

2020 年度
日本人間工学会 関西支部大会
Japan Ergonomics Society Kansai Branch
講演論文集

日時：2020年12月12日(土)

場所：京都女子大学 オンライン

主催：一般社団法人 日本人間工学会 関西支部大会



2020 年度
日本人間工学会 関西支部大会
Japan Ergonomics Society Kansai Branch
講演論文集



日時：2020年12月12日(土)

場所：京都女子大学 オンライン

主催：一般社団法人 日本人間工学会 関西支部大会

大会スケジュール

2020年12月12日(土)

	A会場	B会場	C会場	奈良女子 大学会場
9:00 -	受付（受付用会場にて実施）			
9:50-10:00	開会式（A会場）			
10:00-12:00	A1 一般セッション ヒューマン インターフェース	B1 一般セッション 生理		
12:00-13:30	休憩			評議員会役員会 合同会議 12:30-13:20
13:30-14:30	特別講演（A会場） 文化財建造物に伝わる職人の技と道具 —修復を通じた保存継承— 鶴岡典慶氏（京都女子大学教授）			
14:30-16:00	A2 企画セッション 伝統芸能「能」に おける間・呼吸・ 拍子不合の デザイン研究	B2 企画セッション デザイン人間工学	C1 企画セッション ラウンド ディスカッション PIE 研究部会企画	
16:00-17:30	A3 一般セッション 身体	B3 一般セッション デザイン・感性		
17:30 -	閉会式			

発表者へのご案内

- 一般セッションの発表時間は15分（発表12分，質疑応答3分）です。
- 一般セッションの冒頭15分間は，音声・画面共有の接続確認を行います。時間を厳守し，円滑な進行にご協力をお願いします。
- 発表中の雑音等をできるだけ軽減するよう，ヘッドセットの着用や周囲環境整備をお願いします。
- 日本人間工学会家員の35歳未満，または学生・大学院生の筆頭発表者は，2020年度日本人間工学会関西支部大会優秀発表賞の対象となります。なお，優秀発表賞は，研究の独創性，発展性，妥当性，プレゼンテーションの適切さ等を考慮して，座長および評価者の計3名で審査します。

参加者へのご案内

- 大会前日に配布したメールから，受付用会場ルームに入室し，受付を済ませてください。
- 会期中は，ZOOMのアカウント名を「名前（フルネーム）_所属」へ変更し，入室してください。Peatixにご登録いただいた情報と一致した方から，各会場のルームID記載のファイル用パスワードを案内いたします。
- 各会場のルームIDは大会前日の配布メールにパスワード付きファイルに記載してあります。
- 本大会において可能な限り最新のデータを公表していただき，討論を活性化するという観点から，また，情報保護の観点から，発表表示データの写真撮影や録画・録音はご遠慮ください。
（本大会の記録係のみ，許可を得て撮影している場合があります）
- 発表中（質疑応答以外）は，音声を必ずミュートにしてご参加ください。

13:30 ~ 14:30

p.9

■ 特別講演 (A会場)

文化財建造物に伝わる職人の技と道具

—修復を通じた保存継承—

鶴岡典慶 (京都女子大学 教授)

14:30 ~ 16:00

pp.10-18

■ 企画セッション1 (A会場)

伝統芸能「能」における間・呼吸・拍子不合のデザイン研究

座長 中川志信 (大阪芸術大学)

A2-1 能演者の匠の技である絶妙の間のデザイン法則を解明する研究

○中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学),
田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学),
大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

A2-2 能の拍子不合メカニズムをロボット群の統合制御に適応するデザイン研究

○中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学),
田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学),
大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

A2-3 能楽における「息」の仕組み (その1) —打楽器の「呼吸」の特徴

○藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学), 田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学)
中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学),
大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

A2-4 能楽における「息」の仕組み (その2) —「息を合わせる」の実質的内容

○藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学), 田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学)
中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学),
大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

14:30 ~ 16:00

pp.19-27

■ 企画セッション2 (B会場)

デザイン人間工学

座長 平田一郎 (兵庫県立工業技術センター)

B2-1 サービスデザインにおける非デザイナーのためのアイデア発想の方法

○若林稔, 緒方啓史 (株式会社東芝)

B2-2 デザイナー固有の倫理的解釈に関する考察

○坂口和敏 (山口大学)

B2-3 ユニバーサルデザインからマルチバーサルデザインへ

○安井鯨太 (デザイン人間工学研究会)

B2-4 「デジタルダミーによる健康サービス」のためのアプリケーション試作

○平田一郎 (兵庫県立工業技術センター),

丸山翼, 多田充徳 (国立研究開発法人産業技術総合研究所),

中川豪 (兵庫県立福祉のまちづくり研究所), 後藤泰徳 (兵庫県立工業技術センター)

14:30 ~ 16:00

pp.28-30

■ 企画セッション3 (C会場)

PIE 研究部会企画 ラウンドディスカッション

「コロナ禍における生理心理実験の課題とグッドプラクティス」

座長 大須賀美恵子 (大阪工業大学)

◆ A 会場

10:00 ~ 12:00

pp.31-51

■ A1 ヒューマンインターフェース

座長 澤島秀成（奈良県産業振興総合センター）

- A1-1 ユーザの顔の向きにより表示内容を切り替える非接触型デジタルサイネージ
○黒野遥, 渋谷雄（京都工芸繊維大学）
- A1-2 対戦型オンラインゲーム中のストレス検出を目指した生理指標計測
○後藤敏樹, 渋谷雄（京都工芸繊維大学）
- A1-3 ピアノによる2オクターブ上下行ハ長調音階の連続打鍵操作における
ミスの分類および特徴抽出
○松本千奈, 来田宣幸, 野村照夫（京都工芸繊維大学）
- A1-4 スマートスピーカを用いた離れて過ごす高齢者の入浴見守りシステムの開発
○高見惇平（大阪工業大学）, 藤岡憧（大阪工業大学大学院）,
大須賀美恵子（大阪工業大学）
- A1-5 ベッド上での水平移動における被介護者の身体的負担に関する検討
○田中亮（大阪産業大学）, 太田智子（株式会社中央ビジネスグループ）,
後藤彰彦（大阪産業大学）
- A1-6 人間のドア開閉動作の経路情報に基づいた移動ロボットによる動作の再現
○喜田悠斗（近畿大学大学院）, 中川秀夫, 廣川敬康（近畿大学）
- A1-7 作業ストレスと段取りをつけることとの関係
○小田島祐平（金沢工業大学）, 岡谷諭（株式会社ニチレイフーズ）,
神宮英夫（金沢工業大学）

■ A3 身体

座長 篠原一光（大阪大学大学院）

A3-1 椅座位作業中の姿勢改善をさりげなく促すロボットの提案と開発

○渡邊陽仁，大須賀美恵子（大阪工業大学）

A3-2 シャガみ込みの動作分析－関節角度と重心軌道の観点から－

○西尾真樹，来田宣幸，野村照夫（京都工芸繊維大学）

A3-3 ダイバーの安全を見守るヒューマン・モニタリングシステムの開発

○福造博（大阪府立大学大学院），才木常正，瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター），有馬正和（大阪府立大学大学院）

◆ B会場

10:00 ~ 11:30

pp.61-71

■ B1 生理

座長 小谷賢太郎 (関西大学)

B1-1 照度変化を伴う照明環境と知的作業における集中の関係

○植地勇太, 重松佑奈, 石亀篤司 (大阪府立大学大学院)

B1-2 脳波を用いたダイポールイメージングによる快適性評価についての検討

○重松佑奈, 石亀篤司 (大阪府立大学大学院)

B1-3 移乗作業における2人の介助者間の同調に関する研究

○田河琴音, 大石和真, 川野常夫 (摂南大学)

B1-4 足裏の部分を押圧するインソールが自律神経に与える影響

○大石和真, 田河琴音, 川野常夫 (摂南大学)

B1-5 青年女子を対象とした冬期の睡眠と寝室温熱環境の実測調査

○南風香, 久保博子 (奈良女子大学)

■ B3 デザイン・感性

座長 平田一郎（兵庫県立工業技術センター）

B3-1 牛乳パックの定量的評価の提案

○目黒伶奈, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-2 統計手法を用いた公衆トイレの外観イメージ分析

○奥野梨奈, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-3 視覚, 聴覚および触覚が心理的距離に与える影響

○高島由衣, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-4 健康意識度とボトル入りミネラルウォーターパッケージデザインの関連性

○重本千夏, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-5 化粧水のパッケージと選好の関係性

○木村友音, 山岡俊樹（京都女子大学）

13:30 ~ 14:30

■ 特別講演

文化財建造物に伝わる職人の技と道具

—修復を通じた保存継承—

講師：鶴岡典慶（京都女子大学 教授）

●講師略歴

鶴岡 典慶（つるおか のりよし）

京都女子大学家政学部教授

関西大学工学部建築学科卒業後、京都府教育委員会を経て、京都女子大学教授就任。

京都府在職中、文化財保護課の建造物技術職員として、京都府内の国宝・重要文化財建造物や町並保存等の調査、保存修理、防災対策等、文化財建造物全般に関する業務に従事。

●講演内容

1. 「伝統建築工匠の技」が世界無形文化遺産へ
2. 木工技術と道具
3. 檜皮葺き技術と道具
4. 建具技術と道具

■ 企画セッション1 (A会場)

伝統芸能「能」における間・呼吸・拍子不合のデザイン研究

座長 中川志信 (大阪芸術大学)

A2-1 能演者の匠の技である絶妙の間のデザイン法則を解明する研究

○中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学), 田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学), 大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

A2-2 能の拍子不合メカニズムをロボット群の統合制御に適応するデザイン研究

○中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学), 田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学), 大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

A2-3 能楽における「息」の仕組み (その1) — 打楽器の「呼吸」の特徴

○藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学), 田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学) 中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学), 大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

A2-4 能楽における「息」の仕組み (その2) — 「息を合わせる」の実質的内容

○藤田隆則, 高橋葉子 (京都市立芸術大学), 田中敏文 (金剛流能楽師, 京都市立芸術大学) 中川志信, 檜垣智也 (大阪芸術大学), 蔡東生, 談子駿 (筑波大学), 大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大阪工業大学)

能演者の匠の技である絶妙の間のデザイン法則を解明する研究

○中川志信, 檜垣智也 (大芸), 藤田隆則, 高橋葉子 (京芸), 田中敏文 (金剛流能楽師, 京芸), 蔡東生, 談子駿 (筑波), 大須賀美恵子, 鎌倉快之 (大工)

Design study to clarify how to make the best timing among top-ranking Noh performers.

Shinobu Nakagawa, Tomonari Higaki (Osaka University of Arts), Takanori Fujita, Yoko Takahashi (Kyoto City University of Arts), Toshifumi Tanaka (Noh Performer of Kongoh School, Kyoto City University of Arts), Sai Tousei, Dan Shisyun (Tsukuba University), Mieko Osuka, Yoshiyuki Kamakura (Osaka Institute of Technology)

1. 研究背景

日本の文化には、間というまったく音も何もない瞬間がある。能など日本の芸能の特色として、音と動きがピタッと静止する一瞬の間を大事にする傾向にある。絵画では、余白の美という真白な空間を尊ぶ独自の美学がある。この間は、特に日本の伝統的美術、工芸、武道、茶道といった芸道を通して広くその美術表現の基本原則として存在する。間の取り方には、絶妙の間と定の間がある。絶妙の間とは、芸術的名人芸的な間で、基準値からの微妙なズレによって作り出される。必ずしも最適の間を取らず聴取者の予期する間から微妙にずれることで生ずる緊張、弛緩、意外性の上手な組合せの効果と定義されている。一方、定の間は基準の間で、定の間で踊ってはいけなさと叱られるほど単調なリズムである。

また、能における音と動きのメカニズムでは、拍子不合（拍子合わず）という一律で同期しない揺らぎある同期がある。西洋音楽は一律の拍子合（拍子合）で確実に同期する。能の拍子不合は、自然物の規律の無い動きに近く、木々や葉っぱが個々に揺れる動きに近い。人は心地良さを感じストレスを感じないものと考えている。対して西洋音楽は一定リズムから人工的と考えている。現在、この伝統芸能の能における拍子不合のメカニズムを、先端ロボットなどが作り出す生活空間に適応して有効性を確認する研究を行っている。

本研究では、能における匠の技である拍子不合という複雑な音と動きのメカニズムの中で、どのように絶妙の間をデザインしているのかを解明する。その理由は、ロボット群の音と動きの統合制御を、能の拍子不合メカニズムでデザインする際に、絶妙の間のデザイン法則を活用することで感性価値の高い創造ができるからである。

研究方法は、能の匠の演技のデータ取りから総合抽出する手法をとる。既往研究の中で、歌手や朗読者が聴取者の呼吸とあうように間を取り、歌手の呼吸に伴奏者が呼吸を合わせようと息を止めるなど、間と呼吸の関係を解明した研究が多く散

見された。本研究の実験には音と動きに、これら呼吸の計測を盛り込んで解析していく。

研究方法は、能の匠の演技のデータ取りから総合抽出する手法をとる。音と動きと呼吸のデータ分析から、絶妙の間と定の間における拍の間の比較検証を行い、異なるポイントを総合抽出して絶妙の間づくりのシステムデザインやパターンづくりを明らかにしていく。

2. 絶妙の間づくりを解明する実験と結果

2.1 研究目的：今後能における拍子不合のテンポとリズムを先端ロボット群へ適応し人々のQOLを向上していく。その中で、能の拍子不合メカニズムにおける匠の技である絶妙の間のデザイン法則を解明するのが研究目的である。

2.2 研究方法：能の演目はカケリを選択し、一流能演者（シテ、大鼓、小鼓、笛）に絶妙の間と定の間で実演を依頼した。各データ取りは、動きを光学式モーションキャプチャ MAC3D System (株式会社ナックイメージテクノロジー社協力)、音は集音マイク録音、呼吸をシャツ型呼吸計測装置で行った。それらデータの比較分析から、絶妙の間づくりと定の間づくりの分析を進めた。倫理審査は大阪工業大学で承認を得た。

2.3 分析結果：演目カケリ最初から90秒の絶妙と定の間を比較した。図1は、大鼓小鼓の呼吸と音の相関グラフを抜粋したものになる。上のグラフから順に、大鼓呼吸（絶妙の間）、基本8拍の中の1拍の間（紫帯）、小鼓呼吸（絶妙の間）、基本8拍の中の拍の順番（数字）、大鼓打音の間：青帯（絶妙の間）、大鼓打音の間：青帯（定の間）、小鼓打音の間：青帯（絶妙の間）、小鼓打音の間：青帯（定の間）、ピンク色帯は絶妙の間より定の間の方が長さが短い箇所とする。主な分析結果を記す。

- ・定の間が絶妙の間より総時間と打音間隔が長い
- 大鼓小鼓の打音間隔が、絶妙の間より定の間で長く間延びしていた。総時間は、絶妙の間で84秒、定の間では91秒と、絶妙の間が定の間より短い。
- ・絶妙の間で一部定の間より打音の間が長い箇所

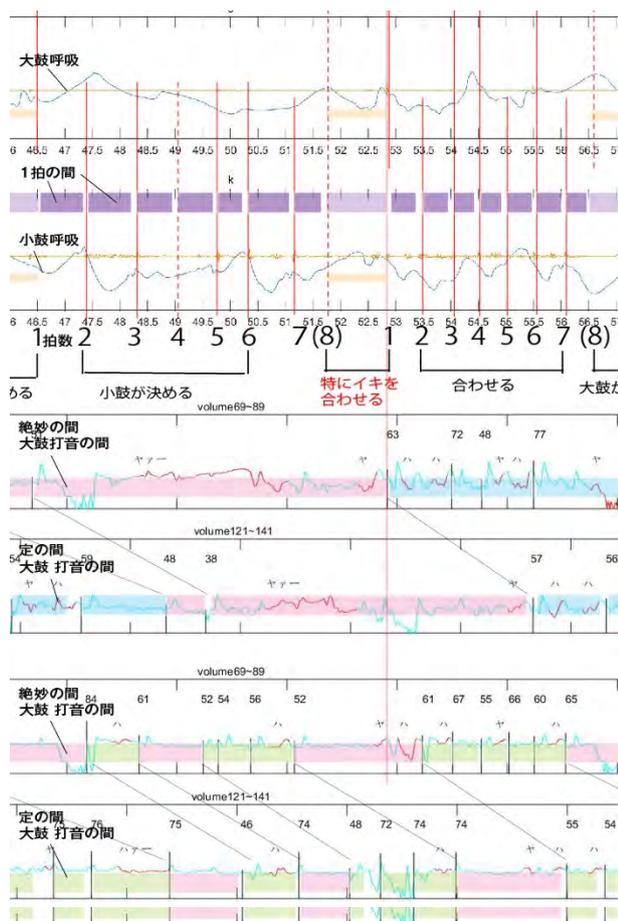


図1 演者の動き・呼吸・音の相関グラフ

総時間が短い絶妙の間で、定の間より打音の間の長い箇所が散在していた。特に短く集積した絶妙の間の40秒-44秒と62秒-48秒の前後で、大鼓小鼓共に打音の間が長くなる傾向にあった。

・絶妙の間で拍の間の有機的な伸縮が顕著な傾向
能では8拍を基調としているが、絶妙の間の40秒-44秒と62秒-48秒の前後で、拍が伸びる傾向にある。特に8拍目から1拍目が長くなり、2拍目から7拍目も箇所ごとで伸縮していた

・大鼓小鼓が息を殺して同期させる箇所が散在
呼吸では、絶妙の間の33秒、62秒で、大鼓と小鼓が息を合わせることが確認できた。0.5秒遅れて笛も呼吸を合わせ、それぞれが急の箇所（40秒以降と62秒以降）の音を発していることが明らかになった。シテの呼吸は全く合わせていなかった。

・大鼓シテが相互に間とタイミングを計っている
シテの動きでは、絶妙の間の大鼓小鼓の4秒～55秒、61秒～63秒の前後で、少しずつシテの速度が大きく増減する箇所が確認できた。また、41.5秒、58秒～59秒、65.5秒でシテの速度が最大になる箇所は、大鼓小鼓共に打音間隔が短くなる

箇所と重なっていた。

4. 考察

実験結果より、絶妙の間のデザイン法則の特長を抽出できた。能楽研究者によると、大鼓が全体のリズムとテンポを主導するが、大鼓小鼓各々が主導する部分も決められていて、相互に息を合わせる箇所も、能では構造的に決められている。これらの中で、各演者が絶妙の間のため相互に駆け引きをして、緩急をつくり出す演出で大胆に表現している。以下が主な特長である。

- ・特長1: 大鼓が8拍から1拍の間を大胆に変化させる。呼吸を止めて間を作り、2拍から6拍の打音間隔の短い部分を引き立てている。
- ・特長2: 小鼓が決める6拍から8拍の間も長く変化させ、2拍から6拍の余韻をつくらせている。
- ・特長3: 基調が拍子不合であるが、演者同士で相互に息を合わせて確実に同期する箇所がある。
- ・特長4: 揺らぎある間や同期が、拍ごとの間や演者同士の同期に多く潜在している。これらは数式化できないほど四散している。

能は呼吸でリズムやテンポをつくるのが、演者の呼吸を止めるデータから確認できた。それによって、能にはまるで生き物のように伸び縮みするダイナミズムがあることが明らかになった。一方、精緻に息を合わせて確実に同期する計算された部分もあることも明らかになった。これらを演者同士で相互に駆け引きしながら、揺らぎのある間や同期をつくり出しているところに、絶妙の間のデザイン法則が潜在していると考えられる。

これらから、能は人間がつくるものであり、2度と同じものがないからこそ能の意味があるという能でよく言われていることが理解できる。しかし、この生き物のような絶妙の間の変数を数式化・アルゴリズム化すれば、多様な分野に拍子不合メカニズムが適応できる。先端ロボットなどの領域で新たな日本文化を創造していく。

謝辞

本研究成果は、科研費（課題番号:16H01804）基盤研究（A）、領域開拓プロジェクト（AS251Z00297P）の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 中村敏枝, 間の感情情報, 日本ファジー学会誌 VOL. 14, No. 1, pp. 15-21, 2002.

能の拍子不合メカニズムをロボット群の統合制御に適応するデザイン研究

○中川志信, 檜垣智也(大芸), 藤田隆則, 高橋葉子(京芸), 田中敏文(金剛流能楽師, 京芸), 蔡東生, 談子駿(筑波), 大須賀美恵子, 鎌倉快之(大工)

Design study to clarify how to make the best timing among top-ranking Noh performers.

Shinobu Nakagawa, Tomonari Higaki (Osaka University of Arts), Takanori Fujita, Yoko Takahashi (Kyoto City University of Arts), Toshifumi Tanaka (Noh Performer of Kongoh School, Kyoto City University of Arts), Sai Tousei, Dan Shisyun (Tsukuba University), Mieko Osuka, Yoshiyuki Kamakura (Osaka Institute of Technology)

1. 研究背景

今後、複数の自律動作するロボットが日常生活空間に混在し音を発して動き出す。PC内の知的情報も日常生活空間に飛び出し（プロジェクターで投影され）、同様に混在して音を発して動き出す。人工的な統合制御では、ロボットによる生産工場内にいる感覚になり、あまりにも機械的、無機的で人々は落ちつかない。これらを上手く統合制御しないと人々のストレスは増大させない方策が求められている。

自然の中にいる感覚、揺らぎのある統合制御による音と動きの空間に人は癒されている。伝統芸能文楽の音と動きの研究で、敢えて同期させず前後にずらし揺らぎをつくることで文楽人形に生命感を醸し出していた。文楽の起源である能にも、拍子不合の一律でないテンポとリズムがある。西洋音楽は鼓動（拍子合）、能は呼吸（拍子不合）を基軸に音楽を構成している。この拍子不合のメカニズムを解析し、ロボット群の統合制御に適応することで、より自然の中にいる感覚を創り出すことができるという仮説を立て検証実験を行った。

2. 研究目的と方法

- ・研究目的：今後普及する人間共存型ロボット（人型・掃除型・ドローン型）や、室内空間に投影される知的情報アイコンやバーチャルロボットなどが混在する日常生活空間がすぐそこにある。能は空間芸術であるため、ロボット群が混在する近未来の生活空間に能のメカニズムを適応する実験は適している。その空間内にいる人々のQOL向上やストレス軽減のため、能の拍子不合メカニズムの解析を行い、ロボット群に適応し最適に統合制御するデザイン方策の抽出が研究目的である。
- ・研究方法：複数ロボットが混在する生活空間をCGアニメーションで再現する。CGによるロボットや情報アイコンに、一流能演者が演技した各種データを変換して動きの変数として入力する。能の拍子不合のテンポやリズムで動く複数ロボット

が混在する生活空間を、CGで再現して可視化する。これら複数のCG（実験素材）を、実験者に主観評価（形容詞対アンケート）の検証実験を行う。

- ・能のメカニズム抽出：能の演者は主に、シテ（舞いと謡い）と、大鼓と小鼓（打音と掛け声）、笛などの囃子方で構成される。本研究では、一流能演者に、演目カケリの絶妙の間（名人芸的）と定の間（基準）の演技をデータ取りした。動きのデータ取りは光学式モーションキャプチャ MAC3D System（ナックイメージテクノロジー社協力）、音のデータ取りは集音マイク録音で行った。倫理審査は大阪工業大学で承認を得た。



図1 ロボット群が混在する室内空間のCG映像

3. 実験と結果

- ・実験目的：人間共存型ロボット群や情報アイコン群が共存する近未来の生活空間において、能における拍子不合のテンポとリズムで、それらを統合制御した時の人々の印象評価を計測するのが主目的である。特に、人工的でない自然の動きに近い印象を、能の拍子不合メカニズムから人々が感じるかを計測したい。加えて、絶妙の間と定の間における印象の差も明らかにしたい。
- ・実験素材：拍子不合メカニズムの能データを、一切加工せずそのままCGロボット群へ変換して、近未来の生活空間をCG映像で再現した。
- ・変換に使用した能データは次の6データである。
 1. 大鼓打音音量 (db), 2. 大鼓掛け音量 (db), 3. 小鼓打音音量 (db), 4. 小鼓掛け音量 (db),

5. シテ歩行速度 (m/s), 6. シテ謡い音高 (Hz).

・CGロボット群は次の9アイテムである。壁面に投影される円形の情報アイコン6種類 (A, B, C, D, E, F). 円形の外径が拡大縮小し, 円形内部の画像が横にスライドする. CGロボットは人型, ドローン型, 掃除型の3種類. 一定方向に移動して加速や上下動をする. 能データから各ロボットへの変換方法は省略する.

・実験方法: 実験参加者は着座した状態でCGロボットの映像をPC上で鑑賞し, 7段階15項目形容詞対のアンケート用紙にCGロボットの印象を記入した. その後, 自由記述欄に意見も記述してもらった. 形容詞対は, 自然な-人工的な, 心地よい-心地よくないなどのように, 空間全体に対して感じる言葉を用意した. 実験手続きは, 質問1に能 (絶妙の間), 質問2に能 (定の間) の順で実験を進めた. 実験参加者は, 10代から70代の男女12名 (男3名, 女9名, 日本人6名, 中国人6名).

・実験結果: 図2から能 (絶妙の間) の評価が高く (平均4.9), 能 (定の間) (平均3.4) であった. (検定結果, $p > 0.001$). 特に, リズム感のある, 揺らぎのある, 美しい, 楽しげなどの項目で高評価であった. また自由記述欄の意見からも, 絶妙の間で動くロボット群は生きている感じがする, リズム感があり心地よいなどの指摘が多くあった.

4. 考察

能における拍子不合メカニズムをCGロボット群に適応した実験結果から, 人は拍子不合リズムにストレスを感じず心地よく気にならないことが明らかになった. 絶妙の間と定の間で, 音楽だけを聴いていると差が微妙なため認識しづらいが, CGロボット群の視覚情報の動きに変換しても, 絶妙の間が高評価であった. このことから, 能における拍子不合メカニズムを, 実機ロボット群の統合制御に変換しても人々に受容される可能性が確認できた. しかしアンケート結果の有意性は低い.

また, 拍子不合メカニズムからロボット群の動きに自然を感じる項目での評価は低かった. これは, この実験で採用した能の演目カケリが, 速度感のある動的な演目であったことが影響している. 自然を感じるに近い形容詞の揺らぎある, 気にならない, 心地よい, ストレスないなどの項目では高評価であったことから, ゆったりとした遅い演目をロボット群にデータ変換すれば, 自然を感じ

る項目も高評価になると考えている.

ところで, この実験参加者の半数の中国人は, 日本人と, 絶妙の間における印象評価で著しく結果が異なっていた (図3). 定の間でも同様に異なり, 印象評価が逆になっていた. 日本独自の拍子不合メカニズムに対して, 異文化の人には受容されにくい傾向にある. 今後, 実験者数を増やして, この点に留意して実験を進める.

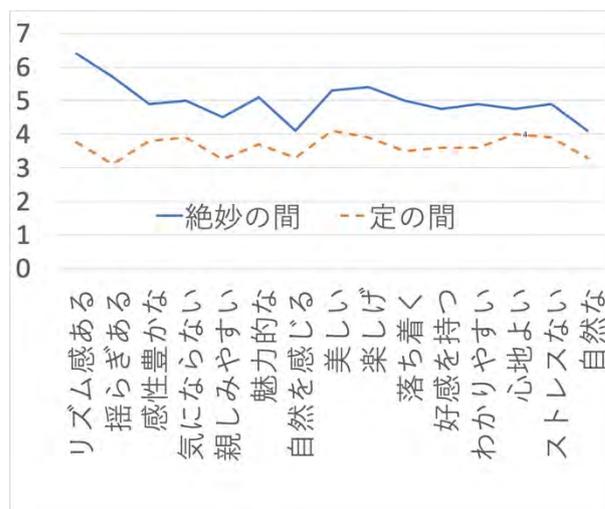


図2 絶妙の間と定の間の印象評価グラフ

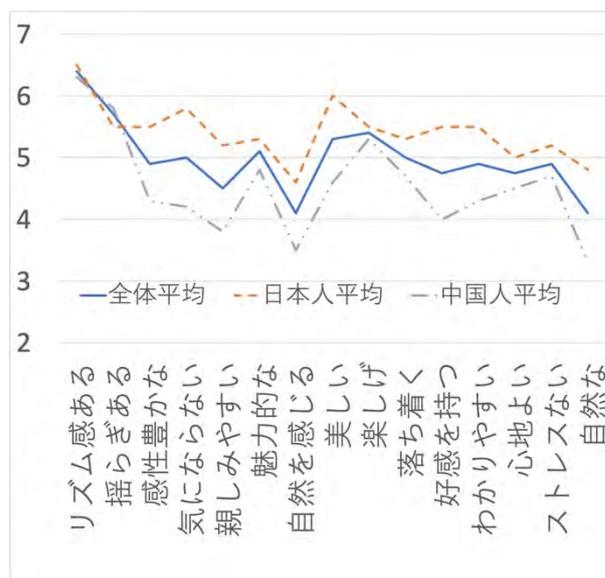


図3 絶妙の間:日本人と中国人の比較グラフ

謝辞

本研究成果は, 科研費 (課題番号:16H01804) 基盤研究 (A), 領域開拓プロジェクト (AS251Z 00297P) の助成を受けたものである.

能楽における「息」の仕組み（その1）-打楽器の「呼吸」の特徴 Performers' Breath in the Performance of Noh, Japanese Traditional Music Drama (Part 1)

○藤田隆則, 高橋葉子(京芸大), 田中敏文(金剛流能楽師, 京芸), 中川志信, 檜垣智也(大芸大), 蔡東生, 談子駿(筑波大), 大須賀美恵子, 鎌倉快之(大工大)

Shinobu Nakagawa, Tomonari Higaki (Osaka University of Arts), Takanori Fujita, Yoko Takahashi (Kyoto City University of Arts), Toshifumi Tanaka (Noh Performer of Kongoh School, Kyoto City University of Arts), Sai Tousei, Dan Shisyun (Tsukuba University), Mieko Ohsuga, Yoshiyuki Kamakura (Osaka Institute of Technology)

1. 研究背景

日本の古典芸能である能楽は、長く武家の芸能として伝えられてきた。その演奏は、武術の立ち合いにも共通する、独特の厳格さに裏打ちされる。

謡(うたい)、笛(ふえ)、大鼓(おおつづみ)、小鼓(こつづみ)、太鼓(たいこ)からなる囃子の演奏は、1拍1拍の細部にまで、それぞれがどのように関わることが明確に規定されていて、自由な変奏の余地はまったくない。そのかわりに、演奏の1回性(「一期一会」的性格)が重視される。すなわち、作品のテーマ、作品内の場面展開、共演者どうしの関係、演奏の時空間などの諸条件に合わせて、「調子」「位」等と呼ばれる、最適の演奏のテンポ、音色、気分が、場面場面において選択されなくてはならないのである。

能楽の音楽は、8拍子の繰り返しを基本にしている。それを楽譜にして記すと、いたって単純なかたちになる(図参照)。しかし、2つの打楽器(大鼓、小鼓)が、それぞれ、別の拍を担当したり、ある拍を同時に打ったり、また別々の掛け声をかける等、複雑な組み合わせによって、8拍子の繰り返しが多彩に彩られていく。

さらに、楽譜上にはあらわれないことだが、8拍の流れは均等ではない。さまざまな単位で、「緩急」の対比がつけられていく。極端な場合、1拍ごとに対比的な変化が生まれる。

2. 研究目的

能楽において演奏者が強調することは「呼吸」「息」の大切さである。掛け声と打音をおりませた複雑なパターンの演奏によって合奏に参加している打楽器の演奏者は、それぞれ単独で、どのような呼吸をしているのだろうか。その解明は、それぞれの演奏者が呼吸をどのように合わせているか、というさらなる問の前置段階となるべき、必須の研究である。

3. 実験と結果

・**実験素材**: 能楽の作品クライマックスには、謡に引き続いて、謡の入らない、笛の伴奏による器楽で舞がおこなわれる部分がある。そのひとつにカケリがある。本実験では、カケリのそれぞれの演奏者の音声と舞台全体の映像を記録すると同時に、演奏者の胸囲変化を計測した。

・**実験方法**: 実験データは、中堅のプロの能楽師(大鼓方石井流)から得た。スマートシャツ(Hexoskin, <https://www.hexoskin.com/>)を装着して、演奏してもらった。またそれぞれの演奏者に対し、音声収録のためのマイクを設置し、個別に録音した。加えて舞台全体をビデオカメラで収録した。なお本実験は大阪工業大学ライフサイエンス倫理委員会の承認を得て実施している(承認番号2019-42)。

・**実験結果**: カケリの演奏には4つのパートがかかわるが、そのうち歌い手と笛の演奏については、息継ぎの箇所がはっきりわかる。それに対して、打楽器(大鼓と小鼓)は、学習の過程で、息継ぎにかんする指導が行われることもなく、そのパターンはわかっていない。ここでは大鼓に焦点をあてて、胸囲変化から呼吸のパターンをさぐる。

図は、伝統的な8拍の枠組みを基本とするフォーマット(八割譜)を利用して、大鼓の演奏パターンを表記したものである(大鼓は1拍目ではなく、8拍目から始まるので最初の8拍目を(8)として、各行の最初とした)。演奏の冒頭部分から8つ分の「手」、すなわち固有の名称をもった打ち方のパターン)を、つづけて示した。「●」「○」は、打音のポイント、丸の違いは、打つ音の種類の違いを表す。となりあった拍に打音がくる場合、それらを線で繋ぐ。「ヤ」「ハ」「ハン」「イヤ」「ヨーイ」などのカタカナは、演奏者自身が発している掛け声を示す。

この楽譜の上に、実験によって得られた胸囲変化の

曲線のおよその輪郭を、実際のデータを簡略化するかたちで模写した。タテ軸は胸囲の長さを示す。曲線が大きく上がるときに、息が吸われていると推定できる。

まず、吸気について見てみる。胸囲変化の曲線が大きく上昇するのは、1, 2, 8行目の3-4拍の間である。これは次の4-6拍の間にくる「ヤ、ハ」という掛け声を言うための準備のための吸気である。また、3, 4, 5, 6行目の5-6拍の間でも大きく上昇する。「イヤ」(6-7拍間)の掛け声を発するための吸気である。これらより、大鼓の演奏者は「掛け声を発する直前に息を吸う」ことが一般原則として仮定できる。

曲線の上昇は、ある打音(とくに大きな●)でも起っている(1行目1拍目, 6拍目など)。ただし動きはわずかであり、呼吸による動きではなく、打つ動作に起因する胸囲の動きだと思われる。

次に、呼気について見ていく。一般に、掛け声がかかっている間、曲線は下降していく。1行目の(8)-3拍の間に「ヤ ハン ハ」の掛け声がかかっている間、全体に下降している。なだらかな下降は、掛け声をつづけて発していることによる。同じく1行目の4-6拍の間の「ヤ、ハ」でも下降が認められる。なお、1行目と最後の8行目は同じ「ヌク地」という名前が付けられた、大鼓の決まったパターンのひとつである。パターンが同じなら、曲線の輪郭も同じかたちになる。

興味深いのは、5, 6行目の2拍-4拍半の間にもみられる、大きな下降だ。これは「ヨーイ」という掛け声に固有の、胸囲変化の曲線である。

対照的なのは「イヤ」という掛け声である。「イヤ」はほとんどの場合、それがかけられている間、線が下降していない(3-6行目6-7拍の間, また5-7行目の(8)-1拍の間)。呼気ではなく、「息を止めている」と解釈すべきであろう。

4. 考察

本研究によって、(1)大鼓演奏者は、掛け声の直前に息を吸っていること、(2)一連の掛け声を発する間、息を吐いていること、がわかった。以上は、実験を待つまでもなく、皆がわかっていることと言えるかもしれない。だが、掛け声に伴って息の出し方がことなっていること、すなわち、(4)掛け声「ヨーイ」は大きな下降を描くこと、(5)掛け声「イヤ」では、線がまっすぐ横になることは、本研究によって得られた新知見である。

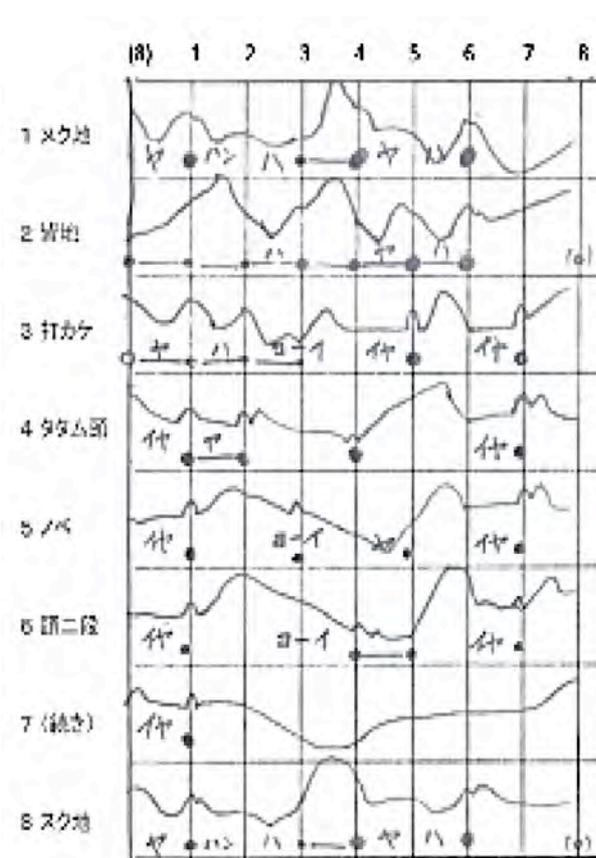


図 大鼓の手(打音と掛け声)と胸囲の変化

じつは「ヨーイ」は「イヤ」という掛け声は、それぞれに一定の機能があてられている。「ヨーイ」は、あるセクションが終結に向かって静まっていく前に来る掛け声である。また、「イヤ」という掛け声は、緊張感をこめて区切りをつけ、それを他のパートに知らせる合図の機能をもつ。演奏者も「ヨーイ」「イヤ」に対しての意識が、胸囲変化を示す曲線(すなわち呼吸)に、特徴的輪郭を与えたと思われる。

本研究により、大鼓の演奏者が、掛け声において、息の出し方に操作を加えていることが明らかとなった。小鼓についても、同様の観察が必要であるが、今後の課題としたい。

謝辞

本研究成果は、科研費(課題番号:16H01804)基盤研究(A)、領域開拓プロジェクト(AS251Z00297P)の助成を受けたものである。

能楽における「息」の仕組み（その2）－「息を合わせる」の実質的内容

Performers' Breath in the Performance of Noh, Japanese Traditional Music Drama (Part 2)

○藤田隆則, 高橋葉子(京芸大), 田中敏文(金剛流能楽師, 京芸), 中川志信, 檜垣智也(大芸大), 蔡東生, 談子駿(筑波大), 大須賀美恵子, 鎌倉快之(大工大)

Shinobu Nakagawa, Tomonari Higaki (Osaka University of Arts), Takanori Fujita, Yoko Takahashi (Kyoto City University of Arts), Toshifumi Tanaka (Noh Performer of Kongoh School, Kyoto City University of Arts), Sai Tousei, Dan Shisyun (Tsukuba University), Mieko Ohsuga, Yoshiyuki Kamakura (Osaka Institute of Technology)

1. 研究背景

日本の古典芸能である能楽は、基本となる音楽構造そのものは単純であるが、その分、実演においては、作品の内容や場面に応じて、さまざまな変化を生み出すことを求められる。ゆっくり演奏する作品の場合には、音楽の1拍1拍に「即興」が生まれるといっても過言ではない。その「即興」の前提には、笛、大鼓、小鼓、舞や謡などの各パートが、それぞれ単独で担当するという、能楽独自の編成法がある。

能楽の演奏の流れには、それぞれの演奏者が単独で責任をもって担当すべき箇所が、細かく定められている。たとえば8拍目から1拍目の間隔の操作（図の81-82秒の間）は、主に「大鼓」に、それ以降は「小鼓」に、という具合である。主導権の移行が、理論上は規則的で単純である拍の流れに、ゆらぎや大きな緩急の変化を加えることになる。

2. 研究目的

主導権の移行は、能楽の演奏の場を「迫真の立ち合い勝負」の場に変える。では、それを生み出すために大切なことは何かと問うと、能楽師らはしばしば「息（呼吸）を合わせること」だと答える。これは具体的にはどのようなことを指すのだろうか。

3. 実験と結果

・**実験素材**：能楽の作品クライマックスには、謡に引き続いて、謡の入らない、笛の伴奏による器楽で舞が行われる部分がある。そのひとつにカケリがある。カケリは、2分程度の長さの器楽曲で、拍の間の伸縮、テンポの伸縮が大きい曲である。前半の緩、前半の急、後半の緩、後半の急という4部分に分割可能で、カケリの前後は、舞い手による短い歌やせりふがある。本実験では、男性の武将（源義経の幽霊）を主役とする作品の中で演奏されるカケリの、映像と音声および、各演奏者の呼吸（胸囲の変化）を記録した。

・**実験方法**：カケリの演奏を、中堅のプロの能楽師4名（シテ方喜多流、大鼓方石井流、小鼓方幸流、笛

方森田流）に依頼した。それぞれに対し、音声収録のためのマイクを設置し、個別に録音した。加えて舞台全体をビデオカメラで収録した。さらに、それぞれの演奏者に、スマートシャツ(Hexoskin)を装着させ、胸囲を測定した (<https://www.hexoskin.com/>)。なお本実験は大阪工業大学ライフサイエンス倫理委員会の承認を得て実施している（承認番号2019-42）。

・**実験結果**：4つのパートの音声の波形と、胸囲の変化のデータとを同期させる作業をおこなった。それぞれのパートでその同期作業をおこない、さらに4パートを同期させ、4人の胸囲の変化を、音楽の進行にそって一覧できる図を作成した。

図には、上から笛、謡と舞、大鼓、小鼓の演奏結果を並べた。それぞれパートのグラフにおける縦軸の数字は、演奏者の「胸囲の相対値」である。曲線は、胸囲の時間的変化をあらわす。中心に置かれているのは「音の波形（音声データ）」で、それぞれのパートの音量の相対的な変化をあらわしている。

その上に、各パートが用いている伝統的な楽譜の記号を書き加えた。最上段の笛の欄には、唱歌と呼ばれる言葉のシラブルによる楽譜を記入した。舞と謡の欄には、謡のほか、舞の動き（あるいはそのパターン名）を記入した。次の大鼓と、最下段の小鼓の欄には、打音（「○」「●」「・」等）および掛け声（「ヤ」「ハ」「ハン」「ヨーイ」「イヤ」等）を書き込んだ。

大鼓と小鼓のパートの演奏は、8拍の枠組みを作り出しながら進む。大鼓と小鼓が欄の間に書かれた1-8の数字は、打音が、8拍の枠組みの中の何拍目に当たるのかを示す。破線を使って、打音と数字を結んだ。大鼓と小鼓が、打音も掛け声も発しない拍（おもに8拍）については、胸囲の時間的変化から、位置を推定し、実線で示した。

4. 考察

図に採り上げたのは、カケリの前半の緩から急へと移る前後20秒間である。移行のポイントは、91.5秒あたりの8拍目、大鼓と小鼓の打音（・と○）である。

・**急（91.5-97.5秒）**での笛と舞い手の呼吸

笛は、決まったフレーズを適当な間隔をおいて次々と吹くが、急に移ると「ヒュー」「ヤ日」とそれぞれ胸囲が急激に減少する。続く「ウヒャ」はなだらかに胸囲が減少する。

舞い手のほうは、緩の部分ではゆっくり動き、胸囲の曲線は規則的に上下する。しかし、急に入ると、95秒あたりから線が高い位置でとどまっている。大きく吸った息を止めている状態で、急の動きの連続に臨んでいると考えられる。

・急に移る前の大鼓の胸囲

急の部分に移る合図になるのが、90.0-91.5秒の間にある小鼓の「ハア」という長い掛け声である。続く91.5秒あたりの小鼓の打音（○）に同期して、大鼓は連続した拍を演奏し（91.5-94秒あたり）、緩から急への明瞭な対比を作り出す。

興味深いのは、小鼓が掛け声「ハア」を出している間（90.0-91.5秒）に、大鼓の胸囲の線がなだらかにしか下降していない点だ。大鼓は、90.0秒の直前までに「ヤ ハ●」と打ち終えた後、おそらく息を吸わないままなのである。

これとよく似るのが、大鼓の97.0秒から99.0秒をすぎたあたりだ。大鼓の胸囲の線は、一旦高く上がった後（97.5秒）、急激には下がらず、99.0秒に向かって、やはり、なだらかにしか下降しない。この箇所は、大

鼓が「イヤ」という掛け声を長く大きく発し、全体の緊張感を高めていくところである。

なだらかな下降という類似から、問題にしている90.0-91.5秒の間においても、大鼓は、緊張を維持していると考えられる。なぜならそこは、小鼓の演奏をよく受け止め、自らが打ち出すタイミングを的確に狙わねばならない箇所だからだ。ここで大鼓の演奏者が行なっていることは、わかりやすく言い換えれば「息を潜める（殺す）」ことである。

結論を述べたい。能楽でしばしば用いられる表現「息を合わせる」とは、呼吸のポイントを一致させることを指すのではない。合奏を成り立たせるために「息を潜める（殺す）」ことが、「息を合わせる」ことの実質的内容のひとつと考えられる。

謝辞

本研究成果は、科研費（課題番号:16H01804）基盤研究（A）、領域開拓プロジェクト（AS251Z 00297P）の助成を受けたものである。

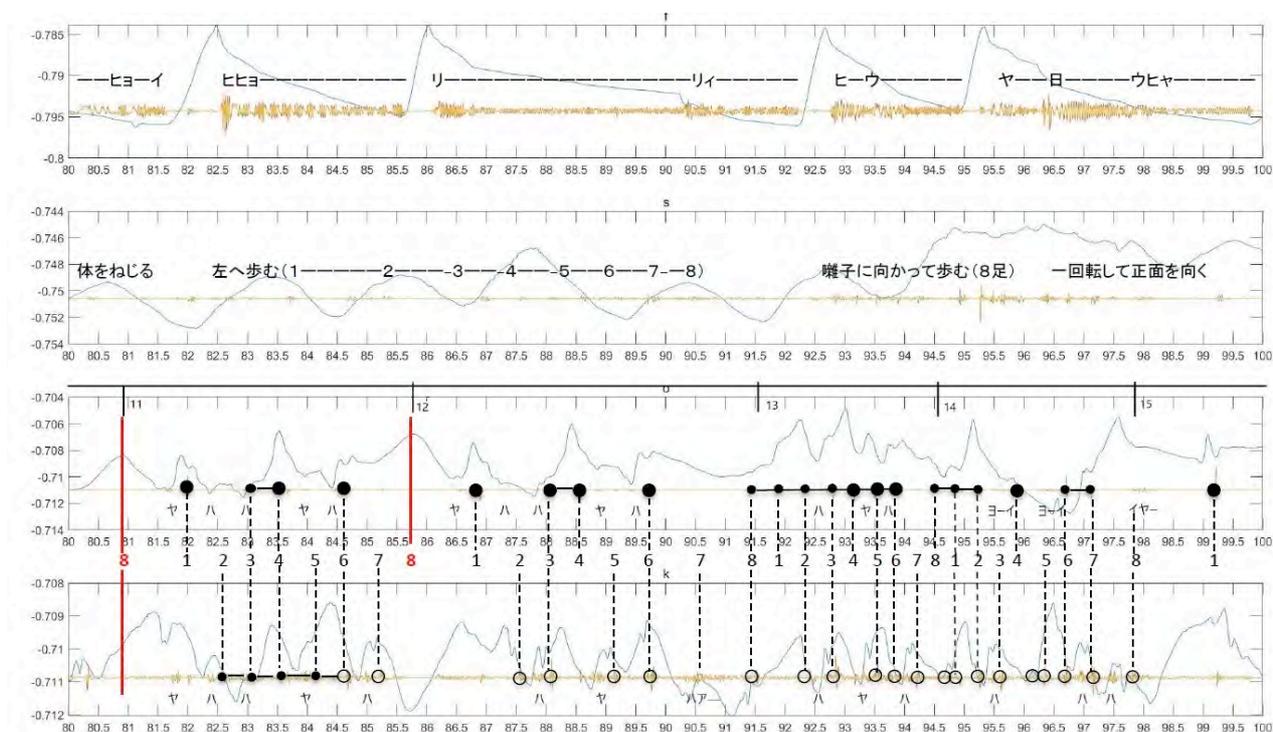


図 カケリの緩から急に移行する部分における演奏と胸囲の相互関係

14:30 ~ 16:00

■ 企画セッション2 (B会場)

デザイン人間工学

座長 平田一郎 (兵庫県立工業技術センター)

B2-1 サービスデザインにおける非デザイナーのためのアイデア発想の方法

○若林稔, 緒方啓史 (株式会社東芝)

B2-2 デザイナー固有の倫理的解釈に関する考察

○坂口和敏 (山口大学)

B2-3 ユニバーサルデザインからマルチバーサルデザインへ

○安井鯨太 (デザイン人間工学研究会)

B2-4 「デジタルダミーによる健康サービス」のためのアプリケーション試作

○平田一郎 (兵庫県立工業技術センター),

丸山翼, 多田充徳 (国立研究開発法人産業技術総合研究所),

中川豪 (兵庫県立福祉のまちづくり研究所), 後藤泰徳 (兵庫県立工業技術センター)

サービスデザインにおける非デザイナーのためのアイデア発想の方法

Ideation Method of Service Design for Non-designers

○若林稔*, 緒方啓史*

*株式会社東芝

WAKABAYASHI Minoru*, OGATA Keiji*

*Toshiba Corporation

1. はじめに

近年、立場や専門性の異なる人々が一緒にサービス事業のアイデアをつくる共創ワークショップ（以降、WS）の機会が増えた。そこでは、現場や業界を知る技術者や営業担当など（便宜上、発想法の訓練を受けたデザイナーに対して、非デザイナーと呼ぶことにする）が多様な観点を持ち寄り「ありきたり」を脱したアイデアを見出すことが期待される。しかし、経験上、非デザイナーは創造的思考より論理的思考（表1）に傾きやすく、その結果、アイデア発想が行き詰りやすい。

表1：創造的思考と論理的思考¹⁾

創造的思考	— 論理的思考	提唱者
生産的思考	— 再生的思考	W. Wertheimer
直感的思考	— 分析的思考	J.S. Brunner
仮説設定法	— 推論（演繹・帰納）	C.S. Peirce
水平思考	— 垂直思考	E. de Bono
アナログ思考	— デジタル思考	市川亀久彌

当然、サービス事業のアイデア発想には、トラブルやニーズの本質を見極める論理的思考が不可欠であるが、その一方で、「ありきたり」を脱するために、創造的思考が必要である²⁾。

これに対し、デザイン思考では、非直感的な論理的思考を用いた「課題定義（Define）」を経てから、創造的思考による「アイデア出し（Ideate）」に移行する³⁾。ただし、これらは反復的（iterative）なプロセスとされているので、結局、「論理的思考と創造的思考を最適に組み合わせた手順」は明らかにされていない。

一方、東芝のデザイン部門は、年間200件以上のWSを設計・実践している。そこでは、限られた時間の中で、依頼元の事業部の評価に適う成果が求めら

れ、WS設計者やファシリテータは、先述の知見を利用し、非デザイナーからアイデアを引き出している。中でも、熟練者はよい成果を得やすいため、先に述べた「論理的思考と創造的思考を最適に組み合わせた手順」を暗黙知として実践している可能性がある。

そこで、本研究では、WS設計／ファシリテーションの熟練者とそうでない者との手順の違いを調べて、非デザイナーによるサービス事業のアイデア発想に有効な手順を明らかにする。

2. WS設計者へのインタビュー調査

2-1. 参加者

デザイン部門のデザイナーの中から、WS設計およびファシリテータの経験回数（EXP）が40以上の熟練群11名（男性5名、女性6名；EXP平均77、標準偏差75）と40未満の一般群10名（男性5名、女性5名；EXP平均14、標準偏差4）を選抜した。

2-2. 手続き

遠隔会議システムを用いて、設問を明記した資料を参加者に提示しながら1時間の半構造インタビューをオンラインで実施した。

参加者には、「顧客企業の非デザイナー5名からなる1グループを対象にWSを設計し、自らファシリテートする」という役割、および「どうすれば、カーシェアサービスの利用者をもっと増やせるか？」という具体的なテーマを伝えた。

2-3. 調査項目

東芝の提唱するカスタマーバリューデザインTM（CVD）の標準プロセス⁴⁾を情報操作の種類別に図1の15作業に分割し、それぞれの作業課題を達成するために、具体的にどのような作業をどのような手順で行うのかを尋ねた。

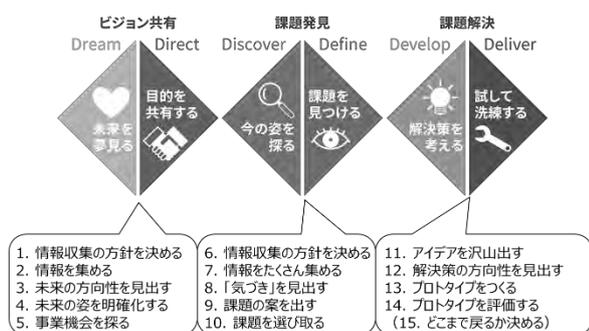


図1 CVD 標準プロセスを15分割した作業内容

3. 結果

熟練群と一般群の発話を比較したところ、先述のデザイン思考における「課題定義 (Define)」に相当する手順9, 10に大きな差異が見られた。ここでは一般群が、標準プロセスを踏襲した作業に言及するのに対し、熟練群は、表2のように、標準プロセスとは異なる手順を回答している。

表2 熟練群による発話

手順を分割せず、アイデアまでいっぺんに出す
課題を選びながらアイデアも出すので、課題を選ぶだけの作業はしない。アイデアを出す過程で他の気づきが出てくるので、並行してたくさんの課題と対応するアイデアが発散する。この中で敢えて「課題の設定」というフェーズは設けない
解決策を裏返せば課題になる
具体的にアイデアを出しながら課題を考える
アイデアを考えながら、それがどんな視点に基づいているかを探る
課題のためのワークはしない。個人のアイデアが、その人が考えた課題に基づいている

4. 考察

先に述べたデザイン思考のプロセスは、アイデア発想の前に、その前提となる課題を定義する手順を設けている。おそらく具体的なアイデアを先に出すと、それに縛られて視野が狭まることを嫌う意図もあると思われる。しかし熟練群は、それを承知したうえで「課題のためのワークはしない」「具体的なアイデアを出しながら課題を考える」と発話している。

このことから、非デザイナー向けのWSにおいては、敢えて独立した「課題定義」の時間を設けず、図2の太矢印が示すように、着眼点の探索と並行してアイデアを出したり、アイデアから遡って課題を逆抽出したりする手順が適していると考えられる。言い

換えれば、論理的思考による作業と創造的思考による作業を一体化させたり、論理的思考の足掛かりとして創造的思考を挟み込んだりする手順である。

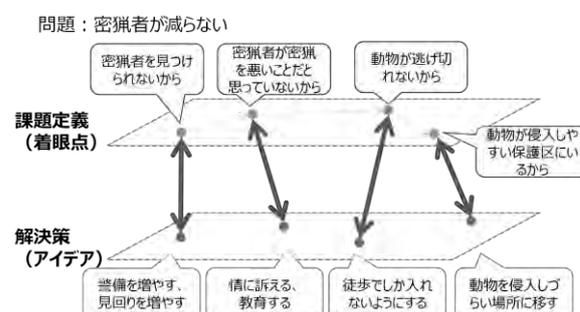


図2 着眼点の探索と解決策発想の概念図

その理由として、「課題定義」において、着眼点を、そこから生まれる具体的な解決アイデアと紐づけないうまま検討するのが難しい可能性が挙げられる。また、論理的思考に偏重しがちな非デザイナーが具体的な解決アイデアと切り離れた着眼点だけを扱うと、一般化・抽象化された「ありきたり」な結論に陥りやすいため、敢えて一旦、ユニークな・具体的なアイデアと結び付けることにより創造的思考を喚起してリフレームを促し「ありきたり」を脱しやすくしているとも考えられる。

参考文献

- 1) 高橋誠: 新編創造力事典—日本人の創造力を開発する創造技法主要 88 技法を全網羅! 日科技連出版社 (2002).
- 2) Kotler, P., & Bes, F. T.: Lateral Marketing: New Techniques for Finding Breakthrough Ideas (1st ed.), Wiley (2003).
- 3) Institute of Design at Stanford: An Introduction to Design Thinking, <http://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf> (2010).
- 4) Mikami, T.: Toshiba's Approach to Customer Value Design, Markets, Globalization & Development Review, 4(2) (2019).

デザイナー固有の倫理的解釈に関する考察

Abstract Format of Japan Ergonomics Society Kansai Branch

○坂口和敏

*山口大学

SAKAGUCHI Kazutoshi

Yamaguchi University

1. はじめに

本研究ではデザイナー固有の倫理的解釈が未来構想に対して与える影響に着目し、関連性を考察する。

Society5.0 で掲げる人間中心の社会はまだ誰も経験したことのない未来であり、社会のあり方を構想することが不可欠である。このように実現していないが未来の建築・都市のあり方を提言するものとして「アンビルドプロジェクト」がある。アンビルドプロジェクトは技術的には実現可能であったにも関わらず社会的な条件や制度によって実施できなかったものや実現よりも既存の制度に対する批評精神を打ち出す点に主眼を置いたものなど作者の夢や思考がより直接的に可視化されていると言われる。そこで本研究では建築家のアンビルドプロジェクトにおける倫理的解釈が作品に与えた影響を調査し、未来構想の創造過程の解明につなげることが目的である。

2. 自由意志による意思決定

自由意志とは「他から強制・拘束・妨害などを受けないで、行動や選択を自発的に決定しうる意志」のことで、論理や必然性を超える意志とされる¹⁾。無限に決定できない選択肢の多い問題や非常に複雑な厄介な問題に関しては限られた時間の中での個人の判断と行動を迫られる。この際、過去の記憶や経験により形成された倫理観による解釈によって決断したことに対し、現在の自己が、これまでの範囲を超えた意味を直観できるか、が問われる。本研究では特に都市と建築に対する建築家の解釈に焦点を当て、建築家の経歴やプロジェクトの調査を行った。

2. 都市に対する構想

フランスで活動したヨナ・フリードマンは可動建築を提唱した建築家である。移民・難民に住居を提供する仕事に従事し、グローバルな社会変動で生じるノマドや住環境の確保の問題を経験していたとされる。また、戦中に全体主義の脅威を体験していた

ことから「個人の意思の尊重」に思想の根幹があったとされる²⁾。1956年に開催されたCIAM（近代建築国際会議）に参加し、居住者が住居を自ら設計していく必要性を説き、居住者が簡素な住居をシステムティックに組み立て改編できる仕組みを構想した。フリードマンは建築や都市デザインを建築家の特権から解放し、各居住者にその主導権を委ねていく社会を企図している²⁾。これは現代のオープンデザインの考えにも共通する倫理観であり、個の自由な発想に基づく実装を行うことで、自律分散型の個の集合体として都市を構想するものである。

菊竹清訓の先祖は佐賀の吉野ヶ里一帯の大地主であったが、戦後の農地改革で全ての土地を失い、「故郷の社会と文化の喪失」という経験があったとされる²⁾。この経験は都市の「再構築」に対する倫理観に影響を与え、新しい土地に対する挑戦といった姿勢が生み出される契機になったと考えられる。1933年に菊竹が提案する海上都市 1958 は東京湾上にメガフロートを大小の単位に分割したものを配置する海上都市構想である。この作品では新陳代謝するメガ・ストラクチャーというメタボリズムのコンセプトが明快に示されている²⁾。既存の土地ではなく、海上という敷地の選択を可能にしたのは菊竹固有の経験から着想されたと言っても過言ではない。

黒川紀章が発表した「農村都市計画」は空中に田園都市をつくるプランで、人工土地が地上から4mの空中に浮かぶようにグリッド状のフレームを設け、地上に設けられた農地で共同作業を行えるようになっている。人工土地は共同所有とし、ここに神社、学校、行政施設などが設置されることを想定している²⁾。黒川はこのようなプランを生み出す契機となったのは、「郷里である名古屋の周辺地域を襲った伊勢湾台風は通過したあとの光景」を見た体験が関連するとされる²⁾。黒川は人々のためのインフラは国道のような車移動のためばかりでなく、人々の職住

空間を提供し、維持するための計画であるべきだという考えに至った²⁾。黒川の発想には都市を人間中心に機能させるために必要な仕組みとして人間のための人工土地という解が導かれたと言える。このような倫理観に基づき都市においても人間の代謝をメタファーとしたメタボリズムのコンセプトが醸成されていったと考えられる。

イギリスの前衛建築家集団アーキグラムは1964年にウォーキングシティを発表する。マンハッタンを背景に、細長い脚のついた巨大な昆虫のような建造物が群れをなしているイラストによって都市の変性を表現したものである。「動く建築」や居住ユニットを意味する「カプセル」、それを構造体に取り付ける「プラグ・イン」といったコンセプトがこのイラストレーションによって具現化されており、アーキグラムはNASAの可動建築やホバークラフト、SFコミックなどからインスピレーションを得たとされる²⁾。都市全体がマンハッタンや砂漠や海上を歩き回ることによって、固定化された建築物と都市に対する対局の意味を投げかけている。現代のネットワーク社会は移動の概念を覆すものであり、時空を超えて可動する都市として捉えることもできる。

荒川修作+マドリレンジスは愛・地球博に合わせて名古屋駅から都心部にかけて郊外型田園都市を展開するプランを発表した。「みどりの街/長寿のテーマパーク」と名付けられたこのプランはグローバルエコロジーを中心とした福祉のための生活空間を目指している²⁾。人間の体験に関する具体にも言及されており、回遊式人工庭園が敷地全体に配置され、呼吸している自然に与えられた大地と風景に囲まれて生活のできる集合住宅地では「生命」の多義性と多様性に気づき、毎日が驚きの日々となるとしている²⁾。都市の視点から人間やUXに関する構想にも言及していることが特徴と言える。また、サステナビリティに対する言及も多く、人を中心とした循環社会への構想を示唆していることも特徴である。

3. 建築に対する構想

建築のプロジェクトについても同様に建築家の倫理的解釈が表れていることが指摘できる。

ポスト・モダンの建築家として知られるハンス・ホラインは1960年代に建築の概念を刷新して拡張するため建築を取り巻く情報や環境について眼を向け、建築とは実体を超えたコミュニケーションのメディ

アであり、それが生み出す情報や環境を含めて、建築を再定義すべきだとホラインは語っている²⁾。その理論の展開を辿るとマーシャル・マクルーハンの「メディア論—人間の拡張の諸相」を参照していたと指摘されている²⁾。ホラインにとっては人間に影響を与える情報や環境は全て建築であり、いわゆるヒューマンインタフェースを持つあらゆるものが拡張したメディアとしての建築であると解釈している。これはVRやARなどの仮想現実における空間の概念にもつながるもので建築と情報の融合した場のあり方にも大きく影響を与える視点と言える。

イギリスの建築家セドリック・プライスが1960年代初めから取り組んだ「ファン・パレス」の計画案は急速に変化していく社会状況や最先端の社会科学理論を反映させながら、利用者が能動的に参画できるシステムを起動させる構想であった²⁾。プライスは複数の主体が干渉しあう状況を分析するゲーム理論などに興味があり、「ファン・パレス」の構想においても、建築以外の分野の専門家をコンサルタントとして招き、彼らとの議論を吸収しながら計画を進行させたとされる²⁾。これは複雑な社会を反映した参加型デザインや共創の考え方に通じるものがあり、多視点や関係性の視座に基づくシステム思考に関心を持っていたと考えられる。その結果、地域に住む様々な利用者により、目的に応じて建物が再編成され続けるシステムを内包した自己組織化としての建築の構想に至ったのではないかと考える。

4. まとめ

本研究ではデザイナー固有の倫理的解釈が作品に与えた影響について考察を行い、建築家に焦点を当て、アンビルドプロジェクトにおける建築家の倫理的解釈について考察を行った。各プロジェクトにおいてデザイナーの経験や体験に基づく関連性が確認でき、未来構想の立案に少なからず影響を与えていると考えられる。今後もデザイナーの経験や体験に基づく倫理観と未来構想との関連を調査し因果関係の考察を深める。

参考文献

- 1) 紺野登: イノベーション全書, 東洋経済新報社 (2020).
- 2) 埼玉県立近代美術館、新潟市美術館、広島市現代美術館、国立国際美術館、五十嵐太郎: インポッシブル・アーキテクチャー, 平凡社 (2019)

ユニバーサルデザインからマルチバーサルデザインへ

安井鯨太（デザイン人間工学研究会）

From universal design to multiversal design

Keita Yasui (Design ergonomics research group)

1. はじめに

デザインの概念や思想は、社会に呼応しながら常に様相を変え続けている。一方でデザインの行為自体は変化しない人類の営みであることから、こうした有象無象に新しいデザインの概念が増え続ける現象は、デザイン理解を難解なものとしさせ望ましいことではない。そこで、時代や流行によって左右されにくい本質的なデザイン概念として「ユニバーサルデザイン」の対極となる概念として「マルチバーサルデザイン」を位置づけ、社会変化をも俯瞰できるものを提案し、その利用価値について考察を行った。

1.1. ユニバーサルデザイン

ユニバーサルデザインとは、「年齢や能力、状況などにかかわらず、デザインの最初から、できるだけ多くの人利用可能にすること」を基本コンセプトとしたものである。1985年にロナルド・メイスにより概念が提唱され、30年以上の歳月を経て社会に浸透してきた。

ユニバーサルデザインの土台となったものはバリアフリーの概念であり、バリアフリーが「障がい者や高齢者」をターゲットとしていたのに対して、ユニバーサルデザインは「全ての人」をターゲットとしている点で異なる。

1.2. マルチバーサルデザイン

マルチバーサルデザインとは、ユニバーサルデザインの対極となる概念として位置づけた本稿での造語である。類似する考えを提唱しているものも存在する[1]。

マルチバーサルデザインとは、「ひとりひとり」をターゲットとし、最適なデザインを提供するという意味でマルチバーサルという名称としている。ユニバーサルデザインと類似する概念であるインクルーシブデザインも同様のコンセプト、ユーザエクスペリエンスデザインのユーザ体験をデザインするという潮流とも通ずるところがある。

2. 方法

近年の社会動向や既存のデザイン理論の課題についてデザインレビューを行った上で、その要旨をもとに提案するデザイン理論を展開した。

2.1. デザインレビュー

(1) デザイン概念の変化

近年発達してきたデザイン理論に特徴として、デザイン領域の拡大がある。一方でそうした理論の分かりにくさについては、基準の不在、思想的になりすぎたものといったことがある。

(2) ユーザーニーズの変化

機能による差別化による限界から、ユーザエクスペリエンスデザインといったユーザ体験に価値の中心を据えるデザイン理論が広く浸透することとなった。

(3) デザインプロセスの変化

John Maedaによる、Design in Tech Report 2018[2]によると、コンピューショナルデザインという言葉と共に、旧来の職人的なデザインと比較しながら、デザイン行為自体をコンピュータにより行うこと等をトレンドとして述べた。

2.2. 提案するデザイン理論のコンセプト

デザインレビューをもとに、提案するデザイン理論のコンセプトと原則を展開する。

(1) 既存のデザイン理論をベースとすること

ユニバーサルデザインの理解は、よく知られていたバリアフリーと比較しながら展開されたことにより人々の理解が進んだことがある。マルチバーサルデザインについてもまた、ユニバーサルデザインと比較しながら展開することにより、時代の変遷を切り取る工夫を施した。

(2) 原則として展開すること

デザイン理論については、思想として述べただけのものなど、抽象度が高すぎたり低すぎたりするものがある。抽象度を整え、理解のしやすさを高めるため、マルチバーサルデザインのコンセプトを原則として展開を行う。ユニバーサルデザインの理解の高まりについても、原則への展開があったこともあり、参考とした。

2.3. 原則への展開

よく知られた指針として、ユニバーサルデザインの7原則(表1)があり、こちらをベースにマルチバーサルデザインのコンセプトに置換しながら、7原則としてまとめ、再構成を行った。既存のデザイン原則と対比する形としている。

ユニバーサルデザインとマルチバーサルデザインは、比較すると前者がユーザと目的が「一対一」なのに対して、後者は目的が「多対多」であるところに特徴がある。

3. 考察

ユニバーサルデザインとマルチバーサルデザインの両方において考察を行う。

(1) 対象となる領域について

ユニバーサルデザインは「製品や建築」の印象が強いこともあり、静的なものとして捉えているからのように思える。これは、公共性の高い建築をはじめデザインの領域が発達してきたこともある。

一方で、マルチバーサルデザインについては、「デジタル技術」を中心都市、動的なデザインが中心となっている。今日においては、十分に社会技術や一歩進んだユーザニーズを満たすような内容として切り取ったものとなっている。

(2) コンセプト設計への応用

ユニバーサルデザインとマルチバーサルデザインはどちらが優れているというわけではなく、製品やサービスによって重み付けは異なる。このことから、コンセプトを精緻化する際の指針としてこれらのスペクトラムを利用することができる。

4. まとめ

「ユニバーサルデザイン」の対極となる概念として「マルチバーサルデザイン」を位置づけた新しいデザイン理解を試みた。こうしたデザイン理論が生まれる背景としては、社会技術の発展やユーザニーズの向上に伴って、デザインがコモディティ化し、よりニッチな部分に価値を模索した結果のように思える。

世界はひとつではなく、人の数だけ複数あるという多次元宇宙論の考え方は、現代の複雑な社会を捉えるひとつの視座になり得る。

表 1. ユニバーサルデザインの7原則

1. どんな人でも公平に使えること。 Equitable use
2. 使う上での柔軟性があること。 Flexibility in use
3. 使い方が簡単で自明であること。 Simple and intuitive
4. 必要な情報がすぐに分かること。 Perceptible information
5. 簡単なミスが危険につながらないこと。 Tolerance for error
6. 身体への過度な負担を必要としないこと。 Low physical effort
7. 利用のための十分な大きさと空間が確保されていること。 Size and space for approach and use

表 2. マルチバーサルデザインの7原則

1. ひとりひとりに特化した活動であること。 Specialized activity
2. 思わぬ気付きを与えてくれる。 Serendipity in activity
3. 没入し発展し続けること。 Immersive and sustainable.
4. 含蓄のある情報であること。 Meaningful information
5. 変化を前提とし、準備/対処すること。 Resilience for error
6. 創造性を発揮し参加可能なこと。 Participatory design in creativity.
7. 仮想空間を含め、最適化された空間である。 Multilayered space.

参考文献

- 1) 多様な価値観を受容するデザイン手法の実現を目指して：マルチバーサルデザインの提案, 板井 志郎, <https://www.tsukuba-g.ac.jp/library/kiyou/2019/03ITAI.pdf>
- 2) Design in Tech Report 2018, John Maeda, <https://designintech.report/>

「デジタルダミーによる健康サービス」のための アプリケーション試作

Prototype of an application for the "Health Service with Digital Dummy"

○平田一郎*, 丸山翼**, 多田充徳**, 中村豪***, 後藤泰徳*

*兵庫県立工業技術センター **国立研究開発法人 産業技術総合研究所

***兵庫県立福祉のまちづくり研究所

HIRATA Ichiro*, MARUYAMA Tsubasa**, TADA Mitsunori**, NAKAMURA Go***, GOTO Yasunori*

*Hyogo Prefectural Institute of Technology, **National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ***Robot Rehabilitation Center in the Hyogo Institute of Assistive Technology

1. はじめに

本研究は、生活者の健康寿命を延ばすことを目的として、ひとりひとりの生活者に最適な運動方法や生活改善方法の提供を行う新たなサービスの創出を目指している。その方法として、下記3点の実現可能性について検討した。

1. 生活者の身体情報に基づいた生活者のデジタルダミー（分身）の生成
2. 「生活者の行動・運動情報」に基づく「デジタルダミーによる運動シミュレーション」
3. 運動シミュレーション結果に基づいた最適な運動サービス、介助機器などの提案

デジタルダミーによる運動シミュレーションを行うためには、生活者の身体情報だけでなく、日常行動や製品、空間とのインタラクションを計測する必要がある。そこで、スマートフォンと小型センサを活用した日常行動の計測アプリケーションのプロトタイプを作成し、上記の実現可能性について検討した。本稿では、これまでに作成したスマートフォン用の計測アプリケーションのプロトタイプについて報告する。

2. アプリケーションによる計測場面

最初に、日常行動計測アプリケーションで計測するシーンを設定した。勤労者の場合、会社で年に一回実施される健康診断を受診する際に「体力診断(歩行能力や筋力)」も一緒に実施することを考えた。これにより、生活者のデジタルダミーに付加させる健康情報を充実させることができ、勤労者に対してきめ細かい健康サービスを提供することが可能となると同時に、健康診断情報と体力診断情報に基づく健

康モデルデータベースを構築することが可能となる。また、勤労者以外の生活者においては「外出時の移動」と「自宅での日常動作」の測定データを収集し、勤労者を中心に構築予定の「健康モデルデータベース」と関連づけた健康シミュレーションを行うことにより、生活者ひとりひとりに最適な健康サービスを提供することが可能となると考えた。

以上により、アプリケーションによる計測場面として「会社や自宅での体力診断」「外出時の移動」「自宅での日常動作」の3シーンを設定した。各シーンにおいて、スマートフォンで計測可能なアプリケーションを試作し、それらの実現可能性について検討した。

3. アプリケーションの試作

3-1. 歩行能力診断アプリケーション

会社や自宅で体力診断を簡単に行う方法として、歩行能力（ロコモ度）を診断できるスマートフォン用の計測アプリケーションを試作した¹⁾。このアプリケーションに用いた歩行機能の診断は、公益社団法人日本整形外科学会が提案している「2ステップテスト」²⁾を参考にした。

勤労者や生活者が会社や家庭で2ステップテストを定期的実施し、測定したデータをクラウド（サーバ）に送信するためのアプリケーション画面を図1に示す。クラウド上では、スマートフォンから送信されたデータをもとに、「あらかじめ生成していた生活者のデジタルダミー」が健康シミュレーションを行い、生活者の日々の歩行機能の変容を解析することを想定している。

2 ステップテストで計測する歩幅は、国立研究開

発法人産業技術総合研究所（以降、産総研）が開発した小型の距離センサ³⁾を用いて計測する。このアプリケーションにより、定期的に会社や自宅で簡単に歩行機能を確認し、構築予定の健康モデルデータベースにデータ蓄積することにより生活者の歩行機能をシミュレーションすることを検討している。



図1 歩行能力診断アプリケーション

3-2. アシスト歩行器と連動したアプリケーション

歩幅計測アプリケーションで実施した方法と同様に、産総研が開発した小型センサを活用して「移動時の姿勢」を計測する方法について検討した。生活者が意識することなく日常の行動を計測するためには、生活者側には計測用のセンサは取り付けず、機器や環境側に設置した方がよい。しかし、環境側に取り付けられたセンサから取得したデータだけで人の姿勢や行動を予測することは難しい。そこで「動作姿勢」と「その時のセンサ情報」を「人体モデル生成ソフト (Dhaiba Works)⁴⁾」に取り込み分析することにより姿勢推定を行う方法について検討した。また、アシスト歩行器のハンドルに装着した小型距離センサのデータから歩行中の姿勢を推定するための実験を行い、精度検証を行った⁵⁾。上記の実験結果をもとに、アシスト歩行器での計測プロセスを具現化するためのアプリケーションを試作した (図2)。



図2 アシスト歩行器を用いた
歩行姿勢評価アプリケーション

3-3. 家庭内の行動計測アプリケーション

家庭内における日常行動の計測方法として、小型センサを家庭内の空間（玄関や階段、手すりなど）や家事道具（掃除機や箒など）に取り付け、歩行速度や作業姿勢を推定することを計画している。玄関や階段については、これまでと同様に、小型距離センサを活用した計測を検討しており、計測イメージを共有するためのアプリケーションを試作した (図3)。



図3 家庭内の行動計測アプリケーション

4. まとめ

本稿では、デジタルダミーによる健康シミュレーションによる新たなサービスを創出することを目的に、日常行動を計測するためのアプリケーション試作について報告した。

謝辞

本研究は、JST 未来社会創造事業、JPMJMI17D8の支援を受けたものである。

参考文献

- 1) 平田一郎, 後藤泰徳: 最大歩幅計測アプリケーション, 第 21 回日本感性工学会大会, 12P-26 (2018).
- 2) 公益社団法人日本整形外科学会: ロコモティブシンドローム (2015).
- 3) 多田充徳: 現場における運動計測・介入のための無線センサ・ディスプレイモジュール, SI2018, 計測自動制御学会 (2018).
- 4) 持丸正明: 人間中心設計を支援するデジタルヒューマン「Dhaiba」の開発, 人間生活工学 11(1), 43-46, (2010).
- 5) 丸山翼, 多田充徳, 中村豪, 本田雄一郎, 平田一郎: ワイヤレスセンサを用いた歩行器を介した歩行計測技術の開発, 第 64 回システム制御情報学会研究発表講演会, (2020).

14:30 ~ 16:00

■ 企画セッション3 (C会場)

PIE 研究部会企画 ラウンドディスカッション

「コロナ禍における生理心理実験の課題とグッドプラクティス」

座長 大須賀美恵子 (大阪工業大学)

コロナ禍における生理心理実験の課題とグッドプラクティス ーラウンドテーブルディスカッションー

Issues and Good Practices on Psychophysiological Experiments under COVID-19 Pandemic - A Round Table Discussion -

日本人間工学会 PIE 研究部会

部会長：大須賀 美恵子（大阪工業大学），顧問：三宅 晋司

幹事：黒坂 知絵（産業医科大学），中川千鶴（鉄道技術総合研究所），栗谷川 幸代（日本大学）

1. PIE について

PIE 研究部会は、1993 年に開催された Society for Psychophysiological Research (SPR) 年次大会において設立され、多くの国際会議での企画セッションを通して活動をしてきました。その後、創立者の引退により縮小傾向になった活動を存続させるべく、2015 年には日本支部として、日本人間工学会 PIE 研究部会が発足しました。現在（2020 年 12 月）、61 名の会員が登録し、従来の生理心理計測手法と人間工学分野への活用、新しい生理計測手法や装置に関する情報交換などの活動を行っています。

～これまでの活動～

- ・ 日本人間工学会第 56 回大会，シンポジウム「心理生理計測の人間工学応用」¹⁾，2015.6.13-14，東京。
- ・ IEA2015，シンポジウム(10 演題)²⁾，2015.8.9-14，メルボルン。
- ・ 第 36 回九州・沖縄支部大会，企画セッション(6 演題)，2015.10.25-26，山口。
- ・ 平成 27 年度日本人間工学会関西支部大会，企画セッション(13 演題)³⁾，2015.12.5-6，大阪。
- ・ ワークショップ「お手軽生理計測と統計解析 tips」，2016.3.11，大阪。
- ・ PIE 研究部会編「商品開発・評価のための生理計測とデータ解析ノウハウ」(エヌ・ティー・エス)を出版，2017。
- ・ 日本人間工学会第 57 回大会，シンポジウム「生理指標で何がわかるかーその効果的な使い方ー」，2016.6.25-26，津。
- ・ 2017 年度日本人間工学会関西支部春季講演会，「免疫指標によるストレス評価 - 健常成人を対象とした疫学研究 -」，2018.3.24，大阪。
- ・ 日本人間工学会第 59 回大会，ラウンドテーブルディスカッション「PIE 研究における問題点と Good Practice 事例」⁴⁾，2018.6.2，仙台。
- ・ IEA2018，シンポジウム(7 演題)，2018.8.26-30，フイレンツェ。
- ・ 2018 年度日本人間工学会関西支部春季講演会(ビッグデータ人間工学究部会共催)，「眼球停留関連電位による視覚的注意の計測」⁵⁾，2019.3.23，大阪。
- ・ 日本人間工学会第 60 回大会，企画セッション「ポジティブ心理生理学」⁶⁾，2019.6.15-16，東京。
- ・ 2019 年度 日本人間工学会関西支部 第 1 回見学会「関西学院大学 応用心理科学研究センター」，2019.7.13，西宮。
- ・ 2019 年日本人間工学会関西支部大会，企画セッション「続・ポジティブ心理生理学」⁷⁾，2019.12.14，金沢。
- ・ 日本人間工学会第 61 回大会，シンポジウム「続・ポジティブ心理生理学」，2020.6.13-14，尾道，新型コロナウイルス感染拡大のため中止。
- ・ 2019 年度日本人間工学会関西支部春季講演会，「40 年の研究潮流～その本流と支流～」⁸⁾，2020.3.21，大阪(講演会はオンライン)。

2. 本大会での企画紹介と参加のお誘い

2020 年度日本人間工学会関西支部大会では、下記の要領で、ラウンドテーブルディスカッションを行います。

テーマ：コロナ禍における生理心理実験の
課題とグッドプラクティス

日時：2020 年 12 月 12 日（土）14:30～16：00

方法：Zoom によるオンライン開催

<https://zoom.us/j/92735554171>

ミーティング ID: 927 3555 4171

パスコード: PIE2020

待機室でお待ちください。

当日の連絡先：mieko.ohsuga@oit.ac.jp

chie-k@health.uoeh-u.ac.jp

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の流行により、企業・大学では次々と変わる感染拡大状況と国・地方自治体の指令に対応して入構・登学のルールを策定し発令しました。大学では文部科学省の指針に従い、対面授業の停止・再開・継続についてルール化してきましたが、演習・実験を伴う教育・研究に対する具体的な基準については、大学（あるいは学部）の判断に委ねられているのが現状です。

PIE 研究分野では、実験室に実験参加者を招いて実験者が対面で実験を行うこと、さらに生体計測実験ではセンサ装着などを伴う実験を行うことが多々あります。このような実験は構内への入構制限が解かれた後も、感染リスクと実験の緊急性・必要性とのバランスを考えて、実施を断念したり躊躇されたりすることもあるのではないのでしょうか。各組織の倫理委員会もリスク分析と対応策の基準に苦慮されていることと思います。

そのような中で、換気やソーシャルディスタンス、消毒、マスク着用、手洗い、うがい、検温による体調チェックなど、さまざまな対策をとって対面実験を実施されたり、対面に代わる方法（たとえばリモート実験）を模索されたりと、皆さまご苦労されていることと思います。

リスク対策を充分に行って倫理審査の承認を得て対面実験を実現された事例をご紹介ください。データ収集をリモートに切り替えることは容易ではありませんが、オンラインツールを用いて実施された事例はありますか？また、実験参加者に計測機器を渡して自分で計測してデータを送ってもらったり、クラウドにデータがアップされる機器などを用いたフィールド実験を始めたりされた事例はありますか？ぜひご紹介いただき、参加者でノウハウを共有し議論しましょう。ここでの議論が、コロナに負けず研究を前に進めるためのヒントになればと期待しています。資料を準備されてもされなくても構いません。オンラインならではのチャット機能やブレイクアウトルーム機能も用いて臨機応変に進めたいと考えています。ご参加と活発な議論をお願いします。

3. 今後のこと

クラウドサービスの充実やウェアラブルデバイスの発展に加え、COVID-19 の完全収束は望めない今、実験室からフィールドへ踏み出す大転換期なのかもしれません。多くのデータを用いて機械学習を活用して、人には気づけない仮説を見つけることができ

るかもしれません。一方で、データ収集における条件統制、データに含まれるノイズ分離、解析データの特徴量エンジニアリングの難しさなど、アカデミックな視点においては数々の挑戦すべき課題があり、議論が尽きないところです。

コロナ禍で生活様式が一変し、就業・学習形態が一気にリモート・オンラインに移行し、多くの国民が半ば強制的に在宅ワーク・在宅学習を体験しました。準備不足で臨みその欠点や弊害ばかりが強調されたケースもありますが、体制が整い慣れてくるとその良さも指摘されるようになりました。もし COVID-19 が完全に制圧されたとしても、新しい働き方、生活様式のよいところをうまく取り入れて継続していくことになるでしょう。このような変化を遂げる今後の生活に、心理生理学から得られる知見をどのように役立てることができるのか、今後どのような目標を設定すべきであるかなど、議論すべきことは多々あります。

IEA2021 (6/13-18, バンクーバ, ハイブリッド開催) におきましても Special session を企画しています。テーマは Low burden psychophysiological measurement especially for the assessment/improvement of ergonomic factors under the situation of "with COVID-19" です。オンラインの予定ですので、渡航の時間・旅費 は不要です。こちらにもぜひご参加ください。

また、日本人間工学会第 62 回大会 (2021.5.22~23, 大阪工業大学梅田キャンパス, ハイブリッド開催) のテーマは「新しい生活様式を支える人間工学」です。ここでも PIE 研究部会の企画は検討中です。アイデア・ご意見をお寄せください。

参考文献

- 1) 三宅晋司・大須賀美恵子・石橋基範・片山順一・萩原啓:人間工学, 51(4), 272-273, 2015
- 2) 高橋雄三・三宅晋司:人間工学, 51(5), 369-370, 2015
- 3) 伏田幸平:人間工学, 52(1), 65-66, 2015
- 4) 黒坂知絵:人間工学, 54(4), 184-185, 2018
- 5) 吉岡直人:人間工学, 55(3), 101-102, 2019
- 6) 蜂須賀知理:人間工学, 55(5), 222-223, 2019
- 7) 黒坂知絵:人間工学, 56(1), 41-42, 2020
- 8) 山田晋平:人間工学, 56(3), 119-120, 2020

日本人間工学会 PIE 研究部会 web サイト：
<https://www.ergonomics.jp/TG/PIE/>

■ A1 ヒューマンインターフェース

座長 澤島秀成（奈良県産業振興総合センター）

- A1-1 ユーザの顔の向きにより表示内容を切り替える非接触型デジタルサイネージ
○黒野遥， 渋谷雄（京都工芸繊維大学）
- A1-2 対戦型オンラインゲーム中のストレス検出を目指した生理指標計測
○後藤敏樹， 渋谷雄（京都工芸繊維大学）
- A1-3 ピアノによる2オクターブ上下行ハ長調音階の連続打鍵操作における
ミスの分類および特徴抽出
○松本千奈， 来田宣幸， 野村照夫（京都工芸繊維大学）
- A1-4 スマートスピーカを用いた離れて過ごす高齢者の入浴見守りシステムの開発
○高見惇平（大阪工業大学）， 藤岡憧（大阪工業大学大学院），
大須賀美恵子（大阪工業大学）
- A1-5 ベッド上での水平移動における被介護者の身体的負担に関する検討
○田中亮（大阪産業大学）， 太田智子（株式会社中央ビジネスグループ），
後藤彰彦（大阪産業大学）
- A1-6 人間のドア開閉動作の経路情報に基づいた移動ロボットによる動作の再現
○喜田悠斗（近畿大学大学院）， 中川秀夫， 廣川敬康（近畿大学）
- A1-7 作業ストレスと段取りをつけることとの関係
○小田島祐平（金沢工業大学）， 岡谷諭（株式会社ニチレイフーズ），
神宮英夫（金沢工業大学）

ユーザの顔の向きにより表示内容を切り替える非接触型デジタルサイネージ A Non-touch Digital Signage Selecting the Content by User's Face Direction

○黒野 遥, 渋谷 雄
京都工芸繊維大学

○KURONO Haruka, SHIBUYA Yu
Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

現代社会では、商業施設や駅など様々な場所でデジタルサイネージが広く活用されている。デジタルサイネージは、従来の看板広告や紙ベースの広告に代わるものである。デジタルサイネージの多くは、液晶ディスプレイやLEDパネルを使用している。デジタルサイネージの利点の一つは、表示内容を動的に変更できることである¹⁾。しかし、その変更方法はユーザの意思によるものではなく、順次かつ一定時間間隔で変更しているに過ぎない²⁾。

広告にインタラクティブ性を加えることで、ユーザの注目度が高まることが報告されている³⁾。しかし、インタラクティブな広告をデジタルサイネージに表示するためには、ユーザのスマートデバイス内の情報を事前情報として必要とする⁴⁾か、あるいはユーザの嗜好をシステムが推定する必要がある。デジタルサイネージでは、ユーザが望むようにコンテンツを選択できるようにすることが重要である。また、衛生面やハードウェアの耐久性の面で、非接触方式での選択を実現することが望ましい。

そこで、本研究では、ユーザの顔の向きに応じてコンテンツを変更する非接触型デジタルサイネージシステムを提案する。

2. 関連研究

漆田ら⁴⁾は、スマートデバイスのアプリケーションを用いてユーザの情報を取得し、その情報に基づいてインタラクティブに適切な広告を提供するデジタルサイネージシステムを提案している。しかし、提示されたコンテンツが本当にユーザの見た目コンテンツであるかどうかは評価されていなかった。

坂本ら⁵⁾は、フレキシブルなディスプレイを用いて形状を変化させることで、デジタルサイネージの注目度を向上させることを目指した。実験の結果、前景への形状変更、ディスプレイの上部や全体への形状変更、素早い形状変更が注目度を高めることが

わかった。しかし、フレキシブルディスプレイは通常のディスプレイに比べてコストがかかる。

3. 提案システム

提案システムを利用した場合のストーリーボードを図1に示す。デジタルサイネージは駅やデパートなどの公共の場で利用されることが多いため、ユーザが特別な機器を身につける必要がなく、ユーザの存在を識別できることが求められている⁶⁾。図2は、提案システムを利用しているユーザのスナップショットである。ウェブカメラを用いて、ユーザの顔を撮影している。この画像をもとに、ユーザの顔の向きをPCで決定する。図3は、提案システムのシステム構成図である。顔を検出し、顔の向きを特定するために、機械学習用のライブラリであるdlibを用いる。提案システムでは、ユーザの顔の向きから、ユーザが興味を持っているコンテンツを決定する。

提案システムにおけるコンテンツの表示の遷移は以下のとおりである。

1. サイネージの前にユーザがいない場合には、サイネージは4分割のコンテンツを表示（初期状態、図4参照）
2. サイネージの前にユーザがいる場合、すなわち撮像画像から顔が検出できれば、ユーザがどのコンテンツを向いているかをフレームごとに判断し、そのコンテンツを拡大表示
3. ユーザが一定時間（今回の提案システムでは2.5秒間）以上コンテンツに顔を向け続けると、そのコンテンツを選択コンテンツとみなし、選択されたコンテンツを一定時間（今回の提案システムでは5.0秒間）全画面表示（コンテンツに予め設定された動画があれば、その動画を再生）
4. 上記の一定時間が経過するか、動画の再生が終了すると、サイネージは再び初期状態に遷移

4. 評価実験

4-1. 実験目的

提案システムはインタラクティブシステムであり、ユーザが目的とするコンテンツへの到達時間が遅いとユーザビリティに影響を与える⁷⁾。本実験の目的は、コンテンツへの到達時間を測定し、情報取得の容易さについての評価を行うことである。

4-2. 実験方法

4-2-1. コンテンツへの到達時間測定実験

提案システムのコンテンツへの到達時間を測定する。ユーザに指定のタスクを複数回行ってもらい、システムの起動からタスクの終了にかかった時間までを計測する。タスクの内容を表 1 に示す。タスクは指定のコンテンツ 1 つを複数回視聴するもの（タスク番号 1~4）と、複数の指定コンテンツを順番に視聴するもの（タスク番号 5）がある。

表 1 タスク内容

表中のコンテンツ番号は図 4 に示す通り

タスク番号	タスク内容
1	コンテンツ番号 1 を 5 回視聴
2	コンテンツ番号 2 を 5 回視聴
3	コンテンツ番号 3 を 5 回視聴
4	コンテンツ番号 4 を 5 回視聴
5	コンテンツ番号を「1, 2, 3, 4」の順番で視聴

比較対象とする従来システムは、今回実装した機能を持たない巡回順序方式で広告を表示するデジタルサイネージシステムのことを指す。本稿 3. で動作説明した提案システムでは選択されたコンテンツの表示時間は 5.0 秒間としているので、本実験では 5.0 秒間隔で表示を切り替える巡回順序方式のデジタルサイネージシステムであると想定する。

4-2-3. 実験環境

実験環境は、机上に 23.8 インチの液晶ディスプレイを縦長に設置し、デジタルサイネージに見立てた。その上部に Web カメラを設置する。ユーザの顔は Web カメラと 40cm 離れた位置にある。また、ユーザの顔付近の照度は 100[lux]程度である。また、新型コロナウイルスの影響で実験協力者募集が遅れたた

め、原稿執筆時点では、筆頭著者飲みによる実験を行った。

5. 実験結果と考察

5-1. 結果

タスク番号 1~4 の 1 回のコンテンツへの平均到達時間を表 2 に示す。また、その時の標準偏差を図 5 に示す。また、タスク番号 5 における一つのコンテンツへの平均到達時間を表 3 に示す。また、その時の標準偏差を図 6 に示す。

表 2 タスク番号 1~4 における
コンテンツへの平均到達時間

コンテンツ番号	平均到達時間[sec]
1	5.02
2	5.47
3	4.59
4	5.70

表 3 タスク番号 5 における
コンテンツへの平均到達時間

コンテンツ番号	平均到達時間[sec]
1	7.74
2	4.41
3	5.61
4	3.98

5-2. 考察

表 2 と表 3 のコンテンツへの平均到達時間を比べるとコンテンツ番号 1 への到達時間に差が見られた。しかし各回のタスク 5 のコンテンツ 1 への到達時間を見てみると 7.30[sec], 5.97[sec], 16.21[sec], 4.51[sec], 4.71[sec]であり、3 回目の試行が外れ値であったと考えられる。その他のコンテンツ 2, 3, 4 への到達時間については表 2 と表 3 で大きな違いは見られなかった。また、表 2 における各コンテンツへの平均到達時間の合計は 20.77[sec]であり、タスク番号 5 の平均完了時間（先述した外れ値を含む）は 21.74[sec]であった。したがって、提案システムにおいて同じコンテンツを連続で選ぶ場合と、異なるコンテンツを連続で選ぶ場合にかかる時間に差はないと考えられる。

一方で、4-2-2 で述べたされた従来システムと提

案システムを比較すると、ユーザが見たいコンテンツが従来システムにて一番目に表示されるコンテンツの場合は従来システムの方が到達が早く、それ以外のコンテンツの場合は提案システムの方が到達が早くなると考えられる。しかし、先述した外れ値のような場合はその限りでなく、この場合はユーザビリティに悪い影響をもたらすと考えられる。今後被験者数を増やして実験した場合に、このような外れ値の発生頻度がどれくらいであるかということと、それによるユーザ主観評価への影響を考える必要がある。

6. まとめ

本稿では、ユーザの顔の向きに応じてコンテンツを変更できる Web カメラを用いた非接触型デジタルサイネージシステムを提案した。実装では、コンテンツの表示や画像処理に OpenCV を使い、ユーザの顔検出や顔の向きの識別には dlib という機械学習ライブラリを用いた。提案システムは、従来のデジタルサイネージシステムと比較して、より効率的にユーザの注意を惹きつけることが期待できる。また、非接触型であるため、ハードウェアの耐久性や衛生面でも優れていることが期待される。



図 1 提案システムのストーリーボード



図 2 提案システムを使用しているユーザの様子

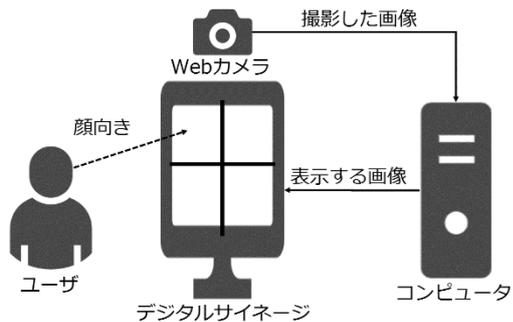


図3 提案システムのシステム構成図



図4 提案システムの初期状態でのコンテンツ配置

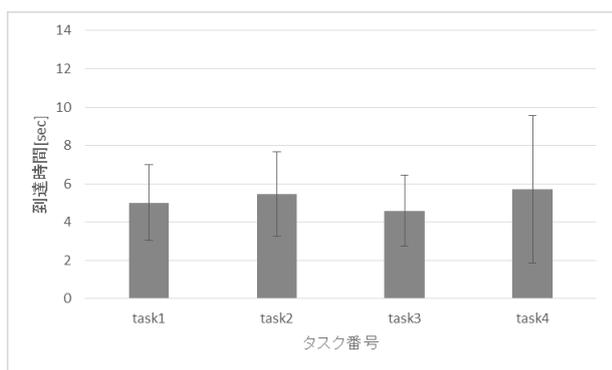


図5 各コンテンツへの到達時間の平均と標準偏差

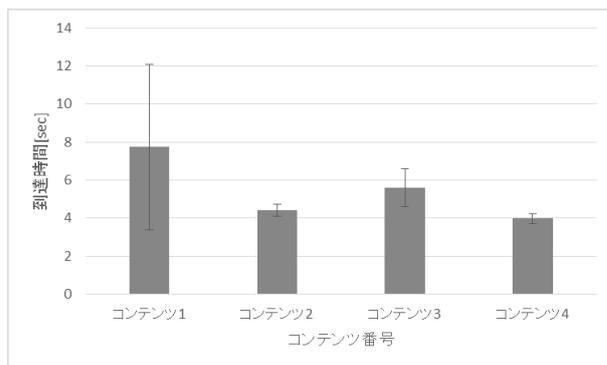


図6 各コンテンツへの到達時間の平均と標準偏差

参考文献

- 1) Kunio OHNO, "A Study on Digital Signage Content for Regional Information Sharing", IPSJ SIG Technical Report, vol.2019-IFAT-134, no. 1, pp. 1-8, 2019.
- 2) P. Dohmen, C. Bauer and C. Strauss, "Interactive Digital Signage - An Innovative Service and Its Future Strategies," Fourth International Conference on Emerging Intelligent Data and Web Technologies, pp. 137-142, 2011.
- 3) Iku Yamaguchi, Shunsuke NAKAMURA, Ryouyusuke KAJI, "Expression and effectiveness of interactive advertisement employing a camera for digital signage", ITE Annual Convention 2008.
- 4) Kota URUSHIDA, Koji HASHIMOTO, "Intelligent Digital Signage System Enabling Interactive Advertisement", The 80th National Convention of IPSJ, pp. 3-87,3-88, 2018.
- 5) Ryo SAKAMOTO, Yuishiro KINOSHITA, Kentaro GO, "Study of Attractivity for Deformable Public Display", IPSJ SIG Technical Report, vol.2018-HCI-177 No.28, pp.1-8, 2018.
- 6) K. Suzuki, T. Yoshida, M. Nishi, H. Inoue and K. Maeda, "Digital Signage with Audience Detection Using TV Broadcasting Waves," IEEE/IPSJ 12th International Symposium on Applications and the Internet, pp. 225-228, 2010.
- 7) 後藤 直, 山本 大介, 高橋 直久, 「マルチユーザー・マルチモーダル・近距離通信を実現するデジタルサイネージ向け音声コミュニケーションデバイス」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム, pp.947-953, 2018.

対戦型オンラインゲーム中のストレス検出を目指した生理指標計測

Measurement of Physiological Indicators for Detecting Stress in Competitive Online Game

○後藤敏樹, 渋谷雄

京都工芸繊維大学

GOTO Toshiki, SHIBUYA Yu

Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

対戦型オンラインゲームは楽しいものであるが、ストレスを感じることがある。例えば、操作ミスをしたとき、連敗したとき、敵に煽られたときなどが考えられる。本研究の目的は、ゲームプレイヤーの生理指標を計測することによって、対戦型オンラインゲーム中のストレスを検出することができるのかを調査することである。

2. 関連研究

櫻井ら¹⁾によると、緊張、ストレス、不安など自律神経系の交感神経系が活発になると、手や足の抹消に精神性発汗が生じる。精神性発汗が生じると皮膚上の電気抵抗が減少するため、GSR (Galvanic Skin Response) センサによりストレスを検出することが可能である。しかし、GSR では集中力とストレスが交感神経系の興奮として検出されると櫻井らは述べている。対戦型オンラインゲームは集中力を伴う作業のため、GSR 以外の生理指標を加えて、集中力とストレスを区別して検出する必要がある。

ストレスと集中力を区別して検出する手法として、心拍数に着目した。中川²⁾によると、外界についての情報収集が必要なとき、自律神経系の副交感神経系が活発になり、心臓や呼吸の活動を鎮めることで、外からの刺激を最大限取り込めるようにすると述べられている。このことから、集中しているときは心拍数が高くなりにくいと考えられる。

以上から、GSR が低く心拍数が高いときにストレスが上昇すると仮説を立て、対戦型オンラインゲームプレイ時の GSR と心拍数を計測することとした。

3. ゲーム中のストレスについてのアンケート

20 代の学生 10 人に、対戦型オンラインゲーム中にどんなストレスを感じるのか、またストレスを感じるとどんな行動を取るのかについてのアンケート

を行った。いずれの質問も複数回答を可能とした。

表 1 に「普段オンラインゲームをしていてストレスを感じますか」の回答を示す。「連敗しているとき」は 8 人、「ラグや回線エラーが生じたとき」は 5 人であった。連敗時やインターネット回線にラグが生じたときにストレスを感じる人が過半数以上と、ストレスを感じる人が多かった。また、10 人全員が普段オンラインゲームでストレスを感じたことがあると回答した。

表 2 に「オンラインゲームでストレスを感じたときあなたはどんな行動を取りますか」の回答を示す。「オンライン対戦をそのまま続ける」は 5 人で、「オンライン対戦をそのまま続ける」のみを回答した人は 4 人であった。過半数以上の 6 人は、オンラインゲームでストレスを感じた際にそのオンラインゲームを続ける以外の行動を取ると回答している。したがって、ストレスがオンラインゲームをやめる原因となっている可能性がある。

表 1 「普段オンラインゲームをしていてストレスを感じますか」のアンケート結果

回答	回答者数 (人)
連敗しているとき	8
ラグや回線エラーが生じたとき	5
操作ミスをしたとき	4
相手に煽られたとき	3
味方が弱いとき	3
味方と連携がうまくいかないとき	1
自分の考えた最良のプレイができないとき	1
自分のやりたい行動を相手に妨害されたとき	1

表 2 「オンラインゲームをしていてストレスを感じたときあなたはどんな行動を取りますか」のアンケート結果

回答	回答者数 (人)
オンライン対戦をそのまま続ける	5
オンライン対戦をやめる	5
ゲームをやめて別のことをする	4
違うゲームをする	3
オンライン対戦のルールを変える	1
台パンを1度行って気持ちをリセットする	1

4. 実験

4.1. 実験目的

本実験の目的は、対戦型オンラインゲームプレイ中に GSR と心拍数を計測することで、ストレスを検出可能なかを調査することである。GSR センサは Seeed Technology 社の Grove-GSR sensor³⁾を用いた。図 1 に左手中指と小指への GSR センサの装着例を示す。この GSR センサは 0~1023 のアナログ値の電圧が出力される。GSR が低いときは電圧も低くなるため、GSR センサの出力値が低いときにストレスを感じている、もしくは集中している状態である。また、心拍数の計測には、POLAR 社の Polar OH1-光学式心拍センサ⁴⁾を用いた。図 2 に左腕上腕への心拍センサの装着例を示す。

4.2. 実験方法

昨今のコロナウイルスの影響により、実験協力者を募ることが困難だったため、まずは筆者自身を対象として実験を行った。対戦型オンラインゲーム中のストレス計測として、「ぷよぷよ e スポーツ」⁵⁾と「スプラトゥーン 2」⁶⁾でのオンライン対戦プレイ中の GSR センサの出力値と心拍数を計測した。GSR センサは、対戦型オンラインゲーム中にコントローラの操作に使わない指である左手の中指と小指に装着した。また、対戦型オンラインゲーム中、主観的にストレスを感じたときの GSR センサの出力値と心拍数を確認し、主観的なストレスによってストレスの生理指標が変化するかどうかを調査した。

5. 結果と考察

5.1. 結果

5.1.1. 安静時の GSR と心拍数

対戦型オンラインゲーム中の GSR センサの出力値と心拍数を計測する前に、うつ伏せで目を閉じた安静な状態で計測した。安静時の GSR センサの出力値は約 558~562 で、心拍数は 86~90[bpm]だった。

5.1.2. 「ぷよぷよ e スポーツ」の GSR と心拍数

「ぷよぷよ e スポーツ」のオンライン対戦を約 40 分間、計 15 試合行った。オンライン対戦を開始し、1 人の相手とマッチングした際に、GSR センサの出力値は約 220~270 と大きく低下した。その後、対戦が始まると GSR センサの出力値は約 300~425 となった。オンライン対戦中、操作ミスや自分の勝利が確定した瞬間に相手がインターネットを切断することでエラー画面が表示されることにより、主観的にストレスを感じる場面があったが、GSR センサの出力値が変化することはなかった。心拍数については、オンライン対戦中は 100~115[bpm]で大きく変動することはなかった。

5.1.3. 「スプラトゥーン 2」の GSR と心拍数

「スプラトゥーン 2」のオンライン対戦を約 30 分間、計 5 試合行った。オンライン対戦中は GSR センサの出力値は約 360~480 となり、大きく変動することはなかった。心拍数については、オンライン対戦中は 100~115[bpm]で、「ぷよぷよ e スポーツ」と同様の値で、大きく変動することはなかった。連敗しているときや味方と連携がうまくいかないとき、対戦相手が隠れていることに気づかずに倒されてしまったときに主観的にストレスを感じる時があったが、GSR センサの出力値が変化することはなかった。心拍数については、オンライン対戦中は 100~115[bpm]で大きく変動することはなかった。

5.2. 考察

「ぷよぷよ e スポーツ」のオンライン対戦で対戦相手とマッチングした際に、GSR センサの出力値は約 220~270 と、オンライン対戦中の約 300~425 と安静時の約 558~562 に比べ低下した。これは、対戦相手と対戦する前に緊張することで交感神経系が活発になり、精神的発汗が生じたと考えられる。一方、

i 台パンとは、机やゲームセンターの筐体を叩く行為のことで、怪我やゲームの故障につながる可能性がある。

「スプラトゥーン 2」では対戦相手とマッチングした際に GSR の出力値はあまり変化しなかった。これは、それぞれのゲームにおける個人の技量が影響したと考えられる。筆者は「ぷよぷよ e スポーツ」の方が得意であり、より熱中していることで緊張が高まった可能性がある。また、「ぷよぷよ e スポーツ」は個人戦だが「スプラトゥーン 2」はチーム戦である。味方がいるという状況により、個人戦に比べて緊張が薄れた可能性が考えられる。

いずれのゲームでも、主観的なストレスを感じた際に GSR センサの出力値は変化しなかった。事前実験では、ストレスを感じる作業として白色のジグソーパズルを完成させる作業を行った際、GSR センサの出力値は約 190~280 と、このときの安静時の GSR センサの出力値である約 552~558 から大きく低下したことから、ストレスを感じると GSR センサの出力値が低下することを確認している。しかし、対戦型オンラインゲーム中にストレスを感じても、GSR センサの出力値は低下しなかった。ジグソーパズルは完成に計 3 時間程度かかり、対戦型オンラインゲーム中の一時的で急性なストレスとは異なる状況であった。急性なストレスを感じる作業を行ったときの GSR の変化も調査する必要があると考えられる。また、今回は筆者のみを対象に実験を行ったため、個人差があるのかも含めて、協力者を募り、対戦型オンラインゲーム中の主観的なストレスと GSR との対応を調査する必要がある。

心拍数については、いずれのゲームも 100~115[bpm]で大きく変動することはなかった。集中時は心拍数が低く、ストレス時は心拍数が高くなると仮説を立てていたが、この仮説は証明されなかった。個人差も考えられるが、対戦型オンラインゲーム中は心拍数が高くなる可能性がある。こちらも協力者を募り、対戦型オンラインゲーム中の心拍数を調査する必要がある。

また、「ぷよぷよ e スポーツ」において、操作ミスをしたときの GSR センサの出力値は約 380~425 とオンライン対戦中では高い値となった。対戦型オンラインゲームに対して緊張できていない、また集中できていないときに操作ミスをしてしまう可能性がある。また、Archy ら⁷⁾は、ストレスが高いほど課題の正答率が高く、パフォーマンスが向上すると述べている。このことを踏まえて、今後、主観的なストレス以外に、勝敗や操作精度などのパフォーマンス

との GSR の関係を調査する予定である。

6. まとめ

本稿では対戦型オンラインゲーム中のストレスの検出を目指して、対戦型オンラインゲーム中の GSR と心拍数を計測し、ストレス検出に使えるかどうかを調査した。対戦型オンラインゲーム中のストレスについてのアンケートを行った結果、連敗時やインターネット回線にラグが生じたときにストレスを感じる人が多く、ストレスが原因でオンラインゲームをやめてしまう可能性があることがわかった。ストレスを検出するために、対戦型オンラインゲーム中の GSR と心拍数を計測した。実験を行った結果、対戦相手とマッチングした際に低下し、対戦相手と対戦する前に緊張することで交感神経系が活発になり、精神的発汗が生じたと考えられる。また、主観的なストレスを感じた際に GSR センサの出力値は変化しなかった。



図 1 GSR センサの装着例



図 2 心拍センサの装着例

参考文献

- 1) 櫻井美咲, 矢島邦昭: 生体情報によるストレス計測・分析システムの検討—コンピュータベース学習環境において—, Vol2016-7-A1-4, 情報処理学会東北支部研究報告 (2017).
- 2) 中川千鶴: 特集③人間工学のための計測手法第4部: 生体電気現象その他の計測と解析(5)—自律神経系指標の計測と解析—, 52 巻 1 号, 人間工学 (2016).
- 3) Seeed Studio Bazaar: 2020/11/09 閲覧,
<https://www.seeedstudio.com/Grove-GSR-sensor-p-1614.html>
- 4) Polar: 2020/11/09 閲覧,
<https://www.polar.com/ja/products/accessories/oh1-optical-heart-rate-sensor>
- 5) ぷよぷよ e スポーツ: 2020/11/09 閲覧,
https://puyo.sega.jp/PuyoPuyo_eSports/
- 6) スプラトゥーン 2: 2020/11/09 閲覧,
<https://www.nintendo.co.jp/switch/aab6a/index.html>
- 7) Archy O. de Berker, Robb B. Rutledge, Christoph Mathys, Louise Marshall, Gemma F. Cross, Raymond J. Dolan & Sven Bestmann: Computations of uncertainty mediate acute stress responses in humans, Nature Communications 7, Article number: 10996 (2016).

ピアノによる 2 オクターブ上下行ハ長調音階の連続打鍵動作における ミスの分類および特徴抽出

The classification and feature extraction of mistakes in the keystroke of
two-octave C major scale using the piano

○松本千奈*, 来田宣幸*, 野村照夫*,
*京都工芸繊維大学

MATSUMOTO Yukina*, KIDA Noriyuki*, NOMURA Teruo*

*Kyoto Institute of Technology

1. 背景と目的

これまでピアノの演奏技術に関する研究は多くなされており、具体的にはテンポの正確性や演奏速度、音の強弱の制御などが取り扱われてきたり、これらの研究では、演奏技術を分析する上で、音を飛ばしたり間違えたりするミスはノイズになるため、ミスがなくなるまで練習してからデータを取得することが多かった。しかし、ミスにも様々な種類があり、個人によって傾向があると考えられる。また、どのようなミスをする傾向があるのかが分かればそのミスを克服する効率的な練習につながられるのではないだろうか。ピアノ演奏におけるミスに関する研究は以前からもおこなわれているが、実演奏に関するものが多く²⁾、ピアノ演奏の基礎に関する研究で演奏におけるミスを直接評価したものはあまりみられない。

基本的な打鍵動作には和音や連続打鍵があり、さらに連続打鍵には狭い範囲でおこなうものから数オクターブに渡る広い範囲でおこなうものがある。数オクターブに渡って連続的に弾く場合は、指くぐりや指越えが必要となる。指くぐりや指越えをおこなうためには適切な運指を理解することが重要となる。運指とは、音符をそれぞれの指で打鍵するかを選択することである。ピアノに関しては、指に番号を振って運指を記し、左右共通で母指が1、示指が2、中指が3、薬指が4、小指が5である。運指は次の打鍵へのスムーズな演奏やテンポ、音量、打鍵タイミングなどの自由なコントロールといった音楽表現に影響する重要な技術だとされており³⁾、適切な運指をすることがよりよい音楽表現につながると考えられている。

そこで、本研究ではピアノ演奏の基礎的な技術として単純な片手単旋律の演奏で発生するミスに関し

て、運指の観点からその特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2-1. 対象者

対象者は、ピアノ学習未経験者から上級者を含む20歳～50歳の男女22名（男性8名、女性14名）とした。経験年数は0年～38.5年であった。事前に本研究の趣旨と内容について口頭で説明し、同意を得て実施した。

2-2. 課題

課題は、右手のみ2オクターブ上下行ハ長調音階5回連続打鍵を1試行とした。課題の楽譜を図1に示した。2オクターブの範囲はC4からC6とした。



図1 2オクターブ上下行ハ長調音階

2-3. 条件

課題の演奏においては、①正確かつ速く条件（以下、「正確条件」とする）、②粒ぞろいかつ速く条件（以下、「粒ぞろい条件」とする）、③最速条件の3条件を設定した。①正確条件では、打鍵・運指ともに間違えないように意識した上でできるだけ速く演奏させた。②粒ぞろい条件では、1音ごとの長さが均一に揃うように意識しながらできるだけ速く演奏させた。③最速条件では可能な限り速く演奏させた。

2-4. 実験手順

1人当たりの持ち時間を最長1時間とし、その時間内で各人に十分な練習時間を与えたのち、データを収集した。練習においては、主に未経験者に対し、演奏するフレーズおよび区間、運指を理解させるため、実験者が手本を提示し、必要に応じて運指や打鍵について教示した。高さの調節が可能なピアノ椅子を用意し、対象者の足裏全面が床につき、鍵盤に手を置いたとき手首から肘がほぼ水平になる高さに合わせた。また、C4の鍵が上体の正面に合うように座らせ、左右に微調整して弾きやすいポジションを決定させた。データは条件①、②、③の順で取得し、それぞれの条件で課題を2試行ずつ演奏させた。

電子ピアノ（ALESIS 社製 Recital）を PC に接続し、MIDI で録音した。同時にビデオカメラ（CASIO EX-F1）で手元を撮影し、運指情報を得た。

3. 結果と考察

3-1. ミスの分類

MIDI データと映像に基づく運指情報をもとにミスの特徴をカテゴリー分けした結果、運指に関するミスと打鍵に関するミスに大別された。さらに打鍵ミスは、1本の指で2つの鍵を同時に打鍵したミス、1本の指で2つの鍵を滑って打鍵したミス、2本の指で滑って打鍵したミス、鍵を弾き飛ばしたミス、同じ鍵を複数回打鍵したミス、異なる鍵を打鍵したミスの6つに分けられた（表1）。

表1 ミスの分類

運指ミス	異なる指で打鍵
打鍵ミス	1本の指で2つの鍵を同時に打鍵 1本の指で2つの鍵を滑って打鍵 2本の指で滑って打鍵 鍵の弾き飛ばし 同じ鍵を複数回打鍵 異なる鍵を打鍵

3-2. ミスの発生回数

3つの条件のミス発生回数を数えた結果、全体で685回（正確条件、160回；粒ぞろい条件、121回；最速条件、404回）のミスがカウントされた。また、運指ミスは473回（正確条件、108回；粒ぞろい条件、103回；最速条件、262回）で、打鍵ミ

スは212回（正確条件、52回；粒ぞろい条件、18回；最速条件、142回）であった（表2）。

ミス回数は最速条件で圧倒的に多い値であったが、正確性を求める他の2条件でも発生することがわかった。また、どの条件においても運指ミスの方が打鍵ミスより多かった。その原因として最初にミスした音が契機となって以降の音も間違えたことが挙げられる。例えば、ミ-ファ-ソの運指は中指-母指-示指と弾くが、誤ってミ-ファを中指-薬指と打鍵してしまい、そのまま次のソを小指で弾いてしまうといったミスである。この場合ソの音を小指で打鍵してしまったのはファを薬指で打鍵してしまったためであると推察される。

そこで、正しく弾けていた状態から初めてミスをした打鍵に着目する必要があると考え、連続して発生したミスの最初のミスだけを数えたところ、全体で349回（正確条件、85回；粒ぞろい条件、49回；最速条件、215回）であった。一方つられて発生したミスの回数は全体で336回（正確条件、75回；粒ぞろい条件、72回；最速条件、189回）であった。つられて発生するミスの中には、最初に間違えた音をリカバリーしようとして生じたものが見られ、リカバリーに成功した場合、音が正しい場合がある。そのため、音が正しいミスと間違っているミスを評価する必要がある。

表2 ミスの発生回数

ミスの種類	全体	正確	粒揃い	最速
運指ミス	473	108	103	262
打鍵ミス	212	52	18	142
合計	685	160	121	404

3-3. 音の正誤別ミス回数と経験年数との関係

3-2節より、運指ミスにおいては主にリカバリーの際に指を間違えても音が正しいミスがあることがわかった。そこで3つの条件ごとに音が正しいミスと音が間違っているミスの回数を調べ、経験年数との関係を調べた。また、ミス回数には演奏時間も影響すると考え、各条件の1回目と2回目の演奏時間の平均を制御変数とし、音の正誤別のミス回数と経験年数との偏相関係数を算出した（表3）。

正確条件・粒揃い条件ではミス回数と経験年数との間に相関がみられなかった。一方、最速条件の音が間違っているミスでのみ、ミス回数と経験年数との間で負の相関がみられた。正確性を重視する条件

の場合は経験年数とミス回数との間に有意な相関がみられないことから経験年数が短い対象者でもミス回数がそれほど多くないことがうかがわれる。一方、最速条件では経験年数が短いほどミス回数が多いことがいえる。したがって、経験年数の短い対象者は重視する要素によってミスの回数が大きく変わるが、経験者は条件によるミスの回数の差が小さいと考えられる。

表 3 ミス回数と経験年数との偏相関係数

		偏相関係数
正確条件	音：正	.064
正確条件	音：誤	.197
粒揃い条件	音：正	-.025
粒揃い条件	音：誤	-.118
最速条件	音：正	-.021
最速条件	音：誤	-.445*

* $p < .05$

3-4. 鍵別ミス回数

今回の課題では1試行あたり141音の打鍵であり、最後のドの音を除くと、1往復あたり28音の打鍵であった。そこで5往復の鍵ごとのミス回数を合計し、1往復における鍵ごとのミス回数をそれぞれの対象者について計上した(図2)。

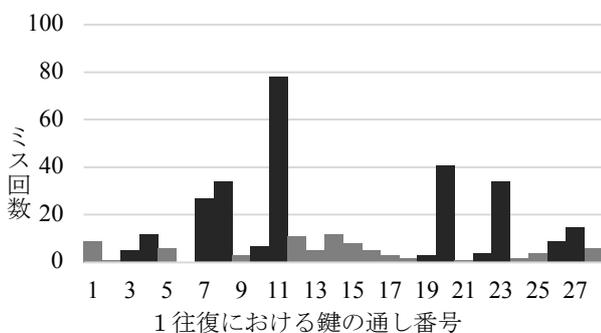


図 2 鍵別ミス回数

灰色：指くぐり・指越えなし／黒色：指くぐり・指越えあり
対象者全体でみると、指くぐり・指越えを含む6ヶ所12音で比較的多かった。特に11音目F5(ファ)でのミス回数が他の音と比較して著しく多かった。指くぐり・指越えの箇所がその他の箇所よりミスが多かったのは、より複雑な運指が求められるため当然ともいえる。中でも11音目F5(ファ)で多かった点から検討する。まず、3-4音目の指くぐりは中指-母指、7-8音目の指くぐりは薬指-母指、10-11音目の指くぐりは再び中指-母

指と弾く。この中指→薬指→中指という指くぐりの運指の違いが混乱を招き、3回目の指くぐりである11音目のミスが多くなったと推察される。2つめに、身体と鍵との位置関係も影響すると思われる。実験では身体の正面に1音目となるC4の鍵がくるように座ったため、3-4音目では鍵盤がほぼ正面にあたるが、10-11音目では1オクターブ右にずれるため、視覚的な距離感や手指の動かし方に違いを感じミスにつながりやすくなったと考えられる。

次に、指くぐり・指越えの12音に限定して検討すると、それぞれの指くぐり・指越え箇所の前後の音で回数に差があり、後に弾く音(4音目F4(ファ)、8音目C5(ド)、11音目F5(ファ)、20音目E5(ミ)、23音目B4(シ)、27音目E4(ミ)の6音)の方がミス回数は多かった。また、指くぐり・指越え箇所の先に弾く音に着目すると、7音目B4(シ)と8音目C5(ド)の指くぐりでは、他の箇所と比較して先に弾くB4(シ)でのミス回数が多かった。

指くぐり・指越えの後の音の方が先の音よりミスが多かったのは、指くぐりの場合は潜らせる母指、指越えの場合は越えてくる中指や薬指という、より複雑な動きをする指が後の音を打鍵するためだと考えられる。また、指くぐり・指越えの鍵の位置がわからず、そのまま隣の指で弾き続けてしまったことによるミスも考えられる。例えば、ミ-ファの指くぐりは正しくは中指-母指と弾くが、誤って中指-薬指と弾いてしまった場合などである。反対に、先に弾く音はその前の音から隣り合った指で打鍵するためミスしにくいと予想される。

上りフレーズと下りフレーズでミス回数を比較すると、上りフレーズの方が多かった。これには指くぐりと指越えという動作の違いが関係していると考えられる。上りは母指を下に潜らせる動作の指くぐりをするのに対し、下りは母指の上を中指や薬指が乗り越える動作の指越えをする。下りの場合は指越えをする中指や薬指が次に打鍵する鍵が見やすいが、上りは指くぐりをするときに母指が次に打鍵する鍵が手で覆われていることで見えづらいのが要因の一つと考えられる。また、指越えに見られるように中指や薬指を母指の上から乗り越えさせる動作は、手全体を大きく動かさな

くても容易にできる。しかし、指くぐりのように母指を中指や薬指の下から潜らせる動作は手首を動かして手そのものをやや右にずらすなどの動きが必要となるため、動きそのものの難易度が指くぐりの方が難しい可能性があり、それが上りミス回数の多さに繋がったと考えられる。

3-5. 鍵別ミス回数によるクラスター分析

鍵別のミス回数を元にクラスター分析（ユークリッド距離，Ward 法）をおこなった結果，以下の3つのクラスターに類型化できた。第1クラスターは，他のクラスターよりも指くぐり・指越えのある鍵でミスが多かったため，指くぐり・指越え集中型と命名した。第2クラスターは，上りフレーズでのミスの割合が全体の約64%を占めており，他のクラスターより上りでのミスが目立つため，上りミス型と命名した。第3クラスターは，上り・下りのミス回数の差が小さかったため，上下ミス型と命名した。

各クラスターの平均経験年数を求めたところ，指くぐり・指越え集中型は2.42年，上りミス型は3.71年，上下ミス型は13.39年であった。各クラスターの平均演奏時間は指くぐり・指越え集中型は41.97秒，上りミス型は28.45秒，上下ミス型は23.89秒であった。

これらの結果より，指くぐり・指越え集中型は経験年数が短く演奏時間が長い傾向のあるクラスターであることがわかり，今回の対象者の中では初心者が多く含まれていたといえる。上りミス型では経験年数は指くぐり・指越え集中型と大きな違いは認められず，やや短い傾向であったが，演奏時間は指くぐり・指越え集中型よりも非常に短い値であったことから，指くぐり・指越え集中型と比較して経験のある対象者が含まれていると考えられる。上下ミス型は経験年数が長く演奏時間が短いことから対象者の中でも上級者を含むクラスターであることがわかる。このことから，初心者はまず指くぐり・指越えという複雑な運指でミスしやすいといえる。次に，経験年数が増すと次第に下りの指越えのミスは減ってくる。そして，さらに上級者になるとミスそのものの回数が減り，指くぐりや指越えといったミスが目立たなくなる。このように，初級から上級に移るにつれ，技術が向上しミスの内容が変化することが示唆された。

4. まとめ

ミスの種類は運指ミスと打鍵ミスに大別され，さらに打鍵ミスは6種類に分けられた。経験年数とミス回数に関しては正確性を求めた条件では相関がみられなかった。しかし，ミスの特徴によってクラスター分析をしたところ，ミスをする鍵の位置は熟練度によって変化する可能性が示唆された。このことはミスを克服する効率的な練習法を模索する上で足掛かりとなるのではないかと期待される。

参考文献

- 1) 三浦雅展・江村伯夫・秋永晴子・柳田益造: ピアノによる1オクターブの上下行長音階演奏に対する熟達度の自動評価, 日本音響学会誌, Vol. 66, No.5, pp.203-212 (2010).
- 2) 中村友彦・中村栄太・嵯峨山茂樹: 誤り・任意の弾き直し・弾き飛ばしを含む演奏音響記号への高速な楽譜追跡, 音楽情報科学, Vol.99, No.40, pp.1-5 (2013).
- 3) 竹川佳成・寺田努・塚本昌彦: 運指認識技術を活用したピアノ演奏学習支援システムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2, pp.917-927 (2011).

スマートスピーカを用いた離れて過ごす高齢者の入浴見守りシステムの開発

Development of a monitoring system that assist safe bathing activity of the elderly who lives apart from family using smart speakers

○高見惇平*, 藤岡憧**, 大須賀美恵子*

*大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部ロボット工学科

**大阪工業大学大学院ロボティクス&デザイン工学研究科

TAKAMI Jumpei*, FUJIOKA Sho**, OHSUGA Mieko*

* Faculty of Robotics and Engineering, Osaka Institute of Technology

** Graduate School of Robotics and Engineering, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

近年日本では高齢者の人口が増加しており、内閣府の平成 30 年版高齢者会白書¹⁾によると 2016 年では全世帯の約半分に 65 歳以上の高齢者が住んでおり、その中の 27.1%の世帯が単独世代である。また、近年浴室での入浴事故の数が増加している。健康長寿ネットの高齢者の入浴事故 ヒートショック対策と予防²⁾によると、2014 年の家庭の浴槽での溺死者数は 4866 人で 10 年前と比べてやく 7 割増加しており、そのうちの 9 割は 65 歳以上の高齢者であった。厚生労働省の人口動態統計³⁾によると、2016 年の家庭の浴槽での溺死者数は 5138 人で、2014 年と比べてさらに増加している。浴室ではプライバシーを考慮すべきであり、カメラ画像を利用しない見守りセンサの開発が進んでいる。しかしながら、見守りは入浴中の異常検出に絞られている。そこで、我々は、それだけでなく、安全な入浴を支援し、入浴行動の変化も見守り、離れて過ごす家族に伝えるシステムの開発を目指すことにした。

2. 既存システムの紹介

入浴見守りシステムに関する既存システムについては、以下のようなものがある。

A) 「加速度センサ付きシャワーヘッドを用いた浴室行動認識手法⁵⁾」:シャワーヘッドに加速度・角速度センサを取り付けてシャワーヘッドの動きを計測し、浴室におけるユーザの行動を検出している。使用するセンサは 3 軸加速度・角速度センサのみであるため、不要なプライバシー情報を取得することはない。

B) RFID を用いた浴室行動計測の基礎検討⁶⁾:浴槽内の物品に RFID タグを付け、物品の移動情報を取得し、これをもとに入浴者の行動推定を行っている。

C) 浴槽内心電計と無線型加速度センサを併用した入浴事故検知システムの開発⁷⁾:浴槽内心電計と加速度センサを併用し、浴室での事故検出システムを作成した。呼吸、体動、水位を計測して事故を検知した時は、入浴者に警告する。

D) 浴槽内異常監視システムにおける音環境の認識⁸⁾:マイクロホンと音響センサから取得した水位の情報を使用して入浴者の状態検知を行った。2 種類の混在音を含む 6 種類の代表的な浴室音環境の認識を行っていた。

既存システムは、いずれも入浴中の行動を見守るものであり、本研究では、高齢者の入浴前後も含めた入浴行動を家族に共有することで家族側に安心感を与えることを目的としてシステムの開発を行う。

3. 提案システムの概要

前述の目的を達成するために、スマートスピーカを導入する。これを用いる理由は、センサを用いて一方的に見守るのではなく、高齢者がスピーカに話しかけるという能動的なアクションを取り入れることにより、高齢者の自発性を尊重するシステムにするためである。また、センサによる状態や行動を確実に検知することは難しい。推定結果が不確実なときにスマートスピーカから本人に問いかけてその応答をみることで状態把握を行えるという利点もある。

継続して利用してもらうには、家族に煩わしいと感じさせないことが重要である。緊急事態はすぐに知らせ、そうでない情報は家族が時間に余裕のあるときに確認できるようにする。

以上のコンセプトをもとに、具体的には、下記の機能をもったシステムを提案する。

- ① 入浴前にその日の健康状態を報告させ、それに応じて入浴方法、あるいは入浴を控えるように提案する。高齢者はこの提案に必ずしも従う必要はなく、体調が悪い時に入浴を行う場合は、家族に通知し高齢者の入浴を見守ってもらう。
- ② 入浴時間を計測し、長時間すぎる場合は声掛けをし、返事がないときには、危険な状態だと判断し、家族側に通知を行う。
- ③ 入浴中に転倒や気分の悪化など、異変が起こった場合はスマートスピーカに話しかけてもらい、その危険度に応じて、家族側に通知するか、家族がアクセスできる情報として蓄積する。
- ④ 入浴後にも、変わったことがあれば話してもらい、その情報を共有する。

我々は離れて暮らす高齢者と家族をつなぐ気配りシステムを開発している⁴⁾。本研究はこのシステムコンセプトのうち入浴に焦点を絞ったもので、将来的にはこのシステムに統合する予定である。

4. システムの実装方法

高齢者の入浴見守りにカメラなしのスマートスピーカ (Amazon Alexa) を採用し、Alexa Skill Kit (ASK) と Google app Script (GAS) を用いて実装することにした。ASK で Alexa のスキル開発を行い、高齢者とスマートスピーカの会話を可能にする。GAS ではス

マートスピーカで得た情報を預かり、必要があれば家族に通知を行う。入浴時間の計測と長時間の検知は ASK の Alexa タイマーAPI で作成する。図 1 に実装予定のシステムフローを示す。

5. おわりに

家族と離れて過ごす高齢者の入浴をスマートスピーカを用いて見守るシステムを提案した。今後、システムフローに示した機能をすべて実装し、高齢者と家族に試用してもらい、受容性を確認し課題を抽出して改良を重ねる。さらに、浴室内の音を利用した入浴行動の推定や異常検知への拡張も行いたい。

参考文献

- 1) 内閣府「平成30年版高齢者白書(概要版)」
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/gaiyou/s1_1.html, 参照日: 2020.11.6
- 2) 健康長寿ネット「高齢者の入浴事故 ヒートショック対策と予防」
<https://www.tyojyu.or.jp/net/kenkou-tyoju/koureisha-sumai/koreisha-hitoshokkutaisakutoyob.html>, 参照日2020.11.6
- 3) 人口動態調査 人口動態調査(確定数)の概況 第18表 家庭内における主な不慮の事故の種類別にみた年齢死亡数・構成割合 厚生労働省: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1a.html>, 参照日2020.11.6
- 4) 藤岡 暲: 離れて暮らす高齢者と家族をつなぐ気配りシステムの開発, 人間工学, 56, Supplement, 1E1-01 (2020).
- 5) 西垣 佑介: 加速度センサ付きシャワーヘッドを用いた浴室行動認識手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム2017 論文集, pp.1738-1745 (2017).
- 6) 大西 諒: RFIDを用いた浴室行動計測の基礎検討. 情報処理学会論文誌, 49(6), pp.1932-1941 (2008).
- 7) 高千穂 優: 浴槽内心電計と無線型加速度センサを併用した入浴事故検知システムの開発, 生体医工学, 48(6), pp.584-588 (2010).
- 8) 菰口 直之: 浴槽内異常監視システムにおける音環境の認識, 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), 127(11), pp.1902-1908 (2007).

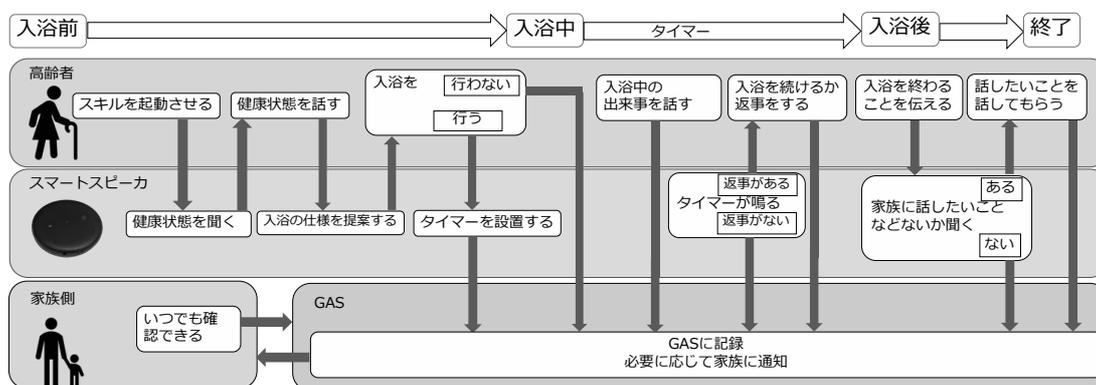


図 1 システムフロー

ベッド上での水平移動における被介護者の身体的負担に関する検討 A study of care receiver's physical burden with horizontal movement on the bed

○田中亮*, 太田智子**, 後藤彰彦 *

*大阪産業大学, **株式会社中央ビジネスグループ

TANAKA Ryo*, OTA Tomoko**, GOTO Akihiko*

*Osaka Sangyo University, **Chuo Business Group Co.,Ltd.

1. 緒言

令和 2 年版高齢社会白書¹⁾によると, 日本は高齢者の人口割合が 28.4%である. 日本は超高齢化社会と言われている. 超高齢化社会に伴い介護を受ける人(被介護者)の割合は増加の一步をたどっている. ベッドからの起き上がりに補助が必要な被介護者も増加している²⁾. 本稿で研究対象としたベッド上での水平移動は, シーツ交換, 環境設備, 臥床状態での食事介助などの際に行われる基本的な介助技術である. 先行研究として, 熟練介護者の技術の明確化を目的に, 熟練介護者と未熟な介護者の介助動作を調べ, その違いを明らかにした³⁾. そこで, 本研究では, 介助動作の違いが, 被介護者の身体的負担へ及ぼす影響に関して検討を行った.

2. 方法

2.1 被験者

被験者は介護経験が 23 年の女性の介護者(以下, 被験者 A)と介護実務経験のない学生 4 名とした. なお, 実験前に 4 名の内 2 名は介護現場における水平移動の方法に関して指導を受け, 残り 2 名は看護介護現場の指導を受けている.(以下, 被験者 B, 被験者 C, 被験者 D, 被験者 E).

2.2 実験条件

被験者は, ベッド上仰臥位の被介護者 1 名に対し水平移動動作を行った. 被介護者は要介護 3(自分一人では歩けない状態)を想定した健康な男性 1 名とした. Fig.1 に実験風景を示す.

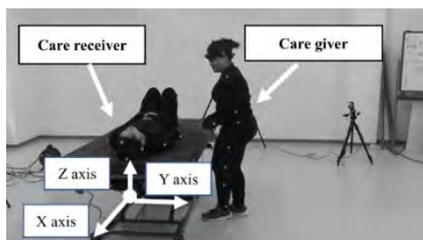
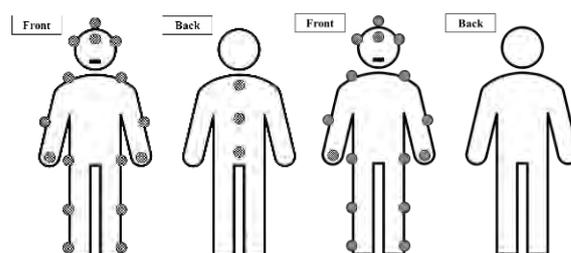


Fig.1 Condition of experiment.

座標系は, ベッドの長辺を X 軸, 短辺を Y 軸, 垂直方向を Z 軸とした.

2.3 実験機器

作業を記録するため, 介護風景全体が写る距離からデジタルビデオカメラで撮影を行った. さらに, 光学式モーションキャプチャー(MAC 3D SYSTEM, Motion Analysis 社製)にて被験者および被介護者の動作を計測した. サンプリング周波数は 120Hz とし, 被験者には計 20 個, 被介護者に計 17 個のマーカを貼り付けた. Fig.2 に被験者および被介護者につけた各マーカの位置を示す.



(a)Care giver (b)Care receiver

Fig.2 Markers location attached through caregiver and care receiver.

3. 結果および考察

3.1 工程分析

ベッド上の水平移動は 4 つの工程に分割された. 工程 I は, 水平移動を行う前において, 被介護者への声かけを行い, 被介護者の四肢を曲げるまでとし, 工程 II は, 被介護者の上半身を水平移動させるまで, 工程 III は, 被介護者の下半身を水平移動させるまで, 工程 IV は, 被介護者の体位を確認することから, 身だしなみを整え終わるまでとした. Fig.3 に各工程の所要時間を示す. 被験者 D, E は工程 IV を行っていないかった.

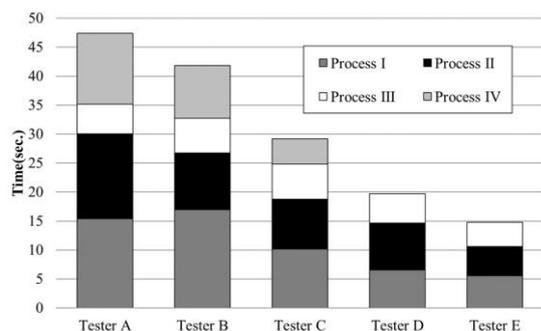
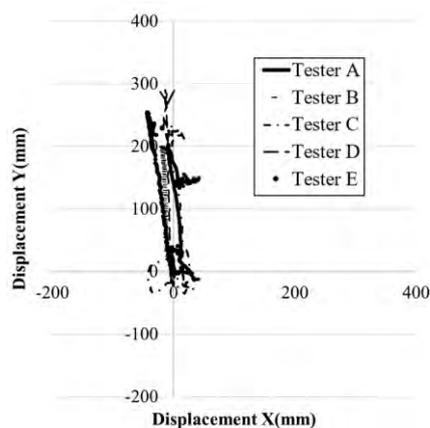
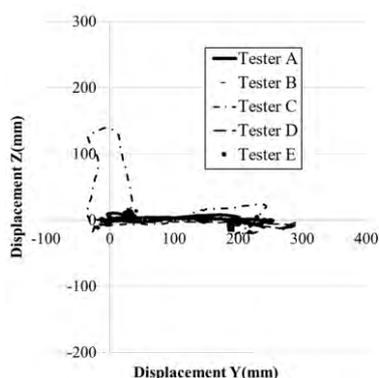


Fig.3 Time of process.

合計所要時間は被験者 A が 47.4 秒, 被験者 B が 41.7 秒, 被験者 C が 29.2 秒, 被験者 D が 19.7 秒, 被験者 E が 14.8 秒であり, 被験者 A が最も時間を要していた. 上半身を水平移動させる際, 被介護者の頭が最も動いたため, 工程 II について着目すると, 工程 II の作業時間は被験者 A が 14.6 秒, 被験者 B が 9.76 秒, 被験者 C は 8.6 秒, 被験者 D が 8.1 秒, 被験者 E が 5.1 秒であった. Fig. 4 に工程 II における, 被介護者の頭部 XY 座標および YZ 座標を示す.



(a) X-Y plane



(b) Y-Z plane

Fig.4 Care receiver's head movement in horizontal plane.

3.2 被介護者頭部の軌跡

X 軸, Z 軸のどちらに関しても, 被験者 C を除く被験者に軌跡の大きな変動は見られなかった. よって, Y 軸の変化量に焦点を当てる.

3.3 被介護者頭部の Y 座標の変位

Fig. 5 に工程 II での被介護者の頭における Y 座標の変位を示す.

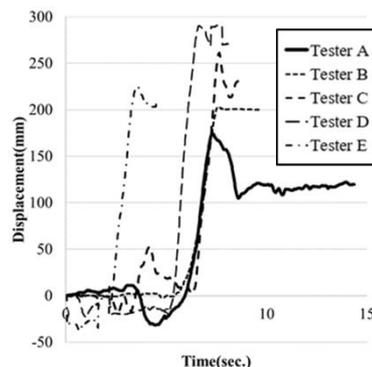


Fig.5 Displacement of care receiver's head.

被験者 B, C, D, E は時間あたりの値の変動が大きい傾向が見られた. 被験者 A は 2 段階にわたって速度が変わっている傾向が見られた. 工程 II の V_{max} は, 被験者 A が 197 [mm/s], 被験者 B が 248 [mm/s], 被験者 C が 324 [mm/s], 被験者 D が 620 [mm/s], 被験者 E が 822 [mm/s] であり, 被験者 A は最も速度が遅かった.

4. 結言

ベッド上での水平移動における被介護者の頭部の動きをモーションキャプチャーより数値化し, 次の結言を得た.

- ・被験者 5 名の中で, 経験年数 23 年の被験者 A は, 水平移動に最も時間を費やしていた.
- ・介護者が被介護者を介護者側へ引く際, 被介護者の頭部は, ほぼ水平に動かされていた. さらに, 最大速度は, 被験者 A が最も遅い結果であった.

参考文献

- 1) 令和 2 年版高齢社会白書:
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/html/zenbun/s1_1_1.html
- 2) 要介護認別認定数の推移:
<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/reform/wgl/301030/shiryou3-2-2.pdf>
- 3) 高品位介護教材シリーズ:
<http://chuo-business.com/ec/products/detail/3>

人間のドア開閉動作の経路情報に基づいた移動ロボットによる動作の再現 Reproduction of movement by a mobile robot based on the route information of human door opening / closing movement

○喜田悠斗*, 中川秀夫**, 廣川敬康***
近畿大学大学院*, 近畿大学**, 近畿大学***

KITA Yuto*, NAKAGAWA Hideo**, HIROKAWA Noriyasu***

* Graduate school of Kindai University, **Kindai University, *** Kindai University

1. 緒言

近年,ロボット化が進んでおり,様々な場面でロボットが活躍すると期待されている.重要な判断は「人間」が行い,その他の判断を実行するのは「ロボット」が行うマンーマシンシステムロボットが実用化に近いロボットの形態であると考えられる.加えて,人間ができないことをロボットが行う場面においては,特に重度障がい者が挙げられ,多くの活躍の場があると推測される.重度障がい者の場合,自律的に難しい作業が多くある.具体的に言うと,自分の身の回りの各種作業に加え,室内及び他の部屋から必要なものを持ってくるといった作業などが考えられる.

図 1 のような作業実現を目指し,他の部屋にあるもの(冷蔵庫の飲料や新聞紙など)をロボットがドアを開閉し,物を掴んで持ってくる一連のシステムの構築を目指す.前報では,人間が部屋のドアを開け通過するときの経路の取得方法について提案し,実証した.今回,この人間の経路情報を用いて移動ロボットが軌跡点を通過する駆動方法について検討を行うことが目的である.

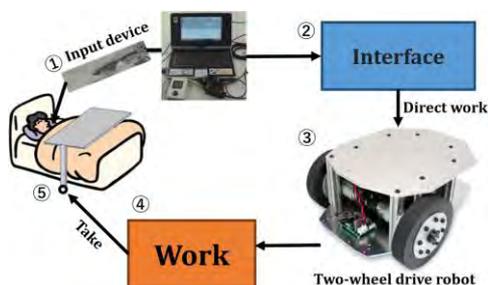


図 1 マンーマシンロボットシステム

2. 移動ロボットの経路生成システム

移動機能を実現させるために必要な機能要素として,大域的経路計画(地図からの経路生成),局所的経路計画(軌道追従,衝突回避),障害物検出,自己位置推定,センサ入力,モータ出力(動作指令)である.

図 2 に移動ロボットの経路生成システムを示す.基

礎データとして 2 台の Kinect を用いて人間が部屋のドアを開け通過しドアを閉めるときの経路の取得方法について提案し,左手座標系を右手座標系に軸を入れ替え,回転行列を用いて経路生成を行った.また,移動ロボットの自己位置推定を深度カメラを用いて 4 つの天井隅角部検出による方法で推定を行った.

まず,人間のドア開閉動作における経路生成では,使用するドア寸法として W910×D46×H2100[mm],ドアノブ位置はドア回転軸から 847.5[mm],高さ 900[mm]の位置に固定されている.Kinect は透明な物以外は透過することができないのでドアを挟み込むように 2 台設置する.

次に,測定空間を決め,移動ロボットの自己位置推定を深度カメラを用いて 4 つの天井隅角部検出による手法で推定を行った.北西の角部を C_1 ,北東を C_2 ,南西を C_3 ,南東を C_4 とする.移動ロボットの高さ位置(166[mm])に深度カメラと方位センサを設置する.測定位置から深度カメラで天井隅角部検出した際に,カメラ画像の天井隅角部を特定するために 9 軸センサの方位機能のみを用いて測定を行った.

本研究では,人間のドア開閉動作における経路情報と移動ロボットの自己位置推定を組み合わせ,人間の軌跡点を通過する移動ロボットの駆動方法について検討を行った.

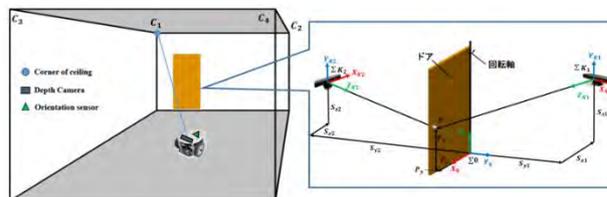


図 2 移動ロボットの経路生成システム

3. 人間の軌跡点を通過するロボットの駆動方法

図 3 に人間の軌跡点を通過する移動ロボットの駆動方法を示す.まず,Kinect により取得した人間のドア開閉動作における経路の重心測定点を $P_0, P_1, P_2 \dots$

とする。ただし、測定空間（部屋）の天井隅角部 C_1, C_2, C_3, C_4 を基準とした絶対座標系である。

$$P_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} \quad (1)$$

移動ロボットはそれぞれの点で次の点の方にスピナーターンし、方向ベクトル D_{01} の方向を向く。次に距離 L_{01} だけ前進させ P_1 まで到達する。この動作を繰り返せば Kinect の座標データを通過する移動ロボットの軌道を得ることができる。

次に、移動ロボットに搭載した深度カメラより得られた移動ロボットの自己位置推定位置データにより、位置補正動作を加え移動させる。例えば、点 P_0' にいた移動ロボットが点 P_1 を目標点として実際に位置測定を行ったところ点 P_1' にいたとする。この方向ベクトル D_{01} の式は以下ようになる。

$$D_{01} = \frac{(P_1 - P_0')}{|P_1 - P_0'|} \quad (2)$$

点 P_1 から点 P_2 までの直進距離 L_{12} は、現在の移動ロボットの方向ベクトルであり、求める式は以下のようになる。

$$L_{12} = |P_2 - P_1'| \quad (3)$$

次に向かう目標点 P_2 への方向ベクトルは、

$$D_{12} = \frac{(P_2 - P_1')}{L_{12}} \quad (4)$$

よって、点 P_1 での旋回角 θ_1 はベクトル内積より求める式は以下のようになる。

$$\theta_1 = \cos^{-1}(D_{01} \cdot D_{12}) \quad (5)$$

次の点 P_2' 上での動作では、求めた D_{12} と新目標点 P_3 の座標値、実際の点 P_2 の位置測定値 P_2' を用いる。求める式は以下のようになる。

$$L_{23} = |P_3 - P_2'| \quad (6)$$

$$D_{23} = \frac{(P_3 - P_2')}{L_{23}} \quad (7)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(D_{12} \cdot D_{23}) \quad (8)$$

これを繰り返し実行することで与えられた座標値に実際の位置を近づけながら進むことができる。

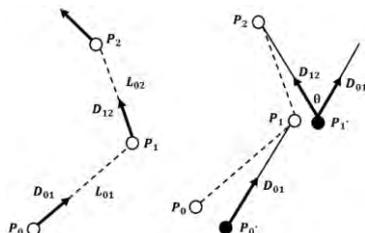


図3 人間の軌跡点を通過するロボットの駆動方法

4. 移動ロボット制御におけるフローチャート

図4に移動ロボット制御のフローチャートを示す。人間の軌跡点を通過する移動ロボットの駆動方法から移動ロボットの制御の流れは以下ようになり、これを繰り返していく。

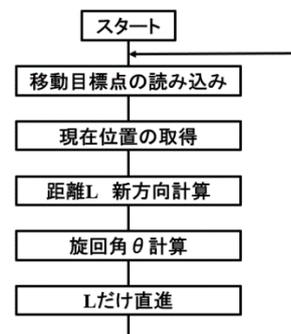


図4 移動ロボット制御のフローチャート

5. 結言

本研究では、前報で2台の Kinect を用いて人間のドア開閉動作による経路情報に基づいて、移動ロボットが軌跡点を通過する駆動方法について検討を行った。Kinect により取得した人間のドア開閉動作における経路の重心と深度カメラから得られた移動ロボットの自己位置推定位置データより移動ロボットを駆動させる理論計算を算出することができた。

図5のような Kinect により取得した人間のドア開閉動作における重心経路のグラフ¹⁾を移動ロボットが追従する誤差の測定を行っていく。Arduino IDE を用いて移動ロボットのタイヤの回転角度制御プログラムを用いて測定を行っていく。

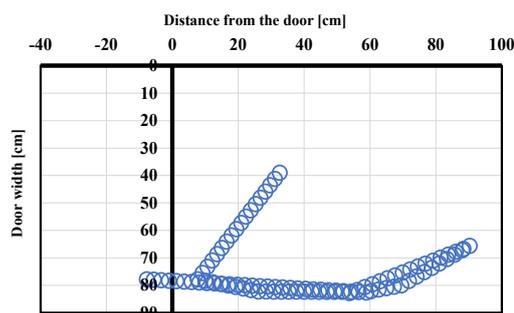


図5 Kinect 人間のドア開閉動作における重心経路

参考文献

- 1) 喜田 悠斗, 中川 秀夫, 廣川 敬康. 2台の Kinect センサによる人間の動作に基づくロボットの軌道生成. 日本人間工学会関西支部大会講演論文集, p51-62, (2019).

作業ストレスと段取りをつけることとの関係 Relationship between mental work stress and planning

○小田島祐平*, 岡谷諭**, 神宮英夫*

*金沢工業大学 **株式会社ニチレイフーズ

ODAJIMA Yuuhei*, OKAYA Satoshi**, JINGU Hideo*

*Kanazawa Institute of Technology, **Nichirei Foods Inc.

目的

人は何か作業を行う際には、心の中で次の工程や作業全体の段取りをつけることがある。その際に、適切な段取りづけが出来るか否かで、作業中のストレスが変化する。適切な段取りづけが出来た際は、作業ストレスが軽減されるであろう。一方、適切な段取りづけが出来なければ、作業ストレスが軽減されない。そこで、適切な段取りづけを行い、作業ストレスを軽減させることで心地よい調理環境を提供する方法として、「事前情報の説明・提示」が考えられる。ここでの事前情報とは、事前に作業のポイントの説明するための「写真や文字(ワンポイントアドバイスなど)」のことを指す。この事前情報は、作業の重要ポイントを事前に押さえることで、そのポイントに差し掛かった時に具体的なイメージを持たせる役割が期待できる。このことが、適切な段取りづけの手立てとなり、作業ストレスの軽減に繋がると考えられる。

そこで、生理指標を用いて、作業ストレスが事前情報によって軽減するかと、適切な段取りづけが出来ているかを測定して、事前情報の提示の効果を明らかにすることを目的とする。本実験では、作業を調理に置き換えて実施した。

ストレスを感じている時、交感神経が優位であることは知られている。また、交感神経と副交感神経は表裏の関係にある。そのため、心電計の HF の値が下がった場合を「ストレスを感じた」と考えることができる。また、適切な段取りづけが出来ているかの指標として、NIRS による前頭葉の活動と所要時間を用いる。前頭葉は物事の計画や概念を作り出す役割を持つ²⁾。そのため、前頭葉が活性化した場合、「適切な段取りづけが出来ていた」と考えることができる。さらに、適切な段取りづけが出来ていれば、所要時間が短くなると考えられる。

方法

実験参加者 実験参加者は、石川県内の大学生 10 名とした。1 週間の調理日数の平均は両条件群とも 2.7 日であった。実験参加者は普段の料理頻度に配慮して選定した。

刺激 株式会社ニチレイフーズから提供された「本格炒め炒飯®」と卵・ネギを用いた。

機材 測定には、心電計(GM3 社の RF-ECG)、

NIRS(スペクトラテック社製のイメージング脳機能測定装置 OEG-16)を用いた。事前情報の説明にはノート PC を用いた。

手続き 本実験は、事前情報のあり条件となし条件の 1 要因 2 水準の参加者間計画である。以降、事前情報を提示した群を「あり条件群」、事前情報を提示しなかった群を「なし条件群」とする。

本実験で調理してもらったアレンジ料理名を「卵炒め炒飯」、キャッチコピーを「ふんわり卵とネギの香り広がる本格度 UP 炒飯!」とした。作業内容として、実験参加者には「レンジで加熱した冷凍炒飯に卵とネギを加えて、フライパンで再度炒める」というアレンジ調理を行ってもらった。事前情報の内容は、本調理の重要ポイントである「卵を炒める場面」と「ネギを炒める場面」と「完成形」の写真と、それぞれの写真に吹き出しでワンポイントアドバイスを挿入したスライド合計 3 枚を用いた。卵のワンポイントアドバイスは「高温の油で炒めるとふんわり感 UP!」と記し、ネギのワンポイントアドバイスは「切りたてのネギを炒めると香りがたつ」と記した。また、完成形の写真には、「ふんわり卵」と「香るネギ シャキシャキ」というフレーズを記した。実験後の分析では、1 説明・2 レンジ開始・3 ひと手間準備・4 レンジ終了・5 フライパン調理・6 盛り付け・7 喫食の 7 段階の工程に区切った。

初めに心電計と NIRS を装着してもらい、1 分間の安静期間を取った。その後、両条件群ともに、調理手順と材料のみが記載された白黒の調理手順表を用いて、簡易的な調理説明を行った。なお、あり条件群には調理説明前にノート PC を用いて事前情報の説明を行った。説明が終了次第、実際に調理を開始してもらった。調理はレンジスタート(冷凍炒飯の袋を開けるところからレンジで温めスタートをするまで)とひと手間準備(卵を溶き、ネギを刻むまで)とレンジ終了(ひと手間準備終了時からレンジの冷凍炒飯を取り出すまで)とフライパン調理(フライパンを温めるところから IH の電源を切るまで)の 4 工程に区切った。調理終了後、盛り付けと喫食までを区切って測定した。測定終了後、装置を外してアンケートとインタビューに回答してもらった。

結果

1 分間の安静時の平均値を引いた、実験参加者 10

名(2条件各5名)の心電計のHF(0.15~0.4Hz)の値とNIRSの酸素化ヘモグロビン変化量の値と所要時間をそれぞれ調理手順ごとに平均値を算出した。このデータから条件ごとに平均値を算出した。これを基に95%信頼区間を算出した。ただし、所要時間のみ調理時間(8:レンジ開始からフライパン調理までの合計)を加えた。心電計のデータを図1に、NIRSのデータを図2に、所要時間のデータを図3に示した。以上のすべてのデータで、条件間のt検定を行ったところ、全ての調理手順で有意な差は見られなかった。

図1から、なし条件群の説明以外のすべての調理手順で、安静時よりもHF値が低い傾向にあった。説明・レンジ開始では、あり条件群の方が、HF値が低い傾向にあった。また、盛り付け時もなし条件群の方が、HF値が低い傾向にあった。各条件のHFの平均値の変化範囲を調べたところ、あり条件群は58.9、なし条件群は188.8であった。また、F検定でどのt検定を使うかを分析した結果、分散に有意な差が見られた($p < 0.05$)。この結果から、分散が等しくないと仮定した2標本によるt検定を行った結果、10%水準以下で有意傾向であった。これから、あり条件群の方が、範囲が狭い傾向にあった。このことから、あり条件群の方が、HF値の変動が穏やかな傾向にあった。

次に図2から、説明・喫食以外、全てであり条件群の方が、前頭葉が活性化していた傾向にあった。また、事前情報で直接説明したフライパン調理とそれに繋がるひと手間準備の2工程で特に前頭葉が活性化していた傾向にあった。

図3から、事前情報で直接説明したフライパン調理・ひと手間準備・盛り付け・調理時間で、あり条件群の方が、所要時間が短い傾向にあった。

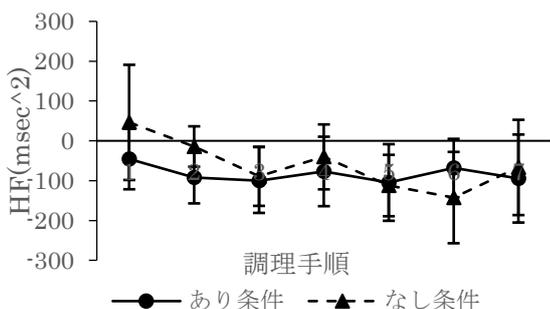


図1 心電計によるストレスの指標

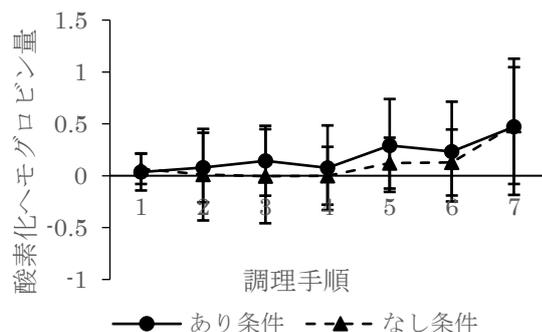


図2 NIRSによる段取りづけの指標

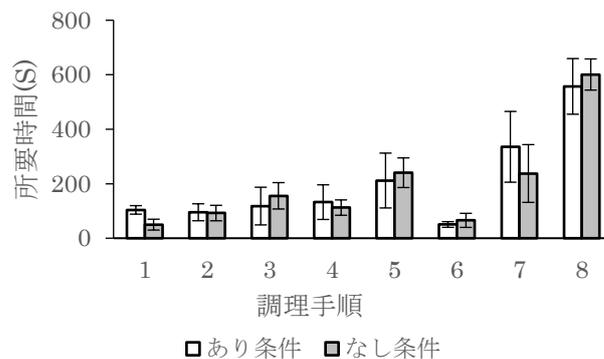


図3 所要時間による段取りづけの指標

考察

「献立立案、野菜を切る、ガスコンロで炒める、盛り付ける」などの調理行動を行うと、単純に手を動かすよりも背外側前頭前野が活性化することが分かっている²⁾。背外側前頭前野には「行動の戦略立案、問題解決」などの機能がある。このことから、前頭葉の活性化傾向が見られたひと手間準備・フライパン調理では「行動の戦略立案や問題解決」という脳機能が働いていたと考えられる。これから、あり条件で適切な段取りづけが行われていたと考えられる。また、HFの変化範囲があり条件の方が狭い傾向にあった。このことから、調理をすること自体のストレスは発生しているが、あり条件では調理中のストレスの変化が少なくなる傾向にあったと考えられる。

本研究では、冷凍炒飯の具材に入っている卵とネギを加えたため、「想像できた」と回答する人が多かった。そのため、あり条件群となし条件群で有意な差は見られなかったと考えられる。

事前情報には適切な段取りづけの手立てとなり、作業ストレスを軽減し心地よい調理環境を提供する効果があったと考えられる。

参考文献

[1]豊島 裕子: 介護福祉士のストレス反応: 生理学的手法による評価, 日本公衆衛生雑誌, Vol.65, No.6, pp.266-276(2018).
 [2]山下 満智子・川島 隆太・岩田 一樹・保手浜 勝・太尾 小千津・高倉 美香: 調理による脳の活性化(第一報), 日本食生活学会誌, Vol.17, No.2, pp.125-129(2006).

16:00 ~ 17:00

■ A3 身体

座長 篠原一光（大阪大学大学院）

A3-1 椅座位作業中の姿勢改善をさりげなく促すロボットの提案と開発

○渡邊陽仁，大須賀美恵子（大阪工業大学）

A3-2 シャガみ込みの動作分析－関節角度と重心軌道の観点から－

○西尾真樹，来田宣幸，野村照夫（京都工芸繊維大学）

A3-3 ダイバーの安全を見守るヒューマン・モニタリングシステムの開発

○福造博（大阪府立大学大学院），才木常正，瀧澤由佳子（兵庫県立工業技術センター），
有馬正和（大阪府立大学大学院）

椅座位作業中の姿勢改善をさりげなく促すロボットの提案と開発 Proposal and Development of a robot that casually promotes posture improvement during sitting work

○渡邊陽仁*, 大須賀美恵子*

*大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部ロボット工学科

WATANABE Haruhito*, OHSUGA Mieko**

* Department of Robotics, Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

昨今、長時間のデスクワークなどの影響で椅座位状態の姿勢の悪化や不動状態の継続が問題視されている。厚生労働省の調査¹⁾「腰痛」や「肩こり」の症状を訴える人は多い傾向にあり、その主な原因として、長時間のデスクワークなどの影響による姿勢の悪化や不動状態の継続によるものとされている。このことはコロナ禍でテレワークが進みさらに大きな課題となっており、日本人間工学会からも「タブレット・スマートフォンなどを用いて在宅ワーク/在宅学習を行う際に実践したい7つの人間工学ヒント」²⁾が発行された。この中にも姿勢に対する注意喚起が含まれている。

作業等に集中すると自身の姿勢に意識が向きにくく、姿勢の悪化に気づきにくい傾向にある。そのため、姿勢悪化の検出と通知(注意喚起)に関する様々な取り組みがなされてきた。たとえば、長谷川ら³⁾は、コミュニケーションロボットの声掛けを利用したシステムを提案した。森ら⁴⁾は音の種類や高低、テンポを変化させることで悪化した部位やその方向、度合いを知らせるシステムを開発した。さらに石松ら⁴⁾はKinectと複数の圧電センサを併用して姿勢悪化を検出し姿勢調整を促すシステムを開発した。

しかし、いずれの場合も比較的高い強制力による姿勢の改善を促す方法であると考えられ、作業等の妨げになる可能性が懸念される。さらに、姿勢改善は長期的なアプローチが必要であり継続利用してもらえることが必要である。

そこで、本研究では姿勢悪化をユーザにさりげなく知らせ、ユーザが自発的に行動変容を行うよう促すシステムを開発する。ユーザの負担を低減し継続して利用してもらえらるものにするのが目標である。

2. 提案コンセプト

目標を達成するには、1) ユーザの姿勢情報の計測と評価(悪姿勢の検出)をユーザに負担をかけずに行う手法と、2) 検出された悪姿勢をユーザに心理的な負荷を与えることなくさりげなく知らせることが必要である。1)の実現には、大きく分けて非接触(カメラ画像)、椅子組込み(圧力センサなど)、ウェアラブル(加速度センサなど)の3つの方法がある。2)を実現する方法として、親しみやすさを持ち合わせた卓上型の小型ロボットの導入を提案する。さりげなく知らせ、かつ作業等に集中していても気づきやすくしなければならない。そこで、ロボットの眼球部による「被視感」を活用する(図1)。被視感とは他者から見られている感覚のことであり、他者が人間である必要はなく、人が本能的に察するもののことである。

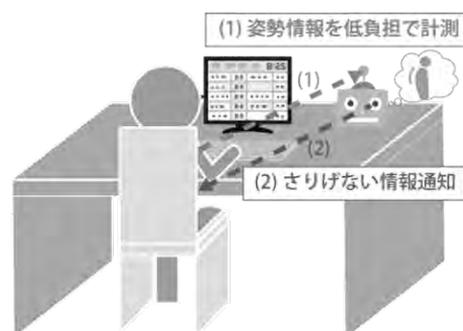


図1 提案システムのコンセプト

3. 予備実験 (倫理審査承認番号 2020-10)

3-1 目的

はじめに可動部をもつロボットではなくユーザの周辺視野においたディスプレイに「眼球」の映像を提示するプロトタイプを開発する。提示映像の形状を決めるため、目の形状により被視感や親しみやすさなどの印象がどのように変わるかを調べた。

3-2 方法

実験参加者は健常男子大学生4名で、オンライン実験とし実験参加者の自宅で実験に参加させた。実験者が用意した説明資料に基づいて、普段使用している机と椅子、ノートPCとスマートフォンにより参加者自身に実験環境の構築を行なわせた（図2右）。PCでタイピング作業をしながら、スマートフォンに提示される6種類の目の動画（図2左に静止画で示す、動画は約1分で、各動画異なるタイミングで目が開いたり閉じたりする）を対象に、8項目（A:被視感の程度、B:被視感によるストレス、C:親しみやすさ、D:生き物らしさ、E:不気味な感じ、F:怖い感じ、G:優しい感じ、H:可愛らしい感じ）について、4段階（4:感じる、3:どちらとといえば感じる、2:どちらかとといえば感じない、1:感じない）で評定させた。

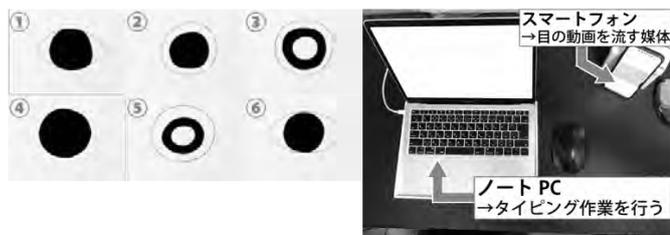


図2 6種類の目（左）と実験環境（右）

3-3 結果

目の形状により印象が異なることがわかった（図3）。すべての動画で高い「被視感」が得られず、「被視感」が高いとネガティブな評価が高くなる傾向があり、「被視感」が高くポジティブな評価が高い理想的な目の形状は得られなかった。今後、この結果をもとに形状を工夫するとともに、動きのつけ方も検討する予定である。

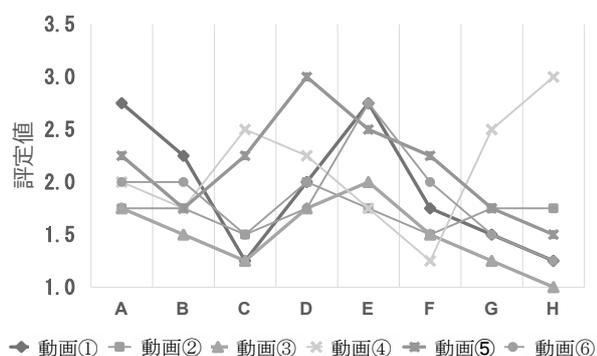


図3 各動画に対する印象評定結果 (N=4の平均)

4. プロトタイプ開発

ウェアラブルで低負担な計測をめざし、無線式3軸加速度センサ(モノワイヤレス社製, TWELITE2525a)をユーザの背部と腰部に装着し姿勢情報を取得する。予備検討として、(1)良姿勢、(2)猫背姿勢、(3)前傾姿勢の区別ができるかどうかを調べた。左右方向をX軸、鉛直方向をY軸、前後方向をZ軸となるように、背中と腰に加速度センサを入れたベルトを装着した。図5に結果を示す。背中中のY, Zの加速度より(1)(2)(3)の順で直立から前方に傾いていること、腰は(1)(2)では差がなく(3)で前傾していることがわかる。左右の軸の姿勢の崩れは、X軸の変化で検出できる。

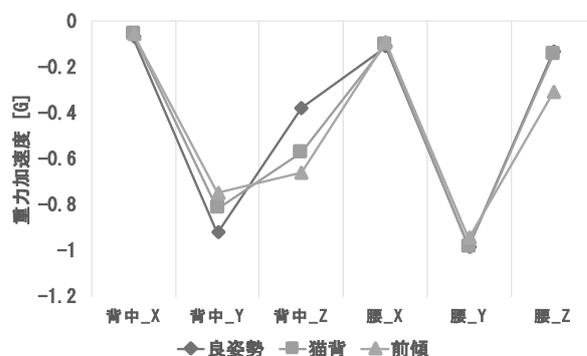


図4 姿勢による加速度計測結果の違い

5. おわりに

今後は、姿勢評価手法の妥当性を検証し、被視感を与える動画を改良してプロトタイプを完成させ、効果検証を行っていきたい。

参考文献

- 厚生労働省「令和元年 国民生活基礎調査の概」: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/kyosa19/dl/04.pdf>, 取得日2020.11.7
- タブレット・スマートフォンなどを用いて在宅ワーク／在宅学習を行う際に実践したい7つの人間工学ヒント: https://www.ergonomics.jp/official/page-docs/product/report/7tips_guideline_0623_Jp_final.pdf, 取得日2020.11.7
- 長谷川 隼平, 真嶋 由貴恵: 姿勢に対する意識・行動変容の実効性—ロボットの励ましによって—, JSiSE Research Report, Vol.33, No.4, pp.101-106 (2018).
- 森祐馬, 榎堀優, 間瀬健二: ウェアラブル加速度センサを利用した姿勢改善補助システム, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム2014論文集, pp.126-130 (2014).
- Ishimatsu Haruna, Ryoko Ueoka: BITAIKA: development of self posture adjustment system, Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference (2014).

しゃがみ込みの動作分析-関節角度と重心軌道の観点から-

Crouching motion analysis -from the viewpoint of joint angle and center of gravity orbit-

○西尾真樹*, 来田宣幸*, 野村照夫*

*京都工芸繊維大学

NISHIO Masaki*, KIDA Noriyuki*, NOMURA Teruo*

*Kyoto Institute of Technology

1. 緒言

しゃがみ込み動作は下肢の柔軟性を簡易に評価する方法としてあらゆるスポーツの現場で行われている。小中学生を対象とする運動器検診でも取り入れられており、運動器障害の早期発見の評価法として取り入れられている。しゃがみ込みが可能かどうかの評価にはレベルを3段階分けて多段階評価が行われることが多く、難易度の容易なものから手を前、胸、後ろ、の3段階で可否を判定する¹⁾(図1)。しかし、3段階すべてのしゃがみ込みが可能でも下肢の障害が発見される場合もある。これは、多段階評価だけでは障害の検出ができないことを意味しており、改善の余地があると言える。

そこで、しゃがみ込みの多段階評価に加えて、しゃがみ込みの途中段階の動作に着目した。そして本研究では、しゃがみ込み途中の動作の特徴を検出することと、それを関節角度と重心軌道の観点から分析することを目的とした。

2. 方法

2-1. しゃがみ込み動作

健康な男子大学生4人を対象にしゃがみ込み動作を行わせた。開始姿勢は、左右の足部及び膝内側をつけ、下肢を進展させた状態とした(立位姿勢)。踵は既定の位置にそろえさせた。動作開始後は股関節、膝関節、足関節等を屈曲させしゃがみ込み、臀部を最大限下した状態で3秒静止した。その後開始時の立位姿勢に戻るよう指示した。しゃがみ込みこみ動作は難易度の簡単な方から順に行い、手を前、胸、後ろで組む3段階の多段階評価を行った(図1)。3段階のどのレベルまで姿勢保持が可能かを判定し、1点から3点まで得点

を付けた。



図1 しゃがみ込みの多段階評価

2-2. 測定方法

しゃがみ込み動作を分析するためにマーカーとして4cm四方に切った白色のテープを体の6部位(橈骨茎突、橈骨、肩峰、大転子、脛骨、外果)に付け、対象者の矢状面をビデオカメラで撮影した(GC-YJ40, JVCケンウッド製)。

分析は動作解析システム(Frame-DIASIV)を用いて行った。x軸方向を床方向、y軸方向を床と垂直な方向とした2次元の座標平面を作りマーカーをつけた6部位をデジタイズした(図2)。

2-3. 足関節角度

足関節角度は膝から外果を結ぶ線と床平面とのなす角とし計測した(図2)。また、しゃがみ込み開始時の大転子の位置(0%)からしゃがみ込み完了時の大転子の位置(100%)として何%の位置で角度の最小値を記録したかを分析した(以下、下降度の分析)。



図2 マーカー部位

2-4. 重心の算出

まず初めに、踵の位置を起点とした(x=0, y=0)。

次に、上肢、体幹、大腿、下腿の4部位を剛体とし、上肢と体幹で上肢の重心位置、大腿と下腿で下肢の重心位置を Clauser の質量比より内分して求めた。それから、上肢の重心点と下肢の重心点を結んだ線を質量比より内分した点を重心と規定した。

3. 結果

4人全員がしゃがみ込み3点であった。

3-1. 足関節角度

下降度の分析から4人の結果は58.5%, 83.5%, 84.4%, 67.4%の位置で足関節角度が最小となった(図3)。また、足関節角度の最小値は4人全員が40度台であり平均値は44.4度であった。

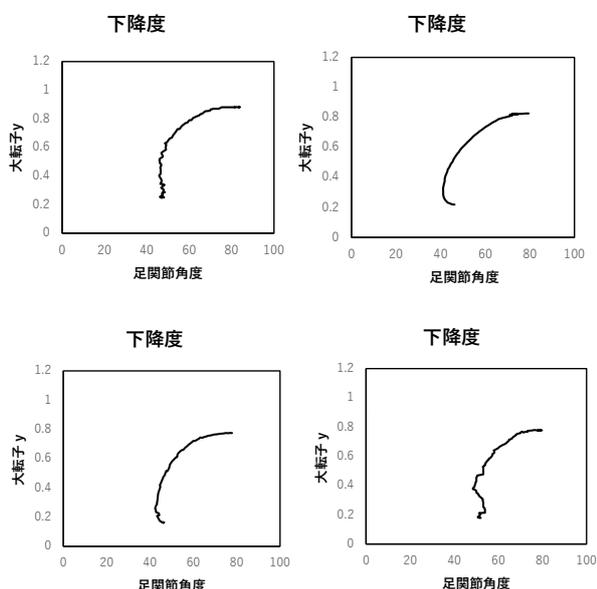


図3 下降度の分析

3-2. 重心軌道

重心の軌道は以下ようになった(図4)。

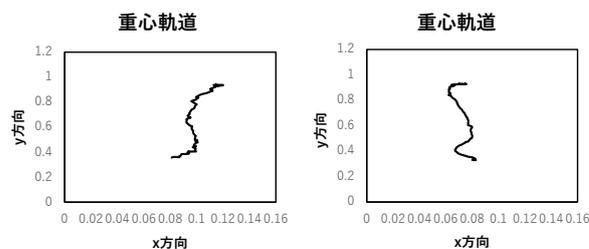
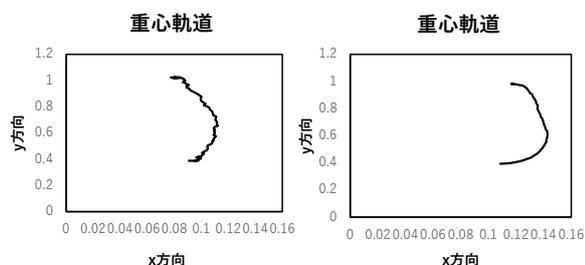


図4 しゃがみ込みの重心軌道

4. 考察

下降度の分析より、しゃがみ込みの途中段階で足関節角度が最小となっていることが分かった。また、その地点は対象者により異なるが、いずれもしゃがみ込み途中にあり、大腿部が床と水平になる付近で起こっていた。しゃがみ込むためには膝を前に出す必要があるためその際に足関節が最大限に背屈されたと考えられる。この背屈の可否がしゃがみ込み3点の可否の要因となっていることも予見される。

重心の分析では軌道の特徴として2種類が見られた。図4の上の2つが前方に蛇行しており(以下蛇行型)、下の2つが上の図に比べ直線の軌道をとっている(以下直線型)。蛇行型は、しゃがみ込み開始後、先に膝が前方へ出てそれに伴い体幹も前方へ移動するといった動作の特徴が考えられる。一方直線型では、初めに膝は前方へ出ることなく、重心をほぼ垂直に下ろし、その後膝が前方へ出る動きをした。2つの軌道の違いには1つに股関節の柔軟性が関係していると考えられる。より柔軟な方が大腿部と体幹をより接近させることができるので、直線型になったと推測する。今後は被検者数を増やし、この2つの重心軌道の違いの原因をしゃがみ込み途中動作から分析し明確にすることで障害との関連を検討していきたい。

参考文献

- 1) 古澤拳人他:年長児のしゃがみ込み動作と足関節可動域の関係について
- 2) 吉田真,吉田昌弘:しゃがみ込みテストと足関節背屈角度の関連性,北翔大学生涯スポーツ学部研究紀要,37-42(2014).

ダイバーの安全を見守るヒューマン・モニタリングシステムの開発

Development of a Human Monitoring System for the Preventative Safety of Divers

○福造博*, 才木常正**, 瀧澤由佳子**, 有馬正和*
*大阪府立大学大学院 **兵庫県立工業技術センター

FUKUZO Hiroshi*, SAIKI Tsunemasa**, TAKIZAWA Yukako**, ARIMA Masakazu*

*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University,

**Hyogo Prefectural Institute of Technology

1. はじめに

平成 16 年から平成 23 年までの潜水事故発生件数の変化¹⁾を見ると、事故発生件数は減少しておらず、事故原因には「スキル不足に起因するパニック」や「体調不良（病気）」、「安全管理上の不備」などが挙げられる。事故発生件数および死亡者数の減少を目指すためには、ダイビング講習や注意喚起だけでなく、常にダイバーを監視し、異常事態を検出して未然に事故を防止するシステムが必要である。

そこで本研究では、ダイバーの生理的・心理的状态を監視する一つの方法として心電図や筋電図を計測してリアルタイムで異常事態を検知できるシステムの開発を試みた。

ダイバーの心電図や筋電図などの生体電気信号は、著者らが開発した特殊な電極^{2,3)}を用いることによって、水中での計測を容易に行うことができる。リアルタイムで異常事態を検知するために、本システムでは 30 秒毎に心拍数と心拍変動性指標の値を算出するようにしている。心拍変動性指標は自律神経系の活動状態を推定するための指標で、その算出には心電図の R 波と呼ばれる特徴的な波形のピーク時間を計測する必要がある。本システムでは、心電図計測から R 波のピークを検出し、心拍数と心拍変動性指標の算出までを自動で行えるようにした。さらに、ダイバーの生理的反応が異常事態であると判断したときに、周囲に救助を求めることを想定したシステムを組み込んだ。

ダイビング中に心電図や筋電図を計測し、異常事態を検知できるように、小型の耐圧容器を設計製作した。

本稿では、ダイビング中における心電図や筋電図の計測手法と、リアルタイムで心拍数および心拍変動性指標を算出して異常事態を検知することができるシステムについて述べる。

2. 生体電気信号の計測・解析・評価

2.1 生体電気信号の計測

本研究で用いる生体電極を図 1 のように加工する。クロロプレンスポンジゴム（以後、CR スポンジゴムという）を円筒状に切り抜き、この中心に円筒状の貫通穴を開ける。CR スポンジゴムの半径方向に切り込みをいれ、そこに導線を通し電極（ユニークメディカル製 Ag/AgCl 皿電極 EPA-12）を CR スポンジゴムの平面の部分にアクリル板を接着する。このようにすることで、図 1 のように肌が接触したときに CR スポンジゴムの内側と外側で絶縁され、生体電極同士が短絡状態にならないようにした。以下、この電極を隔離電極ということにする。

従来の計測手法では計測対象部位に 2 つの電極を装着し、これらの電極の間に生じる電位信号を計測している。よって、従来の計測手法では（計測チャンネル数×2）個の電極が必要である。しかし、本計測手法では、海水を 1 つの電極として利用し、計測対象部位の肌に接着された隔離電極との間に生じる電位信号を計測するため、本計測手法では（計測チャンネル数+1）個の電極のみで計測できるようになる。

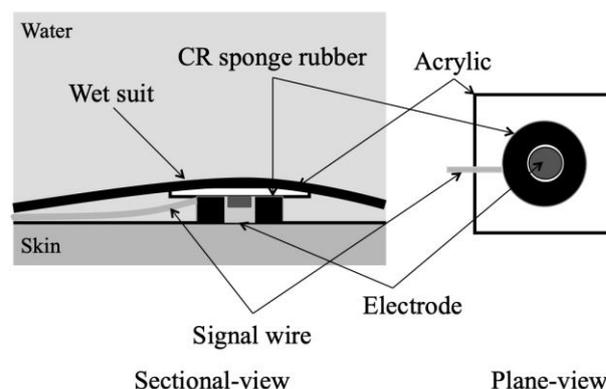


図 1 隔離電極

2.2 心拍数および心拍変動性指標の解析・評価

(1) 心拍数

一般に、心拍数は1分間に心臓が拍動する回数のことをいう。そこで心電図のR波のピークが1分間に出現した回数を数えることで心拍数を算出する。また本システムでは瞬時心拍数を算出するために、R波のピーク間隔（以下、R-R間隔という）を算出して、 $60/(R-R間隔)$ を求めるようにした。

(2) 心拍変動性指標

心拍変動性指標を算出するためには心電図計測から得られたR-R間隔の時系列データを等時間間隔でリサンプリングしてパワースペクトル密度関数を求める。その一例を図2に示す。最小の周波数解像度を0.04Hzとするために、R-R間隔の時系列データのサンプリング周波数を5Hz、データ数を128とした。こうして求めた結果から、約0.04~0.15HzのパワーをLF、約0.15~0.4HzのパワーをHFとして式(1)より交感神経活動性指標 SNS を求める。

$$SNS = \frac{\sum LF}{\sum HF} \quad (1)$$

交感神経が優位となっているとき、LFは増加しHFが減少する。また、副交感神経が優位となっているとき、LF、HFともに増加する。よって、交感神経が優位であるときはSNSの値は大きくなる。このSNSの値を見ることで自律神経系の活動状態が推定できる。

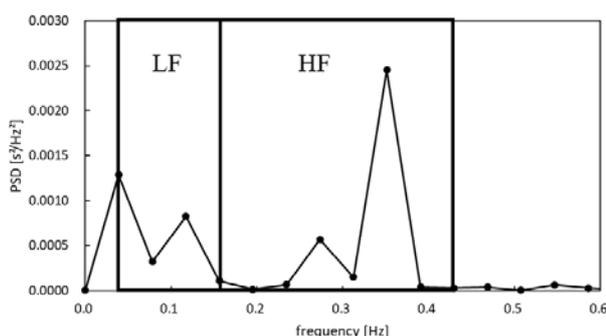


図2 心拍ゆらぎのパワースペクトル密度関数

3. 水中生体計測システム

ダイバーの心電図や筋電図を計測して、心拍数と心拍変動性指標をリアルタイムで算出するために生体アンプ、生体アンプ用バッテリー（9V電池×2）、Raspberry Pi 3 model B+（以下、ラズパイという）、

ラズパイ用バッテリー（エレコム製 DE-M04L-3200BK）をアクリル製耐圧容器に収納する。外観を図3に示す。大きさは、高さ230mm、円筒部直径95mmである。

連続1時間の計測ができるだけのバッテリー容量をもち、ダイビング中、常時計測が行える。また、ダイバーがこの機器を携帯することを想定し、水深約40mでも圧壊することがないように設計した。

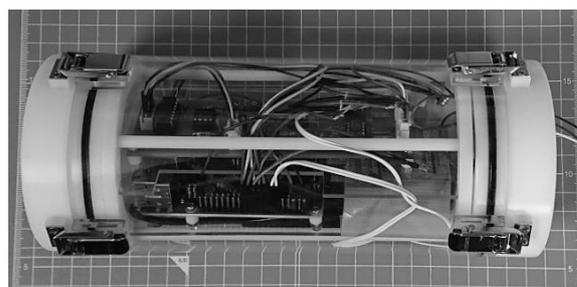


図3 水中生体計測システム

3-1 生体電気信号の計測フロー

生体計測の流れを図4に示す。生体電極で得られた心電図と筋電図を生体アンプで増幅し、それぞれADコンバータ（Microchip Technology Inc.製 MCP3208）のCH0とCH1にサンプリング周波数200Hzでデジタル変換した後、ラズパイに取り込んでいく。心電図と筋電図の記録時間の差は0.0025秒である。

28秒間計測した後、心電図のデータから心拍数と心拍変動性指標を算出する。生体信号の計測から心拍数と心拍変動性指標の算出、結果の保存まで30秒で1つのサイクルとして繰り返される。このサイクルを複数回繰り返すことで長時間の計測ができるようになる。

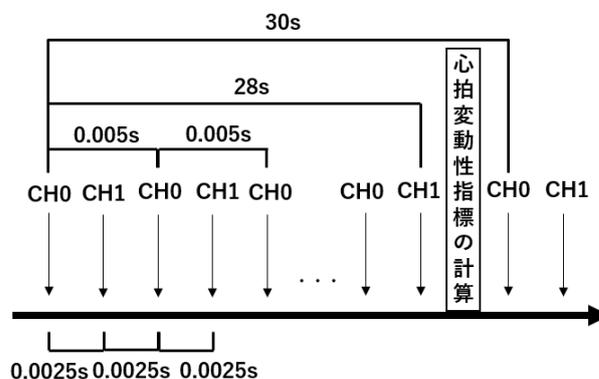


図4 計測の流れ

3-2 R 波のピークの検出

心拍数、心拍変動性指標の算出のために R 波のピークを検出する。ダイバーの生理的・心理的狀態をリアルタイムで確認できるようにプログラムを作成し、自動で検出できるようにした。言語は Python3 を用いた。検出方法は、以下の通りである。

1. 遮断周波数 50[Hz] のベッセル型ローパスフィルタをかける。
2. 注目している点の電位が、心電図の基線の電位以上である。
3. 注目している点と、5 コ次の点の電位差が $[(\text{解析対象の心電図中の最高電位}) - (\text{心電図の基線の電位})] \times 2/3$ V 以上である。
4. 注目している点の電位が前後の点より大きい。

この方法により図 5 のように体が動いて心電図にノイズが混入し、3 秒あたりの R 波が隠れた場合でも、R 波を正確に検出できるようになる。

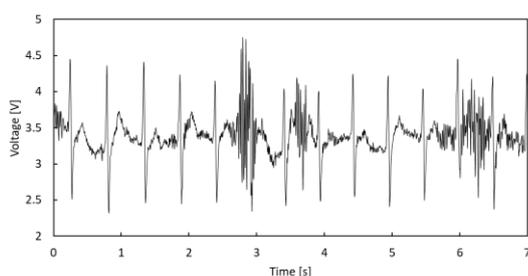


図 5 ノイズが混入している心電図

3-3 異常事態の発出装置

リアルタイムで心拍数と心拍変動性指標を算出した結果、ダイバーが異常事態であることを周囲に知らせる装置を図 6 のように組み込んだ。

水中生体計測機器に 3 つの LED を内蔵し、心拍数や心拍変動性指標に応じて点滅するようにした。

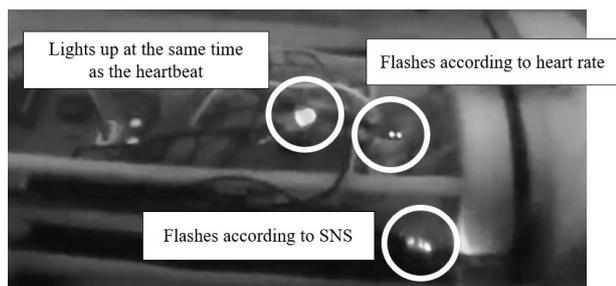


図 6 異常事態発出装置

これらの LED の点滅状態により、ダイバーの心拍数や心拍変動性指標の結果をリアルタイムで確認することができる。この装置を改良することで将来的には、音響通信により海上で待機する船に遭難信号を送ったり本システムを海面に浮上させて救難信号を送信するなどの救助システムとすることもできる。

4. 水中での評価実験

水道水に食塩を混ぜて作成した模擬海水 (5.52S/m, 36.9°C) を浴槽 (長さ×幅×深さ: 内寸 930mm×480mm×510mm) に張り、被験者 (24 歳, 男性) に隔離電極を埋め込んだウェットスーツを着用させ、肩まで水に浸かり、安静にしてもらった。実験の様子を図 7 に示す。

このとき、計測のために 3 つの電極を用いた。1 つ目は、心電図計測用の隔離電極である。この隔離電極はウェットスーツに縫い付けてあり、ウェットスーツを着用するだけで隔離電極が肌に密着して計測できるようになっている。取付位置は心電図計測の診断でよく用いられる標準 12 誘導の C5 (左前腋窩線上の第 5 肋間と左鎖骨中心の交点と同じ高さ) を参考にした。2 つ目は、筋電図計測用の隔離電極である。この隔離電極は右腕の前腕に装着した。3 つ目は、浴槽内の水を電極として利用するもので、この電極を水中に沈めた。

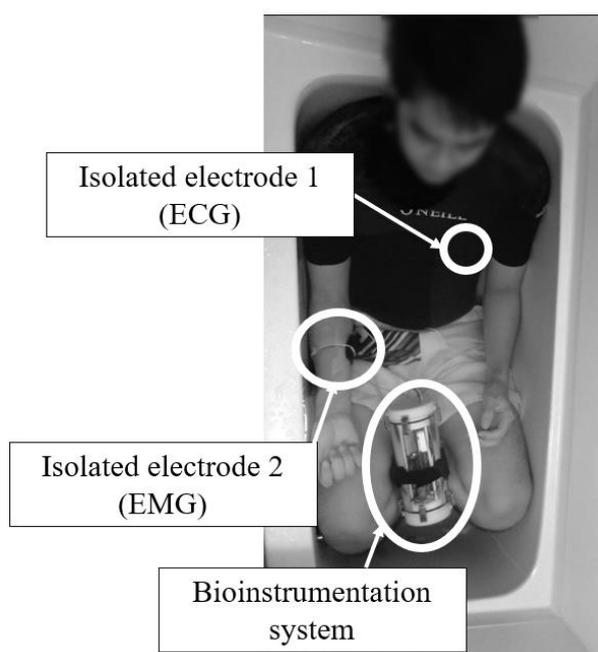


図 7 実験の様子

実験で得られた心電図と筋電図をそれぞれ図 8 と図 9 に示す。図 8 をみると、被験者が安静にしているときはノイズが混じることなく心電図の計測ができていたことがわかる。また図 9 をみると、1～3 秒、4～6 秒のとき約 0.08V の変化が確認できる。これは被験者が前腕部の筋肉を動かした時間と一致しており、筋電図の計測もできていることが確かめられた。

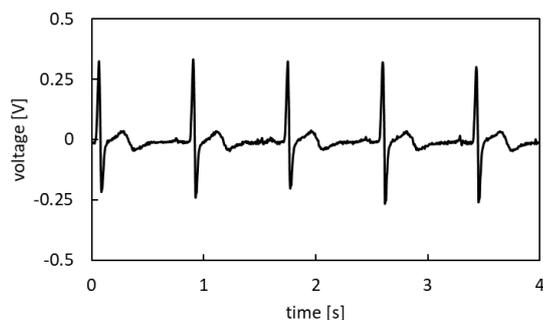


図 8 計測された心電図の一例

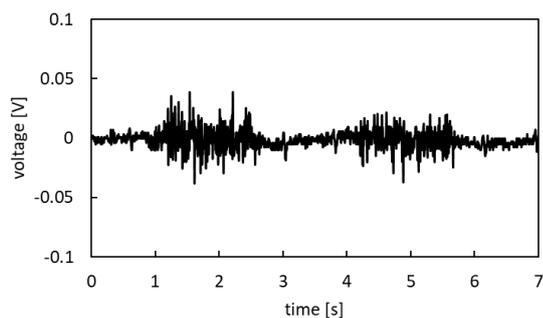


図 9 計測された筋電図の一例

このときの心拍数と心拍変動性指標の算出結果を図 10 に示す。図のように 30 秒毎の結果を確認することができる。今後被験者の数を増やし、データを集めていくことで、ダイバーの異常事態を心拍数や心拍変動性指標の結果から確認できるようになれば、本研究で提案した水中生体計測システムによりリアルタイムで異常事態を検知できるようになると考えられる。

5. まとめ

本研究では、ダイバーの安全を見守るためのヒューマン・モニタリングシステムの開発を試みた。海水を隔離する特殊な電極を用いて、水中で心電図と筋電図の計測を行い、心電図からリアルタイムで

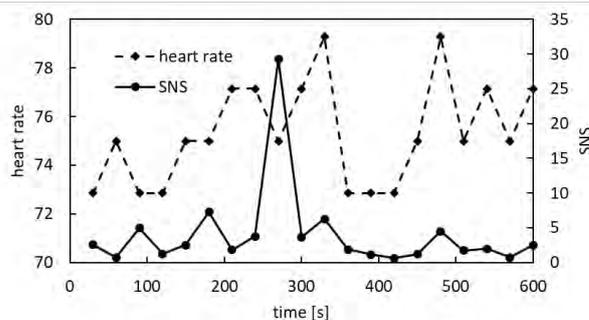


図 10 SNS と心拍数の時間変化

心拍数と心拍変動性指標を算出できることを示した。また、将来の救難システムへの改良を想定し、心拍数と心拍変動性指標の値に応じて LED を点滅させる装置を組み込んだ。本システムによりダイバーの状態をリアルタイムでみることができるようになった。またウェットスーツに隔離電極を装着し、ウェットスーツを着るだけ計測ができるようにした。今後、実海域での実験を行い、心電図や筋電図、心拍数や心拍変動性指標などの値からダイバーの異常事態を判断できるようにデータを収集する。

なお、本研究は大阪府立大学大学院工学研究科の「研究倫理委員会」の承認を得て実施したことを附記する。

謝辞

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

参考文献

- 1) 一般財団法人 日本海洋レジャー安全・振興協会 DAN JAPAN, 平成 25 年潜水事故の分析, pp.1-4 (2016).
- 2) 福造博, 才木常正, 瀧澤由佳子, 有馬正和: ダイバーの安全を見守るヒューマン・モニタリングシステムのシステム設計, 2019 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.37-38 (2019).
- 3) 才木常正, 瀧澤由佳子, 村井康二, 有馬正和: 海水環境における新規の筋電図計測法, 2019 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.53-54 (2019).

10:00 ~ 11:30

■ B1 生理

座長 小谷賢太郎（関西大学）

B1-1 照度変化を伴う照明環境と知的作業における集中の関係

○植地勇太, 重松佑奈, 石亀篤司（大阪府立大学大学院）

B1-2 脳波を用いたダイポールイメージングによる快適性評価についての検討

○重松佑奈, 石亀篤司（大阪府立大学大学院）

B1-3 移乗作業における2人の介助者間の同調に関する研究

○田河琴音, 大石和真, 川野常夫（摂南大学）

B1-4 足裏の部分を押圧するインソールが自律神経に与える影響

○大石和真, 田河琴音, 川野常夫（摂南大学）

B1-5 青年女子を対象とした冬期の睡眠と寝室温熱環境の実測調査

○南風香, 久保博子（奈良女子大学）

照度変化を伴う照明環境と知的作業における集中の関係

Relationship between lighting environment with changes in illuminance and concentration in intellectual work

○植地勇太, 重松佑奈, 石亀篤司
大阪府立大学大学院

UEJI Yuta, SHIGEMATSU Yuuna, ISHIGAME Atsushi
Osaka Prefecture University, Graduate School

1. はじめに

人の集中状態は周囲の環境に依存し、最適な環境は個人ごとに異なる。したがって、作業効率を上げるためには、集中に適した環境を個人ごとに用意する必要がある。しかし、オフィスや学校といった建物内の照明環境は全体的に画一的なものとなっており、個人ごとに最適な照明環境を提供することは難しい。

近年では、LED 電球の普及など照明の省エネ化が進行しており、オフィス内での節電や、あらかじめ設定された照度を提供するような制御システムが存在する¹⁾。

一方で過度な照度の変化は、逆に人の快適性や集中力を減少させ、不快感や疲労感を増加させる可能性がある²⁾。

そこで本研究では、様々な照明環境の下で知的作業を行い、その環境における集中状態を解析することで、集中に適した照明環境について検討した。

2. 照明と人の感性の関係

ウェーバー・フェヒナーの法則により、人の感性は線形的ではなく、対数関係にある。しかし、照明器具の調光は、例えばスイッチを 1 つ押すと 100lx 明るくなるように、照度が線形的な変化となるため、調光による照度の変化と、それによる人の快適性には差が生じてしまう。本研究では、3)から最適照度と快適性への影響が低い照度範囲を参考にし、調光に向け照度変化と集中力の関係を検討した。

3. 実験

本研究では、異なる照明環境の下で被験者に知的作業を行わせ、集中状態を評価した。

3-1. 使用器具

- (1) フロア照明 Floor Light Sofia 7 台
- (2) LED 電球 TLG-B001 E26 昼白色 7 個

3-2. 実験概要

同意の得られた 20 代の男性 1 名、女性 1 名の計 2 名を被験者とした。知的作業は表 1 のような計算問題である。1 条件あたりの測定時間は 20 分とし、1 問当たりの解答時間を計測し、1 条件あたりの測定時間は 20 分とし、1 人につき計 3 回測定した。

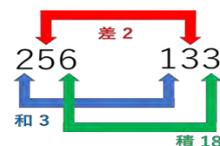


図 1 本実験の知的作業

3-3. 実験環境

本実験の様子は図 1 のようになる。机の上には、印を設け、この領域の照度が実験条件を満たすように、加えて視界に映る場所の照度差が大きい場合、集中に影響を与えるため、作業を行う領域内における最小照度は、少なくとも同じ領域内の最大照度の 60%以上となるように照明器具を設置した³⁾。

また、実験開始前には、印の領域内で作業を行う事を被験者に指示した。窓からの外光を防ぎ、実験担当者が時間測定や、照明器具の調光は被験者の作業に影響が出ないように、十分離れた場所から行った。



図 2 知的作業中の実験風景

3-4. 実験条件

表 1 のような知的作業の最適照度は 3)から 750lx であり、そこから照度を変化させた際にも快適性が保たれる範囲は 500lx から 1000lx である。また、比較するために快適性が変わる範囲を 200~1300lx とした。以降、前者を狭い範囲、後者を広い範囲と定義する。本研究の条件は

- (1) 最適照度にて一定
- (2) 500lx にて一定
- (3) 1000lx にて一定
- (4) 狭い範囲で照度を上げる
- (5) 狭い範囲で照度を下げる
- (6) 広い範囲で照度を上げる

(7) 広い範囲で照度を下げる
の7つである。

4. 解析手法

知的作業中の状態は主に「作業状態」、「短期休息状態」、「長期休息状態」の3つに分類される⁴⁾。作業に対して集中状態のときは作業状態と短期休息状態を遷移しており、非集中状態のときは長期休息状態となる。

知的作業の各問の解答時間を集計すると、解答時間の分布は図3のようなヒストグラムとなる。ここで、青色の曲線箇所は、集中状態における解答時間分布、赤色の曲線箇所は長期休息状態を含む非集中状態である。

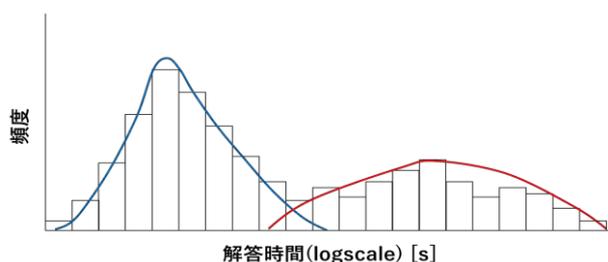


図3 解答時間ヒストグラム

図3の青色曲線は式(1)のように対数正規分布の近似曲線となる⁵⁾。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left\{-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

上の対数正規分布の平均値 CT は式(2)のようになる。

$$CT = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2)$$

測定時間が T 秒、総解答数が N のとき、測定中に集中状態であった時間の割合 CTR は式(3)のようになる。

$$CTR = \frac{CT * N}{T} \quad (3)$$

したがって CTR の値が大きいほど、その実験環境の下で集中できていたとみなすことができる。

5. 実験結果

各条件における CTR 平均は表1のようになった。

表1 照明環境とその CTR

照明環境	CTR(%)
(1) 500lx で一定	80.61
(2) 750lx で一定	88.68
(3) 1000lx で一定	85.16
(4) 狭い範囲で照度を上げる	89.05
(5) 狭い範囲で照度を下げる	88.53
(6) 広い範囲で照度を上げる	69.09
(7) 広い範囲で照度を下げる	65.57

表1より、条件(4)が最も知的作業に集中できる

照明環境となり、広い範囲で照明を変化させる条件(6),(7)は集中に適さない環境であるといえる。図4に条件(1)~(5)の CTR 結果をまとめる。

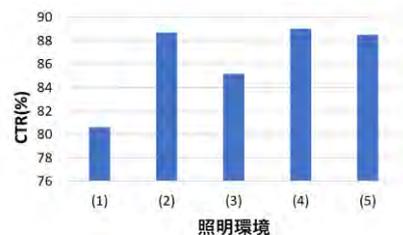


図4 CTR 結果

図4のデータに2標本t検定を行った結果、p値が0.05より大きくなり有意差が確認できなかった組合わせは、(1)と(3)、(2)と(4)、(2)と(5)、(4)と(5)であった。

6. 考察

実験結果より、広い範囲での調光は集中の妨げになり、知的作業を行う際の照明環境には適さないといえる。

条件(2),(4),(5)において、いずれの組み合わせのt検定において有意差が確認できなかったことから、狭い範囲の調光の場合では、最適照度で一定の場合と集中力に大きな変化が生じないことが明らかになった。また、調光の際に照度を上げる及び下げる場合で有意差は生じなかったため、集中に大きな影響を与えないといえる。

一方、3)より、最適照度が750lxの場合の推奨照度は500~1000lxとしたが、条件(1),(2),(3)において、(1)と(3)の組み合わせ以外では有意差が確認され、集中に与える影響に差があるという結果になった。

今後の課題として、まず今回は被験者が2名のみであったため、それを増やした上で今回の結果の確認をとることである。更に本実験では、例えば狭い範囲で照度を上げる条件のとき、500lxから1000lxへの変化を測定時間内で1回限りであったが、その回数を増やすことによる集中への影響を調べることが挙げられる。また、照度変化の際の狭い範囲、広い範囲について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 三木光範: 知的照明システムの概要と未来につながる展望, 電気設備学会雑誌 2020-1, pp.11-15 (2020).
- 2) 井上容子: これからの照明を考える, 建設工業調査会, ベース設計資料 NO.177 建築編, pp.29~33 (2018).
- 3) JIS Z9110 日本工業規格 (2011).
- 4) 河野翔 他: オフィス執務者の知的生産性変動モデルに関する基礎的検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム (2011).
- 5) 上田樹美 他: 知的集中状態を客観定量的に評価する手法開発の取り組み, 日本認知科学学会大会発表論文集, pp.322-327 (2019).

脳波を用いたダイポールイメージングによる快適性評価についての検討

Comfort Evaluation from EEG Dipole Imaging

○重松佑奈, 石亀篤司
大阪府立大学 工学研究科

SHIGEMATSU Yuna, ISHIGAME Atsushi

Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1. はじめに

ヒトが快適で健康な生活を送るためには、日常多くの時間を過ごす環境を整えることが非常に重要である。環境快適性を向上することができれば、生活の質(QOL)向上に大きな役割を果たし、さらに学習効率や作業生産性の向上などを図ることができる。人は周辺環境によって、暑い、心地よい、まぶしいなどの様々な感情を抱く。また個人差、男女差、年齢差によって同じ環境でも違う感情を抱く場合があるため、皆が快適に過ごすことができるよう各個人に適切な環境を与える必要がある。しかし現在用いられている快適性指標の多くが、個人差を考慮せず一定基準に基づいたものとなっている。図1は快・不快を感じるときのイメージ図である。

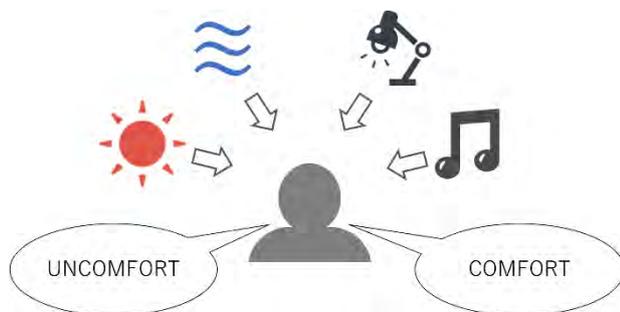


図1 快適性判別 イメージ図

個人差を考慮する手法として、脳情報を用いた方法が挙げられる。生体反応の大部分を司る脳に着目した研究は高価な機材が必要なこともあり、てんかんや睡眠障害など医療分野への適用の報告が中心だった。しかし近年、機器の高度化や低価格化に伴い、脳機能の計測による人の感覚に関する研究が活発に行われている。脳機能を計測する機器にはMRI(機能的核磁気共鳴画像法)やMEG(脳磁図), NIRS(近赤外分光法), EEG(脳波計)など様々な種類が存在する。MRIやMEGはメリットとして高い空間分解能があるが、時間分解能が低く、また身体の拘束を伴ってしまう。対して、NIRSやEEGは空間分解能が低いいため測定部位が大まかになってしまうことや脳深部の測定が困難であるというデメリットがあるが、MRIやMEGより機器が簡素でありヘッドギア状の機器を被験者に被せるだけで計測が可能のため身体の拘束を伴わない計測が可能である²⁾。そのため今回はEEGを用いた快適性評価を行う。

快適性に関連する脳部位の1つとして扁桃体があげられ、不快な状態では扁桃体が興奮するとされている。そのため、この論文ではEEGを用いることで、快適時と不快時の扁桃体周辺に違いがあると考えた。

EEGの解析には主に周波数解析が用いられている。しかし脳機能が複雑であることから、詳細な解析は難しいことがある。またEEGは時間分解能が高いが、空間分解能が低いといった問題点があげられる。そのため、直接脳内の電気活動を特定することは困難である。そこで、本研究では、ダイポールイメージングという頭皮電位から脳内の仮想表面上における等価ダイポール信号強度分布を推定し信号源を特定する手法を用いることとした。

本研究では、「ダイポールイメージングを用い、快適時と不快時の扁桃体周辺の違いから快適性評価ができる」という仮説を立てた。この検証を行うために、本検討では中温・低温・高温の3条件に室温を設定し、その時計測した脳波をダイポールイメージングによって分析した。この仮説を証明することで、ダイポールイメージングによる扁桃体の情報から、快適性を評価することができるということが明らかになる。これを応用することで、現在行われている空調環境の制御に対して、快適環境の個人差を考慮することができる。また個人差を考慮した快適性評価指標を環境制御の要素として加えることで、男女差や年齢差、運動量の違いや直前までおかれていた状況の違いによる快適性の違いに合わせた環境制御を行うことができる。それによってそれぞれの状況に合わせた快適環境を作ることができ、QOLの向上や、疲労抑制、それに伴う生産性の向上が図れると考えている。

2. 実験

2-1. 使用器具

本実験で使用した器具を以下に示す。

- (1)脳波計 (Emotiv+: EPOC社製)
- (2)温湿度計 (TM-305U: TENMARS社製)
- (3)風速計 (MT-EN1A: マザーツール社製)

2-2. 実験概要

信号源推定を行った際、快・不快の違いが扁桃体内にあるという仮説を検証するため、被験者を3種類の室温条件下におき、脳波計測・分析を行った。

本研究では湿度50%、気流速度0.1 m/sで一定とし、室温条件として低温(20°C)、中温(25°C)、高温

(30°C)の3条件を設定した。衣服は半袖長ズボン(0.54 clo)に統一し、閉眼安静状態とした。実験フローを図2に示す。実験条件にて均一に保つため、退室時間を設けた。

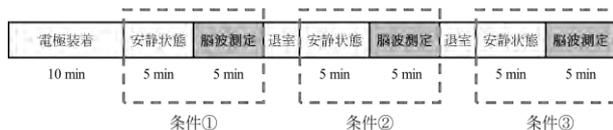


図2 実験フロー

実験は、

- (1)脳波計の装着 (10分)
- (2)条件①での閉眼安静状態 (5分)
- (3)条件①での脳波計測 (5分)
- (4)退室
- (5)条件②, ③について5分ごとに(2),(3)の繰り返し

以上(1)~(5)を行った。室温条件の順番はランダムに設定した。

3. 解析手法

頭皮電位から脳内信号強度分布を推定するため、頭部モデルを設定する。頭部モデルには、球体モデル・有限要素モデル(FEM)・境界要素モデル(BEM)があるが、FEM,BEMは各個人のMRI画像が必要であることから、本研究では頭部モデルを球体モデルとした。この頭部モデルの脳内に、仮想的にダイポール層を設置し、この層上に放射方向のダイポール信号源を複数個等間隔に設置した。脳内に発生する信号源は、その数や方向に関わらず、この層上のダイポールによって、等価的に表現できる。このダイポール層から頭皮表面までの伝達行列 L を用いて、頭皮表面の電位 Φ が観測される過程を次式よりモデル化した³⁾。

$$\Phi = L \cdot j + n \quad (1)$$

j はダイポール信号強度分布を、 n は計測雑音を表す。伝達行列 L は、頭部モデルの形状、導電率並びに電極配置により決定され、頭蓋骨の低電導特性による劣化を表す。

この式がダイポールイメージングの順問題となっている。この逆問題を解く。本研究では、最小ノルム推定法(mne)によって逆問題を解くこととした。

4. 結果

ダイポールイメージングによるシミュレーション結果を図3に示す。それぞれ低温、中温、高温条件下での結果である。この図は頭頂部から見た図であり、上が前頭部となっている。図3(b),(d)を見ると図3(c)と比べ、右中央部、扁桃体周辺に強い反応が出ている。中温と比較すると低温・高温時につまり、不快時のみ扁桃体周辺に信号源があることが考えられる。

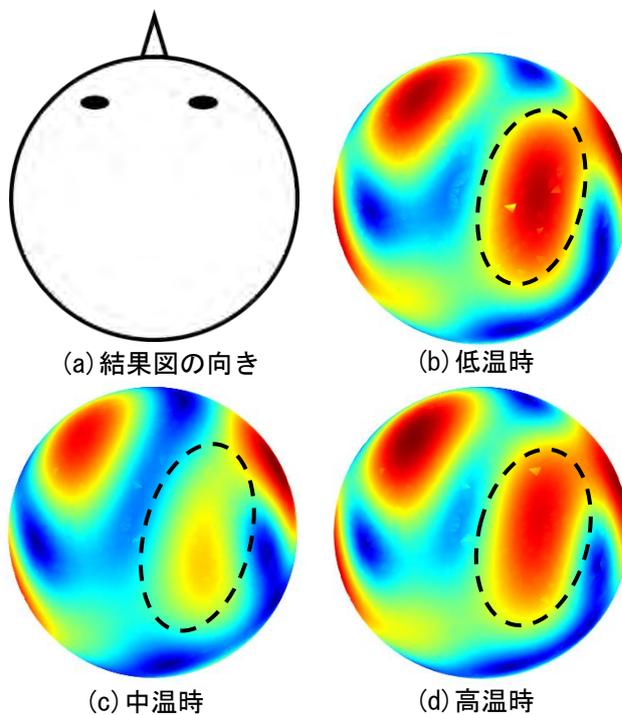


図3 シミュレーション結果

5. 考察

本検討では、ダイポールイメージングを用いた快適・不快の評価について検討した。今回のシミュレーション結果から、低温・高温状態では、扁桃体周辺において信号源が見られた。今後、現在行われている空調による環境の制御に対して個人差を考慮した快適性評価指標を環境制御の要素として加えることで、男女差や年齢差、運動量の違いや直前までおかれていた状況の違いによる快適性の違いに合わせた空調制御を行うことができると考えている。

しかし本実験ではノイズを除去するため、各室温条件の結果を加算平均している。本実験では1つの条件全体(5分)を平均しているため、細かい時間変化には対応できない可能性もある。今後、短い時間間隔で快適性評価が可能か検討していく必要があると考えている。また今回の結果では、信号源とされる部分が広く表されている。そこで今後精度向上に向け、逆問題の解法として MCE(minimum current estimation) や LASSO(least absolute shrinkage and selection operator)、階層変分ベイズ推定法といった別の手法を検討する必要があると考えている。

参考文献

- 1) Vernon,H.M: *The influence of hours of work and of ventilation on output in tinplate manufacture*, H.M. Stationery Off, London(1919).
- 2) Teodore,W.B., John,K.C., Greg,A.G., Dennis,J.M., Jose,C.P. : *Brain-Computer Interfaces: An international Assessment of research and development trend, Edition 1*, Springer Netherlands(2009).
- 3) Cuffin,BN. :EEG dipole source localization, *IEEE Eng Med Biol Mag*, Vol.17, No.5, pp.118-122(1998).

移乗作業における 2 人の介助者間の同調に関する研究 Study on Synchrony between Two Caregivers in Transfer Operation

○田河琴音*, 大石和真*, 川野常夫*

*摂南大学理工学部

TAGAWA Kotone*, OISHI Kazuma*, KAWANO Tsuneo*

*Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

1. はじめに

介護、看護における介助作業の中で被介護者や患者をストレッチャーからベッドへ、あるいはベッドから車いすへなど、体を移動させる移乗作業は、介助する側の身体的負担が大きく、他の業種に比べて腰痛の発症率が高い傾向にある¹⁾。本研究では、寝たきり、あるいはそれに近い人を 2 人で介助する場合を取り上げ、介助者間の筋活動の同調が介助者自身の作業負担を軽減させるという仮説を立て、開眼・閉眼、掛け声有り無しなどの条件のもと実験を行って検証することを目的とする。また、介助者間の脳活動の同調の特性を検討する。

2. 実験方法

本研究では、2 人の介助作業として図 1 に示すように介助対象者を床から腰の高さ(約 90cm)まで持ち上げる作業(上方移動)と図 2 に示すように介助対象者を仰臥位のまま少し持ち上げて水平移動(約 50cm)する作業を取り上げた。介助対象者としてここではダミー人形(体重 25kg, 身長 160cm)を用い、手足はベルトで固定した。図 1 の上方移動では、筋電計(DAQ Intercross 413, インタークロス製)を用いて、2 人の介助者の EMG 測定(大腿直筋, 脊柱起立筋, 撓側手根屈筋, 上腕二頭筋, いずれも右側)を 2 人同時に行った。

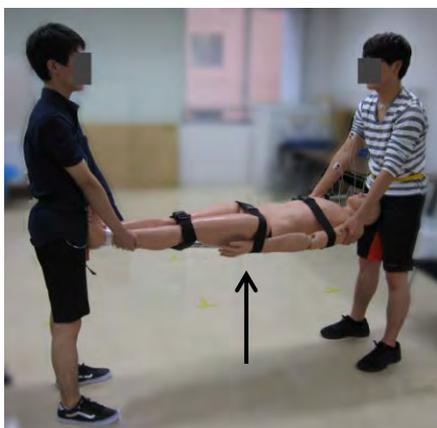


図 1 上方移動実験 (EMG 測定)

図 2 の水平移動ではウェアラブル光トポグラフィ(WOT-100, 日立製)を用いて、前額部 10 ヶ所の酸素化ヘモグロビン濃度を 2 人同時に測定した。作業中に頭が動かないように、各介助者は椅子に着席した状態で腕だけを動かすように指示した。

2 人の介助者のうちの 1 人をリーダーとし、もう 1 人をフォロワーとして、次の 5 通りの介助条件を設定した。

(条件 1) 開眼で、リーダーの「セーノ」といった掛け声に合わせて、連続にスムーズに持ち上げる。

(条件 2) 開眼で、リーダーの掛け声に合わせて、少し上げて止め、少し上げて止めるを床から腰の高さまでに 3 回繰り返す (3 段階)。

(条件 3) 開眼で、掛け声無しで、連続にスムーズに持ち上げる。

(条件 4) 閉眼で、リーダーの「セーノ」といった掛け声に合わせて、連続にスムーズに持ち上げる。

(条件 5) 閉眼で、掛け声無しで、連続にスムーズに持ち上げる。

リーダーはダミー人形の頭側(両肩)を、フォロワーは足側(足首)を把持することとする。なお、図 2 の水平移動では、各条件の「持ち上げる」は「水平移動する」に切り替える。また、水平移動では条件 2 は行わず、計 4 条件とした。

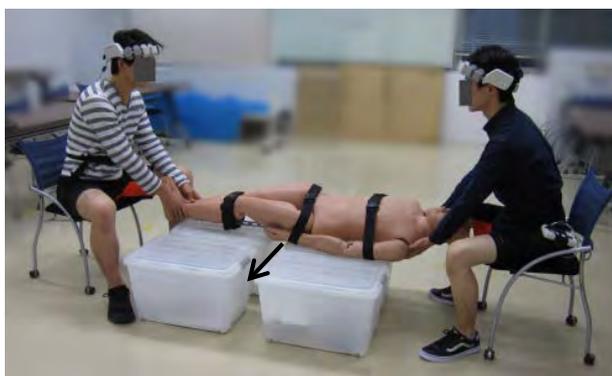


図 2 水平移動実験 (NIRS 測定)

介助者役の被験者として、男子大学生、6人にインフォームドコンセントを得た上でお願いし、リーダーとフォロワーの3組で各条件につき2回ずつ繰り返した。

3. データの処理方法

EMG データは被験者によって絶対値が異なるため、まずは作業中の同一被験者の EMG 信号の中の最大値でその被験者の全データを除し、基準化を行った。次いで作業開始から終了までの各筋肉の積分値（筋電積分値）を求め、測定した4ヶ所の筋肉の合計を算出した。さらに各条件、各組の2人の合計を求め、条件ごとの筋負担とした。

2人の筋活動の同調の程度を求めるには、4ヶ所の筋肉の整流化 EMG 信号に対して、COF=4.8Hz でローパスフィルタリング処理を行い、4ヶ所分を合計した時系列信号を得た。次いで条件ごとに2人の時系列信号間の相互相関関数を求めた。すなわち、作業条件ごとに2人の EMG 信号の同調の程度（相互相関関数）と筋負担を求めた。

脳活動の酸素化ヘモグロビン濃度については10ch分を合計しローパスフィルタリング処理（COF=0.5Hz）後、相互相関関数を求めた。

4. 実験結果

図3に上方移動作業における2人の同調の程度と筋負担の関係を示す。この図から筋電図信号の同調の程度が大きいほど、筋負担が小さくなることがわかる（ $r=-0.599$ 、中程度の相関）。

図4に上方移動作業における作業条件ごとの相互相関係数と筋負担の関係を示す。開眼でリーダーの掛け声に合わせて移動する場合は相互相関係数は最も大きく、筋負担は最も小さいことがわかる。一方、閉眼で掛け声無しの条件における作業において相互相関係数は最も小さく、筋負担が最も大きいことがわかる。

表1に水平移動作業における2人の酸素化ヘモグロビン濃度の相互相関係数を示す。表中の τ は相互相関係数が最大になるときのタイムラグを示している。開眼で掛け声ありの場合、 τ が0.6秒のときに相互相関係数が最大となっている。これはリーダーが脳活動を始めてからフォロワーが0.6秒遅れて脳活動が始まり2人の脳活動が同調したことを示している。掛け声なしや閉眼のときには、相手の動きや

表1 酸素化ヘモグロビン濃度の相互相関係数の最大値

	開眼	閉眼
掛け声あり	0.883 ($\tau=0.6$)	0.969 ($\tau=1.6$)
掛け声なし	0.909 ($\tau=1.0$)	0.907 ($\tau=1.2$)

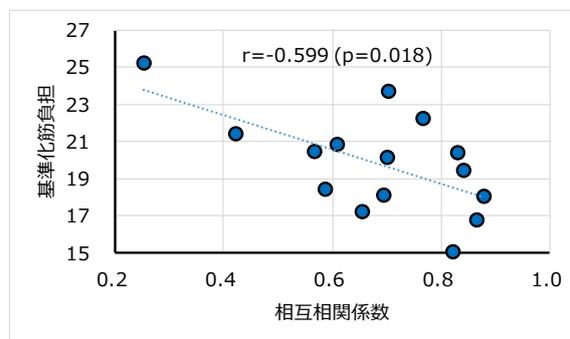


図3 相互相関係数（同調の程度）と筋負担

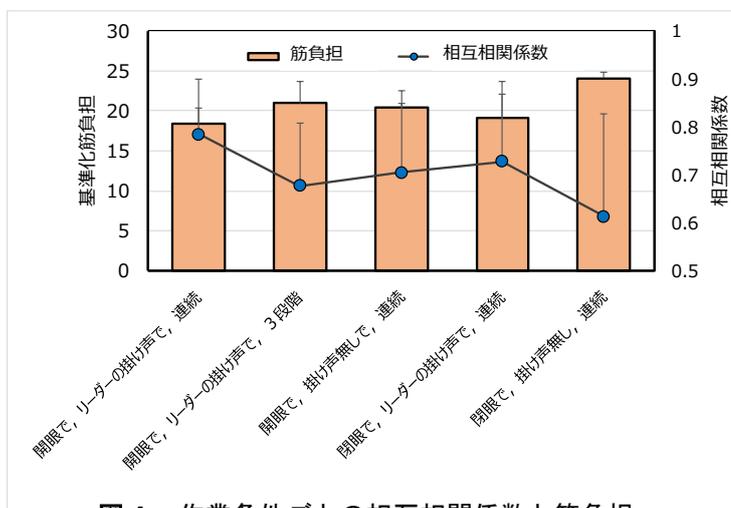


図4 作業条件ごとの相互相関係数と筋負担

ダミー人形の動く感覚によってしか脳活動がはじまらないため、 τ の値が大きくなっていることがわかる。

5. おわりに

介護や看護の移乗作業における2人の介助者間の同調と負担の関係について、移乗作業の基本動作に対して開眼・閉眼、声掛けなどの条件のもと筋活動と脳活動の2人同時計測を行った。その結果、2人の筋活動が同調するほど、2人の筋負担が小さくなることがわかった。脳活動においては、声掛けによって2人の脳活動がより早く同調することがわかった。

参考文献

- 1) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, ほか6名, 「介護者のための腰痛予防マニュアルー安全な移乗のためにー」, 労働安全衛生研究, 1-3(2008), pp.255-265.

足裏の部分を押圧するインソールが自律神経に与える影響

Effect of Insoles Depressing the Parts of Feet Bottom on Autonomic Nervous System

○大石和真*, 田河琴音*, 川野常夫*

*摂南大学理工学部

OISHI Kazuma*, TAGAWA Kotone*, KAWANO Tsuneo*

*Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

1. はじめに

間違った靴行動（靴を選んで履くなど、靴に関わる行動）をすることで、足の疲労や痛み、変形などのトラブルが生じたり、怪我の原因となったりする恐れがある¹⁾。そのためにインソールの開発が進められてきた。インソールは、靴の中敷きに凹凸をつけ、人間の土台となる足の肢位や使い方に変化を与えるものである²⁾。筆者らはインソールの開発において、インソールの凹凸が利用者の自律神経に関連があることを経験的に把握していた。本研究ではインソール上で着席・起立することにおいて HRV を測定し、凸部付きのインソールにより足裏の部分を押圧することによる自律神経への影響を明らかにする。

2. 実験方法

図1に実験に用いたインソールを示す。足型の平坦なインソール上の土踏まずの部分と足ツボの湧泉、失眠と呼ばれる部分に半球状の凸部を配置した。材質は合成ゴムとした。

図2に足裏を押圧する凸部の形状を示す。土踏まず用として、高さが15mmと10mmの2種類を用意

した。湧泉と失眠用は高さを10mmとした。

図3に心拍変動（HRV）の測定姿勢を示す。図(a)に示すように椅子に着席して両足を図1のインソール上に置き、安静状態を維持する。インソールは床上に置き、靴は履かない状態とする。図(b)の立位姿勢は同様に両足をインソール上に置き、安静状態を維持する。測定時間は着席状態と立位状態のそれぞれにおいて5分間とした。

測定条件として次の8通りを取り上げ、測定順序はランダムとした。

(条件1) 着席状態で、インソール無し

ここで、「インソール無し」は凸部のないインソールを意味し、平らなインソール上に足を置いた状態とする。

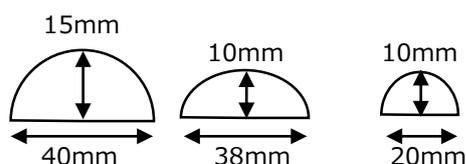
(条件2) 着席状態で、土踏まず（高さ10mm）のインソール使用

(条件3) 着席状態で、土踏まず（高さ15mm）のインソールを使用



(a)土踏まず用凸部 (b)湧泉・失眠用凸部

図1 実験に用いたインソール



(a)土踏まず用凸部 (b)湧泉・失眠用凸部

図2 足裏を押圧する凸部の形状



(a)着席姿勢

(b)立位姿勢

図3 HRV測定姿勢

(条件4) 着席状態で、湧泉と失眠のインソールを使用

(条件5)～(条件8)は条件1～4の着席状態を、立位状態に切り替えた条件とした。

被験者は学生14人(21～22歳)とし、インフォームドコンセントを得た上で実施した。HRVの測定は、心電計(DAQ Intercross 413, インタークロス製)を用いてNASA誘導により行った。

データ処理については、HRV測定から得られたLF成分とHF成分の比(LF/HF, ストレス指標)を測定開始後2分から5分までの3分間の合計を求めた。被検者間の差を考慮し、インソール無しの条件時のLF/HFの合計値を100%として基準化を行った。

3. 実験結果

図4に土踏まずを押圧する各条件のストレス指標の比較を示す。ストレス指標を全被験者について検討した結果、凸部の高さが10mmのほうがストレス指標が小さくなる被験者と凸部の高さが15mmのほうがストレス指標が小さくなる被験者におおよそ2分された。これは凸部の高さによって刺激の大きさが異なり、被験者によって適度な高さが存在するものと考えられる。図4はストレス指標が減少した条件ごとに集計した。ただし、被験者の中には、両方の高さにおいてストレス指標が減少したケースや両方の高さにおいて上昇したケースが見られた。その場合は、小さいほうの値を算入した。

図4から土踏まずを押圧することによってストレス指標が減少することがわかる。押圧する強さも人によって適度な大きさがあることも示唆される。

図5に湧泉、失眠のツボを押圧する条件におけるストレス指標を示す。この条件においては明確な傾向が認められなかった。被験者によっては痛みを訴えており、ストレス指標が大きくなったものと考えられる。

4. おわりに

足裏には多くのツボがあり、その効果については諸説があるが、本研究ではHRVを測定し、凸部付きのインソールにより足裏の部分(土踏まず、湧泉、失眠)を押圧することによって、自律神経への影響

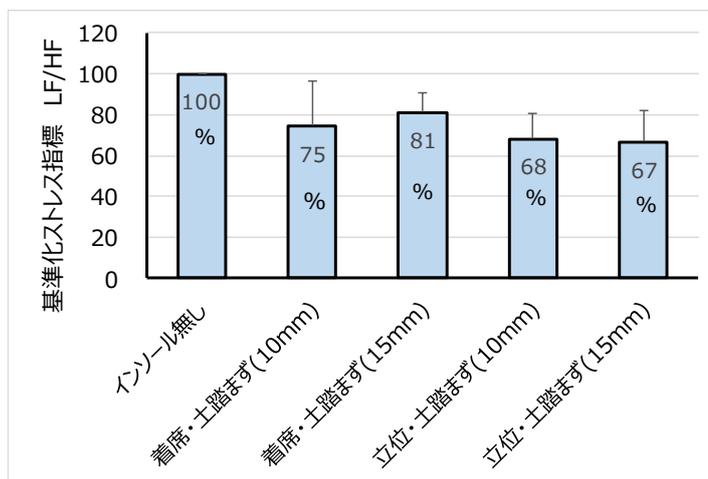


図4 土踏まずを押圧する各条件のストレス指標

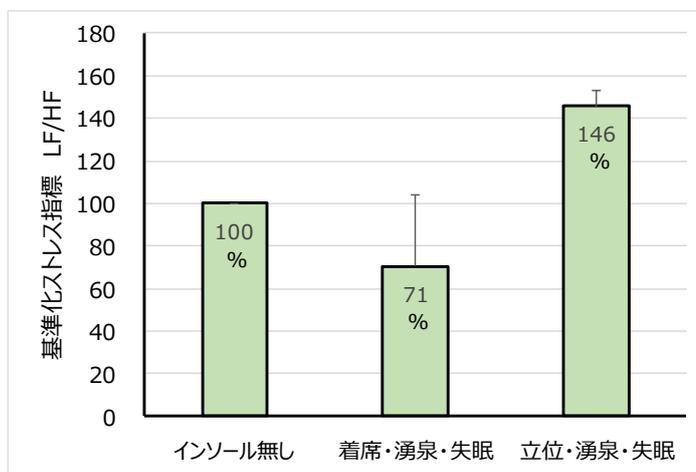


図5 湧泉、失眠のツボを押圧する条件のストレス指標

を調べた。その結果、土踏まずを押圧する場合に交感神経指標(ストレス指標)が抑えられることが分かった。昨今、足のアーチを形成するための硬質のインソールが市販されているが、それを使用することによってストレスが軽減される可能性が示唆された。

今後、押圧力とストレスの関係、他の押圧部分の特性などを明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 吉村真由美:子どものための靴教育・シューエデュケーション®, 人間生活工学, 14(2),(2013),pp.19-24.
- 2) 入谷誠:生活を支えるインソールの工夫, 理学療法学, 41(8),(2014),pp.505-510.

青年女子を対象とした冬期の睡眠と寝室温熱環境の実測調査

Survey of Bedroom Thermal Conditions and Sleeping for Young Women in Winter

○南風香*, 久保博子*
 *奈良女子大学
 MINAMI Fuka*, KUBO Hiroko*
 *Nara Woman's University

1. 研究背景・目的

睡眠は健康を維持する上で重要であり、1 日のうち約 1/3 の時間を占める。快適な睡眠を得るには寝室環境の調整が不可欠であり、温熱・光・音は、睡眠に影響を及ぼす三大要素といわれている。なかでも特に温熱環境が与える影響は大きいことが明らかになっている¹⁾。日本の冬期は寒冷であり、睡眠中の環境の調節にはエアコン暖房の使用も増加している。しかし暖房を使用した場合に乾燥を感じるなど問題点もあり快適な環境調節は難しい。また一般住宅での温熱環境の実測調査は数多く行われているが、その環境における生理反応を含めた睡眠環境の検討を行なっている研究は少ない。そこで冬期の温熱環境の実測調査を行い睡眠への影響について検討した。

2. 研究方法

冬期（2019 年 2 月～3 月）青年女子 5 名を対象者とし、各自自宅において寝室枕元温度を冬期 3 日間計測した。就寝中に暖房を運転する日（暖房あり条件）、暖房を運転しない日（暖房なし条件）の 2 条件を設定し順応夜を含め 3 晩連続で就寝中とその前後で環境・生理量・心理量の計測をした。調査概要を表 1 に実験手順を図 1 に、被験者ごとの暖房設定温度、着衣量を表 2 に示す。就床時刻は、23～23 時頃とし 7～9 時間の睡眠をとらせた。また、倫理指針に基づき書面で同意を得た。

3. 結果

3.1 睡眠中の温熱環境と申告の関連

図 2 に被験者ごとの枕元温湿度を条件別に、図 3 に枕元温度と起床時温冷感申告の関連、図 4 に終夜平均枕元湿度と起床時の乾燥感の申告の関係を示す。住宅熱環境基準値は冬期寝室温度 $18 \pm 3^{\circ}\text{C}$ である²⁾。暖房なし条件では、起床時にかけて温度が低下し sub. 4 の最低温度は 14.8°C と低かったが終夜平均枕元温度は基準値内であった。暖房あり条件では終夜平均枕元温度が 24°C になっているものもあり、やや暑い環境になっていたと考えられる。また条件で比

表 1 調査概要

期間	2020年2月26日～3月6日(うち3日間)		
場所	被験者自宅		
被験者	健康な青年女子5名		
条件	温熱条件	case.1	終夜暖房使用 (被験者が選択した設定温度)
		case.2	暖房不使用

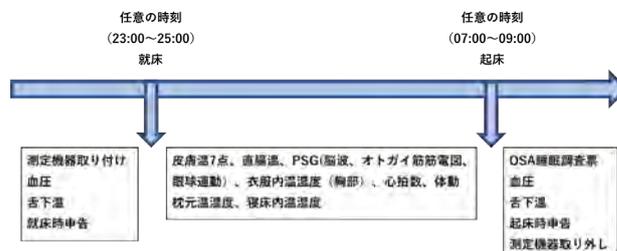


図 1 実験手順

表 2 暖房設定温度、着衣量

	sub.1	sub.2	sub.3	sub.4	sub.5
設定温度 (°C)	20	23	23	20	23
着衣量 (clo)	0.59	0.37	0.54	0.53	0.48

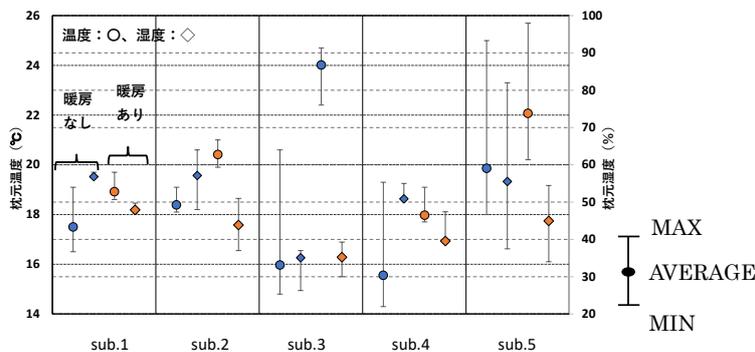


図 2 枕元温湿度

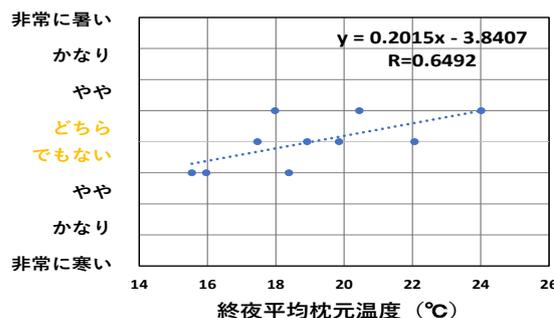


図 3 枕元温度と起床時温冷感

較すると終夜平均枕元湿度は暖房あり条件で 35～47%と低めの環境となっていた。起床時も暖房ありの条件の方が「乾いている」側の申告となっており乾きを感じていたと考えられる。

3.2 睡眠中の皮膚温

図 5 に sub. 3 の睡眠中の皮膚温（前額）の経時変動を、図 6 に起床時の部位別温冷感申告を全被験者平均値 (n=5) で条件別に示す。暖房なし条件の前額皮膚温は、暖房あり条件に比べ、低く推移しておりこの傾向は sub. 2 でも見られた。また起床時申告の全被験者平均値は頭部のみが涼しい側の申告であり、頭部は布団から露出した部位であるため睡眠中の室内温度の影響を受けやすかったと考えられる。

3.3 「快適、不快」「暑さ、寒さ」申告の関連

図 7 に起床時の昨夜の室内環境申告の「暑さ、寒さ」の項目と「快適、不快」の関係を示す。不快側の申告となっている時、暑さ、寒さの申告はどちらでもない、やや暑い申告であったが快適側の申告では、暑い、寒いどちら側の申告もみられ、暑さ、寒さを快適、不快どちらと感ずるかは個人の好み、許容によって異なっていたと考えられる。

3.4 主観的な睡眠感

図 8 に起床時に室内環境を快適側で申告した群、どちらでもないで申告した群、不快側で申告した群にわけて OSA 睡眠調査票の得点を示す。寝つきの項目ではどちらでもないで申告した群の得点が最も高くなっていたが、ほかの項目では快適群が不快、どちらでもないと申告した群よりも得点が高くなっており快適な環境での睡眠が主観的な睡眠感を良くすることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、冬期の温熱環境が睡眠に与える影響を明らかにすることを目的とし実測調査を行った。睡眠時の枕元湿度は、暖房使用でやや暑い環境もあったが、住宅熱環境基準値の範囲内であった。個人により暑さ、寒さの快適さは異なっており、快適と感じる室内環境での睡眠が主観的な睡眠感の向上につながることを示唆された。

参考文献

- 1) 長澤夏子, 山口莉加他, 居住環境における健康維持増進に関する縦断調査 住まいの満足とストレス・腰痛の構造モデルによる因果構造、日本建築学会環境系論文集、第 80 巻第 709 号、pp. 279-288 (2015)
- 2) 川島美勝：高齢者のための建築環境、p58, 彰国社(1994)

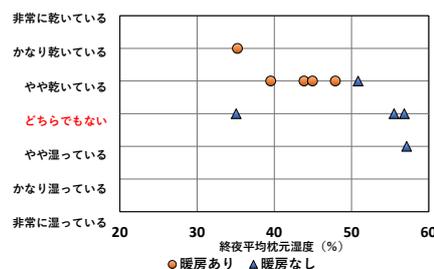


図 4 枕元湿度と乾湿度

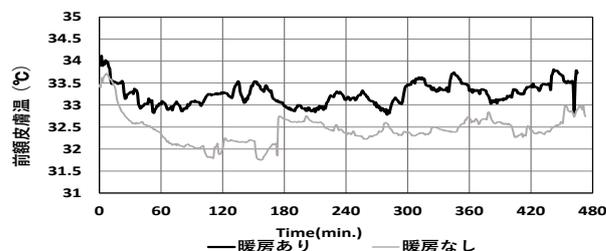


図 5 前額皮膚温

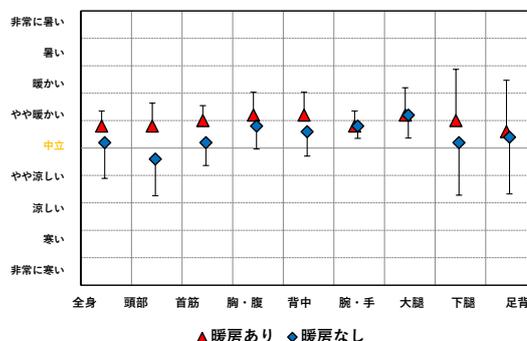


図 6 部位別温冷感

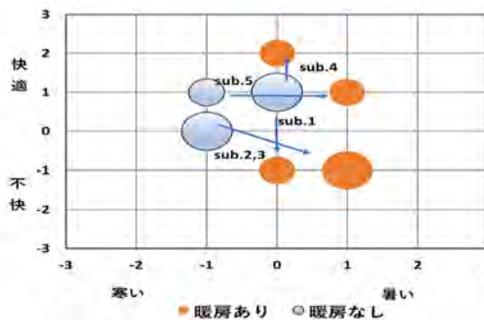


図 7 起床時温冷感と快適感

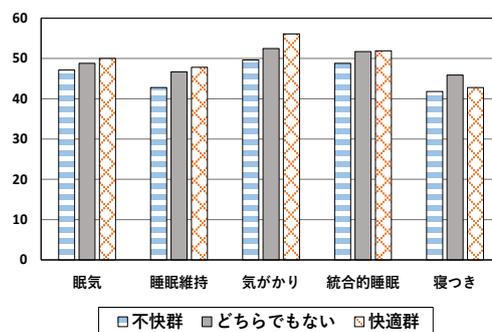


図 8 OSA 睡眠調査票得点

16:00 ~ 17:30

■ B3 デザイン・感性

座長 平田一郎（兵庫県立工業技術センター）

B3-1 牛乳パックの定量的評価の提案

○目黒伶奈, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-2 統計手法を用いた公衆トイレの外観イメージ分析

○奥野梨奈, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-3 視覚, 聴覚および触覚が心理的距離に与える影響

○高島由衣, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-4 健康意識度とボトル入りミネラルウォーターパッケージデザインの関連性

○重本千夏, 山岡俊樹（京都女子大学）

B3-5 化粧水のパッケージと選好の関係性

○木村友音, 山岡俊樹（京都女子大学）

牛乳パックの定量的評価の提案

Proposal for Quantitative Evaluation of Milk Packs

○目黒伶奈*, 山岡俊樹**

京都女子大学

MEGURO Rena*, YAMAOKA Toshiki**

Faculty of Home Economics, Kyoto Women's University

1. はじめに

本論文では牛乳パックをデザイン性・分かりやすさの観点から評価する際に重要な要素について SCT を用いて調べる。分かりやすさとは牛乳パックを見て中身の特徴などが想像できるかどうかを意味する。

昨今は物が溢れ製品が複雑化しており質が高いだけでは物足りない世の中になってきた。そこで消費者が初めに目にするパッケージに注目した。パッケージについて SCT をもとに客観的に評価し、デザイン性・分かりやすさのために必要な要素を検討する。

本論ではまず SCT を用いたアンケートを行った。協力者は 20 代女性、15 名。対象物となる牛乳パックは 5 つ（明治おいしい牛乳、雪印メグミルク、HOKKAIDO SAROBETSU PREMIUM LOW FAT MILK、農協牛乳、蒜山ジャージー牛乳）である。これらの牛乳パックを見て、デザイン性・分かりやすさの観点から良い、または悪いで評価してもらった。その理由となる部分はあらかじめ選択肢を用意し、その中から回答してもらった。この結果をデザイン性・分かりやすさそれぞれの評価ごとに集計した。パッケージに含まれる要素について客観的に評価するため、集計結果をもとに FCA、コレスポネンス分析、クラスター分析及び ISM を行った。詳細は 2 章以降で説明する。

2. FCA (Formal Concept Analysis)

(1) 目的

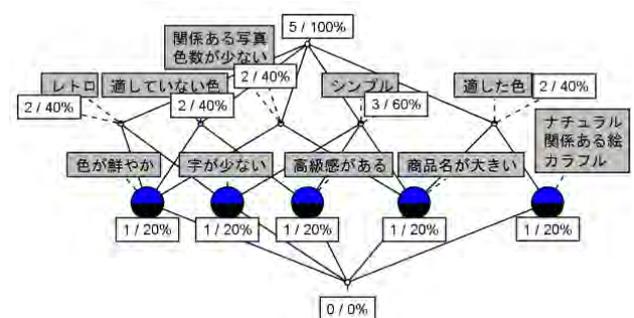
牛乳パックとパッケージに含まれる要素の概念構造を図式化する。FCA では要素がいくつの牛乳パックを包含しているのかが分かるため、影響力の大き

い要素が分かる¹⁾。

(2) 結果・考察

アンケートの集計結果を FCA によって分析した。デザイン性-良い、の評価には「シンプル」が最も影響していた。分かりやすさ-良い、の評価には「商品名が大きい」「関係がある写真を使っている」「色数が少ない」「シンプル」が大きく影響していた。分かりやすさ-悪い、の評価には「味についての言及がない」「関係のない絵が使われている」「字数が多い」「適さない色が使われている」が大きく影響していた（図 1）。

デザイン性-良いという評価に影響を与えていたのは「シンプル」の 1 項目だけであった。よって非常に重要な要素であると考察する。分かりやすさ-良いという評価には「関係がある写真をつかっている」、分かりやすさ-悪いという評価には「関係のない絵が使われている」という要素が大きく影響していた。二つの要素は反対の意味である。よって分かりやすさに関する評価には関係のある絵や写真が使われていることが非常に重要であると考えられる。



3. コレスポネンス分析・クラスター分析

図 1 FCA (デザイン・良い)

(1) 目的

コレスポネンス分析をすることによりデータから項目の類似性を解析することが可能である。クラスター分析では項目をグループ化する。コレスポネンス分析とクラスター分析を用いて、関係性の強い要素と牛乳パックをグループ化する。

(2) 結果・考察

アンケートの集計結果をコレスポネンス分析で解析した。その結果をクラスター分析にかけてグループ分けをした。分かりやすさ-良い、の評価ではおいしい牛乳とジャージー牛乳が同じグループであった。そのグループには「高級感」「シンプル」という要素が関係していた。分かりやすさ-悪い、の評価ではジャージー牛乳は別の牛乳パックとは同じグループにならず、「商品名が小さい」「シンプル」「適していない色」という要素と関係していた(図2)。

デザインが良いという評価では「シンプル」という点でおいしい牛乳と同じグループになったと考察する。しかしデザイン-悪い、の評価でもジャージー牛乳は「シンプル」という要素と同じグループになっていた。よって「シンプル」を構成している何かしらの要素を見てジャージー牛乳はデザイン性が悪いと評価されたと考察する。

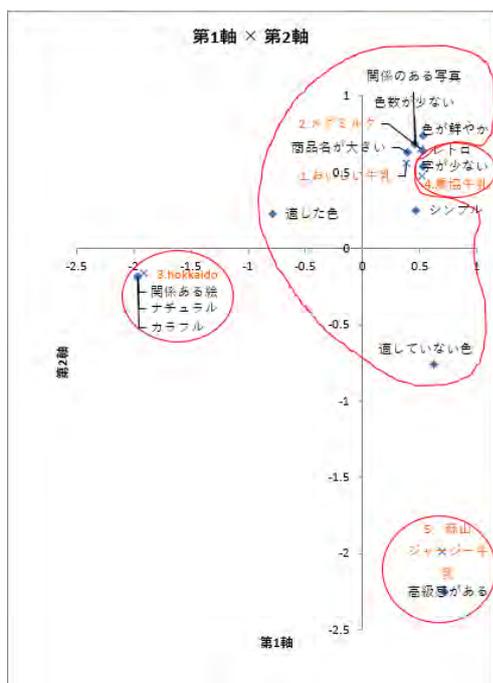


図2 コレスポネンス分析(デザイン・良い)

4. ISM (Interpretive Structural Modeling)

(1) 目的

評価項目同士の関係にある基準に基づき評価し、そのデータをISMで図式化した。要素同士の関係を図式化し、全体像を一目で把握する。

(2) 結果・考察

デザイン性-良い、の評価においてシンプルという要素は「色数が少ない」「字数が少ない」から矢印が向いていた。分かりやすさ-良い、の評価では「字数が少ない」「色数が少ない」絵や写真がない」という要素から矢印が向いていた(図3)。

デザイン性・分かりやすさ、それぞれのISMの結果を比べると、「シンプル」の構成要素は分かりやすさの観点では「絵や写真がない」という要素があり、デザイン性にはなかった。よって、分かりやすさの観点からみた「シンプル」には「絵や写真がない」という要素も含まれている。

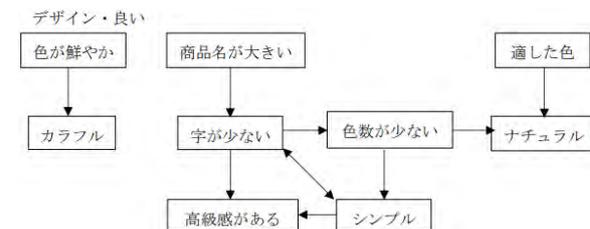


図3 ISM(デザイン・良い)

5. まとめ

FCAでは要素の影響力を分析した。コレスポネンス分析とクラスター分析では評価ごとのグループ構成の違いを考察することにより、要素に対する意識の違いを知ることができた。ISMでは評価ごとに要素の関係性を見た。これらの分析方法を使うことにより、評価ごとの要素の働きや関係性を知ることができた。

参考文献

1) 鈴木治, 室伏俊明: 形式概念分析-入門・支援ソフト・応用-, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.19, No.2, pp.103-142 (2007)

統計手法を用いた公衆トイレの外観イメージ分析 Analysis of public restroom exterior by using statistical method

○奥野梨奈*, 山岡俊樹**

*京都女子大学 家政学部

OKUNO Rina*, YAMAOKA Toshiki**

*Faculty of Home Economics, Kyoto Women's University

1. はじめに

2020 年 8 月から渋谷区に個性的な公衆トイレが続々と開設されている。それらは日本財団が主催する“THE TOKYO TOILET”のプロジェクトによって建設された公衆トイレである。本論文ではそれらの公衆トイレに対してユーザが感じるイメージを探り、公衆トイレのイメージを左右する要素を明確にする。

2. 目的

“THE TOKYO TOILET”のプロジェクトによって建設された公衆トイレの外観イメージを調査してコレスポンデンス分析、クラスター分析、因子分析及びFCA (Formal Concept Analysis) を用いて分析し、公衆トイレの外観デザインがユーザに与える影響を構造的に理解することが目的である。なお、今回の分析ではあくまでもユーザが公衆トイレの外観に対して感じるイメージを分析するため、内装の写真は提示せず調査をおこなった。

3. イメージ調査 1

3-1. 方法

Google フォームにて、学生と社会人を含めた 20 代女性 28 名に“THE TOKYO TOILET”に関する公衆トイレの外観イメージ調査 1 をおこなった。評価対象の公衆トイレは全部で 6 つ(A:神宮通公園トイレ, B:西原一丁目公園トイレ, C:恵比寿公園トイレ, D:東三丁目公衆トイレ, E:恵比寿公園トイレ, F:代々木深町小公園トイレ)である。それらの評価対象について「美しい」「不思議」「危険そう」など、全 25 つの形容詞の中から外観イメージに最も当てはまるものを 1 つずつ選択してもらった。

3-2. 結果・考察

全体的に「興味をそそられる」という回答が多く見られた。それぞれの公衆トイレに対するイメージの回答数上位 1 位を見ていく。A:神宮通り公園トイレは「興味をそそられる」(9 回答), B:西原一丁目公園トイレは「清潔感がある」(8 回答), C:恵比

寿公園トイレは「危険そう」(12 回答), D:東三丁目公衆トイレは「興味をそそられる」(8 回答), E:恵比寿公園トイレは「お洒落」(10 回答), F:代々木深町小公園トイレは「危険そう」(11 回答)であった。

続いて、詳しく分析していくためにコレスポンデンス分析とクラスター分析をおこなったところ、大きく 5 つのグループに分けることができた。

グループ I は A:神宮通公園トイレで、形容詞は「安全そう」「興味をそそられる」「まとまりがない」。グループ II は D:東三丁目公衆トイレで、形容詞は「怖い」「空間との調和を損なう」「暑い感じ」。グループ III は C:恵比寿公園トイレと F:代々木深町小公園トイレで、形容詞は「不思議」「危険そう」「美しい」「冷たい感じ」「単に形をいじくっている感じ」。グループ IV は E:恵比寿公園トイレで、形容詞は「お洒落」「高級感がある」「温かい」。グループ V は B:西原一丁目公園トイレで、形容詞は「清潔感がある」「空間と調和している」。

それぞれの公衆トイレに対してユーザが感じるイメージを掴むことは出来たが、さらに詳しく総合的に分析するために調査 2 をおこなうことにした。

4. イメージ調査 2

4-1. 方法

Google フォームにて学生と社会人を含めた 20 代女性 16 名に“THE TOKYO TOILET”に関する公衆トイレの外観イメージ調査 2 をおこなった。評価対象はイメージ調査 1 で用いた公衆トイレに加え、欧米の公衆トイレなど全部で 9 つ(A:神宮通公園トイレ…G:一般的な日本の公衆トイレ, H:ロングウッド庭園のトイレ, I:サンフランシスコの公衆トイレ)である。評価対象を増やした理由は、他の一般的な公衆トイレや海外の公衆トイレと比較することにより新たな発見があるのではないかと考えたからである。評価対象について 8 つの形容詞(安全そう、清潔感がある、存在感がある、斬新な、周囲の空間と調和している、魅力を感じる、開放的イメージ、温かい感じ)を用いた 5 段階評価をおこなってもらった。

また、その公衆トイレを利用したいか、利用したくないかを回答してもらった。

4-2. 結果・考察

5 段階評価の平均値をもとに因子分析をおこない、バリマックス回転をかけて固有値スクリープロットをもとに因子 1 と因子 2 に絞った。因子 1 の寄与率は 49.73% で上位の変数は「魅力を感じる」の 0.96, 「安全そう」の 0.92, 「清潔感がある」の 0.86, 「温かい感じ」の 0.85 が続いた。因子 2 の寄与率は 34.43% で上位の変数は「斬新な」の 0.95, 「存在感がある」の 0.92 が続いた。

因子 1 の上位 4 つ(「魅力を感じる」, 「安全そう」, 「清潔感がある」, 「温かい感じ」)を『信頼度』とし、因子 2 の上位 2 つ(「斬新な」, 「存在感がある」)を『注目度』とした。

このことからユーザが公衆トイレに対して感じるイメージの軸となる観点は『信頼度』と『注目度』の 2 つであると考えられる。

5. 公衆トイレの外観イメージの軸と利用したい率との関係

これまで公衆トイレの外観に対してユーザが感じるイメージを分析し、その結果公衆トイレの外観イメージを左右する要因が『信頼度』と『注目度』であることが判明した。ここからはそれらの基準をもとに利用したい率の高い公衆トイレはどれほどその要素を満たしているのか、反対に、利用したい率の低い公衆トイレはどれほどそれらの要素を満たしていないのかを見ていく。なお、それぞれの数値は 5 段階評価の平均値をもとに判断している。

はじめに、利用したい率の高い公衆トイレを 3 つ紹介する。1 位は利用したい率 100% の H: ロングウッド庭園のトイレで『信頼度』『注目度』においてほぼ全ての項目が 4 以上であったが、『注目度』の要素の「斬新な」のみ 3.9 と、4 未満であった。2 位は利用したい率 94.7% の E: 恵比寿公園トイレで、『信頼度』の要素は全て 4 以上であるが『注目度』の要素は「存在感がある」が 3.8, 「斬新な」が 3.5 であった。3 位は利用したい率 78.9% の B: 西原一丁目公園トイレで『信頼度』の要素の中の「清潔感がある」のみ 4 以上でその他はほとんどが 3 以上、唯一『注目度』の要素の「斬新な」が 2.6 と、3 未満であった。

次に利用したい率の低い公衆トイレを 3 つ紹介する。1 位は利用したい率 10.5% の G: 一般的な公衆トイレで、『信頼度』『注目度』の要素のほとんどが 2 未満で、2 以上は「安全そう」の 2.5 と「温かい感じ」の 2.2 のみ。中でも最も低かった数値は『注目度』

の要素の「斬新な」で、1.1 であった。2 位は利用したい率 26.3% の F: 代々木深町小公園トイレで、『注目度』の要素の「存在感がある」「斬新な」は 4 以上であるものの、その他は 4 未満であった。3 位は利用したい率 36.8% の D: 東三丁目公衆トイレで、先ほどと同じく『注目度』の要素は 4 以上であるが、『信頼度』の要素の「清潔感がある」のみ 3 で、その他は 3 未満であった。

6. 公衆トイレの外観イメージを表す形容詞同士の関係

5 段階評価の平均値をもとに平均未満を 0, 平均以上を 1 とし FCA をおこなった。

ハッセ図からは「周囲の空間と調和している」と「斬新な」が対になっていること、「清潔感がある」と「魅力を感じる」が似たような意味を持つことなどが読み取れた。また、因子分析では重要度の低かった「周囲の空間と調和している」が FCA の分析では影響力の高い要素であるとわかった。

次に、それぞれの形容詞の包含関係を見ていく。「清潔感がある」は「周囲の空間と調和している」「魅力を感じる」に包含されている、「斬新な」は「存在感がある」に包含されている、「魅力を感じる」は「清潔感がある」「周囲の空間と調和している」に包含されていることがわかった。

続いて、それぞれの形容詞の関係が深い組み合わせを見ていく。「清潔感がある」「周囲の空間と調和している」「魅力を感じる」の 3 つの形容詞の組み合わせ及び、「存在感がある」「斬新な」の 2 つの形容詞の組み合わせはそれぞれ 100% 同時に選ばれていることがわかった。

7. 結論

公衆トイレの外観イメージ調査及び分析によってイメージを決定付ける要となる軸が『信頼度』と『注目度』であることがわかった。

公衆トイレは日本各地に存在し、誰もが 1 度は利用したことがあるといっても過言ではないほど人間の生活に密着している。公衆トイレをより良いものしていくことは、人間の生活をより豊かにしていくことに繋がるだろう。今後、『信頼度』と『注目度』のバランスが取れた公衆トイレが数多く建設されていくことを望む。

参考文献

1) THE TOKYO TOILET : <https://tokyotoilet.jp/> (最終アクセス : 2020/11/1)

視覚，聴覚および触覚が心理的距離に与える影響 Effects of sight, hearing and touch on psychological distance

○高島由衣*, 山岡俊樹**

*京都女子大学 家政学部

TAKASHIMA Yui*, YAMAOKA Toshiki**

*Faculty of Home Economics, Kyoto Women's University

1. はじめに

モノと人間との関係を示す尺度として心理的距離感という指標がある。価値中心のデザインが主流となる 21 世紀で求められる温かいデザインでは、心理的距離感が近いことは重要な要素となる¹⁾。

人間は、至近距離にある対象物に対しては、視覚、聴覚、嗅覚および皮膚感覚のすべてが反応し、距離が離れるにつれて、嗅覚と皮膚感覚、聴覚の順に抜け落ちていく。このように、人間の感覚と距離は密接な関係にあるという²⁾。身近なモノに対する心理的距離が近い¹⁾という傾向から、心理的距離においても感覚が影響していると考えられる。

2. 目的

本研究では、人間がモノおよび空間との間に感じる心理的距離において、視覚、聴覚および触覚はどのように影響しているのかを明らかにする。

3. 調査方法

モノのオブジェクト 9 個、空間のオブジェクト 9 個の写真を示し、4 つの項目で評価をしてもらった。

オブジェクトは、Edward T. Hall が提唱するパーソナルスペースの距離を基準に、該当するモノおよび空間を選出した。モノのオブジェクトにおいて、Hall の密接距離に近いモノとして万年筆、傘およびスマートフォン、個体-社会距離に近いモノとしてテレビ、スピーカーおよび洗濯機、社会-公衆距離に近いモノとして掛け時計、部屋の照明および植木を選出した。空間のオブジェクトにおいて、密接-個体距離に近い空間として銭湯、ベーカリーおよび電車の車内、社会距離に近い空間として美術館、植物園および電柱のある道路、公衆距離に近い空間としてコンサートホール、映画館および鉄道の駅のホームを選出した。

これらの 18 個のオブジェクトに対し感じる視覚、聴覚および触覚の 3 段階評価（感じる：2 点、少し

感じる：1 点、感じない：0 点）、心理的距離の 5 段階評価（非常に近い：5 点、近い：4 点、普通：3 点、遠い：2 点、非常に遠い：1 点）を行ってもらった。

調査協力者は 41 名で、うち男性 24 名、女性 17 名、年代別では 20 代 9 名、30 代 9 名、40 代 7 名、50 代 10 名、60 代以上 6 名であった。

4. 結果・考察

結果を表 1, 2 に示す。

表 1 モノのオブジェクトに対する評価

距	オブジェクト	視覚	聴覚	触覚	心距
近	万年筆	1.39	0.56	1.80	3.76
近	傘	1.34	0.95	1.56	3.54
近	スマートフォン	1.83	1.51	1.59	4.22
中	テレビ	1.80	1.32	0.44	3.32
中	スピーカー	1.17	2.29	0.78	3.37
中	洗濯機	1.17	1.63	1.15	3.39
遠	掛け時計	1.71	0.90	0.07	3.07
遠	部屋の照明	1.54	0.07	0.27	3.44
遠	植木	1.76	0.93	1.24	3.83

表 2 空間のオブジェクトに対する評価

距	オブジェクト	視覚	聴覚	触覚	心距
近	銭湯	1.59	1.51	1.73	3.46
近	ベーカリー	1.83	1.05	1.29	3.98
近	電車の車内	1.61	1.39	1.34	3.27
中	美術館	1.83	0.71	0.37	3.27
中	植物園	1.90	1.44	1.29	3.41
中	電柱のある道路	1.37	0.22	0.24	2.37
遠	コンサートホール	1.76	1.80	0.73	3.15
遠	映画館	1.78	1.80	0.63	3.39
遠	鉄道の駅のホーム	1.61	1.68	0.73	3.12

このデータに対し、下記の分析を行った。

(1)ブール代数アプローチ (表 3)

オブジェクトを利用する際の距離感を基準に 4 つのグループに分けた。密接距離に近いモノをグループ 1, 個体距離から公衆距離に近いモノをグループ 2, 密接-個体距離に近い空間をグループ 3, 社会距離から公衆距離に近い空間をグループ 4 とした。視覚を A, 聴覚を B, 触覚を C とし, 計算を行った。ここから, 各グループのオブジェクトが認識される際に強く知覚された感覚を導き出した。

表 3 オブジェクト群に対し強く知覚する感覚

グループ	必須項
グループ 1	abC+ABC 触覚 または 視・聴・触覚を感じる
グループ 2	Ab+aB+Ac または Ab+aB+Bc 視覚 または 聴覚を感じる
グループ 3	AbC+aBC 視・触覚 または 聴・触覚を感じる
グループ 4	c+AB 視・聴覚を感じる

利用距離が近いグループ 1, 3 では, 触覚を強く感じていることがわかる。スマートフォンは視覚, 聴覚および触覚すべてを感じるモノであり, ベーカリーは視覚および触覚を強く感じる空間と言えるだろう。利用距離が遠いグループ 2, 4 では, 視覚および聴覚を強く感じており, 触覚は弱い。スピーカーは聴覚を強く感じるモノであり, 美術館は視覚情報が強い空間と言えるだろう。冒頭に述べた感覚と距離の密接な関係を振り返る。触覚はその記述の通り, 至近距離では知覚でき, 遠距離になればその感覚は抜け落ちていく結果となった。しかし, 視覚と聴覚はその限りではないことがわかる。

(2)重回帰分析 (表 4, 5)

モノと空間のオブジェクト群に分けて重回帰分析を行った。各オブジェクト群の視覚, 聴覚および触覚を説明変数, 心理的距離を目的変数とした。

表 4 モノ群における重回帰分析結果

R ²	0.7945	
	標準偏回帰係数	P 値
視覚	0.4937	0.0718
聴覚	0.0498	0.8243
触覚	0.8587	0.0093

空間の分析結果においては多重共線性が起こってしまったため, 説明変数から聴覚を取り除き再度重回帰分析を行った。

表 5 空間群における重回帰分析結果

R ²	0.8066	
	標準偏回帰係数	P 値
視覚	0.6338	0.0134
触覚	0.5256	0.0283

モノにおいても空間においても, 心理的距離は視覚および触覚による影響が大きい。特にモノとの心理的距離は, 触覚を知覚するかどうかで著しく変化する。一方で, 聴覚の心理的距離への影響は小さい。

5. まとめ

モノと人間との関係を示す尺度である心理的距離に対し, 人間が感じる視覚, 聴覚, 触覚の 3 つの感覚がどのように影響を与えているかを調査した。

その結果, 視覚および触覚を強く感じるオブジェクトに対する心理的距離は近い傾向にあった。しかし, オブジェクトから感じる聴覚が心理的距離に与える影響は小さい。音には, モノ同士がぶつかって発生するような物理的な音と, 電子音のように意図的に発生させられる音がある。人は音を知覚するとき, 興味や必要なものから優先して受け止める³⁾ため, 情報として必要となる電子音を意識して知覚するためと考える。しかし, そのように音が聞こえることはオブジェクトとの心理的距離を近づける要因にはならない。また, 至近距離で利用するオブジェクトには触覚を強く感じていることから, 冒頭に述べた身近なモノに対する心理的距離が近いという傾向の要因が触覚にあることが予想される。

参考文献

- 1) 山岡俊樹: 温かいデザイン, 温かいメンタルモデルとその心理的距離感の関係, Design シンポジウム 2019 発表概要集, pp.250-255, 日本デザイン学会 (幹事学会) 他 (2019).
- 2) 渡辺秀俊, 岩澤昭彦: インテリアの人間工学, p.31, 株式会社ガイアブックス (2018).
- 3) 金子恵美: 聴覚情報と知覚経験の評価による音環境デザインの研究: 音環境を再認識するためのアプローチ, 愛知県立芸術大学紀要 48 号, pp.241-253 (2018).

健康意識度とボトル入りミネラルウォーターパッケージデザインの関連性 Relationship between Health Awareness and Bottled Mineral Water Package Design

○重本千夏*, 山岡俊樹**

京都女子大学 家政学部

SHIGEMOTO Chinatsu* YAMAOKA Toshiki**

Faculty of Home Economics, Kyoto Womesn's University

1. 研究の目的

近年、ミネラルウォーターは急速な普及をみせている¹⁾。特に女性は、自身の健康志向が購入理由の1つとなっている²⁾。また商品の特性上、中身で差別化を図ることは難しいミネラルウォーターは、環境配慮、産地の拘りなど様々なプロモーションが展開されている。本研究では、プロモーションのうちのパッケージに重きを置き、消費者の健康志向と商品パッケージ印象評価の関連性を調査する。分析には重回帰分析とブル代数アプローチを併用する。

2. 研究方法

2-1. 調査方法

2020年10月中旬、京都女子大学3年生29人の協力の下、オンラインフォーム形式でアンケート調査を実施した。今回の調査対象は、プロモーションの違いが顕著である3商品、いろはす・南アルプスの天然水・エビアンとした。

アンケート前半では、自身の健康志向度を5段階で訊ねた。後半では各商品に対して、形容詞5段階評価によるパッケージデザインの評価と、購入意欲を訊ねた。5段階評価において使用した設問内容は以下の通りである。

表1 設問内容

設問番号	形容詞
設問1	個性的な
設問2	健康なイメージ
設問3	高価なイメージ
設問4	環境に良い
設問5	新鮮なイメージ
設問6	新しい
設問7	洗練された
設問8	単純な
設問9	つめたいイメージ

2-2. 分析方法

アンケート後半、5段階評価によるパッケージデザインの評価は重回帰分析を用いて分析した。説明変

数を設問項目、目的変数を商品購入意欲とした。分析結果より、目的変数に影響を与えている説明変数上位3項目を抽出し、3商品共通の評価項目に設定した。

この共通評価項目を使って、各商品に対しブル代数アプローチを用い、最も有効な組み合わせを抽出した。今回は5段階評価でアンケート調査を行った為、平均値を境に2グループに分け、演算を行った。最小項を作成し、限界まで縮約を行うことで、最良の組み合わせを抽出した。

3. 結果

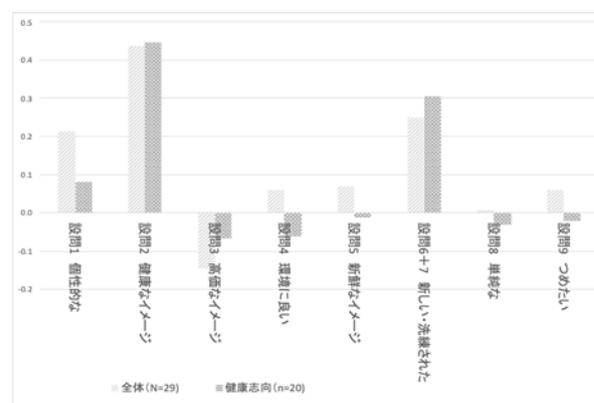
3-1. 協力者分類

アンケート前半において、自身の健康志向を全体平均値以上で回答した実験協力者20人（全体の約70%）を健康志向型と仮定。

3-2. 重回帰分析

全体(N=29)と健康志向型(n=20)を対象とし、3商品全てに対して分析を行った。最初に多重共線性の発生を防ぐため、高い相関係数を示した設問6と設問7は平均をとって、1つの設問として扱った。標準偏回帰係数は図1の通りである。

図1 標準偏差回帰係数



この結果より、目的変数に影響を与えている設問項目上位3つは以下の通りである。

設問 1：個性的なイメージ

設問 2：健康なイメージ

設問 6+7：新しく洗練されたイメージ

これらを 3 商品共通の評価項目に設定した。

3-3. ブール代数アプローチ

健康志向型 (n=20) を対象とし、各商品別に計算を行った結果を表 2, 表 3, 表 4 に示す。3-2. で抽出した 3 項目をそれぞれ A, B, C と表記し、平均値以上をアルファベット大文字、平均値未満をアルファベット小文字に変換している。

(1) いろはす

購入意欲が平均以上であった健康志向型は 7 人。

表 2 いろはす演算結果

	A	B	C	最小項
1	5	5	3	→ ABc
2	2	4	4	→ abC
3	4	5	4	→ ABC
4	1	4	4	→ abC
5	2	5	4	→ aBC
6	3	5	4	→ ABC
7	4	5	4.5	→ ABC
Ave.	2.79	4.31	3.76	

最小項	abC	ABc	ABC
第1次		aBC	AB BC

BC は aC・AB に含まれるので消去。結果は aC+AB となる。

(2) 南アルプスの天然水

購入意欲が平均以上であった健康志向型は 5 人。

表 3 南アルプスの天然水演算結果

	A	B	C	最小項
1	3	5	3	→ ABc
2	3	5	4	→ ABC
3	4	5	4.5	→ ABC
4	3	4	4	→ AbC
5	5	5	3	→ ABc
Ave.	2.86	4.41	3.59	

最小項		AbC	ABC
第1次		ABc	AC AB

第 1 次項より、AC+AB となる。

(3) エビアン

購入意欲が平均以上であった健康志向型は 9 人。

表 4 エビアン演算結果

	A	B	C	最小項
1	1	3	4.5	→ abC
2	4	3	4	→ abC
3	5	3	2.5	→ Abc
4	4	4	4.5	→ aBC
5	5	5	5	→ ABC
6	5	5	5	→ ABC
7	4	2	5	→ abC
8	4	4	4	→ aBC
9	5	4	5	→ ABC
Ave.	4.04	3.07	3.91	

最小項	abC	aBC	ABC
第1次	Abc	aC	BC

第 1 次項より、aC+BC となる。

以上の計算結果より健康志向型の方は、以下の組み合わせで各商品を高く評価している。

① いろはす

aC+AB→個性的ではないが新しく洗練、個性的で健康的

②南アルプスの天然水

AC+AB→個性的で新しく洗練、かつ個性的で健康的

③エビアン

aC+BC→個性的ではないが新しく洗練、かつ健康的で新しい・洗練

A：個性的に関しては各商品でばらつきがでたが、B：健康的な・C：新しく洗練についてはどの商品においても評価されていた。また、天然水は 3 つの要素を総合的に評価されていた。

4. 考察

実験結果より、ペットボトル入りミネラルウォーターパッケージは、健康的な・新しく洗練された、というイメージが重視されている事が分かった。この傾向は、健康志向型において顕著であることが、重回帰分析・ブール代数アプローチ両方の結果から証明されている。

今回は実験協力者が少なかった為、非健康志向型については分析を行わなかった。今後は実験協力者を増やすことで、より正確性の高い分析を行う事ができるだろう。

本研究ではブール代数アプローチを用いた事で、重回帰分析で得た結果の関係性を簡潔に表現する事ができた。重回帰分析とブール代数アプローチの併用は、別ジャンルのオブジェクトを評価する際にも応用が期待出来る分析方法である。

参考文献

- 1) 著者: 高橋 真美, 森高 初恵, 池山 豊, 松本 孝, 「女子大生とミネラルウォーターとの関わり(1) —ミネラルウォーターに対する意識—, 日本官能評価学会誌 8 巻 2 号, p.108-116, (2004).
- 2) 金山 翼, 藤倉 まなみ, 飲料としての水の選好の現状と要因, 桜美林論考. 自然科学・総合科学研究 9, p31-45, (2018)

化粧水のパッケージと選好の関係性

The association between the package of toner and the preference

○木村友音*, 山岡俊樹**

京都女子大学家政学部生活造形学科

KIMURA Tomone*, YAMAOKA Toshiki**

Faculty of Home Economics, Kyoto Women's University

1. 研究の背景

化粧品パッケージには、包装容器としての本質的機能と嗜好品の魅力を備えて満足感を与えるという心理的機能が求められている⁽¹⁾。しかし、安価な化粧水に対しては、満足感を得るための心理的機能は重要ではないと考え、本質的機能性が重視されると考えた。そこで、女子大学生が選好する化粧水のパッケージと化粧水に対する価値観の関係性を調査することで、本質的機能性と心理的機能性の重要度を検証しようと考えた。

2. 研究の方法

調査対象：パッケージに“ハトムギ”と記載されている化粧水5種類（ナチュリエ ハトムギ化粧水，セザンヌ スキンコンディショナー，ロート製薬 ハトムギ+浸透化粧水，プラチナレーベル ハトムギ化粧水，雪澄 薬用美白水）（図1）



図1.5種類の化粧水

実験協力者：女子大学生40名（京都女子大学生33名，その他大学生7名）

化粧水のパッケージについて、8評価項目（シンプルな、高級感のある、可愛い、独自性がある、効能が分かりやすい、使いやすい形である、清潔感のある、購入したい）を5段階評価してもらった。その後、一番購入したいと思ったものに関して、評価グリッド法で潜在的な価値観を抽出した。

アンケート収集方法：Google Forms，評価グリッド法によるインタビュー

データ分析方法：コレスポネンス分析，クラスター分析，重回帰分析，ブール代数アプローチ

3. 研究結果

(1) コレスポネンス分析・クラスター分析

アンケート結果の関係性を二次元座標上で可視化するためにコレスポネンス分析（図1）を行ったのち、クラスター分析（図2）を行い、それらをグループ分け（表1）した。

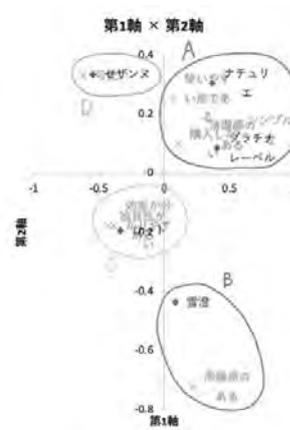


図2. コレスポネンス分析

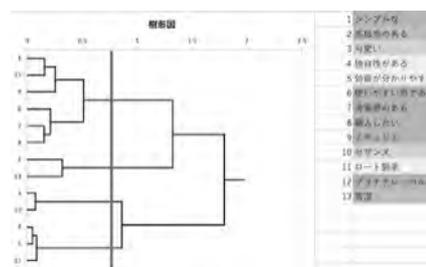


図3. クラスター分析

表1. コレスポネンス分析と
クラスター分析によるグループ分け

A グループ	シンプルなお、使いやすい形である、 清潔感のある、購入したい、 ナチュラル、プラチナレーベル
B グループ	高級感のある、雪澄
C グループ	独自性がある、効能が分かりやすい、 ロート製薬
D グループ	可愛い、セザンヌ

(2) 重回帰分析

目的変数を「購入したい」として重回帰分析を行った。Ru 値が最大になる組み合わせを選び、マルチコを取り除いたのちに、特に影響を与えている評価項目を「シンプルなお」「高級感のある」及び「可愛い」の3つに絞り込んだ。

(3) ブール代数アプローチ

ブール代数アプローチは、真理表による論理式を縮約して重要な項目を導き出す方法である。例として、ナチュラルの縮約図と主項表を提示する(図4)。

(A : シンプルなお、B : 高級感のある、C : 可愛い)

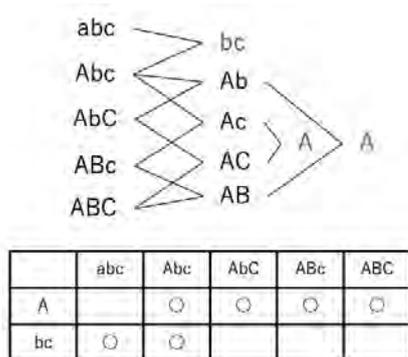


図4. 縮約図と主項表

重回帰分析で絞り込んだ3つの評価項目のうちどの項目が影響を与えているのかをブール代数アプローチを用いて検討すると、以下の結果が導き出された(表2)。

表2. ブール代数アプローチの結果

ナチュラル	「シンプル」であれば良い
セザンヌ	「高級感がなくてもシンプル」か「可愛い」であれば良い
ロート製薬	「シンプルかつ可愛い」か「シンプルでなくても高級感のある」であれば良い
プラチナレーベル	「シンプル」か「かわいくなくても高級感のある」であれば良い
雪澄	「可愛くなくてもシンプル」か「高級感のある」であれば良い

この結果から、頻出した「シンプルなお」と「高級感のある」のどちらかを実験協力者は化粧水のパッ

ケージに求めているということが判明した。

(4) 評価グリッド法

実験協力者のうち15名に対して評価グリッド法を用いて、化粧水のパッケージに対する潜在的な価値観を調査した。ブール代数アプローチで「シンプルなお」と「高級感のある」が重要な項目だと判明したため、表1で「シンプルなお」と同じAグループに属した2種類の化粧水、「高級感のある」と同じBグループに属した化粧水について調査した。ナチュラルの場合、5種類の中でパッケージの情報からナチュラルを最も購入したいと選んだ実験協力者に理由を聞き出し、その理由の上位概念を導き出した。

Aグループの「ナチュラル ハトムギ化粧水」と「プラチナレーベル ハトムギ化粧水」の上位概念を導き出した結果、「日常に馴染むデザインであること、清潔さがあること、使う際に簡潔であること」が重要だと判明した。

続いて、Bグループの「雪澄 薬用美白水」の上位概念を導き出した結果、「日常に馴染むデザインであること、信頼感があること、効果が期待できること」が重要だと判明した。検討していく中で、白や濃い青が高級感を連想させ、高級感が信頼感のイメージにつながるということが判明した。

4. まとめ

今回調査対象として選択した化粧水において、本質的機能の「効能が分かりやすい」や「清潔感のある」が重視されると考えた。しかし、女子大学生が化粧水のパッケージに求めることは「日常に馴染むデザインであること」「清潔感があり、パッケージから信頼性を感じる」「使いやすい形であること」だと判明したため、心理的機能性も同じく重要視されているということが分かった。

参考文献

- 井田厚：感性価値を追求した化粧品パッケージのデザイン開発, 特集総説 感性からのものづくり (5), 46巻1号, pp.2-6(2012)

2020 年度 日本人間工学会 関西支部大会

- 大会長 山岡 俊樹（京都女子大学 家政学部 教授）
- 事務局長 荒木 麻耶（京都女子大学大学院 家政学研究科 学生）
- 実行委員 新家 敦（株式会社島津ビジネスシステムズ）
平田 一郎（兵庫県立工業技術センター）
前川 正実（京都女子大学家政学部 准教授）
- 実行補佐 浅野 優里（京都女子大学家政学部 学生）
吉田 美羽（京都女子大学家政学部 学生）

2020 年度日本人間工学会関西支部大会 講演論文集

- 発行日 2020 年 12 月 12 日
- 発行者 2020 年度日本人間工学会関西支部大会事務局
〒605-8501 京都市東山区今熊野北日吉町 35
京都女子大学山岡俊樹研究室内
Tel / Fax 075-531-7172