# 2019 年度
# 一般社団法人日本人間工学会
# 関東支部第 49 回大会
# 第 25 回卒業研究発表会
# 講 演 集

Proceedings of the 49th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Proceedings of the 25th Graduation Thesis Presentation,

Japan Human Factors and Ergonomics Society

2019 年 12 月 7 日（土）• 8 日（日）

千葉工業大学

# 目次


大会概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II

ご案内 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ III

スケジュール ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ IV

プログラム ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ V

会場案内図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ XVII

抄録

関東支部第 49 回大会

特別講演 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

人間工学専門家資格紹介 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

若手支援企画ワークショップ・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

一般講演

大会 1 日目 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

大会 2 日目 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65

第 25 回卒業研究発表会

大会 1 日目 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91

大会 2 日目 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 139

企業広告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 155

大会運営委員会 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 158

# 大会概要

■会期

2019年12月7日（土）～8日（日）

■会場

千葉工業大学　新習志野キャンパス　7号館

（千葉県習志野市芝園2-1-1）

■大会長

中本　和宏（千葉工業大学）

■主催

一般社団法人　日本人間工学会　関東支部

■日程

12月7日（土）

一般講演，卒業研究発表，特別講演，支部総会，支部委員会，懇親会

12月8日（日）

一般講演，卒業研究発表

■参加受付

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

■懇親会

日時：12月7日（土）　17：40～19：40

会場：　学食棟　3階

会費：3,000円

■事務局

日本人間工学会関東支部第49回大会　大会事務局

〒275-0016　習志野市津田沼２－１７－１

千葉工業大学 先進工学部 知能メディア工学科 中本研究室内

E-mail　jeskanto-49@it-chiba.ac.jp

日本人間工学会関東支部第49回大会　運営事務局

〒100-0014　東京都千代田区永田町2-9-6十全ビル4階　株式会社ドーモ内

TEL　03-5510-7923　　FAX　03-5510-7922

# ご案内

■食堂

土曜日のみ学食（10：30～14：00）がご利用いただけます。

■企業展示，休憩所

７号館２階・E会場（7206 教室）にて企業展示を行っておりますので，ぜひお立ち寄りください。

また同教室は，休憩所としてご利用いただけます。

■全面禁煙について

キャンパス内は全面禁煙です。

■一般演題，卒業研究発表会の発表者の方へ

時間は発表 10 分,質疑応答 4 分,入替 1 分の計 15 分です。時間厳守にてお願いします。

発表時間経過をベルにてお知らせします。8 分で 1 鈴，10 分で 2 鈴，14 分で 3 鈴です。

発表者の方はご自分の PC をご持参ください。

ビジュアルエイドとしてプロジェクタをご用意します。

プロジェクタの接続にはアナログ RGB(D-Sub15)またはＨＤＭＩをご利用いただけます。持参される PC によっては専用のアダプタが必要ですので，忘れずにご用意ください。

■座長の方へ

座長の先生は，ご担当セッションの３０分前までに受付をお済ませください。

セッションの時間内にすべての発表が終了できますようご協力をお願いいたします。

卒業研究発表会をご担当される座長の先生には，表彰関連のお願いがございます。受付にてご説明申し上げますので，よろしくお願い申し上げます。

# スケジュール

12月7日（土）

| | A会場<br>7202（181） | B会場<br>7205（181） | C会場<br>7201（151） | D会場<br>7204（151） | E会場<br>7206（90） | 大会本部<br>7203（90） | 学食棟 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:00 | | | | | | | |
| | 支部大会・卒業研究発表会　参加登録受付 | | | | | | |
| 10:00 | A-1<br>ﾕｰｻﾞﾋﾞﾘﾃｨ<br>10:00〜11:00 | B-1<br>開発<br>10:00〜11:00 | C-1<br>卒業研究発表<br>10:00〜11:00 | D-1<br>卒業研究発表<br>10:00〜11:00 | | | |
| 11:00 | A-2<br>安全<br>11:10〜11:55 | B-2<br>AR/VR<br>11:10〜11:55 | C-2<br>卒業研究発表<br>11:10〜12:10 | D-2<br>卒業研究発表<br>11:10〜12:10 | | | 支部委員会 |
| 12:00 | | | | | | | |
| | 支部総会<br>12:30-13:30 | | | | 展示会場<br>休憩室 | | |
| 13:00 | | | | | | | |
| | 特別講演<br>13:30-14:45 | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | |
| 15:00 | A-3<br>人間工学専門家<br>15:00〜15:45 | B-3<br>姿勢・動作<br>15:00〜16:00 | C-3<br>卒業研究発表<br>15:00〜15:45 | D-3<br>卒業研究発表<br>15:00〜16:00 | | | |
| 16:00 | A-4<br>音<br>16:00〜17:00 | B-4<br>医療・ｻｰﾋﾞｽ<br>16:10〜16:55 | C-4<br>若手支援委員会<br>学生交流ｶﾌｪ<br>16:00〜17:30 | | | | 懇親会<br>〜19:30 |
| 17:00 | | | | | | | |

12月8日（日）

| | A会場<br>7202（181） | B会場<br>7205（181） | C会場<br>7201（151） | D会場<br>7204（151） | 休憩室<br>7206（90） | 大会本部<br>7203（90） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:00 | | | | | | |
| | 支部大会・卒業研究発表会　参加登録受付 | | | | | |
| 10:00 | A-5<br>認知<br>10:00〜11:00 | B-5<br>計測<br>10:00〜11:00 | C-4<br>卒業研究発表<br>10:00〜10:45 | | | |
| 11:00 | A-6<br>評価<br>11:10〜12:10 | | C-5<br>卒業研究発表<br>11:10〜12:10 | | | |
| 12:00 | | | | | | |

# プログラム

〇発表時間は発表 10 分，質疑４分，入替１分の計 15 分です。

12 月 7 日（土）

【特別講演】　A 会場（7202 教室）

13：30～14：45

深宇宙探査機における１チャンスイベントの運用現場

山田　学

千葉工業大学惑星探査研究センター

司会　　中本　和宏（千葉工業大学）

【人間工学専門家資格紹介】A 会場（7202 教室）

15：00～15：50

認定人間工学専門家の紹介　－目指すビジョンと施策－

八木　佳子*、福住　伸一**、鳥居塚　崇***

*㈱イトーキ／CPEJ ビジョン検討 WG リーダー、**理化学研究所／CPEJ 機構長、***日本大学／CPEJ 副機構長

【学生交流カフェ　Ⅳ】C 会場（7201 教室）

16：00～17：30

（これでグランド・フィナーレかも？！）

～とっておきの就活トリセツありませんか～

申　紅仙*、加藤麻樹**、吉武良治***、鳥居塚崇****

*常磐大学／JES 若手支援委員会・委員長、**早稲田大学／／JES 若手支援委員会・副委員長、***芝浦工業大学、****日本大学

【一般発表】

**A 会場（7202 教室）**

**A－1　　10：00～11：00**

A-1-1　自動車テールゲートの操作法が操作力と閉め速度に与える影響
瀬尾　明彦*、平内　和樹**、森本　光**、池田　宏紀***、
早川　崇之***、酒井　英児***
*首都大学東京システムデザイン学部、**首都大学東京大学院システムデザイン研究科、***三菱自動車工業㈱機能実験部

A-1-2　誤認識の少ないエレベータ開閉ボタンのデザイン ―ボタン周囲へ付与する情報の設計―
糸魚川　高穂*、村上　遥香*、村田　智明**、矢口　博之***、
古賀　誉章*
*宇都宮大学、**ハーズ実験デザイン研究所、***東京電機大学

A-1-3　垂直接線方向持針器の操作性に関する基礎的研究
香田　健一郎*、本村　昇**、中谷　光博***、弓庭　浩一****、
前田　佳延*****、篠原　利樹*、三林　洋介*
*東京都立産業技術高専、**東邦大学医療センター佐倉病院心臓血管外科、
***株式会社産業情報総合研究所、****ダイセイ株式会社、
*****株式会社シャルマン

A-1-4　ロービジョン者による駅トイレのユーザビリティに関する探索的調査
大野　央人*、秋保　直弘*、山本　和昌*、江嵜　佑**
*鉄道総合技術研究所、**JR 西日本

**A－2　　11：10～11：55**

A-2-1　陸上貨物運送事業におけるロールボックスパレット起因災害の発生動向
大西　明宏
労働安全衛生総合研究所　リスク管理研究センター

A-2-2　新技術導入時の安全性向上のための検討～リカバリーファクターの運用改善による取り組み
津乗　陸*、岡田　有策**
*慶應大学・院・理工学研究科、**慶応大・理工

A-2-3　タスク難易度による歩きスマホの没入度について
高地　雄太郎*、西内　信之*
*首都大学東京大学院　システムデザイン研究科

**A－3　15：00～15：50**

認定人間工学専門家の紹介　―目指すビジョンと施策―
八木　佳子*、福住　伸一**、鳥居塚　崇***
*㈱イトーキ／CPEJ ビジョン検討 WG リーダー、**理化学研究所／CPEJ 機構長、***日本大学／CPEJ 副機構長

**A－4　16：00～17：00**

A-4-1　騒音下における拡声器のための実時間音声加工システムの開発
三浦　恵介*、鈴木　郁*
*法政大学 理工学部

A-4-2　CNN を用いた船舶航行音検知のための最適な分析時間長*検討
山口　晴巳*、武藤　憲司*、小林　洋介**
*芝浦工業大学、**室蘭工業大学

A-4-3　広い視角を移動する音源の映像が移動音像の印象に与える影響の調査
倉林　実可*、井上　綾乃*、武藤　憲司*
*芝浦工業大学

A-4-4　運河周辺のエスノグラフィーによる音環境分析
深津　遼貴*、武藤　憲司*
*芝浦工業大学

**B 会場（7205 教室）**

**B－1　10：00～11：00**

B-1-1　押圧を利用したスタイラスペン不要の三次元入力装置
佐々木　克己*、鈴木　郁*
*法政大学　理工学部

B-1-2　圧電セラミックを用いたとろみ評価機器の開発
秋田　麻友*、鈴木　郁*
*法政大学　理工学部

B-1-3　段差検出システムを搭載した白杖の開発 –センサーシステムと通知方法の改良 -
笠原　秀将*、鈴木　郁*
*法政大学　理工学部

B-1-4　失語症者の社会生活を支援するアプリケーションの人間中心設計
任　東陽*、内田　祥太*、堀内　悠太*、荻谷　光晴*、高野倉　雅人*
*神奈川大学工学部　経営工学科

**B－2　11：10～11：55**

B-2-1　VR 空間における WEB 閲覧を想定した大型ディスプレイの画面曲率に関する研究
村上　俊輔*、西内　信之*
首都大学東京大学院　システムデザイン研究科

B-2-2　VR モーションベースによる振動刺激の設計手法の検討
柏　達晶*、葛生　真也*、相馬　潤之介*、中村　駿也*、河合　隆史*
*早稲田大学基幹理工学部　表現工学科

B-2-3　ミックストリアリティを用いた組み立て支援インタフェースの検討
陳　均欣*、盛川　浩志*、河合　隆史*
*早稲田大学 理工学術院

**B－3　15：00～16：00**

B-3-1　異常検知手法を用いた作業姿勢の変化の検出に基づく筋疲労の推定
平内　和樹*、矢治　美穂*、倉元　昭季**、瀬尾　明彦**
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科、**首都大学東京システムデザイン学部

B-3-2　床反力解析に基づく反動工具使用時の身体動揺評価
菅間　敦*、高橋　明子*、瀬尾　明彦**
*労働安全衛生総合研究所、**首都大学東京システムデザイン学部

B-3-3　筋疲労モデルを用いた短時間反復作業時の身体負担評価
矢治　美穂*、平内　和樹*、倉元昭季**、瀬尾　明彦**
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科、**首都大学東京システムデザイン学部

B-3-4　立位作業におけるフットレストバーの最適設置位置と使用効果に関する実験的検討
阿久津　正大*、高瀬　深久*
玉川大学工学部

**B－4　16：10～16：55**

B-4-1　自律神経応答を用いた畳み込みニューラルネットワーク(CNN)・うつ病スクリーニングシステムの開発と臨床応用
吉澤　豊*、林原　史明*、渡辺　貞雄**、関本　文博***、田中　伸明***、松井　岳巳*
*首都大学東京 システムデザイン研究科、**Vital Lab（株)、
***BESLI CLINIC

B-4-2　医療従事者のための PSF に基づいた作業手順書改善支援方法の研究
坂倉　直樹*、小川　智久*、岡田　有策*
*慶應義塾大学

B-4-3　サービス施設のサブサービス提案のための検討手順の提案-歯科医院を題材として-
冨田　依里*、小松原　明哲**
*早稲田大学創造理工学研究科、**早稲田大学理工学術院

12 月 8 日（日）

**A 会場（7202 教室）**

**A － 5　10：00～11：00**

A -5-1　マーケティング活用におけるデジタルサイネージの視認性評価
月本　晴菜*、西内　信之*
*首都大学東京大学院 システムデザイン研究科

A -5-2　点群への直線描画タスクにおける点群特徴と失敗行動の関係
井上　大成*、吉田　典正**、石橋　基範**
*日本大学大学院生産工学研究科、**日本大学生産工学部

A-5-3　閉眼率を用いたリアルタイム覚醒度評価と自動運転時の緊急時対応に関する研究
塩崎　祐輔*、高田　一**、松浦　慶総**
*横浜国立大学大学院理工学府、**横浜国立大学大学院工学研究院

A-5-4　複数人がそれぞれ操縦するリモコンカーの衝突回避についてーSA モデルに基づく FRAM 記述を用いた検討ー
堀口　僚太*、小松原　明哲**
*早稲田大学大学院、**早稲田大学理工学術院

**A － 6　11：10～12：10**

A -6-1　生理・心理反応および知的生産性の向上に向けた気流制御に関する研究
村上　遥香*、糸魚川　高穂**
*宇都宮大学大学院工学研究科、**宇都宮大学地域デザイン科学部

A -6-2　28℃環境における気流制御の熱的快適性および知的生産への影響
―局所気流を男性被験者の胴・足に当てた場合―
李　宏麒*、竹内　雅紀*、糸井川　高穂**
*宇都宮大学大学院、**宇都宮大学

A-6-3　AI を用いたユーザの体験の総合評価推定の提案
掛川　彩人*、西内　信之*
首都大学東京大学院システムデザイン研究科

A-6-4　組織の不正体質評価に関する研究 ―不正のトライアングルに基づく検討―

飯野　大介*、小松原　明哲**

*早稲田大学創造理工学研究科、**早稲田大学理工学術院

**B会場（7205 教室）**

**B－5　10：00～11：00**

B-5-1　香り付きチラシ広告の効果の検証

川本　健太*、中山　洋*、矢口　博之*

*東京電機大学

B-5-2　視覚が触覚の曲面知覚に与える影響 ―ヘッド・マウントディスプレイと力覚提示装置を用いた検討

石橋　優*、石橋　圭太**、岩永　光一**

*千葉大学大学院融合理工学府、**千葉大学大学院工学研究院

B-5-3　Size-Weight Illusion が事象関連電位に与える影響

今野　雅史*、石橋　圭太**、岩永　光一**

*千葉大学大学院融合理工学府、**千葉大学大学院工学研究院

B-5-4　視覚刺激が誘発する力覚の錯覚の定量的評価に関する研究（第 2 報）

五十棲　啓*、石橋　圭太**、岩永　光一**

*千葉大学工学部、**千葉大学大学院工学研究院

12 月 7 日（土）

C 会場（7201 教室）

C－1　10：00～11：00

C-1-1　運転時における表示の煩わしさに関する研究
大野　良騎*、吉武　良治*
*芝浦工業大学　UX デザイン研究室

C-1-2　STAMP/STPA による安全対策立案に関する研究-ペルソナを用いたハザード要因の評価と対策案の検討-
齋藤　優志
早稲田大学創造理工学部

C-1-3　高齢ドライバーの誤動作軽減に関する基礎的研究
井戸　大成*、三林　洋介*
*東京都立産業技術高専

C-1-4　鼻部皮膚温度変化を用いた覚醒度測定器の開発
嘉義　卓也*、三林　洋介*
*東京都立産業技術高専

C－2　11：10～12：10

C-2-1　重度肢体不自由者における確定領域を用いた視線入力方式の検討
田村　綱太*、井上　輝瑠:、大久保　雄太*、清水　雄斗*、本橋　直樹*、大矢　哲也*
日本医療科学大学保健医療学部

C-2-2　ヨーガ療法時の自律神経応答を用いた統合失調症スクリーニング法の検討
山内　達矢*、井上　智子* ** ***、新井　誠**、鈴木　一浩** ****、宮下　光弘** *** ****、松井　岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部、**東京都医学総合研究所、***都立松沢病院、***たかつきクリニック

C-2-3　心拍と同期した刺激による自律神経活動について
村上　慶仁*、中谷　直史**、白濵　成希***、渡邉　志****、*森　幸男

*サレジオ工業高等専門学校、**つくば国際大学、***北九州工業高等専門学校、****国際医療福祉大学

C-2-4　IT 企業におけるヒューマンエラー要因分析講習会実施支援の検討
坂倉　直樹*、岡田　有策*
:慶應義塾大学

C－3　15：00～15：45

C-3-1　図書館における読書作業と BGM の関係性について
熊澤　匠真*、和田　初枝*、森　幸男*
*サレジオ工業高等専門学校

C-3-2　図書館における個別音響空間の読書熱中度に関する検討
渡邊　真璃弥*、和田　初枝*、森　幸男*
*サレジオ工業高等専門学校

C-3-3　自動運転行動モデルの研究～意思決定を組み入れた FRAM 表現の提案～
中村　侑暉*
早稲田大学創造理工学部

D会場（7204 教室）

D－1　10：00～11：00　座長

D-1-1　MRI 被験者の音声検出にむけた教師データの SN 比の検討
櫻井　陸渡*、山口　晴巳**、武藤　憲司**
*芝浦工業大学

D-1-2　感染症スクリーニングのための顔パーツ認識を用いたサーモグラフィーによる体温推定法の開発
ベトナム国立熱帯病病院におけるパンデミックデング熱への臨床応用
清水　拓実*、孫　光鎬**、松井　岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部、**電気通信大学

D-1-3　立位作業時の角度付きデスク使用の人間工学的評価
小原　沙織*、北原　理紗*、山下　璃久*、伴地　芳啓*、河合　隆史*、三家　礼子*、
*早稲田大学

D-1-4　作業環境の制限が工具使用時の作業性に与える影響
望月　香奈*、平内　和樹**、倉元　昭季*、瀬尾　明彦*
*首都大学東京システムデザイン学部、***首都大学東京大学院システムデザイン研究科

D－2　11：10～12：10

D-2-1　マニキュアの塗りやすさ向上に関する研究―補助具の有効性について―
石井　愛梨*、上西園　武良*
*新潟国際情報大学

D-2-2　ダズル迷彩のコントラストが速度知覚に与える影響
渡辺　丈洋*、石橋　圭太**、岩永　光一**
*千葉大学工学部デザイン学科、**千葉大学大学院工学研究院

D-2-3　食料備蓄向上のための効果的な防災啓発ポスターの研究
Transtheoretical Model(TTM)に基づく検討
中澤　慶*
*早稲田大学創造理工学部

D-2-4　―対比較法を用いた公共トイレの汚さに影響を与える要因に関する考察
五十嵐　優*、宮原　咲貴*、鳥居塚　崇**
*日本大学生産工学部、**日本大学

D－3　15：00～16：00

D-3-1　NIRS によるマルチタスキング作業の検出 ― 運転シミュレーター操作時におけるマルチタスク作業は脳血流により検出可能か ―
薮内　舜陽*
*法政大学理工学部

D-3-2　24 時間メンタル・ホルター(腕時計型/加速度・光電脈波センサー)の開発とうつ病患者における臨床応用
平塚　巧真*、小原　右輔**、仮屋　暢聡**、松井　岳巳*
*首都大学東京、**まいんずたわーメンタルクリニック

D-3-3　医薬品 PTP シートの開封容易性に関する研究
林　李萌*、橋本　光郎**、飯田　諭志***、三林　洋介*
*東京都立産業技術高専、**武州製薬株式会社、***株式会社カナエ

D-3-4　手術用持針器使用時の操作性に関する基礎的研究
篠原　利樹*、本村　昇**、香田　健一郎*、三林　洋介*
*東京都立産業技術高専、**当方大学病院医療センター佐倉病院
心臓血管外科

12 月 8 日（日）

C 会場（7201 教室）

C－4　10：00～10：45

C-4-1　看護師の負担軽減のためのドップラーレーダーを用いた非接触・有熱判定システムの開発と療養型病院における臨床応用
加藤　陽子*、神田　雅大*、大竹　裕介*、平野　雅也*、渡辺　貞雄**、孫　光鎬***、小林　剛****、岡田　真和****、箱崎　幸也*****、松井　岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部、**Vital Lab 株式会社、***電気通信大学大学院情報理工学研究科、****コニカミノルタ株式会社、*****医療法人社団元気会横浜病院

C-4-2　ドップラーレーダーを用いた超早期・肺炎スクリーニングシステムの開発と療養型病院における臨床応用
神田　雅大*、平野　雅也*、渡辺　貞雄**、孫　光鎬***、小林　剛****、岡田　真和****、箱崎　幸也*****、箱崎　幸也*****、松井　岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部、**Vital Lab 株式会社、***電気通信大学、****コニカミノルタ株式会社、*****医療法人社団元気会横浜病院

C-4-3　白・黒の組み合わせと重量感および安定感との関わりに関する考察
佐藤　絵理*、鳥居塚　崇**
*日本大学生産工学部、**日本大学

C－5　11：10～12：10

C-5-1　コアジサシ営巣調査のためのシステム開発　(1) －データーベースと UI 設計を中心に －
倉内　菜子*
*法政大学理工学部

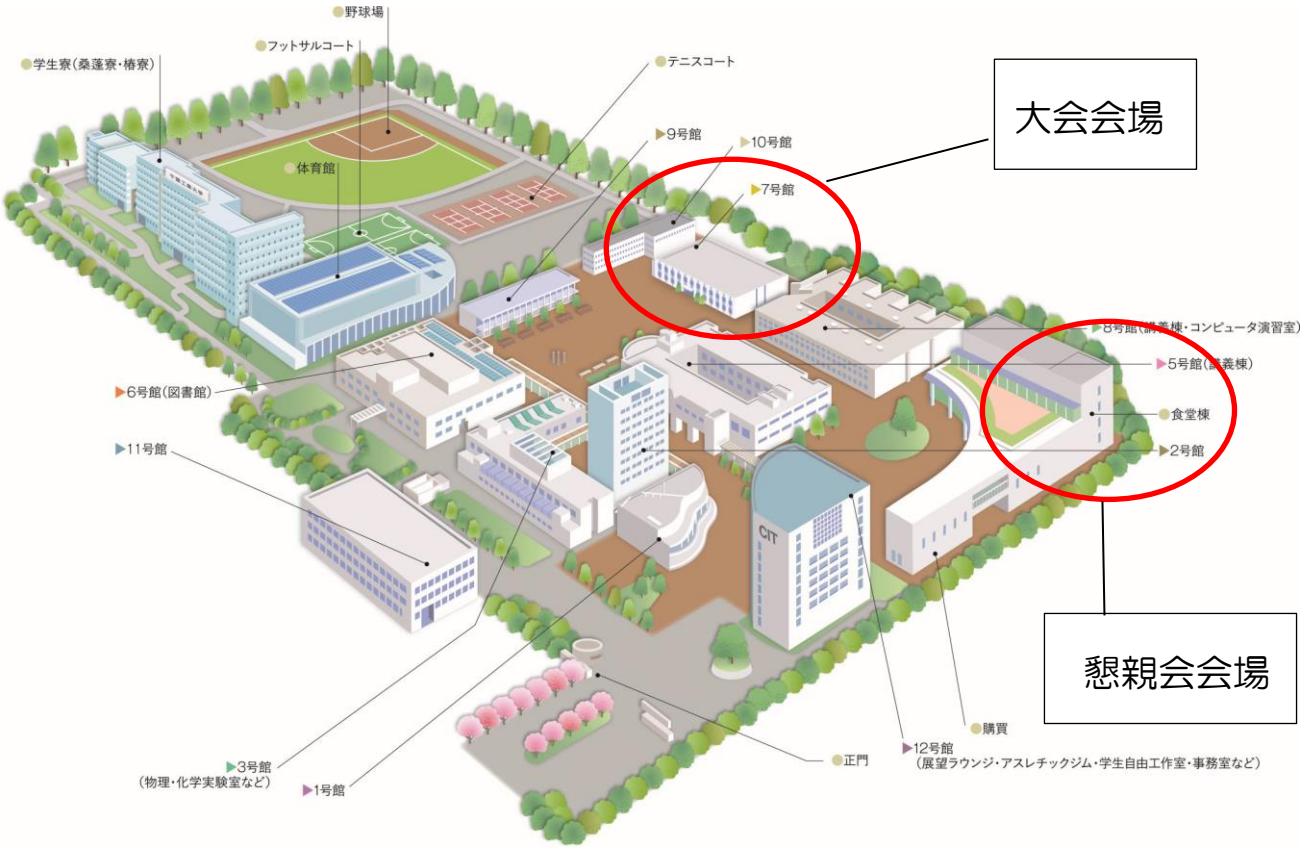
C-5-2　コアジサシ営巣調査のためのシステム開発 （2）― 複数同時使用を想定したソフトウェアの開発を中心に ―
齊藤　知臣*
*法政大学理工学部

C-5-3　テーマパークにおける写真撮影の体験向上に関する研究 -サンリオピューロランドを題材として-
坪川　爽子*、吉武　良治*
*芝浦工業大学　UX デザイン研究室

C-5-4　シズルワードの定量化
森　夏海*、吉武　良治*
*芝浦工業大学　UX デザイン研究室

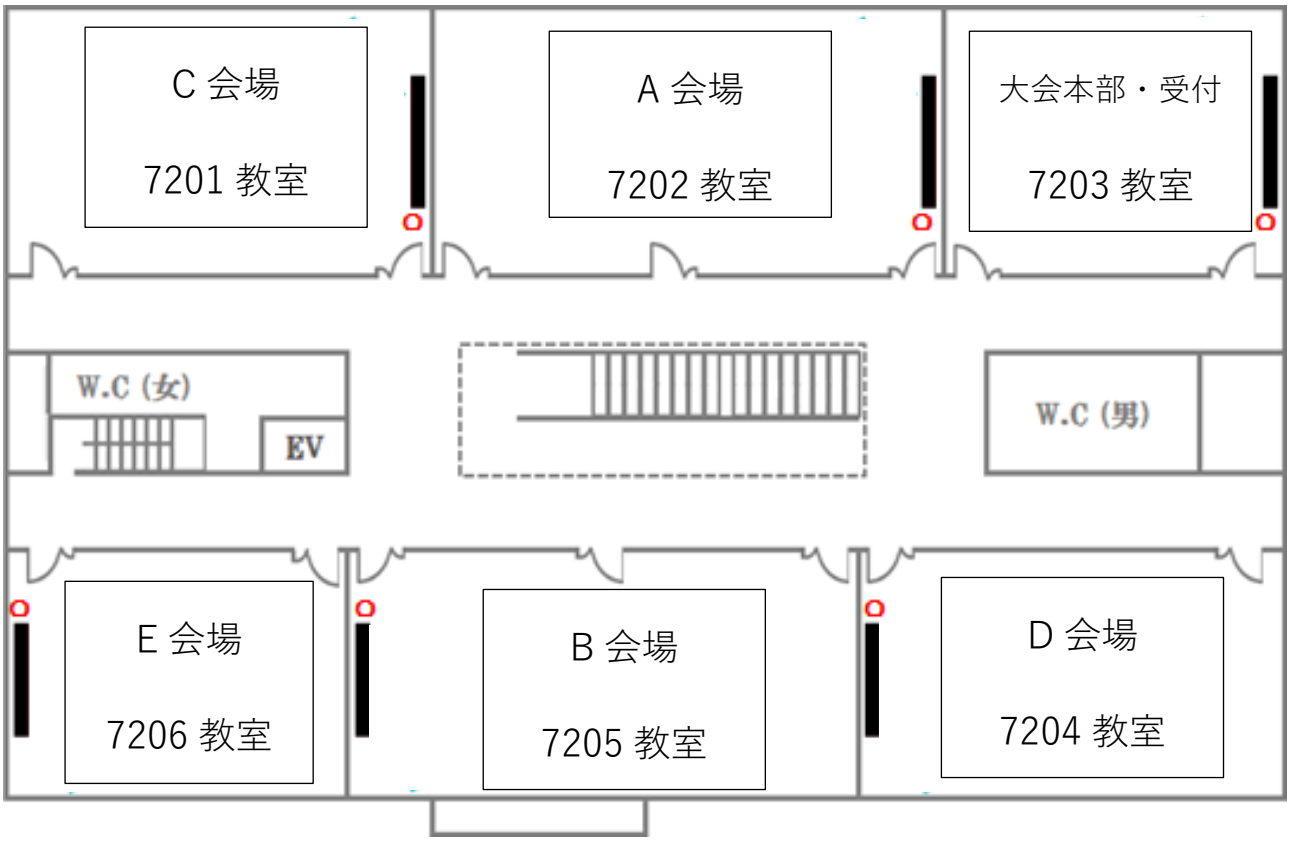
# 会場案内図

## 新習志野キャンパス　全景



# 会場案内

## 新習志野キャンパス　７号館２階




A 会場：一般発表・支部総会・特別講演・CPE 紹介

B 会場：一般発表

C 会場：卒業研究発表・若手支援企画

D 会場：卒業研究発表

# 2019 年度
# 一般社団法人日本人間工学会
# 関東支部第 49 回大会
# 講 演 集

Proceedings of the 49th Annual Meeting of Kanto-Branch,

Japan Human Factors and Ergonomics Society

会　期　2019 年 12 月 7 日（土）• 8 日（日）

会　場　千葉工業大学　新習志野キャンパス

大会長　中本　和宏

特別講演

# 『深宇宙探査機における１チャンスイベントの運用現場』

山田　学
千葉工業大学惑星探査研究センター

司会
　中本　和宏（千葉工業大学）

# 深宇宙探査機における１チャンスイベントの運用現場

○山田 学*
*千葉工業大学惑星探査研究センター

Operation report of one-time event in deep space exploration

Manabu YAMADA*
*Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

## 1. はじめに

2019 年７月 11 日，日本の探査機「はやぶさ２」が小惑星リュウグウのＣ01 と名付けられた領域(図１)に二度目のタッチダウンを成功させた．探査機の下部に取り付けられた長さ約 1ｍの採取装置の接地点は，前もって衝突装置によってつくられた人工クレータからみて，わずか２０ｍ程しか離れておらず，クレータからの噴出物も採取できた可能性が高い．長期間宇宙線にさらされることなく，過去の太陽系の情報を「新鮮」なまま保持している物質を持ち帰ることができれば，歴史にのこる成果につながるだろう．

筆者の所属する千葉工大惑星探査研究センターのメンバーは，「はやぶさ 2」に搭載されたほぼ全ての観測機器の開発と検討に参画してきた．筆者自身も光学航法カメラ(Optical Navigation Camera: ONC)の開発チームメンバーの一人として携わり，小惑星到着後の接近・着陸運用といった特殊な運用時の ONC 撮像コマンド群の設計・準備等を行ってきた．本稿では，想像以上に大きな岩塊だらけであった小惑星リュウグウでの運用を成功させるために「はやぶさ２」プロジェクトで実施された取組について紹介する．

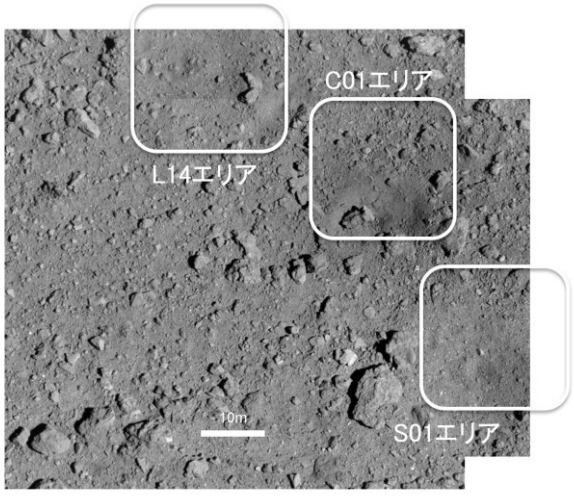



**図１ 2019 年 5 月 16 日，S01 領域への TM 放出運用にて，緊急離脱時に ONC 望遠カメラで撮像した人工クレータ周辺(C01 領域)．高度約 0.5km および約 0.6km から撮影した二枚の画像を重ねたもの．この画像が得られるまで， S01 領域に二度目のタッチダウンを行う予定であった．**

## 2. 未知の小惑星探索に向けて

「はやぶさ 2」の打ち上げ時，まだ 1999JU3 という仮番号で呼ばれていた，リュウグウは炭素質を含む C 型と分類される小惑星のなかで，地球から到着しやすいことから選ばれた．リュウグウに到着するまでにわかっていたことは，地上観測から，直径が 900m 程度で，およそ球状の天体であり，自転方向については，横倒しになっている可能性もあるなど不確定要素が多くあった．着地するために必要な表面状態についての情報は全くなく，表面にはきっと「はやぶさ」初号機が探査した小惑星イトカワと同様に細かな砂に覆われた領域があるだろうと想像するしかなかった．

一方で，滞在期間は到着後約 1 年半と限られており，いかにこの未知の天体を探査するか，前もって入念な準備が必要であると想像された．2014 年 12 月の打ち上げより 2018 年 6 月の到着までの期間を用いて，大規模な訓練の準備と実施が行われた．訓練は大きく二つあり １）着地点選定(LSS：Landing Site Selection)訓練と，２）実時間統合訓練(RIO : Real-time Integrated Operation)が行われた．

### 2.1 LSS 訓練

技術的・科学的観点で小惑星への着地点やクレータ生成地点を決めることが出来るかといった訓練であった．形状モデルや表面特性を仮定した仮想小惑星を計算機内に作り，実際に観測機器からでてくる予定と同じフォーマットによる模擬データを準備し，これをプロジェクト内のデータ解析チームが本番さながらに解析するということを行った．当然データは本物と異なるとはいえ，解析体制やツールを整えることに大いに役立った．

### 2.2 RIO 訓練

クリティカルな運用，つまり探査機が小惑星と衝突してしまう危険を伴う降下運用について，実時間で地上の人の動きと探査機の動きを確認する訓練であった．探査機と小惑星の動きを計算機上で模擬するリアルタイムダイナミクスシミュレータと，探査機に取り付けられた主要な機器の地上モデルを組み合わせた HIL (Hardware In the Loop)系を構築し，これに探査機・小惑星の位置関係から模擬小惑星の画像を生成できる画像生成装置や，探査機へのコマンドと探査機からの返答が実際の遅延時間を持つようにする装置を繋げ，本番さながらの運用を模擬した．画像生成装置があ

ることで，降下運用時の画像航法を実際に訓練することまで可能とした．

RIO 訓練では，実際の運用で起こり得るトラブルを想定した，突発事象への対応訓練も行った．例えば，とある機器にトラブルが起きた，担当者が突然体調不良に襲われた等，様々な想定での訓練が行われた．この RIO 訓練は最終的に 50 回近く実施された．最初は低高度に近づくことも困難であったが、徐々に目的を達せられるようになっていった．運用手順のブラッシュアップ，運用者の熟練度の向上，何よりも多くの失敗から探査機の挙動についての理解を深められたことが重要であったと思う．

## 3. 降下運用結果

2018 年 6 月 27 日に小惑星からみて地球方向に 20km 離れたホームポジションと呼ばれる位置に到達した後，「はやぶさ２」が実際に行った降下運用を表１に示す．16 回の降下運用を試み，14 回は各運用における所定の目的を達することができた．段階的に到達高度を下げながら，一回ごとの貴重な降下運用で経験をつみつつ，タッチダウンやローバーの放出，人工クレータ実験を成功させた．ここでは，最終的に C01 領域へのタッチダウンに繋がった，二つの中断を余儀なくされた運用について概要を記載する．

### 3.1 ＴＤ1 リハーサル１ (2018/09/11-09/12)

高度 600m 付近まで降下した際に，小惑星が暗かったこともありレーザーの反射を用いた高度の検知に失敗し，探査機が安全のため自律的に上昇に転じたものであった．カメラ担当としては，500m 以下からタッチダウン目標地点を高解像度で観測する計画だったが，緊急上昇のため何も情報を増やすことが出来なかった．当初の予定では 2018 年内に一回目のタッチダウンを行うことが計画されていたのだが，より経験を積んで確実に成功させるため，翌年二月に降下するスケジュールへ変更することになった．

### 3.2 ＳＯ１領域へのＴＭ放出 (2019/05/14-05/16)

1 回目のタッチダウン成功後．次にタッチダウンに適した領域と考えられた S01 領域へターゲットマーカー(TM)を放出する予定であったが，ＴＭ放出前の高度 50m にて安全の為に探査機が上昇に転じてしまった．この際は，TD1 リハーサルの経験をもとに，緊急離脱時にも最後に観測を行えるよう準備したことが幸いし，人工クレータに近い C01 領域を低高度で撮像することが出来た．新しく得られた C01 領域の高解像度データを解析し，S01 領域と同等に安全に，かつより理学的に優れたサンプルを得られる地点として C01 領域に目標点を変更することになった．LSS 訓練や RIO 訓練が無ければ，このように短期間で解析と目標地点の変更は実現できなかったであろう．

## 4. 運用を振り返って

未知の天体で未経験の運用をする以上，失敗をするのはある意味当然であった．どれだけ想像力をたくましくして，より良い準備ができるか．さらには，万が一に備えた手順を準備できるか．「はやぶさ２」プロジェクトチームはこういった課題に真摯に向き合い入念な準備を繰り返した．本番さながらのシミュレーションは，運用者の熟練度を上げ，本番に向けた手順のブラッシュアップに非常に効果的であった．一方で，やはり実際の運用から得られる経験もあり，段階的に本番に向けたリハーサル的な運用は絶対に必要であった．

一度きりの運用に置けるフェイルセーフは，確実に安全というだけでなく，ただでは転ばないプラスアルファの工夫を施せられれば，ピンチをチャンスに変える可能性を秘めているという教訓になった．通常こういった工夫は日の目を見ないことの方が多いものだが，「はやぶさ２」プロジェクトチーム全体の，プロジェクトを成功させたい，リュウグウのことを良く知りたい，というひたむきな思いが，C01 領域へのタッチダウンという結果につながったのだと信じたい．

**表 1 「はやぶさ 2」降下運用実施リスト**

| 実施日 | 運用内容 | 到達高度 | 成否 |
|---|---|---|---|
| 2018/07/31-08/02 | 中高度降下 | 5km | 成功 |
| 2018/08/05-08/07 | 重力計測運用 | 1km | 成功 |
| 2018/09/11-09/12 | TD1 リハーサル 1 | 600m | 中断 |
| 2018/09/20-09/21 | MINERVAII-1 放出 | 55m | 成功 |
| 2018/10/02-10/05 | MASCOT 放出 | 51m | 成功 |
| 2018/10/14-10/15 | TD1 リハーサル 1A | 22m | 成功 |
| 2018/10/23-10/25 | TD1 リハ/TM 放出 | 12m | 成功 |
| 2019/02/20-02/22 | TD1 (L08E1 領域) | -- | 成功 |
| 2019/03/06-03/08 | 降下観測(S01 領域) | 22m | 成功 |
| 2019/03/20-03/22 | 人工クレータ生成前観測 | 1.6km | 成功 |
| 2019/04/03-04/06 | 人工クレータ生成 | 500m | 成功 |
| 2019/04/23-04/25 | 人工クレータ生成後観測 | 1.6km | 成功 |
| 2019/05/14-05/16 | TM 放出(S01 領域) | 50m | 中断 |
| 2019/05/28-05/30 | TM 放出(C01 領域) | 9m | 成功 |
| 2019/06/11-06/13 | 降下観測(C01 領域) | 9m | 成功 |
| 2019/07/08-07/11 | TD2 (C01-Cb 領域) | -- | 成功 |

[連絡先]
山田　学
e-mail：manabu@perc.it-chiba.ac.jp

人間工学専門家資格紹介

# 『目指すビジョンと施策』

八木　佳子
CPEJ ビジョン検討 WG リーダー

# 認定人間工学専門家の紹介
## －目指すビジョンと施策－

○八木佳子（㈱イトーキ／CPEJビジョン検討WGリーダー）、福住伸一（理化学研究所／CPEJ機構長）、鳥居塚崇（日本大学／CPEJ副機構長）、

**Introduction of Certified Professional Ergonomist of Japan**
**-Vision and enforcement-**

**Yoshiko Yagi (ITOKI/Vision discussion WG), Shin'ichi Fukuzumi (RIKEN/Chair of CPEJ) and Takashi Toriizuka (Nihon University/vice chair of CPEJ)**

## １．人間工学専門家認定機構の概要

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(CPEJ)が資格を認定しており，2003年8月に発足した．その後本資格は，2007年5月に国際人間工学連合(International Ergonomics Association：IEA)の認証も取得し、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．

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．

**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 |

（シニア制度は資格を保有しているがリタイアされ、特に活動をされない方）

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(2019.9.20時点)

| | | CPE全体 | | |
|---|---|---|---|---|
| | 支部総数 | CPE総数 | JES数 | 支部人数に対する構成比 |
| 北海道支部 | 32 | 8 | 3 | 9.4% |
| 東北支部 | 50 | 3 | 3 | 6.0% |
| **関東支部** | **758** | **224** | **131** | **17.3%** |
| 東海支部 | 129 | 22 | 16 | 12.4% |
| 関西支部 | 247 | 93 | 37 | 15.0% |
| 中国・四国支部 | 100 | 31 | 15 | 15.0% |
| 九州・沖縄支部 | 68 | 11 | 7 | 10.3% |
| 合計 | 1384 | 392 | 212 | 15.3% |

また、2019年9月20日現在の認定者数は認定人間工学専門家 232名，認定人間工学準専門家 139名，認定人間工学アシスタント 13名，シニア8名である．企業と大学・研究機関との比率は、専門家が110/232、準専門家が65/139、アシスタントが9/13と企業が半数以上である。これらの地域別の内訳を表２に示す。

関東支部は224名で2017年の195人に比べて増加し、その内訳は、専門家151名(139)、準専門家63名(53)、アシスタント4名(3)、シニア6名である。

## ２．準専門家資格（これまでのポイント）

本資格制度は，IEAに認証されている資格でありながら，段階的にステップアップができるシステムとなっていることが他国にない特徴である．

人間工学準専門家資格は，大学卒業と同時もしくは修士在学中に取得が可能である．自身の在学中に社会に役立つ人間工学に興味を持ち，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．

## ３．資格取得のメリットと課題

本資格を有することにより大きく分けて以下の３つのメリットがあると考えている

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」

資格取得者はそれぞれ専門家として多方面で活躍し、人間工学の普及に貢献している。しかしながら、これらの人の貢献がなされていることと，資格を保有していることは，必ずしも一致していないと考える。

有資格者に専門家資格取得の理由を聞くと，ビ

ジネスに役立てているという回答がある一方で，周りに言われたからとか，とりあえず資格を取得しておけば使えるかもしれないからとかといった回答も多く，資格を保有することのメリットも曖昧であるのが現状と考える。

## ４．機構のビジョンと施策

新たに掲げる機構のビジョンは以下である。

**「機構は、教育機関・研究機関・営利事業体などさまざまな組織・領域の人間工学の専門家から構成されており、その構成員（有資格者）の目指すところは、**

**① 各々の専門分野において自らの能力を高めるために研鑽を重ねる姿勢をもった人に加え，**

**② 人間工学を中軸とした総合的、学術的、実務的指導や、全体を俯瞰した視点から人間工学を導入してプロジェクトの遂行になど大きな寄与ができる人とする。**

**機構としては、新たに，前記②のタイプの専門家を育成・研鑽できる仕組みを構築・提供するする機会を提供することに取り組み、専門家の立場から人間工学を普及・発展させる」**

例えば、機構事務局に届く人間工学的支援にかかわる問い合わせに対応できる人や、あるプロジェクトの中で人間工学的視点が必要な場合、プロジェクトに入り込んで他のメンバーとともに活動し、求められた成果を創出できるような人が育つ仕組みを構築・提供することなどである。

前記②の観点から見ると，現状の試験方式では、人間工学の専門家として最低限の知識と経験を有する方が合格者となっており、現時点では、機構の全ての会員が，②に該当するわけではない。そのため、今後機構では、多くの会員が，この目指すべきひとつの姿に近づくためのフォローアップなどの支援に取り組みたい。

技術は休むことなく進歩することを考えると，このフォローアップは，繰り返し，継続的に行う必要がある．具体的内容は，今後の議論を反映して行く必要があるが，従来行ってきたセミナーやサロンにおいて、前記②に該当する人の知識，経験、ふるまい等を機構会員間で共有化するとともに，会員が活躍できる場が増えるよう、外部への働きかけを段階的に行う。

また、会員に限らず、すでに機構のビジョンを実践している人をロールモデルとして紹介することも必要であろう。

## ５．施策

前述のビジョンを、議論を通じて作り上げていくが、達成に向けた機構としての施策は概ね会員向けと対外的な活動である。具体的内容は今後詰めていくことになるが、概要を以下に示す。

1) 専門家が活躍できる場の提供

これまでのJESシンポジウムなどで、CPEとしての成功体験を話された方も多くいらっしゃるので、そのような情報をまとめて提供できるようにする。また、インパクトがあるような成果はメディアを通じて広めていく。また、新たな活躍の場を開拓するために、多方面と協業していく。

2) 会員のレベルアップに向けて

前述のように、資格取得者は，専門家としてのエントリーレベルの方も多く，資格取得後も継続的に研鑽を重ねる必要がある．そこで，機構として会員に自己研鑽の機会を与えて，人間工学に関するコンサルティングや，プロジェクトの遂行に寄与ができる専門家になるように支援する．

3) 新規会員開拓

・ JES内への周知：各イベントで， 機構の解説や，機構のビジョンの説明を行う．

・ JES外へのアピール：学会やイベントの協賛を通じ、機構の価値や，活動を他学会で発表する．

これらをすぐに同時にすべて対応できるわけではないので、ビジョンそのものの議論と平行してできるところから手をつけるが、そのためには，機構会員全員が共に考え，行動することが不可欠である．機構会員の協力を要請したい．

## ６．まとめ

人間工学専門家資格制度が発足して16年が経過した現在，表１が示すように，JES会員以外の機構会員数が機構会員の半数近くを占めることは，質の高い人間工学を普及する観点から好ましい傾向にあるといえる．

本ビジョンは2019年4月17日に行われた機構の年次総会で提案され、機構構成員の目指すところが２つあるということが承認された。8月から、機構内に「ビジョン検討WG（リーダー：八木佳子）」が設立され、施策の具体化について検討し、2020年4月の総会で報告する予定である。今後構成員がこのビジョンを共有し、さらに活躍されること、また、多くの人間工学に関わる人がこのビジョンに共感し、資格取得をすることを期待する。

日本人間工学会若手支援委員会　企画

# 学生交流カフェⅣ

## （これでグランド・フィナーレかも？！）
## ～とっておきの就活トリセツありませんか～

＜JES若手支援委員会企画＞

# 学生交流カフェⅣ

(これでグランド・フィナーレかも？！)

～とっておきの就活トリセツありませんか～

**Students' Café Ⅳ**

JES若手支援委員会

若手支援委員会企画「学生交流カフェ」も四回目になりました。この企画は今回をもって任期満了、一区切りです。そこで任期ラストにふさわしく,懇親会付きにしちゃいます(学部・大学院生のみ)!

大学生・大学院生のみなさん、お誘いのうえ、ぜひご参加ください!

おいしいお菓子とお茶を準備してお待ちしております。

## 企画趣旨

日本人間工学会では「卒論発表会」を開催し、大学院生を中心とした若手研究者が気軽に発表できる場を提供してきました。毎年多くの学部生・大学院生に参加していただいています。若手支援委員会では、このような機会を発表だけではなく、情報交換の場としても活用してもらえるよう、気軽に話し合える学生交流の場を提供することとしました。今大会では「就活」をテーマに語り合いたいと思います。同じ学部・大学院生同士で話し合っても、答えが見つからず、必要以上に焦ってしまうこともありますね!そんな悩みや疑問、学会でたのしく話してみませんか？ 今回は、企業からリクルーター経験豊富な方をゲストスピーカーにお呼びする予定です。企業リクルーターのぶっちゃけトークに触れてみましょう!

日時:2019年12月7日(土曜日)

時間:懇親会直前のセッション時間(夕方ごろ)

＊詳細な開催時間と会場はプログラムでご確認ください

ゲストスピーカー:交渉中(おたのしみに!)

当日司会&ファシリテーター:加藤麻樹(早稲田大学)・申 紅仙(常磐大学)

【企画】

若手支援委員会: 申紅仙(常磐大学,委員長),加藤麻樹(早稲田大学,副委員長)
吉武良治(芝浦工業大学),鳥居塚崇(日本大学)

一般講演

# 大会１日目

## 12月7日（土）

A-1-1

# 自動車テールゲートの操作法が操作力と閉め速度に与える影響

○瀬尾明彦*，平内和樹**，森本光**，
池田宏紀***，早川崇之***，坂井英児***
*首都大学東京システムデザイン学部，**首都大学東京大学院システムデザイン研究科，
***三菱自動車工業（株）機能実験部

Effect of manipulation method of automobile tailgate on handling force and closing speed

Akihiko SEO*, Kazuki HIRANAI**, Hikaru MORIMOTO**
Koki IKEDA***, Takayuki HAYAKAWA***, Eiji SAKAI***
* Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University,
**Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University
***Vehicle Function Testing Department, Mitsubishi Motors Corporation

## 1. 緒論

日常生活において，位置，方位，発揮力が変化する操作動作は多く存在するが，その操作対象物の操作位置・方位および操作に要する発揮力は必ずしも人の発揮しやすい操作と一致するとは限らない．その結果，満足な操作が実施できず，予期せぬ事故を引き起こす恐れがある．しかし，操作部の位置・方位と操作力が連続的に変化する場面において，人間の操作方法による操作力や対象物の変化速度がどのように変化するか依然として明らかではない．そこで，本研究では自動車のテールゲート（後部荷物扉，以下ゲートとする）を例として，いくつかの条件で閉め操作を行い，その操作力の大きさと方向および閉め速度を実測し，人の操作条件との関係を明らかにすることを目的とする．

## 2. 実験方法

### 2.1 被験者

13 名の成人（男性 11 名，女性 2 名）が実験に参加した．被験者の年齢，身長，体重の平均±標準偏差は 39.2±9.3 歳，170.3±8.5 cm，67.0±10.9 kg であった．

### 2.2 実験内容

本実験では，ゲートの閉め操作力と閉め角度を測定できるように改造した実車を用い、操作条件を変更してゲート閉め作業を行った．操作力は，ゲートの下端に 6 軸力覚センサ（レプトリノ社製 PFS100YA302U6S）を 2 個装着して計測した．ゲートの閉め角度は，変位センサ（共和電業製 DTP-D-2KS）を用いて測定した．6 軸力覚センサにかかる加速度や遠心力の影響および変位センサからの変位量から閉め角度への変換は，研究室で開発した専用ソフトで行った．

被験者は実験開始から 5 秒間立位姿勢で静止し，次の 10 秒の間にゲートを閉める動作を行う．その後，5 秒間の間に実験スタッフがゲートを開けた．この一連の流れを 1 試行とし，各条件につき，3 試行繰り返した．各条件の終了後に，各被験者は主観評価について回答した．

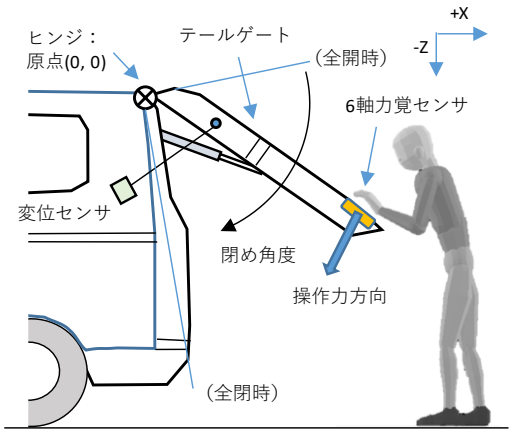



図 1　測定系の概略図

### 2.3 実験条件

操作条件は，操作する手 2 水準（両手・片手）と速度条件 3 水準（遅い・普通・速い）の 2 要因 6 条件とした．また，実験参加者に，ゲート閉め操作は測定部以外の場所を押さないこと，測定部上であれば手の位置を変更してもよいこと，足の踏み出しは自由であることを教示した．

### 2.4 測定項目と解析方法

ゲート閉め作業時に生じた操作力は 6 軸力覚センサを用いて計測した．その後，変位センサから得られたゲート傾き角等に基づき，ゲートの法線方向の力成分（閉め操作力）に変換した．また，測定されたゲート閉め速度と閉め操作力の最大値について比較した．

## 3. 実験結果

図 2 にある被験者 1 名のゲートの各閉め位置での操作力の方向と大きさを示す（原点はゲートのヒンジ位置，＋X がゲート後方向，-Z が鉛直下方向）．閉め操作開始直前の操作力は鉛直下向きにかかり，ゲートが閉まるのに伴って徐々に前方へ力がかかるように変化している．

図 3 に各条件での操作力の閉度（0%が全開，100%が全閉）による変化を示す（全被験者平均）．

両手条件・片手条件のいずれも，速い速度でゲートを閉める条件ほど，操作力の最大値が高い．両手条件と片手条件を比較すると，閉め速度が速い条件では，両手の方が操作力の最大値は高い．普通および遅い速度では，片手条件の方が操作力の最大値は高い．

図 4 に操作力最大値と最終閉め速度の関係を示す．操作力の最大値は速い速度で閉めるときほど大きくなり，同様に最終閉め速度も速い速度で閉める時の方が速くなった．速い速度でゲートを閉めると，両手条件の方が片手条件よりも最終閉め速度が速いが，普通の速度ではわずかに片手条件の方が速い．遅い速度では，両手・片手に差は見られなかった．

## 4. 最終閉め速度の推定式の構築と結果の考察

最終閉め速度に，操作力，操作要因（操作する手，操作速度），個人要因（身長，体重など）が与える影響を明らかにするために，最終閉め速度を目的関数とした重回帰分析を実施した．今回の実験結果において，操作力の代表値は，閉め作用力からゲートの機構学的に決まる要求操作力（基準操作力）を引いた値の積分値を用いることで推定式の精度が向上することが明らかになった．また，操作する手，操作速度以外に身長を説明変数に加えることで推定式の精度が向上することが明らかになった．表 1 に最終的に得られた推定式の各説明変数の標準偏回帰係数を示す．この結果から，身長が低い被験者ほど速くゲートを示す傾向にあることが分かる．操作する手や操作速度の操作要因は最終閉め速度に対して妥当な傾向を示している．最終閉め速度に最も影響するのは操作力に関する要因であることも妥当な結果である．今回の結果で身長の低い被験者ほど最終閉め速度が速くなったのは，ゲートの全開位置が高く，初期姿勢の自由度が小さいことが原因であると考えられる．初期姿勢に上肢の自由度が少ないと，最初に体重をかけるようにして閉める方法を余儀なくされ，その勢いのままゲートの閉め動作を行うので，最終閉め速度が速くなると予想される．一方，背の高い被験者は初期の上肢の自由度が高く，被験者にとって楽な姿勢を取りやすいため，閉め作業の最後まで安定して操作できたと考えられる．結果として，最終閉め速度をコントロールしやすく，閉め速度が身長の低い被験者と比較して遅くなったと考えられる．

## 5. 結論

本研究では，操作部の位置・方位および操作力が連続的に変化する場合の操作力の測定系の構築を行い，最終閉め速度に個人要因や操作要因が与える影響について考察を行った．身長が低い被験者ほど，最終閉め速度が増加する傾向にあることが明らかになった．

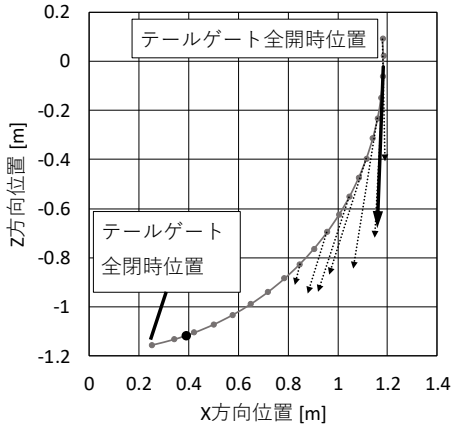



図 2　テールゲートの各閉め位置での操作力の方向と大きさの変化
※実線矢印が操作力ピーク値を示す

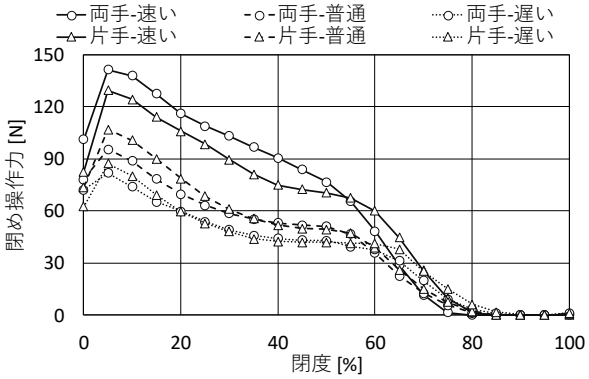



図 3　両手条件および片手条件の各速度条件の操作力の平均値の変化

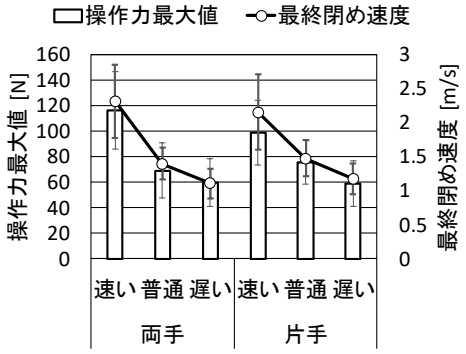



図 4　操作力最大値と最終閉め速度の関係

表 1　最終閉め速度推定式の各説明変数の標準偏回帰係数

| 説明変数 | 標準偏回帰係数 | P 値 |
|---|---|---|
| 身長 | –0.0548 | <0.001 |
| 両手（ダミー変数） | 0.0171 | 0.207 |
| 速い（ダミー変数） | 0.0440 | 0.036 |
| 遅い（ダミー変数） | –0.0904 | <0.001 |
| 操作力台形積分値 | 0.8941 | <0.001 |

[連絡先]
瀬尾　明彦
e-mail：aseo@tmu.ac.jp

A-1-2

# 誤認識の少ないエレベータ開閉ボタンのデザイン

## －ボタンの周囲へ付与する情報の設計－

○糸井川高穂*，村上遥香*，村田智明**，矢口博之***，古賀誉章*
*宇都宮大学，**ハーズ実験デザイン研究所，***東京電機大学

Designing an elevator open/close button that can be easily distinguished

Takaho ITOIGAWA*, Haruka MURAKAMI*, Chiaki MURATA**, Hiroyuki YAGUCHI***, Takaaki KOGA*
*Utsunomiya Univ., **Hers Design Inc., ***Tokyo Denki Univ.

### 1. はじめに

エレベータの開閉ボタンの押し間違いは，大きなけがにはつながらないが身近で頻繁に遭遇する事故である．

我々は，これまでに押し間違いを低減するエレベータ開閉ボタンをデザイン・効果検証し，押し間違いの低減効果を確認してきた．しかし，エレベータの開閉ボタンそのものを対象としており，社会実装に向けた新たなアプローチが必要とされていた．

本研究では，既往研究の知見を踏まえ，エレベータ開閉ボタンの周囲への情報の付与により，押し間違い低減を目指す．ここでは，開閉ボタンの周囲に付与する情報の効果検証の結果を報告する．

### 2. 方法

#### 2.1 評価に用いた開閉ボタンの周囲へ付与する情報

本研究では，エレベータの開閉ボタンの周囲へ付与する情報の要素として，イラスト，位置，意味（開閉のどちらに貼るのか）の 3 因子を設定した（表１）．3 種類設定した開閉ボタンのイラストを 1 因子に加えた 3 水準の 4 因子を L9($3^4$) の直交表を用いて 9 条件に割り付けた（表２）．なお，開閉ボタンのイラストに用いた外国語は，見慣れない文字としてラオ語，アラビア語，タイ語とし，「開ける」「閉める」を意味する語を記載した．

#### 2.2 評価方法

実験では，暗算課題への回答と開閉ボタンのうち開ボタンに触れる課題の 2 種類の課題を交互に実施した．開閉の押し間違いの評価には，次の 3 つの指標を用いた．

- 正答率：全被験者中で正しく押せた人の割合
- タイムアウト：全被験者中で制限時間内に押せなかった人の割合
- 誤答率：全被験者中で押し間違えた人の割合

#### 2.3 実験条件

実験は宇都宮大学の実験室に，暗室（約 1.5m×約 1.5m×約 1.5m）を設けた．この暗室内に机，椅子，ノート pc を設置した．モニタと被験者の目の距離はモニタに自然に手が届く距離（およそ 40～60cm）とし，被験者に自由に調整させた．

#### 2.4 被験者

被験者は大学生 10 名とした．眼鏡およびコンタクトレンズの使用は許可した．

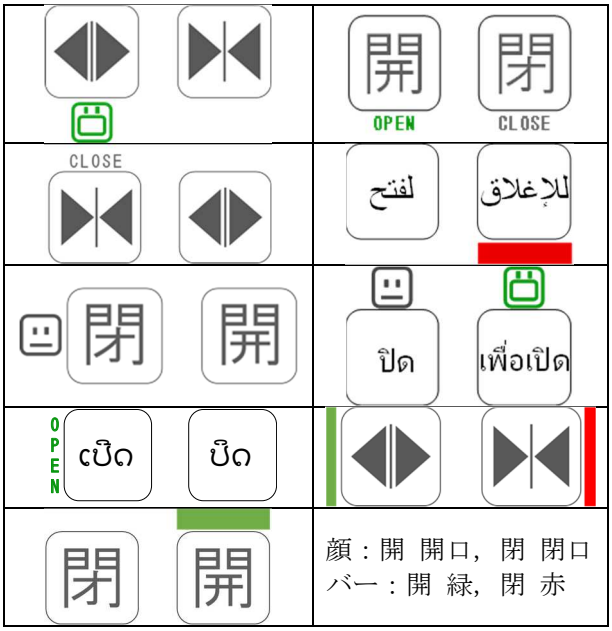
#### 2.5 実験の手順

実験では，まず，一般的なエレベータ開閉ボタンのイラスト（三角，漢字）を 1 分間表示し，開閉の意味を被験者に理解させた．次に，実験の練習を経験させた．その後，解読できない表記があった場合でも開ボタンと思う方を選択するよう指示した．9 種類の開閉ボタンの開ボタンに触れる課題と暗算課題に交互に取り組ませた．暗算課題の問題数は，3～7 個のうち乱数に基づきランダムで決めた．

表１　開閉ボタンのデザインに用いた因子・水準

| | | 水準 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 貼付シール | イラスト | 顔 | 文字 | バー |
| | 位置 | 上 | 横 | 下 |
| | 意味 | 開閉 | 開 | 閉 |
| 開閉ボタン | イラスト | 三角 | 外国語 | 漢字 |

表２　各因子を組み合わせた開閉ボタン




### 3. 結果

#### 3.1 開閉ボタン毎の正答率

図１に，各開閉ボタンの正答率を示す．開閉ボタンのイラストに外国語を用いた条件において，正答率が低くなる傾向があった．また，閉ボタン

のみに付与した条件において，正答率が低くなる傾向があった．

### 3.2 各因子・各水準の正答率向上への効果

図 2 に正答率に及ぼす各因子・水準の効果の有意水準を示す．イラスト，位置，意味はそれぞれ水準平均の上下限が同等であり，正答率への効果が同程度であった．イラストには顔，貼り付け位置は上か横，開閉又は開のみに貼り付ける場合に最も正答率が高いと推定できる．

### 3.3 各因子・水準のタイムアウト低減への効果

図 3 にタイムアウトに及ぼす各因子・水準の効果の有意水準を示す．イラスト，位置と比較し，貼付け位置の効果が大きく，開閉の両方に貼り付ける場合に判断に至る時間が短くなることが分かった．なお，プロットの無い因子・水準は，実験に用いた組み合わせに置いてタイムアウトが生じなかった項目である．

### 3.4 各因子・水準の誤答率低減への効果

図 4 に誤答率に及ぼす各因子・水準の効果の有意水準を示す．イラストとしてはバーより文字で効果が高く，貼付け位置では下に貼るより上に貼る方が誤答を低減できる可能性があることが分かった．なお，正答率の有意水準の高かった項目では誤答が生じずにプロットが描かれていない．

### 3.5 開閉ボタンのイラストの影響

様々な目的での訪日外国人の増加が見込まれている．外国人にとっての日本語の漢字は見慣れず意味を理解することは難しいことが予想できる．本研究では外国人にとっての日本語を，日本人にとって見慣れない外国語で再現して，開閉ボタンの周囲への情報の付与で意味を代替することを試みた．その結果，開閉のヒントとなる情報が付与されているにもかかわらず、外国語で開閉を示した開閉ボタンでの正答率は低く，判断には時間がかかり，間違えやすいことが分かった（図 1～4）．

## 4.まとめ

開閉ボタンの周囲に顔のイラストを用い，情報の貼り付け位置は横または上とし，開閉の両方又は開のみに情報を付与することで，誤って閉ボタンを押すことを低減できることを明らかにした．

開閉ボタンのイラストが外国語では，開閉を意味する情報が付与されていても正答率が下がる傾向があった．

## 5. 文献


1) 村上遥香・山下若葉・糸井川高穂・古賀誉章・村田智明・矢口博之：押し間違いを減らすエレベータ開閉ボタンのデザイン，人間工学会大会講演集，2E1-4，2019.



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

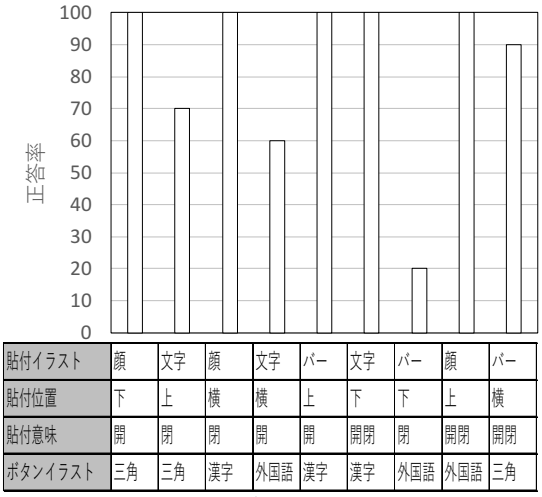




図 1　開閉ボタン毎の正答率

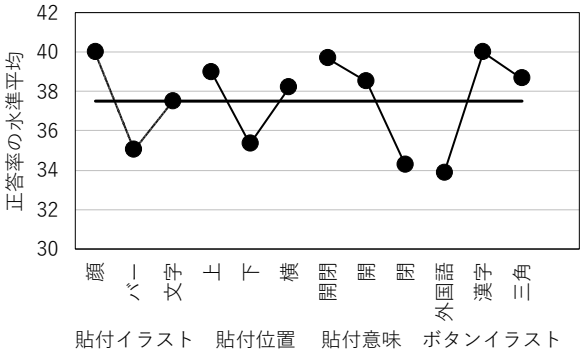



図 2　正答率に及ぼす効果

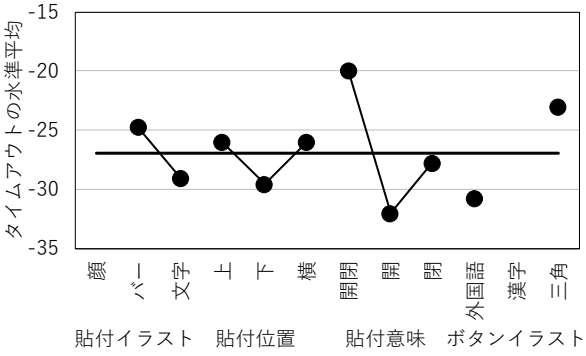



図 3　タイムアウトに及ぼす効果

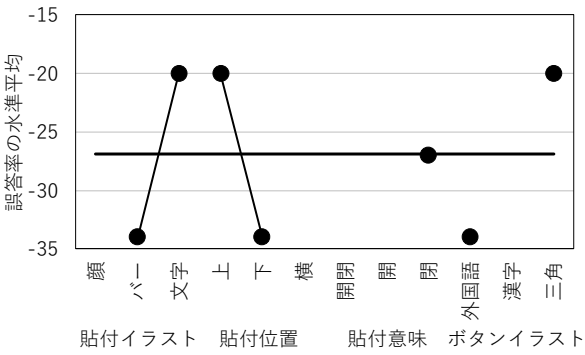



図 4　誤答率に及ぼす効果

# A-1-3

## 垂直接線方向持針器の操作性に関する基礎的研究

○香田健一朗*, 本村昇**, 中谷光博***, 弓庭浩一****, 前田佳延*****, 篠原利樹*, 三林洋介*
*東京都立産業技術高専,**東邦大学医療センター佐倉病院 心臓血管外科,
***株式会社産業情報総合研究所, ****ダイセイ株式会社, *****株式会社シャルマン

A study on operability of vertical needle holder

Kenichiro KODA*, Noboru MOTOMURA**, Mitsuhiro NAKAYA***, Hirokazu YUBA****,
Yoshinobu MAEDA*****, Riki SHINOHARA*, Yousuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology,
**Toho University Sakura Medical Center dept of cardiovascular surgery,
***National Industry Information Research Institute Co., Ltd. ,
**** DAISEI CO.,LTD. , *****CHARMANT INC.

1. はじめに

近年外科手術において低侵襲な鏡視下手術の需要が高まっている. 内視鏡下での手術は通常の手術に比べ視野や立体感覚などに制限があるため, 持針器での自由度が増え様々な方向に運針が可能になるメリットは大きい.これまでの持針器では呼吸器など鉗子で動かせない臓器に対して不確実な縫合となってしまうことがある. この課題を解決するために鏡視下手術用持針器の先端部が垂直方向に稼働する持針器の開発が行われている. 持針器の自由度が増したことによる操作性について評価することで, より術者が扱いやすい垂直接線方向持針器の製作に寄与できると考えた. 著者らは先行研究[1]において試作品の垂直接線方向持針器に対し図面構成要素と関連する人体寸法を測定し, 適切な持ち手部寸法を導出した. それを反映し改良を施した垂直接線方向持針器が図 1 である. これに対し持ち手部の寸法の適正化により操作性がどのように変化するのか寸法改良前の垂直接線方向持針器と改良後の持針器を用い探求することを目的とした.

2. 垂直接線方向持針器

鏡視下手術用の持針器にはいくつかの種類が存在するがいずれも針の把持部の開閉のみの単一動作である. 現在開発中の垂直接線方向持針器は図 1 のように把持部の開閉に加え手元のレバーで先端部が上下 90 度ずつ可動するものである. これにより今まで困難だった箇所への縫合が容易になるメリットが挙げられる.

図 1　垂直接線方向持針器 (改良後)

3. 操作性実験

3.1. 実験方法

縫合実験に用いた装置は WEB カメラ, PC, モニター, 縫合トレーニング用のパッドなどを用い, 医師が使う縫合訓練装置を参考に作成し, 実際の手術に近い環境を再現することで操作性の比較実験を行った.

縫合タスクは縫合対象に内側から左方, 上方, 右方, 下方の 4 方向の運針してもらい, 針を持ってから対象を突き抜けるまでにかかった時間（縫合時間）と刺入誤差・刺出誤差（上下左右 4 方向の目標点からのずれ）を精度とし, 改良前と改良後のそれぞれの垂直接線方向持針器で測定を行った. 1 方向につき 5 分以上要した場合は縫合不可能と判断し計測を終了した. なお実験前に持針器操作の練習と各実験条件におけるトレーニングを十分に行ってもらい習熟過程が測定に反映されないよう配慮した.

被験者は 19 歳～22 歳の医学知識のない高専学生 14 名で改良前の持針器で実験をするグループと改良後の持針器で実験をするグループにそれぞれ 7 名ずつ無作為に分けて実験を行った.

3.2 解析結果と考察

解析の結果, 図 2～図 4 の結果が得られた.

図 2 は縫合時間の結果で, 改良前の持針器に比べ改良後の持針器での操作は,左方で 30.9 [%], 上方 43.4 [%], 右方 7.12 [%], 下方 16.0 [%]の時間短縮が確認され, 上方においては有意な時間短縮が認められた(t 検定, $p<.05$). 左方は $p = 0.083$ となり 5%水準での有意差は認められなかったものの顕著な時間短縮結果を得た. 右方の運針はカメラの位置の関係から, 目標とする対象が見づらいという意見が多く, 縫合部位の映像が操作性に影響したと考えられる.

図 3 の刺入誤差では, 改良前持針器に比べ改良後では左方 50.2 [%], 上方で 60.9 [%], 右方で 12.6 [%], 下方では 2.24 [%] 誤差が小さくなり, 左方と上方で有意差が認められた(t 検定, $p<.05$).

図 4 の刺出誤差では改良前の持針器に比べ改良後は, 左方 2.3[%], 上方 21.8 [%], 下方 13.9 [%] 低下があったが, 右方だけは 20.1 [%] 刺出誤差が大きくなる結果となった. 刺入誤差では有意差が認められた左方と上方の結果と合わせると大きく異なることから, 針を対象に刺す際に針がまっすぐでなかった可能性が示唆される. 実験で使用した縫合針は円

弧状をしており, まっすぐ刺そうとすると画面上で針の空間的な位置関係がわかりにくくなる. そこで針と持針器の位置関係をわかりやすくするために針を横向きに持ち替えてターゲットに刺入したことで, 刺入誤差と刺出誤差で異なる結果が得られたと考える.

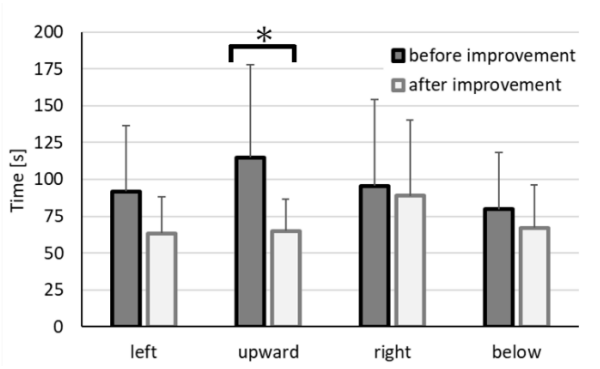


図 2 縫合時間

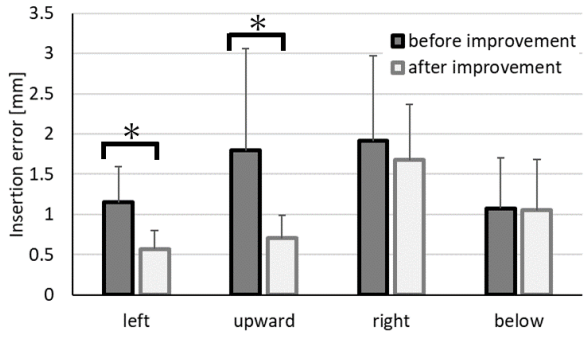


図 3 刺入誤差

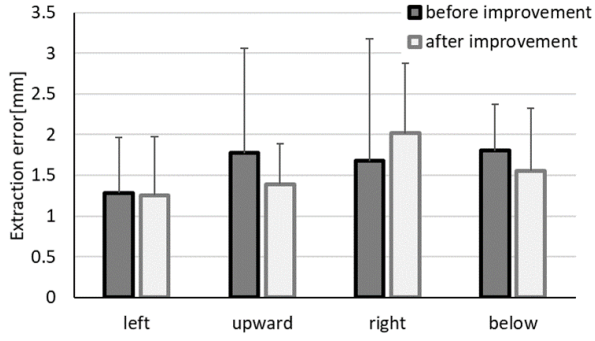


図 4 刺出誤差

上記 3 つのパラメータに加え, タスクの成功率について方向別に導出した（図 5）. その結果, 持ち手寸法改良後の垂直接線方向持針器での操作は改良前の持針器に比べ, 左方 3.8[%], 上方 20.1 [%], 右方 25.2 [%] 上昇し, 上方向は有意差が認められた (t 検定, $p < .05$) ほか右方向では $p = 0.054$ となり成功率の上昇がみられた. 改良前の持針器での操作は上方向と右方向での成功率が 80 [%] 以下であったが, 持ち手部の適正化によって学生の全被験者でも全方向 95 [%] 以上の成功することができ, 個人差を示す標準偏差の値も改良前に比べ小さい傾向にあった.

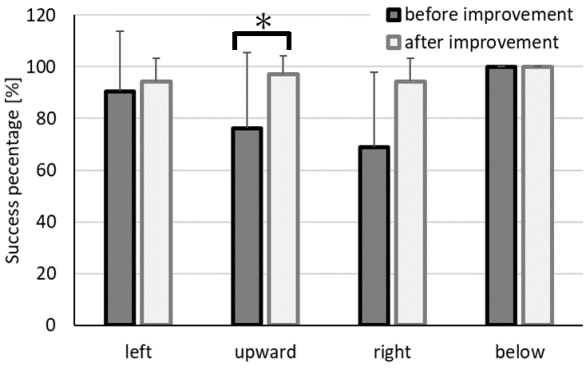


図 5 成功率

これらのことから持ち手部の寸法改良は操作パフォーマンス, 精度などに影響を与え, 垂直接線方向持針器において重要な要素であることを確認することができた.

## 4. 新形状持ち手部垂直接線方向持針器の検討

一般的な鏡視下手術用持針器では様々なタイプの持ち手形状がある. 垂直接線方向持針器でも同様に持ち手の充実化が求められ, 現在新たな持ち手形状の垂直接線方向持針器が開発中である. 操作性実験の結果より持ち手部が操作性に影響を与えることが確認されたため, 新形状の持ち手部について図面構成要素と関連する人体寸法を計測し, 適正寸法を導いた. 今後求められた寸法値を反映させた新形状の垂直接線方向持針器を試作し, 操作性実験から新たな持ち的形状持針器の同様の評価を行う必要がある.

## 5. まとめ

持ち手部の寸法を適正化した垂直接線方向持針器で操作性実験を行ったところ, 方向によっては縫合時間・刺入誤差が減少し, 達成率は向上する傾向が認められた. よって持ち手部寸法の適正化が重要であるといえる.今後医師等を被験者とした実験・検討が必要であると考えている.

## 参考文献


1) 星　巧大, 三林洋介, 手術用持針器の人間工学的研究, 2018 年度一般社団法人日本人間工学会関東支部第 47 回大会講演集, pp110-111
2) 橋本大定, 低侵襲外科手術の現状と問題点, モダンメディア 第 50 巻 10 号, pp233-240, (2004)
3) 山下 実,内視鏡外科手術における縫合技術評価法の有用性に関する研究,日本コンピュータ外科学会誌 17 巻 1 号, pp15-22 (2015)



[連絡先]
東京都立産業技術高専 人間工学三林研究室
香田 健一朗
e-mail：s18014@g.metro-cit.ac.jp

# ロービジョン者による駅トイレのユーザビリティに関する探索的調査

○大野央人*，秋保直弘*，山本昌和*，江嵜 佑**
*鉄道総合技術研究所，**JR 西日本

Preliminary Study on the Usability of Restrooms in Railway Stations by Vision-Impaired Travelers

Hisato OHNO *, Naohiro AKIU*, Masakazu YAMAMOTO*, Yu ESAKI**
*Railway Technical Research Institute, **JR West

## 1. はじめに

近年，駅のトイレは整備が進んでいるが，ロービジョン者からは依然として使いにくいという声が聞かれる。視覚障害者のためのバリアフリー対策として，視覚障害者誘導用ブロックによる入口までの誘導案内，男女トイレの区別を知らせる音声案内，内部構造を示す触知板などが設けられているとはいえ，残存視力を使って行動するロービジョン者の「視認性」への配慮に関してはまだ改善の余地が多い。そこで本研究では，ロービジョン者による使用を想定して駅の一般トイレ（以下，駅トイレ）の整備課題を考察することを目的として，ロービジョン者による駅トイレのユーザビリティに関する調査を行った。

## 2. 方法

### 2.1 調査場所

３つのターミナル駅から中規模～大規模の男子トイレを６箇所選定して調査場所とした。

### 2.2 被検者

日常的に鉄道を単独で利用している 50～70 歳代のロービジョン者９名（いずれも男性）を被検者とした。身体障害者手帳の等級は１級が４名，２級が５名であった。

### 2.3 探索課題

駅トイレの使用場面を想定して，４つの探索課題（**表１**）を設定した。

**表１　探索課題**

| 課題 | 課題内容 |
|---|---|
| A | トイレ入口からスタートし，小便器を１つ選んで前に立ち，洗浄水を流す |
| B-1 | トイレ入口からスタートし，洋式個室に入り（扉は閉めない），便座に腰掛けて，紙の位置を確認してから，洗浄水を流す |
| B-2 | トイレ入口からスタートし，和式個室に入り（扉は閉めない），大便器を跨いで立ち，紙の位置を確認してから，洗浄水を流す |
| C | トイレ奥部の個室前からスタートし，洗面器の前に立ち，手を洗う |

### 2.4 手順

各課題とも，まず被検者に各トイレ内を単独で探索してもらい，その後を実験者が追跡して行動を記録した。被検者が各課題を達成した後，同じ経路を一緒に辿りながら，探索時に被検者が感じた問題を聞き取り記録した。なお，白杖，盲導犬，遮光眼鏡などはいずれも普段通りの使用とした。

## 3. 結果

行動観察と聞き取りに基づいて，被検者の探索の様子をケースごとに整理した（**図１**）。これを集約して得られた結果の概要を，小便器，個室扉，個室内，洗面台，その他に分けて，以下に述べる。

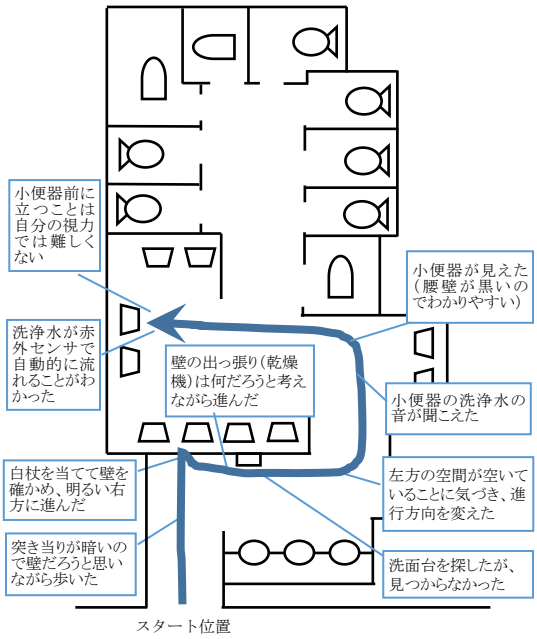



**図１　探索結果の例**

### 3.1 小便器

トイレ空間内で小便器を見つける際には，小便器の外観に加え，他の使用者の人影や洗浄水の音なども手掛かりとしている様子が観察された。

小便器の背景となる腰壁が暗色である場合は小便器（陶器）の白色との輝度コントラストが大きいため，全参加者が見やすいと述べた。反対に，腰壁が白色など明色である場合は，小便器と腰壁との輝度コントラストは低くなるが，足元部に置かれた暗色の汚垂石との輝度コントラストを活用して小便器の並びを理解するケースが多かった。ただし視野狭窄をもつ参加者の中には，小便器の下部付近まで視野に入らず，汚垂石の存在に気づかなかったケースも見られた。

また，個々の小便器の上にダウンライトが設置されたトイレでは，スポット的な明暗や光の反射が追加の手掛かりとなり，小便器の位置がわかりやすくなるとの声が聞かれた。

混雑のために小便器に待ち行列が出来ている場

合，待ち位置（行列の先頭）に対する小便器の並びの向きが使いやすさを大きく左右するとの声が聞かれた。これは，ロービジョン者の視機能では手前２～３個程度までしか小便器を見通せないことが殆どで，待ち位置に対して前後に小便器が並んでいると，小便器の空き状況（使用者がいるかどうか）が視認できないためだった。反対に，待ち位置に対して小便器が左右に並んでいる場合は小便器の空き状況がわかりやすいとのことだった。

一定時間おきに洗浄水が流れるタイプの小便器では，洗浄装置（押ボタンや赤外線センサ）を見つけられずに考え込む例が見られた。ただし，小便器の場合は，水を流さずに立ち去ることに心理的抵抗は大きくないとの声も聞かれた。

### 3.2 個室扉

駅トイレの個室は空室時に扉が開放される構造であるため，扉の開放状態が空き個室を見つける有力な手掛かりとなっていた。しかし，扉周りの配色によっては，開放状態がわかりにくいとの声が聞かれた。また小便器の場合と同様，待ち位置に対して個室が前後方向に並んでいる場合は，手前２～３つ程度しか見通すことが出来ず，扉の開放に気づかないケースがあった。待ち行列が無い場合は，個室の前を歩きながら順次空き室を確認する手順となるが，施錠装置の小さな空室表示を見た者はいなかった。

混雑する時間帯には空き個室がなく全ての扉が閉まっていることも少なくなく，そうした場合，個室扉とその隣接面（個室壁）の色が同じもしくは似通っていると，全体が大きな壁のように見えて，個室が並んでいることに気づかないという声が聞かれた。個室扉と個室壁の色の組み合わせは扉の解放時のわかりやすさにも影響するため，はっきり異なる色であることが望ましいとの声が多く聞かれた。

### 3.3 個室内

個室内で全ての参加者に共通して見られた大きな問題は洗浄装置が見つけられないことであった。洗浄装置を見つけるまでに長い時間を費やすことはしばしばであり，見つけられずにギブアップしたケースもあった。

特に押ボタン型の洗浄装置がトイレットペーパーや便座クリーナーなどと並んでいる場合に見つけにくく，また押ボタンが温水便座の操作パネルと並んで配置されている場合にはボタンの区別がわかりにくいとのことであった。押ボタンを見つけても，非常ボタンでないかと警戒して，押すことをためらう事例もあった。個室内の機器配置はJIS S 0026[1)]によって標準化されているが，それを反映していないトイレがまだ多いこともあり，同規格の存在を知っている者は皆無であった。

洗浄装置が自動センサ式の場合は，参加者が洗浄装置を探して体を動かすうち偶然にセンサが感応して水が流れるケースが殆どで，このような場合，結果的に水を流せたことにはなっても当人には洗浄装置の位置がわからないまま残るため，不満の声が聞かれた。また，センサ脇に点灯している赤や緑の LED ランプを見つけても，それがセンサに付随するものであることが理解できず，センサを見つけるに至らないケースが複数みられた。

### 3.4 洗面器

被検者が最初にトイレ入口から小便器や個室に向かう過程で確認を洗面台の位置を確認していることが殆どで，トイレ奥部から洗面台に向かう際に位置がわからないケースは見られなかった。

複数の洗面器が面台でつながったタイプ（面台型）は遠い場所から位置を知るにはわかりやすいが，洗面台に近づいた後，個々の洗面器の位置を知るには個々の洗面器が離れているタイプ（独立型）の方がわかりやすいとの声が聞かれた。

個々の洗面器ごとにダウンライトなどの個別照明が配置されていることが多く，スポット的な明暗や光の反射が洗面器の位置を知るための補助的な手掛かりとなっていた。

洗面器の位置がわかれば，蛇口や石鹸の位置は従属的にわかることが多かった。一方，乾燥機の位置はトイレごとに様々であり，他の使用者がいれば作動音でわかるとはいえ，そうした手掛かりがなければわからないケースが多く見られた。

### 3.5 その他

トイレ入口の内外あるいはトイレ入口とトイレ内部を接続する導入部において照度が大きく変化するトイレでは，目が眩んだり視野が真っ暗になったりして，参加者が立ちすくんでしまう例がみられた。

空間内に島構造があるなど構造が複雑なトイレでは，空間構造がわかりにくく，迷いそうになるとの声が多く聞かれた。動線に沿って床に補助ラインを示すなどの工夫が欲しいという声も聞かれた。一方，床に白黒のタイルを市松模様に並べたトイレでは，体の向きを理解しやすく使いやすいとの意見で全参加者が一致していた。

## 4. まとめ

ロービジョン者による駅トイレのユーザビリティ調査を行い，問題点を整理した。今後は実験的な検討を行い，ロービジョン者のための駅トイレ整備のあり方についてさらに検討を進める。

## 文献

1) JIS S 0026：高齢者・障害者配慮設計指針―公共トイレにおける便房内操作部の形状―色，配置及び器具の配置，2006

[連絡先]
おおの ひさと
e-mail：ono.hisato.06@rtri.or.jp

# A-2-1

# 陸上貨物運送事業におけるロールボックスパレット起因災害の動向

○大西明宏*
*労働安全衛生総合研究所　リスク管理研究センター

A trend of occupational accidents related to use of Roll Box Pallets (RBPs) in land transportation industry

Akihiro OHNISHI*
*National Institute of Occupational Safety and Health, Japan (JNIOSH)

## 1. はじめに

ロールボックスパレット（以下、RBP）は、物流現場で多く使用されている人力運搬機の一種であり、多くの現場ではカゴ車あるいはカゴ台車と呼ばれている（図 1）。物流現場において RBP は、基本的に荷の種類を問わずに多くの荷を 1 人で運搬できること、3 面のパネル内部に荷を置くので損傷しにくいこと、荷を載せたまま倉庫等に保管できること、図 1 右側のように L 字型に折りたたむことで複数を重ねて収納できること等の多数のメリットがあり、広く普及したものと考えられる。このように RBP は荷の運搬の側面において非常に優れている一方、陸上貨物運送事業（以下、陸運業）を中心に労働災害が発生している。

筆者は 2006 年の休業 4 日以上の労働災害データを対象に RBP の使用に起因する労働災害（以下、RBP 起因災害）を分析したところ、5 つのパターンに分類され、約 6 割が運輸業（陸運業）で発生していると報告 [1]した。それから 10 年以上が経過した現在、RBP 使用が欠かせない宅配便の急増やネット通販などの台頭により物流を取り巻く状況は厳しくなっており、これまで以上に RBP 起因災害の増加が懸念される。そこで本報告は RBP 起因災害の推移を把握するため、2010 年および 2015 年の陸運業における RBP 起因災害を抽出し、発生件数や発生動向を分析すると共に RBP 使用と密接な関係のある荷の小ロット化の影響について検証した。

図 1　ロールボックスパレット（RBP）

## 2. 方法

### 2. 1　対象

厚生労働省が職場のあんぜんサイトにおいて公開している 2010 年および 2015 年の死亡および休業 4 日以上の全業種の労働災害の各事例の発生状況が記載された文章を用いた。これらデータは全数から約四分の一を無作為に抽出したものであり、本研究ではその中から陸運業のみを抜き出した 2010 年の 3,645 件、2015 年の 3,482 件を分析対象とした。

### 2. 2　分析方法

RBP 起因災害の特定は先行研究 [1]の方法を踏襲し、各事例の発生状況に記載されていた RBP を使っていたことを想起させる語句（例：ロールボックスパレット、カゴ車、RBP、製品名など）が含まれていた例を対象に、RBP 起因災害として状況記述に矛盾がないものを抽出した。災害パターンの分類についても先行研究 [1]で示された 5 パターンを用いることにした。荷の小ロット化については国土交通省の物流センサス [2]にある流動 0.1 トン未満構成比を指標として用いた。

## 3. 結果

### 3. 1　RBP 起因災害の推移

図 2 は 2010 年および 2015 年に加え、先行研究が報じた 2006 年の運輸業（陸運業）における RBP 起因災害と荷の小ロット化を表す流動 0.1 トン未満構成比を示したものである。RBP 起因災害は 2006 年の 159 件 [1]（4.0%）から 2010 年の 206 件（5.7%）、2015 年の 229 件（6.6%）となり、約 10 年で 2.6 ポイントの増加であった。また、流動 0.1 トン未満構成比も RBP 起因災害と同様の傾向を示しており、2005 年の 68.7%から 2015 年の 79.2%へと 10.5 ポイントもの大幅な増加が確認された。

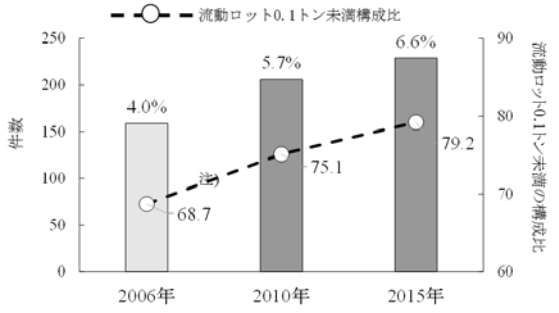



図 2　RBP 起因災害と流動 0.1 トン未満構成比

注）物流センサスが 4 年に一度の統計のため、2006 年の流動ロット 0.1 トン未満構成比は 2005 年の結果 [2]を示した。

**表 1　2010 年および 2015 年の RBP 起因災害パターン別集計**

| | 2010年 | | 2015年 | |
|---|---|---|---|---|
| | n | % | n | % |
| ロールボックスパレットの下敷き、転倒・転落 | 89 | 42.6 | 88 | 38.4 |
| 足指、足、脚の激突・はさまれ | 22 | 10.5 | 21 | 9.2 |
| キャスターによる足部負傷 | 14 | 6.7 | 15 | 6.6 |
| 指、手、腕の激突・はさまれ | 34 | 16.3 | 35 | 15.3 |
| 頭部、顔面部、歯 | 1 | 0.5 | 3 | 1.3 |
| 取扱い時の負担による運動器（筋、腱、関節）の損傷 | 14 | 6.7 | 19 | 8.3 |
| その他 | 35 | 16.7 | 49 | 21.4 |
| | 209 | 100.0 | 230 | 100.4 |

### 3. 2　RBP 起因災害のパターン推移

表 1 に 2010 年および 2015 年の RBP 起因災害をパターン別に集計した結果を示す。本研究では先行研究の 5 パターンを用いて分類することにしたのだが、RBP を取扱う時の負担により運動器を損傷した例が複数確認されたことから、これを加えた 6 パターンにて集計した。その結果、最も多かったのはRBPの下敷き、転倒・転落の38.4～42.6%であり、これに指、手、腕の激突・はさまれが15.3～16.3%で続いた。これに足指、足、脚の激突・はさまれ及びキャスターによる足部負傷を加えると全体の約 3 割に相当していた。新たに追加した取扱い時の負担による運動器の損傷は 6.7～8.3%であった。

## 4.　考察

### 4. 1　RBP 起因災害の増加

2006 年から 2015 年までの間に RBP 起因災害は 2.6 ポイント増加していたが、本研究の対象データが全体の約四分の一を無作為に抽出したものであることを踏まえ、年間件数として単純に 4 倍値で表すと 2006 年は 636 件で、2015 年は 916 件となることから、約 10 年で 280 件の増加になると推計された。これには荷の小ロット化が影響していると考えられることから、国土交通省の物流センサスにおいて荷の小ロット化に最も対応していると考えられる流動ロット（出荷 1 件あたりの貨物量）の最も小さい貨物量の単位である 0.1 トン未満の全流動ロットに対する構成比を対照した結果、2005 年から 2015 年までに 10.5 ポイントの大幅な増加が確認された。今回用いたデータは流動ロット 0.1 トン未満の構成比であるため、出荷 1 件あたりの重さが 100 キロということになる。これら荷の全てが RBP に積載されている訳ではないが、ネットショッピングや宅配便の取扱個数は急激に増加しており、これら形態の物流で RBP を用いることが非常に多いことを考慮すると、約 10 年で RBP 起因災害が増加したのは、陸運業を取り巻く物流形態の変化である荷の小ロット化が影響したものと考えられた。なお、2015 年以降もネットショッピングや宅配便取扱個数は増加していることから、これまでの災害の増加傾向だけを考慮しても現在は 1,000 件を超えていると予測できることから、今後の RBP 起因災害の動向には十分な注視が求められると考えられた。

### 4. 2 RBP 起因災害のパターン

2006 年を対象とした先行研究をもとに、2010 年および 2015 年の RBP 起因災害を 6 パターンで集計したところ、RBP の下敷き、転倒・転落が全体の 4 割程度で最も多かったことを代表に、先行研究の傾向とほぼ一致していた。この結果が示すのは RBP 起因災害が増えたとしても、その使われ方に大差はないことを反映したものであり、これまでと同様の対策を推進していくことの重要性が確認できたものと考えられた。この対策に関しては、2015 年に厚生労働省と労働安全衛生総合研究所は RBP の運用面への注意喚起として安全作業マニュアルのリーフレット[3)]を発行しており、この内容に準じた教育を進めることが重要になると示唆された。また、取扱い時の負担による運動器の損傷は 8 割以上が RBP 運搬中に起こっており、腰だけでなく膝や下腿、肩の損傷であった。荷の挙上に比べると筋負担は小さいものの、RBP を動かす際に急激に力を入れさせないことについても併せて教育する必要性がうかがえた。

## 5. 参考文献


1) 大西明宏: ロールボックスパレット起因による労働災害の実態と特徴, 人間工学, 49(4), 175-182, 2013.
2) 国土交通省: 第 10 回 2015 年調査 物流センサス（概要版）, 10, 2015.
3) 厚生労働省・独立行政法人労働安全衛生総合研究所：ロールボックスパレット使用時の労働災害防止マニュアル　安全に作業するための 8 つのルール, 2015.



[連絡先]
おおにし　あきひろ
e-mail：aohnish@s.jniosh.johas.go.jp

A-2-2

# 新技術導入時の安全性向上のための検討

## ― リカバリーファクターの運用改善による取り組み ―

○津乗陸*，岡田有策**
*慶應大学・院・理工学研究科，**慶應大・理工

Study for Safety Improvement in Introducing New Technology
-with Effective Management of Recovery Factors-

Riku TSUNORI*, Yusaku OKADA**
*Grad. Sch. Sci. and Tech., Keio Univ., ** Dept. Sci. and Tech., Keio Univ.

### 1. はじめに

近年、日本全国でドローンを用いた橋梁点検作業の実証実験が行われているが、その背景には加速度的なインフラの老朽化と、担い手の減少がある。老朽化の割合は道路橋の場合、2018 年度に約 25%であるが 2033 年には約 63%になるとされている。また、市区町村が管理するインフラの割合が大きい(橋の場合 68%)中で、土木部門の職員数はここ 10 年で約 14%減少している。このような背景のもと持続的・実効的なインフラ点検を実現するために新技術の導入が推進されている。

今後、新技術の導入が進められていく中で重要となるのは安全性だ。新技術を用いることでイノベーションを創出しようにも、トラブル発生により社会の安全に対する許容値を上回る事態となれば新技術導入に対する反発が生じてしまうだろう。

そこで、橋梁点検用ドローンの実証実験においてフィールドワークを行い安全管理の課題を把握することで安全性向上のための検討を行うことを考えた。

### 2. 効果的なエラーリカバリーの検討

#### 2.1 問題点

新技術導入時には、新技術や従来作業に関する情報、一般的な安全管理の知見などをもとにリスクアセスを行いリスク低減の対策を決定することになるが、安全性を向上させる上で以下の二つが問題となってくる。一つは、リスクアセスを行う際には想定困難であり新技術を用いた業務をしていく中で明らかになる新技術特有のリスクが存在することだ。もう一つは、新技術を用いることによるトラブル経験が少ないために再発防止策の立案が困難であることだ。このように情報が限られているため新技術ゆえのリスクに対して完全に対応することは難しい。想定外のエラーが起こりやすく、大きなトラブルになる可能性も高いのである。

#### 2.2 アプローチ方法

想定外のエラーへの対応としては、エラーを起こりにくくする対策(=PSF の影響を排除、あるいは緩和する)と生じたエラーがトラブルにならないようにする対策(=ヒューマンエラーのリカバリー)があるが、本研究では後者に着目した。そして、情報が限られている中でリカバリーの内容を改善することは難しいため、リカバリーファクターの運用面から改善に取り組むことにした。

#### 2.3 リカバリーファクターの運用改善

リカバリーファクター(RFs)とは、生じたエラーが大きなトラブルにならないための安全対策であり、例えばチェックリストが該当する。そして RFs の運用改善とは、RFs に関係する様々な要因(図 1 における要因 1、要因 2 などを指す)を明らかにしていくことで、より効果的に RFs を機能させるための方法を検討することを意味している。

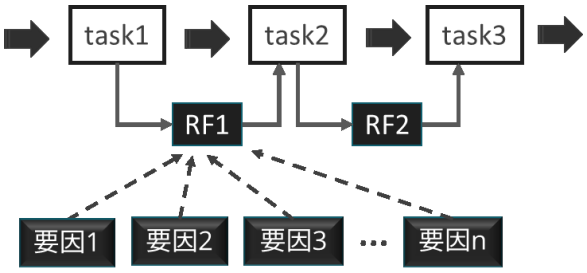



図 1. 作業と RFs の関係

#### 2.4 Dependence (従属性)

RFs に関係する要因の一つとして Dependence を挙げることができる。連続するタスクの関係性を意味するもので、Dependence が高くなると作業に成功しやすくなる。一方で、エラーリカバリーの場合には失敗した作業の後に成功する必要があるため、Dependence が低いほど成功しやすくなる。

Dependence というキーワードを挙げたことには二つの根拠がある。一つ目の根拠は、人的信頼性解析の THERP 手法である。これは、A.D.Swain らが開発した手順的仕事におけるヒューマンエラー確率を評価する手法であり、あるタスクの失敗あるいは成功が他のタスクの失敗あるいは成功に依存する場合があることを評価するために Dependence の影響を考えることを提案している。

二つ目の根拠は、新技術導入時の特徴として、技術開発者と運用者が同じである場合が多く、また少人数の固定メンバーで作業をしているために Dependence が高くなりやすいということがあるこ

とだ。作業性の点では良いかもしれないが、チェックや確認などのエラーリカバリーという点では Dependence を下げるための工夫が必要となる。チームの信頼関係を作業には生かしつつも、チェックや確認をしっかりと機能させるための工夫としては、作業者の情報をチェック者に与えない、チェックの仕事を複数の作業者に持ち回りで行わせる、どのような観点で確認しているかを上長がチェック者に質問をするなどが考えられるだろう。

2.5 RFs に影響する要因が分かることのメリット

従来であれば業務・トラブル経験を数年から数十年と積み重ねることで経験則として得ていた安全性向上のためのコツを、長年の経験なしに手に入れられることがメリットである。2.4 で述べたような Dependence が高いと作業をしやすいがエラーリカバリーが効きにくいという話は、業務経験を長年積んだ企業であれば感覚的に分かってくるものだ。しかし、新技術を導入する企業が同様に経験則を手に入れようとすることは難しいだろう。同じようにしていてはとても長い時間がかかることもあるが、時代の変化の中で社会の安全に対する許容値は高まっており、想定外のエラーへ対応するための企業努力が求められているからだ。

それから、安全性向上のためのコツを把握することができれば、マニュアル改善や教育・指導、技術伝承などに生かすことができる。経験則に基づくコツは暗黙知として現場に埋没していることが多いため、形式知にできることに価値があるのではないだろうか。

## 3. まとめと今後の展望

新技術導入時には情報が限られているために想定外のエラーが起こりやすいという問題があり、生じたエラーが大きな被害を生む事態になることを防ぐ方法として、RFs の効果的運用によるエラーリカバリーに関する検討を行ってきた。RFs に影響する要因として Dependence を取り上げ、また Dependence が高くなる状態に対する安全マネジメント上の工夫に関しても述べた。

今後の研究としては、二つの方針を考えている。一つは、Dependence を更に分類していくことで RFs に影響する要因を明らかにしていく方法だ。連続するタスクの関係へ影響するものとして、時間的近接や作業内容の類似、作業に関わる作業者の関係など、更に分類することができるだろう。もう一つは、Dependence のように新技術導入時ならではの特徴に関連するところで要因を探っていくという方法であり、学術的知見と実証実験の現場で得られた情報をもとに新たな提案をしていくというものだ。

## 7. 文献


1)岡田有策. ヒューマンファクターズ概論. 慶応大学出版, 2005

2)行待武生. ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ. テクノシステム, 2004

3)芳賀繁. ヒューマンエラーの理論と対策. エヌ・ティー・エス, 2018

4)社会資本整備審議会. “社会資本整備を取り巻く社会経済情勢と取組について”. 国土交通省. http://www.mlit.go.jp/common/001273928.pdf, (参照 2019-11-01）.

5) Swain, A D, and Guttmann, H E. Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Final report. NUREG/CR-1278, USNRC, 1983

6) Lisett Kanse : “Factors Influencing Recovery From Failures”. 8th Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control. Munich, 2001-09.



[連絡先]
津乗　陸
e-mail：rikutsunori@keio.jp

A-2-3

# タスク難易度による歩きスマホの没入度について

○高地　雄太郎*，西内　信之*
*首都大学東京大学院　システムデザイン研究科

Immersive of Operation Phone while Walking by Task Difficulty

Yutaro KOCHI*, Nobuyuki NISHIUCHI*
* Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

平成 22 年から平成 28 年までの 6 年間で「ながらスマホ」が原因の事故による緊急搬送者は増加傾向にあり、歩きスマホは重大な社会問題となっている [1]。ニュースでも数多くの事故が取り上げられていたり、歩きスマホ防止の対策活動が行われていたりする一方で、ある意識調査では、歩きスマホの危険を認識・注意している人が約 90%いるにも関わらず、未だに歩きスマホを行なってしまうというユーザが約 50%いるということが報告されており、根深い問題である [2]。

### 1.2 従来研究

歩きスマホに関する従来研究においては、歩きスマホ防止アプリケーションの開発が主として行われている。それらの研究の中に、没入度というユーザの画面への注視状態に基づく評価指標を定義している従来研究 [3]がある。しかし、この研究では注視状態の計測に視線計測を行っていない。そこで我々の研究グループでは [4]、視線計測により没入度と注視状態の定量的な関係性を明確化することを目的として研究を行ってきたが、まだ十分な実験条件において没入度と視線情報の関係性が検証できていない。

### 1.3 研究目的

本研究では、没入度という評価指標が、歩きスマホ中の操作難易度と関係しているのかを視線計測を用いて定量的に示し、歩きスマホ時の没入度を定量化することを目的とする。得られた実験結果に基づいて、歩きスマホ時の没入度の定量化を検証し、歩きスマホを行ってしまうユーザに対して客観的なデータによる危険性を提示することで、より説得力のあるユーザの意識改革に役立てられると考えている。

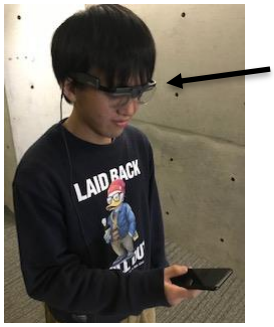
## 2. 実験概要

### 2.1 実験目的

歩きスマホ時に行うタスクをスマートフォンからの提示内容と入力操作の観点から難易度分けし、タスク難易度による没入度への影響を検証する。

### 2.2 実験方法

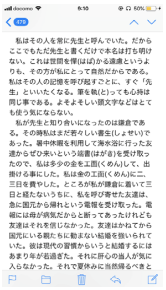
本実験では、被験者に歩きスマホを行なってもらうというタスクを課し、建物内に設定したコースを歩行してもらった。実験コースは大学キャンパス内の廊下と上り階段を組み合わせた全長約 120m のコースである。図 1 のように、視線計測には、Tobii 社製の Tobii Pro Glass2 を使用した。なお、本実験は、首都大学東京日野キャンパス研究倫理委員会に承認を得て実験を実施した。




視線検出装置
(Tobii Pro Glass2)

図 1　実験の様子

実験タスクとして、歩きスマホ中に使用するアプリケーションからの提示内容と入力操作の有無により、タスク 1：文章読取、タスク 2：文章読取+文字入力、タスク 3：動画閲覧、タスク 4：動画閲覧+文字入力の 4 条件（図 2）を設定した。被験者は健康な大学生・院生 5 名（21～24 歳）で、各条件 3 回測定を行った。



(a)　タスク 1: 文章読取　(b)タスク 2: 文章読取+文字入力

(c)タスク 3: 動画閲覧　(d)タスク 4: 動画閲覧+文字入力

図 2　スマホでの実験タスク画面

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 タスク完了時間

実験タスク完了にかかった時間の全被験者の平均値をタスク完了時間として図 3 にまとめた。通常歩行と比較し、歩きスマホを行うタスクでは全てタスク完了時間が有意に長くなった。また、入力操作があるタスクは、無いタスクに比べて、タスク完了時間が有意に長くなった。この結果から、通常歩行と比較して、歩きスマホの場合、スマートフォン操作に意識が集中していることが考えられ、没入度が高い状態にあることを間接的に示していると考えられる。また、難易度の異なるタスク間で有意差が見られることからも、タスク難易度が高くなると没入度も高くなっている状態が、間接的に示されていると考えられる。

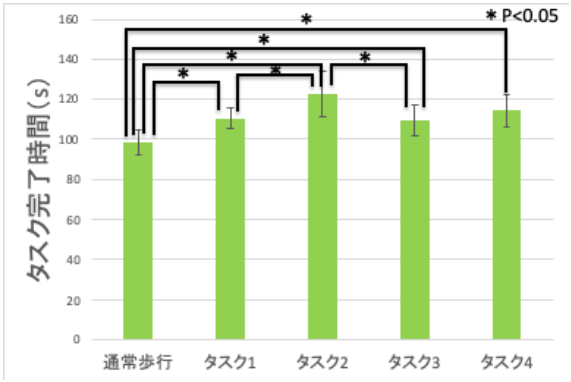



図 3　タスク完了時間

### 3.2 前方確認回数

実験実施中に安全確認のために前方を確認した回数の全被験者の平均値を前方確認回数として図 4 にまとめた。入力操作があるタスクは、無いタスクに比べて、前方確認回数は減少する傾向が見られた。この結果から、タスク難易度か高くなると、周囲の安全確認への意識が低下し、没入度が高くなっている状態であると考えられる。

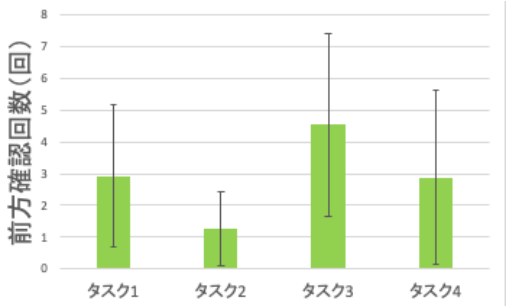



図 4　前方確認回数

### 3.3 画面視認割合

実験タスク実施中に被験者の視線がスマートフォン画面上に位置していた時間割合の全被験者の平均値を画面視認割合として図 5 にまとめた。入力操作があるタスクでは、無いタスクに比べて、画面視認割合が増加する傾向が見られ、特にタスク 2 とタスク 3 の間では画面視認割合に有意な差が見られた。この結果から、タスク難易度が高くなると、スマートフォン画面へ意識が集中し、没入度が高くなっている状態と考えられる。

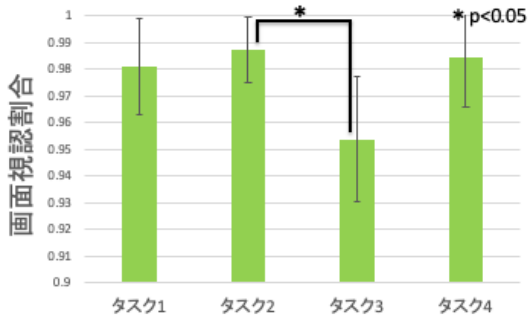



図 5　画面視認割合

今回の実験結果では、全てのタスク間で有意な差は見られなかったものの、歩きスマホの没入度とタスク難易度の間には関係性が見られ、特に、動画閲覧より文章読取の方が、また、入力操作無しより入力操作有りの方が、没入度は高い傾向にあることが示された。また、画面注視状態のみではなく、その他の視線情報からも没入度を評価できる可能性も考えられた。

## 4. まとめ

本研究では、歩きスマホ時の没入度という評価指標を定量化するために視線計測を行い、難易度の異なるタスクとの関係性を検証した。実験結果から、タスクの難易度と没入度の間に定量的な関係性があることを示した。更に研究を深めることで、歩きスマホ時のユーザの様々な視線情報から没入度を定量的に評価する手法を検証していく。

## 5. 参考文献

1) 東京消防庁：http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201602/mobile.html, (2018/07/25 アクセス).
2) 一般社団法人電気通信事業者協会：http://www.tca.or.jp/press_release/pdf/170308sumahochosa.pdf, (2018/07/25 アクセス).
3) 江口眞人・三好匠・新津善弘・山﨑達也：没入度と環境危険度を考慮した歩きスマホ注意喚起システムの開発と利用促進要因の考察, 電子情報通信学会技術研究報告：信学技報, 第 116 巻, pp.17-22, 2016.
4)高地雄太郎・西内信之：注視点解析による歩きスマホ時の没入度の定量的評価, 日本人間工学会関東支部第 48 回大会, 2018.

[連絡先]
高地　雄太郎
e-mail：kouchi-yuutarou@ed.tmu.ac.jp

A-4-1

# 騒音下における拡声器のための実時間音声加工システムの開発

○三浦恵介*，鈴木郁*
*法政大学　理工学部

Real-time voice processing system for the loudspeakers under noisy environments

Keisuke MIURA, Kaoru SUZUKI
Faculty of Science and Engineering, Hosei University

1．研究の目的

私たちの生活を取り巻く騒音は，とりわけ高齢者にとっての拡声器から拡声される音声の聴取を難しくする．拡声される音声の音圧レベルを上げれば騒音の影響を抑えられるが，若年者に不快感を与える恐れがある．音声が騒音にマスクされるのを防ぐ方法の一つに，振幅圧縮という処理がある．また，これを周波数帯域別に行うことを多帯域振幅圧縮という．先行研究において，この多帯域振幅圧縮処理における圧縮の程度を，周囲騒音に応じて自動的に算出し，目的音声を加工するようなシステムが開発されている．しかし当時使用していた PC の処理能力が低く，リアルタイムでの処理ができなかったため，システムに入力する周囲騒音や目的音声に録音した音声データーを用いており，そのままでは実用に供せなかった．

そこで本研究では，処理能力の高い PC を用意し，既存の音声加工システムをリアルタイム処理が可能なシステムへと改良する．このシステムの使用例としては，列車通過音等の騒音が存在する，鉄道の駅における拡声が考えられる．

2．音声加工システム

2.1 システムの概要

図 1 は，本研究で開発する実時間音声加工システムの概略図である．ニューラルネットワークによる圧縮レベル算出（図 1 下部の斜線）では，目的音声の各周波数帯域の圧縮レベルを，学習済みのニューラルネットワークにより周囲騒音に応じて算出する．この圧縮レベルに基づき，目的音声に多帯域振幅圧縮処理（図 1 上部の斜線）を施す．

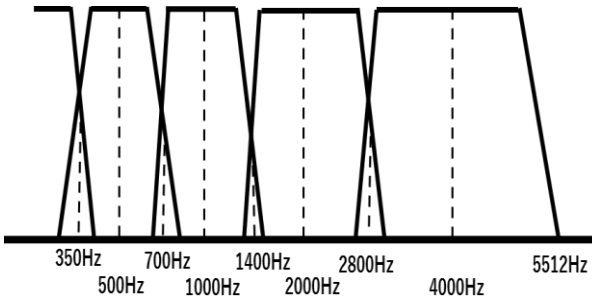



**図 2 各帯域の FIR フィルターの遮断周波数と中心周波数**

2.2 音声の 5 帯域分けフィルター処理

システムに入力された目的音声と周囲騒音は各々，図 2 に示す特性のフィルターで濾波される．それらは線形位相特性を持つ，タップ数 401 点の FIR フィルターであり，ローパスフィルター（遮断周波数 350Hz），バンドパスフィルター（中心周波数 500Hz，1kHz，2kHz，4kHz）で構成されている．

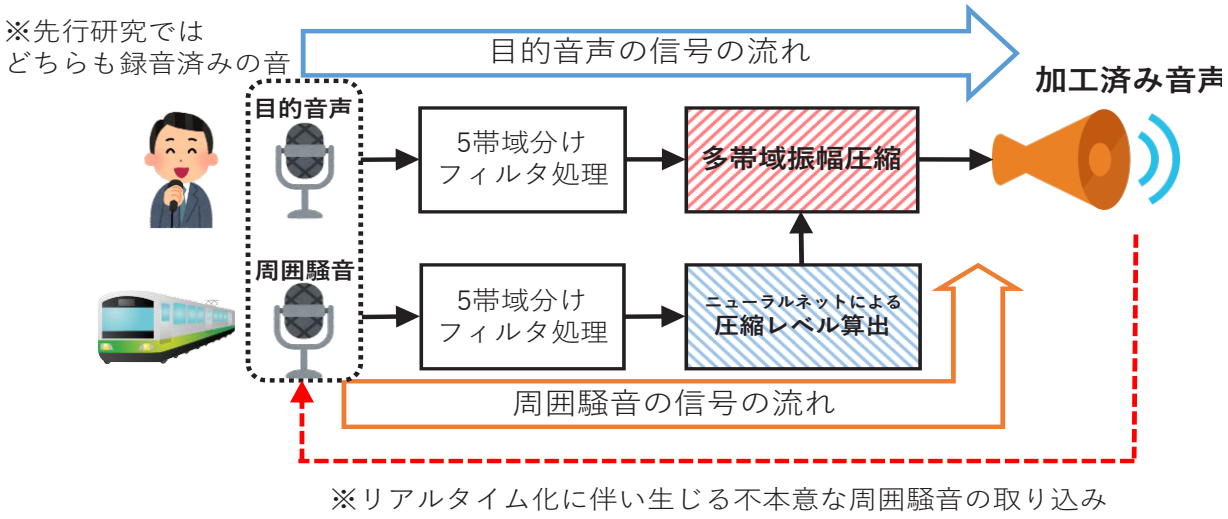



**図 1 音声加工システムの概略図**

2.3 圧縮レベル算出処理

この処理では，周囲騒音の音圧レベルに応じた目的音声の圧縮レベルを，ニューラルネットワークを用いて算出する．このニューラルネットワークは，騒音の各帯域における音圧レベルをトレーニングデーター，その騒音下における目的音声の望ましい圧縮レベルを教師データーとし，バックプロパゲーション法により予め学習させてある．

2.4 多帯域振幅圧縮処理

振幅圧縮とは，入力の変化量に比べて出力の変化量を小さくする処理である．これにより，通常では騒音にマスクされるような入力信号の振幅レベルの変化を小さくし，小音量の部分が騒音にマスクされるのを防ぐことができる．この振幅圧縮を複数の帯域に分けて行う処理を多帯域振幅圧縮処理という [1]．最後に，帯域ごとに振幅圧縮された音声信号の和を求め，さらに入力した目的音声と加工した音声の実効値振幅が等しくなるよう調整し，出力する．

3. 音声加工システムの開発方法

この音声加工システムの開発には，データーフロープログラミング言語を用いたシステム開発ソフトウェアの LabVIEW2018(ナショナルインストルメンツ社)を用いる．LabVIEW は通常のプログラミング言語でいう関数にあたる VI (Virtual Instruments)を表すアイコンをウィンドウ平面上に配置し，VI と VI の間を配線することによってデーターフローを表す．LabVIEW のメリットは，図 3 で示すように，機能や入出力関係，データーフローが直感的に把握できる点や，計測や制御に適した関数が数多く用意されている点である．

4. システムの現状

4.1 リアルタイム化

現状では，既存の音声加工システムを，リアルタイムでの処理が可能なシステムへと改良した．この

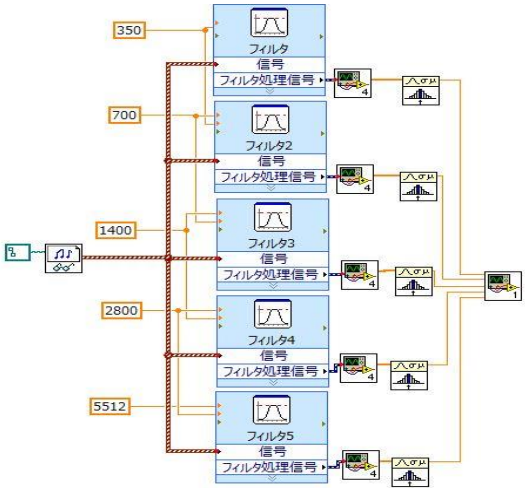



**図 3 入力信号を 5 帯域に分割するプログラムの一例**

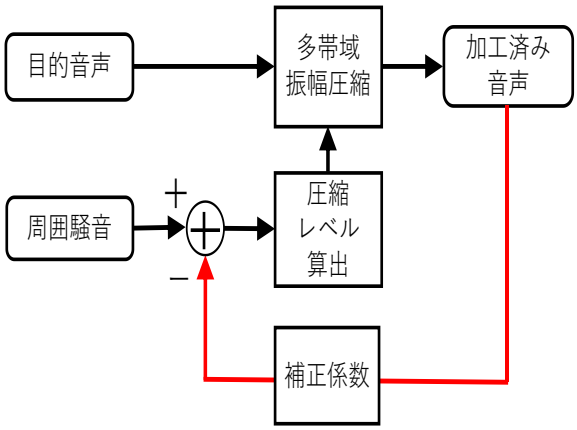



**図 4 周囲騒音の補正システムの簡略図**

改良により，周囲騒音に応じて目的音声をリアルタイムで加工し，随時出力することが可能となった．

4.2 リアルタイム化に伴う問題

リアルタイムでの音声加工を実現したことにより，出力した加工済みの目的音声が，周囲騒音の一部として入力されてしまうという問題(図 1 下部の点線)が発生する．そのため，出力した加工済み音声の，空気伝播等による減衰の程度，また時間的な遅れを調べ，周囲騒音の分析結果を補正する必要がある．図 4 に補正のためのシステムの概略図を示す．出力した加工済み音声に補正のための係数をかけ，入力された周囲騒音から減じる．この係数は，加工済み音声がどの程度の大きさで，周囲騒音の一部として取り込まれるかを表す値である．このシステムにより，リアルタイム化に伴い生じる不本意な周囲騒音の取り込みの影響を防ぐことが可能となる．

5. 今後の課題

加工済みの目的音声が周囲騒音の一部として入力されてしまう問題に関して，補正のための係数を算出するシステムを開発し，リアルタイム化したシステムを，図 4 のような補正が可能なシステムへと改良したが，出力した加工済み音声の時間的な遅れを測定するシステムの開発と，それに伴う音声加工システムの改良が必要である．また圧縮レベル算出処理に関して，ニューラルネットワークによる学習ではなく，別の学習方法を検討する必要があると考えている．

参考文献

１） 鈴木郁,越智寛毅：“高齢者にとっての了解度改善を目的とした拡声器のための音声加工処理”，人間工学,Vol40,No.6,289-301,2004

２） 上田祐市,阿川貴之,青山正純,渡邉亮：“合成フィルタによるデジタル補聴器のための振幅圧縮処理”，電子情報通信学会論誌,Vol.J81-A,No.12,1728-1738,1998

［連絡先］

三浦 恵介（みうら けいすけ）

e-mail：keisuke.miura.6y@stu.hosei.ac.jp

# CNN を用いた船舶航行音検知のための最適な分析時間長の検討

○山口晴己*，武藤憲司*，小林洋介**
*芝浦工業大学，**室蘭工業大学

Consideration of the Analysis Time Length to Detect Boat Noise by Convolutional Neural Network

Haruki YAMAGUCHI*, Kenji MUTO*, Yosuke KOBAYASHI**
*Shibaura Institute of Technology, **Muroran Institute of Technology

## 1. はじめに

ある運河では住宅密集地に位置し，一日に 100 隻以上の小型船舶が航行している．それらの航行音は運河沿いの住宅室内において騒音レベルが 70 dB に達し [1]，室内にいる住民は音の騒音源を把握することができず不快感を抱いていると考える．Anderson らは快適な生活環境を考える際には音や景観のみでなく視覚と聴覚を含めた環境として評価することが必要としている [2]．よって運河周辺住民の生活環境を向上させるために音環境を含めて検討していかなければならない．

音の主観評価は視覚情報による主観評価の影響が大きく，音に対する不快感やうるささといった騒音印象を軽減させるために，騒音源をイメージできる情報を視覚刺激として付加することが有効であるという研究がある [3,4]．我々は騒音印象低減効果を利用し，スマートホン等に船舶の映像等を提供し，住宅室内の住民に対する騒音印象の軽減を図るものである．情報の提示はカメラまたはマイクロホンで検知した船舶の情報について，事前に行われた騒音の主観評価結果から得られる騒音の不快感ラベルに基づき行われる．このシステムにおいて秋山らは映像による船舶航行検知を提案しているが [5]，太陽光による水面の反射や夜間の検知に課題があった．そのため音響信号による船舶分類が必要となった．

本研究の目的は船舶接近通知システム開発において，畳み込みニューラルネットワーク(CNN: Convolutional Neural Network)を用いた機械学習による航行音による船舶検知法の検討である．これまでに船舶検知のために周波数分解能を検討しており [6]，本報告では CNN を利用した船舶騒音の有無を分類するモデルの学習条件として，学習データの分析時間に着目し，船舶航行音を検知するための最適な時間長を報告する．

## 2. 学習データの作成

機械学習を用いて船舶航行騒音を認識するために，学習データを航行音の検出に最適化し，高い分析精度を持たせる必要がある．我々は音響信号を入力とした CNN モデルを利用した機械学習を行うために，音響信号をスペクトログラムに変換し，生成されたデータを CNN モデルの入力特徴量とした． ここでスペクトログラムは短時間フーリエ変換によって生成され入力特徴量となるため，スペクトログラムの生成方法を船舶航行音の認識に最適化させる必要がある．

### 2.1 スペクトログラムの分析時間長と船舶航行音

船舶航行音の特徴として数秒から数分にかけての長い時間においてディーゼルエンジンによる航行音が生じる．これはエンジンの出力が低下することなく航行しているためである．この特徴を利用した航行音に最適な認識方法を検討するため，我々は分析時間長について検討した．分析時間長を変更した場合のスペクトログラムの例を図 1 に示す．分析時間長が短い場合，トラックなど同様のディーゼルエンジンを用いた車との区別ができなくなる可能性があり，分析時間長が長い場合，小さな音からの船の認識性能を持たせることができず，船舶接近通知システムとしての性能低下が生じてしまう．本報告では分析時間長を変化させ，正解ラベルとの一致率を示す正解率と船を検出ということに対する正確さを示す F1 値（F-Measure）を求め最適な分析時間長を検討した．

### 2.2 船舶航行音の録音とラベル付け

学習に必要となる音源信号を運河沿いのマンションのベランダにマイクロホンを設置し，サンプリング周波数 24 kHz で収録した．収録した音より分類に必要な音データとラベル付けを行った．

図 2 に録音した音源に対するラベル付け方法を時系列で示す．録音した音源信号について，船舶の航行音を含むか含まない音かを 1.0 秒の素片に切り出して聴取に基づくラベルを付与する．航行音を含むラベルを Boat，船舶航行音を含まないラベル名を NoBoat とした．切り出した素片のうち，分析時間長が抽出した船舶航行音の時間長よりも短い場合を考慮し，分析時間長のうち，75 %以上が船舶航行音を含む場合のみを対象とした．また，各素片の独立性を高めるために，切り出した素片間に 15 秒間の空白を設け，学習に使う素片としては利用しない設定とした．

### 2.3 CNN の学習条件

本稿では，モデルの学習に用いる録音信号は，24 時間分とし，モデル評価に用いる録音信号は別日の 30 分相当の録音信号とした．スペクトログラム生成条件として，窓関数は窓長が 4096 点のハミング窓，周波数分析は 10 – 12000 Hz の範囲を 1/3 オクターブ分析による分析，時間方向の分解能は分析時間長によって変化させ，分析時間が 60 秒のときにオーバラップ 0 %となるように調整した．

CNN モデルは先行研究[6]と同様に設定し，4 層の畳み込み層を含む計 24 層のモデルである．学習に用いるスペクトログラムの分析時間長は 1 – 15 秒は 1 秒おき，20 – 120 秒は 10 秒おきの計 26 通りを行った．各分析時間長において NoBoat の素片を変えて 4 回モデルを作成し，各モデルにおける正解率と F1 値を求めた．学習における素片数は Boat と NoBoat ともに 14768 とした．正解率と F1 値の算出は，学習評価データの聴取をもとにラベル付けによるのと比較した際の値とした．

## 3. モデル評価結果

船舶検出における各分析時間の正解率を図 3 に示し，船舶検出における各分析時間の F1 値を図 4 に示す．各図の破線は各分析時間長において 4 回モデルを作成した値の平均値である．分析時間長別において最も正解率の平均が高かったのは 7 秒の場合の 93.6 %，次に 14 秒の場合に 93.2 %であった．また，最も F1 値の平均が高かったのは 7 秒と 14 秒の場合 87.7 %であった．これらの分析時間が今回の報告の中では最も検出精度の高い CNN モデルの特徴量となった．また各図においてグラフの外形は似ていることより，分析時間長が 5 秒から 15 秒付近において正解率，F1 値ともに高くなり，分析時間長が 0 秒，100 秒と離れていくほど，正解率，F1 値は下がる傾向にある．原因として分析時間長が短い場合は船舶航行音の認識をうまく学習することができないため，分析時間長が長い場合は時間分解能が下がり，1 秒ごとに航行音を分析するという条件において時間的正確さが低下したためと考えられる．

## 4. むすび

音信号を用いた船舶航行検知に利用する CNN モデルの入力特徴量について検討した．実験結果より，正解率，F1 値ともに高かったスペクトログラムの特徴量は分析時間長が 7 秒と 14 秒の場合であり，演算量を考慮すると分析時間長が 7 秒の場合が良いといえる．今後は船舶種別識別に向けた分類精度向上を図る．

## 4. 文献


1)Muto *et al.*, Proc. 12th WESPAC 2015, pp.221-224, 2015.
2) Anderson *et al.*, Environment and Behavior, 15, pp.539-566, 1983.
3) 細野他，音講論（春），2-Q-17，2017.
4) 甲斐他，音講論（春），2-P-22，2018.
5)Akiyama et al., Proc. of IEEE GCCE2018, pp.634-635, 2018.
6) 山口他，電気・情報関係学会北海道支部連合大会，pp.201-202，2019.



[連絡先]
山口　晴己（やまぐち　はるき）
e-mail：ma19085@shibaura-it.ac.jp

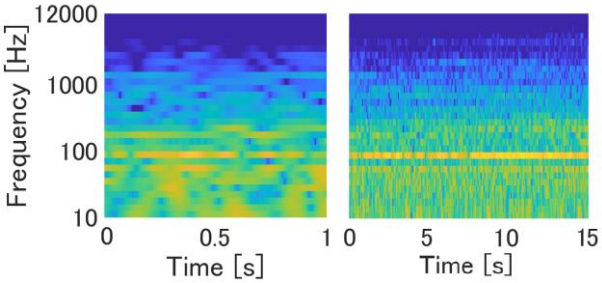




図 1　スペクトログラムの例
（左：分析時間 1 秒，右：分析時間 15 秒）

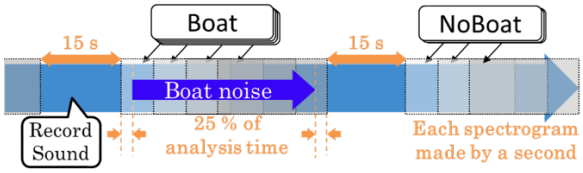



図 2 ラベル付けの方法

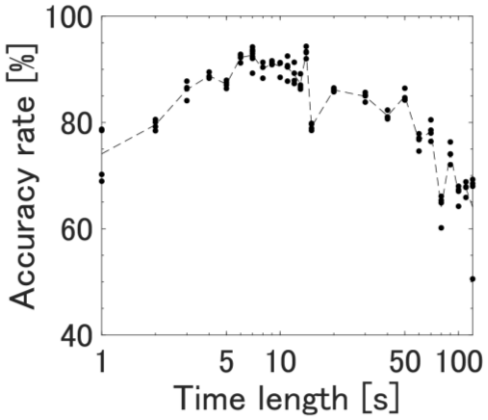



図 3 正解率の CNN 学習結果
（破線は各分析時間長ごとの平均値）

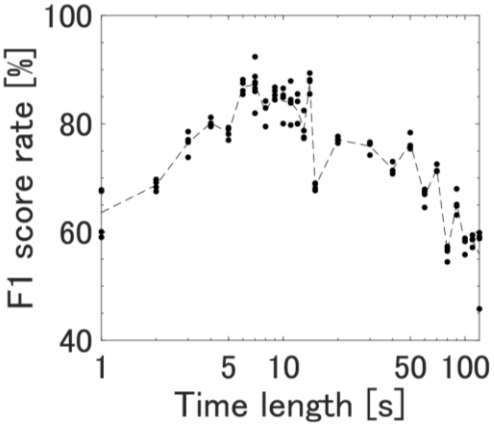



図 4 F1 値の CNN 学習結果
（破線は各分析時間長ごとの平均値）

# 広い視角を移動する音源の映像が移動音像の印象に与える影響の調査

○倉林実可*，井上綾乃*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

A study on the relationship between icon movement in wide angle of view and evaluation of moving sound image

Mika KURABAYASHI*, Ayano INOUE*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

## 1. はじめに

音と映像を同時に提示するとき，二つの刺激はお互いに影響し合うことが知られている．同時に与えられた 2 つの刺激を処理する際，腹話術効果(ventriloquism effect)が生起することがある [1]．これは，音像定位の方向を知覚する際，視覚情報の方が優位に働く現象である．この時，視覚情報が十分に得られない場合は腹話術効果が生起しない [2]．腹話術効果の生起条件について，移動音像における研究は少ない．我々は，ステレオスピーカを用いて移動音像を提示し，音と映像の同期感覚の測定実験により腹話術効果の生起条件について調査してきたが [3]，映像の提示範囲が生起条件に及ぼす影響については明らかにされていない．

本報告の目的は，ワイドモニタを使用して音像の映像を捉える視野範囲の変化が音と映像の同期感覚に与える影響の調査である．離散的に音像の座標を与えた報知音と，頭部の動きを制限する指示を与え，物の形や色を認識しづらい周辺視野で捉えた音源の映像を提示したとき，違和感のない音像移動に必要な音像提示回数を求める．また，その結果と頭部の動きを制限する指示なしで行った実験結果と比較する．

## 2. 音と映像の同期感覚評価実験

### 2.1 移動音像再生のための離散的座標制御法

映像において，フレームレートの削減によって処理を低減する手法がある [4]．そこで，音像の座標を離散的に与えて移動させることで，音像の演算量を低減する方法を提案する．音を映像と共に提示し腹話術効果が生起すると，移動音像は違和感なく聞こえると考えられる．ここでは，再生信号の音圧の左右差を利用して，音像を被験者から等距離・等速で移動させる．音像の移動速度 $v$ は次式で表す．

$$v = D/(t_{max} - t_0) \quad (1)$$

ここで，$D$ は被験者の頭部を中心とした円弧上を音像が移動する距離，$t_0$ は移動開始時間，$t_{max}$ は移動終了時間である．

音圧差によって音像を与えるとき，左チャネルのスピーカ出力は$P_L = A_L S(\mathrm{t})$，右チャネルのスピーカの出力は$P_R = A_R S(\mathrm{t})$で表される．ここで，$S(t)$は再生信号，$A_L(t)$は左チャネルの振幅，$A_R(t)$は右チャネルの振幅である．これより，頭部中心における音圧 $P$ は次式に示す．

$$P = (A_L + A_R) \times S(t) \quad (2)$$

図 1 に音像を与える位置 $x$ = 1, 2, …, $x_{max}$ を示す．これより，$A_L(t)$, $A_R(t)$を次式で示す．

$$A_L = \mathrm{C}_1 \times (x_{max} - x) \quad (3)$$

$$A_R = \mathrm{C}_1 \times x \quad (4)$$

$$A_L + A_R = \mathrm{C}_2 \quad (5)$$

($\mathrm{C}_1$, $\mathrm{C}_2$ は定数)

また，音源は頭部中心から等距離を移動し，音圧 $P$ は一定である．図 2 に音実験で使用した左から右に移動する音像を作成する元となるモノラル音源，図 3 に提案手法で求めた $x_{max}$ = 3 の左チャネルのスピーカ出力 $P_L$，右チャネルのスピーカ出力 $P_R$ の時間波形を示す．

本実験では，違和感のない音像を与えるために必要な音像分割数の下限を求める．また，音像の映像を捉える視野の範囲が実験結果に頭部を固定する指示が影響を与えるかを調べる．

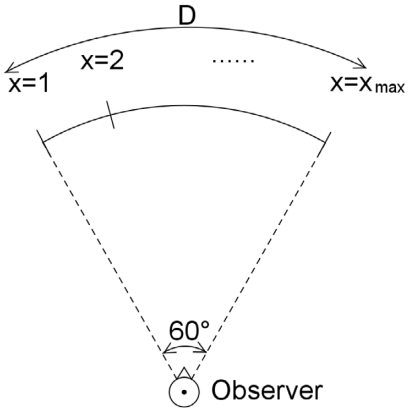



図 1　移動音像の定位位置

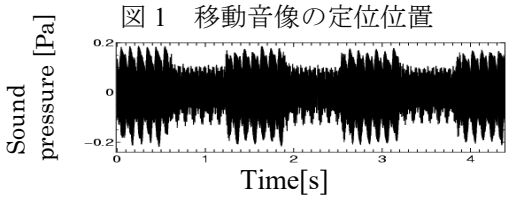



図 2　使用する音刺激のモノラル音源

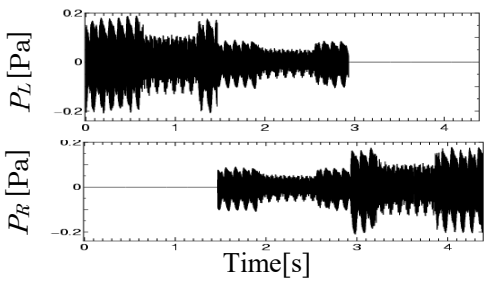



図 3　分割数 3 回のときの音刺激の左右各チャネルの出力

### 2.2 実験手順

実験は，各被験者に全 5 種類の刺激を 2 種類ずつ提示し，映像の動きと音の動きが同期している程度を比較するために，評価アンケートを用いて判断を求めた．1 組の刺激対において先に提示する刺激を A，後のものを B とおき，B は A の約 1 秒後に提示した．被験者に提示する 10 組の刺激はランダムな順番で提示し，刺激の提示順は同期感覚の評価値に影響を与えるため，全組を提示した後に提示順を入れ替えて提示した． 2 つの刺激を視聴した後，映像の動きと音の動きについて同期している程度を「A の方が同期している」から「B の方が同期している」の 7 段階評価で回答を求めた．アンケート結果は一対比較法の浦の変法で分析を行った．

### 2.3 実験刺激

表 1 に実験刺激の条件を示す．本実験において，音と映像の提示時間は 4.4 s とした．音と映像の移動速度は 15 deg/s とした．図 4 に音と映像の移動範囲を示す．音刺激として救急車のサイレン音を使用し，音像の分割数は $x_{max}$ = 3, 5, 10, 132 とした．映像刺激のフレームレートは 30 fps とした．これは，テレビで使用される映像と等しい．

### 2.4 刺激の提示条件

映像刺激は 34 インチの PC モニタ(LG 34UM59-P)，音刺激はモニタ下部に設置した USB スピーカ(Towa electronics Olasonic TW-S7)で提示した．モニタから被験者までの距離は約 70 cm とし，視角は 60 deg である．被験者は 20 代の男女 15 人である．また，ワイドモニタを使用するため，頭部を動かさないように指示をしたものを指示有り，何も指示のないものを指示無しとする 2 種類の実験を行った．

## 3. 一対比較法による分析結果

図 5 に頭部を動かさないように指示をした指示有りの場合の，音と映像の同期感覚の評価結果を尺度図で示す．W132 の信頼区間内に W10 と W14 が含まれていることから，違和感のない音像移動に必要な分割数の下限が 10 回であることがわかる．また，図 6 に指示無しの場合の評価結果を示す．違和感のない音像移動に必要な分割数の下限が指示有りの場合と同数であることから指示の有無が同期感覚の評価値に影響を与えないことがわかる．

## 4. むすび

本報告は，音源が移動する映像と離散的に移動させた音において，音像の映像を捉える視野の範囲が同期感覚に与える影響を調査した．頭部固定の指示実験は，視野の範囲は同期感覚に対して影響を与えないと考えられる．今後，さらに広い視野や視野外から移動する視覚刺激を与えた場合の同期感覚測定実験を行う．


## 5. 謝辞

本研究の一部は，科研費(C) (17K0152) の援助を受けて行われたものである．


## 6. 参考文献


1） Daniel A. Slutsky *et al.*, Temporal and spatial dependenty of the ventriloquism effect, NeuroReport, 12(1), 7-10, 2001.

2） G. M. Stratton, Vision without inversion of the retinal image, Psychol. Rev., 4, 341-360, 1877

3） Mika Kurabayashi et al., A study on the relationship between speed of sound image and evaluation value of moving sound image, Proc. 23nd ICA, 4827-4832, 2019.

4） 林孝典・井合知：フレームレートの変化が映像品質に及ぼす影響，電子情報通信学会論文誌 A，J79-A(4), 991-1000, 1996.



[連絡先]
くらばやし　みか
e-mail：ma18038@shibaura-it.ac.jp

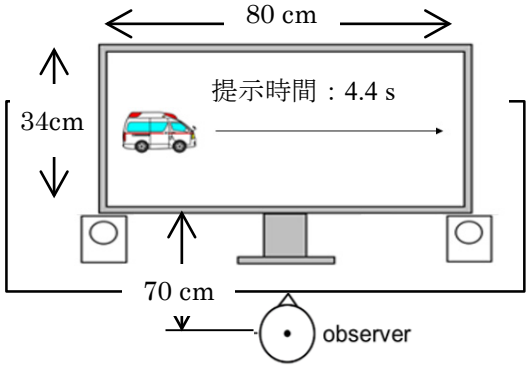




図 4 映像刺激と音刺激の移動範囲

表 1 映像刺激と音刺激の条件

| Index | W3 | W5 | W10 | W14 | W132 |
|---|---|---|---|---|---|
| The number of sound moved | 3 | 5 | 10 | 14 | 132 |
| Length of the videos [s] | 4.4 | | | | |
| Speed [deg/s] | 15 | | | | |
| The number of frames [fps] | 30 | | | | |

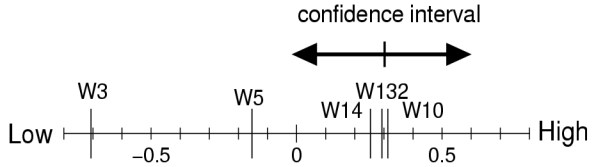



図 5 指示有りの場合の音と映像の
同期感覚の平均評価値と信頼区間

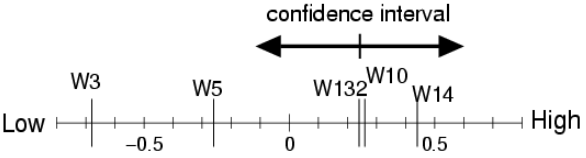



図 6 指示無しの場合の音と映像の
同期感覚の平均評価値と信頼区間

# 運河周辺のエスノグラフィーによる音環境分析

○深津遼貴*，武藤憲司*
*芝浦工業大学

Analysis of sound environment by ethnography near a canal

Haruki FUKATSU*, Kenji MUTO*
*Shibaura Institute of Technology

## 1. はじめに

ある運河周辺では，日々多くの人々と船舶が往来している[1]．また，居住区域にもなっており人々の生活の一部に運河がある．その中で様々な音にあふれている．そのような環境で騒音問題というものが存在する[2]．騒音とは「うるさい音」や「好ましくない音」，「ない方が良い音」などの漠然とした言葉で定義されており，音を人がどのように感じるかという個人差が生じるものとなっている．このことから騒音問題は単純に解決できる容易なものではないと考えられる．そこで現在，騒音評価をするときに騒音レベル($L_A$)や，A特性最大騒音レベル（$L_{Amax}$）などが用いられている[3]. さらに，それに周波性成分を加えることで騒音苦情に伴う発生源の分析もできるようにすることも重要となっている[4]．しかし私は，騒音問題にはこのような物理的なパラメータである音圧レベルや周波数の分析だけではなく新たなパラメータが必要と考える．

そこで新たなパラメータを模索するためにエスノグラフィーを用い，分析することを考えた．エスノグラフィーとは現場調査（フィールドワーク）の一種で現場を内側から理解するための調査，研究の方法である．ここでいう「現場」とは「人びとが何かを実際に行っている場」，もしくは「ある事がらが実際に起きている場」のことである．エスノグラフィーの分析では，調査で得たデータを概念レベルでとらえ，それぞれのデータが研究課題に対して何を意味するのかを明らかにする作業を行う[5]．

本研究の目的は，騒音に対する新たな音響パラメータを見つけ，船舶の音が街に及ぼす影響を調べることである．本報告では運河周辺の物理的音の特性と運河周辺で過ごす人々の現場の性質を示すエスノグラフィーを用い音環境を分析し，運河周辺の音の種類と音に対する人間の行動を報告する．

## 2. 運河周辺の音環境分析

### 2.1 音環境分析実験の方法・条件

運河周辺の音環境の目安を提示し，エスノグラフィーで分析した人間の行動との比較をするため，ある平日の13時から13時30分までの30分間を運河周辺の音環境として録音した．今回収録した音は日常の運河周辺で録音した音を環境音として用いて，騒音レベル，および，周波数特性で分析する．FFTによる周波数特性は30分間の加算平均で，窓長8196点，ハミング窓，サンプリング周波数48 kHzとした．

### 2.2 音環境分析実験の結果

運河周辺の騒音レベルを図1に示す．船舶の往来があった1150 秒付近から1250 秒の付近で騒音レベルが高まっていた．また，工事で重機が動いているときや工事現場でものをぶつけた時などに突発的に音圧が高まっていた．A特性最大騒音レベルは82 dBAであった．またこの音は，工事現場で金属部品を落とした時の音であった．次に運河周辺の周波数特性を図 2 に示す．この結果より，低い周波数の周波数成分が多いことがわかる．これは船舶および，自動車のエンジン音が起因すると考えられた．

## 3. エスノグラフィーによる音環境分析

### 3.1 エスノグラフィーによる分析実験方法・条件

騒音問題に対し，新たなパラメータでの評価基準を設けるためのステップとして，物理的パラメータではわからない運河周辺の音の種類とその環境で過ごす人々の行動をエスノグラフィーで分析した．この時，音環境調査だということをふせて「運河周辺の人々の行動および出来事を観察してきてほしい」と指示を出し，20代男性3人に現場調査をさせた．その後，3人の観察結果をもとに交通音，物音，自然音，話し声の 4 種の音に分類し，関係のある行動または出来事をカテゴライズした．また，物理パラメータで判断できるかも確認した．

### 3.2 エスノグラフィーによる分析実験結果

エスノグラフィーによる音環境分析の結果を表1に示す．人々の行動および出来事を分析してみると様々な音が運河周辺に存在していることがわかった．船舶の往来や自動車，トラック，救急車，歩行者，自転車などの音を交通音，工事現場から出る音や人の行動によって生じる人工音出た音，木々が風で揺れる木々音や，セミや犬の鳴き声は自然音，人々の会話を話し声としてカテゴライズした．カテゴライズより交通音に関わる行動および出来事が多いことがわかった．また，自然音に対して何かしらの行動を示した人のデータはなかったため，人々の生活において影響の少ない音であろうと予測した．今回エスノグラフィーによって観測できた音のうち物理パラメータで判断できる音は23項目中7項目であった．話し声や歩いているときの足音，虫の声など現地で観測しないと

わからない音が存在した．物理的な音の特徴と比較して，音圧レベルの高かった船舶の音に対して人々が何かしらの行動をとるような関係がみられた．また工事現場からの音や緊急事態を知らせる救急車の音などの突発的な音に対して人間は何かしらの行動をとる傾向があると考える．ここで騒音レベルでは十分に騒音となりうる船舶の音に対して，人々があまり不快に思っているような態度やしぐさが少なかった．

## 4. むすび

本実験では，運河周辺の物理的音の特性と運河周辺で過ごす人々の現場の性質を示すエスノグラフィーを用い音環境を分析し，運河周辺の音の種類と音に対する人間の行動を報告した．今回の結果より．運河周辺では交通音が存在し，とりわけ船舶の音が騒音となりうる可能性があると考えられた．しかし，実際に人間の行動を見てみると耳をふさぐなどするような行動はとっておらず，不快と感じているかどうかはわからなかった．また，エスノグラフィーを行うことで気づくことのできる様々な音があり，人間にとっての音環境を調べる中で物理パラメータ以外の分析も必要と考えた．

このことから，今までのように騒音レベルおよび周波数分析による音の種類で騒音評価することは難しいと考え，新たなパラメータを加えたいと思う．今後は，エスノグラフィーを用いた運河周辺の現場調査を積み，人々がどのような行動をとるかデータを蓄積して，新たなパラメータ模索に生かす予定である．また，そのパラメータを使い船舶航行音が街に与える影響に要因があるかを明らかにする予定である．

## 5. 謝辞

今回の報告をするにあたり多くの助言をくださった芝浦工業大学平田貞代先生に深く感謝致します．

## 6. 参考文献

1) K. Muto, T. Akahira: A Result of 24-Hours Measurement of Small Boat Noise in Residential Area along a Canal Proc. of WESPAC 2015，P8000017，2015.
2) 環境省水・大気環境局大気生活環境室：よくわかる低周波音，pp.2-10，2007.
3) 門屋真希子，末岡伸一：騒 音に対する住民意識調査(その 6)， 東京都環境科 学研究所年報，pp105-112，2007
4) 佐々木裕也：環境騒音の周波数分析について，山梨衛環研年報　第 59 号，2015.
5) 小田博志:エスノグラフィー入門， 春秋社，2014.

[連絡先]
深津　遼貴　（ふかつ　はるき）
e-mail：ma19071@shibaura-it.ac.jp

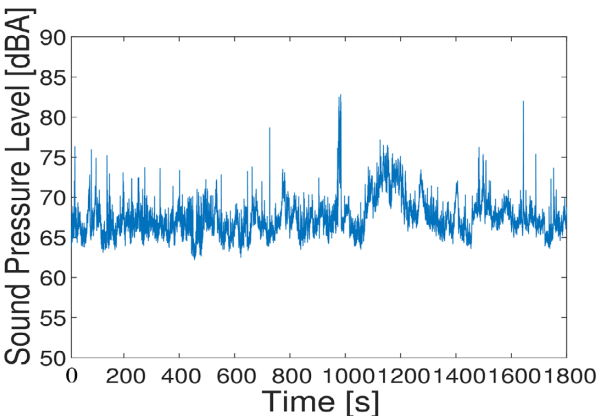



図 1　運河周辺収録音の騒音レベル

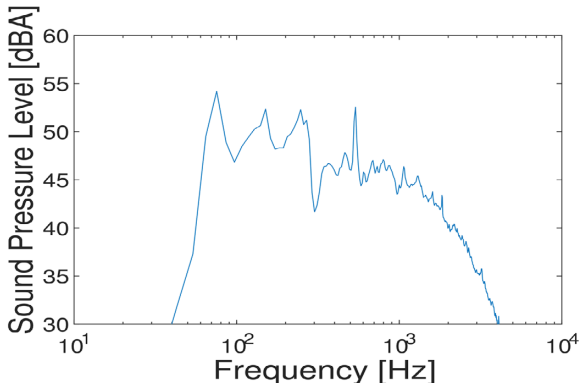



図 2　運河周辺収録音の 30 分間の周波数特性

表 1　エスノグラフィーによる音環境分析

| 事実 | 交通音 | 人工音 | 自然音 | 話し声 | 音を物理量で判断可 |
|---|---|---|---|---|---|
| スマホを出したりしまったりしている | | ○ | | | |
| スマホ見ながら歩いている | ○ | ○ | | | |
| 船が通ると歩みを止めて船を見る | ○ | | | | ○ |
| 運動を始める | ○ | ○ | | | |
| ハットをかぶる | | ○ | | | |
| おばあちゃんと合流 | | | | ○ | |
| 船を指さす | ○ | | | | ○ |
| 船が通った後歩き出す | ○ | | | | |
| 校舎を見上げる | | | | | |
| 川を覗く人が多い | ○ | | ○ | | |
| 屋形船が通った | ○ | | ○ | | ○ |
| タバコを吸っている | | ○ | | | |
| 携帯をいじる | | ○ | | | |
| ベンチに座っている | | | | | |
| 工事の音がする | | ○ | | | ○ |
| 虫がいる | | | ○ | | |
| 魚が川にいる | | | ○ | | |
| 自転車が通る | ○ | | | | ○ |
| 救急車の音が聞こえる | ○ | | | | ○ |
| 犬の散歩する人がいる | ○ | | | | |
| 犬が吠えた | | | ○ | | |
| 橋を利用している人がいた | ○ | | | | |
| 多くのトラックが橋を通った | ○ | | | | ○ |
| 計 | 12 | 7 | 5 | 1 | 7 |

B-1-1

# 押圧を利用したスタイラスペン不要の三次元入力装置

○佐々木克己、鈴木郁*
*法政大学　理工学部
A Stylus Pen-free 3D Input Device using Pressure
Katsumi SASAKI*, Kaoru SUZUKI*
*School of Science and Engineering, HOSEI UNIVERSITY,

## 1. 研究の目的と概要

本研究では押した位置に基づく２次元座標での入力に加え，押す強さも入力可能な３次元の入力機器を開発する．過去には押圧を測定するセンサーとして，感圧面積センサーを用いたもの，ホール素子を用いたもの，圧電素子を用いたものが試作されている．しかし，感圧面積センサーのものではヒステリシス，ホール素子のものでは過大なストローク，圧電素子のものでは長すぎる起動時間という欠点をそれぞれ持っていた．そこで本研究では，フォトインタラプタという光センサーの一種を利用する．

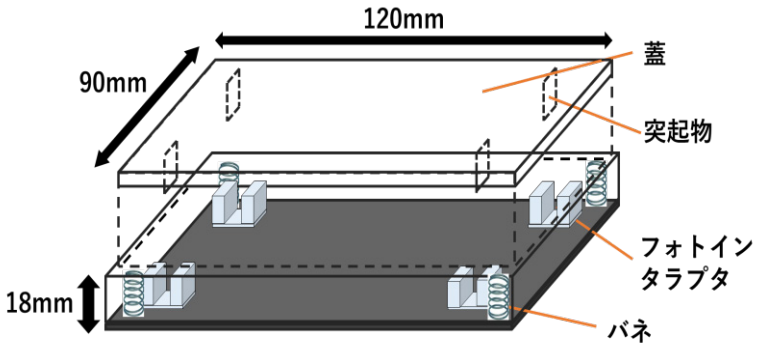



図１　操作具の概形

## 2. 装置の概要

入力機器の基本構造は，図１のように長方形の基板の隅４ヶ所にバネを設置し，バネによって長方形の蓋を支えるものである．部品は，主に 3D プリンターで作成する．バネの縮み具合を検出するために，対向する発光体と受光体をもつフォトインタラプタを用いることとし，それらを基板の隅４ヶ所に設置する．一方で蓋の基板側の面の隅４ヶ所には，センサーが送受光する光を蓋の上下に応じて遮断する突起物を設ける．これによりセンサー受光部からの出力は，突起物による遮断量に応じて変化する．よって，蓋を押したことで生じたバネの縮み具合を検出することができる．フォトインタラプタの出力は，電流の変化として現れ，その変化を連続的に評価する必要がある．そこで，フォトインタラプタ受光部からの出力に I-V 変換回路を接続し，電流を電圧に変換する．I-V 変換回路を含めた荷重入力回路を図２に示す．

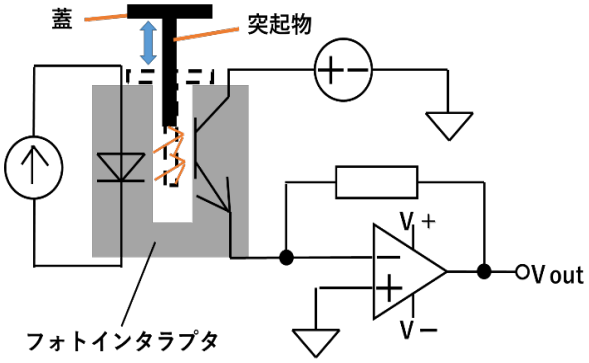



図２ 荷重入力回路

## 3. 座標・押圧の算出

蓋が押されることによって，隅４か所のバネが押された座標と強さに応じて縮み，4 個のフォトインタラプタがバネ 4 つの縮み具合をそれぞれ検出する．荷重の和から総荷重を算出でき，一般的な床反力計と同様に考えれば，図３のように隅４ヶ所の荷重の比から平面座標を算出できる．

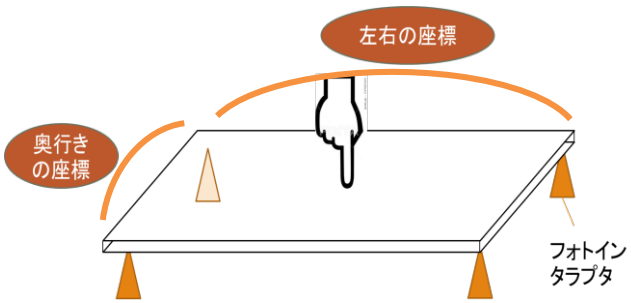



図３　座標算出の概要

## 4. 押圧の強さと回路の出力

遮断物の検出するフォトインタラプタの出力が，装置の蓋に加えた力に応じて連続的に変化するか否かを実験的に調べた．蓋を上から見て，縦を 2 等分し，横は 6 等分したものを図 4 で表す．フォトインタラプタに近い部分である図 4 の赤丸の部分に様々な質量のおもりを置いて，力を加え，回路の出力を測定した．おもりの加えた力は、0～4.0N で 0.5N 刻みとした．重りが加えた力と荷重入力回路の出力の関係を図 5 に示す．

図 5 に見られるように，力が 2.0～3.5N の範囲内では力の大きさと荷重入力回路の出力の大きさが線形であることが確かめられた．しかし，0～2.0N，3.5～4.0N の間では変化は見られなかった．これは，0～2.0N の範囲は遮断物がフォトインタラプタの検出範囲に届いていなかった為である．

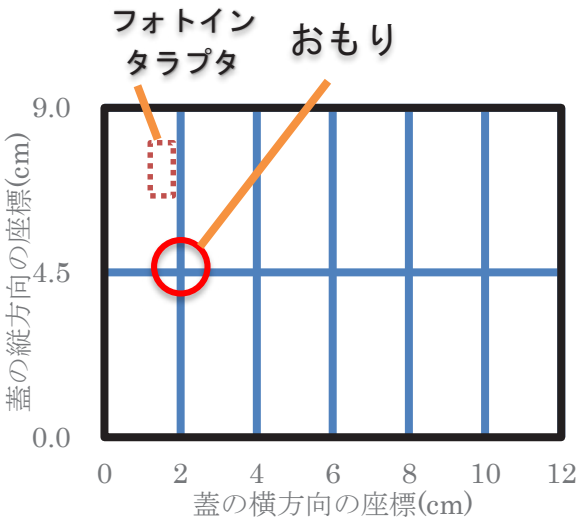



図 4　おもりとフォトインタラプタの座標

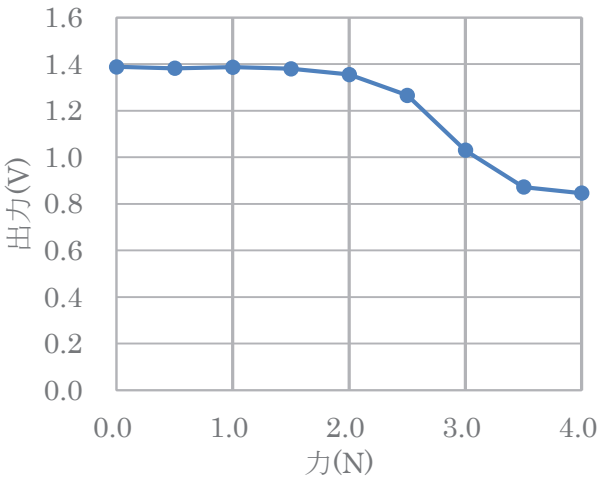



図 5　おもりが加えた力と回路の出力の関係

## 5. 力を加えた座標と回路の出力

押圧を加えた座標と回路の出力の関係を調べようとしたところ，一般的な床反力計などとは異なり，その座標によってはおもりから遠い側の蓋の端が浮くことがあった．蓋に押圧を加えた時の理論値を計算したところ，隅に近いある点に力を加えた場合，蓋中心を対称点とした点対称の角には上向きの力が生じることがわかった．対角上の蓋が浮いていると，3 で述べた方法で座標を算出することが出来ず，総荷重を算出する際は，ばねに加わる負の荷重を測定する必要が生じる．

従って，バネ定数を大きくして蓋の沈みを極端に小さくする必要がある．もしくは遮断物の長さを調節し，負の荷重も測定可能とし，さらに座標算出の方法を改める必要がある．

## 6. 今後の展望

上述の蓋の浮きへの対処を行った後，当該デバイスや用いて図形模写を行う．そのために回路の出力を AD コンバーター経由で計算機に取り込み，取り込まれた数値に基づき座標・押圧を算出する．そして評価実験用ソフトウェアにおいて押圧に基づき線のペンの太さを変化させ，座標に基づきペンの位置を変化させて描画を行う実験を行う．

加えて，各センサーの個体差，部屋の温度によるセンサーの感度の変化があることが予想されるので，それらに対応するべく改良を加えていく．

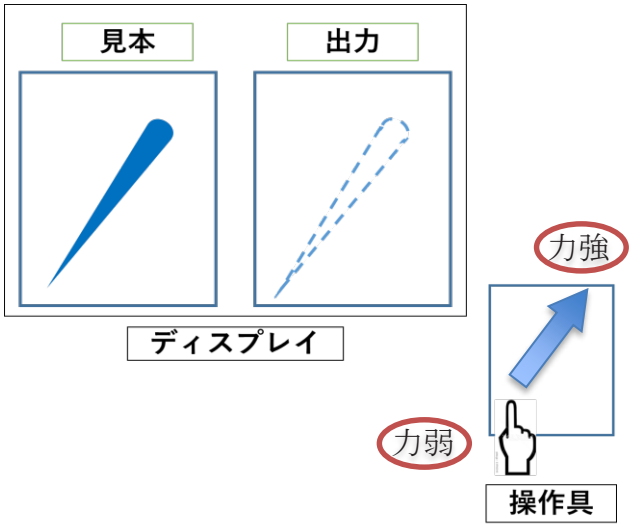



図 7 評価ソフトにおける描写実験の概要

[連絡先]
佐々木 克己
e-mail：katsumi.sasaki.2t@stu.hosei.ac.jp

B-1-2

# 圧電セラミックを用いたとろみ評価機器の開発

○秋田　麻友*，鈴木　郁*
*法政大学　理工学部

Development of an Equipment Assessing Food Viscosity Using a Piezoceramic Disk Tranducer.

Mayu AKITA*, Kaoru SUZUKI*
* Faculty of Science and Engineering, Hosei University

## 1. 研究の目的とその意義

高齢者や障がいを持つ方は，飲み込む機能が低下し，水分や食べものが誤って喉頭と気管に入ってしまう誤嚥が起こしやすく，誤嚥が誤嚥性肺炎を引き起こすこともある．誤嚥防止には水分や食べものへのとろみつけが有効であるが，各個人の嚥下能力に応じたとろみとする必要がある．今日，とろみの評価をする機器はあるがその扱いづらさから，介護現場では熟練者の目視・感覚でとろみの調整が行われている．

そこで，本研究では液体に浸漬するだけで，誰でも手軽にとろみの評価が可能な機器の開発を行っている．

## 2. 研究で作成する機器の概要

図 1 に示すように直径 50 mm，厚さ 2 mm の円板圧電セラミックを用いる．圧電セラミックに通電すると半径方向にわずかに伸縮する．よって，液体に浸漬すると，界面の液体は伸縮面に引きずられその粘性と密度に応じた摩擦が生じる．

粘度は流動する液体内の内部摩擦と関係しており，摩擦は運動エネルギーを熱に変換する．同様に電気回路においては，抵抗が電気エネルギーを熱に変換する．これは図 2 に示す圧電セラミックの等価回路で考えると，等価抵抗$\boldsymbol{R_m}$に相当する．そのため，圧電セラミックと液体間に生じた摩擦は，圧電セラミックの伸縮面に対して機械的な抵抗として作用し，液体の粘性に応じて圧電セラミックの共振の鋭さを変化させる．

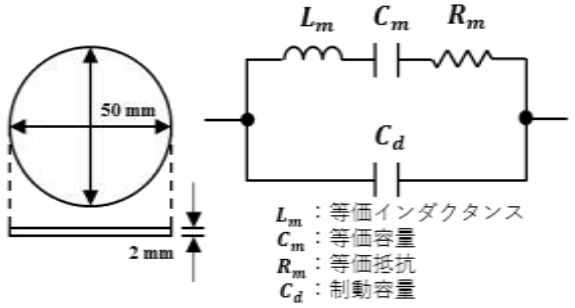



図 1　圧電セラミック




図 2　等価回路

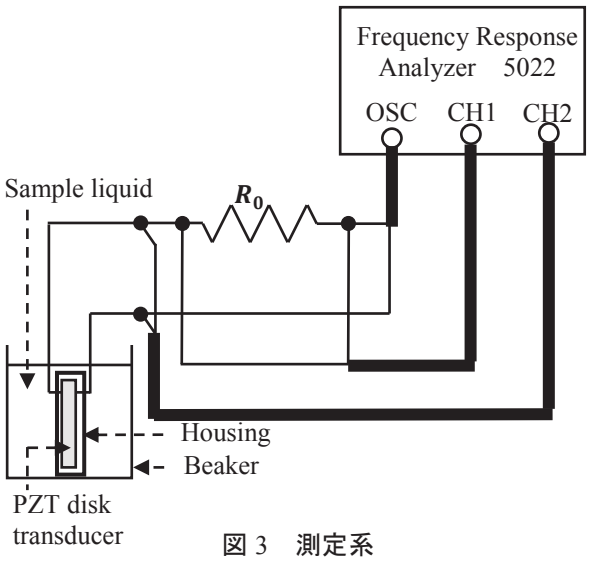



図 3　測定系

## 3. 実験方法

エヌエフ回路設計ブロック社の Freaquency Response Analyzer 5022 型を用いた図 3 の測定系において， OSC から，圧電セラミックの規格上の共振周波数近辺の正弦波を印加し，$\boldsymbol{R_0}$の両端と圧電セラミックの両端の電圧比および位相差を測定する．ここで，$\boldsymbol{R_0}$は圧電セラミックの等価抵抗$\boldsymbol{R_m}$よりも十分小さいため，定電圧に近い駆動となっている．電圧比および位相差から圧電セラミックのインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$を算出する．そして，圧電セラミックの規格上の共振周波数近辺で，容易に発見できるインピーダンス最大の周波数$\boldsymbol{f_m}$を探す．本来であれば半径方向の機械的共振周波数，すなわち等価回路で言うと直列共振周波数$\boldsymbol{f_s}$におけるインピーダンス$\dot{\boldsymbol{Z}}$の実部を算出すべきであるが，今回は簡単に求まる$\boldsymbol{f_m}$を採用した．$\boldsymbol{f_m}$におけるインピーダンス$\dot{\boldsymbol{Z}}$の実部も直列共振周波数$\boldsymbol{f_s}$におけるそれと同様に液体の粘性を反映すると期待できる．

圧電セラミックに防水加工を施さない状態での粘度評価の可否を調べるために，粘度の異なる工業用潤滑油を試料液体として 4 種類用意した．試料液体を入れる容器は 500 ml のビーカーであり，各試料液体を 500 ml 注ぎ，油温 25 ℃において測定を行った．圧電セラミックは，スポンジを介して圧電セラミックを保持し，かつ試料液体が自由に動けるようなハウジングを用意して，垂直に吊るして支持した．測定した電圧比と位相差から，$\boldsymbol{f_m}$

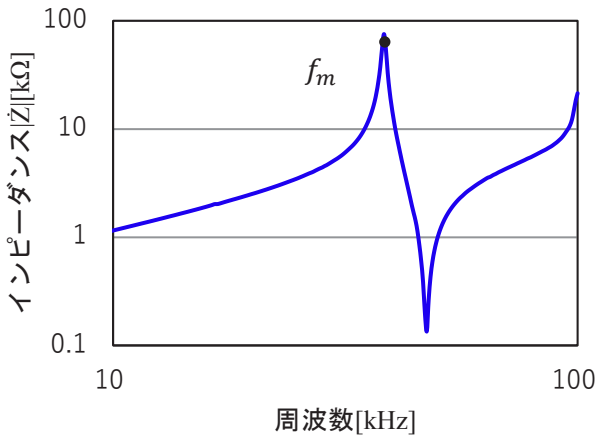



図 4　ISOVG10 における
圧電セラミックのインピーダンス特性

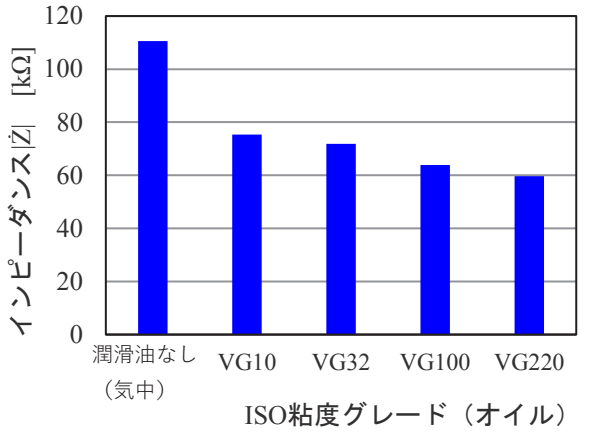



図 5　各工業用潤滑油に浸漬したときの
$f_m$における圧電セラミックのインピーダンス

における圧電セラミックのインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$を算出した．$f_m$は半径方向の機械的共振周波数$f_s$に近い周波数であるので，虚部はほとんど 0 であり，インピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$の値はその実部の値とほぼ等しい．

## 4.　実験結果

オイルの ISO 粘度グレード VG10 の試料液体におけるインピーダンス測定で得られた結果を図 4 示す．ここで横軸は周波数[Hz]，縦軸はインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$ [kΩ]である．図中，インピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$が最大値となった約 38.3 kHz がこの測定時における$f_m$であり，インピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$は 75.35 kΩ であった．

同様にして，圧電セラミックを工業用潤滑油に浸漬しなかった場合と，他の ISO 粘度グレードの工業用潤滑油を浸漬したときの$f_m$におけるインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$を算出し，比較した結果を図 5 に示す．図 5 より，$f_m$におけるインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$は潤滑油に浸漬しなかった場合に 110.62 kΩ，オイルの ISO 粘度グレード VG32 の潤滑油に浸漬した場合に 71.88 kΩ，同じく VG100 の潤滑油では 63.84 kΩ，VG220 の潤滑油では 59.73 kΩ であった．$f_m$は半径方向の機械的共振周波数$f_s$に近い周波数であるので，インピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$の値はその実部の値とほぼ等しい．よって工業用潤滑油の粘度によってインピーダンス$\dot{\boldsymbol{Z}}$の実部が変化し，インピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$の値も差が生じたと考えられる．粘度が大きくなると，エネルギーを熱に変換する抵抗が大きくなる．測定系が定電圧に近い駆動であるので，電流が大きくなることでこれが成り立つ．よって，粘度が大きくなるほどインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$の値が小さくなるのは順当であると考えられる．

このことから，今回用いた測定系では，圧電セラミックを試料液体に浸漬するだけで，インピーダンスの違いから，試料液体の粘性を評価できると考えられる．

## 5.　今後の展望

4 種類の工業用潤滑油を試料液体とした実験より，インピーダンス$\dot{\boldsymbol{Z}}$の実部およびインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$の値は液体の粘性を反映していることが示唆された．これより，温度変化が圧電セラミックの特性に与える影響や，圧電セラミックの支持方法，防水加工方法などの課題は残るが，液体に浸漬するだけでとろみ評価可能な機器の開発が期待できる．

温度変化が圧電セラミックの特性に与える影響を調べるため，液体の粘性が温度によって変わることを利用し，液温 25℃で低粘度の試料液体のインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$と，同じ粘度になるように液温を高くした高粘度の試料液体のインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$を比較する必要がある．また，今回用いた工業用潤滑油はいずれも密度が等しい．このため，密度がインピーダンス$|\dot{\boldsymbol{Z}}|$に与える影響については，不明である．等しい粘度において密度が異なる場合も調べる必要がある．

今回の実験では，圧電セラミックを支持するためにスポンジを介したハウジングを用意した．しかし，本来の目的である食品に対しては衛生面の問題から使用できないため，測定対象が食品であることを考慮に入れて支持方法を検討する必要がある．また同様に，今回の実験は圧電セラミックを用いたとろみ評価の可能性を探るべく，圧電セラミックに防水加工が不要な工業用潤滑油を試料液体として用いた実験を行ったが，食品のとろみを評価するためには，防水加工が不可欠である．圧電セラミックの支持方法と同様に測定対象が食品であることを考慮に入れて，圧電セラミックの半径方向の動きを妨げず，かつ粘性を持たないような防水加工の方法を検討する必要がある．

［連絡先］
あきた　まゆ
e-mail：mayu.akita.6i @stu.hosei.ac.jp

# 段差検出システムを搭載した白杖の開発

ーセンサーシステムと通知方法の改良ー

○笠原秀将*，鈴木郁*
*法政大学理工学部

**Development of a white cane equipped with a step detection system**
**-Improvement of sensor system and notification method-**

Hidemasa KASAHARA*, Kaoru SUZUKI*
*School of Science and Engineering，Hosei University

## 1. はじめに

近年，視覚障碍者の階段や駅のホームからの転落事故が多発している．そこで，転落の危険がある段差を検出し利用者に通知する白杖を作成する．先行研究で試作された白杖は，手首の回転により側方の段差検出距離(後述)が変化してしまう．また，モーターの振動を使用して利用者に段差を通知しているが，白杖が地面と接触する際に生じる振動によってそれがマスクされる場合がある．さらに，先行研究で用いられているプログラムでは，段差の検出周期が一定していない．そこで今回，これらの点についての改良を行う．ただし紙面の都合から，本稿では手首の回転による側方の段差検出距離変化の低減についてのみ述べる．

## 2. 先行研究の白杖と提案する白杖

### 2.1 段差検出システム

先行研究で試作された白杖は，下端付近で等角度に開いて設置された 2 つの距離センサーで地面からの距離を読み取り，マイコンで段差検出アルゴリズムを実行し，段差検出時にはその旨を通知している．白杖使用時を真上から見た際の白杖の概略を図 1 に示す．なお，図中の正中線の方向は，実際には進行方向に向けた時の白杖の方向である．段差検出は，加速度と角速度のセンサーを用いて検出された，振り端においてのみ行われる．この段差検出方式では，手首が回転することで距離センサーの方向が変わり，側方の段差検出距離(図 1 参照)が大きく変化してしまう．そこで本研究では，等角度に開いて設置された 2 つの距離センサーを X 型に 2 対(計 4 個)配置し，手首の回転角等の条件によって使用する対を切り替えられるようにすることで，前述の問題を低減する．

### 2.2 段差判定に用いる段差検出方法

角の 2 等分線を用いて段差を検出する．公式と概略を図 2 に示す．ここで，f は白杖の距離センサー設置位置から白杖先端までの長さ，a と b は 2 個の距離センサー各々で測定された地面までの距離，θ は距離センサーの設置角度である．白杖先端が接地しているならば，仮に段差(凹または凸)が存在しなければ，図 2 の関係が満たされる．等式が

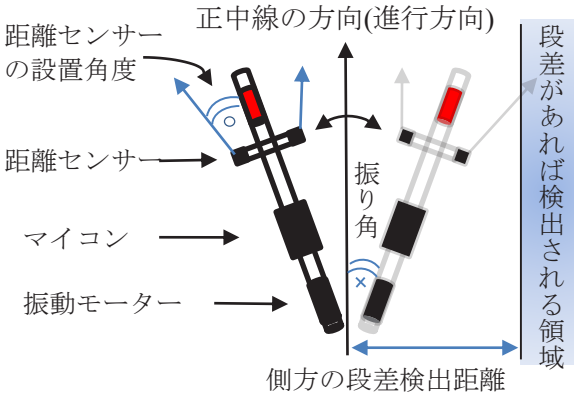



**図 1 段差検出システムを搭載した白杖(水平面)**

成立しなくなったならば，2 個の距離センサーの方向いずれかに凹または凸が存在することになる．

## 3. 側方の段差検出距離と距離センサー設置条件

### 3.1 側方の段差検出距離の最小値

側方の段差検出距離が，成人男性の約半歩分である 40cm 前後となるように，1 つの対を構成する 2 個の距離センサーの設置位置と設置角度を設定する．先行研究では白杖下端から 45cm に設置していたがセンサー位置が低い場合，慣性モーメントの影響を受けて重量感が増す．また距離センサーを設置角度 35° としていたが，設置角度が大きい場合，手首の回転角と白杖の接地角度により側方の段差検出距離が極めて大きく変化する．以上より白杖下端から 50cm，設置角度は 20° とした．白杖を振り角 15° で右に振った際の，各接地角度における，手首の回転角と側方の段差検出距離の関係を図 3 に示す．ここで振り角 15° は肩幅程度の振りを想定した値である．

結果として，白杖を振り角 15° で右に振った場合，接地角度 60° かつ手首を右に回転させた時，

角の 2 等分線の公式
$(a + b)f = 2ab \cos\theta$

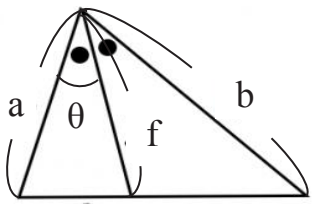



**図 2 角の 2 等分線の公式と概略図**

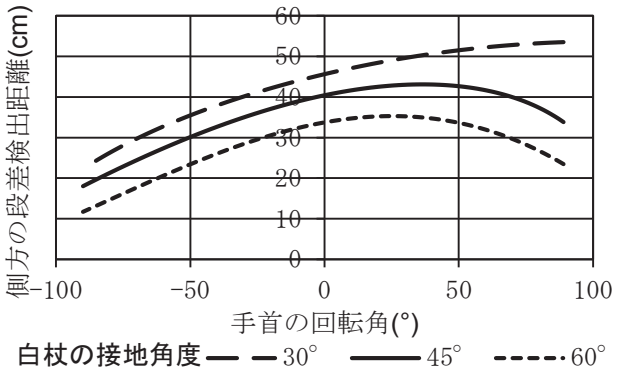
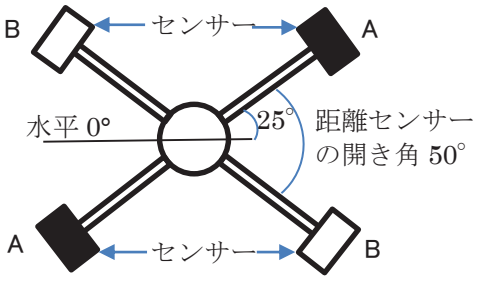



**図 3　白杖を振り角 15° で右に振った際の白杖の各接地角度における手首の回転角と側方の段差検出距離の関係**

側方の段差検出距離が最小となった．現実的な手首の回転角はおよそ-50° ～50° と考えられるため，側方の段差検出距離は 23cm まで短くなる．

### 3.2　X 型に設置する距離センサーの開き角

手首の回転角等の条件によって使用する対を切り替えることで，側方の段差検出距離の変化を低減する．図 4 は，X 型に設置する 2 対の距離センサーの開き角を説明した図である．この時，側方の段差検出距離の最小値が，最も小さくなりにくい開き角をシミュレーションで求める．センサーの設置条件は 3.1 と等しくし，側方の段差検出距離が最小となる接地角度 60° において，距離センサーの開き角を 50° に設定した場合の，手首の回転角と側方の段差検出距離の関係を図 5 に示す．この例では距離センサーの開き角が 50° なので，図 4 におけるセンサー対 A と B は，水平に対して各々 25° 開いて設置されていることになる．また手首がどちらに回転しても使用できるようにするため，加速度センサーを用いて手首の回転角を求め，その回転角が 0° の時に，使用する距離センサーの対を自動で切り替える．これにより白杖を右に振っ




黒:距離センサー対 A　白:距離センサー対 B
距離センサーの設置角度はそれぞれ 20°

**図 4　X 型に設置する距離センサーの開き角（例:開き角 50°）**

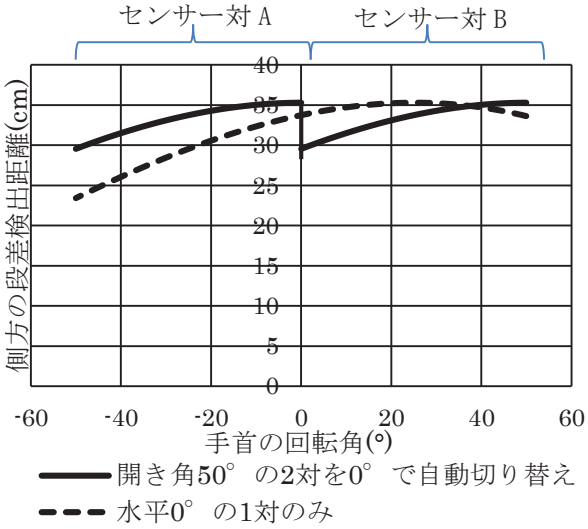



**図 5　接地角度 60° 振り角 15° で白杖を右に振った際の，距離センサーの各開き角における手首の回転角と側方の段差検出距離の関係**

た際は，手首の回転角が負の場合はセンサー対 A，正の場合にはセンサー対 B が使用される．参考までに，図には手首の回転角が水平 0° 方向に設置されたセンサー1 対のみ(切り替えなし)についても示してある．なお，白杖を右に振った場合を想定しているため，右側 2 つの距離センサーのみがシミュレーションにおいて想定されている．

結果としてセンサーの開き角が 50° の場合に，側方の段差検出距離の最小値を最も小さくなりにくくすることができる．また 2 対の距離センサーを切り替える場合，手首の回転角が 0° ～40° の時，距離センサー1 対のみで使用した場合よりも側方の段差検出距離が短くなってしまった．

### 4.　今後の課題

現状の角の 2 等分線を用いた段差検出では，白杖が接地していることが必須であり，加速度と角速度のセンサーを用いて振り端を検知し，その時点でのみ検出を行っている．しかし白杖に平行な距離センサーを付けることで，先端が接地していないときでも段差検出が可能となる．

また 2 対の距離センサーを切り替える場合，右振りで手首 0° ～40° ，左振りで手首-40° ～0° の時，距離センサー1 対のみを使用する場合より側方の段差検出距離が短くなってしまう．他とのトレードオフもあるが開き角をより小さくすることで，距離の短縮を低減する．

[連絡先]
笠原　秀将(かさはら　ひでまさ)
e-mail　:
hidemasa.kasahara.3m@stu.hosei.ac.jp

B-1-4

# 失語症者の社会生活を支援するアプリケーションの人間中心設計

○任　東陽*，内田　祥太*，堀内　悠汰*，荻谷　光晴*，高野倉　雅人*
*神奈川大学工学部経営工学科

Human-centered design of a mobile application to support daily life in society for speech language impairements

Dongyang REN*, Shota UCHIDA*, Yuta HORIUCHI*, Mitsuharu OGIYA*, Masato TAKANOKURA*
*Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering, Kanagawa University

## 1. 研究背景と目的

失語症は，脳の言語野の損傷による「聞く・読む・話す・書く」の言語機能の障がいである[1)]．言葉の理解と表現の障がいであるため，失語症者と他者とのコミュニケーションの障壁がある．特に音声，語彙，文法などの構成要素，言語の構造と内容，意味の理解と表現の障がい，言語機能の基礎となる認識過程の減退を引き起こす．

脳血管障がいや脳外傷など，大脳皮質の言語野の組織の病変が失語症の原因であり，その症状も障がいの程度により異なる．失語症は言葉の理解と表現の障がいであるため，記憶，論理的思考，計算，注意力の認知機能にも変化が見られる．しかし失語症には，意識障害や通常の知力減退による言語症状は含まれない．また聴覚，視覚，書き，発音などの感覚や運動器官の障がいによる言語，読書，書き取りの障がいも含まれない．

失語症の日常生活活動に必要な支援は，健常な成人のおよそ二倍で，患者の家庭や社会に一定の負担をかける．失語症の社会的認知度は，低いことが知られている．全国失語症友の会連合会によると，失語症者の公共交通機関を利用した外出については，約半数が 1 人での外出は難しく，病後初めて行くところはもちろん，発症前に行っていた場所に行くことでさえ 1 人では難しい状況がある[2)]．その背景には，医師の説明が理解できない，医師に状態を伝えられないなどのコミュニケーション障がいの影響が考えられる．

失語症者を支援する従来システムとして，言葉を聞いて上手く理解できない失語症者が絵や単語などを会話の最中に書いて説明されることで理解を高める簡易筆談器や，失語症者が良く使うメッセージを事前に録音しておき，会話の必要な場面でボタンを押して再生することで相手に意思を伝えるといった Go Talk という機器がある．しかし，これらの機器は単一の機能しか持たないものが多い．

また，失語症者の言語訓練として ActVoiceSmart がある[3)]．タブレットを用いた言語訓練機の一般的な呼称訓練画面と同等であるが，音声認識により発声の確認をユーザ一人でも行える点に特長がある．また失語症者のリハビリテーションを担当する言語聴覚士（ST）の会話技術を応用した単語思い出し支援がある[3)]．ST が訓練時に使う特定の単語を失語症者から導く会話技術を，スマートフォンアプリに応用した訓練・支援システムがある．しかし，これらのシステムは訓練施設で取り扱っていて，失語症者の自宅では使えないことが問題点である．

本研究は退院後に自宅に戻った失語症者のニーズに基づき，人間中心設計によって，失語症者や家族などの負担を軽減できる社会生活を支援するアプリケーションの開発を目的とする．

## 2.失語症者の利用状況とニーズ

### 2.1 利用状況の理解と明示

2019 年 2 月に東京で開催された若い失語症者のつどいで，失語症者とその家族，彼らの支援をする ST に対するヒアリング調査を実施した．その結果，失語症者の社会生活として，次のような状況のあることがわかった．

- ✓ 職場復帰をした失語症者が職場での会話を支援するアプリやシステムがなく困っている
- ✓ 相手に意思を伝えるときにメモ用紙などを事前に用意している
- ✓ 会話では，音声文字化機能で相手の話した言葉の理解している
- ✓ 従来システムでは起動が遅いものがあり，会話で使うものなので起動が遅いと使いづらいと感じている

### 2.2 ユーザニーズの明示

失語症アプリケーションに失語症者の方が望んでいる機能として，日常生活や会社内でのコミュニケーションを支援する機能（失語症を少し知っている人とのコミュニケーション）や，アプリでメモできる機能，会話を音声認識機能で文字化してそれを編集できる機能，アプリの文字を読み上げる機能などがニーズとしてある．

言語機能を含む作業療法学の専門家にヒアリング調査をした結果，失語症の方は病院で言語訓練を受けながら約 1 年で退院をする．病院を退院すると週 1 回程度しか言語訓練を受けることができず，言語機能の回復が遅い状況がある．そのため，

自宅で気軽に言語訓練できるアプリがあれば，さらなる言語機能の回復が見込めるという意見を頂くことができた．

## 3. ニーズにもとづいたアプリの実装

### 3.1 開発環境

本研究では，アンドロイドアプリ開発用の統合開発環境である Android Studio 3.5 を使って，アプリケーションの開発を行った．Android Studio では，Java 言語を使って開発した．

### 3.2 アプリケーションのプロトタイプ制作

失語症者の社会生活を支援するために，外出先でのコミュニケーションを支援する定型文機能とテキストを読む機能を実装した．また自宅でのトレーニング機能も実装した．本稿では，前者について，その内容を説明する．

#### 3.2.1 定型文機能

定型文機能は自分の意思を相手に伝えることを補助する機能である．自由に文章を入力することができるため，アプリを使用する失語症の方が良く使う言葉を入れることで，その人に合わせたカスタマイズができる．入力された文字をタップすると音声出力と文字が赤くなり，コミュニケーションの相手に自分の意思を伝えることができる．図 1 に定型文機能のスナップショットを示す．

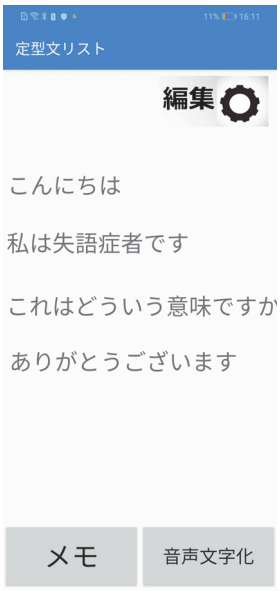



図 1 定型文機能

#### 3.2.2 テキストを読む機能

失語症者は話したいことをテキストボックスに入力すると，TTS(Text To Speech)の API がコールされて，入力した文字を読み上げる．また，相手の状況に応じて会話効率を高めるため，テキストボックスの下に 2 つのボタンを配置して，発音の速度と音調を調整できるようにした．図 1 にテキストを読む機能のスナップショットを示す．

図 2 テキストを読む機能

## 4. 言語聴覚士（ST）による評価

制作したアプリケーションを ST に使っていただき，改善すべき点の意見をいただいた．

定型文機能については，障がいの重い失語症者が定型文を使うことが多いので，定型文の編集は，失語症者の家族や ST などが日常生活の場面をもとに編集するべきである．テキストを読む機能については，最初の仮名を入力すると普段使う言葉が表れる機能が必要であるという意見を得られた．その他にも，失語症者の社会生活を適切に支援するための意見が得られた．現在，その機能をアプリに実装している．

## 5. まとめと今後の課題

人間中心設計プロセスにもとづき，失語症者のアプリケーションを制作した．今後は ST だけでなく失語症者の意見も聞いて，アプリケーションの改善を行う．

## 6. 文献

1) 西尾正輝，ことばの障害のケア・ガイドブック，中央法規出版，42-50，2009.
2) 全国失語症友の会連合会，失語症の人の生活のしづらさに関する調査，1-130，2013.
3) 黒岩眞吾，ICT を活用した失語症者の支援：タブレットとロボットを用いたコミュニケーション支援・訓練システム，コミュニケーション障害学，34，22-28, 2017.

[連絡先]
にん　とうよう
e-mail：g201990053hp@jindai.jp

B-2-1

# VR 空間における WEB 閲覧を想定した 大型ディスプレイの画面曲率に関する研究

○村上俊輔*，西内信之*
*首都大学東京大学院　システムデザイン研究科

A Study on Screen Curvature of Large Display for Web Browsing in Virtual Reality Space

Shunsuke MURAKAMI*, Nobuyuki NISHIUCHI*
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University.

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

「VR 元年」と呼ばれる 2016 年より、一般消費者向けの VR デバイスの各社からの一斉発売や、医療や小売等のあらゆる産業分野による VR を活用した取り組みの普及によって、VR が身近なものになりつつある。そして、ソーシャル VR アプリと呼ばれる VR 空間で遠隔地の人と同じ空間・映像を共有し、PC 画面を投影してミーティングが可能なアプリケーションが登場し、企業活用だけでなく娯楽利用としても VR に注目が集まっている（図 1）。

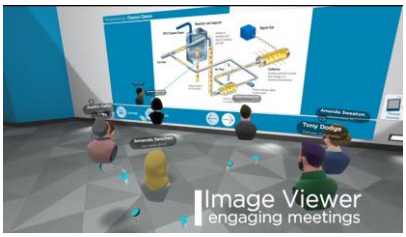



図 1　ソーシャル VR アプリ使用画面例 [1)]

### 1.2 従来研究

Jennifer ら [2)] の研究において、VR 空間と現実空間で同じタスクを行った際にユーザビリティの違いがあることが示されており、テクノロジの機能上の問題が影響を与えた可能性を示唆している。また水地ら [3)] の研究においても、VR 空間と現実空間で物体操作時の挙動に差異が生じることが示されており、HMD による視野の制約が大きな影響を及ぼすことを示している。これらの現実空間と VR 空間を比較した研究により、ユーザビリティに違いがあることが示されているが、VR 空間での Web 閲覧環境の設計に関する研究はまだ十分に行われていない。VR 空間においては、現実空間よりも大きな画面サイズ、様々な画面角度、画面曲率などの視環境を自由に変化させられるため、例えば、スクロールの動作が不要となり、Web ページ内容の把握しやすさに繋がる可能性が考えられる。しかし、ユーザビリティ評価の観点からは、まだ十分な検証はなされていない。

### 1.3 研究目的

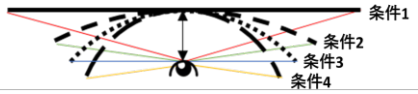
VR 空間での Web 閲覧において、大型ディスプレイの画面曲率に着目し、大型ディスプレイ画面の曲面化の有効性、および最適な画面曲率の検討を行うことを本研究の目的とする。

## 2. VR 空間における情報探索実験

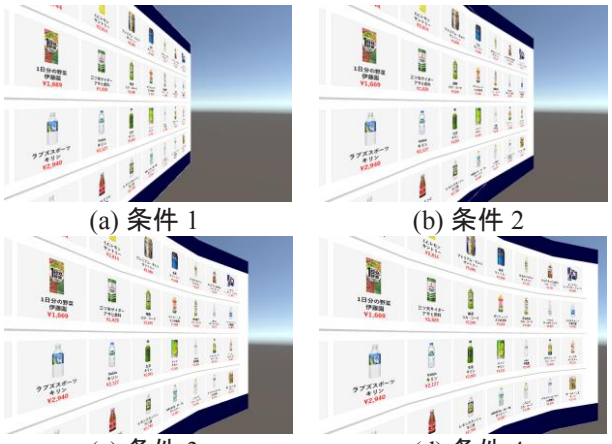
### 2.1 実験概要

この実験は、目的の商品を見つけるサイト内探索を想定したものをタスクとして設定し、4 つの異なる画面曲率の条件で実施することで、VR 空間における一定の視距離・画面サイズに対する、最適な画面曲率の検討を行うことを目的に行った。画面曲率等の各条件の詳細については表 1 と図 2 に示すとおりである。なお、視点から画面の中央までの距離は 1.0m に固定し、画面サイズは横 7.2m×縦 2.4m とした。

表 1　各条件における画面の詳細

| | 条件1 | 条件2 | 条件3 | 条件4 |
|---|---|---|---|---|
| 曲率 ≪角度≫ | ー ≪約149度≫ | 約12100R ≪約165度≫ | 約6300R ≪約180度≫ | 約4300R ≪約195度≫ |
| 特徴 | 平面 | 条件1と3の中間 | 画面の両端が視点の真横 | 画面の両端が視点より後ろ |
| 画面湾曲イメージ |  | | | |





(a) 条件 1　(b) 条件 2　(c) 条件 3　(d) 条件 4

図 2　各条件の視界固定時の HMD 投影画面

### 2.2 実験方法

被験者は健常な大学生および大学院生（21～24 歳）10 名とした。HMD は HTC 社の VIVE を使用し、実験は目線の高さが 1.0m になるように調整して着座してもらい、両手にコントローラを持った状態で実施してもらった。

被験者には横 16×縦 4 の計 64 種の商品の中から指定された商品を画面内から探してクリックしてもらった。クリック動作はコントローラの裏側に

あるトリガーを押下げることで行え、各条件 9 回ずつタスクを実行してもらった。実験開始前には、操作説明の後に被験者にインタフェースを操作してもらい、実験時の操作と VR について十分に慣れてもらった。また実験終了後には、使いやすさ・負担感・主観的満足度についての全 9 問からなるアンケートを実施した。

### 2.3 実験結果及び考察

図 3 に各条件でのタスク完了時間の全被験者平均の結果をまとめる。実験前は、条件 1 の平面型ディスプレイが画面の端の方の商品を視認しづらく、他の条件と比較してタスク完了に時間がかかることを想定したが、データにばらつきは見られたものの、結果は全ての条件で近い値を示し、条件間での有意な差は見られなかった。

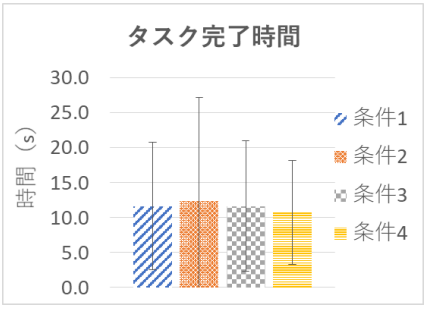



図 3　タスク完了時間の全被験者平均

図 4 に単位時間当たりの HMD のヨー角（左右の動き）の変化量の平均の結果を示す。画面が視野より後ろまで広がる条件 4 について、条件 1,2 との間に有意な差が見られた($p<0.05$, Holm 法)。条件 4 は視点と画面の両端のなす角度が最も大きく、全体を見渡すためには、大きく首を左右に振る必要があるので当然の結果といえる。しかしこの結果から、頭部の左右の動きがタスク完了時間に影響を及ぼさないことが示された。

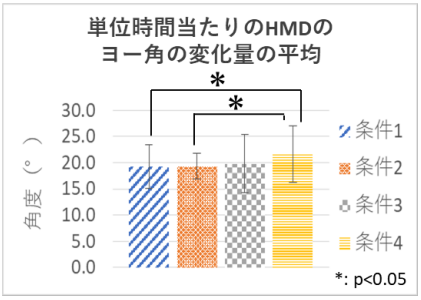
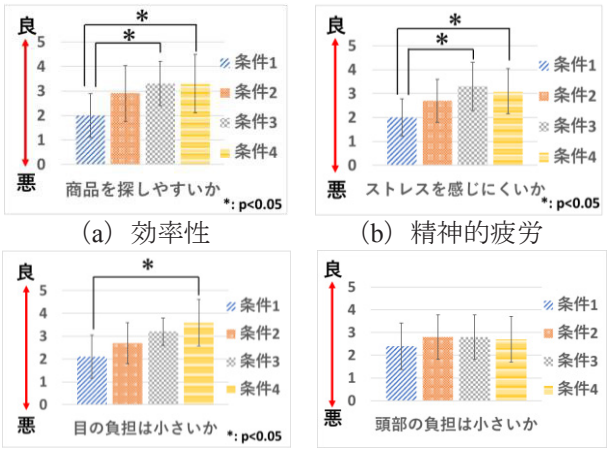



図 4　HMD のヨー角の変化量の全被験者平均

図 5 に主観評価アンケートの結果の特徴的なものを抜粋して示す。図 5(a)(b)(c)より、条件 1 の平面型ディスプレイが他の幾つかの曲面型の条件との間に有意な差がみられた($p<0.05$, Holm 法)。

以上の結果を総合的に見ると、図 3, 4 に示す客観的指標からは、VR 空間における Web 探索時の大型ディスプレイの曲面化による有効性は示されなかったが、図 5 の主観評価においては大型ディスプレイにおける曲面化が有効であることが示唆された。また図 5(d)について条件間で有意な差は見られなかったが、図 4 の結果と合わせて考えると、被験者にとって HMD 装着時のヨー角の頭部の動きは、疲労として感じていないことが示唆された。




（a）効率性　（b）精神的疲労

（c）身体的疲労（目）　（d）身体的疲労（頭部）

図 5　アンケート結果

## 3. まとめ

VR 空間での Web 閲覧において、大型ディスプレイの画面曲率に着目し、大型ディスプレイ画面の曲面化の有効性、および最適な画面曲率の検討を行った。実験結果より、主観評価においては大型ディスプレイにおける曲面化が有効であること、単純な探索タスクでは HMD のヨー角の頭部の動きは疲労として感じないことが示唆された。今後、タスク内容の変更をしたり、異なる条件によって実験を実施することで、VR 空間における Web 閲覧時の大型ディスプレイに対する最適な画面曲率の検討を深める。

## 4. 参考文献


1) Mogura VR: https://www.moguravr.com/rumii-vr/（2019/10/31 アクセス）.
2) Jennifer Brade, Mario Lorenz, Marc Busch, Niels Hammer, Manfred Tscheligi, Philipp Klimant: Being there again - Presence in real and virtual environments and its relation to usability and user experience using a mobile navigation task, International Journal of Human - Computer Studies, Vol.101, pp.76-87, 2017.
3) 水地 良明, 稲邑 哲也, 実環境と没入型 VR 環境における日常生活行動の差異の評価, 人工知能学会全国大会論文集, Vol.32, 2018.



[連絡先]
村上　俊輔
e-mail：murakami-shunsuke@ed.tmu.ac.jp

# VR モーションベースによる振動刺激の設計手法の検討

○柏達晶*，葛生真也*，相馬潤之介*，中村駿也*，河合隆史*
*早稲田大学 基幹理工学部 表現工学科

Examination of design method of vibration by a VR motion platform

Tatsuaki KASHIWA*, Masaya KUZU*, Junnosune SOMA*, Syunya NAKAMURA*, Takashi KAWAI*
*Dept. of Intermedia Art and Science, Sch. of Fundamental Science and Engineering, WASEDA Univ.

## 1. はじめに

近年，アミューズメント施設において，バーチャルリアリティ（VR）モーションベースの活用が進んでいる．これらの振動刺激の多くは制作者の主観で設計されており，しばしば違和感や不快感も指摘されている．本研究では，VR モーションベースを用いたコンテンツを対象として，違和感や不快感を軽減する振動刺激の設計手法について，実験的な検討を行った．

## 2. 実験方法

### 2.1 実験装置

VR モーションベース（Injoy Motion）と VR ヘッドセット（HTC Vive）を用いて，構成した．振動刺激は，エアコンプレッサーにより，ピッチ角とロール角に対して±7° の範囲で提示することが可能である．

### 2.2 実験刺激

コンテンツは，宇宙船に登場して深海や地底，宇宙を旅する「IGT-VR(4D ブレイン)」を用いた．その体験を通して，複数の実験者が共通して違和感や不快感を覚えた 3 シーン（図 1～3）を抽出し，実験刺激とした．各シーンに対して，次の 3 種類の実験条件を設定した．

・条件 1　振動刺激なし（視覚刺激のみの統制条件）
・条件 2　制作者の主観により設定された振動刺激
・条件 3　視覚刺激を分析・応用した振動刺激

先行研究より，視覚刺激と近似した振動刺激は，参加者の情動反応の影響源となり得るため[1]，視覚刺激に含まれる運動成分を，振動刺激に反映した．また，同先行研究より視覚刺激と物理運動の角度の差異が，顕著な不快感を生起しないことも確認したため，視覚刺激の運動成分を VR モーションベースの可動範囲に調整した．図 4～6 に条件 2 と 3 の振動刺激の角度変化(ロール角)を示した．

### 2.3 実験手続き

3 シーン・3 条件をランダムに組み合わせて提示した．試行後の心理反応を測定した．実験参加者は 20 歳代の男女 10 名であり，事前に説明を十分に行い，同意を得た．

### 2.4 測定項目

心理反応は Self-Assessment Manikin（SAM）[2] を用い，感情価と覚醒度を測定した．

図 1　シーン 1 の視覚刺激

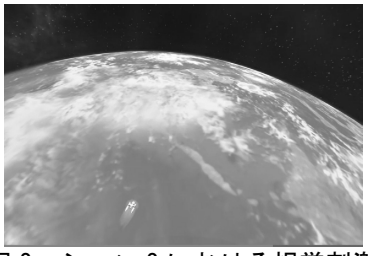


図 2　シーン 2 における視覚刺激

図 3　シーン 3 における視覚刺激

© 2018 4D ブレイン / クレッセント

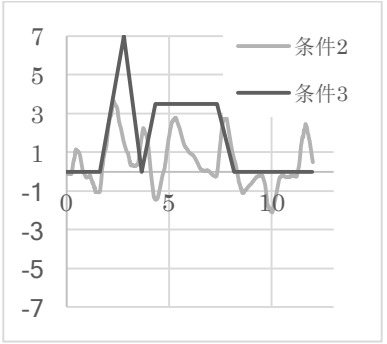



図 4　シーン 1 における角度変化

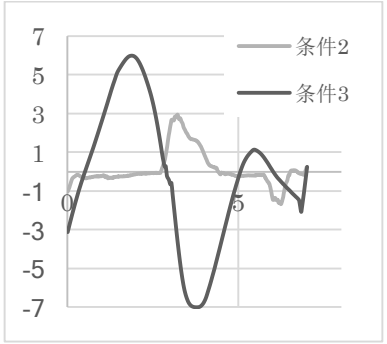



図 5　シーン 2 における角度変化

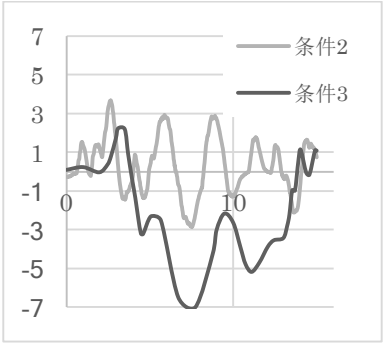



図 6　シーン 3 における角度変化

## 3. 実験結果

シーン別の試行後の SAM への回答結果について，図 7〜9 に示した．

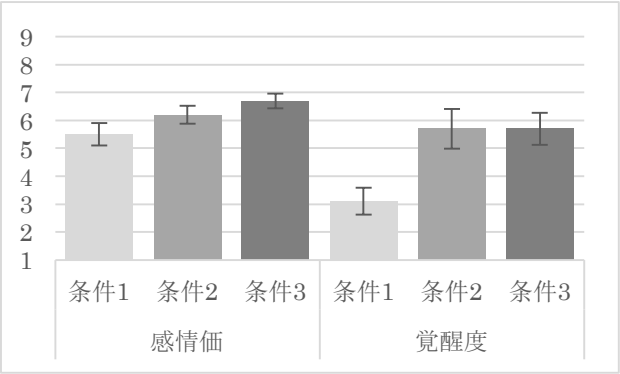



**図 7　SAM の評価(シーン 1)**

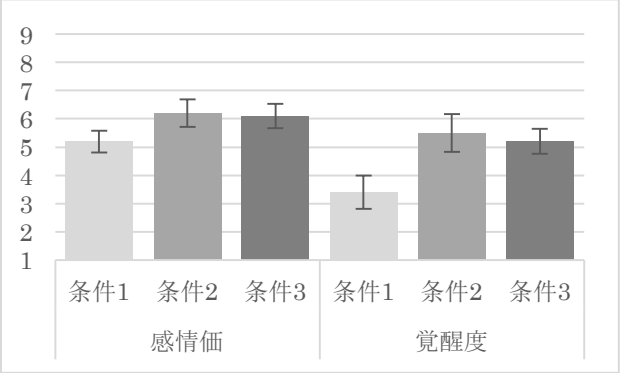



**図 8　SAM の評価(シーン 2)**

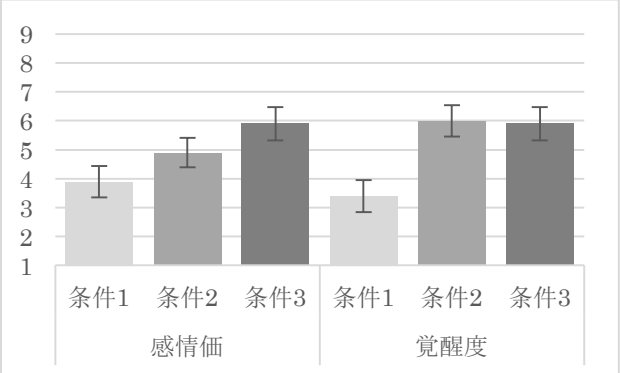



**図 9　SAM の評価(シーン 3)**

### 3.1 シーン 1

感情価に関して，分散分析の結果，振動刺激の主効果に有意差（$p < .05$）が認められ，多重比較の結果，条件 1 と条件 3 の間に有意差($p < .05$)が認められた．覚醒度に関して，分散分析の結果，振動刺激の主効果に有意差（$p < .01$）が認められ，多重比較の結果，条件 1 と条件 3 の間($p < .01$)，条件 1 と条件 2 の間($p < .01$)にそれぞれ有意差が認められた．

### 3.2 シーン 2

感情価に関して，分散分析の結果，有意差は認められなかった．覚醒度に関して，分散分析の結果，振動刺激の主効果に有意差（$p < .05$）が認められ，多重比較の結果，条件 1 と条件 3 の間に有意差($p < .05$)が認められ，条件 1 と条件 2 の間に優位傾向($p < .1$)が認められた．

### 3.3 シーン 3

感情価に関して，分散分析の結果，振動刺激の主効果に有意差（$p < .05$）が認められ，多重比較の結果，条件 1 と条件 3 の間に有意差($p < .05$)が認められた．覚醒度に関して，分散分析の結果，振動刺激の主効果に有意差（$p < .01$）が認められ，多重比較の結果，条件 1 と条件 3 の間($p < .01$)，条件 1 と条件 2 の間($p < .01$)に，それぞれ有意差が認められた．

## 4.まとめ

本研究では，VR モーションベースと VR ヘッドセットを用いて，視聴覚と振動刺激を統合したコンテンツを対象に，振動刺激の設計手法について実験的な検討を行った結果，以下の知見が得られた．

- シーン 1 および 3 の結果から，ピッチ角，ロール角共，複雑に変化する視覚刺激において，カメラモーションなどを反映した振動刺激は，参加者の感情価を快方向に増進させる．
- シーン 2 の結果から，ロール角のみ変化する単純な視覚刺激では，カメラモーションを反映した振動刺激の効果は十分でなかった．

本研究の成果は，実際のコンテンツ「IGT-VR」で社会実装される予定である．今後は，本実験で改善のみられなかったロール角の回転に着目し，効果的な振動刺激の設計について検討を行う．

## 5. 参考文献

1) 柏達晶ら:VR モーションベースの物理運動がユーザー体験に与える影響(1)(2)，第 24 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(2019 年 9 月)，5B-4~5，2019.

2) M.M. Bradley，P.J. Lang：Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential, Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, Vol.25, No.1, pp.49-59, 1994.

**謝辞**

本研究の推進において，4D ブレイン様，クレッセント様より多大なご助力を賜りました．ここに感謝の意を表します．

[連絡先]
柏　達晶
e-mail：tatsuaki850@ruri.waseda.jp

# ミックストリアリティを用いた組み立て支援インタフェースの検討

陳均欣*，盛川浩志*，河合隆史*
*早稲田大学 理工学術院

A Study of Assembly Support Interface Using Mixed Reality

Chun-Hsin CHEN*, Hiroyuki MORIKAWA*, Takashi KAWAI
*Faculty of Science and Engineering, Waseda University

## 1. はじめに

近年 Mixed Reality（MR）や Augmented Reality（AR）と呼ばれる現実空間と仮想空間を同時に観察する技術の発展に伴い，ARデバイスを用いたトレーニングに注目が集まっている．たとえば，工場での社員のトレーニングやサポートに利用する例などが報告されている [1-3]．しかし，従来の研究においては，AR でのトレーニングで UI が与える影響を調査した例は少ない．

そこで本研究では，トレーニングタスクにおいて AR デバイスで表示する指示情報の UI が，ユーザに与える印象やタスクに対する効果への影響について評価を行った．

## 2. 実験方法

### 2.1 方法

本研究では，トレーニングを想定した組立作業を課すタスクを設定した．UI の要因として，呈示方法要因と矢印要因を設定した．

AR でのマニュアルの呈示方法については，ユーザの動きに対する挙動を基準とした分類を参考とした [4]．物体の表示位置については，World-Locked, Body-Locked と呼称される分類がある．それぞれの定義を表 1 に示す．本研究ではこの World-Locked（以下 World），Body-Locked（以下 Body）の 2 つを呈示方法要因とした．

表 1　UI コンテンツの定義と説明

| コンテンツタイプ | 定義 |
|---|---|
| ワールドロック (World-Locked) | 仮想物体を現実世界の座標に固定して呈示する．ユーザが移動しても，物体は常に現実空間の固定した位置に表示される． |
| ボディロック (Body-Locked) | 仮想物体をユーザの位置に応じた座標に固定して呈示する．ユーザ移動に伴い，仮想物体もユーザに追従して表示される． |

また，作業指示として，CG で表現される矢印を，組み立て対象の物体と合わせて表示した．矢印は装飾のない直線の矢印（従来矢印）と，ねじでの締結動作をアニメーションとねじれた形状で示した矢印（作業矢印）[5]の 2 種類を用意した．要因として矢印の表現を設定し，従来矢印のみ呈示する条件と，作業矢印が混在して呈示される条件を設定した．

### 2.2 実験環境

本研究では AR デバイスとして，Microsoft HoloLens を使用した．組立作業のタスタは，タミヤのテクニクラフトシリーズ 74 番（タスク A）と 84 番（タスク B）をマニュアル通りに組み立てる作業を選定した．それぞれのタスクはギアとモーターを組み合わせた部品を作成する内容である．

タスクに使う部品を CG モデルで，マニュアルを平面の画像で AR 表示した．ネジや，ギアを入れる指示として矢印を表示した（図 1）．

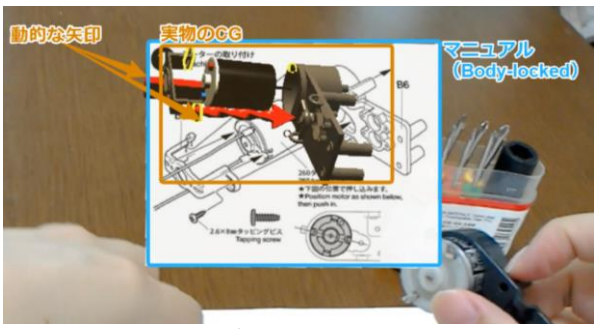



図 1　ユーザから見た AR 指示映像
（条件：Body 条件，作業矢印条件）

### 2.3 測定項目

主観評価として，User Experience Questionnaire (UEQ) [6]，マニュアルおよび CG を見た割合，5 件法のアンケートへの回答を求めた．

アンケートの質問項目は，「マニュアルがわかりやすかったか」，「アニメーションがわかりやすかったか」，「作業の難易度はどうだったか」とした．

### 2.3 手続き

タスクの入れ替え、UI は 4 条件をそれぞれに，ユーザごとにランダムに提示した．タスク中は，作業時間やエラーの情報を測定し，タスク後に主観評価をもとめた．なお実験参加者には，事前に説明を十分に行い，データ利用の同意を得た．

参加者は 32 人に（うちに女性 9 人）であった．組立タスク A と B を，被験者ごとに順番を入れ替えて呈示し，マニュアルを参照して組み立てるよう指示した．マニュアルと矢印，計 4 条件で被験者内の実験を行った．タスクの間には 10 分間の休憩をはさみ，実験全体の試行時間は平均約 90 分間であった．

## 3. 結果

### 3.1 主観評価 — UEQ

UEQ は 28 個の形容詞対に対する評価から，見栄え，明快さ，効率，信頼性，刺激，ノベルティ（新奇性）に対するスコアを算出できる．

明快さにおいて，World 条件の方が有意に高い結果となり（$F(1,15)=5.3$，$p=0.035$，図 2），見栄えと信頼性でも同様の有意傾向がみられた．

ノベルティは，交互作用に有意差が認められ（$F(1,15)=13.97$，$p=0.002$），多重比較の結果，「Body と作業矢印」ペアと「World と従来矢印」ペアで有意差が確認された．つまり，Body 条件では作業矢印は有意に高く評価され（$F(1,15)=6.69$，$p=0.021$），World 条件では従来矢印が有意に高く評価された（$F(1,15)=10.1$，$p=0.006$，図 3）．他の項目では特に有意な差は確認されなかった．

### 3.2 客観評価

タスク A では，World 条件の方で有意に作業時間が長い結果となった（$F(1,15)=5.034$，$p=0.034$）．しかし，エラーの数は特に有意差はなかった．

### 3.3 その他のデータ

タスク A と B では B の方が難易度に高いと評価された（$t(31)=.49$，$p=0.000$）．マニュアルのわかりやすさについての評価も，B の方が低い結果となった（$t(31)=1.25$，$p=0.047$）． CG の分かりやすさは，タスク間で有意差はなかった（$t(31)=.9$，$p>0.05$，図 4）．また，マニュアル・CG を見た割合の結果の平均値は，マニュアルは 67.2%，同程度は 25%，CG アニメーションは 7.8%であった．

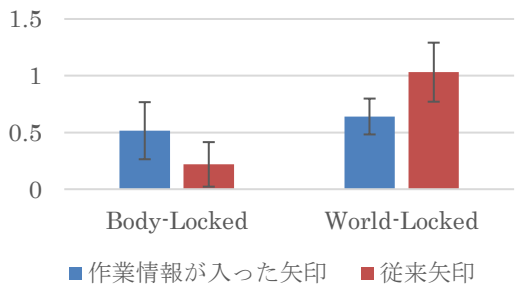



図 2　UEQ 明快さの平均と標準誤差

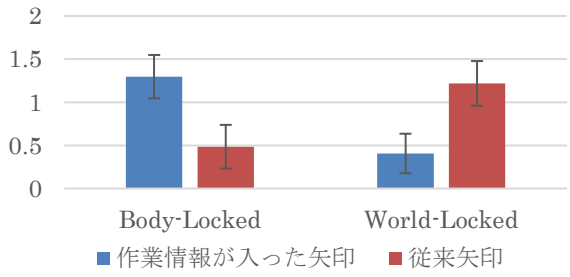



図 3　UEQ ノベルティの平均と標準誤差

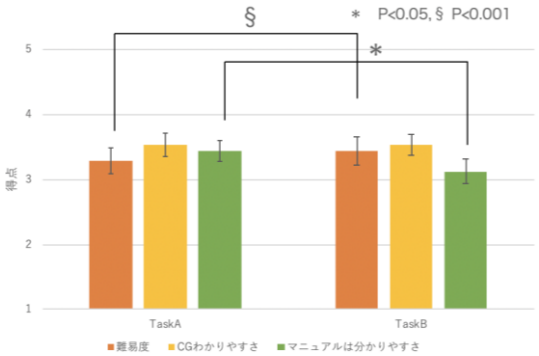



図 4　主観評価アンケートの平均と標準誤差

## 4. 考察

主観評価の結果は，全体的に World 条件の評価が高いことが確認された．一方，作業時間は，World 条件で長くなる結果となった．作業時間がかかった理由として，World 条件はマニュアルが空間に固定されているため，Body 条件より視線の移動が多くなったと考えられる．しかし，作業時間が長くなっても，ユーザに快適な体験を与えたことが示唆され，World 条件の方がポジティブな印象を与えたと考えられる．

矢印条件については，エラー数や作業時間には影響を与えていないが，UEQ のノベルティの項目で交互作用が確認された．つまり Body 条件と作業矢印条件を動的，同様に World 条件と従来矢印を静的だとすると，動的静的の特性が一致することで，ノベルティの評価が高まったと考えられる．

## 5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 17K00278 の助成を受けたものです．ここに感謝の意を表します．

## 6. 文献

1) 水流添弘人 et al. "ペッパーズゴーストを用いた MR 組立作業支援システム," 情報処理学会論文誌,vol.59, no.1, pp. 61-68, 2018.
2) G. Westerfield et al."Intelligent augmented reality training for motherboard assembly," International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2015.
3) S. Henderson et al. "Exploring the benefits of augmented reality documentation for maintenance and repair," IEEE Trans Vis Compute Graph, Oct 2011
4) Microsoft Doc - Coordinate systems.https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/coordinate-systems
5) Unity Asset Store: 14 Arrow Animations.
6) M. Schrepp et al., "Applying the user experience questionnaire (UEQ) in different evaluation scenarios," in International Conference of Design, User Experience, and Usability, 2014.

[連絡先]
陳　均欣
e-mail：cindychen0204@toki.waseda.jp

# 異常検知手法を用いた作業姿勢の変化の検出に基づく筋疲労の推定

○平内和樹*，矢治美穂*，倉元昭季**，瀬尾明彦**
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科，**所属首都大学東京システムデザイン学部

Estimating muscle fatigue based on detecting the change of working posture using anomaly detection

Kazuki HIRANAI*, Miho YAJI*, Akisue KURAMOTO**, Akihiko SEO**
*Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University
**Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

## 1. 緒論

機械による自動化が進む現在の製造業においても，高品質やカスタマイズ製品の生産が必要な場面では手作業の需要は高く，反復タスクや複数タスクを組み合わせた作業が頻繁に実施される．特に，反復作業は筋疲労を引き起こし，筋骨格系障害を発症するリスクとなりうる．反復作業における筋骨格系障害に対する人間工学的な介入の 1 つとして，運動の類似性の低下，すなわち，動作のばらつきの増加が有効だと報告されている[1]．したがって，疲労に伴う動作のばらつきの経時変化に応じた作業間の休憩の指示などを与えることで，筋骨格系障害の予防に貢献できると考えられる．本研究では，異常検知手法の 1 つである特異スペクトル変換（Singular Spectrum Transformation, SST）[2]を用いて動作のばらつきの経時変化を推定し，従来の筋疲労モデルの結果との関係を考察する．

## 2. 理論

### 2.1 より長期の動作履歴を考慮した SST の提案

通常の SST[2]は図 1 に示すように，ある周期$\boldsymbol{L}$だけ遡った動作区間しか比較していない．しかし，反復作業などでは，緩やかに関節角度が推移していくと予想される．この時，より長期的な動作の差を通常の SST では比較できず，疲労による動作変化の傾向を見逃す可能性がある．そこで，本研究では異常スコアを以下の式で計算することにより，長期的な動作履歴の考慮を行うことを試みた．

$$a(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N} 1 - \|\mathbf{U}_r(t-(i-1)L)^{\mathrm{T}}\mathbf{Q}_m(t)\|_2}{N}$$

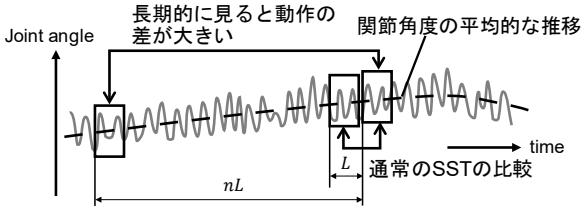



図 1　反復作業における異常スコア算出の問題点

## 3. 実験方法

### 3.1 被験者

本研究では 11 名の男性被験者が実験に参加した．被験者の年齢，身長，体重の Mean±SD は，23.5±1.5 歳，1732±42 mm，67.4±9.0 kg であった．

### 3.2 実験条件および実験の手続き

被験者は異なる作業条件下において座位姿勢で軽量物（直径=35 mm, 重さ 8 g）を 10 分間移動させ続ける作業を実施し，その際の作業姿勢および主観評価について計測した．作業条件は被験者左側のかごから右側のかごへ軽量物を移動させるタスク A，被験者から見て奥にあるかごから手前のかごへ軽量物を移動させるタスク B の 2 種類とした．被験者は開始の合図に合わせて作業を開始し，10 分間作業を繰り返した．被験者は作業中に 20 秒ごとに右上肢の負担感について回答した．

### 3.3 解析項目

#### 3.3.1 作業姿勢

磁気式 3 次元位置測定装置（trakSTAR, Ascension 社製）を用いて計測された各身体セグメントの傾きを，3 次元剛体リンクモデルに当てはめ，右上肢の関節角度を推定した．本研究では，肩関節外転角，肩関節屈曲角，肩関節内旋角，肘関節屈曲角の時系列データに SST を適用し，動作のばらつきの経時変化を推定した．

#### 3.3.2 筋疲労の推定

筋疲労は Xia and Frey-Law の筋疲労モデル[3]を用いて推定した．本研究では，肩関節における筋の残存能力を示す残存能$\boldsymbol{RC}$に対する目標負荷の比率（努力率：$\boldsymbol{BE}$）を身体負担指標として定義し，動作のばらつきの経時変化と比較した．

#### 3.3.3 主観評価

右上肢の主観的な負担感について，被験者は 20 秒に 1 回，Borg CR10 を用いて回答した．作業における被験者全体の負担感の傾向を明らかにするために，各時刻における主観的負担感の中央値を被験者全体の主観的負担感の代表値として定義した．

## 4. 結果

### 4.1 SST による動作のばらつきの経時変化

図 2 および図 3 にタスク A およびタスク B の各関節の動作のばらつきの経時変化をそれぞれ示す．立ち上がりの動作のばらつきは静止区間を含むため増加しやすい．したがって，100 秒以降の動作のばらつきの経時変化に着目する．タスク A では，主に肩関節外転角が時間の経過と共に増加し，値も大きかった．肩関節屈曲角はわずかに時間と共に増加し，肩関節内旋角はほとんど一定で

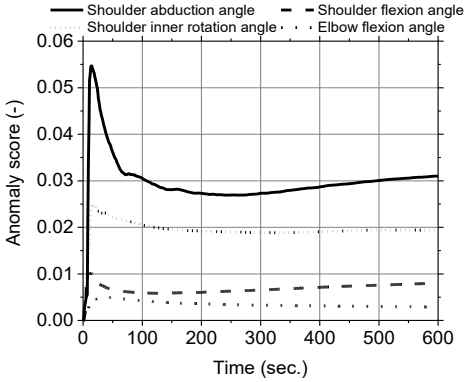



図 2　タスク A の動作のばらつきの経時変化

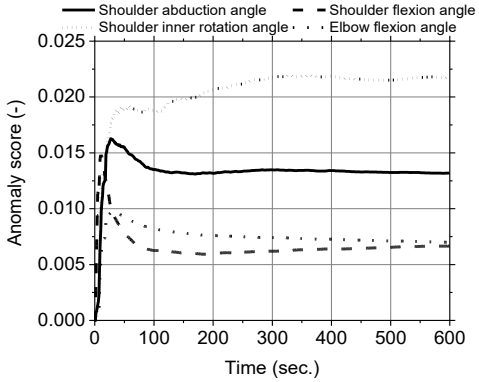



図 3　タスク B の動作のばらつきの経時変化

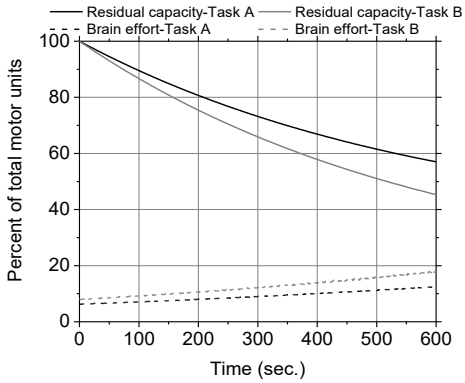



図 4　肩関節の筋疲労の経時変化

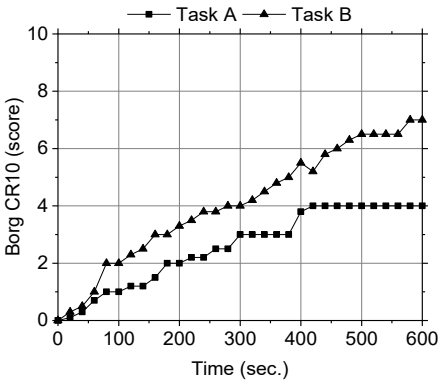



図 5　右上肢の主観的負担感の推移

あった．肘関節屈曲角は時間の経過と共にわずかに減少した．タスク B では肩関節外転角は時間の経過と共にほとんど一定であった．肩関節屈曲角は時間の経過と共にわずかに増加し，肩関節内旋角は時間の経過と共に大きく増加した．肘関節屈曲角は時間の経過と共に減少した．

### 4.2 筋疲労の推移

図 4 に肩関節の筋疲労の経時変化を示す．タスク間で比較した場合，タスク B の方が$\boldsymbol{RC}$は大きく低下し，$\boldsymbol{BE}$はタスク A よりも大きいことが分かる．これらの結果は，タスク B の方が肩関節に発生する筋疲労の度合いがタスク A よりも大きいことを示している．

### 4.3 右上肢の負担感

図 5 に右上肢の主観的負担感の推移を示す．タスク A，タスク B 共に時間経過に伴い，負担感が増加したが，タスク A は 400 秒以降の主観的負担感が一定値となった．また，タスク B の方がタスク A よりも主観的負担の最終値が大きくなった．

## 5. 考察

タスク A において肩関節外転角と肩関節屈曲角の動作のばらつきは，努力率$\boldsymbol{BE}$と同様に，時間経過に伴い増加した．タスク B においても，肩関節屈曲角と肩関節内旋角が時間経過に伴い増加し，努力率$\boldsymbol{BE}$と同様の傾向が見られた．これらの傾向は，動作のばらつきが筋疲労の進行に伴い増加するという知見と一致し，SST が反復作業における動作のばらつきの経時変化を評価できることが示唆された．動作のばらつきの変化から筋疲労状態を推定するために，目的変数を努力率$\boldsymbol{BE}$とし，説明変数を各関節角の動作のばらつきとした推定式の構築が必要であると考えられるため，時系列データの推定式・予測式の構築を今後の課題とする．

## 6. 結論

本研究では反復作業における SST によって計算された動作のばらつきと筋疲労の経時変化の関係から，SST による動作のばらつきが筋疲労と同様に，時間経過とともに増加することを示した．

## 7. 文献

1) Mathiassen: Diversity and variation in biomechanical exposure: What is it, and why would we like to know? Applied Ergonomics, 37, 419-427, 2006.
2) Ide and Inoue: Knowledge discovery from heterogeneous dynamic systems using change-point correlations, In proceedings of 2005 SIAM International Conference on Data Mining, 571-576, 2005.
3) Xia and Frey-Law: A theoretical approach for modeling peripheral muscle fatigue and recovery, Journal of Biomechanics, 41(14), 3046-3052, 2008.

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

# 床反力解析に基づく反動工具使用時の身体動揺評価

○菅間敦*，高橋明子*，瀬尾明彦**
*労働安全衛生総合研究所，**首都大学東京システムデザイン学部

Evaluation of Postural Perturbation Based on Foot Reaction Force Analysis during Tasks Using a Handheld Impact Tool

Atsushi SUGAMA*, Akiko TAKAHASHI*, Akihiko SEO**
*National Institute of Occupational Safety and Health, Japan,
**Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

## 1. 緒論

高所から墜落・転落は労働災害の死亡原因のトップを占め，そのうち約半数を建設業が占める．なかでも足場や脚立などの上で反動工具を使用する作業は，作業者がバランスを崩しやすく危険性が高いとされている．工具使用中に姿勢のバランスが崩れる要因としては，工具の予期せぬ挙動や突発的な反動・反力のほか，作業のために無理な姿勢をとることが考えられる．先行研究においては，静的立位姿勢における姿勢安定性の評価[1]や，予測可能な衝撃力を受けた際の姿勢制御に関する検討[2]などが行われているが，建設現場で使われる工具を対象とした研究は少ない．工具のなかでも，釘打ち機は使用時の反動が大きくバランスを崩しやすいことが経験的に知られているが，反動を受けた際の姿勢への影響は検討されていない．墜落・転落災害の防止にむけて，姿勢が不安定化する要因とその影響度を評価し，適切な作業方法を喚起する必要がある．そこで本研究では，高圧釘打ち機を使用した際の反動による姿勢動揺を測定するとともに，作業姿勢の影響を評価することを目的とした．

## 2. 実験方法

実験参加者は 21 歳から 25 歳までの大学生 10 名（男性 7 名，女性 3 名）とした．実験参加者の年齢，身長，体重はそれぞれ 22.9 ± 1.1 歳（平均±標準偏差），164.3 ± 8.8 cm，59.3 ± 8.4 kg であった．

実験課題は 2×4 構造の木造建築作業を基に決定した．エアコンプレッサの圧力は 1.5 MPa とし，図 1 のように高圧釘打ち機（マックス，HN-65N3(D)）を使用して長さ 50 mm の釘（マックス，FC50V9(CN50)）を前方の壁面に設置した SPF 材に打ち込んだ．釘は 1 試行につき 8 秒間で等間隔に 4 箇所打ち込んだ．床反力測定のため，実験参加者は 2 枚のフォースプレート（Kistler 社，9286AA）上に任意の足位置で立ち，姿勢測定のためモーションキャプチャ（Noitom 社，Perception Neuron）を装着した．また手背に加速度センサ（S&ME 社，DL-111）を取り付け手部の加速度を測定した．また主観的な姿勢の揺れや不安定感について，先行研究[3]を基に 0〜2 点（0.5 点刻み）の 5 段階評価で各試行終了後に調査した．

実験条件は，釘の打ち込む高さ（以下，作業高）を変化させ，その高さは各実験参加者の目線高，肘高，腰高，膝高の 4 水準とした．測定は各条件 2 回行った．実験参加者の足位置（左右非対称）は実験前に任意に決定し，全条件で統一した．なお本研究は労働安全衛生総合研究所の研究倫理審査（H30-安 6-01）の許可を得て，実験前に予め十分な練習を行い，安全面に配慮して実験を行った．

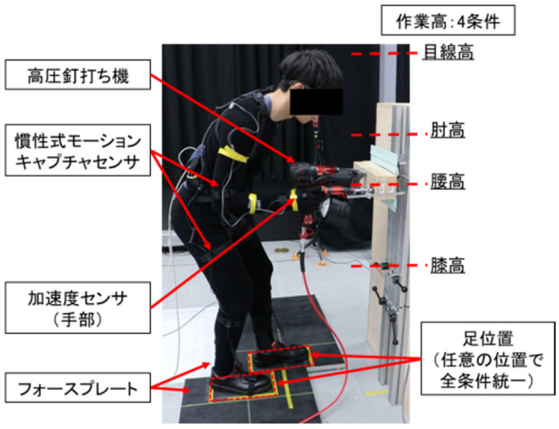



図 1　実験の様子

## 3. 結果および考察

### 3.1 床反力作用点（COP）

作業中の COP の位置変化として，実験参加者 1 名の肘高条件における例を図 2 に示す．このケースでは，COP は釘打ち機を構えた状態では左足（前足）の右方にあり，打ち込み直後には後方へ 15 cm 程度瞬間的に移動していた．

図 3 に COP の移動軌跡について，平均座標を基準に算出した実効値外周面積の結果を示す．外周面積は目線高条件で支持基底の約 23%で最大値となり，膝高条件で同 13%と最小値となった．作業高が高いほど面積は増加する傾向が見られた．

また，釘打ち機の打ち込み直後について，COP の水平方向への最大移動速度を求めた結果を図 4 に示す．作業高で比較すると，COP の外周面積と同様の傾向を示し，目線高では 25 cm/s の速度となった．これらの結果から，釘打ち機作業による反動は条件によって同一であるものの，作業高によ

って姿勢の動揺量が影響を受けることが明らかとなった．この理由は，足から作業位置までの垂直距離が長くなると身体の矢状面方向へのモーメントが増加するためと考えられる．

### 3.2 主観評価

主観評価の結果として，身体の動揺感とバランス維持の困難さの値を図 5 に示す．この結果から，身体の動揺感は目線高と膝高において平均 0.75 点程度と同程度に高かった．一方，バランス維持の困難さは，膝高が最も高く，他の高さではほとんど差は見られなかった．目線高において身体の動揺感が増加したことについては，COP の外周面積や最大速度が増加した傾向と類似しているものの，他の指標とは異なり，主観評価では膝高も不安定と判定される傾向がみられた．これについては，釘打ち機の反動による外乱としての動揺ではなく，しゃがみ姿勢をとることによって作業姿勢自体が不安定化したためと考えられる．著者らの検討では，しゃがみ姿勢をとると機能的安定性限界（Functional Stability Limits）が縮小し，静的安定性が低下する可能性が示唆されている．これは膝関節の屈曲が大きくなることで関節の柔軟性が低下し，反動を受けた後の姿勢保持が難しくなるため，姿勢制御の困難さをもとに転倒に対する不安感を評価しているためではないかと考えられる．

## 4. 結論

本研究では，壁面への釘打ち作業を行った際の床反力解析に基づいて姿勢動揺の評価を行った．また作業高として床から作業位置までの垂直高さによる影響を評価した．その結果，作業位置が高いほど反動により動揺が大きく不安定になるため，釘打ち機の反動による不安定化を避けるには頭より高い位置を避けるべきだと考えられる．一方，主観的な姿勢の不安定感は膝高など低い高さほど高まる傾向が見られたことから，姿勢による不安定化を回避するには膝よりも高い位置で作業すべきだと考えられる．これらのことから，釘打ち機作業にとって適切な作業高は肘から腰付近がよいと考えられる．なお今後は実際の作業のリスクを網羅的に評価可能とするため，反動の方向や強度，時間的特性などの因子も考慮に入れて姿勢安定性の検討を行う必要がある．

## 5. 文献


1) 北林保・出村慎一・山次俊介・中田征克・野田政弘・今岡薫：静的立位姿勢における足圧中心動揺変数相互の関係の検討：領域別及び性差の観点から，Equilibrium research, 62(1), 34-42, 2003.
2) 神崎秀・岡田慧・稲葉雅幸：予測可能な衝撃力に対する予見制御に基づくヒューマノイドの身構え行動制御，日本ロボット学会誌, 25(7), 1068-1073, 2007.
3) Chiou, S., Bhattacharya, A., Lai, C.F., Succop, P.A.: Effects of environmental and task risk factors on workers' perceived sense of postural sway and instability, Occupational Ergonomics, 1(2), 81-93, 1998.



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

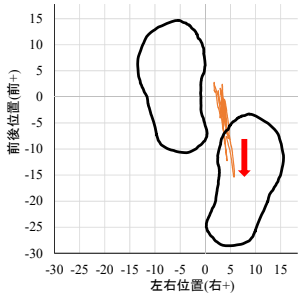




図 2 支持基底上での COP 移動の例（単位: cm，肘高）

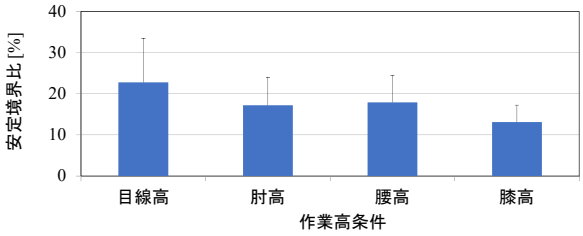



図 3　COP 外周面積の支持基底面積に対する比

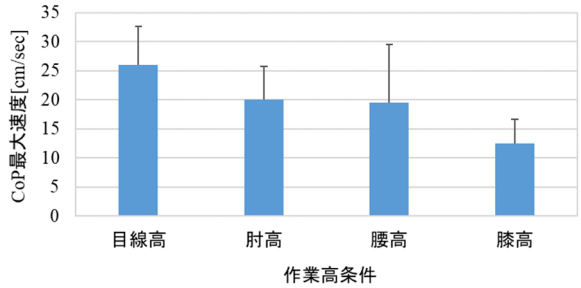



図 4　COP の水平方向への最大速度

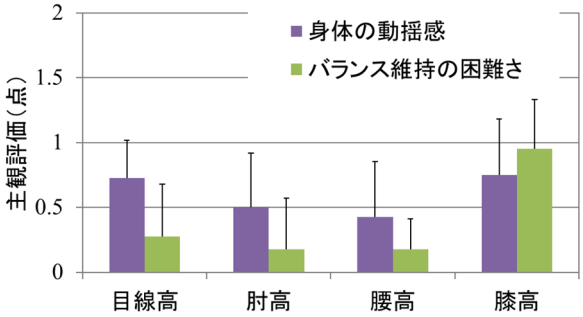



図 5　主観評価

# B-3-3

# 筋疲労モデルを用いた短時間反復作業時の身体負担評価

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

Evaluation of physical load during short repetitive work by using muscle fatigue model

Miho YAJI*,Kazuki HIRANAI*, Akisue KURAMOTO**,Akihiko SEO**
* Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University,
** Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

## 1. はじめに

生産現場や日常生活では一人の作業者が複数の作業を担当する場面はよく見られる．複数作業の評価に対応した手法はいくつか提案されているものの，負荷の異なる作業をどのような順序で実施すればより負担が小さくなるか，といった研究はいまだ不十分な点が多い．また，人手による作業は低負荷で反復の多いものがよくみられるものの，そのような条件を考慮した複数作業の順序効果の影響を検討した研究は少ない．

そこで本研究では複数の反復作業を用意し順序による負担への影響を明らかにすることを目的とする．筋疲労モデルで計算した値を用いて負担感の推定値を算出し，短時間内に繰り返し作業を行った際の負担感への影響を検討した．

## 2. 方法

### 2.1　反復作業時の負担感の測定

被験者は健常な男子学生 10 名とし，年齢，身長，体重の平均と標準偏差はそれぞれ 23.0±1.2 歳，171.3±3.5 cm，64.7±7.4 kg であった．

本実験では，右手での軽量物取り置き作業を上肢と腰部で負荷を変えて 3 種類用意し，順序を並べ替えて行った．3 種類の作業内容は以下の通りである．被験者の正中線より 10 cm左側に位置する箱から軽量物を取り，被験者の正中線より 30 cm右の箱に移動させる作業を作業 a，被検者前方の上肢長の位置にある箱から軽量物を取り，前腕長に位置する箱に移動させる作業を作業 b，被検者の目線高に位置する箱から軽量物を取り，腰高に位置する箱に移動させる作業を作業 c とした．作業 a は上肢腰部ともに負荷の軽い作業，作業 b は上肢の負荷は中程度で腰部の負荷が高い作業，作業 c は上肢の負荷が高く腰部の負荷は軽い作業となっている．

実験条件はこれらの作業を組み合わせた計 6 条件(abc, acb, bac, bca, cab, cba)となる．一種類の作業につき 60 秒間軽量物の取り置きを反復して行ってもらった．また，作業間には 20 秒の直立静止時間を設けた．

主観評価の測定は，作業中の上肢と腰部の負担感について Borg CR10[1]スケールを用いて記録した．一つの作業につき開始時点，開始から 20 秒，開始から 40 秒，作業終了時の 4 回回答してもらった．1 条件には 3 つの作業が含まれるため，計 12 回記録した．

### 2.2　負担感の推定値算出手順

今回使用した筋疲労モデルは Xia と Frey-Law らのモデル[2]で，筋の運動単位を活動分 $M_A$，未活動分 $M_R$，疲労分 $M_F$ の 3 つの要素から構成されるとしている．$F$ を疲労係数，$R$ を回復係数，$C(t)$を時点 $t$ で筋にかかる負荷 *TL(Target Load)*に応じた値としたとき各成分が以下の式で増減するとしている．ここで，TL は関節トルク比や最大筋力比に相当する．

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

また，疲労時の状態で筋が力を発揮できる残存能力 RC(Residual Capacity)および RC に対する負荷 TL の割合である BE(Brain Effort)はそれぞれ次式で計算できる．

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

上記の筋疲労モデルを用いて，反復作業時の上肢と腰部の負担感の推定値を以下の手順で求めた．
①実験時に計測した姿勢データから，右肩関節と腰関節の関節トルク比を計算し TL とする．
②各作業における上肢と腰部の BE を計算，さらにその BE を平滑化した値(SBE)を計算する．
③ 上肢，腰部それぞれについて SBE から主観評価値を求める推定式を作成する．ここでの SBE と主観評価値は被験者全員の平均値を用いる．
④SBE と推定式より，上肢と腰部の負担感の推定値を算出し，主観評価実測値との比較を行う．

## 3. 結果

図 1 に SBE と主観評価値の散布図およびその推定式を示す．上肢は SBE が 10%までの範囲で主観評価の値が約 4 点まで増加しているのに対し，腰部は SBE が約 15%まで増加しても主観評価は 2 点を下回る結果となった．本実験条件では，SBE と主観評価値との関係が上肢と腰部で異なることが

わかった．

図 2 に条件 abc における上肢および腰部の主観評価値（負担感の実測値）とその推定値の推移を示す．主観評価値は，上肢では全作業で時間経過とともに値が増加した．特に上肢にとって最も負荷の高い作業 c では他の作業時より値が大きく増加した．腰部は作業 a，作業 c に比べ負荷の高い作業 b で，時間経過による値の増加がみられた．負荷の少ない作業 a と作業 c では，値がほとんど変わらなかったが， 作業 c のほうが全体を通して作業 a より高めの結果となった．また，作業間の静止時間のために一度負担感が下がるものの，0 点近くまでは下がらなかった．

推定値について，上肢，腰部ともに作業開始時点では実測値とほぼ同じ値になる．上肢の推定値は，作業 a では実測値のほうが上回る傾向となった．作業 b では作業中と終了時に推定値の方が実測値を上回った．作業 c では作業 b に続き作業開始から 20 秒点までは推定値が上回っているが，作業開始から 40 秒点と終了時では実測値のほうが高い結果となった．腰部は作業 a，作業 c では実測値と近い値となり，作業 b では推定値のほうがやや高くなった．

## 4. 考察

上肢の主観評価値（実測値）では，それぞれの作業間で点数が少し下がるものの 0 点にはならないことから，負担感が残ったまま作業していることがわかる．作業 c で負担感の増加が大きかったのは，前作業の負担感が残っているのに加えさらに負荷が高い作業をすることで，より負担感を感じやすかったからと考えられる．腰部については作業 a と作業 c では同程度の負荷であるのに作業 c のほうが全体的に点数が高く，作業 b での負担感が残っていることがわかる．

推定値との比較では，どの作業でも作業開始時より終了時点でずれが生じている．特に上肢の作業 c では終了時点で実測値のほうが大きいが，これは単に同じ姿勢を取る作業でも，繰り返し行うことによる負担感の蓄積が生じているからと考えられる．作業 b では推定値が実測値を上回っており，姿勢に対しての主観は評価が小さいが，これは作業 b ではやや前傾姿勢をとるために，上肢の負担感を分散させることで，点数が推定値より低めになったと考えられる．

## 5. 結論

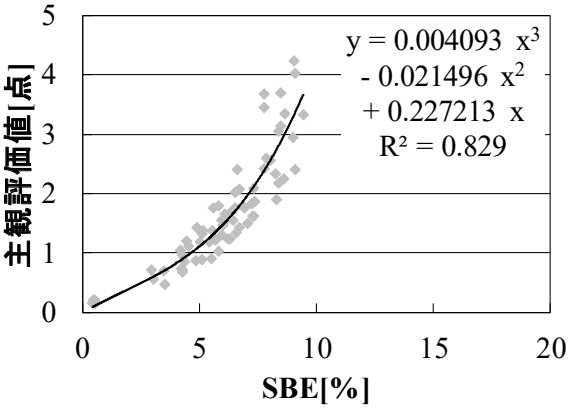
負荷の異なる短時間での反復作業を複数用意し，その実施順序を変えて行った際の負担感の推定を，筋疲労モデルの計算値を用いて行った．おおむね妥当な推定はできたが，負荷の高い作業時に推定値と実測値がずれる傾向は残り，その対応の必要性が示唆された．

本研究は科研費 19K04922 の助成を受けて行った．

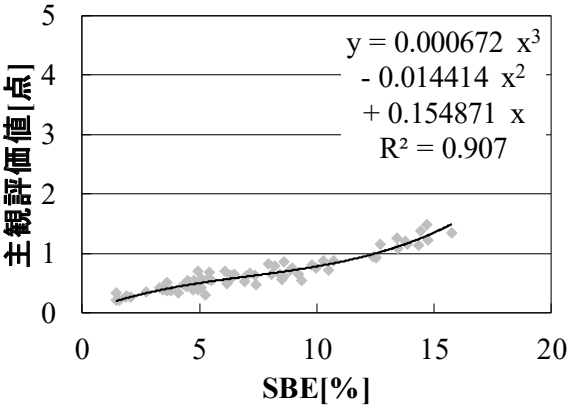
## 6. 文献

1) Borg: Borg’s perceived exertion and point scales, Human Kinetics, 1998.
2) Xia and Frey-Law: A theoretical approach for modeling peripheral muscle fatigue and recovery, Journal of Biomechanics, 41(14), 3046-3052, 2008.

[連絡先]
矢治　美穂
e-mail：yaji-miho@ed.tmu.ac.jp




(a) 上肢




(b) 腰部

図 1　主観評価結果と SBE の散布図

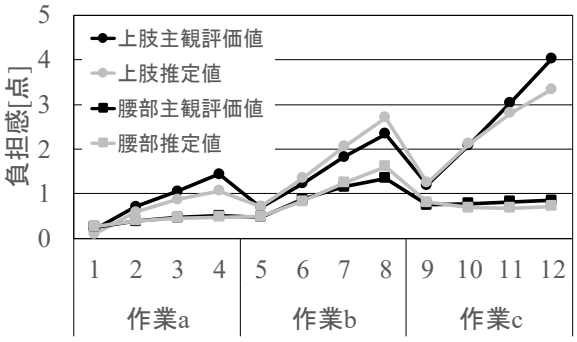



図 2　主観評価値と推定値の比較結果(条件 abc)

# 立位作業におけるフットレストバーの最適設置位置と使用効果に関する実験的検討

○阿久津正大*，高瀬深久*（玉川大学工学部）

Experimental Study on Optimum Setting Position of Footrest Bar and Its Usefulness in Standing Desk Work

Masahiro AKUTSU *, Kumi TAKASE*
(* College of Engineering,Tamagawa University)

## 1. はじめに

長時間の座位姿勢の継続は健康リスクを伴う。健康リスク軽減や作業の生産性向上などのために、近年ではデスクワークへの立位作業の導入が進みつつある。

立位作業では体重を下肢で支えるため、下肢の負担が大きくなり、作業を長時間継続することが困難になる。フットレストの使用により、下肢の負担軽減が期待される。茂木らはフットレストの設置位置と使用効果について研究し、フットレストを設置する最適な奥行として立位時の軸足から靴のサイズ分前方、最適な高さとして 100～200㎜を見出している [1)]。しかし、その研究では立机と立位時の足位置に係わる基準点が示されておらず、フットレストの設置位置を定めることができない。

本研究では、フットレストバー設置の奥行きと高さを多水準に変えられる実験器具を設計・製作し、その実験器具を用いて、フットレストバー設置の奥行きと高さを多水準に変化させた主観評価実験を行い、立机に寄りかからない場合と寄りかかる場合の立位作業における作業者が好む最適なフットレストバーの設置位置を明らかにする。加えて、立位作業の安定性、下肢の負担軽減、体重の分散度合の観点から、フットレストバーの使用効果について検討する。

## 2. 実験で用いたフットレストバー設置位置可変器具とフットレストバー

図1にフットレストバー(以後は”バー”と略記)設置位置可変器具とバーの図面の一部と実物の写真を示す。バー設置位置可変器具は厚さ20㎜ベニア板で製作した。ベニア板にあけられた穴にバーを挿入することでバーを設置できる。茂木らの研究[1)]で採用されたフットレストの設置位置範囲よりも広範にバー位置を変えられる仕様とした。バー設置の奥行きは0～280㎜を40㎜間隔で8水準、高さは20～300㎜を40㎜間隔で8水準とし、計64ヶ所にバーを設置できる。バーは径13×400㎜のアルミパイプで製作した。

## 3. フットレストバー設置位置の主観評価実験

実験では、机面高を変更できる座位・立位可変机（Edsbyn製Sit&Standデスク、電動で机面高を70～120㎝無段階に可変）と製作したバー設置位置可変器具およびバーを用いた。

被験者は大学生 20 名（男性 11 名、女性 9 名）であった。年齢 20.9±1.1 歳、身長 1645.7±79.7㎜、体重 56.2±12.1㎏、BMI20.7±3.7 であった。また、利き手は右手 18 名、左手 2 名であり、利き足は右足 17 名、左足 3 名であった。実験時の軸足(床に接地する足)は全員が利き足と反対の足であった。

実験配置図を図 2 に示す。図中の立机面前端中心点 B の垂直点 C を基準点とした。C 点を基準にしてバーの奥行き 0㎜、80㎜、160㎜、240㎜ の 4 水準、また C 点を基準にしてバーの高さ 60㎜、140㎜、220㎜、300㎜ の 4 水準を設定した。設置位置は計 16 水準であった。

実験作業は、朝日新聞「天声人語」の書き写し作業であった。

被験者には、字を書きやすい立机の高さに調整してもらい、さらに立机と身体との適切な距離、

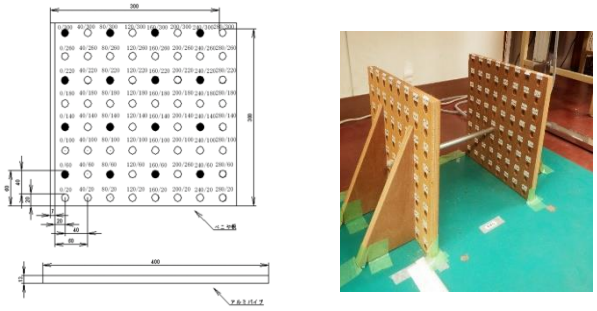


図1　フットレストバー設置位置可変器具とバー（左：図面、右：実物写真）

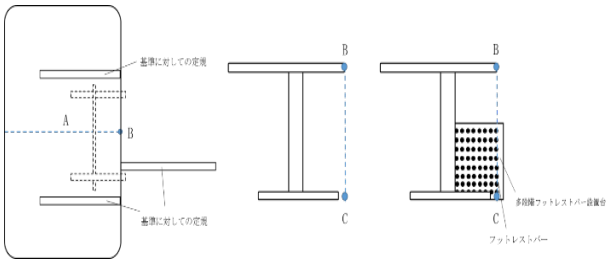



図2　立机とフットレストバー設置位置可変器具の配置および基準点C

書きやすい書字位置および軸足の位置を決定してもらった。その後に、設置位置をランダムに変えたバーに利き足を乗せ、書字作業を行ってもらい、各主観評価項目に回答してもらった。評価実験は、立机に寄りかからない作業姿勢と寄りかかる作業姿勢(図 3 参照)の 2 条件で行った。

主観評価項目は「フットレストバーの奥行感」、「フットレストバーの高さ感」(以上は 7 段階評定尺度、-3～3 点)、「作業姿勢の安定感」、「下肢の負担軽減感」(以上は 5 段階評定尺度、0～4 点)、「軸足、フットレストバー、立机面による体重分散度合」(線分尺度)であった。その他に、軸足中心位置、バーに乗せている足中心位置、書字点位置、体の重心位置等も測定した。

## 4. 結果および考察

4-1. 軸足中心位置(C 点～軸足中心点までの距離)

立机に寄りかからない場合の軸足中心位置は平均 203㎜(SD40㎜)、寄りかかる場合の軸足中心位置は平均 214㎜(SD62㎜)であった。バー使用時の軸足位置は、立机に寄りかかりの有無によって若干異なるものの、基準点 C から踵側におおむね 200～215㎜ 離れることがわかった。

4-2. 作業者が好むフットレストバー設置位置

立机に寄りかかる姿勢でのバー設置の各奥行と奥行感スコアとの関係をバーの設置高さ別に図 4 に示す。どの高さでもバーが近いと近く感じ、遠くなると遠く感じていた。高さ別に奥行き感スコアを y、奥行を x とし、一次式に当てはめて回帰式を得た。得られた回帰式より、丁度よい奥行(y=0 のときの x 値)を算出した。同様な手続きにより、丁度よい高さを算出した。

図 5 は、立机に寄りかからない姿勢と寄りかかる姿勢における丁度よい奥行と高さを 2 次元平面に図示したものである。バーの最適設置域は立机に寄りかかり有無にかかわらずほぼ同じであり、寄りかかる姿勢では前方かつ上方にシフトし、狭くなることがわかった。

4-3.フットレストバー使用の効果

(1)作業姿勢の安定感、下肢の負担軽減感

両作業姿勢において、バー使用によって作業姿勢の安定感、下肢の負担軽減感が増し、バーの最適設置域においてそれぞれが最も高くなることがわかった。バーの最適設置域で作業姿勢の安定感は平均 2.0 点、下肢の負担軽減感は平均 1.5 点～1.8 点が示された。フットレストバーの使用は、両作業姿勢とも作業姿勢の安定、下肢の負担軽減に寄与するものの、「やや安定/やや軽減する」程度であった。

(2)体重分散度合

立机に寄りかからない姿勢では、体重を軸足に約 80%、フットレストバーに約 20%分散する結果を得た。立机に寄りかかる姿勢では体重を軸足に約 60%、フットレストバーに約 15%、立机面に約 25%分散する結果を得た。両作業姿勢とも軸になる下肢を棒状に使うことによって体重を支え、もう片足をバーに乗せることでその足への荷重を軽減できる。立机に寄りかかる姿勢では、立机面でも体重分散できるため、足への荷重をさらに軽減できる。下肢の負担軽減感を抱くに至ったと考えられる。

図 3 フットレストバー設置位置の実験風景

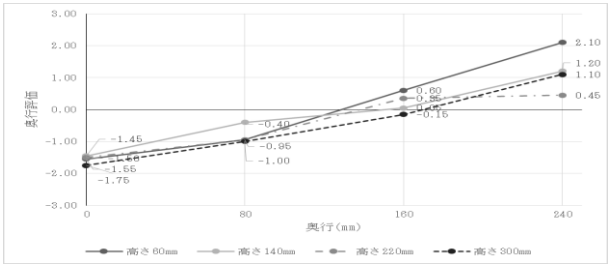



図 4 立机に寄りかかる姿勢でのフットレストバーの設置奥行における奥行き感の評価結果

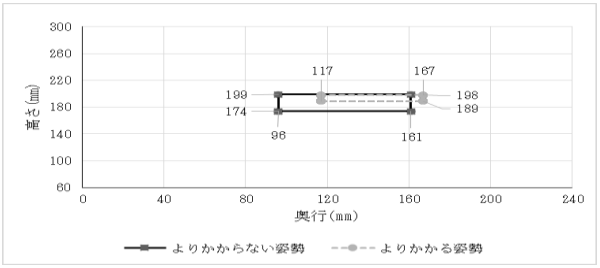



図 5 フットレストバーの最適設置域

## 5. まとめ

立机に寄りかからない作業姿勢と寄りかかる作業姿勢におけるフットレストバーの最適設置域を明らかにした。また、立位作業におけるフットレストバーの使用は作業姿勢の安定、下肢の負担軽減に効果があることを明らかにした。

## 参考文献

1)茂木伸之・鈴木一弥他：デスクワークへの立位作業の導入におけるフットリストの効果，人間工学，Vol.53(特別号)，p280-p281，2017.

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

# 自律神経応答を用いた畳み込みニューラルネットワーク(CNN)・うつ病スクリーニングシステムの開発と臨床応用

○吉澤豊*，林原史明*，渡辺貞雄**，関本文博***，田中伸明***，松井岳巳*

*首都大学東京 システムデザイン研究科，**Vital Lab(株)，***BESLI CLINIC

Development of Depression Screening System and Clinical Application by Autonomic Response using Convolutional Neural Network

Yutaka YOSHIZAWA*, Fumiaki HAYASHIBARA*, Sadao WATANABE**, Fumihiro SEKIMOTO***, Nobuaki TANAKA***, Takemi MATSUI*

*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University, **Vital Lab Ltd., ***BESLI CLINIC

## 1. 緒論

世界保健機構によると，2015年におけるうつ病罹患者数は全世界人口の 4%を超え，3 億 2200 万人を上回っているが，有効な治療を受けているうつ病罹患者はその半数以下とされている [1]．一方，2015 年の世界の自殺者は推計約 80 万人で，自殺の主要因はうつ病との指摘もある．また，WHO の調査の一環として行われた研究によれば，うつ病罹患者の受診率は約 29%と低い水準にある [2]．うつ病罹患者の受診率が低い要因として，受診の必要性を自覚できなかったり，精神科や心療内科に対する負の印象や心理的抵抗感を持っていたりすることが挙げられる [3]．その結果，うつ病の症状が重症化してしまうケースも多いが [3]，早期に治療を開始するほど予後は良いと言われている [2]．

うつ病の自覚症状から，受診の必要性を自覚することは難しいが，自律神経応答の指標である心拍数変動指標(HRV: Heart Rate Variability)の変化から，客観的にうつ傾向を見分ける方法も研究されている [4][5]．具体的には，健常者とうつ病患者で精神的負荷課題を与えた際の HRV の変化パターンが異なることから，精神的負荷を与える課題中およびその前後の HRV の変化をみることで，客観的にうつ傾向の有無を判定する．

先行研究では，HRV を低周波成分(LF)と高周波成分(HF)の 2 群に分け，指標に用いた線形判別分析やロジスティック回帰分析等がうつ傾向の判別に使用されてきた [4][5]．そこで本研究では従来法よりも自律神経応答を詳細に検討でき，多クラス分類への拡張性もある畳み込みニューラルネットワーク(CNN: Convolutional Neural Network)に HRV 解析した周波数スペクトル全体を学習させて分類する手法の開発と臨床応用を目的とする．

また，本研究は BESLI CLINIC 研究倫理委員会の承認を得ている．

## 2. うつ病スクリーニングのメソッド

本研究で提案するうつ病スクリーニング手法のフロー図を図 1 に示す．図 1 の通り，始めに精神負荷時の心電図を計測し，計測した波形を HRV 解析することによりスペクトログラムを算出する．そのスペクトログラムを教師あり学習させたモデルがうつ病を判別する．

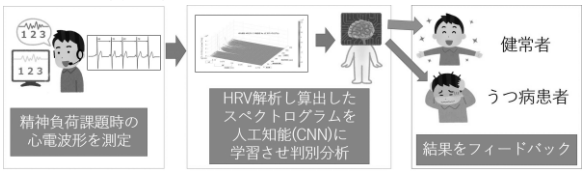



図 1　CNN によるうつ病スクリーニングフロー

### 2.1 心電図計測プロトコル

心電図計測は 1 名につき 360 秒間を要し，最初に前安静を 140 秒間設け，1 秒間隔のメトロノーム音に合わせ 1 桁の数字をランダムに発話する乱数生成課題を負荷として 100 秒間設けた．さらに後安静を 120 秒設けた [4]．なお，心電図は心電計 LRR-03(株式会社ジー・エム・エス)を用いて，計測した．

### 2.2 HRV 解析

2.1 のプロトコルで得た心電図から，ソフトウェア LabVIEW (National Instruments)で作成した解析プログラムを用いて心拍データを取得した後に時間微分し，振幅の変化が大きい区間の変曲点をピークとしてピーク検出を行い，ピークからピーク間隔を求めた．また，算出したピーク間隔のリサンプリングを行い，AR 法を用いて周波数解析を行い，パワースペクトルを算出した(図 2)．その際のデータ長は 40 秒で，1 秒ずつシフトさせて解析した．

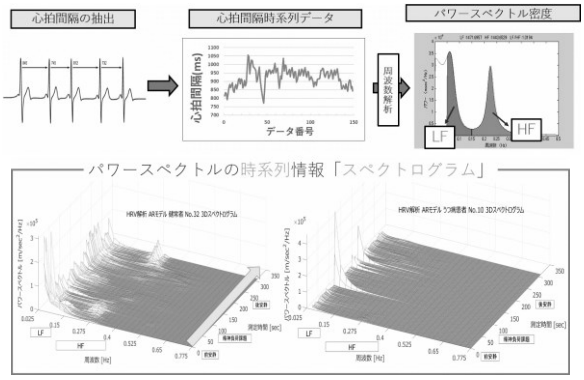



図 2　HRV 解析とスペクトログラム

CNN に学習させるにあたって，算出したパワースペクトルを時系列情報としてスペクトログラムにまとめた．(図 2)

### 2.3 CNN による判別分析

HRV 解析によって得たスペクトログラムを入力データとして CNN の学習モデルを図 3 のように設定してコンパイルした．(Keras / Tensorflow by Python)

入力層では 320(計測時間)×20(周波数: 0.05Hz～0.55Hz)のスペクトログラムを 16×1 の畳み込みフィルタ 32 種類で畳み込みを行った 32 種類の特徴マップを 9 層 16 ノードの全結合層の後に健常者とうつ病患者の 2 群に出力される．

当手法では，HRV 解析の結果をスペクトログラムにして判別分析するため，従来法の LF，HF 等のパラメータは判別指標に含まれていない．さらに，パラメータの平均を取っていないので，当手法は自律神経応答を従来法に比べて詳細に分析しているといえる．

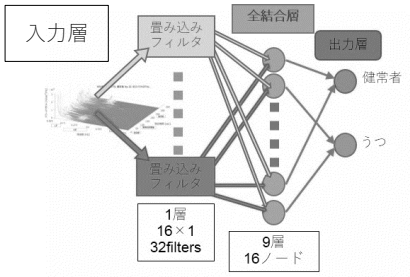



図 3　CNN の概説図

### 3. CNN を用いたうつ病スクリーニング手法の精度検証

研究への同意を得た首都大学東京の健康的な関係者によるボランティア，男女 38 名 (M/F=27/11)（34±10 歳)と BESLI CLINIC の外来患者で同意を得たうつ病患者の男女 38 名 (M/F=22/16)（34±9 歳)を対象に本スクリーニング手法を用いた．76 名の中からランダムに選出された 60 名分(8 割)の HRV 解析データを CNN に 200 回教師あり学習させ，残り 2 割の 16 名分をテストデータとした．

テストデータの判別結果と判別精度を表 1, 2 にそれぞれ示す．

表 1　テストデータの判別結果

| | うつ病判定 | 健常者判定 | 合計 |
|---|---|---|---|
| うつ病患者 | 6 | 2 | 8 |
| 健常者 | 1 | 7 | 8 |
| 合計 | 7 | 9 | 16 |

表 2　テストデータの判別精度

| 正解率 | 感度 | 特異度 | PPV | NPV |
|---|---|---|---|---|
| 81.3% | 75.0% | 87.5% | 85.7% | 77.8% |

表 2 より，正解率が 81.3%，感度が 75.0%，特異度が 87.5%，陽性的中度(PPV)が 85.7%，陰性的中度(NPV)が 77.8%であった．この結果より当スクリーニング手法によってうつ病の判別ができる可能性が示唆されたため，共同研究先の精神化外来で運用した．

### 4. 結論

本論では，開発した CNN を用いたうつ病スクリーニング手法を用いて，健常者とうつ病患者を対象に HRV の変化を分析した．学習させたモデルでテストデータを判別した結果，約 81.3%の正解率であった．当スクリーニング手法によってうつ病の判別ができる可能性が示唆されたため，共同研究先の精神化外来で運用した．今後は，計測対象者を増やすことによる，学習モデルの成熟度向上とさらなる臨床応用を目指す．また，CNN を用いることにより自律神経応答のより詳細な検討が可能になることから，将来的にはうつ病のスクリーニングだけでなく，うつ病（大うつ病性障害）と双極性障害のうつ状態の判別にも取り組んでいきたい．

### 5. 文献


1) World Health Organization: Depression and Other Common Mental Disorders Global Health Estimates, (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254610/1/WHO-MSD-MER-2017．2-eng.pdf?ua=1, 閲覧日 2019 年 9 月 24 日).
2) JCPTD(Japan Committee for Prevention and Treatment of Depression): うつ病診療の要点－10, 2008 (https://www.jcptd.jp/medical/point_10.pdf, 閲覧日 2019 年 9 月 24 日).
3) 荒井 稔: うつ病の診断と治療，都民公開講座現代の病:「うつ」と「もの忘れ」，順天堂医学, 51, 386-391, 2005.
4) Dagdanpurev S, Sun G, Shinba T, Kobayashi M, Kariya N, Choimaa L, Batsuuri S, Kim S, Suzuki S, Matsui T. Development and Clinical Application of a Novel Autonomic Transient Response-Based Screening System for Major Depressive Disorder Using a Fingertip Photoplethysmographic Sensor. Front Bioeng Biotechnol. 2018 May 22;6:64.
5) 前田 崇斗, 松井 岳巳: 精神負荷課題による客観的なうつ傾向判定システムの開発―課題時の心拍数変動指標と脳血流量変化―, pp.38-44, 2016



[連絡先]

吉澤　豊

e-mail：yoshizawa-yutaka@ed.tmu.ac.jp

B-4-2

# 医療従事者のための PSF に基づいた作業手順書改善支援方法の研究

○坂倉直樹，小川智久, 岡田有策
（慶應義塾大学）

The study of a work procedure improvement support system based upon PSF for medical staff

Naoki SAKAKURA, Tomohisa OGAWA,Yusaku OKADA
Keio University

## 1. はじめに

医療現場では一つのヒューマンエラーが患者の生死に影響するため安全管理活動は重要な業務の一つである。しかし、どの作業でリスクが発生するかを評価することは難しく、その可能性を評価することはできない。通常、作業改善を行う際に行われるリスクアセスメントでは対象とする作業のリスクを評価し、リスクを下げるよう改善する。本研究においてはリスクに加えその他の作業にも影響する可能性のある要素を検討し、評価軸に加えることにより、作業改善を行う際の対策検討の判断材料としてリスクマネージャーの安全管理活動を支援することを目指した。

## 2. 手段

新人看護師が既存の手順書であると確認すべき項目が多い中で明確な指示がないために見落とす可能性が考えられる。投薬、処方ミスの原因は様々なものが考えられるが、作業が成功する要因として作業者本人が確認の方法が分からず、作業終了時に不安を残したままになってしまいそれが今後の作業に影響を及ぼす可能性が懸念される。各作業それぞれ自信を持って取り組むことができれば、投薬ミスや処方ミスは減っていくのではないかと考えた。
そこで、本研究において、作業に慣れていない新人作業者に対して
・確認の徹底の定着
・作業終了時に自信を持って処方を行ってもらう
という 2 つの目的を達成できるように作業手順書を作り替え、その効果に対する評価を行い、実際に上記 2 つの目標を達成することができたか評価する。

## 3. 改変する点

既存の手順書において、確認項目の不明瞭さが存在し、実際に患者名の確認の見落としが散見されたため、投薬時に必要である
・患者名
・患者の生年月日
・処方日
・処方担当医
・薬剤名、規格、数量
の全ての項目を確認するように指示を記載した内容を盛り込んだ。さらに、指差呼称ではなく処方箋と用意したラベルや薬剤の記載の照合のために、指で確認すべき個所をなぞりながら呼称を行うような指示内容も追加した。

## 4. 実験方法

対象は投薬作業経験がない学生 4 名である。改変前と改変後の作業手順書それぞれに沿うように作業を行ってもらった。作業に対して自信を持って行うことができているかどうか、作業中における作業者の発言、行動で要因となると考えられる項目を記録した。作業終了後、アンケートの回答をお願いし、
・手順書に基づく作業に対する自信
・手順書の内容の充分性
・確認項目の多さ
・手順書に指示されている確認方法の指示内容の分かりやすさ
に関するデータを採った。
アンケートは各項目に対してリッカート尺度に基づく 4 件法によって評価してもらい、設問に対する当てはまりの度合いが高いほど点数が大きくなるように設定した。その後得られたデータに基づいて考察を行い、実際に確認の徹底の定着、作業に対する自信に対して効果があったか確認した。

| | |
|---|---|
| 手順書に基づく作業に対する自信 | 自信をもって作業を行えた |
| | 取り揃えが完了した後でも注射箋通りに処方できているか不安である |
| | 作業手順がうまく理解できず困惑する |
| | 作業に対して焦りを感じる |
| | 確認が不十分であると感じる |
| | 慣れない作業であったがうまく作業を行うことができた |
| 確認項目の多さ | 確認項目の数が多い |
| | 確認に時間を取られてしまっている |
| | 確認方法に明確な指示がない |

| | |
|---|---|
| **手順書内の指示内容の分かりやすさ** | **なぜこのような作業を行うのか明確な根拠が分からない** |
| | **確認をいつ・どこで行うのかについて明確な指示がない** |
| **手順書の内容の充分性** | **手順書外の知識が必要** |
| | **確認を行う上で、一時的に記憶する内容や事柄が多い** |

図１　実際に使用したアンケートの項目

5. 実験結果

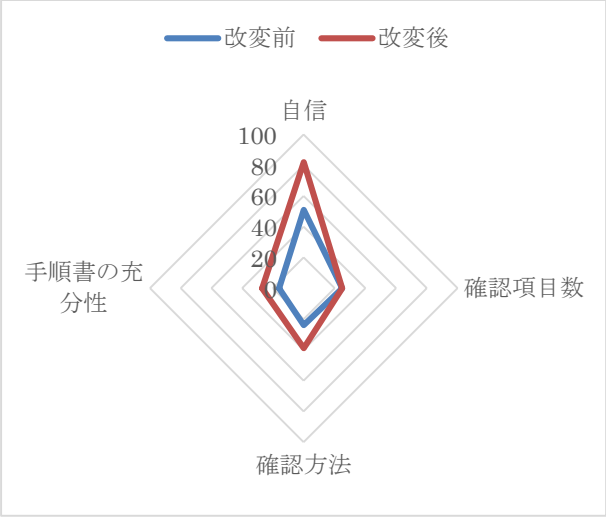



図２　各作業手順書に対する各項目の評価結果

改変前と改変後を比較した際、自信、手順書の内容の充分性、確認方法に関して改変後の方が優れているという結果になった。確認項目数に関しては改変前と改変後で評価指数は同値であった。
作業中における発言に関して、
改変前において、薬剤の規格について正確には 500ml であるにも関わらず、50ml と発言しているときがあったが、実際には正しい処方が行われていた。また、指差呼称が満足に行われていない状態で薬剤名のみを確認しており、確認すべきである患者名、生年月日、処方日、担当医の確認が行われていないことがあった。そのため、これらが異なっているため処方してはいけないものまで処方されてしまっていた。
改変後は確認すべき項目を明確に指示しているために改変前で確認されにくかった項目まで確認されるようになった。

5. 考察
改変前と改変後の手順を比べると確認の詳細な記載に大きな差があった。業務歴が長い看護師であるならば経験的に確認すべき項目は知識として持っているために、作業終了時における自信の度合いに大きな影響は及ぼさない。したがって確認漏れが原因である処方ミスは少ないと考えてよい。しかし、業務経験が浅い新人看護師にとっては確認項目が明確に提示しているわけではないため、本来確認すべき項目を見落とす、また、確認すべきことは全て確認したにもかかわらず不安のまま投薬をしてしまった、ということが起こりうる可能性は考えられる。確認方法に関して指で確認すべき個所をなぞりながら確認をしているために、より多くの感覚器官を使用して確認ができているので作業者本人の作業に対する自信も高まる。
作業中における発話の中で 50ml と 500ml が異なる場面があったが、今回は正しい処方が行われていたが今後同様の事例が発生した場合に、処方ミスが発生することもありうるので発言についても正しく発言するように補足事項として手順書に追加するべきだと考えた。

6. 今後の展望
今回はアンケートという作業者の主観的なデータを基に実験を行った。今後はアンケートに加え、作業者の作業中におけるストレスや緊張などの心的な要因を客観的な観点からの評価も実現するために、作業者の脳波を測定し、作業中の不安や自信によって作業のパフォーマンスは影響を受けるということをそれらのデータを基に議論を進めて行くことが望ましいと考えている。

7. **文献**
1)岡田　有策　ヒューマンファクター概論―人間と機械の調和を目指して―　慶應義塾大学出版会 2005

[連絡先]
坂倉　直樹
e-mail：Naokisaka@keio.jp

# サービス施設のサブサービス提案のための検討手順の提案

－歯科医院を題材として－

○冨田依里*，小松原明哲 **
*早稲田大学創造理工学研究科，**早稲田大学理工学術院

A proposal of considering procedure for sub-service proposition at service facilities
- A case at a dental clinic -

Eri TOMITA*, Akinori KOMATSUBARA**
*Waseda University, **Waseda University

## 1. 研究背景・目的

サービスは大きくコアサービスとサブサービスの 2 種類に分類される．コアサービスはサービスの基本的な目的に関するものであり，サブサービスはコアサービスに付随した副次的なサービスのことを指す [1)2)]．同じコアサービスを提供する施設が多数ある現代において，他施設との差別化を図るために，サブサービスに着目することは有益であると考えられる．

サービスニーズ抽出のための方法としてはアンケートやグループインタビュー，行動観察などの手法があるが，本研究ではサブサービスの顧客ニーズを顕在化し，新たなサービス提案をする際の検討項目を作成する方法を，タスク分析とペルソナをベースに提案する．さらに，この方法を例として歯科医院に適用し，その有用性を検討する．

## 2. 提案手順

①歯科医院通院の行動分析

行動分析の手法として階層的タスク分析(HTA：Hierarchy Task Analysis) を用い，ニーズ抽出シートを作成する．

②ニーズの抽出と分類

ペルソナを用いて具体的なニーズを抽出し，それらを親和図法を用いて整理・分類する．

## 3. ニーズ抽出シートの作成

### 3.1 階層的タスク分析

顧客が各タスクに対してどのようなニーズを持っているのかを明確にするため，HTA により，歯科医院通院の行動分析を行った．分析に際し，「歯科医院の利用者が診療を受ける」というコアサービスのシナリオについて，行動をプロセスレベル，タスクレベルにブレイクダウンした．ここで，プロセスレベルとはコアサービスを受ける際の大まかな過程を表しており，タスクレベルはその過程で必要となる顧客が行うべき詳細な行為を表している．

これにより，図 1 の HTA が作成され，コアサービスを成就するためのタスクが最下層で 17 個得られた．

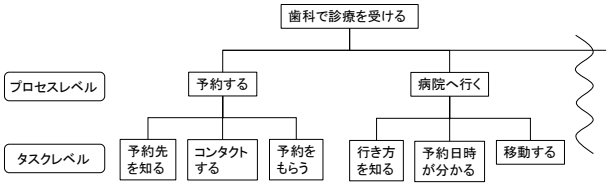



図 1.　HTA の例

### 3.2 ニーズ抽出シートの作成

3.1 で得られた結果を基に，タスクと手段に関するニーズを抽出するためのシートを提案した(図 2)．このシートは，コアサービスをプロセス・タスクレベルにブレイクダウンし，そのタスクを実行する際のニーズを記述する．さらに，そのニーズを実現するための手段を挙げ，その手段に対するニーズをさらに記述していくことで，タスクごとに顧客の持つニーズを階層的かつ効率的に抽出する構造となっている．

つまり，このシートは直上位のタスクやニーズを達成するために必要な下位の要件を洗い出しているため，下層部分が達成されないと上位も達成できず，最終的にコアサービスも達成できないという構造になる．この下層部分を成就するためにどのようなサブサービスがあればいいかを探ることで，より良いサブサービス提案のための支援が可能だと考えられる．

## 4. ニーズ抽出シート活用方法の検討

### 4.1 ペルソナの作成

3.2 で作成したニーズ抽出シートから具体的なサブサービス案を出していくために，歯科医院を利用するユーザを想定した人物像をペルソナとして設定した．これにより，顧客特性を考慮したニーズ抽出を行うことが可能だと考えられる．本研究では歯科医院のターゲットを早大生とし，学生の男女 2 体のペルソナを設定した(図 3-1,2)．

| | | |
|---|---|---|
| ユーザ基本情報 | 名前・年齢・性別 | 高橋あき　19歳　女性 |
| | 所属 | 早稲田大学　文学部　学部1年生 |
| | 趣味・好み | オシャレが好きで，ヘアアレンジをしたり，アクセサリーを付けることが多い |
| | 性格 | のんびりとして優しい |
| ユーザの役割(ユーザロール) | ライフスタイル 大切な活動　等 | ・カフェでのバイトを最近始めた．平日の授業後はすぐにバイトへ行く<br>・休みの日はサークル活動をしていることが多い<br>・通学時間が長くなるので一人暮らしだが，月1回は実家へ帰る |

図 3-1.　ペルソナの例(女性)

| | | |
|---|---|---|
| ユーザ基本情報 | 名前・年齢・性別 | 田中はると 23歳 男性 |
| | 所属 | 早稲田大学 先進理工学研究科 修士1年生 |
| | 趣味・好み | ・新しいもの好きで，新機種のスマホを持っている<br>・Apple社の製品が好き |
| | 性格 | 少しせっかちで時間にうるさい |
| ユーザの役割<br>(ユーザロール) | ライフスタイル<br>大切な活動 等 | ・研究室でのデスクワークが多いため，<br>体力作りを目的にジムに通っており，体格がいい<br>・塾講師のバイトを週に数日している<br>・実家暮らしのため，帰宅後は比較的時間に余裕がある |

図 3-2. ペルソナの例(男性)

### 4.2 ニーズの抽出

タスクレベル以降の 3 層について，設定したペルソナが通院することを想定してニーズを記述していく．本研究では，4.1 で挙げた早大生男性ペルソナに対して男性 2 名，早大生女性ペルソナに対して女性 2 名の計 4 名の被験者にニーズ抽出シートを記述してもらった．その結果の一部を図 2 に示す．4 名分の結果を合計すると，タスク実行時のニーズを 133 個，手段レベルを 176 個，手段に対するニーズを 187 個挙げられた．

### 4.3 ニーズの分類

ニーズ抽出シートから得られたニーズの種類を明確にするため，4.2 で得られたタスク実行時のニーズ・手段に対するニーズを親和図法で分類した．その結果，病院やスタッフに関する計 21 項目が作成された(図 4).

| | |
|---|---|
| 病院 | 施設，設備，病院情報，立地，予約，予約＋α，<br>道のり，情報の量・質，Webユーザビリティ，支払い方法，<br>支払い内容，待ち時間快適，お知らせ，清潔感，<br>雰囲気，待ち時間，【受付，プライバシー，画期的技術】<br>※【】内は挙げられたニーズにペルソナ差があったもの |
| スタッフ | スキル，ノンテクニカルスキル |

図 4. 親和図法の結果

これらの項目は，良いサブサービス提案を検討する際に考えるべき項目と言える．

得られた項目を分析すると，プライバシー・受付の 2 項目では女性ペルソナのニーズのみが挙げられ，画期的技術の項目では男性ペルソナのニーズが大半を占めていた．

さらに，得られたニーズを分析すると，病院に関する情報が知りたい，予約を楽にしたい，スタッフの対応が良いといった，情報や快適性に関するニーズではペルソナ差が見られなかった．

一方，女性ペルソナ特有のニーズとしては，化粧直しスペースがある，受付で他人に自分の症状を聞かれたくないなどが挙げられ，男性よりも他人の目を気にする傾向にあることが考えられた．また，靴を履き替える際，素足でスリッパを履きたくないため靴下を用意してほしい，ブーツをしまう場所が欲しいなど，女性の服装の多様さに起因したニーズも挙げられた．

男性ペルソナ特有のニーズはあまりないが，保険証をスマホ等で代用したい，素早く対応してほしいなど，効率の良さを求めるニーズが女性ペルソナよりも多く挙がる傾向にあった．これは設定したペルソナの性格が反映されたためであると思われる．

このように，ペルソナを立ててニーズ抽出シートを記入することで，共通のニーズ，ペルソナ特有のニーズの両方が得られることが明らかとなった．

## 5. まとめ

本研究では，ニーズ抽出シートを用いることにより，性別の異なる 2 つのペルソナを用いてサブサービスの顧客ニーズを抽出し，顧客特性によるニーズの違いについて分析することができた．また，親和図法を用いて顧客のニーズを分類することで，新たなサブサービス提案につなげるための検討項目を作成することができた．

本手順を用いることで，サービス施設利用者の顧客特性を考慮した，新たなサブサービスの提案支援が可能であると言える．

## 6. 文献


1)近藤隆雄：サービス・デザインへの接近，MBS Review，No.1，p.17，2005

2)山岡俊樹，デザイン人間工学 魅力ある製品・UX・サービス構築のために，共立出版，pp.156-157，2014

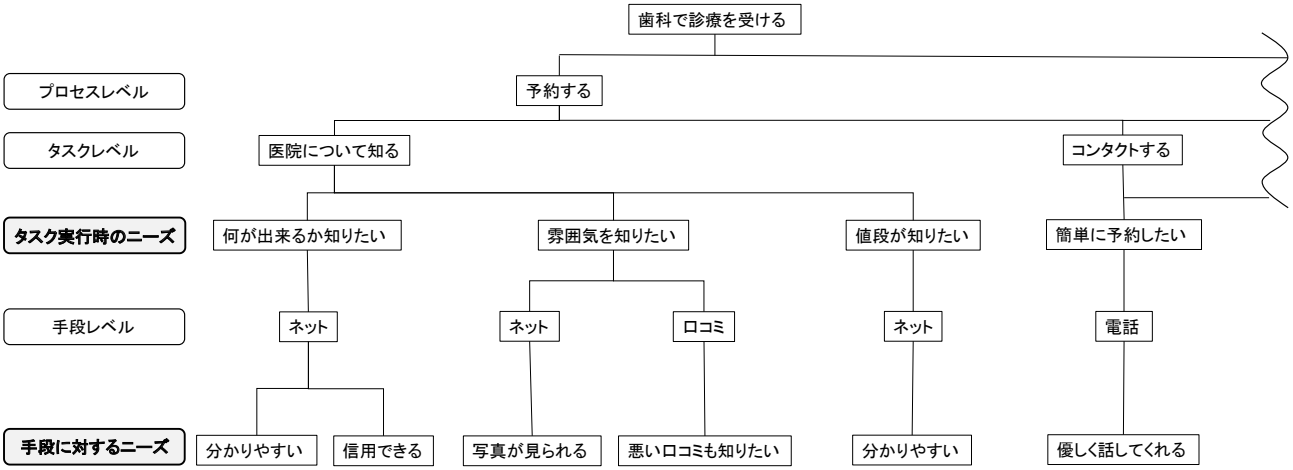




図 2. ニーズ抽出シート (女性ペルソナ適用時の一部)

一般講演

# 大会２日目

## 12月8日（日）

A-5-1

# マーケティング活用におけるデジタルサイネージの視認性評価

○月本 晴菜*，西内 信之*
*首都大学東京大学院，システムデザイン研究科

A Visibility Evaluation on of Digital Signage in Marketing utilization

Haruna TSUKIMOTO*, Nobuyuki NISHIUCHI*
*Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

## 1. はじめに

### 1.1 デジタルサイネージの動向

時刻表や街頭の広告にデジタル媒体の掲示板、いわゆるデジタルサイネージが 2000 年代以降に普及している。2016 年度の国内の市場規模は推計で前年度比 116.2%の 1487 億 7500 万円であり、2020 年には東京オリンピックの外国人向け対応等で 2016 年の 2 倍を超える 3361 億 7000 万円との予測もでている[1]。ディスプレイの大きさが多種多様であり、価格が安価なことから、小型のものはターゲットを絞った小売店の広告宣伝等で使用が急増し、ニッチな市場として売上も順調に伸びている。

デジタルサイネージは一定の時間で画面を切り替えて多くの情報を提供することができ、電車の時刻表（図 1）のような情報を補助する役割と、広告に視線を惹きつけるようなマーケティングの役割をもつデジタルサイネージ（図 2）がある。

図 1 京都駅のバス乗り場時刻表

図 2 店頭の広告

### 1.2 従来研究

久保ら[2]は文字色と背景色の 20 種の組み合わせを紙媒体の実験シートに作成し、主観評価を行い、明度差が可読性に最も影響を与えていることを示した。また、舟川ら[3]の研究ではカラーディスプレイにおける可読性評価をし、学内案内掲示板の視線によるデザイン評価を行っており、コントラスト 0.9 以上で広範な背景輝度条件で視認性が安定することを示している。

### 1.3 研究目的

これまで、文字の可読性及び視認性の主要な要因に明度差が挙げられる幾つかの研究があるが、デジタルサイネージが商業用に使用されているものに関しての視認性評価は行われていない。マーケティング活用のデジタルサイネージは限られた面積で強く宣伝したい内容を潜在的なターゲットに伝える重要な役割を持っている。しかし、潜在的なターゲットが認識する前に画面が切り替わってしまうと、画面のデザイン性に関わらず、広告の効果が低減する可能性がある。そこで本研究では、マーケティング活用されるデジタルサイネージに着目し、文字の情報量と文字色及び背景色の組み合わせによる視認性評価を目的とする。

## 2. マーケティングサイネージの視認性評価実験

### 2.1 研究概要

実験では、図 2 のような実際にある広告目的のテキストのみのデジタルサイネージを参考に図 3(a),(b)のコンテンツを作成した。

ここで、マーケティング活用されるデジタルサイネージにおいて、画面内でタイトルの文字列をメインコンテンツとし、メインコンテンツに包括される要素をサブコンテンツと定義する。また、文字サイズ・文字間隔は「公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン」を参考に、メインコンテンツが 50mm・10mm、サブコンテンツが 25mm・7mm で固定した。図 3(a)の場合、メインコンテンツが「どうぶつえん」であり、サブコンテンツが「あふりかぞう」と「えぞももんが」にあたる。

(a) 情報量:2
色:黒文字白背景

(b) 情報量:3
色:白文字黒背景

図 3 実験タスク画面例

単語の文字数については、中條ら[4]が 5 文字以上で読む速度が安定するとしており、今回はひらがな 6 文字の単語に統一した。また、情報量についてはサブコンテンツの数(2 または 3)と定義した。よって文字数は情報量(2,3) = (18,24)文字となる。色は赤を基準として、HSB 色相環 360° を 6 等分した色相(赤、黄、緑、青緑、青、紫)と黒、白で選定した。色の組み合わせは白との組み合わせで文字色、背景色の反転を含めると 14 パターンとなる。

### 2.2 実験環境

液晶モニターは実際にデジタルサイネージにも利用されている NEC 社 Multi Sync LCD-V323-2 (32 型)を使用した。表示サイズは 69.84cm×39.29cm、輝度値が約 450cd/m$^2$ である。視線計測には Tobii 社 Tobii Pro Glass (50Hz)を使用した。天井照明は東芝演色改善形蛍光ランプを使用し、平均水平面照度(床上 85cm)は約 793.7lx、ディスプレイ面の平均照度は 323.9lx である。視距離は約 120cm、ディスプレイ面の角度は垂直方向から約 10°上方向に回転させ、視野角は(水平, 垂直) = (18.6°, 54.5°)である。

### 2.3 実験方法

被験者は、色覚に障がいのない、視力 0.7 以上(コンタクト着用含む)の 5 名の大学生・院生(22～24 歳)に行ってもらった。

ブラックアウトしている画面で被験者がマウスをクリックすると図 3 のようなタスク画面が表示される。そこで被験者には、表示されているメインコンテンツ及びサブコンテンツの情報を全て記憶してもらう。被験者が記憶できたと判断した後、マウスをクリックし解答用紙及び視認性の主観評価を記入してもらう。この一連の流れが 1 試行となり、各被験者には 28 試行を行ってもらった。なお、被験者ごとに実験順序は変更した。

### 2.4 検証方法

タスク画面が表示されてから、表示されている情報の記憶が終了するまでの時間を認識時間とする。評価項目は認識時間及び注視回数、主観評価であり、実験条件である情報量と色の組み合わせについて 2 要因分散分析を行う。更に、明度差を表す式(1)を基準値とし、本実験環境での色の組み合わせの比較検証を行う。

$$\{(R\times299)+(G\times587)+(B\times114)\} / 1000 \qquad (1)$$

## 3. 実験結果および考察

**認識時間については、情報量 2 での平均値が 7.86 秒、情報量 3 で 14.68 秒であり、有意差**（$p<0.01$, Holm 法）が見られた。一方、文字色と背景色による色の組み合わせについては、有意差が見られなかった。**注視回数についても、認識時間と同様な傾向がみられ、情報量についてのみ有意差**（$p<0.05$, Holm 法）が見られた。

まだ十分な実験条件数での結果ではないが、以上の結果から、情報量 2 と 3 の認識時間の平均値の差が約 7 秒であったことから、デジタルサイネージに表示される文字数が 18～24 文字(情報量 2～3)の場合、1 文字増加するごとに約 1 秒画面切り替え時間を長くする必要がある、といった定量的な指針に繋げることができると考えている。

主観評価(目への負担)については、図 4 より文字色・背景色関わらず、黒と青は評価が高く、黄が最も評価が低く明度差に準ずる結果となった。また白背景より色背景の評価が低く、明度が最も高い白文字は目に負担が掛かったと考えられる。

図 4 の結果より、明度差と主観評価(白文字色背景、色文字白背景とも)に 0.85 以上の高い相関があった。しかし、図 5 の明度差と認識時間については、相関が見られなかった(白文字色背景:0.28、色文字白背景:-0.43)。

以上の結果から、デジタルサイネージは一般的なモニターと比較し、輝度値が高いため、色による影響が少なくなったと考えられる。

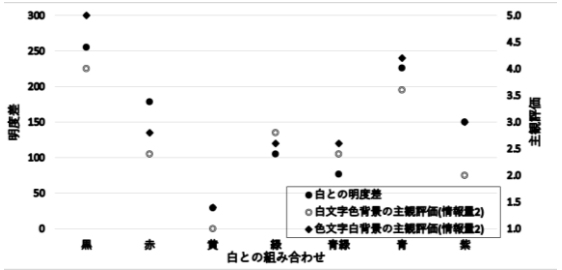



図 4 明度差と主観評価(目への負担)(情報量 2)

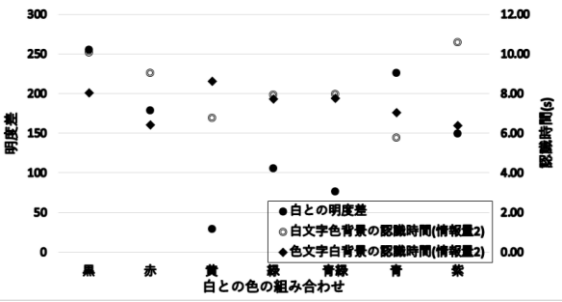



図 5 明度差と認識時間(情報量 2)

## 4. まとめ

本研究では、マーケティング活用されるデジタルサイネージについて取り上げ、画面表示される情報量と文字色・背景色の組み合わせをパラメータとして視認性評価を行った。結果より、情報量と画面切り替え時間の関係性を定量的な観点で示した。また色の組み合わせは切り替え時間に影響しなかったが、白文字等の輝度値が高い文字に対しては目の負担が高まることが示された。今後は被験者数、実験の条件数を増やして検証を深める。

## 5. 参考文献

1)「株式会社 矢野経済研究所　デジタルサイネージ市場に関する調査」, https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/1698, 2019/11/5 アクセス.
2) 久保 千穂, 山岸 未沙子, 阿山 みよし, 山羽 和夫：LED 照明と蛍光灯下での色文字の可読性, 照明学会誌, Vol.97, No.5, pp.255-262, 2013.
3) 舟川 政美 ：文字の可読性に関する実験的研究, 照明学会誌, Vol.84, No.11, pp.785-792, 2000.
4)中條 和光, 納富 一宏, 石田 敏郎：横スクロール表示の読みの速度に及ぼす文字数の効果, 心理学研究, Vol.64, No.5, pp.360-368, 1993.

[連絡先]
月本　晴菜
e-mail：tsukimoto-haruna@ed.tmu.ac.jp

A-5-2

# 点群への直線描画タスクにおける点群特徴と失敗行動の関係

○井上 大成*，吉田 典正**，石橋 基範**
*日本大学大学院 生産工学研究科，**日本大学 生産工学部

Relationship between Point Cloud Characteristics and Subjective Error Behavior in a Line Drawing Task

Taisei INOUE*, Norimasa YOSHIDA**, Motonori ISHIBASHI**
*Graduate School of Industrial Technology in Nihon University, ** Nihon University

## 1. はじめに

人の特性は心理検査等の主観評価で調べることが多い．しかし，主観評価は自分の特性を十分に自覚できていない等の理由で，必ずしも実態を反映しないこともある．そのため，特性を客観評価する，点群への直線描画タスクを用いたパフォーマンステストの開発を試行してきた[1]．

本稿では，人の特性を分けるような点群の特徴を抽出するため，Graph-theoretic Scagnostics の 9 つの尺度を用いて点群を分析し，有意差の有無による点群の特徴の比較を行う．

## 2. 先行研究

### 2.1 直線描画の特徴と失敗傾向の関係の検討[1]

人の特性を客観的に評価するために，37 名に対して 10 種類の点群に基づいて直線を引いてもらい，ワーキングメモリや注意動向の度合いを表す，失敗傾向質問紙 (EPQ) のアクションスリップの得点[2,3]との関係性を調べた．

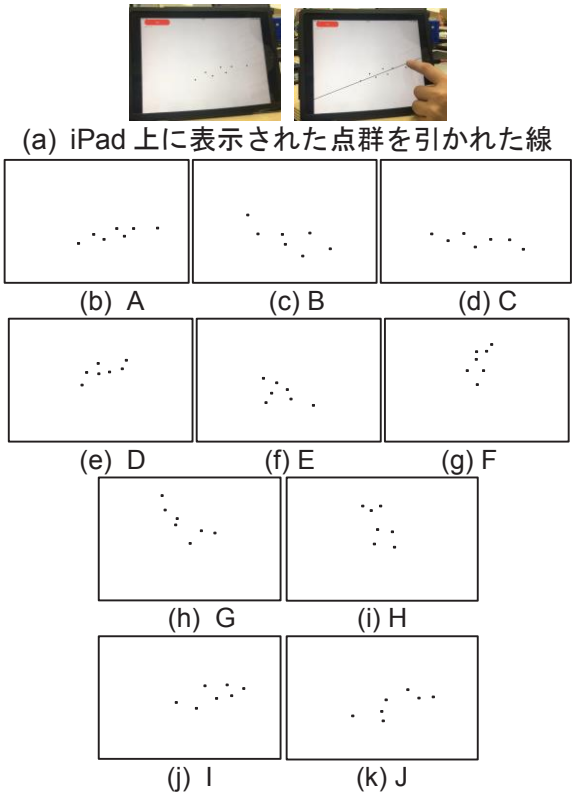



図 1　先行研究にて用いた 10 種類の点群
(7 点，相関係数の絶対値が 0.55~0.8)

実験の方法は，図 1(a)のように iPad 上に 10 種類の点群 (図 1(b)-(k)) を表示し，各実験協力者に「自分が最適だと考える線を引いてください」と指示し，個人の基準で最適な線を引いてもらった．

各実験協力者が引いた線を用い，「引いた線と点群の重心までの距離」を評価指標として計算した．この評価指標と，アクションスリップ得点の低い群と高い群の両群間に t 検定を行った結果，点群 A, D の場合に有意差が認められた ($p < 0.01$)．

### 2.2 Graph-theoretic Scagnostics[4,5]

グラフ理論を用いた散布図分析の手法の 1 つである．散布図データを Outlying，Skewed，Clumpy，Sparse， striated， Convex， Skinny， Stringy，Monotonic の 9 つ尺度で評価することで，複雑な散布図のデータにおいてもデータの傾向がわかりやすくなる(図 2)．また，カラースケーリング (最大値を赤，中央値を緑，最低値を青) することで散布図間の特徴の比較も容易に行うことができる．本稿では，意味のある結果が得られた Stringy 尺度と Monotonic 尺度について説明する．

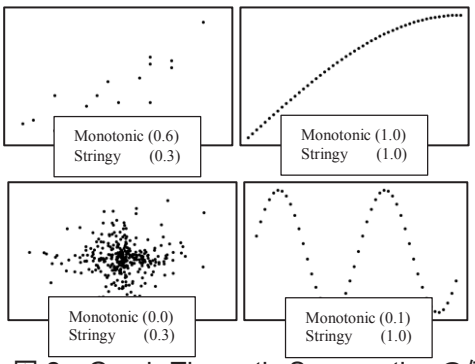



図 2　Graph-Theoretic Scagnostics の例

Monotonic 尺度は，Spearman の順位相関係数の二乗である．Monotonic 尺度が高く評価されている点群は，他の点群に比べて，ある方向に対して単調的に変化している．また Stringy 尺度は，点群が糸状に構成されているかの度合いであり，Stringy 尺度が高くない点群は多少のばらつきがある．

## 3. 分析方法

先行研究で用いた 10 種類の点群 (図 1) を対象に，Graph-theoretic Scagnostics の 9 つの尺度を用いて点群を分析する．その後，有意差が認められた点群 (点群 A，D) と認められなかった点群 (点群 B，C，

E，F，G，H，I，J) の特徴を比較する．比較する際は，9 つの尺度の数値に対し，最大値を赤，最低値を青としてスケーリングして各点群の特徴を比較する．比較した結果から，アクションスリップの得点を分類するのに意味のある尺度を抽出する．

## 4. 分析結果

10 種類の点群に対して Graph-theoretic Scagnostics を用いて分析し，スケーリングしたものを図 3 に示す．図 3 より，点群 A，D と他の点群を比較したとき，点群 A，D には，Monotonic 尺度が 0.5 より高く，Stringy 尺度が 0.4 程度の特徴があることがわかる．また他の尺度は，有意差が認められた点群と認められなかった点群の間で，大きな違いは見られなかった．

## 5. 分析結果の考察

結果で示した点群 A，D の特徴から Stringy 尺度と Monotonic 尺度は，アクションスリップの得点を分類するのに意味のある尺度であると考えられる．

Stringy 尺度に特徴が現れた要因として，点群が連続して糸状になりすぎてしまうと，点群が糸状の物体のように認識されてしまい，糸状の物体が重心が非常に取りづらいという特性を引き継いでしまうと考えられる．また，Monotonic 尺度に特徴が現れた要因として，人は重心を予測する際，データの変化が単調である (極端な外れ値がない) ほうが，重心を予測でき，個人がどう点群を見ているかが引いた直線に反映されやすいと考えられる．

先行研究で用いた点群の条件に，Stringy 尺度と Monotonic 尺度を加えることで，以前の点群よりもアクションスリップの得点を分けることができることが期待される．

## 6. まとめと今後の展望

本稿では，アクションスリップの得点を分類できるような点群の特徴を調べるため，Graph-theoretic Scagnostics により点群を分析し，有意差の有無で点群の特徴を比較した．その結果，有意差が認められた点群において，Stringy 尺度と Monotonic 尺度の値が他の点群と違いがあることがわかった．このことから，アクションスリップを分類できるような点群を生成するための提案として，以下の 3 条件が挙げられる．

(1) 相関係数の絶対値 が 0.75 から 0.80 である．
(2) Monotonic 尺度 (spearman の順位相関係数の二乗) が 0.5 より大きい．
(3) stringy 尺度が 0.4 程度である．

以上の 3 条件を満たす点群の生成方法を本稿では提案することができた．しかし，10 種類の点群のみを分析した生成方法であるため，今後様々な点群を用いて一般化を行う必要がある．

今後の展望として，提案した条件を適用した点群を用いた追加の実験と t 検定の実施が挙げられる．

## 7. 文献


1) 井上大成，吉田典正，石橋基範：点群に基づく直線描画の特徴と失敗傾向の関係の検討，第 81 回情報処理学会全国大会, 1, p221-p222, 2019.
2) 山田尚子： 失敗傾向質問紙の作成および信頼性・妥当性の検討, 教育心理学研究, 47, p501-p510, 1999.
3) D.Broadbent, M. Broadbent, J. Jones : Performance correlates of self-reported cognitive failure and of obsessionality, British Journal of Clinical Psychology, 25(4), p285-p299, 1986.
4) L.Wilkinson, A. Anand, R. Grossman : Graph-theoretic scagnostics, In Proceedings of the IEEE Information Visualization, 1, p157-p164, 2005.
5) L. Wilkinson, A. Anand, R. Grossman : High-dimensional visual analytics: interactive exploration guided by pairwise views of point distributions, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 12(6), p1363-p1372, 2006.



[連絡先]
井上　大成
e-mail：mildredhakusyaku@gmail.com


| 点群 | 有意差の有無 | Outlying | Skewed | Clumpy | Sparse | Striated | Convex | Skinny | Stringy | Monotonic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | ✓** | 0.00 | 0.49 | 0.32 | 0.48 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.42 | 0.66 |
| B | − | 0.23 | 0.56 | 0.00 | 0.49 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.01 |
| C | − | 0.00 | 0.22 | 0.31 | 0.54 | 0.17 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.05 |
| D | ✓** | 0.00 | 0.60 | 0.00 | 0.52 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.42 | 0.51 |
| E | − | 0.23 | 0.74 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.00 |
| F | − | 0.00 | 0.15 | 0.32 | 0.46 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.42 | 0.18 |
| G | − | 0.00 | 0.48 | 0.25 | 0.47 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.25 |
| H | − | 0.00 | 0.58 | 0.32 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.04 | 0.08 |
| I | − | 0.00 | 0.63 | 0.16 | 0.53 | 0.17 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.35 |
| J | − | 0.00 | 0.14 | 0.21 | 0.41 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.04 | 0.53 |

** $p < 0.01$　最大値=赤，中央値=緑，最低値=青

図 3　10 種類の点群を対象にスケーリングされた 9 つの尺度

A-5-3

# 閉眼率を用いたリアルタイム覚醒度評価と自動運転時の緊急時対応に関する研究

○塩崎祐輔*，高田一**，松浦慶総**
*横浜国立大学大学院理工学府，**横浜国立大学大学院工学研究院

Research on real-time arousal evaluation using closed eye rate and emergency response during automatic driving

Yuusuke SHIOZAKI*, Hajime TAKADA**, Yoshifusa MATSUURA**
*Graduate School of Engineering Yokohama National University,
**Faculty of Engineering Yokohama National University

## 1. 緒論

自動運転の実用化に向けた動きが本格化する一方で，自動運転中の周辺監視状態がドライバの覚醒度及び注意力を低下させる[1]ことが報告されている．ドライバに緊急時対応の義務の残る SAE レベル 3 以下の自動運転の実用化においては自動運転中のドライバの状態を実時間で客観的に評価することが必要となってくる．そこで，本研究では覚醒度及び緊急時対応と相関がある目の挙動[2]を画像処理プログラムによって顔映像からリアルタイムでとらえることで，実時間でのドライバ覚醒度評価及び緊急時対応可能な覚醒度状態を推定することを目的とする．

## 2. 実験

被験者は免許所持者 20 代男性 2 名と 20 代女性 1 名で行った．

### 2.1 緊急時模擬実験

本研究では，3 車線の高速道路の中央車線を時速 80km/h で走行中の先行車を自動運転で追従中に，自動運転車が先行車の急ブレーキに対応できないという緊急時をドライビングシミュレータで模擬した．先行車の急ブレーキの発生タイミングは時間固定ではなく被験者の閉眼率，開眼時開閉割合をリアルタイムで測定した上で実験者の判断で決定した． 実験装置の概略図を図 1 に示す．

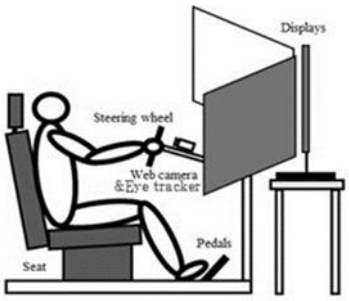



図 1 実験装置

### 2.2 手動運転実験

各被験者の覚醒状態における閉眼率を求めるためにドライビングシミュレータを用いて 5 分間の手動運転を行った．手動運転実験開始直前にクレペリン検査を課し，被験者を覚醒させた状態で実験を開始した．手動運転内容として時速 80km/h で走行中の先行車に車間距離 50m を意識して追従するように指示した．

## 3. 測定項目

### 3.1 画像処理プログラム

機械学習ライブラリの Dlib と OpenCV を組み合わせて，顔映像から上眼瞼中央と下眼瞼のエッジを認識し，目の開き具合を 1 フレームごとにリアルタイムで画素数として出力するプログラムを Python で作成した．以降，目の開き具合を目の開閉度及び開閉度と表記する．実験では 15fps，解像度 720×480 の映像を用いた．

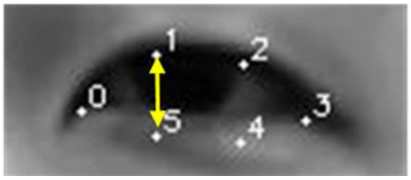



図 2 目の開閉度（点 1-5 間距離）

### 3.2 閉眼閾値の設定

被験者の顔映像から閉眼時間を求めるために，目の開閉度における閉眼閾値を設定した．被験者が閉眼と開眼を交互に 5 秒間ずつ各 6 回行った様子を撮影し，被験者ごとに開眼時の最小開閉度及び閉眼時の最大開閉度を求め，その平均値を閉眼閾値とした．

### 3.3 閉眼率

各時刻における閉眼率[%]をその時刻直前の 5 秒間における閉眼時間の割合と定義し，緊急時模擬実験中にリアルタイムで測定した．閉眼時間は目の開閉度が閉眼閾値を下回っているフレームの数を数えることで求めた．

### 3.4 開眼時開閉割合

覚醒度の低下に伴い，開眼時の目の開閉度にも変化が現れるのではないかと考えた．各時刻における開眼時開閉割合[%]をその時刻直前の 5 秒間における開眼時の開閉度の平均値が開眼時の最小開閉度に対する割合と定義した．

### 3.5 認知時間

先行車が急ブレーキをかけたとき，被験者全員がブレーキから操作を始めた．そこで，先行車急ブレーキ発生から被験者がブレーキ入力に至るまでの時間を反応時間として測定する．この反応時間から被験者が先行車ブレーキを認知してからブレーキ入力に至るまでの時間である動作時間を引くことで認知時間を求めた．

## 4.実験結果及び考察

### 4.1 手動運転実験

運転開始直後はどの被験者も先行車との車間距離が安定しなかったため，実験開始 2 分後からの 3 分間の閉眼率を測定した．各被験者の 3 分間の閉眼率の平均値+2σ を覚醒時の閉眼率とした．次の表 1 に各被験者の覚醒時閉眼率を示す．

表 1 各被験者の覚醒時閉眼率

| | 平均値[%] | 標準偏差[%] | 覚醒時閉眼率[%] |
|---|---|---|---|
| 被験者A | 8.30 | 5.04 | 18.4 |
| 被験者B | 5.78 | 2.15 | 10.1 |
| 被験者C | 3.74 | 2.60 | 8.94 |

表 1 より，被験者ごとに瞬目頻度や一瞬目当たりの時間に個人差があるため覚醒時の閉眼率に差があることが確認できる．

### 4.2 緊急時模擬実験

各時刻における被験者の閉眼率をリアルタイムで測定した上で先行車急ブレーキの発生タイミングを決定することで，様々な閉眼率における認知時間を測定することが可能になった．

#### 4.2.1 閉眼率

先行車急ブレーキ発生直前の閉眼率から各被験者の覚醒時閉眼率を引いた値を閉眼率増加値[%pt]と定義した．閉眼率増加値と認知時間の関係を図 3 に示す．

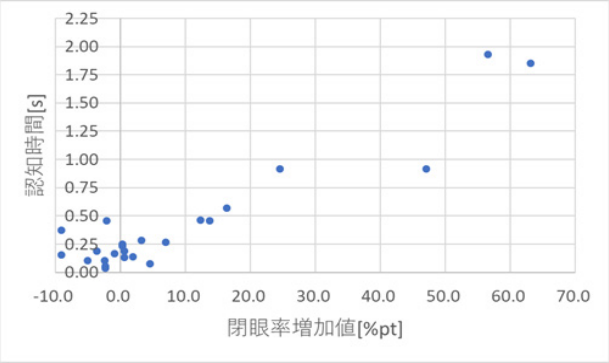



図 3 閉眼率増加値と認知時間の関係（N=25）

図 3 より，閉眼率増加値の増加に伴い認知時間が長くなる傾向があることが分かる． 特に閉眼率増加値が 20 ポイント以上増加しているデータに関して認知時間の大幅な増加が見られた． また，低覚醒度時には一瞬目当たりの時間が変化しているのではないかと考え，先行車急ブレーキより前の 5 秒間における一瞬目当たりの時間を測定した．先行車急ブレーキ前の 5 秒間において瞬目が一度もなかった被験者はいなかった．認知時間と一瞬目当たりの時間の関係を調べたところ，一瞬目当たりの時間が長いデータにおいて認知時間が長くなる傾向があることが分かった．これより，閉眼率増加値及び，一瞬目当たりの時間から認知時間の遅れを推定できる可能性が示唆された．

#### 4.2.2 開眼時開閉割合

先行車急ブレーキ前の 5 秒間における開眼時開閉割合の平均値と認知時間の関係を図 4 に示す．

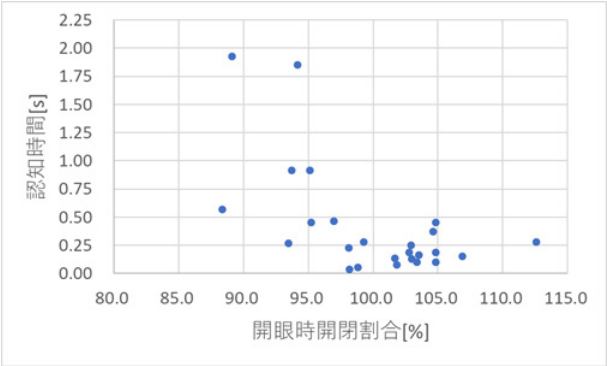



図 4 開眼時開閉割合と認知時間の関係（N=25）

図 4 より，開眼時開閉割合の減少に伴い，認知時間が増加する傾向があることが分かる．特に開眼時開閉割合が 95%未満となっている場合に認知時間が長いデータが多くみられた．これより，開眼状態の指標からも認知時間の遅れを推定できる可能性が示唆された．

## 5 まとめ

本研究では，覚醒度と相関があると思われる生理指標をリアルタイムで測定し，ドライバの覚醒度状態を実時間で把握した上で緊急事態を発生させるという新しい実験手法をとることでリアルタイムでの覚醒度評価ができる可能性を示した．

また，ドライビングシミュレータと画像処理プログラムを用いて，緊急時対応可能な覚醒度状態をリアルタイムで推定することのできる指標として閉眼率増加値，一瞬目当たりの時間，開眼時開閉割合が有効であることを示した．

## 6. 文献

1) Yuji Takeda ki 他 : Electrophysiological evaluation of attention in drivers and passengers, Transportation Research, Vol42, Part1, PP140-150,2016

2) David F. Dinges 他: Evaluation of techniques for ocular measurement as an index of fatigue and as the basis for alertness management, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 1998

[連絡先]
しおざき　ゆうすけ
e-mail：shiozaki-yuusuke-jw@ynu.jp

# 複数人がそれぞれ操縦するリモコンカーの衝突回避について

## ―SA モデルに基づく FRAM 記述を用いた検討―

○堀口僚太*，小松原明哲**
*早稲田大学大学院，**早稲田大学理工学術院

Study on avoidance of remote control cars operated by multiple people
-Using FRAM description based on SA model-

*Ryota HORIGUCHI, **Akinori KOMATSUBARA
*Waseda University, School of Science Engineering, **Waseda University

### 1. 研究背景・目的

歩行者同士の衝突や自動車の衝突事故，複数人がそれぞれ操縦しているドローンやリモコンカー同士の衝突など，相手の存在を互いに認識しているにもかかわらず移動体同士が衝突する事故が存在する．この中には，相手の動きについて状況認識を行い自身の移動を決定するときの，移動者間の相互関係が原因となって生じる事故が含まれる．本研究ではこのような事故について衝突の経緯を整理し衝突回避につなげることを目的とする．具体的には，2 台のリモコンカーを，2 人の操縦者がそれぞれ操縦する場合を例に，FRAM[1](Functional Resonance Analysis Method）を用いて，操縦者の状況認識，操縦を決定しているメカニズムを表現する．

### 2. 研究手順

本研究の手順を以下に示す．

① 実験 1：リモコンカー操縦実験の分析
堀口 [2]が行った実験結果を分析し，どのような状況認識が衝突につながっているかを整理する

② 実験 2：提案表記方法の効果検証実験
①と同様のリモコンカー操縦実験を行う．被験者に状況認識に関するヒアリングを行い提案表記方法によって衝突要因を分析する

### 3. 実験 1：リモコンカー操縦実験

#### 3.1 先行研究

堀口 [2]は図 1 のような環境で大学生 2 名にそれぞれ図 2 のリモコンカーを操縦させる実験を行っている．

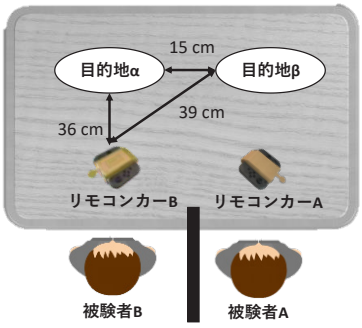



図 1 実験状況

図 2 実験で用いたリモコンカー

この実験では事前に相手の操縦意図を知っているかどうかが衝突に与える影響を確認するために，事前に相手がどちらの目的地を目指すかについて「正しく伝える」「誤った側を伝える」「伝えない」の 3 水準を比較している．実験後にリモコンカーの挙動と操縦者の操縦状態を FRAM により記述した結果，「相手の目的地を正しく理解していない」ことが衝突に大きく影響することが示唆されている．

#### 3.2 先行研究の考察

3.1 の先行研究を基に R. Endsley[3]の状況認識（Situation Awareness：SA）モデルを用いて，状況認識に関しての整理を行った．表 1 に衝突につながったと思われる要因を示す．

表 1 状況認識における衝突要因

| 衝突につながった要因 | 状況認識の区分 |
|---|---|
| 相手の挙動に注意を払ってなく<br>かなり接近してしまい衝突 | L1：知覚 |
| 相手の挙動の意味が分からず<br>混乱してしまい誤った操縦 | L2：理解 |
| 相手が回避してくれると期待したが<br>回避してくれず衝突 | L3：予測 |

「相手の目的地を理解していない」ことで表 1 の要因が発生し，衝突につながっていると思われる．この考察に基づくと SA モデルに基づいて FRAM 記述を行うことで，状況認識の観点から衝突につながるメカニズムを表現できると考えられる．

### 3.3 表記方法の提案

SA モデルに基づく FRAM 表記を提案した（図3）．操縦者の操縦者行為を状況認識の「L1:知覚」「L2:理解」「L3:予測」とそれに基づく「操縦意思の決定」「操縦」の 5 つで定義し，その結果としてリモコンカーの機能である「移動」が発生するとした．この一連の機能をつなげることでリモコンカーの操縦や衝突の経緯を表現した．また操縦者の目標や期待（相手の目的地に関する理解など）の行を設けることで状況認識により目標や期待がどのように変化し後の状況認識に影響するかを分かりやすくした．

## 4. 実験 2：提案表記方法の効果検証実験

### 4.1 目的・方法

実験 1 と同様の方法で実験を行い，実験時の映像と操縦時の状況認識についての実験後のヒアリングから 3 章で提案した表記方法により記述した．なお被験者には実験前に操縦方法を説明し，問題なく操縦できるようになるまで練習をさせた．

### 4.2 結果・考察

図 3 に衝突した水準の FRAM の一部を示す．この例では操縦者 A は相手の目的地を誤認していることから，相手はすでに目的地に到着しておりこれ以上の移動は行わないと考えて操縦を決定している．一方，操縦者 B は少し前に回避行動をとったため，しばらくはリモコンカー同士が衝突する程接近することはないと考えていた．そのため相手の挙動への知覚を怠り，相手の現在の挙動を考慮せずに，相手が避けてくれると期待して操縦を決定していた．このような操縦者の意思決定の結果，どちらの操縦者も最短経路で自身の目的地を目指す操縦を行い，衝突していた．

このように SA に基づく FRAM 記述を行うことで衝突につながる操縦が決定されたメカニズムが表現でき，衝突要因を整理できることが示唆された．

## 5. 結論

本研究では移動者間の衝突の一例としてリモコンカー操縦を対象に，SA に基づく FRAM 表記による衝突要因の分析を行った．その結果，状況認識から操縦を決定するメカニズムを表現でき，衝突につながる要因が整理できることが示唆された．このように表現できたメカニズムを基に，衝突回避に必要な状況認識要因を明らかにすることで，衝突回避の検討に役立てられると思われる．

## 6. 文献


1)E.Hollnagel; FRAM: The Functional Resonance Analysis Method, Ashgate, 2012（小松原明哲監訳，「社会技術システムの安全分析」，海文堂，2013）

2)堀口僚太：“複数の操縦者がそれぞれ操縦する遠隔操縦ロボット同士の衝突要因の検討”，人間工学，55(Supplement)，p2B-1，2019

3) R. Endsley：Situation Awareness Misconceptions and Misunderstandings, Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 2015

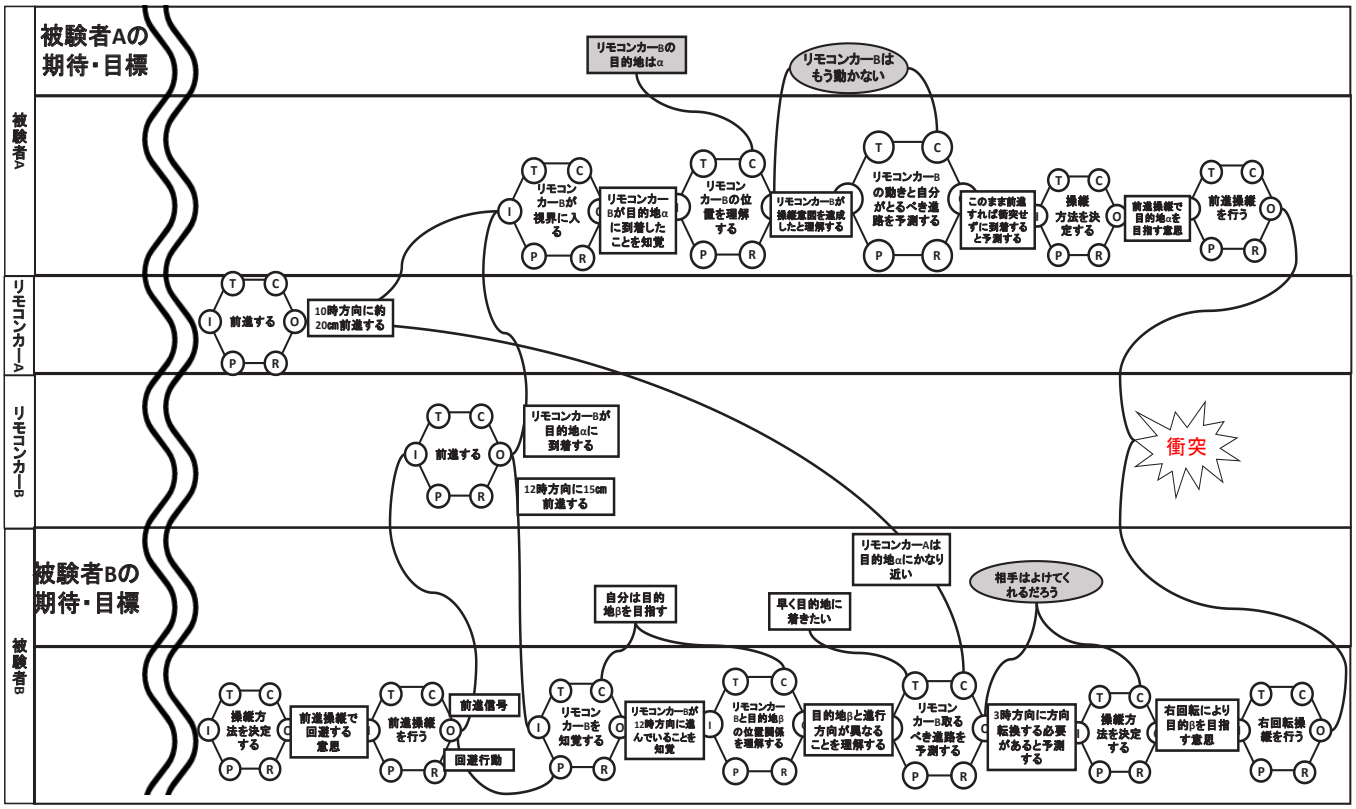




図3　衝突発生時のFRAM表記抜粋

# A-6-1

# 生理・心理反応および知的生産性の向上に向けた気流制御に関する研究

○村上　遥香*，糸井川　高穂**
*宇都宮大学大学院工学研究科　博士前期課程，
**宇都宮大学地域デザイン科学部　助教・博士（工学）

Study on Air Flow Control for Improvement of Physiological, Psychological Response and Intellectual Productivity

Haruka MURAKAMI*, Takaho ITOIGAWA**
*Graduate student, Graduate School of Engineering, Utsunomiya Univ.,
**Assist Prof., Faculty of Regional Design, Utsunomiya Univ., Dr. Eng

## 1. 序

男女同一空間での設定室温は女性にとって寒くなりがちである。

そこで、本研究では複数の気流条件を含む温熱環境の違いによる生理・心理反応および知的生産性の性差を把握することを目的とする。

## 2. 実験概要

被験者は健康な 20 代男女各 5 名とし、女性は 2018 年 7 月下旬～9 月下旬[1]、男性は 2019 年 6 月下旬～9 月中旬に実験を行った。時間は、10～12 時、13～15 時、15～17 時のいずれかとした。

着衣は、男女ともに約 0.4clo となるようこちらで用意した。また、検定の有意水準は５％とした。

### 2.1 実験室

実験室の平断面図を図１に示す。実験室は宇都宮大学に設けた小型環境試験室を用いた。実験室内には、一般家庭用空調機が 2 台設置されており、空調機 A で気流制御を行い、空調機 B で温湿度制御を行った。空調機以外の気流の影響を受けないよう被験者の周囲に風洞を設けた。

### 2.2 実験方法

測定項目および実験手順を表１、図２に示す。

本研究では相対湿度 50％とし、室温 3 条件（26℃、30℃、34℃）と気流 3 条件（無風、等温風、冷風）を組み合わせた 9 条件を設定した。

気流のある条件では空調機 A の上下ルーバーを 45 秒周期でスイングさせ、等温風条件では、空調機 A の吸い込み空気を加減温せず等温で吐き出した。冷風条件では、室温より減温した空気を吐き出した。また、実験条件の呈示順序による影響を極力小さくするために、実験条件の順序はランダムに組んだ。

## 3. 結果と考察

### 3.1 生理反応（平均皮膚温）

図３より、男性は温度条件に関わらず大きな変化は見られず、概ね一定を保つ結果となった。女性は、SET*が最も高い 34℃無風条件で約 0.5℃の上昇、SET*が最も低い 26℃冷風条件で約 0.9℃の低下となった。

この性差は、着衣量が同程度であることから、女性の体表面積の小ささ[2]および男性の発汗能の高さ[3]によると考えられる。

### 3.2 心理反応

図４、図５より、男性は全ての温度条件において気流のある 2 条件で快適側の申告が増加した。また、等温風条件より冷風条件の方が快適側の申告が増えた。一方、女性は 34℃等温風条件で最も不快な値を申告し、26℃条件では無風条件よりも気流のある 2 条件で不快側の申告が多かった。

### 3.3 知的生産性

図６より、男女ともに好成績を示した条件は 26℃、30℃の等温風条件であった。しかし、男女の間には正答数に差がみられた。これは、タイピングを行う際に女性の方が、手が小さく細かなキーボード操作に適していたためと考える。

また、男性は全ての温度条件で無風条件より気流のある 2 条件の方が正答数が高かったのに対し、女性は気流条件による傾向は見づらく、SET*が 26℃から 29℃となる条件時に高い正答数を示した。

図７より、女性と比較し、男性の方が記憶探索の正答率が高い結果となった。また、男女ともに 26℃、30℃条件において、無風条件より気流のある 2 条件の方が高い正答率を示した。

以上より、本実験条件において男性は、女性より集中力や記憶力を要する作業に向いており、女性は、男性より注意力や高い作業効率を要する作業に向いている傾向がみられた。

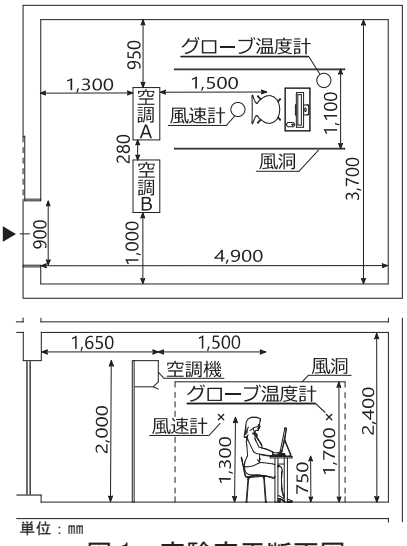



図１　実験室平断面図

表１　測定項目

| | 測定項目 |
|---|---|
| 曝露環境 | 室温<br>相対湿度<br>気流速度<br>グローブ温度 |
| 心理反応 | 温冷感申告<br>快適感申告 |
| 生理反応 | 脳波<br>心拍<br>皮膚温 |
| 知的生産性 | 記憶探索課題<br>タイピング |

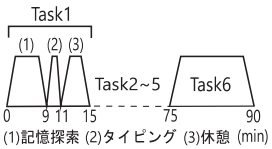



図２　実験手順

## 4. 結

本研究では、複数の気流条件を含む温熱環境の違いによる生理・心理反応および知的生産性の性差を把握することを目的とし、被験者実験を行い、以下の知見を得た。

1) 暑熱環境および寒冷環境における平均皮膚温において、男性より女性の身体の方が設定室温に影響する。双方の平均皮膚温を一定にするためには、気流条件に関わらず30℃設定が好ましい。
2) 男性は、気流により快適側の申告が増加し、女性は、暑熱環境および寒冷環境においての気流により不快側の申告が増加する。
3) 性別により仕事を振り分けることで、高い作業効率を得られる可能性が示唆された。

## 5. 文献


1)村上遥香・糸井川高穂：温熱環境が生理・心理反応および知的生産性に及ぼす影響に関する研究―気流の違いに関する女性被験者実験―，空気調和・衛生工学会大会講演論文集，J-1，2019.
2)佐藤方彦・横山真太郎・栃原裕・佐藤陽彦・勝浦哲夫：人間工学基準数値数式便覧，技報堂出版，1992.
3)横山真太郎：生体内熱移動現象，北海道大学図書刊行会，1993.



[連絡先]
村上　遥香
e-mail：mt186420@cc.utsunomiya-u.ac.jp

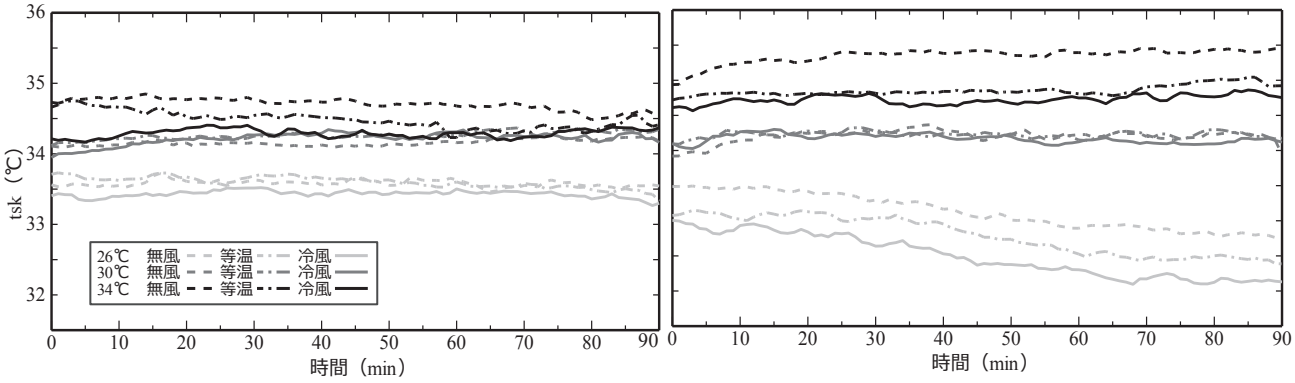




図 3　平均皮膚温（左:男性/右:女性）

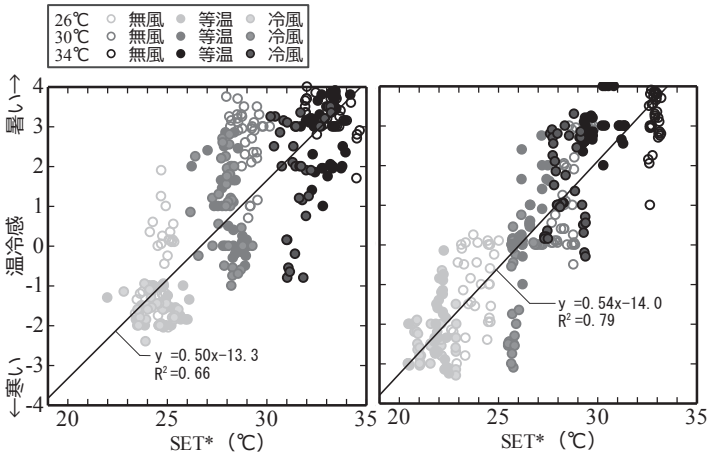



図 4　温冷感_SET*（左:男性/右:女性）

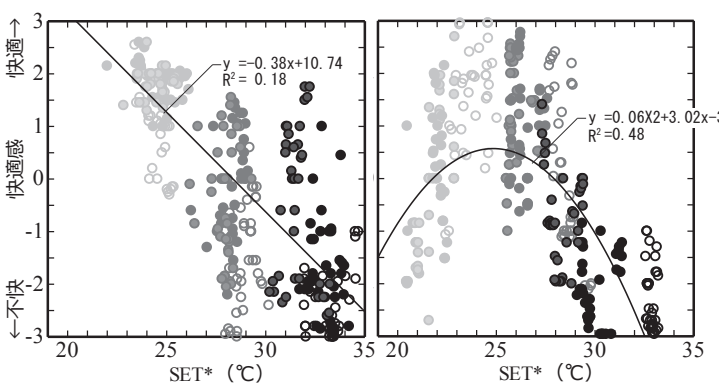



図 5　快適感_SET*（左:男性/右:女性）

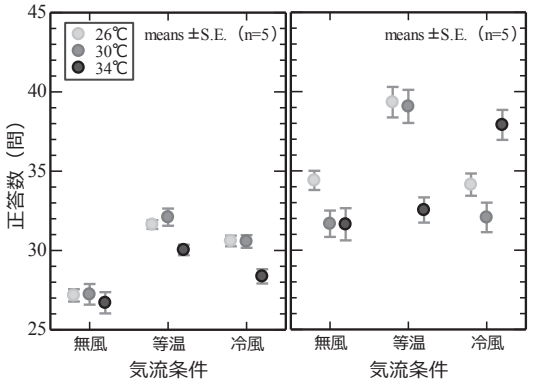



図 6　タイピング正答数（左:男性/右:女性）

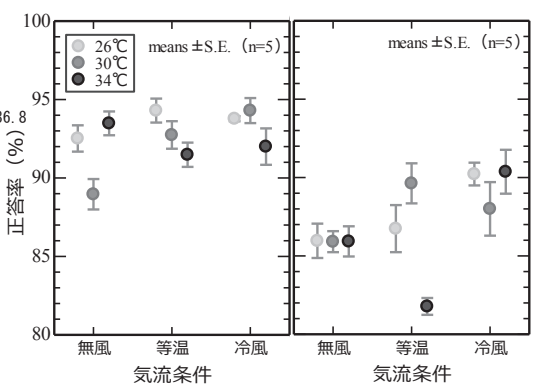



図 7　記憶探索正答率（左:男性/右:女性）

# 28℃環境における気流制御の熱的快適性および知的生産への影響

## ―局所気流を男性被験者の胴・足に当てた場合―

○李宏麒*，竹内雄紀*，糸井川高穂**
*宇都宮大学大学院，**宇都宮大学

## Effect of airflow control on 28 ° C environment on thermal comfort and intelligent production

## —When local airflow is applied to the torso and legs of a male subject—

Kouki RI *, Yuki TAKEUCHI*, Takaho ITOIGAWA**
* Utsunomiya University graduate School, ** Utsunomiya University

### 1. はじめに

オフィスの空調の主な目的は知的生産活動に良い影響を及ぼすことである。気流による影響の大きさは男女で異なることが知られている[1)]。

そこで、本研究は男性を被験者とした実験を行い、気流を当てる部位の違いと気流の強弱による生理・心理反応および知的生産性を検討する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験室

実験は宇都宮大学の実験室を用いて行った。実験室の概略図を図 1 に示す。

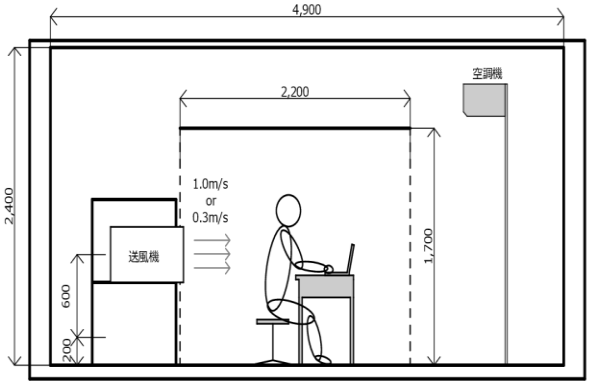



図 1　実験室断面図　単位（mm）

#### 2.2 実験環境

暑熱環境下での気流制御の温冷感及び知的生産性への効果を検証するために、冷房推奨温度の 28° C を温度条件とした。相対湿度は 50%とした。気流条件は「気流無し」と気流を当てる部位の違い（胴と足）と当てる気流の強さの違い（弱と強）を組み合わせた 4 条件の合計 5 条件とした。気流速度は強で 1.0m/s、弱で 0.3m/s とした。

#### 2.3 被験者

健康な男子大学生 5 名を被験者とした。被験者にはオフィスを想定した着衣（約 0.5clo）を着用させた。

#### 2.4 スケジュール

実験のスケジュールを図 2 に示す。記憶探査課題 9 分、タイピング課題 2 分とアンケート 4 分を 1 セットとし、1 回の実験を 6 セット総計 90 分で構成した。

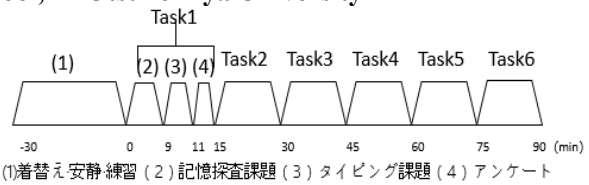



図 2　スケジュール

#### 2.5 測定項目

環境、心理反応、生理反応および知的生産性の測定項目を表 1 に示す。

#### 2.6 検定方法

実験の結果は、統計ソフト R を用いて、多重比較（Holm の方法）により検定を行った。

表 1 測定項目

| | | |
|---|---|---|
| 環境 | 室温<br>湿度<br>グローブ温度 | TR-72nw<br>TR-72nw<br>熱電対 |
| 生理反応 | 皮膚温<br>心拍<br>脳波 | 熱電対<br>心拍センサ<br>脳波センサ |
| 心理反応 | 温冷感<br>快適感<br>気流感 | 申告用紙<br>申告用紙<br>申告用紙 |
| 知的生産性 | 短期記憶<br>作業集中度 | 記憶探査課題<br>タイピング課題 |

### 3. 実験結果

#### 3.1 生理反応

平均皮膚温の経時変化を図 3 に示す。「気流無し」と比べて、「強胴」で皮膚温が約 0.8℃低かった。自然対流時の対流熱伝達率の高い部位の風速が高まったことにより、対流熱伝達率が高まったことによると考える[2)]。

心拍 RRI の結果を図 4 に示す。RRI は暑熱環境では高く、寒冷環境では低くなりやすいが[3)]、本研究では条件間で RRI に有意な差は見られなかった。

α 波の出現率を図 5 に示す。α 波の高い出現率はリラックス状態を表す。リラックスの程度と気流は明確な関係が見られず、個人差や温度以外の要素の影響によると考える[4)]。

θ 波の出現率を図 6 に示す。θ 波の高い出現率は集中状態を表す。集中の程度と気流の関係がみられず[4)]。気流以外の要素の影響によると考える。

### 3.2 心理反応

快適感の結果を**図 7** に示す。風速に着目すると、風速の強い条件で快適感が高くなった。風を当たる部位に着目すると、足に風を当てるより胴に当てた方が快適感は高くなった。

気流感の結果を**図 8** に示す。同じ風速では足に風を当たるより胴に当てた方が気流を感じることが分かった。気流に暴露される皮膚の露出面積が上半身の方が大きいことによると考える。

### 3.3 知的生産性

**図 9.10** に知的生産性の結果を示す。どの条件でも気流条件の違いによる知的生産性の差はみられなかった。即ち、本研究気流条件の差は、本研究で対象とした知的生産性への影響が確認できる程度の刺激ではなかったと言える。

## 4. まとめ

生理反応の中で、個人差や温度以外の要素が影響している可能性があるため、今後は今回より詳細な実験と分析が必要と考える。

心理反応の中、気流の強度によって、快適感が有意に向上した。気流は足にあてるより胴に当てる方が高い快適感につながることが分かった。

知的生産性について、気流を当てる部位の違いや風速の違いの影響を確認できなかった。

## 5. 参考文献


1) 李晟在· 田辺新一· 野部達夫：等温気流型ユニットを用いたタスク空調の熱的快適性，建築学会環境系論文集，第 575 号，75-82，2004 年.

2) 石井仁· 堀越哲美· 渡邊慎一· 鈴木健次· 楊昌智：自然対流時における人体および部位の対流熱伝達率の推定，日本建築会計画系論文集，第 530 号，31-37，2000 年.

3) 西川向一, 平澤由美, 長町三生：温熱環境が心拍変動に与える影響，人間工学会，33 巻 2 号，1997.

4) 石澤友和· 水谷国男· 半田港：人体生理・心理状態の違いを考慮した空調システムに関する研究その 2 温熱環境の変化が脳波に与える影響に関する検討，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，2010



［連絡先］

李宏麒

Email：mc196223@cc.utsunomiya-u.ac.

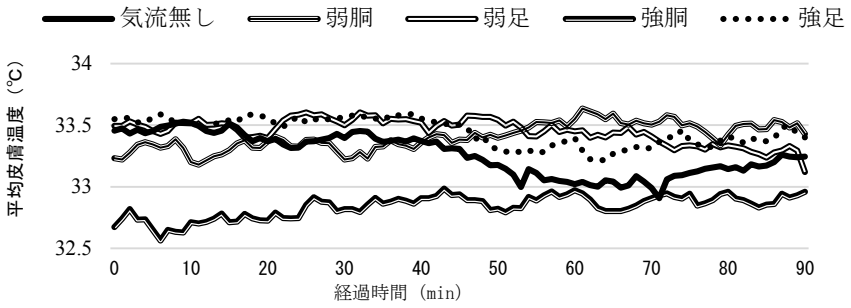




図 3　平均皮膚温経時変化

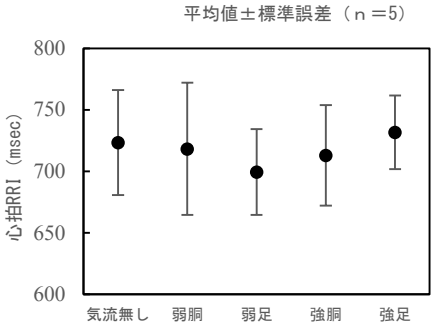



図 4　RRI

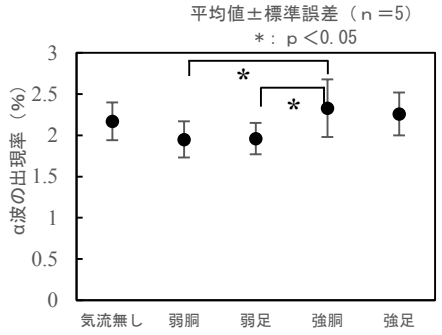



図 5　α波出現率

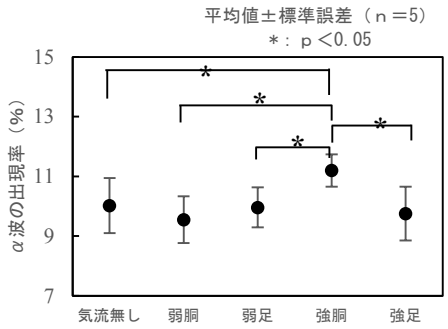



図 6　θ波出現率

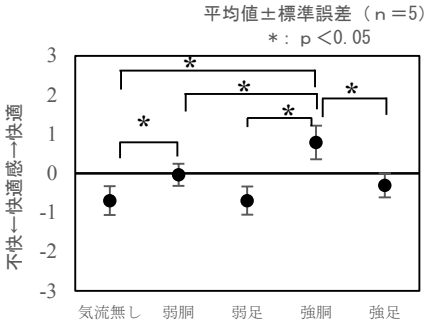



図 7　快適感

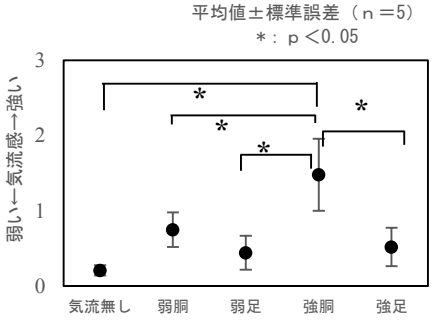



図 8　気流感

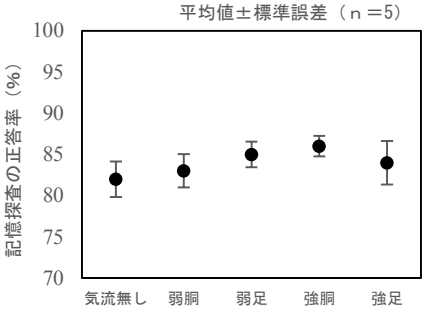



図 9　記憶探査課題

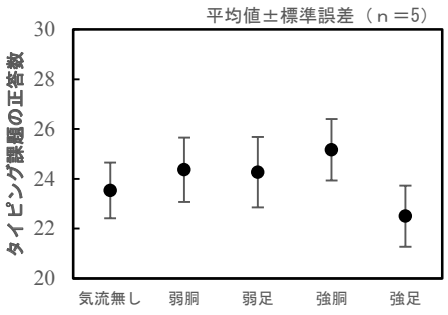



図 10　タイピング課題

A-6-3

# AI を用いたユーザの体験の総合評価推定の提案

○掛川彩人*，西内信之*
*首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Proposal of Comprehensive Evaluation Estimation on User Experience Using Artificial Intelligence

Ayato KAKEGAWA*, Nobuyuki NISHIUCHI*
* Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

## 1. はじめに

近年，人々は，物質的な価値だけではなく，体験を通して得られる経験を重視する傾向にある．企業も顧客の体験を意識した製品，サービスの設計を意識しており，ユーザ体験の収集，評価は顧客満足度を上昇させるためには必要不可欠である．そうしたユーザ体験は，ユーザエクスペリエンス(以下，UX)とも呼ばれ，国内外問わずメジャーな考え方となった．UX は, ユーザがシステムを介して得られる経験を，4つのステップで捉え，ユーザが実際に体験している段階の前後も考慮する．ユーザが体験中の UX データは，UX カーブというユーザ自身が満足度変化の原因を記入する手法で収集することが一般的であった．近年では，表情を認識し喜怒哀楽を判別することで，リアルタイムに UX を収集する手法なども登場している．しかし，様々な体験をしたユーザが，最終的に体験全体に対してどのような総合評価を下すかは，UX データからだけでは判定が困難である．また，UX は極めて個人的なデータで，数学的な手法で分析することは難しく，これまで AI を用いた研究も少ない．

そこで本研究では，ユーザが製品やサービス利用しているときの満足度の変化から，最終的なユーザの総合評価を AI で判定することを目的とする．

## 2. UX カーブとその評価の課題

UX カーブ(図 1)とは，サービス評価者（ユーザ）が自身の体験や感情の時間的変動を曲線と，感情の変化の理由をテキストでまとめたものであり，長いスパンの体験を回顧的に評価することができる手段である．縦軸が主に満足度，横軸が時間となっており，ユーザはサービスに対する満足度変化が起こったタイミングで，その原因を記入する．

UX カーブは，ユーザごとに相違が大きく，同一のイベントを経験したユーザ同士でも，評価が異なる（図 2）．そのため，被験者の真意を判定することは困難であり，どの要因が最終的なユーザの総合評価に影響を与えているかはわからない．

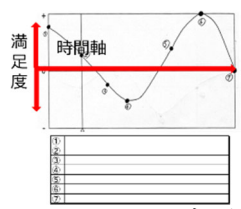



図 1　UX カーブの例

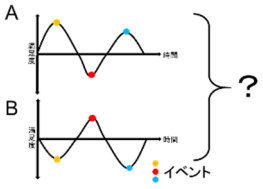



図 2　UX 評価の課題

## 3. 旅行計画タスクの UX カーブ評価に関する実験

被験者は，旅行代理店が提供しているサービスを通じて，海外旅行に行く計画を立てるタスクを行い, UX カーブを記入する．全てのタスク終了後にタスク全体に対する総合評価を記入し，UX カーブに記入された要因から総合評価を，AI を代表する機械学習で判定する．

### 3.1　実験で使用した UX カーブ記入用紙

実験では，新たに作成した UX カーブ記入用紙(図 3)を作成した．一般的な UX カーブとは違い，実験タスクの内容を指定された順番で記入する．また，一般的なものに対して実験中の UX カーブを記入する欄と実験後に実験全体に対する総合評価を記入する欄を別に設けた．

①UXカーブ記入欄
各タスクに関する満足度を
±10段階で記入
②満足度変化の原因の記入欄
満足度変化の原因を文章で記入
③総合評価の記入欄
実験全体に対する総合評価を
±10段階で記入

図 3　新たに作成した UX カーブ記入用紙

### 3.2　実験方法

被験者は，健康な大学生・院生(21～24 歳)30 名で，実験タスクは，実際に海外旅行のツアー購入を検討するという仮定で，単一の旅行代理店が提供している WEB サイトを閲覧しながら，旅行の候補地を複数挙げ，ツアーを比較しながら最終的に最も気に入ったツアーを一つ選択し，そのツアーを購入するか否かを考えてもらう，というものである．実験タスクは下記の 6 つのステップで構成されており，各ステップ終了後に UX カーブを記入してもらった．また①から⑥が終了後，約 1 分間，タスク全体を振り返ってから総合評価⑦を記入してもらった．

表 1　実験タスクの 7 つのステップ

| |
|---|
| ①「一生に一度は行ってみたい世界の絶景」を閲覧 |
| ②興味ある国の観光名所について自由に調べる |
| ③旅行代理店のトップページを見る |
| ④旅行代理店のサイト内で興味のあるページを見る |
| ⑤ツアーの候補地を複数決める |
| ⑥旅行の候補地を1つ選択し、購入するかどうかを選択する |
| ⑦最終的な総評（約1分間タスク全体を振り返った後） |

## 4. 実験結果及び考察

### 4.1 被験者の UX カーブの VIF 及び交差検定

被験者がUXカーブに記入した各タスクに対する満足度と総合評価を表 2 に示す．UX カーブの曲線を記入する欄には基準線から上下に 10 本ずつ罫線が引かれており，それにより満足度を数値で表した．通常，アンケートなどで満足度データを収集する際は，7 段階や 5 段階の尺度で設定する．そのため，満足度の幅をあまり細かく設定する必要はないが，分析に活用できる幅を広げるために 21 段階の尺度を設けた．

表 2　被験者の満足度の値

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | 総合評価 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 9 | 10 | -8 | 5 | 4 | 6 | 4 |
| B | 8 | 4 | 4 | -1 | -7 | 2 | 2 |
| C | 9 | 10 | -2 | -3 | -1 | 6 | 5 |
| D | 9 | 4 | 7 | 9 | -5 | -5 | 4 |
| E | 8 | 10 | -2 | -4 | -5 | -5 | 2 |
| F | 5 | 6 | 3 | 5 | 6 | 5 | 6 |
| G | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| H | 8 | -1 | 0 | -1 | 0 | 0 | 2 |
| I | 10 | 6 | -2 | 4 | 6 | 7 | 6 |
| J | 5 | 8 | 7 | -2 | 4 | -4 | 6 |
| K | 8 | 7 | 4 | 4 | 9 | 6 | 8 |
| L | 9 | 10 | 7 | 6 | 6 | 8 | 9 |
| M | 8 | -2 | 3 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| N | 8 | 3 | 1 | 1 | 2 | -6 | 4 |
| O | 5 | -4 | 3 | -2 | 4 | 6 | 4 |
| P | 8 | -1 | 6 | -5 | 2 | 5 | 2 |
| Q | 7 | 6 | 2 | 5 | 3 | -6 | 3 |
| R | 5 | 7 | -5 | 5 | 8 | -7 | 2 |
| S | 8 | 8 | 1 | 2 | 9 | -3 | 0 |
| T | 7 | 6 | 7 | 4 | 7 | 5 | 7 |
| U | 5 | 6 | -1 | 2 | 3 | -3 | 1 |
| V | 8 | 9 | 1 | 0 | 6 | -5 | 4 |
| W | 9 | 2 | 2 | 4 | 5 | -7 | 4 |
| X | 8 | 6 | 4 | -1 | 4 | 2 | 5 |
| Y | 6 | 9 | 4 | -9 | -10 | -10 | -9 |
| Z | 5 | 6 | 4 | 1 | 0 | 4 | 5 |
| AA | 1 | 3 | 2 | -1 | 1 | 1 | 2 |
| AB | 3 | 5 | 6 | 6 | 6 | 8 | 9 |
| AC | 8 | 8 | 6 | -2 | -2 | 4 | 7 |
| AD | 7 | 6 | -1 | -10 | 3 | 2 | 4 |

6 つの説明変数の多重共線性を調べるために，算出した数値から VIF を計算した（表 3）．VIF の数値から多重共線性が低いことがわかる．

表 3　VIF の数値

| VIF | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 数値 | 3.83 | 3.15 | 1.35 | 1.38 | 1.78 | 1.20 |

被験者の総合評価を算出するために機械学習を行う．今回は，SVM（線形カーネル），k 近傍法（k＝3），SVM（多項式カーネル）の 3 つの手法で，leave one out 交差検証を行った．表の数値から正答率が低いことがわかる．

表 4　各手法の leave one out 交差検証の正答率

| | 線形カーネル | k近傍法 | 多項式カーネル |
|---|---|---|---|
| 正答率 | 0.033 | 0.133 | 0.167 |

### 4.2 満足度の尺度の修正

第 4.1 節では，満足度の値を 21 段階で評価していたが，交差検証の正答率は低いものとなった．そこで，満足度の尺度を狭めたデータで計算を行う．満足度の幅を21段階としていたが，実際の満足度収取を想定して表 5, 6 のように 7 段階と 5 段階の尺度でデータを修正した．

表 5　7 段階の尺度

| | | |
|---|---|---|
| 非常に満足 | 10 | 3 |
| | 9 | |
| | 8 | |
| 満足 | 7 | 2 |
| | 6 | |
| | 5 | |
| | 4 | |
| やや満足度 | 3 | 1 |
| | 2 | |
| | 1 | |
| 普通 | 0 | 0 |
| やや不満 | −1 | −1 |
| | −2 | |
| | −3 | |
| 不満 | −4 | −2 |
| | −5 | |
| | −6 | |
| | −7 | |
| 非常に不満 | −8 | −3 |
| | −9 | |
| | −10 | |

表 6　5 段階の尺度

| | | |
|---|---|---|
| 非常に満足 | 10 | 2 |
| | 9 | |
| | 8 | |
| | 7 | |
| | 6 | |
| やや満足度 | 5 | 1 |
| | 4 | |
| | 3 | |
| | 2 | |
| | 1 | |
| 普通 | 0 | 0 |
| やや不満 | −1 | −1 |
| | −2 | |
| | −3 | |
| | −4 | |
| | −5 | |
| 非常に不満 | −6 | −2 |
| | −7 | |
| | −8 | |
| | −9 | |
| | −10 | |

### 4.3 修正したデータの交差検証

満足度の尺度を修正したデータをもとに交差検証を行い，各手法の正答率を算出した．尺度を 7 段階に修正したデータの正答率を表 7 に示す．最も正答率が高い手法は k 近傍法で，0.6 となった．ガウスカーネルの場合でも約 6 割の正答率があり，正答率はあまり高くないものの満足度の強弱を推定できる可能性がある．

表 7　7 段階データの各手法の正答率

| | 線形カーネル | k近傍法 | 多項式カーネル |
|---|---|---|---|
| 正答率 | 0.367 | 0.600 | 0.567 |

同様に，満足度の尺度を 5 段階にした時の正答率を表 8 に示す．k 近傍法とガウスカーネルで正答率は約 0.767 となり，約 8 割で正しい被験者の総合評価を推定できることがわかり，本提案手法の有効性が示唆された．

表 8　5 段階データの各手法の正答率

| | 線形カーネル | k近傍法 | 多項式カーネル |
|---|---|---|---|
| 正答率 | 0.733 | 0.767 | 0.767 |

5 段階の尺度では高い正答率となったが，実際に総合評価を推定する場面では，5 段階の尺度では精度が低い場合も考えられる．今回の検証では，7 段階の尺度において，最大でも約 6 割の正答率となったが，今後，被験者の人数を増やすことや，新たな手法で機械学習を行うことで正答率の向上を検討していく．

## 5. まとめ

AI を代表する機械学習を用いたユーザ体験の総合評価推定の提案を行った．実験では，旅行計画タスクに対する満足度の変化より総合評価を機械学習により推定した．実験結果より，満足度の尺度を 7 段階にした場合の正答率は最大で 0.6，満足度の尺度を 5 段階にした場合の正答率は最大で 0.767 となり，機械学習によるユーザ体験の総合評価推定の有効性を示すことが出来たと考えられる．

## 6. 参考文献


1) Kujala, S., et al.,: UX Curve A method for evaluating long-term user experience, Interacting with Computers, Vol(23), Issue 5, pp.473-483, 2011.
2) Quin Yang, S., et al.,: Investing How Experienced UX Designers Effectively Work with Machine Learning, Session12:Designing with Machine Learning, pp.585-596, 2018.



[連絡先]
掛川　彩人
e-mail：kakegawa-ayato@ed.tmu.ac.jp

# 組織の不正体質評価に関する研究

## ー不正のトライアングルに基づく検討ー

○飯野　大介*，小松原　明哲**
*早稲田大学大学院創造理工学研究科，**早稲田大学理工学術院

Study on evaluation of fraud constitution in the organization
-Examination based on Fraud Triangle-

Daisuke IINO*, Akinori KOMATUBARA**
*Waseda University, School of Science and Engineering, **Waseda University

### 1. 研究背景・目的

神戸製鋼所品質不良問題[1]，東洋ゴム工業の免振ゴムデータ改ざん問題[1]のように品質や安全に関わる不正が報道されている．こうした不正はステークホルダーの信頼を裏切り，企業の信頼を失墜させる重大な問題である．そのため，各企業においては事前に不正の兆候をつかみ未然防止に努めることが求められる．ここで課題となるのが，現状どの程度この種の不正リスクが生じる恐れがあるのか，またリスク低減のために優先的に対策を講じるべき項目は何かを評価することである．

そこで本研究では，望ましくないと認知しているにもかかわらず，短期的には納期割れを起こさない等組織利益につながる行為を意図的に行う不正を対象に，組織の不正体質評価システムの提案を行うことを目的とする．

### 2. 研究手順

① 事例分析による状態要因の明確化
不正のトライアングルの観点から事例分析を行い，不正実行に関わる状態要因を抽出・整理する
② 不正体質評価システムの有用性検討
ニューラルネットワークの構築により不正体質評価システムを提案する

### 3. 先行研究

Bazerman ら[2]は「従業員はもともとの倫理観は決して低くないにもかかわらず，その場の一瞬の意思決定により無意識的に不正をしてしまう」ことを指摘している．つまり，不正対策のためには現場従業員が倫理に反する行動を取る“場(状態)”を生み出さないことが重要と考えられる．

飯野[3]は不正のトライアングルの観点から企業不祥事21事例の分析を行っている(不正のトライアングル理論[4]は米国の犯罪学研究者 Donald R. Cressey の研究を基に，W. Steve Albrecht によって提案されたモデルである．この理論では，①動機，②機会，③正当化の 3 条件により，不正行為が生まれるとしている)．その結果，飯野は不正には前提状況が存在することを指摘している．前提状況とは不正の三要素以外に不正実行に大きく寄与していると思われた項目であり，企業風土や評価制度のような企業の根幹をなす項目が多く含まれる．

### 4. 状態要因の明確化

不正の三要素における動機や正当化は主観的事情であり，これらの発生には背景となる要因があると考えられる．本研究ではその背景要因を明らかとするために連関図法により分析した(図 1)．

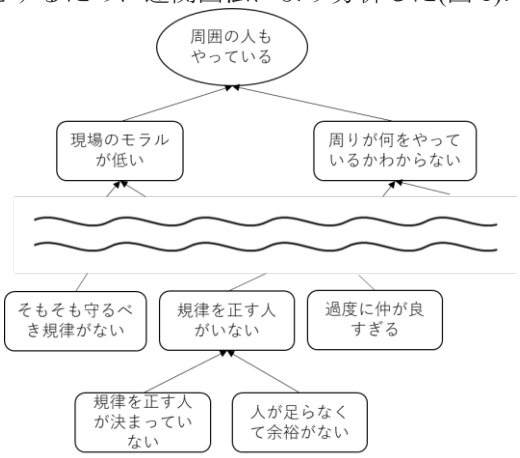



**図 1　連関図（一部）**

分析から，動機や正当化を生じさせる背景要因は飯野[3]の前提状況に相当することが示唆された．

以上から，現場従業員により不正行為が行われる状態要因としては不正の三要素の機会と前提状況を合わせた 17 項目であると考えられた(表 1)．

### 5. 不正体質評価システムの有用性検討

不正リスク評価及び優先的に対策すべき項目の選定のために，本研究では各状態要因から不正実行の可能性を予測できるニューラルネットワークを用いた．

#### 5.1 データの収集

学習データの収集のためにアンケート調査を行った．Web 調査会社を通じて，経営者・役員を除く 20 歳以上の会社員 111 名に以下 2 点について質問をした．①勤務先企業において，調査倫理の観点から現在の不正状態を聞く「不正の常態化」は削除した 16 の状態要因が当てはまるかどうかを 3 段階で回答してもらう．②現在の勤務先において，必要に駆られた際に自身が不正をする可能性はどの程度だと感じるか 6 段階で回答してもらう．有効回答数は 108 であった．

### 5.2 ニューラルネットワークによる学習方法

アンケートにおいて，不正実行の必要性に駆られた際に自身が不正に至る可能性をどの程度感じるか，という問いに対する結果を示す(図 2)．本研究では，非常に高い～どちらかと言えば高いと回答した人は不正をするとして正解ラベルを付け，データセットを作成した．

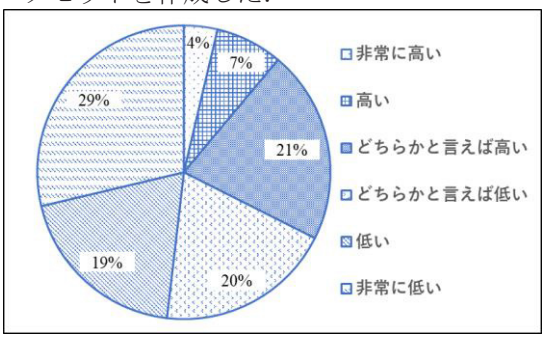



図 2　不正実行可能性の評価

データセットの 80%にあたる 84 サンプルをランダムに選択して学習データとして，残りの 20%にあたる 20 サンプルをテストデータとした．ニューラルネットワークは1つの入力層，1つの隠れ層(ノード数 10)，1 つの出力層(ノード数 2)からなる．活性化関数は中間層では ReLU 関数を，出力層では SoftMax 関数を使用した．

### 5.3 不正リスクの予測

テストデータを用いて精度を測定すると 75%であり，少ないデータ数からもある程度の不正判別が行えることが示唆された．つまり，対象企業において各項目のチェックを行うことで，現状の不正リスクを評価できることがうかがわれた．

### 5.4 優先対策項目の選定

各企業において優先して対策すべき項目は異なるが，入力項目の 1 つを改善した際の不正発生確率を比較することで，どの項目を対策することが最も効果的か検討することができると思われた．

例えば，開発したニューラルネットワークによると，テストデータ①においては「7.不十分な監査等のチェック体制」について対策するより，「6.不十分な教育体制」について対策する方が不正発生確率を低減できると予測された(図 3)．

このように各項目を変化させていくことで，対策項目の優先順位付けも可能になると考えられた．

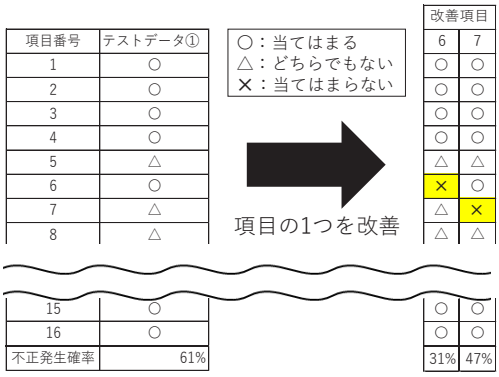



図 3　優先対策項目の選定

### 6. 結論

本研究では事例分析から対象となる不正の状態要因を整理し，ニューラルネットワークによる不正体質評価システムの提案を行った．システムでは不正リスクの評価を行えるだけでなく，優先対策項目の選定も可能であると示唆された．

### 7. 文献


1) 安岡孝司：“企業不正の研究”,日経 BP 社,2018
2) ベイザーマン M.H.，テンブランセル A.E.，（池村千秋（訳））：“倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか”，NTT 出版，2013
3) 飯野大介：“不正のトライアングルによる組織的不正の評価について”，人間工学，55(Supplement), p.2B1-2, 2019
4) Albrecht, W. S. “Iconic Fraud Triangle Endures: Metaphor Diagram Helps Everybody Understand Fraud”, Fraud Magazine July/August, pp.1-7,2014


表 1　状態要因（17 は調査時に削除した項目）

| 項目 | 詳細 |
|---|---|
| 1.偏った企業風土 | 業績，生産，納期の目標達成を何よりも優先とする雰囲気 |
| 2.能力を上回る目標設定 | 工程能力，技術的に実現不可能な規格．また，達成不可能なノルマや予算 |
| 3.業績評価に偏った評価制度 | 評価項目が業績に関するものの方が評価が高い．個人評価と部署，事業部評価の2つがある |
| 4.急な権威勾配 | 上下関係が厳しく，上司に対して意見を言い出しにくい雰囲気 |
| 5.低い倫理感 | コンプライアンスや品質，安全等に対する意識の欠如あるいは低下 |
| 6.不十分な教育制度 | コンプライアンスや品質，安全等に対する教育や研修が整備されていない状態 |
| 7.不十分な監査等のチェック体制 | 不正を防止あるいは発見するためのチェック制度や社内監査が機能していない状態 |
| 8.監査等の非独立性 | 同部門内に監査や検査部署が存在しており，不正を防止あるいは発見する機能が果たされていない状態 |
| 9.閉鎖的な情報網 | 部署，事業所間での情報交換がなされておらず，他部署の様子や不正について感知できない |
| 10.不十分な職場環境，制度 | 作業者が1人であったり，作業場が隔絶されていたりと不正実行を助長してしまう状態 |
| 11.不十分な管理体制 | データの改ざんを容易に行えてしまうセキュリティの低さや煩雑なデータ管理 |
| 12.外部からの発見が困難 | 業務内容や社内構造的に外部からは不正の実態が明らかになりにくい状態 |
| 13.固定的な人事制度 | 人事ローテーションが行われず，同じ人が長期間同じ部署にいる状態 |
| 14.人員，時間の不足 | 人員不足や時間的余裕がないために，ルールで定められた業務がこなせない状態 |
| 15.曖昧なマニュアル | 明確な表記がなされていないため，解釈に幅を持たせてしまう業務マニュアル |
| 16.曖昧な業務フロー | 業務の流れが文書化されていなかったり，経験や勘に依存するなど明確なルールが定められていない状態 |
| 17.不正の常態化 | 社内や職場内に不正が蔓栄しており，現場のモラルが低下している状態 |

B-5-1

# 香り付きチラシ広告の効果の検証

○川本　健太*，中山　洋*，矢口　博之*
*東京電機大学

Verification of effect of Scented flyer advertisement

Kenta KAWAMOTO*, Hiroshi NAKAYAMA*, Hiroyuki YAGUCHI*
*Tokyo Denki University

## 1. はじめに

近年、香りに対する世間の関心の高まりを受け、企業も香りを用いたビジネスを展開し始めている。例えば、カレーのルーや野菜売り場でカレーの香りを散布すると、ルーの売上が 3 割向上し、さらにカレーに使用されるジャガイモやニンジンなどの野菜の売上も向上したという報告がある [1)]。このように、香りには集客効果や販売促進効果がある。しかし、大衆向けに香りを散布する場合、その香りが嫌いな人間や隣接する店舗に対してマイナス効果が働くことが中山 [2)]らによって示唆されている。これらのことから、大衆向けに香りを散布するのではなく、個人向けに香りを感じさせる工夫が必要であると考えられる。

そこで本研究では、1 人 1 人が取得することができるチラシ広告に着目し、香りを付加させることによる効果について検証することを目的とする。

## 2. 事前実験（香り付きチラシ広告の制作）

本研究で使用する香り付きチラシ広告を制作するにあたり、適切なチラシ広告のサイズ及び形状と、香りの付加方法を明らかにすることを目的として、事前実験を行った。

その結果、A4(三つ折)サイズで、内面の四隅にアロマシール(精油を滴下することが可能)を 4 等分し貼付する構造(図 1)が有効であるとわかった。

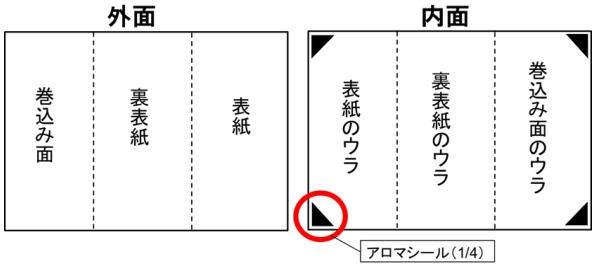



図 1 香り付きチラシ広告の構造

## 3. 香り付きチラシ広告の効果検証

### 3.1 方法

本実験は、2019 年 10 月 8、9、17、24 日に本学で実施し、本学生 340 名を被験者とした。事前実験の結果を元に、記載内容が同等の(A)香り無しチラシ広告と(B)香り付きチラシ広告を制作し、香りはカカオの精油を使用した。チラシ広告には、「チョコレートを利用したイベント内容」、チラシ広告を分別するための「チラシ番号」、主観的評価のための「アンケート」、「回収場所までの地図」を記載した。そして、この 2 種類のチラシ広告を被験者に配布し、香りの付加が実際の行動へ繋がるのかを、行動調査によって検証した。

調査項目として、1. 持参率(チラシ広告に記載されている回収場所まで持参するか)、2. 取得してから持参までの時間差、3. 主観的評価(チラシ広告に付加されている香りに気付いたかどうか)を設定した。

チラシ広告の配布場所では、(A)香り無しチシ広告と(B)香り付きチラシ広告を同時に配布し、配布時間とチラシ番号を記録した。チラシ広告の回収場所では、持参されたチラシ広告を回収し、持参時間とチラシ番号を記録した。なお、回収場所は、チラシ広告の内容を読まないと到達することができない教室(配布場所から徒歩 3 分)に設定した。これにより、チラシ広告を読んだかどうかを判断することができるため、チラシ広告自体の効果を検証することが可能である。

### 3.2 結果・考察

#### 3.2.1 持参率

図 2 にチラシ広告の持参率の結果を示す。

ウェルチの t 検定の結果、持参率は(B)香り付きチラシ広告が(A)香り無しチラシ広告よりも有意($p<0.01$)に高くなった。この結果から、チラシ広告に香りを付加することで、取得後に行動させることができると言える。

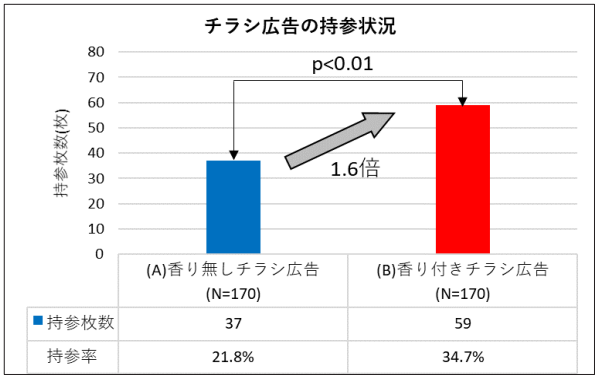



図 2　チラシ広告の持参状況

#### 3.2.2 取得から持参までの時間差

図 3 に取得から持参までの時間差の結果を示す。

15 分間隔で集計を行った結果、香りの有無に関係なく、1～15 分に持参した割合が多く、そこから滑らかに減少し、61 分以降に持参した割合が多くなる結果となった。この結果から、行動傾向に変化は見られなかった。

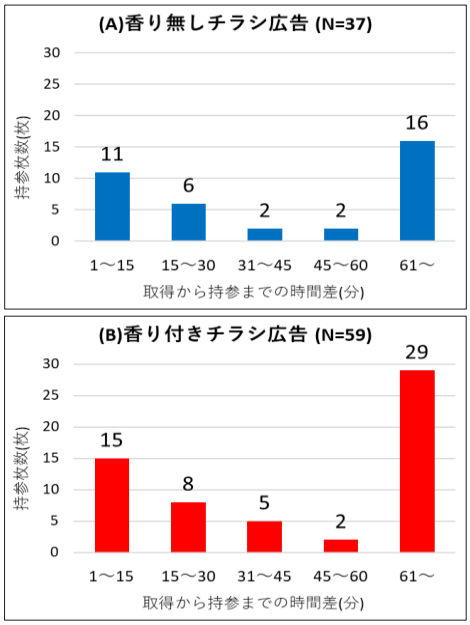



図 3　取得から持参までの時間差 (15 分間隔)

図 3 の結果では香りの有無に関係なく 61 分以降に持参した枚数が最も多くなっている。そこで、61 分以降の持参状況を分析するため、移動平均を算出し、10 分間隔で且つ時間差の範囲を拡大した。その結果を図 4 に示す。

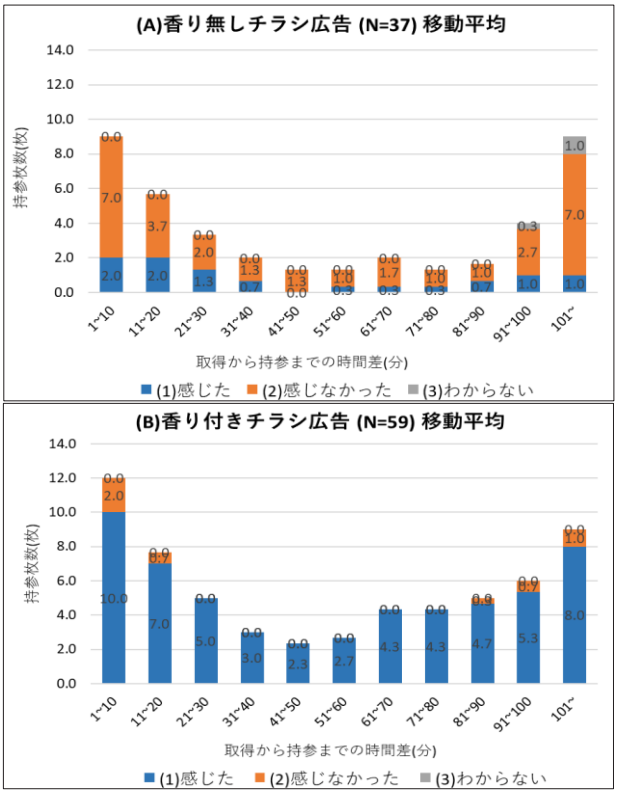



図 4　取得から持参までの時間差 (10 分間隔)

この結果から、行動傾向としては香りの有無に関係なく、取得から持参までの時間差が共通して 1～15 分と 101 分以降で多く、凹型のように持参枚数が変化する結果となった。しかし、(A)香り無しチラシ広告では 91～100 分の時点で、(B)香り付きチラシ広告では 61～70 分の時点で持参枚数が上昇し始めていることから、香りを付加することで行動するまでの時間が早くなると考えられる。

### 3.2.3 主観的評価

図 5 にアンケート回答中のチョコレートの香りの認識度に関する結果を示す。

香りが付いていないチラシ広告であっても、約 3 割の被験者が香りを感じたと回答したことから、チラシ広告による視覚情報が、香りがしていると錯覚させた可能性があると考えられる。

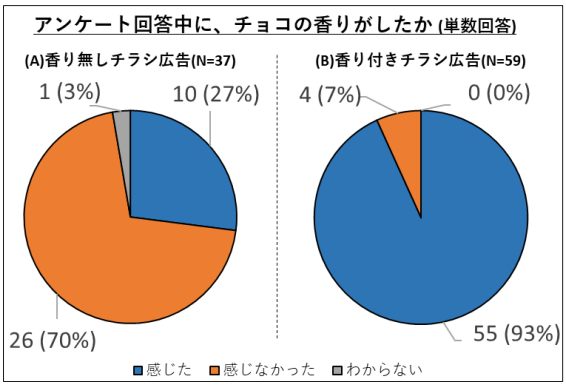



図 5　チラシ広告の持参状況

## 4. まとめ

本研究では、香り付きチラシ広告の効果を検証した。その結果、香りには高い行動促進効果があり、さらに行動するまでの時間を早めることができることが明らかとなった。また、香りが付加されていない場合でも、視覚情報が香りを錯覚させる可能性も示唆された。

今回は、チラシ広告を配布し、受動的に取得させる方法で検証を行った。そこで今後は、チラシ広告を設置し、能動的に取得させる方法を用いて、香り付きチラシ広告の効果検証を行う。なお、チラシ広告単体で設置した場合、注目されず取得されない可能性を考慮して、高い注目性を持つデジタルサイネージと香り付きチラシ広告を併用する。

## 5. 参考文献

1)NHK クローズアップ現代, “広がるにおいビジネス”, 2010.5.18.
2)中山洋･藤倉純子･トランケズ ラハマン・武藤志真子：精油芳香の嗜好が作業能率に与える影響, 日本アロマセラピー学会誌, 11(1), 14-19, 2012

[連絡先]
川本　健太
e-mail：18rmd07@ms.dendai.ac.jp

# 視覚が触覚の曲面知覚に与える影響

## ーヘッドマウントディスプレイと力覚提示装置を用いた検討ー

○石橋　優*，石橋　圭太**，岩永　光一**
*千葉大学大学院融合理工学府，**千葉大学大学院工学研究院

Effects of Vision on Haptic Curvature Aftereffect : Using Head Mounted Display and Force Feedback Device

Yu ISHBASHI*, Keita ISHIBASHI**, Koichi IWANAGA**
* Graduate School of Science and Engineering, Chiba University,
** Graduate School of Engineering, Chiba University

### 1. はじめに

凸(凹)の曲面に指で一定時間触れた後、平らな面に触れると、その表面が凹（凸）に知覚されるという現象（Curvature Aftereffect）が報告されている[1]（図 1）。先行研究では、力覚提示装置のような道具を用いて曲面に触れた場合[2]や、それぞれの曲面に左右の別々の手で触れた場合[3]においても順応が生じることが報告されている。

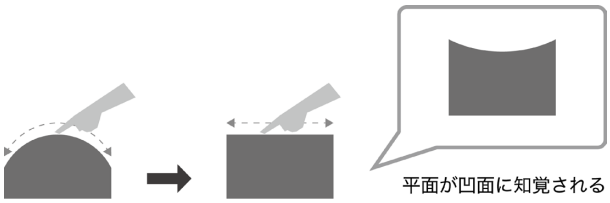



図 1　触覚による曲面知覚の順応

形状知覚において、視覚と触覚にそれぞれ異なる情報を同時に提示した場合、視覚が優位に働き手では平面に触れながらも曲面に触れているように知覚されることが報告されている[4)5)]。

平面に触れながらも視覚的に曲面に触れている様子を同時に提示することで「曲面に触れている」という感覚を与えた場合に順応が生じれば、曲面知覚の順応は触覚のみが関与して生じる現象ではないと言えるのではないか。本研究は、視覚情報の提示によって曲面に触れていると知覚させた場合に順応が生じるかを明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験方法

#### 2.1 被験者

被験者は 12 名の大学生・大学院生の男女で、うち 2 名が左利きだった。

#### 2.2 刺激の提示

実験では、力覚提示装置(Touch, 3D Systems 社)を用い、触覚刺激として平面または曲面に触れている感覚を提示した。またヘッドマウントディスプレイ（Oculus Rift CV1, Oculus 社）を用い、視覚刺激として CG で描画した物体に触れている様子を提示した（図 2)。

実験中、被験者は机に向かって座り、利き手の前腕部を台の上に載せて力覚提示装置のペン部分を握って操作した。また、もう一方の手ではキーパッドを操作し、タスクの回答を行った（図 3）。

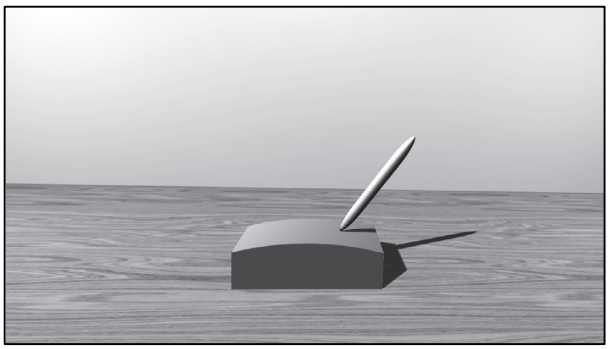


図 2　ヘッドマウントディスプレイ上に提示された順応刺激（画面中央の棒状の物体は力覚提示装置のペン部分と同期して動く）

図 3　実験環境

#### 2.3 実験タスク

図 4 に実験タスクの流れを示す。各試行で順応刺激とテスト刺激の順に 2 種類の曲面を提示した。被験者は順応刺激に触れた後、テスト刺激に触れ、凹面と凸面のどちらであったかをキーボードを押すことで回答した。順応刺激として触覚刺激は常に平面を提示し、視覚刺激は凹面、平面、凸面のいずれかを提示した。テスト刺激が提示されている間は視覚刺激は提示されず、被験者は触覚のみにより凹凸を判断した。

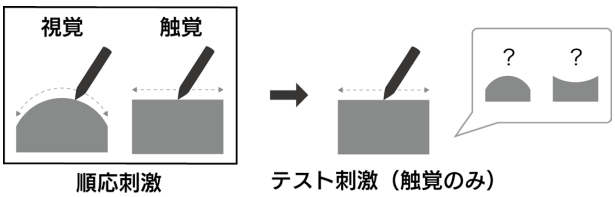



図 4　実験タスクの流れ

### 2.4 刺激の曲率

刺激として提示した曲面の曲率は、順応刺激（視覚刺激）が凹面（−3.2 $m^{-1}$）、平面、凸面（3.2 $m^{-1}$）の3水準とした。テスト刺激の曲率は凹面が 4 水準（−1.6 $m^{-1}$, −1.0 $m^{-1}$, −0.4 $m^{-1}$, −0.2 $m^{-1}$）と凸面が 4 水準（0.2 $m^{-1}$, 0.4 $m^{-1}$, 1.0 $m^{-1}$, 1.6 $m^{-1}$）の計 8 水準とした。

実験は順応刺激（視覚刺激）ごとに 3 ブロックに分けて行った。各ブロック内でテスト刺激はそれぞれ 10 回繰り返しランダムな順序で提示した。また、3ブロックの順序は被験者間でカウンターバランスをとった。

### 2.5 解析

被験者の回答について、各テスト刺激に対して「凸」と回答した割合を算出した。順応刺激（視覚刺激）ごとにprobit回帰分析を行い、「凸」と回答した割合が 50%となる点に対するテスト刺激の曲率を主観的等価点（PSE）として求めた（図 5）。

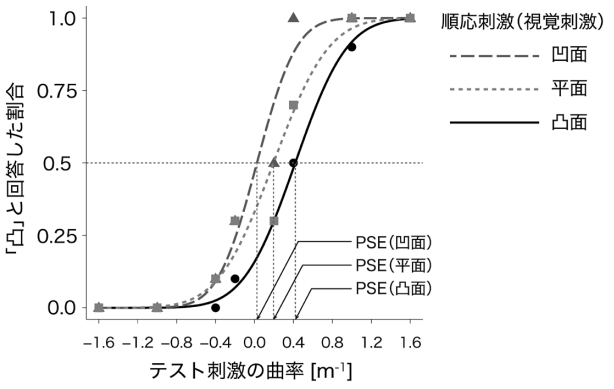



**図 5　ある被験者の回答から得られた各順応刺激（視覚刺激）における回帰曲線と主観的等価点（PSE）**

## 3. 結果

各順応刺激（視覚刺激）での PSE は凹面：−0.20 ± 0.29 $m^{-1}$, 平面：0.02 ± 0.30 $m^{-1}$, 凸面：0.13 ± 0.21 $m^{-1}$（平均値 ± 標準偏差）であった。

反復測定一元配置分散分析の結果、順応刺激（視覚刺激）による主効果がみられた（$F(2, 22) = 6.841$, $p = 0.005$）。また、Bonferroni 法による多重比較の結果、凹面と凸面の間で有意な差が見られた（$p < 0.005$）（図 6）。

## 4. 考察

順応刺激（視覚刺激）の違いによって PSE に差が見られたことから、視覚情報による曲面知覚の操作を行った場合においても順応が生じることが確認された。このように触覚刺激として曲面に触れていないにもかかわらず順応が見られたことは、曲面知覚の順応は触覚に限られた現象ではなく、複数の感覚情報が関係して生じる現象であることを示唆している。

先行研究 [5]では順応刺激とテスト刺激に別々の手で触れた場合においても順応が生じたことから、順応は末梢の感覚受容器のレベルではなく、感覚情報が処理される中枢のレベルで生じる現象であると考察している。本研究の結果はこれを支持すると共に、順応が視覚と触覚という複数の感覚情報が統合され、処理される段階で生じる現象であることを示唆するものとなった。

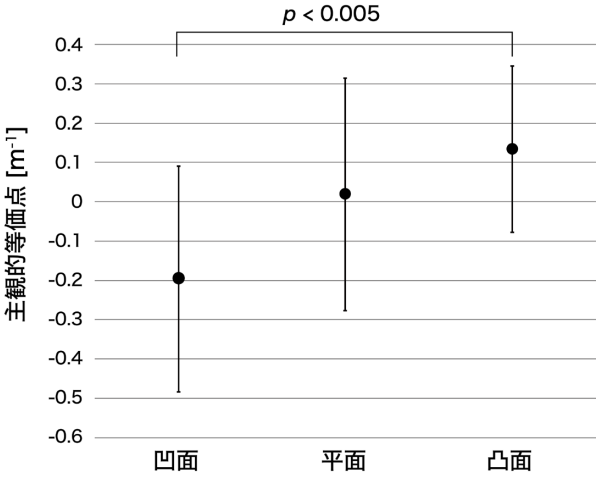



**図 6　各順応刺激（視覚刺激）での主観的等価点**
（n = 12, mean ± SD）

## 5. 引用文献


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

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

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

4) Rock, I., & Victor, J. : Vision and touch: An experimentally created conflict between the two senses., Science, 143(3606), 594-596, 1964.

5) Ban, Y, et al. : Modifying an identified curved surface shape using pseudo-haptic effect., Haptics Symposium (HAPTICS), 221-216, 2012.



[連絡先]
石橋　優
e-mail：adua2077@chiba-u.jp

# Size-Weight Illusion が事象関連電位に与える影響

○今野　雅史*，石橋　圭太**，岩永　光一**
*千葉大学大学院融合理工学府，**千葉大学大学院工学研究院

Effects of Size-Weight Illusion on Event Related Potential

Masashi KONNO*, Keita ISHIBASHI**, Koichi IWANAGA**
*Graduate School of Science and Engineering, Chiba University,
**Graduate School of Engineering, Chiba University

## 1. はじめに

Size-Weight Illusion（SWI）とは重量が等しく大きさの異なる物体を持ち比べると、より小さい方が重いと感じる現象である。SWI は再現性の高い錯覚であり、繰り返し持ち上げても減衰しないことが報告されている[1]。一方で繰り返し持ち上げることで必要な力の予測は正確に行われるようになることが報告され、SWI が認知的・知覚的なレベルで発生しているものであることが示唆された[2]。また、fMRI を用いて神経活動の面から SWI の発生を検討した研究では、物体の大きさ・重量・密度それぞれに関連する脳部位が特定された[3]。しかし、fMRI に比べ時間分解能に優れる事象関連電位（ERP）を用いて SWI について検討した研究は行われていない。本研究では錯覚が繰り返しの試行で減衰しないことを利用し、SWI が ERP に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

視覚正常かつ右利きの健康な男子大学生 12 名が実験に参加した。

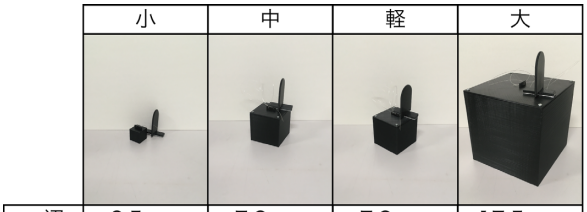
### 2.2 刺激

刺激には 3D プリンタを用いて製作した 4 種類の立方体を用いた(図 1)。重量が等しく大きさの異なる 3 種類と、実際に重量の異なる 1 種類である。以降、各刺激を小・中・軽・大とする。各刺激に同形状の持ち手を装着し、触覚条件を統一した。

### 2.3 手順

実験は 4 種類のうちの 2 種類の刺激を交互に持ち上げ、重量を比較するものであった。刺激の組み合わせは「大 vs 中」「大 vs 小」「中 vs 小」「軽 vs 中」の 4 条件とした。

被験者がスイッチを押すことで試行が開始、光の合図で片方の刺激を持ち上げた。一定時間経過後刺激を置き、もう片方の刺激に持ち替えて次の試行を行った（図 2）。1 回の持ち上げを 1 試行とし、10 試行後、各刺激の重量を任意の数値で回答させた。以上を 1 セットとし、各セットで同じ組み合わせが連続しないように刺激をランダムに入れ替えた。被験者には常に注視点を見続けるよう教示した。持ち上げ時の視覚情報を統一するため、持ち上げている刺激は見えないように布で覆い、同じ大きさの立方体を注視点の左右に配置した。



| | 小 | 中 | 軽 | 大 |
|---|---|---|---|---|
| 一辺 | 3.5 cm | 7.8 cm | 7.8 cm | 17.5 cm |
| 重量 | 520.5 g | 520.6 g | 241.0 g | 520.6 g |
| 密度 | 12.1 g/cm$^3$ | 1.1 g/cm$^3$ | 0.5 g/cm$^3$ | 0.1 g/cm$^3$ |

**図 1　刺激の種類**

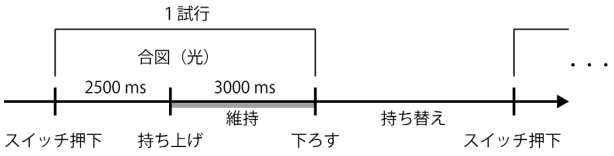



**図 2　実験の流れ**

### 2.4 計測指標

各セットで被験者が回答した数値の比率(より小さい物体の数値をより大きい物体の数値で割った値)を錯覚量とした。つまり、どちらも同じ重さに感じた場合錯覚量は 1 となり、SWI が起きた場合錯覚量は 1 より大きな値となる。「軽 vs 中」条件は実際の重量が異なり錯覚ではないため解析に値は用いなかったが、参考として平均値のみ示す。

脳波はサンプリングレート 1 kHz で計測し、0.032 Hz〜30 Hz のフィルタをかけ、左右乳様突起を基準電極として国際 10-20 法に基づく 19 部位(Fz, Cz, Pz, Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T7, T8, P3, P4, P7, P8, O1, O2)を測定した。物体が持ち上がる瞬間をトリガーとし、持ち上がる前 200 ms 間の平均電位を基線として刺激提示後 1500 ms までの ERP を算出した。瞬目又は±200 μV 以上の変動が見られた脳波は除外された。

### 2.5 解析方法

SWI が起きていたことを確認するため、条件毎に 1 群の *t* 検定を行った。また、条件同士の違いを調べるため 3 条件間で Bonferroni の方法による多重比較を行った。事象関連電位は各条件の刺激毎に加算平均を行い、波形の差が顕著に見られた「軽 vs 中」条件と、条件は異なるが同じ刺激の波形である「大 vs 中」の中と「中 vs 小」の中について、それぞれ波形の差が大きく現れている部分における 200 ms 間の平均振幅値で *t* 検定を行った。

## 3. 結果

### 3.1 錯覚量

各条件における錯覚量(M±SE)は「大 vs 中」で 1.20±0.05,「大 vs 小」で 1.28±0.10, 「中 vs 小」で 1.16±0.07 であり、*t* 検定の結果全ての条件でより小さい物体の方が有意に重く知覚されていたため（$p < 0.05$）、SWI が起きていた。なお、「軽 vs 中」における値は 3.61±0.64 であった。また、各条件間の多重比較の結果、「大 vs 小」と「中 vs 小」の間にのみ有意差が見られた($p < 0.05$)。

### 3.2 事象関連電位

波形の違いが特に顕著に現れた F3 部位の ERP について検討を行った。「軽 vs 中」の ERP 波形を図 3 に示す。刺激間で大きく波形の異なる 500 ms～700 ms(矢印の区間)の振幅値の平均を *t* 検定した結果、有意差が見られた($p < 0.05$)。また、「大 vs 中」における中の波形と「中 vs 小」における中の波形を図 4 に示す。同様に、最も波形の異なっている 900 ms～1100 ms(矢印の区間)の振幅値の平均を *t* 検定した結果、有意差が見られた($p < 0.05$)。

## 4. 考察

「大 vs 中」「大 vs 小」「中 vs 小」各条件で錯覚が起きていた。SWI に関する大半の先行研究と異なり、本実験では実際に持ち上げている物体ではなく静止した同じ大きさの物体を見ながら重量を判断させた。よって持ち上げている物体そのものを見なくても錯覚は起こると考えられる。また、「中 vs 小」よりも「大 vs 小」で錯覚が強まっていた。体積比は「中 vs 小」が最も小さく、「大 vs 小」が最も大きいため、大きさの差が大きい程錯覚が強まると考えられる。

実際に重量の異なる「軽 vs 中」条件では波形に違いが見られた。fMRI による研究では物体を持ち上げることで頭頂周辺の部位が賦活し、中でも物体の重量の処理には一次運動野が関わっていることが報告されている [3]。「軽 vs 中」における波形の違いが重量に影響されたものである場合、一次運動野の活性化が関係している可能性がある。

同じ刺激であっても比較対象が異なると ERP が変化した。比較対象の刺激も実際の重量は等しいため、ERP を変化させる要因は物体の相対的な大きさという視覚情報であると考えられる。つまり、大きさが重量知覚に影響を与える SWI によって、ERP が変化したと考えられる。

SWI がより強く起きた場合は波形の変化も異なると考えられる。本実験の錯覚量は 1.2 程度だったのに対し、先行研究では触覚を統一した条件で 1.6 程度であった [2]。錯覚の強度が低い原因としては持ち上げている物体を直接見なかったことによるものであると考えられる。そのため大きさの情報が間接的にしか得られず、錯覚が弱まってしまった可能性がある。

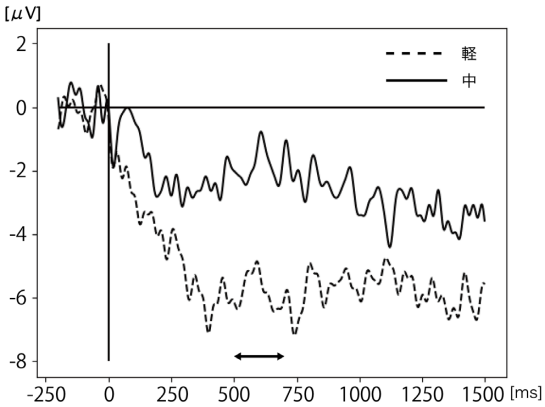



**図 3　「軽 vs 中」条件平均波形（F3）**

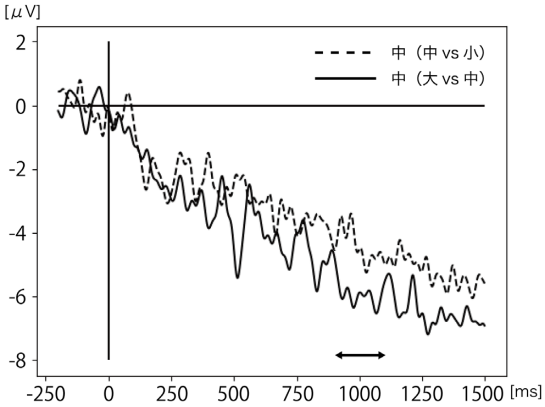



**図 4　「大 vs 中」条件における中及び「中 vs 小」条件における中の平均波形（F3）**

## 5. 結論

錯覚量の結果より、持ち上げている物体を直接見ていない条件でも錯覚が起こり、大きさの差が大きい程錯覚は強まることが明らかになった。

事象関連電位の結果より、実際に重量差がある条件において F3 部位で異なる波形を示し、同じ刺激でも比較対象の大きさという情報が異なることで波形に違いを示すことが分かった。

## 6. 文献


1) Wolfe HK. : Some effects of size on judgements of weight., Psychol. Rev., 5, 25-54, 1898.
2) Flanagan JR. and Beltzner MA. : Independence of perceptual and sensorimotor predictions in the size–weight illusion., Nat Neurosci, 3, 737-741, 2000.
3) Chouinard P., et al. : Dissociable neural mechanisms for determining the perceived heaviness of objects and the predicted weight of objects during lifting: an fMRI investigation of the size–weight illusion., NeuroImage, 44, 200-212, 2009.



[連絡先]
今野　雅史
e-mail：konno.kcc@chiba-u.jp

# 視覚刺激が誘発する力覚の錯覚の定量的評価に関する研究（第２報）

○五十棲 啓*，石橋 圭太**，岩永 光一**
*千葉大学工学部，**千葉大学大学院工学研究院

Study on Quantitative Evaluation of Haptic Illusion Induced by Visual Stimulus (Part 2)

Hiraku ISOZUMI*, Keita ISHIBASHI**, Koichi IWANAGA**
*Faculty of Engineering, Chiba University, **Graduate School of Engineering, Chiba University

## 1. はじめに

マウスを操作する際に Display/Control 比（D/C 比, 操作デバイスの移動量に対する画面上のカーソルの移動量）を減少させることで摩擦抵抗力の増加を錯覚し, 増加させることで摩擦抵抗力の減少を錯覚することが報告されている [1]. Dominjon らは D/C 比の減少で物体の質量をより重く, 増加でより軽く誤認することを明らかにしている [2]. このように, 視覚刺激の変化によって再現された触覚や力覚の錯覚は pseudo-haptic feedback と呼ばれている [1, 3]. 著者らの第１報では, 物理的な抗力が±0.15 N 変化する条件では, D/C 比を±30~35%変化させることで主観的な抵抗が等しくなることが明らかにされている.

このように D/C比の変化が力覚に影響を与える事例は多数報告されているが, D/C 比の変化による pseudo-haptic feedback の錯覚量を, 物理的な力と対応させて定量的に求めた研究はまだない. そのため, 本研究では, D/C 比を変化させて生じた pseudo-haptic feedback と物理的な抗力の対応関係を明らかにすることで, pseudo-haptic feedback の錯覚量を定量的に求めことを目的とした.

## 2. 方法

### 2.1 被験者

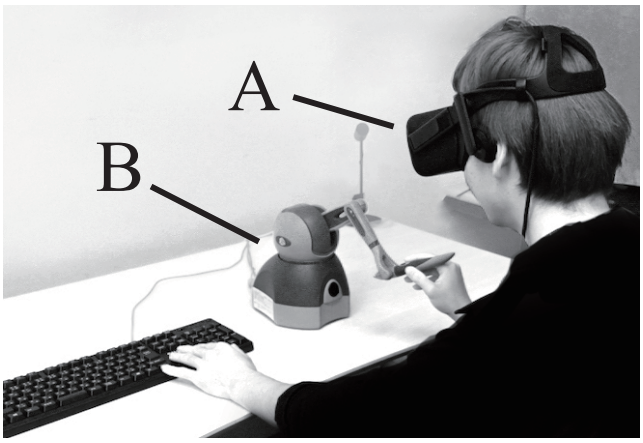
被験者は 10 名（うち女性６名）で，２名が左利きであった. 被験者の年齢は 21.8±1.25 歳（M±SD）であった.

### 2.2 実験装置

実験環境を図１に示す. 力覚刺激を提示するために力覚提示装置（FFD, Touch USB）を用いた. 視覚刺激を提示するためにヘッドマウントディスプレイ（HMD, Oculus Rift）を用いた. 回答にはキーボードを用いた. 実験中の被験者は常に右手で FFD のスタイラス型の操作部を把持し, 頭部に HMD を装着して実験を行った. 被験者は左手でキーボードを操作した. メトロノームを用いて, 被験者が FFD を操作する速度を統制した. 環境音の影響を排除するため, ホワイトノイズを用いて被験者の聴覚をマスキングした.

### 2.3 実験方法

視覚刺激として, unity©を用いて作成したＶＲ環境を用いた（図２）. FFD を左右に操作すると, 球体のカーソルが, 設定された D/C 比に従って左右に動いた. 本実験における D/C 比とは, 被験者の FFD を操作する右手の移動距離[unit]に対する，ＶＲ環境におけるカーソルの移動距離[m]の比とした. ＶＲ内の距離の単位は 1 unit であらわされ, 現実空間の１m に相当する.




A: ヘッドマウントディスプレイ（Oculus Rift）
B: 力覚提示装置（Touch USB）

図１　実験の様子

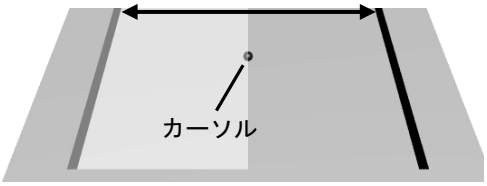



図２　被験者に提示したＶＲ環境

被験者は, 各試行の前にカーソルを右端まで移動させた. 試行開始後は, FFD によって, 常に右向きで一定の大きさの抗力が与えられていた. 被験者はカーソルを左端まで移動させて停止させた. カーソルが画面中央を通過して床面の色が異なる領域に侵入したとき, D/C 比と抗力を変化させた. 被験者は, 変化の前後を比較して, より抵抗大きいと感じたものを, キーボードを用いて回答した. 回答後,

FFD による抗力の発生を停止した. これを 1 試行とした. 被験者には, カーソルを右端の壁面から左端の壁面まで移動させる時間を 1 秒とするように教示し, 実験を行う前に十分な練習試行を行った.

### 2.4 実験条件

本実験では, 全条件で変化前の D/C 比の大きさを 3.75 unit/m, FFD による抗力を 0.60 N に設定した. D/C 比の変化率は−60%, −40%, −20%, ±0%, +20%, +40%, +60%の 7 通りとした. 抗力の変化量は−0.60 N, −0.45 N, −0.30 N, −0.15 N, ±0 N, +0.15 N, +0.30 N, +0.45 N, +0.60 N の 9 通りとした. D/C 比および抗力の変化は, 全ての組み合わせで 15 回ずつ, 全部で 945 試行行った. カウンターバランスを考慮し, 刺激の変化の提示順序はランダムとした.

### 2.5 解析

各被験者について, 変化後が重いと感じた割合を実験条件ごとに求め, D/C 比条件ごとにプロビット分析を行い主観的等価点（PSE）を求めた（図 3）. 本実験における PSE とは, D/C 比および抗力の変化前後で抵抗の大きさが主観的に等しい, 抗力の変化量のことである. D/C 比の変化による pseudo-haptic feedback の錯覚量を明らかにするため, 被験者ごとに, D/C 比の変化率が ±0%の PSE（-0.00924±0.0366 N, M±SE）から各 D/C 比条件の PSE を引いた値を求め, 各 D/C 比条件における pseudo-haptic feedback の錯覚量とした. 錯覚量について, D/C 比の変化率を要因として, 繰り返しありの一元配置分散分析を行った. 下位検定には Bonferroni補正による平均値の比較を行った. 有意水準は 5 %未満とした.

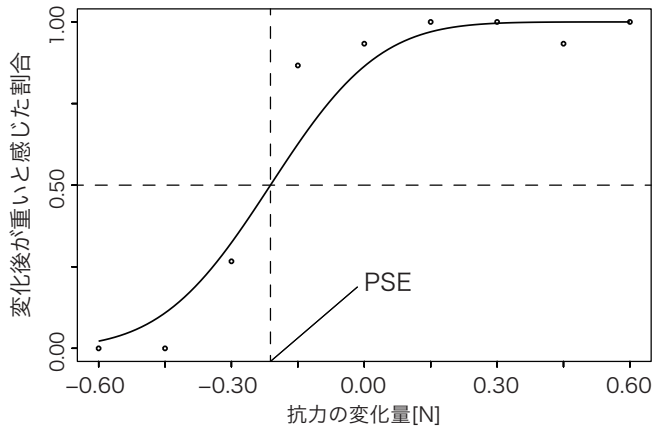



**図 3　PSE の算出方法**
**（被験者 1 名の結果, D/C 比−60 %条件）**

### 3. 結果

図 4 に各 D/C 比条件の錯覚量の値の平均および線形回帰直線を示す. 分散分析の結果, D/C 比の変化率による有意な主効果が認められた[$F$(1.164, 10.477) = 7.575, $p$ = 0.017]. 有意な線型性が認められた[$F$(1, 9) = 8.351, $p$ = 0.018]. 下位検定の結果, D/C 比の変化率が−60%, −20%の条件間で有意差があった.

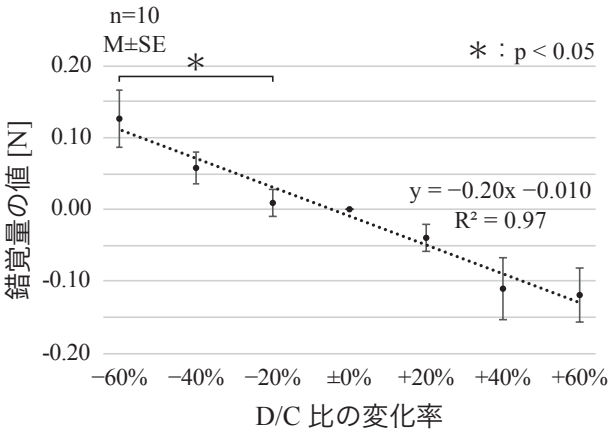



**図 4　D/C の変化率ごとの錯覚量の平均**

### 4. 考察

D/C 比条件によって pseudo-haptic feedback の錯覚量が有意に異なったことから, 力覚は, 視覚刺激の影響を, その変化量に応じて受けることが示された. これは力覚が, 深部感覚のみならず視覚の影響を受けることを示し, 視覚刺激の変化によって質量[2]や弾性[4]の知覚が変化する先行研究と一致する.

今回の実験では D/C 比の変化率ごとに pseudo-haptic feedback の錯覚量を定量的に求めることができ, D/C 比と錯覚量の関係に強い線型性が確認できた(図 4).

### 5.結論

D/C 比を±10%変化させるごとに, ∓0.02 N 相当の pseudo-haptic feedback が生じる.

### 6. 文献


1)Lecuyer, A., Coquillart, S., et al.：Pseudo-haptic feedback: can isometric input devices simulate force feedback?, Proceedings IEEE Virtual Reality 2000, 18-22, 2000.

2) Dominjon, L., Lecuyer, A., et al.：Influence of control/display ratio on the perception of mass of manipulated objects in virtual environments, Proceedings IEEE VR 2005, 19-25, 2005.

3) Lécuyer A.,：Simulating haptic feedback using vision: a survey of research and applications of pseudohaptic feedback. Presence: Teleoper Virtual Environ, 18, 39-53, 2009

4) Pressman, A., et al.：Perception of delayed stiffness. The International Journal of Robotics Research, 26(11-12), 1191–1203, 2007.



[連絡先]
五十棲 啓
e-mail：afda2024@chiba-u.jp

# 2019 年度
# 一般社団法人日本人間工学会　関東支部
# 第 25 回卒業研究発表会
# 講 演 集

Proceedings of the 25th Graduation Thesis Presentation,

Japan Human Factors and Ergonomics Society

会　期　2019 年 12 月 7 日（土）• 8 日（日）

会　場　千葉工業大学　新習志野キャンパス

大会長　中本　和宏

卒業研究発表会

# 大会１日目

## 12月7日（土）

C-1-1

# 運転時における表示の煩わしさに関する研究

○大野良騎*，吉武良治*
*芝浦工業大学　UX デザイン研究室

Study of Display Annoyance when Driving

Yoshiki OHNO* and Ryoji YOSHITAKE*
*UX Design Lab, Shibaura Institute of Technology

## 1. 背景

自動車のフロントガラスにドライバー向けの様々な情報を提供するヘッドアップディスプレイ（HUD）が実用化され、今後はますます普及することが予想される。必要な情報がドライバーの視野全体に大きく表示されるメリットは明らかであるが、一方で視野が遮られる、また注意が分散するなど表示の煩わしさが課題となる。

本研究の目的は、コックピットにおける大型で自由度の高い情報表示が可能になった際の最適な情報表示のあり方を検討することである。今回は、煩わしいと感じさせない情報表示を実現するための基礎的なデータを収集する目的で、煩わしさに関連する基本的な表示パラメーターの影響度合いを探る実験を行った。

## 2. 実験 1：面積・速さ・密度について

### 2.1 目的及び方法

「煩わしいと」感じず、「わかりやすい」表示を探る目的で、表示の大きさ、動きの速さをパラメーターとした実験を行った。実験は自動運転レベル 3 を想定し、高速道路で手動運転から自動運転に切り替わる際に提供するセンシング表示を想定とした。到達距離(大きさ/面積)、線幅、速さが異なる動画を作成し、実験参加者に提示した。その様子を図 1 に示す。センシング状況の「わかりやすさ」と表示の「煩わしさ」について、それぞれ 7 段階の評定尺度にて評価してもらった。本実験では「煩わしさ」は annoying(イライラさせる、迷惑な、うっとうしい)、「わかりやすさ」は表示目的の理解のしやすさと教示した。センシング表示の到達距離を「距離」、表示一本当たりの太さを「線幅」、動く速さを「速さ」、線幅×速度を「密度」と称する。距離が異なる動画を 6 条件作成した。距離が最大の条件を基準とし、線幅 4 条件(0.5 倍、1 倍、1.5 倍、2 倍)、速さ 3 条件(1 倍、1.5 倍、2 倍)を設定した。また、密度を検討する目的で線幅 0.5 倍+速さ 2 倍の条件も作成した。実験環境については超単焦点プロジェクタ(EPSON EB-536WT)を使用し、ドライビングポジションを模擬した。煩わしさは、画面が小さいと正しい評価が得られないと予想されるため、実車と同じ体感になるよう画角を横 60 度、縦 30 度とし、視距離 2m、目線の高さ 1.2m と設定した。実験参加者は視力 1.0 以上、色覚が正常な男子大学生 8 名であった。

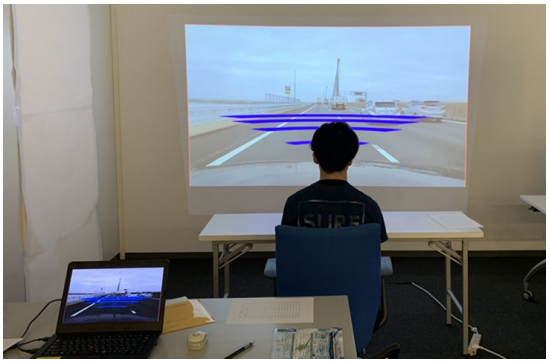


図 1　実験風景

### 2.2 結果及び考察

結果を図3に示す。到達距離が遠くなる(表示面積が大きくなる)につれてわかりやすさが増加し、煩わしさも多少増加するものの明らかな変化ではなかった。線幅は太いほど煩わしく感じ、わかりやすさは最適値が存在した。速さは早くなるほど煩わしく感じ、わかりやすさは速いほどわかりにくく感じる結果となった。表示面積を大きくしていくことが必ずしも煩わしさの要因になるとは限らないことがわかった。表示意図をわかりやすくすることで煩わしさを抑えることができると考えられる。

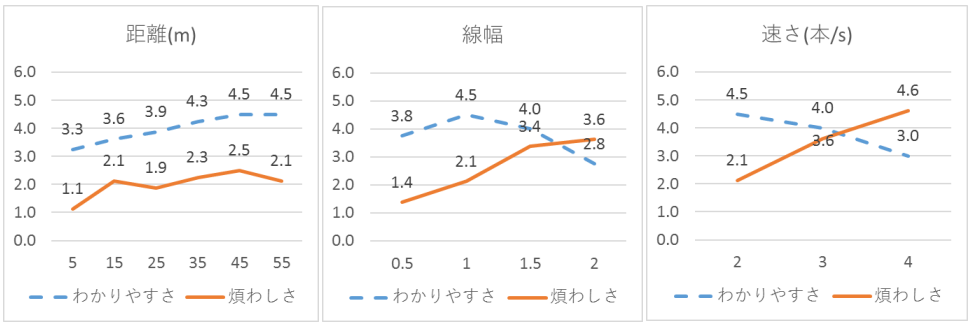



図 2　実験 1：距離・線幅・速さの評価結果

## 3. 実験 2：速さと線幅の煩わしさ

### 3.1 目的及び方法

速さが早くなるほど煩わしいと感じ、線幅はある一定以上太くなると煩わしいと感じることがわかったため、どちらの要因がより煩わしさに与える影響が大きいかを探る目的で、密度がほぼ等しい条件を設定し実験 2 を行った。シェッフェの一対比較（中屋の変法）を採用し、煩わしさについてのみ比較・評価した。実験 1 と同じ動画、条件を用い、距離最大の条件にて線幅 1・速さ 1 を基準として、線幅 0.5 倍、線幅 2 倍、速さ 2 倍、線幅 0.5 倍+速さ 2 倍の 5 条件を設定した。実験参加者及び実験条件等は実験 1 と同じであった。

### 3.2 結果及び考察

一対比較の結果を図3に示す。速さ2倍と線幅2倍は表示密度に関してはほぼ同じであるが、速さ2倍の方が有意に煩わしく感じていた($p<0.05$)。また速さ2倍+線幅0.5倍と線幅1倍+速さ1倍もほぼ同じ密度であるが、前者の方が有意に煩わしく感じていた($p<0.05$)。これらのことから表示されている密度がほぼ同じ場合に、速さの要因の方が煩わしさ感を与える影響度が高いことがわかった。

## 4. 実験 3：センシング表示速度と車両速度

### 4.1 目的及び方法

センシング表示に関しては、表示の速さが煩わしさ感へ大きく影響することがわかったので、この表示速度の煩わしさ感が車両の速度（背景が動く速さ）によってどのように影響するかを探る目的で実験 3 を行った。実験環境は実験 1 と同じとした。実験条件は車両速度が 60、80、100、120km/h の 4 条件とし、センシング表示の速さは、1、1.5、2、3 本/s の 4 条件とした。それぞれを組み合わせることで全16条件となり、これらすべてのセンシング動画を実験参加者に提示した。実験 1 と同様にセンシング状況の「わかりやすさ」と表示の「煩わしさ」に関して 7 段階の評定尺度にて評価してもらった。また、センシング表示の速さが 2 本/s の条件において、4 つの車両速度条件間での煩わしさについて、一対比較法による比較も実施した。実験参加者数及び手続きは実験 2 と同様とした。

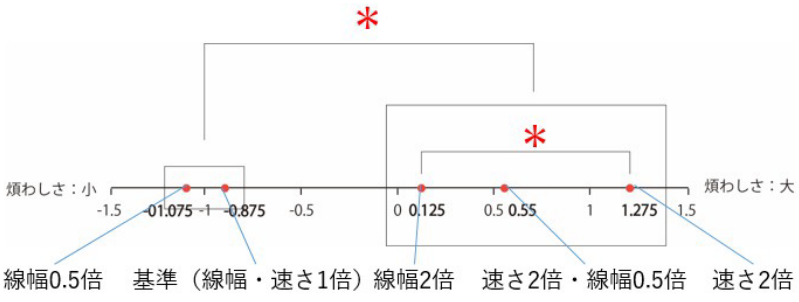



図 3　一対比較の結果

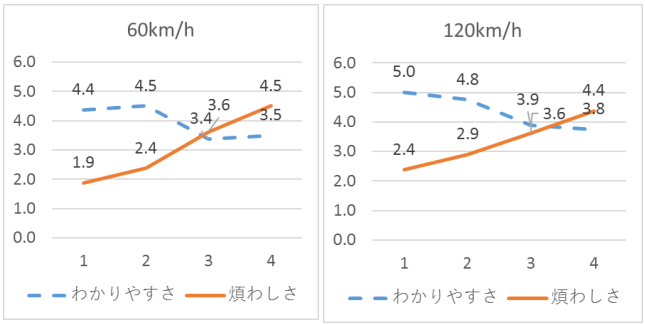



図 4　実験 3 の結果の例（各車両速度にて）

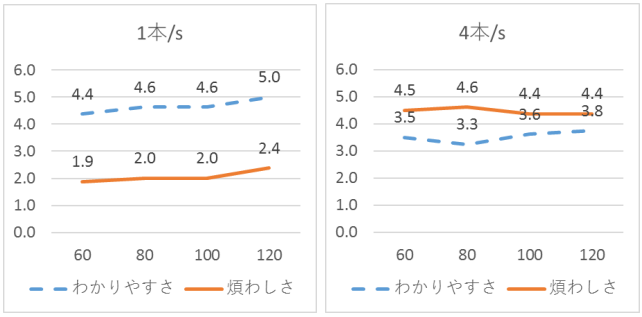



図 5　実験 3 の結果の例（各表示速さにて）

### 4.2 結果及び考察

車両速度 4 条件ですべて同じ傾向を示したため、車両速度が 60km/h、120km/h 条件の結果のみを図 4 に示す。いずれも車両速度にかかわらず、センシング表示の速さの変化に対するわかりやすさと煩わしさはほぼ同じで、速くなるとわかりやすさが低下し、煩わしさが増加した。また図 5 にセンシング表示条件 1 本/s、4 本/s の結果を示す。センシング表示速さにおける車両速度の効果はほとんどなかった。また一対比較の結果でも有意な差は認められなかった。車両速度(景色の動き速さ)によってセンシング表示の速度の煩わしさ感が変化すると予測したが、今回の条件内においてはほとんど影響がないことがわかった。

## 5. 今後の展望

限られた条件ではあったが、今回の実験から表示面積や表示速度に関して、煩わしく感じる条件やパラメーターの優先順位が明確に存在することが確認できた。さらにデータ収集を積み重ね、わかりやすく、煩わしさを感じにくい表示条件の指針の構築を目指していきたい。


## 謝辞

本研究は(株)デンソーの川内様、武田様、辻様、南原様にご支援、ご協力をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。



[連絡先]
大野　良騎
e-mail：cy16206@shibaura-it.ac.jp

C-1-2

# STAMP/STPA による安全対策立案に関する研究
## ーペルソナを用いたハザード要因の評価と対策案の検討ー

齋藤　優志
早稲田大学創造理工学部

Research on safety planning by using STAMP/STPA
-Evaluation of hazard causal factors and safety countermeasures with using persona method-

Yushi SAITO
Waseda University

## 1.研究背景・目的

### 1.1 STAMP/STPA とは

N.Leveson は, システムにおいて制御を行う要素と制御される要素の相互作用が働かないことによって事故は起きるという考えのもと, 事故モデル STAMP を開発した. また STAMP モデルを用いて, 事故につながるハザード要因を導出する STAMP/STPA を提案している [1]. 手順を表 1 に示す.

表 1　STAMP/STPA の手順

| |
|---|
| **STEP0-1:アクシデント/ハザード/安全制約の制定**<br>アクシデント(望んでもいないし計画もしていないイベント)<br>ハザード(アクシデントが潜在している具体的な状態)<br>安全制約(ハザードを防ぐための条件) |
| **STEP0-2:コントロールストラクチャーの構築**<br>STAMP モデルに基づいて対象システムの制御構造を記述化 |
| **STEP1:非安全なコントロールアクションの導出**<br>ガイドワードを使用して，各制御に対して安全制約に違反する状況をまとめる |
| **STEP2:ハザード要因の導出**<br>STEP1 で導出した非安全なコントロールアクションについて，どのような原因によってハザードになりうるかを，ガイドワード等を用いて検討する |

### 1.2 本研究で着目する問題点と本研究の目的

STAMP/STPA を「機械が人を制御するシステム」において実施する際に挙げられる課題として, 得られたハザード要因に対する, 制御される人の感じ方や行動の個人特性の存在が考慮されないことが挙げられる. そのためあるコントロールアクションが非安全になり得るか否かは被制御者によって異なることになってしまう.

そこで本研究では, ハザード要因の評価において, ペルソナ(典型的なユーザを想定した架空の人物像)[2]を用いて評価する方法を提案することを目的とする. 例として火災報知器について取り上げ, その有用性を評価する.

これにより被制御者の個人特性を考慮したハザード要因の対策立案につなげられると期待される.

## 2.研究手順

(1)研究対象となるハザード要因の選定
　(1)-1 STAMP/STPA の実施
　(1)-2 研究対象となるハザード要因の選定
(2)ペルソナを用いた対策立案方法の検討
　(2)-1 ペルソナ作成
　(2)-2 ペルソナを用いたハザード要因の危険度評価
　(2)-3 対策案の検討

## 3.研究対象となるハザード要因の選定

### 3.1 STAMP/STPA の実施

表 1 に示した各ステップの分析結果を示す.

STEP0-1 アクシデント/ハザード/安全制約の制定

・アクシデント
「火災の際に被災者が逃げない/逃げ遅れる」
・ハザード
「被災者が警報音を認識できない」
「被災者が警報音を誤作動であると勘違いする」
・安全制約
「被災者が警報音を認識できるようにする」
「被災者が警報音を誤作動と思わないようにする」

STEP0-2 コントロールストラクチャーの構築

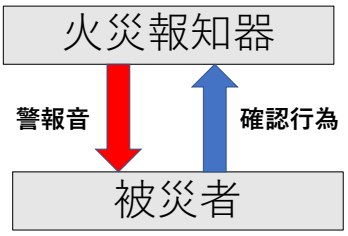



図 1　火災報知器と被災者の制御構造図

STEP1 非安全なコントロールアクションの導出

表 2　非安全なコントロールアクション(一部)

| ガイドワード | 与えられないとハザード | 与えられるとハザード |
|---|---|---|
| 非安全なコントロールアクション | 火災時に警報音が与えられないとハザード | 被災者の認識が難しい音で警報音が与えられるとハザード |

STEP2 ハザード要因の導出

「被災者の認識が難しい音で警報音が与えられるとハザード」を例として示す(表 3).

表 3　ハザード要因例

| |
|---|
| 警報音の音が小さい |
| 警報音の音量設定が小さくなっている |
| 音量機器の故障 |

### 3.2 研究対象となるハザード要因の選定

STAMP/STPA 実施で得られるハザード要因の中から, 本研究対象となる, 制御される人によって感じ方や行動が変化するハザード要因を選定する.

表 4　対象とするハザード要因例

| |
|---|
| 警報音の音が小さい |
| 警報音の音量設定が小さくなっている |

### 4.ペルソナを用いた対策立案方法の検討

### 4.1　ペルソナ作成

3 章で選定したハザード要因に対して，複数のペルソナを作成した. 火災報知器システムの対象者として図 2 に例を示す.

ペルソナ1

齋藤一(80),男性
一家の中での最年長

**特徴**
- 老化によりさまざまな身体能力が低下している(特に聴力)
- のんびり屋さん
- 長時間を自宅で過ごす

**役割**
- 家庭では，ベランダの植物の世話をしている
- また，孫の話相手の役割を果たしている

**目標**
- 孫と長い時間一緒に過ごせるように健康体でありたい

**好み**
- 毎夜ビールを飲むことを楽しみにしている
- 囲碁将棋が趣味

ペルソナ2

齋藤まさき(15),男性
中学生

**特徴**
- 健康面で問題は特にみられない
- 受験生のために学校と塾に通っている時間が長く，家での滞在時間は短い
- 音楽を聴きながら/スマホをいじりながら勉強する癖がある

図 2　ペルソナ例

### 4.2 ペルソナを用いたハザード要因の危険度評価

4.1 節で作成したペルソナの, ハザード要因の感じ方や事故の危険度を, 表 5 の形式で評価した.

表 5　ペルソナを用いた危険度評価例
(ハザード要因[警報音の音が小さい])

| 音量(大:5~1:小) | ペルソナ1の感じ方 | ペルソナ2の感じ方 |
|---|---|---|
| 5 | 家中どこにいても聞き取ることができる. | 家中どこにいても聞き取ることができる. |
| 4 | スピーカーのある部屋にいれば音楽等の他の音源があっても聞き取ることができる.<br>他の部屋でも，静かな環境であれば聞き取ることができる. | 家中どこにいても聞き取ることができる. |
| 3 | スピーカーのある部屋にいて，音楽等の他の音源が無ければ聞こえる.<br>他の部屋にいる場合，静かな環境であればかろうじて聞こえる. | 家中どこにいても基本的に聞き取ることができる.<br>スピーカーのない部屋で勉強等に集中している場合は聞き取れない可能性がある. |
| 2 | スピーカーのある部屋にいれば静かな環境でかろうじて聞こえる<br>他の部屋やベランダにいる場合は聞こえない | スピーカーのある部屋にいれば音楽等の他の音源があっても聞き取ることができる<br>他の部屋でも，静かな環境であれば聞き取ることができる |
| 1 | スピーカーのある部屋にいても聞こえない | スピーカーのある部屋にいて，音楽等の他の音源が無ければ聞こえる |

### 4. 3 対策案の検討

表 5 の結果より同じ音量設定でも, ペルソナにより音量の感じ方が異なることが示唆された. 火災報知器の役割として, あらゆる状況のあらゆる被災者に対して火災が起きたことを知らせる必要がある. 従ってこの例では火災報知器の音量を, ペルソナ 1・2 双方があらゆる状況で確実に聞き取れる音量(音量 5)にする必要がある.

このようにペルソナを用いることで, ハザード要因に対する制御される人の感じ方や行動の個人特性を考慮した対策案を示すことができた.

### 5.まとめ

ペルソナを用いてハザード要因の評価をしたことで, 同じ制御(火災報知器の例では同じ音量)であっても, 被制御者により感じ方が異なることを示すことができた. つまり同じ制御であっても, ハザード要因になるか否かが, 被制御者によって異なることが示された. 従って被制御者の分散が大きい制御システムにおいては, 本研究で提案した方法を用いて対策案を考案することが有益であると言える.

### 6. 文献

1)独立行政法人情報処理推進機構, はじめてのSTAMP/STPA～システム思考に基づく新しい安全性解析手法～,2016.
2)村上徹, プロダクトデザインの基礎, 84-85,2014.

C-1-3

# 高齢ドライバーの誤動作軽減に関する基礎的研究

○井戸大成*，三林洋介*
*東京都立産業技術高専

A study on malfunction reduction of the old driver

Taisei IDO*, Yosuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

## 1. はじめに

警察庁によると、近年の交通事故発生状況は前年同期と比較すると、発生件数、死者数及び負傷者数のいずれも減少している。特に 2019 年上半期（1~6 月）の交通死亡事故発生件数は前年同期と比較して 185 人少ない 1418 人と、統計開始以来過去最少を記録している。しかし交通事故死者数を年齢別にみてみると、平成 27 年以降より 65 歳以上の高齢者の占める割合が増加傾向を示している。近年では自動ブレーキやステアリング補正、オートパイロットなどの自動運転技術が発展しており、それを搭載している車が増える期待もあるが、高齢者の運転特性やパフォーマンスを改めて確認し、これらを十分に配慮したシステム導入も必要である。

自動車運転は刻々と変化する様々な情報を適正に知覚認知、判断、処理しなければならず、高齢ドライバーは主として視覚機能と筋力低下による注意配分、範囲の減退化や反応時間延長が急な判断要求に対して誤動作を誘発する一つの要因とされている。

そこで本研究では、知覚、認知、判断を同時に処理するタスクを遂行する中で運転を課して高齢者と若齢者による運転パフォーマンスの相違を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験方法

ドライビングシミュレーターを用いてタスク数の変化に伴う影響を調べる実験を行った。被験者は普通運転免許を有し日々運転を行っている、心身ともに健康な高齢者ドライバー5 名（年齢 70~75 歳）と若齢ドライバー5 名（年齢 19~22 歳）とした。シミュレーターソフトとして UC-win / road 11.2.0 を使用し、走行路は歩行者、対向車を有していない片側二車線と三車線が交差するよう組み合わせたコースを制作した。走行路は写真 1 で示した通りで、右折左折はこちらから指示をした。

タスク数の増加による運転動作の違いを調べるため行った 3 つの実験は以下の通りである。

### 2.1 実験 1

信号と速度標識を守りながら標識表示の法定速度で運転し、LED 反応動作を同時に行った。LED 反応動作は運転中にハンドル前方に設置の LED が点灯し知覚認知次第、ブレーキを制御し減速させるものである。測定項目として反応時間、車線逸脱回数、走行条件逸脱回数とした。

### 2.2 実験 2

実験 1 のタスクに加えて、ステアリング横に設置されたモニターに表示される一桁加減算の口答を課した。測定項目は実験 1 の項目に加え、式の見逃し回数を記録した。

### 2.3 実験 3

実験 2 のタスクに加えて、簡易的な質問を口答してもらった。測定項目は実験 2 と同様である。

反応時間は各実験で 10 回ずつ測定をし、実験中の運転制御動作は連続録画し、車線逸脱回数、信号と交差点走行や速度変動等は画像から解析した。また実験後には自覚症状調査を実施し運転による疲労は発現しない同一環境下での実験実施に配慮した。

実験前に、実験に使用するコースを使用して被験者にはドライビングシミュレーターでの運転に慣れてもらった。また実験と実験の間に被験者には休憩を取ってもらい、前の実験の影響がないよう配慮もした。走行するコース、LED の点灯タイミング、表示する式、質問の内容は全ての被験者で共通とした。

反応時間測定器は Arduino Uno を用いて自主製作し、ブレーキ部には反応時間測定のためのスイッチを設置した。

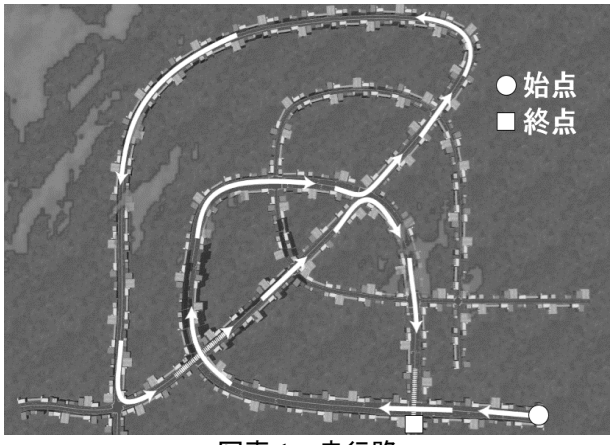



写真 1　走行路

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 反応時間

年齢実験別の反応時間の測定結果を図 1 に示した。反応時間は各実験における被験者のデータ測定値を平均したものである。同時に課した情報処理課題が増えるほど高齢者は反応時間が延長しており、実験 1 と比較して実験 2 は 26.3[%]、実験 3 は 47.1[%]増加していた。それに対し、若齢者は反応時間に顕著な変化は認められなかった。分散分析したところ高齢者の実験別反応時間値に有意差（$p < 0.01$）が認められた。高齢者は同時に課される要求が増加するほど、反応が延長される運転パフォーマンスに影響を及ぼすことが明らかとなった。

次に実験ごとの反応時間を図 2 に示した。要求課題が増加するにともなって高齢者と若齢者での反応時間の差は大きくなっていた。高齢者は若齢者に比べて、実験 1 では 14.3[%]、実験 2 では 43.7[%]、実験 3 では 72.1[%]反応時間が延長した。統計的に明らかにするため年齢要因間で t 検定を行ったところ、実験 2 で有意差（$p < 0.05$）が、実験 3 で有意差（$p < 0.01$）が認められた。

### 3.2 車線逸脱回数

車線逸脱回数を車体の 1/3 以上が白線から逸脱している場合として、走行記録画像から解析した。高齢者は実験 1 のとき 2.6 回、実験 2 のとき 1.8 回、実験 3 のとき 3.0 回となっていた。これらの値は実験のデータを平均したものである。このデータに対し、若齢者はどの実験においても車線逸脱は確認されなかった。また、高齢者のデータで分散分析を行ったところ統計的有意差は認められなかった。

### 3.3 走行条件逸脱回数

信号による交差点指定線前停止や標識表示による法定速度制限等、走行条件を逸脱した回数を走行記録画像より解析した結果、高齢者は実験 1 のとき 1.4 回、実験 2 のとき 2.0 回、実験 3 のとき 2.0 回となり、若齢者は実験 1 のとき 0 回、実験 2 のとき 0.2 回、実験 3 のとき 1.2 回となった。これらの値も実験のデータを平均したものである。年齢別で分散分析を行ったが統計的有意差は認められなかった。

### 3.4 誤動作について

式の見逃し及び上記の三項目以外で異常な運転動作、判断ミスは確認されなかった。

## 4. 結論

自動車運転中の情報処理条件増加にともなって、若齢ドライバーの反応時間に変化がない要求タスクも高齢ドライバーはその増加にともなって顕著な増加が明らかとなった。一方、本研究で設定した課題条件下で運転誤走行誤動作に結び付く特性は得られなかった。

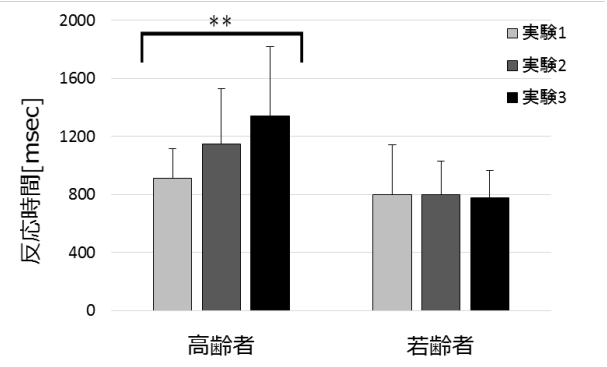



図 1　年齢別の各実験での反応時間

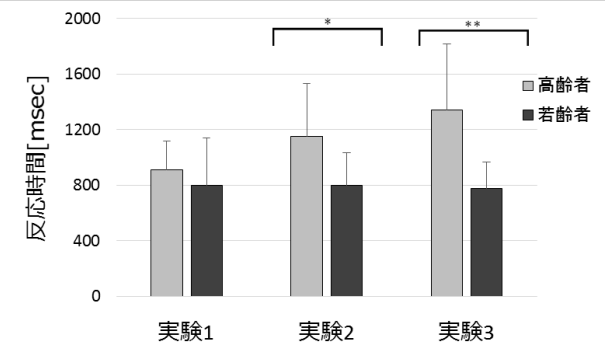



図 2　タスクごとの反応時間

写真 2　実験風景

## 参考文献


1) 大高雄樹, 三林洋介：視野狭窄・視野欠損が自動車運転に及ぼす影響に関する研究, 人間工学会 関東支部第 48 回大会講演集, pp108-109, 2018
2) 渥美 裕貴, 横矢 真悠 他：心身マルチタスクトレーニングが 高齢者の認知能力に与える影響の検証, 日本認知科学会第 35 回大会抄録集, pp184-191 , 2018



[連絡先]
東京都立産業技術高専人間工学三林研究室
井戸　大成
e-mail：m15209@g.metro-cit.ac.jp

C-1-4

# 鼻部皮膚温度変化を用いた覚醒度測定器の開発

○嘉義 卓也*, 三林洋介*
*東京都立産業技術高専

Development of an arousal level measuring instrument using nasal skin temperature

Takuya KAGI *, Yosuke SANBAYASHI *
* Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

## 1. はじめに

自動車事故において居眠り運転を含む漫然運転は死亡事故原因として最も高い割合を占めており、多数の企業や研究機関が居眠り運転防止システムの開発および製品化に取り組んでいる。しかし，主観的指標である覚醒度を効果的に計測する手法について確立されたものはなく、それらの製品の多くは運転者にセンサー類を取り付ける必要があるなど精神的および生理的負担となる可能性がある。

非接触で覚醒度を検出する方法として鼻部皮膚温度変化を測定する手法がある。心理的変化に伴った自律神経系の変化は、血管の拡張および収縮させ皮膚血流が主要の皮膚表面温度の変化をもたらす。特に鼻部周辺には毛細血管の血流量を調整する動静脈吻合血管が集中しているため、副交感神経優勢時には血流量が増加し、それに伴い鼻部皮膚表面の温度が上昇する。

そこで本研究では、非接触で温度測定の可能な赤外線サーモグラフィカメラを用いた覚醒度評価の有効性について探求した。また、運転時を想定して鼻部皮膚温度変化による覚醒低下を検出できる機器の製作と評価を試みた。

## 2. 鼻部皮膚温度と覚醒度の測定

### 2.1 方法

赤外線サーモグラフィカメラを用いて、鼻部皮膚温度変化を測定し、加えて客観的生体指標として心拍数の経時変化を計測した。実験は照明の消した部屋で実施し、測定時間は頭部を固定した状態で閉眼安静を 50 分間行った。さらに主観的覚醒度変化を調べるため、5 分間隔で眠気について質問を行い 5 段階で回答してもらった。

### 2.2 結果と考察

赤外線サーモグラフィカメラより得られた鼻部皮膚温度を 30 秒間隔で記録し、眠気の主観的評価の回答も時系列表示して検討を行った。鼻部皮膚温度変化と主観的評価の間には r=0.87 の強い相関が見られ、値が低いと副交感神経の活動が優位とされている CVRR との間にも r=-0.48 とある程度の負の相関が見られた。これより鼻部皮膚温度と眠気の変化が概ね一致していることがわかる。これは鼻部周辺に集中している動静脈吻合血管を含む表層部毛細血管の血流量が副交感神経の活動により増加したことに起因する温度変化であり、覚醒水準の低下によるものであると考察できる。

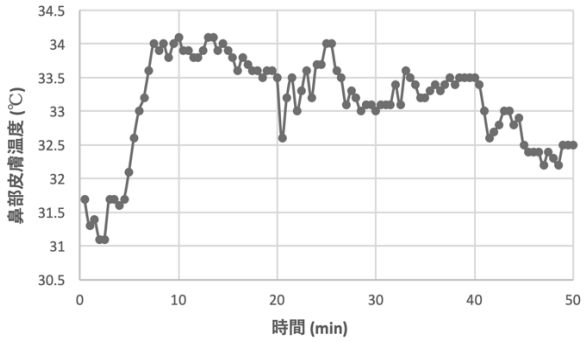



図 1 鼻部皮膚温度の時間変化

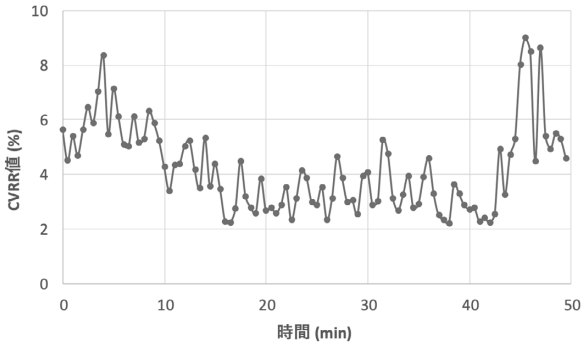



図 2 CVRR の時間変化

## 3. 鼻部皮膚温度測定器の製作

運転中の鼻部皮膚温度を測定するためには、運転者を撮影した写真から鼻部をリアルタイムで検出し、対応した箇所の皮膚温度を測定する必要がある。そこで RaspberryPi3ModelB を用いて専用のカメラモジュールで撮影した画像から鼻部位置の検出を行い、非接触で温度測定が可能な赤外線アレイセンサで鼻部皮膚温度の測定器を製作した。

鼻部位置の検出には処理速度を重視し明暗で構成された矩形パターンの Haar-Like 特徴分類器を用いた。鼻部は鼻背部から鼻先までの盛り上がった部分は光が当たりやすいため輝度平均値が高く、鼻翼部等の鼻部周辺は影になるため輝度平均値が低い特徴を用いて、中央が明で左右が暗で構成された Haar-Like 特徴分類器を重ね合わせることで検出を行う。この検出方法は頭部を正面から撮影した画像でないと検出精度が著しく低下するため、鼻部正面に測定機器を設置するとし、鼻部と測定機器までの距離は 300㎜ と設定した。また、処理速度向上のため撮影した画像は解像度を低くし正方形にトリミングしてから使用した。

1秒毎に撮影される画像から鼻部位置を検出できた場合、画像内の座標を取得し対応する赤外線アレイセンサの座標に変換する。この座標を用いて鼻部位置に対応した位置の温度を測定時間と併せて CSV ファイルに記録する。しかし、鼻部検出過程で未検出や誤検出が生じる場合がある。鼻部が画面内にない場合や写真が鮮明でない場合は鼻部の検出が不可能のため未検出として鼻部皮膚温度の取得および記録は行わない。また、影などにより鼻部のパターンに近い明暗差が画像内に存在すると、複数の誤検出が生じて正しい座標を取得できないため、誤検出時も同様に鼻部皮膚温度の取得および記録は行わないこととした。

以上より実験に用いるための測定器を製作した。加工したアクリル板にカメラモジュールと赤外線アレイセンサを 20mm の間を設けて固定し、それらを RaspberrPi と一体化した。測定器の外形寸法は 90mm x 60mm x 45mm となり、電源は車載インバータから microUSB ケーブルを用いて給電を行った。

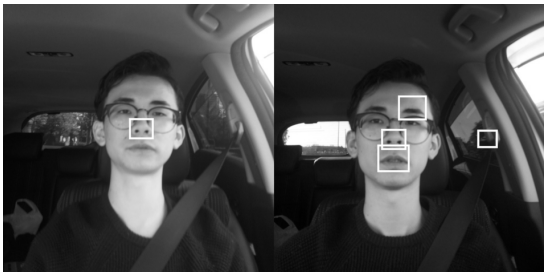


**図 3 正常検出時(左)と誤検出時(右)の出力画像**

**図 4 製作した測定器を設置した車内**

## 4. 鼻部皮膚温度測定器の実装実験

### 4.1 方法

製作した鼻部皮膚温度測定器を普通車(HONDA VEZEL)の運転席メーター上部(インストルメントパネル)に設置し、南千住駅(東京都)から下館駅(茨城県)までの道のり 79.5km を 2 時間 30 分かけて走行した。鼻部皮膚温度と併せて、主観的眠気指標として 5 分間隔のアンケート調査、客観的生体指標として心拍変動の測定、加えて運転中のドライバーの様子を動画撮影した。

### 4.2 結果と考察

製作した測定器から得られた鼻部皮膚温度の時間変化を図 5 に示す。サーモグラフィ カメラで測定した第一実験の鼻部皮膚温度と同様に30℃~34℃付近で推移していることからも概ね鼻部位置の皮膚温度が取得できたと考えられる。また、併せて行った眠気のアンケートでは 3000 秒~6000 秒の間で比較的眠気のある状態が続いており、鼻部皮膚温度の移動平均線の推移と類似している。

しかし、主に走行中の振動や車内の明るさによって鼻部位置の検出ができないことが多く、鼻部皮膚温度の取得頻度に差がでてしまった。本実験で撮影した 4177 回のうち鼻部を検出できた回数は 851 回であり、その多くが信号による停車中や状態の良い道路での走行中であった。また、7500 秒付近では鼻部に直射日光が当たり続けていたため急激に鼻部皮膚温度が上昇した。

第二実験より鼻部皮膚温度の変化を非接触で測定することができたが、車内であるために生じる問題点が明らかとなった。カメラや鼻部検出プログラムなどの変更および修正が今後の課題点であると考える。

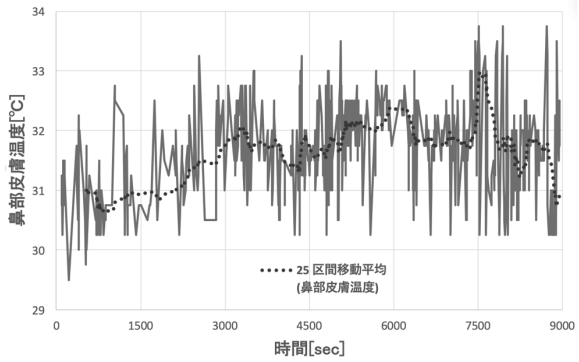



**図 5 鼻部皮膚温度の時間変化**

## 5. まとめ

1) 赤外線サーモグラフィカメラを用いて鼻部皮膚温度変化による覚醒水準評価への使用の実際を実験を通して確認することができた。
2) 車載可能な鼻部皮膚温度測定器を製作し実装実験により測定可能性を検証することができた。

## 6. 文献

1) 嘉義　卓也, 三林　洋介 : “鼻部皮膚温度変化を用いた覚醒度測定器の開発” , 日本交通科学学会誌, 第 19 巻, p.92, 2019

[連絡先]
嘉義　卓也
東京都立産業技術高専 人間工学三林研究室
e-mail : s18010@g.metro-cit.ac.jp

C-2-1

# 重度肢体不自由者における確定領域を用いた視線入力方式の検討

○田村綱太*，井上輝瑠*，大久保雄太*，清水雄斗*，本橋直樹*，大矢哲也*
*日本医療科学大学　保健医療学部　臨床工学科

Study of Character Input Method for the Severely Handicapped Based on Gaze Input

Kouta TAMURA* , Hikaru INOUE* , Yuta OKUBO* ,
Yuto SHIMIZU* , Naoki Motohashi* and Tetsuya OHYA*
*Department of Clinical Engineering,
Faculty of Health Sciences,
Nihon Institute of Medical Science

## 1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症（ALS）患者などの重度肢体不自由者において，視線入力方式を用いた意思伝達支援装置が利用される[1)-3)]．現在の視線入力方式では，入力したい項目を一定時間注視し項目が確定する注視入力方式が用いられている．その理由として，注視入力方式は患者の理解が得やすいためだと考えられる．しかし，注視入力方式の欠点として，入力に時間を必要とすることや注視時に視線が微動するため誤入力が生じること，注視時に瞬目が出来ず疲労するなどの意見が挙げられている．そこで本研究はこれらの問題点を解決するため，新たな視線入力方式の検討を行った．

## 2. 確定領域を用いた視線入力方式

本研究で提案した視線入力方式では，図１に示すように，画面上に確定領域と文字領域を設けた．文字領域の中から視線でポインタを移動し，ポインタが文字に接触すると仮入力される．その後，確定領域にポインタを移動することで文字が確定する入力方式を構築した．なお，以下この入力方式を仮入力方式とする．

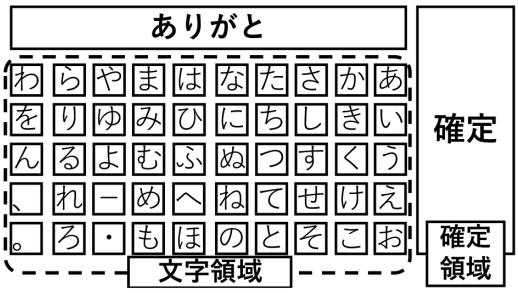



図１　文字領域および確定領域

例えば図１に示すように「ありがとう」の「う」を入力したい場合，一般的な注視入力方式と同様に表示されている「う」に視線でポインタを合わせる．注視入力方式の場合は，目的の文字を一定時間注視することで文字が入力される．本入力方式では，ポインタが文字にわずかな時間接するだけで仮入力される．仮入力後に確定領域にポインタを移動することで「う」が確定される．また，仮入力の状態において誤入力が生じても，改めて入力したい文字にポインタを合わせることで誤入力を防ぐことができる．すなわち，確定領域に視線を移動させなければ，自由に文字の修正が可能である．

仮入力から確定する場合において，ポインタを確定領域まで移動する必要がある．ポインタ移動時に目的ではない文字が仮入力されてしまう可能性がある．そのため，サッカードの速さで文字の上をポインタが移動しても入力されないように設定している．

## 3. 入力実験

### 3-1. 実験の目的

本実験では，注視入力方式と仮入力方式の二つの入力方式における入力速度の検討を行った．また，キーサイズによって表示可能な文字数が制限される．仮入力方式ではその入力方式の特徴からキーサイズを小さくできると考え，視角にして約 1 度（ディスプレイ上において 1cm）および視角にして約 2 度（ディスプレイ上において 2cm）での検討を行った．

### 3-2. 実験方法

実験では図 2 に示すような簡易的な文字入力ソフトを作成し比較を行った．実験課題として画面上に表示されている 1 から 9 の数字を一つずつ入力するように指示した．

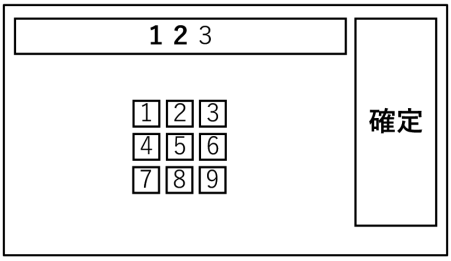



図２　実験で用いた方式

本実験の視線入力機器として Tobii eye tracker 4C を用いた．キーサイズ 1cm では視角にして約 1 度，キーサイズ 2cm では視角にして約 2 度となるように，被験者と Tobii eye tracker 4C との距離を 50cm としている．また，注視入力方式の確定時間を 1 秒とし，仮入力方式の仮確定の時間を 0.2 秒とした．また，それぞれの入力方式およびキーサイズ毎に 2

回ずつ課題を行い，それぞれの入力時間を計測した. なお, 実験前に十分に入力方式を理解した上で実験を行っている．実験結果の検定には多重比較検定（Tukey 法）を用い，5%未満を有意水準とした.

なお，被験者は 20 代 10 名とし，被験者にはあらかじめ実験内容と注意事項を説明し，被験者の同意を得てから実験を行った.

### 3-3. 実験結果

実験結果を図 3 に示す．キーサイズを 1cm で行った場合と 2cm で行った場合の注視入力方式と仮入力方式の被験者 10 人の入力時間の平均値を表している.

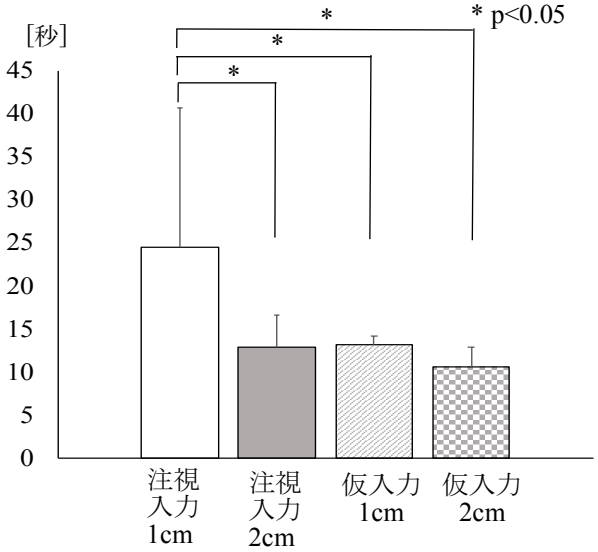



図 3　実験結果

実験結果よりキーサイズ 1cm の注視入力方式の入力時間の平均値は 24.6s, キーサイズ 1cm の仮入力方式の入力時間の平均値は 13.2s であった. また, キーサイズ 2cm の注視入力方式の入力時間の平均値は 13.0s, キーサイズ 2cm の仮入力方式の入力時間の平均値は 10.6s であった. 多重比較検定（Tukey 法）を行った結果，注視入力方式 1cm と注視入力方式 2cm，注視入力方式 1cm と仮入力方式 1cm，注視入力方式 1cm と仮入力方式 2cm に有意差が認められた.

### 4. 考察

キーサイズが 1cm において，仮入力方式が注視入力方式と比較し入力速度が向上することが確認された. 注視入力方式においてはポインタを約 1 度の範囲で合わせ，1 秒間注視しなければならない. キーサイズが 1cm であると視角にして約 1 度となるため文字にポインタを合わせやすいと考えられる．視角にして約 1 度であると注視入力方式では視線の微動などが生じるため，ポインタを合わせにくいのではないかと考えられる. 一方, 仮入力方式では文字にポインタが接触すれば仮入力される. したがって，視角にして約 1 度の範囲にポインタを合わせ続けなくても良いため，注視入力方式と比較しポインタの自由度が高く，入力時間が短くなったと考えられる.

キーサイズが 2cm において，注視入力方式と仮入力方式とで有意差は確認されなかった．キーサイズが 2cm であると視角にして約 2 度となるため文字にポインタを合わせやすいと考えられる．また，入力キーと確定キーの視角が大きくなると眼球運動の速度が大きくなることから，キーサイズが 2cm だと視角が約 2 度となりキーサイズ 1cm の時より移動距離がわずかに大きくなる．これより仮入力方式 2cm では仮入力方式 1cm よりわずかに速度が速くなったと示唆された.

### 5. おわりに

本研究では従来の入力方法である注視入力方式と本研究で提案した仮入力方式の有用性の検討を行った．キーサイズの大きさを 1cm および 2cm で入力速度の比較を検討した結果，注視入力方式 1cm とその他では有意差が確認された．注視入力方式 2cm，領域入力方式 1cm，領域入力方式 2cm を比較した際の有意差は認められなかった.

注視入力方式ではキーサイズが視角にして 1 度では入力が困難であるが，視角が 2 度ではポインタが合わせやすいと考えられる．領域入力方式では文字に触れるだけで仮入力されるためキーサイズ 1cm と 2cm を比較した時，有意性は見られなかった. また, 入力キーと確定キーまでの視角が大きくなると眼球運動が大きくなるということから仮入力方式 2cm が仮入力方式 1cm より入力速度がわずかに速くなったと考えた.

今後は，本研究で行った実験データより被験者の目線の軌跡を分析し，表示部の位置を変更することで，ポインタの移動に無駄がなく入力できるかを検討する.

### 参考文献

1) 佐藤寛修，阿部清彦，大井尚一，大山実，画像解析による随意性瞬目と視線を用いた文字入力システム，電気学会論文誌 C，137(4)，pp.584-594，2017

2) 下り藤菜穂子，生活支援障碍者福祉分野におけるアイトラッキング技術の応用 : 拡大する Tobii 視線入力ツールの応用分野，画像ラボ， 27(9)， 10-16，2016

3) 伊藤和幸・数藤康雄・内山幹雄，直接選択方式・符号入力方式によるキーボード・エミュレーター，信学技報，101(67), 1-6, 2001

[連絡先]
田村 綱太
e-mail:m165031nims@gmail.com

# C-2-2

## ヨーガ療法時の自律神経応答を用いた統合失調症スクリーニング法の検討

○山内達矢*，井上智子*,**,***，新井誠**，鈴木一浩**,****，宮下光弘**,***,****，松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部，**東京都医学総合研究所，***都立松沢病院
****たかつきクリニック，

Development of schizophrenia screening system using autonomic nervous indicators during yoga therapy

Tatsuya YAMAUCHI*, Tomoko INOUE*,**,***Makoto ARAI*,**, Kazuhiro SUZUKI*,**,*****, Mitsuhiro MIYASITA*,**,*****,******, Takemi MATSUI*
* Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University, **Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science, ***Takatsuki clinic, **** Tokyo Metropolitan Matsuzawa Hospital

### 1. 緒論

統合失調症は、100 人に 1 人が発症する可能性がある、身近な疾患である。若年期に好発し[1]、未治療期間が、予後と関連するため、早期発見と再発予防が喫緊の課題である。

統合失調症のセルフケアという予防的観点から、20 分間のヨーガ療法実習を行い、自律神経に刺激を与えた時の応答のパターンを利用して判別分析を行うことで、感度・特異度約 80%以上の高精度で疾患が判別出来ることが報告されている。（井上智子, 第 115 回日本精神神経学会学術総会）

本研究では、20 分間のヨーガ療法プログラムに含まれる各技法（瞑想法 1 種、アイソメトリック・ヨーガ 2 種、呼吸法 2 種）の自律神経応答を算出し、判別分析する事で、最もスクリーニングに適した技法を探索し、短時間で効果的なスクリーニングシステムの構築を目指す。

### 2. ヨーガ療法時におけるスクリーニングシステム

本システムの概要と計測プロトコルを図 1 と図 2 に示す。モニター心電計（GM3 社 RF-ECG）を胸部に装着し、計測を行った。計測データは、ワイヤレス生体センサ用受信機を介して PC に取り込み、MemCalc/Bonaly Light を用いて、心拍間隔(RRI, R-R Interval)を算出し、周波数領域解析により、心拍変動(HRV, Heart Rate Variability)を自動解析した。HRV は、副交感神経に起因する高周波成分 HF(High Frequency)と交感神経及び、副交感神経に起因する低周波成分 LF(Low Frequency)で表示される。先行研究では、健常者と精神疾患患者で精神負荷課題を与えた際の HRV の変化パターンが異なることが明らかとなっている[2]。尚、自動解析プログラムは、動作中の筋電ノイズ除去が行われた上で、30 秒間の RRI により HRV 指標が解析され、解析データは 2 秒毎に CSV テキスト形式で表示された。ヨーガ療法の 5 つの技法の HRV 指標を用いて、StatMate V で線形判別分析を行い、判別得点を算出して、統合失調症患者の検出を行った。

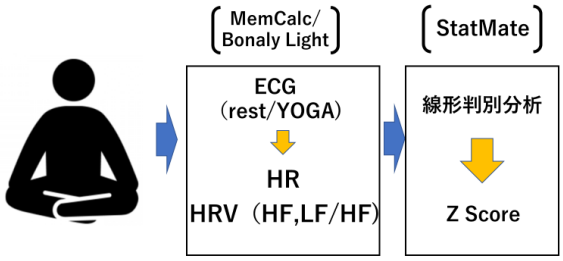



図 1　システム概要

#### 2-1 計測プロトコル

HRV 計測は、全期間、椅子座位で行った。動作は、予め用意したインストラクションのマニュアルを指示者が読み上げながら、対面で行った。ヨーガ前後に椅子座位の安静状態で HRV を 5 分間計測し、安静期間中は眠らないように指示を出した。ヨーガのプログラムは、5 つの技法を約 20 分間で行った。具体的には、まず 2 分間の自然呼吸の意識化（マインドフルネス）、続いて 7 分間の呼気と連動させて、筋緊張と弛緩を繰り返すアイソメトリック・ヨーガ 3 を 2 種類（両手のひら押合い、側頭部押合い）、最後に 6 分間の呼吸法 2 種類（n 音のハミング呼吸、1：2 の呼吸）である。次の技法へ移行する際の猶予時間は、前の技法に含め、説明時間は解析には含めなかった。

計測対象者は、統合失調症患者(11 名,40.7±10.6 歳)、および健常者(11 名,36.1±6.9 歳)であった。

本研究は、首都大学東京、東京都医学総合研究所、都立松沢病院の倫理委員会で承認された説明文書で計測対象者に説明を行い、文書による同意を得て実施した。

#### 2-2 線形判別分析

線形判別分析とは、2 群に分ける判別関数を求め、新たなに得られたデータをどちらかに分類する手法である。あらかじめ所属が分かっている 2 群において、群内の分散を最小

に、群間の分散を最大にする判別関数式を作成し、その関数に基づき、説明変数をあてはめ判別得点を算出し、0 を判別閾値として判定する。本研究では統合失調症患者と健常者の 2 群についてヨーガ中、前安静、後安静におけるそれぞれの HR, HF, LF/HF の平均値を説明変数として線形判別分析を行った。

図２　計測プロトコル

## 2-3　心理検査

ヨーガ療法の開始前に、精神健康調査（GHQ28, The General Health Questionnaire）を実施した。点数が高い程、不調を示し、総合点の 11 点～12 点が、精神疾患患者と健常者との閾値である。

## 3.　結果

### 3-1 心拍変動解析結果

本システムより算出した統合失調症患者と健常者における「アイソメトリック・ヨーガ（手のひら押合い）」実施時の HR と HRV の時系列データの代表例を図３に示す。健常者と比較して、統合失調症患者はヨーガ中の HR が増加し続けていた（図３a, b）。また、HF のグラフについては、健常者では、後半に増加が認められたが、統合失調症患者では、全体的な活性が顕著に減少しており、変動がほぼ認められなかった（図３c, d）。

### 3-2 線形判別分析の結果

全技法のうち「アイソメトリック・ヨーガ（手のひら押合い）」の技法が、感度・特異度共に 81.8%と最も高かった。（図４）

## 4.　考察

「アイソメトリック・ヨーガ（手のひら押合い）」が最もスクリーニング精度が高い技法であることが明らかとなった。この技法の所要時間は、約 2 分間であり、短時間かつ、高精度で統合失調症のスクリーニングができる可能性が示唆された。

また、図３の統合失調症患者の代表例では、HR の値に増加が認められたが、ヨーガ中の副交感神経が著しく減少していたことが関連すると推察された(図３, d)。統合失調症の HF の障害が判別得点に影響した可能性が考えられた。

さらに、全技法で健常者と誤判定された統合失調症患者の一例は、GHQ28 の結果でも、健常者と同等に良好であり、検査後も安定した経過をたどった。それに反して、最も判別得点が低い統合失調症患者は、GHQ28 のスコアも閾値を超えて高値であり、検査後も入退院を繰り返した症例であった。本システムは、統合失調症の治療予後の予測にも関連した可能性が示唆され、今後、有用なスクリーニングシステムとなることが期待出来る。

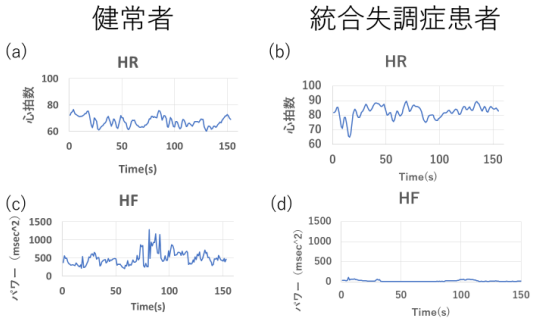
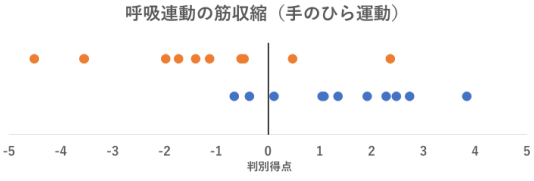



図３　健常者と患者のアイソメトリック・ヨーガ（手のひら押合い）中の HRV 比較




| 感度 | 特異度 | NPV | PPV |
|---|---|---|---|
| 81.8% | 81.8% | 81.8% | 81.8% |

Z=0.421a1+0.003a2-0.244a3-0.071a4+0.014a5+0.097a6-0.429a7-0.006a8+0.123a9-2.0959

図４　アイソメトリック・ヨーガ（手のひら押合い）中の HRV を用いた判別分析結果
（判別閾値を 0 とし、負の値が大きくなるにつれて統合失調症の傾向が強いことを示す。）

## 5.　文献

1) Shergill SS・Murray RM・McGuire PK・Auditory hallucinations: a review of psychological treatments, Schizophr Res. 1998 Aug 17;32(3):137-50.
2) Matsui T, Kakisaka K, Shinba T., Impaired parasympathetic augmentation under relaxation in patients with depression as assessed by a novel non-contact microwave radar system, J Med Eng Technol. 2016;40(1):15-9.
3) Oka et al:Changes in fatigue, autonomic functions, and blood biomarkers due to sitting isometric yoga in patients with chronic fatigue syndrome, BioPsychoSocial Medicine. 2018 Apr 10;12(3)
[連絡先]山内達矢 e-mail：raging2240rt@gmail.co.jp

C-2-3

# 心拍と同期した刺激による自律神経活動について

○村上 慶仁*，中谷 直史**，白濵 成希***，渡邉 志****，森 幸男*
*サレジオ工業高等専門学校，**つくば国際大学，
***北九州工業高等専門学校，****国際医療福祉大学

Autonomic Nerve Activity by Stimulation Synchronized with Heartbeat

Yoshihito MURAKAMI*, Naoshi NAKAYA**,
Naruki SHIRAHAMA***, Satoshi WATANABE****, Yukio MORI*
* Salesian Polytechnic , **Tsukuba International University,
***National Institute of Technology Kitakyushu College,
****International University of Health and Welfare

## 1. はじめに

現代社会おいて, 人は生活の中で緊張や不安などの何かしらのストレスを受けている. そして, ストレスは人の自律神経活動を乱す. この自律神経活動の乱れは, ときに心身へ悪影響を及ぼす. このような背景から, 自律神経活動の乱れの改善が望まれている.

自律神経活動の乱れを改善するには副交感神経活動を優位にするという手法がある [1]. 本研究ではこの手法をとり, 「人に外部刺激を与えて副交感神経活動を優位にする」という方法で手法を満たす. 副交感神経活動を優位にする外部刺激としては, 1/f ゆらぎに注目する. 武者利光によると, 1/f ゆらぎとは「生体の基本的なリズムのゆらぎに合わせたゆらぎ」であり, このゆらぎを受けると生体は快感を得ると示唆している [2]. これは, 1/f ゆらぎが副交感神経活動を優位にするのではないかと類推できる. しかし, その効果は確立されているとは言えない. そこで, 本研究では, この 1/f ゆらぎの効果を明らかにするために, 1/f ゆらぎが副交感神経活動を優位にするのかを検証する.

先行研究では, 1/f ゆらぎを非可聴音としてスピーカを介して被験者に提示し, 効果の検証をした [3]. 結果は, 1/f ゆらぎで副交感神経活動が優位となる結果が得られた場合があるが得られない場合もあった. 結果に対する考察は, 「被験者の体動によって音源の聴取位置が変わり, スピーカの音圧レベルが変動している可能性がある」とされた.

そこで, 本研究では先行研究の考察を受けて, 被験者に密着して刺激を与えられる振動モータを用いることとした. この振動モータで心拍と同期した刺激（1/f ゆらぎ振動）を被験者へ提示することにより, 被験者の副交感神経活動を優位にさせるかを検証する.

## 2. 検証実験

検証するために 3 つの実験を行った. 以下に詳細を示す.

### 2.1 心拍と同期した刺激による効果検証実験

図 1 に実験で使用したシステムのブロック図を示す. 実験は図 1 のシステムを用いて完全無響音室内で行った. 実験中の被験者の状態は, 完全無響音室内の簡易ベッドに半座位とし, 実験中は何もさせず, 完全無響音室内に 1 人で過ごさせるとした. なお, 被験者には上記の状態で図 2 のように, 心拍センサを左手の中指の腹に着け, 振動モータを左腕の前腕にゴムバンドで圧迫して接触させた. 被験者の胸元のみぞおち付近には, 図 3 の心拍センサ（ユニオンツール株式会社製, 型番：WHS-2）を肌に直接着けた.

被験者の心拍と同期する刺激（Synchronous）は, 中指に装着した心拍センサで採った心拍の信号を増幅回路で増幅させ, パルス変換回路で信号（刺激）の振動電圧を最大値 5 V にすることで生成される. 被験者の心拍と非同期する刺激（Asynchronous）は, 振動電圧の最大値を 5 V として作成した村上の

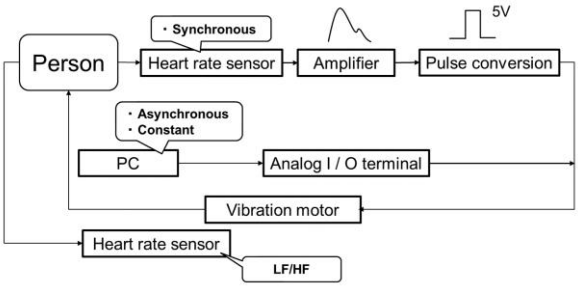



図 1　システムのブロック図

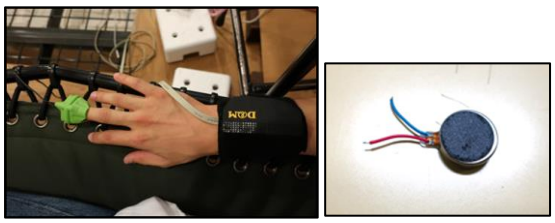


図 2　左腕の機器装着例（左）と振動モータ（右）

図 3　胸元に装着する心拍センサ

心拍のデジタル信号をパソコンから出力し, アナログ入出力ターミナルでアナログ信号（刺激）として出力されることで生成される. 周期が一定の刺激（Constant）は，著者である村上の心拍周期の平均値 1.02 s を一定の周期とし, 振動電圧の最大値 5 V のデジタル信号を作成してパソコンから出力し, アナログ入出力ターミナルでアナログ信号（刺激）として出力されることで生成される. これら 3 つの刺激は全て振動モータを介して被験者に提示される.

計測は胸元に着けた心拍センサで行う. このセンサで, 被験者の心拍周期の変動から LF/HF[4]（交感神経活動を表す指標）を計測する.

実験手順を説明する. まず, 被験者は実験中の状態で, 計測開始前に 120 s の休息をとる. その後, 被験者の心拍と同期する刺激, 被験者の心拍と非同期する刺激, 周期が一定の刺激, これら 3 つを提示する順番をランダムにして 1 回ずつ提示をする. 1 つ目と 2 つ目を提示した後には, 刺激を提示しない時間を設ける（無刺激）. このような合計 5 つの提示区間を, 1 つあたり 120 s として全体で 600 s 実施し, 計測する. 被験者は 19 歳～21 歳の男性 20 人で行った.

### 2.2 異なる被験者での検証実験

2.1 節の実験の後に行う. 実験手順は 2.1 節から変更せず，2.1 節とは異なる被験者で実施した. 被験者は 16 歳～21 歳の男性 20 人で行った.

### 2.3 刺激提示時間を 20 min とした場合の検証実験

2.2 節の実験の後に行う.「足裏刺激の 1/f ゆらぎによるストレス緩和作用は, 提示後 15 min 以降から効果を示す [4].」という報告から, 本節の実験は刺激の提示時間に着目した. 実験手順を説明すると, まず, 被験者は実験中の状態で, 計測開始前に 120 s の休息をとる. その後, 被験者の心拍と同期した刺激と周期が一定の刺激をランダムに 1 回ずつ提示する. 1 つ目と 2 つ目の間には刺激を提示しない時間を設ける. このような合計 3 つの提示区間で, 被験者の心拍と同期した刺激又は一定の刺激を提示する区間は 20 min, 刺激を提示しない区間は 120 s, 全体で 44 min として実施し, 計測する. 被験者は 19 歳～21 歳の男性 4 人で行った.

## 3. 結果および考察

図 4 に 2.1 節の, 図 5 に 2.2 節の, 図 6 に 2.3 節の実験結果を示す. 図 6 のデータは, 各刺激の提示後 15 min 以降, 15 min ～20 min の計 5 min 間のものである. 無刺激の LF/HF を 1 として, 他の刺激の「無刺激に対する LF/HF の変化率」を比較する. 2.1 節と 2.2 節の実験では, 刺激によって計測結果の中央値と四分位範囲に違いが明確に表れなかった. 2.3 節の実験でも，刺激によって計測結果の中央値と四分位範囲に違いが明確に表れなかった. 2.1 節, 2.2 節, 2.3 節の結果を t 検定に掛けたが, 各刺激の有意性は棄却された. 現段階では, 振動モータを被験者へ提示した 1/f ゆらぎ振動で副交感神経活動を優位にさせる効果は得られなかった. 引き続きの検証が望まれる.

結果を鑑みると, 1/f ゆらぎで副交感神経活動を優位にさせる効果は得られていない. 要因としては, 振動モータの接触位置, サーガディアンリズムが考えられる.

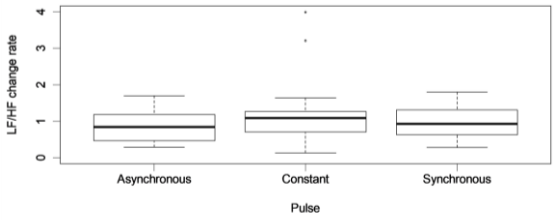



**図 4　2.1 節：無刺激に対する LF/HF の変化率**

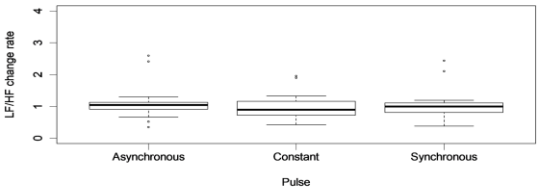



**図 5　2.2 節：無刺激に対する LF/HF の変化率**

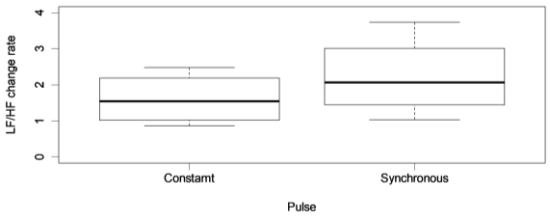



**図 6　2.3 節：無刺激に対する LF/HF の変化率**

## 文献


1)久保木冨房・伊藤克人・宮坂菜穂子：専門医が治す！ 自律神経失調症，高橋書店, p.36, 2004.

2)武者利光：1/fゆらぎと快適性, 日本音響工学会誌,50(6), pp.485-488, 1994.

3)多田大希：生体リズムに同期した刺激音による自律神経活動の研究, 2018年度専攻科特別研究発表会資料,http://www.salesio-sp.ac.jp/papers/sotsuken/sotsuken2018.pdf, 2019.

4)後藤幸生：心身自律神経バランス学，真興交易(株)医書出版部, pp.52-54, 2011.

5) 大西厳：足底刺激とその装置開発に関する研究, 2005年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集,D32, pp.309-310, 2005.



[連絡先]
むらかみ　よしひと
e-mail：s15450@salesio-sp.ac.jp

C-2-4

# IT 企業におけるヒューマンエラー要因分析講習会実施支援の検討

○坂倉直樹, 岡田有策
（慶應義塾大学）

Examination of human error factor analysis workshop support in IT companies

Naoki SAKAKURA,　Yusaku OKADA
Keio University

## 1. はじめに

製造現場や鉄道、航空などの現場において、企業が安全なサービスを提供することは社会的に注目されている。IT 企業においても安全なサービスを提供することも年々重要視されてきている昨今、ヒューマンエラーの防止は安全なサービスを提供する手段の一つとして重要な役割を担っている。ヒューマンエラーを防止するために組織内で重要とされている人材はヒューマンファクターの知識を身に付けてもらわねばならないので、社内では今後会社を支えていく必要となる人材に対し、ヒューマンエラー要因分析講習会という演習会を月 1 回開催し、視野が広い人材の育成に力を入れている。

## 2. 実施支援の方法

IT 企業 A 社の社員 6 名に対して要因分析演習を行ってもらい、ヒューマンエラーマネジメント講習会の受講歴によって演習の結果がどれだけ異なるのか、その違いはどこにあるのかを考察し講習会の効果を図った。

演習で取り上げた事例は以下のようなものである。

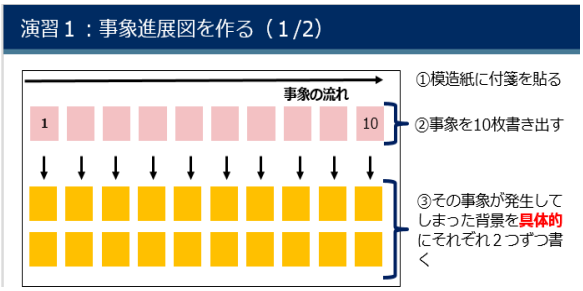
「新入社員 A を上司 B からこの資料を“やいてきて”という指示を受けたところ、その資料を焼却炉に持っていき、実際に重要資料が焼却されてしまった」という資料償却事例である。上司 B は重要書類をコピーしてきてほしいという思いだったのにも関わらず、新入社員 A はその発言の意図が分からず重要資料を焼却してしまったところがこの事象における直接原因である。

この事例をもとに、演習者は以下の流れで演習を進めていく。

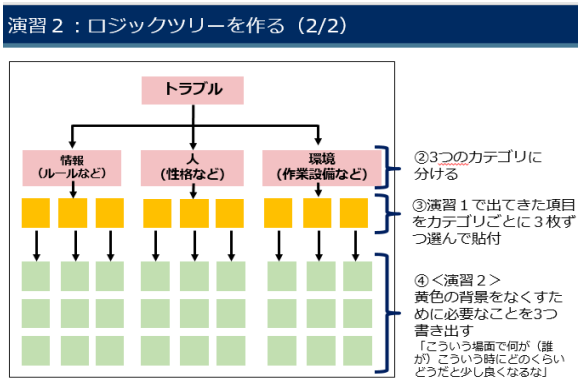
・用意するもの
　模造紙 2 枚、ポストイット、ペン

①実際に資料が焼却されるまでの事象進展図を作成する。

②事象進展図を基にそれぞれその行動を起こしてしまった原因を記入する。




③その行動を起こさないためにどのような改善が必要か記入する。




演習した画像データをもとに、どのような言葉を用いているのか、演習者の視点がどこであるのかを確認した。

さらに、抽出した語句を 6 項目からなる「GAPWPO」という PSF 分類カテゴリを作成した。以下、6 項目について説明をする。

Gestalt;作業の意味、内容の明確など、作業に対して正しイメージを持てているかに関連する項目。

例；従来の経験や熟練者・担当者への過度な期待

Affordance;確認の容易さや直感的な分かりやすさなど、使いやすさに関連する項目。

例；識別性が悪い

Preview;現時点より少し先の状況を見据えた行動ができるか、予測する余裕があるかに関連する項目。

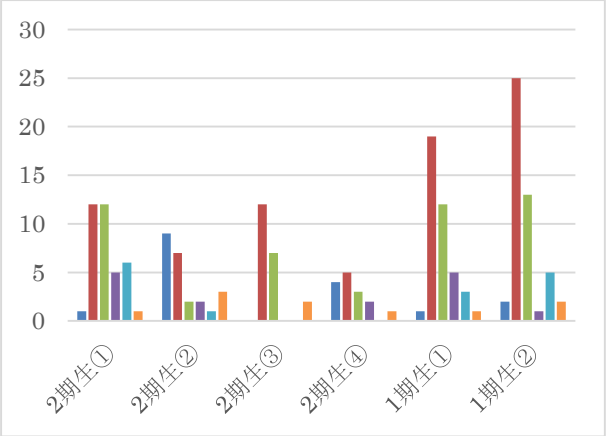
例；トラブルを生む可能性に対する一般的予測不足

Workload;作業において作業者の心身にかかる負

担に関する項目。作業環境や作業時間など。
例；長時間にわたって単調な作業が続く
Personnel;作業者自身の病気や問題など、個人に関する項目。
例；体調管理が不十分
Organization;組織全体の風土など、組織自体が抱える問題に関する項目。
例；現場の安全管理体制に不備

抽出した語句を上記 6 項目のうち当てはまる項目に加え、講習を受けている人と受けていない人でどれだけの件数が異なるのか、それら 6 項目のバランスはどうなのか結果を算出した。

3.実験結果




実験結果は上記のようになった。
1 期生とあるのは講習を 2 年受講しており、2 期生は講習を 1 年受講している人である。それらを 6 項目に並べてある。

4.考察

講習歴が長いほど件数が多いことが分かった。しかしながら講習歴が 1 年異なるだけでは効果ははっきりと見えるわけではないことが分かった。そのため、人材を育成するうえで、1 年や 2 年での効果を期待することは非常に難しく、数年間計画で長期的に教育を行っていかなければ効果は薄いということである。

5.今後の展望

短期的な比較でみると、教育を長く受けている方が良い結果になっている部分もあるが、大きく効果に差が出るということではないことが分かった。教育を施し、会社内で重要な人材を育成するためには長期的に教育をしていくことが望ましいと考えられる。今後の展望として、より長期的に教育を受けてきた人材と講習を受けたことがない人材に対して比較をし、返金的に効果が出始めるのはどのくらいであるのかを目安として算出できることが望まれている。

6. **文献**

1)永田　岳,行待　武生,GAP-W 型 PSF によるリファレンス・リストと一事例研究,ヒューマンファクターズ,2004,Vol.9,No.1,p.46-62

[連絡先]
坂倉　直樹
e-mail：Naokisaka@keio.jp

C-3-1

# 図書館における読書作業と BGM の関係性について

○熊澤匠真*，和田初枝*，森幸男*
*サレジオ工業高等専門学校

A Relationship between Reading Work and BGM in a Library

○Takuma KUMAZAWA*, Hatsue WADA*, Yukio MORI*
* Salesian Polytechnic

## 1. 背景

従来の図書館は主に本を読む為の静寂な場として利用されてきた．しかし，近年の図書館では読書以外にも学習やグループワークの場としての利用やカフェなどとの複合施設としても利用されるようになった．多様な目的で使用され始めた図書館では利用者の話し声や騒音が問題となっている．

そこで近年の図書館では BGM(Background Music)を用いたサウンドマスキングによる騒音対策が行われている [1].本研究でも同様な検討を行っているが，その際にある被験者から「完全に静かな環境より好みの音楽や BGM が流れていた方が集中できる」という意見を得た [2]. つまり，サウンドマスキング効果のみを期待していた BGM に更に図書館における目的作業を促進させることが期待できる．先行研究では，図書館における目的作業を促進できる BGM を明らかにすることを目的として，読書課題と計算課題を行っている時に異なるジャンルの BGM を聴いてもらい，計算量と読んだページ数を計測し，どのジャンルの BGM がどのような作業に適しているか検討を行った．

## 2. 目的

先行研究の研究結果で読書課題に適した BGM のジャンルが不明確である点や，「読書の作業促進度をページ数で判断するのは適切ではない」という視点から，読書活動中の熱中度と心拍 RRI の変動から求められる CVR-R には負の相関があるという報告 [3]を用いて BGM がある時の読書活動と BGM がなしの時の読書活動の CVR-R について比較し，再度 BGM と読書作業の促進との関係性について明らかにしていく．

## 3. 実験概要

### 3.1 実験環境

被験者は 10 代～20 代の男性 45 人を対象とした．測定場所は，実際の作業を想定して学内図書館の窓際 4 人掛けの席とした．図 1 に実験環境を示す．図 1 の黒枠で囲んだ席で測定した．

表 1 に示す音源を編集し 20 分間のメドレーを作成したものをタブレット端末からアンプを経由しスピーカにて再生した．これらの音源は，先行研究の知見および谷口の提案 [4]する高揚下位かつ荘重上位の曲 8 曲である．音量は暗騒音よりやや大きくなるように主観的に設定した．スピーカは被験者と約 3m 離し被験者に向けて設置した．タブレット端末は Apple: iPad Air2，アンプは YAMAHA: A-S301-B，スピーカは YAMAHA: NS-B500 をそれぞれ使用した．

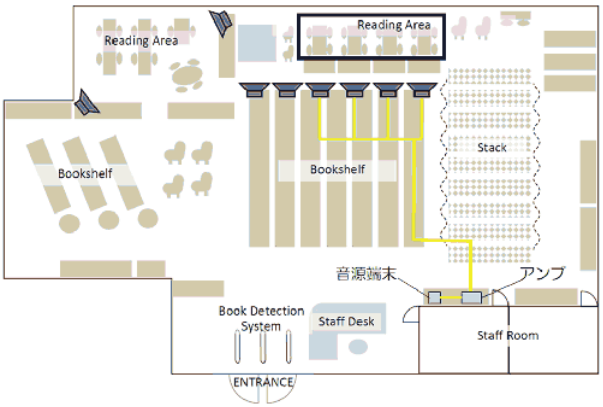



図 1.サレジオ高専図書館見取り図

表 1.使用音源

| 曲名 | 作曲者 |
|---|---|
| プニャーニのスタイルによるプレリュードとアレグロ | クライスラー |
| 「グランド・キャニオン」より「赤い砂漠」 | グローフェ |
| トゥオネラの白鳥 | シベリウス |
| アランフェス協奏曲第 2 楽章 | ロドリーゴ |
| ギターと小管弦楽のための協奏曲第 1 楽章 | ヴィラ＝ロボス |
| ギターと小管弦楽のための協奏曲第 3 楽章 | ヴィラ＝ロボス |
| 「四季」より「春」第 2 楽章 | ヴィヴァルディ |
| 「四季」より「秋」第 2 楽章 | ヴィヴァルディ |

なお，被験者の好みの音楽は注意の発散などから作業量が低下し，また歌詞がある BGM には言語的な作業に負の影響を与える事がある．そのため，表 1 の BGM には歌詞が含まれない曲を使用した．

### 3.2 使用した書籍

本実験で被験者に読んでもらう本は，被験者が本に熱中しているか否か確かめるため，漫画や図鑑・辞書などではなく小説に限定し，被験者自身が読んだことのない本を持参してもらった．

### 3.3 実験シーケンス

実験シーケンスはいずれも BGM ありを先に行い，BGM なしを後から行った．提示時間は本に熱中できるように BGM あり，なし共に各 20 分ずつ行った．

### 3.4 評価方法

熱中度と CVR-R には負の相関関係があることが分かっている [3]．本研究では読書時の熱中度を明らかにするために，被験者にユニオンツール社製ウェアラブル心拍センサ myBeat をみぞおち付近に専用のベルトで装着し，CVR-R を測定した．算出式は以下の式(1)を用いた．

$$\text{CVR-R} = \frac{\text{（心拍RRI 1分間標準偏差）}}{\text{（心拍RRI 1分間平均値）}} \times 100 \qquad (1)$$

### 3.5 アンケート

本の好き嫌いと熱中度の関係についても明らかにするため，実験前に主観評価で読書の好き嫌いについて質問し，VAS(Visual Analogue Scale)で回答を得た．

## 4. 結果

表 2 は実験結果をまとめたものである．測定した 20 分間分の RRI から式(1)に従って 1 分間ごとの CVR-R を求める．読書の熱中度の変化を見るために，BGM ありの時の CVR-R の中央値と，BGM なしの時の中央値の比率 $R$ を式(2)のように求める．

$$R = \frac{\text{BGMありの時のCVR−Rの中央値}}{\text{BGMなしの時のCVR−Rの中央値}} \qquad (2)$$

ここで、$R$ が小さければ，BGM ありの時の方が読書に熱中したことを意味する．また，アンケートによる読書の好き嫌いも表 2 に反映する．

表 2 から，読書が好きな人も嫌いな人も BGM ありの方が比較的熱中する傾向にある事がわかる．

## 5. 結論

本研究は，読書作業中の根中度を，心拍 RRI の変動から求められる CVR-R を測定することで BGM のあり／なしと読書作業量の関係を比較検討した．その結果，読書が好きな人も嫌いな人も BGM がある方が読書に熱中できるという傾向を得た．つまり BGM ありの方が目的作業の促進ができると期待できる．

表 2.BGM ありなしでの読書熱中度

| | | 人数 [人] | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $R \leqq 0.9$ | $0.9 < R < 1.1$ | $R \geqq 1.1$ |
| 読書 | 好き | 19 | 10 | 3 |
| | 嫌い | 6 | 4 | 3 |

しかし，BGM ありの時も BGM なしの時も CVR-R の差がほとんどなかった人が一定数いたこと，また読書が嫌いな被験者数が少ないことから，今回の実験だけでこの結論を一般化することはできないと考えている．また,BGM を聴くことにより読書作業が促進される傾向は確認できたが，どのようなジャンルの BGM が読書作業に適しているかは明らかにできていない．これらは今後の課題として，継続して検討する必要があると考えている．

## 6. 今後の展望

結果を踏まえ，今後，以下の点について検討する予定である．

1. 被検者の性差や年齢による偏りがあるため，老若男女様々な被験者で実験を行う．
2. 更に多くの被験者を集め，読書の好きな人，嫌いな人の人数を偏りが出ない程度に集める．
3. 様々なジャンルの BGM を使って今回の実験を行い，作業ごとに適したジャンルの BGM を更に明確化する．
4. 今回の実験では，本の好みは人によって様々であることや，読んだ事のない本で熱中度を調査したかったため，読書に使用した本を統一しなかった．これにより熱中度の結果が変わってしまっている可能性は否定できない．そこで複数の決められた本でも実験を行う必要がある．
5. 実験シーケンスが固定されてしまっているので，BGM ありなしの順番を入れ替えるなどの検討が必要である．

## 文　献


1) 加藤修子：全国 11 都道府県における音環境調査の総合報告と比較分析:図書館におけるサウンドスケープ・デザイン，Library and Information Science, 37, pp.13-34, 1997.
2) H.Wada, R.Iida, S.Ogawa, K.Miyamoto, Y.Mori：“A consideration of effect of sound environments in libraries”, Proc. of ICISIP 2018, SS2-2, pp.183-186, 2018.
3) 布山美慕・日高昇平・諏訪正樹：身体動作と心拍数による読書中の熱中状態観測手法の構築，知識共創，第 4 号，Ⅲ4-1－Ⅲ4-10，2014.
4) 谷口高士：音楽と感情，第 5 章，pp.89-117，北大路書店，京都，1999.



[連絡先]
熊澤　匠真
e-mail：s14416@salesio-sp.ac.jp

C-3-2

# 図書館における個別音響空間の読書熱中度に関する検討

○渡邊 真璃弥*和田 初枝*, 森 幸男*
*サレジオ工業高等専門学校

A Study on Reading Enthusiasm of Individual Acoustic Spaces in Libraries

Mariya WATANABE*,Hatue WADA*,Yukio MORI*
*Salesian Polytechnic,

## 1. はじめに

先行研究より、図書館における BGM と作業量の関係についての検討が行われていた [1) 2)]。その結果より、作業の種類(読書、計算課題)によって被験者が作業しやすいと感じる音環境が異なっていることが確認された。また、近年では図書館はコミュニティースペースとして様々な場面で利用されており、図書館というオープンな空間でリラックス効果を求めている利用者もいることも確認された。つまり、図書館に作業目的ごとに効果的な BGM を用いた個別音響空間で導入することで、目的作業が促進されることが期待できる。本研究では図書館の主目的の 1 つである読書作業の促進に着目をした。また、先行研究ではアンケートとページ数により読書作業が促進されたか計測していたが一昨年[1)]と昨年[2)]で実験結果が異なってしまったため実験方法を検討した結果 CVR-R による読書熱中度の検討[3)]を用い読書の熱中度により図書館というオープンな空間での個別音響空間の効果を検討することにした。したがって本研究ではパラメトリックスピーカを用いた周囲騒音のあるオープンな空間における個別音響空間とイヤホンを用いた周囲騒音のないクローズな空間で BGM を提示した時の読書熱中度について評価方法に CVR-R を用いて比較し検討を行う。

## 2. 実験概要

### 2.1 提示方法

被験者は 10〜20 代の読書が好きと申告した 12 人と読書が嫌いと申告した 4 人を対象とした。測定時間はオープンな空間とクローズな空間で各 20 分間計測をおこなった。測定場所はオープンな空間における個別音響空間を図書館で作り出すためにパラメトリックスピーカで BGM を提示し音が違和感なく聞こえる範囲の作業机を使用し 4 人同時に実験をおこなった。図 1 にパラメトリックスピーカの設置方法を示す。また、クローズな空間ではイヤホンを用いて BGM を提示し人の気配を感じることのない学校にある面談室の個室を利用し 1 部屋に 1 人と別々に実験を行った。読む本は被験者が読んだことのない本を本校図書館の小説の棚から被験者が好みのものを 2 冊選定した。実験を終えるごとにアンケートを記入してもらいページ数の計測も行った。評価方法として読書の熱中度を用いる。これは、次節で述べるように心拍の CVR-R から得ることができる。

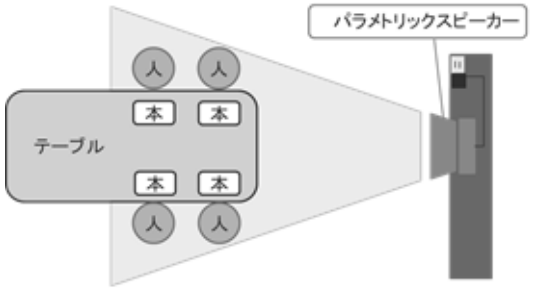



図 1　パラメトリックスピーカの設置図

### 2.2CVR-R での評価

CVR-R とは RRI の標準偏差/RRI の平均で求められることができる。RRI とは R 波の頂点から次の R 波の頂点までの間隔であり人により個人差があるものである。

布山らの実験より CVR-R を観測することによって熱中度を連続的・客観的に評価することができることが分かっており、CVR-R の値が低いと熱中状態であるとされている[3)]。そのため今回の実験では CVR-R の評価方法を用いて実験結果の比較検討を行う。

### 2.3 実験で使用した BGM

BGM に使用する音源は一昨年の先行研究[1)]より読書課題に向いているとされている高揚下位で荘重の軽いクラシックを音楽と感情[4)]より 8 個選定した。それぞれを 2〜3 分とし全体で 20 分になるように編集を行った。また、被験者が聞いているときに違和感を覚えないよう音をつなげるところにフェードイン・フェードアウト処理を 10 秒間ほど行った。BGM の音量は被験者に 1 度提示し心地よいと感じる音に設定した。表 1 は使用した音楽とその曲の順番である。

表 1　BGM に使用した音楽

| 順番 | 曲名 |
|---|---|
| 1 | 春　第 3 楽章 |
| 2 | ギターと小管弦楽　第 3 楽章 |
| 3 | ギターと小管弦楽　第 1 楽章 |
| 4 | プニャーニのスタイルによる |
| 5 | アランフェス協奏曲 |
| 6 | トゥオネラの白鳥 |
| 7 | 赤い砂漠 |
| 8 | 秋　第 2 楽章 |

### 2.4 実験シーケンスと評価方法

実験シーケンスは図 2 に示す。また順番の影響を避けるためにパラメトリックスピーカとイヤホンの音環境の順番をランダムとした。また、それぞれ異なる本を読んでもらい物語の影響を避けた。

評価方法は CVR-R を用いてオープンな空間における個別音響空間とクローズな空間における個別音響空間で BGM を提示した時の読書熱中度の評価を行った。

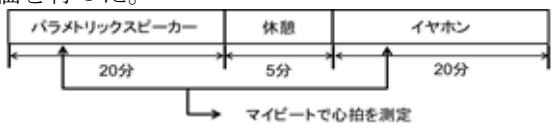



**図 3　実験シーケンス**

## 3. 結果および考察

### 3.1 実験結果

表 2 に CVR-R で比較したパラメトリックスピーカ(表中パラメと記す)とイヤホン時の熱中度の人数を示す。表 2 より読書が好きな人はイヤホンで BGM を提示したときの方が熱中状態の人が多いことが分かった。また、読書が嫌いな人はパラメトリックスピーカで BGM を提示した方が熱中しているといえることが分かった。これらの結果より読書が好きな人はクローズの空間で読書した方が熱中することができ読書が嫌いな人はオープンの環境である方が熱中できることがわかった。また、男女混合で計測を行ったが大きな男女差は見られなかった。

表 3 は CVR-R とページ数の関係を示す。読書が好きな被験者を A と B、読書の嫌いな被験者を C、D とする。表 3 より A は B に比べて CVR-R が低いため熱中状態であることがわかる。しかし、A よりも B の方が本のページ数が多い。また、読書が嫌いな被験者 C と D で比較をしても読書が好きな被験者と同じような傾向が見られた。そして、B と C で比較をすると読書が好きな人が必ずしも読書が嫌いな人よりも CVR-R が低くならないことが確認された。したがってページ数と CVR-R には関係性がないことが分かった。またこれらの結果より先行研究で行っていたページ数での主観的な測定では読書に対する熱中度が測れないことが分かった。

これらの結果より以下のことが分かった。

- 読書が好きな人と嫌いな人によって熱中できる空間が異なる
- 環境による熱中度は男女の差の傾向は見られない
- 読書熱中度とページ数には相関性が確認できない

**表 2　パラメトリックスピーカとイヤホンの熱中度の人数**

| 読書 | 熱中した人数（CVR-R による） | |
|---|---|---|
| | パラメ | イヤホン |
| 好き | 4 | 8 |
| 嫌い | 4 | 0 |

表 3　CVR-R とページ数

| 被験者 | 平均 CVR-R | | ページ数 | |
|---|---|---|---|---|
| | パラメ | イヤホン | パラメ | イヤホン |
| A | 6.35 | 4.97 | 17 | 18 |
| B | 9.03 | 7.84 | 52 | 48 |
| C | 6.59 | 7.68 | 26 | 35 |
| D | 8.12 | 8.36 | 52 | 54 |

### 3.2 考察

表 2 の実験結果より読書が好きな人は小説の物語の世界に比較的入り込みやすいために人の気配がせず自分の世界に入り込みやすいクローズな空間の方が熱中できたのではないかと考えられる。また、読書が好きな人は嫌いな人に比べて日常でも一人になり本を読む機会があるためクローズの空間で本を読む方が慣れていると考えられる。したがって読書が好きな人は自分の世界に入れて日常でも慣れているクローズな空間の方が熱中できるのではないかと推測できる。読書が嫌いな人は嫌いなものに取り組むので自分の気を紛らわす逃げ道を探すのではないかと考えられる。したがって周囲に人の気配があるオープンな空間の方が熱中状態であったと考えられる。クローズな空間であると人の気配もなく自分ひとりであるために内容に飽きがきてしまい読書に熱中できてないのではないかと考えられる。

表 3 の実験結果より読書量には個人差があることがわかる。また、小説の内容に入れる人と第三者目線で小説を読む人がいるので読書が好き嫌いに関係なくページ数や CVR-R に個人の小説の読み方の影響が出てくるのではないかと考えられる。

## 4.今後の展望

本実験では個別音響空間での比較実験を行ったがオープンな空間での視覚的な面も影響する可能性があるために対称的な空間ではなくオープンな空間に囲いをつけるなど段階的になるような空間の検討を行う必要がある。また、日常生活での慣れの影響も考えられるので調査を行う必要がある。

## 5.参考文献

1) 和田初枝・小田修二・飯田莉玖・宮本和典・森幸男：図書館における教育効果を高める音環境に関する一検討,工学教育研究講演会(第 66 回),2018
2) 飯田莉玖・熊澤匠真・宮本和典・和田初枝・森幸男：BGM を利用した図書館における目的作業促進の検討,福祉工学会(第 22 回),2018
3) 布山美慕・日高昇平・諏訪正樹：身体動作と心拍数による読書中の熱中状態観測手法の構築,知識共創(第 4 号),2014
4) 谷口高士：音楽と感情,北大路書房,第 5 章,P89-P117,1999

[連絡先]
わたなべ　まりや
e-mail：s15456@salesio-sp.ac.jp

C-3-3

# 自動車運転行動モデルの研究

～意思決定を組み入れた FRAM 表現の提案～

○中村　侑暉*
*早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

Study on Behavior Model on Car Driver Expressed with FRAM

Yuki Nakamura*
*Waseda University

## 1. 研究背景・目的

2016 年 2 月に試験運転中のグーグルの自動運転車が接触事故を起こした[1].この事故の原因はソフトウエアの判断能力の不足であるとされる.本研究では，自動運転システムが周囲の状況を認識し車両制御を判断するアルゴリズム開発の基礎研究として，人間の運転行動，とくに意思決定を表現するモデルの作成を目的として，状況認識(Situation Awareness)モデルを組み込んだ FRAM (Functional Resonance Analysis Method)表現を提案する.なお FRAM とは機能共鳴型事故の分析手法として Hollnagel により提案されたもので[2] 状況を柔軟に記述できるため用いることにした.

## 2. 研究方法

本研究は以下の手順で行う.

1　運転タスクの分析
2　機能定義のための HTA 記述
3　自動車運転行動モデルの作成

## 3. 運転タスクの分析

自身が自宅から最寄駅までの自動車運転のタスク分析を行ったところ，直進，左折，右折と停止した際の 4 つの基本的な操作で構成されていることが明らかとなった.これらのタスクを階層的タスク分析(HTA)で記述することで FRAM の機能を定義できると考えられた.

## 4. 機能定義のための HTA 記述

### 4.1.SA の導入

基本操作ごとに運転行動を HTA により記述し，さらにその意思決定までの過程の記述を SA の各段階(1:知覚，2:理解，3:予測，4:判断)に従い記述することにした.

### 4.2.ウェアラブルカメラによる調査

HTA で記述する内容を細分化するために，ウェアラブルカメラを用いて運転時の前方視界を撮影した.その結果，知覚すべき情報は標識，路面標識，道路幅，道路の線形などの静的な障害体(静的障害)と，先行車，対向車，信号，歩行者，路面状態などの動的な障害体(動的障害)とに分かれることが明らかとなった.さらに類似した状況下(交差点を左折，T 字路を左折など)では知覚すべき情報も類似していることが示唆された.

### 4.3.HTA の記述

4.1，4.2 を踏まえて HTA を記述した(図２). 知覚，理解，予測，判断を中間層にして記述した.また最下層の項目においては静的障害と動的障害の 2 つに分類し記述した.なお動的障害のみその挙動の予測を行うとした.HTA における SA の各レベルを FRAM の機能と定義することで,機能の粒度が揃い，状況認識から意思決定の流れが可視化できる形となった.

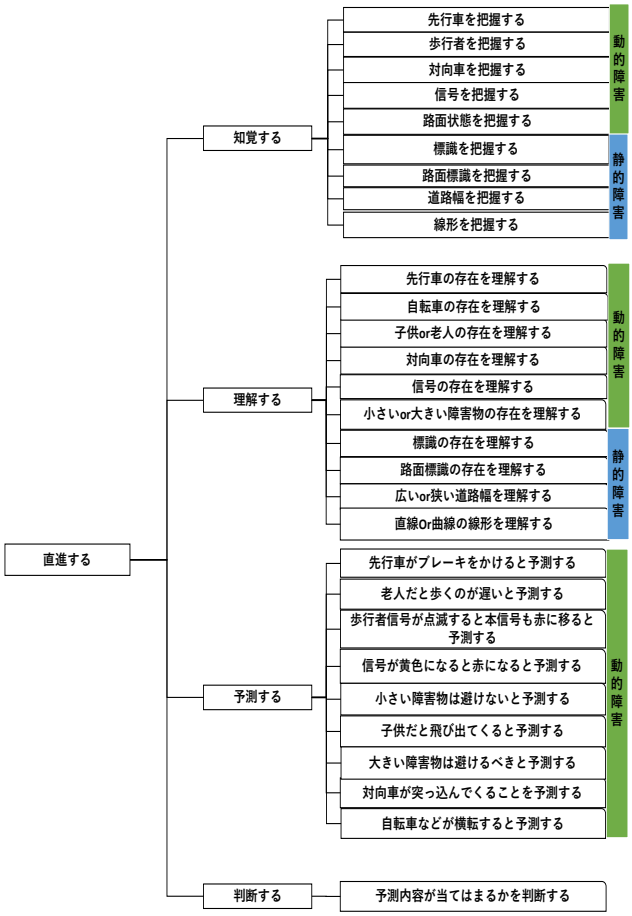



図 1. 直進をトップ事象とした HTA 図

## 5. 自動車運転モデルの作成

作成した HTA を基に FRAM の記述を行う. HTA の中間層を FRAM の機能とし，HTA の最下層の項目を FRAM の側面(Input, Precondition, Resource, Time，Control，Output)に記述することにした.

作成する際，野田[3]のモデルを参考に運転手の状況の FRAM と車の状況の FRAM を直列に示すことにし，以下のルールで記述した.

・知覚：静的・動的障害の情報が入り(Input)，知覚内容が出力される(Output).

・理解：知覚内容の詳細が出力される(老人か子供を理解するなど).

・予測：理解で出力された動的障害のみ入力し，その危険予測を出力する.

・判断：理解で出力された静的障害を前提条件(Precondition)とし，その行動に対する道路交通法と静的障害を制御(Control)とする.

・操作：意思が入力され，指示が出力される.それにより自動車が作動し，目的が完了する.

なお予測において，直進に関しては動的障害が存在すれば注意しながら走行し，なにも存在しなければそのまま走行することにした.

上記のルールにより，規範的な直進運転行動(WAI:Work As Imagined)モデルを作成した.図 3 に示す.

## 6. 研究の現状及び今後の予定

規範的な運転行動モデルにより自動運転がなされれば事故は生じないと考えられるので，今後はこの自動車運転モデルの完成度を高めたい. また人が実際に運転した場合のモデル(WAD:Work As Done)を作成し，規範的なモデルと比較することで，人間の安全運転についても考察したい.

## 参考文献


[1]「米グーグルの自動運転車が事故　過失でバスと接触」「日本経済新聞」 2016/03/01 (https://www.nikkei.com/article/DGXLASGM01H23_R00C16A3EAF000/)最終アクセス日 2019/10/16

[2]E.Hollnagel(著)，小松原明哲，氏田博士，菅野太郎，狩川大輔，中西美和，松井裕子(訳)，「社会技術システムの安全分析」，海文堂出版，2013

[3]野田浩幸:FRAM を用いた機能共鳴型事故の事故対策案導出方法の提案，早稲田大学卒業論文，2014

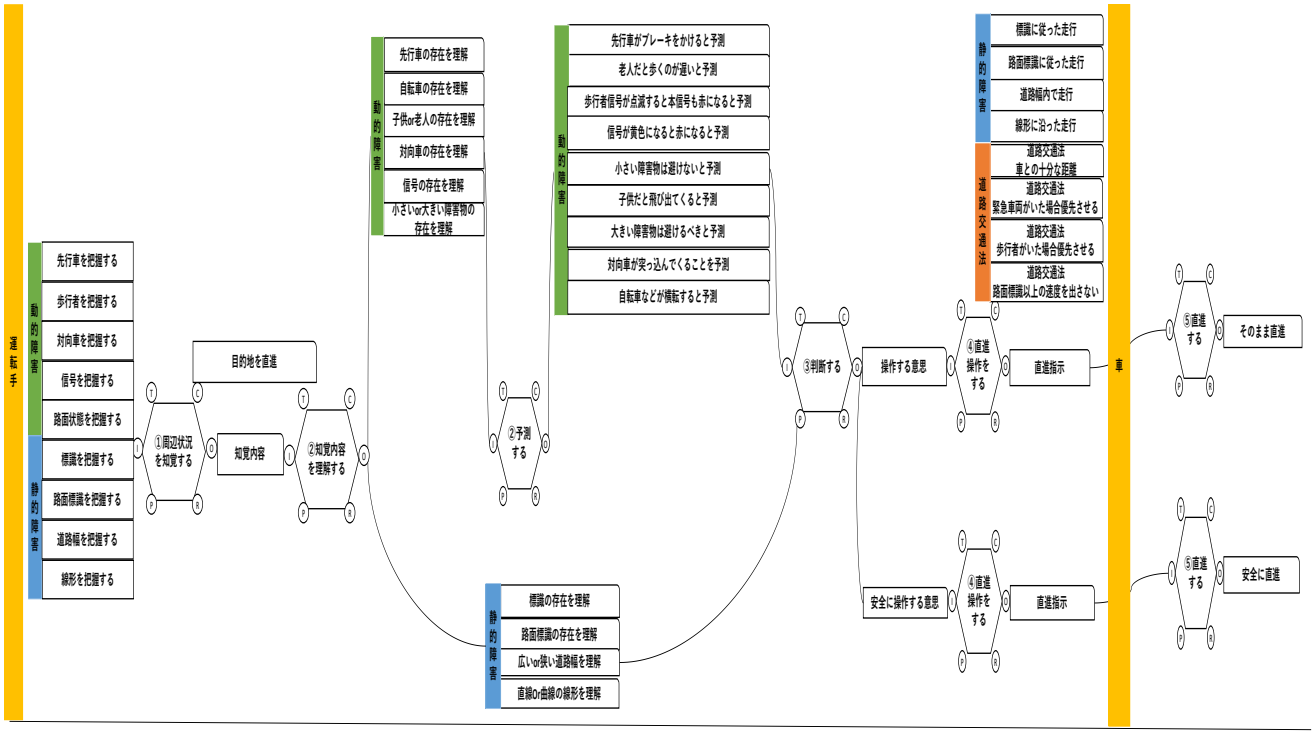




図 2. 直進時の自動車運転モデル

D-1-1

# MRI 被験者の音声検出にむけた教師データの SN 比の検討

○櫻井陸渡*，山口晴己**，武藤憲司**
芝浦工業大学

Examination of SN-ratio of teacher data for the sound detection of Magnetic Resonance Imaging subject

Rikuto SAKURAI，Haruki YAMAGUCHI，Kenji MUTO
Shibaura Institute of Technology

## 1. はじめに

MRI(Magnetic Resonance Imaging)検査は非常に大きい騒音が生じ，100 dB 以上の音圧レベルを示す場合があり[1]，MRI被験者は緊急事態を医師へ伝えることが出来ない．MRI 検査中の対策として，東芝は騒音の元となる傾斜磁場コイルを真空封入して音の伝搬を最小限にする独自の静音化機構を搭載し，騒音を聴覚上で最大 90 %低減させた[2]．しかし，静音化された MRI 装置を全ての医療現場に普及するには多大な費用と時間がかかる．

検査中の被験者の緊急事態を音声により医師に知らせる方法があるが，MRI の駆動音が混入し医師が被験者の声に気付かない場合がある．そのため，骨伝導マイクロホンを用いた方法が有効であり，稲垣らによって，骨伝導通話品質改善のための研究が行われ，SN 比が–33 dB から 2 dB まで改善した[3]．しかし，この手法では医師が常に MRI 被験者の声を傾聴する必要があるため，音声を自動検出する必要がある．

本研究の目的は MRI 駆動音が混入する骨伝導マイクロホンの被験者の声を，音声認識技術を使用して検出する方法の検討である．様々な SN 比と駆動音で評価することで，騒音下でも音声検知ができることの有効性を検討した．

## 2. 雑音を考慮した教師データの作成法

本研究では，音声の高域を抑制(カットオフ周波数 100 Hz の 2 次ローパスフィルタ)した擬似骨導音声に MRI 駆動音を加えて学習させ，MRI 駆動音による SN 比の変化に対する学習性能を評価した．

実験に使用した音声は，音声データベースである NTTAT－FW03[4]の高域を抑制した 1 モーラの日本語音声 100 単音，4 人分の擬似骨導音声を MRI 被験者の音声として使用した．次に，撮像音の 1 種の MRA(Magnetic Resonance Angiography)を教師データの擬似骨導音声に重畳する雑音とし，EPI(Echo Planar Imaging)， T1W(T1 Weighting)，T2W(T2 Weighting)の 3 種をテストデータの擬似骨導音声に重畳して使用した．音声波形を図 1 に示す．また，重畳した後の教師データの例を図 2 に示す．認識ソフトウェアとして，音声認識の研究に用いられている HTK(Hidden Markov Model ToolKit)[5] を使用した．

ここで，教師データの SN 比を–12 dB ~ 12 dB で学習を行い，テストデータを–12 dB ~ 12 dB の 6 dB 間隔と撮像音を重畳していない音声のみ(SN 比=∞)で教師データを検証し，各 SN 比における検出率を算出した．

評価指標として，2 つの指標を定義した．正しい単音で認識された割合を示す認識率と，データに音声を含むものを正しく判断した割合を示す検出率である．

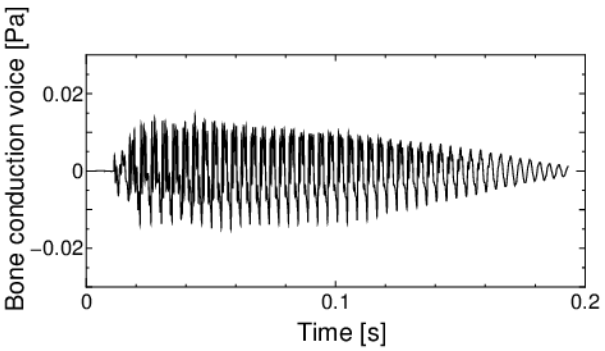



図 1　音声波形(“あ”の擬似骨導音)

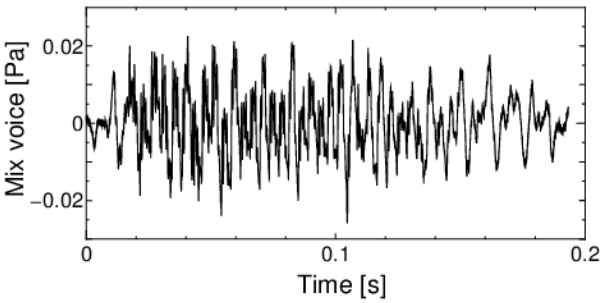



図 2　擬似骨導音声と撮像音（MRA）を重畳した教師データの音声波形の例(SN 比=0 dB)

## 3. MRI 駆動音中の音声検出結果

図 3 に各撮像音(EPI，T1W，T2W)が重畳した音声のテストデータによる単音認識率を示す．グラフの線種は教師データの SN 比，横軸はテストデータの SN 比であり，縦軸は各 SN 比のときの単音正解率を示す．すべての撮像音において骨導音声を教師データに用いた場合，テストデータの SN 比が ∞ の場合を除き著しく低下した．これより MRI 駆動音の混入が音声認識結果に大きく影響していることが確認できる．

テストデータの SN 比がマイナスの場合，認識率はすべての撮像音において 30 %以下であり，騒音下より音声を正しく認識するためには教師データの SN 比をテストデータの SN 比に近づける必要が

ある．SN 比がプラスの場合，T1W，T2W ではテストデータの SN 比が 6，12 dB のとき認識率が 50 %以上となる組み合わせがあったが，EPI で SN 比は最大 30 %程度であった．教師データの SN 比がマイナスの場合，認識率はすべての撮像音において 15 %以下であった．

これらの結果より，認識性能は SN 比が 0 dB 以下の時は著しく低下するため，先行研究での適応騒音制御アルゴリズムを適用し，テストデータの SN 比を 0 dB 以上とすることで，システム全体では 30 %以上の認識率を持たせることが可能と考える．

ここで検出率は医師に被験者異状を通知する目的のため，認識された単音は誤っていても良いものとする．音声検出を行った結果, 教師データの SN 比がマイナスのとき，検出率は最も低いもので 86 %(教師データ T2W，SN 比−12 dB，テストデータ：SN 比 6 dB)を示した．また，教師データの SN 比が 0，6，12 dB のとき，検出率は 100 %であり，誤検出は生じなかった．結果より，騒音下でも音声を検出することができる．

## 4. むすび

本報告では，MRI 検査中の被験者の声を医師に知らせるため，様々な SN 比で MRI 駆動音を重畳した音声を教師データとする手法を検討した．これらより，MRI 騒音下で骨導音を用いた認識を行う場合，テストデータの SN 比を 0 dB 以上とすることで騒音下でも高い検出性能を持たせることが可能となる．

## 5. 文献


1) 武藤他：“MRI検査室内における騒音レベル測定”，日本音響学会誌， Vol.61, No.1, pp.5-13, 2005.
2) 吉田，革新的な静音化を実現した MRI システム EXCELARTTM，東芝レビュー，54, 11，pp.62-65，1999.
3) 稲垣他：“MRI 振動信号に学習同定法を用いたノイズキャンセラ使用時における被験者音声の聴取実験”，日本音響学会講演論文集，3-P-8, pp.469-470, 2019.
4) 天野他，“親密度別単語了解度試験用音声データセット(FW03)”， NTT コミュニケーション科学基礎研究所，2003.
5) University of Cambridge, "HTK Speech Recognition Toolkit", http://htk.eng.cam.ac.uk/.



［連絡先］
さくらい　りくと
e-mail：af16046@shibaura-it.ac.jp

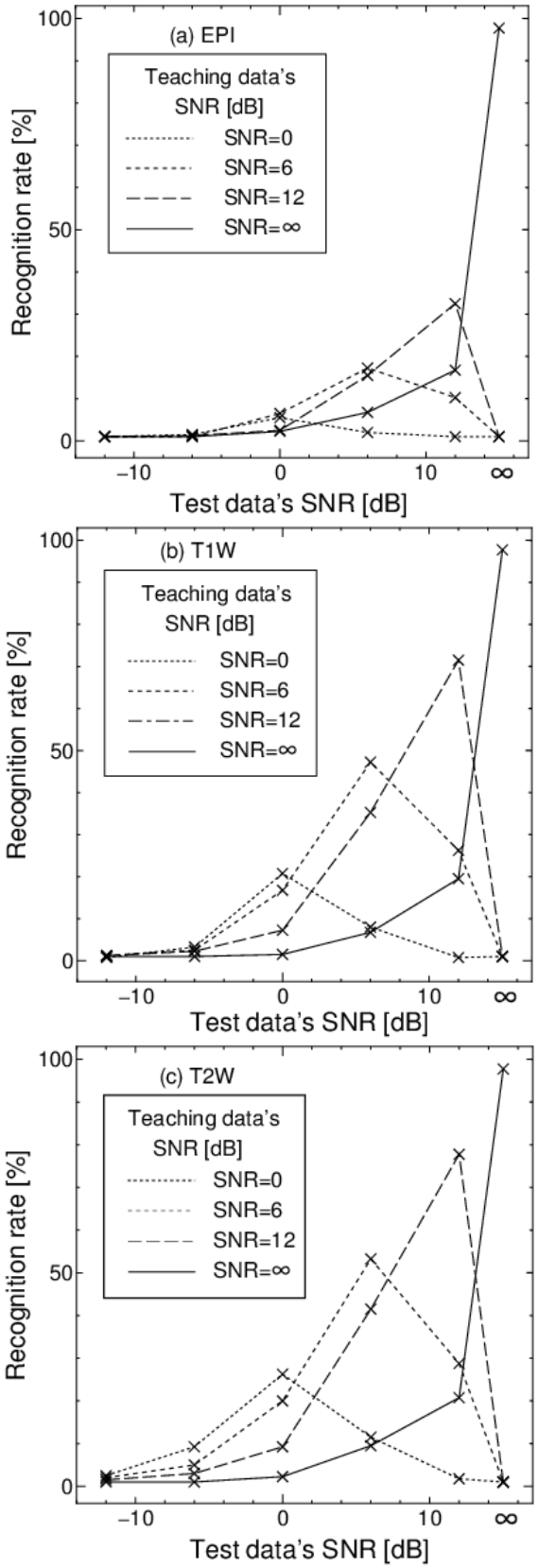




図 3　MRA が重畳した音声を教師データに用いた場合の各撮像音(EPI，T1W，T2W)が重畳した音声のテストデータによる単音認識率

D-1-2

# 感染症スクリーニングのための顔パーツ認識を用いたサーモグラフィーによる体温推定法の開発
## ベトナム国立熱帯病病院におけるパンデミックデング熱への臨床応用

〇清水　拓実*, 孫光鎬**,松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部
**電気通信大学

Development of body temperature estimation method by thermography using image processing for infectious disease screening and Clinical application to pandemic dengue fever in Vietnam National Tropical Disease Hospital.

Takumi Shimizu*, Guanghao Sun**,Takemi Matsui*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University
**The University of Electro-Communications

### 1.背景

近年、日本への渡航者が急増しているなか、感染症ウイルスの国内流入が問題視されている。政府は渡航者に対する感染症への注意喚起をしているが、流入は防ぎきれていないことが現実である。厚生労働省健康局では、感染症への対策を総合的、効果的に組み合わせた戦略を目指すことを基本方針としている。そのため、渡航者に対しスクリーニングを行うことは、様々な病原菌の国内流入を防ぐ一つの手段として有効である。また、スクリーニングは高速かつ非接触であることが現実的な運用では望ましい。本研究では、腋下体温計を使用せず、従来の検疫に利用されるサーモグラフィを用い、画像処理技術を応用することでより高精度な深部体温推定を実現する。また、心拍数、呼吸数、本研究で推定した深部体温を用いて感染症スクリーニングを行う。

### 2.深部体温推定方法の開発

#### 2.1 本システムの概要

本システムでは、サーモグラフィ(Thermo Shot F30S)によって取得したIR画像に対しOpenCVを用いた画像処理を施し、測定対象者の顔パーツ(目、鼻、口)ごとの温度を測定する。各器官の温度から深部体温を推定する。(図1)サーモグラフィによる測定の際には、測定対象者から1.0mの距離にサーモグラフィを設置し、対象者の顔全体を撮影する。また、ドップラーレーダーを用いて呼吸数を測定し、PPGセンサを用いて心拍数を計測する。(図2)

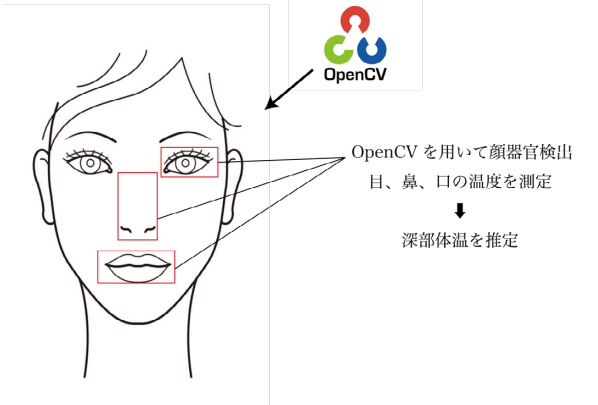



**図1　深部体温推定手法**

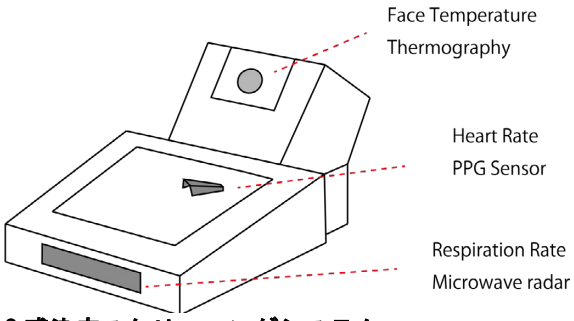



**図2 感染症スクリーニングシステム**

#### 2.2 顔器官を用いた深部体温推定

深部体温の推定には、サーモグラフィによって取得した目、鼻、口の温度を用いた。顔パーツの組み合わせは、「目、鼻、頬、口、輪郭、耳」から選択できる。今回の提案手法では、深部体温との相関がもっとも高い組み合わせである「目、鼻、口」の温度を説明変数として重回帰分析によって補正式を生成し、深部体温を推定する。

#### 2.3 推定体温と心拍、呼吸数を用いた感染症スクリーニングシステム

前述の方法での推定体温と心拍数、呼吸数を用いて測定対象者がインフルエンザやデング熱の感染を判別する。判別にはランダムツリーアルゴリズムを用いる。また、交差検証としてleave one out cross validationを用い、システムの汎化性能を検討する。学習データは、国立ハノイ熱帯病病院の協力の下、221名のデング熱感染者のバイタルデータとベトナム国家大学ハノイ校 、ハノイ工科大学の協力の下、128名の健常者のバイタルデータを用いる。

#### 2.4 解析方法

画像処理ライブラリであるOpenCV,dlibを用いて顔器官認識を行い、補正式算出、判別アルゴリズム生成、交差検証にはwekaを用いた。測定対象者はスクリーニングシステムの前に着席し、PPGセンサーに人差し指を置いて測定を開始する。

以下の手順で解析を行った。

サーモグラフィから入力された画像を画像処理にかけ、目、鼻、口を抽出する。各器官の座標をIR画像にて参

照し、各パーツの温度を取得する。補正式に代入することで深部体温の推定を行う。

呼吸数はドップラーレーダーを用いて胸部の動きを検知することで 1 分間の呼吸数を推定する。心拍数は PPG センサから取得し、1 分間の心拍数を推定する。推定体温、呼吸、心拍、診断結果から(349 名分)weka によってランダムツリーアルゴリズムを用いた判別モデルを生成する。交差検証には leave one out cross validation を採用し、汎化性能を検討する。

また、顔表面温度の最高点からの体温推定手法を用いた先行研究でのスクリーニング結果との比較を示す。

## 3.結果

重回帰分析で生成した補正式は以下である。

推定体温 = 0.1497*eye_t + 0.4018*nose_t
+ 0.1362*mouse_t +11.5712

補正式による推定体温とリファレンスの腋下温度の相関を図3に示す。平均誤差は 0.414、R=0.83 であり強い相関が認められた。

判別モデルのツリー構造を図4に示す。呼吸数、心拍数は 1 分間の推定値である。推定体温での判別ができない感染者には心拍、呼吸数による判別を行い、表1に示す結果を得られた。
(感度:90%, 特異度:96%, PPV:98%, NPV:85% )

先行研究 3)で用いられた判別モデルによる結果を表 2 に示す。(感度:90%, 特異度:66%, PPV:82%, NPV:79% )

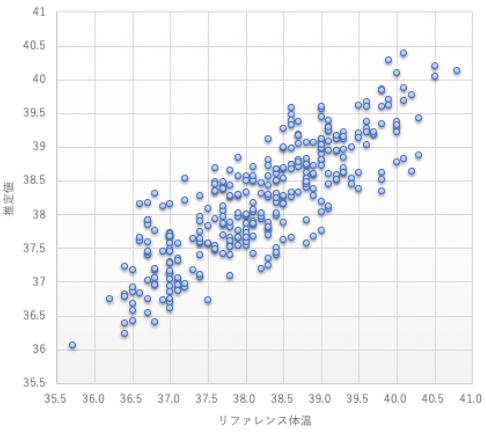



**図 3 腋下体温(リファレンス)と推定体温の相関**

## 4.考察

本研究では、顔器官の温度を取得することで高精度な深部体温推定を可能とした。それに伴い、生成した判別モデルは、推定体温を判別のもっとも重要な指標としている。また、先行研究の結果と比べ、特異度に大きな差があることがわかる。推定体温によって感染者の約 90%を判別可能になったこと、心拍数、呼吸数によって推定体温では判別することができない潜伏期間の感染者と健常者を切り分けられたことが特異度の向上につながったと考えられる。

感染症スクリーニングの性質上、医療従事者への2次曝露の対策として、完全非接触での判別が望ましい。本システムは、心拍数を PPG センサで測定するためスクリーニングごとに接触部分を浄化する必要がある。以降の改良として、心拍数測定の非接触化が考えられる。

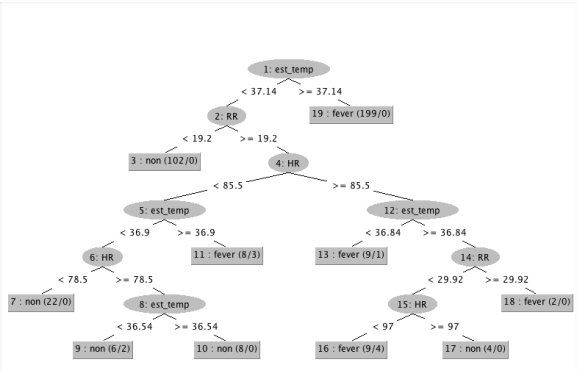



**図 4 ランダムツリーアルゴリズムによって生成された判別モデル**

| | スクリーニング(感染) | スクリーニング(健常) | 合計 |
|---|---|---|---|
| 感染 | 200 | 21 | 221 |
| 健常 | 5 | 123 | 128 |
| 合計 | 205 | 144 | |

**表1推定体温、呼吸数、心拍数で生成した判別モデルによる結果 (交差検証後)**

| | スクリーニング(感染) | スクリーニング(健常) | 合計 |
|---|---|---|---|
| 感染 | 199 | 22 | 221 |
| 健常 | 43 | 85 | 128 |
| 合計 | 242 | 107 | |

**表 2 先行研究(最高点を用いた推定体温、心拍数、呼吸数)によって生成した判別モデルによる結果(交差検証後)**

## 5.参考文献

1) Rainer Lenhard, Daniel I.Sessler. Estimation of mean-body temperature from mean skin and core temperature.Anesthesiology(2016) 105:1117-1121

2)Dagdanpurev S, Abe S, Sun G, Nishimura H, Choimaa L, Hakozaki Y, Matsui T. A novel machine-learning-based infection screening system via 2013-2017 seasonal influenza patients' vital signs as training datasets. J Infect. 2019 ;78(5):409-421.

3) 小山貴大, 松井岳巳, マルチセンサ統合アルゴリズムを搭載した感染症スクリーニングシステムの開発とベトナムハノイ熱帯病病院での 2017 年デング熱パンデミックにおける臨床評価

[連絡先]
清水 拓実 e-mail: shimizu-takumi@ed.tmu.ac.jp

D-1-3

# 立位作業時の角度付きデスク使用の人間工学的評価

〇小原早織，北原理紗，山下璃久，伴地芳啓，河合隆史，三家礼子
早稲田大学

Ergonomic Evaluation of Using angled desk in Standing Work

Saori OBARA, Risa KITAHARA, Riku YAMASHITA, Yoshihiro BANCHI, Takashi KAWAI, Reiko MITSUYA
Waseda University

## 1. はじめに

ノートパソコンを用いたデスクワークは,目の疲れや首の痛みなどの身体的悪影響を引き起こすことが問題点として指摘され,それらを予防・改善するための作業環境の整備が必要とされている [1].そこで,本研究では，オフィス家具の一つである角度付きデスクに着目し，その立位作業時での使用がもたらす効果について検証することを目的に，主観的･客観的な評価実験による検討を行った.

## 2. 実験概要

### 2.1 実験条件

天板角度が変更可能なデスクと,床から天板上面の高さの設定方法の組み合わせによって構成された 3 つの作業環境を実験条件とした．デスクの天板角度は 0 度または 12 度であり，高さの設定方法は個人の趣向に合わせた自由設定と，掌を平板に当てて肘が 90 度になる高さを利用した考案設定の 2 種類から決定した．各条件における作業環境を表 1 に示す.

表 1. 実験条件

| 実験条件 | 条件 1 | 条件 2 | 条件 3 |
|---|---|---|---|
| 天板角度 | 0 度 | 12 度 | 12 度 |
| 高さ設定 | 自由 | 自由 | 考案 |

### 2.2 実験タスク

ディスプレイ上に呈示された見本となる公募小説(https://ncode.syosetu.com/n5399el/)をタイピングする作業を実験タスクとした.1 条件あたりの遂行時間は 20 分間とし，タイピングの前後には 30 秒間の安静時間を設けた.見本の文章とタイピング画面の配置に関しては，ディスプレイの左側に見本画面を,右側にタイピング画面を呈示することで統制した.

### 2.3 評価指標

客観指標として，生体信号システム(biosignalsplux)を用いて左右の上部僧帽筋の筋電図計測を行い，首にかかる負担の指標とした.また，実験参加者を側面からビデオカメラで撮影し，図 1 に示す頭部角度$\theta_H$と頸部角度$\theta_H$,および視軸角度$\theta_E$(水平線の上側が正の向き)[2]を算出することで姿勢を定量化する指標とした．主観指標として，身体負担やタイピングのしやすさに関する 6 つの質問項目に対し，7 段階で回答する主観評価アンケート，および総合評価による順位づけを実施した.

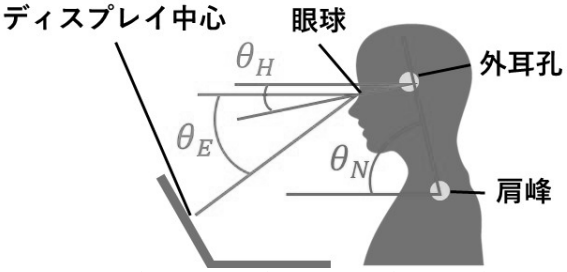



図 1. 頭部角度･頸部角度･視軸角度の算出図

## 3. 実験手順

実験参加者に対し実験内容を説明し，同意を得た後に実験を開始した．はじめに練習用の文章を用いて，キーボード操作に十分慣れてもらうための時間を設けた.筋電センサーを装着後，実験タスクを開始したが，各試行前にはノートパソコンの位置，ディスプレイの角度を適宜調整するよう教示を与えた.各条件はランダムな順序で行い，試行終了後にアンケートへの回答を求めた．実験参加者は，男性 15 名，女性 6 名の計 21 名とし，平均参加年齢 25.8±8.1 歳であった.

## 4. 実験結果

### 4.1 筋電図

筋電位の時系列データを使用し，式(1)により RMS 値を算出した．右上部僧帽筋における条件毎の RMS 値の結果を図に示す．結果から，条件 1 に比べて，条件 2 の RMS 値が 10%水準で優位に低くなる傾向が見られた.

$$RMS\ Value = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} e_i^2} \quad (e_i\text{:筋電位}) \ (1)$$

### 4.2 姿勢

撮影された動画から代表的な姿勢を静止画像として抽出し，図 1 に示した角度をそれぞれ算出した．条件毎の頸部角度の結果を図視軸角度の結果を図 4 に示す．結果として，頸部角度に関して，条件 1 に比べて，条件 2 では 10%水準で，条件 3 では 1%水準で，角度が有意に大きくなることがわかった．また，視軸角度に関して，条件 1 に比べて，条件 2 および条件 3 の角度が 1%水準で有意に小さくなることがわかった．

### 4.3 主観評価アンケート

首の負担に関する「首が疲れる」への回答結果から，実験開始前と実験終了後の変化量を比較したところ，条件 1 に比べて条件 2 では 10%水準で，条件 3 では 5%水準で評点が有意に低くなる傾向が見られた．

## 5. 考察

条件 1 と比較し，条件 2 において，上部僧帽筋の RMS 値と主観評価での「首が疲れる」の評点の変化量が低下する傾向が見られたことから，天板に 12 度の角度をつけることで，首や肩の負担および首の負担に対する自覚症状が軽減されることが示唆された．その要因として，頸部の前傾が緩和されたことや，ノートパソコン使用時の視軸角度が VDT ガイドラインの提示する 10~15 度[3]に近づいたことなどによる作業姿勢の改善が考えられる．

## 6. まとめ

本研究では，立位姿勢における角度付きデスクの使用に関して，筋電図や姿勢動画，アンケートを使用した効果の検証を行った．結果から，作業姿勢の改善が見られ，首や肩に対する負担の軽減が確認されたことから，角度付きデスクは立位作業による身体的悪影響の予防・改善に有効であると考えられる．


## 謝辞

本研究を行うにあたり，コクヨ株式会社の皆様にご協力いただきましたこと深く感謝いたします．


## 参考文献


1)テレワークガイド委員会:2010 年版 ノートパソコン利用の人間工学ガイドライン-パソコンを快適に利用するために-, https://www.ergonomics.jp/official/page-docs/product/guideline/notePC-guideline-2010.pdf ， (参照 2018-11-06).

2）斎藤真:FPD ワークステーションの形態と作 業姿勢，人間工学，31 (Supplement)，pp. 120- 123, 1995.

3）野呂影勇:図説エルゴ ノミクス入門，培風館，2006

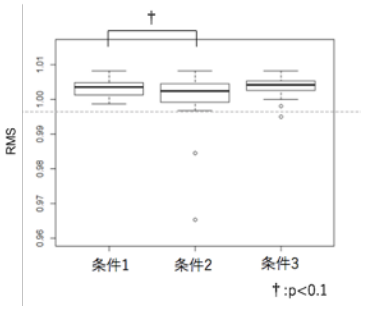




図 2. 上部僧帽筋(首)の RMS 値

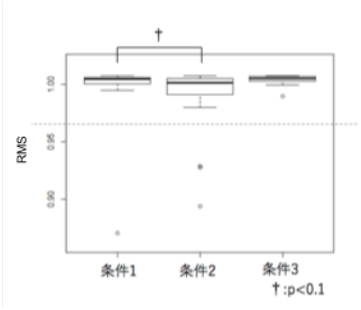



図 3. 上部僧帽筋(肩)の RMS 値

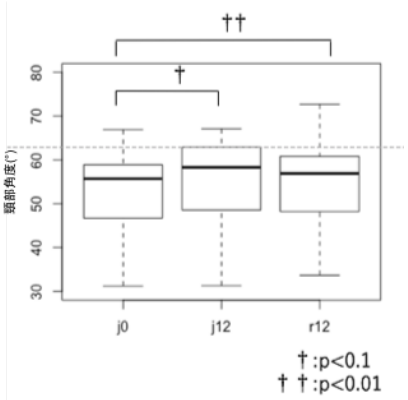



図 4. 頸部角度

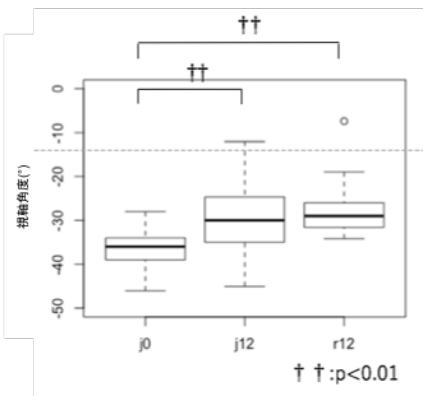



図 5. 視軸角度

D-1-4

# 作業環境の制限が工具使用時の作業性に与える影響

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

Effect of working environment restrictions on workability when using tools

Kana MOCHIZUKI*, Kazuki HIRANAI**, Akisue KURAMOTO*, Akihiko SEO*
*Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University,
**Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

## 1. はじめに

日常生活や産業場面での頻繁に行われる作業において，身体負担の低減や作業効率の向上を目的とした様々な工具が開発されている．適切な方法・作業環境において道具を使用した場合は作業負担の低減が期待できる．一方，作業空間や設備配置などの作業環境上の制限があり適切な使用が出来ない場合，不自然な作業姿勢や異なる身体負担が生じる可能性がある．そのため，作業環境による制限を受けた状況での工具使用時の身体負担評価は，適切な工具の使用方法の提案に重要である．

本研究では，厚生労働省によって「上肢障害の労災認定」として定められ[1]，作業者に与える負担が大きい作業である上肢挙上作業に着目し，日常生活において頻繁にみられる電球交換作業とその作業道具である高所ランプ交換工具について検討する．

高所ランプ交換工具は，先端に電球を把持する機構をもつ長さ 1～2 mの棒状の工具であり，棒を軸周りに回転させて電球の交換を行うものである．この工具を使用すると脚立を用いたり無理に上肢を挙上したりすることなく，手元の動作で電球交換が可能といわれている．しかし，電球直下に大きな機械設備が設置されているなどといった作業環境上の制約がある場合，電球から離れた位置で作業を行う必要が生じる．その際，高所ランプ交換工具を支えるための力の増加，交換時の力の伝達の低下，不自然な作業姿勢などにより，通常とは異なった身体負担が生じることが予想される．

そこで本研究では，作業環境の制限を受けた高所ランプ交換工具を使用した電球交換作業を模した実験を行い，作業環境の変化が作業姿勢や身体負担に与える影響を明らかにする．

## 2. 実験方法

### 2.1 被験者

被験者は健常な男子学生 1 名を対象とした．身長は 166 cm であった．

### 2.2 実験条件

本実験では，作業環境の制限を立ち位置を変更することで再現した電球交換作業を行う．実験条件は工具を使用しない条件(工具無)に，電球までの前後距離(立ち位置条件)6 水準を加えた全 7 条件とした．立ち位置条件は，電球から 0.3 m，0.6 m，0.8 m，1.0 m離れた位置での作業に加えて，被験者が工具を使用して主観的に作業しやすいと感じる立ち位置条件とした．工具を使用する条件では床から 2.4 mの高さにある電球を交換し，工具を使用しない条件では床から 2.1 mの高さにある電球を素手で交換した．作業時間は，全条件において指定せずに行った．

### 2.3 解析項目

#### 2.3.1 筋電図

右側の僧帽筋，上腕二頭筋，腕橈骨筋，円回内筋の計 4 箇所の筋について，それぞれの筋活動量を測定した．実験開始前に各筋の最大随意筋収縮(MVC)を測定し，MVC に対する作業時の相対値(%MVC)を求めた．

#### 2.3.2 姿勢計測

光学式モーションキャプチャシステム(OptiTrack, NaturalPoint 社製)を用いてマーカ座標を計測し，同社製のソフトウェア(Motive)に取り込み，BVH ファイルに変換した．変換された BVH ファイルを当研究室開発の生体力学解析ソフトウェア上のデジタルヒューマンモデル(DHM)に当てはめ，各関節角度，関節トルク比を推定した．工具使用時の身体負担推定のために，工具質量による外力を DHM に反映し，関節トルク比を計算した．

#### 2.3.3 主観評価

1 試行につき 1 回，その時点での上肢，腰部の負担感について Borg CR10[2]を用いて評価した．また，作業性について 0(作業しやすい)～10(作業しにくい)で評価した．

## 3. 結果

### 3.1 筋電図

筋電図計測の%MVC 値を図 1 に示す．工具不使用時の僧帽筋と上腕二頭筋の%MVC 値は，工具使用時より高かった．一方，工具使用時の腕橈骨筋と円回内筋の%MVC 値は工具不使用時より高かった．また工具使用時において，立ち位置が遠くなるほど全ての筋の%MVC 値は増加した．

3.2 姿勢計測

姿勢計測の関節角度，トルク比の結果を図 2，図 3 に示す．工具不使用時において頸部を大きく後屈させたため，トルク比が工具使用時よりも高かった．また，工具使用時は立ち位置が電球から遠いほど頸部のトルク比が減少した．右肩関節のトルク比は，立ち位置条件が 0.3 mの時に，工具無し条件より減少した．立ち位置条件が 1.0 mの時，右肘関節，右手関節・前腕合成のトルク比は工具無し条件よりも増加した．立ち位置が遠くなるほど増加した．

3.3 主観評価

主観評価の上肢の負担感，作業のしにくさの結果を図 4，図 5 に示す．立ち位置が遠くなるのに伴い，主観的な負担感および作業のしにくさは増加した．

## 4. 考察

工具無し条件は，僧帽筋の筋発揮および，頸部合成トルク比が高かった．一方で，工具を使用した条件では立ち位置が電球から離れるのに伴い，円回内筋の筋発揮および，右上肢の関節トルク比が増加した．これらの結果は，電球を見上げることが無くなるため，頸部の負担は軽減できるが，一方で高所ランプ交換工具を支えるために右上肢に負担が発生していることを示している．また，作業しにくさは立ち位置条件が電球から離れるほど増加した．これは，電球から離れた位置で高所ランプ交換工具を使用する際に，工具先端にぶれが生じ，安定して工具を支えることが困難になったことが原因として考えられる．今回の結果から，工具の使用により，身体負担が生じる部位が変化したことが明らかになったが，被験者の身長などにより，作業しやすい位置や負担のピークとなる立ち位置は異なることが予想される．今後は被験者の数を増やし，被験者の体格を考慮して，総合的に工具の使用しやすい立ち位置を決定することを課題とする．

## 5. 結論

本研究により，工具使用時に工具無し条件と負担の発生する部位が異なることが明らかになった．今後は被験者の数を増やし，体格等を考慮した総合的な工具の使用しやすい立ち位置を決定する．

## 6. 参考文献

1) 労働省労働基準局補償課:上肢作業に基づく疾病の労災認定基準の解説,労働調査会,1998

2) Borg: Borg’s perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

[連絡先]
望月 香奈
e-mail：mochizuki-kana@ed.tmu.ac.jp

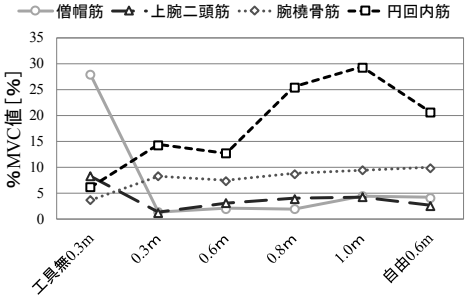



図 1　筋電図結果

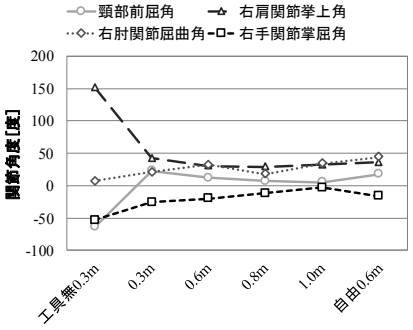



図 2　関節角度結果

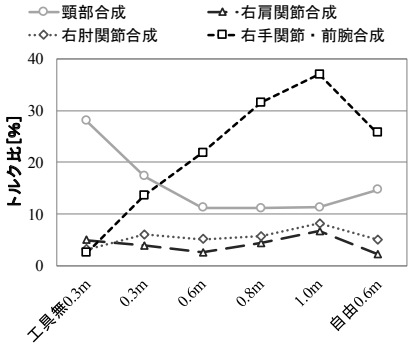



図 3　トルク比結果

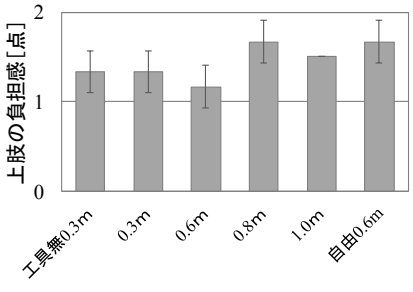



図 4　負担感

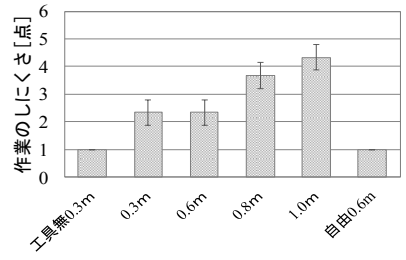



図 5　作業のしにくさ

D-2-1

# マニキュアの塗りやすさ向上に関する研究

## —補助具の有効性について—

〇石井愛梨，上西園武良
新潟国際情報大学

Study on Improving the Ease of Applying Nail Polish
－Effectiveness of Assistive Device－

Airi ISHII, Takeyoshi KAMINISHIZONO
Niigata University of International and Information Studies

### 1. はじめに

マニキュアを使用する際、一方の手で筆付きのマニキュアキャップを持ち、マニキュア液をもう一方の指の爪に塗る。通常の動作ではあまり使用しない手（利き手ではない方の手、以下「非利き手」とする）を使ってマニキュアを塗る必要がある。このため、利き手に比べて手の震えが大きく、これに連動し筆先も大きく震えるので、爪からマニキュア液が大きくはみ出してしまうことがある。

この問題に関しては、文献調査（研究論文、特許、Web 情報）を行ったところ、研究例や特許は見当たらず、この問題に対処した製品も見当たらなかった。

本研究は、非利き手を用いても塗りやすく、爪からのマニキュア液のはみ出しを小さくする方法を見出すことを目的とする。

### 2. 実態調査実験

#### 2.1 方法

(1) 実験目的

被験者がどのような動作でマニキュアを塗っているのかを確認するため、実態調査実験を行う。

(2) 場所

新潟国際情報大学の実験室

(3) 使用機器

実験機器は黒色のマニキュア（NAILHOLIC、㈱コーセー製）、iphone カメラを使用した。黒色のマニキュアを選定した理由は、爪からのはみ出しを見やすくするためである。

(4) 被験者

被験者は、マニキュアの使用経験がある新潟国際情報大学の女子学生 6 人（20～21 歳）である。

(5) 取得データ

塗る動作を観察し、写真データ（爪部分）、動画データ（動作）、簡易インタビューによる主観評価データを取得した。

(6) 実験手順

まず、実験の説明をし、被験者がどのような動作でマニキュアを塗るのか確認した。次に、実際にマニキュアを塗ってもらい、最後に簡易インタビューを行った。

#### 2.2 実験結果

塗る動作は二通りのやり方に分かれた。一つ目は、両手をテーブルに置いて塗るやり方である（図 1）。6 人中 3 人がこの動作で塗っていた。二つ目は、手を浮かせて塗るやり方である（図 2）。こちらも、6 人中 3 人がこの動作で塗っていた。

実態調査の結果を考察すると、両手をテーブルにおいて塗る動作（図 1）の方が、目視による観察から、震えが少ないことが分かり、ハミ出しが少ないことも分かった。

この結果から、これ以降の実験において両手をテーブルに置いて塗る動作で統一することにした。

図 1　両手がテーブル上

図 2　両手を浮かせる

#### 2.3 改良案の抽出

実態調査実験の結果から、両手をテーブルに置いて塗ることによって、動作による多少の改善は見られた。しかし、まだ手が震えてしまいマニキュア液がはみ出してしまうという問題の解決法としては不十分である。原因として考えられるのが、持ち手が 27mm と短く（図 3）、指先だけでマニキュアを保持しているため、持ちにくく震えてしまっていた。そこで、改良案として指での保持長さを増加させ、持ちやすくするための補助具を装着させることとした。

### 3. 補助具

現状のマニキュアキャップは短すぎるため、指先だけで保持している。このため、保持長さを増加させるような補助具を検討する。具体的には、マニキュアキャップの片端に、それよりも長い棒をマジックテープで取り付けた。これは、どのマニキュアキャップにも対応できるようにするためである（図 4）。

図 3　持ち手の大きさ

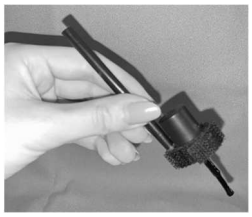


図 4　補助具

3.1 補助具断面の検討

指での保持長さを増加させ、持ちやすくすることによって塗りやすさを向上させる。そこで、補助具の断面形状として、三角形と円形の 2 種類を検討した。

検討の結果、三角形は持ち替え（回転）がやりにくく、120 度単位でしか回転させることができない。しかし、円形の軸は自由に回転させることができるため、持ちやすさを考慮し、円形断面に設定した。

3.2 補助具長さの検討

保持部分の長さとしては、人差し指の第二関節に到達し、持ちやすくするため、70mm に設定した。

## 4.補助具の有効性確認実験

4.1 方法

(1)実験目的

補助具装着による有効性を確認することを目的に実験を行う。

(2)場所、使用機器

実態調査実験と同様である。加えて、画像解析ソフト（Photoshop Elements）を使用して、はみ出し面積を計測した。

(3)被験者

被験者は、マニキュアの使用経験がある新潟国際情報大学の女子学生 10 人（20～21 歳）である。

(4)取得データ

写真データ（爪部分）、動画データ（動作）、簡易インタビューによる主観評価データ（震え、使いやすさ）を取得した。

(5)実験手順

まず、実験の説明を行い、最初は補助具なしでマニキュアを塗ってもらう。その後、はみ出し面積を計測し、マニキュアを落としてもらう。次に、補助具ありで同様に行ってもらい、最後、簡易インタビューを行った。

4.2 実験結果

主観評価（震え、使いやすさ）、はみ出し面積に関して平均値、標準偏差を求め、この結果を図 5、図 6 に示す。

図 5 は震え（主観評価）の補助具なしと補助具ありの比較の結果である。縦軸が震えの評価点である。0：震えない、1：やや震える、2：震える、である。評価点の平均値が 1.0（補助具なし）から 0.8（補助具あり）に向上しており、震えが小さくなっている傾向はみられた。ただし、有意水準 5%の片側 t 検定による、統計的な有意な差はなかった（p=0.25）。

図 6 が使いやすさ（主観評価）の比較結果である。縦軸は使いやすさの評価点であり、+1：使いやすい、0：どちらでもない、-1：使いにくい、である。評価点の平均値が 0.5（補助具なし）から 0.8（補助具あり）に向上しており、使いやすくなっている傾向はみられた。震えと同様に、統計的な有意な差はなかった。（p=0.20）

はみ出し面積は、画像解析ソフトを使い、画素数から計測した。補助具なし、補助具ありのはみ出し面積を比較した。その結果、はみ出し面積は、ほぼ変化がみられなかった。

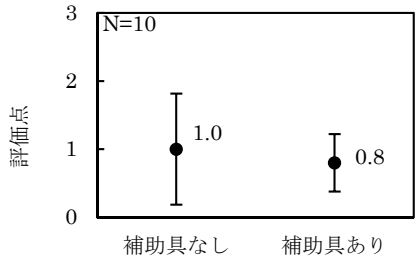



図 5　震え主観評価

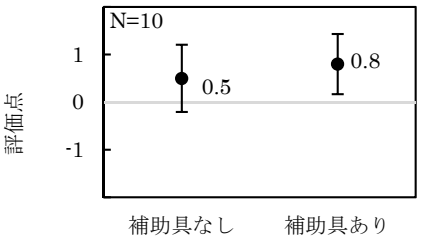



図 6　使いやすさ主観評価

## 5.まとめ

補助具装着後に、震え、使いやすさに関しては改良の傾向がみられたが、統計的な有意差はなかった。はみ出し面積は、ほぼ変化がみられなかった。

## 6.課題と対策

震え、及び使いやすさの評価項目は、改善の傾向を示しているが、改善の度合いが十分ではない（統計的に有意な差には至らなかった）という課題がある。問題点の一つが、補助具が軽量すぎるため、重心位置が前にあり、意図せず回転することである。その対策としては、補助具の重量を増すことが考えられる。

［連絡先］
上西園　武良，e-mail：tkami@nuis.ac.jp

# ダズル迷彩のコントラストが速度知覚に与える影響

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

The Effect of Contrast of Dazzle Camouflage on the Speed Perception

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

## 1. はじめに

ダズル迷彩（motion dazzle）とは, 物体の動きのカモフラージュを目的とした高コントラストの幾何学的な分断模様であり, 第一次世界大戦時に船の迷彩として使われていた[1].ヘビやイカの縞模様と捕獲のしやすさについて[2]など動いている物体をカモフラージュするダズル迷彩は動物学の分野でも研究されている. 近年, このダズル迷彩のオブジェクトは白単色のオブジェクトよりも遅く見えること, コントラストが低い場合はその効果が見られないことが報告された[3]. その研究ではコントラスト 100%, 6.25%の 2 種類で実験が行われていたが, その中間のコントラストの変化が知覚速度に与える影響は明らかになっていない. 今回はダズル迷彩のコントラストを段階的に変化させることで, それが知覚速度に与える影響を明らかにすることを目的として実験を行った.

## 2. 方法

### 2.1 被験者

千葉大学の学生 10 名（男性 8 名, 女性 2 名, 23.1 ±1.4（SD）歳）が実験に参加した. ただし, データに不備があった 2 名と平均±3 σ から外れた 1 名の合計 3 名は分析から除外した.

### 2.2 刺激・実験環境

刺激はコントラストの異なる 4 種類の実験刺激と白色の比較刺激の計 5 種類であった（図 1）. 刺激のサイズや移動速度, 迷彩模様は, 先行研究[3]の実験でもっとも速度知覚に与える影響が大きかった刺激を参考にした. 被験者は頭を顎台に乗せて画面から 50 cm の位置に固定した. 画面サイズは幅 520 mm，高さ 325 mm, 解像度 1920 px×1200 px であった.

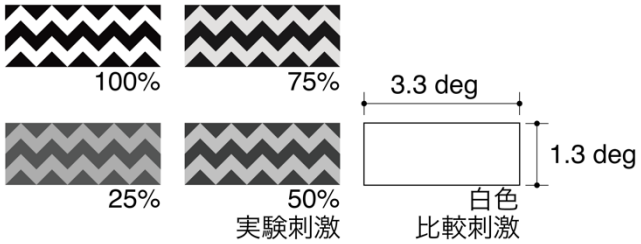



図 1 刺激の種類およびサイズ

### 2.3 手順

実験が始まるとコントラストごとに速度が 19.8 deg/s で画面を中央から右側へ水平に動く比較刺激, 速度が 15 deg/s~24 deg/s の範囲でランダムに 10 段階に変化し、同じく画面中央から画面右側へ水平に移動する実験刺激が続けて提示され, 次に表示される回答画面で被験者が回答を行った. 被験者にはキーボードを用いて, 2 つの刺激のうちどちらが早く見えたかを回答させた. 各刺激の前に画面中央に注視点が 500 ms 表示された. 各刺激の提示時間は 500 ms~600 ms の間であり, 刺激は画面中心から水平方向に 2 deg の範囲でランダムな点から移動を開始した. 被験者は条件ごとに比較刺激が先に提示される試行と実験刺激が先に提示される試行をランダムな順番で 5 回ずつ, 計 10 回行った（図 2）.

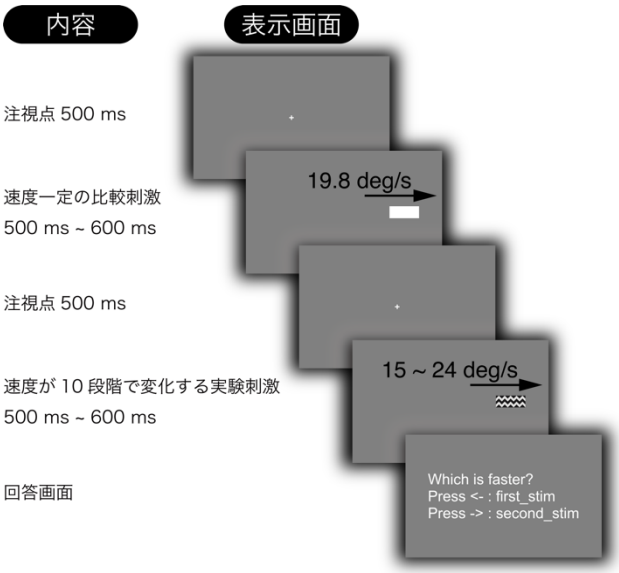



図 2 実験の流れ

### 2.4 解析方法

データを条件ごとにまとめ, プロビット分析で PSE（主観的等価点）を求めた（図 3）. さらに条件ごとに PSE の平均値を求め、コントラストを要因とする一元配置分散分析を行った.有意水準は $p$<0.05 とした.

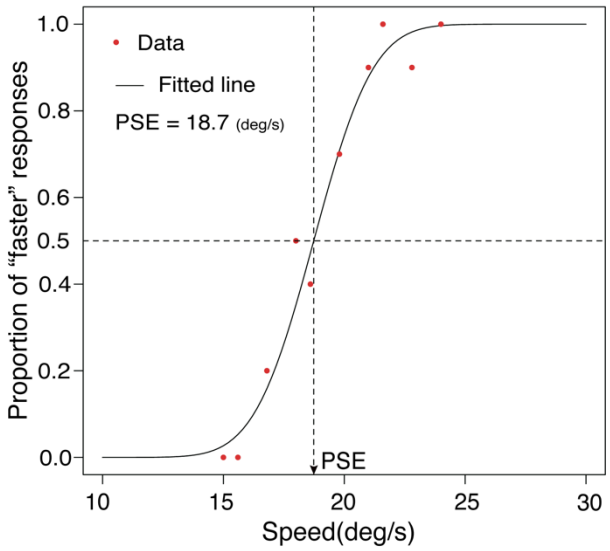



図３１ 被験者のプロビット分析結果

3. 結果

分散分析の結果，コントラスト条件に有意な主効果が見られた($F[4,24]=11.95$, $p<0.01$). また，各条件間では比較刺激とコントラスト25%, 50%, 75%, 100%条件で有意差が見られ，コントラスト間に有意差は見られなかった．この結果から25%~100%の範囲では，ダズル迷彩のついた刺激は白色の刺激よりもスピードが速いと知覚されていることがわかった(図4).

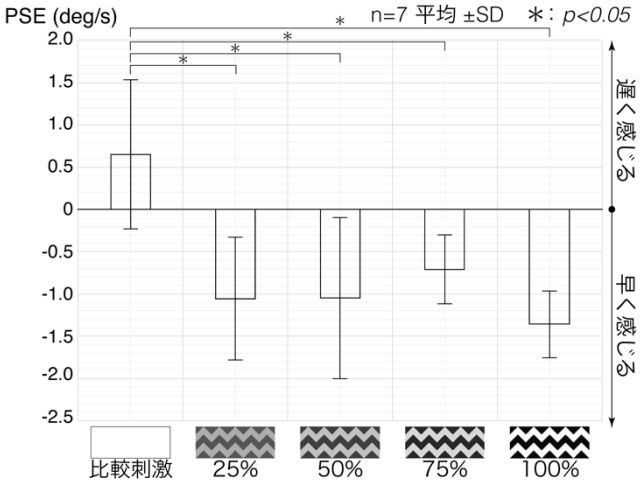



図 4 条件ごとの PSE の変化の平均値

4. 考察

ダズル迷彩の効果について先行研究[3]では比較刺激よりも遅く動くと知覚されるという結果が報告されている一方，今回の実験では比較刺激より早く動いていると知覚されたことが明らかになった．ダズル迷彩による知覚速度の変化については速度が減るという結果[3]と増す[4]という結果があり，本実験の結果は後者を支持する．これには実験方法や比較刺激の違いが関係していると思われるが本実験ではその原因を明らかにできなかった.コントラスト間で知覚された速度に有意差はなかったものの白単色の刺激との間には有意差が存在した．この原因としてダズル迷彩の効果以外にも白単色と黒い部分が存在する模様付きの刺激の色の差が知覚に影響していることも考えられる．

今回の実験では，コントラスト 25%~100%の範囲内で，ダズル迷彩模様の物体は白単色の物体よりも早く動いて見えることがわかった．また，本実験ではコントラストが低下すると背景の色に近づいていく（コントラスト 0%で背景と同化する）．これにより低コントラスト条件では物体の色が背景に近づくため，物体と背景の区別が難しくなっている可能性がある.背景や比較刺激の色の変更，よりコントラストが低い条件を追加するなどさらなる実験の必要性が示された．

5. 参考文献

1) Merilaita S et al. : How camouflage works, Philosophical Transactions of the Royal Society B, 371, 2016
2) Hughes AE et al: Motion dazzle and the effects of target patterning on capture success, BMC Evolutionary Biology, 14: 201, 2014
3) Scott-Samuel N et al: Dazzle camouflage affects speed perception, PloS One. 6(6): e20233, 2011
4) von Helversen B et al: Are stripes beneficial? dazzle camouflage influences perceived speed and hit rates, PLoS ONE 8(4): e61173, 2013

[連絡先]
渡辺丈洋
千葉大学工学部デザイン学科
人間情報科学研究室
〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33
e-mail：afya6956@chiba-u.jp

D-2-3

# 食糧備蓄向上のための効果的な防災啓発ポスターの研究

Transtheoretical Model （TTM）に基づく検討

○中澤慶*
*早稲田大学創造理工学部経営システム工学科

A study on disaster prevention awareness posters for improving food stockpile

Kei NAKAZAWA*
*Waseda University

## 1. 研究背景・目的

### 1.1 研究背景・目的

東北大震災では被災者に食料が届く時期の遅れ，またアレルギー性を考慮した食事の提供がなされない等，被災後の“食”の問題が露見した．今後首都圏での大規模災害も想定されており，個人レベルで食料備蓄を行うことが重要である．これを踏まえ，農林水産省などは食料備蓄を呼びかけるリーフレットやポスターの作成を行っているが，79%の人が食料備蓄を行っていないという現状がある．[1)]

そこで本研究では行動変容モデルTTM[2)]に基づき食料備蓄を促すための効果的な啓発ポスターの制作を行うことを目的とする．

### 1.2 TTM(Transtheoretical Model)[2)]

安全軽視の行動を改めない人を態度状態に応じて分類し，行動変容を狙うものである．対応する行動変容理論との関係を表 1 に示す．

表 1 TTM の態度状態と対応する理論

| TTMの態度状態 | 対応する行動変容理論 |
|---|---|
| 安全に背を向けている人 | 認知不協和理論 |
| 安全に一応，顔は向けているが，できない理由を並べて行動に移らない人 | 健康信念モデル |
| 安全に一歩踏み出す行動が見られた人 | 自己効用理論 |
| 安全行動が定着し出したが，もとに戻りかねない人 | 計画的行動理論 |

## 2. 研究方法

本研究は人間中心設計 HCD(Human Centered Design)[3)]のプロセスに則り，以下の手順により行う．

① 調査対象の把握

食料備蓄に関するアンケート調査により啓発対象者の意識把握を行う．

② 啓発内容抽出のためのインタビュー調査

①の結果から構築した仮説を基にインタビューを行い，ポスター作成に必要な要件をまとめる．

③ ポスターの作成・評価

②の結果を基にポスターの作成を行い，評価及び問題点の洗い出しを行う．

## 3. 調査対象の把握

### 3.1 目的・方法

本研究では大学生を啓発対象とし，大学生・大学院生45名を対象に食料備蓄に対する態度状態についてのアンケート調査を行った．

### 3.2 結果・考察

家庭内における食料備蓄状況を把握していない，もしくは備蓄を行っていなかった人は 51%いた(図 1:左図)．また，食料備蓄の必要性を感じていない人は4%であった(図1:右図)．食料備蓄を行っていないが食料備蓄の必要性を感じている人は47%おり，TTM における「安全に顔を向けているが行動しない」人であることが推察された．そこで，本研究ではそれらの人に対応する「健康信念モデル」[4)]の考え方を基に研究を進めていくこととした．

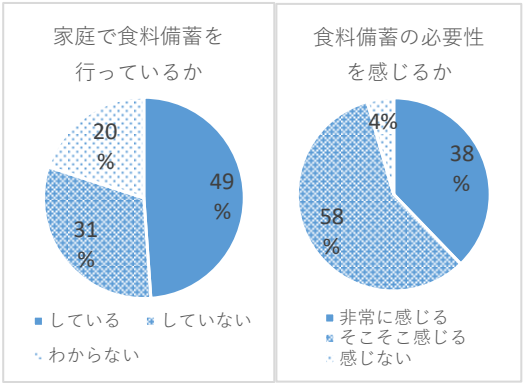



図 1 家庭内食料備蓄実施状況と必要性の認知

なお，健康信念モデルとは健康行動の必要性を理解しているものの，時間がないなどの障害を理由に行動しない人に対するアプローチである．①好ましくない状況が発生するという脅威，またそれを避けるための行動の有益性を具体的に自覚させる，②当人が障害だと感じていることが実は障害ではないと示すことで望ましい行動へと促すことができるとしている．

## 4. 啓発内容抽出のためのインタビュー調査

### 4.1 目的・方法

ポスターに掲載すべき啓発内容の抽出を目的として，大学生・大学院生 4 名に健康信念モデルに基づき食料備蓄を行わない理由についてインタビ

ュー調査を行った．その結果とポスターに掲載すべきコンテンツ要件として整理した．

4.2 結果・考察

調査結果を表 2 に示す．

表 2　ポスターコンテンツ要件

| 大分類 | 小分類 | 要求事項の要約 |
|---|---|---|
| 脅威 | 震災の恐怖に関して | ・頭ではわかっているが何とかなるだろうという思いがある |
| | | ・発災後にどうなるのかあまりよくわかってない |
| | 備蓄の効果に関して | ・備蓄食料の効用が分からない |
| 障害 | | ・スペースが取られる |
| | | ・賞味期限の管理がめんどくさい |
| | | ・何を買うか考えるのが面倒くさい |

要求要件として，大分類は健康信念モデルの「脅威」「障害」の 2 つに分類することができた．なお「脅威」については，震災の恐怖そのものを軽んじる「震災の恐怖」に関するものと備蓄の効果を軽んじる「備蓄の効果」に関するものと 2 種類に分けることができた．

## 5. ポスターの作成・評価

5.1 目的・方法

表 2 の要求事項から食料備蓄を行わせるための仮説を構築した(表 3)．さらにその仮説を基に「必要な食事量」や「被災者の声」等，ポスターに載せるべき 12 個のコンテンツを決めシート化した(図 2)．

表 3　コンテンツ作成に用いた仮説

| 仮説 |
|---|
| 震災時の状況を示せば備蓄するだろう |
| 食料備蓄に必要なものが分かれば備蓄をするだろう |
| 備蓄向けの食料を常用すれば備蓄するだろう |
| 震災時に食料備蓄がないことでの恐怖を示せば備蓄するだろう |
| 新型感染症に罹った時の恐怖を感じれば備蓄するだろう |
| 震災時の恐怖を示せば備蓄するだろう |
| 避難生活を想像すれば備蓄するだろう |

図 2　作成したコンテンツシートの例

作成したコンテンツシートを大学・大学院生 13 名を対象に示し，食料備蓄を行う意欲についてアンケート(1:思わない～5:思う)で質問した．またその理由についても質問した．

5.2 結果・考察

図 3 に得られた評価結果を示す．

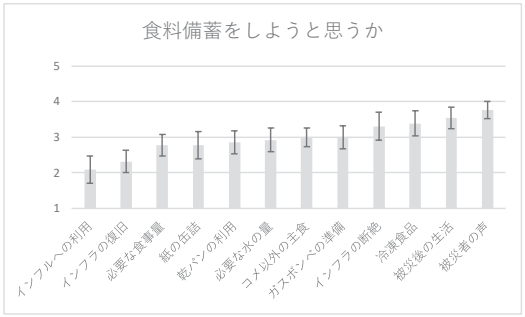



図 3　各コンテンツの評価の平均値と標準誤差

全コンテンツについて標準誤差は小さく，被験者の回答の傾向は同じであると考えられる．

評価の平均値が 3 を超えたものはインフラの断絶，冷凍食品，被災後の生活，被災者の生活の 4 つである．

このうち冷凍食品以外の 3 つは恐怖感を煽るもので健康信念モデルにおける「脅威」にあたるものである．

また「冷凍食品」は，冷蔵庫が使えない状況でも 3 日ほど保存可能であることを示すコンテンツで，健康信念モデルにおける「障害」にあたるものである．冷凍食品であれば普段の生活で使用しているので備蓄がしやすく，「障害」のハードルを下げているものと思われる．一方で冷凍食品以外の「障害」に関する他のコンテンツは評価が低く，「備蓄すべき量が多すぎる」「備蓄が面倒である」などの実行へのハードルが高いという意見が得られた．食料備蓄を行うことへのハードルを下げるには至っていないと思われる．

## 6. 結論と今後の予定

啓発対象者とした TTM における「安全に顔を向けているが行動しない」レベルの人には恐怖感をあおり，また普段の生活と関連付けのしやすい障害除去の情報を示すと良いということが示唆された．今後さらにポスターの作成・評価を繰り返し，最終的に食料備蓄の啓発内容に必要な要件としてまとめていく．

## 7. 文献


1) 日本気象協会「家庭の備蓄状況についてアンケート調査してみた！」
https://tokusuru-bosai.jp/try/try10.html
(最終アクセス日　2019/04/22)

2) 小松原明哲. 安全人間工学の理論と技術　ヒューマンエラーの防止と現場力の向上　丸善出版(2016).

3) 山崎和彦など. HCD ライブラリー第 0 巻　人間中心設計入門　加藤文明社(2016).

4) 松本千明. 医療・保健スタッフのための　健康行動理論の基礎　生活習慣病を中心に　医歯薬出版(2002).

D-2-4

# 一対比較法を用いた公共トイレの汚さに影響を与える要因に関する考察

○五十嵐優*，宮原咲貴*，鳥居塚崇**
*日本大学生産工学部，**日本大学

Consideration of factors affecting public toilet using a paired comparison method

Yutaka IGARASHI*，Saki MIYAHARA*，Takashi TORIIZUKA**
*College of Industrial Technology of Nihon University，**Nihon University

## 1.はじめに

人が集まる場所に設置される公共トイレは，多くの人が利用され，公共トイレは4Kと言われる，「汚い」「臭い」「暗い」「こわい」と 4 つのイメージが強く関わってくる．この4Kのイメージが強いほど公共トイレの利用頻度が低いといわれており，イメージの悪さと利用頻度の関係性が伺える[1]．また，外出先でトイレを利用する場合に，一番重視することとして男女ともに「清潔であること」が，全体の 7 割近く占めているといわれている[2].公共トイレの「きれいさ」や「清潔さ」をそのまま評価するのは難しく，人は汚くないかどうかでそのトイレの「きれいさ」「清潔さ」を評価していると考えた．これらのことから現代の公共トイレは「汚くないトイレ」が求められていることが伺える．

## 2.先行研究の整理

今までの「トイレの汚さ」における研究は，様々なカテゴリーにわたって行われている．例として衛生状態の悪さをいかに改善するかを検討する研究[3]がある．この先行研究では，衛生管理についての研究，つまり「実際の汚さ」について言及している．しかし，今まで公共トイレを利用した際に「実際に清掃はされているのにも関わらず，なぜか汚く感じた公共トイレ」があると思った．実際の汚さと，人が感じる汚さの間に何らかの要因があると考えた．

## 3.本研究の目的

人が感じる汚さの印象の差を与えるものとして視覚的要因があると考えた．公共トイレによってタイルサイズ，タイルの反射率，タイル間の目地色，トイレ内の明るさが違うことに着目し，これらの要因の違いが，人が感じる汚さの印象に影響を与えていると考えた．どの要因が，人が感じる汚さに強く関わっているか，また要因の組み合わせによる汚さへの影響を明らかにすることで，今後の公共トイレ空間の指標となるよう検討することを目的とした．

## 4.実験概要

### 4.1 実験に用いる刺激物について

今回，トイレ空間を構成する要因として壁タイル，床タイル，タイルの種類としてタイルの反射率，床タイル間の目地色，壁タイルの目地色，トイレ空間の明るさの 6 要因を，それぞれ壁タイルと床タイルのサイズは縦×横で，50 ㎜×50 ㎜の 50 角，100 ㎜×100 ㎜の 100 角，200 ㎜×200 ㎜の 200 角，400 ㎜×400 ㎜の 400 角，タイルなしの水準，タイルの反射率は 10%，25%，40%，55%，70%の 5 水準，目地の色は RGB 表記で 255，204，153，102，51 と白，グレー，黒を再現した 5 水準，トイレ空間の明るさは最も明るい照明を 300lx とし，300lx，250lx，200lx，150lx，100lx の明暗を再現した 5 水準に設定し，6 要因，各 5 水準を組み合わせたトイレ空間を， CAD ソフトウェア「Autodesk Revit」で作成し，画像として比較対象とし実験を行う．今回 6 要因 5 水準で実験を行うため，各被験者に膨大な実験回数をこなしてもらうのは難しく，また要因効果を検定するのも容易ではないため，実験計画法の直行配列実験の方法を利用して実験を行う．直行配列表に基づく 6 要因各水準の組み合わせで実験を行うと，少ない実験数で要因効果を検定することが可能となる.今回 5 水準のため L25 直行配列表に基づく水準の組み合わせで図1のようなトイレ空間画像を計 25 個作成し，比較対象とした．今回，評価方法として順序効果を考慮し，被験者が 25 個の画像の全対比較評価を行うシェッフェの一対比較法の浦の変法を用いて実験を行う．

図 1 トイレ空間画像

### 4.2 実験方法

実験環境として，日本大学生産工学部 40 号館 621 号室の実験室で実験を行い，被験者として心身ともに健康で，実験に支障を来す怪我や障害はない 20 人（男性 10 人，女性 10 人，平均年齢 21.8 歳）を対象に実験を行った．実験条件として，外部からの影響をなくすために，暗室で被験者は着座した状態で実験を行った．横 51 ㎝×縦 28 ㎝の 23 インチディスプレイを使用した.ディスプレイとの距離は今回，瞬間的な印象の評価のため，周辺視を十分に取りつつ[4]，被験者の疲労度を考慮した[5]55 ㎝と固定した．

実験手順として，PowerPoint のスライドショー機能で，ディスプレイ画面上に画像提示を行い，2 つの公共トイレ空間画像を順番に提示し，1 枚目に比べた 2 枚目のトイレ空間の画像のきれいさを直観的に判断する．画像提示時間は，今回トイレに入った瞬間的な印象を評価してもらうため，瞬間視実験の先行研究[9]を参考に 0.5 秒とし，1 枚目の画像，画像が貼られていないスライド，2 枚目の画像，それぞれ 0.5 秒ずつ提示して，その後 5 秒の無地のスライドが提示され，その時間で被験者に評価を行ってもらった．実験の設問数は 300 問で，今回順序効果を考慮するため，それぞれ 1 枚目と 2 枚目の画像を逆にした 300 問も実験を行い，合計 600 問の設問数を被験者に評価してもらった.被験者の疲労を考慮し 100 対ごとに 1 分間の休憩をいれ計 2 回の休憩を挟んだ.

### 4.3 分析

今回，各被験者で，トイレ空間のきれいさの評価尺度にばらつきが見られたため，評価値の標準化を行った.図 2 は 6 要因の各水準のきれいさ，汚さの得点を示したグラフである.

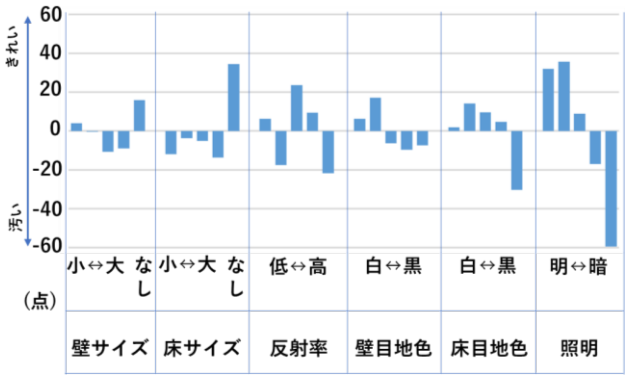



**図 2　20 人の各水準の得点を示したグラフ**

要因ごとに各水準の結果を見ていくと，壁，床のタイルともにタイルなしが最もきれいに感じ，壁のタイルサイズはタイルサイズが大きくなるほど汚く感じ，タイルサイズが小さくなるほどきれいに感じることが分かった.床のタイルサイズは大きすぎても，小さすぎても汚く感じることが分かった.タイルの反射率では，反射率が高すぎても低すぎてもきれいさの印象が低く汚く感じ，その中間の高すぎず低すぎない反射率がきれいに感じることが分かった，タイル間の目地色では壁，床ともに，極端な白色はきれいさの印象が低く，白色に近いグレーが最もきれいに感じることが分かった.そこから黒色になるにつれて印象が低くなり極端な黒色が最も汚く感じることが分かった.トイレ空間の明るさでは，明るいほどきれいに感じるが，最も明るい空間はきれいさの印象が低くなった．暗くなるにつれてきれいさの印象が低くなり，極端に暗い空間が極めて汚く感じることが分かった.

これらの実験結果から，6 要因それぞれの最も得点が高かった水準，得点が低かった水準が明らかになった．これをもとに，最もきれいに，汚く感じる公共トイレ空間をそれぞれ作成した．6 要因の最も人がきれいに感じる，得点が高い水準を組み合わせて作成した公共トイレ空間.図 4 は最も人が汚く感じる，得点が低い公共トイレ空間である.

**図 3 きれいな組み合わせ**

**図 4 汚い組み合わせ**

得点の高かった組み合わせは，壁タイルなし，床タイルなし，タイル反射率 40%，壁の目地色，床の目地色ともに RGB 表記で 204 の白色に近いグレー，空間の明るさは 200lx で作成した公共トイレ空間である．得点の低かった組み合わせは，壁タイルサイズ 200 ㎜×200 ㎜の 200 角，床タイルサイズ，400 ㎜×400 ㎜の 400 角，タイル反射率 70%，壁の目地色 RGB 表記で 102 の黒色に近いグレー，床の目地色ともに 51 の黒色，空間の明るさは 100lx で作成した公共トイレ空間である.

### 5. 今後の展望

実験結果から 6 要因各水準の人が感じるきれいさ，汚さの印象が分かりそれぞれきれいに感じるトイレ空間，汚く感じるトイレ空間を作成した.

今後，実験結果をもとに最もきれいに感じる公共トイレ空間，汚く感じる公共トイレ空間が本当にそのように感じるのかを確認するために，再び実験方法を検討したうえで実験を行い，考察し，今後の人が汚く感じない公共トイレ空間の指標となるよう検討していく.

### 参考文献


1）第一生命研究所：20~79 歳の男女 600 名に聞いた「公共トイレに関するアンケート調査」第一生命 NEWS 宅配便，2005 年

2）国土交通省:日常でよく利用するトイレに関するアンケート調査，国土交通省インターネットモニターアンケート，2016 年

3）片平理子:公共トイレの便座の汚染度とクリーナー除菌効果，日本家政学 Vol. 42 No. 4 371-375，1991 年

4）畑田豊彦，坂田晴夫:視覚心理とディスプレイ，照明学会誌， 31 巻 4 号 p. 245-255 1977 年

5）畑田豊彦:ディスプレイに要求される機能，照明学会誌，73 巻 12 号 p. 724-728，1989 年

6）平野勝也，斎藤淳:街路イメージの認知構造分析，土木計画学研究・論文集，17 巻 p. 525-532 ，2000 年



[連絡先]
いがらし　ゆたか
e-mail：nucit.69008@gmail.com

# NIRS によるマルチタスキング作業の検出

## ―運転シミュレーター操作時におけるマルチタスク作業は脳血流により検出可能か―

藪内舜陽
法政大学理工学部

Multitasking detection with NIRS
- Can multitasking be detected by cerebral blood flow during driving simulator operation? -

Shunya YABUUCHI
Department of Advanced Sciences, Facility of Science Engineering, Hosei University

### 1. はじめに

近年歩きスマホや運転中の通話など，複数の物事を同時進行で処理するマルチタスク行動が一般的になっているが，マルチタスク作業は注意不足に起因するエラーを引き起こすといわれている．マルチタスク作業は，脳血流に変化を生じさせる可能性がある．脳活動の測定には，主に脳波計や MRI が用いられるが，侵襲的な方法で電極の装着を要するものや，大規模な設備を必要としたり，被験者の動きを制限するものが多い．本研究では NIRS（近赤外線分光法）を用いて，マルチタスク作業とシングルタスク作業を比較する．NIRS で得た脳血流という生理指標に基づき客観的にマルチタスキングを検出できれば，エラーに起因する事故の低減などに寄与できる可能性がある．本研究では主作業を運転シミュレーターの操作として，マルチタスキングの検出可能性について検討する．

### 2. NIRS について

NIRS とは，近赤外光（波長 700～900nm）を用いた生体内のヘモグロビン（Hb）濃度変化の測定方法である[1]．生体に頭皮上から近赤外光を照射して照射点から数 cm 離れた頭皮上の受光器で体外に現れた光を検出し，Hb 濃度変化を求める．照射された光は直進せず，頭部内で散乱を繰り返して進み，経路上の Hb により一部吸収される．そのため，脳活動によって脳内の血液量（Hb 濃度）に変化が生じると，光の吸収量が変化し，検出される光量も変化する[2]．この変化から Hb 濃度の変化を測定するものである．

### 3. 研究方法

#### 3.1 使用する装置

使用する装置は，日立製のウェアラブル光トポグラフィ（WOT100）である[3]．頭部に装着することで，Hb 濃度の変化を測定することができる．WOT100 は，前額部（主に短期記憶，思考，意思決定をつかさどる部位）専用の装置である．装置の内側は，縦 2 ブロック，横 6 ブロックで，送光部と受光部が交互に並ぶ構造になっており，上下左右の送光部と受光部の光の送受信で測定される．隣り合う送光部，受光部の組み合わせで測定チャンネルが決まり，チャンネルは ch4～19 までの全 16 チャンネルある．

#### 3.2 課題の内容

本研究では，言語的思考を必要とせずに反射的に行える運転シミュレーターの操作を主作業とした．一方で，言語的思考を要する 7 シリーズを副次作業とした．

#### 3.2.1 主作業課題の仕様

主作業に用いた運転シミュレーターでは，高速道路を模した 3 車線道路の第 1 通行帯を時速 40km で走行中の車を，自車が第 2 通行帯を時速 60km で抜きながら走行する．第 1 通行帯を走行する車は 24.4m 間隔で連なっており，1 分あたり 3~4 台ランダムに TTC2.5 秒（13.9m前方）で車線変更してきて，TTC0.5 秒（2.8m前方）で第 1 通行帯に戻る．被験者にはその際，ブレーキを踏むよう教示しておく．その時のブレーキ反応時間（図 1）が記録される．計算上約 1 秒の制動時間が必要なため，1.5 秒以内にブレーキペダルを踏まなければならず，1.5 秒を越えた場合にはブレーキを踏んだとはみなさないものとする．自車は常に時速 60km で直進し，ハンドルやアクセルペダルやブレーキの操作は一切効かないものとする．（TTC2.5 秒とは，自車の速度が不変であれば，車が飛び出してきてから 2.5 秒後に衝突するということを意味する[4]．）

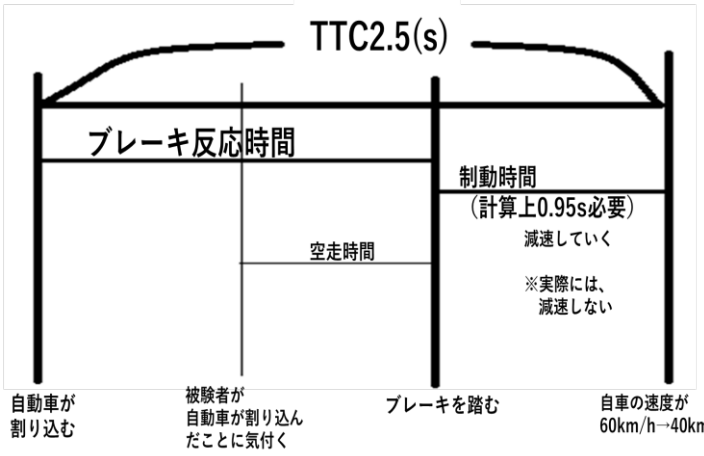



図 1. ブレーキ反応時間と TTC の関係

### 3. 2. 2 副次作業課題

副次作業として用いた暗算課題の 7 シリーズとは，“100, 93, 86, 79, …”というように 100 から 7 ずつ引く暗算の結果を，口頭で回答し最終的に負になる直前まで行うものである．[5]7 を一回引くごとに回答の正誤を確認し，正答数を数えた．本研究では引き初めの数を，100，101，102，103，104 の 5 種類とした．マルチタスク作業中に負の直前まで暗算を終えてしまった場合は，異なる引き初めの数から減算を再び開始する．

### 3.3 実験方法

シミュレーターの運転席に着座して被検者に WOT100 を装着し，2 種類の課題を行わせる．主作業のみを行うものをシングルタスク課題，主作業と副次作業を同時に行うものをマルチタスク課題とする．シングルタスク課題とマルチタスク課題の試行順序はランダムとする．被験者の前頭部のヘモグロビン濃度の変化量を分析し，シングルタスク課題とマルチタスク課題を比較する．

## 4. 現状の結果と今後の研究計画

現在，実験プロトコルについて検討中である．そのため自らを被験者として図 2，3 のように予備実験を行なっている．NIRS の測定ではプレスキャンで，測定における基準値を決める．本研究ではプレスキャン時と REST 時に，閉眼し安静にする．図 2 の予備実験では，副次作業の時間遅れを調べ，図 3 の予備実験ではシングルタスクとマルチタスクの脳血流の変化を調べた．図 4 より，副次作業のみを遂行すると時間的に遅れることなく，REST 時よりも脳血流が上がった．図 5 において，シングルタスク（主作業である運転シミュレーターの操作のみ）遂行中は，REST 時よりも脳血流は下がるように見られたが，これは言語的思考を要さない単純作業に集中していることに起因している可能性がある．マルチタスク時の特定個所（図 5 の 450s～460s）で脳血流が上がっているが，その瞬間車が飛び出たことに起因していた可能性がある．

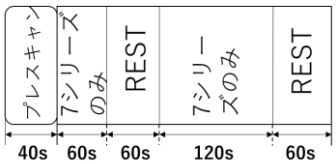



図 2. 副次作業のみの予備実験プロトコル

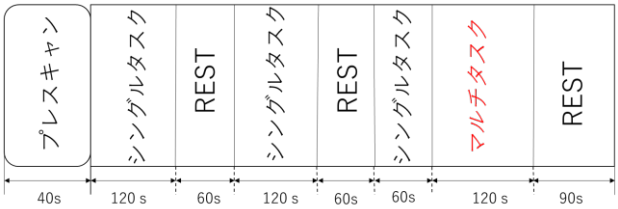



図 3. シングルタスクとマルチタスクの予備実験プロトコル

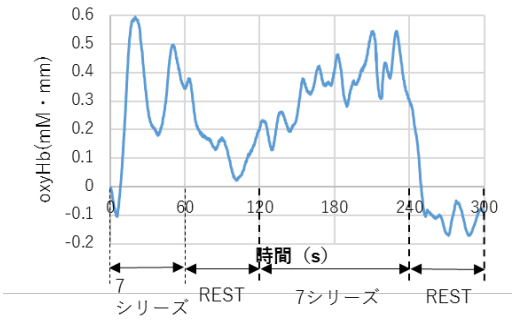



図 4. 副次作業のみの脳血流の変化（ch16）

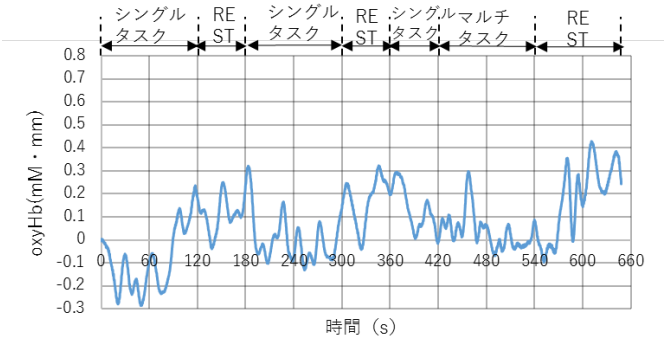



図 5. シングルタスクとマルチタスクの脳血流の変化（ch16）

今後は，本実験プロトコルを完成させ，より多くの方に被験者となって頂き実験を行なっていく．それによって得られたデータより，マルチタスクと脳血流の関係を示す予定である．判断材料として，ブレーキ反応時間（図 1）と 7 シリーズの点数評価をそれぞれ主作業と副次作業の成績とし，脳血流の変化と比較する．

## 7. 文献


1)株式会社 NeU：脳計測ハードウェア（NIRS）& システム，2019 年 11 月 06 日（https://neu-brains.co.jp/service/equipments/）

2) 玉木宗久：NIRS による脳機能計測，国立特殊教育総合研究所紀要，33，p30-33，2006

3）髙倉大匡：近赤外線分光，Equilibrium Research，74(6)，p552-556，2015

4) 江村一郎：自動車事故工学，技術書院出版，p41-65，1993 年

5) 黒田恭史：計算機遂行時の脳内ヘモグロビンの濃度変化の特徴 - 減法課題を用いて－，佛教大学教育学部論集，16，p37-50，2005



[連絡先]
藪内　舜陽
e-mail：shunya.yabuuchi.7f@stu.hosei.ac.jp

D-3-2

# 24 時間メンタル・ホルター（腕時計型/加速度・光電脈波センサー）の開発とうつ病患者における臨床応用

○平塚巧真*，小原右輔**, 仮屋暢聡**，松井岳巳*
*首都大学東京，**まいんずたわーメンタルクリニック

Development of 24h mental halter (watch type / acceleration ・ PPG sensor) and clinical application in patients with depression

Takuma HIRATSUKA*, Yusuke OBARA**, Toshikazu SHINBA ***, Nobutoshi KARIYA**, Takemi MATSUI*
*Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University
**MAYNDS TOWER Mental Clinic

## 1. 序論

我国で行われているうつ病の診断では，米国精神医学会の診断基準 (DSM-V)および ICD-10 を使用することが一般的で，患者の自覚症状に基づく精神科医の問診によって診断が行われる．一方，客観的な方法を目指して，心拍数変動指標（HRV: Heart Rate Variability）を用いたものがある．先行研究では，うつ病患者と健常者では自律神経の活動指標である HRV の変化パターンが異なることが明らかにされており，客観的にうつ傾向を見分ける方法が研究されている [1]．この HRV は，心電図計測により算出する方法が一般的であるが，当研究グループでは指先に PPG(Photoplethysmography)センサーを使用し，乱数生成課題時とその前後の安静時の HRV の変化パターンを利用して，うつ病のスクリーニングシステムの開発を行っている [2]．これにより客観的なうつ病スクリーニングが可能となったが、このシステムはセンサーの使用方法や精神負荷課題の説明が難しく，医療従事者の助けも必要としているため，自宅で簡単にスクリーニングを行うことは難しい．そのため本研究では，近年普及している腕時計型ウェアラブルデバイスを用いて，精神負荷を課さず，睡眠時を低活動(リラックス負荷)，それ以外を高活動(精神負荷)とすることで，医療従事者の助けを必要としない，簡単にスクリーニングを行うことができるシステムを開発する．具体的には，24 時間装着し日常生活中の脈波を計測し，そこから心拍数と HRV の算出し，自律神経の評価をすることで，うつ病のスクリーニングを行うことができる．しかし，睡眠時間が自己申告のため，手動で処理を行う必要がある．更にシステムの解析に時間がかかり，また計測対象者が少ないことから精度に問題があった．

本論では，このシステムを改善し，加速度センサーを使って睡眠時間を検知，それにより解析時間を短縮することで，精度向上を目指す．デバイスを健常者，うつ病患者に装着してもらい，24 時間の活動を、加速度を基に活動・非活動区間に分けた．また，その区間ごとの容積脈波データから HRV の変化を分析し，うつ病の有無の線形判別を行った．

## 2. 24 時間メンタル・ホルター（腕時計型・光電脈波センサー）の開発

### 2.1 システム概要

腕時計型ウェアラブルデバイスは Empatica 社製の E4 を使用した．これを 24 時間左手首に装着し，3 軸加速度センサーより加速度，光電脈波センサーより光電脈波の日常生活中のデータを記録する．計測したデータは，専用ソフト E4 manager と Empatica の Web ポータルから取得する．

### 2.2 計測方法

健康的な男女 18 名(平均年齢 29.8±11.6 歳)， 及び，まいんずたわーメンタルクリニックに通院するうつ病患者男女 10 名(平均年齢 38.1±9.0 歳)を対象に，本システムを使用した．患者は主に，職場復帰を目指すためにリワークプログラムに参加しており，研究に同意が得られたうつ病患者である．

計測は計測対象者 1 名につき 24 時間を要し， デバイスは左手首に装着した．入浴時以外，デバイスは常に装着し，参考として 1 日の行動記録を記入した．

### 2.3 解析方法

デバイスに搭載された 3 軸加速度センサーから得られた 24 時間分の 3 軸加速度データを，ソフトウェア LabVIEW (National Instruments)で作成した解析プログラムを用いて合成し(図 1)，その 1 時間ごとの分散を求め(図 2)，分散が 0.05 以下を睡眠時間とした．また，光電脈波センサーから得られた 24 時間分の日常生活中のデータも，ソフトウェア LabVIEW で作成した解析プログラムを用いて，心拍データを取得後，時間微分してピーク検出を行い，得られたピーク間隔から心拍数の算出を行った． また，算出したピーク間隔のリサンプリングを行い，AR 法を用いて周波数解析を行い，HRV(HF,LF/HF)を算出した．その際のデータ長は 40 秒で，1 秒ずつシフトさせて解析した．システム全体を通した解析時間は約 30 分程度である．

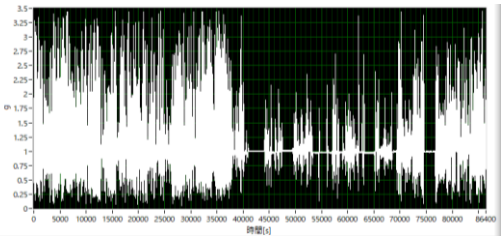


図 1　24 時間の合成加速度

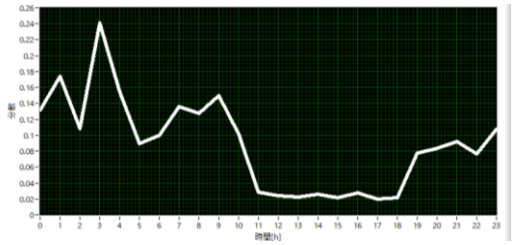


図 2　1 時間ごとの分散

## 3. 結果と考察

本システムを用いて算出した，健常者の日常生活の LF/HF の変化を図 3，うつ病患者の変化を図 4 に示す．青枠で囲んだ睡眠時間は加速度により算出したものだが，計測対象者に記録してもらった睡眠時間とほぼ一致していた．青枠で囲んだ睡眠中と，それ以外の日常生活中を比較する．健常者では日常生活中は高い値を示し，睡眠時は低い値を示すのに対し，うつ病患者は大きな変化がない．LF/HF はストレス状態を表しているので，健常者は睡眠時にリラックスしているのに対し，うつ病患者は睡眠時も緊張状態にあると考えられる．そのため，うつ病患者は良質な睡眠が取れず，症状が改善しない可能性も考えられる．

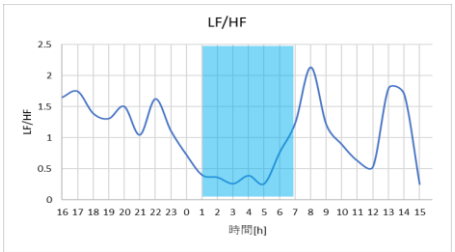



**図 3　健常者 LF/HF**

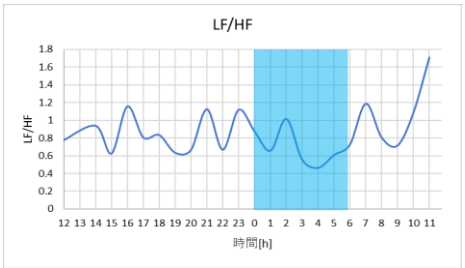



**図 4　うつ病患者 LF/HF**

この違いを利用し，うつ病の有無の判別を行う．24 時間の活動のうち，加速度を使って分けた睡眠時間を非活動時間，睡眠前を睡眠前活動時間，睡眠後を睡眠後活動時間とし，3 つの活動時間のそれぞれの HR，LF，LF/HF の計 9 変数を使用して線形判別を行う．判別は医療統計アドインソフト StatMate V((株)アトムス)を使用した．判別の結果，感度 80.0%，特異度 100%の結果を得た．この判別結果を図 5 に示す．うつ病患者の判別に 2 名の誤判別があるが，この 2 名は他の患者に比べ既に治療効果が出ており，計測段階において，自律神経の動きが健常者と近くなったため，誤判別したと考えられる．

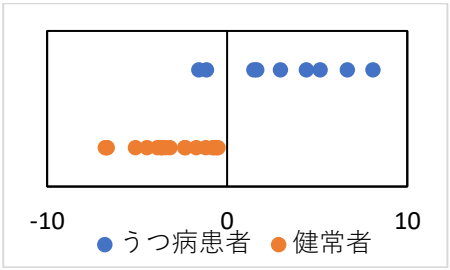



図 5　判別結果

## 4. 結論

本論では，Empatica 社製の腕時計型ウェアラブルデバイス E4 と，解析ソフト LabVIEW を用いて開発した 24 時間メンタルホルターを用いて，健常者とうつ病患者を対象に HRV の変化を分析した．その結果，感度 80.0%，特異度 100%の判別精度を得ることができ，本システムを用いて誰でも簡単に，熟達した精神科医と同等の精度でうつ病の判定ができる可能性が示唆された．今後も健常者，うつ病患者の計測対象者を増やし，システムの精度向上とシステムの完全自動化を目指す．

## 5. 倫理的配慮

この研究は，首都大学東京日野キャンパスの倫理委員会による承認を得たものである．

## 6. 参考文献

1) Shinba T.: Altered autonomic activity and reactivity in depression revealed by heart-rate variability measurement during rest and task conditions, Psychiatry and Clinical Neurosciences, 68, 225-233, 2014.
2) Dagdanpurev S, Sun G, Shinba T, Kobayashi M, Kariya N, Choimaa L, Batsuuri S, Kim S, Suzuki S, Matsui T. Development and Clinical Application of a Novel Autonomic Transient Response-Based Screening System for Major Depressive Disorder Using a Fingertip Photoplethysmographic Sensor. Front Bioeng Biotechnol. 2018 22;6:64.

[連絡先]
平塚　巧真
e-mail：hiratsuka-takuma@ed.tmu.ac.jp

D-3-3

# 医薬品 PTP シートの開封容易性に関する研究

○林　李萌*，橋本　光郎**，飯田　諭志***，三林　洋介*
*東京都立産業技術高専，**武州製薬株式会社，***株式会社カナエ

Study on easy opening of pharmaceutical PTP-sheet

Momoe HAYASHI*, Mitsuro HASHIMOTO**, Satoshi IIDA***, Yousuke SANBAYASHI*
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology,
**Bushu Pharmaceuticals Ltd. , ***Kanae Co.,Ltd

## 1. はじめに

医薬品錠剤やカプセルの包装に用いられる PTP(Press Through Pack)シートは、プラスチックとアルミ等で錠剤を挟んだ構造を有し、プラスチック部を強く押すことでアルミが破断され中の錠剤が一錠ずつ取り出せる。指先の筋力低下や不自由である服用者が容易に開封できるように工夫が施された商品もあり、開封容易性の観点から様々に研究も成されている。本研究ではプラスチック上部をドーム形状として開封性の向上を図ったシートを取り上げ、その開封性について従来形状のものとの相違も含めた実験を通して PTP シートの開封容易性について探求することを目的とした。

## 2. 方法

PTP シートに包装された錠剤を取り出す際の動作力学測定を中心に以下 4 つの実験を行った。指先部に圧力センサを装着して開封時に指先に加わる負荷強度を測定する実験(実験 1)、指先部に接触力センサを装着してシートと指腹部位の接触力を測定する実験(実験 2)、オートグラフを用いた機械力学的な開封現象測定実験(実験 3)、開封時の主観的官能測定(実験 4)。

実験に用いた PTP シートは 8[㎜]径の錠剤とプラスチック上部をドーム状に加工した、図 1 に示すものと上部が平らな従来品の二種類とした。また被験者は学生 8 名と 75 歳以上の高齢者 5 名で行った。

実験 1 では図 2 のように、指サックの中に圧力センサを通したものを自主製作して工夫した。

実験 2 で用いた接触力センサは指に力が係った際、指先の横幅の膨らみを利用し、その幅の変動から加えた力の大きさを計測するものである。

実験 3 で用いたオートグラフは PTP シートを上部から 5[㎜]径の円柱棒で速度 50[㎜/min]で押し出す設定として係る力量変化を計測した。

実験 4 は主に開封時の押し出しやすさ、取り出しやすさ等を 5 段階で感覚評価するものとし、全 5 項目の質問を作成しアンケート形式で実施した。

**図 1　ドーム型 PTP シート形状**

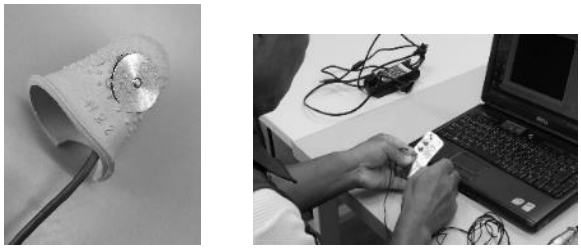


**図 2　圧力センサによる実験**

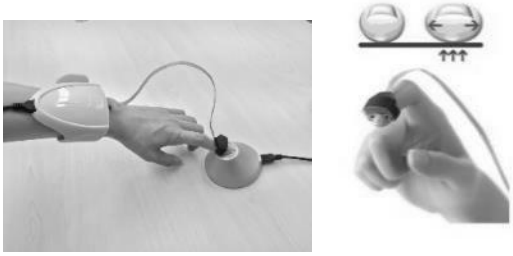
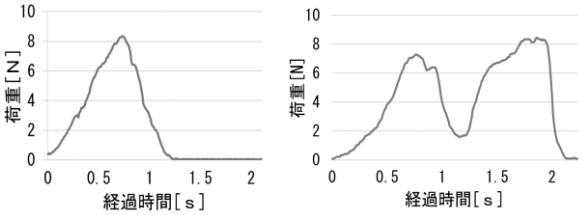


**図 3　実験 2 に用いた接触力センサ(Hap Log)**

## 3. 結果と考察

開封実験で得られた波形から、最大荷重点を錠剤取り出しに要した力として、また、波形の面積を錠剤取り出しまでの動作負担、錠剤取り出しまでの時間値を各々求め、最大力、動作負担、開封時間として解析した。

指先部で開封した実験 1 と実験 2 は、高い割合で同じ傾向が見られ、ドーム型では一回の瞬時力で錠剤が取り出され(図 4a)、従来品では二回の瞬時力で錠剤が取り出される傾向が認められた(図 4b)。従来品シートでは錠剤取り出しにあたって一回目の瞬時力でアルミが破断し、二回目の瞬時力で錠剤がポケットから放出されていた。一方ドーム型では、一回の瞬時力でドーム上部が反転してアルミ破断とポケットからの放出双方に助力し開封現象を容易にしていると考察する。



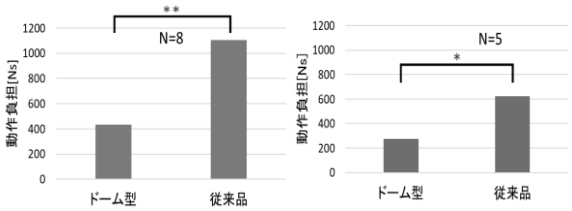

(a) ドーム型　　(b) 従来品

**図 4　開封時の指先の力量変化**

### 3.1　実験 1

学生実験の結果よりドーム型と従来品を比較すると開封時間、動作負担ともに、従来品よりドーム型は小さい値を示した。開封時間は-39.8[%]、動作負担は-60.9[%]もの変化が見られたと同時に、いずれも 1 [%]水準で統計的有意差が認められた(図 5a)。高齢者実験からは、ドーム型は従来品より最大力で-26.3[%]、開封時間で-19.4[%]の変化が見られたが、統計的有意差が認められたのは動作負担のみで、その差は-56.0[%]であった(図 5b)。また、高齢者の PTP シート開封における力が弱かったことより結果として動作負担が小さく、学生の計測値より-43.5[%]であった。

動作負担は上記に示した通り、波形の面積を指標としており、誤差が大きくなると予想できる。よって他より減少率が高いのはその影響と考えられる。




(a) 学生　　(b) 高齢者

**図 5　開封時の指先接触力(動作負担)**

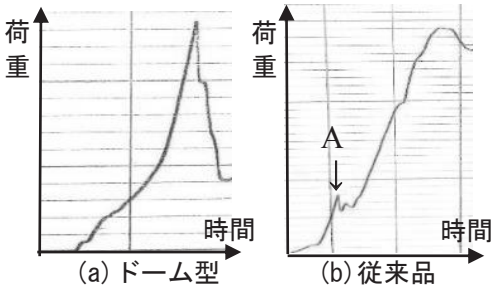
### 3.2　実験 2

学生実験の結果より、ドーム型は従来品に比べ開封時間-30.5[%]、動作負担-51.3[%]の変化で、それぞれ 5[%]水準で統計的有意差が認められた。高齢者実験の結果からは、ドーム型は従来品に比べ最大力-27.3[%]、動作負担-57.0[%]で、いずれも 5[%]水準で統計的有意差が認められた。
また実験 1 同様学生に比べ高齢者の動作負担は小さく、-36.7[%]まで抑えられていた。

### 3.3　実験 3

オートグラフによる実験結果は、ドーム型が従来品より最大力-22.5[%]、開封時間-36.1[%]、動作負担-42.1[%]と小さい数値を示したが、いずれも統計的有意差は認められなかった。

また、人の指先で開封した実験 1、2 の結果との整合性を比較したところ、従来品のＡ点を一回目の瞬時力として考えた際(図 6b)、Ａ点でアルミが破断され最大点で錠剤が取り出されたことが確認できた。




(a) ドーム型　　(b) 従来品

**図 6　オートグラフの波形データ**

### 3.4　実験 4

一様に PTP シート開封と示している動作をアルミが破断されるまでと、錠剤が完全に取り出されるまでの二段階に分けて考えた際、アルミが破断されるまでに力を多く要したのは従来品であると感じた人は 8 名、それに対しドーム型の方がアルミ破断に力を要したと感じたのは 3 名であった。次にアルミ破断後錠剤が完全に取り出せるまでの力を多く要したと感じたのは、従来品が 10 名、ドーム型が 3 名であった。これより PTP シート開封にあたって動作を二段階に分けて考えた結果、統計的に従来品の方が力を多く要したと感じた人が多かった。しかし動作力学測定よりドーム型はアルミ破断と錠剤取り出しがほぼ同時であると考えられたため、アルミ破断に要した力を問う質問ははっきりとした回答は得られなかった。反対に錠剤が完全に取り出せるまでの力は、従来品の方が苦戦した人が多かったため明確な回答が得られたと考えられる。

## 4. まとめ

形状の異なる PTP シートについて力学的開封実験を通し開封容易性の検討を行い、瞬時力開封など新たな指標で現象の相違を明らかにすることができた。

## 参考文献


1） 三林洋介，土屋文人　他，医薬品包装表記と開封容易性に関する研究，電子情報通信学会技術研究報告 Vol.114，No.364，p13-16，(2014).

2） 定本清美，山之内崇紘，大家康彦，溝口優，関節リウマチ患者におけるピンチ力の PTP 包装開封に与える影響，日本人間工学会 Vol.48，No.4，p204-206，(2012).



**[連絡先]**
東京都立産業技術高専人間工学三林研究室
林　李萌
e-mail：m15330@g.metro-cit.ac.jp

D-3-4

# 手術用持針器使用時の操作性に関する基礎的研究

○篠原利樹*,本村昇**,香田健一朗*,三林洋介*
*東京都立産業技術高専, **東邦大学病院医療センター佐倉病院 心臓血管外科

A basic study on operability when using a needle holder

Riki SHINOHARA*, Noboru MOTOMURA**, Kenichiro KODA*, Yousuke SANBAYASHI
*Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology,
**Toho University Sakura Medical Center Dept of Cardiovascular Surgery

## 1. はじめに

現在の外科手術では患者のニーズに伴った低侵襲の鏡視下手術が進んでいる。鏡視下手術とは内視鏡を腹や胸の中にいれ、モニターを見ながら手術を行うものである。内視鏡と手術器械を入れるために3cmから10cmの切開創を加えるのみの小さな傷口で行える。しかし、動作範囲、空間が極めて狭く、特に縫合時に用いる持針器は縫合針の進入動作方向に自由度が要求される。

このことは鏡視下手術のみならず心臓血管外科においても同様である。そこで持針器の先端部を手元部で操作して垂直接線方向に動作する持針器が新たに開発された。

本研究では垂直接線方向も運針可能とする開発品の動作性、操作性の観点から評価実験を行うことで同器開発のための基礎資料を得ることを目的とした。

## 2. 開発持針器と実験環境の製作

### 2.1 開発持針器について

開発された持針器はハンドル部と250mmのシャフト部で構成され、シャフト先端のジョーが手元把持操作部で縫合針を把持し、手元回転操作部で180度動作して縫合運針を可能とする機構を設けて製作された。これにより縫合対象組織に対して、平行方向、垂直方向の運針を可能にした。

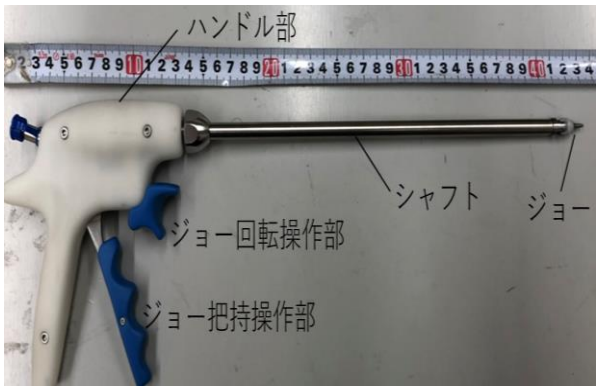



写真1　垂直接線方向持針器

### 2.2 実験環境

鏡視下手術では直接縫合部位が見えないようになっており、カメラも固定されているため視認できる範囲に限りがある。そこで、医師が縫合トレーニングに用いる訓練セットを参考にWEBカメラ、モニター、パッドを用い簡易縫合システムを製作した。

実験の際に被験者は縫合キットの中に設置された縫合課題を被験者の目の高さに設置されたモニターを見て縫合する。

## 3. 実験内容

垂直接線方向持針器(試験器A)と先端部が稼働しない従来の持針器(試験器B)を比較することで垂直接線方向の運針の有意性について調査した。被験者を学生として先行研究と同様の縫合操作課題を試験器A，Bでそれぞれ行った。

縫合操作課題では簡易縫合システムの環境下で図1の縫合対象に対し、左方、上方、右方、下方にそれぞれ縫合した。その際にそれぞれの方向に縫合時間（針を持ってから針先端が縫合対象を突き抜けるまでの時間）と針のズレ幅である刺入誤差、刺出誤差をそれぞれ計測した。

その後、時系列ごとの操作項目についての５段階評価アンケートとユニバーサルデザインの７原則に基づく主観的なヒアリング評価アンケートを行った。また、予備実験として被験者を医師とし同様の実験を行った。この実験では縫合時間のみを計測し、仮に刺入誤差、刺出誤差が発生した場合、即座に抜き直しもう一度縫合することで実際の手術に近い条件で行った。

図1　縫合対象

## 4. 結果と考察

上下左右4方向の縫合課題に要した縫合時間値を2つの試験器で比較した結果を図2に示す。また、針のズレ幅を刺入誤差と刺出誤差とし各々計測し、

刺入誤差を図3に、刺出誤差を図4に示した。縫合に要した時間値は垂直接線方向に運針可能とした試験器 A が左方、右方、下方は低く、上方は従来の持針器の方が低い傾向が認められた。

しかし、図3より刺入誤差において試験器Aは誤差が大きい傾向にあった。図 4 より刺出誤差でも同じ傾向がみられた。これは縫合針を縫合対象に刺入時、持針器の先端部が安定せず動いてしまい誤差が生じてしまったことが考えられる。

また、右方向において刺入誤差、刺出誤差が高い傾向にある。この原因として右方向を縫合する際にモニターでは縫合対象の線が持針器に隠れ、見えなくなってしまい誤差が生じてしまったことが考えられる。また縫合時間、刺入誤差、刺出誤差それぞれにおいて有意水準5%とし検定を行った結果、全方向において有意差が認められなかった。

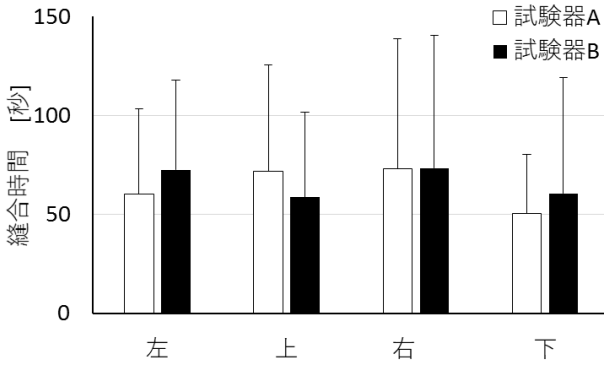


図2　縫合方向ごとの縫合時間

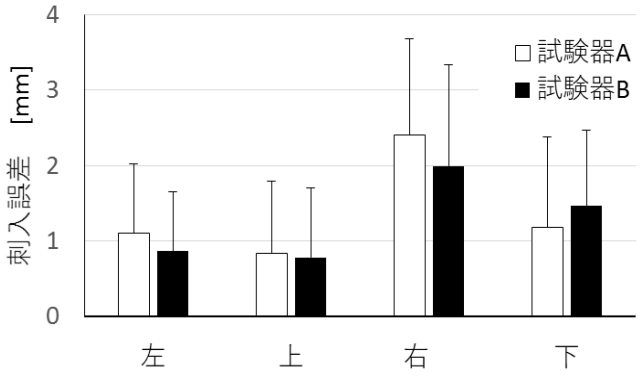


図3　縫合方向ごとの刺入誤差

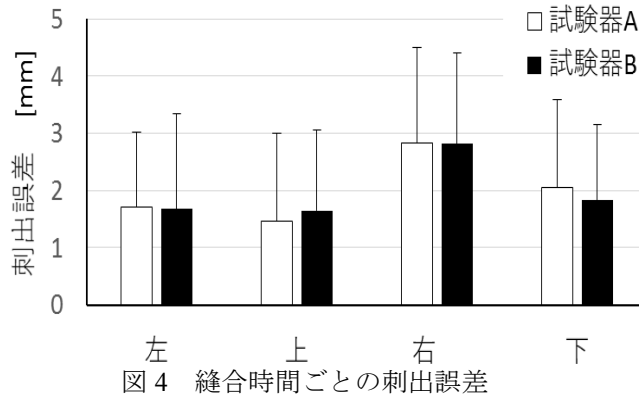


図4　縫合時間ごとの刺出誤差

図5はユニバーサルデザインの7原則に基づく主観的なヒアリング評価アンケート調査の結果である。開発された垂直接線方向持針器の形状や重量は優れているが奥行き感覚や距離感といった点ではモニター画面上での作業ということもあり、少々劣っている。系列ごとの操作項目についての5段階評価アンケートに関しては全ての項目において試験器Aが試験器Bよりも高く、被験者の主観的な評価としては試験器Aの方が優れていた。また、被験者を共同研究先の医師として行った実験では現在も測定中だが、開発持針器では熟練した外科医においてもラーニングカーブが存在し、臨床現場へのスムーズな導入のためには何らかのトレーニングシステムが必要だと考えられた。

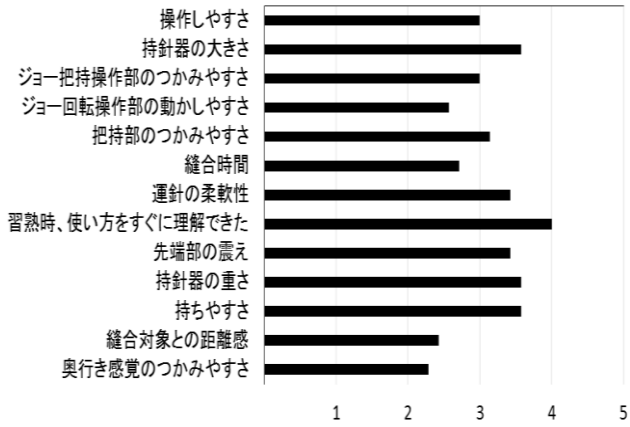


図5　ユニバーサルデザインの7原則に基づく主観的なヒアリング評価

## 6. 結論

垂直接線方向に運針可能とする手術用持針器についての動作性、操作性の観点から評価実験を行うことで同器開発のための基礎資料を得ることができた。

## 参考文献

1)　星巧大、三林洋介：手術用持針器の人間工学的研究、日本人間工学会関東支部第 48 回大会講演論文集、pp110-111、(2018)

2）山下実：内視鏡外科手術における縫合技術評価法の有用性に関する研究、日本コンピュータ外科学会誌 17 巻 1 号、pp15－22(2015)

3)橋本大定：低侵襲外科手術の現状と問題点、モダンメディア第 50 巻 10 号、pp233－240、(2004)

[連絡先]
東京都立産業技術高専　人間工学三林研究室
篠原 利樹
e-mail : m15287@g.metro-cit.ac.jp

一般講演

# 大会２日目

## 12月8日（日）

C-4-1

# 看護師の負担軽減のためのドップラーレーダーを用いた
# 非接触・有熱判定システムの開発と療養型病院における臨床応用

○加藤陽子*, 神田雅大*, 大竹裕介*, 平野雅也*, 渡辺貞雄**, 孫光鎬***, 小林剛****, 岡田真和****, 箱崎幸也*****, 松井岳巳*
*首都大学東京システムデザイン学部, **Vital Lab 株式会社,***電気通信大学大学院情報理工学研究科, ****コニカミノルタ株式会社,*****医療法人社団元気会横浜病院

Development of non-contact fever detection system by using doppler radar to reduce burden of nurses, and clinical application in Medical Long-Term Care Sanatoriums

Yoko Kato*, Masahiro Kanda*, Yusuke Otake*, Masaya Hirano*, Sadao Watanabe**, Guanghao Sun***, Tsuyoshi Kobayashi****, Masakazu Okada****, Yukiya Hakozaki*****, Takemi Matsui*
*Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University, **Vital Lab Corporation, ***Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications, ****Konica Minolta, INC., *****Genkikai Yokohama

## 1. はじめに

感染症や膠原病，悪性腫瘍などに伴う発熱が知られている．とりわけ，感染症発症に伴う炎症反応に起因する発熱は、生化学的手法に依らない最も手軽な炎症マーカーの一種である．免疫力が低下した高齢入院患者にとって，誤嚥性肺炎等の発症はしばしば重篤な結果に繋がるので，頻繁な検温によって感染症の発症を早期に発見することは，極めて重要である．一方，病院での 1 日に複数回の検温は看護師の負担に繋がり，過重労働による看護師の離職が深刻化する日本の医療現場において，人手に依らず，常時リアルタイムで発熱を検知するシステムがあれば，検温の頻度を減らせる可能性がある．患者にセンサーを装着せずに，自動的に検温する方法としてサーモカメラを用いる方法が挙げられるが，プライバシーやコスト上の問題が生じる．

そこで，体温以外のバイタルサインの変化に着目する体温推定システムを提案する．体温の上昇に伴い，心筋の代謝と興奮が亢進して心拍数が増加すること，また，体熱放散・酸素需要量の上昇により呼吸数が増加することが知られている．このように，体温の上昇を心拍数と呼吸数の増加から検知できる可能性がある．療養型病院のベッドのマットレス下にワイヤレスマイクと同程度の微弱電波( 10mW，24GHz)を発生するドップラーレーダーを設置して入院患者の心拍数と呼吸数の変化を求め，線形判別分析を用い，検温しないで有熱(37.5℃以上)の判定が可能か否かを検証する．

## 2. システムを用いた有熱判定の可能性の検証

### 2.1 本システムの概要

本システムでは，対象者の身体的・精神的負担を最小限に抑えて有熱の判別ができるよう，マットレスや衣服等を透過するレーダーを用いて，非接触での対象者のバイタルサインの計測・分析ができる仕様とした．ベッドのマットレス下から臥床中の計測対象者の背部を照射できる位置(ベッドの頭部から約 50㎝下，横幅の中心)に，24GHz の小型レーダーを設置し，対象者の呼吸と心拍による体表面振動を読み取れるようにした．

### 2.2 検証方法

2016 年 11 月 16 日より，元気会横浜病院に本システムを 8 台設置し，現在までにのべ 34 名の患者のデータを取得した．システム設置後に実際に有熱があった患者 4 名(52 歳男性：頭部外傷後遺症で入院，78 歳男性：認知症で入院，86 歳男性：肺炎後廃用症候群で入院，70 歳女性：脳梗塞後遺症で入院)のデータから， 看護師による検温記録のある 5 日間について呼吸数と心拍数を分析した．

### 2.3 解析方法

ソフトウェア LabVIEW(National Instruments)で作成した解析プログラムを用いて，レーダーから得られた波形から，呼吸数と心拍数を算出した．以下の手順で，レーダーの出力信号から呼吸波形及び心拍波形を抽出した．

まず，レーダーの生波形に移動平均処理を施して呼吸波形を抽出し，呼吸数算出のためにピーク検出を行った．ピーク間隔は 1 回の呼吸にかかる時間と等しいため，ピーク間隔の平均をとることで，1 分間のピーク数を 1 秒刻みで算出した．レーダー2 つで計 4 つのチャンネルの中から，1 分間(60 個)の呼吸数の標準偏差が最も小さいチャンネルを選択し，そのチャンネルから算出されたピーク数の最頻値を呼吸数とした．次に，レーダーの生波形から呼吸波形を除去することで，心拍波形を抽出した．呼吸数算出の手法と同様に，心拍波形からピーク検出を行い，心拍数を算出した(図 1 参照)．呼吸数と同様に 1 分間の 1 秒ごとのピーク数の標準偏差が最も小さいチャンネルを選択し，そのチャンネルから算出されたピーク数の平均値を心拍数とした．1 秒ごとに算出された呼吸数と心拍数の

3600 個分のデータを平均し，1 時間ごとにデータをまとめた．

さらに，看護師による検温記録時刻前 1 時間での心拍数と呼吸数を抽出し，以下の式(i)(ii)に基づいて心拍数・呼吸数に関するパラメータとして，心拍偏差と呼吸偏差を定めた．

心拍偏差＝検温前 1 時間の平均心拍数
－5 日間の平均心拍数　…(i)

呼吸偏差＝検温前 1 時間の平均呼吸数
－5 日間の平均呼吸数　…(ii)

患者 4 名について，それぞれの患者の心拍偏差と呼吸偏差をパラメータとして，腋下体温が 37.5℃以上の発熱群と 37.5℃未満の非発熱群に分けて，判別分析を行った．判別分析には StatMate を用いた．

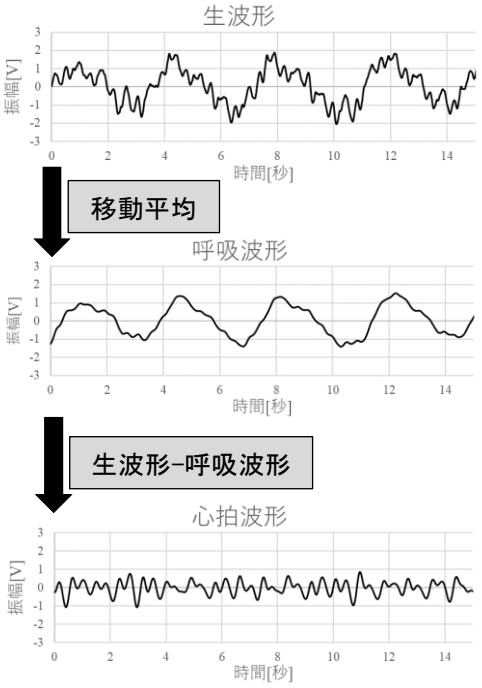



**図 1　生波形，呼吸波形，心拍波形**

## 3. 結果と考察 −有熱判定−

判別分析の結果，導かれた判別式は以下の通りである．式(iii)中の心拍偏差，呼吸偏差に各時刻の値を入れた際に，Z 値が正の値を取ると発熱判定となり，Z 値が負の値を取ると非発熱判定となる．

Z＝0.378×[心拍偏差]＋1.030×[呼吸偏差]
－0.685　…(iii)

図 2 は患者 4 の判別結果である．実線の範囲は，記録上発熱であり且つ発熱判別となった点を表し，点線の範囲は，記録上非発熱であり且つ非発熱判別となった点を表している．看護師による記録上発熱であり，且つ本システムで発熱判定をした割合を感度，記録上発熱しておらず且つ本システムで非発熱判定となった割合を特異度としたとき，感度＝71.4%，特異度＝86.0%となり，4 名の患者に対して発熱と非発熱を高い精度で判別できていることが分かる(表 3 参照)．

現段階では，本システムで得られるデータを記録した後に心拍数と呼吸数を解析し，判別を行ったが，リアルタイムでの算出，解析，判別を自動で行える仕様にすることが，今後の課題として挙げられる．

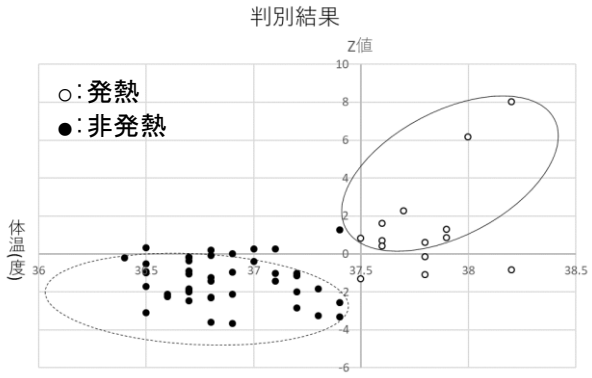



**図 2　判別結果**

**表 3　判別精度**

| | | 看護師の検温記録 | |
|---|---|---|---|
| | | 37.5℃以上 | 37.5℃未満 |
| 判別 | 37.5℃以上 | 10 | 6 |
| | 37.5℃未満 | 4 | 37 |

## 4. まとめ

本研究では，療養型病院での看護師の負担軽減を目的とした有熱検知において，ベッドのマットレスの下に設置したレーダーを用いて，呼吸数と心拍数の長時間に亘る計測データの分析を行った．37.5℃以上の発熱を起こす際には，心拍数の上昇と呼吸数の上昇を検知することができた．入院患者の有熱状態を検知し，看護師の負担を軽減するシステムとなる可能性が示唆された．

## 5. 文献


1) 総務省統計局:統計トピックス No.121 統計からみた我が国の高齢者－「敬老の日」にちなんで－，2019

2) 公益社団法人　日本看護協会:『2025 年に向けた看護の挑戦　看護の将来ビジョン　いのち・暮らし・尊厳をまもり支える看護』，2015

3) Matsui T, Yoshida Y, Kagawa M, Kubota M, Kurita A. Development of a practicable non-contact bedside autonomic activation monitoring system using microwave radars and its clinical application in elderly people. J Clin Monit Comput. 2013 Jun;27(3):351-6.



[連絡先]
加藤　陽子
e-mail：kato-yoko@ed.tmu.ac.jp

C-4-2

# ドップラーレーダーを用いた超早期・肺炎スクリーニングシステムの開発と療養型病院における臨床応用


◯神田雅大*，平野雅也*，渡辺貞雄**，孫光鎬***，
小林剛****，岡田真和****，箱崎幸也*****，松井岳巳*
*首都大学東京，**Vital Lab 株式会社，***電気通信大学，
****コニカミノルタ株式会社，*****医療法人社団元気会横浜病院


System development of rapid pneumonia screening using Doppler radar and clinical application at a hospital


Masahiro KANDA*, Masaya HIRANO*, Sadao WATANABE**, Guanghao SUN***,
Tsuyoshi KOBAYASHI****, Masakazu OKADA****, Yukiya HAKOZAKI*****, Takemi MATSUI*
*Tokyo Metropolitan University, **Vital Lab Corporation, ***The University of Electro-Communications,
****Konica Minolta, INC., *****Genkikai Yokohama Hospital


## 1. はじめに

厚生労働省の「平成 30 年(2018) 人口動態統計月報年計(概数)の概況」によると、日本の死亡原因の第 5 位が肺炎である [1]。また、肺炎を死亡原因とする人のうち 95%が 65 歳以上であるといわれている [1]。肺炎の早期発見は重症化を防ぐために重要であるとされているが、高齢者に多い誤嚥に関わる肺炎は、発熱や咳などの症状を呈さない場合が多く、発見が遅れ重症化してしまうケースが多い [2]。しかし誤嚥性肺炎を含む呼吸器系の炎症には、心拍・呼吸といったバイタルサインが上昇することが一般的に知られている [3]。

当研究室はこれまでの研究として、心拍・呼吸に着目し、高齢者の肺炎の早期発見を目的とした呼吸器系炎症の可能性を検知するシステム開発を行い、肺炎の早期発見が行える可能性を示した [4]。本研究では、療養型病院における当該システムの長期連続計測を目的とした超早期・肺炎スクリーニングシステムの開発と臨床応用を行う。

## 2. 肺炎スクリーニングシステムの開発

### 2.1 肺炎スクリーニングシステムの概要

本システムでは、心拍・呼吸計測時に計測対象者の負担とならないよう、衣服等を透過し体表面の振動のみを捉えることが可能な 24GHz マイクロ波を使用した非接触のドップラーレーダー（新日本無線社製 NJR4262）を用いた。具体的にはベッドのマットレス下から、胸部を照射できる位置にレーダーを 2 台設置し、心拍・呼吸による体表面の振動を計測した。さらに PC にこれらのデータを収集し、後述の方法を用いて解析し、心拍・呼吸数を求め、ナースステーションのモニターに表示させた。更に、呼吸低下や肺炎の疑いが検知されると、「呼吸低下の疑い」、「肺炎の疑い」と表示されるような仕組みとした。図 1 に簡単なシステム概略図を示す。

### 2.2 心拍・呼吸数算出方法

計測、制御が可能なシステム開発ソフトウェア LabVIEW(National Instruments)を用いて、レーダーから得た波形から、以下の手順で心拍・呼吸波形を抽出し、心拍数・呼吸数をそれぞれ算出した。

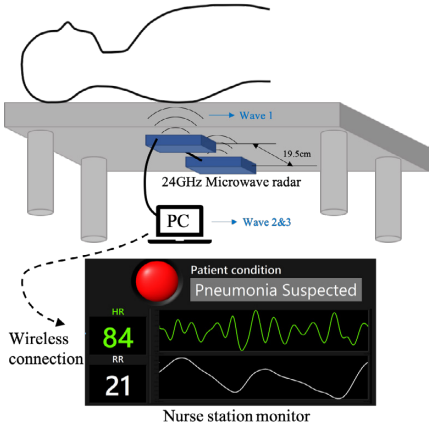



図 1　肺炎スクリーニングシステム概略図

まず、レーダーから得られる生波形に移動平均処理をし、呼吸波形を取り出した。この呼吸波形のピーク間隔は計測対象者の呼吸間隔と一致するため、1 分あたりのピーク数を呼吸数とした。次に、生波形から呼吸波形の差分を取り、呼吸成分を除去することで心拍波形を抽出した。この心拍波形のピーク間隔は計測対象者の心拍間隔と一致するため、1 分あたりのピーク数を心拍数とした。図 2 に信号処理の流れを示す。

当該システムでは各波形から 1 分あたりの心拍・呼吸数を求め、60 個分のデータを平均し、1 時間の心拍・呼吸数とした。

### 2.3 肺炎スクリーニング方法

肺炎発症時は心拍・呼吸数に急激な上昇がみられる。そのため、8 時間で急激な変化があるかを、線形判別分析の重心間距離を用いて検知する。初めに、心拍・呼吸数の 1 時間ごとの平均値を溜めていき、8 時間分のデータが溜まった時点で、前後 4 時間ずつの 2 群に分けて線形判別分析をする。次に新しい 1 時間分が追加された時点で、再び最新の 8 時間データとして線形判別分析を行う。しかし、慢性疾患を持つ高齢者には急激な変化が起こりやすく、線形判別分析では上昇だけでなく、

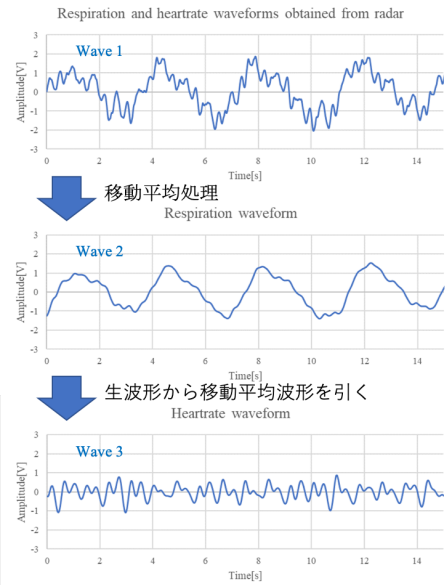



**図 2　信号処理の流れ**

下降が発生した時も肺炎発症と検知してしまう。そのため、心拍・呼吸数が 8 時間前から継続的に上昇しているかを確認するため、近似直線の傾きも判別指標に加えて肺炎発症と判別した。

## 3. 療養型病院における臨床応用

本研究室では、元気会横浜病院の入院患者のベッドに先行のシステムを設置し、これらの解析をリアルタイムで行う研究が行われてきた。しかし、このシステムは 3 日以上連続で稼働することはなく、復旧に頻繁な訪問が必要となっていた。停止してしまう問題点として、密閉容器内での PC 稼働による CPU の熱暴走、プログラムのメモリ不足から生じるプログラム停止が挙げられる。そのため、CPU の熱暴走については 3D プリンターで新たな容器を製作し、CPU 温度上昇を抑えた。メモリ不足によるプログラム停止は、プログラムのメモリ使用量を監視し、メモリ使用が上昇し続ける箇所のプログラムを変更した。

更に OS 上の問題によりナースモニターへの表示が停止してしまい、その度に復旧を行っていた。そのような問題を解決するため Google Chrome の「Chrome リモートデスクトップ」機能を使用し遠隔での復旧を可能にしたシステムを製作した。

肺炎スクリーニング精度検証として、元気会横浜病院の肺炎発症リスクが高い入院患者 18 名（男性 7 名、女性 11 名、平均年齢 71.8±14.1 歳）のベッドにセンサーのみを設置し、計測を行った。また、システム検証として、改良したシステムを入院患者 1 名のベッドに 2019 年 7 月 25 日に設置し、現在に至る長期間にわたる連続計測を行っている。

## 4 結果と考察

### 4.1 肺炎スクリーニング精度検証

センサーのみを設置した 18 名のデータで実際に肺炎を発症した 2 名と非肺炎患者を判別したところ、表 1 のようになった（感度：100%、特異度：93.75%）。また、肺炎を発症した 2 名は医師の診断よりも早い時期に肺炎発症を発見することができた。以上の結果から、当該システムは高い判別精度を有していると言える。

**表 1　肺炎スクリーニング判別結果**

| | | 医師の診断 | | 合計 |
|---|---|---|---|---|
| | | 肺炎 | 非肺炎 | |
| システムの判定 | 肺炎 | 2 | 1 | 3 |
| | 非肺炎 | 0 | 15 | 15 |
| 合計 | | 2 | 16 | 18 |

### 4.2 長期間連続計測のシステム検証

2019 年 7 月 25 日に設置したシステムは現在（同年 11 月）まで一度も止まることなく肺炎スクリーニングを患者 1 名に対して行っている。システム改良前の CPU 温度は高い時で 95 度、通常使用時で 75 度の時が多く、強制シャットダウンが発生していたが、現在は高い時で 80 度、通常使用時で 55 度付近となり、大幅に CPU 温度を下げることに成功した。また、システム改良前のメモリ使用量は無制限に増えていたが現在は 85MB 以上増えることはなくなった。

また、遠隔でのリモート操作が可能となったため、ナースモニターへの表示がされなくなる問題は発生次第修復することが可能になり、システムのプログラムのアップデートが必要な時なども病院訪問が不要となった。

## 5. 結論

本研究では、療養型病院の肺炎発症リスクが高い高齢者に対して長期間にわたる心拍・呼吸数連続計測が行えるシステムの製作を行い、超早期・肺炎スクリーニングが行える可能性が示された。

## 参考文献

1) 厚生労働省：平成 30 年 (2018) 人口動態統計月報年計(概数)の概況、2019
2) 中村茂樹ら：当院における超高齢者肺炎 34 例の臨床的検討、日呼吸会誌、46(9)、687-692、2008
3) 岡庭豊：病気が見える：vol.4 呼吸器（第 2 版）、メディックメディア、2013
4) Matsui T, Yoshida Y, Kagawa M, Kubota M, Kurita A. Development of a practicable non-contact bedside autonomic activation monitoring system using microwave radars and its clinical application in elderly people. J Clin Monit Comput. 2013 Jun;27(3):351-6.

[連絡先]
神田　雅大（首都大学東京松井研究室）
e-mail：kanda-masahiro@ed.tmu.ac.jp

C-4-3

# 白・黒の組み合わせと重量感および安定感との関わりに関する考察

○佐藤絵理*，鳥居塚崇**
*日本大学生産工学部，**日本大学

A Study on estimated weight and stable of the combination of black and white

Eri SATO*，　Takashi TORIIZUKA**
*College of Industrial Technology of Nihon University，　**Nihon University

## 1. はじめに

我々は生活していく上で，あらゆる色彩と接しており，その色彩の組み合わせによって行動を促されたり，何かを感じたりする．色彩が及ぼす心理効果は多く発見されており，身近なところで応用され，活用されている．例えば，引越し業者の段ボールや，飛行機のボディの色は白色が多い [1]．これらは，色彩の重量感を活用しており，一般的に，「明度が低ければ重く，明度が高ければ軽く感じる」[2)3)4)]といわれている．つまり白色より黒色の方が重く感じるのだが，従来の研究では，単色での有効性を示しており，　2 色を組み合わせたときの感じ方については検討の余地があると考える．しかし，身の回りでは，建物の外装や [5]，車のカラーなどで安定感を感じさせるために，上下に異なる明度が使用されていたりする．ただ，これらはステレオタイプのようなものである．そこで本研究では，　理論的根拠に基づいて，明度の異なる 2 色を組み合わせたモノに対する人の感じ方を探ることを主な目的とする．

## 2. 先行研究の整理

明度と重さの関係性は，多くの研究がされており，　本田らの一連の研究では，認知言語学的手法に着目し，イメージスキーマとメタファの概念が影響を与えていることで，　低明度である重い色は重く知覚し，重量のメタファである重要性も高く感じることを明らかにした．[6]イメージスキーマとは認知言語学の分野で M. Johnson[7]や G. Lakkof[8]が提唱した考えであり，経験に基づいた抽象的概念のことで，日常的経験によってイメージスキーマが形成され，我々は言葉として表現したり，行動したりしている．

## 3. 本研究の考え方

物理学では，同形状で重さだけが違う物体を縦に重ねる場合，重い物体の上に軽い物体を重ねた方が，重心が下がり力学的安定性が増すことが明らかになっている．（図 1 参照）

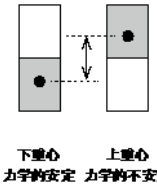



図 1　力学的安定性

この物理学の考え方を，明度による重量感に応用できると仮定すると，低明度の上に高明度を彩色した方が安定感を感じることができると推測できる．また，イメージスキーマの考え方から重い色のモノは軽い色のモノよりも重要性が高いと感じるため，低明度で彩色した方が，高明度のモノよりも扱い方が丁寧になると推測できる．本研究では，明度に重量感があるのかを再度検証するとともに，明度が持つ重量感と物理的重量感を比較して，人間に与える影響度合いの検証，また対象物の明度と扱い方の丁寧さとの関係を探る．本研究における安定の定義は，“物体のつり合いや運動の状態がわずかな乱れを与えられた時に，元の状態へ戻ろうとする性質を持つこと”である．

## 4. 実験概要

### 4.1 実験に用いる刺激物について

刺激物は直径 32㎜ 長さ 600㎜ 重さ 60g の紙筒で，色（上下）【黒黒・白白・黒白・白黒】，重心位置【上・中・下】を組み合わせた A～M の 12 種類を用いる（図 2 参照）．重心の調節は発泡ビーズを用い，筒内に均等に詰めた．重心位置を調節するための重量の選定はドイツの生理学者 E．ウェーの法則 [9]にならって設定した．重量弁別閾は一般的に 8%程度であることが知られているため [10]，弁別閾外である 6g の物理的重さを設定した．

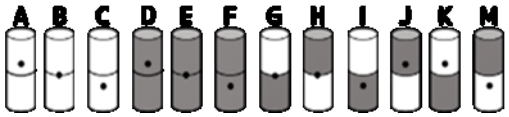



図 2　用いた刺激物
＊黒点は重心の位置を表す

### 4.2 実験内容

実験は，実験者 1 人，実験参加者 1 人で行った．実験参加者は 20 人（男性 6 人，女性 14 人，平均年齢 21.65 歳）を対象に行い，重さと安定感を持ち比べる一対比較を行った．はじめに実験準備として実験参加者に心拍測定計を装着してもらい，正常に心拍を測定できるか確認する．その後，実験参加者に今から①と②の 2 つの棒を渡すこと，その棒を触り②と比べたときの①の評価をしてもらうこと，その際，どのような方法で比べても構わないが，棒の上下は反転しないこと，棒をもつ手は固定せずに左右で持ち替えながら比較することを教示した．これを 4 種類の色，3 種類の重心位置を組み合わせた 12 種類の刺激物を用いた一対比較で 66 試行をランダムで行った．

なお，実験参加者には順序効果が出ないよう，刺激物を何度も手に取って持ち比べるよう指示し

た．また，実験開始から実験終了まで座位姿勢のままで行い，1 組終わるごとに PC でアンケート記入をしてもらった．

### 4.3 分析結果および考察

#### 4.3.1 白・黒の組み合わせと重量感

“重量感”の項目の心理的尺度を図 3 に示す．一対比較の結果を標準化し，分散分析を行った結果，どの組み合わせでも有意差が認められた($p<0.01$)．重量感に関しては，E，F，D と B，C，A を比べると黒色が重く，白色が軽く感じることがわかった．最も重く知覚された E と最も軽く知覚された B は重心位置が中央にあった．つまり重さが均一の方が色のファクターが強く伝わる．また，この場合は重心の位置に関わらず重量感に差が認められる．

一方，白・黒を組み合わせた G～M では，重心が上（A，K）・中央（G，H）では軽く感じ，下（M，I）では重く感じる傾向にある．以上の結果より，明度は重量感をもつと考えられる．

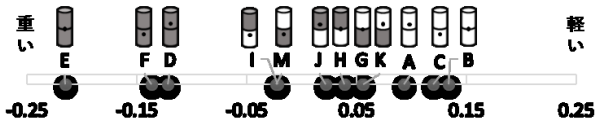



図 3　重量感

#### 4.3.2 白・黒の組み合わせと安定感

“安定感”の項目の心理的尺度を図 4 に示す．一対比較の結果を標準化し，分散分析を行った結果，どの組み合わせでも有意差が認められた($p<0.01$)．I，G，K と J，M，H を比べると仮説通り白黒(上下)の組み合わせが黒白より安定さを感じていたことがわかる．

最も安定感を知覚した I と最も不安定感を知覚した J をみると，仮説で述べた下重心での力学的安定性と，黒の上に白という色による安定性が組み合わさっているので，相乗効果が生まれ，より安定感を知覚できたのではないかと推測できる．

また，全体の結果から重心位置のファクターより色のファクターの方が強く安定感に影響を及ぼしていることがわかる．I と J は白黒の組み合わせなので単色に比べて色情報が存在する．よって棒を手にする前に白黒の明度で重心位置を予測でき，安定性の判断が正確に行われるのではないかと思われる．以上の結果より，白・黒を組み合わせた場合，明度が持つ重量感は安定感に影響を及ぼすと推察できる．

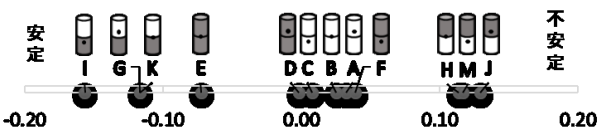



図 4　安定感

#### 4.3.3 まとめ

重量感と安定感の平均嗜好度を図 5 に示す．4 つの集合が確認でき，【軽：白白】【重：黒黒】【安定：白黒】【不安定：黒白】と，白黒の組み合わせが“軽い”“重い”“安定”“不安定”にグループ分けできる結果になった．

したがって色の明度と組み合わせは，モノの重量感や安定感に影響を与えることが認められた．

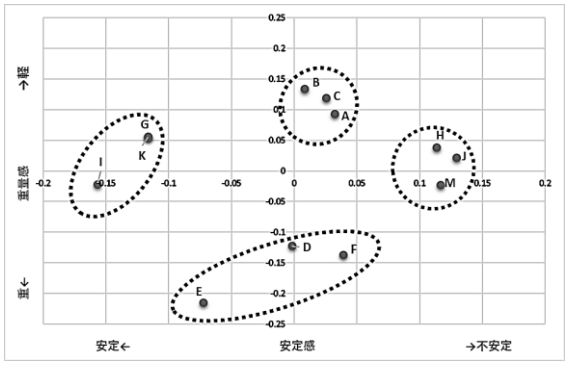



図 5　平均嗜好度

## 6. 今後の展望

実験結果より，明度によって重量知覚に影響を与えられること，また上に重心のある物理的に不安定なモノでも明度を変えることで安定感を得られることがわかった．

今回は棒を刺激物として実際に手に持ち接触することで実験を行ったが，今後は他の刺激物，例えば服のトップスとボトムスを刺激物として，触れずに視覚情報のみでも，白・黒の組み合わせと重量感および安定感との関わりは存在するのかを，さらに検討を加えることで，より深い知見を得られるよう，研究を進めていく．

## 参考文献

1)城一夫，渡辺明日香，矢部淑恵：徹底図解色のしくみ，新星出版社，2009.
2)E. Bullpugh： On the apparent heaviness of colours， British Journal of Psychology， 2， pp. 111-152， 1907.
3)C. J. Warden and E. L. Flynn：The effect of Psychology， 37, pp. 398-401， 1926.
4)篠原久美子， 木下武志， 一川誠: ：色の見かけ上の重さ－単色における色相・彩度の影響について－，デザイン学研究，Vol. 53， No. 5， pp. 35-42， 2007.
5)西川好夫：新・色彩の心理， 法政大学出版局， 1972.
6)本田直： 色彩が持つ重量感に関する考察－物理的な重さにメタファが付与された場合の色彩の影響－，人間工学，Vol. 52, 2016.
7)M. Johnson：The Body in the Mind， Univ of Chicago Pr， pp. 19-38， 1990.
8) G. Lakoff： Metaphors we Live by， Univ of Chicago Pr， pp. 3-7 pp. 88-110， 1980.
9)G. A. ゲシャイダー(倉片憲治，金子利佳，柴崎朱美 訳)：心理物理学―方法，理論・応用(上巻)―，北大路書房，pp. 2-4, 2002.
10)大山正，今井省吾，和気典二：新編 感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，p1226-1229，1994.

[連絡先]
さとう　えり
e-mail：eri.sato.0020@gmail.com

C-5-1

# コアジサシ営巣調査のためのシステム開発(1)

## ーデータベースと UI 設計を中心にー

○倉内菜子*
*法政大学 理工学部 創生科学科

System Development for Analyzing Nesting Conditions of Little Terns (1)
-Designing Databases and User Interface-

Nako Kurauchi*
*Department of Advanced Sciences , Faculty of Science and Engineering , Hosei University

## 1. はじめに

### 1.1 背景

コアジサシとは 4 月末から 8 月上旬にかけて日本で繁殖する絶滅危惧Ⅱ類の渡り鳥であり，砂礫地の地面を掘り凹めて直径 10cm，深さ 5cm 程の巣を作る．東京都大田区にある下水処理場の屋上は貴重なコアジサシの営巣地であり，コアジサシを保護するための NPO 法人リトルターン・プロジェクトが営巣地の整備や営巣調査を行っている [1].

営巣調査は，コアジサシが日本に渡ってくる 4 月末から営巣を終える 8 月上旬にかけて毎週行い，図 1 のようにレンガで 10m 四方に区切られた営巣地を調査員 5～10 人が横一列に並んで行う．調査員は歩きながら卵やヒナなどを探し，見つける度に記録者に伝える．伝える際には，まず区画内における巣の座標を目測で伝える．この調査における座標とは基本的に 1m 単位で，図 1 のように区画番号が書かれたレンガが置かれている座標を(0,10)とする．座標を伝えた後，続けて巣にある卵やヒナの数を伝える．この営巣地にはコアジサシ以外のシロチドリ，コチドリ，ヒバリなども卵を産むため，コアジサシ以外の鳥の卵などを見つけた場合にも記録者に伝える．

調査は図 1 の矢印のように区画内を進む．しかし調査をしている最中に，図 1 の矢印の向きから分かるように方向転換をするため，調査員から見

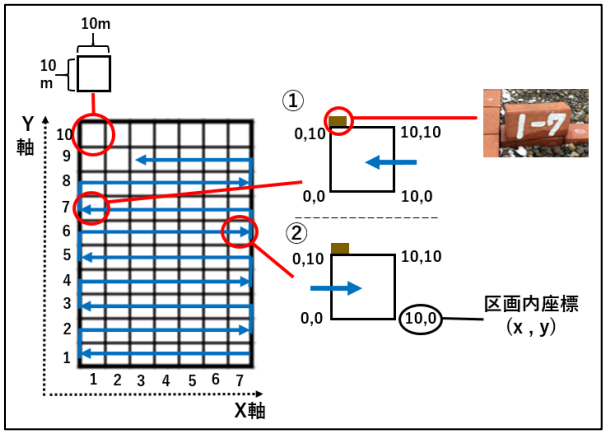



図 1　営巣地の区切り方・調査ルート(左)と方向転換に伴う調査員から見た座標軸の変化(中央)と区画番号が書かれたレンガの写真(右)

| 座標 | | 5月5日 | | 5月13日 | |
|---|---|---|---|---|---|
| x(m) | y(m) | 卵 | ヒナ | 卵 | ヒナ |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 6 | 2 | 1 | 0 | 3 |

図 2　現在使用している記録用紙の一部

える座標軸も変化し，初めは調査員の左手奥が原点(0,0)であったのが方向転換することにより，調査員の右手前が原点(0,0)となる．この座標の見方の変化が調査員らに混乱を与え，調査のタイムロスが生じている．

また，記録者は図 2 のような記録用紙に手書きで記録を記入しており，調査終了後に記録用紙に書いた記録を表計算ソフトに写している．しかし記録用紙が表形式で見づらいことから，データーを写す際に見間違いが生じ，その結果入力ミスが発生している．加えて，調査の記録をした表計算ソフトの表は，記録用紙から PC へデーターを写した人により集計方法が異なるため，集計データーが分かりにくいという声も上がっている．

### 1.2 目的

本研究の目的は，コアジサシ営巣調査における記録用紙から PC 上へデーターを写す際の入力ミスの削減，調査効率の向上，データベース(以下 DB)利用によるデーターの検索・集計の利便性の向上の 3 つである．

## 2. 方法

### 2.1 記録用紙から PC 上へデーターを写す際の入力ミスの削減

図 3 のような記録用紙の印刷と，調査後にその記録用紙から PC 上への容易なデーターの移行を可能とするソフトウェアを作成する．調査では記録者が図 3 のような営巣地の 1 区画が簡易的に書かれた記録用紙を持ち，その用紙に直接記録を書き込んでいく．この記録用紙には以前の調査で得た記録が印刷されているため，以前の調査で記録した巣が前回からどのように変化しているか確かめながら調査を進めることができる．

調査終了後には記録用紙を見ながら，図 4 のような記録用紙と同じデザインの入力フォームのソ

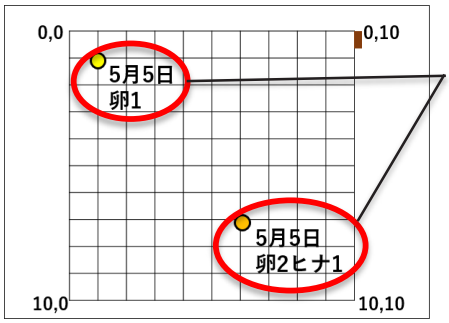



図 3　開発予定ソフトで印刷される記録用紙の例
（1 区画分）

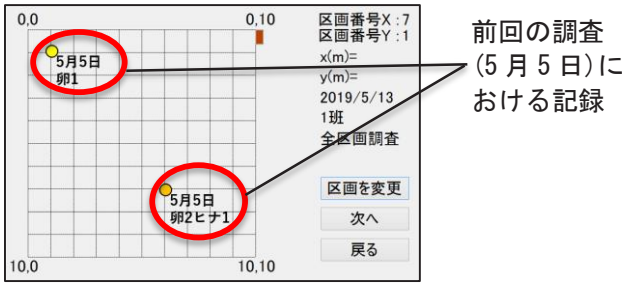



図 4　開発予定ソフトの入力フォームの例
（区画番号 (X,Y) = (7,1) の場合）

フトウェアを用いて，記録用紙から PC へデーターを写し，データーを DB へと蓄積していく．記録用紙とシステムの入力フォームを同じデザインにすることから，入力ミス削減に繋がると思われる．

### 2.2 調査効率の向上

調査の効率を向上させるため，使用する記録用紙の向きにも着目した．2.1 で書いた通り記録用紙には 1 区画が簡易的に描かれたものを使用するが，図 5 のように調査中に方向転換した際の進行方向に合わせ，常に歩行時の手前側が記録用紙の下側となるように，記録用紙が印刷される仕様とする．これにより調査時の座標読み取りが容易になると期待される．

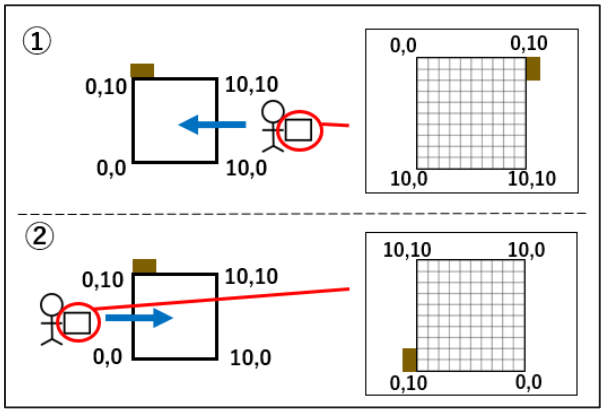



図 5　図 1 の①を調査する際に使用する記録用紙（上）と②を調査する際に使用する記録用紙（下）

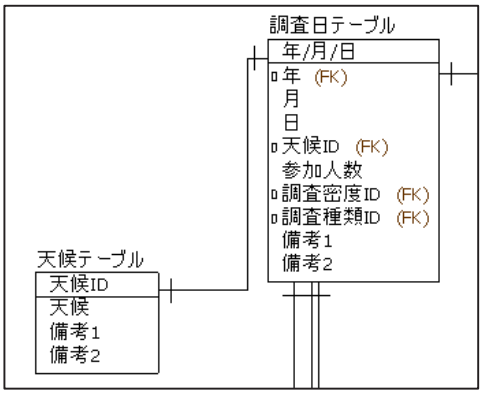



図 6　作成した ER 図の一部

### 2.3 DB による検索・集計の利便性の向上

今回開発するシステムにおいては，リレーショナル DB を採用した．リレーショナル DB はデーターを複数の表として管理し，表と表の間の関係を定義することで，複雑なデーターの関連性を扱えるようにしている．大量のデーターでも関連性を持たせることで，検索の高速化や様々な方向から検索することが可能になるため，多様な検索方法の提供が可能となる [2]と考えられる．

## 3. 実装

実装にあたり，PC 上で用いられることが多いプログラム言語と DB エンジンを使用する．

開発するソフトウェアは，図 4 のような入力フォームを備え，かつ図 3 のような記録用紙を印刷できるように実装する．また，データーを記録するだけではなく，表形式での一覧データーの出力も可能とする．データベース設計においては，図 6 の ER 図を基に，11 個のテーブルを作成する．

## 4. 今後の予定

今後はソフトウェアの実装を終了させる予定である．また，実際に調査に参加している方に開発したソフトウェアを試用していただき，システムに不備がないかなどの確認をしたい．

## 参考文献

1)NPO 法人リトルターン・プロジェクト : 団体概要，Retrieved November 8,2019,available from http://www.littletern.net/profile.html

2)コムネット株式会社 : RDB（リレーショナルデータベース）とは？使用するメリットとデメリットは？, Retrieved November 1,2019,available from https://www.comnet-network.co.jp/blog/what-is-rdb/

[連絡先]
くらうち　なこ
e-mail : nako.kurauchi.5s@stu.hosei.ac.jp

C-5-2

# コアジサシ営巣調査のためのシステム開発（2）

## ― 複数同時使用を想定したソフトウェアの開発を中心に ―

○齊藤　知臣
*法政大学理工学部

System Development for Analyzing Nesting Conditions of Little Terns
Software Development Assuming Multiple Simultaneous Use

Kazuomi Saito
*Department of Advanced Sciences,Faculty of Science and Engineering,Hosei University

## 1.　研究概要

### 1.1　コアジサシ営巣調査について

NPO 法人リトルターン・プロジェクトでは 2001 年 6 月に東京都森ケ崎水再生センターの施設屋上にて，本来であれば玉砂利の河原や砂浜などで繁殖するはずのコアジサシが営巣をしていることを発見した．そして翌年の 2002 年より営巣地の整備と繁殖状況の調査を行っている．コアジサシとは世界中に広く分布している渡り鳥で，4 月末ごろ日本に飛来し繁殖期を迎える．近年では個体数が減少しており環境省の日本版レッドリストでは“絶滅危惧Ⅱ類”に指定されている[1)]．

### 1.2　研究背景

現在の調査では，調査員が営巣地を歩きながら紙媒体に手書きで記録した鳥の巣の座標，巣ごとの卵の数，雛の数などのデーターを調査後に表計算ソフトに入力し集計などの処理を行っている．しかしこの方法では表計算ソフトへの入力の際などに，人為的ミスが発生しやすい．そのため歩行時より紙媒体を用いることなく電子媒体に直接入力し，データーの保存，集計までを一元化したソフトウェアを開発することとした．

## 2.　調査の特徴

上記の営巣調査には大きく分けて３つの特徴がある．1 つ目は調査が屋外で行われるという点，2 つ目は営巣地を複数の領域に分け各領域についての調査が同時並行で行われる点，3 つ目は調査日により調査員が変わる点である．本研究ではハードウェア，ソフトウェアともにこれらの特徴に合わせた開発を行う．

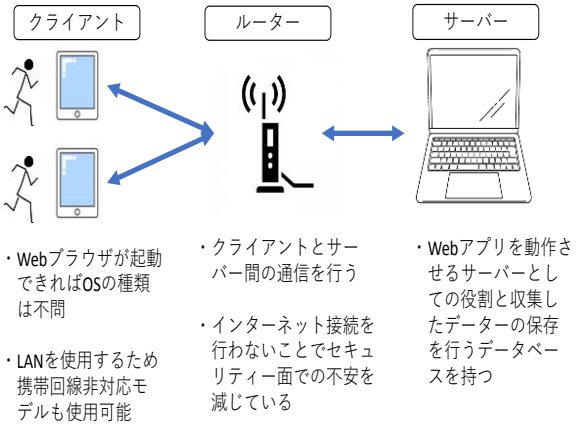
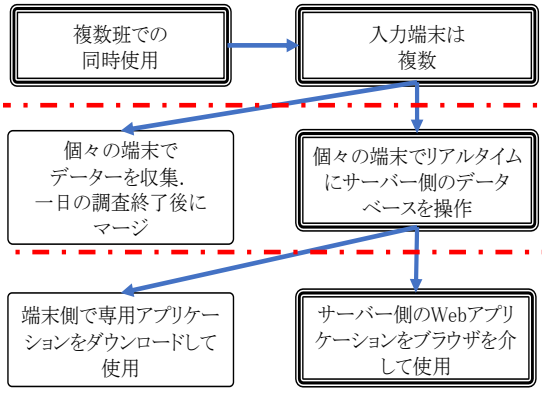



図 1　機器構成の概要

## 3.　開発概要

図 2 のような検討を行い，仕様を決めた．営巣地全域で利用可能な無線 LAN（ローカルエリアネットワーク）環境を構築し，PC をサーバーとして，




Step1
複数の入力端末を用いるため，入力を行うクライアントとデータベースを持つサーバーを使用．

Step2
最終的にマージを行う場合，同じデーター種別について異なる入力があった際に問題が発生．そのためリアルタイムにデータベースを操作．

Step3
端末側に専用アプリケーションを作成する場合，OS毎にアプリケーションを作成することとなり，作成，改修時のコストが大．使用の際にも事前のインストールが必要．一方Webアプリ形式であればサーバーでのみアプリケーションを作成し端末を問わず使用可能．改修も容易．

図 2　仕様決定までの経緯

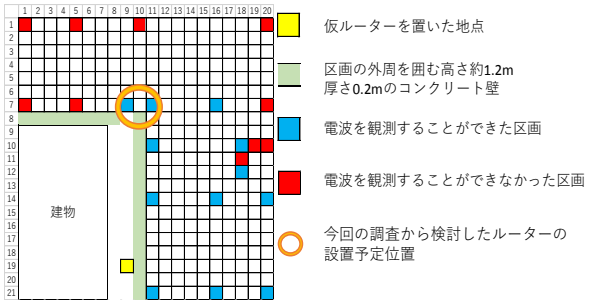



図 3　調査結果並びに，今回の調査から検討したルーター設置位置

アプリケーション並びにデータベースを設置．調査員が持ち歩くデバイスをクライアントとする図 1 のような構成とした．また，アプリケーションは Web アプリ方式を用いることとした．Web アプリケーションとはサーバー側でアプリケーションを動作させ，クライアント側はサーバーとのネットワーク接続とクライアントのデバイス上で実行される Web ブラウザのみでアプリケーションを使用できる仕組みである．

## 4.　電波環境調査

営巣地は屋外であるため電波法の規定により，無線 LAN に利用できる帯域は 2.4GHz 帯に限定される．2.4GHz 帯は遮蔽物による影響を受けづらいが多くの製品で利用されているため場所によっては接続が不安定になる場合があるため，調査を行った．

今回の調査には Raspberry Pi 3 Model b+を仮の無線 LAN として用い，クライアント端末としてスマートフォンを使用．電波観測アプリケーション Air Mac を用いて電波を受信可能かという点と，その他の無線 LAN から受ける電波の強度について調査した．

電波受信の可否については図 3 のような結果となった．無線 LAN からの距離が大きく離れた地点と建物の影となる地点では電波を受信できなかった．また営巣地では他の無線 LAN からの電波は検出されなかった．但し，無線 LAN を使用するクライアントからの電波による干渉については不明である．営巣地全域で電波を受信できるよう，無線 LAN の設置位置を図 3 の位置の高所（地面から約 1～2m の地点）に変更し，仮ルーターより強力な家庭用無線 LAN ルーターを用いることとした．機材が整い次第，再度調査を行う．

## 5.　試作 Web アプリケーション

Web アプリケーション方式では，クライアント側からの HTTP リクエストというデーターの送信要求，並びにデーターの入力に対し，アプリケーションサーバーに置かれているアプリケーションによる

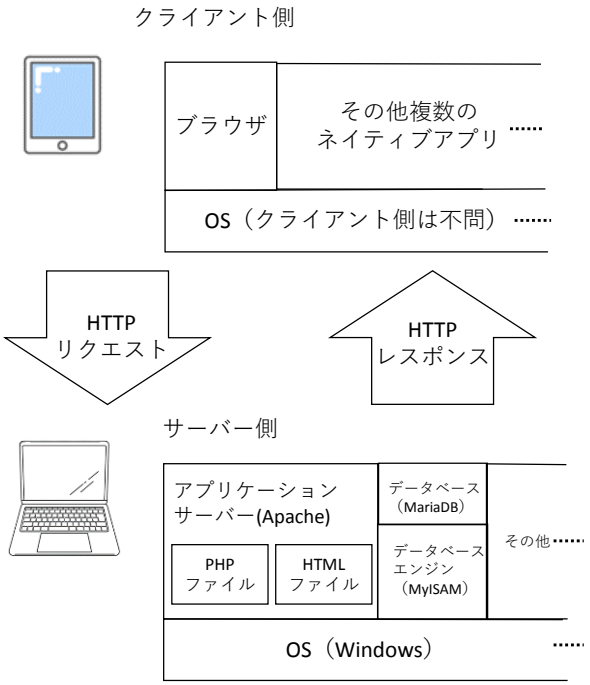



図 4　Web アプリの構成

処理を行い，応答である HTTP レスポンスを返すという流れで動作している．試作したシステムでは，クライアント側で新たな調査データーを入力する場合，クライアントから入力フォーム用 HTML ファイルのリクエストに対し，レスポンスとして帰ってきた入力フォームにデーター入力を行う．入力フォームにはサーバー上においてデータベースに入力を行うコード呼び出しが含まれているため、クライアント上で入力者が入力操作を行うことにより，サーバーのデータベースへと入力を行う事ができる．試作 Web アプリではサーバー上に仮のデータベースを作成し，それに対応した PHP ファイル，HTML ファイルを作成し，クライアントからの無線 LAN を介した接続テストを行い，動作確認を行った．

## 6.　今後の進展

共同研究者が開発している調査専用データベースが完成次第，調査用 Web アプリケーションの開発を行う．また家庭用無線ルーターと，完成した Web アプリケーションを用いて営巣地での調査を行う予定である

## 7.　文献

1)　NPO 法人リトルターン・プロジェクト 2019/11/11　http://www.littletern.net

[連絡先]
齊藤　知臣
e-mail：kazuomi.saito.4n@stu.hosei.ac.jp

C-5-3

# テーマパークにおける写真撮影の体験向上に関する研究

## ーサンリオピューロランドを題材としてー

○坪川 爽子*，吉武 良治*
*芝浦工業大学 UX デザイン研究室

Improvement on User Experience of Photographing in Theme Parks – A Case Study of Sanrio Puroland –

Sawako TSUBOKAWA* and Ryoji YOSHITAKE*
*UX Design Lab, Shibaura Institute of Technology

### 1. 背景と目的

サンリオピューロランドはサンリオのキャラクターが登場するアトラクションやパレード等が楽しめるテーマパークである。以前は子供のみをターゲットにしていたが、ショーやパレードの内容が充実し、近年は「大人も楽しめるテーマパーク」になった。その結果、図 1 に示すように来園者が急増している[1]。ピューロランドでは、女性客を中心に園内での写真撮影を推奨しているが、現地調査から必ずしも満足した写真を撮影できているわけではないことがわかった。そこで現状の写真撮影の体験における問題点や不満、ピューロランド来園者が写真撮影を行う目的を明らかにし、写真撮影の体験向上を目指すこととした。

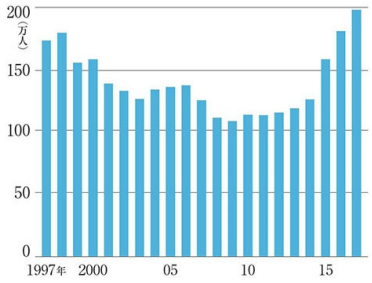



図1 ピューロランド来場者数推移[1]

### 2. 現状調査

#### 2.1 ピューロランドでの来園者属性調査

2019年5月に実施した来園者の属性調査結果を表1に示す。女性2人組の来園者が多いことが分かった。このことから、女性2人組来園客をメインペルソナとして検討を進めることとした。

表1 来園者の属性調査

| 6月10日 | 女10代 | 女20代 | 女30代 | 男20代 | 男40代 | ファミリー |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1人組 | 1 | 7 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 2人組 | 4 | 12 | 3 | 1 | 0 | 2 |
| 3人組 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 4人組 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 合計 | 23 | 31 | 47 | 2 | 2 | 25 |

#### 2.2 テーマパークに来園する目的調査

テーマパークに来園する目的を明らかにするために、大学生30人（男13，女17）にアンケート調査を行った。結果を図2に示す。「1. アトラクション乗り物に乗る」「2. イベントに参加する」「3. ショーを観る」「4. 食事を楽しむ」「5. ショッピングをする」「6. キャラクターと写真を撮る」「7. スポットで写真を撮る」「8. その他」の8項目の中から、テーマパークに来園する目的として当てはまるものを2つ選択してもらった。さらに、このアンケート調査を行った30人のうち、女性2人組としてテーマパークに来園したことがある14人に、その当時の目的を2つ選択してもらった。その結果を図3に示す。テーマパーク来園者全体に対して、女性2人組来園者の目的は「スポットで写真を撮ること」が大きな特徴であることが分かった。このことから、写真撮影の体験向上に取り組むことを目標とした。

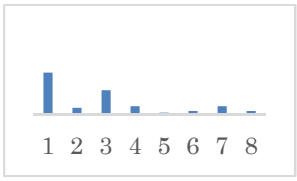



図2 来園者全体の目的

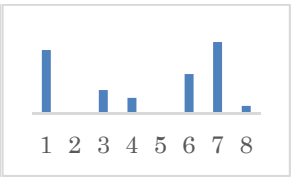



図3 女性2人組の目的

#### 2.3 写真撮影に対する目的調査

来園者の属性別の写真撮影の目的を明らかにするために、大学生26人(男13，女13)に、アンケート調査を行った。結果を図4、図5に示す。「1. 自分で見返すため」「2. 自分と他人で一緒に見返すため」「3. 他人に見せるため」の3項目の中から、当てはまるものを1つ選択してもらった。結果、女性は男性に比べ、他人に見せる目的で写真を撮るという傾向がみられた。

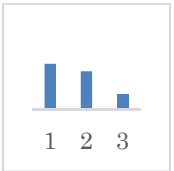



図4 男性の撮影の目的

図5 女性の撮影の目的

### 3. 写真撮影の目的と特徴の調査

#### 3.1 調査概要

女性2人組来園客が写真を撮影する目的を明らかにするために、現地調査を実施した。20歳代の女性2人を実験参加者とし、1人にウェアラブルカメラを装着、更に写真撮影の様子を別のビデオカメラで撮影した。調査には思考発話法を用いた。写真に対する2人の思いを把握、分析する目的で、園内での2人の発話、写真撮影のタイミング、撮影のときの行動、撮影の場所などを記録し、データとして分析した。

### 3.2 結果・考察

発話データの例を図6に示す。発話内容から人を対象として撮影する際、ピューロランドらしさを求めていたこと、他人に撮影を頼んだ写真を後で確認した際、特に不満を感じていたこと等が分かった。

図6 発話データの例（p28, 29）

また女性2人組来園客が写真を撮影する目的を明らかにし、特徴を視覚化するため、数量化Ⅲ類による分析を行った。分析項目は以下8項目とした。

（1）写真撮影時の写真に対する本人の発言量（発言なし、少ない、普通、多い）発話の文字数を0文字、1～40文字、41～80文字、80文字以上に区切り、4項目に分類した。
（2）撮影者（自分、友人、他人（スタッフや周りの来園客））
（3）対象物（物（景色を含む）、自分、友人、自分と友人）
（4）撮影した時の状況（アトラクションに向かう最中、待ち、アトラクション中）
（5）SNSに投稿（した、しない）
（6）複数同じ対象物撮影（した、しない）
（7）フィルター（あり、なし）
（8）対象物との距離（遠い、近い）

分析項目の散布図を図7に、写真の散布図を図8に示す。以下の3つのグループに分類し、考察した。

<u>1．自分が人以外を対象に写真を撮るときの特徴</u>
発言せずに撮影し、SNSにあげる。自分本位の撮影であり一発で好みの写真が撮影できていた。

<u>2．友人に自分の写真を撮ってもらうときの特徴</u>
好みを把握しているため、発言が少ない。満足のいかない写真ができた時には、気軽に話しやすいため、注文多く発言することがある。結果として、満足のいく写真に仕上がっていた。

<u>3．他人に自分と友人の写真を撮ってもらうときの特徴</u>
相手に写真をお願いするため、発言がある。しかし、友人に撮ってもらう時ほど注文ができない。撮影者側は、相手の正解が分からないために複数連写していることが分かった。

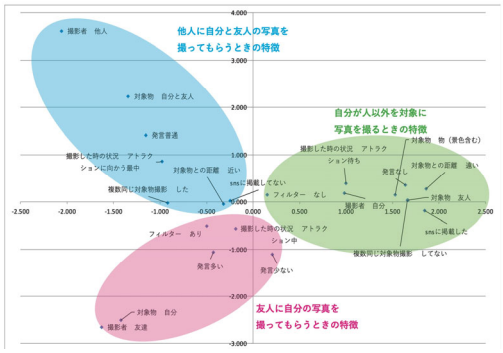



図7 分析項目散布図

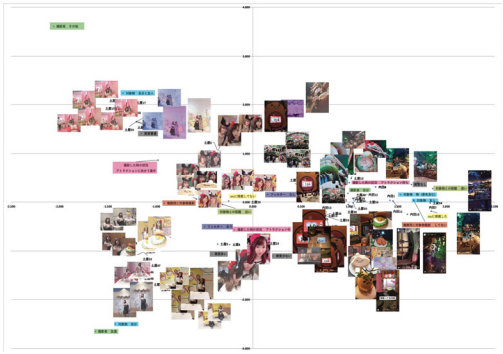


図8 写真散布図

以上から「他人に自分と友人の写真を撮ってもらうとき」に特に不満のある写真が撮影されることが分かった。原因として、撮影を頼む人と撮影する人の双方の写真に対する正解が違うことが課題であると考えられる。

### 4. 課題解決のためのコンセプト作成

課題を解決するためのコンセプトを検討し、以下の2つに絞った。①「写真スポットでの正しい撮り方を提示してくれる」。②「撮ってくれる人に自分が求める写真をすぐに伝えられる」。この2つのコンセプトに対して現地調査での参加者2人による評価を行った。評価の結果から、コンセプト②の「撮ってくれる人に、自分が求める写真をすぐ伝えられる」方が重要であることがわかった。

### 5. 今後の展望

ピューロランド内での他人に撮影してもらう写真スポットを洗い出し、分類する。そして今回の調査の結果を元に各スポットでの解決案を検討し、プロトタイプの作成を行う。作成したプロトタイプに対して評価を行い、改善を実施し最終提案を作成する予定である。

### 6. 文献

1）荻島央江：V字回復に導いた「1 日 12 回」の朝礼, 日経ビジネス, 2019-1.

[連絡先]
坪川　爽子
e-mail：cy16225@shibaura-it.ac.jp

C-5-4

# シズルワードの定量化

○森夏海*，吉武良治*
*芝浦工業大学　UX デザイン研究室

Quantification of sizzle words

Natsumi Mori* and Ryoji Yositake*
* UX Design Lab, Shibaura Institute of Technology

## 1. 研究背景・目的

「もちもち」や「季節限定」などの食のおいしさを表現して飲食の欲求を喚起する言葉は多岐にわたり、これらは総称してシズルワードと呼ばれている。大橋ら[1)]は、味覚・嗅覚に関わるシズルワードを「味覚系」、触覚、聴覚に関わるシズルワードを「食感系」、感覚ではなく知識や認知に関わるシズルワードを「情報系」と3つに分類している。このシズルワードは、食品のイメージに非常に影響があり、商品名や広告のパッケージ、食品を食べた感想等に用いられる。また「カリカリ」や「カリッと」など類似の意味を持つシズルワードは多数存在する。しかし、現在各シズルワードの印象の微細な差異は明らかになっておらず、直感的に使い分けされることが多い。また清水ら[2)]は、オノマトペごとの微細な印象について音象徴性に着目して印象評価システムを構築した。これにより、入力したオノマトペの「明るい-暗い」などの印象評価を行い、定量化することを可能とした。

本研究ではオノマトペではなく、食品に対する表現として用いられるシズルワード、特に食材から感じられる音や様子に焦点を当てることとした。様々なシズルワードが与える食感の種類・印象を明確にし、それらの感覚の程度を定量化することを目的とする。これまで直観的に活用されていたシズルワードに関して、その得られる印象・感覚の程度の大小を明確にし、さらにその感覚量を定量的に示すことができれば、意図した食感を適切に表現することが可能となる。本研究ではそのための指針を示すことを目的とする。

## 2. シズルワードに対するイメージ調査

本研究で用いるシズルワードは、大橋ら[1)]が設定しているシズルワード 351 語から『擬音語・擬態語 4500 日本語オノマトペ辞典』[3)]に記載されたシズルワードを抜粋した 106 語とした。まず、食感の評価軸を設定するために 20 代の学生 8 名に記述式のアンケート調査を行なった。シズルワード 106 語に対して、食に関するそれぞれのイメージや印象について回答してもらった。

アンケートの回答の一部を表 1 に示す。結果として、「あつあつ」「ジューシー」等のシズルワードでは「あつい」「キンキン」「キーン」等のシズルワードでは「冷たい」といったように、温度の表現に関する印象が多く挙げられた。また「ザクザク」「ザクッと」は粗さの印象を与え、「つるつる」「つるり」は滑らかさの印象を与えることがわかった。得られた結果から次の 9 つの評価軸を設定し、研究を進めることとした：
「あたたかさ・熱さ」「冷たさ」「かたさ・やわらかさ」「なめらかさ・粗さ」「つぶつぶ感」「弾力性」「清涼感」「爽快感」「粘着性」。

また、食事をする際の音や様子を表すシズルワードに限定して定量化を行うこととし、これら 106 語のシズルワードがどのような状況で用いられる用語かを分類した。「咀嚼音」「食べる・触れる様子」「食品の見た目」「食品の味」「調理時の音」「食事した際の感情や動作」に分類した中から「咀嚼音」「食べる・触れる様子」の 77 語を抽出し、検討を進める。

表 1 シズルワードに対するイメージ調査結果抜粋

| | シズルワードに対するイメージ・印象 | | | |
|---|---|---|---|---|
| シズルワード | 1 | 2 | 3 | 4 |
| あたたか | 程よい | 暖かい | 暖かい | 暖かい |
| あつあつ | あつい | あつい | あつい | あつい |
| ガリガリ | かたい | かたい | かたい | かたい |
| ゴクッと | 爽快 | 爽快 | 爽快 | 冷たい |
| コリコリ | 粒が小さい | 少し硬い | 柔らかい | かたい |

## 3. 評価軸に該当するシズルワードの選定

シズルワード 77 語のイメージが 9 つの評価軸のどの軸に関連しているかを調査した。実験参加者は 20 代の学生 20 名としアンケート形式で調査を実施した。アンケートでは、77 すべてのシズルワードを提示し、それぞれが 9 つの評価軸の感覚を表現するワードとして用いるか、否かを選択してもらった。今回は 20 名中 14 名以上が選択したシズルワードをその評価軸に属するワードと設定した。各評価軸に該当するシズルワードの例と選択された合計数を表 2 に示す。

## 4. 評価軸ごとのシズルワードの感覚量の調査実験

9 つの評価軸それぞれにおいて選択されたシズルワードの感覚量の大小を探る目的で実験を実施した。実験方法は、マグニチュード推定法を採用した。例えば「あたたかさ・熱さ」では、温度を感じないを 0、「あたたか」という用語を 100 としたときに各シズルワードの点数を申告してもらった（例えば「ジュウジュウ」は 170 等）。実験参加

表 2 9 つの評価軸とシズルワード例

| 評価軸 | シズルワード例 | 計 |
|---|---|---|
| あたたかさ・熱さ | ジュウジュウ、ほかほか | 6 |
| 冷たさ | キーン、キンキン | 7 |
| かたさ・やわらかさ | サクッと、さっくり | 21 |
| なめらかさ・粗さ | ザラザラ、つるっと | 13 |
| つぶつぶ感 | つぶつぶ、ぷちぷち | 3 |
| 弾力性 | ぷるぷる、もちっと | 12 |
| 清涼感 | シュワシュワ、シュワっと | 4 |
| 爽快感 | スーッと、シュワシュワ | 5 |
| 粘着性 | ねっとり、ねばねば | 5 |

者は 20 代の男女 10 名とした。

実験の結果の例を図 1 に示す。「あたたかさ・熱さ」に関しては 6 つのシズルワードが存在し、その点数は軸の左から、じんわりが 76、ほかほか 82、ほくほく 102、ジュワジュワ 116、じゅわー 123.5、ジュウジュウ 166.5 であった。ジュウジュウが最も熱く感じる用語であり、じんわり、ほかほか、ほくほくと高度に有意な差が認められた（$p<0.001$）。しかしその他のシズルワード間には有意な差は認められなかった。また「かたさ・やわらかさ」では、ザクッとよりザクザクの方がかたさを感じるという結果であったが「なめらかさ・粗さ」ではザクザクよりザクッとの方が粗さを感じる結果となった。このことから同じ言葉を繰り返すザクザクのようなシズルワードと繰り返しのないザクッとのようなシズルワードでは、評価結果が近似し、明らかな違いはないと考えられる。

実験では各シズルワードからイメージする食品についての記述も求めた。その結果、じんわりがコーンスープ、ほかほかは米やじゃがバター、ほくほくは焼き芋、ジュワジュワは鉄板上の肉、じゅわーは焼き魚や野菜炒め、ジュウジュウは焼肉やハンバーグ、ステーキ等が挙がった。また、評価軸上のシズルワードの数値は食品によって変化するかという問いに対して、「あたたかさ・熱さ」に関しては、はいが 7 名、いいえが 3 名であり、「魚介類と肉類では数値が変化する」という意見があった。

以上のことから、想定する食品によってシズルワードの感覚量に変化があると考えられるため、今後はさらに食品を限定して定量化を進めていく必要がある。

## 5. 今後の展望

シズルワードの感覚量に関して、個人差はあるものの概ね大小関係を求めることができた。またそれらを尺度化（定量化）できる可能性も認められた。今後は対象食品を明確にして実験を進めることでさらに精度を高めることができると思われる。また、9 つの評価軸にてシズルワードの数が少ない軸「つぶつぶ感」「清涼感」「爽快感」「粘着性」については、追加できるシズルワードを検討するとともに、新たなシズルワードを作成し、食感を適切に表現することにも貢献していきたい。

## 6. 文献


1) 大橋正房：Sizzle Word おいしいを感じる言葉, BMFT 出版部 (2019).
2) 清水裕一郎・土斐崎龍一・坂本真樹：オノマトペごとの微細な印象を推定するシステム，人口知能学会論文誌，第29巻1号, pp.41-52 (2014).
3) 小野正弘：擬音語・擬態語 4500 日本語オノマトペ辞典，小学館 (2007).



[連絡先]
森　夏海
e-mail：cy16240@shibaura-it.ac.jp

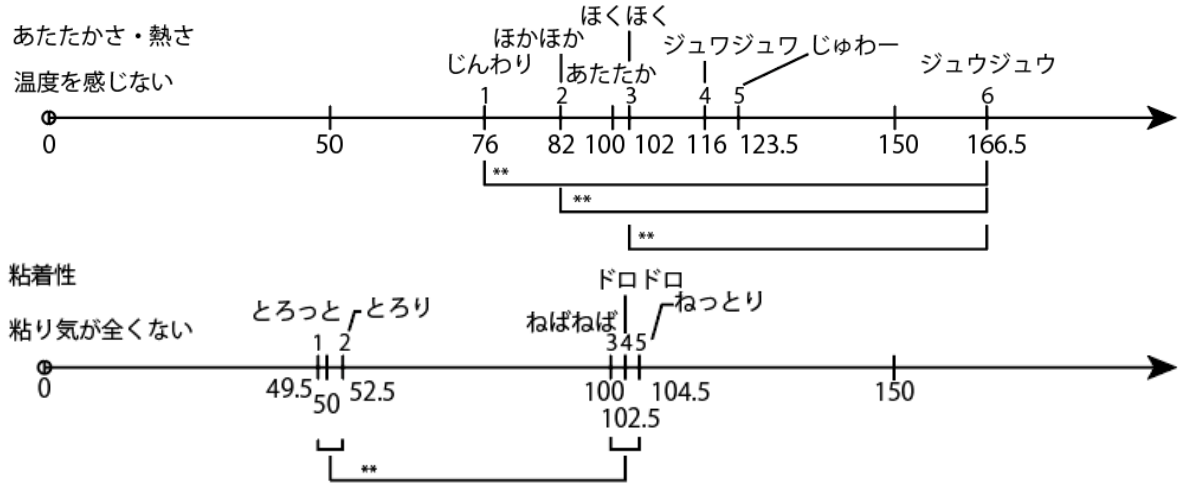




図 1　マグニチュード推定法による評価結果の例

# 大会運営委員会

| | |
|---|---|
| 大会長 | 中本　和宏（千葉工業大学） |
| 委　員 | 今井　宏美（千葉県立保健医療大学） |
| | 國澤　尚子（埼玉県立大学） |
| | 鴻巣　　努　（千葉工業大学） |
| | 松井　真弓（昭和大学） |
| | 松田　文子（大原記念労働科学研究所） |
| | 三澤　哲夫（千葉工業大学） |
| | 水野　有希（日本女子体育大学） |
| | 茂木　伸之（労働安全衛生総合研究所） |
| | 吉村　健志（海上・港湾・航空技術研究所） |
| 運営事務局 | 井出　義之（株式会社ドーモ） |

# 関東支部

| | |
|---|---|
| 支部長 | 矢口　博之（東京電機大学） |

2019 年度
一般社団法人日本人間工学会
関東支部第 49 回大会・第 25 回卒業研究発表会
講　演　集

2019 年 12 月 7 日発行

印刷：㈱山栄社
〒104-0032　東京都中央区八丁堀 3-18-3