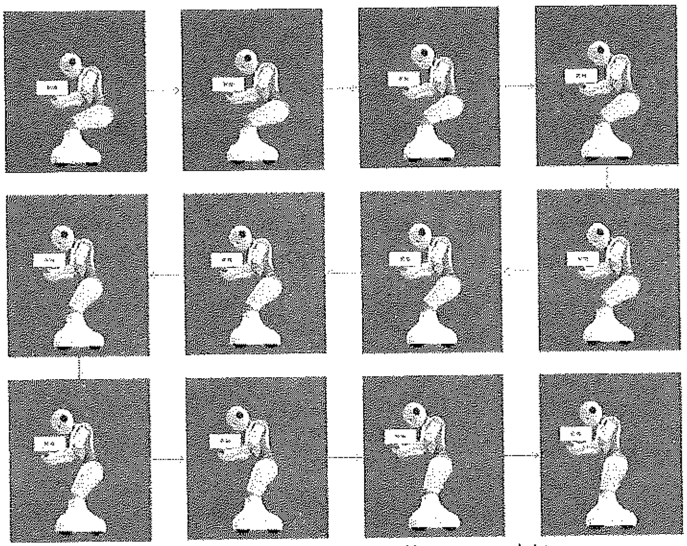


図5　クイズと解説に使う映像のコマ割り

2.3 クイズ，解説に使う映像

クイズと解説に使う正しい荷物持ち上げ部分の映像のコマ割りを図5に示した．ここでは12枚分のコマ割りだが，実際はこれよりも5枚多い17枚で映像を作成した．この17枚の画像を0.1秒間隔で表示し映像とした．

3 課題

図4で示した正しい荷物持ち上げ解説部分の利用者に実行させるところで，実際に正しく実演したか否かの判断をさせるというプログラムを導入していきたいが，Pepperに備わっている機能では自身で判断させるのは難しいと考えられる．そこで，Pepperではなく第三者に判断してもらうものを作りたいと考えている．Pepperにはカメラが付いており，目の前の映像を録画することができる．このカメラで安全な荷物持ち上げ等を利用者が実演しているところをPepperが録画し，この録画データを第三者に転送する．そして第三者がそのデータを見て正しく実演しているか否かの判断をさせる，といったものを考えている．また，Pepperを使った安全教育にどれほどの効果があるか実験により確かめていきたい．具体的には紙，人による指導とPepperによる指導の3つで比べていきたいと考えている．正しく指導した通りの動きができているか，ある程度日数がたった後，どれほどその指導されたことを覚えているかなどの項目で実験を行いたいと考えている．加えて，“荷物の安全な持ち上げ”以外の項目も順次追加していく．具体的なものを挙げると“高所にある荷物を取る際の安全な体の使い方”などを追加していきたいと考えている．

[連絡先]
藤田　大城
e-mail：hiroki.fujita.7y@stu.hosei.ac.jp

B5-3

災害情報に対する主観的な重大性

○荒又峻也*，鳥居塚崇*，藤井愛*
*日本大学生産工学部創生デザイン学科

Subjective perception of disaster information

Shunya ARAMATA*, Takashi TORIIZUKA*, Ai FUJII*
*Department of Conceptual Design, College of Industrial Technology, Nihon University

1. 背景

気象災害に関する情報は、災害が発生する恐れがあることを知らせる防災気象情報と、避難の呼びかけを行う避難情報に大別される。前者は重大性が高い順に「特別警報」「警報」「注意報」があり、気象庁が発令する。後者は重大性（拘束力）が高い順に「避難指示」「避難勧告」「避難準備情報」があり、各自治体が発令する。

これらの情報は、住民が災害から身を守ったり生活に役立てたりするのに有用である。一方で、発令されても住民が備えや避難をしない問題も指摘されてきた。備えや避難をしない理由の 1 つとして、名称から具体的な災害のイメージがわかなかったり、人によって捉え方が異なったりするために、重大性が正しく理解されていない可能性が考えられる。例えば、避難情報は危険度が高い順に「避難指示」「避難勧告」「避難準備情報」であるが、2016 年に盛岡市、静岡市、名古屋市の住民を対象として行われた牛山(2016)の調査では、危険度の順番を正しく理解していた住民は約 4 割であった。また、2016 年 8 月の台風第 10 号発生時に、岩手県岩泉町に「避難準備情報」が発令されたが、高齢施設では避難判断が遅れて入居者 9 名が死亡した。これを受けて名称のわかりにくさが指摘され、2016 年 12 月に「避難指示」は「避難指示(緊急)」に、「避難準備情報」は「避難準備・高齢者等避難開始」に名称が変更された。

先行研究を概観すると、防災気象情報や避難情報に対する印象や捉え方に関する研究は少ない。特に、防災気象情報を対象とした調査が見当たらない点や、先述のとおり 2016 年 12 月に避難情報の名称が変更されたことによる効果が検証されていない点が課題である。

2. 目的

大雨による水害に関する防災気象情報および避難情報について、各情報がどの程度重大だと思われているのかを明らかにする。さらに、一般人と防災研究者の感じ方の違いも明らかにする。

3. 方法

3-1. 調査対象者

災害情報を受け取る側である一般人と、災害全般について一定以上の知識を有していると考えられる防災研究者に分けて調査を行った。

一般人については、関東圏内の大学に通う大学生を中心に協力を依頼した結果、117 名から回答を得た。年齢や居住地が偏っているため、防災に対する意識が平均的な一般人を選出するために、島崎・尾関(2017)が作成した防災意識尺度を用いて防災意識を調べた。防災意識尺度による回答の Z 得点が-1～1であった 69 名(男性 32 名、女性 37 名)を分析対象とした。年齢の範囲は 18 才～61 才(中央値 21 才)であった。防災研究者については、防災に関する国の専門機関で働く研究者に協力を依頼した結果、17 名(男性 11 名、女性 5 名)から回答を得た。年代は 30 代～60 代であった。

3-2. 調査対象の災害情報

災害は気象や地震など様々な種類があるが、本研究では全ての人が経験するという理由から「大雨による水害」に関する防災気象情報および避難情報について調べることとした。土砂崩れや津波のような発生地域が限定されるものを除外した結果、表 1 に示す防災気象情報 5 種類および避難情報 5 種類、計 10 種類が調査対象となった。

3-3. 調査方法

調査は 2017 年 9 月～11 月に行った。最初に調査同意を得た後、場面設定として「あなたが今住んでいる場所は河川に近い低地で洪水の危険性があります。あなたが今いるのは平屋(1 階の建物)です。台風の接近に伴い大雨が降り続けており、各機関から災害情報が発信されています。」と表示した。続いて、サーストンの一対比較法により、表 1 に示す 10 種類の情報についての全組み合わせ(45 通り)を提示し、各組み合わせについて「あなたの身が、より大変なことになると感じられる災害情報はどちらですか？」と尋ねた。最後に、防災意識に関する質問や、これまでの災害経験等に関するプロフィールを問う質問を行った。

4. 結果と考察

4-1. 全体について

図 1 に一般人と防災研究者の結果を示す。全体的な傾向としては、どちらも防災気象情報より避難情報の重大性が高いと感じていた。一般人と防災研究者では重大性が高いと感じる順番や各情報間の距離が異なる箇所があった。

表1　調査対象の防災気象情報と避難情報

分類	名称		重大性
防災気象情報(大雨)	大雨特別警報		高
	大雨警報		↕
	大雨注意報		低
防災気象情報(洪水)	洪水警報		高
	洪水注意報		低
避難情報	避難指示※1	避難指示(緊急)※2	高
	避難勧告		↕
	避難準備情報※1	避難準備・高齢者等避難開始※2	低

※1は旧名称、※2は新名称(2016年12月~)である。

4-2. 防災気象情報について

表 1 に示すとおり、防災気象情報は「特別警報」「警報」「注意報」の順に重大性が高い。図 1 の結果を見ると、大雨(グレーの箇所)と洪水(白の箇所)ともに重大性の順番は理解されていることがわかった。これは用語を見た際に、「注意報」より「警報」の方が、「警報」より「特別警報」の方が重大であると感じるためであると推察される。

一般人は「大雨特別警報」の重大性を低く感じており、「洪水警報」と同等と捉えていた。「大雨特別警報」の重大性を低く捉えた理由として、「特別警報」が発令される状況がイメージできない、「大雨」という用語は日常的に使用されるものであるために重大性を感じにくいといった可能性が考えられる。また、一般人は「洪水警報」の重大性を高く感じていた。これは「大雨」の場合とは逆に、「洪水」という用語に対して何らかの危険なイメージを持っており、それが影響した可能性が考えられる。

4-3. 避難情報について

避難情報（黒の箇所）の旧名称に着目すると、実際には「避難指示」「避難勧告」「避難準備情報」の順に重大性が高いが、一般人は「避難勧告」が一番重大であると感じていた。その理由として、「勧告」という用語は日常的にはある種の強制力を持つ指示語として使われる場合があり、そのイメージが影響した可能性が考えられる。

「避難指示」と「避難指示（緊急）」、および「避難準備情報」と「避難準備・高齢者等避難開始」は、名称が変更になっただけで同じ内容の情報であり、評価は同等になるはずである。しかし、一般人と防災研究者ともに、旧名称に対する感じ方と新名称に対する感じ方は大きく異なっていた。「避難指示（緊急）」については「緊急」という用語からは行動を急かされていると感じるために高い評価になったと思われる。「避難準備・高齢者等避難開始」については、新名称に改定されたばかりで馴染みが薄く、初めて見聞したなどの理由で重大性を高く感じたと考えられる。このように、名称が変わったことにより重大性の感じ方も変わったことが明らかになった。

名称変更後は、実際の重大性(拘束力)の順番と同じ順番で重大であると感じており、名称変更による一定の効果はあったと言える。ただし、順番だけではなく感じ方の距離にも着目すると、一般人は、「避難勧告」「避難準備・高齢者等避難開始」の 2 つについてはあまり違いを感じておらず、災害の危険性が高まり次の段階の情報が発令されても備えや避難をしない可能性がある。

5.まとめ

本研究では、防災気象情報と避難情報がどの程度重大と感じられているか、重大性の感じ方に一般人と防災研究者でどのような違いがあるかを明らかにした。重大だと感じる順番だけではなく、情報間の主観的な距離を明らかにできた。今後は、一般人が「避難勧告」と「避難準備・高齢者等避難開始」の重大性をほぼ同等に感じている点、「大雨特別警報」の重大性を低く感じている点について検討を行う必要がある。現状の名所に関する調査だけではなく、わかりやすい名称の提案も含めて今後研究を進めていきたいと考えている。

6. 文献

島崎敢・尾関美喜(2017). 防災意識尺度の作成(1), 日本心理学会第 81 回大会発表論文集, 69.

牛山（2016）. 防災気象情報に関するアンケート, http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/guideline/pdf/161202_siryo01.pdf (2017年11月10日アクセス)

[連絡先]
あらまた　しゅんや
cisn14004@g.nihon-u.ac.jp

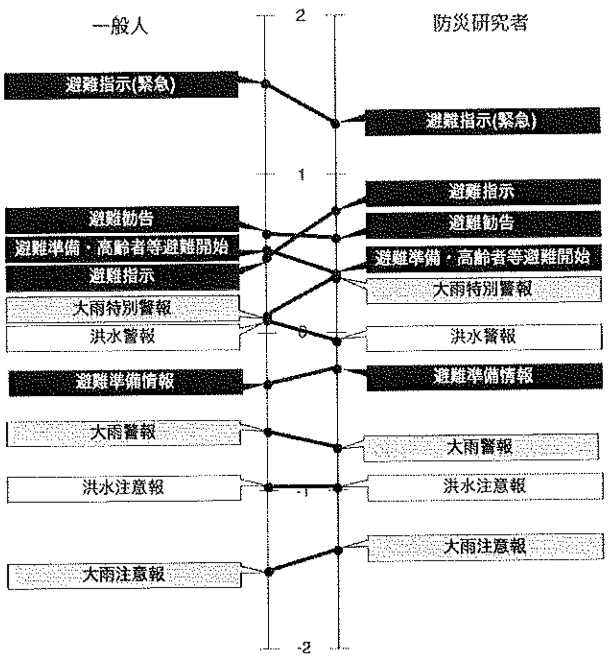


図1　一対比較による結果
(数字が大きいほど重大であると感じている)

B5-4

高身長者が感じる不満, 不快の調査

―高身長の人々も使いやすい, 暮らしやすいユニバーサルデザイン―

○布施　慶太郎*, 鳥居塚　崇**, 藤井　愛**
日本大学

Survey on unsatisfactory and uncomfortableness for tall persons
-Tall-persons-friendly universal design -

Keitaro FUSE*, Takashi TORIIZUKA**, Ai FUJII**
Nihon University

1. 研究背景

日本は2020年に東京オリンピックを控えており, 世界各国から多くの人々の来日が予想されている[1]. この訪日外国人の身長は国によって様々で高身長者が多い国の人々も含まれる. 東京オリンピックを想定すると高身長者も考慮に入れた環境を整える必要があると考える. そこで利用者の多様なニーズに対応するため, あらゆる利用者を想定して設計を試みるユニバーサルデザインが対策としてあげられる. 既に, ユニバーサルデザインはあらゆる面で議論されているが, その多くは身体的障害者や高齢者を対象にしたものであり, 高身長者を対象とした取り組みが見られなかった. そこで高身長者を考慮したユニバーサルデザインも必要ではないかと考えた. なぜなら高身長者も同様に生活の中で製品に対し不満, 不快を感じている[2]からである. 本研究では高身長者の感じる不満, 不快を調査し高身長者のユニバーサルデザインを検討した.

2. 高身長者とは

年々, 訪日外国人数は増加傾向にあり[1], 身長の高い国の人々の訪日数も同様に増加していると考えられる. そこで日本国内に身長の高い国の人々がどの程度来日しているのかを把握するため日本人成人男性の平均身長[4]の 90%タイル値である 179.1cm を超える人々を高身長者とすることで訪日外国人の中から高身長者のみを算出することを試みた.

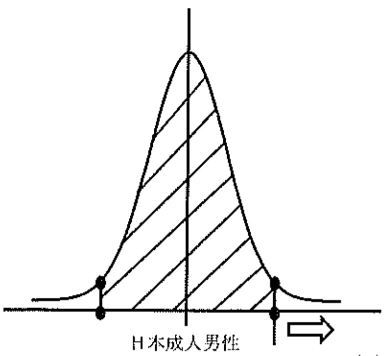


図 1 高身長者の定義

3. 高身長訪日外国人の割合

1914 年から 2014 年における 18 歳男性の身長データを基に解析されたデータ[3]を使用し, 平均身長が高身長者の基準とした 179.1cm を超える国を割り出した. 平均身長が基準値を超えた国は200カ国のうち 18 カ国あり, その多くはヨーロッパ諸国を中心とした先進国であった. この 18 カ国の訪日外国人は高身長者である可能性が高いと考えられる. この高身長国の訪日外国人数は2016年の間に年間 1124829 人来日している[5]. これは訪日外国人全体の割合で見てみると 4.8%であり, アジア諸国を除くと 29.9%である. このことから高身長者を考慮したユニバーサルデザインを検討する価値があるのではないかと考えた.

表 1　高身長の訪日外国数と割合 (2014)

国	平均身長	年間 訪日外国人数	割合 (%)
オーストラリア	179.2	441,863	1.90
フランス	179.7	259,193	1.12
ドイツ	179.9	184,223	0.79
オランダ	182.5	58,398	0.25
スウェーデン	179.3	50,489	0.22
ベルギー	181.7	30,667	0.13
デンマーク	181.4	24,054	0.10
フィンランド	179.6	23,901	0.10
ノルウェー	179.7	19,218	0.08
チェコ	180.1	12,423	0.05
スロバキア	179.8	4,312	0.02
エストニア	181.6	3,813	0.02
クロアチア	180.8	2,919	0.01
スロベニア	179.8	2,669	0.01
ラトビア	181.4	2,526	0.01
セルビア	180.6	2,486	0.01
アイスランド	180.5	1,405	0.10
ボスニア・ヘルツェゴビナ	180.9	270	0.00
高身長訪日外国人総数		1,124,829	4.80

4. 調査目的

高身長者は様々な生活の場面で製品対して不満, 不快を感じており記憶として蓄積されている. その起因であると考えられる不便状況を把握することを目的として調査を行った.

3. 調査方法

調査は日本にいる高身長の外国人旅行者を対象に行った．プレ調査を通して計画した調査のフレームワークに従いつつ，自然な会話を心掛けるためインタビュー形式で不便状況を聞き出した．初めに被験者の基本情報（性別，年齢，身長など）を記述式で記入してもらう属性調査を行った．その後，本研究の意図を説明し，日本滞在中に高身長により不満，不快を感じたことがあるかを「はい，いいえ」で単純解答させた．「いいえ」と答えた場合はインタビュー終了とし，「はい」と答えた場合は高身長者が感じている不満，不快の起因と考えられる不便状況を図のような２つのセクションに分けて質問した．これらの項目はほとんどの外国人旅行者が利用すると考えられる公共施設と習慣について専門家とディスカッションを行い得られたものである．この項目ごとに不便状況を開放的に問い，得られる情報を what（何に対して），context（状況）に分けて記入した．情報は被験者により多様であるため，足りない詳細状況は直接質問をした．

表２　不便状況に関する質問項目

場面A	場面B
・空港 ・公共交通（航空機，電車，バス） ・駅 ・ホテル ・観光地 ・ショッピングモール ・美術館，博物館 ・飲食店 ・その他	・トイレ ・シャワー ・睡眠 ・洗面 ・着替え

表３　調査で挙げられた不便状況

what	人数	context
シャワーノズル	5	シャワーノズルの高さが頭より低く，頭を洗うときに腰を曲げる必要があり洗いにくい．
ベッド	4	ベッドの長さが体の長さより短く脚が外に出ることがあり眠りを妨げられる．
公共交通の座席	3	座ると膝が前に出る．前席の後部に膝が接触してしまうため膝をたたむ必要がある．
天井	3	天井が頭より低く，姿勢を低くしながら歩く必要がある．
洗面台	3	洗面台の高さが低く，必要以上に腰や膝を曲げ手や顔を洗う必要がある．
戸口	3	戸口の高さが頭より低く，頭を下げて避ける必要がある．
鏡	2	鏡の位置が頭より低く，姿勢を低くすることにより鏡と頭の位置を合わせる必要がある．
手すり	2	手すりの高さが頭の高さより低く，頭を下げて避ける必要がある．
トイレの個室	2	身体が大きいため，身体を小さくすることでスペースを確保する必要がある．
提灯	1	提灯の設置位置が頭より低いため，頭を下げて避ける必要がある．観光に集中できない．
イス・テーブル	1	イスに座っているとき，テーブルの裏面と脚が接触し圧迫感を感じた．

4. 結果および考察

得られた不便状況は製品の高さと高身長者との高低差により生じているものと考えられ，高身長者は身体を製品の高さに合わせるため頭と脚を動かす必要がある．実際にシャワーノズル，天井，洗面台，鏡，戸口，手すり，提灯は頭に関する状況であり，ベッド，公共交通の座席，イス・テーブルは脚に関する状況である．また得られた状況は屋内生活に関する不便状況と外生活に関する不便状況に分けて考えることもできる．シャワーノズル，ベッド，天井，洗面台，鏡，ドア，イス・テーブルは屋内生活に関する不便状況であり，公共交通の座席，手すり，提灯，トイレの個室は外生活に関する不便状況と考える．人は内と外の空間で生活をしなければならないため，高身長者が生活をするうえで頻繁に不便，不満を感じている可能性がある． 調査で挙げられた製品に関してはユニバーサルデザインを検討する余地があるのではないかと考えた．

5. 今後の課題

今回の調査で高身長者の製品に対する不満，不快に起因する状況の傾向をつかむことができたが，被験者数が乏しかったため信頼性のあるデータにするためにはさらに調査対象者を増やす必要があると考える．調査対象者を50人程度に増やし，調査の信頼性の向上に取り組みたいと考えている．今後の実験としては，高身長者が感じている身体的負荷の度合いを測るため，調査で得られた不便状況を再現し，高身長者の行動観察と測定を行う．平常者との負担の差を生理的な実験を通した調査で生活をすることにおいて高身長がハンディキャップであることを明らかにし，高身長者も考慮に入れたユニバーサルデザインの必要性を提言したい．

6. 参考文献

1) 長田　充弘，尾島　麻由実，倉知　善行，三浦　弘，川本　卓司：2020 年東京オリンピック経済効果，2015

2)Sam Lochner PhD : Tall Life, p64–p91 , 2016

3)NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC) : A century of trends in adult human height , 2016

4)厚生労働省：国民栄養・健康調査 ， 2016
URL:http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou_eiyou_chousa.html

5)入国管理局 ： 出入国管理統計， 2016
URL:http://www.immi-moj.go.jp/toukei/

[連絡先]
ふせ　けいたろう
e-mail：cloth.give.k.t.o-0131@ezweb.ne.jp

C5-1

人型囲碁ロボットの開発

ー囲碁ロボット用ロボットアームと制御システムの開発ー

○北河直樹*，○高橋昂汰*，田宮高信*
*東京都立産業技術高等専門学校　医療福祉工学コース

Development of Humanoid IGO Robot　― Development of Robot Arm And Control System For IGO Robot ―

Naoki KITAGAWA*, Kouta TAKAHASHI*, Takanobu TAMIYA*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, Medical and Welfare Engineering Course

1. 研究の背景と開発の目標

囲碁は，碁石を交互に置いて碁石で囲んだ陣地の数で勝敗を競うゲームである．ルールが単純である一方，戦略の幅が広く右脳と左脳の双方が活性化されるため頭脳のスポーツとして普及しており，高齢者の脳老化防止に対する効果も期待されている[1~4]．本研究は、外出が困難な方や PC の操作が不得意な高齢者が自宅で囲碁を楽しみ，脳機能低下を防止する一助とするため人型囲碁ロボットの開発を目標としている．

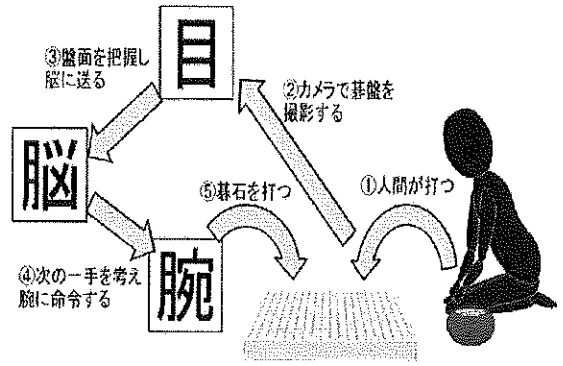


図 1　囲碁ロボットの基本機能

2. 囲碁ロボットの構成および本研究の目的

本研究における囲碁ロボットの開発は，基本となる機能を目，脳，腕の 3 つに分けて進められている（図 1）．既に自律的に人と対局できる最低限の機能を備えた囲碁ロボットの開発がおこなわれているが（図 2），現在の囲碁ロボットでは「人型」にはほど遠く，打つ手は囲碁のルールを無視してランダムに選ばれている[5]．そこで本研究では，次の各項目を開発の目的とした．

第一に，ロボットの胴体を製作し，アームの取付位置を人間の肩部に対応させる．その位置から盤面全体に石を打てるロボットアームを製作し，制御アルゴリズムを構築する．

第二に，囲碁のルールを脳の機能としてコード化し，囲碁ロボットが囲碁のルールに則って打つ手を選べるようにする．

なお，これらの開発においては，できるだけコストを低減することを指針としている．

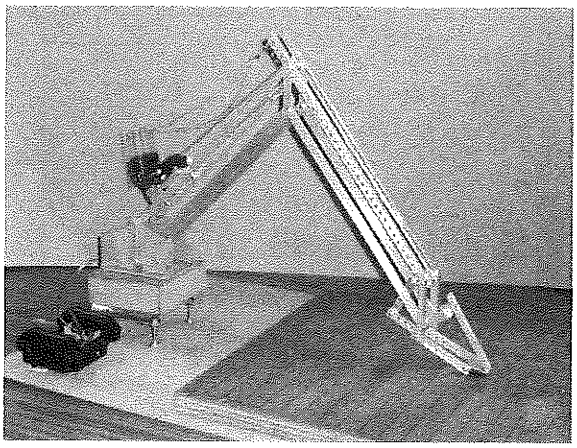


図 2　開発済みの囲碁ロボット[5]

3. ロボットアームの製作

図 3 に現在制作中のロボットアームの CAD 図を示す．図は右後方からのアングルを示している．今回の製作対象は右腕のみとしているため，腕は片側にのみ取り付けられている．中央の柱状の部位は腰から上の胴体をモデル化したものであり，アームの取付位置を人間の肩部に対応させるために新たに構築したものである．アームの取付位置を上に移動したため，アームの取付位置から碁盤までの距離が増大し，その距離を補うことが必要になった．本開発ではコスト低減のため低出力モータを動力源としているため，アームの重量増大は避ける方針を採り，今回は腰部に前後に曲げることができる自由度を追加することとした．腰の

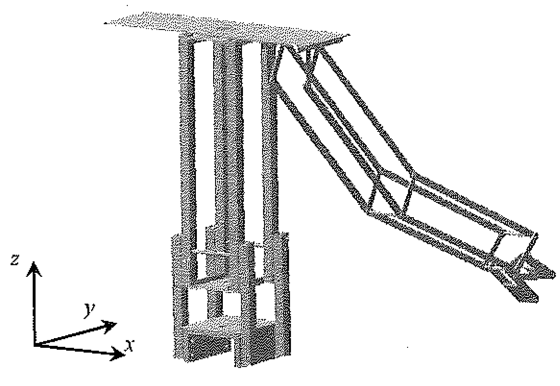


図 3　製作中の囲碁ロボット（CAD）

動作ではモータへの負荷低減を図るためカウンターウェートを用いてアームの重さとつり合わせるようにした．また右腕のみの製作となるため，左

右のバランスを取るために左腕の位置にもカウンターウェートを取り付けることとした.

4. 制御システムの開発

アームの制御および盤面情報の把握のために種々の機能を制御システムとして開発している.

4.1 逆運動解析

開発中のロボットアームは逆運動解析を用い，石を打つ位置を与えると各モータの角度を逆算して制御するシステムを構築する．現在アームの製作中であり，今後アルゴリズムの構築を実施する．また，目の機能を応用すれば指先の位置を把握する機能も追加が可能であり，指先の位置をフィードバックした制御の高精度化も検討している.

4.2 囲まれた石の判定アルゴリズム

囲碁では対局相手の石に囲まれた石は取られる．その判定には，次のように再帰関数を用いたアルゴリズムを用いることができる.

ある点に置かれた黒石について判定するとする．石の周りを上下左右と路を調べ，一つでも活路がある場合には囲まれていない．盤面の端や白石の場合には活路ではなく囲まれている可能性がある．黒石の場合，その石を起点として同じ処理を再帰関数として実施する．この結果として活路が一つもないとき囲まれていると判定する.

4-3 禁じ手の判定アルゴリズム

囲碁では石が置かれた点や相手の石に囲まれた点には置くことは禁じ手となる（ただし，打ったことによって相手の石が囲まれ取れる場合には禁じ手ではない）．「囲まれた点」の判定のため，次のアルゴリズムをコード化した.

まず「囲まれた点」を判定するため，仮想的に石を置き，前節で述べたの「囲まれた石の判定」を用いて置いた石が相手の石によって囲まれているかどうかの判定を実施する．囲まれていなければ禁じ手ではない．囲まれている場合には，さらに続けて，その石を置くことによって相手の石が囲まれるかを再び「囲まれた石の判定」を用いて判定する．その結果，相手の石が囲まれ取れる場合には禁じ手ではない．相手の石が囲まれていない場合には禁じ手である．コード化したアルゴリズムのフローチャートを図4に示す.

4-4 劫の判定アルゴリズム

囲碁には「劫」のルールがある．劫とはお互いが交互に相手の石を取ることが可能で，無限に続いてしまう形のことであり，ルール上，劫が生じた場合には一手別の手を打った後でなければ劫を取ることはできない．劫の処理は，前節のアルゴリズムをさらに高度化することで解決可能である.

劫は，石を一つだけ取れる配石の場合のみ生じるため，石が一つだけ取られたときに，その周辺の配石パターンが劫の配石パターン（9 通りとなる）と一致するかを調べる．一致した場合には対局相手がその点に置くことを劫で禁じ手とし，

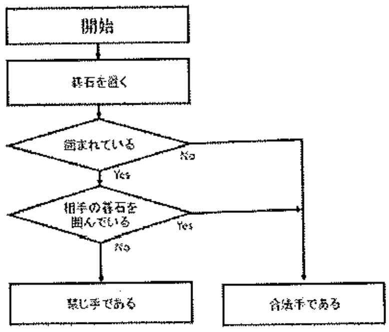


図 4 禁じ手の判定アルゴリズム

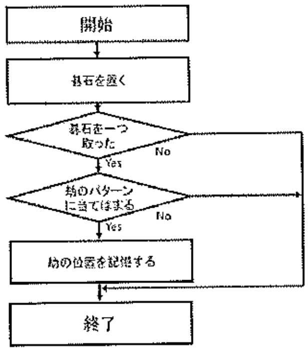


図 5 劫の判定アルゴリズム

それ以外を合法手とする．劫の判定アルゴリズムのフローチャートを図 5 に示す.

5. まとめと課題

人型囲碁ロボットの開発をおこなうため，人の胴体を構築し，ロボットアームの取付位置を肩部へ移動させた．囲まれた位置や劫の禁じ手を打たないようにするため，囲碁のルールをアルゴリズム化しコード化した.

現在はアームの製作と逆運動解析によるアームの制御に取り組んでいる.

6. 参考文献

1) 金子満雄：囲碁はボケ予防の妙手，河出書房新社 (2000-9).
2) 李秀貞：囲碁が高齢者の心身の状態に及ぼす影響，桜美林大学，修士論文 (2009-1).
3) Verghese J : Leisure Activities and the Risk of Dementia in the Elderly, The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE , 348 , p2508-2516 (2003).
4) 和田博：囲碁と脳の働き，出版文化社 (2004-10).
5) 河野ほか：囲碁ロボットの開発ーロボットアームの製作と制御システムー，日本人間工学会関東支部第 19 回卒業研究発表会講演集，p42-43, (2013).

[連絡先]
田宮　高信
e-mail : t-tamiya@metro-cit.ac.jp

C5-2

LCD 上に提示された対象物の背景の明度の違いが評価に及ぼす影響

○楠 拓也*，本田直**，藤井愛*，鳥居塚崇*
*日本大学，**日本大学大学院，

Influences of the brightness of background of the object shown on LCD on its evaluation

Takuya KUSUNOKI*, Nao HONDA**, Ai FUJII*, Takashi TORIIZUKA*
*Nihon University, **Graduate School of Nihon University

1. はじめに

近年高度情報化社会における情報通信技術の発展により，インターネットやアプリケーションが普及し，コンピュータディスプレイ等の LCD（液晶ディスプレイ：liquid crystal display）を介して，多くのコンテンツが利活用されている．片山らは背景色を高明度に，文字色の明度をやや抑えた黒にすることで，コンピュータの作業効率が向上することを明らかにした [1]．また齋藤らの研究によれば，ブラウザにおいてリンク文字色と背景色のコントラストが大きい無彩色が，視認性を向上させる上で有効であると報告しており [2]，色彩がディスプレイの作業においても様々な影響を与えていることが明らかになっている．一方，私たちは普段から「重い色」や「軽い色」という表現を用いるように，篠原らは色の軽重感に関する研究を行い，低明度のものほど重く感じ，高明度のものほど軽く感じさせることを明らかにした [3]．

これらの概念を用いることで，対象物の印象や評価を変化させ，身の回りの LCD を使ったサービスなどに応用できると考えた．そこで本研究では，LCD を使った対象物と背景色の明度の違いによって印象評価への影響を検討すべく，研究を行った．

2. 目的

本研究では，色の軽重感が評価や判断にどのような影響を与えるかを明らかにするとともに，LCD を使った様々なサービスへの応用性を検討することを目的とする．

3. 仮説

「重い」「軽い」が他の言葉にイメージを与えていると考えた場合，表 1 のようになる．

表 1 重一軽の表現

重い	軽い
重い色	軽い色
低明度(暗い色)	高明度(明るい色)
重要	軽薄
気持ちが重い	気持ちが軽い

「重要度」や「軽薄」という言葉に「重い」と「軽い」の漢字が使われているように，重い色（低明度）と軽い色（高明度）では，重い色（低明度）の方が重いというイメージが働き，重要度が高くなるのではないかと考えた．また明度の度合いで使われる「明るい色」「暗い色」という言葉についても，対象物の明るさについて評価する際に，明暗のイメージが評価に影響を与えるのではないかと考えた．また金らの研究では，軽い色（高明度）の方が重い色（低明度）に比べ好ましさの評価が高くなったことを報告しており [4]，この「好ましさ」について阿部らは，「美しさ」，「似つかわしさ」との 3 項目に高い相関が認められたことを明らかにした [5]．したがって本研究では，これらの関係について検討すべく，表 2 のような仮説をたてて実験を行った．

表 2 重一軽のメタファ

重い	軽い
重い色(低明度)	軽い色(高明度)
暗い	明るい
重要 ←	
価値がある ←	
→	美しい

4. 実験

4.1 実験概要

今回は LCD に対象物の写真を提示し，その背景を高明度（白）と低明度（黒）と変化させ，4 つの課題を行いそれぞれの項目を評価してもらった．なお実験参加者は本学校の大学生 30 名（男子 18 名，女子 12 名，平均年齢 21.1 歳，平均身長 165.5cm）に参加してもらった．

4.2 課題 1：道具の重要度評価

実験参加者にある状況を説明し，「道具」の写真を見てもらい，その際，その道具がどれくらい重要かを評価してもらった．線分の長さは 10cm とし，線の左端を 0，右端を 100 とした．LCD と実験参加者の目の距離は 60cm とした．状況の説明は以下の通りである．

「あなたは今船に乗って旅行をしています．
しかし急な嵐に見舞われ遭難してしまいました．
あなたはこれから一人で，助けを待ちながら生き
続けなければなりません．」

評価写真は 10 秒提示し，その間に手元の評価用紙に線を引いてもらった．評価後新しい評価用紙を渡し，次の評価写真を提示するという流れで行った．評価写真は 20 枚（10 個の道具×白背景，黒背景）をランダムで表示し，20 回評価してもらった．

4.3 課題 2： 明るさ評価及び年収推測

実験参加者に「人物」の写真を見てもらい，0～100 の線分で表情の明るさを評価してもらった．また，100 万～1000 万の線分も用意し，重要度評価として年収も同時に推測してもらった．はじめに基準となる人物を 2 秒提示した．評価写真は 20 枚 （10 人の人物×白背景，黒背景）をランダムで表示し，20 回評価してもらった．

4.4 課題 3：価値の評価

実験参加者に「外国通貨」の写真を見てもらい，日本円を基準にして 0 円～200 円を示す線分で推測してもらった．また，推測にどのくらいの自信があるかどうかも評価してもらった．評価写真は 20 枚（10 個の外国通貨×白背景，黒背景）をランダムで表示し，20 回評価してもらった．

4.5 課題 4：美しさの評価

実験参加者に「サボテン」の写真を見てもらい，0～100 の線分でその美しさを評価してもらった．評価写真は，20 枚（10 個のサボテン×白背景，黒背景）を使用した．評価用紙は課題 1 と同じものを使用し，実験手順は課題 3 と同様とした．

5. 結果及び考察

得られた実験参加者のデータは，白背景と黒背景の二つの評価用紙の線分の長さ(cm)の変化量を求め，平均値のグラフを作成し，t 検定を行った．結果のグラフを以下に示す．

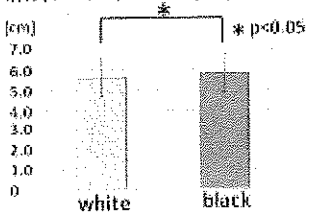


図 1 重要度の評価

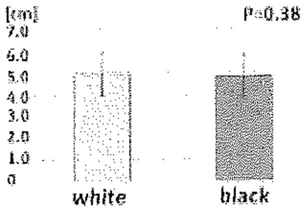


図 2 表情の明るさ

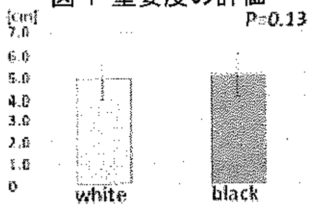


図 3 人物の年収

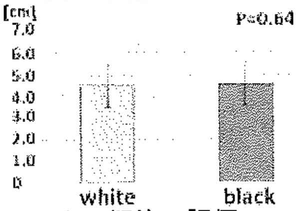


図 4 価値の評価

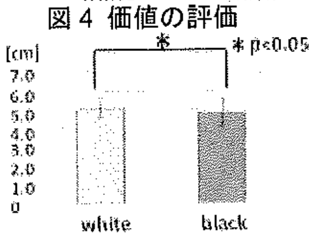


図 5 美しさの評価

全体的に，僅差なものもあったが仮説通りの結果となった．特に課題 1 と 4 については評価に大きな差が生まれ，有意差が認められた（p=0.04）．今回無人島でのサバイバル生活という状況を教示したが，ヒアリングでは無人島生活のテレビ番組を見たことがある者がほとんどで，状況を理解しやすかったために，正確性の高いデータがとれたと考える．やはり低明度は対象物に重いや重要などのイメージを持たせ，重要度を高く見積もることが分かった．美しさについては，趣向度の違いによってデータに乱れが生じることが懸念されたが，実験参加者のサボテンの関心度合いは全体的に低く，直感的で純粋なデータが得られたと考える．高明度背景が美しさを引き立たせることが分かったので，これらは今後様々なサービスに役立てることができればと思う．また，課題 2 の人物の評価の際，明るさと年収を同時に推測してもらったたが，明るさと重要度は対称的な結果になると仮説を立てていたため，双方のイメージが働き，相応しくないデータになってしまったと考える．今後分けて課題を行うなどの改善が必要である．課題 3 の価値の評価については，p=0.64 とほとんど差がなかった．これについては，価値を高い低いというイメージで軽い色（高明度）を高く評価した者と，仮説通り重い軽いというイメージで重い色（低明度）を高く評価した者がいたためだと考えられる．今後他の方法での検討が必要である．

6. 今後の展望

今回の実験で，重要度の評価は低明度背景の方が高く，美しさの評価は高明度背景の方が高くなることが示された．これらの結果を応用することで，例えば Web における美しく見せたい商品画像には高明度背景を採用して消費者の購買意欲促進に利用できたり，ユーザーに読んでほしい重要事項の背景には低明度のものを採用し，読み飛ばしを防ぎトラブルの回避に役立てたりできると考える．また，今後は今回有意差が認められなかった要因についても，再度見直しを行い検討していきたいと思う．さらには，他の概念と絡めて背景色だけでなく，より幅広いものに応用していくことを検討していきたい．

参考文献

1) 片山徹也，庄山茂子，栃原裕：コンピュータ画面の明度条件と作業効率及び疲労感との関連，長崎県立大学大学院，人間と生活環境(J. Human and Living Environment), 17(1), 1/6, 2010.
2) 齋藤大輔，斎藤恵一，納富一宏，斎藤正男：標準リンク色と背景色の視認性評価，東京電機大学先端工学研究所，バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 Vol.8 No.1, pp107-113, 200
3) 篠原久美子，木下武志，一川誠：色の見かけの上の重さ，山口大学大学院，デザイン学研究，BULLETIN OF JSSD Vol.53 No.5, 2007.
4) 金聖愛，川端康弘：2 色配色における好ましさと反応時間及び視線の動きとの関連，北海道大学，日本色彩学会誌，Vol.41, No.4, pp143-153.
5) 阿部久美子：カラークロスの印象評価による色彩し好性，京都光華女子大学，京都光華女子大学短期大学部研究紀要，No.38 pp31-41, 2000.

C5-3

熟練者の視線情報を活用したスキル習熟支援

―e-Sports の種目を題材に―

○栗林泰良*, 吉武良治*
*芝浦工業大学 ユーザーエクスペリエンスデザイン研究室

Study on improving player skills by analyzing expert's eye movement - Case study on e-Sports -

Taira KURIBAYASHI*, Ryoji YOSHITAKE*
*User Experience Design Lab, Shibaura Institute of Technology

1.はじめに

2017 年 4 月にアジアオリンピック評議会は, 2022年のアジア競技大会にて e-Sports を正式なメダル種目とすることを発表した. 経済産業省がまとめた報告書 [1]によると世界の e-Sports の市場規模は、2015 年時点で 7.5 億ドル、その後年率 13%程度で成長し、2019 年には 12.3 億ドル規模に成長すると予測されている. しかし日本の e-Sports に関する取り組みは諸外国に比べて環境や競技レベルが大幅に遅れており, 厳しい環境の中で質の高い練習が必要となる等, スキル習得に割ける時間に大きなハンデを負っている. 近年ではスキルにおける部分的な共通点を見出し習熟にかかる時間の削減や他の活動の身体知の応用が期待されている.

本研究ではこの e-Sports のスキル習得を支援するひとつの要素として競技者の「視線」に着目する. 初心者と熟練者が競技中に取得している情報の違いを視線データをもとに調査・分析することで, 習熟にかかる時間の削減に貢献するための要素を抽出することを目的とする.

2. 実験 1

2.1 実験 1 の目的

小原らは視線追従装置を用いたリズムアクションゲームプレイ中における視線の動きを測定し, 初心者と熟練者の視線比較の結果, 熟練者は初心者よりも合理的な視線移動であることを示した [2]. この先行研究を受け, 同様の現象が確認できるか検証するために, 実験 1 としてスマートフォンアプリのリズムアクションゲームプレイ中の熟練者と初心者の視線を計測し, その違いを比較した.

2.2 実験準備・方法

実験参加者は熟練者 1 名, 初心者 3 名とした. 熟練者の定義は「本アプリを稼働初期からプレイしており, 最高難易度の楽曲を安定してクリアできる程度の実力」とし, 初心者は「高難易度の楽曲をクリアできない」と定義し, 参加者を決定した. 実験タスクは, 熟練者には中難易度, 最高難易度を 1 曲ずつ課し, 初心者には同内容の中難易度の楽曲のみを課した. 視線は Tobii X2-30 Compact を用いて計測した.

2.3 実験結果

図 1 に熟練者のプレイ中の視線遷移を示す. 図 1 左側が中難易度, 右側が最高難易度でどちらも画面中央に視線が集中する傾向が見られた. 最高難易度については画面中央付近の 1 点にほぼ停留し続けており有効視野で表示情報を捉えている割合が多いことが分かった.

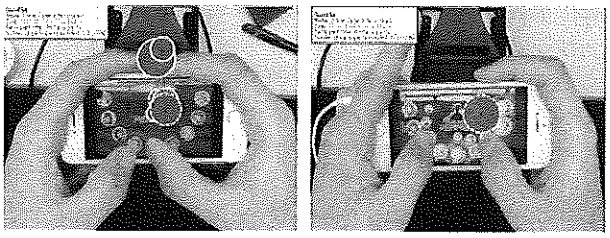


図 1 熟練者のプレイ中の視線遷移（実験 1）

図 2 に初心者 3 名のプレイ中の視線遷移を示す. 初心者らはどこか 1 点に停留することがほとんどなく, 絶え間なくリズムアイコン（プレイ中に出現する UI）が表示される位置に視線を移し続けていた.

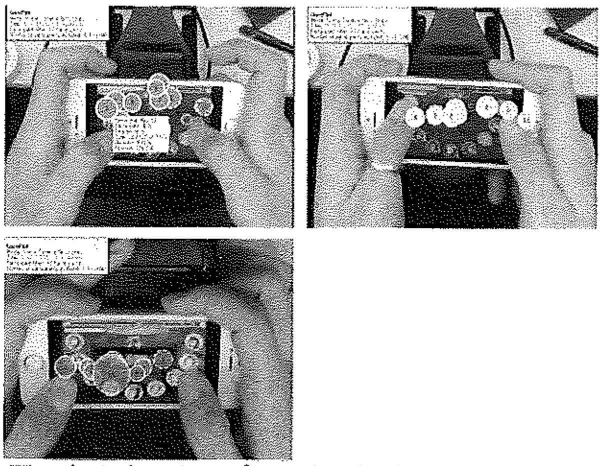


図 2 初心者 3 名のプレイ中の視線遷移（実験 1）

以上の結果から, 先行研究と同様に熟練者に合理的な視線移動がみられた. 合理的な視線移動とは周辺視にて効果的に情報を処理することが特徴的であることから, 実験 2 では視野に注目することとした. 特に「有効視野」内で熟練者が取り入れている情報を初心者と比較する. ここで有効視野は眼球運動だけで情報注視し, 瞬時に特定情報を雑音内より受容できる範囲(左右約 15° 上約 8° 下約 12° 以内)と定義する. そして視力や色弁別などの視機能に優れ, 高精度な受容が可能な範囲(約 5°)である弁別視野との関係を探る.

3. 実験２

3.1 実験２の目的

実験２では熟練者と初心者の視線遷移から，ゲームにおける習熟にかかる時間の削減を目指すための要素を抽出することを目的とした．対象は e-Sports の種目にもなっている「TETRiS」とした．

3.2 実験準備・方法

実験２ではゲームソフト「WiiU ぷよぷよテトリス」を用いた．実験参加者は，経験者 1 名（男性 1），初心者 10 名（男性 8：女性 2）であった．「経験者」「初心者」は，それぞれ次のように定義した．

経験者：150 ラインマラソンのモード(以降マラソン)を 2 回プレイして 2 回ともクリアできる，かつ 40 ラインのタイムアタックで 3 回中 1 度でも 2 分未満の成績を出せる．初心者と対戦をしてあからさまな誤操作や運要素を除いた場合，ほぼ確実に勝利することができる程度の実力者．

初心者：マラソンを 2 回プレイして 1 度もクリアできない程度の実力者．

実験参加者には以下のタスク 1〜3 を課した．

タスク 1：「マラソンにて，クリアもしくは失敗（敗北）するまでこのモードをプレイ」，これを 2 回行う．ここでは「このタスクによって初心者かそうでないかを分類すること」と「操作感にある程度慣れてもらうこと」の 2 つの目的があり，このタスクによって初心者に分類された実験参加者はこの時点でタスク 3 に移る．

タスク 2：タスク 1 で 2 回とも失敗しなかった実験参加者に与えるタスクで「40 ラインのタイムアタックをプレイ」，これを 3 回行う．これは，経験者か否かを分類するためのタスクである，このモードで経験者としての条件が満たされた実験参加者はタスク 3 に移り，満たされなかった場合は経験者と初心者の境界を明確にするため除外となる．

タスク 3：両属性共通で「横 1 列を消すことを『1 ライン』とし，4 ラインを同時に消すまでのタイム計測」，これを 7 回行い最も早かったタイムと最も遅かったタイムを除外した 5 回のタイムの平均をとり，タスク 3 実行中の視線遷移を分析した．また今回はタイムを計測したが「タイムアタックである」と認識づけるという目的にとどまっているが，今後の評価実験に再利用することも考慮している，

4. 結果

図 3 に初心者の視線遷移の典型的な例を示す．実験 1 と同様に特定点に停留することがほとんどみられず，ほとんどが無操作で思考している状況であった．図 4 に経験者の視線遷移のスタートから終了までの流れを示す．4 ラインを消すまでの視線遷移は少なく，積み重なる段の中央に停留する傾向が見られた．

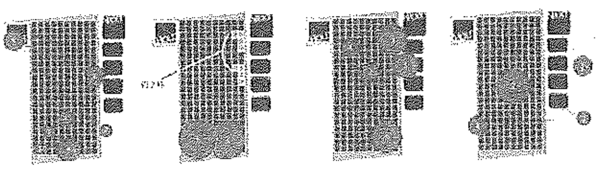


図 3　初心者の視線遷移傾向（実験２）

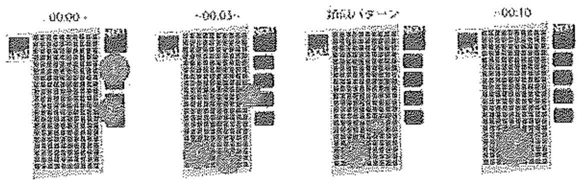


図 4　経験者の視線遷移傾向（実験２）

5. 考察

初心者は弁別視野だけで情報処理し，複雑な状況に思考が追いつかない現象が起こりがちであるのに対し，経験者は有効視野を活用して初心者が取り入れている情報以上の情報量をうまく整理していることが示唆された．このことからプレイヤーに視線情報をフィードバックし，視点をベースとした情報取得の方策，すなわちどの場面でどの箇所を見ればいいかを知らせることで習熟期間の削減が見込める可能性があると思われる．

6. 今後の展望

今後はさらに経験者や熟練者の視線データを収集し，その詳細な特徴を抽出する．得られた特徴や要素を初心者にフィードバックして練習した場合と，何も指示せずに練習した場合とで，習熟の度合いに有意差が生じるか検証を行う．最終的には熟練者が身につけたスキルを視線データをもとに習熟を支援するための指標，ガイドラインを提案していきたい．

7. 文献

1) NTT データ経営研究所：平成 28 年度コンテンツ産業強化対策支援事業（オンラインゲームの海外展開強化等に向けた調査事業）報告書，http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000848.pdf（参照日 2017 年 8 月 22 日）

2)小原卓也，藤波努：視線追従装置を用いたリズムアクションゲームにおけるスキルの分析，人工知能学会全国大会論文集 24, 1-4, 2010. http://hdl.handle.net/10119/8898.（参照日 2017 年 8 月 22 日）

[連絡先]
くりばやし　たいら
e-mail：cy14216@shibaura-it.ac.jp

C5-4

VR空間におけるUX評価の有効性

ー照明と壁色をパラメーターとしてー

○松下寛*, 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

Effectiveness of UX evaluation in VR space -Lighting and wall colour as a parameter-

Kan MATSUSHITA*, Ryoji YOSHITAKE*
*UX Design Lab, College of Engineering and Design, Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

ユーザーエクスペリエンス（UX）デザインにおいてプロトタイプを作成すること（視覚化），そしてその評価を適切に実施することは重要なプロセスである．近年，バーチャルリアリティ(VR)ツールの普及によって，これまでその評価が困難であった環境条件や建築・空間のUX評価も比較的容易に実施できる可能性がみえてきた[1]．従来であれば評価の際に実空間を必ず作成することが必要であった課題に対して，まずVR空間において環境や条件を設定して評価することでデザインの方向性を確認することができると思われる．

本研究ではVRツールをUX評価に活用していくための可能性を検討する目的で，室内空間における空間広さの知覚と空間の印象に関する基礎的な実験を実施した．

2. 実験方法

2.1 環境

本実験では，Unity Technologies SF社のゲームエンジンであるUnityを使用し，窓やドアといった外的刺激を排除した幅3 m，奥行き4 m，高さ2.4 mの空間を作成した(図1)．JIS[2]の推奨値を参考に床面はN5.5(反射率23.97)，天井面はN8.5(反射率66.68)に設定した．4方向の壁は壁面のマテリアルを5パターン(N1,N3,N5,N7,N9)作成し，壁にドラッグ&ドロップをすることで即座に壁色を変更することができるようにした．また作成した空間の中央の天井にSpot Light照明を設置した．

実験参加者が実際にVR空間を体験する際の装置やゴーグルは，HTC社のVIVEを使用した．

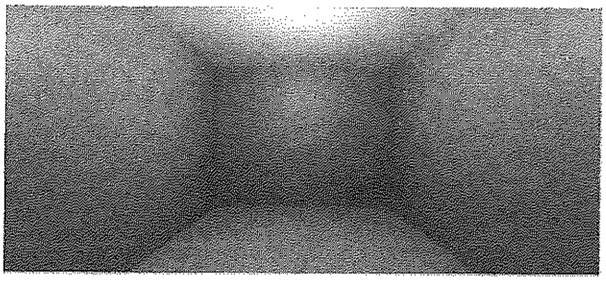


図1 基準とした空間

2.2 条件

表1に実験参加者に提示した実験条件を示す．

表1 実験条件

壁面	N1,N3,N5,N7,N9
照明色温度	2800K,4200K,6500K
照明強度	Intensity1, intensity1.5, intensity2

壁面色N5，照明色温度4200K，照明強度intensity 1.5を基準の空間と設定した．実験参加者に課した評価項目は，部屋の「広さ」「高さ」「明るさ」「居心地」の4項目とした．評価は，基準の刺激を100としたときの実験刺激の評価得点を申告するという方法：マグニチュード推定法を採用した．居心地の評価に関しては，オフィスや大学の研究室のようなデスクワークなどの作業を行う空間を想定してもらった．実験参加者は，20代の男子大学生5名であった．

2.3 手順

実験は以下の手順で行った．

(1) 実験参加者に説明書（実験の目的・内容，実験手順の概要を記述）と確認書を提示し，同意を得る．
(2) 実験参加者は椅子に座り，ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着する．この際，顎台や耳栓などは使用しなかった．
(3) 基準の刺激(部屋)を提示し，1分間観察する．
(4) HMDを装着したまま，比較対象となる条件(部屋)を提示する．実験参加者は，本人が納得した評価が確定するまで、実験者に声をかけることで何度でも基準の刺激と実験対象の刺激を繰り返し観察できる．
(5) 口頭で実験対象の4つの評価項目の点数をそれぞれ申告する．
(6) (3)~(5)を5つの条件にて繰り返したのちHMDを外し3分の休憩をとる（これはVR酔いを軽減する目的で実施）．
(7) (6)を44条件の評価が終了するまで繰り返す．

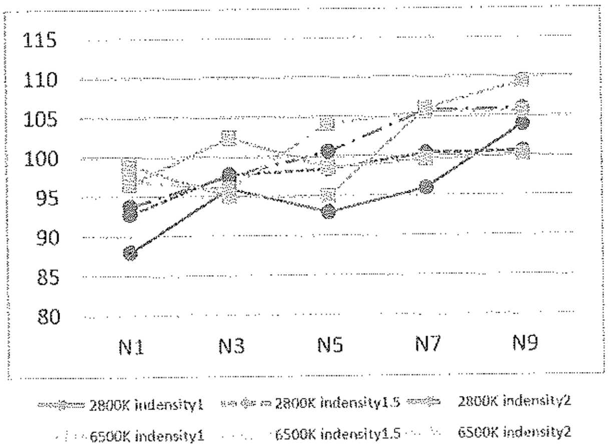


図2　広さ感

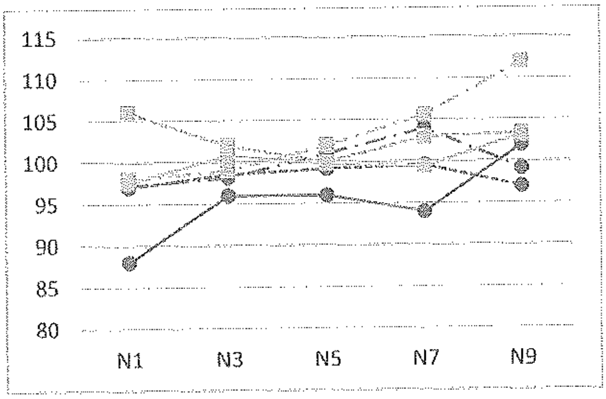


図3　高さ感

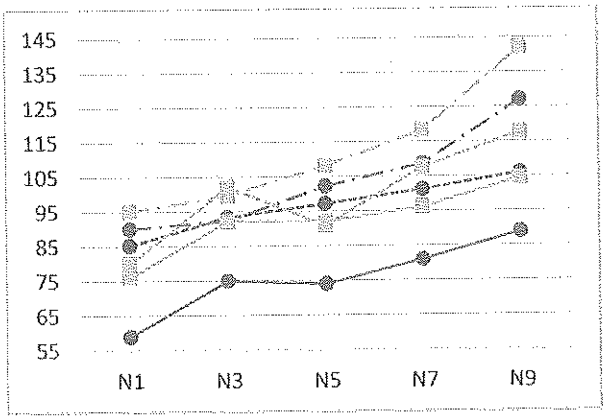


図4　明るさ感

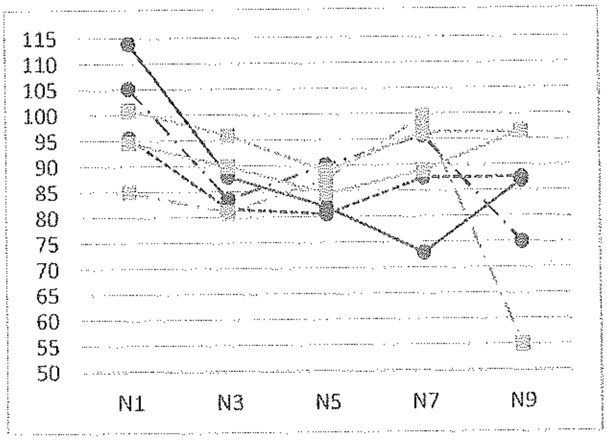


図5　居心地

3.結果

実験参加者 5 名が各条件で申告した点数の平均を図2から図5に示す．壁の反射率が高くなるに従って空間は広く，高く，明るく感じる傾向がみてとれる．また，照明の色温度が高くなることで空間の広さ，高さ，明るさの点数が高くなる傾向にあった．照明強度による差は 6500K の光より，4200K の条件の方が顕著に表れ，照明強度が高いほど空間は広く，高く，明るく感じる結果となった．居心地に関しては，壁の反射率か低くかつ照明を暗く感じる条件の方がスコアは高い傾向となったが，壁面色がN7で実際のオフィスや大学の教室，研究室に使用されている条件と近い場合は，高いスコアとなっている．

4.考察

Intensity2の条件において，壁面の反射率がN9の場合，広さ感が頭打ちになっていた要因として明るすぎて壁と壁の境目が認識しづらくなっていたと考えられる．また，壁色がN1とN7の条件で居心地のスコアが高くなった理由としては，反射率が低い場合は，暗さがリラックス感を誘引した可能性が考えられ，またN7は，普段から接している教室やオフィス環境に近かったことから高得点になったのではないかと考えられる．

5.おわりに

今回の VR 空間における実験において，照明条件と壁面の反射率をパラメーターとした空間広さの知覚，及び空間の印象（居心地）に一定の方向性を確認することができた．実空間でも同様の知覚や印象を得られることが予想されることから VR ツールを用いた UX 評価の可能性は確認できたと思われる．今後はさらに有効な活用方法を探っていきたい．

7.文献

1) 吉沢望他：バーチャルリアリティを用いた住環境呈示システムにおける実空間再現性の検討，日本建築学会計画系論文集 550, 87-93, 2001.

2) JIS Z 9125：屋内作業場の照明基準，2007.

[連絡先]
まつした　かん
e-mail：cy14236@shibaura-it.ac.jp

D5-1

実時間音声加工システムのための教師データ作成実験システムの開発

○伊藤郁美
法政大学理工学部創生科学科

Development of an experiment system to make supervised data for a real-time voice processing system

Ikumi ITO
Faculty of Science and Engineering, Department of Advanced Science, Hosei University

1. 研究の目的

聴覚機能は加齢と共に劣化するため，日常生活で不便を感じる状況が多くなってくる．例えば，周囲騒音により拡声器の音声の聞き取りやすさが低下することがある．具体的には，駅構内における周囲騒音によりアナウンスが聞き取りづらい，という状況が挙げられる．既に，多帯域振幅圧縮を利用した音声加工システムの研究がされていたが，実時間処理でないため実環境で使用することはできない[1]．そこで現在，音声の圧縮程度を周囲騒音から決定し，実時間で多帯域振幅圧縮処理するような音声加工システムの開発を目指している．そのシステムの一部にニューラルネットワークを使用するため，学習用の教師データを作成する被験者実験が必要となる．そこで本研究では，被験者実験で使用するための，データ作成実験システムの開発を行う．

2. 研究の方法

本研究で作成するシステムは，サウンド入出力機能を備えた一般的なパーソナルコンピューターと，その上で実行される Labview で記述されたプログラムにより構成されている．

3. 音声加工システム

このシステムは，周囲騒音に応じた適切な圧縮レベルを自動で求め，その圧縮レベルで，拡声すべき音声（以下「目的音声」とする）に多帯域振幅圧縮処理を行うシステムである．図1に音声加工システムの構成，図2にモデル化した音声加工システムの図を示す．本システムは多帯域振幅圧縮処理システムと圧縮レベル算出システムからできている．まず，多帯域振幅圧縮処理システムでは，目的音声を5帯域に分け，各帯域の強度と圧縮レベル算出システムから出力される5帯域各々の圧縮レベルをもとにゲイン調節量を決定する．次に，先程求めたゲイン調節量により各帯域のゲイン調節を行い，各帯域を加算することにより，多帯域振幅圧縮処理された圧縮音声を得ることができる．圧縮レベル算出システムは，周囲騒音を5帯域各々に分けて各帯域の強度を求め，ニューラルネットワークを用いて重みにより5帯域の適切な圧縮レベルを，多帯域振幅圧縮処理システムに出力する．

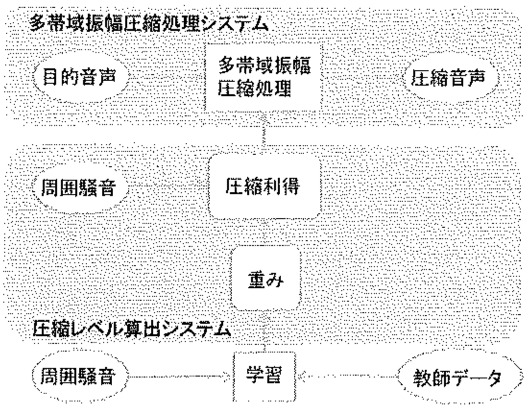


図1　音声加工システム構成

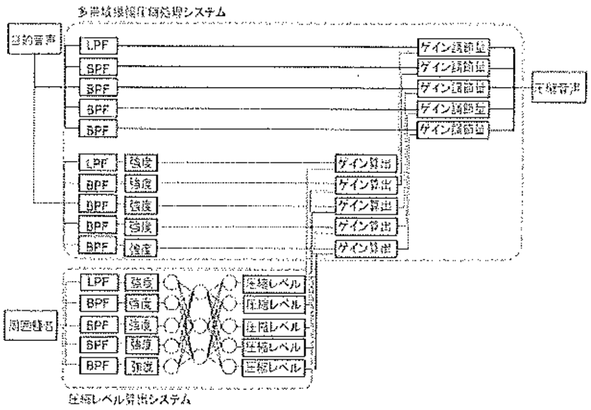


図2　音声加工システムモデル図

3.1 圧縮レベル算出システム

圧縮レベル算出システムについて詳しく説明する．このシステムは，周囲騒音に応じた適切な圧縮レベルを，多帯域振幅圧縮処理システムに出力するものである．そのために，本システムでは入力層5素子，中間層3素子，出力層5素子で構成されるニューラルネットワークを使用し，周囲騒音に応じて適切な圧縮レベルを出力するよう，バックプロパゲーション法により予め学習させておく．また，入力層と中間層には，入力に関係なく常に1を出力するバイアスニューロンを設けてある．ま

た，本システムにおける出力は，0と1に偏ったものでなく，0から1までのあらゆる中間的な値を望むため，シグモイド関数として，

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-0.5x}}$$

を用いる．

3.2 教師データ作成

前述のように，圧縮レベル算出システムでは，ニューラルネットワークを使用する．その際，教師データを用いて学習を行うため，教師データを作成する被験者実験を行っておく必要がある．この実験を教師データ作成実験とする．教師データ作成実験は，被験者に騒音下で単語を呈示し，全ての単語を聞き取ることができるまで，圧縮レベルを手動で調節させる．ここで得た騒音の分析結果をトレーニングデータ，調節した各帯域の圧縮レベルを教師データとする．

3.2.1 使用音源

今回作成する音声加工システムは，駅構内などで用いることを想定している．そのため，この実験で用いる騒音は，駅構内で発生する騒音を録音したものとする．騒音は5種類用意した．また，目的音声は，補聴器適合評価用 CD の“TY-89”に収録されている3音節25種類を用いた[2]．

3.2.2 目的音声と騒音の呈示レベル

一般に単音了解度が 90%のときの文章了解度は，理想的伝送系で 98%となることが示されている[3]．本研究は，騒音下で音声が聞き取りづらい際に，それを補うことのできるシステムを目指している．そのため，教師データ作成実験を行う際は，単音了解度が約 80%となるような S/N で音声を呈示する．そこで，教師データ作成実験を行う前に，各騒音下で目的音声の書き取りを行い，正答率が 80%となるような S/N を調べる．

3.2.3 教師データ作成実験システム

図 3 に教師データ作成実験システムの概要図を示す．教師データ作成実験システムは，図 2 に示した音声加工システムの，圧縮レベル算出システムを変更したものである．具体的には，ニューラルネットワークの出力の代わりに，被験者が図 4 の画面を用いて手動で調節した圧縮レベルを用いた．ここで，被験者は図 4 の増減ボタンを押すことで，圧縮レベルを変更することができる．また，保存ボタンを押すことで，騒音の分析結果と調節した圧縮レベルを記録する．また，実験は図 5 のような環境で行う．

4. 今後の研究計画

現在までに，音声加工システムの作成，教師データ作成実験システムの作成を行った．今後はまず，

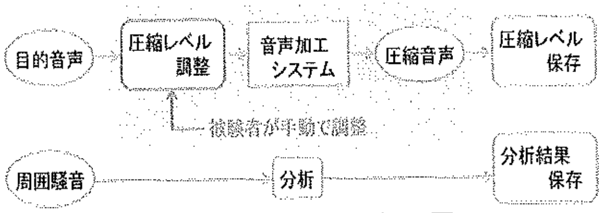


図 3　実験システム概要図

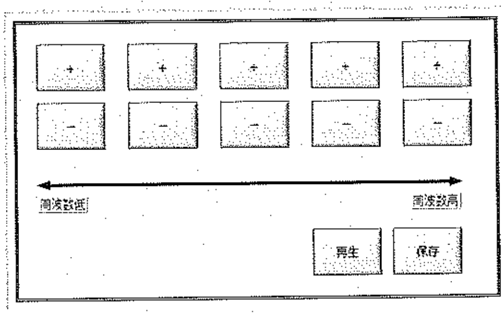


図 4　被験者操作画面

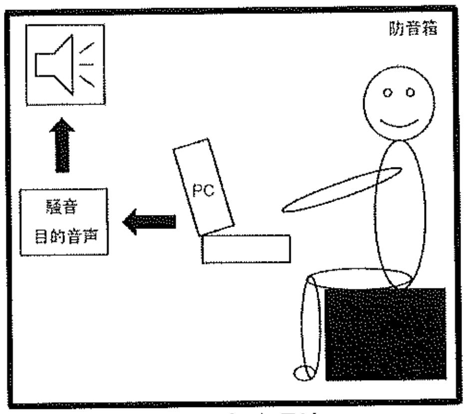


図 5　実験環境

教師データ作成実験で呈示する音声の S/N を求める．そして，それらを用いて教師データ作成実験を行い，教師データとトレーニングデータを作成したい．

5. 文献

1) 鈴木郁，越智寛毅：高齢者にとっての了解度改善を目的とした，拡声器のための音声加工処理，人間工学，40(6)，289-301，2004

2) 田中美郷 他：補聴器適合評価機器の試作に関する研究，文部省科学研究費研究成果報告書，1989

3) 日本音響学会，音響用語辞典，コロナ社，526,1998

[連絡先]
伊藤　郁美
e-mail：ikumi.ito.8k@stu.hosei.ac.jp

D5-2

画像解析を用いた漢字フォントの視認性評価手法の提案

○猪野 優樹*，石橋 基範*
*日本大学生産工学部

Proposal of an evaluation method of visibility of Chinese character font by image analysis

Yuuki INO*, Motonori ISHIBASHI*
*College of Industrial Technology, Nihon University

1．はじめに

視覚的表示には、様々な文字種やフォントが使用されており、それぞれに視認性（見やすさ）が求められる。文字種の中でも英数字の視認性に関しては、ISO9241-303やISO15008[1]で文字高さによる要件が提示されている。英数字の場合は文字や数字によって複雑さが大きく変わらないので「文字の高さ」だけでほぼ決められるが、日本語につきものの漢字の場合、画数や構造（偏や旁など）によって複雑さは異なるため、文字高さだけで決めることはできない。

日本語について、佐川ら（2013）は高齢者でも読める文字サイズの検討を行い、JIS S0032「日本語文字の最小可読文字サイズ推定方法」が制定された[2]。この研究過程では一般に利用頻度の高い明朝体とゴシック体で検討されている。しかし、視覚的表示にはデザイン性の観点から明朝体やゴシック体だけでなく様々なフォントが使用されている。様々なフォント一つ一つに視認性の評価方法を求めることは現実的ではなく、日本語、特に構造が複雑な漢字の新たな視認性の評価方法が必要と考えられる。ここで漢字フォントの見やすさの定量評価のためには、漢字全体やそれを構成する要素単位で画数、黒で塗られた部分の密度のような画像解析的な要素と、実際の見やすさを関係づけていくことがキーになると考えられる。

本研究では漢字フォントの視認性の定量評価手法の提案を目的とした。それに向けて、まず、漢字やその構成要素の画像解析から、漢字の視認性への影響要因を調査した。

2．方法

2.1 実験方法

(1) 実験参加者

視力両目0.7以上（矯正可）、正常三色覚の20代大学生男女4名とした。

(2) 漢字を構成する要素の定義方法

評価用の漢字の作成にはPowerPointを使用し、96×96ピクセルの枠内に漢字全体が過度の隙間なく収まるようにした。そして、視認性に影響があると考えられる要因として以下の構成要素を定義した。①画数、②枠の中の黒いピクセルが占める割合（以下、占有率）、③1画の最小ピクセル数（以下、「最小の1画」）、④1画の最大ピクセル数（以下、「最大の1画」）であった（図1）。

次に、予備検討を通して最小の1画が290ピクセル以下、最大の1画が800ピクセル以上であると占有率への影響が高いと分かった。そこで、290ピクセル以下を「最小の1画が小さい」、290ピクセル超を「最小の1画が大きい」とし、最大の1画も同様の条件を設定し、評価用の漢字の選定条件に組み入れた。

以上から、画数を5画と7画、占有率を約29%～約35%の3%刻みとし、4つの要素を組み合わせた19個の漢字を用意し、条件に合う漢字がないものは除外した（表1）。

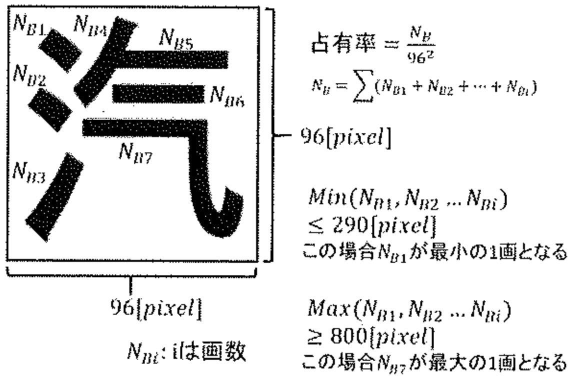


図1　占有率と最大最小ピクセル

表1　評価した漢字

圧	条	目	寿	妥	田	他
足	巨	母	廷	汽	犯	攻
君	央	否	込	処		

さらに、表1の漢字を検討した結果、前述①～④以外で視認性に影響する特徴が見出された。例えば、「ふところ」（画と画が構成する内側の空間）の形状・大きさ、偏旁、画の平行間隔等である。そこで、各漢字のこれら特性を整理した。

(3) 実験条件

評価用の漢字を、ノートPCの15.6インチディスプレイ上にPowerPointを用いて表示した。画面上のサイズは97mm四方であった。実験参加者とノートPCの視距離は500mmとした。

(4) 評価方法

実験では、視認性を「読みやすい」「読みづらい」と置き換えて、実験参加者に評価の教示を行った。実験参加者はPowerPointに表示された19個の漢字を自由にスクロールし、「読みやすい」と感じた漢字6個、「どちらでもない」と感じた漢字7個、「読みづらい」と感じた漢字6個にグループ分けした。さらに「どちらでもない漢字」を「読みづらい」順に並び替えた。

2.4 解析方法

(1) 実験参加者の視認性評価

4名の実験参加者それぞれの評価に対し、0～4の5段階の数値を割り当てた。まず「読みやすい漢字」に0、「読みづらい漢字」に4を割り当てた。次に「どちらでもない」の中で「読みやすい」側の3つに1、「読みづらい」側の3つに3、4番目に2を割り当てた。そして、全実験参加者4名の評価値の和を算出し、和が6以下を総合評価で「読みやすい」、7以上を「読みづらい」漢字とした。

(2) 「読みやすい」「読みづらい」特性の検討

まず、実験参加者ごとに、「読みやすい」「読みづらい」に選択した漢字について、2.1(2)の特性を整理した。そして、4名の共通項をまとめた。

次に、総合評価の値で「読みやすい」「読みづらい」を分類し、2.1(2)の特性に当てはまる漢字が幾つあるかをクロス集計で整理した。

3．結果

「読みやすい漢字」と「読みづらい漢字」の評価結果を表2に示す。また、全実験参加者に共通する、「読みやすい」とした漢字の特性と「読みづらい」とした漢字の特性を表3に示す。これより、10個の特性のうち、6個は空間の大きさに関する特性であると分かった。一方で、当初影響があると考えられていた、「画数」「最小の1画」「最大の1画」は、全実験参加者の共通項としては見出されなかった。

次に、クロス集計の結果を表4に示す。特に連関係数（クラメールのV）が高かったのは「占有率が低い」(0.64)、「狭いふところを持っている」（0.72）であった。つまり、字の密度感や、字の空間に関する特性が影響要因であると考えられる。

表2　読みやすい漢字と読みづらい漢字

読みやすい漢字	圧	読みづらい漢字	他
	田		母
	巨		攻
	足		妥
	央		廷
	目		条
	込		君
	否		寿
	汽		処
	犯		

表3　「読みやすい」「読みづらい」と漢字の特性

判定	特性
読みやすい	偏旁の要素を持たない
読みやすい	横長の広いふところを持っている
読みやすい	直線で構成されている
読みやすい	占有率が低い
読みやすい	正方形に近い広いふところを持っている
読みづらい	大きなはらいの要素を持っている
読みづらい	通常より小さい字を持っている
読みづらい	平行線の多さと間隔
読みづらい	狭いふところを持っている
読みづらい	上下で構成されていて上のふところが狭い

表4　クロス集計の結果

	占有率が低い		
	低い	高い	合計
読みやすい	6	4	10
読みづらい	0	9	9
合計	6	13	19
	狭いふところを持っている		
	ある	ない	合計
読みやすい	0	10	10
読みづらい	6	3	9
合計	6	13	19

4．今後の研究計画

今回は画数が少ない5画と7画という、画数以外の特徴が出やすい漢字を出発点として検討した。しかし、常用漢字の画数分布の中心は10画であり、今後、今回得られた特性に着目して画数の多い漢字でも実験を行う予定である。また、視認性が画数に依存してくる範囲があることも考えられるので、その検討も行う予定である。

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) ISO 15008: Specifications and test procedures for in-vehicle visual presentation, 2009.

2) 佐川賢・倉片憲治：高齢者でも読める文字サイズはどのように決定できるか，シンセシオロジー，Vol.6，No.1，p.33-p.44，2013.

[連絡先]
猪野 優樹
e-mail：ciyu14021@g.nihon-u.ac.jp

交差点右折場面における有効視野と個人特性の関係

○橋本 莉沙*, 石橋 基範*
*日本大学生産工学部

Relationship between useful field of view and individual characteristic in right turn at intersection

Risa HASHIMOTO*, Motonori ISHIBASHI*
*College of Industrial Technology, Nihon University

1．はじめに

警視庁の統計の平成28年度事故種型別状況によると、車両相互における右折事故（40,137件）は左折事故（21,555件）の約2倍である[1)]。

右折事故を削減する道路環境の方策として右折直進分離ゼブラ帯の設置や、車両側の方策として一般社団法人UTMS協会による路車間通信による右折事故の削減などが挙げられる[2)]。一方で、右折時は複数の情報（信号、対向直進車、右折先歩行者等）を処理しなければならない。このような場面で重要になるのは有効視野だが、負担の高い状況では狭くなり、また個人差がある。

そこで、交差点右折場面での有効視野と個人特性の関係を明らかにすることにより、個人特性に応じた運転指導が可能となり、右折場面での事故減少の方策につながると考えた。本研究は、交差点右折場面での水平方向の有効視野を測定し、個人特性との関係を検討することを目的とした。

2．実験で用いる視覚刺激の検討

2.1 右折場面の視野測定の模擬

最終的に実験ではドライビング・シミュレータ（以下、DS）を用い、画面上の反応要求刺激への反応成績に基づいて視野を測定する。そこで、DSの刺激提示の視野範囲を検討した。

(1) 反応要求刺激の検討

人を人と判断する特徴は顔やそれと繋がる肩であると考え、それに基づき反応要求刺激の大きさを計算した。頭上から頸窩点までの寸法は、日本人の男女の平均身長（1651.3mm）から平均頸窩高（1352.5mm）までを減算して298.8mmとした[3)]。右折時の歩行者に対する想定視距離に基づいて視角に換算すると、1.15degとなる。視覚刺激の検討実験では視距離300mmとするため、反応要求刺激を直径6mmとした。

(2) 測定タスク

23inch液晶ディスプレイの中央に黒色十字の注視点（20mm×20mm）を設定した。注視点の位置に1, 2, 3からなる2桁の数字（11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33）のいずれかを表示し、テンキーにより入力をさせた。反応要求刺激は赤色、青色、黒色の3色の円形とした。そして、注視点を基準にして水平方向に左右5degから40degまで、5deg間隔の位置に、ランダムに左右5回ずつ提示し、実験参加者に色を答えさせた。このとき、2桁数字と同時に提示した。反応要求刺激は一定の時間間隔で提示されるため、提示されない回を10回設定した。図1に概要を示す。さらに、運転や右折では精神的負担が伴うため、ニュースの聞き取りも同時に課すことで、負担を生じさせた。

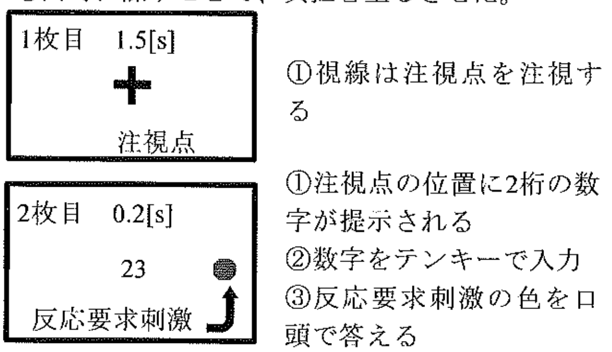


図1 測定タスクでの1回の画面遷移

2.2 実験方法

(1) 実験参加者

正常三色覚、視力0.7以上（矯正を含む）の20代男子学生4名とした。

(2) 計測項目および解析方法

各視覚刺激提示位置における、全提示回数に対する正反応数の比率を視認率として算出した。視線が注視点から外れたものは比率計算から除いた。

2.3 結果

視認率は30deg以降で低下していた（図2）。

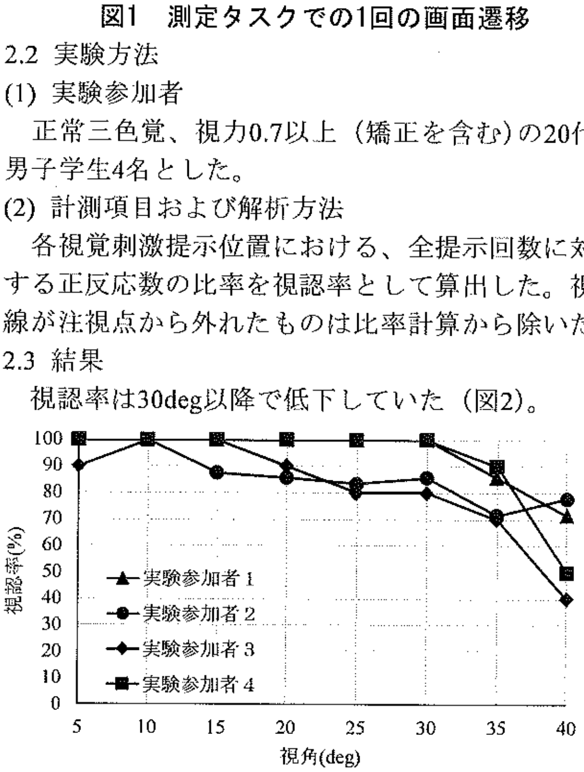


図2 各提示位置での視認率

これより、DSを用いた実験では、視角30deg付近での視角を重点的に測定していくことが有効であると考えられた。

3. DSを用いた予備実験

3.1 実験方法

(1) 実験参加者

運転免許を有し、視力0.7以上（矯正を含む）の20代男子大学生2名とした。

(2) 右折場面の設定方法

実験ではDS（図3）を用いた。右折での視野範囲を確保するため、左前側方画面をなくして、右前側方を2画面にした。

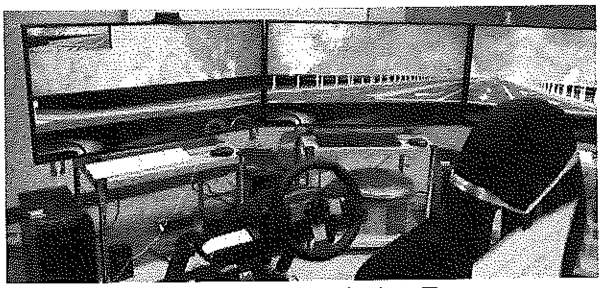


図3　右折時の実験風景

出発地点より進行方向に沿って右折する周回走行とし、1周につき4回の右折を設定した。この予備実験では、他の交通参加者を設定しなかった。

右折直前に一時停止を行い、注視点が表示されるまで徐行してもらった。

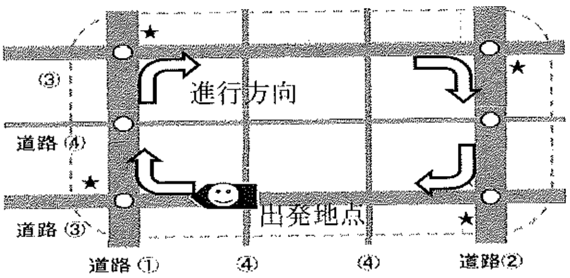


図4　走行経路

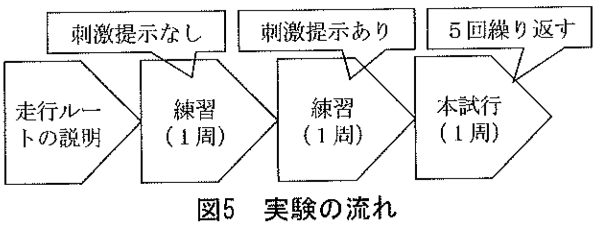


図5　実験の流れ

(3) 解析方法

視距離の基準をヘッドレスト後方からの1700mmとし、その位置で注視点からの視角が15deg、25deg、35deg、45degとなる右側位置のいずれかに反応要求刺激を提示させた。反応要求刺激の提示角度は視距離1700mmの視角であるため、実際の視距離に対応させて視角を求めた。

視認率の計算は2.2(2)と同様に行った。

3.2 実験結果

図6より、実験参加者1、2の間で視認率に大きな差があり、有効視野の個人差が観測された。また、2.3と同様に30deg以降の視角において大きく視認率が低下しているため、今回の視野範囲の設定はDSを用いた右折場面の実験でも有用と考えられた。

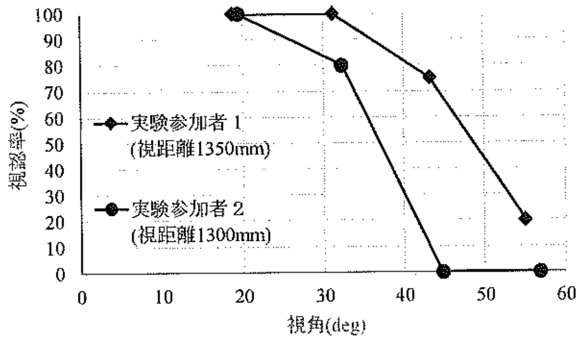


図6　右折場面での視角と視認率

4. 今後の研究計画

今後の研究では、負担や緊張といった心理状況の違いや個人特性の違いにより有効視野がどのように差が生じるか検討する予定である。前者については、負荷が運転（右折）のみの状態に加え、タイムプレッシャーを付加することを検討している。個人特性については、日常的注意経験質問紙や失敗傾向質問紙といった質問紙を用い、各尺度得点の高低等でグルーピングすることにより明らかにしていく。

また、他の交通参加者を設定し、対向車が通過した後右折を行うタスクを課すことで、より自然な運転状況を作り上げる。

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) 警視庁交通局：平成28年における交通事故の発生状況 (2017)
2) UTMS協会：安全運転支援システム(DSSS), http://www.utms.or.jp/japanese/system/dsss.html (参照2017-11-08)
3) 生命工学工業技術研究所（編），設計のための人体寸法データ集 (1996)

[連絡先]
橋本　莉沙
e-mail : cirs14142@g.nihon-u.ac.jp

D5-4

路面標示劣化が右左折時の運転行動に及ぼす影響

○神田雅大*，相田翔*，三林洋介*
*東京都立産業技術高専

Influence of road marking deterioration on driving behaviors when turning right and left

Masahiro KANDA*, Sho AIDA*,Yousuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1. はじめに

路面標示は、道路交通区分を表すのみならず通行者や通行車両の安全と円滑化に不可欠なものであり、昼夜を問わず適正な情報を提供している。路面標示は太陽光の紫外線や雨風による自然劣化と同時に、車両や歩行者の通行によって直接摩耗・損傷を受け、経時と共に視認性や視線誘導等の機能が低下する。全国道路標識・標示業協会では「目視評価による塗り替え基準」を設けており、これによるとランク 5～ランク 1 まで標示に関する状態品質が 5 段階に区分されている。ランク 5、1 の路面標示の例を図 1、2 に示す。左から全景写真、摩耗部、良好部となっている。劣化が進むにつれてランク値は低下し、ランク 3 以下については塗り替えを推奨している。このガイドラインによって路面標示の塗り替え基準は存在しているものの、路面標示の劣化とドライバーの運転に関する過去の研究は少なく、当方らは昨年から取り組みを行ってきた。

当方らの先の研究では、車両走行により車線逸脱回数が路面標示の劣化度合いによって有意に異なることを明らかとし、特に昼夜の明暗条件下や天候による影響も受けることを明らかとした [1]。しかしこの研究はドライビングシミュレーターを用いた単一直進走行下で実験を行ったため、交差点における右左折、通常自動車運転の「走る」、「止まる」、「曲がる」といった条件が加味されていない。そこで本研究では走行路に信号機を有した交差点を設けることで、市街地の一般走行環境を再現し、主として路面標示の劣化による右左折時の運転行動に及ぼす影響を探求した。

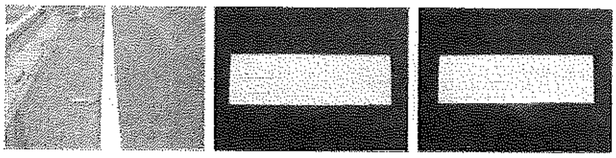


図 1　ランク 5 路面標示例

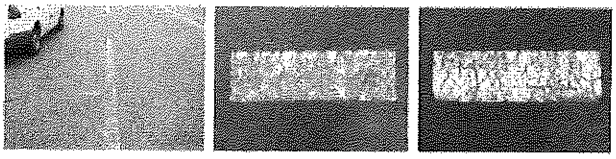


図 2　ランク 1 路面標示例

2. シミュレーターにおける走行道路環境の制作

ドライビングシミュレーター（UC/win Road 32 改良型）を使用して路面標示がランク 5～ランク 1 に調節できるように改良を施し、国土地理院の実道路環境データを利用して実路で道路環境を制作した。具体的には片側 1 車線、2 車線、3 車線の道路を交差させて、1 回の周回で様々な組み合わせの交差点が偏りなく出現するようにし、それらの交差点の前後はランク 5、3、1 のいずれかの路面標示の道路をランダムに出現させた。

3. 実験方法

被験者にドライビングシミュレーターを用いて制作したコースを走行してもらった。この時の走行速度、走行軌跡、時間等を記録し、被験者にはアイカメラ(nac 社製 EMR-8)を装着して運転中の注視点を計測した。さらに、主観的評価としてアンケート調査を行った。

走行路は、実道路環境に極めて近く設定したため、被験者には実際の運転と同様に行なうように指示した。そのほか、条件として「片側 3 車線への右左折後は第 2 走行レーンへ進入すること」、「片側 1 車線、2 車線への右左折は第 1 走行レーンに進入して走行すること」を被験者に指示した。交差点の右左折の指示は走行中に随時行い、右左折に伴う車線変更は被験者の可能なタイミングで行なってもらった。

被験者は普通自動車免許を有する中高齢女性ドライバー4 名(年齢 42～49 歳)、高齢ドライバー5 名(男性 4 名、女性 1 名：年齢 65～71 歳)、若齢ドライバー5 名(予定)とし、実験開始前に被験者の自動車利用状況などについてのアンケートを実施、シミュレーターでの運転に慣れてもらうため、十分な練習運転を行なった。

4. 結果と考察

右左折直後に走行車線内で安定化するのに要する距離・時間について、走行データより「右左折後の車道に車両前方が進入した時点から、目的車線に車両全体が包含されるまでの距離・時間」と定義して解析した。解析ソフトは nac 社製 EMR-dFactory を用いて、アイカメラの解析範囲を「交差点内に車両前方が進入した時点から、目的車線に車両全体が包含される時点まで」とした。

4.1 車線内に安定するまでの距離・時間

ランク別の右左折直後の車線内に安定するまでの距離を図 3 に、ランク別の右左折直後の車線内に安定するまでの時間を図 4 に示す。車線内に安定するまでの時間は右折時に比べ左折時の方が時間を要する結果を得た。また、右折時は距離・時間共に結果が分散した。しかし、ランクの相違による影響は距離・時間共に特筆すべき傾向が認められなかったため、右左折時の走行は路面標示劣化による影響を受けにくいことが推察される。

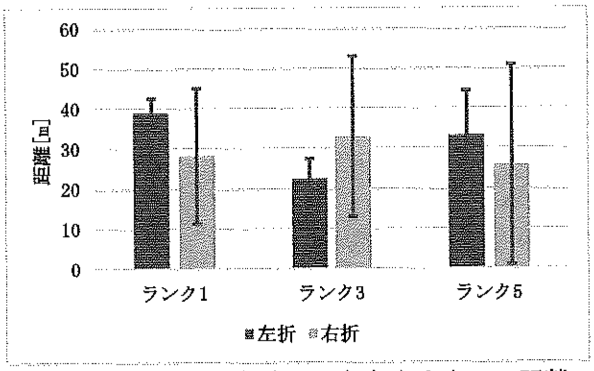


図 3　右左折時の車線内に安定するまでの距離

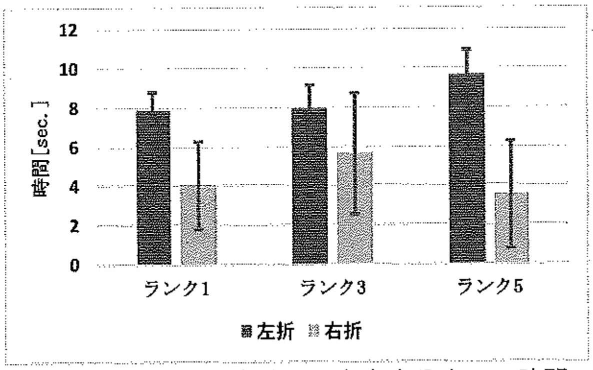
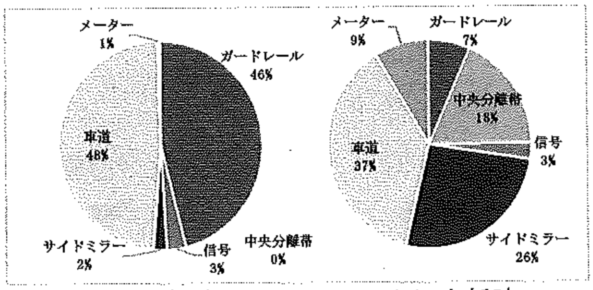


図 4　右左折時の車線内に安定するまでの時間

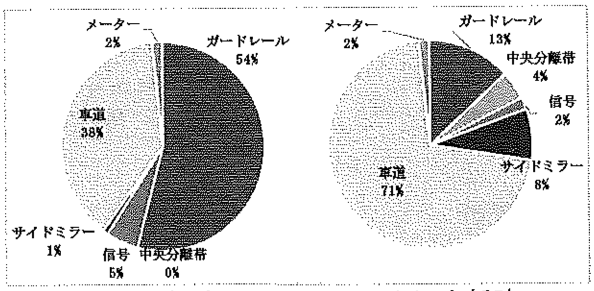
4.2 アイカメラの注視特性

アイカメラの注視点測定データをフレーム解析 (1/30 sec.)し、注視対象をガードレール、中央分離帯、信号、サイドミラー・バックミラー、車道、速度メーターとして、右左折時の注視対象の構成比を求めた。中高齢女性ドライバーの結果を図 5 に、高齢ドライバーの結果を図 6 に示す。図より、左折時は中高齢女性ドライバーの方が高齢ドライバーに比較してより車道に注視点が向けられる傾向が認められた。逆に高齢ドライバーは側方のガードレールを注視している割合が高い。右折時は中高齢女性ドライバーの方が高齢ドライバーに比較して中央分離帯やサイドミラー・バックミラーなどの周辺環境に注視点が向けられる傾向が認められた。対して、高齢ドライバーは右折時の 71%が車道に注視点を向けており、周辺環境への注視比率が低いことが明らかとなった。



(a) 左折時　　　(b) 右折時

図 5　中高齢女性ドライバーの注視項目別割合



(a) 左折時　　　(b) 右折時

図 6　高齢ドライバーの注視項目別割合

4.3 アンケート調査

路面標示の濃淡が変化していることに気づいた被験者は 10 名中 2 名であった。また、右左折時に手掛かりとした情報は「中央分離帯やガードレールといった、車道脇の目立つ物体」と回答した被験者が多かった。右左折時には車線などの路面標示に注視点が向けられることが少なかったことから、路面標示劣化が右左折時の運転行動に及ぼす主観的影響は大きくはないと考えられる。

5. 結論

路面標示劣化がランク 5～ランク 1 の範囲では右左折時の車両走行性及びドライバーの注視、主観的特性に及ぼされる影響は大きなものは認められなかった。

参考文献

1) 相田翔、神田雅大、三林洋介：路面標示劣化に対する運転行動変化に関する研究、日本人間工学会第 58 回大会講演集、PP272-273、(2017)
2) 三林洋介、相田翔、神田雅大：路面標示劣化が自動車運転に与える影響、日本交通科学学会第 53 回大会講演集 P95、(2017)
3) JCASM：技術資料 Vol.8 路面標示と交通安全

[連絡先]
神田　雅大
東京都立産業技術高専三林研究室
e-mail：m13247@g.metro-cit.ac.jp

大会運営委員会

大会長	松田　　礼（日本大学）
大会事務局長	田畑　昭久（日本大学）
プログラム委員長	羽多野正俊（日本大学）
委員	吉田　洋明（日本大学）
	小林　伸彰（日本大学）
	加藤　麻樹（早稲田大学）
	矢口　博之（東京電機大学）
運営事務局	水垣信威千（株式会社ドーモ）
特別顧問	青木　和夫（日本大学）
	町田　信夫（日本大学）

関東支部

関東支部支部長	三林　洋介（東京都立産業技術高等専門学校）
	阿久津正大（玉川大学）

2017 年度

一般社団法人日本人間工学会 関東支部第 47 回大会講演集

第 23 回卒業研究発表会講演集

2017 年 12 月 16 日発行

禁転載

発行　一般社団法人日本人間工学会 関東支部第 47 回大会事務局

大会長：松田　礼（日本大学）

事務局：〒 271-8501　千葉県船橋市習志野台 7-24-1

日本大学理工学部 松田研究室内

E-mail jeskanto47@eme.cst.nihon-u.ac.jp

運営事務局：〒 100-0014 東京都千代田区永田町 2 − 9 − 6

十全ビル 4 階　株式会社ドーモ内　E-mail jeskanto47@do-mo.jp

印刷・製本　有限会社シュープリント