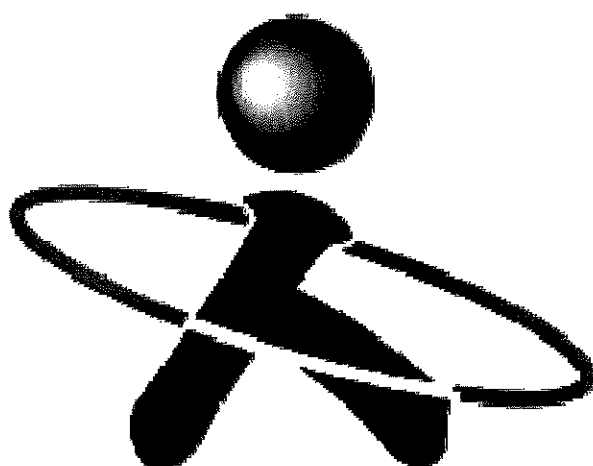


平成 26 年度日本人間工学会
中国・四国支部，関西支部合同大会
講演論文集



会場：岡山県立大学
(〒719-1197)
岡山県総社市窪木 1 1 1
会期：平成 26 年 12 月 13 日（土）

日本人間工学会中国・四国支部

日本人間工学会関西支部

協賛：岡山県立大学

協賛：日本デザイン学会第 4 支部

■ 支部大会運営委員 ■

大会長

西山 修二（岡山県立大学） 前田 節雄（近畿大学）

支部長

岡 久雄（岡山大学大学院） 川野 常夫（摂南大学）

運営委員

大田 慎一郎（岡山県立大学） 齋藤 誠二（岡山県立大学）
穂苅 真樹（岡山県立大学） 益岡 了（岡山県立大学）
山崎 大河（岡山県立大学）
早見 武人（岡山大学大学院） 森若 誠（岡山大学大学院）
小谷賢太郎（関西大学） 新家 敦（(株)島津ビジネスシステムズ）

■ 支部役員（中国・四国支部） ■

支部長

岡 久雄（岡山大学大学院）

副支部長

中村 誠（水産大学校）
西川 一男（マツダ株式会社）

支部幹事

早見 武人（岡山大学大学院）
森若 誠（岡山大学大学院）

支部監査

栗田 雄一（広島大学大学院）
山崎 大河（岡山県立大学）

支部理事（20名）

石原 恵子	石原 茂和	呉 景龍	内野 英治	岡 久雄
栗田 雄一	鈴木 桂輔	田口 豊郁	田中 聡	辻 敏夫
土屋 敏夫	寺内 睦博	中村 誠	西川 一男	農沢 隆秀
藤田 悦則	穂苅 真樹	村田 厚生	山崎 大河	横山 詔常

第48回中国・四国支部大会案内

会 期：2015年12月頃（予定）
会 場：近畿大学工学部
大会長：樹野 淳也 先生

■ 支部役員（関西支部） ■

支部長

川野 常夫（摂南大学）

副支部長

臼井伸之介（大阪大学大学院）

支部顧問

栗岡 豊	桑野 園子	杉山 貞夫	津村 俊弘	中村 敏枝
難波精一郎	西山 勝夫	梁瀬 度子	和多田淳三	

支部評議員

有馬 正和	飯田 健夫	臼井伸之介	大須賀美恵子	梶井 宏修
川野 常夫	神原 正樹	木村 貴彦	久保 博子	桑原 教彰
小谷賢太郎	近藤 雄二	澤島 秀成	篠崎 彰大	渋谷 雄
新家 敦	辻村 裕次	萩原 啓	山岡 俊樹	
朝尾 隆文	岡田 明	奥田 紫乃	才木 常正	篠原 一光
神宮 英夫	田中 眞二	中川 誠司	中迫 勝	畠中 順子
藤原 義久	松波 晴人	道盛 章弘	村井 康二	八木 昭宏
山田 祐仁	志子田繁一	久保 雅義	前田 節雄	

企画幹事

朝尾 隆文	有馬 正和	川野 常夫	木村 貴彦	桑原 教彰
小谷賢太郎	篠崎 彰大	篠原 一光	渋谷 雄	新家 敦
村井 康二	山田 祐仁			

支部会計監査

渋谷 雄（京都工芸繊維大学）
中迫 勝（滋慶医療科学大学院大学）

庶務幹事

宮本 征一（摂南大学）

会計幹事

福井 裕（摂南大学）

平成 27 年度関西支部大会案内

会 期：2015 年 12 月 5 日（土）～6 日（日）（予定）

会 場：大阪府立大学 I-site なんば

大会長：有馬 正和 先生

■ 総合案内 ■

1. 受付（12月13日（土））9:30～

岡山県立大学 学部共通棟（北）ロビー

◇大会参加費（大会事務局にて取り扱います。講演論文集を含みません。）

- ・ 一般：2,000 円
- ・ 学生：無料

◇懇親会参加費（大会事務局にて取り扱います。）

- ・ 一般：3,000 円
- ・ 学生：2,000 円

◇講演論文集代

- ・ 2,000 円

◇昼食：大学内の食堂・購買をご利用ください。

（大学近隣には飲食店がありませんのでご注意ください。

最寄りのコンビニエンスストアにも約 1 km の距離があります。）

◇大会当日緊急連絡先

日本人間工学会中国・四国支部大会事務局

TEL：080-3886-2605（山崎大河）

2. 一般講演

◇日時：10:30～12:00, 15:00～16:45

◇講演時間：一題につき 15 分（講演 12 分，質疑応答 3 分）

◇発表機器：パソコン，液晶プロジェクタ，レーザーポインタ
（パソコンは各自ご持参ください）

3. 特別講演

◇日時：12月13日（土）13:40～14:50

◇場所：学部共通棟（南）2F 8206 大講義室

- ・ 演題：妊婦の交通外傷，研究から見えてきたものー2分野の法制度改正に挑むー
- ・ 講師：青葉レディースクリニック 村尾 寛 氏

4. 支部総会（中国・四国支部）

◇日時：12月13日（土）13:10～13:30

◇場所：学部共通棟（南）2F 8206 大講義室

5. 支部理事会など

＜中国・四国支部理事会＞

◇日時：12月13日（土）12:10～13:00

◇場所：学部共通棟（南）2F 8209 講義室

<関西支部評議員会・役員会>

◇日時：12月13日（土）12:10～13:00

◇場所：学部共通棟（南）2F 8210 講義室

6. 懇親会

◇日時：12月13日（土）17:00～18:30

◇場所：学生会館 1F 食堂

7. 人間工学会アーゴデザイン部会・ビッグデータ人間工学研究部会シンポジウム

◇日時：12月13日（土）15:00～16:30

◇場所：学部共通棟（東）1F 8904 講義室

8. 会場までのアクセス

◇公共交通機関でおこしの方

最寄駅：JR 服部（はっとり）駅

<岡山駅から>

JR 吉備線で「総社行」に乗車。所要時間約 30 分，運賃 320 円。

（「備中高松行」の便もありますが，服部駅は備中高松の 2 駅先となりますので不便です）

JR 吉備線時刻表 （※印：「備中高松」行）

時	岡山駅発（総社方面行）			服部駅発（岡山方面行）	
8	10	36	59	17	46
9	26			12	40
10	17	47※		06	32
11	22	56※		39	
12	44			57	
13	14※	45		（なし）	
14	23	53		03	
15	17	54		02	33
16	21	47		01	32
17	21	50		02	29
18	16	52		04	30
19	23	51		02	33
20	32			32	

・岡山駅より JR 伯備線にて総社まで行き、総社から JR 吉備線に乗り換える
ことでも行くことができます（所要時間約 40 分、運賃 580 円）。

・JR 吉備線および JR 伯備線（総社まで）はスマート IC 乗車券（イコカ等）の
利用可能区間となります。

・JR 服部駅より徒歩約 5 分。

駅出口を出て岡山方面（右方向）へと線路沿いに歩き、最初の踏切を渡り、
さらに線路沿いに岡山方面へと歩くと岡山県立大学西門が見えます。

大学構内に入りましたら、予稿集掲載の大学内案内図および現場の掲示を確認
のうえ、会場までおこしください。

◇お車でこしの方

山陽自動車道「岡山 JCT」より岡山自動車道に入り、「岡山総社 IC」で下りてく
ださい。「岡山総社 IC」より車で約 5 分。（大学正門より入り、空いている駐車場
を自由にお使いください。会場に近いのは南側か西側の駐車場です。ゲートのあ
る北側の駐車場はお使いいただけません。不明点は正門横の守衛所にてお尋ねく
ださい。）

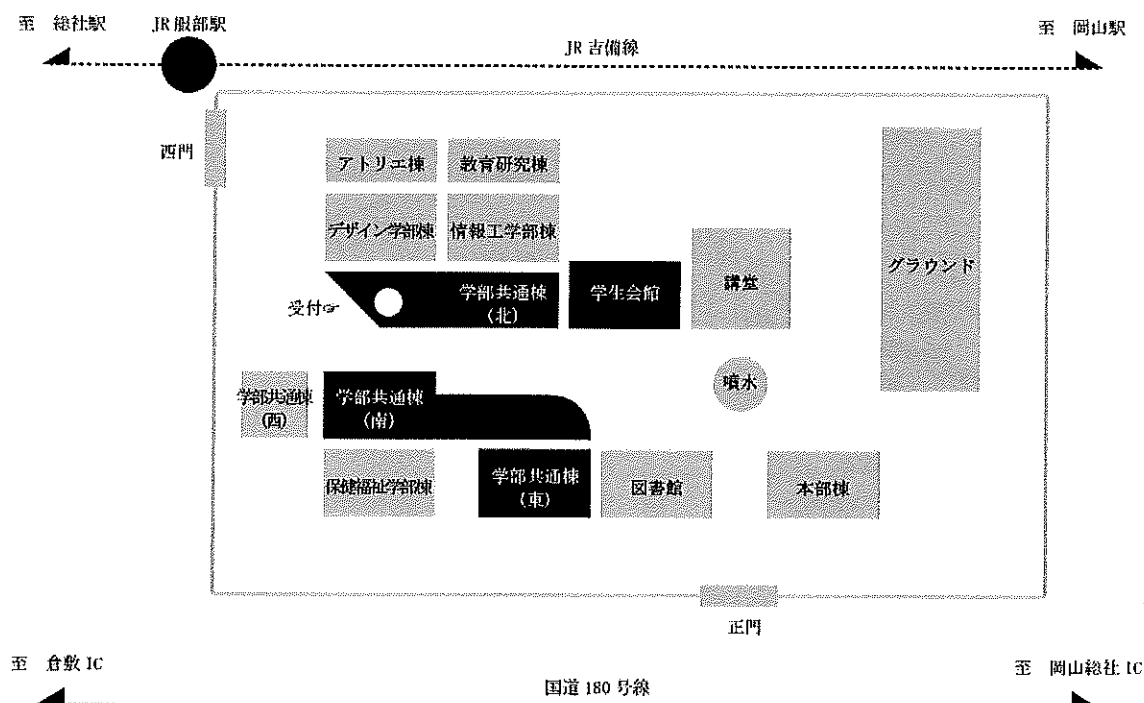


会場周辺地図（広域）



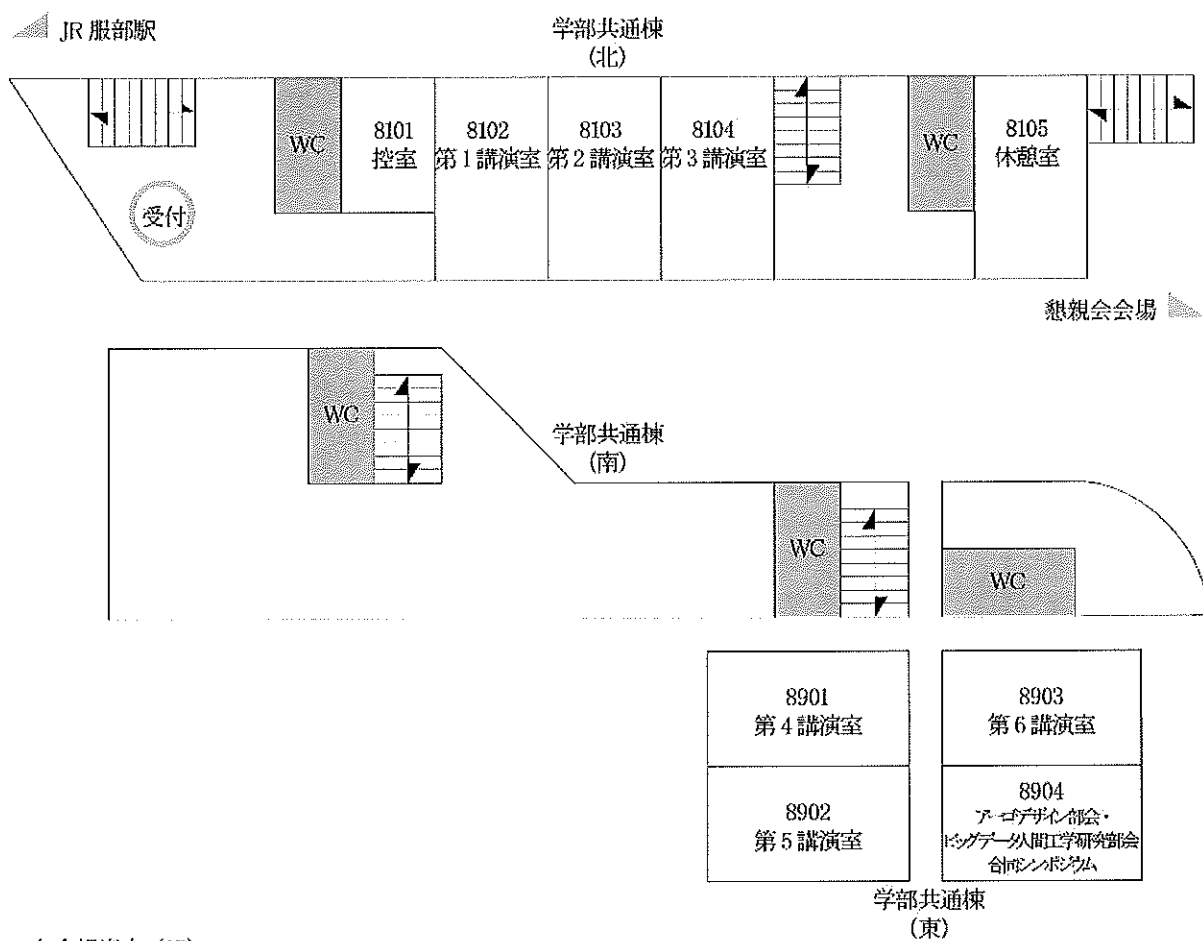
会場周辺地図

9. 会場案内図

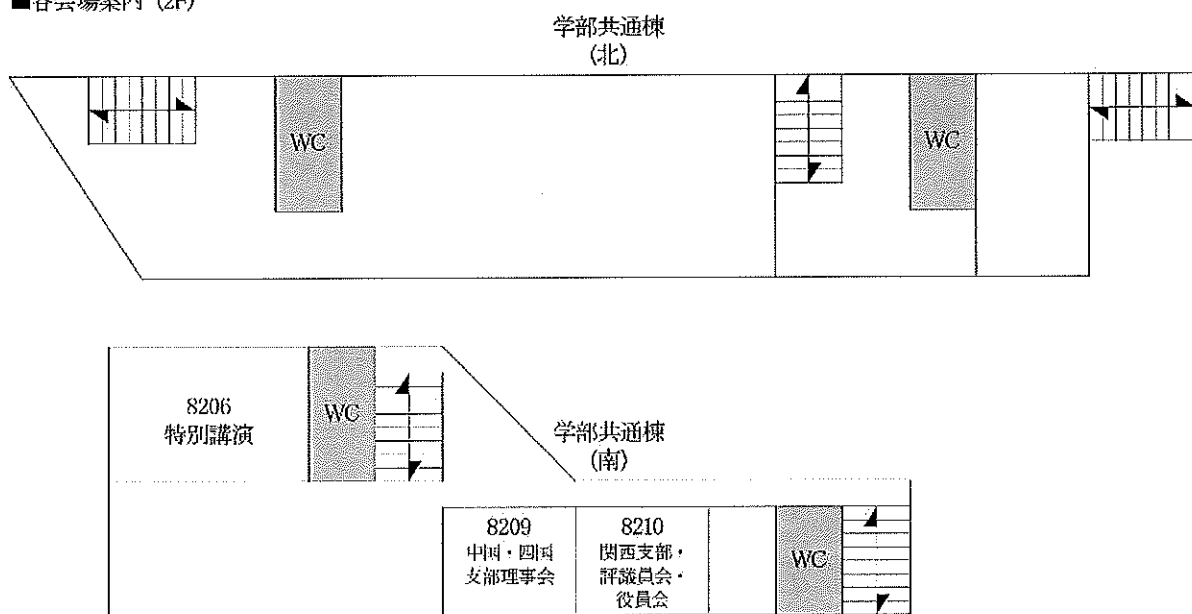


岡山県立大学構内マップ

■各会場案内 (1F)



■各会場案内 (2F)



岡山県立大学 学部共通棟 (北), 学部共通棟 (南) マップ

■タイムテーブル■

	第1講演室 (学部共通棟 北) 1F 8102 講義室	第2講演室 (学部共通棟 北) 1F 8103 講義室	第3講演室 (学部共通棟 北) 1F 8104 講義室	第4講演室 (学部共通棟 東) 1F 8901 講義室	第5講演室 (学部共通棟 東) 1F 8902 講義室	第6講演室 (学部共通棟 東) 1F 8903 講義室	学部共通棟 (南) 2F 8209 講義室	学部共通棟 (南) 2F 8210 講義室
9:30～	登録受付：岡山県立大学 学部共通棟 (北) ロビー							
10:30～ 12:00	自動車 人間工学Ⅰ (6件) 司会：森若誠 (岡山大学大学院)	自動車 人間工学Ⅱ (6件) 司会：鈴木桂輔 (香川大学)	自動車 人間工学Ⅲ (5件) 司会：石原茂和 (広島国際大学) 11:45 終了	人間工学と その応用Ⅰ (6件) 司会：西川一男 (マツダ株式会社)	人間工学と その応用Ⅱ (6件) 司会：小谷賢太郎 (関西大学)	人間工学と その応用Ⅲ (6件) 司会：岡田明 (大阪市立大学)		
12:10～ 13:00								
13:10～ 13:30	中国・四国支部 支部総会 (学部共通棟 (南) 2F 8206 大講義室)							
13:40～ 14:50	特別講演 演題：妊婦の交通外傷，研究から見えてきたもの -2分野の法制度改正に挑む- 講師：村尾 寛 氏 (青葉レディースクリニック) 司会：西山 修二(岡山県立大学) (学部共通棟 (南) 2F 8206 大講義室)							
15:00～ 16:45	人間工学と その応用Ⅳ (7件) 司会：中村誠 (水産大学校)	人間工学と その応用Ⅴ (7件) 司会：桑原教彰 (京都工業繊維大学) 司会：志子田繁一 (川崎重工業)	生体工学と その応用Ⅰ (7件) 司会：藤田悦則 (デ・パウル・リッパ)	生体工学と その応用Ⅱ (7件) 司会：臼井伸之介 (大阪大学)	ユーザビリティ・ 技能・運動Ⅰ (5件) 司会：村田厚生 (岡山大学大学院)	ユーザビリティ・ 技能・運動Ⅱ (6件) 司会：寺内隆博 (広島国際大学)	アーゴ・ビッグ シンポジウム (学部共通棟 (東) 1F8904 講義室)	
17:00～ 18:30	懇親会 (岡山県立大学学生会館 1F 食堂)							

■ プログラム ■

特別講演 学部共通棟（南）2F 8206 大講義室
(13:40 ~ 14:50)

講師：村尾 寛 氏(青葉レディースクリニック)

演題：妊婦の交通外傷, 研究から見えてきたもの
ー2分野の法制度改正に挑むー

司会：西山 修二(岡山県立大学)

人間工学会アーゴデザイン部会
ビッグデータ人間工学研究部会シンポジウム

学部共通棟（東）1F 8904 講義室 (15:00~16:30)

相野谷威雄（ヴィー・ディー・エス株式会社）

岡田明（大阪市立大学）

上田義弘（富士通デザイン株式会社）

《一般演題》

■ 第1講演室（学部共通棟（北）1階 8102 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

10:30～12:00 自動車人間工学 I（6件）

司会：森若誠（岡山大学大学院）

- C101 幾何制約を利用したパーティクルフィルタによる車線境界線推定
○寺内睦博，王理（広島国際大学）
- C102 オプティカルフローの湧出点を用いた走行方向の検出と利用
○寺内睦博，吉村恭一（広島国際大学）
- C103 行動指標を従属変数とした回帰モデルによる客観的覚醒水準低下予測の試み
○福田康平，村田厚生（岡山大学大学院自然科学研究科）
- C104 行動指標によるドライバの心理的覚醒水準低下の予測
○内藤賢輔，村田厚生（岡山大学大学院自然科学研究科）
- C105 騒音環境下での聴覚警報と触覚警報の有効性に関する研究
○黒田喬，村田厚生（岡山大学大学院自然科学研究科）
- C106 背圧・足圧計測に基づくドライバーの眠気予測に関する研究
○中塚輝，村田厚生，森若誠（岡山大学大学院自然科学研究科）

■ 第1講演室（学部共通棟（北）1階 8102 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

15:00～16:45 人間工学とその応用Ⅳ（7件）

司会：中村誠（水産大学校）

K101 船舶運航シミュレータにおけるチェックリスト課題が覚醒水準に与える影響

○小西宗 1, 洸真輝 1, 臼井伸之介 2, 山田健太 2, 藤本昌志 1, 廣野康平 1
（1 神戸大学大学院海事科学研究科, 2 大阪大学大学院人間科学研究科）

K102 タッチパネル搭載モバイル機器のサイズに応じた手の動作解析

○高島実穂, 松延拓生, 満田成紀, 福安直樹, 鯨坂恒夫
（和歌山大学システム工学部）

C107 芳香を用いた認知症のスクリーニング手法に関する研究

○小林宙, 鈴木桂輔（香川大学）

C108 音楽聴取によるストレス軽減および脳活動鎮静化の効果分析

○田所克俊, 鈴木桂輔（香川大学）

K103 パッケージデザインにおける高級感と物理特徴量に関するモデル構築

○李奈栄 1, 武藤和仁 1, 白岩史 1, 飛谷謙介 1, 中島加恵 1, 片平建史 1,
長田典子 1, 岸野文郎 1, 荷方邦夫 2, 荒川薫 3, 石井敢歩 4, 築山文彦 4,
小林伸次 4
（1 関西学院大学, 2 金沢美術工芸大学, 3 明治大学, 4 株式会社コーセー）

C109 ISO2631-1 を用いた車両の乗り心地評価

ー路面電車における 3 軸加速度測定例ー
○樹野淳也, 前田節雄（近畿大学）

K104 骨伝導ヘッドフォンとノーマルヘッドフォン等での音楽受聴時における外部信号のスピーチ明瞭度の比較評価

○前田節雄（近畿大学総合社会学部）

■ 第2講演室（学部共通棟（北）1階 8103 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

10:30～12:00 自動車人間工学Ⅱ（6件）

司会：鈴木桂輔（香川大学）

- K201 救急搬送データにおける6歳から12歳児童の事故の分析
○岡真裕美，安達悠子，中井宏，臼井伸之介（大阪大学大学院）
- C201 体表脈波を用いたドライバーの体調推定法
○堀川正博 1，内川竜一 1，小倉由美 1，藤田悦則 1，村田幸治 2，亀井勉 3，金子成彦 4，吉栖正生 5
（1 株式会社デルタツーリング，2 山陽学園大学大学院看護学研究科，3 長崎大学産学連携戦略本部，4 東京大学大学院工学系研究科，5 広島大学大学院医歯薬保健学研究院）
- C202 衝突防止運転支援システムを搭載したマイクロEVの開発
○PHUONG DUY HIEU，鈴木桂輔（香川大学）
- C203 ドライバ操作量に基づく速度抑制システムの開発
○宮崎昌也，鈴木桂輔（香川大学）
- C204 低騒音パワーシートの開発と異音定量化手法の提案
○内山隆夫 1，梅崎幾世紀 1，小倉由美 1，藤田悦則 1，金子成彦 2
（1 株式会社デルタツーリング，2 東京大学大学院）
- C205 長時間着座のための姿勢支持法の提案
○平本裕太 1，延廣良香 1，小倉由美 1，藤田悦則 1，辻敏夫 2，金子成彦 3，長町三生 4
（1 株式会社デルタツーリング，2 広島大学大学院工学院研究科，3 東京大学大学院工学系研究科，4 広島大学名誉教授）

■ 第2講演室（学部共通棟（北）1階 8103 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

15:00～16:45 人間工学とその応用V（7件）

司会：桑原教彰（京都工芸繊維大学）、志子田繁一（川崎重工業）

- C206 文字書体がヒトの情報処理過程に及ぼす影響
○野村駿介，大山剛史，迫明仁（岡山県立大学）
- K202 マンモグラフィ検査用中国手話のアニメーションに関する研究
○許諾，森本一成，桑原教彰（京都工芸繊維大学大学院）
- C207 自転車ペダリング運動における左右肢を考慮した関節トルクのばらつきの解析
○田口恵理 1，山崎大河 2，忻欣 2
（1 岡山県立大学大学院，2 岡山県立大学情報工学部）
- C208 音声対話における瞳孔反応を表現する CG キャラクタの開発
○村上和輝 1，瀬島吉裕 1，佐藤洋一郎 1，神代充 2，渡辺富夫 1
（1 岡山県立大学，2 富山大学）
- K203 時系列感性評価による映像の3Dらしさ
○神宮英夫，犀川隼，伊丸岡俊秀（金沢工業大学）
- K204 タッチパネル端末操作時の振動認識の傾向に関する調査
○別所直哉，益田雄司（京都工芸繊維大学大学院）
- C209 VR 感性評価・感性工学システムの構築と照明の感性評価への応用
○増田元気 1，石原茂和 2，松原達郎 3
（1 広島国際大学大学院心理科学研究科，2 広島国際大学，3 香川短期大学）

■ 第3講演室（学部共通棟（北）1階8104講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

10:30～11:45 自動車人間工学Ⅲ（5件）

司会：石原茂和（広島国際大学）

- C301 力学特性が制御可能なエアクッションを搭載した自動車用シートの開発
○石飛克裕，西山修二，大田慎一郎（岡山県立大学）
- C302 体表脈波を用いた睡眠時無呼吸症候群患者の生体リズムに関する解析事例
○中島可南子 1，延廣良香 1，小倉由美 1，藤田悦則 1，村田幸治 2，亀井勉 3，金子成彦 4，吉栖正生 5
（1 株式会社デルタツーリング，2 山陽学園大学大学院看護学研究科，3 長崎大学産学連携推進本部，4 東京大学大学院，5 広島大学大学院）
- C303 体表脈波を用いたあくびの捕捉法に関する研究
○山本献造 1，小島重行 1，小倉由美 1，藤田悦則 1，村田幸治 2，亀井勉 3，金子成彦 4，吉栖正生 5
（1 株式会社デルタツーリング，2 山陽学園大学大学院看護学研究科，3 長崎大学産学連携推進本部，4 東京大学大学院工学系研究科，5 広島大学大学院医歯薬保健学研究院）
- C304 ばね要素を積層したシートの振動特性
○朝居輝三 1，小島重行 1，小倉由美 1，藤田悦則 1，金子成彦 2
（1 株式会社デルタツーリング，2 東京大学大学院）
- C305 反力知覚特性に基づく自動車操作機器特性に関する考察
○山田直樹 1，竹村和絃 1，新部忠幸 1，岸篤秀 1，西川一男 1，農澤隆秀 1，栗田雄一 2，辻敏夫 2
（1 マツダ株式会社，2 広島大学大学院）

■ 第3講演室（学部共通棟（北）1階 8104 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

15:00～16:45 生体工学とその応用 I（7件）

司会：藤田悦則（株式会社デルタツーリング）

C306 指先振動感覚閾値の一時的閾値移動を用いた防振手袋の着用と非着用時における手腕振動ばく露の人体影響の評価

○横田和樹 1, 平雄一郎 1, 樹野淳也 2, 前田節雄 2

（1 アトム株式会社, 2 近畿大学）

C307 日射曝露時間が人体の温熱状態および生理反応に及ぼす影響

○竹谷翔平 1, 島崎康弘 2, 野津滋 2

（1 岡山県立大学大学院, 2 岡山県立大学情報工学部）

C308 筋負担度のリアルタイム可視化システムの構築

○岸下優介, 辻敏夫, 栗田雄一（広島大学）

K301 個人由来の呼吸周期に基づいた呼吸統制によるリラックス状態への誘導

○岩本直人, 萩原啓（立命館大学情報理工学部）

K302 注意資源量配分の違いにおける身体動作および顔情報の特徴差異

○長澤大志, 萩原啓（立命館大学情報理工学部）

K303 生体由来リズムを有する音刺激と振動刺激の複合刺激による生理的効果

○竹内宏輔, 萩原啓（立命館大学情報理工学部）

C309 上腕への振動刺激による運動錯覚現象の特性

○松澤卓実 1, 和田太 2, 和田親宗 1

（1 九州工業大学大学院生命工学研究科, 2 産業医科大学医学部）

■ 第4講演室（学部共通棟（東）1階 8901 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

10:30～12:00 人間工学とその応用Ⅰ（6件）

司会：西川一男（マツダ株式会社）

- C401 コンパチビリティを考慮した視線入力における最適なスクロール方法
○高岸佑典，村田厚生，森若誠（岡山大学大学院自然科学研究科）
- C402 聴覚障害者のための報知・警告システムの開発
○沖俊典 1，穂苅真樹 2（1 岡山県立大学大学院，2 岡山県立大学）
- C403 物体の表面特性の違いによる指先接触面の変化に関する考察
○荒川剛 1，中原昭 2，鎌水清隆 2，高橋雅人 2，辻敏夫 1，栗田雄一 1
（1 広島大学，2DIC 株式会社）
- K401 ヴィジランス課題における会話の影響：認知的負荷に着目して
○山田健太，臼井伸之介（大阪大学大学院）
- C404 直感的インタフェースデザインの設計論の研究
○井上勝雄 1，広川美津雄 2，岩城達也 1，加島智子 3
（1 広島国際大学，2 東海大学，3 近畿大学）
- C405 色彩によるフグ肉の鑑別モデル
○鴻上健一郎，中村誠，太田博光，徳永憲洋（水産大学校）

■ 第4講演室（学部共通棟（東）1階 8901 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

15:00～16:45 生体工学とその応用Ⅱ（7件）

司会：臼井伸之介（大阪大学）

- K402 ダイナミックタッチによる棒の長さ知覚
ー棒の静止保持中の振動と触覚の影響の調査ー
○北川敬三，小谷賢太郎，鈴木哲，朝尾隆文（関西大学）
- C406 状態遷移四期仮説に基づく心身状態推定法に関する研究
○今井宏輔，立和名慎一，鈴木桂輔（香川大学）
- K403 ひずみゲージによる心拍計測の試み
○荒木大翔，有馬正和（大阪府立大学）
- C407 上肢の二関節筋の左右差に関する研究
○池田大典，大山剛史，迫明仁（岡山県立大学情報工学部）
- K404 採血実施時における看護師と患者の脳波の同調現象
○川野常夫，真嶋由貴恵，前川泰子，片桐真子，石亀篤司，岸田直久
（摂南大学）
- K405 運針練習が脳機能に及ぼす影響
○藤本祐子 1，大森正子 2
（1 神戸女子大学大学院，2 神戸女子大学家政学部）
- K406 浴室空調による送風が入浴時の快適性に及ぼす影響
○縄槇一郎 1，片平建史 1，長田典子 1，平田清子 2，安永望 2
（1 関西学院大学理工学部／感性価値創造研究センター，2 三菱電機株式会社先端技術総合研究所）

■ 第5講演室（学部共通棟（東）1階 8902 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

10:30～12:00 人間工学とその応用Ⅱ（6件）

司会：小谷賢太郎（関西大学）

- C501 「癒し」「医やし」としての海浜セラピーの紹介
○姫澤孝典，大塚彰，和田弘樹，高宮尚美，梅井凡子，田中聡
（県立広島大学保健福祉学部）
- K501 小学校における安全教育プログラム「校内版ひなどり」の実践
○中井宏，岡真裕美，臼井伸之介（大阪大学大学院人間科学研究科）
- C502 視線入力における Fitts の法則とターゲットの表示方向・縦横比との関係
○福永大地，村田厚生，森若誠（岡山大学大学院自然科学研究科）
- K502 蛍光ペンによるマーキングの有無が及ぼす学習効果に関する一考察
○西村浩樹 1，桑原教彰 2
（1ARC EDU 株式会社，2 京都工芸繊維大学大学院）
- C503 走行条件が幼児二人同乗用自転車の振動特性に及ぼす影響
○篠原大樹 1，大田慎一郎 2，西山修二 2
（1 岡山県立大学大学院，2 岡山県立大学）
- K503 タッチパネルにおける操作反応音の有効性の検証
○今井将太 1，和氣早苗 2，光本恵 1，長田典子 1
（1 関西学院大学理工学部／感性価値創造研究センター，2 同志社女子大学
学芸学部／関西学院大学感性価値創造研究センター）

■ 第5講演室（学部共通棟（東）1階 8902 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

15:00～16:15 ユーザビリティ・技能・運動Ⅰ（5件）

司会：村田厚生（岡山大学大学院）

C504 機能性アンダーウェアの補助効果が歩行運動に与える影響の考察

○高橋啓太 1, 小川和徳 2, 門脇章人 2, 島谷康司 3, 長谷川正哉 3, 辻敏夫 1, 栗田雄一 1

（1 広島大学, 2 ダイヤ工業株式会社, 3 県立広島大学）

C505 作業者に合った操作性の良い手袋の開発

ー作業用手袋の違いによる上肢負荷の測定ー

○後藤利孝 1, 西本淳一 1, 平雄一郎 1, 石原恵子 2, 石原茂和 2

（1 アトム株式会社, 2 広島国際大学）

C506 換気量および充填率がシューズ内温熱環境に与える影響

○村田雅明 1, 島崎康弘 2, 野津滋 2

（1 岡山県立大学大学院, 2 岡山県立大学）

K504 着物と帯合わせの自動化の研究 ー和装についての意識調査ー

○小溝久美子, 桑原教彰, 森本一成（京都工芸繊維大学大学院）

K505 帯の軽量化による締めやすさの向上、着物着用時の疲労軽減を目指して

○加納将資 1, 桑原教彰 2, 濱田泰以 2

（1 株式会社加納幸, 2 京都工芸繊維大学）

■ 第6講演室（学部共通棟（東）1階 8903 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

10:30～12:00 人間工学とその応用Ⅲ（6件）

司会：岡田明（大阪市立大学）

K601 時間的圧迫感が単調作業、認知判断能力に及ぼす影響と生理的变化の特徴抽出

○薮亀順平，萩原啓（立命館大学情報理工学部）

C601 発泡ゴムの作製プロセスとライフサイエンス領域への応用

○井手真郷 1，野津滋 2，辻博明 2，島崎康弘 2

（1 岡山県立大学大学院，2 岡山県立大学）

K602 立体映像・音響視聴による生理・心理効果

○佐竹秀一，萩原啓（立命館大学情報理工学部）

C602 小型魚類の呼吸波を用いたオンラインカメラレス行動解析システム

○藤澤昂征 1，曾智 1，平野旭 2，栗田雄一 1，辻敏夫 1

（1 広島大学，2 呉工業高等専門学校）

C603 車いす移乗における要介護者の快適性について

－介護者と要介護者の頭部の上下動－

廖夢圓 1，○吉川貴士 2，鈴木啓司 2，濱田泰以 1

（1 京都工芸繊維大学，2 新居浜工業高等専門学校）

C604 てんかん発作診断支援のための乳児モニタリングシステム

○尾倉侑也 1，中島翔太 1，右田涼 1，早志英朗 1，曾智 1，芝軒太郎 2，島谷康司 3，竹内章人 4，中村信 4，奥村彰久 5，栗田雄一 1，辻敏夫 1

（1 広島大学，2 茨城大学，3 県立広島大学，4 岡山医療センター，5 愛知医科大学）

■ 第6講演室（学部共通棟（東）1階 8903 講義室）

※講演番号先頭のアルファベットは、Kは関西、Cは中国・四国支部を示す

15:00～16:30 ユーザビリティ・技能・運動 I（6件）

司会：寺内睦博（広島国際大学）

C605 利用者の誘目性を高める環境デザイン

○田中翔太郎，大山剛史，滝本裕則，迫明仁（岡山県立大学情報工学部）

C606 書字運動の利き手交換を促進する補助具の検討

○大森貴裕，大山剛史，迫明仁（岡山県立大学）

C607 経路点を用いた書字・描画運動モデルの検討

○葛間大樹，大山剛史，迫明仁（岡山県立大学）

C608 折れ曲がり機構付きロフトランドクラッチ杖による立ち上がり動作補助
の検討

○中西宣夫 1，池田諭紀 1，石原茂和 1，佐々木久登 1，森中茂 2
（1 広島国際大学，2（有）シヨミ義肢製作所）

C609 物理機能モデルによる三次元両端質量柔軟はりの開発と人体へ応用

○中岡広志，西山修二，大田慎一郎（岡山県立大学大学院）

C610 認知的バイアスによる意思決定の歪みと事故の関連性

○中村智子，村田厚生（岡山大学大学院自然科学研究科）

特別講演

妊婦の交通外傷、研究から見てきたもの

- 2 分野の法制度改正へ挑む -

Traffic injury of pregnant women, what has been found through the research

-My challenge to the legal revision of two fields -

村尾 寛(青葉レディースクリニック)

Hiroshi Murao (Aoba Ladies Clinic)

＜道路交通法施行令の改正に挑む＞

1996 年 9 月深夜、交通事故の妊婦が救命救急センターに搬入された。乗用車を運転中、交差点で側面から衝突されたという。当時沖縄県立中部病院の当直医だった私は、午前 4 時から外科と緊急開腹と帝王切開を行った。開腹所見は肝臓裂傷、脾臓裂傷、常位胎盤早期剥離で、児は妊娠 35 週、2794g 男児、Apgar 5-8 点で NICU 入院となった。

事故時本人はシートベルトを装着していなかった。2 日前迄は装着していたのだが、事故の前日に警察の検問で「妊婦はシートベルトをしないでよいのだからはずすように」と言われたので外したという。そんな馬鹿な!

後日、地元の警察署に出向いた私に、担当者は六法全書を指し示しながらこう言った。「道路交通法施行令第 26 条という法令により、妊婦は選挙カーや救急車の怪我人などと並んでシートベルトの除外項目に入っている。だから装着しなくてよいのですよ」と。

1997 年京都の伊藤将史医師らが中心となって、チャイルドシートの法制化を呼びかける NGO「子供の安全ネットワークジャパン」が設立された。私はすぐに入会すると共に伊藤医師に直接お会いして、妊婦のシートベルトの法制化も必要である旨訴えた。

1998 年「子供の安全ネットワークジャパン」の仲間は、警察庁や政治家への陳情に奔走していた。秋のある日、新任の警察庁長官がトップダウンでチャイルドシート法制化の号令をかけた(らしい)。法案は学識経験者審議会⇒政府原案⇒自民党政調会⇒国会運輸委員会⇒国会予算委員会⇒衆議院本会議⇒参議院本会議と、巨大な岩の扉のような関門を、あれよあれよというまに通過した。我々はあっけにとられて報道を追ったものだった。

1999 年 4 月、日本産科婦人科学会誌に妊婦の交通外傷に関する、本邦最多症例数の論文を発表し、シートベルトの必要性を訴えた。医師からの反響は絶無だったが、マスコミからの取材が入るようになった。何度も全国紙に掲載された。全国紙に掲載されるとその日は一日中、全国の読者からの果てしの無い問い合わせの電話が鳴りつづけ、その日は仕事が全く出来なくなった。

2000 年 5 月、「子供の安全ネットワークジャパン」のシンポジウムが東京で開催され、伊藤医師のご好意で、シンポジストとして妊婦のシートベルトの法案化の必要性を訴えることができた。これを契機に自動車メーカー、モータージャーナリストといった関連業界の人々にも知り合いが出来た。

転機が訪れたのは 2001 年 3 月モータージャーナリスト、加藤久美子氏からの電話だった。私の論文を読んだのを契機に、妊婦のシートベルトに関する団体を設立したいので協力してほしいという。4 月 26 日東京の日本記者クラブで「妊婦のシートベルト着用を推進する会」の発起人の一人として、他の発起人と共に記者会見を行い、生まれて初めて記者のフラッシュを浴びた。一か月後、この模様が紹介された雑誌が、書店の店頭に並んだ。「JAF メイト」「暮らしの手帖」誌にも特集記事が掲載された。その後、この会のホームページを公開した。

2001 年 11 月、モータージャーナリストの清水和夫氏の呼びかけで、トヨタの本社で自動車業界の関係者が一堂に会してのセミナーが行われた。私が講義したが、いろいろなメーカーの安全技術の担当者と面識ができた。

2002 年 7 月、中京テレビから出演依頼があり、生まれて初めてテレビに出演した。この

頃から、毎年マタニティ雑誌で妊婦のシートベルト特集をやるようになり、依頼されて特集記事の監修を行うようになった。

2006年、二度目の転機が訪れた。当時医師不足で産科病棟が閉鎖されていた沖縄県立北部病院へ、防衛医大から医師が派遣される事になり、派遣医である松田秀雄講師が表敬訪問にみえて面識ができた。半年後に松田講師から電話があり、今度、産婦人科学会で「産科診療ガイドライン」を作ることにになり、その中にシートベルトの項目を設けることになった。松田講師が執筆担当になったので、私の書いた論文を全部欲しい、との依頼だった。後日松田講師から、ガイドライン編集会議ではシートベルトの項目を無修正で掲載させるべく、机をたたいて大演説を行って、危ういところを掲載に持ち込んだと教えられた。

2008年4月何気なくテレビニュースをつけると、産婦人科学会長が「産科ガイドライン」発表の記者会見を行っていた。しかし多岐にわたるガイドラインの中で、何故かシートベルトの項目だけが注目され、学会長が記者達の質問の嵐を浴びていて大いに愉快だった。

ガイドラインの発刊を知った代議士の高木美智代氏が強い関心を持って政治活動し始めた。そして「推進する会」の仲間が、国会議員達の勉強会に呼ばれてレクチャーを行った。

ついに2008年6月第169国会内閣委員会に於いて、政府答弁として警察庁交通局長より方針の見直しが明言された。10月、警察庁より妊婦のシートベルト装着推進の実施要綱が公表された。12月には、警察庁・産婦人科学会が合同で妊婦シートベルト着用推進のポスターを作成し、全国の産婦人科医に配布した。2012年度からは、厚労省通達により妊婦健診に用いる「母子健康手帳」にも、図入りでシートベルト着用法が掲載されるようになった。

こうして私一人の問題意識から始まった活動は、遂に政府の方針転換をもたらした。

＜妊婦シートベルトの現状と課題＞

平成10年と25年の交通統計を比較すると、妊婦の自動車乗車中事故による推定負傷者は9004人から6666人と26%減少なのに対し、死亡者は27.8人から4.3人へと85%減少しており、妊婦死亡の削減という目標は達成されつつある。一方で産科的合併症は年間推定約

2000名、胎児死亡は推定667名であり、こちらの削減が次なるテーマであろう。

一方、世界的な流れとしてはIT化の進歩に伴い（縦割り行政の日本では考えられない事だが）警察の交通事故データと病院カルテのデータがリンクされ、妊婦交通事故の全数調査の報告が行われるようになってきた。これにより妊婦の交通事故が、実数で1.0-2.8%の割合で発生している事が明らかになった。

また、現行のエアバッグは成人男性をモデルに作られているためか、母体救命には役立つものの胎児の救命には疑問符がつくようになっており、改善の余地が指摘されている。

更に妊婦独自のシートベルト装着法の教育がきちんとなされていないこともわかってきた。医師よりも妊婦と接する機会が密な助産師や保健師との連携が提言されている。

＜Pregnancy-Related Death(WHO)統計の導入に挑む＞

厚労省発表の「妊産婦死亡統計」ではこの数年の妊産婦死亡は35-53名である一方、東日本大震災での妊産婦の死者・行方不明者は推定46人である。この46人は、「妊産婦死亡統計」には現れない。なぜならば現行のWHO統計の定義では「不慮または偶発の原因によるものを除く」となっているからである。

日本の全妊産婦死亡を試算すると、一位自殺83~108人、二位悪性新生物66~86人、三位直接産科的死亡40人、四位不慮の事故22~29人、五位心疾患15~19人だった。合計263~325人となり、統計の除外規定に起因する死亡が大半と試算され、他の先進国の統計データと同様の傾向を示した、

日本は母体死亡率が世界最低水準であるからこそ、現行「妊産婦死亡(WHO)」統計の除外規定である；

①不慮の事故死（東日本大震災は前述）

②自殺死（日本は世界有数の自殺大国）、

③妊娠とは無関係な病死（癌死数66~86人）の頻度が、皮肉にも相対的に最も高い国になってしまった。よって上記全ての原因による死亡を網羅した「Pregnancy-Related Death(WHO)」統計を世界に先駆けて導入すべき、十分な理由が存在する。いつかこの二つ目の法制度改正が実現する日を信じて、この数年来、上記統計の導入を提唱している所だ。

アーゴ・ビッグ シンポジウム

データを活用したデザイン開発の可能性 ～センサ・ビックデータ時代の着眼力と仮説力～

○相野谷威雄（武蔵野美術大学大学院，ヴィー・ディー・エス株式会社）

The Potential of Design Development Utilizing the Data

-The Power of Focusing and Hypothesis on Sensor and Big Data Era-

Takeo Ainoya (Graduate School of Art and Design, Musashino Art University, VDS Inc.)

1. はじめに

近年、インターネットが発達し生活における様々な行為がスマートフォンなどの情報機器から得られる情報により変化している。例えば、買い物の場を考えてみると、商品に関する情報について、従来はカタログや店員から情報を得るために店に足を運ばなくてはならなかったが、今ではインターネットを用いた情報検索により商品のさまざまな情報を手に入れることができるようになった。つまり、従来では、作り手や売り手からの発信によって得られた情報によるものであったが、現在では、使い手からの使用感などの情報や価格の動向、販売店や中古品に関する情報まで瞬時に手に入れることができるようになった。このような情報化社会に伴い、デザイン開発におけるクリエイティビティも変化している。本稿では、デザインにおけるクリエイティビティがどのように変化し、それにより今後どのようなデザイン開発ができるか、またユニバーサルデザインの分野にどのような可能性が期待できるかを考察する。

2. デザイン開発における情報化の効果

藤本¹⁾によると、製品の競争力は存在顧客満足度と潜在顧客誘引度の両立によって競争力の強い商品になれるとされる。顧客満足→評判→顧客誘引・定着→評判の拡大により競争力の好循環が生じると考えられる。店舗型の販売形式では、評判を浸透させるのに時間がかかるため広告やセールストークによる情報に頼ることになる。一方、アマゾンをはじめとするインターネット販売では販売された商品に関する顧客によるコメントを見ることができる。さらに競合品の情報、関連する製品、購入履歴や検索履歴と合わせた「よく一緒に購入されている商品」や「この商品を買った人はこんな商品も買っています」というような情報を得ることができる。限られた在庫商品から購入する店舗販売よりも、注文製作も含められる幅の広い情報の中から選択が可能になっている。

この結果、リコメンドされた情報により収集情報の拡張が行われて、情報に新たな関係性が生まれ、購入動機になっている。

デザイン開発にも新たな情報活用によるプロセス変化が起きている。ブリジット²⁾によると想像的过程としてのデザインは、0. 調査→1. リサーチ→2. 吟味→3. 開発→4. 実現→5. 評価の6つの段階に分類されている。この段階0としての調査はアイデアを出す目的として行われ、市場情報や潜在ニーズなどを含めたデザインコンセプトとしてアイデアを練る。販売店調査や調査レポートなどがこれにあたるが、上述したようにインターネット販売の場合でもこれらの情報を（ユーザと同じ状態として）得ることができる。1. リサーチでは、デザインのためのコンセプトを想定するイメージをまとめたビジュアルコラージュとして表現する。ここではデザイン情報を収集するために、従来では雑誌や写真集（海外のものや別分野の写真雑誌など）であったものが、デザインに関する情報サイトやピンタレスト³⁾と呼ばれる画像検索サイトが多く使われている⁴⁾。2. 吟味では、デザインチーム内での正確なイメージ共有の確認を行う。このイメージ共有には、特にピンタレストによる検索や提示が有効であり、言葉だけでは伝えきれない微妙なニュアンスを説明するために活用できる⁴⁾。3. 開発ではプロトタイプや細部の検討を行うが、その設計のためのポイント抽出にはYoutubeなどの映像検索サイトによる動きが分析のヒントになっている。4. 実現ではCADデータにより高度なCGと組み合わせたシミュレーションが可能であり、プロトタイプの段階でインターネットを使って発信することによりイメージ調査や世界中のバイヤーによる受注数を調査することができる。最後のフェーズ5. 評価では、製品の説明書をYoutubeなどの映像サイトにアップロードすることにより使用法の説明と使い方が購入前にも確認できる利点などが生まれている。このように、情報をオープンに共有化することによってデザイン開発にも新たな可能性が生まれている。

3. オープンイノベーションによるデザイン開発事例

製品開発におけるオープンイノベーションもデザイン開発に変化を与えている。上述のプロセスは既存技術をベースとした開発になるが、新しいツールとしてインターネット情報を活用することによって今までにない新しいプロダクト開発を生み出している。以下にその事例として3つを紹介する。

A. 「フィーリングナビ」は、首都大学東京大学の学域横断型のPBL授業で開発された振動提示によるナビゲーションシステムである^{5),6)}。このプロダクトは、地図による「迷う」状態を研究している学生と立体音場を研究している学生とプロダクトデザインを学ぶ学生との共同研究による開発である。機能としては、地図情報を「視覚情報」で提示するのではなく、振動による触覚情報として提示し、3点の振動源を用いたものである。既にある研究シーズを組み合わせながらユニバーサルデザインとしての機能を有したプロダクト開発といえる。

B. 「Oton Glass (オトングラス)」は、首都大学東京の卒業制作として島影圭佑氏によって開発されたウェアラブルデバイスである⁷⁾。脳梗塞の後遺症から失語症になった父親のために開発したもので、この製品をかけている人の視線とその先の対象物(文字)を認識し、それを「声」でメガネをかけている人だけに伝えることで失語症の方の日常生活をサポートするツールである。

C. 「WHILL」では個人への最適化による福祉プロダクト開発を行っている⁸⁾。同社CEOの杉江理氏が「100m先のコンビニに行くことも諦める」という車いすユーザの声をきっかけにWHILLを開発した。これは東京モーターショーでプロトタイプを発表され、その反響や意見をもとに、アメリカでの資金調達を行い、新しいヴィジョンを掲げて開発された「パーソナルモビリティ」である。健常者も乗ることができることを目標としており、高い理念を持ったユニバーサルデザインといえる。

4. 考察

インターネット情報を活用することにより新しい発想や着眼点が生まれているといえる。これまでは一部の専門家だけが知り得た情報であっ

たが、それらの情報がインターネット検索やビッグデータ解析によるリコメンド機能により新しい知性のつながりが生まれ、クリエイティビティを刺激するきっかけとなっている。その結果、デザインのディテールから開発の大きなヴィジョンまで様々な情報を捉えることにより思考が広がっている。ユニバーサルデザインの領域でも、積み上げ型の製品開発ではなく、インターネットをはじめとする情報共有に基づいたオープンイノベーションが、今までとは異なったプロセスと専門性をもった設計者によるコラボレーションによる成果が生まれている。

このような開発は情報を緻密に分析・処理し、プロトタイピングを行うことで、トライアンドエラーができる。机上の空論ではなく、検証可能なプロダクトに展開することにより、問題発見や意識共有に対して、専門分野を超えた共通の土俵でコミュニケーションできるものといえる。近年、デザインシンキングや3Dプリンタの登場により、誰でも新しいものづくりに参加できるようなイメージが生まれている。しかし、このようなフレームワークやツールを活かすためには自らの専門性や得意分野を高めながら、横断的な連携のための意識と開発手法やプロセスを考慮する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 藤本隆宏:「生産マネジメント入門1」日本経済新聞社, 96-97, 2001
- 2) ブリジット・ボージャ・モンタ他:「戦略的デザインマネジメント」同友館, 20-24, 2010
- 3) <http://www.pinterest.com>
- 4) 相野谷威雄、井口博美:「イメージを先行させた潜在的ニーズ発想による開発事例」芸術工学会誌第63号, 2013
- 5) 赤羽俊平、相野谷威雄:「工学系学生とデザイン系学生の共同プロセス」, ASIAGRAPH VOL.6 NO.1, 75-77, 2012
- 6) Takeo Aino, 「KADEN Project—Towards the Construction of Model for Sharing Cognition in Manufacturing—」, Human Interface and the Management of Information. Information and Knowledge Design and Evaluation, 291-297, 2014
- 7) <http://teamotoneglass.tumblr.com/>
- 8) <http://whill.us/jp/トップ/>

ユニバーサルデザイン実践ガイドラインの改訂計画に向けて

○岡田 明（大阪市立大学）

Revision Plan of The Universal Design Practical Guidelines
Akira Okada (Osaka City University)

1. はじめに

「ユニバーサルデザイン実践ガイドライン」(図1)が発刊されてから、すでに10年以上が経過した。この間に、ユニバーサルデザイン(以下、UD)に関わる多くの人々にその知識や方法論を提供してきたが、その一方で、UDを取り巻く社会環境や考え方も変化しつつある。また、当初モノづくりを担う技術者やデザイナーを主な対象読者としていたが、その当時は想定していなかったサービスデザインやまちづくりなどの担当者に加え、UDを教える大学・高校など学校関係者や学生・生徒などへも読者層の広がりをみせている。

こうしたことを踏まえ、同ガイドラインを現在そして近未来を見据えた内容に改訂する計画がスタートした。本編は、その概要を紹介すると共に、広く意見を募ることを目的としている。

2. 実践ガイドライン発刊の経緯

この実践ガイドラインは、1997年に日本人間工学会アーゴデザイン部会が、会員アンケートの結果としてUDを研究活動テーマに据えたことに端を発している。当時はUDの理念についてはさかんに語られていたものの、それを具体化する方法は確立されておらず、モノづくり現場の多くの技術者やデザイナーは困惑していた時期でもあった。企業の会員が多いこの部会のアンケート結果は、こうした状況を強く反映していたと思われる。

この部会活動の一環として、山岡俊樹氏(当時、和歌山大学)が主査となり、ワーキンググループが結成された。企業と大学から7名の有志が集まり、そこでUD方法論の検討が進められた。その過程で提案された方法等は、部会や国内外の学会での発表、そしてモノづくり現場での試行などを繰り返しながらスパイラルアップされ、その成果がこのユニバーサルデザイン実践ガイドラインとしてまとめられた。



図1. 日本人間工学会(編): ユニバーサルデザイン実践ガイドライン, 共立出版, 2003

3. 実践ガイドラインのコンセプト

UDの名前は徐々に社会に浸透しつつあるものの、高齢者・障がい者のためのデザインと同じであるとする誤解は未だ多い。もちろん、そうした人々もUDの対象者ではあるが、それ以外の様々なニーズをもつ人々も対象となる。また、ひとつのモノで全ての人が使ええるデザインと考える人も多いが、現実にその様なモノをつくることは不可能に近い。そうではなく、各ニーズに応える選択肢を用意する、すなわちひとつのモノではなく、ひとつのシステムとしてUDになればよい。

こうした考えに立ち、まずモノづくりの現場がUDを適切に捉えるための以下の定義がつけられた。すなわち、「多様なニーズを持つユーザに、公平に満足を提供できるように商品(製品、サービス、環境や情報)をデザインすること」である。

そして、実践的な方法論を構築するにあたり、以下のコンセプトが設定された。

- ①主にモノづくり現場の担当者向けであること。
- ②すぐに使える具体的方法が盛り込まれること。

③健常者／障がい者という区分けをやめ、誰でもUDの対象となり得ることを前提とすること。

このうち、当初は読者層を①のように据えていたが、②や③を具体化することが、結果的に親しみやすく目に見える形の内容になったことから、冒頭でも述べたように、想定していなかった読者層の広がりにつながったと思われる。

4. UDマトリックス

この実践ガイドラインでは様々な手法が提案されたが、その主要な手法のひとつとしてUDマトリックスが構築されている。これは、従来から存在するタスク分析を発展させたものである。対象となるモノについて、ユーザが使う手順をタスクに分解してこれを縦軸に置き、UDの対象となる様々なユーザを横軸に置き、そのクロスしたセルに要求事項または解決案を書き込んでいく一種のチェックリストを構成する(図2)。それにより、UDのために検討すべき事項の漏れをなくし、事項間の相互関係を把握しやすくなることができる。

これは様々な分野で応用されてきたが、その後UDを進めていくための手法として、新たな方法の応用も提案されつつある。そのひとつとして、ユーザイクスペリエンスデザインの考え方やビッグデータの利用も議論されるようになった。

5. 改訂に向けた提案

こうした状況に対応して、本書の執筆を行った日本人間工学会アーゴデザイン部会では、改訂版を企画することになった。基本的には現行の内容を大きく変更しないものの、時代に合わなくなった文言や参照事項等の修正や追加、UD事例等の入れ替えを行うことに加え、以前は無かったサービスデザイン・ユーザイクスペリエンス・IT関連等のUDに関する項目を新たに追加することなどを考えている。

その具体的な内容は表1のとおりである。

改訂作業はこれからになり、具体的なスケジュールや内容はまだ明確ではないものの、出来るだけ様々な意見を取り入れながら進めていく予定である。

表1. 改訂計画の主な内容

- ①対象読者や対象物の拡大
 - ・(現行版) 主にデザイナー、技術者向け
 - (改訂版) 対象読者の拡大
 - ・(現行版) 対象物は「商品」
 - (改訂版) サービス、まちづくり等にも拡大
- ②用語、データ等の変更
 - ・時代に合わなくなった用語の変更
 - ・UD商品例の写真、UD関連データ、UDマトリックス事例等の入れ替え
- ③UD関連情報の再編
 - ・(現行版) 2003年までの学会発表、論文、図書、推薦Webサイトのリスト
 - (改訂版) 最新情報へ
- ④新たな章や項目の追加
 - ・I 基礎編に参加型グループワーク方式のUD改善方法論を論じる章を新設
 - ・サービスデザインのUD
 - ・ユーザ・イクスペリエンス・デザインとUD
 - ・様々なHCD (Human Centered Design) 手法とUDマトリックスの関係

ユーザグループ	特別な配慮を必要としないユーザ	視覚に頼れないユーザ	車いすユーザ	日本語の読めない外国人
タスク				
市役所にアクセス	初めてでもわかりやすい	誘導がしっかりしている	段差がない	初めてでもわかりやすい
玄関から入る	入りやすい	誘導がしっかりしている	車いすが通る十分なスペースがある	入りやすい
受付に行く	場所がわかりやすい	聴覚・触覚等で場所がわかる	受付カウンタが高すぎない	日本語以外で場所がわかる
目的の所へ	案内・誘導がわかりやすい	聴覚・触覚等で移動できる	エスカレータが容易に利用できる	日本語以外で案内・誘導がある
順番を待つ	座る場所がある	白杖を置くスペースがある	車いすのスペースがある	順番のシステムがわかる
書類に記入	書くスペースが確保されている	筆記以外の方法が用意されている	車いすで記入できる	日本語以外の書式もある
トイレに行く	場所がわかりやすい	聴覚・触覚等で場所がわかる	車いすが入れる	場所がわかりやすい

図2. UDマトリックスの参考例(市役所)
(実際の書式とは異なる)

IoT時代のユニバーサルデザイン

ーこれからのユニバーサルデザインの可能性に関する一考察ー

○上田義弘 金山正貴 フォンティン徳康（富士通デザイン株式会社）

Universal Design of IoT-era

- A study on the Universal Design of next generation -

Yoshihiro Ueda, Masaki Kanayama, Noriyasu Vontin (Fujitsu Design LTD)

1. はじめに

情報通信技術 (Information and Communication Technology/以下ICT) は1960年代の汎用コンピュータ登場以降、「コンピュータセントリック」に発展する。1970年代の後半には端末とセンターがオンラインで結ばれ、ネットワークを介して様々な情報処理を行なう「ネットワークセントリックな時代」を迎える。その後、日本語の情報処理もできるようになり、ビジネスプロセスの変革を担うようになり、以降、飛躍的な発展を遂げ、今日ではクラウドコンピューティングへの移行が加速している。2020年には500億個のデバイスがインターネットで接続され、あらゆる情報処理がインターネットと関わりを持って行われると予測されている。まさにIoT (Internet of Things) 時代が到来している。富士通では「ヒューマンセントリック・インテリジェントソサエティ」の実現を目指して、ICTの利活用を進めている。

このような技術変遷の中、ICT分野におけるデザイン活動も変化の時期を向かえている。本稿ではICT環境が大きく変化する時代に向けて、これからのユニバーサルデザインの可能性について考えてみたい。

2. ICT分野ユニバーサルデザイン発展経緯

ICT分野におけるユニバーサルデザインは、人間要因の検討から人間主体に製品やシステムを開発するHCD (Human-Centered Design) を追求する取り組みと「デジタルデバイドを作らないように」との社会要請とが呼応して発展してきた。

これまでの発展経緯としては、1990年代後半あたりから欧米を中心にアクセシビリティの規格化が始まり、米国では1998年にリハビリテーション法508条が施行されるなど、アクセシブルな社会づくりに向けた動きが活発になった。国内でも海外の動きに同期するように、2000年に政府のe-Japan構想が発表され、その重点計画の一つとして「デジタルデバイドの是正」が掲げられた。

2001年には「IT基本法」が施行され、2002年には障害者基本計画が示された。同時に、公共機関における備品や設備の調達においてユニバーサルデザインに配慮した製品を選択するよう指導されるようになり、そのための規準も整備された。2004年には障害者基本法の一部改正が行われ、その後日本工業規格 (JIS) において、製品やサービスのユニバーサルデザイン標準 (JIS X 8341) が制定されている。

このような国内外の動きに対応して、富士通でもユニバーサルデザインを追求するようになった。これまで健常者を対象にHCD手法やプロセスを拡大してきたが、ユニバーサルデザインを実践するために、対象とすべきユーザーとして、障がい者やお年寄り、子どもなど、あらゆる利用者を想定してHCDを実践するようにした。そのため、様々な障がい者の特性を研究して、ユーザーの類型化を試みたり、建築や都市計画など、他分野におけるユニバーサルデザインの事例研究を行ったりして、ユニバーサルデザインのための設計ガイドラインの制定を行った。また一方で、障がいのあるメンバーと一緒にデザイン開発を実践し、利用上の問題点の本質を把握し、解決のためのアイデア開発を行うなど、ユーザー参加型で実施するHCDプロセスも構築した。このように、多様なユーザーに向けたHCDの手法やプロセスを確立してきている。

同時に、ユニバーサルデザインを追求したATMやらくらくホンの商品化を実施。さらに、「Webサイトのユニバーサルデザイン指針」とそのための評価ツールの無償提供を実施するなど、ユニバーサルデザインを実践することでビジネスへの貢献を拡大してきた。

3. IoT時代のユニバーサルデザイン事例

これまでのユニバーサルデザインでは、プロダクトやユーザー・インターフェースをだれもが使えるように配慮するデザインを中心に進めてきた。しかし、今日ではほとんどのユーザーがスマ

ートフォン等の携帯端末を持ち、インターネットを介して様々なサービスにアクセスできるコンピューティング環境が実現している。これから、さらに多くのデバイスがインターネットにつながるIoT時代が到来すると、各ユーザーが持つ端末を介して、さらに多くのサービス提供が行われるようになる。同時にサービス提供のインターフェースは各ユーザーに最適化することも可能になる。具体的な例としては、①視覚に障がいのあるユーザーには、サービス提供のインターフェースを聴覚情報や振動情報で行う等の工夫が可能になる。また、②車椅子に乗っているユーザーがホームで電車の到着を待っているとき、IoT時代ではユーザーの持っている端末と電車が事前に交信して、車椅子ユーザーがどの位置で電車を待っているかを把握できる。そのため、ユーザーの前の扉が開いた時、スロープを自動で出すことも可能になる。さらに、③クラウドに子どもの行動履歴が形成されてくると、インターネットにつながった様々な端末を介して、親が自宅にいても子供の状況を見守ることが可能になるなど、様々なシーンでこれまで考えられなかったような支援が可能になると想定している。

4. 新たなユニバーサルデザインの可能性

様々なデバイスがインターネットにつながり、情報処理能力が個人個人にサービスとして提供されるIoT時代においては、前述の例のようにユニバーサルデザインを実現するためのユーザー・インターフェースの変化や、サービス提供や行動支援のあり方が変化、拡大する。そのため、IoT時代においては新たなユニバーサルデザインの可能性が生まれると考えている(図1参照)。

一つ目は、サービスを享受したい各個人が、自身の特性に合った最善のインターフェースや方法でサービスを受けることができる「個人個人にカスタマイズするユニバーサルデザイン」が可能になる。

二つ目は、これまでのユニバーサルデザインでは機器を使う時に対して、誰もが使えるように配慮することを進めてきた。IoT時代では個人が持っている端末を介して、常に様々なモノや場がつながっているので、サービス提供の「事前、最中、事後を総合的に考えたユニバーサルデザイン」が可能になる。

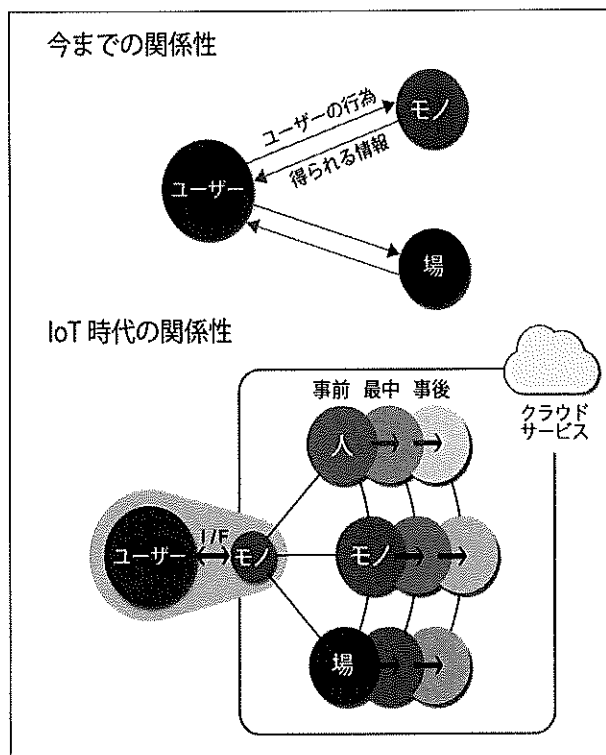


図1 IoT時代のユニバーサルデザインの可能性

三つ目は、クラウドコンピューティング環境が充実してくると各個人の行動履歴や購買履歴、いつものやり方や癖、特定の場所での特定の行動などが把握できている。そのため、IoT時代では「個人の活動履歴データに基づき支援内容を考えたユニバーサルデザイン」が可能になる。

5. おわりに

IOT時代を迎え、我々の生活や社会に不可欠なICT環境に大きなパラダイム変化が起こるであろう。デジタルデバイドを作らず、ICTに支えられた豊かな生活や、安心・安全で活気のある社会を実現するために、国や地域、文化や経験、障がいやジェンダーを越える新たなユニバーサルデザインのあり方を考える必要があると考えている。加えて、その実践が企業活動にイノベーションをもたらすと確信している。

参考文献

- 1) 上田義弘：「富士通におけるHCDの変遷とイノベーションデザインへの展望」, FUJITSU, Vol. 64, No. 2, 112-118, 2013

一般講演 (74 件)

幾何制約を利用したパーティクルフィルタによる車線境界線推定

○寺内睦博, 王 理 (広島国際大学 心理科学部)

Estimating Border lines of Driving Lanes by Particle Filters with Geometric Constraints
Mutsuhiro Terauchi and Li Wang (Hiroshima International University)

1. はじめに

現在までに、安全運転を支援するさまざまな技術が導入されてきたが、事故の減少に大きく結び付く成果は得られていない。特に高速道路では、スピードを出しすぎる車や、ウインカーを出さない車も存在しているため、周囲の車両の走行状況を把握しておかなければ、車線変更時に大惨事を起こしかねない 1)。

このような自車の周囲の走行状況を把握することを目指し、本研究では、その状況の一つとして自車の走行状況を測る目安として映像から車線境界線を検出することを試みた。

夜間や雨天のように映像環境によっては認識すべき白線の明るさが低く対象を認識できない場合もあるので、昨年、時空間で補間可能なパーティクルフィルタを導入した。しかしながら明るさの極小値にとらわれたり、収束に時間を要したりという問題点が生じた。

そこで本研究では、白線が認識できたかどうかを明示的に把握し、少なくとも 1 箇所の白線が検出できた場合、車線幅や対象とカメラの位置関係等の幾何的關係を積極的に用いて、他の認識がうまくいかない部分を関係から得られる制約として用いることにより、悪環境下でも車線境界線を認識できる手法の確立を目指す。本研究では、時系列で変化する信号に対して、対象の幾何学的な関係を制約として有効に利用して、車線境界線である白線の位置情報を履歴情報から予測・検出する。

2. パーティクルフィルタと幾何制約

過去に観測された信号系列から未来の値を予測したり、ノイズを含む観測値から対象の状態を推定するために、時系列フィルタが使われてきている。対象モデルが線形でガウス型の場合には、ARMA モデルやカルマンフィルタ等がよく用いられてきたが、対象が複数存在するような多峰性の確率密度分布には利用できない。これに対応するためにモンテカルロフィルタやブートストラップフィルタが提案され、現在ではパーティクルフィルタと呼ばれている 3)。パーティクルフィルタと

は、状態パラメータを表すパーティクルと呼ばれる点を状態空間に多数ばらまき、点の密度で確率密度を表現するものである。パーティクルのランダムウォークと個々の適応度に応じたパーティクルの再配置により、追跡対象を的確に捉え、さらにパーティクル全体の合計適応度によりパーティクルの運動パラメータや確率密度の分散をコントロールすることも可能である。このように、多く(ひとつの目標に対して 300 個)のパーティクルの平均値で検出対象の位置を特定できる。

一方、検出すべき対象である白線は、その幅や間隔等が道路管理者により規格化されている。これらの幾何条件を利用することにより、悪条件下での対象検出に利用できることが期待される。そこで、以下のような手順で対象検出を行った。

1. まず、各パーティクルの座標値の分散から収束度を求める。
2. 収束度が一定値を越えていれば白線検出したと判断する。
3. 白線検出できた場合、パーティクルの座標値の平均より、白線の中心位置を定め、幾何制約より対応するもう 1 本の白線の探索範囲を絞り込む。(図 1 参照)
4. 絞り込んだ範囲内でパーティクルフィルタにより白線検出を行う。



図 1: 幾何制約の適用例

映像の入出力や画像処理には、C++言語ライブラリである OpenCV を用いた 2)。

3. 実験結果

検出性能を確認するために、さまざまな環境下の走行映像を用いて検出実験を行った。

図2、図3は路面が濡れており逆光時の走行映像の処理結果である。図2では、幾何制約を適用しない場合の結果であり、図3は適用した場合の結果である。車線右側の白線部分はどちらも認識ができていますが、図3において左側の白線の探索領域が設定されていることがわかる。

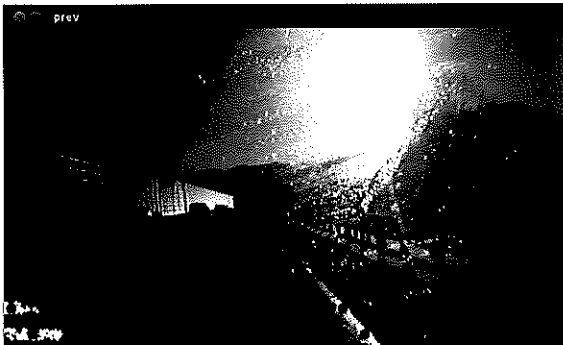


図2: 制約なし (逆光)

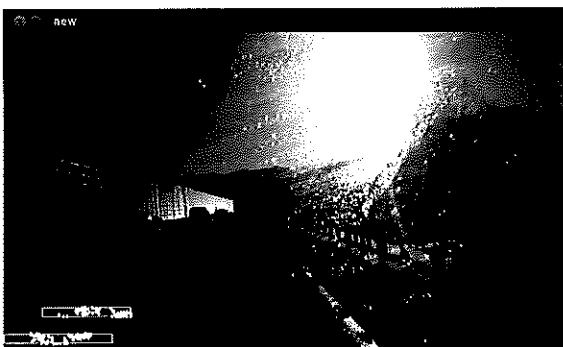


図3: 幾何制約適用 (逆光)

図4、図5は夜間雨天時の走行映像の処理結果である。白線のコントラストは低い検出できている。図4は幾何制約を適用しなかったもの、図5は適用したものである。幾何制約を用いると左右どちらか一方の対象でも正しく認識された場合、他方の探索範囲を限定できるため、対象の白線を正しく検出・追跡できる可能性は高まると考えられる。

しかしながら、偽対象を検出してしまうと、もう一方の対象物も誤った探索範囲に誘導されてしまうこともあり、この手法が万能というわけではない。

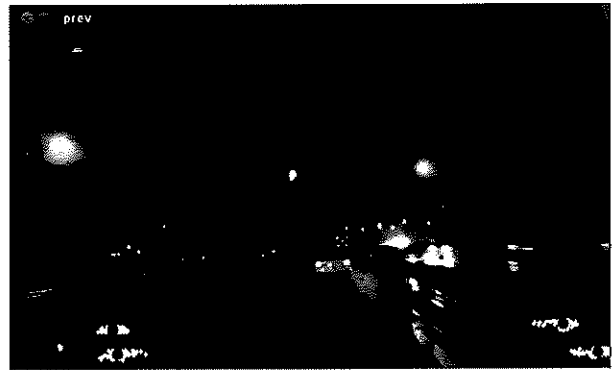


図4: 制約なし (夜間雨天)



図5: 幾何制約適用 (夜間雨天)

4. まとめと今後の課題

本研究では、パーティクルフィルタの個々のパーティクルの位置の分散値を用いて収束判定を行い、もう一方の目標の認識ができない場合には幾何制約からその探索範囲を絞り込み、認識率の向上を目指す方法を提案した。その結果、以前に比べて悪条件下でわずかながら認識率を高めることができた。しかしながら、すべての場合において白線を検出できたわけではない。

今後、さらに道路環境における他の特徴を取り入れて認識率を高めていきたい。

参考文献

- 1) 蓮花一己: 交通危険学, 啓正社, p.226 (1996).
- 2) Gary Bradski Adrian Kaehler, "詳解OpenCV コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識", オライリージャパン (2009)
- 3) 加藤丈和, パーティクルフィルタとその実装, コンピュータビジョン 最先端ガイド 1, アドコムメディア, pp.75-102 (2008).

オプティカルフローの湧出点を用いた車両走行方向の検出と利用

○寺内睦博, 吉村恭一 (広島国際大学 心理科学部)

Detection and Application of Driving Direction from a FoE (Focus of Expansion) in Optical Flow
Mutsuhiro Terauchi and Kyoichi Yoshimura (Hiroshima International University)

1. はじめに

高速道路における死亡事故が激増している。平成 24 年度 (8 月末、NEXCO 東日本調べ) では、NEXCO 東日本管内の高速道路において、44 件の死亡事故が発生し、60 名の尊い命が失われている。この状況は、件数で前年同期比+13 件 (142 %)、死亡者数で同+25 名 (171 %) という NEXCO 発足以来の例のない深刻な状況になっている 1)。

現在、安全運転を支援するさまざまな技術が導入されてきたが、前方の急接近車両を画像およびレーザー等の距離センサーを用いて検出し、緊急ブレーキやブレーキアシストするシステムの導入が盛んである。これらのシステムはいくつかのセンサーの処理結果を利用するものの、安全性について万全という訳ではない。さらに多くの特徴抽出や情報の利用が必要であり、そのための要素技術は十分に検討すべきである。

特に、正面以外の走行環境や遠距離の範囲における道路環境は距離センサーを効率的に利用することは難しい。自車の周囲の車両の走行状況を把握しておかなければ、事故を事前に防止することはできない 2),3)。

本研究では、その状況の一つとして自車の走行状況を測る目安として映像から自車の運動 (エゴモーション) を検出することを試みた。

2. 運転席からの映像

運転席からのフロントガラス越しの映像では、自車の動きにより周辺環境は相対的に移動する。すなわち、走行映像中で動いている対象物は自車との速度差のあるものである。自車の運動が直線運動であり、並走車両も同方向の運動であると仮定すると、空間内での相対運動ベクトルはすべて平行となる。よって、これらのベクトルの画像への投影であるオプティカルフローは FoE (Focus of Expansion: 湧出点) の 1 点で交差するはずである。もしもこの FoE と車線境界線から得られる無限遠点とのずれが生じた場合には車線に対して左右方向の移動があったと考えられる。これより自車両の左右方向の動きの予測を目指す。



図 1: オプティカルフローの FoE と車線境界線 (白線) の無限遠点

図 1 は晴天時の走行車線での FoE 検出結果である。車線に沿って走行する場合には車線の無限遠点と FoE が一致する。

3. オプティカルフロー

本研究では、オプティカルフローを使い高速道路走行時の自車の運動の推定をする。オプティカルフローとは、映像中の 2 次元画像において物体の動きをベクトルで表したものであり、画像中の輝度の空間的・時間的勾配を手がかりにフレーム内のそれぞれのピクセルの速度 (差分速度) を求めることができる。本研究で利用する階層型 Lukas-Kanade アルゴリズムでは、(1) 明るさの不変性、(2) 時間的な連続性、(3) 空間的な一様性、という前提条件を基に、

$$\frac{\partial I}{\partial x} \bigg|_t \left(\frac{\partial x}{\partial t} \right) + \frac{\partial I}{\partial t} \bigg|_{x(t)} = 0 \quad (1)$$

という関係を用いる。ここで、 I は画像を、 x は画像上の空間軸、 t は時間軸を表す。これより画像上の速度ベクトル v

$$v = \frac{\partial x}{\partial t} = -\frac{I_t}{I_x} \quad (2)$$

が得られる。さらに画像を階層化し、解像度のピラミッド画像を構成することにより、まず粗い解像度画像上で速度ベクトルを求め、その結果を用いて、随時密な解像度画像へ推移して推定結果を精密化することにより、大きな動きも検出可能

となる。このような動画処理のために、動画、静止画ともに処理ができる画像処理・画像認識用のC++言語ライブラリ“OpenCV”を用いた4)。

4. 付加情報の提示

図2は晴天時に、走行車線から追越車線へ車線変更している最中のFoE検出結果である。自車は右方向に移動しているのに、相対的に環境は左に移動するように見える。したがって、検出されたFoEも左方向に移動する。FoEと無限遠点との“ずれ”から自車の横方向の動きを求めることができるであろう。さらに車線変更時やコーナーを曲がる際にも運動の接線方向は車両の正面方向であるとする、画像中心からのFoEのずれで車両の移動方向が表されることが考えられる。



図2: 車線変更時のFoE 偏移から移動方向を提示

よって、このずれの方向と大きさから車両の左右の移動を付加情報として走行映像上に提示した。

図3は曲線的な道路のカーブを走行している際のオプティカルフローから求めたFoEと推定した車両の移動方向である。

図4は交差点を左折する際のオプティカルフローから求めたFoEと推定した車両の移動方向である。車線変更時と同様にFoEの中心からのずれより左右の旋回の状態が反映されていることが分かる。

5. まとめと今後の課題

車両走行中のカメラ映像より自車の動きを検出するプログラム作成を目指して研究を行った。オプティカルフローよりFoEを求め、画像中心からのFoEのずれより自車の横方向の動きを推定し映像上に提示した。今後、これらの情報を運転中のドライバーに提示する方法の提案や定量的な



図3: カーブ通過時のFoEと移動方向の提示



図4: 交差点左折時のFoEと移動方向の提示

計量のための分析を目指していきたい。

参考文献

- 1) <http://radiation7.blog.fc2.com/blog-entry-687.html> (2012)
- 2) Wilfried Echterhoff (長塚康弘 訳): 交通心理学 ―歴史と成果―, 企業開発センター交通問題研究室, p.213 (2000).
- 3) 蓮花一己: 交通危険学, 啓正社, p.226 (1996).
- 4) Gary Bradski ほか”詳解OpenCV コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識”, オライリー・ジャパン (2009),

行動指標を従属変数とした回帰モデルによる客観的覚醒水準低下予測の試み

○福田康平、村田厚生（岡山大学大学院自然科学研究科）

An Attempt to Predict Objective Drowsiness by Trend Analysis

Kohei Fukuda and Atsuo Murata

(Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University)

1. はじめに

現在、自動車保有台数や運転免許保有人口の増加に伴って車社会は一層の進展を示している。しかし警察庁の調査によると平成25年度上半期における居眠り運転を含む漫然運転は構成比16.8%を占めている[1]。

現在居眠り運転防止に関する研究としては脳波などの生理指標を用いた研究がなされているが、計測には体に直接器具を取り付けて計測する必要があり拘束感を与えることが問題視されている。そこで生理指標以外の有効な居眠り運転予測の指標としてドライバーの姿勢制御機能および運転動作に着目し、覚醒度の低下を検出する試みを行っている[2][3]。

本研究では居眠り運転を防止するため、行動指標を従属変数とする回帰モデルを作成し、各指標の傾向を分析することで客観的に覚醒水準低下を予測する基準の確立を目的とした。

2. 実験

2.1 被験者

本実験は21~24歳の男性10名を被験者とし、徹夜明けで眠気を誘発しやすい状態（覚醒低下状態）でドライビングシミュレータによる模擬運転作業を実施し、実験中の被験者の8つの指標（①トラッキング誤差②首縦方向屈曲角度③首横方向屈曲角度④座圧荷重中心総移動量⑤背圧圧力値⑥背圧差分値⑦足圧圧力値⑧足圧差分値）を計測した。

2.2 計測方法

被験者には道路中央の紫色の線を追従するトラッキング作業を課している。この紫の線からの自身の車両のずれをトラッキング誤差として計測する。

首の屈曲角度の計測と記録にはAD Instruments社製のML870PowerLab8/30とBiometrics社製のゴニオメータSG150及び4chアンプシステムのK100ベースユニットとK100サブユニットを用いた。被験者の首の背面にゴニオメータを取り付け、PC用ソフトウェアChartを用いて模擬運転中の首の

屈曲角度を計測する。

荷重中心の計測と記録にはNITTA社製のコンフォ・ライト座圧分布計測システムを用いた。座圧荷重中心位置を測定、座圧荷重中心位置より変化量を計算する。

足圧及び背圧の計測にはNITTA社製のオクトセンスを使用した。アクセルペダルおよびシート背面にオクトセンスを貼り付け、圧力及び1フレーム間の変化量である差分値を計測した。

2.3 移動平均法

本研究では各指標の時系列データから不規則変動を取り除くため移動平均法を用いた。計測した8つの指標を10秒ごとの値に再計算を行い使用した。今回は60秒を一定期間として各指標の計測データに適用した。

2.4 仮想事故時点の定義

本研究では事故に至るまでの各指標の時系列変化を調査するため、トラッキング誤差が中央車線を越える程度になった時刻を仮想事故時刻として設定した。

2.5 回帰分析を用いたトレンド分析

本研究では各指標の仮想事故までの傾向を、行動指標を従属変数、時間を独立変数とする単回帰直線の増減を求めることによって調査する。図1に示すように、240秒（データ数24）を1つの区間として単回帰分析を行う（ T_1 ）。これを10秒ずらして再度単回帰分析を行う（ T_2 ）。これを仮想事故時刻まで続ける。この例では全体で54回の回帰分析（ $T_1, T_2, \dots, T_{54}$ ）を行う。全体でx回回帰分析を行うならば、各区間（ $T_1, T_2, \dots, T_x$ ）で回帰係数を算出し、その区間が有意な増減かを調査した。

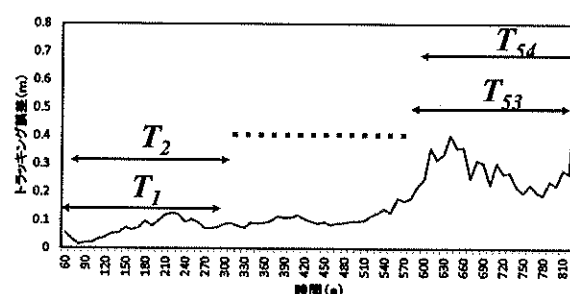


図1：回帰分析区間

3. 実験結果

以下に仮想事故時刻までの単回帰分析による時系列変化の例を示す。グラフ横軸最大値は2.4で設定した仮想事故時刻を示す。1は有意な増加、-1は有意な減少、0は有意傾向なしを表す。また、60~290秒間の傾向を290秒、70~300秒間の傾向を300秒に出力している。

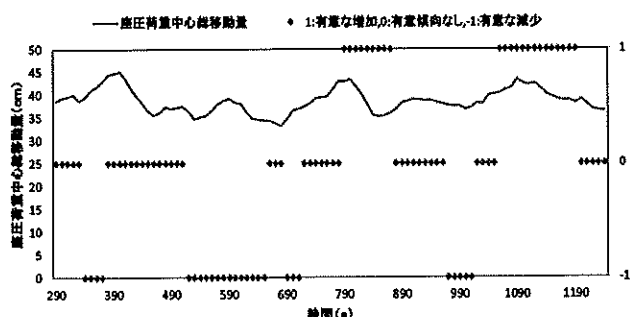


図2 被験者Bの座圧荷重中心総移動量と有意傾向の時系列変化

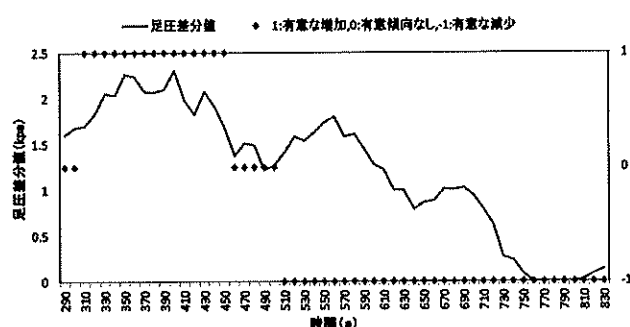


図3 被験者Aの足圧差分値と有意傾向の時系列変化

解析の結果多くの被験者において仮想事故時刻前にトラッキング誤差、座圧荷重中心総移動量、首縦横屈曲角度、背圧圧力値及び背圧差分値が有意な増加である区間が多いこと、また足圧圧力値及び足圧差分値に関しては有意な減少である区間が多いことが確認できた。

4. 考察

今回の実験では仮想事故時刻に近づくにつれてトラッキング誤差、座圧荷重中心総移動量、首屈曲角度、背圧圧力値及び背圧差分値が有意な増加傾向を示す区間が増えることが確認できた。まずトラッキング誤差に関しては覚醒低下により車線維持が困難になり増加傾向を示していると考えられ、その他の行動指標に関してはトラッキング誤差に対応した傾向を読み取ることができ

た。運転中に強い眠気を生じた場合、眠気を覚まそうとする動作があるとされている[4]。実験中眠気を感じて体を動かす・首を振る等の動作をしたため、座圧荷重中心移動量・首屈曲角度は強い眠気による仮想事故を起こす前に有意な増加傾向が増えたと考えられる。また背圧に関しても同様に、眠気によってシートにもたれる姿勢になりシートにかかる圧力が増加・体動回数増加によって変化量である差分値の増加が起こったと考えられる。足圧に関しては覚醒低下による運転能力低下により、ペダル操作が散漫になり減少傾向になったと考えられ、回帰分析を用いたトレンド分析による客観的覚醒水準低下予測は有効であると判断できる。

5. まとめ

本研究では実車装備を考慮し、ドライバーに拘束感を与えることなく計測が可能である行動指標に着目し、居眠り運転による事故発生までの各指標の傾向の時間変化を分析しようと試みた。そのため仮想事故時刻を設定し、回帰分析により得られる回帰係数より各指標の傾向を調査した。解析の結果、多くの被験者の行動指標において有意な増加・減少傾向を示す区間が増えることが確認でき、回帰分析を用いたトレンド分析による客観的覚醒水準低下予測は有効であることが示された。今後は区間分析によって得られる増減区間を用いての危険場面判定を検討する必要がある。

参考文献

- [1]警察庁交通局“平成25年上半期の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締状況について”，2013。
- [2]郡山大河，村田厚生，早見武人：“運転姿勢の変化を用いた居眠り運転予測に関する基礎研究” 第45回日本人間工学会 中国・四国支部大会講演論文集，pp.40-41，2012。
- [3]中塚輝，村田厚生，早見武人：“背圧，足圧に基づくドライバーの眠気評価の有効性の検証” 第46回日本人間工学会 中国・四国支部大会講演論文集，pp.30-31，2013。
- [4]増田祐太，鳥谷あゆ，中野泰彦：眠気抑制動作識別による眠気検知制度改善，電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会講演論文集，p.168，2009。

行動指標によるドライバの心理的覚醒水準低下の予測

○内藤 賢輔, 村田 厚生 (岡山大学大学院自然科学研究科)

Prediction of decreased psychological arousal level using behavioral measures

Kensuke Naito and Atsuo Murata

(Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University)

1. はじめに

近年, 車社会の一層の発展に伴い交通事故の発生件数は年々増加傾向にある。警察庁の統計によると平成25年度上半期における死亡事故の最大の要因は居眠り運転を含む漫然運転が構成比16.8%を占めている[1]。居眠り運転による事故は死亡事故や重傷事故に発展する可能性が非常に高いため, 居眠り状態予測を行い居眠り運転を回避できるシステムの開発が必要である。

現在居眠り運転防止に関する研究として生理指標を用いた研究が主に行われているが生理指標は測定時にドライバに拘束感を与えてしまうという問題点がある。本研究ではドライバへの拘束感の少ない行動指標に着目し高精度でドライバの居眠り状態予測の行える手法の提案を目的とした。

2. 実験

本実験では行動指標として座圧荷重中心移動量, 首の屈曲角度, 背もたれにかかる圧力(背圧), ペダルにかかる圧力(足圧), トラッキング誤差の計測を行った。

2.1. 被験者

本実験の被験者は22~25歳の普通自動車免許を保有している健康な男性13名とした。被験者には前日に徹夜明けで眠気が誘発されている状態(覚醒低下状態)と前日に十分に睡眠を取ってもらい眠気が誘発されにくい状態(覚醒状態)の2状態で実験を行ってもらい, ハンドルに設置したボタンにより3段階で眠気の主観評価を行ってもらった。

2.2. 実験環境及び計測機器

実験環境はドライビングシュミレータ, 座圧計測部, 首の屈曲角度計測部, 背圧計測部, 足圧計測部で構成する。実際の運転環境に近づけるため, 実験室において被験者を自動車の運転座席に着座させ前方にスクリーンを設置し, スクリーンには運転画面を表示させ運転画面には直線道路及び前方車を表示する。(図1)

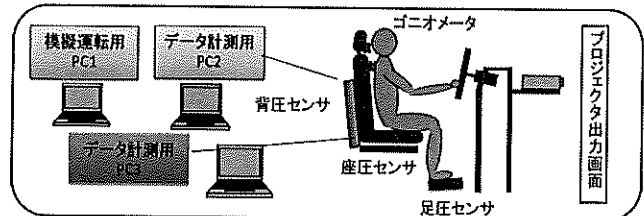


図1: 実験環境概略図

3. 計測及び解析

3.1. トラッキング誤差

被験者にハンドルを操作して3車線の中央の車線に引かれた直線が矢印の先端と重なるように作業をしてもらい, 矢印の先端と直線のずれを1秒ごとに計測しトラッキング誤差とする。誤差の最大値は7.84mとした。(図2)

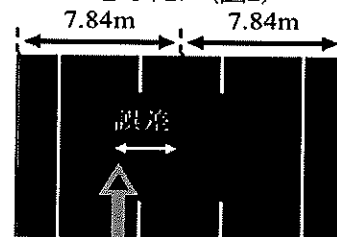


図2: トラッキング誤差

3.2. 座圧荷重中心

座圧シート(NITTA社, コンフォライト座圧分布計測システム)を用いて式(1)を用いて座圧荷重中心のX座標とY座標の位置を算出した。

$$X_{cof} = \frac{\sum_{i=0}^{Cols-1} (i \cdot \sum_{j=0}^{Rows-1} F_{ij})}{\sum_{i=0}^{Cols-1} \sum_{j=0}^{Rows-1} F_{ij}}, \quad Y_{cof} = \frac{\sum_{i=0}^{Rows-1} (i \cdot \sum_{j=0}^{Cols-1} F_{ij})}{\sum_{i=0}^{Rows-1} \sum_{j=0}^{Cols-1} F_{ij}} \quad (1)$$

3.3. 首の屈曲角度

ゴニオメータ(DKH社)を用いて0.1秒毎に計測し1フレーム毎の縦, 横方向の屈曲角度の変化量の絶対値を算出し, 首の屈曲角度とした。

3.4. 背圧及び足圧

運転座席の背もたれの部分及びペダルとかかとが当たる部分に圧力センサ(NITTA社, オクトセンス)を取り付けることにより運転作業中の背圧及び足圧の計測を行った。

4. 居眠り状態予測結果

4.1. 多項ロジスティック回帰分析による居眠り状態予測

本研究では眠気の主観評価を居眠り状態と仮定し、計測した行動指標の1分毎の時系列データを大久保らの研究[2]により居眠り状態予測に好ましいとされる多項ロジスティック回帰分析を用いて居眠り状態予測を行った。単指標での各行動指標の予測精度を図3に示す。

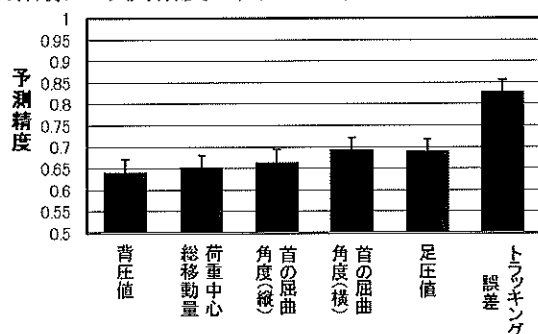


図3：単指標での各行動指標の予測精度

4.2. 指標の組み合わせ手法

本研究では指標の組み合わせの手法として行動指標の相関係数とオッズ比の2つを用いる。

行動指標の相関係数を基準とした手法では図3より単指標で最も予測精度の高いトラッキング誤差を基準としてトラッキング誤差との相関係数が低い指標から順に行動指標を組み合わせた。オッズ比を基準とした手法では同様にトラッキング誤差を基準としてオッズ比の高い指標から順に行動指標を組み合わせた。

4.3. 2つの手法の比較

行動指標の相関係数とオッズ比を基準とした手法の各指標数の予測精度を比較した結果を図4に示す。統計的な有意差は見られなかったものの、図4の通り各指標数でオッズ比を基準とした手法の方が若干高い予測精度が得られた。

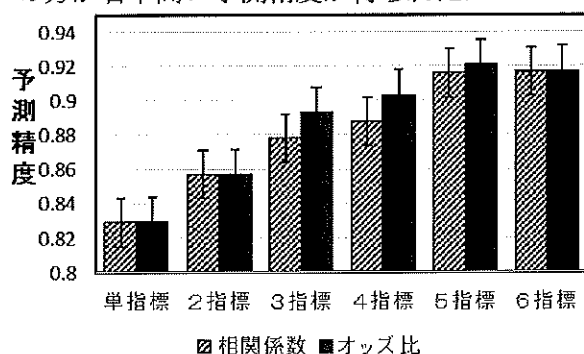


図4：2つの手法の予測精度の比較

5. 考察

図3に示す通りトラッキング誤差は単一で高い予測精度が得られ、覚醒状態を顕著に反映する指標であることが確認された。その他の行動指標に関しては単一ではあまり良い予測精度が得られたとは言い難い結果となったが、複数の行動指標を組み合わせることで高い精度での予測を行うことが期待できる。また本システムの実用性やコストを考慮する際には可能な限り少ない指標数で居眠り状態予測を行うことが理想的である。そこで最も予測に効率的な指標数の検証を目的とし各指標数の予測精度に関してFisherのPLSDによる多重比較を行った結果、4指標を用いることが最も効率的であるという結果が得られた。

本研究の課題として、予測において居眠り状態と仮定した眠気の主観評価は個人差があり基準が明確ではない点が挙げられる。そのため今後はドライバ毎にシミュレータ上で発生すると想定される事故時点を他覚的評価等により特定し事故が発生する前の段階で各行動指標にどのような傾向や変化がみられるか分析を行う必要がある。そのためにも多項ロジスティック回帰分析のみでなくベイズ推定等の評価も取り入れて居眠り状態予測を行っていくことでより実用的なシステムの構築が期待できる。

6. まとめ

本研究では複数の行動指標を組み合わせることで多項ロジスティック回帰分析により高い精度で居眠り状態予測を行うことが可能であることが示された。また指標を組み合わせる手法として行動指標の相関係数とオッズ比を提案した。統計的な有意差は確認されなかったがオッズ比を基準とした組み合わせの方が若干高い精度で予測を行うことが期待できる。

参考文献

- [1] 警察庁交通局“睡眠障害と安全運転に関する調査研究結果について”，2007。
- [2] 大久保友貴，村田厚生，早見武人：多変量解析を用いた居眠り状態予測，日本人間工学会中国・四国支部九州・沖縄支部合同開催支部大会講演論文集，pp.36-37，2011。

騒音環境下での聴覚警報と触覚警報の有効性に関する研究

○黒田 喬, 村田厚生 (岡山大学大学院自然科学研究科)

Effectiveness of Auditory and Vibrotactile Cuing
for Driver's Enhanced Attention under Noisy Environment

Takashi Kuroda and Atsuo Murata

(Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University)

1. はじめに

現在では様々な認知支援システムが研究されているが, 主に視覚・聴覚・触覚それぞれ単一感覚に対して情報を提示するものが多い。しかし, 実際の運転環境では運転・車載機器, オーディオ・騒音, 車体の揺れなど環境から警報に対して干渉を受け, 認知が遅れる恐れが考えられる。そこで, これらの環境の中でも騒音について注目し, Kanbayashiらの研究結果¹⁾より有効性が示された聴覚警報と触覚警報に警報の種類を絞り, より確実にドライバが認知できる警報について考えた。聴覚警報と触覚警報の比較研究としてHoらの研究により, この研究においては警報が鳴ってから危険が出現する時間(SOA: Stimulus onset asynchrony)が長い時間に対しては聴覚警報の方が触覚警報に対し有利であり, 短い時間では触覚警報の方が有利である²⁾。しかしながらこの研究結果は外的干渉について考慮されておらず, 騒音が警報にどのように影響するか不明確であった。よって, 聴覚警報と触覚警報を騒音の大きさで比較し, より効果が高い警報の種類³⁾の調査が必要であると考えた。本実験では, 騒音環境下を想定して騒音を4種類, 警報の種類を聴覚と触覚で2種類, SOAを3種類用意し, 警報への反応時間を調べ, 騒音環境下での聴覚警報と触覚警報の有効性について考察した。

2. 実験方法

2.1 被検者

普通運転免許証を所持している若年者10名(22歳~24歳)を被検者とした。

2.2 実験環境

模擬運転作業画面, 左右危険場面の表示用にはデスクトップパソコンとプロジェクタを用いてスクリーンに投影し, 自車の操作には市販のゲーム用ステアリング型コントローラを同デスクトッ

ップパソコンに接続して用いた。速度維持作業画面は, 液晶モニタをハンドルから326mmの位置に設置して使用した。アクセル操作作業では, 上記のゲーム用ステアリング型コントローラに付属しているアクセル及びブレーキペダルを被験者に踏ませることとした。聴覚手がかり提示と騒音提示のためにスピーカーを2種類用いた。設置位置は, 警報用のスピーカーをシートに座った被験者を中心に1000mmの円周上の右前方, 左前方に設置した。騒音用のスピーカーをシートに座った被験者を中心に前後700mmに設置した。触覚への警報提示には, シートカバーを介して図1のように運転席座面上に設置し, 直径45mmの振動子から提示した。振動子の制御は, USB-I/Oを上記デスクトップパソコンに接続し, インタプリタ型言語HSPを用いて制御した。振動周波数, 強度の調整はファンクションジェネレータで行った。

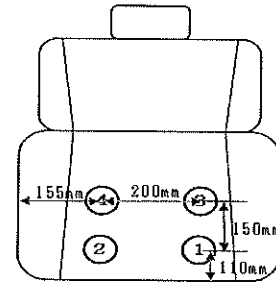


図1. 振動子の配置図

2.3 実験内容

主作業を模擬運転作業, 副次作業を速度維持作業, 左右方向から現れる危険場面に対しての判断作業とする。SOAを0 ms, 500ms, 1000msの3種類でランダムに危険を表示させ, 飛び出しを確認し, ブレーキを踏ませ一定の速度まで減速させた。減速を確認させた後, 再び加速作業を継続させた。副次作業は知覚的な負荷を課すために行った。キャッチトライアルを8:2の割合で行う。試行回数を警報が12回, キャッチトライアルが3回とする。SOAが3種類あるので計45回, 危険判断作業を

行う。これを1試行とする。キャッチトライアルは警報を鳴らすが、危険は表示されないように設定した。1試行あたり12分。騒音レベルを4種類と警報2種類、計8試行を行うことにする。警報の提示法は聴覚提示の場合、ピュアトーンを1kHz、60dB。触覚提示では周波数64Hz、10Vで振動子より提示する。これらの警報はどちらも危険が表示される方向へと提示する。実験では聴覚警報、触覚警報のそれぞれの継続時間を1000msとし、警報に方向性は持たせなかった。触覚刺激に用いる振動子は、被験者に座らせるシート座面上に4個設置し、脚(大腿部)に振動刺激を与えるものとした。提示するときは右方の危険には右2個の振動子を同時に振動させ、左方の危険には左2個を同時に振動させた。

2.4 評価項目

各条件における反応時間を比較した。反応時間は警報が提示された後、危険が表示されてからブレーキを一定量踏み込むまでの時間とした。

3. 実験結果及び考察

各種類の警報と騒音の大きさについて分散分析, FisherのPLSDによる分析を行った結果、警報(F(17.066), $p < .05$)騒音レベル(F(7.023), $p < .05$)警報と騒音レベルの相互作用(F(10.665), $p < .05$)のすべてにおいて有意差が見ることができた。

図2より騒音レベルが大きくなるほど反応時間が遅くなるという結果が見られる。これより聴覚警報と騒音レベルには明らかに関係性があり、騒音レベルが大きくなるほど反応時間が遅くなると考えられる。図3は、触覚警報に対して、図2と同様の比較をしたもので、騒音レベルが反応時間に及ぼす影響はほとんど認められなかった。これより触覚警報はどんなに騒音レベルが大きくてもパフォーマンスを低下させることなく効果を発揮させることができると考えられる。図4より騒音が70dBまでは反応時間にそれほど差は見られないが、80dBより大きくなると反応時間の差が大幅に見ることができた。これはSOAが500ms, 1000msの場合でも同様であった。これより70dBまではどちらの警報でも反応時間は変わらないが、80dBより騒音レベルが大きい場合は聴覚警報より触覚警報の方が有効であることが分かった。以上より騒音が大きいほど触覚警報が優位であると考えられる。

聴覚

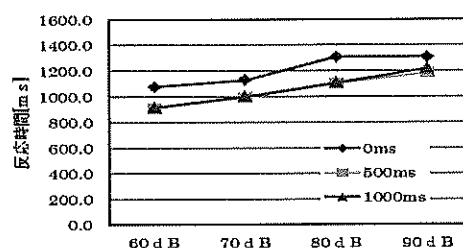


図2. 被検者全員の聴覚警報時の平均値

触覚

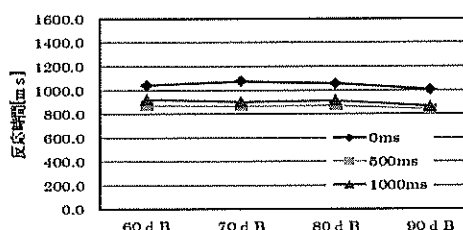


図3. 被検者全員の触覚警報時の平均値

SOA:0ms

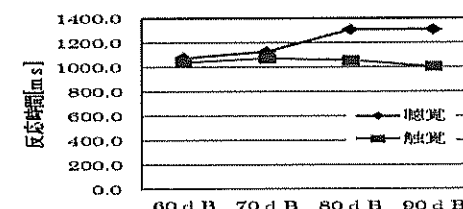


図4. SOAが0ms時の聴覚警報と触覚警報の関係

4. まとめ

本研究では、騒音環境下における警報提示法として聴覚警報と触覚警報の2種類の有効性について検証した。実験及び解析の結果、聴覚警報の場合、騒音が大きくなるほど反応時間は増加したが、触覚警報の場合はそれほど変化がなかった。また、聴覚警報と触覚警報の反応時間を比べると明らかに触覚警報の方が反応時間が速く、騒音が大きくなるにつれてその差は増大していった。以上のことから騒音環境下では触覚警報が聴覚警報に比べ優位であることが考えられる。

参考文献

- 1) Atsuo Murata, Michihiro Kanbayashi, and Takehito Hayami: "Effectiveness automotive warning system presented with multiple sensory modalities", Proceeding of SICE2012, pp920-925, 2012
- 2) Cristy Ho: "The Multisensory Driver", Ashgate, 2008.

背圧・足圧計測に基づくドライバーの眠気予測に関する研究

○中塚 輝¹, 村田 厚生¹, 森若 誠¹

¹岡山大学大学院自然科学研究科

Study of Prediction for Driver's Drowsiness

by Back and Foot Pressures as Measures

Akira Nakatsuka¹, Atsuo Murata¹ and Makoto Moriwaka¹

¹ Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

1. はじめに

警視庁の調査によると平成26年度上半期における死亡事故は居眠り運転を含む漫然運転が構成比18.7%を占めており最大の要因となっている[1]. 2012年4月には関越自動車道で高速バスを運転中のドライバーの居眠り運転が原因で乗客7名が死亡する事故も発生している. これらから居眠り運転が死亡事故を引き起こす要因であることが明らかである. しかし, ドライバーの意識だけで居眠り状態を回避するには限界がある. そのため, 自動車運転における居眠り運転を予測, 防止するシステムの開発が必要である.

現在, 数多くの居眠り運転防止に関する研究が行われている[2][3]. しかしながらこれらの研究は主に生理指標を用いた予測が採用されている. 生理指標を用いる場合, 脳波を測定するための電極の使用などが必要であり, ドライバーに拘束感を与えることが問題視される. この問題を解決するために, 非拘束で計測可能な指標として, 運転中に背もたれにかかる圧力(背圧), ペダルを操作する際に足にかかる圧力(足圧)を指標とした居眠り運転予測が提案されているが, 単独で高い予測精度は得られていない. 本研究ではこれらの予測精度の向上を目的とする.

2. 実験

2.1. 実験概要

徹夜明けで眠気を誘発しやすい状態(覚醒低下状態)と前日十分に寝てもらい, 眠気を誘発しにくい昼間の状態(覚醒状態)の2条件で実験を実施し, 実験中の被験者の足圧, 背圧を計測した. 各圧力の計測には圧力センサであるオクトセンス(NITTA)を用いる. 図1にオクトセンスを示す.

予測の指標として背圧, 足圧ともに各圧力値, 差分値(1フレーム間の圧力の差), 各圧力値の変動係数, 各差分値の変動係数を評価指標として用いた.

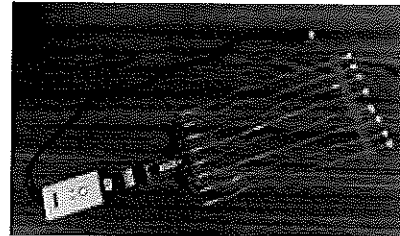


図1: オクトセンス(NITTA)

2.2. 実験内容

実験ではドライビングシミュレータを用いた模擬運転作業を課した. また模擬運転中の被験者は並行して, 1分間毎の眠気の主観評価(正常or少し眠いor非常に眠い, の3段階評価), 画面の中央線へのトラッキング作業, 前方車両追従作業を行った. 眠気の主観評価に関してはハンドル部分に取り付けられたボタンを押すことで評価した. 以下の図2に実験画面と眠気評価用ボタンを示す.

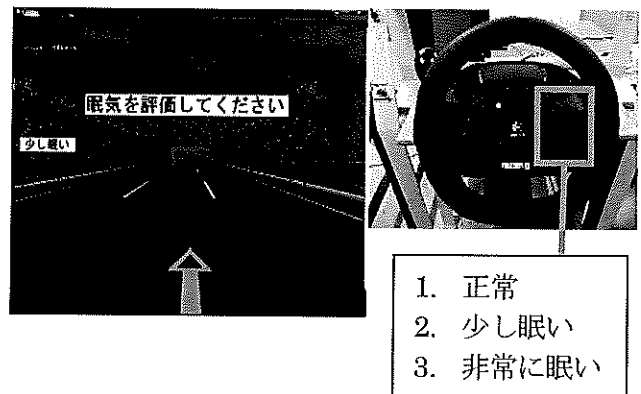


図2: 実験画面と眠気評価用ボタン

3. 実験結果

大久保らの研究[4]から居眠り状態予測にはロジスティック回帰分析が適していることが明らかになっている. そのため, 本研究でもロジスティック回帰分析を用い, 背圧・足圧のそれぞれのデータを独立変数, 眠気の主観評価を従属変数とし, 予測精度を算出した.

3.1. 背圧を用いた予測精度検証

以下の図 3 に背圧を指標としたロジスティック回帰分析の結果を示す。背圧値は 78.25%，背圧差分値は 55.25%，背圧値の変動係数は 63.25%，背圧差分値の変動係数は 63%の予測精度がそれぞれ得られた。(各変動係数は CV で表記)

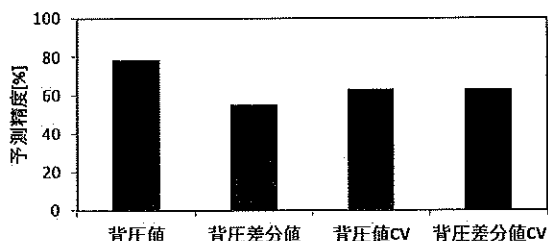


図 3：背圧に基づいた覚醒水準予測精度

3.2. 足圧を用いた予測精度検証

以下の図 4 に足圧を指標としたロジスティック回帰分析の結果を示す。足圧値は 69.5%，足圧差分値は 65%，足圧値の変動係数は 61.75%，足圧差分値の変動係数は 63.25%の予測精度がそれぞれ得られた。

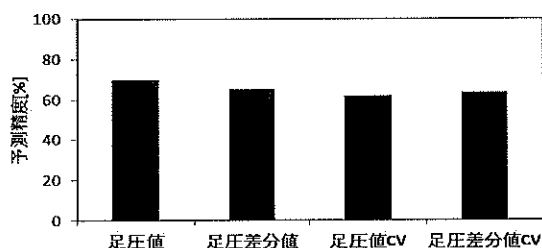


図 4：足圧に基づいた覚醒水準予測精度

3.3. 背圧、足圧の組み合わせによる予測精度検証

以下の図 5 に背圧、足圧を組み合わせを行った結果を示す。4 指標と表記したものに於いては圧力値、差分値、圧力値の変動係数、差分値の変動係数の 4 指標を独立変数とし多項ロジスティック回帰分析を行った結果である。

背圧 4 指標を独立変数とした多項ロジスティック解析の結果は 83.5%，足圧では 81.5%，足圧と背圧の全評価指標を組み合わせた結果では 93.25%の予測精度が得られた。

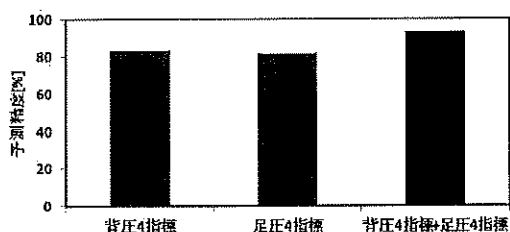


図 5：指標の組み合わせによる予測精度

4. 考察

本研究の結果として、背圧値による予測は比較的高い予測精度を得られたが、その他については 55~70%となり、高い予測精度を得ることはできなかった。しかしこれらを複数組み合わせることで足圧、背圧ともに80%を超える予測精度を得られることが確認された。

また足圧と背圧の全評価指標に基づく解析の結果では90%を超える予測精度を得られることが確認された。これらのことから背圧・足圧計測を組み合わせた予測を行うことで居眠り運転の予測、防止に有効であると考えられる。

しかし実用性を考慮するとより少ない指標数で高精度の予測を行うことができる方が望ましい。本研究では全8指標に基づく予測精度の検証を行ったが、これらの中での組み合わせを考慮し、指標数を減らし、予測精度を保つことができれば望ましいと考えられる。また、これら以外の新しい指標の考案とその組み合わせの検証からの予測精度も考えられる。

5. まとめ

本研究では背圧、足圧計測に基づくドライバーの眠気予測について検証を行った。その結果背圧、足圧を組み合わせることで居眠り運転の予測に有効な指標となりうることが示された。

今後は、これらの指標の組み合わせによる予測精度の維持や、ハンドル把持圧変化による予測精度の向上を検討する予定である。

参考文献

- [1]警視庁交通局“平成26年上半期の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締状況について”
- [2]Murata.A and Hiramatsu.Y:“Evaluation of Drowsiness by HRV Measures・Proposal of prediction method of low arousal state-”, Proc. of IWCI.A.2009, pp.348-353, (2009)
- [3]渥美 文治:“心拍計測によるドライバーの意識状態評価”，自動車技術会学術講演会前刷集，pp.133-136, (1994)
- [4]大久保友貴，村田厚生，早見武人:“居眠り運転予測に適した時間帯の検証”，第 45 回日本人間工学会 中国・四国支部大会講演論文集，pp.38-39, (2012)

船舶運航シミュレータにおけるチェックリスト課題が覚醒水準に与える影響

○小西宗、淵真輝（神戸大学大学院海事科学研究科）、臼井伸之介、山田健太（大阪大学大学院人間科学研究科）、藤本昌志、廣野康平（神戸大学大学院海事科学研究科）

The Effect of Checklist on Arousal Level in Marine Simulator

Tsukasa Konishi, Masaki Fuchi (Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University), Shinnosuke Usui, Kenta Yamada (Graduate School of Human Sciences, Osaka University), Shoji Fujimoto, Kohei Hirono (Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University)

1. 背景・目的

船の安全運航を考えた場合、港内のような制約された環境においては、操船者に課す負担は大きく、操船には大きな困難を伴い、一方で、大洋航行中のような何の制約もない環境においては、操船者には何の負荷を課すこともなく、操船に困難は感じない¹⁾。そのため、港内操船場面における研究が数多くなされてきた。

しかし、ヤーキーズ=ドッドソンの法則 (Yerkes & Dodson, 1908) は、低覚醒及び過覚醒時に作業成績が低下し、覚醒水準が中程度のときに最も作業成績が良いことを示している²⁾。また、当直中の眠気について、29名を対象に行ったヒアリング調査では、全員が当直中に眠気を感じたことがあり、眠気を感じやすい状況として、26名が船の少ない時の方が眠気を感じると回答した³⁾。

以上から、船を操る面では、大洋航行中は何の困難も感じない。しかし一方で、当直を維持する面では、覚醒水準が低下することからパフォーマンスが低下し、当直の維持に困難が生じる可能性がある。

居眠り船舶事故は、全船舶事故の約10%、乗揚事故においては約23%を占め、近年漸増加傾向にあるとともに、死傷事故を伴う重大事故も数多いと指摘されている⁴⁾。また、毎年「居眠り運航撲滅キャンペーン」が実施されるなど、居眠り船舶事故の対策は、船舶の安全運航上重要であると考えられる。居眠りは覚醒水準が低下することにより発生することから、居眠り対策には、覚醒水準の低下を抑制する必要がある。

そこで本研究では、大型船舶運航シミュレータ（以下、シミュレータとする）を用いて、当直中の作業が覚醒水準低下に与える影響について実験的に調査・検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験には、神戸大学海事科学部航海分野4年生

の男女14名（男性12名、女性2名）が参加した。参加者は同時期に同程度の船舶実習を経験していた。事前に文書と口頭により実験内容を説明し、文書による同意を得た。実験の前日には夜間7時間以上の睡眠をとり、当日はアルコールやカフェインの摂取を控えるように指示した。

2.2 実験概要

シミュレータを用いて夜間航海場面を再現した。実験の流れを図1に示す。本研究では、主課題として光点検出課題、副次課題としてチェックリスト課題を実施した。実験は、主課題のみを40分間（10ブロック）行う副次課題を行わない試行と、途中で副次課題を行う試行の2試行を行った。単盲検法で実施し、順序についてはランダム化をした。海域は十分に広い海域と教示した。

2.3 課題

主課題として、漁具の灯火を模した光点を検出する課題を実施した。この光点は、シミュレータシナリオとは別に作成し投影した。光点の出現頻度は3回/4minであった。ただし、チェックリスト課題中のみ3回/90secと設定した。光点提示後10sec間無反応をmissと判定した。副次課題として、自船の現在の状況や計器類が示す数値など、20項目について所定の書式に記録するチェックリスト課題を行わせた。チェックリスト課題試行において、光点検出開始後24分から（7ブロック目）で実施し、チェックリスト記入時も、光点検出課題は続いた。

実験参加者は課題中の40分間立ち続けており、

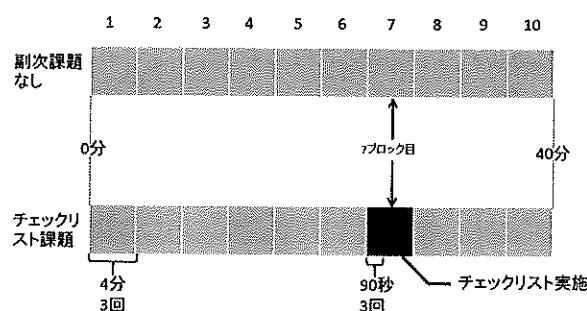


図1 実験の流れ

ビニールひもにて移動を制限したが、その範囲内は自由に移動して良いものとした。

2.4 測定指標

行動指標 (光点検出率、検出までの反応時間)、生理指標 (閉眼時間、瞬目群発)、主観指標 (KSS、POMS、7件法で行った課題の印象を問う質問紙 (難易度、印象、興味、眠気、退屈)) であった。

3. 結果・考察

3.1 行動指標

光点検出率について、チェックリスト課題試行の7ブロック目のみ93%であり、その他はすべて100%であった。本実験では、10sec間無反応をmissと判定していた。また、チェックリスト課題の7ブロック目のみ、光点は90sec間に3回出現するように設定しており、他のブロックに比べ出現頻度が多かった。これらは船舶の実際の運航を考えると厳しい条件であるにもかかわらず、検出率は9割を超えていた。以上のことから、当直中にチェックリストのような作業を行っても、船舶の実際の運航における見張りへの影響は少ないと考えられる。

反応時間について、結果を図2に示す。7ブロック目の前後3ブロックの平均値は、副次課題なし試行において4~6ブロックで1270ms ($SD=1075$)、8~10ブロックで1427ms ($SD=1022$) であった。一方チェックリスト課題試行では、4~6ブロックで1398ms ($SD=1042$)、8~10ブロックで1267ms ($SD=972$) であった。チェックリストによって反応時間の遅延が抑制される可能性がある。

3.2 生理指標

閉眼時間について、7ブロック目の前後3ブロック

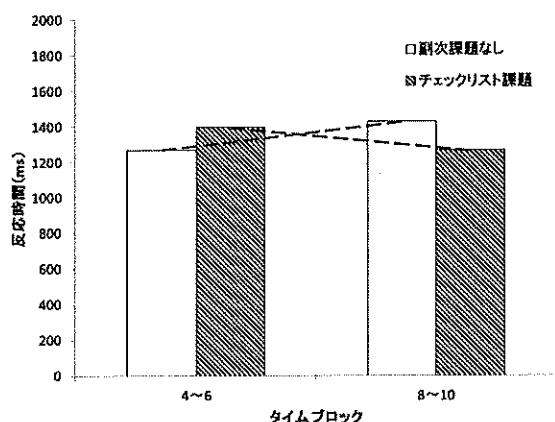


図2 チェックリスト課題の有無と反応時間の平均値

クの平均値は、副次課題なし試行時では、4~6ブロックで218ms ($SD=32$)、8~10ブロックで221ms ($SD=32$) であった。チェックリスト課題試行においては、4~6ブロックで214ms ($SD=33$)、8~10ブロックで219ms ($SD=28$) であった。2試行間で違いは見られなかった。

瞬目群発について、副次課題なし試行では、4~6ブロックで13.6回 ($SD=12.6$)、8~10ブロックで21.4回 ($SD=30.7$) であった。チェックリスト課題試行では、4~6ブロックで16.3回 ($SD=16.8$)、8~10ブロックで16.7回 ($SD=13.6$) であった。チェックリスト課題により瞬目群発の増加が抑制された可能性がある。

3.3 主観指標

課題の印象を問う質問紙において、光点検出課題とチェックリスト課題の平均値を比較すると、眠気、退屈にのみ特徴がみられた。眠気は光点検出課題で3.9 ($SD=1.8$)、チェックリスト課題で2.0 ($SD=1.3$) であった。退屈は、光点検出課題で5.0 ($SD=1.3$)、チェックリスト課題で2.3 ($SD=1.5$) であった。

KSS、POMSでは2試行間で特徴は見られなかった。その理由として、KSS、POMSは、試行終了後の自身の状態について質問しているのに対し、課題の印象に関する質問紙では、課題自体について質問していたためだと考えられる。

4. 総合論議

今回の結果から、当直中にチェックリストを行うことにより、船舶の運航における見張りが疎かになる可能性は低く、当直業務への悪影響はあまりないと考えられる。また、行動指標と一部の主観指標から、チェックリスト課題が眠気やパフォーマンス低下の抑制に効果がある可能性が示された。眠気対策としてチェックリストを実施することを検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 井上欣三:「海の安全学」, 成山堂書店, 2008
- 2) 堀 忠雄:「睡眠心理学」, 北大路書房, 2008
- 3) 小西宗他:「船舶運航中における眠気に関するヒアリング調査」, 海洋人間学雑誌, Vol.2, No. 2, 53, 2013
- 4) 漆谷伸介他:「操船者の眠気による船舶の事故及びインシデントの背景要因分析」, 日本航海学会論文集, Vol.124, 227-232, 2010

タッチパネル搭載モバイル機器のサイズに応じた手の動作解析

○高島実穂（和歌山大学大学院）、松延拓生、満田成紀、福安直樹、鯉坂恒夫（和歌山大学）

The analysis on holding style of using portable touch-panel terminal

Miho Takashima (Graduate School of System Engineering, Wakayama University), Takuo Matsunobe, Naruki Mitsuda, Naoki Fukuyasu, Tsuneo Ajisaka (Wakayama University)

1. はじめに

昨年人間工学会関西支部大会において読書アプリを事例として、ユーザインタフェース設計のためのタッチパネル搭載端末使用時の視線および操作の特徴についての報告を行った。その際実機での持ち方の把握が必要であることが課題としてあげられた。

タッチパネル搭載モバイル機器操作時の保持動作の把握を目的とした実験を行った。実験ではサイズの異なるスマートフォン1種とタブレット2種を用いて、機器の保持位置と指の使い方、画面上の操作（タップ、スワイプ、フリック、スライド）位置との関係性を調査した。指の使い方については、ポインティングに加え、画面を横断するような動きについて検討した。

2. 実験

3種類のサイズの異なる端末（大：9.7インチ、中：7.9インチ、小：4インチ）を用いて計測用読書アプリケーションを操作するタスクを課し、操作中の端末保持方法やポインティング位置を記録した。3種類共通で縦持ち、大サイズのみ横持ちで実施した。被験者は大学生6名（男性4名、女性2名、平均年齢22.3歳）である。

2.1 タスク内容

タップでページ移動ができるアプリケーションと、スワイプでページ移動ができる計測用読書アプリケーションを使った読書タスクを課した。1ページ目から4ページ目には縦書き、7ページ目から10ページ目には横書きで各ページに1つずつ（大サイズ横持ちのみ2つ）短歌が書かれており、5ページ目と6ページ目には指示が書かれている。

タスク1～4をそれぞれのアプリケーションで行わせることで、進む操作と戻る操作のポインティング位置を取得した。

タスク1：1ページ目から5ページ目までを読む

タスク2：5ページ目から1ページ目に戻る

タスク3：1ページ目から10ページ目に進める

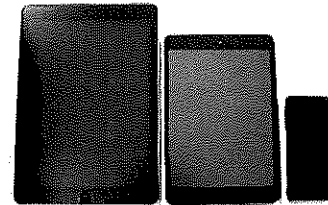


図1: 使用したデバイスのサイズ比較
左から iPad Air、iPad mini、iPod touch

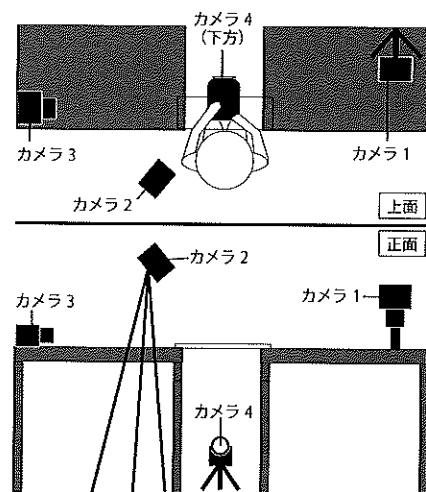


図2: 実験環境

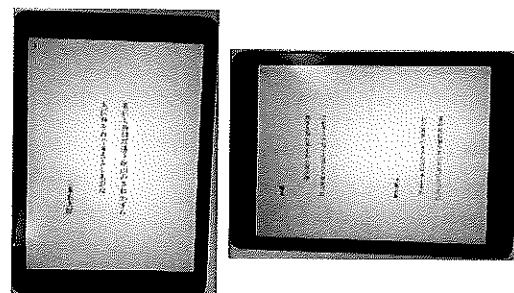


図3: アプリケーションを表示した端末（左：大サイズ縦、右：大サイズ横）

タスク4：10ページ目から6ページ目まで読む
なお試行するサイズの順番は人ごとにランダムになるようにした。

3. 結果と考察

当抄録では小サイズの結果のみ載せている。

3.1 タップ時のポインティング位置

タップでページを移動するタスクでのポインティング位置を画像として記録し、ページをめくる方向ごとに重ね合わせて図4に示す。

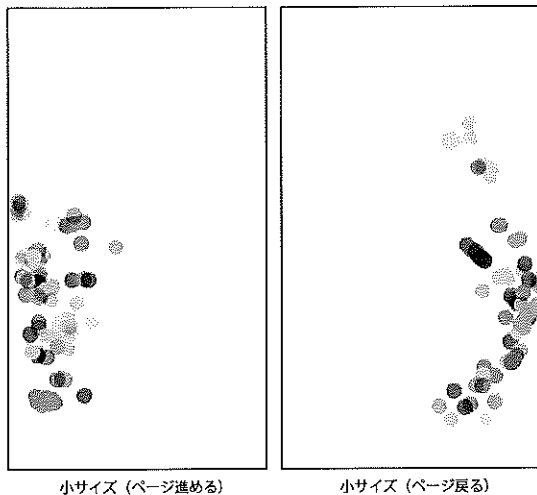


図4: タップでのページ移動時のポインティング位置

3.2 スワイプ時のポインティング位置

スワイプでページを移動するタスクでのポインティング位置を画像として記録し、ページをめくる方向ごとに重ね合わせて図5に示す。

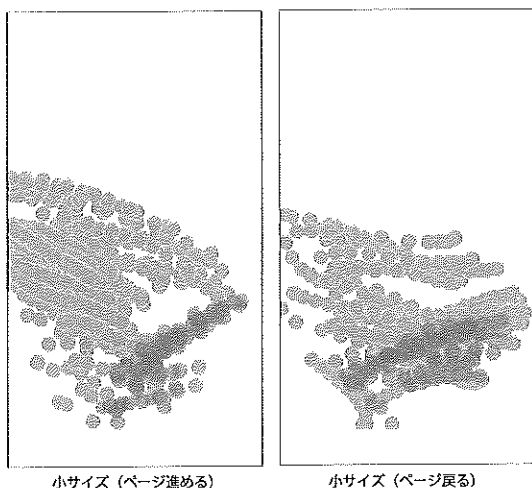


図5: スワイプでのページ移動時のポインティング位置

3.3 操作中の保持方法

端末背面下方(図2のカメラ4)から手元を撮影したビデオより、操作時の保持方法の分類を行った。結果は、以下の4つに分類することができた。なお大サイズは縦持ちと横持ちを別物と扱った。同じサイズを操作していても被験者が持ち替えを

行った場合もひとつとしてカウントしているため、人数とカウント合計は必ずしも一致しない。

表1: 保持方法の分類結果(単位は人)

	小サイズ	中サイズ	大サイズ(縦)	大サイズ(横)
両手で保持	1	4	2	3
片手のみで 操作・保持	4	0	0	0
片手で保持 もう片方で操作	3	5	3	3
置いた状態で操作	1	1	2	2

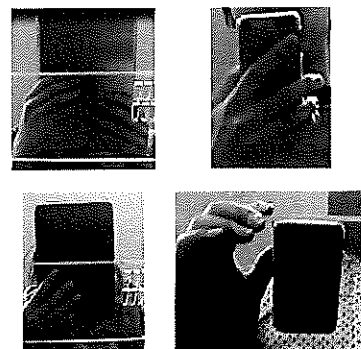


図6: 保持方法の例: 両手保持(左上)、片手のみ(右上)、片手ずつで保持・操作(左下)、置いた状態(右下)

中サイズや大サイズは保持と操作で両手を使うパターン、もしくは置いて操作するパターンのいずれかに分かれた。一方で小サイズは保持と操作を片手で全て行うパターン、両手を使うパターン、置くパターンの全てが見られた。片手のみでの操作もあることから小サイズ自体のサイズや重さが両手を使ったり置いたりした直接の原因とは考えにくく、普段の使い方や所有しているスマートフォンの大きさや重さによる持ち方の慣れが関係していると思われる。

4. まとめ

保持方法に関しては経験の影響が出たことから、普段使用している端末との関係を確認したい。

参考文献

- 1) 高島実穂他: タッチパネル搭載端末使用時の視線および操作の特徴—読書アプリを事例として—, 平成25年度日本人間工学会関西支部大会, 講演論文集 9-12, 2013.

芳香を用いた認知症のスクリーニング手法に関する研究

○小林 宙 (香川大学), 鈴木 桂輔 (香川大学), 唐木 将行 (田中耳鼻咽喉科)

Screening Method of Dementia Using Odor

Hiroshi Kobayashi(Kagawa university), Keisuke Suzuki(Kagawa university) and Masayuki Karaki(Tanaka ETC clinic)

1. はじめに

日本では高齢化社会の進展に伴い、認知症患者数の増加が問題視されている。認知症は症状が軽度な段階からの適切な治療が進行の遅延や回復に効果的であるため、早期の発見、診断が求められている。しかし、従来の認知症の検査では、高齢者の認知症に対する抵抗感から早期の診断が困難とされている。

本研究では、認知症の初期段階から衰えが進行する嗅覚機能に着目し、認知症の重症度と嗅覚刺激に対する認知機能の関係性を調査する。それにより、認知症に対する抵抗感を極力抱かずに認知症の有無や重症度のスクリーニングが可能な手法を提案する。

2. 調査方法

この調査は、OSIT-J という嗅覚の検査キットを用いて行った。このキットは、12 種類のニオイをマイクロカプセルに封入し、スティック型の容器に納めた物である。

調査参加者には、12 種類のニオイから選定した 7 種類のニオイを嗅いでもらい、正解を含む選択肢の中から嗅いだニオイに該当するものを選択するよう指示した。この課題により嗅覚課題の正答数を取得する。7 種類のニオイは、本調査の前に行った調査結果から、識別しやすく、不快に感じないニオイを選定した。調査手順を図 1 に示す。

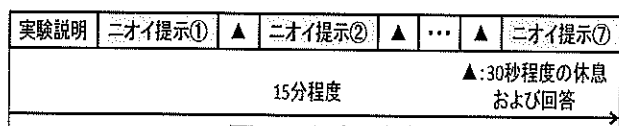


図 1 調査手順

3. 調査参加者の性質

臨床調査は、インフォームドコンセントを十分に得た嗅覚に障害を患っていない健常高齢者と認知症高齢者を対象とした。調査参加者の内訳を以下に示す。

- 1) 健常高齢者：8 人
 - 2) ランク II (中等度) の認知症高齢者：12 人
 - 3) ランク III (やや高度) の認知症高齢者：8 人
- 上記の 2)、3) のランクは、「認知症高齢者の日

常生活自立度判定基準」(以下日常生活自立度)により評価されている。この指標はランクが上がる毎に認知症の重症度が増すことを意味している。括弧内の重症度は、日常生活自立度から HDS-R 得点を予測する方法を用い、HDS-R による重症度に基づき判定した¹⁾。

4. 認知症と嗅覚機能の関係性

参加者の性質ごとにみられる嗅覚課題の正答数や、参加者の性質と嗅覚課題の正答数の相関を調査した。その結果、健常高齢者の嗅覚課題の平均正答数は、ランク II やランク III の認知症高齢者のものよりも有意に多い ($p < 0.003$) が確認された。また、高い相関 ($p = 0.718$) も確認できた。一方、ランク II とランク III の認知症高齢者にみられる嗅覚課題の平均正答数は、有意差や相関関係を確認することができなかったが、ランクの重度化に伴う正答数の減少は確認できた。

次に、健常高齢者と認知症高齢者の 2 群間で、平均値の差の比較による対応のない t 検定を行った。その結果、健常高齢者の平均正答数 (5.50 点, $SD \pm 1.07$) は認知症高齢者の平均正答数 (2.55 点, $SD \pm 1.47$) よりも有意 ($p < 0.05$) に多いことが確認された。さらに、認知症の有無と嗅覚課題の正答数の相関関係は、高い相関 ($p = 0.708$) があることが分かった。よって、認知症の重症度間や認知症の有無でみられた課題の正答数の低下からは、認知症による嗅覚に対する機能の衰えが見られたと推測できる。図 2 に健常高齢者と認知症高齢者における嗅覚課題の平均正答数を示す。

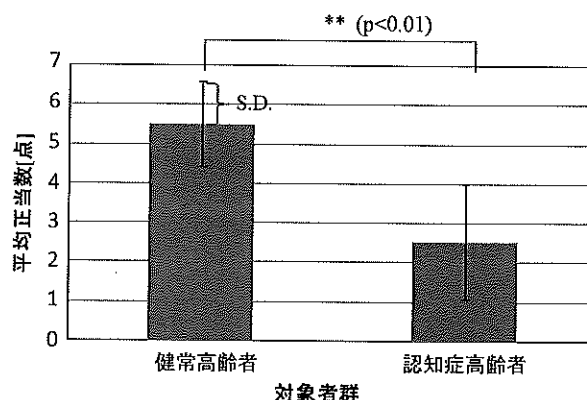


図 2 健常高齢者と認知症高齢者における嗅覚課題の平均正答数

5. 認知症の有無を判別する嗅覚課題の正当数

認知症の有無でみられた嗅覚課題の各正当数の分布率から、認知症の有無を判別する嗅覚課題の正当数を決定した。図3に認知症の有無でみられる各正当数の分布率を示す。

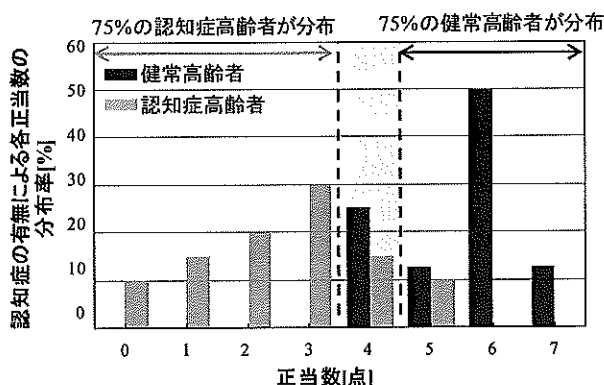


図3 認知症の有無による課題の各正答率の分布

図3より、健常高齢者と認知症高齢者を同程度の精度で判別するために、4点を取得した参加者は、認知症の疑いがあるものとした。この場合、3点以下を取得した参加者を認知症患者、5点以上を取得した参加者を健常者に判別できる。その結果、調査に参加した高齢者の認知症の有無を75%の確率で正しく判別できていることが分かる。

6. 嗅覚課題を用いた認知症をスクリーニングする手法の提案

臨床調査の結果から得られた健常高齢者と認知症高齢者の嗅覚課題の平均正答数から、認知症の有無をスクリーニングする手法を提案した。

この手法は、臨床調査と同様の7種類のニオイを用いた嗅覚課題を実施し、取得した課題の正答数を健常高齢者と認知症高齢者に分類できる閾値と比較するものである。このスクリーニングに用いる閾値には、認知症の有無を識別可能と考えた正答数4点を設定した。取得した嗅覚課題の正答数が閾値より大きい場合は健常者、低い場合は認知症患者に分類することができる。ただし、取得した嗅覚課題の正答数が閾値と等しく4点だった場合は、認知症の疑いを示唆するようにした。これは、正答数が4点を記録している参加者の6割が認知症高齢者であったためである。図4に嗅覚課題の正答数から認知症をスクリーニングするフローを示す。

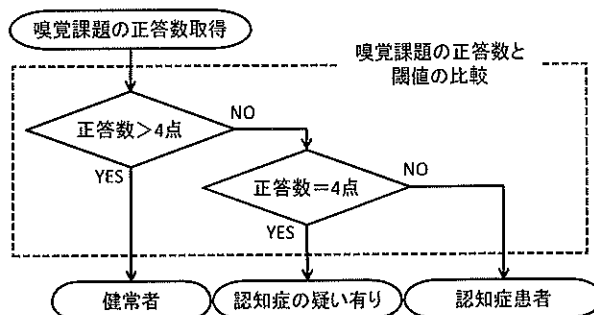


図4 嗅覚課題から認知症の有無をスクリーニングするフロー

7. 考察

従来の認知症検査には、問診式や画像診断といった方法がある。しかし、問診式の検査は稚拙な質問などを患者に投げかけるため、患者自身の自尊心を傷つける可能性があり、心理的な負担が大きい。また、いずれの方法も専門的な知識や技術を要するため、検査を受けるには専門機関を訪れる必要がある。しかし、高齢者は認知症に対して抵抗感や嫌悪感を抱いており、自発的に検査を受けようとしにくい傾向がある。ニオイを用いた認知症のスクリーニング手法は、患者自身に認知症の検査と思わせないようにすることで、検査への嫌悪感や抵抗感といった精神的負担を軽減できると考える。また、検査時間が短く、容易に検査を行えるため、身体的な負担も軽減できると考える。

臨床調査の結果からは、認知症高齢者は健常高齢者よりも嗅覚機能に対する認知機能が衰えることが示唆されたが、ランクⅡとランクⅢの認知症の重症度間での平均正答数の比較では、差を確認することはできなかった。認知症の重症度間で有意な差が確認できなかったのは、各調査群について10人前後の調査であったため、平均正答数に対するばらつきが大きかったことが原因として考えられる。そのため、今後、調査人数の追加により、ばらつきを減少させることで、重症度間でのスクリーニングが実現できる可能性がある。

8. 参考文献

- [1] 久野真矢：「改訂長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)、Mini-Mental State Examination(MMSE)と障害老人の日常生活自立度の関連(寝たきり度)、認知症高齢者の日常生活自立度の関連について」、老年精神医学雑誌, Vol.20, No.8, 883-891, 2009

音楽聴取によるストレス軽減および脳活動鎮静化の効果分析

○田所克俊（香川大学）、 鈴木桂輔（香川大学）

Effect of listening to music on calming cerebral function and reduction of mental stress

Katsutoshi Tadokoro(Kagawa University), Keisuke Suzuki(Kagawa University)

1. はじめに

音楽の歌唱や聴取、演奏は、身体機能や脳の活性を促し、音楽療法として認知症の予防や回復に有効な効果を持つことが知られている。

筆者らは脳の活性化に効果的な手法として、音楽の歌唱と聴取を繰り返す事によって、自律神経系の亢進と鎮静を繰り返す方法を提案した^[1]。しかし、重度の認知症患者を対象とした場合は、症状による精神の不安定さにより、自発的な作業への取り組みが困難になる。音楽の歌唱や演奏による効果は、対象者の症状や嗜好、自発性の欠如により失われる事が予想される。よって、重度の認知症患者には、脳や身体を活性化させる以外に、疾患による不安感や緊張感、疲労を取り除くことも、QOLの向上に必要な要素である。そこで、歌唱以外の作業もしくは受動的な刺激によって、脳や身体をリラックスさせることが音楽療法に必要とされる。

本研究では、症状の沈静化や脳と身体を休息させる音楽療法に着目した。そこで、単純タスクによるストレスを負荷した状態から、音楽の提示によってストレス緩和を誘導する方法を調査した。以下に研究の目的を示す。

- (1) 音楽聴取の影響を生体信号の変動から分析し、ストレス緩和のメカニズムを明らかにする。
- (2) 音楽聴取による身体への影響を特徴分けし、最適な音楽の選択方法を提案する。

2. 評価指標

・自律神経系の揺らぎ量

指標： CSI(Cardiac sympathetic index)

計測機：心電図（ニホンサンテック(株)社製、Map1058)

CSIは心電位変動のR-R間隔から算出される交感神経活動の指標である^[2]。CSIは交感神経の指標であり、身体のストレスや緊張が高まると値が大きくなる。

・脳の活性レベル

指標： 酸素化ヘモグロビン(oxyHb)濃度

計測機：fNIRS (Spectratech社製、OEG-16)

oxyHb濃度の増加が脳機能の活性状態を示し、oxyHb濃度の減少が脳機能の不活性な状態を示す。筆者らは、oxyHb濃度の変化度に着目し、oxyHbの絶対値と微分値の両方の数値を基にし

た指標を提案している。oxyHb濃度の絶対値と微分値によって描画した軌跡(図1)より、その重心点からの距離の平均値を求め、脳機能の活性レベルとする指標である。使用したoxyHb濃度の絶対値と微分値は、それぞれzスコア変換によって正規化したものである。この指標は、値が大きいと脳の活動が活発であると判断し、値が小さいと脳の活動が鎮静・安定していると判断する。

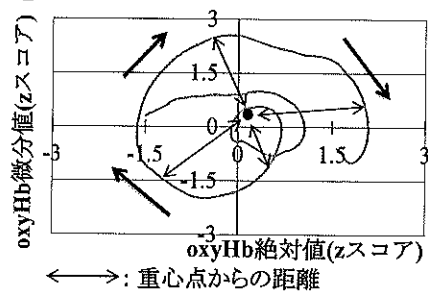


図1 oxyHb濃度の絶対値と微分値による脳機能の活性レベルの評価法

・気分プロフィール変化

POMS短縮版を用いて、精神負荷タスクによる不安・緊張(T-A)と抑うつ・落ち込み(D)の評価値の変化を調べた。

3. 音楽聴取に用いる音楽

音楽は、市販されているCD「立体音響で聞く白神山地」より全7曲の内2曲を選択した。曲の選択には、人に心地良さやリラックスをもたらすとされる1/fゆらぎの成分($\lambda=1$ で1/fゆらぎ)の有無と、参加者の嗜好性により決定した。1曲は1/fゆらぎ成分($\lambda=0.930$)を多く含む「白神岳～鳥のさえずり～(音楽1)」とし、もう1曲は男子大学生15人中7人が「リラックス出来ない」と回答した「粕毛川～せせらぎ～(音楽2)」(1/fゆらぎ成分： $\lambda=0.343$)を設定した。また、実験の参加者は、全7曲中音楽1に高い嗜好性を示す人と音楽2に高い嗜好性を示す人を均等な人数とした。

4. ストレス軽減効果の比較実験

実験参加者の不安や緊張が、音楽聴取によって取り除かれる際の身体と脳の活動を調査した。実験手順には、5分間の安静の後、不安や緊張の蓄積を目的とした数字探しのタスクを設定し

た。その後、再び5分間の安静を設定した。また、タスク開始から安静終了まで音楽聴取を設定し、音楽の異なる2条件からストレスの数値に見られる変化の違いを調査した。数字探しのタスクの詳細を次に示す。

- ・ 100マス方眼内の00～99の数字から、指定された数字を発見する。
- ・ 11秒で次の問に移行し、未正答は失敗と見なす。また、失敗回数を参加者に提示する。

参加者は、精神負荷タスクによってT-AとDの評価値が上昇する男子大学生4名(平均22.5歳, SD: ±0.58歳)とし、事前にインフォームドコンセントを得た。

5. 結果と考察

図2, 図3に、各条件における精神負荷タスク中とその後の安静でのCSIの平均値を示す。

参加者AとDは音楽1を好む嗜好性を示し、参加者BとCは音楽2を好む嗜好性を示した。そこで、それぞれが嗜好性を示した音楽を用いた実験の結果から以下のことが確認できた。

図2, 図3より、音楽1の条件では音楽1を好む嗜好性を示した参加者AとD、音楽2の条件では音楽2を好む嗜好性を示した参加者BとCが、CSIがタスク後の安静で減少した。また図4より、参加者AとDは音楽Iの条件で脳の活動レベルが音楽IIの条件より低く、参加者BとCは音楽IIの条件で脳の活性レベルが音楽Iの条件より低くなっている事が分かる。以上の結果より、参加者は嗜好性の高い音楽の提示に

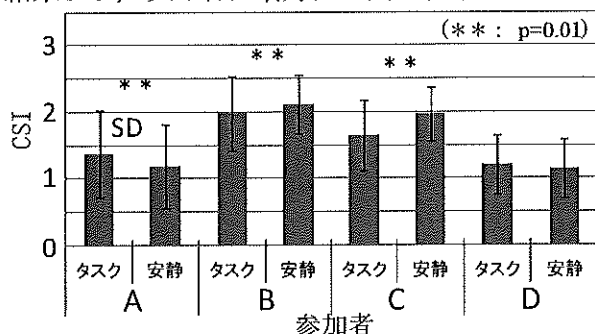


図2 精神負荷タスク後のCSIの変化 (音楽1)

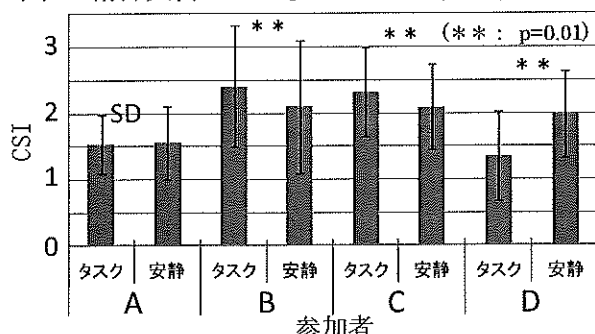


図3 精神負荷タスク後のCSIの変化 (音楽2)

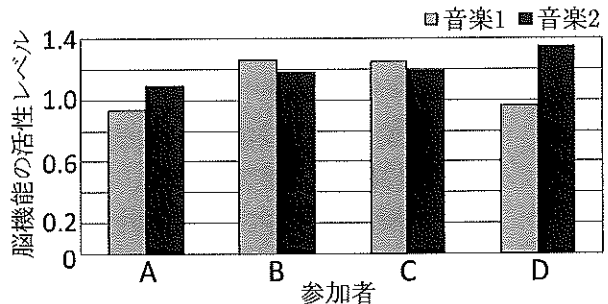


図4 音楽の嗜好性が脳に与える鎮静効果

より、より高いストレス軽減効果と脳活動の鎮静効果が得られる事が示唆された。

また、音楽の1/f ゆらぎ成分の有無が、ストレスの軽減効果に与えた影響は、実験結果から確認することが出来なかった。これは、人の音楽に対する嗜好性に関する要因が、1/f ゆらぎ成分によるリラックス効果よりも大きかったためだと考えられる。しかし、ストレスの軽減のみがリラックスの要素ではなく、人のメンタルモデルによってリラックスの定義が変化する事も考えられる。よって、リラックスを示す主観の状態と生体信号の関係を明らかにし、1/f ゆらぎ成分による効果と比較する必要がある。

6. 今後の課題

リラックス時の主観と生体信号の関係を明らかにする。その関係をもとに、音楽の周波数特性を考慮し、より効果的にストレス軽減が可能な音楽の選択方法を提案する。

高齢者の場合、音刺激による自律神経系の変化が若年者に比べ小さくなるが、自律神経系の亢進と鎮静は同様の傾向を示す事が報告されている^[3]。しかし、若年者とは異なる経験や性差が大きく影響することも同時に報告されており、今後は音楽のメンタルモデルに着目した調査が必要である。

参考文献

- [1] 田所克俊, 鈴木桂輔: 音楽の歌唱や聴取の繰り返しパターンが脳機能の活性に与える影響, ライフサポート学会, Vol. 26, No. 3, 89-99, 2014
- [2] Toichi, M., Sugiura, T., Murai, T., Sengoku, A.: A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R-R interval, Journal of the Autonomic Nervous System, Vol. 62, 79-84, 1997
- [3] 堀清和, 南哲, 堀清記: 高齢者における音と光刺激が心拍変動に及ぼす影響と年齢差, 日本生気象学会雑誌, Vol. 45(1), 13-20, 2008

パッケージデザインにおける高級感と物理特徴量に関するモデル構築

Modeling the Relationship between "High-Class Feeling" and Products' Physical Parameters

○李奈栄^{*}、武藤和仁^{*}、白岩史^{*}、飛谷謙介^{*}、中島加恵^{*}、片平建史^{*}、長田典子^{*}、
岸野文郎^{*}、荷方邦夫^{**}、荒川薫^{***}、石井敢歩^{****}、築山文彦^{****}、小林伸次^{****}

^{*}関西学院大学/^{**}金沢美術工芸大学/^{***}明治大学/^{****}株式会社コーセー

○Nayoung Lee^{*}, Kazuhito Muto^{*}, Aya Shiraiwa^{*}, Kensuke Tobitani^{*}, Kae Nakajima^{*},
Kenji Katahira^{*}, Noriko Nagata^{*}, Fumio Kishino^{*}, Kunio Nikata^{**}, Kaoru Arakawa^{***},
Kampo Ishii^{****}, Fumihiko Tsukiyama^{****}, Shinji Kobayashi^{****}

^{*}Kwansei Gakuin University/^{**}Kanazawa College of Art/^{***}Meiji University/^{****}KOSE Corporation

1. はじめに

3Dプリンタなどの技術によって、個人的なもののづくりの基盤が整備されつつある。しかし、デザイン初心者は「思い描いたものをどのように形にすればよいかわからない」ことが考えられる。そこで、直感的なデザインを可能とするような、主観的な印象と物理特徴量を関連付ける技術が求められる。物理特徴量による主観的な印象のモデル化については、これまでも検討されてきた¹⁾。しかし、パッケージデザインの感性価値で重要な高級感²⁾においては実現されていない。高級感と関連の深い化粧品パッケージの研究²⁾においては、高級感を分類し、デザインの特徴を当てはめるに止まる。そこで本研究では、ファンデーションケースを対象に印象評価実験と物理特徴量抽出を行い、パッケージデザインにおける高級感と物理特徴量を関連付けるモデルを構築した。

2. 方法

2. 1. 印象評価実験

実験には、大学生男女各10名の計20名が参加した（平均年齢=22.3歳、SD=1.0）。刺激には、ファンデーションケース32種類の天板のカラー画像を用いた。暗室でモニタに刺激をランダムに提示し、参加者に直観的な印象を7段階評価させた。評価項目には、総合的な高級感を問う「高級感があるか」と、その下位要素³⁾である「上品な」「調和のとれた」「完成度の高い」「心地よい」「豪華な」を用いた。

2. 2. 物理特徴量の抽出

物理特徴量は、HSV表色系に基づき、各刺激画像からV(明度)のヒストグラムの歪度、中央値、エントロピー、H(色相)のヒストグラムの中央値

と分散、S(彩度)のヒストグラムの中央値、総エッジ量に占める直線エッジ量の割合を抽出した。

3. 結果・考察

3. 1. 高級感の構成

高級感が下位要素によってどのように構成されるかを検証するために、下位要素を用いてクラスタ分析を行い、刺激を4つのクラスタに分類した（図1）。4クラスタ間の総合的な高級感を比較したところ、他に比べてクラスタ2、4が有意に高く（ $p < .01$ ）、2、4間には有意な差はなかった。しかし、下位要素のプロファイルはこの2つのクラスタ間で異なっていた（図2）。

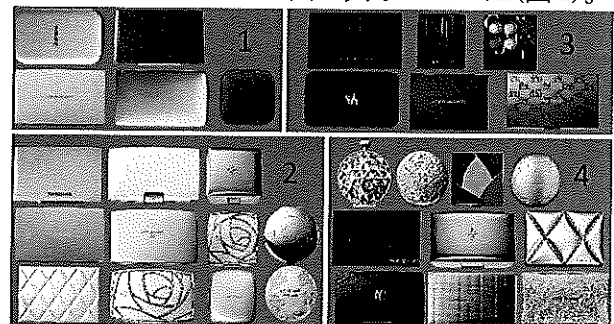


図1：下位要素によるクラスタ分析結果

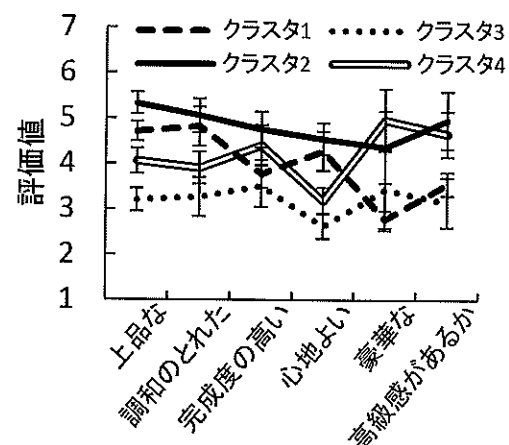


図2：下位要素のプロファイル

高級感の高い2つのクラスタの特徴を明らかにするために、刺激の評価値に対して、クラスタと下位要素を要因とする混合計画2要因分散分析を行った。その結果、クラスタおよび下位要素の主効果、交互作用が有意であった（順に、 $F(3, 28)=61.56$, $p<.001$; $F(1.40, 39.32)=11.80$, $p<.001$; $F(4.21, 39.32)=13.82$, $p<.001$ ）。下位要素ごとにクラスタ間の差を調べるために、単純主効果の検定を行った結果、すべて有意であった（ $p<.001$ ）。クラスタ2と4の間で「上品な」「調和のとれた」「心地よい」に有意差が見られ、特にクラスタ2においてこれらの値が高かった。クラスタごとの下位要素間の差についても、単純主効果はすべて有意であった（ $p<.001$, クラスタ3のみ $p<.01$ ）。クラスタ2では「上品な」、クラスタ4では「豪華な」の値が他の下位要素より有意に高かった。以上から、それぞれ「上品な」「豪華な」を特徴とする2種類の高級感モデルが示唆された。しかし、物理特徴量と関連付ける回帰モデルの構築には各クラスタの刺激数では少ないため、全刺激を用いてモデル構築を試みた。

3. 2. 高級感モデルの構築

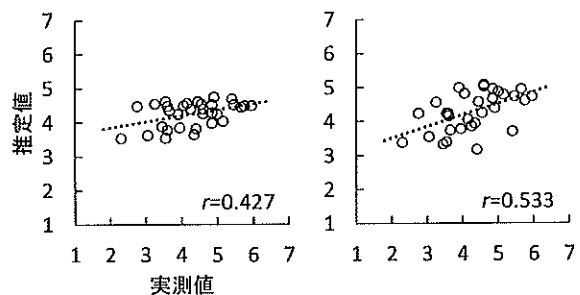
総合的な高級感を従属変数、物理特徴量を説明変数として、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。その結果、最も精度の高いモデルでも、総合的な高級感を十分に説明できなかった（自由度調整済決定係数 $R^2=0.155$, 表1①）。そこで、より精度の高いモデルを検討するために、下位要素を介して物理特徴量から高級感を推定する2段階のモデル構築を試みた。まず、総合的な高級感を従属変数、下位要素を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、最も精度の高いモデルとして「上品な」「豪華な」を説明変数とするモデルが得られた（ $R^2=0.919$, 表1②）。次に、「上品な」「豪華な」それぞれを従属変数、物理特徴量を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、「上品な」（ $R^2=0.405$, 表1③）はVのヒストグラムの中央値とSのヒストグラムの中央値、「豪華な」（ $R^2=0.411$, 表1④）はVのヒストグラムのエントロピーと歪度、Hのヒストグラムの中央値を説明変数とした時に最良モデルが得られた。②の式に③と④で推定された「上品な」「豪華な」を代入して総合的な高級感を算出した場合と実測値との相関関係を調べた。その結果、式①の推定値（ $r=0.427$, 図3(1)）よりも高い相関が見られ

た（ $r=0.533$, 図3(2)）。以上より、下位要素を介することで、物理特徴量から直接推定するより高い精度で高級感を推定できることを示した。

表1:回帰モデル

モデル	従属変数	説明変数	非標準化係数	標準化係数
① 高級感を感じるか		定数項	3.208***	
		Vのヒストグラムの中央値	0.007*	0.427
② 高級感を感じるか		定数項	-0.833**	
		豪華な	0.629***	0.743
③ 上品な		上品な	0.572***	0.534
		定数項	3.461***	
		Vのヒストグラムの中央値	0.008***	0.514
		Sのヒストグラムの中央値	-0.005*	-0.311
④ 豪華な		定数項	-0.191	
		Vのヒストグラムのエントロピー	0.650***	0.471
		Hのヒストグラムの中央値	-0.010*	-0.336
		Vのヒストグラムの歪度	0.080*	0.309

* $p=0.05$, ** $p=0.01$, *** $p=0.001$



(1)物理特徴量から直接推定 (2)下位要素を介して推定

図3:高級感モデルの比較

4. まとめ

本研究では、ファンデーションケースを対象に印象評価実験を行い、高級感と物理特徴量を関連付けるモデルの構築を試みた。総合的な高級感には「上品な」「豪華な」が大きく影響しており、これらの下位要素を介することで、単に物理特徴量から推定するより精度のよいモデルが構築できた。今後の課題としては、高級感プロファイルが異なる各クラスタのモデル検討が挙げられる。これにより、理想とする高級感に沿ったデザインを支援する技術開発への寄与が期待される。

参考文献

- 1) 丹羽志門, 青山祥貴, 数藤恭子, 谷口行信, 加藤俊一:「商品写真から受ける印象と画像特徴の関係のモデル化」, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-HCI-152, No.24, 2013
- 2) 西村裕太:「化粧品ボトルにおける高級感の解釈に関する研究」, 千葉大学, 2009

ISO2631-1 を用いた車両の乗り心地評価

－路面電車における3軸加速度測定例－

○樹野淳也, 前田節雄 (近畿大学)

Ride comfort evaluation by using ISO 2631-1

－3 axis acceleration measurement on street cars－

Junya Tatsuno and Setsuo Maeda (Kinki University)

1. はじめに

乗用型車両の乗り心地評価のために国際規格 ISO2631-1 が規定されている¹⁾。これまでに、この ISO2631-1 を用い、自動車や建設機械、農業機械、船舶などの乗り心地評価を行った数多くの研究報告がある。本研究では、これまで研究報告があまりない路面電車をとりあげ、ISO2631-1 を用いた乗り心地測定を試みたので、その測定結果について報告する。

2. 材料及び方法

2.1 対象区間

本研究では、広島市内で営業運転が行われている路面電車の路線を対象とした。具体的には、図1に示す section1 から section4 の4つの区間で測定を行った。これらの区間は、概ね直線区間であり、勾配もほとんど0であるが、上り路線と下り路線では、電停位置が離れていることもあり、別々の区間として測定を実施した。

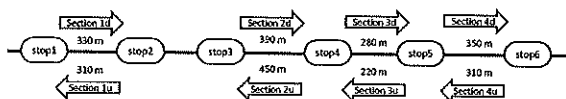
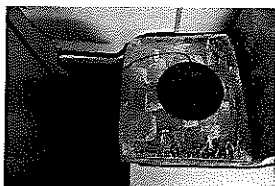


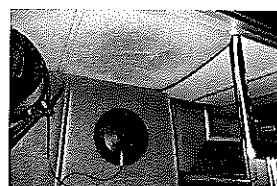
図1: 対象区間

2.2 測定方法

測定機器として、座席用振動ピックアップ(RION, PV-62)をシート上に設置し、振動計(RION, VM54)に接続した(図2)。くわえて、測定対象車両の運行記録データを作成するために、GPS (Garmin, EtrexH) を用いてトラックデータを保存した。



(a) クロスシート



(b) ロングシート

図2: 振動ピックアップの設置例

この振動計により、ISO2631-1 に基づいた直交3

軸の周波数補正振動加速度実効値 (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) を得ることができる。さらに、次式より、得られた直交3軸の周波数補正振動加速度実効値から、座面上での3軸合成周波数補正振動加速度実効値 a_v が求まる。

$$a_v = \left(k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

なお、 k_x , k_y , k_z は無次元の倍率因子であり、快適性評価の場合は、

$$\begin{pmatrix} k_x \\ k_y \\ k_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

である。

着座者の性別や体格が振動加速度に影響をおよぼすことが知られていることから、測定者は同一人物とし、台車上の座席に着座し、測定を行った。また、測定実施日は、2014年10月および11月の晴天時を選択した。

3. 結果および考察

ランダムに車両に乗り込み測定を繰り返した結果、対象とした区間にて振動加速度を測定できた車両を表1にまとめた。なお、紙面の都合上、本報では上り区間 (section 1u, 2u, 3u, 4u) のデータを掲載する。

表1: 測定車両

Tram	製造	単/連	シート
Tr.u1	1980年代	単車	ロングシート
Tr.u2	1990年代	単車	ロングシート
Tr.u3	2000年代	連接車	クロスシート
Tr.u4	2010年代	連接車	クロスシート

2000年以降に導入された車両は、複数の車両で編成された連接車となっており、それまでの単車で使用されていたロングシートに代わり、クロスシートが多用されている。なお、測定条件として挙げていた台車上のシートはクロスシートであっ

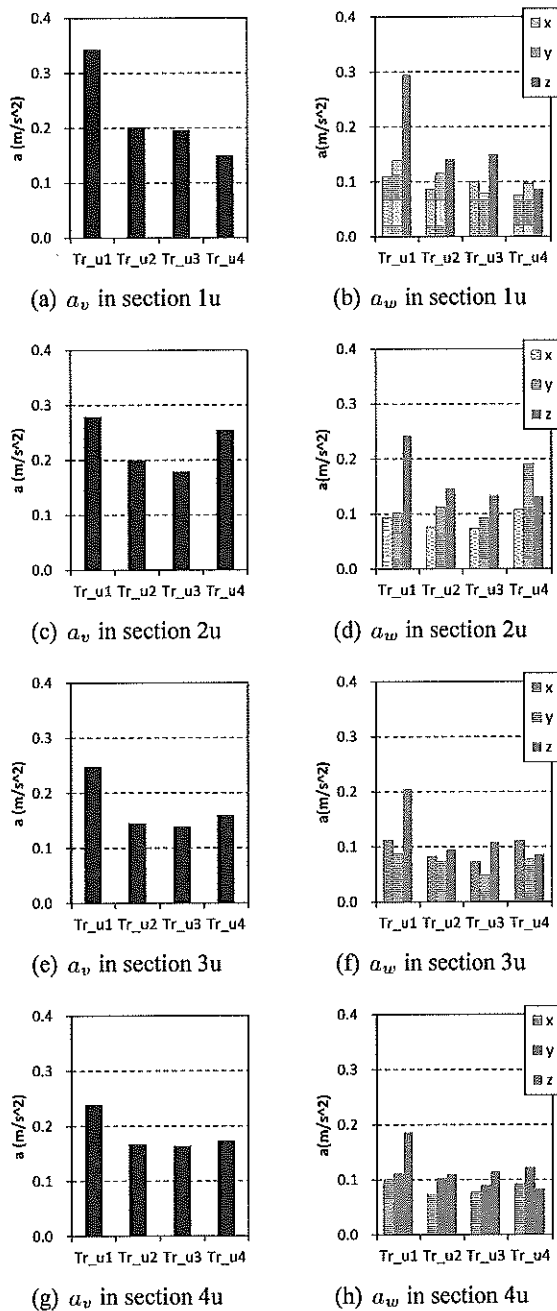


図3: 周波数補正振動加速度実効値

たことから、これらの車両ではクロスシート上での測定とした。このことにより、乗車中の測定者の体の向きが、連接車と単車では異なることになるが、以下の議論では、車両の座標系（進行方向 x 軸）を用いることにする。

図3に、区間毎に各車両で測定された3軸合成周波数補正振動加速度実効値 a_v と、それぞれの軸の周波数補正振動加速度実効値 (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) をまとめた。

3軸合成周波数補正振動加速度実効値については、section 1u における Tr_u1 を除き、 0.3 m/s^2 以下となっている。これは、IS2631-1 の快適性

評価の尺度を用いると、not uncomfortable の振動であるのに対し、section 1u における Tr_u1 の 0.34 m/s^2 は、 0.315 m/s^2 であることから、a little comfortable と分類されることを意味している。

一方、車両の形式の観点から考察すると、新しい形式における振動暴露値は旧型の車両より概ね低くなる傾向にあることが見受けられる。次に、各軸の周波数補正振動加速度実効値の結果を見ると、シートに対して鉛直方向である a_{wz} の値に大きな違いがあることが分かる。旧型の Tr_u1 と他の車両 (Tr_u2, Tr_u3, Tr_u4) を比較すると、いずれの測定区間においても a_{wz} が約50%まで低減されている。シート上で加速度が減衰する要因は、台車の構造からシートの特性まで多くの要素が絡んでおり、現時点での要素の特定は困難なものの、新しい車両は乗客への振動軽減が図られているものと推測される。他方、旧型の車両は、台車の構造だけでなくクッション材の経年変化による影響もあるものと考えられる。

4. 終わりに

本報では、試験的に、ある限られた区間における路面電車の乗員への振動暴露量を測定する実験を試みた結果、新規に導入された車両における振動暴露が、旧型の車両より低く、乗客の乗り心地が向上しているものと推測された。

一方、本実験を通して、新たな課題を見いだすことができた。第一に、乗員（運転士）に対する振動暴露量の測定・評価である。新型の車両は旧型の車両と比べると、背もたれのある運転席のデザインとなっていることから、運転士への負担が大きく軽減できているものと推測される。本報で用いた方法により、乗員への振動暴露軽減の効果の客観的評価が可能であるので、実施していければと考えている。

その他、本報で提案している測定システムでは、振動情報と位置情報を関連づけることができ、例えば、軌道メンテナンスの計画に対し、これらの情報が有効であると考えている。

参考文献

- 1) International Organization for Standardization, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements. ISO 2631-1, 1997

骨伝導ヘッドフォンとノーマルヘッドフォン等での音楽受聴時における外部信号のスピーチ明瞭度の比較評価

○前田節雄(近畿大学)

Comparison of Speech Intelligibility of External Signals During Music Listening By Using Bone Conduction Headphone and Normal Headphones
Setsuo Maeda(Kinki University)

1. はじめに

本研究の目的は、耳を覆い隠すタイプのヘッドフォン、イヤフォン、骨伝導ヘッドフォンなどを使用して音楽等を聴取している時、周囲の音や危険信号の聞き取りやすさが、どの聴取方法が有効であるのかを明らかにするために、スピーチの明瞭度を評価する尺度である Speech Transmission Index (STI)¹⁾ と「聴き取りやすさ」との関係のカテゴリー判断法を用いて実験的に調べる事である。

例えば、公共交通機関にてイヤホンやヘッドフォンで音楽を聴取した場合、車内放送が聴き取れず身の危険を守れない可能性がある。カフェや喫茶店でも同様である。もし火災が発生した場合、建物内で非常時の火災警報音が流れた際に、その音も聴き取れず逃げ遅れることによって火災に巻き込まれる可能性がある²⁾。だがミュージックデバイスが普及した現代では、このような事故を防ぐために音楽を聴くなというのは無理な話である。骨伝導ヘッドセットは、鼓膜に直接刺激を与えて聴覚神経に音を伝えるノーマルヘッドセットと違い、骨に振動を送ることで直接聴覚神経に音を伝えることができるヘッドセットである。この骨伝導ヘッドセットを使用することで音楽を聴きながらも鼓膜で音を拾うことができるため、危険信号や避難放送などを感知することができ身を守ることができる可能性がある。骨伝導を使用した補聴器などの論文は多く見かけるが、ミュージックデバイスに使用する骨伝導ヘッドセットについての論文は数少ない。

そこで本研究では、ミュージックデバイスを使用しながらどのくらい周囲の音が聴き取りやすいのかを、明瞭度の違ういくつかの信号を使用して様々なヘッドセットで聴き取ってもらい、カテゴリー判断法³⁾で評価した。

2. 実験

今回の実験で使用したヘッドセットは、

- ・耳を覆い隠すタイプのノーマルヘッドセット
- ・骨伝導ヘッドセット
- ・被験者が日頃から使用しているイヤホン

である。実験ではこの3種類のヘッドセットを使用して実験を行ったが、これらに加えて、耳に何も装着していない状態でも実験を行ったので、計4パターンでの明瞭度測定を行った。

今回の実験には、正常な聴力をもつ大学生8名に参加してもらった。男性6名、女性2名で、年齢は21歳から22歳である。実験を始めるにあたって、まず被験者が普段どれくらいの音圧レベルで音楽聴取をしているのかを測定した。測定には、Brüel & Kjær社のヘッド・アンド・トルソシミュレータを使用した。測定結果から騒音性難聴になる可能性がある85 dBA以上という限度値を超えて音楽聴取をしているものはいなかった。今回の実験では、この測定した音圧レベルと同レベルで音楽聴取をしてもらい実験を行ってもらった。

この実験で使用された信号は、女性が朗読するとある1文章である。この信号を10種類のSTIで明瞭度を変えた。STIとはスピーチ明瞭度を評価する尺度のことで、0～1の数値で明瞭度を表す。1が最も明瞭度が良く、0に近づくほど明瞭度が悪くなる。今回の実験では、10種類の0.28～1.0のSTIを試験信号として使用した。被験者にはこの10種類の信号をランダムで計50回聴いてもらった。1種類あたり5回ずつ信号が使用されている。被験者には、測定した音圧レベルでヘッドセットから音楽を聴取してもらう。被験者の前方に設置したスピーカーから試験信号を流した。試験信号を計50個流し、1回ごとに聞き取りやすさをカテゴリー判断法を用いて次の7段階で評価してもらった。

- 7：非常に聞き取りやすい
- 6：かなり聞き取りやすい
- 5：やや聞き取りやすい
- 4：どちらともいえない
- 3：やや聞き取りにくい

2：かなり聞き取りにくい

1：非常に聞き取りにくい

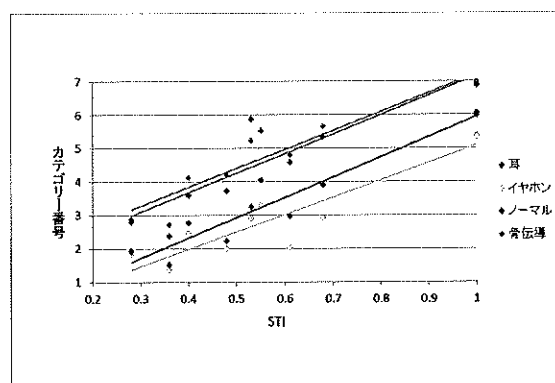
この実験を、ノーマルヘッドセット、骨伝導ヘッドセット、各自のイヤホン、耳で直接聞く、4パターンで行った。

3. 結果と考察

これらのヘッドセットを使用したときと、音楽聴取をしていないときを比較する。耳を覆い隠すタイプのノーマルヘッドセットや耳の中まで挿入するタイプのイヤホンなどで音楽聴取しながらだと、音楽を聴いていないときと比較すると周囲の危険信号がうまく聞き取れず身の危険を守ることができない可能性があることがわかった。STI の値のどれをとっても評価の平均値が 1~2 近く低くなっており、試験信号を鮮明に聞き取ることができていない。これは、周囲の音を聞き取るはずの鼓膜が、イヤホンやノーマルヘッドセットからの音楽により直接刺激を受けることによって、試験信号がかなり聞えにくくなったものと考えられる。これでは、カフェや喫茶店などの建物内で火災が発生した場合や、車の接近に気づかず歩いていた場合など、そこから発せられる避難指示や危険信号などを聞き取れずに逃げ遅れや、事故の回避ができないことも考えられる。

このような状態を防ぐために使用されたのが骨伝導ヘッドセットである。骨伝導ヘッドセットを使用して音楽を聴いていても、音楽を聴いていない状態とほとんど同じレベルで試験信号を聞きとれることがわかった。近似直線を見てもこの 2 つの線にほとんど差がなく、骨伝導ヘッドセットでの音楽聴取は、周囲の音を聞き取る妨げにはならないことがわかった。これは、ノーマルヘッドセットやイヤホンなどとは違って、音を聞き取る鼓膜に直接刺激を与えるのではなく骨導を伝って音を伝えるので、音楽を聴いていても鼓膜が刺激されることはないからである。よって、骨伝導ヘッドセットを使用することで、周囲の音を音楽聴取していないときと同レベルで聞き取ることができる。以上のことから、骨伝導ヘッドセットで音楽を聴いていても、ノーマルヘッドセットやイヤホンで音楽を聴いているときと違って、音楽を聴いていない状態と同レベルで周囲から発せられる危険信号を正確に聞き取ることができるので、自身の身

を危険から守ることが可能であるということがわかった。



被験者 8 人の STI と判断カテゴリーの関係

4. 結論

本研究では、ミュージックデバイスを使用しながらどのくらい周囲の音が聞き取りやすいのかを、明瞭度の違ういくつかの信号を使用して様々なヘッドセットで聴き取ってもらい、カテゴリー判断法で評価した結果、次の結論を得た。
1：ノーマルヘッドセットやイヤホンで音楽聴取していると、周囲の音をうまく聞き取ることができないことが明らかになった。
2：骨伝導ヘッドセットで音楽を聴くことにより、音楽聴取をしていないときと同レベルで周囲の音を聞き取ることができると明らかになった。

終わりに、本研究の遂行に協力していただいた総合社会学部総合社会学科永井由策君及び前田節雄人体振動研究室の学生さんに謝意を表します。

参考文献

- 1) 前田節雄他：「カテゴリー判断法によるスピーチの聞きとりやすさの評価に関する研究」、近畿大学理工学部研究報告、Vol.20、45-51、1984
- 2) 佐藤 香織,他：「複合カフェにおけるヘッドホンオーディオ聴取時の火災警報音の聞えについて」、日本音響学会誌、Vol.68、No.4、180-187、2012
- 3) ギルフォード、秋重善治監訳：「精神測定法」、培風館、1961

救急搬送データにおける6歳から12歳児童の事故の分析

○岡 真裕美、安達 悠子、中井 宏、臼井 伸之介（大阪大学）

Analysis of Unintentional Injuries in Children Aged 6 - 12 Years
Mayumi OKA, Yuko ADACHI, Hiroshi NAKAI, & Shinnosuke USUI (Osaka University)

1. はじめに

消防白書(2013)によると、平成24年度の救急自動車による搬送人員は5,250,302人、そのうち乳幼児・少年（生後28日以上18歳未満）が占める割合は8.7%であった。これには、急病だけでなく、一般負傷、交通事故、自損行為など様々なケースが含まれており、救急搬送データから子どもの事故の全体像を把握することができる。東京消防庁管内において、小学生の日常生活の事故に関する搬送人員は、ぶつかる、転ぶ、落ちるの順で多いことが示されているが（東京消防庁，2013）、本研究では各事例の概要に着目することで、小学生が日常生活でどのような事故にあっているかを明らかにするとともに、年齢別の特徴を把握する。

2. 方法

大阪府内A市消防本部が管理する救急搬送データのうち、平成23年1月から平成25年12月までの6歳から12歳の児童を搬送した全データ1,251件を得た。データには、発生年月日、時刻、曜日、性別、年齢（1歳刻み）、項目（急病・一般負傷・交通事故・転院搬送・運動競技・加害・自損行為）、町名、丁目、傷病程度（軽傷・中等症・重症・死亡）、傷病者状態発生概要（1件につき20字から80字程度が記載）が記載されていた。データのうち、日常生活の事故といえる一般負傷、交通事故、運動競技を対象に、それぞれ傷病者状態発生概要をもとに、研究者2名によりKJ法（川喜多，1967）で事例を分類した。年齢は、6歳、7-8歳、9-10歳、11-12歳の4つに区分した。

3. 結果

3-1. 項目別件数

一般負傷、交通事故、運動競技の搬送件数を表1に示す。一般負傷および交通事故について、A市に居住する年齢別児童数と本データの件数の比率が一致するかを検討した。その結果、比率は異なり（いずれも $p < .001$ ）一般負傷では男児6歳、7-8歳の件数が多く（いずれも $p < .01$ ）、女

表1 項目別件数

項目	件数	割合(%)	性別	6歳	7-8歳	9-10歳	11-12歳
一般負傷	352	28.14	男	45	87	63	64
			女	19	36	23	15
交通事故	246	19.66	男	32	46	50	41
			女	10	23	30	14
運動競技	44	3.52	男	0	1	8	29
			女	0	0	0	6
合計	642	51.32	男	77	134	121	134
			女	29	59	53	35

児9-10歳、11-12歳の件数が少なかった（いずれも $p < .01$ ）。交通事故では男児6歳、9-10歳の件数が多く（順に $p < .01$, $p < .05$ ）、女児7-8歳、11-12歳の件数が少なかった（順に $p < .05$, $p < .01$ ）。運動競技では、男児11-12歳が44件中29件と最も件数が多く、約65%を占めた。

3-2. 一般負傷の分類

一般負傷352件のうち、運動競技や加害に含まれると考えられた事例、および情報不足の事例を除いた320件を分類したところ、20項目が得られた（表2）。項目数が多く、日常生活での一般負傷は多岐にわたることが示唆された。東京消防庁(2013)と同様に、転ぶ（項目1, 8）、ぶつかる（項目2, 5, 7, 14）、落ちる（項目3, 6, 13, 16）が多かった。また、「1. 遊ぶ・走る・歩いている最中に転倒」、「2. 遊具など固定物にぶつかる」、「3. 遊具・木から転落」、「4. 遊び・スポーツ中に人と接触・もみ合う」、「7. 飛んできたボール、石などが当たる」、「8. 乗り物（Jボード・自転車など）を使っていて転倒」と遊戯中の負傷が多く、全体の約60%を占めることが示された。上位2項目についてA市の児童数との比率を検討したところ、「1. 遊ぶ・走る・歩いている最中に転倒」で比率が異なり（ $p < .01$ ）、6歳の件数が多く、9-10歳の件数が少なかった（いずれも $p < .01$ ）。

3-3. 交通事故の分類

交通事故246件のうち、情報不足の事例を除いた218件を分類したところ、14項目に分類された（表3）。「1. 自転車で車と接触」、「2. 自転車で自己転倒」、「5. 自転車の後ろに乗っていて、スポークに足を巻き込まれる」、「6. 自転車でミニバイクと接触」、「7. 自転車で自転車と接触」、

表2 一般負傷の分類

分類	件数	割合(%)	6歳	7-8歳	9-10歳	11-12歳
1 遊ぶ・走る・歩いている最中に転倒	74	23.13	20	23	10	21
2 遊具など固定物にぶつかる	46	14.38	7	19	13	7
3 遊具・木から転落	34	10.63	8	15	4	7
4 遊び・スポーツ中に人と接触・もみ合う	19	5.94	5	9	3	2
5 転倒後、物にぶつかる・刺さる	19	5.94	6	8	3	2
6 フェンス・柵・階段などから転落	17	5.31	2	8	3	4
7 飛んできたボール、石などが当たる	12	3.75	1	2	4	5
8 乗り物(Jボード・自転車など)を使っていて転倒	12	3.75	0	6	5	1
9 食べ物や異物の詰まり・誤飲	9	2.81	2	2	3	2
10 手を挟む・足を巻き込む	8	2.50	3	2	1	2
11 振り回したものが当たる	7	2.19	0	3	3	1
12 虫に刺される	6	1.88	1	1	2	2
13 自ら飛び降りて負傷	6	1.88	0	3	3	0
14 物が落ちてくる・倒れてくる	6	1.88	0	2	2	2
15 火災の煙を吸う	5	1.56	0	1	1	3
16 椅子・台・ベッドに乗っていて転落	5	1.56	1	2	2	0
17 熱いものがかかって火傷	4	1.25	0	2	0	2
18 意識低下時に転倒・転落	4	1.25	0	0	4	0
19 割れ物・破片で負傷	3	0.94	0	1	0	2
20 その他	24	7.50	7	7	7	3
合計	320	100.00	63	116	73	68

表3 交通事故の分類

分類	件数	割合(%)	6歳	7-8歳	9-10歳	11-12歳
1 自転車と車と接触	71	32.57	5	18	31	17
2 自転車と自己転倒	35	16.06	6	8	11	10
3 歩行中に車と接触	28	12.84	3	11	5	9
4 車同士の接触(追突・衝突等)により負傷	21	9.63	2	8	8	3
5 自転車の後ろに乗っていて、スポークに足を巻き込まれる	13	5.96	11	0	2	0
6 自転車でミニバイクと接触	10	4.59	2	2	2	4
7 自転車で自転車と接触	9	4.13	1	2	3	3
8 自転車の後部座席に乗っていて負傷	5	2.29	4	0	1	0
9 自転車でバイクと接触	4	1.83	0	2	1	1
10 歩行中に自転車と接触	4	1.83	0	4	0	0
11 車の単独事故により負傷	4	1.83	1	1	1	1
12 自転車で物と接触	3	1.38	0	2	0	1
13 その他	11	5.05	0	3	7	1
合計	218	100.00	35	61	72	50

「8. 自転車の後部座席に乗っていて負傷」、「9. 自転車でバイクと接触」、「12. 自転車で物と接触」など、自転車が関連する負傷が全体の約70%にのぼった。上位2項目についてA市の児童数との比率を検討したところ、「1. 自転車で車と接触」で比率が異なり($p < .05$)、9-10歳の件数が多かった($p < .05$)。一方「3. 歩行中に車と接触」、「10. 歩行中に自転車と接触」など、歩行中の事故は全体の約15%と低かった。

3-4. 運動競技の分類

運動競技44件を分類した結果、5項目に分類された(表4)。野球、サッカーなどの球技中の事故が多く、5項目全てで11-12歳の件数が最も多かった。

表4 運動競技の分類

分類	件数	割合(%)	6歳	7-8歳	9-10歳	11-12歳
1 ボールが当たる	15	34.09	0	1	2	12
2 野球、サッカー、体操等での転倒	14	31.82	0	0	2	12
3 選手同士の衝突	7	15.91	0	0	2	5
4 体調・気分の不良	3	6.82	0	0	0	3
5 その他	5	11.36	0	0	2	3
合計	44	100.00	0	1	8	35

4. 考察

A市における6歳から12歳児童の救急搬送データのうち、一般負傷、交通事故、運動競技に着目した。一般負傷は男児6歳、7-8歳が多かったが、これは小学校入学と同時に、親の監視のない場での活動が増え、活発な男児が女児以上に事故に遭遇していることが考えられる。

また、傷病者状態発症概要から事例を分類した結果、一般負傷320件は20項目、交通事故218件は14項目、運動競技44件は5項目に分類された。交通事故の「自転車と車と接触」において、9-10歳の件数が多かったが、これについては、小学3年生から1週間の自転車走行距離が増加するという調査結果もあり(斎藤, 1989)、遊びや習い事など、学校外の活動で親の監視を離れ、頻繁に自転車を利用し始める年齢であることが要因として考えられる。

以上の他にも各分類から年齢別の違いが見られたため、今後は、各年齢層で多い事故に対して、その発生要因を探り、予防に向けた教育介入を検討していく。

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、A市消防本部に多大なご理解・ご協力をいただきました。関係各位に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 総務省消防庁(2013). 平成25年度版消防白書
- 2) 東京消防庁 救急搬送データから見る日常生活の事故 平成25年
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201410/nichijoujiko/data/all.pdf>
- 3) 川喜多二郎(1967). 発想法—創造性開発のために、中央公論社
- 4) 斎藤良子(1989). 自転車運転者の運転行動実態、科学警察研究所報告交通編, 30巻1号, pp. 109~114

体表脈波を用いたドライバーの体調推定法

○堀川正博 ((株)デルタツーリング)、内川竜一 ((株)デルタツーリング)、
小倉由美 ((株)デルタツーリング)、藤田悦則 ((株)デルタツーリング)、
村田幸治 (山陽学園大学大学院看護学研究科)、亀井勉 (長崎大学産学官連携戦略本部)、
金子成彦 (東京大学大学院工学系研究科)、吉栖正生 (広島大学大学院医歯薬保健学研究院)

Method for Estimating the Driver's Physical Condition Using Aortic Pulse Wave
Masahiro Horikawa(Deltatooling Co., Ltd.), Ryuichi Uchikawa(Deltatooling Co., Ltd.),
Yumi Ogura(Deltatooling Co., Ltd.), Etsunori Fujita(Deltatooling Co., Ltd.),
Koji Murata(Sanyo Gakuen University), Tsutomu Kamei(Nagasaki University),
Shigehiko Kaneko(The University of Tokyo), Masao Yoshizumi(Hiroshima University)

1. はじめに

近年、長距離運転をするバスやトラックのドライバーの居眠りや体調の急変に起因した事故が社会問題となっている。このため、ドライバーの居眠りや体調の急変を検知する機器の開発が期待されており、多くの製品が存在する。しかし、居眠りや体調の急変が起きてからの対応では、事故を防ぐには不十分な場合もあり、ドライバーの日々の体調を知り、安全な運行管理を行うことが重要であると考えられる。本報では、ヒトの背部から非拘束でセンシングできる体表脈波¹⁾を用いたドライバーの体調推定アルゴリズムについて説明する。

2. 実験方法

実験装置は体表脈波からドライバーの状態を推定する(株)デルタツーリング製のスリープバスター (以下、状態推定装置と呼ぶ) とする。状態推定装置を図1(左)、体表脈波センサーを図1(右)に示す。被験者は60歳男性1名とし、乗用車での通勤中に計81回の計測を行う。ドライバーには約40分間の運転後に、運転中の体調を5段階で申告させる。状態推定装置では、体表脈波の周期特性から求めた自律神経活動の指標をもとに、ドライバーの状態を推定し、13種類の判定を18秒毎に下す。自律神経活動の指標には、心拍変動から算出するLF/HF、HFと似た傾向を示す傾き時系列波形²⁾を用いている。

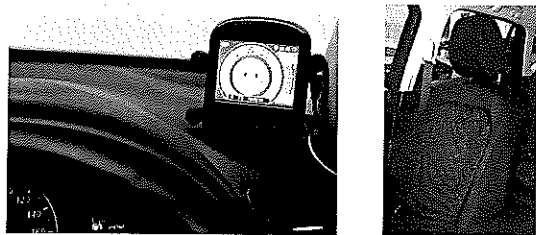


図1: 状態推定装置(左)と体表脈波センサー(右)

本報では、以下の7種類の判定を用い、体調推定を行う。心拍数が上昇傾向もしくは、交感神経活動が優位な状態と推定されるときに下される判定 (判定1とする)、交感神経活動と副交感神経活動のバランスが良い状態と推定されるときに下される判定 (判定2とする)、心拍数がわずかに下降傾向のときに下される判定 (判定3とする)、心拍数が下降傾向もしくは、副交感神経活動が優位な状態と推定されるときに下される判定 (判定4とする)、状態に変化がないときに下される判定 (判定5とする)、心拍数の変化が小さい状態が継続したときに下される判定 (判定6とする)、心拍数の変化が大きくなったときに下される判定 (判定7とする) の7種類である。

主観評価は「雨」、「曇/雨」、「曇」、「曇/晴」、「晴」の5段階で行い、「雨」は「体がつらい状態」、「曇/雨」は「5分程度のサイクルで眠気を感じた状態」、「曇」は「疲労感の有無が曖昧な状態」、「曇/晴」は「20分程度のサイクルで眠気を感じた状態」、「晴」は「疲労感がない状態」と定義し、最もあてはまる状態を申告させる。

3. 実験結果

解析範囲は運転開始から24分間、計65回の判定データとした。主観評価別の走行回数を図2(左)に示す。走行回数に差があるため、「曇/雨」を「雨」、「曇/晴」を「晴」の回数に入れ、3段階の主観評価とした結果を図2(右)に示す。

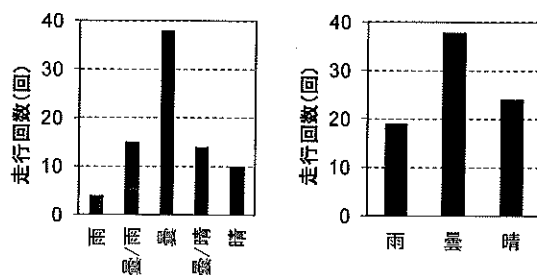


図2: 主観評価の結果5段階(左)と3段階(右)

7種類の判定パターンから体調を推定するためにベイズ推定を用いた。ベイズ推定の公式を式(1)に示す。 H_1 、 H_2 、 H_3 は「雨」、「曇」、「晴」を表しており、 x_i は状態推定装置の判定パターンを表している。 $P(H_1|x_i)$ は、 x_i のときに H_1 であると推定される確率を示す。 $P(H_1)$ 、 $P(H_2)$ 、 $P(H_3)$ の事前確率は全て1/2とした。例として、判定1を用いたベイズ推定による推定確率を表1に示す。例えば、判定1の回数が13回より多いとき、44%の確率でドライバーの体調は「晴」であると推定できる。

また、ベイズ推定の公式から式(2)を求め、異なる2つの指標を用いた場合の推定確率を求めた。 $P(H_1|D)$ は最終的に求める体調の推定確率を示す。 s_1 、 s_2 は異なる2つの指標を表しており、 $p(s_1)$ は、 $P(H_1|x_i)$ 、 $\bar{p}(s_1)$ は $P(H_2|x_i) + P(H_3|x_i)$ を示す。式(2)より求めた推定確率を表2(a)～(c)に示す。太字表記の推定確率が0.60以上場合は、その状態を推定結果とし、「曇」・「雨」もしくは「曇」・「晴」の確率の合計が0.75以上の場合は、その間の体調を推定結果とした。例えば、表2(a)の網掛け部1行目の体調は「曇に近い雨」、網掛け部2行目の体調は「曇」と推定できる。これらの表を用いた体調推定のフローチャートを図3に示す。

$$P(H_1|x_i) = \frac{P(x_i|H_1)P(H_1)}{P(x_i|H_1)P(H_1) + P(x_i|H_2)P(H_2) + P(x_i|H_3)P(H_3)} \quad \text{式(1)}$$

$$P(H_1|D) = \frac{p(s_1)p(s_2)}{p(s_1)p(s_2) + \bar{p}(s_1)\bar{p}(s_2)} \quad \text{式(2)}$$

4. 検証結果

体調推定アルゴリズムの有用性を検証するため、同一ドライバーの10回分の走行データを用い、体調推定を行った。主観評価と推定結果を表3に示す。10回中7回の走行で主観評価と近い状態を推定できているが、4、7、9回目の走行では、主観評価とは異なる状態を推定している。この一因として、ドライバーが特異な状態であったことが考えられる。例えば、4回目の走行後には、ドライバーは海外からの帰国後のため、時差ぼけ状態を感じると述べており、7、9回目の走行では、同乗者がおり、会話をしていた。このような要因で主観評価と推定結果に差が生じた可能性がある。

5. まとめ

体表脈波の計測結果から推定した状態推定装置の判定を用いることで、ドライバーの体調を推定できる可能性が示された。

表1: (例)判定1を用いた推定確率

結果				推定確率		
判定1の数(x_i)	雨(H_1)	曇(H_2)	晴(H_3)	$P(H_1 x_i)$	$P(H_2 x_i)$	$P(H_3 x_i)$
13回以下	10	20	6	0.40	0.40	0.19
13回より多い	9	18	18	0.28	0.28	0.44

表2(a): 判定5と判定6・7を用いた推定確率

		推定確率		
判定5の数	判定6・7の合計数	雨	曇	晴
0回	0回	0.28	0.48	0.24
0回	1回以上	0.44	0.21	0.34
1回以上	0回	0.13	0.64	0.23
1回以上	1回以上	0.25	0.35	0.40

表2(b): 判定1・2と判定3を用いた推定確率

		推定確率		
判定1・2の合計数	判定3の数	雨	曇	晴
31回以下	18回以下	0.51	0.41	0.08
31回以下	18回より多い	0.66	0.30	0.04
31回より多い	18回以下	0.21	0.32	0.46
31回より多い	18回より多い	0.37	0.33	0.30

表2(c): 判定1と判定4を用いた推定確率

		推定確率		
判定1の数	判定4の数	雨	曇	晴
13回以下	1回以下	0.24	0.44	0.33
13回以下	1回より多い	0.47	0.39	0.14
13回より多い	1回以下	0.13	0.25	0.62
13回より多い	1回より多い	0.18	0.35	0.46

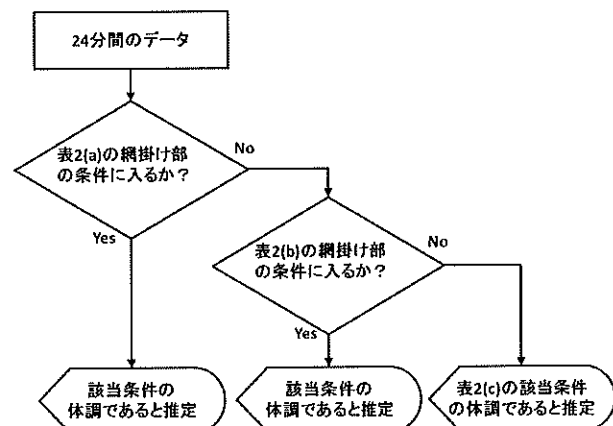


図3: 体調推定のフローチャート

表3: 体調推定の検証結果

走行	主観評価	推定結果	走行	主観評価	推定結果
1	晴	晴に近い曇	6	晴	晴に近い曇
2	晴	晴に近い曇	7	曇/晴	雨に近い曇
3	晴	曇に近い晴	8	曇/晴	晴に近い曇
4	雨	曇	9	曇	晴
5	晴	晴に近い曇	10	曇	晴に近い曇

参考文献

- 1) 小島重行他:「体幹生体信号簡易センシングシステムの開発」, 設計工学, 掲載予定
- 2) 小島重行他:「疲労度モニタリングシステムを有する自動車用シートの開発」, 第43回 日本人間工学会 中国・四国支部大会 講演論文集, 36-37, 2010

衝突防止運転支援システムを搭載したマイクロEVの開発

OPHUONG DUY HIEU, 鈴木桂輔 (香川大学)

Development of driving support system for collision prevention using on micro EV

Phuong Duy Hieu, Keisuke Suzuki (Kagawa University)

1. はじめに

環境に優しく、高齢者による操作性が良いマイクロEV(全長約2.5[m], 約40[km]の走行が可能な車両)を開発した。また、この車両に搭載することを想定した交差点における出会い頭衝突を防ぐ予防安全効果の高い運転支援システムを構築することを目的とした。研究目標は以下の3点を満たすことである。

- (1) ミニカー規格に準ずる車両の設計および開発を行う。
- (2) 開発する車両は、ミニカー規格の保安基準を満たす。
- (3) 高齢者の交通事故を減少させることを考慮して、車車間通信を用いた、交差点での出会い頭衝突防止支援システムを開発する。

2. 開発の流れ

開発のフローを図1に示す。マイクロEVの設計と開発を行い、走行性能試験の結果をもとに、高齢者に適した安全性を考慮した上で、出会い頭衝突防止システムを提案した。その後、GPSで得た車両状態量に基づく、PCによる車車間通信を利用することで、予防安全効果の高い交差点での出会い頭衝突防止支援システムを開発した。

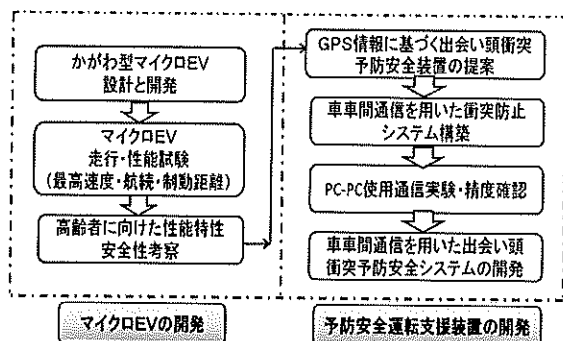


図1 マイクロEV開発のフロー

3. かがわ型マイクロEVの概要

3.1 設計目標

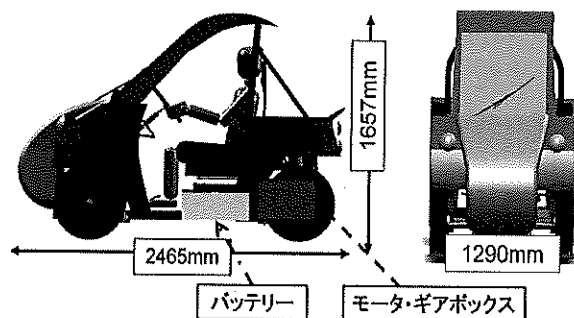
今回製作したマイクロEVの設計目標を表1に示す。この設計目標は、市販のミニカー規格の車両であり、トヨタ車体のコムス^[1]を参考とした。

表1 設計目標

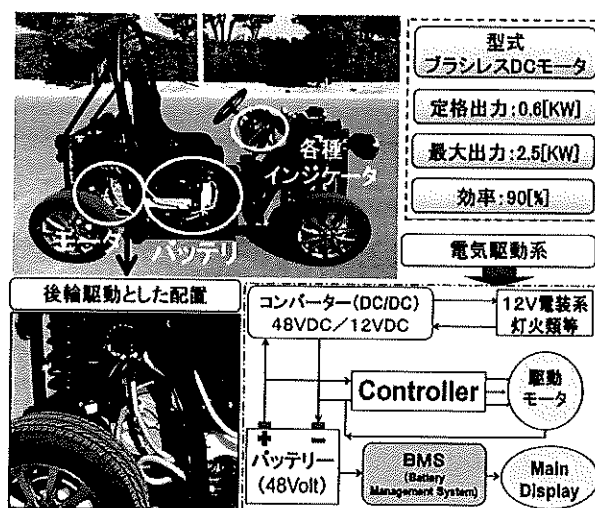
全長[mm]	2,400
全幅[mm]	1,100
全高[mm]	1,700
定格出力[kW]	0.6
乗車定員	1人
最高速度[km/h]	50
航続距離[km]	30

3.2 開発した車両の概観

設計した車両の概観を図2に示す。図2より、開発車両は、モーターとギアボックスを車両後部に配置し、後輪駆動とした。



(a) 3次元CADモデル



(b) 駆動系の構成

図2 開発した車両の概観

3.3 走行試験の結果

マイクロEVの最高速度は、40[km/h]であり、最高速度から停止までの制動距離は8.3[m]であった。これらは、道路運送車両の保安基準ミニカー規格の道路運送車両法第3章の保安基準（超小型モビリティの最高速度は60[km/h]以下、最高速度の90%から制動距離は13[m]以内）を満たしている。

4. 出会い頭衝突防止支援システム

4.1 システムの必要性

開発したマイクロEVは車体が小さく、エアバックや衝撃吸収フレームなどのパッシブセーフティシステムを装着することが難しく、事故が発生した際の乗員の被害が甚大である。

また、高齢者の認知・判断能力の低下から、見通しの悪い交差点、信号機のない交差点などに

おける他車両との出会い頭衝突事故の頻度が高いと報告されている^{[2]~[4]}。そこで、先行研究の手法^{[6]~[7]}を参考にして、交差点へ進入する際に、出会い頭衝突の可能性が高い場合において、ドライバに警報を提示することが可能な衝突予防安全システムを構築した。

4.2 システムの構成

提案した出会い頭衝突予防安全システムの構成を図3に示す。このシステムは、衛星から車両の状態量(緯度、経度、速度、偏角度)を取得し、2台のPCを双方の車両に搭載して無線通信で衝突予想地点や距離、車間余裕時間TCC(Time To Collision)などを算出し、ドライバに交差点進入車両の情報と衝突の危険性が高い場合に警報を提示するものである。

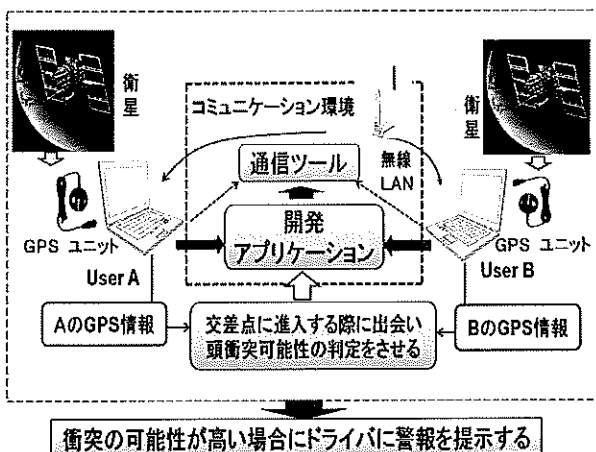


図3 出会い頭衝突防止支援システムの構成

4.3 出会い頭衝突の判定

GPSから得られる情報として、車両の進行方位角、位置情報(緯度、経度)があり、車両が進行する際に、一次予測モデルを用いて、予想進路をもとに、その位置関係から衝突可能性を判定した。衝突の判定方法を図4を示す。

マイクロEVと他車両の衝突予測地点の座標は、以下のように求めることができる。

$$X_s = (\tan \alpha_a) \times (Y_s - Y_a) + X_a$$

$$Y_s = (-X_a + X_b) + (Y_a \tan \alpha_a - Y_b \tan \alpha_b) / (\tan \alpha_a - \tan \alpha_b)$$

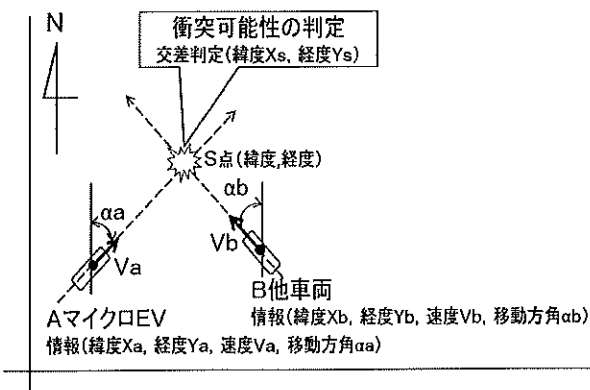


図4 出会い頭衝突の判定方法

4.4 車車間通信実験

Wifi環境を利用し、2台のPCのTCP/IP設定で無線通信接続を確立した。衛星から取得した1[sec]毎の位置情報のデータを相互通信させた。この通信の動作について検証実験を実施した結果、車車間通信における通信時間誤差は最大で0.035[sec]であった。

また、交差点へ進入する際に、他車両との出会い頭衝突危険性が高い場合にシステムを判定させる実験を行った。また、任意に設定した衝突を回避するための警報位置を、実際の車両の走行車速を想定した環境で計測した結果、最大位置誤差は約125[cm]であった。

5. 総括と今後の課題

5.1 総括

- (1) ミニカー規格に準じたマイクロEVを開発した。
- (2) 開発したマイクロEVに搭載することを想定した、PCによる車車間通信を用いた交差点での出会い頭衝突防止支援システムを構築した。
- (3) 交差点へ進入する前に、出会い頭衝突の危険性が高い場合において、運転手に警報を提示できることを確認した。

5.2 今後の課題

- (1) 開発した出会い頭衝突防止支援システムの警報提示タイミングの精度を向上させる手法を検討する。
- (2) 高齢者の認知・判断・操作に要する時間を考慮した最適な、警報タイミングについて考察する。
- (3) スマートフォンなどの通信デバイスを用いた、既に流通している通信機器を用いて、簡易に使用できる予防安全運転支援アプリケーションを開発する。

参考文献

- (1) トヨタ車体：「COMS 主要諸元」, <http://coms.toyotabody.jp/specs/>, 2013
- (2) 有住他：「無信号交差点のヒヤリハット分析による出会い頭事故要因の検討」, 土木計画学研究, 講演集, Vol. 33, 2006
- (3) (財)交通事故総合分析センター：「出会い頭事故における人的要因の分析」, イタルダ・インフォメーション, No. 56, 2005
- (4) 萩田他：「無信号交差点における出会い頭事故の分析」, 交通工学, Vol. 39, No. 6, pp. 51-59, 2004
- (5) 藤本浩：「車車間通信を利用した運転支援システム」, 電子情報通信学会誌, Vol. 95, No. 8, 2012
- (6) 児島亨他：「通信利用型安全運転支援システムに関する検討」, 自動車安全研究領域, 2012
- (7) 加藤他：「車車間通信の運転支援システムへの応用」, 自動車技術会, 学術講演会前刷集, No. 93-01, P29-34, 2001

ドライバ操作量に基づく速度抑制システムの開発

○宮崎 昌也(香川大学), 鈴木 桂輔(香川大学)

Development of speed suppression system based on driver characteristics

Masaya Miyazaki(Kagawa university), Keisuke Suzuki(Kagawa university)

1. はじめに

香川県では、2010年以降の交通事故発生件数や負傷者数は減少傾向にあるが、人口当たりの交通死者数は依然高い傾向にある。死亡事故の特徴は、交差点とその付近で発生することが多く、また、高齢者の歩行中の事故が多い。

ゾーン 30 というエリア内の制限速度を 30[km/h]に統一する交通施策が実施されている。住民や歩行者の多い住宅地域や学校周辺など交通弱者保護のための施策である。30[km/h]以下で歩行者と自動車とが衝突しても死亡率が 10[%]未満に抑えられる統計結果^[1]があり、速度抑制が重要であると考えられる。

本研究では、車両の走行速度の抑制を目的としたシステムとして、情報提示型の速度抑制 (ISA)システムに着目した。走行速度を抑制することで、危険を回避しやすくするとともに衝突時の被害軽減が可能である。

走行速度の抑制を促すために、ドライバ特性を考慮し、情報提示方法を変更させるシステムを構築する。

以下に本研究の実施事項を示す。

- ・ドライバ特性の調査
- ・ドライバ群への分類と各群の特徴考察
- ・ドライビングシミュレータ実験による各ドライバ群に最適な情報提示方法の構築

2. ドライバ特性の調査と分類

制限速度 30[km/h]の道路を模擬したドライビングシミュレータ (以下 DS) 実験により、ドライバ特性を調査した。また、運転スタイルや負荷感受特性を把握するため、石橋の提案する DSQ・WSQ^[2]による主観評価を実施した。調査により速度の低減効果等の物理量と主観評価結果を取得し、ドライバ特性値を算出した。

ドライバ特性値について、クラスタ分析を用いて、25名のドライバを4つのドライバ群に分類した。クラスタ分析は、特徴の類似した集団を作り、対象を分類する解析方法である。各群の特徴として、制限速度超過率を表 1 に示し、各群の特徴について考察したものを図 1 にまとめる。

表 1 制限速度超過率

	システム 遵守群	臨機 応変群	負荷 感受群	運転 維持群
通常走行時	44.84	48.57	14.65	27.01
システム 使用時	6.74	21.04	0.74	20.85

表 1 の結果より、システム使用時の方が通常

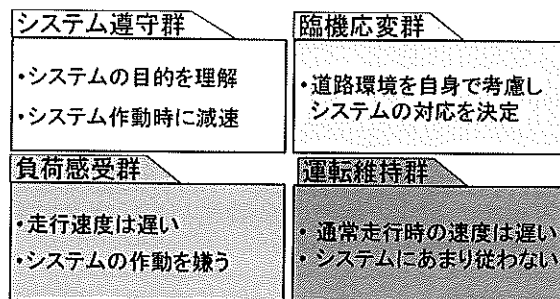


図 1 4つのドライバ群とその特徴

走行時よりも速度超過率が低減していることが分かる。また、システム遵守群、負荷感受群に関しては、システムの速度抑制効果が大きいといえる。

3. 最適な情報提示方法の構築

クラスタ分析により、分類したドライバ特性値の類似した4つのドライバ群に対して、DS実験により速度抑制効果の高い情報提示方法を最適化した。

3.1 実験概要

本実験では、3画面のスクリーンを持つ定置型 DS を使用した。実験コースは住宅街を模擬し、制限速度は 30[km/h]とした。実験参加者はインフォームドコンセントを得た普通自動車免許を取得している男子大学生 23 名(平均年齢 22.1 歳, SD±1.2 歳)を対象にした。

3.2 設定した情報提示方法

DS 実験で設定した情報提示方法を表 2、表 3 に示す。

表 2 速度警告の情報提示方法

	Teaching型	Coaching型	
車速	31[km/h]以上	31~35[km/h]	36[km/h]以上
音情報	3.7[kHz]ビーブ音	0.5[kHz]ビーブ音	3.7[kHz]ビーブ音
視覚情報			

表 3 交差点接近情報の情報提示方法

	Teaching型		Coaching型	
車両位置	交差点30[m]手前～通過まで		交差点30[m]手前	
車速	30[km/h]以下	31[km/h]以上	30[km/h]以下	31[km/h]以上
音情報	3.7[kHz]ビーブ音	3.7[kHz]ビーブ音	0.5[kHz]単音(約2秒間)のみ	3.7[kHz]ビーブ音
視覚情報				

情報提示方法は、教示的な提示を行う Teaching 型と、示唆的な提示を行う Coaching 型を設定した。提示情報は、ピープ音による音情報と画面提示による視覚情報がある。

実験参加者には、表 4 の計 5 条件で実験コースを 2 周ずつ走行するよう指示した。システムの順序効果を制御できる試行順序とした。

表 4 実験条件

	速度警告	交差点接近情報
通常走行	なし	なし
システム有①	Coaching型	Coaching型
システム有②	Coaching型	Teaching型
システム有③	Teaching型	Teaching型
システム有④	Teaching型	Coaching型

4. DS 実験結果

3 つの実験条件における各群の制限速度超過率を表 5 に示す。

表 5 各群の制限速度超過率

制限速度超過率[%]	システム遵守群	臨機応変群	負荷感受群	運転維持群
通常走行	44.1	57.3	20.1	39.9
Teaching型	3.5	25.7	2.8	24.1
Coaching型	4.6	27.6	4.3	33.4

また、参加者間で交差点進入時の速度を比較した。各群における実験条件別で交差点進入時の走行速度を図 2 に示す。

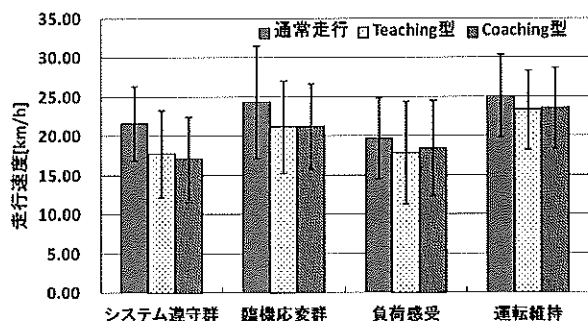


図 2 各群の交差点進入時の走行速度

表 5 の制限速度超過率の結果より、全ての群において、Teaching 型の方が Coaching 型よりも速度の抑制効果が高いことが分かった。また、図 2 より Teaching 型と Coaching 型での走行速度に有意差は見られなかったものの、システム遵守群では Coaching 型、その他の 3 群では Teaching 型が交差点進入時の走行速度が低くなっていた。これらの結果から、各群でドライバの交差点進入速度と通常走行時の速度帯の頻度分布を算出し、各群に合った情報提示方法を検討した。検討結果を表 6 にまとめる。

速度警告では、Teaching 型の方が Coaching 型よりも制限速度超過率は低いことが分かっていたが、システム遵守群を除く 3 群は、Coaching 型がより最適と判断した。これは、制限速度超

表 6 各ドライバ群に最適化した情報提示方法

	速度警告	交差点接近情報
システム遵守群	Coaching型	Coaching型
臨機応変群	Coaching型	Coaching型
負荷感受群	Coaching型	Teaching型
運転維持群	Teaching型	Teaching型

過率に大きな差がなく、システム使用時に最頻値を示す速度帯が同じであったためである。更に低速域の頻度では、Coaching 型の方が高く、速度警告においては情報提示がソフトな Coaching 型の方が煩わしさは小さく適していると考えた。

交差点接近情報では、臨機応変群に最適な情報提示は Coaching 型とした。臨機応変群 7 名のうち 5 名において Coaching 型が最も速度抑制効果が高い傾向が得られたためである。

5. 総括

本研究では、香川県の交通事故状況に対応した交差点事故防止や交通弱者保護のための走行速度抑制を目的とした、情報提示型の運転支援システムを開発した。ISA システムの利点として、システムの構成がシンプルでコストが低いことが挙げられる。そのため、システムの使用に対してドライバの抵抗が少なく、システムの普及が望める。また、ドライバの特性に考慮した情報提示を行うことで、システムの効果の向上を目指した。

- 本研究の総括として、以下の 3 点を挙げる。
- (1) ドライバ特性の調査として、速度の低減効果などの物理量と DSQ・WSQ による主観評価を用いて、ドライバ特性値を算出し、ドライバ群別に情報提示方法の最適化が可能であることを実証した。
 - (2) クラスタ分析を用いて 4 つのグループに分類を行い、提案した情報提示方法の速度抑制効果を検証し、速度抑制に効果的であることを実証した。
 - (3) 各ドライバ群において、提案した情報提示方法の最適化を行い、速度抑制に効果の向上が期待できる最適な情報提示型 ISA システムを構築した。

本研究により、GPS のみで動作可能な簡易なシステムであっても速度抑制の観点で効果が顕在化することが分かった。一方で、システムの効果が見られない実験参加者や、交差点の環境によって、傾向の異なる参加者も見られた。本実験で得られた知見を基により細かい情報提示方法の設定を行うことが今後の課題となる。

6. 参考文献

- [1] OECD/ECMT : Speed Management, 2006
- [2] 石橋基範：自動車運転者の個人特性評価に基づく反応理解手法に関する研究，香川大学博士学位論文，甲第 45 号，2009

低騒音パワーシートの開発と異音定量化手法の提案

○ 内山隆夫、梅崎幾世紀、小倉由美、藤田悦則（デルタツーリング）、
金子成彦（東京大学大学院）

Development of Low-noise Power Seat and Proposal of Noise Quantification Method
Takao Uchiyama, Kiyonori Umezaki, Yumi Ogura, Etsunori Fujita, (DELTA TOOLING Co., Ltd),
Shigehiko Kaneko (The University of Tokyo)

1. はじめに

従来、自動車用座席に用いられるパワーシート（電動機構付シート）は、スライダー前後動作の駆動力の伝達機構としてフレキシブルワイヤを用いている。しかし、この機構はワイヤ自身の振れ回りにより、作動の音が大きくなるケースがあった。

今回、フレキシブルワイヤを用いない新たなパワーシートを開発・試作した。本研究では、開発したシートの作動音と振動の比較と異音判定の定量化を試みた。異音の発生部位から伝播する振動の特徴を解析し、電動機能部品が作動することによって発生する音の従来品との比較により、異音評価判定法の効果を確認した。

2. 実験方法

図1に示すパワーユニットを用いて、従来構造・新構造の異音判定を行う。従来構造は、スライダーを駆動するミッション（ウォームギヤ）とモーターの間に、アウターケーブルと撚り線で作られたインナーケーブル（フレキシブルワイヤ）の二重構造からなるケーブルがつながれている（図2）。新たに開発した構造は、同部分に中空パイプを用いた構造とし、回転軸の振れ回りを抑制する機構とする。

駆動に用いるモーターは、従来構造・新構造ともにほぼ同仕様のものであるが、支持方法が異なる。

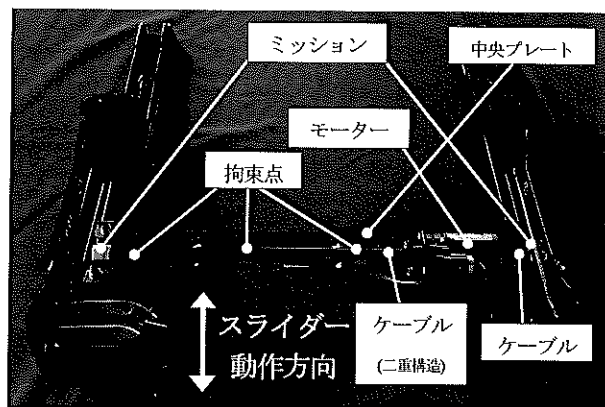


図1 パワーユニット全体図（従来構造）

る。なお、モーターの仕様を表1に示す。

測定時は車両に取り付けた状態の角度を再現するため、ユニット前部が高くなるように設置する。784Nを負荷（官能評価時は着座）し、スライダー前→後、後→前の2方向、それぞれフルストローク作動させ、以下3点について測定する。

- ① 騒音測定（等価騒音レベル・FFT解析，A特性）
- ② 振動測定（FFT解析）
- ③ 官能評価

騒音計（リオン製 NL-14）の設置高さは約40cmとする。測定は約28dB(A)の暗騒音環境下である防音室内で行う。

振動の測定は、圧電型加速度ピックアップ（リオン製 PV-85）を図3・4に示すように取り付け、測定を行う。取り付け位置は各ユニットの差が最もあらわれる箇所、騒音の発生箇所などを考慮し選択する¹⁾。

官能評価はSD法により5段階6項目で行い、平均点を算出する。被験者は14名である。

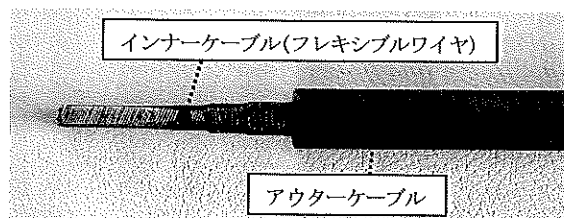


図2 ケーブル(二重構造部)

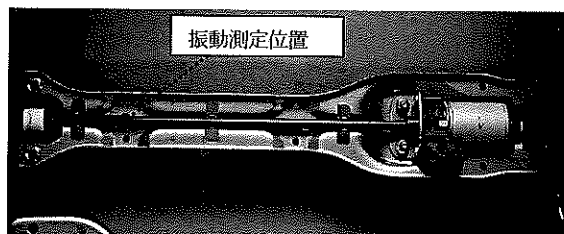


図3 従来構造

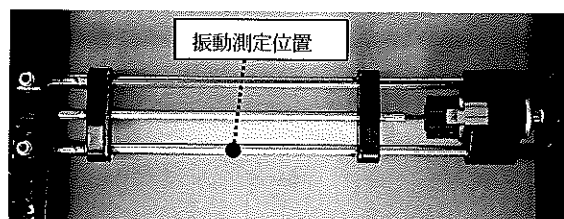


図4 新構造

表1 モーター仕様

モーター種類	従来構造	新構造
	直流	
	フェライト	ネオジウム
定格電圧(端子電圧)	12V	13V
定格負荷時回転速度 (負荷:9.8±0.9N・cm)	2850rpm	2600rpm

表2 音圧測定結果・騒音官能評価結果

音圧 (dB(A))	前進		後進	
	従来構造	新構造	従来構造	新構造
	42.4	38.0	44.3	37.9

	前進		後進	
	従来構造	新構造	従来構造	新構造
①悪い良い	2.93	3.57	1.93	3.14
②気になる気にならない	2.93	3.86	2.00	3.14
③騒々しい静かな	2.71	4.14	1.71	3.00
④変動感が大きい小さい	3.14	3.86	2.64	3.29
⑤荒い滑らかな	3.14	3.00	2.00	2.86
⑥音色の悪い良い	2.43	3.14	2.00	3.14

3. 実験結果・考察

騒音測定の結果および官能評価の結果を表2に示す。新構造は従来品と比較して音圧が低くなっている。官能評価の結果は良好であり、特に③の騒々しいという印象が大きく改善されている。

測定した振動の周波数解析を行った結果を図5に示す。従来構造・新構造ともに、1次の周波数スペクトルのピークが50Hz付近に認められ、2次、3次…の成分が発生していることがわかる。しかし、従来構造では、基本周波数に様々な不規則振動が重畳され、特に300Hz～900Hzの間で振動が大きく、乱れが大きくなっている。これはケーブルの振れ回りによる振動であり、この振動が中央プレートを通じて空気へ伝播し、異音を発生させていると考えられる。新構造では倍音成分が多くみられるが、従来構造で見られた振れ回り運動に伴う振動が小さくなっている。回転エネルギーの大きい中空パイプを用いることで、ラジアル方向の運動が小さくなり、振れ回り運動が小さくなっていることが考えられる。あわせてミッション部(ウォームギヤ)のたたき音が軽減される効果があるものと思われる。

測定した騒音のFFT解析結果を図6に示す。振動のFFT解析結果との相関性がみられ、騒音を不規則振動により判定できる可能性が示唆された。なお、新構造においても低周波域の騒音・振動が発生しているが、音圧が低く聞こえにくいもので

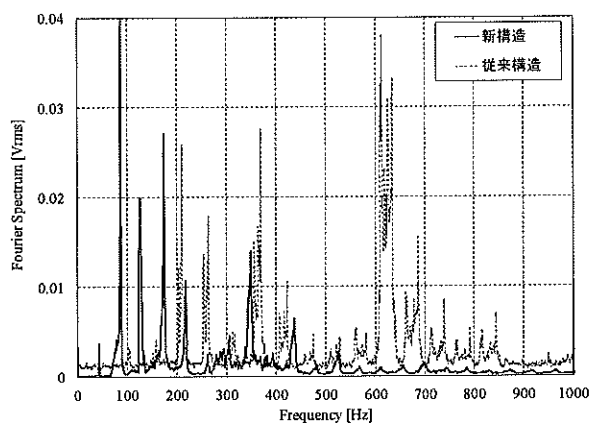


図5 従来構造・新構造の振動 FFT 結果(後進時)

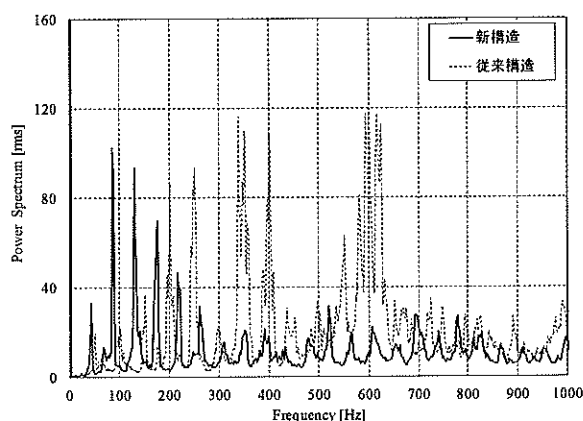


図6 従来構造・新構造の騒音 FFT 結果(後進時)

あるため、官能評価は良好であったと考えられる。

4. まとめ・課題

フレキシブルワイヤを廃することで軸の振れ回りを抑制したパワーシート駆動機構を開発した。振動の乱れを抑えることで、騒々しい・荒いといった印象が抑えられ、より快音とすることができた。

騒音のFFT解析結果は振動のFFT解析結果、官能評価で相関性がみられ、振動測定による異音の判定法が有効であることが示された。

今後、振動解析結果に官能評価を組み合わせ、重み付けを行い、より官能評価との相関性の高い異音評価手法を構築する予定である。

5. 参考文献

- 1) 内山隆夫他：電動パワーユニットの異音評価の定量化に向けた基礎的研究，第45回人間工学学会中四国支部大会，74-75，2012
- 2) 豊田利夫：回転機械診断の進め方，日本プラントメンテナンス協会，1991

長時間着座のための姿勢支持法の提案

○ 平本裕太、延廣良香、小倉由美、藤田悦則 ((株) デルタツーリング)
辻敏夫 (広島大学大学院工学研究科)、金子成彦 (東京大学大学院工学系研究科)、
長町三生 (広島大学名誉教授)

Proposal of a Posture Support Method for a Long Time Sitting

Yuta Hiramoto, Yoshika Nobuhiro, Yumi Ogura, Etsunori Fujita (Delta Tooling Co., LTD),
Toshio Tsuji (Hiroshima University), Shigehiko Kaneko (The University of Tokyo),
Mitsuo Nagamachi (Hiroshima University)

1. 緒言

航空機、鉄道、長距離バス、自宅の各椅子で、我々の日常生活には長時間着座するケースが多々ある。また、医療・情報通信技術の整備により遠隔医療が普及することで、自宅での治療や診断により長時間着座のケースが増加すると考えられる。よって、長時間着座により、人に対してどのようなストレスが加わるか、ストレスが加わった結果血圧にどのような変動が生じるか、疲労の回復度合いはどうかを検証した上で、長時間着座を前提とした椅子はどのように設計すべきものなのかを考える必要がある。

そこで我々は、長時間着座による人への負担軽減のために新たな姿勢支持法について検討を行った。提案する姿勢支持法は、従来自動車用シートに用いられている骨盤支持、腰椎支持法とは異なり、体幹の中心を通る脊柱を外して体の側面を積極的に支持するもの（以下、体側支持法と呼ぶ）である。本報では、提案する姿勢支持法のチェアと姿勢支持法の異なるチェアを用い、姿勢支持法の違いが人体へ及ぼす影響について検討を行った結果について報告する。

2. 実験方法

被験者は、20～30 歳代(平均年齢 27±3 歳)の健康な男性 4 名で、身長は 173～184cm、体重は 60kg～75kg の範囲にある。測定項目は、心電図、指尖容積脈波、体圧分布である。体圧分布の計測は圧力分布センサーシステム (BIG-MAT2000P3BS : ㈱ニッタ) を用いた。実験には、本研究において試作した体側支持法のチェア(以下、チェア A とする)と従来の腰椎支持法のチェア(以下、チェア B とする)を用い、座位と臥位姿勢でそれぞれ 60 分間の測定を行う。実験中は、被験者には覚醒・睡眠の指示は行わず、被験者の自由意思に任せるものとする。図 1 に実験風景を示す。



座位



臥位

図 1 実験風景

3. 実験結果および考察

図2(i)～(iv)は身長175cm、体重75kgの男性被験者Aの心電図から算出した自律神経の活動レベルを比較したものである。チェアAは座位、臥位ともに副交感神経優位な状態からスタートできており、着座当初からリラックスできるものと考えられる。チェアAの座位では、実験開始22分を経過した時点で眠気に抵抗するように交感神経活動の一時的な亢進が認められ、さらに30分経過した時点でまた眠気に抵抗している。全体的にみると、実験開始後40分間はリラックス状態で、40分以降は体の痛みというより眠気への抵抗を示す交感神経活動の亢進を伴うが、リラックス、集中状態といえる。チェアAの臥位は終始リラックス状態であり、副交感神経活動の変動は20分間の自然なリズムでゆらいており、よい休息ができる椅子であり、姿勢支持法といえる。

チェアBの座位は、リラックス状態からリラックス、集中状態へと変化しており、代償性の交感神経活動により疲労感が抑制されていると考えられる⁽¹⁾。チェアBの臥位は、実験開始23分まで交感神経の亢進が認められる。姿勢に対する大きな不満はないが、実験開始直後に体の何処かに痛みが生じている可能性は否定できない。実験開始後40分以降は実験に耐えている状態が10分程度続いているが、残りの10分で代償性の交感神経活動により疲労感が抑制され

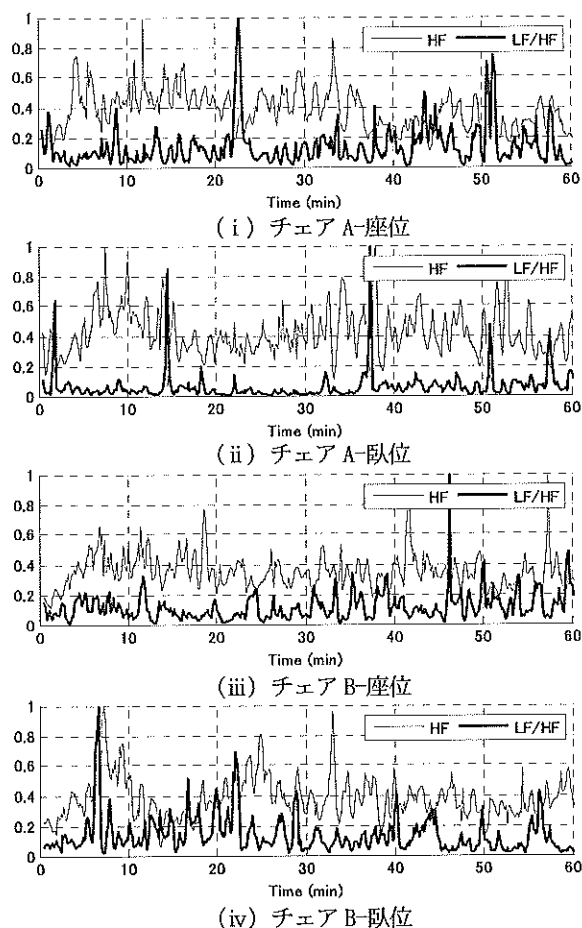


図2 自律神経の活動レベルの比較

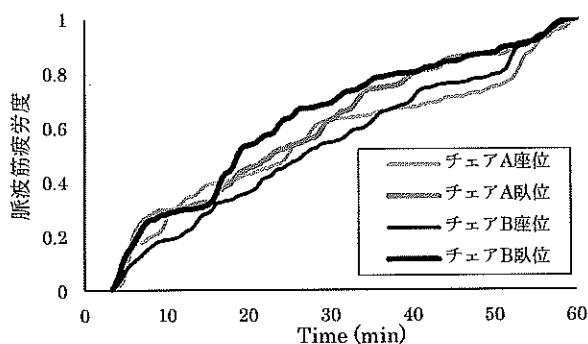


図3 疲労曲線

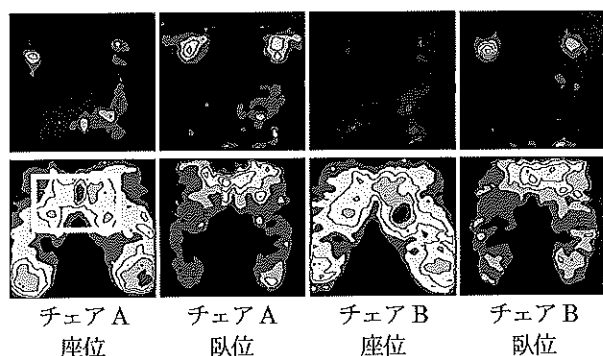


図4 体圧分布(上図:背面 下図:座面)

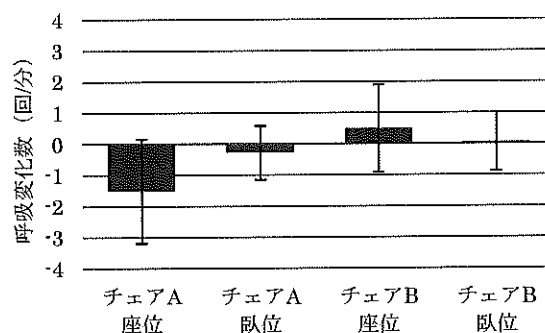


図5 呼吸変化数

ていると考えられる。

図3に被験者Aの指尖容積脈波から算出した疲労曲線①を示す。チェアBの臥位は、実験開始15分を経過した時点で急激に疲労度が高まり、その後も他の条件よりも疲労度が急速に増加しており、体に負担がかかっていると考えられる。

図4は被験者Aの体圧分布を示す。姿勢支持法の違いによる体圧分布の有意な差はみられないが、チェアAの方が接触面積は大きくなり、体圧が低いと考えられる。チェアA座位の座面側において、枠線部の圧力平均値は28.76mmHgで毛細血管圧とほぼ同じ値になっており②、長時間着座、長時間仰臥位に耐えるものとなっている。

図5は心電図から算出した呼吸変化数を示す。測定開始後から5分間の平均呼吸数と測定開始後5～10分間の平均呼吸数の差を求め、被験者4名の平均を算出したものである。チェアAは座位、臥位ともに測定開始5分以降に呼吸数が低下し、チェアBは座位、臥位ともに呼吸数は増加する傾向がみられる。したがって、チェアAは呼吸が楽にでき、呼吸数は安定減少傾向にあり、チェアBは安定増加傾向にあると言える。

4. 結言

- (1) 体側支持法は、座位と臥位の両姿勢でリラックスしやすい傾向にあることが示唆される。
- (2) 腰椎支持法は、臥位姿勢でリラックスしにくい傾向にあることが示唆される。

5. 参考文献

- (1) 藤田悦則他：「指尖容積脈波情報を用いた長時間着座疲労の簡易評価法の開発」，人間工学，vol.40，No.5，2004，P.254-263
- (2) D.L.BADER(加倉井周一訳)：「褥瘡」，1版，協同医書出版社，1994，p.155-163

文字書体がヒトの情報処理過程に及ぼす影響

○野村駿介, 大山剛史, 迫明仁 (岡山県立大学)

The Effect of Literal Font on Human Information Processing

Shunsuke Nomura, Takashi Oyama, Akihito Sako (Okayama Prefectural University)

1. 序論

近年, 文字書体と記憶成績を題材とした研究が盛んに行われている. Yaumanらは文字書体の読みにくさが記憶成績を向上させることを報告している[1]. さらに, 書体の効果は年齢によって異なることも報告されている [2]. しかし, 文字書体の読みにくさは主観的で曖昧であり, 定量的な検討はなされていない. そこで, 本研究は読みにくさを行動に対する消費時間(反応時間)ととらえ, 書体ごとの反応時間を計測した. これまでの実験によって, 読みにくい書体ほど反応時間が増大する傾向にあり, MS明朝体, MS教科書体, HG教科書体, HG行書体の中ではMS明朝体が最も読みやすく, HG行書体が最も読みにくいことが明らかになっている[3]. 本研究では, 呈示時間やISI(Inter Stimulus Interval)を考慮して, 文字書体の読みにくさがヒトの情報処理に与える影響を考察した.

2. 実験手順

文字書体の読みにくさを測る方法として異同判断課題(same-different judgment task)の反応時間を測定した. 用いた書体は MS 明朝と HG 行書体の 2 書体である. これは, これまでの実験により, この二つを用いた条件が最も反応時間に差が現れたからである.

実験は静かな暗室で, 被験者は実験に参加することに同意した(20代~50代)10名で行った. 被験者は CRT ディスプレイから 57cm 離れたところに設置した顎台に顎を乗せてディスプレイを注視するよう指示された. 条件は書体ごと, 第一刺激の書体と第二刺激の書体が入れ替わる場合も別条件とし, 4 条件を設けた. また刺激の呈示時間を 0.3 秒と 1.0 秒の 2 条件, ISI を 0.5 秒, 1.0 秒, 6.0 秒の 3 条件, 文字列の異同について 2 条件を設けた. これら 48 条件を 10 試行, 計 480 試行をランダムな順序で行った. さらに, 刺激間隔時間, ISI を 1 秒として図形において同様の実験を行った. これは図形など意味符号を持たず, 音韻符号よりも形態符号が大きな役割

を持つ場合について検討するためである.

3. 実験結果

実験結果として反応時間の対数値を図1に示す. 実験結果では反応時間の対数値を取り, 平均値から標準偏差の3倍以上外れたデータを解析対象外とした. また, 図中のエラーバーは標準誤差を表している. 図中横軸のmはMS明朝体を, gはHG行書体を表し, ハイフンの左側が第一刺激の書体, 右側が第二刺激の書体である.

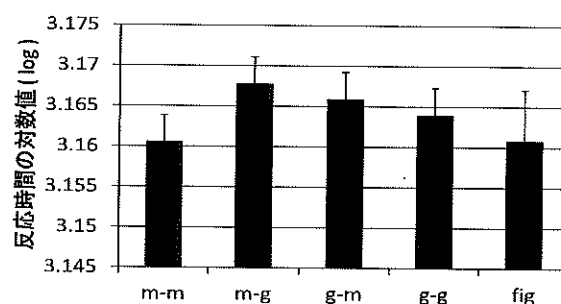


図1. 反応時間の対数値

図1から, 第一刺激と第二刺激の書体が同じ場合に反応時間が早く, 異なる場合は遅い. かつ, 行書体で呈示された場合は反応時間が遅いことが分かる.

次に反応時間をISIごとに集計したデータを図2として示す.

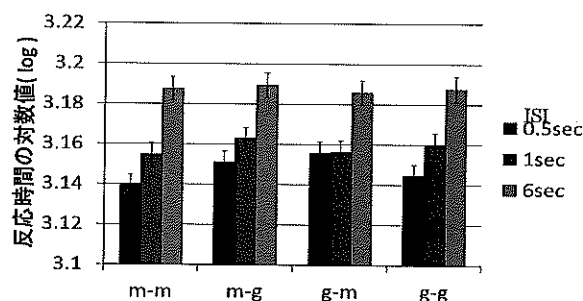


図2. ISIごとに分類した反応時間の対数値

図2からISIが6.0秒の時に反応時間が大きく増大していることが分かる. また, ISIが長くなるにつれて図1で見られたような傾向が薄れている.

ISIごとに数量化 I 類によって分析し、アイテムレンジを図3, 図4, 図5として示す。図中のFontは書体の違い, SDは文字列の異同, Display Timeは刺激の呈示時間を表している。また, グラフの右側にその要素の偏相関係数を示している。

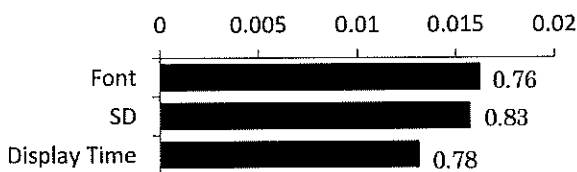


図3.ISI=0.5での数量化 I 類による分析

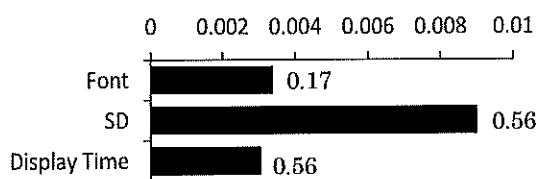


図4.ISI=1.0での数量化 I 類による分析

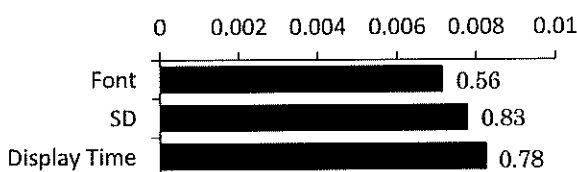


図5.ISI=6.0での数量化 I 類による分析

数量化 I 類の解析結果より, ISIの条件ごとに, 反応時間に与える影響が大きい要因に差が見取れる。また書体の効果はISIが短いときに大きかった。

4. 考察

今回得られた反応時間は, 前回実験したものに比べると, 書体間の差が小さかった。しかし, 前回の結果と同様に第一刺激と第二刺激で書体と同じ場合に反応時間が早く, 異なる場合は遅かった。また, MS明朝体が早く, HG行書体が遅いという傾向は変わらなかった。

図2を見てみると, ISIが6秒のときに反応時間が大きく増大し, 書体ごとの特徴もISIが増大するにつれて図1で見られた特徴が失われている。分散分析による解析では, ISIについて主効果が認められた(ANOVA, $p < 0.01$)。前回の実験に比べて書体ごとの反応時間の差が小さかったのは, ISIが反応時間に及ぼす影響が大きかったことが

考えられる。また, 文字列の異同と呈示時間, 文字列の異同とISIにおいて交互作用が見られた(ANOVA, $p < 0.05$)。書体に関する主効果は認められなかった(ANOVA, *n.s.*)。しかし, 書体ごとにデータを集計すると図2に見られるような傾向が多く見受けられた。このことから, 書体が反応時間に与える影響は小さいことが分かる。さらに, 図形と比べてみると, 明朝体のみで呈示された場合は文字列の情報処理の方が早い, その他の条件では図形の方が早く, 反応時間の差も大きかった。図形の異同判断においては情報処理過程に音韻的な符号化を含まない。ゆえに文字列の情報処理に比べて反応時間が早くなることが考えられるが, 今回の実験では明朝体で呈示された場合とほぼ同程度だった。このことから, 日常で頻繁に使用される書体はなんらかの記号として情報を圧縮していることが考えられる。つまり, 読みにくい書体ほど反応時間が遅いのは, 情報処理にかかる負荷が高いからであると考えられる。

さらに, データをISIごとに数量化 I 類で解析したデータを見てみると, ISIが短いほど書体を与える影響が大きい傾向にある。これは書体という形態的次元が最も記憶の処理水準が浅く, 時間と共に失われていく割合が高いからではないかと考えられる。しかし, 時間経過による情報の消失割合の高い形態的次元が, ヒトの記憶成績に影響を及ぼすことはYaumanらの研究によって報告されている[1]。つまり, 時間経過とともに形態的次元は失われていくが, 学習などの長期記憶にも影響を及ぼすのである。

5. 結論

今回の実験では以下のことが明らかになった。

- ・頻繁にみられる書体は記号として情報を圧縮している可能性があること。
- ・書体の与える影響は時間経過とともに消失していく傾向にあるが, 学習などの長期的な認知行動にも影響を及ぼす。

参考文献

- [1] Diemand-Yauman, C, et al. "Fortune favors the bold (and the italicized): effects of disfluency on educational outcomes", *cognition*, Vol.118, No.1, 111-115, 2011
- [2] Katzir T, et al: "The effects of reading comprehension on second and fifth grade children: bigger is not always better", *PLoS One*, Vol.8, No.9, 2013
- [3] 野村駿介他: 「文字書体の読みにくさの評価と文字列情報処理過程に及ぼす影響」, *信学技法*, Vol.113, No.500, 323-328, 2014

マンモグラフィ検査用中国手話のアニメーションに関する研究

○許諾、森本一成、桑原教彰（京都工芸繊維大学）

Development of Chinese Sign Language Animation for Mammography Inspection to Hearing-Impaired People

Daku Kyo, Kazunari Morimoto, Noriaki Kuwahara (Kyoto Institute of Technology)

1. はじめに

マンモグラフィ検査では、受検者の立ち位置、腕の移動、乳房の位置、顔の向きなどを受検者自身で判断することが困難である。また、技師と受検者の接触があるので、受検者がリラックスして撮影に臨めることが大切である。技師と受検者のコミュニケーションが重要である。しかし、受検者が聴覚障害者の場合、技師が手話を話せないとか、病院に手話通訳者がいない場合が多く、コミュニケーションをとることが大変困難である。このことが原因で聴覚障害者はマンモグラフィ検査を拒否することが問題になっている。その問題を解決する一手法として、中国手話アニメーションを取り上げ、その生成について検討する。

2. 中国手話について

現在のところ統一された中国手話はない。現在よく使われている手話は自然手話と中国手話の2種類がある。中国の手話には、大きく「中国手話」と地方手話（「上海手話」「北京手話」など）にわけられている。

2013年、中国の「国家手話と点字研究センター」と「北京师范大学特殊教育研究所」は中国の手話の使用状況について調査を実施した。調査対象は中国本土における18の省（自治区、市町村も含める）での13,241人の聴覚障害者である。その中、聴覚障害の学生9,583人、手話教師2,709人、聴覚障害の成年社会人949人であった。聴覚障害の学生と教師の間では地方手話と中国手話両方でも使用していたが、地方手話の使用率が高かった。聴覚障害の成人は主に地方手話を使用していた。そのため、中国全国は90%以上の聴覚障害者はテレビで手話ニュースを見たことがあるが、内容がわかる聴覚障害者の人数10%に満たなかった。そして、中国には聴覚障害者がおおよそ3000万人いると言われている。一方、聴覚障害者の数に比べて手話通訳者数が圧倒的に不足している状況は、日本と同

様に中国でも見られる。

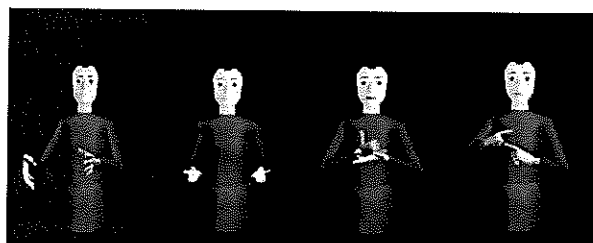
3. 手話アニメーションの生成

聴覚障害者と健聴者、あるいは聴覚障害者間でのコミュニケーション障害の問題を解消するため、中国手話アニメーション表示システムの研究開発を行っている。

それは、手形とその軌跡、口話、表情、姿勢などの身体の働きをコンピュータ内に自作した手話辞書から得たコード列を合成することによって作成される。手話アニメーションの表示は、手話単語ファイルに書かれたコード列から、手話辞書と手話ビデオを参照することによって仮想骨格の各関節角度を計算し（デコーディング）、これをキーフレームとしてコード間の運動形態を合成規則によって補間することで生成する。また、開発中の手話アニメーションシステムは、手の働き、顔、口の開閉、頭部眉ならびに眼球の働き、姿勢を表現できる。本システムを用いて、中国手話の手形・表情・身振りなどをコード化した。

4. 実験方法と条件

中国北京第二聾啞学校の教員に手話アニメーションの作成にはマンモグラフィ検査用指示文を手話表現してもらい、それをビデオで撮影した。ビデオに基づいて手話アニメーションを生成した。手話アニメーションの例を図1に示す。



「今からマンモグラフィの検査を始めます」

図1. 手話アニメーションの例

生成した17個のマンモグラフィ検査の手話アニメーションが聴覚障害者について分かりやすいかどうかを知るための評価実験を行った。

評価実験では、手話アニメーションと手話者のビデオによるマンモグラフィ検査指示の手話表現のわかりやすさを比較した。

実験協力者は北京在籍の読み書きの出来る30代から50代までの女性の聴覚障害者10名であった。手話歴以上～20年以上である。また、実験を始める前に実験協力者には実験方法に関して紙面で説明した。次にパソコンのディスプレイに表示される手話を読み取った内容を記入させた。示された手話文による手話の分かりやすさについてSD法による主観評価を行った。実験協力者にそれぞれの手話文について以下に示す5項目の評価項目について主観評価を行うための用紙を配り、1文毎に5段階で評価をさせた。評価項目と評価尺度値の内容は以下の5項目である。

1. 手話の意味が読み取れますか
2. 表情は手話の意味を読み取るのに役立ちますか
3. 手話表現は自然ですか
4. 単語の切れ目は分かりやすいですか
5. 手の動きの速さは適切ですか

4. 実験結果と考察

実験の結果を図2に示す。全17の指示文の平均正答率は手話アニメーションにおいて40.1%、手話者による手話は72.1%であった。

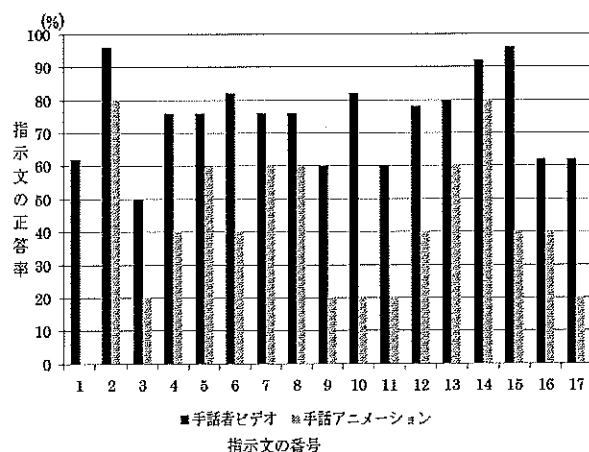


図2. 指示文の平均正答率

手話アニメーションの1文ごとの正答率は0%から80%であり平均正答率は約41.2%と非常に低かった。文により正答率が極端に違い、正答率の低かった文は検査の現場にいないと認識するのが難しいと思われるものであった。例え

ば、「次は、上下方向を挟みます」、「左耳を板にあててください」である。

また、実験協力者の意見としては、単語がわからない、どこを指しているかわからない、動きが堅いなどの指摘があった。アバターの表情が乏しく、少し違和感のある表情とあり、これが不自然さを与えた原因であると考えられる。従って、作成した指示用手話アニメーションは、実験協力者にとって非常にわかりやすいものから、全くわからないものまであり、必ずしも手話アニメーションが有効であるとは言いきれない。主観評価については、手話アニメーションは手話者の手話に比べて「読み取れるか」、「口話・表情は自然か」、「手の動きの速さは適切か」などの項目においても高い評価を得た。一方、システム自身に限界があるため、手が回転する動作が不自然に感じられた。また、手話と口話のタイミングが合っていないという意見もあった。それは、現状の手話アニメーションシステムでは手話動作の方が口話より時間がかかるためである。

5. 結言

本研究では、医療現場におけるコミュニケーション障害による受療拒否の問題に焦点を当て、マンモグラフィ検査の受検時に検査技師の指示を正確に把握し、自ら動作に移すことで安心して検査が受けられる指示法を構築することを目的とした。そのため、マンモグラフィ検査の指示文における北京手話アニメーションの生成と評価を行った。正答率や主観評価において手話アニメーションよりも手話通訳者の手話の方が高い評価を受けており、実際の手話に比べて、手話アニメーションに不自然な点があると考えられる。今後はこれらの問題について改善策を検討していきたい。

参考文献

- 1) 中国統計局HP:<http://www.stats.gov.cn/>
- 2) 黒川 隆夫:「紙谷手形状コードの導出とそれを用いた身振り辞書」, Progress in Human Interface, vol.1, 9-18, 1992
- 3) 李, 崔:「X線撮影は乳腺の一斉検査に応用. 職業と健康」, 20-33, 2004

自転車ペダリング運動における左右肢を考慮した関節トルクのばらつきの解析

○田口 恵理（岡山県立大学大学院），山崎 大河（岡山県立大学），忻 欣（岡山県立大学）

Analysis of the joint torque variance of both legs during cycling
Eri Taguchi, Taiga Yamasaki, Xin Xin(Okayama Prefectural University)

1. はじめに

人間の身体は、多くのタスクに対し、その達成に必要な自由度よりも大きな自由度を有している。これに対し、神経系はタスクの達成要件に影響する変数のばらつきは抑制しつつ、影響しない変数のばらつきは許容するような制御を行っている。と仮定することで、神経系にとっての制御変数を推測する試みがなされている^{1,2)}。その一例として、自転車でのペダリング運動では、クランク接線方向の踏力がばらつかないように関節トルクで制御されている可能性が示されている³⁾。ただし、ここでは、左右の下肢ごとに分けた解析がなされており、両側の下肢で1つのクランクを協調して回転させるという側面には着目されていなかった。そこで本研究では、両側の下肢によって発生されるクランク接線方向の力の和に着目し、そのばらつきを抑制するように、両下肢の関節トルクが協調して制御されている可能性について検討する。

2. 方法

2.1 ペダリング運動の計測

男性被験者5名のエルゴメータ (Wattbike) でのペダリング運動に対して、光学式モーションキャプチャ装置 (Natural Point, Optitrack/Tracking Tools) を用いて運動を計測し、ペダルに設置した6軸力センサ (テック技販, M3D-FP-U) を用いて踏力を計測した。目標クランク回転速度は70 rpmとし、メトロノーム音によって提示した。被験者にはメトロノーム音にあわせてペダリング運動をするよう指示した。負荷は約130 Wに設定した。

2.2 ペダリング運動のモデル

図1に示す矢状面内でのペダリング運動のモデルにおいて、下肢部の運動方程式は次式で表される。

$$M_s \ddot{q}_s + h_s + G_s + J_{c,s}^T F_{c,s} = u_s \quad (1)$$

ここで、 $s \in \{R, L\}$ は右下肢と左下肢を表す。 $M_s \ddot{q}_s$, h_s , G_s は、それぞれ慣性力、遠心力とコリオリ力、重力を表し、 $q_s = [q_{s,1}, q_{s,2}, q_{s,3}]^T$ は関節

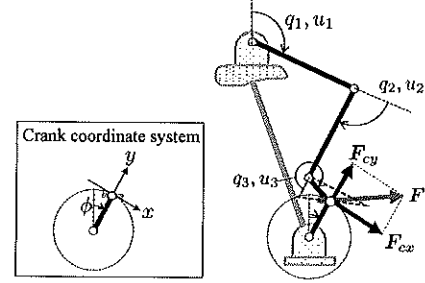


図1: ペダリングモデル (片側のみ図示)

角、 $J_{c,s}$ は関節角度から足部位置へのヤコビ行列、 $F_{c,s}$ は踏力、 $u_s = [u_{s,1}, u_{s,2}, u_{s,3}]^T$ は関節トルクを表す。

関節角速度 $\dot{q}_s$ とクランク接線方向の足部（ペダル軸）速度の関係 $\dot{x}_{c,s} = J_{cx,s} \dot{q}_s$ とその時間微分、および式(1)から、形式的に、クランク接線方向の足部位置に関する運動方程式を求めることができる。

$$\begin{aligned} \bar{M}_s \ddot{x}_s + \bar{h}_s + \bar{G}_s + \bar{J}_{cx,s}^T J_{cy,s}^T F_{cy,s} + F_{cx,s} \\ = F_s = \bar{J}_{cx,s}^T u_s \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \bar{M}_s &= [J_{cx,s} M_s^{-1} J_{cx,s}^T]^{-1} \\ \bar{h}_s &= \bar{J}_{cx,s}^T h_s - \bar{M}_s \bar{J}_{cx,s} \dot{q}_s \\ \bar{G}_s &= \bar{J}_{cx,s}^T G_s \\ \bar{J}_{cx,s}^T &= [J_{cx,s} M_s^{-1} J_{cx,s}^T]^{-1} J_{cx,s} M_s^{-1} \\ J_{c,s}^T &= [J_{cx,s}^T, J_{cy,s}^T] \end{aligned}$$

である。

2.3 ばらつきの解析

人間の神経系は、クランク軸のトルクを決める $F_{cx,R} + F_{cx,L}$ のばらつきを抑制するために、足部運動の運動方程式に加える力の和 $F := F_R + F_L \in \mathbf{R}^1$ のばらつきを抑制していると仮定して以下の解析を行う。左右のトルク $u^T := [u_R^T, u_L^T] \in \mathbf{R}^6$ と F は、

$$F = \bar{J}_{cx}^T u \quad (3)$$

の関係にあるため、 $\bar{J}_{cx}^T \in \mathbf{R}^{1 \times 6}$ のもつ5次元のゼロ空間にある u のばらつきは F に影響しないことに着目する。

逆動力計算で求めた $\mathbf{u}$ から、同じ右クランク角度 ϕ にあたる $k = 1, 2, \dots, N$ 回分のトルク $\mathbf{u}_k(\phi)$ に対し、その平均からの偏差を $\Delta \mathbf{u}_k(\phi)$ とする。 $\Delta \mathbf{u}_k$ を $\mathbf{J}_{cx}^T$ のゼロ空間内のベクトル $\Delta \mathbf{u}_{\parallel,k}$ と、その直交補空間内のベクトル $\Delta \mathbf{u}_{\perp,k} = \Delta \mathbf{u}_k - \Delta \mathbf{u}_{\parallel,k}$ に分解し、それぞれの自由度あたりの分散を次のように定義する。

$$V_{\parallel} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{\|\Delta \mathbf{u}_{\parallel,k}\|^2}{5}, V_{\perp} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{\|\Delta \mathbf{u}_{\perp,k}\|^2}{1}$$

$V_{\parallel}$ は F に影響しないトルクの分散、 $V_{\perp}$ は影響する分散である。さらに、 $w = (V_{\parallel} - V_{\perp}) / (V_{\parallel} + V_{\perp})$ を分散の偏りの指標とする。 F に影響するトルクの分散が相対的に小さい場合 w は正の値をとる。

3. 結果と考察

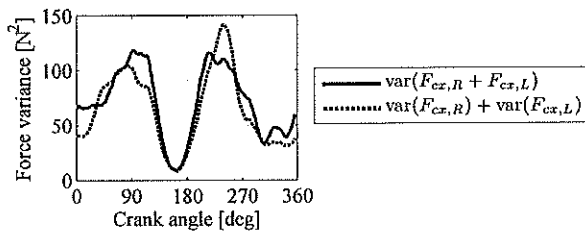


図2: クランク接線方向のペダル踏力の分散

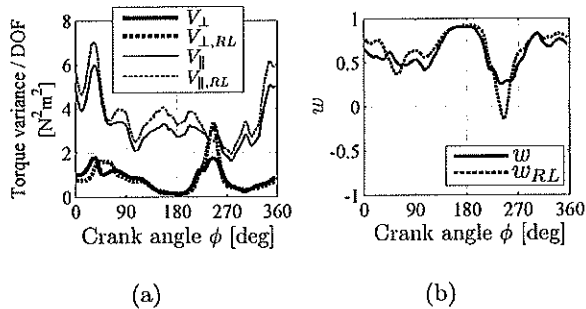


図3: $V_{\parallel}$ と $V_{\perp}$ の変化 (a) と w の値 (b)
実線は本研究の結果、破線は左右肢の結果³⁾の平均値

すべての結果は上死点を 0 deg とした右クランク角度 ϕ を基準に解析・表示した。(紙面の都合で本稿では、被験者 3 の結果を一例として示す。)

計測結果の例として、クランク接線方向への踏力の「左右の和の分散」 $\text{var}(F_{cx,R} + F_{cx,L})$ と「左右の分散の和」 $\text{var}(F_{cx,R}) + \text{var}(F_{cx,L})$ を、図 2 の実線と破線にそれぞれ示す。左右の踏力の変動が独立な確率分布に従うとき、これらは等しいと考えられる。図 2 をみると、例えば、 $\phi = 160$ deg 付近では両者はほぼ等しいが、 $\phi = 240$ deg 付

近では和の分散の方が小さく、 $\phi = 100$ deg 付近では和の分散の方が大きい。この被験者の場合、 $\phi = 240$ deg 付近において、 $F_{cx,R} + F_{cx,L}$ の分散を抑制するような、左右の踏力の協調が示唆される。

次に、解析結果の例として、 $V_{\parallel}$ 、 $V_{\perp}$ 、 w の値を図 3 の実線に示す。すべての ϕ で、 F に影響する分散 $V_{\perp}$ は、影響しない分散 $V_{\parallel}$ よりも小さく、 w の値も正の値をとることがわかる。よって、 F の分散を抑制するような、左右肢の 6 つの関節トルクの協調が示唆される。

さらに、左右の下肢ごとに求めた $V_{\parallel}$ 、 $V_{\perp}$ 、 w の値³⁾の左右の平均値を $V_{\parallel,RL}$ 、 $V_{\perp,RL}$ 、 w_{RL} として図 3 の破線に示す。実線と破線を比べると、例えば、 $\phi = 240$ deg 付近では、 $V_{\perp}$ が $V_{\perp,RL}$ より小さく、 w は w_{RL} より大きい。これらより、 F の分散を抑制するような、左右の関節トルクの協調が示唆される。一方、その他のクランク角には、その差が認めにくい箇所や、大小関係が逆転している箇所もある。

以上の結果から、 F のばらつきを抑制するような左右の下肢関節トルクの間での協調は、一部のクランク角においてはみられるが、クランク角によっては、その傾向が薄かったり、逆に、ばらつきが拡大される場合もあることが示唆される。

謝辞

本研究の一部は科研費 (課題番号 25330311) の助成を受けて行われた。

参考文献

- 1) J.P. Scholz and G. Schöner. The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task. *Exp Brain Res*, Vol. 126, pp. 289–306, 1999.
- 2) J.T. Yen, A.G. Auyang, and Y.-H. Chang. Joint-level kinetic redundancy is exploited to control limb-level forces during human hopping. *Exp Brain Res*, Vol. 196, pp. 439–451, 2009.
- 3) 田口恵理, 山崎大河, 忻欣. 自転車でのペダリング運動における関節トルクのばらつきの解析-制御量の同定へ向けて-. 第 35 回バイオメカニズム学術講演会予稿集, pp. 63–66, 2014.

音声対話における瞳孔反応を表現するCGキャラクタの開発

○村上和輝, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎 (岡山県立大学),
神代充 (富山大学), 渡辺富夫 (岡山県立大学)

Development of a CG Character for Expressing of a Pupil Response in Voice Communication
Kazuki Murakami, Yoshihiro Sejima, Youichiro Sato(Okayama Prefectural University),
Mitsuru Jindai(University of Toyama), Tomio Watanabe(Okayama Prefectural University)

1. はじめに

人間の瞳孔は無意識的に変動することが知られている。これは、生理学側面において、目に入射する光量の調節や、被写界深度あるいは焦点深度が関係している¹⁾。また、心理学側面では、情動や興味関心、ストレスが関係している²⁾。これらの知見は、人と人工物とのインタラクションを対象としている。しかしながら、瞳孔変動が情動と関係している以上、人と人とのインタラクションにおいても関係があると考えられる。

著者らはこれまでに、人と人とのコミュニケーションにおける瞳孔反応に着目し、視線計測デバイス³⁾を用いてコミュニケーション時における瞳孔反応を分析した。その結果、人と人とのコミュニケーションにおいても瞳孔が変動することを示してきた。しかし、コミュニケーションに対する瞳孔反応の効果を明らかにするためには、瞳孔反応を自由に制御・提示できる手段が必要となる。

そこで本研究では、この手段の一つとして、コミュニケーション時における瞳孔反応を表現するCGキャラクタを開発している。

2. 先行実験

2.1 実験概要

コミュニケーション時における瞳孔反応を計測するために、図1に示す実験システムを構築した。本実験では、話し手・聞き手の役割を固定したコミュニケーション(役割対話実験)と、話し手・聞き手の役割を固定しないコミュニケーション(自由対話実験)を実施した。また両実験ともに、仕切りを挿入して、対面だけでなく、非対面での計測も行った。被験者は18歳~24歳までの男女計10組20人であった。

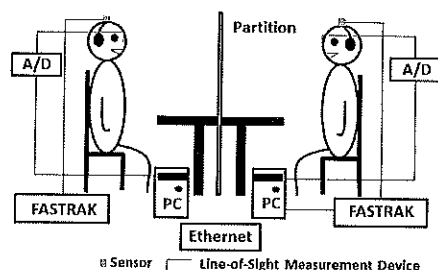


図1: 実験システム

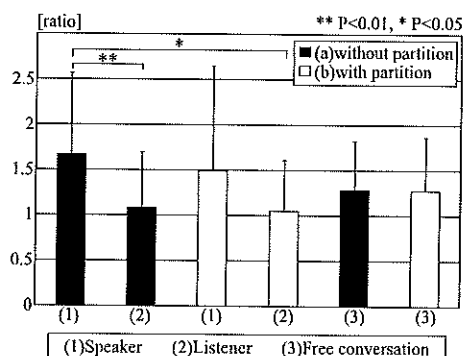


図2: 瞳孔面積

実験手順は、まず実験前に両被験者に童話2冊のあらすじを確認させた。次に、瞳孔位置・大きさのキャリブレーションを行い、システムを2分間試用させた。その後、役割対話実験を3分間行った。続いて、役割を交代して同様の実験を行った。最後に、自由対話実験を3分間行った。対面・非対面の提示順はランダムとした。

2.2 実験結果

各コミュニケーション実験における対話者の瞳孔の変化を、面積変動に着目して分析した。瞳孔面積は、視線計測デバイスから得られた画像から、楕円フィッティングにより算出した。ここでは、キャリブレーション時の瞳孔面積を基準として評価した。なお、キャリブレーションの不具合により計測が行えなかった3人を除いた計17人を対象とした。各実験における面積比率の結果を図2に示す。役割対話実験において、仕切りの有無に関わらず、話し手の瞳孔面積が約1.5倍拡大した。また、聞き手の瞳孔面積は、平常時と同程度であった。一方、自由対話実験では、仕切りの有無に関わらず平常時よりもやや拡大した。これらのことから、コミュニケーションにおける話し手は、聞き手に対して約1.5倍瞳孔が拡大することが示された。

3. 瞳孔反応を表現するキャラクタの開発

3.1 コンセプト

本研究のコンセプトを図3に示す。本研究では、人と人とのコミュニケーションにおいて無意識的

表 1: キャラクターの特徴

1) 人間と同様の白目, 虹彩, 瞳孔から構成される
2) 違和感のない程度に眼球の構成要素を拡大する
3) 瞳孔の拡大・縮小運動が認識できる
4) うなずき, 瞬き, 口の開閉の機能を有する

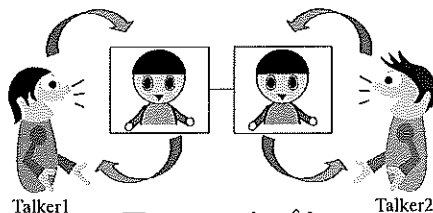


図 3: コンセプト

に反応する瞳孔を CG キャラクターに適用し, 明示化された瞳孔反応によるコミュニケーション効果を定量評価する. そのため, 単なる人型キャラクターではなく, 眼球への注目度を高めたキャラクターが必要となる. 本研究で要求されるキャラクターの特徴を表 1 に示す. この表に基づいたキャラクター開発を行った.

3.2 キャラクターの開発

開発したキャラクターを図 4 に示す. キャラクターの製作は, モデリングソフト Metasequoia4.3.0 を用い, キャラクターは DirectX SDK June 2010 を用いて 30fps で描画している. キャラクターは, 頭部, 胴部, 腕部から構成され, うなずきや身ぶりを表現している. さらに, まぶた, 口は異なる 3D モデルで製作し, 回転運動を行うことで, 瞬きや口の開閉を実現している. 眼球は白目, 虹彩, 瞳孔の 3 種類の 3D モデルから構成される (図 5). 瞳孔の拡大・縮小は, 瞳孔の 3D モデルを Z 軸に対して前後方向に動作させることで, 滑らかな運動を実現している. とくに, 瞳孔を拡大させた場合, 瞬き運動と合成されてしまい, 違和感を与える恐れがあるため, Metasequoia4.3.0 のブーリアン機能を用いて, 虹彩部分を白目側に押し込み, 虹彩に奥行きを持たせることで, 瞳孔の飛び出しを防いでいる.

また, 先行実験の分析結果より, コミュニケー

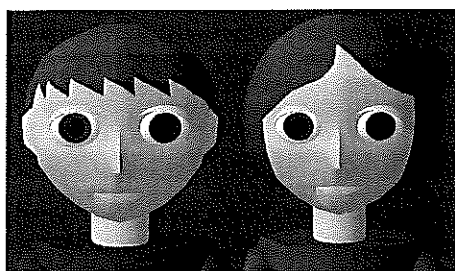


図 4: 男女のキャラクター

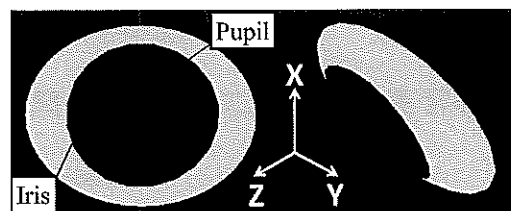


図 5: 眼球の開発

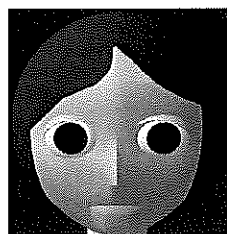


図 6: 平常時

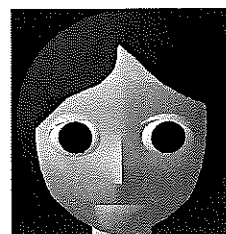


図 7: 拡大時

ション時における話し手の瞳孔は約 1.5 倍拡大することが示されている. そこで, 開発したキャラクターにこの知見を適用した. 音声入力がない場合はキャラクターは動作しないが, 音声が入力されると, キャラクターは話し手として身振り・手振りを行う. さらに瞳孔の面積比率が 1.5 倍になるように瞳孔の 3D モデルを前方向に動作させ, 対話時の瞳孔の拡大を実現している (図 6, 図 7).

4. おわりに

本研究では, コミュニケーション時における瞳孔反応を定量評価するために, モデリングソフト Metasequoia4.3.0 を使用し, 瞳孔反応を表現する 3D の CG キャラクターを開発した. キャラクターは, うなずきや瞬きなどのコミュニケーション動作だけでなく, 瞳孔の拡大・縮小を表現することができる.

今後は, 開発したキャラクターを用いてコミュニケーション実験を行い, 瞳孔反応がもたらすコミュニケーション効果を検証する予定である.

参考文献

- 1) 松永勝也, 瞳孔運動の心理学, ナカニシヤ出版, P.7-12, 1990.
- 2) Hess, E. H: "Attitude and pupil size", Scientific American, pp.46-54, 1965.
- 3) 瀬島吉裕, 渡辺富夫, 神代充: "音声対話における眼球動作モデルを付与した音声駆動型身体引き込みキャラクターシステム", 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.76, No.762, pp.340-350, 2010.

時系列評価による映像の3Dらしさ

○神宮英夫（金沢工業大学）、犀川隼（金沢工業大学）、伊丸岡俊秀（金沢工業大学）

Time-series Evaluation for 3D movies

Hideo Jingu(Knazawa Institute of Technology), Hayato Saikawa(Knazawa Institute of Technology),
Toshide Imaruoka(Knazawa Institute of Technology)

1. はじめに

映画館での3D上映や家庭での大型テレビ、ヘッドマウントディスプレイ、ゲーム機、など多様な場面で、立体視映像に接する機会が多くなっている。3次元での映像提示は2次元の映像に比べて、臨場感や実物感などを強く感じることができるとされている。今回は『3Dらしさ』として感じられる臨場感に着目した。

当然、映像は時間的に変化し、感じる臨場感も同様に变化する。このような時間的に変化する臨場感を評価結果として得るためには、どのような方法が適切であるのか。映像終了後の通常の評価では、その結果が、はたして全体としての評価であるのか、評価直前の結果であるのか、最も強く感じた場面での結果であるのか、不明なところが多い。もちろん、時間的な流れに対応して、程度の評価を求めることもできるが、連続的な流れを中断して評価してもらわなければならない。

時系列評価は、リアルタイムでの評価と後で振り返っての評価との2種類が考えられる。リアルタイムの方は、常に映像との関わりを中断しながら評価する必要がある。一方、振り返っての評価は、記憶との関係を考える必要が出てくる。この振り返っての評価に関しては、カレーを食べた時の「からさ」等の評価項目に関して、その程度の評価をグラフで表現する方法が提案されている¹⁾。

また、思い出された記憶の強度、つまりその程度に関する記憶の量的内容に関する研究はほとんど行われていない。Algomたちの一連の研究^{2),3)}では、実験状況の中で、物理量の異なる刺激を提示あるいはその時点の記憶を要求して、時間経過後にその強度の再生を、マグニチュード推定法を使用して求めている。このような、記憶内容の量的側面とその物理量との関係は、「記憶心理物理学」(memory psychophysics)と呼ばれている。

時系列評価のリアルタイム評価として、マグニチュード推定法によるcross-modality matching

法が考えられる⁴⁾。本研究は、立体視映像の3次元らしさについて、この方法を用いて、映像から感じる主観評価を時系列的に得ることが目的である。

なお、3Dらしさとしての臨場感とともに、自然な・リアルな・美しい・圧倒する、の4項目の評価を求めた。これらは、雑誌やインターネットで、立体視映像（実写とアニメーション）に関する評価についての文章を抜き出した315件を、テキストマイニングの手法で分析を行ない、使用頻度の高かった評価語である。臨場感とこれら4項目との対応を分析することで、3Dらしさとしての臨場感が、どのような側面からもたらされているのかを明らかにすることを企図している。

2. 方法

参加者は、実験目的を知らない16名であった。視力に著しい左右差がある者、また色覚に異常がある者はいなかった。

映像の表示には家庭用の58インチテレビ(Regza 58Z8X, 東芝)およびBlu-rayプレイヤー(PlayStation3, Sony)と3Dメガネ(FPT-AG02(J), 東芝)を用いた。

臨場感の測定には、面圧分布測定システム(I-SCAN, ニッタ)にグローブ型のセンサを接続したものをを用いた⁵⁾。他の4つの評価項目については、FSRセンサー(Model 402)を用いた。

刺激は、3D映画『メリダとおそろしの森』から3つのシーンを選択した。各シーンの時間と主な内容、映像の特徴を表1に示す。シーン1とシーン2は動きが多く、3D効果を意図した演出が多い画面を含んでいた。シーン1は遠景から撮影した横方向の動きが多いのに対し、シーン2は近距離のカメラで奥行き方向に重なる登場人物を映すような演出が多かった。シーン3は比較的ゆっくりとした動きが主であり、シーン1、2に対する統制場面として設定した。

表 1 刺激シーンと特徴的場面

シーン	時間	特徴的場面
1	4:23~9:19	7:32と8:24から3D効果(場面1、2)
2	59:02~1:02:50	59:50で驚き、1:01:25から激しい動きと3D効果(場面3、4)
3	1:03:29~1:09:59	全体に大きな動きなし(無作為に場面5、6を設定)

実験は蛍光灯による通常の照明がある部屋で行われた。参加者はテレビの前に着席し、圧センサの説明を受けた後に、できるだけ強く圧センサを利き手の親指と人差し指で掴むよう求められた。この時に記録された値を各参加者の最大圧値とした。その後、「(評価語)についてセンサーをつまむ力で評価してください。より(評価語)を強く感じたら強く握ってください。」と教示した。評価語は、自然な、リアルな、美しい、圧倒する、であり、各評価語には4名の被験者を割り振り、1名は1つの評価語のみであった。

なお、5分程度からなる3つのシーンを視聴することと、評価は自分自身の基準で行い前の場面との整合性などを考えずに評価してもらいたいことを、伝えた。

3. 結果

5秒単位での平均値を参加者間で求めた。臨場感と他の4評価語間での相関を求めた(表2)。美しいに関しては、大きな相関は得られなかった。統制場面のシーン3でも有意な相関が得られた。さらに、偏相関係数によるグラフィカルモデリングを行なった(図1、2、3)。シーン1と2では、リアルなと圧倒するが関わっており、シーン3では、圧倒するが強く関わっていた。

	シーン1	シーン2	シーン3
自然な	-0.034	0.416	0.315
リアルな	0.344	0.523	0.098
美しい	0.201	0.115	0.057
圧倒する	0.318	0.810	0.694

表 2 臨場感との相関係数

4. 考察

映像から感じる3Dらしさとしての臨場感に対して両眼視差による立体視映像が与える影響を調べるために、つまむ力によるcross-modality matching法を用いて実験を行った。その結果、3D視聴時の臨場感は、圧倒するということを感じられていることが重要であった。

本研究の結果は、時系列的な変化を含む映像の

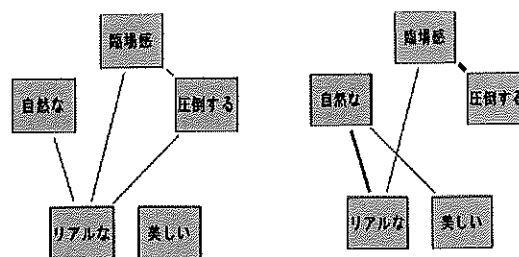


図1 シーン1の結果

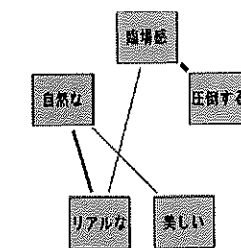


図2 シーン2の結果

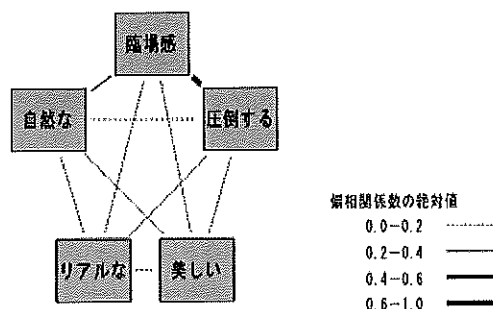


図3 シーン3の結果

主観的評価の測定法として、cross-modality matching法が有効であることを示している。さらに、臨場感の下位項目の中でも、圧倒するという側面が重要な役割を果たしていた。

参考文献

- 1) 丹羽花子・神宮英夫：「食品のおいしさの特徴に関する研究」，第14回日本感性工学会大会，A5-06，2012
- 2) Algom, D. & Marks, L. E. Memory psychophysics for taste, Bulletin of the Psychonomic Society, 27(3), 257-259, 1989
- 3) Algom, D. (Ed.) 1992 Psychophysical approaches to cognition, Elsevier, Amsterdam.
- 4) Stevens, J. C. & Marks, L. E. Cross-modality matching functions generated by magnitude estimation, Perception & Psychophysics, 27(5), 379-389, 1980
- 5) 伊丸岡俊秀・神宮英夫：「映像の3Dらしさに対する感性評価の時間的変化」，信学技法，HCS2013-114, 57-60, 2014

* 本研究は、第一著者および第三著者に対するJSPS 科研費 25280102 の助成を受けて行なわれた。

タッチパネル端末操作時の振動認識の傾向に関する調査

○別所 直哉（京都工芸繊維大学大学院）、益田 雄司（京都工芸繊維大学大学院）

A survey on trend of vibration recognition while operating touch panel device

Naoya Bessyo (Kyoto Institute of Technology),

Yuji Masuda (Kyoto Institute of Technology)

1. はじめに

研究背景は主に2つある。

1. タッチパネル端末の普及に伴い、携帯電話、産業機器、公共機器など様々な端末への適用が進んでいる。また、マルチタッチに強みのある静電容量方式の需要が増加している。

2. ハプティック技術の向上がある。ピエゾ素子の実用化によって、高速なレスポンス、広範なエフェクトの追加が可能になった。ハプティックによる、より直感的な操作系が期待されている。

しかし、タッチパネル端末の普及に伴い、操作時の手応えや触覚などの操作感が薄いという難点が、視覚障がい者のみならず健常者からも指摘されている[1][2]。また先行研究では、指使いに応じた振動フィードバックの効果の検証がなされていない。[3][4][5][6]

本研究の目的は、タッチパネル端末の操作行為と、操作行為に連動して発生する振動によって抱く印象との関係性を明らかにすることである。振動の構成要素としては、振幅や周期、振動時間などがある。今回は”構成要素の変化”を知覚するパラメータを選定するために行った実験結果を示す。

2. ハプティクスとなる振動について

本研究では「振幅」「周期」「振動時間」波形となる「立ち上がり時間」、「立ち下がり時間」の5パラメータにより、ハプティクスとなる振動を規定する。これは、本研究の実験で使用する Haptic Studio (Immersion) というソフトウェアで用いられるパラメータであり、便宜上、以上5パラメータで振動を規定する。図1は本研究の振動を規定するパラメータを表したイメージ図である。今回は、波形以外の要素3種類に関して実験を行った。

3. 操作に関して

タッチパネル操作では、様々な指使いが想定されるため、予め予備実験を行い指操作を選定し

た。図2に選定した指操作を示す。なお予備実験では、ビデオカメラを用いた観察手法を用いて使用頻度の高い手指操作を検討し、かつ視覚障がい者など特定ユーザーへのヒアリングも踏まえて選定した。

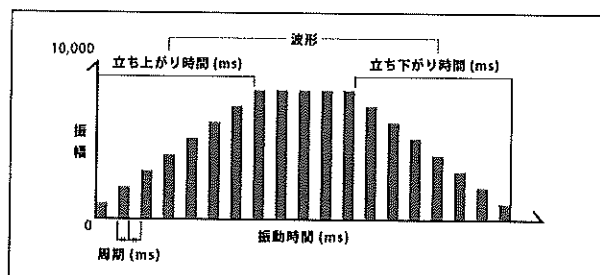


図1 本実験の振動を規定するパラメーター

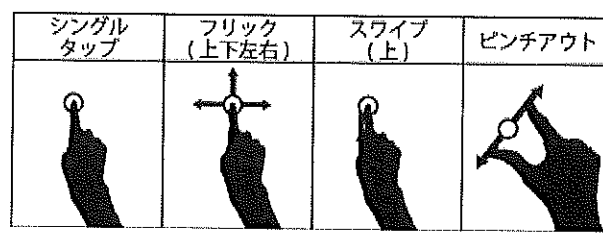


図2 本実験で用いた操作一覧

4. 実験方法

被験者が端末を操作した際に基準となる物理量を与え、100点であると教示した。次に各パラメータをランダムに被験者に体験させ、”強さ””長さ””粗さ”に関して点数を回答させた。振幅、周期、振動時間の各パラメータの変化を被験者に体感させる際、他のパラメータは振幅6,000、周期10ms、振動時間480msに固定した。実験に用いたパラメータは、先行研究より把持した状態で”構成要素の変化”を知覚する比較物理量を用いて実験している[6]。また、各操作時に振動を発生させるようプログラムしている。

実施期間：2014年10月15日～17日（大学構内）

対象：健常者20～25歳 15名（男11名、女4名）

手法：マグニチュード・エスティメーション法

比較物理量：振幅4000, 6000, 8000

振動時間160, 320, 480 (ms)

周期10, 60, 160 (ms)

（振幅に関して、プログラム上の数値）

	Δ 周期		Δ 振幅		Δ 振動時間	
	長さに関して	強さに関して	長さに関して	粗さに関して	強さに関して	粗さに関して
タップ	10-60ms	*(.000)	4000-6000		160-320ms	**(.045)
	60-160ms	**(.050)	6000-8000	**(.016)	320-480ms	
	10-160ms	*(.009)	4000-8000		160-480ms	*(.002)
ピンチアウト	10-60ms	*(.000)	4000-6000		160-320ms	
	60-160ms		6000-8000		320-480ms	
	10-160ms	*(.001)	4000-8000		160-480ms	**(.013)
スワイプ上	10-60ms	*(.003)	4000-6000		160-320ms	
	60-160ms		6000-8000	**(.035)	320-480ms	
	10-160ms	*(.000)	4000-8000	**(.014)	160-480ms	**(.014)
フリック上	10-60ms	*(.005)	4000-6000		160-320ms	
	60-160ms	**(.022)	6000-8000		320-480ms	
	10-160ms	*(.000)	4000-8000		160-480ms	
フリック下	10-60ms	*(.003)	4000-6000		160-320ms	*(.001)
	60-160ms	**(.018)	6000-8000		320-480ms	
	10-160ms	*(.000)	4000-8000		160-480ms	*(.000)
フリック左	10-60ms	*(.001)	4000-6000		160-320ms	
	60-160ms	**(.036)	6000-8000	**(.039)	320-480ms	
	10-160ms	*(.000)	4000-8000		160-480ms	*(.005)
フリック右	10-60ms	*(.001)	4000-6000	*(.004)	160-320ms	
	60-160ms		6000-8000		320-480ms	**(.021)
	10-160ms	*(.003)	4000-8000	*(.003)	160-480ms	

*=1%有意水準 **=5%有意水準

表 1 直接関係ないと思われるパラメータを変化させた場合

4. 結果と考察

各操作を比較した際に、認知傾向が似ていることが分かった。

1. 直接関係すると思われるパラメータに関して
振動時間が増加するほど、「長さに関して」その増加の判断が容易になる。また、振幅を変化させた場合、「強さに関して」ほぼ比例関係となった。逆に周期を増加させた場合、被験者は、「粗さに関して」その増加の判断がしづらくなっている。事実、周期の60msと160msではいずれも有意差が認められなかった。

2. 関係の無いと思われるパラメータに関して

周期(10ms, 60ms)の変化は「強さに関して」、「長さに関して」影響を与えることが分かった。表1に、直接関係ないと思われるパラメータを変化させた結果を示す。特に7種類の操作を比較した際、「強さに関して」は、全ての操作で影響が認められた。

その他、振幅を増加させた際に「粗さに関して」細かく感じる傾向が3種類の操作に認められた。また、振動時間を増加させた際に「強さに関して」強く感じる傾向が5種類の操作に認められた。

よって

■周期の60-160msは、粗さに関して認知しにくい。

■より”強い”、より”長い”印象を与える際＝振幅、振動時間の設定の他に波長を細かくする。

■逆に”弱い”、より”短い”印象を与える際＝振幅、振動時間の設定の他に波長を長くする。

ことが言える。

5. 今後に関して

今後、さらに波形を追加した振動パラメータを実験協力者に体験させ、どう感じるかをヒアリングした上で、印象ワードを選定する。

また、パラメータを変化させると印象にどう影響するか、SD法によるアンケート調査によって明らかにする。

参考文献

- [1] 磯野春雄 他「スマートフォンに関する大学生の利用実態とユーザビリティ調査」日本人間工学会第 49 巻特別号 p.p.294-295, 2013
- [2] 渡辺哲也 他「視覚障害者の携帯・スマートフォン等利用状況調査」電子情報通信学会電子情報通信学会技術研究報告・WIT2013-71, p.p.25-30, 2014
- [3] 中西美和 他:「産業機器操作における触覚フィードバックの活用可能性に関する研究」ヒューマンファクターズ Vol.16, 2012
- [4] 中西美和 他:「タッチパネル操作に関する触覚フィードバックの活用可能性」日本人間工学会誌第 48 巻特別号, 2012
- [5] 川村聡史 他:「視覚障害者の携帯情報端末利用促進を目指して・バイブレーションへの情報付加を目指して」日本人間工学会誌第 49 巻特別号, 2013
- [6] 青島駿太 他「ハプティクスにおけるユニバーサルデザインへの活用可能性」日本人間工学会誌第 50 巻特別号, 2014

VR感性評価・感性工学システムの構築と照明の感性評価への応用

○増田元気（広島国際大学 心理科学研究科 感性デザイン学専攻）

石原茂和（広島国際大学）、松原達郎（香川短期大学）

Building Kansei Engineering VR System and its Application to Interior Lighting

Genki Masuda, Shigekazu Ishihara (Hiroshima International University)

Taysuro Matsubara (Kagawa Junior College)

1. はじめに

住宅インテリアは感性工学の最初期から続く、研究対象の一つである。最初期の研究は1984年に住環境を対象として行われており、1994年から1996にかけては多大なコストをかけて、感性工学を取り入れたヴァーチャルリアリティ (VR) システムが松下電工によりつくられている。一方、コストや条件統制の面から、住宅インテリアは感性工学的研究が難しいものの一つである。

本研究ではこの感性評価と感性工学システムをより簡易にしつつ、精度を高めることによってVRの感性評価への有用性を確認することを目的とする。題材はリビングルームの照明である。

2. 方法

本研究ではゲーム開発エンジンであるUnityを使用し、リビング・ダイニングルーム (LD) を再現し、照明に関する感性評価を行った。シーンは同一のリビング・ダイニングで朝・昼・夜の3シーンである。VRとしては一面プロジェクションによる3D立体視のシステムである。立体表示にはnVIDIAの「3D Vision」対応の液晶シャッターメガネとプロジェクターを使用し(120Hz、片目60Hz切替)、画像の大きさは対角線72インチ、水平視野角30度、垂直視野角22.5度とし、被験者はゲームパッドでの水平操作と視点の回転操作ができる。

(1) 被験者

男性10名、女性9名、計19名

(2) 実験条件

実験は二回に分けて行い、朝と昼の10サンプルを1回目に実施し、夜の11サンプルを2回目に実施した。サンプルはスクリーンに作成した室内サンプルを投影し、1分間の注視し、評価を行った。

(3) サンプル

サンプルは部屋を6つのエリアに分割し、エリアごとにダウンライト、シーリングライト、スタ

ンドライトを設置した (図1)。

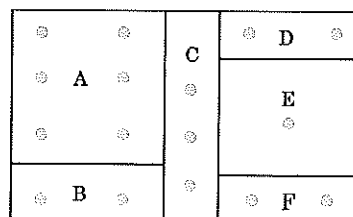


図1: ダウンライト配置図

本研究では上記のライトと外光の組み合わせによって室内サンプル (図2) を作成した。

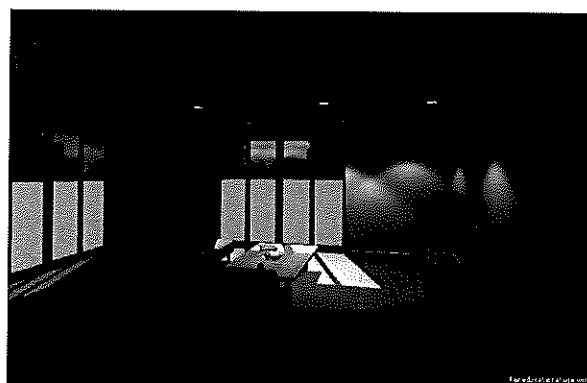


図2: 室内サンプル例 (昼・ダウンライト点灯)

3. 結果

主成分分析を行い、固有値1以上である第4主成分までを有効とし、主成分負荷量と主成分スコアを計算した。

その結果、第一主成分 (PC1) はプラス側が「明るい」「生き生きした」「健康的な」、マイナス側が「暗い」「地味な」が軸となっていた。第2主成分 (PC2) は「ハードな」と「シンプルな」「ナチュラルな」、第3主成分 (PC3) は「ごてごてした」「子供っぽい」に対して「大人っぽい」「落ち着いた」「上質感のある」、第4主成分 (PC4) は「単調な」に対して「変化にとんだ」がそれぞれ軸となっていた。

サンプルの主成分得点をプロットしたものにサンプル画像と特徴的な感性ワードを表示した。本文では特徴的なものを二つ記載する (図3・4)。

まず第1主成分と第2主成分のプロット（図3）では夜間のサンプルが第1主成分得点にて高くなっていた。この結果から明るさに関する評価は室内照明の明るさが大きな要因となっていると考えられる。その理由として屋外に強い光があることによって相対的に屋内の照明が弱くなるためと室内の陰影が強く出るためだと考えられる。また「健康的な」「生き生きとした」などの感性ワードが朝・昼よりも夜に特徴的に出ていることからVRにおいて室内の明るさを感性評価するには夜のシーンが適していると考えられる。また照明の組み合わせによる明るさへの影響も考えられる。図3右側のサンプルでは部屋全体に一定の光が当たっていれば全灯状態に近い明るさへの評価が得られている。このことから照明の多さが「明るい」と常にイコールでないことがうかがえる。また明るすぎるとモノの陰影が薄くなり、立体感の減少が認められる。

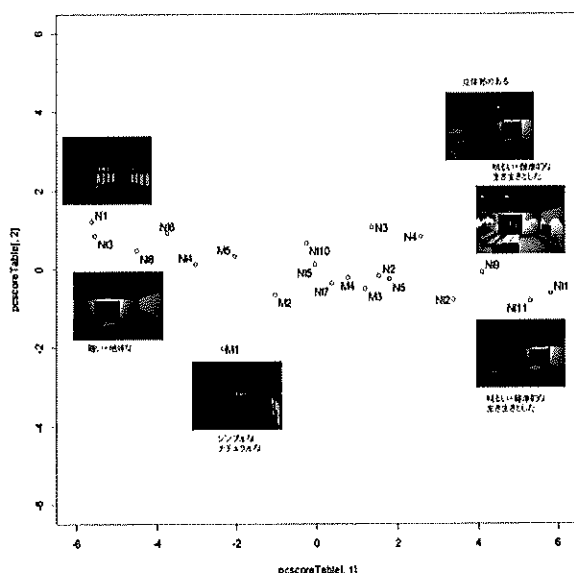


図3：PC1×PC2（主成分スコア）

次に第2主成分と第3主成分のプロットでは朝と昼のサンプルで主成分得点が高くなっている。感性構造は第2主成分で朝の消灯時に「シンプルな」「ナチュラルな」が昼の消灯時に「ハードな」の得点が高くなった。第3主成分では朝と昼のダウンライト（A）点灯時には朝が「派手な」「メラメラした」、昼が「ゴテゴテした」となり、朝のダウンライト（D、E、F）点灯時は「上質感のある」「落ち着いた」が、夜のスタンドライトとダウンライト（B）点灯時は「ふわっとした」が高くなった。この結果から第2主成分の高得点サン

プルは室内照明が消灯状態のものが両端になっており環境光の影響が強く影響していると考えられる。本サンプルでは朝よりも昼の方が影の輪郭や光量を強く設定している。このことから第2主成分は陰影に対してのものだと考えられる。第3主成分は光の部分的強度に依存していると考えられる。ある一定のエリアに対しての光がはっきりしているものと柔らかいかによって「ゴテゴテした」「落ち着いた」などの感性に影響を与えていると考えられる。

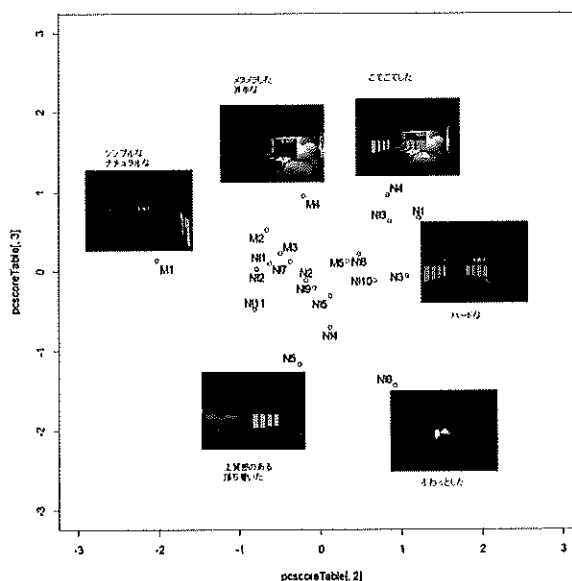


図4：PC2×PC3（主成分スコア）

また評価サンプルを要因として各感性ワードに一要因の分散分析を行った。

例として「生き生きとした」では有意な差があった（ $df=20$, $F=5.56$, $p<0.0001$ ）。「上質感のある」でも有意な差があった（ $df=20$, $F=2.19$, $p<0.0026$ ）。以上のことから、VRによるサンプルの呈示で照明の違いによる感性評価が大きく異なることが示された。

5. まとめ

これまでの結果からVRを使って感性評価を行うことは有望であると思われる。現在、ヘッド・マウント・ディスプレイ（HMD）などによる表示方法による違いを検討している。

参考文献

- 1) 澤井聖一他：「これからのくらしとあかり」，エクスナレッジ

力学特性が制御可能なエアクッションを搭載した自動車用シートの開発 ○石飛克裕 (岡山県立大学大学院)、西山修二 (岡山県立大学)、大田慎一郎 (岡山県立大学)

Development of a vehicle seat with controllable air cushion to control mechanical properties
Katsuhiro Ishitobi (Okayama Prefectural University), Shuji Nishiyama (Okayama Prefectural University), Shinichiro Ota (Okayama Prefectural University)

1. 諸言

運転で生じる振動はドライバーへ継続的に伝達され疲労の原因となる。車両開発においては振動低減により快適かつ安全な製品が望まれる。筆者らは、自動車用シートのシート座面およびシートバック部にエアクッションを挿入し、ドライバーへ伝達される振動の周波数に対して最適な機械力学特性に制御するシステムを提案し、プロトタイプシートを構築している。

本報ではエアクッションの機械力学特性を振動数に応じて変化させた場合の有効性を検証する。検証方法として、人体着座状態での加振実験を実施する。

2. 実験方法

図1は、本研究で用いた乗員-シート-ステアリングホイール-ペダル系の8自由度からなる振動モデルを示す。着座姿勢や体格を検討可能とするため、頭部と頸部、胴体部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部の6つを剛体としてモデル化し、各部の重心に質量と慣性モーメントを考慮している。²⁾

このモデルを用いて頭部の振動低減効果が最大となるような各クッションの機械力学特性を算出した。その結果を図2に示す。図2の横軸は周波数で縦軸はシートバック上下とシート座面前後の人体支持点における各部の初期ばね定数($k_i, 0$)と最適化された各部のばね定数(k_i)の比を示す。

エアクッションを搭載した自動車用シートのプロトタイプを構築するにあたって使用したシートバック用とシート座面用エアクッションはそれぞれ、 $110 \times 230\text{mm}$ 、 $100 \times 110\text{mm}$ で共に最大厚さが50mmである。

エアクッションの空気圧制御プログラムにはLabVIEW(National Instruments製)を適用する。プロトタイプシート下部に取り付けられた加速度センサより乗員に伝達される振動の周波数帯を算出し、図2の振動モデルによるクッション特性の最適値を参照し圧力を制御する。本実験では

圧力制御を10, 20, 30kPaの3段階の制御を行う。

構築したプロトタイプシートと制御プログラムを用いて加振実験を行う。成人男性(20歳)の平均身長と平均体重に近い被験者を2名用いる。加速度センサを頭部、胸部、大腿部、下腿部、シート下、座面上、加振台上に取り付け測定を行う。入力波形は周波数域が1Hz-30Hz、全振幅が2mm、暴露時間が240sの条件で対数掃引する。

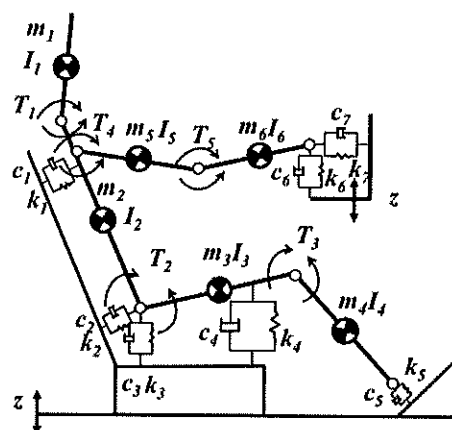


図1: 振動モデル

図1で示す記号は、 m_i ($i=1, 2 \dots 6$) は頭部、頸部、胴体部、大腿部、下腿部、上腕部、前腕部の質量、 I_i ($i=1, 2 \dots 6$) は乗員各部の慣性モーメント、 θ_i ($i=1, 2 \dots 6$) は乗員各部の回転変位、 k_i ($i=1, 2 \dots 6$) は乗員支持点のばね定数、 c_i ($i=1, 2 \dots 6$) は乗員支持点の粘性減衰係数をそれぞれ示す。

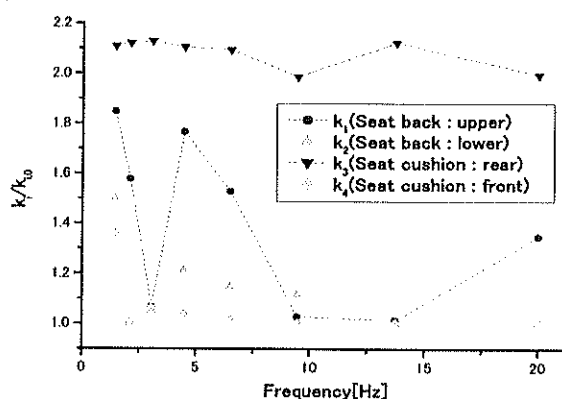


図2: ばね定数の最適比率

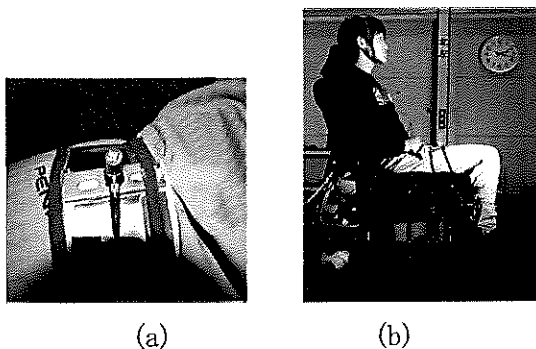


図3: 振動実験概観図

図3は振動実験の概観図を示す。図3(a)は人体に装着した加速度センサを示す。図3(b)は振動試験台上のシートに着座した人体を示す。

3. 実験結果及び考察

図4は、エアクッションを制御した場合と制御していない場合の実験値を比較し、振動低減率を示したものである。実験結果より頭部の共振周波数である4Hz付近から振動低減率が高くなり6Hzで最大27%を示している。また10Hzから20Hzまでの周波数領域に関しては約20%の振動低減率を示した。この結果より、エアクッションの機械力学特性を振動数に応じて変化させることにより、振動低減が可能であることが明らかになった。

図5はクッション特性を最適値にした場合の振動モデルによる頭部の解析結果である。理論値解析の結果では5Hzで振動低減効果が最大となり37%を示している。今回の実験値(図5)と比較すると低減率の最大はどちらも5Hz-6Hzの間であり類似した結果となった。しかし、理論値解析では1Hzから4Hzの間において20%程度の振動低減率を示したが実験値ではほとんど見ることができなかった。これは、理論値解析における力学特性と実験での力学特性に差があったためであると考えられる。

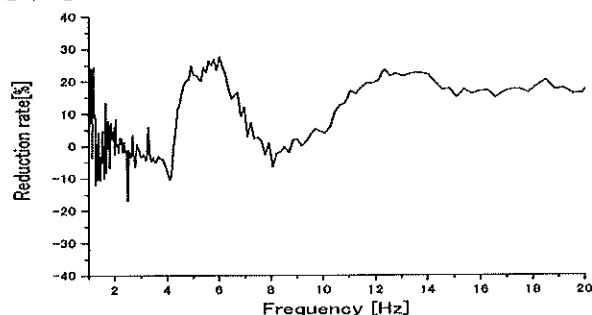


図4: 頭部の振動低減率(実験値)

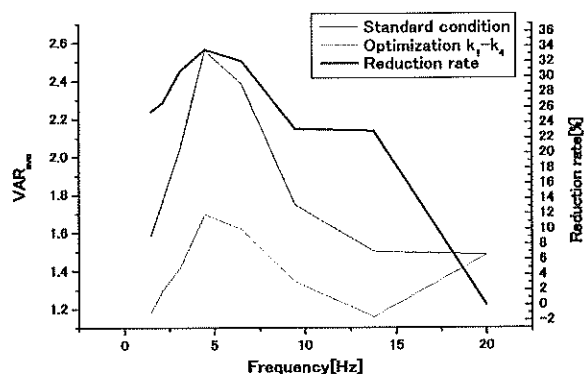


図5: 頭部の振動低減率(解析値)

4. 結言

本研究では、振動モデルを用いて人体の頭部における振動が最小となるような各人体支持点での初期ばね定数と最適値との比率を算出した。また、エアクッションの力学特性を振動数に応じて変化させた場合の有効性を検証するため、人体着座状態での加振実験を行った。実験結果より、明らかになった事柄は次のとおりである。

- (1) エアクッションの機械力学特性を振動数に応じて変化させることにより、振動低減が可能となった。
- (2) 共振域では振動低減が大きく低減効果が顕著であった。

4Hz以下の低周波数域および10-20Hzにおける帯域では理論値と実験値の間に相違が生じた。

今後の課題としては、クッションの圧力値とばね定数や粘性減衰係数等の相関を明らかにし、パラメータの高精度化により全ての周波数の帯域に対して振動低減率の向上を目指したい。

参考文献

- 1) 石飛克裕他:「エアクッションを用いた自動車用シートの振動低減に関する研究」, 第22回交通・物流部門大会講義論文集, No13_63, pp. 75-78, 2013.
- 2) 大田慎一郎他:「能動制御を用いた自動車用シートにおける乗員頭部の振動低減に関する研究(第2報, 乗員-シート-ステアリングホイール-ペダル系の場合)」, 日本機械学会論文集, Vol. 80, No. 812, pp. 1-17, 2014.

体表脈波を用いた睡眠時無呼吸症候群患者の生体リズムに関する解析事例

○中島可南子、延廣良香、小倉由美、藤田悦則（(株)デルタツーリング）

村田幸治（山陽学園大学大学院）、亀井勉（長崎大学）

金子成彦（東京大学大学院）、吉栖正生（広島大学大学院）

Case Study of Biological Rhythm in Sleep Apnea Syndrome Using the Aortic Pulse Wave.

Kanako Nakashima, Yoshika Nobuhiro, Yumi Ogura, Etsunori Fujita (Deltatooling Co., Ltd),

Kohji Murata (Sanyo Gakuen University), Tsutomu Kamei (Nagasaki University),

Shigehiko Kaneko (The University of Tokyo), Masao Yoshizumi (Hiroshima University)

1. はじめに

睡眠時無呼吸症候群（以下、Sleep apnea syndrome : SASと呼ぶ）患者の主要な症状に、日中の過度の眠気、倦怠感、集中力の低下などが挙げられる¹⁾。我々はSAS患者が上記のような覚醒度低下状態に陥ったときに、生体リズムに特異な現象が見られるのではないかと考えた。

そこで、SAS患者と健常なトラック運転手の運転業務中の背部体表脈波（以下、Aortic Pulse Wave : APWと呼ぶ）を計測し、その結果を解析し比較した。本報では、SAS患者特有の生体リズムの乱れとその発現傾向について報告する。

2. 実験方法

被験者は、トラック運転手4名（健常者3名、SAS患者1名）である。表1に各被験者の運行日数と運行時間を示す。なお、運転手④はSAS患者である。トラックの運転席の背もたれ部分にセンサマットを装着し、運転業務中の運転手のAPWを計測した。

表1 運行日数・運行時間

	運転手 ①	運転手 ②	運転手 ③	運転手④ (SAS患者)
運行日数 (日)	70	66	73	76
運行時間 (時間)	431.9	334.6	510.1	479.5

3. 解析方法

我々は、国土交通省の運輸・安全パイロット事業の一環としてトラック運転手の生体信号を解析している。その中で、事故やヒヤリハットが生じたときに、トラック運転手に共通して生じているAPWの傾き時系列波形の変動の仕方を見出した²⁾。この波形の変動の仕方は、事故やヒヤリハットに対して必要条件であって必要十分条件ではない。しかし、事故やヒヤリハットに出くわした運転手の画像データから、運転手に過度の眠気、

倦怠感、集中力の低下が視察された。この事故・ヒヤリハットが生じたときに出る波形の変動の仕方を手掛かりにすると、SAS患者の日中の主要な症状である眠気や集中力の低下に起因する漫然状態や覚低状態の発現傾向を捉えることが出来るのではないかと考えた。そこで、同一の労働環境下の運転手群の中で、この変動波形の発現回数を求めた。そして、時間帯ごとに発現回数の平均値を算出し、SAS患者と健常者との比較を行う。なお、図1に以下で注目する特徴的な変動波形（以下、覚低状態推定波形と呼ぶ）の例を示す。

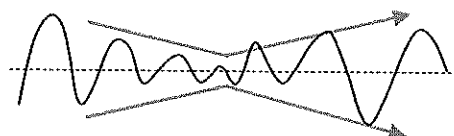


図1 覚低状態推定波形

4. 結果・考察

図2に運転手①～④の全データで確認した覚低状態推定波形の発現回数の平均値を時間帯ごとに算出したものと眠気のサーカディアンリズム³⁾を比較した結果を示す。SAS患者である運転手④は、眠気のサーカディアンリズムの上りと下りの切換え点である10時台に、他の運転手や他の時間帯と比較して、提案する覚低状態推定波形が最も多く発現している。よって、本来眠気が少なく、覚醒度が高くなる時間帯に漫然状態や覚低状態になりやすい可能性が示唆される。

図3(a)、(b)に健常な運転手③とSAS患者の運転手④の10時台のAPWの傾き時系列波形の代表事例を示す。運転手④のAPWの傾き時系列波形は、図3(a)中の(ア)、(イ)、(ウ)の区間で振幅が急激に減衰し、増大するといった変動を繰り返している。一方、運転手③のAPWの傾き時系列波形は、図3(b)中の(エ)に示すよう、一部に振幅の急減、急増が見られるが、ある程度の振幅を保ちながら、一定の周期で変動しており、覚醒度が高く、安定した状態であると考えられる。本来、SAS患者は健常

者と比べ交感神経活動のレベルが常に高い状態である⁴⁾。しかし、運転手④は、図3(a)中の(ア)、(イ)、(ウ)に示すように、APWの傾き時系列波形の振幅が減少しており、一時的に交感神経活動が低下し⁵⁾、マイクロスリープが発生している可能性がある。図4(a)、(b)は、運転手③と運転手④の図3と同日、同刻のAPWの傾き時系列波形の周波数分布率を示す。運転手③は、0.0017Hz、0.0035Hz、0.0053Hzの変動の順序が時々刻々と変化している。運転手④は、10時台前半は運転手③と同様に各周波数帯の順序が変動しているが、10時台後半は、図4(a)中の(オ)に示すよう各周波数帯の変動の順序に変化が少ない状態が続いている。生体のゆらぎが乱れると、APWの傾き時系列波形の周波数分布率の変動が長周期となり、変化が小さくなる傾向がある⁶⁾ことから、運転手④は10時台に生体リズムが崩れ、自律神経が機能低下を起こしているのではないかと推察される。

以上のことから、SAS患者は自律神経機能が正常に働かないため、眠気が少ない時間帯に漫然、覚低状態に陥りやすくなったのではないかと考えられる。

5. まとめ

- (1) SAS患者は、本来眠気が少ない時間帯に漫然状態や覚低状態になりやすい可能性が示唆された。
- (2) APWを解析することで生体リズムの特異な現象を捉えられる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 町田和子：「睡眠時無呼吸症候群」，医療，vol. 60， no. 3， p. 135-142， 2006
- 2) 内川竜一他：「交通事故を起こしやすい人の状態に関する一考察」，第45回 人間工学会中国・四国支部大会講演論文集，54-55， 2013
- 3) Lavie, P："Ultradian rhythms—Gates of sleep and wakefulness"，In H. Schulz & P. Lavie (Eds.), *Ultradian rhythms in physiology and behavior*. Berlin, Springer-Verla, 148-164, 1985
- 4) 大久典子：「種々の生体信号解析による睡眠呼吸障害の定量的評価法」，熊本大学，博士論文，30-31， 2010

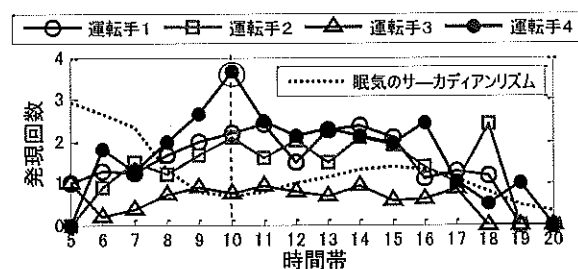
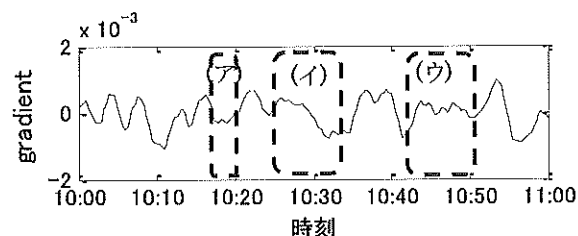
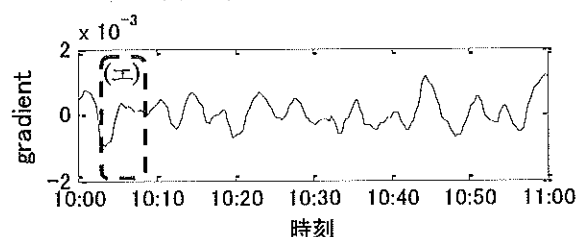


図2 覚低状態推定波形の発現回数

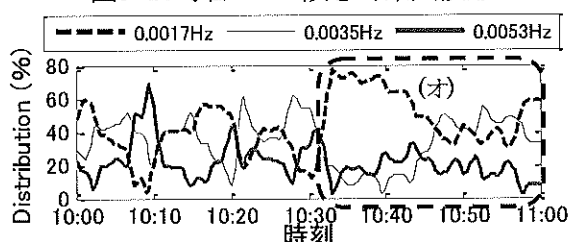


(a) 運転手④ (SAS患者)

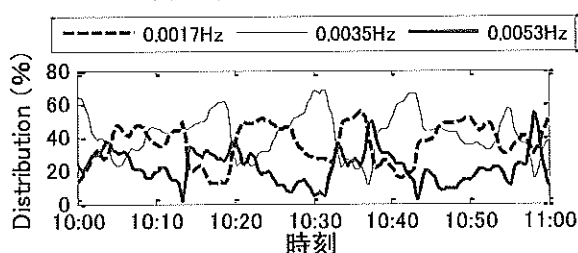


(b) 運転手③ (健常者)

図3 10時台のAPW傾き時系列波形



(a) 運転手④ (SAS患者)



(b) 運転手③ (健常者)

図4 10時台のAPW傾き時系列波形の周波数分布率

- 5) 小島 重行他：「非拘束センサによる生体信号検知のための自動車用シートの特性に関する研究」，Dynamics and Design Conference 2011 CD-ROM 論文集，No. 11-2， 2011
- 6) 堀川正博他：「生体リズムの乱れが体表脈波に与える影響」，第45回 人間工学会中国・四国支部大会講演論文集，78-79， 2013

体表脈波を用いたあくびの捕捉法に関する研究

○ 山本献造、小島重行、小倉由美、藤田悦則（株式会社デルタツーリング）、
村田幸治（山陽学園大学大学院看護学研究科）、亀井勉（長崎大学産学官連携戦略本部）、
金子成彦（東京大学大学院）、吉栖正生（広島大学大学院）

Study on the acquisition method of yawn with APW

Kenzo Yamamoto, Shigeyuki Kojima, Yumi Ogura, Etsunori Fujita (Deltatooling Co.LTD),
Kohji Murata (Sanyo Gakuen University), Tsutomu Kamei (Nagasaki University),
Shigehiko Kaneko (The University of Tokyo), and Masao Yoshizumi (Hiroshima University)

1. はじめに

交感神経活動の指標と考えられている背部体表脈波¹⁾ (Aortic Pulse Wave、以下 APW と呼ぶ) のダウクロス点 (以下、ゼロクロス点と呼ぶ) の周期に着目した傾き時系列波形²⁾ を用いて、入眠予兆現象を捉え得る可能性が報告されている³⁾。しかし、入眠予兆現象は交感神経活動の一時的な亢進⁴⁾ を伴うため、入眠予兆現象発生時は、眠気は少なく、このときに警告を発すると違和感を覚える。

一方、強い眠気が生じているときのあくびは眠気を明確に自覚できる指標であり、居眠り運転防止のために警告を発するに良いタイミングであると考えた。そこで、静的着座実験の中で APW により、あくびを捉える方法について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

90分間の座位姿勢による静的着座実験を行う。被験者は20～30歳代の健常な男性13名であり、実験終了までできる限り覚醒状態を維持する。

計測項目はAPW、指尖容積脈波 ((株)アムコ製フィンガークリッププローブSR-5C)、心電図 (日本光電工業(株)製BSM-2301)、脳波 (日本光電工業(株)製の脳波計EEG-9100)、主観評価である。APWは背部とシートの上に配置された共鳴式体幹音響情報センシングシステム (Sound signal Sensing System from the back by the Resonance structure) を用いる。主観評価は計測開始から30分まで5分毎に、60分、90分に「眠気度合い」「疲労度合」の評価を行う。また、あくびをした際、手を挙げることを予め取決め、被験者のあくびを観察するためにカメラを用いる。運転状態を模擬するために、被験者の前方にモニターを設置し、高速道路走行時のドライブレコーダーの動画を流した。

3. 実験結果と考察

30代の男性被験者Iの実験結果を図1～7に示す。図1より、被験者Iは実験開始後20分間過ぎた時点で疲労感、眠気が生じ始め、60分間で眠気がピークを迎えるがあまり回復できていないことがわかる。また、観察では被験者Iは32.3分 (△印) にあくびをした。

図2は指尖容積脈波の傾き時系列波形を示し、図3は心電図のRRIから検出した心拍数のウェーブレット解析結果を示す。図2で、実験開始後50、70分後にリアプノフ指数の傾きが大きくなっているが、体動によるノイズと思われる。パワー値の傾きは5分から振幅増大、長周期化しており、さらに図3に示されるように交感神経活動の亢進も見られ、入眠予兆現象の可能性が考えられる。

図4は睡眠段階判定法による睡眠段階⁵⁾、図5は脳波の分布率解析結果を示す。被験者Iは、終始眠気に対して抵抗していたと思われる。図4より、計測開始後15分経過後は瞬眠していたと思われる。図5でも15分前後にα波、θ波が上昇し、β波は下降し、その後元の状態に戻ったため、図4同様に瞬眠していたと思われる。θ波に着目すると、20分経過後は眠気に対して抵抗していたと思われるが、睡眠段階の判定では覚醒状態である可能性が考えられる。

図6はAPWの傾き時系列波形を示し、図7はAPWのゼロクロス点の傾き時系列波形による分布率を示す。図6は21分から30分にかけて、振幅増大、長周期化しており、図7では23分頃に、0.0053Hzが上昇し、0.0017Hzが下降している (図6、7範囲①) ため、覚醒度の低下の可能性が示唆される。実験開始後27分経過後から (図7範囲②) 0.0035Hzの分布率の50%以上の上昇と0.0053Hzの下降が認められ、図6、図7の変化により、あくびを捉える可能性が考えられる。

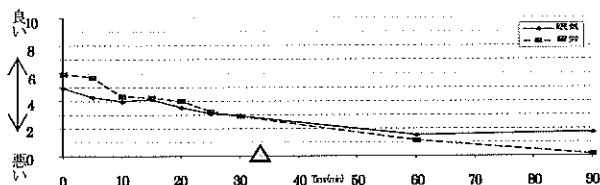


図 1：眠気度合、疲労度合の時間推移

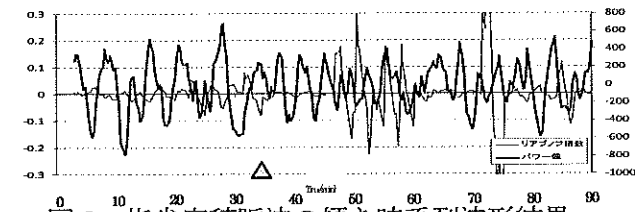


図 2：指尖容積脈波の傾き時系列波形結果

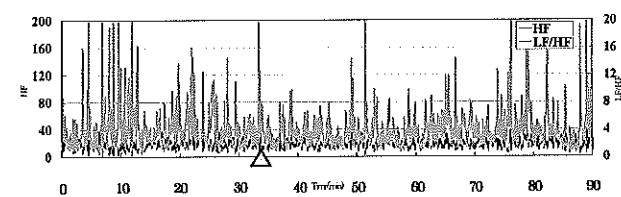


図 3：心電図のウェーブレット解析結果

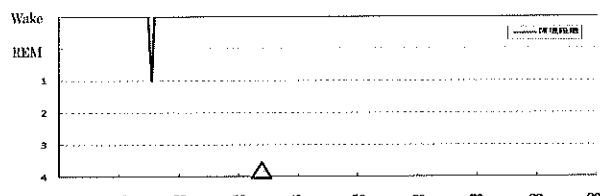


図 4：睡眠段階判定法による睡眠段階

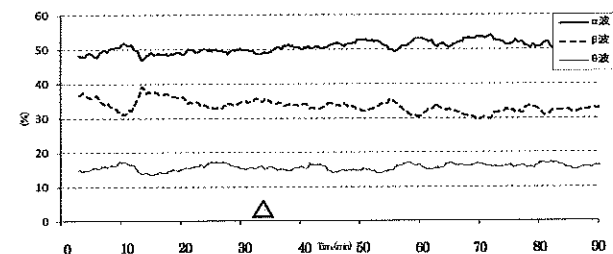


図 5：脳波計による分布率波形結果

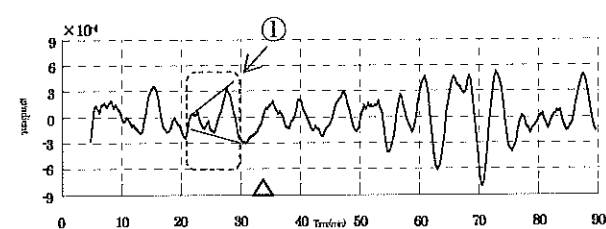


図 6：APW のゼロクロス点の傾き時系列波形結果

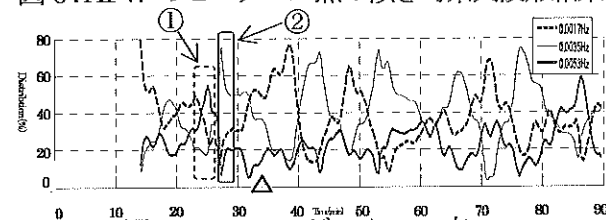


図 7：APW のゼロクロス点の傾き時系列波形による分布率結果

表 1：APW の傾き時系列波形の急変による

あくび捕捉の可能性について

条件 A：図 6 中①の事例と図 7 中①②の事例で
0.0035Hz と 0.0053Hz が急変と 0.0017Hz が下降
($P < 0.05$ 、正答率 76%)

		波形と分布率の急変	
		条件 A	条件 A 以外 の結果
あくびの有無	あくびが出た	18	8
	あくびが出なかった	9	35

表 1 に APW のゼロクロス点の傾き時系列波形と分布率の急変と、あくびの発生の相関性を全被験者 13 名のデータを用いて 2×2 クロステーブルを用いて確かめた。 χ^2 二乗検定結果、 $P = 0.00051$

($P < 0.05$)、正答率 76% あることから、APW のゼロクロス点の傾き時系列波形と分布率の急変を用いたあくび捕捉用の可能性が示唆される。

4. まとめ

APW のゼロクロス点の傾き時系列波形と分布率の急変からあくびを捕捉する可能性が示唆される。

参考文献

- 1) 延廣良香他：「体表脈波の超低周波成分を用いた状態推定法」, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2011 CD-ROM 論文集
- 2) 前田慎一郎他：「非拘束センサによるドライバの状態推定技術の開発」, 日本機械学会講演論文集, 09-30, 403-407, 2009
- 3) 藤田悦則他：「指尖容積脈波情報を用いた入眠予兆現象計測法の開発」, 人間工学, 40(5), pp254-263, 2005
- 4) 村田幸治他：「末梢循環系の変化に関連した生理指標と入眠予兆現象の関連性についての検討」, 人間工学, 43(特別号), pp196-197, 2007
- 5) Rechtschaffen, A and Kales, A : A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects, Public Health Service, U.S. Government Printing Office, Washington. D.C., 1968

ばね要素を積層したシートの振動特性

○朝居輝三, 小島重行, 小倉由美, 藤田悦則 (株)デルタツーリング),
金子成彦 (東京大学大学院工学系研究科)

Vibration characteristics of the seat stacking spring elements
Terumi Asai, Shigeyuki Kojima, Yumi Ogura, Etsunori Fujita (Deltatooling Co., Ltd),
Shigehiko Kaneko (The University of Tokyo)

1. はじめに

自動車用シートの乗り心地を良くするには, 人体が最も敏感に感じる周波数である4~8Hzでの振動レベルを下げる必要がある。

シートのばね定数を下げるとシート共振点以上の振動レベルが下がり, 粘性減衰を高くすると共振点の振動レベルが下がる反面, 高周波域での振動レベルが悪化することが知られている。¹⁾

従来の普通乗用車用シートの構造ではばね定数を下げるとパッドに人体が沈み込み, 体動が制限され, 長時間運転時の身体疲労が促進される。²⁾ 一方, トラック用サスペンションシートは, 振動レベルの低減には有効であるが, 座席下にサスペンションユニットを組込んでいるため, 普通乗用車用座席と比較して, 尻下空間を多く必要とする。

そこで, 普通乗用車用座席にサスペンションを組込むために, シートフレーム上にあつたばね要素の一部, いわゆる, Sばね, サスペンションマットの代わりに, ばね定数の小さいばね要素をシートフレーム下に配置した。さらに, サスペンションユニットに設けられているダンパーの代わりに, 摩擦力を最適化した摩擦減衰を付与した薄型サスペンションシートを開発した。

本報では, シートフレーム—車体間のばね定数と摩擦力をパラメータ変動させ, 振動特性を改善するための最適値の検討結果について報告する。

2. サスペンション機構

図1は, シートフレーム—車体間にばね要素となるトーションバーと減衰要素となる摩擦力を生み出す皿ばねを配置したサスペンション機構を示す。

このサスペンション機構は図2の2自由度系で表すことができる。このようなクーロン摩擦をともなう振動系で m_2 の防振効果を高めるには, 摩擦力 μN を適切に選定することが必要であることが知られている³⁾。

そこで, k_2 と c_2 を一定とし, k_1 と μN を変動させ, 実験によって最適解を求めた。

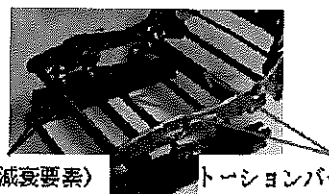


図1 サスペンション機構

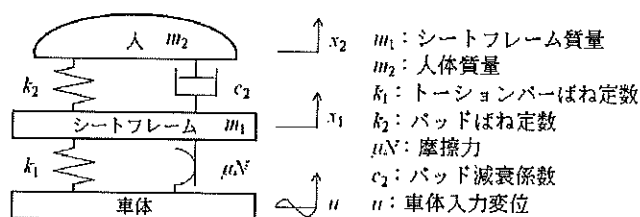


図2 2自由度系モデル

3. 実験方法

ばね定数はトーションバーの長さで, 摩擦力は皿ばねの並列枚数でパラメータ変動させる。開発品, ばね定数増タイプ, 摩擦力増タイプの3タイプと従来品について以下の特性を測定する。

荷重—変位特性の計測は, シート静荷重特性測定装置(広島電熱製)を用い, 計測点は, ヒップポイント直下で, 計測条件は, 負荷速度4.5mm/sで0N→980N→0Nである。摩擦力の計測は, プッシュプルゲージ(アイコーエンジニアリング製 9520A)を用い, トーションバーを外した状態で計測する。計測点は, ヒップポイント直下で, 上方向負荷時と下方向負荷時の差を測定する。ユニット振動伝達率の計測は, サスペンションユニットを1軸加振機(デルタツーリング製)上に取り付け, 質量80kgを負荷し, 0.5~15Hz, 片振幅1mmの振幅一定の正弦波ログスイープで上下方向加振入力を与える。加速度ピックアップ(尻下: リオン製 PV-62, 加振台: 共和電業製 AS-5GA)で加速度を測定し, 加速度伝達率を求める。シート振動伝達率の計測は, シートを1軸加振機上に取り付けて被験者(身長168cm, 体重68kg)を着座させて行う。なお, 加振条件は, ユニット振動伝達率と同条件である。動ばね定数の計測は, シートを1軸加振機上に取り付け, ヒップポイント直下に質量6.7kgを負荷して行う。入力条件は, 0.5Hz~10Hz, 片振幅1mm

の振幅一定の正弦波で0.5Hz刻みの上下方向加振である。加速度ピックアップ(共和電業製AS-5GA)とレーザー変位センサ(キーエンス製LB-01)で負荷質量 m の加速度 $\ddot{x}$ と変位 x , および加振台の変位 u を測定し, $m\ddot{x}$ と $x-u$ を線形近似した傾きから, 動ばね定数を算出する。

4. 実験結果と考察

図3は荷重—変位特性を示す。490N $\pm$ 49Nでのユニットばね定数は, 開発品では5904N/m, ばね定数増タイプでは9333N/m, 摩擦力増タイプでは6533N/mとなった。

摩擦力は, 開発品は40N, 摩擦増タイプは180Nとなった。

図4はユニット振動伝達率を示す。共振周波数は, 開発品では4.1Hz, ばね定数増タイプでは5.1Hz, 摩擦力増タイプでは5.9Hzとなった。

図5はシート振動伝達率を示す。開発品は, 共振周波数が3.45Hz, 共振倍率が1.42となり, 従来品と比較し, 共振周波数での共振倍率が減少し, 人体が最も敏感に感じる周波数である4~8Hzでの振動伝達率も小さくなった。ばね定数増タイプは, 共振周波数が3.95Hzになり, 摩擦力増タイプは, 共振周波数が4.25Hzとなり, 4~8Hzでの振動伝達率が大きくなった。

図6は動ばね定数を示す。開発品は, 従来品と比較して, 6Hzまでは減衰効果の差が多く, それ以降では減衰効果の差が少なくなる傾向になり, 低周波域では減衰効果が高く, 高周波域では減衰効果が少ないことがわかる。

5. まとめ

本開発品のサスペンション機構では, シートフレーム—車体間のばね定数を下げて, 共振周波数を4Hzとした時は摩擦力を40N程度に設定すると振動特性の改善に効果があることが確認された。

参考文献

- 1) 中川憲治他:工業振動学第2版, 森北出版, 東京, 47, 1986.
- 2) 藤田悦則他, 3D-NETを使用した自動車用シートの開発, 自動車技術, Vol.60, No.7, 68-73, 2006
- 3) 吉武裕他, クーロン摩擦をともし振動系の解析, 日本機械学会論文集(C編), 55巻, 509号(1989-1), No.88-0073B

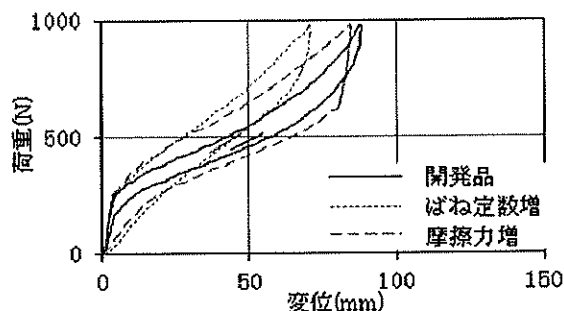


図3(a) ユニット荷重—変位特性

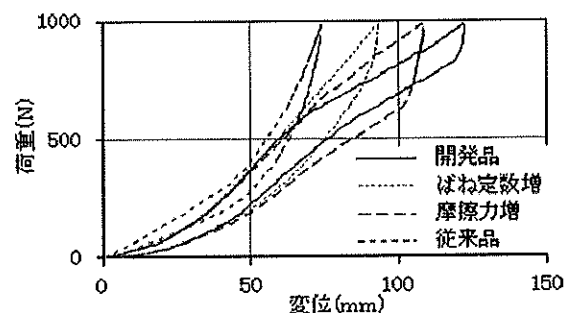


図3(b) シート荷重—変位特性

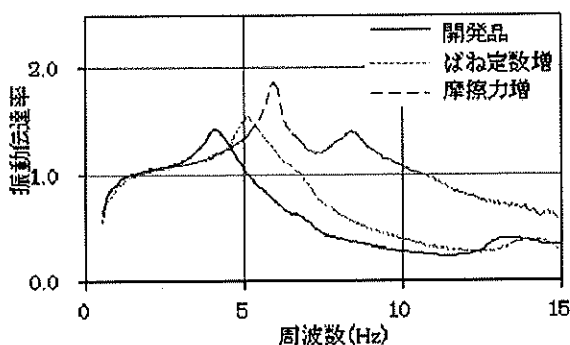


図4 ユニット振動伝達率

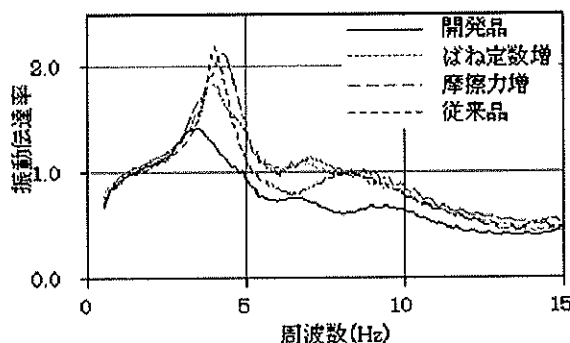


図5 シート振動伝達率

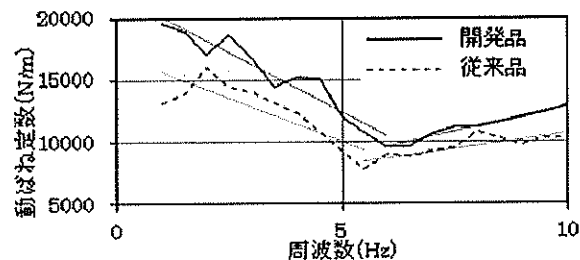


図6 動ばね定数

反力知覚特性に基づく自動車操作機器特性に関する考察

○山田直樹, 竹村 和紘, 新部忠幸, 岸 篤秀, 西川 一男, 農沢 隆秀(マツダ株式会社),
栗田 雄一, 辻 敏夫(広島大学)

Study on the Characteristics of Operational Device Based on Human Force Perception

Naoki Yamada, Kazuhiro Takemura, Tadayuki Niibe, Atsuhide Kishi,

Kazuo Nishikawa, Takahide Nouzawa (Mazda Motor Corporation),

Yuichi Kurita, Toshio Tsuji (Hiroshima University)

1. はじめに

車を意のままに操るには人間の四肢の運動と感覚両特性に適合した自動車操作機器が重要である。中でも車からのフィードバック情報である操作反力は感性に訴求する車造りにおいて実感を与える手段としても期待される。

著者らの研究グループでは人間の四肢の運動に関わる力学的特性解析手法¹⁾をベースとして反力知覚特性解明によるステアリングホイール操作時の主観的力知覚モデルを用いた感性設計手法²⁾, さらには筋骨格モデルと組み合わせた机上予測手法の可能性³⁾を示してきた。

四肢の運動特性にマッチし操作感に優れた操作機器設計を行うには, 運動/知覚両特性の観点で機器特性の要求特性を考察することが必要であり, 効果的な設計因子の抽出やより人間にマッチした新たな操作機器開発に有効と思われる。

本稿では操舵時のステアリングホイール操作を事例とし反力知覚特性と反力に対する生理反応である上肢の運動インピーダンス(剛性)変化で示される運動特性との関連性⁴⁾について定量的な解明を試みる。さらに下肢によるペダル操作の事例も加え, 人間の知覚・運動特性の観点から操作機器に必要な反力特性についての考察を行う。

2. 方法

2.1 反力知覚特性と運動特性との関連性

反力知覚特性は図1の定置型ドライビングシミュレータ(DS)を用いマグニチュード推定法で明らかにした比較刺激 F_t (5~40[N], 5[N]刻み, 標準刺激20[N])と知覚量 F_p の関係式¹⁾(式(1))を用いた。運動特性は運動インピーダンス同定結果¹⁾から対応反力での腕剛性の逆数(コンプライアンス: 力に対する動きやすさ)を用いた。これらより知覚感度(F_p 変化に対する F_t 変化: 式(1)の傾き)とコンプライアンスの関連性を分析した。

$$F_p = a \log(F_t) + b \quad (1)$$

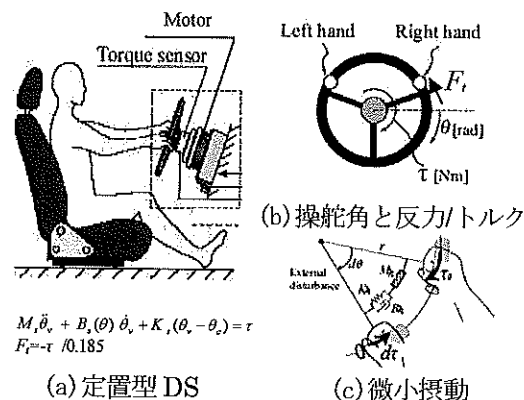


図1: 実験装置概略⁴⁾

さらに, 下肢運動特性⁵⁾の解析結果とペダル反力知覚特性⁶⁾の先行研究結果より下肢ペダル操作時の知覚と運動特性の特徴を考察した。

2.2 自動車操作機器特性

通常走行域モードで操作入力量に対する操舵反力(40km/h走行旋回時), 踏込操作反力(0.3G以下での加減速時)の特性を調べた。

3. 結果と考察

3.1 反力知覚特性と運動特性との関連性

反力知覚特性¹⁾を図2, 反力知覚と運動特性¹⁾⁴⁾の比較を図3に示す。コンプライアンス(腕の動きやすさ)の増加に伴い知覚感度が高まる傾向がある。コンプライアンスが高い領域でばらつきがあるものの4名においても同じ傾向であった。図4に操舵角違いの結果を示す。操舵角が異なっても同様に腕が動きやすいほど知覚感度が高い傾向

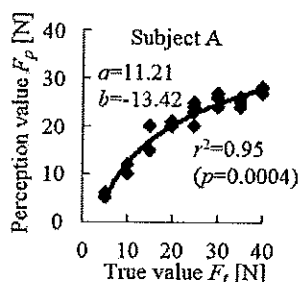


図2: 反力知覚特性¹⁾

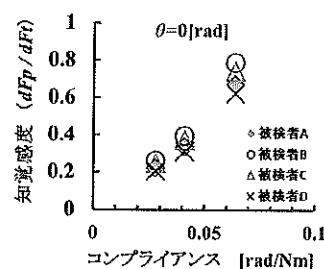


図3: 知覚と運動特性

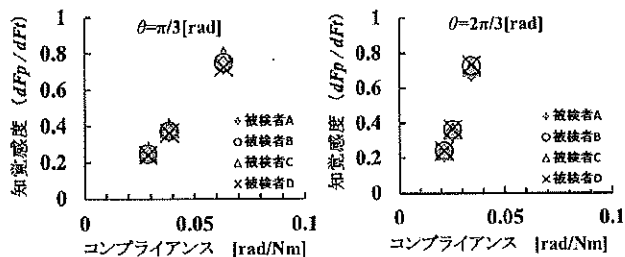


図4：知覚と運動特性（操舵角違い）

があることが分かった。これは例えば力みのないリラックス時のような腕が動きやすい状態は知覚感度を高める作用があることを示唆している。なお、 $\theta = 2/3\pi$ ではコンプライアンスが低い時も知覚感度は維持されている結果となった。両腕の姿勢変化を巧みに利用して感度を維持していると考えられる。図3において腕が動きやすい状態で知覚感度のばらつきも興味深い。ある適度な反力は知覚感度を安定させることも必要ではないかと考えられる。

下肢ペダル知覚特性も同様に対数曲線的な傾向である⁶⁾。一方、下肢の運動特性は操作時の踵の状態の結果が大きく異なる。踵つきの状態では剛性が高く反力や姿勢変化の影響が少ないが、踵浮きの場合は影響が大きい特徴がある⁵⁾。前者は動きの小さい操作を安定して行う場合、後者は、下肢全体を動かす踏込動作の場合に適した特性と考えられる。後者の場合、踏込動作に起因する剛性の向上は知覚感度の低下が推察される。

3.2 自動車操作機器特性の考察

一例として欧州車の操舵反力特性、アクセル反力特性を図5、図6に示す（車両A：ファミリーカー、車両B：スポーツカー）。図7にペダル反力特性比較（左：アクセル、右：ブレーキ）を示す。感じる力への変換結果を破線で示している。操舵角 $0.5[\text{rad}]$ 付近の反力の違いが感じ方への影響が大きいことが確認できる。一方、アクセルは踏込に対する反力増加に差がみられ、スポーツカーの着座姿勢での踏込における踵の状態のへ

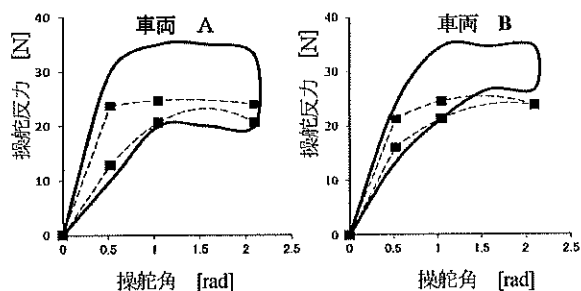


図5：操舵反力特性²⁾

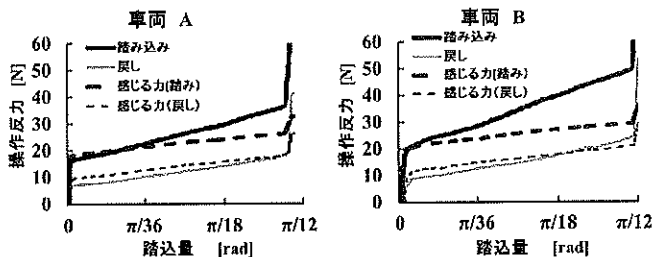


図6：アクセル反力特性

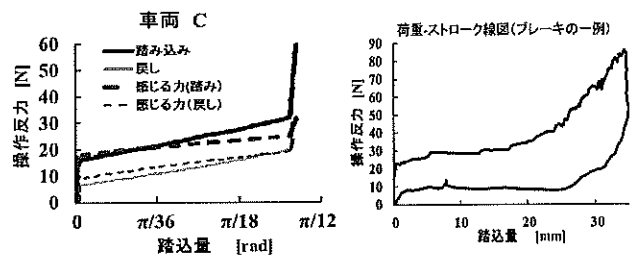


図7：ペダル反力特性比較

の配慮が推察される。図7からも踵の状態など踏込操作が異なるブレーキでは踏込中盤以降の反力の増加が顕著であり、運動特性のみならず知覚感度低下との関係が示唆される。

4. まとめ

反力知覚と運動特性との関係を双方の先行研究結果を用いて分析した結果、知覚曲線の傾き（感度）とコンプライアンスとの関係性が示唆された。

さらに反力知覚・運動特性の観点から自動車の機器反力特性の考察を行った。今後は操作行動の影響下で広範囲の反力条件での知覚特性の解明と設計因子抽出が課題である。

本研究へのご協力に対し田中良幸先生（現長崎大学准教授）に感謝及び御礼申し上げます。

5. 参考文献

- 1) Y.Tanaka et al.: "Vehicle Active Steering Control System Based on Human Mechanical Impedance Properties of the Arms", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.15, No.4, pp.1758 - 1769, DOI:10.1109/ITITS.2014.2312458, Aug. 2014.
- 2) 竹村利紘:「人間の主観的反力知覚モデルに基づく自動車のステアリングホイール操作系評価」, 自動車技術会論文集, Vol. 45, No. 3, pp. 579-584, 2014.
- 3) 佐藤純平他:「筋力推定に基づくステアリング操作時の力知覚モデル」, 日本機械学会論文集C編, Vol. 79, No. 808, pp. 4917-4925, 2013.
- 4) 山田直樹他:「人間の反力知覚特性に関する実験的考察～ステアリング操作への適用～」第45回日本人間工学会中国・四国支部大会講演論文集, pp. 102-103, 2012.
- 5) Y.Tanaka et al.: "Analysis and Modeling of Human Impedance Properties for Designing a Human-Machine Control System", Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3627-3632, Roma, Italy, April 2007.
- 6) 田中良幸:「ペダル操作時の反力知覚特性の力学解析と反力設計への応用」, 自動車技術会論文集, Vol. 45, No. 2, pp. 361-367, 2014.

指先振動感覚閾値の一時的閾値移動を用いた防振手袋の着用と非着用時における手腕振動ばく露の人体影響の評価

○横田和樹(アトム株), 平雄一郎(アトム株), 樹野淳也(近畿大学), 前田節雄(近畿大学)

Evaluation of human effect of Hand-arm vibration exposure using by Temporary Threshold Shift of Vibrotactile Perception Threshold in condition of wearing AVG and not wearing AVG.

Kazuki Yokota(ATOM Co., LTD), Yuichiro Taira(ATOM Co., LTD), Junya Tatsuno(Kinki University), Setsuo Maeda(Kinki University)

1. はじめに

防振手袋は手腕振動ばく露を軽減する目的で製造されている。防振手袋の規格については国際規格¹⁾、国内規格²⁾が規定されているが、それらは手袋の掌部における振動の伝達率を評価しており物理的な指標で評価を行っている。しかし、規格における振動伝達率が等しい手袋間の生理的影響を比較したところ、物理的影響においては等しくとも生理的影響においては等しくなかった事例がある³⁾。手腕振動障害の認定が生理的影響を計測して認定されていることから、防振手袋の生理的影響は作業者にとって有益な判断指標であり、開発工程においても生理的影響を考慮することが重要であると考えられる。手腕振動の生理的影響を計測する方法として振動感覚閾値(以下、VPT: Vibrotactile Perception Threshold)を用いる方法がある。VPTとは被験者が感じることでできる振動の閾値であり、振動ばく露の前後で変化することが知られており、この現象は一時的閾値移動(以下、TTS: Temporary Threshold Shift)と定義されている⁴⁾。TTSに関しては多数の研究がされており^{5) 6)}、また規格における伝達率を用いて生理的影響を推測する研究もされている⁷⁾。以上より、本研究では、振動感覚閾値の一時的移動を用いて防振手袋の着用時と非着用時における生理的な影響を調査した。

2. 実験

素手及び手袋2種類を用いてTTSに与える影響について調査する実験を行った。

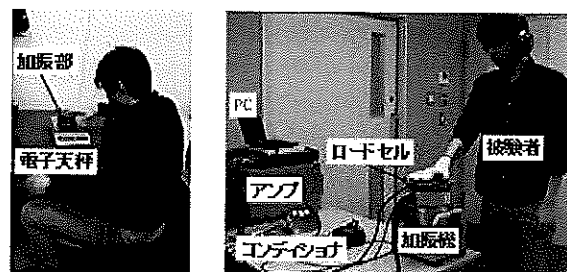
実験の手順は次の通りである。

- 1) 振動ばく露前のVPT(T_1)の測定
- 2) 振動ばく露
- 3) 振動ばく露後のVPT(T_2)の測定

VPT測定のプロセスでは、被験者は人差し指を振動感覚測定器(RION社:AU-02A)の加振部に乗せ

(図1(a))、電子天秤を見ながら規定荷重(2.0N)を与える。この時、指先へ-20 dBから2.5dBの間隔で段階的に振動がばく露され、被験者は振動を知覚した際にばく露していない方の手を挙げ、振動の感知を知らせた。振動ばく露のプロセスでは、手袋を装着、非装着の条件下で被験者の腕を加振器上部に置き、5分間振動をばく露した。なお、被験者が加振器に対して加える力が5.0 Nで一定になるよう、ロードセルとコンディショナを設置し目視できるようにした。ばく露振動はPCで発生させたホワイトノイズをアンプを介して加振器へ出力し、アンプのダイヤルで振動レベルを5.0 m/s^2 、10 m/s^2 の2条件で加振できるようにした(図1(b))。また、VPTは皮膚温度に影響されることが既往の研究より明らかとなっているため⁸⁾、VPTを測定開始する温度を26℃以上とし、瞬間皮膚温時計(佐藤商事、サーモヒッパー)を用いて皮膚温度を計測した。また、部屋の室温はデータロガー(TandA, TR-73U)を簡易の百葉箱に設置をして計測をし、25℃前後に保った。また、加振器のプレート上もドライヤーで30秒加熱し、27℃前後となるように条件を設定した。

なお、被験者は健常な男子大学生5人(22.2±0.4歳)で、実験内容に同意を得たうえで参加させた。また、本実験は実験遂行に先立ち、近畿大学工学部生命倫理委員会の承認を受けた。



(a) 閾値測定

(b) 振動ばく露

図1. 実験環境

3. 結果と考察

振動ばく露前後の VPT から TTS ($= T_2 - T_1$) を求め、表 1 にまとめた。いずれの被験者においても素手状態における TTS が手袋を装着した際の TTS の値よりも大きくなっているため、素手での振動ばく露は手袋を着用している状態に比べ、指先の振動感覚が鈍くなっていることを示している。

表 1. 各被験者の TTS (dB)

加速度	10 m/s ²			5 m/s ²		
手袋	素手	手袋A	手袋B	素手	手袋A	手袋B
s1	20.0	14.2	15.0	15.0	7.5	12.5
s2	15.0	13.3	7.5	12.5	9.2	5.0
s3	18.3	7.5	10.0	12.5	7.5	5.8
s4	20.0	15.0	15.0	15.0	5.0	12.5
s5	17.5	12.5	6.7	15.0	6.7	10.8
M	18.2	12.5	10.8	14.0	7.2	9.3
SD	2.07	2.95	4.00	1.37	1.51	3.65

図 2 は、手袋要因ごとに求めた各条件下における TTS の平均値のグラフである。手袋装着時が素手より明らかに低く、また、10 m/s² の加速度条件下における TTS は、5.0 m/s² 条件下よりも大きくなっている。

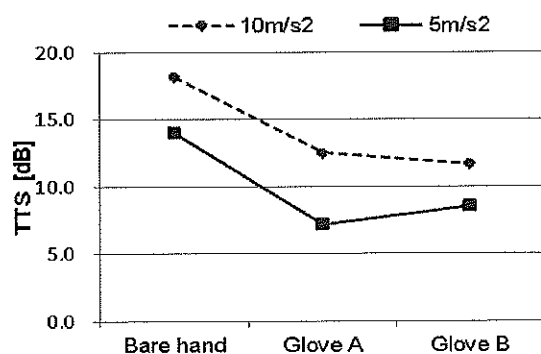


図 2. 各条件下における TTS の比較

次に、分散分析を行った結果、加速度要因(要因 A)と手袋要因(要因 B)について有意差が認められた ($p < 0.01$)。一方、Shaffer の方法で多重比較を行ったところ、素手と手袋 A、素手と手袋 B 間には優位差が認められた ($p < 0.05$) が、手袋 A と手袋 B 間には有意差が認められなかった。つまり、手袋 A と手袋 B の物理特性である減衰値が異なっていたとしても、本実験の条件下では、手袋 A と手袋 B の人間へ与える影響には差がないと考えられる。

表 2. ANOVA Table

要因	S.S	D.O.F	M.S	F値	p値
s (被験者)	77.8	4	19.4		
A (加速度)	100.8	1	100.8	23.4	0.0084
s × A	17.2	4	4.3		
B (手袋)	250.0	2	125.0	17.9	0.0011
s × B	55.7	8	7.0		
A × B	19.0	2	9.5	2.14	0.179
s × A × B	35.3	8	4.4		
合計	555.8	29			

4. 結論

生理的指標を用いた被験者実験を行ったところ、手袋を着用する条件下における TTS に有意差が見られ、防振手袋の着用が人の手に対して生理的に有益な効果がある可能性を示唆できた。

参考文献

- 1) ISO10819:「Mechanical Vibration and Shock—Hand-Arm Vibration—Method for the Measurement and Evaluation of the Vibration Transmissibility of Gloves at the Palm of the Hand」, 2013
- 2) JIS T 8114:「防振手袋」, 日本規格協会, 2007
- 3) 前田節雄:「JIS T 8114 および ISO10819 防振手袋評価法の問題点」, 産業衛生学会誌, Vol.47, 518, 2005
- 4) 前田節雄:「Can the measured TTS be used as indicator of the effectiveness of anti-vibration gloves?」, 第 10 回国際手腕振動学会, 185-186, 2004
- 5) 埴田和史:「合成帯域振動曝露による指尖振動感覚閾値の一時的移動に関する実験的研究」, 滋賀医大誌, Vol.6, 117-126, 1991
- 6) 前田節雄他:「スペクトル振動曝露による指先振動感覚の一時的閾値移動」, 日本経営工学会誌, Vol.40, No.5, 336-342, 1989
- 7) 前田節雄:「防振手袋の振動軽減効果と生理影響を考慮した選択方法」, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, Vol.39, 43-46, 2009
- 8) Weithz, J.:「Vibratory sensitivity as a function of skin temperature」, Journal of Experimental Psychology, Vol. 28, No.1, 21-36, 1941

日射曝露時間が人体の温熱状態および生理反応に及ぼす影響

○竹谷翔平(岡山県立大学・大学院)、島崎康弘(岡山県立大学)、野津滋(岡山県立大学)

Effect of duration of solar-radiation exposure on human thermal conditions and physiological responses

Shohei Taketani(Okayama Prefectural University), Yasuhiro Shimazaki (Okayama Prefectural University), Shigeru Nozu(Okayama Prefectural University)

1. はじめに

日射は熱量が大きいので、屋外の人体の温熱状態に強い影響を及ぼす。そこで、日射曝露時間が人体に及ぼす影響を、人体熱負荷量を用い定量化し、その際の生理反応を考察することにより、安全・快適な都市設計の基礎構築を目的とする。

2. 方法

実験は、立位安静および歩行時に、日射曝露、日射遮断することで日射が人体に及ぼす影響を把握することを目的とした。日射遮断はテントを模擬樹木とみ立て、長波特性を樹木に近づけるため、テント内にネットを取り付け、その下で実験を行った。その際の日射透過率は7.3%であった。

2.1 実験概要

実験は、2013、2014年の夏季において、岡山県立大学の敷地内で行った。

環境条件として気温および相対湿度(T&D TR-73U)、短波放射量および長波放射量(EKO MR-60)、風速(Young CYG-81000)を1分間隔で測定を行った。全実験を通して、平均気温29.9 [°C]、平均湿度49.6 %、平均風速0.7 [m/s]、平均日射量667 [W/m²]、平均赤外放射量499 [W/m²]であった。また、路面の日射反射率は10.1 %であった。人体条件として、皮膚温を、Hardy-Duboisの平均皮膚温の算出法にならい、額、腹、上腕、手甲、大腿、下腿、足甲の7点、深部温を直腸で、サーミスタ(日機装サーモN542)にて1分間隔で測定した。代謝量は、呼吸代謝モニタリングシステム(S&ME VO2000)にて酸素摂取量および二酸化炭排出量を測定し、代謝量を算出した。心理申告として、ASHRAE Standardに従い記録し、温冷感を-3から+3、快適感を-2から2の尺度に変換した。被験者は、健康な男子大学生および大学院生で、平均年齢は20.7歳であった。着衣量0.33 clo、日射反射率は27%の上下のコンプレッションウェア、ハーフパンツ、シューズを着用させた。また、代謝量

への影響を考慮し、食事後2時間以上空け実験を行った。

2.2 実験プロトコル

実験は各条件50分間行い、開始後10分、終了前10分は安静時、回復時として立位安静とした。10分から40分については、①立位安静(30分日射曝露)、②立位安静(30分日射遮断)、③3.3 km/hの歩行(30分日射曝露)、④3.3 km/hの歩行(20分日射曝露、10分日射遮断)、⑤3.3 km/hの歩行(10分日射曝露、10分日射遮断、10分日射曝露)の5条件とした。

2.3 人体熱負荷量の算出

温熱環境評価をする際や熱中症を未然に防ぐためには、人体の温熱状態を正確に把握する事が必要である。そのため本研究では、式(1)で定義した人体熱負荷量 F_{load} を用い、人体温熱状態を定量化する。

$$F_{load} = M - W + R_{net} - C - E \quad (1)$$

ここで、 M は代謝量、 W は機械的仕事量、 R_{net} は正味ふく射量、 C は顕熱損失量、 E は潜熱損失量を表し、単位は全て[W/m²]である(島崎ら、2009)。

3. 結果

3.1 平均皮膚温の変動

図1に各条件における平均皮膚温の変動を時系列で示す。立位安静時の10分から40分における平均皮膚温は、開始後10分間の平均皮膚温と比較すると、日射曝露時にはほとんど温度変化は見られなかったが、日射遮断時は1.0 °Cの低下しており、歩行時では、日射を遮断する前、10分間の平均皮膚温と比較すると、日射を遮断した2条件で1.4 °Cの低下がみられた。日射曝露時、日射遮断時の平均皮膚温を、等分散を仮定した2標本による検定とし、t検定を用い比較すると、立位安静時、歩行時とも有意差($p < 0.05$)が認められ、日射曝露状態から日射を遮断することにより、平均皮膚温は有意に低下した。

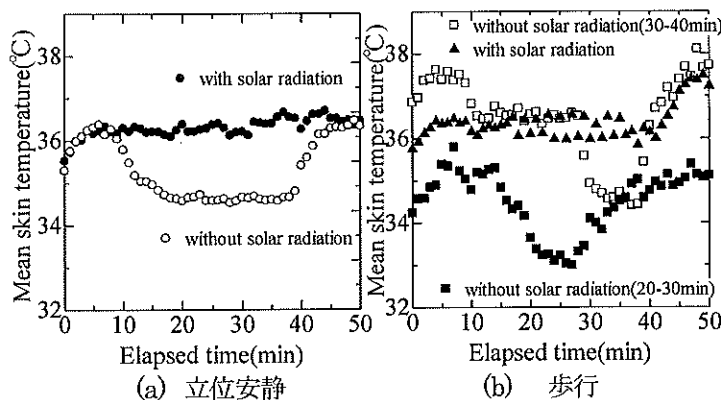


図 1 平均皮膚温経時変化

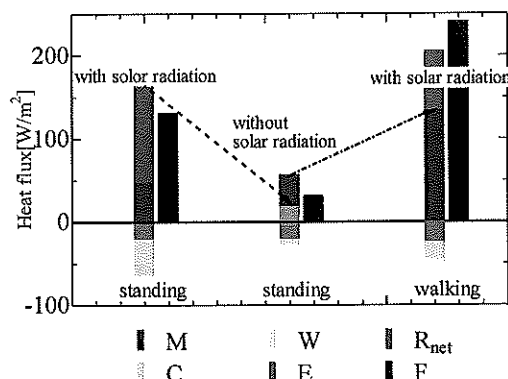
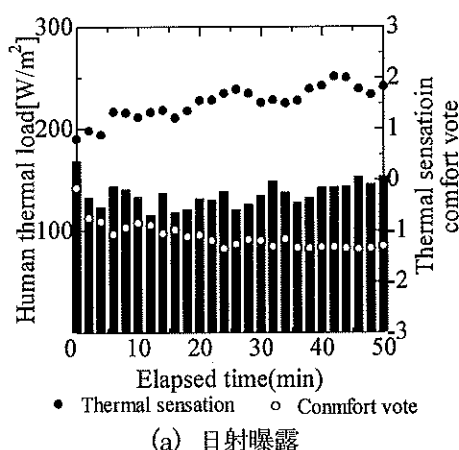
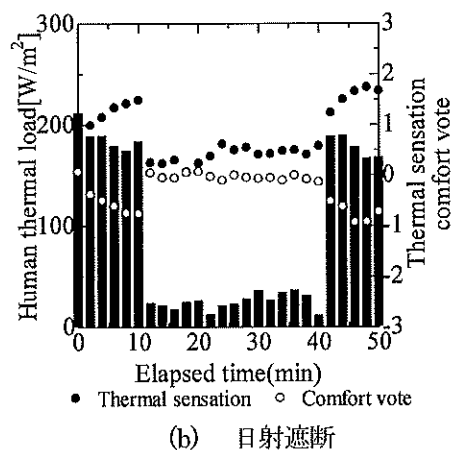


図 2 人体熱負荷量の内訳



(a) 日射曝露



(b) 日射遮断

図 3 立位安静時の人体熱負荷量と心理申告の経時変化

表 1 立位安静時の日射条件別温冷感

	0~10分	10~40分	40~50分
日射曝露	1.0	1.5	1.9
日射遮断	1.1	0.4	1.6

3.2 人体熱負荷量の内訳

図2に日射の有無による正味ふく射量、および歩行による代謝量の増加が人体熱負荷量に及ぼす影響を示す。立位安静時の人体熱負荷量は、日射曝露中131 $[W/m^2]$ に対し、日射を遮断することで32 $[W/m^2]$ に減少した。その要因として、正味ふく射量が減少したことが挙げられ、ふく射からの受熱量は、日射曝露時では169 $[W/m^2]$ に対し、日射遮断時では19 $[W/m^2]$ となった。

また、日射曝露時の代謝量は、立位安静時で54 $[W/m^2]$ であったが、3.3 km/hの歩行により代謝量が121 $[W/m^2]$ に増加した。人体熱負荷量に含まれる項の中で、代謝量と正味ふく射量は、人体側に受熱量を増加させる項であるため、夏季において人体の温熱状態を悪化させる要因となる。

3.3 人体熱負荷量および心理申告

図3に立位安静時における人体熱負荷量と温冷

感及び快適感の経時変化、表1に日射条件別の温冷感を示す。日射曝露時の温冷感は実験中、1.0から1.9に増加したが、日射遮断時では、0分から10分に1.1であった温冷感が、10分から40分では、人体熱負荷量の低下とともに、0.4に低下した。また、暑熱時において、温冷感と快適感には負の相関があると言われているが、本実験においても、日射遮断により快適感は-0.4から-0.1に増加した。この結果は、歩行時も確認でき、日射遮断により、心理申告に影響を及ぼすことが示唆された。

4. まとめ

本実験では、夏季の歩行運動や日射条件が人体の温熱状態に与える影響を、人体熱負荷量を用い定量化した。また、その際の平均皮膚温や心理申告を考察することで、日射を遮断することにより、人体の温熱状態が改善されることが示唆された。

参考文献

- 1) 島崎康弘, 吉田篤正, 木下進一 2009. 人体熱負荷量に基づく温熱快適性指標の提案. 日本冷凍空調学会論文集. 26(1): 113/120.

筋負担度のリアルタイム可視化システムの構築

○岸下優介, 辻敏夫, 栗田雄一 (広島大学)

Development of a real-time muscle effort visualization system

Yusuke Kishishita, Toshio Tsuji, and Yuichi Kurita (Hiroshima University)

1. はじめに

ヒトは運動を行う際、各筋肉を収縮させることによって関節トルクを発揮し、運動を実現させている。筋肉の活動は、身体のエネギーを消費することで行われており、それに伴って人は疲労感など身体的な負担を感じる。しかし、運動の外観からは負担の度合いを知ることができない。そこで、リアルタイムで筋肉の活動を推定し、その負担度を可視化することができれば、身体的負担感を考慮したユーザビリティの高い製品設計へとつながり、生活支援や医療分野の応用につながることが期待される。

筋活動度をリアルタイムで可視化する手法として、例えば黒崎らは、光学式モーションキャプチャー、筋電信号計測を用いたシステムを開発している [1]。しかし表面電極を貼り付けての計測可能な筋は限られているため、可視化できる対象筋に大きな制約がある。そこで実測ではなく、シミュレーションにより筋力推定を行う手法が提案されている。例えば Delp らは、OpenSim という筋力推定のための 3 次元動力学シミュレーションプラットフォームを開発している [2]。また佐々木らは、リーチングにおける筋負担度の可視化法について報告している [3]。ここで一般に、身体の運動自由度に比べて筋肉の数が圧倒的に多いため、筋力推定はエネルギーや筋力を最小にする条件での最適化計算により求められることが多い。しかし最適化計算には多大な計算コストがかかるため、リアルタイム推定が難しい。そこで Murai らは、筋力推定の計算法を工夫することで全身の筋力リアルタイム推定を実現している [4] が、高性能なハードウェアと複雑なプログラム技術が必要とされる。低コストな筋力リアルタイム推定が可能になれば、さまざまな場面で、筋負担を考慮した設計支援に応用されていくことが期待される。そこで本研究では、あらかじめ代表的な姿勢における筋力推定をオフラインで行った上で、その間を補完し、筋力推定結果をデータベース化しておくことで、リアルタイムに筋力推定結果を得られるシステムを開発する。さらに本稿では、データベー

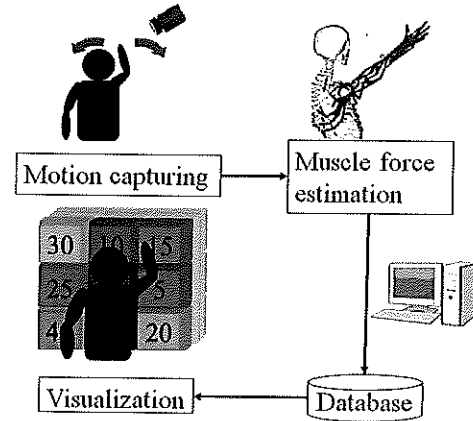


図 1: システム構成

スの値を用いて手先の筋負担度をリアルタイムに可視化するインタラクティブシステムを提案する。

2. 筋負担度リアルタイム可視化システム

2.1 筋負担度推定

筋負担度可視化システム構成を図 1 に示す。本システムでは、ある位置に手先をもっていくための姿勢を元に、その姿勢を維持するための筋負担度を計算し、その平均を代表値とし、それに応じた色を手先位置に出力する。まず、あらかじめ指定した位置・姿勢に対する筋力推定を動力学シミュレーションにより行い、データベース化する。次に、推定を行っていない位置・姿勢については、筋力は位置・姿勢の変化に応じて線形に変化するという仮定を置き、推定を行った位置・姿勢からの距離に応じて線形補間をかけることで、実際には推定を行っていない部位における筋負担の簡易算出を実現する。なお本稿では、手先位置に対して上肢姿勢が一意に決まる場合を取り上げ、冗長自由度は考慮しない。

本稿では、対象を右腕として幅約 600[mm] × 奥行き 600[mm] × 高さ 600[mm] の範囲について、縦方向 3 点、奥行き方向 3 点、横方向 3 点の計 27 点の代表姿勢を設定した。高さ位置は、ほぼ目線位置、肩位置、胸位置であり、奥行き位置は完全伸展、肘関節を手前に 200[mm] 曲げた姿勢、肘関節を手前に 400[mm] 曲げた姿勢であり、幅位置は

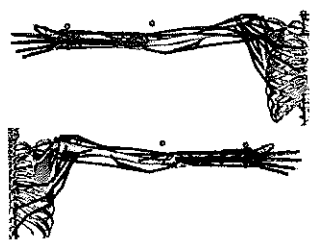


図2: 筋骨格モデル (上: 正面, 下: 背面)

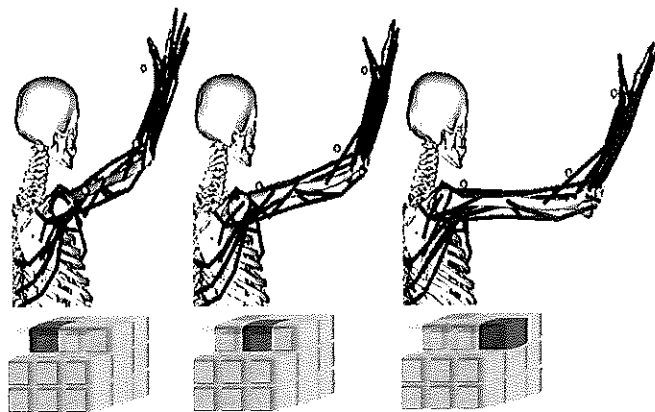


図3: 筋力推定結果とそれに対応する位置

右肩前方位置ならびに左右 200[mm] の姿勢である。姿勢はモーションキャプチャー (OptiTrack 社製 Optitrack V120:TRIO) で取得した。また、筋力推定計算は、OpenSim を用いて行った [2]。筋活動度推定のための 3 次元筋骨格モデルとして、図 2 に示す 50 の筋から構成されるモデルを利用した。筋パラメータの詳細は [5] を参照されたい。

図 3 に代表的な 3 姿勢を維持するのに使用する筋負担度推定結果を示す。姿勢によって、使用する筋力パターンが異なることが確認できる。筋力推定では 50 の各筋について筋負担度を計算できるが、本稿ではこれを代表する値として、各筋の筋負担度の平均値を用いる。筋負担度の計算は、図 3 を含む 27 姿勢においてのみ行い、筋負担度推定を計算していない座標においては、測定した座標の値から線形補間を用いて算出することで、データベース取得コストと計算コストを低減する。

2.2 筋負担度のリアルタイム可視化

拡張現実の技術を用いてコンピュータのディスプレイ上に筋負担度の可視化を行う。仮想空間を構築するための絶対位置マーカーと腕の動きを取得するための相対位置マーカーの 2 つのマーカーを用い、カメラ (Logicool 製 HD Pro Webcam C920) で撮影することにより 2 つのマーカーの距離を求めることによって腕の位置を検出する。

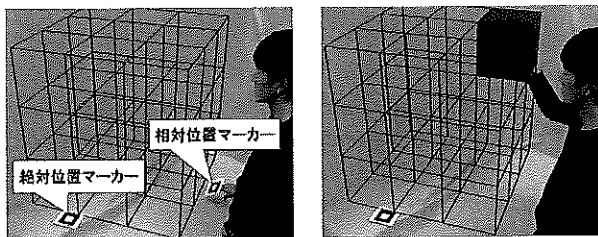


図4: 実験風景

そして、その位置に応じた筋負担度を仮想空間上に色を変化させることで表示させる。図 4 に可視化を行っている様子を示す。筋負担度の表現色は、筋負担度が高い位置ほど赤く、低い位置ほど青く表示されるように設定した。本システムにより、ユーザーが動作を行うのにどれくらい負担を感じるのかリアルタイムに可視化することができるため、インタラクティブなレイアウト設計や、安全性の高い姿勢教示、効果的なリハビリテーション指示などに役立つことが期待される。

3. まとめと今後の展望

本稿では、拡張現実の技術を用いることにより、簡易でリアルタイムに腕の筋負担度を可視化可能なシステムを構築した。今後の展望として、冗長自由度の考慮、レイアウト設計や姿勢教示を目的としたインタラクティブシステムの開発を行っていく。

参考文献

- 1) 黒崎浩介, 村井照彦, 山根克, 中村仁彦, 逆運動学・逆動力学計算の並列化によるリアルタイム筋張力推定と可視化, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2A1-C04(1)-(4), 2009.
- 2) S. L. Delp : "OpenSim 3.0", <https://simtk.org/home/opensim>, October 18, 2012.
- 3) 佐々木桂一, 栗田 雄一, 辻敏夫, 筋骨格モデルを利用した上肢到達運動の効率性評価, 第 12 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp.1646-1649, 2011.
- 4) Akihiko Murai, Kosuke Kurosaki, Katsu Yamane, Yoshihiko Nakamura, Musculoskeletal-see-through mirror: Computational Modeling and Algorithm for Whole-Body Muscle Activity Visualization in Real Time, Progress in Biophysics and Molecular Biology, 有, Vol.103, 310-317, 2010.
- 5) 佐藤純平, 竹村和紘, 山田直樹, 岸篤秀, 西川一男, 農沢隆秀, 辻敏夫, 栗田雄一, 筋力指定に基づくステアリング操作時の力知覚モデル, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.79, 4917-4925, 2013.

個人由来の呼吸周期に基づいた呼吸統制によるリラックス状態への誘導

○岩本直人(立命館大学 情報理工学部) 萩原啓(立命館大学 情報理工学部)

Induction to Relaxed State by using Vibration Stimulus based on Respiratory Cycle

Naoto Iwamoto(Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering)

Hiroshi Hagiwara(Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering)

1. はじめに

近年、長時間労働や生活リズムの乱れなど、様々な社会背景によるストレスや睡眠不足の増加に伴う健康や作業効率への影響が懸念されており、効率的な休息の必要性が高まっている。

そこで、本研究では、個人由来の呼吸周期に基づいた呼吸統制を行い、脳波、心拍、呼吸変動を用いた覚醒度や自律神経系活動度などの生理的・主観的変化から、効果的なリラックス状態への誘導を検討することを研究目的とした。

2. 方法

2. 1 実験概要

本実験は、健常な学生12名(男性12名, 21~22歳)の協力のもと計測を行った。なお、計測前に被験者からは十分なインフォームドコンセントを得た後に行った。脳波・心電図の計測には多用途脳波計EEG1100(日本光電)、呼吸の計測には胸腹呼吸センサ45360(GEヘルスケア・ジャパン)を用いた。

実験のプロトコルは3分間のAAT(閉眼30秒・開眼30秒×3回)、5分間のタスク(呼吸統制)、3分間のAAT(閉眼30秒・開眼30秒×3回)の合計11分間の計測を1サイクルとした。また、計測の前後にRAS(Roken Arousal Scale; 疲労・覚醒主観評価指標)の記入を行ってもらった。1サイクルごとに被験者には10分間の十分な休憩をとってもらった。タスク(呼吸統制)では振動発生装置(日本スリービー・サイエンティフィック)を用い、指先に振動刺激を与え振動の強弱に従い呼吸を行う様に設定し、振動が強まる場合に吸気、弱まる場合は呼気を行う様に教示した。本実験では先行研究から振動周波数を60Hzとした。

また、本実験に先立ち、被験者には予備実験として5分間の安静(閉眼座位)及び、5分間の活動(エアロバイク: 負荷40W 速度45rpm)を実施し、脳波、心電図、呼吸の計測を行った。その後、被験者から抽出した安静時呼吸、活動時呼吸の呼吸波形の平均周期から呼吸パターンを短周期(活動時呼吸周期)、中周期(安静時呼吸周期)、長周期(中

周期の1.5倍)の3パターンの周期とし呼吸統制を行った。

なお、順序効果を考慮し、タスク(呼吸統制)は実験ごとにランダムとした。

2. 2 計測部位及び評価方法

脳波計測では、国際式10-20法に従い、被験者の頭部に電極を装着し、C3、C4、O1、O2、A1、A2により導かれる脳波を計測した。心電図装着位置として、3点誘導法を用い、右鎖骨と左肋骨の電極の電位差を検出した。

RASは疲労・覚醒度を主観評定値によって定量化するために、開発された主観評価手法である。

「眠気」、「全般的活性」、「リラックス」、「緊張」、「注意集中困難」、「意欲減退」を2つの評価語の平均評定値によって評価する。これにより疲労・覚醒状態の変化ステージの分析が可能となる。

AAC(Alpha Attenuation Coefficient; α 波減衰係数)を用いタスク前後の覚醒度の定量的評価を行った。AACとは計測した脳波にノイズ処理を行った後に高速フーリエ変換により閉開眼時の α 帯域のパワースペクトルから覚醒度を算出する。その後、閉開眼毎の平均を求め、平均パワー比を以下に示す式で算出する。

$$\alpha\text{波減衰係数(AAC)} = \frac{\text{閉眼時平均パワー}}{\text{開眼時平均パワー}}$$

AACの値が大きいと覚醒度が高く、AACの値が小さい場合には覚醒度が低いことを示す。

心電図のRR間隔変動の定量化には、ローレンツプロット解析(LP: Lorenz Plot)を行い、副交感神経の活動度指標として用いた(図1)。LPとはn番目のRR間隔をx座標、n+1番目のRR間隔をy座標としてx-y平面上にプロットしたものである。LPの評価を定量的に行うためにLPを $y=x$ 、 $y=-x$ 上に投影し、プロットの中心と原点までの距離を中心Cとして算出を行った。また、 $y=x$ 上の標準偏差を $\sigma(x)$ 、 $y=-x$ の標準偏差を $\sigma(-x)$ とし、LPの分布を楕円と考え面積 $S=\pi \times \sigma(x) \times \sigma(-x)$ の算出を行った。LPの中心Cが大きいとRR間隔が長く、面積Sが大きいと副交感神経の活動度が大きいことを示す。

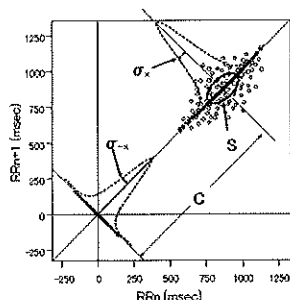


図1: ローレンツプロットの中心Cと面積S

3. 結果

RASの結果を表1に示す。短周期・中周期・長周期のすべての周期において眠気、リラックス、注意集中困難、意欲減退が増加した。また、中周期ではリラックス、長周期では眠気と注意集中困難において $p < 0.05$ の統計的有意差がみられた。

表1: RAS (周期ごとでのタスク前後比較)

RAS	眠気	全般的 活性	リラッ クス	緊張	注意集 中困難	意欲 減退
短周期	増加	減少	増加	変化 なし	増加	増加
中周期	増加	増加	増加*	減少	増加	増加
長周期	増加*	減少	増加	減少	増加*	増加

タスク前後でのAACを正規化し、比較したものを図2に示す。図2から短周期・中周期・長周期のすべての周期においてタスク前後にAACが減少し、覚醒度の減少がみられた。また、AACの変化量で判断すると短周期>長周期>中周期の順に覚醒度の変化量が大きい結果となった。

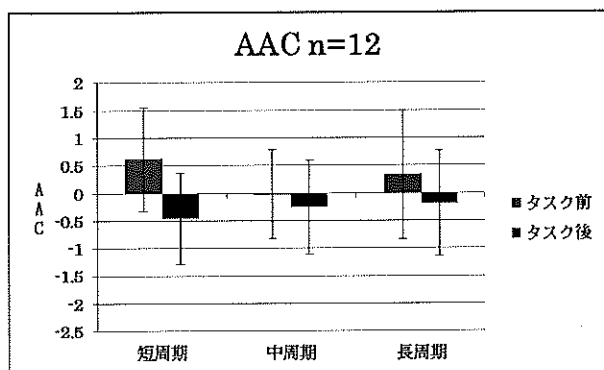


図2: タスク前後でのAAC比較

周期ごとでのLP面積Sを正規化し、タスク前後とタスク中で比較したものを図3に示す。

図3の結果からタスク前後の面積Sを比較すると短周期・中周期・長周期のすべての周期で面積Sの増加がみられた。また、面積Sのタスク前後での変動量で判断すると長周期>中周期>短周期の順に副交感神経の活動度の変化が大きい結果となった。さらに、短周期・中周期ではタスク中に面積Sの減少、長周期では面積Sの増加がみられた。

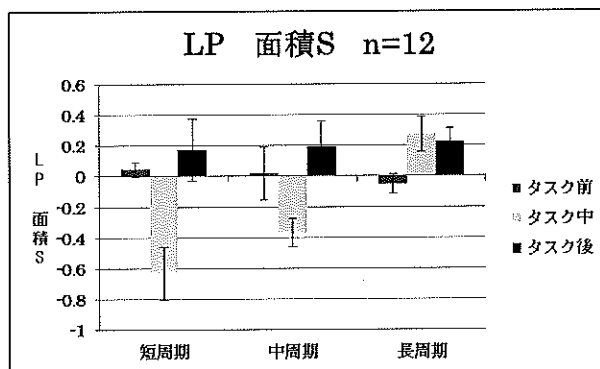


図3: 周期ごとでのLP 面積Sの比較

4. 考察

LP面積Sの結果からタスク(呼吸統制)中において、長周期でのみ副交感神経活動度を増加の状態に誘導できた。また、短周期ではタスク(呼吸統制)中で副交感神経の活動度が大きく減少したが、これは短周期の呼吸周期を作成する際に、活動時呼吸周期を基に作成した結果であると推測される。

LP面積SとAACの結果からタスク(呼吸統制)前後において、短周期・中周期・長周期のすべての周期でAACの減少時にLP面積Sの増加がみられ、生理的・主観的変化の観点からみてもリラックス効果を得ていると言える。

本実験の結果より、個人由来の呼吸周期に基づいた呼吸統制を行うことで、生理的・主観的変化の観点からリラックス状態への誘導の可能性が示唆された。

参考文献

- 井上寛之、萩原啓：振動刺激を用いた呼吸統制時の生理的変化の特徴抽出，ヒューマンインターフェースシンポジウム 2013 論文集, 755-758, 2013.
- 市原清志：「バイオサイエンスの統計学」, 50-69

注意資源量配分の違いにおける身体動作および顔情報の特徴差異

○長澤大志 (立命館大学情報理工学部)、萩原啓 (立命館大学情報理工学部)

Differences of Body Motion and Facial Information in Allocation of Attentional Resource

Taishi Nagasawa(Ritsumeikan University), Hiroshi Hagiwara(Ritsumeikan University)

1. はじめに

近年、深夜労働や長時間労働の影響で注意力が低下し、ヒューマンエラーによるミスが多発している。身体動作や顔表情を用いた注意力の簡易推定の研究は多くされているが、注意資源量の配分の違いによってどのような影響が出るのかは解明されていない。そこで、本研究では視覚的な注意-散漫と聴覚的な注意-散漫の違いに着目し、体動や顔情報を用いて注意資源量配分の区別が可能な推定法の確立を目的としている。

2. 実験方法

本実験では注意力を測るための主課題であるオドボール課題と、主課題に向けられる注意を妨げる副課題を同時に行う二重課題を被験者に行わせた。オドボール課題とは、2種類の刺激事象を出現頻度を変えて提示し、低頻度の刺激が現れた時のみ被験者に反応してもらう課題である。

本研究では、視覚に注意を向ける課題を主課題(視覚オドボール課題)とした場合と、聴覚に注意を向ける課題を主課題(聴覚オドボール課題)とした場合のタスクの結果や評価指標にどのような差異が生じるのかを調べた。タスク中の評価指標は脳波、脳内oxyHb濃度変化、重心動揺、瞬目である。被験者は健康な成人11名で、十分なインフォームドコンセントを得て実験を行った。

視覚オドボール課題では、20%の割合でディスプレイの画面が赤色、80%の割合で青色になる。被験者には赤色の場合にボタンを押してもらう。副課題では聴覚ストループ課題を実施した。

聴覚オドボール課題では、20%の割合で高音の音、80%の割合で低音の音が出現する。被験者には高音の場合にボタンを押してもらう。副課題では視覚的探索課題を実施した。

また、実験手順は以下の①～④の順に行った。前後には1分の安静立位時間を入れ、①～④の間にはそれぞれ10秒の休憩を挟んでいる。タスクは視覚オドボール課題+副課題と聴覚オドボール課題+副課題の2種類を実施した。

- ① 前オドボール単体課題(240sec)
- ② 前二重課題(240sec)
- ③ 後オドボール単体課題(240sec)

- ④ 後二重課題(240sec)

3. 評価方法

脳波は国際10-20法に従い、被験者の頭部Pz、Cz、Fz、A1、A2部分に電極を装着し、事象関連電位の一波形成分であるP300の振幅を計測した。P300の振幅値は主課題に対する注意資源配分量の評価が可能であり、視覚オドボール課題では視覚注意、聴覚オドボール課題では聴覚注意を評価できる。本実験では波形が最も安定して計測されたCz-A1から導かれる脳波を解析に用いた。

脳内oxyHb濃度変化計測には近赤外光イメージング装置NIRStation(島津製作所)を用いた。頭部ホルダを被験者に装着し、認知・判断を司る前頭連合野の3部位(1, 10, 19ch)、注意・制御を司る左脳前頭野背外側部の1部位(25ch)を計測した。評価にはoxyHbの経時変化に微分フィルタを適用し、勾配の経時変化から正勾配の総量と負勾配の総量の差分である δ -oxyHbを用いている。

重心動揺の計測には床反力計を使用し、足圧中心動揺実効値面積のバラつき的大小(分散)から重心動揺を評価した。足圧中心動揺実効値面積Sの算出には以下の(1)式を用いている。

$$S = \pi \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N \{(X_k - X_{mean})^2 + (Y_k - Y_{mean})^2\}}{N}} \quad (1)$$

N: サンプル個数

X_k, Y_k : 合成荷重中心の座標値

X_{mean}, Y_{mean} : 合成荷重中心の平均

被験者のタスク中の顔表情を撮影し、瞬目回数を計測した。撮影にはWEBカメラを用い、タスク表示用ディスプレイの上部に設置している。

4. 結果

①前オドボール単体課題、②前二重課題、③後オドボール単体課題、④後二重課題における評価指標の結果を図に示す。各評価指標は、加算平均を行う前に被験者内で正規化処理を行った。

図1は主課題に対するP300の振幅値推移を示している。また、図2、図3は19ch、25chの δ -oxyHb推移を示している。いずれの図でも二重課題時に値が減少していることが分かる。つまり、二重課題時には主課題に対する注意力が減少しており、前頭連合野等の活性度が下がっていることが予想される。

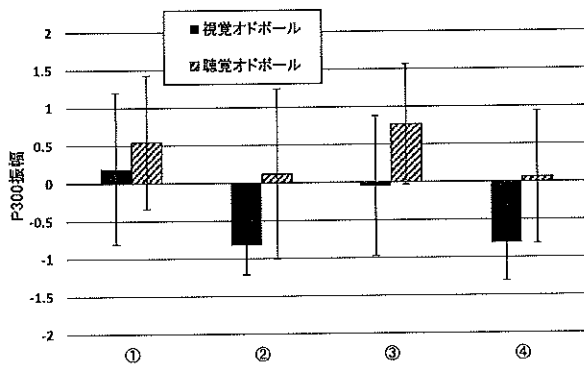


図1: P300振幅推移

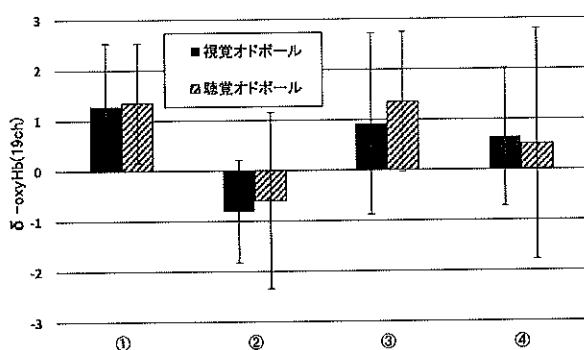


図2: 19chの δ -oxyHb推移

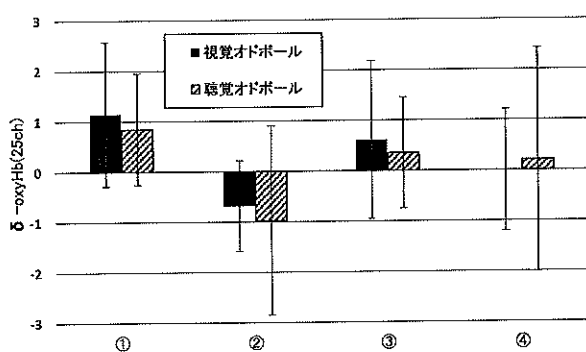


図3: 25chの δ -oxyHb推移

重心動揺実効値面積の分散値の推移を図4に示す。時間が経つにつれて分散値は増加していったが、最後の二重課題時にだけ減少傾向が見られた。また、図5にタスク中の瞬目頻度推移を示す。二重課題時に瞬目は減少したが、聴覚オドボール課題+副課題時にはその減少傾向が顕著に現れた。

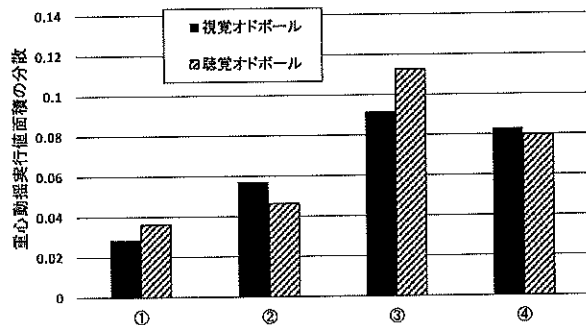


図4: 重心動揺実効値面積の分散値推移

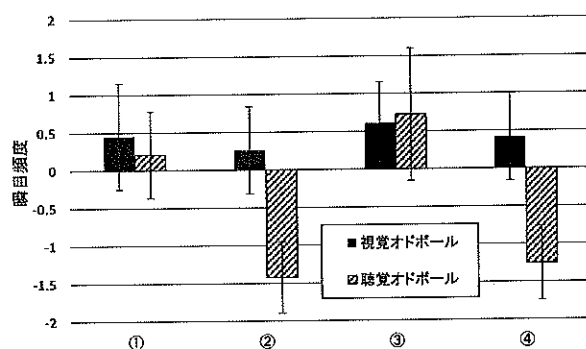


図5: 瞬目頻度推移

5. 考察

本研究から得た結果より、二重課題時には注意力が下がり、認知・判断処理ができにくい注意散漫状態に移行していると考えられる。

また、重心動揺は一般的に疲労が溜まると大きくなると言われており、図4の①～③ではその傾向が見て取れる。しかし、③～④部分では重心動揺が減少している。先行研究ではある程度の難易度の二重課題は重心動揺を抑制することが報告されており、今回の場合は立位状態の疲労によって注意資源量の総量が減り、タスクに対する難易度が上昇したからだと考えられる。一方で、瞬目頻度は二重課題時に減少傾向にあるが、聴覚オドボール課題を用いたタスクでは極端に減少している。以上のことから、重心動揺は疲労等による注意資源量の総量の減少を含めた注意力低下を検知し、瞬目頻度は視覚注意と聴覚注意を区別できる指標として使用できることが示唆された。

参考文献

- 1) 松岡孝, 萩原啓:「事象関連電位を指標とした注意力と重心動揺との関係」, ヒューマンインタフェースシンポジウム, 175-178, 2011

生体由来リズムを有する音刺激と振動刺激の複合刺激による生理的効果

○竹内宏輔(立命館大学情報理工学部)、萩原啓(立命館大学情報理工学部)

Physiological effects of sound and vibration stimulus based on heartrate rhythm

Kosuke Takeuchi(Ritsumeikan University), Hiroshi Hagiwara(Ritsumeikan University)

1. はじめに

現代は様々な要因からストレス社会と呼ばれ、ストレス解消に対しての注目が高まっている。本研究では心拍間隔に由来する一定リズムを有した音刺激と振動刺激を複合的に与え、音刺激の違いや振動刺激の有無などによるリラックス効果の違いを比較し、より休息効果の得られる方法を導き出すことを研究目的とした。

2. 方法

2. 1 実験概要

被験者は健常な大学生7名(男性5名、女性2名、年齢21～22歳)で十分なインフォームドコンセントを得た後、実験を行った。

実験の計測には多用途脳波計EEG1100(日本光電)、近赤外光イメージング装置OMM-3000(島津製作所)を用い、 α 波減衰テスト(AAT)時及びタスク時における脳波・心電図・脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化(oxyHb)について計測を行った。所要時間は、3分間のAAT(閉眼30秒開眼30秒×3回)、5分間のタスク(刺激呈示)、3分間のAATの合計11分である。実験プロトコルを図1に示す。



図1: 実験プロトコル

タスクは閉眼座位で行い、右手の人差し指を振動発生装置に置いてもらい行った。タスク中に与える音刺激には440Hzの単調な音を用い、心拍間隔を0.9倍にした間隔(活性刺激)、及び1.1倍にした間隔(休息刺激)の2通りで与えた。個人差に考慮するため、実験前に閉眼座位にて5分間の心電図を取り、後半3分間のRRIから個人の平常時心拍間隔を算出し、各刺激を作成した。各刺激について、音に同期した振動を与えたとき、非同期振動を与えたとき、音刺激のみのときの3通りの合計6種類のタスクを行った。順序効果を考慮して、タスクの順番は被験者ごとにランダムに行った。

2. 2 評価方法

国際式10-20法に基づき、被験者の頭部01、02、A1、A2により導かれる脳波を計測した。後頭部に α 波が優位に出現するため、解析には02-A1の脳波を用いた。計測した脳波に対してノイズ処理を行い、 α 波帯域のパワースペクトルを算出した。そして閉開眼ごとに平均を求め、平均パワー比を以下の式で表される覚醒度の指標値 α 波減衰係数(AAC)と定義し、タスク前後の覚醒度の評価指標として用いた。

$$\alpha \text{ 波減衰係数(AAC)} = \frac{\text{閉眼時平均パワー}}{\text{開眼時平均パワー}}$$

閉眼時の α 波出現量が多く、開眼時の α 波出現量が少なくなるとAACの値が大きくなり、覚醒度が高いと言える。

心電図の計測は3点誘導法により右鎖骨と左肋骨に電極を貼り、その電位差から検出した。心電図の解析にはHFを用いた。HFは心拍変動の周波数解析で算出される0.15～0.4Hzの周波数成分を累積したものであり、副交感神経系の活動度を表す指標である。

oxyHbの計測にはOMM-3000を使用し、国際式10-20法よりCZの位置が18ch前方の受光プローブに位置するように全頭用計測ホルダを装着した。ホルダとプローブの装着位置を図2に示す。解析には前頭連合野に当たる1、6、11chと体性感覚野に当たる14、19、24chを使用した。生波形に対して微分フィルタを適用して増減傾向を表したものを δ -oxyHbと定義し、解析に用いた。

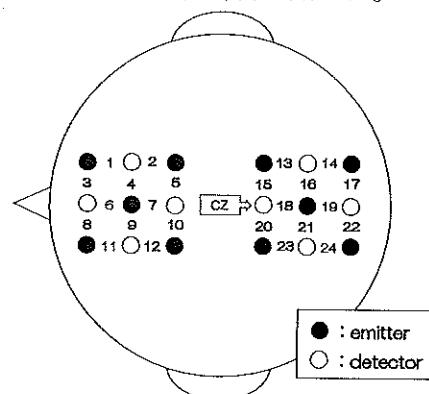


図2: プローブ装着位置

3. 結果

タスク前後でのAACの値を被験者ごとに正規化し、加算平均して比較したものを図3に示す。どの種類のタスクにおいてもタスク前からタスク後にかけてAACの値が減少していることが分かる。つまりすべてのタスクにおいて覚醒度低下の効果があったと言える。その中でも同期振動を与えたときの減少が比較的緩やかであり、音刺激のみのときの減少幅が大きくなった。

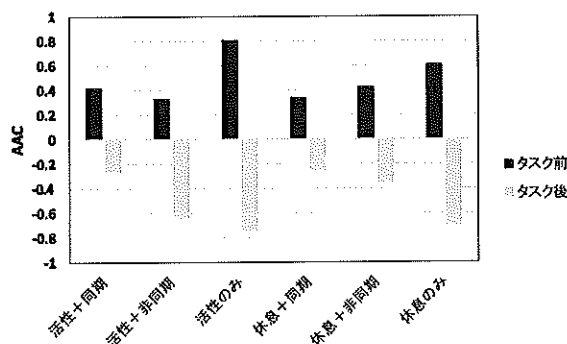


図3：タスク前後のAACの比較

タスク中のHFの値を被験者ごとに正規化し、加算平均して比較したものを図4に示す。振動刺激を与えたときにHFの値が高くなっているが、活性刺激に同期した振動刺激を与えたときのみHFの値は小さくなっている。また、音刺激のみのときはHFの値が小さくなっている。

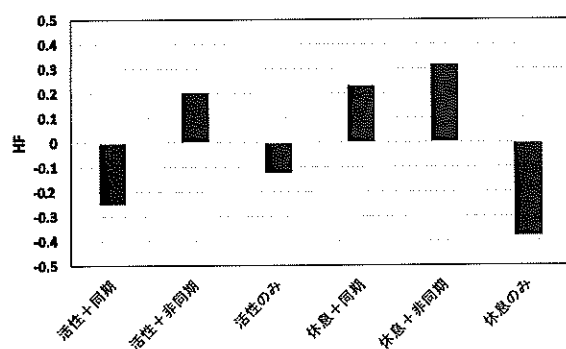


図4：タスク中のHFの比較

前頭連合野と体性感覚野をそれぞれ代表して6chと19chの δ -oxyHbの値を比較したものをそれぞれ図5、図6に示す。どちらのchも非同期振動を与えたときに値が大きくなり、活性していることがわかる。また、前頭連合野においては音刺激のみのときに値が小さく、体性感覚野においては同期振動を与えたときに値が小さくなった。

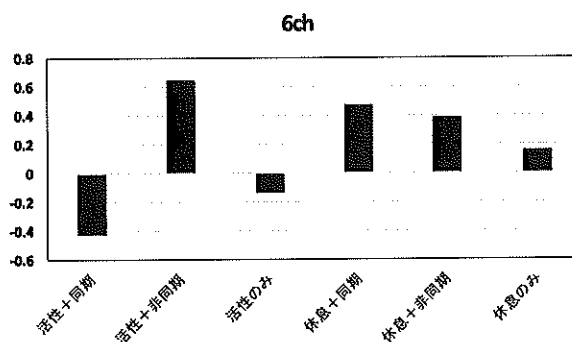


図5：6chの δ -oxyHbの比較

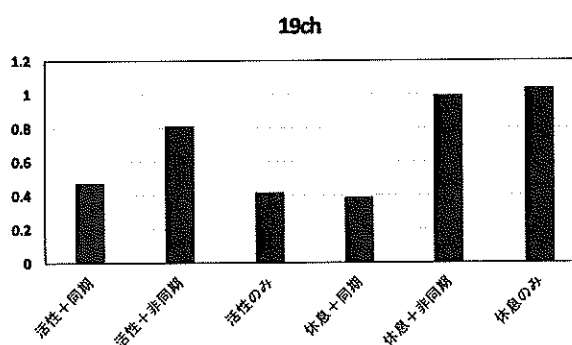


図6：19chの δ -oxyHbの比較

4. 考察

タスク中のHFの値は活性刺激に同期振動を与えたときを除く振動刺激を与えたときに高くなっているが、 δ -oxyHbの値を見ると両chとも非同期振動を与えたときに値が大きくなっている。体性感覚野において同期振動を与えたときの値が小さいことから、HFとの結果も合わせて休息刺激に同期刺激を与えた場合に最も良い休息効果を得られたと言える。AACの値については音刺激のみのときにより顕著に値が減少しているが、これは振動刺激があるときに対してより眠気が多くなったためと考えられる。

参考文献

- 1) 山田絵理香, 萩原啓:「運動および睡眠状態の心拍変動の特徴を持つ音刺激の生理的影響」, バイオフィードバック研究, Vol.38, No.1, 35-41, 2011
- 2) 宮岡徹・間野忠明:「手指および手掌における振動感覚順応」, The Japanese Journal of Psychonomic Science, Vol.5, No.2, 63-69, 1986

上腕への振動刺激による運動錯覚現象の特性

○松澤卓実（九州工業大学）、和田太（産業医科大学）、和田親宗（九州工業大学）

Characteristics of a motion illusion phenomenon by using vibratory stimulation to an upper arm

Takumi MATSUZAWA(Kyushu Institute of Technology),

Futoshi WADA(University of Occupational and Environmental Health, Japan),

Chikamune WADA(Kyushu Institute of Technology)

1. はじめに

上肢のリハビリテーション方法の一つとして、上肢訓練ロボットを使用する例がある。その訓練効果については、メタアナライシスにおいて有用性が示されている¹⁾。しかし、上肢近位部の機能はある程度改善するものの遠位部の改善は乏しく、上肢訓練ロボットの上肢全体についての効果は十分ではない²⁾。また、訓練ロボット等を用いた他動運動は能動運動に比べ、脳賦活が小さいことが確認されており、麻痺が重度な場合には、ロボットによる訓練が有効に働いていない可能性が指摘されている³⁾。

ところで、腱に 100Hz 程度の振動刺激を加えると運動している感覚（運動感覚現象）を生じ⁴⁾、この感覚が生じている方向に他動運動を行うことで、この感覚が強まるということが報告されている⁵⁾。また、腱を振動刺激し錯覚を誘発すると、運動野が活性化することが、fMRI を用いた研究で報告されている⁶⁾。

そこで、上肢訓練ロボットの他動運動に振動刺激を用いた運動錯覚現象を組み合わせることで、リハビリテーションの効果を上げられると考えた。

本報告では、上腕の腱の収縮により錯覚を生じさせるのに最適な周波数が変わる可能性があると考え、振動刺激の周波数と腕の角度の条件を変えることによる運動錯覚現象の錯覚の強さへの影響について報告する。

2. 方法

上腕二頭筋の腱へ振動刺激を印可し、それと同時に腕を伸展方向に他動的に動かし（図 1）。他動運動はステッピングモータ

（COSMOTECs, 63K-G5913）を用いて、前腕を固定した装具を、肘関節を回転中心に伸展方向に回転させた。モータは、モータドライバ（COSMOTECs, CTDR-5528P）及び National Instruments 社の LabVIEW を用いて制御した。

前腕は屈曲 90[deg]から 45[deg]まで、90[deg]から 65[deg]まで、70[deg]から 45[deg]まで、それぞれ 5[deg/s]の速さで伸展させた。これは、前腕の初期位置の変化と目標位置の変化による錯覚への影響を調べるためである。運動条件をまとめたものを表 1 に示す。それぞれの条件に対し、振動周波数を変えて実験を行った。周波数は、先行研究で最適とされた 100[Hz]を中心に 5 条件（60, 80, 100, 120, 140[Hz]）を選択した。

振動子は、人工喉頭で用いられているボイスコイルモータ（VCM）を使用した。スイッチング回路により振動子に 9.0[V]の矩形電圧を与え、その振動周波数を LabVIEW によって制御した。

被験者は健常な男性大学生 5 名（22.6 ± 1.5 歳）であり、1 条件 3 試行で計 3 条件を行った。被験者には、実験中、閉眼状態でいるように指示した。各試行後、他動運動の方向へ、より伸展している錯覚を感じたかを、錯覚を全く感じなかったときを 1、錯覚を強く感じたときを 5 とし、5 段階評価で実験中の錯覚の強さを報告させた。

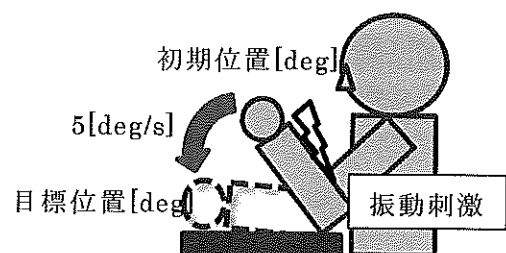


図 1 刺激部位と運動条件

表 1 運動条件

	初期位置 [degrees]	目標位置 [degrees]	試行 回数
条件 1	90	45	3
条件 2	90	65	3
条件 3	70	45	3

3. 結果と考察

それぞれの条件下での各周波数の主観評価値の平均および標準誤差を図 2 に示す。

条件 1, 3 については、ともに振動周波数が 100 [Hz] の時、錯覚の主観評価値が最大の値となっている。条件 2 では、周波数が 80 [Hz] のときに主観評価値の最大値が得られた。

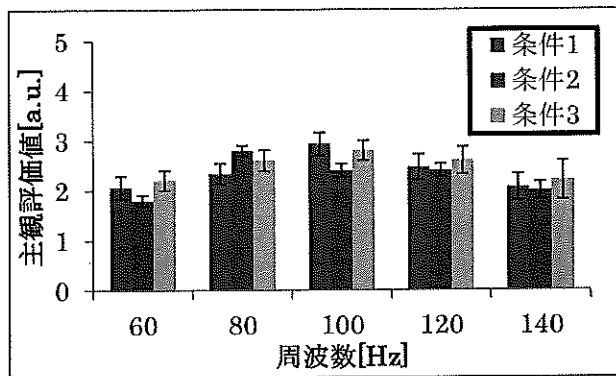


図 2：錯覚の主観評価値

本実験では、運動錯覚現象の主観評価値は、条件 1, 3 において、100 [Hz] のときに最も大きいという結果が出ており、これは腱に 100 [Hz] 程度の振動刺激を加えると錯覚を生じるというこれまでの報告と一致している。しかし、条件 2 においては、錯覚の主観評価値は 80 [Hz] で最も大きくなっている。

筋紡錘の発火頻度は、筋の伸張により増加する⁷⁾。条件 2 のように腕が屈曲している状態での発火頻度は、伸展している状態に比べ低いため、錯覚を生じさせるに最適な周波数が低くなるのではないかと考えられる。これにより、前腕の角度により錯覚を生じさせるために最適な振動周波数が変わる可能性が示唆された。

4. まとめ

運動錯覚現象を生じさせるために最適な条件を調査することを目的に、前腕の角度と振動周波数を変更して実験を行った。その結果、前腕の角度によって、錯覚を創出するのに最適な振動周波数が変わる可能性が示唆された。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究 C、課題番号 24500631、代表者：和田太、分担者：和田親宗）の支援によって行われた。記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Sirtori V et al.: "Constraint-induced movement therapy for upper extremities in stroke patients", Cochrane Database Syst Rev. 2009
- 2) Kwakkel G et al.: "Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke", Neurorehabil Neural Repair 22:111-121, 2008
- 3) 和田太, 蜂須賀研二: 「ロボット歩行訓練における歩行イメージと脳賦活—脊髄損傷者の場合」, 日脊髄障害医会誌, 24, 1, 2011
- 4) Goodwin, G.M et al.: "The contribution of muscle afferents to kinesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralyzing joint afferents", Brain, Vol.95, Issue.4, pp.705-748, 1972
- 5) Cordo, P.J. et al.: "Effect of slow, small movement on the vibration- evoked kinesthetic illusion; Experimental Brain Research, Vol.167, pp.324- 334 ,2005
- 6) Naito, E. et al.: "Human limb-specific and non-limb-specific brain representations during kinesthetic illusory movements of the upper and lower extremities", Eur J Neurosci, 25, 3476-3487, 2007
- 7) Charles T. Leonard: 「ヒトの動きの神経科学」, 市村出版, pp19-24, 2002

コンパチビリティを考慮した視線入力における最適なスクロール方法

○高岸佑典 村田厚生 森若誠

岡山大学大学院自然科学研究科

Suitable scroll method using eye-gaze input in consideration of compatibility

Yusuke Takagishi, Atsuo Murata and Makoto Moriwaka

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

1. はじめに

近年、上肢障害者や手の動きの衰えた高齢者が健常者と大差なくパソコンを利用できるようにマウスに代わる入力デバイスとして視線を用いた入力システムである視線入力インターフェースの研究が行われている[1][2]。林らによって最適な視線スクロールの方法が明らかにされているがここではスクロールのコンパチビリティがスクロールの操作性に及ぼす影響が考慮されていない。キーボードの矢印によるスクロールの際には我々が普段使用しているパソコンのスクロールに使われているS-Rコンパチビリティよりスマートフォンに使われているR-Eコンパチビリティが有効であるという結果が報告されている[3]。しかし視線入力システムにおいて、S-Rコンパチビリティ、R-Eコンパチビリティのいずれが望ましいかに関しては明らかにされていない。

そこで本研究では視線入力の最適なスクロール方法としてS-Rコンパチビリティ、R-Eコンパチビリティのいずれが望ましいか明らかにした。

2. 方法

若年男性8名（21～24歳）を被験者とし、裸眼もしくはコンタクトレンズを着用しパソコン操作に支障のない状態にした。nacイメージテクノロジー社のEMR-AT BOXERを用いて視線を検出し、入力デバイスとした。

マウスとスクロールアイコンとオートスクロールの3種類の方法に対してコンパチビリティを考慮させた計6種類のスクロール方法で比較実験を行った。実験手順はランダムで行った。

実験方法として画面内のターゲットもしくはスクロール先に隠れているターゲットをスクロールして見つけ出しクリックする。これを1試行として90試行行わせた。カーソルの移動は視線を用いてクリックのみマウスのクリックを用いた。

マウスは画面右部のスクロールバーでスクロールできるようにした。これにコンパチビリティ

を適用したマウスS-R、マウスR-Eを設定した。

スクロールアイコンは画面右部にアイコンを縦に4つ設置し、上2つは上スクロール、下2つは下スクロールとし、2段階の速度に設定した。アイコン上に視線を停留させることでスクロールする。コンパチビリティを適用したスクロールアイコンS-RとスクロールアイコンR-Eを設定した。

オートスクロールは画面上部と画面下部にスクロール領域が設けられており、そこに視線が停留することで上下にスクロールする。視線の停留位置が端に近づくほどスクロールスピードは速くなる。コンパチビリティを適用したオートスクロールS-RとオートスクロールR-Eを設定した。

評価指標として作業時間、ミス回数、主観評価を用いた。ここでのミスとは下にスクロールさせなければいけない時に誤って上にスクロールさせてしまった時、1としてカウントする。主観評価は各スクロール方法に対して操作しやすさと疲労度に関して5を良として5段階で回答させた。

3. 実験結果

スクロール方法間及びS-Rコンパチビリティ、R-Eコンパチビリティでの作業時間の比較を図1に、ミス回数の比較を図2に、操作しやすさの主観評価の比較を図3に、疲労度の主観評価の比較を図4に示す。

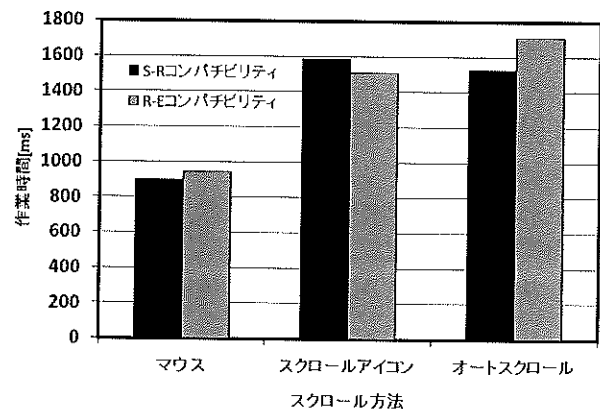


図1 スクロール方法間及びS-Rコンパチビリティ、R-Eコンパチビリティでの作業時間の比較

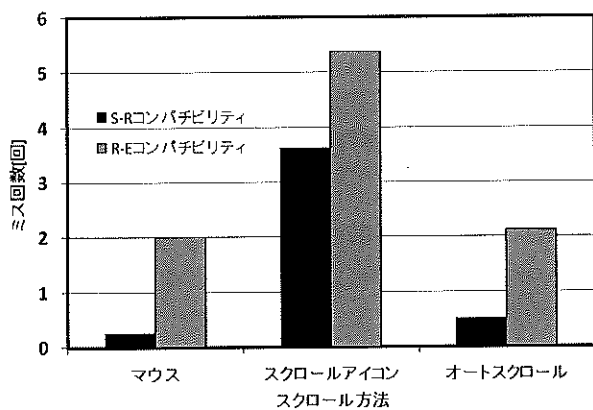


図2 スクロール方法間及びS-Rコンパチビリティ, R-Eコンパチビリティでのミス回数の比較

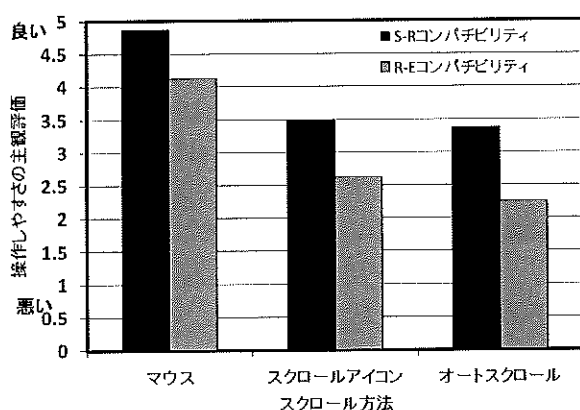


図3 スクロール方法間及びS-Rコンパチビリティ, R-Eコンパチビリティでの操作しやすさの主観評価

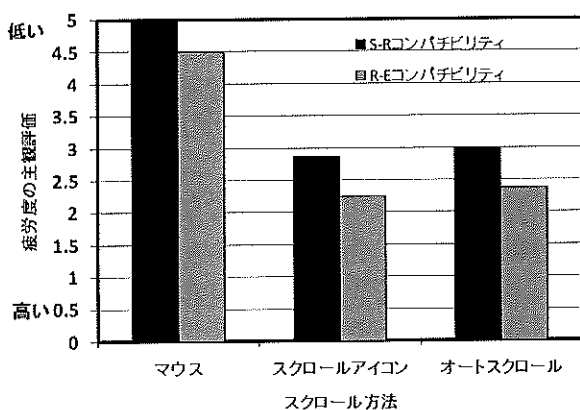


図4 スクロール方法間及びS-Rコンパチビリティ, R-Eコンパチビリティでの疲労度の主観評価

4. 考察

スクロールアイコンでミスが多数見られたのはスクロールの向きとコンパチビリティが一致しなかったのが原因だと思われる。逆にオートスクロールでは視線停留位置が上下であるために

スクロールの向きとコンパチビリティを一致させやすくミスが少なくなったものと考えられる。結果的にミスにおいてコンパチビリティに関係なくオートスクロールがスクロールアイコンより有意にミスが少なかった。

作業時間においてマウスによるスクロールが視線によるスクロールより有意に短いという結果が出たが被験者が若年者であるために当然の結果だといえる。スクロールアイコンとオートスクロールでは有効なコンパチビリティが反転したのはスクロール方法によって有効なコンパチビリティが違うことを指していると推測できる。

有意差は検出されなかったがオートスクロールS-Rが視線入力の中では作業時間が短く、スクロールミスも少ないという結果が得られた。これはオートスクロールS-Rのスクロール方向とターゲットのある場所の方向が一致するために被験者は単純に視線を動かすだけでスクロールさせることができたことが理由だと考えられる。主観評価においてもオートスクロールS-Rは他の視線入力よりも操作しやすい、疲労度が少ないという結果が得られたため、他の視線入力のスクロール方法よりも有効であると考えられる。

5. まとめ

オートスクロールS-Rが作業時間の点において他の視線入力のスクロール方法よりも速く、スクロールミスの点では他視線入力のスクロール方法より有意に優れているという結果からコンパチビリティを考慮した視線入力におけるスクロール方法ではオートスクロールS-Rが最適である。今後は視線入力の学習効果に着目した分析が必要不可欠である。

参考文献

- [1]林 和也：視線入力ブラウザ開発のための基礎研究－ウェブページの閲覧を想定した最適なスクロール方法－, 岡山大学工学部システム工学科卒業論文, 2010
- [2]大和正武：視線によるテキストウィンドウの自動スクロール, 情報処理学会論文誌 Vol. 40 No. 2, pp. 613-622, 1999
- [3]Jing Chen and Robert W. Proctor: Response - Effect Compatibility Defines the Natural Scrolling Direction, HUMAN FACTORS, Vol. 55 No. 6, 2013, pp. 1112-1129

聴覚障害者のための報知・警告システムの開発

○沖俊典（岡山県立大学大学院）、穂苅真樹（岡山県立大学）

Warning System for the Deaf and Hard of Hear

Toshinori Oki (Graduate School of Okayama Prefectural University),

Masaki Hokari (Okayama Prefectural University)

1. はじめに

聴覚障害者は音の識別が困難である。そのため、手話や視覚による代行、点字による皮膚触覚による代行が行われており [1]、日常生活を支援するシステムの開発が行われている。本論では、警告音が鳴らされたときにだけ、聴覚障害者へ警告情報を伝達するために新たな信号処理法を組み込んだ警告システムを提案し、その有用性について検討する。

2. 報知・警告システムとセンサ

2.1 報知・警告システム

図1に提案する聴覚障害者用警告システムを示す。本論では警告音を笛の音とした。使用した笛はドルフィンプロ（モルテン社）である。まず、エレクトレットコンデンサマイクロフォン（ECM）およびスピーカ回路において検出された音信号を電気信号に変換する。この電気信号から警告信号音の周波数成分のみを検出するためにバイカッドフィルタ回路 [2] を作成した。この回路は、これまでの単一オペアンプ型フィルタと異なり、素子変動の影響の少ない高安定型フィルタ回路のため、高いQ値の高次伝達関数の実現が可能となる。次に、バイカッドフィルタ回路からの信号（電圧）の大きさに比例して出力信号の周波数を変化させるV-F変換回路、およびV-F変換回路からのパルス信号の数に比例した直流電圧に変化させるF-V変換回路によって、聴覚障害者へ報知するための振動モータを駆動させる出力信号を検出する。

2.2 センサ

音の検出用センサとしてECM（WM-61A（株）パナソニック）、またマイクロホンとしての可逆性に着目した研究も報告されている [3] ことからスピーカ（P-06275 東京コーン紙製作所）の2種類を使用した。2種類のセンサは感度が異なるた

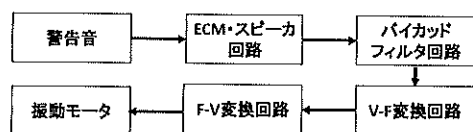


図1: 報知・警告システム

め、回路に可変抵抗を導入し増幅率を調整可能とした。警告音が鳴らされたことを報知するセンサとして振動モータ（FM23A TPC社）を使用した。大きさ $\phi 18 \times 3$ mm、使用電圧範囲は0.8~1.6 Vである。

3. 実験方法

静寂な室内で約1 sの間笛を吹き、笛を吹いた位置から3 m、もしくは10 m離れた場所にECMまたはスピーカを設置し、それぞれの距離で音を計測した。サンプリング周波数は10 kHz、データ点数を10万点として、10秒間計測した。なお、笛を吹く位置から各センサまでの距離によってECMおよびスピーカ回路の増幅率を変化させた。バイカッドフィルタ回路による周波数帯域は3448 Hz、Q値は14とした。

4. システムの検証

図2~図5にECMを使用して3 mの距離で実験したときのECM回路からの出力信号とその周波数解析結果、バイカッドフィルタ回路からの出力信号とその周波数解析結果、V-F変換回路の出力信号、F-V変換回路の出力信号を示す。

4.1 ECM・スピーカ回路の計測結果

図2(a)より笛が吹かれたとき、-10~+10 Vの範囲で電圧が変化した。図2(b)では3614 Hzと3930~4020 Hz付近で特に大きなパワースペクトルが見られた。これは使用した笛の上下にキャビティからの吹き出し口が二つあり、それらから異なる周波数の音を発生させる構造となっているためである。10 mの距離の場合でも、同じような傾向が見られた。また、スピーカを使用した場合、ECMの計測結果と比較すると、計測信号に直流成分が含まれていることが確認できた。

4.2 バイカッドフィルタ回路の計測結果

図3(a)より笛が吹かれたとき、-5~+5 Vの範囲で電圧が変化した。また、図3(b)で3614 Hz付近で特に大きなパワースペクトルが見られた。バイカッドフィルタの共振周波数は3448 Hzに設定しているため、図2(b)と比較すると3800~3900 Hz

前後以外の周波数帯域をもつ信号が低減されたためである。スピーカの場合、発生した直流成分がバイカッドフィルタで低減された。

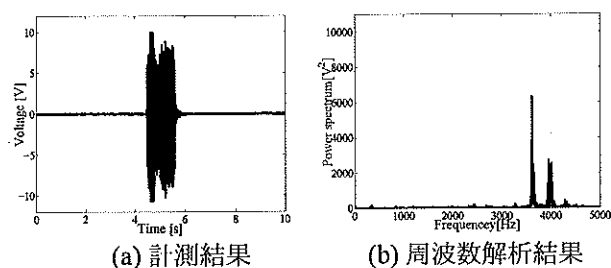


図 2: ECM による音の計測結果とその周波数解析結果

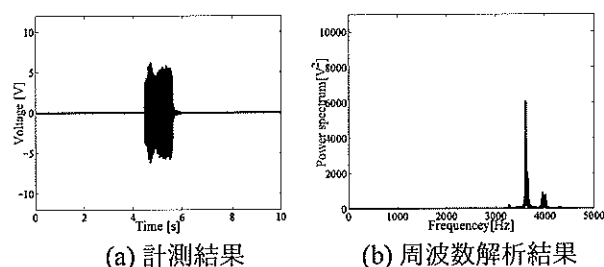


図 3: バイカッドフィルタで処理した信号とその周波数解析

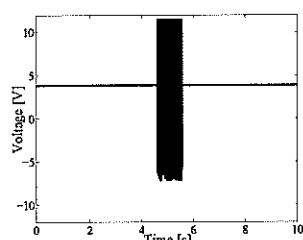


図 4: V-F 変換の結果

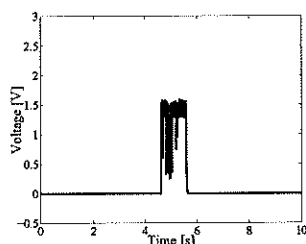


図 5: F-V 変換の結果

4.3 V-F 変換回路の計測結果

基準電圧は 3.9 V で、0.0001~0.0002 s の幅のパルス波が負方向に出力された。また、パルス波の振幅幅は 13~18 V であった。次に、バイカッドフィルタ回路からの出力信号の振幅幅が比較的小さかった時間（4.8~5.0 s 付近）ではパルス波の出力が少なくなっていることを確認した。以上より、バイカッドフィルタ回路からの出力電圧が

周波数へ変換されていることを確認した。

4.4 F-V 変換回路の計測結果

基準電圧は 0 V で、4.6~5.6 s 付近で 1.3~1.5 V 程度の電圧を出力した。これは、パルス波の数に応じて、出力信号の電圧値が変化したためである。また、笛で音が鳴らされたことを伝達する振動センサは、1.3~1.5 V の範囲で動作することを目視と振動音で確認した。10 m の距離で実験した場合、スピーカを使用した場合の実験でも振動センサを駆動するための電圧が出力された。以上より、入力されたパルス波の数によって、電圧値が大きくなり、周波数から電圧値へ変換されることを確認した。さらに、変換された電圧で振動センサ駆動することを確認した。

5. おわりに

音による警告情報を聴覚障害者へ伝達するためのシステムを提案し、次の結果を得た。

- (1) 笛で発せられた音をコンデンサマイクロホン、またはスピーカで計測した。計測信号から笛の信号成分のみを抽出するために、バイカッドフィルタ回路を用い、その有用性を示した。
- (2) (1) で抽出された信号を V-F 変換、F-V 変換することによってモータが駆動するための出力信号（電圧）が検出された。

警告音は施設に設置されたスピーカ、拡声器や人から発せられることも想定される。さらには、施設の広さも様々である。そのため、バイカッドフィルタ回路や信号の増幅率（感度）の調整を行い、システムの妥当性を検討する。

参考文献

- 1) 安藤洋子他: 手首につけた振動モータによる情報伝達法, 電子情報通信学会技術研究報告.HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, 98 (284), pp45-52, 1998.
- 2) Thomas L.C., The Biquad: Part II-a multipurpose active filtering system, IEEE Transactions on Circuit Theory, Vol.CT-18, No.3, pp358-361, 1971.
- 3) 穂苅真樹: 音響スピーカによる空間内の音源位置推定に関する基礎研究, 日本設備管理学会誌, Vol.24, No.4, pp239-246, 2013.

物体の表面特性の違いによる指先接触面の変化に関する考察

○荒川剛 (広島大学)

中原昭, 鎌水清隆, 高橋雅人 (DIC 株式会社)

辻敏夫, 栗田雄一 (広島大学)

Effect of surface characteristics of an object on the deformation of a fingertip

Tsuyoshi Arakawa (Hiroshima University)

Akira Nakahara, Kiyotaka Yarimizu, Masato Takahashi (DIC CO., LTD)

Toshio Tsuji, Yuichi Kurita (Hiroshima University)

1. はじめに

ペットボトルや缶ジュースなどの製品において、その商品の持ちやすさは商品の付加価値を決める重要な要素の一つである。製品評価に関して、遠藤らは仮想空間上で人間の手と製品のモデルを作成し、評価を行なっている [1]。製品の持ちやすさ評価には物体と手の接触状態のモデル化が不可欠であるが、多くの研究で剛体同士の接触から算出された摩擦係数を滑りやすさを代表する値として用いている。しかし人の指は、骨、皮下組織、皮膚などから構成される複雑な弾性体であることから、剛体接触から測定した摩擦係数で滑りやすさを表現することは難しい。ここで多田らは、物体の表面特性によって変化する指先の滑り度合いを知覚して、人は物体把持を実現していることを示唆している [2]。このことから、指と剛体の接触状態変化の計測をベースとした指標により、人の感じる持ちやすさにより直結した素材特性の評価につなげられる可能性がある。そこで本稿では、さまざまな素材特性を持つ平板に対して指を押し当て、強制変位を加えた時に発生する接触面の変化をカメラで撮影し、素材特性が指先変形に与える影響について考察した。

2. 指先接触面変化指標

指先の接触面変化を表す指標として、Kurita らが提案した偏心率を用いる [3]。偏心率とは、指先の滑り始めから完全に滑り始めるまでの接触面の移り具合を示す指標である。例えば、接触面が図 1 の (a) から (b) の状態へと変化したとき、 x 方向における偏心率 e_x は図 1 に示される面積 S を用いて次式で定義される。

$$e_x = \left(\frac{S_{t1} + S_{t4}}{S_t} - \frac{S_{t2} + S_{t3}}{S_t} \right) - \left(\frac{S_{s1} + S_{s4}}{S_s} - \frac{S_{s2} + S_{s3}}{S_s} \right) \quad (1)$$

偏心率は指先変形に伴う接触面の重心の微小変位と比例関係にあることが分かっており [3]、偏心率により指先接触面変化の度合いを評価することができる。

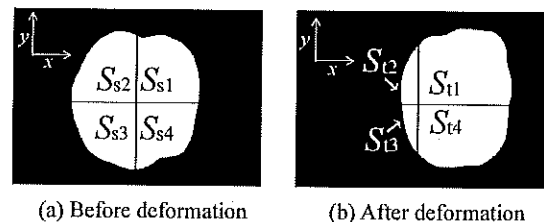


図 1: 接触面変化の一例

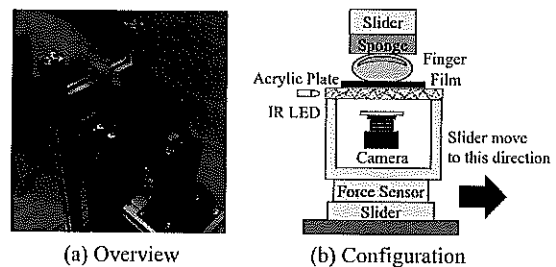


図 2: 実験装置図

3. 接触表面の違いによる偏心率検証実験

指先に一定の外力を印加した時に起こる指先接触面の変化を測定するため、図 2 に示す装置を作成した。測定装置は、透明アクリルプレート、力センサ (Leptirino, CFS080CA501U)、接触面計測用カメラ (ViewPlus, Firefly MV)、アクリル板に加える指先の力を一定に調節するための手動ステージ (MiSUMi, ZEFS60) ならびにアクリルプレートを動かすための電動ステージ (シグマ光機製, SGAM26-150) から構成される。

被験者には図 2(b) のようにアクリルプレートの上に示指の指腹部を押し当てるよう指示し、手動ステージにより押し当て力が 5[N] になるように調節した。この状態においてアクリル板を電動ステージにより 2.5[mm/sec] の速さで横方向に 5[mm] 移動させ、指先に接線方向の外力を印加した。また、その時の接触面の変化を内側に設置したカメラにより撮影した。指先接触面のみを撮影するために、アクリル板に赤外線光を入射し、赤外線透過フィルタを取り付けたカメラで撮影する FTIR 方式を用いた。さらに、撮影した画像に画像処理を施すことにより偏心率を算出した。カメ

ラは 30[fps] で撮影を行ない、力センサのサンプリング周波数は 1200[Hz] である。ここでアクリル板の表面には微小なビーズを処方したニス塗布したフィルムを張り付けており、塗布するニス中のビーズの大きさを変更することにより異なる素材特性を創出した。実験は健常男性 1 名 (21 歳) に対し各フィルムごとに 3 回ずつ行なった。フィルムはビーズ径の異なる 3 種類のフィルム「FP-1(ビーズ径:10[μm])」、「FP-2(ビーズ径:15[μm])」、「FP-3(ビーズ径:93[μm])」に加えビーズを含まないニスを塗布したフィルム「STD」を使用した。別途測定した各フィルムの静摩擦係数を表 1 に示す。

4. 実験結果及び考察

実験結果の一例として、フィルム「FP-1」を張り付けた際の計測結果を図 3 と図 4 に示す。図 3 は、実験を行なった際に計測装置により撮影された接触面画像の変化の様子であり、スライダ移動前の接触面の重心により画像を 4 分割し、現在の重心を点で描画している。図 4 にスライダ移動に伴う偏心率と力の測定結果を示す。(a) よりアクリル板移動にほぼ比例し偏心率が増加していることが確認できる。また (b) より、垂直方向の力が減少していき、逆に接線方向の力が増加していることが確認できる。

摩擦係数と偏心率の関係について確認するため、図 5 にそれぞれのフィルムのビーズ径、摩擦係数に対するアクリル板移動距離 4[mm] 時点の偏心率の関係を表したグラフを示す。このグラフからフィルムに加工されたビーズ径が大きくなるに応じて偏心率が大きくなっていることが確認できる。しかし、偏心率と摩擦係数における関係性に明確な相関は確認できない。このことは従来法で測定した摩擦係数が指先変形の度合いを評価することに適していない可能性を示唆する。しかし本稿では被験者数は 1 名のみであるため、詳細な考察を行なうために今後被験者数を増やしていく必要がある。

表 1: フィルム静摩擦係数

	Static friction coefficient
STD	0.194
FP-1	0.535
FP-2	0.648
FP-3	0.568

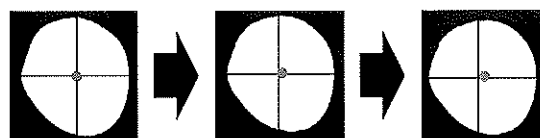


図 3: FP-1 貼付時の指先接触面変化の一例

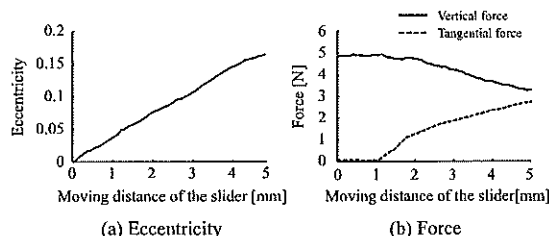


図 4: FP-1 実験結果

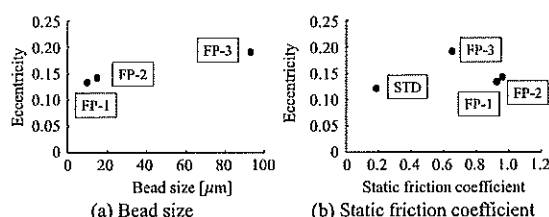


図 5: 素材特性と偏心率の関係

5. まとめ

本稿では、物体の素材特性を変化させた条件において、指先に外力を印加した際の指先接触面の変化に対して偏心率を計測し、ビーズ径ならびに摩擦係数との関係について考察を行なった。今後は被験者やフィルムの種類を増やし、様々な接触状態に対する実験を行なっていく。

参考文献

- 1) 遠藤 維, 金井 理, 岸浪 建史, 宮田 なつき, 河内 まき子: デジタルハンドとプロダクトモデルとの統合によるエルゴノミック評価システムの開発, 精密工学会誌, Vol.74, No.2, 182-187, 2008.
- 2) M. Tada, T.Kanade: An imaging system of incipient slip for modeling how human perceives slip of a fingertip, the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Vol.1, 2045-2048, 2004.
- 3) Yuichi Kurita, Atsutoshi Ikeda, Jun Ueda, Tsukasa Ogasawara: A fingerprint pointing device utilizing the deformation of the fingertip during the incipient slip, IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, Vol.21, No.5 801-811, 2005.

ヴィジランス課題における会話の影響：認知的負荷に着目して

○山田健太、臼井伸之介（大阪大学大学院）

The Effect of Conversation on Vigilance Task Performance: focusing on Cognitive Demand
Kenta Yamada, Shinnosuke Usui (Osaka University)

1. はじめに

先行研究によって、単調な作業環境における二重課題としての会話が、覚醒水準の維持と作業パフォーマンスの向上に有用である可能性が示されている。山田・臼井 (2013, 2014) では、短縮ヴィジランス課題を用いた実験によって、上記の影響は単に発声をするだけではみられず、思考を伴う発声（会話）を行うことが重要であると示唆している。しかし、会話が影響を及ぼすメカニズムについては未だ検討されていない。そこで、本研究では会話の認知的負荷を操作し、覚醒水準とパフォーマンスにどのように影響するのかを実験的に検討する。

2. 方法

2.1. 実験参加者

実験には事前に同意を得た 20 名（男性 9 名、女性 11 名：平均 21.79 歳、 $SD=1.61$ ）が参加した。なお、実験前日は 7 時間以上の睡眠をとり、当日はアルコールやカフェインを摂取しないように指示された。

2.2. 実験概要

実験は副次課題の種類（4 水準：副次課題なし、低負荷暗算課題、中負荷暗算課題、高負荷暗算課題）の実験参加者内 1 要因計画であった。1 つの条件につき 20 分間が割り当てられ、条件の順序はランダム化された。また、試行の前後には質問紙の解答時間とは別に、5 分間の休憩時間が設けられた。

2.3. 課題

主課題として、Temple et al. (2000) の短縮ヴィジランス課題を用いた（山田・臼井, 2013 を参照）。これは、視覚的マスクの上に毎分 57.5 回の割合で 40ms 間呈示されるアルファベットが 0 であった場合のみボタン押しによって反応する 20 分間の課題である。分析の際に、2 分間×10 ブロックに分割した。

副次課題として、暗算課題を用いた。これは、音声で読み上げられる計算課題に対して口頭で

解答する課題であった。この課題は、日常で行われる会話の双方向性と、聴取・思考・発声という要素を備え、かつ認知的負荷を量的に操作するために用いられた。低負荷では 1 桁同士、中負荷では 2 桁同士、高負荷では 3 桁同士の繰り上がりのない足し算が出題された。各問題の間隔は、問題を読み上げる時間を含んで 8 秒間であった。すべての音声は事前に録音された合成音声であり、副次課題は主課題開始後 12 分から 14 分（ブロック 7）において二重課題として行われた。

なお、比較のために主課題のみを行い、二重課題を行わない副次課題なし条件も設定された。

2.4. 指標

行動指標として、信号検出率と反応時間を用いた。生理指標として、覚醒水準について検討するために心電図、眼電図、皮膚電位を測定した。本稿では、眼電図から算出した閉眼時間について報告する。また、主観指標として KSS、POMS、NASA-TLX を用いた。

3. 結果

3.1. 行動指標

副次課題の種類×ブロックの反復測定 の 2 要因分散分析の結果、ブロック 7 において高負荷暗算課題があると、低負荷暗算課題条件や中負荷暗算課題条件、副次課題なし条件よりも有意に信号検出率が低く（それぞれ $p<.001$, $p<.05$, $p<.05$ ）、低負荷暗算課題があると、副次課題なし条件、中負荷暗算課題条件よりも信号検出率が高い傾向がみられた（ $ps<.10$ ）。また、ブロック 8 において中負荷暗算課題があると、副次課題なし条件、低負荷暗算課題条件と比較して信号検出率が高くなった（ $ps<.05$ ）。さらに、ブロック 9 において中負荷暗算課題があると、低負荷暗算課題条件よりも信号検出率が高かった（ $p<.05$; 図 1）。

反応時間に関して同様に分析した結果、有意な差は見られなかった（図 2）。

3.2. 生理指標

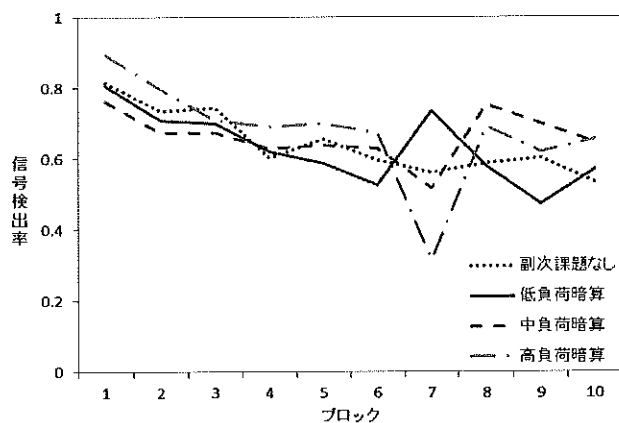


図 1. 副次課題の種類毎の信号検出率

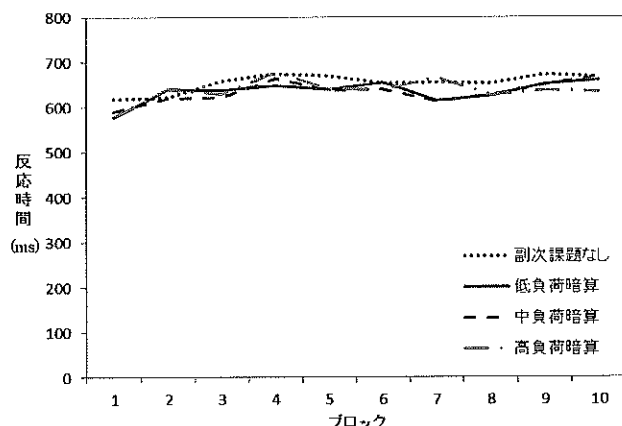


図 2. 副次課題の種類毎の反応時間

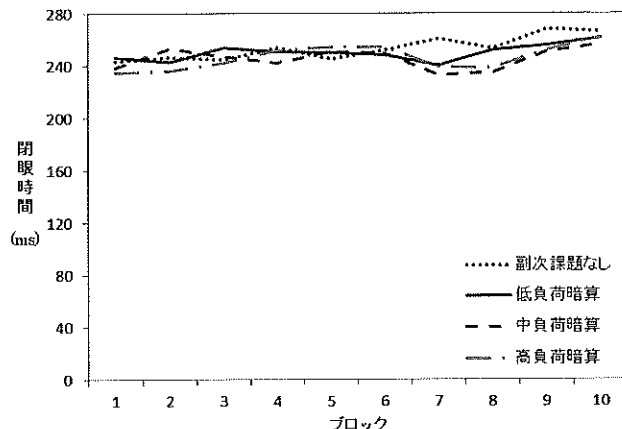


図 3. 副次課題の種類毎の閉眼時間

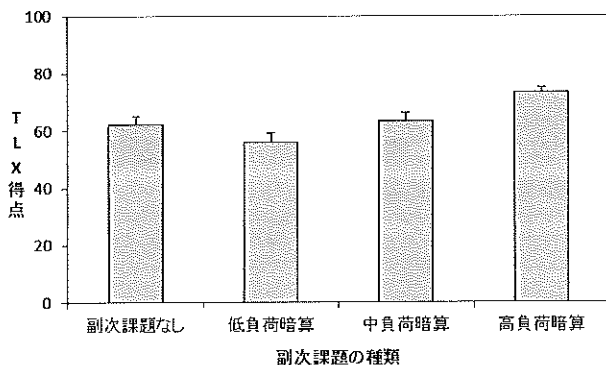


図 4. 副次課題の種類毎のNASA-TLX 得点

閉眼時間について分散分析を行った結果、ブロック 7 において暗算課題があると、副次課題なし条件よりも有意に閉眼時間が短くなった ($p < .05$)。また、ブロック 8 において中負荷暗算課題があると、副次課題なし条件よりも閉眼時間が短い傾向がみられた ($p < .10$; 図 3)。

3.3. 主観指標

副次課題の種類別の 1 要因分散分析の結果、高負荷暗算課題条件は、他の条件と比較して NASA-TLX 得点が高く、認知的負荷が高いことがわかった (順に $p < .01$, $p < .01$, $p < .05$; 図 4)。

4. 考察

信号検出率の結果より、ヴィジランス課題中に暗算課題を行うと、その認知的負荷の程度によって異なる影響がみられた。高負荷では二重課題の悪影響がみられた。低負荷ではむしろ成績が向上したものの、その効果は一時的であった。中負荷では、二重課題による顕著な成績の低下はみられず、暗算課題を行った後の成績が向上していた。これは、単純な発声課題による生理的な覚醒は一時的に過ぎないとする先行研究とも合致する。

同様の傾向が閉眼時間の結果からも見て取れた。認知的負荷に関わらず、暗算課題中には閉眼時間が短くなり、覚醒水準が上昇したが、その効果が持続するのは中負荷だけであった。

NASA-TLX の結果については、高負荷では他の条件よりも認知的負荷が高く評価されたものの、副次課題なしと低負荷・中負荷の暗算課題との間に差は見られなかった。

以上より、単調な作業環境において、中負荷暗算課題のような適切な負荷の会話課題を行うことは、主課題に悪影響を与えず、その後のパフォーマンスの向上と覚醒水準の維持に有用であることが示された。

参考文献

- 1) 山田健太・臼井伸之介: ヴィジランス課題における口頭課題の影響, 人間工学, 49 (6), 289-296, 2013.
- 2) 山田健太・臼井伸之介: ヴィジランス課題における会話の影響: 聴取・思考・発声に着目して, 人間工学会第 55 回大会講演集, 308-309, 2014.

直感的インタフェースデザインの設計論の研究

○井上勝雄（広島国際大学）、広川美津雄（東海大学） 岩城達也（広島国際大学）、
加島智子（近畿大学）

Consideration on Intuitive Interface Design Theory

Katsuo Inoue(Hiroshima International University), Mitsuo Hirokawa (Tokai University)
Tatsuya Iwaki(Hiroshima International University), Tomoko Kashima (Kinki University)

1. 研究の背景と目的

最近の多機能情報端末は、ディスプレイ画面の中がインタフェース (IF) やコンテンツなどで構成され複雑になってきている。ユーザーに、IF をなるべく意識させず、操作対象に集中できるようにするIFの「透明性」を確保できない問題がある。筆者らは心理学の「体制化」「親近性」を分析概念として、行為の流れを分析し、使いやすいIFや直感的インタフェースの特性や要件について考察してきた。本報告ではこれらを基に、直感的IFデザイン設計論の基本的枠組みを考察する。

2. 行為遂行の流れにおける3つの体制化

D.A.ノーマンが提唱する「行為の7段階理論」を基に、行為の流れから各体制化を説明する。多くの関連する要素をまとめるはたらきである「体制化」を行為の流れに沿って3つに分けた。

(1)形態の体制化:形態の体制化は、行為遂行の流れにおける、感覚・知覚段階の体制化である。ユーザーは形、色、位置、動きなどを単純で明快な方向へと知覚しようとする。

(2)意味の体制化:意味の体制化は、知覚が成立した後、表示部のアイコンや用語の意味、機能、操作などについて解釈したり操作結果を評価したりする段階の体制化である。

(3)操作の体制化:操作の体制化は、行為遂行の流れにおける操作意図の形成や操作感覚の形成の段階で、目標に従って操作をまとめるはたらきである。

3. 分析結果

ユーザー体験の記憶と現行の行為とが類似していると記憶の活性化につながり、体制化を促す。記憶と現行の行為が類似していればしているほど解釈や操作がしやすくなることを本研究では心理学の概念「親近性 (familiarity)」を拡張して用いることにする。

3.1. 形態の親近性

形態の親近性とは、形態の体制化において、形態的要素や感覚的要素が記憶と現行の行為との間で類似していることを指す。形態的メタファは、形態の親近性によって、直感的認知を実現する。

3.2. 意味の親近性

意味の親近性とは、意味の体制化において、操作用語、部位名称などの意味的要素が、記憶と現行の行為とで類似していることを指す。意味の解釈に認知的負荷や時間がかかるが、意味を正確に理解できる。

3.3. 操作の親近性

操作の親近性とは、操作の体制化において、指・手・腕・足・体やその動きなど操作を構成する要素が、記憶と現行の操作とで類似していることを指す。操作の親近性を手がかりにして、記憶を活性化し、現行の操作の体制化を促す。日常の操作の多くは身体記憶化され、意識せずに繰り返して行われている。これを機器の操作に採用したのがNUI (Natural User Interface) である。ユーザーは、操作過程において身体的負荷を最小限にしようとするため、操作意図の形成や操作感覚の形成が瞬時に行われ、操作を自動化すると考えられる。これを「直感的操作」と呼ぶことにする。

4. 認知と操作の結合パターン及びIFの型

図1に示すように、認知と操作の結合には4種類のパターンがある。ユーザーは、自身の持つインタフェース資源を最大限に活用し、認知的・身体的負荷を最小限にしようとする。そのため、新たに記憶したり、操作を組み立てたりする必要がないように、親近性が高い直感的認知と直感的操作を優先的に結合しようとする。

したがって、認知と操作の結合パターンは、ユーザーの機器に対する習熟にともなって認知的・身体的負荷が少ない結合パターンに遷移する。

5. 直感的IFの方法論的枠組み

5.1 直感的インタフェースの特性

- ① 直感的IFは、ユーザーに直感的認知および直感的操作を形成する。
- ② 直感的認知は意味解釈を意識しないで、感覚レベルの形態の体制化によって瞬時に完了する。
- ③ 直感的IFの表示部や操作部は、瞬時に形態の体制化が完了するようにするためシンプルである（ヒックの法則）。
- ④ 直感的操作は、操作意図の形成を意識しないで、身体記憶による操作を実行する。
- ⑤ 直感的IFのフィードバックは、次の直感的認知を形成する。その結果、迅速に行為が連鎖する。
- ⑥ 直感的IFは、IFを意識せずに対象を直接操作でき、透明性が高い。
- ⑦ 直感的IFは、初心者には操作に戸惑うが、少ない経験で次から意識しなくても操作できるようになる。

5.2 直感的インタフェースデザインの指針

(1) 形態の体制化を支援するデザインによる直感的認知:

直感的認知が成立するためには、アイコニックメモリの情報保持時間内に対象の知覚が終了するように、ユーザーの形態の体制化を支援する表示部・操作部のデザインが重要である。

(2) 認知と操作の結合精度を高めるインタフェースの一貫性:

IFの一貫性は、記憶と現行の操作の親近性を高くする。OS内のアプリ間やバージョンの間でUI要素が一貫性を保つことによって認知と操作の結合精度があがる。形態(感覚記憶)や操作(身体記憶)の一貫性は、直感的IF資源を継承する。

(3) NUIデザインによる直感的操作:

直感的操作が成立するためには、操作過程の自動化が必要である。日常生活の行為をリアルに再現する「操作のメタファ」を利用したNUIは、記憶と現行の操作の親近性が高く、一度操作すれば認知と操作が結合し、直感的操作を有効である。

(4) 素早い連続操作を可能にするリアルで逐次的なフィードバック:

ユーザーは先行する行為のフィードバックを認知することによって、後続の認知や操作を誘導する。直感的IFでは、NUEにもとづく直感的操作とリアルで逐次的なフィードバックによって、後続の直感的認知が成立するようにデザインすることが望まれる。

(5) 直接操作によるインタフェースの透明化:

ユーザーにIFをなるべく意識させず、操作対象に集中できるようにするためには、直接操作によってIFの「透明性」を実現する必要がある。NUIによる直接操作は、現実世界かつ仮想世界ともにIFを介さず操作できるので、入力装置による直接操作と比較して、より透明性が高い。

6. まとめ

直感的IFについて、行為遂行の流れに沿って、体制化や親近性の観点から再検討し、認知と操作の結合パターンやIFの型を提示した。その結果、デザインの方法論的枠組みとして、直感的IFの特性およびデザイン指針などが得られた。

この結果をもとに、現場で活用できる直感的IFデザインの原則を策定する計画である。

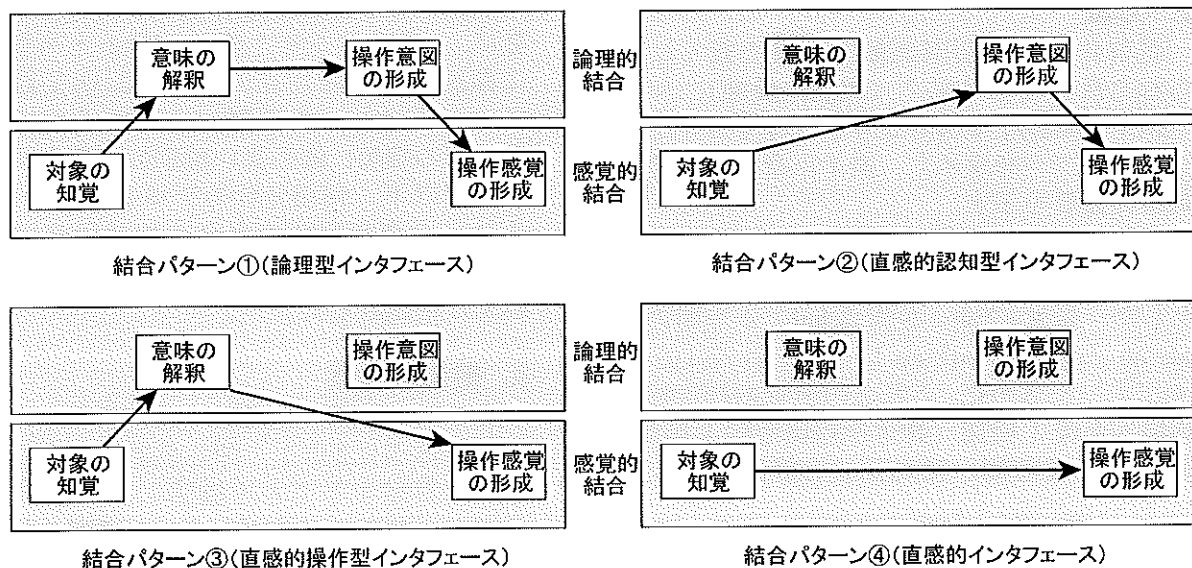


図1 認知と操作の結合パターンおよびインタフェースの型

色彩によるフグ肉の鑑別モデル

○鴻上健一郎（水産大学校）、中村 誠（水産大学校）

太田 博光（水産大学校）、徳永憲洋（水産大学校）

Visual Verification Models of Dressed Puffer (*Migaki*) Based on the Body Surface Color

Kenichiro Kogami (National Fisheries University), Makoto Nakamura (National Fisheries University),
Hiromitsu Ohta (National Fisheries University), Kazuhiro Tokunaga (National Fisheries University)

1. 緒言

フグ類の多くは内臓や皮膚、筋肉等にテトロドトキシン (TTX) を有しており、種によって毒化する部分も異なることから、食に供するためにはふぐ処理師による身欠き処理が課せられる。身欠き処理後のフグ肉は所謂「フグは身欠くと分からない」状態となる。よって、一般の者では外観から種の鑑別や天然、養殖の判別が困難となることから、流通において食材偽装が発生する可能性も高まる。一方、老舗ふぐ仲卸の習熟したふぐ処理師は身欠き処理後のフグ肉の外観から精度良く種の鑑別と天然、養殖の判別を行っており¹⁾、フグ肉の流通における安全性の確保と健全性の維持に貢献している。しかし、長引く市況の低迷や国民の魚食離れによりフグ料理の需要も伸びず、ふぐ処理師の数は減少し、後継の育成も十分ではない。

そこで本研究では、先ず最も需要の高いトラフグとマフグの身欠きを対象に定めて、ふぐ処理師による肉眼鑑別の可否を明らかにすると共に、モデルの基本的な構成を検討した²⁾。本稿では、流通量の多い他のフグ類を対象を広げてふぐ処理師の肉眼鑑別を解析すると共に、鑑別モデルの強化を試みたので、それらの結果について報告する。

2. 方法

試料魚には下関市南風泊市場で競りにかけられた活きたトラフグ（天然、養殖）、マフグ（以下、天然）、ヒガンフグ、ショウサイフグ、シロサバフグを定めた。表1に身欠き処理後の試料の概要を示す。

魚体体表の色彩はCIE1976L*a*b*表色系に規定される明度L*、色度a*、b*を測定するものとした。彩度C*ab、色相角hab、2点間の色差ΔE*abと色相差ΔH*abはそれぞれ式(1)から式(4)によって求めた。これらの色彩の測定時間は試料入手後1時間（身欠き処理後約8時間）、24時間、48時間、72時間の各経過時とした。

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad [-] \quad (1)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad [^\circ] \quad (2)$$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad [-] \quad (3)$$

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2} \quad [-] \quad (4)$$

Tab. 1 Specimens.

Species	[Means ± SD]		
	Length (mm)	Weight (g)	n
Tiger puffer (natural, TN)	249.9±16.0	206.9±34.1	50
Tiger puffer (cultivated, TC)	253.4±11.2	238.7±14.2	50
Purple puffer (PP)	255.1±19.9	221.7±47.3	85
Panther puffer (TP)	208.8±24.8	145.0±46.9	50
Vermiculated puffer (VP)	186.5±31.3	114.7±60.2	50
White chestnut (WP)	247.0±16.8	228.8±55.7	50

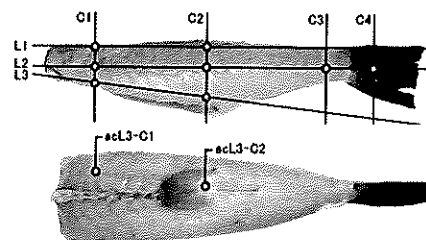


Fig. 1 Measuring points of color of the fish body surface.

解析では、先ず各測定時間における魚種毎の基本統計量を算出し、種と測定時間を水準とする二元配置の分散分析と多重比較検定を行った。その後、各2種間の測定点毎の色差ΔE*abを算出し、色差ΔE*abが1.2以上(2級実用色差a)あり、かつ72時間経過時迄継続して色彩の有意差(P<0.05)が確認される測定点を求めた。

次に、各2種間と全6種において種を目的変数に、また先に求めた色差ΔE*abと有意差が共に確認された測定点の色彩を説明変数に定めてマハラノビスの距離による判別分析を行った。その結果、最も高い判別率を得た判別関数（以下、判別分析モデルと称す）を求め、それらの説明変数の組合せを前件部変数に定めたファジィ推論モデル（以下、鑑別モデルと称す）を設計した。

3. 結果と考察

表2に2種間の全経過時間の組み合わせで色差ΔE*abが1.2以上、即ち色彩による種の肉眼鑑別に貢献することを確認した測定点の一覧を示す。表2に示すとおり、2種間の判別で有用となる測定点は計3点から12点となった。このうち、尾鰭(L2-C4)が全ての比較で表れたが、

Tab. 2 Measuring points which contribute to the verification of puffer meats with eye.

Comparison	TN vs. TC	TN vs. PP	TN vs. TP	TN vs. VP	TN vs. WP
Dorsal region	-	L1-C1	-	L1-C1	L1-C1
	-	-	-	L1-C2	L1-C2
Trunk part	L2-C1	L2-C1	-	L2-C1	L2-C1
	-	-	-	L2-C2	L2-C2
	-	L2-C3	-	L2-C3	L2-C3
Caudal fin	L2-C4	L2-C4	L2-C4	L2-C4	L2-C4
Abdominal region	-	L3-C1	L3-C1	L3-C1	L3-C1
	-	L3-C2	-	-	-
Abdominal cavity	-	-	acL3-C1	acL3-C1	-
	acL3-C2	-	acL3-C2	acL3-C2	acL3-C2
Comparison	TC vs. PP	TC vs. TP	TC vs. VP	TC vs. WP	PP vs. TP
Dorsal region	L1-C1	-	-	L1-C1	-
	-	-	-	L1-C2	-
Trunk part	-	L2-C1	L2-C1	L2-C1	L2-C1
	-	L2-C2	L2-C2	L2-C2	-
	L2-C3	L2-C3	L2-C3	L2-C3	L2-C3
Caudal fin	L2-C4	L2-C4	L2-C4	L2-C4	L2-C4
Abdominal region	-	L3-C1	L3-C1	L3-C1	L3-C1
	L3-C2	-	-	-	L3-C2
Abdominal cavity	-	-	acL3-C1	-	acL3-C1
	acL3-C2	acL3-C2	acL3-C2	acL3-C2	acL3-C2
Comparison	PP vs. VP	PP vs. WP	TP vs. VP	TP vs. WP	VP vs. WP
Dorsal region	L1-C1	L1-C1	L1-C1	L1-C1	L1-C1
	L1-C2	L1-C2	L1-C2	L1-C2	L1-C2
Trunk part	L2-C1	L2-C1	-	L2-C1	L2-C1
	L2-C2	L2-C2	L2-C2	L2-C2	L2-C2
	L2-C3	-	-	L2-C3	L2-C3
Caudal fin	L2-C4	L2-C4	L2-C4	L2-C4	L2-C4
Abdominal region	L3-C1	L3-C1	-	L3-C1	L3-C1
	L3-C2	L3-C2	-	L3-C2	L3-C2
Abdominal cavity	acL3-C1	-	-	acL3-C1	acL3-C1
	acL3-C2	acL3-C2	acL3-C2	acL3-C2	acL3-C2

マフグとヒガンフグでは尾鰭は有毒部位となり流通の段階で切除されるので変数に用いることができない。しかし、総べての組み合わせで3点以上の色彩の差異が確認できること、またそれらが事前にふぐ処理師が教示した測定点とほぼ一致することから、ふぐ処理師による肉眼鑑別の確度は高いものと考え、これらの測定点の色彩を説明変量とする2種間の判別分析モデルでは、最も判別率が高いものは天然トラフグとショウサイフグ、養殖トラフグとショウサイフグの間で100%、最も低い天然トラフグとマフグとの間でも90.9%となり、良好な精度が得られた。

表3に全6種についての判別分析モデルの構成を、また表4にモデルによる判別結果を示す。モデルは計16個の変数から構成されており、相関比が0.990、判別率全体で90.2%と比較的高い値を得た。しかしながら、天然トラフグの鑑別では判別率83.5%と低い。これは漁獲された天然トラフグには種苗放流や交雑したものが混じる可能性が高いこと等²⁾に起因するものと推察する。これらの変数で構成し

Tab.3 Construction of the discriminant analysis model.

Explanatory variables		Standardized discriminant coefficients				
Measuring Points	Indices	1st vector	2nd vector	3rd vector	4th vector	5th vector
L1-C1	L*	-0.013	0.541	0.230	-0.279	0.130
	a*	0.093	0.574	0.097	0.329	0.353
L1-C2	L*	0.284	-0.172	-0.838	-0.148	-0.450
	a*	-0.237	0.323	-0.528	0.253	0.025
L2-C1	b*	0.417	0.025	0.316	-0.176	0.249
	L*	-0.907	-0.224	0.414	0.323	0.073
L2-C2	a*	-0.360	0.158	-0.158	0.001	0.017
	L*	0.031	0.483	0.160	-0.736	-0.013
L2-C3	a*	0.235	-0.107	0.040	-0.484	-0.066
	L*	0.506	-0.150	-0.068	0.720	0.092
L3-C1	a*	0.307	0.066	0.621	0.085	0.022
	acL3-C1	a*	0.353	0.200	-0.223	0.297
acL3-C2	L*	0.512	-0.048	-0.189	0.159	-0.108
	b*	-0.144	-0.112	0.373	0.354	-0.152
(L2-C1)-(L2-C3)	ΔC*ab	-0.167	0.482	0.193	-0.390	0.082
(acL3-C1)-(acL3-C2)	ΔH*ab	0.200	0.377	-0.034	0.024	-0.787

c. r. =0.990, F=126.0, df=16, P<0.01

Tab. 4 Verification result using the discriminant analysis model.

Observed value	Species	Predicted value						Hitting rate [%]
		TN	TC	PP	TP	VP	WP	
	TN	167	18	9	0	0	6	83.5
	TC	9	178	7	6	0	0	89.0
	PP	17	10	297	13	0	3	87.4
	TP	3	5	1	187	1	3	93.5
	VP	1	0	0	6	191	2	95.5
	WP	4	0	0	7	0	189	94.5

た全6種に対する鑑別モデルの種の推定結果は総てが市場での流通実態と一致して100%となった。これは主としてファジィ推論が体表の色彩の非線形性に良好に対応したことに起因するものと考え。

4. 結言

本報告では流通量の多いフグ類の身欠きに対するふぐ処理師の肉眼鑑別とそのモデル化について検討した。その結果、ふぐ処理師は魚体の色彩で種を良く鑑別していること、またそれに模したモデルではふぐ処理師と同等の精度の鑑別を可能にすることがわかった。よって、鑑別モデルはふぐ処理師の技の継承に貢献できるものと考え。

また、本研究では「身欠いた後のフグ肉」でも種の鑑別と天然、養殖の判別が可能であることを明らかにした。よって、今後は鑑別モデルをより強化してフグ肉の流通における検査システム等に活かしていきたい。

参考文献

- 1) 中村誠 他4名:「色彩によるフグ肉の鑑定について」, 人間工学, Vol. 50, Supplement, 418-419, 2014
- 2) 中村誠 他4名:「色彩によるフグ肉の肉眼鑑別に関する基礎的検討」, 人間工学, Vol. 50, No. 5, 176-181, 2014

ダイナミックタッチによる棒の長さ知覚 — 棒の静止保持中の振動と触覚の影響の調査 — ○北川敬三, 小谷賢太郎, 鈴木哲, 朝尾隆文 (関西大学)

The length of the rod perception by dynamic touch
- Investigation of vibration and tactile influence of rod in a static hold -
Keizo Kitagawa, Kentaro Kotani, Satoshi Suzuki, Takahumi Asao (Kansai University)

1. 序論

ヒトは視覚情報なしでも物体を把持し、振ることによって、その物体の長さを知覚することが出来る。このようなヒトの知覚のサブシステムをダイナミックタッチと呼ぶ¹⁾。

ダイナミックタッチに関する生体学的アプローチの研究では、ヒトはどのような不変項を知覚することで棒の長さを感じているのかを解明することを主眼としてきた。従来、振りの実験では、ヒトは棒の慣性モーメントを手掛かりとして長さを知覚していると言われている²⁾。

ダイナミックタッチに関する課題の一つに静止保持による長さ知覚がある。被験者に棒を静止保持させた状態で、長さを推定する実験では、一次モーメントと知覚長さの相関が強くなるという研究結果が得られている³⁾。

しかし、この静止保持における長さ知覚は、さまざまな研究がなされているにも関わらず一定の結論が得られていない。静止保持といっても完全に静止できるわけではなく、物体の微小な揺れを前提としたモデルがある。中西ら (2011) は三次元位置検出装置システムを用いて静止保持実験中の振れの計測を行い、揺れの大きさと各知覚モデルとの相関を確認した結果、長さ知覚は材料の静止状態の影響を受けることを確認した³⁾。

また、手掌面には機械受容器が存在し、時間的に変化する刺激に強く応答する速順応性と、刺激の間、応答が持続する遅順応性のものがある⁴⁾。このことから、我々は手掌に伝わる振動の大小で長さ知覚に影響があるのではと考えた。

そこで、今回静止保持中の加速度を計測し、揺れの大きさと不変項の関係を明らかにすることと触覚部分を変えることで知覚長さに影響があるかどうかを調査することで、ヒトが物体の長さを知覚する要因を知ることを目的とする。

2. 実験装置と方法

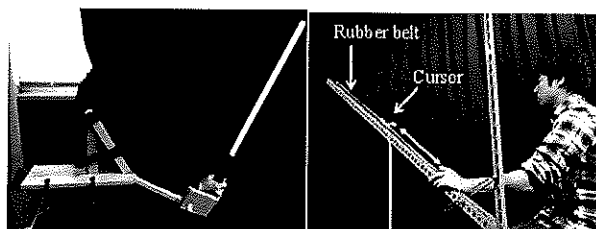
被験者は健康な大学生8名で、利き手の影響を無視できるように全て右利きの被験者で行った。

実験に用いた棒はラミン材 (密度 0.66 g/cm^3)、ポリアセタール (1.4 g/cm^3)、アルミニウム (2.7 g/cm^3) である。長さは300, 400, 500, 600, 700 [mm] を使用。ただしアルミは500 [mm] までとした。

触覚情報を変化させるため、スポンジグリップ (外径27 mm, 質量23 g) と、健康サンダルのソール部分をその上から巻き付け、上端と下端を輪ゴムで固定し凹凸グリップとした。加速度計測器は、3軸の加速度センサ (ADXL-330, AnalogDevice社) を棒の先端に装着した。

3. 実験手順

被験者に図1(a)に示すアームレストに右腕を固定し、右腕を被験者から見えないように、暗幕をかける。棒を渡し、離すと同時に加速度を計測する。図1(b)に知覚した棒の長さを報告する装置を示す。被験者は左手で矢印の付いたゴムベルトを引くことにより、知覚した棒の先端位置を矢印位置で報告した。棒の知覚長さは、右手で把持する棒の下端と対称な位置から矢印位置までの長さとして測定された。



(a) アームレスト (b) 先端報告装置

図1: 実験装置

4. 結果・考察

計測した加速度の一例を図2に示す。

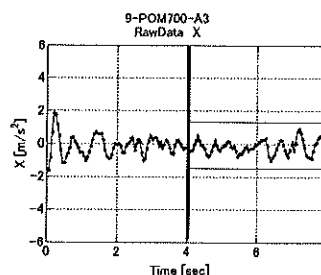


図2 計測した加速度の一例

棒を被験者に渡し実験者が支持をやめて数秒間揺れる。安定するまでの揺れを初期振動、安定してからの揺れを定常振動とする。初期振動はピーク値、定常振動は標準偏差をとる。全被験者のピーク値と標準偏差をヒストグラムにて並べ、上位10[%]と下位10[%]をピーク値大、ピーク値小とする。ピーク値に大と小に含まれる試行の知覚量を棒ごとに平均したものと不変量との関係を表1に示す。

表1 加速度ごとの知覚量と不変項との関係

単回帰分析結果 各不変量との寄与率 [%]		
	Log static moment mglg	Log moment of I
ピーク値大	78.3	91.0
ピーク値小	72.3	78.8

表1よりピーク値小よりピーク値大の慣性モーメントの寄与率が上がったことより、初期振動が大きくなると、慣性モーメントの寄与が高くなり中西ら³⁾と同じ結果が得られた。しかし、予想ではピーク値が小さい、すなわち、揺れが小さい時は、1次モーメントの寄与が高くなると考えたが、表1から分かるように、予想と逆の結果が得られた。

次に、グリップでの知覚長さに対する影響を調べる。被験者ごとに、知覚長さを従属変数、グリップ材質を独立変数とした1元配置分散分析の結果、被験者8名中3名がグリップでの主効果が有意であった。グリップでの主効果が見られた被験者と加速度の関係を表2に示す。

表2 被験者ごとの加速度とグリップの有意差

被験者	SD [m/s ²]	Peak [m/s ²]	グリップでの有意差
A1	0.158	0.615	0.565
A2	0.152	0.704	0.337
A3	0.153	0.674	0.209
A5	0.160	0.820	0.032
B1	0.181	0.883	0.000
B2	0.177	1.113	0.555
B3	0.160	0.561	0.873
B4	0.190	0.737	0.000
被験者平均	0.170	0.720	-

表2より、被験者B2を除いて、加速度のピーク値が平均よりも大きい被験者が、グリップでの有意差が出る傾向が見られた。被験者8名は以前に同じ条件で振りの実験も行った。その時のグリップの主効果を示したものを表3に示す。

表3 各実験のグリップでの主効果

被験者ID	有意水準 p<0.05以下なら赤で表示	
	静止保持	ダイナミックタッチ
A1	0.565	0.000
A2	0.337	0.000
A3	0.209	0.868
A5	0.032	0.113
B1	0.000	0.028
B2	0.555	0.022
B3	0.873	0.137
B4	0.000	0.000

表3より静止保持実験より振り実験の方がグ

リップの主効果が有意な被験者が増えた。このことより加速度が大きくなればグリップによって知覚長さに影響がある可能性が見られた。

5. まとめ

今回、静止保持実験中の棒の加速度を計測し、加速度のピーク値の大きい時の知覚長さが、慣性モーメントの寄与が高くなることがわかった。このことから静止保持において、実験者に渡した時の最初の揺れが大きいほど慣性モーメントの寄与が高くなることを示している。

次にグリップによる影響だが、静止保持においては加速度の平均よりも大きい被験者がグリップの主効果が有意になる傾向が見られた。振りの実験とも比較すると振ることによってグリップで有意差がある被験者が増えた。このことから加速度大きいと手掌部分に伝わる刺激が変わり知覚する長さに影響がある可能性が考えられる。しかし、どちらの実験でもグリップの差が出なかった被験者も見られた。その理由として考えられるのは、被験者の手掌の硬さ、握力の影響があるのではと考えた。今後は、被験者の手掌の硬さを計り、グリップとの関係を検証する必要がある。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会の科研費(24370103, 24657182)および関西大学先進生体センシング研究グループの助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Turvey, M.T., 「Dynamic Touch」, American Psychologist, Vol.51, No. 11(1996), pp. 1134-1152.
- 2) Carello 他 「Effortful touch with minimal movement」 *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 18, No. 1 (1992), pp. 290-302.
- 3) 入江隆他 「静止保持における微小な揺れが物体の長さ知覚に与える影響」, 日本機械学会論文集(C編), 77巻, 775号
- 4) Johansson 他: 「Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand」 *TINS-J*, 6 (1983), 27-32.

状態遷移四期仮説に基づく心身状態推定法に関する研究

○今井宏輔, 立和名慎一, 鈴木桂輔 (香川大学)

Research of the psychosomatic state estimation based on the changing state hypothesis

Kousuke Imai, Shin-ichi Tachiwana, Keisuke Suzuki (Kagawa University)

1. はじめに

従来研究では、脳波や心電、脈波などの生体指標から、多種多様な方法を用いて、睡眠状態や眠気、疲労、精神負荷の推定を行っている^[1]。生体指標を用いた応用例として、香り・音による、運転支援システムの開発や・効果分析などが行われている^[2]。より効果的に支援を行うためには、時々刻々と変化する人間の心身状態に対応して作動するシステムが必要であると考え、従って、本研究では、心身状態の遷移を捉えることが可能な方法論の提案を目的とした。提案した方法は4つに分類した心身状態を推定でき、著者らは、状態遷移四期仮説と名付けた。本稿では、単純精神負荷実験を行い、4つの心身状態を分類するための閾値の推定結果について報告する。

2. 状態遷移四期仮説の提案

図1に状態遷移四期仮説を示す。提案する状態遷移四期仮説は心身状態を4つに分類でき、遷移から心身状態を推定できる。X軸に人の内部状態を一定に保つために働く恒常性の活動レベル、Y軸に緊張やリラックスにより働く自律神経の活動レベルを指標とする直交座標系になっている。図中の第I象限は、疲労が大きく交感神経が優位で、眠気やマイクロ睡眠が発生しやすい状態を示す。第II象限は、疲労が少なく交感神経が優位で、集中力している状態を示す。第III象限は、疲労が小さく副交感神経が優位で、リラックス状態を示す。第IV象限は、疲労が大きく副交感神経が優位で、漫然状態を示す。

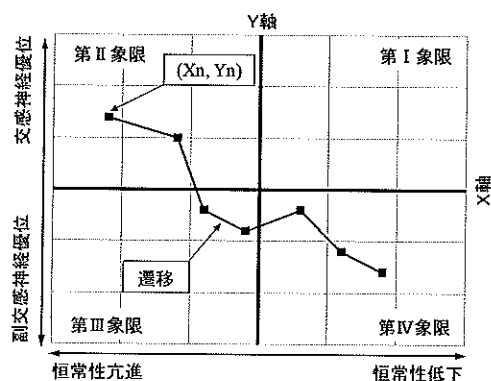


図1 状態遷移四期仮説平面

3. 生体指標

自律神経の指標として、心電位から LF/HF を解析区間 30[sec] で 1[sec] 毎に算出した。LF/HF が上昇すると交感神経が優位な状態を示し、LF/HF が減少すると副交感神経が優位な状態を示す。次に、恒常性の指標として、藤田らの算出方法^[1]を参考に、解析区間 180[sec] で 18[sec] 毎に脈波振幅値の傾き (以下 Power 傾きと呼ぶ) を算出した。Power 傾きが大きい時、脈波振幅の変動が大きく恒常性が低下している状態を示し、値が小さい時、脈波振幅の変動が小さく恒常性が亢進している状態を示す。

4. 状態遷移四期仮説平面へのプロット方法

まず、式(1)を用いて各々の生体指標の z 得点を算出する。その後、式(2) (X_n, Y_n は図1参照)を用いて、180[sec] の平均値を 90[sec] 毎に算出し、平面上へプロットする。なお、式(1)に用いた平均値と標準偏差は、測定データ全てに対するものであり、式(2)に用いた α は、各指標の分解能による z 得点の個数によって定まる。また、Power 傾きは、振幅値を算出するために、絶対値変換を行っている。

式(1) $\cdots z \text{得点} = (\text{素得点} - \text{平均値}) / \text{標準偏差}$

$$\text{式(2)} \cdots X_n = \frac{1}{\alpha} \left(\sum_{i=90(n-1)}^{90(n+1)} |Z_i| \right) \quad Y_n = \frac{1}{\alpha} \left(\sum_{i=90(n-1)}^{90(n+1)} Z_i \right)$$

5. 実験方法

図2に実験条件を示す。第IV象限から第II象限に遷移する条件を設定し、生体指標から閾値の推定を行うことを目的とした。実験は防音室内[30dB カット]で行い、心電位と指尖容積脈波を計測した。安静タスクは着座で閉眼、負荷タスクは着座での内田クレペリン作業とした。内田クレペリン作業とは、一桁の数字を足し、一桁目を回答する精神負荷課題である。参加者は、インフォームドコンセントを得た、男子大学生3名であり、1名につき3回の実験を実施した。

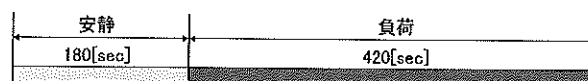


図2 実験条件

6. 実験結果および考察

6.1 遷移傾向

図3は被験者Aにおける、状態遷移四期仮説平面上の推移結果である。安静状態から負荷状態になると、自律神経活動は副交感神経が優位な状態から交感神経が優位な状態になり、恒常性は低下状態から亢進状態になっている。これより、漫然状態から集中状態に遷移したと考えられる。また、同様の遷移傾向は全てのデータから確認できた。

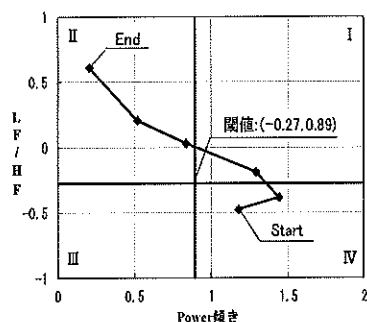


図3 状態遷移四期仮説平面_被験者A

6.2 有意差検定

図4は平均値の差の検定(t検定)結果である。検定対象は、安静0-180[sec]と負荷180-600[sec]のデータとした。F検定結果より、Power傾き、LF/HFの両方で $p < 0.05$ であったので、非等分散の2標本を対象とするt検定を行った。t検定結果より、LF/HF、Power傾きの両方で $p < 0.01$ となり、有意な差が確認できた。従って、LF/HFでの交感神経が優位な状態になる変化、Power傾きでの恒常性が亢進する変化は有意なものであると考えられる。

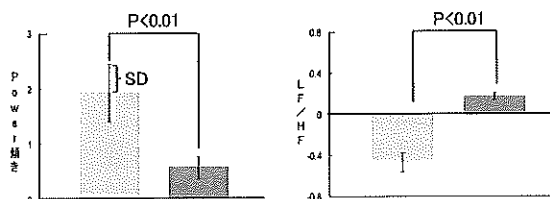


図4 t検定結果_図中の左:安静 右:負荷

6.3 閾値推定

図5は、各被験者の安静0-180[sec]の平均値から算出した、正規確率プロットである。LF/HF、Power傾きの両方で正規性があると考えられる。従って、安静0-180[sec]の平均値と標準偏差から、信頼水準95%にて、4つの象限を分類するための閾値を推定した。Power傾きでは、 $\text{平均値} - 2 \times \text{標準偏差} \approx 0.89$, LF/HFでは、 $\text{平均値} + 2 \times \text{標準偏差} \approx -0.27$ となった。閾値を状態四期仮説平面に適応した結果、全被験で第IV象限から第II象限に遷移

していた。従って、状態遷移四期仮説に推定した閾値を適応することで、心身状態を4つに分類できると考えられる。

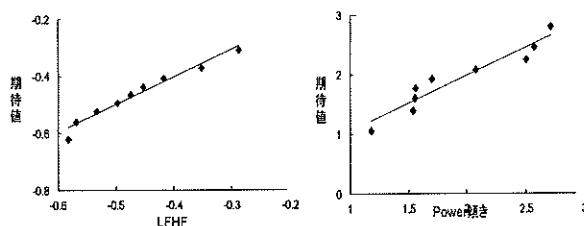


図5 正規確率プロット

7. 総括

- 1) 著者らは、心身状態の遷移を捉える方法論として状態遷移四期仮説を提案した。これは、X軸に恒常性 (Power傾き)、Y軸に自律神経 (LF/HF) を指標に設定した、4象限を有する平面を用いて表現できる。
- 2) 標準化した生体指標から、180[sec]の平均値を90[sec]毎に算出し、状態遷移四期仮説平面上にプロットする方法を提案した。
- 3) 単純精神負荷の実験結果からは、安静状態から負荷状態になると、全被験者のデータが第IV象限から第II象限へ遷移する傾向にあり、その遷移は有意($p < 0.01$)であると判明した。
- 4) 正規確率プロットから、安静0-180[sec]における正規性を確認し、信頼水準95%にて、平均値と標準偏差から閾値[0.89, -0.27]を推定した。
- 5) 推定した閾値を状態四期仮説平面に適応した結果、全被験で第IV象限から第II象限に遷移しており、閾値は心身状態を4つに分類できると示唆された。

8. 今後の課題

本報告では、第II象限と第IV象限を、推定した閾値により分類できた。今後は、眠気や覚醒、睡眠を誘発させる実験を実施し、推定した閾値から、第I象限および第III象限の検出の可否を調査する予定である。

参考文献

- 1) 藤田悦則他:「指尖容積脈波情報を用いた長時間着座疲労の簡易評価法の開発」, 人間工学, Vol.40, No.5, 254-263, 2004
- 2) 鈴木桂輔他:「運転行動を改善する低嗅覚刺激の香り供給パターンの最適化」, ヒューマンマシンインタフェース学会論文誌, Vol.12, No.3, 2010

ひずみゲージによる心拍計測の試み

○荒木大翔（大阪府立大学）、有馬正和（大阪府立大学）

Measurements of Heartbeat by using Strain Gauge

Hiroto Araki (Osaka Prefecture University), Masakazu Arima (Osaka Prefecture University)

1. はじめに

近年、安全・安心な社会を実現するためのさまざまな取り組みが進められ、公共交通機関におけるヒューマンエラーの防止や高齢者介護施設／医療機関での予期せぬ事故を未然に防ぐためのヒューマン・モニタリング技術が注目を集めている。四方を海に囲まれた我が国では、海洋開発からマリレジャーに至るまでダイビングが広く普及しているが、作業中の潜水士やレジャーダイバーの事故が多発しており¹⁾、健康管理を含めた安全の確保が重要な課題となっている。運動強度やストレスの指標として心拍変動性指標が用いられることが多いが²⁾、海水中では電極を用いた心電図計測は容易ではない。

そこで本研究では、呼吸や心臓の鼓動に伴う胸部の動きに着目し、ひずみゲージを用いて心拍および呼吸の計測を試みた。

2. ひずみゲージによる心拍の計測

ひずみゲージは、薄い絶縁体上に金属の抵抗体を取り付け、変形による電気抵抗の変化を測定することにより物体のひずみを測定する力学的センサである。本研究では、リング状にしたスチールの両端にゴムを取り付け、そのゴムにひずみゲージを貼り付けることで、胸部のわずかな動きをも増幅させることができるようにした。ひずみの計測は、ひずみゲージ（共和電業社製 KFG-5-120-C1-11L3M2R）の信号をブリッジボックス（同社製 DB-120A）と動ひずみ測定器

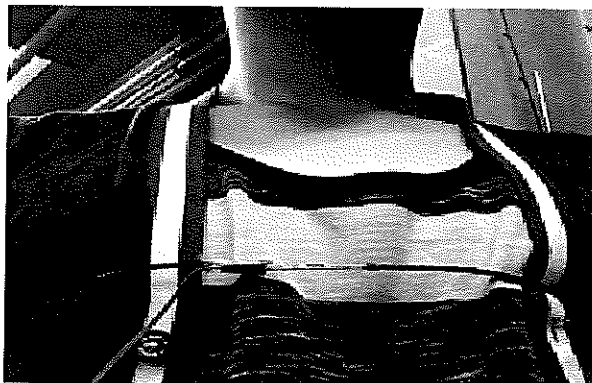


図1: ひずみゲージの装着

（同社製 DPM-6K）を介して、データロガー（MEASUREMENT COMPUTING社製 USB-1208FS-PLUS）から直接パーソナルコンピュータに取り込んでいる。また、心電図は、生体電気用アンプ（日本光電社製 AB-621G）の信号を上記データロガーに接続して同時に計測を行った。実験器具の装着時の様子を図1に示す。

3. ひずみの解析と考察

胸部の動きから呼吸と心拍を抽出するために、それぞれローパスフィルタとバンドパスフィルタを適用した。フィルタには、2次のベッセル型を採用し、ローパスフィルタの遮断周波数を0.4Hz、バンドパスフィルタの通過帯域周波数を1Hz～3Hzと設定した。心電図とひずみの時間変化を図2に、呼吸の時間変化を図3に示す。

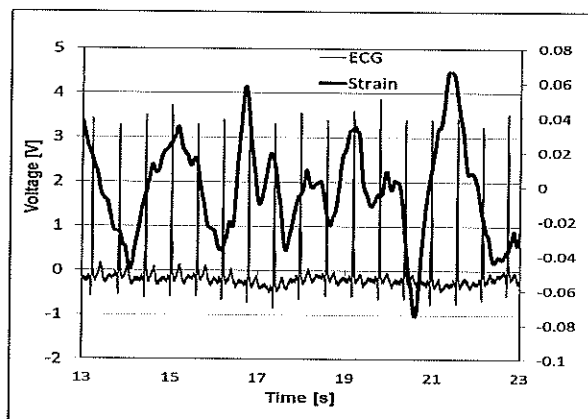


図2: 心電図とひずみの時間変化

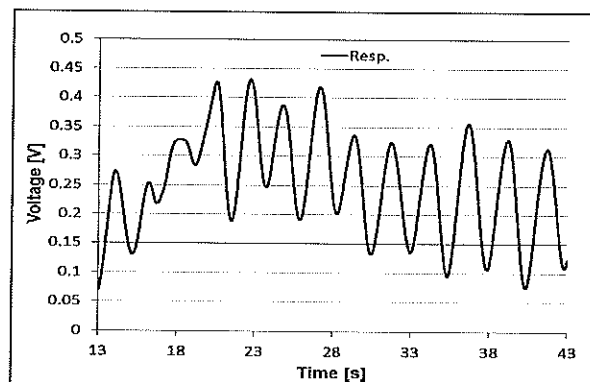


図3: 呼吸の時間変化

図2より、胸部周長が短くなるひずみの極小値が心電図のT波のピークとT波の終わりの間に見られることに着目し、それぞれの間隔の抽出を行った。T波のピーク間隔（以後、T1という）と終了時の間隔（以後、T2という）およびひずみの極小値間隔の時間変化をそれぞれ図4～6に示す。また、心拍変動性指標の解析に用いられる心電図のR-R間隔の時間変化を図7に示す。

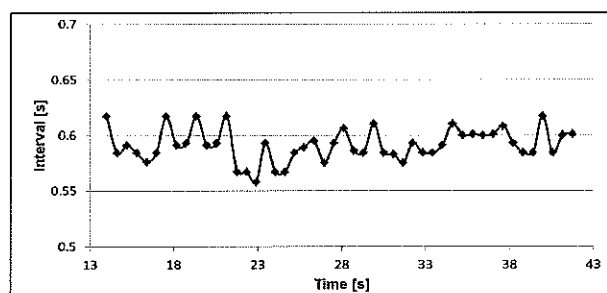


図4: T1-T1間隔の時間変化

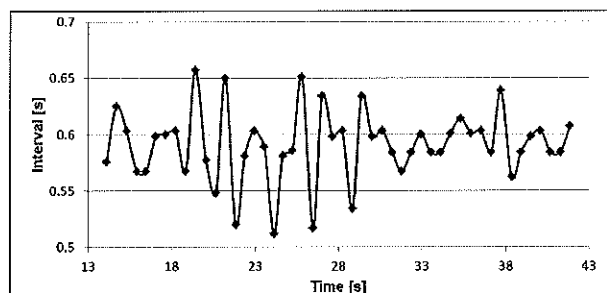


図5: T2-T2間隔の時間変化

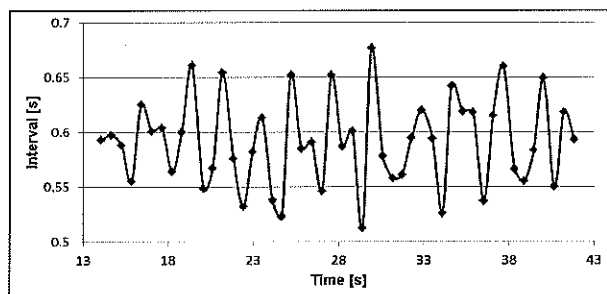


図6: ひずみの極小値間隔の時間変化

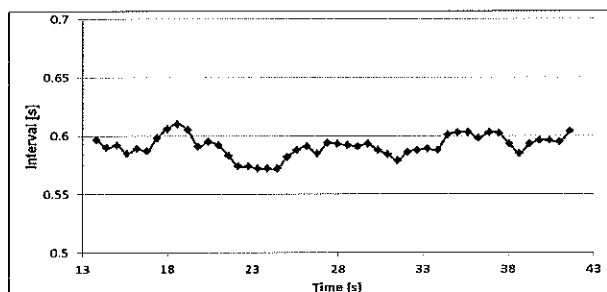


図7: R-R間隔の時間変化

図より、ひずみの極小値間隔の時系列データは、T2-T2間隔の時系列データと同様の傾向を示していることがわかる。

また、これらの時系列データのパワースペクトル密度関数（PSD）を求めたものを図8に示す。

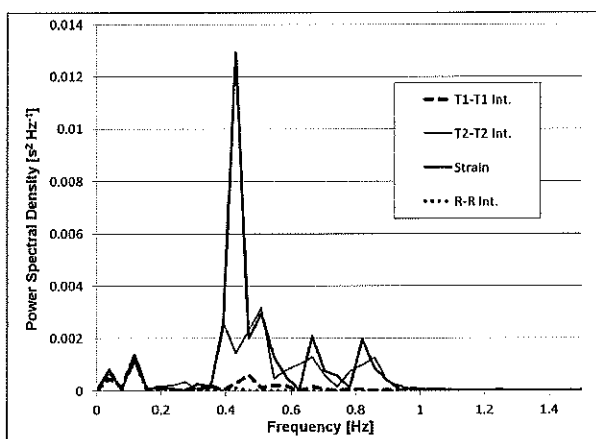


図8: 心拍間隔のPSD

図より、ひずみの極小値間隔のPSDがT2-T2間隔のPSDと同様の傾向を示していることがわかる。一般に、心電図のT波の終わりが心臓の収縮終了時と知られており、今回の結果はそのことを裏付けるものであると考えられる。

4. まとめ

本研究では、ひずみゲージを用いて心拍の計測を試みた。胸部の動きによるひずみの変化を信号処理することで、心拍成分と呼吸成分を抽出できることを明らかにした。ひずみの極小値が心臓の収縮期に一致し、心拍を正しく測定できることを示した。自律神経系の活動に伴う人体の心理的・生理的な反応を表す心拍変動性指標の解析において、簡便に心拍と呼吸を同時に計測できることの利点は大きいと考えられる。

今後は、ストレス負荷時の生理計測を行い、ひずみの極小値間隔に基づく心拍変動性指標の構築を図りたい。

参考文献

- 1) 海上保安庁：海難の現況と対策について～大切な命を守るために～（平成25年版），海上保安庁，2014
- 2) Marek Malik et al.: “Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use”, European Heart Journal, Vol.17, 354-381, 1996

上肢の二関節筋の左右差に関する研究

○池田大典, 大山剛史, 迫明仁 (岡山県立大学)

Laterality of Bi-articular Muscles of Arms
Daisuke Ikeda, Takashi Oyama, Akihito Sako (Okayama Prefectural University)

1. はじめに

非利き手は利き手よりも姿勢の固定に優れていることが報告されている¹⁾。一方、姿勢の固定において上腕二頭筋・三頭筋のような二関節筋の共収縮が有効であるとの報告がある²⁾。

本研究はこれら二つの研究を結び付けて、利き手と非利き手において二関節筋のはたらきに違いがあることを予想して、手先に負荷を与えたときの手先の変動と二関節筋の筋電位を計測・解析した。

2. 方法

被験者 4人の右利きの被験者(大学生)が実験に参加した。被験者は研究に関するなんらの事前の知識を持たなかった。

実験手順 被験者は直立した状態で、床面に対して上腕を垂直に、前腕の水平に、手の平を上向きにして直径約2.5cmの木の棒を握った姿勢で待機するように指示された。木の棒には負荷として質量1kgのダンベルを紐で吊り下げており、吊り下げた状態から実験者がダンベルを約33cm持ち上げて、落下させたときに被験者が腕姿勢を維持することを一試行とした。

条件として、使用する腕(利き手・非利き手)×(視覚なし・視覚あり)の4条件が設定され、各条件につき10試行が行われた。また、解析に用いた10試行に先立って各条件につき3~5試行の練習が行われた。条件の順序は、利き手視覚あり→利き手視覚なし→非利き手視覚あり→非利き手視覚なしとした。目隠しの条件は、手先に負荷がかかるタイミングの予測の影響を調べるために設定された。

計測 手先に負荷を与えたときの被験者の上腕二頭筋・三頭筋の活動を調べるために、表面筋電計(迫坂電子機器社製)によって各筋の表面筋電位をサンプリング周波数1000 Hzで計測した。また、木の棒の側面に三次元位置計測装置(Flock of Birds, Ascension社製)のセンサを取り付けて、被験者の手先位置をサンプリング周波数約144 Hzで計測した。

3. 結果

上腕二頭筋と上腕三頭筋に共収縮があるのかを調べるために、二つの筋の筋電位の時系列データの相互相関において相互相関の値が最大となる位相の時間 τ を求めて、これを共収縮の度合いとみなした。

被験者4名のデータに相互相関によって求めた位相の値について分散分析を行った結果、利き手と非利き手による主効果($p<0.001$)、視野の有無×利き手と非利き手による交互作用が有意であった($p<0.001$)。また、多重比較によれば、利き

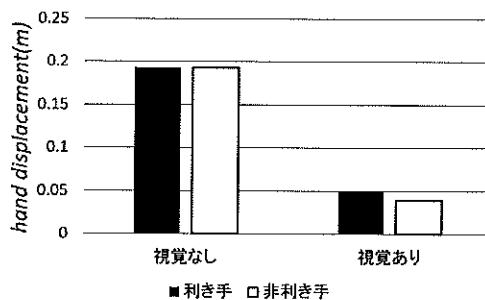


図1: 手先位置の変動 (全被験者, $n=4$)

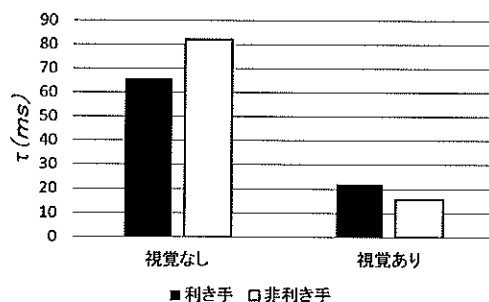


図2: グループAの共収縮の度合い ($n=2$)

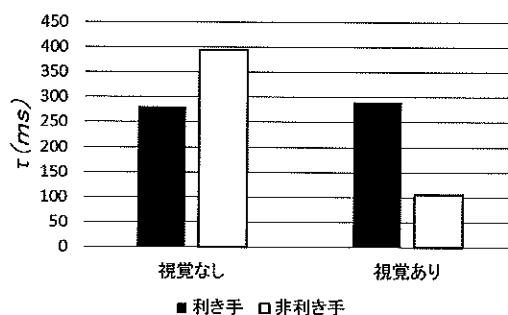


図3: グループBの共収縮の度合い ($n=2$)

手における視覚の有無 ($p<0.001$), 非利き手における視覚の有無 ($p<0.001$), 視覚なしにおける利き手と非利き手 ($p<0.001$) において有意差があった。しかし, 被験者間による個人差が大きかったので傾向の似ている二人ずつを2グループ (以下, グループAとグループBと表す) に分けてより詳細な解析を行った。

その結果, グループAでは視覚の有無でのみ主効果が有意であり ($p<0.001$), グループBでは利き手と非利き手による主効果 ($p<0.01$), 視覚の有無×利き手と非利き手による交互作用 ($p<0.01$) が有意であった。

手先位置の変動については個人差が少なかったためすべての被験者でまとめた。分散分析の結果, 利き手と非利き手 ($p<0.01$), 視覚の有無 ($p<0.001$) による主効果が有意だったが利き手と非利き手×視覚の有無の交互作用は有意ではなかった ($p=0.54$)。

4. 考察

利き手と非利き手において二関節筋の共収縮の度合いと手先の変動の両方に主効果が見られたことから, 非利き手が利き手よりも姿勢の固定に優れているとする要因は二関節筋の活動となんらかの関係があることが示唆される。

図1に示したように, 全被験者において, 手先の変動に利き手と非利き手の主効果が有意だった結果は, 非利き手の方が姿勢固定に優れるという先行研究の結果に従うものである。また, 視覚の有無の主効果は, 視覚の有無による負荷がかかるタイミングの予測によるものであると考えられる。つまり, 負荷のかかるタイミングの予測が位置変動に与える影響は大きいといえる。

さらに, グループAにおいて視覚の有無の主効果があった要因はグラフから推察すると共収縮の度合いによるものであると考えられ, 視覚ありの方が共収縮の度合いは高かったことが図2からわかる。同様に図3からグループBにおいても非利き手の視覚ありのほうが共収縮の度合いが高かったといえる。

グループA、グループBのいずれにおいても共収縮の度合いに関する視覚の有無の主効果が有意であった。さらに, いずれのグループについても視覚ありにおいて非利き手の方が共収縮の度合いが大きい傾向があった。この結果に関する一つの解釈としては, 利き手は視覚情報を用いた予

測的な運動に優れているため, 筋を共収縮することなく腕姿勢を維持することができ、一方, 非利き手は視覚情報に頼らずに共収縮によって腕姿勢を維持しようとしていたことが考えられる。

しかしながら, 共収縮の度合いと手先の変動との間の相関は, ほとんどの条件でそれほど大きくなく ($r=0.10\sim0.4$ 程度), グループのBの視覚なしの利き手でのみ比較的高い相関が見られた ($r=0.712$)。

筋電位の波形について, 二頭筋より三頭筋の収縮が先行する結果があった。三頭筋が先に収縮するということは手先に負荷がかかったときに腕を伸ばす方向に力が働いているということであり, 今回の実験の腕姿勢を固定するという指示とは逆の運動である。本稿ではこの結果の考察は言及しないが, 今後より詳細な実験を行っていく。

5. まとめ

今回の実験結果から以下のことがわかった。

- ・手先に負荷を与えたときの二関節筋の共収縮には左右差がある。
- ・手先位置の変動と二関節筋の共収縮には相関が見られなかった。
- ・腕の姿勢を固定する際, 三頭筋が先行する被験者がいる。

先行研究を結び付けて, 利き手と非利き手において二関節筋のはたらきに違いがあることを予想して, 手先に負荷を与えたときの手先の変動と二関節筋の共収縮を調べたが被験者間の違いが大きく一貫した関係性は認めにくかった。しかし, 図1~3をみると目隠しなしの非利き手が最も位置変動が小さいのに加えて共収縮の度合いも高かった。相関は見られなかったが何かしらの共通性があるのではないかと考えられる。今後, より多くの被験者を取り, 普遍的な傾向を明らかにする。

参考文献

- 1) J. Wang et al.: "The dominant and nondominant arms are specialized for stabilizing different features of task performance," *Exp Brain Res*, Vol.178, 565-570, 2007
- 2) B.M. van Bolhuis et al.: "Activation patterns of mono- and bi-articular arm muscles as a function of force and movement direction of the wrist in humans," *J Physiol*, Vol.508, 313-324, 1998

採血実施時における看護師と患者の脳波の同調現象

○川野常夫（摂南大学）、真嶋由貴恵（大阪府立大学）、前川泰子（関西福祉大学）
片桐真子（大阪府立産業技術総合研究所）、石亀篤司、岸田直久（大阪府立大学）

Synchronization in EEG Data between Nurse and Patient
during Needle Operation for Blood Collection

Tsuneo Kawano(Setsunan University), Yukie Majima(Osaka Prefecture University),
Yasuko Maekawa(Kansai University of Social Welfare), Mako Katagiri(Technology Research
Institute of Osaka Prefecture), Atsushi Ishigame, Naohisa Kishida(Osaka Prefecture University)

1. はじめに

看護技術における「熟練の技（わざ）」や「コツ」などの「暗黙知」は、看護師単独で成立するものではなく、看護師－患者間の相互関係の中で成立するものであると考えられる。したがって技の良し悪しは看護師、患者の相互関係で決まるものであり、両者の相互関係を明らかにすることは看護技術の修得支援システムを構築する上で極めて重要であると考えられる。

本研究では看護師と患者の相互関係を、生体リズム（脳波と心拍）の同調現象から分析することを目的とする。「同調現象」を生体リズムが相互に時系列的関係を成立させて同期する現象とし、本稿では看護技術の中で採血手技を取り上げ、特に脳波の同調現象に着目する。

脳波の同調を扱った研究には、コミュニケーション¹⁾や「気」²⁾を扱ったものがあるが、看護師と患者を対象としたものはみあたらない。

2. 方法

採血実施時における看護師と患者のそれぞれの脳波と心拍の同時測定を行った。採血実施の実験参加者として、看護師2名（いずれも年齢40代

表1：看護師と患者の組み合わせ

看護師	患者	腕モデル
n1	p1 M	A (Easy)
n1	p1 M	B (Not easy)
n1	p2 F	A (Easy)
n1	p2 F	B (Not easy)
n2	p3 M	A (Easy)
n2	p3 M	B (Not easy)
n2	p4 M	A (Easy)
n2	p4 M	B (Not easy)

女性、看護師経験9、10年）と患者役4名（いずれも年齢20代男性3名、女性1名）をお願いした。実験を実施するにあたり、共同研究者所属機関の倫理委員会の承認を得て、実験参加者全員からインフォームドコンセントを得た上で実施した。

採血は患者の実際の腕で行うのではなく、腕モデル（ADAM ROUILLY社製点滴・採血トレーナー）を用いた。実験では腕モデルを2つ使用し、中のチューブの位置をずらすことで採血が比較的簡単なものAと難しいものBを用意した。これは採血の難度の違いによって看護師のパフォーマンスに違いが生じ、それが看護師と患者の同調にどのように影響するかを検討するためである。

図1に採血実施実験の様子を示す。看護師と患者は表1に示すように、2種の腕モデルも含めて8通りの組み合わせについて実験を行った。

脳波計はデジタルメディック社製ミューズブレインシステムを用いた。これは視覚野の後頭部を対象とした単極タイプで、データを無線送信す



図1：採血時の看護師と患者の生体データ計測

①	30秒間	暗算課題(2桁の足し算)
		↓
②	30秒間	閉眼安静で2人それぞれ脳波測定
		↓
③	90秒間	採血実施中の脳波測定
		↓
④	30秒間	閉眼安静で2人それぞれ脳波測定

図2：採血時の脳波測定プロトコル

るポータブル脳波計である。図2に脳波測定のプロトコルを示す。初めに2人の脳の緊張レベルをリセットして合わせるために暗算課題を行う。次に閉眼安静状態で脳波測定を行ったあと、採血を実施し、終了後に閉眼安静状態でそれぞれ脳波測定を行う。この4過程を1試行とし、同じ看護師と患者の組み合わせについて5試行実施する。ただし、看護師n2については、リセットのための暗算課題は1試行目だけとした。

脳波のデータ処理は、サンプリング周期128Hzのデータを1秒ごとにフーリエ変換し、 θ 波、 α 波、 β 波の各成分の出現率を求めた。採血実施時は頭の動きや筋電などのノイズが入るため、出現率の時系列データに2次のバターワースフィルタによる高周波カットを施した。これは看護師と患者の脳波成分の大局的な時間変化を比較することで同調現象の存在を顕著にするためである。カットオフ周波数はあとの同調の結果の妥当性などから0.1Hzに設定した。

看護師と患者の脳波成分の時間変化に対して、同調現象を評価するために相互相関関数を求めた³⁾。このときのタイムラグ τ については、看護師の挙動が患者に影響を及ぼすと考え、患者側のデータを正の方向にずらすこととした。

3. 結果

図3に採血実施中の看護師と患者の α 波成分の出現率の時間変化を示す。相互相関係数が正の最大(0.326)となる τ について示している。 α 波成分(安静成分)が看護師に遅れて患者が同調している様子がわかる。図4に相互相関関数の例を示す。図(a)は採血が成功した場合を示しており、 τ が2~7秒の間で同調が認められる。図(b)は採血が失敗した場合で、正の大きな同調は認められない。注射針を何度も刺入するなどの看護師の通常と異なる行動により脳波のリズムが合わなくなったと考えられる。

4. まとめ

看護技術の中で採血手技を取り上げ、脳波の同調現象を分析した結果、看護師に数秒遅れて患者の脳波が同調することが示唆された。また、採血に失敗するといった異常時には、同調が見られないことも示された。今後、同調と看護技術の関係を明らかにするため、実験回数を重ねる予定である。

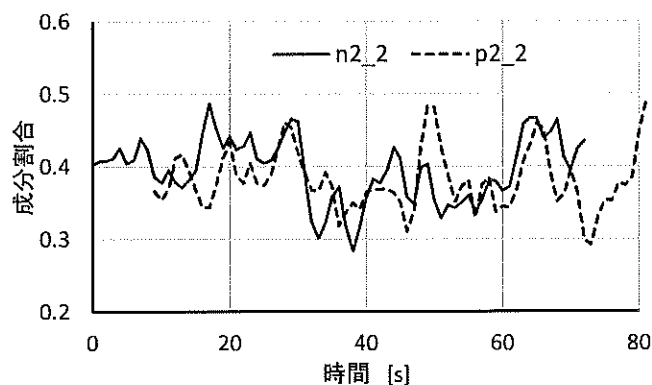
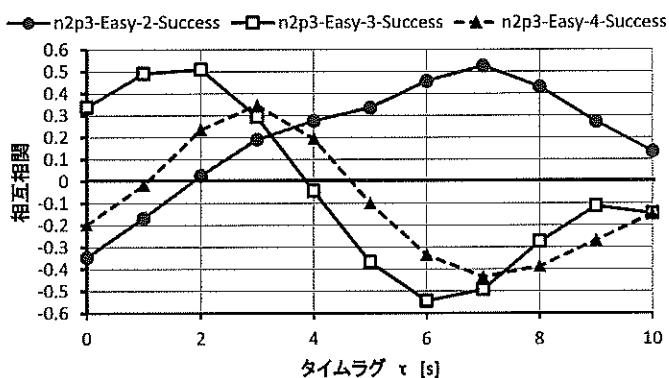
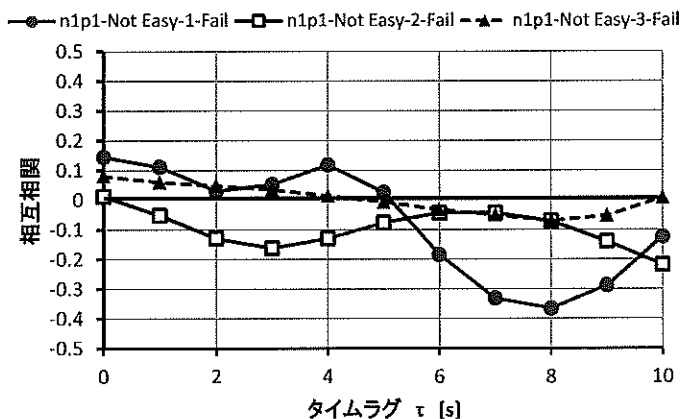


図3:看護師と患者の α 波成分割合の時間変化の例($\tau=9$)



(a)採血が成功した場合の例



(b)採血が失敗した場合の例

図4: α 波成分の相互相関関数の例

参考文献

- 1) 志賀一雅, 阪口豊:「コミュニケーションにおける脳波同調」, 電気通信大学 IS シンポジウム 第16回, 7-10, 2009
- 2) 河野貴美子:「脳波パターン解析と気による同調現象」, Medical imaging technology Vol.13, No.4, 375-381, 1995
- 3) 渡辺富夫, 大久保雅史:「コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価」, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, 1225-1231, 1998

運針練習が脳機能に及ぼす影響

○藤本祐子（神戸女子大学大学院）、大森正子（神戸女子大学家政学部）

Evaluation of human brain by handling of a needle

Yuko Fujimoto (Kobe Women's University),

Masako Omori (Faculty of Home Economics, Kobe Women's University)

1. はじめに

運針は、手芸の基本的動作であり、巧緻性の高い手指運動といえる。高次で多面性を持つ手芸を行うことで、脳機能改善の効果が期待できる。一方、家庭科教育において、近年、小中高等学校での家庭科の実習の機会が減少しており、被服実習が苦手な学生が増えている。文科省においても「脳科学と教育」研究が推進され、注意力・意欲・動機づけ・創造性の発達促進や脳科学の知見を生かした教育課程の開発等が行われてきた。

そこで、本研究では、運針練習と習熟について脳機能から関係を明らかにすることを目的とし、fNIRS (FOIRE-3000, 島津製作所製) を用いて脳血流動態を計測した。

2. 方法

2.1 被験者、実験条件と手順

健常女子大生9名（平均年齢22歳）を被験者とし、運針時の脳血流をNIRSを用いて計測した。

実験条件は、針目間隔を2条件（4mm, 2mm）、運針練習布の誘導ライン（以下、誘導ライン）2条件（有, 無）の計4条件とした。実験では、順序効果が出ないように、被験者ごとに実験順序をランダムにした。被験者は、実験装置を装着し、練習布と針を持った状態で安静座位を保ったのち、前レスト20秒、運針20秒、レスト40秒を1回のタスクとして、4条件（針目間隔2条件と誘導ラインの有無2条件）をそれぞれ3回繰り返した。実験は2回行ったが、実験の間に運針練習を1日行った。被験者は、利き手で針を持ち、通常運針を行う持ち方で運針を行った。

2.2 測定項目

計測は、脳内血中酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)濃度長変化を近赤外光イメージング装置(FOIRE-3000: 島津製作所製)を用いて計測した。oxy-Hb濃度長変化計測では、プローブを被験者の頭部に専用ホルダー（両側の前頭・頭頂を含む全49チャンネル）を用いて国際10-20法に基づきCZ

を基準として装着した。脳の神経活動と正の相関があると報告されている酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)を分析の対象とした(図1)。

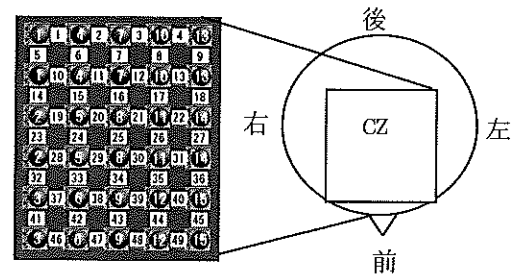


図1. プローブ配置図

2.3 解析方法

得られたoxy-Hb濃度長変化を標準得点(z値)に変換して解析に用い、運針時における針目間隔、誘導ラインの有無、運針回数について、脳活動部位ごとに関連を調べた。NIRSデータ分析では、タスク開始時間から10秒をカットし、各条件に関連した反応を抽出した。本研究は、すべての被験者に趣旨を説明し、参加の同意を得た上で実施した。

3. 結果

3.1 針目間隔2条件における誘導ラインの有・無と運針回数が脳機能に及ぼす影響

針目間隔4mmと2mmそれぞれについて、誘導ラインの有・無が脳機能に及ぼす影響を検討するため、49チャンネル毎に誘導ラインの有・無を独立変数とし、運針回数1回目と2回目のz値を従属変数として、一元配置分散分析を行った。針目間隔2mmの結果では、1回目は、誘導ラインの無い条件で測定部位49チャンネルの右脳側（10ch(p<0.05), 19ch(p<0.05), 20ch(p<0.01), 24ch(p<0.05), 29ch(p<0.001), 38ch(p<0.05), 43ch(p<0.05), 46ch(p<0.05)）で有意差が認められたが、左脳側では有意差が認められなかった(図2)。しかし、2回目は、左脳側にも有意差が認められた。(1ch(p<0.001), 12ch(p<0.05), 16ch(p<0.01), 19ch(p<0.01), 21ch(p<0.01), 23ch(p<0.05), 24ch(p<0.05), 26ch(p<0.05), 28ch(p<0.01), 31ch(p<0.05), 32ch(p<0.01), 33ch(p<0.001),

		後						
	1		2		3		4	
5		6		7		8		9
	10		11		12		13	
14		15		16		17		18
	19		20		21		22	
23		24		25		26		27
	28		29		30		31	
32		33		34		35		36
	37		38		39		40	
41		42		43		44		45
	46		47		48		49	
		前						

図2. 針目間隔2mm・誘導ライン無い条件で有意差があったチャンネル - 1回目 -

34ch ($p<0.01$)、35ch ($p<0.05$)、37ch ($p<0.001$)、38ch ($p<0.01$)、41ch ($p<0.01$)、42ch ($p<0.05$)、49ch ($p<0.05$) (図3)。

針目間隔4mmの結果では、1回目、2回目いずれも誘導ラインの無い条件では有意差は認められなかった。

3.2 運針回数における針目間隔2条件と誘導ラインの有・無が脳機能に及ぼす影響

運針回数 (1回目、2回目) それぞれについて、針目間隔が脳機能に及ぼす影響を検討するため、49チャンネル毎に針目間隔 (2mm, 4mm) を独立変数とし、誘導ラインの有と無のz値を従属変数として、それぞれについて一元配置分散分析を行った。誘導ラインが有る条件の結果では、運針回数1回目は、針目間隔2mmでは3チャンネル (4ch ($p<0.001$)、18ch ($p<0.05$)、27ch ($p<0.05$))、針目間隔4mmでは9チャンネル (1ch ($p<0.05$)、10ch ($p<0.01$)、20ch ($p<0.01$)、29ch ($p<0.01$)、36ch ($p<0.05$)、37ch ($p<0.05$)、39ch ($p<0.05$)、42ch ($p<0.01$)、43ch ($p<0.05$)) の間で有意差が認められた。2回目は、針目間隔2mmでは有意差のあるチャンネルはなかった。針目間隔4mmでは10チャンネル (1ch ($p<0.05$)、12ch ($p<0.05$)、16ch ($p<0.01$)、19ch ($p<0.01$)、21ch ($p<0.01$)、25ch ($p<0.05$)、28ch ($p<0.01$)、33ch ($p<0.001$)、37ch ($p<0.01$)、41ch ($p<0.05$)) の間で有意差が認められた。誘導ラインが無い条件の結果では、1回目は、針目間隔2mmで5チャンネル (10ch ($p<0.01$)、12ch ($p<0.05$)、20ch ($p<0.01$)、24ch ($p<0.05$)、31ch ($p<0.05$))、針目間隔4mmで3チャンネル (13ch ($p<0.05$)、26ch ($p<0.05$)、33ch ($p<0.05$)) で有意差が認められたが、2回目では、針目間隔2mmで25チャンネル (6ch ($p<0.01$)、11ch ($p<0.05$)、14ch ($p<0.001$)、20ch ($p<0.01$))、

		後						
	1		2		3		4	
5		6		7		8		9
	10		11		12		13	
14		15		16		17		18
	19		20		21		22	
23		24		25		26		27
	28		29		30		31	
32		33		34		35		36
	37		38		39		40	
41		42		43		44		45
	46		47		48		49	
		前						

図3. 針目間隔2mm・誘導ラインが無い条件で有意差があったチャンネル - 2回目 -

23ch ($p<0.001$)、25ch ($p<0.05$)、28ch ($p<0.001$)、29ch ($p<0.05$)、31ch ($p<0.01$)、32ch ($p<0.001$)、33ch ($p<0.001$)、34ch ($p<0.05$)、35ch ($p<0.05$)、36ch ($p<0.001$)、37ch ($p<0.001$)、38ch ($p<0.001$)、39ch ($p<0.001$)、40ch ($p<0.001$)、41ch ($p<0.001$)、42ch ($p<0.001$)、44ch ($p<0.001$)、45ch ($p<0.01$)、46ch ($p<0.01$)、48ch ($p<0.01$)、49ch ($p<0.001$)) で有意差が認められ、針目間隔4mmでは有意差のあるチャンネルはなかった。

4. 考察

運針方法において、熟練者の手指の動きは、右手は親指と人差し指で針を持ち、中指の指ぬきを使いながら指を交互に動かすことにより針を運ぶ。その時、左手は布を支えるだけの役割を担う。しかし、初心者は、針を持つ手を固定し、布を支える役割の左手を動かしてしまう。針目間隔2mmの結果から、1回目は右手よりも本来は支える役割である左手を動かし運針しており、間に練習をはさみ、2回目になると右手も使いながら、運針していることが示唆される。しかし、針目間隔4mmの結果は、誘導ラインの無い条件では、難易度が低いことが示唆される。本研究における4つの実験条件の内、誘導ラインが無い、針目間隔2mmの条件で脳機能変化が著しいことから、運針の習熟に効果があるということが示唆された。

謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金科研費 (基礎研究 (C))、課題番号 24500912) による研究の一部である。なお、本研究結果の分析にあたって神戸女子大学の宮川里穂氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

浴室空調による送風が入浴時の快適性に及ぼす効果

Effect of airflow on the subjective evaluation of bathing

○縄槇一郎*, 片平建史*, 長田典子*, 平田清子**, 安永望**

*関西学院大学理工学部／感性価値創造研究センター

**三菱電機株式会社先端技術総合研究所

NAWA Shinichiro*, KATAHIRA Kenji*, NAGATA Noriko*, Hirata Kiyoko**, YASUNAGA Nozomu**

* School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University / Reserch Center for Kansei Value Creation

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

1. はじめに

日々の入浴には身体を清潔にするだけでなく、肉体的、精神的疲労を解消する効果が期待されている。現在、上記の効果の付加を狙った機器や入浴法が多く存在し、その一例として浴室空調により発生させた気流の効果が注目されている。

気流によって入浴の快適性向上を狙った研究では、気流の有無や気流の変動の有無が着目されてきた。入浴時の気流は冷却効果によって熱的不快感の低減に寄与すると考えられる^{1,2)}。また、気流の変動については、気流が周期的に変動するリズム送風が快適性の維持に効果的であると示されている²⁾。このように、気流の効果が調べられてきたが、浴室に空調を実際に設置して検討した研究例は非常に少ない²⁾。局所的な冷却など特殊な実験操作を行っている。従って、入浴時の快適性に対する気流の効果は、より一般的な入浴状況に近い環境下での検証が必要である。

そこで本研究では、高次感性である「快適感」を心理尺度を用いて詳細に測定し、一般的な入浴環境を再現した浴室に空調を導入することで、気流が入浴の快適性に及ぼす効果を送風の有無、リズム送風の有効性の点から検証した。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験は男子大学生12名（平均年齢20.9歳、 $SD = 1.7$ 歳）を対象として実施した。実験参加者の入浴習慣は普段の入浴で湯船を用いることがあるという基準で統一した。また、実験前の数日は規則正しい生活を送るよう依頼した。すべての実験参加者に対し、前もって実験の目的および注意事項について詳細な説明を行い、書面による同意を得た上で実験を行った。

2.2 主観評価

入浴による気分状態の変化を測定するために、先行研究で作成した10項目の心理尺度を用いた³⁾。この尺度は「気分がのっている」「心静かな気分だ」「生き生きした気分だ」「くつろいだ気分だ」「気持ちが引き締まっている」「エネルギッシュな気分だ」「リラックスしている」「気分が高揚している」「心地よい」「落ち着いた気分だ」の形容語で構成されており、各項目について8段階のLikert尺度で回答を求めた。

2.3 実験環境

実験は三菱電機株式会社先端技術総合研究所の実験室で実施した。実験室の中に入浴のための区画を備え付け、実際に入浴を行う浴室、測定や入浴前後の安静時間を過ごすための前室が設けられた。前室の気温は入浴前、入浴後ともに25℃に設定され、実際の室温は平均25.0℃ ($SD = 0.07^\circ\text{C}$)、湯温は平均40.5℃ ($SD = 0.22^\circ\text{C}$)で温度環境は一定のレベルで維持された。

2.4 実験条件

実験条件は総風量が15m³/20min.となる定常送風、リズム送風(1周期が0.05Hz)の2条件に、無風条件を加えた全3条件であった。実験参加者は3回の入浴を1日1回ずつ、日を変えて行った。

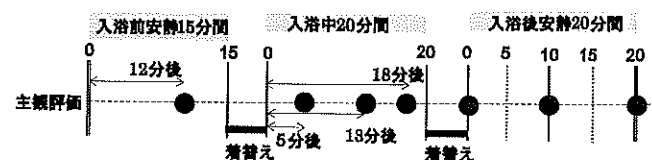


図1: 実験プロトコル

順序効果が生じないように、各条件に入浴する順序は実験参加者により異なって設定された。また、心理的状態、あるいはこれに影響を及ぼす可能性のある生理的状態の日内の変動を考慮し、同一の

実験参加者はすべての入浴を同じ時間帯に行った。実験プロトコルを図1に示す。

3. 結果・考察

入浴による気分改善効果の条件間の違いを詳細に検討するため、10項目の形容語の実測値データに基づいて主成分分析を行い、主要な評価軸を導出した。その結果、2つの主成分が抽出された。各項目の主成分負荷量を見ると、第1主成分に高い負荷量を持った項目には、「リラックスしている」、「快適である」など快適感に結びつく項目が見られた。第2主成分では正の値に「気分が高揚している」など、負の値に「気分が落ち着いている」などが結びついており覚醒感の違いが見られた。そこで2成分によって表現される次元をそれぞれ「快適感」次元(x軸)と「覚醒感」次元(y軸)と解釈した。これはRusselの感情の円環モデル⁴⁾と高い共通性が見られる評価構造である。

次に主成分分析で得られた第1、第2主成分得点をそれぞれ快適感、覚醒感得点とし、入浴前を基準とした変化量を算出して条件間で比較を行った(図2(a)、図2(b))。

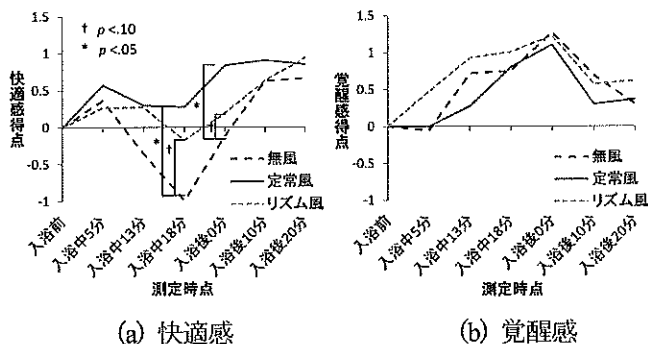


図2: それぞれの得点の変化量の条件間比較

入浴条件と測定時点を繰り返し要因とした2要因分散分析の結果、快適感では入浴条件、測定時点ともに主効果が有意であり(順に $F(2,22)=4.048$, $p<.05$, $F(2.663,29.294)=9.007$, $p<.01$), 入浴条件と測定時点の交互作用が有意であった($F(12,132)=3.230$, $p<.01$). 各測定時点での入浴条件の単純主効果を検定したところ、入浴中18分と入浴後0分で入浴条件の効果が有意であった(順に $F(2,22)=7.755$, $p<.01$, $F(2,22)=5.299$, $p<.05$). そこで、それぞれの入浴条件でBonferroni法による多重比較を行った結果、まず入浴中18分で無風条件と定常風条件の間で有意差が見られ($p<.05$), 無風条件とリズム風条件の間で有意な傾向で差

が見られた($p<.10$). 次に入浴後0分で無風条件と定常風条件の間で有意差が見られ($p<.05$), 無風条件とリズム風条件の間で有意な傾向で差が見られた($p<.10$). これらのことから、入浴中18分、入浴後0分において、送風ありの2条件では無風条件に比べ気分状態の悪化を抑制することがわかった。送風2条件間では有意な差は見られず、リズム送風の効果は確認されなかった。

一方、覚醒感では、測定時点の主効果のみ有意であり、入浴条件の主効果および入浴条件と測定時点の交互作用は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、浴室空調による送風の効果を測定する実験を実施した。入浴時の送風による心理的效果を詳細に検討することによって、Russelの感情の円環モデルと共通する評価空間上で、入浴条件間の比較を行うことが可能となった。

無風、定常風、リズム風を比較した結果、定常風、リズム風条件は無風条件に比べ、入浴中の快適感の減少、つまり気分の悪化を抑制することがわかり、送風の有効性が確認された。先行研究から示唆されるリズム送風の有効性について、今回の実験結果からは確認することができなかった。今後は浴室空調における変動気流の有効性についてさらに検討を行う。

参考文献

- 1) 河原ゆう子, 岩瀬敏, 美和千尋, 片岡由美子, 渡邊順子:「頸下ミスト浴および顔面送風が、腰浴における体温調節能、循環動態、浴後爽快感到に及ぼす影響」, The Autonomic nervous system, Vol. 40, No. 1, pp. 43-50, 2003
- 2) 工藤亮, 永田まゆみ, 白井康裕, 後藤和昌, 下村義弘, 勝浦哲夫:「入浴中の快適感を高める顔面冷却に適した送風方法の検討」, 人間と生活環境, Vol. 18, No. 1, pp. 9-14, 2011
- 3) 松浦周平, 片平建史, 矢野浩範, 長田典子, 宮一普, 古川誠司:「微細気泡と入浴剤の併用による入浴の快適性評価」, 平成25年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, 93-96, 2013
- 4) James A Russell:「A circumplex model of affect」, Journal of personality and social psychology, Vol. 39, No. 6, p.1161, 198

「癒し」「医やし」としての海浜セラピーの紹介

○姫澤孝典^{*}、大塚彰^{*}、和田大樹^{*}、高宮尚美^{*}、梅井凡子^{*}、田中聡^{*}

県立広島大学^{*}

Introduction of the beach therapy as "healing"

Takanori Himezawa^{*}, Akira Otuka^{*}, Hiroki Wada^{*}, Naomi Takamiya^{*}, Namiko Umei^{*}, Satoshi Tanaka^{*}
Prefectural University of Hiroshima^{*}

1. はじめに

現代社会は、ストレス社会とも表現される。あらゆる場面での人間関係の複雑・多様化により精神的に不安定になることも多く、社会的な問題となっている。ストレス状態が続くことによって高血圧や狭心症といった病気を発症・増悪させ、加えて免疫力が低下し、様々な病気となるリスクが上がる。よって今、ストレスに対応するケアの重要性が増しており、その一つの方法として森林セラピーが提案され、実施されている。また近年、人の生理機能の評価方法の確立が進み、自律神経活動など客観的側面から解明されつつある。今回、森林セラピーの方法論を活かし、海浜を活用したいわゆる「海浜セラピー」を提案する。ここで言う「海浜セラピー」とは医学的なエビデンスに基づいた効果をいい、海浜環境を利用して心身の健康維持・増進、疾病の予防を行う事を指すものと定義した。三原市の佐木島において海浜セラピーの基礎となる生理学的、心理学的な評価を行い、観る、嗅ぐ、聴く、触れる、味わうといった五感による癒し効果の判定としてのリラクゼーションに関する評価や、ストレスの軽減効果に関する評価を行い、主観的側面、客観的側面から海浜セラピーの有用性について検証したので報告する。

2. 方法

海浜セラピーの効果を検証するために人の多い騒がしい場所での以下の測定を行い、海浜にて同様の測定を行い比較した。実施に際しては事前に海浜セラピーについての簡単な説明を行ったのち、各実験前に(1)唾液アミラーゼ測定(NIPRO社製：唾液アミラーゼモニター CM-2.1)、(2)感情プロフィール検査(POMS)(金子書房：POMS短縮版)、(3)血圧・脈拍測定(OMRON製：手首式血圧計HEM-6310F)を行い、各実験前のデータとした。その後、椅子に座り、心電図を被験者に装着し、2～5分程度の安静を取った後に実験を開始し、(4)心拍変動性も測定(Camntech Ltd製：ActiHR4)を開始した。その後15分間景色を眺める。実験中の

会話は禁止とした。なお、心拍変動性は座観中に連続的に測定をした。座観後に再度血圧・脈拍、唾液アミラーゼ活性、POMSテストを行った。座観後の感情プロフィール検査(POMS)では実験中の15分間の気分を思い出して回答するように前もって教示した。各実験の間には消去動作として5分間歩行を行うこととした。実験期間中には実験環境による刺激以外の条件を与えないため、喫煙や飲酒、カフェインの摂取は禁止とした。

また、後日追加実験として脳波測定を行った。

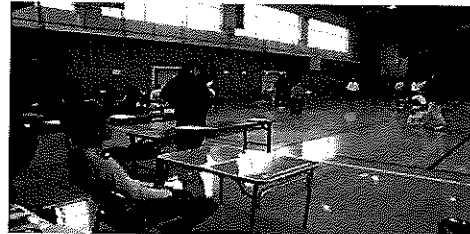


図1：騒がしい場所での座観の測定風景



図2：海浜での座観の測定風景

3. 結果

自律神経活動の指標となる心拍数や収縮期・拡張期血圧、唾液アミラーゼ活性の結果においてセラピー後に低下する結果となった。心拍変動性から得たLF/HFでは、海浜座観条件においても上述結果と同様に騒がしい場所条件と比較し、低くなっており交感神経活動が抑制されていた。心理学的評価としてPOMSをみると騒がしい場所での測定では「怒り-敵意」、「疲労」に増加、「活気」に減少がみられた。座観条件では「緊張-不安」「抑鬱-落ち込み」「怒り-敵意」「疲労」「混乱」の項目は減少がみられ、「活気」は上昇を示した。脳波では海浜でα波が多く、γ波は抑制されていた。

表1：心拍数変化

	実験前	実験後
騒がしい	61	77
海浜	65	57

表2：血圧変化

	実験前	実験後
騒がしい	136/87	133/88
海浜	138/91	126/72

表3：唾液アミラーゼ活性変化

	実験前	実験後
騒がしい	98	82
海浜	19	22

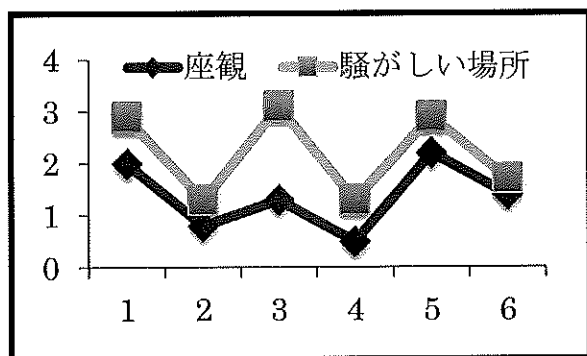


図3：LF/HFの比較

4. 考察

本研究では実際の海浜環境のもとらす生理的効果、心理学的効果について実験条件を変化させ調査した結果、海浜環境でセラピーを行うことで自律神経、とくに副交感神経活動に影響を与える傾向があることが分かった。副交感神経活動の指標となる脈拍数や収縮期・拡張期血圧、唾液アミラーゼ活性において海浜環境では騒がしい環境と比べ、実験後低下を示した。これらは被験者が海浜環境にいる時に副交感神経活動が優位となっており、リラックスさせる効果があると考えられる。また、森林セラピー分野においても宮崎ら²⁾によって、副交感神経活動が昂進し、交感神経活動が抑制されることが報告されており、本研究の結果と一致している。本研究では唾液アミラーゼは海浜での座観前の状態で既に騒がしい所と比べて大きく減少していた。これは、効果の測定前に安静時間を取ったことで、海浜環境で過ごした影響が出たためと考えられる。心拍変動性からのLF/HFにおいては騒がしい場所と比べて海浜環

境下での座観では大きく低下しており、交感神経活動が抑制され、副交感神経が高くなっていることが示されている。

主観的評価においては騒がしい場所と比べ、「緊張-不安」「抑鬱-落ち込み」「怒り-敵意」「疲労」「混乱」に関して大きく減少を示し、「活気」に関しては上昇させるという結果となった。よって、騒がしい場所での座観と比べ、海浜セラピーは、海浜環境で過ごすことで緊張がほぐれ、疲労を感じにくく、活気が出やすい環境であるとわかる。これらの結果は、森林での座観後に「活気」が有意に高くなり、「緊張-不安」「抑鬱-落ち込み」「怒り-敵意」「疲労」「混乱」が有意に低くなったという恒次ら³⁾の報告とよく一致している。

脳波では海浜環境ではα波が多く見られ、γ波が抑えられていたことからリラックス状態となり、精神活動が抑えられていたと考えられる。

また、今回測定は行っていないが、ストレス状態は免疫機能と関係があることがいわれており、ストレス状態の改善は免疫機能の回復という視点からも重要である。李卿は森林環境に身を置くことでNK活性が上昇し、免疫機能が改善されたとしており³⁾海浜でも今後研究を行っていききたい。

5. まとめ

海浜セラピーは(1)副交感神経活動を上昇(2)交感神経活動を低下(3)心拍数を低下(4)血圧を低下(5)唾液アミラーゼ活性を低下(6)POMSにおける「気分状態」を改善させることが分かった。また(7)脳波にて海浜環境ではα波が多く見られ、γ波が抑えられていたことからリラックス状態となり、精神活動が抑えられたことが傾向的にわかった。これらは海浜セラピーは生理的リラックス効果があることを示していると考えられる。

参考文献

- 1) 宮崎良文他:「日本における森林医学研究」, 日衛誌, Vol.69, 122-135, 2014
- 2) 恒次 祐子, 朴 範鎮・他:森林セラピーの心理的リラックス効果-全国 19 森林 228 名被験者の結果より-, 日衛誌 66:670-676, 2011
- 3) 李 卿, 川田 智之:森林セラピーによる「精神心理・神経系-内分泌系-免疫系」ネットワークへの影響. 日衛誌 66:645-650, 2011

小学校における安全教育プログラム「校内版ひなどり」の実践

○中井 宏、岡 真裕美、臼井 伸之介（大阪大学）

A Practical Report of Safety Education for Elementary School Students: *Hinadori* Programme

Hiroshi NAKAI, Mayumi OKA, & Shinnosuke USUI (Osaka University)

1. はじめに

文部科学省（2010）によれば、学校安全の活動は、安全教育と安全管理、この2つを円滑に進めるための組織活動という3つの主要な活動から構成されている。このうち安全教育は、児童生徒等が自らの行動や外部環境に存在する様々な危険を制御して、自ら安全に行動したり、他の人や社会の安全のために貢献したりできるようにすることを目標としている。これに従えば、安全教育では危険箇所や危険事象を知らしめるだけでなく、危険に対して自身がとるべき適切な対処法を理解しておく必要がある。また、危険をコントロールするための術を他者や社会に向かって発信することのできる人材養成が望まれている。そこで、1. 危険箇所を見つけるだけでなく、事故・負傷の予防に必要な具体的行動目標を自律的にもたせ、実行意図を形成させること、2. その具体的行動目標を、属する集団で共有させることを狙いとした安全教育プログラムを実施した。

学校安全の対象は、地震や津波、火山活動などに対する災害安全、登下校中の交通事故などに対する交通安全、そして犯罪被害を含む日常生活での事件・事故に対する生活安全の3領域がある。

我々の開発した教育プログラムは、いずれの領域にも展開可能であるが、本稿では生活安全に焦点を絞り、さらに児童が日中の長い時間を過ごす学校内での事故予防を目指した教育の経過を報告する。

なお、学校管理下の事故災害に対して災害共済給付を行う独立行政法人日本スポーツ振興センター（2013）の統計によれば、平成24年度に医療費が給付された小学生の負傷・疾病は413,551件である。うち校舎内は204,777件（体育館75,145件、教室66,830件、廊下23,796件など）であり、運動場などの校舎外は164,769件であった。負傷・疾病の軽重が異なる可能性もあるが、通学中の30,682件と比しても、学校内の安全教育を行う意義は大きいと考える。

2. 安全教育の進め方

安全教育は、大阪府内の公立小学校において、4年生児童（2クラス、計64名）を対象に実施した。この際、2クラスは同日同時間帯に同内容の教育を受けた。教育は、著者らが作成したワークシート（図1）を用い、担任教諭が表1の流れに沿って進めた。なお、当該学校では本教育にかかる時間は総合的な学習の時間として扱われた。

安全な学校作り

4年 組 番 ()

学校の中に、危険な場所はないか考えてみましょう。
ケガをした場所や、危険を感じた場所はありますか？

考えた場所でケガをしないためにはどうしたらいいか
考えてみましょう

安全な学校作り

4年 組 番 ()

先ほど自分で考えた学校の危険な場所に関する
ポスターや絵などを考えてみましょう

どんなデザインが良いかなあ

バツと見て分かる絵を使ったり
どうかしら

絵で伝われば、漢字をあまり書かない
で意味が伝わるね

案内情報や注意情報をよく知らせる記号を
ピクトグラム（ピクトグラム）といいます
トイレや禁煙日、禁煙を禁ずマークをよく目にしますね

文字を使ってもいいですが、
遠くから見やすく、一目で意味が
分かるようなデザインが望ましいですね

だとすると、あまり多くの色を使わない
ほうが良さそうですね

色かき色くらくらいを使ったマークが
多いですね

それでは、かなさん自身で絵や、漢字のデザインを考えてみましょう

4年 組 番 ()

図1：教育に用いたワークシート①（左）と②（右）

表1：校内版ひなどりの流れ

1	1時間目
日	・「最近保健室に行ったのは、どこで何をしていたときだったか」「校内で危険を感じたところはないか」「実際にケガをした場所や状況はないか」を振り返り、ワークシート①に書き込む。
目	・各自のワークシートをもとに班(4人1班)に分かれて話し合う(この時、校内のケガが多い場所、状況等を担任教諭から説明)。
	2時間目
	・1時間目の内容をもとに、「そういった危険をさけるために自分たちはどうしたらいいのか、どうしてはいけないのか」について具体的な目標を考え、ワークシート①に書き込む。
	・班で出てきた目標を皆に発表する。
	・ピクトグラムの説明を担任教諭が行った後、班で話し合った行動目標を周知するようなピクトグラムの案を考え、ワークシート②に作画する。
2	3、4時間目
日	・自分が作るピクトグラムを掲示する位置を想定し、大きさを決定する。
目	・図案をもとに、画用紙にマジックで絵を描く。
	・時間が余った児童は、他の作品を新たに作成したり、同じ作品を複数個描く。
3	5時間目
日	・各班1～2作品程度を、皆の前で披露する(クイズ形式でも良い)。
目	・ラミネート加工された自分の作品を自分で掲示する。

3. 安全教育から見たこと

学校内の負傷事例として、「廊下を走っていてぶつかった」、「うんていの上から飛び降りて転んだ」、「黒板下のチョーク入れで頭をぶつけた」、「机横に掛けている手さげ袋の紐に引っ掛かって転んだ」などが挙げられた。対象の4年生児童は自身の経験も踏まえ、運動場(遊具含む)、廊下、階段、教室、給食室、体育館、プール、玄関など多様な危険を認識する能力を備えていると思われる。

次に、事故・負傷予防のための具体的な行動目標については、「廊下を走らない」、「階段を右側通行する」、「運動場で、こまめに小石を拾っておく」、「ロッカーを整理整頓しておく」「下級生の危険な行為を見たら、注意する」など、「学校内5S活動」と呼べるような意見が出された。

これらをもとに、少なくとも1人に1つ以上、のべ105個のピクトグラム作品(図2に一例を示す)が作られ、児童自身の手で、校舎内の壁や階段の蹴上げ部分、教室のドア、校庭の遊具などに掲示された。

4. おわりに

本稿では、「ひなどり」と名付けた安全教育を報告した。命名の由来は、「標識(ひょうしき) 作って なくそう事故を 『どこで どうする?』 理解(りかい) して」の頭文字である。周囲の危険を認知する能力や、危険回避行動への内発的動機を高め、他者の安全にも寄与しうる教育であると同時に、人間工学の観点から言えば、

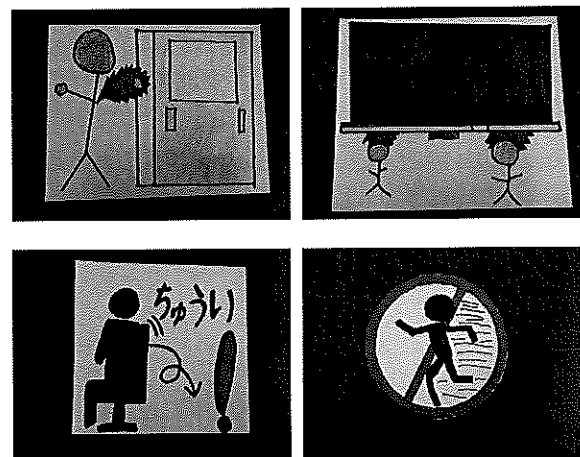


図2：児童が作成したピクトグラム(一例)

ピクトグラムの特性を理解させる内容にもなっている。今後は、教育効果を定量的に評価した上で、学校外の安全に対しての展開、さらには他校への普及を進める必要がある。

謝辞・付記

本研究実施に際し、多大なご理解・ご協力をいただいた小学校関係各位に心より感謝申し上げます。なお、本研究は学術研究助成基金助成金(挑戦的萌芽研究)「放任か制限か? 一親の養育態度と子どもの事故の関係—(24651189)」の一部として行われた。

参考文献

- 1) 文部科学省：学校安全参考資料「生きる力」をはぐくむ学校での安全教育, 2010
- 2) 独立行政法人日本スポーツ振興センター：学校の管理下の災害〔平成25年版〕, 2013

視線入力におけるFittsの法則とターゲットの表示方向・縦横比との関係

○福永大地, 村田厚生, 森若誠

岡山大学大学院自然科学研究科

Role of the movement direction and aspect ratio of target in Fitts' law modeling of eye-gaze input system

Daichi Fukunaga, Atsuo Murata, and Makoto Moriwaka

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

1. はじめに

現在, PC の入力方法としてマウス入力一般的な入力方法となっている。一方, 体の不自由な人や高齢者にとってマウス入力は使いづらいものとなっており, 視線による入力方法が注目されている。また, GUI 設計においてポインティング時間を予測する Fitts の法則についての研究が進んでいる[1]。視線入力における Fitts の法則によるポインティング時間の予測に関する研究は行われているが, ターゲットの縦横比や表示方向と Fitts の法則の困難度との関係については明らかにされていない。本研究ではターゲットの表示方向や縦横比が視線入力における Fitts の法則にどのように影響するかを分析した。

2. 方法

被験者は, 21~27歳の男性4名で, 裸眼, もしくは眼鏡, コンタクトレンズを装着し, パソコンを操作するのに支障がないことを確認して実験を行った。本実験では, 刺激提示用モニタとして17インチ液晶モニタ(1024×768pixel)と, 視線入力装置としてナックイメージテクノロジー社のEMR-AT VOXERを用いた。

被験者には, 画面中央に現れるスタートボタンに視線を0.1秒停留させた後, 周囲8方向に現れるターゲットに視線を0.3秒停留させることによるポインティング作業を行わせた。

本実験では, 5種類の形状(円, 縦横比1:1, 1:2, 1:3, 1:4の長方形)を用いた。

被験者には, ターゲットサイズ3水準(大: 100×100pixel, 中: 75×75pixel, 小: 50×50pixel), 移動距離2水準(210pixel290pixel)の6条件の実験を行わせた。1条件あたり5種類の形状のターゲットが各方向に5回表示される。また, 各条件の実験を2回行った。順序効果をなくすため, 実験の順序はランダムにした。

被験者には, 疲労を感じた時に休憩を取っても

らい, 少なくとも3条件の実験毎に休憩を設けた。評価指標は平均ポインティング時間とした。

3. 結果

本研究では, 視線入力におけるFittsの法則の2次元拡張モデルとして, 上續の研究[2]で当てはまりが良いとされる式(1)を用いた。

$$PT = a + b \cdot ID = a + b \cdot \log_2 \left(\frac{D}{S} + 1 \right) \quad (1)$$

PTはポインティング時間, a と b は定数, IDは困難度, D はターゲットまでの距離, S はターゲットの面積である。

ターゲットの縦横比別のFittsの法則への当てはまりを図2に, 表示方向別のFittsの法則への当てはまりを図3, 図4に示す。

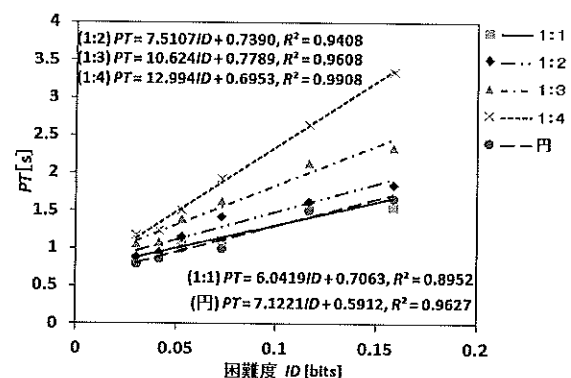


図2: 縦横比別のポインティング時間の式(1)への当てはめ

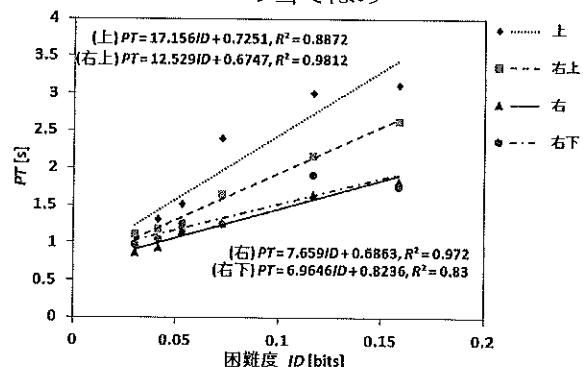


図3: 表示方向別のポインティング時間の式(1)への当てはめ(上, 右上, 右, 右下)

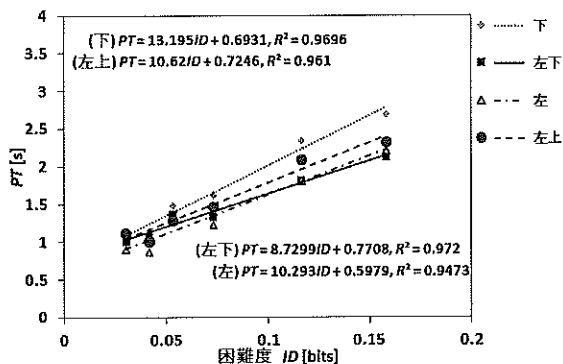


図4: 表示方向別のポインティング時間の式(1)への当てはめ(下, 左下, 左, 左上)

図2に示すようにターゲットの縦横比が大きくなるにつれて回帰式の傾き b が増加することが確認された。図3, 図4に示すように表示方向による回帰式の傾き b への影響が確認された。

4. 考察

図2~4に示したように, ターゲットの縦横比・表示方向が回帰式の傾き b に影響を与えることが確認されたことから, 式(1)における困難度 ID を算出する上で縦横比・表示方向を考慮しなければならないことが示唆される。そこで, 縦横比を考慮した補正係数 α と, 表示方向を考慮した補正係数 β を適用した困難度の定義式(2)を提案した。

$$ID = \log_2 \left(\alpha \beta \frac{D}{S} + 1 \right) \quad (2)$$

補正係数 α は各形状と正方形の回帰式の傾きとの比を基に, 補正係数 β は各表示方向と右方向の回帰式の傾きとの比を基にして, 式(3), (4)により決定した。

$$\alpha = \sqrt{W/H} \quad (3)$$

$$\beta = 0.5 \cos(2\theta) + 0.25 \cos(\theta) + 1.4 \quad (4)$$

ここで, H はターゲットの高さ, W はターゲットの横幅, θ は上方向を 0° として右回りを正とした時のターゲットが表示される角度を表す。

式(1)を用いた場合の全条件でのFittsの法則への当てはまりを図5に, 式(2)を用いた場合の全条件でのFittsの法則への当てはまりを図6に示す。補正係数を適用することで, 縦横比と表示方向による困難度への影響を考慮した結果, Fittsの法則のモデル式への寄与率が $R^2=0.456$ から $R^2=0.8286$ となり当てはまりが良くなった。

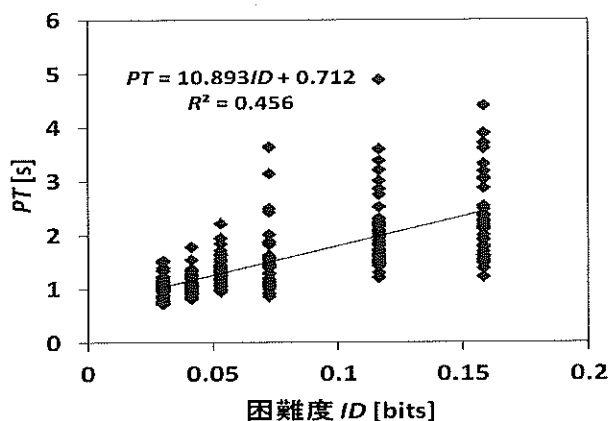


図5: 補正係数 α , β 適用前の式(1)への当てはめ

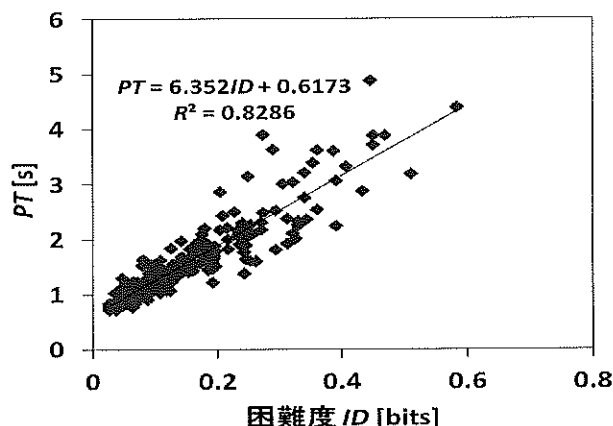


図6: 補正係数 α , β 適用後の式(1)への当てはめ

5. まとめ

ターゲットの縦横比と表示方向が視線入力におけるFittsの法則に影響を与えることを確認し, 困難度の算出に補正係数 α , β を適用することで, Fittsの法則のモデル式への当てはまりを改善することができた。

今後の課題は, さらに被験者を増やしより正確に縦横比・表示方向とFittsの法則との関係性を確認すること, 補正係数 α , β の重みを考慮しFittsの法則のモデル式への当てはまりをさらに改善することである。

参考文献

- 1) Sheikh IH, Hoffmann ER. : Effect of target shape on movement time in a Fitts task, Ergonomics. vol37, No9, 1533-1547, 1994
- 2) 上續楽: 視線入力システムを用いたポインティング作業におけるターゲット形状とターゲット提示方向の影響, 平成25年度岡山大学大学院自然科学研究科機械システム工学専攻(システム系)修士論文, 2014

蛍光ペンによるマーキングの有無が及ぼす学習効果に関する一考察

○西村浩樹(ARC EDU (株))

桑原教彰 (京都工芸繊維大学大学院)

1. 導入

近年、学習者（小学生・中学生・高校生・大学生）が使用する筆記具には、鉛筆、シャープペンシル、ボールペンなど多数の筆記具が存在する。その中でも、今日、文字を着色し目立たせることを目的として蛍光ペンが製造・販売され、小学生・中学生・高校生・大学生などの学生が様々な科目を学習をする際、学習効果を向上させるために幅広く使用されている。

蛍光ペンでのマーキングは、特に教科書や参考書など重要な語句を目立たせる目的で使われることが多く、一般的な学習ツールの1つとなっている。

学習者（小学生・中学生・高校生・大学生）が学習をする目的は様々であるが、日常的また定期的に行われる様々な科目のペーパーテストで高い得点を獲得し、自己の学力レベルを向上させ、志望する高校や大学の入学試験で高い得点を獲得し合格するということは、学習で目指す大きな目的の1つになっていると考えられる。

現在、学習者を対象に行われるテスト形式は、ペーパーテストで行われることが多く、テストの出題形式は、空所補充型・多肢選択型・記述式など様々である。

しかしながら、いかなる出題形式であっても正答を導き出すために必要な言葉やキーワードまたポイントを正確に認知することは必要不可欠であると考えられる。

従来、蛍光ペンによるマーキングの効果については、視覚的に好ましい蛍光色の研究や簡単な記憶力テストを行ったが研究されている[1]。また、文章問題による黙読の効果や算数文章問題の理解や記憶についての研究も行われている[2, 3]。しかしながら、本研究のように、様々な科目における具体的なマーキングの方法により、注意力や認知力、記憶力や計算力などにどのような影響を与え、学力向上にどのように寄与するのかということは、まだ明らかになっていない。

そこで、本研究では、蛍光ペンでキーワードやポイントにマーキングすることが、学習者にどのような学習効果を与えるのか、国語の物語文の読解、算数の計算において、実験し、検証を試みた。

2. 方法

2-1 被験者

被験者は、学習塾に通塾する小学4年生から高校3年生までの生徒で実施。実験Ⅰでは50名とし、実験Ⅱでは、30名とした。

2-2 実験Ⅰ（国語-マーキング）

実験Ⅰでは、国語の文章（文字数1744字）を黙読した後の記憶に関する実験を行った。被験者を蛍光ペンでマーキングをしながら黙読するグループとマーキングをせずに黙読するグループに分けた。黙読時間は、各グループ5分間とし、何度繰り返し読んでも良いこととした。マーキングをするグループのマーキング方法は、文字の上から塗りつぶす方法とし、登場人物・場所・時間をキーワードとしてマーキングを実施した。

また、各キーワード毎に、登場人物-オレンジ、場所-パープル、時間-グリーンと色分けをしながらマーキングを行った。

各グループは、黙読時間終了後、文章中に出てきた登場人物（7箇所）・場所（5箇所）・時間（4箇所）を回答させ、蛍光マーカーを使ったグループと使わなかったグループとにおいて、どのような差異があるか検証した。マーキングの実施状況は、図1に示す。

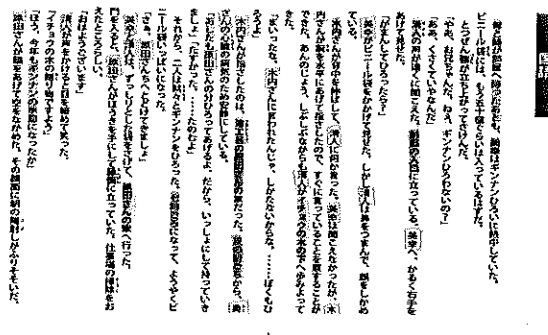


図1 マーキングの実施状況

2-3 実験Ⅱ（算数-マーキング）

実験Ⅱでは、算数の計算問題（四則混合）において、蛍光ペンでマーキングすることにより、正答率や所要時間に変化があるか実験を行った。優先して

計算しなければならない乗算・除算にマーキングをした計算問題とマーキングしていない問題を各 20 問解き、その際の正答率と所要時間を測定した。順序は、計算（マーキングなし）、5 分間休憩、その後計算（マーキングあり）とした。

3. 結果

3-1 実験Ⅰ（国語-マーキング）

結果は、図 2 に示す。各キーワードの記憶の値において蛍光ペンでキーワードにマーキングをしたグループの記憶の定着度が高い傾向が示された。キーワード①登場人物では、マーキングをした被験者グループに高い数値が示された。また、キーワード②場所、キーワード③でも、マーキングをしたグループに記憶の定着度が著しく高い数値が示された。

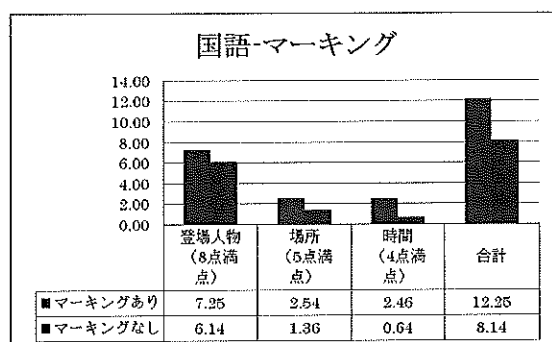


図 2 国語-マーキング

3-2 実験Ⅱ（算数-マーキング）

結果は、図 3、図 4 に示す。マーキングありにおいて、正答率は高くなる傾向（図 1）が見られ、また、所要時間においても短縮する傾向（図 2）が見られた。

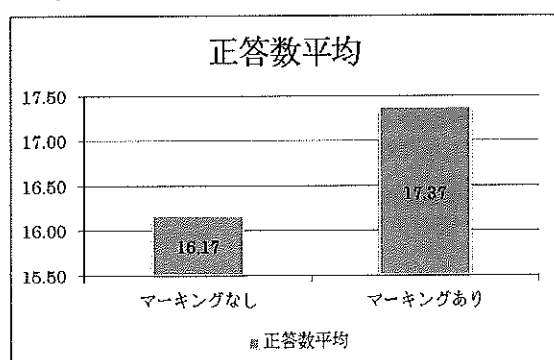


図 3 算数-マーキング（正答数・平均）

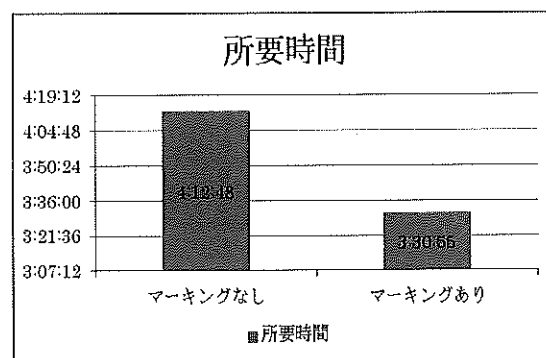


図 4 算数-マーキング（所要時間）

4. 考察及び結言

本研究では、学習者（小学生・中学生・高校生）に対して、蛍光ペンで問題中のキーワードやポイントにマーキングをすることで学習する際に必要な記憶力や注意力、認知力などに対して学習効果がみられるか、国語の物語文の読解、算数の計算問題を用いた実験、検証を行った。

結果は、蛍光ペンでマーキングを行うことで、国語の文章におけるキーワードの記憶量は多くなり、算数における計算の正答率が高く、所要時間は短縮するという明かな差異が見られた。

つまり、蛍光ペンでのマーキングは、学習者の学力向上に期待ができると考えられる。

学力向上は、全ての学習者にとっての目的であるが、マーキングをすることにより、記憶力や注意力、認知力、計算力など学習における様々な状況において、学習効果が見込まれると考えられることから、今後、蛍光ペンでのマーキングがどの程度学習効果をもたらすか。さらなる研究と検証を行う必要がある。

参考文献

- [1] 鈴木里佳, 木村真, 堀江良典（日本大学）, 大内啓子（（財）日本色彩研究所）：「蛍光色によるマーキングの効果」, 人間工学, 第 38 巻
- [2] 森敏昭：「文章記憶に及ぼす黙読と音読の効果」 JAP.J.of Educ.Psychol, VOL.XXVIII
- [3] 多鹿秀継, 石田淳一：「子どもにおける算数文章の理解・記憶」 Japanese Journal of Education Psychology, 1989, 37, 126-134

走行条件が幼児二人同乗用自転車の振動特性に及ぼす影響

○篠原大樹(岡山県立大学大学院)、大田慎一郎(岡山県立大学)、西山修二(岡山県立大学)

The effect of riding conditions on the vibration characteristics for the bicycle with two child seats

Taiki Shinohara(Okayama Prefectural University), Shinichiro Ota (Okayama Prefectural University), Shuji Nishiyama(Okayama Prefectural University)

1. 緒言

幼児二人同乗用自転車の設計は法律で定められている安全基準を満たす必要がある。この安全基準は幼児または運転者が暴露される振動に関しては設定されていない。しかしながら、歩道や路上には段差や突起が至る所にあり、段差の大きさや走行速度次第では幼児と運転者に大きな振動が加わることが考えられる。振動の強さによっては、ハンドルのブレや運転姿勢の変化、幼児の不快感の増大に起因する動作を誘発し、走行安全性・安定性の低下につながる。これらのことから、走行時の幼児二人同乗用自転車における幼児と運転者へ伝達される振動特性を考慮した幼児二人同乗用自転車の設計を行う必要があると考えられる。そこで本報では、路上に存在する様な高さの突起を幼児二人同乗用自転車が一般的な走行速度で乗り越えた時の幼児と運転者が暴露される加速度を計測し、振動特性を明らかにすることで、幼児二人同乗用自転車における幼児と運転者へ伝達される振動特性を考慮した幼児二人同乗用自転車の設計の必要性を述べる。

2. 実験環境

岡山県立大学の倫理審査規定にしたがって研究計画を立案し、倫理委員会の承認(受付番号226)に基づき実験を行った。被験者は成年男子4名であり、全ての被験者からインフォームドコンセントを得た上で実験に参加する。

図1は実験を行う際の自転車と幼児ダミー、振動計測装置、及び運転者を示している。加速度センサを前輪中心部、サドル下と後輪中心部、前後の幼児ダミーの頂点部、頭部、胴体部と前腕部の合計8点に設置し、サンプリング周波数1652Hzで計測する。本実験では、幼児二人同乗用自転車に幼児が乗っている状態を再現し、車体と運転者、幼児へ伝達される振動特性を検証するために、幼児と同等程度の質量を持つダミーを車体の前後にある幼児シートに設置する。図3は実験の概要図を示す。実験で用いた走行路は斜面部と平面部で構成されている。被験者は斜面の最高点から自

転車に乗り、斜面下端から5m先にある突起を乗り越す。また、被験者にはリラックスした状態で、ペダルをこがずに両足を平行の状態とし走行するように指示した。実験では一定速度を再現し、速度の違いが振動特性に与える影響を調べるため、高さ0.34mと0.54mの2種類の斜面を作製した。高さ0.34mと0.54mの2種類の斜面における突起乗り越し時の平均速度はそれぞれ約8.10km/h、約6.30km/hとする。路上には様々な段差や突起があり、すべての形状に対して自転車での突起乗り越し実験を行うことは難しい。そこで本研究では、形状が異なる3種類の突起を使用する。本実験では、3種類の突起と2種類の斜面を各5回走行し、各被験者は計30回の計測を行う。

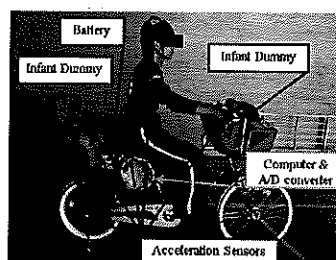


図1:計測装置



図2:幼児ダミー

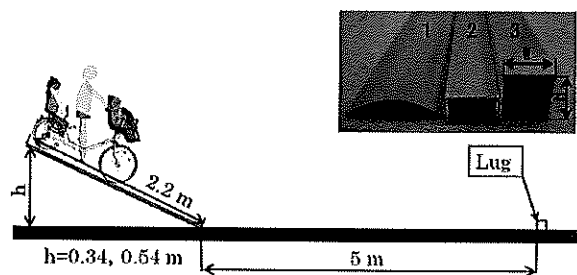


図3: 実験の概要図

突起 1; H13mm, W60mm 突起 2; H15mm, W30mm

突起 3; H30mm, W30mm

3. 実験結果及び考察

図4は、全ての被験者の各実験条件における頭部と前部ダミー及び後部ダミーの加速度の平均を示す。横軸は実験条件を示し、縦軸は加速度を示す。また、図中のerror barは標準偏差を示す。全条件において前部ダミーの最大加速度は頭部

の最大加速度よりも有意に大きく、後部ダミーの最大加速度は頭部の最大加速度よりも有意に大きな値を示した。その傾向は突起3を走行速度8.10km/hで乗り越えた条件において、最も顕著であった。前部ダミーの最大加速度は頭部の最大加速度の7.05倍であり、後部ダミーの最大加速度は頭部の最大加速度の2.75倍であった。また、前部ダミーの最大加速度の最大値は重力加速度の約7倍であり、幼児は非常に大きな振動に暴露されることがわかる。

図5は、全ての被験者の各実験条件における頭部と前部ダミー及び後部ダミーのパワースペクトルのピーク値における周波数の平均を示す。横軸は実験条件を示し、縦軸は周波数を示す。また、図中のerror barは標準偏差を示す。全条件において前部ダミーのピーク周波数は頭部のピーク周波数よりも有意に大きく、後部ダミーのピーク周波数は頭部のピーク周波数よりも有意に大きな値を示した。また、幼児ダミーは7Hz付近でピーク値を示し、頭部は4Hz付近でピーク値を示した。ISO2631によると、鉛直方向における人間の振動知覚の周波数依存性を表すとされる周波数補正係数 W_k の値は、4Hzで-0.28dBを示し、6.3Hzで0.53dBを示し、8Hzで0.42dBを示している⁽¹⁾。これらの結果から、人間は、運転者に暴露される振動よりも、幼児に暴露される振動の方が感じやすいことを意味する。すなわち、図4と図5及びISO2631の周波数補正係数 W_k の値から、実際の走行時において、幼児は振動を知覚しやすい周波数帯域の大きな振動に暴露されており、運転者よりも振動を強く知覚していると考えられる。

図6は、走行速度6.30km/h、突起3を実験条件とした時の幼児ダミーの加速度を示す。横軸は時間、縦軸は加速度を示す。前部ダミーの最小加速度は -9.94m/s^2 (0.605 s) であり、後部ダミーの最小加速度は -6.24m/s^2 (1.16 s) であった。前部ダミーの最小加速度の値は重力加速度に近い値であることから、前部ダミーは幼児座席から一時的に離れ、自由落下運動をしているものと考えられる。

実験結果より、幼児が幼児座席から一時的に離脱するほどの振動が幼児に伝達され、幼児は運転者よりも強く振動を知覚していることが明らかになった。これらのことから、特に幼児に伝達される振動を考慮した幼児二人同乗用自転車の設計が必要であるといえる。

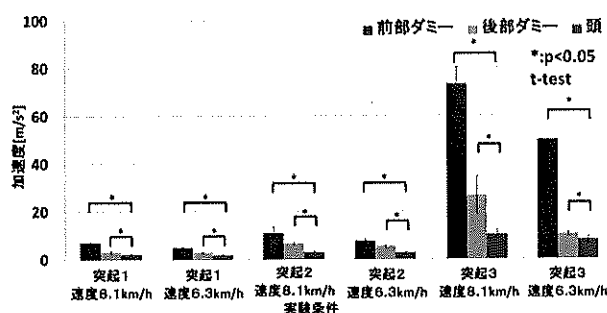


図4: 実験条件毎の頭部と幼児ダミーにおける最大加速度

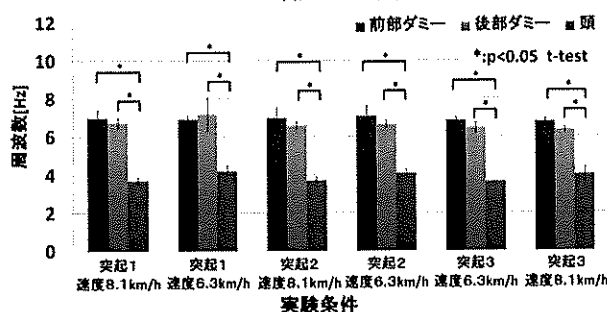


図5: 実験条件毎の頭部と幼児ダミーのパワースペクトルのピーク値における周波数

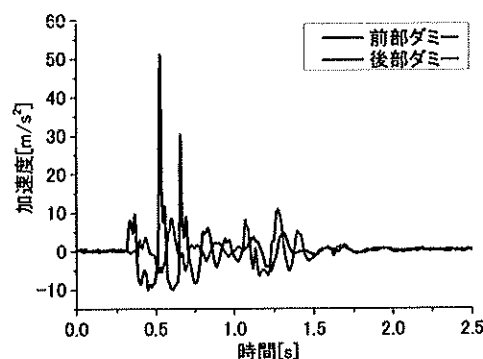


図6: 速度6.3km/h 突起3を実験条件とした時の加速度

4. 結言

幼児ダミーを幼児シートに配置した自転車での突起乗り越しによる振動計測実験を行った。実験結果より、幼児が幼児座席から一時的に離脱するほどの振動が幼児に伝達され、幼児は運転者よりも強く振動を知覚していることが明らかになった。したがって、幼児二人同乗用自転車の設計において、特に幼児に伝達される振動を考慮した幼児二人同乗用自転車の設計が必要である。

参考文献

- 1) ISO/DIS 2631-1: 「Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1」, 1993

タッチパネルにおける操作反応音の有効性の検証

○今井将太^{*†}、和氣早苗^{**†}、光本恵^{*†}、長田典子^{*†}

^{*}関西学院大学 理工学部、^{**}同志社女子大学 情報メディア学科

[†]関西学院大学 感性価値創造研究センター

Evaluation of Button Operation Sound on Touch Screen

Shota IMAI^{*}, Sanae H. WAKE^{**}, Megumi MITSUMOTO^{*}, Noriko NAGATA^{*}

^{*}School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

^{**}Dept. of Information and Media, Doshisha Women's College

[†]KGU Reserch Center for Kansei Value Creation

1. はじめに

機器操作のユーザインタフェースにタッチパネルを用いることが一般的に行われている。しかしながら、タッチパネルには操作の手応えが無いといった欠点がある。これまでに、タッチパネルに操作感を与える様々な試みがなされている。木村らは、ボタン押下時にメカスイッチ音を提示することで押下感を実現した¹⁾。また、渡辺らはその結果を受けて、単純な電子音でも効果があるか検証を行った²⁾。これらの研究では心理評価が実施されているが、定量的に音の効果を示せてはいない。今回我々は、タッチパネル操作における操作反応音の有効性を、定量評価と心理評価の2つの面から検証することとした。

2. 方法

概要： 操作反応音の効果を、5種類の発音条件間で比較評価した。定量評価と心理評価を実施した。

実験参加者： 40名(20代:男性19名、女性15名 30～40代:男性2名、女性4名)

実験環境： タブレットPC(DELL 社製 XPS11)と、本実験用に開発したソフトを用いた。ソフトは1～20の番号がつけられたボタンを表示する(図1)。

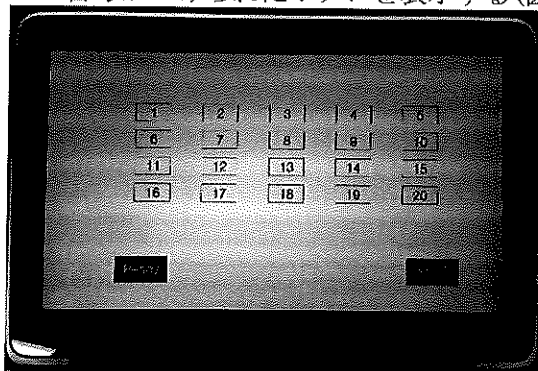


図1:実験ソフトの画面

ソフトは5種類で、それぞれ発音条件が異なる。ボタンに指が触れた時を「押下時」、ボタンから指が触れた時を「離上時」としたとき、発音条件

は、1)押下・離上時共に発音なし、2)押下時に発音、3)離上時に発音、4)押下・離上時で異なる音を発音、5)押下・離上で同音を発音、である(表1)。発音する音は、[音A]正弦波、2kHz、100ms、[音B]正弦波、3kHz、50msで[音B]の振幅は[音A]の20%とした。[音B]は 4)押下・離上時で異なる音を発音するときのみ用い、あとは全て[音A]を利用した。これらの音は、JIS S 0013に示されている操作反応音に準じて作成した³⁾。なお、ボタン押下時にボタンの色が変わるなどの視覚フィードバックは用いなかった。

表1:発音条件の種類

名称	発音条件	用いた音
1) 音なし	発音なし	なし
2) 離上	離上時	[音A]
3) 押下	押下時	[音A]
4) 押下・離上(異)	押下時と離上時(異音)	押下時[音A] 離上時[音B]
5) 押下・離上(同)	押下時と離上時(同音)	押下時[音A] 離上時[音A]

[音A]正弦波、2kHz、100ms

[音B]正弦波、3kHz、50ms、振幅は[音A]の20%

実験手続き： 実験参加者には、紙に印刷された番号表に従って、タブレット上のボタンを「できるだけ早くかつ確実に押す」というタスクを実施してもらった。番号表には1～20の数字が108個ランダムな順序で並べられている。

参加者にはこのタスクを、5種類全ての発音条件で実施してもらった。この際、提示する発音条件の順序は、参加者ごとにランダムにした。

〈定量評価〉 実験用ソフトは、タスク実行に要した時間と、押下および離上したボタンの番号を記録する。発音条件ごとに「タスク実行時間」と「誤入力数」の2項目について比較検討を行った。

〈心理評価〉 一つの発音条件を終えるごとに、実験参加者に、SD法による5段階評価を実施して

もらった。評価語として、操作に関わる形容詞対9つを、金森らの研究⁴⁾を参考に選定した。それらは、「安心を感じる-不安を感じる」「快適である-不快である」「好き-嫌い」「応答性の良い-応答性の悪い」「自然に感じる-不自然に感じる」「操作しやすい-操作しにくい」「長く続けられる-長く続けられない」「確実に感じる-不確実に感じる」「押下感がある-押下感がない」である。

3. 結果と考察

定量評価： タスク実行時間についての結果を図2に示す。実施すべき操作を大幅にとばすなどの、比較できないデータを除外した上で、各発音条件についてタスク実行時間の平均値を算出し、分散分析を行った。その結果、操作反応音が無い「音なし」と比べ、「押下」、「押下・離上(異)」、「押下・離上(同)」はタスク実行時間が有意に短いという結果であった。 $(F(4, 104)=7.25, p<.05)$

誤入力数についての結果を図3に示す。ここでの誤入力は、押し損じ(押下/離上共にボタン上で正しく押せたもの以外)と押し直し(同じ番号のボタンを連続して2度以上押したもの)のことを指す。各発音条件で、誤入力数の平均を算出し、分散分析を行った。その結果、操作反応音が無い「音なし」と比べ、「押下」、「押下・離上(異)」、「押下・離上(同)」は誤入力が有意に少ないという結果であった。 $(F(4, 156)=15.85, p<.05)$

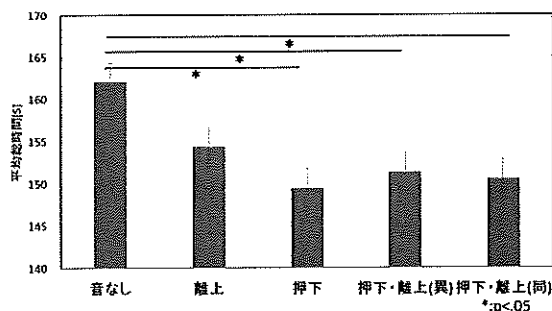


図2: 各発音条件におけるタスク平均総時間

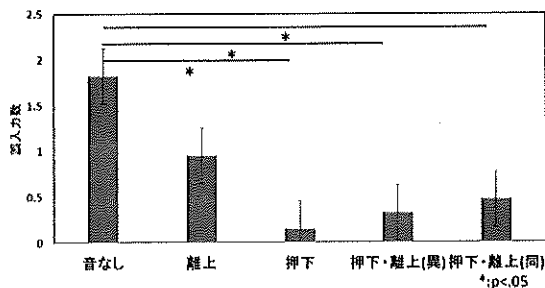


図3: 各発音条件における平均誤入力数
以上の結果から、タッチパネル上のボタン操作

において、押下時、押下・離上時に音を発音したとき、音が無いときに比べて、タスク実行時間および誤入力数が減少することが確認された。

心理評価： 心理評価についての結果を図4に示す。5つの発音条件の中で評価が最も高かったのは、「押下」の条件であった。反対に最も評価が低かったのは、「音なし」の条件であった。心理的な側面からも、操作反応音の効果が確認された。

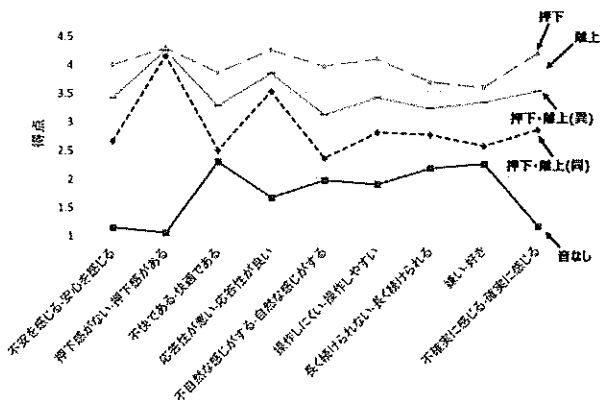


図4: SD法による心理評価結果

4. まとめ

タッチパネルにおける操作反応音の有効性を、定量評価と心理評価の2つの面から検証した。その結果、定量評価では「音なし」の条件よりも「押下時」および「押下・離上時」の条件で、タスク実行時間、誤入力数が減少することが確認された。心理評価でも、操作反応音の有効性が確認された。

今回、タッチパネル上のボタン操作において、操作反応音が有効となり得ることを示すことができた。しかし用いる音によっては効果が得られないことも、あるいはさらにより効果が得られることもあると考えられる。どのような音を用いればより効果があるのかについて、今後研究を行う。

参考文献

- 1) 木村朝子他:「効果音によるタッチセンサへの押下感提示の研究」,情報処理学会研究報告, Vol. 68, pp. 9-16, 2007
- 2) 渡辺北斗他:「タッチセンサ入力に操作感を付与する効果音についての諸考察」,全国大会講演論文集, Vol. 4, pp.161-162, 2009
- 3) 日本規格協会: JIS S 0013 高齢者・障害者配慮設計指針-消費生活製品の報知音, 2002
- 4) 金森直希他:「力触感インタフェースにおける操作感の主観評価」,日本機械学会論文集(C編), Vol.68, No.669, pp.123-131, 2002

機能性アンダーウェアの補助効果が歩行運動に与える影響の考察

○高橋啓太（広島大学） 小川和徳 門脇章人（ダイヤ工業株式会社）
島谷康司 長谷川正哉（県立広島大学） 辻敏夫 栗田雄一（広島大学）

Effect of a functional wear on muscle effort during walking

Keita Takahashi (Hiroshima University),

Kazunori Ogawa, Akito Kadowaki (Daiya Industrial Co., Ltd.),

Kouzi Shimatani, Masaya Hasegawa (Prefectural Hiroshima University),

Toshio Tuji, Yuichi Kurita (Hiroshima University)

1. はじめに

老化・疲労の影響により筋力が低下すると、怪我・事故が発生する可能性が高くなる。そこで筋力を補助する役割を果たすサポーターが必要となる。近年、サポートウェアが開発されており、さまざまな方法で補助効果の計測が行われている。従来研究では、トルクや筋電位を計測することによりサポートウェアの評価が行われているが、シミュレーションを用いた評価が行われているものは少ない。そこで本研究では、サポートパーツを組み込んだ筋骨格シミュレーションによる筋力推定を行うことで、歩行運動におけるサポートパーツの補助効果を定量的に計測し、適切な取付位置を評価するための手法を提案する。

2. 方法

2.1 サポートパーツのモデル化

本研究では、ダイヤ工業（株）が市販している機能性アンダーウェア DARWING における運動補助効果の検証を行う。DARWING の表層部には伸縮性素材（サポートパーツ）が使用されており、バネのように働くことで装着者の筋負担を軽減する効果があるとされる。しかし歩行運動においてどのようなサポート効果があるのか定量的に計測はされていない。そこでサポートパーツの性質をモデル化し、それを筋骨格モデルに取り付けたときに既存の筋肉の活動にどのような影響が出るのかを調べる。

図 1 に、股関節の屈曲時に DARWING のサポートパーツによって主に影響を受けると考えられる 4 つの筋を示す。また図 2 は、荷重に対するサポートパーツの伸長量の関係を示したものであり、非線形な性質を持っていることが分かる。本稿ではサポートパーツの特性を無負荷時のサポートパーツの長さを自然長とした複数の線形バネモデルでモデル化した。

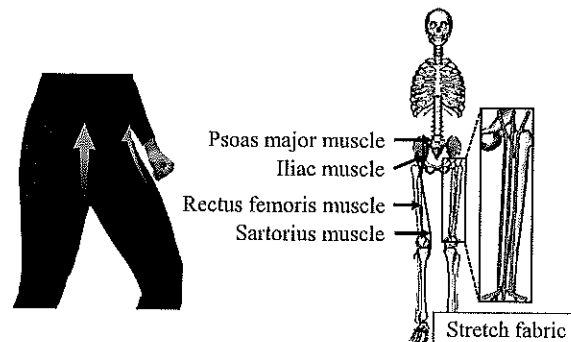


図 1: DARWING と筋骨格モデル

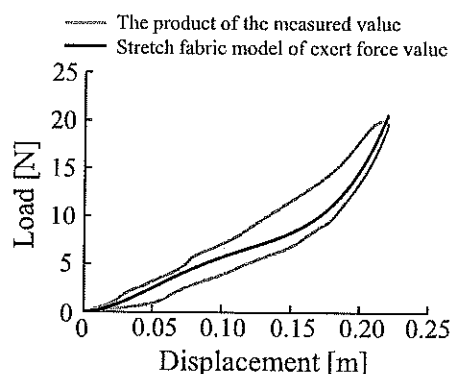


図 2: サポートパーツの特性

2.2 体幹+下肢筋骨格モデル

サポートパーツによって補助される主な筋肉は、図 1 に示したように、縫工筋、大腿直筋、腸骨筋、大腰筋である。サポート効果のシミュレーションを行うために、これらの筋肉を含む筋骨格モデルを構築した。また体幹の筋肉については歩行運動に着目して筋骨格モデルに装着させた。筋骨格パラメータは [1] を参考に決定した。筋骨格モデルの身長・体重は被験者から測定した値を用いた。

2.3 シミュレーション条件

オープンソースソフトウェアプラットフォーム OpenSim [2] を用いて、筋骨格モデル構築、動力学シミュレーション、ならびに筋力推定を行った。なお筋力推定の詳細は [3] を参照されたい。対象とする動作は、歩行動作とした。被験者 1 名に対

してフォースプレートの前後に3歩分の距離を開け、フォースプレートの上を通り過ぎる作業を行ってもらい、そのときの関節角度をモーションキャプチャシステムにより測定し、OpenSimに入力した。

また、図3に示すようにサポートパーツの取付位置の上端を変化させ、補助効果への影響を検証した。

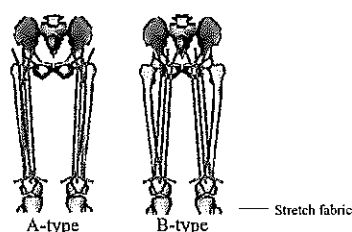


図3: サポートパーツ取付位置の変化

3. 結果

A-type と B-type のそれぞれの筋力推定結果(縫工筋, 大腿直筋, 腸骨筋, 大腰筋)を図4, 図5に示す。結果から、サポートパーツの取り付け方によって、筋力に及ぼす影響が異なることが確認できる。A-type では、すべての筋において、筋力の補助効果が確認できるが、B-type では、むしろ歩行により大きな負荷がかかっている。区間中の筋使用率の平均値を算出した結果を図6に示す。この図から、A-type の取り付け方では歩行時の筋負担を減らせるが、B-type ではむしろ筋負担が増えていることがわかる。

4. 考察

原因として、サポートパーツの取付位置の変化によって使用する筋肉の種類が変化したことや、姿勢を保つために通常状態よりも筋力を使用している可能性が考えられる。このことから、本手法により、適切なサポートパーツ取り付け位置を提案できる可能性が示された。

5. まとめ

本稿では、歩行運動におけるサポートパーツの補助効果を筋骨格シミュレーションによって検証し、シミュレーションの結果、サポートパーツの取付位置によって補助効果が変わることを確認した。今後は、最適なサポートパーツの取付位置の検証を行っていききたい。

参考文献

1) Darryl G. Thelen Adjustment of Muscle Mechanics Model Parameters to Simulate Dynamic Con-

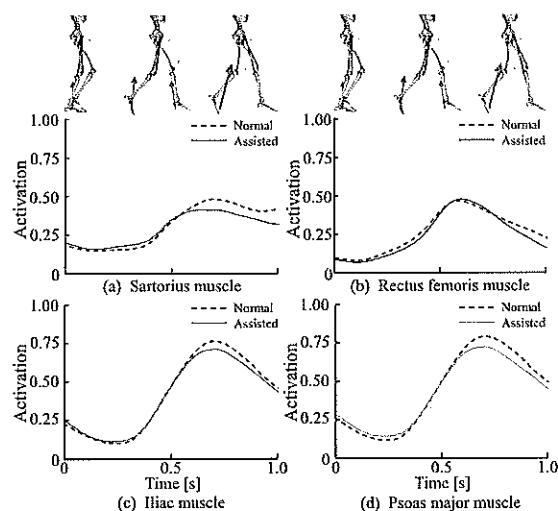


図4: A-type モデルの筋力推定結果

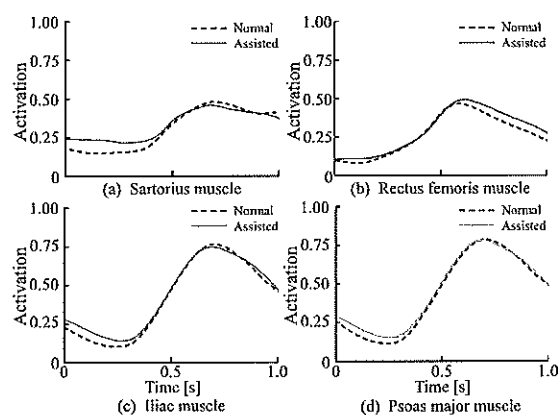


図5: B-type モデルの筋力推定結果

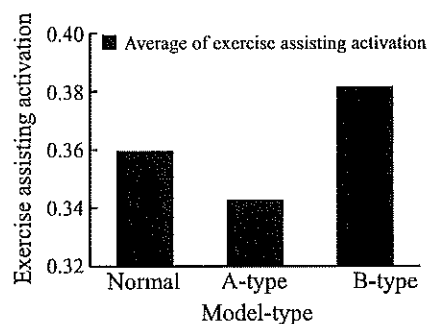


図6: それぞれのモデルの運動補助効果

tractions in Older Adults Journal of Biomechanical Engineering vol.125(1), 70-77 2/6, 2003.

- 2) Delp, S. L., Anderson, F. C., Arnold, A. S., Loan, P., Habib, A., John, C. T., Guendelman, E., and Thelen, D.G.: Open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.54-11, 1940/1950, 2007.
- 3) 佐藤純平, 竹村和紘, 山田直樹, 岸篤秀, 西川一男, 農沢隆秀, 辻敏夫, 栗田雄一: 筋力推定に基づくステアリング操作時の力知覚モデル, 日本機械学会論文集C編, Vol. 79, No.808 4917/4925, 2013.

作業者にあった操作性の良い手袋の開発

－作業用手袋の違いによる上肢負荷の測定－

○後藤利孝、西本淳一、平雄一郎（アトム㈱）、石原恵子、石原茂和（広島国際大学）

Development of the good gloves of usability for workers.

-Measurement of load of upper limb to the difference of work gloves. -

Toshitaka Goto, Junichi Nishimoto, Yuichiro Taira (ATOM Co., LTD),
Keiko Ishihara, Shigekazu Ishihara (Hiroshima International University)

1. はじめに

多くの作業現場で作業者が安全のために手袋を装着して作業をするようになってきたが、使用される手袋は、ほとんどの場合が安価な軍手である。しかし、軍手を装着した手運び作業では、必要以上の力が作業者の筋肉に負荷すると考えられる。

また最近では、女性にも働きやすい職場をアピールし雇用の拡大、女性の活用を狙う働きが行われつつある。しかし、力作業が多い職場であるため、男性のイメージが強いのが現状である。

そこで本研究では、主に運送業の運搬作業に着目し、段ボール箱の手運び作業において、軍手とゴム張手袋による作業性の違いと筋肉に与える負荷について測定し、作業用品を換えるだけで、「小さな力で荷物を運ぶことが出来る」、「疲れにくい」といった、作業者の筋肉に与える負荷の軽減に効果があるか検証した。

2. 実験方法

2.1 上肢の筋電測定

男性7名(平均 170.0 ± 5.5 cm、 62.1 ± 5.4 kg)、女性8名(平均 162.1 ± 1.5 cm、 51.4 ± 4.1 kg)を対象とし、重さ6kgのダンボール $400 \times 470 \times 340$ (mm)を塩ビ付き軍手とゴム張手袋(図1)をそれぞれ装着し、持ち上げ：2秒→維持：10秒→静置：2秒の計14秒で筋肉への負荷の差を筋電により測定を行った。

筋電測定箇所には上腕二頭筋と尺側手根屈筋、深指屈筋を選定した(図2)。選定理由としては、上腕二頭筋は腕を持ち上げる筋肉、尺側手根屈筋は腕を内側に引き寄せる筋肉、深指屈筋は物を持つ際に指を押し付ける際に使われる筋肉であるため。測定値として求めたものは、最大振幅と作業時間の積分値、標準偏差の3種類。

2.2 手で箱を押し付ける力の測定

被験者は2.1と同じく男性7名女性8名を対象とした。ダンボール $400 \times 470 \times 340$ (mm)内に木枠を取付け、木枠の中心にフォースゲージのセンサー



図1：測定用手袋

左：塩ビ付き軍手 右：ゴム張手袋

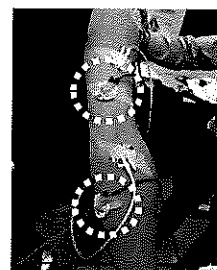


図2：筋電測定箇所

上部：上腕二頭筋

下部：尺側手根屈筋と深指屈筋

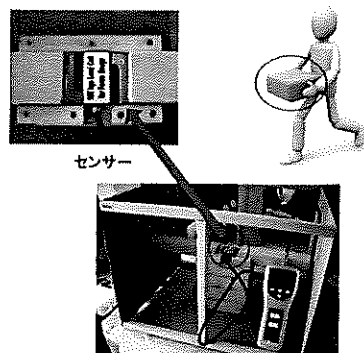


図3：木枠とセンサー

を取付けたものを用意した(図3)。重さ6kgのダンボールを塩ビ付き軍手、ゴム張手袋を順不同にそれぞれ装着し、ダンボールの側面を押し付けるように持ち、持ち上げ：2秒→維持：10秒→静置：2秒の計14秒、手で押し付けた力の最大値を求めた。

この作業を5回繰り返し、平均値を求めた。

3. 実験結果

3.1 上肢の筋電測定

塩ビ付き軍手とゴム張手袋を装着した際の筋

電を測定した結果、上腕二頭筋では、最大振幅が28%減、作業時間の積分値が25%減。尺側手根屈筋では、最大振幅が27%減、作業時間の積分値が28%減。深指屈筋では、最大振幅が19%減、作業時間の積分値が29%減となった(図4)。

	塩ビ付き軍手		ゴム張手袋	
	P-P(mv)	abs(x) (mv/500(sec))	P-P(mv)	abs(x) (mv/500(sec))
CH① 上腕二頭筋	2.71	3.26	1.96(72%)	2.46(75%)
CH② 尺側手根屈筋	1.30	1.31	0.96(73%)	0.95(72%)
CH③ 深指屈筋	2.15	2.07	1.74(81%)	1.47(71%)

図4：筋電測定の結果

箱を持ち上げてから下ろすまでの14秒間の筋電積分値を、固定効果に手袋の種類、変量効果に被験者を設定した変量効果モデルで検定した結果(図5)、3つの筋すべてで手袋の効果による有意差が認められ、いずれもタフレッドの方が小さい結果となった(上腕二頭筋 $df=1$, $F=29.6762$, $p<0.0001$ 、尺側手根屈筋 $df=1$, $F=29.4308$, $p<0.0001$ 、深指屈筋 $df=1$, $F=21.2945$, $p=0.0004$)。

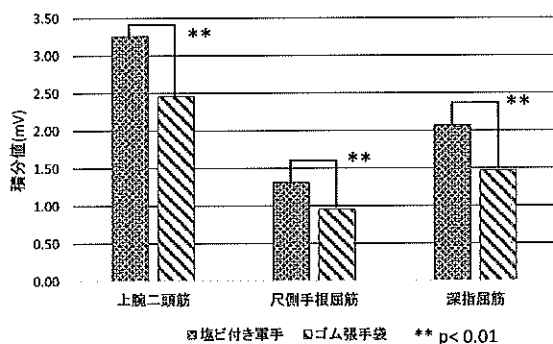


図5：持ち上げて下ろすまでの筋電積分値(mv)

箱を持ち上げて維持している10秒間の筋電標準偏差を同様に分析した結果(図6)、いずれもタフレッドの方が小さい結果となった。(上腕二頭筋 $df=1$, $F=22.4746$, $p=0.0003$ 、尺側手根屈筋 $df=1$, $F=28.7043$, $p=0.0001$ 、深指屈筋 $df=1$, $F=12.9091$, $p=0.0029$)。

3.2手で箱を押し付ける力の測定

塩ビ付き軍手とゴム張手袋それぞれを装着しダンボールの箱を持ち上げた際の、側面を押し付ける力の平均値を示す(図7)。箱を押し付ける力の最大値を同様に分析した結果、固定効果(通常の一元配置分散分析の主効果に相当)に有意な差が認められ、タフレッドの方が小さい力で

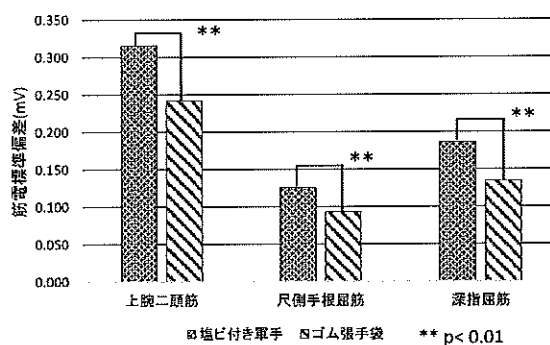


図6：持っている10秒間の筋電標準偏差(mv)

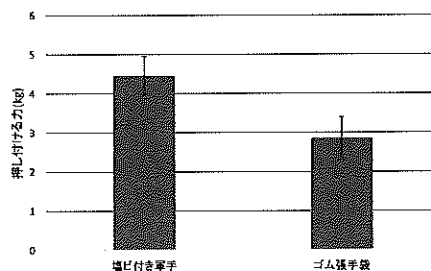


図7：箱を押し付ける力

あったことが示された($df=1$, $F=423.5394$, $p<0.0001$)。

3.1、3.2の結果から、ゴム張手袋の方が塩ビ付き軍手よりも小さな筋活動で持ち運びでき、そのための上肢の負荷も小さいことが示された。

4. 考察

作業現場での手袋をゴム張手袋に置き換えるだけで、筋肉への負荷が小さくなる、筋肉疲労も軽減されるというのは、ゴム張手袋の滑り止めの摩擦力が高ければ高いほど、効果が見られるのではないかと考えられる。

このように「小さな力で持ち上げることが出来る」、「筋肉への疲労が少ない」と言った効果が見られることから、力作業が求められる業種でも作業に応じた作業用手袋を使用することで、女性が活躍する場が増えるのではないだろうか。

5. まとめ

本研究では、筋電、フォースゲージを用いて、上肢への負荷を計測することにより、ゴム張手袋を使用することで、塩ビ付き軍手よりも筋肉疲労が小さいことが確認された。このことからゴム張り手袋により、作業効率が格段に上がることが期待される。今後は、運送業だけでなく、建築業や林業、農業といった、多くの業種における作業を想定した検証を行う予定である。

換気量および充填率がシューズ内温熱環境に与える影響

○村田雅明（岡山県立大学大学院）、島崎康弘（岡山県立大学）、野津滋（岡山県立大学）

Influence of Ventilation Rate and Occupancy on Thermal Environment in Shoes

Masaaki Murata(Graduate school of Okayama Prefectural University), Yasuhiro Shimazaki(Okayama Prefectural University), Shigeru Nozu(Okayama Prefectural University)

1. はじめに

シューズは、閉塞性が高く、足部はほぼ密閉状態になる。そのため、暑熱環境下や運動時には、シューズ内が高温多湿になり、衛生上、健康上に様々な障害の原因になるとされている。そこで本研究では、シューズ内温熱環境改善に効果があるとされる換気量について、種々の充填率で被験者実験を行いシューズ内温熱環境への影響を評価した。

2. 実験

本実験で使用するシューズは、市販のランニングシューズである。シューズの内側靴長は、0.26, 0.27, 0.28 mの3種類であり、事前に各シューズ内体積 V_1 [m³]と被験者の足部体積 V_2 [m³]を計測し、以下の式(1)からシューズ内充填率 R [N.D.]を算出した。

$$R = \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

(1) トレーサガス法による換気量測定

換気性能を評価する手法のひとつであるトレーサガス法を用いて、上述の3足のシューズを着用し、歩行した際に充填率が換気量に与える影響を測定した。本実験では、トレーサガスとして二酸化炭素を用いて、シューズ内への吸気、シューズからの排気、および周囲環境のそれぞれの二酸化炭素濃度を計測することで換気量を求めた。なお、この際に吸気および排気は同じ流速になっており、以下の(2)式より換気率 V [m³/min]を得る。

$$V = Q \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{out} - C_{env}} \quad (2)$$

ここで、 Q は流量[m³/min]、 C は二酸化炭素濃度[ppm]であり、添え字 in は吸気、out は排気、env は周囲環境を表す。実験は各人 17 分間行い、実験開始後 12 分歩行し、歩行終了後 5 分間は座位安静とした。実験は3足のシューズを用いて、時速 6.0 km/h での歩行と、同一シューズを用い

て時速 0, 3.0, 6.0, 9.0 km/h で歩行した。被験者は成人男性 5 名(Year 24.8 ± 4.7)、実験室を気温 25 °C、湿度 50%に設定した。

(2) 歩行時の温熱環境

換気量が足部皮膚温度に与える影響をみるため、健康な男子大学生、大学院生6名(Year 21.2 ± 1.1)に歩行速度0, 3.0, 6.0, 9.0 km/h にてトレッドミル上で歩行実験を行った。

足部皮膚温度は、つま先、拇指、土踏まず、踵、甲、内果、外果の7箇所を、体内温度としては舌下温をそれぞれ熱電対にて1分間隔で測定した。データの記録にはデータロガー(HIOKI LR8402)を使用した。代謝量を算出するため、呼気代謝モニタシステム(S&ME VO2000)にて酸素摂取量および二酸化炭素排出量を測定した。

実験時間は各人50分間とし、各サイズのシューズを着用し、実験開始から10分間立位安静状態、実験開始10分から30分間は前述のとりの速度(3.0, 6.0, 9.0 km/h)で歩行した。また、基準として30分間立位状態(0.0 km/h)も行った。歩行後10分間は再び立位安静状態を保つものとした。

3. 結果

(1) トレーサガス法による換気量測定

図1は、各充填率において歩行速度 6.0 km/h での換気量測定結果を示したものである。換気量と充填率には、ある程度の相関関係があることが分かった。足部は体重を負荷した状態と負荷しない状態では、その形状、体積は著しく異なり、シューズと足部間の形状や容積に微妙な差が生じて自然に靴内外の空気の入れ替えを招き、シューズ内換気が行われる。そのため、充填率が低いとシューズ内で足部の接地面などが変形しやすく換気量が増加したと考えられる。

図2は、同一の充填率で歩行速度 0, 3.0, 6.0, 9.0 km/h にて歩行した際の換気量の平均値を示したものである。立位時(0 km/h)に比べ、3.0 km/h では4.1倍、6.0 km/h で7.1倍、9.0 km/h で7.0倍増加した。これも充填率と同様に速度の増加により、足部の変形が大きくなったため換気量が増加したと考えられる。

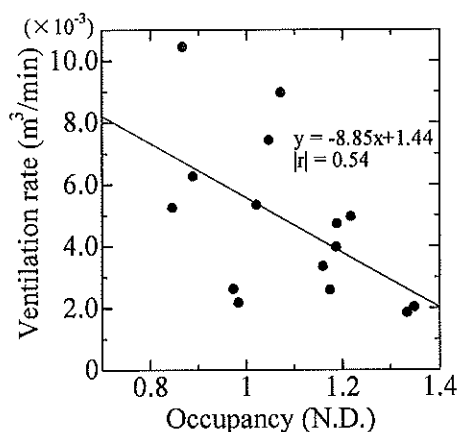


図1 充填率ごとの換気量

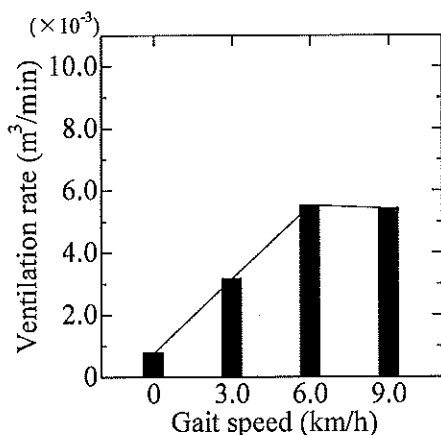


図2 歩行速度ごとの平均換気量

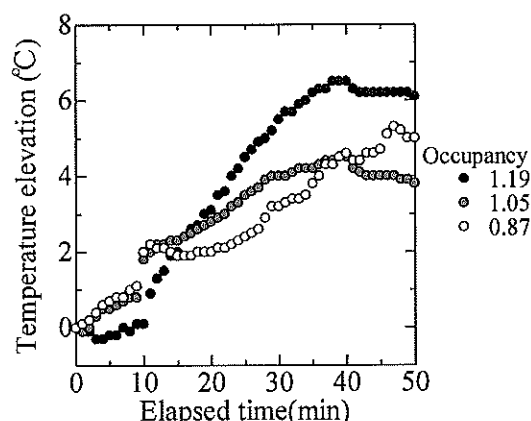


図3 充填率ごとのつま先皮膚温経時変化

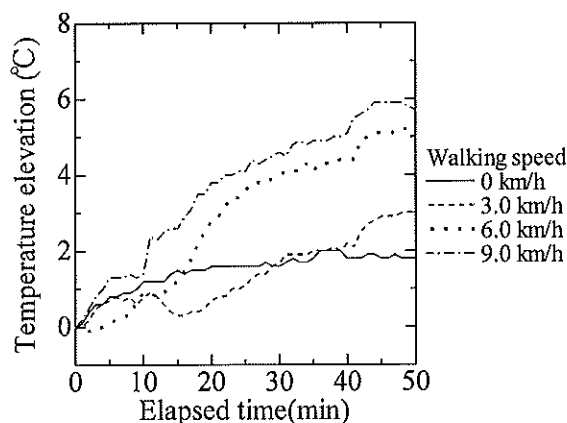


図4 歩行速度ごとのつま先皮膚温経時変化

(2) 歩行時の温熱環境

図3は、歩行速度6.0 km/hにて歩行した際の50分間のつま先部の皮膚温度の経時変化の一例を示したものである。計測箇所でつま先部は、歩行時の換気量の影響を顕著に受ける箇所であり、実験開始10分の皮膚温度から40分の30分間において、充填率1.19で6.4℃、1.05で2.7℃、0.87で2.1℃温度上昇した。充填率が高くなると温度上昇幅も大きくなった。これは、充填率が高くなることで換気量が減少し、放熱量が減少したと考えられる。その他の歩行速度においても、同様の傾向が見られた。また、この被験者の代謝量平均値は立位時53.0 W/m²、歩行時206.5 W/m²となった。

図4は、歩行速度0、3.0、6.0、9.0 km/hにて歩行した際の実験50分間のつま先部の皮膚温度の経時変化の一例を示したものである。歩行開始初期に歩行速度3.0 km/hにおいて、0 km/hより代謝量などが増加しながらも温度上昇幅が小さかった。これは、換気量が増加したことで、歩行開始初期に立位より温度上昇が低かったと考えられる。その他の被験者においても、同様の傾向が見られた。

この被験者の充填率は1.15、代謝量平均値は、立位時61.3 W/m²、歩行時3.0 km/hでは100.9 W/m²、6.0 km/hでは241.0 W/m²、9.0 km/hでは342.0 W/m²であった。

4. まとめ

本研究では、換気量と充填率がシューズ内温熱環境に与える影響を把握するため、実験を行った。その結果、充填率が低くなることでシューズ内に隙間ができ、足部が変形しやすく、換気量が増加した。換気量が増加すると皮膚温度上昇が小さくなった。これより、シューズ内充填率が低い方が換気量が増加し、シューズ内温熱環境改善に効果があることが示唆された。

5. 参考文献

- 1) 石塚忠雄:「スポーツシューズの医学」, (1996), pp.80-83, 金原出版社
- 2) SATSUMOTO, Y. "Evaluation of overall and local ventilation in diapers", Textile Research Journal, Vol.80, No.17, pp.1856-1871, 2010

着物と帯合わせの自動化の研究

—和装についての意識調査—

○小溝久美子（京都工芸繊維大学大学院）

桑原教彰（京都工芸繊維大学大学院），森本一成（京都工芸繊維大学大学院）

A Study on Recommendation System of Fitting Kimono and Obi

-Survey on Attitude toward Japanese Kimono Style-

Kumiko Komizo (Kyoto Institute of Technology)

Noriaki Kuwahara (Kyoto Institute of Technology),

Kazunari Morimoto (Kyoto Institute of Technology)

1. 序言

着物に関する統計をみると着物産業は衰退の一途をたどっているといえよう。例えば、全国の衣服購入費に占める和服費の推移をみると、着物産業最盛期と言われる1975年の指数を100に対して、2011年には着物・帯ともに20まで落ち込んでいる。また着物と帯の購入頻度をみても1975年には着物を3年に1枚、帯を5年に1枚購入していたが2011年に年には着物は40年に1枚、帯は56年に1枚しか購入しなくなった[1]。このことから人々の着物離れは着物産業だけでなく日本の伝統文化の存続にとっても深刻な問題と考える。その原因として、着付けの困難さや、機能性、経済性、社会性があげられる。しかし、それだけではなく、着物には厳しいルールがあることは見逃せない。例えば、着物や帯には「格」があり季節や場所にも合わせなければならない。また着物と帯の「色」のみならず「素材」・「風合い」・「柄」を合わせる必要がある。またこういった複雑なルールが着物離れの主要な原因ではないかと考えた。それらのルールに従った上で「その人に似合う」着物と帯を選ぶという難しさもある。さらに、多くの人が着物を着ることがなくなった現在では着物と帯合わせを相談する相手を探すことも困難となっている。こういったことが、着物離れの原因であるとの仮説を立てた。そこで図1のような着物と帯合わせの自動化システムを開発する事を検討している。このシステムでは、まず消費者が着物を着る季節や場所などの条件、着物や帯の好みを入力すると同時に、消費者の顔画像も入力する。入力されたデータを元に、消費者の好みに合いかつ着物と帯合わせのルールに従った、さらには消費者に似合う着物と帯を推薦する。本研究では、現在の人々の和装に関する実態を把握し、意識調査することによって、着物離れの要因に関する我々の仮説を検証することを目的とした。

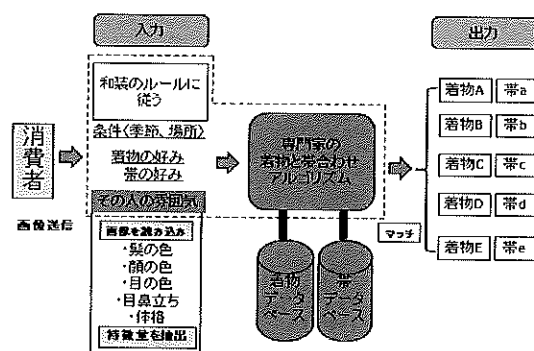


図1 着物と帯合わせの自動化

2. 方法

アンケートによる着物の意識調査を行った。調査協力者は、日本人女性(52人平均年齢41.2歳(SD:19.8))で学生や主婦などである。結果は10代から20代の平均年齢22.0歳(SD:2.9)の若者20人のグループと、30代から80代の平均年齢53.2歳(SD:15.6)の32人の中高年のグループに分け比較検討した。アンケートでは①着物は好きか②着物をもっと着たいか③浴衣や着物の所有枚数④年間の着物着用回数⑤着付けが出来るか⑥着物を畳めるか⑦着物を着ない理由、など和装に関する基本的な質問をした。次に着物に対する知識を問うために、着物や帯の⑧「種類」や「格」が分かるか⑨「柄」や「素材」を見て着られる季節が分かるかなどを5段階評価で質問した。さらに着物と帯合わせの自動化のために⑩着物と帯を合わせる際の相談相手⑪着物と帯合わせに自信があるか⑫自分に似合う色が分かるか、の感性に関する質問も含んだ。また人々は着物と帯を合わせる際に何を優先的に考慮して選んでいくか5項目の順位の回答を求めた(表1)。最後に、着物と帯を合わせる際の「こだわり」と、人の着物と帯の合わせ方を見て「変だな」「無粋だな」と思う否定的な意見を記述式で回答を求めた。

表1 着物と帯合わせに際し考慮する項目

	質問項目
1)	着物と帯の「色」を合わせる
2)	着物と色の「格」を揃える
3)	着物と帯の「柄」を揃える
4)	着物に似合う着物と帯の「色」を考慮する
5)	着物に似合う着物と帯の「柄」を考慮する

3. 結果

①着物が好きか、との間に若者の90%, 中・高年94%が「はい」と答えた。④年に何回着物を着るか、との間には若者が2.2回, 中・高年が23.0回であった。その中には仕事で着物を着る人が含まれており, それを除くと6.1回であった。②着物をもっと着たいか、との間には, 若者, 中・高年共に75%が「はい」と答えた。次に⑦着物を着ない理由では, 若者・中・高年ともに「着付けが出来ない」「着ていく場所がない」との回答が多かった。

「着物と帯合わせがわからない」との回答は若者, 中・高年ともに10%以下となった(図2)。

次に⑩着物と帯を合わせる際の相談相手には, 若者は「母親」, 中・高年は「呉服店店員」との意見が多かった。さらに中・高年者は自分で着物と帯合わせをすることが多い事が示唆された。⑪着物と帯合わせに自信があるかとの間には, 中・高年の22%が「正確にわかる」と答えたが, 若者で自信が「ある」と答えた割合は0%であった(図3)。

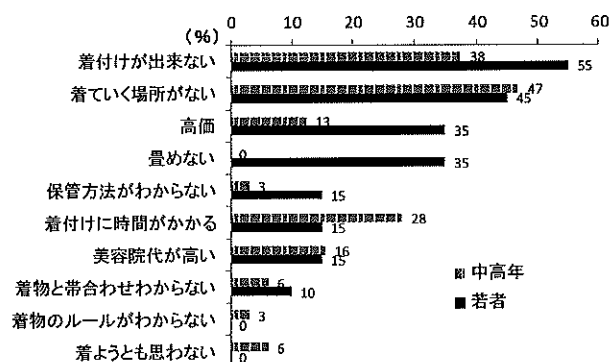


図2 着物を着ない理由

着物と帯を合わせる際に何を優先的に考慮し選んでいくかの順位は, 若者, 中・高年ともに4) 自分に似合う着物と帯の「色」を考慮すると答えた。中・高年は同じ割合で2) 着物と帯の「格」を合わせると答えた。若者は次に着物と帯の「色」を合わせると答えたが, 着物と帯の「格」についてあまり重要視はしないとの結果であった(表2)。

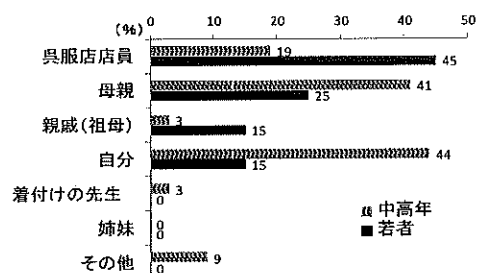


図3 着物と帯合わせを相談する相手

表2 着物と帯選びの際の優先順位(1位~3位)

項目	若者	中・高年
自分に似合う着物と帯の「色」を考慮する	1位 (60%)	1位 (31%)
着物と帯の「色」を合わせる	2位 (30%)	3位 (22%)
自分に似合う着物と帯の「柄」を考慮する	3位 (10%)	
着物と帯の「格」を合わせる		1位 (31%)

4. 結言

年間に着物を着る回数を見ても着物離れは深刻であることは間違いない。しかし, それでも人々は着物が好きで, もっと着たいと考えている事がわかった。我々が着物離れの原因の理由と考えた「着物と帯合わせがわからない」「着物のルールがわからない」を挙げた数は少なかった。これは帯合わせを着付けの先生や呉服店に任せきりで, 消費者の意識の上にのぼっていないとも解釈できる。また多くの若者が着物と帯合わせに自信がないと答えていることから, 自分で着物や帯を選んだ場合, 和装のルールに沿っておらず場に相応しくない組み合わせをしてしまう恐れがある。もし帯合わせのアルゴリズムがあれば自分で着物と帯を選べる事から, 自動化は重要と考える。今後これらの結果から着物と帯合わせの自動化に向けて, 着物の専門家の思考過程を, プロトコル分析などから解析する計画である。回答者の多くは着物と帯選びの相談相手として「呉服店店員」と答えていることから, 今後「呉服店店員」を対象とした調査を実施する予定である。このシステムにより, 和装のルールに沿い, 消費者の好みに合い, さらに「その人に似合う」着物と帯選びが可能になると考える。

参考文献

- [1] 横山岳他:「和装小費の動向と西陣織物産地帯地部門の経営対応」, 日本シルク学会誌, Vol21, 23-29, 2003

帯の軽量化による締めやすさの向上、着物着用時の疲労軽減を目指して
○加納將資（株式会社加納幸）、桑原教彰（京都工芸繊維大学） 濱田泰以（京都工芸繊維大学）

The improvements on Japanese Obi for tightening more easily with its lightness, which leads to less tiredness of wearing kimono.

Masashi Kano(Kano-ko Co.,Ltd.), Noriaki Kuwahara(Kyoto Institute of Technology), Hiroyuki Hamada(Kyoto Institute of Technology)

1. はじめに

和装市場が縮小する中、和装メーカーには着物を着やすくすることで着物を着るユーザーの苦勞を軽減するための努力が求められてきた。

弊社は西陣で明治22年より帯製造を行うメーカーであるが、製品を改善していくための一環として多くの帯ユーザーから寄せられる様々な要望や悩みを集約したところ、「固い帯の場合、取り回しが悪く、結びにくい」「年をとって腕が後ろにまわらないので自分で帯を締められなくなった」「重量のある旧来の帯だと長時間の着用時、非常に疲れる」などというものがあり、結果として着物を着ることをためらうようになる傾向があることがわかった。

古来より、帯は素材をふんだんに使って重量があるものが良いとされ、固くて重い帯が一般的であったが、帯メーカーである弊社は、締めやすさの向上を図り、長時間の着用による疲労の蓄積を軽減するため、帯の重量を抑制し、帯結び時に取り回しの良い柔らかい帯を開発してきた。

弊社製品の中から様々な帯をサンプルとして重量測定し、ユーザーが結びやすく疲れにくいと感じる重量のしきい値、柔らかい帯を作る上での企画・製造時の要素をまとめる。

2. 帯重量と疲労度の相関性

サンプルとなる袋帯をフォーマル、洒落用など織り交ぜランダムに150点選び、全ての帯の仮仕立（表裏の生地を縫い合わせ、芯を入れていない状態のもの）時の重量を測定した。（図1）

一方、着物で仕事を行う女性社員A～Dの4名を被験者とし、帯重量と疲労度の関係を測定した。（図2）

グラフは、横軸が帯重量、縦軸を被験者が帯を着用してから重さを意識したり疲労を感じたりするまでの時間の長さとし、帯1本ごとに1日をかけて測定している。朝7時から夜9時まで着用することを想定しており、14時間疲労を感じないとい

うことは重さによる影響がないと判断する。

なお、帯には絹や綿の芯を入れて本仕立と呼ばれる最終加工を行って着用するのであるが、帯によってどの芯を入れるかがまちまちであるため、芯の重量は帯重量に含めていない。参考に芯別の重量も記載する。（図3）

重量測定の結果としては、昭和以前の帯に1キログラムをゆうに超えるものが多かったのに対し、弊社が現在製造する帯の平均値はフォーマル帯を含めても600グラムに満たず、ボリュームゾーンは600グラム台であった。

帯重量と疲労度には明らかに相関関係があり、被験者4人全員が「帯が重くなるほど夕方からの疲れが全く違う」との意見を述べた。また、500グラム以下の軽量な帯については、帯の重さが疲れにほとんど影響しないこともわかった。したがって、見た目の高級感を損なわない限り、軽量な帯を作ることが結果として着物着用者の負担を軽減し、実用性を高めていることが理解できる。

被験者の1人は、800グラムを超える帯でも、柔らかく締めやすい帯では、疲労感がほとんどなかったと回答している。単に軽いだけでなく質感も疲れにくさにつながっているようである。

帯重量分布 (g)	本数 (計150本)
200-299	1
300-399	14
400-499	32
500-599	24
600-699	43
700-799	25
800-899	6
900-	5

参考データ	重量
最も軽い帯	280グラム
最も重い帯	990グラム
150本の平均値	593グラム

図1：測定データ

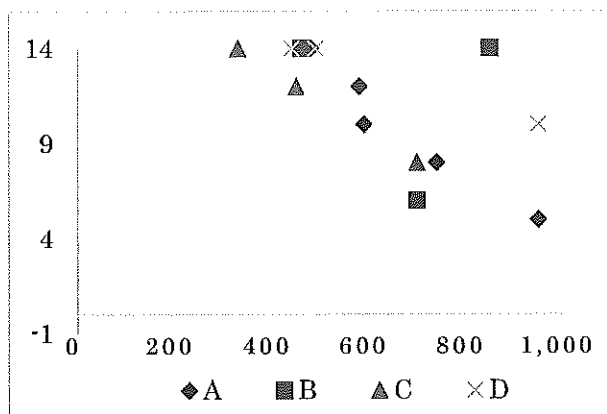


図2：帯重量と疲労感の相関図

帯芯種類	帯1本分重量
絹	130グラム
綿（柔らかめ～固め）	200～250グラム

図3：帯芯重量（参考）

3. 帯の軽量化への原理と工夫

昭和以前の高級帯には、通常豪華さが求められていた。それは、儀式に参加するために「締めなければならない」人が使う事が多く、絢爛豪華なフォーマル性が必要とされたためであると考えられる。したがって、金銀糸をふんだんに使い、帯の表面は非常にきらびやかなものとなっていたのである。

しかし、昭和後期からは儀式用の派手な意匠の帯よりも、「締めたい」人が締めるための普段使い用の帯が増えることになった。故に、金銀糸の派手な輝きが必要なくなり、材料を変えることで大幅に帯の重量を軽減することができるようになったと言えるであろう。ただし、軽量化できたからといって装飾品としての高級感や質感、帯としての機能性が失われてしまっは西陣帯の価値を毀損することになってしまうため、軽いだけでなく柔らかく見た目の良さを引き出す技法を用いることが必要である。

そこで取られた手法が緯糸の打ち込み数（密度）を増やすことであった。緯糸の打ち込み数が増えると帯は固く、重量がむしろ増加するのではと考える人がいても不思議ではないが、実際には逆である。緯糸に細い糸を用いて織ることにより、密度が上がっても柔らかく風合いの良い帯ができることになる。また、重要な要素として、細い糸を使うということは帯の厚みを抑え、糸の質量を減らすことにもつながり、全体として帯を軽量化

できるのである。（図4※概念を理解するため簡略化し、断面図を円として描写した）

絹糸は髪の毛の数分の一という細さのためデニール（Denier）という恒長式単位を用いる。1デニールは、長さ9000メートル当たりの重さをグラム数で表したものである[1]。蚕が吐き出したままの糸は9000メートルでわずか3グラムしかない。この糸は1本では使えないので、撚り合わせて1本の糸として用い、通常7本を撚り合わせた21中（にじゅういちなか＝21デニール）のものを使用して帯を織っている。

従来の緯糸の打ち込みはこの21中の糸を4本撚り合わせて入れていたが、半分の2本、さらに少ない1本にすることで軽量の帯が完成することになる。1本にすれば単純で簡単になりそうであるが、細い緯糸でしっかりした生地（織組織）を形成するには織り手に極めて高い技術が求められるため、決して容易に織れる帯ではない。軽量で柔らかく、しかもしっかりとした帯を製品化することは、弊社の帯屋としての技術力の高さを証明しているのである。

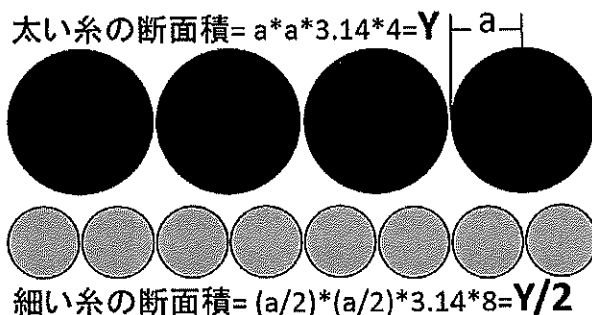


図4：糸の太さによる帯の厚みと重量の変化

4. まとめ

現代において着物を着る人の多くは、必要で着ているのではなくあくまでも趣味の領域であるため、しんどい思いをしてまで着物を着たいとは思っていない。「和装とはそういうもの」と我慢を強いるのではなく、実用面を考慮して改善を図ることはメーカーとしての務めである。

帯は数字だけで測るものではなく、感性の部分が大きい。今回の研究により明らかになった要素を取り入れ、これからもユーザーに優しい帯を開発していきたい。

参考文献

[1]「原色染織大辞典」、淡交社、732、1977

時間的圧迫感が単調作業、認知判断能力に及ぼす影響と 生理的变化の特徴抽出

○薮亀順平(立命館大学情報理工学部)、萩原啓(立命館大学情報理工学部)

Influence on monotonous task and cognitive judgment task in time pressure

Junpei Yabuki (Ritsumeikan University), Hiroshi Hagiwara (Ritsumeikan University)

1. はじめに

近年、ストレス社会と呼ばれ、その原因の一つとして時間的圧迫感が挙げられている。しかし一方で最大パフォーマンスの発揮に役立つ可能性がある。先行研究では、時間的圧迫を与えた際の心拍数の計測をおこなう研究が行われている。しかし人間の脳内変化を検証した研究は未だにない。そこで本研究では認知判断能力や作業効率の向上の手段の一つとして時間的圧迫に着目した。

2. 実験概要

被験者は健常な成人21～22歳の9名(男性8名、女性1名、利き手、右利き9名)で、十分なインフォームドコンセントを得て実験を行った。

本研究では作業効率を計測するパフォーマンステストや認知・判断能力を必要とするパフォーマンステストを被験者に行わせた。パフォーマンステスト中の生理データとして脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化、心拍を計測した。それぞれのパフォーマンステスト中に聴覚による時間的圧迫、視覚による時間的圧迫、聴覚・視覚両方による時間的圧迫、時間的圧迫がない場合の計12パターンのパフォーマンステストや生理データにどのような差異が生じるのかを調べた。

2. 1 パフォーマンステスト

作業効率を計測するパフォーマンステストとしてClick&Drag課題を行った。画面上の二分割された枠の、左の枠から右の枠に点(4px平方、8px平方)をClick&Dragで移動させる課題を行った。

また認知・判断を計測する課題として、ストループ課題を行なった。図1の候補の中から4つが表示され文字、画像、色が一致した数を1～4のボタンで押しもらいボタンを押すと次の問題に進みタスクの時間である2分間で何問正解するかという形式にした。

色	赤	橙	黄	緑	紫
文字	リンゴ	ミカン	バナナ	スイカ	ブドウ
図形					

図1：ストループテスト

2. 2 実験プロトコル

- (1) 安静閉眼 (60秒)
- (2) タスク (120秒)
- (3) 安静閉眼 (60秒)

実験は、(1)～(3)の順に行い、(2)の前後には30秒間のレストを置いた。タスクはClick&Drag課題(移動させる点の大きさを4px, 8px)、ストループテストの3パターンでそれぞれ(1)時間的圧迫なし、(2)視覚のみの時間的圧迫、(3)聴覚のみの時間的圧迫、(4)聴覚、視覚両方での時間的圧迫を与えたタスクの計12セット行った。各計測ごとにメンタルワークロード主観評価NASA-TLXを行った。被験者には実験前に十分なインフォームドコンセントを行い実験を行った。順序効果を考慮しタスクはランダムに行った。

3. 結果

Click&Drag課題では4px, 8pxそれぞれの移動できた点の数を先で挙げた4つのパターンの時間的圧迫で比較した。結果としては4px, 8pxともに時間的圧迫を与えていない時に比べて時間的圧迫を加えたパターンの時の方が移動させた数が多いという結果が出た。またその中でも「聴覚のみ」と「聴覚・視覚両方」での時間的圧迫のパターンの時の多いという結果が出た。

ストループ課題では正解できた数を先で挙げた4つのパターンの時間的圧迫で比較した。結果としては時間的圧迫を与えていない時に比べて時間的圧迫を加えたパターンの時の方が正答数が多いという結果が出た。特に「聴覚のみ」と「聴覚・視覚両方」での時間的圧迫のパターンの時は平均して3問ほど多く正答数が多いという結果が出た。

生理指標として、脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化計測には近赤外光イメージング装置NIRSを使用した。国際10-20法に則り、CZが18chの受光プローブに位置するように全頭用計測ホルダを装着した。認知判断を司る前頭連合野(1, 10, 19ch)、運動野(22ch)、注意制御・実行を司る46野近傍(25ch)の計5チャンネルを解析に使用した。NIRS波形を定量的に評価するため原波形をローパスフィルタをかけたのち微分フィルタを適用し波形のoxy-Hb濃度変化の正の勾配成分の総和と負の勾配成分の総和の差分をとり δ -oxyHbと定義する。今回は δ -oxyHb濃度変化を比較し、パフォーマンス結果の差が大きかった「時間的圧迫なし」と「聴覚のみ」の2パターンの時間的圧迫が一番大きいと思われる、タスクの最後の30秒(180s~210s)の時間の1chと25chを比較した。結果として、1chはClick&Drag課題(4px, 8px)、ストループ課題の3パターンすべてにおいて「聴覚刺激あり」>「時間的圧迫なし」となり、25chにおいてはClick&Drag課題(4px, 8px)は「聴覚刺激あり」>「時間的圧迫なし」、ストループ課題のみ「時間的圧迫なし」>「聴覚刺激あり」が得られた。

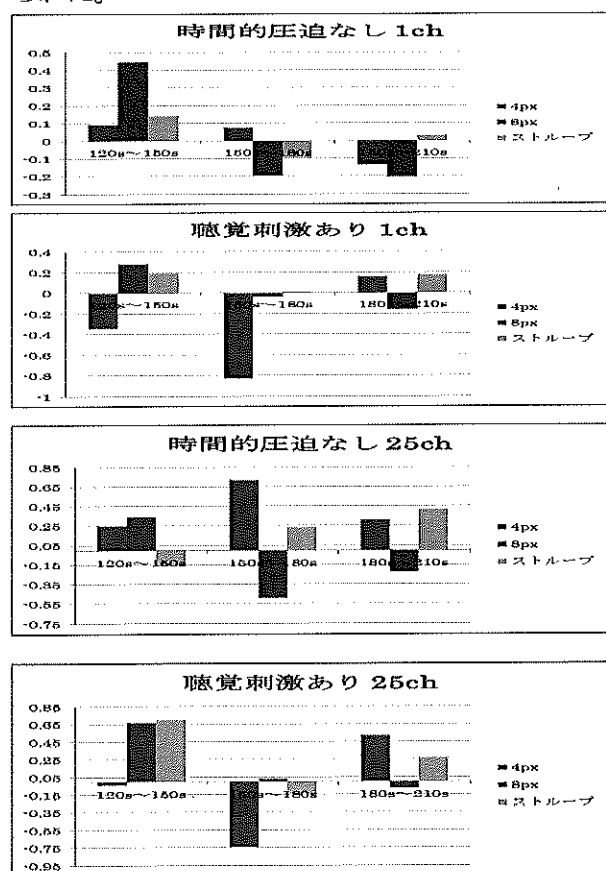


図2: δ -oxyHb

心電図の解析には心拍HFを用いた。HFは0.15~0.4Hzの周波数帯域成分により副交感神経の活動度合いを評価することができる。本研究では心電図の棘波であるP, Q, R, S, T波のうちR波とR波の間隔をとることで心拍周期の変動を得た。パフォーマンス結果の差が大きかった「時間的圧迫なし」と「聴覚のみ」の2パターンの中から、時間的圧迫が一番大きいと思われる、タスクの最後の30秒(180s~210s)の時間のHF成分をすべてのタスクを正規化し加算平均して比較した。結果は時間的圧迫なしの方が副交感神経系活動度が上昇している傾向が出た。

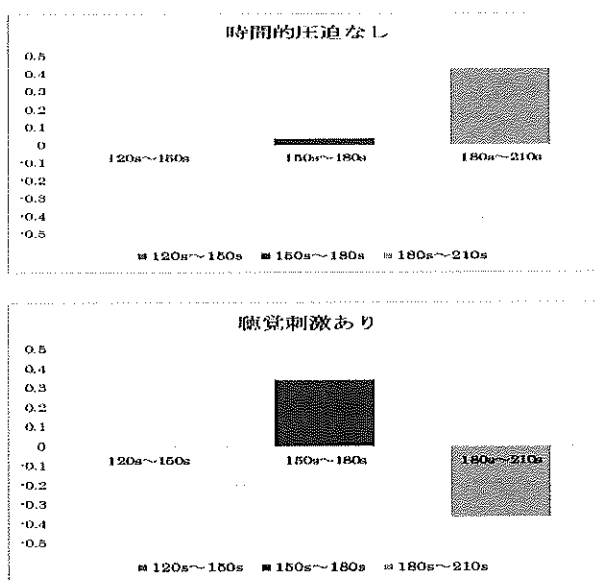


図3: HF成分

4. 考察

時間的圧迫を与えた際に副交感神経系活動度は下降している傾向が見られた。このことから時間的圧迫を与えたことで緊張状態にあったと予測される。またoxy-Hbの血行動態が上昇し、Click&Drag課題とストループテストにおいてもパフォーマンスの成績が上昇した。

よって本研究の結果、生理的・主観的評価の観点から時間的圧迫がパフォーマンスの向上につながる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 岩崎浩暁, 萩原啓: 精神的負荷作業時における情動反応計測の試み—不快情動と脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度との関係—, 平成22年度日本人間工学会関西支部大会論文集, 177-180, 2010

発泡ゴムの作製プロセスとライフサイエンス領域への応用

○井手真郷（岡山県立大学大学院）、野津滋（岡山県立大学）

辻博明（岡山県立大学）、島崎康弘（岡山県立大学）

Fabrication Process and Applying to Life Science Area of Foam Rubber

Masato Ide(Okayama Prefectural University), Shigeru Nozu(Okayama Prefectural University)

Hiroaki Tsuji(Okayama Prefectural University), Yasuhiro Shimazaki(Okayama Prefectural University)

1. 緒言

スチレン・ブタジエンゴム（SBR）と天然ゴム（NR）がブレンドされたゴム（SBR/NR）の発泡と架橋について、辻ら⁽¹⁾は平板金型を用いた加熱実験から、気泡構造と架橋度は密接に関係することを見出した。さらに、荻野ら⁽²⁾はゴム厚60 mmのブレンドゴムを両面加熱可能な金型を用いて、加熱面温度が互いに異なる条件で実験を行った。そして、ゴム内部に比較的大きな気泡が形成されることを確認するとともに、架橋度の予測法について、非定常熱伝導方程式と架橋反応速度式を組み合わせる解析を行った。本研究では、両面加熱可能な金型を用いて、ゴム内部に非対称な温度場を形成させ、寸法の異なる気泡を発生させることを目的とする。また、発泡のメカニズムを詳細に確認するために、加熱中のゴム内部の気泡の発泡圧を計測する実験を行う。さらに、自作した発泡ゴムをヒッププロテクタやサポーター等の製品へ応用することを目指す。

2. 実験装置および実験方法

本実験で用いたゴム試料は、スチレン・ブタジエンゴムと天然ゴムを7:3で配合し、架橋剤にパーオキサイド、発泡剤にはDPTを配合したものである。また、試料のゴム厚は30 mmである。図1に本実験で用いた金型の概要を示す。ゴム内部温度測定のため、ゴム試料の中心線上の鉛直方向5

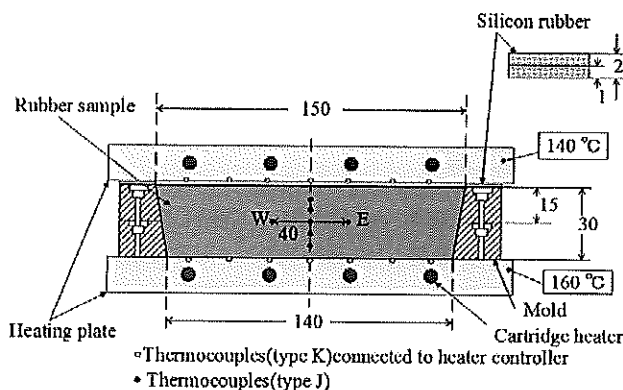


Fig 1. Mold and Rubber Sample

mmごとに J 型熱電対を挿入する。加熱面温度は上面140 °C、下面160 °Cに設定し、加熱時間は70分から90分の範囲で行う。金型をジャッキで加圧し、所定時間加熱後にジャッキを開放し、加熱を終了させる。架橋度の測定は、トルエンを用いた膨潤試験により行う。ボイド率と平均気泡面積の計測は、マイクロスコープでゴム画像を取り込み、発泡様相を画像解析ソフトで解析する。

3. 数値解析

ゴム架橋プロセスを一次元非定常熱伝導問題として数値解析を行い、温度分布と架橋度を求める。座標は、ゴム中心を原点とし、鉛直下向きを正とする。本解析で用いた一次元熱伝導方程式は次式で与えられる。

$$c\rho\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \rho\Delta H\frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} \quad (1)$$

ここに、 T は温度、 c は比熱、 ρ は密度、 k は熱伝導率、 ΔH は反応熱、 τ は時刻、 ε は架橋度である。初期条件および境界条件は実測値を用いる。式(1)をコントロールボリューム法で離算化して解くこととする。式(1)の右辺第2項は、熱硬化性材料の加工プロセスのモデル化に際して広く使われる表現法であり、反応に伴う内部発熱が架橋速度に比例する特徴を持つ。架橋度 ε は架橋反応の進行を示した反応速度式を連立して求める。

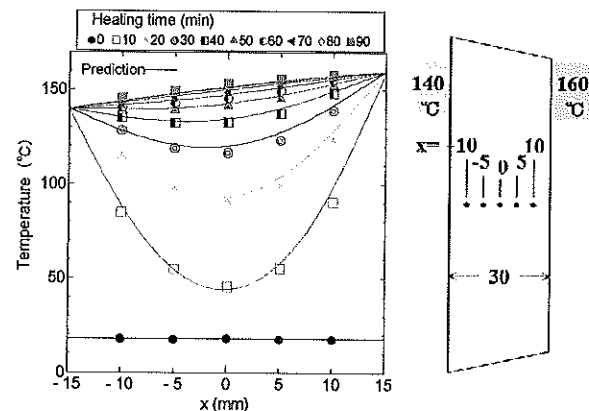


Fig 2. Temperature history in the rubber

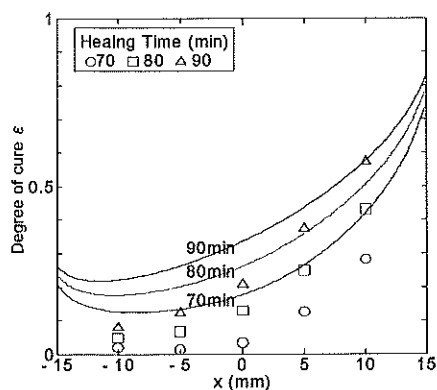


Fig 3. Relations between x and ε

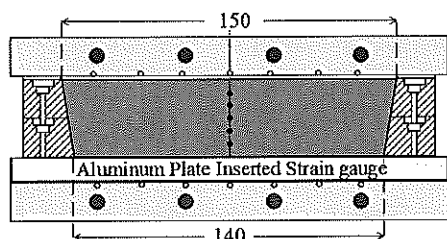


Fig 6. Mold inserted Aluminum Plate

4. 実験結果および考察

図2はゴム内部の温度歴, 図3は架橋度 ε を示す。図2, 図3とも図中に記号で示したものが実測値, 実線で示したものが数値解析における計算値である。図2より, ゴム内部には上下非対称な温度分布が形成されていること, また, 実測値と計算値が概ね一致していることが確認できる。図3より, 架橋度は低温加熱面側から高温加熱面側に向けて増加傾向にあることが確認できる。また, 架橋度における実測値と計算値の比較により, 定性的な一致が確認できる。その中でも加熱時間が長い場合に, 数値解析の有用性が高いことが示唆された。図4は架橋度 ε とボイド率 β および平均気泡面積 A の関係を示す。 β , A ともに $\varepsilon < 0.1$ では単調に減少, $0.1 < \varepsilon$ では0に漸近する。これは気泡構造が架橋度に依存することを示唆していると言える。図5は加熱時間毎の発泡様相の二値化画像を示す。70分加熱試料では, 寸法の異なる比較的大きな気泡が形成されている。また, 90分加熱試料では, ゴムの全体的なソリッド化が確認できる。

5. 発泡圧計測実験

加熱実験より, 架橋度と発泡様相の関係を把握することができた。さらに本研究では, 発泡機構を詳細に観察するため, ゴム内部における発泡時の圧力を計測する実験を行う。ここで, ゴム内部に直接的にセンサを挿入し, 圧力を計測すること

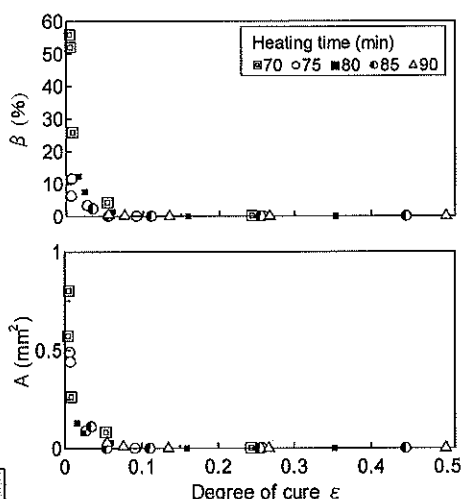


Fig 4. Variations of A and β with ε

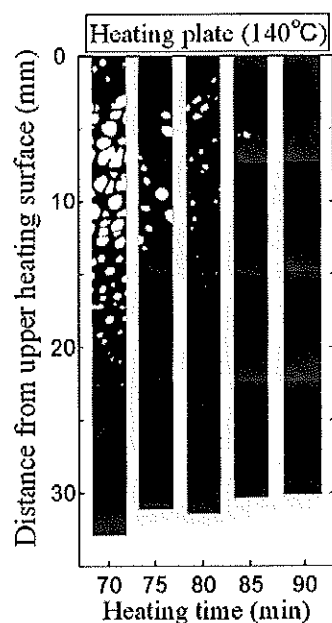


Fig 5. Structure and distribution of bubbles

は困難である。そこで本研究では, ゴム内部の圧力変化に伴うアルミプレートのひずみの変化を計測する。実験は, 前述した加熱実験と同様の方法で行い, ひずみゲージを貼付したアルミプレートを金型下部に挿入し行う (図6)。現段階では, 正確なひずみ計測に至っていないため, 結果・考察については今後の課題とする。

6. 結言

厚さ30 mmのブレンドゴム (SBR/NR) の加熱を行い, 発泡ゴムの作製実験を行った。発泡圧の計測および自作した発泡ゴムの製品への応用については今後の課題とし, 研究により得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 架橋度は加熱条件および加熱面からの距離に依存し, 気泡構造は架橋度に依存する。
- (2) 数値解析により, ゴム内部温度および架橋度を高精度に予測できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 辻博明他:「発泡ゴム作製プロセスに関するモデル実験 (発泡特性と架橋特性の関係)」, 日本機械学会論文集, Vol.79, No.806, 2207-2216, 2013
- 2) 荻野貴士他:「両面加熱金型による発泡ゴムの架橋」, 日本機械学会中国支部第 50 期講演会集, 1307

立体映像・音響視聴による生理・心理効果

○佐竹秀一（立命館大学情報理工学部）、萩原啓（立命館大学情報理工学部）

Psycho-Physiological Effects by 3D Images and Sounds

Shuichi Satake(Ritsumeikan University), Hiroshi Hagiwara(Ritsumeikan University)

1. はじめに

近年の立体(3D)映像提示技術の発展により、多くの人がさまざまな場面で3D映像に触れる機会が増えている。さらに、3D技術は医療やリハビリテーションにおいても活用されていくことが期待される。一方で、いわゆる3D酔いや視覚疲労などの問題も発生している。従来の研究はこういった3D技術の負の部分に焦点を当てたものが目立ち、また映像刺激のみを提示している場合が多い。立体映像の視覚刺激だけでなく他の感覚にも刺激を与えることで、立体映像による臨場感を高め、かつ集中力を向上させた状態へ誘導し、脳機能を活性化できるのではないかと考えた。そこで本研究では、立体映像・音響の呈示が脳内血行動態及び心拍変動と心理的に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

被験者は健常な成人21～22歳の大学生10名(男性9名、女性1名)で、実験前にインフォームドコンセントを得て実験を実施した。映像刺激の呈示には27インチの液晶モニタ(VG278HE、ASUS)と液晶シャッターメガネ(3DVision、nVIDIA)を用いた。実験は暗室内で行い、被験者に椅子への着席を求め、実験中は顎台を用いて頭部を固定した。視距離は1.0mになるよう設定した。

実験は、2Dと3Dの各条件で、音のみ、映像のみ、映像・音響同期、映像・音響非同期の計8条件で実験を行なった。映像刺激として、前後方向に円運動する球状の指標を呈示し、被験者には指標を追従視してもらうよう指示した。指標は5sで1回転するように設定した。3D映像時の最大視差は1.0度とした。音響刺激は500Hzを基準とし、指標の前後方向の動きに合わせて音高が変化するようにした。2D音は音の高低のみが変化し、3D音は左右の音量も変化するようにした。非同期条件における音の周期は約4.3sとした。実験のプロトコルは、前レスト60s、映像・音響視聴180s、後レスト60sとした。計測前後には被験者にRAS (Roken Arousal Scale) の記入を指示した。それぞれの映

像・音響条件で実験を行い、順序効果が無いように条件の順序はランダムで実験を行なった。

3. 解析方法

NIRSの解析位置は認知判断にかかわる1ch、10ch、19ch(前頭連合野)、注意実行制御に関係する25ch(前頭前野背外側部)とした¹⁾(図1)。NIRS波形を定量的に評価するために原波形に対してローパスフィルタをかけた後に微分フィルタを適用し、波形の増加傾向減少傾向を計測した。微分フィルタを適用したOxyHb濃度変化の値を δ -OxyHbと定義する²⁾。

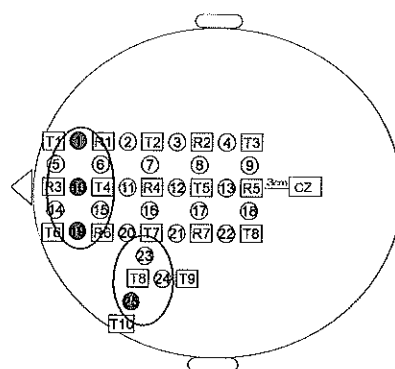


図1: NIRS解析位置

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

RASは、産業科学技術研究開発プロジェクトの「人間感覚計測応用技術」によって開発された疲労・覚醒度合いの主観評価指標である。6つの感覚尺度である「眠気・全般的活性・リラックス・緊張・注意集中困難・意欲減退」の項目を基に定量的に評価することができる。各感覚尺度の評価は、それぞれの該当する質疑応答の評価項目2個から求められる。評価項目は「あてはまらない～非常にあてはまる」の7段階評価から選択する形式となっている。

4. 結果

今回は前頭連合野中央に位置する10ch、前頭前野背外側部に位置する25chに着目し、その結果を図2に示す。 δ -OxyHbの値は10ch、25chのいずれにおいても、音のみと映像のみの場合は2D条件の方が、同期と非同期の場合は3D条件の方が大きくなった。

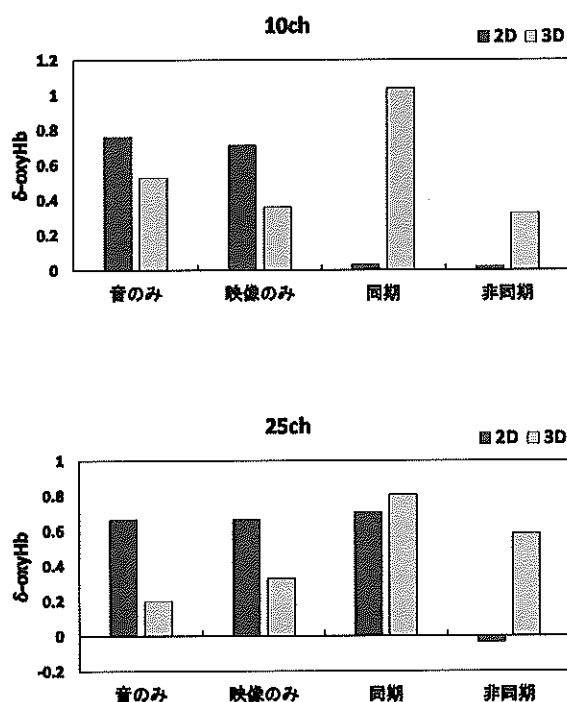


図2: δ -OxyHb

映像・音響視聴中における心拍HFの値を図3に示す。映像のみと非同期の場合において、心拍HFの値は2D条件の方が大きくなった。一方、音のみ、同期の場合は3D条件のほうが大きくなる。

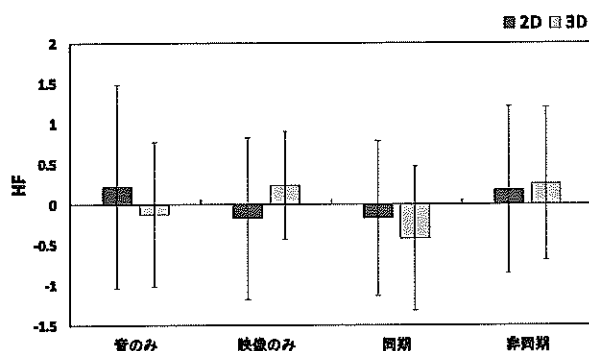


図3: 心拍HF

RASから得たデータを基に各感覚尺度の値を算出し、視聴条件ごとに計測前後の疲労・覚醒度合いを求めた。3D条件で同期の場合は、眠気と注意集中困難は減少し、全体的活性は上昇した。しかしその他の7条件では、眠気と注意集中困難は上昇、全体的活性は減少するという逆の傾向を示した。

5. 考察

映像のみの場合、2D条件に比べ3D条件の方が前頭野にあたる10ch、25chで抑制がみられた。3D注視時の後頭葉視覚領や頭頂連合野の脳血流変化は、2D映像に比較して増大したという報告³⁾がある。このことから、本実験の3D映像のみを注視した場合も後頭葉や頭頂連合野が賦活し、前頭野では脳血流が減少したのではないかと考えられる。一方、音響を加えた同期と非同期の時は3D条件の方が10ch、25ch共に活性化したことから、複数の感覚に刺激を与えることで脳活動に変化を及ぼすことが示唆された。

3D条件における同期は、 δ -OxyHbの値が最も大きく、前頭野が活性している。また心拍HFの値は最も低い結果となっていることから副交感神経系の活動度合いが低いことがわかる。さらにRASによる実験前後の状態変化傾向を見てみると3Dで同期の場合のみが活動的な変化傾向を示した。以上の結果から、視覚と聴覚といった複数の感覚に、現実世界に近い整合性のとれた刺激を与えることで活動状態へ誘導できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 志村孚城: [近赤外分光法による前頭前野計測・認知症の早期発見とリハビリテーション方法の評価], コロナ社, 18-19, 2009.
- 2) H.Iwasaki, H.Hagiwara: [Availability and future prospects of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) in usability evaluation], Human Factors and Ergonomics, vol.27, 6368-6377, 2012.
- 3) 半田知也: [立体映像注視時の視覚反応・生体反応計測のアプローチ], 映像情報メディア学会技術報告, vol.34, No.24, 19-23, 2010

小型魚類の呼吸波を用いたオンラインカメラレス行動解析システムの開発

○藤澤 昂征, 曾 智 (広島大学),

平野 旭 (呉高等専門学校), 栗田 雄一, 辻 敏夫 (広島大学)

A Real-Time Cameraless Behavioral Analysis System for a Small Fish

Based on Ventilatory Bioelectric Signals

Takayuki FUJISAWA, Zu SOH (Hiroshima University), Akira HIRANO (Kure Technical College),

Yuichi KURITA, and Toshio TSUJI (Hiroshima University)

1. はじめに

ゼブラフィッシュは体長 30[mm] 程度のコイ科の小型魚類であり, 恐怖や不安と解釈できるような行動をとることから, 情動の形成過程を解明するためのモデル生物として広く用いられている. ゼブラフィッシュの行動解析は一般的にカメラシステムを用いて行われているが, 光環境を整える必要があるため, これがゼブラフィッシュへの刺激やストレスとなる可能性がある. また, 魚が静止していた場合, リラックスして休息しているのか, フリージングと呼ばれる恐怖行動が表れているのかカメラ画像からだけでは区別が困難である.

一方で, 著者らの研究グループでは, 水質監視用のバイオアッセイシステムの開発を目的として, 魚類の呼吸に由来する生体電気信号を非接触で計測し, 計測信号から大まかな行動推定が可能なカメラレス行動解析システムを構築してきた [1]. これを応用して魚の行動と呼吸情報を同時に計測できれば, これまでに考慮されていなかった観測データから新たな現象を発見できる可能性がある. しかしながら, このシステムは推定位置の誤差が魚の体長ほどあり, また魚の頭部が向いている方向は推定しておらず, 行動解析システムとしては不十分であった. そこで本稿では, 新たな計測用水槽を作成し, 電極配置や信号処理方法を最適化することにより動画解析に準ずる行動解析精度を有するカメラレス行動解析システムを構築する.

2. 呼吸波

呼吸波とは, 魚の呼吸に伴って発生する生体電気信号であり, 鰓を流出入する水によって生じる体外と体内のイオン交換が発生原理と深く関わっていることが示唆されている [2]. ゼブラフィッシュは恐怖行動が表出すると, 呼吸・心拍・血圧が変化する [3] ことから, 呼吸波には情動に関する情報が含まれていると考えられる. そこで, 本研究ではこの呼吸波を計測対象とした.

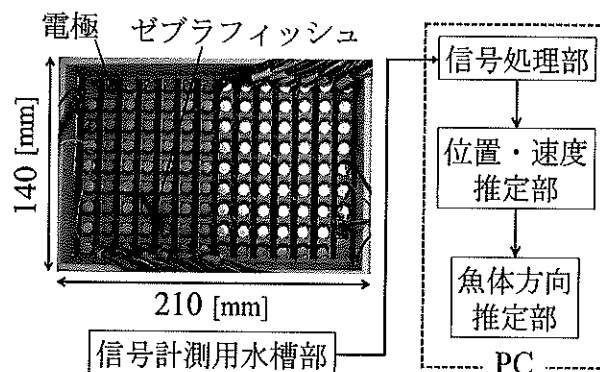


図1: 計測水槽とシステム構成

3. 魚類行動推定システム

提案システムは信号計測用水槽部, 信号処理部, 位置・速度推定部, 魚体方向推定部から構成される (図1). 以下, 各部について説明する.

3.1 信号計測用水槽部

計測水槽は, 魚の自由遊泳を許容するために, 魚の体積と比較して十分な容積の直方体 (横幅 210×縦幅 140×高さ 65[mm]) とする. 呼吸波の計測には Ag-AgCl 電極を採用し, 微弱な生体電気信号が計測可能なデジタル脳波計 (EEG-1200: 日本光電) を信号増幅器として利用する. 水槽は二重底構造とし, 上層に L 個の計測用電極, 下層に基準電極を配置することで魚を基準電極から隔離して計測を行う. これにより, 魚の運動に起因するノイズが基準電極に混入することを抑制する. なお, 本水槽は 3D プリンタ (Dimension BST 1200es, キーエンス) を用いて製作した.

3.2 信号処理部

信号処理部では, サンプリング周波数 $f_s[Hz]$ で計測した信号を M_b 次のバンドパスフィルタで濾波し, 呼吸波が含まれる周波数帯域の信号を抽出する. そして, 解析時間窓を T_w とし, 各電極 l から計測された時刻 n における呼吸波のパワースペクトル密度 (PSD) $P_l(n, f)[\mu V^2/Hz]$ を求める. なお, パワースペクトル密度は Yule-Walker 法に基づいて求めた K 次の自己回帰 (AR) モデルのパラメータを用いて推定する.

3.3 位置・速度推定部

位置・速度推定部では3.2節にて算出した各電極 l における PSD のピーク値 $q_l(n) = \max(P_l(n, f))$ を用いて魚の位置と遊泳速度を推定する。まず各チャンネルの PSD のピーク値 $q_l(n)$ を求め、隣接する電極を Z 等分する格子の頂点座標 (x, y) における PSD のピーク値 $q(x, y)$ をスプライン補間により推定する。そして、得られた PSD ピークの空間分布について重心を求め、突発的なノイズの影響を抑制するため、 M_b 次のローパスフィルタ (カットオフ周波数 $f_{cut}[Hz]$) で重心座標の時系列データを濾波し、これを魚の推定位置 $\mathbf{x}(n)$ とする。また、得られた $\mathbf{x}(n)$ を時間微分することで魚の遊泳速度 $\mathbf{v}(n)$ を推定する。

3.4 魚体方向推定部

魚体方向推定部では3.2節にて処理した信号と3.3節にて算出した位置・速度情報を用いて魚体方向の推定を行う。魚の頭部と尾部で計測された信号は位相が反転する [2] ことが明らかにされている。予備実験よりこの現象は魚が静止しているときだけに見られることが分かった。そこで、推定された遊泳速度が一定以下であった場合 ($\|\mathbf{v}(n)\| \leq V_\theta$) は、推定位置 $\mathbf{x}(n)$ 周辺の電極から計測された信号の位相関係に基づいて、魚体方向 ($-\pi \leq \theta \leq \pi$) を求める。また、移動時には、魚体方向と速度ベクトルの方向が一致すると仮定して、遊泳速度ベクトル $\mathbf{v}(n)$ から魚体方向を推定する。

4. 実験

4.1 方法

提案システムの推定精度を検証するために体長約 30[mm] のゼブラフィッシュ 5 匹 (Fish1~Fish5) についてそれぞれ 240[s] 間の計測実験を行った。動画像による行動解析と比較するために水槽を俯瞰する位置に取り付けたビデオカメラで魚の運動を撮影し、画像解析ソフト Move-tr/2D (ライブラリー東京) を用いて水平面を対象とした 2 次元の行動解析を行った。電極数は $L=126$ としサンプリング周波数 $f_s=500[Hz]$ で計測した。バンドパスフィルタは、次数 $M_b=6, f_{low}=1[Hz], f_{high}=10[Hz]$ AR モデルは次数 $K=200$, 解析時間窓 $T_w=1.0[s]$ に設定した。

4.2 結果と考察

図 2(a) に提案システムとカメラシステムによる推定軌跡の一例を示す。なお、図中の矢印は 1 秒

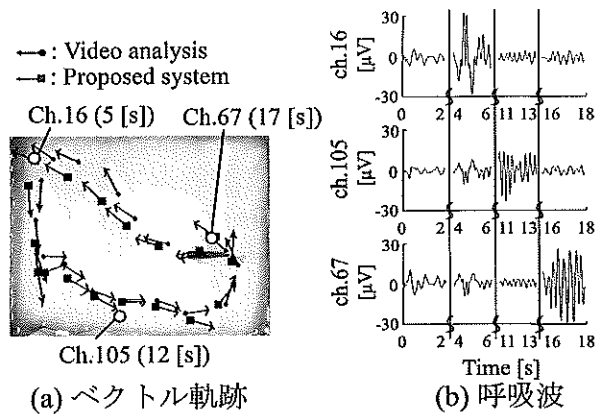


図 2: 推定軌跡と呼吸波

毎の魚体方向を示しており、両者の推定位置と魚体角度はほぼ一致していることが分かる。図 2(b) はフィルタリング処理後の同時刻の呼吸波の波形である。図 2 より魚との距離が近い電極ほど、大きな振幅の信号を得ていることが確認できる。また、全試験魚について提案システムとカメラシステムの行動解析結果を比較したところ、推定位置の平均誤差は $9.94 \pm 1.89[\text{mm}]$ であり、魚体方向の平均推定誤差は $0.51 \pm 0.12[\text{rad}]$ であった。以上より、魚体方向の推定誤差に改善の余地があるものの、位置の推定誤差は魚の体長の $1/3$ 程度であったことから提案システムを用いれば魚の呼吸情報と位置を同時に計測できることが分かった。

5. まとめと今後の課題

提案システムは、呼吸波を計測しその PSD ピークの空間分布から魚の行動をカメラレスで推定できることを示した。また、PSD から求められたピーク周波数は魚の呼吸リズムであるため、提案システムは呼吸と行動を同時に観測することが可能である。今後は提案システムを情動形成メカニズムの解析といった生物学的実験に応用する予定である。

参考文献

- 1) 来山ら：呼吸波計測に基づく小型魚類遊泳行動の非接触・非拘束計測, 計測自動制御学会論文集, 48, 3, 151/158 (2012)
- 2) 浅野, 羽生：魚類の行動と生体電気, 回遊魚の生物学 (森沢正昭編), 181/195, 学会出版センター (1987)
- 3) 吉田：魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察, 比較生理生化学, 28, 4, 317/325 (2011)

車いす移乗における要介護者の快適性について

—介護者と要介護者の頭部の上下動—

廖夢圓 (京都工芸繊維大学・院)、○吉川貴士 (新居浜工業高等専門学校)

鈴木啓司 (新居浜工業高等専門学校・学) 濱田泰以 (京都工芸繊維大学)

About comfortable care for transportation of wheelchair those who require care

- Vertical movements of heads of a cared person and caregivers -

Mengyuan LIAO(Kyoto Institute of Technology), Takashi Yoshikawa(Niihama National college of Technology), Keiji Suzuki(NNCT), Hiroyuki Hamada(KIT)

1. 緒言

「おむつゼロ」の取り組みは要介護者にとって非常に重要である一方、介護者にとっては、特に、施設など一人で複数の介護者を担当する場合、車いすとトイレとの移乗介護が多くなり、身体的負担が大きくなる。そのため、車椅子からトイレ間の移乗介護における要介護者および介護者自身の両者にとって快適な(不安や負担が無い)介護方法を確認することは介護現場において急務である。

そこで、我々は要介護者が移乗介護において不安を感じた非熟練介護者と不安を感じなかった熟練介護者による介護姿勢等の違いについて解析している¹⁾³⁾。また、不安感を感じる頭部の揺れについて検討した⁴⁾。今回、特に、介護者だけでなく要介護者自身の頭の上下動についても解析し、不安の原因と考えられる介護や両者にとって快適な介護について考察し、報告する。

2. 実験方法

今回、車椅子からポータブルトイレへの移乗介護(WC to PT)、およびポータブルトイレから車椅子移乗における移乗介護(PT to WC)の実験を行い、熟練介護士と非熟練介護士の動作の違いについて解析する。介護方法は主介護者と補助介護者の2名で行う2人介護とした。被験者は熟練(勤続年数9年)および非熟練(4ヶ月)の現役介護士それぞれ2名とした。身長、体重共にほぼ同じであった。また要介護者は認知症歩行困難者を想定した女性1名(介護者との体重比140%、勤続15年の介護士)とした。

実験中の動作はモーションキャプチャーシステム(nac社MotionAnalysis)を用いて介護士および要介護者の体の部位における座標をサンプリングタイム100(Hz)で測定した。移乗介護は[stand]、[rotation]、[sit]の3つのステージに

動作を分ける。熟練介護士と非熟練介護士の頭部の上下動について、解析ソフトで座標を数値化し、速度・加速度をもとめる。さらに、加速度を微分して加加速度(JERK)をもとめる。ここで、加加速度とは力の時間変化を表しているともみなせる。それらの値などを用いて熟練と非熟練介護士または要介護者自身の違いを比較、検討する。

3. 実験結果および考察

WC to PT移乗介護動作における熟練介護士および非熟練介護士による要介護者のZ軸方向の頭部上下動加速度を図1に示す。同図から熟練者はstandステージにおいて $2(m/s^2)$ を超える大きな加速度を与える介護をしている。しかし、要介護者からのヒアリングでは「熟練介護者への不安感はない」一方、非熟練者に対しては「小刻みに震える感じがして不安であった」と得た。そのため、加速度が $2(m/s^2)$ 程度では不安感を与える介護とは言えないと考える。

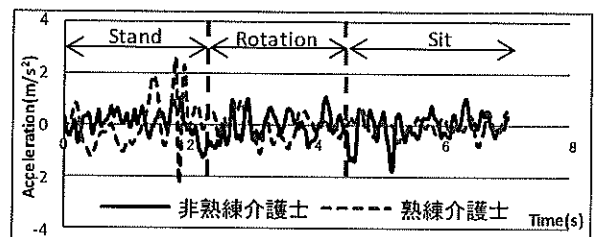


図1: WCtoPT移乗における要介護者の頭部のZ軸方向の加速度

そして、三つのステージにおける要介護者の頭部の上下動の加速度の変化の振動数について熟練介護士、非熟練介護士および熟練者に対する割合をそれぞれ表1に示す。三つのステージの中で、要介護者を立たせる時の加速度変化における振動数は非熟練介護士が熟練介護士より約2倍高い値を示す。この結果より、非熟練介護士による移乗介護動作[stand]は要介護者にとって不安を

感じ、身体的負担が大きい介護動作であると考えられる。しかし、中川⁶⁾によると座位の上下動においてもっとも不快を感じる振動は4～8(Hz)であるとされていることから、振動数だけでは不安感の指標にはならないかもしれないと考えられる。

表1：各ステージにおける
要介護者頭部の上下動の加速度の振動数

	stand	rotation	sit
expert (Hz)	3.5	4.6	4.5
Non-expert (Hz)	8.0	7.1	6.9
Non-expert/expert	2.3	1.5	1.6

そこで、ステージ[sit]の移乗介護における熟練・非熟練介護士自身の頭部ならびにそれぞれの介護における要介護者自身の頭部の上下動の加加速度の変化を図2および図3にそれぞれ示す。両図から非熟練者は自分自身において振幅±30 ($\text{m/s}^3 \cdot \text{rms}$) であり、要介護者へは50 ($\text{m/s}^3 \cdot \text{rms}$) を超える大きな衝撃を繰り返し、加える介護になっていることがわかる。一方、熟練者は、自分自身および要介護者に対して5 ($\text{m/s}^3 \cdot \text{rms}$) 程度であることがわかった。すなわち、移乗介護のステージ[sit]において熟練介護士は要介護者の頭部に加わる負担と衝撃力が小さいことが確認できた。

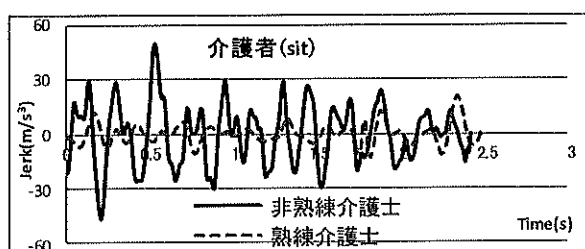


図2：WCtoPT移乗のステージ[sit]における
介護者の頭部Z方向の加加速度

各ステージにおける頭部の上下動の加加速度のrms値において、熟練介護者は自分および要介護者とも[stand]>[rotation]>[sit]の順に小さく、重力に逆らって持ち上げる際は後半に大きな加加速度であるが、立ちきる寸前であり、介護者・要介護者の下半身の肉体的負担を減らし、着座の際はゆっくり降ろすことで要介護者への不安感を減らす介護をしていると考えられる。一方、非熟練者は逆に[stand]<[rotation]<[sit]に大

きくなり、座る際に衝撃的な力が加わることで要介護者の不安感が増加したと考えられる。

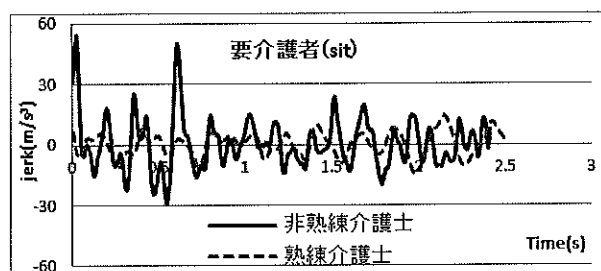


図3：WCtoPT移乗のステージ[sit]における
要介護者の頭部Z方向の加加速度

5. 結言

- (1) 非熟練者介護者による移乗介護のステージ[stand]において要介護者の頭部の上下動加速度の振動数は熟練者の約2倍高い値を示す。
- (2) 移乗介護ステージ[sit]における熟練介護者による要介護者の頭部の上下動の加加速度の変化が少なく、周期も小さいため、要介護者にとって負担の小さな介護をしているとみなせる。
- (3) 熟練介護者は、介護者自身および要介護者に対して[stand]>[rotation]>[sit]の順に小さな加加速度になることで不安感の少ない介護を行っている。

参考文献

- 1) 吉川貴士, 伊藤龍一, 千葉慶紀, 村上大貴, 越野哲史, 後藤彰彦, 濱田泰以: 「熟練介護士が腰痛を引き起こす原因についての考察」, 日本人間工学会誌, 48 巻特別号, 456-457, 2012.
- 2) 吉川貴士, 高井由佳, 後藤彰彦, 濱田泰以: 移乗介護動作に及ぼす骨盤ベルトの影響, 日本人間工学会誌, 49 巻特別号, 226-227, 2013.
- 3) 廖夢圓, 吉川貴士, 後藤彰彦: 車いすトイレ移乗介護における熟練者の下肢の使い方について, 日本福祉工学会第 18 回学術講演会概要集掲載予定, 2014.
- 4) 廖夢圓, 吉川貴士, 後藤彰彦: 車いすトイレ移乗介護における熟練者の頭部の動きについて, 日本福祉工学会第 18 回学術講演会概要集掲載予定, 2014.
- 5) 中川千鶴: 高周波振動に対する体感を反映した乗り心地評価方法の改良, 250 回鉄道総研月例発表会講演要旨, 2011.

てんかん発作診断支援のための乳幼児モニタリングシステム

○尾倉 侑也, 中島 翔太, 右田 涼, 早志 英朗, 曾 智 (広島大学), 芝軒 太郎 (茨城大学), 島谷 康司 (県立広島大学), 竹内 章人, 中村 信 (岡山医療センター), 奥村 彰久 (愛知医科大学), 栗田 雄一, 辻 敏夫 (広島大学)

An Infant Monitoring System for Diagnosis Support of Epileptic Seizures

Yuya OGURA, Shota NAKASHIMA, Ryo MIGITA, Hideaki HAYASHI,

Zu SOH (Hiroshima University), Taro SHIBANOKI (Ibaraki University),

Koji SHIMATANI (Prefectural University of Hiroshima), Akihito TAKEUCHI,

Makoto NAKAMURA (Okayama Medical Center), Akihisa OKUMURA (Aichi Medical University),

Yuichi KURITA, and Toshio TSUJI (Hiroshima University)

1. はじめに

てんかんには、點頭てんかんのように早期発見と早期治療が神経学的予後の改善につながるものもある。てんかん発作では、発作時に痙攣等の症状と脳波変化がみられることが知られており、それらを同時に観察することが有用とされている。しかしながら、真の発作であるかどうかの判断には専門的な知識に基づいた長時間の観察が必要であるため、てんかん発作を自動的に検出するシステムがあれば有用である。

新生児発作の自動検出に関する研究は Pisani ら¹⁾や Mitra ら²⁾など活発に行われているが、動画像と脳波の解析を同時に行っているものはまだ少なく、これらを統合評価することで、検出精度向上につながる可能性がある。

そこで本稿では、動画像と脳波を同時に計測し、乳幼児（以下、児と略記）の運動を定量評価することで発作の自動検出が可能なシステムを提案する。提案システムでは、計測した動画像と脳波に信号処理を施すことで発作の特徴を抽出し、確率ニューラルネットを用いて発作の自動検出を可能とする。これにより発作の診断支援を目指す。

2. てんかん発作検出システム

図1に提案システムの構成を示す。本システムは、マーカレスで新生児運動の解析が可能な General Movements 診断支援システム³⁾をベースに開発した。

2.1 信号計測部

1台のビデオカメラとCチャンネルの脳波計を用いて児の運動と脳波を計測し、動画像を f_s^m [Hz]、脳波を f_s^b [Hz] でサンプリングしPCに保存する。

2.2 特徴抽出部

まず、得られた動画像からフレーム間差分画像を作成する。ここで、児が動いた部分の画素値を1（白）、動いていない部分を0（黒）とし、その総和を l フレーム目における運動量 M_l と定義す

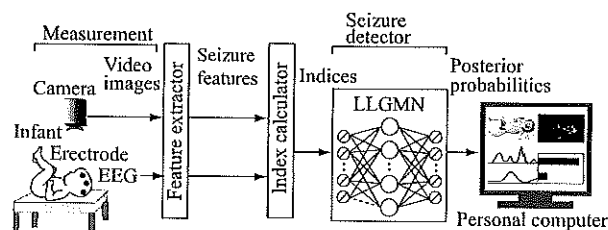


図1: Seizure detection system for an infant

る。次に、あらかじめ設定した比率で児の体を右上肢、左上肢、右下肢、左下肢の4つの領域に分割し、各領域における運動量を算出する。また、脳波から振幅情報を得るためにバンドパスフィルタ（低域遮断周波数 f_l [Hz]、高域遮断周波数 f_h [Hz]、フィルタ次数 n ）を施し、その後全波整流を施し f_s^m [Hz] でリサンプリングした値をチャンネル c の脳波振幅 $E_{c,l}$ と定義する。

2.3 指標算出部

抽出した運動と脳波の特徴から医学的知見を基に発作を検出するための評価指標として、(i) 運動量の変動、(ii) 四肢運動量の相関、(iii) 脳波の振幅変動の3指標を以下のように算出する。

- (i) l フレーム目において、 w フレーム前から運動量を平均した値 K_l と、 K_{l-v+1} (v は整数) から K_l までの最小値との差分 M_l^{diff} 。

$$K_l = \frac{1}{w} \sum_{i=l-w+1}^l M_i \quad (1)$$

$$M_l^{\text{diff}} = K_l - \min(K_{l-v+1}, \dots, K_l) \quad (2)$$

- (ii) 運動量の相関係数を四肢間の全組み合わせ6通りについて窓幅 w フレームで算出し、それらの平均値 R_l 。

- (iii) $E_{c,l}$ に対し (i) と同様の計算を行った値 $E_{c,l}^{\text{diff}}$

2.4 発作検出部

算出した評価指標を特徴ベクトルとし、確率ニューラルネット Log-Linearized Gaussian Mixture

Network (LLGMN) ⁴⁾ を用いて発作検出を行う。あらかじめ児の運動を解析して得られた発作時と発作間欠時の特徴ベクトルを LLGMN に学習させる。学習後の LLGMN に新たな児の特徴ベクトルを入力することで、入力された特徴量が発作時のものであるか事後確率として出力できる。これにより発作の自動検出が可能である。

3. 実験

3.1 方法

提案システムの発作検出精度を検証するため、てんかん性スパズムがみられる児 1 名を対象として実験を行った。被験者の動画像および脳波は『発作時脳波からみた小児てんかん』⁵⁾ の教則用 CD より引用した。システムの精度検証は、医師の診断を基に発作区間および発作間欠区間をそれぞれ 54 箇所抽出し、6 分割交差検証に基づき識別率、感度、特異度を算出した。ここで、発作間欠区間は運動量が δ 以上の区間より無作為に抽出した。また、動画像のみ（指標 (i), (ii)）、脳波のみ（指標 (iii)）を用いて LLGMN で学習・識別した場合との比較を行った。パラメータはそれぞれ $f_s^m = 30$ [Hz], $f_s^b = 500$ [Hz], $C = 1$, $f_l = 2$ [Hz], $f_h = 20$ [Hz], $n = 2$, $w = 50$ [frame], $v = 15$, $\delta = 40$ とした。なお、四肢の領域分割は目視により手動で行った。

3.2 結果と考察

図 2 に各指標の時系列変化の一例および、それに対する手法ごとの発作検出結果を示す。ここで陰影区間は医師が発作時であると診断した区間である。また、表 1 に各手法の識別率、感度、特異度の平均値および標準偏差を示す。

図 2 より、発作時と診断された区間 A, C において 3 つの指標値がともに大きくなっている。このことから、各指標がてんかん性スパズムの特徴である四肢の同時運動と脳波での高振幅徐波の出現をとらえていることがわかる。また、同区間における各手法の検出結果はおおよそ正しい。区間 B では発作間欠時にも関わらず運動変動量または脳波変動量が立ち上がる箇所が存在し、該当箇所においてそれぞれ動画像のみ、または脳波のみによる検出法で誤検出が見受けられる。一方で、提案システムでは 3 つの指標を統合的に評価することで区間 B においても正しく識別できたと考えられる。さらに表 1 より、すべての精度評価値について有意な差は得られなかったものの提案システ

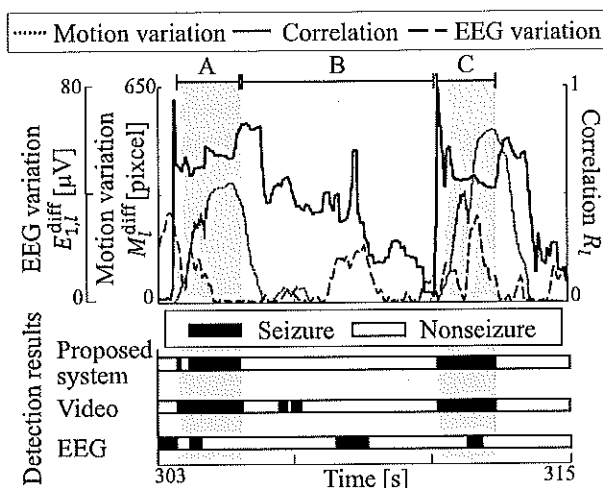


図 2: Evaluation indices and detection results

表 1: Performance measures for each method

	Proposed system	Video	EEG
Accuracy [%]	92.6 ± 5.2	89.8 ± 3.8	87.0 ± 7.6
Sensitivity [%]	90.7 ± 7.6	85.1 ± 5.2	87.0 ± 6.9
Specificity [%]	94.4 ± 12.4	94.4 ± 8.5	87.4 ± 7.7

ムが最も高い値を示している。以上の結果から、提案システムは児の動画像と脳波情報を統合的に評価して、発作を精度よく検出できる可能性を示唆した。

4. まとめと今後の課題

本稿では、動画像と脳波から児の運動を定量評価することで発作の自動検出が可能なシステムを提案した。また、被験者 1 名を対象に実験を行い、動画像と脳波を統合評価することで精度よく発作を検出できる可能性を示した。今後は、被験者を増やし様々な種類の発作を対象に自動分類を試みる予定である。

参考文献

- 1) F. Pisani *et al.*: Real-time Automated Detection of Clonic Seizures in Newborns, *Clinical Neurophysiology*, Vol. 125, No. 8, 1533–1540, 2014.
- 2) J. Mitra *et al.*: A Multistage System for the Automated Detection of Epileptic Seizures in Neonatal EEG, *Journal of Clinical Neurophysiology*, Vol. 26, No. 4, 218–226, 2009.
- 3) 中島翔太他：新生児の自発運動評価を目的とした General Movements 診断支援システム，計測自動制御学会論文集，Vol. 50, No. 9, 684–692, 2014
- 4) T. Tsuji *et al.*: A Log-Linearized Gaussian Mixture Network and Its Application to EEG Pattern Classification, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, Vol. 29, No. 1, 60–72, 1999.
- 5) 奥村彰久他：『発作時脳波からみた小児てんかん』，診断と治療社，2011.

利用者の誘目性を高める環境デザイン

○田中翔太郎, 大山剛史, 滝本裕則, 迫明仁 (岡山県立大学)

Environmental Design Enhancing the Visual Attraction of Users

Shotaro Tanaka, Takashi Oyama, Hironori Takimoto, Akihito Sako (Okayama Prefectural University)

1. はじめに

ヒトは外界からの情報の多くを視覚によって得ている。視覚によって得る情報には色、形、動きなど多くの要素があり、これらの要素の状態によってヒトの視覚的注意の向きやすさ（誘目性）は変化する。標識や広告などは、多くのヒトが即座に存在を認知したり、注意を向けるようにするために、誘目性を高めるデザインにすることが重要である。近年、画像解析技術の発展に伴い、画像データにおいてヒトの注意が向きやすい箇所を定量的に評価する各種の手法が提案されている。（誘導探索モデルや多重解像度モデルなど）

本研究は、誘目性を高める環境デザインの設計を目的として、施設付近に色や配置を条件として視覚刺激を提示したときの被験者の視線の動きなどの反応を計測・解析したものである。

2. 方法

実験環境 岡山県立大学の建物内における図1の概観図に示す屋内環境で実験を行った。

被験者 研究に関する事前の知識を持たない8人の被験者（大学生）が実験に参加した。

実験手順 被験者の視覚的注意を惹起させることを目的として、図1に示す●の3箇所（ドア付近、学生相談室入口、階段前）に大きさが縦84cm×横60cmで、色がピンク、黄色、紫、黒、紺色のいずれかのパネルを設置した。一試行においてパネルを設置する3箇所にはすべて違う色のパネルを設置した。被験者は図1に示す地点①から地点⑦への往復（ルートI）と、地点③から地点⑨への往復（ルートII）を行うように指示した。実験にあたって、被験者にはパネルの存在や実験の目的など、結果にバイアスを与えるような何らかの事前の知識は与えなかった。被験者一人当たり各配置につき2試行×5色＝計10試行を行った。提示するパネルの色の順序は無作為に設定した。

画像解析 今回の実験で使用したパネルを正面から撮影し、その画像をSaliency map modelの手法を用いて画像解析を行った。

計測 実験中、被験者はアイカメラ（Applied

Science Laboratories社製）を装着して、被験者が視線を向けている場所と被験者が見ている光景を動画データとして記録した。また、実験終了後に被験者に対して、各配置に設置した色のパネルの印象度を5段階評価で回答させた。

解析 記録した動画データを解析ソフトに取り込み、被験者が視線を向けている場所を判別した。その際、パネルに視線を向けている時間も計測した。これで得たデータについて重回帰分析（数量化I類）を行い解析した。

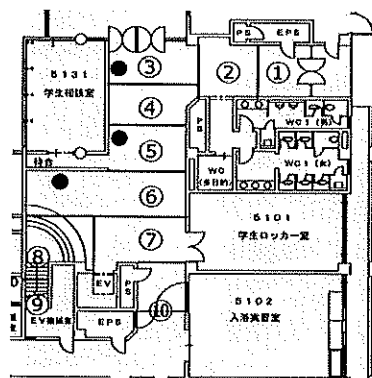


図1 パネルの配置とエリア区分

3. 結果

ルートI 色の評価（印象度）と注視時間を図2に示す。全体的に注視時間にばらつきがあるが、どの色も印象度が比較的に高い結果となった。

重回帰分析（数量化I類）の結果を図3に示す。重相関係数は0.71であった。この分析結果より、「エリア」がほかの変数より影響力をもっていることがわかった。

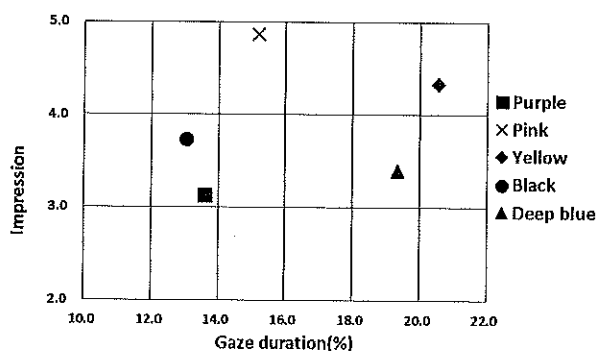


図2 ルートIでの印象度と注視時間

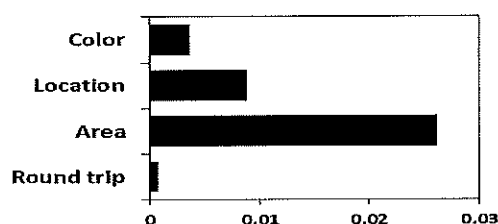


図3 ルートIの重回帰分析(数量化I類)の結果

ルートII 色の評価(印象度)と注視時間を図4に示す。ルートIより各色注視時間は短いが印象度は高い結果となった。重回帰分析の結果を図5に示す。重相関係数は0.42であった。この分析結果より「エリア」がほかの変数より影響力が高かった。

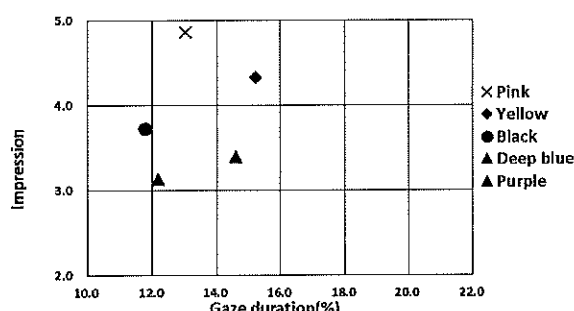


図4 ルートIIでの印象度と注視時間

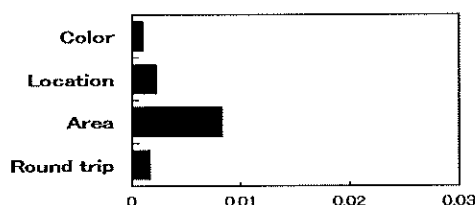


図5 ルートIIの重回帰分析(数量化I類)の結果

画像解析 画像解析の結果、顕著性の高かった黄色の例を図6で示す。今回使用した5種類の色を比較すると、色についてはおおむね黄色、黒、紺色、紫、ピンクの順で顕著性が高かった。

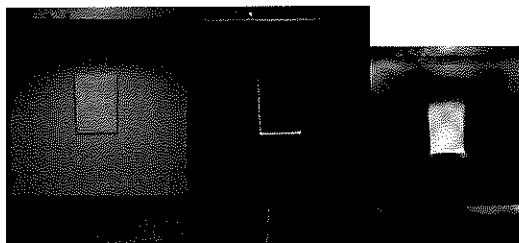


図6 画像解析の結果

4. 考察

注視時間について、今回の実験後に行ったアン

ケートで高い評価を得た色は時間が長くなっていると予想していたが、得られた結果において印象度が高かったピンクは必ずしも長くはならなかった。印象度が高く注視時間が短かった色については、背景色とパネルの色のコントラストが影響していたと考えられる。

パネルの大きさが同じでもピンクや黄色などの膨張色は、実際より大きく見える傾向がある。そのため、膨張色は瞬時に理解しやすく注視時間が短くなったと考えられる。

また、パネルに視線を向けているかどうかをアイカメラで調べたところ、パネルに視線を向けていたにもかかわらず、実験後のアンケートではパネルの存在がほとんど印象に残っていないと回答した被験者もいた。これについて、背景色とのコントラストが影響して、印象に残りにくい色(無関心色)があるのではないかと考えられる。

重回帰分析を行った結果、ルートI・IIともに、エリアが最大の要因となっている。次に、色よりも配置の方がより大きな要因として抽出された。このことから、「利用者(被験者)の位置と掲示されるパネルの位置、すなわち、(1)どの位置から(2)何が見えるか」が、誘目性を考慮した環境デザインを設計するときに重要であることが示唆される。

以上のことから、ヒトによる評価と画像解析による顕著性は必ずしも一致しないといえる。これよりヒトの認知特性(注視、記憶など)を考慮した顕著性モデルの構築が求められる。

5. まとめ

誘目性を高めるために色は重要な要素であるが、それよりも利用者がどの位置から何が見えるかが環境デザインを設計する上で重要な要素であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 後藤恵之輔, 他: 「アイカメラを用いた歩行者の視線分析」, 長崎大学工学部研究報告, Vol.31, No.56, 119-124, 2001
- 2) 祇園大輝, 他: 「色顕著性に基づくインタラクティブ画像セグメンテーション」, 電気学会論文誌C, Vol.133, No.6, 1211-1217, 2013

書字運動の利き手交換を促進する補助具の検討

○大森貴裕, 大山剛史, 迫明仁 (岡山県立大学)

Consideration of Auxiliary Instruments Promoting Hand Dominance Change in Writing Movements
Takahiro Omori, Takashi Oyama, Akihito Sako (Okayama Prefectural University)

1. はじめに

ヒトの左右の上肢は利き手と非利き手に分かれており、多くの運動において利き手を優先的に使用する。とりわけ書字運動では利き手の優先性が強いいため、事故などで利き手を使えなくなり非利き手のみを使うようになると、書字運動は著しく困難となる。非利き手による書字運動を支援するためにいくつかの補助具が開発されてきているが、その具体的な効果は明らかになっていない。本研究は、書字技能向上に効果的であるとされるなぞり書字練習¹⁾を実施し、非利き手による書字運動のための補助具を実際に使用したときの運動を計測・解析し、利き手交換のためのより良い補助具およびその適用方法について検討する。

2. 方法

被験者 研究に関する事前の知識を持たない5人の右利きの被験者（大学生）が実験に参加した。

実験手順 被験者は椅子に着席した状態でペンタブレット（Intuos 4, Wacom社製）のペン（直径約1.5cm）を持つように指示された。被験者の前方の机に設置した液晶ディスプレイ上に図1に示すトロコイド曲線及びペンタブレット上のペンの位置を表す直径約3mmの小円が提示され、被験者はトロコイド曲線をなぞるようにペンタブレット上でペンを動かすように指示された。

実験条件として、①利き手を使用、②非利き手を使用、③ペンに補助具（詳細は後述）をつけて非利き手を使用、④ペンの直径を図2に示すようにスポンジを巻きつけて太く（約3.5cm）して非利き手を使用、の4条件が設定された。トロコイド曲線を1回なぞるのを1試行として、被験者当たり各条件につき20試行×4条件＝計80試行を行った。実験順序は、利き手、非利き手、補助具をつけて非利き手、太くして非利き手、とした。すべての条件において、1秒間隔でメトロノームを鳴らして、被験者に運動時間を2秒にするように指示した。

補助具 非利き手による書字運動を支援する補

助具としてQリング（ゴムQ社製）を用いた。Qリングはペンを持つために重要なポイントの3点固定がしやすく安定した握りを促進する鉛筆補助具である。3点固定とは、親指と人差し指の指腹面と中指の親指側の面で支え、そして親指と人差し指の間に鉛筆を当てることである。本研究では図3に示すように、Qリングを2つ使用し、組み合わせた状態で実験を行った。

計測 ペン先の位置、ペンの傾き、ペンがペン先方向にペンタブレットにかける力（以下、筆圧と表す）をサンプリング周波数約60 Hzで計測した。筆圧はペンタブレットの機能によって0～1023に量子化された値を用いた。解析に先立ち、ペン先位置のデータには遮断周波数5Hzのデジタルローパスフィルタを適用した。

解析 軌道の誤差を評価するために、軌道の曲率のトロコイド曲線の曲率に対する相対誤差を曲率誤差として用いた。

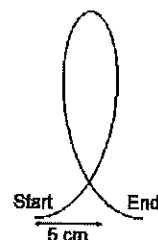


図1 被験者に提示したトロコイド曲線

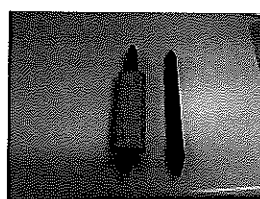


図2 ペンの太さ

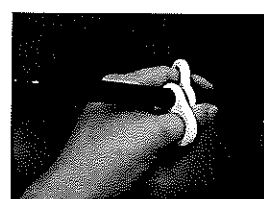


図3 Qリング

3. 結果

図4は全被験者にわたる各条件について筆圧の変化量の平均を示したものである。分散分析は筆圧の変化量における実験条件の違いの主効果を明らかにした ($p < 0.001$)。多重比較の結果、非利き手と補助具使用 ($n.s.$) の以外のすべての組合

せにおいて有意差があった（すべて $p<0.05$ ）。

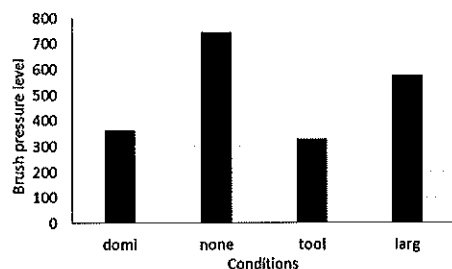


図4 各4条件における筆圧の変化量の平均

次に数量化 I 類を用いて曲率誤差について分析した。被験者ごとに個人差が大きかったため被験者ごとに分けて解析した。ここでは傾向が顕著に現れた被験者2人（No.2, No.5）についての結果を示す。

図5は1つ目の傾向として見られた曲率誤差について数量化 I 類の結果を示した図である。この解析より、非利き手と補助具使用の間では他の変数よりも影響力を持っていることが示唆された。また、非利き手での曲率誤差の平均は0.20、補助具使用では0.15となっており、補助具使用の方が曲率誤差は小さかった。

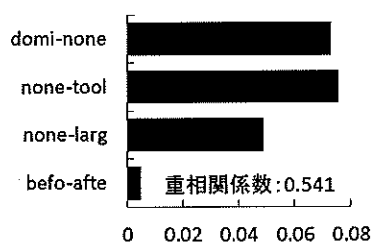


図5 曲率誤差についての分析例（Subj.No.2）

図6は2つ目の傾向として見られた曲率誤差について数量化 I 類の結果を示した図である。この解析より、非利き手とペンを太くの間では他の変数よりも影響力を持っていることが示唆された。また、非利き手での曲率誤差の平均は0.32、ペンを太くでは0.24となっておりペンを太くの方が曲率誤差は小さかった。

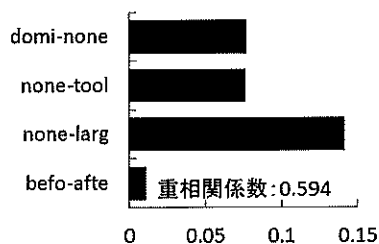


図6 曲率誤差についての分析例（Subj.No.5）

被験者5人中4人で利き手と非利き手の間で影響力を持っていることが示された。また、5人の被験者の曲率誤差の平均は利き手で0.19、非利き手で0.22であった。なお、全被験者での試行の前半10回と後半10回での偏相関の平均は0.15であった。

4. 考察

図4に示した筆圧の変化量の平均について、利き手と補助具使用の間で有意差がなかった。この結果は、補助具を用いることで筆圧の変化が利き手のときのようになることを示唆している。次に、利き手と非利き手の間、非利き手と補助具使用の間では、顕著に有意差が見られた（ $p<0.001$ ）。これは、非利き手の方が利き手と比べ巧緻性が劣っていることを示唆していると考えられる²⁾。

図5、図6に示し曲率誤差の数量化 I 類について、ここに示す被験者2人だけでなくほかの被験者においても試行の前後において、ほとんど相関がなかった。この結果は、20回の試行回数では学習の効果は表れにくいことを示唆している。また、被験者によって影響力を持つ組合せが違ったことから個人によって書きやすい条件が違うことが考えられる。

5. まとめ

本研究の結果より、以下のことが明らかになった。(1) 筆圧の変化量の平均について、利き手と補助具使用の間で有意差がなく、補助具を用いることで筆圧の変化が利き手のときのようになる。

(2) 試行回数20回程度では書字動作において学習効果は表れにくいこと。(3) 書字動作のしやすさには被験者による違いが大きい。これらのことから、今後は個人特性に応じた補助具の使用と開発を目指す。

参考文献

- 1) 明崎禎輝他, 「非利き手の書字正確性を向上させる練習方法-なぞり書練習の有用性-」, Vol5.689-692, 2009
- 2) 松田勇他, 「利き手度の定量的判定法. 作業療法」, Vol5.40-41, 1986

経路点を用いた書字・描画運動モデルの検討

○葛間大樹, 大山剛史, 迫明仁 (岡山県立大学)

Consideration of Models for Writing and Drawing Movements Applying Via-points
Hiroki Kuzuma, Takashi Oyama, Akihito Sako (Okayama Prefectural University)

1. はじめに

ヒトの2点間を結ぶ単純なリーチング運動は、運動開始と終了における状態を境界条件としてジャーク最小モデルなどで再現できることが知られている。書字や投擲のような複雑な運動を再現する計算モデルとして、運動における特徴点に経路点を設定して、それらの経路点を通過させるようなモデルが提案されている。これらの先行研究は既に生成された軌道を再現できる経路点を設定するものであり、実際にヒトがそれらの経路点を通過するように運動を生成していたのか、それらの経路点を通過する運動がヒトにとって生成しやすいものであるかは明らかではない。

本研究は、先行研究が提案した手法に基づいて設定した経路点を通過する運動を計測し、経路点を通過する運動について調査した。

2. 方法

被験者 研究に関する事前の知識を持たない3人の右利きの被験者(大学生)が実験に参加した。

実験手順 被験者は椅子に着席した状態でペンタブレット(Intuos 3, Wacom社製)のペン(直径約4.7cm)を持つように指示された。液晶ディスプレイ上に図1-(a)に示すトロコイド曲線及びペンタブレット上のペンの位置を表す直径約2.0mmの小円が提示された。被験者は実験条件に示す条件のもとで、提示したトロコイド曲線を経路とするペン先軌道を生成するように指示された。

実験条件 被験者がトロコイド曲線を生成するための手がかりを条件として3条件を設定した。

- (1) なぞり条件…生成すべきトロコイド曲線の経路が常に表示されている。
- (2) ジャーク条件…あらかじめ求めていたトロコイド曲線を経路としたジャーク最小軌道においてジャークの2乗が極大を取る点について、値が大きい順に3個の点を取り、これを経路点とする¹⁾。
- (3) 曲率条件…トロコイド曲線の曲率が極値を取る点に経路点を設定する²⁾。本研究の条件では曲率が極値を取る点が3個だったため、3

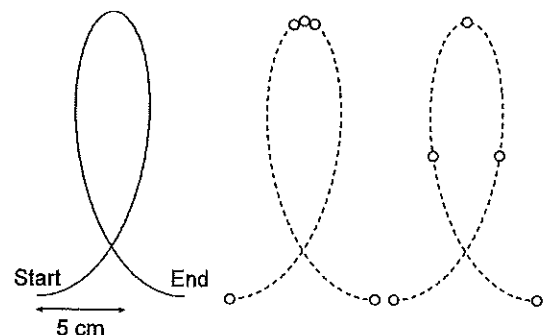
個の経路点を設定した。また、この(2)の条件で設定する経路点の数もこれに合わせた。

条件(2), (3)では、運動を開始すると手本経路は提示されなくなり、始点、終点及び3個の経路点だけが提示された。図1-(b), 1-(c)に条件(2), (3)において提示した経路点を示す。

すべての条件において、1.0秒間隔でメトロノームを鳴らして、被験者に運動時間を2秒程度にするように指示した。

トロコイド曲線を1回生成する運動を1試行として、被験者当たり80試行(条件の順序: なぞり(10)→ジャーク(20)→なぞり(10)+なぞり(10)→曲率(20)→なぞり(10)=計80試行)が行われた。

条件間における練習による影響を軽減するために、経路点設定条件ごとで2日の間隔を設けた。計測 ペン先の位置をサンプリング周波数約60 Hzで計測した。解析に先立ち、ペン先位置のデータには遮断周波数5 Hzのデジタルローパスフィルタを適用した。



(a) なぞり条件 (b) ジャーク条件 (c) 曲率条件

図1: 被験者に提示したトロコイド曲線

3. 結果

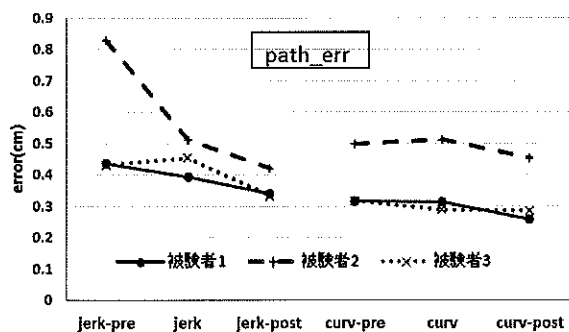
3.1 誤差

ここでは、手本経路との位置(座標)の誤差を経路誤差(path_err)、曲率の相対誤差を曲率誤差(c_err)とした。

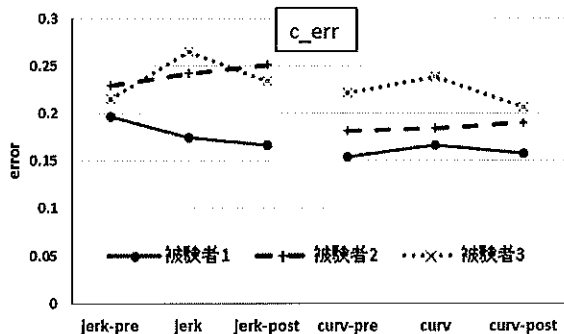
各条件試行での誤差の変化を図2-(a), 図2-(b)に示す。

分散分析による結果、ジャーク条件での20試行の前後で経路誤差に有意差があった($p < 0.05$)が、曲率誤差には有意差はなかった(n.s.)。また、曲率

条件での20試行の前後では、経路誤差(*n.s.*)、曲率誤差(*n.s.*)ともに有意差はなかった。



(a)経路誤差



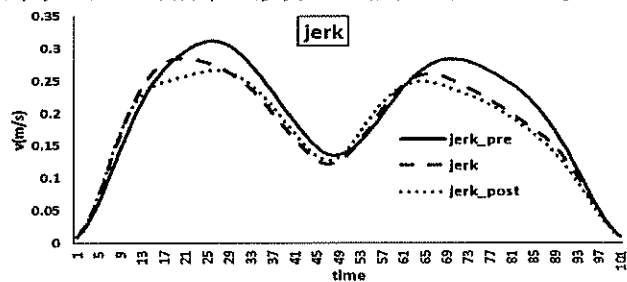
(b)曲率誤差

図2: 誤差の変化

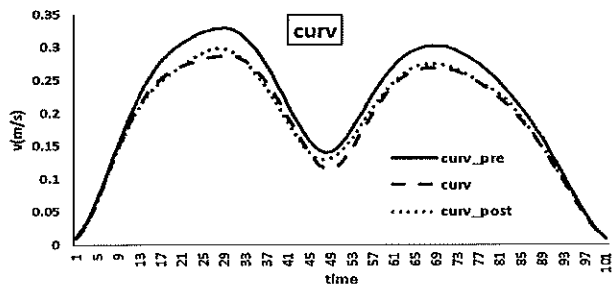
3.2 速度

条件ごとの全被験者にわたる速度波形の平均を図3-(a)、図3-(b)に示す。

速度波形はM字型の波形となっていたが、左右対象ではなく前半が幾分速い傾向が見られた。



(a)ジャーク条件



(b)曲率条件

図3: 速度波形

4. 考察

本研究は、運動の学習において、被験者は手本経路に対するなぞり運動から経由点を抽出する方策をとっており、そのときに設定される経由点はジャークの2乗の極大による経由点設定、あるいは曲率の極値による経由点設定と仮定し、いずれの経由点設定方法が手本経路をより再現できるか検討した。

トロコイド曲線を生成していく上で、曲率条件では誤差の減少に有意性が示されなかったのに対し、ジャーク条件では誤差が有意に減少することが示された。しかし、図2-(a)に示すように被験者2のジャーク条件前での誤差が突出して大きくなっており、この影響が大きかった可能性がある。

速度波形のデータをみてもジャーク条件、曲率条件ともに、ほぼ同様な波形となっており両者に明らかな差は現れづらいたと考えられる。

また、手本経路において、ジャーク最小モデルに基づく軌道では左右対称な速度波形を想定していたが、計測データはそうになっておらず、腕の内外旋運動のしやすさなどの腕のダイナミクスな情報を考慮することで、より良い条件設定を行えると考えられる。さらには、トロコイド曲線が生成しやす過ぎる経路のため、差が現れにくかった可能性も考えられる。

5. まとめ

本研究においては、ジャークの2乗の極大による経由点設定条件、曲率の極値による経由点設定条件の間にトロコイド曲線の再現に明らかな違いは見られなかった。要因としては被験者に与えたタスクが簡単過ぎたことにより、学習の効果が得られず、いずれの条件においても有意な差が得られなかったことが考えられる。今後、再現する曲線の形状や経由点の提示法などタスクの難易度の調整を施した上で、より詳細な調査を行う。

参考文献

- 1) M.J.E. Richardson et al.: "Comparing smooth arm movements with the two-thirds power law and the related segmented-control hypothesis," J Neurosci, Vol.22, 8201-8211, 2002
- 2) 大山剛史:「手本経路に対するなぞり運動を用いた経由点設定」、電子情報通信学会、Vol.J93-D, 1790-1798, 2010

折れ曲がり機構付きロフストランドクラッチ杖による 立ち上がり動作補助の検討

○中西宣夫、池田諭紀、石原茂和、佐々木久登（広島国際大学）
森中茂（（有）シヨミ義肢製作所）

Effect of Lofstrand crutch with bending-function during standing up

Nobuo Nakanishi, Satoki Ikeda, Shigekazu Ishihara, Hisato Sasaki (Hiroshima International University), Shigeru Morinaka (Shiyomi Prosthetics Orthotics Ltd.)

1. はじめに

前腕支持ができるロフストランドクラッチ杖を使用する脳卒中片麻痺患者や、虚弱高齢者が増加している。ロフストランドクラッチ杖は、握り手部分で軽度屈曲した支柱と、前腕を支えるカフを備え付けた杖である。前腕の固定ができ、荷重を前腕で受けることができるため、下肢への荷重を減らすことができる。しかし、安定に必要なロフストランドクラッチ杖の長さが、座位においては長すぎる。

立ち上がり動作は一般的に3相に分けられ、第1相は重心の前方移動期、第2相は殿部離床期、第3相が重心の上方移動期となる。

第1相では、ロフストランドクラッチ杖を装着して杖に体重を預けると、杖が長すぎるため重心が前方へ移動できないので、立ち上がりのアシストになりにくい。

森中がロフストランドクラッチ杖の欠点を補えるように、折れ曲がり機構を付けたロフストランドクラッチ杖を20数年前に考案、作成した。

折れ曲がることにより、自身の近くに杖を突くことができ、杖の操作がしやすくなると考えた。

立ち上がり動作において、杖先にかかる床反力により検証を行ったので報告する。

2. 方法

被験者は健常者12名（男性8名、女性4名）、平均年齢31.4歳（ ± 13.1 ）中高年組と若年組あり、平均身長162.4cm（ ± 9.0 ）、平均体重57.8kg（ ± 14.0 ）である。

使用機器は、可倒式ロフストランドクラッチ杖（長さ97cm、折れ曲る位置はグリップ下部で床面より76cm）と、フォースプレート（AMTI INC, MODEL NO. OR6-7-2000）とした（サンプ

リング周波数500Hz）。フォースプレートと水平になるように高さを調節した台の上に椅子を設置した。

実験場所は、広島国際大学、被験者には実験の内容を説明し実験の主旨に同意してもらった上で実験を行った。

被験者は椅子に腰掛け、利き腕にロフストランドクラッチ杖を持ち、杖を床から浮かした状態で待機し、計測者の合図により立ち上がった。被験者には、杖に頼って立ち上がるように指示し、杖を突く位置はフォースプレート上の突きやすい位置とした。杖の可倒機能を利用した立ち上がり（以下 bend）と、利用なしでの立ち上がり（以下 straight）をそれぞれ3回ずつ合計6回の計測を行った。1回の計測時間は5秒間とした。

データの解析は床反力（N）被験者前後方向をX軸、前方をプラスと、立ち上がりまでの時間（S）を、bend時とstraight時の一元配置分散分析とした。

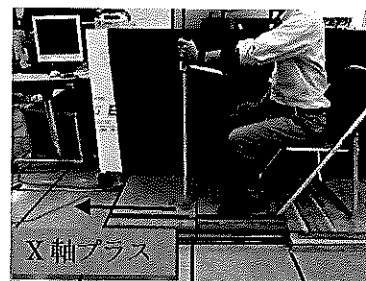


図1 実験風景 (bend)

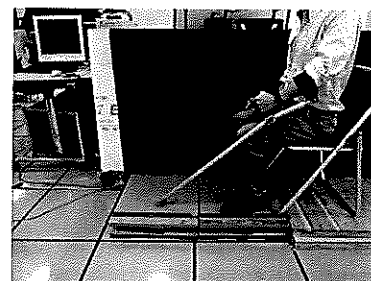


図2 実験風景 (straight)

3. 結果

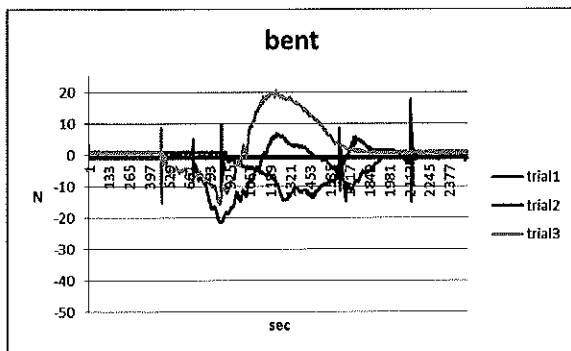


図3 グループ①bend使用時 X 軸値

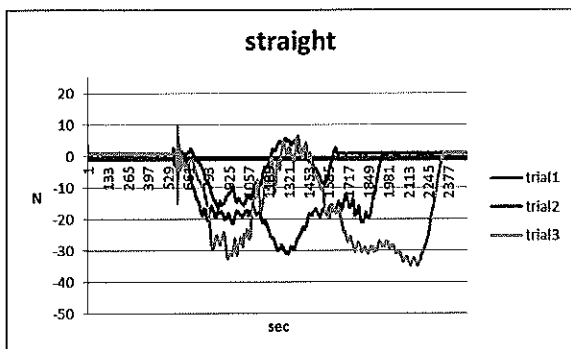


図4 グループ①straight使用時 X 軸値

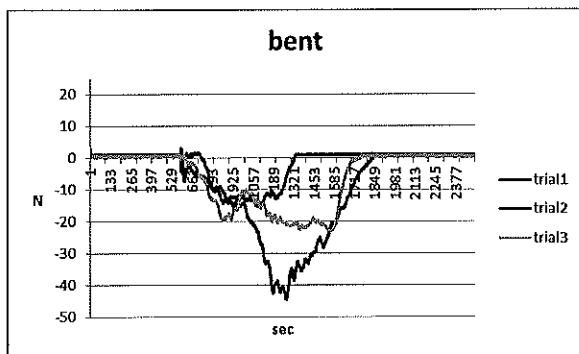


図5 グループ②bend使用時 X 軸値

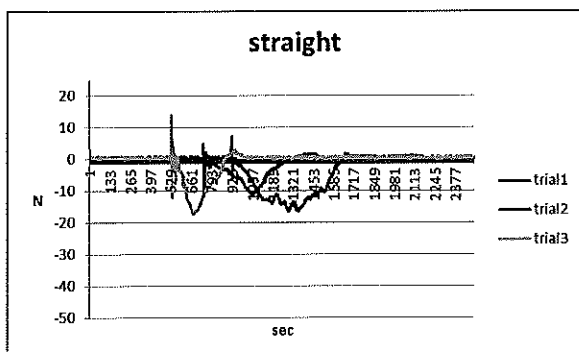


図6 グループ②straight使用時 X 軸値

立ち上がり動作におけるX軸方向の力の移り変わりを分析した結果、被験者を2つのグループに分けることにした。

グループ①ではbend時、立ち上がり第1相では重心を前方に移動するために杖を自身の利き手の前方に立て後ろ方向に突こうとする。したがって力の方向はマイナス値を示す。

立ち上がり第2相では立ち上がりの補助をしているので、杖を自身に向かって引くようにするので、力の方向はプラス値を示す。

立ち上がり第3相では立位安定のために杖をやや前方に倒す事で、力の方向はマイナス値を示す。

またグループ①は、5名中4名が40代以上の中高年群であり立ち上がり時間は長かった。(ただし時間のグループ間に有意差はない)

グループ②ではbend時、立ち上がり動作の全相において杖を自身から遠くに突き、杖を引き寄せるように力を加えていたので、その方向は常にマイナスの値を示していた。またグループ②は、7名中6名が20代前半で若年群であり、立ち上がり時間は短い。

それぞれのグループにおいて、杖のstraight/bend条件でX軸床反力加算値の一元配置分散分析を行ったところ有意差があった。グループ①はbend時、X軸床反力加算値がゼロに近くなりstraightの間で有意差があった。(df=1 F=7.44 p=0.001)一方グループ②では、bend時、X軸床反力加算値が大きくなりstraightとの間で有意差はあった。(df=1 F=7.44 p=0.01)

4. 考察

若年群では、杖を強引に引き寄せる事で立ち上がろうとしていたので、折れ曲がり機構の意義が発揮されなかった。一方、中高年群では杖を自身の近くに接地させる事によって立ち上がりのフェーズに合わせて杖を細かく操作している事が分かった。そういう使用法においては、折れ曲り機構の有効性が確認された。

参考文献

- 1) 石井慎一郎:「動作分析 バイオメカニクスに基づく臨床推論の実践」, ㈱メジカルビュー社, 第1版第6印刷, 2014
- 2) 江原義弘他:「ボディダイナミクス入門 立ち上がり動作の分析」, 医歯薬出版㈱, 第1版第4印刷, 2006

物理機能モデルによる三次元人体-シート系の振動モデルの開発

○中岡広志(岡山県立大学大学院)、西山修二(岡山県立大学)、大田慎一郎(岡山県立大学)

Development of vibration model of three-dimensional human-seat system by physical function model

Hiroshi Nakaoka(Okayama Prefectural University), Shuji Nishiyama(Okayama Prefectural University), Shinichiro Ota(Okayama Prefectural University)

1. はじめに

自動車の運転中に人体に振動が負荷され、長時間の運転に伴い乗員の疲労が蓄積される。疲労を低減させるためには振動負荷を低減させることが課題であり、乗り心地向上を目指す上で乗員の振動特性を予測することは自動車設計において重要である。また、西山¹⁾は二次元の人体モデルを構築し上下方向の振動解析を行っているが前後・左右方向の検討は行っていない。

そこで、本研究の目的はドライバーの上下・前後・左右の振動解析が可能な三次元人体-シート系の振動モデルを構築することである。

2. 理論的解析

物理機能モデル²⁾を適用し、人体-シート系の振動モデルを構築する。

2.1. 三次元両端質量柔軟はり要素モデル

図1に示す両端に質量を有し、それらを連結するためにばねとダンパが存在する構造を用いて人体モデルの開発を行う。三次元両端質量柔軟はり要素モデルは、人体をモデル化するにあたり、両端の質量の比を自由に変えることができるモデルである。また、三次元両端質量柔軟はり要素モデルは並進系、回転系の運動を考慮している。

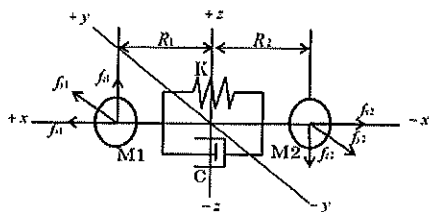


図1：三次元両端質量柔軟はり要素モデル

2.2. 並進系

並進系において質量 M1 に前後方向に力 f_{x1} を加えればばね・ダンパから反力が作用するの

で運動方程式は次式となる。

$$M\dot{v}_x = f_{x1} - \left(k \int v_x dt + cv_x \right) \quad (1)$$

上下、左右方向の運動方程式も式(1)と同様に求めることができる。

2.3. 回転系

M1 と M2 の中心に重心をおく座標系をとり、左右方向に f_{y1} , f_{y2} が作用したとき、重心周りにトルク T_y が働き、角速度 ω_y が生じ、回転運動が起こる。また、生じた角速度に重心までの距離 R を乗ずれば、並進方向の速度となる。以上より、回転系を支配する式は次式となる。

$$T_y = f_{y1}R_{y1} + f_{y2}R_{y2} \quad (2)$$

$$I_y \dot{\omega}_y = T_y \quad (3)$$

$$V_{y1} = R\omega_{y1} \quad (4)$$

上下方向の運動方程式も式(2), (3), (4)と同様に求めることができる。

2.4. 三次元人体の振動モデル

図2は三次元人体モデルの構造を示す。人体は頭部、胴体部、左右の大腿部、下腿部、上腕部、前腕部に分け、要素モデルとして三次元の両端質量柔軟はり要素モデルを用いて、それらを繋ぎ合わせることで人体をモデル化する。

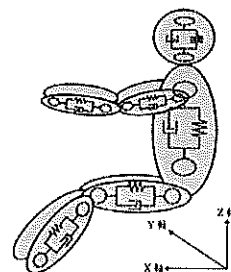


図2：三次元人体モデルの構造

2.5. 座標

三次元座標上で人体が力によって作用される

方向は異なってくる。人体各部でも x, y, z 軸をローカル座標系と呼ぶ。そして、ローカル座標内での動きを全体の動きとして見るグローバル座標系 X, Y, Z 軸に変換させる必要がある。ローカル座標系からグローバル座標系へ変換させるには、ローカル座標系(x, y, z)をヨー角 ϕ 、次にピッチ角 θ 回転させるとグローバル座標系(X, Y, Z)となり、次式で表せる。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta\cos\phi & \sin\phi\cos\theta & -\sin\theta \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ \sin\theta\cos\phi & \sin\theta\sin\phi & 0\cos\theta \end{bmatrix} \quad (5)$$

また、グローバル座標系からローカル座標系へ変換させるには、式(5)で求めたマトリクスを転置することにより値をもとの座標系の成分に戻すことができるので、次式で表せる。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta\cos\phi & \sin\theta & -\sin\phi \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ \sin\phi\cos\theta & \cos\phi & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

3. 解析結果

構築した人体-シート系の三次元振動モデルのシステム及び解析結果の妥当性を検証するため、過渡応答特性及び周波数応答特性について解析した。

3.1. 過渡応答特性

図3は周波数が0.05Hz、周期が20sで入力を行った人体各部の結果を示す。また、シート、ペダル、ステアリングホイールの計8点から入力を行った。応答は、人体各部の左右に関わらず同じ特性を示した。これは、入力変位に対して極低速で進むため人体の各部位の変位が一致したものと考えられる。

よって、過渡応答特性において解析結果から構築した三次元人体-シート系の振動解析モデル及び解析結果の妥当性を示すことができる。

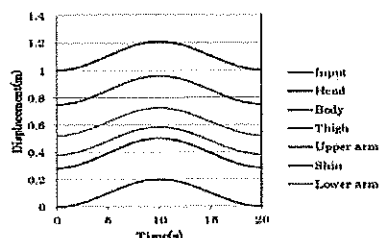


図3：人体各部の過渡応答特性

3.2. 周波数応答特性

周波数応答特性は、振幅0.005mの正弦波を周波数1Hz～20Hzまでを90sにおいて対数掃引する。出力加速度を入力加速度で除したものをフーリエ解析する。構築した人体モデルの有用性を検証するため、実測による結果と比較する。図5は解析結果と実測結果の頭部の比較を示す。横軸が周波数、縦軸は加速度比を示す。解析結果の周波数が4.95Hzにおいて加速度比のピークは2.78であった。実測結果は、周波数が4.08Hzにおいて加速度比のピークが2.72となった。頭部において解析結果と実測結果の振動特性はよく一致していると思われる。

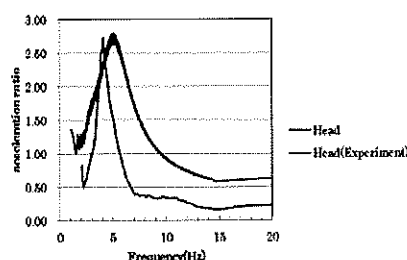


図4：解析結果と実測結果の比較

4. おわりに

本研究で明らかになった事柄を以下に示す。

- (1) 三次元両端質量柔軟はり要素モデルを提案し、構造、運動方程式および物理機能モデルによるモデル化手法を示した。
- (2) 人体各部に三次元両端質量柔軟はり要素モデルを適用して、上下・前後・左右の振動解析が可能な三次元人体-シート系の振動モデルを構築した。
- (3) 過渡応答特性、周波数応答特性の振動解析を行い、三次元人体-シート系の振動モデルの妥当性を検証した。

今後の課題として、パラメータの高精度化が考えられる。

参考文献

- 1) 西山修二,「乗り心地解析を可能とする新しい人体モデルの開発」, Dynamics and Design conference 2012
- 2) 長松昌男, 角田鎮男, 長松昭男,「製品開発のための新しいモデル化手法(機能モデルの基本概念)」, 日本機械学会, vol64, No622, 1998-6

認知的バイアスによる意思決定の歪みと事故の関連性

○中村智子、村田厚生（岡山大学大学院自然科学研究科）

Relevance of distorted decision making due to cognitive biases to crucial accidents

Tomoko Nakamura, Atsuo Murata

(Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University)

1. はじめに

ある事柄を判断するときに、合理的な判断がなされず歪んだ評価を起こす傾向は認知的バイアスと呼ばれる。認知的バイアスの研究では、人間が判断や意思決定を行う場合必ずしも合理的な選択をするわけではないことが示唆された[1]。

人間には2つの思考システムが存在し、直感に頼る思考をシステム1とよび、熟考して合理的に結論付けようとする思考をシステム2としている[2]。このうちシステム1によって思考する際、認知的バイアスがかかった歪んだ意思決定を行う。

人間の認知能力や使える時間には厳しい制約がある。そのため、我々の行う意思決定には多くの認知的バイアスが存在すると考えられ、それは事故についても同様である。本研究では偏った見解、意思決定を招く認知的バイアスが、重大な事故を引き起こす原因となることを検証するための基礎的な研究を実施した。

2. 分析方法

2.1 認知的バイアスの分類

まず、認知的バイアスの分類を図1のようにまとめた。私たちが意識の限定性に支配され、「ヒューリスティック」、「過信」、そして「フレーミング」のような意思決定の方法を用いた時、認知的バイアスに陥りやすい。ヒューリスティックを用いると、人は直感的に判断を行う。過信に陥ると、自身を過大（過小）評価し判断を狂わせる場合がある。フレーミングでは、物事を心的な枠組みでとらえてしまいそれが選好に影響を与える。

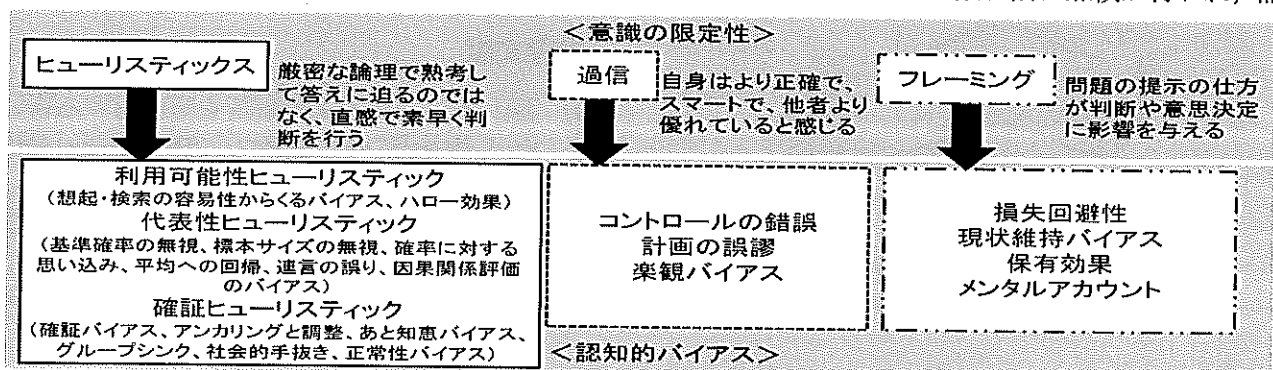


図1. 認知的バイアスの分類

本研究ではこの3つの特性をもとに図1のように分類し、事故事例との関連性の検証を行った。

2.2 認知的バイアスによる事故の誘発

どのように歪んだ意思決定がエラーや違反行動に繋がっていくかを図2に示す。図2に示したように、意思決定をゆがめる要因として認知的バイアスが関連すると考えられる。

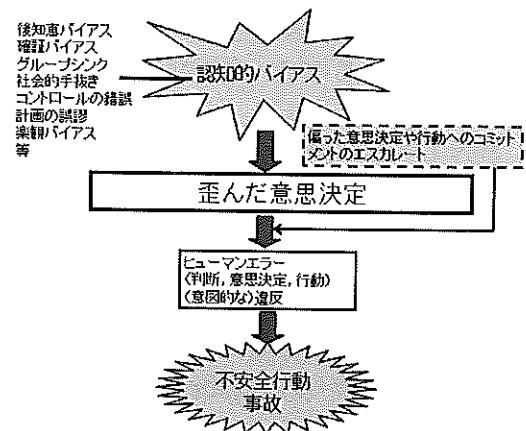


図2. 不安全行動・事故の誘発要因

3. 検証結果

3.1 スリーマイル島原発事故

【概要】

1979年3月28日、スリーマイル・アイランド原子力発電所2号炉（アメリカ合衆国）の加圧水型原子炉で弁を作動させる系の水漏れによって蒸気発生器に冷却水を戻す主給水ポンプが停止した。原子炉建屋内の蒸気発生器に冷却水が引き続きおくられるようにするためにタービン建屋内の補助給水システムが自動起動し、冷却機能が維持されるはずであった。数日前に点検が行われ、補

助給水ポンプの出口弁が閉じられていたが、これを作業員が開け忘れるというエラーが発生していた。これが原因となって炉心溶融による放射能の外部漏れ事故が発生した。

【認知的バイアスとの関連性】

この事故の直接の原因は、補助給水ポンプの出口弁が点検時に閉じたまま開けるのを忘れていて、また、閉じられた状態であるというランプが隠されてしまい、それに気づく者もいなかったことである。事故当時、137個もの警報が点灯し事故原因の把握が容易ではなくさまざまなミスを生んだ。このような原因に対してどのような認知的バイアスが存在するか検証したものが図3である。図3に示すように原因はバルブの開け忘れであったが、その背後要因や事故の経過をみるとさまざまな認知的バイアスが絡んでいる。

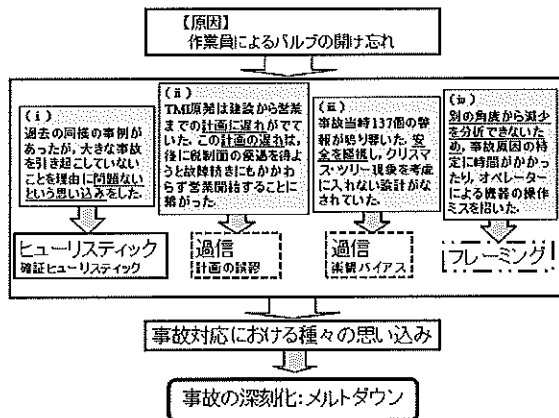


図3. スリーマイル島原発事故と認知的バイアス
3.2 NASA チャレンジャー号爆発事故

【概要】

1986年1月、スペースシャトルチャレンジャー号が打ち上げから73秒後に空中分解し、7名の乗組員が犠牲になった事故である。打ち上げ当日、寒波の襲来で気温が氷点下を下回っていた。固体燃料ロケット・ブースターの部品Oリングが低温によって硬化し異常をきたした。これによりブースターのつなぎ目の隙間からブースター内の高温ガスが噴出し傾いたブースターが液体燃料タンクに激突し、事故に至った。

【認知的バイアスとの関連性】

事故原因は、Oリングが機能しなかったことによる。低温状況下でのOリングが機能しない可能性はシャトル発射前から示唆されていた。寒波が襲ってきたにも関わらず発射が強行されたのはNASAやシャトル部品製造会社が経営的な判断で利益を優先した結果である。チャレンジャー号

爆発事故と認知的バイアスとの関係を図4に示す。チャレンジャー号の発射にあたっては、技術者の中に異を唱える者もいたが、最終的には発射に賛成した。過ちに気付いていたが集団の意見に流されてしまうことはグループシンクに陥っていると考えられる。また、グループシンクに陥る前段階でも、Oリングの耐久性に関して発射に優位な情報ばかりを得ようとし（確認バイアス）、発射への過信等が存在していたものと考えられる。

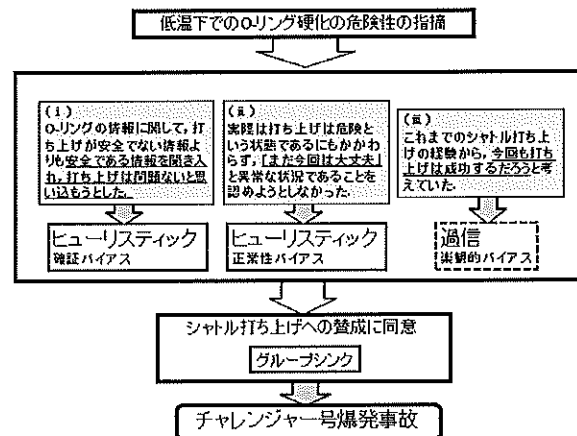


図4. チャレンジャー号爆発事故と認知的バイアス

4. 考察および結論

2つの例から分かるように深刻な事故を起こす原因の一つに多くの認知的バイアスが関わっていることが分かった。歪んだ意思決定を起こす認知的バイアスの矯正方法を探ることは、事故を防ぐための有用な手段の一つになると考えられる。

私たちは、歪んだ意思決定を行ってしまうことから逃れることが出来ない。小さなエラーやミスであってもそれが積み重なったり繰り返されたりすることで深刻な事故へと繋がり、そして、その悪循環から抜け出すことは容易ではない。認知的バイアスが重大な事故につながるような意思決定の歪みを引き起こすことを理解することが不可欠である。

参考文献

- 1) Bazerman, M.H. & Moore, D.A. : "Judgment in Managerial Decision Making", 8th edition, Wiley, 5-6, 2013
- 2) Kahneman, D : 「ファスト&スロー あなたの意思はどのように決まるのか?」 上 早川書房, 30-32, 2012.

編集・発行：一般社団法人日本人間工学会 中国・四国支部
同 関西支部

発 行 日：2014 年 12 月 1 日

定 価：2,000 円

連 絡 先：〒700-8530 岡山市北区津島中 3 丁目 1 番 1 号
岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻
知能システム組織学教育研究分野内
一般社団法人日本人間工学会中国・四国支部事務局

U R L： <https://www.ergonomics.jp/local-branch/chugoku-shikoku/index.html>