

令和7年度

日本人間工学会北海道支部大会
講演集

開催日：令和7年9月18日(木), 19日(金)

会場：公立千歳科学技術大学 情報棟

主催：日本人間工学会北海道支部

令和7年度 日本人間工学会北海道支部大会

開催日 令和7年9月18日(木), 19日(日)

会場 公立千歳科学技術大学 情報棟

主催 日本人間工学会北海道支部

令和7年度日本人間工学会北海道支部大会プログラム

1日目(9月18日)

12:30～ 受付

13:00～13:30 支部総会 北海道支部長：小林 大二

13:30～14:30 基調講演「アシストスーツとウェアラブルセンシングによる軽労化の実現
—持続可能な労働環境を目指して—」
講師：田中 孝之 先生（北海道大学）

14:40～16:10 一般セッション I 座長：倉岡 宏幸（公立千歳科学技術大学）

1. デジタル装具®手帳による装具支援格差を埋める取り組み
○弓野 詩苑（有限会社テックワークス）
2. 下肢装具を提示する順序が下肢装具の使用推奨度に与える影響
○佐藤 健斗（北海道科学大学）
3. 仮想空間における異なる自然要素が創造性とメンタルワークロードに与える効果
○吉田 伊吹（公立千歳科学技術大学大学院）
4. 暑熱環境を想起させる映像による深部体温と皮膚温への影響
○山田 晋平（産業医科大学）
5. 外向けHMIによるハザード情報がドライバーの行動に与える影響
○桑田 若海（公立千歳科学技術大学大学院）
6. eHMIの情報と運転経験がドライバーに与える影響
○加藤 悠芽（公立千歳科学技術大学大学院）

16:15～16:45 学生セッション I 座長：佐藤 健斗（北海道科学大学）

1. 階層的分類に基づいた支笏湖鏡面現象の画像判定精度検証
○山田 悠太（公立千歳科学技術大学）
2. 音楽聴取が短期記憶課題中のフロー状態および生理反応に及ぼす影響
○木村 汐（公立千歳科学技術大学）

2日目(9月19日)

12:30～ 受付

13:00～14:30 一般セッションII 座長：小林 大二（公立千歳科学技術大学）

1. インホイールモータを用いた乗り心地制御システム—躍度を考慮した乗り心地評価—
○出川 奏楽（北海道科学大学大学院）
2. パーソナルモビリティの乗り心地制御システム—音曝露時による乗り心地への影響—
○山下 善弘（北海道科学大学大学院）
3. 実験室実験のための主観指標と精神作業プログラムS.I.M.P.L.E.について
—第2報 その歴史と最新バージョン紹介—
○三宅 晋司（公立千歳科学技術大学大学院）
4. 拍動性生体信号のピーク抽出とノイズ処理
○黒坂 知絵（産業医科大学）
5. 手掌上に提示された触情報の位置知覚の正確さ(第2報)
—触覚による位置知覚生成モデルとその実験的評価—
○小谷 賢太郎（関西大学）
6. 日本人間工学会が主導する新たな腰痛予防対策ガイドラインの開発
—CoMIT(コミット)プロジェクトの紹介—
○谷 直道（産業医科大学）

14:40～15:10 学生セッションII 座長：倉岡 宏幸（公立千歳科学技術大学）

1. 筋電義手のユーザー中心設計に関する研究—閾値の変化が使い心地に与える影響—
○松田 孝太郎（北海道科学大学）
2. SNSの内容分析による装具使用中止要因の研究
○牧元 翔映（北海道科学大学）

15:10～15:15 閉会の辞 小林 大二（公立千歳科学技術大学）

基調講演

【基調講演】

「アシストスーツとウェアラブルセンシングによる軽労化の実現 —持続可能な労働環境を目指して—

田中 孝之 先生（北海道大学）

司会：倉岡 宏幸（公立千歳科学技術大学）

講演の概要

少子高齢化や人手不足が深刻化する中、身体的負担の大きい作業環境において「軽労化(けいろうか)」の実現が求められています。本講演では腰部負担を低減するためのスマートスーツや作業時の姿勢・負担を定量評価するウェアラブルセンサ技術の研究開発事例を紹介します。さらに、身体能力・作業負担・補助効果を可視化し、個別最適な支援を提供するための軽労化アシストという概念についても解説し、これらの技術がいかにして持続可能な働き方に貢献するかを紹介します。人間工学の視点から、身体的負担の定量化と支援技術の融合による課題解決の道筋を展望します。

一般セッション I

【一般セッション I】

座長：倉岡 宏幸（公立千歳科学技術大学）

1. デジタル装具@手帳による装具支援格差を埋める取り組み
○弓野 詩苑（有限会社テックワークス）
2. 下肢装具を提示する順序が下肢装具の使用推奨度に与える影響
○佐藤 健斗（北海道科学大学）
3. 仮想空間における異なる自然要素が創造性とメンタルワークロードに与える効果
○吉田 伊吹（公立千歳科学技術大学大学院）
4. 暑熱環境を想起させる映像による深部体温と皮膚温への影響
○山田 晋平（産業医科大学）
5. 外向けHMIによるハザード情報がドライバーの行動に与える影響
○桑田 若海（公立千歳科学技術大学大学院）
6. eHMIの情報と運転経験がドライバーに与える影響
○加藤 悠芽（公立千歳科学技術大学大学院）

デジタル装具[®]手帳による装具支援格差を埋める取り組み

○弓野 詩苑((有)テックワークス)

春名 弘一(北海道科学大学)

佐藤 健斗(北海道科学大学)

鈴木 卓真((有)テックワークス)

Filling Gaps in Orthotic Support through the Digital Orthosis Notebook

Shion YUMINO (TechWorks Inc., Ltd.) ,

Hirokazu HARUNA (Hokkaido University of Science) ,

Kento SATO (Hokkaido University of Science) ,

Takuma SUZUKI (TechWorks Inc., Ltd.)

1. はじめに

下肢装具は、治療場面だけではなく、脳血管障害の後遺症による身体機能の低下を補う、あるいは向上させる役割を担っており、生活の道具として広く使用されている。令和5年政府統計情報¹⁾によると、脳血管疾患で治療を受けている総患者数は188万6千人となっており、ここには多くの下肢装具ユーザーが含まれると考えられる。

本来であれば、歩行をサポートする下肢装具であるが、身体状況の変化や装具の破損を見落とし、メンテナンスを怠ると、健康被害にも繋がる。下肢装具ユーザーがより豊かな社会生活を送るためには、装具のフォローアップ(修理・メンテナンス)を適切に行い続けることが必要不可欠である。

フォローアップに関する取り組みや説明は、必ずしも一様ではない。医療機関ごとに定期的な点検の有無に差異が生じている。義肢装具製作会社においても、同様にフォローアップ体制や方法に差異が生じている。一方で、下肢装具ユーザー側においても、説明を受けても装具の取り扱い方法について理解が不十分な場合もある。このように、双方にフォローアップを阻害する要因が存在し、「装具支援格差」を生み出し社会課題化している。

その課題解決への取り組みとして、勝谷は、生活期における装具支援は最初に装具を処方される瞬間から始まるとし、装具ノートを用いて、装具トラブル時の連絡先やメンテナンス方法、チェックシートなどを説明し、今後の装具との付き合い方を指導している²⁾。また、埼玉県理学療法士会では「脳卒中下肢装具マップ」の作成といった地域単位の取り組みが行われている³⁾。さらに、ケイ・タス株式会社のクラウド型業務支援サービスにより、義肢装具士の業務効率化や支援体制の強化が試みられている。

しかし、これらの取り組みはいずれも医療機関あるいは義肢装具製作会社を中心としたものであり、退院後の生活期における下肢装具ユーザー・医療機関・介護事業所・義肢装具製作会社を包括的に巻き込む仕組みには至っていない。

本稿では、デジタル装具手帳による装具支援格差を埋める取り組みを提案する。

2. デジタル装具手帳の開発と現場の課題

装具支援格差をなくすため、義肢装具製作会社と下肢装具ユーザーを繋ぐ仕組みを備えたスマートフォンアプリ「デジタル装具手帳」を開発した(図1)。



図1 デジタル装具手帳

デジタル装具手帳は、装具の取り扱い・装具情報・歩行動画撮影・歩数計の機能を有し、歩行動画撮影においては、その変容から装具の異常を予測し、装具のフォローアップに役立つiPhone専用アプリである。Android版は現在開発中である。義肢装具製作会社はサポート企業として登録することで、クラウド上のシステムから直接ユーザーと繋がり歩行状態の把握や、メンテナンス履歴の管理を行うことができる。

2025年7月に開催された国際モダンホスピタル

ショウでアンケート調査を行った結果、アンケートに回答のあった102名のうち28名の医療従事者に以下の質問を行った。「現在の装具管理において、特に課題と感じていることは何ですか？(複数選択可)」について以下の回答を得た。

- ・ 患者への装具のフォローアップが不十分：29%
- ・ 患者の装具情報の把握・共有が難しい：27%
- ・ 装具の修理・作製手続きが煩雑：12%
- ・ 多職種間での情報連携がスムーズではない：10%
- ・ 患者への装具に関する説明が難しい：7%
- ・ 紙媒体での管理が多く、手間がかかる：5%
- ・ 装具の紛失・破損件数が多い：5%
- ・ データ入力・管理に時間がかかる：1%
- ・ 作成時の見積書が確認できないと意見書が必要になる：1%

サービスの提供を進めたことで、他にもSNSやメールなどを通じて多くの意見をいただき、装具支援を取り巻く、情報、治療、自治体ごとの制度や地域医療の格差、義肢装具製作会社の考え方の差が明確となった。

特に、在宅リハ・在宅看護の現場では、不適合な装具を目にする機会が多い。どこで作られた装具かが分からず、義肢装具製作会社に連絡してよいのかも判断できないまま、ガムテープで固定するなど応急的な対応をしながらリハビリを行うケースもある。

このように、現場からの課題を元に装具支援格差を埋める取り組みとして、多職種連携に着目し、「フレンド機能」の提供を開始した。

3. フレンド機能を活用した多職種連携

デジタル装具手帳を活用したフォローアップでは、従来からあった、ユーザーが義肢装具製作会社と繋がることに加え、医療機関や介護事業所とも「フレンド」として繋がれる仕組みを備えた。これにより、アプリを利用する下肢装具ユーザーを中心とした多職種連携モデルを構築する(図2)。



図2 フレンド機能による多職種連携モデル

4. 装具支援格差を埋める社会の実現

サービス開始当初、全ての下肢装具ユーザーに十分なフォローアップが提供される社会を目指していたが、運用を進める中で、情報・地域医療・治療・制度・義肢装具製作会社の対応といった多層的な格差が明らかとなり、「装具支援格差を埋める」ことに着眼した。フレンド機能に登録されている医療機関にて装具が処方された場合、受け取ったその時点でデジタル装具手帳を通じて、入院中から患者との接点を構築し、退院後も義肢装具製作会社や介護事業所など関係機関を含め繋がり続ける社会を実現し、下肢装具ユーザーのより豊かな社会生活を支援する。

5. おわりに

現在、実証実験を行っている社会医療法人甲友会 西宮協立リハビリテーション病院では、装具の取り扱い説明をどこで行うか、歩行動画の撮影を誰が担当するかといった役割をあらかじめ取り決めた上で運用を進めているが、医療機関や介護事業所、義肢装具製作会社ごとに体制や人員が異なる。そのため、一律の方法で展開するのではなく、現場の事情に合わせて役割分担を定め、導入していくことが重要である。

このように医療機関内及び、多職種の役割分担を明確にしながら、デジタル装具手帳とフレンド機能を活用することで、急性期から生活期において、シームレスにフォローアップが継続され、新たな格差を生み出さないことで、結果的に、装具支援格差をなくすことに貢献すると考える。

文献

- 1) e-Stat 政府統計情報(2023). 令和5年患者調査 / 全国編 第156表.
- 2) 勝谷将史(2022). 生活期補装具支援への関わり—医師の立場から—. 日本義肢装具学会誌, 38: 32-37.
- 3) 公益社団法人 埼玉県理学療法士会 装具療法地域連携対策委員会. 脳卒中下肢装具マップ. <https://sougu.saitama-pt.or.jp/map/> (参照:2025年9月8日).

下肢装具を提示する順序が下肢装具の使用推奨度に与える影響

○佐藤 健斗(北海道科学大学 保健医療学部)
三富 菜々(北海道科学大学 保健医療学部)
春名 弘一(北海道科学大学 保健医療学部)
昆 恵介(北海道科学大学 保健医療学部)

Effect of Presentation Order of Lower Limb Orthoses on Recommendation Intention

Kento SATO (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

Nana MITOMI (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

Hirokazu HARUNA (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

Keisuke KON (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

1. はじめに

脳卒中患者の多くは、身体の左右いずれかに一側性の麻痺を生じ、日常生活動作に影響を及ぼす。この影響を最小限にするため、下肢装具を用いた介入が一般的であり、脳卒中後の下肢装具使用は歩行能力の向上や転倒リスクの低減に有効であることが示されている。しかし、自宅退院後に装具の使用を中止する患者は3割程度存在しており¹⁾、装具の受け入れは大きな課題である。装具の受け入れを阻害する要素は様々考えられるが、林は装具使用に至る意思決定に影響する要素としてデフォルト効果を指摘している²⁾。すなわち、最初に使用した装具や最初に見た装具の印象が、その後の装具評価や使用意向に影響を与える可能性がある。しかしながら、この仮説については実証的検証がなされていない。

この仮説検証のため、本研究では装具経験のない一般生活者を対象にWebベースの実験を行い、装具の提示順序が装具評価に与える影響を検討した。

2. 方法

本研究では、脳卒中や装具に関する専門知識を持たない一般生活者135名(男性66名、女性69名、平均年齢53.05歳)を対象にGoogle formsを用いたWebアンケート調査を実施した。装具経験のない一般生活者を対象としたのは、初回装具処方時の患者が装具に対する予備知識や先入観を持たない状態に最も近い条件を再現するためである。調査では、対象者に対して、臨床で用いられる3種類の異なるデザインの脳卒中用下肢装具(両側支柱付き、オルトトップ、SHB)の画像(図1)を、6通りの提示順序

パターン(ABC、ACB、BAC、BCA、CAB、CBA)にランダムに割り当てて提示し、それに対する評価を記録した。

各装具の評価項目として、装具に対する受容性を測るため、ビジネス分野で顧客ロイヤルティを測る指標として広く用いられているNPS(Net Promoter Score)³⁾を参考に0-10点の推奨意向尺度を採用した。具体的には「友人や知り合いに勧めたいか」を評価し、このスコアを使用推奨度とした。この指標を選択したのは、装具を必要としない一般生活者を対象とする本研究において、「使いたいか」という仮定的な問いよりも、装具の社会的受容性やデザインの客観的な魅力を測る上でより妥当性が高いと判断したためである。また、視覚研究において用いやすい大山らによる11対の形容詞対を用いたSD法(Semantic Differential method)⁴⁾により、各装具の見た目に関する主観的な評価を記録した。

得られたデータの分析には、同一被験者が複数の装具を評価することを考慮した統計解析(線型混合モデル)を用いた。装具の種類と提示順序が使用推奨度に与える影響を検討し、統計的有意性をタイプIII検定で評価した。また、SD法による印象評価データは主成分分析により因子を抽出し、抽出された因子と使用推奨度との関連も同様の手法で検討した。



図1 提示した装具の画像
(左から両側支柱付き、オルトトップ、SHB)

3. 結果

主要仮説である提示順序効果の検証の結果、装具の提示順序は推奨度に統計的に有意な影響を示さなかった($p = .805$, $F = 0.217$)。装具の種類($p = .509$, $F = 0.677$)および提示順序との交互作用($p = .074$, $F = 2.159$)も有意ではなく、少なくとも本研究の条件下では、先行して評価された装具が後続の評価に系統的な影響を及ぼすデフォルト効果は確認されなかったと解釈できる。

次に探索的にSD評価の因子構造を分析した結果、評価項目は二つの因子に集約された。第一因子は「陽気な－陰気な」「明るい－暗い」「好きな－嫌いな」などの項目が強く負荷し、「全体的な印象の良さ」として解釈した。第二因子は「静かな－騒がしい」「地味な－派手な」などの項目が強く負荷し、「デザインの主張」として解釈した。これらの因子を独立変数とした混合モデル分析では、両因子が推奨度に有意な影響を示した(因子1: $p < .001$, $F = 251.332$; 因子2: $p < .001$, $F = 13.198$)。

4. 考察

本研究の結果、脳卒中用下肢装具の使用推奨度において、装具の提示順序といった外的要因は主要な決定因子ではない可能性が示された。その背景にはWeb上での画像提示や装具経験のない一般生活者を対象とした実験条件、さらに臨床での装具検討や提供状況とは異なる点が影響している可能性がある。

臨床では装具を実際に着用して動作を伴った評価が行われることが多く、物理的感覚や使用経験が順序効果に寄与する可能性がある。そのため、結果は「少なくとも今回の条件下では順序効果は確認されなかった」という限定的な解釈が妥当である。

SD法から抽出された「全体的な印象の良さ」と「デザインの主張」といった因子が、使用推奨度に有意に寄与したことは、機能性だけでなく、装具が使用者に与える「感情的価値」や「感覚的な魅力」が、製品の受容性を高める上で重要な役割を果たすことを示唆する。特に、「地味-派手」といったデザインの主張が重要であったことは、装具が単なる機能的な道具ではなく、視覚的に訴えかける一つの製品として評価されていることを示している。

今回の結果を臨床応用に結びつけるには、装具の物理的特徴が印象形成に与える影響を明らかにすることが重要である。具体的には、色彩、形状、材

質、重量感といった物理的特徴と印象評価との関連を、評価グリッド法⁵⁾などの詳細な手法で検討することが有効な可能性がある。

5. まとめ

本研究では、装具経験のない一般生活者を対象に、装具の提示順序が評価に与える影響を検討した。その結果、仮説として予想されたデフォルト効果は確認されなかったが、装具の「総合的な印象の良さ」と「デザインの主張」が使用推奨度に強く影響することが明らかになった。この知見は、装具の受容性向上において、機能性だけでなくユーザの感情に対する働きかけやデザイン性が重要であることを示唆しており、今後の装具開発に活用できる可能性がある。

謝辞

研究の実施にあたり、装具の画像を提供いただきました、川村義肢株式会社様に感謝申し上げます。

文献

- 1) 花形万理子, 他. 自宅退院患者の短下肢装具使用状況とセラピストの対応における一考察. 理学療法学. 2006, 33(suppl-2.2), p. 541.
- 2) 林翔太. 「臨床現場における短下肢装具の選定」回復期 理学療法士の立場から. 第40回日本義肢装具学会研修セミナーテキスト. 2024, p. 69-72.
- 3) 木村達也. 日本人消費者を対象とする 顧客推奨度指標の最適化. 日本マーケティング学会カンファレンス・プロシーディングス. 2020, p. 105-106.
- 4) 和田有史, 他. SD法を用いた視覚研究知覚属性と感情効果の研究を例として. VISION. 2003, 15(3), p. 179-188.
- 5) 辻村壮平. 階層的に構造化された評価を引き出すための評価グリッド法. 日本音響学会誌. 2017, 73(12), p. 783-789.

仮想空間における異なる自然要素が創造性とメンタルワークロードに与える効果

○吉田 伊吹, 三宅 晋司(公立千歳科学技術大学大学院)
倉岡 宏幸, 小林 大二(公立千歳科学技術大学)

The Effects of Different Natural Elements in Virtual Environments on Creativity and Mental Workload

Ibuki YOSHIDA (Graduate of Chitose Institute of Science and Technology),
Hiroyuki KURAOKA (Chitose Institute of Science and Technology),
Shinji MIYAKE (Graduate of Chitose Institute of Science and Technology),
Daiji KOBAYASHI (Chitose Institute of Science and Technology)

1. はじめに

近年, ひとの創造性に焦点を当てた研究による知見において, VR上で疑似的な自然環境を提示し体験させることで高い創造性を発揮できる可能性が指摘されている^{(1), (2)}. 多くの研究は, 都市環境と自然環境を比較し, 自然の要素の重要性を指摘している。しかし, 異なる自然要素が含まれている仮想空間を比較し, それらの環境が人の創造性によぼす効果を検討した例は少ない。

そこで先行研究では, まず実際のオフィス空間, 仮想環境でのオフィス空間と自然空間の三種類の空間において実施した創造性課題の成績, およびタスクおよび環境に対する主観的評価を比較評価した。その結果, 課題成績は実際のオフィス空間が最も高く, 主観的なメンタルワークロードは仮想環境での自然空間が最も低かった。このことから, 仮想環境の自然空間では, リラックスしながら過ごすことが可能であると認められた。一方, 仮想環境での自然空間では課題成績が低く, 人の作業空間として創造性が発揮できない可能性が示唆された⁽³⁾。

そこで本研究では, 創造性課題, 課題遂行による主観反応および仮想空間に対する主観評価に基づいて, 異なる仮想の自然環境を比較し, 高い創造性を発揮することができる仮想の自然環境に求められる要件について実験を通して明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

参加者は本学の大学生12名(平均年齢22.3±0.6歳)とした。実験協力にあたって, 参加者には事前に実験内容と目的について十分な説明を行い, 実験参加の同意を得た。

本実験では, 三種類の仮想空間を実験条件とし

て設定した。実験は, 本学の情報棟3階(H305)の実験スペースで実施した(図1)。実験に用いた仮想空間は, 北海道長沼町の民泊施設である「風の丘まおい」を模した室内とそこから視認できる小丘を配置した空間(Type-A), Type-Aの窓を大きくして視認できる景色を増やし, 机に観葉植物を配置して, より草木を身近に感じられる空間(Type-B), 森林の中にいる感覚を起こさせる非日常的な空間(Type-C)の三種類を設定し, 各空間をUnreal Engineで作成して(図1), ヘッドマウントディスプレイ(Head Mounted Displays: HMD, Meta Quest Pro)を用いて参加者に提示して実験を実施した。

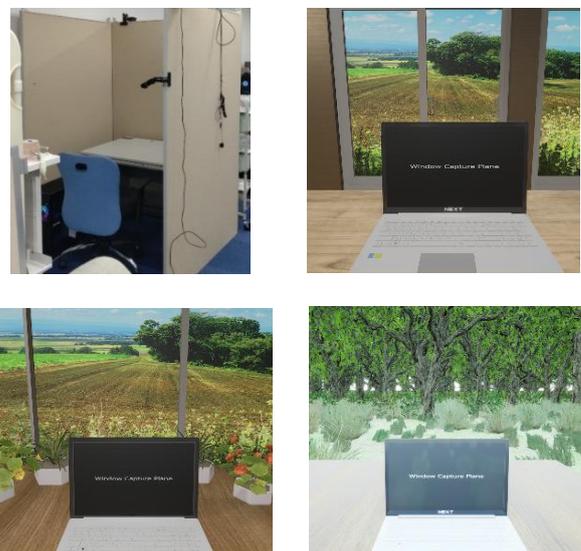


図1 実験環境および実験条件
(左上:実験環境, 右上:Type-A,
左下:Type-B, 右下:Type-C)

実験の手順を図2に示す。はじめに参加者に対して実験の目的や手順, 実験課題の詳細な内容を説明した。次に, 疲労を問う質問紙である自覚症しら

べ(SFF)とVR利用による不快感や酔いを問う質問紙であるSimulator Sickness Questionnaire(SSQ)に回答させた。その後、実験課題を遂行させ、メンタルワークロードを問う質問紙であるNASA Task Load Index(NASA-TLX)、課題への集中の程度を問うフロー体験チェックリスト(FSS)と再びSFFおよびSSQに回答させた。その後、空間の回復効果を図る質問紙である注意回復尺度(PRS)に回答させた。以上の手順を、実験条件を入れ替えて三度繰り返した。最後にヒアリングを実施した。

また、順序効果を取り除くため、実験条件の提示順を入れ替えて実験を遂行した。

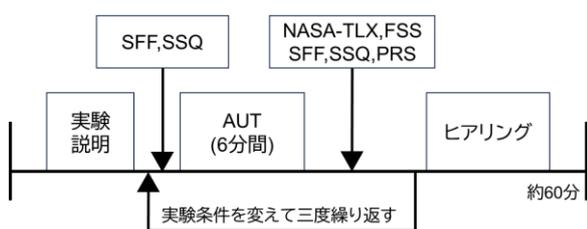


図2 実験の手順

3. 実験課題

本実験では、実験課題に Alternative Uses Task (AUT)と呼ばれる創造性課題を用いた。AUTは創造性を測定する拡散的思考課題の一つであり、フライパンやコップなど身近にある道具を提示し、その道具の既存の用途ではない独創的な用途を制限時間内に可能な限り提案させるものである。本実験では、実験条件ごとに2種類の道具を1つずつ提示し、A2サイズの白紙に鉛筆で回答を記述させた。また、制限時間は1題につき3分間とし、計6分間遂行させた。AUTの評価は、独創性、柔軟性、流暢性、緻密性の4項目について得点化した。

4. 結果および考察

AUTの4指標について、いずれも条件間で有意差は認められなかった。また、自覚症しらべ(SFF)の結果、不安定感の尺度について、実験条件に主効果が認められたものの($p < .05$)、その後の多重比較では有意差は認められなかった。

一方、Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)の結果では、失見当識および総合スコアの尺度について、実験条件に主効果が認められ($p < .05$)、多重比較の結果、Type-CはType-Bより有意に高かった($p < .05$, $p < .05$)。

注意回復尺度(PRS)の結果を図3に示す。逃避の尺度について、Type-CがType-Aより有意に高かった($p < .05$)。

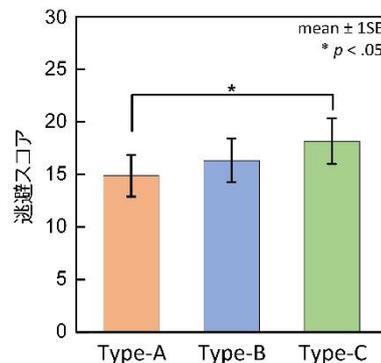


図3 PRSの逃避スコア

また、参加者へのヒアリングの結果、Type-Bの空間に作業のしやすさや落ち着きといった好印象を抱いていた参加者が多かった。

以上より、森林のように自然の要素に囲まれた環境では創造性が発揮されないことが示唆され、自然の要素の多さは必ずしも創造性の発揮に寄与しないことが認められる。

5. 結論

実験の結果、森林のように草木等の自然要素が多い空間では、創造性が発揮できるとは言えず、むしろ、創造性を発揮できる自然環境は、作業者の特性と関係する可能性が示された。

今後、参加者を増やすことで、創造性が発揮できる環境と個人特性との関係を調査し、創造性が発揮できるような仮想環境に求められる要件を明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) Ichimura, K.: Effects of virtual reality's viewing medium and the environment's spatial openness on divergent thinking. PLoS One. 18, (2023)
- 2) Li, H. et al.: The effect of virtual-reality-based restorative environments on creativity. Int J Environ Res Public Health. 19, (2022)
- 3) Yoshida, I. et al.: Effects of Virtual Natural Environment on Creative Task Performance. UOEH International Symposium 2024. Vol.47. p.102, (2025)

暑熱環境を想起させる映像による深部体温と皮膚温への影響

○山田 晋平(産業医科大学産業保健学部)

Effects of Heat-Induced Visual Stimuli on Core and Skin Body Temperatures

Shimpei YAMADA (University of Occupational and Environmental Health, School of Health Sciences)

1. はじめに

先行研究で、気温28℃で20分待機させた後、80分かけて16℃まで低下させる実験環境において、砂漠の映像を提示した条件の直腸温が、グレーの映像を提示した条件に比べて、有意に低下したことが報告されている[1]。低温環境下においては体表からの熱の放出を抑制するために皮膚の血管が収縮する。暑熱環境を想起させる映像が体温の調節機能に作用し、皮膚の血管の収縮が抑制されて体表からの熱放出が続いた可能性を示唆している。

夏季の労働現場の休憩室に暑熱を想起する映像を提示することで、皮膚血管の収縮を抑制して暑熱環境での労働によって上昇した深部体温の低下を早められる可能性が考えられる。

暑熱環境での運動によって上昇させた深部体温と皮膚温が、快適な環境での安静時にグレーの映像を提示する条件に比べて、暑熱環境を想起させる映像を提示する条件において速やかに低下するかを検討する。

2. 方法

実験参加者は、心臓循環器系に既往症のない成人男性15名(21.7±1.1才)を対象とし、実験は11月から12月初旬にかけて行った。実験に際して、まず作業着に着替え、各種生理指標のセンサーを装着した。生理指標は直腸温、皮膚温、心電図、皮膚組織血液量を測定した。生理指標の測定は、開始から終了まで連続で行った。主観評価として、全身温冷感と快-不快の評価を実験開始から終了まで6分間隔、ボルグスケールを運動負荷中に1分間隔、映像に対する暑い、寒い印象の評価を実験終了時に行った。全身温冷感は、「非常に暑い(+3点)」から「非常に寒い(-3点)」の7段階評価、快-不快の評価は「非常に快(+3点)」から「非常に不快(-3点)」の7段階、ボルグスケールは、15段階評価、映像に対する暑い、寒い印象の評価は「非常に暑い(+3点)」から「非常に寒い(-3点)」の7段階評価で評価した。評価項目を印字したものを提示し、該当項目を指さして回答させた。実験手順は、快適環境(室温25℃、湿度

50%)で開眼座位にて運動前安静(6分間)を取らせた。その後、暑熱環境(室温35℃、湿度80%)で自転車エルゴメータを用いて運動(18分間)を行った。最後に、快適環境(室温25℃、湿度50%)で開眼座位にて運動後安静(60分間)を取らせた。運動後の快適環境での安静中は、視覚刺激を65インチ液晶モニターにて提示した。液晶と実験参加者の距離は約125cmとした。視覚刺激としては、暑熱環境を想起させる映像として、猛暑日が続いていることを伝える、2,3分のニュース映像2本をループ再生にて提示した。対象条件として、グレーの映像を提示した。暑熱環境を想起させる映像を提示する条件と、グレーの映像を提示する条件は、別の日に実施した。これらは全て無音で提示した。また、運動後の快適環境での安静時は、照明を消灯した。運動負荷は70~80Wで、実験参加者の運動習慣に合わせ、調整した。生理指標は6分ごとにブロックに分けて解析、集計を行った。心電図からは、心拍数と心拍変動指標の算出を行った。生理指標、全身温冷感、快-不快の統計解析は、映像条件(2条件:暑熱映像、グレー映像)とブロック(14ブロック:運動前安静、運動負荷1~3、運動後安静1~10)の二元配置分散分析を行った。主効果が認められた場合は、その後の検定(Tukey)を行った。映像に関する暑い、寒い印象の評価は、映像条件(暑熱映像、グレー映像)について、対応のあるt検定を行った。本研究は、産業医科大学倫理委員会による承認(ER24-030)を得た上で実施した。

3. 結果

主観指標は、映像条件とブロックで二元配置分散分析をした結果、全身温冷感ではどちらも主効果が認められた。暑熱映像条件における全身温冷感が、グレー映像条件における全身温冷感と比較して有意に暑いと評価された(図1)。運動前安静中、運動後安静中のブロックと比較して、運動負荷中のブロックの方が有意に暑いと評価された(図1)。映像に対する暑い、寒い印象の評価について対応のあるt検定を行った結果、暑映像条件における印象が、グレー映像条件における印象と比較して有意に暑いと評価された(図2)。生理指標について、映像条件とブ

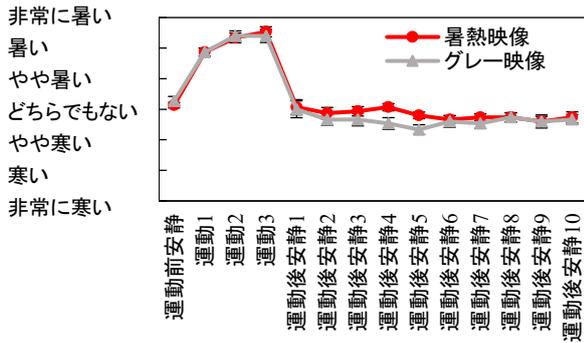


図1 全身温冷感の推移 (n=15, mean±SEM)

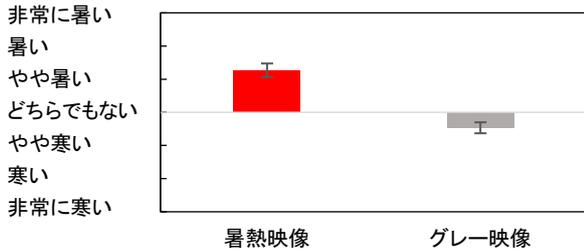


図2 映像に対する暑い、寒い印象評価 (n=15, mean±SEM)

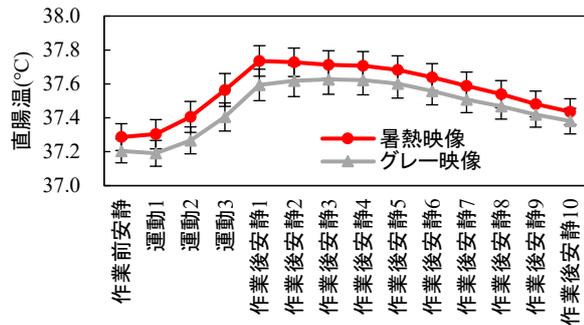


図3 直腸温の推移 (n=15, mean±SEM)

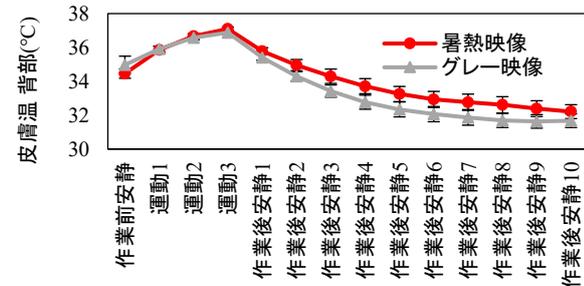


図4 皮膚温(背部)の推移 (n=15, mean±SEM)

ロックで二元配置分散分析を行った。直腸温はどちらも主効果が認められた。暑熱映像条件における直腸温が、グレー映像条件における直腸温と比較して有意に高かった(図3)。運動前安静中、運動後安静中と比較して、運動負荷中のブロックの方が、直腸温が有意に高かった(図3)。皮膚温(背部)はどちらも主効果が認められた。暑熱映像条件における皮膚温(背部)がグレー映像条件における皮膚温(背部)と比較して有意に高かった(図4)。運動前安静中、運動後安静中のブロックと比較して、運動負荷中のブ

ロックの方が、皮膚温(背部)が有意に高かった(図4)。直腸温については、運動前安静1と運動後安静10との差を算出して、対応のあるt検定を行ったところ、グレー映像条件に対して、暑熱映像条件における直腸温の差が大きい傾向(有意水準0.1)が示された。

4. 考察

全身温冷感、映像に対する暑い、寒い印象の評価では、どちらも暑熱映像条件の方が、グレー映像条件と比較して有意に暑いと評価されたことから、本実験で用いた暑熱映像にて暑熱の想起ができたと考えられる。全身温冷感(図1)、皮膚温(背部)(図4)は暑熱映像条件とグレー映像条件で運動前安静から運動3まで差がなく、映像を呈示した運動後安静1から差が生じており、暑熱映像の呈示による暑熱の想起に伴う違いであると考えられる。それに対して二元配置分散分析における直腸温の映像条件の主効果は、運動前安静の時点で暑熱映像条件の方が高いため(図3)、暑熱に想起によって生じた違いではないと考えられる。そこで、映像を呈示しているブロックの始め(作業後安静1)と最後(作業後安静10)の差について対応のあるt検定を行った結果、暑熱映像条件における差が、グレー映像条件における差と比較して大きい傾向が示された。実際の暑熱環境においては皮膚からの熱放散による体温の調整が行われており、皮膚温の減少の抑制は皮膚からの熱放散量の増加につながる。全身温冷感、皮膚温(背部)の分散分析と、直腸温の差についての対応のあるt検定の結果から、暑熱が想起されると快適な環境にあっても皮膚温の減少が抑制され、直腸温の低下が促進させる可能性が示唆される。

5. 結論

皮膚温と直腸温の差についての結果から、暑熱映像による暑熱の想起は、皮膚温の減少の抑制を介して、深部体温(直腸温)を減少させる可能性があると考えられる。

文献

- 1) Jun'ya T, Takayuki N, Damee C, Yuka E, Shigeki W; Nonthermal sensory input and altered human thermoregulation: effects of visual information depicting hot or cold environments: Int J Biometeorol. 2015, 59, p.1453–1460.

外向けHMIによるハザード情報がドライバーの行動に与える影響

○桑田 若海, 加藤 悠芽(公立千歳科学技術大学大学院),
小林 大二(公立千歳科学技術大学)

Influence of eHMI-based Hazard Communication from Autonomous Vehicles on Surrounding Drivers' Behavior

Naomi KUWATA, Yuga KATO (Graduate School of Chitose Institute of Science and Technology),
Daiji KOBAYASHI (Chitose Institute of Science and Technology)

1. はじめに

自動運転車の技術が発達し、全国で実証実験がおこなわれている。自動運転車はレベル0からレベル5に分類され、レベル3以上がシステム主導の運転制御となる。現在、自動運転バスの実証実験の多くはレベル2であるため運転手が乗車している。従来、自動車の運転手が周囲の人とジェスチャーやアイコンタクトなどによってコミュニケーションを取ってきたが、運転手が不在になるとコミュニケーションが取れず、相手の動きの予測が難しくなり意思決定に影響を与える可能性がある。

自動運転車と人とのコミュニケーション手段については、メッセージや音、光などで自動運転車の意図を伝えるeHMI(external Human-Machine Interface)の研究が進められている。Alhawitらは、自動運転車に設置したeHMIディスプレイを通して歩行者に指示を与えることで、歩行者の横断意欲が向上し、横断反応時間が短縮し、自動運転車への理解が深まると述べている¹⁾。

しかし、eHMIの研究には、自動運転車と歩行者とのコミュニケーションを対象としたものが多い。また、歩行者に対して「渡ってください」や「止まってください」などの指示を提示する提案に留まっている。

自動運転車の場合、自動車の制御に必要な多数のセンサを搭載しているため、ドライバーから見てバスの死角に存在する対向車や歩行者などのハザードを認識している。このハザード情報を周囲のドライバーへ提供すれば、各ドライバーに安全な行動を促せる可能性がある。

そこで本研究では、自動運転バスと乗用車が走行する都市部を仮想環境内に構築し、この環境を利用した実験をおとして、eHMIによるハザード情報がドライバーにおよぼす影響を明らかにした。

2. 方法

実験ではヘッドマウントディスプレイ(HMD)(HTC VIVE Pro Eye)に図1および図2に示すような仮想環境を提示し、参加者に指定したコースで乗用車を運

転させた。乗用車の最高速度は50km/hとした。

実験に先立ち、参加者に訓練用コースで運転させ、仮想環境での運転に習熟させた。その後、各参加者には2場面の運転課題に取り組みさせた。課題では、特定の交差点で右折するように、できる限り普段と同様に運転するようにと指示した。課題は交通事故事例に基づいて設計し、片側一車線の道路で自車の前に電動スクーターが走行し、反対車線の停車したバスの背後から歩行者が飛び出す「場面A」(図1)を含む課題と、右折待ちのバスの背後から車と電動スクーターが直進してくる「場面B」(図2)を含む課題の二種類とした。課題の試行順序は、順序効果を考慮して参加者ごとにカウンターバランスをとった。



図1 場面Aの様子



図2 場面Bの様子

バス前方および後方に設置されたeHMIには、「まわりに注意」といった単なる注意喚起、または、「バス後ろ歩行者」、「直進車接近中」といったハザードを伝える情報のいずれかを表示した。

参加者は運転免許を保有し一週間に一回以上運転していた学生16名とし、注意喚起、またはハザー

ド情報が表示される課題に8名ずつ割り当てた。

測定項目は、参加者の注視点および参加者の状況認識に関係する次の2種類の質問紙への回答とした。状況認識とは、Endsleyによって提唱された認知過程のモデルであり「意思決定」、「行動」に繋がる、「知覚」、「理解」、「予測」をSituation Awareness (SA)と命名している^{2,3)}。

用いたSAに関する質問紙は、まず、Taylorが提案したSAを推定するための質問紙“Situation Awareness Rating Technique” (SART)⁴⁾を翻訳したものである。SARTの質問項目は「注意資源の需要」、「注意資源の供給」、「状況の理解」のカテゴリに分類される10項目からなる。次に、SAのモデルに基づいて独自に5項目の質問紙を作成して用いた。これらの質問紙は課題終了後に7段階のリッカート尺度で参加者に回答させた。なお、注視点の座標は90HzでHMDによって測定した。

運転課題終了後には、eHMIによる情報提示に関する主観的意見を聴取する8項目からなる質問紙に対してVAS(Visual Analog Scale)によって回答させた。

3. 結果

SAに関する質問紙では、歩行者が飛び出す場面Aにおいて、「理解」のスコアがハザード情報を提示したグループで有意に高かった($p < .01$)。右折待ちのバスがいる場面(場面B)では、「状況の理解」、「知覚」、「理解」、「予測」のスコアがハザード情報を提示したグループで有意に高かった($p < .05$, $p < .01$, $p < .05$, $p < .05$)。

注視点解析の結果については、右折待ちの場面Bにおいて、全注視時間に占めるeHMIへの注視時間の割合は、ハザード情報を提示したグループの方が有意に高かった($p < .05$)。また、eHMIの情報提示に関する質問紙への回答についても、ハザード情報を提示したグループの方が「普段のバスと比べて、表示の意味がわかりやすかった」のスコアが有意に高かった($p < .05$)。

4. 考察

歩行者が飛び出す場面Aにおいて、注意喚起を表示したグループでは、「スクーターがいるから徐行していたら、人が飛び出してきたからさらにブレーキを踏んだ」、「何に注意をすればいいのかわからなかった」という8名中4名が述べていたが、ハザード情報を表示したグループでは、「バスからの表示が見えて、ブレーキを踏んだ」と8名中6名が述べていた。このことから、ハザードを伝えた情報は

注意を向ける場所が明確になり、SAモデルの理解のスコアが高くなった可能性がある。

右折待ちの場面Bにおいて、注意喚起を表示したグループの参加者は、「表示があることで普段よりも注意しようと思ったが、一回見た後は気にしなかった」、「車が来ていても来てなくても表示内容が変わらないため気にしなかった」、「もう車が来ないと思って少し進んだらスクーターが来た」などと8名中3名が述べていた。一方、ハザード情報を表示したグループの参加者は、「車が来るとしたらスクーターだったけど来ていることが分かった」と8名中5名が述べていた。これらより、ハザード情報が意思決定を支援していたことが認められ、eHMIへの注視が長くなり、SARTのスコアが高くなったと言える。一方、注意喚起の情報をeHMIに表示してもドライバーの行動は変様しない可能性が示唆された。

SARTの「注意資源の需要」とは「状況に対処するために必要とされる注意力」を、「注意資源の供給」とは「状況に対してどの程度の注意力や集中力を割けたのか」を意味する。注意喚起とハザード情報を表示したグループに関わらず「普段よりも気を付けて運転したが、表示を信頼しすぎないように確認しながら運転した」と全被験者16名中7名が述べていたことから、自ら確認して状況を判断していたことで注意資源の需要と供給に有意差が認められなかったと言える。

謝辞

本研究への参加者各位に感謝いたします。また、本研究は科研費JP24K15031の助成を受けました。

文献

- 1) Alhawiti, A.; Kwigizile, V.; et al. The Effectiveness of eHMI Displays on Pedestrian–Autonomous Vehicle Interaction in Mixed–Traffic Environments. 2024, 24(15), 5018.
- 2) Endsley, M. R.; Design and evaluation for situation awareness enhancement, Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting. 1988, 32(2), pp. 97–101.
- 3) Endsley, M. R.; Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors Journal.1995, 37(1), pp. 32–64.
- 4) Taylor, R. M.; Situational Awareness Rating Technique (sart): The Development of a Tool for Aircrew Systems Design, Situational Awareness. 2011, pp.111–128.

eHMIの情報と運転経験がドライバーに与える影響

○加藤 悠芽, 桑田 若海(公立千歳科学技術大学大学院)

小林 大二(公立千歳科学技術大学)

Effect of eHMI Information from Autonomous buses Depending on Drivers' Driving Experience

Yuga KATO, Naomi Kuwata (Graduate School of Chitose Institute of Science and Technology),

Daiji KOBAYASHI (Chitose Institute of Science and Technology)

1. はじめに

バスドライバーの不足に伴い、各地方自治体では路線バスを維持するために自動運転バスの導入を図っている。日本では、自動運転バスの多くは、既存の交通環境での走行を想定しているため、歩行者や他のドライバーなどの交通参加者と自動運転バスとのコミュニケーション手段の確保が必要となる^{1,2)}。

自動運転車両による周囲への情報伝達手段については、外向けヒューマンマシンインタフェース(eHMI: external Human-Machine Interface)の導入が検討されている。eHMIに関する先行研究では、対面通行の道路で自動運転車が対向車に道を譲るメッセージを提示すると、対向車の通過時間が短縮し衝突件数が低減することが明らかになっている³⁾。

このように、eHMIから提示する情報は、周囲の交通参加者の状況認識を向上させ、円滑で正確な意思決定を促す必要がある。Endsleyは、状況認識のモデルを「周囲の状況の知覚」、「状況全体の理解」、「次の状況の予測」の三段階で構成し、シチュエーションアウェアネス(SA: Situation Awareness)と定義した。ドライバーのSAは、認知能力や運転経験に影響を受けるため⁴⁾、eHMIの評価においても考慮する必要がある。しかし、ドライバーの運転経験に着目してeHMIを評価した研究はほとんど見られない。

そこで本研究では、自動運転バスに搭載したeHMIから提示される情報が周囲のドライバーに与える影響について、ドライバーの運転経験による差異を明らかにすることを目的とした。なお、本研究は公立千歳科学技術大学研究倫理委員会での承認(受付番号 2024-5)を受け、実験の参加者から事前にインフォームドコンセントを得た。参加者には気分が悪いなど実験の継続が困難であると感じた場合、実験を直ちに中断できる旨を伝えた。

2. 方法

自動運転バスのeHMIに提示した情報が周囲の

ドライバーに与える影響を調査するため、仮想現実空間を用いたシミュレーション実験を実施した。

参加者は一年以内の運転経験を有する大学生24名(平均20.7±0.9歳)とした。なお、運転経験とSAやパフォーマンスとの関係を探るため、運転頻度が週一回以上運転する高頻度群12名と月一回未満の低頻度群12名とに分類した。なお、全参加者は運転に支障のない視力であることを確認した。

実験では、PC(LENOVO Legion T5)にヘッドマウントディスプレイ(HMD)(VIVE Pro Eye)を有線接続してシミュレータ環境を提示し、参加者にはPCに有線接続したステアリングコントローラー(Hori Racing Wheel Apex)を用いて、バス後方の普通自動車を運転させた。シミュレータ環境はUnityを用いて構築し、全長11.13m、全幅2.485m、全高3.1mの自動運転バスが40km/hで片側二車線の直線道路の左車線を走行し、バス停で停車する場面を再現した。図1に示すようにバスの後方には幅2.65m、高さ1.49mの視覚的なディスプレイを搭載した。Schiebenらが検討した交通参加者のeHMIへのニーズ¹⁾を参考に、自動運転バスの次の動作に関する情報をシナリオ開始と同時にeHMIに表示した。



図1 自動運転バスの後方に搭載したeHMI

運転中のステアリング、アクセルペダル、ブレーキペダル、方向指示器への入力は90Hz、注視点は30Hzで記録した。記録した注視点は自動運転バス、自車両のミラー、その他に分類し、300msec以上停留したデータの合計時間に基づいて注視割合を算出した。運転終了後には、運転中のSAを測定するために、Situational Awareness Rating Technique (SART)⁵⁾

を邦訳したものに7段階の評価尺度で回答させ、各次元の合計スコアおよび総合スコアを算出した。

初めてeHMIを搭載するバスに遭遇する状況を再現するために、全参加者にeHMIを搭載していない条件で実験を実施した後、順序効果を抑制するために二週間以上期間を空けてeHMIが搭載されている条件で実施した。参加者の運転行動を統制するために、各条件で左車線を50km/hで走行し、バスとの車間距離が詰まり、円滑に走行できない場合には車線変更してバスを追い抜かすように教示した。

実験前には、シミュレータでの運転に習熟させるために、HMDを装着させた実験参加者に運転練習をさせた。運転に習熟後、バスがバス停で停車するシナリオを運転させた後、停車するよう指示し、SARTに回答させた。その後、HMDを脱着させ、実験参加者から実験やeHMIに関する意見を聴取した。

3. 結果

バスを追い越すために、参加者が車線変更する際のバスとの車間距離を算出した結果、高頻度群と低頻度群の間および実験条件間に有意な差は認められなかった。

注視割合については、eHMIを搭載したことで高頻度群と低頻度群のいずれもバスへの注視割合が有意に増加し、その他への注視割合が有意に減少した($p < .05$, $p < .01$)。また、低頻度群ではミラーへの注視割合が有意な減少が認められた($p < .01$)。

SARTについては、eHMIを搭載したことで注意資源の供給のスコアは高頻度群と低頻度群のいずれも有意に低下した($p < .001$)。また、低頻度群では、注意資源の需要のスコアが有意に低下した($p < .05$)。一方で、状況の理解のスコアおよび総合スコアに有意差は認められなかった。

4. 考察

高頻度群と低頻度群のいずれにおいても、eHMIを搭載した場合にはバスへの注視割合が増加し、SARTの注意資源の供給のスコアが減少した。注意資源の供給のスコアの低下は、注意資源の偏りを意味するため、eHMIから情報が提示されることによって、バスに対して注意資源が偏ったと言える。

また、低頻度群におけるSARTの注意資源の需要のスコアの低下は、交通環境における認知負荷の低下を意味している。この点について、ある実験参加者は「eHMIの情報によって、あらかじめバスの行動

を予測でき、運転にゆとりが生まれた」と述べていた。これはeHMIを搭載したことによってドライバーの意思決定を促す効果があることを示唆している。

一方、高頻度群では注意資源の需要のスコアが変化しなかった点について、12名中8名の参加者が「eHMIに意識をとられた」、「eHMIの情報を鵜呑みにしていいか不安に感じた」など、eHMIに対する懸念を述べていた。

以上より、運転経験が少ないドライバーはeHMIから提示した情報によって意思決定が容易になる効果が得られる一方、情報に過度に依存し、周囲の交通環境への注意が疎かとなる可能性が示唆された。運転経験が豊富なドライバーも同様に自動運転バスへの注視が偏る傾向が認められた一方、自らの運転経験を踏まえて意思決定する傾向が認められた。

謝辞

本研究に関わられた参加者の皆様に感謝いたします。また、本研究はJSPS科研費 JP24K15031の助成を受けました。

文献

- 1) Schieben, A.; Wilbrink, M.; et al. Designing the interaction of automated vehicles with other traffic participants: design considerations based on human needs and expectations. *Cognition, Technology & Work*. 2019, 21, p. 69-85.
- 2) ISO/TR 23049: 2018. Road Vehicles — Ergonomic aspects of external visual communication from automated vehicles to other road users.
- 3) Rettenmaier, M.; Albers, D., et al. After you?! – use of external human-machine interfaces in road bottleneck scenarios. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2020, 70, p. 175-190.
- 4) Yang, Y.; Chen, M.; et al. Structural Equation Modeling of Drivers' Situation Awareness Considering Road and Driver Factors. *Frontiers in Psychology*. 2020, 11.
- 5) Taylor, R. M. Situational awareness rating technique (SART): the development of a tool for aircrew systems design. *Situational Awareness*. Routledge, London, 2011, p. 111-128.

学生セッション I

【学生セッション I】

座長：佐藤 健斗（北海道科学大学）

1. 階層的分類に基づいた支笏湖鏡面現象の画像判定精度検証
○山田 悠太（公立千歳科学技術大学）
2. 音楽聴取が短期記憶課題中のフロー状態および生理反応に及ぼす影響
○木村 汐（公立千歳科学技術大学）

階層的分類に基づいた支笏湖鏡面現象の画像判定精度検証

○山田 悠太, 曾我 聡起, 小林 大二(公立千歳科学技術大学理工学部)

A Verification of Image Judgment Accuracy for the Lake Shikotsu Mirroring Phenomenon Based on Hierarchical Classification

Yuta YAMADA, Toshioki SOGA, Daiji KOBAYASHI (Chitose Institute of Science and Technology, Faculty of Science and Technology)

1. はじめに

北海道千歳市にある支笏湖では、周囲の山や空の景色などが湖面に鏡のように反射して映し出される自然現象(以下、鏡面現象)が発生する。宮原(2024)の先行研究⁽¹⁾では支笏湖の鏡面現象の画像を「鏡面」もしくは「非鏡面」の2値で分類するモデルを作成した。環境省が設置しているインターネット研究所の監視カメラの画像に対する精度は87%となった。

しかし、宮原(2024)の先行研究で使用していた学習データは山が見えている画像のみであるため、山が雲で隠れている画像に対して判定精度が下がる可能性がある。今回、山が雲で隠れており雲が反射している画像を61枚集めて宮原(2024)が作成した画像分類モデルで精度を検証したところ、精度が26%となり宮原(2024)の先行研究で示した判定精度よりも61%低いことがわかった。この結果から、宮原(2024)のモデルは、山が隠れている画像では精度が低くなるという課題が見つかった。



図1 支笏湖の鏡面現象
(インターネット研究所)⁽²⁾

2. 研究の目的

Stretcu et al.(2020)は、画像分類モデルにおいて、複数のモデルを活用し、まず大まかな分類を行い、次第に細かな分類を行う階層的分類を行うことで、単一モデルと比較して最大7%精度が向上したという結果を示した。⁽³⁾

本研究では、複数のモデルを活用し、階層的分類の考えを応用した画像分類モデル(以下、複数モデル)を作成し、5種類の画像分類を可能にするとともに、「鏡面」と「非鏡面」の判定精度を向上させることを目的とする。

3. 学習データについて

画像分類モデルの作成にあたり、環境省が設置しているインターネット研究所の監視カメラの画像を学習データとして使用した。また、画像分類モデルはApple社のCreateMLを用いて作成した。CreateMLはMacOS向けに開発された独自の機械学習モデルを作成してトレーニングを行うフレームワークである。

画像分類を行うにあたり、画像を表1のように5つの種類に分けた。5種類の画像ごとのテストデータ(以下、オリジナルデータ)を用意し、5種類の画像の判定精度と鏡面グループと非鏡面グループの判定精度(以下、グループ別の判定精度)を検証した。また、宮原(2024)のモデルと比較を行うため、宮原(2024)が使用したテストデータを用いて、今回作成したモデルに対してグループ別の判定精度を検証した。

また、単一モデルにおいて、学習データに対して湖面のみをトリミングして学習・検証を行なった結果、トリミングを行わなかったモデルと比較してグループ別の判定精度が4%向上した。この結果から、今回はトリミングを使用してモデル学習・検証を行なった。

表1 各鏡面の定義

グループ	種類	定義
鏡面 グループ	山鏡面	・山が雲で隠れていない ・山全体が湖に反射している
	山微鏡面	・山が雲で隠れていない ・山の一部分が湖に反射している
	雲鏡面	・山が雲で隠れている ・雲が湖に反射している
非鏡面 グループ	非鏡面	・山や雲が湖に反射していない
	夜	暗くて湖面の様子がわからない

4. 単一モデルの作成と精度検証

全ての学習データの湖面部分のトリミングを行い、5種類の画像を判定する単一モデルを作成し、オリジナルデータを用いて精度検証を行なった結果、5種類の画像の判定精度が72%、グループ別の判定精度が90%という結果となった。また、宮原(2024)のテストデータを使用し精度検証を行なった結果(グループ別での判定)、精度が93%となった。

5. 複数モデルの作成と精度検証

図2のような複数モデルを作成した。まずモデル1で山部分のトリミング画像に対して「山」、「雲」、「夜」を判定する。「山」と判定された場合はモデル2、「雲」と判定された場合はモデル3に遷移する。モデル2では反射した山のトリミング画像に対して「山鏡面」、「山微鏡面」、「非鏡面」と判定する。モデル3では湖面のトリミング画像に対して「雲鏡面」、「非鏡面」と判定する。

複数モデルでオリジナルデータを使用して精度検証を行なった結果、5種類の画像の判定精度が87%、グループ別の判定精度が96%という結果になった。また、宮原(2024)のテストデータを使用し精度検証した結果(グループ別での判定)、精度が93%となった。

以上の結果より、複数モデルは単一モデルと比較してオリジナルデータによる5種類の画像の判定では15%、グループ別での判定では6%精度が向上した。また、宮原(2024)が使用したテストデータでは単一モデルと複数モデルともに93%という結果となった。しかし、第1章で示した宮原(2024)の判定精

度87%よりも6%精度が向上した。

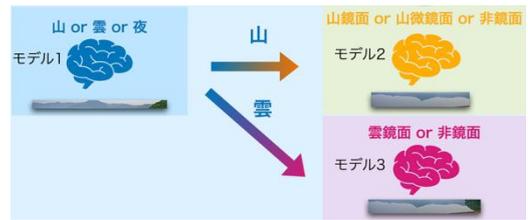


図2 複数モデルの仕組み

表2 判定精度の検証結果

	オリジナルデータ		宮原データ
	5種類	グループ別	グループ別
単一モデル	72%	90%	93%
複数モデル	87%	96%	93%

6. 今後の取り組み

複数モデルの精度検証においてモデル2の精度を検証した結果は79%でモデル全体の精度よりも8%低い結果となったため、モデル2で使用しているトリミングの位置や学習データの見直しにより、精度向上を目指す。

文献

- 1) 宮原和馬.機械学習を用いた画像分類に基づくデジタル観光サービスの提案－支笏湖鏡面現象の例－.PCカンファレンス北海道2024論文集. 2024. p.11-12.
- 2) 環境省:インターネット研究所.
<https://www.sizenken.biodic.go.jp/>
(2025年9月6日アクセス)
- 3) Stretcu, O.;Platanios, E.A.;Mitchell, T.;Poczos, B. Coarse-to-Fine Curriculum Learning for Classification. Bridging AI and Cognitive Science(ICLR 2020).
https://baicsworkshop.github.io/pdf/BAICS_26.pdf

音楽聴取が短期記憶課題中のフロー状態および生理反応に及ぼす影響

○木村 汐, 倉岡 宏幸, 仲林 清(公立千歳科学技術大学)

Effects of Music on Flow State and Physiological Responses in Short-Term Memory Performance

Shio KIMURA, Kiyorshi NAKABAYASHI, Hiroyuki KURAOKA

(Chitose Institute of Science and Technology)

1. はじめに

音楽は日常生活において広く用いられており、カフェやオフィスといった作業環境においても、快適性の向上や注意集中の維持を目的として導入されている。その効果として、環境雑音のマスクングによる音環境の改善、リラクゼーションを介したストレス軽減や注意課題遂行の効率化に寄与することが知られている。また、音楽がスポーツパフォーマンスの情動的側面(動機付けや覚醒水準の制御など)に好影響を及ぼすこと¹⁾、さらに個人の嗜好に合致した音楽が課題への集中度を高める可能性も報告されている²⁾。

認知課題領域においても、音楽は作業記憶のパフォーマンスに影響を及ぼすことが示されている。例えば、音楽刺激が脳活動を賦活し、作業記憶を促進させることが報告されている³⁾。一方、脳波や行動指標を用いた研究では、音楽が認知的負荷を増大させ、課題成績を低下させる可能性も指摘されている⁴⁾。このように、音楽が作業記憶に及ぼす影響については一貫した知見が得られていないのが現状である。

課題遂行時のパフォーマンス評価においては、正答率や反応時間といった行動指標に加え、活動に没入する主観的体験としてのフロー状態に注目が集まっている。フローは課題に全人的に没入した際に生起する最適経験として定義されており、集中力や動機付けと強く関連する心理的状态である。近年では、生理指標を用いてフロー状態を把握しようとする試みもみられ、例えば、瞳孔径の変化を指標とした研究が報告されている。フロー状態を客観的に評価しようとする研究は進展しつつあるが、その多くは課題環境を統制した状況に限られている。実際の作業環境では、音楽のような外的刺激が注意や情動に影響を及ぼし、それがフロー状態と生理反応の双方に作用する可能性がある。したがって、音楽聴取下での課題遂行において、主観的体験としてのフローと生理反応を統合的に検討することが求められる。

以上を踏まえて、本研究では、異なる音楽聴取条

件が短期記憶課題遂行中のフロー状態に与える影響と、生理反応との関連性を検討することを目的とした。

2. 方法

本研究は、18歳以上の健康な男性20名を対象とし、公立千歳科学技術大学倫理委員会の承認を得た上で実施する(承認番号:2025-7)。実験では、被験者に電極およびセンサーを装着した後、実験スペース内で椅座位にて10分間安静にさせる。実験は、安静5分間、課題15分間を1セットとし、音楽聴取の条件を変更し、計3セット実施する。音楽聴取条件は、音楽なしをBaseline(BL)条件、ホワイトノイズを聴取させるときをWhite Noise(WN)条件、聞き慣れた音楽を聴取させるときをFamiliar Music(FM)条件とし、実験条件の順序は実験参加者毎にランダム化する。音楽の提示にはネックスピーカー(SC-GNW30, Panasonic)を用い、音量は被験者が快適に聴取できる水準で各自調整させる。各条件の作業後に、フロー、メンタルワークロード、時間知覚および課題の難易度の主観評価を実施する。生理計測は実験開始から終了まで行う。

作業課題には、メモリースポーツの公式種目の一つである単語記憶を応用した短期記憶課題を使用する。課題手続きは、まずモニター上に提示される100題の単語を5分間で記憶させ、その後10分間で指定の回答用紙に記述させる方式とした。提示する単語は「資源」「スタジオ」「たばこ」等で構成し、メモリースポーツの例題を参考に文字種の割合を調整した(ひらがな:5題, カタカナ:40題, 漢字:40題, 混合:15題)。採点は、問題番号と対応する単語が正しく一致した場合を1点、単語のみの正解を0.5点とし、空欄や誤答は0点とする。また、正答であっても誤字がある場合は0.5点減点する。

主観評価では、フローの評価として、石村により開発されたフロー体験チェックリスト⁴⁾を使用する。チェックリストは、「肯定的感情と没入による意識経験:没入感」、「能力への自信:能力」と「目標への挑戦:挑戦」の3因子で構成されており、10項目について

て、7段階の評定尺度で回答させる。各因子における項目の平均値、フロー得点として、全項目の平均値を算出する。時間知覚の評価では、作業後に「作業開始から終了まで、どのくらいの時間が経過したと感じましたか」と被験者に口頭で質問し、作業時間を推定させる。実際の作業時間に対する主観的時間の比を表すDuration judgement ratios (DJR)を算出した。メンタルワークロードの評価では、NASA-Task Load Indexを使用し、6つの下位尺度(精神的要求(MD), 身体的要求(PD), 時間切迫感(TD), 作業達成感(OP), 努力(EF), 不満(FR)および平均的ワークロードを表すAdaptive Weighted Workload Score (AWWL)⁵⁾を算出する。

1	インフレ	21	息	41	寝る	61	痛	81	ブラス
2	目覚まし音	22	タイピング	42	手探り	62	フタアテ	82	クラビ
3	モルレル	23	怒音	43	天候状態	63	コントラスト	83	エモーション
4	いい歌	24	名前書き	44	音	64	静物	84	列レージ
5	バズボト	25	雑音	45	口呼吸	65	カラコトテープ	85	縦書きの字
6	雑音	26	バズ	46	美人写真	66	雑音	86	スピンオフ
7	ワークロード	27	アタセリ	47	字	67	フレンジ	87	縦書き
8	騒音	28	字	48	口	68	キコシテテープ	88	スピンオフ
9	ボタン	29	机の動き	49	机の動き	69	音	89	縦書き
10	はげ	30	仕事	50	レポート作成	70	音	90	縦書き
11	本字	31	フルタイム	51	音	71	心算	91	スピンオフ
12	口	32	音	52	音	72	不気味感	92	縦書き
13	お笑い番組	33	音	53	音	73	音	93	縦書き
14	音楽	34	音	54	音	74	フリック	94	縦書き
15	エンディング	35	音	55	音	75	音	95	ウエイレス
16	アンケート	36	音	56	音	76	音	96	音
17	雑音	37	音	57	音	77	音	97	音
18	眠い	38	音	58	音	78	音	98	音
19	汗	39	音	59	音	79	音	99	音
20	ボーイ	40	音	60	音	80	音	100	音

図1. 短期記憶課題の問題提示画面

生理指標として、脳波と心拍を測定する。脳波は、ウェアラブル脳波計 (EMOTIV Insight 2.0, Emotiv Systems)を用い、電極はAF3, AF4, T7, T8, Pzの5部位に装着する。解析指標として、各周波数帯域(α 波, β 波, θ 波)のパワー値を算出する。心拍は、ウェアラブル心拍計(myBeat WHS-1, ユニオンツール)を用いて胸部に装着したセンサーから導出し、心拍数および心拍変動性指標を算出する。心拍変動性指標では、パワースペクトルの低周波帯域(LF: 0.05-0.15Hz)と高周波帯域(HF: 0.15-0.40Hz)を抽出し、LF/HFを算出する。

3. 結果

予備実験として、1名を対象に実施した結果を図1に示す。フロー得点は3条件で大きな差はみられなかったが、WN条件で相対的に高い値(4.83)が得られた。課題成績については、BL条件が14.5点と最も高く、FM条件が12点、WN条件13点であった。時間知覚については、BL条件と比べて、FM条件では0.6、WN条件では0.8と、いずれも短縮して知覚される傾向がみられた。メンタルワークロードについては、FMおよびWN条件では、身体的要求がBL条件に比

べて低かったが、時間切迫感の高い値を示した。その結果、AWWLはBaseline (BL)条件で79.29、White Noise(WN)条件で80.43、Familiar Music(FM)条件で82.9となり、FM条件で最も高い値を示した。

以上の結果より、予備的段階ではあるものの、無音条件と比較して音楽聴取は課題遂行時の主観的負担を増加させる一方で、フロー体験や時間知覚に変化を及ぼす可能性が推察された。

表1. フロー得点, DJRおよび課題成績の結果

	フロー	DJR	課題成績
BL条件	4.67	1.0	14.5
FM条件	4.42	0.6	12
WN条件	4.83	0.8	13

表2. メンタルワークロード得点の結果

	PD	TD	AWWL
BL条件	74	40	79.29
FM条件	36	76	82.30
WN条件	14	75	80.43

文献

- 1) 小島正憲. 音楽聴取がスポーツパフォーマンスに与える情動変化—授業時の大学生を対象として—, 東邦学誌, 2023, 52(2), 1-11.
- 2) Kiss, L.; Linnell, K. J. The effect of preferred background music on task-focus in sustained attention. Psychological research, 2021, 85(6), p.2313–2325.
- 3) Taheri, S.; Razeghi, M.; et al. Investigating the effect of background music on cognitive and skill performance: A cross-sectional study. WORK, 2022, 71(4), p.871-879.
- 4) Wang, L., Guo, L., Yang, X. & Li, Y. (2025). Research on the Effect of Background Music on Working Memory Based on Granger Causal Network. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, 2025, 10(1), p.1-18.
- 5) 石村郁夫. フロー体験チェックリストの因子構造に関する検討. フロー体験の促進要因とその肯定的機能に関する心理学的研究, 風間書房, 東京, 2014, pp.71-80.
- 6) 三宅 晋司. 特集③人間工学のための計測手法 第3部: 心理計測と解析(6), 人間工学, 2015, 51(6), p.391-398

一般セッション Ⅱ

【一般セッション II】

座長：小林 大二（公立千歳科学技術大学）

1. インホイールモータを用いた乗り心地制御システム—躍度を考慮した乗り心地評価—
○出川 奏楽（北海道科学大学大学院）
2. パーソナルモビリティの乗り心地制御システム—音曝露時による乗り心地への影響—
○山下 善弘（北海道科学大学大学院）
3. 実験室実験のための主観指標と精神作業プログラムS.I.M.P.L.E.について
—第2報 その歴史と最新バージョン紹介—
○三宅 晋司（公立千歳科学技術大学大学院）
4. 拍動性生体信号のピーク抽出とノイズ処理
○黒坂 知絵（産業医科大学）
5. 手掌上に提示された触情報の位置知覚の正確さ(第2報)
—触覚による位置知覚生成モデルとその実験的評価—
○小谷 賢太郎（関西大学）
6. 日本人間工学会が主導する新たな腰痛予防対策ガイドラインの開発
—CoMIT(コミット)プロジェクトの紹介—
○谷 直道（産業医科大学）

インホイールモータを用いた乗り心地制御システム

—躍度を考慮した乗り心地評価—

- 出川 奏楽(北海道科学大学大学院工学部)
- 内野 大吾(沼津工業高等専門学校機械工学科)
- 小川 和輝(愛知工科大学電子工学部)
- 遠藤 文人(福岡工業大学工学部)
- 加藤 太朗(東京工科大学工学部)
- 成田 正敬(東海大学工学部)
- 加藤 英晃(東海大学工学部)
- 池田 圭吾(北海道科学大学工学部)

Ride Comfort Control System Using In-Wheel Motors

—Ride Comfort Evaluation Considering Jerk—

Sora DEGAWA (Graduate School of Engineering, Hokkaido University of Science),
Daigo UCHINO (Mechanical Engineering, National Institute of Technology Numazu College),
Kazuki OGAWA (Faculty of Engineering, Aichi University of Technology),
Ayato ENDO (Faculty of Engineering, Fukuoka Institute of Technology),
Taro KATO (School of Engineering, Tokyo University of Technology),
Takayoshi NARITA (School of Engineering, Tokai University),
Hideaki KATO (School of Engineering, Tokai University),
Keigo IKEDA (Faculty of Engineering, Hokkaido University of Science)

1. はじめに

近年、高齢化が進行している中で車いすや電動車いすの需要が増加している。電動車いすの主な利用者である高齢者や身体機能が低下した人等にとって、その使いやすさや乗り心地の良さは生活の質を左右する重要な要素である。また、実際の利用場面では、悪路や坂道における転倒事故の危険など、操作性や安全性に対する課題があり、利用をためらう場合や、単独での利用が難しい場合が多く、利用環境が制限されている現状がある。このように、実際の利用場面では利用者の個人差や、常に変化する心理状態、周辺環境を考慮して適切に対応することが求められている。

さらに、電動車いすは持ち運びされる場合が多く、軽量でコンパクトである必要がある。このため、スペースや重量の観点から、モータやサスペンションなどの機構を複数搭載することが困難である。そこで、電動車いすの動力源としてインホイールモータに着目した。インホイールモータは、ホイール内にモータを搭載することにより軽量コンパクトであることに加え、応答性や駆動効率にも優れた特性を示す。

本研究では、電動車いすに搭載されたインホ

ールモータの制御手法として図1に示す切り替え制御システムを提案している。切り替え制御システムは、常に変化する乗員の心理状態と利用環境を各センサにより計測・分析を行うことにより、リアルタイムに心理状態や利用環境を推定し、その時々で最適な制御を切り替えることで、個人に合わせた最適な乗り心地、使い心地を提供する。

本研究では、切り替え制御システムに用いる物理量として、乗り心地に影響を及ぼす物理量である車体前後方向の躍度に着目した⁽¹⁾。

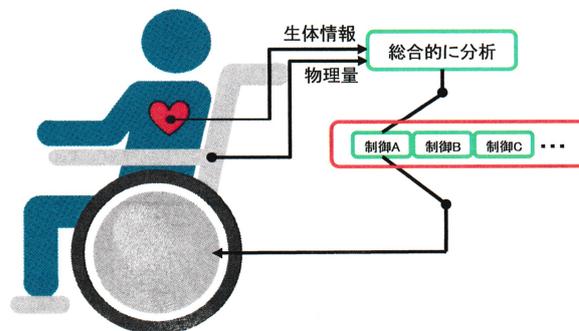


図1 切り替え制御システム

2. 躍度を考慮した制御手法

躍度とは加速度の時間変化率であり、この値を小さく抑えることによってなめらかな加減速が可能となる。したがって、躍度の値を任意に設定することで、利用者や利用環境ごとに最適な加速を設計することができる。本検討では初期的考察として、電動車いすの加速時に発生する躍度を低減するようなインホイールモータの制御手法について、コンピュータシミュレーションを用いて検証を行った。シミュレーションに際して、電動車いすおよびその制御器を数式モデルとする必要がある。そこで電動車いすを図2のようにモデル化した。図中のホイール部分がインホイールモータである。この時、車体の運動方程式とインホイールモータの回路方程式から電動車いすの数式モデルを作成した。これに対して、電動車いすの角速度をフィードバックした制御を適用したモデルと未適用のモデルを作成し、任意の入力を与えたときの車輪の角速度の変化と躍度の最大値について検証を行った。

3. シミュレーション結果と考察

それぞれのモデルに対して、電動車いすに搭載するコントローラを用いて入力を与えたときの、角速度と、その時の最大躍度についてシミュレーションを行った。シミュレーション結果として制御時の角速度変化を図3(a)に、未制御時の角速度変化を図3(b)に、またその時の最大躍度を表1に示す。なお、PI制御器のゲインはステップ応答を確認して決定しており、本検証では $P=0.1$ 、 $I=35$ とした。PI制御時と未制御時を比較すると、動き始めの角速度の急変化を抑制することによって、最大躍度を低減したことを確認した。

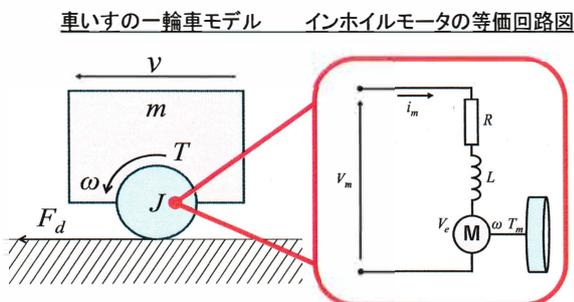
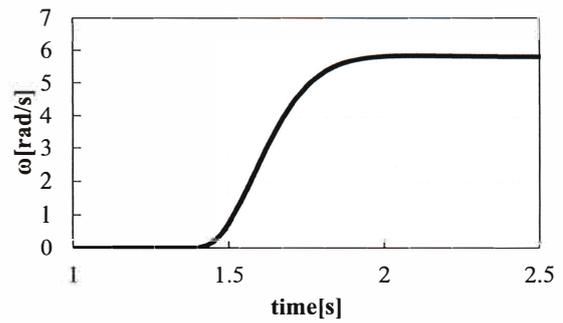
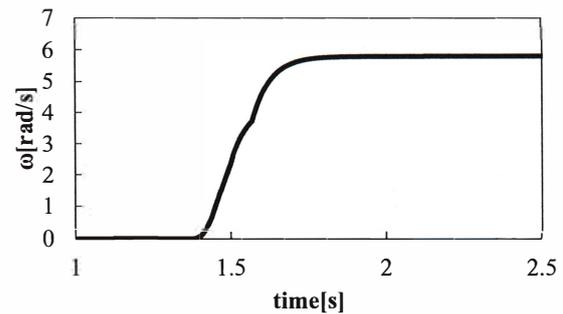


図2 電動車いす一輪モデル



(a) 制御時の角速度変化



(b) 未制御時の角速度変化

図3 各モデルの角速度変化

表1 各モデルの最大躍度

	Uncontrol	Control($P=0.1, I=35$)
Jerk[m/s ³]	472.9	28.3

4. おわりに

本研究では、電動車いすの快適性や安全性の向上を目的として、切り替え制御システムを提案した。この切り替え制御システムに用いる物理量として、乗り心地に影響を及ぼすである車体の前後方向の躍度に着目し、電動車いすの加速時における躍度を低減するようなインホイールモータの制御について検討した。結果として、角速度をフィードバックした制御を適用し、制御器のPIゲインを任意の値に定めることにより、躍度を低減可能であることを確認した。

文献

- 1) 池田圭吾, 遠藤文人, 増野将大, 加藤英晃, 成田正敬, 森山裕幸. 超小型モビリティ用アクティブシートサスペンション—加速度の時間変化率に対する快適性の基礎検討—. 電磁気力関連のダイナミクスシンポジウム講演論文集. 2017, 29, p. 383-384.

パーソナルモビリティの乗り心地制御システム

—音曝露時による乗り心地への影響—

- 山下 善弘（北海道科学大学大学院工学部）
- 内野 大悟（沼津工業高等専門学校機械工学科）
- 小川 和輝（愛知工科大学電子工学部）
- 遠藤 文人（福岡工業大学工学部）
- 加藤 太郎（東京工科大学工学部）
- 成田 正敬（東海大学工学部）
- 加藤 英晃（東海大学工学部）
- 池田 圭吾（北海道科学大学工学部）

Ride Comfort Control System for Personal Mobility

—Effects of Sound Exposure on Ride Comfort—

Yoshihiro YAMASHITA (Division of Mechanical Engineering, Hokkaido University of Science),
Daigo UCHINO (Mechanical Engineering, National Institute of Technology Numazu College),
Kazuki OGAWA (Faculty of Engineering, Aichi University of Technology),
Ayato ENDO (Faculty of Engineering, Fukuoka Institute of Technology),
Taro KATO (School of Engineering, Tokyo University of Technology),
Takayoshi NARITA (School of Engineering, Tokai University),
Hideaki KATO (School of Engineering, Tokai University),
Keigo IKEDA (Faculty of Engineering, Hokkaido University of Science)

1. 緒言

近年、環境問題を考慮し超小型モビリティの需要が増加している。超小型モビリティはコンパクト且つ軽量という特徴から未舗装の道路で利用される機会が多く、また、乗り心地に対する対策も簡素となる傾向があり、走行時の縦揺れによる乗り心地の悪化が課題である。そこで、乗り心地の向上を目的としてアクティブシートサスペンションを用いる提案をしている¹⁾。超小型モビリティは幅広い年齢層の方や、様々な体格差の方が利用される。よって、乗り心地感覚も人によって異なる。さらに、走行中は路面の状況や乗員の取り巻く環境や心理状態が時々刻々と変化する。この変化に合わせた制御を行うため乗り心地制御システムを提案している。この乗り心地制御システムは、乗員に入力される音圧や振動といった物理量と乗員の心拍などの生体情報をもとにリアルタイムで乗り心地を評価し乗員が常に乗り心地の良い状態を維持するようにアクティブシートサスペンションなどのアクチュエータを制御するシステムとなっている。この制御システムを構築するにあたり、乗員に入力される物理量とその時の生体情報の関係性が明らかになっていない。そこで、本検討では、乗り心地制御システムの構築における初期

検討として、乗員に80dBの音圧が入力された際の主観的な心理状態の反応と生体情報の反応の関係性を明確にする。

2. 心理状態の評価方法

本実験では、心理状態の反応を確認するため、主観評価による心理状態の評価と生体情報による心理状態の評価を行った。

2.1 主観評価による心理状態の評価方法

乗り心地の定量評価には Visual Analog Scale (VAS)を用いた。本実験では、音が乗り心地に及ぼす影響をリアルタイムに把握するため、図1に示す主観評価装置を用いて、音曝露による心理状態の変化を連続的に記録した。主観評価装置は、被験者がノブを操作して、その時点の主観的状态に最も合致する位置につまみを移動させる構成である。VASにおける教示文は「音による自身のストレス状況を示せ」とし、尺度端点は0を「音によるストレスを感じない」、10を「音によって身体が自発的意思と無関係に動くほど強いストレスを感じる」と定義した。

2.2 生体情報による心理状態の評価方法

生体情報に基づく心理状態の評価には、心拍変動(HRV)を用いた。HRV は自律神経の交感神経と副交感神経の活動によって制御されるため、その解析により自律神経活動を把握できる。心拍変動の周波数解析結果を図2に示す。図中の 0.04-0.15 Hz の積分値を LF 値、0.15-0.40 Hz の積分値を HF 値と定義する。両者の比(LF/HF)は交感・副交感神経活動の相対関係を反映する指標であり、増加時は被験者がストレスを感じていると評価し、減少時はリラックス状態にあると評価できる。

3. 実験条件

本実験は、音という物理的外乱が乗員の生体情報および主観評価に与える影響を検証することを目的として実施した。実験協力者に心拍計を装着し、心拍変動を記録・解析した。手順は、開始時に 2 分間の安静期を設け、その後約 80 dB の音を 30 秒間曝露した。音曝露後は再び 2 分間の安静期を設け、実験を終了した。音源はストレス喚起を想定し、自動車のクラクション音を採用した。音圧レベルの調整には騒音計を用いた

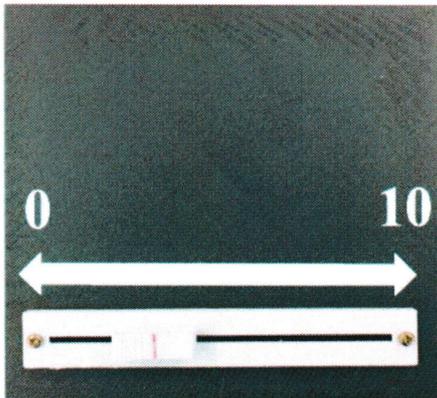


図1 主観評価装置

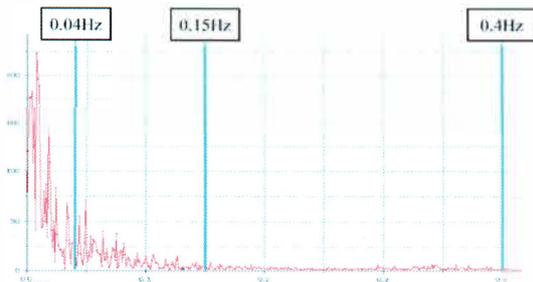


図2 心拍変動のパワースペクトル密度

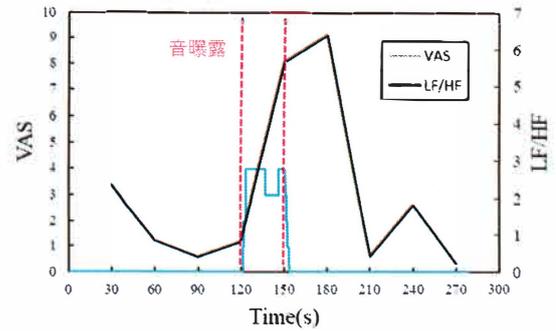


図3 音曝露によるLF/HFとVASの変化

4. 実験結果

実験結果を図3に示す。縦軸は心拍変動から算出した LF/HF と、主観評価による VAS の値を示す。120 秒時点で音曝露を与えたところ、両指標が増加し、音による心理状態の変化を確認した。さらに、LF/HF と VAS の同時的な増加が見られ、LF/HF が主観評価と整合する生理指標であることを確認できた。

5. 結言

本検討では、提案する乗り心地制御システムの構築に向け、音曝露が乗員の心理に及ぼす影響を生体情報と主観評価により評価した。結果として、音曝露時に LF/HF 値および VAS 値の上昇を確認し、音刺激に対する心理状態の変化を生理学的・主観的の両側面から裏づけた。今後は、音曝露実験を拡充し、身長・体重などの個体差が生体情報および主観評価に与える影響を検討する。

文献

- 1) 遠藤 文人, 池田 圭吾, 三野輪 良祐, 加藤 英晃, 成田 正敬, 超小型モビリティ用アクティブシートサスペンション (振動制御用アクチュエータに関する解析的検討), 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集2020巻(2020), 2424-2691.
- 2) M. Malik, J. T. Bigger, A. J. Camm, R. E. Kleiger, A. Malliani, A. J. Moss and P. J. Schwartz, Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, European Heart Journal, Vol. 17, No. 3 (1996), p. 354-381.

実験室実験のための主観指標と精神作業プログラムS.I.M.P.L.Eについて

—第2報 その歴史と最新バージョン紹介—

○三宅 晋司(公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科)

Subjective Indexes and Mental Task Programs for Laboratory Experiments

—2nd Report: History and the latest version—

Shinji MIYAKE

(Chitose Institute of Science and Technology, Graduate School of Science and Technology)

1. はじめに

SIMPLEはその名称通りに「簡単に」実験室等で精神課題を負荷し、主観評価を得ることができるコンピュータプログラムセットである。本稿ではその歴史と最新バージョンについて紹介する。

2. SIMPLEの歴史

NASAの研究者ComstockとAmegardが作成した多重課題プログラムMATSET(Multi Attribute Task SET)¹⁾は精神課題遂行後にNASA-TLXのコンピュータバージョンが遂行できるようになっており、精神作業遂行→主観的メンタルワークロード評価の一連の流れが一つのプログラムで実施できる。また、これらを複数回実施の場合は、その遂行順をシナリオに記載しておけば、シナリオ順にプログラムが実行される。

シナリオを読み込んで、その順にプログラムを実行するというMATSETのアイデアを借用し、1992年頃に、当時主流であったNEC PC-98で実行できるプログラムをN88-BASICで書いた。当時、感覚取入型(sensory intake)作業による心拍数低下をもたらすパターン2反応に関心があり、感覚取入型作業の典型である鏡映描写課題のコンピュータ版ZTRACEを作成し、これと対照的な暗算課題(MATH)とそれらのメンタルワークロード評価用のNASA-TLXおよびストレス・気分評価プログラムの4つのモジュールのみから構成されていた^{2,3)}。この初期のSIMPLEはメンタルワークロードに関する実験のみならず、学部の人間工学実験のメンタルワークロードをテーマとした実験でも用い、特に後者の学生実験では簡単に実施できることから大変有用であった。

その後、MS-DOSのQuick BASICに移植し、さらにWindowsに移行した際には、Visual BASICに移植して実験研究の目的に応じてさまざまなプログラムモジュールを追加し、現在に至っている。

3. SIMPLEの構成

3-1 精神作業プログラムモジュール

現在のSIMPLE最新バージョン27.1には表1に示す精神作業プログラムが組み込まれている。

3-2 主観評価プログラムモジュール

主観評価プログラムを表2に示した。SD法などの実験題材に特異的なものはその都度、作成している。

3-3 その他のプログラムモジュール

精神作業と主観評価以外のプログラムとしては、安静画面表示、動画再生などがある。

4. おわりに

本稿は、SIMPLEを用いた研究報告の際に引用できるように記したものであり、各モジュールの文献は代表的なもののみを表記した。なお、SIMPLEは無償にて提供可能である(原則、現状渡し)。

文献

- 1) Comstock, J.R.; Amegard, J. R. The Multi-Attribute Task Battery for human operator workload and strategic behavior research. NASA Technical Memorandum 104174, 1992, Langley Research Center.
- 2) 三宅晋司. メンタルワークロードの心理生理学的研究. 平成11年度～12年度科学研究費補助金 [基盤研究(C)(2)] 研究報告書. 2001
- 3) 三宅晋司. 実験室実験用主観指標と精神課題プログラムS.I.M.P.L.E.について. 人間工学. 2002, 38 (Suppl), p. 332-333.
- 4) Turner, J.R.; et al. Graded mental arithmetic as an active physiological challenge. International Journal of Psychophysiology. 1986, 3, p.307-309.

表1 精神作業モジュール

精神作業	文献
暗算作業	4
鏡映描写作業	
CLOCK TEST	5
メンタルローテーション	6
数値探索作業	7
モノグラム	
短期記憶	8
埋込図形テスト	9
RAVEN マトリックステスト	10
クレペリン	11

表2 主観評価モジュール

主観評価	項目数	文献
NASA-TLX: NASA Task Load Index	7	12
POMS: Profiles of Mood States	65, 25	13
SACL: Stress Arousal Checklist	30	14
STAI: State and Trait Anxiety Inventory	状態不安のみ 10 項目	15
SFF: Subjective Fatigue Feelings	25	16
KSS: Kwansai Gakuin Sleepiness Scale	21	17
SSS: Stanford Sleepiness Scale	7	18
ASHRAE Thermal Sensation Scale (9-point)	1	19
FLOW	10, 12	20
MACL: Mood Adjective Checklist	20	21
DJR: Duration Judgement Ratio	1	22
BJSQ: Brief Job Stress Questionnaire	心理的ストレス反応のみ 18 項目	23
SSQ: Simulator Sickness Questionnaire	16	24
PANAS: Positive and Negative Affect Schedule	20	25
IEQ: Immersive Experience Questionnaire	24	26
SD: Semantic Differential Method	実験によって異なる	

- 5) Macworth, J.F.; 福島修美, 井深信男共訳. ヴィジラ
ンストと慣れ. 岩崎学術出版. 1975.
- 6) Shepard, R.N.; Metzger, J. Mental rotation of the three-
dimensional objects. Science. 1971, 19, p.701-703.
- 7) 梶本修身他. Trail-Making-Testを改良したATMT
脳年齢推測・痴呆判別ソフト」の臨床的有用性 -
タッチパネルを用いた精神作業能力テストの開
発. 新薬と臨床. 2000, 49(4), p.104-115.
- 8) [https://www.npa.go.jp/policies/application/license_re
newal/ninchi.html](https://www.npa.go.jp/policies/application/license_renewal/ninchi.html)
- 9) Witkin, H.A.; Goodenough, D.R. Cognitive Styles:
Essence And Origins. International University Press,
Inc., 1981
- 10) Carpenter, P.A.; Just, M.A.; Shell, P. What one
intelligence test measures: A theoretical account of the
processing in the Raven Progressive Matrices Test.
Psychological Review. 1990, 97(3), 404-431.
- 11) 日本・精神技術研究所. 内田クレペリン検査標準
型 検査用紙. 金子書房
- 12) Hart, S.G.; Staveland, L.E. "Development of NASA-
TLX (Task Load Index): Results of Empirical and
Theoretical Research". Figure 2, p.145. Hancock, P.;
Meshkati, N. (Eds): Human Mental Workload.
Elsevier, 1988
- 13) McNair, D.; Lorr, M.; Droppleman, L. Manual for the
Profile of Mood States. San Diego: Educational and
Industrial Testing Service. 1971
- 14) Mackay, C.; Cox, T.; et al. Stress Arousal Checklist
(SACL) [Database record]. APA PsycTests. 1978
- 15) 中里克治, 水口公信. 新しい不安尺度STAI日本
版の作成. 心身医学, 1982, 22(2), p.108-112.
- 16) 日本産業衛生学会産業疲労研究会. 2002
- 17) 石原金由, 斎藤敬, 宮田洋. 眠けの尺度とその実
験的検討. 心理学研究. 1982, 52, p.362-365.
- 18) 宮崎伸一. 短時間の昼寝が日中の眠気に与える影
響—大学 1 年生を対象とした調査—. 体育研究.
2016, 50, p.1-6.
- 19) 多屋秀人. 温熱環境の主観的評価. 繊維と工業.
1991, 47(11), p.38-44.
- 20) 石村郁夫. フロー体験の促進要因と肯定的機能に
関する心理学的研究, 風間書房, 2014, pp.71-80.
- 21) 松本亜紀, 宅島章, 箱田裕司. 日本語版UWIST気
分チェックリスト(JUMACL)の緊張覚醒, エネル
ギー覚醒に及ぼすスポーツの効果 : 卓球ダブル
スを例として(行動系). 九州大学心理学研究.
2008, 9, p.1-7.
- 22) Saiki, J.; Inoue, E. Relationship between concentration
and temporal duration estimation: Implication for
FLOW experience. Psychologia. 2011, 54, p.208-221.
- 23) [https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzenei
sei12/dl/stress-check_j.pdf](https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzenei sei12/dl/stress-check_j.pdf)
- 24) 氏家弘裕. 映像酔い. 映像情報メディア学会誌.
2007, 61(8), p.1122-1124.
- 25) 佐藤徳, 安田朝子. 日本語版PANASの作成. 性格
心理学研究. 2001, 9(2), p.138-139.
- 26) Rigby, J.M.; et al. "Development of a questionnaire to
measure immersion in video media: the film IEQ".
Proceedings of the 2019 ACM International
Conference on Interactive Experiences for TV and
Online Video. Association for Computing Machinery
(ACM), p. 35-46.

拍動性生体信号のピーク抽出とノイズ処理

○黒坂 知絵(産業医科大学産業保健学部)

Peak Detection and Noise Reduction for Pulsatile Physiological Signal Analysis

Chie KUROSAKA (Univ. Occup. Environ. Health, Japan, School of Health Sciences)

1. はじめに

ウェアラブルデバイスの普及により、日常生活での心拍数や活動量のモニタリングが容易となり、健康管理や睡眠解析、産業分野の安全管理など、幅広く活用されている。一方で、これらのデバイスには、信号のノイズ処理や測定結果の妥当性など、いくつかの課題が存在する。また、多くのデバイスで、搭載されているアルゴリズムはブラックボックスで、詳細が公開されていないため、出力される結果やデータの妥当性を確認することができないのが現状である。心拍数や脈拍数は、心電図(ECG)や光電容積脈波(PPG)信号のピーク抽出に基づいて算出される。ECG信号は特異的なR波をもつためピーク抽出が比較的容易であるが、PPG信号は二峰性を示すことが多く、安定して正確なピーク抽出を行うことが難しい。先行研究でも様々な手法が提案されている^{1,2)}が、本研究では、手作業による処理に基づいたアルゴリズムを紹介する。本手法では、検出されたピーク値を様々な自律神経系指標の算出に用いることを想定し、ユーザがデータの利用区間を取捨選択できることを目的に設計した。

2. 方法

ピーク抽出とその妥当性表示の流れは図1の通りである。実験室実験などの行動制限の下に得られた信号については大きなノイズが含まれることが少ない。一方で、ウェアラブルデバイスを用いて日常生活下で収集されたデータには多くのノイズが含まれる。したがって、まず、センサの出力値の上下限を閾値として、データが計測できていない部分は事前に検出範囲から除外する。例えば、一定時間内に閾値を所定回以上超えた信号区間を除外範囲とし、その区間を妥当性関数(離散値関数:初期値を2として、除外区間を0にする)として、時系列的に記録する。

次に、ピーク候補の抽出を行うが、この処理はバンドパスフィルタを適用することで容易になる。フィルタは新たに実装する必要はなく、プログラミング環境で提供されている既存のアルゴリズムを利用すれば十分である。本研究では、Pythonライブラリに含まれているButterworthフィルタを用いた。ピーク抽出にもいくつかの方法が提案されているが、簡便な方法のひとつは、ある時点*i*における前後の差分の符号変化に着目し、その積が負となる点をピーク候補とする方法である。

次に、抽出されたピーク候補から、誤検知データの修正処理を行う。本研究では、①生体信号の特性に起因する誤検知の除去、②体動由来のノイズ処理、の2段階に分けて実施した。具体的に、①の「生体信号の特性」とは、脈波や血圧信号にみられる二峰性(図2)や、心電図におけるP波やT波の誤検知を指す。この除去法としては、ピーク候補の選定時に、ある区間を設定し、その中で最大の値をとる方法が簡単でかつ有効である。この区間は固定でもよいが、直前*n*拍におけるピーク間隔に基づいて動的な数値として定義することも可能である。②に示す体動由来ノイズは、ある時点*j*のピークにおける前後の値に対し、振幅が大きく変化する部分(例えば、1.5倍など)を検出し、その前後の区間に限定してピークの再検出をする方法が簡便かつ有効である(図3)。

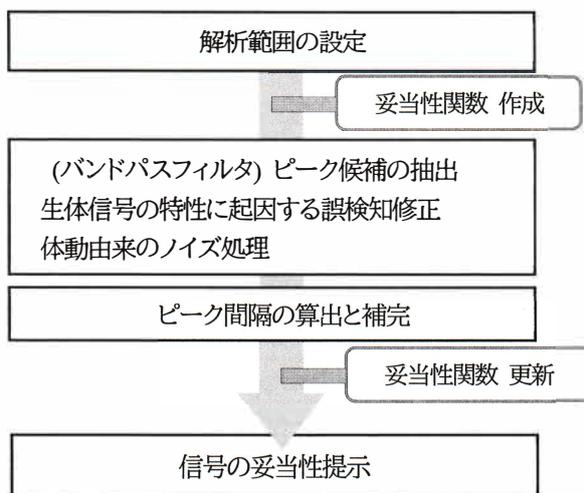


図1 ピーク抽出から妥当性提示までの流れ

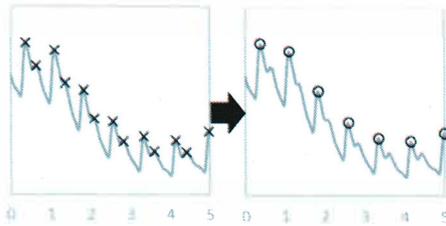


図2 二峰性で誤検知されたピークの修正

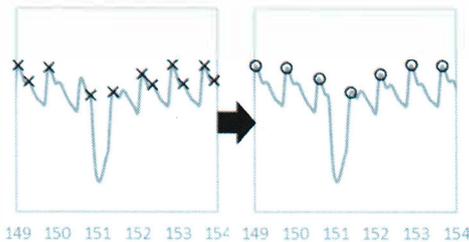


図3 体動に伴うノイズの補正

最後に、ピーク間隔の算出と補完を行う。ここでも、前値との変化が大きい部分を補正し、その区間の妥当性関数の値を0に更新する。本研究では、変化量が ± 1.3 倍になる点を補正箇所と判定し、その時点から25拍分の中央値と標準偏差 $\times 1.96$ で補正した。ここで、標準偏差を用いるのは、補正点が連続に出現した場合に、ピーク間隔が一定になることを防ぐためである。最後に、必要な場合は、不整脈による信号(のこぎり状)を補正し、妥当性関数の値を1に更新する。妥当性は0~2の3段階としたが、データ欠損の原因やノイズの種類に応じて段階を増やすことも可能である。

3. 結果

指尖脈波信号(5分間)に対し、ピーク検出をした結果を図4に示す。基線変動が大きく不安定な信号に対しても、高精度でピークが検出できている。また、100s付近では、体動に伴うノイズ補正、250s付近では、不整脈の補正が行われたことがわかる。本方法の特徴のひとつである出力値の妥当性については、今回は3段階としたが、補正の種類に応じて複数のバリエーションを設定することで、ユーザが補正の

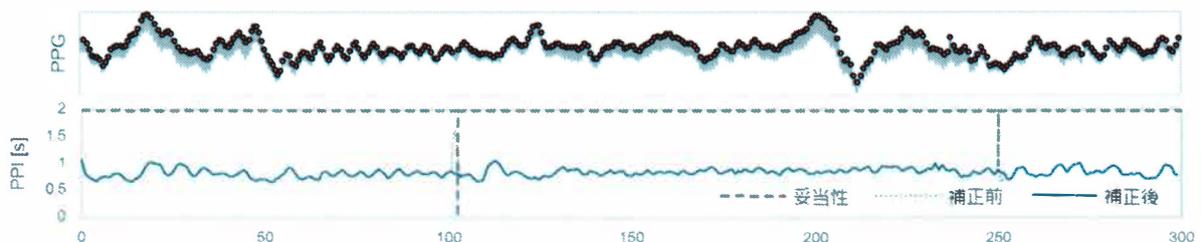


図4 指尖脈波(上段)から検出したピーク間隔と妥当性表示(下段)

可否を選択できる。また、ピーク間隔から脈拍(心拍)の算出時に、妥当性を割合として提示するなどの利用が可能となる。

4. おわりに

健康先進国やPersonal Health Recordの活用に向けて、ウェアラブルデバイスによる生体信号の収集・蓄積や解析の重要性はますます高まると考えられる。当然のことながら、信頼性を確保する上で、得られる信号に対し適切な処理がなされ、データそのものの正確であることは極めて重要である。本研究で提案した生体信号のピーク検出アルゴリズムは、高度な信号処理や機械学習技術を用いたものではなく、これまでに筆者が手作業で行ってきた処理手順をできるだけ忠実に再現することに重点を置いている。そのためシンプルで解釈しやすく、実装やメンテナンスが容易であることが利点である。さらに、妥当性の提示は、抽出されたピーク値を用いて様々な自律神経系指標を算出する際の信頼性と有用性を担保する。現在は、行動制限の下で計測された信号に対する検出精度を確認した段階である。今後、日常生活での生体信号に対する適用を通して、精度検証を行う予定である。本手法はできるだけリアルタイムで検出できることにも重きをおいており、健康管理や安全管理など、さまざまな実社会での応用に耐えうる信号処理手法として確立できる可能性がある。

文献

- 1) Elgendi, M.; Norton, I.; et al. Systolic Peak Detection in Acceleration Photoplethysmograms Measured from Emergency Responders in Tropical Conditions. Plos One, 2013, 8(10) e76585, p.1-11. doi: 10.1371/journal.pone.0076585.
- 2) Canac N.; Ranjbaran M., et al. Algorithm for Reliable Detection of Pulse Onsets in Cerebral Blood Flow Velocity Signals. Front Neurol. 2019, 10(1072), p.1-14, doi: 10.3389/fneur.2019.01072.

手掌上に提示された触情報の位置知覚の正確さ(第2報)

—触覚による位置知覚生成モデルとその実験的評価—

○小谷 賢太郎, 奥田 啓斗, 永原 恵太, 朝尾 隆文, 鈴木 哲(関西大学システム理工学部)

Accuracy of Location Perception of Tactile Information on the Palm (Part 2)

—A Model for Generating Location Perception via Tactile Sensation and Its Experimental Evaluation—

Kentaro KOTANI, Keito OKUDA, Keita NAGAHARA, Takafumi ASAO, Satoshi SUZUKI

(Faculty of Engineering Science, Kansai University)

1. はじめに

触覚提示技術の市場規模は2025年の時点で100億米ドルを超えると予想されており, 今後10年で約2.5倍に拡大すると予測されている. このような触覚提示技術の市場の拡大の中で, ヒトが自動車のハンドルやスマートフォン, ゲームコントローラなどの操作器などを把持している際に, 触覚を通じて情報提示するインタフェースの開発を進めるにあたり, 触情報の手掌面での位置知覚の特性を知ることが有用性が高くなりつつある. 本稿では触情報の位置知覚のメカニズム解明のため, モデルの提案とその実験的評価のアプローチについて報告する.

2. 触覚による位置知覚生成モデル

図1に示す通り, 手掌面に触覚により提示位置を知覚する際, a)皮下の触覚受容器(マイスナー小体などの機械受容器)から出力される神経インパルス, そして, b)出力された神経インパルスを伝達す

る経路(神経線維), さらに, c)神経インパルスが投射される大脳皮質上の体性感覚野と前頭葉などとの関連領域のネットワーク, の3つの要素が関連していると考えられる. そして最終的に脳内で触覚刺激を受けた手掌の位置はどこであるかを判断していると考えられる.

3. 刺激周波数提示条件と位置知覚の関係

前節のa)に関して, 刺激の提示周波数を変えることで, 機械受容器において生成される神経インパルスの量を増加させ, 位置知覚の正確さが向上するかを試みた¹⁾. しかしながら, 結果としては知覚位置の正確さに寄与する結果は得られなかった. この結果だけで結論づけることは困難ではあるが, 少なくとも単に触覚受容器から送り出す情報の量を多くしても位置知覚の正確さは向上しないという可能性が示唆された(図2).

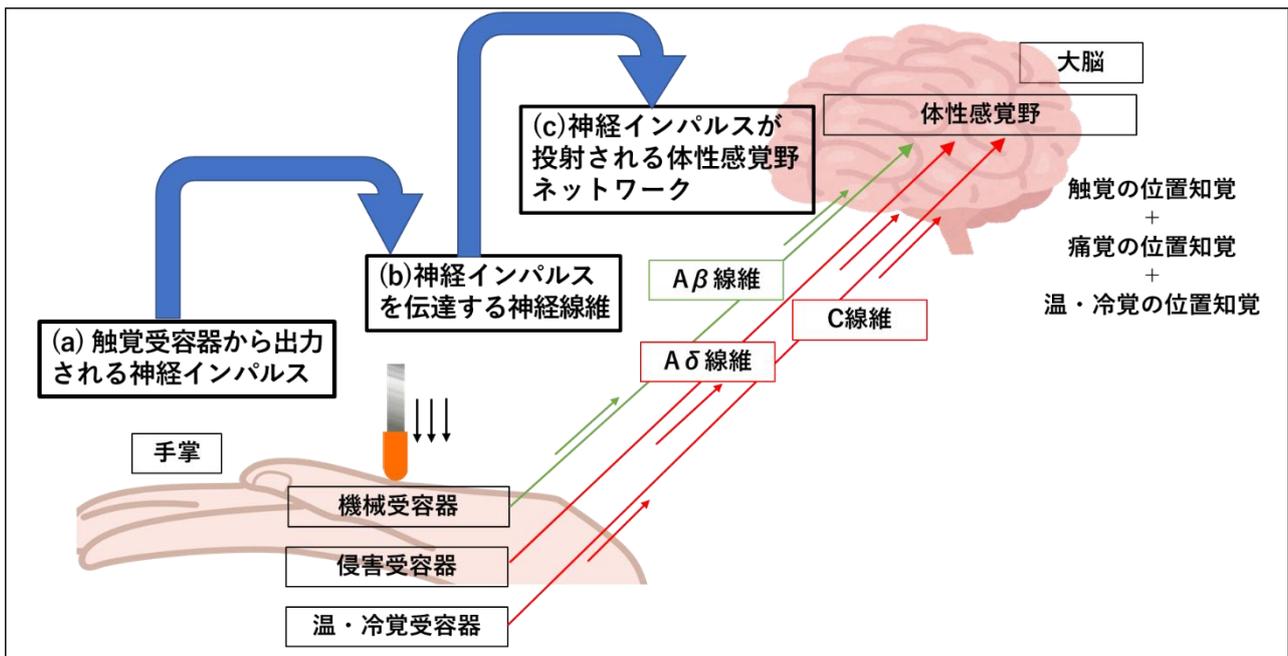


図1 提案する位置知覚生成モデル

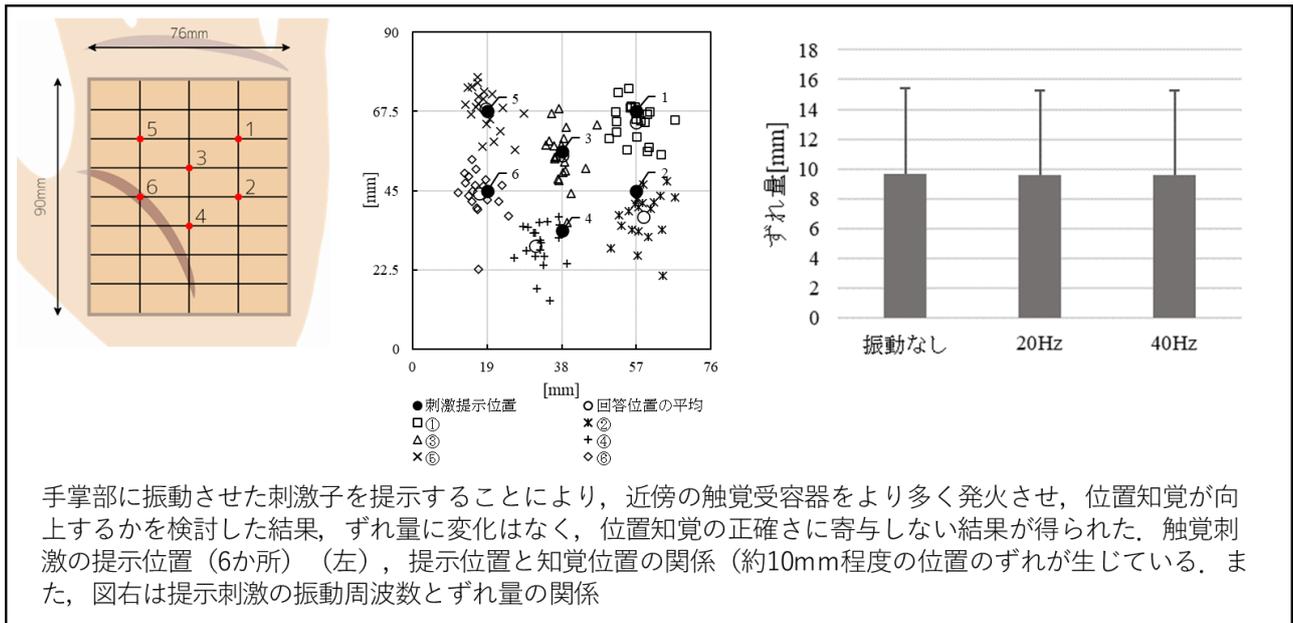


図2 先行研究で示された触覚受容器への刺激周波数提示条件と位置知覚の関係¹⁾

4. 異なる神経線維から得られる触情報を用いた位置知覚への効果

次に、本研究は前述したモデルのb)となる、複数種類の触覚受容器を独立して、あるいは同時に刺激を与えて、触刺激が与えられた位置情報を異なる神経線維を経由して運び、体性感覚野で合成させることで、位置知覚の正確さの向上が図れるかを実験的に求めることを目的とした。その方法として、手掌上にこれまでの圧刺激に加えて温・冷知覚と痛み知覚を伝達する個別の神経線維に神経インパルスを運ばせる。そして、提示した手掌上の位置と知覚した刺激の位置のずれ量を比較する。触刺激の定位のずれの大きさを定量的に示し、本手法の有効性を確認することで、触覚を通じて情報を提示する新しいインターフェースの開発に貢献できる。

現状では、痛覚神経のインパルス応答を増加させるため、ピンサイズの小さい刺激子を設計し、試作したもので実験を行った(図3参照)。その結果については9月に発表を予定している²⁾。さらに温・冷覚提示に関しては、糖尿病診断装置を製作している企業の協力のもと、ペルチエ素子を水冷で制御するデバイスの構築を行った。ただし現状では温度勾配や刺激提示のオンセットまでの時間に限界があるため、今後改善を行っていく予定である。



図3 先端直径が異なる刺激子の例。直径が小さくなることで接触時の感覚に痛み感が加わる²⁾

文献

- 1) 新銅, 小谷, 他. 手掌に提示された触情報の位置知覚特性—手掌上の位置と振動による影響—, 日本人間工学会誌, 2024, 60(5), p.276-282.
- 2) Nagahara, Okuda, et al. Does Adding Painful Information to Tactile Stimuli Improve the Accuracy of Perceived Locations?, UIST2025, (2025. 9).

日本人間工学会が主導する新たな腰痛予防対策ガイドラインの開発

—CoMIT(コミット)プロジェクトの紹介—

○谷 直道(産業医科大学), 石井 賢治(大原記念労働科学研究所),
岩切一幸(労働安全衛生総合研究所), 菅間 敦(成蹊大学), 瀬尾明彦(東京都立大学),
田中孝之(北海道大学), 杜 唐慧子(労働安全衛生総合研究所),
平内 和樹(労働安全衛生総合研究所), 榎原 毅(産業医科大学)

Development of a New Low Back Pain Prevention Guideline Led by the Japan Human Factors and Ergonomics Society: Introduction to the CoMIT Project

Naomichi Tani (UOEH, Japan), Kenji ISHII (The Ohara Memorial Institute for Science of Labour), Kazuyuki Iwakiri (National Institute of Occupational Safety and Health, Japan), Atsushi SUGAMA (Seikei University), Akihiko Seo (Tokyo Metropolitan University), Takayuki Tanaka (Hokkaido University), Du TANGHUIZI (National Institute of Occupational Safety and Health, Japan), Kazuki HIRANAI (National Institute of Occupational Safety and Health, Japan), Takeshi EBARA (UOEH, Japan)

1. はじめに

我が国の陸上貨物運送業(以下、運送業)における腰痛災害は増加の一途を辿っている。第14次労働災害防止計画の概要で公表されている業種別の業務上腰痛発生率(千人率)では、全業種平均を0.1とした場合に運輸・交通業は0.41と他の業種を大きく上回っている¹⁾。学術的には腰痛発症のリスクは個人的・物理的・心理社会的要因の3側面で整理されているが²⁾、労働の場面においてはこれらの側面が複合的な曝露要因として存在するだけでなく、さらに業種特性に応じた曝露要因が存在している。例えば、運送業における労働者の腰痛発症リスク要因には、重量物取り扱い、長時間の運転による静的拘束姿勢・振動曝露、長時間労働(過重労働)に伴う心理的負担などが考えられる³⁾。

この問題を解決に導くべく、令和6年度より日本人間工学会を中心学会として、関連する4学術団体・厚生労働省・業界災害防止団体・企業と共に、運送業を対象とした腰痛予防対策のガイドライン策定事業を開始した⁴⁾。

2. プロジェクトの特徴

このプロジェクトは、臨床医学における診療ガイドラインの策定と普及を目的とした日本医療機能評価機構のMinds (Medical Information Network Distribution Service)⁵⁾の仕組みを参照して、科学的知見を整理し、産官学連携のステークホルダよりオーサライズされた予防ガイドラインの作成を目的としている。この目的を達成するために、主要陸上

貨物運送業7団体・行政(厚生労働省)・アカデミアが集うコンソーシアム協議会を組織した(図1)。さらに、ガイドラインの開発に向けて3つのチームを構成した。すなわち、①運送事業場の調査チーム、②文献レビューによるエビデンス整理および若手教育チーム、③介入研究プログラム立案・開発チームである。

Mindsを参照してガイドライン策定を行う場合、コンソーシアム協議会のステークホルダが知りたい疑問であるヘルスケアクエスチョン(HQ)を設定する必要がある。そこで、文献レビューチームによるスコوپingleレビューから導き出された8つのHQ(HQ1. 腰痛一次予防にデジタルヘルステクノロジーは活用されているの?; HQ2. アシストスーツはどのように活用されているの?; HQ3. 仕事の負荷を活用して筋力トレーニングはできないの?; HQ4. 参加型職場改善は腰痛一次予防に効果的なもの?; HQ5. 心理的ストレス要因には何があるの?; HQ6. リスク評価にはどのようなものがあるの?; HQ7. いくつかの対策を組み合わせた複合的なアプローチ方法は無いの?; HQ8. 適切な休憩のタイミングはあるの?)³⁾に対して、コンソーシアム協議会による会合を開催し、参加したステークホルダによって相対的な重要度が評価された。

また、スコوپingleレビューと並行して、運送業という業種特性において初荷主(上流)からエンドユーザー(下流)までの一連の作業過程における現場調査による作業負担の調査、実際に取組まれている腰痛予防対策に関するヒアリング・Webアンケート調査が実施された。加えて、近年ヘルスケア領域に急増しているデジタルヘルスツール(DHT)

産学官協働による、運送業に応用可能な腰痛予防ガイドラインの策定と普及実装



図1 産官学協働コンソーシアムの体制(2025年3月末時点)

活用のため、JIS Z8505-1(ISO 11228-1)^{6,7)}をベースとしたアプリケーション開発などが行われた。これらの新たな腰痛予防対策ガイドライン策定のプロジェクトは様々なステークホルダーが関与して共創されることから、「Co-Making Intervention & Tips development project (CoMIT)」と名付けられた。

3. 現時点における事業成果

本発表では、各チームで取り組んできた成果のうち、主として文献レビューの概要について解説する。具体的には、スコーピングレビューを通して提案された、8つのHQに対する相対的重要度評価の結果、運送業の腰痛予防をスコープとして4つ学術データベース(PubMed, Scopus, Web of Science, 医中誌)を用いたシステマティックレビューの結果などについて報告する。また、その他にも事業場調査によって明らかになった作業負担や良好事例、実際に事業場において取組まれている腰痛予防対策と労働者の主観的な受け止め、JIS Z8505-1をベースに開発されたDHT、今年度実施予定となっている介入研究の概要などを報告する。

4. 今後の展望

今年度の介入研究で用いる複合的な腰痛予防対策プログラムを含め、システマティックレビューの

結果に基づいた科学的知見や腰痛予防対策の推奨レベルなどについて発信する“CoMITプロジェクト”のウェブサイトを用意している。公開次第、日本人間工学会などの媒体を通じて会員諸氏へ案内したい。

文献

- 1) 厚生労働省. “第14次労働災害防止計画の概要”. <https://www.mhlw.go.jp/content/11200000/001287207.pdf>, (参照2025-8-24).
- 2) Koes, B., W.; van Tulder, M., W.; Thomas, S.. Diagnosis and treatment of low back pain. *BMJ*. 2006, 332(7555), p.1430-1434.
- 3) 谷直道, 石井賢治, 他. 陸上貨物運送業のための腰痛一次予防対策に関するリサーチ・イシュー. *人間工学*. 2025, 61(4), p. 232-240.
- 4) 石井賢治, 谷直道, 他. 「日本人間工学会が挑む腰痛予防の新たなカタチ」～Minds参照型予防対策ガイドラインの策定と普及実装～. *人間工学*. 2025, 61(Supplement), p. 3B03-01.
- 5) 日本医療機能評価機構. “Mindsガイドラインライブラリ”. <https://minds.jcqh.or.jp/>, (参照2025-8-24).
- 6) JIS Z8505-1:2025. 人間工学－手作業による取扱い－第1部:持ち上げ, 持ち下げ及び運搬.
- 7) ISO 11228-1:2021. Ergonomics — Manual handling — Part 1: Lifting, lowering and carrying.

学生セッション Ⅱ

【学生セッション Ⅱ】

座長：倉岡 宏幸（公立千歳科学技術大学）

1. 筋電義手のユーザー中心設計に関する研究—閾値の変化が使い心地に与える影響—
○松田 孝太郎（北海道科学大学）
2. SNSの内容分析による装具使用中止要因の研究
○牧元 翔映（北海道科学大学）

筋電義手のユーザー中心設計に関する研究

— 閾値の変化が使い心地に与える影響 —

- 松田 孝太郎(北海道科学大学 工学部)
- 出川 奏楽(北海道科学大学 工学部)
- 内野 大吾(沼津工業高等専門学校 機械工学科)
- 小川 和輝(愛知工科大学 電子ロボット工学科)
- 遠藤 文人(福岡工業大学 工学部)
- 加藤 太郎(東京工科大学 工学部)
- 成田 正敬(東海大学 工学部)
- 加藤 英晃(東海大学 工学部)
- 池田 圭吾(北海道科学大学 工学部)

Research on User-centered Design of Myoelectric Prosthetic Hands

— The Effect of Threshold Changes on Usability —

- Kotaro MATSUDA (Faculty of Engineering, Hokkaido University of Science),
- Sora DEGAWA (Graduate School of Engineering, Hokkaido University of Science),
- Daigo UCHINO (Mechanical Engineering, National Institute of Technology Numazu College),
- Kazuki OGAWA (Faculty of Engineering, Aichi University of Technology),
- Ayato ENDO (Faculty of Engineering, Fukuoka Institute of Technology),
- Taro KATO (School of Engineering, Tokyo University of Technology),
- Takayoshi NARITA (School of Engineering, Tokai University),
- Hideaki KATO (School of Engineering, Tokai University),
- Keigo IKEDA (Faculty of Engineering, Hokkaido University of Science)

1. 緒言

近年、身体障がい者の生活の質(QOL)を向上させることを目的とした補助技術の研究・開発が活発に行われている。その中でも、上肢切断者や先天的な上肢欠損者にとって、筋電義手は重要な支援機器として注目を集めている。近畿地区の上肢切断者のアンケート調査(427人が回答)では、切断者の7割以上が筋電義手の装着を希望しており¹⁾、高い需要があるとされる。しかしながら、日本国内における筋電義手の普及率は約2%と非常に低い。その要因として、操作の難しさや筋電信号の変動による誤作動・遅延によって操作性が損なわれていることがあげられる。筋電義手は、筋活動に基づいた信号を検出し、それに応じて義手の動作を制御しているが、筋電信号に基づく動作の発現には一定の「閾値」が必要である。従来、多くの制御系では固定的な閾値や単純なキャリブレーションによる調整が行われており、使用者ごとに異なる筋肉量・筋力・感度を考慮していないため、「意図した動作が出ない」「誤作動が起こる」といった問題が生じている。そこで、当研

究グループは個人差を考慮した閾値制御システムの開発を目指す。個人差を考慮した閾値制御システムを図1に示す。このシステムは、筋電位に加えて、心拍や脳波などの生体情報から心理的要因と筋電位による物理的な負荷を考慮し、使いやすい最適な閾値を決定する筋電操作システムである。本研究では、個人差を考慮した閾値制御システムにおける初期検討として、閾値の変化と使い心地の関係性を明

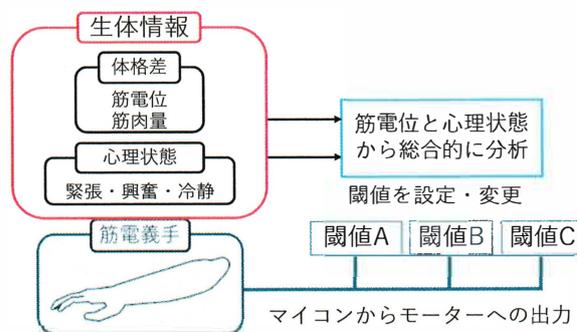


図1 個人差を考慮した閾値制御システム

確化することを目的とする。具体的には、義手の開閉閾値を複数設定し、開閉閾値の変化で、使用感にどのような影響や変化があるのかについて主観評価を行った。閾値の設定は、10%、20%、30%、40%、50%の5つ設けた。

2. 実験方法

本研究では、個人差を考慮した閾値として% MVCを用いた。% MVCとは、最大随意収縮(MVC)時の筋電値を基準に、どの程度の筋電値を出しているかを割合で示したものである。この% MVCを用いることによって、筋電位や筋肉量の個人差を考慮でき、個別に最適化された制御を提供することができる。% MVCは、式(1)を用いることによって、算出することができる。この時、現在の筋電値を $E[V]$ 、最大随意収縮時の筋電値を $E_{MVC}[V]$ 、安静時の筋電値を $E_{rest}[V]$ とする。

$$\%MVC = \frac{E - E_{rest}}{E_{MVC} - E_{rest}} \times 100 \quad (1)$$

% MVCを用いて、筋電義手の動作閾値を定め、実際に実験協力者に操作してもらった。実験風景を図2に示す。図中の中央線は、動作閾値を示している。今回の実験では、約30秒間モーターを動作させ、つまみ動作を保持した。また、今回は主観評価にVAS法を用いて実験を行った。この時に使用したアンケートは、0を短時間の使用も困難である、10を長時間の使用が可能であるとし、主観的評価を取った。主観評価の一例を図3に示す。

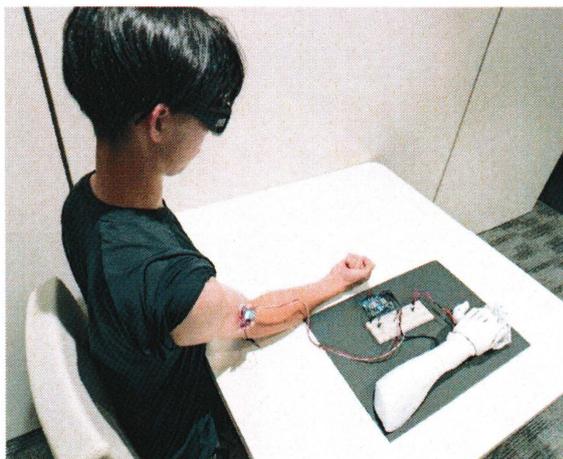


図2 実験風景

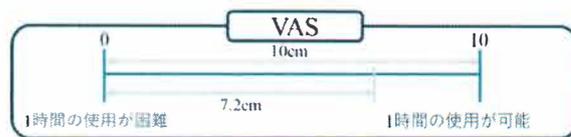


図3 使い心地の主観評価

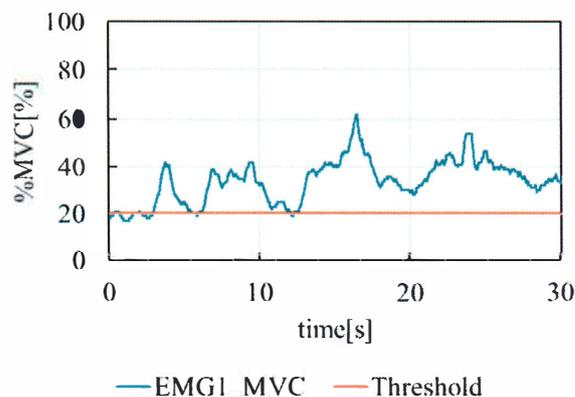


図4 時間ごとの% MVCの変化と閾値(20%)

3. 結果

結果の一例として、リアルタイムで取得した% MVCの変化を図4に示す。動作閾値が20% MVCの場合では、7.8の使いやすさであるという主観評価が得られた。実験の結果、閾値が10%から50%になるにつれて、つまみ動作を保持できていない回数が多くなっていることを確認した。また、閾値の変化とその主観評価を比較すると、閾値が高くなるにつれて、評価の値が徐々に低下していることが確認できた。

4. 結言

本研究では、個人差を考慮した筋電義手による操作性の向上を目的に、% MVCの閾値と主観評価の関係性を明確化した。結果、閾値(% MVC)の上昇が、使い心地の低下に影響していることを確認した。

文献

- 1) 川村次郎, 福井信佳, 中川正己, 藤下武, 青山孝, 古川宏“上肢切断者の現状と動向”, リハビリテーション医学(1999), No36, PP.384-389.

SNSの内容分析による装具使用中止要因の研究

○牧元 翔映 (北海道科学大学 保健医療学部)
高橋 将也(北海道科学大学 保健医療学部)
林 楓人(北海道科学大学 保健医療学部)
佐藤 健斗(北海道科学大学 保健医療学部)

Analysis of Reasons for Discontinuing Orthoses Use through SNS

Shoei MAKIMOTO (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

Masaya TAKAHASHI (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

Huto HAYASHI (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

Kento SATO (Hokkaido University of Science, Faculty of Health Sciences)

1. はじめに

装具は医師の処方に基づき治療や障害された機能の代償を行う医療機器として、極めて重要な意味と役割を担っている。しかし現状では、装具の使用を中止している患者が約3割に上る問題が存在する。この問題の背景の一つには、患者が医療従事者に対して本音を言いにくいという状況がある。

一方で、SNSにおける情報発信にはユーザの「自分の気持ちを表現したい」「愚痴をこぼしたり本音を言いたい」という思いが反映される傾向が指摘されており¹⁾、医療従事者を前にしては「言えない」本音が述べられている可能性が高いと言える。こういったSNSの特性を活用することで、装具ユーザのリアルな患者体験を収集できる可能性があると言える。

本研究では、装具の使用を中止することにつながる要因を特定することを目的とした。具体的には、SNSに発信される装具ユーザの「本音」を収集し、装具自体および装具提供場面における改善策を検討することを目指した。

2. 方法

研究対象はSNS「X」の2010年から2025年7月までに投稿されたポストとし、「装具 外したい」をキーワードとして検索を行った。該当するポストを収集し、類似する内容ごとにカテゴリ分けして集計、内容を解釈した。分類および内容の解釈にあたってはポストを原文のまま取り扱った。また、研究者3名で協議し、客観性を担保するよう努めた。

3. 結果

総収集ポスト数は156件であったが、このうち装

具を外したい具体的な理由が含まれない投稿が71件あったため、理由が併記されている85件を解析対象とした。

装具を外したい理由は「身体的不快感」・「活動および参加の制限」・「外観およびファッション」の3つの大カテゴリに分類された(図1)。

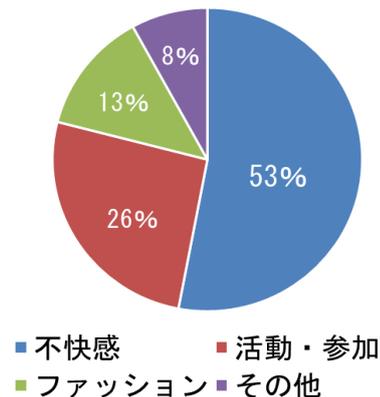


図1 収集したポストの各カテゴリ割合

最も多かったのは「身体的不快感」で53%を占めた。この中には小カテゴリとして「痛い」が25%、「暑い」が12%、「浮腫み」が5%、「痒い」が2%、「重い」が2%含まれていた。具体的な投稿例として、「この装具のせいでアチコチ痛いの早く外したい」「装具が邪魔で暑くてすごく外したい！なんかもう！かぶれるんじゃない？笑 装具あちーよー」「今日は足がむくみまくり。早く帰って装具を外したい」などが見られた。

次に多かったのは「活動および参加の制限」で26%を占めた。これは国際生活機能分類における活動・参加の障害に該当し、小カテゴリとして「活動の制限」が21%、「参加の制限」が5%含まれた。投稿例は「装具装着完了 腕動かせん 早く外したい」「都内

に通って働きたい。装具は外したい」などがあった。

「外観およびファッション」は13%を占め、小カテゴリとして「装具の外観」が11%、「ファッションへの影響」が2%含まれた。具体例として「早く良くなってこのダサイ装具外したい」「着たい服が着れない。装具外したい」などの投稿が確認された。

なお、大カテゴリに分類の困難なその他の要因は8%であった。

4. 考察

本研究により、身体的不快感が装具を外したい最大の要因となっていることが明らかになった。身体の不快感はストレス反応につながり生活の質を低下させる²⁾ことから、この問題への対策は欠かせないものであると言える。対策として、事前に不快感が生じる可能性を予測していると生じた不快感の影響は低減する³⁾ことから、生じる可能性のある不快感について患者への十分な説明が重要である。また、装具の厳密な適合によって不快感を軽減することも必要である。

活動および参加の制限については、装具による身体機能の制限は治療を進めるうえで必要な場合が多く、患部の制限をなくすことは非現実的である。しかし、治療期間の明示によりストレスを軽減できる可能性があり⁴⁾、また制限される活動に対する代替方法をリハビリテーションで身につけることが重要である。

外観およびファッションへの影響については、ファッションに関連する製品およびサービスは特にユーザのこだわりの対象になりやすいことを考慮する必要がある。こだわりのあるファッションへの悪影響と、ユーザ自身のこだわりが反映されにくい「処方に基づく装具」という対比が、ストレスを生み出していることが推察される。

「選択すること」で人は自身の環境をコントロールしたいという心理的欲求があり、選択するプロセスがあるとサービスや製品への満足が高まる。また、治療に対する選択機会があると治療全体の満足度が高まる⁵⁾ことも報告されている。そのため、この問題への対策として、良好なデザインの装具の提供と、色など装具の機能に影響のない範囲での選択機会の提供が有効である可能性が高いと言える。

本研究により、SNS上の装具ユーザの「本音」を通じて、装具使用中止要因が明らかとなった。身体的不快感が最大の要因であることが判明し、続いて活

動・参加の制限、外観・ファッションが主要な要因として特定された。これらの知見は、装具の設計改善、患者教育の充実、選択機会の提供など、多角的なアプローチによる装具使用継続率向上への具体的な指針を提供する。SNSという新しいデータソースを活用することで、従来の調査では得られなかった患者の率直な意見を収集できることが示された。

5. 今後の課題

本研究には検討すべき課題が存在する。まず、SNSの投稿という性質上、投稿者の性別や年齢といった背景情報や処方を受けた装具の種類、使用期間などの詳細な情報が不足しており、より詳細な要因を分析することは困難と言える。また、SNS利用者に偏りがある可能性があり、年齢層や疾患の種類によって異なる傾向があるかもしれない。また、本研究で検索ワードとして「装具 外したい」という単一の検索条件を設定したが、ほかの語彙についても検索対象とすることで網羅性が増す可能性があると言える。

さらに、本研究で特定された改善策の実際の効果を検証するための介入研究が必要である。加えて、装具使用を継続している患者の声も収集し、成功要因との比較検討を行うことで、より包括的な理解が得られると考えられる。

文献

- 1) 海原純子. ツイッター幸福論—ネットワークサイズと日本人. 東京, 角川書店. 2011.
- 2) 井関雅子. 痛みとヒューマン・ケア: 慢性疼痛を適切に評価し最良の治療に結びつけるために. ヒューマン・ケア研究. 2021, 21(2), p. 75-88.
- 3) Shuniti, O.; et al. Predictability of painful stimulation modulates subjective and physiological responses. *The Journal of Pain*. 2010, 11(3), p. 239-246.
- 4) Susan, E. C.; et al. Temporal information reduces children's pain reports during a multiple-trial cold pressor procedure. *Behavior Therapy*. 2002, 33(1), p. 45-63.
- 5) Oliver, L.; et al. Client preferences affect treatment satisfaction, completion, and clinical outcome: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*. 2014, 34(6), p. 506-517.

日本人間工学会北海道支部大会 講演集

2025年9月17日発行

発行：日本人間工学会北海道支部

事務局

〒066-0012 北海道千歳市美々758-65

公立千歳科学技術大学

情報棟 H305 小林研究室内

Email: Hokkaido.JES@gmail.com

北海道支部長 小林 大二