

平成24年度
日本人間工学会 関西支部大会
講演論文集

- 日時：2012年12月8日(土)
- 会場：関西大学

平成24年度 日本人間工学会 関西支部大会 プログラム

会場: 関西大学 3号館

■特別講演会 会場: 3401教室

●特別講演 13:30~14:30

水災害時の浸水リスクと安全避難

石垣泰輔(関西大学 環境都市工学部 教授)

司会: 小谷賢太郎(関西大学 システム理工学部)

■A会場: 3号館 3401教室

●生理・心理

9:30-10:45

座長: 有馬正和(大阪府立大学)

A1 床暖房起動時の温熱環境の変化が人体に及ぼす影響について

○城戸千晶(奈良女子大学 生活環境学部)
久保博子(奈良女子大学 生活環境学部)
上野清盛(関西電力株式会社 エネルギー利用技術研究所)
菊岡泰平(関西電力株式会社 エネルギー利用技術研究所)

A2 微細気泡浴の主観評価に基づく快適性評価と体表温度に対する影響の検討

○片平建史(関西学院大学理工学部)
饗庭絵里子(関西学院大学理工学部/産業技術総合研究所/日本学術振興会)
矢野浩範(関西学院大学理工学部)
松浦周平(関西学院大学理工学部)
飛谷謙介(関西学院大学理工学部)
長田典子(関西学院大学理工学部)
宮一普(三菱電機株式会社先端技術総合研究所)
古川誠司(三菱電機株式会社先端技術総合研究所)

A3 板金加工熟練職人による自動車部品作製における工程分析および意思決定プロセス

○小瀬木将弥(大阪産業大学)
因幡兵次郎(元(有)イナバ)
池元茂(ボディガレージ池元)
澤田貞良(京都工芸繊維大学)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)

A4 ハム用イージーピールフィルムの開封感の評価

○堀元亮吾(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
山田和志(京都工芸繊維大学)
山口啓太(住友ベークライト株式会社)
米澤賢輝(住友ベークライト株式会社)

A5 色光およびトーン変化による心理的・生理的影響

○山田逸成(滋賀県大 工学部)
山下真裕子(滋賀県大 人間看護学部)
安田昌司(滋賀県大 地域産学連携センター)

●行動と注意		10:55-12:10	座長: 篠原一光(大阪大学)
A6	運転士の注視行動に関する研究 ○宗重倫典(西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所) 藤澤厚志(西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所) 福田啓介(西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所)		
A7	学生の船舶の視界制限状態における避航について 淵真輝(神戸大学海事科学部研究科) ○勝田伸也(神戸大学海事科学部) 藤本昌志(神戸大学海事科学部研究科) 広野康平(神戸大学海事科学部研究科) 持田高德(東京海洋大学海洋工学部)		
A8	視界良好状態における学生の衝突回避判断および操船方略に関する調査 淵 真輝(神戸大学海事科学研究科) ○片山湧造(神戸大学海事科学部) 藤本昌志(神戸大学海事科学研究科) 持田高德(東京海洋大学海洋工学部)		
A9	小型加速度・気圧センサ、心拍計による水先人の行動評価 ○西本慎平(神戸大学) 村井康二(神戸大学) 林 祐司(神戸大学) 樋口行平(科学技術振興機構) 藤田孝之(兵庫県立大学) 前中一介(兵庫県立大学)		
A10	生理信号を用いた注意集中状態と注意散漫状態の定量評価 ○小宮山敬貴(立命館大学 情報理工学部) 萩原啓(立命館大学 情報理工学部)		

●モデル評価		14:40-15:40	座長: 久本誠一(製品評価技術基盤機構)
A11	製品・サービス・GUIデザインのためのシステム概要構築手法の提案 ○北岡新一郎(和歌山大学システム工学研究科) 山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)		
A12	ー自律型表情モニタリングシステムの構築ー 有馬正和(大阪府立大学大学院工学研究科)		
A13	近畿大学におけるデジタルマネキンを用いた ユニバーサルデザイン集合教育の取り組み ○廣川敬康(近畿大学) 西垣勉(近畿大学) 大政光史(近畿大学) 廣瀬尚三((株)エルゴビジョン)		
A14	行動観察による雰囲気の評価の可能性 ○西藤栄子(徳島文理大学) 神宮英夫(金沢工業大学) 熊王康宏(静岡産業大学)		

●メンタルモデル・評価		15:50-17:05	座長: 神宮英夫(金沢工業大学)
A15	GUIにおけるメンタルモデル構築に関わる手がかりの把握	○柳本聡(和歌山大学システム工学部) 山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)	
A16	ラフ集合を用いたサービス評価方法の提案	○藤原義久(三洋電機) 塩澤啓之(和歌山大学) 山岡俊樹(和歌山大学)	
A17	製品事故情報の人間工学的視点による検討～テキストマイニング手法の応用～	○久本誠一(製品評価技術基盤機構 事故リスク情報分析室/京都工芸繊維大学総合プロセス研究センター)	
A18	メンタルモデルの観点に基づくGUI画面の設計方法の提案	○安井鯨太(和歌山大学システム工学部) 山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)	
A19	SCDの考え方に基づいた社内業務システムの開発・運用手法の一考察	○新家敦(株式会社島津ビジネスシステムズ)	

■ B会場:3号館3042教室

●生理計測		9:30-10:45	座長: 川野常夫(摂南大学)
B1	空気噴流刺激を用いた触覚ディスプレイの弁別閾の時空間特性	○木戸順規(関西大学 大学院) 小谷賢太郎(関西大学 システム理工学部) 鈴木哲(関西大学 システム理工学部) 朝尾隆文(関西大学システム理工学部)	
B2	視覚障害者のための点字学習システムの開発	○崔春学(京都工芸繊維大学大学院) 桑原教彰(京都工芸繊維大学大学院) 森本一成(京都工芸繊維大学大学院)	
B3	体性感覚刺激における活性度の変化:f-NIRS研究	○杉本潤哉(立命館大学 情報理工学部) 萩原啓(立命館大学 情報理工学部)	
B4	運動開始予告から運動開始までの間隔が運動準備電位及び肘屈曲運動に与える影響	○隅野佑太(大阪工業大学 情報科学部) 井上裕美子(大阪工業大学 情報科学部)	
B5	運動関連電位と運動精度の関係性調査及びその応用に関する検討	○山岡善樹(関西大学大学院理工学研究科) 中松祐介(関西大学大学院理工学研究科) 横関厚(関西大学大学院理工学研究科) 鈴木哲(関西大学システム理工学部) 朝尾隆文(関西大学システム理工学部) 小谷賢太郎(関西大学システム理工学部)	

B6 長時間の単純作業におけるヒューマンエラーの発生要因分析

○由比貴士(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
鷹尾憲一(株式会社エイチ・イン・ソリューション)

B7 経験年数が異なるバット削り職人の動作解析

○滝澤康紀(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
寺尾昌巳(ミズノテクニクス)
久保田五十一(ミズノテクニクス)
細川光一(ミズノテクニクス)
長谷川弘実(京都工芸繊維大学)
来田宣幸(京都工芸繊維大学)
濱田泰以(京都工芸繊維大学)

B8 京うちわ作製工程における「もみ工程」の分析

○SIRISUWAN PORAKOCH(京都工芸繊維大学)
越野哲史(京都工芸繊維大学)
成田智恵子(京都工芸繊維大学)
饗庭 智之(株式会社 阿以波)
前田 康裕(株式会社 阿以波)
弓永久哲(関西医療学園専門学校)
来田宣幸(京都工芸繊維大学)
濱田泰以(京都工芸繊維大学)

B9 高齢者の体の動きを入力とするグループレクリエーション向けゲームシステムの開発

○遠藤直人(大阪工業大学工学部生体医工学科)
大須賀美恵子(大阪工業大学工学部ロボット工学科)

B10 身体活動の増加を目指したボクササイズシステムの開発

○榎木達夫(大阪工業大学 情報科学部)
井上裕美子(大阪工業大学 情報科学部)

●システム		14:40-15:40	座長:久保博子(奈良女子大学)
B11	マイクロ波レーダーを用いた異常呼吸検出の試み ○西岡隼基(関西大学 システム理工学部) 植田真司(関西大学 システム理工学部) 鈴木哲(関西大学 システム理工学部) 朝尾隆文(関西大学 システム理工学部) 小谷賢太郎(関西大学 システム理工学部)		
B12	睡眠時体動の計測手法の違いによる特徴抽出 萩原啓(立命館大学 情報理工学部)		
B13	3次元動作解析を用いた理学療法士の治療効果検証に対する一考察 ○大桐将(山田整形外科病院) 山田忠尚(山田整形外科病院) 中村真樹(山田整形外科病院) 堀田祐司(山田整形外科病院) 前田将樹(山田整形外科病院) 中村菜採(山田整形外科病院) 越野哲史(京都工芸繊維大学) 成田智恵子(京都工芸繊維大学) 弓永久哲(関西医療学園専門学校) 来田宣幸(京都工芸繊維大学)		
B14	タブレットPCを用いた腰痛判定カメラの機能拡張 ○田中優介(摂南大学大学院 工学研究科) 福井裕(摂南大学 理工学部) 川野常夫(摂南大学 理工学部)		

●音・照明		15:50-17:05	座長:大須賀美恵子(大阪工業大学)
B15	騒音下の会話における会話相手の顔映像が光刺激反応に与える効果 ○田上昇(摂南大学 大学院工学研究科) 川野常夫(摂南大学 大学院工学研究科)		
B16	休憩室の照明システムとそのリラックス程度と次の仕事の量 ○水越圭介(近畿大学) 田中誠一(近畿大学) 牧角圭祐(近畿大学) 竹宮拓郎(近畿大学) 梶井宏修(近畿大学)		
B17	タスク遂行時の音刺激が作業効率および心身機能へ及ぼす影響 ○瀧本亜紀子(大阪市立大学生活科学研究科) 岡田明(大阪市立大学生活科学研究科) 山下久仁子(大阪市立大学研究支援課)		
B18	一般事務室での照明システムとそのパフォーマンス ○館保法(近畿大学) 田原健吾(近畿大学) 西嶋法貴(近畿大学) 梶井宏修(近畿大学)		
B19	会議室の照明システムとそのパフォーマンス ○畑井永光(近畿大学) 穴山悠太(近畿大学) 古家淳(近畿大学) 原田築(近畿大学) 梶井宏修(近畿大学)		

■C会場 :3号館3403教室

●オーガナイズドセッション 論理的GUI設計方法の提案 オーガナイザー:山岡俊樹
10:10-12:10

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | 論理的GUI設計方法の概要 | 山岡俊樹(和歌山大学システム工学部) |
| 2 | 論理的GUI 設計におけるユーザの利用
シーケンス記述方法と要求導出のデザイン
プロセス | 前川正美(株式会社操作デザイン設計) |
| 3 | 論理的GUI設計におけるコンセプトと仕様
書の作成方法 | 平田一郎(兵庫県立工業技術センター)
前川正美(株式会社操作デザイン設計)
安井鯨太(和歌山大学)
山岡俊樹(和歌山大学) |
| 4 | 論理的GUI評価方法 | 山岡俊樹(和歌山大学システム工学部) |
| 5 | 論理的GUI 設計方法を活用した事例紹介 | 安井鯨太(和歌山大学)
山岡俊樹(和歌山大学) |

●眼球運動 14:40-15:40 座長:岡田明(大阪市立大学)

- | | |
|----|---|
| C1 | 経験年数の異なる漆工芸職人の“見立て”における眼球運動解析
○遠藤淳司(京都工芸繊維大学大学院)
成田智恵子(京都工芸繊維大学大学院)
菅浪善造(下出蒔絵司所)
近藤香菜(下出蒔絵司所)
伊東麻純(京都伝統工芸大学校)
黒田孝二(大日本印刷株式会社)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
下出祐太郎(京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター・京都美術工芸大
学)
濱田泰以(京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター) |
| C2 | 京壁職人の中塗り作業における工程分析および眼球運動解析
○白波瀬恭平(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
佐藤ひろゆき(京都工芸繊維大学) |
| C3 | 表具の修復における増裏打ち工程の熟練者と非熟練者の眼球運動解析
○富田祐典(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
岡 泰央(株式会社 岡墨光堂)
岡 岩太郎(株式会社 岡墨光堂) |
| C4 | 要介護者を対象とした車椅子移乗における眼球運動解析
○黒木誠也(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
吉川貴士(新居浜工業高等専門学校)
石井由紀子(特別養護老人ホーム アソカ園) |

C5 金網構造の評価に関する研究

○王澤龍(京都工芸繊維大学 大学院)
遠藤淳司(京都工芸繊維大学 大学院)
越野哲史(京都工芸繊維大学 大学院)
成田千恵子(京都工芸繊維大学 大学院)
辻賢一(金網つじ)
辻徹(金網つじ)
後藤彰彦(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
濱田泰以(京都工芸繊維大学大学院)

C6 薄刃包丁研ぎにおける力の負荷と刃先の形状変化

○家根谷佑希(大阪産業大学)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)
濱田明美(京都光華女子大学)
飯聡(京都調理師専門学校)

C7 京提灯の職人からの聞き取り調査および外観形状に基づいた京提灯製作支援システム

○有川慎司(大阪産業大学)
松浦史恵(NPO法人伝統みらい)
小嶋俊(小嶋商店)
小嶋護(小嶋商店)
小嶋豊一(小嶋商店)
高井由佳(大阪産業大学)
後藤彰彦(大阪産業大学)

C8 熟練度の違いが蒔絵粉蒔き動作と粉の分布状態におよぼす影響について

○成田智恵子(京都工芸繊維大学)
遠藤淳司(京都工芸繊維大学)
越野哲史(京都工芸繊維大学)
近藤香菜(下出蒔絵司所)
村田淑恵(下出蒔絵司所)
高橋瑤子(下出蒔絵司所)
下出祐太郎(京都美術工芸大学)
来田宣幸(京都工芸繊維大学)
濱田泰以(京都工芸繊維大学)

特別講演

13:30-14:30

会場:3401教室

「水災害時の浸水リスクと安全避難」

石垣泰輔(関西大学 環境都市工学部 教授)

水災害時の浸水リスクと安全避難

Inundation Risk and Evacuation in Floods

○石垣泰輔*

*関西大学

ISHIGAKI Taisuke*

* Kansai University

1. はじめに

わが国では、国土の 10%の平野に、50%の人口、75%の資産が集中しており、東京・名古屋・大阪など密集市街地が形成されている。このような都市域を高度利用するという観点から、地下空間の利用が拡大し、640以上の地下鉄駅、85か所以上の地下街、多数の地下駐車場、地下道、地下階が建設されてきた。多くの都市は、低平な沖積平野上に発達しており、海面より低い、いわゆるゼロメートル地帯にも多くの地下空間が存在している。そのため、雨水排水能力を超えてマンホール等からの溢水による内水氾濫、河川堤防の越流や破堤による外水氾濫、台風に伴う高潮による氾濫、地震に伴う津波による氾濫などの水災害が発生しやすく、地下空間の浸水リスクが顕在化することがある。

近年の地下空間の浸水は、1983年の赤坂見附駅、1999年と2003年のJR博多駅地下街、2000年の名古屋市営地下鉄で発生しており、1999年には福岡と新宿で地下室浸水による犠牲者がでていた。このような被害は、わが国だけではなく、2001年のソウル地下鉄駅、2002年プラハの地下鉄駅、2012年10月のハリケーン・サンディによるニューヨークの地下鉄等の浸水など、国外でも発生している。このような背景から、地下空間における浸水に関する研究が行われている。ここでは、地下浸水と避難に関する京都大学防災研究所と関西大学との共同研究成果を用い、水災害時の浸水リスクと安全避難について、主に地下空間に関する問題点について述べる。

2. 水災害時の浸水と地下空間の浸水

図1は、わが国でも最大規模を有する地下空間が存在する大阪の密集市街地であり、これまで研究対象と



図1 検討対象地区と大規模地下空間

してきた。図に示すように、この地域は四方を河川に囲まれており、浸水した場合にはポンプによる排水に頼らざるを得ない地区である。この地区の浸水リスクとしては、数年から数十年規模以上の降雨による内水氾濫、200年に1回の洪水に対する洪水防御計画が実施されている河川からの外水氾濫、100年から1000年規模の津波や高潮による氾濫が考えられ、それぞれを対象としたハザードマップが作成され公表されている。

このような水災害に関する検討は、多くの研究者により、数値モデルを用いて行われ、浸水実績との比較が行われてきた。市街地を対象とした実験はされていたものの¹⁾、地下空間浸水を含む実験結果や災害調査は少なく、数値モデルの精度を検証する実績データが不足していた。このようなデータを取得し、モデルの検証と地下浸水現象を把握する大型模型実験が、2001年度から京都大学防災研究所で行われた。実験では、京都市内の鴨川右岸の地下鉄および地下街を含む、東西1km、南北2kmを対象とし

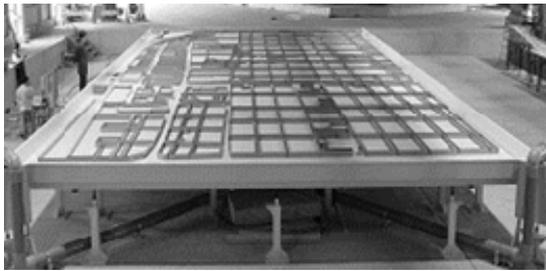


図2 市街地氾濫実験模型 (縮尺 1/100)

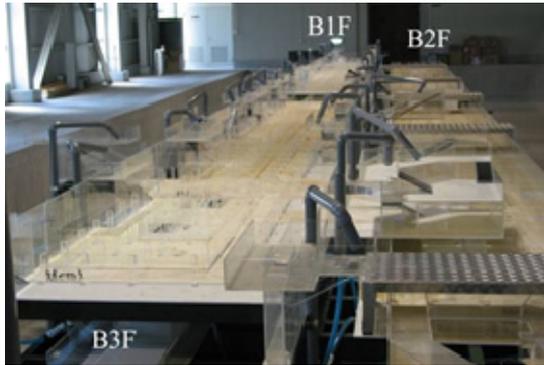


図3 地下空間氾濫実験模型 (縮尺 1/30)

た縮尺 1/100 模型(図 2), および縮尺 1/30 の東西 650m, 南北 40m の 3 層構造の地下空間模型 (図 3) が用いられた. その結果, 市街地の氾濫過程, 地下空間への流入量, 地下街の浸水過程に関するデータ等, 数値モデルが検証できるデータが得られた^{2), 3)}. また, これらの実験より, 地下空間に流入する流れの複雑な挙動と, その速度の大きさに関するデータが得られたことから, 地下空間浸水時の避難に関する研究が始まった.

3. 地下空間浸水時の避難に関する実験的検討

地下空間浸水時の避難が困難であることは, これまでの災害事例により容易に推測されるが, 安全な避難を行うための指標が必要である. これまで, その指標を得るための実験は行われていたが⁴⁾, 用いられた装置の規模では実現象を再現することが難しいことから, 実物大の装置を用いた避難に関する実験を行った^{5), 6), 7)}. 実験では, 小規模地下空間であるビルの地下室からの避難を想定したドア模型と, 地下通路と地上に続く階段という避難経路を想定した高低差 3m で 20 段の階段 (図 4) および 30m の通路 (図 5) 模型が用いられた.

ドア模型を用いた開扉実験結果より, 成人男性では



図4 階段模型 (幅 1m, 30 段)



図5 通路模型 (幅 1m, 長さ 30m)

表 1 単位幅比力による避難困難度指標 (m^3/m)

	安全避難限界	自力避難限界
成人男性	0.125	0.250
高齢男性	0.100	0.200
成人女性	0.100	0.200
高齢女性	0.080	0.160

40cm, 成人女性では 35cm が開扉可能限界の目安となることが知れた. その後実施した可搬式のドア模型を用いた実験⁸⁾によると, 若年者を含むすべての人が開扉できる水深が 10cm であり, 20cm になるとドアを開けることができない人がいることが知れた. この結果は, 地下室のドアを開けて避難可能な時間が非常に短い時間であることを意味している.

地下室等のドアを開扉した後, 通路と階段を経て地上に避難する必要がある. その際の指標として, 図 4 および図 5 に示した実験より, 流体力と水圧の和である単位幅比力 ($M_0=V^2h/g+h^2/2$) を用いた指標の適用が妥当であることが知れた. その指標は, 表 1 に示すように, 自力で安全に避難できる限界指標と, 自力での避難が困難となる限界指標があり, 性別年齢により異なる. 一般の人々が理解できるよ

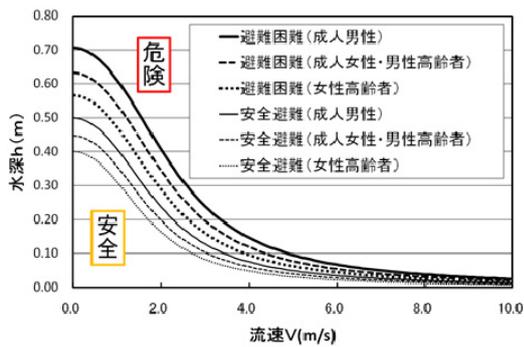


図6 水深と流速で表示した避難困難度指標

うに、これらの指標を水深と流速で表示すると図6のようになり、図に示した指標線を超えると危険な状態となることを示すことができる。この結果より、大多数の人が安全な避難ができるのは、高齢女性の指標である単位幅比力が0.08以下(図6の左下部)の領域になるまでに避難を完了する必要があることが分かる。なお、この指標は、地下空間浸水時のみではなく、地上での浸水時や水難事故にも適用が可能である。

本実験結果より、避難困難度指標が得られるとともに、浸水時の単位幅比力と歩行速度の関係も得られている⁷⁾。

4. 密集市街地の浸水と避難

地下空間における浸水解析は、これまでも行われており⁹⁾、水深および流速の時間変化を計算することが可能である。このように、時々刻々の水深と流速が分かれば、前述した単位幅比力を計算することが可能となり、各位置での避難困難度および歩行速度を算定することができる。例えば、個々の避難者の行動が扱えるマルチエージェントモデルでの解析に、単位幅比力による歩行速度の変化を適用すると、より高度な避難解析が可能となり、避難誘導計画立案に有益な結果を得ることが可能である^{10), 11)}。

わが国の多くの都市は、低平な沖積平野上に発達しており、地下鉄・地下街・地下駐車場・地下室などの地下空間の多層化が進んでおり、地下空間への浸水が、外水氾濫、内水氾濫、高潮、津波によって引き起こされるリスクが高い。近年、記録的短時間降雨の発生頻度が高くなっており、都市の雨水排水能力を超える事態が頻発するようになってきているため、ここでは、

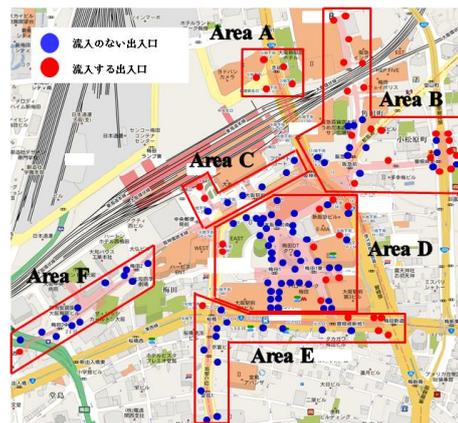


図7 地下空間エリア分けと流入出入口

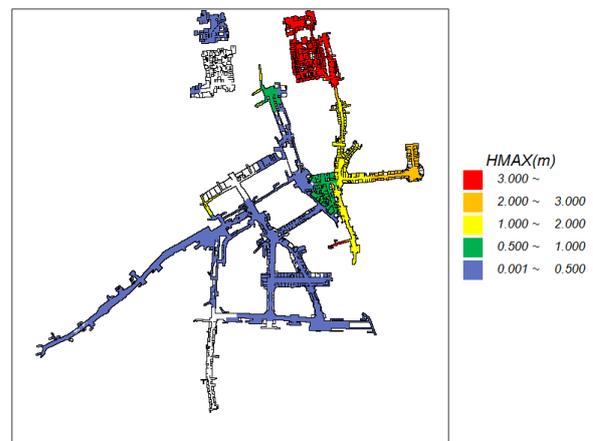


図8 最大浸水深(m)

わが国の代表的な地下街である大阪市内の地下街を対象とした解析結果¹²⁾を示し、大規模地下空間の浸水特性と避難の安全性について述べる。

都市域の内水氾濫を検討するためには、雨水排水施設を考慮する必要がある。図1に示す大規模地下街が含まれる処理区の雨水排水網とポンプ場を考慮し、2008年8月29日に発生した岡崎豪雨(最大1時間降水量146.5mm, 総降雨量242mm)を対象に大規模地下街への流入について計算すると、図7に示す出入口から流入し、そのピークは降雨ピークより約1時間遅れ、エリアBでの総量は $20\text{m}^3/\text{s}$ に達し、図8に示すように最大浸水深が3mに達する箇所が表れる。このような流入がある場合に、安全な避難が困難になるまでの時間を計算することが可能であり、このケースでは、図9のようになる。図に示すように、同じ地下空間でも場所により結果がことなることを示している。

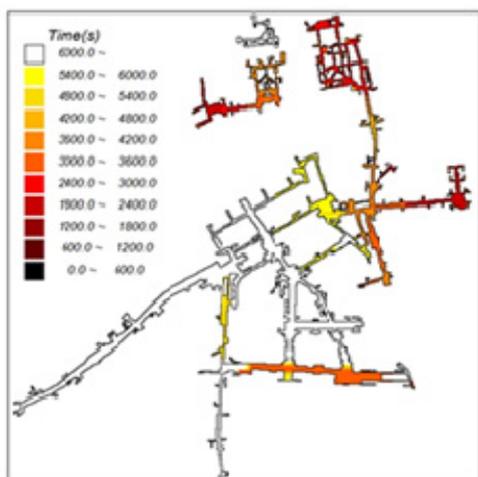


図9 高齢女性の安全避難が限界となる時間

5. おわりに

ここでは、地下空間浸水時の避難について述べたが、水災害時には路上や地下駐車場、あるいは鉄道等の下をくぐるアンダーパスにおいて、水没あるいは漂流する車からの脱出避難が必要な状況が発生する。このような場合の避難についても検討しており、浸水深が60cm 前後になると脱出が困難になることが知れている¹³⁾。このように、水災害には浸水深により避難が困難になるまでの時間は短く、人命を守るためには早期の避難が重要であることが再確認される。

参考文献

- 1) 福岡捷二・川島幹男・横山洋・水口雅教：密集市街地の氾濫シミュレーションモデルの開発と洪水被害軽減対策の研究，土木学会論文集，No.600/II-27，pp.23-35 (1998).
- 2) 石垣泰輔・中川一・馬場康之・技術室氾濫実験グループ：地下空間を含む都市洪水氾濫に関する水理模型実験，京都大学防災研究所年報，47号B，pp.527-544(2004).
- 3) 戸田圭一・井上和也・大八木亮・中井勉・竹村典久：複雑な地下空間の浸水実験，土木学会水工学論文集，第48巻，pp.583-588(2004).
- 4) 武富一秀・館健一郎・水草浩一・吉谷純一：地下空間へ流入する氾濫水が階段上歩行者に与える危険性に関する実験，土木学会第56回全国大会講演概要集，II-22(2001).

- 5) 石垣泰輔・戸田圭一・馬場康之・井上和也・中川一：実物大模型を用いた地下空間からの避難に関する実験的検討，土木学会水工学論文集，第50巻，pp.583-588(2006).
- 6) 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用，土木学会水工学論文集，第52巻，pp.841-846(2008).
- 7) 浅井良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：高齢者を含めた地下空間浸水時における避難経路の安全性に関する検討，土木学会水工学論文集，Vol.53，pp.859-864(2009).
- 8) 中畑佳城・石垣泰輔・島田広昭・戸田圭一：可搬式ドア模型による浸水時避難体験実験参加者の水防意識について，土木学会水工学論文集，第54巻，pp.913-918(2010).
- 9) 戸田圭一・井上和也・大八木亮・中井勉・竹村典久：複雑な地下空間の浸水実験，土木学会水工学論文集，第48巻，pp.583-588(2004).
- 10) 関根正人：複雑な構造をもつ地下鉄駅構内の浸水過程と避難誘導に関する数値解析，土木学会水工学論文集，第54巻，pp.907-912(2010).
- 11) 川中龍児・石垣泰輔：地下空間浸水時のアナウンスが安全避難成功率に及ぼす影響について，地下空間シンポジウム論文・報告集，第17巻，pp.163-168(2012).
- 12) 森兼政行・井上知美・石垣泰輔・尾崎平・戸田圭一：地下駅を考慮した大規模地下空間での浸水特性と浸水対応策の効果に関する検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.68，No.4，I_1003-I_1008(2012).
- 13) 馬場康之・石垣泰輔・戸田圭一・中川一：実物大模型を用いた地下浸水時の避難困難度に関する実験的研究：土木学会論文集 F2 (地下空間研究)，Vol.67，No.1，pp.12-27(2011).

C会場

オーガナイズドセッション

3号館3階3403教室

10□ 10-12□ 10

論理的GUI設計方法の提案

オーガナイザー: 山岡俊樹

1. 山岡俊樹 (和歌山大学)
論理的GUI設計方法の概要
2. 前川正実(株式会社操作デザイン設計)
論理的GUI 設計におけるユーザの利用シーケンス記述方法と要求導出の
デザインプロセス
3. 平田一郎(兵庫県立工業技術センター)
論理的GUI設計におけるコンセプトと仕様書の作成方法
4. 山岡俊樹(和歌山大学)
論理的GUI評価方法
5. 安井鯨太(和歌山大学)
論理的GUI 設計方法を活用した事例紹介

論理的 GUI 設計におけるユーザの利用シーケンス記述方法と要求導出のデザインプロセス

Method of Describing Use Sequence and Design Process of Deriving Requirements on Logical GUI Design Method

前川正実

株式会社操作デザイン設計

MAEKAWA Masami

Sosa Design inc.

1. はじめに

製品やサービスのデザイン開発に際し、それらが満足すべき要求事項を明らかにすることは、正しいデザインを実現するために必要だということに異論を挟む余地はない。

プロセス状況テーブル(ProST : Process State Table) は、観察等で利用状況を記録する目的、記録した利用状況を編集して改善するための検討をする目的、新しい利用状況を記述・編集してコンセプトを精緻化する目的、そして要求事項を導出する目的に利用できることがこれまでに確認されている^{1) 2)}。しかしその一方で、このような多様な目的に利用可能であることに加え、プロダクト・GUI・サービスなど幅広い対象を統合的に検討するシステムデザインにおける活用を意図していたため、入力項目が多くやや煩雑であった。そこで、①デザイン対象を GUI に限定する。②目的を、新たな利用状況を記述・編集してコンセプトを精緻化することと要求事項の導出に利用することに限定する。③山岡が提案する構造化コンセプト³⁾と、平田が提案するコンセプトターゲット表⁴⁾と組み合わせる。以上を前提として、項目を削減して容易に記述できる簡易型 ProST を本稿で提案する。

また、デザイン検討過程では仮説を可視化して評価することを繰り返すプロトタイプング手法が一般的だが、大幅な変更が繰り返されると効率が悪いことや、コンセプトが不明確な場合や問題が個別に検討される場合などには、ある問題の修正が別の問題の原因になるといった、デザイン案が収束しにくいという問題がみられる⁵⁾。また、デザインの外観から受ける印象で評価が変わるおそれもある。外観の可視化によってさまざまな検討と評価が可能になる利点はあるが、その反面、さまざまなレベルでの評価が混在して行われる

ため評価と改善を的確に行いにくくなるなど、プロトタイプング手法には注意すべき点がある。そのため、外観の可視化前に GUI 設計の核心的な内容の検討を深めて大きな方向性を定義できれば、外観の可視化後に評価する内容が感性的なものや軽微な修正に限定されやすくなる等が推測され、効率と品質の面で望ましい結果が得られると考えられる。そこで、前述の①から③の前提において、外観の可視化前での要求事項導出のためのデザインプロセスを示す。

2. 簡易型 ProST

一般的な GUI 設計では、1名のユーザ、1つの操作・表示デバイス、1つのシステムなどで利用されることがほとんどといえる。また、特定のステップで場所的要素や時間的要素が変化したりユーザの姿勢が変わることもあまりない。これらの内容が利用のステップを通して固定という前提に立てば、これらはコンセプトターゲット表に記述される内容で十分であり、標準的な ProST からは除外できるとした。また、現況の記録を目的とするならばステップ間で受け渡しされる事物の記録は無駄なステップの発見に役立つが、GUI 設計に限定した新たな利用状況の記述ではそこまでの詳細さは不要のため、これらの項目も除外できるとした。これまでの記述実験においても、これらの項目は内容が固定であることが多いと確認されているため、前述の前提においては、除外しても大きな問題は生じないと考えられる。項目を削減した簡易型 ProST のフォームを図1に示す。その一方で、残した項目はいずれも除外は困難と考えられる。ステップはユーザが行なうタスクが記され、利用シーケンスを表す。ユーザの心理的

ステップ タスク	ユーザ 心理的狀態	背景 前提・制約	要求事項
食事時間を設定する	面倒くさい。	薬の服用タイミングは食事を基準に指定されている場合が多い。食事は無関係に決められている薬もある。	ある程度適切な初期値を用意する。
通知タイミングを設定する	面倒くさい。		ある程度適切な初期値を用意する。

図1 簡易型 ProST のフォーム

状態と前提・制約は要求事項に結びつくことがこれまでの実験で多く見られたため、要求事項導出のための重要な要素といえる。要求事項は各ステップ毎に GUI 設計に必要とされる条件が記述される項目である。従って、これ以上の項目削除はできないと考えられる。なお、製品の種類によっては削除された項目が必要となる可能性がある。その場合は必要に応じて、項目を復元して用いることで対応することを推奨する。

3. デザインプロセス

簡易型 ProST の記述に先立ち、コンセプトターゲット表が作成され、ユーザとシステムの概要と利用される環境等の概要が記述される。これらは ProST 記述に先立ち決定されることが望ましい⁶⁾と既に確認された内容と矛盾しない。構造化コンセプトは、コンセプトターゲット表の内容に基づいて求められる要求事項からコンセプトを構築するが、要求事項は利用における個々のステップから導出されるものもある。また、必要とされる機能は、ユーザ属性やシステムの属性、ユーザの目的から決まるものもあれば、それらから導き出される利用手順から決まるものもある。また逆に、機能と前提・制約の関係から利用手順が決まることもある。このように、コンセプト・利用手順・機能の3者は相互に影響し合いながら内容が決定される関係にあるため、逐次的に処理できる事柄ではない。これらを統合的に検討する過程から要求事項が定まり、デザインの可視化が可能になるといえる(図2参照)。現実には、これがデザイン検討を複雑にするとともに品質を左右する大きな要因になっているといえるが、この点を指摘した研究は少ない。論理的に GUI 設計を進めるためには、外観を可視化する前のデザインプロセスの中身を明らかにする必要があると考える。

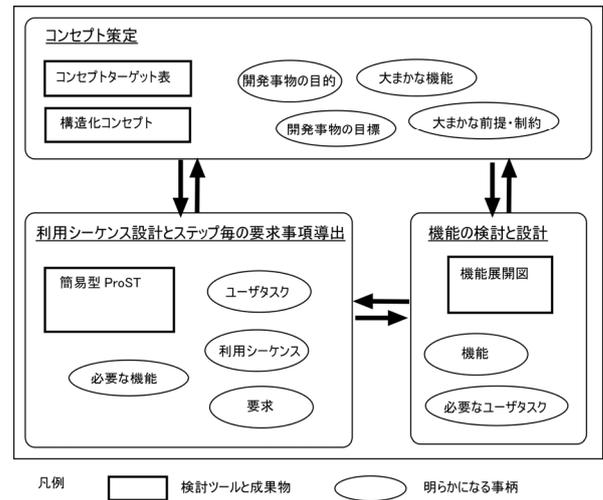


図2 外観可視化前のデザインプロセス

4. まとめ

本稿では GUI 設計に限定した簡易型 ProST と外観可視化前のデザインプロセスについて示した。今後は、本内容に基づく事例を重ねることによって、本設計方法の有効性の確認と改善を図る予定である。

参考文献

- 1) 前川正実, 山岡俊樹: 工業製品とサービスの利用プロセスと状況に基づくアイデア創出方法, デザイン学研究, 58, 4, pp.87-96 (2011).
- 2) 前川正実, 山岡俊樹: , プロセス状況テーブルによる製品の利用プロセスのアイデア創出とデザイン要件湧出に関する事例研究, 人間生活工学, 12, 2, pp.37-42 (2011).
- 3) 山岡俊樹: ヒューマンデザインテクノロジー入門, 森北出版, pp.49-62 (2003).
- 4) 平田一郎: ヒューマンデザインテクノロジーを活用した GUI 設計手法に関する研究, 和歌山大学, pp.139-141 (2011).
- 5) 前川正実: 工業製品とサービスの開発における利用状況に着目したアイデア創出とデザイン要件および課題の特定に関する研究. 和歌山大学, pp.120-121 (2012).
- 6) 前川正実: 利用状況に関するプロセス状況テーブルの3種類の活用と展望, 日本デザイン学会第4支部研究発表会概要集, pp.64-65 (2011).

論理的 GUI 設計におけるコンセプトと仕様書の作成方法 Design concept and specification for Logical GUI design method

○平田一郎*, 前川正実**, 安井鯨太***, 山岡俊樹***

*兵庫県立工業技術センター **株式会社操作デザイン設計 ***和歌山大学

HIRATA Ichiro*, MAEKAWA Masami**, YASUI Keita***, YAMAOKA Toshiki***

* Hyogo Prefectural Institute of Technology, ** SOSA DESIGN Inc., ***Wakayama University

1. はじめに

本稿では、論理的 GUI 設計方法のプロセスで構築される「構造化コンセプト¹⁾」と呼ばれるコンセプトと、「コンセプトターゲット表²⁾」と呼ばれる仕様書の作成方法、画面の可視化に活用する GUI デザインパターンについて述べる。

2. 構造化コンセプト

コンセプトを厳密に決めることができるこの手法は、ユーザ要求事項を抽出した後、関連性のある項目をグループ化し、コンセプト項目を階層化するものである。構成された各項目のウェイト付けを行ない、ウェイト付けされた項目の合計が 100 パーセントになるよう配分する。ウェイト付けを行うことにより、製品開発の方向性が明確となり、各項目に対するプライオリティが明確となる。そのため、開発工程の後戻りや大幅な修正を加えることが少なくなる。

コンセプトの構築方法は、トップダウン方式とボトムアップ方式（図 1）の 2 通りの手順で構築可能で、対象製品や企業理念や製品戦略等の違いにより使い分けができるようになっている。本稿では、ユーザ要求事項に基づいた構築方法であるボトムアップ方式について述べる。ボトムアップ方式は、プロセス状況テーブル³⁾により抽出したユーザ要求事項がコンセプトの原点となる。下記の手順で構築する。

① ユーザ要求事項のグループ化

プロセス状況テーブルを用いて抽出したユーザ要求事項が下位コンセプト項目（図 1 では A, B, C, D, E, F, G, H）となる。下位コンセプト項目を一定の基準を設けてグループ化する。

② 中位コンセプト項目の作成

グループ化された下位項目をもとに、中位コンセプト

項目（図 1 では X, Y, Z）を作成する。

③ 中位コンセプト項目の重み付け

中位コンセプト項目は合計が 100 パーセントになるようにウェイト付けを行う。

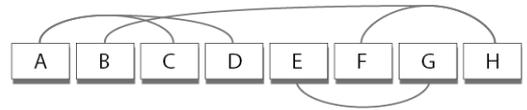
④ 上位コンセプト項目の作成

中位コンセプト項目を統合して上位コンセプトを作成する。

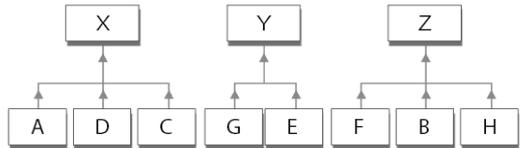
⑤ 中位、下位コンセプト項目の追加

上位コンセプト項目と中位コンセプト項目を文脈から必要に応じて追加する。あるいは必要十分な項目もあれば追加する。

① ユーザリアクイアメントのグループ化(下位コンセプト項目の作成)



② 中位コンセプト項目の作成



③ 中位コンセプト項目の重み付けと上位コンセプト項目の作成

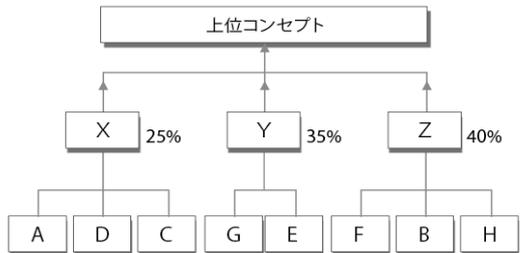


図 1 ボトムアップ方式による構造化コンセプトの構築プロセス

3. コンセプトターゲット表 (表 1)

構造化コンセプトの対象となるシステムとユーザを明確化する方法として、コンセプトターゲット表を用いる。対象ユーザ層が 2 種類以上想定される場合は、主ユーザ層、副ユーザ層等に分割したユーザ層を作成する。

3.1 システムの明確化

システム側では、「システム概要」と「システムの構成要素」「使用環境」「使用時間、手順」を明確化する。

「システム概要」の「入力デバイス」では、「マウスとキーボード入力」「タッチパネル入力」「その他の入力」の 3 項目から選択することにより、可視化に用いる GUI デザインパターン⁴⁾も絞り込むことができる。

3.2 ユーザの明確化

ユーザ側では「ユーザ属性」「ユーザレベル」「ユーザのメンタルモデル」の 3 点を明確にする。ユーザの属性をより具体化する方法として、ユーザ層の中に存在する人物像をペルソナとして具体化することにより対象ユーザを明確化する方法もある。しかし、ペルソナを作るためには莫大な費用や時間がかかってしまう。そこで本手法では、ユーザ属性は簡素化する代わりに、ユーザレベルとメンタルモデルを記載することにより、対象ユーザを明確にする。

「ユーザレベル」では、ユーザの操作レベルを明確にするため、操作経験、習熟度、教育レベル、生活スタイルの 3 項目を記述する。「ユーザのメンタルモデル」は、ファンクショナルモデル(以降、F モデル)とストラクチャルモデル(以降、S モデル)の 2 つの観点から記述する。F モデルは、操作ボタンの意味や操作手順を理解するモデルである。S モデルは、システムの構造(階層構造)を理解するモデルである。例えば、操作画面の「手がかり」や的確な「用語」、表示項目と操作ボタンの「マッピング」等に関する項目は F モデルで、各画面の操作方法に「一貫性」を持たせる場合や「フィードバック」、操作構造を示す「動作原理」に関する項目は S モデルのことである。

以上の項目を記述することにより、構造化コンセプトのターゲットを明確にする。

表 1 コンセプトターゲット表

システムの明確化	
システム概要	機能(専用、汎用)
	入力デバイス
システムの構成要素	機能性
	効率性
	経済性
	信頼性
	安全性
	保守性
利便性	
使用環境	
使用時間、手順	
ユーザの明確化	
ユーザ属性	年齢、性別
	職業、年収
ユーザレベル	経験、習熟度
	教育レベル
	生活スタイル
ユーザのメンタルモデル	

4. まとめ

本稿では、論理的に GUI を設計するために活用する「構造化コンセプト」と「コンセプトターゲット表」について述べた。画面デザインは、上記と関連性の高い GUI デザインパターンを用いて可視化する。

参考文献

- 1) 山岡俊樹: ヒューマンデザインテクノロジー入門, pp. 47-56, 森北出版 (2003).
- 2) 平田 一郎, 密谷 謙士朗, 山岡 俊樹: ヒューマンデザインテクノロジーを活用した GUI 設計手法の検討, デザイン学会誌第 57 回研究発表概要集, pp.86-87(2010).
- 3) 前川正実, 山岡俊樹: プロセス状況テーブルによる製品の利用プロセスのアイデア創出とデザイン要件抽出に関する事例研究, 人間生活工学, 12, 2, pp.37-42(2011).
- 4) 平田一郎, 密谷謙士朗, 山岡俊樹, 形式概念分析による GUI パターンの体系化と活用の試み, デザイン学研究, 58(2), pp.27-36(2011)

論理的 GUI 評価方法

Logical GUI evaluation method

山岡俊樹

和歌山大学システム工学部

YAMAOKA Toshiki

Wakayama University, Faculty of Systems Engineering

1. 4つの評価方法

デザイン案に対してコンセプト、仕様書との適合性を調べる検証(Verification)とコンセプトや仕様書に書かれていないユーザビリティについて調べる有効性の確認(Validation)をおこなう。

GUIの有効性の確認としての評価方法は、

①GUIチェックリスト

②SUM(simple usability evaluation method)

③ユーザビリティタスク分析

④階層型要求事項抽出方法

(REM: hierarchical requirements extraction method)

の4つがある。

①と②の方法は扱いやすく容易な方法である。③は本格的な評価方法、④は根本的な問題点の抽出と本来あるべき究極の目的を探し出す方法である。GUI以外にも活用範囲が広い。

2. GUIチェックリスト¹⁾

GUIデザインチェックリストは、画面可視化の3原則²⁾、画面インタフェースデザインの6原則³⁾やSUM⁴⁾の評価項目等をベースに作られた15項目からなるチェックリストである。

2.1 GUIチェックリストの項目

(1)GUI(画面)デザインに係る項目

①見やすくなっているか

②重要な情報は強調されているか

③レイアウト、情報は簡潔になっているか

④主要ユーザ像に合ったデザインか

(2)GUI(画面)に係る項目

⑤手がかりなどによって、容易に「情報の入手」や「操作の誘導(ナビゲーション)」がなされているか

⑥わかりやすい用語を使っているか

⑦情報は冗長となっているか

⑧情報間の関係付け(マッピング)は適切か

⑨視覚あるいは聴覚などのフィードバックがあるか

⑩操作時間は適切か

(3)GUI全体に係る項目

⑪一貫性は考慮されているか

⑫システム全体と階層構造が分かるようになっているか

⑬ユーザのメンタルモデルを考慮して、インタフェースは作られているか

⑭エラーしても、問題とされないデザインとなっているか

⑮柔軟性があるか、あるいはカスタマイズ可能か
その他、気が付いた事項

[_____]

上記の(1)GUI(画面)デザインに係る項目は、主に画面デザインを行う上で必要な事項がまとめられ、(2)GUI(画面)に係る項目と(3)GUI全体に係る項目は、ユーザビリティに関する項目である。

2.2 GUIチェックリストの使い方

評価は実験者自ら行うか、何名かの実験協力者に依頼する。実験者が自分で行う場合、対象ユーザになったつもりで評価を行う。評価者が初心者か上級者により結果が異なるので注意を要する。

一度評価した後、更にもう一回確認および微調整のため評価を行うのが望ましい。評価の見方は、どの項目あるいはどの項目群が悪いのか良いのか把握する。項目群に関しては、(1)GUI(画面)デザインに係る項目、(2)GUI(画面)に係る項目および(3)GUI

全体に係る項目ごとの各評価点の平均値を求め、特徴や傾向を把握する。更に、各評価項目の平均点とその標準偏差を調べる。標準偏差が大きいということは、意見が割れているので、その原因を調べる。

評価は画面毎チェックするか、全画面を通した総合評価を行っても良い。

3. SUM^{5,6)}

SUMは、3P タスク分析⁷⁾とASQ (After-Scenario Questionnaire)⁸⁾をもとに抽出された3項目を使って評価する簡易評価方法である。マクロの視点から大きな問題点の抽出を目的とする。各画面(タスク)に対して、「ナビゲーション」「用語と情報の冗長性」「操作時間・その他」の3項目と「次の画面に遷移できたのか」の計4つの評価項目を使って、問題点を抽出する方法である(表1)。ポイントは、ユーザは用語を理解し、ナビゲーションにより操作を誘導され目的を達し、その操作時間が短かったという判断基準で評価を行う。

3.1 SUMの評価項目

以下に評価項目の説明をする。

①ナビゲーション

ユーザを効率よく誘導できるかという視点から評価する。ナビゲーションが悪いとユーザはどう操作して良いのか分からなくなる。ナビゲーションに影響を与える主な要因として、レイアウト、手がかり等が考えられる。

②用語と情報の冗長性

用語はユーザインタフェースの評価を左右する重要なキーワードである。情報の冗長性は、ある情報に関し

て、目的達成は同じであるが、様々な視点の異なる情報を一緒に提供することであり、これにより理解が容易となる。

③操作時間・その他

許容される操作時間はシステムによって変わるので、一概には言えないが、目安として120秒以内で操作ができるのを使いやすいGUIとする。

3.2 SUMの評価方法

基本は各画面に対して、「次の画面に遷移できたのか」の基準で評価する。詳細は以下の基準で評価点をつける。

① 問題点抽出のレベル

- bad-2：問題があり、次の画面に進めない場合
- bad-1：問題があったが、次の画面に進めた場合
- good：問題なく操作できた場合

② 各画面の評価方法

- 3 項目のうち、2 項目以上(-1)があった場合：-1点
- 3 項目のうち、1 項目でも(-2)があった場合：-1点
- 3 項目のうち、1 項目だけ(-1)があった場合：0点
- 3 項目全て問題がなかった場合：1点

特に、評価点が-1になった画面(タスク)について、その原因を調べる。ナビゲーション、用語と情報の冗長性の評価は良いが、時間がかかったという場合、その原因を調べる。

3.3 SUMの使い方

評価は実験者自ら行うか、何名かの実験協力者に依頼する。

(1)各画面の評価点が-1点の場合

問題が有る画面である。複数の実験協力者で行うと、評価結果にばらつきが出るが、問題ある画面を特定することができる。全員が-1点ならば問題はない。

(2)上級者、初心者共に-1点の場合

本当に問題のある画面と言える。

(3)評価者の評価が分かれた場合

実験協力者が同じスキルレベル(初心者など)の場合、過半数以上が-1点の場合は、問題ある画面と特定しても良い。スキルレベルが相違している場合、実験協力者のレベルを考慮して決定する必要があ

表1 SUMのフォーマット

画面	ナビゲーション	用語と情報の冗長性	操作時間・その他	評価点
画面(1)	good	good	good	+1
画面(2)	good	bad-1	good	0
画面(3)	bad-1	good	bad-1	-1
画面(n)	bad-2	good	good	-1

る。その種のGUIを使い慣れた上級者と初心者では評価結果に差が出るので配慮する必要がある。

(4) 上級者，初心者共に評価が分かれた場合

上級者が+1, 0の評価で初心者が-1などの場合も問題ある画面と言える。この場合，上級者の+1の数が初心者の-1の数より多くとも，初心者が使えないので，問題のある画面(-1点)と判断できる。

製品開発の過程で試作品検討会が行われるが，製品の品質を保つために，この会議で試作品の画面の評価点が(-1)点，一つでもあれば，認定しないなどの対策をとる。

4. ユーザビリティタスク分析^{9,10,11,12,13)}(表2)

ユーザビリティタスク分析は，タスク分析を応用した汎用型ユーザビリティ評価手法である。評価だけでなく，ユーザ要求事項を抽出することもできる。

実験協力者は，以下の評価を行う。

(1) 自由記述方式

①各画面(タスク)に関し，評価を行う。

ユーザインタフェース，デザイン上の良い点，悪い点についてコメントを述べる。次にそのGUIデザインの使いやすさについて，良い，普通，悪い，の3段階評価(+1, 0-1)を行う。

②総合評価を行う

各画面の操作終了後，総合評価を行う。総合評価は良い点，悪い点のコメントおよび5点満点中の総合評価点を申告してもらう。

得られたデータは，良い点と悪い点に関して，抽出された項目を構造化することにより，評価対象のGUIデザインについて容易に構造的に把握することができる。

(2) 文章完成法活用方式

自由記述方式に対し，定量的に把握したい場合，文章完成法を活用する。文章完成法では，実験協力者に画面の良い点，悪い点について，「[(A)]は[(B)]ので[(C)]。」の穴埋めをする形で答えてもらう方法である。例えば，良い点で，「[このスイッチの表示文字]は[文字サイズが大きい]ので[見やすい]」等が考えられる。

(3) データ解析方法

表2 ユーザビリティタスク分析のフォーマット

画面	評価	デザイン案 (A)	デザイン案 (n)
画面 (n)	良い点	(1) **** (2) ****	(1) **** (2) ****
	悪い点	(1) **** (2) ****	(1) **** (2) ****
	評価点	3	2
総合評価	良い点	(1) **** (2) ****	(1) **** (2) ****
	悪い点	(1) **** (2) ****	(1) **** (2) ****
	評価点	4	3

得られたデータはDEMATEL法や形式概念解析(FCA)を活用して，抽出した項目間の関係を明確にすることができる。また，各画面の評価点を説明変数，総合評価点を目的変数として，重回帰分析を行うと，総合評価に影響を与えている画面を特定することが可能となる。

(4) 活用方法

通常，基本的なタスクを選び，その画面に対して評価を行う。実験者による評価，あるいは数名の実験協力者に評価を行ってもらう。実験協力者が初心者の場合，GUIのように抽象化された世界で馴染みがない場合，コメントが少ないことも考えられるので，GUIデザインチェックリストで事前に評価をしてもらうと良い。事前に様々な情報を得ているので，この方法を使うと多種多様なコメントを得ることができるからである。

5. REM

REM (Hierarchical requirements extraction method)は，そのシステムの根本原因や究極の目的を抽出することのできる汎用型評価方法である。製品デザイン，GUIデザイン，サービスなどシステムならば対応ができる方法である。GUIの操作を行ったときに悪いと感じた事項を列挙し，その改善案を出し，その目的を飽和するまで記述する。一方，問題点の原因を掘下げて書いて，根本原因を探り出す。以下にその手

順を示す。

- ①気が付いた問題点を書く
 - (2)問題点を入力として、その解決案である出力を書く
 - (3)入力を出力（解決案）に変換する機能を書く（期待効果を考える）
 - (4) 機能の下に機能をサポートする事項を書く
 - (5) (1) から(4)をカーネル[2]という
 - (6)解決案に対し、目的-手段の関係から上位の目的を求めてゆき、最後に飽和した究極の目的を抽出する。
 - (7)問題点に対し、結果-原因の関係からなぜそうなったのか原因を予測して書く。これを繰り返すことにより根本原因を抽出することができる。
 - (8)最後に関連事項をつないで階層図を作り、究極の目的と根本原因を検討する
- 究極の目的をブレイクダウンするとその要求事項を抽出でき、根本原因からは本当の原因を把握することができる。

・注意事項

問題点の抽出は、観察でなくともアンケート調査でも可能である。この場合、文章完成法で書いてもらう。

[A]が[B]なので、悪い
[A]が[B]なので、良い

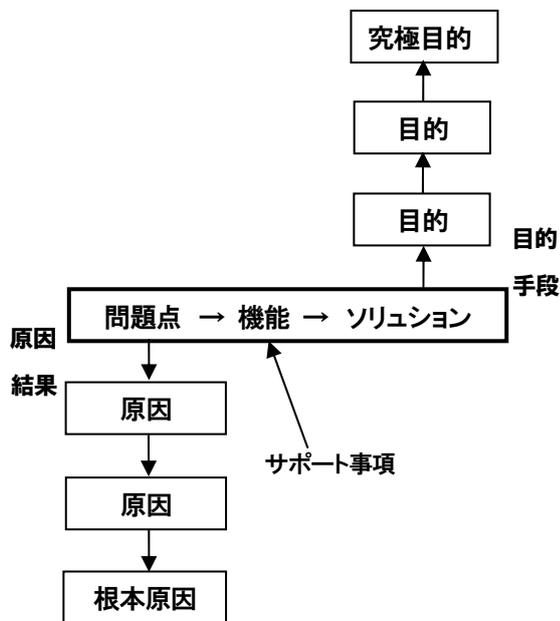


図1 REMの構造

参考文献

1. 山岡 俊樹:論理的, 感性的 GUI デザイン方法, pp105-108, 第7回日本感性工学会春季大会プログラム, 日本感性工学会(2012)
2. 山岡俊樹: ヒューマンデザインテクノロジー入門, pp69-70, 森北出版 (2003)
3. 山岡俊樹: ヒューマンデザインテクノロジー入門, pp75-76, 森北出版 (2003)
4. 山岡俊樹: GUI デザイン 第4回 GUI の評価, pp40-47, 90, DESIGNPROTECT (2011)
5. Toshiki Yamaoka, Satsuki Tukuda: A proposal of simple usability evaluation method and its application, 4 pages, Proceedings of the 9th Pan-Pacific Conference on Ergonomics (2010)
6. 上原信哉, 山岡俊樹: ユーザビリティ評価手法 SUM の有効性の検証とソフトウェア化, pp20-21, 日本デザイン学会第4支部大会研究発表会概要集 (2011)
7. 山岡俊樹, ヒューマンデザインテクノロジー入門, pp23-29, 森北出版(2003)
8. Lewis, J.R., : IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use. 57- 78, 7 (1), International Journal of Human- Computer Interaction (1995)
9. 山岡 俊樹: サービスを評価する3手法の紹介, 第二回日本感性工学会 関西支部大会 CD-ROM(2012)
10. 山岡俊樹, 弘松知佳: ユーザ要求事項抽出及び評価のためのユーザビリティタスク分析の提案, pp372-373, 日本デザイン学会誌 第55回研究発表大会概要集(2008)
11. 佃五月, 山岡俊樹: 品質要素分類を活用したユーザビリティタスク分析によるユーザ, 3C1-4, 第11回日本感性工学大会予稿集 (2009)
12. 佃五月, 山岡俊樹: ユーザビリティタスク分析によるデジタルテレビのリモコン評価, pp. 217-218, 平成21年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集 (2009)
13. 篠田茉未絵, 山岡俊樹: DEMATEL を用いたユーザビリティタスク分析手法の検討, pp227-230, 平成22年度 日本人間工学会関西支部大会講演論文集 (2010)

論理的 GUI 設計方法を活用した事例紹介 The example of logical GUI design method

○安井鯨太, 山岡俊樹

和歌山大学

YASUI Keita, YAMAOKA Toshiki

*Wakayama University

1. はじめに

論理的 GUI 設計方法の事例紹介として、架空のコーヒー注文システムを紹介する。このコーヒー注文システムは、店頭の待ち時間にスマートフォンでコーヒーのメニューを確認することができ、画面上のメニューを店員に見せることにより、コーヒーの注文をスムーズに行うためのアプリである。本稿では、この注文システムについてシステムの方針、概要、詳細からの可視化までを紹介する。

2. 事例紹介

2.1. 方針の検討

(1) 理念の明確化

企業の理念なので、仮に「この企業は顧客満足を最優先にする」とした。

(2) テーマの決定

テーマは企業の理念を受けて、顧客に煩わしさをなくすため、「待ち時間に携帯電話でコーヒーを注文できるシステム」とした。テーマの選択は、コーヒーショップを実際に行動観察し、「行列が店外にまで続いている」「ひとり客が多い」「待ち時間に携帯を使い、暇を持て余している」といった気づきに基づき選定した。

(3) 目的の決定

テーマをもとに、「5W1H1F(Function)の観点」から、目的は「ユーザは待ち時間に店頭でコーヒーを素早く注文する。」とした。

(4) 目標の決定

先ほどの目的からシステムの特徴のうち重要な項目を選ぶ。今回は「機能性、信頼性、拡張性、効率性、安全性」の5つを選んだ。これをもとに文章を作成する。目標は「ひとりひとりが素早く操作することができ、10秒以内で注文できるようにする。」とした。

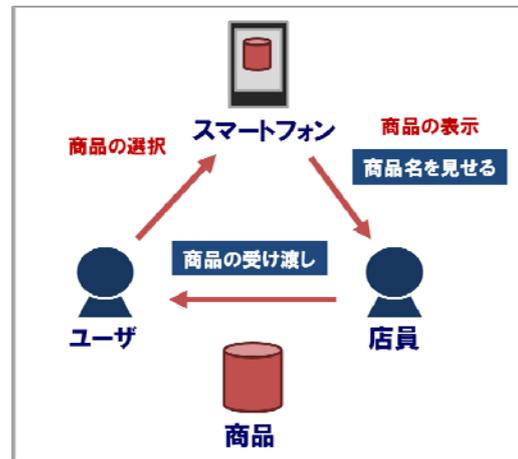


図1. システム要素の関係

2.2. システム概要の検討

(1) 人間と機械との役割分担の決定

人間と機械の役割分担は「ユーザはスマートフォンでメニューの選択/登録できるが、実際の注文はユーザが自分で行う」とした。これは、目標の「信頼性」に基づき、商品の受け渡しは人対人で行うことを決定した。

(3) 制約条件

目標の「効率性」の観点に注目し、制約条件を「1分程でメニューを選択し、10秒以内にメニューを注文」、「スマートフォンの仕様」とした。

(4) システムの構成要素の関係

システムの要素は、「人(ユーザ, 店員), モノ(スマートフォン, 商品), 環境(カフェ)」とし、それらの関係を図1に図示した。また、矢印上には代表的な機能を記述し、それらを参考にし、詳細な機能を機能系統図によって記述した(図1に示す)。

2.3. システム詳細の検討

(1) コンセプト策定

1) コンセプトターゲット表²⁾の作成

論理的 GUI 設計方法の概要

The outline of logical GUI design method

山岡俊樹

和歌山大学システム工学部

YAMAOKA Toshiki

Wakayama University, Faculty of Systems Engineering

1. システム設計方法

システムを論じた文献はあるが、システム設計の方法について、述べた文献は多くはない。所謂、システム工学の書籍に通常紹介されている方法¹⁾は、(1)問題の明確化(問題定義)、(2)概念化(システムの概念化)、(3)詳細化(システムのモデリング)、(4)分析(システムの分析)、(5)評価(システムの評価)、(6)実施(実際使用)である。これらのプロセスを斟酌し、人間-機械系(HMI)をも包含したより汎用性の高いシステム設計プロセス(図1)を考えた。以下に示す。

- (1)理念の明確化、(2)テーマの決定
- (3)目的、目標の明確化、(4)システムの概要の決定
- (5)状況把握、(6)ユーザの要求事項、
- (7)コンセプトの構築、コンセプトターゲット表
- (8)コンセプトの具現化、(9)評価

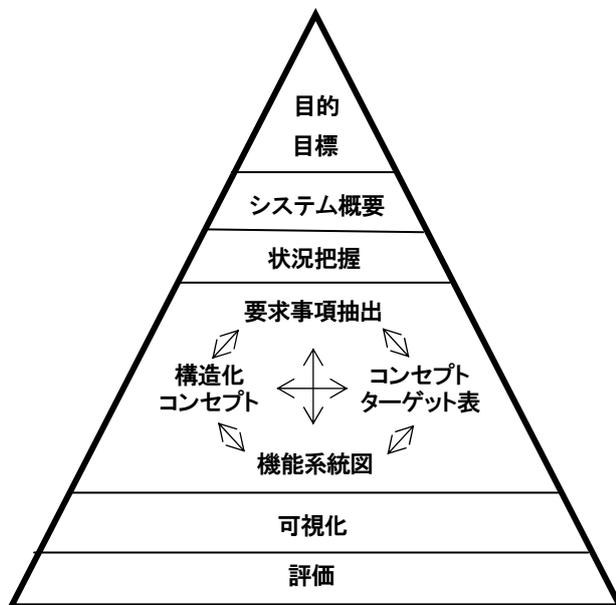


図1 システム設計プロセス関係図

次章にて、このプロセスに従って、GUI 設計方法につ

いて述べる。

2. GUI 設計方法

(1) 理念の明確化

システムを提供する組織の理念を明確化する。この理念とはその組織全体に係る方針である。

(2) テーマの決定

システム開発なり、製品開発での最初にテーマを決めることは大事である。

(3) 目的、方針の明確化

目的は抽象的、質的、目標は具体的、量的な表現を行い、目標は目的を具体化したものである²⁾。また、目標は、システムの評価基準である²⁾。目的や目標を記述する際、以下の項目を考慮して作成する。

1) 検討ポイント

- ①そのシステムは社会に有用か?
- ②そのシステムは使いやすいか?
- ③そのシステムは楽しいか?

2) 目的

5W1H1Fで検討する: [誰が] [いつ] [どこで] [何を] [なぜ] [どうする] [機能は]

3) 目標

以下の項目を検討する

- ①機能の側面: 機能性
- ②有効の側面: 信頼性, 拡張性, 効率性, 安全性
- ③人間の側面: 使いやすさ, 楽しさ, システムに対するイメージ
- ④経済の側面: コスト, 生産性
- ⑤その他: メンテナンス

(4) システムの概要の決定

1) 人間と機械との役割分担

システムにおける人間と機械の役割分担を理念や目的から決める

2) 制約条件

目標の「機能の側面」、「有効の側面」、「人間の側面」、「経済の側面」、「その他」から大まかに決める。

3) システム要素 (HMI の 5 側面)

システムを分解して、HMI の 5 側面³⁾ (身体的側面、頭脳の側面、時間的側面、環境的側面、運用的側面) から要素を決める。

4) 機能の構造およびシステム要素の関係

機能の大まかな構造を決め、そのシステム要素間の関係(情報の流れ)を明確にする。機能の大まかな構造とは、主機能とその下位機能を特定することである。

(5) 状況把握

製品のイメージや他社の製品がどのようなイメージをもたれているのか調べる。通常、様々なアンケートを行い、データはコレスポネンデンス分析で分析される。

(6) ユーザの要求事項

利用状況を記述・編集してコンセプトを精緻化することと要件導出に利用できる簡易プロセス状況テーブル (ProST) を活用する。

(7) コンセプトの構築, コンセプトターゲット表

要求事項に基づき、トップダウン式かボトムアップ式で構造化コンセプトを決める。同時期に一種の仕様

書であるコンセプトターゲット表を完成させる。

コンセプトターゲット表の構成は以下の通りである。

1) システム側

①システム(機械): 機能, 入力デバイス

②システムの構成要素

機能性, 効率性, 経済性, 信頼性, 安全性, 保守性, 利便性

③環境

2) 顧客側

①顧客属性: 年齢, 性別, 職業, 年収

②顧客レベル: 経験・習熟度, 教育レベル

生活スタイル, 顧客のメンタルモデル

インタフェース機能, 主要タスク

(8) 機能系統図の作成

主要機能の機能系統図 (FAST) を作成して、下位の機能を明確化する。

以上の(6)-(8)の各項目間で確認し合いながら検討してゆく。

(9) コンセプトの具現化(図1)

構造化コンセプトや GUI パーツから基本画面のレイアウトを決める。また、フローチャートやタスクの流れからストーリーボードを構築する。

(9) 評価

デザイン案がコンセプト、仕様書との適合性を調べる検証(Verification)とコンセプトや仕様書に書かれていないユーザビリティについて調べる有効性の確認(Validation)をおこなう。有効性の確認としての評価方法は、GUI チェックリスト、SUM(simple usability evaluation method)、ユーザビリティタスク分析および階層型要求事項抽出方法(REM: hierarchical requirements extraction method)をケースバイケースで活用する。

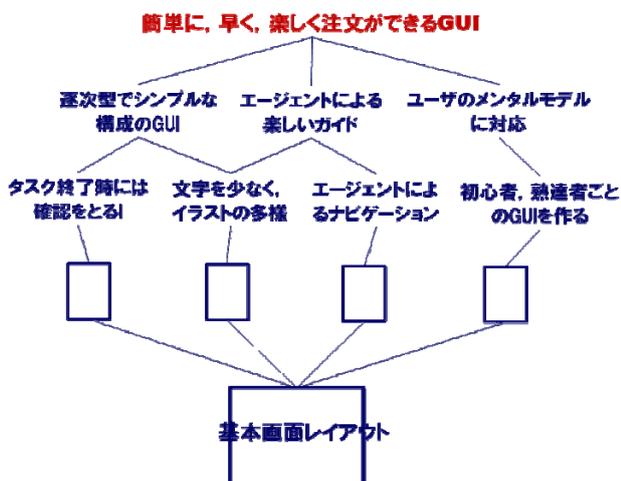


図1 構造化コンセプトから可視化を行

参考文献

- 1) 岸光男: システム工学, pp5, 共立出版 (1999)
- 2) 大村朔平: 企画・計画・設計のためのシステム思考入門, pp61, 悠々社 (1992)
- 3) 山岡俊樹: 人間工学講義, pp16-23, 武蔵野美術大学出版局 (2002)

A会場 一般セッション 3号館3階3401教室

9 : 30-10 : 45 **生理・心理**

座長:有馬正和(大阪府立大学)

- A1 床暖房起動時の温熱環境の変化が人体に及ぼす影響について
- A2 微細気泡浴の主観評価に基づく快適性評価と体表温度に対する影響の検討
- A3 板金加工熟練職人による自動車部品作製における工程分析および意思決定プロセス
- A4 ハム用イーザーピールフィルムの開封感の評価
- A5 色光およびトーン変化による心理的・生理的影響

10 : 55-12 : 10 **行動と注意**

座長:篠原一光(大阪大学)

- A6 運転士の注視行動に関する研究
- A7 学生の船舶の視界制限状態における学生の避航判断について
- A8 視界良好状態における学生の衝突回避判断および操船方略に関する調査
- A9 小型加速度・気圧センサ、心拍計による水先人の行動評価
- A10 生理信号を用いた注意集中状態と注意散漫状態の定量評価

14 : 40-15 : 40 **モデル評価**

座長:久本誠一(製品評価技術基盤機構)

- A11 製品・サービス・GUIデザインのためのシステム概要構築手法の提案
- A12 ヒューマン・モニタリングシステムの開発
—自律型表情モニタリングシステムの構築—
- A13 近畿大学におけるデジタルマネキンを用いたユニバーサルデザイン集合教育の取り組み
- A14 行動観察による雰囲気の評価の可能性

15 : 50-17 : 05 **メンタルモデル・評価**

座長:神宮英夫(金沢工業大学)

- A15 GUIにおけるメンタルモデル構築に関わる手がかりの把握
- A16 ラフ集合を用いたサービス評価方法の提案
- A17 製品事故情報の人間工学的視点による検討～テキストマイニング手法の応用～
- A18 メンタルモデルの観点に基づくGUI画面の設計方法の提案
- A19 SCDの考え方に基づいた社内業務システムの開発・運用手法の一考察

床暖房起動時の温熱環境の変化が人体に及ぼす影響について

Effects of the Thermal Environmental Change during Start-up Floor Heating on Human Body

○城戸千晶*, 久保博子*, 上野清盛**, 菊岡泰平**

*奈良女子大学生生活環境学部, **関西電力株式会社エネルギー利用技術研究所
 KIDO Chiaki*, KUBO Hiroko*, UENO Kiyomori**, KIKUOKA Yasuhira**
 *Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University
 **Energy Use R&D Center, The Kansai Electric Power Company. Inc.

1. はじめに

床暖房が人体に与える影響や快適性に関する研究は見られるが、その多くは安定した床温での定常状態の評価が多く、起動時のような加温状態における評価は少ない。そこで本研究では、床暖房を起動させた時の温熱環境の変化が人体に及ぼす影響について検討した。

2. 方法

2.1 実験概要

表 1 に実験概要を示す。実験場所は関西電力異実験センター環境試験室内の試験ハウスの居間を使用した。温熱環境条件は、気温 17°C 程度から実験を開始し、使用する暖房機器の種類や設定等を変え 4 条件行った。被験者として、十分なインフォームドコンセントを行い書面により同意を得た健康な若年女性 8 名を採用した。実験では、日常着衣の下着、長袖上下トレーナー、長袖 T シャツ、靴下（着衣量 0.9clo 相当）を着用させた。測定項目は、室内温熱環境要素として、床温 T_f 、気温 T_a （床上高さ 0.05m~1.6m）、黒球温度 T_g （床接触、床上高さ 1.0m）、相対湿度 RH（床上高さ 0.6m）等を測定した。生理反応として、Hardy&DuBois の 12 点法に足底を加えた 13 点の皮膚温、舌下温、血圧、心拍数を連続測定した。

表 2 に実験手順を示す。被験者は 17°C で程度の前室で機器を装着し 20 分間安静を保った後、実験室に移動した。90 分間椅座安静を保ち、5 分間隔で温熱環境に関する申告を受けた。その後、30 分間の休憩を経て、再び 90 分間椅座安静を保ち、10 分間隔で温熱環境に関する申告を受けた。前半を加温実験、後半を定温実

表 1：実験概要

期間	2012年2月14、17、20~24、27日の8日間	
場所	関西電力異実験センター環境試験室内の試験ハウス(居間)	
環境条件	条件1	HP式床暖房で最も早く加温する設定 最大出力(55°C出湯)で運転
	条件2	ガス床暖房で最も早く加温する設定 通常の出荷時の設定で運転
	条件3	HP式床暖房とエアコンとの併用 低温運転、開始から30分間は22°C設定でエアコンを併用
	条件4	HP式床暖房で快適範囲を維持 開始から60分目まで最大出力で運転、その後は低温運転へ切り替え 全条件とも室温17°C程度から実験を開始(9:00開始)
被験者	若年女性8名	
着衣	0.9clo(下着・長袖Tシャツ・上下長袖トレーナー・靴下)	
活動量	椅座安静	
測定項目	温熱環境	気温(0.05m~1.6m)・黒球温度(0.1m~1.0m) 床温・相対湿度(0.6m)・サーモグラフィ
	生理量	皮膚温13点・直腸温・舌下温・血圧・心拍数
	心理量	温冷感・快適感など...28項目
	日常生活等に関する調査票・健康状態に関する調査票	

表 2：実験手順

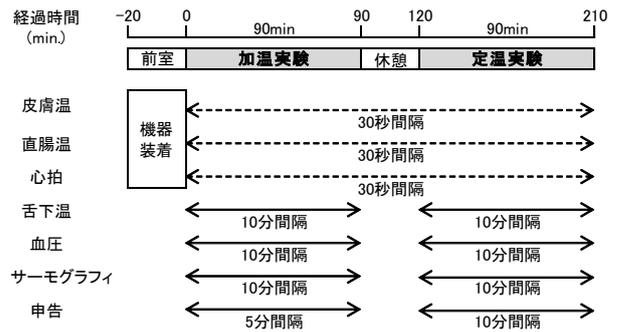


表 3：被験者概要

被験者	被験者属性					選択気温実験				
	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	BMI (kg/m ²)	体表面積 (m ²)	選択気温 (°C)	平均皮膚温 (°C)	温熱的快適感	温熱環境指数
A	21	167.0	57.3	25.8	20.5	1.64	22.9	31.2	1	22
B	20	160.9	50.9	28.6	19.7	1.53	27.1	33.1	3	33
C	20	153.8	55.6	28.5	23.5	1.53	26.4	33.0	3	25
D	19	153.2	51.7	29.9	22.0	1.49	26.5	32.8	2	25
E	20	152.0	48.7	27.6	21.1	1.44	21.4	32.1	0	20
F	20	164.1	58.1	23.7	21.6	1.63	21.4	31.3	3	26
G	20	153.0	45.4	26.3	19.4	1.41	24.2	32.7	2	28
H	20	170.5	51.4	21.8	17.7	1.60	26.0	33.3	1	27
平均値	20.0	161.6	54.2	26.4	20.7	1.53	24.5	32.4	1.9	25.8
標準偏差	0.5	7.0	3.2	3.2	1.8	0.08	2.3	0.8	1.1	3.9

※温熱環境指数…寒い極限を0、暑い極限を50として、温熱環境を数値で評価したもの

験とした。また、申告に用いた温冷感と快適感のスケールを図1に示す。

2.2 被験者概要

表3に被験者概要を示す。床暖房実験で採用した被験者8名に対し、床暖房実験と同一の着衣の状態、好みの気温を選ぶ選択気温実験を行い、被験者の温熱特性を特定した。その結果、被験者間で好みの気温は21.4~27.1℃まで幅があり、最大5.7℃の差がみられた。

3. 結果および考察

3.1 温熱環境

図2に、各条件における室温(0.6m)と床温の経時変動を示す。条件1は、室温・床温が比較的緩やかに上昇し、開始180分目以降は床温が40℃に達した。条件2は、開始60分間で室温・床温が急激に上昇し、床温は最高45℃まで上昇した。その後はやや低下するが、高い室温・床温を保ち続けた。条件3は、エアコンを併用しているため、開始40分間は条件2と同じ程度に室温が22℃程度まで上昇したが、その後は比較的低い室温・床温を保った。条件4は、開始60分目まで条件1と変わらないが、その後は床暖房をレベルに切り換えているため、条件3と同様の变化を示した。

3.2 生理的反応への影響

図3に、各条件における平均皮膚温と直腸温の経時変動を被験者全員の平均値で示す。

平均皮膚温において、どの条件も環境温の上昇より30分程度遅れて、平均皮膚温も上昇し始めた。実験開始後、条件3は他の条件に比べ急激に上昇していたが、これはエアコンによる室温上昇に伴って身体全体の皮膚温が上昇していたことが原因だと考えられる。

直腸温において、どの条件も環境温の上昇に関わらず、実験開始から90分間は直腸温が一貫して低下し続けた。これは、前室や実験開始時の17℃という低温環境への暴露が核心温の低下に大きく関与したと考えられる。また、開始210分後の実験終了時においても、初期状態の温度に戻らなかった。

3.3 心理的反応への影響

図4に、室温に対する温冷感と床温に対する温冷感の経時変動を被験者全員の平均値で示す。加温実験に

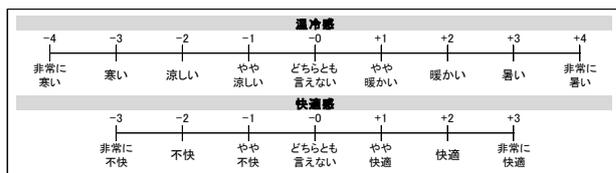


図1：申告に用いた温冷感と快適感のスケール

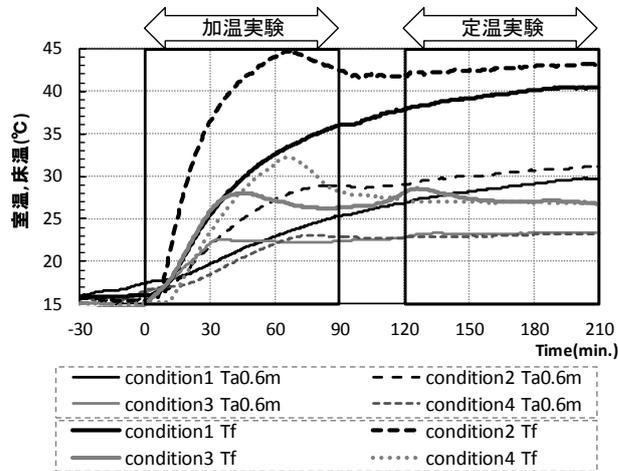


図2：温熱環境の経時変動

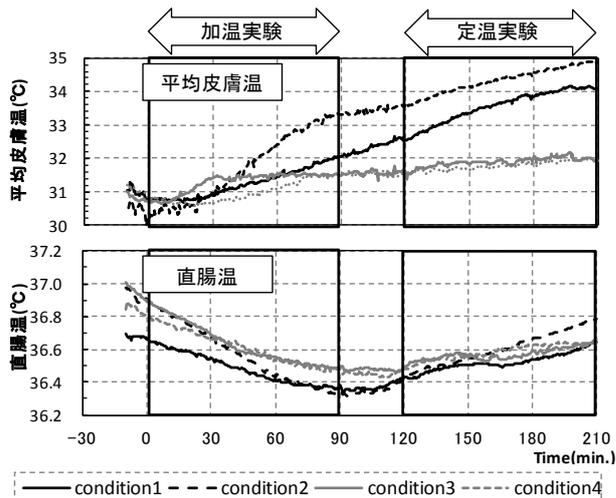


図3：平均皮膚温と直腸温の経時変動

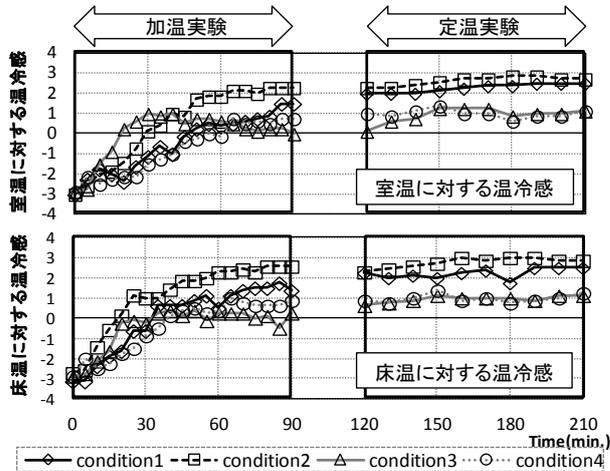


図4：室温・床温に対する温冷感の経時変動

において、室温に対する温冷感は条件 3 で最も早く暖かい側の申告がみられた。これは開始 30 分間はエアコンを併用していたためだと考えられる。また、床温に対する温冷感は条件 2 で最も早く暖かい側の申告がみられた。一方、定温実験においては室温・床温ともに、条件 1 では「+2：暖かい」～「+3：暑い」を推移しており、条件 2 では「+2：暖かい」を超して実験開始から 150 分目以降は「+3：暑い」、条件 3 と 4 では「0：どちらとも言えない」～「+1：やや暖かい」と申告する傾向にあった。

図 5 に室温と室温に対する温冷感の関係、図 6 に床温と床温に対する温冷感の関係を示す。両実験ともに、室温や床温が高くなるにつれて温冷感が温かい側になる傾向がみられた。ここで、図 7 に加温実験において条件別に「-4：非常に寒い」～「+4：非常に暑い」と申告した時の室温と床温の平均値で示す。ただし、各条件で得られなかった申告は空白となっている。分散分析による多重比較を行った結果、温冷感申告が「-1：やや涼しい」以下に関しては大きな差はみられなかったが、「+1：やや暖かい」の申告では、条件 3、4、1、2 の順で高い室温（順に 22.0℃、22.4℃、22.7℃、23.9℃）・床温（順に 26.7℃、28.8℃、31.8℃、34.7℃）で得られ、有意差が認められた。特に条件 2 では他の条件と比べ、高い室温・床温に達しないと暖かい側の申告をしない傾向がみられた。これより、急激に環境温が上昇した場合、より高い温度でなければ暖かい側の申告をしない傾向がみられた。

3.4 生理的反応と心理的反応の関係

図 8 に、平均皮膚温と全身温冷感の関係を示す。両実験で皮膚温が高くなるにつれて温冷感も温かい側になる傾向がみられた。加温実験では皮膚温が 0.7℃上昇すると温冷感が 1 段階暖かい側に、定温実験では皮膚温が 1.6℃上昇すると温冷感が 1 段階暖かい側になる傾向がみられた。加温時には環境温の変化に皮膚温が追いついていないにもかかわらず、床暖房を同様に「暖かい」と感じていた。

直腸温と全身温冷感の関係も検討したが、本実験において直腸温と温冷感の相関関係は認められなかった。（加温実験時： $r = -0.264$ ，定温実験時： $r = 0.016$ ）。

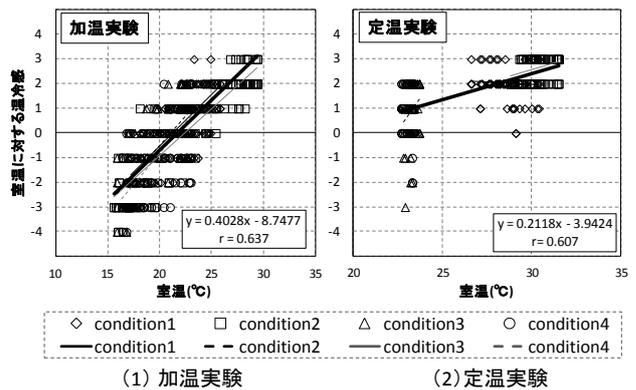


図 5：室温と室温に対する温冷感の関係

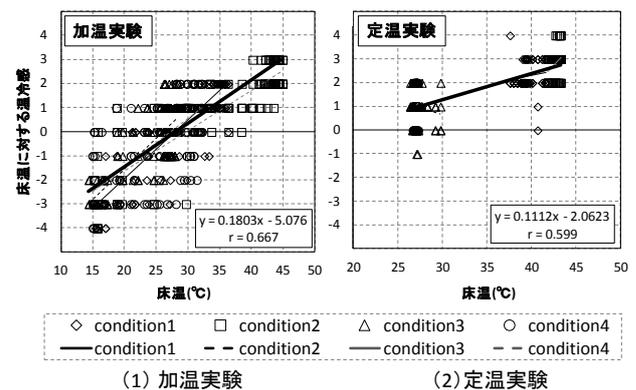


図 6：床温と床温に対する温冷感の関係

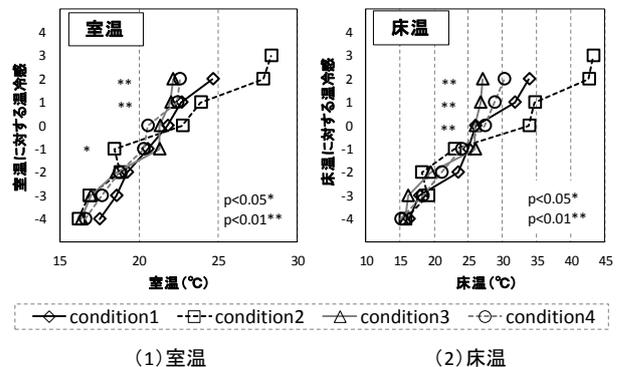


図 7：加温実験における温冷感申告時の室温と床温

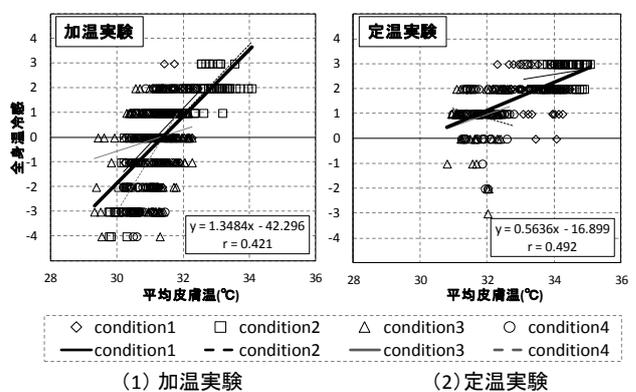


図 8：平均皮膚温と全身温冷感の関係

4. 床暖房起動時の温熱環境の検討

図9に、室温に対する温冷感と快適感の関係を示す。加温実験では、温冷感が暑い側になるほど快適と申告する傾向にあった。「+3：暑い」以上の評価になると「-1：やや不快」という評価も見られたが、大半は「+3：暑い」ほど「+2：快適」と評価する傾向にあった。一方、定温実験では、温冷感が「+1：やや暖かい」～「+2：暖かい」の間に快適感のピークを迎え、それ以上を超えて暑い側の申告になると不快感が増す傾向がみられた。床温に対する温冷感と快適感についても、同様の傾向がみられた。

図10に、既往研究における床暖房時の温熱的快適範囲¹⁾²⁾と本実験における温熱的中性申告（「-1：やや涼しい」～「+1：やや暖かい」）を合わせて示し、快適範囲を検討する。加温実験では、条件2は快適範囲を超え、高い室温・床温で温熱的中性申告がみられる。一方、定温実験では、ほとんどが快適範囲に収まっていたことから、妥当な結果が得られたと考えられる。

以上より、床暖房起動時には暖かいほど快適感が増す傾向にあり、心理的反応をもとに床暖房の温度を設定すると環境温を過度に上昇させ、過暖房となる危険性が示唆された。また、環境温の上昇する度合いが急激であるほど、高温になるまで暖かい側の申告にならない傾向がみられるため、環境温の急激な上昇はより一層、過暖房を引き起こす原因となりうるものが懸念される。過暖房を防ぐためにも、急激に環境温を上昇させるような温度設定を控える必要がある。

5. まとめ

床暖房を用いた温熱環境を4条件を設定し、健康な女子大生8名を被験者として実験を行い、冬期における床暖房起動時の温熱環境の変化が人体に及ぼす影響を検討した。

- ・温熱環境は床温の上昇に従って室温も上昇した。
- ・環境温の上昇に対し、平均皮膚温はやや遅れながら上昇する傾向がみられたが、直腸温は大幅に遅れて上昇する傾向がみられた。
- ・床暖房加温時は、急激な温度変化であるほど、より高い温度でなければ暖かい側の申告をしない傾向がみ

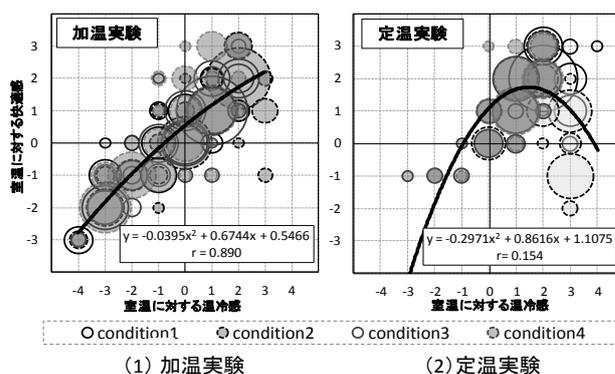


図9：室温に対する温冷感と快適感の関係

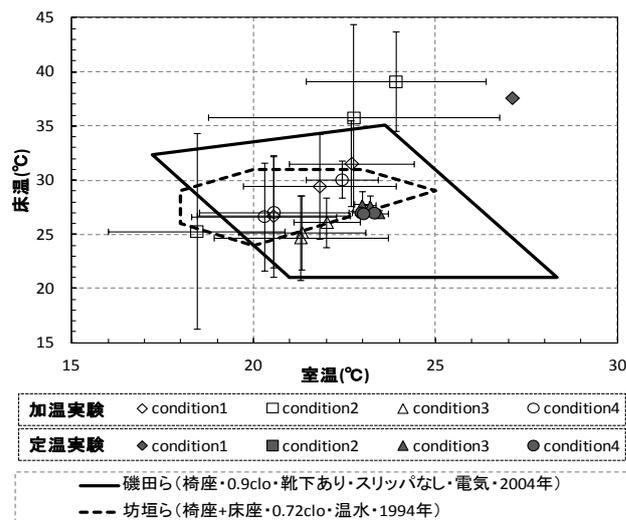


図10：温熱的快適範囲との比較

られた。

- ・床暖房加温時は、温冷感が暑い側であるほど快適と申告する傾向がみられた。
- ・心理的反応に基づき床暖房の温度設定を行うと、過暖房となる危険性が示唆された。

今後は室温や床温の影響だけでなく、身体各部位における温冷感等の様々な要因がどのように複合して、床暖房起動時の全身温冷感や温熱的快適感に関与していくのか検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 磯田ら：電気式床暖房環境における温熱的快適性に関する研究 その1 青年女子の皮膚温および温冷感申告への影響，第28回人間-生活環境系シンポジウム報告集，pp. 219-222 (2004).
- 2) 坊垣ら：床暖房温度の体感効果に関する実験的研究，空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 pp. 1297-1300-10 (1994).

微細気泡浴の主観評価に基づく快適性評価と体表温度に対する影響の検討

Effects of micro-bubble bathing on subjective evaluation and surface skin temperature

○片平建史*, 饗庭絵里子**, 矢野浩範*, 松浦周平*, 飛谷謙介*, 長田典子*,
宮一普***, 古川誠司***

*関西学院大学理工学部

**関西学院大学理工学部／産業技術総合研究所／日本学術振興会

***三菱電機株式会社先端技術総合研究所

KATAHIRA Kenji*, AIBA Eriko**, YANO Hironori*, MATSUURA Shuhei*, TOBITANI Kensuke*,
NAGATA Noriko*, MIYA Kazuhiro***, FURUKAWA Seiji***

* School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University,

** School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University / National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology / Japan Society for the Promotion of Science,

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

1. はじめに

日々の入浴には、身体の清潔を保つ働きとともに、心身のリラクセスを得る機能が期待されている。特に浴槽を用いた入浴に関して、微細気泡浴の効果が近年注目されている。微細気泡とは直径が数十～100 μm 程度の気泡を指し、微細気泡を含むお湯に入浴することを微細気泡浴と呼ぶ。微細気泡を発生する方式には渦流に空気を取り込み破断させるもの¹⁾、空気を加圧溶解させるもの²⁾などがある。

微細気泡浴に期待される主な効果には、落ち着いた気分になるといった心理的なリラクセス効果と、入浴中や入浴後の温熱効果が挙げられる。これまで主観評価や生理指標の測定によって微細気泡浴の効果が調べられてきたが^{1), 2)}、心理的な効果に対する詳細な主観評価や、心理的效果と温熱効果の関連性の検討は十分に行われて来っていない。そこで本研究では、心理尺度を用いた入浴の心理的效果の詳細な測定と、皮膚温度による温熱効果の測定を通して、渦流微細気泡浴とさら湯との比較を行うことを目的とした実験を行った。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験は男子大学生12名(平均年齢20.9歳, $SD = 2.4$ 歳)を対象として実施した。実験参加者の入浴習慣は普段の入浴で湯船を用いることがあるという基準で統一し

た。また、実験前の数日は規則正しい生活を送るよう依頼した。すべての実験参加者に対し、前もって実験の目的および注意事項について詳細な説明を行い、書面による同意を得た上で実験を行った。

2.2 装置

本研究で使用した微細気泡発生装置のシステムは、旋回流に取り込んだ空気を破断させて微細気泡を発生させる方式であった。

体表温度の計測に関して、実験参加者の膝頭から下の両足の熱画像を正面から撮影した。撮影のための機材には NEC Avio 赤外線テクノロジー社製のサーモグラフィ(H2640/2630)を使用した。

2.3 主観評価

入浴の心理的效果を詳細に検討するために、先行研究が主観評価に用いた形容語を収集し、入浴に伴う気分状態を測定する心理尺度を作成した。「さわやかな気分だ」、「体が温かい」、「気分が落ち着いている」、「リラックスしている」、「快適である」、「体が軽い」、「気分が高揚している」の7項目を選出し、各項目について8段階のLikert尺度で回答を求めた。

2.4 実験環境

実験は三菱電機株式会社先端技術総合研究所の実験室で実施した。実験室の中に入浴のための区画を備え付け、実際に入浴を行う浴室、各種測定や入浴前後の安静時間

を過ごすための前室が設けられた。前室の温度環境と浴槽内の湯温は一定のレベルで維持された。前室の気温は入浴前、入浴後ともに 25°C に設定され、実際の室温は平均 25.3°C ($SD=0.36^{\circ}\text{C}$)、湯温は平均 40.2°C ($SD=0.31^{\circ}\text{C}$) であった。

2.5 実験条件

実験条件はさら湯浴 1 条件と、微細気泡浴 2 条件の 3 条件であった。微細気泡浴 2 条件は装置が吸入する空気量の点で異なり、これらの違いは湯中に含まれる微細気泡の量に影響するため、気泡量の違いが及ぼす効果の検討が可能であった。吸入する空気の流量が多く気泡の多い条件を流量大条件、流量が少なく気泡の少ない条件を流量小条件と定義した。実験は、すべての実験参加者が全条件に参加する被験者内計画で実施された。実験参加者は 3 回の入浴を 1 日 1 回ずつ、日を変えて行った。順序効果が生じないように、各条件に入浴する順序は実験参加者により異なって設定された。また、心理的・生理的状态の日内の変動を考慮し、同一の実験参加者はすべての入浴を同じ時間帯に行った。

2.6 実験手続き

実験プロトコルを図 1 に示す。実験参加者は別室にて実験の説明を受けてから実験室に移動し、下着とバスローブに着替えた後、前室にて椅座位で 15 分間安静状態を保った。安静状態の終了直前に入浴前の気分状態についての主観評価と、熱画像の撮影を行った。安静時間が終了すると実験参加者はすぐに浴室へ移動し、脇窩までの全身浴を 10 分間行った。出浴後、実験参加者は身体を拭いてからバスローブと下着に着替え、前室にて椅座位での安静状態を開始した。この間、安静開始後 0 分、10 分、20 分時点で気分状態の主観評価の測定を、0 分、5 分、10 分、15 分、20 分時点で熱画像の撮影を行った。

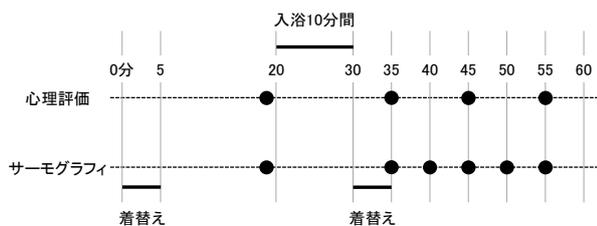


図 1 実験プロトコル

3. 結果

3.1 入浴の主観評価

入浴が気分状態に及ぼした影響を主観評価によって検討した。入浴前の主観評価得点には個人間、個人内での変動があり、入浴条件間でも差が見られた。もし入浴前の状態が入浴後に影響している場合、入浴の効果の条件間比較に望まざる影響が混入する恐れがあった。そこで検討指標として入浴後の主観評価の測定値そのものと、入浴前を基準とした主観評価の変化量の 2 種類を考え、いずれが適切かを判断するため入浴前の主観評価測定値との相関係数を調べた。主観評価の測定値は入浴前後で有意な中程度の相関を示し ($r = .50, p < .01$)、入浴前状態の影響が大きく検討指標として不適であった。よって以後の分析は、比較的入浴前状態の影響を受けない入浴前を基準とした主観評価の変化量によって行った。

図 2 は、入浴前を基準とした主観評価の変化量の入浴後の推移を、条件ごとに評価形容語 7 項目の平均値を算出して示している。入浴条件と測定時点を独立変数とし、主観評価の変化量を従属変数とした 2 要因反復測定分散分析の結果、測定時点の主効果が有意で ($F(3, 33) = 9.04, p < .01$)、入浴条件と測定時点の交互作用が有意な傾向で見られた ($F(6, 66) = 2.48, p = .068$)。有意な傾向が見られた交互作用について下位検定を行ったところ、条件の単純主効果が入浴後 0 分で有意傾向を示し、10 分で

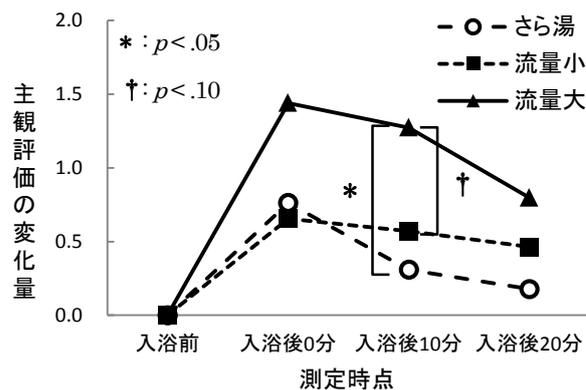


図 2 入浴前を基準とした気分状態の変化量

有意であった (順に $p = .057, p < .05$)。10 分時点の結果について LSD 法による多重比較を行った結果、流量大条件の主観評価の変化量がさら湯条件より有意に高かった ($p < .05$)。また、流量小条件との差も有意な傾向

を示し、流量大条件で高かった ($p = .073$).

次に、入浴による気分状態の変化に見られた条件間の違いを詳細に検討するため、7項目の形容語について主成分分析を行った。2つの主成分が抽出され、これらの累積寄与率は62.9%となりデータ全体の情報量の6割以上を説明した。7つの形容語を2つの主成分で構成される平面上に表すと、Russel (1980) の感情の円環モデル内に布置された形容語⁴⁾とよく対応し、抽出された2成分は感情の円環モデルにおける「快-不快」、「覚醒-睡眠」とそれぞれ対応すると考えられた。

ここでは同様の分析を行った先行研究⁵⁾に倣い、2成分によって表現される次元を「快適感」次元(x軸)と「覚醒感」次元(y軸)と定義し、各条件の入浴後各時点における主観評価の変化を主成分得点に基づき二次元平面上に布置した(図3)。図より、流量大条件では他の2条件と比較して、特に「快適感」次元の評価が入浴によって向上したことがわかる。

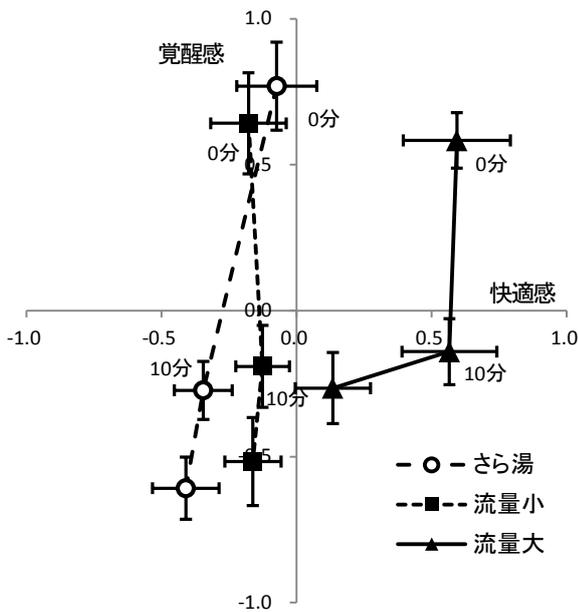


図3 主観評価の変化量の2次元プロット

3.2 入浴条件と体表温度

入浴条件による温熱効果の違いを検討するため、膝から下を撮影した熱画像から「すね」と「足の甲」の2つの部位の体表温度を算出した。同一の基準で各身体部位を特定するアルゴリズムを作成し、熱画像の撮影条件は毎回極力揃えるようにした。図4に各部位の体表温度測

定のための解析アルゴリズムの例を示す。まず、熱画像の色相値に基づく二値化により身体領域を抽出し、足の最も細い部分を足首としてそれより下の身体領域を「足の甲」、足首より上で最も太い部分をふくらはぎとしてそれより下100ピクセルの身体領域を「すね」と定義した。

次に、「すね」については領域内の各画素行の中心から左右10ピクセルを、「足の甲」については領域の重心の周囲20ピクセル四方をサンプル領域として抽出し、各ピクセルの色情報から得られる温度の平均値をそれぞれの部位の体表温度とした。

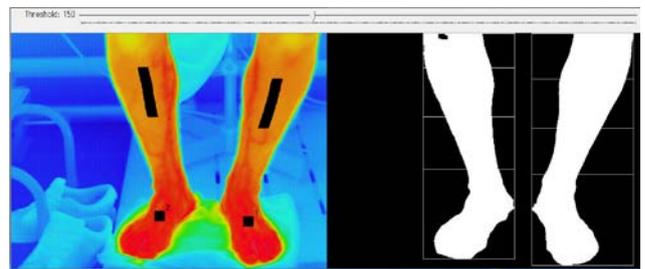


図4 熱画像解析アルゴリズムの例

右：二値化画像からの「すね」、「足の甲」の特定。
左：サンプル領域の例(画像中黒色マスク部分)。

主観評価と同様に、入浴前の状態の影響を受けにくい指標を相関分析によって検討した。入浴前後の体表温度の変化の大きさは入浴前の状態の影響を受けており、入浴前の体表温度とその入浴に伴う変化との相関係数は「すね」では $r = -.92$ ($p < .01$)、「足の甲」では $r = -.90$ ($p < .01$)と非常に強い負の相関が見られた。そこで、検討指標には入浴後の各測定時点における測定値をそのまま使用した。

部位ごとに、入浴条件と測定時点を独立変数、体表温度の測定値を従属変数とした2要因反復測定分散分析を行った結果、「すね」では入浴条件と測定時点の主効果、両者の交互作用のいずれもが有意であり(順に $F(2, 22) = 7.32$, $p < .01$, $F(4, 44) = 67.55$, $p < .001$, $F(8, 88) = 2.05$, $p < .05$)、「足の甲」では入浴条件と測定時点の主効果が有意であった(順に $F(2, 22) = 4.31$, $p < .05$, $F(4, 44) = 4.56$, $p < .05$)。このうち「足の甲」の結果を図5に記載する。入浴条件の主効果に注目すると、LSD法による多重比較の結果、入浴後の足の甲の温度は流量

大条件で有意に ($p < .05$), 流量小条件では有意な傾向で ($p = .068$) さら湯条件よりも高かった. 本稿では割愛するが, 「すね」においても微細気泡浴2条件で体表温度が高いという同様の傾向が確認された.

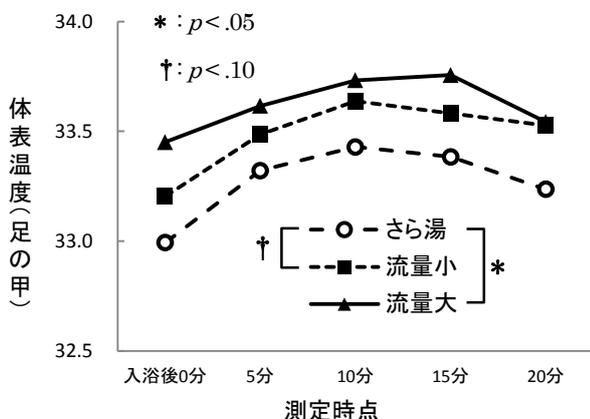


図5 入浴後の体表温度の推移

3.3 主観評価と体表温度の関係

主観評価と体表温度の関係を検討するために相関分析を行った. 「すね」と「足の甲」の部位ごとに, 体表温度と主観評価7項目の平均値との相関係数をすべての参加者と入浴条件の結果に基づいて算出したところ, 主観評価と「足の甲」の温度との間に有意な相関が見られた. 入浴後0分時点の「足の甲」の温度と0分, 10分, 20分時点の主観評価との間 (順に $r = .36$, $r = .49$, $r = .46$), そして入浴後5分の体表温度と10分, 20分時点の主観評価との間 (順に $r = .42$, $r = .33$) に中程度の正の相関が見られ, 一方が高いときに他方も高くなるという関係性が見出された.

4. 考察

主観評価の結果から, 流量大条件での微細気泡浴はさら湯浴と比較して有意に大きく気分状態を改善したことがわかった. 流量小条件ではさら湯との有意差が示されるには至らず, 微細気泡の有無だけでなく, その量が気分改善効果に影響している可能性が示唆された. また, 評価形容語7項目についての詳細な分析により, 流量大条件の微細気泡浴が特に快適感に関わる気分状態の改善に効果を発揮したことが示唆された. 入浴後の体表温度は「足の甲」, 「すね」とともにさら湯より微細気泡2条件で高く, 微細気泡浴の温熱効果が示唆された. 微細気泡

浴の温熱効果については, 先行研究で報告されている深部温を高める効果のほか^{1), 3)}, 皮膚血流量との関係によっても説明できるかもしれない⁶⁾. 深部温や血流量の計測を併せて行い, この温熱効果の発生機序を明らかにすることは今後の課題である.

主観評価と体表温度の関係について, 本研究では「足の甲」の温度と入浴に伴う気分状態の向上との間の正の相関を新たに見出した. 両者の因果関係を明らかにするにはさらなる検討が必要であるが, 入浴に伴う気分状態の変化に対応する生理的な指標として, 「足の甲」の体表温度が入浴の心理的效果を多角的に検討するための有望な指標となりうることが示唆される.

5. 結論

微細気泡浴の心理・生理的效果をさら湯との比較で検証した. 心理的效果と温熱効果の両方で微細気泡浴の優位性が確認され, 心理的效果については適切な気泡量の存在が示唆された. また, 心理的效果と温熱効果との間の関係が新たに示され, 入浴に伴う心理的效果の多角的検討の可能性が示唆された.

参考文献

- 1) 野中隆 古賀弘子 中塚祐次: 渦流微細気泡浴の生理的・心理的影響, 人間生活工学, Vol. 11, No. 2, pp. 42-45 (2010).
- 2) 岩川幹生 小川麻子 佐藤康仁 寺野真明: 微細気泡浴の心理的・生理的效果, 松下電工技報, Vol. 52, No. 2, pp. 19-24 (2004).
- 3) 清水祐樹 河原ゆう子 小粥文雄 岩瀬敏 菅屋潤壺 犬飼洋子 西村直記 佐藤麻紀: 微細気泡浴が循環動態及び体温調節機能に与える影響, 自律神経, Vol. 44, No. 6, pp. 418-424 (2007).
- 4) Russell, J. A.: A circumplex model of affect, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 39, No. 6, pp. 1161-1178 (1980).
- 5) 中村透 上垣百合子 藤原ゆり 奥谷晃久 山本松樹・長田典子: 照明刺激環境下のくつろぎ感に関する心理生理学的研究, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, 111(500), HIP2011-82, pp. 83-88.
- 6) 藤澤清 柿木昇治 山崎勝男: 新生理心理学1巻 生理心理学の基礎, pp. 223-236, 北大路書房 (1998).

板金加工熟練職人による自動車部品作製における

工程分析および意思決定プロセス

Process Analysis and Elucidation of Making Process of Expert in Manual Sheet Metal Working for Making Automobile Parts

○小瀬木将弥*, 因幡兵次郎**, 池元茂***, 澤田貞良****, 高井由佳*, 後藤彰彦*

*大阪産業大学 **元(有)イナバ ***ボディガレージ池元 ****京都工芸繊維大学

OZEKI Masaya*, INABA Hejiro**, IKEMOTO Shigeru***,
SAWADA Sadayoshi****, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*

*Osaka Sangyo Univ., **Inaba Ltd., ***Body Garage Ikemoto, ****Kyoto Institute of Tech.

1. はじめに

板金加工は、薄い板状の金属材料に人や機械が金型を介して力を加え、金属材料を目的の形状に変形させる技術である。自動車を量産する前段階のプロトタイプは、製造台数が 1-2 台であるためにボディの機械加工が困難であり、手作業によりボディの形状づくりが行われてきた。現在、高齢化や後継者の減少のため、手作業で板金加工を行う職人は激減している。このため、優れた職人の技の「コツ」や「カン」を記録し説明することで、後継者の育成に役立つことは急務であると考えられる。

そこで本研究では、約 60 年に渡り、板金技術を駆使してオールハンドで試作車の部品作製に携わってこられた職人を対象とし、技術の解析を行うことを目的とした。まず、作業の工程分析をし、道具の使用頻度を明確化した。成型する形状と使用する道具の関係を明らかにするため、作業をした職人本人からヒアリングし、道具の選別や道具の使用理由について解析をした。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は年齢 77 歳、職歴 59 年である自動車部品の板金加工に熟練した職人 1 名とした。

2.2 測定環境および解析対象

被験者の行動を記録するために 3 台のデジタルビデオカメラを用いた。各作業が明確に撮影できるようにカメラを配置した。撮影は被験者が作業を始めてから終わるまでとした。解析対象は車両後部に装着するフ

エンダー部分とした。日常に近い状況で作業ができるように、被験者には通常の作業場にて作業を行わせた。測定条件以外の教示は行わず被験者のペースで作業ができるように考慮した。この作業で使用した道具は、木製の槌としてデンガク、キヅチ、カラカミキヅチの 3 種類、金属製の槌としてエボシ、イモヅチ、ナラシハンマー、カラカミ(金属)の 4 種類であった。その他は、カゲタガネ、ハサミ、バーナー、アテバン、サンダー、サンドペーパーであった。

2.3 解析方法

撮影した映像から、被験者立会いのもと、使用道具の確認を行い、使用時間を記録した。さらに、映像を見ながら、各場面で成型する形状と使用する道具の関係および形状により使用する道具が異なる理由を被験者からヒアリングした。さらにヒアリング内容を文字化し、テキストマイニングソフトウェア (IBM SPSS Text Analytics for Surveys⁴) を用いて分析を行った。本研究で用いたテキストマイニングソフトウェアは本来アンケート調査の分析に使用するものである。このため文字化した文章から被験者の発言のみを抜き出し、話し言葉を整え、代名詞を適当な名詞に置き換えるなど言葉の意味を崩さないように修正を加え分析に用いた。

3. 結果および考察

3.1 工程分析

対象とした作業は 6 工程 25 要素に大別された。表 1 に各工程の名称と作業時間を示す。フェンダー

の形状出し工程は上部, 下部, 中央部の順で行われた。

その後, 溶接工程, 左側面の形状出し工程を行い, 仕上げ工程を行った。作業時間の合計は 5 時間であり, それぞれの工程で要した時間は, 上部形状出しが 1 時間 12 分 49 秒, 下部形状出しが 24 分 23 秒, 中部形状出し 23 分 58 秒, 溶接が 1 時間 58 分 30 秒, 左側面の形状出しが 20 分 20 秒, 仕上げが 40 分 00 秒であった。

図 1 に工程ごとの道具の使用頻度を示す。上部形状出し工程における形状たたきでは, 木槌の 1 つであるデンガクを多用していることがわかった。下部形状出しでは, 突出して使用頻度の高い道具はなかった。中部形状出しでは, 上部と下部の間に入れる部分ということもあり, ハサミの使用が多く見られた。溶接と左側面の形状出しでは, バーナーの使用頻度が多かった。仕上げでは, サンダーとハサミの使用頻度が多かった。

表 1 解析対象の作業工程

A. 上部形状出し	1. ゲージ作り [9:30]	
	2. 板裁ち [6:09]	
	3. 形状出し	a. 形状たたき [24:01]
		b. ひずみ取り [4:00]
		c. 溶接 [2:37]
		d. ひずみ取り (2 回目) [23:00]
		e. 溶接 (2 回目) [2:17]
		f. ひずみ取り (3 回目) [3:22]
g. 形状たたき [18:11]		
B. 下部形状たたき	1. ゲージ作り [不明]	
	2. 板裁ち [8:17]	
	3. 形状出し [15:58]	
C. 中部形状出し	1. 板裁ち 寸法 切断 [9:35]	
	2. 形状出し 形状 R 曲げ [25:36]	
D. 溶接	1. 上部と中部の溶接 [15:58]	
	2. 溶接箇所ひずみ取り [5:58]	
	3. 下部の溶接 [35:18]	
	4. 溶接箇所ひずみ取り [19:33]	
E. 左側面の形状出し	1. ゲージ作り [不明]	
	2. 板裁ち [不明]	
	3. 形状出し [6:48]	
	4. 溶接 [8:27]	
	5. 溶接箇所ひずみ取り [4:31]	
F. 仕上げ	1. 下部を型どおりに切断 [18:21]	
	2. サンダーで仕上げ [23:25]	

3.2 意思決定プロセス

図 2 に作業の全工程で使用された「デンガク」という言葉について, 上部形状出し工程における分析結果を示す。発言数が多いほど円が大きく示され, 表現同士の関連性が高いほど線が太く示される。発言数が最も多かったのは「叩く」で, 19 回であった。次に多かったのは, 「デンガク」で 13 回であった。また, 「デンガク」と関連性が高い言葉は「叩く」「鉄板」「角」「アール」であり, 関連性はいずれも 5 であった。これらのことにより, デンガクは角やアールを作る際に使用されることが分かった。その他に絞りや段落とりに使うことも分かった。ヒアリング内容の分析から言葉の発言頻度や言葉の関連性が明らかとなった。このような分析を進めていくことにより, 熟練職人の作業手順や各工程での判断のプロセスが明らかになると考えられる。

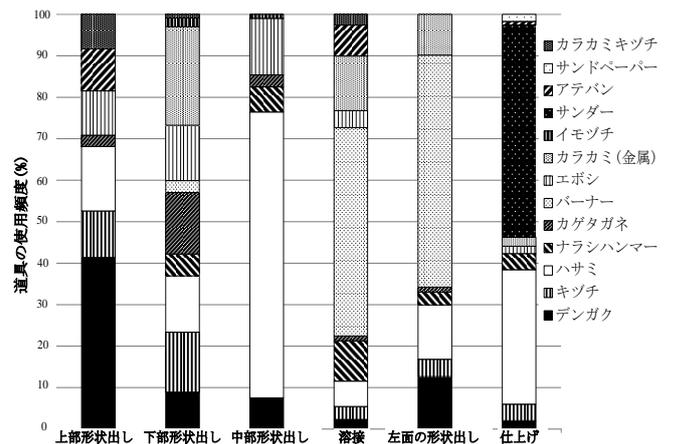


図 1 各工程の道具の使用頻度

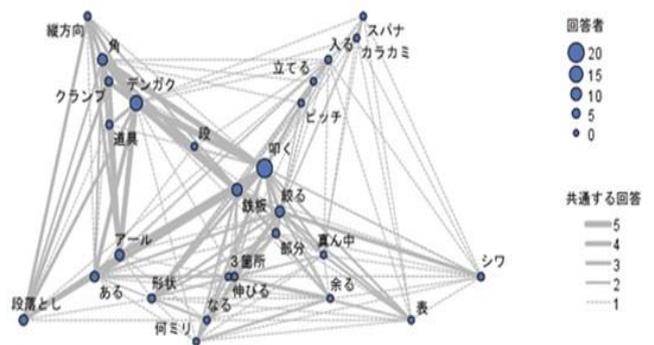


図 2 テキストマイニング結果

ハム用イージーピールフィルムの開封感の評価

Evaluation of Opening Feeling on Easy Peel Film for Hams

○堀元亮吾*, 高井由佳*, 後藤彰彦*, 山田和志**, 山口啓太***, 米澤賢輝***

*大阪産業大学 **京都工芸繊維大学 ***住友ベークライト株式会社
HORIMOTO Ryogo*, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*, YAMADA Kazushi**,
YAMAGUTI Keita***, YONEZAWA Takaki***

*Osaka Sangyo University, **Kyoto Institute of Technology, ***Sumitomo Bakelite Co., Ltd.

1. 緒言

プラスチックバックなどのプラスチックフィルムの接合には加熱・冷却操作によるヒートシールが多く用いられる。プラスチックフィルムを簡単に製袋できるため、一般的に広く使用されている。開封が比較的容易であり、ヒートシール部が破れないものとしてイージーピールがある。イージーピールの開封特性は一般消費者の商品に対する購買意欲に密接に関係していると考えられる。しかしながら、消費者の立場に立った開封性に関する研究事例はほとんど行われていない。そこで、本研究では、市販品と同様のPETフィルムベースのハムパッケージを製作し、開封時における脳波測定を行い、これらのフィルムの開封感評価を行った。

2. 方法

2.1 サンプル

接着剤にイージーピール層を付けたPETフィルムを用意し、ヒートシール温度130°Cおよび160°Cでシールした。パッケージの中身は、ハムと同サイズのゴムを挿入した。サンプル名は130°Cと160°Cとした。

2.2 はく離試験

はく離試験は、インストロン社製の万能試験機4466型を用いて行なった。測定は熱接合部分を中心に180°開き、はく離速度300mm/minで行なった。

2.3 被験者

被験者は20代男性4名、40代女性3名、50代女性1名の計8名とした。男性はいずれも大学生であった。

2.4 脳波測定

ポータブル脳波計(ミュージブレインシステム、株式会社デジタルメディック製)を使用しハムパッケージ

サンプルの開封時の脳波測定を行なった。同じサンプルを3回連続して開けるように指示した。測定はサンプル毎とした。図1に測定風景を示す。



図1 測定風景

2.5 アンケート調査

1種類3回のサンプルを開封し終了後に、開封感に関するアンケート調査を行った。アンケートは開けやすさ、粘着の強さ、持ちやすさの3項目をそれぞれ5段階で評価させた。

3. 結果

図2に各シートシール温度で熱接合したハムパッケージサンプルのはく離試験における荷重変位線図を示す。130°Cでは、はく離初期の荷重は8N程度であった。160°Cでは、はく離初期の荷重が10Nにまで増加することがわかった。ハムパッケージのヒートシールはハムの形状に沿って施されており、はく離時にはサンプルが湾曲することもあり、荷重変位線図では変位に伴って強度の増減が観察された。しかしながら、最大荷重はいずれのヒートシール温度サンプルに対しても約42Nと同じ値を示すことがわかった。

脳波測定より得られた α 波の平均占有率を図3に

示す。 α 波の占有率は全周波数帯の脳波強度に対する α 波周波数帯の脳波強度の割合を意味する。130℃と160℃間における有意な差は見られなかった。被験者を男女に分けた場合の α 波の平均占有率を図4に示す。130℃においては有意な差は見られなかったが、160℃で有意な差が見られた。また、いずれのサンプルにおいても女性と比較して男性の方が α 波の占有率が高い値を示す傾向があった。

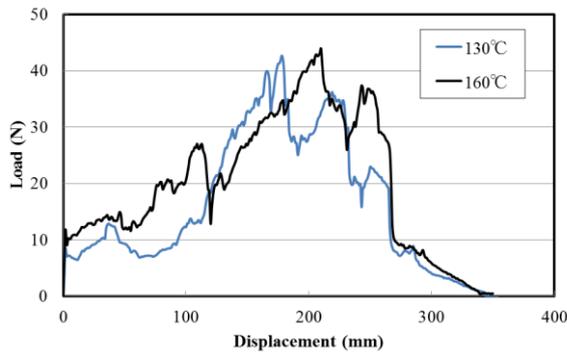


図2 荷重変位線図

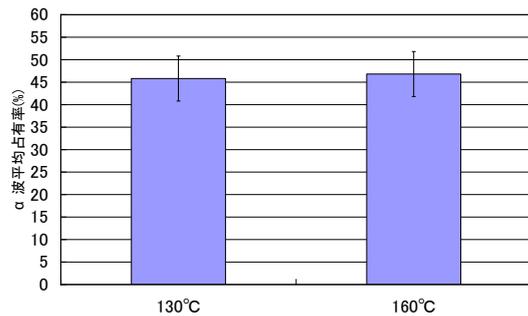


図3 パッケージ別 α 波平均占有率

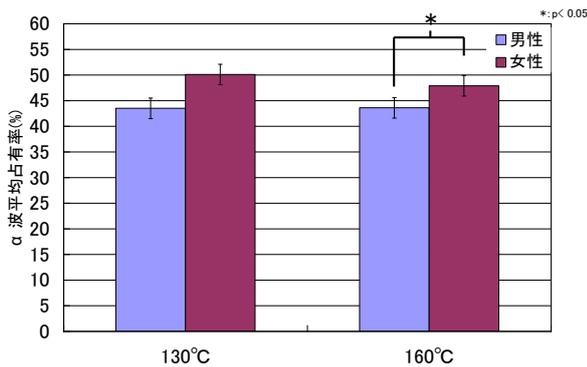
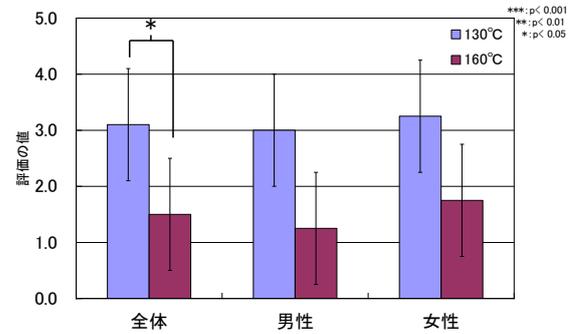


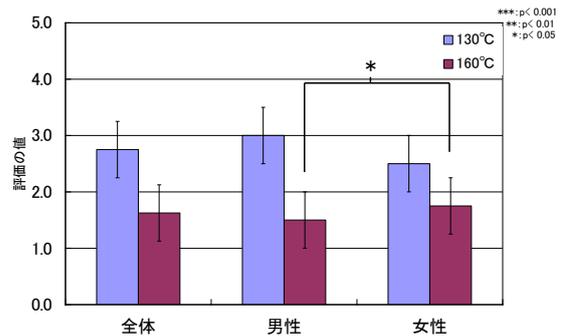
図4 男女別 α 波平均占有率

アンケート調査より得られた平均評価ポイントを図5に示す。開けやすさでは、130℃に対して160℃の評価は低く、160℃においてより開けにくいと感じていたことが明らかになった。しかし130℃の平均評価は男女ともに約3であり、開けやすいとは感じていなかった

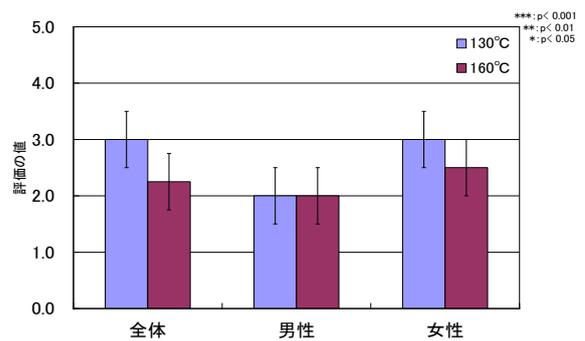
ことが明らかになった。男女間では有意な差が見られなかったが、全体では130℃と160℃間に有意な差が見られた。粘着の強さにおいても130℃よりも160℃の評価が低く160℃は粘着が強いと感じていたことが明らかになった。160℃男女間で有意な差が見られた。持ちやすさに関しては有意な差が見られなかった。



(a) 開けやすさ



(b) 粘着の強さ



(c) 持ちやすさ

図5 アンケート評価結果

4. 結言

ハムパッケージの開封時において脳波測定およびアンケート調査を行った結果、160℃の男女間で有意な差が見られた。

色光およびトーン変化による心理的・生理的影響

Psychophysiological Effects of Colored Lights and Tones

○山田逸成*, 山下真裕子**, 安田昌司***

*滋賀県大 工学部, **滋賀県大 人間看護学部, ***滋賀県大 地域産学連携センター
ITSUNARI Yamada*, MAYUKO Yamashita**, MASASHI Yasuda***
* School of Eng., Hikone, Univ. of Shiga Pref., Shiga, 522-8533, Japan
**School of Nur., Hikone, Univ. of Shiga Pref., Shiga, 522-8533, Japan
***Collaborative Research Center, Univ. of Shiga Pref., Shiga, 522-8533, Japan

1. はじめに

色や色光が心理的に作用すること、そして明所と暗所で人間の色光に対する見え方が異なることが一般的に知られている¹⁾。本研究では暗所における色光呈示によって生じる心理的効果に着目し、暗闇中で人体に癒し効果を与える色光を探索する。これまで蛍光灯や単色光を発するLEDなどによる評価は行われているが²⁻⁵⁾、より癒し効果を高めるため、様々な光を発色することが可能な広色域液晶ディスプレイを使用して実験を行った。具体的に色光に関しては各色の明度および彩度を変化した色を日本色研配色体系(PCCS; Practical Color Coordinate System)を参考に6種類のトーン(明度と彩度の複合概念で、明るい、鈍いといった色の調子で表現する)における赤・緑・青をディスプレイに映し出し、心理的効果を調べた。

2. 実験方法

本実験では16名の男性の被験者(平均年齢は21.4歳; SD 0.73)を対象に評価を行った。実験環境は、快適性の高い室温18~22°C、湿度40~60%、0.1lx未満の暗室に設定した。被験者には机の上に固定した、Adobe RGB カラー率95%の色域を持つ液晶ディスプレイ(Coloredge CG223W, 株式会社ナナオ)の前に約50cm離して着席させ、表示される色光を見せ、その呈示刺激による生理的・心理的影響を検討する実験を行った。

使用した色光はPCCSを参考にして選定した⁶⁾。PCCSでは、明度と彩度を「トーン」という概念でまとめ、色相とトーン(明度と彩度の複合概念で、明るい、鈍いといった色の調子で表現する)の二系列で色彩調和の基本系列を表す表示方法である。本研究では、赤(2:R)、緑(12:G)、青

(18:B)それぞれのdark, deep, vivid, bright, light, paleの6パターン(計18色)に相当する色光を作成し、呈示刺激として用いた。なお、各色光の輝度、色度を輝度色度計(CS-200, KONIKA MINOLTA Corp.)を用いて数値化した。用いた色光は前に呈示した色光による影響を防ぐため、各色光の輝度は10cd/m²未満に抑えた。色度測定の結果、いずれの色光においても、PCCSとの相関が確認された。

生理的評価指標として脳波、そして心理的評価の指標としては、不安感、緊張感、快適性、覚醒度、リラックス感の5項目について「とても感じたー全く感じなかった」の5段階のリッカート法を用いて調査を行った。

3. 結果

生理的効果を検討するため、各色光曝露中の脳波を測定し、 α_2 波の分布率を算出した。その結果、赤色光ではvividが最も高い数値であった。緑色光に関しては、dark, deepといった明度の低いトーンより、vivid, bright, light, paleといった明度の高いトーンの方が α_2 波の分布率が高くなる傾向がみられた。青色光でも明度の低いトーンより明度の高いトーンの方が α_2 波の分布率が高くなる傾向を示した。

それぞれの色光に対する心理的効果についても調べた。赤色光のdark, deep, vivid, bright, light, paleの6種類に対し、快適性、リラックス感、覚醒度、緊張感、不安感の項目について調べたところ、不安感と緊張感は明度が高まるほど低下し、リラックス感は明度が高まるほど増加する傾向が認められた。快適性はbrightが有意に高く、覚醒度はvividが有意に高い結果が得ら

れた。緑色光では、不安感、緊張感は明度が高いほど低下し、リラックス感は明度が高いほど増加する傾向が認められた。一方、快適性は **vivid, bright** が最も高く、覚醒度は **pale** が最も高い結果が得られた。青色光でも、赤色光、緑色光と同様、不安感と緊張感は明度が高まるほど低下し、リラックス感は明度が高いほど高まる結果が得られた。一方、快適性の項目については **bright** が最も高く、覚醒度に関しては **vivid** が最も高い結果が得られた。

4. 考察

赤色には交感神経を活性化させる効果、緑色には感情的反応を鎮める効果、そして青色には自律神経を鎮静させる効果を有することが明らかにされている。赤色光、緑色光、青色光別に生理的、心理的效果を検討した結果、本研究においても、赤色光は平均して不安感、緊張感、覚醒度を高め、緑色光はリラックス感を高める効果がみられ、先行研究と同様の結果が得られた。

赤色光の **vivid** は **dark, deep, bright** に比べて有意に $\alpha 2$ 波の分布率が高い結果が得られたが、緑色光、青色光について有意差は認められなかった。 $\alpha 2$ 波の有意性は心身のリラックス、かつ集中している状態を示すものである。本来赤色は覚醒度を高める効果を有することから、最も高彩度の **vivid** において、 $\alpha 2$ 波の分布率に影響を及ぼしたものと推察される。つまり、赤色光の **vivid** は、覚醒度を高め、集中力を強化する作用を有することが示唆された。一方、緑色光は個人間で差異がみられたことより、好み等による個人差が影響したものと考えられる。さらに本研究で呈示した青色光の6パターンは、赤色光、緑色光と比較して低輝度であったことより、視覚刺激が隠微となり有意差が得られなかったと推察される。

さらに同様の呈示刺激による心理的效果の検討では、赤色光、青色光は快適性、リラックス感、覚醒度、緊張感、不安感すべてに有意差を認め、緑色光では覚醒度を除くすべてに有意差が認められた。すなわち、赤色光、緑色光、青色光に共通して認められた傾向として、**dark** や **deep** は緊張感や不安感を強く感じる一方で、快適性やリラックス感、覚醒度を感じにくく、**vivid, bright, light, pale** は緊張感や不安感を感じにくく、快適性やリラックス感、覚醒度を感じやすい特性が見出された。赤色光、緑色光、青色光

の色相別だけでなく同色相であっても、PCCS による詳細なパターン分類によって、人が感じる心理的效果に差異が認められる可能性が示唆された。換言すると、明度が高くなるにつれて、人々の快適性やリラックス感が高まる一方で、明度が低くなるにつれ、緊張感や不安感が高まる傾向が見られた。

5. 結論

色光の種類、明度・彩度により分類された色データにおける生理的、心理的效果を検討することを目的に、20～22歳の学生16名を対象に実験を行った。その結果、各色光に共通して、明度の低い **dark, deep** における脳波 $\alpha 2$ 波の分布率は低い傾向を示し、心理的效果との相関が認められた。以上より、同色相内で明度の違いにより、生理的、心理的效果に違いを有する可能性が示唆された。

同色相での明度の違いにより、生理的、心理的效果に違いを示した実験結果は、暗視野における最適なディスプレイの表示色の基礎データとして活用できるほか、視覚情報の特徴を効果的に取り入れた注意喚起を示す表示や、快適な空間照明などへの応用として1つの指標になると考えられる。今後は性別や年齢層の異なる対象に対し、今回明らかとなった特性に類似性・共通性が認められるかなど更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) D. Poelman, N. Avci, and P. F. Smet, "Measured luminance and visual appearance of multi-color persistent phosphors," *Opt. Express*, **17**, 358–364 (2009).
- 2) S. Sugimoto and H. Hataoka, "Physiological effects of illuminance", *Journal of light and visual environment*, **10**(1), 15-20 (1986).
- 3) H. Noguchi, T. Sakaguchi, "Effect of illuminance and color temperature on lowering of physiological activity", *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, **18**, 117–123 (1999).
- 4) T. Katsuura, T. Yasuda, Y. Shimomura, K. Iwanaga, "Effects of monochromatic light on time sense for short intervals", *J Physiol Anthropol*, **26**(2), 95–100, (2007).
- 5) 三谷明美, 田中マキ子, "光刺激(LED)によるリラクゼーション効果の検証", *山口県立大学学術情報*, **3**, 33–38 (2010).
- 6) Japan Color Research Institute, *Practical Color Co-ordinate System*, (Japan Color Research Institute, 1964).

運転士の注視行動に関する研究

Studies on the gaze behavior of train driver

○宗重 倫典, 藤澤 厚志, 福田 啓介

西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所

MUNESHIGE Michinori, FUJISAWA Atsushi, FUKUDA Keisuke

West Japan Railway Company

1. はじめに

列車の運転は、車両がレールに案内されて走行することが大きな特徴である。したがって、進路は既に構成されているので自動車のように運転士自らが判断してハンドルを操作する必要はない。その分自動車と比較して列車運転士の操作負担は軽減している。しかし、先行列車が前方に止まっている場合等では減速あるいは停止しなければ危険を回避することはできない。したがって、列車の運転士は、信号等の確認と速度調節が主な作業となる¹⁾²⁾。

過去の研究³⁾⁻⁵⁾では、実際の線区を運転する運転士の注視行動の記録を行い、様々な分析を行っている。しかし当時と比べて、車両性能（最高速度、加減速度等）や乗務員室の環境、機器の操作性、保安装置の機能等、様々な面で大きく変化している。運転士の注視行動に関する調査および分析をすることは、過去の研究との比較のみならず安全で快適な車両の設計や安全等に関する様々な研究を行う上での基礎資料として有効に活用できると考える。

2. 調査

2.1 概要

調査は、試運転列車を仕立てて平成23年9月に実施した。調査対象車両は、現在の当社の標準的なモデルのひとつである223系近郊型電車と国鉄時代に設計された旧形式車両として115系近郊型電車を選定した。それぞれの運転台を写真-1および写真-2に示す。調査線区はいずれの車両も営業列車として運行されている宇野線および本四備讃線（以下、瀬戸大橋線）の岡山～児島間とした。実施の時間帯は最終電車運行後の深夜帯であったが、運転士の振舞いについては営業列車を運転している通常の状態であることが望ましいため、以下のとおり極力営業列車を模擬するよう考えた。

- ・通常の運転を行うよう教示する
- ・他の課題は与えない
- ・運転時分は営業列車の中で最も標準的なものとする
- ・停車駅の設定についても営業列車と同等とする

- ・停車駅ではドア開閉を行う
 - ・区間内全駅の照明は終夜点灯とする
- また、普段慣れないアイマークカメラを装着して運転するため、万一の事態にも対応できるよう、さらにもう1名の運転士を増乗務として添乗させた。

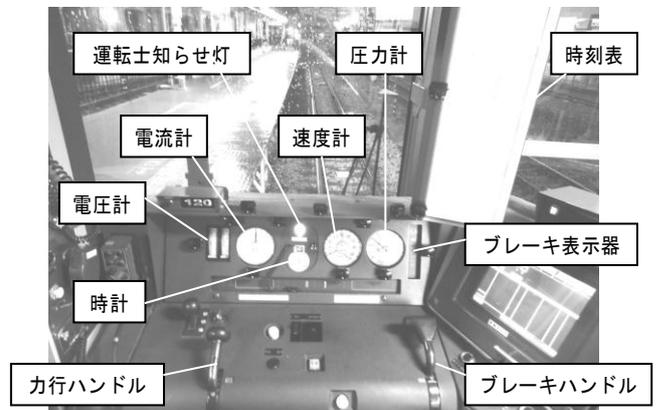


写真-1 223系近郊型電車 運転台



写真-2 115系近郊型電車 運転台

2.2 調査協力者

調査協力者は、グラスタイプのアイマークカメラを用いるため視力矯正を行っていない運転士9名とした。その内訳を乗務経験年数からベテラン（15年以上）・中堅（10年前後）・若手（3年未満）が各3名となるよう計画した。

2.3 測定

アイマークカメラは、トビー社製アイトラッカー（グラフィックタイプ）を使用した（写真-3）。



写真-3 アイマークカメラ

運転士はアイマークカメラを装着した状態で列車を運転し、運転中の視線の動きを記録した。また両手の動きや発声状況、聴覚表示の鳴動状況等を記録する目的で助手席側にビデオカメラを設置し、運転状況の撮影を行った。

2.4 分析方法

注視行動の分析は、アイマークカメラで記録した映像（30コマ/秒）をコマ送りで再生し、視線の追跡を行った。注視点を時系列として集計し、併せて右手、左手、聴覚、発声等の動きも時系列として集計した。右手の動きは信号現示等に対する指差確認動作、時刻表確認時に駅名や時刻などを指先で押さえる指頭確認動作、ブレーキ扱い等が主であり、左手の動きは力行（アクセル）扱いが主である。これらのタイミングを注視点の時系列とともに記録した。聴覚はブザー類や警報類が鳴動したタイミングを聴覚表示として認識したタイミングと仮定して記録した。発声は喚呼のタイミングを記録した。ただし視覚情報以外を含めた分析については今後も検討すべき課題である。ここでは注視点に関する時系列を整理することで車内外の注視配分や車内の機器別視認時間および回数、視線移動量について分析を行った。今回は、瀬戸大橋線下り岡山～妹尾間における223系の結果について紹介する。

3. 調査結果

3.1 車内外の注視配分

223系で快速列車を模擬した岡山～妹尾間約8分間における運転士の注視時間割合を図-1に示す。集計は6名を対象に行い、その内訳は協力者1・2がベテラン、協力者4・6が中堅、協力者7・9が若手である。なお他の3名はアイマークカメラによる注視点のデータ取得率が比較的低かったため対象から除いた。注視時間の集計では視線移動時間を考慮しておらず、ある視対象から次の視対象へ移

動し始めるところを次の視対象の起点として集計した。

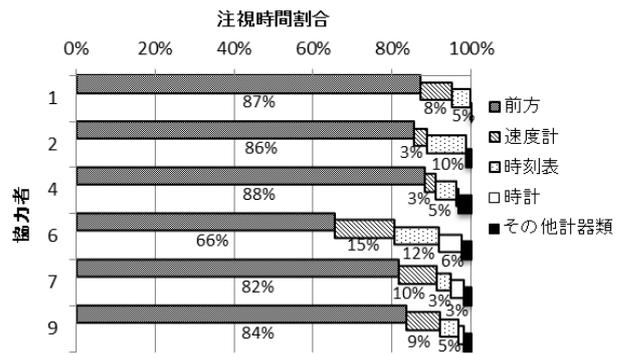


図-1 車内外の注視時間割合

車外（前方）注視割合は概ね80%を超えており、視線の動きの大部分が前方注視に費やされていることがわかる。これは過去の研究結果³⁾⁻⁵⁾でも同様である。車内機器類については速度計が最も多い群（協力者1、7、9）と時刻表が最も多い群（協力者2、4）に分かれる。しかし1名（協力者6）は前方66%とやや低い割合を示し、その分速度計、時刻表、時計の割合が比較的高い割合を示していた。車外注視の内訳については今後分析を進めていく。また視線移動時間を考慮した分析も今後検討する。

3.2 各機器の注視配分

車内（運転席前面の計器パネル）のみの注視頻度および注視時間割合を図-2に示す。注視頻度は概ね速度計が高く、次に時刻表、時計が挙げられる。特に速度計については特徴的で、速度計を注視する頻度が高いグループ（協力者6・7・9）と低いグループ（協力者1・2・4）に分類できる。注視時間割合からも、前者は車内注視の約半分が速度計に費やされていることがわかる。

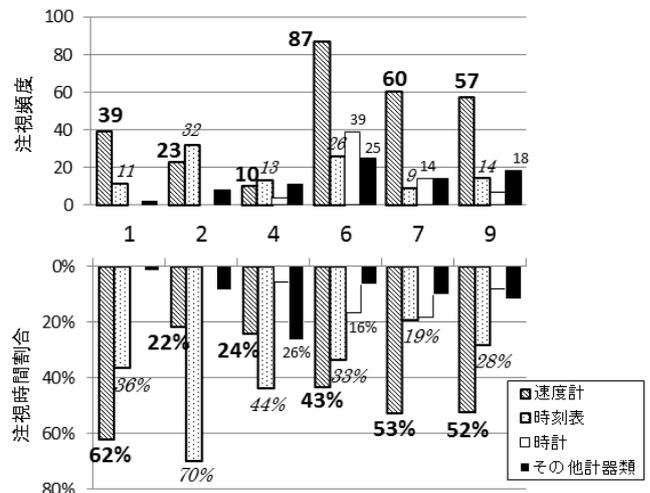


図-2 車内の注視頻度および注視時間割合

図-3に各機器の平均注視時間を示す。計器類（電圧計、電流計、速度計、ブレーキシリンダ圧力計）はいずれもベ

テランの方が長い傾向にある。旅客が乗降する扉が全て閉じているときに点灯する運転士知らせ灯（PLp）やブレーキハンドルの位置を示すブレーキ表示器といった数値等の読取りを必要とせず点灯の有無のみで状態が把握できるものは注視時間が0.2～0.4秒と比較的短い。時計は、他の計器類とほぼ同等の時間であるが、世代間の差はほとんどない。時刻表は世代を問わず1.6～1.7秒程度要しているが、求める情報量が多いことや視認時に指頭確認動作等を伴うことによると考える。

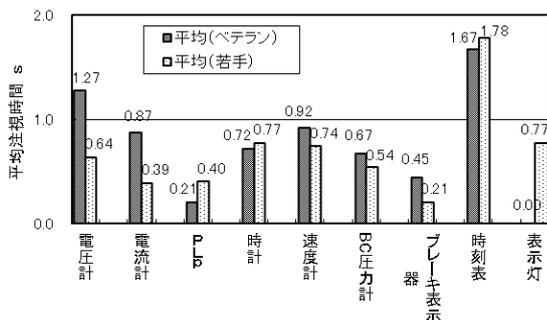


図-3 各機器の平均注視時間

3.3 視線移動量および移動回数割合

アイマークカメラで記録した視線の軌跡は、図-4の矢印のように非常に複雑な動きをしている。そのため視線移動量を全て詳細に集計し分析するには膨大な労力を要する。そこで各機器の中心間距離を機器間距離とし、各機器間の移動回数との積で簡易的に視線移動量を求めた。また各区間の移動回数と総移動回数の割合を移動回数割合として求めた。

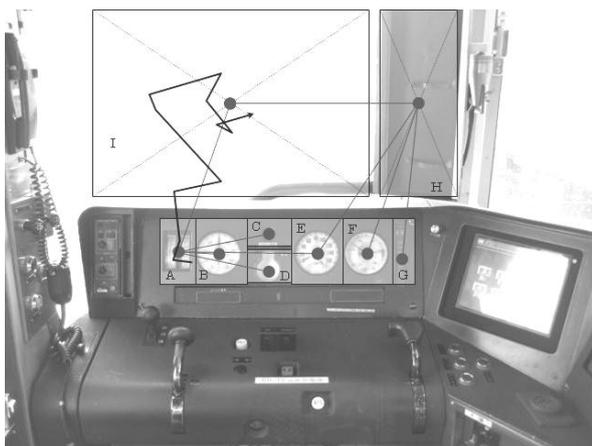


図-4 視線移動量

協力者4（中堅）の結果を図-5に示す。協力者4の視線移動量は32.8mであった。これは集計対象とした調査協力者6名の中では最も短い。視線移動の特徴としては、前方を起点として各機器との間を行き来している。前方～時刻表間が約29%と最も多く、次いで前方～速度計間の約21%、前方～時計間の約11%であった。機器間の移動の

頻度は小さく、ほとんどで前方注視を介している。

協力者2（ベテラン）の結果を図-6に示す。協力者2の視線移動量は54.7mであった。協力者4と同様に前方を起点とした視線移動となっているが、機器間の移動頻度は協力者4に比べてさらに少ないことがわかる。前方～時刻表間が約51%、前方～速度計間が約31%と2区間で大半を占めている。図-2から速度計と時刻表の注視頻度が協力者4の2倍以上であったことから移動量の差はこの2つの区間から生じている。その他の区間の移動は極めて少なく、シンプルな視線配分といえる。

協力者9（若手）の結果を図-7に示す。協力者9の視線移動量は68.6mであった。前述した協力者4の2倍以上の移動量である。前方を起点としている点は共通であるが、各機器へ満遍なく視線が配られており、各機器間の移動も複雑である。前方～速度計間が約55%と最も高く、次いで前方～時刻表間の約14%、その他は10%未満である。

協力者6（中堅）の結果を図-8に示す。協力者6の視線移動量は116.1mであった。これは同じ中堅運転士である協力者4の約3.5倍であり、協力者9（若手）の約1.7倍である。前方を起点としている点は共通であるが、機器間の移動（速度計～時計間）で10%となっている。速度計・時計・時刻表が絡んだ動きが随所に見られた。時刻表を確認し、現在時刻を確認し、速度も確認する、といったような機器間での動きが見受けられた。

4. まとめ

- ① 車外（前方）注視割合は概ね80%を超えており、視線の動きの大部分が前方注視に費やされている。
- ② 車内各計器類の注視頻度は概ね速度計が高く、次に時刻表、時計が挙げられる。特に速度計については特徴的で、速度計を注視する頻度が高いグループと低いグループに分類できる。
- ③ 平均注視時間について、計器類はいずれもベテランの方が長い傾向にある。表示灯類は数値等の読取りを必要とせず点灯の有無のみで状態が把握できるため注視時間が比較的短い。時計や時刻表は世代間の差はほとんどない。時刻表は1.6～1.7秒程度要しているが、求める情報量が多いことや視認時に指頭確認動作等を伴うことによると考える。
- ④ 視線移動は、基本的に前方を起点として視線配分を行っている。
- ⑤ ベテラン運転士の視線移動量は比較的短い傾向にある。機器間の移動頻度は少なく、ほとんどで前方注視が間に入る。若手運転士の視線移動量は比較的長く、視線配分も複雑である。機器間の移動頻度も比較的高い傾向が見られる。

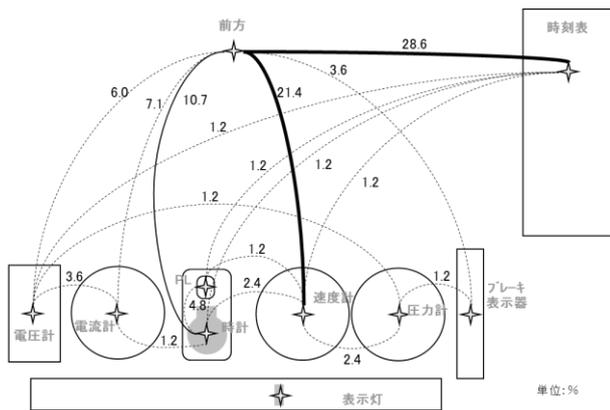


図-5 視線移動の集計結果 (協力者 4)

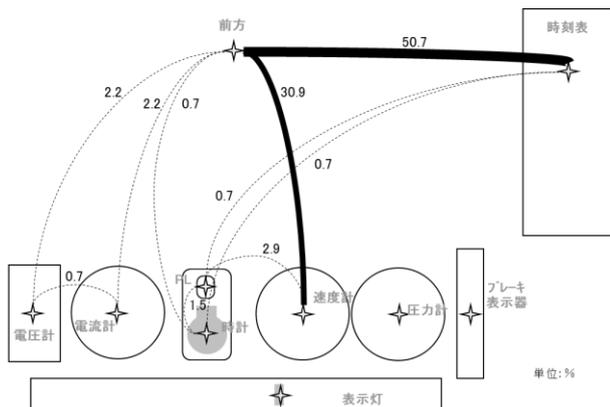


図-6 視線移動の集計結果 (協力者 2)

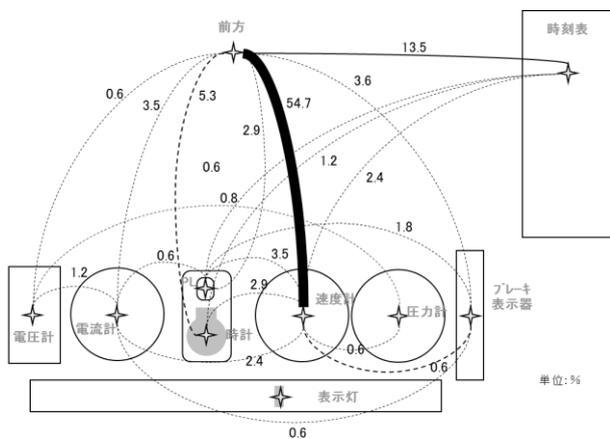


図-7 視線移動の集計結果 (協力者 9)

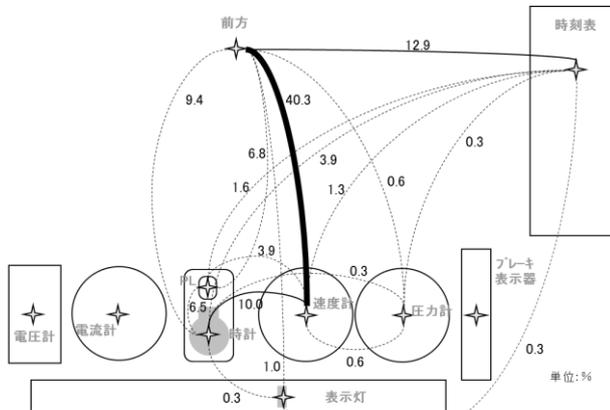


図-8 視線移動の集計結果 (協力者 6)

5. 今後の課題

今後の課題としては以下のとおりである。

- ① データの集計をさらに進め、運転士の乗務経験年数による傾向等について詳細に分析する。
- ② 視覚情報以外の右手、左手、聴覚、発声を含めた分析についても今後検討する。
- ③ 旧形式車両である 115 系電車の結果を整理することで新旧比較や列車速度の違いによる影響について考察ができると考える。
- ④ 車外注視の内訳に関する分析、視線移動時間を考慮した分析等を行う必要があると考える。
- ⑤ 今回は夜間の調査であったが、視界が広く視覚刺激が多い日中等の明るい時間帯で同様の調査を行い、昼夜比較を行う必要があると考える。これについては第 2 回目の調査実施を計画している。
- ⑥ 注視行動に関する分析として、注視点の移動パターンに関する分析を行い、経験年数による相違や走行区間等による相違について検討する。

これらの課題をクリアし列車運転時の注視行動に関する様々な特性等を明らかにすることは、車両や各種建植物の設計および検討を行うにあたり有効な情報になり得ると考える。列車運転士の情報入手作業の負担等を考慮するなど、マンマシンインタフェースの観点で今後の設計に取り入れることでより安全な鉄道を作っていきたい。

【参考文献】

- 1) 朴根相・大久保堯夫：列車運転作業者の視覚特性と機器配置に関する研究、人間工学、Vol. 31 No.1, pp. 31-38、1995
- 2) 橋本邦衛：安全人間工学、中央労働災害防止協会、pp. 4、1984
- 3) 水田淳一・伊南盛治・吉岡哲二・工藤盈・伊藤裕天・飯山雄次：動力者乗務員の注視行動（運転情報の人間工学的研究）、鉄道労働科学、28、pp.129-142、1975
- 4) 水田淳一・伊南盛治・工藤盈・伊藤裕天・麻生銀吾：動力者乗務員の注視行動（2）（運転情報の人間工学的研究）、鉄道労働科学、29、pp. 115-126、1975
- 5) 伊南盛治・山口正・吉岡哲二・工藤盈・伊藤裕天・山内一泰：動力者乗務員の注視行動（3）（運転情報の人間工学的研究）、鉄道労働科学、30、pp.123-136、1976

学生の船舶の視界制限状態における避航について

Ship's Collision Avoidance Decision by Rader in Restricted Visibility by university students

淵 真輝*, ○勝田伸也**, 藤本昌志*, 広野康平*, 持田高德***

*神戸大学海事科学部研究科 **神戸大学海事科学部 ***東京海洋大学海洋工学部

FUCHI Masaki*, KATSUDA Shinya**, FUJIMOTO Shoji*, HIRONO Kohei*, MOCHIDA Takanori***
*Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, ** Faculty of Maritime Sciences, Kobe University, ***Faculty of Marine Technology, Tokyo University of Maritime Science and Technology

1. はじめに

視界制限状態での船舶による事故は多発している。その原因として早期に避航しない、左転が禁止されている状況で左転する、レーダー情報の不適切な利用等が報告されている。¹⁾ また、内航船員を対象とした先行研究においても適用法規の不適切な理解などが報告されている。²⁾ このことは、実際に航海士として仕事を始めてから必要な知識が失われているか、そもそも教育段階で必要な知識を習得できていないかが原因であると考えられる。そのため、教育段階での学生が適切に視界制限状態での航法に関する知識を身につけられているか調査する必要があると考えられる。

そこで本研究では学生を対象とし、視界制限状態における避航判について質問紙調査からその特徴を把握することを目的とする。

2. 調査方法

2-1. 調査対象

船員養成コース（航海）に属する神戸大学海事科学部の4年生（必要な講義を受講済み）を対象とし、視界制限状態に関する質問紙調査を行った。調査は、航法演習前（42名）、航法演習後（36名）、学内船舶実習後（48名）の3回行った。分析対象は全3回の調査を全て受けた36名とした。また、航法演習前から航法演習後の調査まで約3ヶ月、航法演習後から学内船舶実習後の調査まで約2カ月の間隔があった。

ここでの航法演習とは航法に関する座学での演習であり、学内船舶実習とは神戸大学大学院海事科学研究科附属の練習船を用いた実船実習である。

2-2. 質問紙について

質問紙では視界制限状態を想定した場面を2場面提示し、それぞれの場面で①操船方略（どのように相手船を避航するかを変針又は変速で回答）、②操船方略を選択した根拠（7項目より根拠となる航法を複数回答可で回答させた）の2項目を回答させた。

想定させた場面はレーダーおよび自動衝突予防援助装置（ARPA）（以後まとめてレーダーという）画面を模したイラストにより船舶関係を提示した。場面は(i)右前真ベクトル場面、(ii)右前相対ベクトル場面の2場面用意した。レーダーのベクトルの表示方式には真ベクトル表示方式と相対ベクトル表示方式の2種類がある。真ベクトル表示は相手船の絶対的な進行方向と速度が分かり、相対ベクトル表示では相手船の相対的な方向と接近速度が分かる。(i)、(ii)はレーダーの表示方式のみ異なるが、船舶の関係は同一の状況を提示しており、レーダーの表示方式を適切に理解していれば、両場面とも同一の状況と判断できる。よって、両場面の回答が異なる学生はレーダーの表示方式を適切に理解していないと言える。

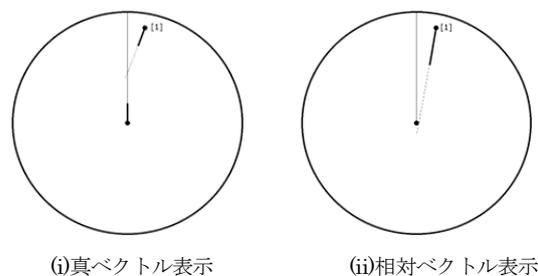


図1 質問紙で提示したレーダー画面

2-4. 手続き

回答するにあたって他人との相談、参考書、資料の利用等を禁止した。また、想定させた自船は全長 75m・総トン数 499 トンの貨物船とした。相手船に関しては視界制限状態を想定しているため相手船の船型は分からない。そのため相手船の船型は提示しなかった。

2-5. 正答者、誤答者の定義

操船方略と操船方略を選択した根拠の両項目とも、両場面において共に正答した学生のみを正答者とした。どちらか一方の場面での正答では適切に航法を理解できているとは言えないためである。

3. 結果

3-1. 操船方略と操船方略を選択した根拠の総合正答率

両場面において①操船方略と②操船方略の根拠の両方に全て正答した学生の数、航法演習前 1 人 (2. 8%)、航法演習後 8 人 (22. 2%)、学内船舶実習後 17 人 (47. 2%) となった。

3-2. 操船方略に対する誤答者の分析

操船方略で誤答した学生数は航法演習前で 19 人、航法演習後で 15 人、学内船舶実習後で 6 人と推移した。また、誤答のうち真ベクトル表示と相対ベクトル表示で回答が異なる学生が最も多く、航法演習前 14 人 (73. 7%)、航法演習後で 12 人 (80. 0%)、学内船舶実習後で 5 人 (83. 3%) であった。その中でも真ベクトル表示場面で右転、相対ベクトル表示場面で左転を選択した学生はそれぞれ 12 人 (63. 2%) 10 人 (66. 7%) 3 人 (50%) であった。

3-3. 操船方略の根拠に対する誤答者の分析

操船方略の根拠の誤答者は航法演習前で 28 人、航法演習後で 23 人、学内船舶実習後で 14 人と推移した

また、学内船舶実習後で誤答した 14 人が過去に選択した回答に焦点を当てると、11 人 (78. 6%) の学生が正答である「視界制限状態の航法」を選択していないことが分かった。

4. 考察

航法演習前の学生は視界制限状態での航法を適切に理解できていなかったが、航法演習、学内船舶実習の

後に正答率が上昇した。しかし、学内船舶実習後においても半数以上の学生が適切に「視界制限状態の航法」を理解できていなかった。

操船方略の誤答では真ベクトル表示場面と相対ベクトル表示場面で回答が異なる学生が最も多く、その中でも真ベクトル表示場面で右転、相対ベクトル表示場面で左転を回答した学生の割合が最も多かった。航法演習と学内船舶実習の効果特に学内船舶実習で実際にレーダーを用いる実習を行ったことにより、その数は大きく減少した。

操船方略の根拠の誤答者に関しては、航法演習、学内船舶実習の効果により、誤答者の数は減少したが、学内船舶実習後の誤答者を分析するとおよそ 8 割の誤答者が一度も正答である視界制限状態の航法を選択していないことが分かった。このことから、学内船舶実習後の誤答者の多くは視界制限状態の航法の概念そのものが欠如していると推察される。

5. まとめ

- ①航法演習前においてはほとんどの学生が視界制限状態の航法について適切に理解していない。
- ②航法演習、学内船舶実習の効果により視界制限状態での航法を適切に理解した学生が増加したため、航法演習、学内船舶実習に一定の効果がみられた。
- ③半数以上の学生が学内船舶実習後においても適切に理解できていなかった。
- ④航法演習前では多くの学生がベクトルの表示方式に関して理解できていなかったが、学内船舶実習後では 8 割以上の学生が理解したと推察される。
- ⑤学内船舶実習後に操船方略の根拠を誤答した学生のほとんどが、視界制限状態の航法そのものの知識が欠如していると推察される。

参考文献

- 1) 海難審判庁 (編集) : 霧中海難, 財団法人海難審判協会 (2007).
- 2) 視界制限状態における船舶のレーダーを用いた衝突回避判断に関する調査 (2011 川井智広)

視界良好状態における学生の衝突回避判断および操船方略に関する調査

Ship's Collision Avoidance Decision and Ship Handling Strategy by student in good Visibility

瀧 真輝*, ○片山湧造**, 藤本昌志*, 持田高德***

*神戸大学海事科学研究科 **神戸大学海事科学部 ***東京海洋大学海洋工学部

FUCHI Masaki*, KATAYAMA Yuzo**, FUJIMOTO Shoji*, MOCHIDA Takanori***

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

1. はじめに

学生は船舶運航実習において他船との衝突回避に成功することがほとんどなく、衝突回避判断（以下、避航判断という）に関する特徴として先行研究では、判断時機が適切でないこと⁽¹⁾、どのように操船して避航するかという判断（以下、操船方略という）が適切でないこと⁽²⁾を指摘している。そこで本研究では、学生に対して質問紙調査を行い、より詳細に視界良好状態における学生の避航判断および操船方略の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 調査方法

2-1. 調査協力者および調査時期

船舶職員養成コース（航海）に所属する神戸大学海事科学部4年生（必要な講義を受講済み）を本調査の対象とした。調査は2011年1月から6月にかけて航法演習前（42名）、航法演習後（38名）、学内船舶実習後（48名）に同一の質問紙を用いた調査を3回行った。航法演習前から航法演習後の調査間隔は約3月、航法演習後から学内船舶実習後の間隔は約2月であった。3回の調査を通じて有効な回答が得られた36名について分析を行った。ここでの航法演習とは航法に関する座学での演習であり、学内船舶実習とは実際に学内の神戸大学大学院海事科学研究科附属の練習船「深江丸」を用いた実船実習である。

2-2. 場面と回答項目

調査では視界良好状態における2つの航海場面の船舶関係をイラストにより提示し、各場面において避航判断時機（他船との船間距離で回答）、操船方略（変針又は変速）およびその理由を尋ねた。2つの航海場面（場面Aと場面B）を図1に示す。

場面Aを反時計回りに90度回転させると場面Bになる。したがって、場面Aにおける他船[1]は場面Bにおける自船であり、場面Bにおける他船[1]は場面Aにおける自船である。つまり、同一船舶関係において立場が異なる視点で回答させたことになる。

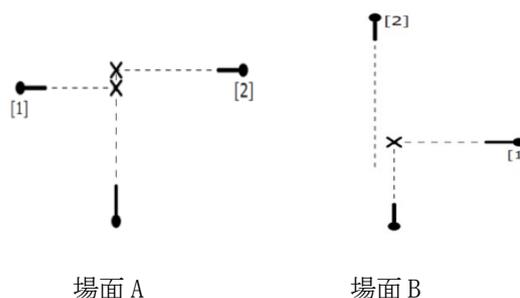


図1 場面Aと場面B

2-3. 手続き

調査協力者には全長75m、総トン数499トンの貨物船を操船していると想定して回答するように教示した。また他人と相談すること、資料・参考書等を見ることを禁止した。他船の船型は、自船と同じ全長75m、総トン数499トンの貨物船とした。

3. 結果

3-1. 避航時機について

提示した2場面における避航時機の結果を図2に示す。避航時機は、いずれも航法演習前から航法演習後、学内船舶実習後にかけて早くなった。学内船舶実習後の学生の避航時機は全ての場面において3マイル程度となった。

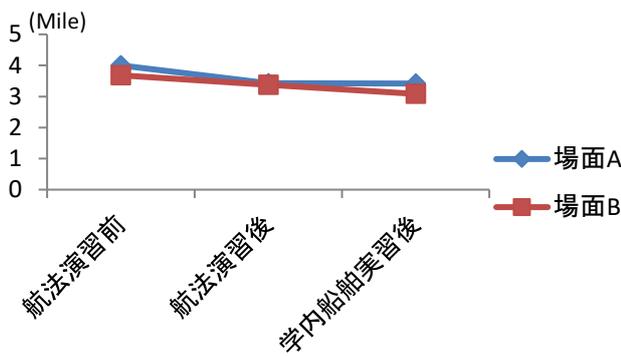


図2 学生の避航時機の推移

3-2. 操船方略について

場面 A と B の操船方略の組み合わせから学生が回答した操船方略を「望ましい（互いに船が接近しない）操船方略」「望ましくない（互いに船が接近する）操船方略」「非現実的な（実際の船舶運航上ありえない）操船方略」に分類し、調査時期による推移を図3に示す。

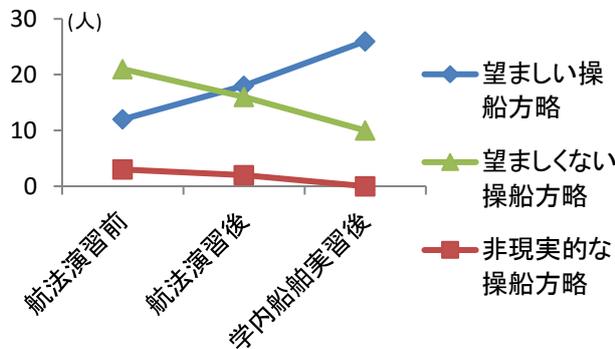


図3 学生の操船方略別人数の推移

望ましい操船方略を回答した学生は航法演習前から学内船舶実習後にかけて12名(33%)、18名(50%)、26名(72%)と増加し、望ましくない操船方略を回答した学生は21名(58%)、16名(44%)、10名(28%)と漸減した。また、非現実的な操船方略を回答した学生は3名(8%)、2名(6%)、0名(0%)と減少した。学内船舶実習後に非現実的な操船方略を回答する学生はいなくなったが、望ましくない操船方略を回答した学生は減少したものの、10名(28%)残った。

3-3. 避航時機と操船方略の関連について

学内船舶実習後の調査において望ましくない操船方略を回答した学生について避航時機の平均値は3.6マイル、望ましい操船方略を回答した学生の避航時機の平均値は3.4マイルであり t 検定を行ったところ両者に優位差はみられなかった。

3-4. 操船方略の理由について

学内船舶実習後において望ましくない操船方略をとる学生(10名)の回答理由について調べると「船員の常務」の回答率は場面Aでは7名(70%)、場面Bでは5名(50%)であった。「船員の常務」とは「通常の操船者であれば、当然知っているはずの知識、経験、慣行」のことで、長い間に培われ、積み重ねられた操船者の良き慣行を指す⁽³⁾。

4. 考察・まとめ

避航時機について航法演習では、船型(船の大きさ)が衝突回避判断時機に与える影響、学内船舶実習で乗船する練習船程度の船型に関する説明があった。また先行研究⁽⁴⁾より内航貨物船船員の衝突回避判断時機の中央値は約3マイルであるので、学生の避航判断時機は安全余裕が少なくなったのではなく、船型に見合った時機に変化したものと推察される。

操船方略について演習、実習により全体として能力向上がみられたものの、10名が学内船舶実習後も望ましくない操船方略をとっていた。互いに船舶が接近することから、この学生は他船の立場を考えない場当たり的な操船を行っており、「船員の常務」とは矛盾している。その上で学生は「船員の常務」と回答しているため「適切な慣行」そのものが身についておらず、内容についても理解していない事が推察される。また操船方略と避航時機に差がないことから、両者に関係性はないという事が推察される。よって、これらの学生のスクリーニングが課題となる。

5. 参考文献

- 1) 瀧 真輝・藤本昌志・臼井伸之介・岩崎裕行：保持船の動作判断時期について，日本航海学会論文集，No. 119，pp137-143 (2008)。
- 2) 瀧 真輝・古荘雅生・藤本昌志・臼井伸之介：操船方略の経験による違い，日本航海学会論文集，No. 117，pp119-206(2007)。
- 3) 海難審判所，
<http://www.mlit.go.jp/jmat/monoshiri/houki/houkin-yumon/jyoumu/jyoumu.htm>，国土交通省，2012年10月21日
- 4) 視界制限状態における船舶のレーダーを用いた衝突回避判断に関する調査，川井ら(2011)。

小型加速度・気圧センサ、心拍計による水先人の行動評価

Evaluation of Pilot Behavior by Small Acceleration-Atmospheric Pressure Sensor, and Heart Rate Monitor

○西本慎平*, 村井康二*, 林 祐司*, 樋口行平**, 藤田孝之***, 前中一介***

*神戸大学, **科学技術振興機構, ***兵庫県立大学

NISHIMOTO Shimpei*, MURAI Koji*, HAYASHI Yuji*, HIGUCHI Kohei**,

FUJITA Takayuki***, MAENAKA Kazusuke***

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

1. はじめに

水先人とは、船舶を安全かつ効率的に入出港、又は航行させるために、船長のアドバイザーとして船舶に乗船する各港や水域の事情に精通した専門家である¹⁾。そして、水先業務中において、水先人が最も危険な状況となるのは、海上において水先艇と水先要請船舶の間を乗り移る乗下船時である。人命にかかわる乗下船時における事故軽減は大きな課題の一つである²⁾。

そこで、本研究では一級水先人を対象とした乗下船時及び乗船中の身体運動、心拍変動を小型3軸加速度・気圧センサ並びに心拍計を用いて測定し、水先業務中の身体的負荷について、定量的に評価する。

乗下船時における安心・安全を確保する為の研究の端緒とする。

2. 実験概要

平成24年8月20日、博多湾にて全長約350メートルのコンテナ船（以下、船舶）の入港時、出港時における水先業務全般に対する身体加速度、気圧および瞬時心拍数を測定した。

実験時の気象海象については、天候：晴れ、視界良好、波：穏やかであり、操船への影響は無いと考える。その他の初期条件は表1の通りである。

表1 乗下船方法と風向風速

	乗船時間	乗船方法	下船時間	下船方法	風向	風速
入港時	8:30	パイロットラダー	9:37	舷梯	南西	2.1m/s
出港時	15:34	舷梯	16:56	パイロットラダー	北西	4.1m/s

被験者は、60代一級水先人、40代教員、20代大学生の3名（以下、順に被験者A、B、C）である。被験者には、神戸大学倫理指針に従ったインフォームドコンセントによる説明を行い、同意書を得ている。被験者は、図1に示すように、腰部に小型3軸加速度・気圧センサ（以下、小型センサ）をベルトの位置に装着した。さらに、胸部に心拍測定のためのセンサベルトを装着した。小型センサのデータサンプリング周波数は加速度：120Hz、気圧：8Hz、最大測定加速度は±16Gである。



小型3軸加速度・気圧センサ

図1 小型3軸加速度・気圧センサの装着

図2に博多港内に設定されている航路と船舶の航跡（図2中：黒線）概要を示す。入出港時ともに、航跡は同様であるが、出港時は岸壁付近で180度船首を回頭する必要がある。

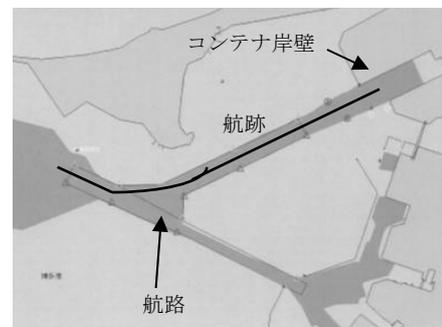


図2 博多港および航跡概要

3. 結果および考察

水先人の“博多港入港からコンテナ岸壁着岸まで”及び“コンテナ岸壁離岸から博多港出港まで”の水先業務中の身体加速度、気圧、心拍を測定した。図3に出港時における全被験者の気圧、身体加速度、心拍数の測定結果を示す。便宜上、身体加速度のみ各被験者毎の図を示す。図3下部の①、②はそれぞれ乗船、下船の時刻を示す。

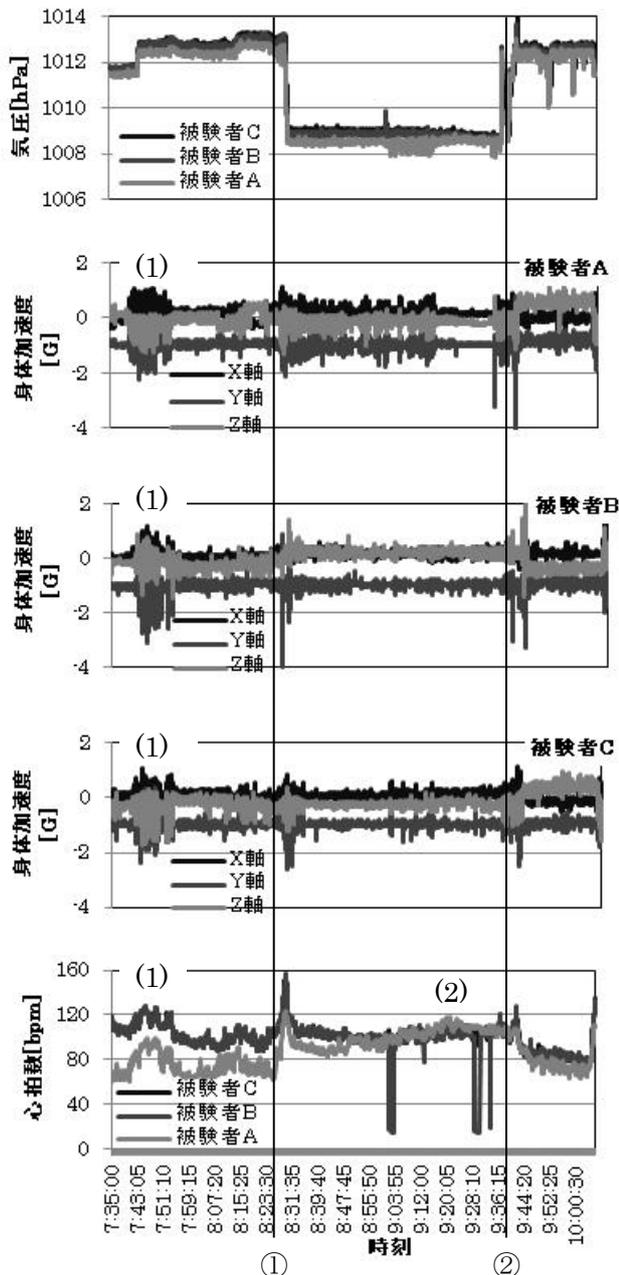


図3 入港時における気圧、身体加速度、心拍数

図3より、気圧は3名共に同様な変化を示した。大きく減少している① - ②間は船橋（海面から約36m）で操船している時間である。身体加速度につい

て、X軸：身体左右、Y軸：身体上下、Z軸：身体前後方向をそれぞれ示す。図中(1)は水先艇での海上移動を示す(7:45頃)。測定結果として、乗下船時の身体上下方向の加速度変化が顕著であった。特に、パイロットラダーを使用した乗船時の変化が大きい。心拍数については、被験者B、Cの変化が同様であるのに対して、被験者Aは船舶が左転する地点（図2参照）に近づくと心拍数が増加し、岸壁に船首が並んだ時（図3(2)）に最大の変化を示した。

次に、出港時の測定結果については、気圧は入港時と同じく3名とも同じ変化傾向を示した。しかし、16時から17時にかけて天候悪化の為、海面気圧が1hPa上昇したため気圧センサもその影響を示した。身体加速度は下船時も、身体上下方向に大きく変化した。これは、乗船を岸壁から舷梯を使用し、下船を航行中の船舶からパイロットラダーで行ったためと考える。また、乗船中は頻りに船橋内を歩き回ったために、入港時と比べ乗船中の変化が多い。心拍数は、入港時と同じく被験者B、Cの変化と同様で、被験者Aは、船舶が離岸した後に徐々に増加し、船舶を180度回頭させる間で最大となった。

4. まとめ

本研究では、小型3軸加速度・気圧センサおよび心拍計を用いた水先人の業務中における行動評価について検討し、以下のことが明らかとなった。

- ・ 気圧の変化について、被験者毎の差異はなく、高度と気象による変化を確認できる。
- ・ 身体加速度について、乗下船時に大きく変化した。特に身体上下方向の加速度が顕著である。
- ・ 心拍数について、操船した被験者Aと操船しない被験者B、Cとの間で変化傾向が異なる。

参考文献

- 1) 国土交通省海事局：
<http://www.mlit.go.jp/maritime/shikaku/mizusaki2/about/index.html>
- 2) 保下津林太郎：小型加速度センサによる三級水先修業生の行動評価、平成23年度神戸大学海事科学部特別研究論文（2011）

生理信号を用いた注意集中状態と注意散漫状態の定量評価

Quantitative Evaluation of Attention Concentration State and Distraction State by Physiological Signals

○小宮山敬貴, 萩原啓*

*立命館大学 情報理工学部

KOMIYAMA Noritaka* HAGIWARA Hiroshi*

*College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

近年、科学技術の進歩によって自動車運転中の安全性を高める機能が充実してきている。交通事故が起きた際に重大な事故にならないパッシブセーフティ技術（万一事故が発生した場合に乗員の被害を軽減する受動的な安全技術）の向上がその要因の一つに挙げられる。交通事故による負傷者はいまだに100万人近くおり自動車を運転する際の安全性は完全なものになっていないと考えられる¹⁾。これは運転中の携帯電話の使用や居眠り運転などの運転手の注意力が散漫になっている状態によって引き起こされる前方不注意などの事故が原因の一つとして挙げられ、運転手側に問題がある場合に起こる事故である。今後事故を未然に防止するアクティブセーフティ技術を向上させることにより今後の交通事故発生数を減少させることができるのではないかと考えられる。運転手が注意散漫になっている状態でも有益な情報を素早く獲得することができるアクティブセーフティ技術を提案することができれば前方不注意などの運転手側に問題のある事故の減少につながると予想される。このために注意散漫になっている状態の時に有益な情報を獲得した際の脳の活性状態がどのようになっているのかを調べる必要があるのではないかと考えられる。本研究では血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度の特徴的な変化を計測することにより注意集中状態と注意散漫状態の時に脳の活性状態にどのような違いがあるのかを比較し検証した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

主課題として被験者に動画の一部が変化するモーフィ

ング動画を見せ、動画の変化を発見した時にボタンの入力をしてもらい、副課題として音声ストループテストを行ってもらった。モーフィング動画のみのタスクを行う場合は注意集中状態を再現している。主課題であるモーフィング動画のタスクと副課題である音声ストループを同時に行うタスクを行う場合は注意散漫状態を再現しているとした。計測対象は生理指標としてECG(心拍)、脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化の計測を行った。ECGの計測には、携帯型多用途生体アンプ・収録装置「Polymate」(デジテックス研究所)を、脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化の計測には、近赤外光イメージング装置NIRStation(島津製作所)を使用した。

2.2 NIRStation 解析位置

NIRStationのプロローブは、被験者の頭部に専用ホルダを装着し取り付けた。図1に発光用のプロローブ(図1のT)と受光用のプロローブ(図1のR)の装着位置を示す。また、隣接するプロローブの間隔は3cmである。1ch(前頭前野中央部右側)、10ch(前頭前野中央部)、19ch(前頭前野中央部左側)、22ch(運動野-右半身)、25ch(前頭前野背外側部)を使用した。

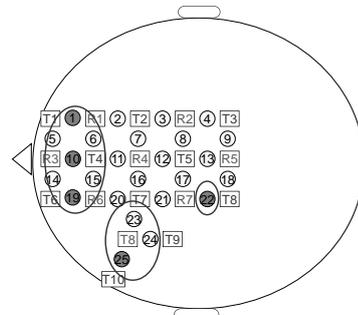


図1:解析位置

2.2 パフォーマンステスト

2.2.1 主課題：モーフィング動画

モーフィングとはある形状から別の形状へ変化していく様子を動画によって表現しているものである。本研究では動画の一部の物体が消えるか色が変わるものを使用している。

図2のAからBのように変化する。

A-変化前

B-変化後

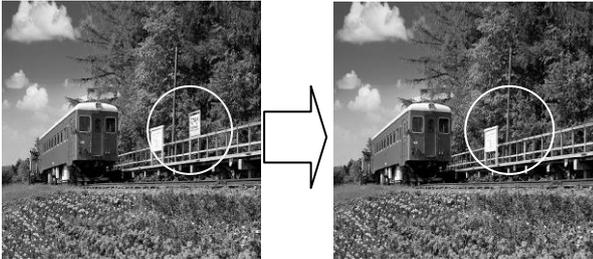


図2:モーフィング動画の例

動画が図2のAからBに変化するまでの時間は30秒間であり、被験者が動画の変化に気づいたらボタンをおしてもらおうようにした。動画を繰り返す回数は5回であり、5回見ても分からなかった場合は次の動画に移るようにした。

2.2.2 副課題：音声ストループテスト

副課題として音声によるストループテストを Multi Trigger System(メディカルトライシステム)にて作成した。男性と女性の声で右、左という音声をモーフィング動画が流れている間行う。期待効果をなくす為ランダムに音声を出す。また、音声は2秒前後(1.8秒~2.2秒)の間隔で出し、間隔はランダムとする。被験者はスピーカから流れてきた音声は男性の声で「右」なら2、男性の声で「左」なら1、女性の声で「右」なら1、女性の声で「左」なら2という条件に従い専用のキーボードの1と2のボタンを左手で押す。ボタンを押すまでに時間が1.8秒以上かかると無反応とし、正反応率と反応時間を計測する。

2.3 脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化による計測

fNIRSは、近赤外光を用いて生体内の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化を計測する手法である。頭皮から脳に近赤外光を照射すると頭蓋骨で散乱しさらに大脳皮質内部で散乱を繰り返し、後方散乱光として再び頭皮に戻る。この発光と受光のスペクトルの差は近赤外光の行路における吸収を反映している。血液

中の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの近赤外光の吸収スペクトルの違いから解析的に分離抽出することで脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化を計測する。

3. 実験方法

3.1 被験者

本実験では、右手を利き手とする21~22歳の健康な成人3名(男性3名)を被験者として計測を行った。計測に先立って被験者からは十分なインフォームドコンセントを得ている。

3.2 実験プロトコル

実験は以下に示す方法で行う。

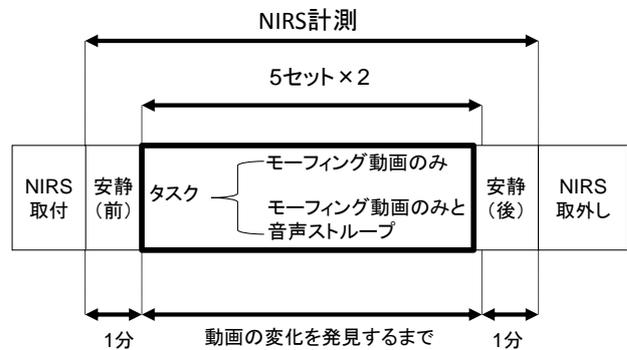


図3:実験プロトコル

NIRS 取り付け後、パフォーマンステストとしてモーフィング動画のみとモーフィング動画と音声ストループを同時に行ってもらったタスクの2つを5セットずつ繰り返す。

4. 解析方法

各実験において、ボタンが押された前後30秒間の血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度について解析を行った。被験者ごとにボタン入力時の前後30秒間を加算平均した。脳内血中酸素化 Hb の濃度変化の特徴変化を分かりやすくするためにボタン入力時が(0,0)になるように各波形をそろえた。

5. 結果

前頭前野右側である1chにおいて、ボタン入力後から頂点 MAX に到る血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の潜在時はモーフィング動画のみの時では6~7秒である。一方モーフィング動画と音声ストループの二重課題を行

っているときの潜時は10秒程度となっている。

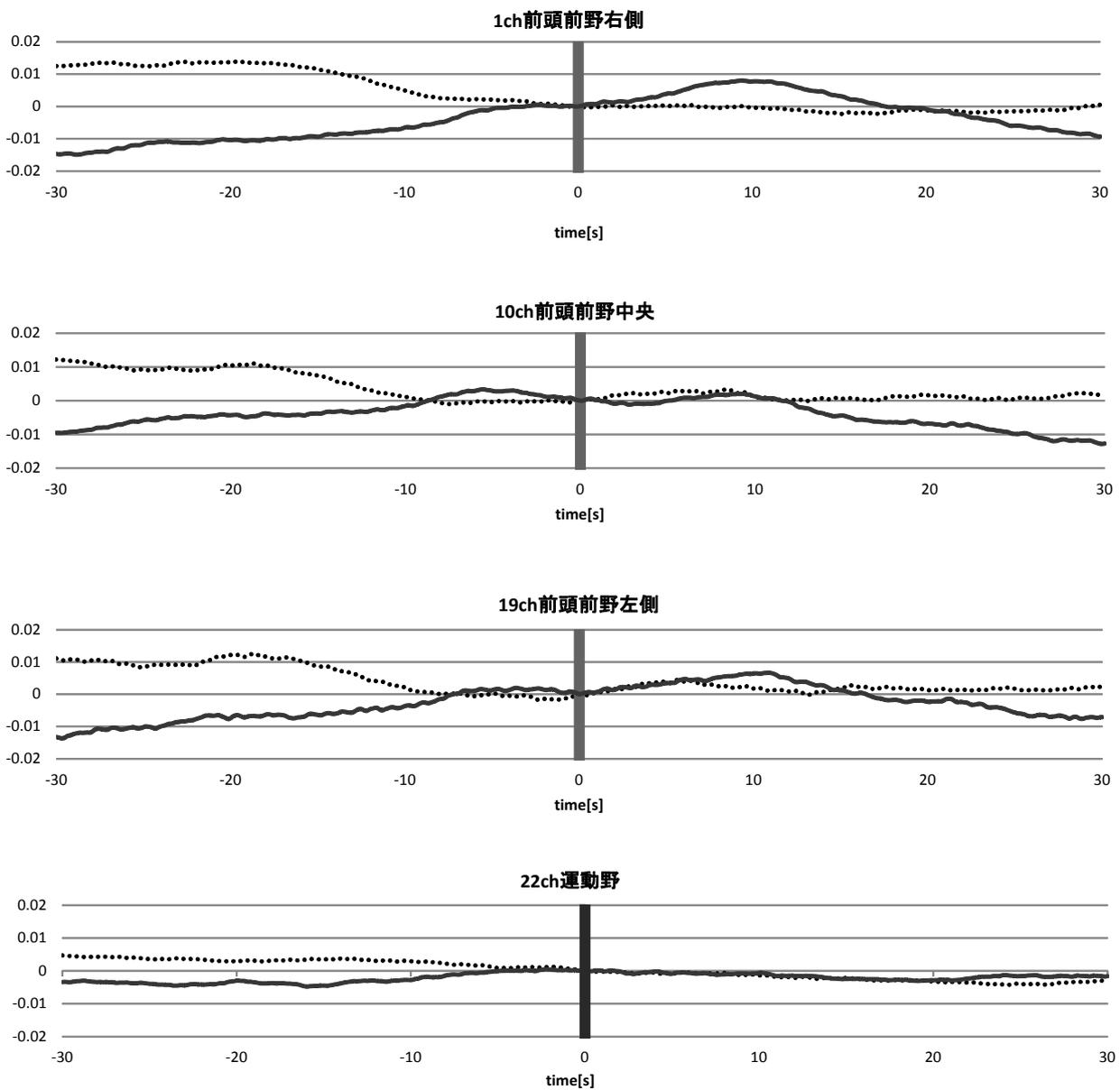
前頭前野中央部の10chでは血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化はモーフィング動画と音声ストループの二重課題を行った時の方がボタン入力時からの頂点 MAX への潜時間が長い傾向が見られた。

前頭前野左側の19chでは血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化はボタン入力時から頂点 MAX に到る潜時はモーフィング動画のみのタスクの場合では6秒程度であるのに対してモーフィング動画と音声ストループの二重課題を行った時は10秒ほどになっている。

運動野に関する22chでは血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化はボタン入力時からの頂点 MAX に到る潜時二つのタスクでは特徴的な違いが見られないことが分かる。

前頭前野背外側部の25chでは血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化はボタン入力時から頂点 MAX へ到る潜時は両タスクで10秒程度になっている。

1, 19, 25ch ではモーフィング動画と音声ストループの二重課題を行った時の方がボタン入力時からの頂点 MAX に到る際の血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化量が大きくなっている。



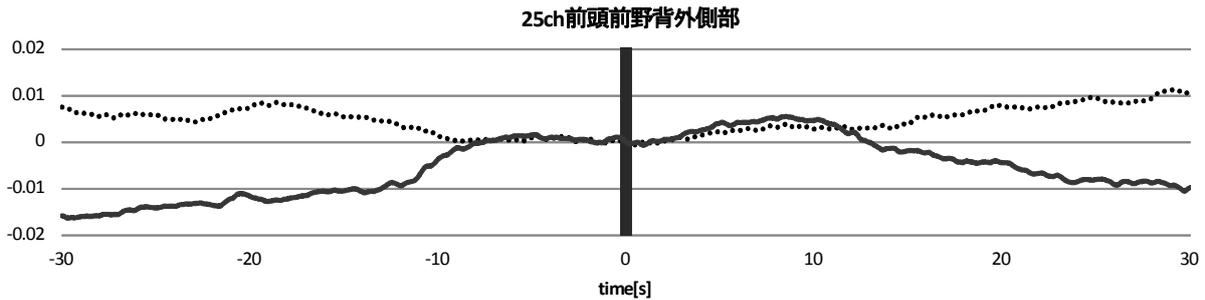


図 4: 脳内酸素化血中ヘモグロビン濃度変化

- モーフィング動画のみ
- モーフィング動画+音声ストループ
- ボタン入力時

6. 考察

1, 10, 19ch ではボタン入力時から頂点 MAX への血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の潜時はモーフィング動画のみのタスクよりもモーフィング動画と音声ストループの二重課題を行ったタスクの方が 4 秒程度遅いことが分かった。

25ch ではボタン入力時から頂点 MAX への潜時が二つのタスクでは同程度になることが分かった。

この結果より脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化に注目してみると、注意散漫状態の場合では注意集中状態の時と比べて 4 秒程度血行動態の潜時が長くなることが分かった。

認知判断を司る前頭前野にこの傾向が見られたため、血行動態の潜時が長くなる時は認知判断能力の低下が生じていると考えられる。

このことより自動車の運転時における前方不注意などの注意散漫状態では歩行者や自転車の動きに対しての有益な情報を把握する能力が低下していることが脳内血行動態の潜時の延長からも推察される。

また、1, 19, 25ch ではボタン入力時からの頂点 MAX に到る際の血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化量がモーフィング動画のみのタスクの時よりモーフィング動画と音声ストループを同時に行った時の方が血中脳内酸素化ヘモグロビン濃度の変化量が大きいことが分かった。血行動態の潜時が長いときはその後の血行動態の変動が大きく、潜時が短いときにはその後の血行動態の変動が前者と比較して小さくなるのではないかと考えられ、血行動態の変動の大きさと潜時の長さに相関関係があるのでは

ないかと推察される。

謝辞

本研究にご理解を示し、協力していただきました立命館大学情報理工学部知能情報学科生体情報研究室の皆様と、被験者として参加していただきました皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 内閣府, 平成 24 年交通安全白書 2 節, 平成 23 年中の道路交通事故の状況 (2012)
- 2) 志村孚城: 近赤外分光法による前頭前野計測—認知症の早期発見とリハビリテーション方法の評価—; コロナ社, pp. 19-29 (2009).
- 3) 寺西慶祐, 萩原 啓: NIRS を用いたひらめき時の脳内ヘモグロビン濃度の変化の特徴抽出、平成 21 年度日本人間工学会関西支部大会論文集: pp. 57-60 (2009)
- 4) 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, pp13-14, 日本出版サービス, (1999)

製品・サービス・GUI デザインのためのシステム概要構築手法の提案

Suggestion of the System Outline Construction Method for Product, Service, GUI Designs

○北岡新一郎*, 山岡俊樹**

*和歌山大学システム工学研究科 **和歌山大学システム工学部

KITAOKA Shinichiro*, YAMAOKA Toshiki**

* Wakayama University Graduate School of Systems Engineering,

**Wakayama University Faculty of Systems Engineering.

1. 背景と目的

デザイン作業は、ある意味ではシステム設計と同値である。しかし、一般的なデザイン作業はアイデアの発散とその収斂がその中核であり、コンセプトが曖昧で、効率が悪く検討漏れのある作業となっている。

そこで本研究ではシステム設計の観点をデザインプロセスに取り入れ、ユーザの要求分析やコンセプト立案の前の段階で、デザインする製品の概要を構築する手法を提案し有用性を検証する。

2. 概要構築手法

システム設計ではシステムの目的・目標を決めたあとと制約条件、機能、システムのインプット・アウトプット、構成要素間の秩序を決める¹⁾。また、人間工学では人間と機械の割当を決めることが重要だとされている²⁾。デザインする前にこれらの基本事項を事前に概要として決めておくことによって、円滑にデザインができると考えられる。この概要は後の要求分析やコンセプト構築の時に変更できるものとする。

表 1 概要構築手法の検討項目

項目	説明
目的	5W1Hと機能で記述する。
目標	検討項目から選択して記述する。
人間と機械の割当	人間と機械の役割を決める。
制約条件	定めた目標から制約条件を決める。
構成要素の特定	構成する要素を記述する。
構成要素の秩序	構成要素の関係を記述する。

3. デザインプロセスと概要構築手法の検証実験

3.1 目的

システム設計を応用したデザインプロセスと概要構築手法の有用性を検証するために通常のデザインプロセスとの比較実験を行った。

3.2 方法

商品企画、デザインの実験のない学生10名を対象に従来のデザインプロセス（以下ノーマル）では5名（男性4名、女性1名）、提案するデザインプロセス（以下システム）では5名（男性4名、女性1名）に商品企画の課題を与え、その達成時間やデザインの質を比較した。実験中に検討していることを記録するために、実験の様子をビデオカメラで撮影し、プロトコル解析を行った。実験で得られたデータの分析は客観性を高めるため、人間工学を選考する学生2名で行った。実験は2012年10月11日から17日に行った。



図 1 実験の様子

3.3 実験課題

実験課題は以下の2つである。

課題1：大学生を対象とした二泊三日の国内旅行用のカバンを考えてください。

課題2：和歌山駅で道案内をするシステムを考えてください。

課題1は既存の商品が多く存在するプロダクトを選定した。課題2はプロダクト、GUI、サービスを総合的にデザインできる課題を選定した。

3.4 実験の流れ

ノーマル側の実験協力者は以下の手順で課題を行なった。この手順は世界的に著名なデザイン会社である米国 IDEO で行われているデザインプロセスを参考にしている。

- ① デザインプロセス、課題を説明する。
 - ② インターネット調査やブレインストーミング
 - ③ 用紙に商品のデザイン案を書いてもらう
 - ④ 機能やコンセプト、価格をスペック表に記入
 - ⑤ デザイン案や検討内容についてインタビュー
- システム側の実験協力者は以下の手順で行った。

- ① 手順、概要の記述方法、課題を説明する。
- ② 概要を記述してもらう。
- ③ コンセプトを決めてもらう。
- ④ 用紙に商品のデザイン案を書いてもらう。
- ⑤ デザイン案や検討内容についてインタビュー

3.5 実験の結果と考察

3.4.1 課題達成時間の比較

ノーマルとシステムで課題の達成時間を比較した結果を図2に示す。課題1、課題2はともにシステムのほうが早く達成できた。マン・ホイットニーのU検定を行った結果、有意水準5%のもとで課題2では優位な差が見られた ($P=0.01587$)。

この結果から提案する概要構築手法とデザインプロセスは従来のデザインプロセスよりも短時間でデザイン案を作成することができていることがわかる。また、概要構築手法では「目的の設定」と「制約条件の決定」で時間がかかっていることがわかる。これらは商品の

コンセプトに繋がる部分なので時間をかけたためと考えられる。

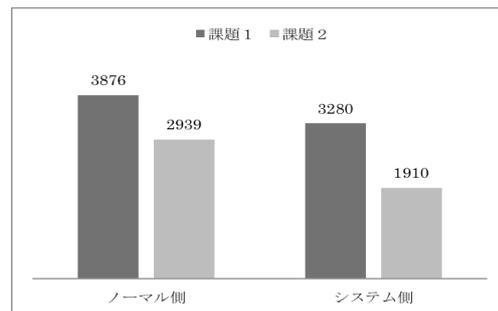


図2 各課題の達成時間の比較 (中央値)

3.4.2 デザイン案の検討項目の比較

システム側の実験協力者が書いた概要とノーマル側の実験協力者が書いたスペック表を課題ごとに比較し、デザイン中に検討されている項目について比較した。その結果を表2に示す。この結果から課題1、課題2でともにシステム側が多く検討されていることがわかる。

表2 課題ごとの検討項目数 (平均)

	システム側	ノーマル側
課題1	4	2.4
課題2	4.2	2

4. まとめ

本研究では従来のデザインプロセスにシステム設計を応用し、ユーザ要求事項分析、コンセプト構築の前にデザインの概要を構築するための手法を提案した。デザインプロセスと概要構築手法の有用性を検証するために従来のデザインプロセスとの比較実験を行った。その結果、製品やサービスを総合的に検討する必要がある課題に対して達成時間が短くなり、デザインするときの検討漏れを少なくできることがわかり、デザインに有用であると考えられる。

参考文献

1. 大村朔平: 企画・計画・設計のためのシステム思考入門, pp. 54-57, 悠々社 (1992).
2. 山岡俊樹: ハード・ソフトデザインの人間工学講義, pp. 23-25, 武蔵野美術大学出版局, (2002)

ヒューマン・モニタリングシステムの開発 —自律型表情モニタリングシステムの構築—

Development of a Human Monitoring System —Autonomous Facial-Expression Monitoring System—

○喜井翔太郎*, 有馬正和**

*大阪府立大学工学部 **大阪府立大学大学院工学研究科

KII Shotaro*, ARIMA Masakazu**

*Faculty of Engineering, Osaka Prefecture University

**Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1. はじめに

近年、船舶等の公共交通機関やエネルギープラントにおいて、ヒューマンエラーが原因の事故が発生しており、その防止対策は大きな課題となっている。また、少子高齢化や生活習慣病など近年の社会環境の変化に伴う問題が多発し、安全や福祉、健康の維持に大きな関心が寄せられている。孤独死や過労死あるいは不注意によって引き起こされる大事故、不健全な生活による疾患等を未然に防ぐためには、個人の体調や行動、その環境などを多角的かつ常時継続的に把握し、必要な措置を速やかに行うことが望まれる。これらのことを人手を介さずに行うためには、人間を常時モニタリングし、その生理的・心理的状态を解析・評価できるようなシステムを構築することが有効であると考えられる。

そこで本研究では、安全・安心で快適な社会の実現を念頭に、ヒューマンエラーを防止し、各種公共交通機関やプラントにおける事故を未然に防ぐことを目的としたヒューマン・モニタリングシステムの開発を試みた。本研究が対象とする被験者は、公共交通機関の運転者やプラントの操作者といった日常の業務を営んでいる人々であるため、本システムにおいて被験者にかかる生理的・心理的負担をできるだけ軽減することは非常に重要である。そこで、モニタリング方法の選定にあたり、被験者に与えるストレスが比較的小さく、容易に観察・録画することができる顔の表情に着目した。表情によるヒューマン・モニタリングシステムの開発に向け、自動で被験者を認知し、顔を追尾して撮影することのできる自律型表情モニタリングシステムの構築を行った。

2. 自律型表情モニタリングシステム

2.1 システムの構成

2.1.1 KINECT センサー

KINECT センサーとは、近赤外線光パターンを照射するプロジェクタと、その反射を受信する近赤外線カメラが搭載されており、リアルタイムに人体や物体の形状を記録することができる Microsoft 社製のセンサーである。KINECT センサーは、従来のモーション・キャプチャー技術のように被験者の身体にマーカを取り付ける必要がなく、被験者への生理的・心理的負担を削減できるため、本研究の目的を達成するにあたり最適なセンサーと言える。(図1, 図2 参照)

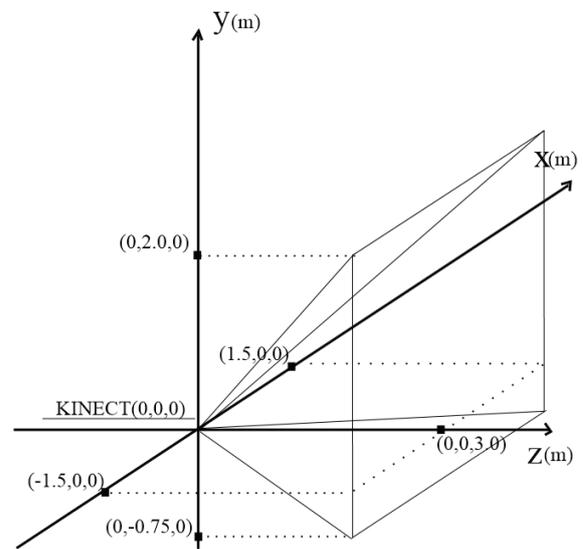


図1 KINECT センサーの人体検知範囲 (模式図)



図2 KINECT センサーによる人体検知画面

2.1.2 ネットワークカメラ

ネットワークカメラとは、PC による操作及び制御が可能なカメラ機能とサーバー機能を一体化したカメラである。本研究ではオートフォーカス機能及び逆光補正機能があり、パン角度・チルト角度ともに十分な幅がある Canon 製 VB-M40 (VB-M40B) を用いた。また、PC とネットワークカメラを PoE 対応の LAN ケーブル及びハブを用いて接続することで、ネットワークカメラを設置する上で電源を考慮する必要をなくし、本システムの設置における環境制限を削減した。(表 1 参照)

表 1 ネットワークカメラの性能

VB-M40 (VB-M40B)		
パン角度幅	右方 170°	左方 170°
チルト角度幅	上方向 90°	下方向 10°
ズーム角度 (視野角) 幅	最小 2.8°	最大 55.4°

2.2 自律型表情モニタリングシステム

KINECT センサーにより、随時変化する被験者頭部の三次元座標を取得し、その座標情報からネットワークカメラの焦点が自動で被験者頭部を追跡し、表情を撮影するよう制御を行う。表情から被験者の生理的・心理的状态を推定・評価するには、顔の正面画像を生成し、眼と口の輪郭形状の変化を計測する必要がある^{1,2)}。そこで、表情の計測・解析・評価によるヒューマン・モニタリングシステムの開発を視野にいたした本システムでは、被験者がどの方向を向いている状態でも表情を撮影できるように、被験者を囲むかたちで 3 台のネットワークカメラを設置した³⁻⁵⁾。さらに、3 台のうち後頭部を撮影しているネットワークカメラは、周囲の環境を撮影するようにズーム角 (視野角) を制御し、残り 2 つのネットワークカメラの画像から、正面画像を生成できるように表情を撮影するよう制御する、顔の前後認識アプリケーションを作成した。また、ネットワークカメラによって撮影した画像を保存する画像保存アプリケーションも作成した。(図 3 参照)



図 3 システムの外観

3. システム制御のアルゴリズム

構築した自律型表情モニタリングシステムの制御アルゴリズムを以下に示す。(図 4 参照)

- ① アプリケーション起動時に入力された、原点を KINECT センサーとしたときの各ネットワークの三次元座標とネットワークカメラの撮影範囲を取り込む。
- ② KINECT センサーに内蔵された骨格追跡プロセッサ⁶⁾を用い、被験者を検知し、リアルタイムの被験者頭部の三次元座標を取得する。
- ③ 原点を KINECT センサーとしたときの被験者頭部の三次元座標を (f_x, f_y, f_z) とし、それぞれのネットワークカメラを CameraL, CameraR, CameraB とする。この条件の下、ネットワークカメラを操作するために必要なパン角度・チルト角度を①で取得した数値から算出する。(図 5 参照)
- ④ 同じく①で所得したネットワークカメラの撮影範囲を写すためのズーム角度を、ネットワークカメラへ被験者頭部までの距離から算出する。
- ⑤ 算出したパン角度・チルト角度・ズーム角度の値を読み取り、その値に合わせてネットワークカメラを操作する。

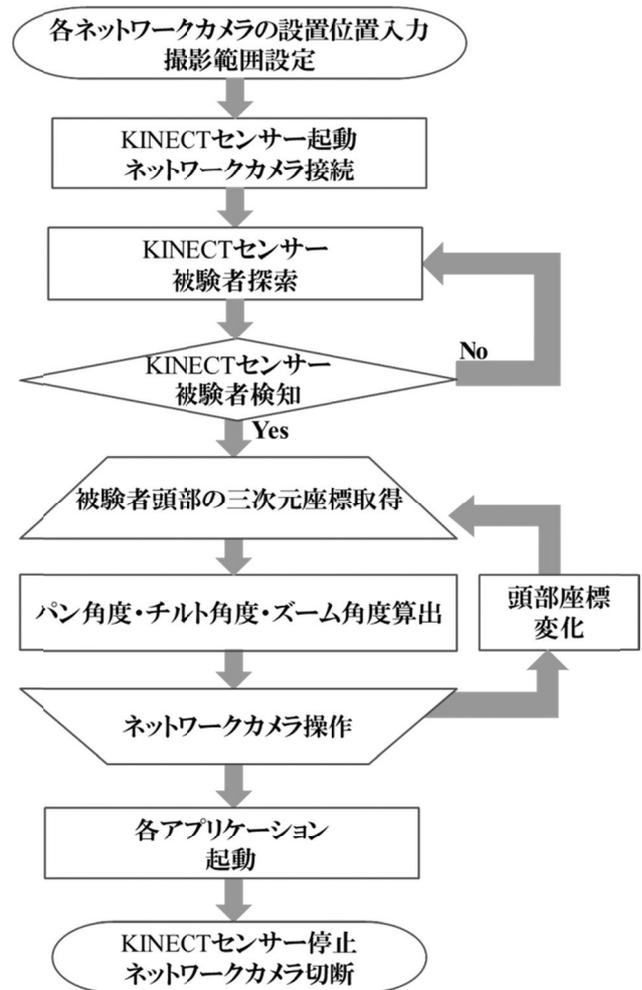


図 4 制御フローチャート

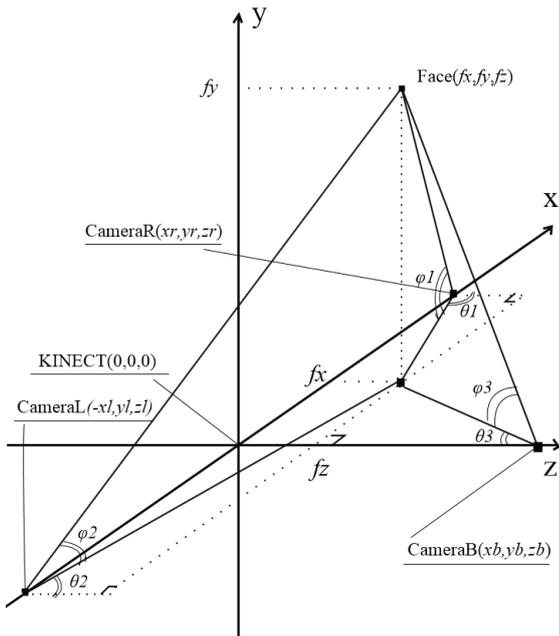


図5 機器配置図

4. 本システムの搭載のアプリケーション

4.1 ネットワークカメラ画像の保存

被験者表情の正面画像の生成やイベント時の被験者表情の変化を記録するために、ネットワークカメラで撮影した画像を保存するアプリケーションを作成した。このアプリケーションは保存先フォルダを事前に作成、または選択した状態で、そのフォルダに各ネットワークカメラで撮影した画像を判別し、保存することができる。また、画像を保存する際の手順を簡略化するために、自動で画像が撮影された時刻をファイル名として入力するよう制御した。(図6, 図7参照)

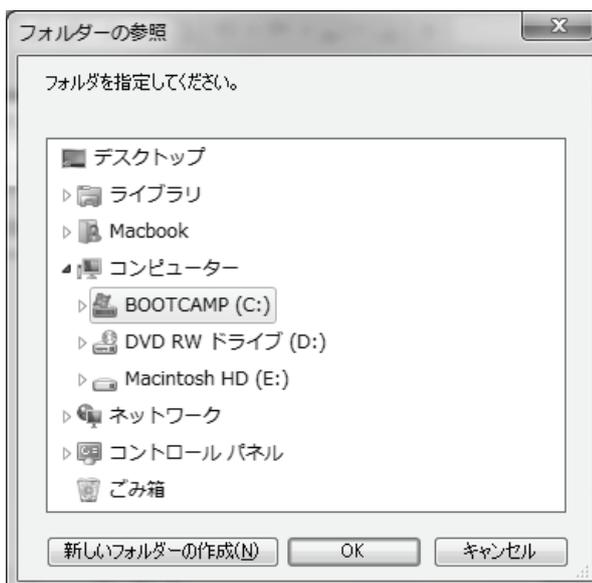


図6 フォルダ選択ウインドウ

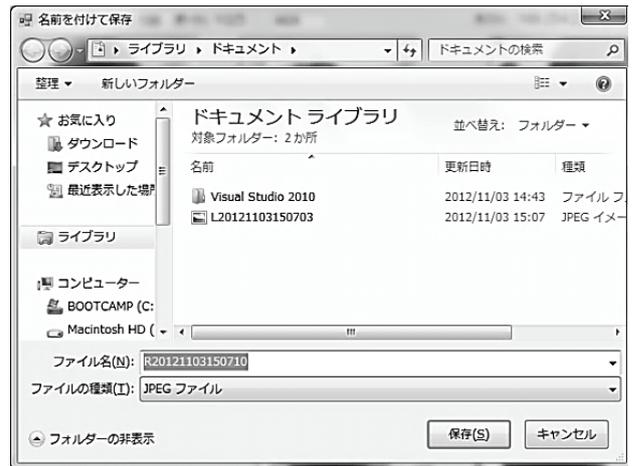


図7 ファイル保存ウインドウ

4.3 被験者頭部の前後認識

被験者状態の確認や周辺環境の把握に必要となる、被験者の全身を撮影するアプリケーションを作成した。本システムはネットワークカメラを被験者を囲むように配置するため、3台のネットワークカメラのうち1台は、常に被験者の後頭部を撮影していることになる。後頭部の画像は表情モニタリングにおいて必要ではないため、後頭部を撮影しているネットワークカメラのズーム角度(視野角)を最大角度にし、被験者全身を撮影するよう制御した。このアプリケーションは各ネットワークカメラで撮影された画像の一部をモノクロ画像に変換⁷⁾し、その範囲内の白色ピクセルの数を比較することで被験者の表情を撮影しているか、後頭部を撮影しているかを判断する。本アプリケーションでは、RGB画像で黒色の部分を白色ピクセルに変換しているため、3台のうち、白色ピクセル数が最も多い画像を撮影しているネットワークカメラのズーム角度(視野角)を最大角度にしている。(図8参照)



図8 モノクロ画像化写真

5. おわりに

本研究では、安全・安心で快適な社会を実現するために、公共交通機関の運転手や大型エネルギープラントの作業員、植物工場などで業務に携わる身体障害者や高齢者などを対象として、生理的・心理的な変化をいち早く察知するためのヒューマン・モニタリングシステムの開発を目指し、被験者頭部を自動追跡し、撮影を行う自律型表情モニタリングシステムを構築した。

本システムは、KINECT センサーを用いることで、被験者にマーカー等を取り付けることなく、被験者頭部を認識することができる。また、KINECT センサーから得た三次元座標から、ネットワークカメラが被験者頭部を追跡し、ピントを自動で合わせるように制御されている。そのため、本研究が対象とする、日常の業務を営む被験者に与えるストレスも少なく、システムを設置する環境制限も僅かである。このことから、表情の計測・解析・評価によるヒューマン・モニタリングシステムの開発において、表情計測部分の構築については、ほぼ完成したといえる。今後、ヒューマン・モニタリングシステムの開発に向けて、本システムのプラントや船橋内での実地実験及び、ネットワークカメラの頭部追跡精度の改善、表情の解析・評価方法の検討を行う必要がある。また、被験者表情の解析を行う上で、顔の正面画像を生成し、三次元的に被験者の輪郭を取得する必要がある。ネットワークカメラ画像の処理や制御を行えるアプリケーションを作成しなければならない。さらに、被験者の眼・口を認識するアプリケーションを作成する必要もある。(図9参照)

参考文献

- 1) 池田和外, 有馬正和, 細田龍介: フーリエ記述子による表情の特徴表現, 平成15年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 38-41, (2003).
- 2) 池田和外, 有馬正和, 細田龍介: フーリエ記述子による表情の特徴表現(第2報), 平成19年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 214-217, (2004).
- 3) 岡部直樹, 中村由香, 有馬正和: ヒューマン・モニタリングシステムの開発—ステレオ画像を用いた表情解析手法の適用—, 平成21年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 39-42, (2009).
- 4) 岡部直樹, 有馬正和: ヒューマン・モニタリングシステムの開発—表情の計測・解析・評価システム—, 平成22年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 137-140, (2010).
- 5) 有馬正和, 大本涼子: ヒューマン・モニタリングシステムの開発—in-situ型表情評価システムの構築—, 平成23年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp. 105-106, (2011).
- 6) 中村薫, 田中和希, 宮城英人: KINECT プログラミング C#編, 秀和システム, (2012).
- 7) 酒井幸市: 改訂版 デジタル画像処理の基礎と応用—基礎概念から顔画像認識まで—, CQ出版, (2007).



図9 本システムメインウインドウ

近畿大学におけるデジタルマネキンを用いた ユニバーサルデザイン集合教育の取り組み

Education on Universal Design by using Digital Mannequin in Kinki University

○廣川敬康*, 西垣勉*, 大政光史*, 廣瀬尚三**

*近畿大学, **(株)エルゴビジョン

HIROKAWA Noriyasu*, NISHIGAKI Tsutomu*, OHMASA Mitsushi*, HIROSE Shozo**

* Kinki University, **Ergovision Co. Ltd.

1. 緒言

近年の少子高齢化や社会の多様化等を背景として、製品の性能やコストだけではなく、様々な人に対する使いやすさをも考慮したユニバーサルデザイン (UD) が強く求められるようになってきている。

近畿大学生物理工学部人間工学科は、UD の考え方や技術を修得した学生を育成することを目的として2010年度に発足した学科である。本学科では、2年次に、デジタルマネキン(コンピュータ上の人体モデル)を使用した製品設計の技術を学ぶ演習科目ユニバーサルデザイン・CAD演習(以下、UD・CAD演習と略称する)を開講している。本報では、その開講第2年度となる本年度の取り組みについて報告する¹。

2. デジタルマネキンを使用したUD支援

2.1 製品設計とデジタルマネキン

近年の製品設計においては、3次元CADや有限要素法などに代表されるコンピュータ支援技術が不可欠である。これらの技術により、構造や機構、形状等の製品データに基づいて、強度や振動特性等の様々な物理的特性を解析したり、加工や組立ての方法等を検討したりすることが、高精度かつ効率的に行えるようになってきている。

さらに、最近では、コンピュータ上の製品モデルに対してデジタルマネキン(後出図1など)を付加することにより、製品使用時の人間の姿勢や力学的負荷、視野等を解析することが可能となっている。これによ

り、コンピュータ上で製品の使いやすさを考慮した設計を行うことが可能となり、UDを実現するための強力なツールとなりうることが期待される。

2.2 近畿大学におけるUD教育

近畿大学生物理工学部人間工学科は、従来の機械系学科が担当してきた機械技術者の育成に加えて、時代が要請するUD技術者の育成を目的とする学科である。本学科では、これまでの学科が担当してきたモノづくりに関連する機械系科目に加えて、「人間科学」、「医療・福祉工学」、「環境工学」の3系列に属する専門科目を体系的に学ぶことにより、UDの技術を習得できるカリキュラムを構成している。さらに、これらの講義科目は、CADに代表されるコンピュータ支援技術^{1)~3)}やデザインや造形の実習、人間工学に関する演習や実験等の実技科目と有機的に関係しており、これらを総合的に学ぶことによってUDの技術を身につけることができる。

3. UD・CAD演習

3.1 UD・CAD演習の概要

UD・CAD演習I・IIは、それぞれ2年次前期・後期に開講している演習科目であり、本学科のUD教育の中核として位置づけられている。いずれも、単位を修得できなければ進級できないという厳しい条件を設定した必修科目となっている。

UD・CAD演習I・IIでは、週1回2コマ連続の授業を半期で15週ずつ実施する。以下に、1年間全

¹ 日程の都合上、一部は昨年度の取り組みである。

30週 of 授業構成を示す。

1. 3次元 CAD モデリングの基本技術 (3週)
2. 2次元 CAD 製図 (4週)
3. デジタルマネキンの基本操作技術 (8週)
4. 生活関連機器の人間工学設計・UD (10週)
5. 生活関連機器の UD(グループ演習) (5週)

2012年度は、学生 87名に対して科目担当教員 2名と TA4名が指導している。このように、デジタルマネキンを使用した UD の集合教育を行うのは本学科が日本で最初である。

演習では、CAD ソフトとして Autodesk (株) の AutoCAD2009 を使用し、デジタルマネキンとして AutoCAD のプラグインソフトである (株) エルゴビジョンの Body Shape Designer (BSD) を使用する。

3.2 UD・CAD 演習 I

UD・CAD 演習 I では、CAD やマネキンの基本操作を習得する。以下に、UD・CAD 演習 I の構成を示す。

- 第1～3週：3次元 CAD モデリング (3週)

コンピュータ支援による製品設計の基盤となる3次元 CAD でのモデリング手法を学ぶ。本年度は、T字型杖 (図3) とベンチ (図1) の3次元モデルを作成し、以降の課題で利用できるようにした。

- 第4～7週：2次元 CAD 製図 (4週)

UD と関わりが深い機械や建築分野の製造現場では、2次元製図が有力な表現方法の1つであることから、2次元 CAD 製図を習得する²。本年度は、第1～3週で作成した T字型杖とベンチの2次元 CAD 製図を行った。

- 第8～15週：BSD の基本操作 (8週)

第8回授業の一部を利用して、廣瀬がデジタルマネキンを使用した先進的な製品設計技術の特別講義を行い、コンピュータ支援による UD 演習の意義を明確化する。それ以降の授業では、デジタルマネキンをを用いて製品設計を行うための基礎である姿勢変形、バランス評価 (図1)、静的力学負荷評価、視野評価 (図2) 等の基本操作を身につける。



図1. ベンチからの起立時のバランス評価

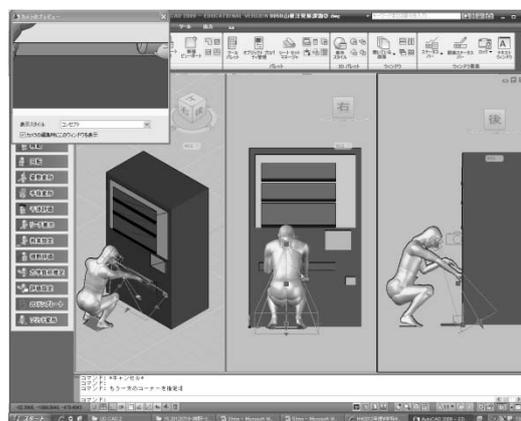


図2. 自販機での商品購入時の姿勢と視野の評価

3.3 UD・CAD 演習 II

UD・CAD 演習 II では、具体的な生活関連機器を対象として、人間工学設計・UD を実現する。

まず、第1週から第10週においては、マネキンを使用した使いやすさの解析や設計の方法を学ぶ。ここでは、全学生共通の製品に対して、学生ごとに異なる製品使用者 (性別、年齢、身長、胴囲) を割り当てて演習を行う。これによって、解析結果をクラス全体で総合することにより、多様な特性の人に対する製品の使いやすさを評価できるようにする。

さらに、第11週から第15週においては、グループごとに対象製品や評価内容等を自由に設定し、これまでの UD 演習の内容を総合化して UD を実現する自由課題を課す。

また、各課題においては、コンピュータ上のバーチャルな評価だけではなく、できる限り、製品を使用しているときの状態を体験させて製品使用時の姿

² 2次元機械製図の規則や手描き製図等については、1年次後期に学習済みである。

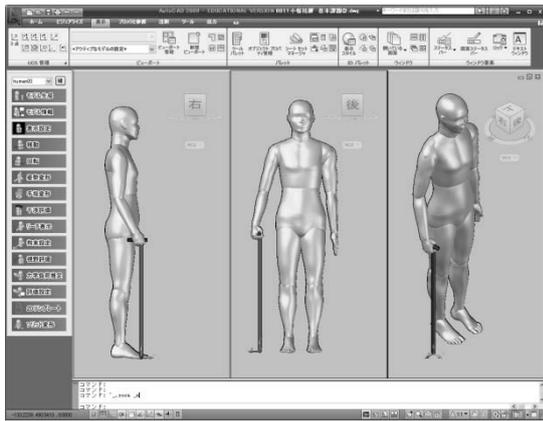


図 3. T字型杖のシャフト長さの適切化

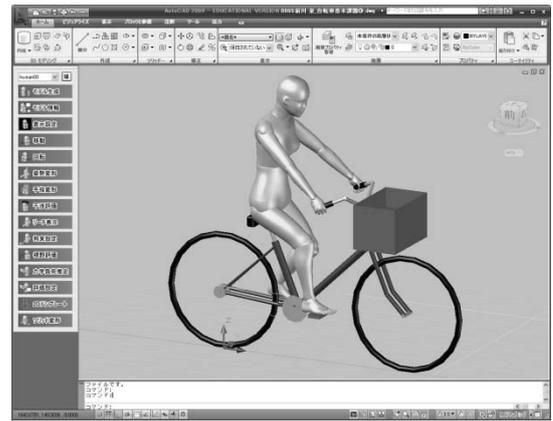


図 5. 自転車に乗っている様子

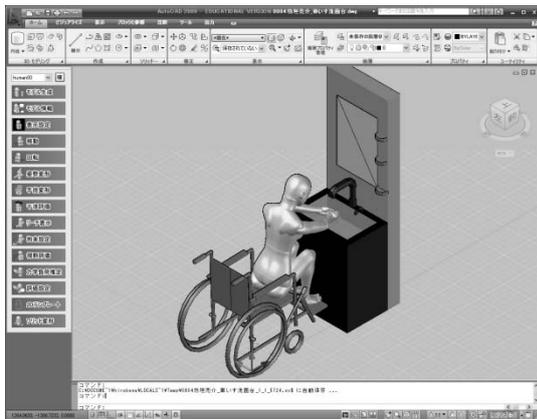


図 4. 車いす使用者が洗面台を使用している様子

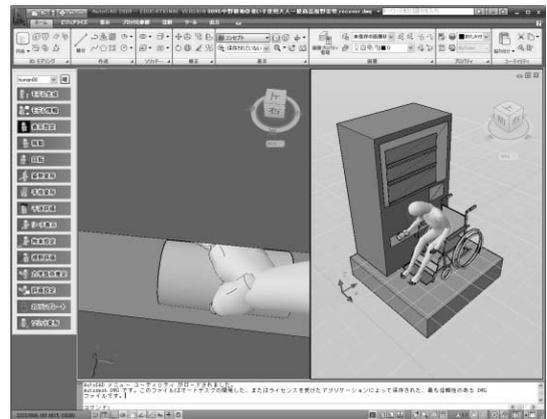


図 6. 車いす使用者の自動販売機での商品購入

勢を観察したり、製品の使いやすさや使いにくさを体感したりするように指導する。以下に、UD・CAD 演習Ⅱの構成を示す。

- 第 1～2 週：T 字型杖の人間工学設計（2 週）

UD・CAD 演習Ⅰで作成した T 字型杖の 3 次元モデルに対し、割り当てられた体型の人が杖を使用するために適切なシャフト長さを求める。図 3 に、マネキンによる適切化結果を示す。
- 第 3～4 週：洗面台の人間工学設計（2 週）

家庭用洗面台の使いにくい点をまとめ、既存製品での工夫点を調査して報告書を作成する。次に、各自に割り当てられたマネキンが、指定された形状・寸法の洗面台を使用する際の姿勢を分析した上で、使いやすい洗面台に設計し直す。
- 第 5～6 週：車いすの 3 次元モデリングと評価（2 週）

車いすの 3 次元モデリングを行い、割り当てられた人が車いすに乗って前進したり、扉を開閉したり

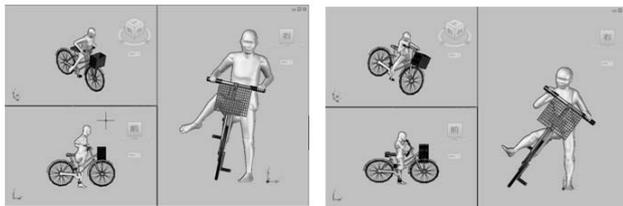
する際の静的力学負荷を評価する。図 4 に、車いす使用者が洗面台を使用している様子を示す。

- 第 7～8 週：自転車の人間工学設計（2 週）

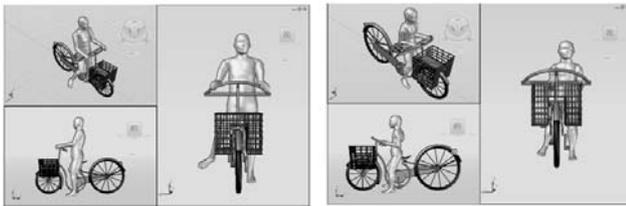
自転車の 3 次元モデリングを行い、割り当てられた人が自転車を押し引きする姿勢や、乗車時の姿勢と静的力学負荷の評価を行い、使いやすい自転車を設計する。図 5 に、自転車に乗っている時の姿勢を示す。
- 第 9～10 週：自動販売機の UD³（2 週）

成人、子ども、車いす使用者等が、一般の自動販売機と UD 自動販売機で商品を購入する際の姿勢や視野等を評価して使いやすさを分析する。演習では、車いすに乗って自動販売機で商品を購入するときの姿勢や視野等を確認するために体験も行う。図 6 に商品購入時の姿勢と視野を示す。

³ 原稿提出時点では第 9 週以降が未実施であるため、昨年度の結果を示す。



(i) 成人男性 (ii) 子ども
(a) 一般の自転車



(i) 成人男性 (ii) 子ども
(b) 提案するUD自転車

図 7. 乗りやすいUD自転車の設計例

● 第 11～15 週：自由課題（グループ演習）（5 週）

全学生を 3 名ずつのグループに編成し、グループごとに設計対象を自由に設定して、これまでに習得した技術を総合化して UD を実現する。まず、対象機器の使いにくい点や既存製品での工夫点等を調査する。次に、典型的な使用者を想定して既存製品使用時の使いやすさを評価し、より使いやすい製品の提案と評価・再設計を行う。最後に、取り組みの内容を報告書にまとめ、プレゼンテーションを行う。このように、グループ単位で活動することにより、協調して設計作業を行ったり、分かりやすい報告書の作成やプレゼンテーションを行ったりするトレーニングとなる。2011 年度は、洗濯機 7 グループ、掃除機 3 グループ、スーツケース・冷蔵庫・ベッド・便器がそれぞれ 2 グループあり、ほかに座椅子、階段の手すり、自転車、セグウェイ等が 1 グループずつあった。図 7 に、様々な人にも乗りやすい UD 自転車を設計した例を示す。

3.4 UD・CAD 演習の成績評価方法

本演習科目では、学生の理解度と進度に大きなばらつきがあるため、進度が進んだ学生にも課題に取り組むインセンティブを与える。すなわち、課題としては、全学生が取り組むべき基本課題と余力がある学生が取り組む発展課題を用意する。なお、一部の発展課題は

宿題として課し、次回の授業開始時に提出すれば得点を得ることができるようにする。さらに、一部の発展課題では、学生が製品の様々な使用状況を想定して問題を構成し、それを自分で解決するような自由課題を設定している。

3.5 UD・CAD 演習における課題

一般にコンピュータ援用授業では、使用するソフトウェアのオペレーションに多くの時間を割く必要がある。一方で、UD 技術者には、ソフトウェアを使いこなして想定する課題を分析したり、より優れた設計案を提案したりする技術力が求められる。そのため、UD・CAD 演習においても、問題分析力や問題解決力を向上させるような課題を構成することが重要であり、今後の検討課題である。

4. 結言

本報では、デジタルマネキンを使用して UD を実現する方法を学ぶ UD・CAD 演習の内容を報告した。今後、対象製品や分析方法・課題等について、学生の理解度を把握しながら改善していく予定である。

謝辞

本演習科目の実施にあたり、(独)産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター 持丸正明センター長に貴重なご意見を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤井雅雄, 加藤暢宏ほか: 産学連携した 3 次元 CAD 設計教育の取組み, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 73, No. 725 (2007).
- 2) 佐伯守彦ほか: 中部大学における CAD ソフトを活用した設計教育の紹介, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2009 CD-ROM 論文集 (2009).
- 3) 金沢大学設計教育グループ: 3 次元 CAD・CAE・CAM を活用した創造的な機械設計 - SolidWorks を活用した設計・製作, 日刊工業新聞社 (2009).

行動観察による雰囲気の評価の可能性

Evaluation of Atmosphere by Behavior Observation

○西藤栄子*, 神宮英夫**, 熊王康宏***

*徳島文理大学 **金沢工業大学 ***静岡産業大学

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

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

1. 目的

雰囲気は、仕事の効率化やモノの感じ方にまで及ぼす重要な影響要因の一つである。しかし場面の雰囲気作り・状況設計のほとんどは、経験的に行われているのが現状であり、関連研究¹⁾も、モノ(商品)のイメージに関する研究に比べると極めて少ないのが実状である。それは、「雰囲気が、刺激は何か明確でなくても『何となく感じる』という刺激と反応の関係が曖昧ではあるが、場面・状況を全体として受け止めて一瞬のうちに情報処理して実感を伴うという複雑な多感覚情報処理に基づく全体的印象」であって、分析が困難であることも一つの理由と考えられる。しかしもし、場面の雰囲気作りを科学的に行うことができれば、実情を踏まえた効果的状況設計や人間親和型システム開発での高品位のサービスが可能になる。

本研究では、場面の雰囲気づくりだけでなく、高品質な臨場感通信や人間親和型システムの開発に必要な現実を反映した雰囲気の測定・評価手法の確立を目指している。この一連の研究として、すでに結婚式を刺激として、雰囲気の測定・評価に必要な形容詞の特定方法を提案し²⁾、形容詞を抽出した³⁾。その形容詞による評価実験から雰囲気の感度分析を行い、感度による雰囲気の認識の仕方の違いをグラフィカルモデリングで明らかにした⁴⁾。

本報では、刺激と反応の関係の曖昧な全体的印象としての「雰囲気」を「全体のまま」把握するにはSD法などの数値型データではなく、テキスト型データと、併せて言葉では表現しきれない部分を生理機能データで捉えることが効果的であると考え、対象者の生理機

能データと観察(評価)者の自由記述データから、評価者の行動観察によって雰囲気の評価が可能かを検討した。

2. 実験

刺激: ブライダル企業の協力を得て、女子学生をモデルにして学内で開催されたブライダルファッションショーであって、その実際の場面と録画を刺激とした。実験対象者としてのモデルは4名、出演時間はそれぞれ2分間。2011年7月に実施した。

実験方法: モデル4名のリラックス/緊張感を、顔表面温(出演前と出演後)と心電測定(出演中)から調べた。併せて聞き取り調査を実施した。評価者は学生60名(男子11名、女子49名)。録画をみて感じたモデルの雰囲気と行動観察を自由記述させた。実験は同年7月に実施。

分析: 顔表面温の出演前後の「最高温と中心温の比率」を求め、その比率の出演前後の差からリラックスの程度を調べた。心電測定ではLF(低周波数帯: 0.04~0.15Hz)とHF(高周波数帯: 0.15~0.40Hz)との比から、リラックスの程度を調べた。使用した測定機器は、顔表面温: NEC AVIO 赤外線テクノロジー社製 Thermo Shot F30S, 心電計: マイクロメディカルデバイス社製 RF-ECGであった。

テキスト型データの分析では、感性イメージ解析法⁵⁾で「形容詞+名詞」単位に整理。名詞に着目して分類して得られた頻度をもとに、コレスポンデンス分析とクラスタ分析を行い、モデルの雰囲気と行動観察カテゴリーとの関係を調べた。

表 1. モデルの顔表面温とファッションショー出演後のリラックス度

モデル	出演前		出演後		比率		出演後のリラックス度 (出演後の比率-出演前の比率)
	最高温	中心温	最高温	中心温	出演前	出演後	
A	36.1	35.4	35.7	34.0	0.020	0.050	0.030
B	36.5	34.3	34.8	32.2	0.064	0.081	0.017
C	35.7	35.3	33.6	31.7	0.011	0.060	0.049
D	35.9	34.5	33.9	32.1	0.041	0.056	0.015

3. 結果と考察

3.1 モデルの生理機能データ

顔表面温から出演後のリラックス度を算出した結果を表1に示した。この表から、モデルCは、出演後に最もリラックス感を感じたことが分かる。言い換えれば、出演中は最も緊張していたといえる。このことはモデルCへの聞き取り調査で「出演前は胸がとてもドキドキした。終わった時はホッとした。」という回答と、併せて心電測定から確かめられた。逆にモデルB,Dでは、Cほど出演後のリラックス度が大きくなく、言い換えれば、出演中の緊張感は、Cほど大でなかったことがわかる。B, Dへの聞き取り調査でも「最初は緊張したけれど、次第に慣れてきた。楽しかった」という回答が得られ、心電測定結果とも対応した。

3.2 評価者が感じるモデルの雰囲気と行動観察

評価者から得たモデルの雰囲気（自由記述）データの総文章数は、852文であった。それを「形容詞+名詞」単位に整理。名詞に着目して分類した。名詞の「感じ」「表情」などと組み合わせさせた形容詞は1)モデルのリラックス 2)緊張感を、「歩き方」や「動作」に関連する名詞と組み合わせさせた形容詞は 3)動作のなめらかさ 4)動作の堅さを、これらに当てはまらない名詞(ドレスなど)と組み合わせさせた形容詞は 5)外観イメージを、「形容詞+名詞」単位が、外観や行動の単なる良さを表す場合は 6)外観評価として分類して、各観察カテゴリーへの形容詞の出現頻度を求めた(表2)。この表から生理機能データとは逆に、評価者は、実際には最も緊張度の高いモデルCを、それほど「緊張」しているとはみていない。「緊張」カテゴリーへの形容詞の出現頻度(語数)は2番目に低かった。むしろ「動作のなめらかさ」「外観イメージ」や「外観評価」で最も頻度が高く、本結果から、雰囲気の評価は、モデル(対象者)の動作、外観イメージ、外観評価に依存すると考えられた。

表 2. 各モデルの 観察カテゴリーへの形容詞の出現頻度(語数)

観察カテゴリー	A	B	C	D	語数
1.リラックス	38	59	34	31	162
2.緊張	31	15	13	6	65
3.動作のなめらかさ	10	4	18	8	40
4.動作の堅さ	11	6	4	3	24
5.外観イメージ	21	29	47	33	130
6.外観評価	13	10	22	12	57
語数	124	123	138	93	478

そこでこれを相関分析とクラスタ分析で検討した。実際のリラックス度のわかっているモデル(対象者)と、評価者の観察カテゴリーとの関係を布置すると(図1)、モデルC(緊張感最大)の雰囲気は、動作のなめらかさ、外観評価と近い関係にあり、雰囲気の評価はこれらに左右されることが明らかになった。

4. まとめ

モデル(対象者)の実際に感じているリラックス/緊張感を評価者はそのとおりに評価せず、むしろ動作や外観の評価に依存することが明らかになった。このことから、雰囲気の評価では評価語による実験だけでなく、生理機能データの取得等、多面的に分析する必要のあることが示唆された。

参考文献

- 1) 神宮英夫, 國枝里美: 香りがもたらす雰囲気感性評価, 第6回日本感性工学会予稿集, p.163 (2004) .
- 2) 西藤栄子, 神宮英夫: 感性情報処理としての雰囲気の特長, 第12回日本感性工学会大会予稿集 CD-ROM, 3E, pp.1-3, (2010).
- 3) 西藤栄子, 神宮英夫: 感性情報処理としての雰囲気表現構造, 第13回日本感性工学会大会予稿集 CD-ROM, C51, pp.1-4 (2011).
- 4) 西藤栄子, 松井勇太, 熊王康宏, 神宮英夫: 感性情報処理としての雰囲気感度分析, 第14回日本感性工学会大会予稿集 CD-ROM, A5-05, pp.1-3 (2012).
- 5) 西藤栄子, 神宮英夫: 商品コンセプト文に対するイメージとその解析法の開発, 日本官能評価学会誌, Vol.12 No.2, pp.83-93 (2008) .

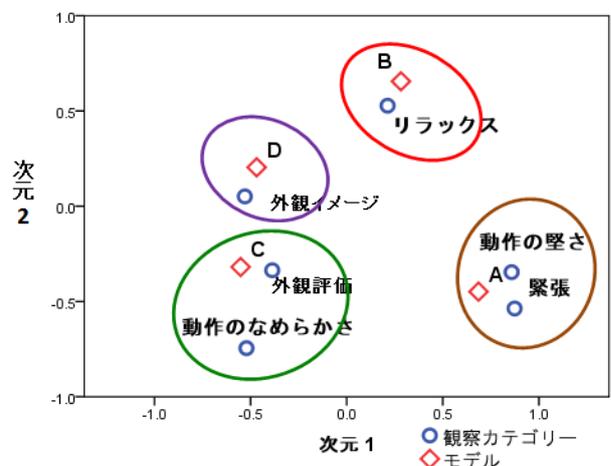


図 1. 実際のリラックス/緊張度のわかっているモデルと評価者の観察カテゴリーとの関係

GUIにおけるメンタルモデル構築に関わる手がかりの把握

Understanding Visual Cue : Relationship with Components for Constructing Mental Model in Graphical User Interface

○柳本聡, 山岡俊樹
和歌山大学システム工学部
YANAGIMOTO So, YAMAOKA Toshiki
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1. はじめに

1.1 背景

近年, 情報機器の多様化や複雑化に伴い多くの機器が画面を備えた GUI(Graphical User Interface) を用いている。しかし, 機器操作の高度化が進むとユーザの操作が困難になる場合が多い。従ってユーザの認知的側面を捉えたインタフェース設計が必要である¹⁾。

その際に重要となる概念がメンタルモデルである。人は手がかりなどの外的資源と記憶などの内的資源を元にメンタルモデルを構築する。このメンタルモデルが構築できないと操作が困難になる²⁾。また, 手がかりは我々の生活において密接に関わり, 行動する際のきっかけを与えている。これはインタフェースにおいても同様に手がかりは重要である。従って, 適切に手がかりを配置すればメンタルモデル構築を促すことができ, より使いやすい GUI を設計できると考えられる。

1.2 目的

本研究では, 認知的側面を考慮したインタフェース設計のために手がかりとメンタルモデルに着目し, GUI 操作時における両者の関係性を把握することを目的とする。

2. インタフェースにおける手がかり

2.1 定義

インタフェース設計において, 手がかりは, 初めて接する場合の操作, 思考をするためのよりどころを与えるものと定義されている³⁾。また, 知覚できる明示的な手がかりや暗示的な意味の手がかりが存在する。そこで, 本研究では手がかりを「視覚的に知覚でき, 操作・思考するきっかけを与えるもの」と定義する。

2.2 先行研究

池堂らは製品利用時のメンタルモデルを調査し, メンタルモデル構築には手がかりが大きく影響していることを示した⁴⁾。田畑らは製品の操作実験を行い, 製品操作時の手がかりを構造化し, ガイドラインを作成した⁵⁾。しかし, 従来の研究では GUI を対象とせず, 操

作時の手がかりを網羅できていない。また, 手がかりとメンタルモデルの関係性を考察した研究は少ない。

2.3 本研究の位置づけ

先行研究を踏まえ, 本研究ではまず事例調査により GUI 機器から手がかりの要素を抽出した。次に, 抽出された手がかりの分類・構造化を行った。最後に, メンタルモデル構築要素との関係性の仮説を立てた。

3. 調査方法

事例調査は GUI を備えた機器 39 製品を対象とした。各機器で主なタスクを行う際の画面を調べ, GUI 要素から手がかりとなるものを抽出した。手がかりの判断は定義に従い, デザイン要素を除外し調査を行った。その後, 抽出された手がかりの効果を分析し, KJ 法を用いてグルーピングを行った。

4. 調査結果

調査対象の機器から 63 項目の要素を手がかりとして抽出した。得られた手がかりはその効果を定義し分類材料とした。抽出された手がかりとその効果を表 1 に示す。また手がかりの効果から GUI における視覚的手がかりを次の 3 つに分類した(図 1)。

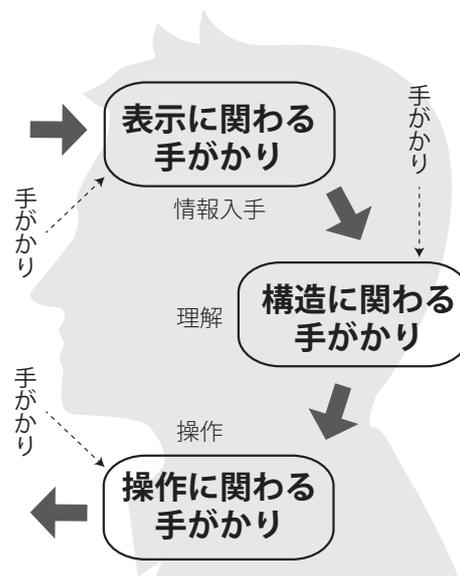


図 1 手がかりと情報の流れ

表 1 抽出された手がかりとその効果

		手がかりの効果	手がかりの事例	例	
GUIにおける視覚的手がかり	表示に関わる手がかり	強調	色, フォント, 拡大, 縁取り, 質感 (光沢), ボタンのウェイト		
		状況理解	ステータス, 反転, ページ番号, プログレスバー, 半透明化	1/24	
		エラー対応	エラー確認, 回避	!マーク, 処理中アイコン, 終了画面, ダイアログ, 多機能へのリンク, 警告	
		グルーピング		コーディング, 枠掛け, フォント変更	
	操作に関わる手がかり	手順の提示	強制選択	指示ラベル, ふきだし, ラベル付きボタン, タブ, メニューバー, ページ番号	
		操作の予測	入力・ヘルプ, 中止, 取消など	挿絵, 矢印ボタン, ×, ?, +/-, 開始画面, メニューバー, 指示ラベル	
		メタファ	操作具との対応	数字キー, ウィンドウ, タブ, 表	
		アフォーダンス	操作具との対応 操作の想起	ボタンの光沢, 影, 矢印の向き, 押し出し, スライダー, シルエット, スクロール	
	構造に関わる手がかり	振る舞いの予測	時間の予測 画面の予測 機能の予測 一貫性	アイコン付きボタン, リスト, インジゲータ, 開始画面, スクロール, プログレスバー, シルエット, スライド遷移, メニューバー	
		構造の理解		メニューバー, ツリー表示, アコーディオン, 列のソート	

a. 表示に関わる手がかり

ユーザの注意を引き、情報選択時に影響をおよぼす手がかりである。色による強調や記号を用いてユーザに現在の状況を理解させる働きをする。

例：ボタンのウェイト、縁取り、ステータス表示

b. 操作に関わる手がかり

ユーザが操作する際の手助けとなる手がかりである。操作手順の提示、操作の予測、操作の想起を促す働きを持つ。

例：指示ラベル、ボタン（質感、影）、矢印

c. 構造に関わる手がかり

機器の機能や処理、時間などの振る舞いを予測させて構造を理解させる手がかり。様々な手がかりの組み合わせによって成りたつ場合が多い。

例：メニューバー、インジゲータ、リスト

5. 考察

5.1 手がかりの効果

63項目の手がかりに対して、それぞれの効果を考察しグルーピングした。その結果、以下の10項目の効果が導き出された。

表示に関わる手がかり

(1) 強調

色やフォント、縁取りによって情報選択時に注意をひかせる効果である。強調によって優先度や重要度を示すことができると考えられる。

(2) 状況理解

GUI操作時の状況を理解させる効果である。ステータス表示やページ番号などによって処理の様子や現在位置が認識できると考えられる。

(3) エラー対応

エラーを認識し、回避させるための効果である。ミスを起こしたユーザに警告を出す。またはミスをしないように注意を喚起する手がかりである。

(4) グルーピング

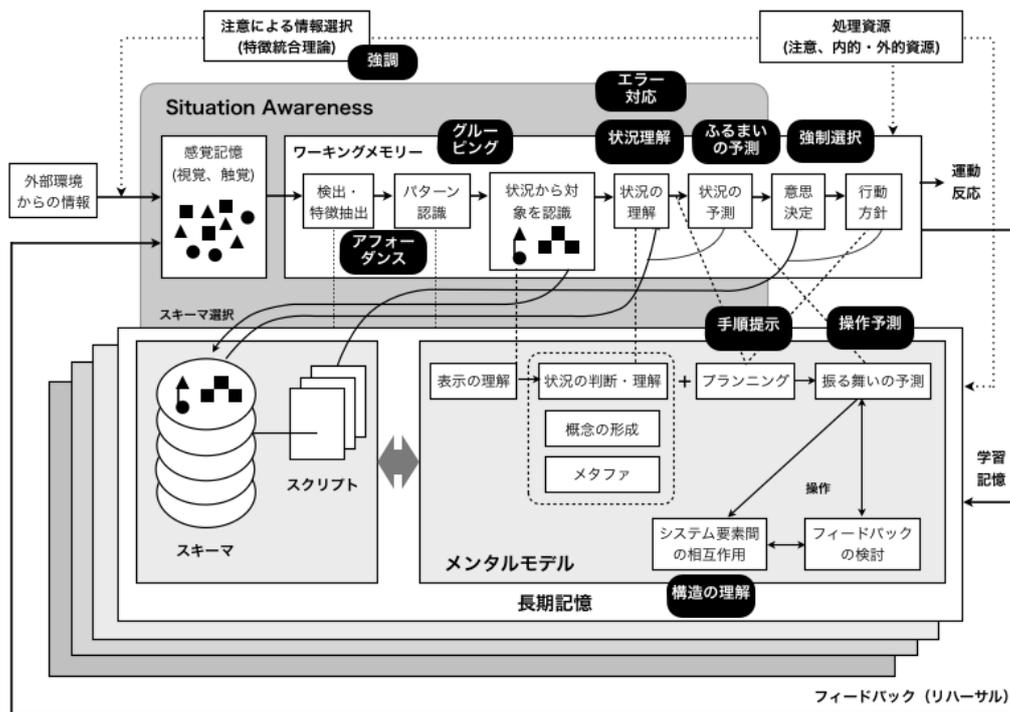


図2 情報処理プロセスとメンタルモデル，手がかりの関係

関連する情報をまとめて認識できるようにする効果である。色による関連付けやレイアウトによってグルーピングする。

操作に関わる手がかり

(5) 手順の提示

操作手順を示し，ユーザの操作を促す効果である。指示ラベルやボタンによってユーザを導く。または，強制選択によって制約を与えて操作させる手がかりであると考えられる。

(6) 操作の予測

操作した結果が予測できる効果である。アイコンや挿絵によって次の操作を予測したり，過去の経験から似た操作を想起したりできると考えられる。

(7) メタファ

ユーザの既存の知識を使って操作をさせやすくする効果である。メタファとはたとえであり，アイコンやウィンドウ，タブの概念もたとえを用いてメンタルモデルとして流用していると考えられる。

(8) アフォーダンス

GUI上で操作部と認識させ，操作を想起させる効果である。操作部を認識させるには，単なる記号や図に対してアフォーダンスを視覚化するためにシグニファイア⁶⁾を付加する必要がある。この手がかりによって「押す」，「スクロールする」といった操作を想起させると考えられる。

構造に関わる手がかり

(9) 振る舞いの予測

GUI操作時において機能や画面などシステム内の振る舞いを予測する効果である。振る舞いとは操作状況を除いた機器の全体の動きや機能を示す。状況を認識した上で次の画面を予測し，操作する機器でできることを予測すると考えられる。

(10) 構造の理解

対象のGUI機器でできることが構造的に把握できる効果である。メニューバーやツリー表示などの手がかりによって機能の構造が捉えやすくなると考えられる。

5.2 情報処理プロセスによる分類

図2に示すように，抽出された手がかりを人間の情報処理プロセスにあてはめて考察を行った。手がかりの効果を確認し，メンタルモデル構築要素との関係を捉えやすくするためである。情報処理モデルの代表的なものとして二重貯蔵モデルがあげられる^{7) 8)}。まず外部環境からの刺激を知覚し，注意によって情報選択を行う。得られた情報は短期記憶で認識され，運動反応として出力される。その後，リハーサルを受けた情報は長期記憶として蓄積されてゆく。また，短期記憶のワーキングメモリー内では，状況認識(SA: Situation Awareness)と呼ばれる認知過程を経ている⁹⁾。これは人がどのように状況を捉えて理解し，意思決定を行っているのかをモデル化したものである。このような情報処理の各過程に対して手がかり(外的資源)や記憶(内的資源)といった処理資源が与えられている。従って，得られた手がかりの効果も情報処理プロセスに影響を及ぼしていると考えられる。

6. メンタルモデル構築要素との関係性の仮説

本研究で得られた手がかりがメンタルモデル構築にどのような影響を及ぼすのか仮説を立てた。土井らはメンタルモデル構築について9項目の要素を提案している¹⁰⁾。この構築要素と手がかりの関係を調べることで、GUIにおける適切な手がかりによりメンタルモデルの構築を促すことができると考えられる。図2の枠線で囲まれたメンタルモデル部分と以下に関係性と手がかりの仮説を示す。

A. プランニング

問題を解決する前に目標と達成過程を設定し、問題解決を促すことである。操作手順の推論・理解の上位項目にあたるため、手順提示の手がかりに関わると考えられる。

B. 状況の理解

ユーザが自分の置かれている状況を把握することである。状況理解・エラー対応の手がかりと対応していると考えられる。

C. 表示の理解

操作時に必要な情報を入手し理解することである。表示に関わる手がかりがこれを促進するため、強調・グルーピングの手がかりとの関係が考えられる。

D. 概念の形成

対象に対するイメージや一般知識を形成する機能である。よって、アフォーダンスと振る舞い予測の手がかりを用いて操作に関する概念を形成すると考えられる。

E. メタファ

対象の特性と既存の知識を結びつけることである。メタファの効果をもつ手がかりと関連していると考えられる。

F. フィードバックの検討

操作後の動作や状態を把握し自身の操作を評価することである。しかし、本研究の手がかりでは現在の状況理解を促すものしか得られていない。よって、操作後に手がかりによってフィードバックの検討を促すことはできないと考えられる。

G. システムの振る舞いの予測

対象の動作や状況を予測し、その機能を理解することである。よって、操作・ふるまい予測の手がかりによって促進されると考えられる。

H. システム要素間の相互作用

システムを構成する要素の相互関係から構造や動作原理を理解することである。GUIにおいて動作を把握してその機能構造を理解するために構造の理解の手がかりが

使われると考えられる。

I. 操作記憶の想起

対象の操作中に同じまたは類似の操作を行う際に、以前の操作を想起することである。これは画面表示や操作が一貫している必要があるため、振る舞い予測のうち、一貫性に関わる手がかりと関係していると考えられる。

7. まとめ

GUI機器の事例調査によってGUI操作に関わる手がかりを抽出することができた。その結果、大きく3つの手がかりに分類され、10項目の手がかりの効果が得られた。さらに、これらの手がかりは人間の情報処理プロセスとメンタルモデルに影響を与えていることが考えられる。また、9項目のメンタルモデル構築要素への影響を考察し仮説を立てた。

今後は得られた手がかりを精査した上でGUI操作実験を行い、メンタルモデル構築要素との仮説を検証する必要がある。

参考文献

- 1) 海保博之, 原田悦子, 黒須正明: 認知的インタフェース, pp. i - iv, 32-35, 新曜社 (1991)
- 2) D. A. Norman, 野島久雄訳: 誰のためのデザイン?, pp. 311-312, 新曜社 (1990)
- 3) 山岡俊樹: 人間工学講義, pp. 282-283, 武蔵野美術大学出版局 (2002)
- 4) 池堂裕樹: 製品利用時におけるメンタルモデルの構造的検討, 和歌山大学システム工学部卒業論文 (2000)
- 5) 田畑幸辰: ユーザインタフェース設計における手がかり構造化の検討, 和歌山大学システム工学部卒業論文 (2001)
- 6) D. A. Norman: 複雑さと共に暮らす, pp. 99-104, 253-255, 新曜社 (2011)
- 7) Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M.: The control processes of short term memory, 225 (2):82-90 Scientific American (August 1971)
- 8) 高野陽太郎: 認知心理学 2 記憶, pp. 14-16, 東京大学出版会 (1995)
- 9) Mica R. Endsley: Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, vol.37 no.1, pp.32-64, HUMAN FACTORS (1995)
- 10) 土井俊久: インタフェース操作のメンタルモデル構築に関わる要素についての研究, 平成21年度日本人間工学会関西支部大会

ラフ集合を用いたサービス評価方法の提案

Proposal of Service Evaluation Method Using Rough Sets

○藤原義久*, 塩澤啓之**, 山岡俊樹**

*三洋電機 **和歌山大学

Yoshihisa Fujiwara*, Hiroyuki Shiozawa**, Toshiki Yamaoka**

* SANYO Electric.Co.,Ltd. , ** Wakayama University

1. はじめに

我々は、HDT (Human Design Technology) ¹⁾を用いてサービスの内容や質を観察するフレームと、その観察結果をラフ集合にて分析する手法を検討したので報告する。

2. HDT をベースとしたサービス観察

HDT とは人間と機械 (システム) のヒューマン・マシンインタフェースに発生する側面を、①情報入手、②理解・判断、③操作という情報処理プロセスから整理した理論である。今回、この理論を、顧客満足度を考慮しながらサービスを観察する手法に適用した。

具体的には、サービス受容者のタスク、受容者と提供者との間のやり取り (受渡物) に注目し、サービス内容や顧客満足度 (100 点満点) の変移をサービスの構成要素 8 項目 (共感, 配慮, 柔軟, 正確, 安心, 迅速, 平等, 態度) を用いて評価 ²⁾するフレーム (表 1) を策定、本フレームを用いたサービス観察を実施した。

表1. HDTをベースとしたサービス観察フレーム

時間	顧客行為	受渡物	店側 フロア 会計	顧客満足度	気配		適切な対応				態度 挨拶	
					共感	配慮	柔軟	正確	安心	迅速		平等
				事前 60								
1	移動	←誘導		70	4	4	3	3	4	3	3	3
4	注文	→注文		80	3	4	3	5	4	4	3	5
58 60	清算 退店	→お金		75 事後 75	3	3	3	3	2	2	3	2

3. サービス観察

今回のサービス観察は物品販売店にて行った。顧客として入店から退店までに生じるタスク、店との間で発生したやり取りを観察フレームに記述した。同時に

各々のタスク、やり取りに対して顧客満足度 (100 点満点) と構成要素項目 (5 段階) に係わる評価を実施した。

4. 観察結果のラフ集合による解析

今回、HDT を用いた観察結果をラフ集合 ³⁾にて分析した。具体的には、観察フレームの中から顧客満足度と構成要素項目に係わる評価を行ったタスク、やり取りを切り出し、評価点の変化とタスクの種類を分類した。分類した各要素は表 2 のように定義し、計 42 個のタスクを抽出して、表 3 の決定表を作成した。さらに、作成した決定表からラフ集合の下近似計算、また、構成要素の単位で満足度の影響を明らかにするため、下近似の計算結果を用いた決定ルール分析を行った。ルール分析から得られた各要素のスコアを表 4 に示す。

表 2. 形態要素分類

共感 低 A1	配慮 低 B1	柔軟 低 C1	正確 低 D1
普通 A2	普通 B2	普通 C2	普通 D2
高 A3	高 B3	高 C3	高 D3
安心 低 E1	迅速 低 F1	平等 低 G1	態度 低 H1
普通 E2	普通 F2	普通 G2	普通 H2
高 E3	高 F3	高 G3	高 H3
タスク			
レジ対応	T1		
商品説明	T2		
定型対応	T3		
個別対応	T4		

表 3. 決定表

	A	B	C	D	E	F	G	H	T	Y
	共感	配慮	柔軟	正確	安心	迅速	平等	態度	タスク	満足度
act. 1	A2	B1	C2	D2	E1	F2	G2	H2	T1	1
act. 2	A2	B2	C2	D2	E2	F3	G2	H2	T1	2
act. 3	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	T1	2
act. 4	A2	B2	C2	D2	E2	F1	G2	H3	T1	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
act. 40	A2	B3	C2	D3	E3	F2	G2	H2	T4	3
act. 41	A3	B3	C3	D2	E2	F3	G2	H2	T4	3
act. 42	A2	B2	C2	D3	E3	F3	G2	H2	T4	3

表 4. 標準化コラムスコア

			満足度		
			低下	変化なし	上昇
共感	低	A1	1.042		
	普通	A2	0.752	1.177	0.292
	高	A3	0.260		1.256
配慮	低	B1	1.042	0.307	
	普通	B2	0.521	1.766	0.197
	高	B3		0.307	1.979
柔軟	低	C1	0.694		
	普通	C2	0.260	0.757	
	高	C3		0.461	1.599
正確	低	D1	0.347		
	普通	D2	0.608	0.205	0.381
	高	D3		0.896	0.495
安心	低	E1	0.694	0.307	
	普通	E2	0.694	1.182	1.028
	高	E3	0.260	0.461	0.736
迅速	低	F1	0.868	0.461	
	普通	F2	0.260	0.563	0.349
	高	F3			0.571
平等	低	G1	0.347	0.287	
	普通	G2			
	高	G3	0.347		
態度	低	H1	0.347		
	普通	H2	1.273	0.804	0.457
	高	H3		0.589	0.812
	レジ対応	T1	0.347	1.535	0.063
	商品説明	T2	0.260	0.307	0.768
	定型対応	T3	1.447	0.409	0.038
	個別対応	T4	0.868	0.276	1.009
	組み合わせ率		64.29	42.11	81.82
	コラムスコア閾値		0.216	0.305	0.411
	配分スコア閾値		0.064	0.060	0.093
	決定ルールの数		28	34	42

コラムスコアから、各要素が満足度にどのように影響しているのかが見える。例えば、「共感」「配慮」は満足度の低下と上昇の両方に影響を及ぼし、「柔軟」「安心」は満足度の上昇、「態度」は主に満足度の低下に影響を及ぼしている様子が推察できる。

5. 考察

ラフ集合による分析を通じ、各項目の顧客満足度に対する影響が数値として得られ、顧客が持っている価値の感覚の一端を可視化することができた。これらの結果を考察する際には、狩野他（1984）が提唱する品質の分類が適用できる。狩野他は顧客の認識の違いから品質を「当たり前品質」、「魅力的品質」に分類しており⁴⁾、当たり前品質は、満たされなければ評価が低下するが、満たされても満足度の向上に直結しない品質を指し、魅力

的品質は満たされると満足するが、満たされない場合でも仕方ないと受け取られる品質を指す。「迅速で正確だと評価されたレジ対応」は、満足度の変化が少ないため当たり前品質であると考えられ、「柔軟」な対応は比較的低下の値が低く満足の上昇に寄与する値が大きいため魅力的品質であると考えられる。「共感」「配慮」は評価と満足度の上下が明確であるため、当たり前であり魅力的でもある一元的な品質であるといえる。

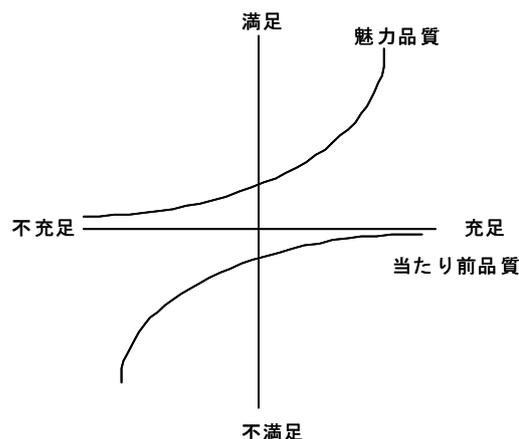


図1. 魅力的品質と当たり前品質のイメージ図

6. おわりに

HDT を用いてサービスを観察するフレームと観察結果をラフ集合にて分析する手法を検討した。サービス観察は、観察者の経験に依存する部分も多いが、今回、我々が提案する手法は、サービスの内容や質を客観的・定量的に評価できる有益なアプローチの一つであると考えられる。(本研究は日本人間工学会関西支部観察工学・サービス工学研究会(山岡俊樹会長)にて実施した。)

参考文献

- 1) 山岡俊樹：ヒューマンデザインテクノロジー入門，森北出版（2003）
- 2) 山岡俊樹：サービスデザインの方法，DESIGNPROTECT，No. 87，Vol. 23-3，(社)日本デザイン保護協会，PP. 32-40（2010）
- 3) 井上勝雄：ラフ集合の感性工学への応用ラフ集合の感性工学への応用，海文堂出版（2009）
- 4) 狩野紀昭，瀬楽信彦，高橋文夫，辻新一．魅力的品質と当たり前品質，品質，14，No. 2，pp. 39-48（1984）

製品事故情報の人間工学的視点による検討 ～テキストマイニング手法の応用～ Consideration from a viewpoint of ergonomics on information on product related accidents - Application of a text mining method -

○久本誠一*,**

*製品評価技術基盤機構 事故リスク情報分析室

**京都工芸繊維大学 総合プロセス研究センター

HISAMOTO Seiichi**

*National Institute of Technology and Evaluation,

**Holistic Prosthetics Research Center of Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

過去の製品事故情報に検討を加えることは、新たな製品の設計段階でのリスク低減策の検討や（事故の未然防止）、既販の類似製品による同種事故発生の予測の観点で（事故の再発防止）、極めて有用である。^{1),2),3),4)}

一方、製品事故情報のデータベースでは、一般に事故の内容や事故原因、対策等は自由記述の文章で記録されており、その分析は、製品の型式や発生場所等の数値や簡単な単語で記録された情報の分析に比して困難な作業となる。

本稿では、このような自由記述のテキスト情報を分析する手段としてテキストマイニング手法を適用し、製品事故情報を人間工学的視点からリスク分析した結果を報告する。

2. 対象データ

NITE（製品評価技術基盤機構）が2008年4月から2012年8月28日の間に受け付けた製品事故情報⁵⁾約2万件から、危害の大きな事故として、死亡事故352件を抽出して分析対象とした。当該事故情報では、属性データとして「事故発生日」「年度番号」「品目」「品名」「型式・機種」「製造・輸入事業者」「製品の使用期間」「事故通知者」「被害の種類」「原因区分コード」が、テキストデータとして「事故通知内容」「事故原因」「再発防止措置」がデータベース化され、NITEのホームページでは、これらに対してキーワード検索を行うことができる。「年度番号」は、事故案件を整理するための個別番号で、「被害の種類」は「1.死亡」「2.重傷」「3.

軽傷」「4.拡大被害」「5.製品破損」から「6.被害なし」の6段階に分類され、「原因区分コード」は、「設計不良」「製造不良」「品質管理不十分」「表示または取扱説明書の不備」「経年劣化」「設置・施工不良」「修理不良」「消費者の誤使用・不注意」「偶発的事故」等に分類してコード化されている。

3. 方法

分析にはテキストマイニングツール「True Teller」（株式会社野村総合研究所）を用い、csv形式に変換した事故情報データをインポートして分析した。

4. 結果と考察

4.1 人間工学的要因による事故の抽出

はじめに、テキストマイニング処理によって、352件の事故情報のテキストデータに含まれる全ての単語をリストアップし、そのうち、人間工学的要因に関係すると考えられる単語を抽出した。表1に典型的な単語20例を示す。

次に、これらの単語を含む事故を抽出したところ、352件中、158件の事故案件が得られた。これより、死亡事故352件のうちの半数近く（44.5%）が人間工学的要因によって発生している実態が明らかになった。これら158件を製品群ごとに整理すると、介護ベッド（柵や手すりを含む）が最多の35件で、ハンドル型電動車いす19件、石油ストーブ17件、電気ストーブ16件、ガスこんろ15件がこれに続き、心身の機能に制約をもつ人々や、高齢者が使用する製品による事故が多

いことがわかる。

表1 人間工学的要因に関連する単語例

No.	単語	品詞	No.	単語	品詞
1	取扱説明書	名詞	11	警告	名詞
2	転落する	動詞	12	転倒する	動詞
3	可燃物	名詞	13	転落	名詞
4	誤る	動詞	14	離れる	動詞
5	使用する(否定)	動詞	15	就寝する	動詞
6	接触する	動詞	16	消し忘れる	動詞
7	操作	名詞	17	不十分だ	形容詞
8	注意	名詞	18	運転する	動詞
9	確認する(否定)	動詞	19	取り付ける(否定)	動詞
10	落下する	動詞	20	放置する	動詞

表3 前処理前後のテキストデータ例

	事故内容+事故原因
未修正テキスト	未舗装のあぜ道から、当該製品ごと転落し、死亡した。調査の結果、当該製品は、転倒時に生じた変形以外に異常は認められず、走行性能に問題は認められなかった。使用者が荒れた路肩に寄り過ぎて運転操作を誤ったものと判断した。なお、本体及び取扱説明書に、転倒等の恐れがあるので、悪路での運転や傾斜面の横断を避けるよう注意記載されていた。
イベントチェーン	取説の注意喚起に反して、未舗装のあぜ道を走行した →荒れた路肩に寄りすぎた →運転操作を誤った →製品ごと転落した →死亡した
修正後のテキスト	未舗装のあぜ道の路肩に寄りすぎ、運転操作を誤って転落し、死亡した。

4.2 テキストデータの前処理

前項で抽出した人間工学系の死亡事故 158 件について、事故発生の機序を示す情報として、個々の「事故通知内容」と「事故原因」を結合し、さらに、これらに対してイベントチェーン（事象の連鎖）の観点から記述を修正して不要な情報（ノイズ）を除去した⁴⁾。記述の修正にあたっては、リスクアセスメントの観点から、事故の背景に存在したハザードを記述することを念頭に置いた。製品事故におけるハザードリストは、ISO 12100⁶⁾や ISO 14121-2⁷⁾で整理されているが、ここでは、欧州委員会（EC: European Communities）がとりまとめたリスト⁸⁾を基に再整理した（表2）。

また、記述の修正にあたっては、必要に応じて、製品の製造事業者等からの報告書も参照した。

表3は前処理の実施前後のテキストデータ例であるが、イベントチェーンのなかで、なぜ「荒れた路肩に寄りすぎた」のか、あるいは、なぜ「運転を誤った」のかは、被害者が死亡しているため特定不能であり、今後、軽度の事故やインシデントレベルの情報についての分析も必要と考えられる。

表2 人間工学的ハザードリスト

人間工学ハザード
不適切な姿勢の要求
過大な操作力の要求
解剖学的不適合
使用者が意図しない起動/停止（容易すぎる起動/停止）
停止が困難
予期できない起動（停電後等）
停止不能（停止できない仕様）
部品の取り付け不良（取付け困難、取付け後の緩み/脱落）
保護機能の不備
残留リスク表示の不備
警告（視覚、聴覚等）の不備

4.3 テキストマイニングとモデル化

前処理の完了した死亡事故 158 件について、テキストマイニングを実施した。158 件に含まれる単語のうち、出現頻度の高い上位 20 単語を表4に示す。さらに、これらの単語に対して係り受けの分析を行った結果から、出現頻度の高い上位 40 位を表5に示す。

表4 出現単語(上位 20 単語)

	単語	出現頻度 [%]	出現事故件数 [件]
1	死亡する	70.25	111
2	製品	67.09	106
3	推定する	51.90	82
4	原因	46.84	74
5	事故	46.20	73
6	ある	37.34	59
7	至る	37.34	59
8	火災	34.18	54
9	使用者	34.18	54
10	異常	30.38	48
11	状態	29.75	47
12	認める(否定)	29.11	46
13	発生する	27.85	44
14	死亡	26.58	42
15	発見する	26.58	42
16	挟む	25.95	41
17	ベッド	24.05	38
18	確認する	24.05	38
19	1名	22.15	35
20	結果	21.52	34

表5 係り受け（上位40位）

No.	単語1	単語2	品詞	出現事故件数 [件]
1	1名	死亡する	名一動	51
2	首	挟む	名一動	16
3	病院	搬送する	名一動	10
4	住宅	出火する	名一動	9
5	ベッド	挟む	名一動	8
6	可燃物	接触する	名一動	8
7	2階建て	出火する	名一動	7
8	火災	死亡する	名一動	7
9	状態	挟む	名一動	8
10	レール	挟む	名一動	6
11	火災	全焼する	名一動	6
12	火災	発生する	名一動	6
13	首	入り込む	名一動	6
14	中毒	死亡する	名一動	6
15	運転	誤る	名一動	5
16	記載	反する	名一動	5
17	隙間	挟む	名一動	5
18	隙間	入り込む	名一動	5
19	状態	発見する	名一動	5
20	男性	死亡する	名一動	5
21	2階建て	全焼する	名一動	4
22	2本	狭い	名一形	4
23	スベサ	取り付ける(否定)	名一動	4
24	てすり	挟む	名一動	4
25	ベッド	取り付ける	名一動	4
26	レール	取り付ける(否定)	名一動	4
27	下	狭い	名一形	4
28	可燃物	置く	名一動	4
29	火	消し忘れる	名一動	4
30	角部	ある	名一動	4
31	角部	取り付ける	名一動	4
32	換気	悪い	名一形	4
33	丸み	ある	名一動	4
34	隙間	狭い	名一形	4
35	建物	全焼する	名一動	4
36	使用者	死亡する	名一動	4
37	住宅	全焼する	名一動	4
38	上	狭い	名一形	4
39	場所	悪い	名一形	4
40	灯油	こぼれる	名一動	4

さらに、これらの係り受けを2次元面に表現して、本稿末尾の図1に示す。図1では、出現頻度の高い上位20組の係り受けについて、帰着点として中央に位置する「死亡する」を含めて、3階層の係り受けを表示した。本稿で分析した事故案件は、全て死亡事故であることから、係り受けの帰着点は「死亡する」である

が、「誤って転落する」、「川に転落する」、「側溝に転落する」等の、「転落」に関連した係り受けや、「首を挟む」、「ベッドで挟む」、「てすりで挟む」等の、身体を「挟む」ことに関連した係り受けが抽出された。

このように、係り受けの分析結果を、「一般消費者が陥りやすい誤使用や不注意」を分析することを目的に、人間工学的観点で検討すると、本稿で扱った事故情報からは、例えば以下のような事故の機序が読み取れる。

- ①（電動車いすの）運転操作を誤り（道路から川に）転落する。
- ② 誤って身体を（製品に）挟む。
- ③（発火に至らないと判断して）可燃物を熱源の近くに置き、出火する。
- ④ 取扱説明書の注意喚起を無視した使い方によって、事故に至る。

「4.2項」で例示したイベントチェーン（表3）に関連して述べたとおり、本稿では死亡事故を対象としたことから、例えば電動車いす事故においては、なぜ「荒れた路肩に寄りすぎた」のか、あるいは、なぜ「運転を誤った」のか等が不明であり、また、介護ベッドで身体を挟まれた事故においても、なぜリモコンの操作ボタンが押されたか等、被害者が陥ったヒューマンエラーを分析することは困難であるが、背景には、製品の間人工学設計の不備（表2のハザードリストに示した、不適切な姿勢の要求や、過大な操作力の要求等）や、設計者とユーザのメンタルモデルの不一致、予期しない事象（トリガ事象）の発生によるパニック、等が内在すると推察できる。

5. おわりに

テキストマイニング手法を用いて、製品事故のうち、死亡事故を対象に分析を行い、係り結びの分析結果から、事故の機序を抽出できることを確認した。

本稿では、死亡事故に限定して分析を行ったが、今後、軽度の危害を生じた事故や、インシデントも含めた分析を実施することで、一般消費者が陥りやすい誤使用や不注意事故のモードを抽出し、FTA(Fault Tree Analysis:故障の木解析)等の手法の基礎データを構築したい。

メンタルモデルの観点に基づく GUI 画面の設計方法の提案

The proposal of designing GUI based on mental model

○安井鯨太*, 山岡俊樹*

*和歌山大学システム工学部

YASUI Keita, YAMAOKA Toshiki
Wakayama University

1. 背景

より使いやすい GUI 設計をするためにはユーザのメンタルモデルに基づく設計が求められる。これまで GUI 画面の評価には、タスク分析やチェックリストなどが行われてきたが、メンタルモデルの観点による評価は表面的にしか行うことができなかった。そのため、問題の構造関係が曖昧になりがちであり、ユーザビリティの改善案は問題の事象ごとに考える場当たりの対応や根本的解決に至らないおそれがあった。

2. 目的

本稿では、メンタルモデルの観点によるユーザビリティ問題を根本的に改善するため、改善を対象依存の案ではなく、汎用的な GUI 設計方針としてまとめる。そのため、メンタルモデルの観点からユーザビリティ問題抽出、整理、根本原因の把握を行い、それに基づき GUI 設計方針を検討する。

3. 情報機器操作とメンタルモデルの関係の把握

はじめに、情報機器操作とメンタルモデルの関係について把握する。そのため、人間の情報処理プロセスと内的資源/外的資源との関係、2種類のメンタルモデル(Functional model / Structural model)の観点から考察を行う。本稿では、メンタルモデルを情報機器の操作イメージと定義する。

3.1. 情報処理プロセスと内的資源/外的資源

人間の行動は、すでに持っている知識や情報といった内的資源と外からの情報の外的資源を利用している。これを GUI 画面に当てはめると外的資源とは画面上の表示、説明、ヘルプなど、内的資源はユーザが操作に必要な知識や経験(GUI 操作中の文脈情報を含む)などである。

はじめに、内的資源と外的資源の関係を情報処理プロセスである「情報入手」「理解・判断」「操作」の3

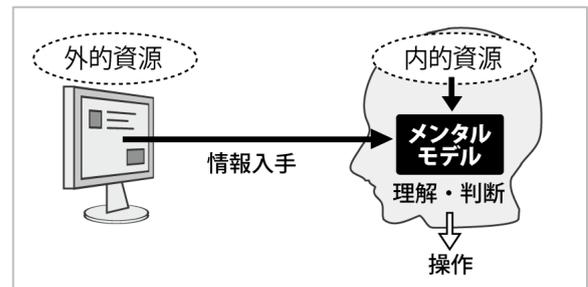


図1 情報処理プロセスと内的/外的資源の関係

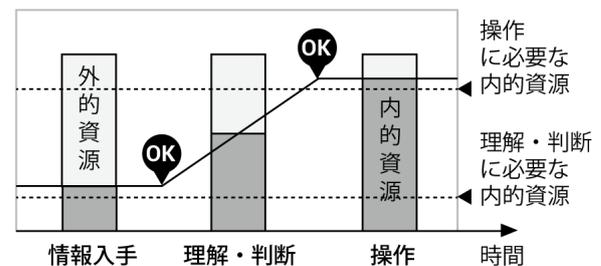


図2 ひとつの操作における内的/外的資源の変化つから考察する。GUI 画面における操作は画面上によって行われるため、はじめに外的資源から「情報入手」を行う。そして、「理解・判断」により入手した外的資源を内的資源に変換を行う。このとき、正しく外的資源を「理解・判断」するためには、内的資源が一定以上必要である。最後に操作を達成するために必要な内的資源が十分であれば「操作」がはじめて可能となる。これらのひとつの操作における内的/外的資源の変化についてを図2に示した。

先ほどの内容をもとに、ひとつの操作を達成するために必要な内的資源を考察すると、以下の3つが挙げられる。

- ①「情報入手」時に、「理解・判断」に必要な内的資源が十分である。
- ②「理解・判断」時に外的資源がを十分に内的資源に変換される。
- ③「操作」時に必要な内的資源が十分である。

3.2. 内的資源／外的資源とメンタルモデル

内的資源/外的資源とメンタルモデル(Functional Model / Structural) の関係を表1に示した。このとき、内的資源は GUI 画面に触れる前の状態のものと定義する。Functional Model は、そのシステムやデバイスの使い方(how-to-use-it)を表す手続き的な知識であり、Structural Model は、構造を表すモデルであり、システムがどのように動くのか(how-it-works)を表す¹⁾。

4. メンタルモデルに基づく GUI 画面方法の提案

メンタルモデルに基づく GUI 設計方法をユーザビリティ問題の抽出、問題の整理、根本的原因に基づき提案する。

4.1. 実験

ユーザのメンタルモデルと GUI 画面のユーザビリティ問題を把握するため、実験協力者に課題をこなしてもらい、操作過程をビデオで問題箇所を撮影、そしてプロトコル分析の発話データからなぜ操作が滞る原因を調査する。

(1)実験素材

今回は、特にユーザのメンタルモデル構築を中心に、実験協力者が馴染みのないソフトウェアを対象とした。また、対象ソフトウェアのレベルも考え、汎用ソフトウェアである「Microsoft Word 2013 (文書作成ソフト)」と専門ソフトウェアである「Autodesk Maya 2013(3DCG ソフト)」の2つを実験素材とした。

(3)実験協力者

実験協力者は大学生10名(男:8名,女:2名,平均:23才,SD:2.1)である。また、パソコン操作の経験に偏りがでないよう、満遍なく実験協力者を選んだ(パソコンの情報機器の習熟度についての意識については、苦手:2名,普通:4名,得意:4名である。)

(4)実験条件

実験課題は、14インチのノートPC上で行った。課題中はソフトウェアに組み込みのヘルプやビデオチュートリアルを使用可能としたが、インターネットによる検索は禁止した。

(5)課題内容

課題内容は簡単なものから普段なじみのないタスクまで幅広く選定した、課題は以下の通りである。

表1. メンタルモデルと内的/外的資源の関係

	Functional Model	Structural Model
内的資源	<ul style="list-style-type: none"> 用語の知識 手続き的知識や経験 	<ul style="list-style-type: none"> 動作原理 構造的知識.
外的資源	<ul style="list-style-type: none"> 手がかり (画面上の説明やアイコンまたは矢印や色など) フィードバック 	<ul style="list-style-type: none"> 画面上の要素間の構造的関係, 画面間のつながりや対応を示す情報.

1)Microsoft Word

- 表の作成(上下中央揃え…)
- 図の作成(図式の効果, 数式の入力)
- はがきの作成 (縦書き入力, 用紙サイズの変更)

2)Autodesk Maya 2013

- 立方体を作成/アニメーション.
- プレビューを高精度表示に変更
- 球の作成, 色の変更, レンダリング
- 基本図形の作成 (図形の作成移動, カメラ移動)

4.2. 結果

実験によって得られたユーザビリティ問題とプロトコル分析の結果を、3.1節で得られた内的/外的資源とメンタルモデルの分類をもとに表2にまとめた。

以下に内的資源と外的資源の特徴を示す。

(1)内的資源でみられた特徴

汎用ソフトウェアに比べ、専門ソフトウェアでは必要な内的資源が多い。経験については、利用者のメンタルモデルに従っていれば操作がスムーズに行われるが、そうでない場合、逆に経験が操作の障害となる場合がある。

(2) 外的資源でみられた特徴

汎用ソフトウェアでは画面に表示する情報が不足している、一方で専門ソフトウェアでは画面に表示する情報が多すぎて表示が理解できないことがあった。また、ヘルプやチュートリアルによって操作が示されていたが、GUI画面との対応が分かりづらいため、実際の手順に落とし込めない問題があった。

4.3. 考察

得られたユーザビリティ問題点について、3.1節で考察した情報処理プロセスと内的資源／外的資源の観点からその根本原因を探る。

表2 ユーザビリティ問題の内的/外的資源とメンタルモデル分類結果と考察

	Functional Model	Structural Model
内的資源	■汎用ソフトウェア(Word) 用語の知識については、一般的な用語なため、必要がなかった。経験については、なくても操作はできるが「数式ツール」など、以前に操作経験がある場合は、パフォーマンスが良かった。	■汎用ソフトウェア(Word) 構造的知識について、項目がどのカテゴリにあるのか分からないため、操作ができないことがあった。
	■専門ソフトウェア(Maya) 用語の知識について、「キーフレーム」や「レンダリング」といった3Dの専門用語がないため理解できないことがあった。経験について、Mayaは特殊操作を強いられるため、一般の経験がかえって邪魔になるケースもあった。(Mayaでは、右クリック長押しでメニュー表示され、通常の右クリックでメニューが表示されない。)	■専門ソフトウェア(Maya) 構造的知識について、同様に項目がどのカテゴリにあるのか分からないため、操作ができないことがあった。Mayaでは、それに加えて、3Dの概念に関する知識、動作原理について、特殊なGUI操作が用いられているため、これを理解できないことがあった。
外的資源	■汎用ソフトウェア(Word) 手がかりについて、アイコンの表現が分かりにくい、フラットなデザインでアフォーダンスに乏しいため、ボタンであることを認識しづらいといった問題があった。	■汎用ソフトウェア(Word) ヘルプ画面にて、実際の目的となる項目を探し、手順が表示されるものの、実際の手順に再生できない問題があった。
	■専門ソフトウェア(Maya) 手がかりについて、項目が多すぎるためにどこから見て良いのかわからない。フィードバックについて、3Dモデルは標準でワイヤーフレーム表示なため、操作完了したのか分かりづらい。	■専門ソフトウェア(Maya) チュートリアル画面にて、実際の目的となる項目を探し、手順が表示されるものの、実際の手順に再生できない問題があった。画面のレイアウトが複雑で、それぞれの領域でどのような繋がりがあるのか分かりにくい問題があった。

(1)内的資源が不足している

画面を理解判断するために最低限必要な知識や経験が不足していることを意味する。この原因として、利用者の知識や経験に基づいてGUI画面が設計されていないこと、利用者に求められる知識や経験が高すぎることの2つが挙げられる。

(2) 外的資源が不足している。

画面に表示する情報が不足していることを意味する。この原因は、必要な外的資源が検討されていない、または、1画面に収める機能が多すぎたり、画面サイズが小さすぎるため外的資源を表示できない2点が考えられる。

(3) 外的資源が上手く内的資源に変換できない。

GUI画面の表示が上手く理解できていないことを意味する。この原因として、内的資源が不足している、外的資源の表現が分かりづらいこと、操作時間が限られているなどが挙げられる。

外的資源の表現のFunctional modelに関する表現については、必要な項目が強調されていないため表示が理解できない、説明やフィードバックが欠けているため状況が理解できないといった問題が考えられる。

Structural modelに関する表現については、構造写像理論²⁾でいうところの、構造の類似性が離れているため理解できないことが考えられる。例を挙げると、ヘルプ画面にて、文章の構造とGUI画面の箇所の構造の関係(外的資源)の対応が不明なため、実際の操作(内的資源)が分からないことがある。

4.4. GUI 設計方法の提案

得られた問題の根本原因から、メンタルモデルに基づくGUI設計の方策を講じる。基本方針として、利用者のメンタルモデルに基づいて、GUI設計を行う。以下にその方策の3つの手順についてを重要度順に述べる。

(1)できるだけ操作に必要な内的資源を減らす

外部仕様を検討し、システムの全体の機能、表示デバイスが利用者の内的資源にあっていないか確認する。操作の所要時間にあわせて1画面に詰め込む機能、情報量を検討する。

(2)操作に必要な内的資源を補充する

表示デバイスや1画面に詰め込む機能の制約により、必要な内的資源をこれ以上減らせない場合がある。このとき、操作に必要な内的資源を外的資源に

より補充する方法を考える。次の3つの方法を示す。

1) 操作画面に必要な内的資源を埋め込む。

メンタルモデルの Functional model の観点から考え、画面の用語、手がかり、フィードバックなどを検討し、操作に必要な内的資源を画面に埋め込む。次に Structural model の外的資源について画面への埋め込みを検討する。

2) 操作する前に説明を加える。

操作に必要な情報が多すぎるとき、またはその説明が重要な場合、操作する前にその説明を加える。このとき、説明の表示は、ユーザのもつ内的資源(知識や経験)に合わせて説明の表現を検討する。

3) 操作に躓いたときにヘルプが見られるようにする。

製品のコンセプトに基づいて、操作にかけられる所要時間が短いほうが良い時、操作に必要な情報が多すぎるとき、または利用頻度の低い情報のとき、操作につまずいた時にヘルプが見られるようにする。

(3)できるだけ分かりやすい構造を与える

操作に必要な内的資源を外的資源によって補充する際に、構造の表現については次の点を留意し、ユーザが外的資源を上手く内的資源に変換できるようにする。

① 説明やヘルプにて、知識を示す場合は、説明する知識の構造に最も近い構造、またはシンプルな構造を与える。② 手順について示す場合は、説明する操作手順が実際の操作画面に最も近い構造を与える。例えば、操作手順は文章だけでなく、図式化して示す、チュートリアルによって動画を見せる、実際の画面に説明をオーバーレイしながら手順を追わせるといった方策が考えられる。後者であるほど、説明方法が実際に行う手順に類似しているため、操作がしやすい。

4.5. GUI 設計方策のまとめ

先ほどのメンタルモデルに基づく GUI 設計方法について、別の視点でまとめると、不足する内的資源の量、所要時間やシステムの複雑さといった制約条件で、方策が変わることが分かる。それらの概要を図4に示した。理想型、慎重型、安心型、学習型の4パターンでまとめ、縦軸を所要時間、横軸をシステムの複雑さとし、それぞれ不足する内的資源の量については、メンタルモデルの観点から、それぞれの方策に割り当てた。

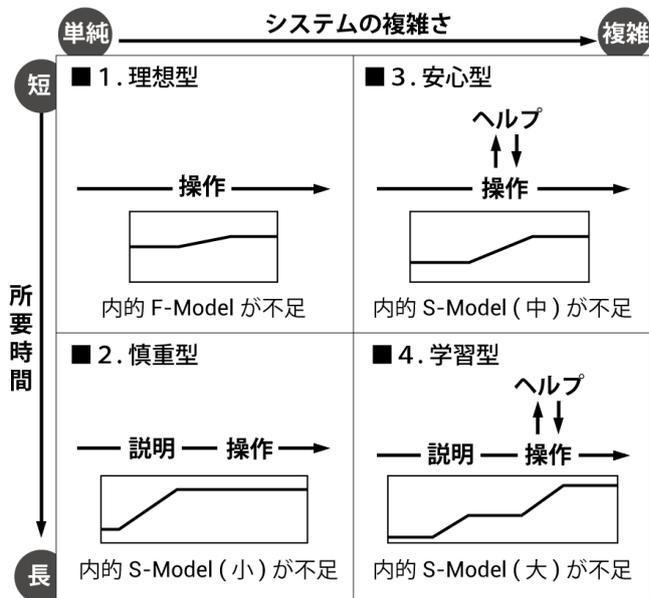


図4 GUI 設計方策の画面遷移
(各領域の下の図は内的資源の量のイメージを示す)
(F-Model,S-Model は、それぞれ Functional Model, Structural Model を表す)

理想型、慎重型、安心型、学習型の順番で検討し、システムの要求事項や情報量に応じて、これらを使い分けることが可能である。今回の汎用ソフトウェアである Word は安心型、専門ソフトウェアである Maya は学習型であった。

5. まとめ

メンタルモデルの観点によりユーザビリティ評価を行った。表面的な問題だけでなく、その根本原因の特定や問題間の関係を構造的にとらえることができ、GUI 設計方法として講じることができた。そのため改善策を場当たりに対応するのではなく、俯瞰して改善策を考えることができ、柔軟性の高い対応が可能になったと考えられる。

参考文献

1)Jenny Preece, Yvonne Rogers, Helen Sharp, David Benyon, Simon Holland, Tom Carey, "HUMAN-COMPUTER INTERACTION", Addison-Wesley, pp.134-137, 1994
2)Gentner, Structure Mapping: A theoretical framework for analogy. Cognitive Science, 7, pp155-170,1983.

SCD の考え方に基づいた社内業務システムの開発・運用手法の一考察

A Study of Development and Operation Method Based On SCD

○新家敦*

*株式会社島津ビジネスシステムズ

SHINYA Atsushi *

* Shimadzu Business Systems Corporation

1. SCD(Social Centered Design)について

日本人間工学会アーゴデザイン部会（部会長：上田義弘氏）では、2012 年度より研究テーマを「HCD+SCD を考えるー人間中心と社会環境中心の双方からアーゴデザインを考えるー」として活動を開始した。HCD（Human Centered Design：人間中心設計）とは、製品について、それを使用するユーザの立場から設計する手法である。今後は、この手法に加えて製品に直接的に関与する人間だけでなく、間接的に関係する人間も含めた、社会的な環境までを考慮して設計する考え方、SCD（Social Centered Design：社会中心設計）の視点が必要であるとする考え方である。SCD の概念では、デザイン対象領域について、「ユーザが製品を使用する」というワンシーンから時間的・空間的に拡張することになる。その製品ができるまでのプロセスに始まり、使用後の廃棄プロセスまでという時間的拡張、および直接製品を使用する人から、その製品によって間接的に影響される人までという空間的拡張である。

2. 参加型デザイン

SCD の考え方の一つに「参加型デザイン」がある。参加型デザインは街づくりに端を発し、その後製品分野へと広まって来ている。この考え方は、使用者が主体となってアイデアを出すことから、実際にモノを作るところまでの広い範囲をカバーしている。

この手法は、企業内の業務システムにおいても有効に機能すると思われると共に、業務システムの開発現場ではまさに参加型デザインの図式となっていると感じられる。

企業の業務担当者は自分の業務を遂行するという役割を持つため、その業務のための社内業務システムを

開発するときには主体的なユーザとしての参加が望ましいと思われ、実際に業務を熟知したユーザが代表者として開発に参加していることが多い。

3. 企業内業務システム

企業内の業務システムの開発において、参加型デザインの考え方を応用することができる。

企業内システムを更新する場合においては、2 通りの方針が考えられる。

1 つは既存の業務システムをより使いやすく変更する場合（業務システム改善）、他方は、より高次の視点から業務を捉え直し、業務システムを刷新する場合（業務システム革新）である。

ただし、後者の業務システム刷新の場合は、その後業務システムをより使いやすく変更するというフェーズが来ることになるため、両者の間には連続性がある。

新規に業務システムを導入する場合には、その業務の関係者から代表者を出し、システム開発者と共に要求仕様をまとめていくが、これが参加型デザインに通じるものとなる。

ただし、要求仕様段階では机上にて実体のないソフトウェアの動作を定義していくため、実務の感覚との乖離が大きい。このため要求仕様通りに業務システムを開発したとしても、それをを用いて業務を開始した途端に業務担当者からの苦情や改善要望が出る人が多いのが実情である。

4. 開発と運用について

一例として、2011 年 10 月より 2012 年 3 月まで

開発を行い、2012年4月に運用を開始した社内の一部門でのサービス業務の案件管理システムについて、開発後半からの追加要望件数を図1に示す。

新システムの運用開始直前には動作テストを行うが、2012年3月において業務担当者からの追加要望は急増している。この急増は、2012年2月までは開発関係者だけで机上でソフトウェアの動作を検討していたが、2012年3月より実際に業務担当者全員による動作テストが始まったためである。

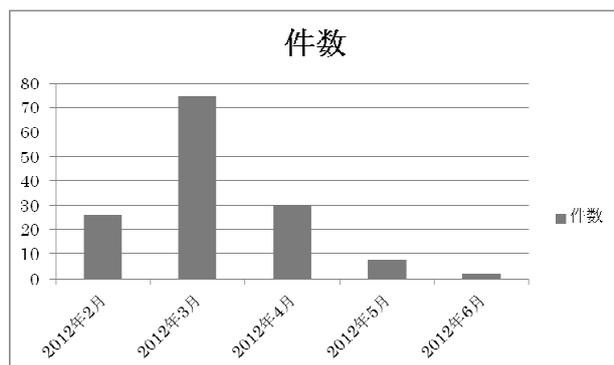


図1 サービス業務案件管理システムの追加要望件数推移

5. 考察

図1において、2012年4月以降は運用フェーズに入っていることに注目したい。実運用に入った後でも、動作不具合以外の追加要望が終息していない。このため、開発担当者は開発を延長して対応しているのである。

さて、このフェーズ不整合を解決するには、実データを使用した、業務担当者全員による実運用レベルのテストを開発フェーズで行うことである。すなわち、図1における追加要望案件数の終息する2012年4月までを開発フェーズと見なせば、運用開始後の要望はわずかであることになる。(図2-1, 図2-2)

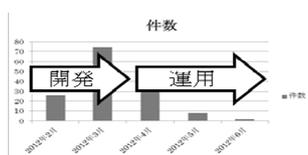


図2-1 開発・運用1

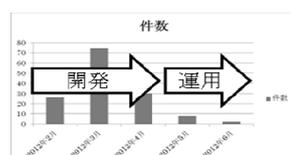


図2-2 開発・運用2

テスト時と運用時の業務担当者の意識の差は、データが実際のデータであるかどうかの大きと思われる。

この意識の差を解消するためには、開発初期段階から、実データを使用した、正しい動作を保証する小規模システムを開発し続け、次第に最終形に近づけていくことである。このためには、開発初期においては、工数のかかるユーザインタフェースを簡素なものにすることでシステムの動作を優先して実装するなどの工夫が必要である。

なお、このような開発手法は「アジャイル開発」と呼ばれ、次第に事例が増えてきているものである。

これにより参加型デザインにおけるユーザ側のPDCA サイクル²⁾を短期間で回せるようになり、参加型デザインのメリットが有効に生かせるようになると考えられる。

6. おわりに

SCD、特に参加型デザインについて社内業務システムの開発スタイルおよびその問題点について述べてきた。特に、参加型デザインにおいて開発と運用というフェーズ分けが曖昧になってきていることについては、このデザイン手法における本質的なものではないかと考える。

このことは、参加型デザインという社内業務システムに最適な手法を用いるためには、従来型の企業内のシステム開発部門・システム運用部門という業務分担の見直しが迫られるものと思われる。

参考文献

- 1) 西内 信之: ユーザ参加型のデザインと人間中心設計, 日本人間工学会関東支部大会第41回大会予稿集, (2011)
- 2) 新家敦: ユーザサイドPDCAによるサービス改善指標の提案, pp. 29-30, 日本人間工学会アーゴデザイン部会主催 コンセプト事例発表会2012予稿集 (2012).

B会場

一般セッション

3号館3階3402教室

9 : 30-10 : 45 **生理計測**

座長: 川野常夫(摂南大学)

- B1 空気噴流刺激を用いた触覚ディスプレイの弁別閾の時空間特性
- B2 視覚障害者のための点字学習システムの開発
- B3 体性感覚刺激における活性度の変化:f-NIRS研究
- B4 運動開始予告から運動開始までの間隔が運動準備電位及び肘屈曲運動に与える影響
- B5 運動関連電位と運動精度の関係性の調査およびその応用に関する検討

10 : 55-12 : 10 **動作**

座長: 萩原啓(立命館大学)

- B6 長時間の単純作業における作業効率および生体反応の検証
- B7 経験年数が異なるバット削り職人の動作解析
- B8 京うちわ作製工程における「もみ工程」の分析
- B9 高齢者の体の動きを入力とするグループレクリエーション向けゲームシステムの開発
- B10 身体活動の増加を目指したボクササイズシステムの開発

14 : 40-15 : 40 **システム**

座長: 久保博子(奈良女子大学)

- B11 マイクロ波を用いた就寝時の異常呼吸検出の試み
- B12 睡眠時体動の計測手法の違いによる特徴抽出
- B13 3次元動作解析を用いた理学療法士の治療効果検証に対する一考察
- B14 タブレットPCを用いた腰痛判定カメラの機能拡張

15 : 50-17 : 05 **音・照明**

座長: 大須賀美恵子(大阪工業大学)

- B15 騒音下の会話における会話相手の顔映像が光刺激反応に与える効果
- B16 休憩室の照明システムとそのリラックス程度と次の仕事の量
- B17 タスク遂行時の音刺激が作業効率および心身機能へ及ぼす影響
- B18 一般事務室での照明システムとそのパフォーマンス
- B19 会議室の照明システムとそのパフォーマンス

空気噴流刺激を用いた触覚ディスプレイの弁別閾の時空間特性

Spatio-temporal characteristics of inter-stimulus distance perceived by tactile display using air-jet stimuli

○木戸順規*, 小谷賢太郎**, 鈴木哲**, 朝尾隆文**

*関西大学大学院理工学研究科, **関西大学システム理工学部

KIDO Nobuki*, KOTANI Kentaro*, SUZUKI Satoshi*, ASAO Takafumi*

* Graduate School of Engineering, Kansai University, ** Faculty of Engineering Science, Kansai University

1. はじめに

触覚ディスプレイの開発においてのその伝達媒体であるアクチュエータは様々なタイプが検討されてきた。これまでに開発されてきた触覚ディスプレイのアクチュエータは機械振動刺激や電気刺激といった接触型であるために主にアクチュエータと呈示部の接触不良¹⁾や長時間の使用で不快感を与えること²⁾などの問題があった。そこで、我々は無拘束かつ安全性が高いとされている³⁾ 空気に着目し、従来のアクチュエータの問題点を解決可能であると考えられる空気噴流を使用した非接触型の触覚ディスプレイを開発している。

触覚ディスプレイで文字や図形などの情報を呈示する際、伝達する刺激パターンを同時に呈示する方法よりも、1ピンずつ逐次時間差をつけて呈示する情報呈示がなぞり感を生成することが出来るため、正答率が高い⁴⁾ といった報告があり、一度にすべての情報を呈示するのではなく、時系列で情報を呈示し、これを受動触によって認識する場合が有効であると考えられる。したがって、より正確にユーザーへ情報を伝達するためには触覚の二点弁別閾のみならず時間が触覚認知に与える影響を含む時空間的な認知特性を求めることが重要である。

触覚の時空間特性として Murray ら⁵⁾ は刺激素子に aesthesiometer を用いて身体 12 か所での同時及び遅延時間を与えた二刺激の弁別閾を求めた。その結果、掌では同時二点弁別閾が 7.8mm であったが、後続刺激を 1.0s 遅延させると約 2.5mm, 8.0s 以降では約 5.0mm となることを示した。同時刺激よりも遅延時間を与えた時が二点弁別閾が低下した原因として同時刺激時は側抑制が発生するが、時間差をあけることによ

って側抑制が起こらなかったことが原因ではないかと述べている。

我々が開発している触覚ディスプレイではノズル口径 1.0mm の空気噴流刺激を使用しており、Murray らの実験とは刺激を与える面積が異なる点、さらに刺激媒体が流体である点から刺激の知覚特性が異なる可能性が考えられる。

よって、本研究では空気噴流刺激での時空間特性として刺激間距離を変化させた条件下で同時刺激を含む遅延時間を与えた際の二刺激弁別の誤答率と弁別閾を求め、刺激間距離と遅延時間が触覚認知に与える影響を求めた。

2. 空気噴流刺激型触覚ディスプレイ

製作した触覚ディスプレイの概略図を図 1 に示す。エアコンプレッサ(日立工機 EC1430H2)で空気を圧縮し、精密レギュレータ(CKD RP2000-8-08-G49PBE)で空気を適切な圧力に調整し、12×12のマトリックス状に穴がつけられたディスプレイ部から掌へ空気を呈示する。空気噴流刺激の圧力・呈示時間はパソコンから電空レギュレータ(CKD EVD-1900-P08 SN)に、刺激の呈示位置を制御するバルブ開閉はパソコンから電磁バルブ(KOGANEI 025E1-2 (DC24V))に信号を送る。

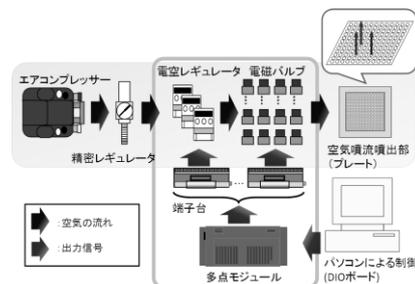


図 1 空気噴流刺激型触覚ディスプレイ概略

3. 実験方法

3.1 実験環境

図2のように、被験者の非利き手掌をディスプレイ部(図3)にかざし、掌の位置は空気が漏れないように調整した。手の位置を決定後、音を遮断するために耳栓をつけ、ノイズキャンセリング機能をもつヘッドホンを装着させた。



図2 被験者の様子

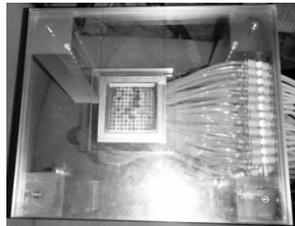


図3 ディスプレイ部

3.2 実験手順

実験手順を以下に示す。また、実験条件を表1に、一試行の流れを図4に示す。

1. 被験者の掌の位置を決定し、手形を作成する。
2. 実験は各条件の二刺激を呈示し、被験者は二刺激が同位置及び異位置の二者択一で回答する。
3. 被験者の回答を記録し、次の試行に移る。
4. 1セット計49試行(遅延時間7水準×刺激間距離7水準)、ただし、全体では3セット×3セッション分の計441回をランダムで呈示する。
5. 1セット終了ごとに休憩を挟み、実験再開時は手形に手を合わせて位置のズレが無いようにする。

表1 実験条件

被験者	8名
呈示圧力	100kPa
呈示時間	0.5s
呈示位置	掌上の3セクション (基節骨下部, 手掌上部, 手掌中央部)
遅延時間	0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 [s](7水準)
刺激間距離	0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 [mm](7水準) <上記2条件をフルランダム>
試行回数	時間7条件×距離7条件×くり返し3回 ×3セクション= 441回

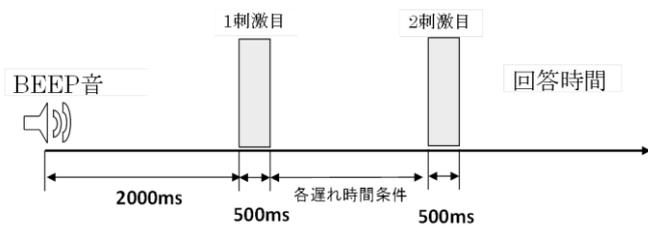


図4 一試行の流れ

3.3 二点弁別閾推定方法

本実験では同位置及び異位置の二者択一での回答としたため、誤答率が50%となる刺激間距離を二点弁別閾とすることとした。ところで各条件の実験結果から式(1)を使用して二点弁別閾を推定した。図5に二点弁別閾を推定する際に用いたパラメータとそれらの関係について示す。

$$d_{\text{threshold}} = d_L + \left\{ \frac{E(d_H) - 50}{E(d_H) - E(d_L)} \right\} \times (d_L - d_H) \quad \dots (1)$$

ただし、

$d_{\text{threshold}}$: 二点弁別閾の推定値[mm]

d_L : 最小刺激間距離(本実験では4mm)

d_H : 有意に誤答率が変化した最小刺激間距離[mm]

$E(d)$: 刺激間距離 d における誤答率[%]

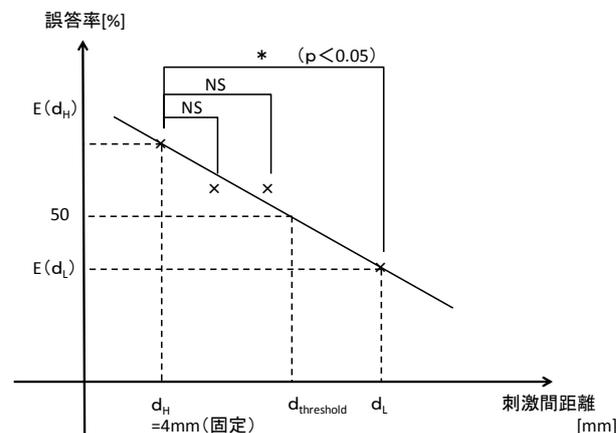


図5 本実験で用いた二点弁別閾の推定方法

4. 実験結果

セクションごとの各刺激間距離と遅れ時間での誤答率を表2に示す。この結果よりすべてのセクションにおいて4~8mmで誤答率は高くなっていた。また、図6に示す通り、基節骨下部、手掌上部、手掌中央部の順で誤答率が有意($p < 0.01$)に上昇していた。

表2 遅れ時間および刺激間距離と誤答率の関係
(a) 基節骨下部

距離 [mm]	時間 [sec]						
	0.0	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0
0	-	17%	4%	4%	0%	8%	33%
4	75%	67%	83%	83%	75%	79%	67%
8	63%	42%	38%	38%	42%	38%	58%
12	25%	4%	13%	25%	21%	13%	13%
16	0%	8%	13%	4%	8%	13%	8%
20	4%	4%	0%	8%	0%	0%	4%
24	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%

(b) 手掌上部

距離 [mm]	時間 [sec]						
	0.0	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0
0	-	0%	8%	13%	4%	21%	17%
4	79%	83%	96%	83%	83%	71%	67%
8	71%	54%	46%	63%	50%	42%	42%
12	29%	21%	4%	8%	21%	8%	29%
16	4%	4%	8%	4%	4%	13%	4%
20	4%	0%	0%	4%	0%	0%	8%
24	0%	0%	0%	0%	4%	0%	4%

(c) 手掌中央部

距離 [mm]	時間 [sec]						
	0.0	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0
0	-	4%	0%	4%	8%	25%	29%
4	92%	92%	75%	79%	79%	67%	71%
8	75%	50%	54%	71%	46%	46%	50%
12	25%	8%	42%	25%	33%	46%	29%
16	17%	17%	21%	21%	4%	21%	8%
20	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%
24	4%	0%	4%	0%	13%	0%	8%

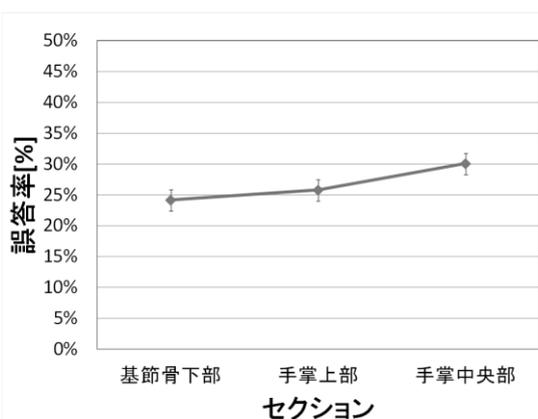


図6 セクションと誤答率の関係

刺激間距離と誤答率の関係を図7に示す。図7より刺激間距離が増加するにつれて誤答率が有意($p < 0.01$)に低下していた。

セクション、遅れ時間ごとの二点弁別閾の推定結果を表3に示す。表3より、空気噴流での二点弁別閾は、同時条件で約8.0mm、遅れ時間条件で約7.4mm～8.3mmであった。遅れ時間と二点弁別閾の関係を図8に示す。二点弁別閾に関して同時呈示時と遅れ時間を与えて呈示した時の間に有意差($p < 0.05$)がみられた。しかし、0.5s以降の遅れ時間同士では有意差はみられなかった。

図9にセクションごとの遅れ時間と二点弁別閾の関係を示す。二点弁別閾に関してセクション間で有意差($p < 0.01$)がみられた。よって、基節骨下部、手掌上部、手掌中央部の順で有意に二点弁別閾が広がっていると言える。手掌上部では他と異なる傾向となったが、基

節骨下部、手掌中央部では遅れ時間0.5sで二点弁別閾は小さくなり、2.0sまでに一度増加した後、その後ほぼ一定の値を示していた。

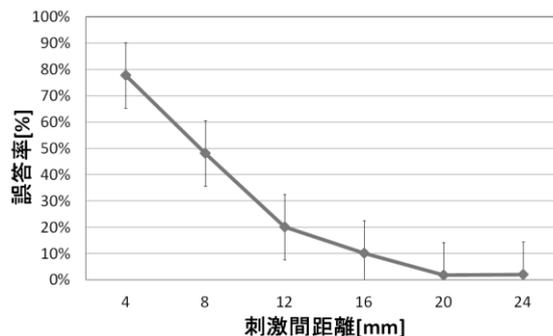


図7 刺激間距離と誤答率の関係

表3 二点弁別閾の推定結果

時間	0.0s	0.5s	1.0s	2.0s	4.0s	8.0s	16.0s
基節骨下部	8.0	6.2	7.7	6.9	7.7	7.5	6.5
手掌上部	8.6	8.2	8.0	7.5	8.2	6.7	7.6
手掌中央部	11.3	8.0	9.5	8.3	9.1	8.5	8.0
セクション平均	9.3	7.5	8.4	7.6	8.3	7.5	7.4

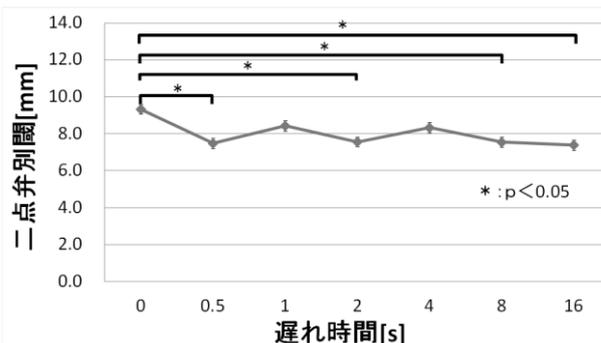


図8 遅れ時間と二点弁別閾の関係

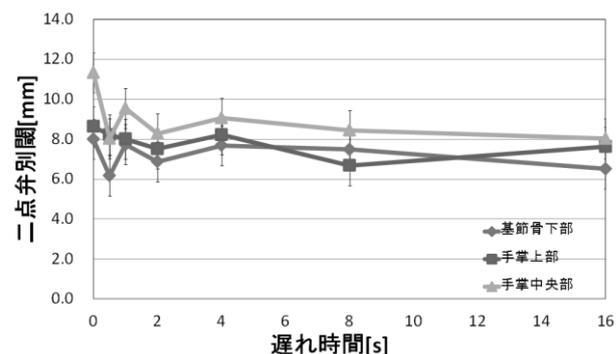


図9 各セクションでの遅れ時間と二点弁別閾の関係

5. 考察

図6, 9の結果より、基節骨下部から手掌中央部にかけて感度が低下していると考えられる。この結果は、嶋脇ら⁶⁾が静的二点弁別法で求めた結果、すなわち掌の感度分布として指の付け根部分が最も感度

がよく、掌の中央部分が最も感度が悪いと示した結果と一致している。よって、空気噴流を用いた圧刺激であってもピン等の固体での圧刺激と感度分布の傾向が類似していると考えられる。

図7の結果より、刺激間距離が長くなるほど二刺激の弁別が可能になり、今回の実験条件であるノズル口径1.0mm、ノズル-掌間距離5.0mmの条件において約20mmの刺激間距離を与えるとほぼ確実に弁別可能であった。ただし、ノズル-掌間の距離が増加するほど空気噴流刺激の刺激面積が大きくなるため、ノズル-掌間の距離によって弁別可能な距離も変化すると予想される。

Murrayら⁵⁾は掌では同時二点弁別閾が7.8mm、遅延時間条件では1.0sで約2.5mm、8.0s以降では約5.0mmであることを示した。表3に示す本研究での二点弁別閾推定結果と比較すると、本実験における同時条件は平均1.5mm、遅れ時間条件は約2.5~5.0mm程度二点弁別閾が大きいと考えられる。Murrayらは細いピン刺激であるのに対し我々はノズル口径1.0mmの空気噴流刺激であるために掌に与える刺激面積はピン刺激よりも大きい点が触覚の空間特性を低下させていたと考えられる。

図8の遅れ時間と二点弁別閾の結果より、遅れ時間を付与することで同時条件よりも有意に二点弁別閾が低下することがわかった。この結果はMurrayらの結果と一致している。Murrayらは同時条件では側抑制が起こり、二点弁別閾が大きくなったと考察しており、空気噴流刺激でも同様の現象が起きたと考えられる。また、Murrayらの結果では遅れ時間が大きくなるにつれて指数的に二点弁別閾が増加していた。本実験では遅れ時間を付与すると二点弁別閾は向上するが、遅れ時間がさらに増加しても二点弁別閾は明瞭に変化しなかった。空気噴流刺激では遅れ時間が短い条件時に一刺激目の空気噴流が二刺激目の空気噴流と干渉することや、流体の特性として刺激を与えた後に刺激位置の周りにも流れてしまうことで二刺激目が与えられる前に触覚をマスキングしてしまっていた可能性が考えられる。これらの空気噴流刺激特有の現象が本実験の結果がMurrayらの結果とは異なった原因ではないか

と推察している。

6. まとめ

空気噴流刺激での刺激間距離と遅延時間を変化させた二刺激弁別実験を行い、以下の事がわかった。

- ・指付根から掌中央に向けて二点弁別閾が増加、すなわち感度が低くなった。
- ・二点弁別閾は同時刺激条件時で約9mm、遅れ時間条件時で約7.5~8.5mmであり、ピン刺激と比べて同時条件では約15%、遅れ時間条件では最大で約3倍大きくなった。
- ・空気噴流刺激においても遅延時間条件時に二点弁別閾は低下したが、遅延時間条件間では16sまでは変化を示さなかった。

空気噴流刺激での時空間特性は全般的にはピン刺激等の刺激と類似した傾向をもつものの、流体を用いた刺激であることの影響の可能性も認められた。空気噴流刺激は呈示圧力が増加するほど流量が増加するため、呈示圧力がそれぞれの刺激間での空気の干渉や刺激後の空気の流れが触覚に影響すると考えられる。よって、今後は空気噴流刺激の呈示圧力の違いが時空間特性に与える影響を求めていく。

謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費(24370103, 24657182)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 岩本貴之, 篠田裕之: 音響放射圧の走査による触覚ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティー学会論文誌, Vol.11, No.1, pp. 77-86 (2006).
- 2) 阿曾沼樹, 松本三千人, 和田親宗: 顔面への触覚刺激による方向呈示, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.65-74 (2006).
- 3) Suzuki Y, Kobayashi M: Air jet driven force feedback in virtual reality, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.25, No.1, pp.44-47(2005).
- 4) 松本悟志, 嶋脇聡, 酒井直隆: コイル形状記憶合金を用いた触覚ディスプレイの評価, 人間工学会, Vol.45, No.2, pp.135-140 (2009).
- 5) D.J.Murray, Roger Wand, W.E.Hockley: Tactile short-term memory in relation to the two-point threshold, Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol.27, PP.303-312, (1975).
- 6) 嶋脇聡, 酒井直隆, 鈴木章之: 手掌面における静的・動的触覚の測定, 日本機械学会論文集, Vol.71, No.704, (2005).

視覚障害者のための点字学習システムの開発

Development of Braille Learning System for Visually Impaired People

○崔 春学*, 桑原教彰*, 森本一成*

*京都工芸繊維大学大学院

CUI Chunxue*, KUWAHARA Noriaki* and MORIMOTO Kazunari*

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

1. はじめに

点字は視覚障害者が触覚を用いて様々な情報を認識するときには有用な文字であり、彼らにとって非常に重要である。日本眼科医会によると2007年の視覚障害者数は約164万人に上るが、点字の読み書きができる人は10%にも満たない[1]。これは点字の教育機関と指導者が少ないことが原因の1つだと考えられる。また単独で学習できる環境や装置が十分に用意されていないことも指摘できる。

本研究では視覚障害者の点字学習を支援するために、点字ディスプレイを用いて学習者が単独で点字を効果的に学習できるシステムを開発することを目的とする。

2. 点字学習システムの構成

本研究で開発中の点字学習システムは図1に示すように点字ディスプレイ、マイク、並びにパソコンで構成されている。

図2に示す点字ディスプレイは六点入力キー、16マス点字表示部、送りキーで構成されている。丸で囲まれた六点入力キーはパーキンス式配列（左から3, 2, 1-4, 5, 6の点）である[2]。六点入力キーを使い点字を入力できる。送りキーは六点入力キー

の下にあり、入力した文字を確定する。16マス表示部に入力した点字や点字の文書などが表示される。

点字学習には点字触読学習と点字入力学習の2つがある。点字触読学習では学習者が点字ディスプレイに表示された点字を触り、その点字の形を覚えながら学習する。開発中のシステムでは、パソコンで問題を点字ディスプレイに送り、それをピンの組み合わせで表示する。学習者はその点字を手で触り、認識した文字が何かについて発話で答える。発話の音声はマイクで収録され、音声認識ソフトウェアJuliusにより自動認識される。次に認識された音声と答えを比較し、正解のときは「正解です。」不正解のときは「不正解です、答えは〇〇です。」と音声で返答される。なお、学習者の正解率に応じて問題の難易度を変えることができ、触読学習のための問題は十二支・花・野菜・魚などの名前で用意している[3]。

一方、点字入力学習では学習者が点字ディスプレイ装置を使って点字を打つ。点字の形をイメージで覚えて学習する。音声で読みあげられた問題を学習者に点字で入力させる。システムは入力された文字と問題の答えを比較し、正解のときは「正解です。」



図1 点字学習システム

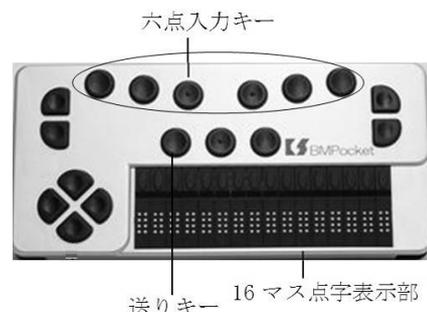


図2 点字ディスプレイ

不正解のときは「不正解です、表示された正解を触って確認してください。」と音声で返答する。同時に点字ディスプレイ上には、正解のときは「正しい答え」が、不正解のときは「入力した単語+2文字分のスペース+正しい答え」が表示される。なお、学習者の正解率に応じて問題の難易度を変えることができる。点字入力の練習問題は学校で使用している点字教科書から抜粋し、2文字、3文字、4文字、3文字と4文字混合の4段階のレベルを設けた。

3. 点字学習システムの改善のための予備評価と実験計画

開発中の点字学習システムの使いやすさを評価するために、子供の頃から点字を学習している先天的な視覚障害者（全盲）に点字学習システムを使用してもらい、意見を聞いた。その視覚障害者は普段、点字ディスプレイを用いて、文章の読み書きを行っている。また、長い文書の点字資料なども読むことができる。

視覚障害者は最初に鳥の名前についての点字触読学習を2回行った。さらに3文字の点字入力学習も2回行った。その後被験者に良い点、悪い点について聞き取り調査を行った。調査の結果、点字ディスプレイに対する評価として、点字触読学習に用いられている点字が墨字と異なる表記になっていることについての指摘があった[4]。例えば、墨字では「ハクチョウ」と表記されるが、点字では「ハクチャー」と表記される。また、点字入力学習については、不正解のときに点字ディスプレイ上に表示される「入力した単語+2文字分のスペース+正しい答え」のスペースが狭いことが指摘された。この指摘については、3文字もしくは4文字分のスペースを設けることで改善することが可能であると考えた。さらに、発音が似ている「ヒ」と「キ」、「ハ」と「ワ」、「ク」と「フ」などの文字が聞き取りにくいという指摘もあった。そのため、音声合成ソフトの音質の改善が必要であると考えた。また、正答数が2桁の数字になった場合、読み上げる際に10の位の数字を読んでから1の位の数字を読み上げるため、聞き取りにく

いという指摘があった。一方、良い点についての評価も得た。点字ディスプレイ上に表示されている点字は読みやすいという意見があった。また、点字触読学習をしている際に問題の単語のうち、1つの文字を読み取ることができなくても、推測することで答えることができるという意見もあった。

これらの指摘を考慮してシステムの評価実験計画を立てた。被験者に単語の点字触読学習と点字入力学習をそれぞれ4回ずつ学習させる。このとき、被験者にははっきりとした口調で少し大きな声で話すよう指示する。そして被験者の正答率とスピードの差を調べる。

被験者は軽度から重度までの中途視覚障害者10名を対象とする。彼らは点字で50音字を読むことができ、点字ディスプレイ入力が可能なレベル(点字の学習したての人もしくは学習途中の人)である。実験は、始めに実験概要の説明を行い、実験を行う。その後、簡単なアンケートを口頭で答えさせ、5段階の評価をする。

4. おわりに

開発中の点字学習システムを視覚障害者に評価させ、改良点を明らかにした。これらがシステム開発に十分とは言えないが、得られた指摘を考慮してシステムを改善し、実験計画を立て、点字の学習をはじめた中途視覚障害者を対象にこの学習システムの評価実験を行っている。

参考文献

- 1) 本邦の視覚障害者数 現況と将来予測, pp.11-12, 日本眼科医会(2009)
- 2) 文部科学省:点字学習指導の手引, pp.361-364, 大阪書籍(2003)
- 3) 沢田 真弓:中途視覚障害者への点字触読指導マニュアル, pp. 76-78, 読書工房 (2004)
- 4) 三上 洋:100万人の点字教室国際, pp.22-30, プレスセンター(1984)

体性感覚刺激における活性度の変化:f-NIRS 研究

Change of Brain Activity by Somatosensory Stimulus: f-NIRS Research

○杉本潤哉*, 萩原啓*

*立命館大学 情報理工学部

SUGIMOTO junya*, HAGIWARA Hiroshi**

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

現在先進国では24時間化社会が進み、深夜労働、長時間労働からくる疲労、ストレスにより事故が誘発されている。最近では居眠り運転により乗用車が歩道に突入し、歩行者が巻き込まれるという事故が頻発している。それには過度の就労による疲労や活性度の低下が原因として推測される。このような集中力が薄れている状態にどのような外部刺激が有効であるかを明らかにすることは、事故を減らすために非常に有益であると考えられる。アクティブセーフティに関わる有用な外部刺激を見出すために、運転中のような認知・判断・操作中の活性度の変化を計測し、外部刺激を与えたときの活性度の変化を計測する必要があると考えられる。

本研究では、運転中のような認知・判断・操作中の活性度の変化を計測し、活性度の低下を防ぐまたは活性度を上昇させる実験を行った。今回提示する外部刺激として体性感覚刺激である振動刺激を用いた。振動刺激を使用した理由としては、振動刺激を呈示したときの人間の受容器の順応の研究はされているが、振動刺激と活性度の変化の関係性についての研究はあまりされていないためである。それに加え、振動刺激ならば運転中にも呈示可能な刺激であり、スマートフォンのアプリとしての開発も可能ということで汎用性が高いと考えたためである。

2. 実験方法

2.1 被験者

被験者は健康な成人21~22歳の3名(男性2名、女性1名、利き手 右利き3名)で、十分なインフォームドコンセントを得て実験を行った。

2.2 概要

本実験では運転中に必要とされる追従型のパフォーマンステストと、認知・判断能力を必要とするパフォーマンステストを被験者にそれぞれ行わせた。パフォーマンステスト中の生理データとしてECG(心電図)、脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化を計測した。それぞれのパフォーマンス中に振動刺激を呈示した場合と、振動刺激無しの場合にパフォーマンステストの結果や生理データにどのような差異が生じるのかを調べた。

2.3 パフォーマンステスト

2.3.1 標的追従課題

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

2.3.2 ストループテスト

ストループテストは文字の色と文字の意味が一致するかを判断する課題である。図1の左のように文字の色と意味が一致しているときには、右足で右の足マウスをできるだけ早く押し、図1の右のように文字の色と意味が一致していないときには右足で左の足マウスをできるだけ早く押すこととした。自動車運転中にアクセルとブレーキは右足で踏むことが一般的となっているため、この状況に近づけるためにストループテストでの回答する際に右足で回答す

ることとした。文字が表示されてから 1 秒以内に回答がなかった場合は無回答とし、不正解として扱った。

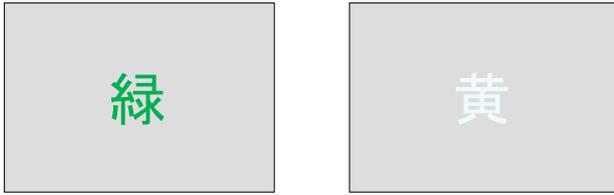


図 1 ストロープテスト

Fig.1 Stroop test

2.4 生理指標

2.4.1 心電図

心電図の計測には多用途生体計測器 Polymate(デジテックス研究所)を用い、3 点誘導法に則って被験者の左右鎖骨の下 2 箇所と左の肋骨下から 2 本目にあたる箇所に電極を装着した。電極装着前には皮膚のインピーダンスを下げるため、スキนครリームで電極装着部位を擦り、コットンで拭いてから電極を装着した。

2.4.2 脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化

脳内血中ヘモグロビン濃度変化計測には近赤外光イメージング装置 OMM-3000(島津製作所)を使用した。国際 10-20 法に則り、CZ が 18ch の前方の受光プローブに位置する様に前頭用計測ホルダを装着した(図 2)。前頭前野から体性感覚野までの計 24 チャンネルを計測した。

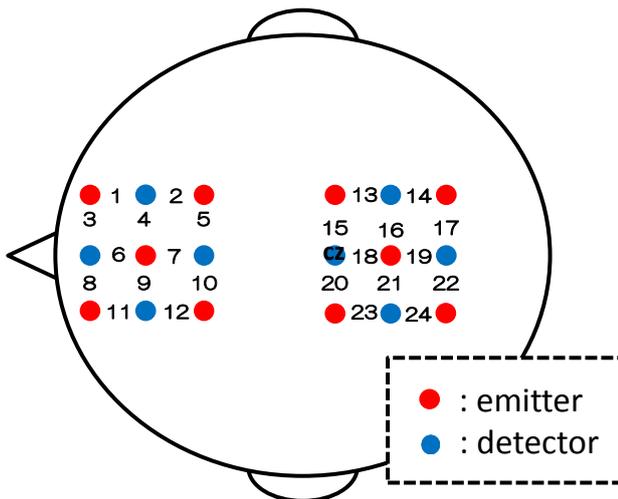


図 2 NIRS 計測位置

Fig.2 Measurement Position of NIRS

2.5 振動刺激

人間の受容器はある一定時間振動刺激を呈示し続けると順応することが先行研究で証明されているため¹⁾、順応を考慮して刺激間隔を 4 秒、振動呈示時間を 3 秒とし、振動を呈示する位置を手掌とした。振動波形は 0105 任意波形作成ソフトウェア Ver.5.00(株式会社エヌエフ回路設計ブロック)で作成し、Small Vibration Exciter Type 4810(ブリュエル・ケア)の振動発生器を用いて振動を発生させた。

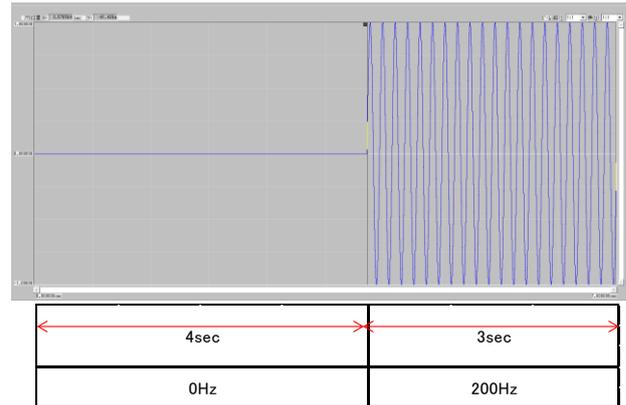


図 3 振動刺激

Fig.3 Somatosensory Stimulus

2.6 実験プロトコル

- 1)着座姿勢にて実験装置装着
- 2)安静座位開眼(60sec)
- 3)前レスト(60sec)
- 4)標的追従課題(300sec)
- 5)中レスト(10sec)
- 6)ストロープテスト(300sec)
- 7)後レスト(60sec)
- 8)安静座位開眼(60sec)
- 9)計測終了

3)~7)を 5 回繰り返す、計測対象は 2)~8)とした。

振動を呈示した場合と、振動を呈示しない場合でそれぞれ 2 回行った。振動を呈示するのはタスク中である 4)、6)の場合に振動を与えた。順序効果を考慮して被験者によって振動刺激有り、振動刺激無しの順序をランダムとした。

3. 解析

3.1 標的追従誤差

標的追従パフォーマンステストでは、標的の座標 (X,Y) と、マウスの座標 (x,y) が得られる。下記の(1)式に得られた座標データから標的追従誤差 $E(t)$ をそれぞれ算出し、標的追従誤差の平均値、標準偏差を求め解析に用いた。

$$E(t) = \sqrt{(X-x)^2 + (Y-y)^2} \quad (1)$$

3.2 ストループテスト

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

3.3 心拍 HF

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

3.4 NIRS

NIRS の計測では酸素化ヘモグロビン濃度変化、脱酸素化ヘモグロビン濃度変化、総ヘモグロビン濃度変化の 3 つの値を得られるが、本研究では局所脳血流変化と最も相関が強いとされる酸素化ヘモグロビン濃度変化を解析対象とした。

また、心拍や呼吸といった生体が起源となるノイズを除去する目的で、0.1Hz のローパスフィルタを適用した。

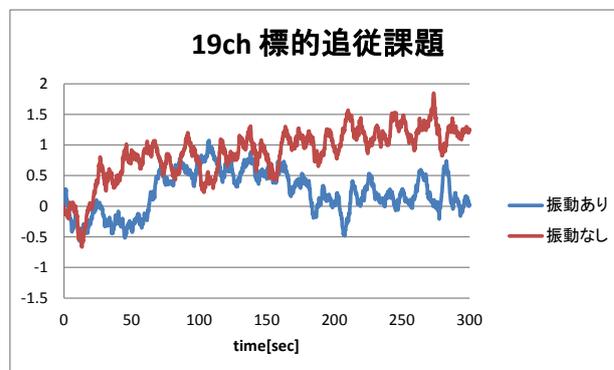
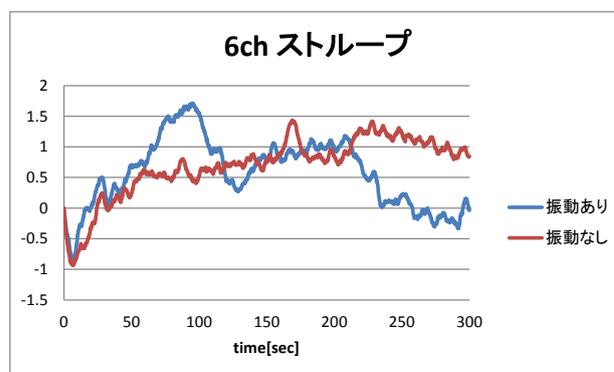
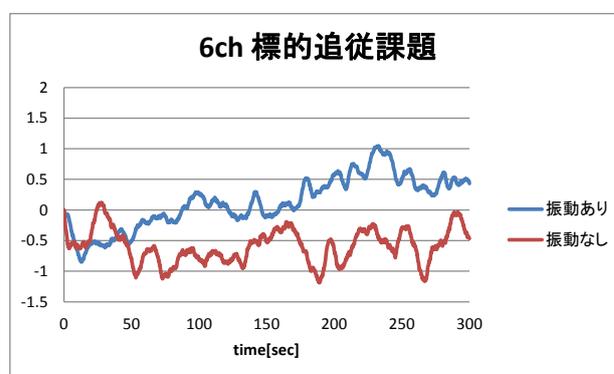
4. 結果

4.1 脳内血中酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb) 濃度変化

今回は前頭連合野中央に位置する 6ch、体性感覚連合野中央に位置する 19ch に着目した。図 4 のグラフは被験者 3 人の標的追従課題、ストループ課題中のそ

れぞれの結果を標準化したグラフを加算平均した。

標的追従課題の 6ch では、振動あり、振動なし共にタスク開始と共に oxy-Hb の濃度変化は下降する。その後振動ありでは上昇傾向があり、振動なしでは開始点よりも低い位置で安定している傾向がある。ストループの 6ch でもタスク開始と共に oxy-Hb の濃度変化は下降している。その後、振動ありは急激に上昇し下降する傾向があるのに対し、振動なしでは徐々に上昇していく傾向がある。標的追従課題の 19ch では振動ありでは開始点のあたりで安定している傾向があるのに対して、振動なしでは上昇する傾向がある。ストループの 19ch では振動あり、振動なし共に上昇する傾向がある。



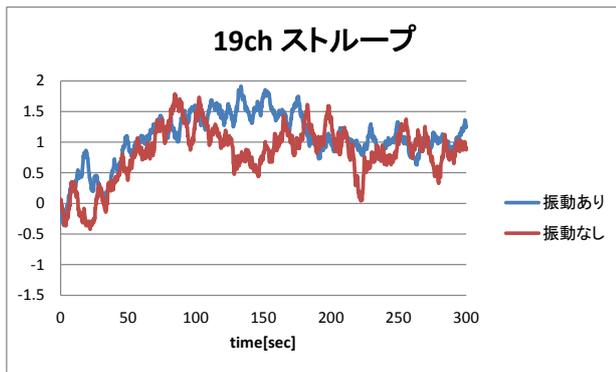


図4 脳内酸素化 Hb 濃度変化加算平均グラフ

Fig.4 Time-series Variation of Oxygenated Hemoglobin

4.2 標的追従誤差

平均標的追従誤差は、振動ありのとき 12.63 ± 11.04 pixels で、振動なしのとき 19.40 ± 25.12 pixels となった。平均標的追従誤差は振動ありの時の成績の方が良いという結果になった。

4.3 ストループテスト

振動ありのときの平均反応時間は 727.12 ± 107.50 ms、正答率は 95.78%であり、振動なしのときの平均反応時間は 735.35 ± 111.20 ms、正答率は 89.78%であった。振動ありのときの方が正答率が高いという結果となった。平均反応時間と標準偏差は振動の有無で大きな差はみられなかった。

4.4 心拍 HF

振動あり標的追従課題のとき心拍 HF は 28.06 ms² 振動なし標的追従課題のとき心拍 HF は 29.97 ms² 振動ありストループ課題のとき心拍 HF は 26.10 ms² 振動なしストループ課題のとき心拍 HF は 23.84 ms² であった。標的追従課題では HF が振動なしのときの方が振動ありのときより高かったのに対して、ストループ課題では HF が振動ありのときの方が振動なしのときより高いという結果となった。

5. 考察

振動呈示時の方が標的追従課題中は前頭連合野にあたる 6ch で活性が見られた。標的追従誤差の結果を見

てみると、振動を呈示したときの方がパフォーマンスの結果が良かった。このことより、標的追従課題のような追従性が必要な単純作業時には振動刺激が有用であるということが考えられる。

また、標的追従課題中は体性感覚連合野にあたる 19ch に振動呈示時に抑制があると NIRS の結果から考えられる。それに加え、標的追従課題のパフォーマンス結果は振動ありの方が非常に良かった。

一方、ストループテスト中は 19ch に振動の有無で大きな差は見られなかった。ストループテストのパフォーマンスの結果は振動ありの方が正答率は良いがそれほど大きな差は見られなかった。このことから振動を呈示した場合、体性感覚連合野の抑制とパフォーマンスの結果に関係があることが示唆された。

これらのことから、運転中のような認知、判断、操作中に振動刺激を呈示することでパフォーマンスの結果が向上することが示唆された。しかし認知・判断中と操作中では、振動刺激を呈示した場合のそれぞれのパフォーマンスの結果に差があることが示唆された。

謝辞

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

参考文献

- 1) 宮岡徹・間野忠明：手指および手掌における振動感覚順応, The Japanese Journal of Psychonomic Science Vol.5 No.2 pp63-69 (1986).
- 2) 志村孚城:近赤外分光法による前頭前野計測—認知小の早期発見とリハビリテーション方法の評価—; コロナ社、pp.18-29(2009).
- 3) 岩崎 浩暁・萩原 啓：認知干渉下における標的追従パフォーマンステストの生理的影響: fNIRS 研究; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2012 論文集、pp.523-526(2012).

運動開始予告から運動開始までの間隔が運動準備電位 及び肘屈曲運動に与える影響

The Effects of The Different Cue Intervals on Readiness Potentials and Elbow Flexor Power

○隅野佑太, 井上裕美子

大阪工業大学 情報科学部

SUMINO Yuta, INOUE Yumiko

Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

ヒトは運動を行う前に、脳で運動企画を行うことが知られている。特に運動予告がある場合は、運動準備電位がみられることが知られている^{1),2)}。先行研究では、運動準備電位のピーク値や総電位量は、筋力発揮の大きさが大きい程多くなると報告されている³⁾。しかし、運動開始予告から運動開始までの間隔の違いがパフォーマンスや運動準備電位の発現にどのような影響を与えるのかについては、まだ明らかになっていない。

本研究では、開始予告がどのくらい前にあれば、パフォーマンス（正確さや速さ）が良くなるのかについて肘屈曲力を測定し、運動準備電位との関連について検討した。なお、実際の運動場合では、自分で企画した力を発揮することが多いため、本研究では、肘屈曲力発揮は主観的尺度に基づく力発揮を行うこととした。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、健康な成人男性 10 名 (21 ± 1 歳, 174.6 ± 5.1 cm, 体重 67.6 ± 11.2 kg, 右最大肘屈曲力 16.5 ± 7.5 kg) を対象とした。実験参加者には、あらかじめ本研究の趣旨や起こりうるリスクなどを記した説明書を示し、文書による同意書を得た上で実験を行った。本研究は、大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の承認を得て行った。

2.2 測定項目と測定装置

測定項目は、右肘屈曲力、脳波、筋電図、心電図とした。肘屈曲力は、ロードセル (LUR-A-2KNSA, KYOWA) を用いて計測した。脳波は、運動野付近の Cz より単極導出法にて導出した。筋電図は、主働筋である右腕の上腕二頭筋、前腕屈筋群の筋腹から計測した。心電図は、胸部双極誘導法を用いて計測した。データは、それぞれ生体アンプ (EEG, EMG, ECG100A,

BIOPAC Systems) 及び汎用アンプ (AS1503, NEC) で増幅したのち、A/D 変換ボード (MP100, BIOPAC Systems) を介して PC (FMV-LIFEBOOK, Fujitsu) に取り込んだ。サンプリングレートは 200Hz とした。

2.3 肘屈曲力発揮時の姿勢

力発揮は、机の上に右上腕をのせ、肘関節角度 90° にし、ロードセルに対し 90° 横向きの姿勢で行った。実験参加者の正面に運動開始予告及び運動開始合図を表示するディスプレイを設置した。

2.4 実験条件

実験条件として、運動開始予告と運動開始合図までの時間を 1 秒、3 秒、5 秒、10 秒の 4 条件（それぞれ 1s, 3s, 5s, 10s 条件）を設定した。各条件とも、20 試行ずつ肘屈曲力発揮を行った。

2.5 実験手順

まず最大肘屈曲力を 2 回計測し、大きい値を本研究の MVC とした。その後、30%MVC の肘屈曲力を自分の感覚のみ（主観的尺度）で、発揮できるようにフィードバックを用いて練習した。力発揮時間は 1~2 秒程度とした。練習後、各条件の 20 試行（合計 80 試行）の力発揮をフィードバックなしで行った。運動予告として赤い円を、開始合図として青い円をディスプレイに表示した。青い円が表示されたら、できるだけ早く正確に 30%MVC に相当する力を自分の感覚で発揮するよう教示した。試行順序は、実験参加者間でカウンタバランスをとって行った。

2.6 統計処理

肘屈曲力は、各試行のピーク値を検出し、%MVC を算出した。反応時間は、運動開始合図から力の立ち上がりまでの時間、上腕二頭筋及び前腕屈筋群の筋電位の立ち上がりまでの時間をそれぞれ算出した。これらのデータについて対応のある 1 要因及び 2 要因

因の分散分析を行った。また、その後の検定として Dunnett の多重比較を行った。脳波は、ノイズの少ない実験参加者の各条件の 20 試行の加算平均を算出した。

3. 結果

3.1 肘屈曲力について

各条件における肘屈曲力の大きさを図 1 に示す。30%MVC を目標とし、練習を事前に行ったが、どの条件においても 40%MVC 程度の力を出す傾向が示された。2 要因分散分析の結果、条件間に有意差は示されなかった。

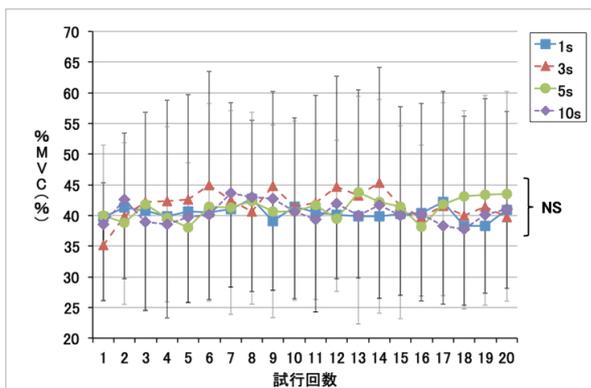


図 1. 各条件における肘屈曲力の大きさの比較

3.2 反応時間について

開始合図から力発揮までの反応時間を図 2 に示す。1s 条件が最も短く、3s、5s、10s 条件と長くなる傾向が示された。1 要因分散分析の結果、条件間に有意差が示され ($F=2.957$, $df=3$, 27 , $P=0.05$), その後の多重比較の結果、1s 条件と 10s 条件に有意差が示された ($P<0.05$)。

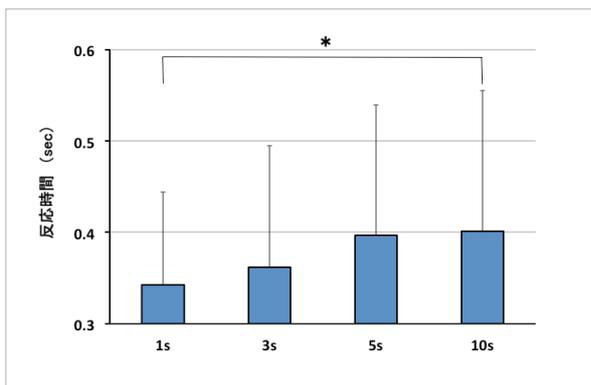


図 2. 開始合図から力の立ち上がりまでの反応時間

前腕屈筋群の筋電位の立ち上がりまでの反応時間は、試行回数を重ねるにつれ、条件による相違が示された。後半 10 試行では、力の反応時間と同様に、1s 条件が

短く、10s 条件が長い傾向が示された (条件: $F=3.240$, $df=3$, 27 , $P<0.05$, 交互作用: $F=1.750$, $df=27$, 243 , $P<0.05$)。しかし、上腕二頭筋の反応時間には、有意差は示されなかった。

3.3 脳波について

ノイズの少ない実験参加者 1 名の各条件 20 試行の加算平均結果を図 3 に示す。運動準備電位 (BP: 運動開始前の陰性の波形) についてみてみると、1s、3s、5s 条件では、300~600msec 前から BP が生じているが、10s 条件ではみあたらなかった。ピークの大きさは 1s、5s、3s 条件の順であった。

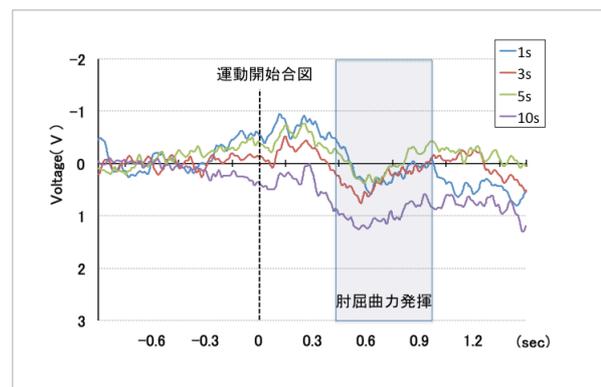


図 3. 脳波の加算平均波形の一例

4. 考察

本研究では、運動開始予告が何秒前にあれば、良いパフォーマンスが出来るのかについて検討してきた。反応時間の結果から考えると、運動予告は 1s 条件で最も良いパフォーマンスを生むと考えられる。逆に 10s 条件では、運動準備電位が示されず、反応時間も長くなるという結果を得た。この結果から考えると、10s 条件では開始合図の予測が成り立たず、運動準備が整わないため、反応時間が長くなったのではないかと推察される。本研究では、3s 条件と 5s 条件の差が明確には示されなかった。この点については、更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) 星英司, 丹治順: 行動選択と前頭葉, BRAIN MEDICAL, Vol.13, No.1, pp. 25-28 (2001)
- 2) 松村道一, 小田伸午, 石原昭彦: 脳百話, pp.138-139, 市村出版 (2003)
- 3) 鬼頭伸和, 五木田健, 伊藤智式: 運動準備電位と筋力発揮の調節, 愛知教育大学研究報告, Vol.47, pp.13-18 (1998)

運動関連電位と運動精度の関係性調査及びその応用に関する検討

An investigation about relationship between accuracy of motion and movement-related cortical potentials and consideration on the application

○山岡善樹*, 中松佑介**, 横関厚**, 鈴木哲**, 朝尾隆文**, 小谷賢太郎**

*関西大学大学院理工学研究科 **関西大学システム理工学部

YAMAOKA Yoshiki*, NAKAMATSU Yusuke**, YOKOZEKI Atsushi**, SUZUKI Satoshi**,
ASAO Takafumi **, KOTANI Kentaro**

*Graduate School of Engineering, Kansai University,**Faculty of Engineering Science, Kansai University

1 はじめに

自動車や航空機などの事故に関する報告では、その原因の多くがヒューマンエラーに起因していることが指摘され、実に8~9割程度まで占めるとされる[1]. このヒューマンエラー防止のためには、まず人間の状態を客観的に捉えて評価することが重要であり、そのために生体信号などの生理的なデータを用いて検討することが有効な手段の一つと考えられる。また、さらにその行動に至った思考過程や運動過程、加えてこれらの関係性を総合的に検討することも必要であると考えられる。

人間の状態を客観的に評価する方法としては、一般的に生体信号を利用したものが多く[2]. 提案されている生体信号としては、筋電図(Electromyogram: EMG) [3] や心電図(Electrocardiogram: ECG) [4], さらに脳波(Electroencephalogram: EEG) [2]と様々であり、これら生体信号とヒューマンエラーの関係性を調査した研究が多数報告されている。このような末梢神経系や中枢神経系の生体信号のいずれかがヒューマンエラーの研究に適し、さらにその防止に優れているかといった点においては議論が残される。しかし、本来は人間の行動統制を行っている中枢神経系の生体信号が好ましいと考えられ、実際に近年特に注目されている [5]. さらに、脳波を応用した機器であるBMI(Brain Machine Interface)にも見られるように、近年では脳波と運動の関係性について基礎的な研究から応用に関しても多くの研究がなされ、P300などの特徴の指標を機器制御へ応用しようとする試み[6]がなされている。

一方、脳内の情報処理過程においては、知覚・認知・

運動計画・運動の順序で運動が発現する [7]. これらの各過程における脳内の情報処理活動の反映とされる脳波についての報告もなされているが[6], その中でも運動計画や運動に関係した特徴をもつ脳波として運動関連電位 (Movement-Related Cortical Potential: MRCP)がある[8]. この波形の特徴として、正中線上の頭頂葉付近に発生することや、随意運動を行う際に発生する点などが挙げられる[9]. さらに、この電位の注目すべき点として、その成分の一部である運動準備電位 (Breischafft Potential: BP) や IS (Intensive Slope), NS (Negative Slope)は運動開始前に発生するという特徴を有していることであり、この特徴から運動計画の反映であると認識されている[8]. つまり、脳内の情報処理過程[7]とMRCPが運動計画の反映[8]であることから、この電位は運動計画後に発現する運動と関係していると考えられる。このようなことから、MRCPは人間の運動により発生するヒューマンエラーと一定の関係性があることが考えられる。よって、これらの電位にはヒューマンエラーに関与する情報が内包されている可能性があることを示唆していると考えられる。

そこで本研究では、ヒューマンエラーとMRCPの成分であるBP, IS, NSのパラメータとの関係性を調査し、その関係性の応用方法を議論する。

2 検討

まず、人間の運動, MRCP, ヒューマンエラーの関係性について検討する。

人間の脳内の情報処理過程においては、知覚・認

知・運動計画・運動の流れで発現する[7]. 人間の運動精度も知覚・認知・運動計画・運動のいずれかの過程で発生すると考えられる. 一方, MRCP は運動の開始前に発生することから, 運動計画を反映する脳波とされている. したがって, MRCP の中に運動精度に関連する情報が含まれていると考えられる. そこで, まず運動開始以前の MRCP 成分である BP, IS, NS の 3 成分と運動精度の関係性の調査を行うこととする.

3 実験 1

3.1 実験方法

被験者は健康な男子大学生 10 名を選択した.

また本実験では, 脳波計およびシステム構成について, Fig.1 のような構成とした. 脳波は 128ch の脳波計 (Geodesic EEG 128ch, Electrical Geodesics, Inc) を用い, サンプリング周波数 1000Hz で記録した. 特に, MRCP は正中線上に発生する[9]ことから, 今回は国際 10-20 法による Fz の電極位置を主に観察した.

タスクについては, 自動車運転を模擬した作業を行わせることとした. まず, 被験者が動かす十字マーク(以下マーカー)が画面中央に表示される. タスクが開始されるとマーカーより左方向 300pixel の位置に目標となる赤い十字マーク(以下ターゲット)が現れる. 被験者はターゲットを目視で確認したのち, ターゲットを注視したまま任意のタイミングでステアリングを左の方向へきる運動を行う. タスクは実験者がステアリングを動かし始めてから 2sec で終了し, 終了と同時にホームポジションに戻る. この反復試行を 20 回 1 セットとして 4 セット行わせた. また被験者には作業をできるだけ早くかつ正確にするように指示した.

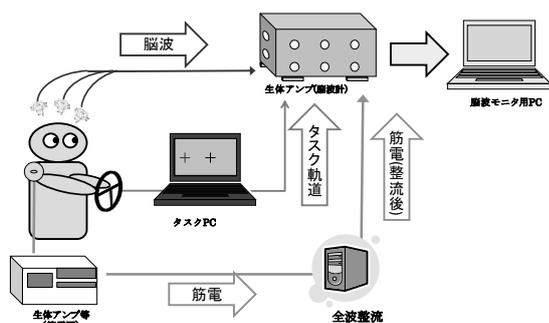


Fig.1 実験システムの概略図

3.2 データ解析

まず, 20 試行×4 セットの全 80 試行の脳波データを 1 試行ごとに運動開始前 2000msec~運動開始後 1000msec の合計 3000msec で切り出した. その後, MRCP の発生時点とされる運動開始前 2000ms[9]を基準として, 1 試行ごとに RMS 解析を行った. この処理を全 80 試行の脳波データで行った.

次に, 脳波データの前処理を行った後, 全 80 試行のデータを運動精度が良い時(精度良)と悪い時(精度悪)の 2 通りに分類した. この時の精度が良い悪いの閾値は, 被験者の全試行における作業成績 (運動終了時のマーカーとターゲットの距離 (ズレ)) の平均値とした. その後, この 2 つに分類した脳波をそれぞれ加算平均し, この 2 通りの脳波の特徴を比べることにより, MRCP と運動精度の関係性を調査した.

3.3 実験結果

Fig.2 は, 顕著な特徴を示した被験者の精度良と精度悪の脳波を示している. 薄い灰色が精度良, 濃い灰色が精度悪の脳波データを加算したものとなっている. さらに本実験では, MRCP は BP 成分(-2000 ~-1000 ms), IS 成分(-1000 ~-500 ms), NS 成分(-500 ~0 ms)の 3 つの時間帯による構成としたため, その時間帯ごとに分けて解析することとした. 特に, 電位の傾き値にその傾向が現れることが確認できたことから, それぞれの時間帯ごとに最小二乗法を用いて算出した傾き値を精度良, 精度悪で分類し, 全被験者の平均値をとった (Fig.3). この図より, NS において傾きに差があることが確認できる.

3.4 考察 1

Fig.2 では, NS 成分の時間帯において, 精度悪は電位が下降しているが, 精度良は大きく上昇傾向にある. NS 成分では, このような傾向を示した被験者が多く確認できた. そこで, 全被験者での脳波の傾向を確認するため, 全被験者で傾き値の平均をとったものが Fig.3 である. Fig.3 を見ると, 3 つの時

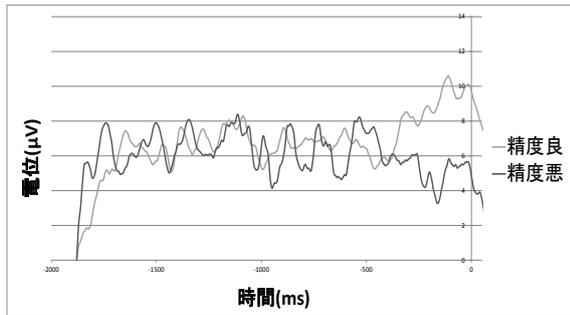


Fig.2 実験システムの概略図

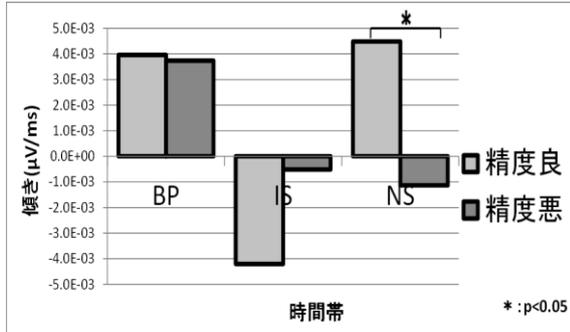


Fig.3 全被験者の時間帯ごとの傾き値

間帯の中で IS 成分, NS 成分に精度良と精度悪に差異があることが確認できる. しかし, IS 成分の傾き値は被験者ごとの分散が大きいため, Fig.3 のような結果になっていることが確認できた. 一方, NS 成分の傾き値は多くの被験者で類似した傾向が確認できたため, それが Fig.3 に表れていると考えられる. ここで, 明確に差異を確認するためにそれぞれの時間帯で有意差の検討を行ったところ, NS 成分の傾き値のみで有意差が得られた. このようなことから, 精度良の NS 成分の傾き値は精度悪の NS の傾き値に比べて上昇するという関係性が示された.

このような関係性になったのは, MRCP は運動計画に関係している[8]ことから, 運動精度が良い時は運動計画が正確に行われていたためと考えられる. つまり, 運動計画が正確に行われた際に, MRCP の中でも NS 成分の電位が上昇し, 精度が良い運動が発現すると考えられる.

4 実験 2 : 応用方法の検討

4.1 実験方法

実験 1 から, MRCP の NS 成分の傾き値と運動精度が関係性を持っていることが確認できた.

そこで, 本実験では実験 1 で求められた関係性を用いて, MRCP の NS 成分の傾き値を利用し, 運動精度が推定できるかを検証することとした. また, 推定方法として, 学習判別に一般的に利用される SVM(Support Vector Machine)を使用する. そして, SVM によってどの程度正確に運動精度が判別できるかを調査することにした.

4.2 解析方法

実験 1 より得られた NS 成分の傾き値と運動精度の特徴は, それぞれの試行ごとにばらつきが生じてくる. そこで, NS 成分の傾き値による運動精度の推定を行うためには, 複数回の試行を行った時に生じる特徴量から統計的な解析を行い, 代表的な数値として判別基準を表す必要がある. これを達成するための手段として, 学習判別の SVM を用いる.

また, 実験 1 により得られたデータの全 80 試行のうち, 初めの 10 試行の NS 成分の傾き値と運動精度を教師用データとして入力した. そして, 残り 70 試行のデータを用いて推定し, どの程度正確に判別できるかを検討する.

4.3 実験結果

Table1 には各被験者の判別結果と全被験者の平均値を示す. Table1 より, 多くの被験者が 5 割を超えており, 平均値は 58.6% で約 6 割程度となっていることがわかる. また, 被験者 D だけが極端に低く 35.7% となっており, その被験者以外で平均値をとると, 6 割を超える判別結果が得られた.

4.4 考察 2

本実験では学習判別方法の 1 つである SVM を用いて, NS 成分の傾き値により運動精度がどの程度正確に推定できるかを検証した. その結果, NS 成分の傾き値によって, 約 6 割の確率で運動精度が推定できることが分かった. また, BMI(Brain-Machine Interface)や BCI(Brain-Computer Interface)の判別精度の基準は 7 割といわれており[11], 本実験での結果はその値を超えること

Table1. 被験者ごとの判別結果

被験者名	判別精度(%)
被験者A	65.4
被験者B	58.6
被験者C	63.0
被験者D	35.7
被験者E	55.6
被験者F	53.8
被験者G	72.0
被験者H	60.0
被験者I	68.4
被験者J	52.9
平均	58.6

ができなかった。本研究の結果がその基準よりも低い原因は、実験1でデータを採取する際、個々の試行でのトリガーの位置のずれが発生したためと考えられる。実験1では筋電をトリガーとして使用しているが、明らかにトリガーの位置がずれているデータが確認できた。そのようなデータは可能な限りトリガー位置の変更や排除を行ったが、排除しきれなかったデータが混入しており、これが本実験の結果に影響したと考えられる。その他、脳波データにノイズが混入していたことが考えられ、ノイズの低減も今後の課題に含まれる。このような原因を改善することができれば、BCIの判別精度の基準である7割を超え、NS成分の傾き値によって運動精度を推定することは十分可能であると考えられる。

5 まとめ

本研究では、運動開始以前のMRCPと運動精度の関係性を調査し、その応用方法としてMRCPを用いて運動精度を推定することができるかどうかを検討した。その結果、まずMRCPのNS成分の傾き値と運動精度に関係していることを確認した。さらに、NS成分の傾き値を用いて運動精度がどの程度正確に推定できるかを実験行い、約6割の確率で推定できることが確認できた。

6 参考文献

- [1]. 橋本裕樹, 金子正洋, 松本幸司: 運転者のヒューマンエラーに着目した交通事故要因の分析, 国土技術政策総合研究所資料, No,555, pp41-45, 2009.
- [2]. 松島寛樹, 奥田裕之, 板垣伸吉, 鈴木達也, 早川聡一郎: SSAR モデルによる運転時脳波の解析, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会講演論文集, 2010.
- [3]. 西岡基夫, 岡田明, 宮野道雄, 森一彦, 山下久仁子, 中山圭似: 繰り返し作業における操作方略の変化と動作特性に関する基礎的研究, 生活科学研究誌, Vol.7, pp45-55, 2008
- [4]. 福島正紀, 山越健弘, 田中志信, 野川雅道, 日下部正宏, 山越憲一: 生体反応計測・解析に基づく単調運転時の整理活性度指標の検討, 電子情報通信学会, No.106, pp13-16, 2006
- [5]. 池西俊仁, 鎌田崇義, 永井正夫: 脳波を用いた車両走行時のドライバの操舵意図識別, 日本機械学会論文集, Vol.741, No.07-0975, pp303-310, 2008.
- [6]. 高井英明, 南哲人, 長谷川良平: P300 に基づく認知型 BMI における効率の良い刺激提示方法の検討, 日本感性工学会論文誌, Vol.10, No.2, pp89-94, 2011.
- [7]. Card SK, Moran TP, Newell A : The psychology of human-computer interaction. Lawrence Erlbaum Associates, NJ, 1983.
- [8]. Hiroshi Shibasaki, Mark Hallet : What is the Bereitschaftspotential? , Clinical Neurophysiology, No.117, pp2341-2356, 2006
- [9]. 大熊輝雄: 臨床脳波学, pp517, 医学書院, 1963
- [10]. 阿部重夫: パターン認識のためのサポートベクトルマシン入門, 森北出版株式会社, pp16-108, 2011
- [11]. Dennis J McFarland, Niels Birbaumer, Andrea Kubler : An auditory brain-computer interface (BCI), Neuroscience Methods, 2008

長時間の単純作業におけるヒューマンエラーの発生要因分析 Factor Analysis of Human Error in Simple Work for a Long Time

○由比貴士*, 後藤彰彦*, 高井由佳*, 鷹尾憲一**

*大阪産業大学, **株式会社エイチ・イン・ソリューション

YUHI Takashi*, GOTO Akihiko*, TAKAI Yuka*, TAKAO Kenichi

*Osaka Sangyou University, **H. In. Solution

1. はじめに

単純作業におけるミスの発生や作業効率の低下は作業を行う者の集中力の低下、肉体的または精神的な疲労によるものであると言われている¹⁾。このとき、作業部屋の内装が作業効率やミスの発生に及ぼす影響は明らかとなっていない。そこで本研究では、異なる内装材を施した室内において長時間の単純作業を行わせ、内装材が作業効率と生体反応に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2.1 被験者

被験者は20代5名、30代2名、40代1名60代1名の男性9名とした。

2.2 測定条件

単純作業として、入試要項の書類の仕分けを行わせた。入試要項は、表紙、裏紙、履歴書、宛名シール、封筒大、封筒小、捨て紙、裏表紙の7種類に分別させた。入試要項は1人の被験者に対し200冊用意した。被験者には休みを取らずに仕分けをもらうこととした。内装材として、クロス、土壁、竹炭ボードを使用した同じ間取りの部屋を準備した。被験者は、異なる3日において、同じ時刻から測定を開始した。順位効果を考慮し、部屋を使用する順番は被験者により異なるように設定した。竹炭ボードの部屋における測定の様子を図1に示す。

2.3 測定方法

単純作業中の動作を記録するために、1台のデジタルビデオカメラで撮影を行った。同時に、被験者にはヘッドセット型脳波測定器(MindSet; ニューロスカイ社製)を装着させ脳波の測定を行った。脳波測定結果は付属のソフトウェアにより、集中度およびリラククス度と称した数値を算出した。単純作業の前後には

日本産業衛生学会産業疲労研究会²⁾の「自覚症調べ」を用いて疲労調査を実施した。この質問表では疲労自覚症状を25項目に分類しており、各項目は「ねむけ感」「不安定感」「不快感」「だるさ感」「ぼやけ感」5つに群別することができる。単純作業後の書類は写真撮影を行い、「紙の欠け」「紙の破れ」「分別間違え」の3つの項目においてミスの発生件数を調査した。



図1 竹炭ボード部屋の作業風景

3. 結果および考察

3.1 作業時間

図2に平均作業時間を示す。平均作業時間は、クロスは2時間3分24秒、土壁は2時間16分2秒、竹炭は2時間0分43秒であった。竹炭ボードにおいては作業時間が短くなる傾向がみられた。

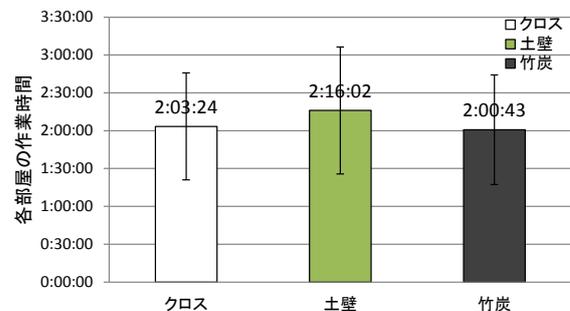


図2 各部屋の平均作業時間

3.2 脳波測定結果

各被験者の全作業時間を25%ずつの4区分に分け、それぞれの区分における集中度およびリラックス度の平均値を算出した。図3に集中度の結果を示す。クロスでは時間が経過するにしたがい、集中度が増加する傾向がみられた。土壁では、集中度は第2区分までは増加し、その後減少した。竹炭ボードでは、集中度は第3区分まで増加し、第4区分で減少した。図4にリラックス度の結果を示す。クロスでは全作業区分においてリラックス度の大きな増減が見られなかった。土壁では時間が経過するにしたがいリラックス度が増加する傾向が見られた。竹炭ボードでは、リラックス度は第2区分では増加し、第3区分で減少し、第4区分で再び増加した。

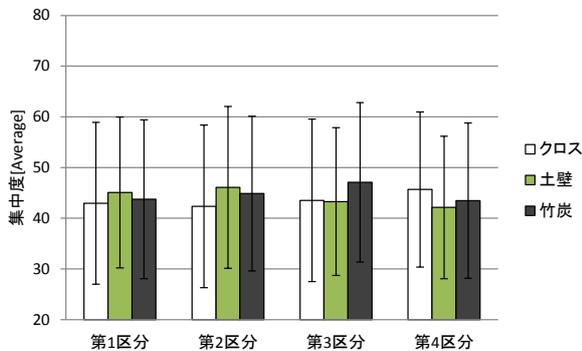


図3 集中度の結果

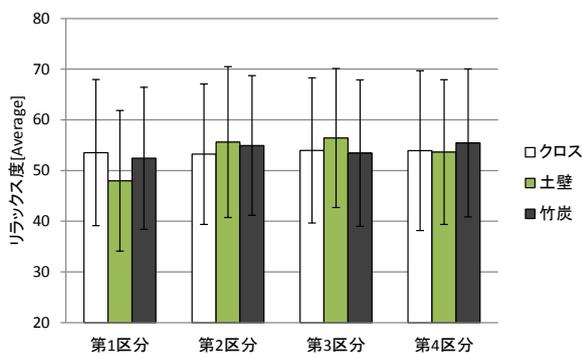


図4 リラックス度の結果

3.3 疲労調査結果

表1に疲労調査の結果を示す。竹炭ボードにおけるねむけ感は作業前より作業後の訴えが減少していたが、その他の全項目において作業前より作業後の訴えが増加していた。クロスにおけるだるさ感は作業前よりも作業後において有意 ($p < 0.05$) に訴えが増加していた。

表1 疲労調査結果

	項目	作業前	作業後	
		平均 (SD)	平均 (SD)	
クロス	ねむけ感	2.20 (0.78)	2.42 (0.86)	
	不安定感	1.53 (0.91)	2.02 (1.14)	
	不快感	1.76 (0.60)	2.76 (1.32)	
	だるさ感	1.60 (0.71)	2.62 (1.02)	*
	ぼやけ感	1.71 (0.59)	2.31 (1.05)	
土壁	ねむけ感	2.58 (1.06)	2.53 (0.84)	
	不安定感	1.49 (0.63)	1.91 (0.83)	
	不快感	1.55 (0.51)	2.09 (0.77)	
	だるさ感	1.73 (1.02)	2.76 (1.15)	
	ぼやけ感	1.67 (0.59)	2.24 (0.65)	
竹炭	ねむけ感	2.64 (1.29)	2.34 (1.10)	
	不安定感	1.82 (1.09)	1.94 (1.00)	
	不快感	1.67 (0.90)	2.29 (0.68)	
	だるさ感	1.69 (0.98)	2.49 (1.21)	
	ぼやけ感	1.62 (0.75)	2.14 (0.87)	

* $p < 0.05$

3.4 ミスの発生件数

分別した書類の1種である「裏紙」におけるミスの発生件数を調査した。図5にミスの状態の例を示す。表2に全被験者のミスの平均発生件数を示す。クロスと比較したとき、紙の欠けの発生件数は土壁では63%減り、竹炭では35%減っていた。紙の破れの発生件数は土壁、竹炭共に減少していた。分別間違えの発生件数はどの部屋もほとんど発生していなかった。

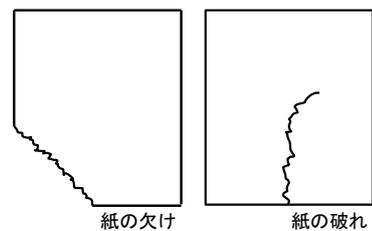


図5 ミスの状態の例

表2 ミスの平均発生件数

平均	クロス	土壁	竹炭
紙の欠け(枚)	25.7	9.4	16.6
紙の破れ(枚)	2.1	1.6	1.1
分別間違え(枚)	0.2	0.2	0.6

参考文献

- 1) 黒田勲, 石橋明: 事故は、なぜ繰り返されるのか ヒューマンファクターの分析, pp.38-39, 中央労働災害防止協会, 2006.
- 2) 日本産業衛生学会産業疲労研究会選定: 2002.

経験年数が異なるバット削り職人の動作解析

Motion Analysis of Bat Craftsmen with Different Years of Experience

滝澤康紀*, 高井由佳*, 後藤彰彦*, 寺尾昌巳**, 久保田五十一**,

細川光一**, 長谷川弘実***, 来田宣幸***, 濱田泰以

*大阪産業大学 **ミズノテクニクス ***京都工芸繊維大学

TAKIZAWA Koki*, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*, TERAO Masami**,

KUBOTA Isokazu**, HOSOKAWA Koichi**, HASEGAWA Hiromitsu***,

KIDA Noriyuki***, HAMADA Hiroyuki***

Osaka Sangyo University, ** Mizuno Tekunikusu,

***Kyoto Institute of Technology

1. 緒言

プロ野球選手の木製バットは、バット削り職人が選手の希望する形状に対して、手作業により、きめ細やかに対応しながら削りだすことにより作製される。職人には選手が希望する形状の作製が求められるため、高い技術が要求される。そのため、手作業によるバット削りには熟練した匠の技が必要とされる。しかし職人の作業工程の大部分は「勘」や「感性」を働かせて行われている。そこで本研究では経験年数が異なる職人を対象として、削り動作の3次元動作解析を行い、熟練職人の動作の特徴を明らかにした。

2. 方法

2.1 被験者

スポーツ用品メーカーに勤務するバット削り職人2名を対象にした。経験年数54年（年齢69歳、男性、利き手右）を熟練者、経験年数13年（年齢39歳、男性、利き手右）を非熟練者とした。

2.2 測定条件

被験者には同じ野球選手のモデルのバットを作製することを想定し、削り作業を行うよう指示した。削り作業の道具は、日常被験者らが使用しているバイトやかんなどとした。被験者の行動を記録するために2台のデジタルビデオカメラを用いて撮影を行った。測定条件以外の指示は行わず被験者のペースで作業ができるように配慮した。図1に測定風景を示す。



図1 測定風景

2.3 3次元動作解析方法

動作解析には、リアルタイム光学式モーションキャプチャシステム（MAC 3D SYSTEM Motion Analysis 社製）と8台の赤外線カメラ（Raptor-H, hawk-I, Motion Analysis 社製）を用いた。サンプリング周波数は120Hzとした。赤外線マーカーは全身の39ヶ所、道具はバイト4ヶ所、かん3ヶ所、机4ヶ所に貼り付けた。図2に身体のマーカーを貼り付け位置を、図3に道具のマーカー貼り付け位置を示す。

3. 結果

バットの削り作業は10工程に分けられた。図4にバット模式図を示す。A「木取りする」では、バイトで全体をある程度まで削り、バットの形に近づけていた。B「長さ調整①」では、バイトで根元とヘッドを削り長さを調整していた。C「グリップ作製

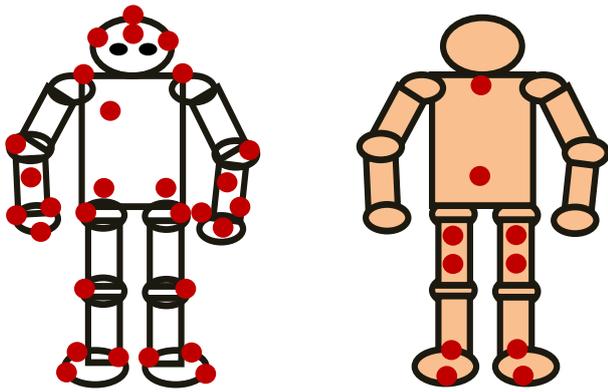


図2 身体のマーカー貼り付け位置



図3 道具のマーカー貼り付け位置

①では、バイトでグリップを完成に近い形まで削っていた。D「太さ調整①」では、バイトでバットの根元からヘッドまでを削っていき太さを調整していた。E「グリップ作製②」では、バイトでグリップを完成させていた。F「太さ調整②」では、もう一度バイトでバットの根元からヘッドまでを削っていき太さを調整していた。G「かんながけ」では、バットに水を塗り、かんなで削り太さを完成させていた。H「長さ調整②」では、バイトでヘッドを削りヘッドの形、バットの長さを完成させていた。I「計量①」では、バットの重さをはかりで計量していた。J「やすりがけ」では、複数枚のサンドペーパーを使用し、バット表面をやすりがけしていた。K「計量②」では、バットの重さをはかりで計量していた。全工程の作業時間は熟練者 1024 秒、非熟練者は 1148 秒であった。図 5 に工程毎の作業時間を示す。非熟練者よりも熟練者の作業時間が長かった工程は、A「木取り」、B「長さ調整①」、D「太さ調整①」、J「やすりがけ」であった。長さ調整や太さ調整といった同じ場所を 2 回加工する場合において、熟練者は 1 回目に時間をかけていることが明らかになった。

非熟練者はI「計量①」工程とK「計量②」工程を行っていなかった。図 6 に代表的な道具であるバイトとかんなの使用時間を示す。「バイト」の使用時間は熟練者 384 秒に対して、非熟練者 495 秒であり 111 秒の差であった。「かんな」の使用時間は熟練者 91 秒に対して、非熟練者 104 秒であり 13 秒の差であった。

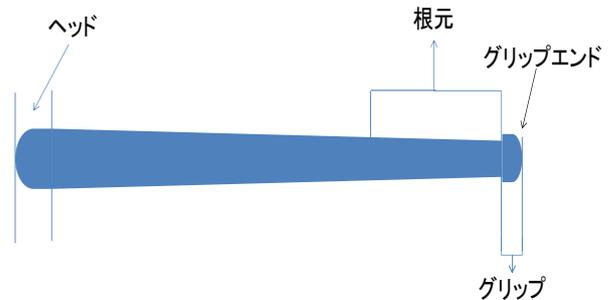


図4 バットの模式図

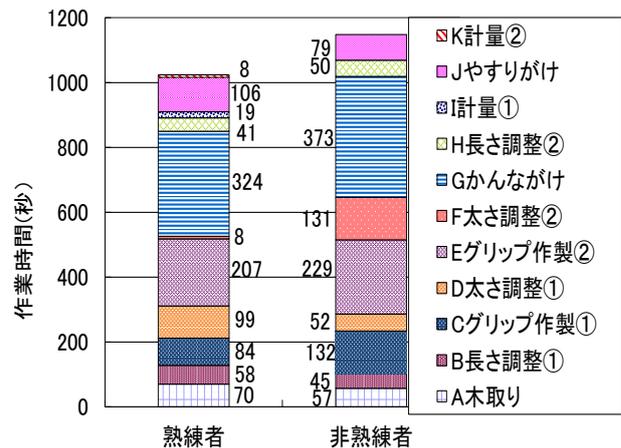


図5 工程毎の作業時間

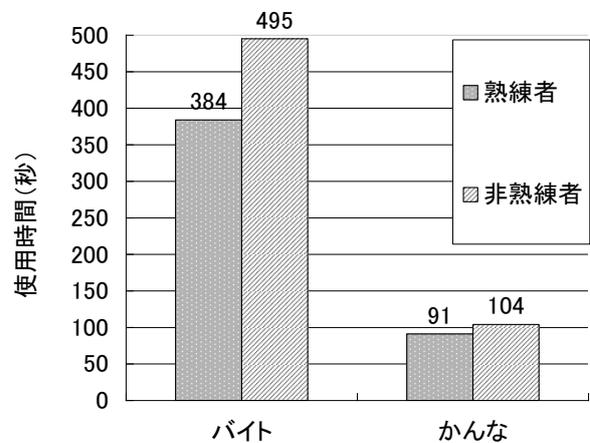


図6 道具の使用時間

京うちわ作製工程における「もみ工程」の分析 Analysis of “Momi” process in Kyo Uchiwa manufacturing process

○SIRISUWAN PORAKOCH*, 越野哲史*, 成田智恵子*,

饗庭 智之**, 前田 康裕**, 弓永久哲***, 来田宣幸*, 濱田泰以*

*京都工芸繊維大学 **株式会社 阿以波 ***関西医療学園専門学校

SIRISUWAN Porakock*, KOSHINO Testushi*, NARITA Chieko*,

AIBA Tomoyuki**, MAEDA Yasuhiro**,

YUMINAGA Hisanori***, KIDA Noriyuki*, HAMADA Hiroyuki*

* Kyoto Institute of Technology **Aiba co., ltd, ***Kansai Vocational College of Medicine

1. 緒 言

日本には数多くの伝統工芸・技能があり、その中には古くから培われてきた知恵や技術がある。それらの長年の知恵や技術は現在まで伝えられてきているが、その知識や技術を習得するには長年の年月を要する。伝統工芸の中には途絶える寸前のものがあり、後継者の育成は急務である。しかし、その技術習得には長期間の修練が必要なため、熟練するまでに身体の故障や障害でやむなくリタイヤする例も存在する。

本研究は日本の伝統工芸の中の一つである京うちわに着眼した。現在京都では、すべての工程を手作業で行っている問屋は一件のみで、その職人もほとんどいないのが現状である。そのため、早く効率良く、身体への負担の少ない技術を習得させる学習方法が現代では望まれている。また、質の高いうちわを作製するための職人の勘としての「暗黙知」が多く存在するが、この「暗黙知」を「形式知化」はあまり試みられていない。通常、うちわ骨は、水に竹を浸し3日程度経過すると水分の浸漬率のものを用いる。しかし、その期間は伝統的に言い伝えられてきており、その根拠を示したものは現在までない。そこで本研究は、京うちわの職人技術の「暗黙知化」から「形式知化」することを目的とし、素材である竹の水分浸漬率の相違とそれに伴う筋活動の相違を検討した。

2. 実験方法

今回の実験では「もみ」という作業に着眼した。図1は「もみ」の図であるが、「もみ」は上端にきざみを入れた竹を繊維にそって左右交互に割って細い竹にしていく作業である。動作は、あぐら座位となり、前方の台にきざみを入れた竹の上端を右側とし空間に位置させ、竹半分から左側は前方台へ左上肢を用いて固定し、右上肢を竹の上端に位置させ、上端部を前方へ力強く押し竹を割っていくものである。素材である竹の水分浸漬の3日間と4時間という2条件に分け「もみ」の作業中の筋活動を計測した。水分浸漬4時間の竹を用いた理由は、3日間の水分浸漬率が100%であり、4時間程度の浸漬で浸漬率50%になるということが予備実験によって明らかとなったためである(図2)。「もみ」という動作は京うちわの工程の中で、一番初めの工程であり、全工程の中で最も筋力を要する動作である。

測定筋は、今回体幹と上肢の連動性を検討することを目的としたため、両側上肢筋群、体幹筋群、股関節周囲筋群に分けた。前腕筋は竹の押す右前腕筋の計測を行った。上肢筋は、上腕二頭筋、上腕三頭筋、右長橈側手根伸筋群、右橈側手根屈筋、右短母指屈筋、右背側骨間筋とし、体幹筋は、腹直筋、大胸筋、三角筋、僧帽筋中部線維、腰背筋、広背筋、股関節周囲筋は中殿筋とした。計測機器は筋電計多チャンネルテレメータシステム WEB-1000(日本光電社製)を用い、サンプリング周波数は1000Hzとし、A/D変換器を介してコンピューターに取り込み解析を行い、筋電図波形の記録は「もみ」を3試行実施し各々分析を行った。今回は、職人一例であったことから、水分浸漬率の異なる竹を使用した時の「もみ」動作における筋活動パターンの特徴を検討した。



図1. もみ工程

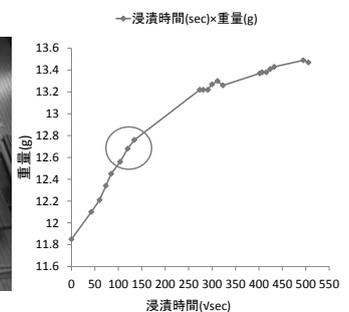


図2. 水分浸漬率

3. 結果

3日間と4時間という水分含有量の異なる竹での「もみ」動作を実施した際の全筋電図波形を図2と図3に示す。特徴であるが、各々水分含有量が異なる竹での「もみ」工程の筋活動は、双方とも上肢筋、体幹筋、股関節を含めた全筋の協調したパターンを示した。

3日間水に浸した竹での筋電図の特徴は、各々の筋は「もみ」の動作の6試行まで筋活動の増大がみられたが、6試行後に各筋の定常的な筋活動パターンとなった。腹直筋は持続した筋活動パターンを示した。両側大胸筋は竹を押す際に同期し筋活動が認められ、左と比較し右大胸筋の筋活動の増大を認めた。上腕二頭筋は竹を押す際に両側とも筋活動の増大を認めた。上腕三頭筋は竹を押す際に筋活動が認められたが右側

の振幅は小さく、支持側では左側の振幅の増加を認めた。右長橈側手根伸筋は他筋と同期し二相性の筋活動が確認された。右橈側手根屈筋は持続活動が継続しながら他筋と同期し活動の増加が認められた。左右広背筋は持続活動しながら他筋と同期し活動の増加が認められた。両側中殿筋に関しても持続的に活動が認められた。

4時間水に浸した竹での筋電図波形の特徴は、各々の筋は「もみ」の動作の9試行まで筋活動の増大が認められた。各々の筋活動のパターンは3日間のものと同様な活動パターンを示した。しかし、4時間の筋電図波形では、3日間の波形とは異なり、腹直筋、両側広背筋、両側中殿筋の持続した筋活動の増大を認めた。また、左上腕二頭筋の筋活動が低下し、右上腕二頭筋の活動の増大が認められ3日間の筋電図波形とは相反するものとなった。また、3日間の筋電図波形では右上腕二頭筋は休止するパターンがみられたが、4時間の筋電図波形では筋活動の持続する相がみられた。さらに最終段階では2相性のパターンとなることも示された。長橈骨手根伸筋は3日間の筋電図波形では2相性のパターンを示していたが、4時間の筋電図波形では、持続する筋活動がみられたり2相性のパターンになったりと一定しなかった。橈側手根屈筋は3日間の筋電図波形と比較し持続収縮状態となることが遅延した。また左上腕三頭筋の筋活動の低下を認めた。

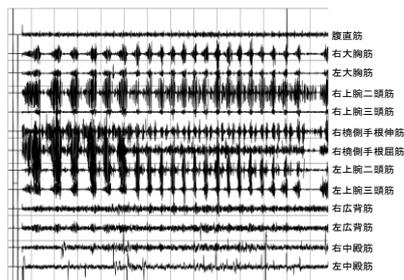


図2. 3日間水に浸した竹での筋電図波形

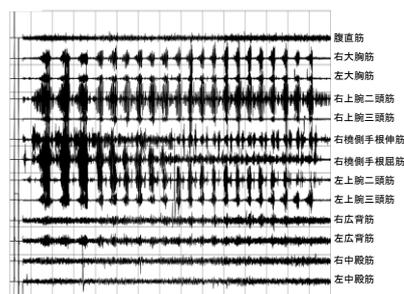


図3. 4時間水に浸した竹での筋電図波形

4. 考察

今回の実験では、京うちわ職人の「もみ」動作での筋活動の特徴と京うちわで使用する竹の水分浸漬率による「もみ」動作時での筋活動の相違を検討した。本来京うちわは3日間水に浸した竹を用いるが、それは根拠が無く経験則での言われてきていることである。そこで今回4時間という短時間水に浸した竹と比較することにより竹の硬さによる身体的負荷がどのように変化するかを検討した。その結果、全体的な筋

活動パターンは竹を前方へ押し割る動作時に各々の筋活動の増大が生じたものである。今回匠の身体運動は「もみ」動作を行う際には大きく体幹を前傾し、これに伴い上肢筋のみでなく体幹筋、股関節周囲筋までも協調的に筋活動が生じた。腹直筋は体幹前面に付着し体幹の屈曲に作用する。広背筋は体幹後面に付着し体幹部の安定性に関わる。このため、効率的に硬い竹を割ろうとした場合に体幹部を前後で固定し上肢の肢位はあまり動かさず体幹を前傾することにより行っていたものと推測され上肢筋という小筋のみを用いるのみでないということが明らかとなった。一般的に押す動作では上腕三頭筋が作用し肘関節が伸展するが、匠は上腕二頭筋の筋活動が上腕三頭筋の活動より大きく一般的な動作様式とは異なることが推測される。これは大胸筋が上腕二頭筋と同期し活動していたことから、体幹の前傾に伴い大胸筋と共に肩・肘関節を固定していたことが考えられ、より上肢を用いず体幹の前後傾により竹を割っていたということが明らかとなった。前腕筋に関しては、長橈側手根伸筋は2相性のパターンとなっていた。また橈側手根屈筋は持続的な活動が認められた。長橈側手根伸筋は手関節を固定するために特に力が作用する竹を割る動作時に振幅が増大しており、橈側手根屈筋は持続的に活動し手関節を固定していたものと考えられる。

一方浸漬率による相違は、4時間という硬い竹では、全体的に筋活動が増大した。また、上腕二頭筋、上腕三頭筋、右長橈側手根伸筋、右橈側手根屈筋の筋活動パターン異なるものとなった。右上腕二頭筋では持続した筋活動となり休止する相はあまりみられなかった。これは硬い竹に対して行ったことから持続的に力が作用していたと推測された。右長橈側手根伸筋では3日間でみられていた2相性がみられず持続する相もあり一定しないものであった。これは硬い竹ではより手関節を背屈し屈筋と協同し手関節を強固に固定していたものと考えられた。また右橈側手根屈筋は右長橈側手根伸筋とは相反し竹を割る際に筋活動の増大が認められた。これは硬い竹を割る際に手関節を掌屈していたことが推測され、より随意的な収縮が求められた結果生じたものと考えられた。左上腕三頭筋の筋活動が低下した要因は、3日間では体幹部により竹を割っていたが、4時間の竹ではより右上肢を用い、竹を割っていたことが考えられ、上肢と体幹との協調した作用が崩れたことが明らかとなった。このことから、匠は、「もみ」という竹を割る作業では体幹部と股関節部を巧みに使い、体幹部の大きな筋を用いることで効率よく行っていたことが明らかとなった。

4. 結言

今回、時間経過の異なる水分浸漬率の相違による「もみ」動作での筋電図学的に検討した。この結果、4時間という水分が十分に浸漬していない竹では、3日間という十分に水分が浸漬した竹を割る時とは異なり、上肢を用いるようになってしまう傾向となることが明らかとなった。そのことから、水分浸漬率が不十分な竹での「もみ」動作を行う際にはより上肢の関節部に負荷がかかる可能性が明らかとなり労働障害の要因となることが示唆された。

高齢者の体の動きを入力とするグループレクリエーション向け ゲームシステムの開発

Development of a game system for group recreations of the elderly using body motion as the input

○遠藤直人¹⁾ 大須賀美恵子²⁾

1) 大阪工業大学工学部生体医工学科 2) 大阪工業大学工学部ロボット工学科

Naoto ENDO¹⁾, Mieko OHSUGA²⁾

1) Department of Biomedical Engineering, Osaka Institute of Technology

2) Department of Robotics, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

日本は超高齢社会になり、要介護者が増えている。介護予防には身体機能維持が重要である。そこで、高齢者のグループレクリエーションに適したゲームシステムを提案する。ゲームにより、遊びながら無理なく体を動かすことで心と体の活性化を図る。岩谷らは、手を握る運動と腿上げ運動による多人数参加型ゲームシステムを開発した¹⁾。軽い認知症のある方にも受容され、ゲームで笑顔が増えるなど心の活性化が示されたが、ゲーム中の体の動きの活性化は示せなかった。そこで、これまでのゲームシステムの良いところを継承し、問題点を改良して、身体活動の活性化をめざしている。システムの概要と高齢者施設で試用した結果を述べる。

2. ゲームシステムの改良・開発

2.1 システムの仕様

本研究では下肢筋力維持に目的を絞り、腿を上げる運動を行わせるゲームを開発する。岩谷のシステムでは、握力の維持のためエアバッグで手を握る運動も取り入れていた。足が動かさない人にもゲームに参加してもらえるとという利点があったが、グループの中で2種類の動きがあることで高齢者が混乱するという問題があった。

運動の検出には、高齢者の運動を束縛しないこと、取り付け取り外しが簡便な方法が必要である。岩谷のゲームでは無線化と自作の装着用ゼッケンでこれらをほぼ実現できているので、そのまま利用する。

グループレクリエーションには、数名～数十名が参加する。センサ装着やレイアウトを考慮すると同時に実施するのは8～10名程度で、交替に参加してもらうことになる。コンテンツは、高齢者にもわかりやすく、競争や協調で場が盛り上がるものが望まれる。ゼッケンの番号とゲームキャラクタの番号の対応づけによりわかりやすくなる。岩谷は、大縄跳びと綱引きというなじみのあるコンテンツにすることでこれを概ね達成していた。しかし、大縄とびは腿上げのタイミングをとるのがむずかしいという指摘があり、綱引きは個人の貢献がわかりにくいという意見があった。これらを参考に新しいコンテンツを開発する。

体の動きをゲームのキャラクタに対応させる際に、運動機能の個人差に対処する必要がある。予め個人の標準的な動きを計測しておき、それを基準として、入力値の規格化を行う。岩谷のゲームでは、準備運動のときの動作範囲より、閾値を決め2値化していたが、閾値の決め方の影響が大きいことと、閾値を越えればキャラクタが動くので、より大きな動きを促進する動機付けができないという問題があった。そこで、ここでは、腿上げの角度を規格化して10段階入力にして、脚の動作がゲームに連動するようにした。

2.2 入力

下肢の運動を検出して、PCに送る入力装置を図1左に示す。3軸加速度センサ(KXM52-1050)と無線通

信のための XBee(series1)から成る。腿の角度変化を重力加速度成分として検出している。これを図1右のゼッケンに入れて大腿に固定する。



図 1 無線型加速度センサ(左)とゼッケン(右)

3. ゲームコンテンツ

ゲームは、Actionscript3.0を用いて制作している。競争心を煽るため、2色のゼッケンによりチームを分け、チーム対抗戦とする。腿を高く挙げ高い位置で維持することを要求するゲームとして、風船割りゲームとパン食いゲームを作成した(図2)。腿の角度に連動して人型のキャラクターが上下する。高く脚を上げることに意味を持たせるため、降りてくる風船やパンがキャラクターと高い位置で接触した時、高得点が得られるようにした。

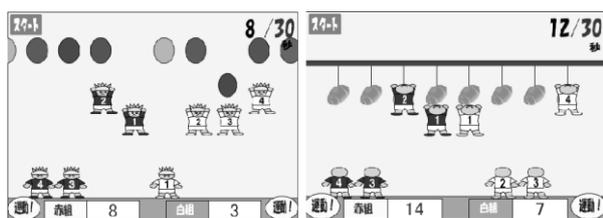


図 2 風船割りゲーム(左), パン食いゲーム(右)

足を速く動かすことを要求するゲームとして、かけっこゲーム(図3)を作成した。足を速く動かすほど、キャラクターの進む速度が速くなる。個人の頑張りがよくわかるようになっている。

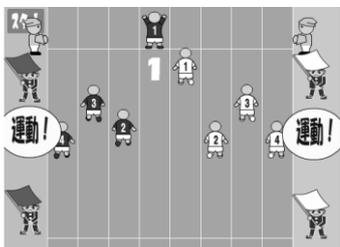


図 3 かけっこゲーム

腿を上げる角度や足踏み速度の個人差に対応するため、ゲーム前に準備運動と称して計測し、センサの値に基準を設定した。腿上げの準備運動では合図

に合わせて腿の上げ下ろしをしてもらう。センサの出力値のヒストグラムから2つのピークを求め、脚の動く範囲とした。図4左の、上のラインが脚を下ろした状態、下のラインが脚を最大まで上げた状態である。ゲーム中は、この範囲を10段階に分け、腿上げ角度に連動してキャラクターが動くようにした。

足踏みの準備運動は、腿上げと同じ動きをした後に、自由な速度で足踏みをしてもらった。前半で脚の動く範囲を求め、後半(図4右)で、足踏み1回にかかる時間の平均を求めた。図の上から2番目のラインは、範囲の2割の値である。このラインを下回る運動のみを足踏みと認識した。ゲーム中の足踏み1回の時間が準備運動中の足踏み時間より短いほど、ゲームのキャラクターが大きく進むようにした。

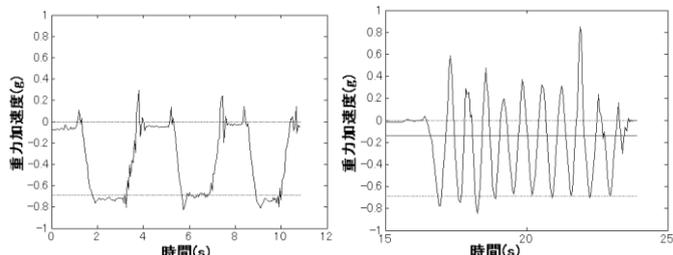


図 4 準備運動時のセンサ出力値(腿上げ(左), 足踏み(右))

4. おわりに

以前、効果評価の実験に協力していただいた近隣の高齢者施設を慰問した。そこでのグループレクリエーション時にゲームをしてもらい、新たなゲームが受け入れられるかどうか調べた。ゲームのルールとキャラクターの動かし方については、すぐに理解してもらえ、今までのゲームより面白いというコメントをもらうこともできたが、準備運動の実施方法や、計測対象の足がわからなくなるなど、いくつかの課題が抽出された。今後、腿上げ運動は腿の最大角度、足踏み運動は足踏み速度を指標にして、ゲームによる身体運動の活性化の効果が得られるように、ゲームシステムの改良を進めたい。

参考文献

- 1) 岩谷智一 他:高齢者のグループレクリエーションに適した遊びリテーションシステムの開発と評価, 信学技報 112(65), 45-48, 2012

身体活動の増加を目指したボクササイズシステムの開発

Development of Boxercise System to Increase Physical Activity

○榎木達夫, 井上裕美子

大阪工業大学 情報科学部

ENOKI Tatsuo, INOUE Yumiko

Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

1. 緒言

近年, 健康志向が高まり, 運動への関心が高まっている. 実際にウォーキングやジョギングを行っている人が増えているという報告もある. しかし, 屋外で運動を行う場合は, 天候などの状況によりモチベーションの維持が難しい. そこで本研究では, 運動不足の若者や中高年を対象とし, 家庭内で楽しく運動ができるボクササイズシステムの開発を目指した.

我々が開発してきた運動促進システム¹⁾では準備に手間がかかるという問題があるため, 本研究では手軽にできることを目指した. また有線で体にセンサを付けた場合, 運動をするときの邪魔になるので無線モジュールを用い, 運動のしやすさを考慮した. 準備に手間がかからないように, 動きを識別するセンサの数を最小限にする工夫をした. また年齢を問わず誰でも気軽にできるように, 基本的なルールはモニタに向かってパンチを打つという単純なものとした.

2. 開発するシステム

2.1 コンセプト

本システムで実施する運動は, ボクササイズを用いた有酸素運動とした. ボクササイズは狭いスペースでも実施可能で, 素早くパンチ動作を行うことにより敏捷性の向上が期待できる全身運動であることが報告されている²⁾. そのため, 本研究においても, 運動としてボクササイズを取り入れることにした. また, 本研究では難易度を選べるようにして, 各々の体力に見合った運動負荷を選択できるシステムとした.

2.2 システム構成

本システムは, 特製リストバンドと, 制御用 PC (FMV-D5295, 富士通) からなる. そのシステム構成を図

1 に示す. 特製リストバンドは, CPU 搭載の I/O ボード (ArduinoFio, sparkFun) と無線モジュール (Xbee) と, 3 軸加速度センサ (KXM52-1050, カイオニクス) とバッテリーから構成される. 3 軸加速度センサの X, Y, Z 軸の値は無線モジュールを介して制御用 PC に送信し, その値を元に処理を行い, モニタに反映させる.

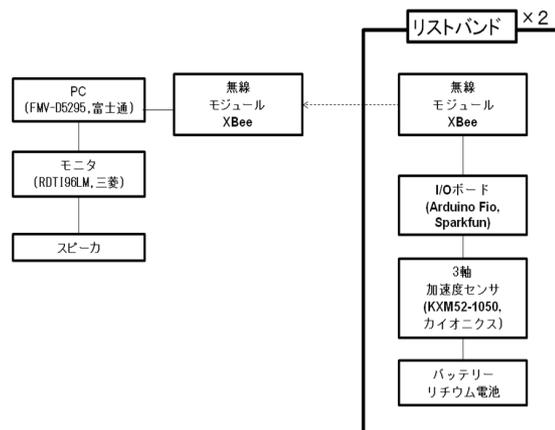


図 1. システム構成

2.3 コンテンツ

ボクササイズをする際には, 両手に特製リストバンドを装着してモニタに向かってパンチを打つ. 運動のフィードバックとして, パンチをする度にモニタの表示を変化させることにより楽しめるようにする. モニタにはアバターを表示して, パンチ動作を行う度にアバターがダメージを受けるようにする.

パンチの打ち方の判別を行い, パンチの打ち方によって, アバターの表情が変化するようにする. 楽しんで運動ができるように, 1 人用のコンテンツを 2 つ, 2 人用のコンテンツを 1 つ作成した. コンテンツは全て 3 分間とした.

2.3.1 モード1 (1人用)

1つ目のコンテンツとして自由な速さでパンチを打ち続けるものを作成した。もう1つのコンテンツは、パンチの打ち方及びパンチを打つ腕を指示するものとした。このコンテンツでは難易度を Easy, Normal, Hard の3つを作成した。Easy では1分間にパンチを120回, Normal では140回, Hard では160回打つように指示する。この回数は、エルゴメータを50W×60回転/分で漕いだ時の心拍数と比較して決定した(図2)。120回の場合の心拍数は最大120拍/分, 140回では140拍/分, 160回では最大160拍/分を超える結果となった。

ACSMの指針では、健康増進のためのトレーニング強度は最大心拍数の65~90%が良いとされている⁴⁾。被験者の推定最大心拍数は187拍であり、120~160拍/分という結果は、健康増進のためのトレーニング負荷として適応していると考えられる。そのため、120, 140, 160回を本システムの負荷として採用した。

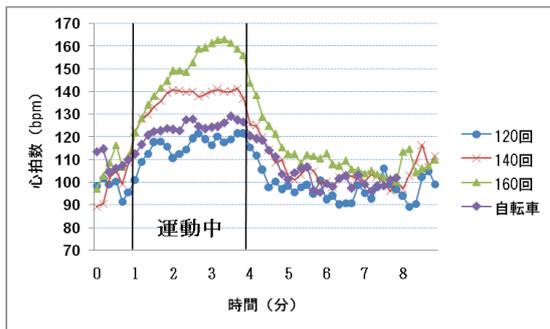


図2. 心拍数の比較

2.3.2 モード2 (2人用)

モード2では2人で3分間の間に打ったパンチの数を競う対戦モードである。対戦させることにより競争心を煽り、運動意欲の向上を目指した。

2.4 モニタに表示する画面

モニタには、アバターとパンチの打ち方と累積回数を表示する。パンチを打った瞬間、パンチの累積回数に対応してアバターの表情を変化させるようにした。

3. パンチの判定

パンチを打ったときの加速度の変化から打ち方を判別する。加速度センサの3軸の方向を図3に示す。



図3. 加速度センサの方向

この状態で左ストレートを打ったときの加速度の差分を図4に示す。

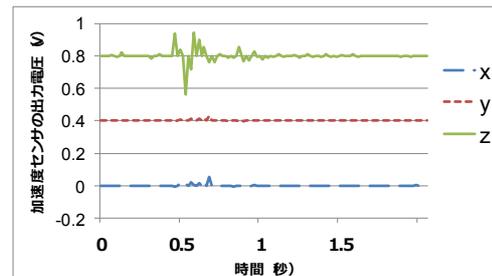


図4. 左ストレートの加速度の差分

パンチを打つと主に、z軸の加速度が大きく変化する。現時点ではz軸の加速度の差分を算出し、閾値を設定してパンチを打ったかどうかの判定を行っている。左ストレートと同様に、他のパンチでもz軸が大きく変化するのので、パンチを打ったかどうかの判定はz軸の値の差分を用いてパンチの判定を行っている。パンチの種類判定は、3軸のデータを全て利用して行っている。

4. おわりに

現在、パンチの判別率が低いいため、パンチの判別率を上げる必要がある。その後、本システムを使用し運動効果を検証することが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 井上裕美子, 大須賀美恵子: 映像を用いたインタラクティブな運動促進システム, 画像ラボ, 日本工業出版, Vol.16, No.4, pp.7-11 (2005) .
- 2) 安藤信義, 田村義男, 富田公博, 渡辺政史: シェドウボクシングの運動強度, 法政大学体育研究センター紀要, pp. 41-52 (1985) .
- 3) アメリカスポーツ医学: 運動処方指針, pp.142-149, 南江堂 (2008) .

マイクロ波レーダーを用いた異常呼吸検出の試み

An attempt to detect abnormal respiratory patterns using a microwave radar

西岡隼基, 植田真司, 鈴木哲, 朝尾隆文, 小谷賢太郎

関西大学システム理工学部機械工学科

Junki NISHIOKA, Shinji UEDA, Satoshi SUZUKI, Takafumi ASAO, Kentaro KOTANI
Dept. of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Science, Kansai University

1. はじめに

睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome:SAS) は異常呼吸の 1 つとされ, 夜間の睡眠を阻害し日中の眠気を誘発する原因となることから, 作業の安全管理上注意すべき疾患である. さらに, 高血圧や脳卒中の危険も増大する要因の一つとなることが指摘され, 近年特に注目されている[1]. その他, SAS 以外にも呼吸中枢の異常や気道の閉塞などによって呼吸の規則性が失われるといった異常呼吸や, 単純に呼吸数の増減として変化が現れる徐呼吸や頻呼吸, さらに換気量の増減による低呼吸や過呼吸など症状はさまざまである[2]. いずれにせよ, 呼吸状態の常時監視と異常呼吸の検出は, 身体に危険な状態を検出するだけでなく, 異常呼吸の原因となっている脳神経疾患や呼吸器疾患などの疾病への早期対応を行う上でも, 極めて重要である.

一方, SAS をはじめとする呼吸器系の検査は, 様々な装置を身体に取り付けることが一般的であり, 患者に物理的な負担を掛けるだけでなく, その拘束性から心理的な負担も大きくなることが問題とされている. このような患者への拘束による負担を軽減させるため, 近年では様々な無拘束の計測方法が提案されている[1]. カメラを用いた計測方法[3]では, 2台の CCD カメラを用いて胸部と腹部の呼吸運動を撮影し, 画像処理によりその活動状態を検出し診断に結び付けようとしている. しかし, この種の方法では一定以上の明るさが必要であることや, 患者の寝返り時には胸・腹部の画像取得が困難であり, カメラの設置位置などにも依存することが課題とされる[3]. また, プライバシーの問題もあり, 医療機関において患者の常時撮影を行うことは抵抗が大きく, 実用上必ずしも適している方法ではないと考えられる.

このような状況において, 近年マイクロ波を用いた生体計測方法が検討され, 様々な応用方法が提案されている[4]. この方法は心拍・呼吸に伴い体表面上に生じる振動を検出することにより, 心活動や呼吸器系活動をモニタしている. この手法を用いることにより, 患者には一切触れず一定距離離れた位置から, 且つ布団

やマットレス越しに完全な非接触で呼吸器系活動の計測が可能と考えられる.

そこで本研究は, 異常呼吸を模擬した呼吸運動をマイクロ波レーダーを用いて計測することが可能か調査するとともに, 異常呼吸検出への応用の可能性を議論することを目的とする.

2. 正常・異常呼吸について

本研究において対象とする異常呼吸についてまず検討することとする.

正常呼吸の呼吸周波数は $0.23\sim 0.33\text{Hz}$ で, 1分あたり 18 回前後呼吸を行うとされる[3]. 一方, 異常呼吸においては, まず呼吸回数が低下する病態として徐呼吸があるが, 脳圧亢進や気管支閉塞などが原因とされ, 1分あたり 12 回以下 (0.20Hz 以下) まで減少するとされる[5]. また, その逆に呼吸数が増加する頻呼吸は, 心不全や肺炎, 骨髄炎などが原因とされ, 1分あたり 25 回以上 (0.42Hz 以上) まで増加する[5]. 他方, 低呼吸は呼吸調節系の異常や呼吸筋の収縮力の低下, さらに気道の閉塞などによって代

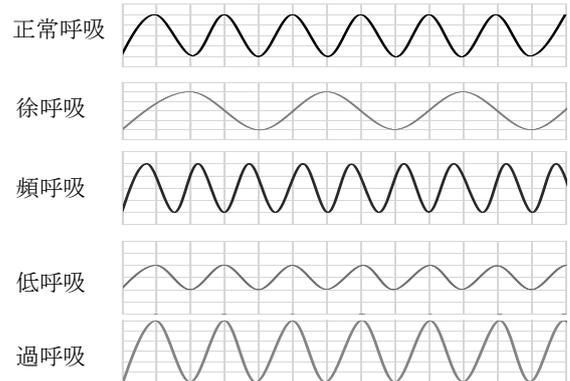
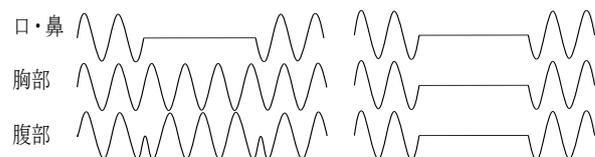


図 1. 正常呼吸異常呼吸の波形パターン



(a) 閉塞型 (b) 中枢型

図 2 閉塞型と中枢型の呼吸運動

謝によるCO₂産出量が換気によるCO₂排出量よりも多くなることから[6], 一般に振幅の減少が生じる. また, 過呼吸は呼気からの二酸化炭素の排出が必要量を超え, 動脈血の二酸化炭素濃度が減少することにより起こる

とされ[6], 振幅の増大が認められる. 以上の正常・異常呼吸の波形パターンをまとめると図1のようになる.

その他, 代表的な異常呼吸であるSASは, 一次的には低酸素血症, 高炭酸ガス血症をきたし, 二次的には肺高血圧, 右心不全, 不整脈, 脳障害などを引き起こすことが知られている[5]. 呼吸障害を自覚せず, 睡眠時に10秒以上続く換気停止が1時間に5回以上, または7時間に30回以上生じるものと定義されている[3]. このSASは, 気道が閉塞されて気流が停止する閉塞型無呼吸症候群 (Obstructive Sleep Apnea Syndrome: OSAS) と呼吸運動自体が停止する中枢型無呼吸症候群 (Central Sleep Apnea Syndrome: CSAS) に大別され[1], 呼吸波形のパターンとしては図2のようになる. さらに, OSASはSASの中でも最も頻度が高く, 睡眠中の無呼吸と低呼吸の総数を睡眠時間で除した指数である無呼吸低呼吸指数 (Apnea Hypopnea Index: AHI) が5以上と定義されている. このAHIが5~15 (回/時) が軽症, 15~30 (回/時) が中等度, 30 (回/時) 以上が重症度と判別される[7].

以上より, これらの異常呼吸を対象とした際に判別するフローは図3のようになると考えられる.

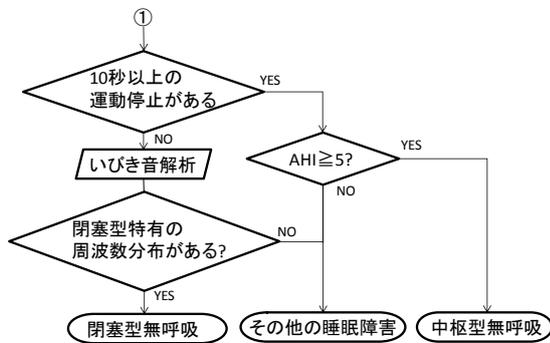
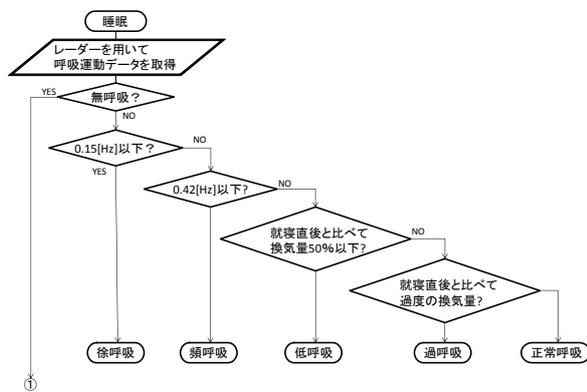


図3 異常呼吸診断フロー

3. 方法

3.1 実験方法

上述の判断基準に対し, マイクロ波による計測を行い, 有効性を実験的に検証することとする.

被験者は健康な男子大学生 (平均年齢 22±2) 8名を選択した. 実験手順として, まず, 被験者の身体特性として身長, 体重, 脂肪率および血圧を測定する. 次に, 非接触と接触による計測を比較するために, 腹部に呼吸バンド (日本光電・TR-730S) を装着するとともに心電図計測用の電極を取り付けた. その後, ベッドの上に仰臥位で横たわり1分間安静にさせた後, 正常呼吸および各異常呼吸の呼吸パターンを模擬した呼吸を行わせた. 正常呼吸→無呼吸→徐呼吸→頻呼吸→低呼吸→過呼吸という順で各2分間ずつ行わせた. また, 寝返りを想定し側臥位でも同様に計測を行い, 計12試行の実験を行った. なお, 呼吸のリズムはメトロノームを用いて統制を行った. このときの統制方法を表1に示す.

図4に実験システムの構成を示す. マイクロ波による非接触計測と, 比較用のリファレンスとして接触計測を併せて行うこととした. 接触計測用のセンサとして, 呼吸は呼吸バンド (日本光電・TR-730S) から, 心電図は胸部 V5 誘導により心電図を導出し

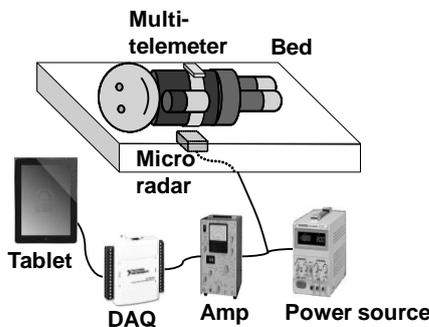


図4 実験システム構成

表1 呼吸の統制について

呼吸	リズムの与え方
正常呼吸	テンポを36回/分とし, 音が鳴るごとに呼気と吸気を変えることを繰り返す.
徐呼吸	テンポを36回/分とし, 音が2回鳴るごとに呼気と吸気を変えることを繰り返す.
頻呼吸	テンポを50回/分とし, 音が鳴るごとに呼気と吸気を変えることを繰り返す.
低呼吸	正常呼吸時と同じリズムで呼吸を行い, 被験者の考える正常呼吸時の50%以下の換気量にする. この呼吸を30秒間行った後, 正常呼吸を30秒間行うことを繰り返す.
過呼吸	正常呼吸時と同じリズムで呼吸を行い, 被験者の考える正常呼吸時よりも多い換気量にする. この呼吸を30秒間行った後, 正常呼吸を30秒間行うことを繰り返す.
無呼吸	初めの30秒間は呼吸を止め, その後の30秒間は正常呼吸を行うことを繰り返す.

た。一方で、非接触計測には自作したマイクロ波レーダーセンサ (24GHz, 7mW) を用いた。なお、マットレスは介護施設で一般的に利用されるもの (パラマウントベット・プレグラマットレス) で、厚さ 80mm 程度のものを利用した。センサの設置位置は、レーダーは仰臥位で寝た際に腹部の位置になるよう、AIST 人体寸法データベースを参考にし、マットレスの上端から 675mm のところに設置した。双方から出力されたデータは A/D ボード (ナショナルインスツルメント・USB-6211) を介してサンプリング周波数 100Hz で PC

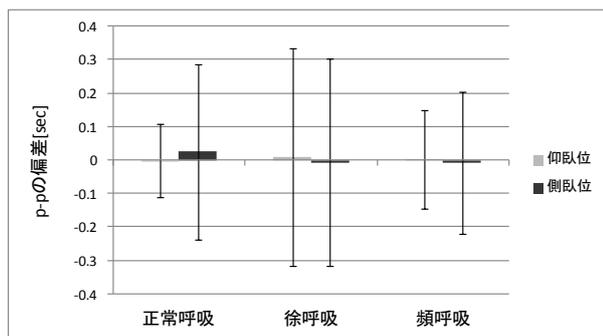
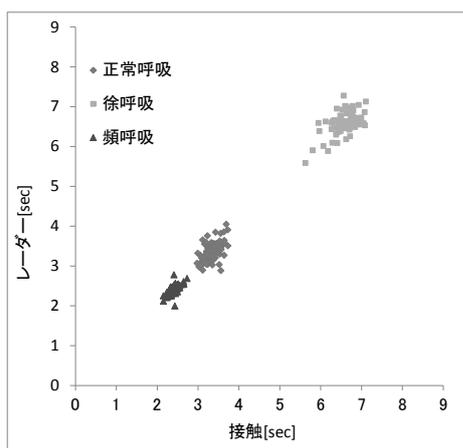
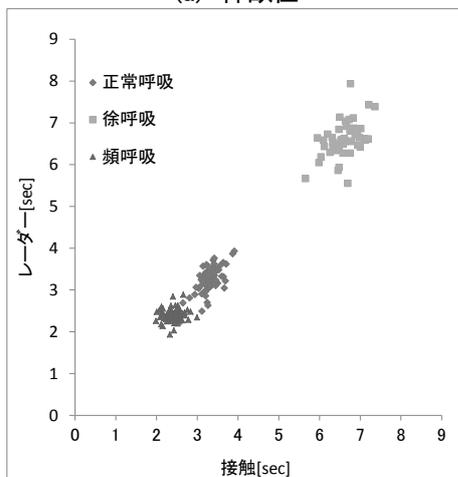


図 5 p-p 偏差の平均と標準偏差



(a) 仰臥位



(b) 側臥位

図 6 p-p の相関図まとめ

に取り込み、LabVIEW を用いて自作したシステムにより解析した。

3. 2 解析方法

解析は、センサから得られた出力に対し、ローパスフィルタ (カットオフ周波数 0.8Hz) を施し呼吸成分を抽出し解析を行った。診断は前述の診断フローを参考に LabVIEW を用いて作成したシステムを用いて抽出した。

(1) 正常呼吸・徐呼吸・頻呼吸

正常人の呼吸周波数帯域は 0.23~0.33Hz であるため、ローパスフィルタ後の呼吸波形のピーク間隔を算出する。徐呼吸と頻呼吸は正常呼吸と比べて周波数が異なるため波形のピークを検出し、それぞれのピーク間隔を求める。これを接触計測とレーダーによる非接触計測によるデータの両方に施し比較することとした。

(2) 低呼吸・過呼吸

ローパスフィルタ後の波形に対して、低呼吸と過呼吸は振幅に変化が現れることから、振幅の変化を算出した。正常呼吸時の振幅を基準とし、呼吸バンドの振幅からの減衰、増加率を比較することとした。

(3) 無呼吸

無呼吸は、ローパスフィルタ後の呼吸波形に対し、差分波形を算出し、呼吸波形の振幅と差分波形の振幅により呼吸活動の停止を判定することとした。

4. 結果および考察

図 5 は、正常呼吸、徐呼吸、頻呼吸それぞれの条件におけるリファレンスとなる呼吸バンドによる接触計測の結果と非接触計測との残差 (ずれ) を示している。いずれの条件においても、呼吸の周期に対する時間的な残差は非常に小さいことが確認できる。また、図 6 はそれぞれの呼吸を模擬した際の仰臥位および側臥位における呼吸バンドにより計測した呼吸波形のピーク間隔 (横軸) とマイクロ波による非接触計測の結果 (縦軸) をまとめたものである。この図より、徐呼吸においては分散が増加していることが見てとれるものの、それぞれの呼吸パターンにおいて相関が高いことが分かるだけでなく、相関があることから仰臥位、側臥位にといった臥位の方向に係わらず計測ができていることを示している。

次に、表 2 は低呼吸・過呼吸における振幅の増減率を示している。徐呼吸、頻呼吸といった異常呼吸と異なり、低呼吸、過呼吸はいずれも振幅に対して変化が生ずる異常呼吸であるため、今回の実験方法では統制が困難であることから、絶対値としての比較ではなく相対的な変化としてリファレンスとして

の接触計測の結果との比較を行うこととした。その結果、一部の被験者には呼吸の仕方によって大きな変動が確認されたことから誤差も生じたものの、増減率は接触・非接触とも正常値に対し明確な変化をしていることが見てとれる。したがって、計測前に校正を行うことにより、相対的にはほぼ同等の変化が捉えることができると考えられる。また、個人差が確認できた原因としては、マイクロ波レーダーは体動に対しても敏感に反応してしまうことから、特に過呼吸時は呼吸が激しくなり、それに伴い被験者の体も動いてしまっていたと考えられる。

図7は無呼吸を模擬した実験における顕著な例を示した被験者の呼吸波形を示している。この波形から、リファレンスである接触法による計測とほぼ同等の変動をしていることが見てとれる。この傾向は全ての被験者において確認できた。

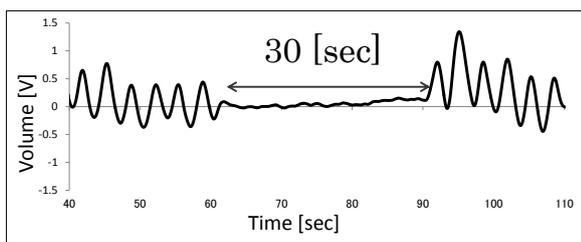
表2 低呼吸・過呼吸の増減率

(a) 低呼吸

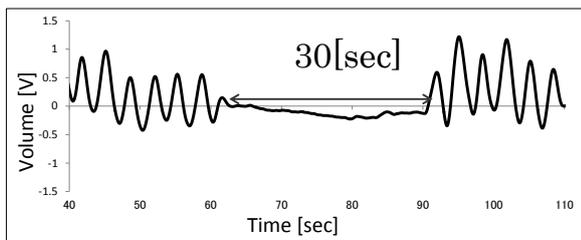
	仰臥位		側臥位	
接触	正常呼吸[V]	7.47	正常呼吸[V]	7.40
	低呼吸[V]	1.15	低呼吸[V]	1.48
	減少率[%]	15.91	減少率[%]	19.83
非接触	正常呼吸[V]	30.4	正常呼吸[V]	26.64
	低呼吸[V]	5.32	低呼吸[V]	5.03
	減少率[%]	20.71	減少率[%]	20.86

(b) 過呼吸

	仰臥位		側臥位	
接触	正常呼吸[V]	6.73	正常呼吸[V]	8.05
	低呼吸[V]	15.02	低呼吸[V]	19.80
	増加率[%]	224.24	増加率[%]	245.25
非接触	正常呼吸[V]	33.47	正常呼吸[V]	37.15
	低呼吸[V]	258.16	低呼吸[V]	85.35
	増加率[%]	602.67	増加率[%]	229.16



(a) 接触法



(b) 非接触法

図7 無呼吸の検証図

5. まとめ

本研究では、徐呼吸、頻呼吸といった呼吸波形の時間成分に変化が生ずる異常呼吸、また低呼吸、過呼吸といった呼吸波形の振幅に対して変化が生ずる異常呼吸、さらに間欠的に無呼吸が生ずる異常呼吸を模擬的に発生させ、その際リファレンスとなる接触計測とマイクロ波を用いた非接触計測との結果を比較し、非接触計測の有効性を調査した。

その結果、振幅方向に対する異常呼吸においては課題が残るものの、時間方向に変化が現れる徐呼吸・頻呼吸、さらに無呼吸といった異常呼吸に対して特に有効である示唆が得られた。振幅の変化については、今回の実験方法での検証は難しいことから、スパイロメータなどによる実際の換気量計測などとの比較による正確な計測が必要となると考えられる。

この非接触計測は、計測対象者に対して一切触れず、且つ離れた位置から衣服や布団を透過して計測できることから、負担の極めて少ない計測であると考えられる。特に、高齢者や患者のような計測対象者に対して有効であると考えられるだけでなく、自動車運転などの作業中のモニタとしても極めて有望な計測であり、今後の応用に期待される方法の一つであると考えられる。

参考文献

- [1] 竹村安弘, 他: "非接触呼吸運動モニタ装置を用いた睡眠時無呼吸症候群診断": 電子情報通信学会論文誌: Vol.J90-D, No.2, pp.567-577, 2007
- [2] 日本臨床検査学会 ガイドライン: "異常呼吸 Abnormal Breathing": 第1章 症状編・呼吸器/異常呼吸: 2005
- [3] 西田佳史, 他: "視覚情報による睡眠時無呼吸症候群診断方法": 日本ロボット学会誌: Vol.16, No.2, pp.274-281, 1998
- [4] 若山真都, 他: "FW-CW レーダを用いた心拍の非接触計測": 電子情報通信学会技術研究報告. SANE, 宇宙・航行エレクトロニクス: pp.13-16, 2005
- [5] 丸山仁司: "リスク管理 バイタルサイン": 理学療法科学 20(1): pp.53-58, 2005
- [6] 本郷利憲, 廣重力: "標準生理学"第5版: p.646, 医学書院, 2002
- [7] 百村伸一, 他: "循環器領域における睡眠呼吸障害の診断・治療に関するガイドライン": Circulation Journal, Vol. 74, Suppl. II, 2010

睡眠時体動の計測手法の違いによる特徴抽出

Feature Extraction of Body Movement during Sleep by Difference of Sensing Method

○加藤雅也* 萩原啓*

*立命館大学 情報理工学部

KATO Masaya*, HAGIWARA Hiroshi*

* College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

現在、先進国各国における高度経済活動のなか、24時間社会、深夜労働、超過労働、ストレス等が問題視されている。それらが睡眠不足、健康の阻害、高度知的活動の妨げを誘発しており、人々の睡眠環境が悪化しているといえる。

厚生労働省が平成 22 年に実施した「国民健康・栄養調査」¹⁾によると、眠れないことが「頻繁にある」が男性 11.7%、女性 14.5%、「ときどきある」が男性 39.6%、女性 42.1%と報告されており、良質な睡眠がとれていない現状にあることがわかる。睡眠はヒトの活動において重要な位置を占めており、今後さらに睡眠への関心が高まっていくことが予想される。そのような中、睡眠に関する研究が数多く行われており、センシング手法においても、睡眠ポリソムノグラフ (PSG: Polysomnography)²⁾を始めとして様々な手法がある。しかしながらセンシング手法の違いによる特徴や複数のセンシング手法によるそれぞれの違いについてはまだ明らかになっていないところがある。

本研究では、PSG を基準として様々なセンシング手法を用いて睡眠を計測し、得られたデータからセンシング手法ごとの特徴を明らかにする。PSG における脳波計測は多数の電極を装着し、被験者に大きな負担がかかり日常計測に不適である。また、睡眠研究の成果は、一般の人々の日常生活における睡眠の質の向上に寄与すべきであり、そのため、日常生活の睡眠において、比較的軽負荷で計測可能である体動に着目し、様々なセンシング手法における体動計測の特徴を抽出することを目的とする。

睡眠段階は Rechtschaffen & Kales の睡眠段階国際

判定基準に従い³⁾、さらに睡眠段階 1 と 2 をそれぞれ 3 分割し、合計 10 段階の睡眠状態を表したものを使用する。その分類を表 1 に示す。

表 1 睡眠段階と睡眠状態

睡眠段階	10段階の睡眠状態	判定方法	身体の状態
Wake	0	α 波 $> 50\%$	起きている
REM	REM	低振幅の周波数急速眼球運動	意識がなく夢を見ている
1	1	α 波 $\leq 50\%$	寝ているが意識がある
	2	主に θ 波	
	3	瘤波出現	意識がない
2	4	K-complex	
	5	スピンドル	
	6	δ 波 $< 20\%$	
3	7	$20\% \leq \delta$ 波 $< 50\%$	
4	8	$50\% \leq \delta$ 波	

体動の測定方法には脳波記録上や眼球運動記録上に出現する筋電位アーチファクトをカウントするもの(脳波アーチファクト法)、static charge sensitive bed(SCSB)や open circuit、体振動を感知する特殊なパッドを用い被験者が動くことによって生ずる静電容量の変化をとらえる方法(static charge 法)、四肢、軀幹の筋電変化により測定する方法(筋電図法)などがある⁴⁾。先行研究において、脳波アーチファクト法により判定される体動(脳波 BM:脳波 Body Movement)と、赤外線モーションセンサ NapVIEW により判定される頭部体動が近似していることが示されている⁵⁾。

本研究においては、体動の計測方法には、加速度センサ、赤外線モーションセンサを用いた。

2. 方法

2.1 被験者及び実験装置

被験者は20～23歳の健常な被験者7名(男性7名)である。事前に十分なインフォームドコンセントを得た後実施した。尚、実験前に不規則な生活をせず、睡眠を阻害する要素のないことを条件とする。実験では多用途脳波計 EEG-1100(日本光電)、腕時計型高感度加速度センサ Actigraph(A.M.I)、赤外線モーションセンサ NapVIEW を用いた。多用途脳波計 EEG-1100 を用いて脳波、眼球運動、顎部筋電図等から睡眠状態を求める。Actigraph は2～3Hz で0.01G/Rad/sec 以上の動きを検出することができ、加速度 BM(Body Movement)を検出する。NapVIEW は赤外線センサ NaPiOn(パナソニック)の微動検出タイプを用いて構成される体動検出装置である。NaPiOn 微動検出タイプの特性は、検出距離最大2m、検出範囲水平方向91°、垂直方向91°。検出対象の条件として背景との温度差は4℃以上、移動スピードは0.3～1.0m/s、検出対象は人体(サイズは200×200mm)である。センサより2mの距離での微動検出の目安として約20cmの動きを検出するものである。NapVIEW から採取される体動とは、NapVIEW を枕元(頭部から50cmの距離)に置き被験者の頭部の方向に向けて配置することにより、頭部の体動(5cm以上の動き)を検出する(NapVIEWBM)。いずれの機器においても1エポック1分間とした。睡眠計測は午前0時から午前7時までの7時間行った。実験に使用した部屋は、外部からの影響を極力遮断するものを用意し、室温は一定に保つようにした。

2.2 実験方法

脳波計測では、被験者の頭部に電極を装着し、C3、C4、O1、O2、A1、A2(国際式10-20法:図1)より導かれる脳波を計測する。眼球運動の計測は、右目の1cm右上と左目の1cm左下に電極を装着する。体動計測は赤外線センサの NapVIEW が頭部体動、Actigraph が四肢(右手:RH、右足:RL、左手:LH、左足:LL)に加えて体幹(体幹:Body)の五箇所を計測した。

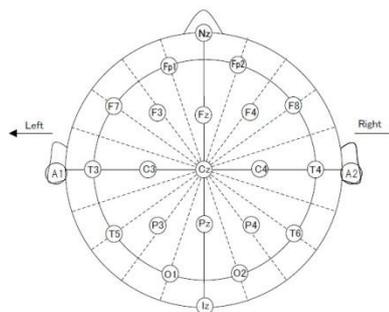


図1 国際式10-20法

2.3 解析方法

脳波解析はC3-A2、C4-A1、O1-A2、O2-A1より導出された脳波信号を30Hzのローパスフィルタを通して行う。睡眠状態判定は表1の判定方法を用い、脳波、眼球運動、顎部筋電図から目視により行った。

Actigraph と NapVIEW による体動計測は、計測時間から実験時間を切り出し、体動検出回数を体動値としてプロットする。

3. 結果

3.1 脳波による睡眠状態と体動の検出

図2は、被験者Aの、脳波を用いた睡眠状態判定と、Actigraph、NapVIEWの体動データを加えたものである。1軸にActigraphとNapVIEWによる体動値、2軸に睡眠状態を置いた。横軸は経過時間である。先行研究により、体動と睡眠状態の密接な関係が明らかになっており、体動の出現頻度が高いほど睡眠状態が浅く、体動間隔が長いほど深いということが示された。本研究においても、その傾向があることがわかる。

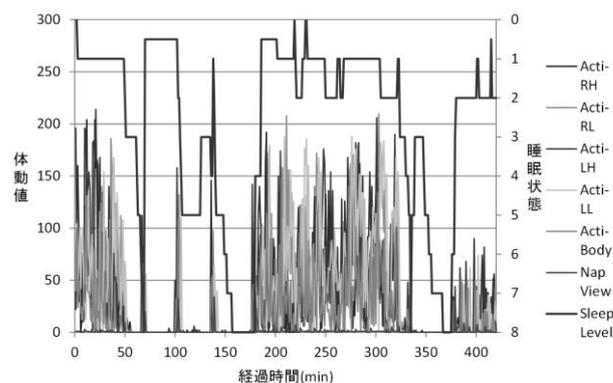


図2 睡眠状態と体動

3.2 四肢体動と体幹体動

図3~5は被験者Bにおいて、四肢の体動(Acti-RH)と体幹(Acti-Body)の体動を比較したものである。四肢の体動と比べて、体幹の体動は値が小さいことがわかる。また、230分~250分、350分~400分のREM期において、四肢で検出した体動が体幹では検出していないことがわかる。

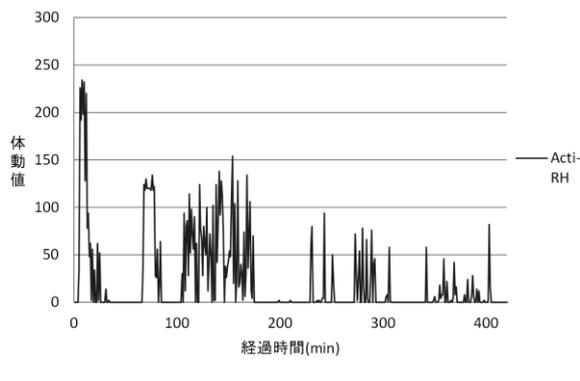


図3 四肢体動(Acti-RH)

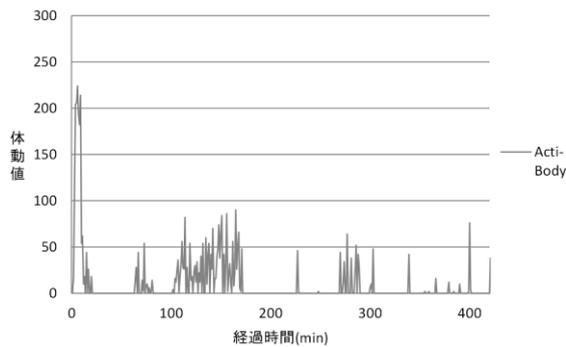


図4 体幹体動(Acti-Body)

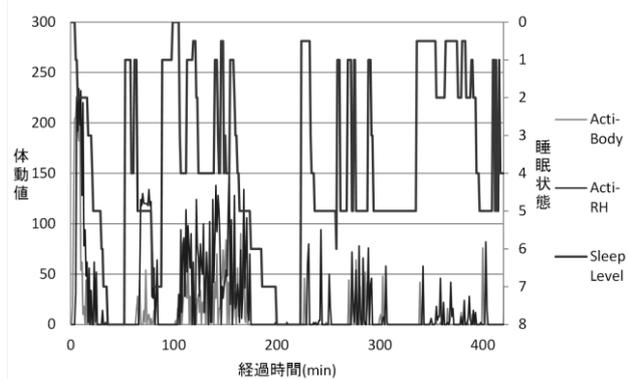


図5 四肢体動と体幹体動

3.3 中途覚醒と頭部体動の関係

図6は被験者Cにおいて、睡眠状態判定とActigraphによる四肢の体動を、図7は睡眠状態判定とNapVIEWによる頭部体動データを合わせたものである。100分前後にて被験者は中途覚醒を起こしており、体動が激しく起こっている。特徴的であるのはNapVIEWBMであり、散発的な体動が主に起こる頭部において連続的な体動を検出していることがわかる。

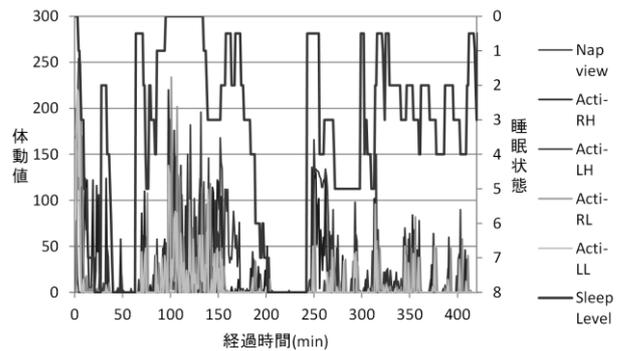


図6 中途覚醒時の四肢体動

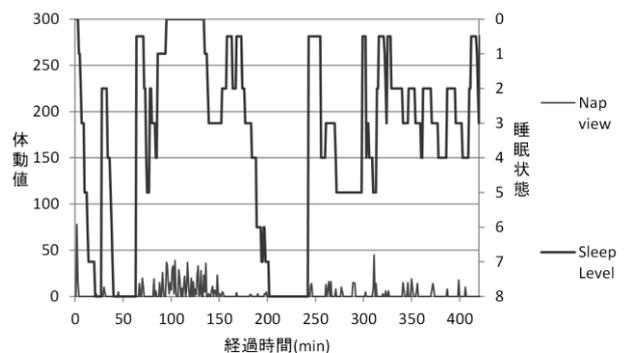


図7 中途覚醒時の頭部体動

4. 考察

本研究では、センシング手法の違いによる体動の特徴抽出を目的としている。その結果、複数の被験者において、REM期ではNapVIEWによる頭部の体動検出の回数がActigraphによる四肢の体動検出の回数よりも少ない結果が得られた。これは、REM期において筋緊張が低下し、頭部の動きが少なくなることに對して、四肢がREM期において特徴的な体動を起こすことによるものと考えられる。

Actigraphによる加速度 BM では、両手足の値よりも体幹の値が低い結果が出た。また、複数の被験者には睡眠の中途覚醒が起こったが、中途覚醒の前後において、NapVIEW が継続的に高い値をとっている。頭部の体動は、睡眠中は主に寝返りによって引き起こされるため散発的であるが、中途覚醒が起こった場合には覚醒時の動作により継続的に高い値を出すためであると考えられる。四肢の加速度 BM においてはこのような傾向はみられず、頭部の体動に独特の動きであると考えられる。

5. おわりに

中途覚醒時における NapVIEWBM の特徴から、終夜の中途覚醒の有無が容易に判定できる可能性が示唆された。これは Actigraph による四肢の加速度 BM からは判定できない特徴的な要素である。

NapVIEW と Actigraph から、四肢と頭部で体動の傾向が異なることが示唆された。しかし、NapVIEW は 5cm 以上の動きを検出するのに対し、Actigraph は 0.01G/Rad/sec 以上の動きを検出するため、感度に違いがあり、また微動を繰り返した場合、NapVIEW は体動を検出しないが、Actigraph は体動として検出する。このように、感度・センシングシステムに違いがあるため、1対1で比較することができないことに留意する必要がある。

Actigraph による四肢と体幹の体動においても異なる体動の傾向が見られたが、体動検出の特徴を評価する手法を検討することで、より定量的な結果を出すことができると考えられる。

本研究において使用したセンシング手法以外にも、感圧センサ、筋電図法など体動の検出方法は存在する。今後は他のセンシング手法も同時に用いて研究を行う予定である。

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 22 年国民健康・栄養調査結果の概要
- 2) 早川敏治, 太田龍朗：睡眠障害に関する検査法 — 睡眠ポリソムノグラフ検査 (Polysomnography; PSG) を中心に—日本臨床. 56(2) : 354-360, (1998).

- 3) Allan Rechtschaffen and Anthony Kales, Editors A MANUAL of STANDARDIZED TERMINOLOGY, TECHNIQUES AND SCORING SYSTEM FOR SLEEP STAGES OF HUMAN SUBJECTS, National Institute of Health, (1968). 清野茂博 訳：睡眠脳波アトラス. 医歯薬出版, 東京, (1971).
- 4) 日本睡眠学会:日本睡眠学ハンドブック ,pp460-467, pp28-29
- 5) 城和男,萩原啓 :赤外線モーションセンサを用いた睡眠時体動の評価.生体医工学会誌, 47(1):7-14,(2009).

3次元動作解析を用いた理学療法士の治療効果検証に対する一考察

Consideration of Therapeutic Effect by Different Physical Therapist by the Three-Dimensional Motion Analysis

○大桐将*, 山田忠尚*, 中村真樹*, 堀田祐司*, 前田将樹*, 中村菜採*
 越野哲史**, 成田智恵子**, 弓永久哲***, 来田宣幸**

*山田整形外科病院 **京都工芸繊維大学 ***関西医療学園専門学校

OOGIRI Masaru*, YAMADA Tadahisa*, NAKAMURA Masaki*, HOTTA Yuji*

MAEDA Masaki*, NAKAMURA Natsumi*, KOSHINO Tetsusi*, NARITA Chieko*

YUMINAGA Hisanori**, KIDA Noriyuki***

*Yamada Orthopaedic Hospital, **Kyoto Institute of Technology

***Kansai Vocational College of Medicine,

1. 緒言

理学療法士は、対象患者の基本動作能力を改善することが社会的役割である。その思考過程は、動作を観察し分析して治療アプローチを検証していく仮説検証作業であるとされている。先行研究では、その分析過程を解析することが試みられ理学療法士の教育に反映しようとすることも検討されている¹⁾。しかし、理学療法士の仮説検証作業を学習するための課程が十分に なされているとは言い難く、経験的な観点から考えられることが多い。理学療法士の経験年数と理学療法の効果の関係性を調査した研究では、治療効果は経験年数に影響されないということも言われ、更に理学療法士の基本的な観察の能力には経験の差は無いとの報告もある^{2,3)}。ただ、臨床的に経験を積んだ理学療法士の治療によって基本動作能力が改善することも事実であり、一概に経験年数と治療効果の関連性が無いとも言い難い。現在、理学療法士数は10万人を超え、急激な増加に伴う質の低下が指摘されて久しい。理学療法士の社会的地位向上のためにも質の向上を目指すことは非常に重要であると考えられる。しかし現在そのような学習システムは存在せず、各々の経験則のみに頼っているのが現状である。そこで今回、異なる理学療法士による歩行動作の治療介入前後の治療効果の相違について検討した。

2. 実験方法

歩行動作における治療対象患者は、左足関節骨折を受傷した56歳の男性である。対象患者には研究の意図を十分に理解して頂いた上で同意を得、同意書にもサインを頂いた。

対象患者に対し理学療法士A(Subject A)とB(Subject B)が治療介入し、治療前後の歩行動作の変化程度の相違について検討した。治療方法に関しては特に限定せず各々の手技で実施した。

データ収集方法としては、3次元動作解析装置(MAC 3D SYSTEM, Motion Analysis社製)を用い赤外線カメラを8台設置し、解析空間を5m歩行可能な空間とし、対象患者に10往復してもらい、データ収集した。動作解析時のマーカーの設置部位は両側設置とし頭頂、肩峰、肘外側上顆、手関節茎状突起、第7頸椎棘突起、第5腰椎棘突起、上前腸骨棘、上後腸骨棘、大転子、膝関節外側上顆、足関節内外果、踵骨、母趾MP関節部、小趾MP関節部の30部位とした。なお、サンプリングレートは120Hzとした。

3. 結果

Table1及びTable2に理学療法士A、Bの治療前後の両足に関するX/Y-position及びStep length, Step angleを示す。

Table1 results of Subject A

Subject A	Left ankle					Right ankle				
	Pre		Post		t-Value	Pre		Post		t-Value
X-position	573.58	± 20.97	606.76	± 22.39	5.07***	515.90	± 14.77	556.63	± 17.79	9.02***
Y-position	121.64	± 21.69	127.73	± 20.13	1.18	-126.01	± 30.26	-115.91	± 29.24	1.22
Step length(mm)	586.66	± 22.70	620.38	± 21.98	4.88***	531.91	± 13.79	569.34	± 15.58	8.05***
Step angle(°)	78.06	± 1.96	78.10	± 1.89	0.11	-76.28	± 3.33	-78.22	± 3.07	2.24*

*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001

Table2 results of Subject B

Subject B	Left ankle					Right ankle				
	Pre		Post		t-Value	Pre		Post		t-Value
X-position	597.67	± 17.65	597.22	± 22.03	0.07	539.76	± 16.28	535.78	± 26.58	0.54
Y-position	141.87	± 22.10	134.79	± 27.47	0.88	-132.11	± 23.26	-126.85	± 26.85	0.67
Step length(mm)	614.68	± 16.66	612.90	± 19.82	0.32	556.11	± 17.79	551.24	± 26.00	0.70
Step angle(°)	76.64	± 2.11	77.26	± 2.74	0.77	-76.27	± 2.28	-76.67	± 2.86	0.46

*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001

Subject A では治療前後で X-position 及び Step length において有意差が認められた。

Subject B において有意差は認められなかったものの、各項目において若干の変化が認められた。

Subject A 及び Subject B の治療後データ比較においては右足の X-position, Step length, Step angle で有意差が認められた。

4. 考察

本研究での理学療法士双方間の比較で、治療後データにおいて右足の X-position, Step length, Step angle で有意差が認められた。

ただ、分析項目及び分析条件も限局されており本研究のみでどちらの治療が良いか悪いか等を判断するのは早急であると考えられる。

山田らによれば理学療法技術の指導は「形式知」のみで伝えることは難しく、経験を通して伝授しなければ伝えることができない「暗黙知」的な部分があるとされている。⁴⁾ 日々の臨床において理学療法技術を指導してもらったものであれば誰もが共感できるのではないだろうか。

本研究において 3 次元動作解析装置を用いて「暗黙知」的な部分を少しでも形式化し、自己の治療結果に対するフィードバック及び双方間での治療結果に対するフィードバックを通すことによって、互いに治療意識の向上になるのではないかと考える。

今後更に分析項目及び分析条件について精査してい

き、理学療法士の更なる技術向上の手段となるような解析方法を考えていく必要があるのではと考えられる。

5. 参考文献

- 1) 渡会昌広,他: 歩行観察における理学療法士の注意点(第 2 報)-教育的介入により注視点が定まる-,理学療法科学 33(2),pp.456,2006
- 2) 吉村茂和,他: 理学療法の効果と臨床経験年数との関係:10m 歩行について検討,理学療法科学 32(2),pp.583,2005
- 3) 盆子原秀三,他: 観察による歩行分析の信頼性と正確性について,理学療法科学 23(6),pp.747-752,2008
- 4) 山田洋一,他: 理学療法士の自己認識から抽出した今後の育成課題-医療機関に勤務する理学療法士の調査-,理学療法科学 27(4),pp.385-389,2012

タブレット PC を用いた腰痛判定カメラの機能拡張

Extensions of a Lumbago Judging Camera Using the Tablet PC

○田中 優介*, 福井 裕**, 川野 常夫**

*摂南大学大学院 工学研究科 **摂南大学 理工学部

TANAKA Yusuke*, FUKUI Yutaka**, KAWANO Tsuneo**

* Graduate School of Engineering, Setsunan University,

** Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

1. はじめに

わが国において腰痛の自覚がある有訴者率はほぼ 10 人に 1 人の割合となっており、その割合は肩凝りや頸肩腕障害などの疾患の中で 1 位を占めている¹⁾。

製造工場では重量物の挙上や運搬などの重筋作業を伴うことが多く、腰の負担は大きいと推察される。一方、介護作業にはベッドと車いす間の移乗介助、入浴介助、トイレ介助などがあり、介助者は、50kg 前後の人間を支え、持ち上げながら作業することから、腰への負担は想像以上に大きいと推察される。

以上の作業に関連する腰痛は極めて深刻であり、対策が必要であることは言うまでもなく、これまでも多面的に取り組まれてきている²⁾。これまで腰部負担を推定し評価する研究は多く、モーションキャプチャや床反力計を用いて座標と力の計測を行い、逆動力学における方程式を解くことによって力学的負担を推定するもの^{3)~5)}、あるいは身体各筋肉の筋電図を測定して直接的に力学的負担を推定するもの^{6),7)}などがある。これらはいずれも装置が大掛かりとなり、実験室で再現する荷役作業や介助動作などを対象とするしかなく、実際の工場や病室、自宅での動作を対象としていないことが多い。

筆者らは、これまでに工場や介護現場において作業員や介護者が実際に作業をしている姿勢を評価し、腰痛発生の危険性について判定することができる「腰痛判定カメラ」の開発を行ってきた⁸⁾。本研究では、腰部の負担を軽減するためにどのように姿勢を改善すればよいかといったアドバイスを自動的に行うことのできる機能を、先の腰痛判定カメラに付加することを目的とする。

2. 椎間板圧迫力の推定式

腰痛が起きるかどうかの判定には、第 4, 第 5 腰椎 (L4/L5) の椎間板に作用する圧迫力の大きさが取り上げられることが多い^{4),5),9)}。本研究においても L4/L5 の椎間板圧迫力の大きさに基づいて腰痛発生の判定を行う。ここで椎間板圧迫力は直接測定することはせず、図 1 に示す静的な 2 次元人体リンクモデルにおいて力学方程式を解くことによって、その姿勢における瞬間的な椎間板圧迫力 F_C を推定する。人体モデルは矢状面内モデルとし、両腕、両脚は一体とみなす。

図から次の式が得られる。

$$F_C = U_W \cos \theta + L_S \cos \theta + L_H \cos \theta + F_M - F_A \quad (1)$$

$$E \cdot F_M = (U_W, L_S, L_H \text{ による } L4/L5 \text{ まわりのモーメント}) - (F_A \text{ によるモーメント}) \quad (2)$$

ここで、

U_W : L4/L5 より上方の胴体、頭、両腕の重量合計(N)

L_S : 肩に作用する外力 (向きは鉛直下方とする)

L_H : 手に作用する外力 (向きは鉛直下方とする)

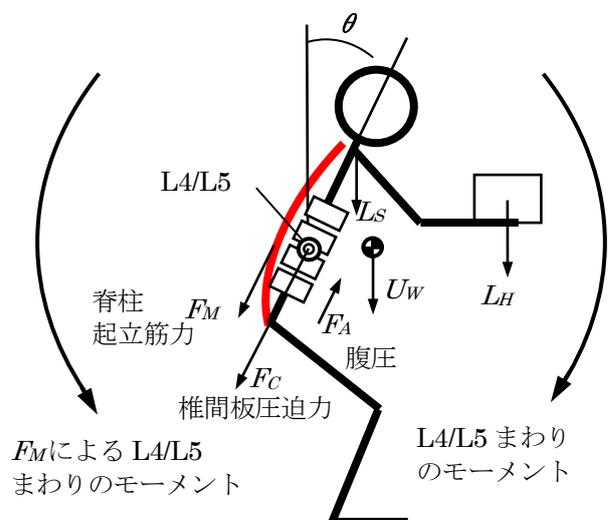


図 1 椎間板 L4/L5 に作用する力の 2 次元モデル

F_M : 脊柱起立筋力

F_A : 腹圧

E : 脊柱起立筋による後屈のモーメントアーム

θ : L4/L5 における脊柱の傾斜角

なお, U_w は後述するように対象者の体重から平均的な配分比を用いて推定する. L_s , L_H はカウンセリングの際にその場に応じた想定値を与え, 幾通りか変化させて腰の負担の変化をみることとする. 腹圧 F_A は Fisher の式¹⁰から求められるが, 腰痛が発生するような F_c に比べて極めて小さいため, 実際の計算では 0 として扱う. モーメントアーム E は先行研究¹⁰から 5cm とする. また, (2)式のモーメントアームは後述する人体各部のセグメント長さや関節角度から求める. 以上の値を用いて(1)(2)式から椎間板圧迫力 F_c を求めることができる.

3. 腰痛判定カメラの機能拡張

3.1 腰痛判定カメラ

既報⁸で開発した腰痛判定カメラでは, iPad2 とその内蔵カメラを用いて作業姿勢の取り込みと人体リンクモデルの入力, ならびに椎間板圧迫力の計算を行うアプリを独自に開発した.

腰痛判定カメラの使用イメージを図 2 に示す. 図は荷物を両手で持ち上げようとしている作業員 (評価対象者) の腰痛判定を行う様子を示している. 評価者は腰痛判定カメラ (iPad) を持ち, ディスプレイに映る作業員の姿勢を見ながら, 作業員の側方に立って, 作業員の全身がディスプレイに収まるようにカメラのシャッターを切る. 作業員の姿勢は静止画像となってディスプレイ上に表示される. 次にディスプレイ上の身体各部をタッチしてリンクモデルを形成し, 作業員の身長, 体重, 外力 (ここでは荷物の重量) などの必



図 2 開発する腰痛判定カメラの使用イメージ

要パラメータを入力すると, その作業姿勢における椎間板圧迫力が推定され, 腰痛判定結果が数値と色および警告文で表示される.

3.2 アドバイス機能の追加

これまでの腰痛判定カメラは腰痛判定結果が数値と色および警告文で表示され, その結果を作業員に説明しカウンセリングする. しかし, 表示される数値と色および警告文だけでは, カウンセリング時において, 具体的にどの部分を改善すればよいか等の判断をするのに専門的な知識を要する場面がある. そのため, 本研究では先の腰痛判定カメラの拡張機能として, 負担軽減のためのアドバイス機能を新たに開発した. これにより, 専門的な知識が無くとも, どの部分をどのように改善すればよいか等の判断ができ, カウンセリングをより簡便に行うことができるようになる.

具体的には, iPad 内で椎間板圧迫力を計算後, その値が, 椎間板圧迫力の許容限界値を超えていた場合, 体幹傾斜角, 肩から荷物までの水平距離, 荷物の重さの 3 つの要素についてそれぞれの値を減少させていき, 各条件での椎間板圧迫力を表 1 のように

表 1 アドバイス機能のアルゴリズムを説明する表 (荷物の重さ = 20kg, *=許容限界値を超えた値)

傾斜角度 水平距離	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	522	1266	1971	2615	3181	*3649	*4007	*4243	*4350	*4325
1	1236	1980	2684	3329	*3800	*4168	*4471	*4721	*4957	*5039
2	1950	2693	3398	*4043	*4706	*5300	*5835	*6149	*6385	*6492
3	2664	*3407	*4111	*4776	*5381	*5936	*6451	*6926	*7361	*7756
4	3378	*4121	*4825	*5470	*6036	*6504	*6862	*7099	*7206	*7181

出発点

求める。なお、ここでは、荷物の重さを 20kg に固定している。水平距離は、肩の位置を 0、肩から腕をまっすぐ水平前方に伸ばした手までの距離を 4 とし、0 から 4 までの 5 段階にわけ、その後、評価した姿勢の条件に最も近い条件を出発点とし、各要素を減少させていき、それぞれの条件における計算結果が許容限界値を下回るかどうかを調べていく。その結果、出発点から最も早く許容限界値を下回った要素に対し、改善するようにアドバイスを画面に表示させる。以上の計算を、評価姿勢または詳細設定が変更されるたびに行う。

3.3 年齢性別を考慮した判定基準の追加

前述した椎間板圧迫力の許容限界値は、腰痛判定結果の判定基準として用いる。判定基準は NIOSH が定めた椎間板圧迫力の許容限界¹¹⁾に基づいている。

しかし、椎間板圧迫力の許容限界値については諸説があり、Jager¹²⁾によるとそれは年齢性別によって異なり、表 2 に示すように、50 歳代では男性は 3200N、女性は 2500N となり、60 歳以上では男性は 2300N、女性は 1800N にまで下がる。そのため評価対象者の年齢性別の違いを踏まえたうえでカウンセリングする必要がある。よって、本研究では、腰痛発生の危険性の判定基準を、Jager¹²⁾らが提唱する年齢性別を考慮した許容限界値を判定基準とする。

3.4 腰痛判定アプリ

本研究の腰痛判定アプリは iPad に内蔵のカメラから作業姿勢の取り込みとディスプレイへの表示、人体および外力のパラメータ入力、ディスプレイ上の身体各部のタッチとリンクモデルの作成、椎間板圧迫力の計算、およびそれらのユーザインタフェースの作成からなる。それらはまず Adobe 社製の統合開発環境 Flash Builder 4.5 を用いてパソコン上で開発した。プログラミング言語としては Java 言語に似たオブジェクト指向言語である

表 2 年齢性別による腰痛判定基準

年齢(歳)	男性(N)	女性(N)
20	6000	4400
30	5000	3800
40	4100	3200
50	3200	2500
60以上	2300	1800

ActionScript を用いた。

3.5 腰痛判定結果の表示

腰痛判定結果は、画面下部の結果表示領域に図示される。判定結果では、腰痛発生の危険度が高い方から、赤信号、黄信号、青信号の 3 段階に分類し、危険度を表すマークを画面の人体リンクモデルの腰の位置に描画する。また、算出された椎間板圧迫力の値と警告文が結果表示領域に表示される。さらに、椎間板圧迫力が許容限界値を超えている時に、改善ボタンを押すと、姿勢改善のアドバイスが画面上部に表示される。

4. 腰痛判定例

4.1 アドバイス機能

本研究でアドバイス機能を拡張した腰痛判定カメラを用いた評価例を図 3、4 に示す。

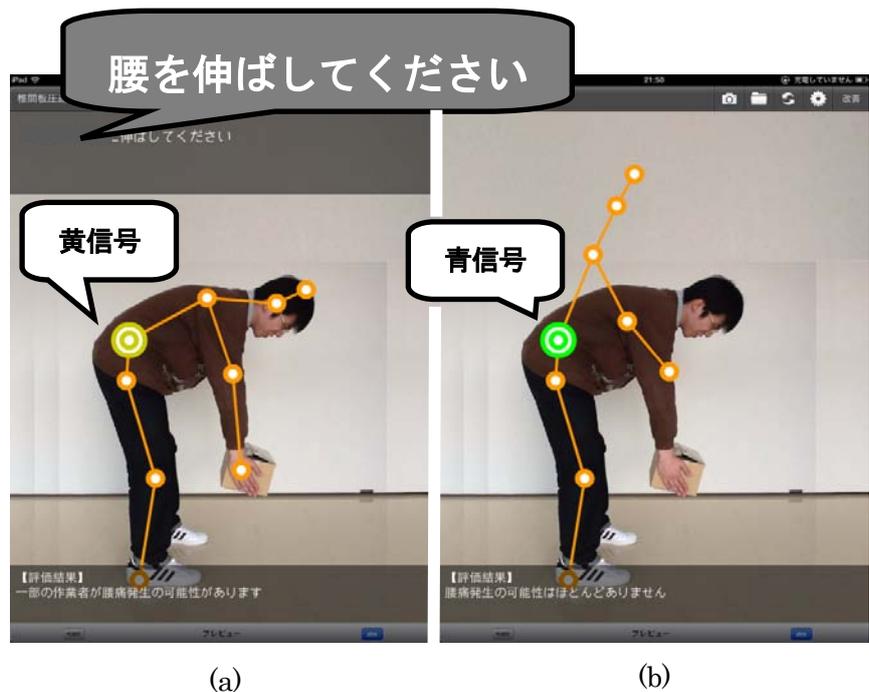


図 3 アドバイス機能判定例

図3はアドバイス機能の評価例である。評価対象者の身長は180cm、体重は70kgとする。手にかかる負荷(荷物の重量)を20kgと想定する。図3(a)に示すような、腰を曲げて荷物を持っている姿勢では許容限界値を超えるので、改善ボタンを押すと、腰を伸ばすようにアドバイスが表示される。アドバイスに従って腰を伸ばすと判定結果が黄信号から青信号に変わり、腰痛の可能性はほとんどなくなる(図3(b))。

4.2 年齢性別を考慮した判定結果

図4(a)に40歳男性が荷物を持っている姿勢を示す。この場合の判定は、青信号と判定されているが、同じ条件で年齢を60歳とすると評価結果は黄信号に変わり、一部の作業者に腰痛発生の可能性があるとして判定される(図4(b))。

5. おわりに

本研究ではiPadを応用して、工場や介護現場において作業員や介護者が実際に作業をしている姿勢を評価し、腰痛発生の危険性についてカウンセリングを行うことのできる腰痛判定カメラの拡張機能として、アドバイス機能と、年齢性別を考慮した判定基準を追加した。これにより、具体的にどの部分をどのように改善すればよいか分かり、専門的な知識がなくてもカウンセリングが行えるようになった。また、年齢性別を考慮して判定を行うことによって、より個人に合わせてカウンセリングができるようになった。

参考文献

- 1) 高橋和久：作業関連性腰痛への国際的取組みとわが国の現状，日本腰痛会誌，Vol.12(1),pp.29-33(2006).
- 2) 栗原 章：職業性腰痛の現状と展望，日本腰痛会誌，Vol.8(1),pp.10-15(2002).
- 3) 伊藤秀一，清水英臣，野村明美ほか：負荷評価のための脊柱構造に着目した人体モデルの構築，情報処理学会研究報告，Vol.146(34),pp.199-204(2008).
- 4) 山崎信寿，山本真路，井上剛伸：移乗介助操作の計測と腰部負担の評価，バイオメカニズム 16, pp.195-205(2002).
- 5) 勝平純司，富田早基，原口達也ほか：移乗補助具の使用，

種類，使用姿勢の違いが移乗介助動作時の腰部負担に与える影響，人間工学，Vol.46(2)，pp.157-165(2010).

- 6) 前川泰子，汐崎 陽，真嶋由貴恵：看護業務における表面筋電図からの腰部のひねり動作と筋負荷の関係，電子情報通信学会論文誌(D)，J93-D(11)，pp.2538-2547(2010).
- 7) 徳山和宏，藤村昌彦，奈良 勲：質量不明の重量物持ち上げにおける脊柱起立筋の活動ー筋電学的研究ー，理学療法科学，Vol.17(4),pp.233-236(2002).
- 8) 田中優介，福井 裕，川野常夫：タブレットPCのモバイル性を活かした現場作業員用「腰痛判定カメラ」の開発，モバイル学会誌，Vol.2，No.2(2012.7) pp.31-37.
- 9) 奥本泰久，中馬越幸次：バーチャルヒューマンモデルと感性工学による溶接の作業性評価，溶接学会論文集，Vol.21(2),pp.234-242(2003).
- 10) 瀬尾明彦：人間工学と産業保健のホームページ，<http://homepage2.nifty.com/aseo/index.html>(2011).
- 11) Waters,T.R., Puts-Anderson,V., Garg,A., Fine,L.J.: Revised NIOSH equation for design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, Vol.36 (2), pp.749-776(1993).
- 12) Jäger, M., Luttmann, A.: Assessment of low-back load during manual materials handling, Proc. of the 13th triennial Congress of the International Ergonomics Association, 4, pp.171-173(1997).



(a) (b)
図4 年齢性別を考慮した判定結果

騒音下の会話における会話相手の顔映像が光刺激反応に与える効果

Effect of Speaker's Lip Motions in Cellphone Conversations with Noise on Visual Reaction Times

○田上 昇*, 川野常夫*

*摂南大学 大学院工学研究科

TANOUE Noboru*, KAWANO Tsuneo*

* Graduate School of Engineering, Setsunan University

1. はじめに

自動車運転中に携帯電話を手で保持しての通話は道交法で禁止されているが、携帯電話に起因する自動車事故は現在でも発生している¹⁾。自動車運転には視覚や聴覚、体性感覚といった異なる感覚モダリティが関係しているが、携帯電話による通話やメール利用といった新たな感覚モダリティが加わることによって、同じ感覚モダリティ間で異なる作業を強いられるために正常な機能が発揮できない状況を招く²⁾。

一方、異なる感覚モダリティが同じ目的で機能する場合、それぞれの負担は軽減されるとともに、パフォーマンスの向上が期待される。聴覚のみならず、口の動きなどの視覚情報も併用する人と人の対面式会話はその例である。この場合、いずれかの情報が一時的に欠落しても会話は成立する。

また、音声による聴覚情報と発話時の視覚情報である口の形状とが矛盾する場合、視覚情報が優位となることは、マーカー効果 (McGurk & MacDonald, 1976) として知られている³⁾。

以上のことから、携帯電話による会話は、対面式会話とは異なり聴覚のみで遂行しなければならない、しかも会話時に優位に働く方の視覚情報が使えないというハンディを負っていると言える。したがって携帯電話による会話は、対面式会話よりも人間にとって負担が大きく、そのことも自動車事故の一因となっていると考えられる。

本研究では、聴覚モダリティのみの携帯電話に、会話相手の顔映像をプラスす

ることによって、会話の負担が減少し、第2課題の光刺激反応時間に効果が現れるかどうかを実験によって明らかにすることを目的とする。

携帯電話の通信は無線であり、利用場所として自動車内を想定すれば音声信号にノイズが乗ることが考えられる。また、交通量の多い道路を走行する場合、周辺の騒音は無視できない。ノイズの多い聞き取りにくい音の聴取成績が視覚情報によって向上することを観察することは多く、一般に、視覚情報の貢献は、SN比 (ノイズに対する信号の比率, Signal-to-Noise Ratio) が低いほど大きい⁴⁾。また、強い雑音によって声が聞き取りにくくなると、静かなときよりも口を多く注視するようになる⁴⁾。そこで本研究では、騒音下の会話を想定する。

2. 実験方法

2.1 実験概要

図1に会話中の光刺激反応実験の概要図を示す。

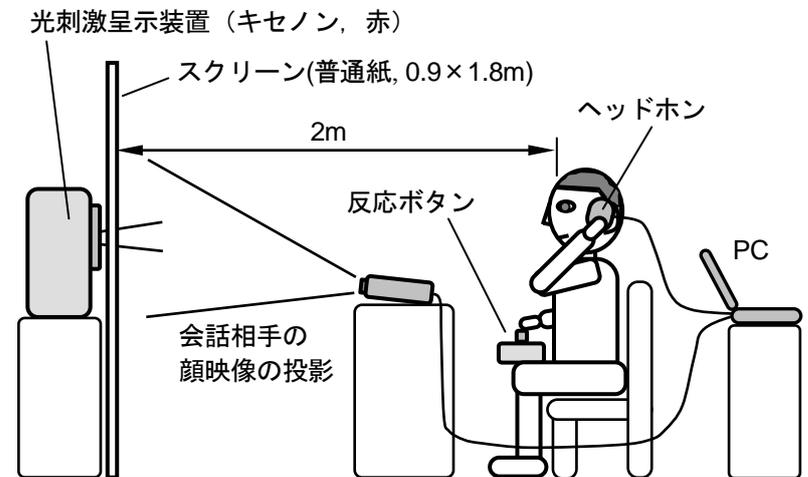


図1 会話中の光刺激反応実験の概要図

実験参加者は椅子に腰掛けて、携帯電話を想定したヘッドホンを耳にあて、話者の質問に回答する。耳の左右は実験参加者が携帯電話を普段あてる側とした。実験参加者の2m前方には、普通紙(0.9×1.8m)によるスクリーンを用意し、話者が会話する顔映像をプロジェクタ(4000ルーメン)で投影した。スクリーンの背後には光刺激呈示装置(竹井機器工業製)を配置し、光刺激が呈示されてから実験参加者が手元の反応ボタンを押すまでの反応時間を反応時間測定器(竹井機器工業製、図は省略)を用いて、1/1000秒の単位で測定する。光刺激はキセノンの赤色のフラッシュが0.5秒間だけ光る。また、その光は普通紙のスクリーンを透過して、話者の顔映像の口元から口のサイズだけ出るように位置を調整し、実験参加者が話者の口元を見ざるを得ない状況を設定した。部屋の明るさは800lxであった。図2に実験風景を示す。

実験条件は次の5とおりにした。

- (1) ヘッドホンからの話者の音声のみの質問に回答する。この条件では、顔映像と光刺激は呈示しない。(「音声のみ」と表記)
- (2) 光刺激による反応時間の測定のみを行う。(「視覚反応のみ」と表記)
- (3) 音声の質問に回答しながら、視覚反応時間の測定を行う。(「音声+視覚反応」と表記)
- (4) 「音声+視覚反応」に加えて、話者の顔映像を呈示する。この場合、話者の音声と顔映像は同一人物のもので、音声と口の動きが一致するものとする。(「音声+一致映像+視覚反応」と表記)
- (5) 「音声+視覚反応」に加えて、話者の顔映像を呈示するが、音声と口の動きが矛盾するものとする。(「音声+不一致映像+視覚反応」と表記)

実験参加者は、以上の5とおりの条件について実験を行う。それぞれの所要時間は1分間とした。まず、条件(1)(2)について、練習をした後、それぞれ1回ずつ実施した。話者の質問は、1分間に一定間隔で10問出題することとした。光刺激の反応については、1分間に不定間隔で5~7回発光することとした。

次に条件(3)~(5)については、それぞれ2回ずつの計6回の試行をくじ引きによるランダムな順序で実施し



図2 実験風景

た。実験者は、実験中の話者の質問に対する正答数と視覚反応時間を記録した。

実験終了後には、会話課題に対する回答のしやすさや光刺激に対する視覚反応のしやすさなどの主観的評価について各実験参加者にアンケート調査を行った。

2.2 会話課題と騒音

会話課題は、後出しじゃんけんで負ける手を口頭で回答することとし、話者の「ジャンケン チョキ」、「ジャンケン グー」、「ジャンケン パー」という音声に対して、実験参加者はそれぞれ「パー」、「チョキ」、「グー」と回答する。後出しじゃんけんを選んだのは、会話負担の違いがより明確に出るように「聞いて、理解して、判断して、口頭で答える」という一連の認知過程を経なければならない高レベルの会話とするためである。

話者の音声と顔映像は予めPCにビデオ映像として用意し、グー、チョキ、パーのランダムな順にPCで再生して、音声をヘッドホンに、映像をプロジェクタに送る。

条件(5)では、ビデオの音声と映像を分離し、音声と口の動きが矛盾する6とおりの組み合わせを制作して再生する。

他方、ビデオ撮影時に騒音下の会話を記録するために、車の騒音に近く、低域が協調されたピンクノイズを用いて、80dBの騒音と70dBの22歳男性の

音声を混合して録画した。このときの SN 比は -10dB となる。

2.3 実験参加者

実験参加者は、視力、聴力ともに正常な男性 19 名とした。年齢は 21~35 歳であった。実験開始前には実験参加者からインフォームドコンセントを得た。

3. 実験結果

図 3 に各実験条件における会話課題の正答数を示す。課題に答えるだけの「音声のみ」条件では、課題数 10 問に対して平均値が 9.6 問となっており、全問正解に近い値であることがわかる。本研究で取り上げた「後出しじゃんけん」課題は、単独の問題として特に問題ないと考えられる。「音声+視覚反応」条件では、平均値が 9 問を下回っていることがわかる。これは視覚反応が加わることによって会話課題への集中が低下したためと考えられる。それに対して、「音声+一致映像+視覚反応」条件では、平均値が 9.5 問に増加する傾向が

認められる ($p=0.081$)。これは顔映像の口の動きの情報によって会話課題の負担が減少した現れであると考えられる。他方、「音声+不一致映像+視覚反応」条件では、平均値が 8 問と大きく低下していることがわかる。これは顔映像の口の動きが音声と矛盾するために混乱が生じたことの現れであると考えられる。

図 4 に各実験条件における光に対する視覚反応時間を示す。「視覚反応のみ」条件では、平均値が 0.22 秒となっており、従来の視覚反応時間に一致している。「音声+視覚反応」条件では、平均値が 0.43 秒と約 2 倍の値となっている。これは会話課題と視覚反応の 2 重課題によるものと考えられる。「音声+一致映像+視覚反応」条件では、平均値が 0.39 秒と向上していることが認められる ($p=0.033$)。これは口の動きの情報によって会話課題の負担が減少し、その分だけ、視覚反応

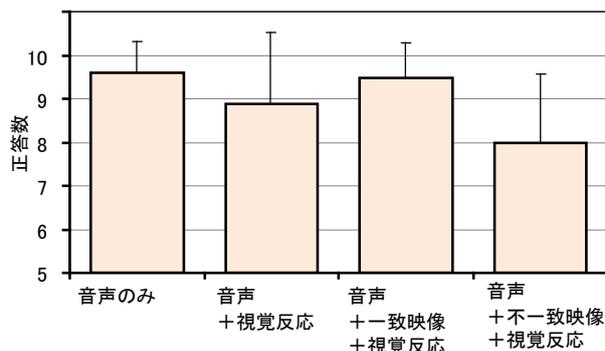


図 3 各条件における会話課題の正答数

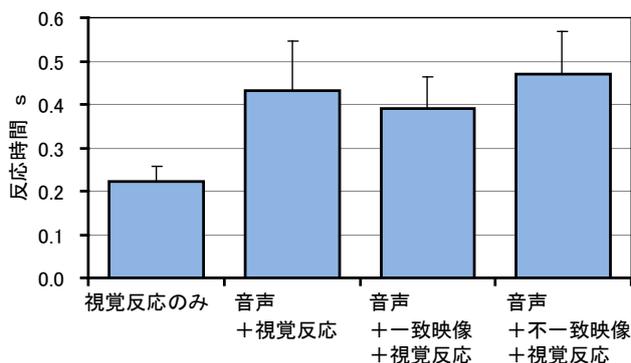


図 4 各条件における光に対する視覚反応時間

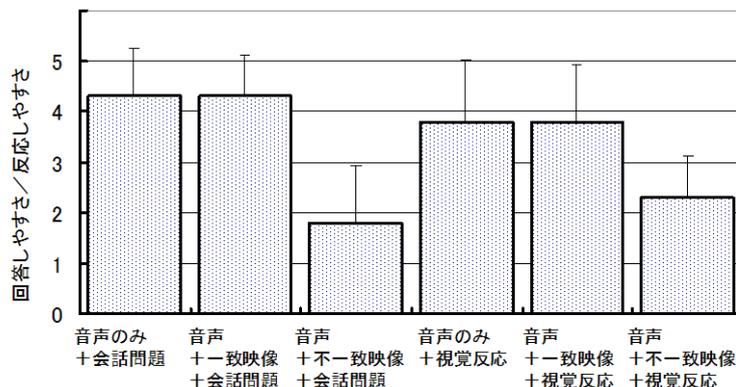


図 5 各条件における主観的評価

が向上したのと考えられる。「音声+不一致映像+視覚反応」条件では、会話課題と同様に平均値が 0.47 秒と最も高くなっている。

図 5 に各実験条件における主観的評価の結果を示す。縦軸は会話課題に対する回答のしやすさ、および光に対する視覚反応のしやすさを 5 点満点で示している。図から「音声のみ」条件と「音声+一致映

像」条件で同等の評価となっていることがわかる。このことは、図3と図4からパフォーマンスとしての客観的指標では顔映像の効果が認められたが、そのことを主観的には実感できていないことを意味している。換言すれば、顔映像の効果は意識には上らないが、パフォーマンスは向上すると言える。

4. おわりに

本研究では、聴覚モダリティのみによる認知負担の大きい携帯電話に、会話相手の顔映像をプラスすることによって、会話の負担が減少し、第2課題の光刺激反応時間に効果が現れるかどうかを実験によって検討した。結果をまとめると以下のとおりとなる。

- (1) 視覚情報の貢献は、SN比が低いほど大きく、強い雑音によって声が聞き取りにくくなると、静かなときよりも口を多く注視するようになることから、本研究では騒音下の会話を取り上げた。騒音として、車の騒音に近く、低域が協調されたピンクノイズを用いた。
- (2) 会話負担の違いがより明確に出るように高レベルの会話とするため、後出しじゃんけんでは負ける課題を取り上げた。これによって実験条件による違いが明確に現れた。
- (3) 音声情報に顔映像の口の動きの情報が加わることによって会話課題の成績が向上する傾向が認められた。
- (4) 音声情報に顔映像の口の動きの情報が加わることによって、第2課題の光刺激反応時間に有意な効果が現れた。
- (5) 音声情報に顔映像が加わることによって、パフォーマンスは向上するが、そのことが意識には上らない。

以上、本研究では、騒音下の会話において対話者の音声だけでなく、顔映像があることによって会話に対する応答が良くなるだけでなく、視覚への反応が良くなることがわかった。言い換えれば、現実の携帯電話は相手の顔が見えないため、会話の応答や視覚反応において、対面式会話レベルのパフォーマンスを達成できないということになる。携帯電話はもともとそのよ

うなハンディを備えているということを認識する必要がある。そのハンディをカバーするために、人間の脳は聴覚に集中し負担が大きくなるという構図ができあがると言える。

参考文献

- 1) 岡山県警察, 交通部交通企画課: 携帯電話が関係した交通事故発生状況, 交通事故統計, 10月末の交通事故発生状況, http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/72712_248297_misc.pdf (2012.11).
- 2) 川野常夫: ケータイによる会話に起因する自動車運転中の視空間的処理過程の遮蔽に関する研究, モバイル学会誌, Vol.1, No.1, pp.47-53(2011).
- 3) 永田 明德: 顔とノンバーバルコミュニケーション, 電子情報通信学会誌, Vol.91, No.2, pp.142-146(2008).
- 4) 積山 薫: 視覚と聴覚による音声知覚一言語/文化による差とその発達一, 認知科学, Vol.18, No.3, pp.387-401(2011).

休憩室の照明システムとそのリラックス程度と次の仕事の量

Study of task performance by relaxation in a resting room with lighting systems

○水越圭介*, 田中誠一*, 牧角圭祐*, 竹宮拓郎*, 梶井宏修*

*近畿大学

MIZUKOSHI Keisuke*, TANAKA Seiichi*, MAKIZUMI Keisuke*, TAKEMIYA Takuro*, KAJII Hironobu*

* Kinki University

1. はじめに

LED 照明は近年、住宅やオフィス、工場など多用の傾向がみられる。本研究では、照度調節可能な LED 照明を作製し、従来の蛍光灯と照度や分光波長、分光エネルギーの比較を行った。また、それぞれの照明による曝露実験を行うことで、被験者の心拍から自律神経系の反応を調べ、休憩時の視環境と、その後の仕事量への影響を評価する基礎的研究を行った。

2. 実験方法

室内を遮光した状態にし、実験室 (1800[mm]×1750×1800) を設け、照度調節が可能な LED 照明と間接照明となる蛍光灯を取り付けた。また、実験室の天井部に白色拡散板を取り付け、照明光の均一性を高めた。実験時に使用する PC のモニターからの影響を抑えるために、影響が少ない背景設定の PC を用いる。これらの設備を用いて、休憩室の照度基準 JIS Z91110-2011 を基に、実験室内の照度が 100[lx]±20[lx]に、白色 LED・電球色 LED・緑色蛍光灯・赤色蛍光灯を休憩用照明として設定し、曝露実験を行った。被験者は健常な男子大学生 3 名で、実験時の温熱環境は表 1 に示す。曝露実験中に、被験者に加速度脈波計を取り付け、実験中の心拍変動を計測し、計測値から被験者の自律神経系の活動を調べ、身体的反応を測定する。また、曝露実験前後で唾液アミラーゼによるストレス評価を同時に行う。実験は以下の手順で行い、タイムスケジュールを図 1 に示す。また、実験室の詳細と間接照明の写真を図 2 に示す。

実験手順

照度基準 JIS Z91110-2011 で、作業に適切とされている 500[lx]の照度で白色 LED を点灯させ、単純加算作業を 2.5 分間行う。次に白色 LED を消灯させ、休憩用照明を点灯させ、2.5 分間の休憩を行う。さらに休憩用照明を消灯させ、休憩前と同じ状態に戻し、2.5 分間の単純加算作業を行う。休憩

用照明を変更して、同じ作業を各休憩用照明ごとに行う。休憩前後の単純加算作業後に唾液アミラーゼを使用し、ストレス評価を同時に行う。

表 1 温熱環境の平均値

WBT [°C]	RH [%]	PMV	SET* [°C]
23±0.6	41±3.4	-0.42±0.16	23±0.5

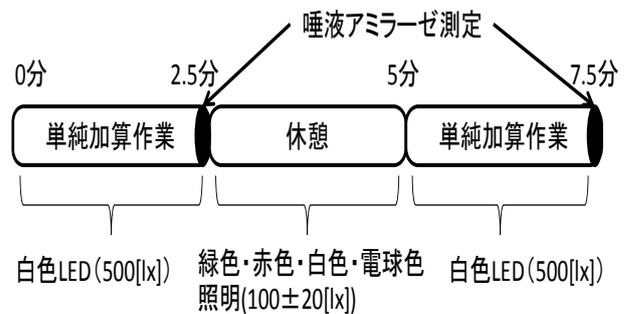


図 1 実験タイムスケジュール

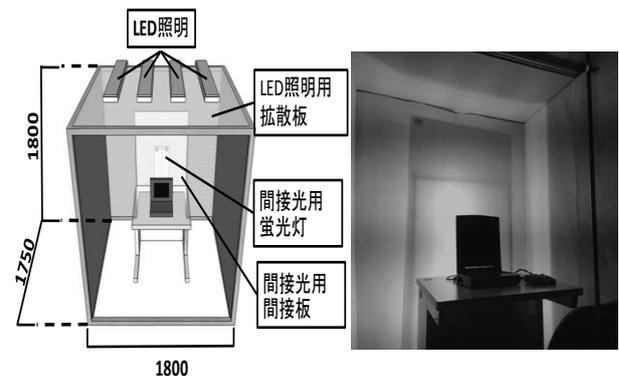


図 2 実験室詳細 - 間接照明写真

光解析実験

モデルルーム内の休憩用照明の光のエネルギー分析を行うために、分光放射計を用いる。分光放射計により、人の可視領域である 380-780[nm]の波長域の分光エネルギー分布を測定し、人の目の感度を示す、比視感度を考慮し、人の目が実際に感じる分光エネルギーを明所視時と暗所視時に分けて求める。

光解析による明所視時の各照明の分光分布を図3に示す。赤色蛍光灯は比較的長い波長の分光エネルギーを持ち、緑色蛍光灯や白色LED、電球色LEDは人の目が明所視時に視感しやすいとされている555[nm]波長付近の波長域で分光エネルギーを持っていることがわかる。

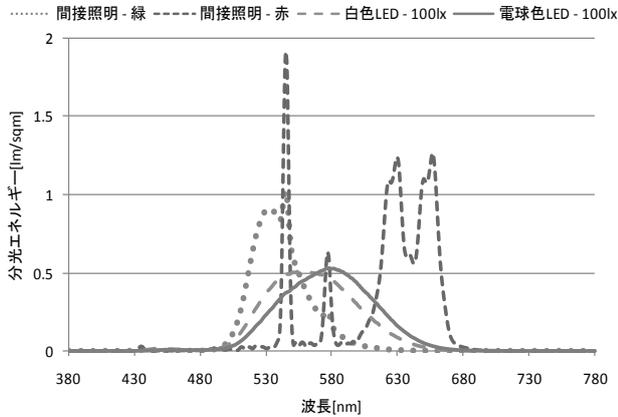


図3 明所視時における各照明の分光分布

3. 結果

図4に曝露実験による単純加算作業の正答率と唾液アミラーゼの差を、休憩時に用いた各照明の分光エネルギーの総和との相関を示す。唾液アミラーゼによるストレス評価は、休憩前後の単純加算作業後に行った数値の差であるため、数値が高ければストレスが小さく、数値が低ければストレスが大きいことを示している。

図4より、赤色蛍光灯による間接照明での休憩を行った場合、他の照明の場合に比べ、ストレス値が低い数値を示していることがわかる。また、赤色蛍光灯による間接照明での休憩を行った場合の作業効率が、他の照明による休憩を行った場合に比べ、低下していることがわかる。

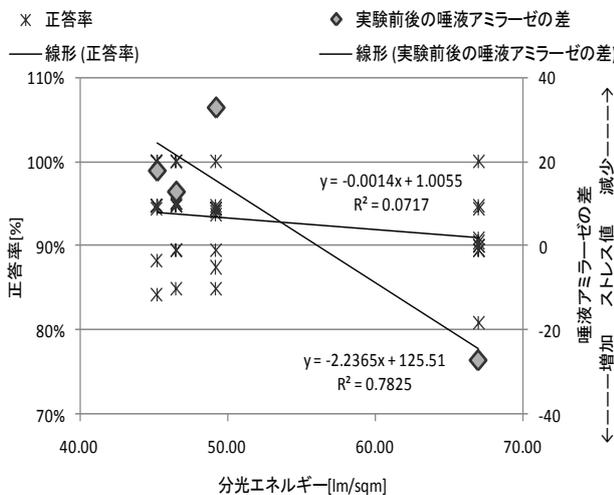


図4 休憩前後の作業効率と唾液アミラーゼの差

図5に曝露実験による交感神経の活動指標:Low Frequency (以降 LF)、副交感神経の活動指標:High Frequency (以降 HF) と単純加算作業の反応速度を、休憩時に用いた各照明の分光エネルギーの総和との相関を示す。LF、HFは共に値が低下するとストレスが上昇することを表している。

図5より分光エネルギー量が増加するとLF、HFが低下し、反応速度も減速していることがわかる。

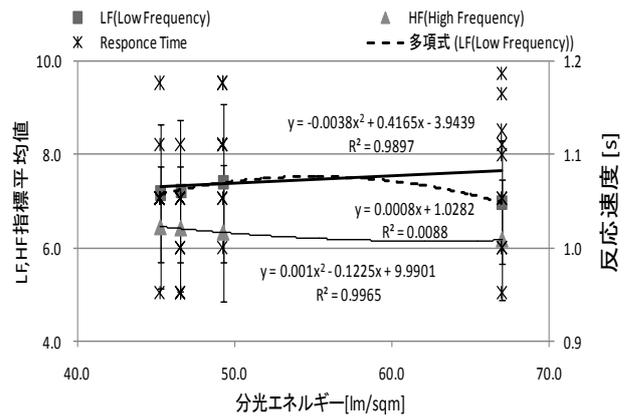


図5 自律神経系の活動と反応速度

4. 考察

それぞれの実験結果の比較を行うと、赤色蛍光灯による間接照明で休憩を行うと、その後のパフォーマンスが低下することがわかる。これは、分光エネルギー解析結果から赤色蛍光灯が、人の目が視感しにくい波長域で強い分光エネルギーを多く持つことから、休憩時に目が疲労し、その後のパフォーマンスが低下したと考えられる。また、赤色蛍光灯以外の照明による休憩後では、パフォーマンスの向上がみられることから、人の目が視感しやすい波長域でエネルギーを持つ緑色蛍光灯や白色、電球色LEDが休憩時の照明に適していると考えられる。

5. まとめ

本研究により、休憩時に用いる照明は視感しやすい波長域に分光分布を持ち、分光エネルギー量が少ない光を使用することが良いことがわかった。今後、同じ分光エネルギー量を持つ分光分布の異なる光を用いて、視感度と分光分布の関係から、人への影響を研究していきたいと考える。

参考文献

- 1) 千明裕, 前田篤彦, 小林稔: 脈波を取得可能な面センシング技術の実装と評価, インタラクシオン 2011, pp. 1-8, No.14

タスク遂行時の音刺激が作業効率および心身機能へ及ぼす影響

Effect of auditory stimulus on human performance and psychophysiological functions during calculation tasks

○瀧本亜紀子*, 岡田明*, 山下久仁子**

*大阪市立大学生活科学研究科 **大阪市立大学研究支援課

TAKIMOTO Akiko*, OKADA Akira*, YAMASHITA Kuniko**

* Graduate School of Human Life Science, OSAKA City University

** Research Support Department, OSAKA City University

1. はじめに

我々は、心身共に負担の少ない快適な環境を追求しがちである。しかし、そのような環境下では、覚醒水準の低下を招いたり、長期的には心身機能が低下する可能性がある。機能を維持・向上しつつ健康的な生活を送るには、ある程度の負荷が不可欠である。

心理学者のヤーキーズとドットソンは、ストレスレベルが高すぎても低すぎても生産性はおちる¹⁾、という法則を導いた。また、ストレスという概念を初めて提唱したセリエは、生産性が向上するようなストレスを快ストレス、低下するようなストレスを不快ストレスと呼んだ²⁾。このように、適度なストレスが作業効率を上げることは一般的に知られているが、適度なストレス状態を表す明確な生理心理指標は未だ明らかにされていない。

本研究では、作業効率を維持し、心身共に健康的な状態となる最適なストレスの与え方を導くことを目的とし、タスク遂行時に与えるストレスの強度及び与え方のパターンと、生理心理指標との関係性を検討した。

2. 実験方法

2.1 実験課題

今回は、ストレスサとして音刺激を用い、音刺激の与え方を変えて次の4種類の計算タスクを実施した。計算タスクはいずれも2桁の数字の足し算で、1タスク5分間行う。音刺激は1問解く間に5段階の音量(50~70dB)でブザー音が徐々に大きくなる。

・タスク①：全問音刺激が無い計算タスク

・タスク②：音刺激が無い計算10問と音刺激を与えた計算4問を繰り返す計算タスク

・タスク③：音刺激が無い計算5問と音刺激を与えた計算2問を繰り返す計算タスク

・タスク④：全問音刺激を与える計算タスク

2.2 実験手順

本実験前に、音刺激を与える間隔を決めるために、プレテストとして2分間の計算タスクを課した。その後、タスク開始前にそれぞれ3分間ずつ休憩を挟み、4種類のタスクを実行した。タスクの順序効果を相殺するため、被験者ごとに順番を変えて実施した。

2.3 測定項目

生理心理指標として、NIRSと心拍変動を測定した。NIRSから脳内の酸化・還元ヘモグロビン増加量を求め、心拍変動から交感神経活動度および副交感神経活動度を推定した。

室温23℃・湿度50%・照度1000lxに保った人工気候室にて、被験者9名(20歳代男女)に対して上述の実験を行った。

3. 結果と考察

3.1 作業効率

本研究では、計算タスクの正答率を作業効率の指標とした。各被験者のタスクごとの正答率を表1に示す。全被験者で、一定間隔で刺激を与えるタスク②又はタスク③の正答率が最も高かった。このこと

から、刺激の無い状態や刺激を与え続ける状態よりも、間欠的に刺激を与えることで作業効率が上がることが示された。しかし、被験者により作業効率がよくなる適度な刺激量は異なる。

表 1 各被験者の正答率[%]

No.	正答率[%]			
	タスク①	タスク②	タスク③	タスク④
1	95.5	90.9	100.0	97.7
2	80.0	87.9	91.4	68.6
3	93.1	93.3	82.8	85.7
4	89.7	92.9	80.0	86.0
5	85.7	100.0	77.8	55.0
6	92.1	88.6	94.4	83.8
7	91.5	93.5	98.0	97.9
8	96.0	95.0	100.0	86.4
9	96.5	98.9	96.9	92.5

3.2 心身機能

図 1 は、作業効率と交感神経活動度 LF/HF の関係性をグラフ化したものである。交感神経活動度 LF/HF が高いと作業効率が悪く、 LF/HF が低下するにつれて作業効率が上がっている。

しかし、単純に LF/HF が低下するのではなく、作業効率が最も良いタスクでは LF/HF が少し上がっている。このことから、ストレスを与えすぎると作業効率は悪くなるが、ストレスレベルが低ければ低いほど作業効率が良くなる、というわけではないことが示唆された。

また、各指標の順序効果について検討したところ、タスク実施順に、酸化ヘモグロビン量は減少傾向を示し、還元ヘモグロビン量は増加傾向であった。タスクの順序効果が NIRS 測定結果に大きく影響していることが分かった。尚、正答率と自律神経系には順序効果は見られなかった。よって、順序よりも刺激量や刺激パターンの違いが、作業効率や自律神経活動に大きく影響していると考えられる。

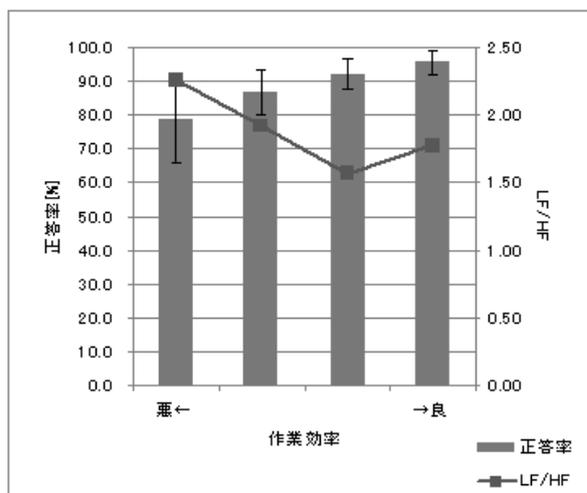


図 1 作業効率と交感神経活動度 (被験者平均)

4. まとめ

本実験により、刺激が全く無い状態より、適度に刺激を与えることで作業効率が上がることが示唆された。また、同じ刺激でも人によりストレスの感じ方は異なり、適度な刺激量には個人差があったが、ストレスレベルが高すぎると作業効率が良くないことは示された。

また、殆どの被験者において、刺激が無いタスク①を好み、定期的に刺激を与えたタスク④を嫌がる傾向にあり、このことから、人はストレス状態を好まないことが示唆された。

今後は、タスクやストレスの種類を変えても生理心理指標に同様の傾向が現れるか検討していきたい。そして、精神的な快適さだけを追求しては、心身機能の低下を招きかねない為、その指標から、心身機能を向上できる適度なストレスの定量化に繋げていきたい。

参考文献

- 1) Robert M. Yerkes, John D. Dodson: The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation., J.Comp.Neurol.Psychol., Vol. 18, pp. 459-482 (1908).
- 2) Hans Selye; The stress of life revised edition, McGraw-Hill Book (1976).

一般事務室での照明システムとそのパフォーマンス

Performance of lighting systems in general office

○館保法*, 田原健吾*, 西嶋法貴*, 梶井宏修*

*近畿大学

TACHI Yasunori*, TAHARA Kengo*, NISHIJIMA Noriki*, KAJII Hironobu*

* KINKI University

1. はじめに

現在、長寿命・消費電力の低減・点灯時の発熱の少なさなどの理由から白熱球や蛍光灯に替わってLEDが多用されている。

本研究では照度調節が可能な白色および電球色LED照明器具を作成し、一般事務室での使用条件で作業効率、自律神経活動度の検討を行った。

2. 実験方法

2.1 光解析実験

仮想実験室内に作成した照明の光のエネルギー分析を行うために、分光放射計を用いた。分光放射計により実験に使用する380-780[nm]の波長域の分光分布を測定する。また、人の目の感度を示す比視感度を考慮し、人の目が実際に感じる分光エネルギーを明所視時と暗所視時に分けて求める。

図1.2に白色・電球色LEDの解析結果を示す。

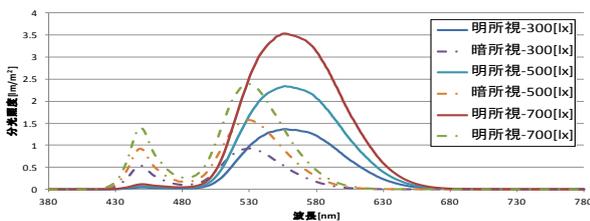


図1 白色LED

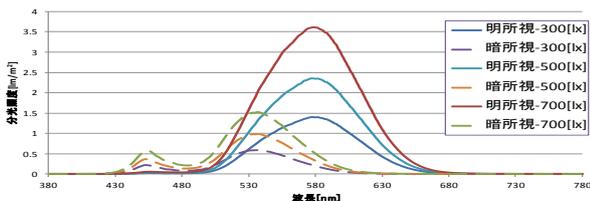


図2 電球色LED

照明の分光エネルギーと曝露実験の結果を照らし合わせ、光エネルギーが身体や仕事量に及ぼす影響を調べる。照明システムには不燃拡散板とガラスウールシートを用い仮想実験室内全体に均等に光を行き渡らせるようにした。

2.2 曝露実験

遮光した室内に仮想の実験室(1800[mm]×1750[mm]×1800[mm])を作成し、LED照明装置を設置した。内壁には壁面の条件を一様にするために壁紙を張り、中央に机・椅子・単純加算作業に使用するPCを設置した。

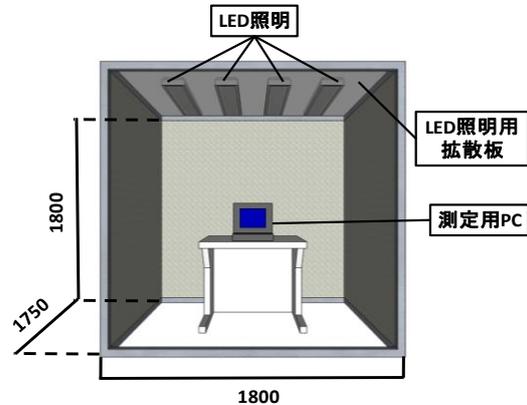


図3 仮想実験室

これらの設備を用いて一般事務室での照度基準JIS Z91110を参考にし、白色LEDと電球色LEDをそれぞれ300[lx]・500[lx]・700[lx]の計6パターンで単純加算作業を2分30秒行った。この時、PCのモニタからの影響を抑えるために、照明に影響の少ない背景色設定を用いた。この単純加算作業は1桁の数字の足し算の問題をPCのモニタに表示させ、右手のみでキー入力を行い、左手を机の上で固定させ

加速度脈波計で計測を行った。図4に示した実験のタイムスケジュールに従って、色・照度毎に3人の被験者に順番に実験を行った。表1に環境条件を示す。

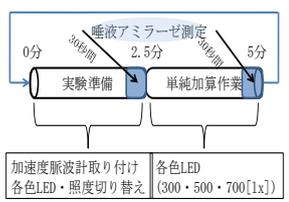


図4 タイムスケジュール

表1 温熱環境の平均値

気温[°C]	相対湿度[%]	PMV	SET* [°C]
23±0.1	43±0.9	-0.6±0.05	22±0.1

3. 結果

図5に曝露実験による単純加算作業の正答率と唾液アミラーゼの差を照度との相関で示す。

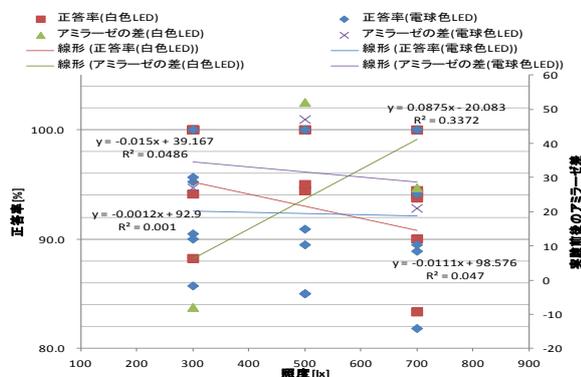


図5 正答率と唾液アミラーゼの差

唾液アミラーゼの分泌によるストレス評価について、計測を単純加算作業開始時と終了時に行い、変化後から変化前の差を表記したものであるため、数値が高ければストレスが大きく、低ければ小さいことを示している。白色・電球色 LED 共に照度が高くなると単純加算作業の正答率が低くなっている。また、白色 LED の場合は照度が高くなるにつれてアミラーゼの差が大きくなり、ストレスを感じているのがわかるのに対して電球色 LED では照度が高くなるにつれてアミラーゼの差が小さくなりストレスが少なくなっている。

図6に曝露実験による単純加算作業の反応速度と交感神経の活動指標である LF (Low Frequency) と副交感神経の活動指標である HF (High Frequency) を分光エネルギーの総和との相関で示す。LF・HF は値が低下するとストレスを感じていることを表している。分光エネルギーが増加すると LF・HF は僅かに減少することがみられた。

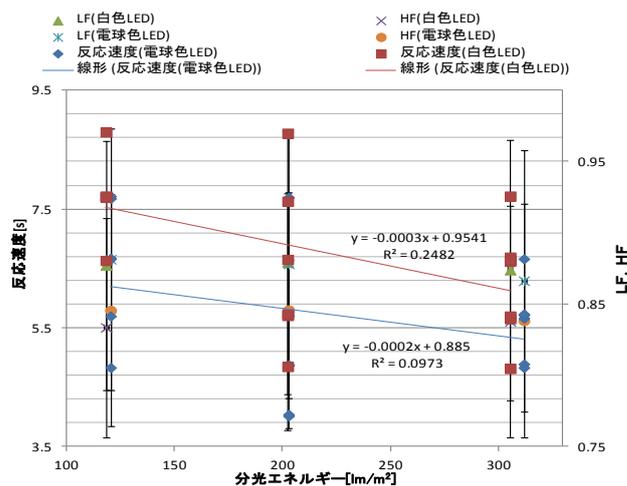


図6 反応速度と LF・HF

4. 考察

実験結果の相関では有意でないが照度の上昇と分光エネルギーの増加に伴い単純加算作業の正答率の低下があった。しかし、唾液アミラーゼの差によるストレス指標のデータをみると、白色 LED の場合はストレスが増加しているが、電球色 LED ではストレスが低下していた。結果、長時間作業などのことも考え、作業能率とストレス負荷のバランスをとるのならば人の目が感じやすい分光エネルギーをもつ 500[lx]が一般事務室には適していると考えられる。

5. まとめ

本研究により、照度の差が作業能率やストレスに与える影響については傾向を確認することができたが、白色 LED と電球色 LED の分光エネルギー差が被験者毎にばらつきが激しく優位差がみられないものが多かった。今後は、作業時間の増加や方法の検討をしていきたいと考える。

6. 謝辞

本研究を行うにあたり、篠原電機株式会社より機材の提供をしていただきました。心より深謝致します。

参考文献

- 1) 千明裕, 前田篤彦, 小林稔: 脳波を取得可能な面センシング技術の実装と評価, インタラクシオン 2011, No. 14

会議室の照明システムとそのパフォーマンス

Study of task performance in a meeting room with lighting systems

○畑井永光*, 穴山悠太*, 古家淳*, 原田築*, 梶井宏修*

*近畿大学

HATAI Norimitsu*, ANAYAMA Yuta*, FURUYA Atsushi*, HARADA Kizuku*, KAJII Hironobu*

* Kinki University

1. はじめに

近年、人の生活環境において、照明からの視覚的効果が注目され、照明の切り替えに伴って、人の生活に多様な影響を与える LED ランプ下での影響をみるための実験を行った。本研究では、LED 照明システムによる白色、電球色を用いた会議室内での仕事に対するパフォーマンス測定のための曝露実験を行った。

2. 実験方法

実験を行う設備として、室内を遮光し、組み立て式の箱型の設備を設け、LED 照明システムを取り付けた。この照明システムの下部には、光を等しく拡散させる不燃拡散板を設置した。また、実験用設備内部に、椅子・机・PC を配置した。この時、PC のモニタからの影響を抑えるために、モニタがまぶしく感じないように設定した。実験用設備概要を図 1、実験手順とタイムスケジュールを図 2 に示す。

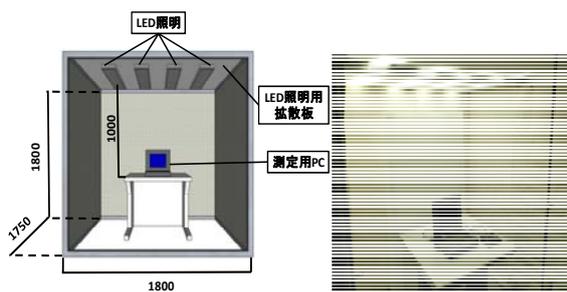


図 1 実験用設備概要

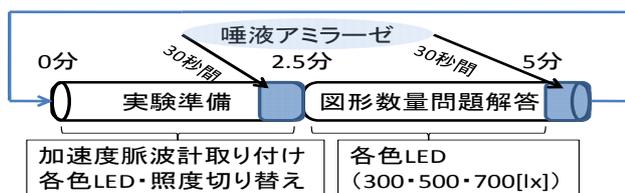


図 2 実験手順とタイムスケジュール

実験を行う前に、実験を行う室内の重要な条件である温熱環境、実験設備内の明所視時分光エネルギーを測定し、実験に使用可能な設備であることの確認を行った。分光放射計を用いた各照明の分光エネルギーの分析結果を図 3、温熱環境条件を表 1 に示す。

実験用設備を会議室の照度基準 JIS Z91110-2011 を基に 300[lx]から 750[lx]の範囲で行い、実験は図 2 の手順で実施した。白色 LED、電球色 LED でそれぞれ 300[lx]、500[lx]、700[lx]の順に曝露実験を行った。被験者は健常男性 3 名 (21-24 歳) である。会議室の用途を考慮し、被験者には初回の実験準備時のみ解答方法を口頭で指示した。図形数量問題は PC のモニタに問題を表示させ、右手で 0~9 のテンキー入力を行い、同時に、唾液アミラーゼによるストレスチェック、左手は固定し加速度脈波計での計測を行った。この計測は心拍・交感神経・副交感神経の動きなどの身体的反応を測定するものである。実験後、2 色の LED の 300[lx]・500[lx]・700[lx]における、正答率・解答問題数、加速度脈波計より得られた数値によって各色、各照度におけるパフォーマンスの評価を行った。

表 1 温熱環境の平均値

乾球温度 [°C]	相対湿度 [%]	PMV	SET* [°C]
25 ± 1.9	36 ± 1.8	-0.2 ± 0.5	24 ± 1.4

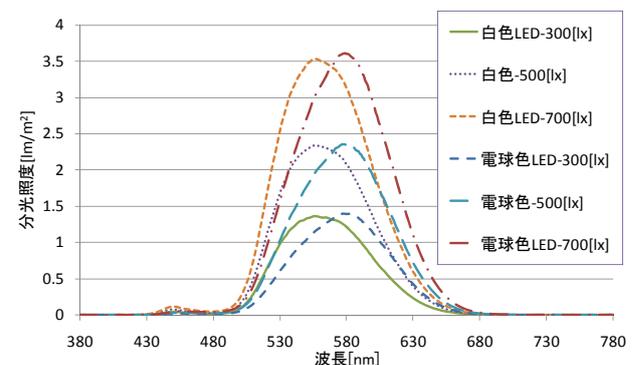


図 3 各照明の分光エネルギー

3. 結果

実験によって得られた結果を、図4、図5に示す。

3.1 白色LED曝露実験の結果

白色照度 300~700[lx]では、500[lx]の時に、正答率が70%と最大となり、700[lx]に照度を上げて70%で正答率の向上は認められなかった。また、交感神経活動指標 Low Frequency (以後 LF)、副交感神経活動指標 High Frequency (以後 HF)、実験開始前後の唾液アミラーゼによるストレス指標数値の差も同様に500[lx]で上昇したが、700[lx]では500[lx]とほぼ同程度のレベルであった。

3.2 電球色LED曝露実験の結果

電球色の各照度における結果は、白色照明の場合と変化の傾向が類似していた。正答率、LF、HFの数値は白色照明に比べてレベルが全般に高く、電球色の方が優れていることが示された。300[lx]の唾液アミラーゼの指標数値の差のレベルにおいては、他の照度と比べ電球色と白色のレベルが逆転している。

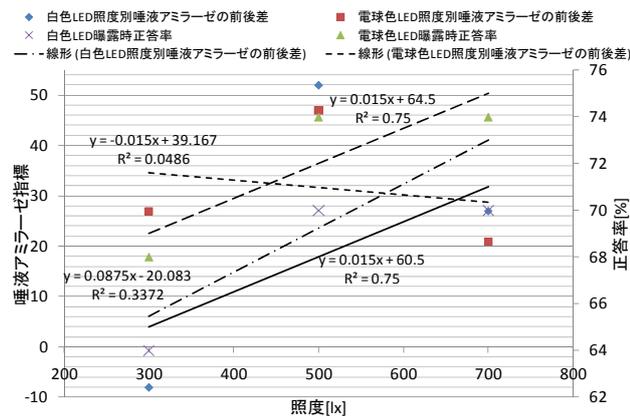


図4 各色LED曝露時の正答率と唾液アミラーゼ指標数の差

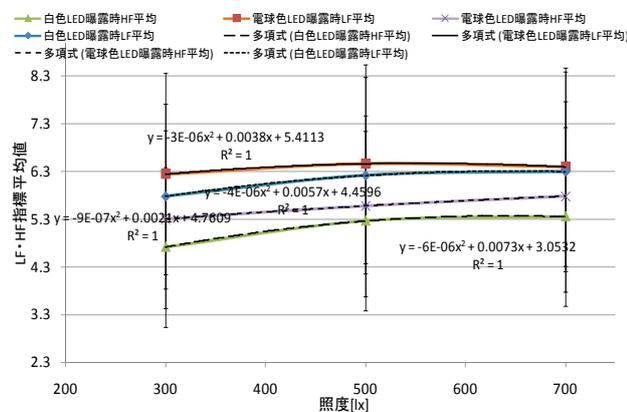


図5 各色LEDの照度別LF、HFの平均値

4. 考察

白色、電球色LED曝露実験の結果から、どちらのLED照明でもJIS Z91110-2011推奨照度である500[lx]で、ほとんどの数値が最大になることが示された。正答率や唾液アミラーゼによる実験前後のストレス指標数値の差は500[lx]、700[lx]の場合、白色より電球色がであった。同じくLF値では、白色に比べて電球色の方がストレスが少ない。一般的に色を特に考えなくても良いと考えられる会議室では照明を白色照明にしているのが多いと考えられるが、今後、パフォーマンス効果の高い電球色を取り入れた会議室の設計も有効と考えられる。

300[lx]の唾液アミラーゼの指標数値の差のレベルにおいて白色照明の方が電球色のレベルより高くなっており、この場合のみ電球色の方が高いストレスを感じていることがわかる。白色照明の300[lx]での曝露実験が最初に行われたため、実験開始被験者の実験開始の緊張が実験に入った時に緩和された影響が出たとも考えられる。

5. まとめ

本研究では、白色LED照明より電球色LED照明の方が、全般的にパフォーマンスの向上に対して優位に働くことが確認された。また、実験終了後、被験者は電球色の方が白色よりもリラックスして解答できたと答えている。今後、パフォーマンス効果の高い電球色を取り入れた会議室の設計も有効と考えられる。さらに、今回の実験で得られた電球色照明の白色照明に対する優位さを確かめるために、実験時間を延長して正確なデータ収集に努めたい。

参考文献

- 1) 千明 裕, 前田篤彦, 小林 稔: 脈波を取得可能な面センシング技術の実装と評価, pp.1-8 (2011).
- 2) “総説 加速度脈波と血管年齢 高田晴子 岐阜大学医学部”

<http://www.asahi-net.or.jp/~vk2h-tkd/rev.html>

C会場 一般セッション 3号館3階3403教室

14：40-15：40 **眼球運動**

座長：岡田明(大阪市立大学)

- C1 経験年数の異なる漆工芸職人の“見立て”における眼球運動解析
- C2 京壁職人の中塗り作業における工程分析および眼球運動解析
- C3 表具の修復における増裏打ち工程の熟練者と非熟練者の眼球運動解析
- C4 要介護者を対象とした車椅子移乗における眼球運動解析

15：50-16：50 **ものづくり**

座長：篠崎彰大(株式会社ワコール)

- C5 金網構造の評価に関する研究
- C6 薄刃包丁研ぎにおける力の負荷と刃先の形状変化
- C7 京提灯の職人からの聞き取り調査および外観形状に基づいた京提灯製作支援システム
- C8 熟練度の違いが蒔絵粉蒔き動作と粉の分布状態におよぼす影響について

経験年数の異なる漆工芸職人の“見立て”における眼球運動解析

Eye Motion Analysis on “*Mitate*” of *Urushi* Craftspeople with Different Years of Experiences

○遠藤淳司*, 成田智恵子*, 菅浪善造**, 近藤香菜**, 伊東麻純***, 黒田孝二****,
高井由佳****, 後藤彰彦****, 下出祐太郎*****/*****, 濱田泰以*****

*京都工芸繊維大学大学院 **下出蒔絵司所 ***京都伝統工芸大学校

****大日本印刷株式会社 *****大阪産業大学

*****京都美術工芸大学 *****京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター

ENDO Atsushi*, NARITA Chieko*, SUGANAMI Zenzo**, KONDO Kana**, ITO Masumi***,
KURODA Koji****, TAKAI Yuka****, GOTO Akihiko*****,

SHIMODE Yutaro*****/*****, HAMADA Hiroyuki*****

*Kyoto Institute of Technology, **Shimode Maki-e Studio, ***Traditional Arts Super College of Kyoto,

****Dai Nippon Printing Co., Ltd., *****Osaka Sangyo University,

*****Kyoto College of Arts and Crafts,

*****Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology

1. 緒言

日本を代表する伝統工芸のひとつに、漆工芸がある。それはかつて海外において“japan”と呼ばれていたことからもうかがえる。これら漆工芸品は使ううちに漆や蒔絵が剥げてしまうことがあるが、熟練の職人たちはその制作技術や制作工程、使われている素材を見抜くことにより、適切な修理・修復を行ってきた。彼らは“見立て”と呼ばれる観察行為により、作品に内包された情報を見抜くことができたのである。そこで経験年数の長短が与える見立てへの影響を分析することを目的とし、見立てが肉眼で行われることから、本研究では眼球運動の測定を行い、見立てを行う際の視線の移動速度や注視時間といった点の分析を試みた。

2. 実験方法

2.1 被験者

被験者は、専門学校にて漆工芸技術を学んでいる学生1名（女性，23歳，経験年数2年6ヶ月），漆工芸に従事している非熟練職人2名（A：男性，34歳，経験年数6年6ヶ月，B：女性，31歳，経験年数9年6ヶ月），漆工芸に従事している熟練職人1名（男性，57歳，経験年数39年）の4名とした。

2.2 測定条件

Fig.1に、眼球運動測定の実験風景を示す。測定には眼球運動測定装置Talk Eye II（竹井機器工業株式会社製）を用い、サンプリング周波数は30Hzとした。測定環境は、蛍光灯で十分に明るく照らした室内とし、机の上に見立ての対象である漆工芸作品「蒔絵角皿（江戸時代）」を用意した。見立ての際には、特に注目する点は指定せず、作品から読み取れる情報について、逐一言葉で表現するように指示をした。また見立てを行いやすいように、作品を持つことも許可したが、傷を付けないようにするため、手袋の着用を義務付けた。見立てにかかる時間は、作品の情報を十分に読み取れる程度を想定し、最長でも30分を目安とするように指示をした。



Fig.1 Image of *Mitate*.

3. 結果

3.1 見立ての時間及び瞬き回数

Fig.2 に、各被験者の見立てに要した時間を示す。熟練職人は 1000 秒余りの時間をかけ、経験年数が短くなるに従い時間は短くなる傾向を示した。Fig.3 に、瞬き回数を示す。熟練職人は 10 回と最も少なく、経験年数が短くなるに従い回数が増える傾向を示した。この結果から、熟練者の瞬き間隔は約 106 秒/回、非熟練者は約 65 秒/回、学生は約 14 秒/回となり、熟練者は学生に比べ約 7 倍瞬きをせずに、継続して見立てを行っていたことが示唆された。

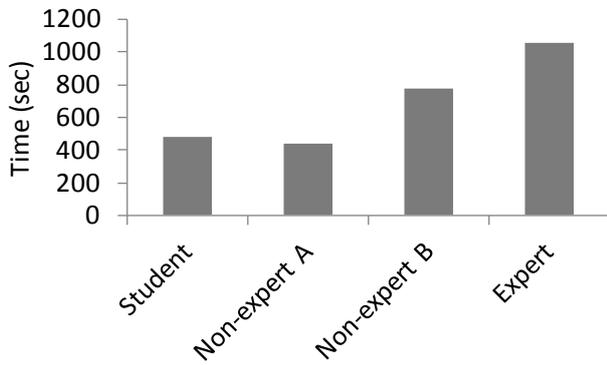


Fig.2 Time of Mitate.

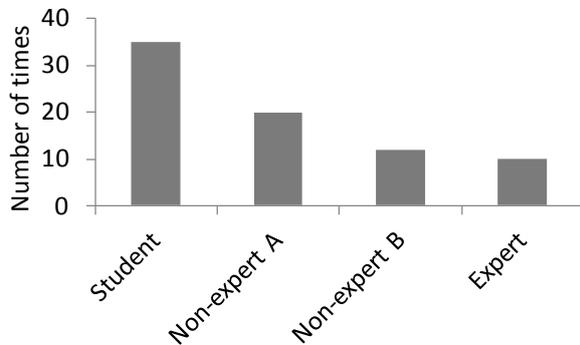


Fig.3 Number of blink times.

3.2 視線移動速度

Fig.4 に、視線の移動速度を示す。熟練職人は 4deg/sec でピークとなり、非熟練職人 B 及び学生は 6deg/sec でピークとなる傾向を示した。また熟練職人は、低速域の占める割合が高い傾向がうかがえた。

3.3 注視時間

Fig.5 に注視時間を示す。先行研究にならい視線速度

5deg/sec をしきい値とし、より遅い場合を注視している状態、より速い場合は視線が動いている状態とした。熟練職人は非熟練職人や学生よりも、長い時間注視している割合が高くなる傾向を示した。

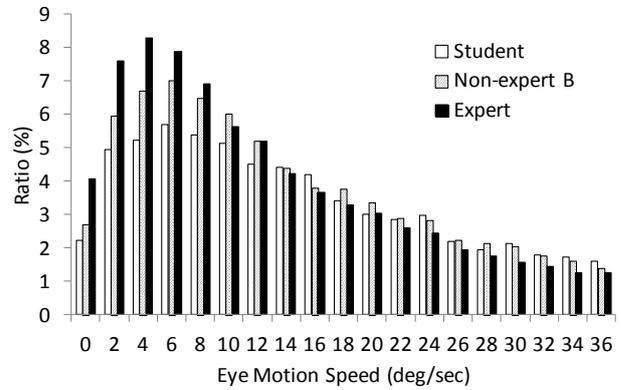


Fig.4 Eye motion speed.

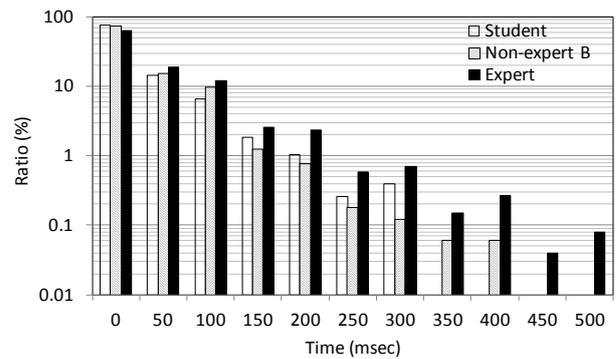


Fig.5 Gaze duration.

4. 考察とまとめ

本研究の結果より、経験年数が長いほど視線移動速度が低下し、注視時間が長くなり、瞬き回数も減少した。これは作品の情報をあまねく拾い上げるために、特定部位を注視する必要があるためと考えられる。その際には、経験年数が長いほど、蓄積された過去の経験が多いため、注視すべき部位の選択と集中が可能となるものと推察される。

謝辞

本研究において使用させていただいた蒔絵角盥の貸出については、風俗博物館（京都市下京区）にご協力いただきました。心より感謝の意を表します。

京壁職人の中塗り作業における工程分析および眼球運動解析

Process Analysis and Eye Motion Analysis on Middle Coat Process of Kyoto Style Earthen Wall

○白波瀬恭平*, 高井由佳*, 後藤彰彦*, 佐藤ひろゆき**

*大阪産業大学 **京都工芸繊維大学

SHIRAHASE Kyohei*, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*, SATO Hiroyuki**

* Osaka Sangyo University, **Kyoto Institute of Technology

1. 緒言

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

左官職人が一人前になるには、10年の歳月が必要であると言われている。かつては、中学校卒業後に弟子入りすることが一般的であったため、10年の修業期間も妥当とされていた。近年、高校や大学を卒業後に左官学校で学び、左官職人となる者が増えている。このため、一人前の職人となったときには30歳を迎えていることも少なくない。このことは、晩婚化や少子化の一因にもなるため、修業期間の短縮が急務となっている。そこで本研究では、作業性の重視される中塗り工程に着目し、経験年数が異なる京壁の職人が作業を行う際の動作にどのような差異があるのかを明らかにすることを目的とした。まず、中塗り工程の作業時間の分析を行った。さらに、中塗り工程における眼球運動の測定を行った。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は、経験年数43年を有する熟練者（年齢61歳、身長170 cm、体重64 kg、男性、利き手右）および経験年数3ヶ月を有する非熟練者（年齢23歳、身長

175 cm、体重55 kg、男性、利き手右）の2名を対象にした。

2.2 測定条件

被験者には鏝（こて）を用いて1枚の壁（幅90 cm、高さ180 cm）へ中塗り工程を行うことを指示した。壁にはあらかじめ下塗りを施しておいた。被験者の行動を記録するために2台のデジタルビデオカメラを用いて被験者が作業を始めてから終わるまで撮影を行った。作業が明確に撮影できるようにカメラの配置を行った。測定条件以外の指示は行わず被験者のペースで作業ができるように配慮した。図1に中塗りの様子を示す。



図1 中塗り工程の作業風景

2.3 工程分析

撮影した映像から工程分析を行うために、作業工程の確認を行い、その時間を記録した。

2.4 眼球運動計測方法

眼球運動測定には眼球運動測定装置 Talk Eye II (竹井機器工業) を用いた。サンプリング周波数は 30Hz とした。被験者が装着したゴーグル検出器における CCD カメラを用いて、被験者が中塗り工程を行う際の眼球運動を計測した。

3. 結果および考察

3.1 作業時間

中塗り工程の工程分析の結果、作業時間および全作業時間を 100%とした場合の各要素の作業時間割合を表 1 に示す。中塗り工程は、「水湿し (みずしめし)」、「下擦り (したこすり)」、「チリ掃除」、「上塗」の 4 工程に分けられた。まず「水湿し」では、下地 (下塗り

した壁) に刷毛で水を含ませていた。次に「下擦り」では下地の不陸直し (ふりくなおし) を目的とし、中塗り土を壁全体に塗っていた。次に「チリ掃除」では、「下擦り」で木枠についた土汚れを除去するために、水を含ませた刷毛で汚れ落としていた。最後に「上塗」では、仕上げ寸法まで丁寧に中塗り土を塗りつけていた。さらに、水湿しは 1 要素に、下擦りは 10 要素に、チリ掃除は 1 要素に、上塗は 10 要素に分けられた。各要素の作業の位置を図 2 に示す。非熟練者は下擦りの要素 6 (上半分を平らにする)、下擦りの要素 11 (下半分を平らにする) を行っていなかった。非熟練者の中塗り工程の全作業時間は熟練者の約 2 倍の時間を要していた。要素 1 (下地へ水を塗布する)、上塗の要素 6 (上半分を平らにする)、上塗の要素 8 (下半分の右端

表 1 中塗り工程分析の結果、作業時間および作業時間割合

工程	要素	作業時間(秒)		作業時間割合(%)	
		熟練者	非熟練者	熟練者	非熟練者
作業工程1 水湿し(みずしめし) 又は 水打ち(みずうち)	1.下地へ水を塗布する	60	38	8.3	2.6
作業工程2 下擦り(したこすり)	2.上半分の左端への土塗	8	69	1.1	4.7
	3.上半分の上端への土塗	24	65	3.3	4.4
	4.上半分の右端への土塗	11	53	1.5	3.6
	5.上半分への土塗	13	67	1.8	4.6
	6.上半分を平らにする	7	—	1.0	—
	7.下半分の左端への土塗	26	54	3.6	3.7
	8.下半分の右端への土塗	19	45	2.6	3.1
	9.下半分の下端への土塗	13	39	1.8	2.7
	10.下半分への土塗	21	77	2.9	5.2
	11.下半分を平らにする	56	—	7.7	—
	作業工程3 チリ掃除(ちりそうじ)	12.木枠の土汚れを除去する	43	143	5.9
作業工程4 上塗 又は 仕上塗	2.上半分の左端への土塗	22	38	3.0	2.6
	3.上半分の上端への土塗	15	61	2.1	4.2
	4.上半分の右端への土塗	24	46	3.3	3.1
	5.上半分への土塗	20	207	2.8	14.1
	6.上半分を平らにする	142	107	19.5	7.3
	7.下半分の左端への土塗	25	27	3.4	1.8
	8.下半分の右端への土塗	18	18	2.5	1.2
	9.下半分の下端への土塗	20	29	2.8	2.0
	10.下半分への土塗	15	179	2.1	12.2
	11.下半分を平らにする	125	107	17.2	7.3
	合計		727	1469	100.0

への土塗), 上塗の要素 11 (下半分を平らにする) 以外の全要素において, 非熟練者は熟練者よりも作業時間が長かった. 非熟練者は上塗の要素 5 (上半分への土塗), 上塗の要素 10 (下半分への土塗) において熟練者の 10 倍以上の時間を要した.

作業時間の割合が最も大きかった要素は, 熟練者では上塗の要素 6 (上半分を平らにする), 非熟練者では上塗の要素 5 (上半分への土塗) であり, それぞれ 19.5% および 14.1% であった. 熟練者において割合が最も小さかった要素は, 下擦りの要素 2 (上半分の左端への土塗) であり, 1.1% であった. 下擦りおよび上塗の要素 6 では人の目に触れやすい壁の上方の仕上げを行っており, 熟練者は上塗の要素 6 に時間を多く費やすことで, 高品質な壁の作製を行っていることが示唆された. 非熟練者は上塗の要素 5, 上塗の要素 10 において熟練者よりも時間を多く費やしたことが作業時間の増大につながったと考えられる.

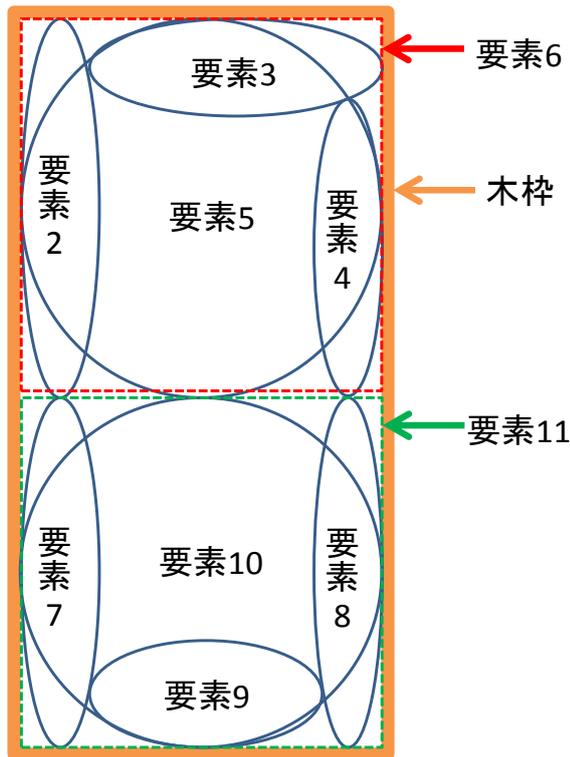


図 2 各工程の作業位置

3.2 眼球運動

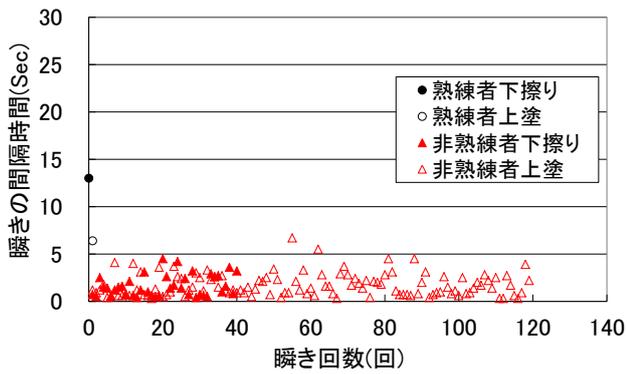
上塗の要素 5 (上半分への土塗), 上塗の要素 6 (上半分を平らにする), 上塗の要素 10 (下半分への土塗), 上塗の要素 11 (下半分を平らにする) の瞬きの回数および瞬きの最大間隔時間を表 2 に示す. これらの要素

では, 熟練者と非熟練者において瞬きの回数に大きな差異が見られた. 瞬きの最大間隔時間は, 非熟練者よりも熟練者が上塗の要素 6 において約 2.4 倍, 上塗の要素 11 において約 3.5 倍長かった. 下擦りおよび上塗における要素 5, 要素 6, 要素 10, 要素 11 の瞬きの間隔時間と瞬き回数の関係を図 3 に示す. 熟練者は下擦りの要素 5 においては 1 度のみ瞬きをしており, 下擦りの要素 6 においては瞬きをしていなかった. 下擦りと上塗における要素 5, 要素 10 での瞬きの回数に熟練者では大きな差は見られなかったが, 非熟練者では下擦りよりも上塗において要素 5 では約 2.9 倍, 要素 10 では約 2.3 倍多かった. 瞬きの間隔時間については, 下擦りと上塗における要素 5, 要素 10 においては熟練者, 非熟練者とも大きな差は見られなかったが, 下擦りと上塗における要素 6, 要素 11 においては熟練者は上塗では下擦りよりも長い傾向にあった. これらの結果より, 熟練者は上塗の要素 6 および上塗の要素 11 において極力瞬きを行わないことにより, 仕上がり度を丹念に確認していることが示唆された.

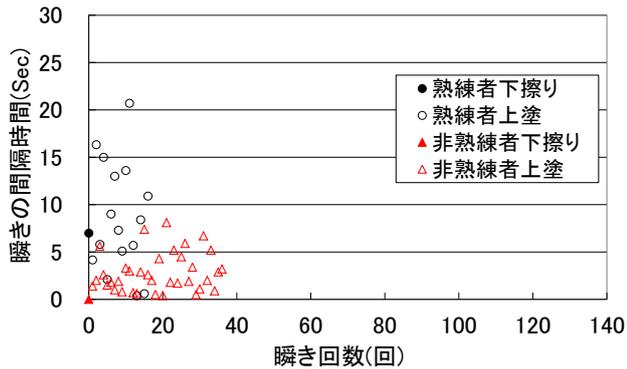
中塗り工程の熟練者と非熟練者の動作と視線の関係を表 3 に示す. 瞬きについては, 熟練者は鏝や刷毛での作業中にはほとんど行っておらず, 非熟練者は作業を問わず行っていた. 視線については, 熟練者は鏝や刷毛の前方に視線があることが多く, 非熟練者は鏝や刷毛の後方に視線があることが多かった. 図 4 に熟練者および非熟練者の上塗における要素 6, 11 の視線の動きの模式図を示す. 熟練者は, 鏝を左から右に動かす場合には鏝の先を見ており, 鏝を右から左に動かす場合には鏝の後を見ていることが多かった. 非熟練者は鏝の動く先と動かした後を交互に見ていた.

表 2 各要素の瞬きの回数および最大間隔時間

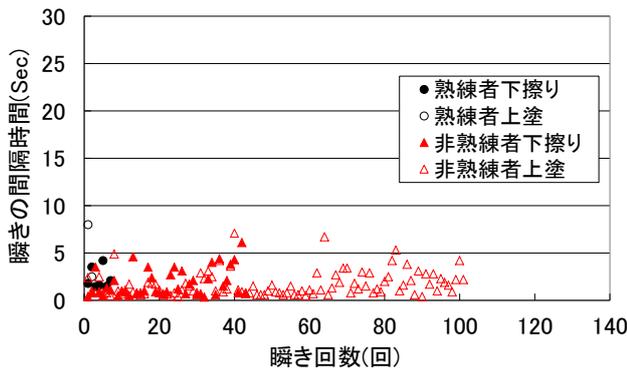
工程	要素	瞬きの回数(回)		瞬きの最大間隔時間(秒)	
		熟練者	非熟練者	熟練者	非熟練者
上塗	5	2	120	6.4	6.7
	6	17	37	20.7	8.7
	10	3	102	8.0	7.1
	11	13	32	27.0	7.8



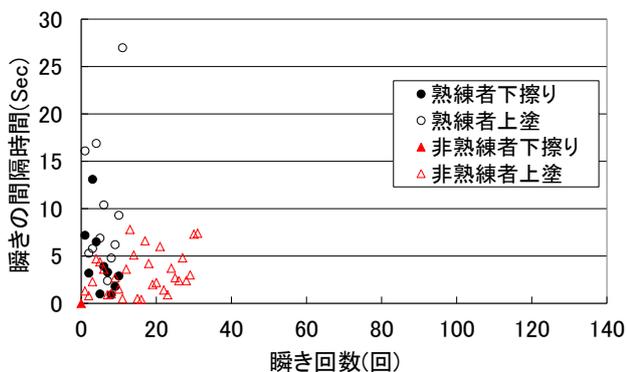
(a) 要素5_瞬きの間隔時間



(b) 要素6_瞬きの間隔時間



(c) 要素10_瞬きの間隔時間



(d) 要素11_瞬きの間隔時間

図3 下擦りおよび上塗における要素5, 6, 10, 11の瞬きの間隔時間と瞬き回数との関係

表3 動作と視線の関係

	熟練者	非熟練者
瞬き	・鏝や刷毛を使用中に瞬きをほとんどしていない ・土を補充しているときに瞬きをしている	・作業を問わず、瞬きをしている
視線	・鏝や刷毛の前方に視線があることが多い	・鏝や刷毛の後方に視線があることが多い

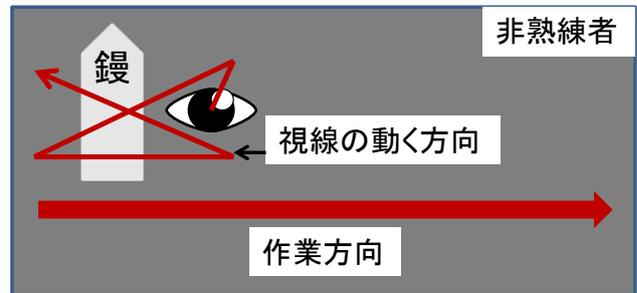
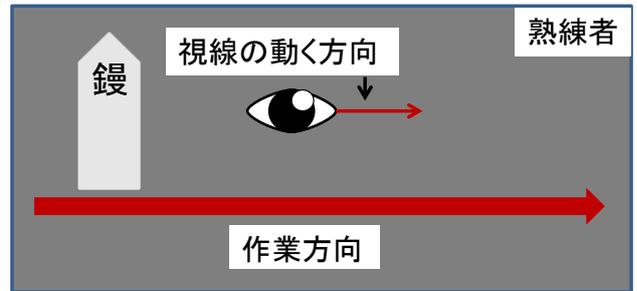


図4 上塗の要素6, 11における熟練者と非熟練者の視線の模式図

4. 結言

本研究では、京壁塗りにおける中塗り工程に着目し、経験年数が異なる京壁の職人が作業を行う際の動作にどのような差異があるのかを明らかにすることを目的とした。まず、中塗り工程の作業時間の分析を行った。さらに、中塗り工程における眼球運動解析を行った。作業工程分析より、熟練者は上塗の要素6に最も多くの時間を割いており、非熟練者は上塗の要素5に最も時間を割いていたことが明らかとなった。眼球運動解析より、熟練者は上塗の要素6、上塗の要素11において瞬きを極力減らし、仕上がり度合の確認を行っていることがわかった。また、熟練者の視線は、鏝を左から右に動かす場合には、鏝の先にあったが、非熟練者の視線は、鏝の前後を行き来していたことが明らかとなった。

表具の修復における増裏打ち工程の熟練者と非熟練者の眼球運動解析

Eye Movement Analysis of the Expert and Non-expert on the Backing process of Scrolls

○富田祐典*, 高井由佳*, 後藤彰彦*, 岡泰央**, 岡岩太郎**

*大阪産業大学,**株式会社岡墨光堂

TOMITA Yusuke*, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*, OKA Yasuo**, OKA Iwataro**

* Osaka Sangyo University, ** Oka Bokkodo

1. はじめに

表具（掛軸、襖、屏風）に代表される和紙製品の文化財修復は、日本の文化財を後世に伝えるためになくしてはならない技術である。しかしながらこれらの修復する技術を後継者に伝えることは容易ではない。

そこで本研究では、表具の修復における熟練者のコツの数値化を行うため、増裏打ち工程に着目し、工程分析および眼球運動解析を行った。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は表具修復の技術者とした。経験年数の長い方を熟練者、短い方を非熟練者とした。経験年数 20 年を有する熟練者（年齢 38 歳，身長 171 cm，体重 72kg，男性，利き手右）および経験年数 4 年を有する非熟練者（年齢 25 歳，身長 170 cm，体重 54 kg，男性，利き手右）の 2 名を対象にした。

2.2 測定条件

被験者には表具修復の 1 工程である増裏打ちを指示した。増裏打ちとは本紙（作品）に厚みを持たせ、強度を増すために和紙を貼る作業である。本紙の裏に最初に行う裏打ちを「肌裏打ち」と言う。さらに二枚目の裏打ちを「増裏打ち」と言う。増裏打ちは、美栖紙という和紙に 10 年程寝かした古糊という糊を付け、打ち刷毛でたたいて打ち込み、美栖紙と本紙の繊維を絡ませ一体化させていく作業のことである。増裏打ちの模式図を図 1 に示す。被験者にはできる限り日常に近い状況で作業ができるように、通常の作業場にて測定を行った。また、測定条件以外の指示は行わず、被験者のペースで作業ができるように配慮した。

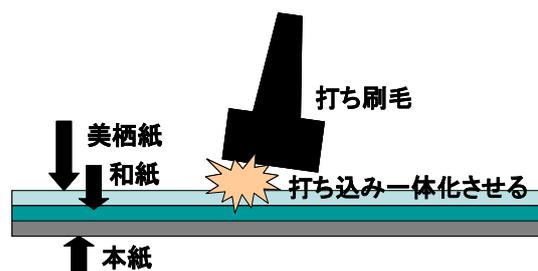


図 1 増裏打ちの模式図

2.3 材料および道具

図 2 に増裏打ちに使用した道具の刷毛を示す。撫刷毛は二本、水刷毛、糊刷毛、打刷毛はそれぞれ一本使用した。増裏紙には美栖紙という古粉（炭酸カルシウム）が漉き込まれた柔らかい和紙を使用し、縦 70cm 横 15cm のものを 3 枚準備した。本紙のサイズは縦 70cm 横 40cm であった。糊は 10 年程寝かした古糊を使用した。

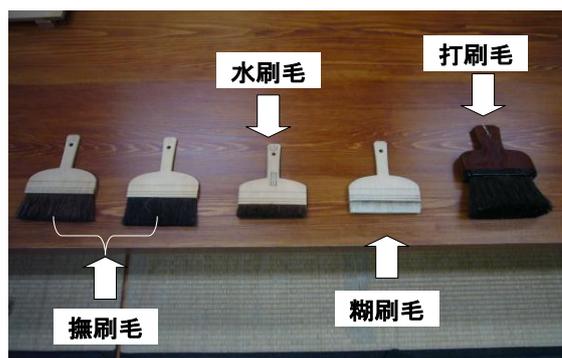


図 2 増裏打ち時に使用した刷毛

2.4 測定方法

被験者の作業工程を記録するため、二台のデジタルビデオカメラで撮影を行った。眼球運動の測定には眼球運動測定装置 Talk Eye II (竹井機器工業) を用いた。サンプリング周波数は 30Hz とした。図 3 に測定風景を示す。



図3 測定風景

3. 結果

増裏打ちは 8 つの工程に分けられた。A「紙を水で湿らす 1」では、水刷毛を使い裏打ちを施す本紙を水で軽く湿らせていた。B「糊付け 1」では、二枚の美栴紙に糊刷毛を使って糊を塗布していた。C「紙を水で湿らす 2」では、水刷毛を使いもう一度本紙を水で軽く湿らせていた。D「紙置き 1」では、本紙の上に糊付けした二枚の美栴紙を置いていた。E「糊付け 2」では、一枚の美栴紙に糊刷毛を使って糊を塗布していた。F「紙置き 2」では、本紙の上に糊付けした一枚の美栴紙を置いていた。G「打ち刷毛」では、美栴紙の上から打刷毛でたたいていた。H「最終確認」では、打ち残しがないかを確認し、撫刷毛を使いほこりを払い、再度撫でて接着をよくしていた。図 4 に各工程における作業時間を示す。総作業時間は熟練者が 1305 秒、非熟練者が 1586 秒であり、非熟練者が約 1.2 倍長かった。非熟練者よりも熟練者の作業時間が長かった工程は、A「紙を水で湿らす 1」、C「紙を水で湿らす 2」、F「紙置き 2」、H「最終確認」であった。増裏打ちのメインの作業となる打ち刷毛工程は非熟練者が 1.6 倍長かった。打ち刷毛工程で刷毛を打った回数は熟練者が 1160 回、非熟練者が 1953 回であった。また、一秒間あたり刷毛を打った回数は熟練者が約 1.1 回、非熟練者が約 0.8 回であった。非熟練者は熟練者よりも早く打っていたことがわかった。

図 5 に各工程における視線の平均移動速度を示す。増裏打ちのメインの作業となる打ち刷毛工程の視線の平均移動速度は、熟練者の方が非熟練者に比べ 1.2 倍速かった。打ち刷毛工程における刷毛が紙を打つ場所と視線の関係の模式図を図 6 に示す。打ち刷毛工程では、本紙の縦方向に対して平行に刷毛で打っていく。

刷毛は左から打ち始め、一列終わると右に移動していた。熟練者の視線は、刷毛を打つ最中には次に打つ場所を見ており、刷毛を上げた時には打った跡を見ていた。打つ列が右に変わる時も、刷毛を打つ最中には次に打つ場所を見ており、刷毛を上げた時には打った跡を見ていた。非熟練者の視線は、これから打つ場所のみを見ていた。打つ列が右に変わる時には視線は様々な場所に移動していた。これらの結果より、熟練者は確認しなければならない場所を確実に順序だてて見ていたことがわかった。

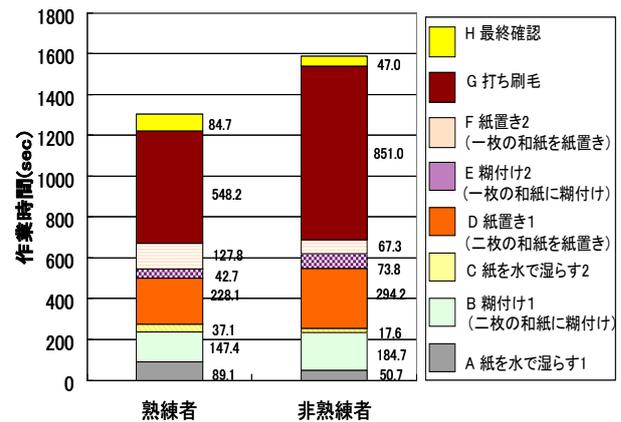


図4 各工程における作業時間

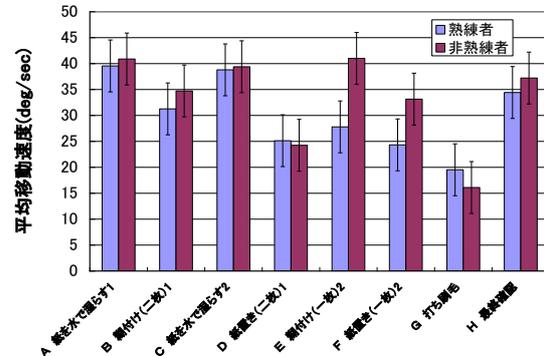


図5 各工程における視線の平均移動速度

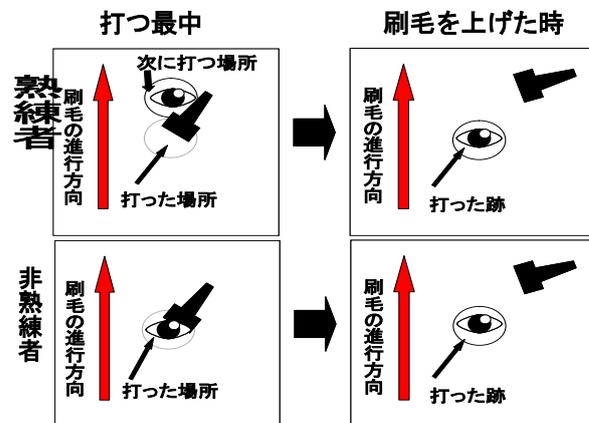


図6 熟練者・非熟練者の打ち刷毛作業の視線移動

要介護者を対象とした車椅子移乗における眼球運動解析

Eye Movement Analysis in Wheelchair Transfer for Individuals Requiring Care

○黒木誠也*, 高井由佳*, 後藤彰彦*, 吉川貴士**, 石井由紀子***

*大阪産業大学 **新居浜工業高等専門学校 ***特別養護老人ホーム アソカ園

KUROKI Seiya*, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*, YOSHIKAWA Takashi**, ISHII Yukiko***

* Osaka Sangyo University, **Niihama National College of Technology,

*** Special Elderly Nursing Home 'Asokaen'

1. はじめに

総務省の発表によると、平成23年9月における日本は、人口に占める高齢者人口が23.3%であり、超高齢社会となっている。今後も高齢化が進むことが予測でき、これに伴い介護を受ける人の数も増えていくことが予測される。

介護職は、労働による身体負担の大きさから他の職業に比べ離職率が高い。したがって、介護技術に習熟した熟練介護職員が少なく、技術の未熟な介護職員が多い。このため、新人職員の早期習熟が望まれている。また、熟練介護職員が有する介護における「コツ」を明らかにすることは、介護職員の質の向上につながる。

そこで本研究では、熟練介護職員の眼球運動の特徴を明らかにすることを目的とした。車椅子移乗を行う際の眼球運動を測定し、熟練介護職員がどこに着目して作業を行っているかを明らかにした。

2. 被験者

表1に介護者役の被験者の情報を示す。被験者A-Cは特別養護老人ホームの介護職員であり、被験者Dは介護未経験の学生であった。要介護者役の被験者は、特別養護老人ホームの利用者とした。

表1 介護者役の被験者の情報

被験者	A	B	C	D
性別	男	女	女	男
身長 (cm)	175	157	159	174
経歴 (月)	154	10	10	0

3. 方法

介護者役の被験者には、(A)ベッドから車椅子および(B)車椅子からベッドへと要介護者を移乗させることを指示した。(A)においては、部屋の扉位置から車椅子と共に入室し、ベッドに座っている要介護者をベッ

ドから車椅子へと移乗させることを指示した。(B)においては、部屋の扉位置から要介護者の乗った車椅子と共に入室し、車椅子をベッドに近づけ、車椅子に座っている要介護者を車椅子からベッドへと移乗させることを指示した。

測定は特別養護老人ホームの1室で行った。(A)(B)の作業ともベッドの柵は枕側とし、扉はベッドの脚側にあると想定した。作業を記録するため、デジタルカメラ1台で撮影を行った。撮影した動画をもとに工程分析を行った。介護者役の被験者には、眼球運動測定装置(Talk Eye II ; 竹井機器工業)を装着させ、視線の位置の測定を行った。測定の様子を図1に示す。



図1 測定の様子

4. 結果

作業(A)および(B)の工程分析結果を表2に示す。どちらの作業とも3工程に分けられた。

図2に各工程の作用時間を示す。作業(A)では、全被験者が工程A-2の移乗に最も時間を要していた。作業(B)においても、全被験者が工程B-3の移乗に最も時間を要していた。被験者Aはどちらの作業も、全作業時間が最も短かった。

表 2 工程分析結果

(A) ベッドから車椅子	
工程 A-1	車椅子をベッドに近づけ、車椅子のブレーキをかける
工程 A-2	要介護者をベッドから車椅子へ移乗する
工程 A-3	要介護者の足をフットサポートに乗せる
(B) 車椅子からベッド	
工程 B-1	要介護者の乗った車椅子をベッドに近づける
工程 B-2	車椅子のブレーキをかけ、要介護者の足をフットサポートから下ろす
工程 B-3	要介護者を車椅子からベッドへ移乗する

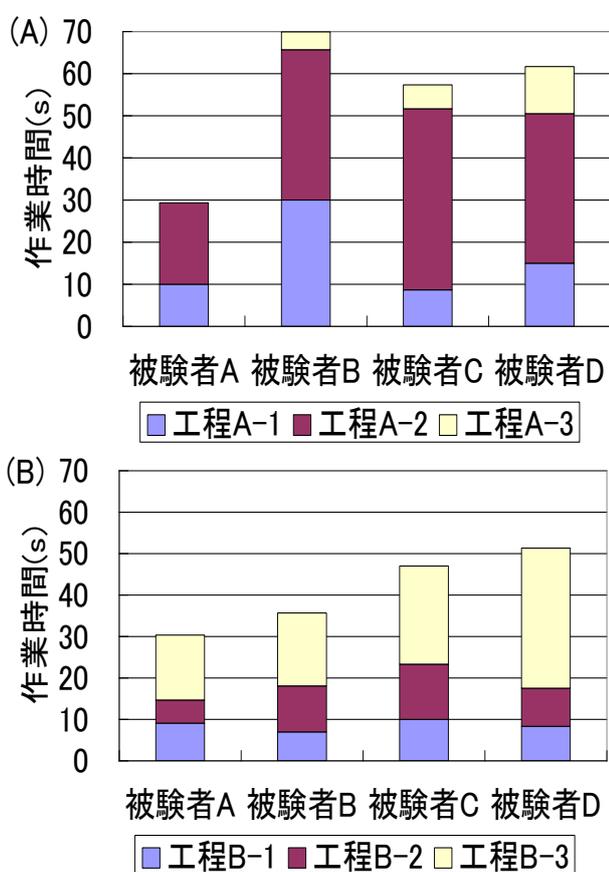


図 2 各工程の作業時間 (A) ベッドから車椅子、(B) 車椅子からベッド

図 3 に、(A)ベッドから車椅子移乗の全工程のうち最も時間を要していた工程 A-2 における、被験者 A および被験者 B の眼球の平均移動速度を示す。眼球の平均移動速度は、被験者 A が被験者 B の約 1.7 倍速かった。

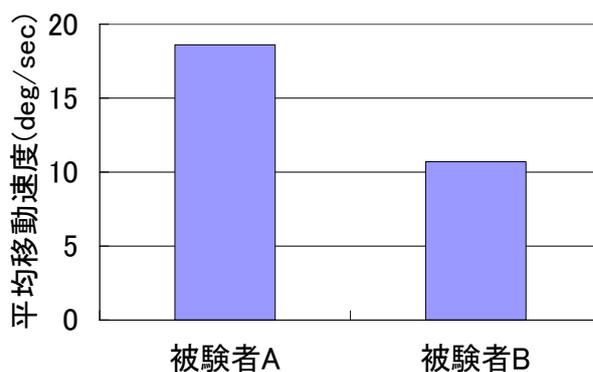


図 3 工程 A-2 における眼球の平均移動速度

工程 A-2 の要介護者がベッド柵に手を乗せ、立ち上がる直前までにおける、被験者 A および被験者 B の要介護者に対する視線の動きを図 4 に示す。図中の矢印は被験者の視線の動きを示す。被験者 B よりも被験者 A は、要介護者を着目している部位が少なかった。被験者 A は要介護者がベッド柵に置いた右手および右下肢を見ていた。被験者 B は要介護者の両手および下肢を見ていた。工程 A-2 の作業時間は被験者 A が 19.3 秒、被験者 B が 35.7 秒であった。そのうち、要介護者がベッド柵に手を乗せ、立ち上がる直前までの時間は、被験者 A が 8.1 秒、被験者 B が 13.3 秒であった。要介護者がベッド柵に手を乗せ、立ち上がる直前までの時間は、被験者 B よりも被験者 A は約 5 秒短かった。

熟練介護職員は、眼球の移動速度が速く、要介護者の特定の部位に着目して作業を行っていた。このことが、作業時間の短縮につながっていると考えられる。

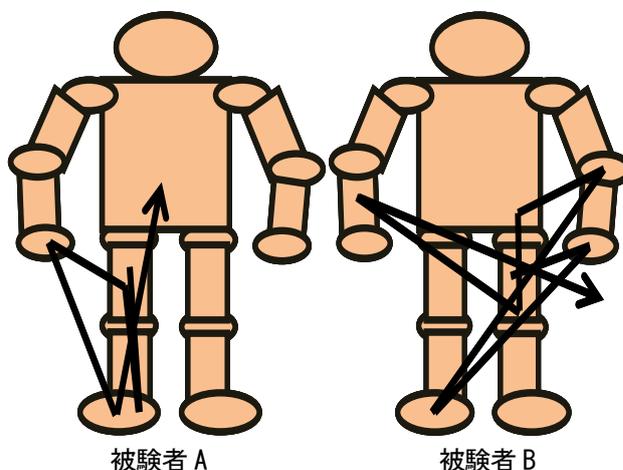


図 4 工程 A-2 における視線の動き

金網構造の評価に関する研究

Research on Evaluation of “kana-ami” Structure

○王澤龍*, 遠藤淳司* 越野哲史* 成田智恵子*

辻賢一**, 辻徹**, 後藤彰彦*** 高井由佳***, 濱田泰以*

*京都工芸繊維大学大学院 **金網つじ ***大阪産業大学

WANG Ze Long *, Atsushi ENDO*, Tetsushi KOSHINO*, Chieko NARITA*

Ken-ichi TSUJI**, Toru TSUJI**, Akihiko GOTO***, Yuka TAKAI***, Hiroyuki HAMADA*

*Kyoto Institute of Technology, **Kana-ami TSUJI, ***Osaka Sangyo University

1. Introduction

In this paper, wire net master from the tradition industries was the target investigated subject, and the master's operation was measured quantitatively. Particularly, master's motion process during making the products was measured, and the feature of the movement was examined. Fig.1(a) shows an example of wire net called “KANA-AMI” in Japanese. According to Chinese character KANA is metal, and AMI is net. Yu-Doufu is a kind of famous winter foods in Kyoto Japan. Date back to around 50 years ago, there were about 30 handmade wire net shops in Kyoto. However, it has decreased dramatic until 2 shops now. In this research, cooperating with "Kanaami Tsuji" workshop, Mr.Tsuji, who is the excellent designer of Kyoto in 2003 and 2004, Mr.Tsuji's son and another 4 people were chosen as the sensory evaluators. They have different experience time of "Kanaami". The products of KANA-AMI which were made by Mr.Tsuji are shown in Fig.1(a). The purpose of this paper is to clarify the characteristics of visual evaluation by different people with different experience years.

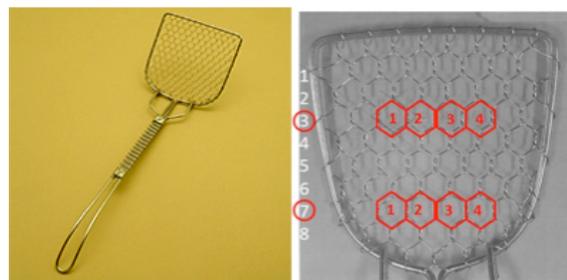
2. Measurement of Vision order

In this research 38 students (Average 21.3 years old) were chosen as making Tofu scoop subject. Finished tofu scoop products were taken photo with the digital camera. Afterwards, Mr.Tsuji and other 5

peoples made visual evaluation one by one among those product's photos followed by making an order for kana-ami from 1st to 38th.

3.Measurement of shape of wire nets

In this study, four hexagons located in 3th line and 7th line as shown in red line on Fig. 1 (b) were paid attention to. Each inside vertexes and angle were named and measured 48 vertexes' angles were measured in each student's finished product respectively.



(a) Wire net product

(b) Measured wire net

Fig.1 Scooping Boiled tofu

4. Analysis procedure

Based on recent researches, average standard was derived from a group of Mr.Tsuji's the best samples as shown in Fig. 2. Differential value between real angle and standard angle was defined by following formula (1).

$$\text{Differential value (DV)} = A_n - S_n \quad (1)$$

Which A_n corresponds to the angle of vertex n in subject's sample; S_n corresponds to angle of the same vertex in Tsuji's standard value.

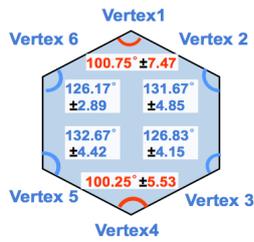


Fig. 2 Wire net on tofu scoop.

5.Results and Discussion

Differentiate value between assessed sample and Tsuji's standard at same label location was plotted corresponding to evaluator subject's (Tsuji, Tsuji's son, A, B, C and D) sensory evaluation order. A wire net is one hexagon with six angles. The total number of measured angles for line 3 and line 7 is 48. In other words, 48 comparison figures for each evaluator have been drawn. Fig.3 showed an example.

Correlation between sensory evaluation order and differential value was calculated, additionally, numbers of positive and negative correlation of all evaluators' visual order against differential value were also summarized and illustrated in Table.1. Referring to the single vertex angle, except vertex 2, Tsuji's data shown the most number of positive correlations to differential value of all. From the overall perspective, the total number of positive correlations in Tsuji's case (37 vertexes) also displayed the largest. In general, Tsuji's sensory evaluation system and method reflected the real differential value order fact more exactly. That is to say, assumed viewpoint that differential value was increased with latter visual order was proved obviously by Tsuji's evaluation system.

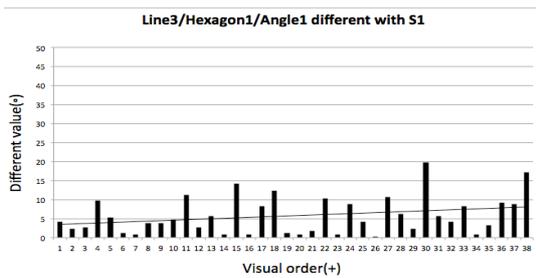


Fig. 3 Line 3/Hexagon 1/Angle 1 DV against with visual order

Tab.1 Overall data of DV

	A1		A2		A3		A4		A5		A6		TOTAL	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Tsuji	7	1	3	5	7	1	6	2	7	1	7	1	37	11
Son	6	2	5	3	7	1	5	3	3	5	6	2	32	16
A	6	2	6	2	6	2	5	3	5	3	6	2	34	14
B	5	3	5	3	5	3	6	2	5	3	6	2	29	19
C	7	1	5	3	6	2	5	3	6	2	5	3	34	14
D	6	2	4	4	6	2	6	2	5	3	6	2	33	15

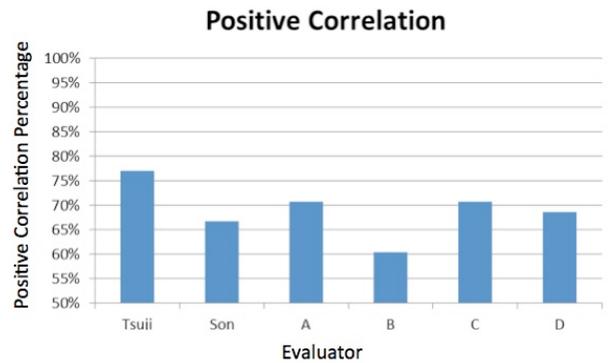


Fig. 4 Positive correlation comparison among evaluators.

According to Fig.4, it's easily to find that Tsuji's analysis system possessed the highest (77%) percentage of positive correlation between differential value and visual order among all the evaluators. In a word, Tsuji's evaluation system can clarify finished product's quality effectively and correctly.

6. Conclusions

In this paper, sensory evaluation system and calculated differential value with standard were applied to estimate the "KANA-AMI" quality and level. Basic on these two systems data, correlation characteristic of visual evaluation by different people with different experience years was clarified. It is concluded that wire net master's visual evaluation was closer to quantitative estimation fact.

薄刃包丁研ぎにおける力の負荷と刃先の形状変化

Compressive Pressure and Shape at Blade Edge during Sharpening a Kitchen Knife

○家根谷佑希*, 高井由佳*, 後藤彰彦*, 濱田明美**, 飯聡***

*大阪産業大学, **京都光華女子大学, ***京都調理師専門学校

YANETANI Yuki*, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*, HAMADA Akemi**, II Akira***

*Osaka Sangyo University, **Kyoto Koka Women's University, ***Kyoto Culinary Art College

1. 諸言

料理職人が調理をするうえで包丁は重要な役割を持ち、切れ味により食材の味をも左右すると言われている。包丁を使いこなすには様々な技術が必要となり、特に包丁研ぎは重要視される場所である。正しく包丁を研ぐことができるか否かによって切れ味の良し悪しが決まる。包丁の刃先をどのような切れ味に仕上げるかは、料理職人が長年培ってきた経験や勘に基づく研ぎ動作や判断方法に強く依存していると考えられる。そこで本研究では、包丁研ぎの熟練者および非熟練者を対象とし、研ぎ動作中に上肢が包丁に負荷する圧力および動作、仕上げ研ぎ後における包丁の刃先の形状の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 力の負荷における圧迫力

被験者は、熟練者として、調理師専門学校で調理師養成のための指導にあっている日本料理担当の教員2名および、非熟練者として、調理師専門学校の学生2名とした。被験者の情報を表1に示す。

表1 薄刃包丁被験者データ

被験者	性別	年齢	利き手	経験年数
熟練者1	男	56	右	36
熟練者2	男	31	右	13
非熟練者1	男	26	右	0.5
非熟練者2	女	30	右	0.5

上肢が包丁に負荷する圧力を測定するため、反力測定装置（ナックイメージテクノロジー製）上にダイヤモンド砥石（畑中砥石製）を設置し、各被験者に包丁研ぎを30秒間ずつ行わせた。包丁は薄刃包丁を使用した。同時に、VTR撮影を行った。反力測定装置を用いた測定の様子を図1に示す。反力測定装置から得たデータは、動作の安定している、動作開始から10秒以降を解析の対象とした。座標は被験者に対して左右方

向をx、前後方向をy、上下方向をzとした。

2.2 刃先の形状

被験者は、熟練者として、調理師専門学校で調理師養成のための指導にあっている日本料理担当の教員1名（男性、経験年数36年）および、砥石で包丁研ぎを行ったことのない男性2名とした。包丁は、柳刃包丁を用いた。包丁はあらかじめ使用し、包丁研ぎの必要な状態に準備した。非熟練者には、熟練者から包丁研ぎの方法を教示した後、包丁を研ぐように求めた。包丁を研ぐ時間、および試行中における主観的な刃先の評価などに関しては制限を設けず、被験者自身が納得できた時点で終了とした。刃先の形状を評価するため、光学顕微鏡（PME3; オリンパス製）を用いて観察を行った。観察場所は、図2に示すように刃先の中心部とした。



図1 反力測定装置

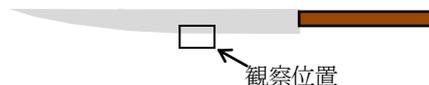


図2 刃先の観察位置

3. 結果および考察

3.1 反力測定結果

図3にz方向の反力と時間の関係を示す。熟練者1のz方向の反力は、最小値が17.3N、最大値が50.4Nで推移していた。一方、熟練者2のz方向の反力は最小値が9.8N、最大値が24.9N、非熟練者1は最小値が9.0N、最大値が27.6N、非熟練者2は、最小値

が 5.5N、最大値が 13.2N であった。また、熟練者 1 の波形の周期は規則正しく、一定のリズムで包丁を研いでいたことが分かった。図 4 に z 方向の平均反力を示す。熟練者 1 と比較し、非熟練者 2 および非熟練者 1 は約 1/2 小さく、非熟練者 2 は約 1/3 小さい力であった。

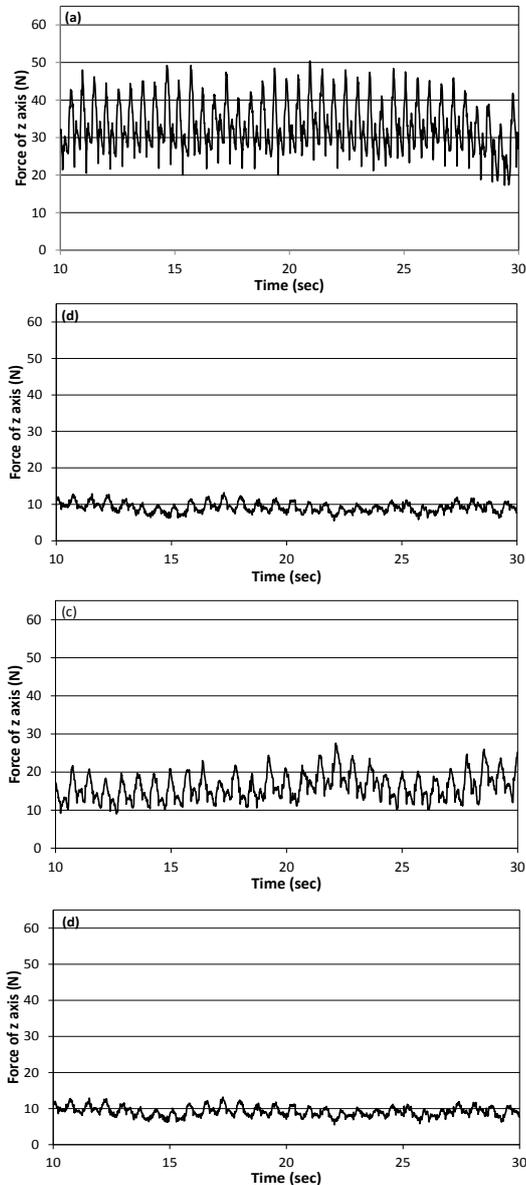


図 3 z 方向の反力と時間の関係 (a) 熟練者 1、(b) 熟練者 2、(c) 非熟練者 1、(d) 非熟練者 2

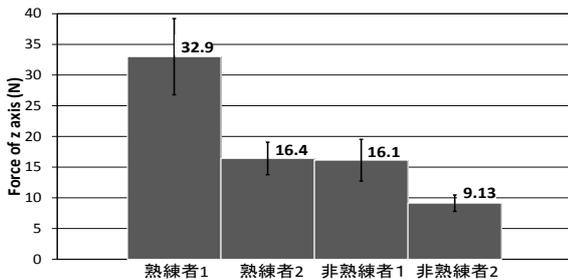


図 4 z 方向の平均反力

図 5 に x-y 平面の包丁研ぎの動作の軌跡を示す。軌跡は反力が測定された位置をもとに算出した。z 方向の反力が 10N 以下の場合には軌跡の算出が不可能であったため、非熟練者 2 は軌跡が得られなかった。原点はダイヤモンド砥石の中心を意味している。ダイヤモンド砥石の大きさは長径 210mm、短径 75mm であった。図中の破線は砥石の大きさを示している。熟練者 1 は x 方向 y 方向ともに軌跡の範囲が広く、砥石全面を使用して包丁研ぎを行っていた。一方、熟練者 2 および非熟練者 1 は y 方向の軌跡の範囲は熟練者 1 よりも狭く、十分に包丁を動かせていなかったことが明らかとなった。

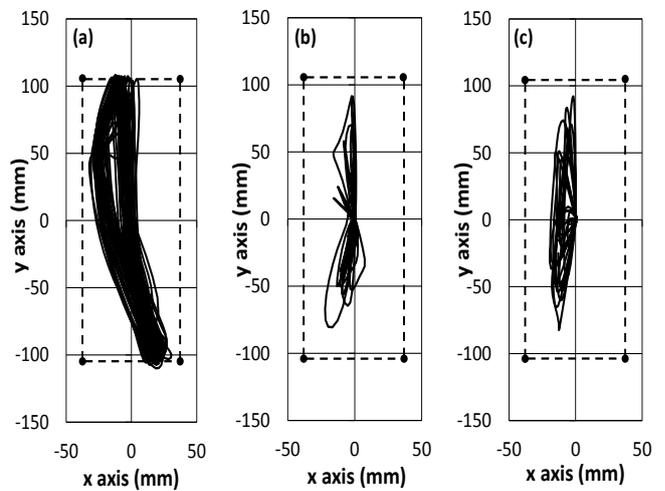


図 5 x-y 平面の軌跡 (a) 熟練者 1、(b) 熟練者 2、(c) 非熟練者 1

3.2 刃先の形状

図 6 に刃先の顕微鏡観察写真を示す。熟練者は、刃先の凹凸が多く、大きいことが見て取れる。一方、非熟練者は、刃先の凹凸が少なく、小さいことが明らかとなった。

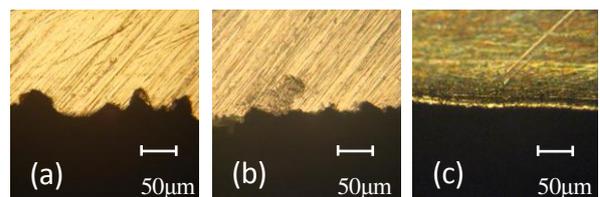


図 6 刃先の顕微鏡観察写真 (a) 熟練者、(b) 非熟練者 1、(c) 非熟練者 2

京提灯の職人からの聞き取り調査および外観形状に基づいた

京提灯製作支援システム

Development of Computer Aided Design and Manufacturing System for Kyoto Style Japanese Lantern by Using Interview from Japanese Lantern Craftsman and Shape

○ 有川慎司*, 松浦史恵**, 小嶋俊***, 小嶋護***,
小嶋豊一***, 高井由佳*, 後藤彰彦*

*大阪産業大学 **NPO法人伝統みらい ***小嶋商店

ARIKAWA Shinji*, MATSUURA Fumie**, KOJIMA Syun***, KOJIMA Mamoru***,

KOJIMA Toyokazu***, TAKAI Yuka*, GOTO Akihiko*

* Osaka Sangyo University, ** NPO Dentomirai, *** Kojima Syoten

1. 緒言

提灯は昔、照明器具の一つであった。現代では主に神具、また祭りを華やかに彩るものとして用いられている。特に、京都で作られる提灯は京提灯と呼ばれ現在でもその製法は受け継がれている。京提灯は平骨と呼ばれる竹を薄く割ったものを一本ずつ輪にし、糸で平骨をかがり、上から和紙を貼ることで作製される。表1に京提灯の種類の一覧を示す。京提灯は、大きさも形状も様々なものがある。このため、形状のイメージを顧客と共有するのは困難な作業であった。そこで本研究では、数十種類ある京提灯のデータベース構築を目的とした。まず、画像処理技術を用いて京提灯の輪郭抽出および外観評価システムの検討を行った。さらに京提灯の職人から聞き取り調査を行い、京提灯の歴史と言われを明らかにした。

2. 方法

2.1 聞き取り調査

経験年数 40 年の提灯製作に携わる職人からヒアリングを行い、京提灯の特徴や用途などを調査した。

2.2 外観評価手法

本研究では、京提灯の形状を数値化するため、まず京提灯の木型の写真撮影を行なった。写真撮影は木型から 5m 離れた位置にデジタルカメラを設置し行なった。撮影した木型の画像は、画像編集ソフトを使用して 2 値化した。2 値化した画像は 2 次元平面内で輪郭抽出を行なった。輪郭抽出により得られた数値データを用いて、京提灯の 3 次元表示を行なった。図 2 に作業処理手順を示す。

表 1 京提灯の一覧

地張 永	地張 丸	地張 キナリ	地張 カンス	地張小物・新門・大長
四永	八丸	四目	尺五カンス	舞台
五永	九丸	四目キカク	二尺カンス	九長
五永中目	尺二丸	六長	二尺五寸カンス	尺長
五永夏目	尺三丸	五目	三尺カンス	尺一長
六永	尺五丸	六期	三尺五寸カンス	大正形
六永本目	尺六丸	八長	四尺カンス	堂島
尺八永	尺六丸本目	尺八キナリ(3.2)		みず
尺八永本目	一天理丸	二尺キナリ(3.6)		(太)こぶや荒目
二尺永	尺八丸	二尺キナリ(4.0)		短新門
二尺永中目	尺八丸本目	二尺五寸キナリ(4.5)		短新門荒目
二尺五寸永(3.2)	二尺丸	二尺五寸キナリ(5.0)		新門
三尺永(4.0)	二尺五寸丸	二尺五寸キナリ(6.0)		新門荒目
三尺五寸永(5.2)	三尺丸			四目大長(3.3)
四尺永(5.2)	三尺五寸丸			五目大々長(5.0)
	四尺丸			尺八大長(5.0)
	四尺五寸丸			二尺大長(5.0)
	五尺丸			二尺大長(6.0)
	六尺丸			
	八尺丸			



図2 作業処理手順

3. 結果および考察

3.1 ヒアリング結果

京提灯の形状は、「永」、「丸」、「キナリ」、「カンス」とそれ以外に大別される。

永

永という形の分類は、京都以外の地域ではあまり見られず、京都独特の形である。お祭りなどでよく使用される提灯（キナリ）と比べると肩が張らず、上下ともなだらかで棗型になっており、品のある提灯だと言われている。昔から提灯の形にこだわりのあるお寺などで使われ、お寺の門の前に対して吊られていることが多い。

丸

関東や東北地方などで、お祭りの時に灯りとして使用する提灯として使われている。

キナリ

お祭りに使われることが多い。京都では氷屋、お好み焼き屋の看板に昔からよく使われている。選挙活動の時にも使われ、選挙事務所や講演会に吊るされる。

カンス

主に神棚や、お寺や神社の拝殿の上に吊られていることが多い。高さがなく平べったい形状をしている。

3.2 3次元表示

図3に撮影した木型の一例を示す。図4に木型の輪郭抽出により得られた輪郭座標を示す。図5に3次元表示を示す。



図3 木型写真

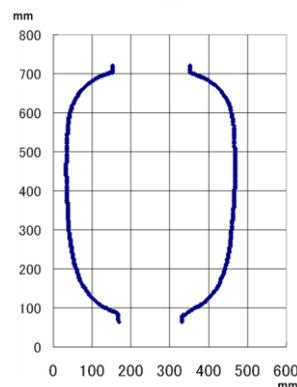


図4 輪郭抽出

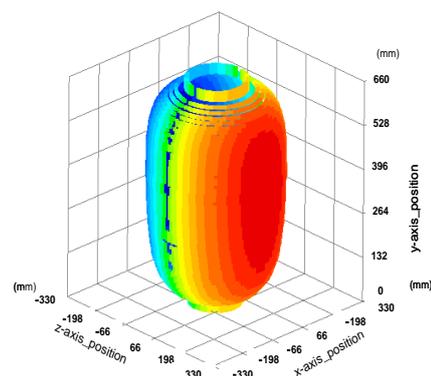


図5 3次元表示

4. 結言

本研究では、京提灯製作支援システムの構築を目的とし、画像処理技術を用いて、コンピュータ上で京提灯の3次元表示を行うことを試みた。この結果、京提灯の全体像がコンピュータ上で表示可能であることが示された。さらに京提灯の職人から聞き取り調査を行ったことで用途別に違いがあり、それぞれにキーワードを見つけることができた。このことから形状や用途で検索可能なデータベースを構築することで、京提灯製作支援システムの可能性が見いだせた。

熟練度の違いが蒔絵粉蒔き動作と粉の分布状態におよぼす影響について

Effect of Skill Level Difference on Fun-maki Motion and Powder Distribution

○成田智恵子*, 遠藤淳司*, 越野哲史*, 近藤香菜**, 村田淑恵**,

高橋瑠子**, 下出祐太郎***, 来田宣幸*, 濱田泰以*

*京都工芸繊維大学 **下出蒔絵司所 ***京都美術工芸大学

NARITA Chieko*, ENDO Atsushi*, KOSHINO Tetsushi*, KONDO Kana**, MURATA Yoshie**,

TAKAHASHI Yoko**, SHIMODE Yutaro***, KIDA Noriyuki*, HAMADA Hiroyuki*

*Kyoto Institute of Technology, **Shimode Makie Studio,

***Kyoto College of Arts and Crafts

1. 緒言

長年に渡り育まれ、受け継がれてきた伝統工芸の技術は日本のものづくりの基盤であると言える。しかし、伝統工芸の知識と技術の伝達は、経験によって得られる部分が大きく、次世代に理論を正確に伝えることが困難である。また近年、伝統工芸産業は①需要の低迷、②量産化ができない、③人材・後継者の不足、④生産基盤の減衰・深刻化¹⁾などの多くの課題を抱えており、存続のためには技術を短期間に効率よく伝え、実際の現場で活躍できる後継者を育成することが必要とされている。

伝統工芸の実践的な技術習得・継承に関する研究としては、伊東ら²⁾による截金の暗黙知抽出に関する研究などが挙げられるが、現状としてはあまりおこなわれていない。本研究では漆工芸の技法の一つである蒔絵の粉蒔き動作に着眼した。経験年数の異なる4名に粉蒔き動作をおこなってもらい、熟練度の違いが粉蒔き動作および粉の分布状態におよぼす影響について比較検討をおこなった。これにより、実践的に活用できる技術の定量化・理論化の要素の抽出を試みた。

2. 実験方法

2.1 被験者

本実験に参加した被験者の漆工芸の経験年数はそれぞれ0年、2年、9年、38年である。表1に被験者情報を示す。なお、経験年数0年の被験者に対しては、実験前に熟練者が粉蒔き動作の教授をおこなった。

表1 被験者情報

被験者	経験年数	性別
未熟練者a	0年	男
未熟練者b	2年	女
熟練者A	9年	女
熟練者B	38年	男

2.2 道具・材料

漆は研出上黒呂色漆（堤浅吉漆店）を用い、粉は鶏卵卵殻粉（100-120番手）を用いた。器胎には300×300×5mmの亚克力板を用い、中心部分の200×200mmの面に粉蒔きをおこなった。なお、亚克力板には以下の表面処理をおこなった。

1. 表面を#800の耐水サンドペーパーで研磨し、下地漆を摺り込む
2. 乾燥させた1の板の表面に刷毛を用いて中塗り漆を塗る
3. 乾燥させた2の板の表面を木炭の駿河炭で平滑に研磨し、再度刷毛を用いて上塗り漆を塗る
4. 乾燥させた3の板の表面を駿河炭で荒研ぎし、さらにクリスタル砥石の#1000、#1500、#2000と、研ぎを重ね表面を研磨した後、上摺漆で摺漆をする
5. 乾燥させた4の板の表面をクリスタル砥石#3000で蠟色研ぎをし、その後コンパウンドで表面を磨き、上摺漆で摺漆をする
6. 乾燥させた5の板の表面を菜種油と蠟色粉を用いて手のひらで磨き、再び上摺漆で摺漆をする
7. 乾燥させた6の板の表面を菜種油と蠟色粉を用いて手のひらで磨き、蠟色工程までを終える

実験の直前に熟練者が被験者4名分の7の状態の板の表面に一定量の黒呂色漆を塗り、粉蒔き動作をおこなった。粉筒は4名とも同じものを用いた。

2.3 測定方法

動作解析には3次元動作解析装置(MAC 3D SYSTEM, Motion Analysis社製)を用いた。粉筒の上下2か所に赤外線反射シートをつけ、アクリル板の端3か所に赤外線反射マーカ―をつけて一連の動作を7台の赤外線カメラによって撮影をした。なお、サンプリングレートは120Hzとした。図1に測定環境の模式図を示し、図2にマーカ―の位置を示す。

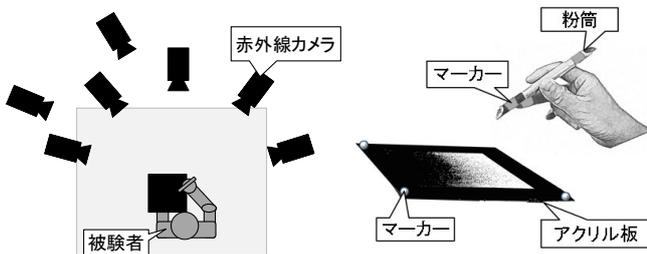


図1 測定環境

図2 マーカ―貼り付け位置

3. 結果および考察

3.1 感性評価

各被験者が蒔いた粉の分布状況について、漆工芸未経験者30名に「グラデーションがきれいだと思う順番に順位を付けてください」という内容の感性評価をおこなった。図3に試験片の外観写真を示し、表2に感性評価の「グラデーションがきれいだと思う順位」の結果を示す。表中の数字が得票数であり、灰色の部分が最多得票数の部分である。

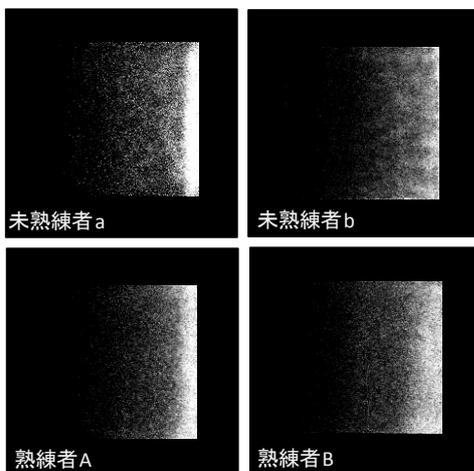


図3 試験片外観写真

表2 グラデーションがきれいだと思う順位

被験者 \ 順位	①	②	③	④
未熟練者a	1	3	9	17
未熟練者b	2	5	15	8
熟練者A	5	15	6	4
熟練者B	22	7	0	1

感性評価の結果、経験者Bを1位としたものが最も多く、次いで熟練者A、未熟練者b、未熟練者aと経験年数に伴った順位評価が得られた。また、外観写真から、未熟練者の蒔いた粉は一部の充填率が高くなっている、あるいは斑に蒔かれているのに対し、熟練者の蒔いた粉は、均一に蒔かれているのが伺える。

3.2 粉蒔き動作

感性評価の結果が粉蒔き動作のどのような要素に起因しているかを検討するために、まず粉蒔き動作の要素の検討をおこなった。本研究では、粉蒔き動作を“ロングストローク”と“ショートストローク”の2つの動作に大別し、定義付けをおこなった。粉蒔き動作が粉蒔き面の縦横それぞれ3分の2以上おこなわれた場合がロングストロークとし、3分の2未満の場合をショートストロークとして定義した。また、粉の蒔く場所を変更するなどの動作の切り替わる(動作が途切れる)部分を“プロセス”として定義し、各プロセス中のストローク数を計測した。図4(a)、(b)にストローク・調整・プロセスの模式図を示す。

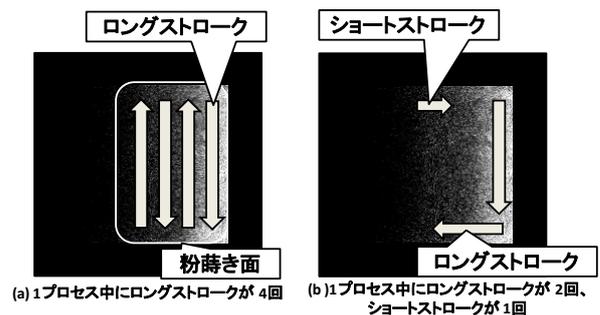


図4 ストロークとプロセス

さらに、一連の粉蒔き動作の中で、今回の実験では被験者全員が粉蒔き面の全体に粉蒔きをおこなった後に、部分修正をする傾向が見られたため、粉蒔きの全行程を“全体蒔き”と“部分蒔き”の2つの工程に区分した。全体蒔きとは図4(a)のように粉蒔

き面全体に粉蒔き動作をおこなっている場合を指し、部分蒔きとは図 4(b)のように、粉蒔き面の一部に粉蒔き動作をおこなっている場合を指す。

図 5 と図 6 に全体蒔きと部分蒔きのストローク数・プロセス数を示す。

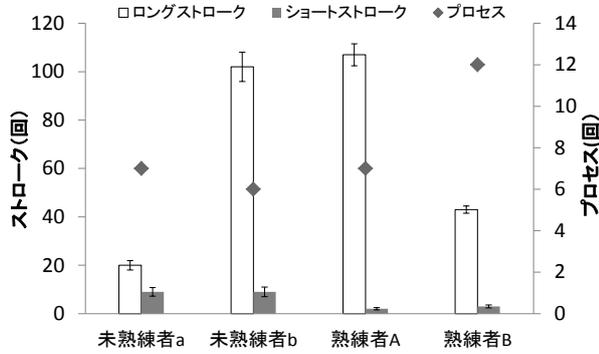


図 5 ストローク数・プロセス数 (全体蒔き)

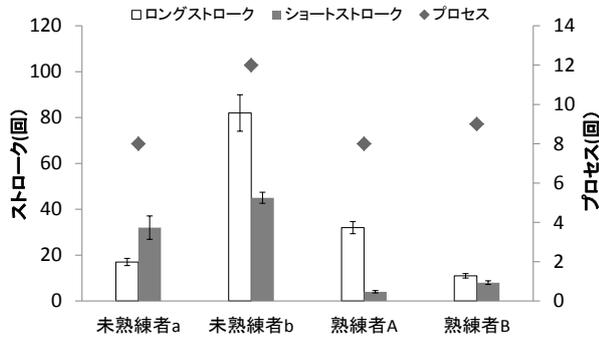


図 6 ストローク数・プロセス数 (部分蒔き)

未熟練者のストローク数・プロセス数は全体蒔きよりも部分蒔きの際に増加し、熟練者の部分蒔きのストローク数は全体蒔きの半分以下となった。また、熟練者・未熟練者ともに全体蒔きよりも部分蒔きの際にショートストロークが増加する傾向にあった。未熟練者のショートストロークの回数は熟練者の4倍以上となっており、結果として、微調整を繰り返したことで粉を均一に蒔くことができず、仕上がり時の粉の分布が斑になっていると考えられる。

図 7 と図 8 に全体蒔きの際の各プロセスにおけるロングストロークとショートストロークの回数を示す。同様に、部分蒔きの際の各プロセスにおけるロングストロークとショートストロークの回数を図 9 と図 10 に示す。

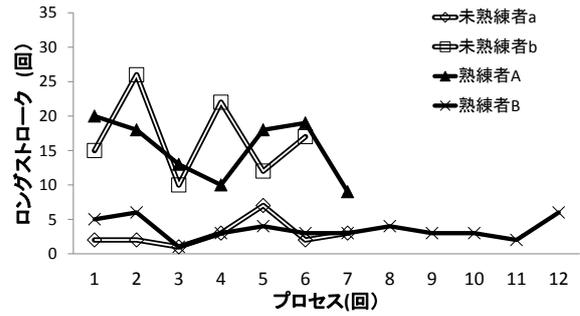


図 7 ロングストローク回数 (全体蒔き)

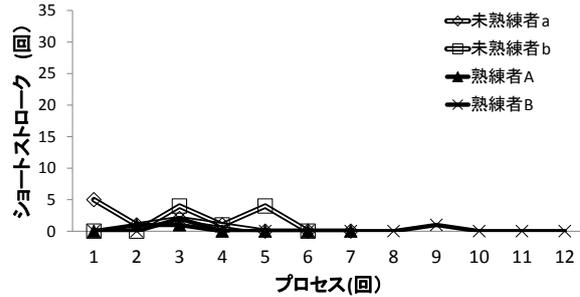


図 8 ショートストローク回数 (全体蒔き)

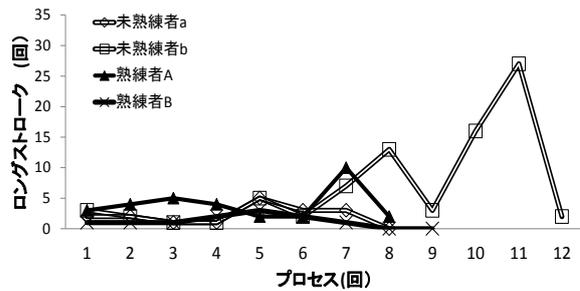


図 9 ロングストローク回数 (部分蒔き)

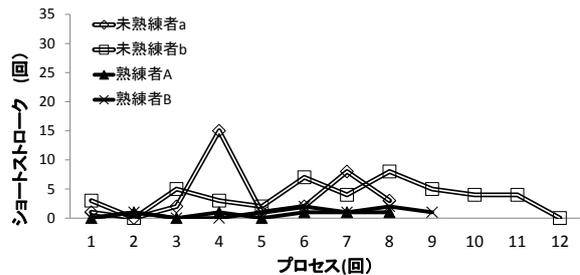


図 10 ショートストローク回数 (部分蒔き)

全体蒔きのロングストロークに関しては、熟練者 A と未熟練者 b の 1 回のプロセスにおけるストローク数が多く、熟練者 B と未熟練者 a の 1 回のプロセスにおけるストローク数が少ないという同様の傾向が見られた。熟練者 B の全体蒔きの際のプロセス数は他の被験者の約 1.5 倍であったが、各プロセスにおけるストローク数は少ない傾向にあった。また、

熟練者 B は部分蒔きの際もプロセス数に対するストローク数が少なく、必要な部分のみに微調整をしていると考えられる。

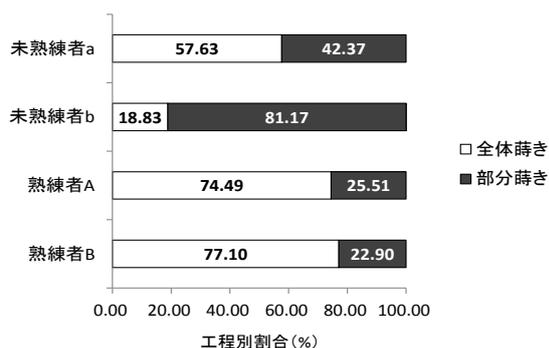
表 3 に各被験者の粉蒔き動作の時間を示す。なお、この時間とは粉蒔き動作時のみのものであり、粉を筒に入れていた時間、状態の確認をおこなっている時間などは省いたものである。

表 3 蒔き動作時間

	時間(秒)		合計
	全体蒔き	部分蒔き	
未熟練者 a	472	347	819
未熟練者 b	219	944	1163
熟練者 A	667	228	895
熟練者 B	362	108	470

粉蒔き動作の所要時間は未熟練者 b が 19 分 39 秒と最も長く、熟練者 B が 8 分 23 秒と最も短かった。

図 11 に各被験者の“全体蒔き”と“部分蒔き”の時間の割合を示す。



未熟練者 a は各工程に約半分ずつの時間を使っていた。また、未熟練者 B は約 8 割の時間を部分蒔きに費やしていた。対して、熟練者 A・B は約 7 割 5 分の時間を全体蒔き工程に使っていた。全体的に未熟練者が部分蒔きに時間をかけているのに対し、熟練者はほとんどの時間を全体蒔きに費やしている傾向が見られた。

動作の結果のみだけに着眼すると、経験年数 0 年の未熟練者 a の結果が最も経験年数の多い熟練者 B の結果に総じて近いという傾向が得られた。しかし、両者が作製した試験片の粉の分布状態や感性評価の結果には明らかな差異があった。これは経験がないがゆえに粉蒔き動作に関する具体的なイメージを持っていないことに起因すると考えられる。熟練者は完成時のイメ

ージを持ち、それに準じて作業をおこなっているため、部分調整が少なくなるのに対し、未熟練者は完成時のイメージが曖昧であるため、部分調整を繰り返す傾向があると考えられる。未熟練者 b は粉蒔き作業時間が最も長く、他に比べてロング・ショートストローク数も際立って多かった。これは未熟練者 a とは若干異なり、完成時のイメージを持っていても曖昧である、ないしは完成時のイメージを持っていてもそれに応じるだけの技術がないため生じたものだと考えられる。また、熟練者 A は全体蒔き時には熟練者 B とは異なるストローク・プロセスの傾向を示していたが、部分蒔き時の傾向や工程別の時間割合、粉の分布状態は熟練者 B に近いということが示されており、本研究の検討項目は熟練度の違いが粉蒔き動作および粉の分布状態に及ぼす影響を検討する一要素であると考えられる。

4. 結論

- (1) 未熟練者は部分蒔き時のショートストロークの回数が熟練者に比べて著しく多く、微調整を繰り返しておこなっているため、粉の分布に偏りがでるということが示唆された
- (2) 経験年数の最も多い熟練者 B は各プロセスのストローク数が他の被験者に比べて少なく、粉蒔き作業時間も他の被験者の約半分であり、必要最低限の動作をおこなっていることが明らかになった
- (3) 未熟練者が部分蒔きに時間を費やしているのに対し、熟練者はほとんどの時間を全体蒔きに費やしているということが明らかになった
- (4) 本研究で用いたストローク・プロセス・全体蒔き・部分蒔きという要素によって、粉蒔き動作および粉の分布状態に及ぼす影響を検討が可能であることが示された

参考文献

- 1) 経済産業省製造産業局伝統工芸品産業室: 伝統的工芸品産業をめぐる現状と今後の振興施策について (2008)
- 2) 伊東里香, 檜山敦, 並木秀俊, 宮下真理子, 谷川智洋, 宮廻正明, 廣瀬通孝: 伝統技術における技能伝達のための暗黙知抽出に関する研究, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.33, No.21, pp. 123-127 (2009).

平成 24 年度 日本人間工学会 関西支部大会

大会長 : 小谷賢太郎 (関西大学 システム理工学部 教授)
事務局長 : 鈴木哲 (関西大学 システム理工学部 准教授)

大会事務局
朝尾隆文、竹内明子

平成 24 年度 日本人間工学会 関西支部大会 講演論文集

発行日 2012 年 12 月 8 日

発行者 平成 24 年度日本人間工学会関西支部大会事務局

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35

関西大学システム理工学部機械工学科人間工学研究室内

電話 : 06-6368-1121 (5623)

Email : jesw2012@kandai.ne.jp