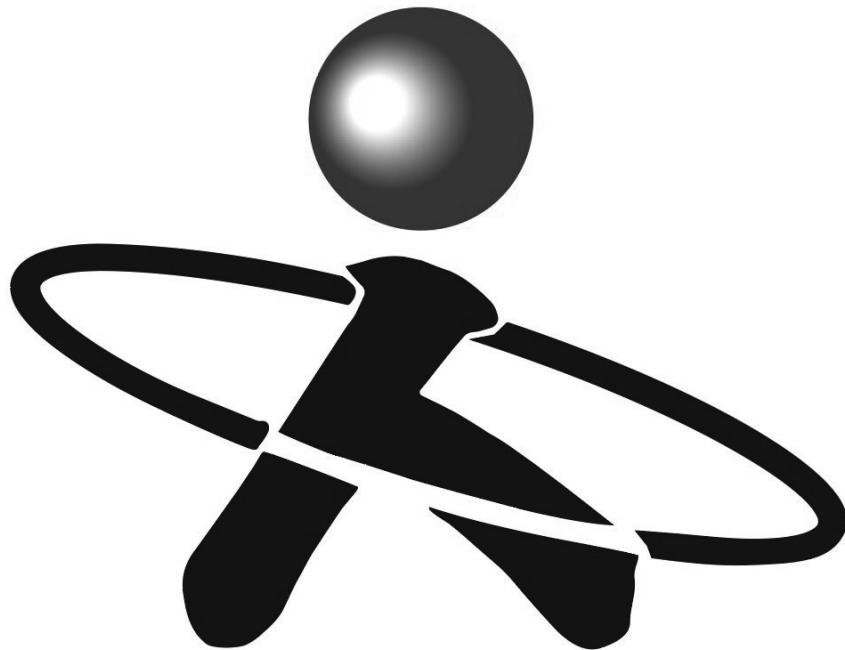


2023年度

日本人間工学会 関西支部大会

Japan Ergonomic Society Kansai Branch

講演論文集



日時：2023年12月9日（土）

場所：兵庫県立大学 姫路工学キャンパス

主催：一般社団法人 日本人間工学会 関西支部

後援：兵庫県立大学

大会スケジュール

2023年12月9日 (土)

時間	A会場 (A102)	B会場 (A202)	C会場 (A203)	D会場 (A208)	E会場 (A204)
10:30-11:50	OS1 企画セッション 活かそう！ 人間工学専門家	GS1 一般セッション 運転行動 1	GS2 一般セッション 心理・ストレス	GS3 一般セッション 医療・介護・福祉	OS3 企画セッション 人間工学とつながる 海・船に関する研究 1
11:50-13:00	昼 食 ※ 評議員会・役員会合同会議はB会場で開催 (12:00-12:50)				
13:00-14:30	OS2 企画セッション デジタルヘルス テクノロジーの 正しい活用に向けて	GS4 一般セッション 運転行動 2	GS5 一般セッション ヒューマン インターフェース	GS6 一般セッション 生体計測・動作解析	OS4 企画セッション 人間工学とつながる 海・船に関する研究 2
14:35-14:55	OS5 人間工学誌への投稿のお誘い－投稿区分の特徴と編集委員会の取り組み－ (A会場 A102)				
15:00-16:30	SS 基調講演 (A会場 A102) SS-1 園芸療法とその効果への工学的アプローチ 豊田正博 氏 (兵庫県立大学大学院 緑環境景観マネジメント研究科 教授) SS-2 美しいものがありのままに：計算撮像と質感工学 日浦慎作 氏 (兵庫県立大学 大学院工学研究科 教授)				

18:00-20:00	懇親会 (会場: ソラニワ, 姫路市本町241 美樹ビル7階)
-------------	---------------------------------

※ 発表時間 (一般セッション) は1つの演題あたり15分 (発表12分, 質疑応答3分) です。

特別講演・企画セッション プログラム

15:00 ~ 16:30

■ SS 基調講演 (A会場： A102室)

司会 荒木 望 (兵庫県立大学)

SS-1 園芸療法とその効果への工学的アプローチ

○豊田正博 (兵庫県立大学大学院 緑環境景観マネジメント研究科 教授)

SS-2 美しいものをありのままに：計算撮像と質感工学

○日浦慎作 (兵庫県立大学大学院 工学研究科 教授)

10:30 ~ 11:40

■ OS1 企画セッション 活かそう！人間工学専門家 (A会場： A102室)

オーガナイザー／座長 井出有紀子 (人間工学専門家認定機構、NEC)

OS1-1 人間工学専門家資格制度と資格取得のメリットについて

○井出有紀子 (人間工学専門家認定機構、NEC),
八木佳子 (人間工学専門家認定機構、株式会社イトーキ)

OS1-2 認定人間工学専門家資格制度の改定について

○笹川佳蓮 (人間工学専門家認定機構、株式会社イトーキ),
水本徹 (人間工学専門家認定機構、株式会社島津製作所),
八木佳子 (人間工学専門家認定機構、株式会社イトーキ),
井出有紀子 (人間工学専門家認定機構、NEC),
浅田晴之 (人間工学専門家認定機構、株式会社オカムラ),
岡田英嗣 (人間工学専門家認定機構、パナソニック株式会社)

OS1-3 公設試における人間工学専門家の取組事例

○平田一郎 (兵庫県立工業技術センター)

13:00 ~ 14:30

■ OS2 企画セッション デジタルヘルステクノロジーの正しい活用に向けて (A会場： A102室)

オーガナイザー／座長 大須賀美恵子 (大阪工業大学)

パネルディスカッション形式

話題提供者

○鎌倉快之 (大阪工業大学情報科学部)
○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)

特別講演・企画セッション プログラム

10:30 ~ 11:40

■ OS3 企画セッション 人間工学とつながる海・船に関する研究1 (E会場： A204室)

オーガナイザー／座長 北村健一（鳥羽商船高等専門学校）

OS3-1 ダイバー潜水事故防止のための海中遊泳時の生体信号計測

○三崎大雅、中谷真太朗（鳥取大学）、有馬正和（大阪公立大学）、
才木常正（兵庫県立工業技術センター）

OS3-2 視覚誘発電位による意思伝達支援システムの構築

○神谷陸（大阪府立大学）、才木常正（兵庫県立工業技術センター）、有馬 正和（大阪公立大学）

OS3-3 ダイビングマスクに実装した加速度センサによる瞬目の検出について

才木常正（兵庫県立工業技術センター）、荒木望（兵庫県立大学）、
傍島浩史（株式会社キヌガワ）、○有馬正和（大阪公立大学）

OS3-4 海中転落者への迅速で直接的な救助の検討

○北村健一（鳥羽商船高等専門学校）、瀬田広明（東海大学）、山田智貴（鳥羽商船高専）、
大崎脩仁（産業技術総合研究所）

13:00 ~ 14:30

■ OS4 企画セッション 人間工学とつながる海・船に関する研究2 (E会場： A204室)

オーガナイザー／座長 北村健一（鳥羽商船高等専門学校）

OS4-1 α -ピネンによる操船中の自律神経活動への影響

○荒木瑞輝、北村健一、植木龍哉（鳥羽商船高等専門学校）

OS4-2 機械音声を用いた船舶間の情報共有のための計器開発

○長田駿兵、北村健一（鳥羽商船高等専門学校）、岡田恭待（海技教育機構）

OS4-3 居眠り運航による海難防止のための睡眠リバウンドの解析

○紙屋雄大、北村健一（鳥羽商船高等専門学校）、瀬田広明（東海大学）

OS4-4 ChatGPTを使用した心拍プログラミング解析

○西山智陽、北村健一（鳥羽商船高等専門学校）、岡田恭待（海技教育機構）

14:35 ~ 14:55

■ OS5 人間工学誌への投稿のお誘い－投稿区分の特徴と編集委員会の取り組み－ (A会場： A102室)

オーガナイザー 石松一真（滋慶医療科学大学大学院）

一般セッション プログラム（午前の部、10:30～11:50）

10:30～11:40

■ GS1 一般セッション1 運転行動1 (B会場：A202室) 座長 廣川敬康（近畿大学）

GS1-1 変化する道路線形に合わせた映像補正による主観速度の向上

- 朱品帆（関西大学大学院理工学研究科）、朝尾隆文、鈴木哲、
小谷賢太郎（関西大学システム理工学部）

GS1-2 ドローンパイロット技術に関する研究(1) - 梯子くぐりのタスクの場合 -

- 松浦由輝（大阪産業大学）、杉山直磯（京都工芸繊維大）、太田智子（中央ビジネスグループ）、
後藤彰彦（大阪産業大学）

GS1-3 ドローンパイロット技術に関する研究(2) - 着陸タスクの場合 -

- 宮本勇樹、藤田紘成（中央ビジネスグループ）、杉山直磯（京都工芸繊維大），
○後藤彰彦（大阪産業大学）、太田智子（中央ビジネスグループ）

GS1-4 音声アシスタントの使用が視覚的注意に及ぼす影響

- 劉津帆、木村司（大阪大学大学院）、川島朋也（金沢工業大学）、篠原一光（大阪大学大学院）

10:30～11:50

■ GS2 一般セッション2 心理・ストレス (C会場：A203室) 座長 鎌倉快之（大阪工業大学）

GS2-1 カラーマッチグラフは通常の折れ線グラフよりも解釈を促進するか

- 長谷川凌、川島朋也、篠原一光（大阪大学大学院人間科学研究科）

GS2-2 照明×音の融合環境における共感誘発と快適性の検討

- 森光隼平、石龜篤司、中田悠斗、中島諒太（大阪公立大学）、栗原巧（大阪府立大学），
片桐真子（大阪産業技術研究所）

GS2-3 UX カーブによるレトロな製品の魅力要因に関する分析

- 村田三実（大阪市立大学生活科学部）、土井俊央（大阪公立大学生活科学研究科）

GS2-4 家電製品の操作マニュアルにおける動画の有効な利用方法についての検討

- 山本彩智（大阪市立大学）、土井俊央（大阪公立大学）、瀬戸大地，
清水義孝（株式会社クレスティック）

GS2-5 タブレット端末を用いた視線データによる心理的レジリエンスの推定： こどもへの適応に関する検討

- 横田知宜（関西大学大学院理工学研究科）、小谷賢太郎、鈴木哲、朝尾隆文（関西大学）

一般セッション プログラム（午前の部、10:30～11:50）

10:30～11:50

-
- GS3 一般セッション3 医療・介護・福祉 (D会場: A208室)
座長 久保博子 (奈良女子大学)

GS3-1 誤嚥事故等の経験を有する介護職員を対象とした見守り介助の注視点解析

- 佐藤敬太 (大阪産業大学デザイン工学部情報システム学科),
伊藤美加子 (東大阪大学短期大学部介護福祉学科),
後藤彰彦 (大阪産業大学デザイン工学部情報システム学科)

GS3-2 高齢者寝室における温熱環境と環境調整行動の経年変化について

- 杉浦綾, 久保博子, 城戸千晶 (奈良女子大学)

GS3-3 精神科病院における誤薬に関する文献的検討

- 前田真由美 (三重県立こころの医療センター), 斎藤真 (三重県立看護大学)

GS3-4 排泄行動に関連する転倒・転落リスクの認識：高齢患者と担当看護師の比較

- 鉢之原寛代, 石松一真, 和佐勝史 (滋慶医療科学大学大学院)

GS3-5 旅行困難者が本当に海や山に旅行できるの？を実現するフィールド検証1

- 久保雅義, 中村敏 (芸術文化観光専門職大学)

一般セッション プログラム（午後の部、13:00～14:30）

13:00～14:10

■ GS4 一般セッション4 運転行動2 (B会場：A202室)

座長 有馬正和（大阪公立大学）

GS4-1 高齢ドライバーにおける日本語版運転行動質問紙（DBQ）の開発

○陳旭寧, 増田奈央子, 篠原一光（大阪大学人間科学研究科）

GS4-2 仮想軌道を用いた運転支援作動時の操作主体感の評価

○香川泰三（関西大学大学院理工学研究科）、朝尾隆文, 鈴木哲,
小谷賢太郎（関西大学システム理工学部）

GS4-3 バーチャルリアリティ環境におけるすき間通過時の回避行動

○畠口悠太（関西大学大学院理工学研究科）、朝尾隆文, 鈴木哲,
小谷賢太郎（関西大学システム理工学部）

GS4-4 エンジン音フィードバックの変化による運転行動への影響の分析

○井上草太（兵庫県立大学）、内海章（ATR）、山添大丈（兵庫県立大学）

13:00～14:30

■ GS5 一般セッション5 ヒューマンインターフェース (C会場：A203室)

座長 新家敦（株式会社島津製作所）

GS5-1 触覚により情報を提示する腕装着型デバイスの動作検討

○西村寧麻（兵庫県立大学）、米澤朋子（関西大学）、山添大丈（兵庫県立大学）

GS5-2 学習しやすさの観点から見たスマートスピーカーのユーザビリティの分析

○西川祐生（大阪市立大学）、土井俊央（大阪公立大学）

GS5-3 直列弾性アクチュエータを用いた上肢運動アシストロボット

○西垣洸希、中谷真太朗、西田信一郎（鳥取大学）

GS5-4 拡張現実技術を利用した仮想身体による運動提示が運動主体感に与える影響

○栗栖友希、荒木望（兵庫県立大学）、中谷真太朗（鳥取大学）

GS5-5 視覚誘発電位の空間分布利用型インターフェースにおける空間選択的注意の影響

○奥村和真、荒木望（兵庫県立大学）、中谷真太朗（鳥取大学）、小西康夫（兵庫県立大学）

一般セッション プログラム（午後の部、13:00～14:30）

13:00～14:30

■ GS6 一般セッション6 生体計測・動作解析 (D会場：A208室) 座長 志子田繁一 (川崎重工業株式会社)

GS6-1 隨意呼吸における心拍変動解析を用いた快適性の個別最適化に関する研究

○中田悠斗, 石龜篤司 (大阪公立大学), 片桐眞子 (大阪産業技術総合研究所)

GS6-2 足アーチ補正用ハーフインソールの効果に関する研究

○田河琴音 (摂南大学), 山本秀二 (有限会社プレスコントロール),
坂本喜晴 (株式会社坂本設計技術開発研究所), 川野常夫 (摂南大学)

GS6-3 人体のスケルトンモデルを用いた作業動作中の力学的負荷解析と最適化

○黒川勝永, 廣川敬康 (近畿大学)

GS6-4 日常生活下での呼吸連続計測に向けて

○棒谷英法, 大須賀美恵子 (大阪工業大学)

GS6-5 食材を裏ごしする動作と裏ごし器の網の変形

○月原圭吾(大阪産業大学), 杉山直磯(京都工芸纖維大学), 後藤彰彦 (大阪産業大学),
辻賢一(金網つじ), 飯聰(元京都調理師専門学校)

参加者へのご案内

2023 年度日本人間工学会関西支部大会は、兵庫県立大学 姫路工学キャンパス A 棟での対面形式および一部の会場については Zoom によるオンライン形式を併用したハイブリット形式で開催いたします。

<対面参加者の方へ>

- 受付は A 棟 1 階で行います。受付開始時間は午前 9 時 30 分頃を予定しております。
- 会場のキャンパス近辺には飲食店が少ないため、昼食をお持ちいただいても結構です。飲食が可能な場所につきましては大会当日にご案内いたします。
大会当日に弁当を販売します。ご利用の方は事前にお申込み下さい。
- 大会当日は会場内で eduroam による Wi-Fi 利用、およびゲスト用 Wi-Fi のご利用が可能です。ゲスト用 Wi-Fi についての接続情報は当日お知らせします。

<オンライン参加者の方へ>

- 大会用の Zoom ログイン情報は Peatix に参加登録をされた際に入力されましたメールアドレスにお送りします。
- Zoom の基本操作は、Zoom 公式ヘルプページ <https://support.zoom.us/hc/ja> をご参照ください。
- 大会当日は 10 時頃より Zoom を開始します。大会用の Zoom にログイン後、ご自身でオンライン対応会場のブレイクアウトルームにご入室ください。
- Zoom は最新のアプリをインストールすることをおすすめします。
- 参加時のお名前は、「**氏名@所属**」としてください。参加者のご氏名、ご所属が表示されていない場合、ミーティングから退室していただく場合がありますのでご注意ください。
- ご参加にあたり以下の点をお守りいただくようお願いいたします。
 - 録画、録音は行わないでください。
 - ミーティング ID、パスワードは第三者に知らせないでください。
 - 発表中、質疑応答の時間以外はマイク、ビデオを OFF にしてください。

発表者へのご案内

- 一般発表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。
- 発表中には、第 1 鈴 11 分（1 回）、第 2 鈴 12 分（2 回）、第 3 鈴 15 分（3 回）を運営側で鳴らします。
- 発表方法について
 - ・ 今大会ではオンライン発表・会場発表のいずれの発表者も大会用の Zoom にログインし、発表資料を画面共有してご発表いただきます。Zoom のアプリがインストールされた PC をご持参ください。
 - ・ 会場発表の方は会場内の Wi-Fi を介してインターネットに接続の上、Zoom にログインしてください。
 - ・ ログイン後、発表会場のブレイクアウトルームにご自身で移動してください。
 - ・ オンライン発表・会場発表いずれの場合も、ご自身のセッションでは参加時のお名前を、「発表番号_氏名@所属」としてください。
 - ・ ご自身のセッション開始 5 分前には、発表会場のブレイクアウトルームに入室してください。
 - ・ 司会から演題の紹介がされましたら、次の操作をした上で発表を開始してください。

会場発表者：マイク OFF（※会場内のマイクを使用）、発表資料を画面共有

オンライン発表者：マイク ON、発表資料を画面共有

- ・ 発表時間終了後、「共有の停止」ボタンを押して発表を終了してください。
 - ・ 発表は自動公衆送信による再送信とみなされますので、著作権にご注意ください。
 - ・ Zoom への接続、発表時の Zoom 操作などにつきましては各会場の運営スタッフがサポートいたしますのでご安心ください。
 - ・ PC トラブル等に対応するため、スライドのバックアップ・データをご持参ください。
- 人間工学会会員の 35 歳未満、または学生・大学院生の筆頭発表者は、2023 年度日本人間工学会関西支部大会の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。

座長へのご案内

- セッション開始前に若干の時間の余裕がありますので、事前に発表者の参加を確認してください。
- 進行については一切を座長にお任せしますが、大会スケジュールの管理上、セッション終了時間が延長されないよう時間管理にご配慮ください。
- 発表者が現れない場合、次の発表者を繰り上げてください。また、PC の不具合等で発表が始まられない場合には、司会者のご判断で発表順を入れ替えてください。
- 発表時間のタイムキーパーは、運営側の計時係が行います。
- オンライン対応会場で、Zoom のチャットに書き込まれた質問については、司会の判断で読み上げていただくな、書き込んだ方に発言を促してください（会場係がチャットを確認してサポートします）。

SEGs 課題番号について

日本人間工学会では SEGs (Sustainable Ergonomics Goals) 2040 とし 9 目標, 41 の解決すべき課題, 105 の取り組むべきアクション項目で構成された提言書を 2022 年 5 月に作成しました (詳細は <https://www.ergonomics.jp/usertype/company/14120.html>).

これを受けた日本人間工学会関西支部では 2022 年度の支部大会より, 企画セッションと一般セッションでの講演について, 講演内容と SEGs 目標 (持続可能な人間工学目標) との関連性を検討いただいております. また, 各講演論文の内容に関連する SEGs 目標のシンボルをタイトル右上に記載しております.

なお, SEGs 2040 によって設定された 9 つの持続可能な人間工学目標と, 国連が掲げる SDGs (Sustainable Development Goals) との関連は以下となります.

SDGs	SEGs	SEGsの目標
		システムズアプローチですべての人の健康・福祉増進の仕組みを作る
		人間工学教育の裾野を広げ複雑な社会生態システムの課題を解決する
		ジェンダー平等に資する人間工学応用を社会常識にする
		システムズアプローチを活用して全方位調和型の持続可能な社会基盤をつくる
		人間工学で新たな働きがい・新たな社会経済価値を創造する
		人間工学で産業・技術革新×人々の調和を図る
		人間工学で住み続けられるまちをつくる
		循環型社会システムを人間工学で実装する
		ステークホルダーの相互作用をデザインし SDGs 課題を解決する

会場への交通アクセス

会場：兵庫県立大学 姫路工学キャンパス A 棟

〒671-2201 兵庫県姫路市書写 2167

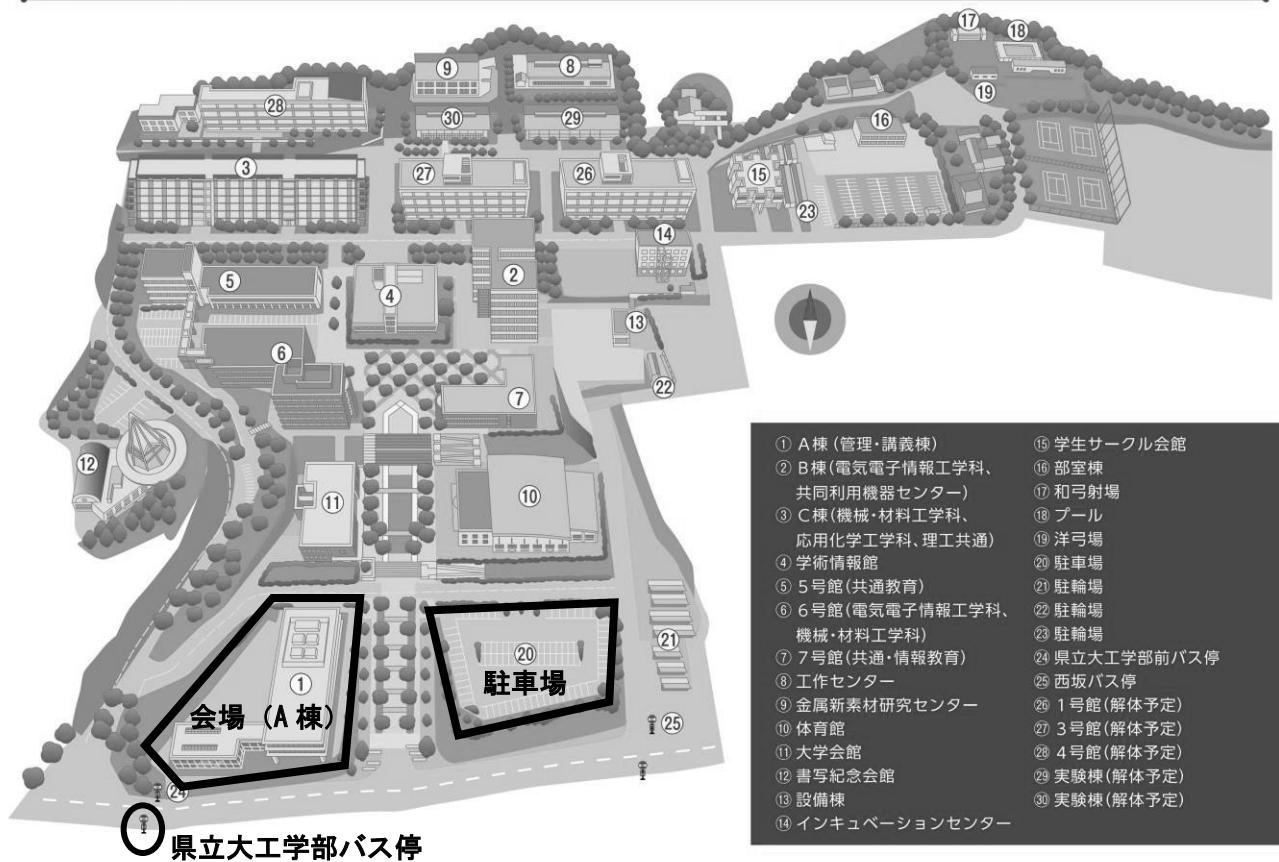
【交通アクセス】

電車：JR／山陽電鉄 姫路駅下車

バス：神姫バスターミナル 18 番のりば（JR 姫路駅姫路城口（北口）側、出口左手の屋外エスカレータをご利用下さい）より、下記路線バスに乗車、「県立大工学部」にて下車

■41～45 系統 県立大工学部、書写西住宅、緑台、バーズタウン、山崎、荒木、古瀬畠 各方面行き
(所要時間約 25 分)

姫路工学キャンパス



自動車でご来場の方は、会場東側の駐車場が利用可能（申請、費用は不要）です。

懇親会会場：姫路ソラニワ (SORA NIWA)

〒670-0012 兵庫県姫路市本町 241 美樹ビル（会場：7 階）

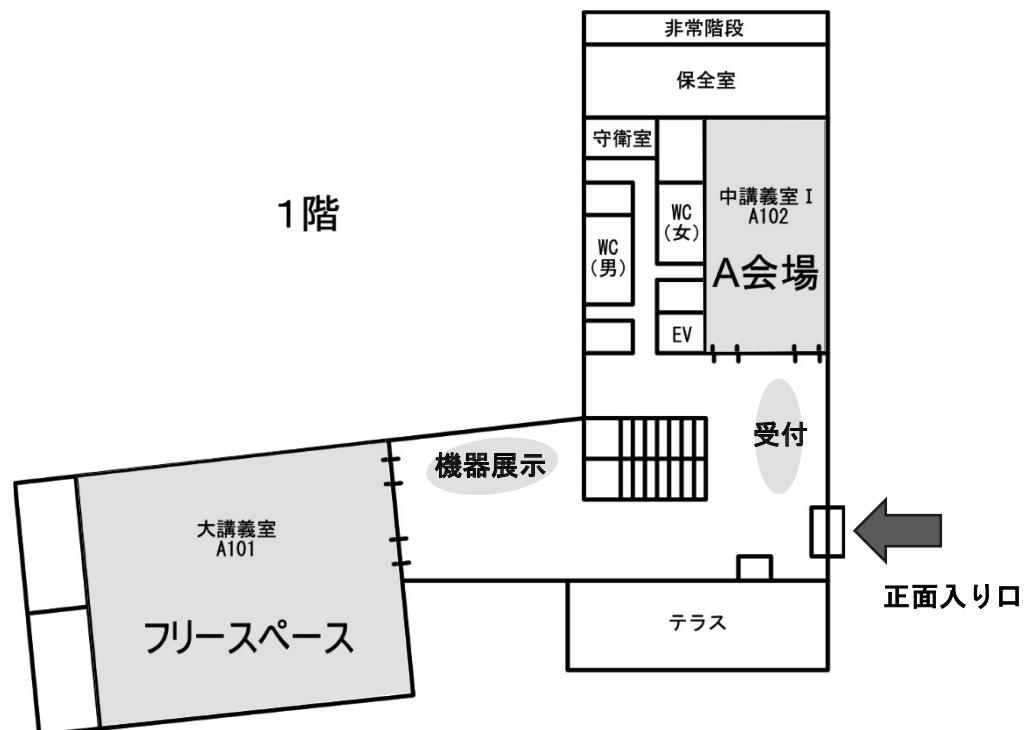
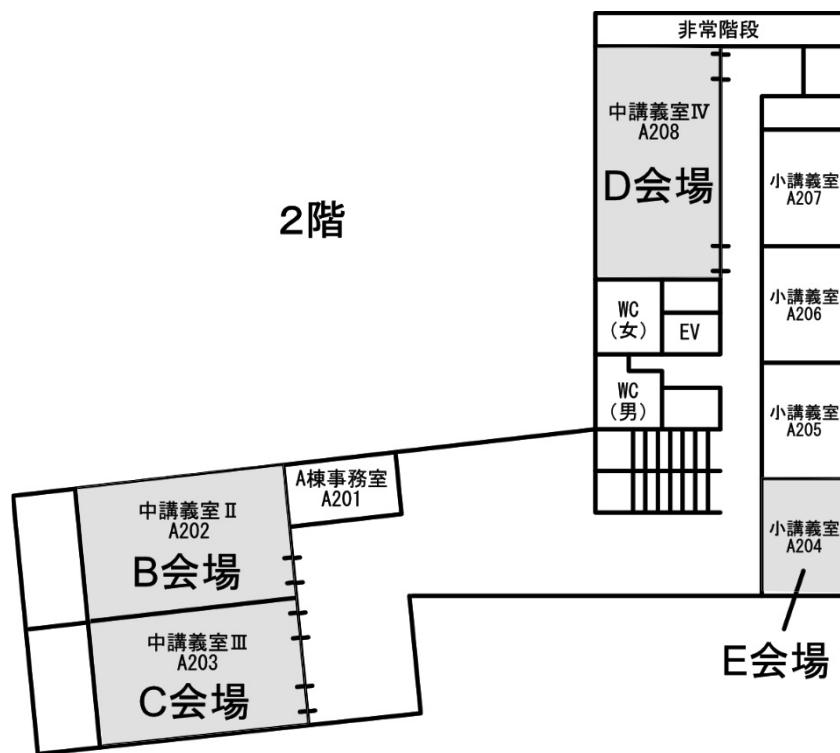
電話：079-281-0070

HP：<https://www.zeroforme.com/soraniwa/>

JR 姫路駅より徒歩 7 分

会場平面図

兵庫県立大学 姫路工学キャンパス A 棟



A101室はフリースペースとして開放しますので、昼食や休憩などでご利用ください。

基調講演 SS-1 (A 会場 : A102 室)

園芸療法とその効果への工学的アプローチ

豊田正博 (兵庫県立大学大学院 緑環境景観マネジメント研究科 教授)

豊田正博教授のご略歴

1984年筑波大学農林学類卒業。商社勤務後、東京都立農業高校・園芸高校・農芸高校教諭として園芸を指導。園芸高校在職中にアメリカやイギリスで行われる園芸療法を知る。高校生を連れて高齢者施設に出向き、健康効果をねらいとした園芸活動を10年間続けた。1998年には文部科学省の学習指導要領作成委員として、高等学校農業分野で園芸療法やアニマルセラピーを学ぶ科目「生物活用」を作成。同年に「はじめてみよう園芸療法」を出版。2006年に東京都教員を退職し、兵庫県立大学に勤務。兼務先の兵庫県立淡路景観園芸学校園芸療法課程にて200名を超す兵庫県知事認定園芸療法士を養成中。2008年、東京農業大学大学院農学研究科にて博士号取得。2018年、アメリカ園芸療法協会から優れた園芸療法研究論文に与えられるチャールズ・ルイス・リサーチ・アワードを受賞。現在、植物や園芸を活用したオフィスワーカーのストレス軽減や高齢者の認知症予防について、現場での実証研究を行う。また、農業高校教師時代の農作業指導経験と、園芸療法で多様な障害者を支援した経験を活かして、農家が労働力として障害者を受けたり、障害者福祉施設が自ら農業に取り組んだりする農福連携における技術支援の専門家として、農林水産省や各県が行う農福連携研修にて講演や実技指導を行う。

(兵庫県立大学大学院 緑環境景観マネジメント研究科教授／兵庫県立淡路景観園芸学校 園芸療法課程 主任景観園芸専門員／日本園芸療法学会理事 同学会認定上級園芸療法士)

園芸療法とその効果への工学的アプローチ

Overview of Horticultural Therapy and Engineering Approaches to its Effects

○豊田正博*

*兵庫県立大学緑環境景観マネジメント研究科

TOYODA Masahiro*

* Graduate School of Landscape and Management,
Public University Corporation of the University of Hyogo

1. 人と自然・園芸

1-1. バイオフィリア

園芸療法の基礎理論の一つに、「人は自然や動植物に対して好意的に反応する」というバイオフィリア仮説¹⁾がある。バイオは生命、フィリアは愛の意味。これは、1993 年にエドワード・ wilson (ハーバード大学教授)、スティーブン・ケラート (エール大学教授) により提唱された。植物や園芸を健康増進に活用する園芸療法が、花好き、園芸好きの人にだけ効果があるものではないとの根拠にもなっている。光・水などの自然、植物・動物そのものや、これらをモチーフとして生活空間に取り入れたデザインはバイオフィリックデザインと呼ばれ、欧米や日本を含めたアジアにも普及している。

1-2 バイオフィリア仮説における進化論的観点

ロジャー・ウルリヒ (テキサス A&M 大学教授) は、「人はアフリカのサバンナ (草原) で進化したと考えられているが、サバンナは森林に比べて見通しがきき、肉食獣の脅威に間近にさらされる危険は少なく安全で、危険回避後のストレス回復ももたらした。長い年月の間に、森林よりサバンナを好む人が多く生き残り、現代人にもその性質は受け継がれている (バイオフィリア仮説における進化論的観点)」と述べている²⁾。私たちが経験的に、見通しがきく緑の景観や、植物を見て心地よさを感じることは、この考えを支持するものである。

1-3 植物が人に与える効果

ウルリヒは、胆のう手術後の患者を対象にした研究で、窓から自然景観が見える病室に戻った患者は、窓から病院のレンガの壁が見える病室に戻った患者に比べて強い鎮痛剤の要求量が少なく、退院までの日数が短いことを報告している³⁾。人に好感情をもたらす自然の風景が、痛みに対する注意をそらして痛みを軽減したこと、自然の景観や痛みの軽減がス

トレスを軽減し、免疫力低下をもたらす高ストレス状態になりにくかったことが理由に考えられる。

また、ウルリヒは、ストレスフルなビデオを見せて人為的に血圧を上昇させた被験者に対して、車の往来のビデオを見せても血圧は下がらなかつたが、自然の景観のビデオを見せた時には、血圧が下がり、その状態は続いたと報告している⁴⁾。

筆者も、机上で仕事を行うオフィスワーカーを対象に、好みの植物を選んで PC モニター横に置いて、疲労・ストレス時にその植物を 3 分間見てもらった。すると、疲労・ストレス時に植物のない机上を 3 分間見た時より、好みの植物を見た時に脈拍が 3 分前より低下する人が増えた⁵⁾。

1-4 園芸の効用

園芸活動、すなわち人が植物を育てる活動は、人が植物の成長に合わせて、継続的に脳と身体を使う機会が生まれる活動といえる。種をまく、植物を植える、鉢物を飾ることで、「枯らしたらかわいそう」「育つのが楽しみ」という気持ち(バイオフィリア)が芽生え、これがきっかけとなって人は物言わぬ植物に動かされ続けることになる。実際に、ガーデニングを続ける人は、認知症リスクが低い、認知機能や精神機能の低下が抑制される、運動機能が回復するといった報告がある⁶⁾⁷⁾⁸⁾。

2. 園芸療法とは

2-1. 歴史的経緯

古代ギリシア、古代ローマでは、心身の調和を取り戻す手段の一つとして農耕も勧められた。18 世紀から 19 世紀にかけて、フランス、イギリス、アメリカ、ドイツでは精神患者を鉄鎖から解放し、治療に農作業が用いられて効果を上げた。第一次、二次世界大戦時の米国では傷痍軍人の精神回復や職業リハビリテーションに園芸が有効であったことがきっか

けとなり、1950年代には米国の大学で園芸療法講義が始まった。1970年代に作業療法の一領域から独立する形でアメリカ園芸療法協会が設立され、1990年代には日本、韓国でも園芸療法が始まった。現在は、中国、香港、台湾にも園芸療法の団体があり、活動を行っている。

2-2. 定義

園芸療法とは、植物や自然から人が受ける快刺激でストレスが下がることや、平易な繰り返し動作からなる園芸作業が脳を刺激すること、栽培が継続的な認知機能や運動機能の活用機会となること、人に快感情を与える植物が共感やコミュニケーションを促して社会的健康につながることなど、自然・植物・園芸が人に与える特徴を活用して人の健康回復や健康改善を行う補完代替医療（＝健康改善につながるが、医療行為ではない活動）の一つであり、通常は専門知識・支援技術を持つ園芸療法士が介在する。

2-3. 園芸療法の対象者

園芸療法は、免疫力が低下していて、土中や水中、植物や人を含む動物などに日常的に生息する細菌による感染症リスクが高い人（例：緩和ケア病棟患者、集中治療室患者等）以外は誰にも適応可能である。疾患や障害を問わず、高ストレス状態や、意欲低下がみられる人に効果的。ただし、植物は有毒成分やアレルギー物質を含むこともあるので、植物の選択には配慮が必要。

植物や自然環境が人にもたらす視覚・嗅覚・味覚・体性感覚（触覚・温度覚・圧覚）・聴覚（水の音・鳥や虫の声など）への刺激は非言語的な情報である。そのため、言語能力が低い人も、園芸では表情、動作などで自己表現を行い他者と共感しやすく、コミュニケーションを取ることができる。また、握る、つまむ、持つ、置く、切る、混ぜる、注ぐなどの園芸作業は、日常生活で誰もが行う動作であり、手続き記憶として身についているため、園芸経験がなくても行える。

3. 園芸療法効果への工学的アプローチの一例

3-1. NIRS（近赤外線分光法）

脳血流は脳活動時の代謝に伴って増加する。生体透過性が高い近赤外光（波長350～700nm）を頭皮から照射すると大脳皮質の血管まで届く。この血液中のヘモグロビン濃度によって血液を通過する近赤外光の強度が変化する性質を利用して、大脳皮質領域

の脳活動（脳血流の増減）をとらえる方法がNIRSである。額に機器を装着するだけのため人に対する侵襲性が少なく、頭を大きく動かさなければ測定中の安静も不要で作業中の脳活動をとらえられる。

3-2. 園芸作業中の脳活動

人が花を見てリラックスしている時、前頭前野背外側部の活動は鎮まる⁹⁾。園芸作業もストレスを下げることについては、副腎皮質で作られる物質で、ストレスマーカーとなる唾液中コルチゾール濃度が園芸作業後に下がるという報告¹⁰⁾¹¹⁾がある。

一方、園芸活動による認知刺激は認知症リスク軽減に寄与している可能性⁷⁾が指摘されているが、園芸作業遂行時の前頭前野活動についての報告は、まだ見あたらなかった。そこで、我々は、植物や園芸には人のストレスを下げる効果があるが、他に、「園芸作業は認知機能に関与する前頭前野を賦活させる」という仮説を立てて、本研究科研究倫理委員会承認後、以下の研究を行った。

3-3. 園芸作業は繰り返し脳を刺激する¹²⁾

3-3-1. 方法

対象は、健常高齢者（24名、男9、女15、66.0±3.4歳）で、園芸経験1年以上、右利きの人とした。

課題は、①Seeding（培養土を入れた25穴セルトレイの各セルに指で穴をあけて1粒ずつインゲンの種子を置き、土をかぶせる）、②Watering（種をまいたセルの土にペットボトルジョウロで、1セルずつ水をかける）とした。

対照課題は、前頭葉機能検査（Frontal Assessment Battery）の3問目にある運動プログラミング課題（FAB3=利き手で拳・手刀・平手の順に逆の手の平をたたくことを一定時間繰り返す）とした。

測定は、対照課題15秒・休憩15秒×5回試行、Seeding 15秒・休憩15秒×5回試行、Watering 15秒・休憩15秒×5回試行の順で行った。

使用機器は、Spectratech社製OEG-16（16チャンネル=CH）。注目領域は前頭極測定確率98-100%のCH（4/5/6/7/10/11/12/13）とした。

測定項目は、各試行時の課題遂行回数（パフォーマンス）、課題遂行中の被験者の視点、各CHの酸化ヘモグロビン（Oxy-Hb）濃度である。分析はOxy-Hb最高値を使用した。前頭極は課題に慣れると賦活低下する¹³⁾。実際に、Oxy-Hb濃度は課題遂行中、最高値到達後に低下する傾向がみられたので、課題遂行中の平均値より前頭極活動を反映していると考えた。

3-3-2. 結果および考察

1) 課題試行時のパフォーマンス

3課題とも1回目と比べて3回目以降にパフォーマンスが向上した(表1)。1、2回目の試行で被験者が課題の要領を学習した結果とみられた。

2) 被験者の視点

SeedingとWateringでは、全員、自分の手や対象物を見て課題を遂行しており、正確な課題遂行には、視覚と体性感覚の2つの感覚情報が必須とみられた。一方、FAB3は79.2%が手を見ずに課題遂行し、体性感覚情報のみで課題遂行可能であった。

3) 最終試行時(5回目)の3課題間賦活比較

3課題間のOxy-Hb最大値比較(試行5回目)では、同じ作業を繰り返しても前頭極で賦活低下しにくい課題がわかる。前頭極内側(CH7, CH10)ではSeedingとWateringはFAB3より賦活が大きく、有意な差が認められた(図1)が、前頭極外側(CH4/5/6/11/12/13)では、有意差はなかった。

前頭極内側は入力される感覚に注意を向ける機能がある¹⁴⁾。課題遂行時の被験者の視線観察から、SeedingとWateringは視覚と体性感覚の2つの情報に注意を向ける必要があったが、FAB3では体性感覚のみへの注意でも遂行可能であった。園芸作業の多くは、目と手、あるいは目と手足などを使うため、複数の感覚情報に注意を向ける。この特徴が、同じ作業を繰り返しても前頭極の賦活低下につなが

表1. 各課題の試行回数別遂行回数.

Mdn:中央値 Steel-Dwass test, $p < 0.05$

Tasks	1st trial	2nd trial	3rd trial	4th trial	5th trial
FAB 3	Mdn 5.00	6.00	6.50*	7.00*	7.00*
Seeding	Mdn 2.00	2.00	2.50*	3.00*	3.00*
Watering	Mdn 4.00	5.00	5.00*	5.00*	5.00*

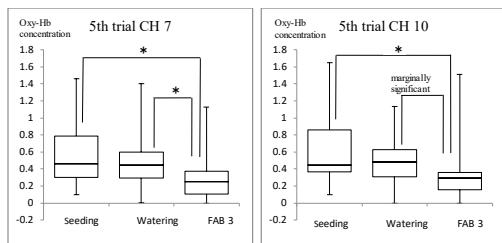


図1. 3課題の脳血流比較(5回目).

Steel-Dwass test, $p < 0.05$

りにくい要因と考えられた。

4) 同一課題内における試行回数別の賦活比較

各課題の試行1回目から5回目のOxy-Hb最大値比較では、同じ作業をくり返した際の前頭極賦活状況がわかる。Seedingは全CHで賦活が維持された(図2)。一方、他の2課題では左右半球の一部CHで賦活低下がみられた(図2 Watering:CH5, CH12; FAB3:CH5, CH11)。右前頭極外側部は、外的刺激の入力に基づく思考(外的思考)と外的刺激から独立した内的思考が交互に繰り返される時に賦活する¹⁵⁾。播種作業中、各作業が適切に行われていることを視覚や体性感覚で認識(外的思考)して次の工程を想起する(内的思考)プロセスである。Seedingは工程数が5(穴をあける→種をつまむ→種を置く→土をかぶせる→隣のセルへ移動)である。これは水やりの3工程(ペットボトルを傾ける→水が浸みたらペットボトルを起こす→隣のセルに移動する)やFAB3の3工程(拳→手刀→平手)よりも多い。外的思考と内的思考のくり返しの多さが右半球前頭極外側の賦活が低下せず、維持された一因とみられる。

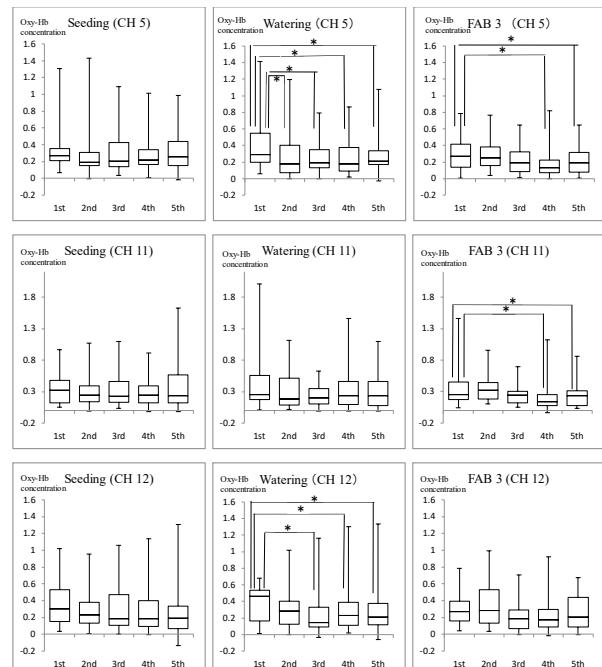


図2. 3課題の試行回数別脳血流比較.

1～5回の試行時に脳血流低下がみられた前頭極外側部CHを抜粋.

Shirley-Williams test, $p < 0.05$

左半球前頭極外側部は、同一対象物を見ていても注意を向けるべき視覚的特徴（＝色・形・位置など）が変わると賦活する¹⁶⁾。Seedingでは注意を向ける視覚的特徴が、セル全体⇒穴をあける1つのセル⇒穴をあけるセルの中央⇒穴をあけている指の深さ⇒皿のタネ全体⇒つまもうとする1つのタネ⇒タネを置くセル⇒穴⇒タネに被せる土、のように変化する。こうした特徴が、Seedingで左前頭極外側の賦活が維持した一因とみられる。

5)まとめ

園芸作業を正確に行うには視覚情報と体性感覚情報の2つの刺激に注意を払う必要がある。この園芸の特徴が前頭極内側部の賦活維持をもたらす可能性が示唆された。また、工程数が多い作業や作業時に注意を向けるべき視覚的特徴の変化が多いと、前頭極外側部の賦活維持につながる可能性が示された。

4. その後の研究

本研究後に、別の健常高齢者を対象に同じ園芸作業を実際に3カ月間繰り返した際の前頭極賦活について検証した。被験者はセルトレイに播種やさし芽を行い、自宅に持ち帰り3カ月間、ペットボトルでのかん水を依頼した。介入前と介入3カ月後に、自宅と同様のかん水を行って脳血流を測定した。その結果、パフォーマンス向上とともに、介入前に試行を重ねると低下した右半球前頭極外側部の脳血流が3カ月後には有意に増加した¹⁷⁾。前頭前野脳血流は加齢により低下する¹⁸⁾が、継続的園芸作業が高齢者の前頭前野脳血流低下を改善する可能性が示された。

5. 参考文献

- 1) Kellert, S. R. and Wilson, E. O. (Eds.): *The biophilia hypothesis*. Island Press. (1993).
- 2) Ulrich, R. S.: *The biophilia hypothesis. Biophilia, biophobia, and natural landscapes*. Island Press, 73-137. (1993).
- 3) Ulrich, R. S.: View through a window may influence recovery from surgery. *Science*. 224(4647), 420-421. (1984).
- 4) Ulrich, R. S., et al.: Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of environmental psychology*. 11(3), 201-230. (1991).
- 5) Toyoda, M., et al.: Potential of a small indoor plant on the desk for reducing office worker's stress. *HortTechnology*. 30(1), 55-63 (2020).
- 6) Simons, L. A., et al.: Lifestyle Factors and Risk of Dementia: Dubbo Study of the Elderly. *Medical Journal of Australia*. 184, 68-70. (2006).
- 7) Jedrzejewski, M. K., et al.: Exercise and Cognition: Results from the National Long Term Care Survey. *Alzheimers Dementia*. 6, 448-455. (2010).
- 8) Soga, M., et al.: Gardening is beneficial for health: A meta-analysis. *Preventive Medicine Reports*. 5, 92-99. (2017).
- 9) Song, C., et al.: Physiological effects of viewing fresh red roses. *Complementary therapies in medicine*. 35, 78-84. (2017).
- 10) Van Den Berg, A. E. and Clusters, M. H.: Gardening promotes neuroendocrine and affective restoration from stress. *J Health Psychol*. 16, 3-11. (2011).
- 11) Rodiek, S.: Influence of an outdoor garden on mood and stress in older persons. *Journal of Therapeutic Horticulture*. 13, 13-21. (2002).
- 12) Toyoda, M., et al.: Gardening May Repeatedly Activate the Frontal Pole, *Journal of Behavioral and Brain Science*. 7(10), 464-483. (2017).
- 13) Strange, B.A., et al.: Anterior Prefrontal Cortex Mediates Rule Learning in Humans. *Cerebral Cortex*. 11, 1040-1046. (2001).
- 14) Burgess, P.W., et al.: The Gateway Hypothesis of Rostral Prefrontal Cortex (Area 10) Function. *Trends in Cognitive Sciences*. 11, 290-298. (2007).
- 15) Gilbert, S.J., et al.: Involvement of Rostral Prefrontal Cortex in Selection between Stimulus-Oriented and Stimulus-Independent Thought. *European Journal of Neuroscience*. 21, 1423-1431. (2005).
- 16) Pollmann, S.: Anterior Prefrontal Cortex Contributions to Attention Control. *Experimental Psychology*. 51, 270-278. (2004).
- 17) Toyoda, M., et al.: A Training Effect by Three-Month Watering on the Frontal Pole Activation of Healthy Older Adults. *Journal of Behavioral and Brain Science*. 10(6), 265-285. (2020).
- 18) Kwee, I.L. and Nakada, T.: Dorsolateral Prefrontal Lobe Activation Declines Significantly with Age-Functional NIRS Study. *Journal of Neurology*. 250, 525-529. (2003).

基調講演 SS-2 (A 会場 : A102 室)

美しいものをありのままに：計算撮像と質感工学

日浦慎作（兵庫県立大学大学院 工学研究科 教授）

日浦慎作教授のご略歴

1972年生まれ。1993年 大阪大学基礎工学部制御工学科 中退（大学院飛び入学のため），1997年同大大学院 博士課程 短期修了。同年，京都大学リサーチアソシエイト，1999年 大阪大学大学院基礎工学研究科 助手，2003年 同助教授。2010年 広島市立大学 大学院情報科学研究科教授，2019年 兵庫県立大学大学院 工学研究科教授。2008-2009年マサチューセッツ工科大学メディアラボ客員准教授。画像を用いて環境中の物体の3次元形状や動き，反射特性等を計測するコンピュータビジョン研究のほか，コンピュテーションナルフォトグラフィや質感工学等の研究に従事。1993年電気関係学会関西支部連合大会奨励賞，2000年画像センシングシンポジウム優秀論文賞，2010年情報処理学会山下記念研究賞，2012年MIRU優秀論文賞など受賞。電子情報通信学会，情報処理学会，日本バーチャルリアリティ学会各会員。博士（工学）。

美しいものをありのままに：計算撮像と質感工学

Beautiful as it is : Computational Imaging and Shitsukan Engineering

○日浦慎作*

*兵庫県立大学 大学院工学研究科

HIURA Shinsaku*

*Graduate School of Engineering, University of Hyogo

1. はじめに

画像を獲得する装置であるカメラと、その画像を処理する装置である計算機はそれぞれ別個に発展を遂げてきたが、現在、それらの融合が進行している。得られた画像データを計算機で処理することを前提とするとカメラのあり方はより多様となり、撮影後にピントの合わせ直しを可能にするなど、従来は不可能であった新しい機能を付加することも可能になってきた。また、同じ物体でも照明条件や観測方向により見え方は様々に変化し、これを余すことなく記録・再現することは質感の評価や品質管理に役立てられ、日本が得意とする繊細で高付加価値なものづくりに必須の技術となりつつある。この講演では、最新のカメラ技術である計算撮像と、その応用の1つである質感工学について、その基礎となる光線の記録を軸に解説する。

2. 計算撮像

カメラにおいて、像を形成する主役はレンズであり、フィルムや撮像素子が担うのはレンズが作る像の忠実な記録である。それでは、画像情報処理が画像形成に対し、さらに深く関与することは可能なのか？これにより、どのような新しい機能や性能をカメラに付与できるのか？このような問に対して答えようとする研究領域を計算撮像 (computational imaging, computational photography) と呼ぶ。

従来のフィルムカメラに対しデジタルカメラを特徴付けるのは、レンズが形成した像を電気信号に変換する撮像素子である（図1）。しかし、レンズが像を形成し、それをフィルムないし撮像素子がそのまま記録するというカメラの基本的な原理は不变である。よって、例えばピント合わせはシャッターを押す前に必ず終えておかねばならない。

一方、そのような現状を度外視して図1を眺めると、実は大きな変革の余地が残されていることがわかる。デジタルカメラでは、撮像素子によって記録された情報はその後の画像処理によって整えられるため、レンズが撮像素子上に形成する光学像は、その時点では完成している必要がないのである。このような考え方を突き詰めると、最終的には、カメラ

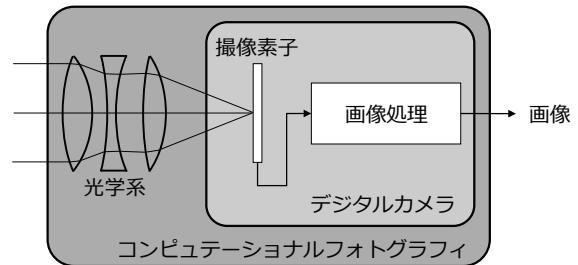


図1 コンピュテーションフォトグラフィが変えようとする範囲。光学系は入射する光線を二次元分布へと変換し、それを計算機が処理することで画像が得られる。

から美しい像が得られさえすれば良く、レンズが形成する像はユーザーには関係のない、カメラ内部の単なる中間表現に過ぎないということになる。つまり、「像の形成はレンズ、その記録は撮像素子」という固定的な役割分担から脱却し、「レンズへ入射する光線から、光学系と演算による2段階の情報処理を介して所望の画像を形作る」という発想へ移行することが新たなカメラの在り方を考える動機となっている。

2-1. 光線の記録とその利用

コンピュテーションフォトグラフィについて考えるには、レンズにより像へと変換される前の、カメラへ入射する光線について考える必要がある。そこでまず、3次元空間を飛び交う光線について述べ、次に従来のカメラがそれをどのように画像として記録しているのかについて考えていくこととする。カメラが置かれた実環境は図2に示すように、光源からの光や、それが物体により反射された光により縦横無尽に埋め尽くされている。このとき、被写体が置かれた3次元空間を埋める光線は7つの変数を用いて表現することができる。第1は光線が通過する位置で、これは3次元座標(X, Y, Z)で表す。光線の向きは、その向きを軸とした回転は必要がないので2パラメータ(θ, ϕ)となる。さらに光の波長 λ と時刻 t のパラメータを加えることで、3次元空間を満たす光の分布は以下の数式で表すことが出来ることにな

る。

$$I = P(X, Y, Z, \theta, \phi, \lambda, t)$$

この7変数の関数 P をプレノプティック関数と呼び、またこのような光線で埋められた3次元空間をライトフィールド（光線空間）と呼ぶ。

つぎに、カメラによる光線の記録について考える。環境を埋める光線のうちごく一部がカメラのレンズへ飛び込み、カメラはそれを画像として出力する。このとき、カメラが記録する画像とは、プレノプティック関数の7変数のうち方位に関する2変数 (θ, ϕ) の分布である。他にも、カメラの各画素には赤・青・緑のカラーフィルタが備わっており、また複数画像を連写するならば波長 λ と時刻 t に関する分布を得ることも出来るが、光線の通過位置 (X, Y, Z) に関する情報は失われてしまう。なぜなら図2に示すように、並行光を1点に集めることこそがレンズの働きであるからである。つまり、ある画素に到達した光が、レンズの中心付近を通ったものか、それともレンズの縁を通ってきたものかを区別することは出来ない。

2-2. ライトフィールドカメラとリフォーカス

それでは、通常のカメラとは異なり、光線の通過位置の分布も記録する装置は可能であろうか。そのような装置の1つとして、図3(a)に示すようにカメラを多数並べたカメラアレイがある。画素 a と b は方位の異なる光線を捕らえるのに対し、画素 a と c は並行であるが通過位置の異なる光線をそれぞれ記録する。もう1つの方法としては、通常のカメラのように単一のメインレンズを備えるが、図3(b)のように撮像素子の直前にマイクロレンズアレイを設置するものである。この方式では、画素 a と b は並行ではあるが通過位置の異なる入射光線を記録し、それに対し方位の異なる光線は別のマイクロレンズの背後の画素 c と d によって捉えられる。このように方式(a)と(b)では光線と画素位置の関係が異なっているが、共通しているのは、多数の画素により光線の方位と通過位置を分担して取り込む点である。

ライトフィールドカメラの代表的な用途として、リフォーカスと呼ばれる事後的なピントの合わせ直しが挙げられる。この原理を図4に示す。ライトフィールドカメラは、ある平面へ入射する光線の通過位置と方位を取り込み記録する。これを光線再生型立体ディスプレイ（ディスプレイ上の各点において、観測方位ごとに異なる輝度を提示できるディスプレイ）により表示し、再び同じ光線を全て再生したとき、もしカメラとディスプレイが十分高精細であるならば、観察者は被写体を直接視認しているときと同じ体験が出来るはずである。なぜなら、それはち

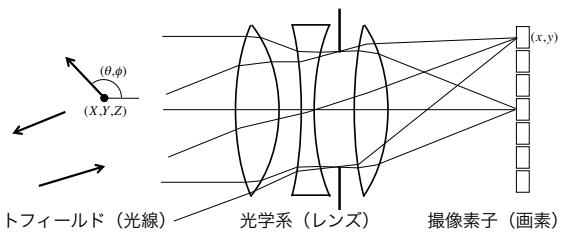


図2 ライトフィールドとカメラの関係。カメラは空間を飛び交う光線のうちごく一部を内部へ取り込み、その方位情報を画像として記録し、光線の通過位置情報は捨ててしまう。

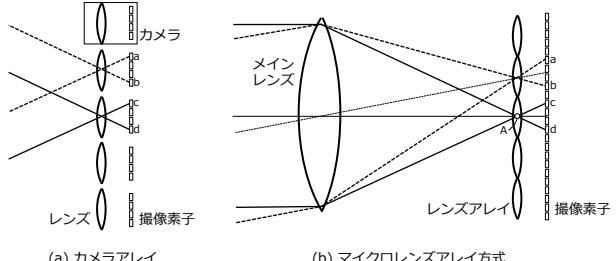


図3 ライトフィールドカメラの構成。カメラを多数並べたカメラアレイ方式(a)と、撮像素子の直前にマイクロレンズアレイを設置した方式(b)がある。

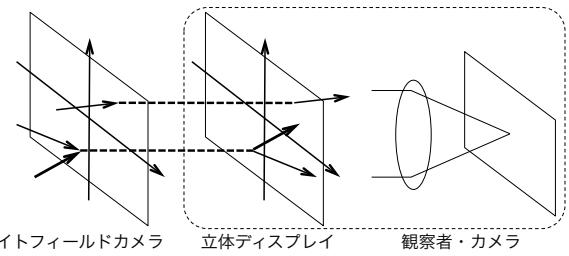


図4 ライトフィールドカメラによるシーン再撮影の原理。点線内を計算機内部で行うことにより、事後的なピント合わせなどシーンの仮想的な再撮影が可能となる。



図5 画像列からのリフォーカスの例[1]。観察者がわずかに異なる5枚の画像から補間などを経て生成した。左は手前の物体に合焦、右は背景に合焦させた。

ようど、窓ガラスの向こうの風景を見ているようなものだからである。よって例えば観察者がカメラを持ち、ディスプレイを撮影すれば、ディスプレ

イの表示領域を逸脱しない範囲で自由にピントや視点を変えながら再撮影を行うことが出来る。リフオーカスはこのような作業のうち、ディスプレイによる表示とカメラによる再撮影（図4の点線内）を計算機シミュレーションにより行うものと考えれば良い。

計測に基づく完全なライトフィールドがなくとも、コンピュータビジョン技術による補間によりリフオーカスを行うことができる。現在では多くのスマートフォンに複数のカメラが搭載され、背景を大きくぼかすことができるが、これもライトフィールドの補間にに基づくリフオーカスの一種であるとみなすこともできる。少数の写真からリフオーカスを行う筆者らの研究の例¹⁾を図5に示す。

これまで述べた、ライトフィールドに基づく計算撮像は、レンズが焦点へと集めてしまう前の光線を個別に計測して利用する方法であると言える。計算撮像では逆に、光線を集める過程に工夫を加えることで、ブレたりボケたりした画像から鮮明な画像を復元する、符号化撮像法も提案されている。本稿では紙幅の関係で割愛するので、詳細は文献²⁾を参照されたい。

3. 光線の記録に基づく質感再現

物体の見かけの質感は、その物体が入射光をどのように反射するのかによって決まる。この光反射特性には拡散・鏡面反射率や鏡面反射の鋭さ、さらには表面下散乱など多様な要素が含まれる。しかし、カメラにより対象を撮影した場合、各画素で観測される輝度は物体の形状や照明条件によっても変化するため、画像から物体固有の光反射特性を推定することは容易ではない。この問題はCGレンダリングの逆問題であるためインバースレンダリングと呼ばれ、コンピュータビジョン分野の主要な課題の1つである。しかし、表面がなめらかな樹脂成形品など、対象物体が均質でテクスチャがない物体に比べ、質感の計測と再現が課題になる複雑な反射特性を有する物体では、インバースレンダリングにより実用的な結果を得ることが難しいため、かわりに観測方位や照明方位を変化させながら光反射特性を直接的に計測する手法が広く用いられる。

3-1. 双方向反射率分布関数(BRDF)

拡散反射物体（光沢のない物体）は観測方位によらず見かけの明るさ（輝度）が一定であるが、その輝度は光の入射角により変化する。さらに、鏡面反射光は正反射方向（鏡のように光を反射する方向）で強く観察され、その方位から離れるほど弱くなるので、観測方位により輝度が変化すると言える。よって、物体の光の反射は、光の入射方位と観測方位の双方の影響を受ける。さらに、磨き傷を一方向に

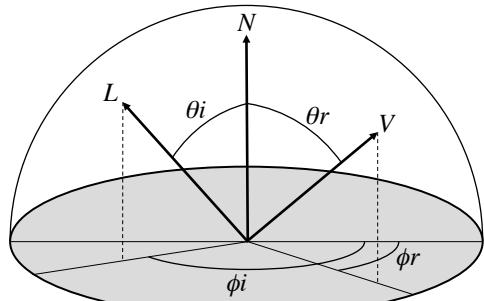


図6 BRDF の方位に関する4つの変数

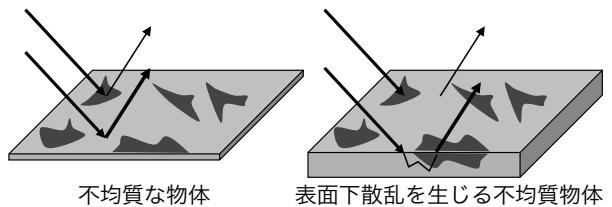


図7 反射特性の複雑さと質感

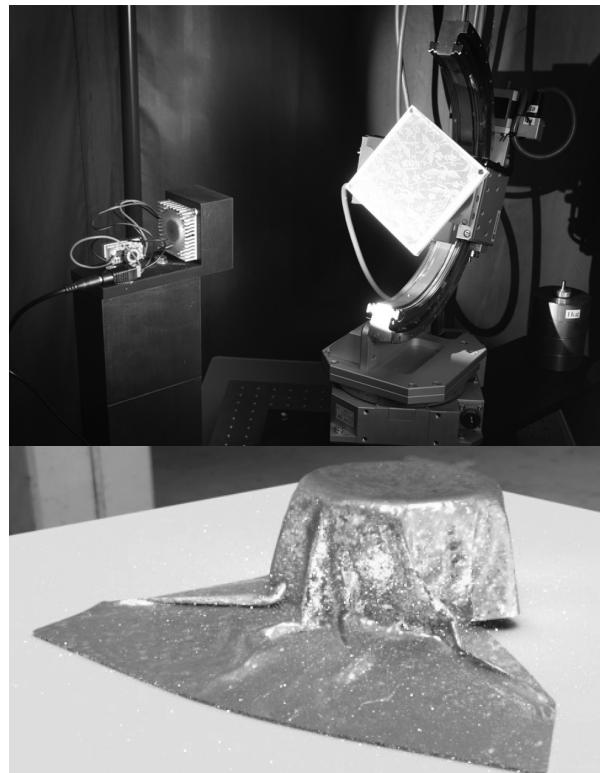


図8 BTF 計測装置とそれを用いたレンダリング例

揃えた金属板（ヘアライン仕上げされた金属板）や織物など、物体表面の反射特性に方向性がある物体（非等方性反射物体）も存在する。このような様々な反射特性を数式等によりモデル化することは困難であるため、かわりに光の入射方位と観測方位のすべての組み合わせについて、計測した輝度をそれぞれ独立したデータとして記録することで、その物体の反射特性を表現することを考える。このような方法による反射特性の表現を双方向反射率分布関数

(BRDF : Bi-directional Reflectance Distribution Function)と呼ぶ³⁾。この表現は図6に示すように、ある面を照らす光の入射方位 L を2つの角($\theta i, \phi i$)で表現し、また、その表面を観測する方位(物体から見たカメラや眼球の方位) V を($\theta r, \phi r$)で表したとき、次のような関数により表面の輝度を表すことが出来るというものである。ただし θi は90度以下であるとし、そうでない場合の輝度は0になる。

$$I = f_{BRDF}(\theta i, \phi i, \theta r, \phi r) \cos(\theta i)$$

BRDFによる光反射特性の計測と再現において問題となるのは、このBRDFのデータ量が大きすぎる事である。例えば4つの角をそれぞれ1度刻みで計測するとした場合、計測データ数は約10⁹個となる。よって、仮に1秒間に30点を計測しても丸1年を要してしまうし、このデータをRGBの3原色についてそれぞれ倍精度浮動小数値で表現すると、データ量は約24GBにもなってしまう。

3-2. 双方向テクスチャ分布関数(BTF)

つぎに、表面が均一でない物体について考える。図7に示すように、不均質な物体は光の入射点により反射特性が異なるため、その違いを独立に表現しようとすると、4変数関数であったBRDFに観測点の座標(x,y)の2変数を追加した、以下のようなモデルで反射特性を表す必要がある。

$$f_{BTF}(\theta i, \phi i, \theta r, \phi r, x, y)$$

これを双方向テクスチャ関数(BTF : Bi-directional Texture Function)と呼ぶ。

大理石や皮膚のように、物体の内部に光が滲んで拡がり、光を入射した点とは異なる点からも反射光が生じる場合には、入射光の入射点(x_i, y_i)と、その光が出射する点(x_r, y_r)の位置関係を表す必要が生じ、

$$f_{BSSRDF}(\theta i, \phi i, \theta r, \phi r, x_i, y_i, x_r, y_r)$$

のような8変数の関数により光反射特性が表される。これを双方向散乱面反射率分布関数(BSSRDF : Bi-directional Scattering Surface Reflectance Distribution Function)と呼ぶ。このように複雑な反射特性を余さず計測しようとすると、文字通り天文学的な時間と記憶容量が必要であることは数値の例を示さずとも理解されるであろう。

3-3. 質感の再現

BRDFやBTFの計測には、対象物体に対し光源方位と観測方位を変化させる装置が必要となる。BRDF計測に対するBTF計測の相違点としては、輝度を計測する機器が単なる光センサではなくカメラ

となることや、対象物体の形状を球形などに整形することで多くのデータを一度に得ることが困難であることが挙げられる。図8に、筆者らが開発したBTF計測装置と、それによるレンダリング例を示す。対象物体に対し光源からの光が浅く入射する場合にも装置自身の影が観測面に落ちることないよう、この装置では円弧状のレールを用いている。

BTFはBRDFよりもさらにデータ量が膨大となり、計測にも非常に長時間を要する。そこで我々は、観測回数を削減しつつ高品位な質感再現を行うために、透視投影カメラと近接点光源を用い、それに深層学習による補間を組み合わせた手法を開発した⁴⁾。図8にその結果の1例を示す。

4.まとめ

本稿では計算撮像による事後の焦点合わせ(リフオーカス)や、BRDF,BTFの計測に基づく質感再現について述べた。これらに共通するのは、「カメラで画像を撮影する」ことを出発点とするのではなく、画像を構成する元となる光線の記録という観点から、反射光線の再現方法について考え直すというコンセプトであると言える。これらの技術は、近年発展が著しい深層学習技術と合流することで、より高度で自由な質感再現へと向かっていくものと考えられる。

参考文献

- 1) N. Kusumoto, S. Hiura and K. Sato : Uncalibrated Synthetic Aperture for Defocus Control, Proc. CVPR2009, pp. 2552-2559 (2009).
- 2) 日浦慎作：解説 コンピュテーションナルフォトグラフィ，電子情報通信学会誌, Vol.95, No.9, pp. 823-828 (2012).
- 3) 向川康博：反射・散乱の計測とモデル化，情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol.2010-CVIM-172, 1-11 (2010).
- 4) 前田涼汰, 日浦慎作 :透視投影カメラと近接点光源を用いた双方向テクスチャ関数の計測, Visual Computing 2023, 4pages (2023).

企画セッション1（A会場：A102室）

OS1 活かそう！人間工学専門家

OS1-1 人間工学専門家資格制度と資格取得のメリットについて

OS1-2 認定人間工学専門家資格制度の改定について

OS1-3 公設試における人間工学専門家の取組事例

人間工学専門家資格制度と資格取得のメリットについて

About the JES Certification Program for Professional Ergonomists and the benefits of obtaining a qualification

○井出 有紀子* ** 八木 佳子* ***

*人間工学専門家認定機構, **NEC, ***(株)イトーキ

Akiko IDE * ** Yoshiko YAGI* ***

*Board on Certified Professional Ergonomist JES(BCPE-J), ** NEC Corporation, ***ITOKI Corporation

1. 人間工学専門家資格制度とは

本制度では、『人間工学の知識、技術、問題解決能力を充分に持ち、それを実践できる人材』に対し、人間工学専門家認定機構(BCPE-J)が試験等を実施し、(社)日本人間工学会(JES)が資格を認定している。2003年8月に発足した後、本資格は、2007年5月に国際人間工学連合(International Ergonomics Association : IEA)の認証も取得しており、米国のBCPE(Board of Certification in Professional Ergonomics)や欧州のCREE(Centre for Registration of European Ergonomists)とともに国際的な人間工学の専門家として通用する資格となっている。日本では、この他に段階的に資格を取得できるように、また国際基準に満たなくても世の中で活躍している人のために独自の資格区分がある。

2. 認定人間工学専門家の資格区分

認定人間工学専門家の資格区分を表1に示す。専門家資格は専門教育経験年数や実務経験レベルに応じて3段階に資格を区分している。また、2023年10月5日現在の認定者数は認定人間工学専門家 206名、認定人間工学準専門家 183名、認定人間工学アシスタント 17名、シニア認定人間工学専門家 16名である。

表1 認定人間工学専門家資格区分

	主に取得される人	必要学歴	日本人間工学会会員資格
認定人間工学専門家 (IEA認証ライセンス)	企業内などでの人間工学エキスパート	大卒以上	不要
認定人間工学準専門家	大卒または大学院在籍者	大卒以上	不要
認定人間工学アシスタント	実務をしている方	6単位以上の専門教育	不要

これらの地域別の内訳を表2に示す。表2より、関西支部は、会員数に対するCPE保有率が、全国平均で約15.5%の中でも、19.7%と支部の中でトップとなっていることがわかる。関西で人間工学専門家

資格の試験を大阪で実施しているのも影響があると思われる。

表2 各支部人数に対する専門家人数
(全区分合計) の構成比(2023.10.5時点)

JES	支部総数	CPE 総数	CPE全体				JES数	支部人数に に対する構成比		
			内訳							
			専門家	準専門家	アシス タント	シニア				
北海道支部	27	15	2	12	0	1	4	14.8%		
東北支部	42	5	3	2	0	0	3	7.1%		
関東支部	714	238	132	86	9	11	113	15.8%		
東海支部	114	31	12	13	4	2	16	14.0%		
関西支部	208	99	41	55	2	1	41	19.7%		
中国・四国支部	89	20	10	10	0	0	12	13.5%		
九州・沖縄支部	61	14	6	5	2	1	6	9.8%		
合計	1255	422	206	183	17	16	195	15.5%		

※シニア：2018年11月1日よりシニア会員制度を実施。年齢70歳以上、CPE継続15年以上などの条件を満たし希望される方を、書類審査により「シニア認定人間工学専門家」として認定している。

3. 人間工学専門家資格の認定基準

※詳細はホームページ参照

<<https://www.ergonomics.jp/cpe/>>

3-1. 認定人間工学専門家

専門家の受験資格の基準は表3のとおりである。

表3 認定人間工学専門家資格の基準

	専門教育 受講年数	実務 経験年数	事例提出	筆記 試験	面接 試験
①	3年	2年	不要	要	要
②		7年	不要	要	要

3-2. 認定人間工学準専門家

大学で人間工学関連の専門教育を受け、これから認定人間工学専門家の資格取得を目指している人、または大学を卒業後、人間工学関連の仕事に携わり、将来認定人間工学専門家の資格取得を目指している人を対象とした資格である。以下に示す2条件のいずれかの基準を満たし、書類審査によって認定される。(2023年10月現在条件等見直し中)

1) 大卒かつ3年以上大学にて専門教育を受講

2)大卒かつ実務経験 5 年以上

3-3. 認定人間工学アシスタント

短大・専門学校・企業研修等で人間工学に関する専門教育を受講し、人間工学の学びに関心を持つ人、実務で人間工学を活用したいと思う人を対象とした資格である。以下に示す 2 条件のいずれかの基準を満たし、書類審査を経て認定される。

- 1)短大・専門学校等にて専門教育を受講
- 2)企業研修などで上記 1)と同等の教育を受講
(2023 年 10 月現在名称等見直し中)

4. 準専門家資格

本制度の最上位資格の専門家は IEA に認証されている資格だが、段階的にステップアップができるという他国にない特徴を持っている。

準専門家資格は、大学卒業と同時にしくは修士在学中に取得が可能であり、自身が社会に役立つ人間工学を専門に学習した経歴を周囲に理解してもらうことを可能としている。また、準専門家資格を所有者は、専門家へのステップアップに対しての優遇を受けられる。将来の目標となる専門家を見据え、継続的に学び、そして自らの知識を活用していくモチベーションにもつながっている。

5. 資格取得のメリット

本資格を有することにより

- 1)コミュニティの形成
- 2)専門性の明示や活用
- 3)仕事の獲得

の 3 つのメリットがあると考えられる。これらを認定人間工学専門家機構の活動例を含め説明する。

5-1. コミュニティの形成

- ・CPE 講演会/セミナー/サロン/見学会

昨今、多くの情報はネット上に溢れており、資格の有無や学会員かどうかに関わらず、興味関心のある情報は手軽に入手可能である。しかし、人間工学の専門家がどのようにして専門性を発揮したのか、どのような苦労があったのかなどの CPE としての活動に有効な情報は、直接話をすることで得ることができる。本機構では、人間工学の実践に関わっている現場に依頼し、そこでの見学と意見交換の場を設けていている。さまざまな領域の専門家の視点で意見交換を行い、新たな発見や交流が生まれている。

2020 年以降、COVID-19 の影響で対面での見学会やサロンは実施できていなかったが、2023 年 3 月 1 日に CPE サロンとしてテーマ「医療機器ユーザビリティの今」として久々にリアル会場で実施した。一方、オンラインセミナー/ワークショップ対応は、特に首都圏以外の会員から好評だったこともあり、継続を検討している。4 月 14 日には CPE 講演会として、専門家や準専門家から活動事例紹介を、10 月 30 日には企画名「パラスポーツと義肢装具」を、ハイブリッドで開催している。

5-2. 専門性の明示や活用

CPE 活用の具体例として、以下の 3 件を示す。

- ・社内での人間工学関連プロジェクトの立ち上げ提案時に、必要性や有効性を説明し、周りを納得させる必要がある。その際、「有資格者の提案と説得」で実現できる。
- ・社内外を対象としている人間工学関連業務の遂行の際、プロジェクトとしては認知されていても、個人として資格を有しているかどうかで、顧客からの信頼が違う。そのため、有資格者であることで、個人の成果（業績評価）がアピールできる
- ・元々の専攻は違うが、途中から人間工学関連業務に従事するようになった場合、学位等ではなく自分の専門性を客観的に示すことができる。

5-3. 仕事の獲得

CPE を活用して仕事を獲得する例を以下に示す。

- ・就職（転職）の際、最近多くのビジネスで求められる「顧客視点」について、自己主張だけでなく、客観的に「顧客視点」を有していると認められ、転職に成功した。
- ・アジア諸国で、人間工学専門家資格を持っていることが国のプロジェクト参加の条件としているところもある。これは CPE にとって大きなビジネスチャンスとなる。

6. さいごに

本制度は、人間工学実践者が自身の人間工学活動の更なるレベルアップの機会を提供するだけでなく、有資格者が業務上のメリットを享受できる仕組みも提供している。今後、より一層有資格者が増え、本専門家のメンバーが中心となり、様々な分野で人間工学を活用したより良い社会づくりに貢献していくこと願っている。人間工学専門家認定機構は今後も有資格者の活躍のための活動をしていきたい。



認定人間工学専門家資格制度の改定について

Revision of The Certification Program for Professional Ergonomists

○笹川佳蓮^[1], 水本徹^[2], 八木佳子^[1], 井出有紀子^[3], 浅田晴之^[4], 岡田英嗣^[5]
人間工学専門家認定機構

SASAGAWA Karen^[1], MIZUMOTO Toru^[2], YAGI Yoshiko^[1], IDE Akiko^[3],
ASADA Haruyuki^[4], OKADA Hidetsugu^[5]

Board of Certification in Professional Ergonomics

1. 認定人間工学専門家資格制度とは

認定人間工学専門家資格制度（以下資格制度という）は、人間工学の品質の維持向上と人間工学の普及に資するため、人間工学の知識、技術、問題解決能力が一定の基準を満足する人間工学実践者を日本人間工学会が認定する制度として2003年に発足した。

人間工学専門家資格（以下専門家資格という）には、人間工学分野の業務を担当するのに必要な知識、技術、問題解決能力が一定水準にあると学会が認定した「認定人間工学専門家（CPE-J）」、人間工学の実践と自己研鑽を積み重ねることにより、基礎的な専門知識または実務経験を有すると学会が認定した「認定人間工学準専門家（CAEP）」、人間工学の技能作業の場において必要な基礎的な専門知識を有すると学会が認定した「認定人間工学アシスタント（CEA）」の3つの区分がある。認定人間工学専門家として15年以上継続し、別途定める一定の条件を満たしたもの、「シニア認定人間工学専門家」として登録することができる。

2023年10月3日現在の認定者数は、認定人間工学専門家 206名、認定人間工学準専門家 183名、認定人間工学アシスタント 17名、シニア認定人間工学専門家 16名である。

2. 専門家資格の受験要件

専門家資格の認定には、認定試験／審査に合格する必要がある。試験／審査を受験するには、それぞれの資格区分ごとに次の各号のいずれかに該当する必要がある。

[1] (株)イトーキ Itoki Corporation
[2] (株)島津製作所 SHIMADZU CORPORATION
[3] NEC NEC Corporation
[4] (株)オカムラ Okamura Corporation
[5] パナソニック(株) Panasonic Corporation

1) 認定人間工学専門家

①大学学部を卒業し、人間工学に関する専門教育の修得歴が3年以上あるいはそれと同等以上の専門教育修得歴（12単位以上）を有すると認められ、かつ人間工学の実際的応用に関する実務経験2年以上を有する者。②大学学部を卒業し、人間工学の実際的応用に関する実務経験7年以上を有する者。

2) 認定人間工学準専門家

①大学学部を卒業し、人間工学に関する専門教育の修得歴が3年以上あり、かつ12単位以上取得している者。②大学学部を卒業し、人間工学の実際的応用に関する実務経験5年以上を有する者。

3) 認定人間工学アシスタント

①短大・専門学校等で人間工学に関する専門教育の修得歴が6単位以上を有する者。②企業研修等で同等の教育（60時間以上）を受けている者。

3. 制度改定の背景および概要

現在、専門家資格のさらなる普及と発展を目指し、準専門家、アシスタントの制度改定を検討している。各制度の改定案の概要は以下のとおりである。

1) 準専門家資格制度の改定案の概要

①現在の受験資格の要件である【大卒+専門教育12単位+習得歴3年以上】を緩和し、【大卒+専門教育12単位】とする。その理由は、学生が資格取得見込みを就職活動に活用できるようにするため、在学中に応募可能とし、在学中に合格した方には取得見込証明を発行、卒業後に本登録とする。

②これまで人間工学専門教育（講義科目）の分野を制限していなかったが、専門教育が応用分野のみに偏らないため、新たに、専門教育は「I人間工学の原理・II人間の特性・III人間の特性の測定評価」のいずれかから2単位以上を含むこととする。

③研鑽を継続し上位資格受験を目指してもらうため、新たに、資格更新のための再認定要件を追加す

る。資格の更新時に更新ポイントが 10 ポイント必要となる（資格の期限は変わらず 5 年間）。なお、現状の専門家の更新には 20 ポイントが必要となっている。

2) アシスタント資格制度の改定案の概要

①より実務経験者向けの資格として、多くの方に取得していただくため、資格名称を【認定人間工学アシスタント】から変更する。

②前項と同様の理由により、現在の応募要件【専門教育 6 単位以上】から、【専門教育 2 単位以上 + 業務歴 2 年以上】とする。

③研鑽を継続してもらうため、新たに、資格更新のための再認定要件を追加する。資格の更新時に更新ポイントが 10 ポイント必要となる。（資格の期限は変わらず 5 年間）

4. パブリックコメントについて

改定案について、現機構会員に対するアンケート調査で賛成か反対かを確認した（回答率 22%，2023 年 8 月時点での会員数 328 名に対して 94 名）。

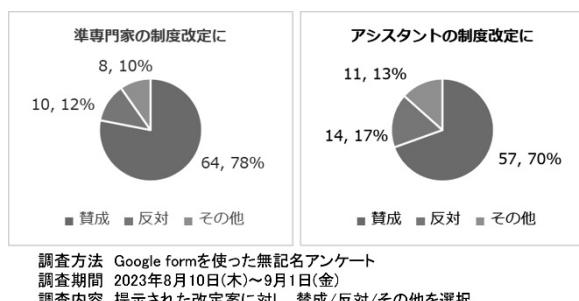


図 1 準専門家、アシスタント制度改定への賛否

準専門家の制度改定については、78%の方が賛成、アシスタントの制度改定については、70%の方が賛成と回答（図 1）。機構総会の基準に照らすと可決（会員の 5 分の 1 以上の出席と、出席者の過半数の賛成）に相当する。

準専門家の制度改定に反対、あるいは、その他と回答している方の自由記述を見ると、半数は更新が可能なのか不明確であることや社会人には難易度が高いことを理由に挙げている。更新ポイント数は毎年学会大会に参加していれば達成可能なレベル（2 ポイント × 5 年）であることを説明すれば、理解は得られると考える。

アシスタントの制度改定に反対、あるいは、その

他と回答している方の主な意見は、現在検討している新規名称では専門家/準専門家との資格の難易度（上下関係）や位置づけが分かりにくくなる、というものだった。わかりにくさについては機構 Web サイトで位置づけや認定要件を明示することである程度回避できると考えられるが、呼称については再検討する。

5. まとめ

3 つの資格区分の位置づけについて、HFE コアコンピテンシーの知識と技能の観点で以下のように整理した。

専門家は、「全般の知識と技能を有して問題解決までできる方」で、企業などで人間工学業務を担当されている方、大学などで人間工学研究をされている方などエキスパートとして社会の第一線で活躍されている方を対象としている。

準専門家は、「全般の知識を有する方」で、今後、人間工学専門家になろうとしている方である。

アシスタント（現名称、変更予定）は、「一定の知識と技能を有する方」で、企業内でユーザビリティ評価をしてきた方や、家具、寝具、靴の販売員など、実務で人間工学を活用したいと考えている方を想定している。

資格のイメージが異なることから、資格を重複保有したいという意見が出る可能性があるが、一つの資格を有している方は、他の資格は同時に保有できないものとする。

今回の専門資格制度の改定により、専門家資格の保有者が広がり、人間工学の品質の維持向上と人間工学の普及を期待する。

公設試における人間工学専門家の取組事例

Examples of Ergonomics Specialist Initiatives at Public Testing and Research Institutes

○ 平田一郎*

*兵庫県立工業技術センター

HIRATA Ichiro*

* Hyogo prefectoral institute of technology

1. はじめに

私が所属する兵庫県立工業技術センターは兵庫県工業試験場として大正6年(1917年)に創設され、平成29年(2017年)に創立100周年を迎えた製造業の技術支援機関である。県内企業のモノづくり力強化を図るため、「中小企業の“技術の駆け込み寺”としての機能強化」「イノベーション創出に向けた成果指向型研究開発の推進」「産学官連携ネットワークによる工業技術センター機能の拡充」の3つの重点戦略を掲げている¹⁾。製造業が抱えている技術的な課題について、短期的な支援策として「技術の駆け込み寺」、長期的な支援策として「成果指向型研究開発」の両方の役割を担っている。その中で、人間工学分野の担当職員は、中長期的な課題に取り組むことが多い。本稿では、これまでに取り組んできた事例と、人間工学専門家を取得した経緯について述べる。

2. これまでの活動事例

2-1. 人間中心設計プロセスを導入した製品開発

株式会社ノーリツと共同で実施した給湯器リモコンの開発²⁾では、人間中心設計プロセスを導入した。対象の給湯器リモコンは、従来のリモコンよりも多くの新機能が搭載されており、操作が複雑になってしまいうことが課題であった。そのため、これまでの開発プロセスでは分担作業で実施されていた「ハードウェアの設計仕様（ボタンレイアウトやボタンサイズ）」と「ソフトウェアの設計仕様」を一緒に検討する必要があった。そこで、ハードウェアとソフトウェアの仕様を一緒に検討するためのタッチパネルプロトタイプを制作し、開発の上流段階で操作性の検証が実施できる仕組みを提案した。さらにこの開発では、開発部門だけでなく、企画担当者や営業担当者も評価実験に立ち会ってもらうことにより、人間工学的な開発手法の有効性についても社内で共有できるよう取り組んだ。

2-2. 構造化コンセプトを活用した製品開発

構造化コンセプトとは、造化コンセプトを厳密に決めることができる手法である³⁾。この方法は、予め優先項目を明確にして開発を進める場合に有効である。株式会社ダイヘンと取り組んだ溶接トーチハンドルの開発では、溶接作業者の負荷を軽減することを目的として、それを実現するために、下記の3項目を中心に検討した⁴⁾。

1) 握りやすい形状

作業者が自然な姿勢で円筒を握った時の形状を実現するため、粘土を用いて造形モデルを作成した。円筒の周りに取り付けた粘土を3名の溶接作業者に握ってもらうことにより、ベースとなる基礎モデルを作成し、粘土モデルから共通する特徴的な形状ポイントについて分析した。

2) 楽な姿勢で溶接できる

25歳から60歳の溶接作業者10名を対象に3種類のグリップ形状に対して最もよく使用する溶接姿勢である下向き面直姿勢で疑似溶接を行ってもらい「操作性が良い」「疲れにくい」の観点から一对比較を実施した。また、被験者の溶接姿勢を分析するため、モーションキャプチャを用いて動作計測も同時に実施した。

3) 長時間握っても熱くなりにくい

一般的な溶接ハンドルは、作業者が把持する部位の内部に発熱物を内蔵している。そのため、把持したときに熱さを感じやすい構造になっていた。そこで内部構造を変更して発熱部を把持部から遠ざける設計を行った。

上記の取り組み内容が評価され、平成26年度の人間工学グッドプラクティス賞優秀賞を受賞した。

2-3. 評価用センサマネキンの開発

株式会社セイバンと共同で、学童用ランドセル（以降、天使のはね）が軽く感じる要因について分析した。天使のはねは、肩ベルトの付け根に補強材を搭

載することにより、通常のランドセルよりも背負いやすいと言われていた。その効果を検証するため、背負い方の違いによる身体負荷の比較を行った⁵⁾。

3種類のランドセル（従来のランドセル、天使のはね、天使のはね+3D肩ベルト）について、「歩行時の揺れ」と「立脚時の重心動搖」を比較することにより、各ランドセルの特徴と身体負荷との関係を分析した。12名の園児（年長）に協力してもらい実験を行った。

上記のような被験者実験を定期的に実施することは難しく（特に子供が被験者の場合）、被験者実験をしなくとも、ある程度のあたり付けをする必要が出てきた。そこで、圧力センサとひずみゲージを搭載した学童サイズのセンサマネキンを作成し、被験者に協力してもらわなくともランドセルを背負った時の圧力分布および重心（マネキンの傾き）を計測・比較できるようにした。このセンサマネキンにより、被験者実験を行う前にある程度の検証を行えるようになったと同時に、身体にかかる圧力分布を可視化することも可能となった。

3. 人間工学専門家の資格取得の経緯

これまで、企業と共同で人間工学にもとづいた製品開発や製品評価を取り組んできたこともあり、2022年6月より日本人間工学会の企業活動推進委員会のメンバーとなった。この委員会は、2018年度に新設された臨時委員会であり、企業における人間工学活動をよりアクティブにしていくことを目的として活動している。主な活動は、参加企業のニーズなどを把握・検討し、学会の企画セッションなどで人間工学活動の現状について情報発信等を行っている。企業活動推進委員会のメンバーになったことがきっかけとなり、認定人間工学専門家の資格の取得を意識するようになった。

企業内で人間工学を認知してもらうためには、デザイン分野におけるグッドデザイン賞のような表彰制度で評価されることが有効であると考えている。人間工学分野における表彰制度の一つとして人間工学グッドプラクティス賞⁶⁾がある。この賞は、人間工学グッドプラクティスデータベースに登録された事例から選ばれる。企業との取り組み事例について、人間工学グッドプラクティスデータベースに積極的に登録する上でも、認定人間工学専門家の資格は有効である。

また、企業での人間工学活動を積極的に取り入れていくためには、人間工学専門家同士のネットワークを広げ、企業内で人間工学を担当されている方々の取り組み内容や課題を共有することが重要だと考えている。認定人間工学専門家の資格は人間工学に関連した専門性とスキルを持つ人材であることを端的に示してくれるため、企業の人間工学の担当者と情報交換する上でも有効なものだと思っている。

4. 認定資格取得の効用

認定人間工学専門家資格の取得後は、名刺に記載している。資格を明記しておくことで、日常業務で初対面の方にも自分の専門性を理解してもらいやすくなった。また、認定資格のための応募書類を作成することにより、これまで関わってきた人間工学関連の事例について整理することができた。

5. おわりに

本稿では、公設試の中での取り組みや認定人間工学専門家資格取得の経緯について述べた。公設試の研究員の中での人間工学担当者は、他の分野と比べると関与できる領域が広いと感じており、人間工学担当者は様々な技術分野を繋ぐカタリストとしての役割も担っていけるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) 兵庫県立工業技術センター第5期中期事業計画（2019～2023年度）
<https://www.hyogo-kg.jp/download/outline/h30-5th-keikaku.pdf>
- 2) 平田一郎、後藤泰徳、植田貴之、南部貞三、山岡俊樹、操作性評価に基づいた給湯機リモコンの開発、人間生活工学, Vol.12 No.1, pp.39-44, 2011
- 3) 山岡俊樹、ヒューマンデザインテクノロジー入門, PP30-32, 森北出版, 2003
- 4) 平田一郎、鶴丸尚孝、後藤泰徳、汎用システムデザインプロセスの活用-溶接トーチハンドルの開発事例-, 日本デザイン学会, 特集号22(1), pp.22-27, 2015
- 5) 平田一郎、中本裕之、後藤泰徳、泉正勝、泉正義、日本人間工学会大会講演集 46sp(0), 454-455, 2010
- 6) 人間工学グッドプラクティス賞 (GP賞)
<https://www.ergonomics.jp/gpdb.html>

企画セッション3 (E会場:A204室)

OS3 人間工学とつながる海・船に関する研究1

OS3-1 ダイバー潜水事故防止のための海中游泳時の生体信号計測

OS3-2 視覚誘発電位による意思伝達支援システムの構築

OS3-3 ダイビングマスクに実装した加速度センサによる瞬目の検出

について

OS3-4 海中転落者への迅速で直接的な救助の検討

ダイバー潜水事故防止のための海中遊泳時の生体信号計測

Biological Signals Monitoring during Underwater for the Prevention of Divers' Accidents

○三崎大雅*, 中谷真太朗*, 有馬正和**, 才木常正***, ****

*鳥取大学 **大阪公立大学

兵庫県立工業技術センター, *兵庫県立大学

MISAKI Taiga*, NAKATANI Shintaro*, ARIMA Masakazu**, SAIKI Tsunemasa***, ****

*Tottori University, **Osaka Metropolitan University,

Hyogo Institute of Technology, *University of Hyogo

1. 研究背景

毎年、スクーバダイビングなどダイビングでの潜水事故が報告されている。ダイビングには、知識、経験、運動能力が求められ、特に経験の浅い初心者ダイバーや高齢者のダイバーによる事故が多い。

本研究では初心者、高齢者など経験不足、身体的な衰えを抱えた人が安全にダイビングを行うため、海水中での健康状態の把握について考える。既に海中で心拍数を計測可能な製品は市販されているが、筋電位や心電位といった生体電気活動は単純な心拍数以上に多くの情報を含むことから、電極が海水に触れることを前提とした生体計測手法について取り組む。ここでは特に電極設置手法の観点から安定した計測に関する検討について報告する。

2. 海水中での生体電位計測

2-1. 海水中での計測方法

図1に従来提案されていた海水中での生体電位の計測手法¹⁾を示す。この時、計測電極は図2に示すようにAg/AgCl電極の周囲にクロロプレンゴムを設置することで電極と周囲の海水との間を絶縁している。計測電極を海水中で皮膚に押し当てると、空洞内に満たされた海水は電極と皮膚との間の電気的接続を行う一方、外部とは電気的に絶縁される。したがって、計測電極付近で発生した電位変化を選択的に記録することが可能となる。真鍮板を利用した共通参照電極は参考電極とGNDの両方の役割を果たしている。

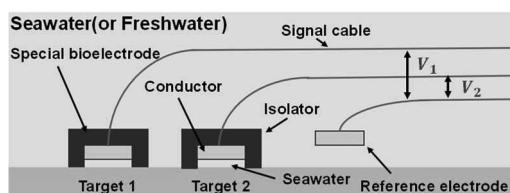


図1 海水中での計測方法

2-2. 生体電位計測装置

計測回路

本研究では図3に示すように、生体電位計測器(OpenBCI, OpenBCI.,Inc)²⁾の回路設計をもとに小型化した装置を新規に製作した。□61.5 mm から33.0mm×65.0mmとしたことで、表面積を従来比で43%削減した。

水中用耐圧容器

次に、製作した回路を格納する耐圧容器を作成した。図4に示すように耐圧容器内には、上記の生体電位計測回路、リチウムイオンバッテリー(400mAh/3.7V)、外部から電源を操作できる着磁スイッチ回路を封入し、電極線を外に出すアンテナホルダとシリアル通信を行う耐水コネクタを設置した。

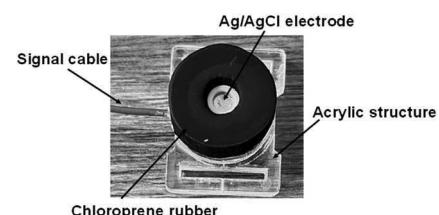


図2 生体電極

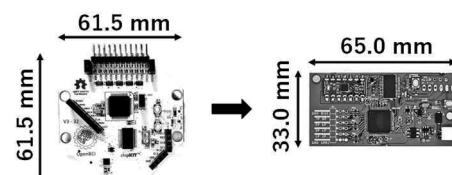


図3 生体電位計測器

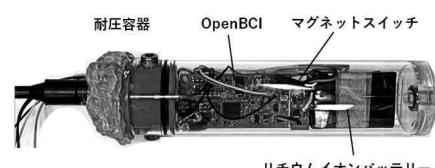


図4 耐圧容器

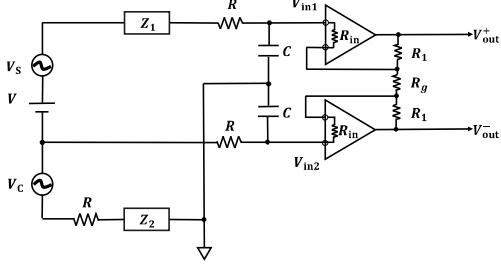


図 5 従来の等価回路

3. 問題設定

予備実験を行ったところ、直流の電位レベルが本装置で計測可能な 188 mV 以上となり計測ができないという問題が発生したことから、本装置の雑音原因について検討した。まず、直流成分が大きくなつた原因として計測電極と参照電極に異種の金属電極を用いて海水という電解液中に浸したことで電池が構成され、この電位が生体電位計測装置の入力電圧範囲を超えてしまったことが考えられる。真鍮と AgCl のイオン化傾向から想定される電位は 220 mV であり、計測結果とおおよそ一致した。

さらに、差動計測における出力同相信号についても検討する。図 5 に製作した装置の等価回路図を示す。差動計測の(+)側の入力電位を V_{in1} [V]、(-)側の入力電位を V_{in2} [V] とすると、それぞれの電位は抵抗の比を利用して以下のようにあらわされる。

$$V_{in1} = \frac{j\omega c}{Z_1 + 2R + Z_2 + j\omega c} (V + V_s + V_c) \quad (1)$$

$$V_{in2} = \frac{j\omega c}{2R + Z_2 + j\omega c} V_c \quad (2)$$

ここで、 V [V] はバイアス電位、 V_s [V] は差動信号成分、 V_c [V] は同相信号成分、 R [Ω]、 C [F] はフィルタ用抵抗とコンデンサ、 R_1 [Ω]、 R_g [Ω] は抵抗、 Z_1 [Ω]、 Z_2 [Ω] はそれぞれ計測電極と参照電極の電極インピーダンスを表している。また、理想的演算増幅器の条件より、 V_{in1} と V_{in2} の電位差は、出力電圧 V_{out1}, V_{out2} の $R_g / (2R_1 + R_g)$ の比に等しいので、

$$V_{out}^+ - V_{out}^- = \left(1 + \frac{2R_1}{R_g}\right) (V_{in1} - V_{in2}) \quad (3)$$

となる。(3)の V_{in1}, V_{in2} に(1)、(2)を代入する。同相信号成分 V_c の項については、

$$\frac{-Z_1 j\omega c}{(Z_1 + 1)(Z_1 + 2R + Z_2 + j\omega c)} \left(1 + \frac{2R_1}{R_g}\right) V_c \quad (4)$$

と表すことができる。

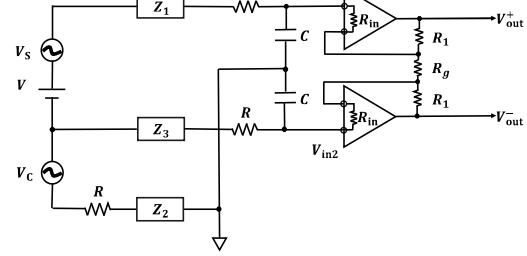


図 6 本研究で検討した等価回路

したがって、参照電極と GND を共通電極としたことで、同相信号成分の V_c [V] が除去されておらず、計測電極の電極インピーダンス Z_1 [Ω]、共通電極の電極インピーダンス Z_3 [Ω]、抵抗 R [Ω]、コンデンサ C [F] で決まる係数により観測される。同相信号成分は、微小な電位を扱う生体電位計測においてできる限り抑制したい。そこで、従来の接続について再検討を行った。

4. 電極の設置方法

4-1. 電極設置の検討案

本研究では、計測電極と参照電極を同じ生体電極にすることで電池の影響を抑制し、出力の同相信号成分を低減することを目指した。図 6 に本研究で検討した電極設置方法の等価回路図を示す。GND と参照電極を設置するため、 Z_2, Z_3 [Ω] がそれぞれ GND の電極インピーダンスとなる。計測電極と参照電極は生体電極を、GND には真鍮板を使用する。この回路における同相信号成分 V_c は、

$$\frac{(Z_3 - Z_1)j\omega c}{(Z_1 + Z_3)(Z_1 + 2R + Z_2 + j\omega c)} \left(1 + \frac{2R_1}{R_g}\right) V_c \quad (5)$$

と表すことができるので、計測電極のインピーダンス Z_1 と参照電極のインピーダンス Z_3 が一致することで同相信号成分の抑制もできると考えた。さらに、従来と同様、GND の海水中設置により雑音遮蔽効果も期待ができる。

4-2. 評価実験

ここでは、検討案の電極設置の有効性を実験的に確認する。評価方法として、表面筋電図と心電図が主に計測される 2 つの周波数帯域における雑音の大きさを比較する。

初めに心電図の評価として、低域（通過帯域 10-30 Hz）をターゲットにバンドパスフィルタを適用した

信号の 2 乗平均平方根 (Root mean squares; RMS) を求め, S_{col} とする. 次に筋電図の評価として, 高域 (通過域 70Hz 以上) をターゲットにハイパスフィルタを適用した信号の RMS を求め, S_{emg} とする. 変動が激しく振幅が大きいハム成分 (60 Hz) を評価対象から外すため, 一般的な筋電図の帯域と比べ高域のみの評価対象とした. なおフィルタは, 1 次のバタワース型とした.

また, 電池の評価は, 観測データの基準電位レベルより比較を行う.

以下の実験では, 計測電極を海水で十分に満たしたのち, アクリル板に接触させ, 1 分間電位を計測する. 参照電極と GND は後述する手法で設置した. なお, 本評価実験で使用する生体電位計測器の仕様はサンプリング周波数は 250Hz とした.

4-2-1. 実験 1: 参照電極設置法の検証

初めに, 参照電極と計測電極の設置対象を同じものにすることで電極間のインピーダンスの整合性を取る効果と, 電池の発生について確認する. 図 7 に実験装置を示す. (a) 参照電極を計測電極と同様にアクリル板に押し付けた条件と, (b) 参照電極を海水中に沈めた条件, (c) 参照電極を真鍮板に変更し, 海水中に沈めた 3 パターンでの条件で雑音レベルを計測した.

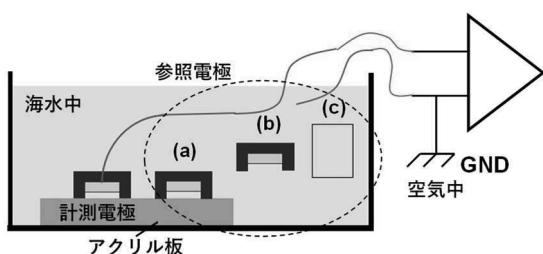


図 7 参照電極設置法の検証

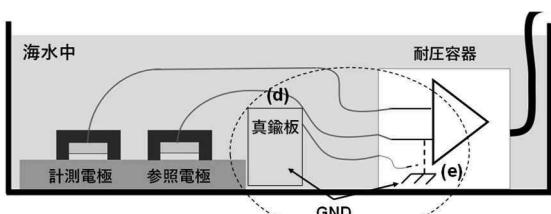


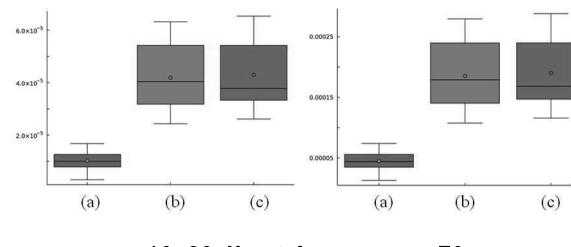
図 8 GND の設置法

4-2-2. 実験 2: GND の設置方法の検証

次に, GND を海水中に設置することによる雑音遮蔽効果について確認する. 図 8 に実験装置を示す. (d) GND を海水中に設置する場合と, (e) 基板上で PC の GND と接続しただけのものを耐圧容器中に設置する場合の雑音レベルを比較する. なお, 海水中に設置する場合の GND には真鍮板を用いた.

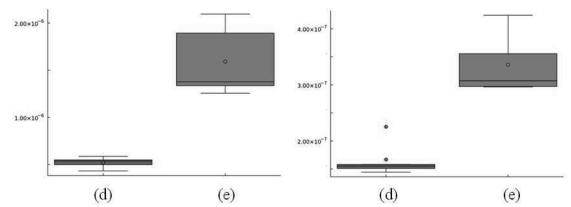
4-3 実験結果

実験 1 の結果を図 9 に示す. $S_{\text{col}}, S_{\text{emg}}$ とともに計測電極と参照電極の電極設置を同一のものとする条件(a)の場合で雑音レベルを低下できた. この結果は, 電極間のインピーダンスの整合性が取れていたことによる可能性がある. また, 条件(a), (b)では観測データの電位レベルが 0.00127 [V], 0.00154 [V], 対して条件(c)では 0.102 [V] と異種金属を用いることによる電位 (電池) の発生も確認できた. 次に実験 2 の結果を図 10 に示す. $S_{\text{col}}, S_{\text{emg}}$ ともに GND を水中に接地する条件(d)で外部雑音の影響を低減できており, 水中の雑音遮蔽効果が得られた. よって, 可能な限り水中に GND を設置することが望ましい. 以上より, 検討した電極設置方法の有用性を示せた. したがって本研究では, 計測電極と参照電極は同種の生体電極を用いて皮膚に設置し, GND は真鍮板を用いて水中に設置する.



a. 10-30 Hz 以上 b. 70 Hz

図 9 実験 1 の評価結果



a. 10-30 Hz 以上 b. 70 Hz

図 10 実験 2 の評価結果

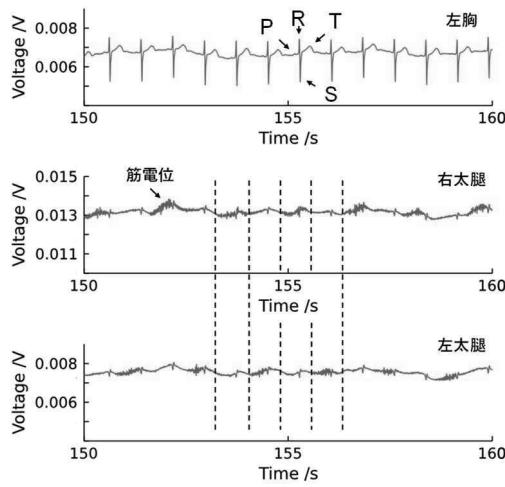


図 11 バタ足時の実験結果

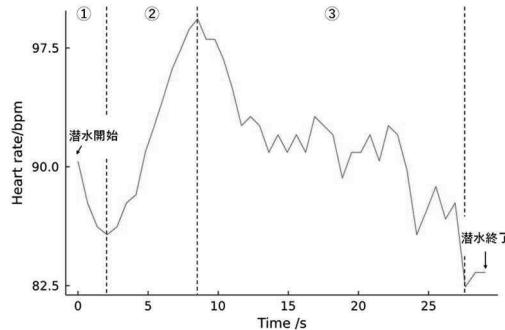


図 12 潜水時の心拍の推移

5. 海中計測実験

5-1. 実験方法

被験者は 1 名 (50 代男性) に対して海水浴場でのシュノーケリング中の生体信号計測を行った。この実験は、鳥取大学非医学系倫理審査委員会の許可を受けており、計測電極は 3 ch 使用し、それぞれ左胸、右太腿、左太腿に設置した。また、参照電極は腹部に設置し、基準電極は、腰に巻き付け水中に設置した。被験者には、バタ足、潜水、停止の約 4 分間の遊泳を行ってもらった。実験当日の海水の電気伝導度は 3.7 S/m だった。本実験で使用する生体電位計測器の仕様はサンプリング周波数は 250Hz とした。

5-2. 実験結果・考察

図 11 にバタ足時の生体信号の観測波形を示す。筋電図波形では、遊泳中の左右太腿でのバタ足運動による筋電位が左右交互に現れている事、心電図波形では左胸での心電位波形 (P,R,S,T 波) の生体信号が得られた。次に図 12 に潜水中の心拍変化を示す。これより、①、③で潜水量時間が経過するに従い、心拍が低下していることがわかる。これは、潜水反射 (息こらえ潜水時に反射的に酸素を保存しようとする生

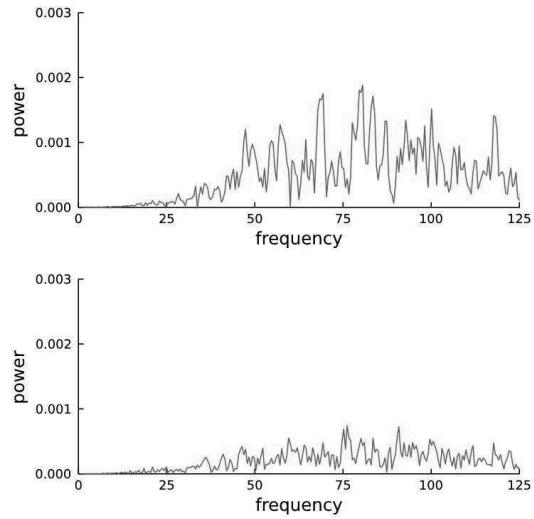


図 13 右太腿の筋電位とパワースペクトル

体反応) によるものと思われる。なお、②における心拍の上昇は、潜水による運動強度の増加による影響だと考える。図 13 にバタ足時と潜水開始時の 4 秒間の右太腿の筋電位パワースペクトルを示す。これより、潜水開始時のバタ足運動は海面でのバタ足運動に比べて 50~120Hz 付近のパワー値が上昇していることがわかる。これは、潜水時に大きなバタ足運動を行うため、運動強度が上がったことが原因と考えられる。

6. おわりに

本研究では、初めに小型生体電位計測装置の製作を行い、計測電極と参照電極間の電池の影響と、インピーダンスの整合性による同相信号成分の影響を確認した。最後に海中遊泳時の生体信号計測を行い、筋電位や心拍の変化を観測した。

謝辞

本実験で、利用した電極を作成するにあたり使用したクロロプレンゴム生地は、株式会社モビーディックから提供を受けた。

参考文献

- 1) T.Saik, Y.Takizawa, K.Murai, M.Arima “A novel method for noninvasive bioelectric measurement utilizing conductivity of seawater”, Scientific , Reports, No. 11, p.7073, 2021
- 2) OpenBCI Inc., “OpenBCI/V3_Hardware_Design_Files”, GitHub, Inc., https://github.com/OpenBCI/V3_Hardware_Design_Files, (参照 2023-10-23).

視覚誘発電位による意思伝達支援システムの構築 Research on Communication Support System using Visual Evoked Potentials

○神谷陸*, 才木常正**,***, 有馬正和****

*大阪府立大学 **兵庫県立工業技術センター ***兵庫県立大学 ****大阪公立大学

KAMIYA Riku*, SAIKI Tsunemasa**, ARIMA Masakazu***

*Osaka Prefecture University, **Hyogo Prefectural Institute of Technology, ***University of Hyogo

****Osaka Metropolitan University

1. 緒言

近年, BMI (Brain Machine Interface) 研究の進展はめざましく, 脳波計が高性能かつ安価になっている。それにより脳波計, ひいては脳波自体がより身近なものになってきている。そうした中で, 個人間での差異が小さい脳波として視覚誘発電位 (VEP) がある。個人間での差異が小さいので訓練の必要がないため, 脳波の判別において注目されている。

本論文では, この VEP によって海中ロボット等の機械操作を行うことで操作者の意思伝達を可能にするシステムの実現に向けて, VEP による脳波の判別の有効性の検証を行う。

2. 視覚誘発電位 (VEP)

人間は視覚刺激を受けた際に後頭部の視覚野にて電位差を生じる。この電位差が視覚誘発電位 (VEP) と呼ばれる。誘発電位の名称はその極性と潜時によって決まり, 陽性の潜時 300ms ならば P300 となる。VEP では後頭部正中線 (MO) を中心にして陰性-陽性-陰性の三相性波形が現れ, 左右対称性に分布する。極性と潜時から, それぞれ, N75, P100, N145 と呼ばれる¹⁾。一定周期で連続して視覚刺激を与えることで, VEP が刺激と同じ周波数で現れる。この性質を利用して, 異なる周波数の視覚刺激を複数提示し, 脳波から注視している刺激を判別することで脳波によるコマンドの実行が期待できる。

3. 実験方法

VEP による脳波判別の有効性を調べるために, 1 辺 12.5cm で, 図 1 に示す 9×9 のフリッカーパターンを作成し, 図 2 のようにディスプレイ上に配置して 60fps の動画を用意した。ディスプレイから 1m だけ離れて安静にし, Emotiv 社の EPOC X で脳波を計測する。EPOC X の電極の位置は, 国際 10-20 法に基づいて図 3²⁾ のように配置されている。

脳波の解析には Emotiv 社の EMOTIV BCI を使用した。EMOTIV BCI は, 画面内の箱の動きに対して脳波パターンを学習させることで, 脳波によって箱の操作が行えるソフトである。今回の実験では, [Neutral] では画面中央下の灰色部分, [Left] では左下の 15Hz のフリッカーパターン, [Lift] では中央の 10Hz のフリッカーパターン, [Right] では右下の 12Hz のフリッカーパターンを 8 秒間注視する。それぞれを連続にならないように 50 回ずつ学習させる。

学習後は, 現在の脳波がどのコマンドに近いかを判別する LIVE MODE で各周波数を 5 秒以上のインターバルで 25 回ずつ 10 秒間注視し, その際のコマンドを記録する。10 秒間のうち 3 秒以上かつ最も長時間実行されたコマンド ([Neutral] を除く) を最終的に実行されたコマンドとする。

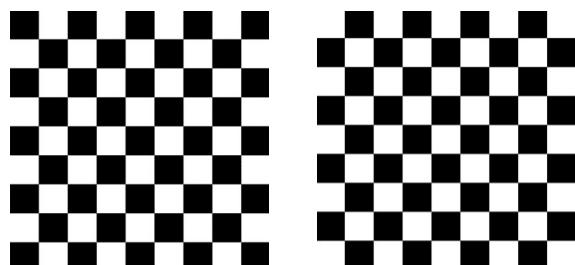


図 1 9×9 フリッカーパターン

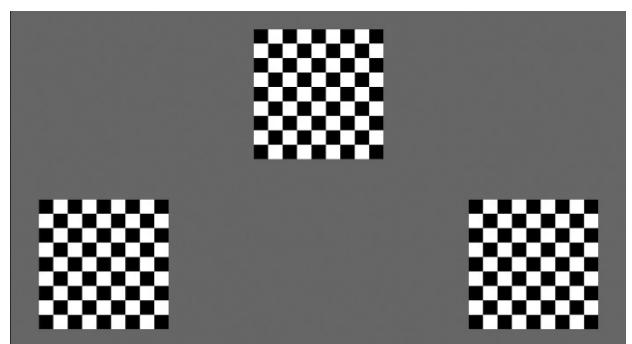


図 2 ディスプレイ上フリッカーパターンの配置
(左から 15Hz [Left], 10Hz [Lift], 12Hz [Right])

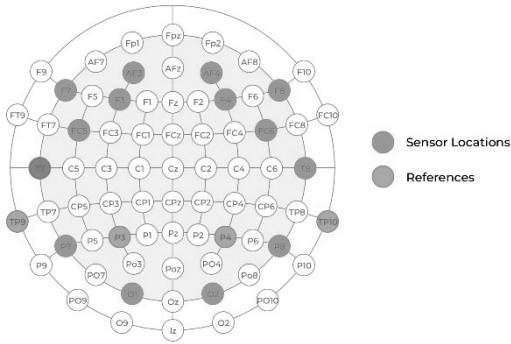


図 3 EPOC X センサー配置

4. 実験結果と考察

50 回の学習後のそれぞれ 25 回の実行結果を図 4 に示す。[Neutral]では成功率 100%・誤実行率 0%で、[Left]では成功率 96%・誤実行率 4%で、[Lift]では成功率 56%・誤実行率 4%・不実行率 40%で、[Right]では成功率 72%・誤実行率 12%・不実行率 16%であった。ここで、不実行とは[Neutral]のまま動作しなかった場合をさす。

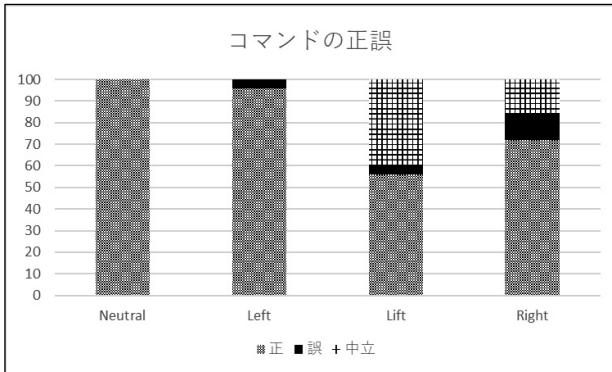


図 4 コマンドの正誤率

10Hzにおいては 40%にあたる 10 回で判別が不可能であった。これは 10Hz と Neutral の注視点が近いことで、Neutral の脳波計測時に 10Hz の視覚刺激が入ってしまったことが原因として挙げられる。

今回の実験では、Neutral と 15Hz (Left) の精度が高く、10Hz (Lift) と 12Hz (Right) の精度が低いという結果になった。特に、10Hz は半分近くを正しく判別できていなかった。ただし、注視していた周波数と異なる周波数であると判別された回数は 15Hz で 1 回、10Hz で 1 回、12Hz で 3 回であり、誤検知率は 15Hz で 4%，10Hz で 4%，12Hz で 12%と低い。

また、50 回の学習結果を図 5 に示す。この図の左側脳内マップは、各点が[Neutral]や[Left]、[Lift]、[Right] のコマンドを表し、点同士が近いほど

コマンドが類似していることを示している。図 5 の 10Hz ([Lift]) の点が他の 2 点に比べると半円の中心に近いことからも、10Hz と Neutral の脳波パターンが近いことがわかる。この問題については、フリッカーパターンの配置を工夫することで、このような判別不可能な例が減少すればより VEP による脳波の判別に期待できる。脳内マップの 4 点はそれぞれ十分な距離があり、各周波数注視時の脳波に類似性が見られないことがわかる。

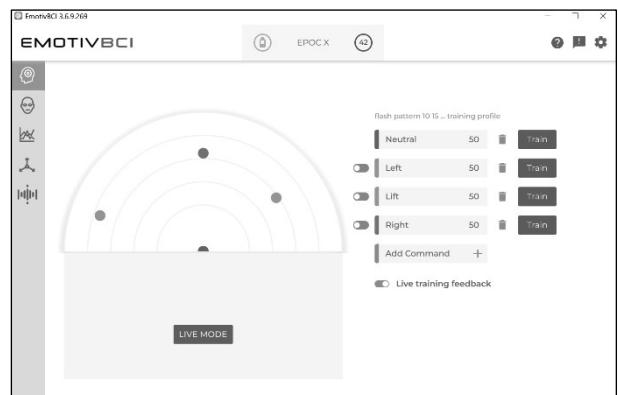


図 5 学習後の脳内マップ

これより VEP による脳波の判別及び脳波による海中ロボット等の操作は十分可能であると考えられる。

5. まとめ

本研究により、VEP による脳波の判別の有効性が確認できた。本研究を踏まえての課題点として、フリッカーパターンの配置改善とフリッカーパターンの種類数の増加が挙げられる。後者に関しては、機械操作を行うためには、コマンド数の増加は重要である。しかしながら、一般的な映像機器は 60fps の製品が多く、単純な周波数のフリッカーパターンだけでは提示できる種類が限られる。今後、これらの課題解決のためにさらに実験を行っていく。

参考文献

- 1) 飛松省三: 誘発電位マニュアル, 改訂第 4 版, 九州大学大学院医学研究院 (2006).
- 2) EPOC X User Manual, Coverage - EPOC X User Manual (gitbook.io), (最終閲覧 2023/10/27).

ダイビングマスクに実装した加速度センサによる瞬目の検出について

Detection of Blinking by Acceleration Sensors on a Diving Mask

才木常正^{*,**}, 荒木望^{**}, 傍島浩史^{***}, ○有馬正和^{****}

*兵庫県立工業技術センター **兵庫県立大学 ***（株）キヌガワ ****大阪公立大学

SAIKI Tsunemasa^{*,**}, ARAKI Nozomu^{**}, SOBAJIMA Hiroshi^{***}, ARIMA Masakazu^{****}

*Hyogo Prefectural Institute of Technology, **Graduate School of Engineering, University of Hyogo,

Kinugawa Corporation, *Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University

1. はじめに

島国の日本では、スクーバダイビングを楽しんでいる人が約100万人¹⁾いる。多くの人が関わっているダイビングであるが、身体に水圧が加わり周りに空気のない環境での活動となるため、安全には陸上以上の注意が必要となる。このため、初心者は講習等でダイビングの基礎や危険について勉強する。そして、実海域においては、二人が組となって体調や行動をハンドサインでのクロスチェックにより確認することで、安全を確保している。しかし、ハンドサインは簡単な意思疎通のみしかできず、骨伝導を利用した水中無線機（例えば、カシオ製Logosease）もあるが操作する必要があり、緊急時の対応に問題がある。そこで、水中のダイバーの身体状態把握のため、生体情報を調査する研究が行われている²⁾。しかし、これら調査には大掛かりな装置が必要であり、実海域でのダイバーの安全監視のための本格的な生体計測は未だに行われていない。

一方、近年、各種センサが超小型・低コスト化され、あらゆる部位へ簡便に取り付けできるようになった。そこで、著者らは、以前、ダイバーの呼吸器具に超小型センサを実装し、このセンサから得られる加速度を基に呼吸等を検出してダイバーの安全監視の可能性について検討した³⁾。本研究では、呼吸と同様に精神的ストレスが増えると増加する瞬目⁴⁾に注目し、ダイビングマスクにセンサを実装して得られる加速度から瞬目検出の可能性について検討した。

2. 実験方法

実験では、図1に示す3軸加速度センサ（Kinonix製KXR94-2050、サイズ：5×5×1.2mm）2つを固定したダイビングマスク（キヌガワ製MANTIS 5）を被験者（男性、51才）の頭部に装着してもらった。これらセンサA、Bは光硬化性樹脂で磁石に固定

されており、マスクのスカート（材料：シリコーンゴム）左側上（額）および下（頬）部に接着材で固定した鉄製ワッシャーに磁力で取り付けた。このため、顔皮膚と平行な面でセンサのxとy方位を自由に変えて取り付けることができる。なお、閉眼時には額と頬部の皮膚が引っ張られ、それぞれが上下逆方向に移動すると仮定し、センサの取り付け位置をこれら2箇所に決定した。

そして、マスクを装着した被験者に陸上で椅子に座ってもらい、z-y軸平面上に左眼中心が一致するように実験者がセンサ方位を調整した。その後、被験者に左眼の瞬目動作を強弱を変え繰り返し行なってもらった。更に、被験者に瞬目を伴わない体動として頭の傾き動作、および逆の右眼での瞬目動作も行なってもらった。これら動作時のセンサから出力された加速度データはAD変換器（コンテック製AI-1608GY-USB）によりPCに取り込んだ。ここでは、3軸（x, y, z）のうち瞬目動作に対して最も大きな加速度が得られると考えられるy方向のみを記録している。なお、データのサンプリング周波数は500Hzである。

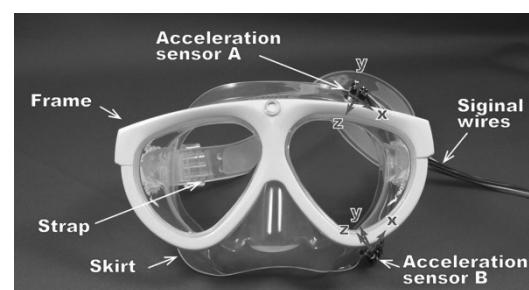


図1 ダイビングマスクに装着した3軸加速度センサ(A, B)

3. 実験結果および考察

瞬目と傾き時に、ダイビングマスク上のセンサから得られた加速度（y方向）の時間的推移の例をそれぞれ図2(a), (b)に示す。ちなみに、動作前には

センサ A (額部), B (頬部) から得られた加速度がそれぞれ $-0.3, -0.6$ G 程度であることから, 両センサの y 方向が鉛直方向と逆向きであり, A より B センサのそれが水平方向に近いことがわかる. 図(a)のセンサ A の波形では, 閉眼時には加速度が急激に増大し, その後, 減少に転じている. そして, 開眼時には, 加速度は減少し, その後, 急激に減少している. また, センサ B の波形では, センサ A とは逆の加速度変化をしており, その絶対値は若干小さくなっている. 一方, 図(b)の傾き時の波形では, 瞬目時とは異なり, センサ A, B が同じように加速度の増減を繰り返している. これら結果より, 2 つのセンサから得られた加速度変化をもとに, 瞬目と他の動作を区別して検出できる可能性が伺える.

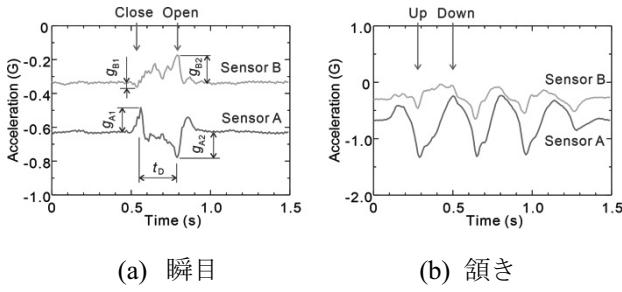


図 2 瞬目/傾き動作中の y 軸加速度時系列の一例

次に, 瞬目の加速度波形パラメータとして $g_{A1}, g_{A2}, g_{B1}, g_{B2}, t_D$ (図 2(a)参照) を定義し, g_{A1} を基準とし瞬目毎にまとめて図 3 に示す. この図から, g_{A1} が大きな瞬目ほど, $g_{A2}, g_{B1}, g_{B2}, t_D$ も相対的に大きくまたは長くなっている. マスクのスカート上で最大 0.2 G 強の加速度が得られることがわかった. なお, この図中の瞬目は全て随意性であり, 自発性瞬目についても計測を試みたが本システムでは感度が足りず計測できなかった. しかしながら, 随意性の瞬目検出であっても, 超音波無線を組み合わせることで, 視界の悪い環境下におけるハンドサインの代替に利用できると考えられる.

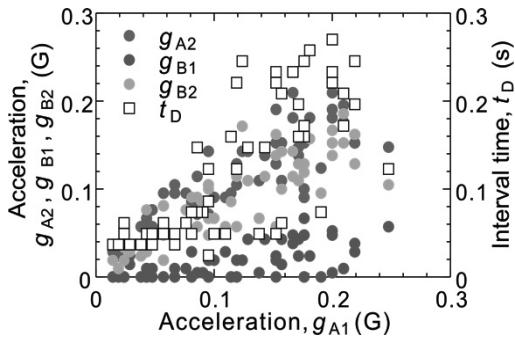


図 3 瞬目時の加速度から得られたパラメータ値

図 4 に左眼と右眼の瞬目時の加速度の時間的推移を示す. この図から, センサ取り付け側と反対の右眼においても瞬目時の加速度が検出できることがわかる. 更に, 詳しくセンサ B の波形を見ると, 左眼の瞬目とは異なり, 右眼の瞬目ではセンサ A の波形と同じような形状になっている. このことから, 2 つのセンサを用いることで瞬目した眼を推測することも可能であることがわかる.

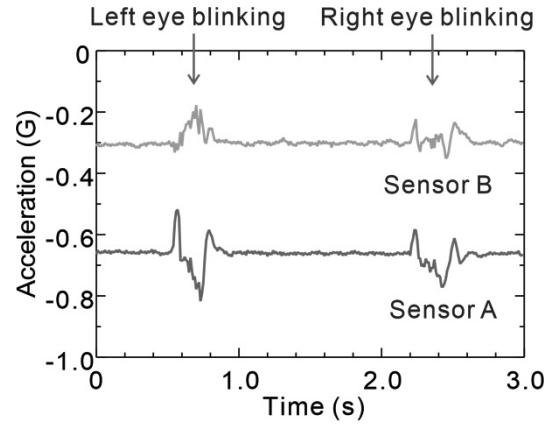


図 4 瞬目時の左右眼の加速度時系列の一例

4. まとめ

ダイビングマスクのスカート片側上下部に 2 つの加速度センサを配置し, それらから得られたデータをもとに瞬目検出の可能性について検討した. その結果, 随意性瞬目により最大 2 G 強の加速度が得られ, 加速度波形から瞬目した眼の特定までもできる可能性があることがわかった.

今後, 自発性瞬目も検出可能なセンサ取り付け方法等を検討し, 被験者を増やし実海域での実験を行う予定である.

参考文献

- 1) (公財) 日本生産性本部:「レジャー白書 2019」, p.67 (2020).
- 2) D. G. Forgays: “Behavioral and Physiological Responses of Stayers and Quitters in Underwater Isolation”, Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol. 60, No. 10, pp. 937-942 (1989).
- 3) 才木常正, 荒木 望, 灑澤由佳子, 村井康二, 有馬正和:「呼吸器具に実装した加速度センサによる水中での発声と呼吸検出」, 電学論 C, vol.141, no.3, pp.494-495 (2021).
- 4) 例えば, 田多英興, 山田富美雄, 福田恭介:「まばたきの心理学」, p.215, 北大路書房 (1991).

海中転落者への迅速で直接的な救助の検討

Study of the Quick and Direct Lifesaving of Sufferers at Sea in Marine Accidents

○北村健一*,瀬田広明**,山田智貴*,大崎脩仁***

*鳥羽商船高等専門学校 **東海大学 ***産業技術総合研究所

KITAMURA Kenichi*, SETA Hiroaki**, YAMADA Tomoki*, OSAKI Shuto***

*National Institute of Technology, Toba College, **Tokai University, ***National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

本研究の動機付けである2022年(令和4年)4月23日に知床半島沖で起こった海難事故は、乗客乗員26名の内、旅客18人と船長および甲板員が死亡し、旅客6人が行方不明といった生存者0人の結果となった。2023年9月7日に公表された運輸安全委員会の当該事故調査の最終報告¹⁾は、「本件会社(有限会社知床遊覧船)が脆弱な安全管理体制のまま本船の運航を継続していたことに関与したものと考えられる」「北海道運輸局が、令和3年に本件会社社長を安全統括管理者兼運航管理者に選任した旨の届出が行われた際の審査や本件会社について実施した監査において、本件会社の安全管理体制の不備を把握し、改善を図ることができなかつた」と、本事故発生原因が人的要因によるものと結論づけている。同報告によると、乗船者の死因の原因はこの人的要因が直接作用したものではなく転落先海中の低温であると「本事故では本船乗船者が海水に浸かる状態となつたため、旅客18人、本船船長及び本船甲板員が、偶発性低体温症となって意識を失い息止めができない状態で海水を飲み、海水溺水により死亡」といった文言から確認できる。一般社団法人海技振興センターは表1とともに低体温症の危険性を示唆するように²⁾、海難事故により低温海上へ投げ出された者は早急な救助が得られなければ命は保証されない。

表1 低体温症と生命維持時間

水温	意識不明までの時間	予想生存時間
0°C	15分以内	15-45分
0-5°C	15-30分	30-90分
5-10°C	30-60分	1-3時間
10-15°C	1-2時間	1-6時間
15-20°C	2-7時間	2-40時間
20-25°C	2-12時間	3時間以上

一方で特別法人船員災害防止協会によると、船員の死亡・行方不明災害の最多要因に海中転落を挙げている³⁾が、海中転落事故の主要因は夜航海時といった誰にも気づかれない転落状況だと考える。この場合、転落者自身で助かるための動作をとる必要があるが一人水中でとれる手段には限りがあり、海難事故に対する事前の入念な準備がなければ存命は難しい。したがって、人が海中転落した場合は、その発生プロセスおよび現場海水温度が何であれ早急な救助を差し出さなければ転落者の命が助かる確率は低くなる。

そこで本研究は、海中転落者への早急な救助を実現するシステム開発に着手する。

2. 海中転落に向けた現行の事前準備

本紙で注視する本船KAZUIは小型船舶であり平成30年2月から改正された船舶職員及び小型船舶操縦者法施行規則が適応されるため、原則全ての乗船者にライフジャケット着用を義務化されており、他の船もその例に漏れない。このように乗船者に対して多様な励行および義務化といった法整備が推し進められているが、どれも乗船者自身が何かしらを保持するものが多くを占める。既述のライフジャケットの着用、防水を施したスマートフォンの保持、可能であればイマーションスーツといった完全防水服の着用といった乗船者に課すものは、それら各自に付される安全装備を考慮すると乗船者の命の安全が高まるものの、常時の遂行は幾ばくかの精神的苦痛を与えることになり、全員の実現は難しいと考える。

したがって本研究が開発を目指すシステムは、乗船者が何かしらを実施するものではなく、たとえ乗船者が安全性の向上に向けた事前の準備を書いた場合にも働く、海中転落事故が起った際に乗船対象の船そのものがすぐに転落者を救出するものを目指す。

2. ヒトを認識する研究

ヒトの存在を認識する研究については、各自動車メーカーが採用するカメラ画像およびレーダー波の解析にかかるものが盛んに実施されている。自動車メーカーのスバルで採用される自動車に搭載されているアイサイト⁴⁾は3つのカメラとレーダーが障害物を認識してブレーキ制御を自動で行い、衝突を回避する仕様である。本研究が開発を目指す即時海中者救助システムは、当初このアイサイトの使用を検討したが、夜間においては対象をヘッドライトで照射する必要があるため、この使用をあきらめてレーダーの採用を試みた。しかしながら、船は多種多様なレーダーを使用するためそれらとの干渉の恐れを考慮して、このレーダー使用の考えをあきらめた。

上記内容を踏まえて、我々はレーダー波と干渉しない、かつ昨今のヒトの存在を認識する研究を鑑みた結果、フライングビューを利用した海中転落者の即時認識システムの開発を試みるにいたった。

3. フライングビュー

最新の船舶に搭載される傾向にあるフライングビュー（図1）について、「船舶は安全航行のために、周囲や遠方の広範囲の海上状況を監視していますが、その監視方法は多くの場合、レーダーと目視による24時間監視となっています。今後の自律運航に向けて、映像によるリアルタイム遠隔監視への期待が高まっています。」と紹介されているが、これは自律運航の観点で他のものとの相対位置の把握を実現するための活用のみに目が向けられており、本船から転落者の認識といった使われ方は考慮されていない。このフライングビューにマルチスペクトルによるヒト固有のスペクトルを把握することで得られる



図1 フライングビュー

画像に処理を施すことで、俯瞰で昼夜を問わず常時確認するといった、海中転落者の即時認識が可能になると考える。

4. これからの課題

本紙においては、知床半島沖の海難事故を契機に、海中転落のプロセスが何であれ、導入が一般化されつつあるフライングビューといった船舶設備装置を活用することで、海中転落者の即時救出に向けた当該転落者の即時存在認知を試みる研究を提案した。この提案内容の具体的な実施に向けては以下のことを考慮する必要がある。

- ・ 先行研究で既出の赤外線を含めて、マルチスペクトルによるヒトの固有のスペクトルの認識が可能かを検証
- ・ 転落が起こってからの対応の検討

人的要因の未防も然ることながらそれが功を成さなかった場合の考慮する価値はあるだろう。今回は海中転落のプロセスを考慮し未防を提案するにいたらなかったが、人間工学的観点より、人的要因発生の未防を目的に何をなすべきか、何がなせるのかを検討する余地も大いにあると我々は考える。

6. おわりに

本紙実験提案の発表はJSPS科研費JP22K13775の助成を受けたものである。予定する実験はヒトを対象とするため、鳥羽商船高等専門学校生命倫理委員会規則にのっとり同委員会より審議を受け、ヒトを対象とする研究を行うことに対して既に承認を得ている。本実験協力者にはインフォームド・コンセントを書面で行う予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省運輸安全委員会: 報告書番MA2023-9、<https://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/ship/detail2.php?id=14055>
- 2) 一般社団法人海技振興センター: 船員の低体温症対策ガイドブック、https://www.maritime-forum.jp/et/pdf/h28_Guidelines_for_Controling_Hypothermia_at_Sea_jp.pdf
- 3) 船員災害防止協会: 67回安全リーフレット
https://www.sensaibo.or.jp/data_files/view/1676
- 4) SUBARU: SUBARUの総合安全 3つのカメラ&レーダー アイサイト、<https://www.subaru.jp/safety/eyesight/>

企画セッション4 (E会場:A204室)

OS4 人間工学とつながる海・船に関する研究2

OS4-1 α -ピネンによる操船中の自律神経活動への影響

OS4-2 機械音声を用いた船舶間の情報共有のための計器開発

OS4-3 居眠り運航による海難防止のための睡眠リバウンドの解析

OS4-4 ChatGPT を使用した心拍プログラミング解析

α -ピネンによる操船中の自律神経活動への影響

The Impact of α -Pinene on Autonomic Nerve Activity during Navigation

荒木瑞輝*, 北村健一*, 植木龍哉*,
*鳥羽商船高等専門学校

ARAKI Mizuki*, KITAMURA Kenichi*, UEKI Tatsuya*
*National Institute of Technology, Toba College,

1. はじめに

本研究は、何かしら行動を執る際にはリラックス状態である方がよいという先行研究¹⁾をもとに、避航を含むあらゆる操船時に操船者がリラックスするためにアロマを用いることで、操船判断を的確に実施しているかを唾液と心拍解析データにより把握することを目的とする。

1-2. 現在の船内環境

船内環境の中は多様なストレスとなる要因があり、リラックスしづらい環境となっている。

操船を行う船橋は、ヒトの身体に直接影響を及ぼす日射の変化や潮風への抵抗等が大きく、リラックスできる環境とは言えない。一方で、緊張すると操船判断を的確に行えないという先行研究²⁾もあり、船橋では緊張しやすい環境となっている。

したがって、主に操船といった運航業務を含む船内生活でのリラックス効果を上げることで、現在行われている安全な航海をさらに向上させることを最終目標に研究に取り組む。

2. 実験方法

基礎実験では過去に α -ピネンを気化させ直接吸引することで得られるリラックス結果の出た先行研究⁽²⁾⁽³⁾を踏まえて、本実験ではアロマネックレスを介した吸引方法を試みる。吸引方法の違いにより得られるリラックス効果の差異を検証する。

2-1. 実験器具

本実験では下記のものを使用し、実験を行う。

- ・ α ピネン溶液
- ・アロマネックレス
- ・eppendorf
- ・POLAR
- ・SOMA キューブリーダー
- ・操船シミュレーター

2-2. α -ピネン

α -ピネンとは C₁₀H₁₆ で表される有機化合物で、モノテルペンの 1 種である^{4, 5)}。マツ、ヒノキ、スギなどの針葉樹に含まれ、特有の香りをもち、香料や医薬品の原料となる。溶解性はエタノール、アセトンにきわめて溶けやすく、水にはほとんど溶けない。このため無水エタノールで α -ピネンの濃度を下げて 20%ほどにしている。 α -ピネンには、生理的リラックス効果があり匂いを嗅ぐことでリラックスすることができる。ヒノキに多く含まれるがその匂いを使用しない理由は、ヒノキには α -ピネン以外にもリラックス効果を持つテルペンや、抗菌性があるヒノキチオールが含まれており、 α -ピネン以外の効果が出ないようにするためにある。

2-2. アロマネックレス

本実験では α -ピネンを揮発させるのにアロマネックレスを使用する。ディフューザーやアロマストーンで揮発させると手入れの大変さや持ち運び、揮発量の多さによって匂いが苦手な人にまで影響を与える。しかし、アロマネックレスであれば個人の範囲のみで香らせることができ至近距離に近づかなければ匂いを感じないので周りの人に迷惑をかけずにアロマを使用できると考えた⁶⁾。

2-3. 評価手法

2-3-1. 心電図解析⁶⁻⁸⁾

本実験では心電図計測系 (POLAR) を使用し、R-R 間隔から LF/HF に変換することで交感神経、副交感神経の働きを測定する。生体にストレスが負荷されると、交感神経が優位になり、心拍数増加、血圧上昇、血糖値上昇などが起こり、活動体制になる。一方、副交感神経優位になると、心拍数減少、消化器系の機能亢進などが起こり、休息体制になる。本実験では α -ピネンを吸引していないとき、および吸引しているときの心電図から心拍変動を FFT で解析

し、FFT パワースペクトルの HF 成分 (0.15~0.4Hz) と LF 成分 (0~0.15), LF/HF の値から α -ピネン自律神経に与える影響^{8, 9)}を調べ、ストレス度を推測する。

2-3-2. 唾液計測

本実験では SOMA キューブリーダーを使用して唾液のコルチゾールと IgA を測定する。コルチゾールは副腎皮質から分泌されるステロイドホルモンの一種で、ストレス反応に関与し、体内の様々な生理的プロセスに影響を与える。また、IgA は、免疫系に関する免疫グロブリン A の省略であり、IgA は体内的免疫システムで重要な役割を果たす抗体の一種で、精神的ストレスの指標となる。リラックス状態では、コレチゾール、IgA ともに減少し、ストレス状態ではリラックス状態とは逆に二つとも上昇する^{10, 11)}。

2-4. 実験内容

2-4-1. 操船シミュレーター実験

操船シミュレーターで本来の船内環境を再現し、避航操船といった緊張しやすい状況で、アロマを使用し操船者の唾液と心拍解析データの分析によりリラックス効果を検証する。

3. 今後の展望

本実験を通して、アロマネックレスを着用しアロマの匂いを嗅ぐことで、操船中にリラックスし適切な操船判断を行うことで、事故を減少させる要因となると考察する。船内はさまざまなストレス要因があり、ストレスの解消法は人それぞれであるが少しでも生活の中でストレスを解消するために匂いを使ったストレス解消法を検討していきたい。

4. おわりに

本紙実験提案の発表は JSPS 科研費 JP22K13775 の助成を受けたものである。予定する実験はヒトを対象とするため、鳥羽商船高等専門学校生命倫理委員会規則にのっとり同委員会より審議を受け、ヒトを対象とする研究を行うことに対して既に承認を得ている。本実験協力者にはインフォームド・コンセントを書面で行う予定である。

参考文献

- 1) 有富公教・外山美樹:日本人アスリートの競技中に生じる思考の構造および発生傾向の検討, スポーツ心理学研究, 第42巻, 第1号, 1–14 貢, 2015
- 2) 内山憲子・山本修平・水井真治・藪上敦弘・江草佳弘・澤井伸明・秋本剛志・大浦勝也・松島勇雄: 操船シミュレーターを用いた心理的ストレス分析, 広島商船高等専門学校紀要, 40巻, 2018
- 3) 鈴木桂輔・五藤光・原田茂樹・田中尚: α -ピネンがドライバの疲労軽減に及ぼす効果, 日本機械学会論文集 (C編), 73巻734号, 2007
- 4) Harumi Ikei · Chorong Song · Yoshifumi Miyazaki : Effects of olfactory stimulation by A-pinene on autonomic nervous activity
- 5) 宮崎良文・李宙營・恒次裕子: 自然セラピーとリラックス
- 6) 内藤柚菜・森幸男: アロマセラピーにおける嗜好性と自律神経活動について, 第30回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集, 2017
- 7) 芝垣佑美・石田健二・松岡孝・藤原聖也・上條正義: リラックスに伴う生理反応の段階的な特徴変化に基づいたリラックスレベル自動判定手法の構築, 日本感性工学会論文誌, vol.20 No1, pp111-120, 2021
- 8) 新見道夫: 唾液中バイオマーカーによるストレス評価, 香川県立保健医療大学雑誌, 第9巻, 1-8, 2018
- 9) 中川千鶴: 人間工学のための計測手法第4部: 生体電気現象その他計測と解析 (5) -自律神経系指標の計測と解析-, 人間工学, Vol.52 No1, 2016
- 10) 中川千鶴: 人間工学のための計測手法第4部: 周囲環境と人体影響の計測 (4) -室内のにおいの測定と評価-, 人間工学, Vol.52, No1, 2016
- 11) 大塚沙穂里・坂口佐穂子・金子明日美・岡部友紀代, 下枝貞彦・中川沙織・大和進・太田伸: 唾液中 IgA を指標とした γ -アミノ酪酸によるストレス抑制効果と免疫力増進効果の検証, 日本医療薬学会年会講演要旨集 24(0), 2014

2023 年度 日本人間工学会関西支部大会

機械音声を用いた船舶間の情報共有のための計器開発

Development of Instrument for Sharing Information between Ships Using Machine Speech

○長田駿兵*, 北村健一*, 岡田恭侍**

*鳥羽商船高等専門学校 **海技教育機構

OSADA Shumpei*, KITAMURA Kenichi* OKADA Kyoji**

*National Institute of Technology, Toba College, **Japan agency of Maritime Education and Training for Seafarers

1. はじめに

現在、「海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS 条約）」により国際航海に従事する旅客船及び国際航海に従事する総トン数 300 トン以上のその他の船舶に国際 VHF 無線電話装置の搭載が義務付けられている。また、日本の船舶安全法により総トン数 100 トン以上の日本船舶に、デジタル選択呼出装置（DSC）を付加した無線設備の設置が義務付けられている。よって、海洋を航行しているすべての船舶が国際 VHF 無線電話を搭載しているわけではない。¹⁾

VHF 無線電話装置を用いて外航船と通信を行う場合は、一般的に英語が使われているが、現代の日本における海事英語教育に対しては語彙力不足や海事の専門用語が分からぬといった課題が表出している²⁾。

以上のこと踏まえて我々は、VHF 通信において英語力不足を起因とする不十分な通信が行われていると考え、今回の機器開発に至ったことから、本研究では、翻訳機能を搭載した新しい無線設備を開発することにより英語力不足を原因とした意思疎通の不足や無反応をなくすことが目標である。

2. 現在の国際 VHF 無線電話装置

国際 VHF 無線電話は、船舶が相手船を避航する際の操船者の意思疎通や、船舶が陸上機関に対して行う位置通報等の各種通報、荷役の指示を受けるための代理店との通信、水先人の乗船予定時刻等を知らせるためのパイロットステーションとの通信のために利用される無線機器である。

国際 VHF 通信では、超短波と呼ばれる 30MHz～300MHz の周波数の電波の 150MHz 帯を利用している。この帯域の電波は直進性がよく、空中雑音が少なく近距離の通信に向いているため、国際 VHF 無線電話の他、AIS 情報や FM ラジオ、業務用移動通信

等にも利用されている。国際 VHF 通信には用途に応じてチャンネルが 01～88 まで設定されている。16 チャンネルで相手を呼び出し、相手から応答があつた後、呼び出し側の指定したチャンネルへ移動し相手と通信を行う。海上交通センターやポートラジオといった陸上無線機関との通信では陸上側がチャンネルを指定する。また、16 チャンネルに関しては、電波法や無線局運用規則により航海中常時、聴守しなければならないと定められている。¹⁾

以上のこと踏まえ、図 1³⁾ や図 2⁴⁾ で示したような国際 VHF を用いた通信を行えば、相手船とより確実な意志疎通が可能となる。



図 1 FURUNO 製 国際 VHF 無線電話装置



図 2 日本無線製 国際 VHF 無線電話装置

しかし、国際 VHF 無線電話装置を円滑に利用できない、混信やチャンネルが輻輳している、使用言語によっては船舶間で正しく意志の疎通ができないといった例や、通信規則を遵守できていないなどの問題が多くあることが知られている。³⁾

3. 開発状況

3-1. 開発環境

本研究でのデバイスは、MouseComputer Co.,Ltd. MB-B508H-A を使用する。このデバイスは、Intel® Core™ i7-8565U CPU @ 1.80GHz プロセッサーと 8GB のメモリーが搭載されている。開発プラットフォームは Unity を利用し、具体的なバージョンは 2022.3.10f1 である。プログラムは C# 言語を使用しており、コードの編集には Visual Studio Code を利用した。

3-2. プログラミング構成

本研究の初期段階として機械音声を用いた無線通信の初期段階として無線 LAN を介した遠隔通信を行うシステム⁶⁾を作成したため通信の流れを以下に示す。

- ① 受信側で送信機と同一の Wi-Fi の接続し、図 3 上の画面上にある localhost の枠に Wi-Fi の IP アドレスを入力する。
- ② Unity 上のコード send date コードを用いて通信内容の一例(右舷側で避航を行う等)の信号が割り当てられたボタンが押されると受信機側に整数のみの信号を送信する(図 4)。
- ③ 受信機側が整数のみの信号を受信すると if 条件を介して対応した wav ファイルを選択し、受信側から音声が再生される。

3-3. 肉声を用いた VHF 無線通信と比較したときの利点

- ① 受信側で wav ファイルを選択するため使用言語

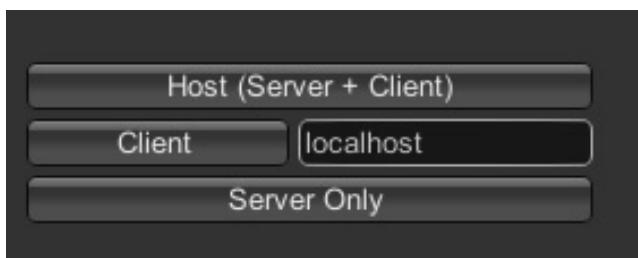


図 3 受信側操作画面



図 4 送信側の通信内容が割り当てられたボタン

によって wav ファイルを変更することにより世界各国の言語に対応可能である。

- ② 受信側に存在する wav ファイルを再生するため従来の VHF 無線通信に比べて明瞭な音声通信が可能である。

3-4. 現状の課題

今回作成したシステムは、再生できる文章の種類には限界があり、あらゆる場面での通信に対応できないといった問題点が挙げられる。

4. おわりに

今後は通信内容を乗船経験のある船員や、実際に船舶無線を聴取し、使用頻度の高い文章を選定していきたいと思っている。

また、将来的にはキーボード入力や音声入力などを行うことで 3-4 に挙げた課題を解決していくと考えている。

参考文献

- 1) 清水祐哉 東京湾海上交通管制一元化による船舶交通及び国際 VHF 無線通信の変化
- 2) 二五義博 国際航海における英語使用の必要性について -過去四年間のアンケートの分析より- 海保大研究報告 第 66 卷 第一号-51
- 3) 瀬田 広明・小野 太津也・矢野 雄基・鈴木 治 VHF 無線電話通信から見た伊勢湾の海上交通状況 日本航海学会第 120 回講演会にて講演
- 4) <https://www.furuno.com/jp/products/radiotelephone/FM-8900S>
- 5) <https://dq6g4m9cr56a3.cloudfront.net/jp/product/lineup/jss2150/index.html>
- 6) <https://tks2.co.jp/2019/12/10/unity-mirror/>

居眠り運航による海難防止のための睡眠リバウンドの解析

Analysis of Sleep Rebound for Preventing Maritime Accidents due to Drowsy Navigation

○紙屋雄大*, 北村健一*, 濑田広明**

*鳥羽商船高等専門学校 **東海大学

Yudai KAMIYA*, Kenichi KITAMURA*, Hiroaki SETA**

*National Institute of Technology, Toba College, **Tokai University

1. はじめに

1-1. 概要

本研究は、意識レベルが低下した人間に刺激を与えると一時的に覚醒するが、その後数分で意識レベルがさらに低下する現象、いわゆる「睡眠リバウンド現象」の影響が少ない刺激を解明し、船橋での居眠りの低減を目指すものである。

1-2. 研究背景

船橋での居眠りや眠気は、作業効率の低下やヒューマンエラーの誘因となり、その結果重大な海難を招く恐れがある。

実際に第七管区海上保安本部による「海難の現況と対策」の統計（2012～2022）¹⁾によると、過去10年間に日本周辺海域において居眠り運航が原因である海難は、全衝突・乗揚海難の約3%（106隻）に相当する。さらに、見張り不十分・操船不適切・船位不確認といった覚醒レベルの低下が原因と考えられる海難も含めると、居眠り運航は全衝突・乗揚海難の約42%（1505隻）を占める。

さらに、現在船橋での航海当直中の居眠り防止策として、特定の条件を満たす船舶では船橋航海当直

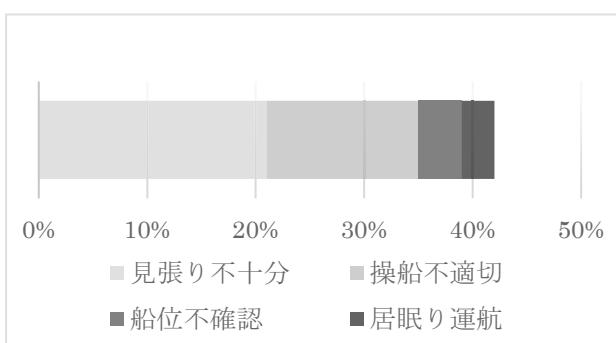


図1 海難原因別割合

警報装置の設置が義務付けられているが、この装置は居眠りをして体が動かない状態が数分続くことで警報が鳴る仕様であり、眠気を感じ、判断力が鈍っているような状態に対しては反応を示さない。

したがって、航海当直中の意識レベルの低下には早急な対策が求められる。

2. 実験の概要

2-1. 使用機器および意識レベルの評価

被験者の意識レベルは、入眠の予兆として中枢系の変化に先んじて生じる末梢系の変動を捉えられる指尖脈波から測定する^{2, 3)}。

指尖脈波の測定には、日本光電製バイオリサーチシステム SEN-6100・同社製呼吸/脈波カプラー AR-650H・同社製脈波ピックアップMPP-3Aを使用する。MPP-3Aは被験者の非利き手の示指尖に取り付ける。各種機器を図2のように接続し、脈波波形をとる。さらに、眠気の主観評価としてカルロリンスカ眠気尺度⁴⁾（Karolinska sleepiness scale, 以下KSSと称する）を実験中隨時使用する。

KSSとは、1～9の9段階で自己の眠気を評価する

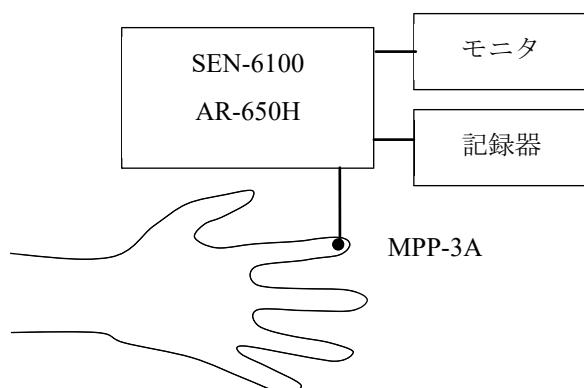


図2 指尖脈波計測手順

アンケート手法であり、奇数には眠気を表す語句が記されており、偶数は奇数の眠気の中間を意味する。

具体的な表記内容については、1は「非常にはつきり目覚めている」、3は「目覚めている」、5は「どちらでもない」、7は「眠い」、9は「とても眠い」である。

2-2. 刺激の種類

被験者に与える刺激は、覚醒効果がありつつ航海当直中に容易に実施可能な必要がある。これを踏まえて、本実験では以下の4つの刺激を与えることとする。筋肉への刺激を促すための「背伸びストレッチの実施」・「スクワットの実施」、神経系への刺激を促すための「刺激性の強いガムの咀嚼」⁵⁾・「コーヒーの摂取」の合計4種類である。

さらに、音や光といった刺激が一般的に居眠り対策として効果的であるとされているが、航海当直業務においては航海計器の警報音と誤解を招く等当直業務の妨げとなる恐れがあるため、これらの刺激は本実験では行わない。

2-3. 実験の注意事項

あらかじめ定めた刺激以外の刺激が実験結果に影響を及ぼさないように背伸びストレッチなどの行動をとらないよう注意する。実験の前日には、コーヒーやタバコなどの刺激物の摂取を制限する。実験環境については、被験者が快適と感じる室温であり、かつ喧騒のない部屋を採用する。

2-4. 実験手順

実験手順の説明を十分に受けた被験者を椅子に座らせ示指尖にMPP-3Aを取り付けて、リラックスするよう指示する。着座以降は、実験に影響を及ぼす恐れのある外的要因を最小限にするため、会話を控える。

被験者には時計を注視してもらい、実験の開始直後1分ごとに、平常睡眠移行時および刺激を加えられた直後のタイミングでKSSを使用して自己の眠気を評価してもらう。

KSSが6を超えてから3分後に被験者に刺激を与えた後にKSSが7未満になることを確認する。刺激を与えた後は、15分経過するかKSSが再び7以上になった場合に実験終了とする。

3. 展望

操船シミュレータを活用し、各種刺激の睡眠リバウンドの大きさやその反応時間の差を評価したい。しかしながら、現行のピックアップ機器を用いて操船シミュレータ実験を実施すると体動によるノイズが発生してしまうため実験手法を検討する必要がある。

4. おわりに

本紙実験提案の発表はJSPS科研費JP22K13775の助成を受けたものである。予定する実験はヒトを対象とするため、鳥羽商船高等専門学校生命倫理委員会規則にのっとり同委員会より審議を受け、ヒトを対象とする研究を行うことに対して既に承認を得ている。本実験協力者にはインフォームド・コンセントを書面で行う予定である。

参考文献

- 1)第七管区海上保安本部: 「海難の発生状況と対策」
<https://www.kaiho.mlit.go.jp/07kanku/gyoumu/kaiko/azentaisaku/kainan/kainannogenkyoutotaisaku.pdf>
(2022)
- 2)藤田悦則・小倉由美・落合直輝・苗鉄軍・清水俊行・亀井勉・村田幸治・上野義雪・金子成彦: 指尖容積脈波情報を用いた入眠予兆現象計測法の開発, 人間工学, 41卷, 4号, pp203-212 (2005)
- 3)落合直輝・小倉由美・藤田悦則・上野義雪・金子成彦: 非侵襲型生体信号センシングシートを用いた入眠予兆現象に関する研究, 人間工学, 42卷, Supplement号, pp224-225 (2006)
- 4)T.Åkerstedt・M.Gillberg・Int.J.Neurosci, vol.52, no.1-2, pp.29-37 (1990)
- 5)川野常夫・岩崎友哉・中前皓貴: NIRSを用いたガム咀嚼による眠気抑制の定量的評価, 人間工学, 56卷, Supplement号, pp1-2 (2020)

ChatGPT を使用した心拍プログラミング解析 Analyzing Heartbeat Using ChatGPT Programming

○西山智陽*, 北村健一*, 岡田恭待**

*鳥羽商船高等専門学校 **海技教育機構

NISHIYAMA Tomoaki*, KITAMURA Kenichi*, OKADA kyouji**

*National Institute of Technology, Toba College, **Japan agency of Maritime Education and Training for Seafarers

1. はじめに

航行区域における船舶数の差異による事故発生件数の違いは、多数の船舶との衝突事故発生といった操船者の主観的な操船への恐怖心からくるものと考える。本研究は、操船状況下における他船への恐怖心の把握に向けて恐怖心と相関性のある¹⁾心拍の変動を掴み解析することにより、一般的に主観的に評価される当該恐怖心のデータを客観的に評価する。

2. 実験の概要

2-1. 心拍の測定方法

心拍は POLAR H10²⁾ を使用して測定を行う。指尖や耳朶センサなどによる心拍計測方法^{3, 4)}がある中で POLAR H10 による計測方法を採用する理由は、運動しながらの心拍計測に長けているためである。心拍計測は、初めに、POLAR H10 本体の電極部を水で濡らす（図 1）。このとき、指でなでるように水を湿らす。その後、スマートフォンと Bluetooth

接続を行い、POLAR H10 を胸の下に密着させる（図 2）。POLAR H10 のデータを受信するスマートフォンについては、Android に接続することはできるが IOS への接続はできないので注意が必要である。

2-2. 心拍の解析方法

ChatGPT より作成したプログラミングコードを使用することで図 3 に示す POLAR H10 で測定した心拍データを解析する。計測した心拍データは縦軸に電位差、横軸に時間を表わす。

心拍解析を行うために使用するプログラミング言語は、Python を使用する。ChatGPT を使ってプログラミング解析を実施する理由としては、プログラミングスキルを持ち合っていない多くの人もプログラミングコードが記述可能であるという点と、記述さ



図 1 POLAR H10 電極部



図 2 POLAR H10 胸の下に密着

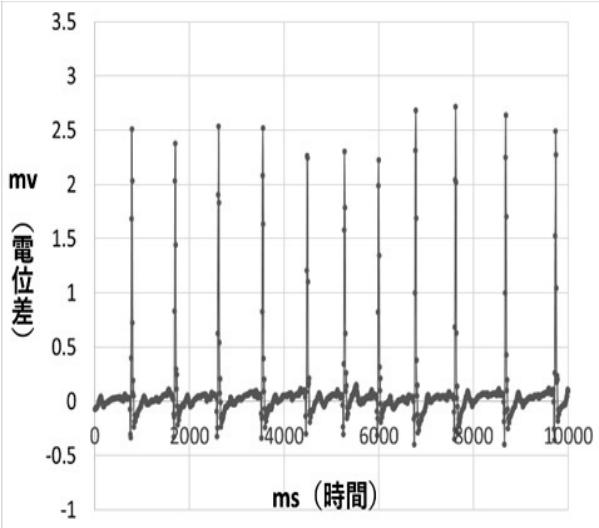


図 3 POLAR H10 で計測した心拍データ

れたコードの内容が理解できなかった箇所について ChatGPT に掘り下げて質問することで理解に向かたアドバイスをもらえるという点⁵⁾といった 2 つのメリットが挙がる。

3. 実験方法

航海の経験が長い甲板職員に協力していただき、図 4 に示す操船シミュレータ⁶⁾を利用して航海中の心拍の変化を POLAR H10 で調べる。甲板職員 2 名で比較し調査したデータから心拍の変化が激しい時と他船舶数の差異との相関性を確認する。



図 4 操船シミュレータ

4. まとめ

本実験を行うことで経験、技術、知識のある甲板職員⁷⁾の船舶数の差異における恐怖心とこの恐怖心が関係して起こる船舶事故の関連性について明らかにする。

我々は、この解析データから得られた情報をこれから航海士になる者に参考にしていただくことで、当該恐怖心によって発生する船舶事故の減少につながることを願っている。

5. おわりに

本紙実験提案の発表は JSPS 科研費 JP22K13775 の助成を受けたものである。予定する実験はヒトを対象とするため、鳥羽商船高等専門学校生命倫理委員会規則にのっとり同委員会より審議を受け、ヒトを対象とする研究を行うことに対して既に承認を得ている。本実験協力者にはインフォームド・コンセントを書面で行う予定である。

参考文献

- 1) 王 鴻宇、浦 正広、宮田 一乗：心拍データを用いて恐怖度をリアルタイムに調整する VR お化け屋敷の提案, 画像電子学会研究会講演予稿, (2018)
- 2) POLAR watch : POLAR 10N のマニュアル, https://support.polar.com/e_manuels/h10-heart-rate-sensor/polar-h10-user-manual-japanese/manual.pdf
- 3) 富山 和也、川村 彰、Riccardo Rossi、Massimiliano Gastaldi、Claudio Mulatti：心拍変動解析に基づく精神疲労を考慮した路面平坦性評価, 舗装工学論文集第 20 卷, (2015)
- 4) 比江島 拓己、野上 大史、小野 礼、伴和 幸、D.S.V. Bandara、荒田 純平：ハズバンダリトレーニングのためのハクビシンを対象とした非侵襲心拍計測システムの開発, 精密工学会秋季大会, (2022)
- 5) 芦北 卓也 : GakuNin RDM と ChatGPT を使ってプログラミングを手軽に業務に活用する一試案, Code4Lib JAPAN Conference, (2023)
- 6) 坂野 希、松浦 由次 : 操船シミュレータ, 計測と制御, (1977)
- 7) 織田 陽一 : 船員スキル定量化事業の概要, 日本航海学会誌 NAVIGATION, (2021)

一般セッション1 (B会場:A202室)

GS1 運転行動1

GS1-1 変化する道路線形に合わせた映像補正による主観速度の向上

GS1-2 ドローンパイロット技術に関する研究(1)

－梯子くぐりのタスクの場合－

OS1-3 ドローンパイロット技術に関する研究(2)

－着陸タスクの場合－

GS1-4 音声アシスタントの使用が視覚的注意に及ぼす影響

変化する道路線形に合わせた映像補正による主観速度の向上

Improvement of Subjective Speed through Video Correction Aligned with Changing Road Geometry

○朱品帆*, 朝尾隆文**, 鈴木哲**, 小谷賢太郎**

*関西大学大学院理工学研究科, **関西大学システム理工学部

Zhu Pinfan*, ASAO Takafumi**, SUZUKI Satoshi**, KOTANI Kentaro**

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

1. はじめに

近年、国土交通省や自動車メーカーなどは先進運転支援システムの研究開発と効果評価に注力し、それに伴いドライビングシミュレータの需要が高まっている。¹⁾ドライビングシミュレータは実験環境を容易に設定でき、高い安全性を提供し、計測が簡単で計画的に利用できる²⁾ため、これらの試験に適している。しかし、ドライビングシミュレータには主観速度が実車よりも低く感じられる問題があり³⁾、この主観速度を向上させる必要がある。

通常、ドライビングシミュレータの主観速度向上には視野の広げ方やモーションシステムの導入が一般的である。しかし、これらの方法はコストがかさみ、設備が大型化する可能性があるため、より安価で小型のシミュレータが求められている。

先行研究⁴⁾では、主観速度向上の手法として、CG空間内の道路となるオブジェクトを補正し、道路を内側にゆがめる方法を用いて主観速度を向上させた。しかし、これらの補正是特定の道路形状に焦点を当てており、新たな提案として、道路の形状に依存せず、常に変化する道路や運転車の速度、カーブ時の角度に基づいて適切な補正を行う方法を検討した。この方法は、さまざまな種類の道路に対応し、主観速度向上を実現する可能性がある。



図1 先行研究の補正の仕組みのイメージ図⁴⁾

2. 方法

先行研究の補正手法は曲線道路を直線化変換し、補正をかけ、また、曲線化変換するという流れになる。

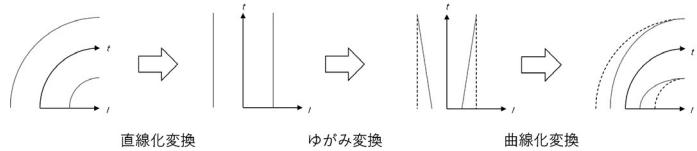


図2 曲線道路の補正の流れのイメージ図⁴⁾

2-1. 次の瞬間のパラメータを予測する

先行研究の手法をベースにしつつ、より改良された手法について説明する。具体的には、先行研究では一定のカーブ半径や速度を前提としていたが、本研究では道路の変動に適応できる方法を提案する。この提案は、定常的な道路形状に限定されず、車両の実際の状態に合わせて補正を行うことを可能にするため、次の瞬間のパラメータを予測する手法を導入している。これには、速度、加速度、車両の向き、角速度、などの情報を活用し、テーラー展開を適用する。次の瞬間のパラメータを予測することで、道路の特性に依存せず、適切な補正を実施できる。

さらに、補正の強度や方向を変動させることで、

異なる道路条件に柔軟に対応可能である。この提案手法により、どんな種類の道路でも主観速度の向上が可能であると考える。具体的な方法は以下に詳しく示す。

図3では、2つの座標軸が示されており、黒い線で示した座標系 Σ_1 はワールド座標系である。この座標系内の位置を 1x および 1y で表す。対照的に、赤い線で描かれた座標系 Σ_2 は、車両の運転時に使用されるローカル座標系である。 Σ_2 内の位置を 2x および 2y で示す。さらに、車両の運転中に収集されたパラメータは、表1に詳細に示されている。

表1 運転中の各パラメータ

速度	v
加速度	a
運動方向とワールド座標系のX軸との角度	θ
ヨー角速度	γ

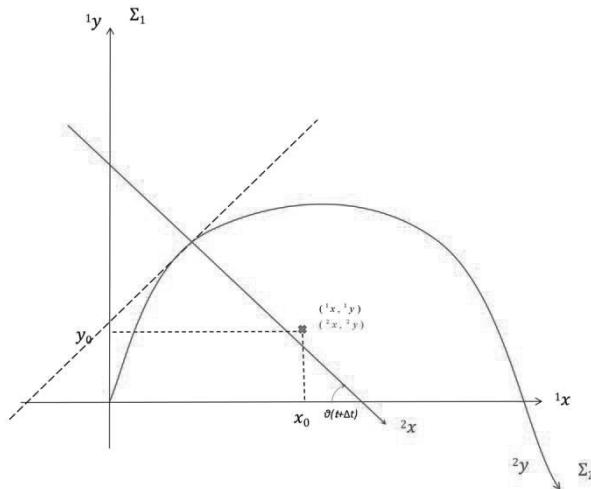


図3 2つの座標の図

2-2. 未来予測するアルゴリズム

車両のワールド座標をt秒において式(1)で表現する。

$$(x(t), y(t)) = (\int v \cdot \cos \theta dt, \int v \cdot \sin \theta dt) \quad (1)$$

次に、t時点での速度、加速度、角度、角速度、角加速度を既知とし、式(1)の次の瞬間($t+dt$)の各パラメータのテーラー展開を計算する。式(1)の $x(t)$ を微分して速度と加速度を式(4)および式(5)として表現する。これらをまとめて式(6)に整理する。

$$x(t+dt) \approx x(t) + \dot{x}(t) \cdot dt + \frac{1}{2} \ddot{x}(t) \cdot dt^2 \quad (2)$$

$$y(t+dt) \approx y(t) + \dot{y}(t) \cdot dt + \frac{1}{2} \ddot{y}(t) \cdot dt^2 \quad (3)$$

$$\dot{x}(t) = v(t) \cdot \cos \theta(t) \quad (4)$$

$$\ddot{x}(t) = \frac{dv(t)}{dt} \cdot \cos \theta(t) - v(t) \cdot \sin \theta(t) \cdot \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (5)$$

$$\dot{y}(t) = -v(t) \cdot \gamma(t) \cdot \sin \theta(t) + a(t) \cos \theta(t) \quad (6)$$

式(4)と式(6)を式(2)に代入し、式(7)を導出する。

$$x(t+dt) \approx x(t) + v(t) \cdot \cos \theta(t) \cdot dt - \frac{1}{2} \cdot v(t) \cdot \gamma(t) \cdot \sin \theta(t) \cdot dt^2 + \frac{1}{2} \cdot a(t) \cdot \cos \theta(t) \cdot dt^2 \quad (7)$$

同様に、 $y(t+dt)$ についても式(8)を得る。

$$y(t+dt) \approx y(t) + v(t) \cdot \sin \theta(t) \cdot dt + \frac{1}{2} \cdot \gamma(t) \cdot v(t) \cdot \cos \theta(t) \cdot dt^2 + \frac{1}{2} \cdot a(t) \cdot \sin \theta(t) \cdot dt^2 \quad (8)$$

次に、ローカル座標系の原点の座標をワールド座標で (x_0, y_0) とし、車の場合はローカル座標系の原点が走行中の車のワールド座標となる。これにより、2つの座標系を変換し、ワールド座標系の座標 $({}^1x, {}^1y)$ とローカル座標系の座標 $({}^2x, {}^2y)$ を式(9)および式(10)で示す。

$${}^1x = x_0 + {}^2x \cos \theta(t) - {}^2y \sin \theta(t) \quad (9)$$

$${}^1y = y_0 + {}^2x \sin \theta(t) + {}^2y \cos \theta(t) \quad (10)$$

さらに、ローカル座標系の中の座標とローカル座標系の回転角度を用いて、座標の逆変換を式(11)および式(12)で表現する。

$${}^2x = ({}^1x - x_0) \cos \theta(t) + ({}^1y - y_0) \sin \theta(t) \quad (11)$$

$${}^2y = ({}^1y - y_0) \cos \theta(t) - ({}^1x - x_0) \sin \theta(t) \quad (12)$$

これらの式は、ワールド座標をローカル座標系で表示し、逆にローカル座標系をワールド座標で表示す

るためのものである。

このようにして、微小時間後($t+dt$)の座標変換が可能になり、複雑な道路形状に依存せず、車両の状態に合わせた補正を実現。このアルゴリズムを用いて、速度感向上実験を行う。

2-3. 実験概要

本実験では、Unityを使用し仮想環境内でレーシングホイールとペダルを使った運転体験を提供し、被験者の指定速度での速度感を「補正あり」と「補正なし」の状態で評価した。目的は補正の主観的な速度向上の影響を明らかにすることである。

補正の効果は「小、中、大」の中で「中」の強さで評価し、補正が速度感向上にどれだけ寄与するかを詳細に検証した。

2-4. 実験環境

実験環境は現実の運転環境を再現しました。被験者には以下の条件を提供した：

ハードウェア: ロジクール G29 Driving Forceステアリングホイール&ペダルを使用し、実際の運転感覚を提供した。

ハンドルとペダルの配置: ハンドルとペダルの配置は実車に合わせ、快適さと親和性を高めた。

視覚刺激: 27インチのスクリーンでUnityを使用し、現実的な運転環境を提供した。

これらの要素は被験者の運転体験を向上させ、速度感補正の効果を正確に評価するのに貢献した。

2-5. 実験条件

実験条件を表2に示す。実験は3人の被験者を対象に行った。実験参加者には指定走行速度として60km/hにした。まず、"補正あり"の条件ではCG映像の補正が適用する。一方、"補正なし"の条件では補正は行わなかった。また、補正の強さは"中"とした。各試行は2回繰り返され、被験者は指示速度までの操作として0km/hから指定走行速度まで加速する課題に取り組んだ。道路はサイン波のような蛇行した形状を持つ道路が使用した。

表2 実験条件

実験人数	3 [人]
指定走行速度	60 [km/h]
試行条件	補正あり (CG 映像補正適用) 補正なし 補正強さは中レベル
繰り返し回数	2回
指示速度までの操作	0 [km/h]から指定走行速度まで 加速
走行道路	サイン波のような蛇行した形状の道路

2-6. 実験手順

まず、参加者はパソコンの前に座り、実験内容についての説明を受け、実験への参加に同意を得た。その後、参加者に仮想環境内での運転方法を説明し、ハンドルを使用して運転方向を制御し、アクセルおよびブレーキを使用して速度と位置を操作する方法を指導した。本実験では、被験者が道路に沿って運転するタスクを実行することが求められている。

実験は「補正あり」と「補正無し」の2つの異なる条件で行った。被験者は、実際の実験の前に、操作方法に慣れるために練習試行を複数回行い、特に所望の速度で運転する練習をした。この段階では被験者に速度感覚を確立させることが重要だった。練習試行が終了すると、本試行が開始される。被験者に対し、所定の60km/hの速さを保ちながら道路を走行するよう指示が与えた。

実験で使用された道路は、サイン波のような蛇行した形状を持っており、詳細は図4に示されている。本試行中、システムは速度と位置のデータを常に記録した。被験者は速度情報を提供されなかった。

実験が完了すると、記録されたデータを分析し、補正手法が速度感覚に与える影響を評価した。

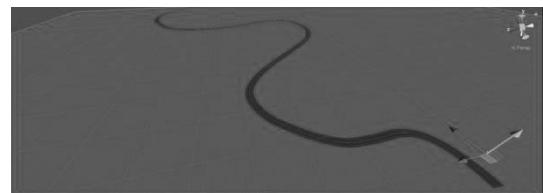


図4 実験道路

2-7. 結果

図5と図6に、今回の実験で行った主観速度のまとめである。A, B, Cはそれぞれ実験参加者を示している。所定する速度は60km/hである。

補正なしの実験では、被験者BとCが80-90km/hの速度を達成し、主観速度が高く感じられた。被験者Aは60km/h前後の速度を達成し、仮想環境への適応度が低かった可能性が示唆された。被験者の練習試行回数増加が今後の実験で重要である。

補正ありの実験では、被験者BとCが55-65km/hの速度を達成し、主観速度が走行速度に近づけた。データに乱れが見られたが、道路の詳細度向上が今後の研究で必要である。

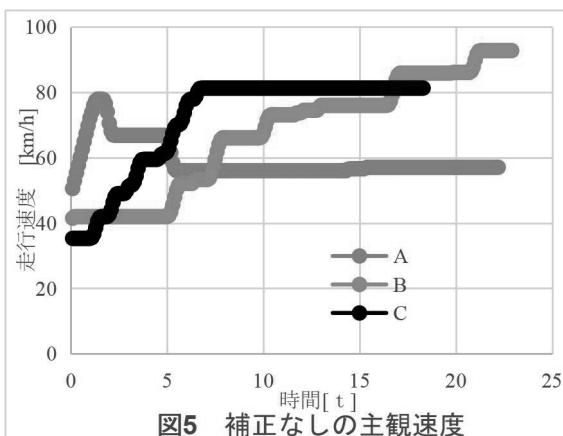


図5 補正なしの主観速度

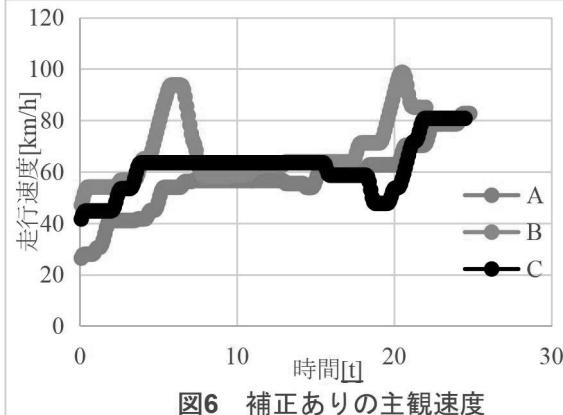


図6 補正ありの主観速度

3. 考察

実験中、一部の被験者では補正なしと補正ありの結果に大きな違いが見られなかった。これは被験者への練習不足によるものと考察される。今後の実験では、充分な練習回数と練習用の道路の提供が必要である。

さらに、速度データに図5および図6で大きな変動が生じた。この変動は、使用した道路の詳細度が不足していた可能性が高い。特に60km/hで滑らかな加速と減速を可能にするような道路の再構築が必

要で、ハンドルとペダルの制御アルゴリズムも再評価と調整が必要である。

また、被験者の数に制約があった。今後の研究では被験者数を増やし、異なる実験条件を評価。例えば、初期速度を与えて、被験者に速度指示なしで自己判断で60km/hまで加速および減速させる実験条件を追加を検討する。

これらの課題に対処し、システムの改善と再構築を行うことで、今後の実験において信頼性の高い結果を得るために取り組みが必要である。

6. おわりに

本研究では、ドライビングシミュレータの主観速度と実際の走行速度との差を埋めるためのCG映像の補正方法を提案し、実験によってその効果を評価した。先行研究から得られた知見を基に、道路形状や運転状況に合わせてCG映像を補正する手法を開発し、補正の効果を評価した。本研究はドライビングシミュレーションにおける主観速度の向上に向けた一步であり、今後の研究によって、現実的な運転体験を提供し、自動運転技術の開発などに貢献する可能性がある。

参考文献

- 1) 大島大輔, 山田康右, 竹之内篤, 山下浩行, 中野公彦, 鈴木高宏, 小野晋太郎, 平沢隆之, 洪性俊, 杉町敏之, 鄭仁成, 須田義大, 大口敬, 堀口良太, 白石智良: ドライビングシミュレータに対するニーズ及び先進的関連技術に関する調査研究, 生産研究, Vol. 67, No. 2, pp. 87-92, 2015.
- 2) 練尾正美, 知久良夫: ヒューマンファクタ解析のためのシミュレータ技術, 計測と制御, Vol. 45, No. 8, pp. 726-730, 2006.
- 3) 栗谷川幸代, 大須賀美恵子, 景山一郎: ドライビングシミュレータを用いたドライバの運転支援に関する基礎的研究, ヒューマンインターフェース学会研究報告集, Vol. 6, No. 2, pp. 43-46, 2004.
- 4) 元村優樹, 橋口広稀: CG映像の主観速度コントロール方法, 関西大学人間工学研究室卒業論文, 2019



ドローンパイロット技術に関する研究(1) —梯子くぐりのタスクの場合—

Studies on Drone Pilot Techniques (1) – Tasks to Pass through the ladder -

○松浦由輝*, 杉山直磯**, 太田智子***, 後藤彰彦*

*大阪産業大学 **京都工芸繊維大学 ***中央ビジネスグループ

MATSUURA Yoshiaki*, SUGIYAMA Naoki**, OTA Tomoko***, GOTO Akihiko*,

*Osaka Sangyo University, **Kyoto Institute of Technology, ***Chuo Business Group Co., Ltd.,

1. 緒言

点検分野における工場や発電所の煙突点検や橋梁点検では、狭い場所での飛行技術が求められる¹⁾。しかし、それらの技術は言葉では表せない暗黙知である、本研究では、熟練者の技を明らかにすることを目的とし、飛行の正確性が求められる、梯子くぐりのタスクを対象として分析を行った。さらに、熟練者と初心者の違いを検討した。

2. 実験方法

2-1. 被験者

被験者は熟練者 7 名、初心者 6 名を対象とした。タスクに対する試行回数は、Ex1 から Ex4 は 5 試行、Ex5 から Ex7, Be1 から Be6 は 3 試行実施した。表 1 に被験者情報を示す。

表 1 被験者情報

熟練者		
被験者名	経験年数 (年)	試行回数 (試行)
Ex1	7	5
Ex2	7	
Ex3	8	
Ex4	0.5	
Ex5	4	
Ex6	0.5	3
Ex7	5	

初心者		
被験者名	経験年数 (年)	試行回数 (試行)
Be1	0	3
Be2		
Be3		
Be4		
Be5		
Be6		

2-2. 計測機材

計測に用いたドローンは DJI 株式会社の Mavic Mini である。3 次元動作計測は Motion Analysis 社の光学式モーションキャプチャシステム MAC 3D SYSTEM を用いた。6 台の赤外線カメラと 19 個の赤外線反射マーカー(以下マーカーと略す)を使用した。赤外線カメラのフレームレートは 60fps とした。図 1 にマーカーの設置位置を示す。マーカーは被験者の頭部頂点と正面に 2 か所、左右の親指の先端に 2 か

所、コントローラーに 1 か所、梯子に 10 か所、ドローンに 4 か所設置した。

2-3. 計測条件

本研究では 4 段の梯子を使用した。下段から 1 段目、2 段目、3 段目、4 段目とし、1 段目から 2 段目を 1 階、2 段目から 3 段目を 2 階、3 段目から 4 段目を 3 階と定義した。図 1 に計測環境の寸法を示す。被験者は直立の姿勢で操縦を行う。タスクは離陸ボタンを押し、1200mm までドローンが自動で上昇しきったところから 3 階を通過したところまでとした。

2-4. 解析方法

ドローンの動きは前方のマーカーより、YZ 平面から観察した。また、梯子に設置したマーカーの座標から、各階層の中心を求めた。ドローンの階層通過は、Y 軸において、前方のマーカーが各階層の中心を超えたフレームを用いて判断した。さらに、X 軸と Z 軸において、階層通過フレームの座標と階層中心の座標の差分をとり通過位置を算出した。

3. 結果

3-1. 飛行の軌跡分析

図 2 に YZ 平面におけるドローンの飛行の軌跡を示す。熟練者のドローンの動きは、上昇中に前進後退の動きが見られた。一方、初心者は、1 軸方向ずつ移動させていた。

3-2. 通過位置の分析

図 3 に各階層におけるドローンの通過位置を示す。この図は各階層の高さと横幅に一致している。熟練者の通過位置は、階層の中央付近を通過していた。一方、初心者は、階層の中心より左側を通過していた。

3-3.Y 軸および Z 軸の速度変化

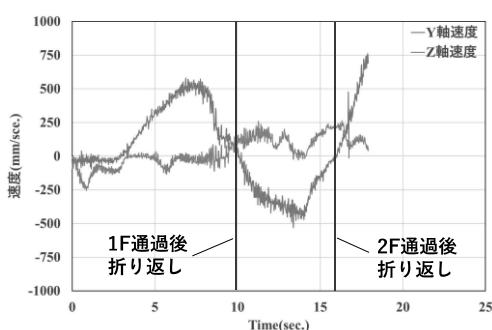
図 4 に飛行時におけるドローンの Y 軸および Z 軸の速度変化を示す。熟練者のドローンの速度変化は、1 階通過後の折り返しから、2 階通過後の折り返しにかけて、Y 軸が上昇中、Z 軸が上下していた。よって、同時に 2 軸方向に対し変化が見られた。一方、初心者は 1 軸方向のみ変化が見られた。これらの結果は、飛行の軌跡から得られた通りである。さらに、熟練者の Y 軸における最高速度は、500mm/sec. 程であった。一方、初心者は 750mm/sec. から 950mm/sec. 程であり、飛行時の速度は熟練者より早いという結果が得られた。

4.まとめ

飛行の軌跡と速度変化の結果から、熟練者のドローンの動きは、YZ 平面において、同時に 2 軸方向へ移動させていたことが明らかとなった。先行研究の結果から、熟練者のドローンの動きは、水平面において 2 軸方向に移動させていたことが明らかとなっている²⁾³⁾。この結果は、YZ 平面においてのドローンの動きと類似している。熟練者は右スティックで後退しつつ、左スティックで細かく上昇下降の調整を行っていると考えられる。一方、初心者は、1 軸ずつの変化であったことから、左右のどちらか一方のスティックを片方ずつ動かしていると考えられる。

参考文献

- 岡森駿、堀越順太：ドローンを利用した橋梁点検システムの開発～マルコ™の概要と今後の展開～、川田技報 Vol.38, 22-27, 2019
- Akihiko GOTO, Naoki SUGIYAMA, Tomoko OTA.



(a) Ex3_2

図 4 飛行時におけるドローンの Y 軸および Z 軸の速度変化

“Analysis of techniques in operating a drone”. Human Factors in Robots, Drones and Unmanned Systems. Vol. 93, 68-75, (2023).

- Naoki SUGIYAMA, Tomoko OTA, Akihiko GOTO.”Analysis of techniques in operating a drone”. Mechanical Engineering Congress, 2022Japan (MECJ-22)

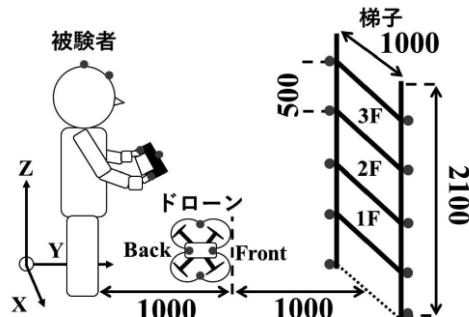


図 1 計測環境の寸法と赤外線マーカー設置位置

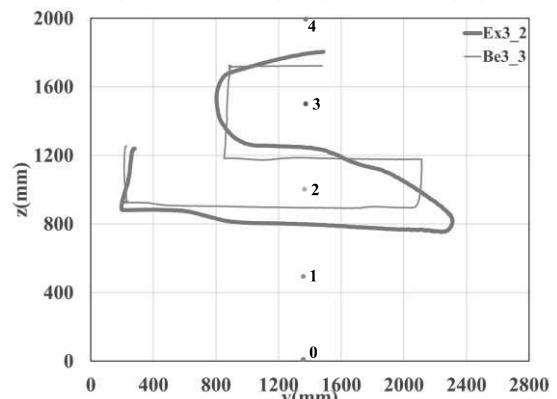


図 2 YZ 平面におけるドローンの飛行の軌跡

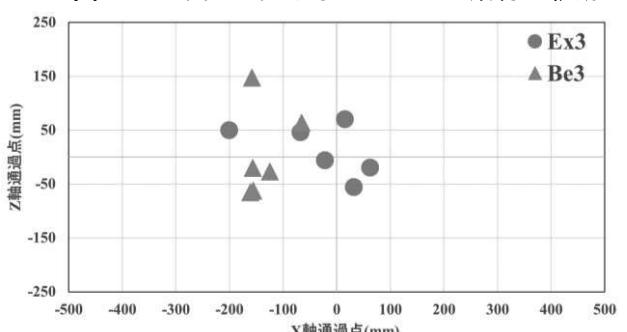
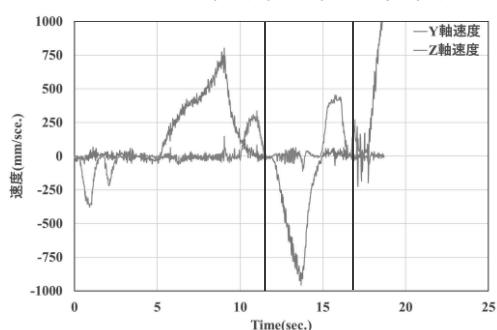


図 3 各階層におけるドローンの通過位置(それぞれ 2 試行分)



(b) Be3_3

ドローンパイロット技術に関する研究（2）—着陸タスクの場合— Studies on Drone Pilot Techniques (2) - For Landing Tasks

宮本勇樹*, 藤田紘成*, 杉山直磯**, ○後藤彰彦***, 太田智子*

*株式会社中央ビジネスグループ **京都工芸繊維大学大学院 ***大阪産業大学

MIYAMOTO Yuki*, FUJITA Kosei*, SUGIYAMA Naoki**, GOTO Akihiko***, OTA Tomoko*

*Chuo Business Group Co., Ltd., **Kyoto Institute of Technology, ***Osaka Sangyo University

1. はじめに

ドローンパイロット技術の中で、着陸動作は最も基礎的であり重要であるといえる。着陸によっては荷物に悪影響をもたらしたり、またドローンそのものにダメージを与えることがある。ドローンパイロットの操縦技術に関する研究については、我々の報告(1)の他に、藤原(2)、鈴木(3)、久保(4)らの研究がある。これらはドローンの操縦や機体の制御などドローンパイロットに必要な知識、技術について述べている。しかしながら注目を浴びているドローンであるにもかかわらず、系統だった研究は、まだまだ少ないように思える。ドローンパイロット操縦技術の向上や早期取得には、コントローラの操作とドローンの動きとの関係を知ることが必要となってくる。本研究においては、熟練パイロットと初心者がドローン着陸実験を行ないドローンの動きの違いについて調べた。

2. 実験

2-1. 被験者

被験者はドローン操縦経験 8 年、7 年、5 年の経験者 3 名、(それぞれ、Ex1, Ex2, Ex3 と呼ぶ) と非熟練者 (大学 4 年生) 2 名 (それぞれ、Be1, Be2) である。

2-2. 実験方法

実験に用いたドローンは 199g のドローン (DJI Japan 株式会社 : MAVIC MINI) であり、動作を測定するために図 1 に示すようにマーカーを 4 カ所に貼付した。図 2 に示すように着陸点を決め、そこから 1m 離れた点よりドローンを離陸し、しばらくの間 1200mm 一定の高さで飛ぶホバリングを行なった。操縦者の判断で決められた着陸点に降下していく。ドローンの動きは、三次元解析装置リアル光学式モーションキャプチャシステムによって測定を行なった。

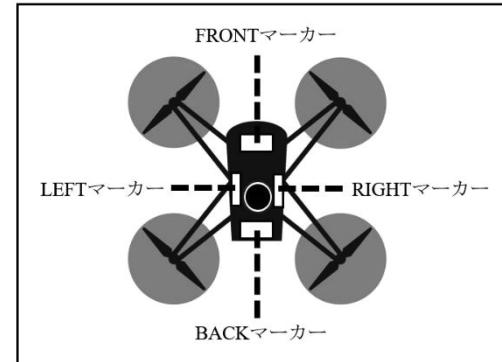


図 1 ドローンに貼付したマーカー場所

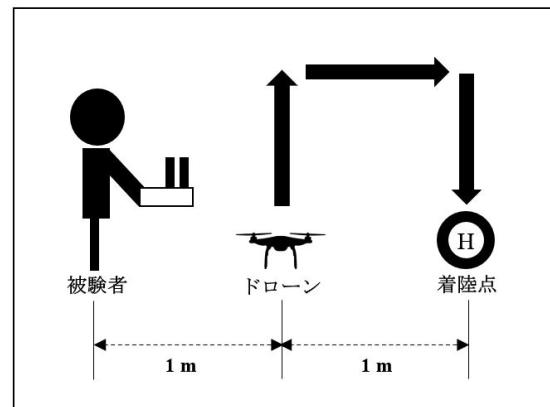


図 2 被験者と着陸点の位置関係

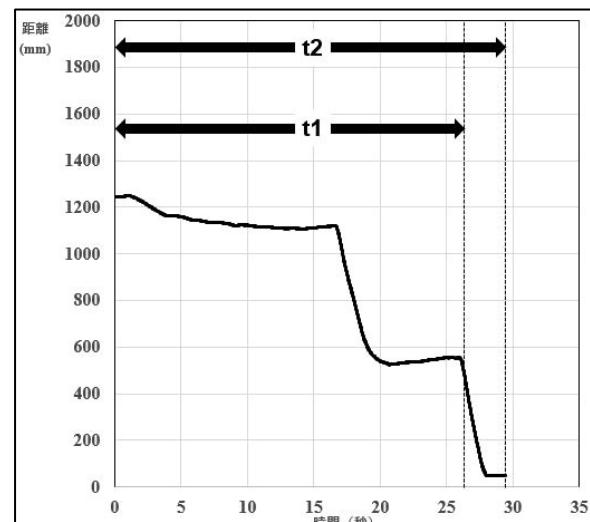


図 3 フロントマーカーの z 方向位置の時間変化の例

図3にフロントマーカーの垂直方向、z方向の時間的変化の例を示す。高さ1200mmからドローンが下降していることが分かる。本実験においては、高さ500mmで二段階着陸保護機能が発動する。コントローラのスティックは常に下方向に入れたままになると自動操縦で、下降していくことになる。機体が地面に対してどの程度の安全を確認しているかで速さが変わることや、下方向以外のスティック操作が少し変化すると下降の速さに影響が出る可能性がある。したがって、着陸するまでに要する時間や下降速度は一定ではない。

3. 実験結果

すべての被験者、試行における下降に要した時間を表1に示す。各欄の上段はドローン高さ1200mmから500mmまでに下降に要した時間(t1)を示し、下段は、1200mmから着陸までに要した時間(t2)を示す。5試行を行ったEx1のt1は21秒程度をしているが、Ex2,3はそれより短く10秒台である。初心者は、試行を重ねるにつれ、時間は短くなる傾向が見られる。変動係数は、Ex1は、24パーセント程度である。初心者は、30-40パーセントとなっている。

表1. ドローン高さ1200mmから500mmまで下降するのに要した時間、t1(図3中)着陸までに要した時間、t2(表中には括弧内に表記)

試行回数	Ex1	Be1	Be2
1	26.2 (29.4)	17.1 (22.7)	15.6 (19.2)
2	26.7 (30.1)	11.3 (16.5)	21.6 (25.1)
3	15.7 (20.0)	6.6 (9.9)	21.2 (25.3)
4	22.8 (26.5)	6.7 (10.4)	9.8 (12.7)
5	14.8 (19.2)	-	9.2 (12.5)
平均	21.2 (25.0)	10.4 (14.9)	15.5 (19.0)
変動係数(%)	23.9 (18.4)	41.2 (35.0)	34.4 (29.7)

次に速度、加速度について検討する。着陸動作中の最大速度、最大加速度を求め、表2、3に示す。熟練者と初心者の間に大きく速度の値が異なることはない。最大速度のばらつきは、当然のように熟練者が小さい。最大加速度においても同様の傾向が得られる。

表2. z軸方向の1200mm-500mmまでの機体の最高速度

試行回数	Ex1	Be1	Be2
1	-341	-345	-388
2	-378	-314	-360
3	-368	-337	-367
4	-388	-387	-429
5	-387	-	-366
平均	-372	-346	-382
変動係数(%)	-4.6	-7.7	-6.6

表3. z軸方向の1200mm-500mmまでの機体の最大加速度

試行回数	Ex1	Be1	Be2
1	-13900	-9000	-18500
2	-15800	-10300	-14600
3	-15700	-12700	-15400
4	-14500	-13800	-15900
5	-13900	-	-18400
平均	-14800	-11500	-16600
変動係数(%)	-5.6	-16.3	-9.7

また、自動操縦に入る直前の速度について調べた。速度の大きさは最大速度より、約100mm/secほど小さい値であった。変動係数については、熟練者の方がばらつきが大きいという結果が見られた。これはそれぞれの試行において最適な自動操縦突入速度を選んでいることを意味しているのではないかと考えられる。今後はさらに下降時のドローンの揺れ、ふらつきなどがあるかどうかを検討していく、熟練者と初心者の違いを明らかにして、ドローンパイロット技術の習得のための教育システム開発に繋げていく予定である。

参考文献

- 1) Akihiko GOTO, Naoki SUGIYAMA, Tomoko OTA: Human Factors in Robots, Drones and Unmanned Systems, Vol. 93, pp.68-75, 2023.
- 2) 藤原大悟: コンピュータ・サイエンス&テクノロジ専門誌, Vol. 48, No. 9, pp.83-86, 2022.
- 3) 鈴木英男: 東京情報大学研究論集, Vol. 22, No. 1, pp.123-131, 2018.
- 4) 久保大輔: 計測自動制御学会誌, Vol. 56, No. 1, pp.12-17, 2017.

音声アシスタントの使用が視覚的注意に及ぼす影響

The influence exerted by the use of a voice assistant on visual attention.

○劉津帆*, 木村司*, 川島朋也**, 篠原一光*

*大阪大学大学院人間科学研究科 **金沢工業大学情報フロンティア学部

LIUJINFAN*, Kimura Tsukasa*, Kawashima Tomoya**, Shinohara Kazumitsu*

* Graduate School of Human Sciences, Osaka University

**College of Informatics and Human Communication, Kanazawa Institute of Technology

1. 背景・目的

ドライバーの注意散漫は、交通事故の重大な原因と認識されている。その問題を軽減する方法の一つとして車載音声アシスタントの利用がある。運転中、ドライバーは前方を注視し続ける必要があるため、タッチスクリーンを操作したり、画面上の情報を閲覧したりすることができない。しかし音声アシスタントは音声による操作や情報提供を利用することができ、前方への注視を妨害しないため、現在でも多くのユーザーが使用している。米国では2020年1月時点での1億2970万人のユーザーが運転中に音声アシスタントを利用しておらず、2018年9月から13.7%増加している¹⁾。しかし、現在の音声アシスタントの認識率は100%ではなく、その結果、機器の無返答、誤応答や理解不能など、ユーザーが望まない応答が発生することがある。41%のユーザーは、現在の音声アシスタントのパフォーマンスが自分のニーズと好みを正確に理解できないと考えている²⁾。このような問題が発生した時、ドライバーはコマンドを再度試みたり問題を解決しようとしたりして、その結果ドライバーの注意が逸れ、事故リスクを増加させる可能性がある。

本研究では、音声アシスタントの実行に対する無反応、誤応答、理解不能といった音声アシスタントの誤動作による望ましくない応答が与えられることで、使用者の視覚的注意機能にどのような影響が生じるかを実験室内で検討した。

2. 方法

2-1 実験参加者

大阪大学人間科学研究科の学生21名（男性6名、女性15名）の協力を得た。参加者は全員裸眼もしくは矯正で正常な視力を有していた。

2-2 実験課題

主課題と副次課題からなるタスクを参加者に与えた。主課題は複数オブジェクト追跡課題（Multiple

Object Tracking : MOT）³⁾であった。この課題では画面に8つの白い円を表示し、その中から4つの円を赤く点滅させ、ターゲットとして指定した。ターゲットの指定後、提示されているすべての円が不規則な運動を開始した。この運動は18秒間続き、その後、参加者は追跡した4つのターゲットをマウスのクリックにより選択することが求められた。最後に参加者の反応に対する正答数のフィードバックが提供された。

副次課題は音声アシスタントの操作であった。実験参加者はMOT課題で円が不規則な運動を行っている間、音声アシスタントに計算問題を口頭で質問し、その回答を確認した。

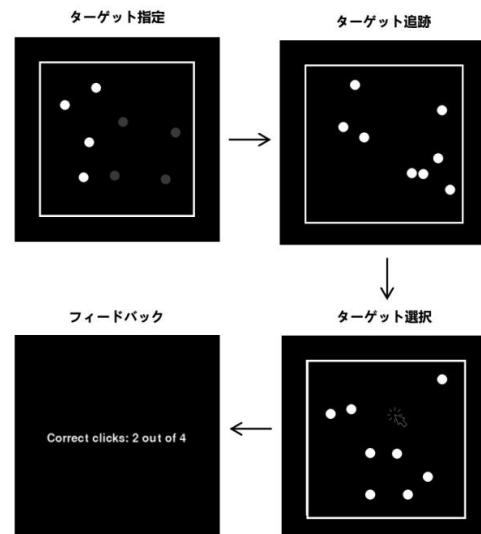


図1 Multiple Object Tracking (MOT)課題

2-3 実験手順

課題が始まるとき、黒色背景の画面に計算結果が1桁になる加減算の式が提示され、実験参加者は式を記憶した。次にターゲット指定画面で表示される白い円の内、4つが赤色に点滅し、実験参加者はこれら4つをターゲットとして記憶した。そしてターゲット追跡画面では画面上で動くターゲットを追跡し、

途中で質問発声の指示音(1回目)が提示された後、実験参加者は課題冒頭で記憶した式を音声アシスタントに質問した。この質問に対する音声アシスタントからの応答として4種類の応答のいずれかが行われた(正常応答、誤応答、無応答、理解不能)。また、途中で指示音が提示されず音声アシスタントへの質問をしない試行をベースラインとした。実験参加者はフィードバックが誤応答、無応答、理解不能の場合、2回目の質問発声指示音の後にもう一回式を質問した。最後に、音声アシスタントが正しいフィードバックを返答した。

1ブロックは、正常応答が14回、誤応答、無応答、理解不能が各2回、質問なし(ベースライン)が3回の計23回で構成され、参加者は全部で5ブロックを実施した。

3. 結果

全ブロックを平均した MOT 課題の正答率を図2に、各ブロックでの正答率を表1に示した。MOT 課題の正答率について、応答条件(正常応答、誤応答、無応答、理解不能、ベースライン)とブロック(1~5)を要因とする2要因参加者内分散分析を行った。その結果、応答条件とブロックの主効果はどちらも統計的に有意であった(応答条件: $F(4,80)=8.827, p < .001, \eta_p^2 = .306$; ブロック: $F(4,80)=3.961, p = .005, \eta_p^2 = .165$)。交互作用は有意ではなかった($F(8,150)=1.325, p = .239, \eta_p^2 = .062$)。

応答条件間で多重比較を行ったところ、ベースラインでの正答率は誤応答、理解不能、および無返答での正答率よりも有意に高く、正常反応での正答率は理解不能よりも正答率が有意に高かった($p < .05$)。ブロック間での多重比較の結果、ブロック5の正答率はブロック1よりも有意に高かった($p < .05$)。

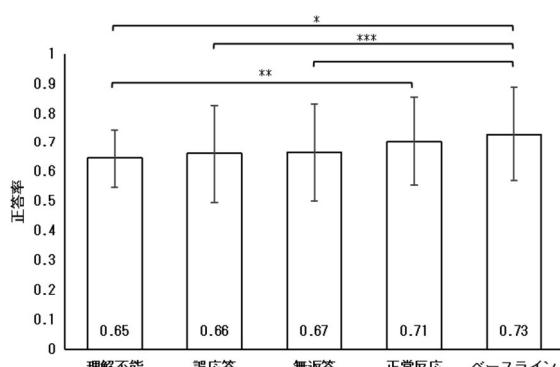


図2 各応答条件の MOT 課題の正答率。

表1 各ブロックにおける正答率

	1	2	3	4	5
平均	0.65	0.69	0.69	0.67	0.71
SD	0.16	0.15	0.15	0.16	0.15

4. 考察

本研究では、音声アシスタントからの応答の内容が MOT 課題の正答率へ与える影響を比較した。音声アシスタントが正しく機能する場合(正常反応)と、音声アシスタントへの指示をしない場合(ベースライン)との間で MOT 課題の正答率への有意な差は見られないことから、音声アシスタントを使用することは視覚的注意に対して妨害的影響を及ぼさないと考えられる。一方、応答が誤っている、指示が理解できない、または無返答という音声アシスタントの誤動作が発生した場合には、MOT 課題の正答率はベースライン条件よりも低下した。この結果は、音声アシスタントの誤動作が注意を引き付け、MOT 課題に対して向けられる視覚的注意を減少させたことを意味しており、音声アシスタントの誤動作が運転者の視覚的注意を妨害する可能性があることを示唆する。ただし、試行を繰り返すことによって次第に正答率が高くなったことから、訓練により音声アシスタントの適切でない反応の影響を軽減できる可能性がある。

本研究の結果は、音声アシスタントの誤動作による交通事故のリスク増加の可能性を示唆し、音声アシスタントが確実に動作することの重要性を示唆する。

参考文献

- 1) Voicebotai.“In-Car Voice Assistant Consumer Adoption Report 2020”.<https://voicebot.ai/in-car-voice-assistant-consumer-adoption-report-2020>, (Accessed 2023-10-22)
- 2) Capgemini.“VOICE ON THE GO - How can auto manufacturers provide a superior in-car voice experience”.<https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/11/Report-%E2%80%93-Voice-on-the-Go.pdf>, (Accessed 2023-10-22)
- 3) Meyerhoff, H. S., & Papenmeier : Individual differences in visual attention: A short, reliable, open-source, and multilingual test of multiple object tracking in PsychoPy. Behavior Research Methods, 52(6), pp.2556–2566. (2020)

一般セッション2（C会場：A203室）

GS2 心理・ストレス

GS2-1 カラーマッチグラフは通常の折れ線グラフよりも解釈を促進するか

GS2-2 照明×音の融合環境における共感誘発と快適性の検討

OS2-3 UX カーブによるレトロな製品の魅力要因に関する分析

GS2-4 家電製品の操作マニュアルにおける動画の有効な利用方法についての検討

GS2-5 タブレット端末を用いた視線データによる心理的レジリエンスの推定：こどもへの適応に関する検討

カラー・マッチグラフは通常の折れ線グラフよりも解釈を促進するか Does the color-match graph facilitate interpretation more than a regular line graph?

○長谷川凌*, 川島朋也^{*1)}, 篠原一光*

*大阪大学大学院人間科学研究科

HASEGAWA Ryo*, KAWASHIMA Tomoya*, SHINOHARA Kazumitsu*

* Osaka University Graduate School of Human Sciences

1)現所属：金沢工業大学情報フロンティア学部心理科学科

目的

棒グラフと折れ線グラフは情報的に同等であるが、棒グラフでは折れ線グラフよりも正しい解釈が行われやすい可能性が示唆されている¹⁾。これは、棒グラフでは棒の色が凡例変数と視覚的なまとまり（チャンク）を形成し、x軸から伸びる棒がx変数とチャンクを形成する一方で、折れ線グラフでは線の色が凡例変数とチャンクを形成するがx変数とデータポイントを知覚的にグループ化するプロセスが存在しないことに起因すると指摘されている。この考えに基づき、この研究では折れ線グラフに装飾を追加してx変数とデータポイントのチャンクを形成するようにデザインしたカラー・マッチグラフ（図1）を開発することで、グラフ解釈の成績向上が試みられた。その結果、カラー・マッチグラフでは折れ線グラフよりも正しい解釈が行われる割合が高かった。この実験では、グラフ解釈時に実験参加者が考えていることをすべて発話する思考発話法が用いられていたが、思考発話には処理資源が消費される可能性が指摘されている²⁾。この処理資源の消費にはワーキングメモリ（Working memory: WM）が関係する可能性がある。WMとは言語理解や推論などの複雑な認知活動に必要とされる情報の一時的な貯蔵と処理を支える機構であり、利用可能な処理資源量は有限である³⁾。グラフ解釈においてもWMが関与することが指摘されている⁴⁾。これらのことから我々は、思考発話によってWMに追加の負荷がかかる一方で、カラー・マッチグラフの装飾がx変数とデータの対応付けを行うWMの負荷を減少させることでカラー・マッチグラフが解釈を促進する可能性を考えた。そこで、本研究では思考発話なしの状態でカラー・マッチグラフと折れ線グラフの解釈成績を比較することに加え、実験参加者のWM容量（Working memory capacity: WMC）を測定し、各グラフの解釈成績とWMCとの関連を検討した。

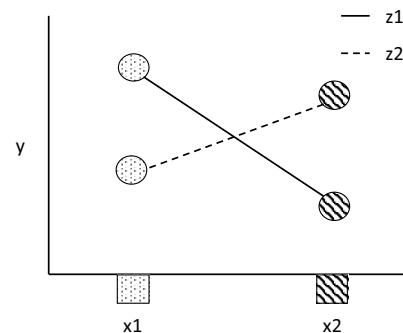


図1 カラー・マッチグラフの例

方法

実験参加者 日本語を母語とする大学1年生または2年生40名（男性22名、女性18名、平均年齢19.2±0.86）が参加した。

課題 グラフ解釈課題では先行研究¹⁾で使用されたグラフを日本語に翻訳し、使用した（<https://osf.io/ymab9>）。グラフ条件（折れ線/カラー・マッチ）は参加者間要因であった。また、WMCの測定にはオペレーションスパンタスク（Operation Span Task: OST）とシンメトリースパンタスク（Symmetry Span Task: SST）を用いた⁵⁾。

手続き 最初に実験参加者は正常な色覚を有しているかを測定された。すべての実験参加者はグラフ解釈課題を行ってからWMスパン課題（OSTとSST）を行った。グラフ解釈課題では、グラフの一つが提示され、参加者はグラフを見て沈黙しながら内容を理解することが求められた。参加者はグラフ内容をすべて解釈したと思った時点でキーを押して解答画面に移り、解釈した内容を時間無制限で口頭で説明した。この内容を6種類のグラフそれぞれで実施した。その後、WMスパン課題2種（OST, SST）を行った。OSTはアルファベットの子音を提示された順に記憶することと、簡単な計算課題の正誤判断を交互に行う課題であった。SSTは4×4の白色のマスの中に現れた赤色のマスの位置と表示された順番を覚えるこ

とと、 8×8 の白と黒のマスで表現された図形が線対象であるかの判断を交互に行う課題であった。

結果

グラフ解釈課題の採点は実験者とボランティアの2名によって行われた。参加者の発言内容がすべてグラフ通り、かつその発言内容からグラフパターンが再現できる場合を完全な正答(1点)とした。Metric-x(z変数の1つの水準がx-y関係に与える影響への言及)とMetric-z(x変数の1つの水準がz-y関係に与える影響への言及)の両方の説明があることを完全な正答の必要条件とした⁶⁾。もし参加者の説明がいずれか一方のみであった場合、その内容が正しければ0.5点が与えられた。さらに6つのグラフのうち2つは線のパターンが平行であったためそれを説明する必要があり、これら2つのグラフにおいてMetric-xとMetric-zの説明のみであった場合は、0.8点が与えられた。得点計算後、得点に対するグラフ条件の違いによる成績の差について、Mann-WhitneyのU検定を行った。その結果、カラーマッチグラフ条件($M = 4.33$, $SD = 1.05$)が折れ線グラフ条件($M = 3.57$, $SD = 1.23$)よりも有意に得点が高かった($U = 272.5$, $p = .020$, $r = .37$)。

完全な正答でなかった場合のエラーを分類し、エラーパターンの割合に対して母比率の差の検定を行ったところ、「Metric-zの不足」のエラーは折れ線グラフ条件よりもカラーマッチグラフ条件で有意に低くなっていた($\chi^2 = 4.07$, $df = 1$, $p = .044$)。

各参加者のOSTとSSTの得点を順序尺度とし、それぞれの得点とグラフ解釈の得点の間でスピアマンの順位相関係数を求めた。その結果、折れ線グラフ条件とOST, SSTの順位相関係数はいずれも有意ではなく($r_s = .069$, $p = .778$; $r_s = .090$, $p = .714$)、カラーマッチグラフ条件とOST, SSTの順位相関係数もいずれも有意ではなかった($r_s = -.204$, $p = .387$; $r_s = .108$, $p = .650$)。

考察

実験の結果、思考発話を行わなかった場合においても先行研究¹⁾と同様にカラーマッチグラフ条件が折れ線グラフ条件よりも解釈得点が高くなった。一方、グラフ解釈とWMCの関係は示されなかった。これらの結果は個人のWMCにかかわらず、カラーマッチグラフの装飾の効果によってグラフ解釈が促進さ

れることを示唆する。ただし、解釈得点とWMCの間で相関が見られなかったのは、グラフ解釈にWMが関与しないのではなく、 2×2 の二要因交互作用グラフの解釈に対してはWMCが低い者でもWM資源に余裕があったためである可能性が考えられ、より複雑なグラフでは解釈成績とWMCの相関がみられる可能性がある。また、「Metric-zの不足」のエラー割合が折れ線グラフよりもカラーマッチグラフ条件で低くなっていたことから、実験参加者はカラーマッチグラフでは折れ線グラフよりもx変数の各水準とデータポイントを対応づけやすかった可能性が示唆された。以上より、カラーマッチグラフで解釈成績が高くなるのはWM負荷軽減によるというよりは、折れ線グラフで無視される傾向が高いx変数に着目した解釈を促進することによるものであることが示された。

参考文献

- 1) Ali, N., & Peebles, D.: The effect of gestalt laws of perceptual organization on the comprehension of three-variable bar and line graphs. *Human factors*, vol. 55, No. 1, pp. 183-203 (2013).
- 2) Russo, J. E., Johnson, E. J., & Stephens, D. J.: The validity of verbal protocols. *Memory & Cognition*, vol. 17, pp. 759-769 (1989).
- 3) Baddeley, A.: *Working memory, thought, and action*. Oxford, UK: Oxford Univ. Press. (2007).
- 4) Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S., & Parasuraman, R.: *Engineering psychology and human performance*. Psychology Press. (2015).
- 5) Oswald, F. L., McAbee, S. T., Redick, T. S., & Hambrick, D. Z.: The development of a short domain-general measure of working memory capacity. *Behavior research methods*, vol. 47, pp. 1343-1355. (2015).
- 6) Peebles, D., & Ali, N.: Differences in Comprehensibility Between Three-Variable Bar and Line Graphs. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, vol. 31, No. 31, pp. 2938-2943. (2009).

照明×音の融合環境における共感誘発と快適性の検討

Examination of empathy induction and comfort in an environment that combines lighting and sound

○森光隼平*, 石亀篤司*, 中田悠斗*, 中島諒太*, 栗原巧**, 片桐眞子***
 *大阪公立大学 **大阪府立大学 ***（地独）大阪産業技術研究所

MORIMITSU Junpei*, ISHIGAME Atsushi*, NAKATA Yuto*, NAKAJIMA Ryouta*, KURIHARA Takumi**, KATAGIRI Mako***

*Osaka Metropolitan University, **Osaka Prefecture University,
 *** Osaka Research Institute of Science and Technology

1. はじめに

アフターコロナへの転換に伴い、対面環境の重要性が再評価されている。これは相手とのやり取りから相互理解を深めることができ、イノベーションの創成に不可欠だという考えに基づいている。これより今後の社会において、相互共感を高める快適空間が望まれる。その為に適切な環境構築から、非言語情報を活用したコミュニケーションの活性化とストレスを緩和させることが必要となる。

一方これまでの快適性研究では、個人における集中度などの観点から快適さを評価してきており、集団を考慮したものは少ない。また実験環境については五感いずれかによる単体刺激を付与してきたが¹⁾、実際の生活では複数の五感刺激を受けながら作業を行う。

そこで本研究では、同期現象を利用することで相手との相互作用を考慮した共感を評価する。また実験環境をより実生活へ近づける為、五感の中でも特に感情の変化に大きな影響を与える視覚と聴覚の融合環境を提示する。実験では、心拍及び脳波による生体指標と主観評価から同期現象と快適性を解明する。これより今後の空間に必要な、相手との共感を生み出し快適さに繋げる環境を検討することが本研究の目的である。

2. 実験概要

実験環境を図1に示す。今回は視覚刺激である照明、聴覚刺激である音について快×快（条件①）、不快×快（条件②）、快×不快（条件③）、不快×不快（条件④）の順番で提示した。なお照明は、クルイトフ曲線²⁾を参考に照度と色温度を表1のように組み合わせた。音については、実験前にそれぞれの被験者で表1の音楽ジャンルに関する安心度のアンケートをとり、その結果をもとに選定し提示した。実験に使用する音

楽の音量は、実験室の暗騒音 45~50dB(A)に考慮して、不快に感じないよう約 65dB(A)で提示した。

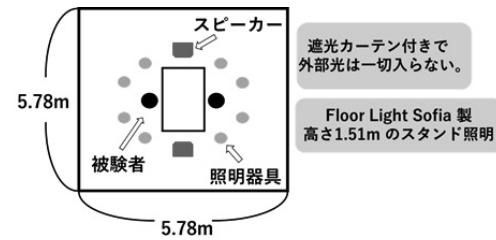


図1 実験環境

表1 照明、音の条件

条件	照度	色温度	音楽ジャンル
快	350lx	3500K	ジャズなど
不快	750lx	5500K	家庭音など

対象は、2人を1ペアとした計10ペア分を被験者とした（いずれも20代男性）。全てのペアは条件①②③④の順番で図2に示した実験手順で行った。

1分	1分	3分	3分	3分	1分
条件変更	安静	読書	同期誘発作業	安静	アンケート

図2 実験手順

なお同期誘発作業は、相手の瞬き・手拍子の回数＆リズムを真似し、その後被験者二人が共通の動画と音に注意を向ける共同注意作業を行った。

3. 評価指標

同期現象は、渡辺らが提案した生体計測値の相関分析から解明を行った³⁾。具体的には、心拍変動のRR間隔（RRI）に注目し、RRIの絶対値が50msを超える割合を示す副交感神経指標pNN50(%)を用いた。式(1)のように値を取得し、被験者2人の推移を30秒ごとに相関係数rとして算出することで評価した。

$$pNN50_t = \frac{\{(l_{t-30} - l_{t-1}) \geq 50ms\}}{n} * 100 \quad (1)$$

(t :時刻, l : RRI の絶対値, n :30 秒間の拍動数)

一方快適性評価は、生体情報から Russel 円環モデルを用いて感情推定をした⁴⁾。このモデルは、X 軸を快・不快、Y 軸を覚醒・眠気とした二次元座標軸の 4 象限に感情を配置している。今回 X 軸は、心拍の RR 間隔をローレンツプロット解析し得られる副交感神経機能指標 CVI (cardiac vagal index)、Y 軸を脳波の周波数解析から得られる覚醒度指標 β/α として、測定値からモデルへ座標プロットする。ただし、原点が被験者の平均値に、軸の範囲が -0.5~0.5 になるように心拍・脳波の測定値調整を行った。また RAS(Roken Arousal scale)主観アンケートを用いて、疲労・覚醒状態を 7 段階に分けて定量化した。有意差検定には、多重比較 Shaffer 法を用いた。

4. 実験結果

4-1. 同期現象

各条件で、被験者間の pNN50 による相関係数 r が 0.4 より大きい時間帯をマークしたものを図 3 に示す。作業を課した 60~420s の時間帯で①快×快が他 3 条件よりもマーク数が多くなった。これより視覚・聴覚の快適刺激の組み合わせが被験者間の同期を誘発し共感を促したと考えられる。

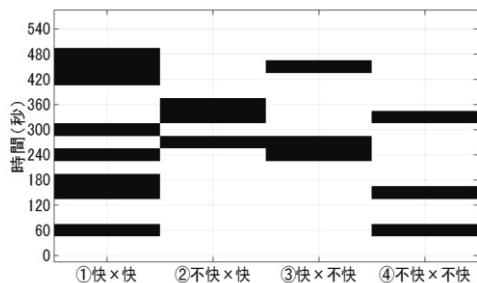


図 3 同期度の傾向

4-2. 生体計測による快適性評価

心拍及び脳波計測による Russel 円環モデルの結果を図 4 に示す。条件①は positive な感情を表す第 I・IV 象限に集まったのに対し、条件④は negative な感情を示す第 II 象限に集まつたことが分かる。また条件②・③を比較すると、②の方が positive かつ覚醒度合いが低い感情を示し、照明の不快刺激を音の快刺激が効果的に緩和したと考えることができる。

4-3. 主観評価による快適性評価

RAS アンケートの結果（図 5）から、主観的な側面でも、快同士の融合環境が不快同士よりリラックスを促した。また、条件②では④より有意にストレスが緩和され、条件③では①より有意に意欲が減退した。

これより positive な主観感情の誘発には、照明より音の快環境が影響を及ぼしたと考えられる。

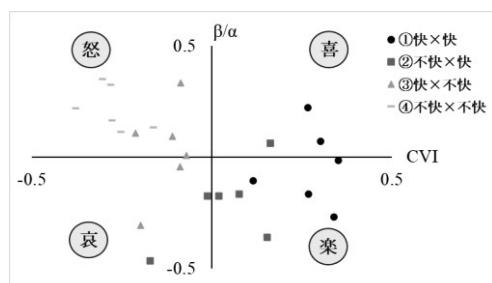


図 4 Russel 円環モデル結果

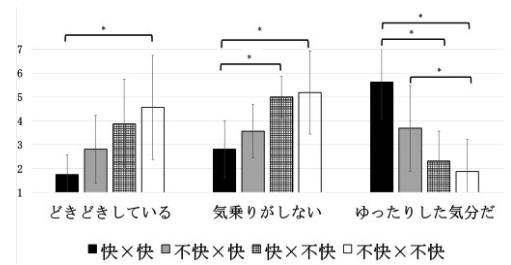


図 5 主観アンケート結果

5. おわりに

照明×音における融合環境の快・不快の組み合わせで、相互関係を考慮した共感誘発と快適性に傾向があることが、生体指標と主観評価の観点から確認された。一方で現時点では、被験者数と実験条件の少なさなどが課題として挙げられる。今後はこれらの課題に取り組みながら、同期度と快適度の関係をモデル構築から明確化することで、実生活に応用できる環境システムの構築に繋げていきたい。

参考文献

- 1) 平井, 三木, 伊藤, 川村, 川合: “照明の色温度が心拍変動に与える影響の検証”, 照明学会東京支部大会講演論文集, Vol.41, pp.27-28 (2019)
- 2) T. Liu, T. Yuizono, Z. Wang, H. Gao: “The Influence of Classroom Illumination Environment on the Efficiency of Foreign Language Learning”, Appl. Sci., Vol. 10(6), 1901 (2020)
- 3) 渡部, 大久保: “コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価”, 情報処理学会論文誌, Vol.39, no.5, pp.1225-1231 (1998).
- 4) Y. Ikeda, R. Horie, M. Sugaya: “Estimating Emotion with Biological Information for Robot Interaction”, Procedia Computer Science, Vol.112, pp. 1589–1600 (2017)

UX カーブによるレトロな製品の魅力要因に関する分析

Analysis of the attractiveness factors of retro products by using UX curve

○村田三実*, 土井 俊央**

*大阪市立大学生活科学部 **大阪公立大学生活科学研究所

MURATA Minori *, DOI Toshihisa**

* School of Human Life and Ecology, Osaka City University, ** Graduate School of Human Life and Ecology, Osaka Metropolitan University.

1. はじめに

近年、若者の間で“レトロブーム”が起きている¹⁾。ノスタルジアを感じる色合いやイラストを用いた新商品、本論で扱う「使い捨てカメラ」を含む昔懐かしい商品など流行の対象は様々である。従来のレトロな製品の多くは過去に使用経験のある中高年層の再購買を狙ったものが殆どであったが、近年では使用経験のない若者に対して人気がある²⁾。本研究ではそのような若者世代の“レトロブーム”に着目し、レトロな製品の魅力要因を探ることを目的とした。レトロな製品の魅力要因を探索し、将来的に新商品のデザインに応用することを最終目標とする。なお、本研究は著者らが日本人間工学会第64回大会で報告した予備的検討³⁾の続報にあたる。

2. 方法

本研究では、実験参加者にレトロな製品を実際に利用してもらった。本研究で採用する“レトロな製品”は、以下の条件を満たすものとした。

- ・過去に一般的に普及していたが、技術的に進化した同機能（目的）の製品の登場により純粋な機能性の観点からは広く使用されなくなったもの。
- ・製品の未経験者（もしくは経験が極めて少ないもの）であっても、その利用における一連のインタラクションにおいて、ノスタルジアなど機能性以外の魅力を感じることができるもの。

以上の条件を満たす製品として、「使い捨てカメラ（富士フィルム、写ルンです）」、「コーヒーミル（ニトリ、コーヒーミル SC-0202）」、「ガラスペン（テグニング、ガラスペン セット）」を選定し、UX カーブを用いてユーザエクスペリエンス分析を行った⁴⁾。

実験参加者は、「レトロな商品に興味がある」と回答した大学生18名（18~22歳、 21.1 ± 1.0 歳）とし、各製品に対して6名ずつ割り当てた。

実験参加者には、まず各製品を体験してもらった。

使い捨てカメラの実験では2週間に自由に製品を使い、現像まで完了してもらった。2週間の利用完了後にUX カーブ等を作成するための調査票への回答を求めた。また利用前に以下の3つ質問を起点に半構造化インタビューを行った。

- A1. 使い捨てカメラについてどういう印象があるか。
- A2. 使い捨てカメラを使うにあたって楽しみなことはあるか。
- A3. 使い捨てカメラを使うにあたって心配事はあるか。

さらに体験中の2週間に日記法を実施し、毎晩以下の質問に回答する形で日記を書いてもらった。

- B1. 使い捨てカメラに関することで、今日はどんなことをしたか。また、どんなことを思ったか。
- B2. 使い捨てカメラに対する今日の満足度(10段階評価)

コーヒーミルの実験は実験室で実施した。コーヒー豆を選んで豆を挽き、コーヒーを淹れてもらった。コーヒーを飲んだ後に、調査票を記入してもらった。ガラスペンの実験も実験室で実施した。好みの便箋を選んで自由に手紙を書き、後片付けが完了した後に、調査票を記入してもらった。

いずれの製品も利用開始前に、これまでの利用経験の有無、利用経験がある場合には利用回数・使用頻度、利用経験がない場合にはその理由を記入してもらった。また利用前の期待度(10段階評価)への回答を求めた。そして利用完了後には、UX カーブの作成にあたって体験中の感情の時系列的な起伏を表す曲線とグラフ中の具体的なエピソードを記述してもらった。また体験を通してレトロな魅力を感じたか、魅力を感じた点、総合満足度(10段階評価)，今後もこの製品を利用したいと思うか(10段階評価)について回答を求めた。

またコーヒーミルおよびガラスペンの実験では、実験参加者が製品を体験している様子をビデオ撮影

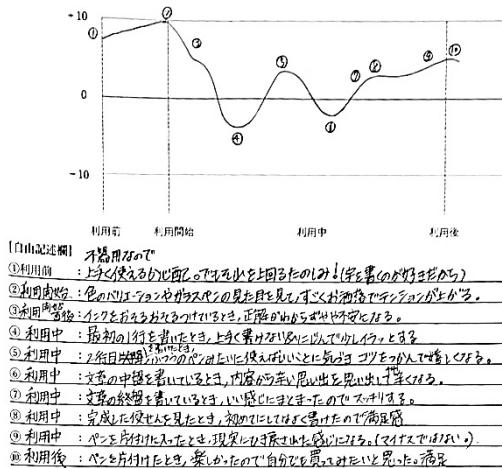


図 1 UX カーブ・自由記述欄の例

した。体験後は、実験参加者にビデオを見ながら UX カーブを作成してもらい、回顧的に製品の魅力を評価してもらった。

UX カーブでは、記述したカーブのピークにポジティブな理由を書く者とネガティブな理由を書く者がいたので、必要に応じてインタビューを行い、カーブに影響を与えた要因を把握した。

実験終了後、UX カーブの起伏や自由記述・インタビュー結果から、製品の魅力に影響している要因を抽出・グループ化した。

3. 結果・考察

「レトロな魅力を感じたか」という質問に対しては、実験参加者全員が「はい」と回答した。また、実験参加者に記載してもらった UX カーブの代表的な結果を図 1 に示す。さらに、実験参加者から得られた結果をまとめたものを表 1 に示す。結果から抽出した要因に対し、製品の魅力度に対してプラスに働いている要因をキーワード(+)、マイナスに働いている要因をキーワード(−)として分類した結果、「手間・制限・時間を要する・面倒さ・不均一さ・不便さ」等の一般的にはネガティブに捉えられるこ

とが多い要素がキーワード(+)に含まれる結果となった。この結果から、若者の間でレトロな製品が人気なのは、最新の製品では「利便性を追求するために省かれてきた要素」が関連していると考察される。一方で、「制限・面倒さ」がキーワード(−)として見られる例もあったため、実験参加者の個人差や状況によって変化すること示唆される。

本研究では若者世代の“レトロブーム”に着目し、レトロな製品の魅力要因を探ることを目的とした。使い捨てカメラに関する古谷らの研究では定量的な分析がされており、「負荷」は製品の魅力に関してネガティブな影響を与える結果となっていたが²⁾、本研究で定性的な実験を行ったことでポジティブな影響が確認された。また、この結果は「不便益」⁵⁾という考え方とも類似する点があると考えられる。

参考文献

- 1) 水師裕. 若者のレトロ消費とブランド・マネジメント～「記憶システムとしてのブランド」の視点から～. 明治安田総合研究所. viewpdf.php (myri.co.jp). 2023/10/09.
- 2) 古谷奈菜, 田村高志, 他. 若者のレトロ商品における利用動機に関する研究—使い捨てフィルムカメラを対象としたノスタルジアと新奇性からの検討—. プロモーション・マーケティング研究. 2019, 12, p. 7-21.
- 3) 村田三実, 土井俊央. レトロな魅力を感じる製品利用におけるユーザエクスペリエンス分析, 日本人間工学会第 64 回大会, 2023, P2E1-08.
- 4) Kujala, S.; Roto, V. et al. UX Curve: A method for evaluating long-term user experience. Interacting with Computers, 2011, 23(5), p. 473-483.
- 5) 影山友章. ポスト・スマート時代のプロダクトデザインワーク (JIDA 不便益学生コンペを例に) . 計測と制御. 2021, 60(12), p. 875-879.

表 1 結果のまとめ

	キーワード (+)	キーワード (-)
使い捨てカメラ	新鮮さ・楽しさ・面白さ・手間・味の良さ・懐かしさ・制限・質感・色味	制限・面倒さ
コーヒーミル	ワクワク感・見た目・心地よさ・手間・時間を要する・音の良さ・楽しさ・達成感・向上心・懐かしさ・安心感・新鮮さ	不安・心配・面倒さ・難しさ・残念・緊張・疲労感・
ガラスペン	ワクワク感・見た目・心地よさ・質感・手間・期待感・習得する楽しさ・音の良さ・すっきり感・満足感・面倒さ・不均一さ・使用方法の多様さ・新鮮な驚き・不便さ	不安・面倒さ・心配

家電製品の操作マニュアルにおける動画の有効な利用方法についての検討

Investigation of effective use of video movies for operation manuals of home appliances

○山本彩智*, 土井俊央**, 濑戸大地***, 清水義孝***

*大阪市立大学 **大阪公立大学 ***株式会社クレストック

YAMAMOTO Sachi*, DOI Toshihisa**, SETO Daichi***, SHIMIZU Yoshitaka***

*Osaka City University, **Osaka Metropolitan University, ***CRESTEC Inc.

1. はじめに

製品マニュアルはユーザが正しいメンタルモデルを構築する事を支援し、製品を安全かつ効果的に使用するために重要な役割を果たす。しかし、誤使用に起因する製品事故は多く発生している¹⁾。この原因の一つとして、マニュアルを読んでいてもきちんと理解ができないことによって、正しいメンタルモデルを構築できていないという点がある。

メンタルモデルには、手順や機能のように“How to use it”を理解するための Functional model と、動作原理や構造のように“How it works”を理解するための Structural model に分類されるが²⁾、既存のマニュアルの多くが Functional model に対応した操作手順や安全注意文の説明に紙面の多くを割いており、Structural model の構築を支援する動作原理や構造についての説明が不足しているとの指摘もあり³⁾、Structural model の構築を支援する動作原理の概念を説明することが、ユーザに正しいメンタルモデルを構築してもらうために有効であると考えられる。

また昨今、動画による製品マニュアルが増加している。操作手順については動画による説明が有効な可能性が示唆されているが、しくみの概念説明における効果や有効な活用方法については十分な知見がない。こうしたことから本研究では、誤使用による事故が多い電子レンジを対象として、Structural model に対応する「しくみの概念情報」と Functional model に対応する「具体的な操作手順」の 2 つを伝える際に紙及び動画をどのように用いるのが有効であるのか調査することを目的とした。

2. 方法

実験では、操作マニュアルにおける「しくみの概念情報（Structural model に対応した情報）」と「具体的な操作手順（Functional model に対応した情報）」の 2 つについて、紙・動画をどのように使うのが有効であるかを調査した。実際に電子レンジを操作する場面において、マニュアルの提示内容の違いによ

るユーザのメンタルモデルの構築度合を比較した。実験参加者は電子レンジの利用経験のある 40 名（男性：10 名、女性：30 名、36.5 歳±14.3）とした。

実験ではまず操作する電子レンジについて学習してもらうために、条件ごとに異なる操作マニュアルの提示をした。その後、電子レンジの操作課題を行った。課題内容は、「冷えた肉まんを 1 つ温める」等の 3 点とした。操作課題では「電子レンジの手動機能を使い、必要に応じてラップや食器などを使って温めてください」と指示し、操作マニュアルを見返すことでも可能とした。利用可能な食器として、陶器などの電子レンジに対応している容器と、木製などの電子レンジでは使えない容器を複数用意した。

すべての課題が終了した後に、操作した電子レンジに対するメンタルモデルの構築度合を把握するための質問とマニュアルについての主観評価を行った。メンタルモデルの構築度合を把握する質問はユーザインターフェース操作におけるメンタルモデル構築度合を測定するために開発されたアンケート項目⁴⁾を本実験に適するように一部を修正して利用した 16 問を、主観評価については「分かりやすさ」などについて 4 問を、それぞれ 5 段階のリッカート尺度で答えさせた。またすべての実験が終了した後に、各条件 4 名ずつのみ一定期間経過後の電子レンジの理解度を調べるために理解度テストを実施した。理解度テストは、Structural 情報に対応する動作原理について（例：電子レンジは何を含んでいる食品を温めますか？）と Functional 情報に対応する注意すべき食材（例：電子レンジによって加熱すると破裂する恐れのある食品は何ですか？）の 2 つの観点について行った。動作原理についての理解度テストは記述式の全 3 問で、注意すべき食材についての理解度テストは選択式の全 3 問とした。実験の初めに提示した操作マニュアルは、しくみの概念情報（Structural 情報）と具体的な手順（Functional 情報）をそれぞれ

紙、動画の2水準で組み合わせた4条件とした。

3. 結果

図1にメンタルモデル構築度合の条件ごとの平均値を示す。二元配置分散分析、単純主効果検定を行った結果、Structural情報を紙で提示した条件では、Functional情報を紙よりも動画で示した方が、メンタルモデルの構築度合が有意に高くなっていたが ($p<0.05$)、Functional情報を紙で示した条件の場合は、Structural情報は紙よりも動画で示した方が、メンタルモデルの構築度合が高くなっていることが分かった ($p<0.01$)。また、4つの条件の中でStructural情報、Functional情報ともに紙で示した条件が最もメンタルモデル構築度合が低いことが分かった。

次に、主観評価について述べる。主観評価項目ごとに一元配置分散分析を実施したところ、いずれの項目でも、条件間での有意差はないことがわかった。

また理解度テストについて平均値を比較すると(図2)、加熱原理の観点についてはStructural情報を紙で示した条件の方が動画で示した条件よりも高い傾向が見られた。注意点の観点では、Structural情報を動画、Functional情報を紙で示した条件が最も平均値が高い結果となり、4つの条件の中でStructural情報、Functional情報ともに紙で示した条件が最も低い平均値となった。

4. 考察

まずメンタルモデル構築度合の結果から、どちらの情報についても動画で示すよりも、動画による説明が、Structural情報かFunctional情報のどちらかにおいて使用されていることで、他の条件よりメンタルモデルを構築しやすいことが示された。従来の紙によるマニュアルをすべて動画に置き換えることが有効とは言えず、一部の情報において動画を活用することが、ユーザに正しいメンタルモデルを構築してもらうために効果的だと考えられる。

また、主観評価の結果において、いずれの項目でも有意差はなかったことから、ユーザにとって説明内容が同じであれば、分かりやすさ等のマニュアル内容についての自己評価には差は見られないと考えられた。

一定期間経過後の理解度テストにおいては、まず加熱原理においては動画よりも紙で示した方が平均値は高くなってしまい、Structural情報の理解度の定着度合は、動画よりも紙が有効であると考えられる。また注意点の観点では、Structural情報を動画で示し、

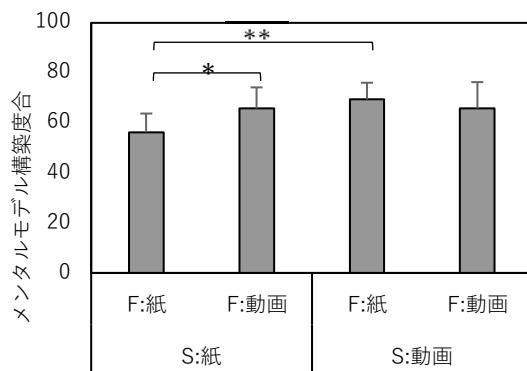


図1 メンタルモデル構築度合の測定結果

(**: $p<0.01$, *: $p<0.05$)

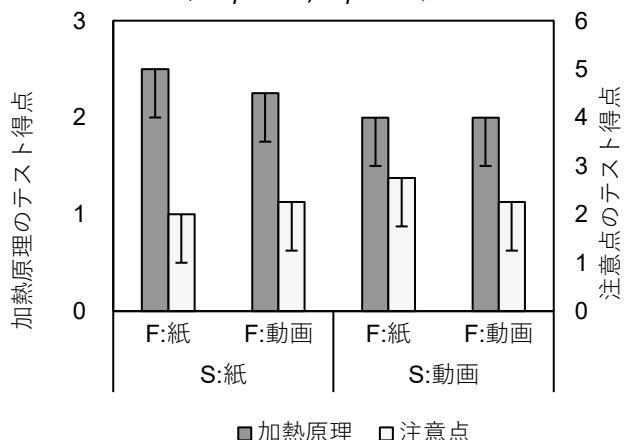


図2 理解度テストの得点

Functional情報を紙で示した条件が最も高い平均値となっているが、Functional情報を紙で示していてもStructural情報を紙で示すと、最も低い平均値になってしまっており、Structural情報の提示の仕方もFunctional情報についての理解度に影響を与えていていると考えられる。

参考文献

- 独立行政法人製品評価技術基盤機構: 身・守りハンドブック（誤使用防止ハンドブック）, <https://www.nite.go.jp/data/000107481.pdf> (参照日 2023年10月15日)
- J. Preece, Y. Rogers, D. Benyon, T. Carey, S. Holland, H. Sharp: Human-Computer Interaction, Addison-Wesley, 134-137, (1994)
- 清水義孝: メンタルモデルを更新する取扱説明書の役割, 第17回日本感性工学会春季大会, C000057C000057, (2022)
- 土井俊央 石原啓介 山岡俊樹: ユーザインターフェースにおけるユーザのメンタルモデル構築度合想定のためのアンケートの提案, デザイン学研究 60(4), 69-76, (2014)

タブレット端末を用いた視線データによる心理的レジリエンスの推定： こどもへの適応に関する検討

Estimation of stress resilience from eye-gaze data collected by a tablet terminal when performing a dot-probe task : Application to junior high school students.

○横田知宜*, 小谷賢太郎**, 鈴木哲**, 朝尾隆文**
*関西大学大学院理工学研究科 **関西大学

YOKOTA Tomoki*, KOTANI Kentaro**, SUZUKI Satoshi, ASAOKA Takafumi
*Graduate school of Kansai University, **Kansai University.

1. はじめに

近年、メンタルヘルスが注目されている。OECDが実施したメンタルヘルスに関する国際調査¹⁾によると、日本国内のうつ病などの状態にある人の割合は、2013 年の 7.9%に対し、新型コロナウィルスの流行後の 2020 年には 17.3%とおよそ 2 倍に増加している。加えて、国立成育医療研究センターによる令和 3 年度「コロナ×こどもアンケート」²⁾によると、中学生の 24%，高校生の 30%に中等度以上のうつ症状があったという結果が報告されている。これらの調査結果から、メンタルヘルスは社会的に大きな問題になっており、成人だけでなく、未成年に対しても、メンタルヘルス不調を未然に防ぐことが求められる。

メンタルヘルスの重要な課題である、ストレスへの脆弱性に関する個人差の理解に対して、近年は心理的レジリエンスという概念が注目されている。心理的レジリエンスは、ストレスを経験しても心理的な健康状態を維持する力と定義され、自記式アンケートにより測定されるが、恣意的な結果を排除するためには客観的な指標が必要である。客観的指標として視線計測に着目した。

本研究室での先行研究³⁾の大学生を対象とした視線データによる心理的レジリエンスの推定実験において、視線情報からある程度の心理的レジリエンス傾向の予想が可能とされている。しかし、先行研究⁴⁾では、心理的レジリエンス要因の一つにおいて、小学生から思春期にかけて平均値が大幅に低下し、大学生にかけて再び上昇する U 字型の曲線的变化を示すことが報告されている。すな

わち、大学生と中高生では心理的レジリエンスの特徴が異なる可能性があり、中高生に対して大学生と同様に、視線計測による心理的レジリエンスの推定が適応できるかどうかは不明である。

以上より本研究では、視線情報を用いて注意バイアスと心理的レジリエンスの関係を調査し、これらの手法のこどもに対する有効性の調査することを研究目的とした。

2. 実験

本実験では、中学生 15 名に実験参加者として協力していただき、全参加者の両眼の水平方向の視線データを取得した。実験は実験参加者と実験補助者の 2 名で実施し、実験補助者は全ての実験参加者に対して同じ説明を行った。

実験には、プログラムを実行する MacBook Pro と画像呈示用の iPad Pro を使用した。実験参加者の眼の位置とタブレット端末の距離は 35cm に固定し、安定した計測を行うために、顔の固定用のアゴ台を用いた。実験に用いた視線計測システムや画像呈示の管理などは、Swift を利用して Xcode で開発を行い、Apple が提供している ARKit などのフレームワークを活用した。

実験に用いる情動刺激画像は Karolinska Directed Emotional Faces database (KDEF)⁵⁾と The Geneva affective picture database(GAPED)⁶⁾から画像を選択して使用した。KDEF からは中立表情(Neutral), 幸せな表情(Happy), 怒り表情(Angry), 悲しい表情(Sad)を使用した。GAPED からは、中立画像(Neutral), ポジティブ画像(Positive), ネガティブ画像(Negative)を選択した。実験には、合計 60

枚 30 組の画像を使用し、これらの画像は必ず中立画像と感情画像のペアで呈示した。

実験開始直後、固視点が画面中央に表示される。固視点は 1.5 秒間呈示され、その後消失する。固視点消失後、固視点があった位置を挟んで左右にそれぞれ情動刺激画像が呈示される。2 枚の画像は 3.0 秒の間画面上に呈示され続けた後消失する。2 枚の画像が消失すると同時に、再度固視点が呈示され、以降この動作を繰り返した。また、タブレット端末による視線計測は、開始ボタンが押された瞬間に記録を開始し、全ての画像呈示が終了すると自動的に停止した。試行は全 32 回行うが、最初の 2 回はそれぞれ左右のキャリブレーション用に視線情報を取得するために行うため、画像を呈示する試行は計 30 回で 60 枚を使用した。

実験参加者には、固視点とその左右に呈示される画像以外へは視線を動かさないこと、左右に呈示される画像を必ず一度は目視することを指示した。実験参加者は左右に呈示された画像を任意に視線移動させながら観察し、全ての試行が終了した後、レジリエンスアンケートに回答した。

3. 解析方法

説明変数としては、実験から得た水平方向の視線情報から、注意バイアスを評価する 5 つの視線指標⁷⁾⁸⁾を取り出したものを使用した。5 つの視線指標は、最初のサッケード(First Fixation)、最初のサッケード滞留時間(Latencies)、最初のサッケード滞留時間(Dwell Time)、頻度(Frequency)、総時間(Viewing Time)であった。MATLAB によるこれらの視線指標の抽出方法については先行研究³⁾にて述べられている。

目的変数としては、先行研究⁹⁾¹⁰⁾にて作成された、レジリエンスアンケートを 2 種類用いた。精神的回復力尺度(ARS : Adolescent Resilience Scale)は、精神的な落ち込みからの回復を促す心理的特性である、精神的回復力を測定する尺度である。二次元レジリエンス要因尺度(BRS : Bidimensional Resilience Scale)は、個人の心理的レジリエンスはその人が有する様々な要因によって導かれるこ

とに着目し、持つて生まれた気質と関連の強い要因と、後天的に身につけていきやすい獲得的な要因があるとして作成された尺度である。これらはいずれも 21 項目の質問で構成され、1 ~ 5 の 5 段階で解答した。得点範囲は 21 ~ 105 点である。

4. 結果

本研究では、全ての説明変数間で VIF < 10 であったため、多重共線性は認められなかった。したがって、重回帰分析では、全ての変数を用いて解析を行なった。

本研究では、全ての説明変数の組み合わせを総当たり法で解析した。説明変数の組み合わせから、自由度調整済み決定係数 R^{*2} を考慮して最適な組み合わせを選出した。

目的変数が ARS の場合、 R^{*2} の最大値は 0.67 で、説明変数は First Fixation (x_1)、Latencies (x_2)、Viewing Time (x_5) を含むモデルとなった。標準誤差は 4.4 で、回帰式は式(1)のようになった。分散分析表を表 1 に、それぞれの変数の統計量を表 2 に示す。

$$\hat{y}_{ARS} = 83x_1 - 164x_2 + 50x_5 + 86 \quad (1)$$

目的変数が BRS の場合、 R^{*2} の最大値は 0.41 で、説明変数は Dwell Time (x_3)、Viewing Time (x_5) を含むモデルとなった。標準誤差は 7.8 で、回帰式は式(2)のようになった。分散分析表を表 3 に、それぞれの変数の統計量を表 4 に示す。

$$\hat{y}_{BRS} = -64x_3 + 121x_5 + 40 \quad (2)$$

図 1 にアンケートの ARS の値と、式(1)による推定値の関係、図 2 にアンケートの BRS の値と、式(2)による推定値の関係を示す。

表 1 分散分析表

	自由度	変動	分散	分散比	有意確率
回帰	3	445.7	148.6	7.7	0.013
残差	7	134.5	19.2	-	-
全体	10	580.2	-	-	-

表2 それぞれの変数における統計量

	係数	標準誤差	t値	p値
x_1	83	36.7	2.26	0.058
x_3	-164	78.3	-2.09	0.075
x_5	50	27.8	1.80	0.12
Intercept	86	44.0	1.95	0.093

表3 分散分析表

	自由度	変動	分散	分散比	有意確率
回帰	2	547.7	273.9	4.5	0.049
残差	8	487.2	60.9		
全体	10	1034.9			

表4 それぞれの変数における統計量

	係数	標準誤差	t値	p値
x_3	-64	46.1	-1.39	0.20
x_5	121	42.7	2.84	0.022
Intercept	40	28.7	1.40	0.20

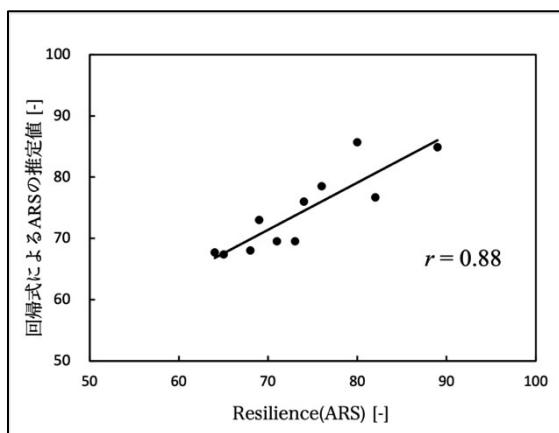


図1 ARSと回帰式による推定値の関係

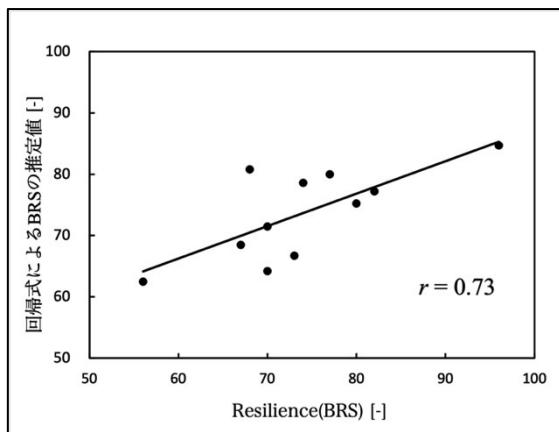


図2 BRSと回帰式による推定値の関係

5. 考察

5-1. 視線情報による中学生のレジリエンス推定

実験の結果として、回帰式の自由度調整済み決定係数 R^2 ² は ARS が 0.67, BRS が 0.41 であった。医療統計などの分野における回帰式の決定係数は 0.5 以上なら精度が良いとされており¹¹⁾、この基準で考えると、本研究の結果の ARS については基準を満たしたが、BRS については、0.5 には届かない結果となった。また、重相関係数についても、ARS が $R=0.88$, BRS が $R=0.73$ であった。それぞれの変数に一定程度の相関があるため、視線データによるおおよそのレジリエンス得点の推定や、心理的レジリエンスの高低の推定は可能であると考えられる。

5-2. 大学生の結果との比較

今回の実験では、実験参加者として中学生を迎えて実験を実施した。先行研究³⁾の大学生のレジリエンス推定式と今回の結果を比較する。

大学生の ARS を推定する回帰式は Latencies を説明変数とする単回帰式であった一方で、今回の実験から得られた中学生の ARS を推定する回帰式は、First Fixation, Latencies, Viewing Time の構成であった。決定係数は、先行研究³⁾の実験では 0.47 であるのに対し、本実験では 0.67 となり、大幅に数値が向上した。

大学生の BRS を推定する回帰式は、Latencies, Dwell Time, Frequency, Viewing Time の構成であった一方で、中学生の BRS を推定する回帰式は、Dwell Time, Viewing Time の構成であった。決定係数は、先行研究³⁾の実験では 0.45 で、本実験では 0.41 となり大きな差は見られなかった。

また、ARS, BRS 共に、大学生と中学生では、心理的レジリエンスを推定する回帰式を構成する説明変数が異なる結果となった。例えば ARS において、大学生はポジティブ画像に視線を向けるにかかった潜時が心理的レジリエンスに影響しているのに対し、中学生は、それに加えて、最初にポジティブの画像を見た割合や、ポジティブ

画像を見た時間の合計なども関係していると考えられる。このことから、今回の結果は、大学生と中高生では心理的レジリエンスの特徴が異なるという先行研究⁴⁾の内容に一致するといえる。

6. おわりに

本研究では、視線計測で大学生の心理的レジリエンスを推定するという先行研究に基づいて、視線データを用いて情動画像への注意バイアスを測定し、中高生の心理的レジリエンスを推定することが可能であるかの検証を目的とした。結果として、回帰式の決定係数は ARS が 0.67, BRS は 0.41 であり、先行研究と比較すると、ARS は先行研究よりも寄与率が高い結果に、BRS は、あまり差が見られないという結果になった。結論として、今回導出した回帰式を用いた中高生のレジリエンス得点の推定や、心理的レジリエンスの高低の推定は可能であると考えられる。

今後の展望として、同一の実験参加者に対する複数回の実験による、心理的レジリエンスの経時的变化についての調査などが挙げられる。また、呈示画像の種類や提示方法についてもより適切な方法を検証や回帰式の再現性についての検証も課題として挙げられる。本実験で導出した回帰式がどの程度一般性があるかどうかを確認するために、実験参加者数をさらに増やして、そこで得られたレジリエンス得点と回帰式による推定値の比較をすることが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) OECD . 「A New Benchmark for Mental Health Systems」 . メンタルヘルスに関する国際調査 (2023.01.20 閲覧).
https://www.oecd-ilibrary.org/mental-health-systems-a-new-benchmark-for-mental-health-systems_46333339.pdf
- 2) 国立成育医療研究センター. 「コロナ×こどもアンケート」第 4 回調査報告. (2023.01.20 閲覧).
https://www.ncchd.go.jp/center/activity/covid19_kodomo/report/CxC4_finalrepo_20210210.pdf
- 3) 前芝直輝. (2022). 視線データを用いた心理的レジリエンス推定手法の開発と評価, 関西大学修士論文.
- 4) 谷里子. 「児童期から青年期におけるレジリエンスの発達的変化と性差および促進要因の検討-メタ分析の観点から-」, 大正大学大学院研究論集 46 号 007, 110-128.
- 5) Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF) documents. (2023.01.20 閲覧).
<https://www.ugent.be/pp/ekgp/en/research/research-groups/panlab/kdef>
- 6) Dan-Glauser, E. S., & Scherer, K. R. (2011). The Geneva affective picture database (GAPED): a new 730-picture database focusing on valence and normative significance. Behavior Research Methods, 43(2), 468-477.
- 7) Waechter, S., Nelson, A. L., Wright, C., Hyatt, A., & Oakman, J. (2014). Measuring attentional bias to threat: Reliability of dot probe and eye movement indices. Cognitive Therapy and Research, 38(3), 313-333.
- 8) Skinner, I. W., Hübscher, M., Moseley, G. L., Lee, H., Wand, B. M., Traeger, A. C., ... & McAuley, J. H. (2018). The reliability of eyetracking to assess attentional bias to threatening words in healthy individuals. Behavior Research Methods, 50(5), 1778-1792.
- 9) 小塩真司, 中谷素之, 金子一史, 長峰伸治. (2002). ネガティブな出来事からの立ち直りを導く心理的特性-精神的回復力尺度の作成-カウンセリング研究, 35,57-65.
- 10) 平野真理. (2010). レジリエンスの資質的要因・獲得的要因の分類の試み-二次元レジリエンス要因尺度(BRS)の作成-, パーソナリティ研究第 19 卷 2 号, 94-106.
- 11) 統計 web. 決定係数と重相関係数(2023.01.20 閲覧).
<https://bellcurve.jp/statistics/course/9706.html>

一般セッション3 (D会場:A208室)

GS3 医療・介護・福祉

GS3-1 誤嚥事故等の経験を有する介護職員を対象とした
見守り介助の注視点解析

GS3-2 高齢者寝室における温熱環境と環境調整行動の経年変化
について

OS3-3 精神科病院における誤薬に関する文献的検討

GS3-4 排泄行動に関連する転倒・転落リスクの認識：
高齢患者と担当看護師の比較

GS3-5 旅行困難者が本当に海や山に旅行できるの? を実現する
フィールド検証1

誤嚥事故等の経験を有する介護職員を対象とした見守り介助の注視点解析 Analysis of gaze points for monitoring and assistance for nursing care staff who have experienced aspiration accidents.

○佐藤敬太*, 伊藤美加子**, 後藤彰彦***

*大阪産業大学, **東大阪大学, ***大阪産業大学

SATO Keita*, ITO Mikako**, GOTO Akihiko***

*Osaka Sangyo University, **Higashiosaka University, ***Osaka Sangyo University

1. 目的

本研究では多くの介護現場で経験値のうえに習得される「見る技術」に注目し、特に食事介助の場面で利用者の表情を見ること、咀嚼や飲み込みの確認に口元やのどを見るなどを意識することが一つの重要な指導ポイントであると考えた。¹⁾ 介助中に見ている箇所は経験値で変わるので、「見る」という介護のコツを身に着けることで介護事故の発生予防につながるのか、「見る」介護という技術を明らかにすべく検証を行った。

2. 実験方法

2-1 実験用動画

実験用動画として高齢者介護福祉施設に入居される88歳女性、左被殻出血後遺症で右上下肢麻痺、要介護認定5で食事は全粥とペースト状の超刻み食を全介助で摂取される。体調に問題のない夕食時に施設の介護職員より食事介助を受ける様子を正面から撮影した。動画では45秒間に2回、スプーンによる食事介助、咀嚼、嚥下する様子が見られた。

2-2 被験者

被験者は実験用動画の女性と別施設の高齢者介護福祉施設に勤務する20名の介護職員(経験年数3年以上)とした。

2-3 実験装置

眼球運動の計測にはキャリブレーションフリー視線計測装置(nac社製,ENR-ACTUS)を使用した。

2-4 実験手順

全被験者に「介護技術に関するアンケート」を実施、その後食事介助の45秒の動画視聴について1回目は被介護者の情報収集を目的に目線のみを動かし

て視聴、その後60秒座位で閉眼して休息、2回目は自身が動画内の被介護者の食事介助時の見守りをしているつもりで目線のみを動かすよう説明を行った。実験は遮光した約30平方メートルの部屋の一角にて23インチディスプレイに座って対面。分析対象は動画開始から終了時までとし、得られた視線情報を動画上に重複させ、1フレーム約0.016秒ごとに視線が重複している場所をあらかじめ設定した10種類(胸・のど・口・ほほ・鼻・目・額と耳・頭・スプーン・その他)に分けて確認した。また計測中に視線がディスプレイから外れている場合はエラーとした。

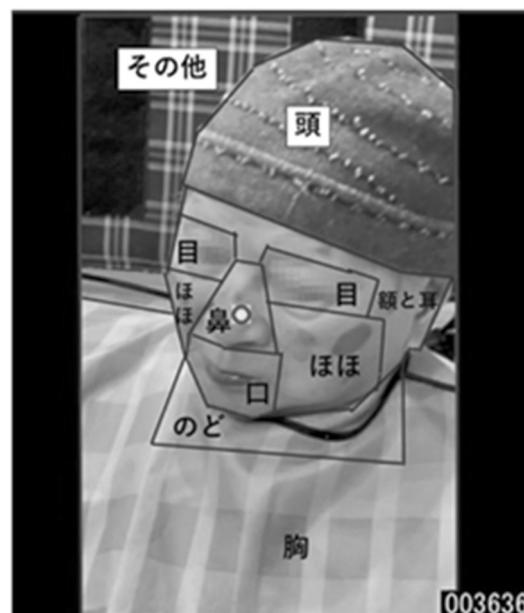


図1 視線の分け方

3. 結果

今回の注視点解析で使用するのは被験者20名のうち経験年数が異なる4名の動画2回目に関する結果である。被験者1は3年、被験者2は5年、被験者3は10年、被験者4は18年の介護経験を有している。

また、実験用動画で行われた 2 回の咀嚼嚥下それを咀嚼嚥下 1 回目、咀嚼嚥下 2 回目とし、注視した時間を確認した。図 2 に咀嚼嚥下 1 回目における、被験者 1 の結果を示す。被験者 1 はエラー、その他を除き、胸を主に注視し、ほほ、目、額と耳、頭、鼻、スプーンの 5箇所は一切注視しなかった。図 3 に咀嚼嚥下 1 回目における、被験者 4 の結果を示す。被験者 4 はエラー、その他を除き、口、ほほ、鼻を主に注視し、胸、目、額と耳、頭、のどの 5箇所についても注視していた。図 4 に咀嚼嚥下 1 回目における、被験者 4名がより注視した胸、のど、口、鼻の 4箇所に着目した結果を示す。被験者 1 は胸、被験者 2 は口、被験者 3、被験者 4 は鼻を最も注視しており、経験年数が 10 年以上になると鼻をより注視していた。図 5 に咀嚼嚥下 2 回目における、被験者 4名がより注視した胸、のど、口、鼻の 4 箇所に着目した結果を示す。被験者 1 は胸、被験者 2 は口、被験者 3、被験者 4 は鼻を最も注視しており、咀嚼嚥下 1 回目と同様の傾向が見られた。

4. 考察

本研究における被験者 4 名の共通点は、これまでの食事介助中にいざれも「ヒヤリ・ハッとした体験」で重篤事故を未然に防いでいるが、経験年数が短い被験者は顔の中心から離れた部位を注視し、他の部位を注視する時間は短い。経験年数が長い被験者は顔全体を注視し、顔の中心に近い鼻をより注視していた。食事介助の咀嚼嚥下において、経験年数が上がるにつれ、注視点が顔の中心に集まる。これは顔の中心を見ることで被介護者の顔全体の動きを把握し、表情の変化を見逃さないためであると考えられる。今後の研究として、他の被験者で自身が介助中に誤嚥事故を体験した介護福祉職員との重点注視点部位の比較なども検証していく。

5. 倫理的配慮

本研究は東大阪大学短期大学部倫理審査委員会の承認を得た（短 R4-7）

参考文献

- 伊藤美加子：高齢者の食事介助場面を対象とした介護福祉職員の注視点解析

付記：本研究は JSPS 科研費(22K21318)の助成を受けた研究結果の一部である

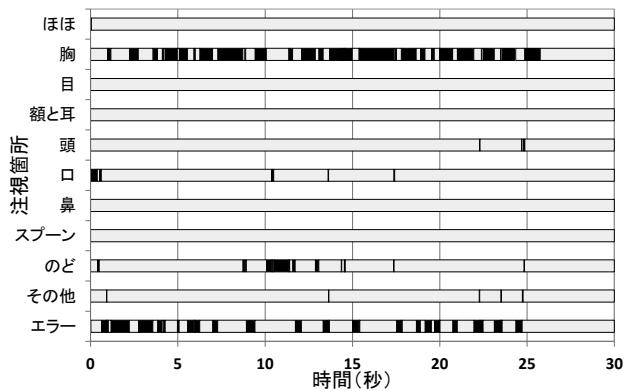


図 2 被験者 1 咀嚼嚥下 1 回目

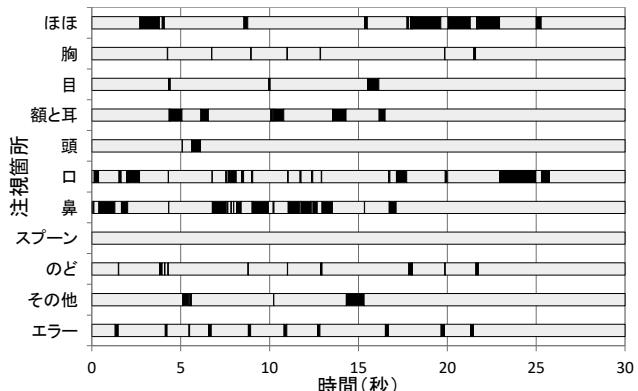


図 3 被験者 4 咀嚼嚥下 1 回目

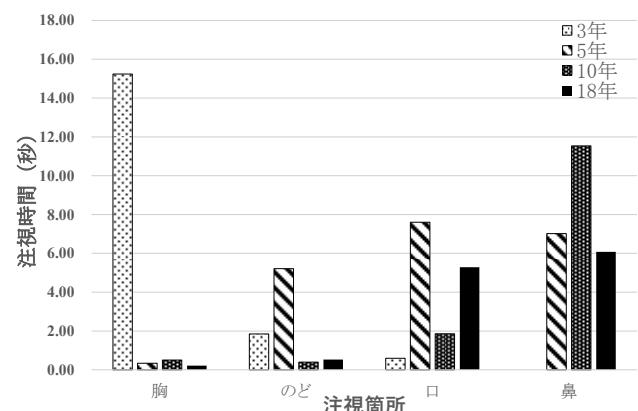


図 4 全被験者 咀嚼嚥下 1 回目

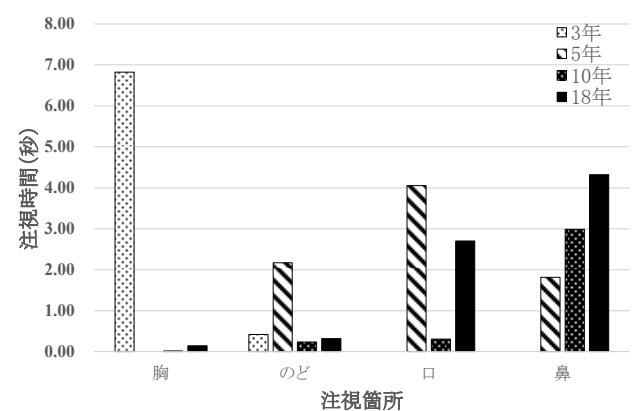


図 5 全被験者 咀嚼嚥下 2 回目

高齢者寝室における温熱環境と環境調整行動の経年的変化について

Changes in the bedroom thermal environment and environmental adjustment behavior over time in the elderly

○杉浦綾*, 久保博子*, 城戸千晶*

*奈良女子大学

SUGIURA Aya*, KUBO Hiroko*, KIDO Chiaki*

* Nara Women's University

1. 目的（はじめに）

近年、熱帯夜や猛暑日が増加し年々夏の暑さが厳しいものとなっている。暑さに伴い熱中症による救急搬送の増加も問題視されている。^{1) 2)}

既往研究では高齢者は夏期のエアコンの使用率が低く高温環境で生活しているとの報告があり³⁾、今まで以上の猛暑の中でより熱中症リスクの高い環境で生活している可能性もある。私たちを取り巻く環境が年々変化する中、高齢者住宅の温熱環境及び温熱調整行動はどのように変化したのか把握することを本研究の目的とする。

2. 方法

奈良市在住の健康な高齢者を対象に住宅温熱環境と生活行動の実測調査を行った。調査は 2012 年に開始し、2022 年までの計 8 回、夏の最も暑くなる時期である 8 月（一部 7 月末、9 月初旬）に行った。

計測概要を表 1 に示し、計測スケジュールを表 2 に示す。今回は在室状況や在室中の行動にばらつきの少ない睡眠中の寝室温熱環境に着目し比較検討した。調査参加者は 55 名、延べ 181 名である。欠測等を除いた計 649 夜分の睡眠中寝室温湿度のデータを用いた。

温熱環境の測定には小型温湿度計（エスペックミック株式会社製 ThermoRecorder）を用いた。寝室の温湿度計は枕元に設置させた。参加者にはセンサーがふとんに触れないようにすること、調査終了まで動かさないよう置いておくことを指示した。外気温には気象庁の公開する奈良気象台の気象データを用いた。活動量は腰部装着型活動量計（株式会社アコーズ製無線通信活動量計 FS-770 ほか）を用いた。活動量計は入浴中を除き睡眠中も含め計測期間中は常に装着させた。活動量は専用の解析ソフト Sleep

sign ACT ver2.0(キッセイコムテック社)を用いて解析を行い、申告と合わせて就寝、起床時刻を特定した。就床時に一日の行動を振り返り記入する生活行動記録表の記入、起床時に睡眠の主観的評価の申告（OSA 睡眠調査票）をさせ、その他アンケートは冷房機器の使用や住環境、睡眠、熱中症などについて聞いており、各年の調査期間中に一度回答させた。

睡眠中は就床時刻から起床時刻まで、日中は 9:00～21:00 の温湿度データを用いた。統計解析には IBM SPSS Statistics(ver28.0)を用いてアンケート結果には z 検定、平均値の比較には分散分析を行った。

表 1 計測概要

計測年度	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2021	2022
計測月	7～8月	7～8月	8月	8月	8月	6～8月	7～8月	8～9月
奈良市在住 健康な高齢男女								
参加者	31名	23名	20名	19名	10名	35名	24名	19名
活動量								
枕元温湿度（寝室）	3日	3日	4日	4日	4日	1週間	1週間	1週間
居間温湿度								
就寝時申告 (生活行動記録表)	2日	2日	3日	3日	3日	3日	3日	3日
起床時申告 (OSA睡眠調査票)	2日	2日	3日	3日	3日	3日	3日	3日
その他アンケート	住まい、睡眠・寝室環境に関するアンケート期間中1回							

表 2 計測スケジュール

	1日目	2日目	3日目	4日	~7日目		~14日目					
	朝	昼	夜	朝	昼	夜	朝	昼	夜			
生活行動記録表		●		●	0							
OSA睡眠調査票		●		●	0		0…未測定年あり					
2012,13年												
活動量・寝室温湿度												
2014,16,17年												
2018,21,22年												
*2022年温湿度のみ												
アンケート類	住まい、睡眠、熱中症等についての質問、期間中に1度回答											

3. 結果

3-1. アンケート結果

寝室のエアコン使用状況についてのアンケート結果を図1に示す。図中の数値は回答者数を表している。エアコンを【在室中ずっと】、【つけたり消したりする（タイマーでの利用も含む）】、【ほとんどつけない（就寝前に切る人も含む）】の3群に分け結果を示している。全体ではつけたり消したりする人の割合が50%と最も高く、次いでほとんどつけない（29%）、在室中ずっと（21%）が最も少ない結果となった。2014年と比較して2022年ではほとんどつけない人の割合が有意に少なく、他の年では有意差はないものの全く使用しない人の割合は減少する傾向がみられた。

調査年毎のエアコン開始時期について月ごとに集計した結果を図2に示す。7月にエアコンを使用開始する人が最も多く全体の52%を占めていた。次いで6月が多く32%だった。

調査時点ではまだエアコンを使用していないという回答も見られたが全て8月以降として扱った。年ごとの有意差はないものの6月からエアコンを利用開始する割合が増加し8月以降にエアコン利用開始する割合が減少する傾向が見られた。これらの結果より経年的な変化として使用頻度・使用期間ともにエアコンの使用が増加している可能性が示唆された。

3-2. 寝室温湿度

寝室及び外気の睡眠中平均温湿度の平均を調査年ごとに比較した（図3）。平均室温は最も低い2021年が26.6°C、最も高い2017年が28.7°Cであり年による差は外気温の差よりも小さかった。また、平均室温は個人差も大きく最も個人差の大きい2013年では最も室温が高い人と低い人の差が7.4°Cであった。

高齢者に配慮した住宅熱環境評価基準値⁴⁾では高齢者の夏期寝室の推奨範囲は室温23–27°C、相対湿度60–80%とされている。2021年の26.8°Cを除き平均室温は推奨範囲よりも高い結果となった。相対湿度の平均は52–73%の間であり、推奨範囲内もしくはそれよりも低い値であった。2021年は調査期間中曇天や雨天が続き夜間、日中ともに気温が上がらない日が続いていたことが影響したと考えられる。

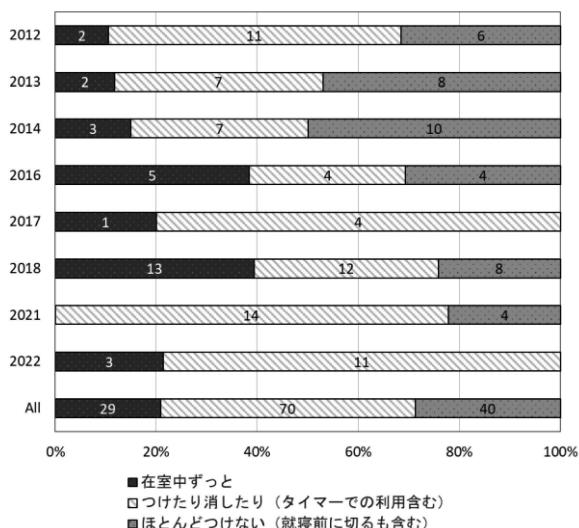


図1 エアコン使用状況

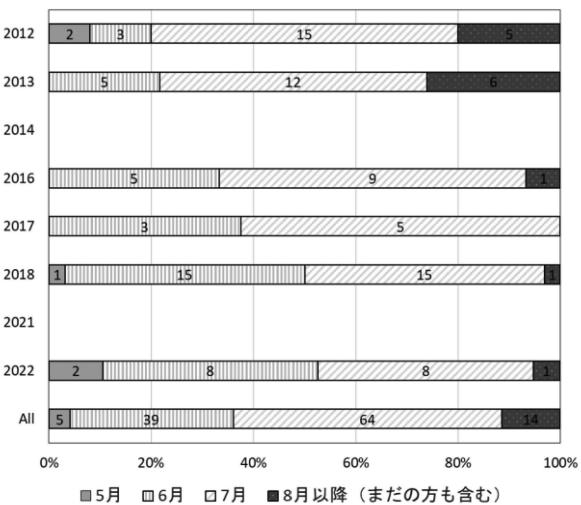


図2 エアコン使用開始時期

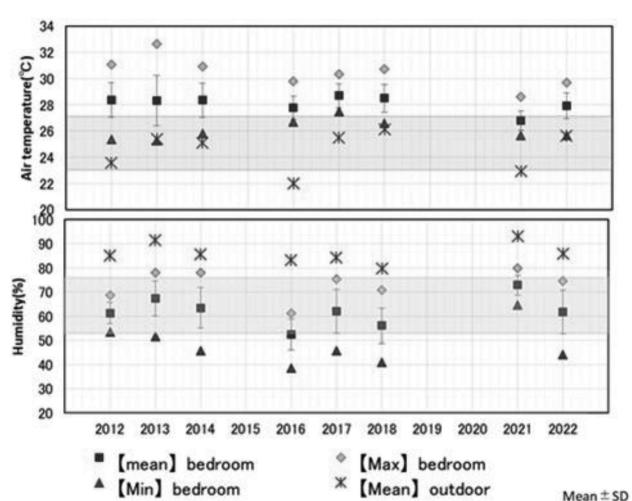


図3 睡眠中寝室平均温湿度

次に睡眠中寝室室温と睡眠中及び日中外気温の関係を図4に示す。一晩の睡眠中寝室室温の平均を縦軸に示し、横軸は同日の睡眠中及び日中外気温を示している。グラフより睡眠中寝室室温は睡眠中外気温よりも高く、24.6°C～33.5°Cとばらつきがあることが分かる。また、睡眠中寝室室温は外気温との相関関係がみられた。これは既往研究⁵⁾同様の結果であり、睡眠中寝室室温は外気温の影響を受けていいると言える。

睡眠中寝室室温は睡眠中外気温と同等以上に日中外気温とも相関がみられた。

3-3. エアコン使用状況と室温

睡眠中のエアコン使用状況についてのアンケート結果により群分けを行った。ずっと使用すると回答した人をa群、つけたり消したりする人をb群、ほとんど使用しない人をc群として群ごとの睡眠中寝室温湿度を比較したグラフを図5に示す。

それぞれa群n=113、b群n=281、c群n=135である。図5よりa、b群の平均室温は28°C、c群では28.3°Cとエアコンの使用状況の違いでは室温にほとんど差はみられなかった。一方、相対湿度はa群が有意に低かった(p<0.05)。同様に群別に睡眠中外気温の平均を図6に示す。エアコンをずっと使用するa群の平均外気温がやや高い結果となつた。

これらの結果より、エアコンを常に使う人が多い年は外気温が高くエアコン使用前の室温がもともと高いと考えられる。エアコンを使用することで室温湿度共に下がり結果としてエアコンを使用しない場合の室温と同程度になったと推察される。また、湿度が下がることで温度が同程度であっても暑さによる不快感はより少ないと考えられる。

3-4. 個人差の検討

調査に複数回参加した被験者のうち特徴的な3名の睡眠中外気温と寝室室温の相関を示す(図7)。

Sub.1は外気温に関わらずエアコンをほとんど使用しておらず外気温に伴って室温が高くなっている。睡眠中の平均室温が32°Cを超える日もあるなどかなり高温になっているのが分かる。また、寝室環境の温冷感、温熱的快適感に関するアンケートではやや暑いとの回答が多くみられた。一方で快適感はどちらでもないと回答が多かった。

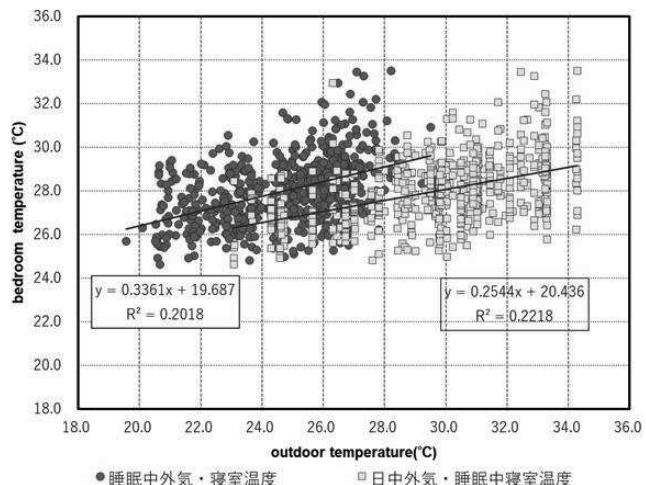


図4 外気温と睡眠中寝室室温

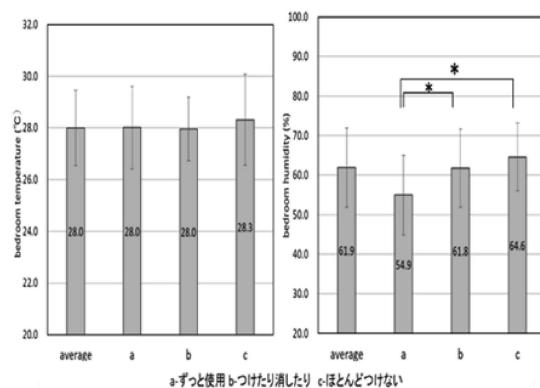


図5 エアコン使用状況別寝室温湿度比較

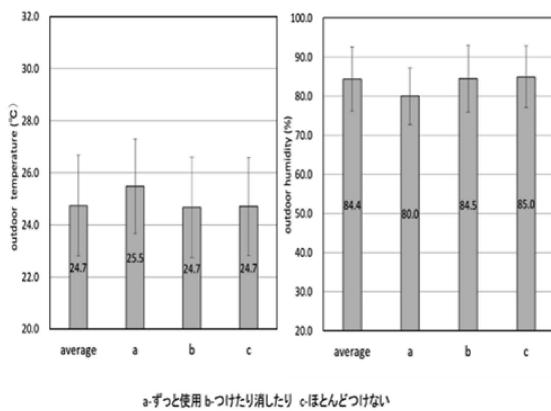


図6 エアコン使用状況別睡眠中外気温

Sub.2は外気温に応じてエアコンを利用している。アンケートでは2021年はエアコンを全く使用せず、2016年はつけたり消したり、その他の年はずっと使用していると回答していた。外気温が高い年はずっとエアコンを使用しており常に一定範囲の

室温に調整している。外気温と室温の相関は弱い。温冷感では中立、快適感は快適側の申告が多くみられ外気温に関わらず快適な室温に調節していると考えられる。

Sub.3 は毎年エアコンをつけたり消したりする使い方をしている。Sub. 1 のように 30°C を越えるような暑さになることはないが、室温は外気温との相関が 3 人の中で最も高くなっている。温冷感は中立、快適感は中立～やや快適側の申告が多くみられ、外気温の影響は大きいものの快適感を得られる範囲内に調節していると考えられる。他の参加者についても 3 名と似た傾向が見られた。

4. 結論

以上の結果より、高齢者のエアコン使用の頻度は増加傾向である可能性が示唆された。

しかし、実際の寝室温度は外気温の影響が大きく、エアコン使用状況による室温の差は見られず湿度のみエアコンを常に使用する人で低い結果となった。推奨されている室温よりも高いものある程度快適性を得ているのではないかと推察される一方、室温の個人差も大きい。暑すぎる室温は快適感のみならず睡眠の質にも悪影響であり、適切な温度管理は必要と考える。今後、個人差の要因の検討、主観的睡眠評価への影響も検討していきたい。

また、今回は睡眠中寝室温度の平均値で検討したが、経時変動など日内変動も検討していく。

5. 倫理面への配慮

本研究は奈良女子大学研究倫理審査委員会の承認を得ている。

6. 参考文献

- 1) 国土交通省気象庁：気候変動監視レポート 2022, (2023)
- 2) 総務省消防庁：令和 4 年（5 月から 9 月）の熱中症による救急搬送状況, (2022)
- 3) 柴田祥江, 北村恵理奈, 松原斎樹：高齢者の夏期室内温熱環境実態と熱中症対策-体感温度の認知(見える化)による行動変容の可能性-, 日本気象学会雑誌, 55 卷, 1 号, pp. 33-50(2018)
- 4) 日本建築学会編：コンパクト設計資料修正バリアフリー, 丸善, pp. 13, 2002.

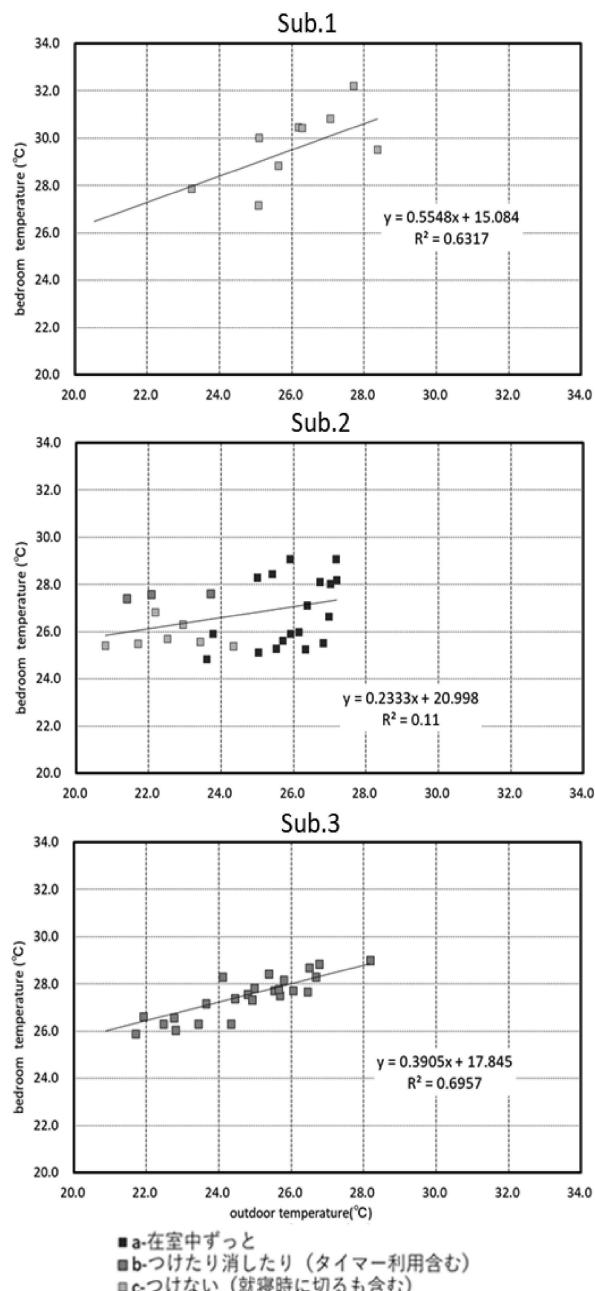


図 7 睡眠中外気温と寝室室温（被験者別）

- 5) 城戸千晶, 久保博子, 東実千代, 佐々尚美：高齢者における室温温熱環境が高齢者の睡眠に及ぼす影響, 日本建築学会環境系論文集, 87 卷, 800 号, pp657-667 (2022)
- 6) 久保博子, 城戸千晶, 東実千代, 佐々尚美, 磯田憲生：高齢者における生活環境と健康関連 QOL の季節的变化に関する研究 第 1 報：室内温熱環境と血圧の季節变化 日本建築学会 2020 年度大会(関東)学術講演梗概集-環境工学-p. 1033-1034, (2020),



精神科病院における誤薬に関する文献的検討

Literature review on medication errors in psychiatric hospital

○前田真由美*, 斎藤 真**

*三重県立こころの医療センター **三重県立看護大学

MAEDA Mayumi* and SAITO Shin**

* Mie Prefectural Mental Medical Center, ** Mie Prefectural College of Nursing

1. はじめに

精神疾患の治療は、向精神薬などの内服薬を用いることがほとんどである。このため看護師は正しい与薬をするために薬品の管理や確認、さらに与薬の実施など重要な責務を担っている。しかし、日本医療機能評価機構は看護師の与薬業務には誤薬が多いことを指摘している²¹⁾。そこで本研究は、精神科領域での誤薬の現状と課題について、文献検討から明らかにすることとした。

2. 方法

医学中央雑誌に掲載された文献からシソーラス単語「投薬エラー」と「精神科看護」で検索し、ヒットした77件の文献から「誤薬の要因と取り組み」に関するものを抽出した。また、PubMedに掲載された文献から”Medication Errors”と”Psychiatric Nursing”を検索し、誤薬の現状分析・取り組みに関する文献を抽出した。次にこれらの文献を「誤薬への介入」の視点から帰納的に分類し、カテゴリー化を行なった。

3. 結果

取り組み内容は、「注意意識向上」「与薬マニュアル変更」「設備」「患者への教育」の4カテゴリーに分類された。

「注意意識向上」は10件で看護師に対して勉強会を実施する、指差呼称の実施、注意を促す掲示を行なうなどが挙げられた^{1-3,6-12)}。看護師へ向けて取り組む内容は低コストですぐに実施できるが、継続性や取り組みへの理解が乏しいことなどの問題点が挙げられた。また勉強会の内容によっては、対象看護師の経験年数に依存することが示された。

次に「与薬マニュアル変更」は、9件で与薬環境に適した方法や手順に変更することが挙げられた^{4,7,8,11,13,16,17)}。基本的な変更内容は標準化であるが、一方で患者の病態によって個別対応ができるように柔軟な方法や手順が盛り込まれており、看護師が落ち

着いて業務が遂行できることが利点である。このような方法や手順の統一は、エラー防止に寄与できるが、システムへの慣れが逆に確認不足などのヒューマンエラーを招いていることが指摘された。

表1 誤薬防止の取り組み内容カテゴリー

カテゴリー	サブカテゴリー	文献番号
注意意識向上	行動評価	1・8
	確認・実施事項の提示	1・8・11
	勉強会	2・6・9・12
	指差呼称	3・7
与薬マニュアル変更	表示の工夫	10
	内服手順変更・統一	13,16
	与薬場所・環境	7・11
	与薬確認方法	11・17
設備	内服管理方法	4・7・8・13
	配薬カードに関するもの	5・20
患者への教育	服薬方法教育	15・18・19
	目標共有	14・15

「設備」は2件で配薬カードに関するものであった^{5,20)}。新たな設備導入は、エラーを減少させることもあれば別のエラーも発生される可能性もあることが示された。

「患者への教育」は4件で患者へ内服についての勉強会を実施し、患者自身が誤薬を防止することについてアプローチをする試みもあった^{14,15,18,19)}。患者に対して内服に関する教育することは、服薬アドヒアランスは向上させることにつながるが、患者の理解度によっては有効ではないという結果も指摘された。

4. 考察

今回の文献検討から4つのカテゴリーについて考察すると「注意意識向上」に関するカテゴリーは、確認不足がエラーの発生と関連するため、誤薬防止への取り組みとして有効であると考えられる²²⁾。したがって誤薬事故防止のための勉強会の実施や指差呼称導入は、現在の人的資源を活用するため安価で取り組みやすいことが利点であるが、組織的に取り組まないと形骸化しやすいことが欠点である。

次に「与薬マニュアル変更」は、組織が与薬環境

に適した手順や方法のマニュアルを統一して実施するため、より誤薬防止に効果が大きいものと考えられる。こうした点は評価できるが、「注意意識向上」の場合と同じく形骸化することが欠点であり、取り組みを実施するだけではなく、PDCAサイクルに代表される品質管理手法による振り返りや評価、検討が必要と考える。

さらに「設備」のカテゴリーは、安全対策設備を導入することは投資の課題があるものの、エラー対策に大きく寄与できるものと思われる。しかし、安全対策設備を導入することで減少するエラーもあれば逆に新たに発生するエラーもあることから、導入前の検討および導入後の運用に関しては人間工学的な介入が必要と考える。

最後に「患者への教育」のカテゴリーは、誤薬防止の目的のために患者に何かを行わせることは責任の所在も含めて適切ではないと考えられる。

5. まとめ

精神科領域における誤薬対策は、ヒトとモノを対象にエラーを防止することが重要であり、人間工学的な介入が必要と考える。

参考文献

- 1) 中原由貴,他,精神科内服マニュアル遵守への取り組みによる看護師の行動変化,日本精神科看護学会誌Vol.54(2),65-169(2011)
- 2) 西川妙子,他,精神科病棟で危険予知カードを活用した与薬エラーを防ぐ取り組み,日本精神科看護学術集会誌,Vol55(2),266-270(2012)
- 3) 岡博美,指差し呼称による医療事故防止への取り組み 指差し呼称を導入し,アクシデント・インシデントの減少を試みて,日本精神科看護学会誌,Vol.54(2),16-20(2011)
- 4) 横田純子,他,精神科病棟における内服管理業務の改善インシデント減少に向けた処方箋ファイルとその運用マニュアルの作成とその効果,日本精神科看護学術集会誌,Vol.58(2),121-125(2015)
- 5) 濱田昌範,単科精神科病院における内服誤薬の原因分析と配薬カート導入の効果,医療と安全, No.6,44-51(2016)
- 6) 池田恵子,看護師の安全な与薬の仕方の再検討, 大原記念財団年報,Vol.55,69-72(2018)
- 7) 近藤直美,他,内服与薬エラー防止の取り組み SHEL分析を活用した業務改善,日本精神科看護学術集会誌,Vol.58(1),240-241(2015)
- 8) 高瀬進之介,他,医療安全対策委員による与薬手順遵守に向けた取り組み,日本精神科看護学術集会誌,Vol.65(1),108-109(2022)
- 9) 木村純子,他,P-mSHELLを用いた与薬事故防止に向けた取り組み,日本精神科看護学術集会誌,Vol.61(1),56-57(2018)
- 10) 大橋祐子,他,精神科病棟における視覚に訴える誤与薬防止法の考案カラーペンでの薬包紙への色付け,日本看護学会論文集:精神看護,No.35,15-17(2004)
- 11) 太田由美子,他,看護師の間違い行動をフォローする与薬マニュアルの導入と効果,日本精神科看護学会誌,Vol.47(1),232-235(2004)
- 12) 松尾田鶴子,他,精神科病棟における医療安全の取り組みKYTを導入した誤薬防止対策の効化,日本本看護学会論文集:看護管理No.41,262-265(2011)
- 13) 渡邊恭子,内服管理における認識統一 標準化ルールを作成して,日本看護学会論文集:老年看護No.40,120-122(2010)
- 14) 斎藤静久,他,与薬に関するヒヤリハット発生要因の検討 ひまわりSHELを用いた事故防止のための一考察 日本精神科看護学術集会誌 Vol.61(1) 390-391(2018)
- 15) 松本かつ子,他,服薬インシデント「落ちていた」を減らす 患者の主体性を尊重した服薬への援助,日本精神科看護学術集会誌,Vol.55(1) 64-65(2012)
- 16) 出口和樹,他,錠剤落ちインシデント減少に向けた取り組み,日本精神科看護学術集会誌 Vol.61(1),392-393(2018)
- 17) 山内英裕,服薬介助時の看護師の視野を固定することによる飲みこぼし減少,日本精神科看護学会誌,Vol.52(2),362-365(2009)
- 18) 板原雅,お薬自己管理チャレンジシートの有効性 服薬アドヒアランスを高めるために 日本精神科看護学会誌,Vol.54(3), 43-45(2011)
- 19) 山根祐子,他,精神科病棟患者の外出・外泊時の正しい服薬に向けての取り組み,日本精神科看護学術集会誌Vol.62(1),94-95(2019)
- 20) Sawa M,et al.BMJOpen,Vol.12(4):e055107 doi:10.1136/bmjopen-2021-055107(2019)
- 21) 日本医療機能評価機構:医療事故情報収集等事業,第73回報告書,2023
- 22) 藤井眞砂子,他,確認不足によるインシデントとリスクティギング行動との関係,医療の質・安全学会誌Vol.15(2),103-114(2020)

排泄行動に関する転倒・転落リスクの認識：高齢患者と担当看護師の比較

Perceptions of Fall Risk Related to Excretion Behaviors: A Comparison of Elderly Patients and Nurses in Charge of the Patients

○鉢之原寛代*, 石松一真*, 和佐勝史*

*滋慶医療科学大学大学院 医療管理学研究科

HOKONOHARA Hiroyo*, ISHIMATSU Kazuma*, WASA Masafumi*

* Graduate School of Medical Safety Management, Jikei University of Health Care Sciences

1. はじめに

高齢患者の転倒・転落は、医療現場において解決すべき喫緊の課題となっている。入院中の転倒・転落は、排泄行動の過程で発生する割合が高いことが知られている¹⁾。高齢患者が転倒・転落に至る要因(リスク要因)は、患者に起因する要因や看護師に起因する要因等、多種多様である^{2,3)}。

例えば、ナースコール対応に関する患者と看護師の認識の相違やトイレへの移動など患者の排泄行動に関する看護師の認識は、転倒・転落リスクアセスメントにおいて重要な要因となる。そこで本研究では、転倒・転落リスクに関する高齢患者と看護師の認識を明らかにすることを目的に、特に排泄行動に関する転倒・転落リスクに注目することとした。

2. 方法

2-1. 調査対象者

急性期の循環器疾患専門病院(A 病院)に 2023 年 6 月 15 日から 2023 年 8 月 16 日までに入院した患者 162 名(平均年齢 74.4 ± 5.7 歳)および当該患者の担当看護師 60 名(平均年齢 31.6 ± 9.0 歳)を対象とした。対象患者の選定基準は、65 歳以上であること、認知症の診断がないこと、調査票の質問項目を読んで回答ができること、歩行ができるとした。対象看護師の選定基準は、対象患者の入院 3 日目の担当であること、1 年以上の病棟経験を有すること、転倒・転落リスクアセスメント経験を有することとした。

2-2. 調査項目

基本属性、転倒・転落リスク要因に関する知識、高齢者に対するイメージ、ナースコール対応やトイレまでの距離があると考える距離に関する認識、状況把握をはじめとした個人特性等とした。患者用と看護師用の調査票を作成し、各質問項目に対し、5 件法等で回答を求めた。

2-3. 調査手続き

まず A 病院の病院長および看護部長に研究協力依頼書と研究概要説明書を用いた説明を行い、研究協力について書面による同意を得た。

患者は、入院 3 日目に調査票に回答し、回答済みの調査票は、研究担当者が持参した鍵付き回収ボックスに直接投函した。看護師は、対象患者の入院 3 日目の転倒・転落リスクアセスメント後に、調査票に回答し、回答済みの調査票は、返却用封筒に密封し、病棟に出向いた研究担当者に直接提出した。

2-4. 分析方法

ナースコール対応[ナースコールがなってからベットサイドへ行く時間(訪室所要時間)、ナースコールを押してから看護師が対応するまでに患者が待てると考える時間(患者待機可能時間)]やトイレまでの距離があると考える距離に関する認識を患者と担当看護師で比較した。

2-5. 倫理的配慮

本研究は、滋慶医療科学大学大学院研究倫理委員会(滋慶大学倫理 2023-4 号)および A 病院倫理審査委員会(受付番号 23-23)の承認後実施した。対象者に調査協力を行う際、研究目的・概要、個人情報の保護等について説明し、書面による同意を得た。

3. 結果

3-1. ナースコール対応に関する認識

3-1-1. 訪室所要時間

患者と担当看護師の訪室所要時間に関する回答の関連を図 1 に示す。

患者と担当看護師の回答が一致していた患者数は 33 名(20.4%)、患者の回答が看護師の回答よりも長かった患者数は 64 名(39.5%)、患者の回答が看護師の回答よりも短かった患者数は 65 名(40.1%)であった。

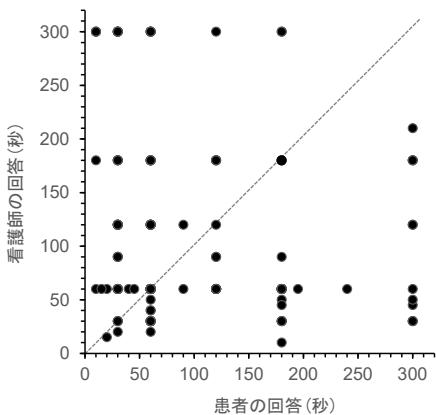


図1 訪室所要時間：患者と担当看護師の比較

3-1-2. 患者待機可能時間

患者と担当看護師の患者待機可能時間に関する回答の関連を図2に示す。

患者と担当看護師の回答が一致していた患者数は25名(15.4%), 患者の回答が看護師の回答よりも長かった患者数は80名(49.4%), 患者の回答が看護師の回答よりも短かった患者数は57名(35.2%)であった。

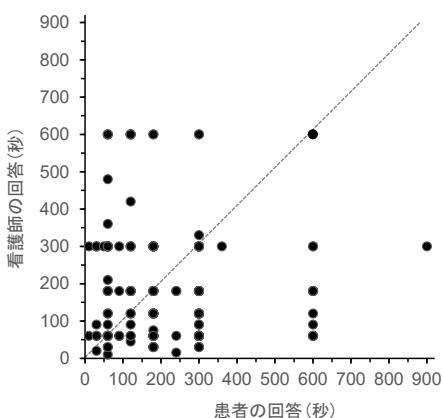


図2 患者待機可能時間：患者と担当看護師の比較

3-2. トイレまで距離があると考える距離

患者と担当看護師のトイレまで距離があると考える距離に関する回答の関連を図3に示す。

患者と担当看護師の回答が一致していた患者数は24名(14.8%), 患者の回答が看護師の回答よりも長かった患者数は50名(30.9%), 患者の回答が看護師の回答よりも短かった患者数は88名(54.3%)であった。

4. 考察

4-1. ナースコール対応に関する認識

患者が担当看護師より短い時間を回答した割合は、訪室所要時間 40.1%, 患者待機可能時間 35.2% であった。このようなナースコール対応に関する認識の

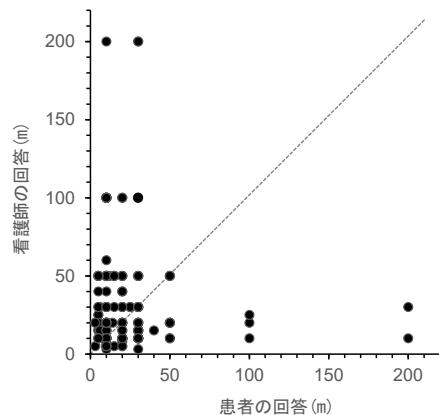


図3 トイレまで距離があると考える距離：患者と担当看護師の比較

相違は、患者が待てずに移動を始める可能性の増大につながると考えられる。

4-2. トイレまで距離があると考える距離

54.3%の患者において、看護師が患者よりも長い距離を回答した。これらの患者は看護師が考えるよりもトイレまでが遠いと感じる距離が短かった。このような認識の相違は、看護師の転倒・転落リスクアセスメントにも影響を与える可能性がある。

4-3. 排泄行動に関する転倒・転落リスクの認識

ナースコール対応やトイレまでの距離に関する認識の相違は、患者の排泄行動に関する転倒・転落リスクにつながると考えられる。

5. 結論

高齢患者と担当看護師の転倒・転落リスクに関する認識には相違があることが明らかとなった。特に排泄行動に関する転倒・転落リスクを低減するためには、患者と看護師の転倒・転落リスクに関する認識は乖離している可能性が高いことをデータとともに周知することから始める必要があると考える。

参考文献

- 1) 川村治子: ヒヤリ・ハット 11,000 事例によるエラー・マップ完全本, pp.66-83, 医学書院 (2003).
- 2) 射場靖弘, 松本浩実, 他: 急性期大学病院における入院患者の心理特徴に基づく転倒と関連因子－インシデントレポートに基づく横断研究－. 日本転倒予防学会誌, Vol. 6, No.3, pp.25-33 (2020).
- 3) 犬飼智子, 兵藤好美: 急性期病院における転倒の発生と予防に影響する要因. 日本看護研究学会雑誌, Vol. 36, No.4, pp.55-64 (2013).

旅行困難者が本当に海や山に旅行できるの？を実現するフィールド検証1

Persons with difficulty traveling can really travel to the sea or mountains ?

Field verification to realize this question 1.

○久保雅義*, 中村敏*

*芸術文化観光専門職大学

KUBO Masayoshi *, NAKAMURA Satoshi *

* Professional College of Arts and Tourism

1. はじめに

2005年国交省「UD政策大綱」, 2008年「観光のUD手引き集」, 2011年観光庁「UTユニバーサルツーリズム（以下UTと略す）促進事業」2012年「観光立国推進基本計画」などUTへの機運は高まりつつある。

UTの積極的推進に関して、観光地、旅行業者とUT相談窓口、UTコンシェルジュ育成などUTを支えるサービス・ソフト分野の整備は始まりつつある。
(芸術文化観光専門職大学(以下本学)では2022年8月よりUTコンシェルジュ育成講座を開講し一般受講生を募集している)

2. 旅行困難者の望むこと

兵庫県実施のUT意向調査(2022.5.9-7.11)(障害者N=463,高齢者N=634,支援学校保護者N=828,今回提示は障害者の結果を用いる)によると以下が判明。

2-(1)これまで、年齢や障害があることを理由に旅行を諦めたことがあるか？(N=463)に関しては車椅子利用肢体不自由者の73.9%が旅行を諦めていた。

2-(2)旅行を諦めないために必要な要素は(N=463)

①障害があっても旅行の具体的情報を入手可43.6%
②観光施設や飲食店、宿泊施設のバリアフリー配慮40.2%

2-(3)旅行をあきらめないために必要な要素は?
(N=463) 車椅子利用の肢体不自由者(N=92)は,
①施設のバリアフリー 81.5%

②具体的な情報 48.9%

③旅行中のサポート 48.9%と答えた。

2-(4)必要な要素が満たされた場合旅行で楽しみたいこと？(N=463)

①自然の中で家族や友人と一緒に活動したり、ゆったりと過ごすこと 45.4%

②食事、お土産の買い物などその土地ならではの消費行動を愉しむこと 43.6%

③今まで行くことをためらっていた観光名所を散策すること 38.2%

2-(5)自然の中でどのようなことをして楽しみたいか？(N=344)

①キャンプ（アウトドアでの食事作りなども含む）50.6%

②トレッキング・登山・森林高原散策 35.8%

③山菜キノコ狩り・果物狩り 33.1%

④海水浴・川遊び 28.8%

2-(6)旅行困難者（肢体不自由者）の意向を要約すると以下である。

①旅行あきらめは肢体不自由者の比率が高い

②望むことは、旅行先情報とバリアフリー設備、サポート

③したいことは、自然の中でキャンプ、高原などの散策、海や川あそび

3. 旅行困難を解決するUT支援ツールのための実証

本研究目的は、UT支援ツールの最適デザインを行うために有効な使用者検証を行うことである。多様な当事者（障害の違いがある旅行困難者）に有効なUT支援ツール（UT車椅子）の研究のための実証検証を行う。

・海遊びやトレッキングなど日本の地勢に相応しいUT支援ツールとサポートのあり方を利用者目線でさぐる。

・多様な障害の当事者に対して、当事者の状況に相応しい機器と必要な介助サポートの差異を確認する。

・現在UT車椅子は仏製輸入品「ヒッポキャンプ」が使用されている。よく設計だが、高価格で、多様なユーザーへの対応や海や山の色々な使用に対する既往研究はほとんどない。

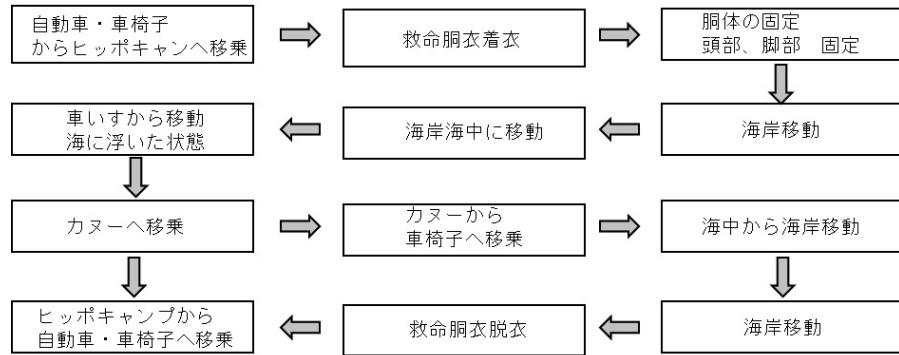


図1 ヒッポキャンプを用いた実証実験フロー

したがって、「ヒッポキャンプ」を用いて、海岸・海での車椅子利用者による実証実験を行い、多様な当事者に有効なUT支援ツール(当面はUT車椅子)の研究開発のための実証検証を行うこととした。

4. 実証実験概要

◆期日：2023年7月15日

◆場所：豊岡市竹野海岸青井浜

◆被験者：車椅子使用者3人（図2参照）

被験者	男性・女性 年齢	会話の状況	障害状況
被験者A	男性 10歳代	会話不能 表情で判断	両上肢下肢機能全廃 付き添い2人
被験者B	男性 50歳代	単語会話 可能	右上肢全廃右下肢著しい 機能障害 付き添い2人
被験者C	男性 50歳代	普通会話 可能	脛腓骨神経麻痺、右足関節の機能の著しい障害

図2 被験者プロフィール

◆実験フロー：自動車・自分の車椅子からヒッポキャンプに移乗、海岸海中へ、一度ヒッポキャンプをはなれ水中浮遊とカヌー搭乗ののち、ヒッポキャンプにのり、海中から海岸を経てスタート地点まで。（図1）

◆調査方式：調査票調査で介助スタッフ3名（ヒッポキャンプインストラクター等の経験者）に調査票記入。

介助者の感じたことを5段階評価で判定した。介護負担計測は、心拍計装着も検討したが、海水中装着のため断念。また、被験者の感想も各々確認した。調査項目としては、介助者に関しては①解除のしやすさ5項目、②ヒッポキャンプの使いやすさ5項目、UT車椅子に関して求める性能5項目とした。被験者に関して、海岸・海中体験に関して自然を愉しめたか7項目、リフレッシュ体験5項目、介助に関して5項目、ヒッポキャンプに関して5項目、UT車椅子に関して6項目とした。

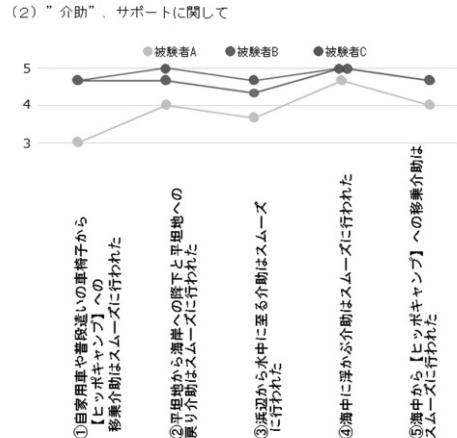


図3 介助サポートに関する検証

5. 結果

- (1). 車椅子利用者にとって海水浴体験は、自然を体感でき楽しめた。
- (2). 重度障害者は、日常使い車椅子からの移乗や着座位置設定などに課題を残した。
- (3). アウトドア車椅子は耐水性などを重んずるゆえに座り心地などに課題を残している。

6. 考察

- (1). 旅行介助には、障害の度合いによる対応の知見・ノウハウが充実される必要がある。
- (2). アウトドア車椅子は、山・海の性能は良好であるが、座り心地や座位の保てない利用者への対応が課題。
- (3). 山・高原での臨地評価や介助者負担の計測検証なども検討していく。

参考文献

- 1) 首相官邸発行: ユニバーサルデザイン 2020 行動計画 (2017).
- 2) 小林剛, 近藤健雄: 海洋性レクリエーション施設に関するユニバーサルデザインの基礎的研究, 日本建築学会計画系論文集 517号, pp.321-327 (1999).

一般セッション4 (B会場 : A202室)

GS4 運転行動2

GS4-1 高齢ドライバーにおける日本語版運転行動質問紙 (DBQ)

の開発

GS4-2 仮想軌道を用いた運転支援作動時の操作主体感の評価

OS4-3 バーチャルリアリティ環境におけるすき間通過時の回避行動

GS4-4 エンジン音フィードバックの変化による運転行動への影響

の分析

高齢ドライバーにおける日本語版運転行動質問紙（DBQ）の開発

Development of a Japanese Version of the Driver Behavior Questionnaire (DBQ) for Elderly Drivers

○陳旭寧* 増田奈央子* 篠原一光*

*大阪大学大学院人間科学研究科

XUNING, Chen* MASUDA Naoko* SHINOHARA Kazumitsu *

*Graduate School of Human Sciences, Osaka University

1. 序論

日本では高齢化、長寿化、少子化の進行により高齢者の人口が急速に増加し、2021年9月15日に高齢化率が29.1%に達している¹⁾。高齢者の運転免許保有者も増加しており、65歳以上の高齢者が運転免許の保有者全体の約26.1%を占めている²⁾。今後さらに、中高齢者ドライバー数は増加することが予想されている。

これにともなって高齢運転者の交通事故の問題が注目されている。高齢者による交通事故件数は増加傾向にある。高齢運転者の事故の特徴に関しては、出会い頭、右左折時の事故が多く、また死亡事故では路外逸脱や工作物衝突、正面衝突が多いといった特徴がみられる³⁾。このような高齢運転の事故と非高齢運転の事故との違いには、認知機能や運動能力の低下が密接に関係していると考えられる。

高齢ドライバーがこのような自己の変化に気づいているかは、認知機能や運動能力の低下を補うように運転行動を調整できるかどうかに影響するため重要な課題である。警察庁(2014)⁴⁾が実施した高齢ドライバーへのアンケート調査では、若い頃と比べて運転に変化を感じない人も多い一方、実際の運転では信号機や一時停止の見落し、ハンドルやブレーキの操作、車線からの逸脱に関する問題が指摘されている。一部の高齢者は自身の運転能力に過信している可能性もある。このような高齢運転者の運転行動や運動能力の自己評価を検討するためには、適切な自己評価手法が必要である。

運転者が自己自身の運転行動を評価するための手法として、運転行動質問紙（以下 Driver Behavior Questionnaire : DBQ）⁵⁾がある。DBQは多くの国で翻訳され、様々な属性を持ったドライバーに対して使用してきた。一方、高齢ドライバーは若年ドライ

バーとは異なる問題がある⁶⁾⁷⁾ため、異なる測定尺度と質問紙が必要であると考えられる。本研究ではDBQの質問文や内容を検討して、質問文をより適切なものへの変更すること、日本の交通状況にそぐわない項目を削除すること、オリジナルのDBQに含まれないポジティブな運転行動に関する質問項目⁸⁾を追加することを行ったうえで、この修正したDBQに対して日本の高齢運転者がどのように回答するかを明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 質問紙の構成

本質問紙の構成について、まず、駒田ら(2009)⁹⁾による日本語訳DBQの50個の質問文から、現代の車と交通状況によって質問文の内容や表現などを配慮し、45項目が抽出し、その中の16項目が心理尺度として適切かどうかを検討し、必要な修正を行った。さらに先行研究¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾に基づいて、不注意によるミスに関する項目、ポジティブな行動の項目と高齢者が頻繁に報告する項目27項目を選定して日本語に訳し、日本の交通状況に合わないものや不適切なものを削除し、必要な修正を行った。また、オンライン調査の実施の際、データの信頼性と有効性を確保するため、ダミー設問を3つ含めた。その結果、合計75項目が抽出された。最初の調査では、これらの75質問項目に対するデータを収集し、その後、1回目の調査のデータに対し探索的因子分析(最小法・プロマックス回転)を実施し、4因子モデルを選定した。そして、内的整合性を下げる項目を削除して、最終的に、4因子構造40の項目から構成されている高齢者向けの修正版DBQが作成され、この修正版DBQを後続の調査に使用した。

調査はDBQでの通常の質問である最近の運転状況を尋ねる調査と、過去(免許を取得して運転に慣

れてきた頃)を振り返り、現在と比べて運転状況にどのような変化があったかを尋ねる調査の2回に分けて実施した。1回目の調査では6段階評価(まったくしない・めったにしない・あまりしない・たまにする・あまりしない・たまにする・よくする・いつもする)、2回目の調査では5段階評価(かなり減った・やや減った・ほぼ同じ・やや増えた・かなり増えた)での回答を求めた。

なお、フェース項目としては年齢、都道府県、性別、結婚、職業、業種、世帯年収、居住形態、子供有無についてデータを収集した。また運転に関連する質問としては、自動車の種類、車への愛着、車の重要性、違反の有無、事故の有無を尋ねた。

2.2 調査対象者

本調査ではネットリサーチ用のアンケートシステムFreeeasy(アイブリッジ株式会社)を利用し、システムに登録されたパネルの中から普通自動車、大型自動車の免許を保有し日常的に運転している調査対象者を選抜した。

第1回調査 高齢者714名(有効データは669名94%)。男性417名、女性252名。平均年齢70.7歳(SD=4.71)。

第2回調査 第1回調査で有効な回答をした調査対象者に限定して、第2回調査の質問紙を実施した。高齢者500名(有効データは392名78.4%)で、男性239名、女性153名。平均年齢は71.1歳(SD=4.58)。

2.3 分析

分析には統計ソフトRとPythonを使用した。回答データからダミー設問を削除後、各項目の記述統計量の算出、各項目間の相関分析、KMOテストBartlett検定を行った。続いて探索的因子分析(最尤法・プロマックス回転)を行って因子構造を検討した。

3. 結果

本研究では第1回調査(最近の運転状況に対する調査)の結果について報告する。

修正DBQの因子構造 記述統計量から極端に回答の偏りのある項目は見られなかったため、74項目を用いて分析を行った。スクリープロットおよび並行分析に基づき、4因子構造を想定して探索的因子分析を実施した。因子負荷量が0.4未満である項目を除外し、最終的に40項目が選択された(累積寄与率=28%、KMO=.94)。因子負荷量を

表1に示す。

第1因子は「道路が一時閉鎖されていることを示す交通標識に気づかなかつた」など交通標識の見落としや、また「右折する時に道路横断の判断を誤り、あやうく衝突しそうになった」のように運転中の判断ミスを示す項目が含まれている。Reason(1990)⁵⁾のオリジナルのDBQでは「スリップ」「ラプス」「ミステイク」のようにエラーはさらに分類されているが、本結果ではこれらはすべて第1因子にまとまっている。このため、第1因子は一般的エラーと命名した(項目数=27、平均評定値=1.77、標準偏差=0.30)。

第2因子は「夜遅くあるいは早朝に、わざと制限速度を無視した」のような意図的な速度違反、また「速度オーバーするつもりはなかったのに、知らないうちに制限速度をこえていた」のように無意識的な速度制限に関する行動が含まれている。いずれも速度に関連する行動であるため、速度系違反と命名した(項目数=5、平均評定値=2.56、標準偏差=0.61)。

第3因子は「もっと速く走るよう、または道をあけるよう合図するため、前の車に極端に接近したり、パッシングした」「他の運転者とのカーレースまがいのことをした。」といった、他のドライバーに対する攻撃的で危険な運転行動を含んでいる。このため攻撃的行動と命名した(項目数=3、平均評定値=1.17、標準偏差=0.13)。

第4因子は「周囲に影響を与えないようにクラクションを鳴らさなかつた」「追い越そうとする他車のために速度を落とした」のように、周囲の状況を注意深く評価して、他の交通参加者に対する礼儀正しい配慮した行動を含んでいる。このため、ポジティブ行動と命名した(項目数=5、平均評定値=4.46、標準偏差=0.64)。

因子間相関 一般的なエラーと速度系違反($r=.59$)、攻撃的行動($r=-.15$)、ポジティブな行動($r=.32$)、速度系違反と攻撃的行動($r=-.13$)、ポジティブな行動($r=.35$)、攻撃的行動とポジティブな行動($r=-.24$)の間に有意な相関がみられた($p<.001$)。

4. 考察

一般的エラーと速度系違反 本研究ではエラーに関する項目のほとんどが一般的エラーとしてまとまつた。これらの項目の評定値から、これ

らの項目は比較的多くおこなわれている行動である。また、速度系違反は第2因子としてまとまり、速度に関する行動は高齢者の運転の問題としてエラーとは区別して論議されるべきものと考えられる。なお、「考え事に没頭して、ほかの運転者にパッシングされるまでハイビームになっているのを忘れていた」、「速度オーバーするつもりはなかったのに、知らないうちに制限速度をこえていた」という表現から推測されるように、これらの行動には意図的ではなく無意識的に実行されているものが多数含まれている。このような無意識的エラーは、高齢ドライバー認知能力、反応能力と注意力と密接に関連している可能性が高いと推測できる¹³⁾。

攻撃的行動 運転中の攻撃的行動は、他の運転者や交通状況に対して攻撃的な態度や行動を取ることを指す。これらの行動は交通安全に対する脅威となり、交通事故のリスクを高める可能性がある。運転中の攻撃的行動は、一般的なエラーと負の相関関係がみられ、攻撃的行動が多い人はエラーが少ないと報告する傾向がある。実際、岡村ら(2021)¹⁴⁾では、攻撃的運転の主な影響要因として、運転中の攻撃的な考え方、自身の運転技能を過信する傾向、および安全を軽視する要因が特定された。このことは、今回の研究で攻撃的行動が多い人は過信による一般的なエラーに関する行動を低く評価した可能性が高い。

ポジティブな運転行動 高齢者の事故に関して、ここ数年で死者数は増加する傾向にあるが、免許所有者別に見てみると、高齢者の事故率は比較的低い(警察庁交通局、2023)¹⁵⁾。その理由として、高齢者のポジティブ行動をとる傾向がリスクを低減している可能性が考えられる。本調査では、他車への配慮行動(クラクションの控えめな使用、適切な車間距離の保持)、感謝行動、リスク回避行動(追い越しを試みる他車のために速度を落とす、道を譲る)などがポジティブ行動とされているが、これらは、交通事故のリスクを低減し、安全な運転環境を促進する可能性がある。

本研究の限界と今後の展開 本研究では高齢者を対象とした調査を行ったが、若年者に対しても調査を実施し、DBQを全年齢の運転者に対して共通に使用可能なものとする必要がある。これにより、運転行動の自己評価の加齢変化をより明確にとらえることができる。

また、本研究では報告されていないが、第2回のアンケート調査の結果からは、高齢ドライバーが自分の運転行動がどのように変化したと認識しているかを検討することができる。加齢に伴う運転行動の変化の認識が、運転行動のタイプによって異なるのかは、高齢者の運転行動の変化を考えるうえで重要な情報である。

さらに、作成した高齢ドライバー向けのDBQが、事故や違反、ドライブレコーダーや同乗者評価によって記録・評価される運転の特徴とどのように関係するのか検討する必要がある。これにより、DBQによる運転行動の自己評価が実際の運転とどの程度関係するのかを明らかにでき、DBQの運転者教育ツールとしての有用性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 総務省統計局(2022). 統計からみた我が国の高齢者－「敬老の日」にちなんで－.
<https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1320.html> (2023年10月18日)
- 2) 警察庁(2023). 運転免許統計令和4年版.
<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/minkyo.html> (2023年10月18日)
- 3) 柴崎宏武：高齢運転者事故の特徴と発生要因、(公財)交通事故総合分析センター設立25周年記念フォーラム(2017)
- 4) 警察庁(2014). 警察庁交通局運転免許課「高齢運転者による交通事故防止に関するアンケートに実施について」
- 5) Reason,J.T.,Manstead, A.S.R., Starding, S.G., Baxter,J.S.,Campbell,K.k. Errors and Violations on the road: a real distinction? Ergonomics, 33, pp. 1315-1332,1990
- 6) Hakamies-Blomqvist, L., 1993. Fatal accidents of older drivers. Accident Analysis and Prevention 25, 19-27
- 7) Milleville-Pennel, I., & Marquez, S. (2020). Comparison between elderly and young drivers' performances on a driving simulator and self-assessment of their driving attitudes and mastery. Accident Analysis and Prevention, 135, 105317.
- 8) Özkan, T. & Lajunen, T.: A new addition to DBQ: positive driver behaviors scale. Transportation Research Part F, 8, 355-368 (2005).

- 9) 駒田悠一, 篠原一光, 木村貴彦, 三浦利章 : 運転行動 の自己報告による運転行動と行動特性の分類の試み, 國際交通安全学会誌, 34, 230-237, (2009)
- 10) Aberg L, Rimmö PA. Dimensions of aberrant driver behaviour. *Ergonomics*. 1998 Jan;41(1):39-56.
- 11) Han W, Zhao J, Chang Y (2021) Driver behaviour and traffic accident involvement among professional heavy semi-trailer truck drivers in China. *PLoS ONE* 16(12):e0260217.
- 12) Guého L, Granié MA, Abric JC. French validation of a new version of the driver behavior questionnaire (DBQ) for drivers of all ages and level of experiences.
- 13) Sim, J., Brown, F. L., O'Connell, R. G., & Hester, R. (2020). Impaired error awareness in healthy older adults: an age group comparison study. *Neurobiology of Aging*, 96, 58-67.
- 14) 岡村和子, 藤田悟郎, 小菅律, 中野友香子, 上野彩華, 菅野裕, 土屋裕美子(2021). 攻撃的運転傾向の心理的規定要因: 交通違反により行政処分を受けた運転者の特徴. 日本心理学会大会発表論文集, 85(0), PQ-020.
- 15) 警察庁交通局(2023). 令和4年中の交通事故の発生状況

表1 DBQ の因子分析結果

No	項目	因子負荷量				
		F1	F2	F3	F4	共通性
第一因子：一般的エラー						
50	右折する時に道路横断の判断を誤り、あやうく衝突しそうになつた。	0.695	-0.1	0.158	-0.041	0.558
70	道路が一時閉鎖されていることを示す交通標識に気づかなかつた。	0.685	-0.223	0.131	0.03	0.440
54	標識を見誤って、ロータリーから間違った道に出てしまった。	0.660	-0.072	0.103	0.093	0.441
36	追い越しの際、対向車の速度の判断を誤った。	0.644	0.004	0.058	-0.096	0.496
61	道を間違えて、いつも走りなれた道を走ってしまった。	0.635	0.091	-0.215	0.09	0.361
56	幹線道路に左折で入る車の列の中にいる時、右から近づいてくる車両に注意しすぎて、もう少しで並んでいる前の車に追突しそうになった。	0.632	-0.078	0.207	-0.031	0.524
34	左折時に、内側に近づいてきた自転車をもう少しではねそうになった。 (他 20 項目)	0.61	-0.09	0.157	-0.034	0.444
第2因子：速度系違反						
14	速度オーバーするつもりはなかったのに、知らないうちに制限速度をこえていた。	0.024	0.684	-0.065	-0.032	0.462
15	制限速度を忘れた。	0.178	0.59	-0.142	-0.074	0.437
23	追い越し車線を長時間走り続けた。	-0.045	0.524	0.108	0.032	0.297
4	夜遅くあるいは早朝に、わざと制限速度を無視した。	-0.11	0.506	0.31	0.079	0.376
26	制限速度がわからず他のドライバーと同じような速度で運転した。	0.137	0.492	-0.062	0.06	0.292
第3因子：攻撃的行動						
44	もっと速く走るよう、または道をあけるよう合図するため、前の車に極端に接近したり、パッシングした。	0.041	0.041	0.486	-0.056	0.297
51	他の運転者とのカーレースまがいのことを行なった。	0.026	0.033	0.482	0.024	0.252
68	他の運転者の行動に怒り、文句を言うために追いかけた。	-0.050	0.054	0.469	0.026	0.213
第4因子：ポジティブな行動						
21	周囲に影響を与えないようにクラクションを鳴らさなかつた。	-0.054	0.179	-0.004	0.505	0.263
13	追い越そうとする他車のために速度を落とした。 後ろのクルマが追い越そうしたら、脇によけて先に行かせるようしている。	0.253	-0.099	-0.025	0.452	0.220
72	自分に親切な行動をとってくれた他車に感謝を示した。	-0.153	0.089	0.059	0.416	0.191
28	先行車に圧迫感を与えないよう適切な車間距離を保つた。	0.034	-0.054	-0.148	0.411	0.233

仮想軌道を用いた運転支援操作動時の操作主体感の評価

Evaluation of the Sense of Agency in a Car with Driver Assistance Using Virtual Trajectory.

○香川泰三*, 朝尾隆文**, 鈴木哲**, 小谷賢太郎**

*関西大学大学院理工学研究科 **関西大学システム理工学部

Kagawa Taizo*, ASAOKA Takafumi**, SUZUKI Satoshi**, KOTANI Kentaro**

*Graduate School of Engineering, Kansai University, ** Factory of Engineering Science, Kansai University.

1. はじめに

近年、ドライバの運転の一部を肩代わりする運転支援システムが普及している。システムが運転操作を代替する割合が増加する事で、ドライバの「機械を自分自身の思いどおりに操作できていると認識する感覚」である操作主体感が低下し、運転に対する注意力や覚醒度が低下する事が報告されている¹⁾。現在普及している運転支援システムでは、システムの機能限界時や故障時にはドライバが対応しなければいけない。しかし、ドライバの操作主体感が低下している状態下での権限移譲は、ドライバが適切に対応できない可能性が考えられる。

そこで、運転支援時のドライバの操作主体感を評価する研究が行われている。Sonmin et al²⁾は脳波を用いて運転支援中の操作主体感をリアルタイムに評価し、近藤ら³⁾はヘッドマウンドディスプレイを用いて運転支援時の操作主体感を評価した。しかし、HMD や脳波計測のための電極を頭部へ装着した状態での運転操作は、ドライバに拘束感を与えてしまうといった問題点だけでなく、コストパフォーマンスの面を考えても非現実的である。そのため、実車両への普及及び搭載を考えた際には、低コストかつ非接触で操作主体感を評価できる必要があると考えられる。

一方で、人が運動を行う際には目標地点までの運動軌道をあらかじめ脳内で作成し、身体はその軌道に基づいて運動を実現していると考えられている⁴⁾。この脳内で作成された軌道は仮想軌道と呼ばれている⁴⁾。また、人が運動を行う際には運動学習によって脳内に形成された「内部モデル」を利用し、運動が行われているとも考えられている⁵⁾。この内部モデルは、目標地点までの運動軌道に見合った予測の運動軌道を出力する「順モデル」と実際の運動軌道

を実現させるための運動指令を逆算する「逆モデル」で構成され、目標地点までの実際の運動軌道と目標地点までの予測された運動軌道が比較され、操作主体感が生起されていると考えられている。したがって、順モデルからの出力である予測の運動軌道が仮想軌道であると考えると、仮想軌道から操作主体感を評価できるのではないかと考えられる。

本研究では、既存のステアリング装置を用いることで低コストかつ非接触で操作主体感を評価する事を目的とした。そのため、ドライビングシミュレータ装置を用いて、運転支援の強さの違いによって、ドライバがハンドル操作した際の仮想軌道の変化とドライバの操作主体感にどのような影響を及ぼすかを調べるために実験を行ったので報告する。

2. 仮想軌道の推定

2-1 人-ハンドル系の運動方程式

ハンドル回転軸周りの等価な人の運動特性は以下の(2.1)式のように表現できる。

$$(M_s + M_h)\ddot{\theta} + (B_s + B_h)\dot{\theta} + (K_s + K_h)\theta - K_h\theta_e = \tau \quad (2.1)$$

ここで、 M_s, B_s, K_s はハンドルの慣性モーメント [kgm^2]、粘性係数[Nms/rad]、弹性係数[Nm/rad]、 M_h, B_h, K_h は人の慣性モーメント [kgm^2]、粘性係数 [Nms/rad]、弹性係数[Nm/rad]、ハンドル角度 θ [rad]、仮想軌道 θ_e [rad]、外力 τ [Nm]である。(2.1)式に計測したハンドル角度 θ および外力 τ の時系列データを用いることで仮想軌道 θ_e が推定可能である。本研究では、推定方法としてアンセンテッドカルマンフィルタを用いた。

2-2 アンセンテッドカルマンフィルタ

カルマンフィルタは、時々刻々と変化するパラメータを逐次的に推定するパラメータ推定法であり、

時系列のデータが追加されるたびに直前の推定値を補正していく手法である⁶⁾。しかし、(2.1)式のような非線形なモデルに対しては適用する事ができない。したがって、非線形なモデルに対しても適用できるアンセンティッドカルマンフィルタを用いて推定を行った。

3. 実験方法

3-1 実験参加者

運転免許を保持している男子大学生および大学院生4名（20-24歳）に被験者として参加してもらった。

3-2 実験装置

今回の実験には簡易型ドライビングシミュレータを用いた。ステアリングはステアリングシャフトを介してダイレクトドライブモータ（安川電機製、SGMCS-14C3C41）およびエンコーダ（分解能20bit=0xFFFF=1048575(1048575+1→1048576P/R)=262144*4 遅倍=(262143(18bit)+1)*4 遅倍）に接続され、ステアリング回転軸方向の角度を計測した。また、モータにはDAボード（Interface社製、PEX-361216）、カウンターボード（Interface社製、PCI-6205）、タイマーボード（Interface社製、PEX630101）および6軸力覚センサ（Jr3社製、IFS-105M50A220-I63）を介してPCに接続した。車両挙動の計算ソフトにはCarSim（Mechanical Simulation社、version2020.1）を用いた。また、ディスプレイへの走行映像の描画にはUnity（Unity Technologies社、version2018.3.0f2）を用いた。装置の概略を図1に、実験装置を図2に示す。

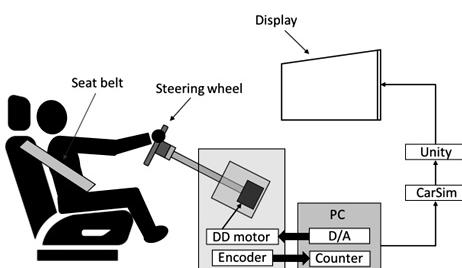


図1 実験装置概略図



図2 実験装置

3-3 実験条件

被験者には図3のような実験コースを走行してもらった。実験コースは道路幅3.0mの片側2車線の直線道路を想定して作成し、赤の丸部分にはコーンを配置した。被験者にはコーンの間を走行してもらい、ハンドルを右手は2時、左手は10時の位置で把持するよう指示した。また、実験コース走行中にハンドルを握り直ししないよう指示した。

運転支援は操舵のみに行い、車線変更を行う際に変更先の車線へと車両を誘導するような支援トルクが生じるものを施し、運転支援の大きさは支援無し、支援強さ小、支援強さ中、支援強さ大の4条件とした。支援無しでは支援トルクは生じず、支援強さ小では最大支援トルクが±1.0Nmになるような支援トルクが生じ、支援強さ中では支援強さ小の支援トルクを2倍の大きさの支援トルクが生じ、支援強さ大では支援強さ小の支援トルクを3倍の大きさの支援トルクが生じるよう設定した。

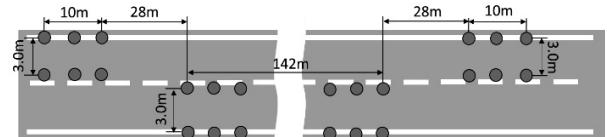


図3 実験コース

3-4 実験手順

被験者にステアリング装置の正面にあるシートに座ってもらい、ステアリングを把持しやすいようにシート位置および背もたれの角度を調整後、シートベルトを着用してもらった。そして被験者には事前に以下の情報を伝えた。

- 1) 車両の速度は60km/hの一定速度であるため、アクセルペダルおよびブレーキペダルは使用せず、ステアリング操作のみで車両を操作する。

2) 車線変更時には運転支援機能がステアリングへ支援トルクを加える場合がある。

3)一試行当たり約40秒車両を操作し、コーンの間を走行し終わった後、アンケートに回答する。

アンケートでは操作主体感に関する質問を行い、5段階で主観評価してもらった（とてもそう感じる場合を5点とし、全くそう感じない場合を1点とした）。ここでは操作主体感という言葉に馴染がないことを考慮し、自分自身が自動車を操作しているかどうかについて5段階で回答してもらった。

被験者には、実験コースを運転支援無しの状態で何回か走行してもらい、慣れてもらった。その後、支援無し、支援強さ小、支援強さ中、支援強さ大の4条件をそれぞれ5試行ずつ合計20試行走行してもらった。1回の計測時間は25sとし、4条件の組み合わせは被験者全員に1試行ずつランダムに割り当てる。

3-5 解析方法

前述したように仮想軌道 θ_e はサンプリングタイム1000Hzで計測したハンドル角度 θ および外力 τ を用い、アンセンテッドカルマンフィルタによって推定を行った。

4. 実験結果

4-1 操作主体感

図4は操作主体感の主観評価アンケートの結果について、各条件における被験者4名の平均値、また標準偏差をエラーバーで示している。運転支援の強さが大きくなるにつれてドライバの操作主体感は小さくなっている。また、Tukey法による多重比較を行った結果、支援なしでは支援強さ中および支援強さ大と比べて操作主体感に有意な差が見られた。同様に支援強さ小でも支援強さ中および支援強さ大と比較した際に操作主体感に有意な差が見られた。しかし、支援なしと支援強さ小、支援強さ中と支援強さ大ではいずれも操作主体感に有意な差は見られなかった。

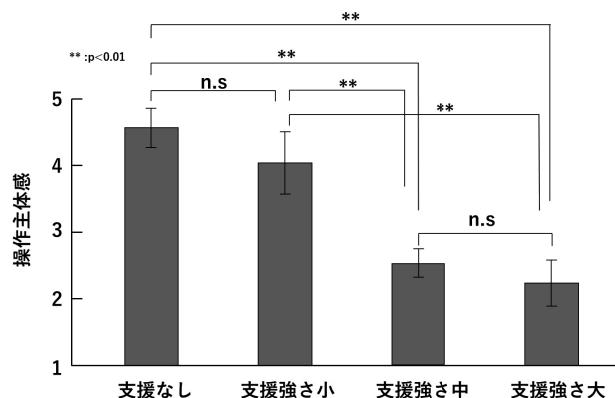


図4 主観評価アンケートの結果

4-2 ハンドル角度と仮想軌道の差

図5はハンドル角度 θ と仮想軌道 θ_e の差 $\theta - \theta_e$ [deg]の結果について、各条件における被験者4名の平均値、また標準偏差をエラーバーで示している。ハンドル角度 θ と仮想軌道 θ_e の差 $\theta - \theta_e$ に関しては車線変更中の10秒間を評価対象とした。実験走行では2回の車線変更を行った(1回目は左車線から右車線、2回目は右車線から左車線)。この時、ハンドル角度が-20degを下回ったタイミングを1回目の車線変更開始、ハンドル角度が20degを上回ったタイミングを2回目の車線変更開始と判断した。つまり、1回目の車線変更開始のタイミングから5秒後までと2回目の車線変更開始のタイミングから5秒後までの合計10秒間を評価対象とした。

図5より、運転支援の強さが大きくなるにつれてハンドル角度と仮想軌道の差が大きくなっていることが分かる。また、Tukey法による多重比較を行った結果、支援なしでは支援強さ小、支援強さ中、支援強さ大いずれの条件と比べて、ハンドル角度と仮想軌道の差に有意な差が見られた。しかし、支援強さ小と支援強さ中ではハンドル角度と仮想軌道の差に有意な差は見られなかった。

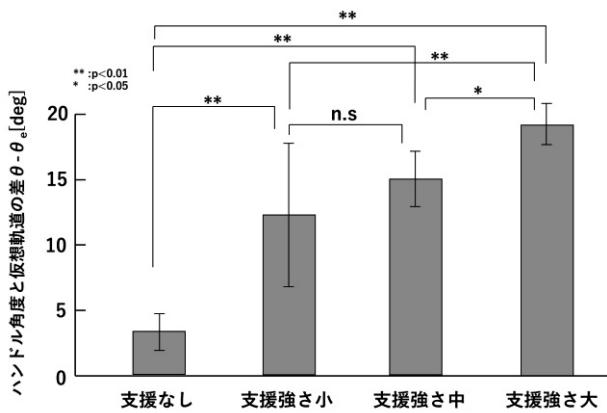


図5 車線変更中のハンドル角度と仮想軌道の差

5. 考察

操作主体感については運転支援の強さが大きくなるにつれて低下していく結果となった。支援なしでは支援強さ中および支援強さ大と比べて有意な差が見られたことや、支援強さ小でも支援強さ中および支援強さ大と比較した際に有意な差が見られたことから、ドライバは支援の強さが比較的大きな運転支援を受けた際には、自分自身で自動車を運転している感覚が薄れてしまうと言える。また、支援なしと支援強さ小および支援強さ中と支援強さ大では有意な差が見られなかつたが、これは支援強さ小での支援トルクは支援強さ中・大での支援トルクに比べて比較的小なものであったため支援を感じられなかつたためと考えられる。同様に支援強さ中と支援強さ大では2条件での支援トルクの大きさの違いを明確に判断できなかつたため有意な差が見られなかつたと考えられる。実際に支援強さ小を感じられなかつた被験者もいた。したがって、今後は支援強さ小、中、大を被験者が明確に判断できるような支援トルクに調整する必要がある。

車線変更時のハンドル角度と仮想軌道の差については、運転支援の強さが大きくなるにつれて大きくなる結果となった。支援なしでは支援強さ小、支援強さ中、支援強さ大いずれの条件と比べて、ハンドル角度と仮想軌道の差に有意な差があることから、運転支援が介入する事で車線変更時におけるドライバのハンドル角度と仮想軌道の差は大きくなると考えられる。

6. 結論

本実験を行った結果、ドライバが運転している際に比較的大きな運転支援が介入した場合には、自分

自身が自動車を操作しているという感覚が薄れる可能性が示唆された。また、運転支援の支援強さが大きくなるにつれ、操作主体感は小さくなる一方で、ハンドル角度と仮想軌道の差は大きくなる。被験者4名の結果に対して、グラフのx軸に「操作主体感」を、y軸に「ハンドル軌道と仮想軌道の差」をプロットした際の相関係数は-0.576となり負の相関が得られた。このことから、ハンドル角度と仮想軌道の差から操作主体感を評価できる可能性が示唆された。しかし、今回の実験においてハンドル角度と仮想軌道の差は、車線変更時だけに限定して評価を行った。したがって、今後は車線変更時に限らず、異なる運転状況においても同様の結果が得られるかを検討していくべきである。

参考文献

- 1) 本間亮平, 若杉貴志, 小高賢二:高度自動運転における権限移譲方法の基礎的検討, 自動車技術会論文集, Vol.47, No.2, pp537-542(2016).
- 2) Sonmin Yun,Wen Wen,Qi An,Shunsuke Hamasaki, Yusuke Tamura,Atsushi Yamashita,Hajime Asama: Investigating the relationship between driver's sense of agency and EEG:mu-rhythm is more suppressed in higher SoA case,2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science,pp1-6(2017)
- 3) 近藤駿介, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: バーチャルハンドを用いた自動運転車における行為主体感の生起, 第24回バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2019.
- 4) N.Hogan : The Mechanics of Multi-Joint Posture and Movement Control,Biol.Cybern,52, pp.315-331(1985)
- 5) 川人光男:小脳の内部モデルと運動学習, 計測と制御, Vol.33, No.4, pp296-303(1994)
- 6) 足立修一, 丸田一郎:カルマンフィルタの基礎, 東京電機大学出版局, pp152-174(2012)

バーチャルリアリティ環境におけるすき間通過時の回避行動

Avoidance Behavior during Passing Through Apertures in Virtual Reality

○畠口悠太*, 朝尾隆文**, 鈴木哲**, 小谷賢太郎**

*関西大学大学院理工学研究科 **関西大学システム理工学部

HATAGUCHI Yuta*, ASAOKA Takafumi**, SUZUKI Satoshi**, KOTANI Kentaro**

* Graduate School of Science and Engineering, Kansai University,

** Faculty of Engineering Science, Kansai University

1. はじめに

自動車で狭くなっている箇所を通行する時、ドライバは事故を回避しようとするため減速すると予測できる。また、障害物との接触が皆無となるジェットコースターでトンネルを通過する時、乗客は絶対に接触することがないと分かっているはずであるが、通過時には恐怖を感じるであろう。事故のリスクがなかったとしても、ドライバはすき間を速い速度で通行することに恐怖を感じるのである。そこで、人が速度を持ってすき間を通過する場合には、すき間の幅を狭く感じているのではないかと考えた。

従来、すき間の通過実験は実環境で静止条件、歩行条件を中心に実施されてきた¹⁾²⁾。しかし、実環境で自動車のような高速度ですき間を通過させる実験は現実的ではない。そこで、視覚ディスプレイとして没入感、臨場感のある映像を提供でき、2Dディスプレイでは再現できない映像体験をもたらすことができる³⁾HMDを用いてVR環境下にてすき間を通過させ、すき間通過時の速度と通過可否、通過時の身体の回旋について調査した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

VR環境下ですき間を通過する実験を行った。その際、様々な速度で通過させることで、通過可否の判断、それに伴う衝突回避のための身体の回旋角度が異なるのかを検証する。

2.2 実験条件

実験条件は、静止条件と移動条件の2つとした。移動速度は4.25km/h, 10km/h, 30km/h, 45km/hの5つを設定し、それぞれで身体の回旋角度を比較した。すき間幅は被験者の最大身体幅の0.7倍～1.9倍までの0.2倍刻みで変化させた。被験者は静止条件では身体の回旋は測定せず、通過可否の判断を求めら

れ、移動条件では回旋によるすき間の通過を求められた。

2.3 被験者

インフォームドコンセントを得た健常男子大学生4名(22±1歳)であった。

2.4 実験環境

実験で使用するVR環境はUnityを用いて作成した。作成したVR環境をHTC社のVIVE PROで見られるよう、「SteamVR Plugin」を用いHMDとUnityを連携した。被験者の前方に高さ2.5m、すき間幅の調整が可能なドアを2枚を提示し、すき間を作成した。被験者からドアまでの距離は条件と速度によって変化するようにした。静止条件では5m前方にドアを設置し、移動条件では移動を始めて5秒後にすき間を通過するようにドアを設置した。Fig.1に静止条件での被験者から見える映像、Fig.2に移動条件(30km/h)での映像を示す。また、すき間通過時の身体の回旋角度を測定するため、被験者の前腕部にVIVE Trackerを装着し回旋角度を出力した。

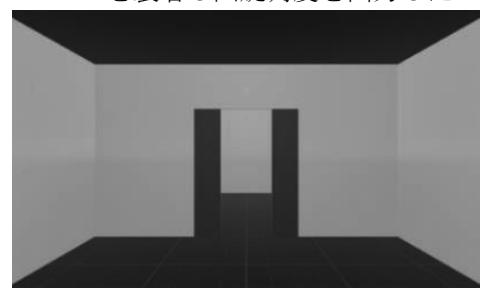


Fig. 1 静止条件での映像

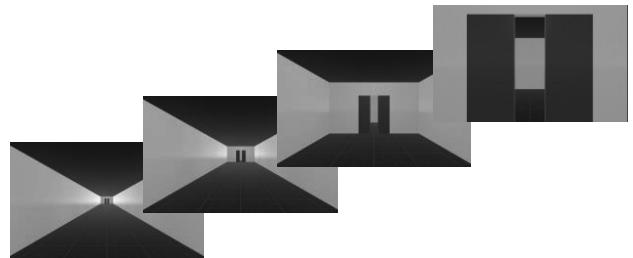


Fig. 2 30km/h 条件での映像

2.5 実験手順

先に静止条件を実施した。7つのすき間幅の映像の提示を1試行とし3試行実施、被験者はそれぞれで通過可否の判断を求められた。静止条件が終了後、移動条件を実施した。移動条件は4つの速度と7つのすき間幅の28つの映像の提示を1試行とし3試行実施、被験者はそれぞれですき間通過時に身体の回旋による衝突の回避を求められた。静止条件、移動条件のどちらも提示順番はランダムとした。

3. 結果と考察

Fig. 3 に静止条件での最大身体幅に対するすき間幅と通過不可と判断された回数の関係、Fig. 4 に通過速度に対するすき間幅と身体の回旋角度の関係について示す。移動条件について回旋角度から接触の有無を判定した結果、最大身体幅の0.7倍で4.25km/h, 10km/h, 45km/h の条件において1回ずつドアとの接触が見られた。

静止条件と移動条件のどちらにおいても最大身体幅の1.3倍を基準にして変化が見られた。1.7倍以降はほとんどの被験者で回避のための身体の大きな回旋は見られなかった。各倍率において速度間での有意差はないものの、どの速度でも被験者は身体を大きく回旋させることで保守的な傾向が見られた。

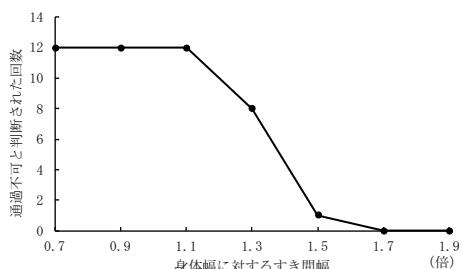


Fig. 3 静止条件での通過不可と判断された回数

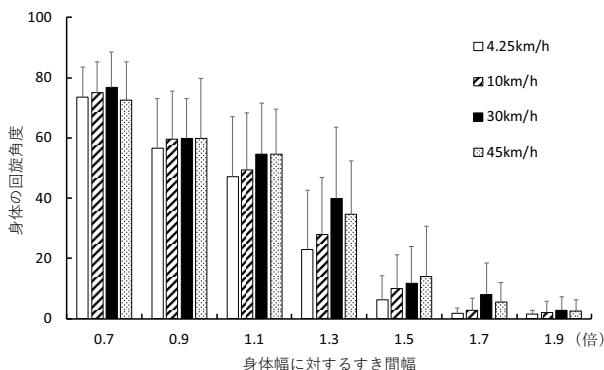


Fig. 4 各条件のすき間幅とすき間通過行動の関係

本実験では、VR環境下ですき間の通過実験を行つ

たところ、衝突回避のための身体の回旋が見られた。静止条件では身体幅の1.16倍が通過可能と判断される¹⁾ことが報告されているが、本研究ではより大きなすき間幅が通過の判断基準になっていた。移動条件では、すき間を歩いて通過した場合、身体幅の1.3倍が身体を回旋しながらすき間をすり抜ける基準である¹⁾ことが報告されているが、本実験でも歩行速度の条件である4.25km/hでは1.3倍を基準に身体の回旋に有意差が見られた。VR環境下でも歩行時には通過の判断において実環境に近い再現性が得られた。一方、回旋角度は Higuchi ら²⁾が実環境で行った結果と比べて大きくなかった。これは、静止条件を考慮すると自身の身体幅を大きく知覚したため、大きく回旋させたのではないかと考えられる。

また、本実験では様々な速度ですき間を通過させたが、身体の回旋による衝突回避行動に差は見られなかつた。これは、被験者ごとのばらつきが大きかったため、大きく身体を回旋させた被験者は保守的な行動を選択したことにより、行動の調整を避け、どの速度でも一定の回旋をしたのではないかと考えられる。

4. 結論

本研究では、速度を持ってすき間を通過するときにすき間幅を狭く感じるのではないかと考え、VR環境下で様々な速度ですき間を通過させたが、速度とすき間通過時の身体の回旋についての関係は見られなかつた。今後、自身の幅の知覚についての調査を進めるとともに、被験者ごとに個人差をなくすための実験条件を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) Warren, W. H., & Whang, S. : Visual guidance of walking through apertures : Body-scaled information for affordances, Journal of Experimental Psychology, Vol. 13, No. 3, pp. 371-383, (1987).
- 2) Takahiro Higuchi, Michael E. Cinelli, Michael A. Greig, Aftab E. Patla: Locomotion through apertures when wider space for locomotion is necessary : adaptation to artificially altered bodily states, Exp Brain Res, Vol. 175, No. 1, pp. 50-59, (2006).
- 3) 深井 克明：立体ヘッドマウントディスプレイ（HMD），映像情報メディア学会年次大会講演予稿集，pp. 462-465, (1998).

エンジン音フィードバックの変化による運転行動への影響の分析

Analysis of the Effects on Driving Behaviors due to Changes in Engine Sound Feedback

○井上草太*, 内海章**, 山添大丈*

*兵庫県立大学大学院工学研究科 **株式会社国際電気通信基礎技術研究所

INOUE Sota*, UTSUMI Akira**, YAMAZOE Hirotake*

* Graduate School of Engineering, University of Hyogo,

** Advanced Telecommunications Research Institute International.

1. はじめに

近年、交通事故は減少傾向にあるが、事故件数は依然として多く、安全運転の実現に向けた運転支援システムが研究されている。一方で、現在の運転支援システムの多くでは、危険時に自動的にブレーキをかけたり、アラートを鳴らしたりするなど、ドライバーの運転操作に反して車の挙動を変えるものが多く、ドライバーに不快感や違和感を生じさせる。これに対し本研究では、車の挙動を直接変化させることなく、ドライバー自身が安全運転を行うように行動を変容させることを目指す。

そういったアプローチの一つとして、Utsumi らは、仮想的な視覚目標を提示することによって、ドライバーが車両制御をしやすくする手法を提案している[1]。本研究では、人が音楽を聴きながら歩くとき、歩くりズムは音楽のリズムに影響されるといったように、人の行動が周囲の刺激に影響されることに着目する。Melman ら[2]は、エンジン音の変化がドライバーのスポーティさの感覚に影響し、速度調節能力を上昇させることを示している。これを参考に、本研究では、運転操作に伴うエンジン音フィードバックを変化させることで、運転行動、特にアクセル操作に影響を与えることができるかを、VR を用いたドライビングシミュレータを用いて評価する。

2. 提案手法

本研究では、アクセル開度と速度（エンジン回転数）によって決定されるエンジン音を、実際のアクセル開度・速度とは異なる値に変化させることで、運転操作に影響を与えることを目指す。実験では、エンジンの元となるアクセル開度と速度を 1.5 倍に変化させる条件と、0.7 倍に変化させる条件を設定し、これらの条件による運転行動への影響を評価する。エンジン音を変化させる区間として、図 1, 2 に示す 2 種類の状況を準備する。区間 A（図 1）では、直線

前のコーナー途中から直線の真ん中までの区間で、加速時における運転行動の変化を分析する。区間 B（図 2）は、直線の真ん中から、コーナーに入るまでの区間で、定常走行時における運転行動の変化を分析する。

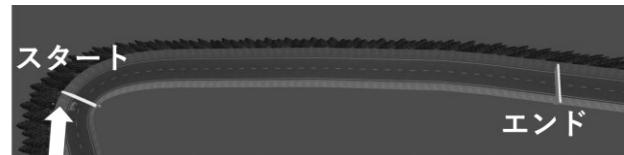


図 1 区間 A の例



図 2 区間 B の例

3. 実験

3-1. 実験環境

VR ドライビングシミュレータを用いて実験を行う。シミュレータの構築には、Unity 2021.3.9f1 を使用し、ドライビングコントローラ (Logicool G29 DRIVING FORCE) とヘッドマウントディスプレイ (HMD, VALVE INDEX ヘッドセット) から構成される。図 3 にシミュレータの外観を、図 4 に実験参加者視点のシミュレータの様子を示す。

3-2. 実験手順

実験参加者には、シミュレータでの運転に慣れてもらうため、実験前に実験に用いるものとは別のコースを試走してもらい、その後、実験用コースを 2 回走行してもらう。1 回は、エンジン音の変化がある条件（変化あり）、残りの 1 回は、エンジン音変化がない条件（変化なし）である。実験中の運転データ（アクセル開度、ステアリング角、車速）を記録し、走行が終わるごとにアンケートを行う。アンケート



図3 実験環境



図4 実験環境（実験参加者視点）

は2問あり、「快適に運転できたか」、「走行中に違和感を覚えたか」を5段階で回答してもらう。6名の実験参加者6名で実験を行った。

4. 実験結果

まず、エンジン音変化とアクセル開度の関係について分析する。各条件において、エンジン音変化を開始してから5秒間のアクセル開度を記録し、変化なし条件の同じ区間のデータと比較した。変化が顕著に現れた実験参加者の結果のグラフを図5, 6, 図7, 8に示す。図5, 6は、区間Aの1.5倍、0.7倍条件でのアクセル開度、図7, 8は、区間Bの1.5倍、0.7倍条件でのアクセル開度を示しており、破線は同じ実験参加者の同区間の変化なし条件アクセル開度である。図5ではアクセルを踏んだ後、すぐに離していることが確認できる。図6では多くアクセルを踏み込んでいることが確認できる。図7では、エンジン音変化から1秒後くらいに、踏んでいたアクセルを離す傾向が見られた。このような傾向は、実験参加者6名中3名で確認された。図8では、変化後にアクセル開度が大きくなる変化が見られ、6名中5名で確認された。

次に、アンケート評価について分析する。変化あり条件で快適性(図9)が低下しているが、違和感(図

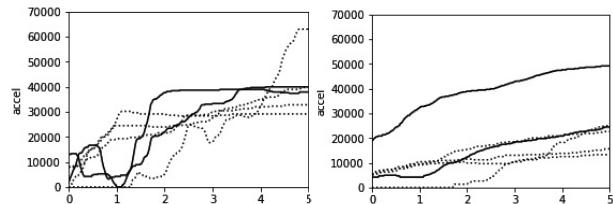


図5 区間A, 1.5倍

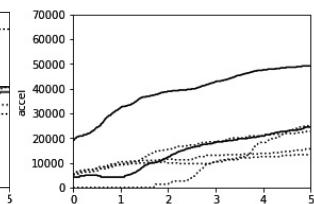


図9 区間A, 0.7倍

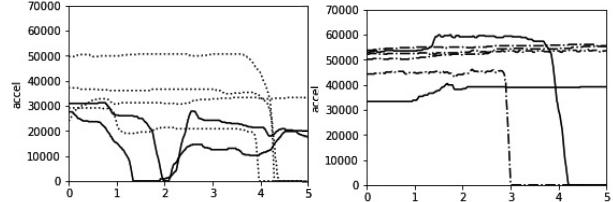


図8 区間B, 1.5倍

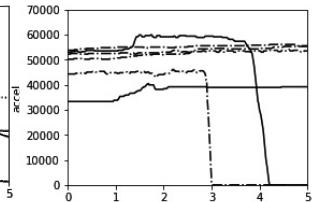


図10 区間B, 0.7倍

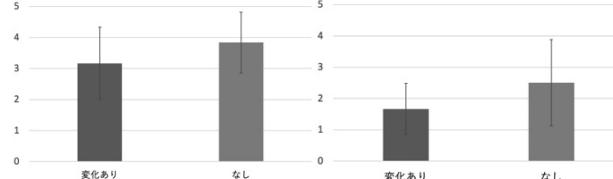


図7 快適性

なし)は変化なし時のほうが高い結果となり、エンジン音変化による違和感によって運転の快適性が低下したわけではなく、快適性低下の原因については今後原因を検討していく。

5. まとめ

本研究では、走行中のエンジン音フィードバックを変化させることによる運転行動への影響を分析し、エンジン音の変化による運転行動変化の可能性を示した。今後は、運転行動に影響を与えるやすいエンジン音の変化方法などについて検討を進めながら、より条件を統制したコースを作成し、定量的な評価を進めていく。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP21K11968, JP23H01387 の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) Utsumi, A., Mikuni, T. and Nagasawa, I.: Effect of on-road virtual visual references on vehicle control stability of wide/narrow FOV drivers, *AutomotiveUI 2019: Adjunct Proc.*, pp. 297–301 (2019).
- 2) Melman, T., Visser, P., Mouton, X. and de Win-ter, J.: Evaluating modified throttle mapping and artificial engine sound for electric vehicles, *J. Advanced Transportation*, Vol. 2021, pp. 1–15 (2021).

一般セッション5（C会場：A203室）

GS5 ヒューマン インターフェース

GS5-1 触覚により情報を提示する腕装着型デバイスの動作検討

GS5-2 学習しやすさの観点から見たスマートスピーカーの
ユーザビリティの分析

OS5-3 直列弾性アクチュエータを用いた上肢運動アシストロボット

GS5-4 拡張現実技術を利用した仮想身体による運動提示が
運動主体感に与える影響

GS5-5 視覚誘発電位の空間分布利用型インターフェースにおける
空間選択的注意の影響

触覚により情報を提示する腕装着型デバイスの動作検討

Preliminary analysis of an arm-worn device for presenting information through tactile sensation

○西村 寧麻*, 米澤 朋子**, 山添 大丈*

*兵庫県立大学大学院工学研究科 **関西大学総合情報学部

NISHIMURA Neo*, YONEZAWA Tomoko**, YAMAZOE Hirotake*

*Graduate School of Engineering, Hyogo University, **Faculty of Informatics, Kansai University

1. まえがき

コロナ禍において、病院や高齢者施設で対面での面会が制限されるなど、対面での交流が制限された。ビデオ対話や VR など、遠隔コミュニケーション環境も増加しているが、主に視聴覚によるコミュニケーションに限定されるという問題がある。本研究では、視聴覚以外の感覚のうち触覚に着目する。

触覚は、振動や電気刺激による情報伝達だけでなく、感情に働きかけられる感覚であり、高齢者ケアでも重要とされる。そのため「温かい」コミュニケーションの実現には、視聴覚だけでは不十分であり、触覚も利用することが重要といえる。本研究では、様々な触覚表現のうち、「なでる」と「引っ張る」に着目し、特に「なでる」についての予備実験結果を紹介する。

先行研究として、空気圧アクチュエータを用いた触覚提示デバイス^①があるが、ポンプやバルブなどの機材が必要で、システムが複雑で大型化するという問題があった。また、國安らはゴムベルトを用いて前腕に牽引表現を行うデバイスを提案している^②が、腕に直接装着することを想定しており、前腕以外への装着が難しい。

本研究では、服の上から装着でき、様々な触覚表現が可能なデバイスを目指し、複数のローラからなる触覚デバイスを提案する。

2. 複数のローラ機構からなる腕装着型触覚提示デバイス

2-1. 触覚提示デバイスの構成

提案する触覚提示デバイスを図 1 に示す。提案デバイスはローラ機構を 5 つ組み合わせたもので、ローラ機構同士はローラの軸の間を接続するパーツで連結している。

ローラ機構の内部構造を図 2 に示す。ローラの中央部にサーボモータを固定するパーツがあり、この

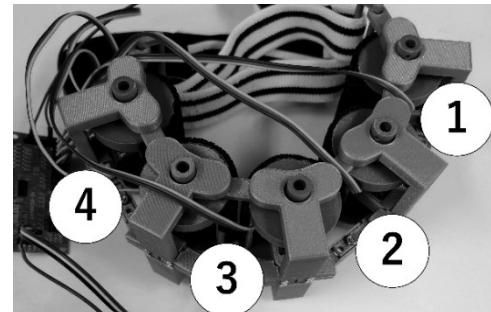


図 1 ローラ機構を用いた触覚提示デバイス

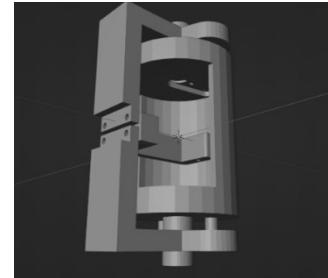


図 2 ローラ部分の内部構造

パーツはローラを挟み込む形で固定する。このパーツを以降ではモータ固定部品と呼ぶ。また、サーボモータの回転軸はローラの内側側面に固定する。連結したローラ機構は、腕固定用のバンド二本を用いて右上腕に装着する。

提案デバイスは、マイコン(ESP32-DevKitC)、モータ接続用基板(AKPCA9685)、サーボモータ(Tower Pro Micro Servo 9g)5 個からなり、サーボモータはモータ接続用基板を経由してマイコン基板に接続される。

ローラ機構などの部品は 3D モデル作成ソフト(Blender)を用いて設計し、3D プリンタ(Originl Prusa i3 MK3)を用いて作成した。

2-2. 提案デバイスによる触覚表現

この触覚デバイスによる「なでる」、「引っ張る」の表現方法を説明する。「引っ張る」は、図 3 に示すように引っ張る箇所の隣接しているローラを互いに反対方向に回転させる。回転させることで服が寄せられ、引っ張られる動きとなる。

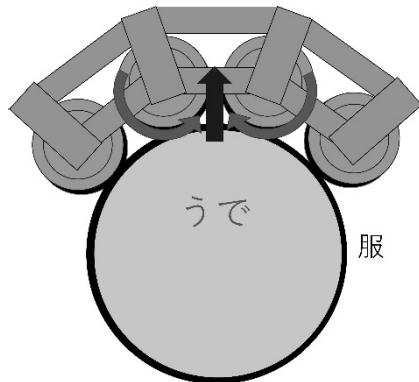


図3 引っ張り動作方法



図4 実験の様子

次に、「なでる」は、なで始める箇所のローラをなでる方向とは逆向きに回転させる。そこから隣接したローラを同様に回転させていき、端のローラまで動作させる。ローラを順番に動かし始めることによって、なでる箇所の移動を表現している。

3. 実験

「引っ張る」表現の評価を行うため、以下の実験を行った。図4に示すように、被験者は椅子に座った状態で、触覚提示デバイスを右上腕に装着する。

実験では、被験者に4方向のうち1方向への引っ張りの提示を行い、感じた引っ張り方向を回答してもらう。引っ張り動作として、ローラの回転速度が異なる2種類（速い、遅い）を準備し、図1の1~4の4方向×速度2種類の計8種類の動作を評価してもらった。8回の実験を1セットとし計5セットを実施した。実験1セット内の提示順はランダムとした。実験には21~23歳の男性4名が参加し、実験の概要を説明した後、評価実験を行った。

4. 実験結果と考察

引っ張り方向の評価結果を表1に示す。表1より、基本的には引っ張り方向が理解されていることがわかる。一方で、場所2の正答率が低くなっている。

表1 引っ張り方向評価結果（上：遅い、下：速い）

		評価（場所）				正答率
		1	2	3	4	
場所	1	17	3	0	0	85.0%
	2	2	13	5	0	65.0%
	3	0	1	18	1	90.0%
	4	0	0	1	19	95.0%

		評価（場所）				正答率
		1	2	3	4	
場所	1	16	4	0	0	80.0%
	2	3	12	4	1	60.0%
	3	0	1	15	4	75.0%
	4	0	0	0	20	100.0%

引っ張り場所によってわかりやすさが異なる可能性がある。ただし、遅い・速い、いずれでも1または3と間違っており、基本的な引っ張り方向は理解されている。また、前方(1, 2)と後方(3, 4)の比較でも、前方の正答率が低く、場所によるわかりやすさの違いを示唆する。さらに、速度が速いときより遅いときの方が、正答率が高い。この理由として、速度が遅い場合、動作時間が長くなり、動いている場所がわかりやすくなっていると考えられる。

5. まとめ

本研究では、ローラ機構を用いた新しい触覚提示デバイスを提案した。実験では、引っ張り方向の調査を行い、引っ張り方向が正しく認識されることを確認した。今後は、強さや角度など、詳細な動作デザインの評価を行いながら、「なでる」を含む「温かい」コミュニケーションについても評価を進めていく。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP21K11968, JP23K11278 の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 山添大丈, 米澤朋子: 装着型ぬいぐるみロボットのための空気圧アクチュエータアレイによる触覚表現手法, インタラクション 2017, (2017).
- 2) 國安裕生, 中田五月, 橋本悠希, 梶本裕之: 前腕部牽引触覚を用いた方向提示装置, インタラクション 2010, (2010).

学習しやすさの観点から見たスマートスピーカーのユーザビリティの分析

Usability Analysis of Smart Speaker considering Learnability

西川祐生*, 土井俊央**

*大阪市立大学生活科学部 **大阪公立大学生活科学研究所

Nishikawa Yuki*, Doi Toshihisa**

*School of Human Life and Ecology, Osaka City University, **Graduate School of Human Life and Ecology, Osaka Metropolitan University

1. はじめに

今日音声応答システムが、人々の生活や社会に浸透し始め、その中でも特にスマートスピーカーの普及が著しい¹⁾。従来のUIデザインの知見は視覚的な要素を対象にしたもののが中心であり、Voice User Interface (VUI)についてのユーザビリティの問題やそのためのデザイン指針を考える必要がある。特にスマートスピーカーにおいて、使いやすさを考えるうえで重要な学習性についての研究は少ない。スマートスピーカーを使う際、ユーザの学習過程において影響を及ぼすものが何か、どこでエラーが発生するか、またどのくらいの利用経験で習熟するのかが明らかになれば、メンタルモデル構築をしやすいVUIのデザインに貢献できると考えた。これらのことを見らかにするために本研究では、スマートスピーカーを使用する時にユーザはどのように学習していくのかを調査することを目的とした。

2. 実験方法

2-1 実験概要

実験参加者はスマートスピーカーの利用経験のない大学生12名とした。スマートスピーカーの特徴を活かすため、無線接続で他の複数の機器と接続させ、実験参加者に複数回の音声操作を行ってもらう実験を実施した。実験に用いたスマートスピーカーは、画面の有無が異なる2種類を用いた（画面なし：Amazon, echo dot 第4世代、画面あり：Amazon, echo show5 第2世代、共にver2.2.5である）。このスマートスピーカーに、スイッチボット LED 電球とAmazon Fire TV stick 4Kmaxを接続した（図1）。

実験要因は、スマートスピーカーの画面の有無（2水準）と操作方法（音声操作のみ、音声とリモコン操作の併用の2水準）の2要因とし、これらを組み合わせた合計4条件について実験課題を実施した。

学習性についての実験のため、実験参加者は各条件

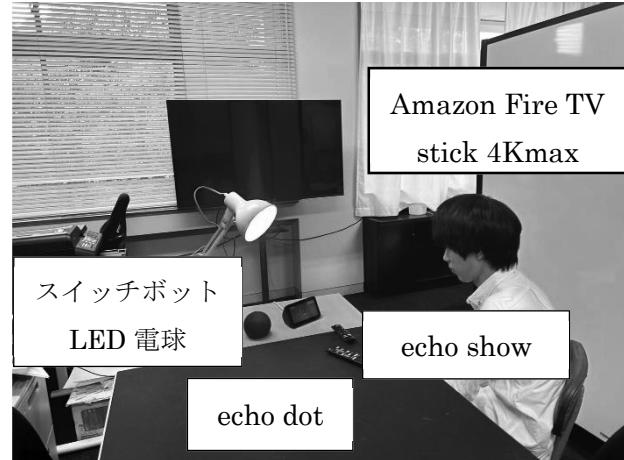


図1 実験の様子と調査に使用した機器

で別とし（被験者間計画）、各条件で均等に3名ずつ割り付けた。

実験では、学習過程に着目するため類似したタスクを10回行ってもらった。操作課題実施中はビデオカメラで操作行動および発話を記録し、思考発話法によるプロトコル分析を実施した。

2-2 スマートスピーカーの操作課題

(1) 音声操作のみのタスク

音声操作のみのタスクは「天候と気温を記録する」「ライトを付けて、色と明るさを変更する」「タイマーをかけて音楽をかける」の3つのタスクを複合したものとした（天候の課題例：大阪の天候、最高気温（摂氏）、最低気温（摂氏）を記録する）。

(2) 音声操作+リモコン操作のタスク

音声操作+リモコン操作のタスクでは、TV本体のリモコン及びのAmazon Fire TV stick 4Kmaxリモコンの2種類を用いた。課題内容はNetflixの指定の作品を、タイマーをかけて見る、というものとした。

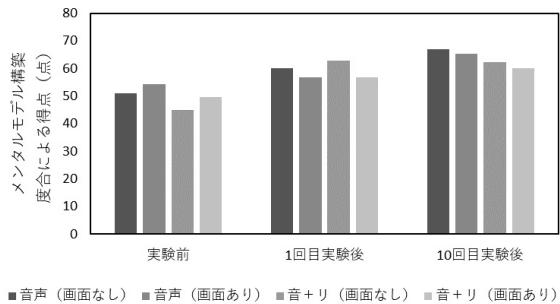


図2 メンタルモデル構築度合の推移

2-3 プロトコル分析

思考発話法によるプロトコル分析を実施するため、実験参加者には操作課題中、常に思考内容を発話することを求めた。操作中は音声操作をするため、操作後にビデオを見ながら発話してもらう、回顧法を採用した。タスク中の発話は1回目と10回目の操作課題後の計2回行った。

2-4 評価指標

- (1) 課題達成時間：各回のタスクに要した時間を計測した。
- (2) メンタルモデル構築度合：操作課題実施前、1回目終了後、10回目終了後に、操作してもらったスマートスピーカーに対するメンタルモデルの構築度合を把握するための質問紙²⁾への回答を求めた。
- (3) ユーザビリティの主観評価指標：1回目と10回目の操作課題実施後に、音声操作のユーザビリティ評価指標である Voice Usability Scale (VUS)³⁾への回答を求めた。
- (4) 発話・行動：プロトコル分析によって、操作中の認知プロセスや操作エラーを定性的に分析した。

3. 結果と考察

音声操作のみ、および音声+リモコン操作における2水準（画面のあり、なし）の3名ずつの平均を図2、3に示す。図2より、すべての条件において実験前に比べ実験後にはメンタルモデルが形成され、画面なしにおける音声+リモコン操作以外では10回目の実験後により構築されていることが分かる。

また図3よりいずれの条件においてもラーニングカーブが描かれていることが読み取れる。画面無しにおける音声操作では1回目から2回目にかけてすぐに習熟しているが、一方で他の条件ではではゆっくりと習熟していることが分かる。画面ありにおけ

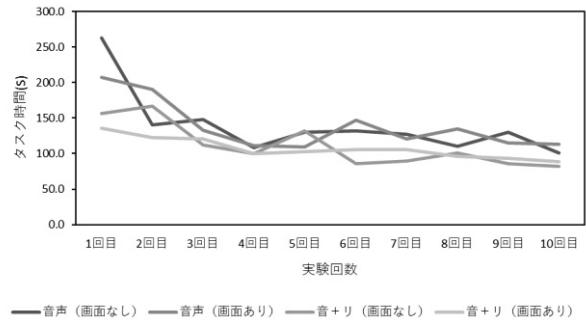


図3 タスク時間の推移

る音声操作の6回目、また画面なしにおける音声+リモコン操作の5回目でタスク時間が上昇しているのは、タスクの慣れによる操作ミスと考えられる。

図2、3より未経験者がスマートスピーカーを繰り返し使うことで、製品に対するメンタルモデルが構築され、タスクに要する時間も短くなり、学習していくことが分かる。

4.まとめと今後の課題

スマートスピーカーの学習性について検討するために、画面の有無、リモコンの有無の異なる4条件で操作実験を行った。今後プロトコル分析から得られた定性的なデータと紐づけて、各条件において習熟に寄与する要因を検討したい。また実験人数を増やし、統計解析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 株式会社野村総合研究所：IT ナビゲーター2021 年度版 コロナショックでデジタル化が加速～2026年までの市場トレンドを予測～, p54(2020) (<https://www.nri.com/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/report/cc/mediaforum/2020/forum301.pdf?la=jaJP&hash=519CE6648A6333D49E20FD5526C1751D639E8F74>) (2023年10月5日閲覧)
- 2) 土井俊央, 石原啓介, 山岡俊樹：ユーザインテフェースにおけるユーザのメンタルモデル構築度合想定のためのアンケートの提案, デザイン学研究, Vol. 60, No. 2, pp. 69–76, (2014).
- 3) Dilawar Shah Zwakman, Tuul Triyason, Debajyoti PalVoice : Voice Usability Scale : Measuring the User Experience with Voice Assistants, IEEE, pp. 308–311(2020).

直列弾性アクチュエータを用いた上肢運動アシストロボット

Upper limb motion assist robot using series elastic actuators

○西垣洸希*, 中谷真太朗*, 西田信一郎*

*鳥取大学

NISHIGAKI Koki*, NAKATANI Shintaro*, NISHIDA Shin-ichiro*

*Tottori University

1. 緒言

物を動かす、掴むなどの運動は、日常生活において必要不可欠であり、上肢はこれらの運動を行う上で重要な部位である。しかし、脳卒中患者は、神経系疾患により生じる片麻痺が原因で、上肢の運動機能が損なわれ、QOL (Quality Of Life) が低下する。神経系疾患に対する治療薬は存在するものの、完全な治癒には至らず、運動機能回復のためには、リハビリテーションの併用が必要となる。患者のリハビリを実現させるには、「運動主体感」の実感が重要である。運動主体感とは、自分が能動的に運動を行っているという感覚であり、この感覚の誘起により人間の運動機能向上に繋がることが分かっている^①。

本研究では、運動アシストロボットを用いて上肢の随意運動の実現を目指す。運動アシストロボットに求められる性能として、人間の能動的な運動に対する追従性、人間とロボットの間での相互的な安全性、ロボットが患者から受ける力の応答性が挙げられる。そこで、直列弾性アクチュエータとインピーダンス制御を統合させた柔らかく安全な上肢運動アシストロボットを提案する。

2. 提案する上肢運動アシストロボット

本研究で提案するアシストロボットの用途を以下に示す。

- (1) 人間の運動に適度な負荷をかける。
- (2) 人間の随意運動をアシストして、筋力が不足した人間でも運動を実現する。
- (3) 所定の動作パターンで人間の動作を誘導する。
- (4) マスター動作に応じて仮想スレーブの動力学シミュレーションを行い、作業対象の剛性や力を帰還させる。

想定する運動は、平面 2 自由度の肘関節の水平屈曲/伸展運動を対象とし、対象運動を安全に行えるロボットを設計した。設計したロボットを図 1 に示す。

リハビリロボットに必要とされる機能にバックド

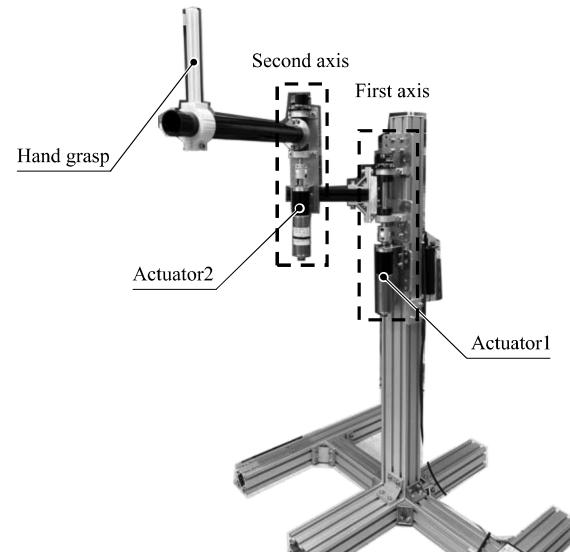


図 1 提案する上肢運動アシストロボット

ライバビリティがある。バックドライバビリティとは、出力軸側からトルクを加えた際に駆動軸を回転させる能力である。人間の運動をアシストするロボットには、低速/高トルクが要求される。要求を満たすために、モータの先端にギア比の高いギアヘッドを取り付ける手法が考えられる。しかし、ギア比の高いギアヘッドは一般にバックドライバビリティが

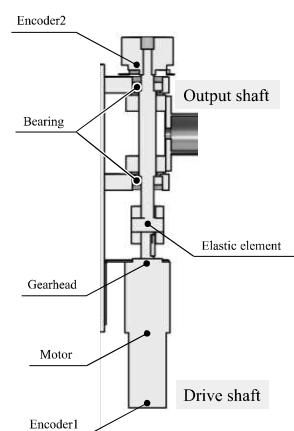


図 2 SEA の構造（単軸分）

低下するため、患者からの入力トルクを反映できず、安全性が低くなる。ロボットの先端に力センサを取り付けることで人間にかかる力を計測し、一定以上の力が加わらないように制御することは可能であるが、この場合、センサの配置や突発的な外乱に対する応答性に課題がある。

3. 直列弾性アクチュエータ

直列弾性アクチュエータ (Series Elastic Actuator; SEA) ²⁾とは、アクチュエータの出力軸と駆動軸との間に弾性要素を組み込んだものである。本研究では、弾性要素とモータを用いた電動の SEA により、コンパクトかつコンプライアンス特性の容易な変更を可能にした。さらに、SEA に加え、インピーダンス制御を利用してすることで所期のコンプライアンス特性の実現をはかる。

本研究で用いる SEA の構造を図 2 に示す。モータ・ギアヘッドの回転により駆動軸が回転すると、ねじり弾性機構を介して出力軸が回転する。この時、ギアヘッド先端の駆動軸の角度 θ_m はエンコーダ 1 により計測され、出力軸の角度 θ_a はエンコーダ 2 によって計測される。2 つの軸のねじれ角から弾性要素のねじり剛性 k_e を基に出力軸に加わるトルク τ を式(1)より計測できる。

$$\tau = k_e(\theta_a - \theta_m) \quad (1)$$

このようにトルクセンサとしての役割を持つだけでなく、突発的な外乱に対しても弾性要素が応答するため、広い帯域での所期のコンプライアンス特性を実現できる。

4. インピーダンス制御

インピーダンス制御の計算で用いる運動モデルのパラメータを表 1 に示す。モータ、ギアヘッド、出力軸（アーム）の運動方程式を式(2),(3),(4)に示す。 $\theta_m(t), \theta_g, \theta_a$ をそれぞれ、モータ、ギアヘッド、アームの角度とする。

・モータ

$$I_m \ddot{\theta}_m + c_m \dot{\theta}_m + c_g \left(\frac{\dot{\theta}_m}{n} - \dot{\theta}_g \right) + k_a \left(\frac{\theta_m}{n} - \theta_g \right) = \tau_m \quad (2)$$

・ギアヘッド

$$I_g \ddot{\theta}_g + d_g \dot{\theta}_g + c_a (\dot{\theta}_g - \dot{\theta}_a) + k_a (\theta_g - \theta_a) - c_g \left(\frac{\theta_m}{n} - \theta_g \right) - k_g \left(\frac{\theta_m}{n} - \theta_g \right) = 0 \quad (3)$$

・アーム

$$I_a \ddot{\theta}_a + d_a \dot{\theta}_a - c_a (\dot{\theta}_g - \dot{\theta}_a) - k_a (\theta_g - \theta_a) = \tau_d \quad (4)$$

表 1 運動モデルのパラメータ

記号	意味
I_m	モータの慣性モーメント
I_g	ギアヘッドの慣性モーメント
I_a	アームの慣性モーメント
c_m	モータの粘性減衰係数
d_g	ギアヘッドの粘性減衰係数
d_a	アームの粘性減衰係数
c_g	ギアヘッドの構造減衰
c_a	弾性要素の粘性減衰係数
k_g	ギアヘッドのねじり剛性
k_a	弾性要素のねじり剛性
τ_m	モータの出力トルク
τ_d	外乱トルク
n	減衰比

次に、理想のアームの運動方程式を式(5)に示す。理想の慣性モーメントを I_{imp} [kgm²]、理想の粘性減衰係数を c_{imp} [Nm · s/rad]、理想のねじり剛性を k_{imp} [Nm/rad]、目標角度を θ_{ref} とする。

$$I_{\text{imp}} \ddot{\theta}_a + c_{\text{imp}} \dot{\theta}_a + k_{\text{imp}} (\theta_a - \theta_{\text{ref}}) = \tau_d \quad (5)$$

式(2)～(5)を用いて、アームの加速度 $\ddot{\theta}_a$ を消去し、モータ、ギアヘッドの速度が十分に遅いと仮定すると、

$$\begin{aligned} \theta_m &= \frac{n}{k_a} \left(d_a + c_a - \frac{I_a}{I_{\text{imp}}} c_{\text{imp}} \right) \dot{\theta}_a \\ &+ \frac{n}{k_a} \left(k_a - \frac{I_a}{I_{\text{imp}}} k_{\text{imp}} \right) \theta_a + \frac{n}{k_a} \cdot \frac{I_a}{I_{\text{imp}}} k_{\text{imp}} \theta_{\text{ref}} \\ &- \frac{n}{k_a} \left(1 - \frac{I_a}{I_{\text{imp}}} \right) \tau_d + \frac{n}{k_g} \tau_m \end{aligned} \quad (6)$$

となる。式(6)のモータの角度 θ_m を目標値として、モータの角度を制御することによりインピーダンス制御を行う。

5. 結言

本研究では、水平 2 軸により上肢の水平面運動のリハビリを可能とする運動アシストロボットを試作した。今後は、インピーダンス制御をロボットに実装し、広い帯域でのバックドライブリバビリティの実現を目指す。

参考文献

- 1) Kazumichi Matsuyama, "Awareness of voluntary action, rather than body ownership, improves motor control," *Scientific Reports* (2021)
- 2) Paine N, Oh S, Sentis L, Design and control considerations for high-performance series elastic actuators, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol.19, no.3, pp.1080-1091(2014)

拡張現実技術を利用した仮想身体による運動提示が運動主体感に与える影響

Effects of Movement Presentation by a Virtual Body Using Augmented Reality Technology on the Sense of Agency

○栗栖友希*, 荒木望*, 中谷真太朗**

*兵庫県立大学 **鳥取大学

KURISU Yuki*, ARAKI Nozomu*, NAKATANI Shintaro**

*Graduate School of Engineering, University of Hyogo, **Tottori University.

1. はじめに

運動主体感とは「自分自身が身体を動かしていると感じる」という主観的感覚であり、運動リハビリテーションにおいて、運動主体感を高めることは運動機能の回復に寄与する¹⁾.

近年では、仮想現実 (Virtual Reality: VR) 環境内の仮想の動作を実際の運動として錯覚することで、運動主体感を向上させる手法が検討されている。特に、ヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) を利用したリハビリシステムが提案されており、VR リハビリにおける運動主体感に関する研究が行われている²⁾。しかし、運動主体感の定量化は困難であり、仮想と実際の身体動作の一一致度と運動主体感の発生についての関係性は明らかではない。このため、これらの課題の解決は今後の VR リハビリの発展に寄与すると考えられる。

本研究では仮想身体と実際の身体との動作の齟齬 (動作ずれや遅延) が人の運動主体感に及ぼす影響を調査することを目標に、従来の閉鎖型の VR システムよりも身体所有感 (自身の身体部分を自身の一部と感じる) が高まると考えられる拡張現実 (Augmented Reality: AR) 環境を利用して、仮想身体による運動提示システムを構築した。

2. AR 技術を利用した上肢運動揭示システム

本研究では、健常者を対象として前腕の屈曲・伸展運動の動きを CG で作成した仮想身体に置き換えるとともに、実際の身体動作と仮想身体の動作に遅延や移動量のずれなどの齟齬を発生させて提示するシステムを構築した。

2-1. 上肢運動システムの構成

上肢運動システムは図 1 に示すように、AR 環境を表示させる HMD の Varjo XR-3、前腕を支える 1 リンクロボットを使用しており、着席した状態で HMD を装着し、前腕をロボットに載せて運動することを想

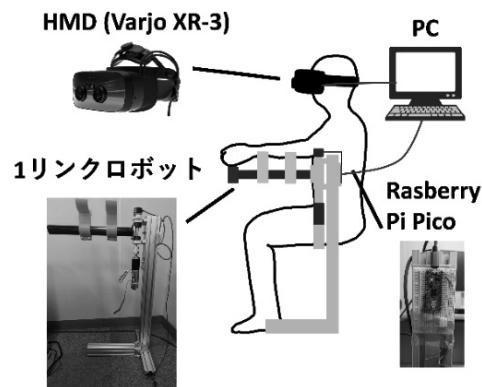


図 1 上肢運動システムの構成

定している。ロボットの可動域は腕を伸ばした状態を 0° とし、肘関節を中心として水平方向に $-90^\circ \sim 90^\circ$ である。ロボットにはエンコーダが設置されており、Raspberry Pi Pico でシリアル通信を行い、前腕の角度を取得する。使用するデスクトップパソコンは CPU: Intel Xeon W-2245, Memory: 64 GB, GPU: NVIDIA GeForce RTX 3090 を搭載している。

2-2. 運動揭示を行う AR アプリケーション

本研究では前腕の動作を CG モデルで置き換えて運動提示する AR アプリケーションを開発した。AR アプリの開発には Unity (Unity-technologies) と C #を使用し、前腕の CG モデルは人体生成 3DCG ソフトウェア (MakeHuman) を用いて作成した。

図 2 に示すように AR 環境では、HMD を通して現実世界を見る事ができ、CG モデルはロボットの上に表示している。前腕と CG モデルの動作にずれが生じると前腕が表示されるため、仮想の平面オブジェクト (机) により前腕を隠している。CG モデルの動作はロボット (前腕動作) に連動し、実際の前腕の角度に遅延やずれを導入して表示することができる。

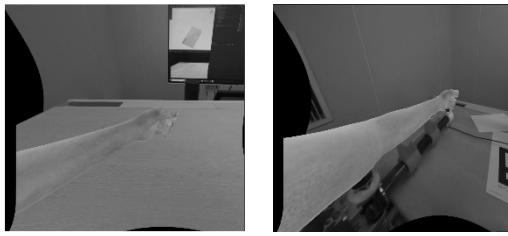


図2 HMDを通して見えるAR環境

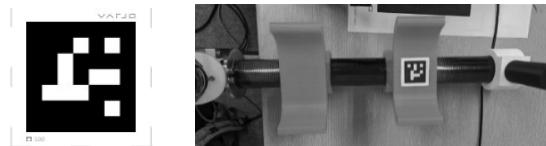


図3 Varjo Markerとマーカーを貼ったロボット

2-3. キャリブレーション

HMDを通してAR環境を見る際、使用者に応じて実際の前腕とCGモデルの位置を一致させる必要がある。本研究では図3に示すVarjo Markerを用いて、HMDから見たロボットの位置を認識することで、CGモデルがロボットの上に配置されるように位置調整(キャリブレーション)を行う。

3. 予備実験

上肢運動システムを利用して前腕のリーチング運動を行い、前腕とCGモデルの動作に齟齬がある場合の運動主体感について考察した。被験者はCGモデルの目標角度が「±15、±30、±45、±60、±75」からランダムに指定された角度に従い、5秒以内でできるだけ速やかに目標角度に達するように運動する。図4に前腕の運動をCGモデルにリアルタイムに反映している場合、図5に500msの遅延がある場合の目標角度、CGモデルの角度軌道、および前腕の角度軌道を示す。5秒以内に目標角度に収束し、滑らかな軌道を描いていることが分かる。一方、図6では数カ所でオーバーシュートが発生し、収束前に軌道修正が見られた。前腕とCGモデルの動作に齟齬がない場合、CGモデルは自身の予想通りに動き、運動主体感が高く感じられた。しかし、遅延がある場合、特に運動開始と終了時にCGモデルの動作が明らかに遅れており、予想とは異なる動作をするため操作感が悪く、運動主体感が低くなつたように感じられた。先行研究²⁾では実際の運動と仮想モデルの動作の遅延が600msのとき運動主体感が低下すると報告されているが、本実験の結果から500msの遅延でも運動主体感の低下が考えられる。

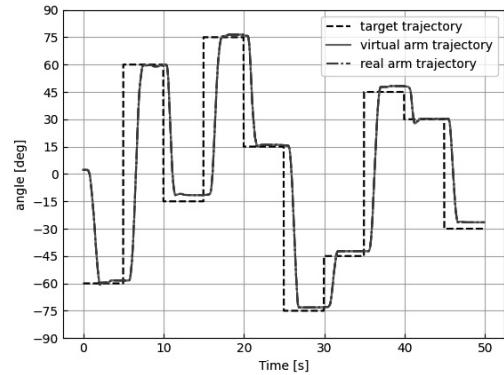


図4 前腕の運動をCGモデルにリアルタイムに反映している場合

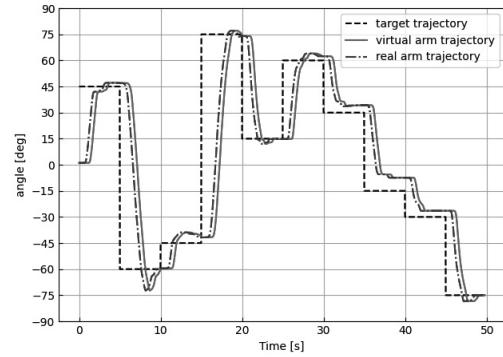


図5 前腕の運動とCGモデルの動作の間に500msの遅延がある場合

4. 結言

本研究ではAR環境上で人の動作とCGモデルの動作に齟齬がある場合に、人の運動主体感にどのような影響があるのかについて調査を行うために、HMDと外骨格ロボットを使用して、AR環境における上肢運動提示システムの構築を行った。今後、上記システムを用いて運動主体感を調査する実験を行う予定である。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP22K04014, JP22H01451の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) K. Matsumiya: "Awareness of voluntary action, rather than body ownership, improves motor control", *Sci Rep* 11, 418 (2021).
- 2) K. Aoyagi et al.: "Modified sensory feedback enhances the sense of agency during continuous body movements in virtual reality", *Sci Rep* 11, 2553 (2021).

視覚誘発電位の空間分布利用型インタフェースにおける 空間選択的注意の影響

Influence of Spatial Selective Attention on Gaze Estimation Type Brain Computer Interface Using Spatial Distribution of Steady State Visual Evoked Potentials

○奥村和真*, 荒木望*, 中谷真太朗**, 小西康夫*
*兵庫県立大学 **鳥取大学

OKUMURA Kazuma*, ARAKI Nozomu*, NAKATANI Shintaro**, KONISHI Yasuo

*Graduate School of Engineering, University of Hyogo, **Tottori University.

1. 緒言

脳活動からコンピュータの操作を行うブレインコンピュータインターフェース(Brain Computer Interface : BCI)は身体が動かせない患者の意思疎通手段として期待されている。BCI に使用される脳活動の特徴量として、本研究では定常状態視覚誘発電位 (Steady State Visual Evoked Potentials : SSVEP)を使用する。SSVEP は情報伝達率が高いといった利点がある一方で、視覚刺激に使用できる周波数には制限がある。

これらの問題を解決する手法として、本研究では、視神経交叉によって生じる視覚刺激位置と視覚野の SSVEP 発現強度分布の空間情報を利用した手法を提案した¹⁾。本手法について実験を行ったところ、被験者によって刺激位置と誘発電位強度分布の関係が異なるといった結果が生じた。また、同様の結果は、SSVEP の強度分布を利用した先行研究においても指摘されており、空間情報を応用した BCI の設計において、本現象の更なる調査が課題となっている。

本研究では、この原因の一つとして空間選択的注意の影響があると仮定した。先行研究²⁾に示されるように SSVEP は空間選択的注意によって強く変調され、注意された場所での刺激に反応する場合、そうでない場合よりも大きく反応する性質がある。そのため、被験者の注意位置によっては、刺激位置と SSVEP 強度分布の関係について正しく観測できない可能性がある。

そこで本稿では従来の刺激パターンに空間選択的注意を促すタスクを加えた実験を行い、視点位置に対して刺激位置を変えた際の SSVEP 強度分布の変化について調査するとともに、空間選択的注意が誘発電位の発現強度分布に与える影響について、被験者の注意を固定するタスクを配置した場合とそうでない場合の比較を行ったので報告する。

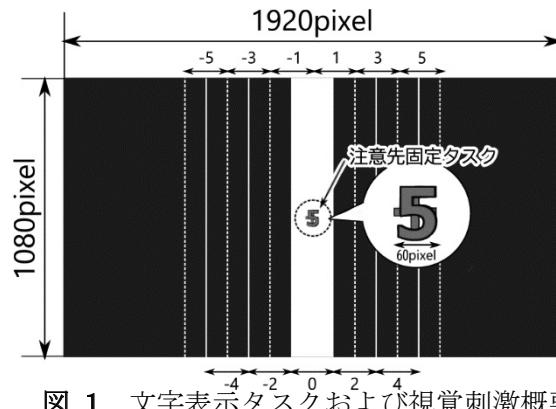
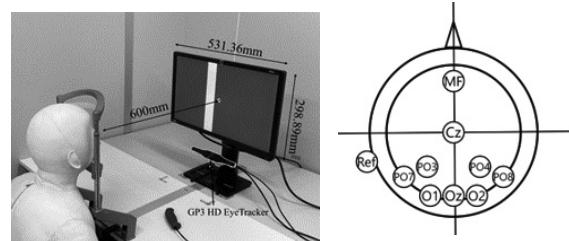


図 1 文字表示タスクおよび視覚刺激概要



(a) 実験の様子 (b) 電極配置

図 2 実験概要

2. 視覚刺激位置に対する SSVEP 強度分布の関係と空間選択的注意の影響

2-1. 実験条件

本実験の被験者は 3 名とした。被験者はモニタから 60 cm 離れた位置で、モニタ中央の注視点を注視する。刺激周波数は 16 Hz，刺激位置はモニタ中央を刺激位置 0 とし、そこから左側に -1 ~ -5，右に 1 ~ 5 とした。図 1 に視覚刺激の概要を示す。本実験では、空間選択的注意による影響を確認するため、注視点は十字のマーカーおよびランダムに表示される英数字を使用した。各刺激位置につき一度ずつ提示したものを 1 試行とし、計 5 試行行った。ここで各刺激は刺激時間 6 秒、無刺激時間 3 秒、試行間休憩 45 秒で構成さる。電極配置は国際 10-20 法に基づき、後頭部左脳側 O1, PO3, PO7, 後頭部右脳

側 O2, PO4, PO8, 後頭部中央 Oz 鼻根から 12cm 後方中央の位置 MF の計 8 チャンネルとした。なお、計測はサンプリング周波数 1000Hz で行い、ローカット周波数 0.5Hz, ハイカット周波数 100Hz としたローパスおよびハイパスフィルタを使用した。図 1(a)に実験風景、(b)に電極配置を示す。

2-2 注意先固定タスクの概要

被験者の注意先を注視点に固定するため、注視点上に英数字ターゲットをランダムに表示し、被験者には、低確率(8.3%)で表示される数字のターゲットが検出されるたびにボタンを押下するよう指示した。ターゲットは刺激提示中、毎秒切り替わるものとした。なお、文字表示後 200~1200ms の間にボタンが押下された場合を正しく注意しているとみなした。

2-3 実験結果と考察

注意先固定用タスクを表示しなかった場合の被験者 3 名分の視覚刺激位置と左脳側、右脳側それぞれの刺激周波数における脳波の周波数強度の関係を図 3 に示す。なお縦軸が刺激周波数における周波数強度、横軸が刺激位置であり、隣り合ううち左側が左脳側 3 チャンネル、右側が右脳側 3 チャンネル分の平均の結果を示している。図 3 のうち位置-1, 1 の結果より注視点左側刺激に対して右脳側、右側刺激に対して左脳側の強度が高くなる傾向が確認できた。

次に、注意先固定タスクの有無に関する比較について、代表的な反応がみられた被験者の結果を図 4 に示す。なお縦軸が刺激周波数における周波数強度、横軸が計測位置であり、隣り合ううち左側がタスク無し、右側がタスク有りの結果を示す。図 4 よりタスクを配置した場合の結果に対して、配置しなかつた場合では、特に O1, Oz において強度が大きくなっていることが確認できる。これより、注意先固定を行わない場合、空間選択性の注意による SSVEP 増強に伴った強度分布の変化の影響で、刺激位置に応じた強度分布変化が観測できない可能性がある。

3. 結言

本研究は視覚刺激位置と SSVEP 強度の関係について調査を行うとともに、SSVEP 強度分布の変化に対して空間選択性の注意が及ぼす影響について調査を行った。その結果、片側刺激に対して同側で SSVEP

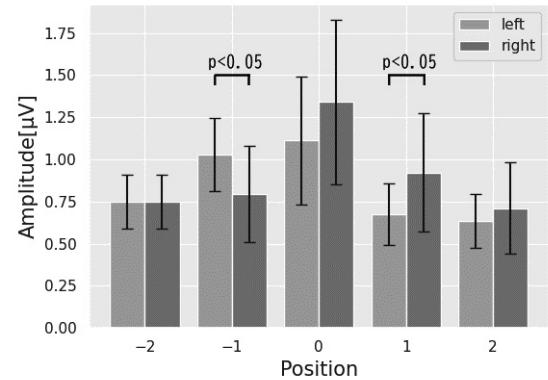


図 3 被験者 3 名分の刺激位置(-2 ~ 2)と左脳側、右脳側それぞれの刺激周波数における脳波の周波数強度の関係（注意先固定タスクなし）

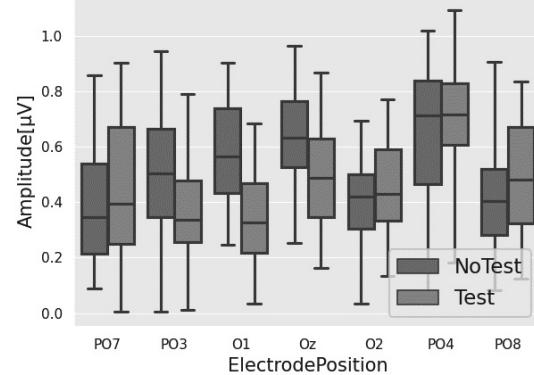


図 4 視野右側刺激における SSVEP 強度分布

強度が強くなることが確認された。また、空間選択的注意先の固定を行った場合、行わなかった場合より、刺激位置に応じた差が表れていることが確認された。本現象は刺激位置と SSVEP 強度分布の関係を利用するようなインターフェースにおいてその識別制度に影響しうるため、その影響の調査が必要である。

今後も調査を続けるとともに、本結果を踏まえ、空間情報を用いた BCI を設計し、その識別精度に対する空間選択的注意の影響に関する調査を行う。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K04014, JP22H01451 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 宮崎康佑 ほか：“視覚誘発電位に基づく空間情報利用型インターフェースの検討”，2021 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, A1-1, pp.35-38 (2021)
- 2) S. T. MORGAN, J. C. HANSEN, AND S. A. HILLIARD: "Selective attention to stimulus location modulates the steady-state visual evoked potential", Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 93, pp. 4770-4774 (1996)

一般セッション6 (D会場:A208室)

GS6 生体計測・動作解析

GS6-1 隨意呼吸における心拍変動解析を用いた快適性の
個別最適化に関する研究

GS6-2 足アーチ補正用ハーフインソールの効果に関する研究

OS6-3 人体のスケルトンモデルを用いた作業動作中の
力学的負荷解析と最適化

GS6-4 日常生活下での呼吸連続計測に向けて

GS6-5 食材を裏ごしする動作と裏ごし器の網の変形

随意呼吸における心拍変動解析を用いた快適性の個別最適化に関する研究

Study on Individual Optimization of Comfort Using Heart Rate Variability Analysis in Voluntary Breathing

○中田悠斗*, 石龜篤司*, 片桐眞子**

*大阪公立大学工学研究科 **地方独立行政法人大阪産業技術研究所和泉センター

NAKATA Yuto*, ISHIGAME Atsushi*, KATAGIRI Mako**

*School of Engineering, Osaka Metropolitan University,

**Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology

1. はじめに

生活・仕事面でストレス緩和を促し、快適性向上を目指すことは、SDGs目標の1つである「全ての人に健康と福祉を」を実現するために必要である。そのためにはある程度一元化された快適とされる温度環境、音響環境に加えて、今後は他者との相互理解を行い、個人差を埋め合わせた快適性向上¹⁾が求められる。そこで考えられる手段として、我々は呼吸による快適性向上に着目した。

呼吸には古くから様々な快適性向上効果があるとされてきた。現代の人間は先人が行ってきた適切な呼吸法を忘れ、不眠症や自律神経症状などの健康問題に陥っていると言われるが²⁾、呼吸法を広く認められる健康法として実用化するためには、個人差による効能の違いを解決しなくてはならないと考える。

本研究では健康法として随意呼吸を実用化する手段として、多くの人のバイタルと呼吸に対する応答データを集め、それを照合して最適な呼吸法を提案するデータマッチングシステムを考案した。この一端として、4人で6ペアを作り、呼吸法に対する心拍変動の応答をデータ化し、個人またはペアでの快適性を算出した。個人の快適性は心拍変動解析による自律神経系の変化を、ペアとしての快適性はお互いの心拍変動のリズムが揃う同期現象の発現として考え、心拍変動における相関係数の正相関が現れる割合として定義した³⁾⁴⁾。

2. 実験方法

呼吸法を熟知していない被験者でも簡単にモデルを再現した呼吸を行えるように、VRゴーグルを装着した状態で動画による指示を与えて随意呼吸を行った。表1に随意呼吸モデルの一覧を、図1にその実験イメージを示す。簡略化のため、モデル(Model)をMと表記する。なおM6の交互鼻孔呼吸のみ時間指定が無いモデルであり、交互に片方の鼻孔のみで随意呼吸を行う。

表1：随意呼吸モデル

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
吸い時間(s)	3.0	2.0	4.0	4.0	5.5	-
止め時間(s)	1.0	1.0	4.0	6.0	0.0	-
吐き時間(s)	6.0	4.0	8.0	7.0	5.5	-

M1からM3:脳波の同期誘発に用いられたモデル³⁾。

M4:体にリラックス状態をもたらす呼吸法²⁾。

M5:心臓や血行を最高効率状態にする呼吸法²⁾。

M6:交感神経ストレスを減少させる呼吸法²⁾。



図1：実験イメージ

3. 評価手法について

人の心拍は不随意反応で、常に変動する。自律神経系の評価は、そのゆらぐ心拍の間隔(RR-間隔)の時系列変化に対して周波数分析を行い、LF(低周波成分)/HF(高周波成分)の指標を用いることが一般的であった。

しかし近年では交感神経と副交感神経のそれぞれについて個別に評価を行うことができる交感神経指標CSI(Cardiac Sympathetic Index)と副交感神経指標CVI(Cardiac Vagal Index)がより感度の高い指標として注目されている⁵⁾。そのため本研究ではこのCSIが低いほど、CVIが高いほど自律神経系に基づく快適状態にあるとして評価した。また、個別の快適性に加えてペアとしての快適性を共感の度合いと

関係が深いと考え、共感の評価を心拍変動の同期として求めた。具体的には、2人のR-R間隔のデータ点10個(3分間の実験時間でデータ点は200～250個得られる)ごとのビンに分割して相関係数を算出し、0.4以上の正の相関が得られたビンを同期区間とした(図2)。⁴⁾⁶⁾

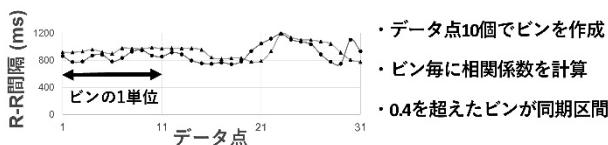


図2：同期区間の定義

4. 実験結果

表2,3にそれぞれ2人の被験者(A),(B)について呼吸モデル毎のCSIの変化を、図3に1ペア分の同期区間とビン全体に対する同期区間の割合を示す。なお縦列はペア(P)を変えて、何回目の実験かを示す。

表2：呼吸モデル毎の交感神経指標CSIの変化(A)

CSI	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	3.07	2.52	3.56	3.89	2.40	4.68
P2	3.21	2.87	3.62	3.81	2.60	3.97
P3	3.48	3.05	4.27	3.32	2.61	3.43

表3：呼吸モデル毎の交感神経指標CSIの変化(B)

CSI	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	2.52	2.93	4.27	4.35	3.38	4.08
P2	2.69	2.21	3.88	4.21	3.51	3.87
P3	2.69	2.59	4.99	1.51	1.88	0.75

注：各実験回で最も低下したモデルを濃グレー、2番目に低下したモデルを薄グレーで表記。

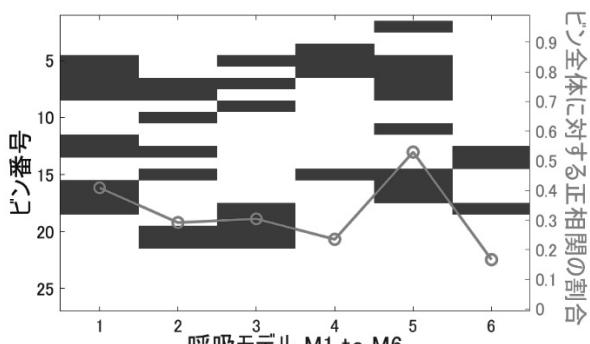


図3：同期区間(0.4以上) 色付き部分が同期

個人のCSIにおいては、被験者(1)ではM2とM5において継続して低下傾向が見られた。被験者(2)では、被験者(1)ほど一貫した趣向は見られなかったも

の、一部CSIを減らす結果も得られた。

これらの結果から、心臓や血行が最高効率になり、整合性の高い状態にするM5は特殊な呼吸法を始めて行った場合でも全般的に出現させることが容易な可能性がある。一方リラックス状態を生み出すM4や交換神経を落ち着かせるとされるM6²⁾の効果は、CSI(交感神経指標)の観点からは出現させるのが難しい、又は効果に個人差が大きい可能性がある。

ペアとしての快適性を求める同期指標については、同期誘発モデル(M1からM3)とM5でまとまって同期が起きる区間はある一方で、それ以外のモデル、特に呼吸のペースが揃うことがないことから、M6では殆ど同期が見られなかった。呼吸において同期、共感度の上昇が出来る可能性がある一方、M6のように個々でリズムが異なる場合はその限りではなくペアとしての快適性向上が難しいと考える。

5. おわりに

呼吸法毎の応答データによるデータマッチングシステムを提案するために、呼吸法毎の快適性向上度合い、心拍変動の同期としての共感度の違いが個人毎に存在することを示した。一方で、まだデータ数が不足しており、被験者が呼吸法をどの程度理解しているか、また繰り返し実施した際の効果についての評価は十分ではない。今後は被験者や実験回数を増やした上で、被験者ごとに基本的なバイタルデータと、各呼吸法における快適性と共感の指標を収集する。これらのデータを基に、他者に適用できる情報セットを作成し、最適呼吸法のデータマッチングシステムの作成を目指す。

参考文献

- 1) 大井：快適性研究から考える未来の快適環境、2010年度日本建築学会大会環境工学部門研究懇談会, pp.39-42, 2010.
- 2) Nestor, James. 「呼吸の科学」, 近藤隆文訳, 早川書房, 2022.
- 3) S. Sakaki, A. Ishigame and Y. Majima: Study on Synchronization of the Heart in a Nursing Art, 13th International Congress in Nursing InforMatics, 2016.
- 4) 島村, 菅谷: 生体情報を用いたオンラインでの共感の評価手法, 日本情報処理学会第83回全国大会, 2020.
- 5) Toichi et al: A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R-R interval, J Auton Nerv Syst, 62: pp79-84, 1997.
- 6) 小野:「MATLABで学ぶ生体信号処理」, コロナ社, 2022.

足アーチ補正用ハーフインソールの効果に関する研究

Study on the Effects of Half Insoles to Modify the Foot Arch

○田河琴音*, 山本秀二**, 坂本喜晴***, 川野常夫*

*摂南大学 **プレスコントロール ***坂本設計技術開発研究所

TAGAWA Kotone*, YAMAMOTO Shuji**, SAKAMOTO Yoshiharu***, KAWANO Tsuneo*

*Setsunan University, **PRESS CONTROL Co.,Ltd.,

***SAKAMOTO SEKKEI Technical Development Lab. Co.,Ltd.

1. はじめに

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¹⁾。靴の歴史が1000年以上に渡るヨーロッパ諸国などではインソールはかなり古くから使用され発展してきたが、靴の歴史が70年足らずの日本ではインソールの開発ならびに普及が遅れているのが現状である。インソールに関する研究は多いものの、姿勢の安定性や足の衝撃に関するものがほとんどである²⁾。また、足の爪先から踵まで足の全面をサポートするインソールが対象で、足のアーチ部から踵までをサポートするハーフインソールの研究は見当たらない。

本研究では、足のアーチ補正を目的とした2種類のハーフインソールを対象として、インソールの違いによる姿勢の違いや筋負担の違いを実験を行って明らかにする。また、足アーチの補正効果を見るために、被験者にハーフインソールを長期間使用してもらい、定期的に足圧分布の測定を行った。

なお、本研究は所属機関の人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号2021-069）。また、各実験においては、被験者からインフォームドコンセントを得て実施した。

2. 対象としたハーフインソールの特性

図1に本研究で対象とした2種類のハーフインソール（プレスコントロール社、坂本設計技術開発研究所による設計、開発）を示す。1つは図(a)に示すプラチナハーフプレミアムで、もう1つは図(b)に示すカーボンハーフプレミアムである。いずれも足をサポートするための硬質プラスチックと衝撃吸収と滑り止めのための軟質エラストマーが組み合わされている。硬質プラスチックに配合された素材によってそれぞれ名前が付けられている。これらのインソールには、足のアーチ部（内側縦アーチ、土踏ま

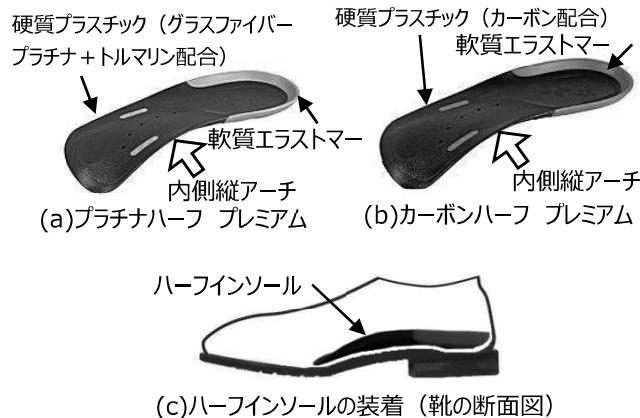


図1 研究対象のハーフインソール

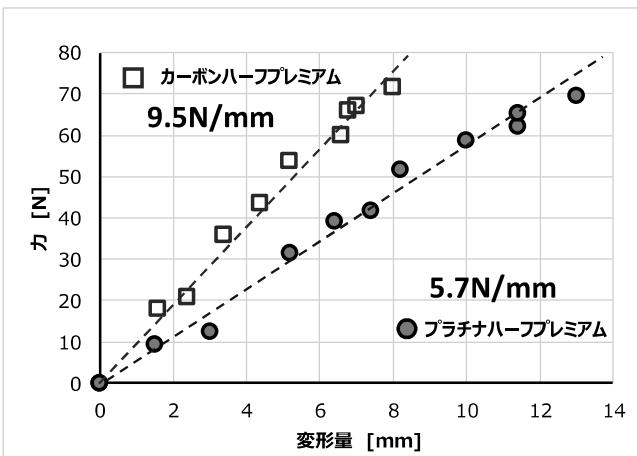


図2 2種類のインソールの剛性（アーチ部）

ず）の形状に沿った湾曲が設けられており、足のアーチを矯正する目的がある。図(c)にはハーフインソールを靴に装着した状態の断面図を示している。靴底の半分のサイズであるため、靴内への脱着が容易であることも特徴となっている。

図2にインソールのアーチ部の剛性を測定した結果を示す。プラチナハーフプレミアムの剛性は5.7N/mm、カーボンハーフプレミアムは9.5N/mmとなり、後者は前者の約1.7倍の硬さであることがわ

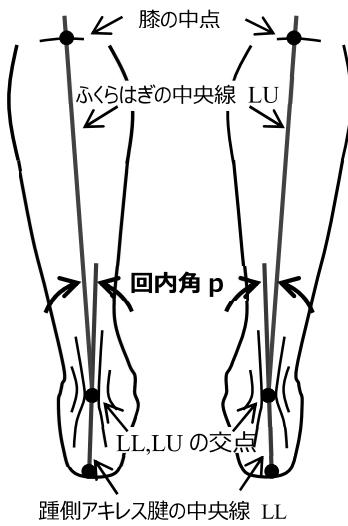


図3 足首の回内角

かった.

3. 姿勢計測

本研究のインソールが装着者の姿勢に与える影響を調べるために、いくつかの姿勢計測を行った。まず、足首の回内角の計測を行った。図3に回内角 p がどの角度であるのかを示す。床に付いた足の小指側を浮かすように回転

することを回内と呼び、それによって下腿部と踵部に生じる角度が回内角である。

計測は被験者4名（22歳、男性、アーチ形状正常群）に対して行った。インソールの効果を明確にするため、靴内にインソールを装着するのではなく、床上にインソールを置き、その上に素足を乗せるようにした。被験者の脚背面の膝、踝、踵にマーカーを貼り、後方から写真撮影を行って、ビデオ式モーションキャプチャーを用いて回内角を求めた。インソールの使用条件として「プラチナハーフ」と「カーボンハーフ」の2条件のほか、インソールを使用しない条件を加えた3条件とした。各条件において足の位置と向きが一致するようにするために、紙の上に被験者の自然な立ち位置での足型を描き、その上に立つように指示した。

図4にインソール3条件において求めた足首の回内角の結果を示す。図からインソールを使用すること

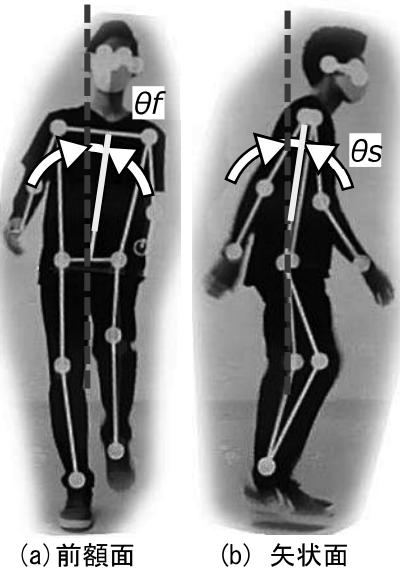


図5 胴体の鉛直線からの「ずれ角」

によって回内角が減少することがわかる。これはインソールのアーチ部の盛り上がりによって足首が回外側へ回転するためであると考えられる。その効果は、剛性の高いカーボンハーフのほうがより大きいことがわかる。内側縦アーチが低下した状態の扁平足では回内角が大きくなり、疲労や外脛骨障害や足底筋膜炎、シングスプリントなどの疾患を誘発すると言われている³⁾。インソールによって回内角が減少することによってこれらの障害が緩和されることが期待される。

次に、歩行中の胴体の動揺計測を行った。人は歩行時に胴体がわずかに左右前後に動搖する。図5に胴体の動搖の指標として取り上げた鉛直線からの「ずれ角」を示す。首の中心と腰の中心を結ぶ骨格線が鉛直線とのなす角を前額面(θ_f)と矢状面(θ_s)のそれぞれについて求めた。胴体の骨格線の計測には、筆者らが開発したAIカメラを用いた⁴⁾。

図6にインソール3条件において求めた胴体のずれ角の絶対値の平均を示す。被験者は3名（22歳、

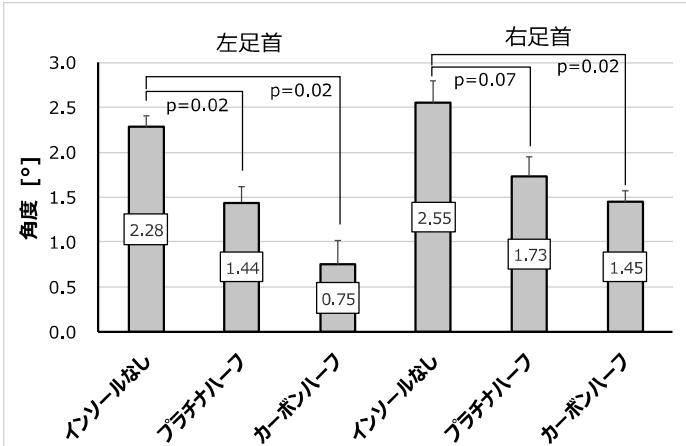


図4 インソール3条件における足首回内角

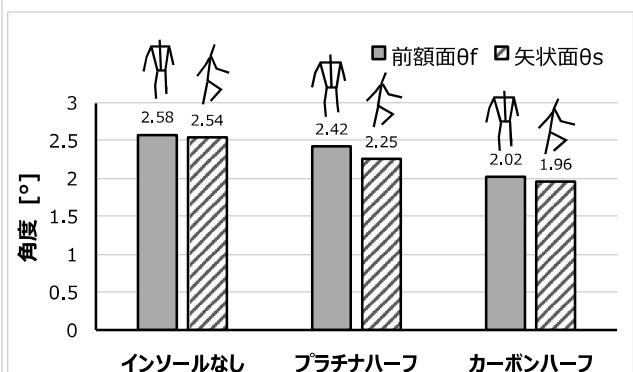


図6 歩行中の胴体の鉛直線からのずれ角の平均

男性、アーチ形状正常群)とし、被験者には各自の靴にインソールを装着して10秒間の足踏みをしてもらった。図からインソールを装着したほうが胴体の動搖が小さくなることがわかる。インソールの違いではカーボンハーフのほうがより小さくなる傾向がある。このようにインソールを装着することによって胴体が安定するのはインソールにより足の接地時の安定性が向上するためと考えられる。

4. 筋負担の計測

インソールが人体の筋負担にどのように影響するのかを調べるために、DAQ Intercross 413(インタークロス製)を用いてインソールの条件ごとに歩行中の筋電図の計測を行った。被験者は1名(22歳、男性、アーチ形状正常群)とし、インソールの3条件のそれぞれについて毎分110歩のテンポで15分間の平地歩行を行ってもらった。条件間には30分以上の休憩を挟んだ。筋電計測の筋肉は、下肢の大腿四頭筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋とした。

図7にインソールの3条件において求めた下肢の筋負担の結果を示す。ここで筋負担は約2分ごとの10秒間の筋電データについて1秒あたりの筋電積分値を求め、15分間で得られたデータの平均値をグラフにしている。図は筋肉ごとにインソール条件間の比較を示している。図からいずれの筋肉もインソール装着時のほうが筋負担が小さくなっていることがわかる。その理由として、インソールによって足のアーチが形成されていることや姿勢が歩行に有利な状態になっていると考えられる。歩行中の筋負担が小さくなることから、歩行時にはインソールを装着すれば疲労の軽減が期待される。

次に、インソールの腰への負担を検討するため、被験者3名(22歳、男性、アーチ形状正常群)につ

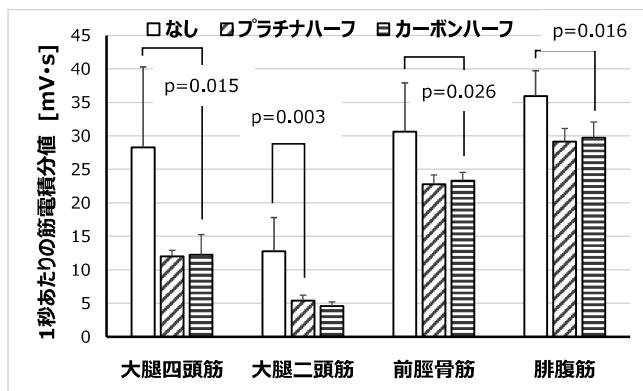


図7 インソール3条件における15分間歩行時の下肢の筋負担の比較

いて直立時の脊柱起立筋の筋電計測を行った。同時に姿勢との関係を検討するため、図8に示す胴体と下肢のなす角の背側を背側腰角と定義して、ビデオ式モーションキャプチャーによって計測を行った。

図9にそれらの結果を示す。腰の筋負担は脊柱起立筋の30秒間の筋電データを積分し、1秒あたりの筋電積分値を求めた。グラフは左右の脊柱起立筋の平均値を示している。図から背側腰角と腰の筋負担の変化が極めてよく類似していることがわかる。このことからインソールを装着することによって腰の姿勢が変化し、それに応じて筋負担も変化するということが推察される。プラチナハーフは背側腰角と腰の筋負担ともに最小となり、装着することによって腰が楽になることが期待される。

5. 足アーチの補正効果

ハーフインソールの足アーチ補正効果を調べるため、内側縦アーチが低下している被験者(23歳、男性)にプラチナハーフ プレミアムを長期間使用してもらい、定期的に足圧分布を測定した。足圧分布の測定にはフットビューSAM(ニッタ製)を用いた。

図10に足圧分布の経過を示す。まずインソール使用前に測定し、その後35日間自身の靴に装着して使用してもらい、ほぼ1週間ごとに測定を行った。インソール使用前には、アーチ部(土踏まず)も接地し一定の圧力が現れていることがわかる。その後

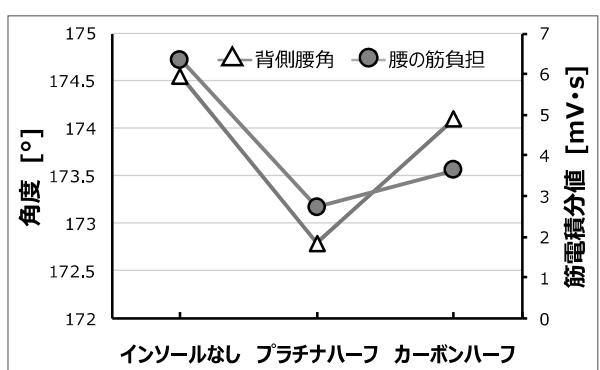


図9 直立時の背側腰角と筋負担の関係



図8 背側腰角の定義

徐々にアーチ部の接地面積が減少していく様子がわかる。35日目にはアーチ部がほぼ形成されており、プラチナハーフインソールのアーチ補正効果が確認された。

図11にはインソールの使用日数と両足の接地面積の関係を示す。図から使用日数とともに接地面積が減少していることがわかる。これは足アーチが徐々に形成されていき、その部分が接地しなくなるためである。

6. おわりに

本研究では、足のアーチ補正を目的とした2種類のハーフインソールを対象として、実験を行った結果、インソールを使用することによって足首の回内角や歩行中の胴体の動搖が減少することがわかった。また、歩行中の下肢の筋負担も減少することがわかった。さらに腰の筋負担も減少することがわかり、インソールを使用することによって腰が楽になることが示唆された。

本研究で使用したハーフインソールの足アーチ補正の効果を確かめるため、内側縦アーチが低下している被験者にインソールを長期間使用してもらった結果、約1ヶ月間で足アーチが徐々に形成されることが明らかとなった。

今回の実験は、少ない人数の被験者で行ったが、適切な実験方法や評価方法が確立された。また、新しい知見も得られた。今後、被験者を増やし、得られた知見の信頼性を高める必要がある。

参考文献

- 入谷誠：生活を支えるインソールの工夫，理学療法学，Vol.41, No.8, pp.505-510 (2014).

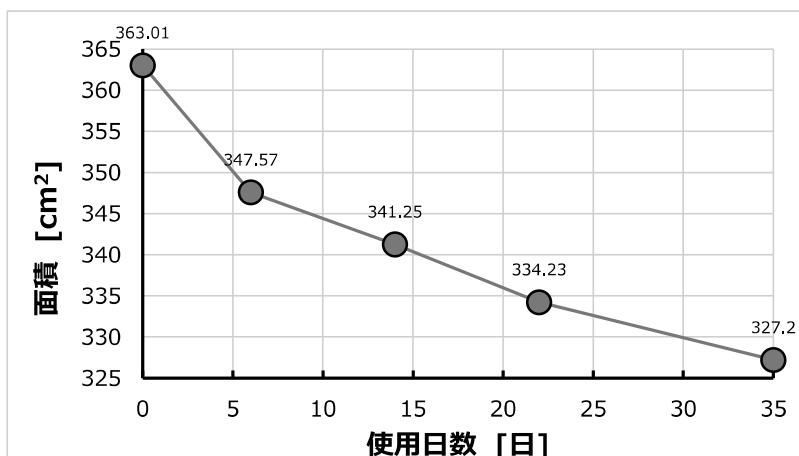


図11 インソール長期使用による足裏接触面積の変化（両足）
(プラチナハーフ プレミアム使用)

- 矢野涼子, 伊坂忠夫:立位姿勢の安定性向上にインソールの装着は効果的か, 京都滋賀体育学研究, Vol. 24, p. 13-23 (2008).

- 清水新悟, 長井力, 元田英一, 大日方五郎:内側縦アーチの低下群と正常群の歩行時形状変化の検討, スポーツ産業学研究, Vol.23, No.2, pp.183-189 (2013).
- 田河琴音, 川野常夫, 松尾英治:身体負荷可視化用AIカメラの開発, 日本人間工学会第63回大会講演論文集, 2D-06, pp.1-2 (2022).



図10 足圧分布の経過

人体のスケルトンモデルを用いた作業動作中の力学的負荷解析と最適化

Physical Load Analysis and Optimization of Working Posture using Human Body Skeleton Model

○黒川勝永*, 廣川敬康*

*近畿大学 生物理工学部

KUROKAWA Katsuhisa*, HIROKAWA Noriyasu**

* Faculty of Biology-oriented Science and Technology, Kindai University.

1. 緒言

作業中に作業者にかかる身体的負荷は、作業者の身体的および精神的な疲労や作業パフォーマンスの低下を引き起こす。作業中の身体的負荷を低減するためには、身体的負荷が小さい動作で作業を行ったり、作業を補助する器具や道具を用いたりすることが有効である。

作業中の身体的負荷の評価方法としては、筋電図計測実験、モーションキャプチャシステムによる動作解析、デジタルヒューマン等による力学的負荷解析、OWASによる作業姿勢の評価等があるが、これらの方法をそのまま作業動作の設計に用いることは容易ではない。例えば、デジタルヒューマンでは、作業動作の再現や各関節にかかる力や関節トルクの解析には適しているが、身体的負荷が小さな作業動作を求めるために用いることは、モデルの操作性やコストの面から有効ではない。

本研究では、人体のスケルトンモデルを導入して、作業姿勢の再現や身体的負荷の解析、作業動作の最適化を軽負荷で行うための方法を提案する。さらに、椅子からの立ち上がり動作に適用してその有効性を検証する。なお、本稿では、後出の4節の適用事例で取り上げる椅子からの立ち上がり動作のような左右対称な動作を対象とする。

2. 作業動作中の身体的負荷と改善

作業中の人体は、荷物の移動や身体の運動を行うために関節トルクを発生させて仕事を行う。一方で、関節トルクは人体に対する負荷となるため、その低減を図る必要がある。人体は複数の関節を連係させて回転させながら動作を行っており、関節角度を適切に変化させることができれば、関節トルクを低減しつつ必要な仕事を行うことができ、効率的に仕事をすることが可能となる。したがって、人体の作業

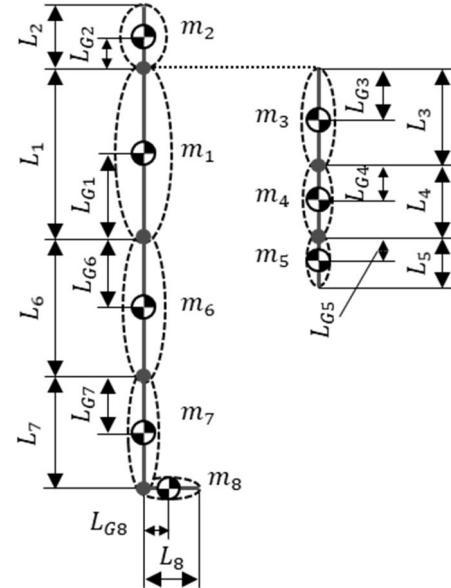


図1 人体のスケルトンモデル

を決定する際に、作業時間内の仕事の最大化と関節トルク比の最小化を行うように複数の関節の関節角度を決定する問題となる。この問題は多変数最適化問題となり、数値計算法を用いて最適解を求める。

3. 作業動作中の力学的負荷解析と最適化

3-1. 人体のスケルトンモデル

図1に、本研究で使用する人体のスケルトンモデルを示す（上肢は体幹との重なりを避けるために、右方にずらして表示している）。このモデルは人体の各部位を矢状面上に投影し、棒状の形状で表している。各部位の質量はそれぞれの重心に集中して存在し、上肢と下肢については右半身または左半身における片半身分の質量とする。また、頭部と胴部については実際の質量の1/2とする。本研究では、部位*i* ($i = 1, 2, 3, \dots, M$)の質量を m_i (kg), 長さ²⁾を L_i (m), 根元側の部位から重心までの距離を L_{Gi} (m)とする。

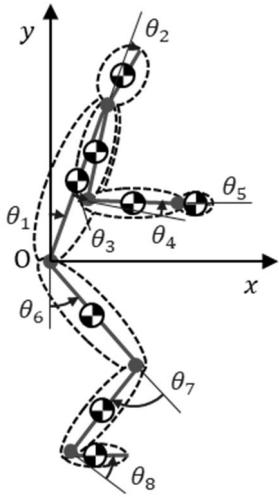


図 2 スケルトンモデルを用いた動作表現

3-2. 身体動作の生成

人体のスケルトンモデルを用いることにより、人体の動作や身体的負荷に関わる関節トルクを簡易な計算で求めることができるとなる。本研究では、 T 秒間の一連の動作を N ステップに分割した時刻 $t = t_0, t_1, t_2, \dots, t_N$ ($t_0 = 0, t_N = T$) における $N + 1$ 個の姿勢を用いて身体動作を表現する。各時刻において各部位は、隣接する部位との関節周りで回転しており、図 2 に示すように、各時刻における関節角度 $\theta_i(t)$ を設定することにより身体の姿勢を設定する。ここで、 $\theta_i(t)$ は時刻 t において、部材 i の根元側の部位に対する図 1 の姿勢からの回転角である。後出の適用事例においては、モーションキャプチャシステムを用いて、人体の各関節に貼付した光学式マーカーを計測し、隣り合う 3 個のマーカーがなす角を計算して関節角度を設定する。また、骨盤の位置を原点 O とする。

3-3. 身体的負荷解析

作業動作中の身体的負荷を評価するために、各関節における関節トルクを計算する。本研究では、準静的な動作を想定して身体動作における加速度は無視し、関節トルクを計算する際には、対象とする関節より末端側にある部位に作用する重力と人体外部から手足に作用する力によるトルクの和として計算する。ここで、手に作用する力は手で持った物体等からの外力、足に作用する力は地面からの反力であり、全身の重心から地面に下ろした鉛直線と地面との交点において、全重量に相当する力が上向きに作用する。

身体的負荷評価には、関節トルクと最大関節トル

クとの比である関節トルク比¹⁾を用いる。ここで、最大関節トルクは関節角度により変化するため、動作中の関節角度から最大関節トルクを求めて関節トルク比を計算する。また、関節がなす仕事は、関節トルクと関節トルクと同一の軸周りの回転角の積として計算する。

本研究では、所定の仕事をする際の身体的負荷を低減する作業動作を求める目的とする。そこで、仕事を最大化しつつ、関節トルク比を最小化する身体動作を求める。ここで、関節 i において、時刻 t_k ($k = 1, 2, 3, \dots, N$) における関節トルクと関節角度をそれぞれ、 $T_i(t_k)$ と $\theta_i(t_k)$ とする。時刻 t_{k-1} から t_k における関節トルクの平均を $\bar{T}_{i,k} = (T_i(t_{k-1}) + T_i(t_k))/2$ (N)，関節角度の変化量を $\Delta\theta_{i,k} = \theta_i(t_k) - \theta_i(t_{k-1})$ (rad) として、仕事を $\Delta W_{i,k} = \bar{T}_{i,k} \Delta\theta_{i,k}$ で近似する。また、時刻 t_k における関節トルク比を $\tau_i(t_k)$ とし、時刻 t_{k-1} と t_k における関節トルク比の平均を $\bar{\tau}_{i,k} = (\tau_i(t_{k-1}) + \tau_i(t_k))/2$ とする。

3-4. 最適化問題の構成

作業動作を行うためには、所定の仕事を行う一方で身体的負荷を低減することが求められる。そのためには、連続する多数の時間にわたって複数の関節を協調して動かす必要があり、多数の関節角度を決定する必要がある。本研究では、このような問題を最適化問題として構成し、最適化手法を適用して解を求める。

以下に、本最適化問題の構成を示す。

$$\begin{aligned} & \text{decide} \quad \mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \\ & \text{min.} \quad f(\mathbf{x}) \\ & \text{sub. to} \quad g_j(\mathbf{x}) \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, m) \\ & \quad x_i^L \leq x_i \leq x_i^U \quad (i = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

ここで、設計変数 $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ は対象とする関節についての作業動作中 $t = t_1, t_2, \dots, t_{N-1}$ の関節角度である。また、目的関数は対象動作中ににおける各関節での仕事の最大化と関節トルク比の最小化である。制約条件としては、作業動作中に人体のバランスが取れているように、体の重心が支持基底面上に存在するための不等式制約条件等と、仕事の計算の精度を保つために、動作の 1 ステップあたりの関節角度の変化量が大きくなり過ぎないための関節角度の設計変数に関する上下限制約を設定する。

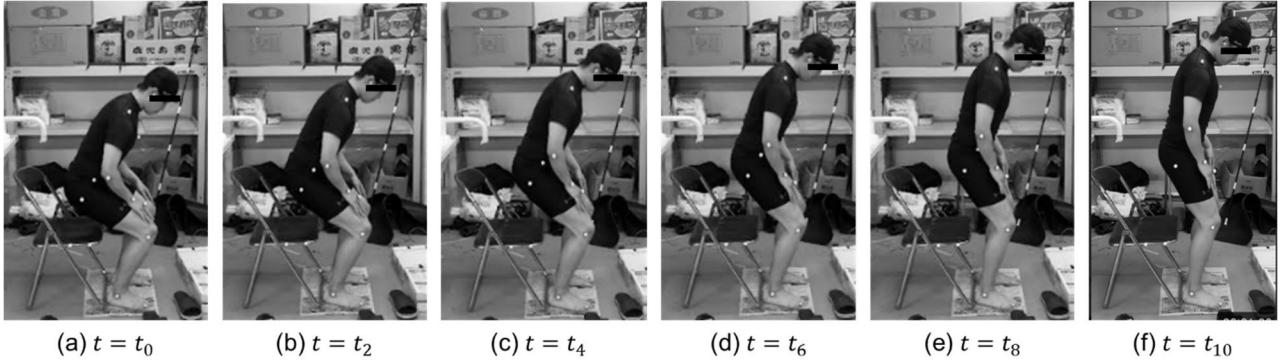


図3 対象とする椅子からの立ち上がり動作

4. 適用事例

4-1. 対象問題の構成

以下に、提案手法を椅子からの立ち上がり動作に適用した結果を示す。立ち上がり動作は左右対称の動作であり、着座状態から直立状態まで約2.6秒を要している。本稿では、このうち、図3(a)～(f)に示す離座後の約0.4秒間の時間帯に限定し、股関節角度の最適化を行う。ただし、同図(a)と(f)の時刻 $t=t_0, t_{10}$ における姿勢は計測した姿勢に固定し、この間の時間帯の $t=t_1 \sim t_9$ における9姿勢を設計対象とする。足関節角度は、足裏全体が床面に接触するように補正し、股関節と足関節以外の関節の回転角は、椅子からの立ち上がり動作をモーションキャプチャシステム(ノビテック, VENUS3DR, 計測周波数100Hz)を用いて計測した関節角度を用いる。なお、この計測実験は近畿大学生物理工学部生命倫理委員会の承認に基づいて行った。

4-2. 最適化問題の定式化

以下に、椅子からの立ち上がり動作の最適化問題の定式化を示す。

$$\begin{aligned} & \text{decide} \quad \mathbf{x} = [\theta_6(t_1), \theta_6(t_2), \theta_6(t_3), \dots, \theta_6(t_{N-1})]^T \\ & \text{min.} \quad f(\mathbf{x}) = -\left(\sum_{k=1}^N \frac{\Delta W_{6,k}}{\bar{\tau}_6} + \sum_{k=1}^N \frac{\Delta W_{8,k}}{\bar{\tau}_8}\right) \\ & \text{sub. to} \quad g_j(\mathbf{x}) \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, N-1) \\ & \quad \theta_6^L(t_k) \leq \theta_6(t_k) \leq \theta_6^U(t_k) \quad (k = 1, 2, \dots, N-1) \end{aligned}$$

決定すべき設計変数は、時刻 $t=t_1, t_2, t_3, \dots, t_{N-1}$ における根元側の部位(骨盤)からの股関節(関節6)の屈曲角度 $\theta_6(t_1), \theta_6(t_2), \theta_6(t_3), \dots, \theta_6(t_{N-1})$ とする。また、股関節角度の変化に伴って足関節角度も変化するため、目的関数は、各時刻間における股関節(関節6)と足関節(関節8)における仕事の最大化と関節トルク比の最小化を行うための式とする。制約条件としては、重心が支持基底面上にあって

バランスが取れている条件と、各設計変数の上下限制約 $\theta_6^L(t_k), \theta_6^U(t_k)$ として、初期解での関節角度 $\pm 1^\circ$ を設定する。また、以下の最適化計算例では $N=10$ であり、設計変数の初期解は4-1項の計測値を用いる。

4-3. Excelによる実装

本研究では、人体スケルトンモデルを用いた動作姿勢の設定や、その姿勢における関節トルクや関節トルク比等の計算にMicrosoft Excelを用いる。椅子からの立ち上がり動作の最適化問題は制約条件付の非線形最適化問題となるため、Microsoft Excelのソルバーアドインに含まれる「GRG非線形」を使用して最適解を求める。

4-4. 最適化計算結果

図4, 5に最適化計算結果を示す。設計対象としている図3(b)～(e)の時刻における最適化後の姿勢はそれぞれ、図4(2), (4), (6), (8)に対応する。図4より、各時刻において体の重心が支持基底面上に存在しており、バランスが取れていることが確認できる。図5は、初期解と最適解における動作の各ステップにおける腰関節角度(設計変数)、仕事/関節トルク比(目的関数)の変化を示している。同図より、各ステップでの股関節角度が小さくなり、股関節角度が伸展していることから、立ち上がりが早まっていることがわかる。また、仕事/関節トルク比は、ステップ(目的関数中の k)3～5において若干減少しているが、8～10において若干増加しており、全体として効率的な立ち上がりができることが確認できる。

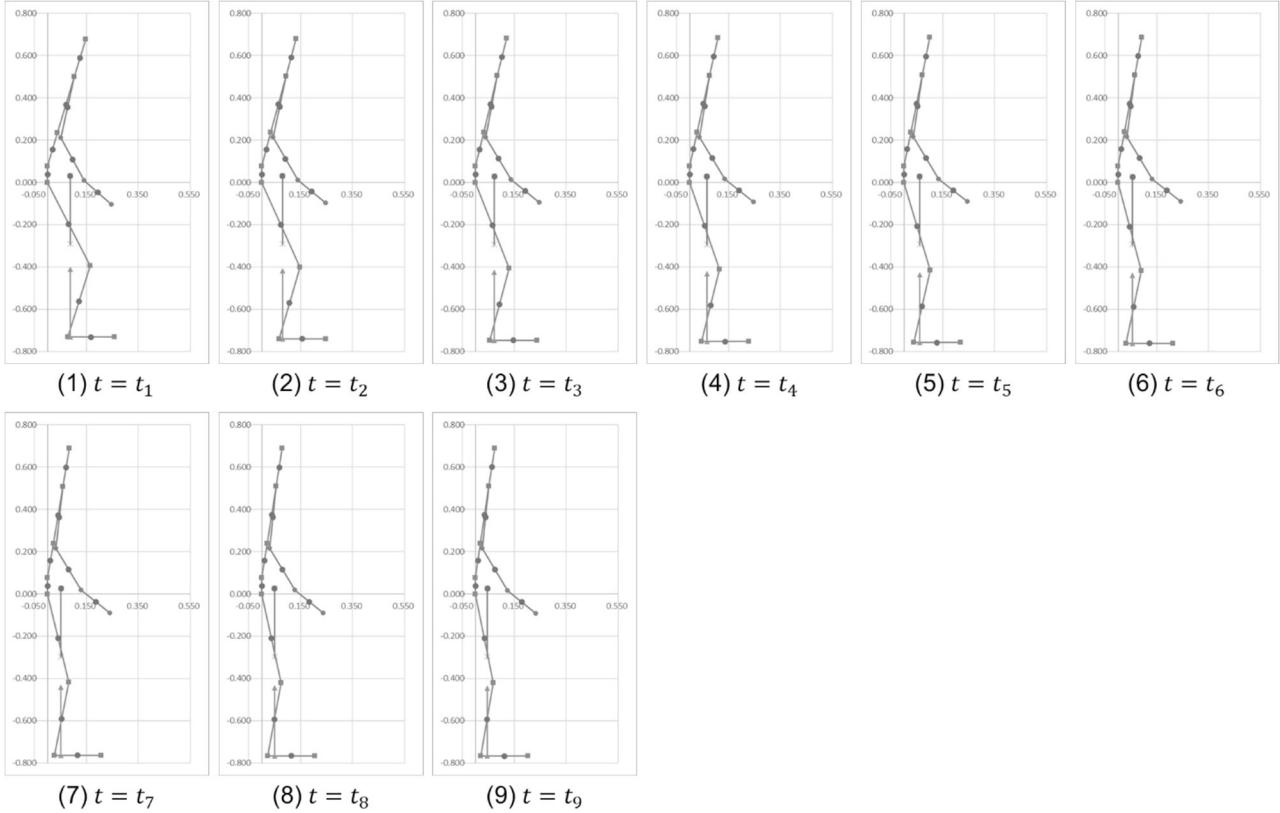
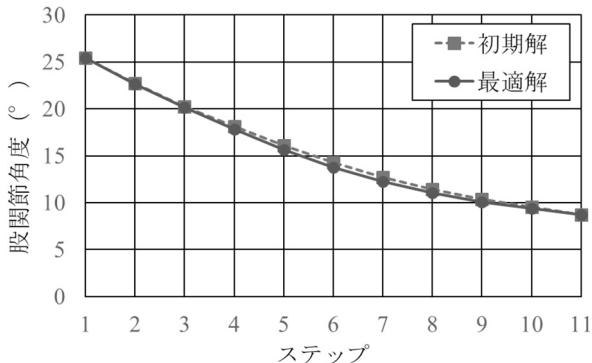
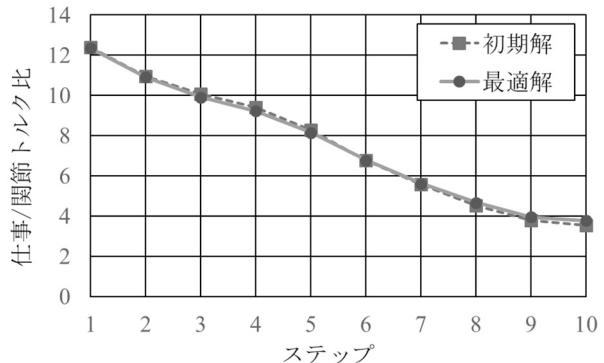


図4 椅子からの立ち上がり動作の最適化計算結果



(a) 股関節角度（設計変数）



(b) 仕事/関節トルク比（目的関数）

図5 最適化計算によるステップごとの設計変数と目的関数の変化

5 結言

本研究では、作業動作中の力学的負荷を低減する動作を最適化手法を用いて決定するための方法を提案し、椅子からの立ち上がり動作に適用して検証した。今後は、目的関数の設定方法に関する検討を行うとともに、複数の関節角度の同時最適化を実現してその効果を検証することを計画している。

参考文献

- 1) 斎藤大和, 廣川敬康:デジタルヒューマンによる力学的負荷解析結果に対する近似関数の構成による作業姿勢の最適化～荷物持ち上げ時の作業姿勢の最適化～, 2022年度 日本人間工学会関西支部大会 講演論文集, pp.57-60 (2022).
- 2) 例えは、人工知能研究センター, 人体寸法データベース 1991-92-寸法項目検索,
<https://www.airc.aist.go.jp/dhrt/91-92/data/search.html> (閲覧日:2023年10月24日).

日常生活下での呼吸連続計測に向けて

Toward the continuous respiration measurement in daily life

○棒谷英法*, 大須賀美恵子**

*大阪工業大学大学院 ロボティクス＆デザイン工学研究科

**大阪工業大学ロボティクス＆デザイン工学部

BOUTANI Hidenori*, OHSUGA Mieko**

*Graduate School of Robotics and Design, Osaka Institute of technology,

**Faculty of Robotics and Design, Osaka Institute of Technology.

1. 背景

呼吸は人の精神的・身体的状態を反映する有用な指標である¹⁾。一方で、呼吸は心拍変動指標にも影響を与えるため、心拍変動指標を情動やストレス評価に利用するときには呼吸の同時計測が望まれるが、簡便な計測手法が普及しておらず、フィールドでの計測例は多くない²⁾。

一方、我々は、睡眠リズムを整えるための生活習慣改善を薦める手法を検討するために、CORE センサ(greenTEG 社)を用いて皮膚体温と深部体温の概日リズム、Oura (Oura 社)を用いて睡眠覚醒リズムを長期間計測して、課題を抽出した³⁾。今後、心拍(脈拍)およびその変動の概日リズムも検討対象とする予定であり、活動時・睡眠時にも連続的に呼吸計測できる手法を必要としている。

このような観点から、計測原理の異なる 4 種のデバイスを用いて装着部位、姿勢、呼吸様式の組み合わせを変えて同時計測し比較した。

2. 方法

2-1. 実験参加者

文書によるインフォームド・コンセント得た学生 1 名（倫理審査承認番号 2019-64-4）を対象とした。

2-2. 計測装置

使用した計測デバイスは次の 4 種である。A:シャツ組み込み型の HEXOSKIN(キッセイコムテック株式会社), B:BITalino (Plux 社, BITalino コア) の呼吸センサ(PZT 01102020), C:C-STRETCH(BANDO 化学、ベルト部分は自作), D:ZenTracker(株式会社コト)で A は、インダクタンス式、B はピエゾ素子、C は静電容量式、D は独自方式による距離計測である。4 種をすべて体幹の同じ高さに装着することができないので A, D を 2 つと B,C のいずれか 2 つずつの計 5 デバイス(6 センサ)を用いて同時計測した。

データの同期は、B の 3 軸加速度センサまたは C の 3 軸加速度センサ(KXM52-1050, 秋月電気)を、D を重ねた間に挟み、D の上に A の加速度センサ内蔵

ロガーを載せ、D を 10 回程度手で加圧しトリガー信号とした。これを実験の前後で実施した。

2-3. センサ装着方法

実験参加者に、A を装着させ、A の胸部・腹部の呼吸センサと同じ高さに、B か C をセンサ部分が正中から約 10cm 左に装着し、その上から別のベルトをつけ正中線上に D を挟んだ。

2-4. 実験条件



図 1 センサ装着図

表 1 実験プロトコル

No.	計測時間[s]	姿勢	呼吸スタイル	吸気割合
1	90	座位	自由	自由
2	90	座位	胸呼吸	2:3
3	90	座位	胸呼吸	4:6
4	90	座位	腹式呼吸	2:3
5	90	座位	腹式呼吸	4:6
6	90	立位	自由	自由
7	90	立位	胸呼吸	2:3
8	90	立位	胸呼吸	4:6
9	90	立位	腹式呼吸	2:3
10	90	立位	腹式呼吸	4:6
11	90	仰臥位	自由	自由
12	90	仰臥位	胸呼吸	2:3
13	90	仰臥位	胸呼吸	4:6
14	90	仰臥位	腹式呼吸	2:3
15	90	仰臥位	腹式呼吸	4:6

2-5. 記録方法

A はロガーに記録し実験終了後にクラウドを介して取得する。サンプル周波数は呼吸 128 Hz, 加速度 64 Hz である。B は OpenSignals を用いてサンプル周波数 1000 Hz で計測しテキストデータで保存, C の呼吸データと 3 軸加速度センサのデータは、AD 変

換器 (National Instulment, USB-6211)と MATLAB を用いてサンプル周波数 1000 Hz で取得・記録した。D は専用のアプリを用いて iPad に記録した。サンプル周波数は約 5Hz である。

2-6. 解析方法

A, D は 3 次元スプライン補間により 1000 Hz にアップサンプリングし、すべてのデータの同期をとった上で、呼吸データは 50 Hz にダウンサンプリングした。ローパスフィルタ(次のカットオフ周波数 0.05 Hz の位相補償バターワースフィルタ)で抽出した基線変動成分を除去した後に 0.6 Hz のローパスフィルタをかけ高周波ノイズを除去した。その後、自作プログラムを用いて差分、閾値処理などを用いて吸気と呼気の開始タイミングを求め、各施行中の吸気時間、呼気時間、呼吸周期、振幅を求めた。

3. 結果

図 2 には結果の一部を示す。条件によらず、各デバイスの呼吸周期の中央値の差は小さいが、ばらつきはデバイスにより差があった。デバイスによらず、胸式呼吸時には腹部の呼吸周期のばらつきが大きくなるが、腹式呼吸での胸部では増大しない。吸気時間と呼気時間は中央値にもばらつきにもデバイスによる違いがある。呼吸振幅は周期よりも中央値、ばらつきともにデバイスによる違いが大きい。いずれの指標においても、A に最も近い値が得られるのは C であった。

自由呼吸では、デバイスによらず立位、座位、仰臥位の順に呼吸周期が長く振幅が大きくなるが、ばらつきはデバイスにも依存する。

結果の詳細は発表で紹介する。

4. 考察と今後

$N=1$ の結果ではあるが、呼吸周期の中央値以外では、デバイスによる違いが大きいこと、腹部のみの計測では胸式呼吸時の指標値のばらつきが大きくなること、姿勢の影響も異なることなど、フィールド計測でデバイス選択する際に注意すべき点が抽出された。

今後、N 数を増やし、スペクトル指標についても考察する。

5. 参考文献

- 梅沢章男, 宮田洋(監修), 藤澤清志, 柿木昇治, 山崎勝男(編集): 第 11 章 呼吸活動, 新生理心理学(第 1 卷), pp.196-209, 北大路書房 (1998)
- 大須賀美恵子: 呼吸の低負担計測の現状と活用事例, 第 62 回日本生体医工学会(PIE 研究部会企画セッション) (2023)
- 棒谷英法 大須賀美恵子: 深部体温と睡眠覚醒リズムの可視化手法と生活行動による位相遷移の可能性の検討, 日本人間工学会第 64 回大会 (2023)

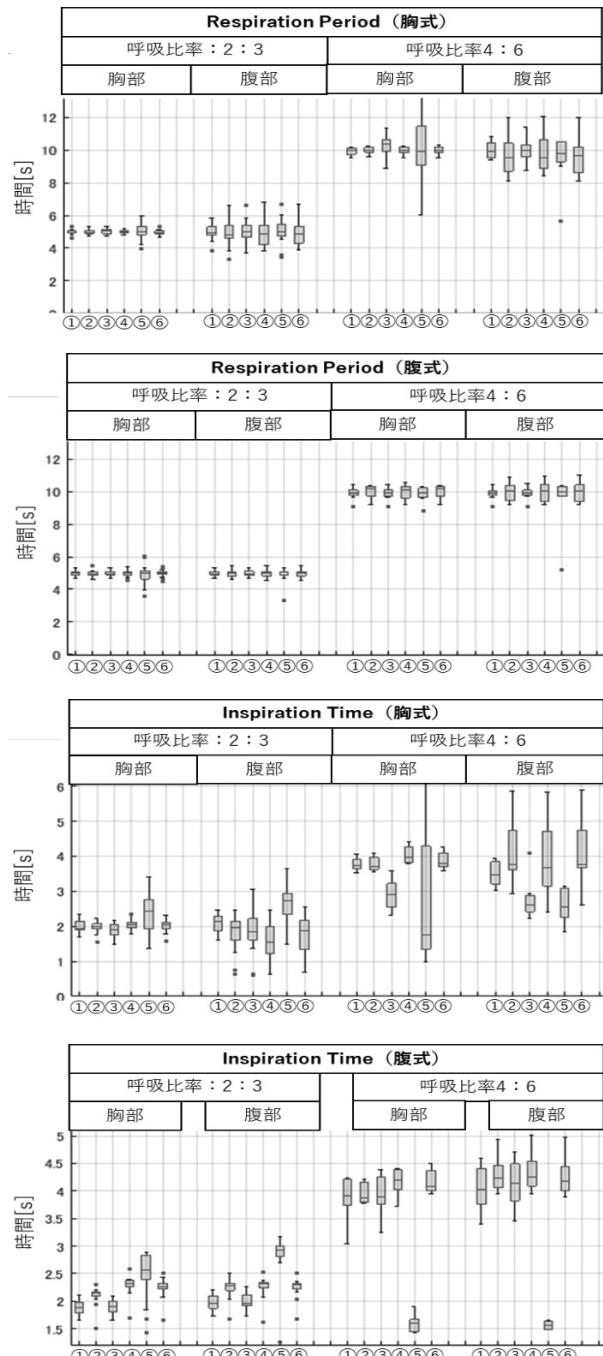


図 2 呼吸周期と吸気時間の条件による違い

箱ひげ図は、中央値、第 1, 4 分位値、最小最大値、はずれ値を示す
①HEXSOSKIN1 回目, ②HEXSOSKIN2 回目, ③ZenTracker, 1 回目, ④ZenTracker2 回目, ⑤BITalino, ⑥C-STRETCH

食材を裏ごしする動作と裏ごし器の網の変形

The motion of pureeing ingredients and the deformation of the strainer mesh

○月原圭吾*, 杉山直機**, 後藤彰彦***, 達賢一****, 飯聰*****

*大阪産業大学 **京都工芸繊維大学 ***大阪産業大学

****金網つじ *****元京都調理師専門学校

TSUKIHARA Keigo*, SUGIYAMA Naoki**, GOTO Akihiko***, TSUJI Ken-ichi****, II Akira*****

*Osaka Sangyo University, ** Kyoto Institute of Technology, *** Osaka Sangyo University,

****Kanaami-Tsujl, ***** Former Kyoto Culinary Art College.

1. はじめに

調理操作は、加熱調理と非加熱調理に大別でき、裏ごしは非加熱調理に属している¹⁾。裏ごしは、食材に対して網へこすりつけ細かく加工する操作のことを指す。その網の素材は一般的にステンレス製であるが、昔は平編み状態の馬毛が使用されていた。この馬毛の裏ごし器は、現在においても少数ながら料亭等で活用されており、料理人はステンレス製と比べ疲労にくいとの意見もある。また、仕上がりにおいて馬毛の裏ごし器と繊細さを述べているシェフも存在する²⁾。このように馬毛の裏ごし器は、ステンレス製と比べ加工から仕上がりまでに体感的な違いがあるものの、その差は明らかとなっていない。そこで、馬毛の裏ごし器における特徴の明確化を目指し、ステンレスとの比較を行った。先行研究では、馬毛とステンレスの差を人の動きや裏ごし器にかかる力から検討した³⁾⁴⁾。本研究では、裏ごしをさらに詳細に確認し、1回1回のしゃもじの動きからステンレスとの差を確認した。さらに裏ごしのたわみ度合いを圧縮実験にて評価した。

2. 実験方法

2-1. 被験者

裏ごしを行う被験者は調理師専門学校にて日本料理の指導経験を約30年持つ男性1名とした。

2-2. 裏ごし器と試料

図1に裏ごし器を示す。裏ごし器は馬毛とステンレスを用いた。馬毛の裏ごし器は水に10分浸漬された。図2に網の拡大図を示す。実験に使用したしゃもじは裏ごし器にかかる。

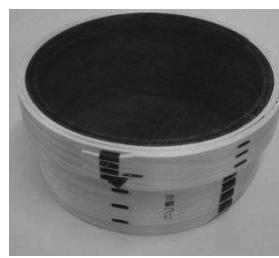


図1 馬毛の裏ごし

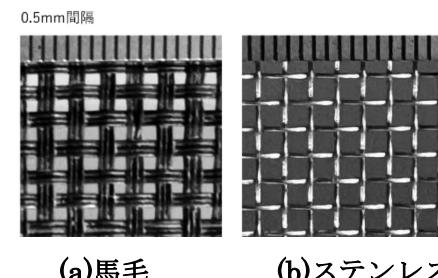


図2 網の拡大図

わらず同一とした。試料は北海道産のジャガイモ(男爵芋)とした。計測前の処理としてジャガイモは直径5cm、厚さ1cmの円柱形状に成形され、15分蒸すこととした。

2-3. 計測条件

裏ごし時の様子をリアル光学式モーションキャプチャーシステム MAC 3D SYSTEM(Motion Analysis社製)で計測した。図3にマーカーの配置を示す。しゃもじの動きを計測するために、マーカーはしゃもじの先端と中央と手元に貼り付けられた。計測の開始はしゃもじがジャガイモに触れた時とし、計測終了は被験者が漉し終わりと判断するまでとした。制限時間は設けなかった。計測は馬毛とステンレスでそれぞれ2試行ずつ行った。



図3 マーカー装着位置

2-4. 圧縮試験

図4に圧縮試験の様子を示す。精密万能試験機AG-100kN Xplusを使用し、試験速度10mm/min.で裏ごし器に対して実施した。ジグは100Nで止まるものとした。

2-5. 倫理面への配慮

本研究は研究推進課より承認を得て実施された。

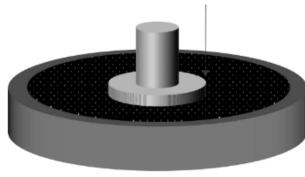


図4 圧縮試験の様子

3. 解析方法

3-1. 3次元動作解析

解析ソフト Cortex を使用し、主にしゃもじの先端部分のマーカーを対象に解析した。1 ストロークはしゃもじがジャガイモに触れてから離れるまでとした。これによって得られた各ストロークの最高速度の平均を算出した。その 1% を速度変化がない箇所とみなした。

3-2. 圧縮試験

圧縮試験による裏ごし器の網の変形評価をした。

4. 結果

4-1. 変位と速度

図5に最も特徴が顕著な2ストローク目を対象とした手前方向への変位と速度を示す。馬毛は変位で滑らかな挙動を示し、速度は常に変化していた。一方でステンレスは約0.2秒変化のない箇所がみられた。この約0.2秒間は速度変化がなかった。速度変化がなかったストローク数は馬毛が合計24ストローク中2

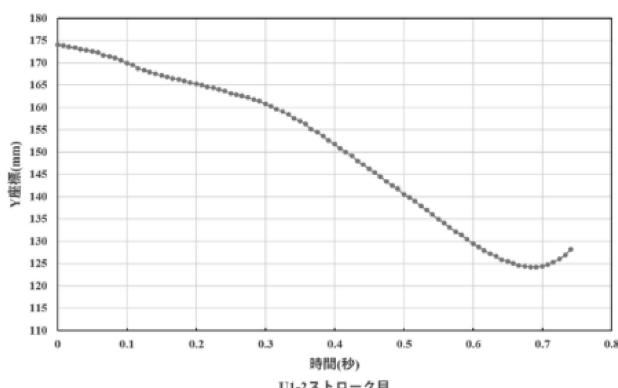
ストロークであった。一方ステンレスは合計18ストローク中10ストロークであり、馬毛よりも多かった。

4-2. 網のたわみ

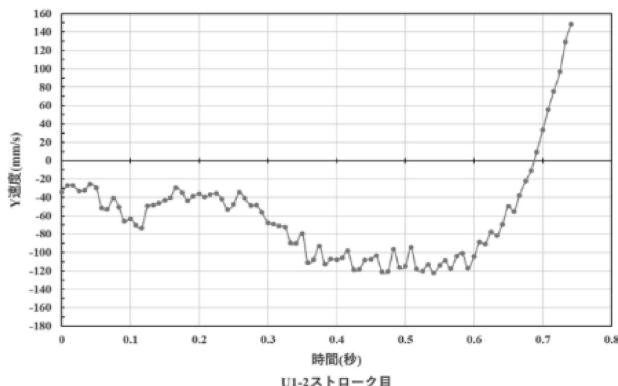
網に50Nの荷重をかけた際のたわみは、馬毛が11.9mm、ステンレスが7.0mmであった。そのたわみは1.7倍の差がみられた。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人健康・栄養研究所：“調理・加工工程におけるビタミン含量変動情報”。農研機構.<https://www.naro.go.jp/laboratory/nfri/contents/ffdb/vitamin.html>.
- 2) 樋口直哉：“世界が認める“日本人らしさ”とは何か「馬毛の漉し器」が象徴する我々の武器、|ニッポン 食の遺餐探訪 | ダイヤモンド・オンライン”，(2013).
- 3) 後藤彰彦、杉山直磯、山越夕矢、辻賢一、飯聰、濱田明美：“馬毛の裏ごしに関する基礎的検討”，日本人間工学会関西支部大会講演論文集，2021,pp.59-60.
- 4) 杉山直磯、辻賢一、飯聰、濱田明美、後藤彰彦：食材加工における馬毛の裏ごし器にかかる力および網目状態の検討、日本材料学会 第8回材料WEEK, 2022, 224.

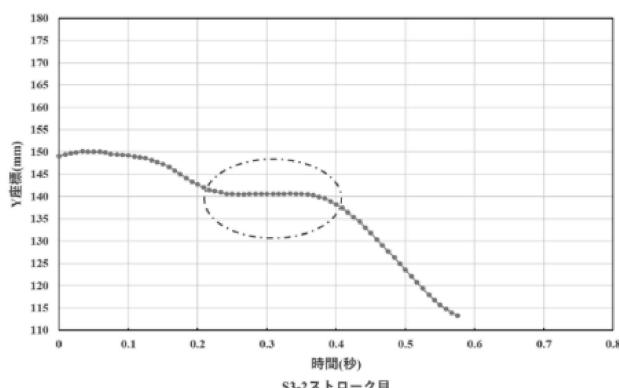


UI-2ストローク目

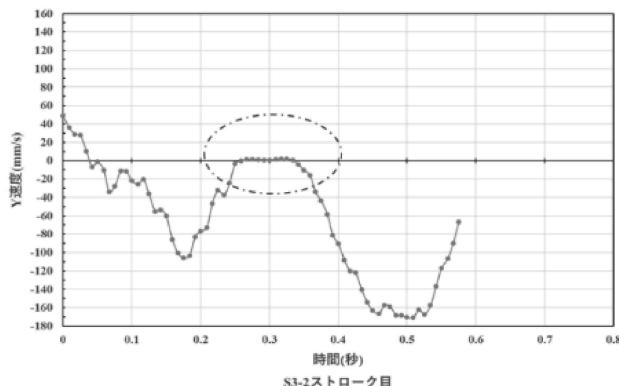


UI-2ストローク目

(a)馬毛



S3-2ストローク目



S3-2ストローク目

(b)ステンレス

図5 手前方向への変位と速度

2023 年度 日本人間工学会 関西支部大会

実行委員会（順不同）

大会長 荒木 望 (兵庫県立大学大学院 工学研究科)

副大会長 才木 常正 (兵庫県立工業技術センター)

プログラム担当

篠原 一光 (大阪大学大学院 人間科学研究科)

石松 一真 (滋慶医療科学大学大学院 医療管理学研究科)

渕 真輝 (神戸大学大学院 海事科学研究科)

会場担当

鎌倉 快之 (大阪工業大学 情報科学部)

上田 真由子 (関西国際大学 心理学部)

廣川 敬康 (近畿大学 生物理工学部)

山中 仁寛 (甲南大学 知能情報学部)

有馬 正和 (大阪公立大学 大学院工学研究科)

川口 夏樹 (兵庫県立大学大学院 工学研究科)

優秀学生賞担当

志子田 繁一 (川崎重工業株式会社)

来田 宣幸 (京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科)

平田 一郎 (兵庫県立工業技術センター)

広報担当

新家 敦 (株式会社島津製作所)

木村 貴彦 (関西福祉科学大学 健康福祉学部)

幹事 朝尾 隆文 (関西大学 システム理工学部)

前大会長 佐藤 望 (近畿大学 総合社会学部)

支部長 小谷 賢太郎 (関西大学 システム理工学部)

実行補佐 奥村和真, 栗栖友希, 永野幹大, 森本修太, 仲井大登, 福井悠斗,

藤田一輝, 大谷悠馬, 尾崎大晟, 長井宏樹, 松尾拓海

(兵庫県立大学 知能計測制御研究室 学生)

2023 年度日本人間工学会 関西支部大会 講演論文集

発行日 2023 年 12 月 9 日

発行者 2023 年度日本人間工学会関西支部大会事務局

〒671-2201 兵庫県姫路市書写 2167

兵庫県立大学 姫路工学キャンパス

機械工学専攻 知能計測制御研究室 内

Tel/Fax 079-267-4990

印刷所 小野高速印刷株式会社