Japan
Ergonomics
Society

Kansai Branch

平成20年度
日本人間工学会関西支部大会
講演論文集

日時：平成20年 12月 6日（土）　9:30〜16:35
会場：京都工芸繊維大学　松ヶ崎キャンパス
　　１号館（特別講演）
　　６号館（企画セッション・一般セッション）

■主催　日本人間工学会関西支部
■共催　京都工芸繊維大学
■協賛　京都工芸繊維大学（人間志向型工学研究センター，総合プロセーシス研究センター，光と色研究会）
　　日本デザイン学会第４支部
　　日本福祉のまちづくり学会関西支部
　　産技研福祉懇談会
　　日本色彩学会関西支部
　　関西心理学会

■スケジュール■

<table>
<tr><th></th><th>A会場
6号館0611号</th><th>B会場
6号館0612号</th><th>C会場
6号館0632号</th><th>D会場
6号館0641号</th></tr>
<tr><td>09:30-10:45</td><td>【企画セッション】
匠の技1
A-1 ～ A-5</td><td>心理
B-1 ～ B-5</td><td>人体形状・寸法
C-1 ～ C-5</td><td>ユーザビリティ1
D-1 ～ D-3</td></tr>
<tr><td>10:55-11:55</td><td>【企画セッション】
匠の技2
A-6 ～ A-9</td><td>生理計測1
B-6 ～ B-9</td><td>眼球運動解析・視覚
C-6 ～ C-8</td><td>ユーザビリティ2
D-4 ～ D-6</td></tr>
<tr><td>11:55-13:30</td><td colspan="4">昼休み
評議員会・役員会合同会議（会場：１号館０１２１号）</td></tr>
<tr><td>13:30-14:30</td><td colspan="4">特別講演『京都ブランドによる人材育成と地域創成の極意』
講 師 ： 久 保 雅 義
（京都工芸繊維大学大学院　教授）
（会場：１号館０１１１号）</td></tr>
<tr><td>14:40-15:40</td><td rowspan="2">【企画セッション】
観察工学
A-10 ～ A-12</td><td>生理計測2
B-10 ～ B-13</td><td>支援
C-9 ～ C-12</td><td>知覚
D-7 ～ D-10</td></tr>
<tr><td>15:50-16:35</td><td>触覚
B-14 ～ B-16</td><td>行動・動作
C-13 ～ C-15</td><td>感性
D-11 ～ D-13</td></tr>
<tr><td>17:00-18:30</td><td colspan="4">懇親会
（会場：京都工芸繊維大学 アルス）</td></tr>
</table>

【一般演題：発表 12分（発表者の入替時間を含む）、質疑応答 3分】

※会場にはプロジェクターおよび接続ケーブル（ミニD-Sub15pinオス）を用意しています。
マッキントッシュなど異種端子のPCを使われる方は必ず接続アダプタをお持ちください。
発表用PCは各自ご持参ください。また、念のため印刷した紙等をご準備ください。

平成20年度　日本人間工学会　関西支部大会　プログラム

会場：京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス１号館／６号館

特別講演会（１号館０１１１号）

■特別講演　　13:30～14:30

『京都ブランドによる人材育成と地域創成の極意』

講師：　久保　雅義（京都工芸繊維大学大学院　教授）

司会：森本 一成（京都工芸繊維大学大学院　教授）

Ａ会場（６号館：０６１１号）

■企画セッション　匠の技１　　09:30～10:45

座長：才木 常正（兵庫県立工業技術センター）

A-1　茶道点前における運動学的解析

○濱崎 加奈子（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）
太田 達　井植 美奈子（京都工芸繊維大学大学院）
久米 雅　吉田 康行（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　阪田 将揮（京都工芸繊維大学）
田中 辰憲　溝辺 宜之（京都工芸繊維大学大学院）　市橋 由佳　笹岡 奈津美（大阪産業大学）
吉岡 節子（(株)老松）　濱田 明美（京都光華女子大学）　松下 久美子（スタジオツリー）
山崎 郁美（(株)老松）　Kristin Surak（University of California Los Angeles）
後藤 彰彦（大阪産業大学）　濱田 泰以（京都工芸繊維大学大学院）
仲井 朝美（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　芳田 哲也（京都工芸繊維大学大学院）

A-2　薄茶における茶筅の振幅回数の違いによる泡の形状分布解析

後藤 彰彦　○市橋 佑佳　笹岡 奈津美（大阪産業大学）　太田 達（京都工芸繊維大学大学院）
濱崎 加奈子（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　井植 美奈子（京都工芸繊維大学大学院）
松下 久美子（スタジオツリー）　濱田 明美（京都光華女子大学）
仲井 朝美（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　芳田 哲也（京都工芸繊維大学大学院）

A-3　大根のかつらむきにおける動作解析

○早川 徹　川崎 太志（京都工芸繊維大大学院）　飯 聡（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）
濱田 明美（京都光華女子大学）　田中 辰憲（京都工芸繊維大大学院）　坂田 将揮（京都工芸繊維大）
若山 雅文　中林 哲郎（京都工芸繊維大学大学院）
吉田 康行　久米 雅　仲井 朝美（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）
芳田 哲也（京都工芸繊維大学大学院）

A-4　京菓子の作製過程におけるこなしと餡の形状変化

後藤 彰彦　○佐々木 敦孝(大阪産業大学)　濱田 明美(京都光華女子大学)　植村 健士((株)老松)

田中 辰憲(京都工芸繊維大学大学院)　久米 雅　仲井 朝美(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

芳田 哲也 (京都工芸繊維大学大学院)

A-5　金網細工の作製における習熟度の評価

後藤 彰彦　○井上 直樹(大阪産業大学)　田中 辰憲(京都工芸繊維大学大学院)

阪田 将揮(京都工芸繊維大学)

久米 雅　吉田 康行　辻 賢一　仲井 朝美(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

芳田 哲也(京都工芸繊維大学大学院)

■企画セッション　匠の技 2　　10:55～11:55

座長： 澤島 秀成 (奈良県工業技術センター)

A-6　金網製作時における“間”の算出方法の検討

○田中 辰憲(京都工芸繊維大大学院)　久米 雅　吉田 康行(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

大西 明宏(労働安全衛生総合研究所)　白土 男女幸(目白大学短期大学部)

阪田 将揮(京都工芸繊維大学)　辻 賢一(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

後藤 彰彦(大阪産業大学)　仲井 朝美(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

芳田 哲也(京都工芸繊維大学大学院)

A-7　金網製作時における手指の巧みさの解析

○辻 賢一(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)　田中 辰憲(京都工芸繊維大学大学院)

久米 雅　吉田 康行(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)　大西 明宏(労働安全衛生総合研究所)

白土 男女幸(目白大学短期大学部)　阪田 将揮(京都工芸繊維大学)　後藤 彰彦(大阪産業大学)

仲井 朝美(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)　芳田 哲也(京都工芸繊維大学大学院)

A-8　京瓦造りにおける技法の評価

○山本 晃嘉(シティーエステート)　吉田 康行　久米 雅(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

田中 辰憲(京都工芸繊維大学大学院)　阪田 将揮(京都工芸繊維大学)　後藤 彰彦(大阪産業大学工学部)

浅田 晶久(京都工芸繊維大学)　仲井 朝美(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

芳田 哲也(京都工芸繊維大学大学院)

A-9　漆塗りにおける習熟度および道具の違いによる運動学的解析

後藤 彰彦　○辨野 奨(大阪産業大学)

下出 祐太郎　久米 雅　吉田 康行(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

田中 辰憲(京都工芸繊維大学大学院)　阪田 将揮(京都工芸繊維大学)

芳田 哲也(京都工芸繊維大学大学院)　仲井 朝美(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)

■企画セッション　観察工学　15：10～17：05

座長：　山岡 俊樹 （和歌山大学）

シンポジウム　モノづくりにおける観察工学の役割

A-10　基調講演：　人類学・人類働態学と観察について
　　○香原 志勢(立教大学名誉教授)

A-11　モノづくりにおける観察工学の役割
　　○山岡 俊樹(和歌山大学)

A-12　観察工学の方法を活用した観察事例
　　○和田 智紀　山岡 俊樹(和歌山大学)

B会場(６号館：０６１２号)

■心理 09:30～10:45

座長： 篠原 一光 (大阪大学大学院)

B-1 大学生の「ものづくり」への意識に対する心理的規定因子の探索
○廣西 優佑 野村 竜也(龍谷大学)

B-2 大学生における携帯電話依存度と個人特性との関連
○司馬 達人 野村 竜也(龍谷大学)

B-3 インターネット不安尺度の開発
○西本 琢也 野村 竜也(龍谷大学)

B-4 看護業務における違反の心理的生起要因に関する調査(3)― 属性に関する検討 ―
○安達 悠子 臼井 伸之介 松本 友一郎(大阪大学大学院) 青木 喜子(医道会 稲荷山病院)

B-5 許容する船間距離の経験による差異について
○渕 真輝(神戸大学大学院) 臼井 伸之介(大阪大学大学院)

■生理計測１ 10:55～11:55

座長： 大須賀 美恵子 (大阪工業大学)

B-6 終夜における心拍変動と睡眠状態との関係
○坪井 宏祐 八木 勇樹(立命館大学) 城 和男(立命館大学大学院) 萩原 啓(立命館大学)

B-7 異なる活動状態における心拍および呼吸変動の特徴抽出
○高野 佑樹(立命館大学) 伊藤 民子 小川 梢(立命館大学大学院) 萩原 啓(立命館大学)

B-8 シミュレーター操船時における操船者の唾液アミラーゼ活性
○松尾 唯(神戸大学) 村井 康二(神戸大学大学院) 脇田 慎一 宮道 隆((独)産業技術総合研究所)
福士 恵一 林 祐司(神戸大学大学院)

B-9 示指に触覚刺激を呈示した際の体性感覚誘発脳磁界
―刺激媒体の違いによる賦活部位の比較―
○ 玉利 雄祐(関西大学大学院) 小谷 賢太郎 朝尾 隆文 堀井 健(関西大学)
中川 誠司(産業技術総合研究所)

■生理計測 2 14:40～15:40

座長： 小谷 賢太郎（関西大学）

B-10 携帯情報端末機器を装着した手作り組紐における生体反応変化
後藤 彰彦　○野口 卓也(大阪産業大学)
久米 雅　吉田 康行　仲井 朝美(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)
芳田 哲也(京都工芸繊維大学大学院)

B-11 ヒューマン・モニタリングシステムの開発 ー集中力低下状態の検出についてー
○脇水 俊行(大阪府立大学大学院)　岡部 直樹(大阪府立大学)　有馬 正和(大阪府立大学大学院)

B-12 夏季輻射熱を再現した運動時の体温調節反応に与える衣服の影響
○溝辺 宜之　近澤 祐樹　芳田 哲也　常岡 秀行(京都工芸繊維大学大学院)

B-13 追従および認知・判断タスク中の脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の特徴比較
○佐藤 健二(立命館大学)　中村 美穂(立命館大学院)　萩原 啓(立命館大学)

■触覚　15:50～16:35

座長： 中川 誠司（(独)産業技術総合研究所）

B-14 ボタン入力操作における力覚フィードバックの有効性について
○武下 真志穂　岡田 明(大阪市立大学大学院)　財津 和也(大阪市立大学)

B-15 視覚情報と触覚情報とによる「うねうね感」に関する研究
○岡村 友俊(金沢工業大学大学院)　神宮 英夫(金沢工業大学)

B-16 空気噴流を用いた触覚ディスプレイの情報伝達能力の基礎的検討
○林 紘章(関西大学大学院)　林 勝佳　小谷 賢太郎　朝尾 隆文　堀井 健(関西大学)

C会場（６号館０６３２号）

■人体形状・寸法　09:30～10:45

座長：岡田 明（大阪市立大学大学院）

C-1　水槽を用いた超音波エコー法による体肢断面観察法の検討
○久本 誠一　樋口 雅俊　田中 均　合田 真理子　上津遊 恭平（製品評価技術基盤機構）

C-2　歩行改善衣料『スタイルサイエンス®』の長期着用による美しい体型への変化について
－成人女子における検討－
○坂本 晶子　篠崎 彰大（(株)ワコール人間科学研究所）中井 義勝（烏丸御池中井クリニック）

C-3　頂点制御可能なポリゴンによる人体３次元形状のモデル化の試み
○中村 顕輔（京都工芸繊維大学大学院）　黒川 隆夫（大阪大学大学院）

C-4　日用品の操作と指の形状変化に関する研究
○澤島 秀成（奈良県工業技術センター）　杉山 陽二（(有)サン・デザイン・プロダクツ）

C-5　触刺激時の指先形状と力学特性推定のための有限要素モデルの構築
○山本 浩一（関西大学大学院）　山林 翔太　小谷 賢太郎　朝尾 隆文　堀井 健（関西大学）

■眼球運動解析・視覚　10:55～11:55

座長：川野 常夫（摂南大学）

C-6　茶道点前における眼球運動解析
○井植 美奈子　太田 達（京都工芸繊維大学大学院）
濱崎 加奈子（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　笹岡奈津美（大阪産業大学）
久米 雅　吉田 康行（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　後藤 彰彦（大阪産業大学）
仲井 朝美（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　芳田 哲也（京都工芸繊維大学大学院）

C-7　旗金具製作の組立接合工程における半田付け作業の眼球運動解析
後藤 彰彦　○近藤 敏弘（大阪産業大学）　仁科 雅晴（京都工芸繊維大学大学院）
吉田 康行　久米 雅（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）　田中 辰憲（京都工芸繊維大学大学院）
阪田 将揮（京都工芸繊維大学）　仲井 朝美（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）
芳田 哲也（京都工芸繊維大学大学院）

C-8　動的な視空間条件下で得られるアレイの特性
○朝尾 隆文　村井 亮介　阪上 正和　堀井 健　小谷 賢太郎（関西大学）

■支援　14:40～15:40

座長：北原 照代(滋賀医科大学)

C-9　足底圧情報を用いた歩行改善支援システムの開発
○石原 知高(大阪工業大学大学院)　井上 裕美子　橋本 渉　中泉 文孝　大須賀 美恵子(大阪工業大学)

C-10 手話アニメーション提示方法に関する研究
○井上 修平　桑原 教彰　森本 一成(京都工芸繊維大学大学院)

C-11 マンモグラフィー検診の指示に用いる手話アニメーションの生成
○高橋 昌憲(京都工芸繊維大学大学院)　今西 恵理子(京都工芸繊維大学)
桑原 教彰　森本 一成(京都工芸繊維大学大学院)

C-12 高齢認知症者の日常生活支援を目的とした対話データの収集
○浜田 怜実　桑原 教彰　森本 一成(京都工芸繊維大学大学院)　安田 清(千葉労災病院)

■行動・動作　15:50～16:35

座長：芳田 哲也(京都工芸繊維大学大学院)

C-13 ぶどう果房の管理作業における新栽培棚を利用した筋負担の軽減
○辻村 裕次　垰田 和史　北原 照代(滋賀医科大学)　中井 洋子(滋賀県農業技術振興センター)

C-14 車両速度・視線移動・ペダル操作に基づいた無信号交差点非優先側通過行動の評価
○加門 達也　小坂 洋明　西谷 紘一(奈良先端科学技術大学院大学)

C-15 交差点環境の違いが一般ドライバの無信号交差点通過行動に与える影響
○松本 健介　小坂 洋明　西谷 紘一(奈良先端科学技術大学院大学)

D会場（６号館０６４１号）

■ユーザビリティ１　09:30～10:15

座長：　渋谷　雄（京都工芸繊維大学情報科学センター）

D-1　高齢者におけるメンタルモデル活用に関する研究
　○竹本 浩史　山岡 俊樹（和歌山大学）

D-2　高齢者の電子機器の操作に関する一考察
　○平田 一郎（兵庫県立工業技術センター）　山岡 俊樹（和歌山大学）

D-3　ユーザの電化製品に対する態度とその知識構造の関係に関する考察
　○土井 俊央（和歌山大学）　林 昌俊（和歌山大学大学院）　富永 彩容子　山岡 俊樹（和歌山大学）

■ユーザビリティ２　10:55～11:40

座長：　高長 光男（パナソニック（株））

D-4　ディジタル操作とアナログ操作のユーザビリティに関する研究
　○田邊 友香　岡田 明（大阪市立大学大学院）　山下 久仁子（大阪市立大学）

D-5　制御タスクの習熟過程における操作方略の特徴に関する研究
　○大野 公寛　岡田 明（大阪市立大学大学院）

D-6　視線情報と操作ログを用いたページを跨ったウェブユーザビリティ評価
　○松延 拓生　鳥羽舞衣子（和歌山大学）

■知覚　14:40～15:40

座長：　藤原 義久（三洋電機（株））

D-7　ケータイによる会話に起因する自動車運転中の視認の欠如に関する研究
　○門居 直樹　川野 常夫　西田 修三（摂南大学大学院）

D-8　鉄道無線に対する自己関連性 －鉄道運転士と大学生の比較－
　○上田 真由子　内藤 久士（JR 西日本（株））　臼井 伸之介（大阪大学大学院）

D-9　子供の成長に伴う警告絵文字の理解度に関する研究
　○山本 直史　岡田 明（大阪市立大学大学院）

D-10 コミュニケーション支援用絵記号のデザイン則の検討
　○松本 健吾　森本 一成（京都工芸繊維大学大学院）

■感性　15:50～16:35

座長：　田中 眞二(積水ハウス(株))

D-11 町家カフェのファサード構成要素がカフェの評価に与える影響
　○持永 愛美(同志社女子大学大学院)　奥田紫乃(同志社女子大学)

D-12 環境共生住宅における快適性評価に関する研究 －生理・心理量の個人差に関する検討－
　○安岡 絢子(奈良女子大学大学院)　久保 博子(奈良女子大学)　磯田 憲生(奈良女子大学大学院)
　木村 文雄(積水ハウス(株))

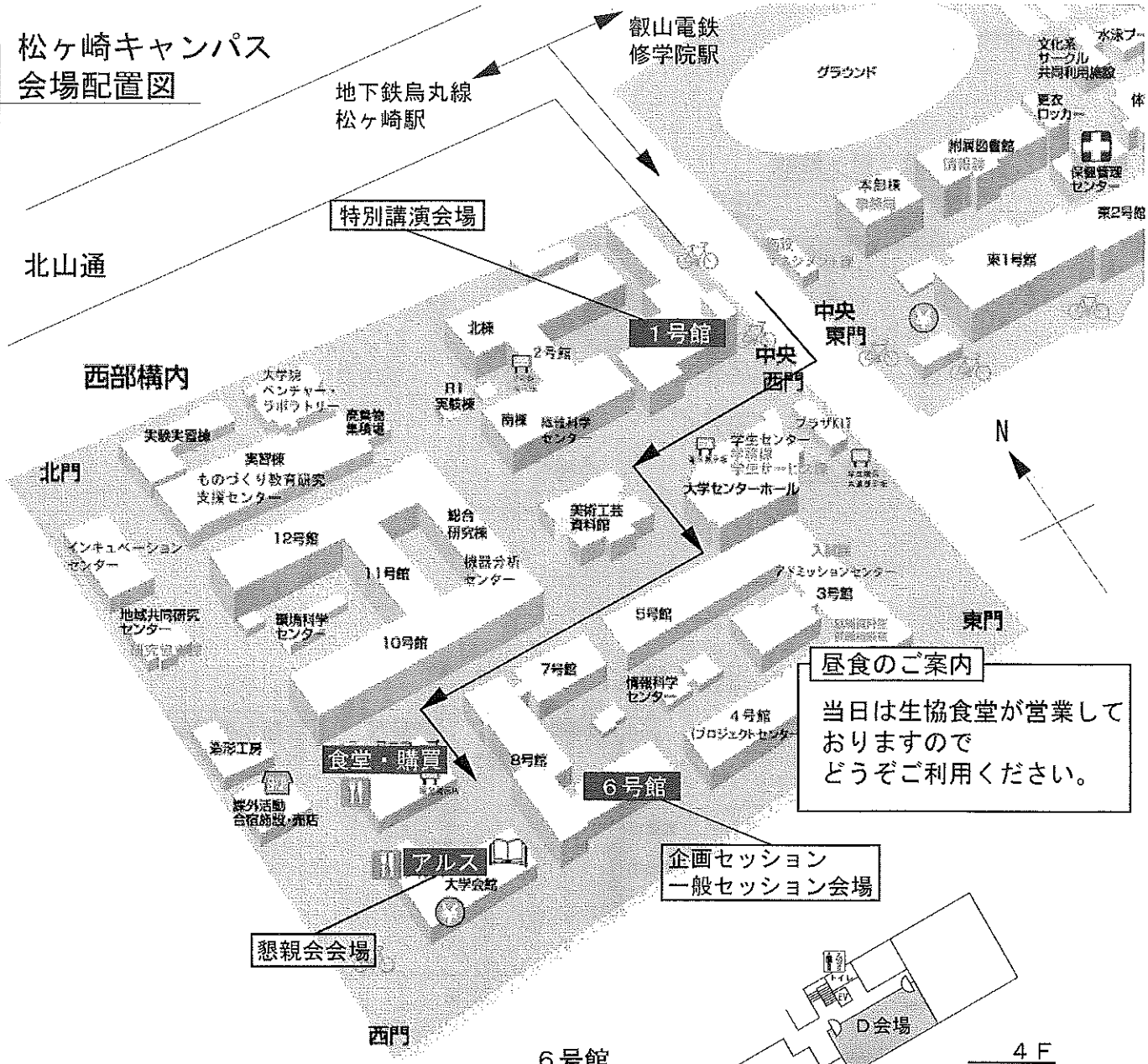
D-13　スネアドラムのタイミングが音楽聴取時の気分や曲の印象に及ぼす影響
　○岸田 好生　臼井 伸之介(大阪大学大学院)

■懇親会　17:00～18:30（会場：京都工芸繊維大学アルス）

■評議員会・役員会合同会議　12:00～12:50（会場：１号館０１２１号）

※会議ご出席の皆様には昼食（お弁当）をご用意いたしております.

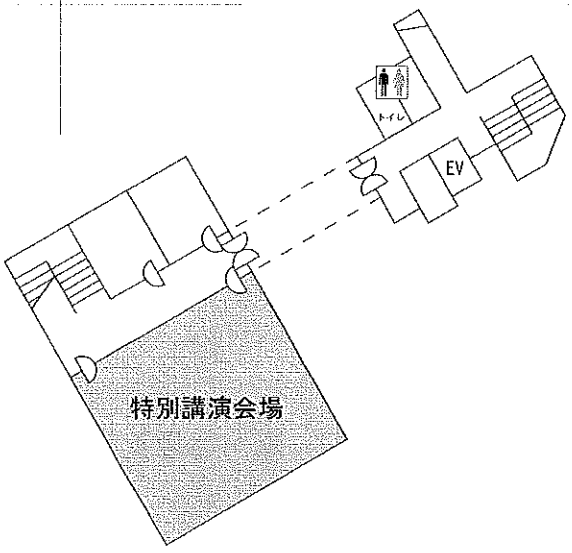
松ヶ崎キャンパス
会場配置図



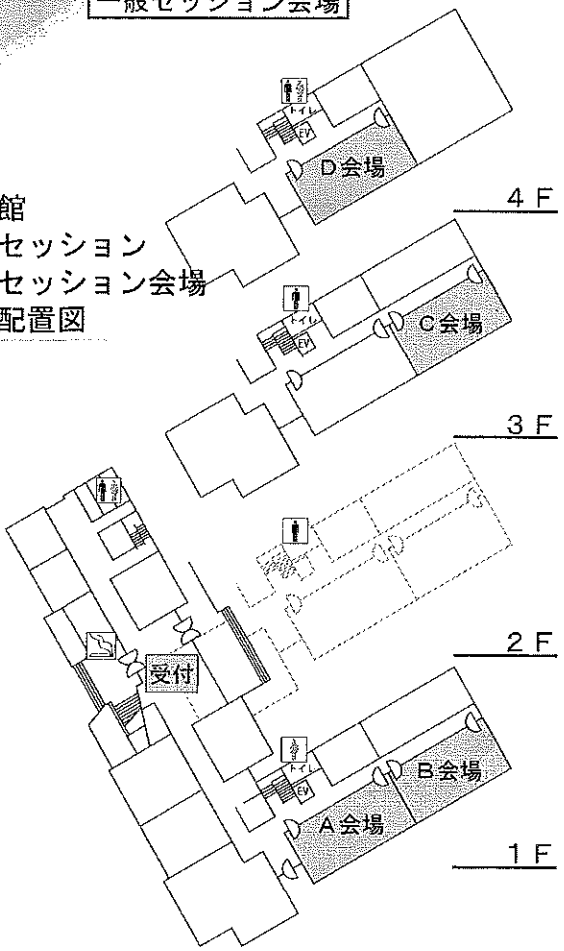
昼食のご案内

当日は生協食堂が営業しておりますので
どうぞご利用ください。

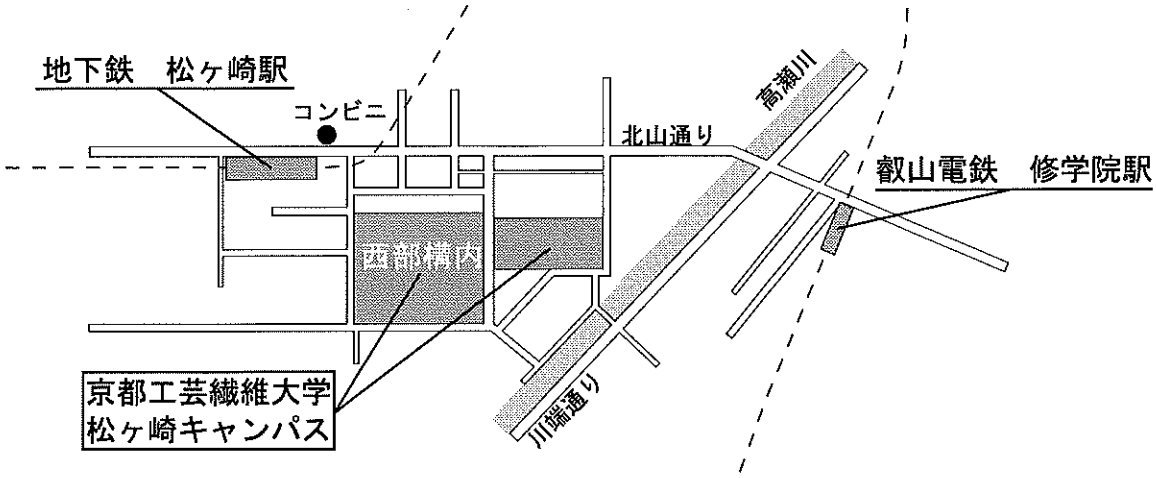
１号館
特別講演会場
会場配置図



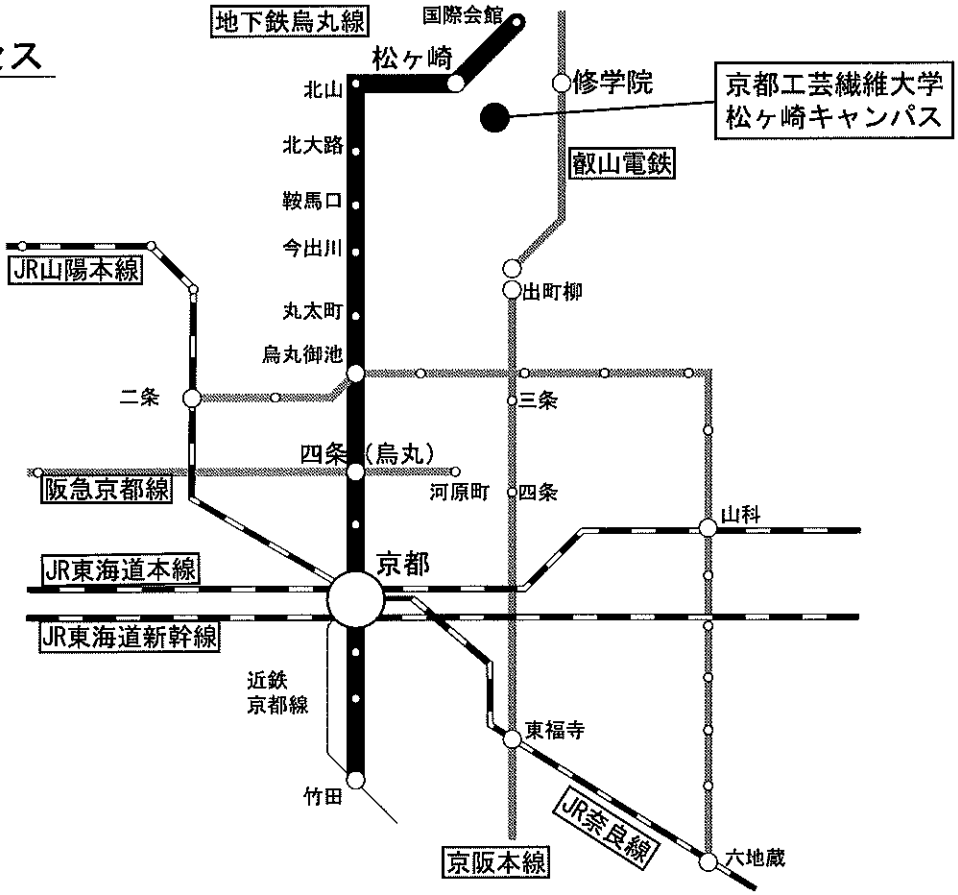
６号館
企画セッション
一般セッション会場
会場配置図



周辺地図



交通アクセス



交通案内

●ＪＲ・阪急
地下鉄烏丸線（国際会館行き）　松ヶ崎駅下車　１番出口　東へ徒歩５分

●京阪
京阪出町柳～叡山電鉄　修学院駅下車　西へ徒歩５分

※自家用車での入構は出来ませんので、公共交通機関等をご利用ください。

特別講演

13：30 ～ 14：30

会場：０１１１号（１号館１階）

『京都ブランドによる人材育成と地域創成の極意』

久保 雅義

（京都工芸繊維大学大学院　教授）

京都ブランドによる人材育成と地域創成の極意

久保　雅義
京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科

講演概要

京都ブランドを学ぶことで広い視野、高い創造力、応用力、デザイン等を習得し、個性的な産業・文化の創出、感性豊かな高度専門技術の創出と人材育成を実現するための取組みについてお話しします。この取組みは平成19年度文部科学省「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）」に採択され、これまでに「次代を拓くブランドデザイン　－　京都からの提言－」や「京都ブランド」価値創造などについての様々な活動を行ってきました。こうした地元との連携によるブランド教育・研究活動等を通して、グローバルに卓越したブランド構築力をもった高度専門技術者、さらにはブランド価値向上をはかる地域創成リーダーとして地域に大きく貢献していく人材を、定期的にかつ一定量輩出していくことを目指しています。

Ａ会場
一般セッション

会場：０６１１号（６号館１階）

09：30 ～ 10：45　匠の技１
座長：才木 常夫（兵庫県立工業技術センター）

10：55 ～ 11：55　匠の技２
座長：澤島 秀成（奈良県工業技術センター）

15：10 ～ 17：05　観察工学
座長：山岡 俊樹（和歌山大学）

茶道点前における運動学的解析

Movement Analysis of the "TEMAE" in the Way of Tea

○濱崎加奈子*，太田 達**，井植美奈子**，久米 雅*，吉田康行*，阪田将揮***，
田中辰憲**，溝辺宜之**，市橋由佳****，笹岡奈津美****，吉岡節子*****，
濱田明美******，松下久美子*******，山崎郁美*****，Kristin Surak********，
後藤彰彦****，濱田泰以**，仲井朝美*，芳田哲也**
*京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター，**京都工芸繊維大学大学院，***京都工芸繊維大学
****大阪産業大学，*****株式会社 老松，******京都光華女子大学，
*******スタジオツリー，********University of California Los Angeles
HAMASAKI Kanako*, OTA Toru**, IUE Minako**, KUME Masashi*,
YOSHIDA Yasuyuki*, SAKATA Masaki***, TANAKA Tatsunori**, MIZOBE Yoshiyuki**,
ICHIHASHI Yuka****, SASAOKA Natsumi****, YOSHIOKA Setsuko*****, HAMADA Akemi******,
MATSUSHITA Kumiko*******, YAMASAKI Ikumi*****, Kristin Surak********, GOTO Akihiko****,
HAMADA Hiroyuki**, NAKAI Asami*, YOSHIDA Tetsuya**
*Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
**Graduate School of Kyoto Institute of Technology, ***Kyoto Institute of Technology
****Osaka Sangyo University, *****Oimatsu.,CO.LTD, ******Kyoto Koka Woman's University
*******Studio Tree

1　研究の背景

茶の点前とは，茶室の外より茶器を運び入れ，一定の順序に従って茶を飲めるよう操作し，客が満足するまで飲んだ後，一定の順序に従って茶器を清掃，整備をして室外に運び出す一連の動作のことである．茶室は一糸乱れず元にあった様にして終始する．上記のような道具や振る舞いが美しいと評価され，現代の日本においても伝統文化として存在している．現在，茶道には数十といわれる流派が存在する．そのほとんど全ての流派において，点前は「茶という飲料を調理する」という目的の下に行われている[1]．しかし，同じ目的であるにもかかわらず，流派によって点前の動作が異なり，さらに，それぞれが「美しい」，「無駄のない」所作であると評価されている．しかしながら，それらの所作の行程および動作の特徴は明らかにされてこなかった．

本研究チームは，これまで，点前における生体反応（動作[2]，眼球運動，呼吸・心拍数[3]）および薄茶の泡の形状分布解析を行ってきた。これらの研究は，全て，茶道点前の特徴を抽出することを第一の目的としており，一定の成果をあげることができた．そこで，第二の段階として，茶道点前の特徴をさらに普遍化し，なぜ点前動作が美しいとされるのか，その秘密に迫っていきたい．ここで，注目したいのが，点前動作が「無駄のない」とされる点である．実験結果を分析する過程において，これまで「無駄のない美しい動作」とされてきた茶道点前の動作が，決して「無駄のない」動作ばかりではないことがわかってきた．茶道の究極の目的は「ただ湯をわかして飲むばかり」であり，どの流派にも共通している．しかし，茶を作るという調理行為のみが目的であるならば，確かに無駄としか言いようのない動作が点前の一連の動作に数多く含まれているのである．

一例が柄杓の扱いのバリエーションである．柄杓の扱いには，「置き柄杓」「引き柄杓」「切り柄杓」の三種類が認められ，いずれも，柄杓を釜の口に置くための動作である．柄杓を置くためだけであれば，いずれも「置き柄杓」と呼ばれる最も簡潔な動作で十分と考えられよう．しかしながら，釜の口に柄杓を置く瞬間に手のひらを垂直に立てる「切り柄杓」など，手の動きに変化をつけているのである．また，帛紗捌きや茶筅通しも決して動作の経済性だけでは解釈されない．茶道の点前動作には，調理のために必要な動作と，必要でない動作が含まれるのである．

ここでは，一連の点前動作を，調理のために必要な動作と，そうでない動作に細かく分類し，動作解析の結果と対照することにより，「無駄のない美しい所作」とされてきた茶道動作に，実は無駄な動作が含まれている

こと,また,いわば「無駄な動作」が全体の所作の中でどのようなタイミングで行われ,どのような意味づけをなし得るについて検討したい.茶道点前は,目的動作と非目的動作で構成されており,そのことこそが,茶道を単なる調理と区別し,芸道として成立させる重要かつ根本的な要素である.

本研究の目的はこれまで得られたデータ(1.動作の特徴,2.眼球運動の特徴,3.点前動作中の緊張度(呼吸・心電図),4.薄茶の泡の形状評価)から茶道点前を総合的に評価することとする。

2 方法

被験者は 169 ㎝,66 k g,茶道歴 29 年の成人男性(51歳)で行なった.事前に本研究の目的および方法を十分に説明し,同意した上で実験に参加してもらった.3次元動作の測定は光学式リアルタイムモーションキャプチャシステム(6台のカメラ)であるＭＡＣ3ＤＳＹＳＴＥＭ(Motion Analysis 社製)を用いて動作解析に必要な赤外線反射マーカーは,計 12 貼付した.呼吸・心電図の測定にはＬ字型鼻部ピックアップ(TR-611T,日本光電社製)心電心拍センサー(DL-310,S&ME 社製)を使用した.

3 結果および考察

その結果,茶道点前の動作の特徴として,1.全身の動作を止めるのは「客に見せる儀礼的な所作」を見せる時である,2.点前を正確に,またスムーズに行うために,手に取る道具を動作より僅かに早く見ている,3.動作を途切れなくスムーズに見せるため,常に左右どちらかの手が動いている.4.道具を取りに行くために,一旦姿勢が崩れても,すぐに基本姿勢(以下,居前を正した時の姿勢のことを,基本姿勢と呼ぶこととする)に戻っている.以上の 4 点が確認された.「無駄のない美しい所作」とされてきた茶道動作には,実は,無駄な動作が数多く含まれている.しかし,その無駄な動作こそが,点前そのものを成立させる重要な要素である.ここにいう無駄な動作とは,調理を目的にした場合に無駄と言えるだけであり,他の目的が考え得る.たとえばそれは,美しく見せるためのものであり,あるいはまた,主客の呼吸を整え,コミュニケーションをはかる有効な手段だともいえよう.

このように,目的に沿った動作と,目的に沿わない一見無駄な動作との組合せは,他の伝統芸能にも見られる.個人の身体的特徴を越えて伝承される「型」の特徴である.茶道の型も意味のある所作と意味のない所作で構成されるが,それらが渾然一体に織りなすハーモニーに,いわば客がからめとられることにより,主客は一体となるのである.そして,このことこそが,「型」の形成の秘密であり,数百年にわたり伝承されてきた理由の一つと言えるだろう.

4 まとめと展望

茶道の点前は,茶の調理という目的を達成させるための動作と,一見無駄な動作の組合せにより,「型」を構成していた.このような「型」の性質は,主客コミュニケーションを円滑すると同時に,永く伝承されてきた秘密でもある.茶道は独特の伝承方法を生みだした.すなわち,身体の動きをただ模倣するという,一見非合理的な手段である.動作修得における段階を追ったカリキュラムはほとんどなく,ただ見て真似るというものである.そのため,時に師匠の癖をも一緒に体得してしまうわけであるが,師匠の生き方そのものを映すかような稽古法が良しとされてきたことは否めない.そしてまた,このような修得法は,舞台芸能や茶道等の室内芸能だけでなく,広く伝統産業に見られる修得法でもあることは注目されよう.

今後,茶道伝書類をも紐解き,解析データと対照するとともに,芸能史や歴史学の成果をも併せ,互いに補完しあえるような研究の地平を拓くことで,点前動作の運動学的解析をさらに普遍的かつ有効なものとしたい.

参考文献

1)松浦祥月:鎮信流茶道,日本の茶家, pp.459.河原書店(1963).
2)太田達, 久米雅, 大西明宏, 白土男女幸, 田中辰憲, 濱崎加奈子, 井植美奈子, 松下久美子, 仲井朝美, 芳田哲也:茶道点前における動作解析, Dynamics & Design Conference 2008, CD-ROM 論文集, 323, 2008.
3)溝辺宜之, 太田達, 濱崎加奈子, 松下久美子, 井植美奈子, Kristin Surak, 濱田明美, 仲井朝美, 大西明宏, 白土男女幸:茶道のお点前における心拍変動と呼吸の変化, Dynamics & Design Conference 2008, CD-ROM 論文集, 304, 2008.

薄茶における茶筅の振幅回数の違いによる泡の形状分布の解析

Analysis of Bubble Form in A Bowl of Thin Tea According to the Number of Whisking Movement

後藤彰彦*，○市橋佑佳*，笹岡奈津美*，太田　達**，濱崎加奈子***，
井植美奈子**，松下久美子****，濱田明美*****，仲井朝美***，芳田哲也**
*大阪産業大学　**京都工芸繊維大学大学院　***京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター
****スタジオツリー　*****京都光華女子大学　******京都工芸繊維大学
GOTO Akihiko*, ICHIHASHI Yuka*, SASAOKA Natsumi*, OTA Toru**,
HAMASAKI Kanako***, IUE Minako**, MATSUSHITA Kumiko****,
HAMADA Akemi*****, NAKAI Asami***, YOSHIDA Tetuya**
*Osaka Sangyo University, ** Graduate School of Kyoto Institute of Technology
***Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
****Studio Tree, *****Kyoto Koka Women's University, ******Kyoto Institute of Technology

1　緒言

日本の代表的な伝統文化の1つに茶道がある。茶道において、道具を準備し、茶を点て、茶を客に出し、道具を片付けるまでの形式的な一連の所作のことを点前という。茶には濃茶と薄茶があり、いずれも茶碗に抹茶と湯を入れ茶筅を使って点てる。濃茶は練り上げるため泡立たないのに対し、薄茶は泡立てる。その泡の形状や分布は味や香り、見た目の美しさ、飲んだ時の舌触りに影響を与える。

本研究では、薄茶の泡立ち度合いを調べることを目的に、写真画像による薄茶表面の泡の形状および分布を測定する解析法方法を確立する。さらに熟練者と非熟練者を対象に泡の形状分布を評価し、習熟度による泡立て度合いの違いを比較検討する。

2　方法

2.1　被験者

被験者は茶道歴15年の女性1名(以下、熟練者)と茶道歴3年の女性1名(以下、非熟練者)の2名である。

2.2　実験機材

薄茶の泡の分布と形状を計測するため、デジタル一眼レフカメラ(NIKON 社製)と撮影装置を使用し、茶碗の真上から薄茶の液面を撮影した。図1に茶碗の液面を撮影した機材の外観を示す。

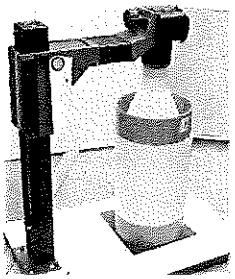


図1　撮影機材

2.3　実験手順

実験は一般的な量である抹茶 3g、湯 60ml を被験者に点ててもらった。泡立て度合いは、被験者それぞれが通常通り点て終えた時間を 100%として、80%、50%、30%の4種類の点て時間を設定した。ここでは30%、100%に着目して述べる。



図2　実験風景

2.4　画像処理

画像処理方法は、中央部をトリミングし、塗潰し作業を行う。その後、色域指定で泡を取り出し階調反転および2値化を行ってから解像度を4倍にし、16分割したのち研究開発した楕円解析プログラムを用いて処

理を行なった。図3に画像処理のフローチャートを示す。図4に塗潰し画像と2値化画像を示す。

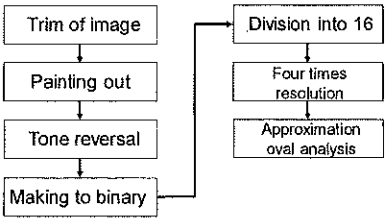


図3　画像処理のフローチャート

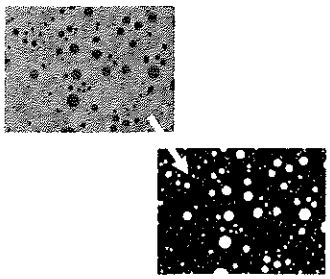


図4　塗潰し画像と2値化画像

3　結果および考察

図5から図8に楕円解析結果である泡の面積分布を示す。横軸は泡の面積を対数で表し、縦軸は各泡の面積の個数を全体の泡の個数で除し、占有率を表す。

$$\frac{\text{ある特定の面積を有する泡の個数}}{\text{全体の泡の個数}} \times 100 \quad (\%)$$

泡立て度合いが30%のとき、泡の形状分布は非熟練者、熟練者ともに泡の面積は大小様々になっており同様の傾向がみられた。しかしながら、泡立て度合い100%では、非熟練者に比べて熟練者がより細かい泡を多く作り出していることがわかった。熟練者の泡の面積は0.01～0.1の限られた範囲に集中していることが明らかとなった。非熟練者も特定の範囲に集中するがその範囲は熟練者に比べると広い傾向を示した。

4　結言

薄茶における泡の解析手法を確立することができた。さらに、振幅回数の異なる泡立て度合いの解析を行った結果、熟練者と非熟練者の違い、また泡立て度合いの違いを明らかにすることができた。

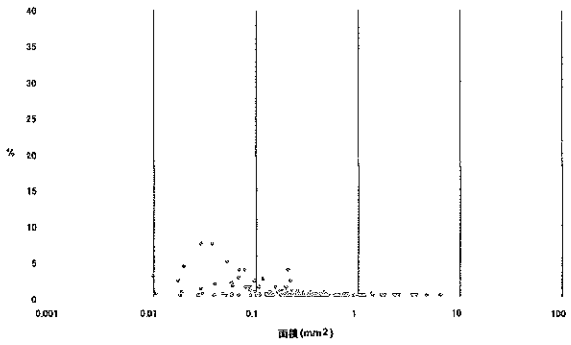


図5　非熟練者泡立て度合い30%

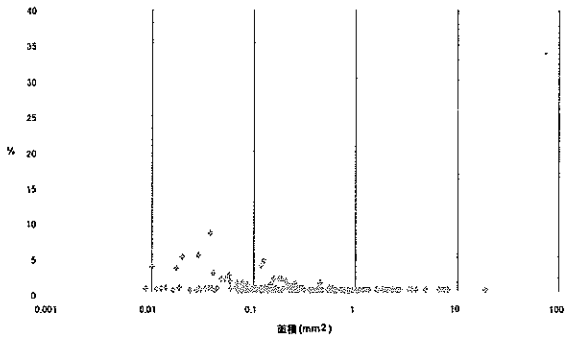


図6　熟練者泡立て度合い30%

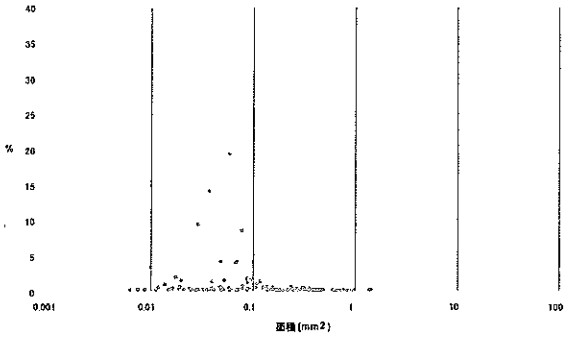


図7　非熟練者泡立て度合い100%

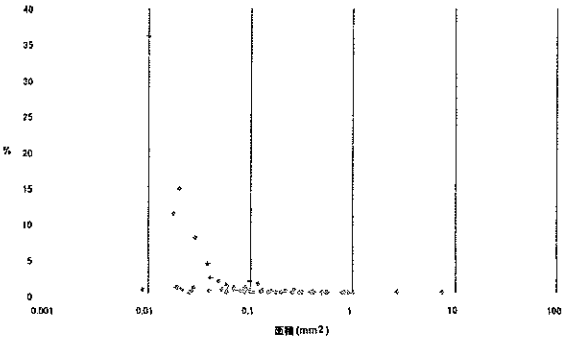


図8　熟練者泡立て度合い100%

大根のかつらむきにおける動作解析

Motion Analysis of "KATSURA MUKI"

○早川　徹*，川崎太志*，飯　聡**，濱田明美***，田中辰憲*，阪田将揮****，若山雅文*，
中林哲郎*，吉田康行**，久米雅**，仲井朝美**　芳田哲也*
*京都工芸繊維大学大学院　**京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター
***京都光華女子大学　****京都工芸繊維大学
HAYAKAWA Toru*, KAWASAKI Taishi*, II Akira**, HAMADA Akemi***, TANAKA Tatsunori*,
SAKATA Masaki****, WAKAYAMA Masafumi*, NAKABAYASHI Tetsuro*, YOSHIDA Yasuyuki**,
KUME Masashi**, NAKAI Asami**, YOSHIDA Tetsuya*
*Graduate School of Kyoto Institute of Technology
**Future Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
***Kyoto Koka Women's University, ****Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

日本料理における職人技は徒弟制度により受け継がれてきた．抽象的な表現での指導のため，何をどうすればよいのか分かりにくく，模倣を繰り返す事で熟達する方法になるため，技術の習得には多くの時間を要する．技の特徴を理解し，それを後世に伝えるためのシステム作りは必要であると考えられる．

日本料理にはかつらむきという包丁技術の基本技巧があり，野菜を丸く剥いたり，薄く削ったりする作業を指す．その作業からできた材料で他の食材を挿んだり，千切りした後に「けん」にして料理の装飾に用いられている．この技巧の向上により，他の装飾技術も向上すると言われていることから，調理学校等ではまず，かつらむきの練習を行うことが多い．またかつらむきによって切られた「けん」は，おロなおしとしての役割もあり，見かけだけではなく，その味や食感は料理に重要な役割を果たす．しかし「けん」のおいしさや食感を決めるのは技術だけではなく，包丁の切れ味の良しあしによって大きく変わると考えられる．

そこで本研究は日本料理熟練者が良く切れる包丁（研いだ包丁）と切れない包丁（砥いでいない）を用いた時のかつらむき動作の特徴を明らかにするとともに，「けん」の形状の評価，食感の評価を行った．

2. 測定方法

2-1　被験者

調理師専門学校講師 1 名(年齢 51，身長 171 cm，体重 73.5kg，職歴 30 年，右利き)とした．

2-2　実験手順

被験者には普段使用しているよく砥いだ包丁と切れにくくなった包丁を 2 本用意させた．そして被験者には，かつらむきを行う前に切れる包丁と切れない包丁の区別がつかない様にランダムに包丁を使用させた．被験者には，1 試行約 3 分間かつらむきを行わせた．また，測定中に切った大根を用いて「けん」を造り，5 段階評価（非常にいい・ややいい・普通・やや悪い・非常に悪い）で 10 名を対象に官能評価を行った．

2-3　測定装置

3 次元動作解析には MAC 3D SYSTEM (MOTION ANALYSIS 社製) カメラ 6 台を用いた (Fig.1)．

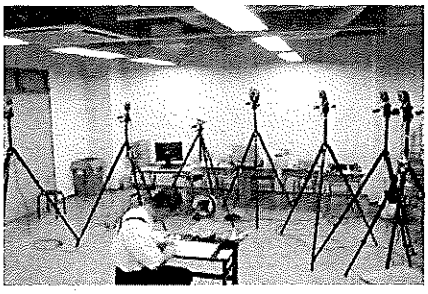


Fig. 1 カメラセット

各関節の座標を求めるためのマーカーセット（左右の肩峰，肘頭，尺骨頭，茎状突起，中指中手基節間関節，大転子，頭部 4 か所，包丁の剣先，計 15 か所）は，Fig2 に示す．

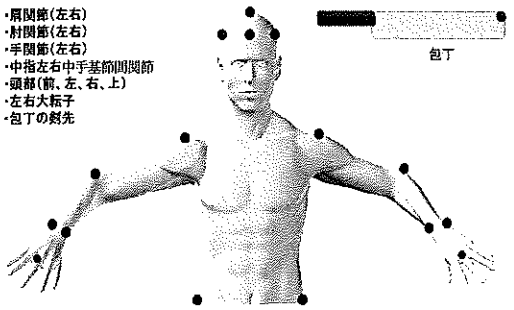


Fig.2 マーカーセット

2-4　解析方法

解析対象は包丁の剣先に付けたマーカーの Z 成分

が最低値に達した時を1周期のスタートとし，再び最低値に達したときを1周期とした．

3. 結果と考察

3-1 包丁の変位

Fig.3 は切れる包丁と切れない包丁の上下方向の変位（Z 成分）を示した．切れる包丁は 290 から 330mm の約 40mm で変位を示していた．一方，切れない包丁は，300 から 350mm の約 50mm で変位を示していた．これらの違いは切れる包丁は少ない動きで大根を切ることが可能だが，切れない包丁では切れる包丁に比べ包丁を大きく動かさなければならないと考えられる．

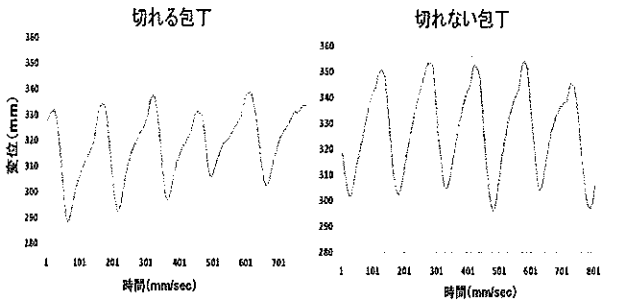


Fig.3 包丁の Z 成分（上下方向）の変位

3−2 作業時間と軌跡長

Fig.4 は包丁の Z 成分における 1 周期の作業時間と軌跡長の平均値を示した．まず作業時間は，切れる包丁・切れない包丁ともに 1.5 秒程度であった．しかし軌跡長においては切れる包丁が 80mm 切れない包丁は 100mm 程度であった．切れる包丁と切れない包丁では作業時間がほとんど変わらないにもかかわらず，軌跡長に 20mm 程度の差がでたことから，包丁を動かす速度が関係していることが考えられる．

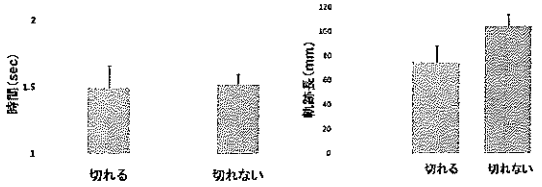


Fig.4 Z 成分における作業時間と軌跡長

3-3 切れる包丁・切れない包丁における関節角度

Fig.5 に示した様に，切れる包丁切れない包丁ともに左肘よりも右肘の方が変化が大きかったことから，左肘は固定して右肘を大きく動かしてかつらむきをしていることが明らかとなった．また，切れる包丁切れない包丁とも右肘の最少角度は 90 度程度，最大角度は 100 度程度になった．これらのことから切れる包丁と切れない包丁の調節要因は，包丁を動かす長さに依存すると考えられる．

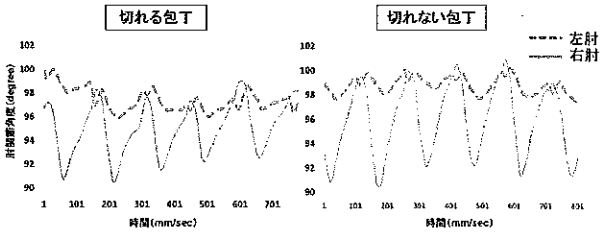


Fig.5 各条件における左右肘関節角度

3-4 大根のシャキシャキ感の官能評価

Fig.6 は大根のシャキシャキ感について横軸に 5 段階の評価，縦軸に人数を示した．切れる包丁のシャキシャキ感の評価は非常にいい・ややいいで 10 人中 8 人であった．一方，切れない包丁ではややいい・普通・やや悪いで 10 人中 9 人となった．以上のことから包丁の切れ味[1]が大根のシャキシャキ感に影響を与えていると考えられる．

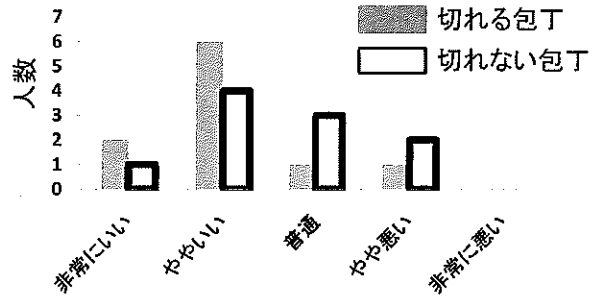


Fig.6 大根のシャキシャキ感の官能評価

4. まとめ

1. 切れる包丁の動作の特徴は切れない包丁と比較して軌跡長・肘関節角度が低値を示す傾向があることから，切れやすさが包丁や肘関節の動きを小さくさせることが考えられる．
2. シャキシャキ感の官能評価の結果は，切れる包丁が良い評価の傾向を示したので，包丁の切れ味がシャキシャキ感に影響を与えることが示唆された．

5. 参考文献

1) 岡村多か子: 包丁の切れ味について，日本調理科学会誌, 22 (2), pp.130-133 (1989)

京菓子の作製過程におけるこなしと餡の形状変化
Shape Forming Process of "KONASHI" and "AZUKI BEAN PASTE" in Kyogashi-Sweets

後藤彰彦*、○佐々木敦孝*、濱田明美**、植村健士***、
田中辰憲****、久米雅*****、仲井朝美*****、芳田哲也****
*大阪産業大学、**京都光華女子大学、***株式会社老松、****京都工芸繊維大学大学院、
*****京都工芸繊維大学　伝統みらい研究センター
GOTO Akihiko*, SASAKI Atsutaka*, HAMADA Akemi**, UEMURA Kenji***,
TANAKA Tatsunori****, KUME Masashi*****, NAKAI Asami*****, YOSHIDA Tetsuya****
*Osaka Sangyo University, **Kyoto Koka Woman's University, ***Oimatsu.,CO.LTD
****Graduate School of Kyoto Institute of Technology
*****Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology

1　諸言

京都の伝統産業のひとつに京菓子と呼ばれる和菓子の製造業がある[1)]。京菓子作製には「包餡」と呼ばれる『餡を生地で包む』基本技術があり[2)]、手作業で行われる。実際の菓子作製では包餡した後、菓子に意匠が施されるため、包餡終了時に菓子を同じ大きさ、形状に仕上げることが大変重要となる。

包餡工程については大西らの先行研究の中で、第１相：包み上げ過程、第２相：閉じ過程、第３相：成形過程の３相に大別され、動作の特徴が明らかにされている[3)]。しかしながら、これまで熟練者による京菓子の形状変化については解明されていない点が多い。上記の点を明らかにすることにより、京菓子職人の技能を継承するために行われる教育に役立つと考えられる。本研究では第１相の包み上げ過程で生じるこなしの厚さおよび高さの変化、京菓子の回転角度、こなしと餡の面積比率を計測することにより、熟練者に京菓子作製時における菓子形状の変化について検討することとした。

2　方法

2.1　被験者

被験者は京菓子の包餡に熟練した３４歳の男性（職歴１４年）１名とした。被験者に本研究の目的および趣旨を説明し、同意を得た上で計測を行った。

2.2　実験手順

包餡前における京菓子の重さを統一させるため、餡２０ｇ、こなし３０ｇを目標値として、合計５０ｇとなるようにした。また、京菓子の回転角度を計測するため、計測被験者の立ち位置を基準とし、こなしの平面に食紅を付加した。さらに、こなしの厚さ変化と京菓子の回転角度を細かく計測するため、第１相を分割した。第１相では回転させてこなしを球状に包み上げるという動作を平均９回行っており、各動作で生じるこなしの形状変化を追うため、９工程に分割して解析を行った。試行回数は１つの工程につき３回の計２７回行った。計測被験者には口頭にて、いつも通りに包餡を行うよう教示した。

2.3　計測方法

包餡作業時のこなしの厚み、京菓子の回転角度、こなしと餡の面積比率を計測するために、京菓子の撮影を行った。京菓子を真上から撮影した画像（以下、Top 画像）、京菓子の側面を四方から撮影した画像（以下、Side 画像）、京菓子を２つに切断し、断面形状を撮影した画像（以下、断面画像）を用意した。断面画像はこなしにおける厚さの計測、Top 画像は京菓子に生じた回転、こなしと餡の面積比率の計測に用いた。Side 画像はこなしの高さの計測、pix 単位から mm 単位に変換するときに用いた。図１に Top 画像・Side 画像・断面画像の例を示す。

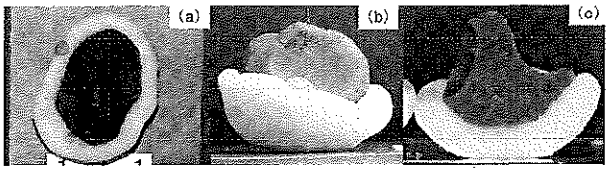


図1　(a)Top画像
(b)Side画像
(c)断面画像

3　解析方法

本研究では Photoshop 6.0(Adobe 製) と digiMatic（株式会社スリースカンパニー製）を使用し、京菓子を撮影した画像データを２値化処理した後、輪郭座標データを抽出した。図２に digiMatic の実行画面を示す。京菓子の輪郭座標データを抽出し、座標データからこなしの厚さ変化と京菓子の回転角度を計測した。さらにこなしの厚さと京菓子の回転角度

データからこなしの厚さ変化と京菓子の回転角度を計測した。さらにこなしの厚さと京菓子の回転角度の計測位置を統一するため、京菓子の重心位置を中心として計測することにした。但し重心位置は餡とこなしの密度は同じ値を有していると仮定し算出した。



図2 digMaticの実行画面

3.1 こなしの厚さ変化

図３にこなしの厚さにおける計測箇所を示す。京菓子の重心位置をＡとする。こなしの厚さを計測するため、断面画像から抽出した輪郭座標データより作成した散布図から、重心位置の座標データを算出した。京菓子の重心位置を中心とした、Ｘ軸方向に対して垂直方向、水平方向に直線を引き、これら４方向の直線とこなしの輪郭線が接する点の座標データを抽出する。抽出した点は６点となり、対となる２点間の長さを計測した。２点間の長さは２点間距離の公式を用いて３箇所の長さを算出した。以後、下・左・右の計測箇所をそれぞれＬＬ・ＴＬ・ＴＲと称することとする。

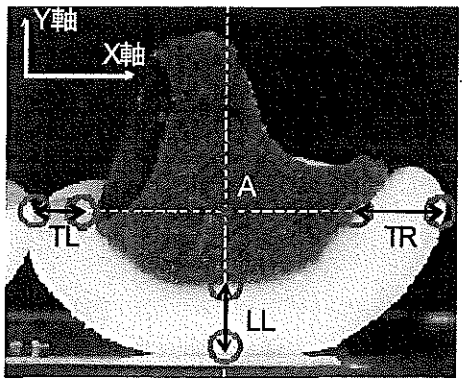


図3 こなしの厚さにおける計測位置

3.2 こなしの高さ

図４にこなしの高さにおける計測箇所を示す。京菓子の最頂点をＢ、京菓子の底面をＣ、食紅を付加した部分におけるこなしの高さをＤとした。線分ＢＣの実測値を計測した。線分ＢＣと線分ＣＤの比率を算出し、線分ＢＣの実測値からこなしの高さを算出した。

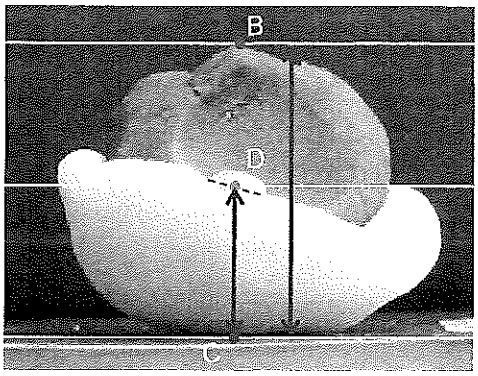


図4 こなしの高さにおける計測位置

3.3 餡とこなしの面積比率

Top 画像をもとに作成した散布図を普通紙より質量感のあるＡ４サイズの厚紙に印刷し、印刷した散布図をこなしの輪郭に沿って切り取り、電子はかり（新光電子株式会社製）で京菓子全体における紙の質量を計測した。質量を計測した後、餡の輪郭に沿ってこなしと餡に切り分けた。切り分けたこなしと餡をそれぞれ１枚ずつ電子はかりにのせ、質量を計測した。質量比と面積比の間に等号が成り立つ性質を用い、質量数値データから、餡とこなしの面積比率を算出した。

3.4 京菓子の回転角度

図５に京菓子の回転角度の計測箇所を示す。京菓子の重心位置をＥ、食紅の重心位置をＦとし、図５のようにＸ軸、Ｙ軸を設定した。Ｘ軸とこなしにおける外側の輪郭線との接点をＧとする。Top 画像データをもとに輪郭座標データを抽出した。輪郭座標データより作成した散布図を用い京菓子の回転角度の算出を行った。回転時に生じた角度を計測するとき、包餡過程前における食紅の位置となるＹ軸の点線部分を０° の基準線とした。また第１相での回転方向が時計回りであるため時計回りを正の方向とした。

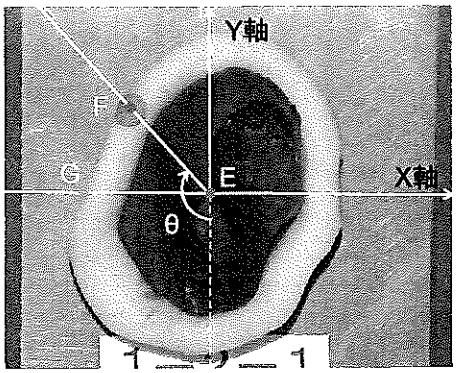


図5 京菓子の回転角度における画像計測位置

4 結果および考察

4.1 こなしの厚さ変化

図６にＬＬにおけるこなしの厚さと平均値を、図７にＴＬとＴＲの平均値を示す。図６においてＬＬにおけるこなしの厚さの平均値は最大７．７ｍｍ(第１工程）から最小４．６ｍｍ（第９工程）まで変化していた。しかし、第４工程では５．０ｍｍを示し、第５、６工程で５．８ｍｍを示していることから、こなしの厚さは単調減少せず、時折増加させることでこなしの厚さを整えていると考えられる。図７によりＴＬとＴＲの平均値におけるこなしの厚さの平均値は、第１～４工程、第５～８工程と回を増す毎に、こなしが薄くなっており、厚さの変化はＬＬと同様の傾向を示した。この結果から、ＴＬとＴＲにおいてもこなしの厚さの調整が行われているのではないかと考えられる。

4.2 こなしの高さ

図８にこなしの高さ変化を示す。第１～４工程と第６～８工程でこなしの高さは高くなり、第４～６工程と第８～９工程で低くなった。このことから、こなしを常に高く包み上げるのではなく、一度高くしてから、高さの調整が行われていると考えられる。

4.3 こなしに対する餡の面積比率

図９にこなしに対する餡の面積比率変化を示す。第３～７工程でこなしに対する餡の面積比率が増加した。第３～７工程では、こなしの厚さが減少していると考えられるため、真上から可視できるこなしの面積が減少し、こなしに対する餡の面積比率が増加したと考えられる。

4.4 京菓子の回転角度

図１０に京菓子の回転角度とその平均値を示す。その平均値は最大で８９°、最小で２７°であった。９工程の内第０～１工程・第１～２工程・第４～５工程・第６～７工程で８０～８９°程度と大きく回転していたのに対し、その他の工程では２７～４８°の変化と、回転角度に大きな差が見られた。このことから、京菓子を大きく回転させる工程と小さく回転させる工程に分けられると考えられる。

4.5 回転角度とこなしの高さの関係

図１１に回転角度変化に対してのこなしの高さ変化を示す。回転角度が６０°以下において、こなしの高さが増加する傾向にあった。また、７０°以上では、減少または一定の傾向にある。このことから、回転角度の大小でこなしの高さを調整していると考えられる。

4.6 回転角度とこなしに対する餡の面積比率の関係

図１２に回転角度と、こなしに対する餡の面積比率の関係を示す。回転角度が大きい程、こなしに対する餡の面積比率が大きくなる傾向にあった。これは、京菓子が大きく回転したことにより、こなしの面積が減少したためと考えられる。

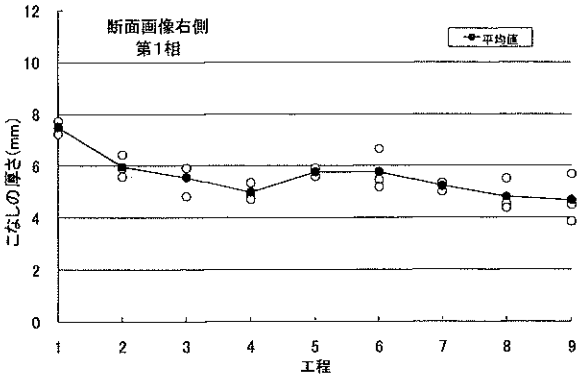


図6 LLにおけるこなしの厚み変化

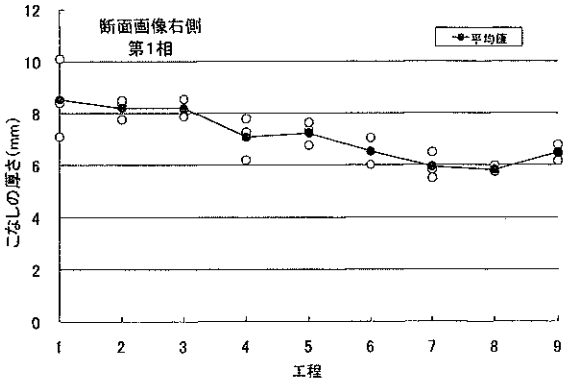


図7 TLとTRの平均値におけるこなしの厚み変化

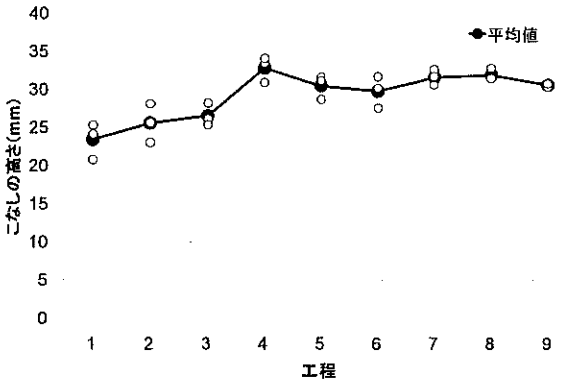


図8 こなしの高さ変化

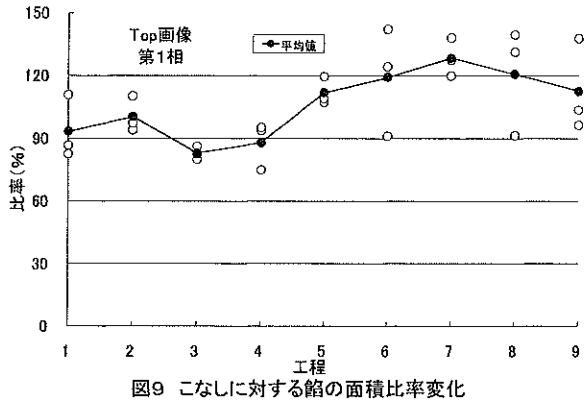


図9 こなしに対する餡の面積比率変化

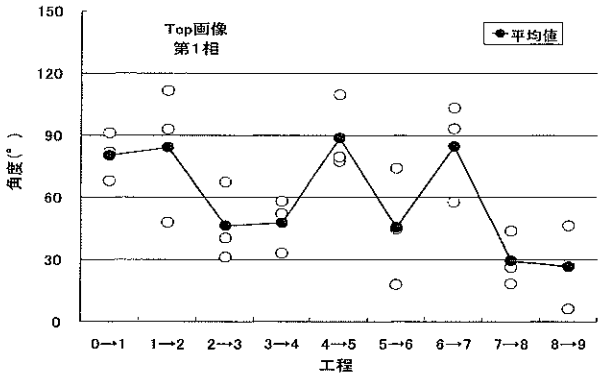


図10 京菓子に生じた回転角度

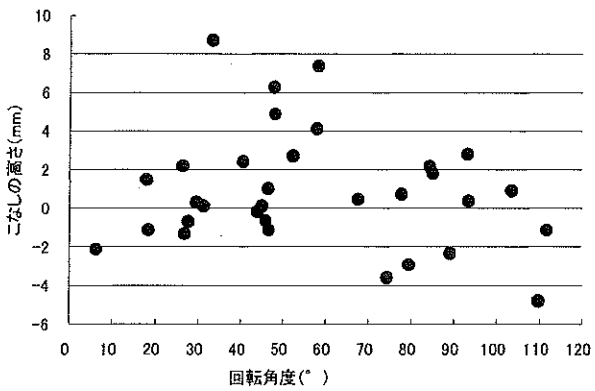


図11 回転角度に対するこなしの高さ変化分

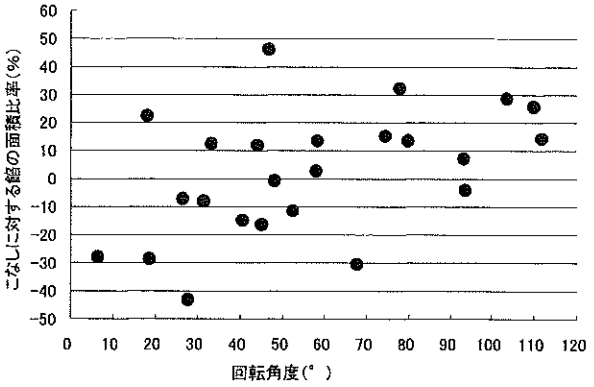


図12 回転角度とこなしに対する餡の面積比率変化の関係

5 結言

熟練者の京菓子作製の第1相における、餡とこなしの形状変化解析から、以下のような結果を得た。

・こなしの高さ、厚さの変化は単調変化ではなかった。

・京菓子の回転角度が小さくなる程、こなしの高さが高くなる傾向があり、こなしに対する餡の面積比率が減少する傾向があった。回転角度が大きくなる程、こなしの高さは減少または一定の傾向があり、こなしに対する餡の面積比率が増加する傾向があった。

以上のことから、第1相における包餡動作では、高さおよび厚さの調整が行われていたことが推測された。また回転角度の大小によって形状変化に及ぼす影響が異なることが推察された。

参考文献

(1)京菓子協同組合
http//www.kyogashi.or.jp/index.html

(2)身につく製菓・製パン 基礎から仕上げまで
学校法人大和学園編集、
学校法人大和学園（京都）,pp142-143,2005

(3)大西明宏, 白土男女幸, 久米雅, 仲井朝美, 濱田明美, 太田達, 芳田哲也：菓子職人の「匠の技」に関する生体学的検討, Dynamics and Design Conference 2007(CD-ROM),2007

金網細工の作製における習熟度の評価

Evaluation of Proficiency in Making "KANAAMI"

後藤彰彦*，○井上直樹*，田中辰憲**，阪田将揮***，久米　雅****，
吉田康行****，辻　賢一****，仲井朝美****，芳田哲也**
*大阪産業大学 **京都工芸繊維大学大学
***京都工芸繊維大学　****京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター
GOTO Akihiko*, INOUE Naoki*, TANAKA Tatsunori**, SAKATA Masaki***, KUME Masashi****,
YOSHIDA Yasuyuki****, TSUJI Kenichi****, NAKAI Asami****, YOSHIDA Tetsuya**
*Osaka Sangyo University, **Graduate School of Kyoto Institute of Technology, ***Kyoto Institute of Technology,
****Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology

1　緒言

京都の伝統工芸である金網細工[1)]は職人の手作業により作製される。現在、この技術の継承のための習熟度別による継承法が必要であると考えられているが基礎的なデータが不足している。

金網の一種類である湯豆腐すくい用の金網は亀甲模様，つまり六角形が連続している。手作業により針金を捻りながら連続する六角形を成形することは非熟練者にとっては困難である。この成形技術を習得するにあたり非熟練者の習熟過程を継続的に調査し、期間ごとに金網の六角形の評価をすることは価値があると考えられる。

本研究の目的は非熟練者の習熟過程を継続調査し、習熟期間別により湯豆腐すくいの金網の六角形を評価することである。

2　方法

2. 1　被験者

被験者はこれまでに金網を作製した経験のない健常な男子大学生9名とした。

2. 2　実験機材

作製された金網の形状を計測するためにデジタルカメラ（パナソニック社製）を使用した。

金網作製にあたり豆腐すくいの太枠を作業台に固定した。網の部分を作製するためにステンレスのワイヤーを2本使用した。

2. 3　実験手順

実験は3週にわたり週1回の計3日間行った。1週目と2週目は金網を各2個作製した。また、3週目は金網を1個のみ作製した。つまり、各被験者は合計で5個の金網を作製した。

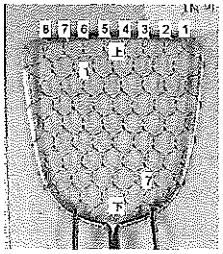


図1　熟練者製作の豆腐すくい

2. 4　データ処理

撮影した金網を拡大印刷した。右から数えて6列目と7列目の間に挟まれた亀甲（六角形）のうち、上から数えて1番目と7番目の六角形の一辺の長さと内角を求めた。

3　結果と考察

3. 1　熟練者の特徴

図2に熟練者の制作した金網の六角形の一例を示す（図1)。また表1に頂点1から6における1番目と7番目の六角形の内角の角度を示した。頂点1と4、そして頂点2、3、5、6は値が近い傾向を示した。これは熟練者の亀甲模様が正六角形ではないことを意味しているといえる。

表1　熟練者作製の六角形（1番目と7番目）の角度

角度	1番目	7番目
頂点1	96	108
頂点2	132	127
頂点3	129	131
頂点4	98	95
頂点5	129	136
頂点6	137	125

[単位：deg.]

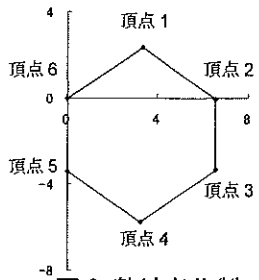


図2 熟練者作製の亀甲の一例

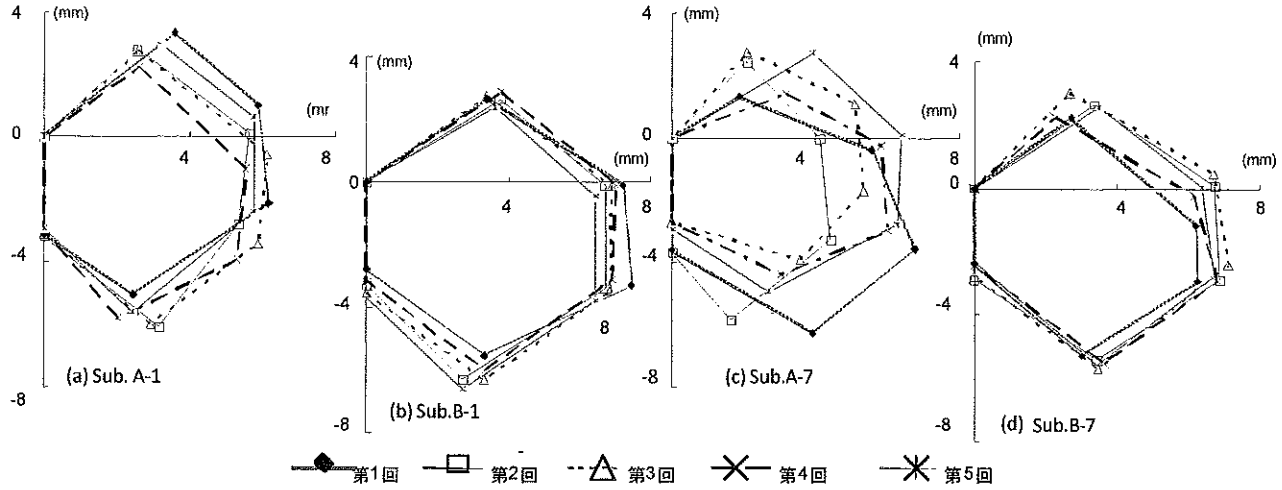


図3　代表的な被験者2名における1番目と7番目の六角形の1回目から5回目までの変化

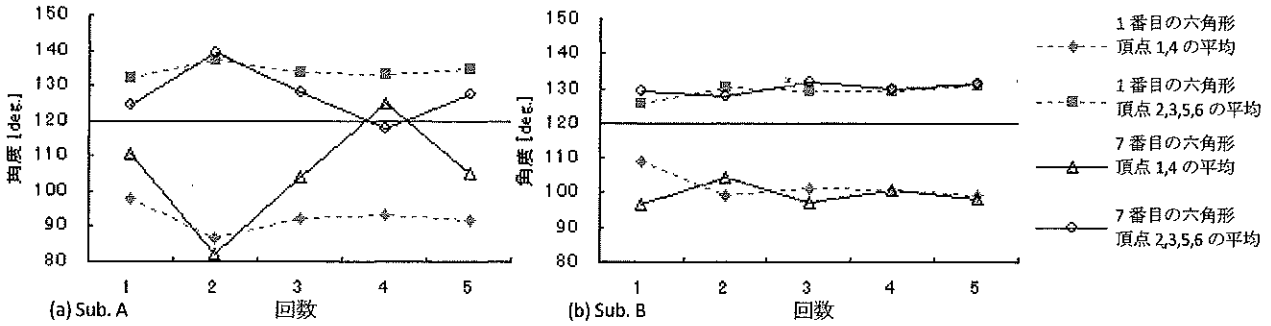


図4　代表的な被験者2名の1番目と7番目の六角形の1回目から5回目までの角度変化

3. 2　非熟練者の特徴

図3(a)(b)(c)(d)には1回目から5回目までの被験者2名（Sub.AとSub.B）の上から1番目と7番目の六角形の形状の変化を示した。

7つ目の六角形は両被験者で1つ目よりも正六角形からの誤差が大きい傾向がある。また、Sub.AはSub.Bよりも正六角形からの誤差が大きいことが見受けられる。7つ目の六角形は上方にある6つの六角形の基準となる六角形からの誤差の累積の影響を受ける。そのためにより下方にある六角形を綺麗に作製することはより高度な技術を要すると考えられる。したがってこれらの結果からSub.BはSub.Aよりも高度な技術レベルを有していたと推察できる。

また、図4(a)(b)には1番目と7番目の六角形の角度の5回の推移を示した。ここでは熟練者の傾向から頂点1と4、頂点2、3、5、6を平均した。Sub.Bの頂点1と4の平均における1番目と7番目の変化は1回目において分散し、回数を重ねるごとに等しい値へと収束する傾向を示した。一方、Sub.Aは回数を重ねても分散している傾向を示した。また、Sub.Bの頂点2、3、5、6の平均は前述と同様に収束する傾向を示した。Sub.Aは頂点1と4と同じパターンではないものの分散している傾向がみられた。これらの収束と分散は被験者個人の現在の能力や学習意欲などの多様な要因に影響を受ける。しかしながら5回目の値が収束している点のみに着目するとSub.BはSub.Aよりも習熟スピードが早かったと推察される。

4 結言

1. 熟練者の亀甲模様は正六角形ではなかった。
2. Sub.BはSub.Aよりも高度な技術レベルを有していた。
3. Sub.BはSub.Aよりも習熟のスピードが早かった。

参考文献

1)　田中辰憲，大西明宏，白土男女幸，久米雅，後藤彰彦，仲井朝美，芳田哲也: 金網熟練者の金網を編む動作における“間”の研究, Dynamics and Design Conference 2008(CD-ROM), (2008).

金網製作時における“間”の算出方法の検討

Proposals for Calculating “MA” in Knitting “KANAAMI”

○田中辰憲*，久米　雅**，吉田康行**，大西明宏***，白土男女幸****，
阪田将揮*****，辻　賢一**，後藤彰彦******，仲井朝美**，芳田哲也*
*京都工芸繊維大学大学院　**京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター
***労働安全衛生総合研究所　****目白大学短期大学部
*****京都工芸繊維大学　******大阪産業大学

TANAKA Tatsunori*, KUME Masashi**, YOSHIDA Yasuyuki**, OHNISHI Akihiro***,
SHIRATO Minayuki****, SAKATA Masaki*****, TSUJI Kenichi**, GOTO Akihiko******,
NAKAI Asami**, YOSHIDA Tetsuya*
*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology
**Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
***National Institute of Occupational Safety and Health, Japan, ****Mejiro University College
*****Kyoto Institute of Technology, ******Osaka Sangyo University

1　緒言

京都の伝統工芸品のひとつである“金網”は図1に示す餅焼き網に代表され，商品は全て優れた職人（以下，熟練者）の巧緻な手指運動により製作される[1),2)]。また，熟練者は質の高い金網を製作し続けなければならない事から，製作過程において再現性の高い手指制御が長時間要求されると考えられる。この手指制御を「筋疲労などによって不安定になるもの」と考えると，熟練者の手指制御は「作業負担を軽減するための要素」と結び付けることが可能であると考えられる。

渡辺ら[3)]は「作業負担」を身体加速度から評価するシステムについて，身体加速度値が高いほど「作業負担」が大きくなる傾向にある事を報告している。また，これまで我々は熟練者の金網製作時における“間”について，手指の加速度値から検討を行なってきた[4),5)]。しかしながら“間”の概念を科学的に明らかにするまでには至っていないのが現状である。

熟練者の手指動作における加速度値に着目する事で「作業負担を軽減するための要素」と“間”を結び付ける事が可能であり，“間”という抽象的な概念を熟練者の手指動作の解析をおこなうことにより明らかにすることが可能であると考えられる。本研究では「間」を『手指の運動中に存在する「間」』と定義する．これを明らかにする事で，熟練者の技能を継承するための教育やものづくりの作業現場に応用できると考えられる。そこで本研究の目的は，熟練者の餅焼き網の製作過程において，手指の加速度を用いた“間”の算出方法の検討と，算出された“間”の出現時間について検討することである。

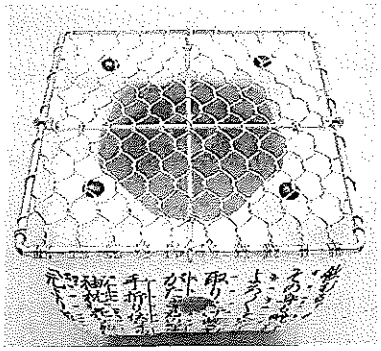


図1　餅焼き網

2　方法

2.1　被験者

被験者は金網製作に熟練した59歳の男性1名（職歴41年，身長173.0cm，体重66.0kg）とした。

2.2 実験機材

身体の3次元位置座標を計測するためにカメラ6台で構成されるモーションキャプチャシステム（MAC3Dモーションアナリシス社製）を100fpsで使用した。

2.3 実験設定

図2に示すように赤外線反射マーカーをオトガイ点，左右の肩峰，肘頭，橈骨茎状突起，尺骨頭，手関節，母指MP関節，示指MP関節，中指MP関節，小指MP関節，示指DIP関節の合計21ヶ所に貼付した。

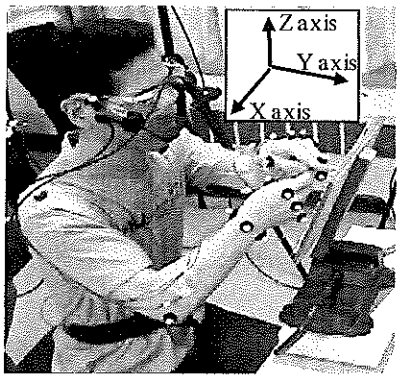


図2 測定風景

2.4 実験手順

被験者には餅焼き網を4列編むよう指示し，それ以外の教示は行わず，被験者のペースで作業ができるよう配慮した。

2.5 解析方法

2.5.1 編む動作の分割

熟練者の編む動作はこれまでの研究の中で分割されている[1), 2)]。本研究においてもその方法を用いた。

主作業：図3に示す様に左右の指で針金を編み始めた時点から両手が完全に交差する時点

副作業：主作業以外の局面

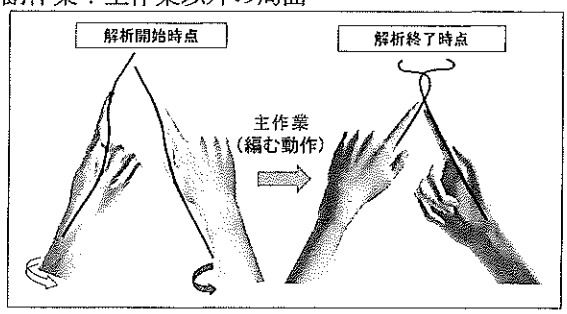


図3 編む動作の分割

2.5.2 解析対象データ

動作計測をおこなった餅焼き網4列の中で，最も編む動作が多かった1列（主作業22回）を解析対象フレームとした。

2.5.3 データ処理

解析をおこなうにあたり，4次のバターワース型ローパスフィルタ（6Hz）により平滑化をおこなった。

2.5.4 “間”の解析

これまでの研究において，左右の示指DIP関節の速度，加速度から“間”が導出されている[4), 5)]。本研究においても左右の示指DIP関節の速度，加速度に着目する事とした。示指DIP関節の速度v，加速度aは，3次元動作解析より得られた位置座標 をもとに(1)式，(2)式より算出した。

$$v_i = \sqrt{v_{xi}^2 + v_{yi}^2 + v_{zi}^2}\ ,$$

$$(v_{xi} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2 \times 0.01},\ v_{yi}, v_{zi}\text{も同様}) \quad \cdots(1)$$

$$a_i = \sqrt{a_{xi}^2 + a_{yi}^2 + a_{zi}^2}\ ,$$

$$(a_{xi} = \frac{x_{i+1} - 2x_i + x_{i-1}}{0.01^2}, a_{yi}, a_{zi}\text{も同様}) \quad \cdots(2)$$

その後，以下に示す2種類の方法を用いて“間”を算出することとした。

方法1） 加速度範囲から算出

主作業時の加速度において，0m/sec^{2}から0.1m/sec^{2}以下，0.2m/sec^{2}以下，…と閾値を変化させ，各加速度範囲を“間”と定義する方法。

方法2） 主作業時における最大加速度値から算出

22回の主作業時においての最大加速度値を算出し，算出された最大加速度値を規格化した。その最大加速度値を基準として10%以下，20%以下，…90%以下を“間”と定義する方法。

さらに，上記の2種類の方法を用いて算出した“間”が出現する時間帯を，各主作業時間を規格化し算出した。算出項目は右手，左手，左右の手で共通した時間帯の3項目である。

3　結果

3.1　加速度範囲から算出

図 4 と図 5 に加速度範囲から算出した右手，左手における“間”の出現時間を示す。図 4 と図 5 より左右共に加速度範囲 0.2 m/sec^{2}から“間”が出現し，その時間帯は主作業開始から 30～40%時であった。また，さらに加速度範囲を大きくすると，主作業時間の前半部分である 0～50%時に“間”が出現し，その後，主作業時間の前半部分である 50～100%時に“間”が出現する点が共通していた。

図 6 に加速度範囲から算出した左右共通における“間”の出現時間を示す。図 6 より加速度範囲 0.4 m/sec^2 から“間”が出現し，その時間帯は主作業開始から 30～40%時であった。

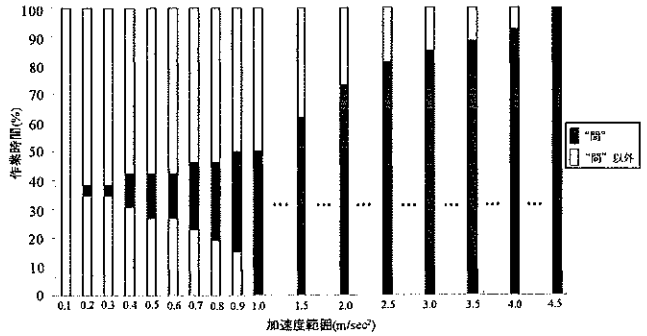


図 4　加速度範囲から算出した右手の“間”の出現時間

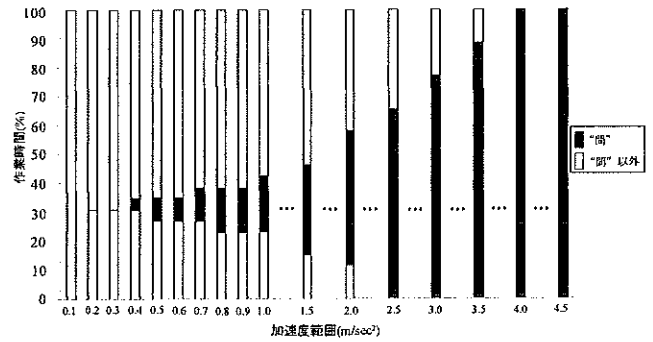


図 5　加速度範囲から算出した左手の“間”の出現時間

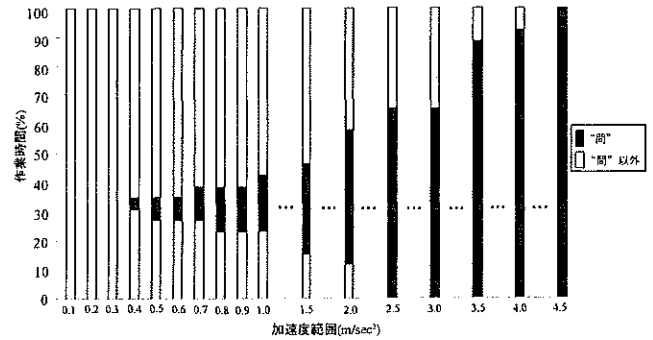


図 6　加速度範囲から算出した左右共通の“間”の出現時間

3.2　主作業時における最大加速度値

図 7 と図 8 に最大加速度を基準とし算出した右手と左手における“間”の出現時間 を示す。図 7 と図 8 より左右共に最大加速度値 10%以下から“間”が出現していた。その時間帯は図 7 より右手が主作業開始から 25～40%時，図 8 より左手が主作業開始から 25～35%時であり，左右共に 25～35%時であった。

また，図 7 より右手は最大加速度値 20%以下において主作業開始から 0～50%時すべてに“間”が出現し，最大加速度値 20%以下～最大加速度値 90%以下にかけて，主作業時間の後半部分である 50～100%時が徐徐に“間”に変化していく傾向にあった。それに対し左手は図 8 に示すように，最大加速度値 20%以下～最大加速度値 60%以下において主作業時間の前半時の“間”が徐徐に出現し，主作業時間の 50～100%における“間”は，最大加速度値 60%以下～最大加速度値 90%以下においてのみ出現していた。

図 9 に最大加速度を基準とし算出した左右共通の“間”の出現時間を示す。これは図 8 に示した左手の“間”の出現時間と同様の結果であった。最大加速度値 10%以下において主作業開始から 25～35%時に“間”が出現し，また，最大加速度値 20%以下～最大加速度値 60%以下においては主作業時間の前半部分である 0～50% 時の“間”が徐徐に出現し，主作業時間の後半部分である 50～100% 時の“間”は，最大加速度値 60%以下～最大加速度値 90%以下においてのみ出現していた。

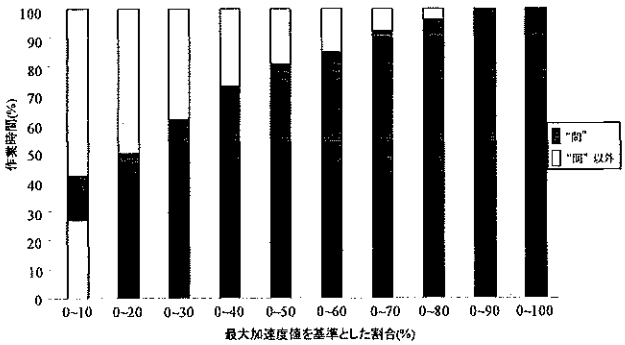


図 7　最大加速度値から算出した右手の“間”の出現時間

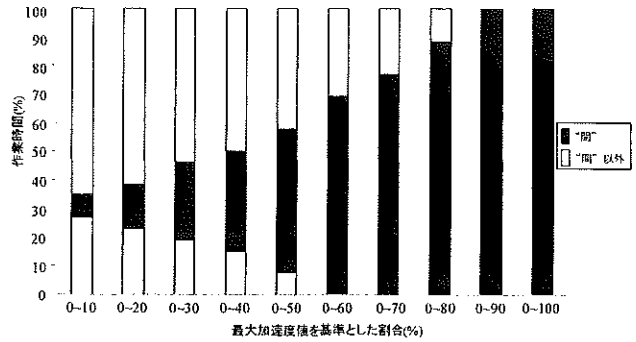


図8　最大加速度値から算出した左手の“間”の出現時間

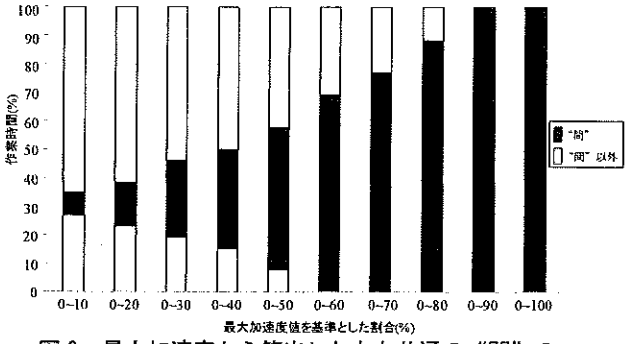


図9　最大加速度から算出した左右共通の“間”の出現時間

4　考察

4.1 加速度範囲から算出

図4と図5より左右共に最初に“間”が出現した時間帯が主作業開始から30～40%時であったことから，この時間帯の熟練者の動作に，加速度値が小さくするための何らかの要因があると考えられる。また，左右共に主作業時間の前半から先に“間”が出現し，その後，主作業時間の後半に“間”が出現していた点から，前半時に“間”をとる重要性が示唆された。

また，図6より加速度範囲0.4 m/sec^{2}から“間”が出現し，その時間帯は主作業開始から30～40%時であったことから，この時間帯が熟練者の手指制御技能の一要素である可能性が示唆された。

4.2 主作業時における最大加速度値から算出

図7と図8より左右共に最初に“間”が出現した時間帯が主作業開始から25～35%時であったことから，最大加速度値から算出した“間”は加速度範囲から算出した“間”と同様の傾向であった。また，最大加速度値20%以下～最大加速度値50%以下における“間”の出現時間が，右手が左手よりも多くの時間帯を占めていたのは，右手の最大加速度値が5.2 m/sec^{2}であったのに対し，左手の最大加速度値は4.2 m/sec^{2}であった事が影響していると考えられる。

図9に示した左右共通の“間”の出現時間においても最大加速度値10%以下において主作業開始から25～35%時に“間”が出現し，左右共通の“間”についても，この時間帯が熟練者の手指制御技能の一要素である可能性が示唆される。また，左手の“間”の出現時間と同じ結果となっていたのは，上記に示した様に，右手の最大加速度値が左手の値よりも大きく，左手よりも“間”の出現時間が長くなっていたためと考えられる。

5　結言

熟練者の金網製作時において，①加速度範囲から算出する方法，②主作業時における最大加速度値から算出する方法の2種類の方法を用いて“間”の算出方法を検討した。その結果，最初に“間”が出現した時間帯は，どちらの方法を用いても主作業開始から30～40%時であり，この出現時間は熟練者の「作業負担を軽減するための要素」である可能性が示唆された。

参考文献

1)Tatsunori TANAKA, et al. : Human motion of weaving “Kana-ami” technique by biomechanical analysis, Proceedings of JISEE-10 Traditional craft(CD-ROM), (2007)

2)田中辰憲ら：金網制作に用いる編む技術の動作解析，ジョイント・シンポジウム2007（スポーツ工学シンポジウム/ヒューマンダイナミクス）講演論文集 pp258-261, (2007)

3)渡辺恵子ら：身体加速度を用いた作業負担度評価システム，日本人間工学会第45回大会講演集 pp194-197, (2004)

4)田中辰憲ら：金網職人の金網製作時における“間”の研究，日本繊維機械学会第61回年次大会研究発表論文集 pp244-245, (2008)

5)田中辰憲ら：金網熟練者の金網を編む動作における“間”の研究，Dynamics and Design Conference 2008(CD-ROM), (2008)

金網製作時における手指の巧みさの解析

Analysis of Finger Motion in Knitting "KANAAMI" Technique

○辻賢一*，田中辰憲**，久米雅*，吉田康行*，大西明宏***，白土男女幸****，
阪田将揮*****，後藤彰彦******，仲井朝美*，芳田哲也**
*京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター　**京都工芸繊維大学大学院
***労働安全衛生総合研究所　****目白大学短期大学部
*****京都工芸繊維大学　******大阪産業大学

TSUJI Kenichi*,TANAKA Tatsunori**, KUME Masashi*, YOSHIDA Yasuyuki*,
OHNISHI Akihiro***,SHIRATO Minayuki****, SAKATA Masaki*****, GOTO Akihiko******,
NAKAI Asami*, YOSHIDA Tetsuya**
*Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
**Graduate School of Kyoto Institute of Technology
***National Institute of Occupational Safety and Health, Japan
****Mejiro University College, *****Kyoto Institute of Technology, ******Osaka Sangyo University

1. 緒言

金網の製作方法はにいつくかの編み方が存在し，その代表的な編み方として，おり編みと呼ばれる針金を格子状に編んでいく技法と，亀甲と呼ばれる六角形に編んでいく技法の2種類が存在する．編み方の違いは用途によって使い分けられ，その用途は日用品から工芸品まで多岐に渡る．なかでも，亀甲の編み方はおり編みに比べ，使用する針金の量が少なくて済むことから多く用いられてきた．

従来金網は全て手作業で作成されていた．その用途として，網目の大きなものではお寺の屋根にあるハトよけや（写真1），軒下にある猫よけ等である．

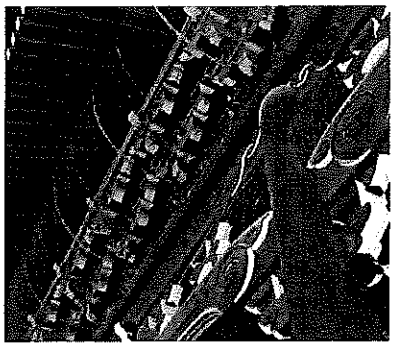


写真1.　ハトよけ

そして小さいものとして，茶こしやお香をたく時に用いる器の蓋に用いられている（写真2a,b）．

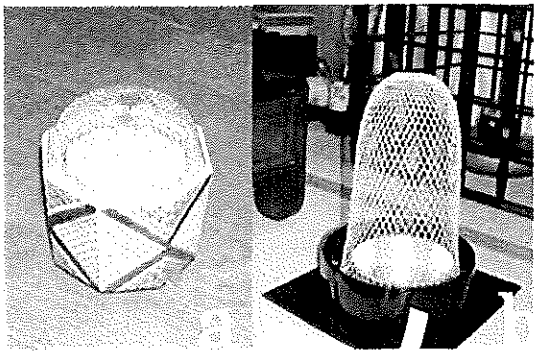


写真2a,b.　香炉の蓋

明治以降から，徐々に機械化が進み手編みの金網は減少傾向を示すとともに職人の数も減少した．しかし，手編みの金網はそこで途絶えることなく，現代にも生き続けている．その理由として，機械で製作可能な編み目は二分（一分が約 3mm）から一分刻みに一寸までの決まった大きさでしか造れないため，それ以外の大きさの網目（例：2分5厘）を作成する時は手編みで行うことになるからである．また，平面のものは機械で製作可能だが，立体のものは手編みでしか製作できないのも一つの理由といえる．現在，手編みで製作された作品の多くは伝統工芸品が多い．京都の伝統工芸の一つである，湯豆腐すくい網や餅焼き網も，その一例である（Fig1）．金網は金属の枠に複数の針金を亀甲模様に編み込むこ

とによって製作される．その作業は製作するものが小さければ小さいほど繊巧な手指運動を行っていると考えられる．さらに，職人は巧みな手指運動だけでなく短い時間に製品を製作することを要求される．しかし，職人の手指運動や作業効率等は評価されておらず，これらを評価するためには職人の手指運動や製品を詳細に解析すると共に非熟練者と対照して検討する必要がある．

そこで本研究は3次元動作解析装置を用いて，金網職人の手指の巧みさの解析を行うとともに非熟練者との動作の違いを検討した．さらに，熟練者と非熟練者が作成した金網の評価も行った．

2. 方法

2-1 被験者

被験者（熟練者）は職歴41年の59歳の男性1名（身長173.0cm，体重66.0kg）と非熟練者9名とした．

2-2 測定条件

本研究では熟練者が通常の作業で行っている以下の4条件で測定したが，本研究の解析対象は①のステンレスとした．

① 豆腐すくい金網（Fig. 1A）

・直径0.4mmのステンレス針金使用

・直径0.5mmの銅針金使用

② 餅焼き金網（Fig. 1B）

・直径1.0mmの銅針金使用（以下，RC条件とする）

・直径1.0mmのステンレス針金使用（以下，RS条件とする）

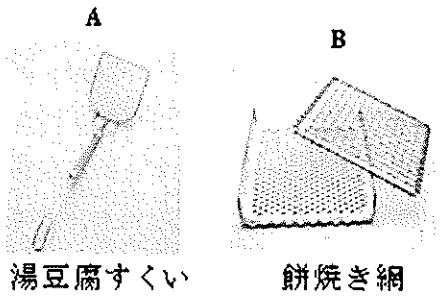


Fig. 1 測定に用いた網

2-3 測定方法および手順

被験者にはできる限り日常に近い状況で作業ができるよう，通常の作業場と同様の作業環境を実験室に再現し，作業に集中できるように努めた．また，測定条件以外の教示はおこなわず，被験者のペースで作業ができるよう配慮した．また，熟練者とは別日に測定を行った．

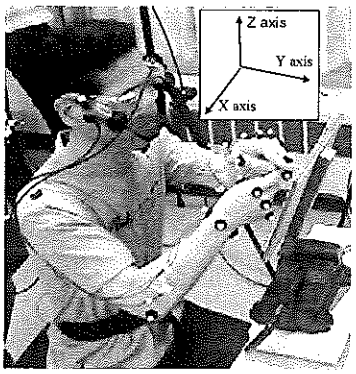


Fig. 2 測定条件

動作の測定はMAC 3D SYSTEM,(Motion Analysis社製）を用いて6台のカメラ(hawk-i, Motion analysis社製)によって各マーカーの3次元座標を測定し,サンプリング周波数100Hzにてコンピュータに取り込んだ．なお，測定時の3次元座標はFig. 2の様に左右方向をX軸，前後方向をY軸，上下方向をZ軸と定義した．赤外線反射マーカーはFig. 2およびFig. 3に示す下記の21ヶ所に貼付した1. オトガイ点，2. 肩峰(左右)，3. 肘頭(左右)，4. 手関節(左右)，5. 橈骨茎状突起(左右)6. 尺骨頭(左右)，7. 母指IP関節(左右)，8. 示指MP関節(左右)，9. 中指MP関節(左右)，10. 小指MP関節(左右)，11. 示指DIP関節(左右)．

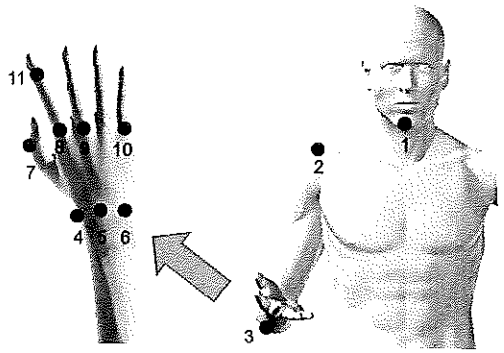


Fig.3 マーカーセット

2-4 解析方法

左右の示指による編む運動は[1)]，針金を持った手を交差することによって針金がねじられ,その運動を繰り返すことにより Fig. 4 のように亀甲模様が

作られる.

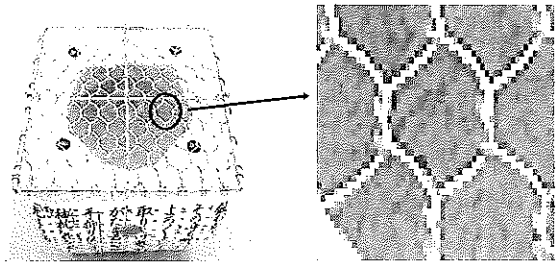


Fig.4　亀甲模様

この手指をねじる運動を解析するために示指DIP関節と手関節のマーカーに着目し,それらの移動距離を算出した. 本研究では,左右の示指DIP関節マーカーの軌跡を示指の運動と考えた. ここで, Fig. 5に示した様に左右の指で針金を編み始めた時点を解析開始点, 両手が完全に交差する時点を解析終了点と定義し, 編む動作の解析を行った.

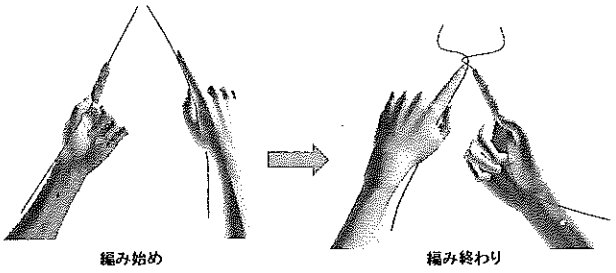


Fig. 5　編み始めと編み終わり

また, 金網の網目の評価はFig. 6に示した通り, 熟練者と非熟練者の手指の運動が異なることで, 下絵と編み目にズレが生じる可能性があるために, 編み目の評価を行った. また, 1～3列目までは熟練者が編むことは困難なため, 熟練者が編み, 非熟練者には6～8列目まで編ませた.

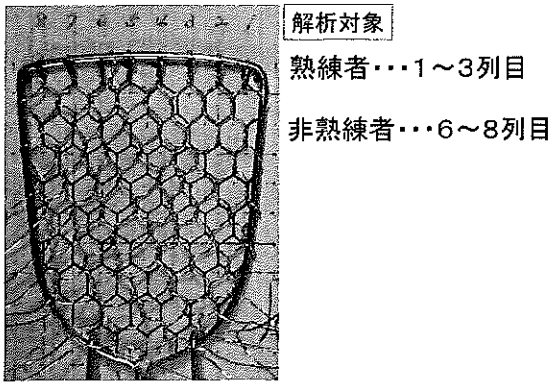


Fig. 6　金網の評価

3. 結果及び考察

3-1 熟練者と非熟練者の手指の軌跡

Fig. 7には熟練者（2試行）Fig. 8,9と非熟練者(3 試行)における左右の指で針金を編み始めた時点を解析開始点,両手が完全に交差する時点を解析終了点のX成分（左右), Z成分（上下）の軌跡を示した. 熟練者における左手の軌跡はスタート（X軸0, Y軸0）から楕円の様な弧を描きながら, 30から35mm右方向に移動し, その時の上下方向においては7mm程度しか上昇していない. そして, 右手においてはほぼ真下方向に20mm程度移動していた.

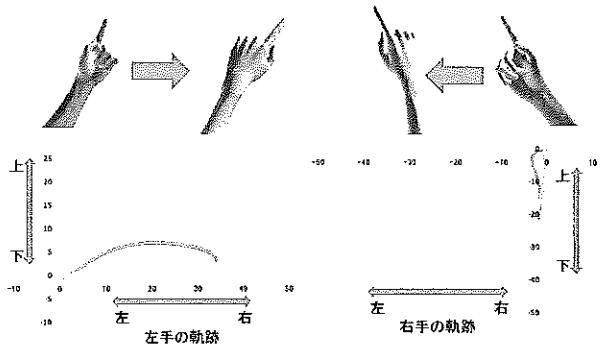


Fig. 7 熟練者における左右手指の軌跡

一方, 非熟練者1の軌跡は左手においてはスタートから30mmまでは熟練者と同様に弧を描いていたが, 熟練者の様な楕円というより円に近い軌跡で, その後は熟練者には見られない手指の動きをしていた. また, 上方向に10mm以上の上昇を示していた. そして, 右手は熟練者とは異なり左斜め下方向に移動し, 下方向に40mm程度, 左方向に40mm程度と熟練者の2倍近く移動していた.

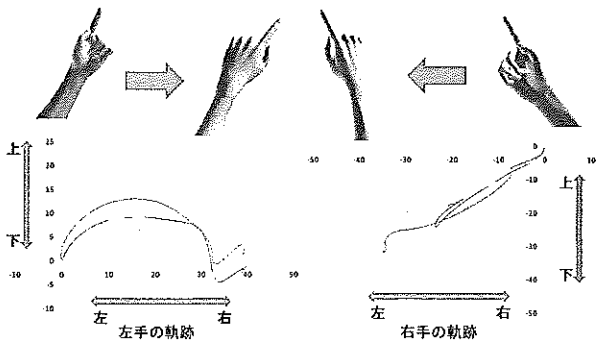


Fig. 8 非熟練者1における左右手指の軌跡

また, 非熟練者2（Fig. 9）における左手は弧を

描いているものの，その上下・左右における軌跡の規則性はなく，蛇行していた．右手においても熟練者とは異なり左斜め下方向に2倍近くの移動を示した．

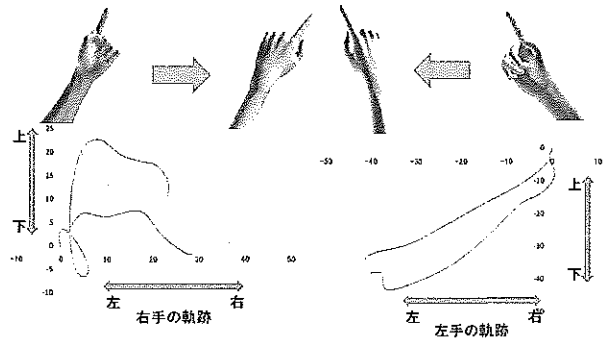


Fig. 9 非熟練者2における左右手指の軌跡

これらのことから，熟練者と非熟練者の軌跡の違いは，左右の手指における軌跡にみられ，熟練者の方が規則的に短い距離で動作している事が考えられる．熟練者は一度で左右の手を交差させ金網を編んでいたことが推測できるが，非熟練者は金網を一度捻った後に，さらに左右の手を動かし，編み目を整えるために何らかの調整をしていたことが軌跡の蛇行に繋がったと考えられる．

3-2 熟練者と非熟練者の手指の軌跡長と作業時間

熟練者と非熟練者の違いを詳細に検討するために，各被験者の左右の軌跡長（左右の手がどれだけ移動しているか）と1試行にかかった時間をFig. 10a,b.に示した．左右ともに熟練者の方が非熟練者と比較して短い距離で動作している．さらに時間においても，熟練者は非熟練者と比較して顕著に短い時間を示した．これらの結果は，動作の軌跡からも見て取れる様に熟練者が短い移動距離と時間で移動している事を示し，作業効率を考えた場合，短い時間で多くの製品を製作出来ると考えられる．

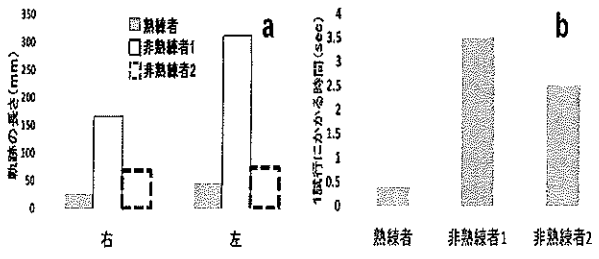


Fig. 10a,b.手指の軌跡長と作業時間

3-3 熟練者と非熟練者における亀甲模様の違い

Fig. 11には熟練者が作成した編み目と非熟練者が作成した網目を示した．熟練者aの網目は金網の下に見える下絵と重なっている事が認められる．さらに亀甲模様が一定の形状を保っている．しかし非熟練者が作成した網目bは写真の左斜め下に向かうにつれて下絵とのズレが生じ，亀甲模様も一定ではない．これらの結果は，熟練者と非熟練者における動作（Fig.7,8,9）の違いや，作業にかける時間（Fig.10,b）が大きく影響している事が考えられる．その理由として，金網に用いる針金は一度変形させると元に戻すのは困難で，非熟練者の様に金網を編んだ後に調整を加えると僅かなズレが回を増す毎に，金網のズレを大きくすると考えられる．

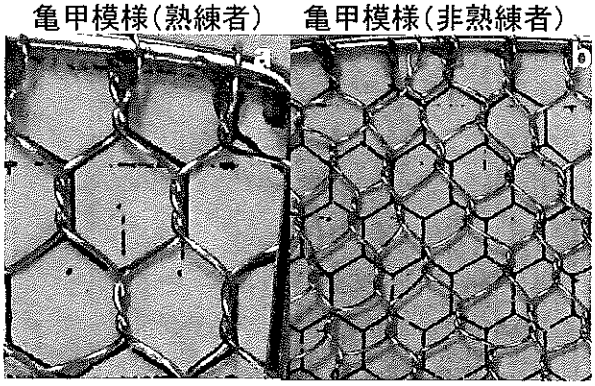


Fig. 11 熟練者と非熟練者における亀甲模様

4. まとめ

1. 熟練者における手指の軌跡は非熟練者と比べ，左手は楕円形の弧を描き，右手は真下方向に移動していた．

2. 手指の軌跡長と作業時間は，熟練者の方が移動距離は左右ともに非熟練者と比べ短く，時間も短かった．

3. 熟練者と非熟練者における亀甲模様は熟練者下絵とズレることなく編まれていたが，非熟練者は回を増す毎に下絵とはズレる傾向にあった．

5. 参考文献

1) 田中辰憲，大西明宏，白土男女幸，久米雅，辻賢一，仲井朝美，後藤彰彦，芳田哲也：“金網”制作に用いる編む技術の動作解析．スポーツ工学シンポジウム・ジョイントシンポジウム2007，講演論文集，pp. 258－261（2007）．

京瓦造りにおける技法の評価

Evaluation of Methods in Making "KYO-KAWARA"

○山本晃嘉*，吉田康行**，久米　雅**，田中辰憲***，阪田将揮****，
後藤彰彦*****，浅田昌久**，仲井朝美**，芳田哲也***
*株式会社シティー・エステート　**京都工芸繊維大学　伝統みらい研究センター
***京都工芸繊維大学大学院　****京都工芸繊維大学　*****大阪産業大学
YAMAMOTO Akiyoshi*, YOSHIDA Yasuyuki**, KUME Masashi**, TANAKA Tatsunori***,
SAKATA Masaki****, GOTO Akihiko*****, ASADA Masahisa**,
NAKAI Asami**, YOSHIDA Tetsuya***
*CITY ESTATE, CO., LTD.
**Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
*** Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology
**** Kyoto Institute of Technology, ***** Osaka Sangyo University

1　緒言

京瓦の特徴として，手作業による表面の「磨き」がある。「磨き」は，ヘラを用いて図1に示す敷瓦や図2に示す丸瓦など，その形状に沿って凹凸をなめす動作である。また，「磨き」の程度により「並」「磨」「本ウス」に分けられるため，京瓦製作工程において「磨き」工程は重要であるといえる。これまでこれらの「磨き」工程の技法は科学的に明らかにされていない。そこで本研究では，「磨き」工程の動作解析を行うことにより，熟練者の「磨き」の技法について検討を行うこととした。

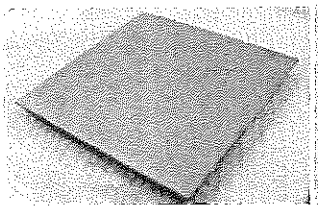


図1　敷瓦

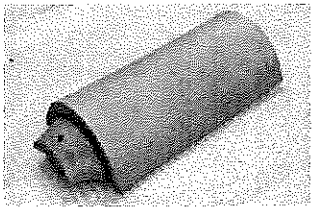


図2　丸瓦

2　方法

2.1　被験者

被験者は京瓦製作に熟練した60歳の男性1名（職歴37年，身長170cm，体重52kg）とした。

2.2　実験機材

身体の3次元位置座標を計測するためにカメラ6台で構成されるモーションキャプチャシステム（MAC3D　モーションアナリシス社製）を100fpsで使用した。

2.3　実験設定

図3には測定時の座標軸を示した。左右方向をX軸，前後方向をY軸，上下方向をZ軸とした。また赤外線反射マーカーを，頭部4ヵ所と，左右の肩峰，肘頭，上前腸骨棘，上後腸骨棘，橈骨茎状突起，尺骨頭，母指MP関節，示指MP関節，小指MP関節，足関節，小指中足骨の合計26ヶ所に貼付した。

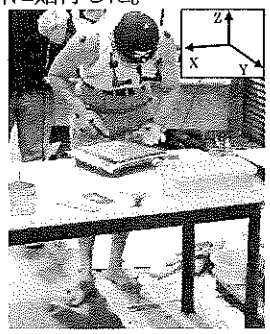


図3　実験設定

2.4　実験手順

被験者には敷瓦に「磨き」工程を行うよう指示し，それ以外の教示は行わず，被験者のペースで作業ができるよう配慮した。

2.5　解析方法

解析をおこなうにあたり，4次のバターワース型ローパスフィルタ（6Hz）により平滑化をおこなった。本研究では左右の橈骨茎状突起のマーカーに着目し，「磨き」動作における水平面（XY平面）の軌跡を算出した。

3　結果と考察

「磨き」動作は図 3 に示す様に右手にヘラを持ち，左手でヘラを支えながら，瓦の左から右に表面を磨いていた。その動作を身体の前方から下方に数回繰り返し，その後瓦を約 90° ずつ回転させ 4 方向から同様の作業が行われていた。それぞれの方向からの磨き動作の回数は 13 回，13 回，9 回，18 回であり，最後の方向ではより丁寧に形状を整えていたことが推察される。

図 4 には「磨き」動作を行った際の水平面(XY 平面)から見た左右の橈骨茎状突起における中点の軌跡の代表例を示す。その軌跡は左右へ移動させながら身体の前方から下方に移動する特徴を示し，左右の移動の切り返しにおいて左端は円弧の軌跡を示した。これより左側まで磨き終えた後は動作を停止させず，滑らかに次の動作に移行していると推察される。

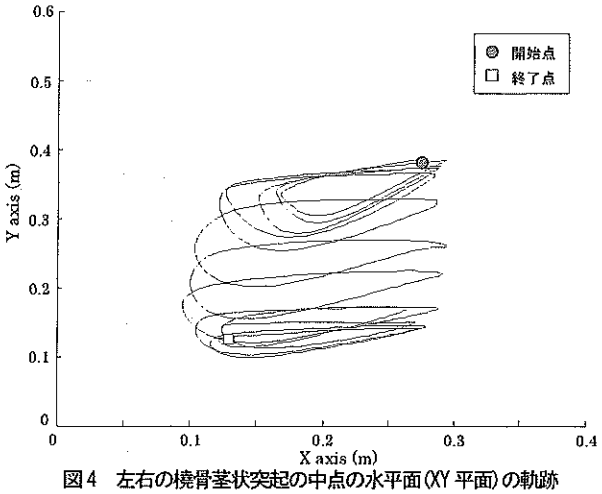


図 4　左右の橈骨茎状突起の中点の水平面(XY 平面)の軌跡

図 5，6，7 にはそれぞれ図 4 に示した左右方向の移動軌跡の 1～5 回目，6～10 回目，11～13 回目の軌跡を示す。図 5～7 に示すように，左側まで磨いた後，左右ともに身体の下方に動作している事から，右側から磨いた際に生じた微細な材料を身体の下方に移動させている事が推察される。

また図 5，7 に示す 1～5，11～13 回目の軌跡と，図 6 に示す 6～10 回目の軌跡を比較すると，6～10 回目の「磨き」動作の開始位置の間隔が広くなっている事が確認できる。この結果から 1～5，11～13 回目が「磨き」の前半，後半に各々あたるとすれば，磨きの程度の微調節を行なっていたと考えられる。また，6～10 回目を中盤とすれば，この段階において広範囲を磨く事が目的であると推察される。

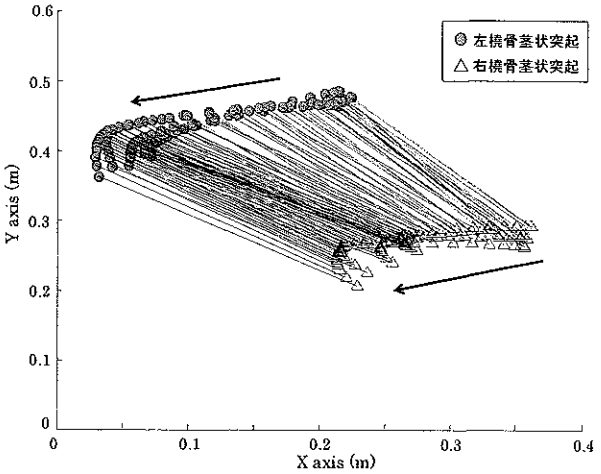


図 5　「磨き」動作 1～5 回目における左右の橈骨茎状突起の軌跡

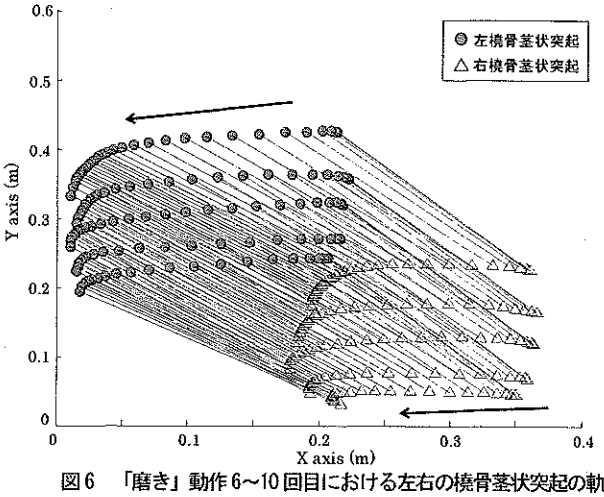


図 6　「磨き」動作 6～10 回目における左右の橈骨茎状突起の軌跡

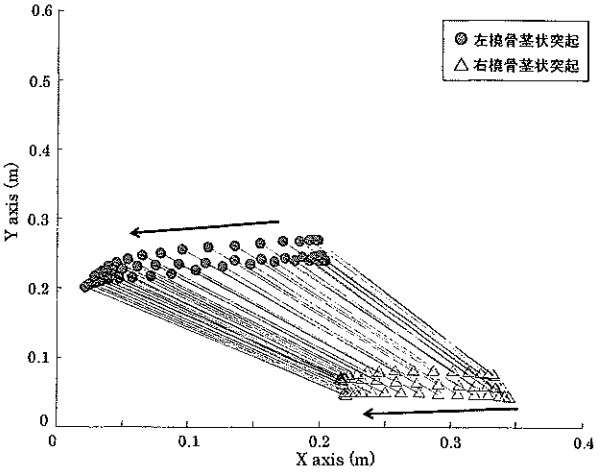


図 7　「磨き」動作 11～13 回目における左右の橈骨茎状突起の軌跡

4　結言

京瓦を磨く動作において以下の特徴がみられた。

1. 被験者に対して前方から下方へ左右方向に手を動かしていた。
2. 「磨き」の前半，後半は局所的に磨き，磨き加減の微調節を行なっていたことが推察された。

漆塗りにおける習熟度および道具の違いによる運動学的解析

Movement Analysis by Proficiency and Difference of Tool concerning "URUSHI" Paint

後藤彰彦*　○辨野　奨*　下出祐太郎**　久米　雅**　吉田康行**
田中辰憲***　阪田将揮****　芳田哲也***　仲井朝美**
*大阪産業大学　**京都工芸繊維大学　伝統みらい研究センター
***京都工芸繊維大学大学院　****京都工芸繊維大学

GOTO Akihiko*, BENNO Susumu*, SIMODE Yutaro**, KUME Masashi**, YOSIDA Yasuyuki**,
TANAKA Tatsunori***, SAKATA Masaki****, YOSIDA Tetsuya***, NAKAI Asami**
*Osaka Sangyo University, **Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
***Graduate School Kyoto Institute of Technology, ****Kyoto Institute of Technology

1 緒言

漆とは、漆の木から採取した樹液の素材である。この髹漆の技術、つまり漆を塗る技術の詳細はこれまで科学的に明らかにされてきていない。

この技術において熟練者や非熟練者が作業中にどのタイミングでどこを注視しているかは技術を研究していく上で重要であると考えられる。そこで本研究では眼球運動計測 [1]を行っていく。眼球の動きを知ることで技術のコツや特徴が理解できると考えられる。

また、異なる技能の習熟度による外部環境に対する適応力を追及していくことも興味深い。本研究では用具の設定を変更していく。この設定と眼球運動を組み合わせることによりさらに技術の特徴が明らかになる可能性があると考えられる。

本研究の目的は、異なる用具を使用した際の漆塗りの作業工程における眼球運動を計測し、習熟度の違いによる技術の特徴を明らかにすることである。

2 方法

2.1 被験者

被験者は、京都の某大学校にて漆塗りの教育をしている熟練者 1 名(年齢 35 歳、身長 152cm、体重 51.5kg、経験年数 19 年)とその学生 1 名(年齢 30 歳、身長 162cm、体重 49kg、経験年数 1.5 年)を対象とした。

2.2 実験機材

視線の動作を計測するため、眼球運動解析装置 Talk Eye Ⅱ(竹井機器工業社製)を使用した。また、サンプリング周波数は 30Hz とした。

漆塗りで使用した道具は、漆、アクリル板、ヘラ、刷毛である。漆は、粘度を一定に保つために温度と湿度管理に注意した。ヘラは熟練者・非熟練者問わず同一にした。刷毛は、他人の刷毛を同一のものとし、個人の刷毛は被験者が日常使用している刷毛とした。アクリル板は、縦 300mm、横 300mm のものを使用した。

2.3 実験手順

熟練者と非熟練者の 2 名に、個人の刷毛で 1 回、他人の刷毛で 1 回、計 2 回の漆塗りを行うことを指示した。

2.4 解析方法

ゴーグル検出器の CCD カメラの映像から作業の所要時間と瞬きの間隔を求めた。

3 結果および考察

3.1 フェーズ分けと所要時間

作業は漆塗りをする第 1 フェーズと仕上げを確認する第 2 フェーズに分割できた。非熟練者には第 2 フェーズがみられなかった。

表 1 にフェーズごとの所要時間を示す。第 1 フェーズにおける他人の刷毛を用いた動作は、個人の刷毛を用いた動作と比較すると 3'03"97 の差が出たことが明らかになった。このことから、他人の刷毛を用いた動作では、一方向に塗る回数が多かったために所要時間が長くなったと考えられる。

表 1 フェーズごとの所要時間

被験者	刷毛の種類	第1フェーズ	第2フェーズ
熟練者	個人	2'52"50	0'10"43
	他人	5'16"47	0'08"73
非熟練者	個人	9'04"27	-
	他人	7'07"20	-

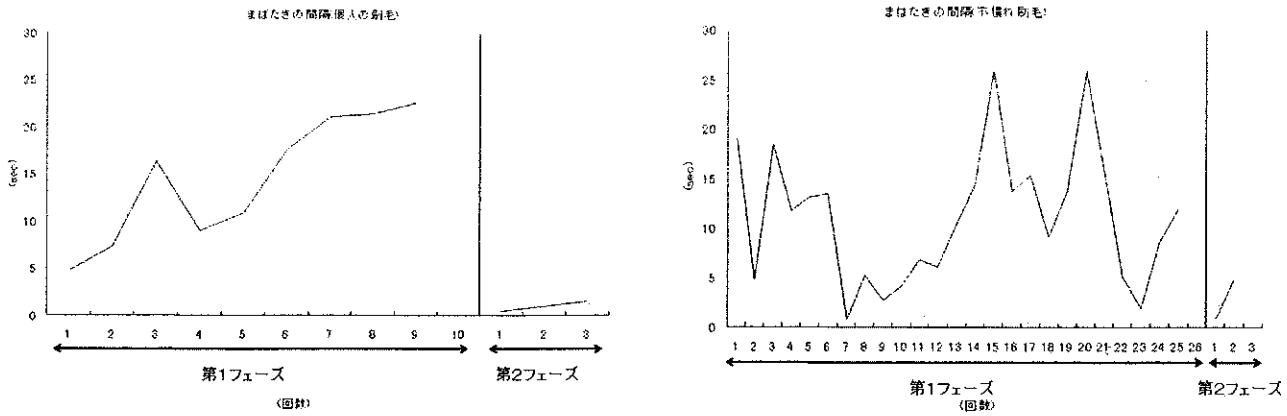


図 1(a) (b)熟練者の瞬きの間隔　左:個人の刷毛　右:他人の刷毛

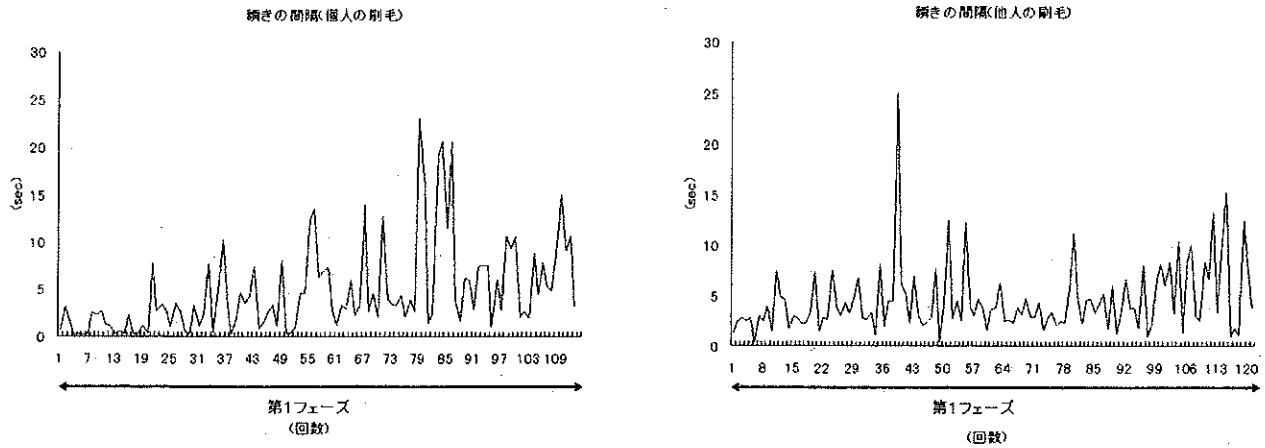


図 2(a) (b)非熟練者の瞬きの間隔　左:個人の刷毛　右:他人の刷

3.2 瞬きの間隔

図 1 (a) (b) に熟練者の個人と他人の刷毛における瞬きの間隔を示す。共通して第 1 フェーズにおいて瞬きの間隔の増加と対応する動作は、漆塗り始め、蛍光灯の反射を見た後、漆塗り具合の確認後、の 3 パターンあった。第 2 フェーズにおける瞬きの間隔は、1 回目から 3 回目にかけて増加していた。また、他人の刷毛を使用した際の増加が顕著であった。このことから他人の刷毛を使用した場合の確認作業はより慎重であったことが推察される。

また、熟練者の他人の刷毛における瞬きの間隔は、1 回から 7 回にかけて、個人の刷毛にはない変化があった。これは刷毛を使い慣れるために時間を要していたと考えられる。

図 2 (a) (b) に非熟練者の個人と他人の刷毛における瞬きの間隔を示す。二つを比較すると瞬きの間隔は他人の刷毛を使用した場合の方が長かった。このことから、非熟練者は刷毛の慣れ、不慣れには関係なく漆塗りを行っていたと考えられる。

熟練者と非熟練者の瞬きとそれに対応する動作を比較すると、熟練者は何らかの確認作業において瞬きをしていた傾向があったのに対し、非熟練者は不規則に瞬きを行っていた傾向があった。つまり、非熟練者は確認作業をおこなっていなかったと推察できる。

3.3 注視点

瞬きをしていた際に熟練者は個人の刷毛において刷毛目の上部と漆を塗ろうとしている箇所を注視しながら動作していた。また、他人の刷毛では刷毛の中央部分と刷毛で漆を塗った直後を見ていた。これらから熟練者において個人の刷毛では刷毛の特性を理解しており塗りのみに集中しており、逆に他人の刷毛では刷毛の特性を理解していないために刷毛の動きに集中していたと考えられる。

4.結言

本研究の結果から以下のことが明らかになった。
1.作業は 2 つのフェーズに分割することができた。そして非熟練者には第 2 フェーズがみられなかった。
2.熟練者は何らかの確認作業において瞬きをしていたのに対し、非熟練者は不規則に瞬きを行っていた。
3.熟練者において個人の刷毛では刷毛目を注視し、他人の刷毛では刷毛自体を注視していた。

参考文献

1) 仁科雅晴:旗金具製作における半田付け作業の運動学的解析,日本機 D&D 械学会講演論文集,(2008).

基調講演：人類学・人類働態学と観察について

香原志勢
立教大学名誉教授

[原稿なし]

モノづくりにおける観察工学の役割

A Role of Observation Engineering in products development

山岡 俊樹
和歌山大学 システム工学部
NYAMAOKA Toshiki
Faulty of Systems Engineering, Wakayama University

1　技術主導型からニーズ主導型開発へ

技術主導型で製品開発をしていた 20 世紀から，21 世紀では本格的な意味でのユーザニーズ主導型製品開発にシフトしている。勿論，技術が重要であるが，それだけ満足させていれば，ユーザがついてきてくれる時代ではなくなった。つまり，身の回りにモノがあふれ生活が豊かになり，ユーザが商品を購入する価値基準が変わってきているのである。

著者が入会している米国人間工学会(HFES)が出している会員向けの雑誌（Ergonomics in Design, Vol13,No1,2005)に Hedonomics の概念が提唱されている（図 1）.

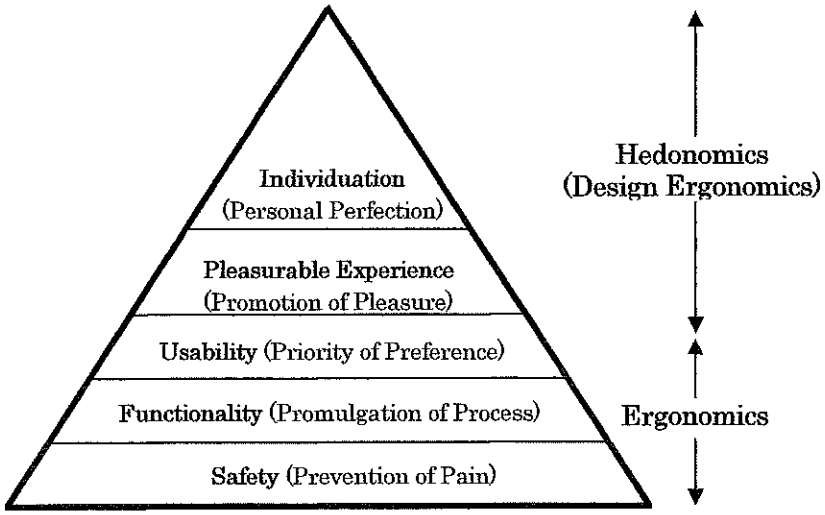


図 1. Hedonomics

これはマズロー（A. H. Maslow）の唱えた欲求段階説(生理的欲求，安全の欲求，親和の欲求，自我の欲求，自己実現)とよく似ているが，このヒドノミクスは，従来の安全性や機能性などを満足させるエルゴノミクスに経験や楽しみなどを付加した新しいエルゴノミクスの領域である．この 5 段階に対応するように，デザインの世界でも造形を中心とした世界からユーザの体験を重視した user experience design などが提唱され，より人間優先の方向付けがなされている。著者は ergonomics と design の世界を融合し，ヘドノミクスの世界を実現しようとするのがデザインエルゴノミクスと定義し，研究室の名称にもなっている。

今後の製品開発のベクトルとして，このヒドノミクスで示されている「楽しい体験」や「個人対応」のモノ作りが必要になっている。これらの新しい価値領域を探るのが観察工学である。

2　観察工学の重要性

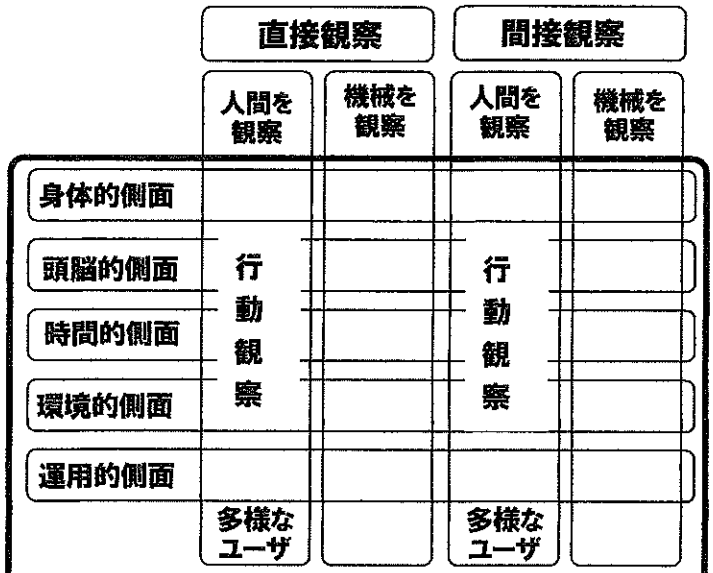
観察工学は「観察工学とは，工学的視点から物事の様相を詳しく調べ，採取された知見をモノ作りやシステム開発に生かす学問である．モノ作りに焦点を絞り，観察方法，観察データの分析方法について工学的視点から体系化した学問領域である.」[1] と定義されている。従来の観察方法は観察者の属性に依存した方法であるので，初心者にとって難しいと思われる。一方，この観察工学は観察する視点が明確に示されているので，初心者でも容易である。

観察することにより，グループインタビューだけでは得られない潜在ニーズを抽出することができる。一般的に家電製品などの操作系を重視する製品の場合，嗜好が中核となる食品などと違い気

が付く問題点は表面的な事項に留まることが多い。例えば,冷蔵庫のグループインタビューをした場合,通常出てくる意見は「デザインが悪い」「ハンドルが重い」などの気がついた問題点であろう。「野菜室が一番下にあるので腰をかがめる頻度が高いので疲れる」といった意見はなかなか出ないのではと思われる。このようなユーザがなかなか自覚できない項目は,それが動作となって表れるので観察をすればよい。

操作画面の場合でも,どう使っていいのか分からない場合,操作画面が変わらないとか貧乏ゆすりをしたり,画面に対して前かがみになったりするので,観察によってわかる。図2に HMI に対する観察工学の視点を示す。

しかし,すべて観察によりわかるわけではないので



70デザイン項目

①ユーザインタフェースデザイン関係 (29項目)

②ユニバーサルデザイン設計項目(9項目),③感性デザイン項目(9項目),④安全性(PL)項目(6項目),⑤ロバストデザイン項目(5項目),⑥メンテナンス(保守性)項目(2項目),

⑦エコロジーデザイン項目(5項目),⑧その他 (HMI

図2.HMI における観察工学の観察の視点

終了後にインタビューなどをして,観察データを補強する必要がある。

3 モノづくりにおける観察工学の役割

3.1 企業の開発スタイル

モノがない時代,エンジニアのシーズのアイディアでモノづくりがされた。モノ余りの時代でも,このようなスタイルを踏襲する企業が少なくない。21世紀では,技術の優劣もさることながら,それよりもどういう商品をどういうユーザに提供するのかという企業の明確なマインドが問題になる。従って,製品開発方法は下記の2つに集約される。

(1)企業として,哲学があり存立基盤が頑強であるので,観察などをせずに自分たちの思いを商品に可視化する。

(2)企業方針が明確になっており,観察などにより抽出したユーザニーズと企業の持つシーズをベースにコンセプトを構築して,商品の可視化を行う。

3.2 製品コンセプト構築が一番重要

「企業方針>製品コンセプト>製品デザイン・設計」の階層構造が明確になっているのが,製品開発のポイントである。厳密な構造化コンセプトを構築すれば,これに基づいて製品デザイン案を作成することができる。観察データから典型的なユーザ像を明確にしてシナリオを作成する方法があるが,前提としてコンセプトが必要である。コンセプトがないままシナリオを作成しても,最上位の概念が定まっていないと砂上の楼閣になってしまう恐れがあるからである。観察に基づいたユーザニーズとシーズとの検討からユーザリクアイアメントを定め,厳密な構造化コンセプトを作成することが製品開発で一番重要である。よくおこなわれるのが,明確な製品コンセプトを定めず,成り行きでパーツの積み上げ方式の開発を行う例が多い。もともと方針が明確でないので,天こ盛りのスペックになってしまい,商品として魅力のないものになってしまう。

参考文献

1) 山岡俊樹編著: 観察工学, pp.2, 協立出版 (2008)

2) 山岡俊樹編著: 観察工学, pp.4, 協立出版 (2008)

観察工学の方法を活用した観察事例

Introduction of observation examples based on the method of Observation Engineering

○和田智紀，山岡俊樹
和歌山大学システム工学部

1　はじめに

今回の事例では，エレベータホールにおけるユーザの行動についてビデオ観察を行い，観察の結果からエレベータユーザの行動の分析を行った．本事例の特徴として，観察の実施により得られたデータを量的データとして扱うことで統計解析を利用した分析を行ったことがあげられる．観察の実施から分析の解釈まで，全体の流れを概説する．

2.1　観察の実施

まず，現場でのデータ収集を行った．大阪府中心部の百貨店の協力を得て一階 EV ホールにビデオカメラを設置し，ユーザの EV を待つ・乗り込むなどの動作を録画した．記録時間は平日/休日及び午前/午後それぞれについて 1 時間ずつ，計 4 時間とした．また，同時に直接観察を行い，自由記述形式で気づいたことのメモをとった．

2.2　観察で得られたビデオデータの数量化

数量化とは，ビデオ映像やメモなどの質的データから統計解析が可能な量的データへ変換する作業のことである．量的データへ変換することにより統計解析やデータマイニング手法が適用可能となり，光学的な分析や大量のデータに対応することが可能となる．

撮影したビデオデータを元に数量化を行うため，ユーザの分類に有効な評価項目を設定した．ユーザの属性や行動，環境などの要因から最終的に 5 カテゴリ，12 項目に選定した．項目の一覧を表 1 に示す．

ビデオ映像からユーザ一人一人について観察し，

表 1　評価項目

環境	待ち時間	～30 秒，30～60 秒，60 秒～
動作の制約	同伴者	有り，無し
	荷物	無し，片手，両手，車いす，ベビーカー，キャリーバッグ
属性	性別	男性，女性
	年齢層	～15 歳，15～30 歳，30～60 歳，60 歳～
	行動ペース	速い，遅い
半無意識動作	体の方向	扉，同伴者，掲示，パネル，その他
	目線の方向	扉，同伴者，掲示，パネル，その他
	立ち位置	直近，中距離，遠距離
	しぐさ	無し，喋る，見る，その他
動作	ボタン操作	有り，無し
	ドア開行動	扉を抑える，ボタンを押す

表 2　1/0 表

ID	女性	男性	～15歳	～30歳	～50歳	50歳～	…	ドア
n1	1	0	0	1	0	0	…	1
n2	1	0	0	1	0	0	…	1
n3	1	0	0	0	1	0	…	0
n4	1	0	0	0	1	0	…	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…
n50	0	1	0	1	0	0	…	0

それぞれの項目について該当すれば 1，しなければ 0 を記入した 1/0 表を作成した（表 2）．サンプルユーザは 1 時間のビデオ映像で 50 人とし，ID n1～n50 を割り振った．

2.3 統計解析によるデータの整理

本事例ではコレスポンデンス分析・クラスタ分析を使用し，ユーザ及び評価項目のグルーピングを行った．これにより一定の特徴を持つユーザをひとつのグループとしてまとめ，無数の個人個人としてのデータから数群のグループに集約することができた．（図 1）

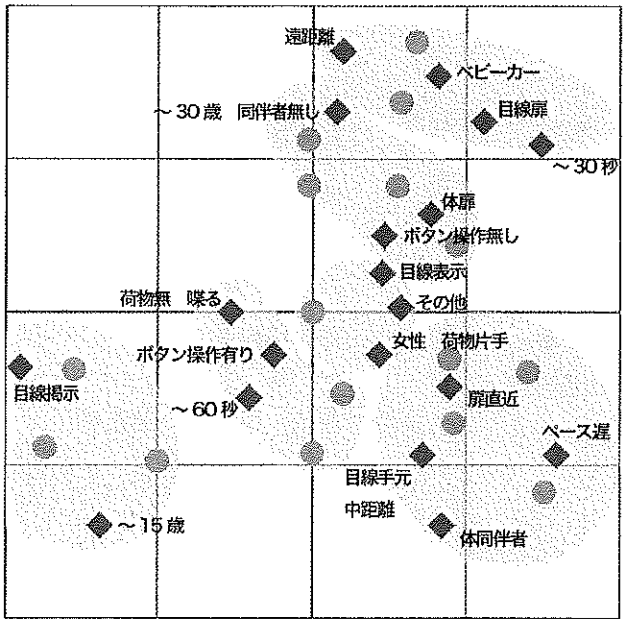


図 1 コレスポンデンス分析＋クラスタ分析
丸点はユーザを表す

2.4 リクアイアメントの抽出

形式概念分析を用いてグループ毎の行動特性・評価項目の含意関係の把握を行った．形式概念分析は，データに含まれる概念の包含関係を把握するブール代数的方法を包含した分析手法である．[1] この手法を用いることにより各グループを構成するユーザに共通の概念やグループ内での概念構造を把握し，得られたユーザモデルからリクアイアメントを抽出した．

形式概念分析を行うソフトウェアはフリーで公開されている Concept Explorer を使用し，一つのグループに分類されたユーザの 1/0 データを元に Hasse 図を作成した．

例としてあるグループの分析結果を図 2 に示す．

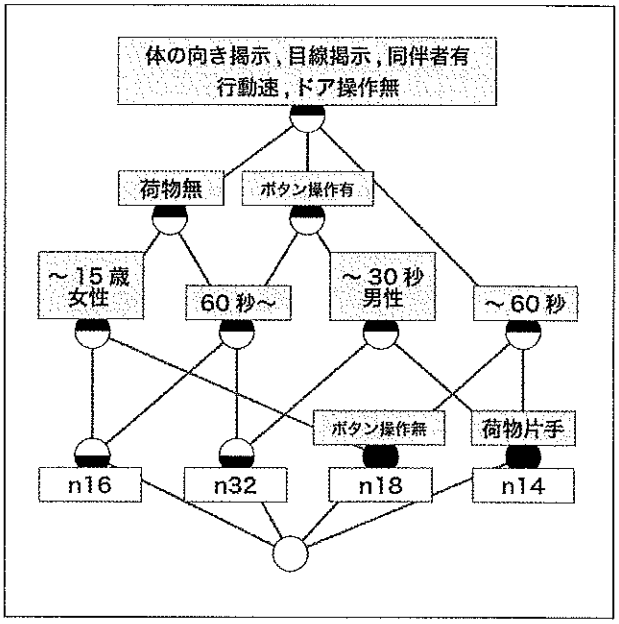


図 2 形式概念分析による Hasse 図

白枠内 n14～n32 はユーザ，灰色の枠内が評価項目を表している．最上位となる「体の向き掲示，目線掲示…」がグループのユーザ全員に共通の項目となる．また，この図に現れていない項目はグループに該当するユーザがいなかったことを表す．

これ以下の階層では，ボタン操作の有無により包含関係が大きく異なっていることや，待ち時間の項目が 3 階層目に並列で現れておりこのグループのユーザでは待ち時間は行動に対し包含関係には無いことなどが分かる．

参考文献

1) 長田博泰: 形式概念にもとづく質的分析，社会情報, Vol.14, No.1 pp.19-37,(2004).

B会場
一般セッション

会場：０６１２号（６号館１階）

09：30 ～ 10：45　心理
座長：篠原 一光（大阪大学大学院）

10：55 ～ 11：55　生理計測１
座長：大須賀 美恵子（大阪工業大学）

14：40 ～ 15：40　生理計測２
座長：小谷 賢太郎（関西大学）

15：50 ～ 16：35　触覚
座長：中川 誠司（(独)産業技術総合研究所）

大学生の「ものづくり」への意識に対する心理的規定因子の探索

Exploration of psychological factors influencing university students' awareness of "making-artifacts"

○廣西優佑，野村竜也
龍谷大学理工学部情報メディア学科
HIRONISHI Yusuke, NOMURA Tatsuya
Department of Media Informatics, Ryukoku University

1．はじめに

近年、「ものづくり」の分野が日本産業を支える根幹として認識されながら、その一方では教育現場において学生の理系離れが懸念されている。この現状において、就職前の大学生における「ものづくり」に対する意識と、それに影響を与える他の心理的要因との関連を探索していく必要があると考えられる。

「ものづくり」に対する意識に関しては、溝端ら（2007）が大学生を対象とした質問紙調査を行い、他の学習科目に対する意識との関連、特にコンピュータと数学に対する不安との関連を見出している[1]。本研究においては、学習科目との関連ではなく、より一般的な心理的要因として、将来への目的意識や自身の欠如など心配感情が「ものづくり」意識と関連する可能性を探索する。

本稿では、上記の「ものづくり」意識と心配感情との関連探索を目的として実施された調査について、その分析結果を報告し、その含意について議論する。

2．方法

2.1　調査対象

関西の私立大学生９３名（理工学系６１名、人文社会科学系２８名、不明４名、男性７３名、女性２

表１　「ものづくり」意識測定項目

1	ものづくりは、成果が目に見えるのでやりがいがある
2	優れた技術があると日本はますます発展する
3	ものづくりは、試行錯誤しながら満足できるものを作りたい
4	ものを作るには、専門的な勉強や技術の習得が必須である
5	勉強は机に向かってやるより、実習をするほうが好きである
6	ものづくりは自分の努力しだいでよりよいものが作れる
7	生活の役に立つものを自分で作りたい
8	ものづくりをする時は、自分で考え工夫しながら作りたい
9	ものづくりをする時は、多少の困難や苦労があっても自分の力で考えて作りたい
10	自分で作ったものは大切にしたい
11	家庭生活の中で「こんなものがあれば便利だな」と思うことがある
12	何かよい製作品を見たときに「どのように制作したのだろう」と考える方である
13	家庭でも機会があればものづくりをしてみたい
14	現実にないものを作ってみたいと思う
15	実習で得た技術を活かして応用したい

０名、平均年齢１９.９９歳）の情報倫理に関する講義受講者。

2.2 調査票

「ものづくり」意識を測定するための尺度は、溝端ら（２００７）[1]の調査において用いられた１５項目を使用した。回答方法は５件法（１：そう思わない、２：どちらかといえばそう思わない３：どちらでもない、４：どちらかといえばそう思う、５：そう思う）を使用した。表１に「ものづくり」意識測定項目を示す。

心配感情を測定するための尺度は、鈴木（２００４）[2]の日本語版 Worry Domain Questionnaire（大学生用）（WDQ）の２０項目（「関係への心配」５項目、「自信の欠如」５項目、「未来への目的の無さ」５項目、「仕事への不適応の心配」５項目、「生計の心配」５項目）、５件法（「０．まったく心配しない」から「４．非常に心配する」）を使用した。表２に、WDQの「下位尺度の項目例」を示す。

2.3 手続き

本調査は2008年７月の講義終了時に任意で実施した。「ものづくり」意識、日本語版WDQ（大学生用）の各質問紙の順序は、回答者によってランダムになるように調整を行った。結果として、９３件の有効回答が得られた。以降の分析においては、この９３件を対象とした。

３．結果

「ものづくり」意識測定の各項目において「１：そう思わない」を１点、「５：そう思う」を５点の形で得点化し、１５項目の合計を「ものづくり」意識得点とした。

日本語版 WDQ の各項目は、「０．まったく心配しない」を０点、「４．非常に心配する」を４点として得点化し、下位尺度ごとに合計した。図１に「ものづくり」意識得点および日本語版 WDQ 下位尺度得点の平均と標準偏差を示す。T検定の結果、「ものづくり」意識得点および WDQ「生計」「関係」「自信の欠如」下位尺度得点においては、男性と女性の間に統計的に有意な差は認められなかった。「未来への目的の無さ」「仕事への不適応」の下位尺度得点において、男性の得点が女性よりも有意に低いことが認められた。

表３に、各下位得点間の Pearson の積率相関係数を示す。結果として、日本語版 WDQ の下位尺度得点間には中程度から高い程度の相関は認められたものの、「ものづくり」意識得点と WDQ 下位尺度得点

表２　日本語版 WDQ（大学生用）の下位尺度と項目例

下位尺度	項目例
関係への心配	親しい親友を失うかもしれないこと
	異性に魅力的に思われないこと
自信の欠如	人に認められないかもしれないこと
	自信がないこと
未来への目的の無さ	大きな目標を決して達成できないだろうということ
	人生に目的が無いこと
仕事への不適応の心配	仕事（授業やアルバイトなど）で失敗してしまうこと
	与えられた仕事（レポートなど）を着実にこなせないかもしれないこと
生計の心配	お金が足りなくなってしまうかもしれないこと
	生活水準（生活環境）がよくないこと

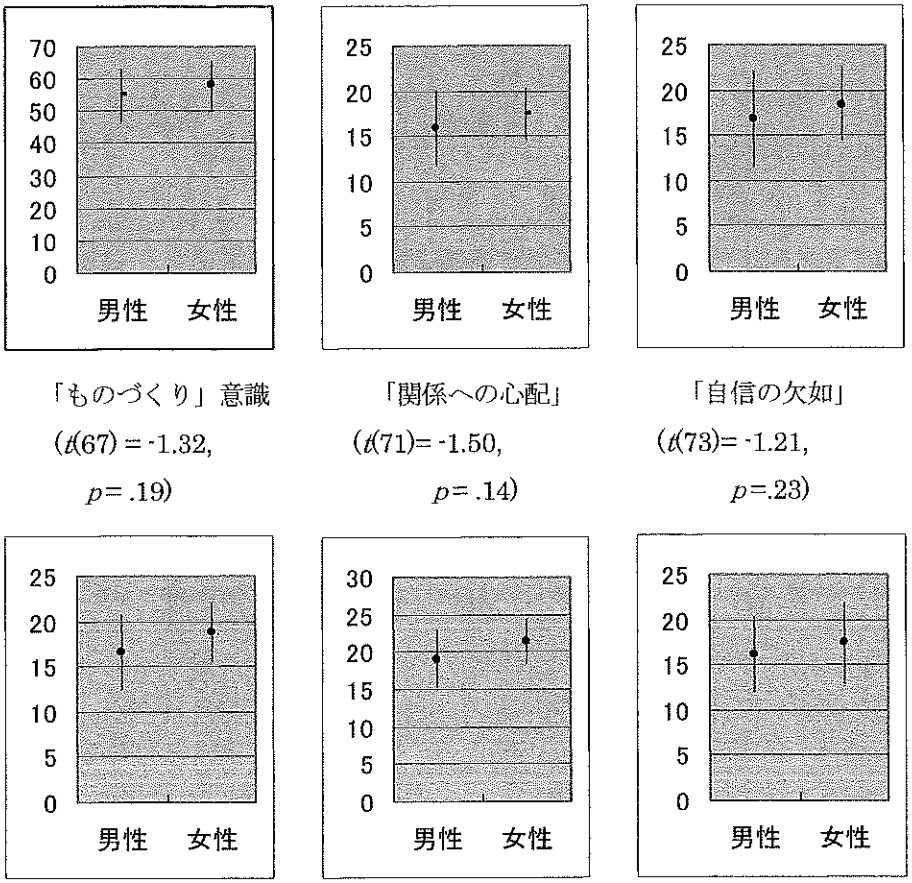


図1 「ものづくり」意識得点および日本語版 WDQ 下位尺度得点の平均と標準偏差

相関は認められなかった。

4．考察

3章の結果から、「ものづくり」意識得点と日本語版 WDQ 下位尺度得点に相関は認められなかった。この原因として、今回調査を行った平均年齢が19.99歳であることから、学年は2回生中心なので、就職活動を始めておらず、将来や仕事に関することと「ものづくり」との関連が十分に認識されていないのではないかと考えられる。

今回の調査はサンプリング、年齢や男女比、人文社会科学の学生が少ないなど、偏りが多いといった問題がある。2章において述べたように、調査対象を2回生対象の情報倫理の講義受講者としたために偏りが生じたと考えられる。そのため、サンプリング範囲を拡張し、就職活動を経験した学生を対象とした追加調査が必要である。

さらに、今回の調査においては、男女のサンプルを区別して分析を行った。しかし、溝端ら（2007）が示唆したように、理工学系や人文社会科学系など、分野の違いが存在する可能性があり、さらに細かい分析が必要である。

5．まとめ

本稿では、大学生の「ものづくり」に対する意識に関して、感情心配との関連に焦点を当て、大学生93名を対象に質問紙による調査を行った。その結果、

表３　「ものづくり」否定意識得点と日本語版 WDQ(大学生用)下位尺度得点との Pearson の積率相関係数 r

		WDQ1	WDQ2	WDQ3	WDQ4	WDQ5
WDQ２	*r*	.484**				
	N	73				
WDQ3	*r*	.469**	.696**			
	N	73	73			
WDQ4	*r*	.434**	.384	.547**		
	N	72	74	72		
WDQ5	*r*	.344**	.378**	.511**	.500**	
	N	73	75	73	74	
MD	*r*	-.163	.007	-.012	.148	-.035
	N	63	65	63	65	65

「ものづくり」意識と日本語版 WDQ（大学生用）下位尺度得点に示される心配感情との間に相関は認められなかった。今後の課題として、サンプリング範囲を拡張、主に就職活動を経験した学生の追加調査を行い、理工学系や人文社会科学系の対比を含めて細かい分析が必要である。

参考文献

1) 溝端宏章・大森淳志・鈴木雄介・安村珪豪・野村竜也（2007）大学生の「ものづくり」に対する意識と数学不安・コンピュータ不安の関連について. 日本教育工学会研究報告集、JSET07-4, pp.183-188.

2) 鈴木公啓（2004）日本人大学生の心配について－Worry Domain Questionnaire に基づく日本語版 WDQ（大学生用）の作成の試みを通して－. パーソナリティー研究, 12, pp.73-81.

大学生における携帯電話依存度と個人特性との関連

Relationship between cell phone dependence of university students and their personal traits

○司馬達人，野村竜也
龍谷大学理工学部情報メディア学科
SHIBA Tatsuto, NOMURA Tatsuya
Department of Media Informatics, Ryukoku University

1.　はじめに

近年、小中学生の携帯電話の所持率の増加や使用方法の変化などにより、小さい頃から携帯電話に触れる機会が増えている。それに伴い、携帯電話に対する依存が社会問題になっている。

携帯電話依存、主にメール機能依存に着目した調査・研究は、吉田・高井・元吉・五十嵐(2005)によって行われている[1)]。この既存研究では高校生を対象にした調査を行い、「外向的メール依存」、「神経症的メール依存」の2タイプの依存があることを明らかにしている。しかし、この研究は高校生だけを対象に実施し得られた結果であり、より深く依存の関連性を調べるのであれば、より多くのデータを収集する必要があると考えられる。またこの研究のために作成された尺度の有効性を確認するという点でも新たな調査を行う必要がある。

本研究では、先に述べた既存研究で作成された携帯依存尺度に加え、個人特性に関する心理尺度を使用し、大学生を対象に調査を行うことで有効性を確認するとともに、依存傾向と個人特性との関連について検証していく。

2.　方法

2.1　調査対象

関西の私立大学の学生93名（理工学系61名、人文社会科学系28名、不明4名、男性73名、女性20名、平均年齢19.99歳)。回答者は情報倫理の講義受講者。

2.2　調査項目

フェイスシートにおいて、年齢、性別、所属学部、及びメールを頻繁にやり取りする相手の人数(同性、異性)を問う項目を選定した。メールやり取り人数の項目の選択肢は「1：1人以下」「2：2人」「3：3人」「4：4人」「5：5人以上」とした。

携帯メール依存を測定するための尺度は、吉田ら(2005) [1)] が作成した携帯メール依存尺度から40項目を引用し、回答方式は5件法（「1.全く当てはまらない」～「5.非常に当てはまる」）とした。表1に本尺度の下位尺度およびその項目例を示す。

個人特性を測定するための尺度は、Big Five尺度[2)]からの「外向性」12項目、「情緒不安定性」12項目の計24項目を引用し、回答方式は7件法（「1.全く当てはまらない」～「7.非常に当てはまる」）とした。

2.3　手続き

調査は講義終了時に任意で実施し、利用頻度、携帯メール依存、Big Five尺度の各質問紙の順序が回答者によってランダムになるように調整を行った。結果として、93件の有効回答が得られた。

3.　結果

3.1　尺度の妥当性・整合性の確認

得られた93件のデータに対して、まず各尺度の因子ごとに信頼性係数を算出した。その結果、携帯メール依存尺度の「情動的な反応」下位尺度はα=.945、「過剰な利用」下位尺度はα=.889、「脱対人コミュ

表 1. 携帯メール依存尺度の下位尺度と項目例

〈情動的な反応〉
1. 相手からなかなかメールの返事がこないと、不安になる。
2. メールを送信した後には返信が気になって何度も携帯をチェックする。
3. 自分が送った文章の量よりも、相手から返信される文章量が少ないと、不安になる。
〈過剰な利用〉
1. メールのやり取りを一日に 20 通以上もしてしまう。
2. 人と話しながらでも、メールを打つことがある。
3. 何時間も続けてメールのやり取りをすることがある
〈脱対人コミュニケーション〉
1. 大事な話を口頭や面と向かってするのではなく、メールで済ませてしまう。
2. 会って話せばよいことをメールで伝えてしまう。
3. 連絡のほとんどをメールで行ってしまう。

ニケーション」下位尺度は α=.893 となり、Big Five 尺度の「外向性」下位尺度は α=.873、「情緒不安定性」下位尺度は α=.881 という結果になった。これにより各尺度の内的整合性が確認された。

以降の分析において、携帯メール依存尺度では「全く当てはまらない」を 1 点、「非常に当てはまる」を 5 点、Big Five 尺度では「全く当てはまらない」を 1 点、「非常に当てはまる」を 7 点とし得点化した。なお、一部の逆転項目ではこの点数を逆転させて得点化している。

3.2 依存度と個人特性との関連

図 1 に、Big Five 尺度の「外向性」下位尺度得点と「情緒不安定性」下位尺度得点の男女ごとの平均と標準偏差を示す。T検定の結果、「外向性」と「情緒不安定性」共に性別による有意差は認められなかった。

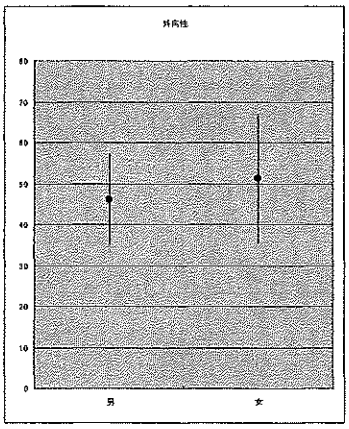
次に、同性のメールのやり取り相手の人数が 3 人以上の場合を「同性メール相手多群」(N=44)、2 人以下の場合を「同性メール相手少群」(N=45)として回答者をグループ化した。図 2 に、各群と性別ごとの携帯メール依存下位尺度得点の平均と標準偏差を示す。性別×メール相手多少群による二要因分散分析の結果、「過剰な利用」下位尺度得点において、性別に関して統計的に有意な主効果が認められた。

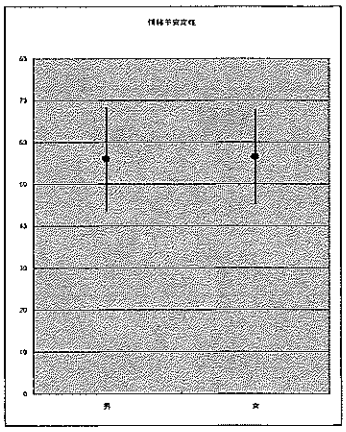
次に、異性のメールのやり取り相手の人数が 2 人以上の場合を「異性メール相手多群」(N=25)、1 人以下の場合を「異性メール相手少群」(N=63)として回答者をグループ化した。図 3 に、各群と性別ごとの携帯メール依存下位尺度得点の平均と標準偏差を示す。性別×メール相手多少群による二要因分散分析の結果、「情動的な反応」、「過剰な利用」下位尺度得点の相手多少に関して、有意傾向の主効果が認められた。

表 2 に各尺度得点間の相関分析の結果を示す。結果より、「過剰な利用」と「外向性」との間に正の相関が認められた。

4. 考察

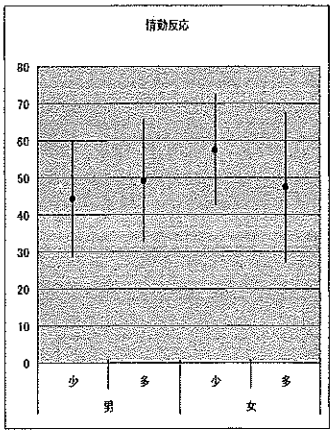
3 章の結果より、女性は男性に比べて携帯メールの「過剰な利用」の度合いが高いことが示唆される。また、「外向性」と「過剰な利用」との間に低い正の相関が見られたことから、性別と外向性などの対人特性は、携帯依存との関連を考える上で重要な要素であることを示唆している。一方、実際のメール相手の人数という対人傾向が、携帯メール依存に影響を

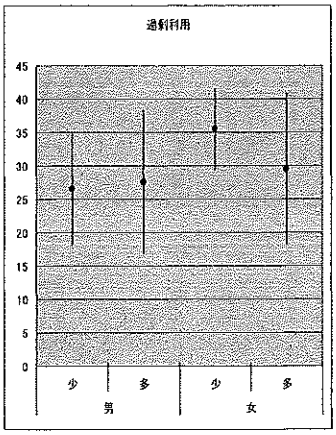


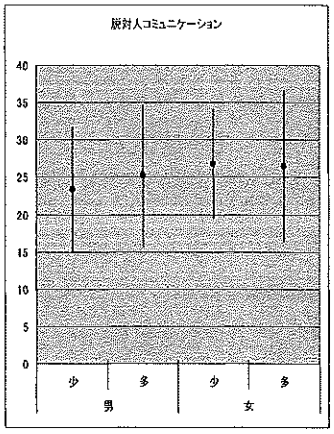


(t (71) =-1.49, p =.140)　　(t (73) =.130, p =.897)

図１：Big Five 尺度における下位尺度得点の男女の平均と標準偏差

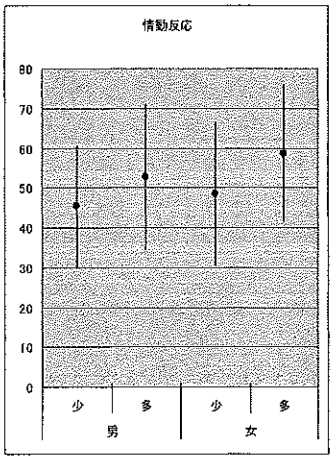


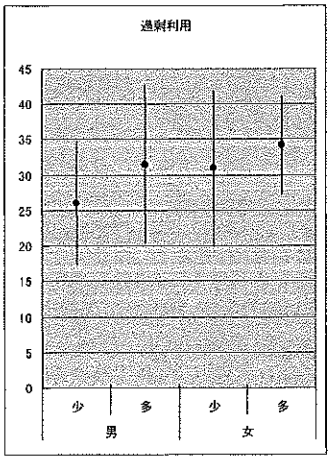


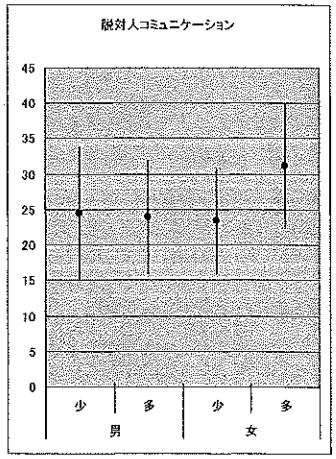


性別：	F(1, 67)=1.640, p =.205	F(1, 70)=4.515, p =.037	F(1, 70)=.982, p =.325
多少：	F(1, 67)=.337, p =.564	F(1, 70)=.919, p =.341	F(1, 70)=.100, p =.753
交互作用：	F(1, 67)=2.758, p =.101	F(1, 70)=1.899, p =.173	F(1, 70)=.187, p =.667

図２：同性のメール相手の多少と性別による携帯メール依存尺度得点の平均と標準偏差







性別：	F(1, 65)=.866, p =.356	F(1, 68)=2.072, p =.155	F(1, 68)=1.451, p =.233
多少：	F(1, 65)=3.371, p =.071	F(1, 68)=2.811, p =.098	F(1, 68)=2.131, p =.149
交互作用：	F(1, 65)=.073, p =.788	F(1, 68)=.175, p =.677	F(1, 68)=2.722, p =.104

図３：異性のメール相手の多少と性別による携帯メール依存尺度得点の平均と標準偏差

表 2. 携帯メール依存尺度と Big Five 尺度との Pearson の積率相関係数 r

		情動	過剰	脱対人	外向性
過剰	r	.811**			
	N	72			
脱対人	r	.704**	.709**		
	N	72	75		
外向性	r	.165	.278*	.074	
	N	65	66	66	
情緒不安	r	.082	-.036	-.076	-.302**
	N	67	68	68	73

(*p < .05 , **p < .01)

与える可能性を示唆している。また、男性に関しては、同性・異性関係なく人数が多ければ依存に陥りやすく、女性に関しては、相手が同姓と異性の場合とで傾向が異なる可能性が、図 2、3 の「情動反応」と「過剰利用」のグラフから見て取れる。ただし、分散分析において交互作用は全く認められなかったため、現時点では明確なことは言えない。

今回の調査における問題点としてはサンプルデータ数が少なかったことや欠損データの多さなどが挙げられる。これらの問題については、質問紙を改善し、さらに追加調査を行うことで解決していく予定である。

5. まとめ

本研究では、携帯電話依存、特にメール依存に着目し、個人特性との関連を調べるために大学生 93 名を対象に質問紙による調査を実施した。その結果、外向性が高いほどメールの過剰利用の度合いが高いことが示唆された。また、異性のメール相手の人数が携帯電話依存に影響を与える可能性が示唆された。

今後の課題としては、携帯メール依存尺度の更なる妥当性確認のための追加調査、依存に関連する要因の探索、及び携帯電話世代である高校生への調査範囲の拡大が挙げられる。

参考文献

1) 吉田俊和、高井次郎、元吉忠寛、五十嵐祐(2005) インターネット依存および携帯メール依存のメカニズムの検討―認知-行動モデルの観点から―、電気通信普及財団研究調査報告書第 20 号, pp. 176-183.

2) 和田さゆり(1996) Big Five 尺度、心理測定尺度集 I , pp. 123-128

インターネット不安尺度の開発

Development of Internet Anxiety scale

○西本琢也，野村竜也
龍谷大学理工学部情報メディア学科
NISHIMOTO Takuya　NOMURA Tatuya
Department of Media Informatics, Ryukoku University

1　はじめに

近年，インターネットが普及するに伴って，インターネットに対する不安が増加しつつある．この現状を正確に把握するには，インターネット不安を測定するための心理尺度の存在が必須である．また，この心理尺度を用いることにより，インターネット不安と関連する心理状態を探索し，インターネット不安の規定要因を明らかにすることも必要である．

インターネット不安を測定するための心理尺度としては，中山 (2006) が大学生を対象とした調査により，3つの下位尺度（1：トラブル・不安，2：非効力感，3：コミュニケーション・人間関係）から成る尺度を開発している[1]が，尺度の詳細が明らかにされていない．また，他の心理状態との関連も探索されておらず，尺度の妥当性検証も十分なものとは言えない．

本研究では，中山（2006）の研究を下敷きに，改めてインターネット不安尺度の開発を試みる．また，構成概念妥当性の検証として，心配感情[2]との関連の探索を行う．

2　手法

2.1　調査対象

関西の私立大学生９３名（理工学系６１名，人文社会科学系２８名，不明４名，男性７３名，女性２０名，平均年齢１９．９９歳）の情報倫理に関する講義受講者。

2.2　調査票

インターネット不安に関する質問紙は，中山（2006）[1] から 20 項目を抜粋し，文章を改変し用いることとした．この 20 項目のうち，9 項目はネット社会における「トラブル・不安」，6 項目は手順や操作に対する「非効力感」，5 項目はネット上での「コミュニケーション・対人関係」に対応する．回答方式は 5 件法（「１：全くそう思わない」，「２：それほどでもない」，「３：どちらともいえない」，「４：まあ，そうだ」，「５：全くそう思う」とした．

心配感情を測定するための尺度は、鈴木（２００４）[2] の日本語版 Worry Domain Questionnaire（大学生用）（WDQ）の２０項目（「関係への心配」５項目、「自信の欠如」５項目、「未来への目的の無さ」５項目、「仕事への不適応の心配」５項目、「生計の心配」５項目）、５件法（「０．まったく心配しない」から「４．非常に心配する」）を使用した。表１に、WDQの下位尺度の項目例を示す。

2.3　手続き

本調査は 2008 年７月の講義終了時に任意で実施した。インターネット不安、日本語版WDQの各質問紙の順序は、回答者によってランダムになるように調整を行った。結果として、９３件の有効回答が得られた。

3　結果

まず，インターネット不安の質問項目に対して，3 因子想定の探索的因子分析を行った．その結果，表 2 に示す 3 因子が抽出された．

第 1 因子は，中山（2006）において見出されたのと全く同じ「トラブル・不安」（9 項目）であった．第 2 因子と第 3 因子は，中山（2006）のオリジナルの第 2 因子「非効力感」と第 3 因子「コミュニケーション・対人関係」の項目が一部混ざった形となったが，項目内容からそれぞれ「非効力感」(6 項目)，「コ

表１　日本語版 WDQ（大学生用）の下位尺度と項目例

下位尺度	項目例
関係	親しい親友を失うかもしれないこと
自信の欠如	人に認められないかもしれないこと
未来への目的の無さ	大きな目標を決して達成できないだろうということ
仕事への不適応	仕事（授業やアルバイトなど）で失敗してしまうこと
生計	お金が足りなくなってしまうかもしれないこと

表２　「インターネット不安尺度」測定項目と因子負荷量

項目	因子		
	1	2	3
ウイルスに対して不安を抱く	**.686**	.072	.259
プライバシー暴露が不安である	**.629**	.024	.093
インターネットの急速な普及に不安を感じる	**.602**	.043	−.022
インターネット上ではトラブルに巻き込まれそうである	**.589**	.050	−.058
インターネットの過剰利用はよくないと思う	**.490**	.214	−.183
インターネットを利用しようとすると不安になる	**.445**	−.380	.136
インターネット上では危険なことにあいそうだ	**.402**	−.034	−.103
インターネットに依存した社会はおかしいと思う	**.380**	−.034	−.021
悪質サイトが心配である	**.374**	.097	−.140
コンピュータの動作は予測可能である*	−.118	.071	.068
インターネットの解説書が理解できる*	.152	**.806**	−.058
インターネットを適切に利用できる*	.087	**.768**	−.076
インターネット上では言いたいことが伝えられる*	.021	**.499**	.133
インターネットの利用方法や安全性がわからない	.016	**−.489**	−.012
インターネットの利用手順がはっきり認識できる*	−.098	**.475**	.147
インターネット上では発言するのに勇気がいる	.333	**−.352**	.116
インターネットでは匿名で発言できるので気楽である*	−.187	.240	.108
インターネット上で知り合いが増えるのは楽しい*	−.052	.020	**.864**
インターネット自体に親しみを感じる*	.070	−.012	**.671**
インターネットで友人を作りたくはない	−297	−.279	**−.491**

(*逆転項目)

表３　インターネット不安下位尺度得点と WDQ 下位尺度得点との Pearson の積率相関係数 r

	関係	自信の欠如	未来の目的の無さ	仕事への不適応	生計
トラブル・不安	. 084	. 320**	. 323**	. 174	. 247*
非効力感	. 306*	. 158	. 153	. 177	. 074
コミュニケーション・対人関係	−. 166	−. 303**	−. 096	−. 152	−. 053

(*$p < .05$, ** $p < .01$)

ミュニケーション・対人関係」(3 項目) と解釈された。各因子に対応する下位尺度の信頼性分析を行った結果,「トラブル・不安」は α=. 766,「非効力感」は α=. 734,「コミュニケーション・対人関係」は α=. 733 となり,十分な内的整合性が確認された.

表 3 に WDQ との相関係数を示す.「トラブル・不安」と「自信の欠如」,「未来の目的の無さ」との間に中程度の正の相関が見られた. 同様に「非効力感」と「関係」の間に中程度の正の相関が,「コミュニケーション・人間関係」と「自信の欠如」の間に中程度の負の相関が認められた.

4　考察

今回の調査では, 尺度構成の元となった中山 (2006) のネット不安尺度とは, 因子構造が若干異なる結果となった.しかし, ネット上での「トラブル・不安」が「自信の欠如」および「未来への目的のなさ」という心配感情と相関することが示唆された. 同様に「非効力感」は「関係」,「コミュニケーション・対人関係」は「自信の欠如」の心配感情と相関することが示唆された. このことは, 本研究におけるインターネット不安尺度が構成概念妥当性を有することを含意している. 今後さらに追加調査が必要である.

参考文献

1) 中山満子 (2006) ネット不安尺度の試作 : インターネット利用状況との関連の分析. 大阪市立大学学術情報総合センター紀要, Vol.7, pp.1-4.

2) 鈴木公啓 (2004) 日本人大学生の心配について ― Worry Domain Questionnaire に基づく日本語版 WDQ (大学生用) の作成の試みを通して―.パーソナリティー研究, Vol.12, pp.73-81.

看護業務における違反の心理的生起要因に関する調査(3)
― 属性に関する検討 ―

Study on Psychological Factors of Rule Violations in Nursing (3)
—Analyses about Years of Experience and Situations—

○安達悠子*，臼井伸之介*，松本友一郎*，青木喜子**
*大阪大学大学院人間科学研究科　**医道会　稲荷山病院
ADACHI Yuko*, USUI Shinnosuke*, MATSUMOTO Tomoichiro*, AOKI Yoshiko**
*Graduate School of Human Sciences,Osaka University , **Idokai Inariyama Hospital

1　はじめに

1.1.　事故背景としての違反と違反を促進する要因

違反が事故につながることはしばしば指摘されている[1),2)]。これは医療においても例外ではない[3)]。違反とは，「故意に規則から逸脱する行動[4)]」と定義される人間の不安全行動の一つである。違反の生起には，組織風土から個人のパーソナリティまで様々な要因が関与するが，違反に伴う危険が小さいことや違反に伴う利得が大きいこともその一つである。看護業務に例をとれば，処置時に手袋をはめる規則がある場合に，感染症がないことが確認されている患者または感染の有無が不明な患者へ処置するなら，感染の危険が小さい前者への処置の方が手袋をしない可能性は高いと考えられる。また，手袋を別室へ取りに行く必要があるケースと手元にあるケースでは，手袋を取りに行かないことで省ける手間（時間的な利得）が大きい前者の方が手袋をしないで処置してしまう可能性は高いだろう。他の要因には，看護業務上で違反をしてしまう理由を収集，分析した結果，繁忙や人に頼まれることが違反を促進する要因として示唆されている[5)]。

1.2.　分析結果の概要と本稿の目的

このような背景から，筆者らは違反生起に関わる要因として，違反に伴う危険(以下，客観的リスク)，違反に伴う利得(以下，客観的ベネフィット)，繁忙(以下，時間的圧力)，人から違反を促される(以下，社会的圧力)の 4 要因に特に注目した。そして，これらを質問紙上で操作した場面想定法による質問紙調査を行い，違反を行う意図(違反生起の代わりの指標として用いた。以下，敢行意図)，その行動の危険に対する主観的な評価（以下，リスク評価），その行動の利得に対する主観的な評価（以下，ベネフィット評価）の要因による違いを明らかにした[6),7)]。その結果，客観的リスク・客観的ベネフィット・時間的圧力はそれぞれ敢行意図を高めること，リスク評価は客観的リスク以外からは影響を受けないが，ベネフィット評価は客観的ベネフィットからだけでなく客観的リスク，時間的圧力からも影響を受けることが示された[6)]。また，客観的リスクが低く，客観的ベネフィットが高く，圧力があるという最も違反が生じやすい状況では，敢行意図の上昇は見られるものの相対的に抑制されており，これはリスク評価が相対的に高まったためであることが示唆された[7)]。ただし，これまでの報告では看護職の経験年数を一括して分析していた。しかし，経験年数により敢行意図やリスク評価は異なることが示唆されている[8),9)]。そこで，本稿では主に経験年数に焦点を当て，以下の 2 点を検討した。①違反をしやすい経験年数があるか，②状況の影響を受けやすい経験年数はあるか。これらは敢行意図を変数に用いて分析し，その後，リスク評価，ベネフィット評価で同様の分析を行い考察した。

2　方法

2.1.　要因計画

客観的リスク，客観的ベネフィット，時間的圧力，社会的圧力の 4 要因を設定した。客観的リスクは感染する危険，客観的ベネフィットは違反によって短縮可能な時間あるいは違反によって省ける手間を用いた。時間的圧力は入退院患者数およびナースコールが鳴るか否か，社会的圧力は先輩看護師からの違反を促す口頭指示の有無で操作した。各要因にはそれぞれ大小 2 水準を設けた。

2.2. 予備調査

看護部長，兼任リスクマネージャーなど看護管理者である看護師4名および筆者ら研究者3名による7名により，安達ら[9]に示された看護業務上の違反のうち操作要因に大小2水準の設定が可能な6場面を選定した。6場面は，「手袋をしないで素手で処置をする(以下，手袋)」，「手指消毒を行わずに体位変換をする(以下，手指)」，「血糖測定器の針をかえて，同じ機器を次の患者に使用する(以下，二度)」，「ハイターを処置室へ片付けず，病室に置きっぱなしにする(以下，ハイター)」，「使用済みのシーツを，直接，不潔リネン室に持って行かず，ベッドの足元の床に置く(以下，シーツ)」，「時計をはずさず，つけたまま手を洗う(以下，手洗い)」であった。大小設定はともに院内で日常的に見られる状況にした。複数病院において実施する上で必要な情報の加筆などを行い，雛型を作成した。それを看護知識のない大学生4名と病院実習修了済みの看護学系大学院生3名の合計7名に実施し，分かりにくいとされた表記を一部改めて本調査に使用した。

2.3. 本調査

2.3.1. 対象者・調査期間および手続き

畿内の6病院(180～500床)に所属する看護師217名を対象とした。2007年9月から11月に，研修の一環として各病院の会議室において20～40名に集団で実施した。

2.3.2. 質問紙の構成

初めに，時間的圧力，社会的圧力に関する文章を，中表紙を用いて提示した(例：忙しい日中を想像してください。本日は，新規の入院患者も，退院患者も複数名います。また，急変の患者が2名でて，急患が2名おとずれました。人員が足りず，あわただしくしています。あなたは先輩と一緒に作業をしています)。

次に，違反敢行中の写真と違反に至るまでの様子を記した文章からなる想定シーンを提示した。想定シーンは，客観的リスク(大小2)×客観的ベネフィット(大小2)×場面(6)で24シーン続けて提示した。客観的リスクと客観的ベネフィットの大小設定は文章の一部を変えることで示した。時間的圧力，社会的圧力に関しては，中表紙で状況を提示したが，大設定でのみ想定シーン内でも，「その時ナースコールが鳴り，別の病室へも行かなくてはいけなくなった。」，「先輩に，『○○で(例：手袋なしで)，いいのでは。』と言われた。」と文を記した(前者が時間的圧力，後者が社会的圧力)。その後，提示したシーンについて，敢行意図(あなたは，上に書かれているような行動をとると思いますか)，リスク評価(あなたが，上のような行動を行ったと仮定して，その行動はどれくらい危険だと思いますか)，ベネフィット評価(あなたが，上のような行動を行ったと仮定して，その行動にはどれくらいメリット(短縮できる時間や省ける手間)があると思いますか)を各9段階評価するよう求めた(まったくない(0)～非常にある(8))。

24シーンへ回答後は，時間的・社会的圧力の設定が適切かを確認するため，時間的圧力と社会的圧力を感じた程度(以下，時間的圧力感受得点：このような状況は，あせり，いそぎなどを感じますか／社会的圧力感受得点：このような状況においては，設問中の行動(手袋なしでの消毒，時計をはずさないでの手洗いなど)をするように強要される感じ，圧迫感などを感じますか)について，9件法で回答を求めた(まったく感じない(0)～非常に感じる(8))。文章での状況提示から圧力感受得点を尋ねる質問までを1セットとして，時間的圧力(2)×社会的圧力(2)で4セットを1つの質問紙として実施した。

3　結果および考察

3.1　全体の傾向

集計結果を表1に示す。200名の96シーンの敢行意図，リスク評価，ベネフィット評価の平均得点は，2.80，5.95，2.85であった(*SD*は順に，1.62，1.03，1.68)。敢行意図は，リスク評価とベネフィット評価との間にそれぞれ有意な相関が見られた($r=-.54, p<.01$; $r=.65, p<.01$)。

3.2　看護業務の経験年数別の分析

違反をしやすい経験年数があるかを，経験年数による敢行意図得点の違いにより検討した。経験年数別の96シーンの平均敢行意図得点と標準偏差を図1に示す。図1から，各経験年数とも平均敢行意図得点は「どちらでもない」を意味する4.0以下であった。1年未満は最も平均

表1　集計内訳

有効回答	200				
性別	男		女		不明
	7		189		4
平均年齢	36.23(10.75)				
平均経験年数	13.27(9.85)				
所属部署	透析	手術室	病棟	外来	その他
	15	15	114	14	42

(　)内はSD

敢行意図得点が低く，1~3 年，4~6 年は平均敢行意図得点が高いことが示された。経験年数を独立変数に，平均敢行意図得点を従属変数に一要因分散分析を行った。その結果，有意差が見られた($F(9, 185) = 5.94, p < .001$)。多重比較の結果は，図 1 に示す。1 年未満や 25~29 年は敢行意図得点が低く，1~3 年，4~6 年，10~14 年は相対的に高かった。

リスク評価，ベネフィット評価について，敢行意図と同様に経験年数別に平均得点を算出した（図 2，図 3）。図 2 から，1 年未満は最も平均リスク評価得点が高く，1~3 年は最も低いことが示された。経験年数を独立変数に，平均リスク評価得点を従属変数に一要因分散分析を行った結果，有意差が見られた($F(9, 185) = 2.56, p < .01$)。多重比較の結果は，図 2 に示す。違反に伴うリスクを小さく評価しがちな経験年数があり，1 ~3 年は違反に伴うリスクへの評価が 1 年未満，7~9 年，30~34 年と比べて低い傾向にあることが示された。図 3 から，1 年未満は最も平均ベネフィット評価得点が低く，1~3 年は高いことが示された。経験年数を独立変数に，平均ベネフィット評価得点を従属変数に一要因分散分析を行った結果，有意差が見られ，違反に伴うベネフィットを大きく評価しがちな経験年数があることが示唆された($F(9, 185) = 3.23, p < .01$)。多重比較の結果，1 ~3 年は，違反に伴うベネフィットへの評価が 1 年未満，15~19 年，25~29 年と比べて高い傾向にあることが示された。

以上より，1 年未満は違反の敢行意図が弱く，1~3，4~6 年目は相対的に強いと言える（図 1）。安全意識は，看護師の場合は就業後 4~6 年程度で一度低下すること，自動車運転者の場合は免許取得後 3-5 年程度で一度低下することが示されており[10), 11)]，本稿の結果でも，違反の意図でも同様の傾向が示唆された。また，敢行意図得点には

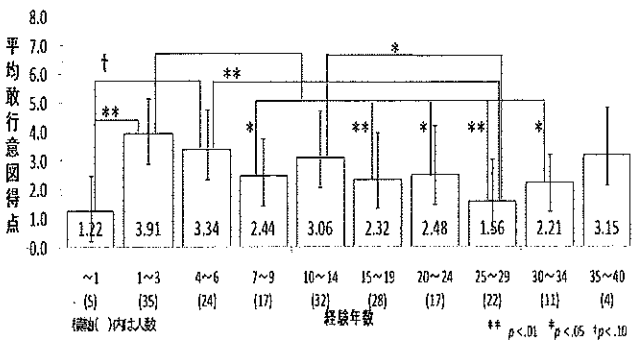


図 1　経験年数別 平均敢行意図得点(N= 195)

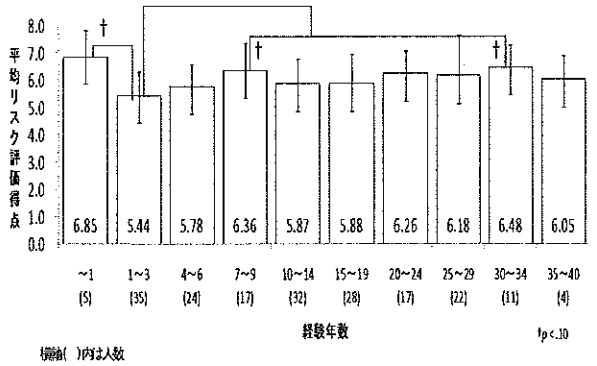


図 2　経験年数別 平均リスク評価得点(N= 195)

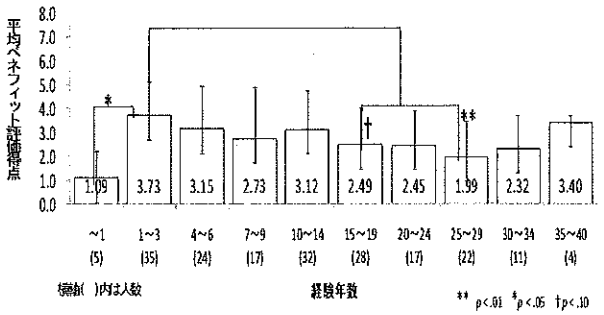


図 3　経験年数別 平均ベネフィット評価得点(N= 195)

リスク評価，ベネフィット評価が関与しており (3.1.参照)，特に 1~3 年目は比較的「危険はない」，「メリットがある」と評価していた（図 2，図 3）。つまり，敢行意図を抑制することで違反生起の予防を試みる際には，1~3，4~6 年を中心に，リスク評を向上させてベネフィット評価を抑制することが重要であると考えられる。

3.3.　経験年数と状況の分析

状況の影響を受けやすい経験年数はあるかを検討するため，経験年数別に状況毎に平均敢行意図得点を算出した（図 4)。ここでの状況とは圧力による区分を指し，(時間的圧力設定，社会的圧力設定)が，(低，低)を N 状況，(高，低)を T 状況，(低，高)を S 状況，(高，高)を TS 状況とした（詳しくは安達ら[6]参照)。経験年数と状況を独立変数に，敢行意図を従属変数に二要因分散分析をした結果，交互作用，状況の主効果，経験の主効果に有意差が見られた($F(21.12, 0.93) = 1.60, p < .05$; $F(2.35, 11.40) = 19.62, p < .001$; $F(9, 184) = 5.87, p < .001$)。状況の単純主効果は図 4 に示す。1 年未満や 20 年以上では，T，TS 状況で N 状況より敢行意図がほぼ高まるものの統計的には有意差が見られないのに対して，1~3，4~6 年は統計的に T, TS 状況の方が有意に高かった。

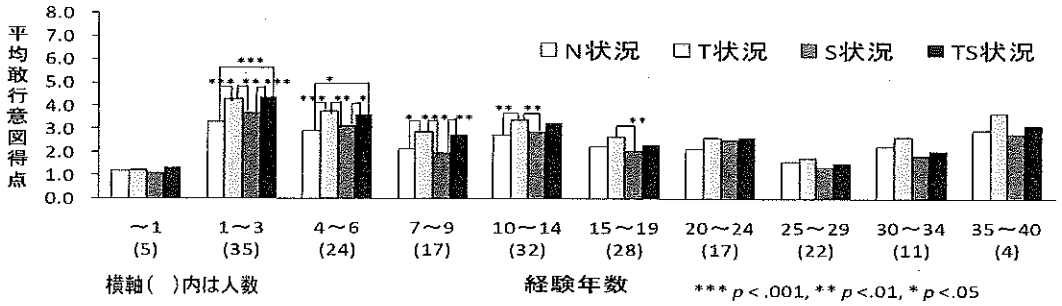


図 4　経験年数別 状況毎平均敢行意図得点(N= 195)

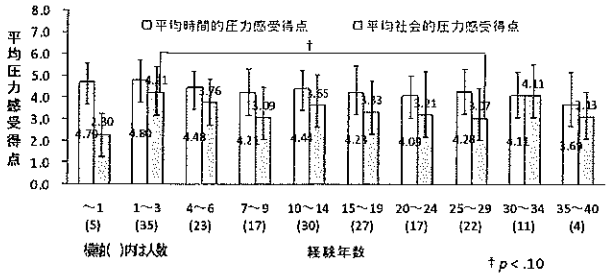


図 5　経験年数別 平均圧力感受得点(N= 191)

そこで，経験年数別に平均圧力感受得点を算出した。(図 5)。経験年数を独立変数に，平均時間的圧力感受得点，平均社会的圧力感受得点をそれぞれ従属変数に一要因分散分析を行った結果社会的圧力感受得点に有意差が見られ($F(9, 181) = 1.44$, $n.s.$; $F(9, 181) = 2.35$, $p < .05$)，多重比較の結果，1~3 年は 25~29 年に比べて圧力を感じていることが示された。

3.4.　部署別の分析・特定の状況で行われやすい違反

部署ごとに敢行意図，リスク評価，ベネフィット評価の平均得点を求めたが，部署による値の差は見られず統計的にも非有意であった。そのため，本調査で用いた手洗いなど一般性の高い 6 つの場面については，違反をしやすい部署はなかった。また，本調査では 6 場面の違反を提示した。そこで，N~TS 状況別に各違反の平均敢行意図得点を算出したが，特定の状況で行われやすい違反はなかった。

4　まとめ

本稿では，①違反をしやすい経験年数があるか，②状況の影響を受けやすい経験年数はあるかを検討した。その結果，1~3，4~6 年は違反敢行の意図が相対的に強いことが示された。敢行意図にはリスク評価，ベネフィット評価が関与しており，特に，1~3 年はリスク評価を低く，ベネフィット評価を高く見積もっていることが示された。また，この 1~3 年は，社会的圧力感受得点が高く，T, TS 状況では強要される感じ，圧迫感を強く感じていることが示唆された。

ただし，圧力に関しては，本調査は時間的圧力と社会的圧力の区分が明確ではなかった。また，時間的圧力を入退院患者とナースコールにより操作したが，前者は持続的な急ぎ，後者は一時的な急ぎを発生させる違いがあり，この点は今後考慮する必要がある。

参考文献

1) Perrow, C. (1984). Normal accidents: Living with high-risk technologies: With a new afterword and a postscript on the Y2K problem. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
2) 岡本浩一・今野裕之(2003). リスク・マネジメントの心理学—事故・事件から学ぶ— 新曜社
3) 山内桂子・山内隆久(2000). 医療事故—なぜ起こるのか，どうすれば防げるのか— 朝日新聞社
4) Lawton, R. Not working to rule: Understanding procedural violations at work. *Safety Science*, 28, pp77-95 (1998).
5) 安達悠子・臼井伸之介・篠原一光・松本友一郎・青木喜子, 看護業務における違反事例の収集とその心理的生起要因に関する検討, 労働科学, 83(1), pp7-23 (2007).
6) 安達悠子・臼井伸之介・松本友一郎, 看護業務における違反の心理的生起要因に関する調査(1)—時間的・社会的圧力の影響—, 日本応用心理学会第 75 回大会発表論文集, p14 (2008).
7) 安達悠子・臼井伸之介・松本友一郎・吉田乃里子・青木喜子, 看護業務における違反の心理的生起要因に関する調査(2)—リスク・ベネフィット評価の観点から—, 日本心理学会第 72 回大会発表論文集, p1394 (2008).
8) 芳賀繁・赤塚肇・楠神健・金野祥子, 質問紙調査によるリスクテイキング行動の個人差と要因の分析, 鉄道総研報告書, 8, pp19-24 (1994).
9) Uuderwood, G., Chapman, P., Bowden K., Crundall, D. Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. Transportation Research Part F 5, pp87-97 (2002).
10) 臼井伸之介・青木喜子・和田一成・太刀掛俊之, 看護における安全教育, 安全意識に関する研究 —質問紙による実態調査結果—, 日本人間工学会第 46 回大会講演集,pp94-95. (2005).
11) 中井宏・臼井伸之介, 運転技能の自己評価と運転歴に関する調査, 関西心理学会第 117 回大会発表論文集, p68. (2005).

許容する船間距離の経験による差異について

Differences in Allowable Distance between Ships due to Experience

○渕　真輝*，臼井　伸之介**
*神戸大学大学院海事科学研究科・大阪大学大学院人間科学研究科
**大阪大学大学院人間科学研究科
FUCHI Masaki*, USUI Shinnosuke**
* Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University
/ Graduate School of Human Sciences, Osaka University,
** Graduate School of Human Sciences, Osaka University

1　はじめに

船舶でも、自動車でも、歩行中の人間であっても、移動体同士は、その特性に応じた適度な間隔をあけて移動している。海上交通工学では、狭い水道や港内での観察調査から、船舶の周囲に船舶の針路方向に船の長さの6.4倍（6.4L：Lは船舶の長さ）、左右および後方に1.6Lのバンパーを備えたモデルを想定し、バンパー同士が重ならないようにすることで安全な航行が可能であるとしている[1)]。また、広い大洋で船舶の衝突を予防するための国際海上交通ルールの解説では、一般的な船舶の操縦性能を基準に、目安として船舶の針路方向に12L、左右および後方に4Lの領域に他船を入れないようにと述べている[2)]（図1参照）。前者は2船のバンパーが重ならないようにとしていること、後者は船間距離としていることから、両者は近い値である。

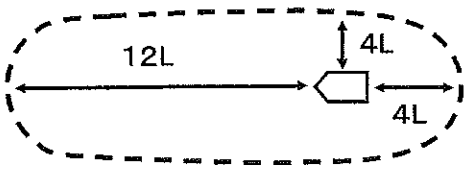


図1　他船を入れない領域の目安

しかし、上述した数値は狭い水道や港内交通を観察した調査や、船舶の操縦性能を基にした目安である。実際の船舶運航現場では他船を入れない領域を数値で設定し、その基準に達した時点で衝突回避操船を行っているわけではなく、個々の操船者がその状況に応じて判断している。また、国際海上交通ルールも具体的な数値基準を一切示しておらず、どの程度自船と他船との距離をとるかは個々の操船者に判断を委ねられている。したがって操船者によって許容する船間距離が異なることが推察される。

海上交通工学は、狭い水道や港内を対象としているが、これらの海域において法律は船長が操船することを求めているように、通常経験がある操船者が操船を行っている。一方、広い大洋では経験が浅い操船者から経験がある操船者まで海上交通に参加している。2008年2月19日房総半島沖の広い大洋である太平洋上で、海上自衛隊のイージス艦「あたご」と漁船「清徳丸」が衝突したように、広い大洋にも着目する必要があろう。

海上交通は、船舶の長さが300mを越すものから、長さ10mに満たない舟までが交通に参加し、広い大洋を自由に航行している。そして判断は個々の操船者に委ねられている。しかしながら、これまでさまざまな経験を持つ操船者が参加する広い大洋を対象に許容する船間距離を調査した例は少ない。また、学生の許容する船間距離を知ることは船員養成機関としては船員養成カリキュラムを検討するうえで有益な資料となり得る。本研究は、このような背景から船員養成課程の学生、訓練を修了した学生、ならびに実務経験者を対象とし質問紙調査を実施した。

2　調査方法

2.1　調査協力者

調査には学生と実務経験者が協力した。初心者学

生として、神戸大学海事技術マネジメント学課程航海群3年生および4年生計49人（以下、学生：乗船実習履歴3ヶ月）、訓練済み学生として、実習科修了生または三級海技士（航海）免状を有し実務経験がない学生計60人（以下、実習科修了生等：乗船実習履歴12ヶ月）、実務経験者として、海事教育機関、海運会社に所属する船長・航海士ならびに水先人計42人であった。

2.2 日時および場所

学生および在学中の実習科修了生等に対しては、2007年10月に神戸大学海事科学部の演習として、授業中に衝立付き机がある教室で一斉に実施した。実習訓練修了直後の実習科修了生等に対しては、2007年9月に乗船する（独）航海訓練所の練習船が実習最終港に入港した直後に、練習船内の教室にて一斉に実施した。船長・航海士に対しては2007年10月に陸上研修中または陸上休暇者に依頼・配布した。水先人については2007年9月に神戸大学で開催された水先人免許更新講習参加者に依頼・配布した。調査回答用紙は全て回収した。

2.3 航海場面と回答項目

想定する航海場面と尋ねた船間距離の概要を図2に示す。他船を追越す場面では並航する時の通常許容する船間距離を尋ねた（以後、追越し船間距離）。他船が針路交差角90度で右から接近する場面では、自船が他船の船首方向を横切る際の許容する船間距離を尋ねた（以後、対右船間距離）。他船が針路交差角90度で左から接近する場面では、他船が自船の船首方向を横切る際の許容する船間距離を尋ねた（以後、対左船間距離）。

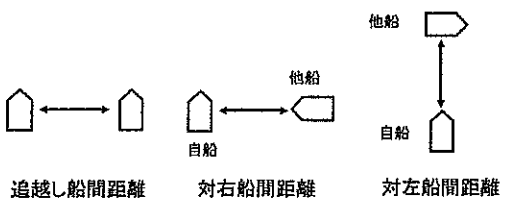


図2 想定する航海場面と尋ねた船間距離

対右船間距離と対左船間距離は、自船と他船を入れ替えた関係となっている。国際海上ルールでは、このような船舶が互いに進路を横切る場合で衝突のおそれがある場合、他船を右に見る船舶が衝突回避しなければならない。したがって対右船間距離は衝突のおそれがないと判断し他船の前方を横切る場合、対左船間距離は衝突のおそれがないと判断し自船の前方を横切らせる場合の船間距離となる。

また主観的技能評価として、極めて劣っている(0)から極めて優れている（10）までの11段階で評定させた。

2.4 想定する自船と他船

想定する船舶は、自船と他船が、小型船舶である場面（以下、小型船舶場面）と大型船舶である場面（以下、大型船舶場面）の2種を船型条件として設定した。小型船舶場面では、自船は神戸大学海事科学研究科附属練習船「深江丸」（全長50m、総トン数450トン）であり、他船は全長75m、総トン数499トンの貨物船とした。小型船舶場面では両船ともに速力は11ノット（1ノット＝1マイル（海里）／時間，　1マイル＝1852m）とした。大型船舶場面では、自船および他船ともに全長280m、総トン数53,000トンのコンテナ船とした。大型船舶場面では両船ともに速力は22ノットとした。他船を追越す場面では被追越し船の速力を1ノット減じた。

2.5 手続き

調査参加者には普段の自身の操船を参考にし、他人と相談せず回答するよう教示した。また実務経験者に対しては依頼・配布時の説明において同様の旨を教示した。

質問紙には船舶の関係を示した航海場面図を提示した。2種の船型条件が理解できるよう船舶の主要目ならびに船舶の写真を示した用紙を提示した。これらの情報を基に調査参加者はそれぞれの場面における許容する船間距離を回答した。

2.6 分析

船間距離について、データの等分散を確保するた

めに対数変換を行ったうえで、被験者内（船型条件 2 水準）と被験者間（経験条件 3 水準）の二要因混合計画で分散分析を行った。回答がない項目については欠損値として都度除外した。

3 結果

3.1 追越し船間距離

追越し船間距離の結果を図 3 に示す。

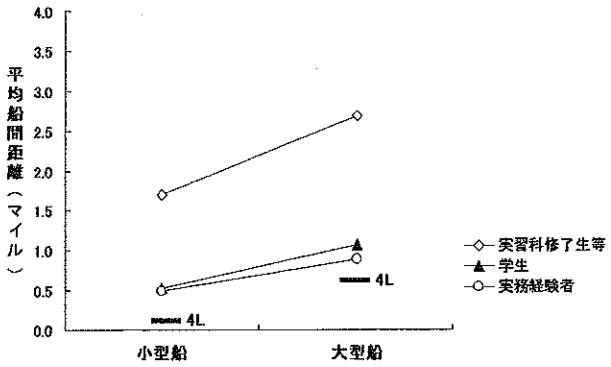


図 3 追越し船間距離の結果

船型と経験の交互作用は非有意（$F(2, 143)=1.543$, *n. s.*）、船型の主効果は有意（$F(1, 143)=171.631$, $p<.01$）、経験の主効果は有意（$F(2, 143)=43.895$, $p<.01$）であった。多重比較の結果、学生と実習科修了生等の間、実習科修了生等と実務経験者の間に有意な差があった（いずれも $p<.05$）。

3.2 対右船間距離

対右船間距離の結果を図 4 に示す。

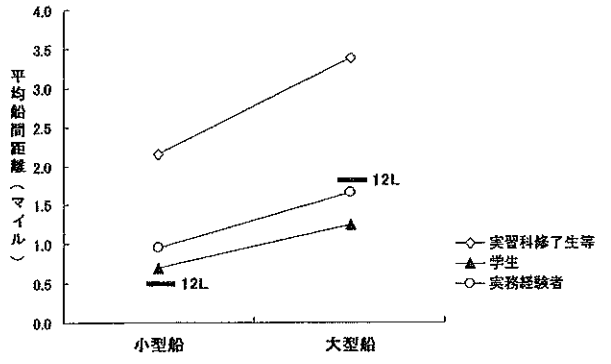


図 4 対右船間距離の結果

船型と経験の交互作用は非有意（$F(2, 147)=.399$, *n. s.*）、船型の主効果は有意（$F(1, 147)=179.153$, $p<.01$）、経験の主効果は有意（$F(1, 147)=23.950$, $p<.01$）であった。多重比較の結果、学生と実習科修了生等の間、実習科修了生等と実務経験者の間に有意な差があった（いずれも $p<.05$）。

3.3 対左船間距離

対左船間距離の結果を図 5 に示す。

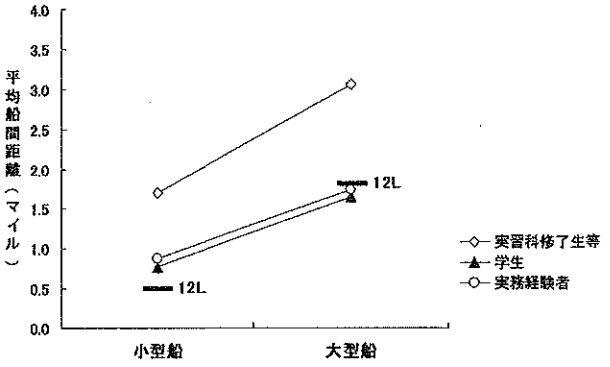


図 5 対左船間距離の結果

船型と経験の交互作用は非有意（$F(2, 148)=2.147$, *n. s.*）、船型の主効果は有意（$F(1, 148)=201.347$, $p<.01$）、経験の主効果は有意（$F(1, 148)=17.720$, $p<.01$）であった。多重比較の結果、学生と実習科修了生等の間、実習科修了生等と実務経験者の間に有意な差があった（いずれも $p<.05$）。

3.4 主観的自己技能評価

主観的自己技能評価の結果を表 1 に示す。

表 1 主観的自己技能評価

	N	Mean	*SD*	
学生	49	2.0	1.7	
実習科修了生等	59	2.4	1.9	*
実務経験者	41	6.5	2.1	*

* $p<.05$

分散分析の結果有意な差があり（$F(2, 146)=77.367$, $p<.01$）、多重比較の結果、学生と実務経験者の間に、また実習科修了生と実務経験者の間に有意な差があった（いずれも $p<.05$）。

3.5 対右船間距離と対左船間距離

対右船間距離と対左船間距離は普通同じ値となってよいはずである。“対右船間距離”＞“対左船間距離”では、進路を横切られる場合よりも、自船が横切る場合のほうが船間距離を長くするということである。反対に、“対右船間距離”＜“対左船間距離”では、進路を横切られる場合よりも、自船が横切る場合のほうが船間距離を短くするということである。すなわち後者に比べて前者のほうが他船に対する船間距離が長く、他船への配慮が大きいといえる。小型船舶場面および大型船舶場面で相反した者を除き、それぞれの場合の人数を表2に示す。

表2　対右船間距離と対左船間距離の比較

	対右＞対左	対右＝対左	対右＜対左
学生	16	10	19
実習科修了生等	31	15	12
実務経験者	14	15	11

$\chi^2 = 8.65$　$df = 4$　$p < .10$

χ^2検定の結果、有意傾向（$p < .10$）であり、残差分析の結果、学生は“対右船間距離”＜“対左船間距離”が多く、実習科修了生等は“対右船間距離”＞“対左船間距離”が多い（いずれも$p < .05$）。

4　考察・まとめ

3種の航海場面ごとに、2種の船型条件についてそれぞれ許容する船間距離を尋ねた。その結果、実習科修了生等は一貫して学生および実務経験者と比較して有意に許容する船間距離が長く、対右船間距離と対左船間距離の比較では他船への配慮が大きい者が多い傾向であった。また、許容する船間距離について学生と実務経験者の間に有意な差はなく、学生は対右船間距離と対左船間距離の比較では他船への配慮が小さい者が多い傾向であった。さらに主観的自己技能評価では、学生および実習科修了生等はともに実務経験者と比較して技能を低く評価した。

以上のことから、実習科修了生等は自己技能評価が低いために常に他船との船間距離を長くすることで安全余裕を保ち、かつ他船への配慮が大きい傾向にあると考えられる。また学生と実務経験者の間に許容する船間距離の差はないが、学生は自己技能評価が低いため技能に応じた安全余裕がないと考えられる。また他船への配慮が小さい傾向であることから、学生と実務経験者は許容する船間距離の差はないが、質的に異なると考えられる。

これらのことから、「他船を入れない領域」は、技量に見合わない狭い領域から、乗船実習によって技量に見合った広い領域へと変化し、その後実務経験にともなって狭くなることが示唆される。図6に概念図を示す。

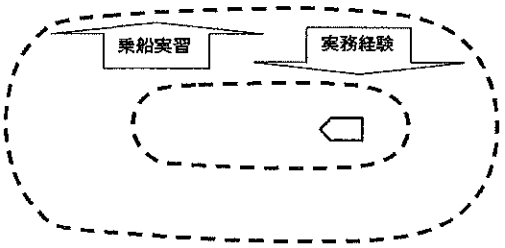


図6　他船を入れない領域の変化

図4および図5から、学生および実務経験者の許容する船間距離は、船首方向の目安12Lに対して小型船舶場面では長く、大型船舶場面では短い傾向である。学生は想定する大型船舶の経験がないこと、また実務経験者の多くは普段大型の船舶を操船していることや、実務経験者42人のうち、普段狭い水道や港内で操船する水先人が16人含まれていることから、許容する船間距離は普段操船している船舶の大きさや、普段航行している環境に影響される可能性が考えられる。

本質問紙調査の結果、許容する船間距離の経験による差異について傾向が示唆された。今後は普段操船する船舶や航行環境が与える影響、また同程度の経験者の個人差を生む要因の検討が必要である。

参考文献

1) 藤井弥平・巻島勉・原潔: 海上交通工学, pp.121-125, 海文堂 (1981).
2) 海上保安庁交通部安全課（監修）：図解　海上衝突予防法, p.18, 成山堂 (2008).

終夜における心拍変動と睡眠状態との関係

Relationship between Heart Rate Variability and Sleep State in All Night

○坪井宏祐*，八木勇樹*，城和男**，萩原啓*

*立命館大学情報理工学部　**立命館大学院理工学研究科

TSUBOI Kosuke*, YAGI Yuki*, JYO Kazuo**, HAGIWARA Hiroshi*

*Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering

**Ritsumeikan University, Graduate School of Science and Engineering

1　はじめに

近年の日本は、世界でも有数の経済大国へと発展し、それに伴い長時間にわたる労働がなされ、十分な睡眠時間をとれていない人々が増加する傾向にある。睡眠の不足は、日中の活動において、集中力の低下や居眠りを引き起こし、様々な支障をきたす恐れがある。

警察庁による平成19年の交通事故統計によれば、交通事故件数を法令違反別にみると、居眠り運転が含まれる漫然運転の割合は全体の 66.3%であり、死亡事故率では、全体の43.4%と最も多くなっている。

このことから、睡眠の重要性は、明確であるが、今まで以上の睡眠時間をとることが難しい環境にある人々が多いのが現状である。従って、質の良い睡眠が必要とされている。

本研究では日常生活での睡眠状態をモニタリングすることを念頭に、簡易に計測が可能である心拍のRR間隔と睡眠状態との関係を明らかにすることを目的としている。

睡眠は、自律神経系が大きく関与しており、同様に心臓の動きにも作用していることが判明している。

ノンレム睡眠では、副交感神経神経が優位に働いており、呼吸、心拍ともに落ち着いており、心拍数も低下するといわれる。また、レム睡眠では、心拍、呼吸が大きく乱れるといわれている。これには、急速眼球運動に同期した一時的な交感神経の作用や、それ以上の副交感神経の低下が考えられている[1]。

心拍変動を捉えるには、RR間隔のローレンツプロット(LP : Lorenz Plot)が有用な方法であると報告されている[2]。

LPとは、横軸をn番目のRR間隔、縦軸をn+1番目のRR間隔とし、グラフ上にプロットしたものであり、視覚的に心拍変動がとらえやすい。一般に健常者のLPはy=x軸上に密集する特徴がある。従来の心拍変動の解析とされる周波数解析よりも簡易に算出することができるという利点もある。また、LPの分布を定量的にとらえるため、y=x 軸上のばらつき σ(x)を長軸、y=-x 軸上のばらつき σ(-x)を短軸とした楕円としてとらえ、その中心座標の変動値として、原点との距離の平均である中心Cと面積Sで評価することができる。

先行研究において、1分ごとの心拍変動から抽出した心拍指標と就床からの各睡眠状態の出現確率から、WAKE, REM(Rapid Eye Movement), non-REM, SWS(Slow Wave Sleep)の4状態を判定する手法が提案されている[3]。

また他の先行研究では、心拍変動を用いて、入眠期の睡眠状態の推定法が検討されている。入眠移行期の LP の推移から1分ごとに求められた楕円の中心座標の変動値と面積より重回帰分析を行い、導き出された重回帰式により睡眠状態を推定できる可能性が示唆されている[4]。

本研究では終夜における睡眠での心拍変動を RR 間隔のLPにより把握し、心拍変動と睡眠状態との関係を詳細に比較するために、1拍ずつずらした60拍ごとに楕円の中心座標の変動値と面積を求め、睡眠状態との関係について検討した。

2　方法

2.1　被験者及び実験装置

被験者は健常者6名（21～23歳、男性：6)、十分なインフォームドコンセントを得た後、実験前に睡眠を阻害するカフェインなどの飲食や激しい運動、徹夜をしていないことを条件する。

実験では脳波、心電図、眼球運動のデータの採取が可能な多用途脳波計EEG-1100(日本光電)を用いた。実験時に使用する部屋は、外部から入眠に対して影響が極力少ない部屋を用意し、室温は一定に保つようにする。

2.2 実験方法

被験者の頭部に電極を装着し、C3、C4、O1、O2、A1、A2（国際式 10-20 法）より導かれる脳波を計測する。心電図の計測は左右の鎖骨 2 箇所と左の肋骨の下から 2 番目にあたる箇所に電極を装着する。眼球運動の計測は、右目の 1cm 右上と左目の 1cm 左下に電極を装着する。脳波解析は C3-A2、C4-A1、O1-A2、O2-A1 より導出された脳波信号を 30Hz のローパスフィルター、交流のハムを除くために 57-63Hz のバンドストップフィルターを通して行った。生体信号の計測はサンプリングレート 500Hz で行った。解析ソフトは、自律神経解析プログラム MaP1060（ニホンサンテク）を使用した。本研究では、終夜睡眠について計測解析を行うため、実験時間は午前 0 時から 7 時までの 420 分とした。

2.3 解析方法

睡眠深度は Rechtschaffen & Kales の睡眠段階国際判定基準に従っており、睡眠状態とは、睡眠深度判別を更に詳細に 9 段階に分類し、それに REM 期を加えたものであり、1 エポック 1 分として、脳波の変化と眼球運動の有無によって睡眠の深さを求めたものである[5]。

9 段階+REM の分類手法を表 1 に示す。

表 1　睡眠深度と 9 段階+REM の睡眠状態の比較

睡眠深度	9 段階の睡眠状態+REM	判定方法	身体の状態
Wake	0	α 波>50%	起きている
1	1	α 波≦50%	寝ているが意識がある
	2	主に θ 波	
	3	瘤波出現	意識がない
2	4	K-complex	
	5	スピンドル	
	6	δ 波<20%	
3	7	20％≦δ 波＜50%	
4	8	50%≦δ 波	
REM	REM	低振幅の周波数＋急速眼球運動	意識はなく夢をみている

本研究では、生理指標として心電図から導き出される心拍の RR 間隔(RRI:RR Interval)を用いる。RRI とは、心拍動の特徴的な R 波と R 波の間隔のことである。解析には、終夜における睡眠中の心拍の RRI を求め、LP を行い、定量的に捉えるため、中心 C と面積 S を求めた(図 1)。

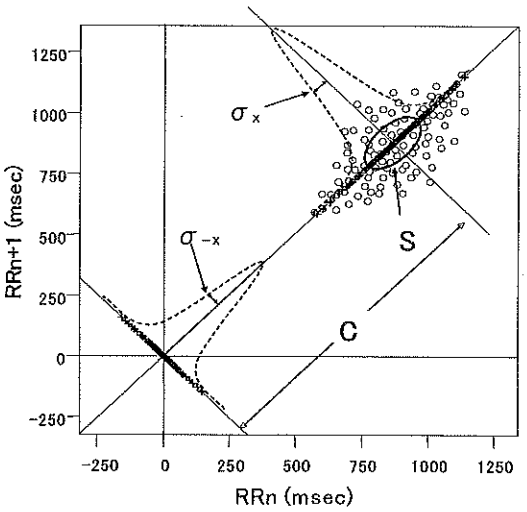


図 1　LP による面積と中心のばらつき

計測開始後の最初の 1 拍目の心拍から 61 拍目の心拍の RRI を求め、それらの LP を行い、グラフ上に 60 点の散布点をプロットした。この LP から楕円の中心 C、面積 S を求めた。次に 1 拍分ずらし、同様に 60 点の LP を行い中心 C、面積 S を求め、これを計測終了するまで行った。データの解析処理は、MATLAB(サイバネット)により作成したプログラムにより行った。

3　結果

3.1　終夜における睡眠状態

最も多く深い睡眠状態へ移行した被験者 C の終夜睡眠における睡眠状態の推移を図 2 に示す。また睡眠状態が REM 期のときを 0.5 とした。

実験開始 30 分以内に最も深い睡眠状態 8 に移行し、一旦 REM 期を経てまた状態 8 へ推移する周期を 2 度繰り返している。120 分以降は、睡眠深度 3（睡眠状態 7）までの睡眠状態と REM 期との周期となっている。レム、ノンレムの切り替わり周期は概ね 80 分～100 分であるといえる。

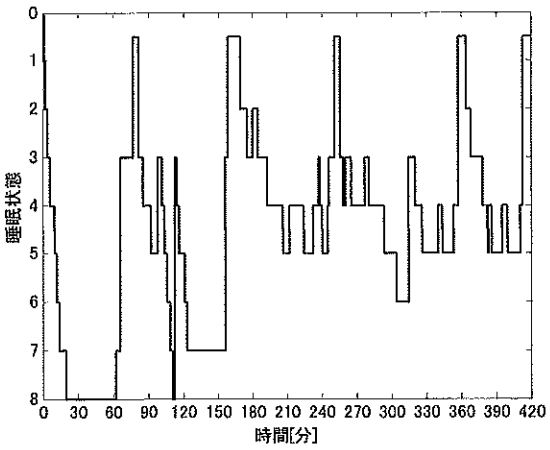


図 2 終夜における睡眠状態の推移

3.2 終夜における LP による中心 C の推移

LP の分布を定量的に評価するため、楕円の中心座標の変動値を求める。被験者 C の終夜の 22,721 拍分の心拍変動で LP を行い、1 拍ずつずらした 60 点ごとに楕円の中心 C を算出した。中心 C の推移を図 3 に示す。

全体として、315 分をピークとして、山なりの波形となっている。波形が、しばらく安定したのち、中心 C が大きく減少し、また安定するという繰り返しとなっている。

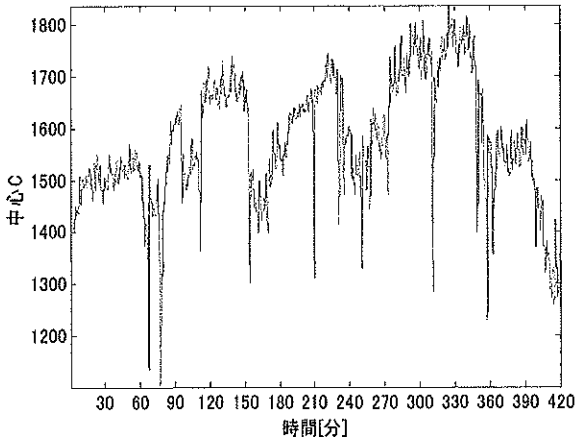


図 3 終夜における中心 C の推移

3.3 終夜における LP による面積 S の推移

さらに LP の分布を定量的に評価するため、楕円の面積 S を求める。被験者 C の終夜の心拍変動で LP を行い、1 拍ずつずらした 60 点ごとに楕円の面積 S を算出した。面積 S の推移を図 4 に示す。

実験開始～15 分間、50 分～110 分間、160 分～210 分間は、面積も小さく、概ね安定している。一方、15 分～50 分間、110 分～160 分間、210 分～230 分間は、面積値も大きくなり、変化の幅が大きく、不安定である。230 分以降は、振幅の幅が大きく上下しながら、315 分ごろをピークとして、山なりの波形となっている。

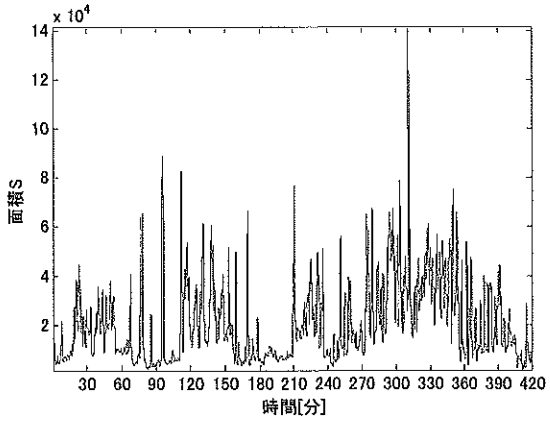


図 4 終夜における面積 S の推移

3.4 睡眠状態と中心 C との比較

睡眠状態と中心 C との関係について検討する。睡眠状態とデータ数をそろえるため、中心 C の 1 分ごとの平均を算出した。睡眠状態と中心 C の推移を図 5 に示す。

グラフより、睡眠状態が深い状態へ移行する際には、中心 C の変化は小さく値が大きい。浅い状態へ移行する際には、変化は大きく値は小さい。浅い睡眠状態が続いているときは、値は小さく、変動は大きい。また深い睡眠状態が続いているときは、値は大きく、変動は小さい。

3.5 睡眠状態と面積 S との比較

さらに睡眠状態と面積 S との関係について検討する。睡眠状態とデータ数をそろえるため、面積 S の 1 分ごとの平均を算出した。睡眠状態と面積 S の推移を図 6 に示す。

睡眠状態の変化に応じ、面積 S の変化が大きくなっている。睡眠状態が深い方向に移行する際には、面積 S は小さく変化も少ない。睡眠状態が浅い方向に移行する際には、面積 S は大きく変化している。

特に REM 期への移行の際には、大きな面積の変動が発生している。睡眠後期の 230 分以降では、面積Sが比較的大きな値をとるのが見られる。

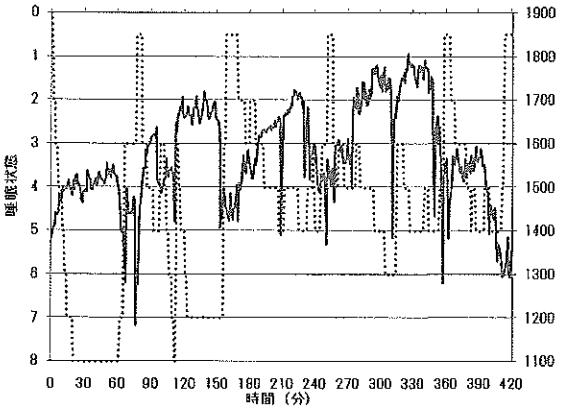


図5 終夜における睡眠状態と中心Cの推移

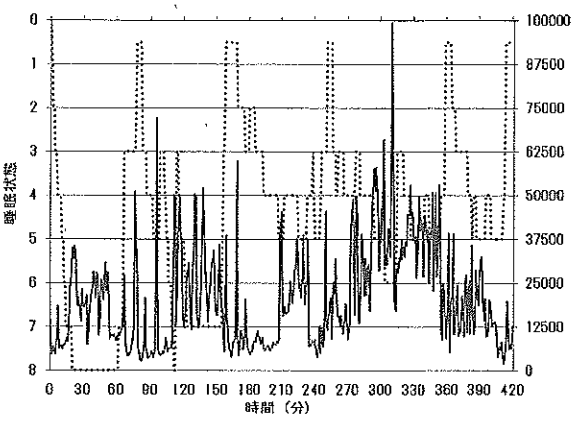


図6 終夜における睡眠状態と面積Sの推移

4 考察

睡眠状態が浅い状態のとき、中心Cの値は小さく、変動は大きい。また、面積Sの値は大きく、変動も大きい。

睡眠状態が深い状態のとき、中心Cの値は大きく、変動は小さい。また、面積Sの値は大きく、変動も大きい。

睡眠状態が浅い状態から深い状態へ移行しているときは、中心Cの値は大きくなり、変動は小さい。また、面積Sの値は小さくなり、変動も小さい。

睡眠状態が深い状態から浅い状態へ移行しているときは、中心Cの値は小さくなり、変動は大きい。また、面積Sの値は大きくなり、変動も大きい。

以上の内容から、中心C、面積S と睡眠状態との関係に法則性が見られる。さらに、60 拍ごとのデータの解析は、1 分ごとの解析に比べ睡眠後半のサーカディアンリズムによる心拍の変動がより詳細に現れることが分かった。本研究では、グラフより視覚的に判断すれば、睡眠状態と心拍変動のLPにより得られた指標との間には特徴的な関係があり、心拍変動のLPにより得られた中心Cと面積Sを用いて睡眠状態の判定が可能ではないかと考えられる。

5 おわりに

本研究では、終夜の睡眠状態と心拍変動にはグラフから比較したところ、中心Cと面積Sの変動により、睡眠状態の推定の可能性が認められる。また先行研究では、入眠移行期における睡眠状態の判定は可能であったが、終夜睡眠の場合、朝方になるにつれて、REM 期への移行が頻繁に起こるが、全ての被験者おいて同じ REM 期であっても睡眠の前半と後半では、異なった心拍変動の波形が見られたため、今後は終夜睡眠の場合分けを行い検討していく予定である。

参考文献

1) 日本睡眠学会：日本睡眠学ハンドブック, pp42-50(1924)

2) 豊福 史, 山口 和彦, 萩原 啓:心電図 RR 間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易測定法の開発, 生体・生理工学シンポジウム論文集, Vol.20 , pp301-304(2005)

3) 道盛 章弘, 福島 薫, 萩原 啓: 心拍変動解析による睡眠モニタリングシステム, 松下電工技報 MEW technical report, No.82, pp29-33(2003)

4) 谷田 陽介, 萩原 啓:心拍変動を用いた入眠状態の簡易測定法, ヒューマンインターフェイスシンポジウ, Vol.2006, pp229-234(2006)

5) 睡眠脳波アトラス： Allan Rechtschaffen, Anthony Kales, 清野茂博 訳, 医歯薬出版株式会社, (1971)

異なる活動状態における心拍および呼吸変動の特徴抽出

Characteristic of ECG and Respiration on Different Physiological Conditions

○高野佑樹*，伊藤民子**，小川梢**，萩原啓*
*立命館大学　情報理工学部　知能情報学科
**立命館大学大学院　理工学研究科
TAKANO Yuki*, ITO Tamiko**, OGAWA Kozue**, HAGIWARA Hiroshi*
*Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering
**Ritsumeikan University, Graduate School of Science and Engineering

1　はじめに

平成20年6月に内閣府によって実施された国民生活に関する世論調査[1]によると「日頃の生活の中で，休んだり，好きなことをしたりする時間のゆとりがあるか」という質問に対し、「ゆとりがある」と答えた者の割合が 65.3%（「かなりゆとりがある」 18.8%＋「ある程度ゆとりがある」46.5%)、「ゆとりがない」と答えた者の割合が 34.5%（「あまりゆとりがない」24.8%＋「ほとんどゆとりがない」9.7%）であった。しかし、これを年齢別にみると「ゆとりがある」と答えた者の割合は 60 歳代、70 歳以上で高くなっており、逆に「ゆとりがない」と答えた者の割合は30歳代、40 歳代、50 歳代で高くなっている。このことから実際に社会で働いている年代においては、まだゆとりがある生活が送れているとは言えない。

また、平成 19 年版国民生活白書[2]によると、普段の仕事で「身体の疲れを感じる」とした人の割合が78.7%（「とても感じる」29.9%＋「やや感じる」48.8%)、「仕事上の不安や悩みやストレスを感じる」とした人の割合が 69.5%（「とても感じる」 26.0%＋「やや感じる」43.5%）であった。これにより多くの人が仕事上、心身に負担を感じているということが分かる。

このような環境の中で、高いパフォーマンスを維持し、ゆとりのある生活を送るためには十分な休息が必要であり、限られた時間の中で十分な休息をとるためには、「効率のよい休息の取り方」が必要である。そのため、身体反応に適合性の良い生体信号に基づいた刺激による引き込み[3]を利用して効率のよい休息の導出を考えており、本研究では、その前段階として心拍と呼吸変動に着目して異なった活動状態におけるそれらの特徴と相互の関係を求めた。

2　実験

2.1 概要

座位安静状態（以下安静状態)、睡眠状態、自転車エルゴメーター状態（以下運動状態）という 3 種類の異なった活動状態における心拍と呼吸変動を計測し、それらの特徴および相互関係を求めた。

2.2 被験者

20 歳から 23 歳までの健常な大学生 4名（男性4名）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。

2.3 心電図 RRI と呼吸 PPI

心電図 RR interval とは心電図の特徴的な棘波の1つである R 波と次の R 波との間隔のことである。

呼吸 PP interval とは呼吸曲線の1周期の Peak（頂点）部と次の 1 周期の Peak 部との間隔のことである（図 1)。

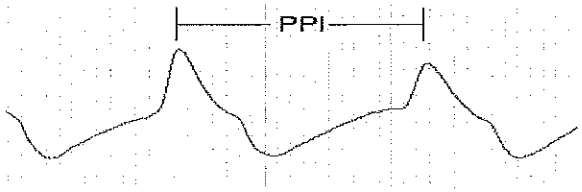


図 1 呼吸曲線

2.4 実験手順

被験者の頭部、胸部に多用途脳波計（「EEG-1100」日本光電）の電極、鼻孔部に呼吸センサー（「TR-761T」日本光電）をそれぞれ装着し、各活動状態における脳波、心電図、呼吸変動を計測した。座位閉眼を 180sec 行った後、「安静」状態として「前 AAT」を 180sec 行う。AAT とはα波減衰テストの略で、安静閉眼時のα波出現量と開眼時のα波出現量の減衰から覚醒度を定量的に評価する方法である。その後運動状態の条件設定では「自転車エルゴメーター運動」（「75XL Ⅱ」 COMBI）10min を行い、睡眠状態の条件設定では「睡眠」（「PRX-03」フランスベッド）60min を行った。最後に「後 AAT」180sec と座位閉眼 180sec を行った。なお各タスクの影響を考えて、「自転車エルゴメーター運動」と「睡眠」の実験はそれぞれ別の日に行った（表 1)。

表 1 実験プロトコル

座位 閉眼 180 sec	座位 安静 (AAT) 180 sec	自転車エルゴメーター 運動 10min	座位 安静 (AAT) 180 sec	座位 閉眼 180 sec
座位 閉眼 180 sec	座位 安静 (AAT) 180 sec	睡眠 60min	座位 安静 (AAT) 180 sec	座位 閉眼 180 sec

2.5 実験条件

被験者には前夜に十分な睡眠をとってもらい、前夜以降の暴飲・暴食は控えてもらった。「自転車エルゴメーター運動」タスクにおいては 40W の負荷をかけ、45rpm の回転数を目安にこいでもらった。「睡眠」タスクにおいては外部からの影響がないよう暗室内で行い、室温は被験者が快適と感じる温度に設定した。またタスクは仰向け姿勢で行った。

3 解析方法

3.1 脳波データ

脳波データは多用途脳波計にて計測し、睡眠深度を推定するために用いた。解析には国際 10-20 法に基づいた C4-A1、C3-A2、O1-A2、O2-A1 を用いた。

3.2 心拍データ

心拍データは多用途脳波計(「EEG-1100」日本光電)にて 500Hz のサンプリングレートで計測し、Vital Tracer(キッセイ・コムテック)でデータ形式を変換した後、自律神経解析プログラム(「Map1060」ニホンサンテク)にて解析を行った。

3.3 呼吸変動データ

呼吸変動データは小型サーミスタ呼吸センサー(「TR-761T」日本光電)を用いて 500Hz のサンプリングレートで多用途脳波計経由にて計測し、前述の心拍データと同様の方法で解析を行った。

なお、心拍データと呼吸変動データについて各状態を比較する際に、「運動」状態では各データが安定している 3min を、「睡眠」状態では各データが安定していて、睡眠深度が国際分類における睡眠深度 1(浅睡眠期)の後期付近である 3min を抽出した[4](表 2)。また、「安静」状態は「自転車エルゴメーター運動」実験のものと「睡眠」実験のものの平均を採用した。

表 2 脳波的睡眠深度

睡眠深度	9 段階 睡眠状態	判定方法	身体の状態
Wake	0	α波＞50%	起きている
1	1	50%＜α波	寝ているが
	2	主にθ波	意識はある
	3	瘤波出現	意識がない
2	4	K 複合波	
	5	スピンドル	
	6	δ波＜20%	
3	7	20%＜δ波＜ 50%	
4	8	50%＜δ波	

3.4 ローレンツプロット

ローレンツプロット(以下 LP)とは、横軸に N 番目の RRI(または PPI)を、縦軸に N+1 番目の RRI をプロットしたもので、RRI のゆらぎの特徴を視覚的にとらえることが可能である[5]。LP された点を Y=X 軸上に投影した標準偏差を σ_x、Y=-X 軸上に投影した標準偏差を σ_{-x} とし、それから導かれる楕円の面積を S($S=\sigma_x \times \sigma_{-x} \times \pi$)、原点(0,0)から楕円の中心までの距離(原点からの距離の平均)を C とする。

4 実験結果

4.1 心拍結果

被験者ごとの各状態における心電図 RRI 平均を比較したグラフを以下に示す(図 2)。すべての被験者において、運動＜安静＜睡眠といった値の大きさを示している。また、これら全被験者の平均 RRI を取ると、安静の状態から約 0.7 倍すると運動の状態に、約 1.3 倍すると睡眠の状態を示すことが分かる。

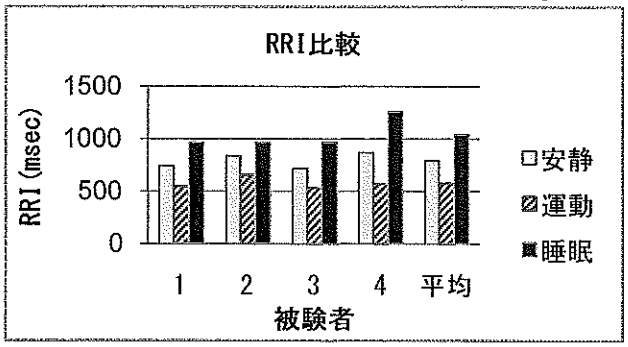


図 2 心電図 RRI 平均

また以下に RRI の LP の C と S に被験者ごとに正規化を施したグラフを示す(図 3、図 4)。C と S ともに運動＜安静＜睡眠の順に大きくなっている。

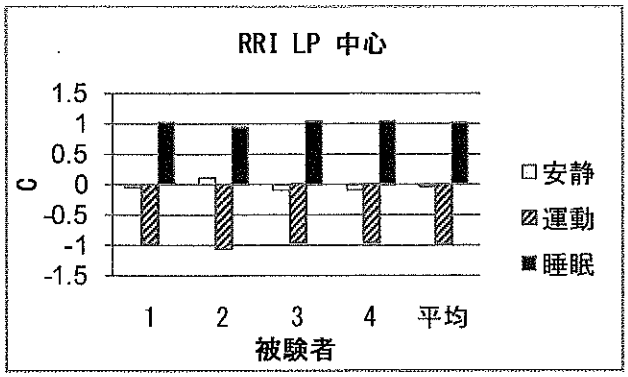


図 3 心電図 RRI LP 中心

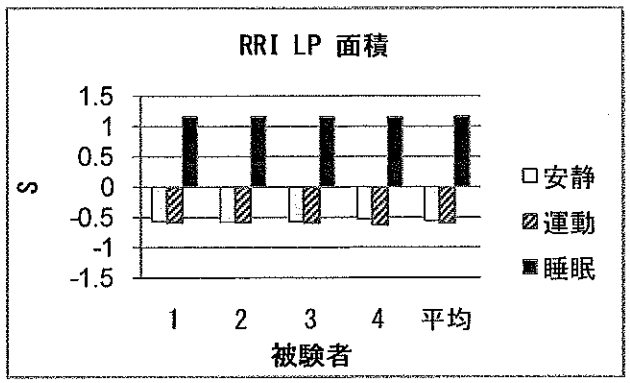


図 4 心電図 RRI LP 面積

次に副交感神経の活動の指標となる心拍揺らぎの高周波成分 HF のグラフを以下に示す（図 5）。運動＜安静＜睡眠の順に副交感神経の活動が活発になり、リラックスしていることがわかる。

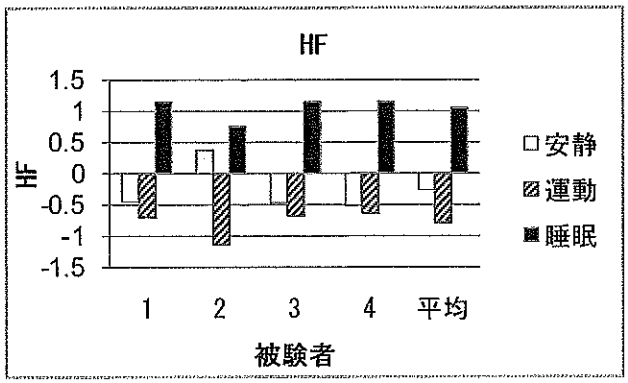


図 5 HF

4.2 呼吸変動結果

被験者ごとの各状態における呼吸 PPI 平均を比較したグラフを以下に示す（図 6）。心電図 RRI の場合と同様に、運動＜安静＜睡眠の値の大きさになっており、また安静の状態から約 0.8 倍すれば運動の状態に、約 1.2 倍すれば睡眠の状態に近づくことが分かった。

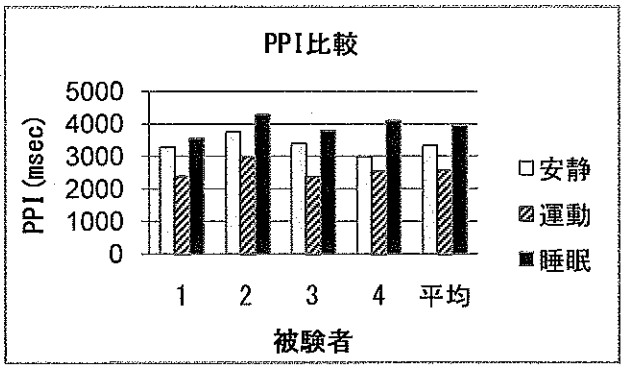


図 6 呼吸 PPI 平均

また以下に PPI の LP の C と S に被験者ごとに正規化を施したグラフを示す（図 7、図 8）。中心に関しては運動＜安静＜睡眠の順に大きくなっているが、面積に関しては同様の傾向はみられなかった。

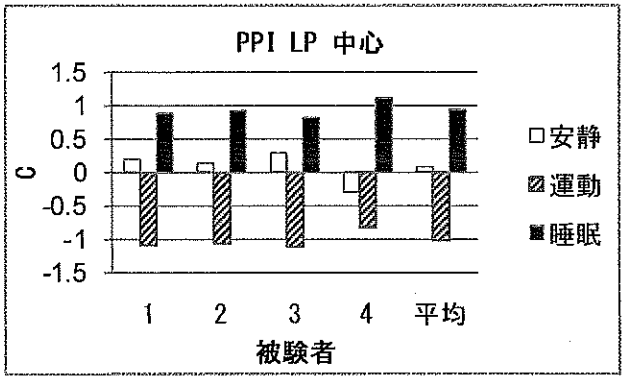


図 7 呼吸 PPI LP 中心

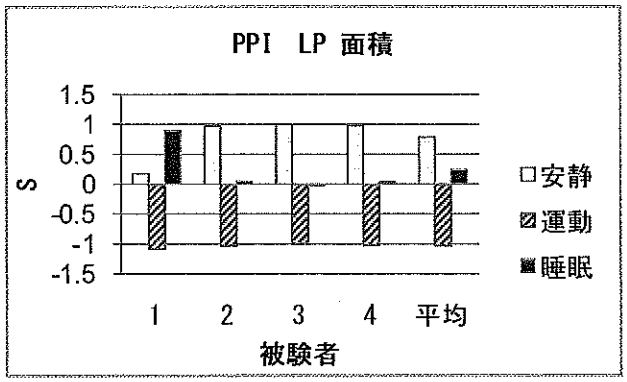


図 8 呼吸 PPI LP 面積

4.4 心拍と呼吸変動の関係

HF と比較してリラックスするほど RRI は大きくなる傾向にあるが、これは同様に PPI についても言える。RRI、PPI、HF をそれぞれ被験者ごとに標準化した場合に、RRI の C と HF の相関係数は 0.945、PPI の C と HF の相関係数は 0.895 でどちらも 1%水準の有意性を得た。また、RRI の C と PPI の C については相関係数 0.975 という高い値を示し、1%水準で有意という結果を得られた。

一方、面積SについてはRRIとPPI間の相関は得られなかった。RRIのSとHFの相関係数は0.911で、1%水準で有意という結果であった。

5　考察・まとめ

全被験者のRRIとPPIそれぞれの原点からの距離Cと楕円の面積Sの平均から導き出した模式的なLPを示す(図9、図10)。安静時のCを1としたもので、σ_xとσ_{-x}の比率はそのままに固定したものである。これらを比較するとよく分かるが、RRIとPPIのどちらについてもリラックスするにつれてCが大きくなっていることがわかる。しかしRRIのSが「運動」から「睡眠」にかけて大きくなっているのに対しPPIについてはその傾向がみられない。このことから、心拍と呼吸変動ではゆらぎ方が異なっていると考えられる。

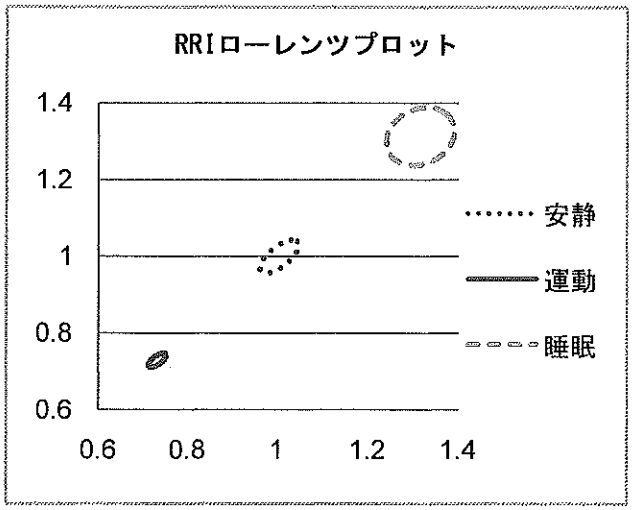


図9 心電図RRI LP

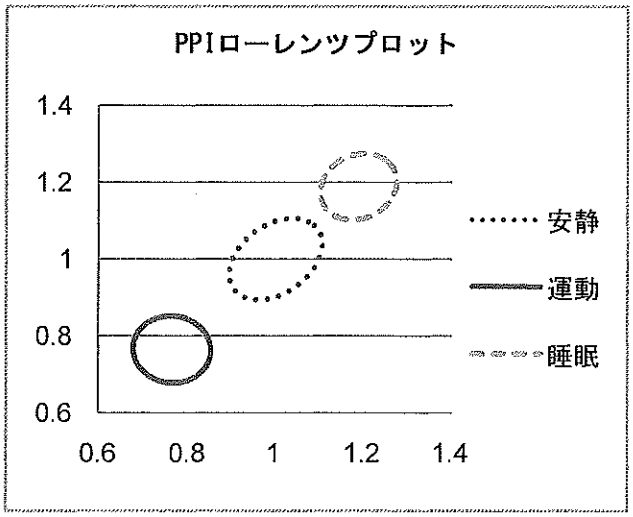


図10呼吸PPI LP

6　おわりに

今後の課題として、被験者を増やし、安静、運動、睡眠の異なった活動状態における傾向を定量的に把握する必要がある。また、呼吸波形に関して状態ごとに形状が異なる様子が見られるので（図11)、得られたデータを元に間隔や強さ、パターンを考慮した刺激を作成し、その刺激が被験者に与える影響を調べる予定である。

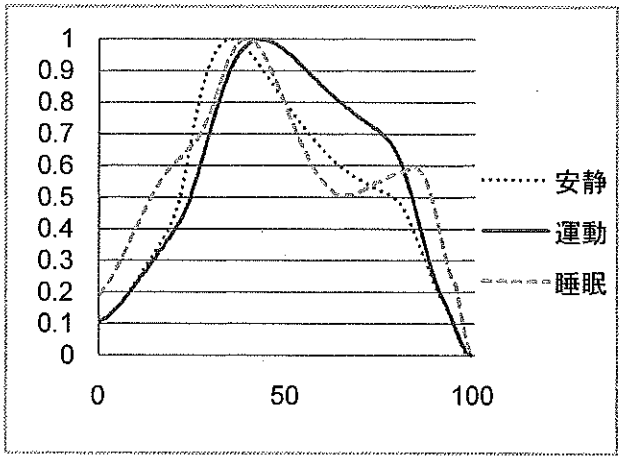


図11 被験者1の各状態における呼吸波形

参考文献

1) 内閣府大臣官房政務広報室：世論調査報告書，平成20年6月調査(2008)
2) 内閣府国民生活局総務課調査室：国民生活白書，平成19年6月26日公表(2007)
3) 小川梢，芝垣佑美，萩原啓：心拍ゆらぎを用いた音刺激による引き込み現象の特徴，ヒューマンインタフェースシンポジウム2008(2008)
4) 谷田陽介，萩原啓：心拍RRIのローレンツプロット情報に着目した入眠移行期の簡易推定法，生体医工学：日本エム・イー学会誌，vol.44,No.1, pp156-162(2005)
5) 豊福史，山口和彦，萩原啓：心電図RR間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定法の開発，日本人間工学会，vol.43 ,No.4, pp185-192(2006)

シミュレーター操船時における操船者の唾液アミラーゼ活性

Evaluation of A Navigator's Salivary Amylase Activity by Ship Handling Simulator

○松尾　唯*，村井康二**，脇田慎一***，宮道　隆***，福士恵一**，林　祐司**
*神戸大学海事科学部、**神戸大学大学院海事科学研究科、***(独)産業技術総合研究所
MATSUO Yui*, MURAI Koji**, WAKIDA Shin-ichi***, MIYADO Takashi***,
FUKUSHI Keiichi**, HAYASHI Yuji**
*Kobe University, Faculty of Maritime Sciences, **Kobe University, Graduate School of Maritime Sciences, ***National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1　はじめに

著者らは，船舶の操縦者（操船者）に対する心的負担やブリッジチーム員の技能評価を行うために心拍変動や鼻部皮膚温等の生理指標が有効であることを明らかにしてきている[1),2)]。そして，唾液アミラーゼ活性も操船者のストレスに対して有効な応答を示す可能性があることをシミュレーター操船実験により示している[3)]。しかしながら，唾液アミラーゼ活性の有効性を評価するための実験については，被験者数が少なく，操船場面が出入港操船に限定されており，さらなるデータの蓄積が重要課題とされた。

本研究では，操船場面を出入港，狭水道航行と増やし，被験者数を船長経験者10名とし，唾液アミラーゼ活性が操船者のストレス評価指標として有効であるか否かについて検討した結果を報告する。

2　唾液アミラーゼ活性測定実験

2.1　実験概要

唾液アミラーゼ活性の測定実験は，被験者への様々な外的影響（温湿度，風，音等）を制御しやすい実験環境とするために実船舶（実船）ではなく，操船シミュレーターを用いることにより実施した。使用した操船シミュレーターは，スクリーン型で水平視野角240度，垂直視野角40度の操船環境映像を投影可能な国際的にも一般的な仕様を有する。実験シナリオは，友ヶ島水道航行の狭水道操船，阪神港大阪区の出港操船，阪神港大阪区，神戸区，和歌山下津港の入港操船である。また，シミュレーター室の室温は，実験中23±1℃に制御した。被験者は，乗船経験年数8.5年から28年の船長経験者（男性）10名である。図1に入港操船実験海域の一例として，阪神港大阪区の概要を示す。各シナリオは，風潮流および他船舶（他船）の交通流が実際の様に設定されている。

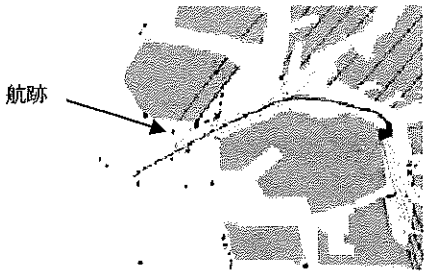
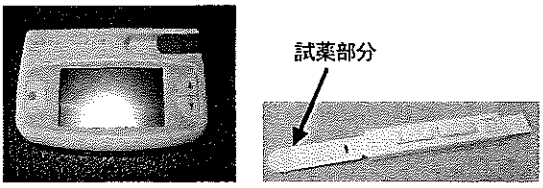


図1　入港操船実験海域の一例（阪神港大阪区）

次に，唾液アミラーゼ活性の測定には，ニプロ社製唾液アミラーゼモニターを使用した。本体の大きさは幅130mm，高さ40mm，奥行87mmとコンパクトな装置であり，実船上やシミュレーター室において取扱いが容易で実用的である。また，30秒程度で唾液アミラーゼ活性の測定結果（単位：kIU/L）を得ることができる。図2a，2bに本体およびマーカーを示す。



a）装置本体　　b）マーカー

図2　唾液アミラーゼ活性測定装置の概要

被験者は，唾液採取に際し，専用試薬（図2b）を

舌下に30秒程度くわえる。舌下は，唾液の分泌線があり，不純物による影響を受けにくくかつ測定に十分な唾液量を獲得可能な良好な場所として考えられる。

2.2 実験方法および評価

シミュレーター操船実験は，実験開始とともに操船を開始し，2分または3分間隔毎に唾液採取を行い，その場でアミラーゼ活性値を測定する。そして，シミュレーション終了後，2回程度唾液の採取を引き続き行う。安静時の唾液アミラーゼ活性値は，シミュレーター操船実験時とは別に採取することとする。また，操船者の行動はイベントサンプリングにより記録するとともにビデオ撮影する。評価は，シミュレーター操船実験時以外で測定した安静時の唾液アミラーゼ活性値を基準として，実験中のイベントと比較し，唾液アミラーゼ活性値の変化について検討する。

3 結果および考察

阪神港大阪区の入船右舷側着岸の入港操船（図1）に対する唾液アミラーゼ活性測定結果（被験者A）を図3に示す。安静時の唾液アミラーゼ活性値は22 [kIU/L]であった。図3より，操船中は安静時よりも約3倍近い60 [kIU/L]前後の値をとっていることがわかる。具体的には，操船開始後25分頃では，出港船との衝突の恐れや漁船に警告信号（汽笛）を鳴らすなどのイベントが生じており，92 [kIU/L]と大きい値が見られた。操船時間51分には岸壁に接近したため164 [kIU/L]の最大値をとった。また，着岸前において自船の着岸操船支援として，タグボートを使用する準備を整えた時点でアミラーゼ活性値は減少し，さらに操船終了後には大きくその値は減少した。操船終了後，被験者はストレス状態から開放されたと考えられる。

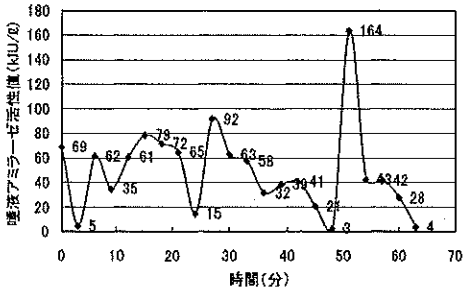


図3 唾液アミラーゼ活性値の測定結果（入港操船時）

次に，出港操船時の唾液アミラーゼ活性値の測定結果（被験者A～D）を図4に示す。図4より，被験者Aについて入港操船（図3）と出港操船（図4）の唾液アミラーゼ活性値を比較すると，全体的に入港操船時の値の方が大きいことがわかる。また，出港操船時の被験者4人の唾液アミラーゼ活性値は同シナリオによる操船でも値の“大きさ”，“変動”に差異が見られた。このことから，被験者毎による操船状況に対するストレス応答を測定できていると考えられる。

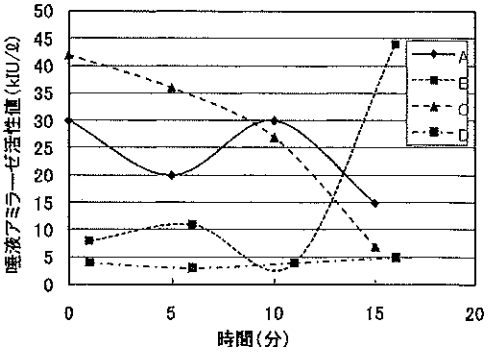


図4 唾液アミラーゼ活性値の測定結果（出港操船時）

4 おわりに

本研究では，唾液アミラーゼ活性を用いた操船者のストレス評価をシミュレーター操船により行い，各操船状況に対して，ストレス応答を確認することができたと考える。今後は，実船実験データの測定や学生の船舶実習評価への利用等，本指標の適切な使用方法について検討を進めて行きたい。

参考文献

1) K.Murai, Y.Hayashi, N.Nagata and S.Inokuchi: The Mental Workload of a Ship's Navigator using Heart Rate Variability, Journal of Interactive Technology and Smart Education, Vol.1, No.2, pp.127-133 (2004).

2) K.Murai, Y.Hayashi and S.Inokuchi: A Basic Study on Teammates' Mental Workload among Ship's Bridge Team, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E87-D, No.6, pp.1477-1483 (2004).

3) 北口，村井，脇田，宮道，福士，林：唾液アミラーゼによる操船者のストレス評価, H19年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.169-170 (2007).

示指に触覚刺激を呈示した際の体性感覚誘発脳磁界
—刺激媒体の違いによる賦活部位の比較—

Somatosensory evoked fields generated by tactile stimulation to the index finger
－Comparison of activation regions observed by the difference of a stimulus medium－

○玉利雄祐*，小谷賢太郎**，朝尾隆文**，堀井健**，中川誠司***

*関西大学大学院　**関西大学システム理工学部　***産業技術総合研究所

TAMARI Yusuke*, KOTANI Kentaro**, ASAO Takafumi, HORII Ken**, NAKAGAWA Seiji***

* Graduate School of Kansai University, ** Faculty of Engineering Science, Kansai University,
***Advanced Industrial Science and Technology

1．序論

現在、世の中には多くの情報伝達デバイスがあり、触覚インターフェースもその一つである。その中に、仮現運動を利用して、文字の呈示などを試みている研究開発が行われている[1]。仮現運動とは、空間的に異なる位置に配置された二つの刺激を、適当な条件で呈示した際に、実際には刺激が動いたわけではないにも関わらず、一方から他方に刺激が連続して移動するように知覚される、基本的な知覚特性の一つである[1][2]。しかし、現在、触覚の仮現運動の脳内情報処理過程について解明はされておらず、触覚の仮現運動の明瞭性を定量的に評価する方法が確立されていない[1]。触覚の仮現運動が、脳全体でどのような処理過程で行われているか解明できれば、知覚モデルや生成機構を解明するための一知見となり、また、触覚インターフェースの研究開発に寄与できると考えられる。

我々は、触覚の仮現運動が、脳全体でどのような処理過程で行われているか、時間分解能が優れているMEG 装置を用いて解明を試みようとしている。MEG 装置が持つ高時間分解能という利点を用いて、脳活動部位の遷移を連続的な時間変化として捉えることができる。

そこで、我々は、空気噴流刺激を触覚刺激の媒体とする実験システムを構築した。空気噴流刺激は、その刺激媒体が空気であること、また、空気噴出口を非磁性の材料で作成することが可能であるということから、MEG 装置で使用した際、アーチファクトの混入・影響が、電気刺激などに比べると格段に抑えることが可能である。

機械刺激や電気刺激では、刺激呈示部位と対側の第一次体性感覚野の活動が現れ、また、第一次体性感覚野の活動後に、両側の第二次体性感覚野の活動が現れるということが知られている。そこで、空気噴流刺激を用いて、本研究で目標としている触覚の仮現運動を呈示した際の脳活動を計測する前に、機械刺激や電気刺激で単一の刺激を呈示した際の脳活動と同様の傾向が得られるかを確認する必要がある。また、触覚の仮現運動における脳活動を計測する際の対照データとして単一刺激による脳活動の比較を行う必要がある。以上より、本報告では、単一の空気噴流刺激を呈示した時の体性感覚誘発脳磁界を計測し、得られた結果を先行研究の活動部位および、活動潜時と比較し、その傾向と違いについてまとめる。

2．実験

2.1.実験環境：

実験環境の概要を図１に示す。

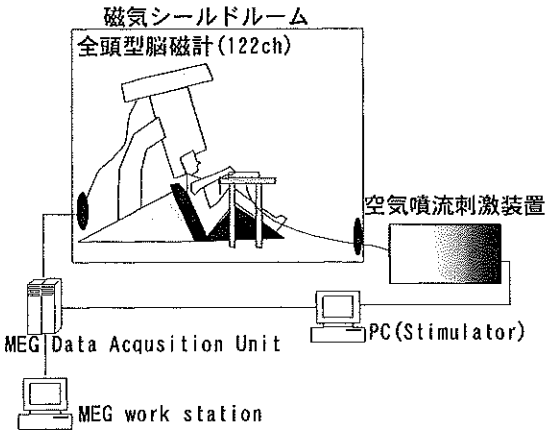


図１　実験環境

本実験で使用する空気噴流刺激装置は、エアコンプレッサーにより生成された圧縮空気を精密レギュレータ、電空レギュレータ、電磁バルブを経由して、ノズルから噴出するものである。図２に空気噴流刺激装置の構成を示す。

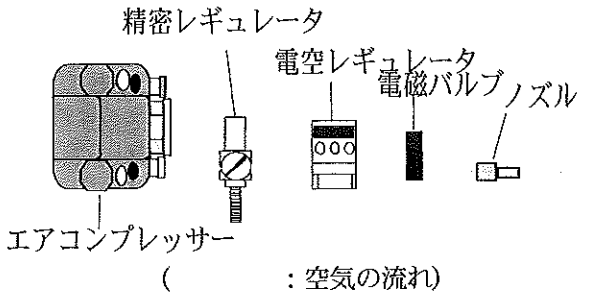


図２　空気噴流刺激装置の構成

2.3.実験手順：

本実験では、触覚刺激として、単一の空気噴流刺激を示指中央部に呈示した。課題は、単一の空気噴流刺激を左示指に呈示する左手刺激課題と、右示指に呈示する右手刺激課題の二つを設定した。指に刺激を与える際は、刺激位置がずれないように、軽くバンドで固定をした。空気噴流刺激の呈示時間は、200ms とし、刺激呈示間隔は 2500±500ms とランダムに設定し、70 回刺激を呈示した。

2.4.実験条件

実験条件を表 1 に示す。刺激呈示中は触覚刺激に集中してもらうために、アイマスクおよび、耳栓をしてもらった。被験者の意識レベルを確認するために、刺激回数を数えてもらい 70 回目の刺激に達したら、固定をされていない方の手を上げてもらった。

表 1　実験条件

条件項目	内容
被験者	6 名(成人男性, 21～25 歳)
刺激の種類	単一の空気噴流刺激
刺激時間間隔	2500±500[ms]
意識レベル確認	刺激回数 70 回数える
トリガ信号	電磁バルブ開の信号を 0[ms]
ノズルの内径	1[mm]
ノズルと刺激呈示部位との距離	5[mm]
空気圧力	250[kPa]

2.5.データ解析

実験により得られた脳磁界応答は電磁バルブ開の信号を出力したときを 0ms とし、-500ms から 1000ms を対象に、60 回の加算平均を行った。ベースライン処理は、-500ms から-300ms の脳磁界データの平均値をした。その後、バンドパスフィルタ(1-30Hz)を用いてノイズの除去を行った。さらに、各課題ごとに、左右体性感覚野付近の RMS 解析を行った。

3. 実験結果

3.1.加算平均した脳磁界応答

図 3 に左手刺激課題における加算平均波形の一例を示す。また、右体性感覚野付近と左体性感覚野付近の拡大図を図 4(a)、図 4(b)にそれぞれ示す。

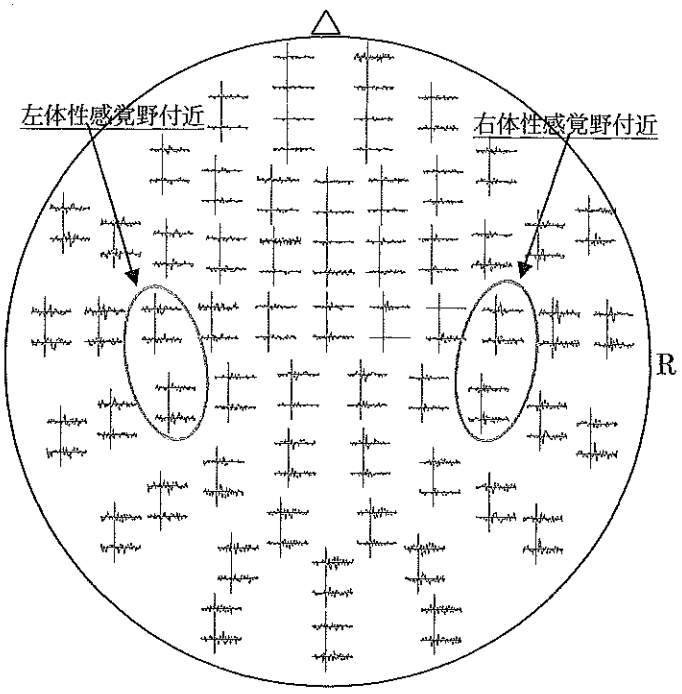


図 3　被験者一例の左手刺激課題の加算平均波形



(a)左体性感覚野付近　(b)右体性感覚野付近

図 4　被験者一例の左手刺激課題の加算平均波形の拡大図

図 4(b)の右体性感覚野の波形において 100ms 前後に陽性のピーク(点線◯)が見られ、200ms 前後に陰性のピーク(◯)が見られる。図 4(a)の左体性感覚野においては、200ms 前後に陰性のピーク(◯)が見られている。これらのピークは特に体性感覚野付近に活動が現れていることがわかった。また、図 3 の両側頭葉において活動が見られる。これはノズルの

空気噴出音による聴覚野の活動であると考えられる。本報告では、体性感覚誘発脳磁界に着目するため、活動部位および潜時から、先行研究で報告されている第一次体性感覚野、第二次体性感覚野の活動を捉えるためにこれらの領域で、RMS 解析を行った。

3.2.RMS 解析結果

左手刺激課題における左体性感覚野付近と右体性感覚野付近の RMS 解析結果の一例を図 5 に示し、右手刺激課題における左体性感覚野付近と右体性感覚野付近の RMS 解析結果の一例を図 6 に示す。

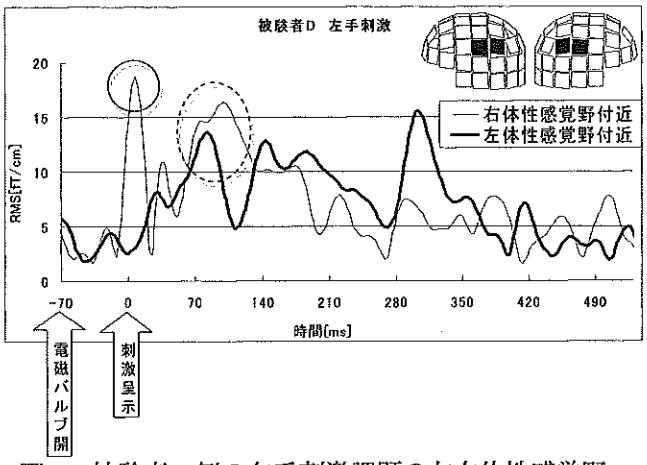


図 5　被験者一例の左手刺激課題の左右体性感覚野 RMS 解析結果(図の右上に、各解析領域を示す。)

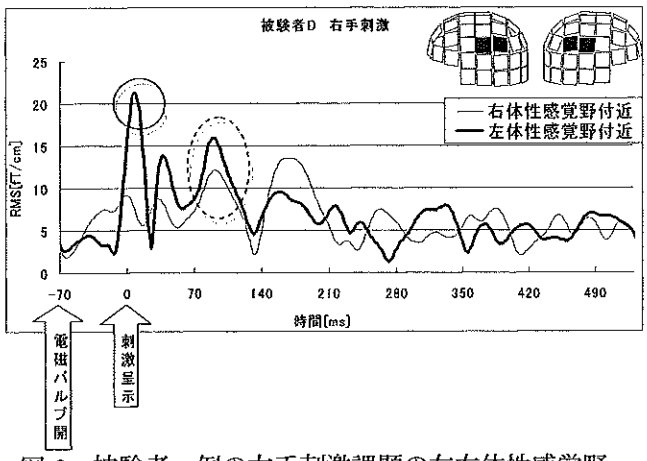


図 6　被験者一例の右手刺激課題の左右体性感覚野 RMS 解析結果(図の右上に、各解析領域を示す。)

図 5、図 6 において、「電磁バルブ開」は本実験でトリガ信号として用いている電磁バルブを開く時の信号が出力されるタイミングを示している。また、「刺激呈示」は実際に空気噴流刺激が皮膚に呈示されているタイミング(onset)を示している。

図 5 の左手刺激課題の RMS 解析結果においては、約 10ms あたりに顕著なピーク(○)が刺激呈示部位と対側の右体性感覚野に現れているが、刺激呈示部位と同側の左体性感覚野には現れていないことがわかる。

また、図 6 の右手刺激課題の RMS 解析結果において、約 10ms あたりに顕著なピーク(○)は、図 5 の左手刺激課題と同様の傾向が見られる。つまり、刺激呈示部位と対側の左体性感覚野には顕著なピークが現れているが、刺激呈示部位と同側の右体性感覚野には、顕著なピークは現れていないことがわかる。

次に、約 90ms あたりに、ピーク(点線○)が、図 5、図 6 において現れている。この約 90ms あたりのピークは、刺激呈示部位に関わらず両側の体性感覚野に現れていることがわかる。

4．考察

4.1.第一次体性感覚野の活動について

単一の空気噴流刺激を与えた際の、図 5、図 6 の約 10ms のピークは、前述したように、刺激呈示部位と対側の体性感覚野に現れている。しかし、刺激呈示部位と同側の体性感覚野には、ピークが現れなかった。この刺激呈示部位と対側の体性感覚野にピークが現れる傾向は、6 名中 4 名に顕著に見られた。先行研究の結果より、触覚刺激を与えた際、刺激呈示部位と対側の第一次体性感覚野に活動が現れると報告されている[3][4]。各課題における約 10ms の左右体性感覚野付近の活動の様子は、先行研究と同様、体性感覚誘発脳磁界と考えられえる。

また、先行研究では、20～60ms あたりに刺激呈示部位と対側の第一次体性感覚野の活動が現れると報告されている[5]。第一次体性感覚野の活動と考えられる刺激呈示部位と対側の体性感覚野のピークが、被験者 6 名中 4 名に、約 10~70ms あたりに見られており、時間領域においてもほぼ一致していると考えられる。

以上より、この図 5、図 6 の約 10ms あたりのピーク（○）は、空気噴流刺激を知覚したための第一次体性感覚野の活動によるものであると考えられる。よって、空気噴流刺激を与えた際に、機械刺激、電気刺激による活動部位の結果[5][6]と同様に第一次体性感覚野の反応は MEG 装置を用いて、計測することが可能であるということが示唆された。

4.2.第二次体性感覚野の活動について

第一次体性感覚野と思われる約 10ms のピークが現れた活動の後に、約 90ms あたりにピーク(点線○)が見られた。約 90ms のピークは、刺激呈示部位に関わらず両側の体性感覚野に現れている。6 名中 4 名に刺激呈示部位と両側の体性感覚野の活動が現れる傾向が見られた。先行研究より、第一次体性感覚野で触覚刺激による活動が現れたのちに、両側の第二次体性感覚野に活動が現れると報告がされている[3][4]。約 90ms の左右体性感覚野付近の活動の様子は、先行研究と同様のものであると考えられる。

また、先行研究では、約 80～140ms あたりに両側の第二次体性感覚野に活動が現れると報告されている[5]。第二次体性感覚野の活動と考えられる刺激

呈示部位と両側の体性感覚野のピークが、被験者6名中4名に、約80~180msに両側の体性感覚野に見られた。

これら刺激呈示部位に関わらず両側の体性感覚野に活動が見られることから、この図5、図6の約90msあたりピーク(点線○)が、空気噴流刺激を知覚したための第二次体性感覚野の活動によるものであると考えられる。よって、機械刺激、電気刺激による活動部位の結果[5][6]と同様に空気噴流刺激による第二次体性感覚野の反応はMEG装置を用いて、計測することが可能であると考えられる。

4.3.ピーク潜時のばらつきについて

被験者6名中4名に、第一次体性感覚野の活動と考えられる活動が、約10~70msあたりに見られた結果は、先行研究の結果[5]と比較すると、最も早いピークが見られた被験者では、約10msほど早い活動が見られた。また、被験者間でピークの見られる時間幅が長い。さらに、第二次体性感覚野の活動と考えられる活動が、約80~180msに両側の体性感覚野に見られた結果も、先行研究の潜時の結果[5]と比較すると、被験者間でピークの見られる時間幅が長い。

以上より、第一次体性感覚野と第二次体性感覚野の活動と考えられる活動のピークの発生する時間幅が、機械刺激、電気刺激と異なり、広くなっていることが推定される。この要因の一つとして考えられるは、空気噴流刺激は、その刺激媒体が、空気であるため、刺激呈示部位にあたった後も、空気が周りへ流れることにより、呈示部位以外の周辺の皮膚に空気が流れるような感覚を与えているということが推測される。また、刺激の呈示時間を200msに設定しており、先行研究と比べると長いことがわかる(例えば、電気刺激では0.3ms[5]，機械刺激では10ms[6])。この呈示時間の長さが影響を与えていると推測される。これらの要因により、機械刺激や電気刺激と比べると、空気噴流による刺激手法では、ピークが現れる潜時のばらつきが、生じる可能性が考えられる。

4.4.今後の方針

実験結果より、MEG装置と空気噴流刺激の組み合わせで、触覚刺激による体性感覚誘発脳磁界と思われる活動を計測することが可能であることが示唆された。触覚刺激を与える際の刺激媒体の違いでは、脳活動部位、潜時に大きな違いは発生しないことが推測される。

しかしながら、ピーク潜時のばらつきを考慮すると、呈示刺激の時間を最小限に抑える必要があることが結果より予想される。空気噴流刺激による仮現運動の最適な刺激条件では、刺激の呈示時間が、50~250msが最も明瞭であると報告されている[7]。よって、今後の実験では、この最適な刺激条件を考慮しつつも、潜時のばらつきを抑えるよう刺激の呈示条件を設定してやる必要があると考えられる。

以上、最適な刺激条件を設定し、MEG装置を用いることで、我々は、触覚の仮現運動による脳内の情報処理過程を動的に捉えることが可能であると推測している。このことから、触覚の仮現運動を知覚させるために、脳内でどのような情報処理が行われているかについて、具体的に論じるための知見が得られると考えている。

また、本実験で得られた単一の触覚刺激の結果は、空気噴流刺激を用いて触覚の仮現運動を与えた際の脳磁界応答の結果と比較するデータとして用い、触覚の仮現運動に関与する脳活動を探る。

5．まとめ

- 空気噴流刺激を用いることで、アーチファクトの影響も少なく、MEG装置で、触覚刺激による脳磁界応答を計測できることが示唆された。
- 単一の空気噴流刺激を与えた際、電気刺激等による脳活動部位とピーク潜時の結果と同様の傾向が示唆された。
- 空気噴流刺激は、電気刺激等に比べると、活動のピークが現れる潜時のばらつきが、大きくなることが推測された。

6．謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費(20370101)およびJSTシーズ発掘試験(11－003)の助成を得た。

参考文献

[1]水上陽介，澤田秀之：薄型触覚呈示デバイスによる高次知覚を利用した触覚情報呈示，情報処理学会 インタラクション論文集， pp. 121-128，2007

[2]津田良一，上野照剛：皮膚感覚における仮現運動知覚の誘発脳波トポグラフィによる検討，医用電子と生体工学，Vol.29，No.4，pp.1-6，1991

[3]Andreas,W., Anders,B., Henrik,H., Birgitta,R., Goran,L., Jonas,S.: Optimizing the mapping of finger areas in primary somatosensory cortex using functional MRI, Magnetic Resonance Imaging, pp.1-10, 2008

[4]Becerra,L., Harris,W., Joseph,D., Huppert,T., Boas,A., D., Borsook,D.: Diffuse optical tomography of pain and tactile stimulation: Activation in cortical sensory and emotional systems, NeuroImage, pp.1-8, 2008

[5]Mauguiere,F., Merlet,I., Fross,N., Vanni,S., Jousmaki,V., Adeleine,P., Hari,R.: Activation of adistributed somatosensory cortical network in the human brain. A dipole modelling study of magnetic fields evoked by median nerve stimulation. Part I: location and activation timing of SEF sources, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Vol.104, pp.281-289, 1997

[6]Karsten,H., Hans,M.M., Peter,H., Michael,S., Andre,R.: Psychogenic sensory loss: magnetic source imaging reveals normal tactile evoked activity of the human primary and secondary somatosenrory cortex, Neuroscience Letters, Vol.323, pp.137-140, 2002

[7]今江勇紀，小谷賢太郎，堀井健：空気噴流刺激による触覚の仮現運動特性，信学技報，Vol.107, No.59, pp.53-56, 2007

携帯情報端末機器を装着した手作り組紐における生体反応変化

Biological Reaction in Braids Making by Handmade with Portable Terminal Equipment

後藤彰彦*，○野口卓也*，久米　雅**，吉田康行**，仲井朝美**，芳田哲也***
*大阪産業大学　**京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター　***京都工芸繊維大学大学院
GOTO Akihiko*, NOGUCHI Takuya*, KUME Masashi**,
YOSHIDA Yasuyuki**, NAKAI Asami**, YOSHIDA Tetsuya***
*Osaka Sangyo University
**Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
***Graduate School of Kyoto Institute of Technology

1　緒言

携帯情報端末の一種であるヘッドマウントディスプレイ（HMD）は頭部に容易に装着でき、またそのディスプレイ上に教示信号として映像を映し出すことも可能である。これまでに、HMD 単体に関する報告はなされているが、HMD が手作業時における生体に及ぼす影響を論じた報告は見当たらない。

京都の伝統工芸である組紐は手作業で製作されるため、非熟練者にとって容易な課題ではない。この作業において非熟練者に対して HMD 上に教示信号を提示し、作業を誘導することは有用と考えられる。しかし、HMD 装着時に違和感等を覚える可能性があるが、この点に関してはこれまで検討されていない。

本研究の目的は組紐作業における HMD 装着の有無による生体反応を検証し，HMD の有用性を考察することである。

2　方法

2.1　被験者

被験者は健常な男子大学生９名とした。

2.2　実験機材

生体反応として血圧、心拍数と脈圧を計測するために電子血圧計 P2000（テルモ社製）を使用した。そして、HMD にはノート PC に接続された DATA GLASS 3/A（島津製作所社製）を使用した。

また、組紐作製では組紐プレート平組 [1]（ハマナカ株式会社製）を使用した。

2.3　実験手順

被験者は3名１組の３班編成として実験を行った。そして実験は以下の３条件のもとで行った。

条件①　HMD を装着しない
条件②　HMD を装着し、且つ動画ない
条件③　HMD を装着し、且つ動画がある

また、HMD 上に表示する教示信号はあらかじめ撮影しておいた組紐製作の動画の連続再生とした。

組紐の作製において長さ 1.2m の糸を計 6 本使用した。糸を組紐プレートの外周に付記された番号を基に、指定された順でスリットに入れていくことで平組の組紐を作製した。

尚、生体反応の計測間隔は 5 分ごとに作業開始時から 15 分まで計 4 回行った。そして実験終了後に HMD 装着に関するアンケート調査を行った。

2.4　データ処理

血圧、心拍数と脈圧は作業開始時の値を 100%として 5 分、10 分と 15 分の値を正規化した。そして、統計処理には二元配置反復測定分散分析を使用した。



図１　ヘッドマウントディスプレイ装着時

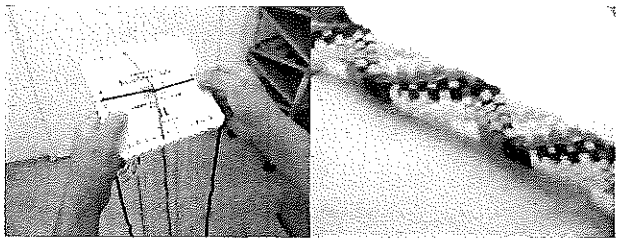


図2　組紐プレート（左）と平組の組紐（右）

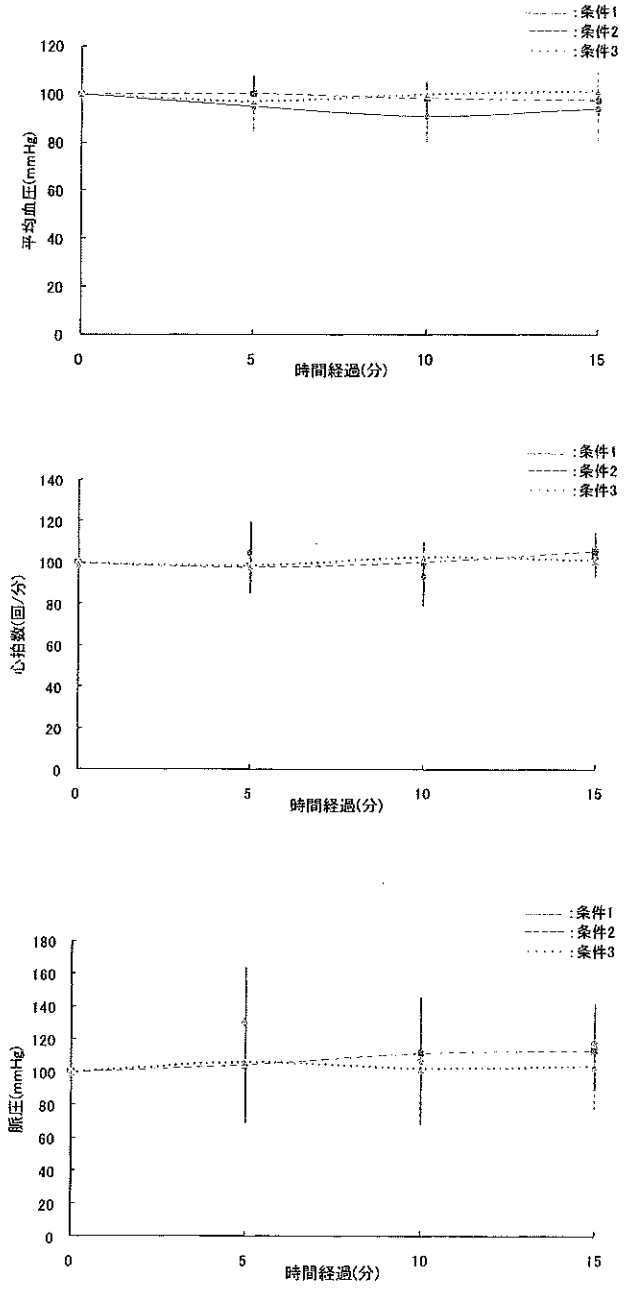


図3　平均血圧（上）、心拍数（中）、脈圧（下）の平均値の時間変化（n=9）

3　結果および考察

図3に平均血圧、心拍数と脈圧の時間変化を示す。各条件間と時系列間において、有意差は全てにみられなかった。3つの全てのパラメータにおいて、ある一定の傾向を示すパターンはみられず不規則に変動していた。

これらの結果からHMDを装着しなかった場合とHMDを装着した場合には差がなかったことになる。そして、HMDを装着して教示信号を流した場合とそうでない場合も差がなかったことになる。したがって、HMDの装着に対して身体は負担を感じていないと考えることができる。

しかし、HMD装着の有無に関するアンケート調査の結果は逆である意見が多くを占めていた。表1にアンケート調査結果を示す。特に作業の妨げを訴える内容が多い傾向を示している。この生体反応と感想が矛盾する理由は容易に説明できないが、本実験からわかることは15分間の作業において呼吸循環器系に有意な変化がなかったことである。

表1　アンケート調査における感想の一例

感想の一例
・HMDを装着して作業をした時は、番号を間違えて組んだり、何か焦った感じがした。
・組紐に集中しているとあまりじゃまだとは思わなかったが、意識すると頭が絞めつけられている感じがして嫌だった。
・頭が重く、目も見ずらかったので作業がやりずらかった。
・頭とベルトの間がむれていた。
・疲れやすいような気がした。
・最初はやりにくく感じたが、時間が経つにつれ、慣れていった。
・初めの頃は凄い違和感があったが慣れてくると通常通りに作業が出来た。

4　結言

HMDを装着しない条件、HMDを装着し，且つ動画を流さない条件とHMDを装着し，且つ動画を流す条件の3条件間において平均血圧、心拍数と脈圧の時間変化に統計的な有意差がなかった。

参考文献

1) 後藤彰彦：手組みによる組紐作製時の眼球運動解析，日本繊維機械学会誌，第60回年次大会研究発表論文集講演要旨集，pp.134-135 (2007).

ヒューマン・モニタリングシステムの開発
ー集中力低下状態の検出についてー
Development of Human Monitoring System
Detection of a lapse of concentration by measurement and analysis of physiological response during a task

○脇水俊行*，岡部直樹**，有馬正和*
*大阪府立大学大学院　**大阪府立大学
WAKIMIZU Toshiyuki*, OKABE Naoki**, ARIMA Masakazu*
*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University,
** College of Engineering, Osaka Prefecture University

1　はじめに

本研究の最終目標は，「ヒューマン・モニタリングシステム」を構築し，船舶をはじめとする公共交通機関や大型プラントの運転／操作に携わる者の生理的・心理的状態を推定，評価することによってヒューマン・エラーを未然に防ぐことである。我が国には可航幅の狭い航路が多数存在し，例えば明石海峡航路では，一日平均630隻（うち，3,000トン以上の大型船は107隻）もの船舶が通航している（平成19年度統計資料[1]）。この周辺はイカナゴ漁や海苔の養殖などの漁業も盛んで，航行する船舶には障害物や他の船舶との接触を避けるための細心の注意が要求され，当直航海士の集中力・注意力の低下は人命に関わる大事故にも繋がりかねない非常に危険な状況である。実際に，海難事故における原因として「見張り不十分」や「操船不適切」，「居眠運転」などの運航に係る人的要因が68.2 %（平成19年度）を占めており[2]，ヒューマン・エラーの対策は重要な課題となっている。国土交通省は，「予防安全型技術」の必要性を訴えて「公共交通に係るヒューマン・エラー事故防止対策検討委員会」を設置し，平成18年4月に最終報告書を公表している。その中で，運転者の心身状態の兆候を検出して，潜在的危険状態を予測・評価するモニタリング手法の研究開発が喫緊の課題であると纏めている[3]。

そこで本研究では，時間切迫感のある単純加算作業中の生理的反応を計測・解析し，疲労等によって被験者の集中力や注意力が低下している状態を客観的に検出することを目指した。本稿では，心拍変動性指標や血流などの生理的反応の解析結果について述べる。

2　集中力低下状態の検出のための実験

本研究では，被験者の集中力の低下を観察するために，内田クレペリン検査[4]を実施した。実験は，十分なインフォームド・コンセントを行い，同意の得られた健康な男子大学生8名を対象に行われた。内田クレペリン検査の検査用紙を図1に示す。

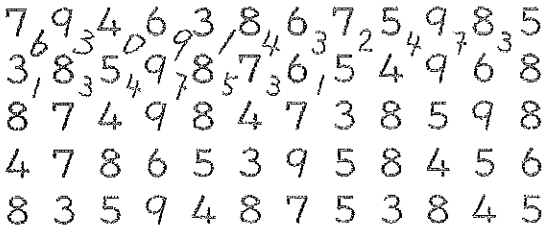


図1　内田クレペリン検査用紙

この検査は，用紙に記載された数字を足して，一の位の値を書き込むという，時間切迫感のある中での単純な連続加算作業を行うもので，通常は5分間の休憩を挟んで15分間を2回行うが，今回の実験では休憩を取らずに20分間継続して加算作業を課した。また，負荷のない状態と比較するために内田クレペリン検査の前後に5分間の安静状態を設け，合計30分間とした。

内田クレペリン検査の答案は，実験後に採点し，回答数と誤答数，一旦誤答を記入した後に正答を記入した訂正数をカウントして集中力の低下状態の指標とした。

生理計測の項目は，心電図，手首動脈血流，脳血流量，呼吸リズム，胃電図の5項目で，開始前の安静状態から内田クレペリン検査中，および終了後の安静状態まで連続的に計測をした。

3　生理的反応の計測と解析

3.1　心拍変動性指標

心電図の計測は，日本光電工業(株)の生体電気用アンプ AB-621G を用いた。ディスポ電極 F-150M を左鎖骨中点から 5cm 下部に 1 点，左右鎖骨中点から垂直に下ろした線と左右第 10 肋骨下部との交点に 2 点の計 3 点に貼り付けた。心電図の QRS 波のピーク位置と次の波のピーク位置の間隔を R-R 間隔と言うが，これは一定ではなく，常に変動している。最近の研究で，心拍変動には周期成分だけでなく，非定常なフラクタル成分が存在することが明らかとなっている。

CGSA (Coarse Graining Spectral Analysis) 法は，非定常変動のモデルであるフラクタルブラウン運動と規則的変動とを分離する方法である。CGSA 法では，原時系列信号 $X(t)$ とそれを粗視化した時系列信号 $X_2(t)$, $X_{1/2}(t)$ とのクロススペクトル $S_{xx2}(\omega)$, $S_{xx1/2}(\omega)$ の位相を計算すると，前者では時間の経過とともに規則的に変化するのに対して，後者では不規則に変化するという性質を利用している。(1) 式に示すように，ふたつのクロススペクトルの幾何平均をフラクタル成分のスペクトルとし，$X(t)$ から求めたスペクトル $S_{xx}(\omega)$ からフラクタル成分のスペクトル $S_{xx1/2}(\omega)$ を除いたものを周期成分のスペクトルとする（図 2)。

$$\overline{S}_{xx_{1/2}}(\omega)=\sqrt{\left\|S_{xx_{1/2}}(\omega)\right\|\cdot\left\|S_{xx_2}(\omega)\right\|} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

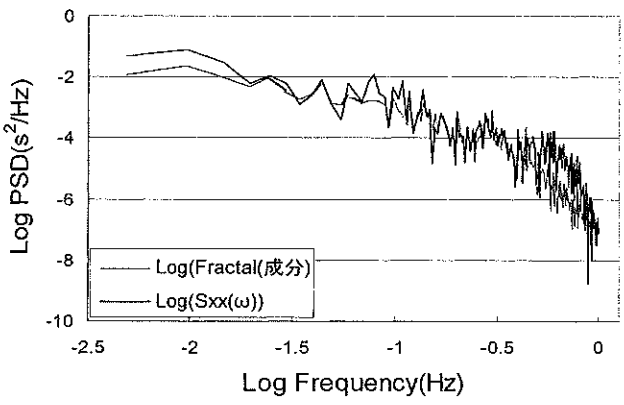


図 2　CGSA 法

CGSA 法により求めた心拍変動の周期成分から低周波成分の指標 LF（Low Frequency）と高周波成分の指標 HF（High Frequency）を求めた。LF と HF はそれぞれ 0.04～0.15 Hz，0.15～0.40 Hz の周波数帯の積分値である[6]。これらの値から交感神経活動指標 (SNS)と副交感神経活動指標 (PNS) を以下の式(2) により求めた。SNS と PNS はそれぞれ緊張状態とリラックス状態を表すと言われている。

$$SNS:\sum LF/\sum HF$$
$$PNS:\sum HF/\left(\sum LF+\sum HF\right) \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

3.2　脳血流

脳血流の計測には，エクセルオブメカトロニクス(株) の脳血流量変化計測システム YN-502 を使用した。左右の眉の上部に計測用端子を装着し，近赤外の吸光率の差から酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb）と脱酸素化ヘモグロビン（deoxy-Hb）の変化量が出力される。計測開始時を基準として左右前頭葉に流れる血流量の変化を計測してパーソナルコンピュータに記録した。oxy-Hb と deoxy-Hb の合計値（total）を脳血流量の変化とする。

3.3　血流

血流の計測は，（株）Hadeco の超音波血流計 ES-1000SPM を用いた。8 MHz の平型プローブ T-0053 を左手首の動脈上にサージカルテープで固定し，手動操作によって 1 分間隔で計測を行った。内蔵プリンターによって，最大流速（PEAK）と平均流速（MEAN），脈拍（HR）の 3 項目が記録紙に出力される。

3.4　呼吸

呼吸は，日本光電工業(株) の呼吸ピックアップアンプ ZE-732A を用いて計測した。抵抗 10 kΩ の JT thermistor を両鼻腔と口腔の 3 点からの呼気に当たるように装着し，抵抗変化を計測した。その時系列データからパワースペクトル密度関数を求めることによって呼吸周波数を算出した。

3.5 胃電図

胃電図は，心電図と同じく日本光電工業(株) の生体電気用アンプ AB-621G を用いた。サンプリング周波数 1 kHz で計測し，ローパスフィルターをかけた後，10 Hz でリサンプリングしてパワースペクトル密度関数を求めた。胃の蠕動運動の周期は 3 cpm とされ，4~9 cpm 周辺の変動のパワーは吐気やストレスで発生すると言われている [7]。そこで，3 cpm 周辺のパワーを LO-EGG，4 ~ 9 cpm のパワーを HI-EGG としてその変化を調べた。

4 集中力低下の検出

ある被験者の 1 分毎の内田クレペリン検査の誤答率と回答効率の時間変化を図 3 に示す。ここに，回答効率とは回答数の平均値を 100 %としたときの回答数の割合を示している。この被験者では，検査の後半に回答効率が低下し，誤答率が上昇していることがわかる。本研究では，内田クレペリン検査で訂正された箇所も誤答であるとみなして，誤答率が 5 %を超える場合や回答効率が 80 %を下回る状態を集中力の低下状態であると判断して，生理的指標の変化との比較を試みた。

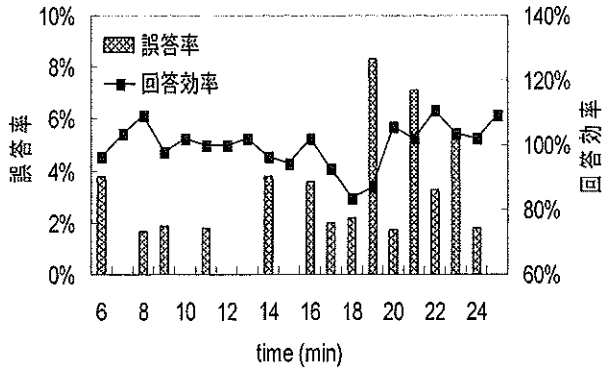


図 3 内田クレペリン検査の誤答率と回答効率

この被験者の生理計測データを図 4~8 に示す。図中横軸の 5~25 分が内田クレペリン検査の時間である。

図 4 は，心拍変動性指標となる SNS と PNS の変化である。誤答率が高くなる検査後半に SNS が大きくなっていることがわかる。また，脳血流量の時間変化を図 5 に示す。total1 (右脳) + total2 (左脳) が左右両脳の血流量変化で，total1 – total2 は，右脳の活動優位を表す。この被験者は，内田クレペリン検査で脳血流量が低下しているが，計測ができなかった 1 名を除く他の 6 名の被験者では，血流量が増加するという結果が得られた。また，この被験者を含む 6 名の被験者で空間的認知を司る右脳の活動が内田クレペリン検査中に優位になるという結果が得られた。

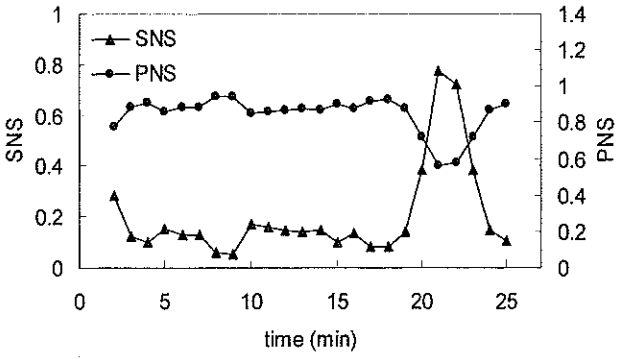


図 4 SNS と PNS の時間変化

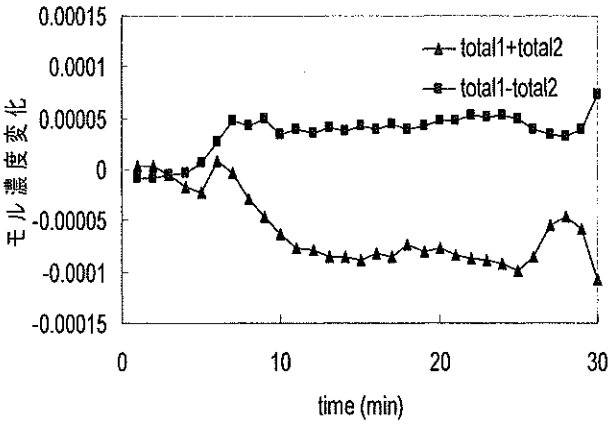


図 5 脳血流量の変化

呼吸周波数と心拍数の変化を図 6 に，手首の血流速度の最大値 (PK) と平均値 (MN)，心拍 (HR) の変化を図 7 に示す。呼吸周波数と心拍数は，変動の傾向が似ており，クレペリン検査中に若干増加するが，このことは全ての被験者で確認された。手首の血流は，計測できなかった部分もあるが，安静時に比べて内田クレペリン検査中に血流速度が低下し，実験後に回復している様子がわかる。また，胃電図から求めた LO-EGG と HI-EGG の時間変化を図 8 に示す。LO-EGG と HI-EGG は，内田クレペリン検査中に減少している被験者が多く，ストレスにより EGG のパワースペクトルが減少するという報告 [7] とも一致する。内田クレペリン検査中に SNS の

上昇，血流速度の低下，心拍数の上昇が多くの被験者にみられたが，これは緊張ストレス環境における生理的反応を解析した前回の報告とも一致している[8]。

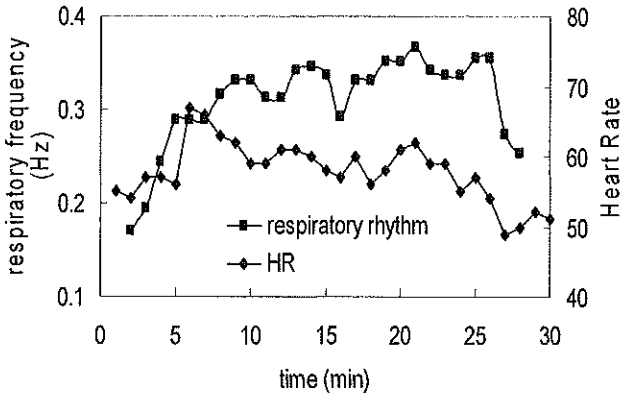


図 6　呼吸周波数と心拍数

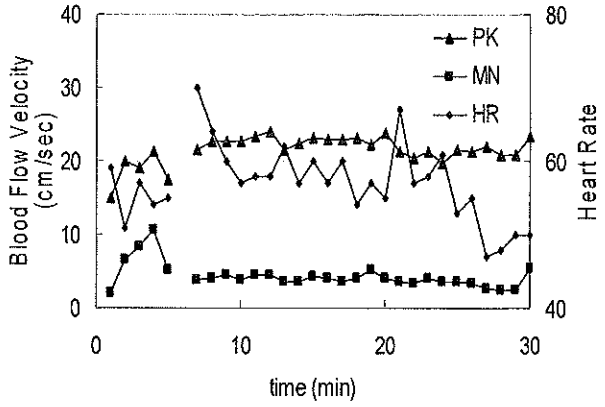


図 7　血流速度の変化

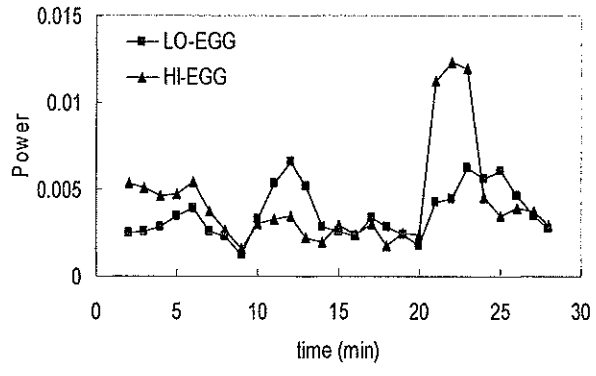


図 8　胃電図解析

誤答率の上昇または回答効率の低下によって集中力が低下したと判断される時間帯を調べると，SNS の値が大きく上昇していることが多いことがわかった。また，脳血流量変化，血流速度，胃電図解析においては，これら生理的反応の変化が大きくなる時間に集中力の低下が認められることが多いことがわかった。

5　まとめ

本研究では，単純加算作業環境における集中力の低下を心電図，脳血流，手首の血流速度，呼吸リズム，胃電図の計測・解析によって推定・評価することを試みた。内田クレペリン検査による実験の結果，SNS が増加すると集中力の低下が発生する可能性のあることがわかった。また，内田クレペリン検査中に脳血流は右脳が活性化し，前頭葉に流れる血流量の増加，呼吸周波数の上昇，胃電図のパワースペクトルが減少する傾向のあることが明らかとなった。しかし，今回の実験では被験者数が 8 名と少なく，これらの変化が普遍的なものであると結論付けることはできない。今後，さらに実験・解析データを増やして，集中力低下時における生理的反応の特徴について詳しく調べていきたい。

参考文献

1) 第五管区海上保安本部 大阪湾海上交通センター：大阪湾海上交通センター統計誌(平成 19 年) (2008). http://www6.kaiho.mlit.go.jp/osakawan/others/other_information/statistics/toukei_H19.pdf

2) 海上保安庁：平成 19 年における海難及び人身事故の発生と救助の状況 (2008). http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/tokei/

3) 国土交通省：公共交通に係るヒューマンエラー事故防止対策検討委員会最終とりまとめ (2006). http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/01/010426/01.pdf

4) 日本・精神技術研究所：内田クレペリン検査. http://www.nsgk.co.jp/service-company/uk/

5) 山本義春：生体のフラクタルゆらぎとその機能 (1998). http://www.p.u-tokyo.ac.jp/~yamamoto/jres_6/jres_6

6) Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology : Heart rate variability, European Heart Journal, 17, pp.354-381 (1996).

7) Stern, RM, Koch, KL, and Vasey, MW : Principles of psychophysiology, Cambridge University Press, pp.555-579 (1990).

8) 馬場祐太，能見光司，脇水俊行，有馬正和：緊張ストレス環境における生理的反応の計測と解析，平成 19 年度日本人間工学会関西支部大会 講演論文集，pp.161-164 (2007).

夏季輻射熱を再現した運動時の体温調節反応に与える衣服の影響

Effect of clothing on thermoregulatory responses during exercise exposed to simulated radiant heat in summer

○溝辺宜之*，近澤祐樹*，芳田哲也*，常岡秀行*

*京都工芸繊維大学大学院

MIZOBE Yoshiyuki*, CHIKAZAWA Yuki*, YOSHIDA Tetsuya*, TSUNEOKA Hideyuki*

*Graduate School of Kyoto Institute of Technology

1　緒言

暑熱環境下での身体活動では体内での産熱量が増大するため，体温の上昇が生じる．太陽からの輻射熱は暑熱障害，特に日射病と密接に関連している環境因子であり，運動時における行動限界を決定する要因[1]と考えられ，体温調節上，生体の放熱機構に大きな影響を及ぼす[2]ことが示唆されている．また着衣に注目した研究例として，スポーツユニフォーム等の違いが運動時の体温調節反応に及ぼす影響を検討した研究[3]が見られるが，着衣条件に加えて太陽の輻射熱や気流を含めて総合的に検討した研究はあまり見られない．

本研究では，夏季に近い輻射熱や気流を再現した実験室において，着衣の有無による運動時の温熱ストレスの差異について比較・検討を行い，輻射環境下における運動時に衣服の着用が体温調節反応に与える影響を明らかにすることを目的とした．

2　実験環境

2.1　輻射熱

夏季屋外で気温が 30℃の場合，太陽輻射に暴露された黒球温度計がおよそ 39℃を示すことが報告されている[4]．したがって，本実験では実験室内の室温を30℃に設定し，夏季の輻射熱を再現するためにナイター用照明を 2 基使用し，被験者周辺の黒球温度計が39℃になるよう，照明の位置や角度を調節して前面に配置した．

2.2　気流

屋外の運動においては，自然の気流や移動することによって受ける風により汗が蒸発して体表面が冷やされ，過度の体温上昇を抑制している．本研究では，工場扇を用いてヒトが心地良いと感じる 0.8m/s の気流[6]を発生させ，被験者の前面から当てた．また，扇風機から発生する風は乱流のため，一定の風速で風を送り続けることが困難なので，発生した風が分散せず前方向へ一定の気流を送ることが出来るように前枠を作成し，扇風機の前面に取り付けた．

3　実験方法

3.1　実験条件

被験者は健康な男子大学生 8 名で，着衣の有無(ウェア着用[wear],半裸体[semi-nude])，負荷強度(強[high],弱[low])の各条件を組み合わせた 4 条件で実験を行った．着衣は白色のハーフパンツ(polyester 100%)を着用し，上着は裸体との差を明確にするため，同じく白色の長袖(polyester55%,cotton45%)を使用した．負荷強度は，それぞれジョギングおよびウォーキング程度の負荷である最大酸素摂取量の50%と 20%とした．

3.2　測定項目および手順

測定項目は心拍数(HR)，食道温(Tes)，7 部位の皮膚温(前額部・胸部・腹部・上腕・前腕・大腿部・下腿部)から算出した平均皮膚温(Tsk)，胸部および前腕部皮膚血流量，平均血圧(MBP)，総発汗量，主観的運動強度(Rating of Perceived Exertion,RPE)，温冷感とした．RPE は 6～20 の 15 段階で作成されたBorg 式，温冷感は 1(かなり寒い),5(普通),9(かなり暑い)の 17 段階で作成された温冷感指標を使用した．

測定は 30 分以上，椅座位安静の後に開始し，5 分後に照明及び扇風機の電源を入れ，15 分後に運動を開始した．運動は自転車エルゴメータ（キャットアイ社製）を用いて実施し，20 分間の自転車漕ぎ運動を 5 分間の休憩を挟んで 3 セット（合計 60 分間）実施した．なお，水分補給による体温上昇の抑制を削除するため，自転車漕ぎ運動中に水分補給は行わなかった．実験終了後に汗を十分拭き取り，裸体にて体重を測定し実験前後の体重変動から発汗量を算

出した．実験は各着衣条件について１週間以上の間隔をあけて実施した．また，本研究は京都工芸繊維大学におけるヒトを対象とする研究倫理審査委員会による審査・承認を受けて実施した．

3.3 統計処理

実験にて得られた体温等の各測定値は，平均値±標準誤差で表した．また，着衣条件間の比較は，Repeated measures ANOVA，発汗量の比較はｔ検定を行い，いずれも危険率は5%水準とした．

4 実験結果

4.1 食道温と平均皮膚温の変動

低負荷および高負荷における食道温上昇の経時変化を図１に示す．低負荷の運動を行った場合，食道温は運動開始直後から semi-nude 条件が温度上昇は大きい傾向が見られたが有意差は認められなかった．一方，高負荷の場合，１セット目の運動時は semi-nude 条件が食道温の上昇は大きいが，それ以降は wear 条件の温度上昇が有意に大きかった（$p<0.01$）．

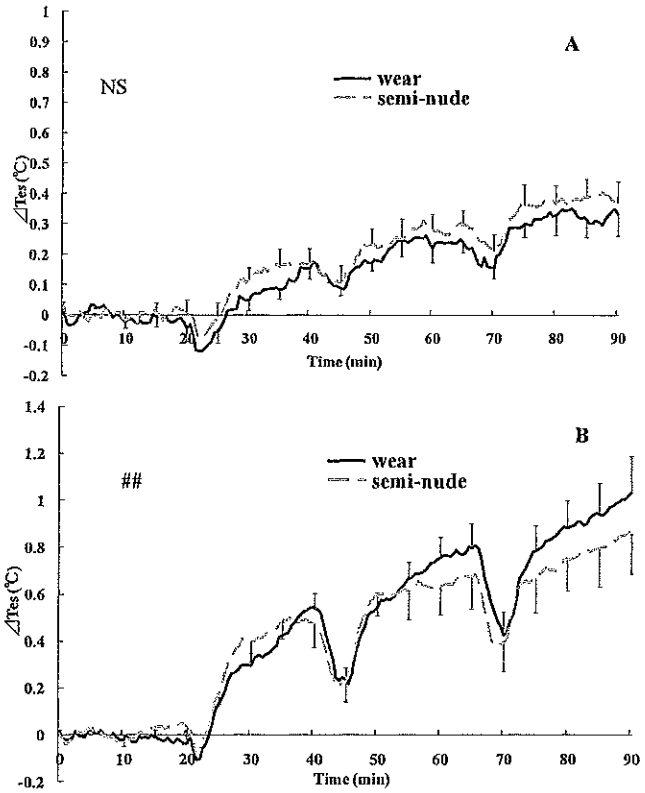


Fig.1 Comparison of the increase in esophageal temperatures(⊿Tes) between wear and semi-nude condition during exercise at low(A) or high(B) intensity. Values are Mean±SE. ##,p<0.01; NS, Not Significant

低負荷および高負荷における平均皮膚温の経時変化を図２に示す．低負荷の運動を行った場合，平均皮膚温は照明点灯直後から semi-nude 条件が有意（$p<0.01$）に高くなり，運動中も常に高い状態を保っていた．高負荷の場合も同様に，semi-nude 条件が有意に($p<0.05$)高い温度を示した．

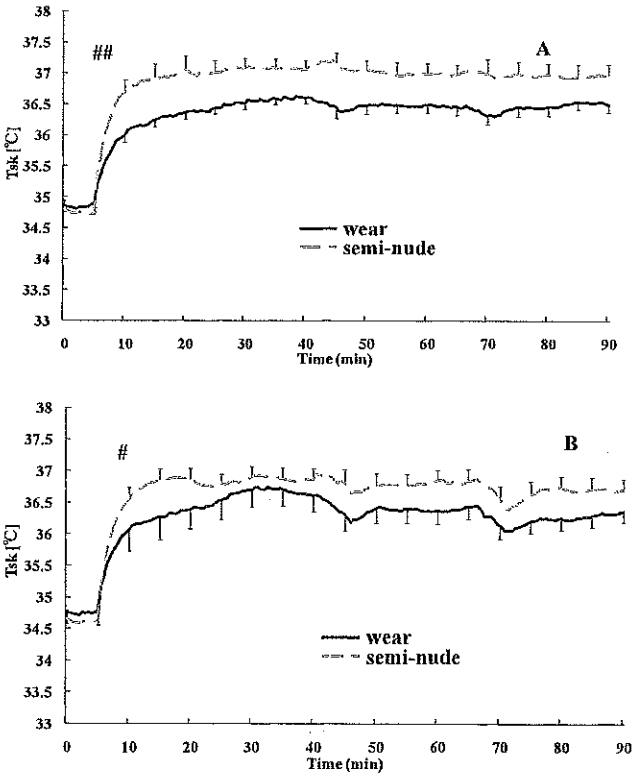


Fig.2 Comparison of mean skin temperatures (Tsk) between wear and semi-nude condition during exercise at low(A) or high(B) intensity. Values are Mean±SE. #,p<0.05; ##,p<0.01

4.2 胸部および前腕部皮膚血流量と平均血圧の変動

低負荷の運動を行った場合，皮膚血流量には条件による違いが見られなかったが，高負荷の運動を行った場合，胸部皮膚血流量は semi-nude 条件で，前腕部皮膚血流量は wear 条件において高い増加率を示す傾向が見られた．

低負荷および高負荷における平均血圧の経時変化を図３に示す．低負荷の運動を行った場合，１セット目に違いは見られなかったが，2,3 セット目では wear 条件が semi-nude 条件に比べて有意($p<0.01$)に高い値を示した．しかし高負荷の運動を行った場合には，有意差は認められなかった．

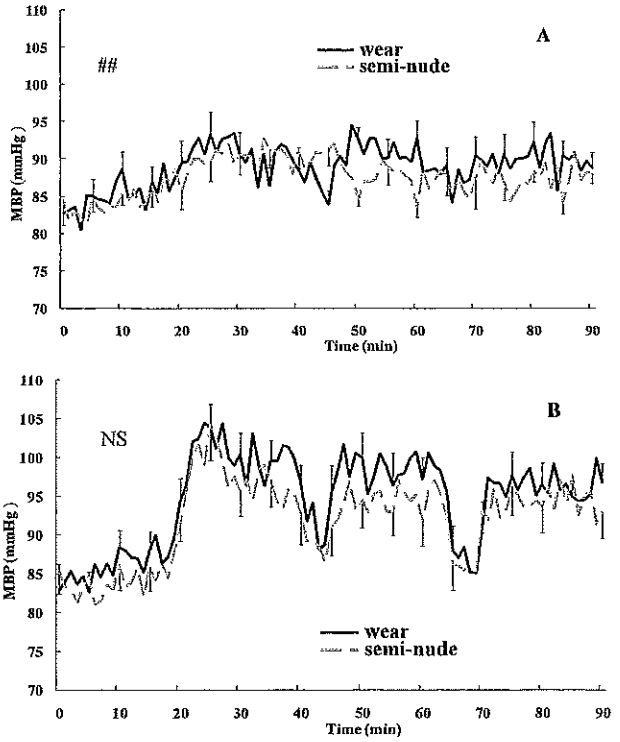


Fig.3 Comparison of mean blood pressure(MBP) between wear and semi-nude condition during exercise at low(A) or high(B) intensity. Values are Mean±SE. ##,p<0.01; NS,Not Significant

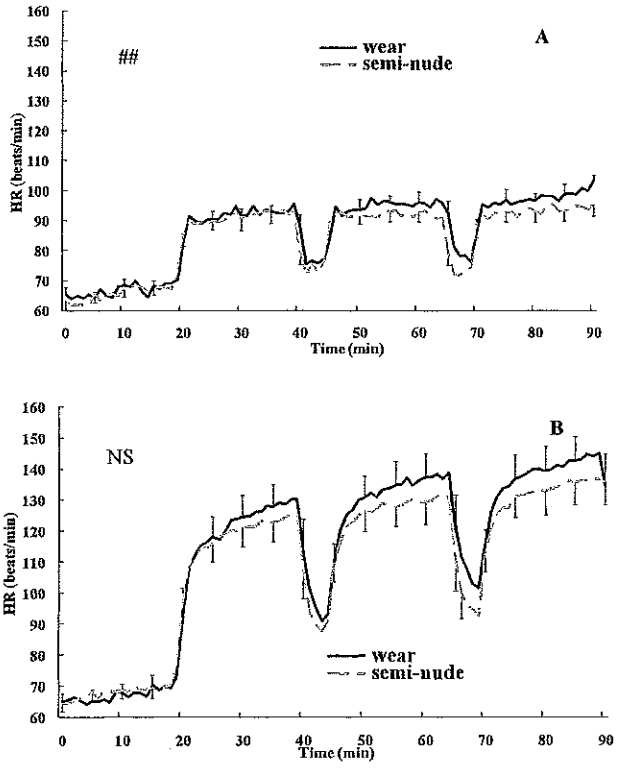


Fig.4 Comparison of heart rate(HR) between wear and semi-nude condition during exercise at low(A) or high(B) intensity. Values are Mean ± SE.##,p<0.01; NS,Not Significant

4.3 HR・RPE・温冷感の変動と総発汗量

低負荷および高負荷における HR の経時変化を図 4 に示す．低負荷の運動を行った場合，HR は 1 セット終了後の休憩時までほぼ同じ変動を示したが，2 セット目以降は wear 条件において有意($p<0.01$)に高い値を示した．高負荷での運動時には，有意差は認められなかった．

低負荷および高負荷における RPE の経時変化を図 5 に示す．低負荷の運動を行った場合，RPE は wear 条件において高い値を示す傾向が見られたが．高負荷での運動時においては，wear 条件が有意($p<0.01$)に高い値を示した．

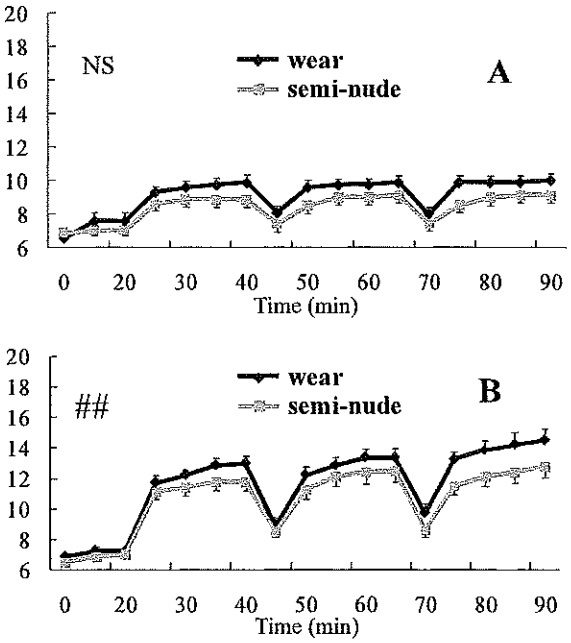


Fig.5 Comparison of RPE between wear and semi-nude condition during exercise at low(A) or high(B) intensity. Values are Mean±SE. ##,p<0.01; NS,Not Significant

低負荷および高負荷における温冷感の経時変化を図 6 に示す．低負荷・高負荷の運動を行った場合，共に温冷感は wear 条件において有意($p<0.01$)に高い値を示した．

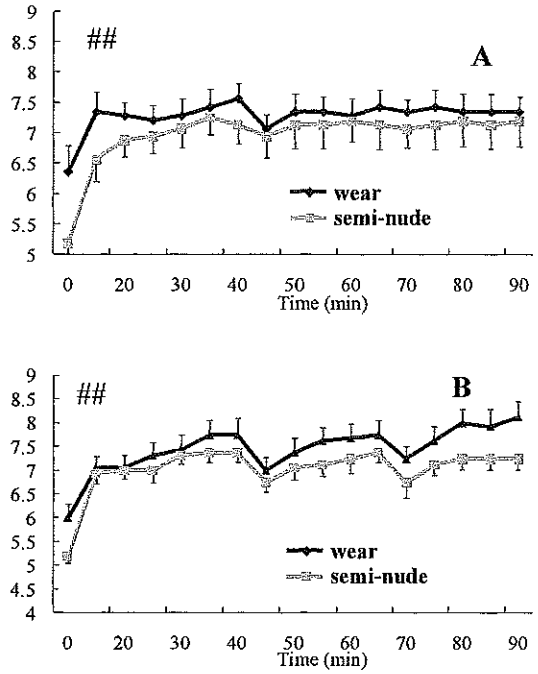


Fig.6 Comparison of Thermal sensation between wear and semi-nude condition during exercise at low(A) or high(B) intensity. Values are Mean±SE. ##,p<0.01

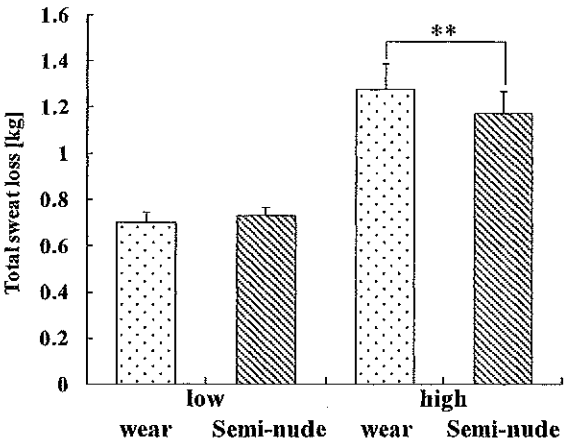


Fig.7 Comparison of total sweat loss between conditions. Values are Mean±SE. **,p<0.01

各条件における総発汗量を図7に示す．低負荷の運動を行った場合，総発汗量に差は見られないが，高負荷での運動時においては wear 条件で有意(p<0.01)に高い値を示した．

5 考察

今回の暑熱環境において，両方の運動強度で平均皮膚温が semi-nude 条件で有意(low:p<0.01,high:p<0.05)に高かったのは，照明による熱を皮膚に直接受けていたことが原因と考えられる．しかし，低負荷で運動を行った場合，食道温は semi-nude 条件が wear 条件に比べて高くなる傾向が見られたが有意な差は認められなかった．また皮膚血流量にも大きな差は認められず，総発汗量にも差が認められなかったことから，低強度の運動時には着衣による温熱ストレスは半裸体状態と同様と考えられる．食道温に差が認められないにもかかわらず，HR と温冷感が wear 条件で有意(p<0.01)に高かったのは，運動による発汗で衣服内湿度が上昇したことにより，暑さに対する不快感が交感神経を刺激し HR を増加させた可能性が考えられる．

高負荷で運動を行った場合，食道温は wear 条件が semi-nude 条件に比べて有意(p<0.01)に高かった．また HR に有意差は認められなかったが wear 条件が高い傾向を示した．皮膚血流量には胸部と前腕部で共通の傾向は認められなかったが，wear 条件の RPE・温冷感は semi-nude 条件に比べて有意(p<0.01)に高く，総発汗量も有意(p<0.01)に多かった．これらの結果から高負荷の運動では wear 条件の温熱ストレスは semi-nude 条件に比べて高かったことが示唆された．

6 結言

輻射環境下での運動時に衣服が身体に与える影響を明らかにすることを目的として，夏季に近い輻射熱や気流を再現した実験室において，異なる着衣形態での運動時の温熱ストレスの差異について比較・検討を行った．その結果，低強度の運動時に大きな差は認められないが，高強度では wear 条件が semi-nude 条件に比べて温熱ストレスが高くなることが示唆された．

参考文献

1) Pugh, L.G.C.E., J.L. Corbett, and R.H. Johnson : Rectal temperatures, weight losses, and sweat rates in marathon running, J. Appl. Physiol.,23(1967), 347-352
2) Furuya, T. and T. Kubota: Physiological reaction of men under exercise to radiant heat, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ.,22(1975), 79-92
3) 新矢博美，芳田哲也，常岡秀行，中井誠一，伊藤孝：スポーツユニフォームの違いが高温環境下運動時の体温調節反応に及ぼす影響，体力科学，(2004)，53(3)，347-356
4) 中井誠一，芳田哲也，寄本明，岡本直輝，森本武利：運動時の発汗量と水分摂取に及ぼす環境温度(WBGT)の影響，体力科学，(1994)，43(4)，283-289

追従および認知・判断タスク中の脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の特徴比較

Characteristics of Changes in Concentration of Oxygenated Hemoglobin in Brain Tissue during Tracking and Cognitive Task

○佐藤健二*，中村美穂**，萩原啓*

*立命館大学情報理工学部　**立命館大学院理工学研究科

SATO Kenji*, NAKAMURA Miho*, HAGIWARA Hiroshi*

*Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering

**Ritsumeikan University, Graduate School of Science and Engineering

1　はじめに

現代社会の技術の進歩に伴い、自動車においても機能の充実や、情報化などの面で、様々な進歩が見られるようになってきている。これらの技術の進展により、運転のしやすさや、空間としての快適性など、日々進歩が見られている。さらに安全面においても、事故発生時に乗員への衝撃が最大限軽減されるように、ボディやエアバッグなどの研究開発が精力的に進められている。

その結果、2000 年から 7 年連続で死者数が減少しており、パッシブセーフティー技術（万一事故が発生した場合に乗員の被害を軽減する受動的な安全技術）が近年非常に充実してきたからであると考えられる。しかしながら負傷者は 9 年連続で 100 万人を超えており、パッシブセーフティーの充実によって死者は減少したが、事故自体を減らさせるためには、事故の事前予防となるアクティブセーフテー技術の向上が必要であると考えられる。

現在の事故の主な原因として、前方不注意が非常に大きな割合を占めている。長時間運転により集中力が薄れ、いわゆる漫然運転による前方不注意が引き起こされる。漫然運転を防ぐためにどのような外部刺激が有効であるのかを明らかにすることができれば、事故を減らすために非常に有益であると考えられる。アクティブセーフティーに関わる外部刺激を見出すために、運転中にどのような活性状態にあるのかを調べる必要があるものと考えられる。

本研究では追従課題、認知・判断課題を同時または別々に行った時の脳内酸素化ヘモグロビン（Hb）濃度変化を計測することで、脳内の活性状態を評価し、パフォーマンスと活性状態の関連性を求める。

2　実験について

2.1　概要

本実験では運転中に必要とされる追従性をシミュレートするパフォーマンステストと、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同時に行ってもらった。パフォーマンステスト実施中に、生理データとして EEG（脳波），ECG（心電図），脳内血中 Hb 濃度変化の計測を行った。

2.2　パフォーマンステスト

運転中の脳内の活性度に近い状態を作り出す為に重要と考えられる「標的追従能力」と「認知・判断能力」を同時に要求されるパフォーマンステストを LabVIEW（日本ナショナルインスツルメント株式会社）にて作成した（図 1）。

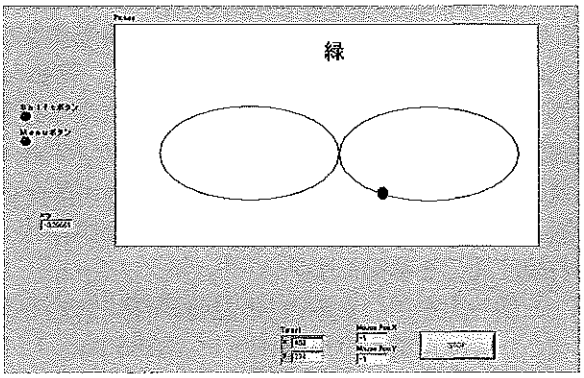


図 1　パフォーマンステスト画面

パフォーマンステストでは、被験者に 8 の字を描きながら動くターゲットをマウスポインタで追従してもらい、ターゲットとマウスポインタとの位置座標の差を追従誤差として計測した。また、同時に画面中央上部に表示される漢字 1 文字の文字が表現する色と、実際表示されている文字の色とが一致しているか否かを判断してもらった。一致していれば Shift キーを、一致していなければ Ctrl キーを押

して答えてもらい、反応時間と正答率を計測した。

2.3 脳内血中 Hb 濃度変化

光を利用した濃度計測の基礎は、光の吸光度「Absorbance」(入射光と検出光との強度比の対数値)が光路長と濃度との積に比例するという Lambert-Beer の法則である。

$$Absorbance = -\log(I / I_0) = \varepsilon C d \quad \cdots \quad ①$$

①式において I が検出光、I_0 が入射光の光強度、ε はモル分子吸光係数、d は光路長である。

Lambert-Beer の法則を用いることができるのは入射からの光路が一次元で透過し検出され、なおかつ計測対象が吸収物質のみで構成されている場合である。人間の脳内 Hb 濃度の計測を行う場合、光は三次元で透過し、また血液中には散乱物質が含まれているため Lambert-Beer の法則をそのまま適用する事ができない。このような場合には光の吸光度と濃度との間で成立する線形関係が崩れてしまう。従って、脳内 Hb 濃度計測では光の吸光度変化と濃度変化との微小区間における線形関係を仮定することで、光の散乱の影響を付け加えた modified Lambert-Beer の法則を用いる。

$$\Delta A = -\log(\Delta I / I_0) = \varepsilon \Delta C < d > + \Delta S \quad \cdots ②$$

②式において $< d >$ は平均光路長、ΔS は散乱変化であり、本実験で用いる近赤外光イメージング装置 NIRStation(島津製作所)は平均光路長を 1、散乱変化は無視して 0 としている。

定量したい物質が 2 つの場合は、光の吸光度変化と濃度変化の線形関係を仮定すると、吸光度変化はそれぞれの濃度変化の和で表わされる。NIRStation では 780nm、805nm、830nm の 3 波長によって吸光度変化を計測し、酸素化 Hb と脱酸素化 Hb のモル分子吸光係数を使って、modified Lambert-Beer の法則と最小二乗法によって酸素化 Hb と脱酸素化 Hb の濃度変化を算出している [1)2)]。

近赤外光を用いた脳内 Hb 濃度計測における問題点として、光路長の問題があり、NIRStation による計測においては、平均光路長を 1 として結果を算出している。実際に Hb 濃度変化として算出される値は濃度変化と光路長との積である。光路長は個人によって異なり、また部位によっても異なる値である。従って、被験者が異なれば当然違う値となり、測定部位によっても異なった値になる。また、被験者ごとの比較は当然ながら、同じ被験者であっても各部位における比較はできないということに注意しなければならない。

3 実験方法

3.1 実験準備

本実験では健康な成人 3 名を被験者として測定を行った。計測に先立って被験者からはインフォームドコンセントを得ている。

生理指標として EEG (脳波)・ECG (心電図) 及び脳内血中 Hb 濃度変化の計測を行った。EEG,ECG の計測には、携帯型多用途生体アンプ・収録装置「Polymate」(ティアック電子計測株式会社) を、脳内血中 Hb 濃度変化の計測には、近赤外光イメージング装置「NIRStation」(島津製作所) を使用した。

脳波計測のための電極装着位置は国際 10-20 法にもとづく O_1,O_2 とした。また心電図の計測には、左右の鎖骨 2 箇所と左の肋骨の下から 2 番目にあたる位置に電極を装着した。

なお、ノイズ軽減のために、皮膚と電極との抵抗値が 10kΩ以下になるようにして実験を行った。

脳内血中酸素化 Hb 濃度変化計測のため、近赤外光イメージング装置 NIRStation のプローブを、被験者の頭部に専用ホルダーを装着した上で取り付けた。発光用のプローブ (図 2 の T) 9 本と、受光用のプローブ (図 2 の R) 9 本を装着した (図 2)。隣接するプローブの間隔は 3cm である。

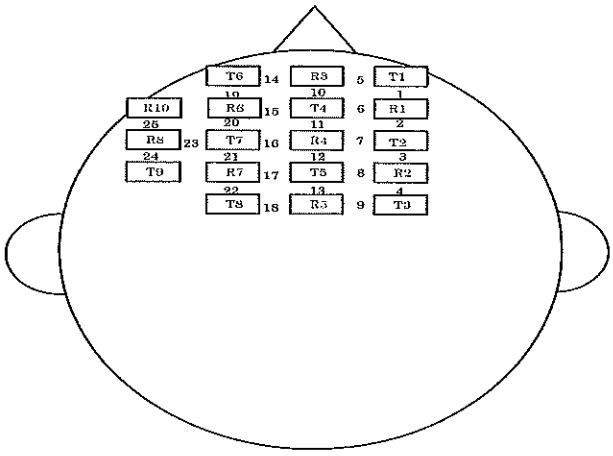


図 2 プローブ装着位置

3.2 実験プロトコル

実験は以下に示す 1)～8)の順で実施した。

1) 着座姿勢にて実験装置装着
2) 安静座位 (2min)
3) タスク① (2min×5)
4) 安静座位 (2min)
5) タスク② (2min×5)
6) 安静座位 (2min)
7) タスク③ (2min×5)
8) 計測終了

タスクの内容は以下の通りである。

タスク①

(1) 前レスト（30sec）

(2) 追従反応パフォーマンステスト

…8の字を描くターゲットを追従。

(3) 後レスト

タスク②

(1) 前レスト（30sec）

(2) ストループテスト（60sec）

…表示された文字色と、文字が意味する色が一致しているか否か回答。

(3) 後レスト（30sec）

タスク③

(1) 前レスト（30sec）

(2) 追従反応＋ストループテスト（60sec）

…追従反応パフォーマンステストと、ストループテストを同時に実行。

(3) 後レスト（30sec）

加算平均するため以上の3種類のタスクをそれぞれ5回繰り返す。

4 解析方法

実験では、追従パフォーマンステストにおける追従誤差と、ストループテストにおける反応時間と正答率、タスク中の脳内血中Hb濃度変化について解析を行った。

脳内血中Hb波形は、それぞれのタスクにおいて5回分（1回：2min）の脳内血中Hb波形を目視で確認し、明らかにノイズと見られる波形がなければ5回分の加算平均を取り、各タスク前の安静座位時を基準点と考え、そこからの相対的脳内血中Hb濃度変化が得られるように補正を行った。

5 実験結果

5.1 パフォーマンステスト

追従パフォーマンステストの結果を比較するために、追従したターゲットの位置とマウスポインタの位置のピクセル差の平均を示す（図3、図4）。

追従誤差の値は個人によってばらつきがあることが多い。今回のパフォーマンス結果において、被験者Aのほうが平均追従誤差は大きいが、追従パフォーマンステストのみと、追従パフォーマンステスト＋ストループテストの値を比較すると、両被験者とも明確な差は見られなかった。

ストループテストのみのタスクと、追従パフォーマンステスト＋ストループテストのタスクにおける、平均反応時間と正答率の関係を示す（図5）。

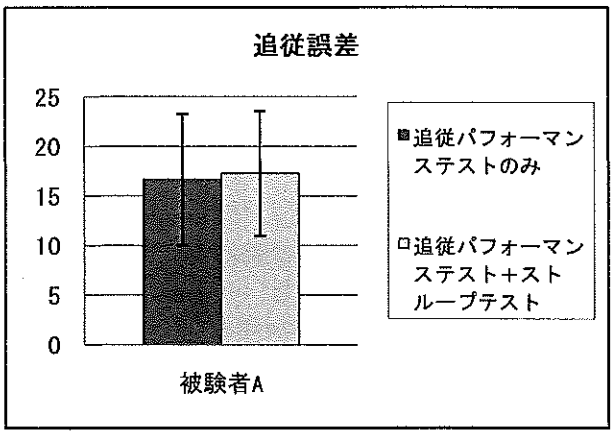


図3 被験者Aの平均追従誤差

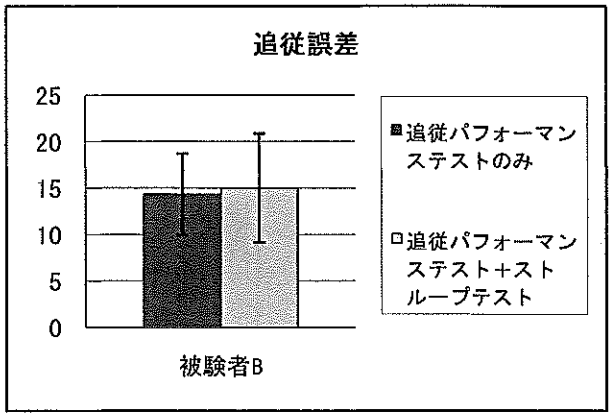


図4 被験者Bの平均追従誤差

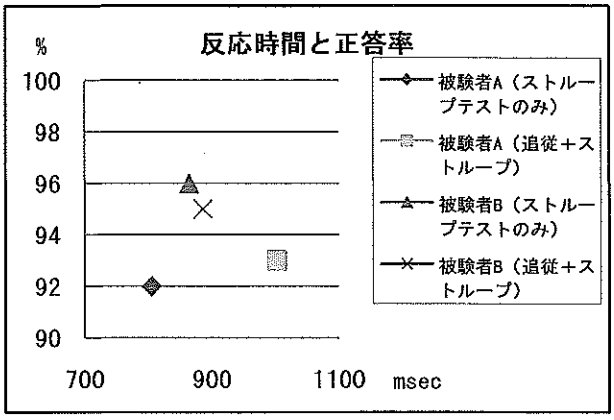


図5 2被験者の反応時間と正答率

今回の実験では、平均反応時間に関しては被験者Aでは約200msecの差が見られ、追従＋ストループテスト条件の方が反応時間が長かった。被験者Bでは差が見られなかった。正答率においてはほとんど差が見られず、2被験者とも両方のタスクで90%以上であった。

5.2 脳内血中 Hb 濃度

計測チャネル 10 とチャネル 25 の脳内血中 Hb 波形を図 6,7,8 に示す。計測チャネル 10 は前頭前野の中央部であり、チャネル 25 はストループテストに関わりのあるといわれる前頭前野背外側部である。横軸が時間軸であり、-30～0sec が前レスト、0～60sec がタスク、60～90sec が後レストである。縦軸は-30sec の点を基準点 0 として、脳内血中 Hb 濃度と光路長との積を相対的な変化の度合いとして表している。3 本の線のうち、一番濃い線が酸素化 Hb 波形を、次に濃い線が脱酸素化 Hb 波形を、一番薄い線が全 Hb 波形を示している。

被験者 B の各タスク 5 回の加算平均の図を示す。

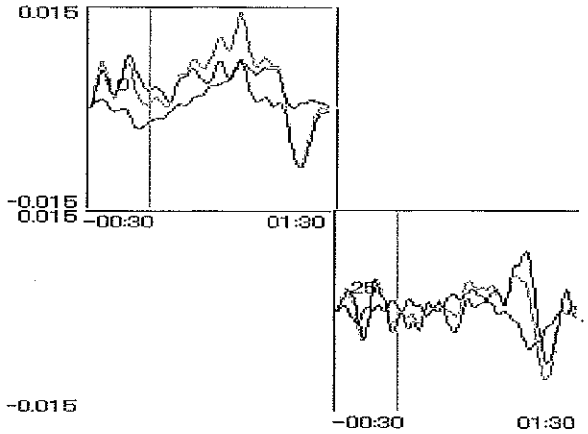


図 6　追従パフォーマンスのみの脳内血中 Hb 濃度変化波形

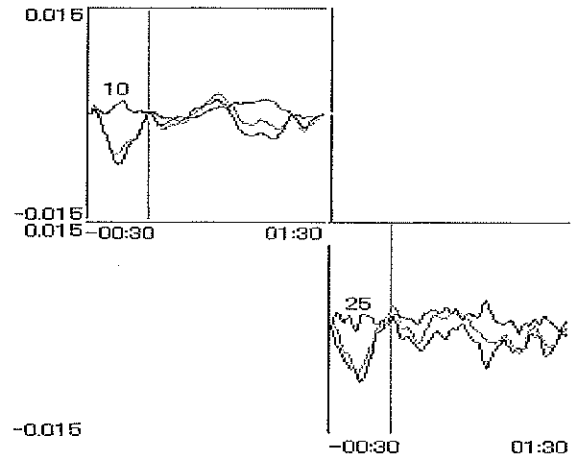


図 7　ストループテストのみの脳内血中 Hb 濃度変化波形

図 6 と図 8 を比較すると、追従パフォーマンスのみと追従パフォーマンス＋ストループテストでは後者のほうが酸素化 Hb 濃度変化は全体的に小さな値となっていた。また、追従のみではタスクが始まると酸素化 Hb 濃度変化が増加する傾向にあるが、追従＋ストループテストではタスクが始まると酸素化 Hb 濃度変化が減少する傾向にあった。

図 7 と図 8 を比較すると、ストループテストのみに比べ、追従＋ストループテストが全体的に酸素化 Hb 濃度変化は小さな値となっていた。しかし、タスク直前に酸素化 Hb 濃度変化が増加する点など、両者の波形には共通点がいくつか見られた。

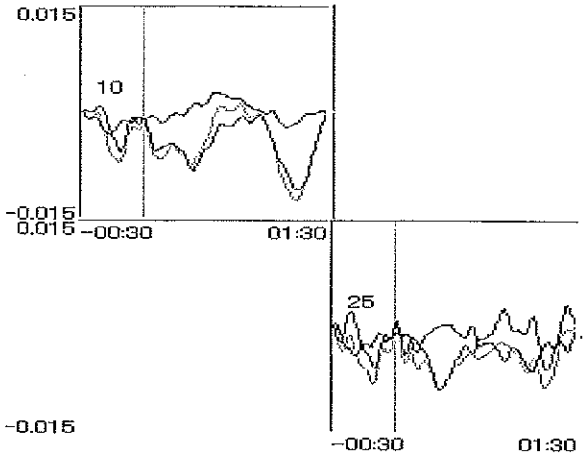


図 8　追従パフォーマンス＋ストループテストの脳内血中 Hb 濃度変化波形

6　考察

本研究において、追従のみを行った場合は前レスト中に酸素化 Hb 濃度変化が一度増加した後減少し、タスク中に再び増加し、後レストで減少した。ストループテストのみを行った場合、前レストで一度減少後に増加し、タスク中になだらかに減少し、後レストで再び増加した。追従＋ストループテストを行った場合、前レスト中に減少と増加があり、タスク中は減少した後増加しながら後レストに移り、後レスト中に減少・増加の順に変化し、それぞれのパフォーマンステストを単独で行った場合の特徴が少しずつ混合されたような特徴が得られた。今後の課題として、より正確な統計的結果を得られるようにするために被験者数を増加させ、さまざまな特徴を見出し、相互の関係を検討する必要がある。また、今回はストループテストの正答率が高すぎたので、問題の難易度を調整することが必要となった。

参考文献

1) 江田英雄、宮井一郎、久保田競、柳田敏雄：運動時の脳活動計測、臨床脳波、vol.44　no.12、pp.751-757(2002)

2) 江田英雄：光計測で脳活動を見る、臨時別冊・数理科学 2003 年 6 月　脳の謎に挑む、pp44-57,サイエンス社(2003)

ボタン入力操作における力覚フィードバックの有効性について

Effect of the force feedback on the input operation

○武下真志穂*，岡田明*，財津和也**
*大阪市立大学大学院生活科学研究科　**大阪市立大学工学部
TAKESHITA Mashiho*, OKADA Akira*, ZAITSU Kazuya**
*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University
**Faculty of Engineering, Osaka City University

1　はじめに

近年、人間と機器とのインタラクションにおいて、触覚を利用した情報呈示が注目されている。触覚の情報呈示を視覚や聴覚など他の感覚様相と併用することにより、これまで情報処理の中心となっていた視覚の負担が軽減されると共に、操作性や情報理解が促進的になることが示唆されている。また、触覚を利用した情報呈示では、視覚や聴覚の情報呈示だけでは不十分な、「確かに操作をした」といった操作の確実性や操作感覚をより直感的に与えることができ、操作性の向上につながることが期待される。

本研究では、機器操作、特にポインティングによる入力操作に対する触覚情報呈示の影響を評価するため、力覚呈示装置であるPHANTOM（PHANTOM Omni, SensAble Technologies, Inc.）を用いた評価システムを開発し、操作性に関わる触覚情報の要因を評価することを試みた。

2　実験

PHANTOMを操作性評価ツールとして用いるためのソフト開発において、ソフトの有効性を検証することを目的として、基礎的な評価実験を行った。

2.1　システム構成

被験者はPHANTOMのスタイラスを操作し、ターゲットウィンドウ上の球状のポインタを移動させることによって、入力操作を行う（図1・図2）。

2.2　実験課題

被験者として、23～31歳までの大学院生5名（男性2名、女性3名）を対象とした。被験者は、ターゲットウィンドウに表示された[S]キーをポインティングし、

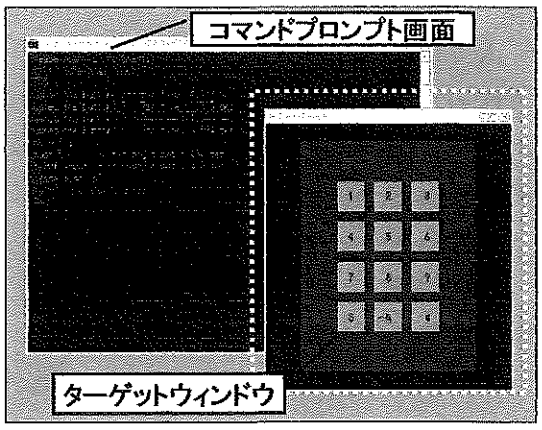


図1 操作画面

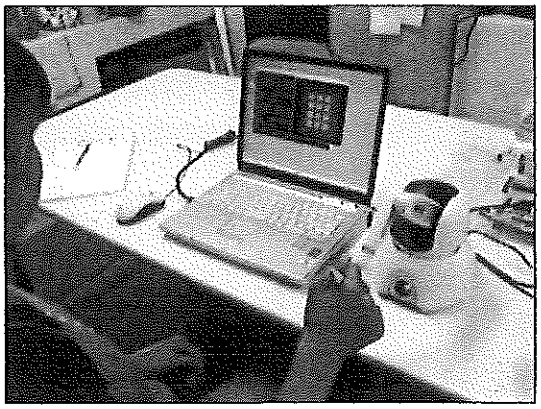


図2 実験風景

タスクを開始する。[S]キーをポインティングすると、コマンドプロンプトの画面には4桁の数値が表示され、被験者はその数値にあわせ、ターゲットをポインティングする。[S]キーと4桁の数値のポインティング作業を10回繰り返し、これを1セットとして実験条件ごとに2セット行った。2セット目が終わると、その条件に対する操作性の主観評価（5項目、Qa1～Qa5）を課し、全ての条件での実験終了後、操作性に対する力覚呈示の影響の主観評価（2項目、

Qb1、Qb2）を課した。被験者には、課題をできるだけ迅速かつ正確に行うように指示した。

2.3 実験条件

力覚呈示の有無およびターゲットのサイズを条件とし、力覚呈示の有無ではターゲットの高さに凹凸の変化を与え、フラット条件（F）、凸条件（H）、凹条件（L）の3種類について比較し、ターゲットサイズ条件では、1辺の長さが75、60、45、30、15pixel（それぞれsize1、size2、size3、size4、size5）の5種類について比較した（1pixel≒0.3mm）。

2.4 評価項目

実験の評価項目として、1桁目のターゲットから4桁目のターゲットを入力するまでの操作時間、入力の正答率、そして主観評価について考察を行う。

3 結果と考察

3.1 操作時間

F、H、Lのいずれの力覚条件においてもsize1が最も操作時間が長く、次にsize5が続く。size1の場合はターゲットが小さいため、正確なポインティングに時間がかかること、size5の場合はポインタの移動量が大きいことが原因として考えられる。分散分析を行った結果、力覚条件による操作時間に有意差は認められなかった。

3.2 正答率

呈示された数値を正しくポインティングした回数を、各条件4桁×10回×2セットの合計80で割った値を正答率とした。正答率についてはデータのばらつきが大きく、力覚条件による正答率の有意差は認められなかった。

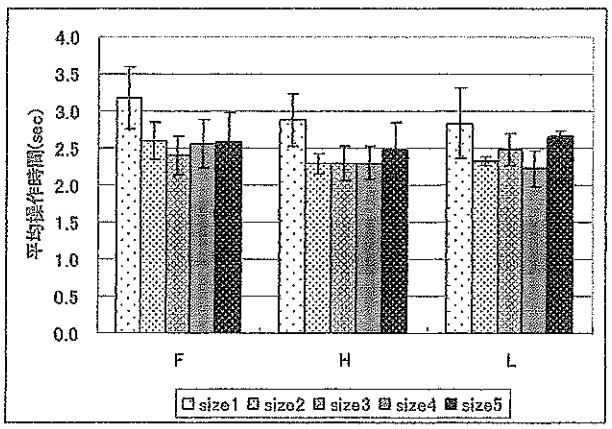


図3 平均操作時間

3.3 主観評価

評価項目（表1）に従い、15の条件に対し5段階の評価を行った結果、Qa1、Qa2については全体的に高い値を示したが、Qa3では低く、操作に必要とされる手応え感が今回の力覚条件だけでは得られず、適正な条件を検討する必要があることがわかった。分散分析を行った結果、力覚条件による操作感に有意差は認められなかった。また、操作に対する力覚呈示の評価（Qb1、Qb2）については、力覚の変化は感じられるが、操作に対して決して有効ではないという評価もあり、力覚設定の前提をより明確化するとともに、より微細な設定が必要であるといえる。また、実際のボタン操作状況と異なる点も改善する必要があると思われる。

表1 評価項目

Qa1	正確にターゲットをポインティングできた
Qa2	素早くターゲットをポインティングできた
Qa3	確実にターゲットをポインティングした手ごたえを得られた
Qa4	ターゲットを見つけやすかった
Qa5	操作全般においてポインティングしやすかった
Qb1	一連の操作において、ターゲットの奥行きの違いから生じる触覚を感じられた
Qb2	その触覚があることで、操作しやすくなった

4 おわりに

今回開発した評価システムの有効性を示すことができた。しかし、本実験で用いた力覚条件だけでなく、クリック感やその押下力パターンなど、より微細な力覚の提示設定が必要であることもわかった。

今後はそれら適切な呈示方法について明らかにしていくとともに、いくつかの項目で有意差が見られたターゲットサイズとの関連についても分析を進め、有効なツールの開発につなげていく予定である。

視覚情報と触覚情報とによる「うねうね感」に関する研究

The relation between visual and haptic textures

○岡村友俊*，神宮英夫**
*金沢工業大学大学院工学研究科　**金沢工業大学心理情報学科
OKAMURA Tomotoshi*, JINGU Hideo**
*Graduate school of engineering, Kanazawa Institute of Technology,
**Department of Psychological Informatics, Kanazawa Institute of Technology

1. 序論

人は、五感情報から周りの世界を認識している。その際、多様な入力情報は統合され、安定した知覚世界が構成されている。しかし、情報の質や量の差など、何らかの理由で情報が合わないときは違和感を感じる。五感情報を具体物ではないデジタル情報で表現し、複数の多感覚情報による組み合わせの適合性を明らかにすることにより、ネットショッピングのシステムの改良や、遠隔教育、医療の実施など、多様な展開への応用の可能性が考えられる。

触覚の表現にはざらざらやがたがたなど擬音語を用いているものが多く、非常に多様で曖昧なものがある。そのため、触覚情報が他の五感情報とマッチングする際に、どのようなパラメータが関係しているかは明らかではない。

本研究では、視覚情報と触覚情報の 2 側面から、物理的刺激・感覚受容器対応だけでは表現できない「――感」を、デバイスを用いて刺激として作成し、触覚の感覚受容器と、それらに対応する刺激の面から対応性を明らかにすることを目的とする。昨年度に「ざらざら感」について実験を行った[1]。今回は「うねうね感」に着目して、官能評価実験を行なった。

2. 実験

五感情報のうち視覚と触覚がどのようにマッチングするのかを明らかにするために実験を行なった。装置として触覚マウスを使用した。触覚マウスは、通常のマウスに 2 次元モーターとセンサーを組み込んだものであり、ディスプレイに表示された立体の凹凸感やうねり、振動などの動作をマウスの触覚呈示部に擬似的に表現する[2]ことが可能な装置である。

触覚マウスを使用することにより、視覚や聴覚と同じように数値で触覚情報を作成し、参加者に与えることが可能となる。使い方としては、各パラメータを変化させることにより、画像の見た目とは異なる触感を付加したり、画像に触れてから指に触感が伝わるまでに時間差を発生させるといったようなことが可能である。

視覚的なうねうね感と触覚的なうねうね感との物理量の関係を調べるため、20 代の参加者 10 名（男 8 名、女 2 名）に PC のディスプレイに表示した画像 10 種類を提示する。画像にはそれぞれ触覚情報を付加しておき、触覚マウスを使用して実際に参加者に画像の触感を確かめてもらい、その後、参加者が画像と触感の適合度と、最も画像と触感が合っていたと思われたものを解答する。適合度については、7 段階の評定法で評価してもらい、評価値が低いほど画像と触感が合っており、「1」は「非常に合っている」で、「7」は「まったく合っていない」であった。

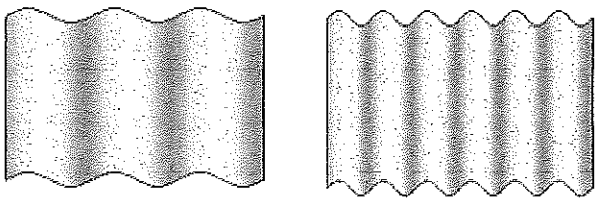


図 1　実験に使用した画像例　周期 60(左) 周期 30(右)

実験条件として、図 1 のような画像を使用した。画像にはそれぞれ番号をつけ、周期 60 の画像を 100 と

し、横方向に伸縮したもの 9 種類と、奥行方向に縮小したもの 1 種類（画像 102）の計 10 種類の画像を用いた（図 1 の周期 30 は元の画像を横方向に 50%縮小したため、画像 50 に相当する）。画像に付加した触覚情報は、力の中心値は 0、中心座標は 0、振幅は横方向のみ 100、波形は正弦波、周期を 20 から 60 まで変化させたものとした。その他のパラメータの確認用として、周期を 60、振幅を 60 としたもの、画像と他のパラメータは一定で波形のみを変化させたものを使用した。主に周期を変化させる理由として、うねうね感は波状によって感じられる刺激であり、実験に使用した画像を周波数で表現可能なため、触覚情報での周期の変化に対応していると考えられるためである。

3. 結果と考察

周期の値を変化させた場合の評価平均値を図 2 に示した。さらに、図 3 の例のように、周期を変化させた場合、最適と判断された画像が多かったのは、周期 20 で画像 30 と 40、周期 40 で画像 60 と 70、周期 60 で画像 90 と 100 であり、画像の周期の値が離れるほど、適合していないという結果になった。

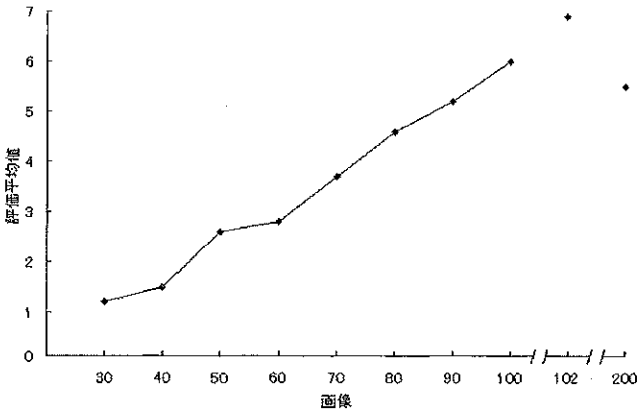


図 2　周期 20 の場合の画像と評価平均値の関係

振幅の値を変化させた場合の評価平均値を図 4 に示した。最適と判断されたのが最も多かった画像は、奥行方向に 50%縮小した画像 102 であり、画像の周期が短くなるほど、適合していないという結果になった。

波形を変化させた場合、ほとんどの回答が、最適なのは正弦波、もしくは余弦波であり、それら以外の波形は適合していないというものだった。

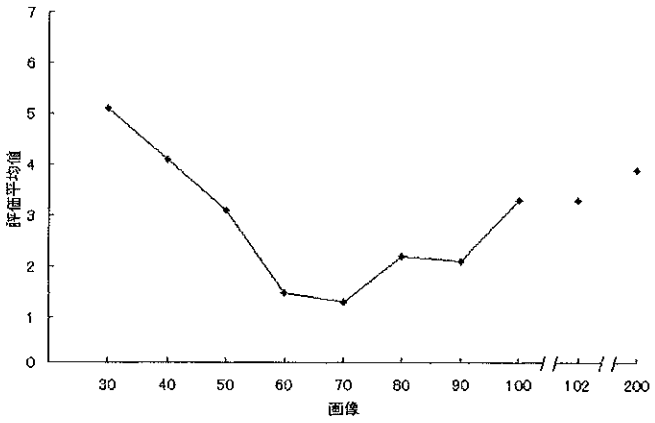


図 3　周期 40 の場合の画像と評価平均値の関係

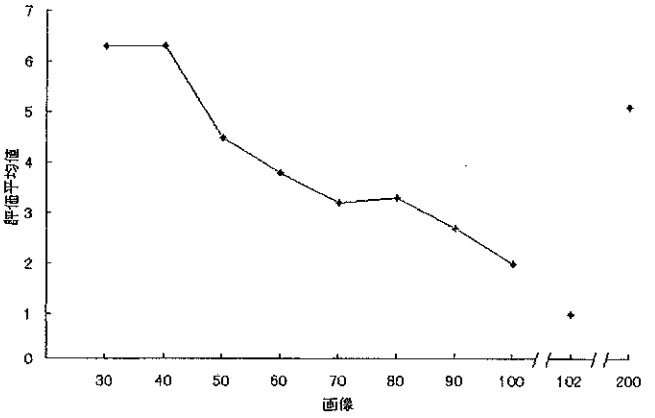


図 4　振幅 60 の場合の画像と評価平均値の関係

うねうね感には視覚情報として複数の要素があり、周期と振幅が重要なパラメータであると考えられる。

今後、これらの結果から、感覚受容器の小体との関係を考える必要がある。

謝辞

本研究で用いた触覚マウスは、富士ゼロックス株式会社の提供によるものである。ここに感謝の意を表する。

4. 参考文献

1) 岡村友俊・神宮英夫 (2007)「視覚情報と触覚情報とによる『ざらざら感』に関する研究」 平成 19 年度 日本人間工学会関西支部大会 (2008) 日本官能評価学会誌 Vol.12, No.1, pp.26-29.

2)富士ゼロックス (2001)「触覚マウス取扱説明書」

空気噴流を用いた触覚ディスプレイの情報伝達能力の基礎的検討

A study on fundamental characteristics of information transmission ability for an air-jet driven tactile display

○林紘章*，林勝佳**，小谷賢太郎***，朝尾隆文***，堀井健***
*関西大学大学院　工学研究科，**関西大学　工学部，***関西大学　システム理工学部
HAYASHI Hiroaki，HAYASHI Masayoshi ，KOTANI Kentaro，ASAO Takafumi，HORII Ken
*Graduate School of Engineering, Kansai University ,**Faculty of Engineering, Kansai University
***Faculty of Engineering Science, Kansai University

1　はじめに

視覚と聴覚に障害のある方を一般的に盲ろう者といい，日本国内における人口は二万人程度と言われている[1]．盲ろう者に対して，文字や図形などの情報を伝える手段の一つとして，触覚ディスプレイがある．触覚ディスプレイを作成するに当たっての重要な要素として，アクチュエータの選定[2]と刺激素子間のピッチの決定[3]がある．

アクチュエータの選定は，触覚呈示技術の研究における重要な要素の一つとなっており[2]，これまで振動刺激，電気刺激などで呈示されてきた．しかし，振動刺激では長時間の呈示によるストレス[4]，ピンと皮膚との接触が保たれない場合がある[5]．電気刺激では，刺激強度によっては痛みを伴う危険性などが指摘されてきた[4]．また，これらの刺激は，刺激素子と皮膚が接触する事で情報を呈示しており，接触する事で利用者に装置による拘束感を与えていた[6]．このように，先行研究で選定されてきたアクチュエータは，情報呈示を行っている一方，利用者に不快感を与えているといった問題がある．

刺激素子間のピッチの決定は，離散感を与える事なく情報を伝達するために重要な要素である[3]．離散感を与えないため，先行研究では刺激素子を高密度に配置する事[3],[7]や仮現運動を用いる事[8],[9],[10]で軽減してきたが，依然として，呈示できる方向や角度は，開発された触覚ディスプレイのピッチに大きく制約を受けてしまうといった問題がある．

このように，これまでに開発された触覚ディスプレイは，以下の二つの問題がある．一つ目は，利用者に不快感を与えている点，二つ目は，開発された触覚ディスプレイのピッチに大きく制約を受けてしまう点である．

そこで本研究では，上記二つの問題を解消するため，空気噴流による触覚刺激と触覚の高次知覚であるファントムセンセーション[11]（以下PS）を利用した触覚呈示方法を試みる．空気噴流は，呈示部と皮膚が非接触の状態でも呈示可能であるため，無拘束かつ安全性が高く[6]，呈示面にエッジを持たないため，振動刺激や電気刺激の問題点を補う事ができ，より滑らかに呈示できると考えられる．

PSとは，皮膚上のある距離を隔てた二点を同時に刺激すると，二刺激は個別には感じられずに二点間の中間に単一の刺激として知覚される現象である．また，一方の刺激強度を変化させる事により知覚位置が強度の大きいほうへ偏移する事がわかっている．このように，PSは，刺激条件を変化させる事により少数の刺激素子で任意の位置へ擬似的な感覚を与える事が可能であるため，刺激素子間のピッチによる制約を軽減できる．

このようにして作成された触覚ディスプレイは，皮膚と非接触な状態においても情報呈示が可能であり，ピッチによる制約も軽減されるため，従来の触覚ディスプレイに見られた二つの問題を解消できると考えられる．

そこで本研究では，空気噴流を呈示刺激とする非接触型触覚ディスプレイを作成し，PSを用いた触覚情報呈示を試みる．本報告では，複数の図形を呈示し，その認識率を求める事により，本手法の基礎特性を検討する事を目的とする．

2　空気噴流を利用した非接触型触覚ディスプレイ

触覚ディスプレイの刺激呈示部分はノズル（スプレーイングシステムスジャパン HB-U1/8VV-00D3）を5×5のマトリックス状に並べ，作成した．空気は，エアコンプレッサー（日立工機 EC1430H2）により生成され，精密レギュレータ（CKD RP2000-8-08-G49PBE），電空レギュレータ（CKD　EVD-1900-P08　SN），電磁バルブ（KOGANEI 025E1-2(DC24V)）を経由してノズルから噴出される（図1参照）．呈示圧力は電空レギュレータにより，1kPa単位で

設定可能である．電磁バルブの開閉，電空レギュレータによる圧力設定の制御は，PCに組み込んだデジタル入出力ボード（Interface PCI-2726C）を利用した．

これらの装置を用いる事で，ピンなどの固体を皮膚と接触させる事なく，空気噴流で情報を伝達する事が出来る．

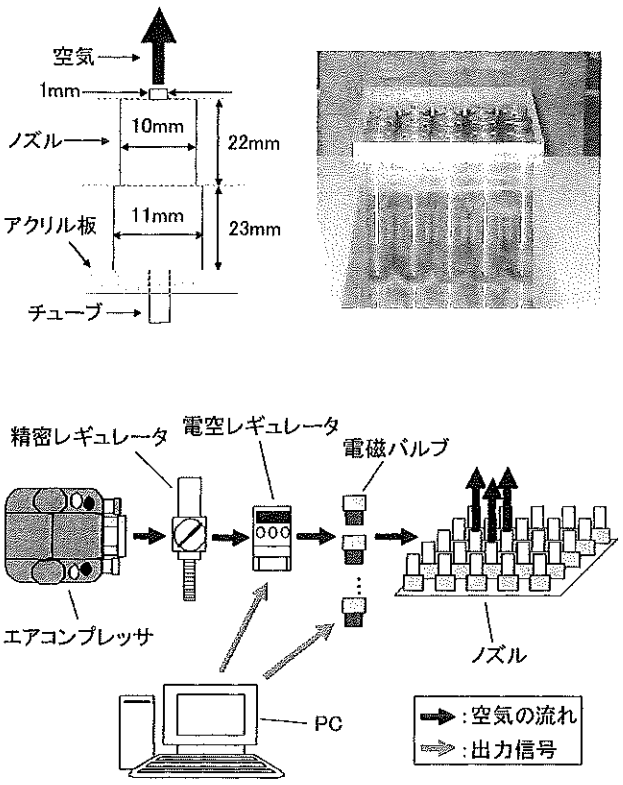


図1　非接触型触覚ディスプレイの構成

3　PSによる触覚呈示

本研究では任意の位置に刺激を生起させるため，3点同時刺激によるPSの生起を用いる．3点同時刺激は，機械振動刺激や電気刺激に関しては，発生する事が確認されている[12)，13)]．同時刺激の数は，4点は2点と比べ，情報伝達能力が低下する[14)]との報告があるため，ここでは明瞭性を重視し，図形呈示を行う上で最小の数を選択した．

また，PSは，方向呈示を行って高精度の角度伝達を得た研究[15)]のPS生起条件を参考にし，3点刺激の圧力の重心に生じると仮定して呈示図形の形状を定めた．

4　実験

4．1　呈示図形

図2に呈示する図形を示す．呈示する図形は全8種類である．図2の四角の点がPS生起位置，丸の点がノズル位置を示す．

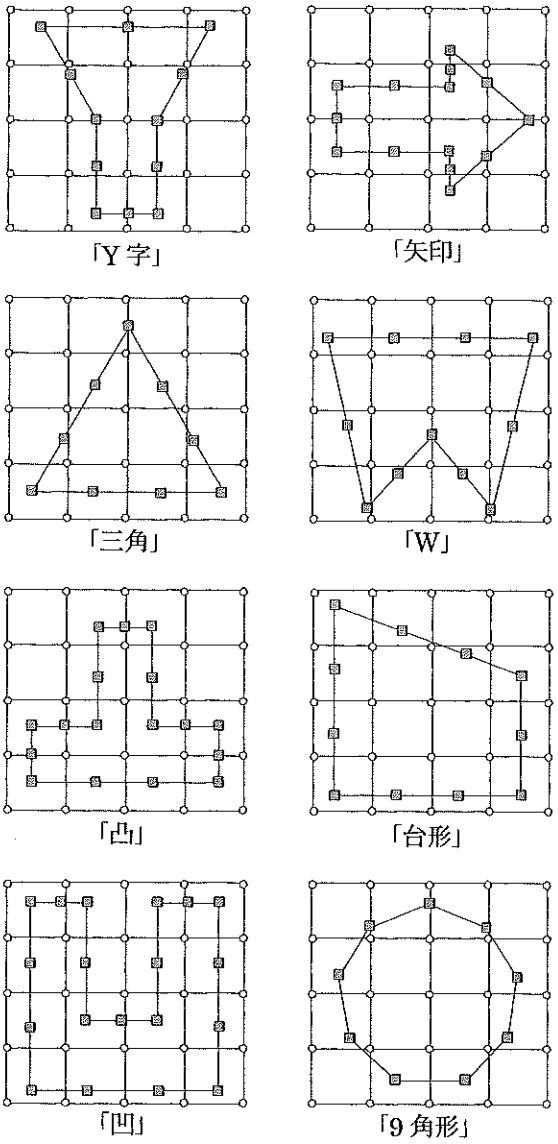


図2　呈示図形

4．2　呈示方法

呈示方法は，「台形」を例にとると，図3に示すように①～⑪までを順を追ってシフトして呈示を行う．また，辺と辺の間は空気の噴出を止め，辺の終わりを強調した．図4に「台形」を呈示する場合に空気が噴出されるノズルとノズルの寸法を示す．

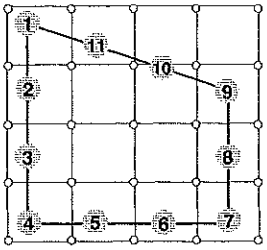


図3　図形呈示方法

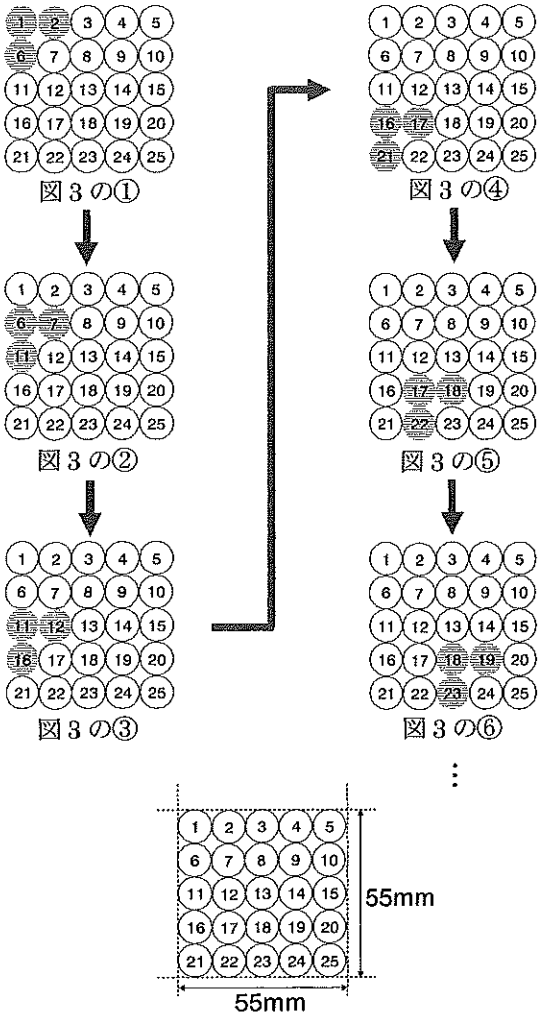


図4　ノズルから出る空気噴流とノズル寸法

4．3　1試行の流れ

1試行の流れを図5に示す．BEEP音が鳴った4s後に8種類の図形の中からランダムに選ばれた1つを呈示し，その刺激が呈示された3s後にもう一度同じ刺激を呈示した．被験者にはその後，呈示された図形を8種類の中から答えてもらった．

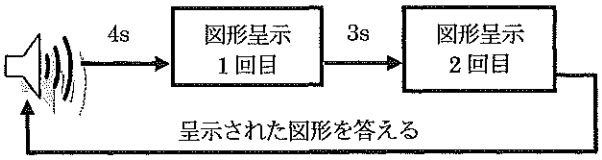


図5　1試行の流れ

4．4　実験条件

実験条件を表1に示す．

表1　実験条件

項目	内容
被験者	健常成人4名
呈示部位	非利き手の掌
ノズルと掌の距離	5mm
PS呈示方法	重心の位置にPSが生起すると仮定
空気圧の和	350kPa
呈示図形	8種類
呈示速度	duration：100ms～500ms （最も図形を理解できる速さに調整）
試行回数	40回 （図形8種類×5セットをフルランダムに呈示）

5　結果と考察

図6に被験者ごとの正答率と被験者4名の平均値の正答率，図7に呈示図形ごとの正答率を示す．

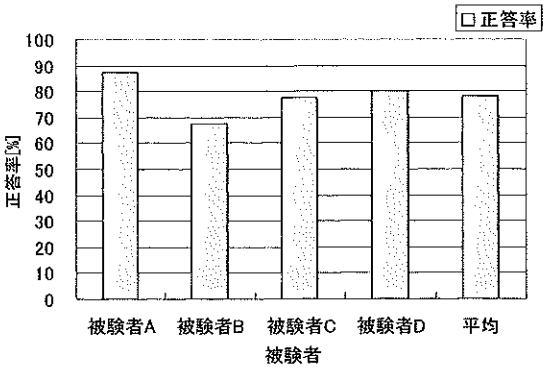


図6　被験者ごとの正答率

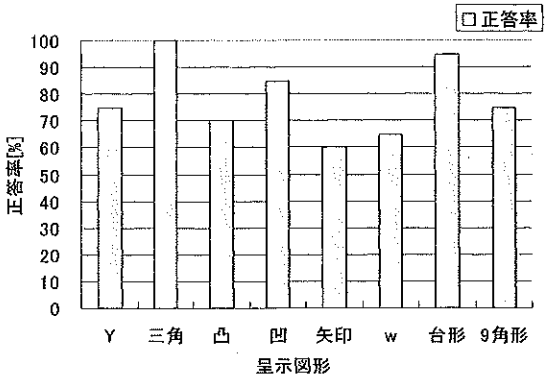


図７　図形ごとの正答率

図6より被験者4名の平均値は78%を越え，高い確率で図形を認識している事がわかった．図形呈示の先行研究として，和気らが行った17×17型TVSSを用いたものがある[16]．この研究では，視覚障害者を被験者とし，呈示図形を5個，8個，10個，14個と訓練を行う度に次々と図形を増やしていき，7回目の訓練で17種の図形を呈示した．その結果，呈示図形が5個の場合では正答率が80.0%，その他の場合においては78.6%～87.5%の正答率を得ている．本研究と和気らの報告では，呈示図形の形状が異なる点，晴眼者ではない点，呈示部位が異なる点などがあり，一概に比較は出来ないが，同等の結果を得る事ができた．特に被験者Aは87.5%の正答率を得た．正答率が最も低い値となった被験者Bは67.5%であったが，誤答した内訳を見ると，「矢印」を一度も正答する事ができていなかった．この事が正答率を下げた原因となっている．「矢印」をわからなかった理由として被験者Bは，「矢印」の斜辺の部分と9角形の区別ができなかったと述べている．このような事は被験者Bに限らず全被験者において見られた．その結果，図7に示すように，「矢印」は60%と最も低い正答率となった．「矢印」のように形状が複雑になると，図形の全体像を捉えて判断する事が困難になると考えられる．今回の実験では，図形をわかりやすく呈示するため，辺と辺の間では一度空気の噴出を止め，辺の終わりと始まりを強調した．しかし，これだけでは十分ではなかったため，その他の工夫を考える必要がある．具体的には，辺の角度に応じて圧力の強さや呈示速度を変える事などを行う事を考えている．加えて，訓練を行う事で図形の正答率も増加すると思われるので，十分に訓練を行う必要がある．

また，和気らは，刺激素子を17×17で構成したのに対し，本研究では，5×5と少ない刺激素子で構成したにも関わらず，同等の結果を得た事を考えると，本研究で用いた手法は少数の刺激素子数でも，情報伝達を行える可能性を示す事ができた．

6 まとめ

本報告では，空気噴流を呈示刺激とする非接触型触覚ディスプレイを作成し，PSを用いた触覚情報呈示を試みた．その結果，図形呈示実験において，被験者4名の平均値で78.13%の正答率を得る事ができ，本手法での情報伝達が可能である事が示せた．今後は，呈示対象の特徴を強調する呈示手法，例えば辺の角度に応じて圧力の強さや呈示速度を変える事などを行う必要があると考える．

謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費（20370101）およびJSTシーズ発掘試験（11-003）の助成を得た．

参考文献

1) 福島智：盲ろう者とノーマライゼーション，明石書店（1997）
2) 山本晃生，アクチュエータ技術と触覚インタフェース，計測と技術，Vol.47，No.7，pp.578-581（2008）
3) 森園哲也，山田陽滋，荒井清志，梅谷陽二：ピンマトリクス型触覚ディスプレイにおいて離散感なく面を呈示するためのピンピッチの研究，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.6，No.3，pp.235-237（2001）
4) 阿曽沼樹，松本三千人，和田親宗：顔面への触覚刺激による方向呈示，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.8，No.4，pp.65-74（2006）
5) Cohen JC, Makous JC, Bolanowski SJ：Under which conditions do the skin and probe decouple during sinusoidal vibrations?, Experimental Brain Research, Vol.129, No.2, pp.211-217（1999）
6) Suzuki Y, Kobayashi M：Air jet driven force feedback in virtual reality , IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.25, No.1, pp.44-47（2005）
7) 大岡昌博，古賀宏嗣，宮岡徹，三矢保永，高密度ピンアレイ形触覚マウスによる格子状仮想テクスチャ呈示，日本機械学会論文集，Vol.71，No.711，pp.3174-3180（2005）
8) 水上陽介，内田啓治，澤田秀之：糸状形状記憶合金の振動を利用した高次知覚生起による触覚呈示，情報処理学会論文誌，Vol.48，No.12，pp.3739-3749（2007）
9) Saida S, Shimizu Y, Wake T：Computer-Controlled TVSS and Some Characteristics of Vibrotactile Letter Recognition, Perceptual and Motor Skills , Vol.55 , pp.651-653（1982）
10) 井出英人，内田雅文，横山修一：センサフュージョンを利用した視覚障害者のための文字訓練機，日本ロボット学会誌，Vol.12，No.5，pp.672-676（1994）
11) Bekesy GV：Neural funneling along the skin and between the inner and outer hair cells of the cochlea, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol.31, No.9, pp.1236-1249（1959）
12) 谷江和雄：電気刺激による生体への情報伝達に関する基礎的研究，機械技術研究所報告，Vol.106，No.105（1980）
13) Mann RW：Force and Position Proprioception for Prostheses, The Control of upper-Extremity Prosthesis and Orthoses, pp.201-219, Charles C Thomas Publisher（1974）
14) 上田真太郎，内田雅文，野澤昭雄，井出英人：Phantom sensationと仮現運動を併用した触覚ディスプレイ，電気学会論文誌A，Vol.127，No.6，pp.277-284（2007）
15) 久米祐一郎，中島勇一：2次元ファントムセンセーションによる方向提示と電子ゲームへの応用，映像情報メディア学会技術報告，Vol.29，No.22，pp.21-24（2005）
16) 和気典二，清水豊，山下由紀男：視覚代行器による訓練課程，感覚代行シンポジウム，Vol.1，pp.59-69（1975）

C会場
一般セッション

会場：０６３２号（６号館３階）

09：30 ～ 10：45　人体形状・寸法
座長：岡田 明（大阪市立大学大学院）

10：55 ～ 11：40　眼球運動解析・視覚
座長：川野 常夫（摂南大学）

14：40 ～ 15：40　支援
座長：北原 照代（滋賀医科大学）

15：50 ～ 16：35　行動・動作
座長：芳田 哲也（京都工芸繊維大学大学院）

水槽を用いた超音波エコー法による体肢断面観察法の検討

Study of an ultrasonic echo method for observing extremity cross sections using a water tank

○久本誠一*,**，樋口雅俊，田中均，合田真理子，上津遊恭平*

*製品評価技術基盤機構 人間・福祉技術課

**京都工芸繊維大学 総合プロセーシス研究センター

HISAMOTO Seiichi*,**, HIGUCHI Masatoshi, TANAKA Hitoshi,
GODA Mariko, KAMITSUYU Kyohei**

* Human and Welfare Technology Division of National Institute of Technology and Evaluation,
** Holistic Prosthetics Research Center of Kyoto Institute of Technology

1　背景

総務省の統計データでは、我が国の平成 20 年 9 月 15 日（敬老の日）現在の高齢者推計人口(65 歳以上の人口)は過去最高の 2,819 万人にのぼり、また、70 歳以上の人口が初めて 2,000 万人を超えた。高齢者の自立の可否は、もはや医療費増大と保険制度破綻のみならず、我が国の経済・社会の将来に関わる重大な課題としてつきつけられている。このことは、最も小さな社会の要素である、個々の家庭においても同様である。

そのような中、高齢者の身体的自立支援がバリアフリーデザインやユニバーサルデザイン等の形で進められているが、「現在の若者」の身体機能の低下は、たとえば 50 年後の彼ら（高齢者）の自立を脅かす。

NITE（製品評価技術基盤機構）では 2001～2002 年に 20 歳から 80 歳代の健常者約 1,000 名を対象に、筋力・関節可動域・運動機能等の計測を実施してデータベース化し公開しているが、そのデータからは、関節によっては、20 歳代女性の筋力が高齢者に比しても低値を示すことが判明 1) した。平成 20 年 7 月には第 2 回目の 1,000 名規模計測を開始しているが、若年女性の筋力低下の要因を検討する予定であるが、その一環として、体肢の断面観察を試みる。

2　目的

体肢の断面観察の方法としては、MRI や CT が考えられるが、非侵襲で被験者の負担が少なく、持ち運び可能な方法としては超音波エコーによる観察法が候補となる。超音波エコーによる体肢断面観察では、一般にはプローブを体表に押し当てて観察するが、その場合、体肢の変形が避けられない。体肢の横断面画像を得るには，視野幅の広いプローブを用いたとしても複数のエコー画像を合成する必要があり、そのためには画像取得時の体肢の変形は避けなければならない。体肢の変形を最小限にとどめて超音波エコー画像を得る方法としては、音響カプラの使用や水を満たした薄いゴム製の袋をプローブと観察部位の間に介在させる方法が考えられるが、高齢者の上腕三頭筋など、対象部位が柔らかい場合には変形を避けることは困難である。

そこで、図 1 のように、被験者の体肢を水槽中に置き、水を介して観察することで体肢の変形を防ぐことが考えられる。この場合、水槽側面に開口部を設けて音響カプラをはめ込み、音響カプラを介して観察する方法と、開口部や音響カプラを用いずに、直接、水槽の壁面を介して観察する方法が考えられる。前者では、被験者の体肢とプローブの間に介在するのは音響カプラと水であり、もとより音響カプラは超音波に対する音響特性が十分に配慮された素材が用いられ、また、水はヒトの身体に近い超音波音響特性を有すると考えられているため、総合的に画像の劣化は小さいと考えられるが、プローブを自由に動かしながら観察することが困難になる。これに対して後者では、プローブの位置は自由に動かせるものの、プローブと体肢の間に水槽の壁面が介在

するため、その素材の超音波音響特性によっては、得られる画像が劣化する可能性がある。ここでは、後者の方法を採用する前提で、水槽に適した合成樹脂素材を検討する。

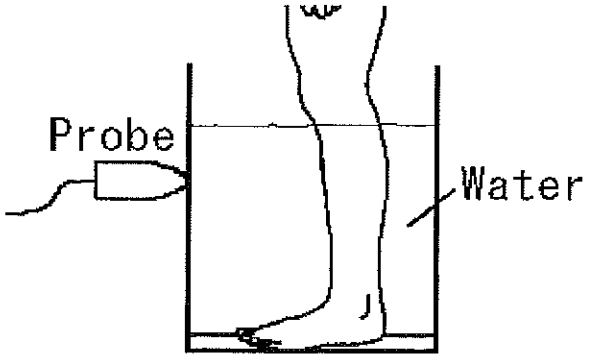
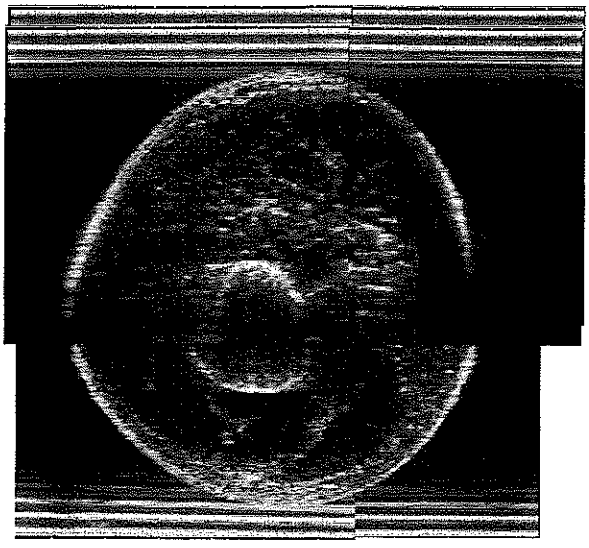


図1　水槽を用いた体肢断面観察

3　水槽を用いた超音波エコー法の課題

図2は、水を満たした厚さ約5[mm]のアクリル板の水槽中に被験者の上腕を静止させ、水槽の外側から水槽壁面を介して、周波数5[MHz]でBモード走査して得た横断面画像4枚を合成しものである。水槽壁近傍に多重界面エコーが認められるが、観察対象である体肢の画像においても、皮下脂肪や骨表面等からのエコーが水槽壁面で多重反射し、画質が不明瞭になっていることが考えられる。そのため、水槽の素材には、界面エコーを生じにくい素材を用いる必要がある。

前面



後面

図2　上腕の断面例

4　合成樹脂素材の基本的音響特性

4.1　目的

水槽壁で生じる界面エコーは、プローブ・水槽壁・水の3者の音響インピーダンス値が近似すると低減できる。そこで水槽に用いることが想定される市販の各種合成樹脂の音響特性を実測する。

4.2　方法

公称厚さ t= 5 [mm]の市販の合成樹脂板9種類を、一辺 150[mm]の正方形に切断してサンプルとした。サンプルの音速はパルスエコー式音速計（ECHOMETER 1075、 KARL DEUTSCH）を用いて計測した。水温は被験者計測時の下限と上限を想定して10℃と40℃の2水準とし、得られた音速に密度を乗じ、音響インピーダンスを算出した。密度は文献のデータによった。

4.3　結果と考察

結果を表1に示す。軟質塩化ビニルを除き、音速・音響インピーダンスともに10℃よりも40℃で低値を示した。アクリル、硬質塩化ビニル、ジュラコンの音響インピーダンスは 3.0[kg/m²sec]×10-6 以上と高く、ポリカーボネートとPETがこれに次いだ。高密度ポリエチレン、ポリプロピレン、ABSは2.0～2.4[kg/m²sec]×10-6と低く、水（1.48 [kg/m²sec]×10-6）やヒトの軟部組織（1.6 [kg/m²sec]×10-6）に近い値を示した。

表1　合成樹脂素材の音響特性

素材	厚さ [mm]	密度 [g/cm³]	音速 [m/sec] (10℃)	音速 [m/sec] (40℃)	音響インピーダンス [kg/m²sec]*10⁻⁶ (10℃)	音響インピーダンス [kg/m²sec]*10⁻⁶ (40℃)
アクリル	5.22	1.19	2834	2579	3.37	3.07
ポリカーボネート	4.99	1.20	2235	2175	2.68	2.61
PET	5.11	1.27	2338	2258	2.97	2.87
高密度ポリエチレン	5.83	0.95	2299	2143	2.18	2.04
硬質塩化ビニル	4.72	1.40	2286	2215	3.20	3.10
ポリプロピレン	4.93	0.91	2675	2476	2.43	2.25
ABS	4.98	1.07	2186	2115	2.34	2.26
ジュラコン	5.36	1.41	2374	2215	3.35	3.12
軟質塩化ビニル	5.05	1.40	–	–	–	–

5　各種合成樹脂素材を透過した超音波画像の評価

5.1　目的

サンプルを水槽壁に見立てて、これを透過して得た超音波画像を評価し、水槽に適した素材を見いだす。

5.2 方法

前項のサンプルに t = 1 [mm]のサンプルを追加した。底面 37 [cm]×25 [cm]、深さ 24 [cm]のポリプロピレン製コンテナに水を満たし、評価指標として直径 0.18[mm]の銅線製ワイヤ・ファントム（図 3）を沈めた。水面にサンプルを配し、サンプル上面に接触させたプローブでエコー画像を得た。超音波装置（Mini Vision SSA-320A、 TOSHIBA Medical Systems）は発振周波数 5.0 [MHz]の B モード走査とし、深さ方向のゲイン調整（Time Gain Control）は中間位置とした。プローブはリニアプローブ（PLG-506M、 TOSHIBA Medical Systems）を用い、画像をソノプリンタ（TP-8010/A、TOSHIBA Medical Systems）で印刷した。

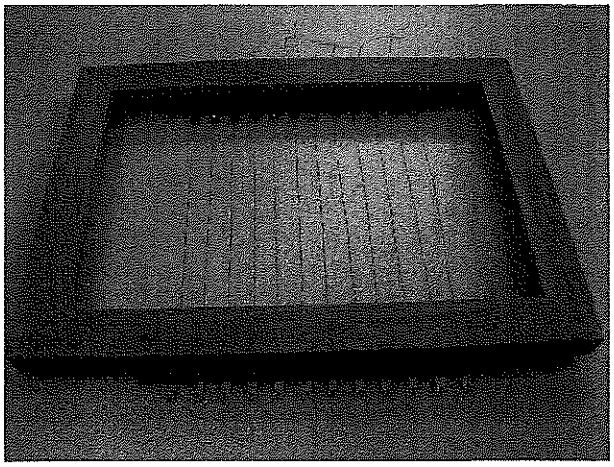


図 3 ワイヤ・ファントム

5.3 結果と考察

水温に注目すると ABS とジュラコンを除いて 40℃よりも 10℃の場合が、また、厚さに注目すると t=1 [mm]に比して t = 5 [mm]で強い多重エコーが観察された。水槽素材として一般的なアクリルは、条件に関わらず顕著な多重エコーを生じた（図 4）。

表 2 に、多重エコーの評価のため、プローブ面から最も遠いエコーまでの距離 d [mm]を読み取った結果を示す。t = 5 [mm]で 10℃の d 値が 27[mm]と、距離方向視野の約 45 [%]に及んだアクリル、並びに、硬質塩化ビニルが他と比較して大きな d 値を示し、音響インピーダンスの計測結果と一致した。音響インピーダンスが水に近いポリカーボネート、ポリプロピレン、PET、高密度ポリエチレンの d 値は、同じく t=5 [mm]、10℃において概ね 10 [mm]程度以下と低かった。さらに、アクリルはワイヤ・ファントム像にも多重エコーが観察され、生体観察時の画像劣化が懸念される。また、t =5 [mm]に比して t = 1 [mm]の画像では壁面による超音波の減衰が少ない傾向が認められ、水槽壁を介した観察では壁面を薄くすることが必須と考えられる。特に t = 1 [mm]の PET、高密度ポリエチレンでは減衰が少なく、ポリカーボネートがこれに次いだ（図 5, 6, 7）。多重エコー特性の良好であったポリプロピレンは、これらに比して、わずかに減衰が大きい傾向が覗えた。

なお、これらの水槽素材は、無色透明であることが、水槽外からの体肢の位置の確認等の意味で好都合である。多重エコー特性や減衰の観点から良好な結果を示した PET、ポリカーボネート無色透明であり、高密度ポリエチレンも可視光の透過性は比較的良好である（図 8）。これらの素材は、何れも容易に入手できる。

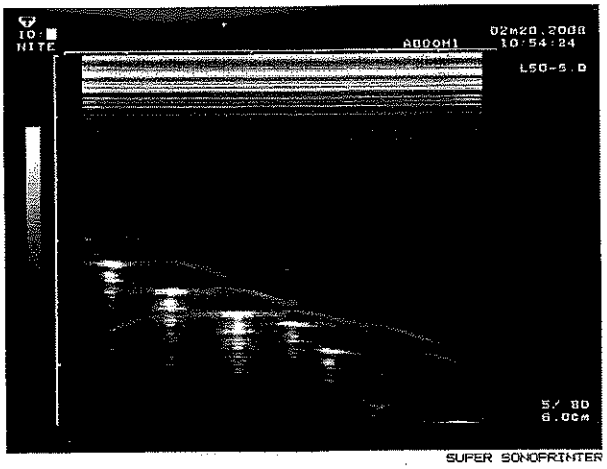


図 4 アクリルの多重エコー
（サンプルの厚さ 5[mm]、計測温度 10℃）

表 2 合成樹脂の多重エコー距離

多重エコー距離 d [mm]

素 材	公称厚さ t = 5[mm]		公称厚さ t = 1[mm]	
	10℃	40℃	10℃	40℃
アクリル	27	17	22	12
ポリカーボネート	8	6	6	6
PET	9	7	6	6
高密度ポリエチレン	11	7	6	5
硬質塩化ビニル	14	12	7	6
ポリプロピレン	8	6	5	4
ABS	10	13	6	7
ジュラコン	8	13	7	9
軟質塩化ビニル	4	4	5	5

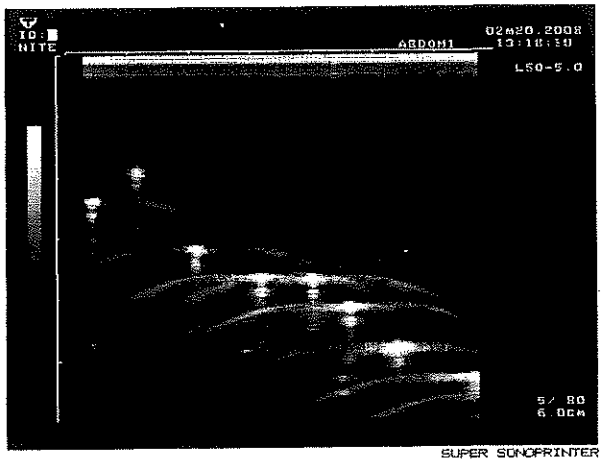


図5　ポリエチレン・テレフタレートの多重エコー
（サンプルの厚さ1[mm]、計測温度40℃）



図6　ポリカーボネートの多重エコー
（サンプルの厚さ1[mm]、計測温度40℃）

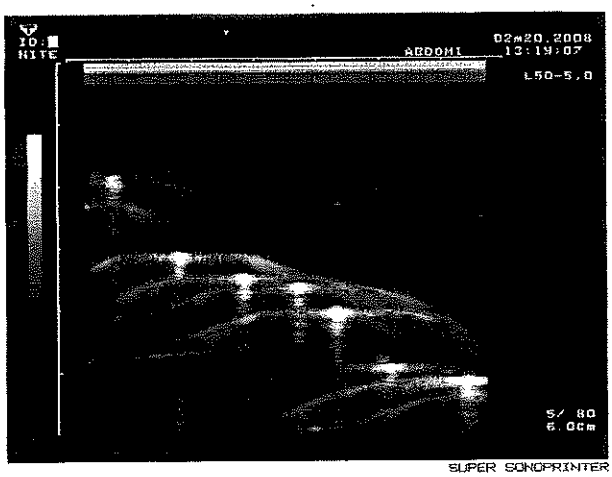


図7　高密度ポリエチレンの多重エコー
（サンプルの厚さ1[mm]、計測温度40℃）

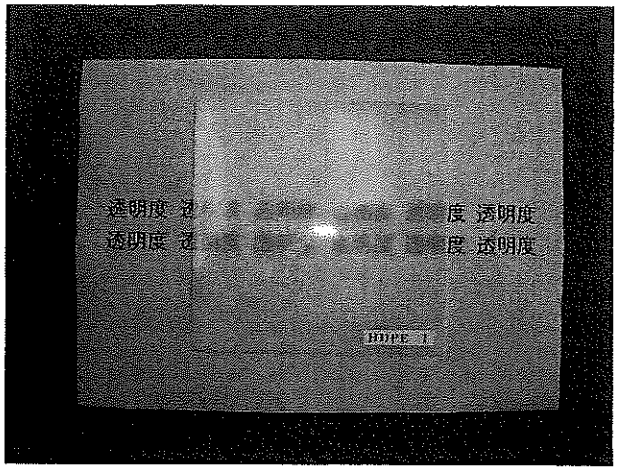


図8　高密度ポリエチレンの可視光透過
（サンプルの厚さ1[mm]）

6　まとめ

体肢断面観察用水槽に用いる合成樹脂素材を、界面エコーと超音波の減衰の観点から検討した。その結果、PET、ポリカーボネート、高密度ポリエチレン等の

①生体に近い音響インピーダンス値特性をもち、
②超音波の減衰が少なく、
③厚さの薄い素材で水槽を構成し、
④かつ40℃程度の温度で計測を実施すること、
が有効であることを見出した。

今後、体肢を模したファントムを試作し、画像の評価を実施したい。

参考文献

1) Hisamoto, S., Higuchi, M. et al.: Age-related differences of extremity joint torque of healthy Japanese, Journal of Gerontechnology, 4(1),pp.27-45,(2005)

2) Chi-Fishman G, Hicks JE, Cintas HM, et al.: Ultrasoundimaging distinguishes between normal and weak muscle. Arch Phys Med Rehabil, 85(6), 980-86(2004)

歩行改善衣料『スタイルサイエンス®』の長期着用による美しい体型への変化について－成人女子における検討－

Usefulness of the gait-improving garment 『Style Science®』 for the beautiful style in adult female subjects.

○坂本晶子*，篠崎彰大*，中井義勝**
*(株)ワコール人間科学研究所，**烏丸御池中井クリニック
Akiko SAKAMOTO*, Akio SHINOZAKI* and Yoshikatu NAKAI**
*Wacoal Corp. Human Science Reserch Center
**Karasuma Oike Nakai Clinic

1．はじめに

『スタイルサイエンス®』は、「はいて歩くことで体脂肪を燃やす」というキャッチフレーズで（株）ワコールが販売している歩行改善インナーウエアである。最大の特徴は、「歩き方の質を変える」ことである。太もも前面中央に配したクロス構造の緊締部が大腿四頭筋の筋腹近くにある感覚受容器を軽く刺激し、大腿四頭筋の活動を活発にして、歩幅を広げる。歩幅が広がった分、脚を後方にける力も強くなり、結果的に大腿部の筋肉全体をしっかり使った歩き方に変わる[1]。

歩行は有酸素運動なので、歩幅の広い歩き方に変えて長期間継続すると、大臀筋が鍛えられてヒップ形状が変化（ヒップアップ）するだけでなく、歩幅が広がった分だけ消費エネルギーが増加し、からだ全体が引き締まることが考えられる。

男性被験者60名の3ヶ月着用実験では、スタイルサイエンス着用群は体重・体脂肪率・腹囲の3項目とも有意に減少し、骨格筋率は逆に有意に増加した[2]。

この男性での実験結果を参考にして、新たに成人女子にスタイルサイエンスを1週間に5日以上の頻度で、3ヶ月間着用してもらうことで、体型的・体組成的にどのような変化が生じるのか、さらにその変化が美しい体型に向かっているのかどうかを(株)ワコールが提案したゴールデンカノン（美の基準）[3]にあてはめて、検討した。

2．対象と方法

2-1．被験者

㈱ワコール人間科学研究所の登録モニターで、24歳から52歳までの成人女子42名を被験者として用いた。被験者の身体特徴は表1に示した。実験衣着用群は27名、実験衣非着用群は15名である。表中のいずれの身体項目でも群間に有意な差はみられなかった。

被験者には、研究の目的、内容を説明し、実験参加への同意を得た。また実験中に肉体的もしくは精神的な苦痛を感じた場合はいつでも実験中止ができるというインフォームドコンセントをとったうえで実施した。

表1　被験者の身体的特徴（平均値±標準誤差）

	着用群	非着用群	p値
被験者数（人）	27	15	
年齢（齢）	40.9±1.2	39.6±1.8	0.557
身長（cm）	158.4±0.8	158.6±1.5	0.858
体重（kg）	58.5±1.5	59.7±2.3	0.653
BMI（kg/m²）	23.3±0.6	23.7±0.9	0.691
体脂肪率（%）	33.0±1.1	32.7±1.2	0.865
筋肉量（kg）	36.6±0.5	37.5±0.9	0.364
ウェスト周径（cm）	75.4±1.5	76.3±2.4	0.734
臍周径（cm）	82.9±1.7	85.4±2.2	0.400
ヒップ周径（cm）	95.0±1.0	94.3±1.4	0.684
太もも付根周径（cm）	56.0±0.8	55.3±1.0	0.592
太もも付根10cm下周径（cm）	48.7±0.7	47.8±0.9	0.453
ヒップ高（cm）	74.8±0.5	75.5±1.0	0.517

2-2．被験者への指示

被験者へは、①実験衣を1週間に5日以上着用すること、②実験期間中新たにダイエットをはじめないこと、③実験期間中に新たにスポーツをはじめないことを指示した。それ以外の指導はしなかった。

実験衣非着用群の着用衣類については普段自分が使用している下着を普段どおり着用するように指示した。

2-3．　測定項目

実験開始時と着用1ヶ月後、3ヶ月後に以下の項目を測定した。

①体重、体脂肪率、筋肉量

タニタ製体組成計DC-320で、体重・体脂肪率・筋肉量を測定した。

②　身体寸法値

マルチン式計測法に基づき、ウェスト周径、臍周径、ヒップ周径、太もも付根周径、太もも付根10cm下周径、ヒップ高を測定した。

③　サイドシルエット

ボードの前でマルチン測定時の基本姿勢（耳眼水平位）をとってもらった上で写真撮影をした。

④　歩幅

歩幅の測定では、被験者に実験衣は着用させず、本人が普段着用しているショーツ、アウターウエア、靴を着用させたうえで10m先の目標物を目指して歩行させ、8m地点を越えた最初のかかとまでの距離を、要した歩数で割って歩幅を求めた。これを8回繰り返し、最初の3回を除いた残り5回分の平均値を歩

幅とした。

⑤ 日常行動及び歩数記録

被験者全員に家庭用体組成計（オムロンヘルスケア製 HBF-361）を渡し、毎日一定時刻に体重、体脂肪率を測定し記録させた。さらに毎日の実験衣の着用有無、歩数を記録させた。歩数は、着用開始1週間前から記録を開始させた。

2-4. 体型変化が美しい体型に向かっているのか否かの検証（女性美の基準へのあてはめ）

ゴールデンカノンは、(株) ワコールが現代女性のからだの美しさを立体像で捉えた美の基準で、6つのバランスから成り立つ。その6つとは、①バスト・ウェスト・ヒップの周径バランス、②トルソ・バランス、③バスト立体バランス、④ヒップ立体バランス、⑤身長と体重のバランス、⑥高さのバランスである[3) 4) 5) 6)]。

この6つのバランスに3ヶ月間での体型変化をあてはめて、体型変化そのものが美しい体型に向っているのか否かを検討した。

2-5. 統計解析

各項目の測定結果は平均値±標準誤差で示した。統計処理にはSPSSVer. 13.0を用いた。実験衣着用群と非着用群における身体的特徴の差の検定は、対応のないt検定を用いた。また、体重、体脂肪率、筋肉量、ウェスト周径、臍周径、ヒップ周径、太もも付根周径、太もも付根10cm下周径、ヒップ高および歩数の各月の経時変化は一元配置分散分析で検定した。検定結果については$p<0.05$を有意とした。

3. 結果

3-1. 歩幅の変化

実験衣着用群の歩幅は、開始時の平均値が69.2±1.4cm、3ヶ月後が73.5±1.1cmであり、3ヶ月間の着用で歩幅が有意に増加した。非着用群ではそのような変化は見られなかった。

3-2. 実験中の歩行数と食事量の変動

実験衣着用群の、実験開始1週間前（実験衣非着用状態）と実験開始後の各月の毎日の歩数の変化を確認したところ、実験開始前後の歩行数に有意な差はなかった。また、被験者に記入させた日常生活の記録やヒアリング結果を分析し、食事量・スポーツ回数などを比較したが、実験衣着用前後で特記すべき違いはみられなかった。つまり、実験衣着用群は我々の指示通り実験衣を着用すること以外は実験前とほぼ同じ生活で3ヶ月間過ごしたことが確認できた。

3-3. 3ヶ月間の身体特徴（体型・体組成）の変化

①体組成の変化（体重・体脂肪率・筋肉量の変化）

表2に示すように実験衣着用群は、3ヶ月間で、体重と体脂肪率の平均値が有意に減少したが、筋肉量には有意な変化はみられなかった。一方、非着用群では3項目とも有意な変化はみられなかった。

② 体型の変化

表2に示すように実験衣着用群は、3ヶ月間で、臍周径・ヒップ周径・太もも付根周径・太もも付根10cm下周径の平均値が有意に減少し、ヒップ高の平均値が有意に増加した。一方、非着用群ではそのような変化はみられなかった。

3-4. 体型変化が美しい体型に向っているか否かの検証（女性美の基準へのあてはめ）

実験衣着用群の3ヶ月間での体型変化を女性美の基準である「ゴールデンカノン」に当てはめてみて、美しい体型に向っているのか否かを調べたところ、女性美を示す6つのバランスのうち、「身長と体重のバランス」、「トルソ・バランス」、「高さのバランス」の3つのバランスで美しい体型に向かって変化していることが確認できた。詳細は以下の通りである。

①身長と体重のバランス

図1に示すように、身長と体重のバランスが、美しいゾーンに近づいた人（または美しいゾーン内にあることを維持した人）が27名中18名（出現率67%）であった。とくに美しいゾーンから太いほうへはずれている人ほど体重の減少量が大きかった。それに対して美しいゾーン内及びその近傍の人では、ほとんど体重変化が見られなかった。

表2 体組成・身体寸法値の3ヶ月での変化：*は5%有意差、**は1%有意差。

	着用群27名(平均値±標準誤差)						非着用群15名(平均値±標準誤差)					
	スタート時	3ヶ月後	増減	差	p値	有意差	スタート時	3ヶ月後		差	p値	有意差
体重(kg)	58.5±1.51	57.8±1.46	−	0.64±0.23	0.010	*	59.7±2.30	59.3±2.35	−	0.35±0.34	0.327	
体脂肪率(%)	33.0±1.11	31.8±1.08	−	1.25±0.25	0.000	**	32.7±1.21	32.3±1.16	−	0.40±0.35	0.273	
筋肉量(kg)	36.6±0.48	36.8±0.49	+	0.27±0.15	0.092		37.5±0.89	37.5±0.89	+	0.00±0.19	1.000	
ウェスト周径(cm)	75.4±1.51	74.9±1.44	−	0.50±0.36	0.171		76.3±2.36	76.0±2.41	−	0.36±0.56	0.533	
臍周径(cm)	82.9±1.73	82.0±1.58	−	0.89±0.33	0.012	*	85.4±2.22	84.6±2.19	−	0.58±0.65	0.384	
ヒップ周径(cm)	95.0±1.05	94.0±0.99	−	0.94±0.23	0.000	**	94.2±1.35	94.2±1.36	−	0.07±0.40	0.868	
太もも付根周径(cm)	56.0±0.80	55.4±0.76	−	0.59±0.17	0.002	**	56.3±1.02	55.3±0.98	+	0.02±0.22	0.927	
太もも付根10cm下周径(cm)	48.7±0.74	48.3±0.71	−	0.43±0.17	0.020	*	47.8±0.94	47.9±0.96	+	0.05±0.24	0.828	
ヒップ高(cm)	74.8±0.55	75.3±0.55	+	0.50±0.13	0.000	**	75.5±1.04	75.6±1.14	+	0.15±0.18	0.434	

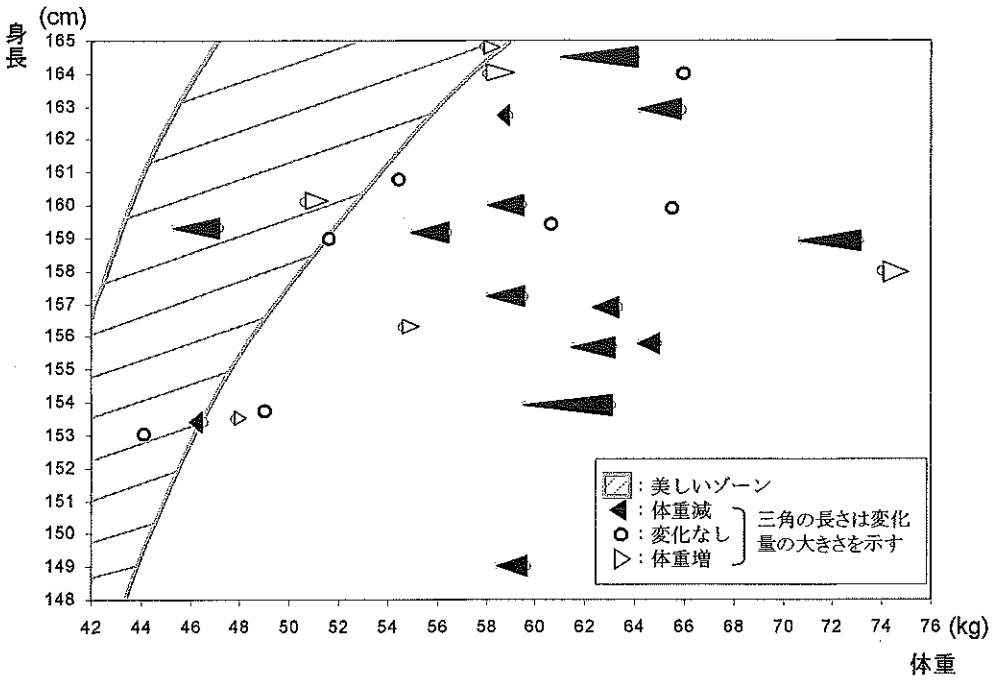


図1　「身長と体重バランス」の3ヶ月間変化

②トルソ・バランス

図２の被験者は、開始時は腹部点がもっとも前に突出していたが３ヶ月後には、乳頭点のほうが前に突出した美しいシルエットに変化していた。この例のように乳頭部が腹部より前に突出したシルエット（美しいシルエット）に近づいた人は 27 名中 19 名（出現率 70%）であった。（表３参照）

③高さのバランス

表２に示すように、ヒップ高が高くなった人が 27 名中 18 名（出現率 67%）であった。

以上①から③までの変化のうちどれか１つでもあてはまった人は被験者 27 名中 26 名（出現率 96%）であった。また３つともあてはまった人は 10 名（出現率 37%）であった。

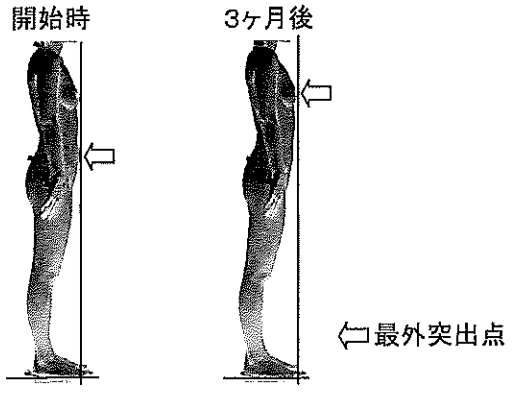


図2　3ヶ月間でのサイドシルエットの変化事例：「トルソバランス」直線は、サイドシルエットの前方最外突出点から床面におろした垂線

表3　トルソバランスの3ヶ月間の変化

	実験衣着用群	実験衣非着用群(9名)
美しい方への変化	19名(70.4%)	0名(0.0%)
変化なし	3名(11.1%)	5名(55.6%)
美しくない方への変化	5名(18.5%)	4名(44.4%)

4．考察

我々は、はくだけで体型そのものを美しくする下着を開発することができた。なぜそのようなことが言えるかというと、スタイルサイエンスを３ヶ月間着用することで変化した体型はゴールデンカノン（女性美の基準）に近づいていたからである。

美しい体型への変化内容を具体的に言うと、スタイルサイエンス着用群は、３ヶ月間で体重が有意に減少したが、その体重減少の内訳は体脂肪率は減少するが筋肉量の低下はみられず、体幹部の周径値が減少していた。つまり単にやせるのではなく、引き締まった体型になっていることが確認できた。また、横から見たときのシルエットが腹部より乳頭部が突出した美しいシルエットに近づいた人が、70%存在した。これは、歩幅の広がった歩行によって大臀筋や大腿四頭筋などの下半身の大きな筋肉が鍛えられたことによって、背筋の伸びた姿勢に変化した結果であると推測できる。

さらにヒップ高も高くなった。スタイルサイエンスを１ヶ月着用することで、大臀筋が鍛えられヒップアップすることは、MRI を使った１ヶ月着用実験

で既に確認できている[7]が、今回の実験で、3ヶ月継続して着用すると大臀筋の肥厚（筋膨隆）だけでなく背筋が伸びることも加わった相乗効果でヒップアップすることが確認できた。

このような美しい体型への変化が起こった理由は、歩き方が変わったからである。どのように変わったかというと歩幅が広がった。

歩行は、有酸素運動なので、習慣的に歩き続けていると、体脂肪の燃焼を促進するとともに、筋肉が鍛えられて基礎代謝が向上しエネルギー消費しやすい体質を作るといわれている。毎日しっかり歩いたらキレイになれる。このことは誰もがわかっていることだが続かなかった。なぜ続かないかというと、目に見えてわかる効果がなかなか現れてこないためである。辛抱しきれなくなって途中でやめてしまったり、最初からウォーキングそのものは敬遠するという課題を抱えていた。

しかし今回の実験の被験者は、新たなウォーキング時間を設けるということではなく、日常生活での歩行の 7000～8000 歩前後だけで美しい体型へ変化し始めていた。つまり歩幅が広がるという変化によって日常歩行の効率が上がっただけで、新たな運動を開始したのと同じような効果が出てきていたのである。更に3ヶ月間の着用実験中の落伍者がひとりもいなかったという事実も見逃せない。被験者に継続できた理由を確認すると、「今まで着用していた下着を実験衣にはきかえるだけなので、手間がかからなかった」ことや、「履くとしっかり歩けるようになり、ヒップアップをはじめとして、からだが引き締まってくる実感があったので継続すること自体が楽しかった」とのことであった。

これは、着用者に無理を強いることなく運動効率が上げられたということを示しており、日常生活の中でのエネルギー消費活動（Non Exercise Actvity Thermogenesis）[8]がしっかり行なえたことを示している。

以上の結果をまとめると、スタイルサイエンスは日常歩行における運動効率を高めてからだを引き締め美しいプロポーションを美しくするための有力な手段として期待できる可能性が示唆された。

5．結論

歩幅の大きな歩き方を促す歩行改善衣料『スタイルサイエンス®』を 27 名の成人女子被験者に 1 週間に 5 日以上という頻度で 3 ヶ月間着用させ体型の変化を観察した。

1) 実験衣着用群は実験開始 3 ヵ月後に体重・体脂肪率・臍周径・ヒップ周径・太もも付け根周径・太もも付け根 10cm 下周径が有意に減少し、ヒップ高は有意に高くなった。一方非着用群は、それらの項目について有意な変化は見られなかった。

2) 実験衣着用群の体型変化を女性美の基準に当てはめると、単にやせるのではなくて、引き締まった美しい体型に向かっていることが確認できた。

3) 3 ヶ月間で実験中断者は皆無であった。着用の手軽さと着用効果の即効性が継続着用できた理由であった。

以上の結果より、歩行改善衣料『スタイルサイエンス®』をはくと、歩幅が広がるので、日常生活で着用しているだけで、体型が変化し、美しい体型になることが確認できた。

参考文献

1) 須藤舞：引き締めたい！夢をかなえるトレーニングボトム，日本繊維製品消費科学会誌，vol. 48, pp. 471-474 (2007).
2) 岸本泰蔵，福與千鶴，中井義勝：男性におけるヒップトレーニングボトム長期着用によるメタボリック症候群予防の可能性について，日本肥満学会会誌，vol. 13, pp. 231 (2007).
3) 篠崎彰大：ボディ，pp. 97-128，マガジンハウス (1995).
4) （株）ワコール：ゴールデンカノン (1995).
5) 篠崎彰大：女性の美しさ（1），日本繊維製品消費科学会誌，vol. 39 (8)，pp. 36-39 (1998).
6) 篠崎彰大：女性の美しさ（2），日本繊維製品消費科学会誌，vol. 40 (5)，pp. 30-33 (1998).
7) 東高志他，川崎玲子，中井隆介，浦山慎一，岡本淳，瀧澤修，福山秀直，堤定美：高分解能 3D MR-2D MR 画像を利用した骨格筋の外力による構造変化の解析，MR 学会 (2005).
8) 森谷敏男：メタボにならない脳のつくり方，pp. 29-54，扶桑社新書 (2008).

頂点制御可能なポリゴンによる人体３次元形状のモデル化の試み

A Vertex Controllable Polygon for a Modeling of Three-dimensional Shape of Human Body

○中村顕輔*，黒川隆夫**

*京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科　**大阪大学大学院基礎工学研究科

NAKAMURA Kensuke*, KUROKAWA Takao**

*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology,

**Graduate School of Engineering Science, Osaka University

1　緒言

本論文は人体 3 次元形状のモデル化のための曲面近似手法開発を目的とする．曲面座標を用いたポリゴン頂点の制御法を提案し，モデリングを試行した結果を報告する．

人体計測値は衣服設計や人間工学に基づいた製品のデザインに欠かせない．人体の計測は多くの場合，マルチン計測法に基づいて行なわれてきた．しかし採取される寸法値では個人の体形を捉えきることは難しく，また人の手で多数の項目を計測するため被験者への負担が大きく，誤差も生じやすいといった問題を抱えている．このためコンピュータの普及と 3 次元計測技術の発展に伴って，高速で正確な人体３次元計測が注目を集めている．大規模な集団計測としては，日本人約 3 万 4 千人を対象にした人間生活工学研究所の調査（1992-1994）や欧米の約 6,000 人の市民を対象にした CAESAR（Civilian American and European Surface Anthropometry Resource）プロジェクト（1998-2000）が知られており，多くの研究機関，企業単位で 3 次元計測が試みられている．しかしながら得られる計測データは数十万点にも及ぶ膨大な点の集合であり，さらに個々の計測点の体表上の位置も明らかでない．このため，計測データを用いて体形を直接分析することはできない．この問題を解決するためには，計測データをコンパクトで，被計測者間で比較可能なデータに変換する人体 3 次元形状のモデル化手法が必要になる．

人体 3 次元形状のモデル化の先行研究と問題点を述べる．モデル化手法はその精度や圧縮率，手順の客観性，局所記述性等で評価することができる．最もシンプルなモデルは，計測データの点群をそのまま頂点として三角ポリゴン分割を行なう手法やボクセル表現によって計測データをポリゴンで近似する手法（Azouz et al. 2006）である．この手法を用いれば点群から面情報を得ることができるが，異なる被験者間でのポリゴン頂点の対応付けが無いために形状の比較が難しく，また点の数も膨大である．これに対して持丸らは相同モデル（持丸　2005），Hong らは乳房モデル（Seo et al. 2007）を提案している．これは予め定義した一般ポリゴンモデルを FFD（Free Form Deformation）技術によって人体の特徴点や凹凸点を用いて大まかに変形した後，ポリゴン頂点間のバネ関数とポリゴンと計測点の距離関数を組み合わせて計測データへ反復的にフィッティングする手法である．持丸らはこの手法が人体の様々な部位に適用可能なことを示している（持丸　2005）．しかしこのモデルはポリゴンのために頂点以外の体表上の点を定量的に扱うことができないこと，また FFD では体表同士が接近した計測データに対するフィッティングが難しいことが問題となる．他のモデル化手法として，黒川らは体表上の人体特徴点により正規化した曲面座標に基づいて円筒状 B-spline 曲面を計測データに最小二乗フィッティングする人体形状モデルを提案している（黒川　1997）．この手法は制御点 750 点で女性の体幹部を誤差 1.5mm 程度で再現できる．筆者らは，これまでにこのモデルを用いればブラジャー着装シミュレーション（崔　他　2005）や乳房（崔　他　2006），腹部（鄭　他　2006），体幹部の体形分析（Nakamura et al. 2008），身体サイズ値の推定（中村　他　2006）が可能であることを示した．しかしながら，B-spline 曲面の制御が難しいため全身を一体的に記述できず，また制御点の配置に制約がある，

本研究の最終的なゴールは新たな人体 3 次元形状モデル化手法を開発することである．この目的のためには新たな曲面近似手法が必要となる．コンピュータで曲面を表現する主な手法としては，多面体により形状を近似するポリゴン，スプライン関数を用いた B-spline 曲面や Bezier 曲面，また B-spline 曲面の制御点に重みを与えた Nurbs 曲面が挙げられる．ポリゴンと B-spline 曲面は人体 3 次元形状のモデル化の研究ですでに採用されているが，それぞれ前述の問題がある．また筆者らは Nurbs 曲面も検討したが，表現したい曲面形状から制御点を定める逆変換

問題には有効でないことが判明した．そこで本論文ではモデルの基礎となる新たな曲面近似法として，曲面座標によるポリゴン頂点の制御方法を提案する．以下ではその仕組みと，実際にモデルを 3 次元計測データへのフィッティングした結果を報告する．

2　曲面座標によるポリゴン頂点の制御

2.1　曲面座標によるポリゴン頂点の制御方法

本研究では三角ポリゴンの頂点に曲面座標を付加することでポリゴン面上の任意の点を頂点の一次結合式で記述する手法を提案する．ここでは人体形状モデル（黒川　1997）と同様に人体の体幹部を想定し，円筒の周座標 u, 高さ座標 v $(0 \le u, v \le 1)$ で体表上の任意の点 $\boldsymbol{p}(u, v)$を記述する．これは，

$$\boldsymbol{p}(u,v) = \sum_{i=1}^{T} Q_i(u,v)\boldsymbol{t}_i \qquad (1)$$

と表せる．$\boldsymbol{t}_i$はモデルを構成する第 i 頂点の位置ベクトル（i=1, ..., T），各頂点の係数 Q_iは，体表点 $\boldsymbol{p}$ の曲面座標(u, v)を UV 平面上で包含する三角形の内分比を示す．式(1)を図で示せば図１のようになる．このポリゴン頂点の制御法では，UV 平面は予め定義された T 個の頂点からなる三角ポリゴン群で分割され，任意の (u, v) 点はいずれかの三角形に含まれる．このとき点 $\boldsymbol{p}$ を含まない他のポリゴン頂点の係数をゼロ（Q=0）とすれば，体表上の点を式(1)で表すことができる．

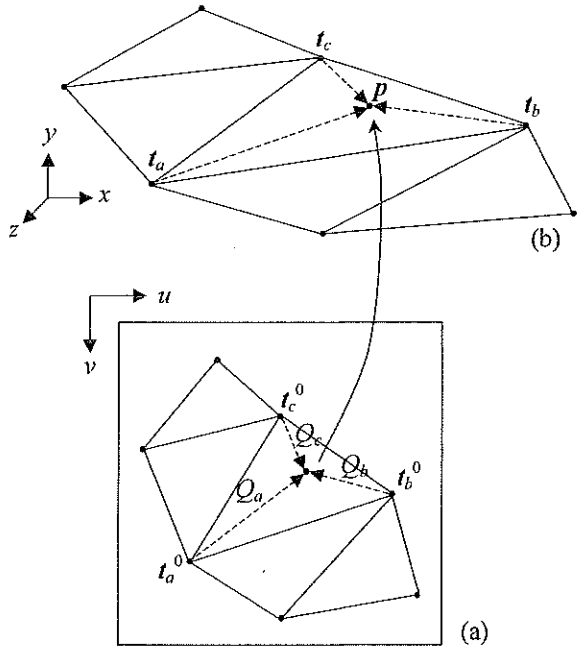


図１　曲面座標によるポリゴン頂点の制御

(a)UV 平面上にあるポリゴン頂点 t_a^0, t_b^0, t_c^0がなす三角形が (u, v) 点を内分比 Q_a, Q_b, Q_c で包含するとき，(b)その内分比と頂点の位置ベクトルの積和で xyz 空間上の点 $\boldsymbol{p}$ を記述する．

2.2　曲面座標制御ポリゴンのフィッティング方法

ポリゴン頂点を曲面座標で制御すれば (1)ポリゴン頂点配置を UV 平面上で定義できる．また(2)三角分割によって定まるポリゴンモデルを(3)計測データに対して最小二乗フィッティングすることができる．

(1) UV 平面上でのポリゴン頂点の定義

体表上のポリゴン頂点を UV 平面で定義する．このとき UV 平面上の人体特徴点の分布から UV 平面と人体部位の対応を知ることができる．例として 750 の点を u 方向に 30 点，v 方向に 25 点を配置した頂点を図２(a)に示す．

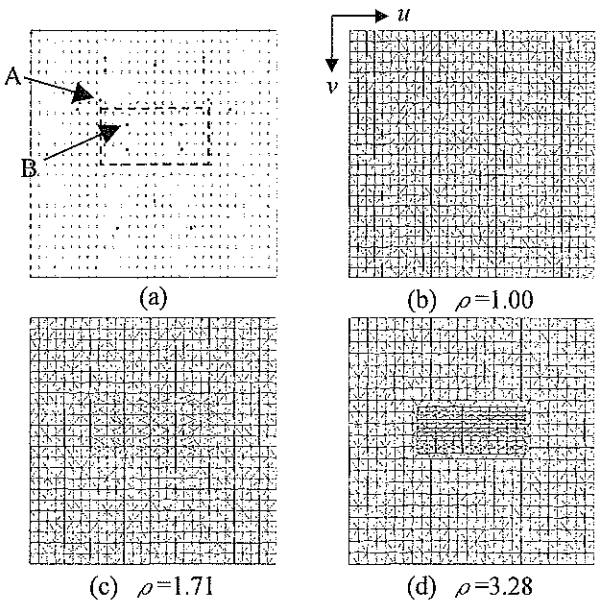


図２　頂点定義例と三角分割結果

(a)u, v 方向に 30×25 点を配置した例と(b)その三角分割結果．(a)●印は UV 平面上での人体特徴点分布を表す．矢印で示した右半身の腋点(A)，乳頭点(B)およびその下のアンダーバスト点から，破線で示した矩形を用いればその領域内に両乳房が含まれる．(c)は乳房部の点密度を ρ=1.70 に，(d)は ρ=3.28 に上げてから三角分割した結果．

(2) 頂点の三角分割

図２(a)の頂点群を母点としてドローネー三角分割を適用すれば，同図(b)の三角ポリゴンが得られる．本研究ではポリゴンが周座標 u，高さ座標 v を持つ円筒形状を構成するように三角分割を行なう．ここで得られた三角ポリゴンが形状モデルになる．

(3) 最小二乗フィッティング

曲面座標 u, v を持つ計測点 $\boldsymbol{p}'$とモデル上の対応点 $\boldsymbol{p}$ との誤差 e は，

$$e = |\boldsymbol{p}' - \boldsymbol{p}| = \left| \boldsymbol{p}' - \sum_{i=1}^{T} Q_i(u,v)\boldsymbol{t}_i \right| \qquad (2)$$

となる．このとき全ての計測点 M 個の誤差二乗和

$$E = \sum_{j=1}^{M} e_j^2 \qquad (3)$$

を最小にするように頂点の位置座標 t_i (i=1, ..., T) を計算すれば実空間上でのポリゴンの形状が定まる．このとき t_i の x, y, z 座標値を被計測者個人の体形パラメータとして扱うことができる．

3　曲面座標制御ポリゴンのフィッティング結果と考察

本研究では UV 平面上での頂点制御によってモデルの精度を改善できるかを確認するため，その例として乳房部分の頂点密度が異なる 3 種類のモデルを作成し，成人女性 2 名の 3 次元計測データにフィッティングすることでモデルの評価を行なう．また B-spline 曲面を用いた人体形状モデルとの比較を行なう．

3.1　3 次元計測データ

ワコール人間科学研究所で計測された成人女性 2 名の裸体の体幹部 3 次元計測データ（約 19 万点）を用いる．1 名はバストサイズ C70 の標準体型，もう 1 名は G75 でやや肥満の体形である．以下被験者 C70, G75 と表記する．

予めこの 3 次元計測データには人体形状モデルのアルゴリズム（黒川　1997）を用いて u, v 座標値が与えられている．このデータに対して曲面座標制御ポリゴンまたは B-spline 曲面をフィッティングすればそれぞれのモデルが得られる．

3.2 フィッティングする曲面座標制御ポリゴン

総頂点数は一定で乳房部分の頂点密度が異なる 3 種類の曲面座標制御ポリゴンを作成する．各ポリゴンには人体形状モデルと同じパラメータ数として 750 の頂点を定義する．1 つ目は u, v 方向に 30×25

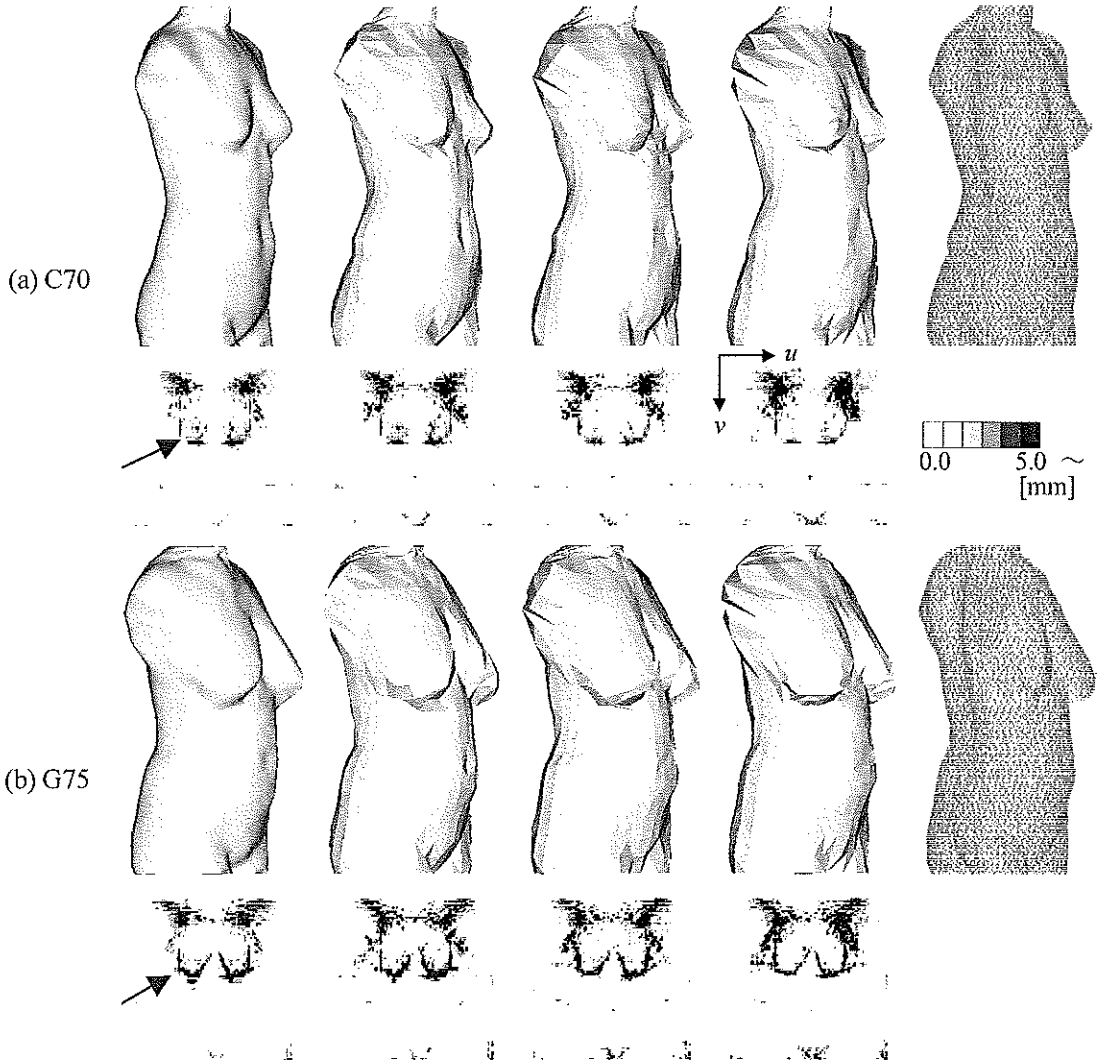


図 3　モデル画像と誤差マップ

被験者 (a) C70 と (b) G75，画像は左から人体形状モデル，乳房密度順に曲面座標制御ポリゴン．計測データは約 20 万点から無作為に 10 分の 1 を選びプロットした画像．右上は誤差マップの誤差値対グレー濃度を表す．矢印は乳房下輪郭を指す．

個の頂点を配置したモデル，2 つ目は UV 平面全体の頂点数を 29×24 に減らした上で図 2 (a)破線を参考に乳房部分に 9×6 を配置したモデル，3 つ目はさらに乳房部分の密度を上げたモデル（総点数 750，全体 27×22，乳房部 13×12）である．先の図 2 (b), (c), (d)は各モデルの三角分割に対応する．それぞれの乳房部の頂点密度を比率で表せばそれぞれ ρ=1.00，1.71，3.28 となる．以下ではこの頂点密度 ρ で各モデルを表記する．

3.3 曲面座標制御ポリゴンのフィッティング結果

フィッティングによって得られた B-spline 曲面（人体形状）モデル，3 つのポリゴンモデルと計測データの画像，および計測点とモデルの誤差を UV 平面上にグレー濃度で示した誤差マップを図 3 に示す．また体幹部と乳房部のモデリング誤差平均値を表 1 に示す．

表 1　モデリング誤差平均値[mm]

(a) 体幹部

被験者	B-spline 曲面	曲面座標制御ポリゴン ρ=1.00	ρ=1.71	ρ=3.28
C70	1.40	1.59	1.55	1.78
G75	1.53	1.74	1.77	1.91

(b) 乳房部

被験者	B-spline	ρ=1.00	ρ=1.71	ρ=3.28
C70	2.35	2.38	1.93	1.67
G75	2.76	2.76	2.64	2.07

誤差値は計測点とモデル対応点のユークリッド距離．(a)体幹部の計測データは被験者 C70，G75 それぞれ乳房部も含めた 192,331 点と 193,958 点．(b) 乳房部は u=[0.28, 0.72]，v=[0.33, 0.54]に含まれる 16,259 点と 20,330 点．

3.4 フィッティング結果の考察

フィッティング結果からポリゴンの頂点制御によって乳房部のモデル精度が向上することが読み取れる．体幹部全体の誤差平均値（表 1 (a)）は，B-spline 曲面がポリゴンモデルより小さいが，これは前者が C^2 連続性を持ち有機形状の表現に適しているためである．一方で本研究が目的とする乳房部は，表 1 (b)より被験者 C70，G75 共に頂点密度 ρ が増すと誤差値が減少する，特に ρ=3.28 は B-spline 曲面と比較して誤差がそれぞれ約 29，25%小さく，乳房形状をより正確に再現していると考えられる．誤差マップ（図 3）からは，矢印で示した乳房下輪郭を中心に頂点密度によって誤差が減少することが読み取れる．これはモデル画像と計測データ画像の比較からも確認でき，ρ=3.28 のポリゴンモデルでは乳房下輪郭や被験者 C70 の乳頭点の形状が再現されていることが観察できる．

4　結言

本研究では曲面座標を用いることでのポリゴン頂点配置を制御し，計測データへ最小二乗フィッティングする手法を提案した．ポリゴンの頂点密度制御では曲率を用いた相同モデルの手法（持丸　2005）があるが，これは定義する一般モデルが持つ体形に依存する．本研究の手法では UV 平面上で人体特徴点を用いて客観的に頂点を配分する手法を示し，実際に頂点密度を制御することで乳房部分の誤差が減少することを示した．また最小二乗法によって乳房の形状を正確に再現した．このポリゴンのフィッティング法を用いれば，FFD では難しい下垂乳房など体表同士が接近した形状を再現できる可能性が高い．

本研究のポリゴン頂点制御法は新たな人体 3 次元形状のモデル化手法の基礎技術になると期待される．

謝辞

日頃，データの提供などご協力を頂いている㈱ワコール人間科学研究所と，貴重な意見を頂いた京都女子大学の岡部和代教授，渡邊敬子講師に感謝する．

参考文献

Azouz, Z. B., Rioux, M., Shu, C., Lepage, R. (2006) Characterizing human shape variation using 3D anthropometric data, Visual Comput (2006), Vol.22, pp.302-314, DOI: 10.1007/s00371-006-0006-6

Kurokawa, T (2006) Description of two- and three-dimensional human body shape, Proc. 3rd International Symposium for Materials & Kansei in Textiles Fashion, pp. 33-40

Nakamura, K., Kurokawa, T. (2008) Analysis and Classification of Three-Dimensional Trunk Shape of Women by Using the Human Body Shape Model, 5th International Conference on Information Technology and Applications (ICITA 2008), pp.705-710, ISBN: 978-0-9803267-2-7

Seo, H., Cordier F., Hong, K. (2007) A breast modeler based on analysis of breast scans, Conp. Anim. Virtual Worlds 2007; 18, pp.141-151, DOI: 10.1002/cav.169

崔，中村，黒川（2005）重回帰モデルによるブラジャー着装シミュレーションとその評価，日本繊維機械学会誌，Vol.58，No.6，pp.T68-T75

崔，中村，黒川（2006）人体モデルを用いた乳房の 3 次元形状の分析と分類，J. of Textile Engng., Vol.52, pp.243-251

鄭，若林，中村，黒川（2006）女性の腹部 3 次元形状の分析と分類，ヒューマンインターフェース学会，第 10 回ノンバーバルインターフェース研究会／第 7 回ヒューマンメディア研究会合同研究会講演予稿集，pp.63-66

黒川（1997）身体形状の計測・記述とその応用，計測と制御，Vol.36，pp.77-83

持丸（2005）人体形状の変異と産業応用，バイオメカニズム学会誌, Vol.29, No.2(2005)

中村，黒川（2006）人体形状モデルと遺伝アルゴリズムを組み合わせた身体サイズ値推定，ヒューマンインターフェース学会，第 10 回ノンバーバルインターフェース研究会／第 7 回ヒューマンメディア研究会合同研究会講演予稿集，pp.18-25

日用品の操作と指の形状変化に関する研究

Deformation and Force of Finger in Operating Everyday Things

○澤島秀成*，杉山陽二**
*奈良県工業技術センター，**有限会社サン・デザイン・プロダクツ
SAWASHIMA Hidenari*, SUGIYAMA Yoji**
*Nara Prefectural Institute of Industrial Technology, **Sun Design Products Co. Ltd.

1　はじめに

人間工学の重要な役割の一つに，人間の身体形状や寸法，力量等を基にした製品設計支援がある．このことより従来から人間の身体寸法[1]のデータベース等が整備されてきた．しかし，実際の製品使用の際には，さまざまな制約・条件の下で，体の形状が変化している場合も多い．特に手や指などの小さい部位の形状変化の場合は，その変形や負荷の特性が把握し難く，その変形を配慮した設計・デザインは困難である．

本研究では，日用品の操作の中で，特に指の変形が起こりやすい「蓋の開封操作」の形状変化について，有限要素モデルによるシミュレーションを行い，その操作角度と指の形状変化，応力等との関係について考察する．

2　実験手法

2.1　構造のケース

解析のケースとしては，図１に示すような容器の蓋に，第一指を押しつけた後に上方向に持ち上げて開封する場合について検討した．

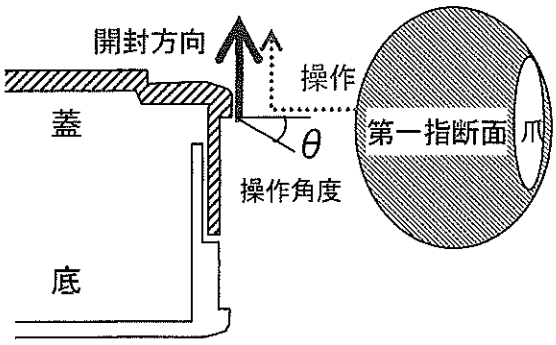


図1．蓋操作の概要

2.2　解析モデル

指の解析モデルは図２に示す構造で，縦弾性係数は，表皮 0.136 MPa，真皮 0.080 MPa，皮下組織 0.034 MPa[2]および骨 1.7×10^4 MPa とし，また，ポアソン比は，表皮・真皮・皮下脂肪については 0.48，骨については 0.4 とした．有限要素解析には MSC 社の Marc を用いた．解析については，超弾性体[3]を用いる場合もあるが，変位が比較的小さい[2]ことから弾性体による線形解析として計算した．また，制約条件としては骨および爪部分の変位を固定した．

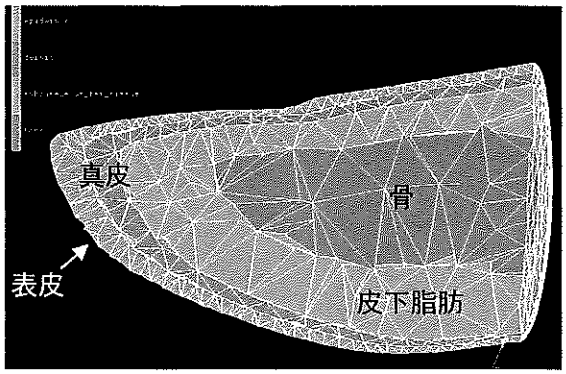


図2．指のモデル

2.3　操作角度および負荷の検証

操作角度（図１中のθ）については，0 deg から 10，20，30，40 deg まで変化させ，その時の応力分布および変形について調査した．また，実際にモックアップを操作した時の負荷データをグローブスキャンシステム（(株)ニッタ製）により取得し，解析によって得られた負荷特性と大きな違いがないことを確認した．

3　実験結果および考察

3.1　動作角度による応力分布・変形の違い

操作角度 0 deg，20 deg および 40 deg における，

蓋の開封方向への力が 1N 付近の相当応力分布および変形について図3から図5に示す.

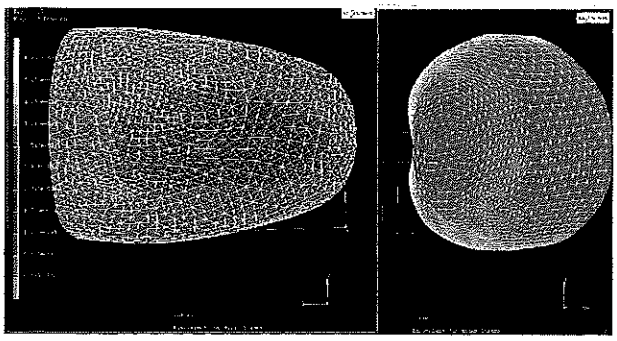


図3. 操作角度 0 deg の相当応力分布および変形

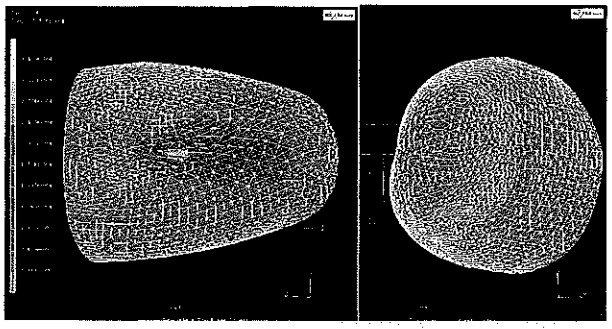


図4. 操作角度 20 deg の相当応力分布および変形

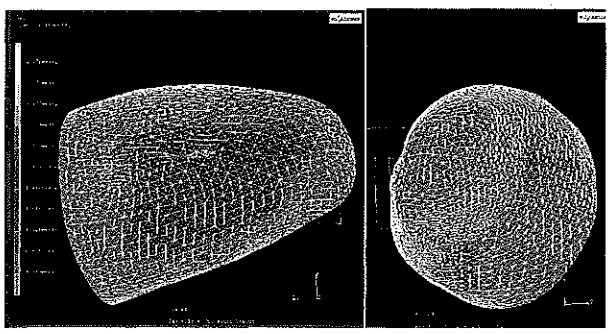


図5. 操作角度 40 deg の相当応力分布および変形

0 deg の場合は, 蓋の突起部に指が広くあたることから, 応力が分散される一方, 変形が非常に大きくなった. また, 20 deg の場合は, 蓋のエッジ部からの集中応力となるが, 変形は比較的小さくなった. さらに, 40 deg の場合は, 蓋の下部側面に指が当たることから, 応力は分散される一方で, 側面からの負荷による応力および変形も無視できないことが分かった.

3.2 動作角度によるひずみエネルギーの違い

開封方向への荷重とひずみエネルギーの関係について, 図6に示す.

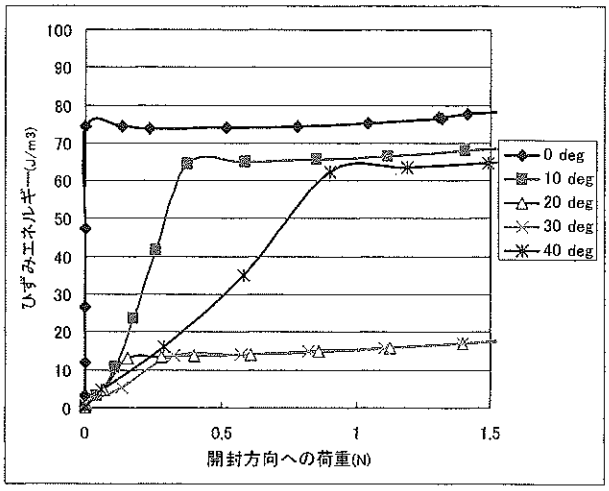


図6. 操作角度とひずみエネルギーの動作解析結果

特に, 20 deg および 30 deg の場合のひずみエネルギーが他に比べて非常に小さくなり, 40 deg で再び上昇することが分かった. 40 deg の場合は, 蓋の下部側面から蓋の突起部にかけて指が当たっていくことにより, 下部側面からの応力および変形が, 指に対する負荷となることが分かった. これらのことから, 指の変形を考慮した負荷特性については, 操作角度が 20 deg および 30 deg において, 応力集中が起こる一方, 変形による負荷は比較的少ないことが分かった.

4 まとめ

今回の解析は, 操作角度をもとに変形および応力の違いを調べた. 実際の操作においては, 指の触覚や摩擦抵抗なども重要な使いやすさの要因である. その一方, 本研究結果より, 指に対する負荷を軽減させるような角度での操作を誘導 (制約) するようなデザインや形状を考察することも重要と考える.

参考文献

1) 日本人の人体計測データ Japanese Body Size Data 1992-1994 : (社)人間生活工学研究センター
2) 前野隆司 : 触覚のモデリングと有限要素解析, Vol.9(2),pp.72-76(2004)
3) 斉藤公昭, 小川哲史, 阿部圭子 : 彫込取っ手の使いやすさ予測のための指先変形挙動解析, 松下電工技報, Vol.55(4),pp.60-64(2007)

触刺激時の指先形状と力学特性推定のための有限要素モデルの構築

Construction of a Finite Element Model for Estimation of Fingertip Shape and Mechanical Characteristics on the Tactile Stimulus

○山本浩一*，山林翔太**，小谷賢太郎***，朝尾隆文***，堀井健***

*関西大学大学院　工学研究科　**関西大学　工学部　***関西大学　システム理工学部

YAMAMOTO Kouichi*, YAMABAYASHI Syouta**,KOTANI Kentaro***,ASAO Takafumi***,

HORII Ken***

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

1　はじめに

現在，福祉工学や Virtual Reality(以下，VR)といった分野で，全盲者や聴覚障害者の視覚・聴覚などの感覚代行や，VR での触覚体験の実現を目的として，触覚に対して情報提示を行う装置である触覚ディスプレイの研究が進められている[1]．しかし，触覚に対してどのように情報提示するのが最も効率的なのか明確でないことから，現実感・臨場感の高い触覚情報提示が容易でないことが現状である[2]．

触覚を担う感覚受容器は，機械的な刺激に反応する受容器であり，機械受容器(以下，MR)と呼ばれており，マイスナー小体，パチニ小体，メルケル盤，ルフィニ終末の 4 種類がある[2]．これまで，“皮膚表面に刺激を提示した際に MR がどのように反応するのか”を明らかにする先行研究[3),4),5),6),7)]は多く行われているが，この知見のみではヒトの知覚・判断との結びつきがないために，現実感・臨場感の高い触覚情報提示の実現は難しい．

刺激提示による MR の反応とヒトの知覚・判断との関係を明らかにするためには，提示する刺激において“どの MR がどのくらい反応しているのか”といった MR の反応の重み付けを事前に知る必要がある．

このような MR の反応の重み付けを事前に知った上で刺激提示を行う手法はこれまでにも試みられており，各 MR の反応と振動の周波数との関係を考慮した上で設定した電気刺激を提示することで，ルフィニ終末を除く 3 つの MR を独立させて刺激する手法[1)]が報告されている．しかし，機械刺激により生じる皮膚変位を検出する MR の特性を踏まえると，電気刺激は機械刺激と比べて感覚が大きく異なるといわれている[8)]．この問題を解決するには，MR の反応と本来 MR が検出する皮膚変位との関係に基づいた MR の反応の重み付けを事前に知った上での機械刺激の提示が必要である．

そこで，このような MR の反応の重み付けを明らかにする際には，MR が多く分布する指先腹部に残る形状や硬さなどの個人差が皮膚変位に大きく影響を与える要因であることを踏まえて，個人差を反映できる有限要素モデル(以下，FEM)を取り入れることとした．FEM の導入により皮膚変位や応力といった形で推定される力学特性を，先行研究で得られている皮膚変位と MR の反応との関係[3),4),5),6),7)]に照らし合わせることで，MR の反応の重み付けを個人レベルで与えることができる．

なお，FEM を用いて MR の反応を明らかにする先行研究[9)]は存在するが，振動の周波数に着眼点をおいたアプローチを行っており，個人差を反映した FEM により皮膚変位と MR の反応との関係を明らかにしている研究例はないのが現状である．

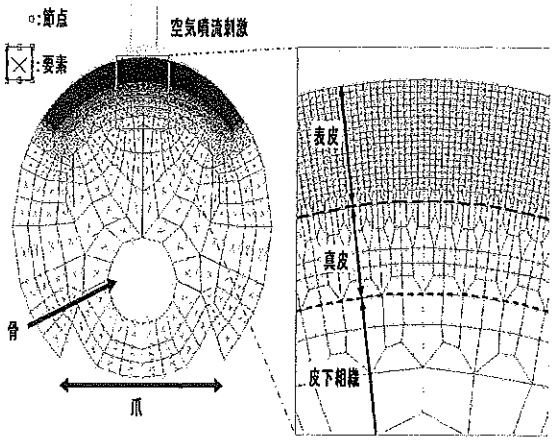
MR の反応と皮膚変位との関係に基づいた MR の反応の重み付けを明らかにできれば，MR の反応とヒトの知覚・判断との関係を明らかにするために必要な刺激の立ち上がり時間(以下，RT)や刺激強度といった刺激条件を決定できると考えられる．

そこで本研究では，形状と硬さの 2 つの個人差を有する指先腹部について，FEM を用いて詳細にモデル化した．本モデルの信頼性を評価するために，機械刺激の提示により生じる皮膚変位の実測値と FEM による推定値との比較を行った．

2　本研究で構築した FEM

図 1 は構築した示指先腹部断面の FEM の全体図と一部拡大図である．図 1 に示す FEM は前野らの先行研究[10),11),12)]を参考にしており，皮膚表面から約 1mm までの深さに表皮，約 1mm～1.75mm までの深さの範囲に真皮，残りを皮下組織といった三層構造になるように構築されている．表皮・真皮・皮下組織の材料特性(ポアソン比，ヤング率，密度)に関しては，先行研究をもとに表 1 の通りとした．

図 1 の FEM の横幅と縦幅は 17.40mm および 13.60mm に設定されており，骨および爪には提示する刺激による皮膚変位が生じないように，その周囲の節点が固定されている．提示する刺激の範囲は，FEM の信頼性を評価するために必要な皮膚変位の実測値を得るのに使用した空気噴流刺激を噴出するノズルの内径に合わせている．



(a)全体図　　(b)一部拡大図

図 1　示指先腹部断面の FEM

表 1　FEM の材料特性 [10), 11), 12)]

	ポアソン比[NoUnit]	ヤング率[kgf/mm^2]	密度[kg/mm^3]
表皮	0.48	1.34×10^{-2}	1.0×10^{-6}
真皮	0.48	8.2×10^{-3}	1.0×10^{-6}
皮下組織	0.48	3.5×10^{-3}	1.0×10^{-6}

皮膚組織は図 2 のようなモデルに置き換えられて解析されるが，このモデルにおいて，様々な減衰比 h を設定することで変位 x の時間推移が変化する傾向[13)]が確認されている．この傾向より，h が皮膚変位に影響を与える重要なパラメータであると考えられる．

本研究では，今回 FEM を構築するために構造解析用のソフトウェア(MSC.Marc)を用いた．そして h を算出する上で必要なばね係数 k，粘性減衰係数 c および質点の質量 m の 3 つの値をポアソン比，ヤング率および密度に加えて設定することで h をモデルに組み込んだ．本研究では先行研究をもとに h=0.02 において(k, c, m) = (3.0×10^2[N/m], 1.2×10^{-2}[N･sec/m], 3.0×10^{-4}[kg])とそれぞれ設定した．

これらの k，c，m の値を図 1 の FEM に設定した上で，図 3 のような空気噴流刺激を与えた際の FEM より推定した皮膚変位と実測した皮膚変位との比較を行った．なお，図 3 に示す RT とは，刺激強度の目標値 F-Max に到達するまでの時間である．提示時間は 2sec とし，RT には 1.0sec と 2.0sec の 2 水準を用意した．ただし，RT 1.0sec に関しては，残り 1.0sec を F-Max を維持した状態にした．

以上より FEM を用いて推定した皮膚変位は，実測値で確認できた，(1)F-Max を維持した状態における皮膚変位の増加傾向と，(2)RT を長くした方が短くした方に比べ，RT の終了時点における皮膚変位が大きくなる傾向，の 2 点の傾向が実現できていることを確認した．よって，FEM に設定した k，c，m の値は，FEM による推定値において実測値と同様な傾向を実現できる範囲にあると考えられる．

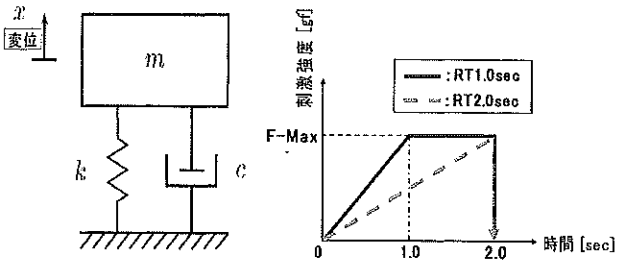


図 2　一般的な減衰モデル　図 3　空気噴流刺激

3　実験方法

以上のように，構築した FEM によって得られる皮膚変位と実測値とを比較するための実験を行った．

3.1　空気噴流刺激提示装置

図 4 に示す空気噴流刺激提示装置を製作した．空気噴流刺激の刺激強度，RT および提示時間は出力信号により制御される．その出力信号はパソコンにあるデジタル入出力ボード(Interface，PCI-2726C)から電空レギュレータと電磁バルブに送られている．

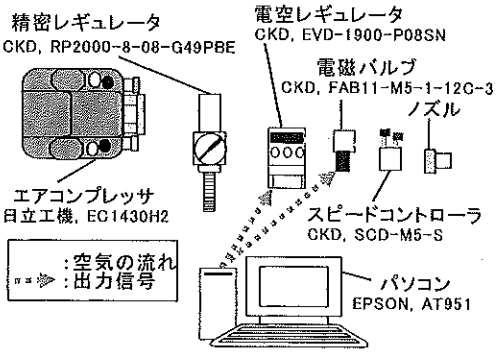
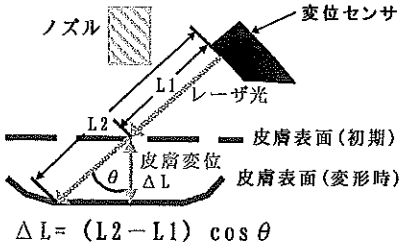


図 4　空気噴流刺激提示装置の概観

3.2　レーザ変位センサ

空気噴流刺激により生じる皮膚変位を実測するために，レーザ変位センサ(KEYENCE，LK-G85)を使用した．ただし，実測する際には，刺激提示部の真上にノズルを設置する必要があり，変位センサのレーザは斜めから照射しなければならない．そのため，皮膚変位ΔL は照射角度(図 5 のθ)を用いて，得られた変位を鉛直方向の値に変換することで求めた．



$$\Delta L = (L2 - L1)\cos\theta$$

図 5　照射角度

3.3　実験条件

FEM の推定値と実測値との比較実験における実験条件を表 2 に，各被験者の指先形状(横幅と縦幅)および硬さを表 3 に示す．

表 2　FEM の推定値と実測値の比較実験の実験条件

被験者	健常な男子大学生3名
刺激提示部位	右手示指先腹部
ノズル内径	3mm
ノズルの位置	刺激提示部位に対して 垂直5mm上方
F-Max (刺激強度の目標値)	0 ～ 12.0gf (3.0gf刻み)
RT (刺激の立ち上がり時間)	1.0sec, 2.0sec

表 3　各被験者の右手示指先腹部の形状および硬さ

被験者	横幅 [mm]	縦幅 [mm]	硬さ [NoUnit]
被験者A	15.35	11.97	37
被験者B	14.64	11.27	32
被験者C	15.49	12.34	33

硬さについては，デュロメータ(Elastron，ESE_4)により測定した．

以下より，図 1 の FEM に対して形状および硬さの 2 つの個人差を反映させる手法について紹介する．

形状に関しては，図 1 の FEM の横幅と縦幅を表 3 の各被験者の値に変換することで反映させる．そして硬さに関しては，各皮膚組織のヤング率のみをモデル被験者の初期設定として示指先腹部における表皮，真皮，皮下組織のヤング率[kgf/mm²]を，それぞれ 1.39×10^{-2}，8.2×10^{-3}，3.5×10^{-3} であると仮定して比率計算で変換することで各被験者に反映させた．

4　実験結果と考察

各被験者における提示刺激により生じる皮膚変位の実測値と“形状のみを反映した場合の FEM”により得られた推定値とのずれを RT ごとに求めた結果，被験者 A がどちらの RT においても最も小さいことがわかった．この“形状のみを反映した場合の FEM”は図 1 の FEM に各被験者の形状のみの個人差を反映したので，図 1 の FEM のモデルになった被験者の示指先腹部の硬さは被験者 A の硬さ 37 を用いることとした．

ここで，各被験者の表皮，真皮，皮下組織のヤング率をこの仮定に基づいた比率計算により表 4 のように変換することで，硬さの個人差を FEM に反映させた．

表 4　全被験者の各皮膚組織のヤング率の変換表

被験者	ヤング率 [kgf/mm²]			硬さ [No Unit]
	表皮	真皮	皮下組織	
図1の モデルになった被験者	1.39×10^{-2}	8.2×10^{-3}	3.5×10^{-3}	37
被験者A	1.39×10^{-2}	8.2×10^{-3}	3.5×10^{-3}	37
被験者B	1.20×10^{-2}	7.1×10^{-3}	3.0×10^{-3}	32
被験者C	1.12×10^{-2}	7.3×10^{-3}	3.1×10^{-3}	33

図 6～11 に各被験者における提示刺激により生じる皮膚変位の実測値と“形状と硬さを反映した場合の FEM”により得られた推定値の差分(=実測値−FEM による推定値)の時間推移を RT 別に示しており，図 6～8 は RT1.0sec 時，図 9～11 は RT2.0sec 時の結果を示している．

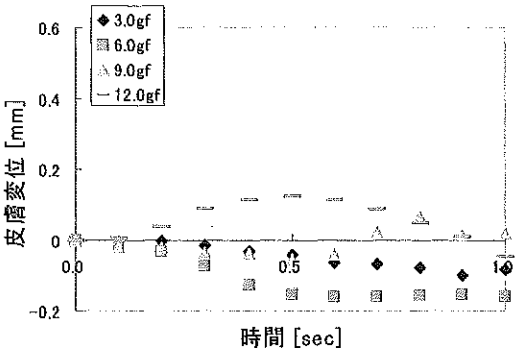


図 6　被験者Aの実測値と推定値の差分(RT1.0sec)

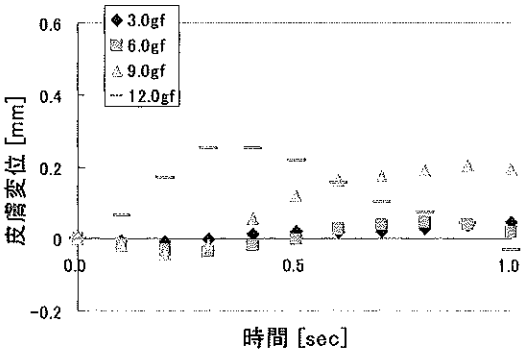


図 7　被験者Bの実測値と推定値の差分(RT1.0sec)

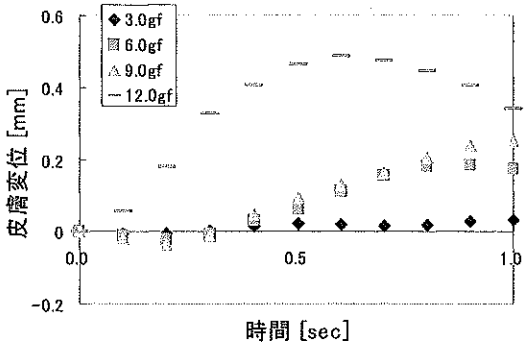


図 8　被験者Cの実測値と推定値の差分(RT1.0sec)

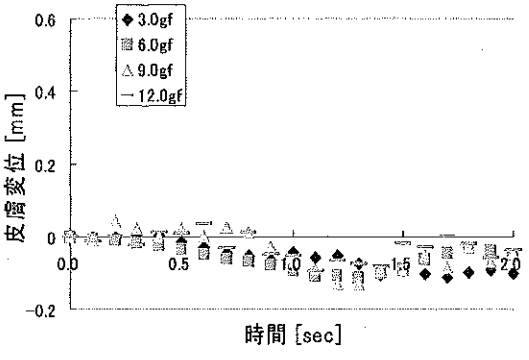


図 9　被験者Aの実測値と推定値の差分(RT2.0sec)

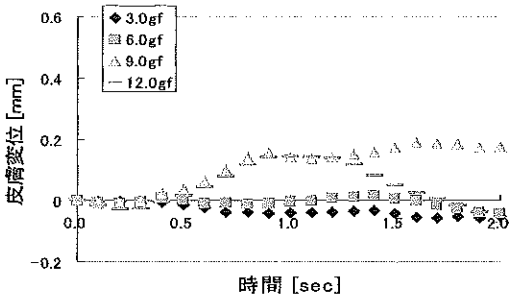


図 10　被験者Bの実測値と推定値の差分(RT2.0sec)

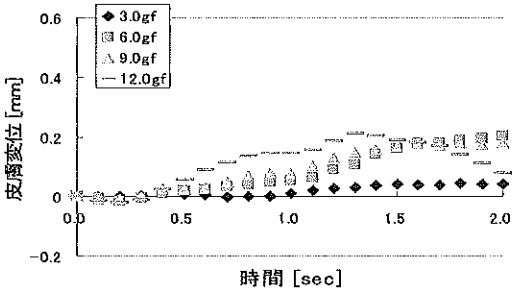


図 11　被験者Cの実測値と推定値の差分(RT2.0sec)

図 6～11 を見ると，一部において推定値と実測値との差分が約 0.5 というような大きく逸れている結果も得られている．しかし，全体的には推定値と実測値との差分が 0 に近いというような推定値が得られており，形状および硬さの 2 つの個人差を反映した FEM によって得られた皮膚変位の推定値と実測値との差は約±0.20mm 以内となった

しかし，FEM に硬さを反映させる際に仮定した，示指先腹部の硬さと表皮，真皮，皮下組織のヤング率の関係が適切なのかどうかを検証するには，さらに多くの被験者の形状を FEM に反映させ，皮膚変位の実測値と推定値の差分を評価する必要がある．また，各皮膚組織のヤング率をその仮定に基づいた比率計算により変換することで硬さを FEM に反映させているが，その妥当性についても検証する必要がある．

これら 2 点の検証を行った後は，形状および硬さの 2 つの個人差を反映した FEM を用いて推定した皮膚変位や応力といった力学特性を，先行研究で得られている皮膚変位と MR の反応との関係に照らし合わせることで，MR の反応の重み付けと同時に「皮膚表面に対してどのような RT で，刺激強度で皮膚変位を与える刺激を用意すれよいか」といった刺激条件も個人レベルで決定する方針である．

5　まとめ

形状と硬さの個人差を反映した上で構築した示指先腹部の FEM の信頼性の高さを，実測した皮膚変位と FEM を用いて推定した皮膚変位との比較により評価することができた．

謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費(20370101)およびJST シーズ発掘試験(11-003)の助成を得た．

参考文献

1)梶本裕之，川上直樹，前田太郎，舘暲：皮膚感覚神経を選択的に刺激する電気触覚ディスプレイ，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D-Ⅱ (1)，pp.120-128 (2001).

2)山本晃生：触覚ディスプレイの研究動向，計測と制御，Vol.43 (2)，pp.122-126 (2004).

3) M.Knibestöl：Stimulus-responses functions of rapidly adapting mechanoreceptors in the human glabrous skin area，The Journal of Physiology，Vol.232，pp.427-452 (1973).

4) M.Knibestöl：Stimulus-responses functions of slowly adapting mechanoreceptors in the human glabrous skin area，The Journal of Physiology，Vol.245，pp.63-80 (1975).

5) R.H.Cohen，C.J.Vierck：Population estimates for responses of cutaneous mechanoreceptors to a vertically indenting probe on the glabrous skin of monkeys，Experimental Brain Research，Vol.94，pp.105-119 (1993).

6)R.H.Cohen，C.J.Vierck：Relationships between touch sensations and estimated population respo-ses of peripheral afferent mechanoreceptor，Expe-rimental Brain Reserch，Vol.94，pp.120-130 (1993).

7)P.Jenmalm，I.Birznieks，A.W.Goodwin，R.S. Johansson：Influence of object shape on responses of human tactile afferents under conditions characteristic of manipulation，European Journal of Neuroscience，Vol.18 (1)，pp.164-176 (2003).

8)梶本裕之，菅野米藏，舘暲：日常的装具としての電気触覚ディスプレイ，計測と技術，Vol.47 (7)，pp.601-605 (2008).

9)昆陽雅司，田所諭，前野隆司：ヒト指腹部有限要素モデルを用いた触覚受容器の神経活動の推定，日本機械学会計算力学計算講演会講演論文集，Vol.19，pp.239-240 (2006).

10)前野隆司，小林一三，山崎信寿：ヒト指腹部構造と触覚受容器位置の力学的関係，日本機械学会論文集(C 編)，Vol.63 (607)，pp.881-888 (1997).

11)小林一三，前野隆司：ヒト指腹部構造と触覚受容器位置の力学的関係 *(第 2 報，動的接触解析手法および移動する平面と指の接触解析結果)，日本機械学会論文集(C 編)，Vol.64 (628)，pp.4798-4805 (1998).

12)小林一三，前野隆司：ヒト指腹部構造と触覚受容器位置の力学的関係 *(第 3 報，凹凸を有する面と指の接触解析結果)，日本機械学会論文集(C 編)，Vol.65 (636)，pp.289-295 (1999).

13)後藤尚男，金多潔：構造物と機械のための振動工学，丸善株式会社，pp.193-194 (1971).

茶道点前における眼球運動解析

Eye Movement Analysis of the "TEMAE" in the Way of Tea

○井植美奈子*,　太田　達*,　濱崎加奈子**,　笹岡奈津美***,　久米　雅**,
吉田康行**,　後藤彰彦***,　仲井朝美**,　芳田哲也*
*京都工芸繊維大学大学院　**京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター
***大阪産業大学
IUE Minako*, OTA Toru*, HAMASAKI Kanako**, SASAOKA Natsumi***, KUME Masashi**,
YOSHIDA Yasuyuki**, GOTO Akihiko**, NAKAI Asami**, YOSHIDA Tetsuya*
*Graduate School of Kyoto Institute of Technology
**Future Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
***Osaka Sangyo University

1　緒言

日本を代表する伝統文化の1つとして茶道がある。茶道はおよそ500年の歴史を重ねてきた総合芸術であり、精神的、儀礼的な要素をも点前の中に見ることができる[1]。茶の点前動作とは、茶室の外より茶道具を運び入れ、一定の順序に従って茶を用意して客に呈し、客が満足するまで飲んだ後、再び一定の順序に従って諸道具を清め、整備して室外に運び出す一連の所作のことである。

そこで本研究では、熟練者と非熟練者を対象とし、茶道の点前での一連の動作、特に帛紗捌き動作時における眼球の動きに着目した。眼球運動の解析を行うことにより、熟練者と非熟練者の眼球運動の違いについて検討した。

2　実験方法

被験者は茶道習熟度の異なる成人女性2名を対象とした。両者の茶道歴は15年と3年である。

眼球運動の測定は、Talk Eye Ⅱ(竹井機器工業株式会社)を用いて行なった。Talk Eye Ⅱは眼球運動測定装置であり、被験者の眼球の動きを測定するCCDカメラと被験者が見ている場を撮影するCCDカメラを備えたゴーグル検出器および、データ処理用のポータブルパソコンで構成されている。図1にゴーグル検出器を装着した被験者の実験風景を示す。



図1　実験風景

図2に測定時におけるポータブルパソコン上の画面を示す。この画面では、注視点および、視線の動きにおける軌跡が表示される。画面右下には被験者の眼球の映像が表示される。

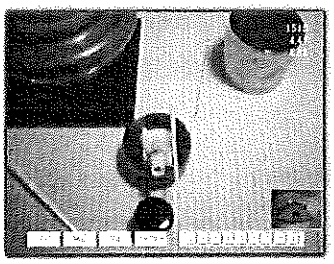


図2　処理パソコン上の映像

3　結果および考察

「帛紗捌き」動作時の時間を測定すると熟練者は14.4[sec]、非熟練者は18.4[sec]となった。これを比較しやすくするため正規化を行った。図3に熟練者と非熟練者の移動速度を比較したグラフを示す。

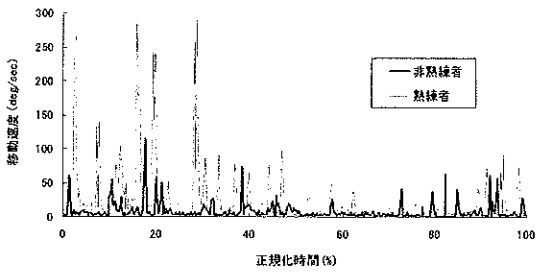


図 3　移動速度の正規化比較

熟練者と非熟練者の速度の変化量の差が非常に大きいということが明らかとなった。さらに移動速度が変動する区間がほぼ重なる傾向が認められた。この結果から、眼運びをするべき場面が決まっているのではないかと推測される。

図 4 と図 5 に熟練者と非熟練者の移動速度分布を示す。非熟練者の移動速度は 2.00[deg/sec]が対象とした所作の約 30%を占めていた。一方、熟練者は 2.00[deg/sec]が所作に占める割合は約 15%であった。さらに 38.00[deg/sec]が占める割合は、非熟練者が約 3%である一方で、熟練者は約 15%であった。

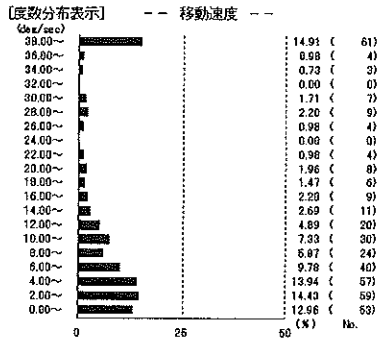


図 4　熟練者の移動速度分布

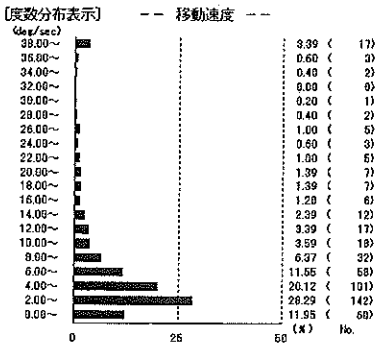


図 5　非熟練者の移動速度分布

これにより熟練者は非熟練者の約 5 倍速い動作で目を移動させていることがわかった。

表 1 と表 2 に「帛紗捌き」における眼球運動解析結果の統計値を示す。

表 1　熟練者の右目データ統計値

項目	データ数	平均値	標準偏差	合計値
注視角度[X] (deg)	143	-0.14	2.47	
注視角度[Y] (deg)	143	-1.6	4.82	
移動速度 (deg/sec)	409	22.36	42.44	
注視時間 (msec)	45	105.93	93.30	4766.67
瞳孔直径[X] (dot)	409	86.62	9.42	
瞳孔直径[Y] (dot)	409	85.44	8.43	

表 2　非熟練者の右目データ統計値

項目	データ数	平均値	標準偏差	合計値
注視角度[X] (deg)	258	-1.52	3.27	
注視角度[Y] (deg)	258	-14.53	4.33	
移動速度 (deg/sec)	498	8.50	11.79	
注視時間 (msec)	62	138.17	127.82	8566.67
瞳孔直径[X] (dot)	502	100.59	4.60	
瞳孔直径[Y] (dot)	502	84.07	5.42	

移動速度に注目すると、非熟練者に比べ熟練者の値が平均値、標準偏差ともに値が大きくなる傾向を示した。これは熟練者が作業に慣れているため動作が素早く、かつ動と静との差がはっきりしているためであると考えられる。また瞳孔直径の標準偏差も、熟練者がより大きくなっている。これは熟練者が緊張している箇所とそれほど緊張せず緩和状態にある箇所が存在しているということを示唆している。一方、非熟練者は瞳孔直径の変化があまりないため、常に緊張状態にあったのではないかと推測できる。

4　結言

茶道の点前での一連の動作、特に帛紗捌き動作時における眼球運動の解析を行った結果、熟練者と非熟練者の違いを明らかにすることができた。

参考文献

1) 久松真一:　茶道の哲学, pp. 52-65,
講談社学術文庫(1987)

旗金具製作の組立接合工程における半田付け作業の眼球運動解析
Eye Movement Analysis of Soldering Work for Making Metal Fittings of Flag

後藤彰彦*，○近藤敏宏*，仁科雅晴**，吉田康行***，久米　雅***，
田中辰憲**，阪田将揮****，仲井朝美***，芳田哲也**
*大阪産業大学　**京都工芸繊維大学大学院
***京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター　****京都工芸繊維大学
GOTO Akihiko*, KONDO Toshihiro*, NISHINA Masaharu**, YOSHIDA Yasuyuki***,
KUME Masashi***, TANAKA Tatsunori**, SAKATA Masaki****,
NAKAI Asami***, YOSHIDA Tetsuya**
*Osaka Sangyo University, **Graduate School of Kyoto Institute of Technology
***Future-Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology
****Kyoto Institute of Technology

1　はじめに

伝統工芸である旗金具とは、旗と旗竿を紐で繋ぐための用具として用いる旗棒金具と、旗に印されたシンボルマークが彫刻され、それを形どった物などを示す。旗金具の加工工程は職人特有の内容であるため、その詳細についてはまだ明らかにされていない。

仁科ら[1]は、旗金具の半田付け作業を動作と視線の観点から解析を行っている。この研究では視線の移動方向を評価しているが瞳孔直径に関しては報告していない。

そこで本研究では、旗金具の組立工程における半田付け作業に対して眼球運動解析を行った。特に瞳孔直径に着目することにより、半田付け作業の注視点について明らかにし、重要な作業と視線の動きについて検討した。

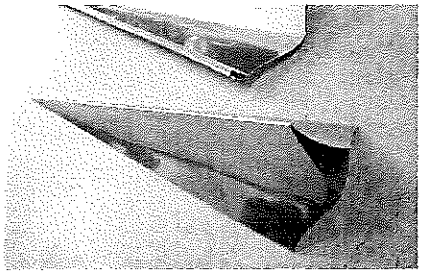


図1　三方剣

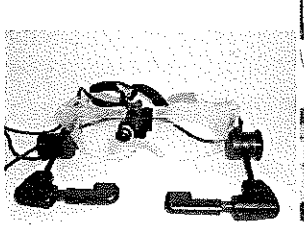
2　方法

2.1　被験者

被験者は、旗金具職人1名（年齢66歳、身長171cm、体重71.5kg、職歴50年、右利き）とした。

2.2　実験機材

視線を定量化するために眼球運動測定装置 Talk Eye Ⅱ（竹井機器工業社製）を使用した。サンプリングタイムは30Hzとした。対象とした旗金具は三方剣であり、厚さ 0.7mm の三角形の真鍮板（真鍮材3種：C2801P Cu60%-Zn40%）を接合するために半田（日本スペリア社製 40A）とフラックス（塩化亜鉛飽和水溶液）と焼き鏝（斧型　頭部質量450g）を2本使用した。図1に対象とした旗金具を示す。また、図2に眼球運動測定装置のゴーグル検出器を、図3にゴーグル検出器を装着した被験者を示す。



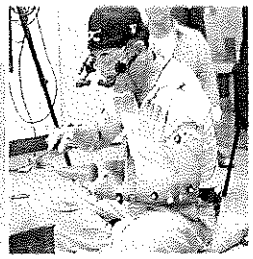


図2　ゴーグル検出器　　図3　被験者

2.3　実験手順

被験者には日常の作業環境を再現するために作業台と道具を持参してもらい、普段の手順で三方剣を製作するよう指示した。

2.4　データ処理

ゴーグル検出器の CCD カメラの映像から、仁科ら[1]の工程分析を参考に刃面接合フェーズを抽出し、さらに鏝を半田へ移動するフェーズ、鏝に半田を溶着するフェーズ、鏝を母材に移動するフェーズ、半田付けするフェーズの4つに細分した。これより1回の刃面接合フェーズにおける半田付けするフェーズの所要時間の割合を算出した。また、1回の刃面

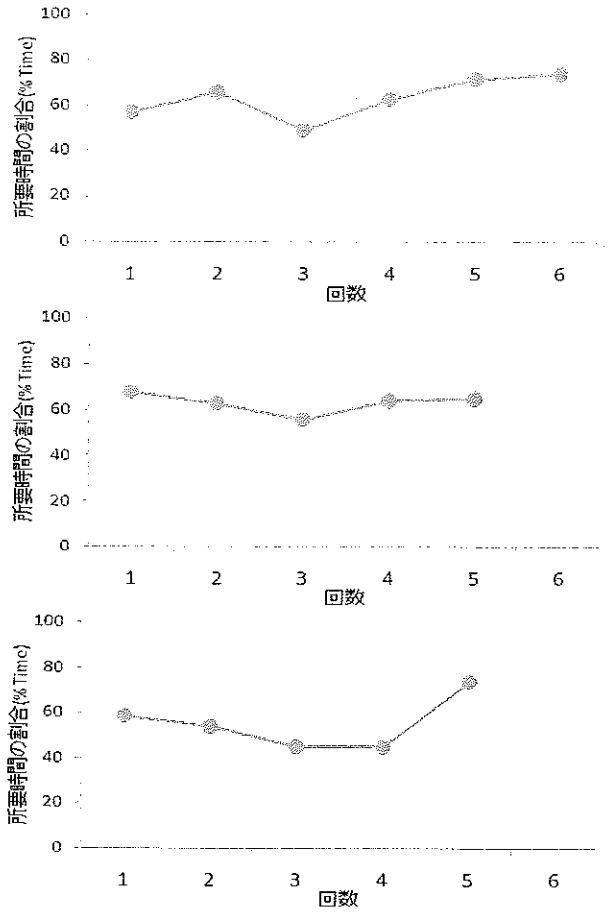


図４　刃面接合フェーズにおける半田付けするフェーズの所要時間の割合（上から１辺目，２辺目，３辺目）

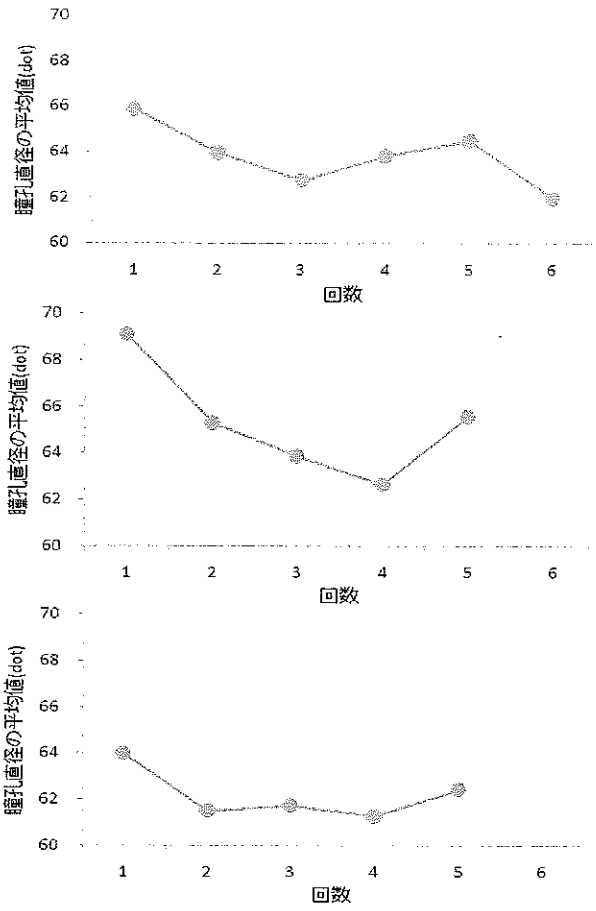


図５　半田付けするフェーズにおける右目の瞳孔直径の平均値（上から１辺目，２辺目，３辺目）

接合フェーズにおける半田付けするフェーズの瞳孔直径の平均値を算出した。

3　結果および考察

3.1 半田付けするフェーズの所要時間

1 回の刃面接合フェーズにおける半田付けするフェーズの所要時間の割合を図 4 に示す。また、旗金具は 3 枚の真鍮板をハンダ付けするため、その作業部位は 3 辺ある。

各辺において所要時間の割合は、3 回目が最も小さい値を示し、5，6 回目に向けて割合が上昇する傾向を示した。このことから辺毎における接合の完了に向けて、半田付けするフェーズに費やす時間の割合が長くなる傾向を示した。

3.2　各辺における瞳孔直径の平均値

1 回の半田付けするフェーズにおける右目の瞳孔直径の平均値を図 5 に示す。

各辺の瞳孔直径の平均値は、1 回目が最も大きい値を示し、5 回目が 2 番目に大きい値を示した。瞳孔直径の数値が大きいほど十分に注視していることを意味している。このことから半田付け作業の 1 回目と 5 回目、特に 1 回目においてより注視していたことが明らかになった。

4　まとめ

半田付け作業の刃面接合フェーズにおいて 1 回目と 5 回目の半田付けするフェーズは瞳孔直径の平均値が高い値を示していた。特に 5 回目は、注視しながらその所要時間の割合が高いため、最後の半田付けは非常に重要であることが示唆された。

参考文献

1)　仁科雅晴：旗金具製作における半田付け作業の運動学的解析，日本機械学会 D&D 2008 講演論文集，(2008).

動的な視空間条件下で得られるアレイの特性

Characteristics of Visual Space under Dynamic Conditions

○朝尾隆文*，村井亮介**，阪上正和**，山本慶洋**，堀井健*，小谷賢太郎*
*関西大学システム理工学部　**関西大学工学部
ASAO Takafumi*, MURAI Ryosuke**, SAKAJO Masakazu**, YAMAMOTO Yoshihiro**,
HORII Ken*, and KOTANI Kentaro*
*Faculty of Engineering Science, Kansai University　**Faculy of Engineering, Kansai University

1. はじめに

近年，VR(Virtual Reality)技術の効用性が医療分野を始めとして他の多くの分野[1]で叫ばれているが，VR 空間での作業や行動には相当な慣れや学習が必要であると指摘されている[2]．この問題点を克服するためには，現実空間と同等の知覚が得られるようなVR空間を実現する必要がある[3)~5)]．

ヒトの感覚情報の大半は視覚が占めている[5]ことから，VR 空間の現実度を高めるためには，ヒトの視空間に対する知覚特性を明らかにする必要がある．ヒトの両眼視空間[6]は Hillebrand や Blumenfeld によるアレイ実験[5)6)]，Helmholtz によるホロプタ実験[3]などによって示されたように明らかに歪んでいる．この両眼視空間の歪み特性を得ることができれば，現実空間に近い VR 空間を構築することができる[7]．

斉藤ら[8]はこの両眼視空間の歪みを平面曲率[6]でもって表わしている．そして，静的条件の下(以後，静的背景と呼ぶ)での現実空間ならびに VR 空間に関して得られる平面曲率の間にはほとんど差はないと結論している．しかしながら，これまでに，動的条件の下での現実空間ならびにVR空間に関する知覚特性についてはほとんど明らかにされていない．自動車運転時のドライバの場合を想定しても判るように，ヒトが動いている状況，あるいは背景が動いている(以後，動的背景と呼ぶ)状況の下での両眼視空間の歪みを明らかにすることも重要な課題である．

本報告では，静的背景でもって構築された現実空間と VR 空間，ならびに動的背景でもって構築された VR 空間の下でアレイ実験を行うことにより，これら 3 条件下で得られた知覚特性を比較・検討している．

2. アレイ実験

2.1 実験環境

2.1.1 現実空間

実験装置の概観を図 1 に，視標の配置を図 2 に示す．視標には赤色LED(直径5[mm]，輝度12[cd/m^2])を用いた．実験開始時に被験者の目の高さと視標の高さとが同じとなるように調整した．被験者から最も遠い位置で正中線を対象に，2つの固定視標(図 2 中の点 P_{L0}，P_{R0})を間隔が700[mm]となるように設置した．残りの視標(図 2 中の P_{LI}，P_{RI}，…)はレール上に配置された移動視標であり，各移動視標には紐が取り付けられている．被験者は紐を引くことで移動視標の左右位置を調節することができる．

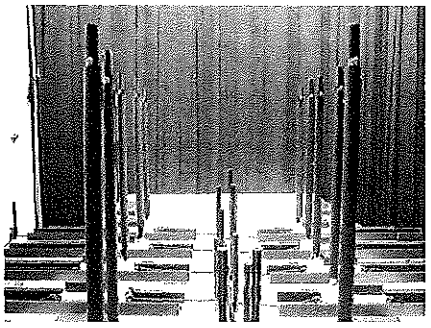


図 1　現実空間に対する実験装置の概観

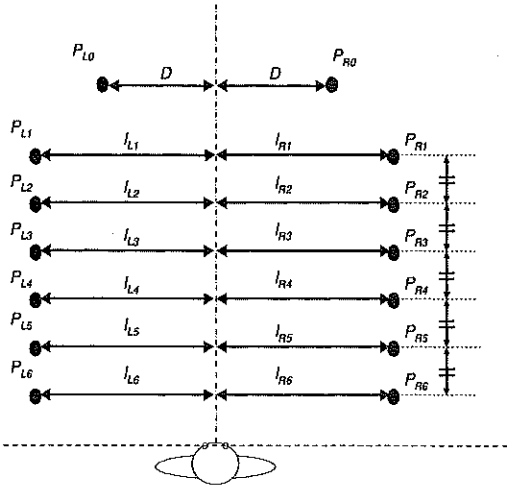


図 2　現実空間における視標の配置図

実験中被験者の頭部を動かないようにするため，あご台（竹井機器工業社製 T.K.K.930a）を使用した．実験中，被験者の視線の移動は自由とした．

2.1.2 VR 空間

実験装置はパソコン（DELL，VOSTRO 200），70 インチスクリーン(KOGEI)，プロジェクタ（EPSON，EMP-1825)，テンキー(ELECOM，TK-UOHSV)から成る．図3で示すような映像をVR空間での実験画面としてスクリーン上に呈示した．また，図 4 にスクリーンと被験者との位置・高さ関係を示す．被験者の瞳孔中心間の中点からスクリーンまでの視距離は2000[mm]であり，被験者が捉える映像の大きさは水平方向において視野角にして 38[deg]である．

VR 空間は，被験者から固定視標までの視距離を8000[mm]，その位置での 2 つの固定視標の間隔を910[mm]とした基準の下で，OpenGL API (Application

Programming Interface)を用いて作成した．スクリーンには透視図法から計算された平面映像が呈示される．図3で示すように，被験者に3次元空間知覚を与えるために，現実空間において直径2[m]に相当する白色の円（以後，背景円と呼ぶ）が透視図法に従って黒色の領域内に無数に配置されている．また，これと同様に，移動視標も被験者から7000，6000，5000，4000，3000，2000[mm]の距離に相当する位置に配置した．これらの背景円，固定視標，移動視標は透視図法に従ってその大きさが変化している．

被験者がVR空間内を移動しているような映像をもってVR空間での動的背景の環境とした．このような映像は，プログラム上で移動速度の設定値を60，120[km/h]とすれば得られるようにしている．

被験者はテンキー操作により移動視標を動かすことが可能であり，テンキーの「4」を押すと視標は左に，「6」を押すと視標は右に移動する．テンキー押下1回につき，視標は現実空間での距離換算で右または左に 6.5[mm]移動する．

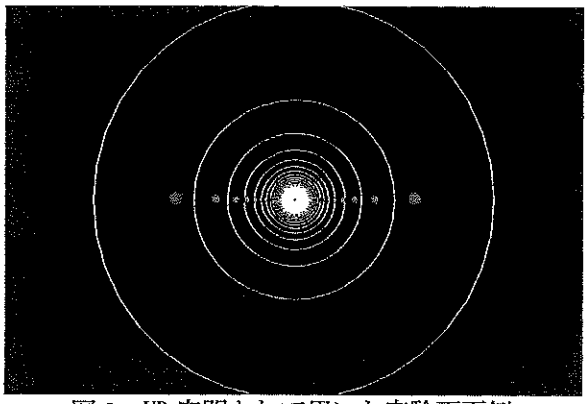
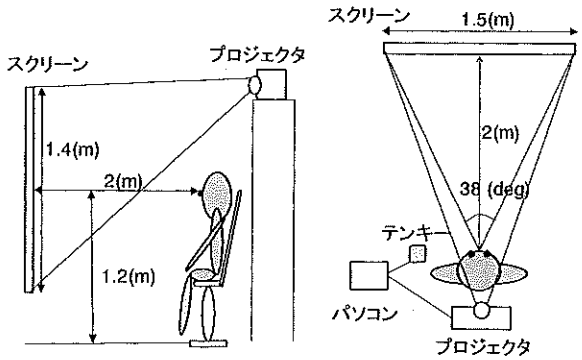


図3　VR空間として用いた実験画面例



(a) 横方向から見た様子　　(b) 上方向から見た様子

図4　スクリーンと被験者との位置関係

2.2 実験方法

アレイ実験として平行アレイ実験と等距離アレイ実験の2種類を実施した．平行アレイ実験では左右に配置された7対の視標全てを同時に呈示している．平行アレイ実験において，被験者は固定視標を含む左右それぞれの視標列が平行に知覚されるように視標位置を調整させる．

等距離アレイ実験では一対の固定視標と一対の移動視標のみを呈示している．等距離アレイ実験において，被験者は移動視標の正中線からの距離(図2中の l_{L1}, l_{R1}, …)が固定視標の正中線からの距離(図2中の D)と等しく見える位置に視標を調整させる．移動視標を動かす順序は P_{L1}, P_{R1}, …, P_{L6}, P_{R6} とした．なお，一度調整を終えた移動視標は動かさないよう指示した．実験中，被験者の視線の移動は自由とした．

2.2.1 現実空間のアレイ実験の手順

- 被験者に実験内容の教示を行う
- あご台の高さを調節し，被験者の眼の高さと視標の高さとが等しくなるようにした
- 調整を行う移動視標を提示する
- 被験者は紐を用いて移動視標の位置調整を教示内容に沿って調整する
- 次の視標の調整に移る

2.2.2 VR空間のアレイ実験の手順

現実空間における実験手順とほぼ同じであるが，次の手順においてのみ異なる．

- 被験者に順にテンキーを用いて移動指標の位置調整を教示内容に沿って行う．

2.3 実験条件

現実空間とVR空間でのアレイ実験の実験条件を表1に示す．現実空間およびVR空間環境下で，平行アレイ実験と等距離アレイ実験を行う．測定方法としては被験者自身が視標位置を調整する調整法を用い，上昇系列と下降系列の2試行とした．本実験の場合，上昇系列とは移動視標の初期位置を左右の固定視標の位置よりも内側に配置した場合であり，下降系列はその逆の場合である．表2，3に現実空間とVR空間の実験で用いた移動視標の位置をそれぞれ示す．現実空間では，被験者から固定視標までの距離は1000[mm]で，被験者から移動視標までの距離は850，700，550，400，250，100[mm]である．VR空間では，被験者から固定視標までの距離は現実空間での距離に換算すると8000[mm]で，被験者から移動視標までの換算された距離は7000，6000，5000，4000，3000，2000[mm]である．背景速度は0，60，120[km/h]に設定した．この速度値は現実空間での値に換算されたものである．

表1．現実空間とVR空間での実験条件

	現実空間	VR空間
実験内容	平行アレイと等距離アレイ	
測定方法	調整法	
視標の呈示方法	平行アレイ：全ての視標を表示	
	等距離アレイ：一対ずつの視標を表示	
視標の調整	上昇系列と下降系列	
背景速度	なし	0km/h 60km/h 120km/h
実験場所	完全暗室	
被験者数	大学生10名	

表 2. 現実空間での移動視標の位置

被験者から固定視標までの距離[mm]	被験者から移動視標までの距離[mm]					
1000	850	700	550	400	250	100

表 3. VR 空間での移動視標の位置

被験者から固定視標までの距離[mm]	被験者から移動視標までの距離[mm]					
8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000

3. 平面曲率

平行アレイは等距離アレイの内側に位置するといわれている[5]．平面曲率を算出することによって平行アレイと等距離アレイの位置関係を定量的に比較することが出来る[6]．平面曲率の算出方法を以下に示す．

実験で得られたアレイの視標位置を通る曲線を2次関数近似し，その近似曲線の固定視標位置での接線を求める．この得られた接線と眼球位置をとおる前額並行面との交点を求めその交点の正中線からの距離を求める．図5において，図中の破線で表した曲線が平行アレイの近似曲線とすると，平行アレイから求まる値はb_Pと置ける．同様に，等距離アレイの場合に求められる値はb_Dと置ける．これらb_P，b_Dの値は瞳孔間距離の1/2を単位として表す．これらの値を用いれば，平面曲率K は式(1)より求まる．式中のγ_0，ϕ_0はそれぞれ最遠点の輻輳角と両極緯度を示す．

$$K = e^{2\sigma\gamma_0}\frac{\left(b_P/b_D\right)^{\frac{1}{2}}-1}{\left(b_P/b_D\right)^{\frac{1}{2}}+1} \qquad (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{2\tan\phi_0}(b_P \cdot b_D)^{\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

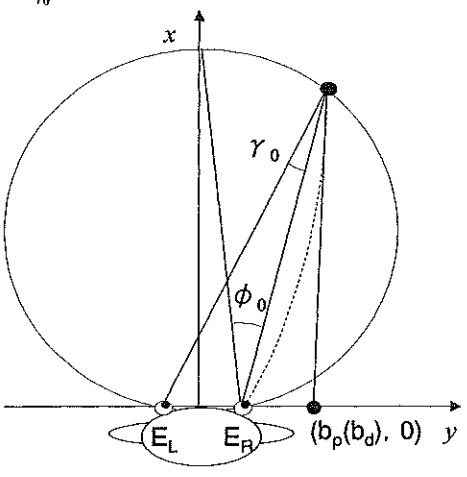


図 5 平面曲率の算出

K が負の場合，平行アレイは等距離アレイの内側に位置し，K が 0 の場合は 2 つのアレイは一致する．また，平行アレイが等距離アレイの外側に位置しているとき，K は正となる．先行研究においては，現実空間での K の値は$-1<K<0$ と求められている[2]．

4. 実験結果

現実空間でのアレイ実験の全被験者の平均を図 6 に，VR 空間でのアレイ実験の平行アレイ，等距離アレイの全被験者の平均を速度別にそれぞれ図 7, 8 に示す．図中には物理的に平行である基準線を破線で示す．また，現実空間，VR 空間のアレイ実験結果から算出した平面曲率を図 9 に示す．なお，被験者 F, J の VR 空間でのアレイ実験 速度 120[km/h]では，アレイが基準線より外側に位置していたことから平面曲率の算出は行っていない．

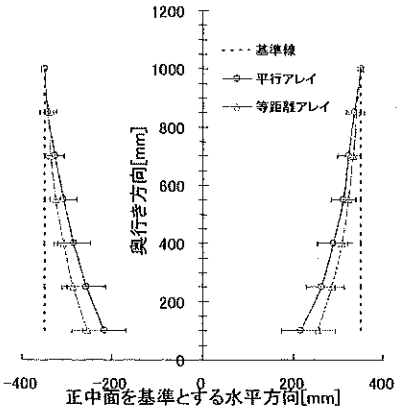


図 6 現実空間下で得られたアレイ実験結果

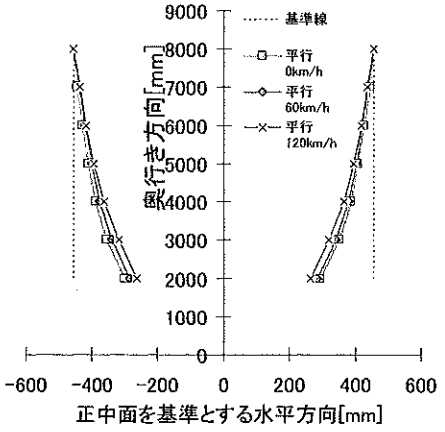


図 7 VR 空間下で得られた平行アレイ実験結果

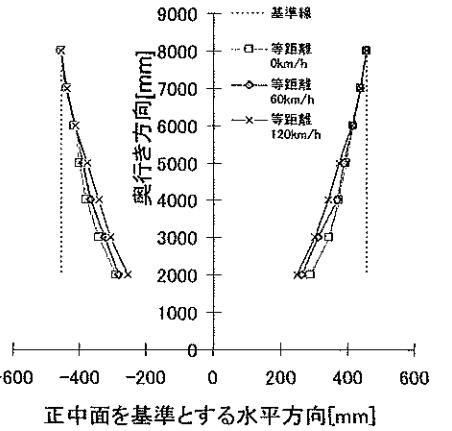


図 8 VR 空間下で得られた等距離アレイ実験結果

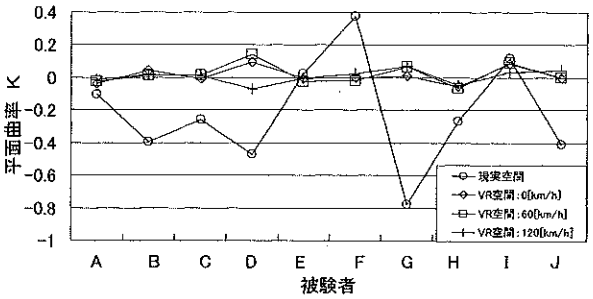


図 9　現実空間および VR 空間下での平面曲率値

図 6 より現実空間では平行アレイ，等距離アレイともに基準線より内側に歪む結果となった．そして，平行アレイが等距離アレイよりも内側に位置していることが見て取れる．図 7，8 の VR 空間での結果では，背景速度が大きいほど，平行アレイ，等距離アレイが内側に歪む結果となった．これは背景速度がアレイの歪みに影響を与えていると考えられる．

図 9 の平面曲率のグラフでは，現実空間では 10 人中 7 人の被験者の K の値が負となっており，従来研究と同様に平行アレイが等距離アレイの内側に位置している結果が得られた．VR 空間での背景速度 0[km/h]では多くの被験者の K の値が正となっていた．これは背景速度 60，120[km/h]の時でも同じことが言える．これより平面曲率に関しては，背景速度の影響はほとんど現れていないことが分かる．今回の実験では，現実空間と VR 空間での平行アレイと等距離アレイの位置関係が逆になっていた．また，現実空間での平面曲率は被験者ごとに大きく異なっているが，VR 空間においては背景速度に関係なく，被験者間のばらつきが小さく，値が小さいことが読み取れる．

5. 考察

5.1 現実空間と VR 空間のアレイの歪みについて

現実空間での平行アレイ，等距離アレイの位置関係と VR 空間での 2 種類のアレイの位置関係は逆であった．今回の VR 空間でのアレイ実験では，視標，背景円の見た目の大きさ，距離の違いから視標の奥行き距離を判断し，移動視標を調整することとなる．VR 空間での等距離アレイ実験では固定視標と移動視標が一対ずつしか表示されない．したがって，VR 空間での等距離アレイ実験は奥行き距離を判断する材料が少ないために視標の調整が行い難く，現実空間でのアレイ実験と同様の結果とはならなかったのではないかと考えられる．

5.2 背景速度が歪みに与える影響について

今回行った VR 空間でのアレイ実験では，背景速度を大きくすると，背景速度 0[km/h]の場合と比較して同じ奥行き距離での背景の円の直径が小さく見えるとの意見があった．VR 空間でのアレイ実験は，視標の大きさ，背景円の大きさ，視標や背景円の間隔などを手がかりにして移動視標の位置を調整しなければならない．そのため，背景円の大きさの感じ方の違いにより，背景速度が大きくなるとアレイが内側に歪んだのではないかと考えられる．

5.3 平面曲率に関して

VR 空間での実験で得られた平面曲率は，現実空間での結果と比べ．被験者間の差が小さい．今回の VR 空間の実験環境では，現実空間と同じ傾向は得られないのではないかと考えられる．

6. おわりに

本報告では，現実空間，静止した背景の VR 空間，動的な背景がある VR 空間でのアレイ実験を行った．現実空間と静的背景の VR 空間のアレイを比較すると，平行アレイ，等距離アレイの位置関係が逆であった．静的な背景の VR 空間と動的な背景のある VR 空間の実験結果を比較すると，背景速度が大きいほどアレイは内側に歪んでいた．

今後はまず，実験精度を向上させるために試行数を増やして実験を行う必要がある．さらに，様々な背景条件，速度条件での検討を行う．今回行った VR 空間での実験はスクリーンにひとつの映像を映していたが，現実空間のアレイとのより詳細な比較を行うためには，立体視を導入した映像を呈示し，輻輳を考慮した実験を行う必要がある．

参考文献

1) 高野英彦：VR 空間での奥行と寸法認識誤差の評価，日本バーチャルリアリティ学会第４回大会論文集，Vol.4，pp.309-310 (1999).
2) 阿部圭一，林部敬吉，中谷広正，伊藤幸宏，辻敬一郎，東山篤規：空間性認知・行動からみた仮想現実空間の特性，日本バーチャルリアリティ学会第２回大会論文集，pp.51-52 (1997).
3) 増田智弘，林部敬吉，阿部圭一，中谷広正，辻敬一郎，東山篤規：人工現実空間における視空間における個人差，日本バーチャルリアリティ学会論文集，Vol.4，pp.305-308 (1999).
4) 畑田豊彦：人口現実感に要求される視空間特性，人間工学，Vol.29，No.3，pp.129-134 (1993).
5) 大倉典子，前田太郎，舘暲：人間の空間知覚特性とその応用，画像ラボ，Vol.15，No.8，pp.21-25 (2004).
6) 東山篤規：両眼視空間と輻輳の機能，心理モノグラフ，No.18，pp.48-52 (1987).
7) 金子昇治，田中弘美：奥行きおよび空間知覚特性に基づく階層的３次元物体モデルの生成・表示，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.97，No.449，pp.17-24 (1997).
8) 斉藤幹人，石村豊，中谷広正，林部敬吉，阿部圭一：人工現実空間での並木法による視空間知覚特性の測定，日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，Vol.1，pp.71-72 (1996).

足底圧情報を用いた歩行改善支援システムの開発

A training system for gait improvement using plantar pressure information

○石原知高*，井上裕美子・橋本渉**，中泉文孝・大須賀美恵子***
*大阪工業大学大学院　**大阪工業大学情報科学部　***大阪工業大学工学部
TOMOTAKA Ishihara *, YUMIKO Inoue・WATARU Hashimoto **,
FUMITAKA Nakaizumi ***, MIEKO Ohsuga***
* Graduate School of Engineering, Osaka Institute of Technology, ** Faculty of Information Science, Osaka Institute of Technology, *** Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology.

1　はじめに

近年，健康増進や改善のためにウォーキングを行う人が増加している．しかし，歩行の姿勢が悪いと，効果的でないばかりか転倒などの危険性を伴う．そのため美しい歩行に対する関心が集まっているが，一般の歩行者が個人で歩行を改善することは困難である．そこで，歩行に関するさまざまな情報を含むとされている足底圧情報を利用し，歩行を改善するシステムの構築を目指している．

美しい歩行を行うためには，ローリングと呼ばれる正しい足の運びが必要となる．以前の研究で，このローリングに注目し，普段の歩行とローリングを意識した場合の歩行で，足底圧情報にどのような違いが出るか調べた．また，無線のインソール型の足底圧計測装置の開発のためのセンサ装着位置の検討も行った [1]．本発表では，これらの結果を用いた歩行改善支援システムに必要な足底圧計測装置の開発について述べる．

2　普段の歩行とローリング歩行の違い

普段の歩行とローリングを意識した場合の歩行の違いは，次のような手順で調べた．文書にてインフォームドコンセントを得た 20～50 代の 8 人に，普段の歩き方で歩かせた場合と，ローリングを意識させて歩行させた場合の二通りの歩行を 5 回ずつ行ってもらった．そのとき，足底圧情報の計測システムである FootScan(RSscan INTERNATIONAL)を各歩行の 4 歩目で踏むように設置しておいた．そうすることにより採取した足底圧情報から，図 1 に示すように被験者 A の普段の歩行（図 1 上）とローリングを意識した歩行（図 1 下），それぞれ 5 回分の足底圧中心の進行方向成分（COP （Center of pressure）y 座標）の変化量（差分）を算出した．この結果から，ローリング歩行では，立脚期初期における COP y 座標の変化が滑らかであることや，立脚期終期で第一足指に重心がしっかり残っていることが分かった．また，立脚期中期における COP y 座標の変化量の変動が少なくなる地点は，ローリングを意識した歩行では 60 %前後に集中していた．Kirsten は歩行周期の中で，ミッドスタンスからターミナルスタンスに移るタイミングは，31 %であると述べている [2]．一歩周期で考えると 62 %のタイミングであるため，この実験の結果と一致する．このことから，一歩周期の 60 %前後のタイミングで踵を離すように矯正することで，歩行改善が行えるのではないかと考えた．

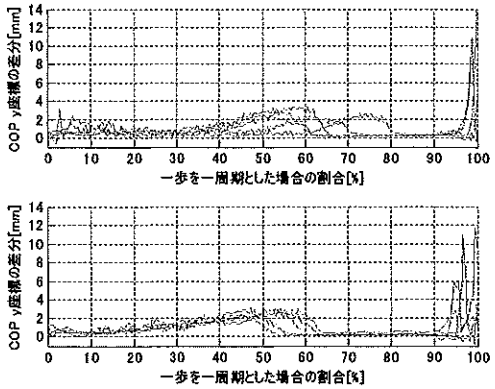


図 1 被験者 A の普段の歩行（上）とローリングを意識した歩行（下）の COP y 座標の変化量（差分）

3　足底圧計測装置の開発

3.1 使用センサ

足底圧の計測には，直径 20mm の円形の Button 型センサ（EMFiT 社）を使用した．このセンサは，

圧力に比例した電荷の移動により電位差が発生する.

3.2 センサ回路

図2にセンサ回路の回路図を示す. Button型センサ, チャージアンプ, ローパスフィルタの順に接続した. チャージアンプの時定数は 10 秒, ローパスフィルタのカットオフ周波数は約 16 Hz にそれぞれ設定した. なお, センサの装着位置の検討で設定した 7 箇所にセンサを装着するため, センサ回路は 7 個製作した.

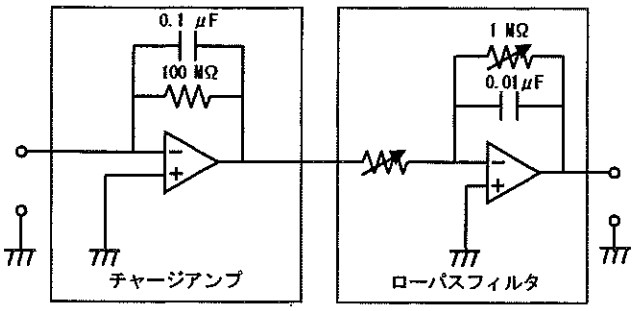


図 2 センサ回路の回路図

3.3 キャリブレーション

7 個作成したセンサ回路のキャリブレーションを行うために, EZ Graph (SHIMADZU) を使用し回路のゲイン調整を行った. 加重速度は 0.5 mm/sec で行った.

また, それぞれのセンサの近似曲線の平均を求め, そのグラフの近時曲線を校正曲線とした.

3.4 足底圧計測装置の試作と評価

以前の研究で, 足底圧情報から拇指, 第 1, 第 2, 第 5 中足骨骨頭部および踵 3 箇所の計 7 箇所のみのデータを抽出し算出した COP y 座標と足底圧力の変化は全体のデータから算出したものと類似していた [1]. そのため, これらの位置にセンサを装着するように調整し, 足型に切り抜いた絶縁シートで挟んだ. 図 3 にセンサの実際の配置を示す. また, 有用性を明らかにするために 2 歩目の足底圧を FootScan で同時に計測し, COPy 座標の比較を行った.

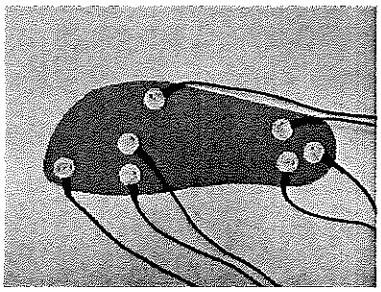


図 3 センサの配置

3.5 結果と考察

図 4 に作製した足底圧計測装置で計測した COPy 座標(実線)および FootScan で計測した COPy 座標 (点線) のグラフを示す. 作製したセンサ回路で計測した COPy 座標の波形は, FootScan で計測したものと比べて, 近い形状をしていた. しかし, センサの速度依存性や基線変動およびキャリブレーションの正確性にも問題がある. さらに, センサの保障領域から外れている部分もあり, 今後更なる検討が必要である.

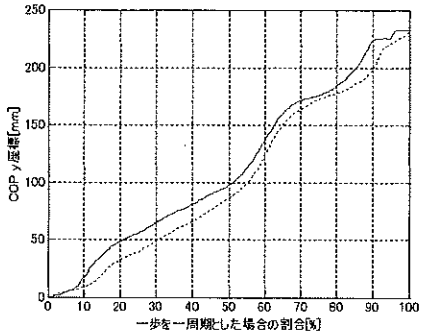


図 4 作製した足底圧計測装置 (実線) および FootScan (点線) でそれぞれ計測した COPy 座標

4 今後の展望

足底圧計測装置の開発のためには, 前述の問題点を改善し, より正確なセンサ回路の構築が必要である. また, 今回注目したローリングには, 踵, 足首, 指の付け根を軸に回転する 3 つの動きがあり、それぞれ筋肉の使い方が違う. それぞれの動きで特徴的に働く筋肉に力を発揮すべきタイミングをフィードバックすることにより, うまくローリングが行えるようになるのではないかと考えている. そのため, 今後は足底圧情報と筋活動の関連を平行して調べ, 歩行のタイミングを筋肉に振動刺激でフィードバックするシステムの構築を目指す.

謝辞 本研究の一部は文部科学省研究補助金 (基盤研究 C, 課題番号 18500443) を受けて実施した.

参考文献

1) 石原 知高 他:「足底圧情報を用いた歩行改善に向けた基礎的検討」,日本人間工学会第 49 回大会講演集, pp.366-367, (2008).

2) Kirsten Götz-Neumenn:「観察による歩行分析」, PP.11-12,医学書院, (2005).

手話アニメーションを用いた受付案内方法に関する研究

Development of Interactive Sign Animation System in a Hospital

○井上修平*，桑原教彰*，森本一成*
*京都工芸繊維大学大学院
INOUE Shuhei*, KUWAHARA Noriaki*,MORIMOTO Kazunari*
*Graduate School of Kyoto Institute of Technology

1　緒言

聴覚障害者がコミュニケーションを行うときに用いる方法として手話がある。しかし、手話を理解し話せる健聴者の数は極めて少ないため、健聴者と聴覚障害者が円滑なコミュニケーションを取ることは難しい。これは医療の場において深刻な問題であり、聴覚障害者にとって医師や看護師との意思疎通は困難なことである[1]。聴覚障害者がその困難さ故に病院に行く事を拒むことも考えられ、聴覚障害者と医師・看護師との意思疎通が困難な状況は、病気の発見が遅れることや、緊急時の対応が遅れることなどにつながるため、改善が必要な事態あると考えられる。

本研究では医療の場となる病院において、最初にコミュニケーションが必要となる受付に着目し、聴覚障害者（患者）と健聴者（受付担当者）のコミュニケーションを支援するための対話型受付案内システムを考案した。このシステムには筆者らが開発中の手話アニメーションを用いる。

2　受付案内システム

2.1　受付案内業務の分析

病院での典型的な受付業務の流れを分析した。

① 初診の場合は診察申込書と保険証の提示（紹介状がある場合は提示）
- 身体障害者手帳、福祉医療受給券、その他医療受給券などの提示
- 再診であれば診察カードの提示（月初めであれば保険証の提示）
- 再来で初めての科を受信する場合は、診察申込書、保険証および診察カードを提示

② 受付待合室で待機
③ 呼出後、受け取った書類を各科の受付に提出し、待合室で待機
④ 呼出後、診察・検査
⑤ 診察・検査後、看護師または事務職員から受け取った書類を会計受付に提出し、待合室で待機

これらのやりとりは筆談を用いて行われる場合が多い。しかし、筆談には時間がかかることや、発言の流れがつかみにくいといった問題があり、スムーズな手続きが困難なことが多い。さらに、受付には様々な条件により患者ごとに異なった手続きが伴うため、患者と受付担当者とのコミュニケーションがうまく行えなければ非常に時間がかかるだけでなく、心理的な負担も大きくなる。

2.2　受付案内システムの概要

本研究では前節で示した受付業務の流れを基本的なものとして、受付手続きの各場面でのやり取りにおいて、コミュニケーションが困難な状況をできるだけ回避する方法を提案する。受付担当者側は手話アニメーションにより指示・質問および説明を行い、患者側はディスプレイに用意された返答用ボタンを押して答える。これを「受付案内システム」と呼ぶことにする。また、受付案内システムに用いる手話アニメーションには文字を同時に表示させる。これは、聴覚障害者は聴覚障害が生じた年齢や教育環境などにより、手話、口話、筆談など日常に使うコミュニケーション手段が異なり個々に合った対応が求められるためである。

受付案内システムは受付担当者側に患者への指示・質問を行う手話アニメーションを選択する、手話アニメーション指示用のディスプレイ（A）と、患者からの返答をモニターするためのディスプレイ（B）の計２台を用意する。これは、画面の操作性と見易さを考慮するということで、２台使うことにした。また、患者側にも手話アニメーション表示用（C）と返答用のボタン表示用ディスプレイ（D）の計２台のディスプレイを用意し、計４台で構成される（図１）。

受付担当者が各手続きの流れにそって、手話アニメーション指示画面から指示・質問及び説明の文を選ぶことで、患者側のディスプレイ（C）にその手話アニメーションが表示される。患者はその指示・質問及び説明に対するアニメーションを見て、それに対する返事を返答用のボタンが表示されたディスプレイから選択することで行う。その後、受付担当者は患者からの返答を確認し、それを受けて次の指示・質問または説明を行う。

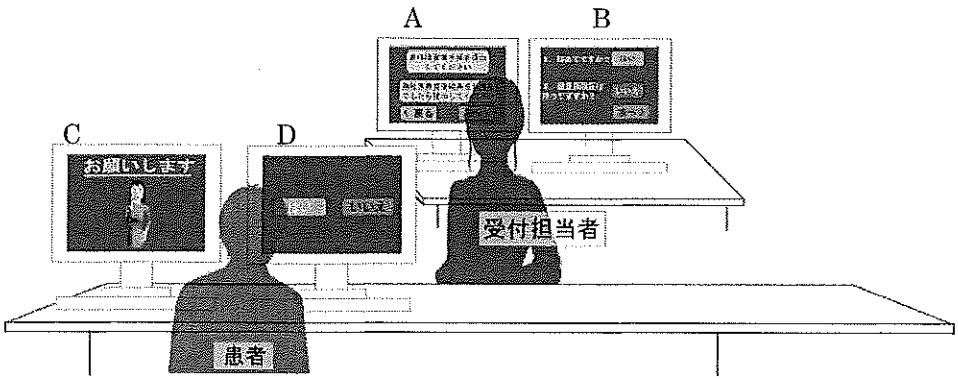


図１：受付案内システムの構成

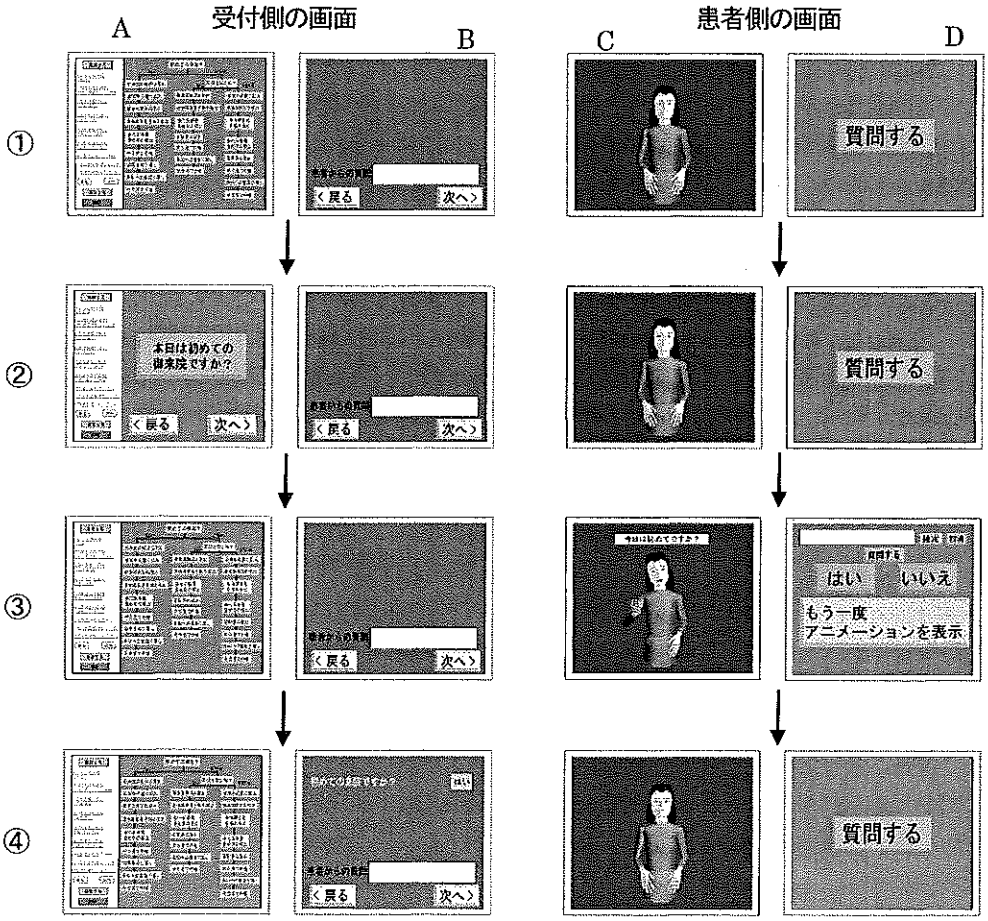


図２：画面例

2.3　画面設計

受付担当者側の２台のディスプレイの画面、患者側の返答用ボタンが表示される画面はシュナイダーマンのヒューマンインタフェース設計８原則を基に設計する[2]。具体的な設計仕様としては、

- ボタンの表示領域と配置を一連のダイアログウィンドウ間で統一する
- 同じ機能は同じ言葉・同じ色で表現する
- 質問や返事など、頻繁に使う機能には専用のボタンを作る
- ボタンを押した後に押したことがわかるような表示（コメント）をする
- １人の患者に対して、すでに行った質問は、以降、指示画面においてそのボタンの色を変える

・　入力に対する確認画面を表示する
・　「戻る」ボタンを用意する

などである。図２に最初の質問である「本日が初めての御来院ですか？」という質問をして、それに対する応答が返ってくるまでの流れに沿った画面例を示した。その流れは以下の通りである。

① 受付側画面：受付担当者はディスプレイ（A）に表示された患者への質問・指示及び説明ツリー図から該当する質問を選ぶ。
② 受付側画面：（A）には①で選んだ質問が大きく表示されるので、それをクリックすることで患者側の画面（C）にアニメーションを表示するように命令が行く。
③ 患者側画面：（C）に受付担当者からの質問に対応した手話アニメーションが流れる。（D）には、そのアニメーションに対する返答の候補が表示されるので、その中から選択し、返答する。
④ 受付側画面：（B）に患者からの返答が表示される。その返答を受けて、受付担当者は（A）から次の質問を選ぶ。

このような流れで手続きが進んでいく。

受付側ディスプレイ（A）の画面では、段階的達成感を与えるという目的で、どこまで手続きが済んでいるのかを担当者に理解させるために、最初に表示されるツリー図において、１人の患者に行った質問はその質問に対応したボタンの色を変化させる。その１人への対応が終わったときには「リセット」を押すことで、履歴がクリアされ、変化する前の色に戻る。

患者からのトイレの場所や各科の受付の場所などの質問に対応するために、患者側のディスプレイ（D）に「質問する」ボタンを表示する。それを押すことで、患者はあらかじめ準備された質問の中から適したものを選ぶか、筆談を希望するのかを選択する。受付側のディスプレイ（B）には、患者からの返答だけではなく、患者からの質問も表示される。その質問に対する応答はディスプレイ（A）から返答ボタンを選択し行う。

3　ペータープロトタイピングによる検証

提案する手話アニメーション提示方法を検討するために、画面を紙に印刷したものを用いた、ペータープロトタイプによる評価を行った。学生数名を被験者とした（図３）。検証の結果、次のような意見が被験者から得られた。

・　ボタンをクリックした後に、相手側に表示されているか不安
・　患者側ディスプレイ（D）において「質問する」というボタンの意味がわからない
・　選択ミスなどにより起こるエラーを軽減するための入力に対する確認が面倒である
・　入力に対する確認を行う際に、左右に視線が大きく移動するので、大きな移動がないように考慮すべき
・　受付側ディスプレイ（A）において、患者への質問と患者からの質問に対して、応答する時の切り替えがわかりにくい
・　受付側ディスプレイ（A）において、ツリー構造を使うのはわかりやすく、質問後に色が変わるのもわかりやすい
・　言葉ではなく、アイコンでの表示が有効

などの意見が出た。これらの意見に対する改善案としては、

・　ボタンの選択後にポップアップを表示することで、入力に対する確認・相手側に表示されたことの確認を行う
・　受付側ディスプレイにも患者側ディスプレイに表示されている画像を表示する
・　患者から受付への質問はポップアップでの表示をする

ことなどが考えられる。また、この検証を通して、さらなる検討点も見つかった。

まず、画面設計については患者側・受付側の画面を使って実際に手続きをする際、操作性の面でどのような問題があるのか、追加・削除するべき機能があるのかといったことについて、利用者による評価実験が必要である。例えば、今回作成した画面例において、受付側の画面では患者への質問を行う場合、一度その質問を選択する。すると、ボタンが大きく表示され、そのボタンを押すことにより患者側に質問が行われる。これは確認のためのボタン選択をさせることで、誤操作が減らせるのではないかと考えたからである。このような仕様が有意義なものなのかを検討すると同時に、システムをさらに使いやすいものにするための仕様について検討する必要がある。

さらに、受付担当者から患者への質問において、想定と違う返答があった場合の応答についての検討や、画面の遷移、ボタンの表示位置などについても検討が必要であると感じた。

なお、ディスプレイの配置位置によって、患者に与える安心感や、操作性に対しても影響が出るのではないかと思われるので、配置位置についても検討の余地があると考えている。

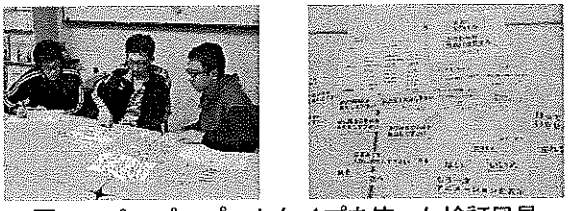


図３：ペーパープロトタイプを使った検証風景

4　まとめ

本研究では，聴覚障害者が医療を受けるときの医療スタッフとの意思疎通の困難によって生じる受療拒否の問題を解消するために、受療において最初にコミュニケーションを行うことになる受付手続きを対象とし、手話アニメーションの利用について検討した。まず、現在の受付手続きの方法及び医療機関で行われている工夫についての問題点を明らかにした。そして、それらの問題を解消するために受付手続きをスムーズに行えるようにする手話アニメーションシステムを用いた対話型受付案内システムを提案した。また、それぞれの画面設計の基本となる部分を示した。このシステムが実際に導入されれば，現在の筆談による受付手続きに比べ、患者は受付担当者と円滑なコミュニケーションが行えるとともにスムーズな手続きが期待される。また、これにより聴覚障害者が病院の受付に抱く不安を解消し，受療拒否を軽減できると考える。しかし、このシステムを実際に構築するにあたっては取り組まなければならない課題がまだ残されている。それらの課題を克服し、最終的に病院の受付手続きがスムーズに行えるシステムを作成するために、以上のような課題に取り組み、聴覚障害者の受療拒否の問題を少しでも解消することに取り組んでいきたい。

5　今後の課題

表示される画面の色使い、ボタンの表示方法などについては今後も検討すべき課題と考えている。色覚障害者に対する画面の色使いの善し悪しについては、実際に色覚障害者に評価してもらうのが一番の方法と考えられるが、少なくともカラーシミュレーションソフトなどを使って検討することも可能である。また、作成した画面に関しても、評価実験を行い被験者からの意見を基に、修正が必要である。さらに、手話アニメーションが完成した後は、受付案内システムを実際に使用した場合、従来の筆談を用いた手続きに比べてどの程度スムーズに手続きが行えるか、被験者がコミュニケーションしやすいと感じるか等についての評価実験が必要である。

なお、現在研究中の手話辞書の中には医療に関する手話単語の数が極めて少なく、本研究で考案した患者への指示、質問及び説明文を手話アニメーションにすることは困難である。従って、必要となる手話アニメーション単語を追加し、手話辞書を充実させることも課題の一つである。

謝辞

受付手続きのやりとりにおける指示・質問文の選定などに貴重なご助言を頂いた滋賀医科大学の北原照代先生に感謝いたします。また、本研究の一部は文部科学省研究補助金（基盤研究B　18300193、代表：森本）により行われた。謝意を表する。

参考文献

1) 滋賀医科大学予防医学講座: 聴覚障害者の受療における医療機関側の対応の実態調査, 2004年度社会医学フィールド実習報告書 (2004).
2) Ben Shneiderman: Designing the User Interface, Pearson Education (US) (2004).
3) 黒崎: 日本の手話通訳, 第3回世界ろう者会議分析会資料 (1999)
4) 田上: 手話とはどんな「ことば」か, 手話の考察(中野編), 福村出版, pp.10-45 (1981)
5) 川村, 森本, 黒川: 手話アニメーションの時空間構造と理解度の関係ー胃部レントゲン検査指示用の場合ー, ヒューマンインタフェースシンポジウム2005論文集, pp.671-676 (2005)
6) 大久保, 加藤: Webデザインの認知的・感性的効果の検討：スクローリングと基調色を題材に, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006 論文集, 3634 (2006)
7) Carolyn Snyder, 訳 黒須: ペーパープロトタイピング, オーム社 (2004)

マンモグラフィ検診の指示に用いる手話アニメーションの生成

Design of Sign Animation for Mammographic Screening

○高橋昌憲*，今西恵理子**，桑原教彰*，森本一成*
*京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科　**京都工芸繊維大学工芸学部
Masanori Takahashi*, Eriko Imanishi**, Noriaki Kuwahara*, Kazunari Morimoto*
*Graduate School of Engineering and Science, Kyoto Institute of Technology
**Department of Engineering and Science, Kyoto Institute of Technology

1 はじめに

身体障害者手帳を交付されている聴覚障害者は約36万人，難聴者などを含むと約600万人いると言われている．これに比べ日本手話通訳士協会制定の手話通訳者は2013名(2008.10.6現在)であるが，手話通訳士の登録者は非常に不足している．このことから様々な場所でのコミュニケーション障害が問題となっている．特に，医療の場での手話通訳者不足によるコミュニケーション障害は，受療行為の抑制や受診拒否という大きな問題となっている．この問題を解決するためには双方向でのコミュニケーション支援が必要であり，著者らはこの技術開発について研究している[1]．

本研究では医療の場における検査技師から受検者へのコミュニケーション支援について検討する．特に，乳がんのマンモグラフィ検診における検査技師から受検者への指示方法を下記の理由により検討することとした．現在日本の女性の乳がん死亡率は増加傾向にある．日本では1年間に約40000人の女性が乳がんと診断されている．しかし，マンモグラフィによる検診を2年に1回受診することで死亡率を減らすことができると科学的に確認されているにもかかわらず，現在，日本の乳がん検診の受診率は約2%と非常に低い．一方,アメリカやイギリスでは40～50歳代の女性の70%以上が受診している[2]．日本の女性が過去に乳がん検診を受けなかった理由について調査した結果によると，聴覚障害者が検診を受けるときに様々な困難や苦痛を感じていることが明らかになっている．その理由として聴覚障害者，健聴者ともにコミュニケーションの取りにくさを指摘しており，これが聴覚障害者の受診を妨げている可能性があると考えられる[3]．

本研究は，コミュニケーションの取りにくさを解消することで受診拒否を低減させ，がんの早期発見・治療に繋げるために，検査技師から受検者へのマンモグラフィ検診時に必要な指示文の手話アニメーション生成を目的とする．

2 手話アニメーションの生成と指示方法

本研究で用いる手話アニメーションは，著者らが開発したTALKFILEと呼ぶファイルに記述したコードを使ってアニメーションを生成する．TALKFILEには手話アニメーションアバターの各部位の動作をコード化したものを記述しており，手の形状，運動軌跡，運動時間，また非手指動作である目，眉，首，口形，ならびに表情などの状態を指定することができる．

手話アニメーションに用いるマンモグラフィ検診の指示文の選定には，健常者および聴覚障害者が実際にマンモグラフィ検診を受けている場面を記録した映像や音声ならびにマンモグラフィ検診に関する図書などの資料を用いた[4),5)]．これらの資料の映像，音声や図書に表現されている検査技師が受検者に与えた指示を全て抜き出した．その後，検査技師が受検者に毎回声かけを行っている文を選定し，マンモグラフィ検診の手順を最初から最後まで表現するのに最低限必要と考えられる指示文を選出した．次に，作成した指示文を検査技師に検証してもらい内容を修正した．このような作業を通して得られた指示文は約40文であった．その例を表1に示す．

表1　マンモグラフィ検診時の指示文の1例

指示文
今からマンモグラフィの検査を始めます
挟むので痛いかもしれません
服を脱いでください
お乳を触ります
お乳をひっぱります
大丈夫ですか？
押さえていきます
終了します。服を着てください
お疲れ様でした

手話アニメーションを表示するためには手話単語を生成し，それを手話辞書に登録しなければならないので，指示文に現れる単語を手話表現するためのコードを記述した．手話辞書の中から指示文の内容の手話単語を選び，指示文の手話アニメーションを生成していった．一方，実際の手話表現に近いアニメーションにするために，マンモグラフィ用指示文を手話者に実際に表現してもらい，それをビデオ撮影した．撮影したビデオ資料に手話者が行った手話表現や顔の表情に近づくように手話アニメーションの修正を行った．このようにして生成した手話アニメーションの1例を図1に示す．

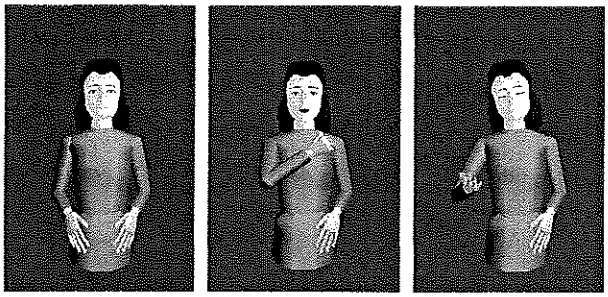


図1 手話アニメーション例 「大丈夫ですか？」

なお，検査技師から収集した指示文以外にも，「気になるところはどこですか？」，「もう少し押さえます」などの手話アニメーションが必要だとの指摘を受けた．しかし，検査施設や技師によって内容が異なり，必ずしも毎回必要な文章ではないので指示文の中には加えなかったが，これらも随時表示できるようにしておく必要があるので，別途作成しておくことにした．

3 まとめ

本研究ではマンモグラフィ用指示文を検査技師による検証を通して，実際にマンモグラフィ検診時に使用している内容の指示文を収集し手話アニメーションを生成した．その指示文を手話者に表現してもらうことで普段使われているジェスチャー表現も含まれたものにすることができた．しかし，今回生成した手話アニメーションは，実際の手話者に比べ顔の表情や手の細かい表現では劣っているという問題があることもわかっている．検査技師から受検者への指示を確実に伝え，細かな表情や表現が可能となるアニメーションを作成するために，手話アニメーションアバターの表現力をあげる必要があるので，今後はこれらの課題に対しする改良を行う所存である．

謝辞

マンモグラフィ検診指示文の選定に貴重なご助言を頂いた滋賀医科大学の北原照代先生に感謝します．また，本研究の一部は立石科学技術振興財団研究助成金（代表：北原照代）と文部科学省研究補助金（基盤研究B 18300193，代表：森本一成）により行われた．謝意を表する．

参考文献

1) 森本，内川，黒川，北原，峠田，西山，藤田：胃部レントゲン検査の指示用手話アニメーションの実用性の評価，ヒューマンインタフェース学会第6回ノンバーバルインタフェース研究会論文集，pp. 11-18，2002.

2) 国立がんセンターがん対策情報センター，がん検診のすすめ（乳がん）：[がん情報サービス]，http://ganjoho.jp/public/pre_scr/screening/breast_cancer/01.html，2008.

3) 北原，垉田，辻村，田中，森本，藤田：聴覚障害者にとって乳がん検診受診のバリアとは？，第49回日本社会医学会総会，2008.

4) 遠藤，NPO法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会：マンモグラフィ検診へようこそ！（手話・字幕版），DVD，2005.

5) 遠藤，NPO法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会：乳がん自己検診のすすめ（手話・字幕版），DVD，2005.

高齢認知症者の遠隔支援のための対話データ収集

Collection of Interaction Corpus between Elderly People with Dementia and Remote Caregivers

○濵田怜実*, 桑原教彰*, 森本一成*, 安田清**
*京都工芸繊維大学大学院, **千葉労災病院
HAMADA Toshimi*, KUWAHARA Noriaki*, MORIMOTO Kazunari*, YASUDA Kiyoshi
*Graduate School of Kyoto Institute of Technology, **Chiba Rousai Hospital

1　はじめに

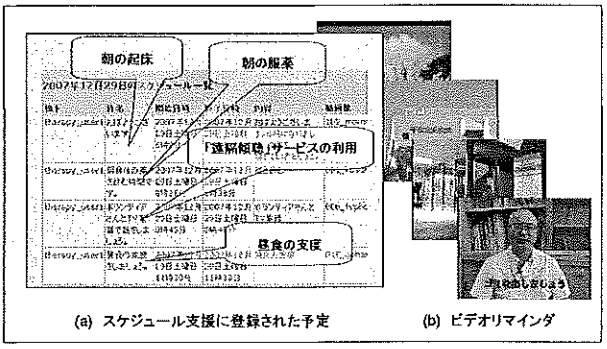
筆者らは、患者を遠隔から支援して家族介護者の負担を軽減する目的で、あらかじめ設定された予定時刻になると患者宅の端末に、清潔や服薬など患者にとって必要な行為を促すビデオリマインダをネットワーク経由で配信するシステムの開発を進めている[1)]。

しかし患者をスムーズに行為に誘導するには、一方的にスケジュールを通知するのではなく、患者と対話しながら患者の行為への動機づけをする、また患者の状況を収集して、実施できない理由があれば一定時間の間隔をおいて再度リマインダを配信するなどの機能が求められる。その実現には、遠隔の支援者がTV電話によって患者の予定支援を実施した場合の対話データを多数収集、分析して、予定支援で想定される対話のパターンや、予定支援がうまくいった場合の対話の特徴を抽出し、ビデオリマインダに求められる対話機能を明らかにする必要がある。

本論文では、遠隔の支援者がTV電話を用いて患者の予定支援を実施している間に、ボランティアと患者の対話している映像を自動的に収集し、対話データ分析に必要なタグを半自動で付与することで、対話コーパスとして保存するシステムを試作したので報告する。

2　スケジュール支援システムについて

スケジュール支援システムは図1（a）に示すようなスケジュールに従い、図1（b）のようにビデオに登場する人物が行為の効用を説き、患者に納得させた上で行為に誘導するためのビデオリマインダを、患者宅に配置した端末に配信する。これは認知症者の行為への誘導に関する安田らの先行研究に基づく[2)]。



(a) スケジュール支援に登録された予定　(b) ビデオリマインダ

図1. スケジュール支援の例

筆者らはこれまで上記のスケジュール支援システムを患者宅に提供して予備的な実験を実施してきた。その結果、ビデオリマインダによるスケジュールの提示は、家族介護者からの呼びかけと同程度に患者を予定した行為に促すことが確認された。しかし家族介護者からは、患者の状況を考慮せずに一方的にスケジュールが提示されたことで行為の誘導に失敗したなどの報告があった。またもともと家族介護者の呼びかけに対する実施率が低い行為は、ビデオリマインダでもあまり改善していなかった。これらは、ビデオリマインダに対話機能を持たせて、より強い動機付けで行為に向かわせることが必要であることを示唆している。

3　対話データ収集装置について

3.1　装置構成の概要

図2に対話データ収集装置の構成を示す。遠隔対話を行うシステムには Skype Technologies 社の Skype™ を用いる。支援者はヘッドセット、患者は固定マイクを用いることを想定している。患者宅と支

援者宅のSkype™が接続されると（①）、自動的に双方の端末で記録が開始され（②、②'）、患者の行為への誘導が実施される様子が記録される。対話が終了すると（③）、自動的に記録も終了する（④、④'）。記録データはネットワークの負荷が軽い夜間に対話データ収集サーバに転送され（⑤、⑤'）、スケジュール支援システム側の情報（誘導する行為、日時、対話者など）、および支援者が入力する行為の誘導に成功したかどうかの評価値と関係付けてデータベース化される。さらに各々の記録映像音声から患者、支援者の発話区間を切り出し、時系列に並べて発話データを構成する（⑥）。

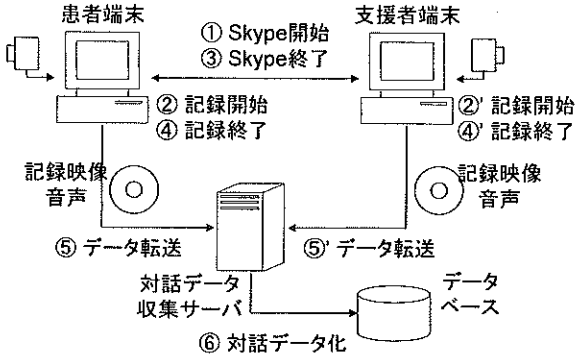


図２　映像音声データの収集装置の構成

3.2　対話データ化について

支援者はヘッドセットを使用することから、支援者側には基本的に支援者の発話しか記録されない。そこで音量が閾値を超えた部分を、支援者の発話と判断する。患者側には固定マイクを使用するため、患者、支援者両方の音声が記録される。

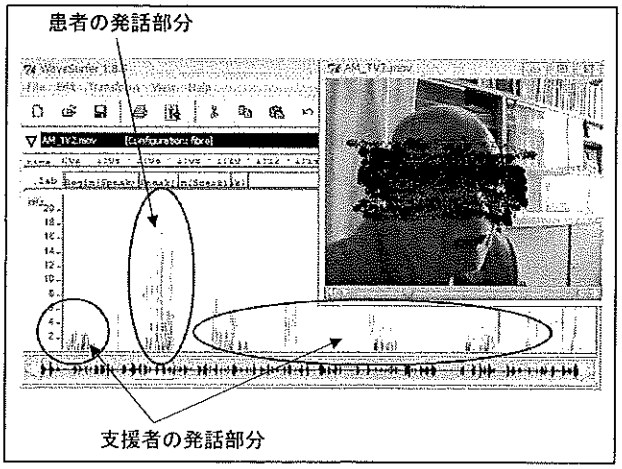


図３　患者側の映像音声データの特徴

しかし図３に示すように、患者側の記録映像音声では、Skype™を通した支援者の発話は高周波の成分が失われる。よって音量の閾値を超えた区間に対し高周波側のパワースペクトルを比較して、患者の発話か支援者の発話かを判断でき、これによって患者の発話区間を識別可能である。

3.3　対話データの利用方法について

患者の日常生活支援のために、対話データの利用方法として以下を検討している。

(1) 行為誘導に成功する患者への語りかけのノウハウ（遠隔からの生活支援ノウハウ）を抽出し、それに基づくビデオリマインダを作成する。

(2) 同時に患者の対話における典型的応答パターンを抽出し、それを選択肢とするメニュー形式のインタフェースを患者側に用意することで、対話的な行為への誘導を実現する。

4　今後の予定

現在、千葉労災病院を拠点として、ネットワークを介して遠隔の患者を支援するシステム作りを進めている。今後この対話データ収集システムを組み込み、支援者、患者、患者家族の同意を得た上で、遠隔からの生活支援ノウハウ収集を行いたい。

謝辞

本研究は，「JST 地域イノベーション創出総合支援事業ニーズ即応型」の支援を受けて実施している．

参考文献

1) 桑原教彰, 森本一成, 横谷桂透, 安田清, 安部伸治: ICT による認知症・記憶障害者の在宅での日常生活支援システムの研究開発,人工知能学会 2008 年全国大会講演論文集, (2008).

2) Kiyoshi Yasuda, et. al., "Successful guidance by automatic output of music and verbal messages for daily behavioral disturbances of three individuals with dementia", Neuropsychological Rehabilitation, Vol. 16, No. 1, pp.66-82 (2006).

ぶどう果房の管理作業における新栽培棚を利用した筋負担の軽減

Reduction of the muscular load in growth working for clusters of grapes to use new overhead trellises

○辻村 裕次*, 垰田 和史*, 北原 照代*, 中井 洋子**

*滋賀医科大学 社会医学講座 衛生学　**滋賀県農業技術振興センター

TSUJIMURA Hiroji*, TAODA Kazushi*, KITAHARA Teruyo*, NAKAI Yoko**

*Shiga University of Medical Science, ** Shiga prefecture Agricultural technology promotion center

1　はじめに

ぶどう栽培における管理作業には、新梢誘引・房づくり・ジベレリン処理・摘粒・袋掛けなどがあり、いずれも頭上にある棚の枝や、そこから垂れ下がった果房への作業であるため、両上肢を高く挙上して保持しなければならない。さらに、適期作業を要するために作業密度も高くなることから、頸部や肩のこりを主とする筋骨格系症状の訴えが多い。また、農業従事者の高齢化や障害者作業所の農業への取り組みなどから、ぶどうの新梢や果房の管理作業における負担軽減の必要性が高まっている。

滋賀県農業技術振興センターでは、ぶどう果房のある新梢部分を斜めに仕立てることで、作業者頭上の空間を既存棚と同じに確保しつつ、作業高を低下できる新栽培棚を試行している（図1参照）。

そこで、新栽培棚による負担軽減効果の評価を目的にフィールド調査を行った。

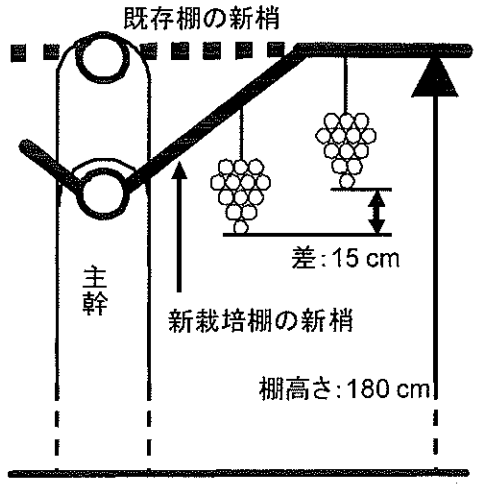


図1　ぶどう果房低下のための仕立て方

2　対象と方法

農業技術振興センター分場内に、新栽培棚を模して複数のぶどう果房を吊るしたもの（模擬棚）を作り、7月初めに、摘粒と袋掛け作業を既存棚と模擬棚で被験者に行わせた。その際、ビデオ撮影と表面筋電図測定を行い、上肢位置と筋電位を二つの棚で比較した。

被験者は男女1名ずつとした。身長は167 cm（男）と157 cm（女）であった。果房上端までの高さ（cm）は既存棚では168（140～178）であり、模擬棚では男性用を157（145～164）、女性用を151（144～157）とした。

表面筋電図測定部位は、両側の、後頸部筋群、前部三角筋と上部僧帽筋（肩部）、傍脊柱起立筋群L2-3（腰部）の8ヶ所とした。測定部位の皮膚表面に双極電極（NEUROLINE 72-501-K, Medicotest）を貼付し、導出された筋電図を、実効値変換型筋電アンプ（SGY-02,（有）ゆうい工房）にて増幅と実効値（時定数50 ms）変換させた後、ディジタル記録計（DR-C2,㈱ティアック）を用いて、PCカードに分解能16 bit、標本化周波数50 Sample/sで記録させた。

筋電位の基準姿勢として、三角筋と僧帽筋に対しては両上肢側方水平挙上を、腰部に対しては体幹の30度屈曲を行わせ、その時の筋電位を求め、一連続作業中の平均筋電位を基準姿勢時筋電位で除した値（%RVC）を算出した。

3　結果

3.1　姿勢

図2に女性被験者の摘粒作業、図3に男性被験者

の作業の様子を示した。2 名とも模擬棚では、ほとんどの果房で、肘頭位置が肩峰より低い状態で作業できていた。特に女性被験者では、既存棚で踵を上げて作業した場面があったが、模擬棚では皆無であった。また、男性被験者の模擬棚での摘粒作業では左肩関節が少し外転し、袋掛け作業時に比べると、肘頭位置が体幹より側方に離れていて、高かった。

3.2 筋電図

図 4 に、女性被験者が二つの棚で行った袋掛け作業時の筋電図を、作業開始時刻をそろえて重ね描きしたものを示し、表 1 には二つの棚での%RVC を示した。男性被験者の摘粒作業における肩部では、模擬棚で同等か高い筋電位となった。その他（被験者、作業、測定部位）では、模擬棚で筋電位が低下した。

両者とも後頸部筋群の筋電図は測定できなかった。また、女性被験者の腰部筋電位は、果房間移動時に棘状の上昇が見られた以外では数 μV 程度と小さかったため、筋負担の差異を検討しなかった。

4 考察

模擬棚では、作業高の低下によって、肩関節の屈曲角度を減少させることができたため、筋電位が低下したと考えられる。しかし、男性被験者の摘粒作業では、肩関節の外転により、肩部筋が不必要に緊張し、筋電位が低下しなかったと考えられる。模擬棚での作業高に慣れていなかったことが原因であろう。

目の高さ以上の果房に対して作業する場合、頸部と体幹を伸展させて見上げなければならないため、後頸部と腰背部の筋負担が大きくなると予想した。しかし、後頸部については筋電図が測定できず、腰背部については、今回測定した腰部表層筋で問題となるような筋負担は確認できなかった。さらなる検討が必要である。

ぶどう果房の管理作業は初夏に行わなければならないため、厳しい温熱環境下での作業となる。身体負担把握のために、温熱環境因子（気温・湿度・風速・輻射熱）を測定すべきであった。また、今回の測定では、大量の発汗のために、いくつかの部位で皮膚電極間の電気的接触具合が悪くなり、測定できなかった。以後のフィールド測定調査の参考としたい。

5 結論

ぶどう果房高さを低下できる新栽培棚を利用すれば、肩部の筋負担を軽減できることが事例的に確認できた。また、その効果を活かすためには、不必要な筋緊張を生じさせないような作業姿勢に関する指導も不可欠であることが把握できた。

【謝辞】ご協力をいただきました被験者の方に感謝いたします。

表1 既存棚と模擬棚での作業中の筋電位（%RVC）

			Time (min:sec)	Deltoid muscle Left	Deltoid muscle Right	Trapezuis muscle Left	Trapezuis muscle Right
Male	摘粒	既存棚	8:10	100	-	77	-
		模擬棚	5:35	100	-	84	-
	袋掛け	既存棚	3:24	140	-	155	-
		模擬棚	2:44	132	-	78	-
Female	摘粒	既存棚	9:52	71	132	80	86
		模擬棚	5:27	52	64	70	41
	袋掛け	既存棚	3:47	144	172	89	104
		模擬棚	2:48	66	-	49	72

既存棚での摘粒作業　　模擬棚での摘粒作業

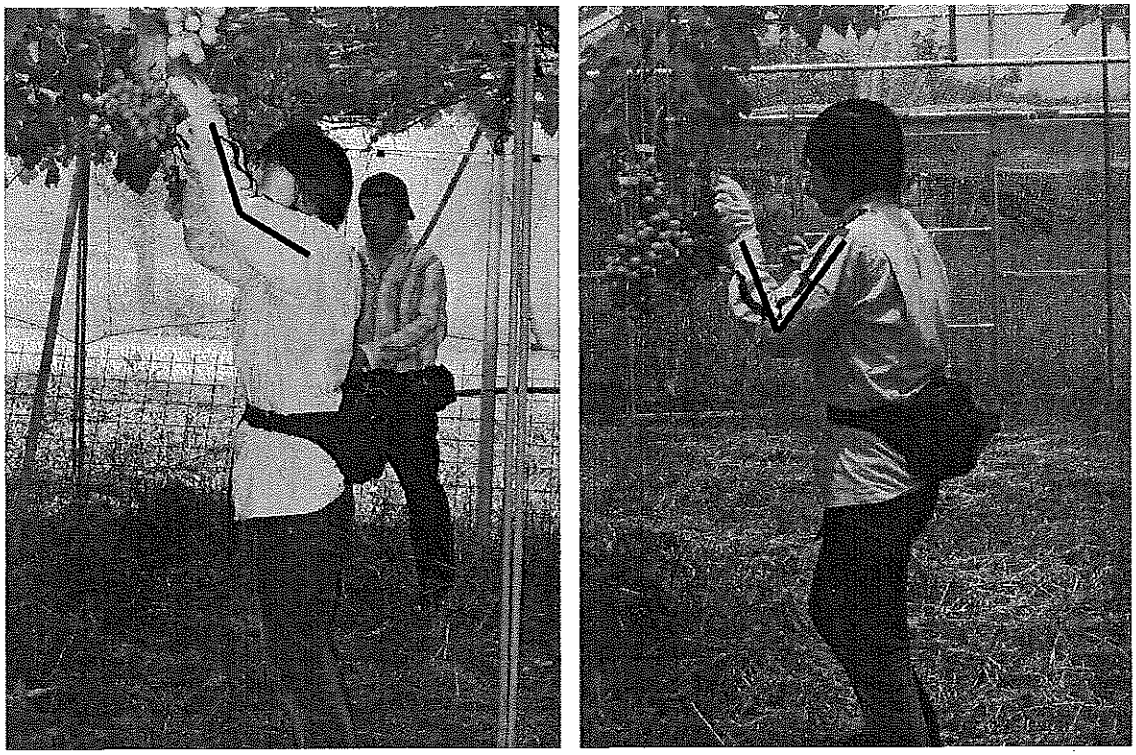


図2　女性被験者の摘粒作業の様子

既存棚での袋掛け作業　　模擬棚での袋掛け作業　　模擬棚での摘粒作業

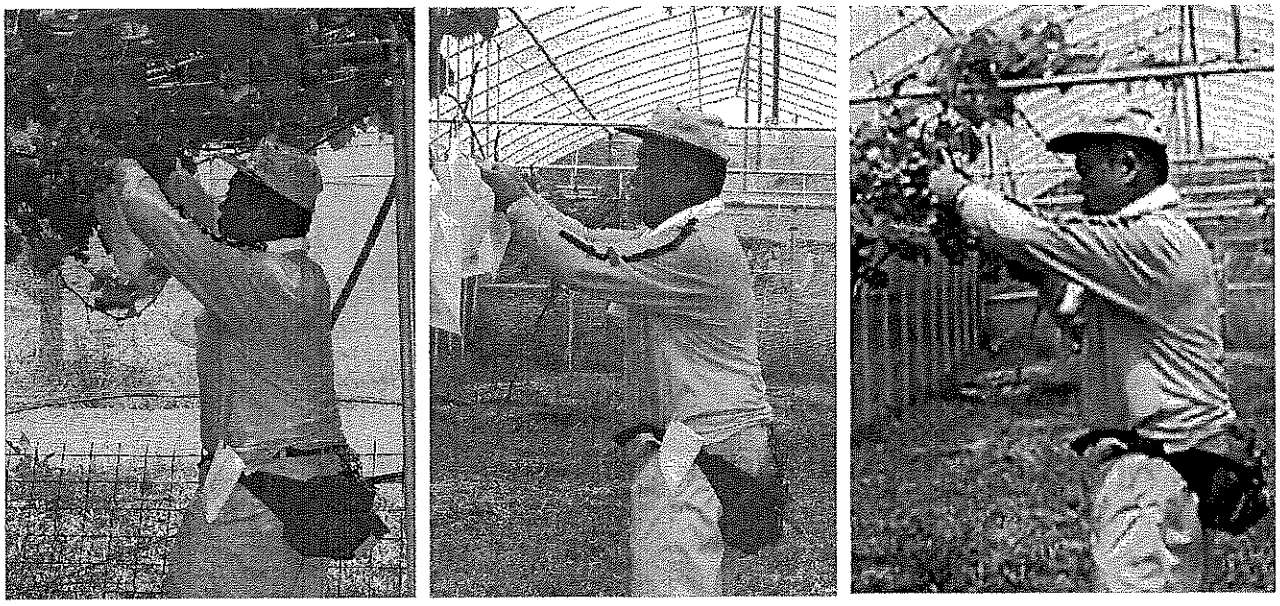


図3　男性被験者の作業の様子

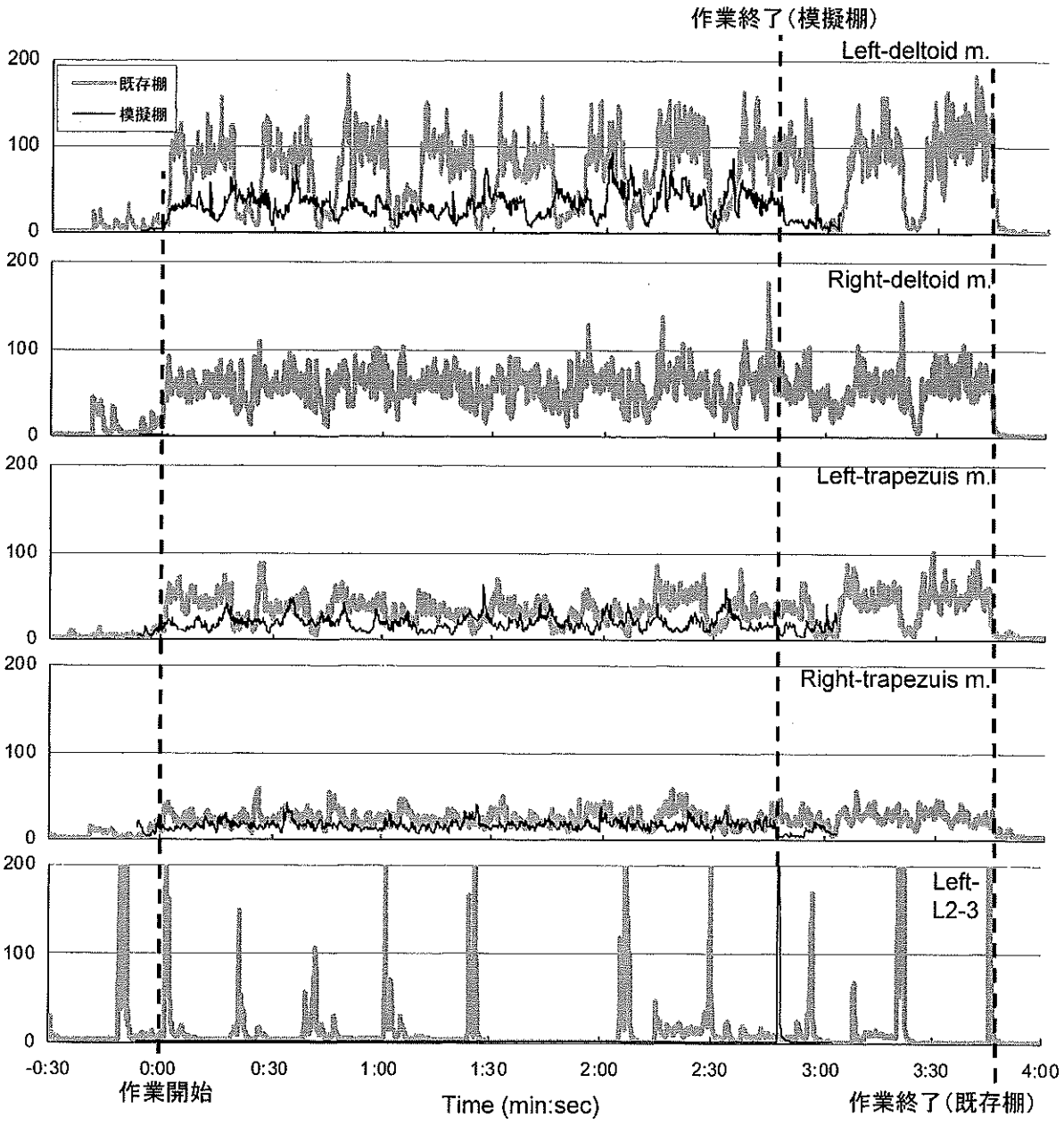


図4　女性被験者が行った袋掛け作業での筋電図（縦軸は筋電位実効値（μV_{rms}））

車両速度・視線移動・ペダル操作に基づいた
無信号交差点非優先側通過行動の評価

Evaluation of driving behavior based on speed of car, eye movement, and pedal operations when passing through a non-signalized intersection without right of way

○加門達也*，小坂洋明*，西谷紘一*
*奈良先端科学技術大学院大学
Tatsuya Kamon*, Hiroaki Kosaka*, Hirokazu Nishitani*
*Nara Institute of Science and Technology

1　はじめに

無信号交差点における出会い頭事故防止を目指し，多くの研究が進められている．我々も非優先側運転者の交差点通過行動改善のための運転行動解析を行った[1]．ドライバの運転行動の改善のためには，まず各ドライバの持つ運転行動の問題点を明らかにする必要がある．そのためには，ドライバの運転行動を正しく評価する指標が必要となる．ドライバの不安全運転行動の原因はドライバの内的要因（間違った安全意識）に基づくと考え，内的要因を考慮したドライバモデルを構築し，これに基づいて，教育方法を提案した研究[2]では，停止線付近や交差道路入口付近での車両速度，安全確認の終了位置といった要素行動に注目している．しかし，安全確認については，ドライバがどの位置で最終的に有効な安全確認を行ったのかが重要になる．

本研究の目的は，ドライバの運転行動の問題点を明らかにするため運転行動を正しく評価する手法を獲得することである．本研究では，車両速度，視線移動，ペダル操作に関するデータを用いて，ドライバの各交差対象物に対する想定速度を算出する方法を提案し，実車実験により収集したデータを用いて，提案指標の有効性を検証した．さらに，得られた結果よりドライバの運転行動の問題点を明らかにする方法を示した．

2　新しい指標の定義

2－1　対象交差点と座標設定

以下では，右側交差車両のケースを例に説明する．図1に示すように，非優先側右端ラインをX軸，優先側道路の左端ラインをY軸と設定する．自車走行ラインと他車走行ラインを図1中に示した．ここで，自車の右側交差車両確認の有効な終了位置について考える．この位置は，ドライバが右側交差車両について有効な安全確認を最後に行った位置である．すなわち，自車が右側交差車両を発見した際すぐに停止行動をとった場合に，右側交差車両と衝突するエリアに進入することなく手前で停止することの出来る位置である．右側交差車両を発見し停止行動をとった場合でも衝突エリアに進入してしまう位置での右側確認行動は，衝突の可能性がある危険な安全確認行動であり，有効な安全確認とはいえない．この有効な右側確認の終了位置という指標は，運転行動の評価の一つの指標となる．図1において，この位置を(-a, b)とする．

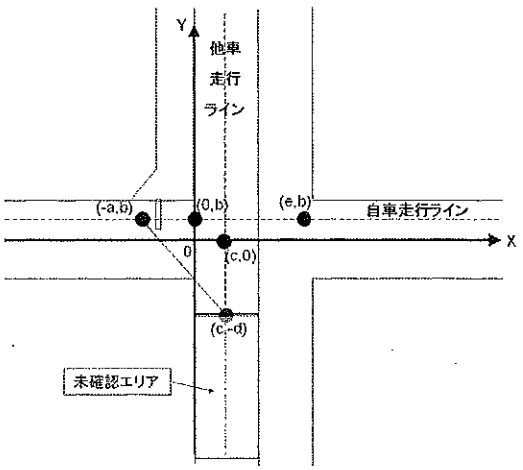


図1　右側交差車両に対する座標設定

次に，自車が右側交差車両と衝突しないエリアに脱出した位置は，自車の全長(f)を用いて(e, b)の位置となる．他車走行ラインとX軸との交点を(c, 0)とし，この位置が右側交差車両と自車が衝突する位置とする．また，自車位置(-a, b)における右側の交差道路見通しと他車走行ラインとの交点を(c, -d)とする．(-a, b)が交差車両に対する有効な右側確認の終了位置であることから，(c, 0)からこの位置(c, -d)までの交差道路領域は，交差車両がいないことを確認したエリアになる．言いかえると，交差車両の存在の有無が確認されていない未確認エリアは，y<-dのエリアとなる．

2－2　交差車両の出現位置

交差車両は，停止行動を取らずにそのまま走行するものとする．交差車両の出現位置を，未確認エリアの先端である(c, -d)と仮定する．この位置から進入する右側交差車両に対して衝突の危険がある．しかし，y<-dのエリアからの出現もあり得る．未確認エリアの先端である(c, -d)の位置からの出現では，交差車両の方が自車よりも先に交差点を通過するような高速度の場合でも，未確認エリアの中のより離れた位置から交差車両が出現したときに衝突するケースが必ず存在する．

2－3　右側確認の有効な終了位置の決定方法

自車が右側交差車両との衝突の可能性の有る交差道路エリアに進入せずに手前で停止することの出来る確認終了位置を決定する．図2に示すように，自車の速度プロフィールと，交差道路入口ラインに対する制動曲線を重ねたとき，自車の速度プロフィールが制動曲線を超えるC点を通過後は，自車は交差道路入口ライン手前で停止することは出来ない．このC点を超えた位置での右側の安全確認は安全を確保するのに有効ではない．よって，C点を通過する前に行った最後の右側の安全確認を右側の有効な確認として，その終了位置を右側確認の有効な終了位置と決定する．

停止距離の計算では，ドライバのペダル操作状態を反映させて，以下のように空走時間を変更した．

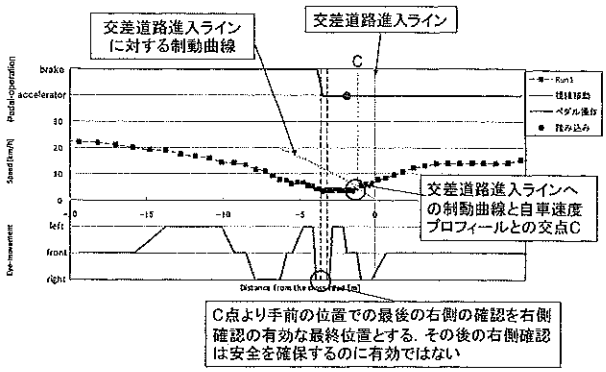


図2　実測データと右側確認の有効な最終位置

・足がアクセルにある場合；空走時間 0.75 [s]

・足がブレーキにある場合；空走時間 0.20 [s]

$$\text{停止距離} = V \times \text{空走時間} + \frac{V^2}{2 \times 9.8 \times \text{摩擦係数}} \quad [\text{m}] \quad (3)$$

ここでV [km/h]は自車の速度である．摩擦係数は0.7を使用した．

ドライバのペダル操作を停止距離に反映させたことにより，実際に近い値が計算できる．空走時間に関しては，現在は既定値を用いているが，個人パラメータとすることも出来る．ドライビング・シュミレータを使った実験で，ドライバの空走時間を測定すれば，それらのデータを用いることにより，反応の遅いドライバなどの運転行動を適切に評価することができる．

3　他車想定速度の計算

3－1　計算手順

① 自車の速度プロフィールを用いて，交差車両に対する自車の有効な右側確認の終了位置(-a, b)を決定する．この位置における右側交差車両への見通し位置(c, -d)を求める．ドライバが安全を確保したエリアの距離はd[m]となる．この際使用する見通しは，交差点の形状図面より計算により求めることができる．

② 次に，車両の全長(f[m])して，自車が右側交差車両と衝突する可能性が無くなる位置(e, b)を求める．

③ 右側確認の有効な終了位置(-a, b)から衝突の可能性の無くなる位置(e, b)までの実測速度プロ

フィールを使って自車の平均速度V_1[km/h]を計算する．自車がその2点間の移動にかかる時間は，

$$t=(a+e)/V_1 \quad [\mathrm{s}] \qquad (1)$$

として計算できる．

④ 未確認エリアの先端位置(c,-d)から出現する交差車両と衝突する可能性のある交差車両速度は，

$$V_2=d/t\times 3.6 \quad [\mathrm{km/h}] \qquad (2)$$

と計算出来る．このV_2の値が，自車ドライバの交差車両に対する想定速度と考えることができる．右側交差車両との衝突の可能性のある速度はV_2[km/h]以上となる．交差車両の速度分布を考えたとき，V_2の値が大きいほど，交差車両との衝突の可能性は小さくなり，余裕を持った運転をしているということができる．すなわち，V_2は行った右側確認がどの程度の安全確保につながっていたかを示す重要な指標となる．

3－2　他車想定速度V_2の意義

未確認エリアから出現する速度V_2未満の交差車両については、自車と衝突するような出現位置は存在しない．速度V_2未満の交差車両に対しては安全であると判断できる．よって、ドライバは右側交差車両について高々速度V_2までの交差車両を想定して運転行動していると考えることができる．

未確認エリアから出現する速度V_2以上の交差車両について，衝突するような交差車両の出現位置は必ず存在する．よって，速度V_2以上の交差車両に対しては危険であると判断できる．以上より，ドライバは右側交差車両について速度V_2以上の交差車両との衝突を想定していないと考えることができる．この想定速度V_2の値により，ドライバが右側交差車両に対して，潜在的にどの程度の速度を見積もった運転行動をしていたのかを判定することができる．

右側交差車両と同様にして，左側からの交差車両，右側からの自転車，左側からの自転車などいろいろな交差対象物について，ドライバの交差対象物に対する想定速度を計算し，ドライバの運転行動を評価することができる．

4　実測データをもとにした安全意識評価

実車実験を行った際の、ある被験者E5のデータ[3]を用いて，提案手法により左右交差車両および左右交差自転車に対して想定速度の計算を行った．使用したE5の速度プロフィール，左右確認，ペダル操作のデータは図2に示した．

右側交差車両への想定速度の計算手順では，まず，制動曲線を用いて交点Cを求め，右側確認の有効な最終位置を(-3.03,b)と決める．次に，この位置からの右側交差車両への見通し位置(c,-20.65)を得る．ドライバは右側確認の終了位置で20.65 mの範囲内の安全を確保していたことが分かる．実験車両の全長 4.97 [m]すると，衝突可能性の無くなる位置は(8.21,b)となる．速度プロフィールより(-3.03,b)から(8.21,b)間の平均移動速度は 2.4 [m/s]であるため，その間の移動時間が 3.5 [s]となる．その結果，安全を確保した距離 20.65 [m]と移動時間 3.5 [s]より，右側交差車両への想定速度は約16 [km/h]となる．これは，16 [km/h]以上の右側交差車両に対して衝突の可能性があるという結果であり，ドライバの右側交差車両への見積もりが甘く危険であることが分かる．

表1　4つの交差対象物に対する想定速度

			想定速度(km/h)	確認の有効な最終位置
E5	交差車両	右	16	-3.03
		左	35	-2.13
	自転車	右	10	-3.03
		左	5	-4.15

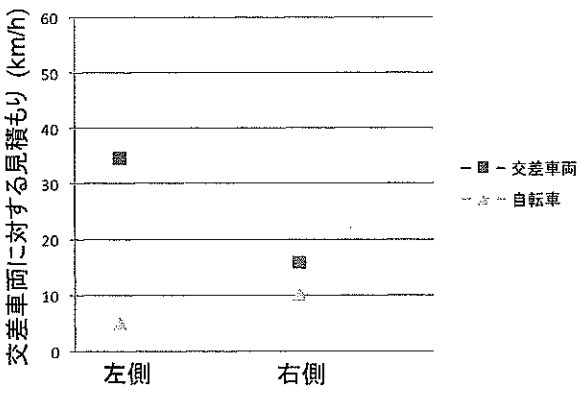


図3　4つの交差対象物に対する想定速度

4 つのすべての交差対象物についての想定速度の計算結果と各交差対象物への確認の有効な最終位置を表1にまとめた．また，比較のため各交差対象物に対する速度見積もり結果を図3に示した．この実験被験者の運転行動は，右側交差車両と左側自転車に対して想定速度の見積もりが甘く危険な運転行動であるという結果が得られた．

5 考察

評価を行った被験者 E5 は，速度プロフィールを見るかぎり停止線付近において徐行しており，歩行者や自転車の存在を一応意識していると思われるが，実際は左側自転車に対して見積もりが甘く危険な運転行動をとっていることがわかった．同様に，右側交差車両に対しても見積もりが甘く危険な運転行動をとっている．これは，交差対象物の存在を認識していても，衝突の可能性を考えた正しい判断が伴わなければ安全が確保されないことを理解するのに役立つ．対象物の存在を意識するだけでなく，安全を確保出来る理由を理解する必要がある．このドライバの運転行動の問題点としては，ペダル操作が挙げられる．アクセルペダルへの踏み替えが早い段階で行われており，交差点間近で行っていた確認行動が安全を確保するのに有効でないことが明らかになった．

この「交差車両の想定速度」指標によって，ドライバがいろいろな交差対象物に対してどの程度の見積もりを行っているのかが定量化でき，ドライバがどの交差対象物に対して見積もりが甘く危険なのかを指摘することができる．さらに，その原因となる運転行動の問題点を抽出することによって，運転行動の改善方法を提案することができる．

今後，交差対象物に対する見積もりがどの程度の想定速度であれば客観的に安全・危険と判断することが出来るのかという基準についても検討する必要がある．このため，対象交差点において交差対象物の速度を実際に計測し，安全・危険の判断基準を決めるための指針をまとめたいと考えている．また，本研究では交差対象物は回避行動をとることなく走行し続ける前提で計算を行っている．これは，交差対象物の行動は予測することが出来ないため，最悪のケースとして，交差対象物が回避行動を行わないケースを考えたことによる．しかし，交差対象物が回避行動を行うケースも考慮していきたいと考えている．

6 まとめ

無信号交差点通過時のドライバの，車両速度，視線移動，ペダル操作を用いて，ドライバの交差対象物に対する見積もりである想定速度を計算し，ドライバの運転行動を評価する手法を提案した．実車実験で得られたある被験者のデータについて，提案手法を用いて，4 つの交差対象物への想定速度を計算し，被験者の各交差対象物への見積もりを評価した．さらに，この指標を用いて運転行動の問題点を抽出し．運転行動の改善方法を見つける方法を示した．今後の課題としては，提案指標による安全意識判定法，さらに交差対象物の回避行動を考慮した指標の拡張などがある．

7 参考文献

1）小坂 洋明，東川 誠久，森岡 俊之，野田 賢，西谷 紘一，上地 正昭，佐々木 和也：非優先側運転者の交差点通過行動改善のための運転行動解析，2006 年自動車技術会秋季学術講演会前刷集，No. 138-06，pp. 11-16 (2006)

2）竹本 雅憲，小坂 洋明，野田 賢，西谷 紘一，上地 正昭，佐々木 和也：無信号交差点通過行動を対象とした内的要因を含むドライバモデルの構築，2007 年自動車技術会春季学術，講演会前刷集，No. 38-07，pp. 23-28 (2007)

3）加門 達也，高司 恭大，竹本 雅憲，小坂 洋明，西谷 紘一：高齢ドライバの無信号交差点における運転行動，2008 年自動車技術会春季学術講演会前刷集，No. 52-08，pp. 7-10 (2008)

交差点環境の違いが一般ドライバの無信号交差点通過行動へ与える影響

Influence of Intersection Environment on Average Driver's Behavior When Passing Through a Non-signalized Intersection Without Right of Way

○松本健介*，小坂洋明*，　西谷紘一*
*奈良先端科学技術大学院大学

Kensuke Matsumoto*,　Hiroaki Kosaka*,　Hirokazu Nishitani*
*NARA Institute of Science and Technology.

1　はじめに

著者らは無信号交差点での出会い頭事故防止のために非優先側の直進車両の運転行動解析を行っている．先行研究[1]では一般ドライバの運転行動について見通しと最低速度位置との関係を考察した．その結果，多くの一般ドライバは交差道路進入位置付近の見通しの開けた位置を目指して減速していることがわかった．しかし交差点ごとの最低速度位置の特徴は見通しだけでは説明することができなかった．そこで本研究では，運転行動の特徴を表す指標を新たに提案し，見通しも含めたいくつかの環境要因について，一般ドライバの運転行動について調べた．交差点環境の違いが一般ドライバの運転行動に与える影響を調べることは，交差点環境を考慮した支援システムや教育に役立つと考えている．

2　交差点

2.1. 対象交差点

4つの交差点（交差点A，B，D，E）を対象とした．これらの交差点の特徴を表1にまとめた．いずれも信号のない交差点で，非優先側にはすべて停止線や一時停止標識がある．交差点D，Eには横断歩道はない．図1に一般的な信号のない交差点の俯瞰イメージを示す．図1中のXからYに至る矢印は解析対象車両の進行方向を示す．L，R，U，Bはそれぞれ非優先側道路と優先側道路との境を示す点線に付した記号である．

2.2. 交差車両に対する見通し

交差点で非優先側から直進（図1のX→Y方向）した場合のドライバ視点からの交差道路の見通しを交差点形状をもとに計算により求めた．非優先側（対象車両走行車線）と優先側（交差車線）との境界(図1の点線B)を0m，Y側を正値，X側を負値とする．ドライバ通過ラインを自車走行車線から車幅（本論では1．8m）の1/4だけ中央寄りのラインとした．図2に示したように，対象車両位置から壁の端を見

表1 交差点A，B，D，Eの特徴

交差点	ミラー右	ミラー左	停止線	横断歩道	見通し	左右の見通しの差
A	なし	なし	あり	あり	よい	左がよい
B	なし	あり	あり	あり	悪い	同じ
D	あり	あり	あり	なし	よい	同じ
E	なし	あり	あり	なし	悪い	同じ

交差点	交差道路側歩道	自車側歩道	交差道路側幅員(m)	自車側幅員(m)
A	あり	あり	9.55	5.87
B	あり	なし	6.8	6
D	あり	なし	6.6	4.71
E	なし	なし	4.67	4.68

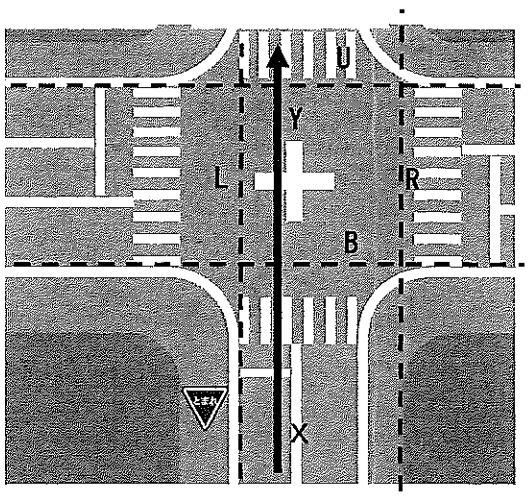


図1.　非優先側交差点

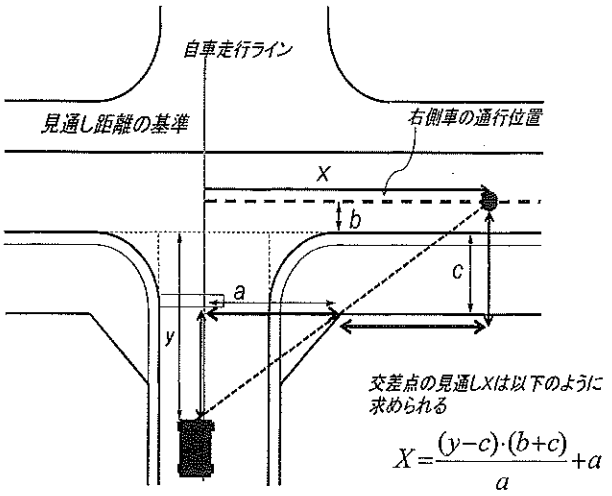


図2 見通しの計算法

たラインと対象物の走行ラインとの交点を見通せる限界の位置とし，見通しとした．一例として，交差点Bの左右の見通しを図3に示す．図3は非優先側から交差点に進入するドライバが交差点左側，右側それぞれにいる車を見通せる距離を車の前端位置を基準として示したものである．縦軸の0 mは図1のラインBである．例えば，車の前端位置が図1のB上（図3の縦軸では-2 mの位置）の場合，左側は19 m，右側は17 mの位置まで見通すことができる．

3　交差点通過行動の定点観測実験

3. 1　実験方法

各交差点について，レーザ距離計（RIEGL社LD90-3300）を用いて，図1のXからYの方向に直進する車の位置を，レーザビームを車のナンバープレートにあてて時々刻々計測した．使用したレーザビームはクラス1で安全上問題はない．レーザ距離計の隣にビデオカメラを設置し，進入車両の映像による記録も行った．

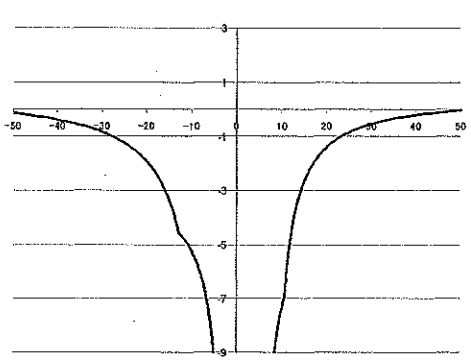


図3 自車先端位置と左右の見通し

3. 2.　実験結果

測定した車両データのうち，測定対象車の挙動に影響を与えた可能性があると考えられる交差車両や歩行者が存在したケースを除外し，残りを解析対象とした．各交差点について，距離を記録した台数（直進のみ）と解析対象台数を表2に示す．

4　新指標の提案と適用

4. 1 新指標の定義と意義

定点観測では，得られるデータが速度データのみである．先行研究[1]では，見通しと最低速度位置の関係から，一般ドライバの行動解析を行っている．しかし最低速度位置は減速を行った結果として表れる点であり，ドライバの行動意図と直接結びつけることは難しい．特に交差点間の比較では，見通しの影響が大きいと考えられるが，その他の影響が埋もれてしまう危険がある．

ドライバの運転行動のうち速度プロフィールに影響を与えるものに減速，加速がある．この行動はアクセル操作とブレーキ操作と関係していて，運転意図と結びついている．そこで減速終了位置と加速開始位置という二つの指標を用いることとした．減速終了位置は，速度プロフィール内に2. 0秒以上連続の減速区間がある場合に，その区間の最後の点と定義する．同様に加速開始位置は速度プロフィール内に2. 0秒以上連続の加速区間がある場合に，その区間の最初の点と定義する．

表2　直進車両台数と有効車両台数

交差点	直進台数	有効台数
A	26	21
B	25	19
D	24	24
E	24	22

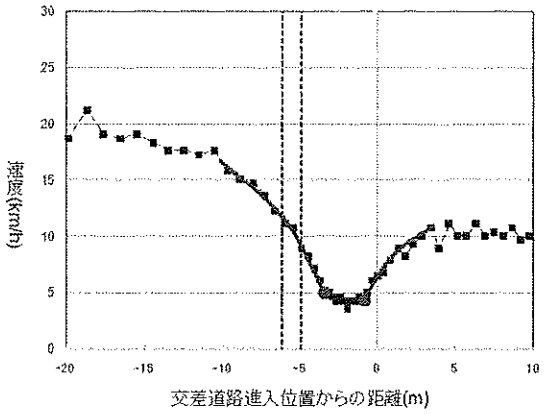


図 4.　減速終了位置と加速開始位置

減速終了位置は，物理的にはブレーキを緩め始めた位置である．ドライバの意図としては，減速がこれ以上必要ないと判断した点である．すなわちこの点までに交差点に進入することを判断していると考えられる．もしそれ以前に交差車両などを発見して安全に交差点に進入することが不可能であると判断した場合は，減速を緩めることなくそのまま停止するはずである．

加速開始位置は，物理的にはアクセルを踏みだして加速しだした点である．ドライバの意図としては，安全確認を済ませたと考えて，交差点を通過可能であると判断した点である．すなわち交差点での安全確認を終了する点であると考えられる．この二つの指標を用いてドライバの判断と交差点環境要因との関係を分析した．

4.2 減速終了位置，加速開始位置と運転行動

4．1節で提案した指標を用いて，４つの交差点について解析した．表３に各交差点で新指標を適用できた台数，減速終了位置と加速開始位置の平均値，減速終了位置から交差点手前で停止可能な割合を示す．ただし，減速終了位置から交差点手前で停止可能な割合とは，減速終了位置での速度と交差道路進入位置までの距離を用いて停止可能な位置を計算し，その点が交差点内に進入していないケースのことである．この表３から加速開始位置での見通しの悪い交差点B，Ｅでは加速開始位置が交差点に入っていることがわかる．また減速終了位置から交差点手前で停止可能なケースが，見通しの良い交差点A，Ｄでは80%以上，見通しの悪い交差点B，Ｅでは約50%であることがわかった．これらの結果は交差点環境要因のうち見通しと関係が強いと考えられる．例として交差点Ｂでの見通しと加速開始位置の関係を図５に示す．加速開始位置は見通しの開けるところに集まっていることがわかる．つまりドライバは見通しの開けるところまで左右確認を行った後，加速を開始していると考えられる．

表３から，減速終了位置は，比較的見通しのよい交差点A，Ｄが比較的見通しの悪いB，Ｅに比べて，交差点の手前側であることが分かる．見通しのよい交差点A，Ｄの場合，交差点手前から左右の交差車両などが分かり，早めに左右確認が開始できるため，早めに減速を終えているのではないかと考えられる．見通しの悪い交差点B，Ｅの場合は，交差道路に近づかないと交差車両などが見えないことが影響して，減速終了位置が交差点入口近くなっていると考えられる．しかし見通しの悪い交差点B，Ｅで減速終了位置を比べると交差点Ｅの方が手前側にある．交差点B，Ｅでの環境による違いとしては，表１から交

表３減速終了位置，加速開始位置，交差点手前で停止可能な割合

交差点	解析台数	見通し	減速終了位置の平均値(m)	加速開始位置の平均値(m)	減速終了位置から交差点手前で停止可能な割合
A	12台	良い	-1.45	-0.61	83.3%
B	17台	悪い	-0.28	0.73	47.1%
D	20台	良い	-1.23	-0.59	95.0%
E	19台	悪い	-0.94	0.45	57.9%

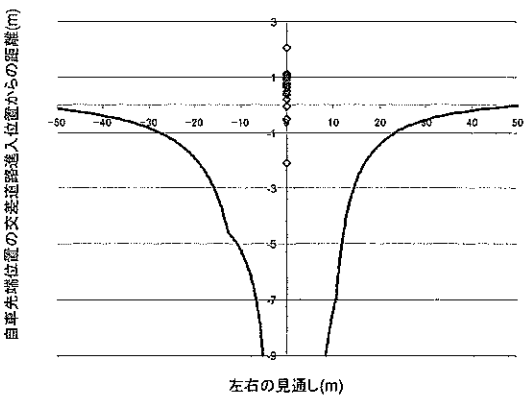


図５交差点Ｂでの見通しと加速開始点

差道路側の歩道が挙げられる．すなわち交差点Eでは歩道がなく，交差道路の幅員が狭いため交差ラインへの距離を交差点Bより近く感じたため，手前側で減速したのではないかと考えられる．

減速終了位置と加速開始位置の間では，ドライバは主に左右の安全を確認していると考えられる．そこで各交差点におけるこの2点間の距離と通過にかかる時間を調べた．その結果を示した図6より，距離と時間の両方とも交差点Eが一番長いことが分かる．ドライバは，見通しの悪い交差点Eでは，左右確認にかける時間も距離も長いことが分かる．一方，距離が一番短いのは交差点Dであるが，時間は交差点Aの方が短いことが分かる．すなわち，注目する2点間での平均速度は交差点Aの方が高い事がわかる．また表3から減速終了位置も交差点Aの方がDに比べて少し手前にある．表1から二つの交差点の環境要因の違いはいくつか挙げられるが，ここでは見通しに注目した．そこで交差点Aと交差点Dの見通しについて交差道路入口ラインを基準に重ねたものを図7に示す．これまで同じように見通しが良いとしてきた交差点でも大きな違いがあることがわかる．ドライバは交差点Dよりさらに見通しのよい交差点Aでは，減速を早目に終えて，速度が高いまま左右確認を行っていることが分かる．

5　結論

公道上の4つの交差点についての一般ドライバのデータを新しい指標を用いて解析した．見通しだけでなく，交差道路側の歩道など複数の環境要因が交差点通過行動に影響を与えることを確認した．今回提案した指標が交差点の環境要因とドライバ行動の関係の考察に役立つことも分かった．今後の課題としては，今回検討した4つの交差点では影響を与える環境要因を絞り込むことができない場合もあった．ある環境要因(例えば交差道路歩道の有無)だけが違う二つの交差点での比較を行い，その環境要因の影響が他の交差点にも当てはまるのか確かめる必要がある．また，今回検討していない一時停止行動などに交差点環境が影響するのかを調べる必要もある．

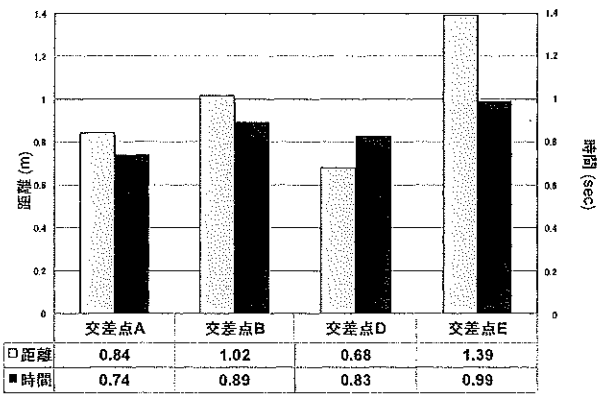


図6．減速終了位置と加速開始位置の間の距離と時間

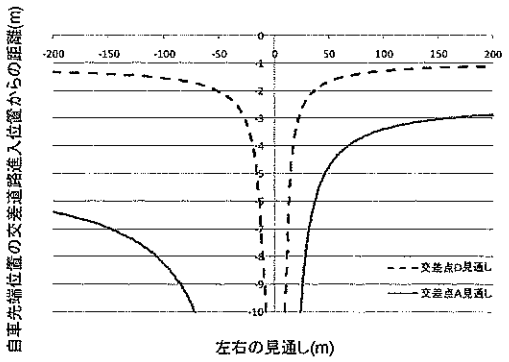


図7 交差点Aと交差点Dの見通しの比較

参考文献

1) 小坂洋明，橋川拓也，竹本雅憲，西谷 紘一，上地 正昭，佐々木 和也: 交差点環境の違いによる無信号交差点通過時の速度の比較，2008年自動車技術会春季学術講演会，パシフィコ横浜，5月21日～23日，No. 1-08，ドライバ行動I，pp. 13-16 (2008)

2) 小坂 洋明，東川 誠久，森岡 俊之，野田 賢，西谷 紘一，上地 正昭，佐々木 和也：非優先側運転者の交差点通過行動改善のための運転行動解析，2006年自動車技術会秋季学術講演会前刷集，No. 138-06，pp. 11-16 (2006)

D会場
一般セッション

会場：０６４１号（６号館４階）

09：30 ～ 10：15　ユーザビリティ１
座長：渋谷 雄（京都工芸繊維大学情報科学センター）

10：55 ～ 11：40　ユーザビリティ２
座長：高長 光男（パナソニック(株)）

14：40 ～ 15：40　知覚
座長：藤原 義久（三洋電気(株)）

15：50 ～ 16：35　感性
座長：田中 眞二（積水ハウス(株)）

高齢者におけるメンタルモデル活用に関する研究

Study on mental model usage of the aged

○竹本浩史，山岡俊樹
和歌山大学システム工学部
TAKEMOTO Hiroshi, YAMAOKA Toshiki
Faculty of Systems Engineering of Wakayama University

1　はじめに

人はあらゆる機器やシステムを利用する際，何らかのメンタルモデルを構築していることが知られている．

D.A.ノーマンによれば，道具に対するメンタルモデルは「道具のふるまい方と目に見える道具の構造を解釈することによって形成される」[1] とのことである．

本研究では，ユーザがメンタルモデルを構築した後，どのような戦略でシステムと向き合うのかを調査・分析し，考察を行った．

2　方法

2．1　実験参加者

34名（男性：20，女性：14）
平均年齢：69歳（SD=3.75）

2．2　課題1：コイン問題

2．2．1　課題1のルール

グレーと白と黒のボタンがあり，グレーのボタンを押すと押した数だけ白い皿の上にコインが出現する．白のボタンを押すと，押した数だけ黒い箱から白い皿へコインが移動する．黒のボタンを押すと，押した数だけ白い皿から黒い箱へコインが移動する．

実験で使用した図を以下の図1に示す．

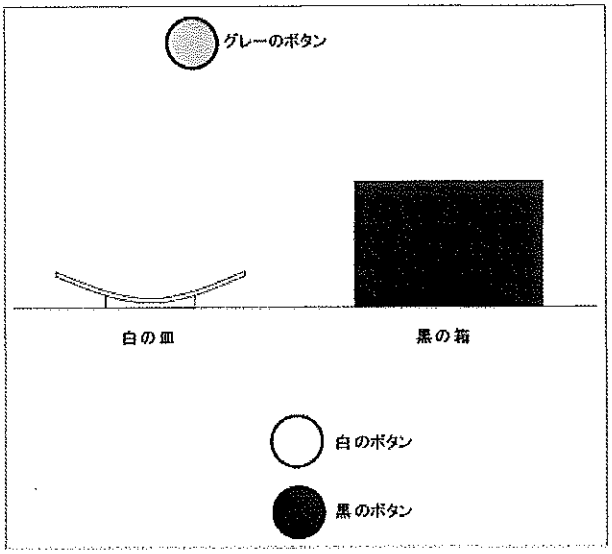


図1　コイン問題

2．2．2　課題1の手順

この3つのルールを使って下記のタスクを口頭で述べ（非可視化）実行してもらった．以下にタスクの代表的な例を挙げる．

(a) 与条件（ルール）を説明
ルールを記憶（記銘，保持，想起）できるまで練習を行った．

(b) タスク（1）：グレーボタンを3回押す→黒ボタンを1回押す→黒い箱にはコインが何枚か？

(c) タスク（2）：引き続き、白ボタンを1回押す→白い皿にはコインが何枚か？

(d) タスク（3）：白い皿に2枚、黒い箱に3枚コインがある→グレーボタンを1回押す→黒ボタンを2回押す→白い皿と黒い箱にはそれぞれコインが何枚か？

(e) タスク（6）：グレーボタンを3回押す→黒ボタンを2回押す→白い皿にはコインが何枚か？

(f) タスク（7）：引き続き、グレーボタンを1回押す→白ボタンを1回押す→白い皿にはコインが何枚か？

(f) タスク（10）：白い皿に3枚、黒い箱に5枚コインがある→白い皿と黒い箱にあるコインの枚数を同じにするには、どのボタンを押せばよいか？

2．3　課題2：配管問題

2．3．1　課題2のルール

大，中，小の大きさの異なる3種類のボールがあり，途中で2～3方向に分岐した道を通っていく．ボールは基本的に最も右側の太い道を通るが，自分よりも大きなボールが直前にいた場合のみ影響を受け，直前のボールが通った隣の道を通る．

実験で使用した図の例を以下の図2に示す．

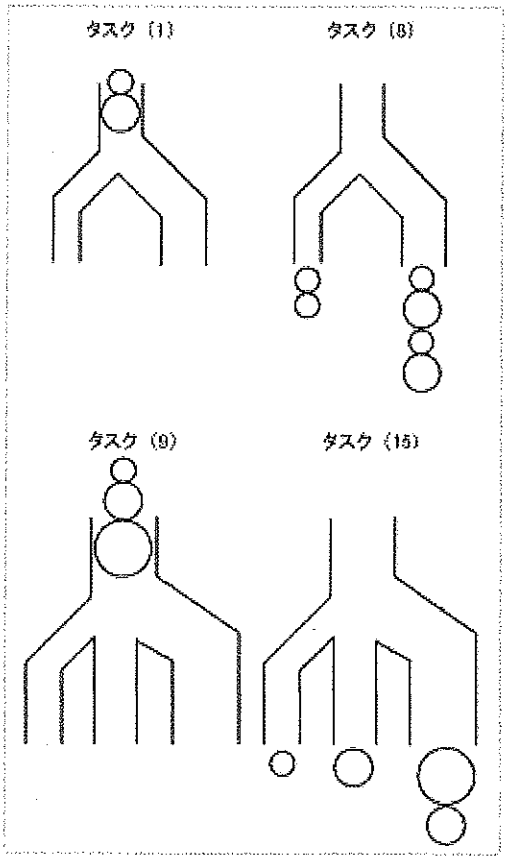


図２　配管問題例

２．３．２　課題２の手順

この２つのルールを使って，紙で作成したボールを手で動かしながら計 16 のタスクを実行してもらった．タスク（1）からタスク（4）は２分岐結果推測，タスク（5）からタスク（8）は２分岐過程推測，タスク（9）からタスク（12）は 3 分岐結果推測，タスク（13）からタスク（16）は３分岐過程推測の問題である．以下にタスクの代表的な例を挙げる．

（a）与条件（ルール）を説明

ルールを記憶（記銘，保持，想起）できるまで練習を行った．

（b）タスク（1）：中，小の順で 2 つのボールが 2 方向の分岐に差し掛かったとき，2 つのボールはそれぞれどの道を通るか？

（c）タスク（5）：中ボールが右，小ボールが左の道から出てきた．このとき、2 つのボールは分岐前ではどのような順で並んでいたか？

３　結果

３．１　課題１：コイン問題

1 回で回答できた場合は１，数回行って回答できた場合はその数字を入力した．できなかった場合は 10 とした．何人かはルールを忘れたと推測されたので，練習をして回答してもらった．

(a) タスク（1）

・回答率（1 回で答えられた人）：68%

・結果の保持：不要

・操作ステップ数：2

(b) タスク（2）

・回答率（1 回で答えられた人）：51%

・結果の保持：必要

・操作ステップ数：2

(c) タスク（3）

・回答率（1 回で答えられた人）：24%（白），6%（黒）

・結果の保持：不要

・操作ステップ数：3

(d) タスク（6）

・回答率（1 回で答えられた人）：58%

・結果の保持：不要

・操作ステップ数：2

(e) タスク（7）

・回答率（1 回で答えられた人）：45%

・結果の保持：必要

・操作ステップ数：3

(d) タスク（10）

・回答率（1 回で答えられた人）：56%

・結果の保持：不要

・操作ステップ数：2

以上から，情報を保有することでパフォーマンスが低下する．白い皿と黒い箱の両方の情報を一度に引き出そうとすると，パフォーマンスが低下する．

３．２　課題２：配管問題

1 回で回答できた場合は１，数回行って回答できた場合はその数字を入力した．できなかった場合は 10 とした．

（a）タスク（1）

・回答率（1 回で答えられた人）：76%

・操作ステップ数：2

・平均回答時間（1 回で答えられた人）：9.42s

（b）タスク（5）

・回答率（1 回で答えられた人）：94%

・操作ステップ数：2

・平均回答時間（1 回で答えられた人）：13.50s

（c）タスク（9）

・回答率（1 回で答えられた人）：88%

・操作ステップ数：3

・平均回答時間（1 回で答えられた人）：10.17s

（d）タスク（15）

・回答率（1 回で答えられた人）：74%

・操作ステップ数：4

・平均回答時間（1 回で答えられた人）：27.20s

各タスクの回答率と操作ステップ数の単相関係数を調べたところ-0.808 あり，強い負の相関があることがわかった．

3．3　記憶保持ブロック数を計算する

課題１において，実験参加者がタスク開始から回答までにサブタスク間で使用した記憶保持容量（ブロックとする）を考えた．その考え方を以下の図３に示す．太枠で囲われている部分が１ブロックである．

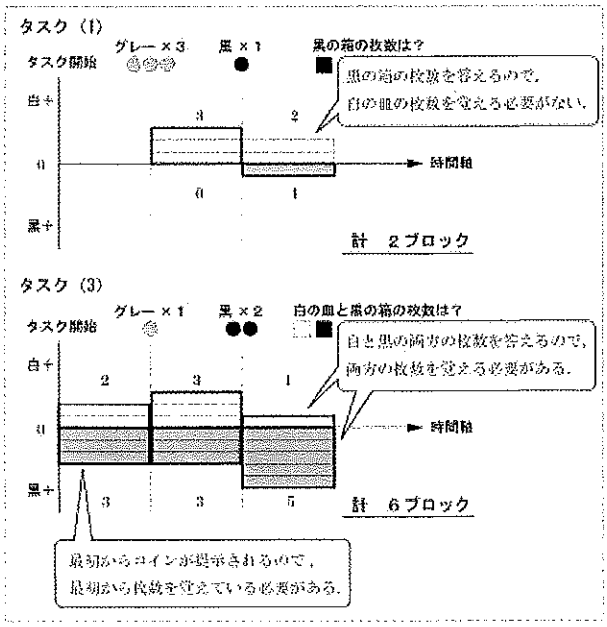


図３　記憶保持ブロックの考え方

この方法で各タスクの使用ブロック数を計算すると以下のようになった．

(a) タスク（1）
使用ブロック数：2ブロック
(b) タスク（2）
使用ブロック数：3ブロック
(c) タスク（3）
使用ブロック数：6ブロック
(d) タスク（6）
使用ブロック数：2ブロック
(e) タスク（7）
使用ブロック数：5ブロック
(f) タスク（10）

実験参加者はどのボタンを押せばよいか論理的に考える他に，正解を導き出せるまで試行錯誤を行う場合もあるので，正確なブロック数を把握することは困難である．

タスク（1）からタスク（9）の回答率と記憶保持ブロック数の単相関係数を調べたところ-0.912あり，強い負の相関があることがわかった．

3．4　メンタルモデルの視点から間違いを分類

課題２では各タスクに関して実験参加者がどのように間違ったかを記録し，間違い方の傾向から大きく３種類に分類した．分類方法を以下に示す．

(a) ルール忘却型
・2 つのルールの片方，または両方を忘れている，もしくは勘違いして記憶しているため，非論理的な方法でタスクを進め間違える型．

(b) 現実ルール型
・与えられたルールを無視し，実際の現象や自分の過去の経験に由来するルールを持ち出し答える型．この型もおそらくはルールを忘れたため，既存のスキーマからルールを持ち出してくるものと予想される．

(c) 戦略不構築型
・与えられたルールはほぼ記憶しているが，そこから隠されたルールを推測できず間違う型．メンタルモデルがうまく構築できていない型．

各タスクの回答，ルール忘却型，戦略不構築型，現実ルール型の比率を以下の表１に示す．

表１　タスク２：タスク別正誤比率

タスク	ステップ	回答	ルール忘却型	現実ルール型	戦略不構築型
(1)	2	76.47%	20.59%	2.94%	—
(2)	2	76.47%	8.82%	17.65%	—
(3)	3	79.41%	5.88%	8.82%	5.88%
(4)	4	58.82%	17.65%	14.71%	8.82%
(5)	2	94.12%	2.94%	—	2.94%
(6)	3	79.41%	14.71%	2.94%	2.94%
(7)	4	79.41%	8.82%	2.94%	8.82%
(8)	6	38.24%	11.76%	20.59%	26.47%
(9)	3	88.24%	2.94%	2.94%	5.88%
(10)	3	70.59%	14.71%	14.71%	—
(11)	3	67.65%	26.47%	5.88%	—
(12)	4	55.88%	20.59%	14.71%	8.82%
(13)	3	88.24%	2.94%	2.94%	5.88%
(14)	3	85.29%	2.94%	8.82%	2.94%
(15)	4	73.53%	8.82%	8.82%	8.82%
(16)	6	50%	8.82%	20.59%	20.59%

4　考察

課題１：コイン問題は作業記憶（ワーキングメモリ）の働き具合を調べるテストである．課題２：配管問題はメンタルモデルの活用具合を調べるテストである．

課題１の回答率と記憶保持ブロック数の間に強い負の相関があることから，記憶ブロック数が多くなるほど達成率が悪くなり，記憶ブロック数はタスクの達成率に影響を与えていると考えられる．また，使用ブロック数が３以上のタスクの多くの達成率が50%を切ることから，高齢者に負担をかけないインタフェースは，記憶保持ブロック数を３以内に収めるのが理想的であると考えられる．

課題２の結果から，結果推測よりも過程推測のタスクの方が間違いを起こしやすいと考えられる．

課題２の回答率と捜査ステップ数の間に強い負の相関があることから，操作ステップ数が多くなるほ

ど達成率が悪くなり，操作ステップ数はタスクの達成率に影響を与えていると考えられる．加えて，表1より操作ステップ数が4以上になると戦略不構築型の間違いが多くなると考えられる．従って，高齢者に負担をかけないインタフェースは，操作ステップ数を多くとも3以内にとどめるべきであると考えられる．

また，操作ステップ数が4以上のタスクの戦略不構築型の間違いを，メンタルモデルのうち Structural Model と Functional Model のどちらがうまく構築されていないのかという視点からも分類を行った．Structural Model とは，“どのように動いているか”を理解するためのモデルである．Functional Model とは，“どのように使うか”を理解するためのモデルである．[2] 課題2における操作ステップ数が4以上のタスクは計6であり，間違いは合計83である．そのうち戦略不構築型の間違いは合計28である．これらの28の間違いを Structural Model と Functional Model の視点から分類すると，Structural Model がうまく構築されていないことから起こった間違いは合計で 15，Functional Model がうまく構築されていないことから起こった間違いは合計で13であり，約半数ずつになる．

戦略不構築型の間違いをどのように分類したかを以下の表2に示す．タスクは配管問題の何番目のタスクか，番号は実験参加者に割り振った番号，Structural or Functionalはどちらが構築されていないか分類した結果である．

表2　戦略不構築型の分類

タスク	番号	不構築	根拠
(4)	103	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない
(4)	404	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない
(4)	506	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない
(7)	106	Functional	答え合わせのときは正しく進めている
(7)	203	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない
(7)	402	Structural	システムの言われていない部分がわかっていない
(8)	101	Functional	一部を除いて正しく進めている
(8)	106	Functional	答え合わせのときは正しく進めている
(8)	202	Structural	やっているうちにルールを無視しだしている
(8)	205	Structural	ボールの並べ方に規則性が見られなかった
(8)	406	Functional	シミュレーション中の完成形が間違っていた
(8)	503	Functional	一部を除いて正しく進めている
(8)	505	Functional	一部を除いて正しく進めている
(8)	603	Structural	システムの言われていない部分がわかっていない
(8)	606	Functional	一部を除いて正しく進めている
(12)	106	Structural	システムの言われていない部分がわかっていない
(12)	204	Structural	システムの言われていない部分がわかっていない
(12)	304	Structural	システムの言われていない部分がわかっていない
(15)	106	Functional	答え合わせのときは正しく進めている
(15)	201	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない
(15)	402	Functional	一部を除いて正しく進めている
(16)	106	Functional	答え合わせのときは正しく進めている
(16)	203	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない
(16)	304	Functional	一部を除いて正しく進めている
(16)	404	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない
(16)	501	Functional	ルールの構築はできていた
(16)	506	Functional	ルールの構築はできていた
(16)	606	Structural	ボールが同じ大きさの場合がわかっていない

Structural Model がうまく構築できない高齢者と，Functional Model がうまく構築できない高齢者が約半数ずつであるため，高齢者に使いやすいインタフェースは，構造や操作方法をわかりやすく可視化する必要があると考えられる．

5　まとめ

課題1：コイン問題から，高齢者の記憶保持ブロック数が増えると，タスクの達成率は反比例して低下していくと考えられる．

課題2：配管問題から，操作ステップ数が多くなるとタスクの達成率が低下していくと考えられる．また，メンタルモデルがうまく構築できていないために間違う高齢者のうち，構造がうまく理解できていない場合と操作方法がうまく理解できていない場合が約半数ずつあるものと思われる．

これらの考察から，高齢者に負担をかけないインタフェースのためには以下のような対策が必要であると考えられる．

・操作に時間や手順をかけない．
・操作時の記憶保持は3ブロック以内に収める．
・構造や操作方法が容易に理解できる（可視化する）

参考文献

1）　D.A.ノーマン：野島久雄訳，『誰のためのデザイン？ 認知科学者のデザイン原論』，p.25，新曜社，(1990)

2）　Jenny Preece 他：HUMAN-COMPUTER INTERACTION，pp.134-136，Addison-Wesley，(1994)

高齢者の電子機器の操作に関する一考察

A Study on Operational Electrical Appliances for Elder Persons

○平田一郎*，山岡俊樹**
*兵庫県立工業技術センター　**和歌山大学
HIRATA Ichiro*, YAMAOKA Toshiki**
*Hyogo Prefectural Institute of Technology, **Wakayama Unibercity

1　はじめに

電子機器の設計を行う際，使用者のメンタルモデルを考慮し設計を行うことが重要であるにもかかわらず，現状では殆ど行われていない．その原因のひとつとして，設計に係わる厳密な設計モデルが存在しないことが考えられる．特に，高齢者のメンタルモデルに関しては，情報が少ないため，設計のための指標構築が難しいとされている．

そこで本研究は，情報機器の操作において，高齢者が操作可能なインタフェースの指標構築を目的に，架空の操作パネルの操作実験を行い，高齢者が操作可能なインタフェースに関する考察を行った．

2　実験方法

2.1　概　要

電子機器のインタフェースについて，大きく 4 種類に分類し，分類された各操作型の使用経験について調査した．次に，分類した各操作型を搭載した架空インタフェースを使用した操作実験により，各操作型の課題達成度について調べた．最後に，架空インタフェースの構造の理解度についてヒアリングを行った．

2.2　被験者

被験者は，65 歳以上の男女 35 名を対象とした．年齢は 65 歳以上 70 歳未満が 12 名であった．性別は，男性 19 名，女性 16 名であった．平均年齢は，68.5 歳であった．

2.3　インタフェースの使用経験に関する調査

電子機器のインタフェースについて，井上ら [1)] が行ったインタフェース定式化の考え方を参考に，インタフェースの操作体系を分類した．12 種類の電化製品（表 1）より，代表的な操作手順を抽出し，抽出した項目を「全自動型」「半自動型」「手続き型」「編集型」の 4 種類に分類（図 1）した．それぞれの操作型の使用経験について，代表される電子機器の機能を示し，電化製品の各機能に対する使用経験についてヒアリングを行った．

表 1　操作方法を抽出した電化製品

テレビ	FAX
デジタルカメラ	携帯電話
HD レコーダー	ATM
エアコン	カーナビ
CDラジカセ	電子辞書
デジタルカメラ	パソコン

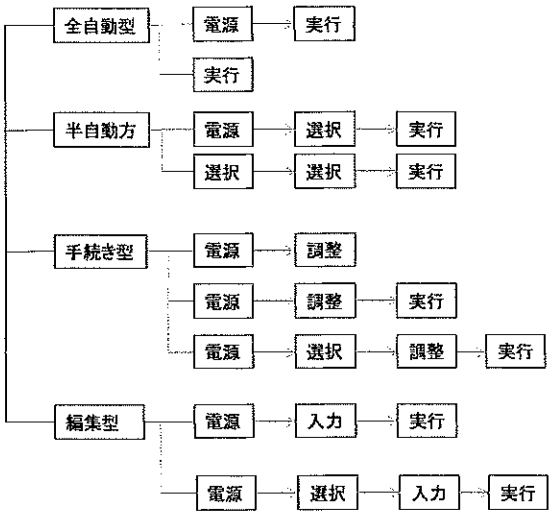


図 1　分類した操作型

2.4 架空の機器を使用した操作実験

空調機と給湯機が一体となった架空のインタフェース（図２）を被験者に操作させ，プロトコル解析(図３)を行った．操作構造が同じで，ボタン数を変えた２種類の架空インタフェース（以後，前半に使用した方をA，後半に使用した方をＢとする）を使用し，操作達成率と構造理解度を調べた．インタフェースＡは，操作目的に関する項目のボタンが表面に掲載されており，インタフェース Ｂ は「メニュー」「選択」「決定」「もどる」の４ボタンのみ表面に掲載されたものを使用した．操作構造の理解度を確認するため，両インタフェースとも同じ課題を出題し，操作実験を行った．各インタフェースに対し６課題(表２)，計12課題を実施した．操作実験終了後，実験に使用したインタフェース構造について簡単な説明を求めた．実験時間は事前の説明も含めて１時間程度であった．

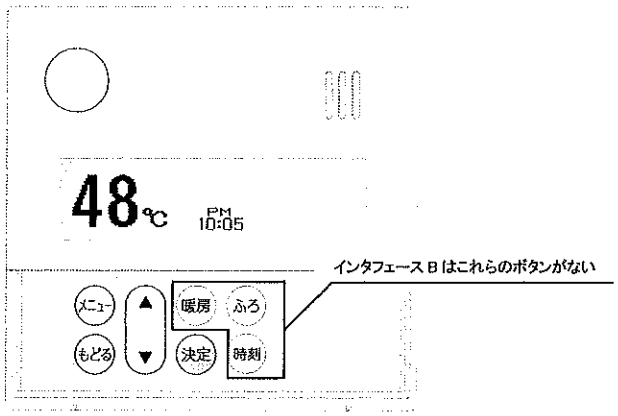


図２　架空インタフェース

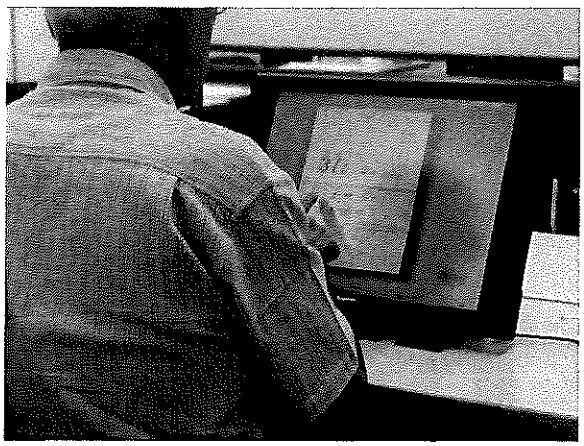


図３　プロトコル解析による操作実験

表２　実施した課題

No	被験者への課題文	操作型	操作手順
1	給湯温度を37℃に変更してください	半自動型	調整→実行
2	暖房を運転してください	半自動型	選択→選択→実行
3	時計をPM2:15に設定して下さい	手続き型	選択→選択→調整→実行
4	PM8:00にお風呂が沸くように お風呂の予約をしてください	手続き型	選択→選択→調整→実行
5	暖房の温度を上げてください(レベル7)	編集型	選択→選択→調整→実行
6	朝8:00から朝9:00まで運転するように 予約してください	編集型	選択→選択→選択→調整→調整 →実行

2.5 実験環境

架空の操作パネルをMacromedia Flash（ver.8）で作成し，タッチパネル（Logitec製 17インチ，解像度 1024 x 768pix）に表示させ，被験者はタッチパネル画面上のボタンを指あるいはペンで押し，操作を行った．実験中，被験者の操作履歴（押したボタンの順番，時間）も計測した．

3　実験結果

各操作型の使用経験を表３に示す．「全自動型(エアコン，電子レンジなど)」に関しては，全員使用経験があった．「半自動型（携帯電話による通話，エアコンの風量調整など)」の操作の使用経験についても，殆どの被験者は使用経験があった．「手続き型」「編集型」の使用経験は全般的に少なかったが，「手続き型」では「ATM」と「ＦＡＸ」の使用経験者が多く（それぞれ31名，26名/35名），「編集型」では「ＡＴＭによる他口座への振込」と「携帯電話による宛名の登録」の使用経験者が多かった(それぞれ22名，15名/35名).

操作実験について，各インタフェースの課題達成人数を表４に示す．「半自動型（暖房の運転，給湯温度の変更)」は，比較的多くの被験者が課題を達成できた．「手続き型」のうち，「現在時刻の設定」は，Ａ と Ｂ の達成人数に差があった．「編集型」は，比較的達成人数が少なかった．

表３　操作型の使用経験人数

項　目	操作型	人数
テレビなど	全自動型	35
オフタイマー	手続き型	7
ビデオデッキ	全自動型	25
録画	半自動型	18
予約録画	手続き型	11
Gコード予約	手続き型	8
HDレコーダー	手続き型	1
テレビ番組予約	手続き型	0
録画	半自動型	0
編集(必要な箇所だけ残	編集型	0
エアコン	全自動型	35
予約(オフタイマー等)	半自動型	16
風量(強度)の調整	半自動型	30
CDラジカセ	全自動型	21
CDからカセットへ録音	編集型	7
デジタルカメラ	全自動型	17
撮影画像の確認	手続き型	12
撮影画像消去	手続き型	6
フラッシュのon/off	自動型	8
画質の調整	編集型	5
FAX	手続き型	26
登録してある宛名へ	手続き型	11
宛名の登録	編集型	4
携帯電話	半自動型	30
宛名を選択し，電話	手続き型	27
宛名の登録	編集型	15
メール	編集型	12
iモード	編集型	3
カメラ	半自動型	16
銀行や郵便局のATM	手続き型	31
お金を引き出す	手続き型	28
お金を入金する	手続き型	28
他の口座へ振り込む	編集型	22
カーナビ	編集型	5
目的地検索	編集型	5
ルート検索	編集型	5
目的地の登録	編集型	5
Nintendo DS	編集型	4
電子辞書	編集型	11
ワープロ	編集型	13
パソコン	編集型	19
ワード	編集型	10
エクセル	編集型	8
プリントアウト	編集型	11
インターネット	編集型	11
電子メール	編集型	5
炊飯器	全自動型	30
タイマー予約	半自動型	19
電子レンジ	全自動型	35
解凍モードの選択	半自動型	23

表４　各課題のタスク達成度

課題	操作型	達成人数(A)	達成人数(B)
課題1	半自動	33名	33名
課題2	半自動	29名	26名
課題3	手続き	24名	12名
課題4	手続き	18名	16名
課題5	編　集	16名	17名
課題6	編　集	12名	12名

操作実験後に行った「インタフェース構造の理解度」に関するヒアリングでは，実験に使用した２つのインタフェースの構造の類似性について理解している被験者は少なく（11名/35名），インタフェースＡとＢが全く別の操作方法と認識した被験者が多かった(21名/35名).

また，操作型の使用経験と操作実験のタスク達成度の相関は見られなかった.

４　考察

インタフェースＡでは，課題項目に関連したボタン「ふろ」「暖房」「時刻」を搭載し，これらのボタンが操作上の手がかりとなるか観察したところ，上記ボタンが操作の手がかりとなっていることが確認できた．インタフェースＢでは，どの課題も最初に「メニュー」ボタンを押し，メニューの中にある操作項目を選択する必要があった．そのため，パソコンによるインターネットや携帯電話でのメール作成等の操作経験が少ない高齢者は，インタフェースＡでは操作達成できたにもかかわらず，インタフェースＢは全く操作できない被験者がいた(6名/35名).さらに，インタフェースＢの操作が全くできなかった被験者に対し，簡単な操作構造の説明を行った後，再度実験を行ったが，操作方法を充分に理解できる被験者が少なかった．今回の被験者の殆どが使用経験のある「ATM」の操作は，操作を促す説明文が画面に表示されるため，画面に表示された説明文を読みながら，操作を行っており，操作構造を理解している訳ではないと考えられる.

以上のことを踏まえ，高齢者のメンタルモデルの観点から考察する．本研究では，メンタルモデルを

「ユーザが持っている，機器に対するシステム像や操作概念」と定義する[2]．さらに，メンタルモデルをfunctional model（機能モデル："どのように使うか"を理解するためのモデル，文脈依存型）とstructural model（構造モデル："どのように動いているか"を理解するためのモデル，文脈非依存型）の2種類のモデル[3]から説明すると，高齢者は，structural modelについて，あいまいな理解あるいはモデルの構築なしに機器の操作を行っていると考えられる．上記は，操作型の使用経験の有無との関係性はなく，高齢者は全般的にそのような傾向であると考えられる．この点について，土屋[4]は，「ユーザは予定されている操作の全体を俯瞰することが困難で，直面する問題にそのときどき対応していることに，設計者は目を向けなくてはならない」と述べている．恐らく，高齢者はより顕著にあらわれると思われる．

そこで，ユーザには階層構造を理解しなくても操作可能なインタフェースを行うことが必要である．我々が従来行ってきた作法の要素をユーザインタフェースに取り入れ構築することで，より自然で学習を必要としないユーザインタフェースになると考えられる．

5　まとめ

本研究では，電子機器の代表的な操作型の使用経験の調査と，操作型を搭載した架空インタフェースによる操作実験により，高齢者が操作しやすい操作方法について考察を行った．操作型の使用経験と操作実験の課題達成に関して相関がないことがわかった．また，高齢者の多くが，ネットワーク構造を理解するためのstructural modelを構築せず，functional modelによる機器操作を行う傾向にあることがわかり，初めて使用する機器に関しては，操作目的が記載されたボタンを最初の画面に表示されたインタフェースが望ましいことがわかった．

今後は，若年者にも同様の実験を行い，高齢者と若年者の比較を行う予定である．

謝　辞

本研究は，科学研究費補助金（基盤研究 C）「高齢者・若年者のメンタルモデル構築プロセスの精緻化及び設計への落とし込み」の一部として，研究を行ったものである．

参考文献

1) 井上勝雄，金井良行，土屋雅人：製品インタフェースの定式化研究，人間工学，第 42 号特別号，pp.196-197 (2006).

2) 山岡俊樹：ハード・ソフトデザインの人間工学講義,pp.156, 武蔵野美術出版

3) Jenny Preece,Yvonne Rogers, Helen Sharp:Human-ComputerInteraction,pp.123-139, Addison-Wesley Publishing (1994)

4) 土屋雅人：目的型ヒューマンインタフェースの設計方法の考察，湘南工科大学紀要，pp. 11-16，Vol. 38 (2004)

ユーザの電化製品に対する態度とその知識構造に関する考察

Consideration concerning relation between attitude to user's electrical appliances and the knowledge structures

○土井俊央*，林昌俊**，冨永彩容子*，山岡俊樹*
*和歌山大学システム工学部　**和歌山大学大学院システム工学研究科
DOI Toshihisa*, RIN Masatoshi**,TOMINAGA Sayoko*,YAMAOKA Toshiki*
*Faculty of Systems Engineering of Wakayama University,
**Graduate of School of Systems Engineering of Wakayama University

1　はじめに

現在，製品のユーザビリティを向上させるために，ユーザテストなどが行われている．この方法は，ユーザの操作方法を調査し，その結果を開発にフィードバックすることでユーザビリティを向上することができる．人が操作を行う際，今までに経験した操作方法で操作することが多い．従って，操作経験と操作に関する知識には明らかに関係があると考えられる．操作経験は機器に接する機会に関係がある．そこで本研究では，ユーザの電化製品に対する態度の違いにより知識の種類，構造がどのように違うのかを考察する．

2　アンケート

本研究では，ユーザの電化製品に対する態度と知識構造の関係を考察するためにアンケートを実施した．アンケートは電化製品の操作に関係すると思われる概念を9つとそれに基づく42項目からなる．概念とは具体的に，「ゆとり感」，「生きがい感」，「生き方」，「認知的熟慮性」，「認知欲求」，「達成動機」，「性格」，「やる気の醸成」，「電化製品に対する態度」である．また，このアンケートは全て「1：全く当てはまらない」，「2：あまり当てはまらない」，「3：どちらでもない」，「4：やや当てはまる」，「5：よく当てはまる」の5段階で回答するものである．アンケートの項目例として「電化製品に対する態度」の項目を以下の表1に示す．

また，アンケートでは知識構造を調べるためにプロジェクティブテクニックの一つである文章完成法も行った．プロジェクティブテクニックとはユーザの気づいていない無意識の感情や意見を得るための方法である．その一つである文章完成法とは，被験者に意図的に空白にした部分を含んだ文章を見せて，最初に頭に浮かぶ言葉を挿入して文章を完成するように求める手法である．本アンケートではユーザの使用経験の差が少なく，一般的と考えられるテレビ，テレビリモコンについて文章完成法を行った．その例を以下の図1に示す．

なお，これらのアンケートは年齢23~52歳（平均：35.23歳，標準偏差：8.19）の被験者35名に対して行った．

表1　「電化製品に対する態度」アンケート項目

Q41	電化製品の操作は人に頼るほうだ
Q42	必要がないかぎり電化製品を使いたいと思わない
Q43	電化製品の他の多くの機能を使用したい
Q44	電化製品に興味を持っている
Q45	新しい電化製品が発売されると購入したいと思う
Q46	機械の操作は出だしでつまずくとすぐあきらめてしまう
Q47	失敗するとかえって一生懸命やろうと思う
Q48	電化製品の広告をよく見る
Q49	何かを買う予定がなくても家電量販店に行くのが好きだ

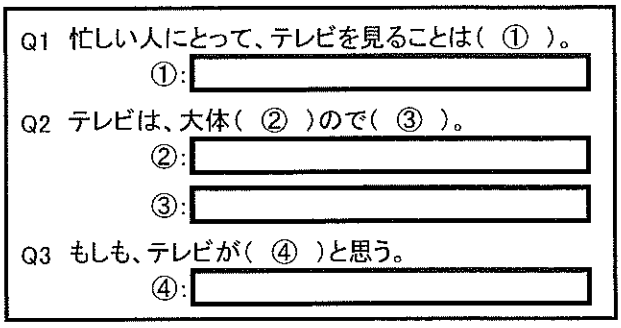


図1　文章完成法項目例

3　ユーザの分類

電化製品に対する態度と知識構造の関係性を把握するため，ユーザ（被実験者）をアンケートの「電化製品に対する態度」の回答結果から 2 つのクラスタに分類した．ユーザの 2 分類には主成分分析とクラスタ分析を用いた．主成分分析によりアンケート項目を集約し，採用された主成分軸の主成分得点によりクラスタ分析を行いユーザの分類を行った．

3．1　主成分分析

まず，「電化製品に対する態度」の概念であるアンケート 9 項目に対して主成分分析を行った．主成分分析結果である固有値，累積寄与率を以下の表 2 に示す．

表 2　固有値と累積寄与率

主成分No.	固有値	寄与率(%)	累積(%)
1	4.085	45.391	45.392
2	1.351	15.016	60.408
3	0.976	10.856	71.264
4	0.639	7.111	78.374
5	0.611	6.793	85.168

第 2 主成分までの累積寄与率は約 60%で，固有値は約 1.35 なので第 1 主成分と第 2 主成分を採用する．

3．2　クラスタ分析

次に，第 1 主成分得点，第 2 主成分得点によってクラスタ分析を行った．その結果，クラスタ 1 が 15 名，クラスタ 2 が 20 名に分類された．

主成分分析に用いたアンケート項目の平均値から考察するとクラスタ 1 は電化製品やその機能を使いたいと思っており，クラスタ 2 はその逆で電化製品をあまり使いたいと思っていないクラスタであると言える．また，電化製品の広告をよく見たり，家電量販店に行くのが好きであったりという点に差が見られたことからクラスタ 1 は電化製品への興味が強く，クラスタ 2 は興味がさほどないといえる．

4　他のアンケート項目によるクラスタ特徴の把握

アンケート結果を用いて，電化製品に対する態度と他のアンケート項目からクラスタ特徴を把握する．本研究では，決定木の一つである回帰二分木を用いて関係の把握を行った．まず，結果として二つのクラスタに分ける際に影響の強い項目は「何をしようかと考えることは楽しい」，「電化製品を思い通りに使える」，「使っているときの製品からの応答を理解できる」，「私はよく目標を立てて，達成しようと努力する」であった．次にクラスタ 1 の特徴としては，何をしようかと考えることは楽しいと感じ，電化製品を思い通りに使えると思っている．そして，電化製品からの応答を理解できている．また，クラスタ 2 の特徴としては何をしようかと考えることはあまり楽しいと感じておらず，電化製品を使用している際の電化製品からの応答は理解できていない．そして，よく目標を立てて努力するということが分かった．

5　知識構造の把握

「電化製品に対する態度」によって分類されたユーザの各クラスタにおいてキーグラフ，形式概念分析の手法を用いて知識の種類，構造を調査した．

5．1　キーグラフによる知識構造の把握

キーグラフとは，文章データを形態素解析し細かく分けたものを利用して可視化を行う手法である[1)]．

文章完成法によって得られたデータでキーグラフによる分析を行った．各クラスタの出力結果を以下の図 2，図 3 に示す．

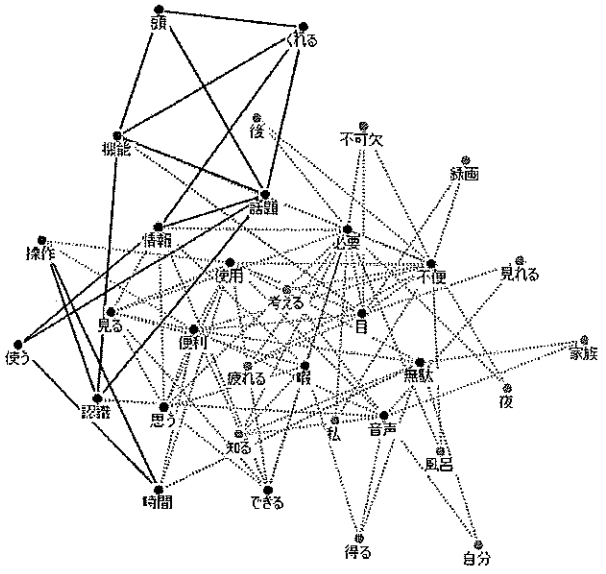


図 2　クラスタ 1 のキーグラフ出力結果

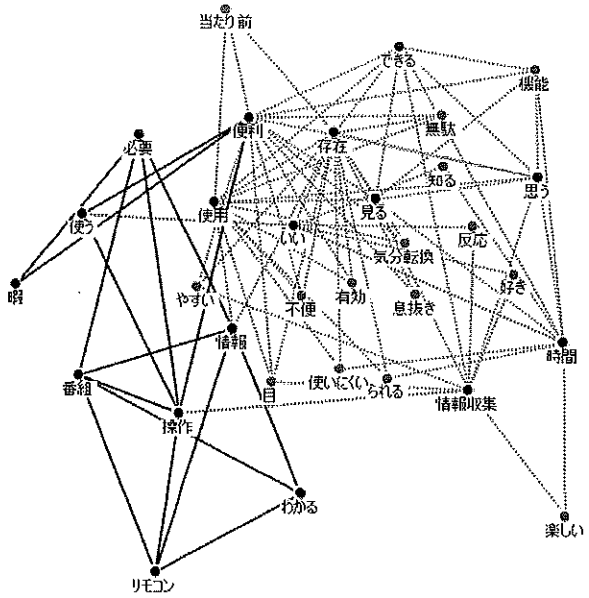


図３　クラスタ２のキーグラフ出力結果

キーグラフの出力結果中に表される黒い点は，テキストデータ中で出現頻度の高い項目で，この黒い点と黒い実線からなるクラスタが「島」である．ここで「島」とは，１人の被験者のデータの中で同時に現れやすい語の集合である．また，点線は島と島を渡す「橋」である．「橋」とは，頻度は高くないが，典型的な概念である．さらに，灰色の点は，それらを繋ぐ特徴的な語で，重要である可能性が高いものである．また，各ノード間の位置関係や距離には特に意味はなく，線で繋がれているノード間に意味がある．

クラスタ１においては「話題」，「音声」，「認識」，「機能」などの頻度が高く，その他にも「家族」，「考える」，「疲れる」などの語も見られる．クラスタ２においては「番組」，「リモコン」，「わかる」などの頻度が高く，「使いにくい」，「息抜き」，「楽しい」などが見られる．

５．２　形式概念分析による知識構造の把握

形式概念分析とは，データに含まれる概念の包含関係を把握するブール代数的方法を包含した分析手法である[2)]．

本研究では，キーグラフで出力された各クラスタの機器に対する態度を示す単語を用いて，形式概念分析行った．各クラスタにおける形式概念分析の出力結果を以下の図４，図５に示す．

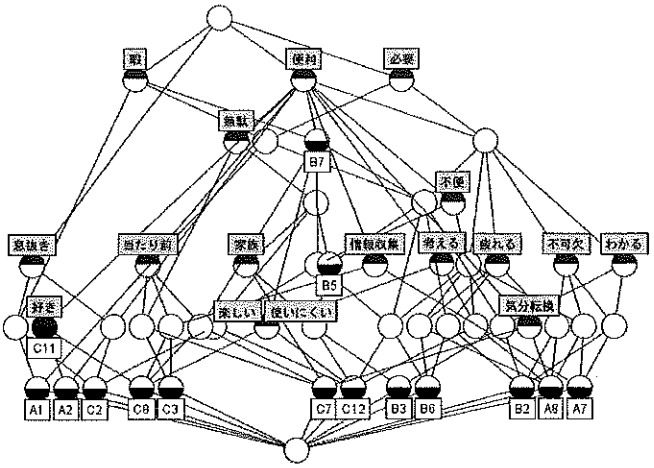


図４　クラスタ１の形式概念分析結果

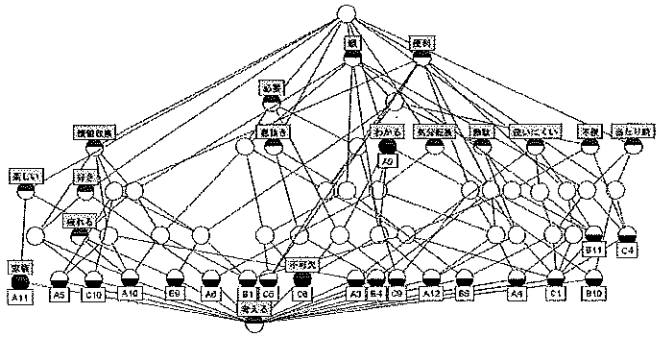


図５　クラスタ２の形式概念分析結果

出力結果中の白ラベルは「対象」で被験者，灰色のラベルは「属性」で対象が持つ性質でキーグラフから抽出したキーワードである．また，出力されたこれらの図はHasse図と呼ばれ，対象を多く持つ属性が上位に位置し，属性の関係は包含関係を表すものである．この図において，属性は上位に位置するほど一般的な属性であり，下位に位置するほど特徴的である．また，対象は下位に位置するほど，多くの属性を含んでいる．

クラスタ１では，最も一般的な属性は「便利」，「暇」，「必要」となっている．また，他のほとんどの概念が「便利」の下位概念となっている．クラスタ２でも，最上位概念は「便利」，「暇」，「必要」となっている．しかし，それらの下位概念となる属性は少なく，散在していることが分かる．

6　態度と知識構造

6．1　クラスタ1について

まずクラスタ1において，キーグラフでは「機能」の頻度が高く，実線が多く繋がっており島の中核となっている．これは，「機能」に関しての記述が多かったためである．また，「音声」，「認識」の頻度が高く，繋がりが見られるのは「音声認識」というテレビに関する理想を明確に持っているためと思われる．その他には「家族」という単語も見られた．これは，「テレビばかり見ていると家族関係が悪くなる」といった旨の記述が見られたためで，テレビによる環境への影響を考えていることがわかる．また，形式概念分析においては「便利」が包含している属性が数多くある．これは，ほとんどの被験者が「便利」と考えているが，それに対する理由や意見を述べているためで，ただ単に「便利」というだけでなく様々なことを考えていると思われる．クラスタ1のユーザは先に述べたように，電化製品を使いたいと感じている．このことから，「機能」に関する記述が多く見られたと考えられる．また，電化製品を「使いたい」という態度が製品への明確な理想や様々な意見を持つことに繋がると考えられる．

6．2　クラスタ2について

クラスタ2において，キーグラフでは「操作」から短絡的に「番組」，「リモコン」といった機能やそれに付随する単語が高頻度で見られる．また，「存在」と「使用」を繋ぐものとして「当たり前」という単語が見られ，当たり前のものとしてテレビを使用していると思われる．形式概念分析では，「便利」，「必要」といった単語が上位概念となっているが，それらが包含している属性は少なく，特に「便利」の下位概念の数はクラスタ1と大きく差が見られた．これは，「便利」とは考えているが，それ以上のことやそれに対する意見は特に考えていないためと思われる．また，下位概念の属性が散在しており，各被験者の意見にまとまりがないと考えられる．これらのように電化製品についてあまり深く考えていないように見られるのは，あまり電化製品を「使いたい」と感じていない態度のためと思われる．

6．3　各クラスタの比較

クラスタ1では，電化製品を使いたいと思っており，クラスタ2では電化製品をあまり使いたいとは思っていない．それぞれの知識構造としてクラスタ1は，製品に対する明確な理想や様々な意見があり，また，製品が環境に与える影響までも考慮していた．クラスタ2では，これらの点は見られず操作に関しては短絡的な考えが見られた．これらのことから，電化製品を使いたいという態度のユーザは電化製品について深い考えや独自の意見を持っており，あまり使いたいと思っていないユーザは表面的な知識を持っていると考えられる．

7　まとめ

本研究では，ユーザの電化製品に対する態度と知識構造の関係を調べるために，文章完成法を含むアンケートを行った．そして，電化製品に対する態度の項目によって被験者を分類し，その知識構造を調査した．各クラスタを比較した結果，電化製品を使いたいというユーザとそうでないユーザとでは電化製品に対する考えの深さや独自性に違いがあるということが分かった．

8　今後の展望

今後は，今回のアンケート，分析に加え，製品の操作実験を行い，製品の理解度，操作の達成度と知識構造の関連性を調べる必要がある．それにより，具体的な操作で被験者を分類し，各グループの知識構造の違いを調査することで新たな知見得ることができると考えられる．

参考文献

1)　大沢幸生：チャンス発見のデータ分析，東京電機大学出版局，(2003).

2)　長田博泰：形式概念に基づく質的分析，社会情報，Vol.14，No.1，pp.19-37，(2004).

ディジタル操作とアナログ操作のユーザビリティに関する研究

Usability evaluation of analog /digital operations in menu selection task

○田邊　友香[1)]，岡田　明[1)]，山下　久仁子[2)]
1）大阪市立大学大学院生活科学研究科
2）大阪市立大学研究支援課
TANABE Yuka[1)]，OKADA Akira[1)]，YAMASHITA Kuniko[2)]
1）Graduate School of Human Life Science, Osaka City University
2）Research Support Department, Osaka City University

1. はじめに

近年の技術の進歩により家電製品をはじめ日常生活で使用する様々な製品が電子化、自動化するのに伴い、アナログ操作が少なくなりディジタル操作主体のものが大半を占めるようになった。しかしディジタル操作はボタンを押すという変化のない単一の操作が主なので記憶に結びつきにくい傾向にある。また、反力過少のものもあり、押しすぎや操作ミスにつながると推測できる。一方アナログ操作は、それを遂行するための手の運動の種類が多様なので記憶に結びつきやすいことが言える。こうしたアナログとディジタルの特性を踏まえ、このまま製品がディジタル操作一辺倒化しても良いのかが従来から議論されている。また、ディジタル操作といっても、メンブレンスイッチや静電タッチなど様々な操作タイプがあり、操作に必要とされる力が様々である。一般に操作部のデザインはコストが優先され、使いやすい操作方法についてはあまり考慮されていない。そこで、本研究ではどのような操作場面でどのような操作方法が使いやすいか明らかにすることを目的とする。

2. 調査

はじめに、現在流通している家電製品の操作部の傾向を知るために、現行品の製品調査を行った。調査対象はオーブンレンジや洗濯機、冷蔵庫、洗浄便座、エアコンのリモコンなどあらゆる家電製品の操作部である。この調査によって抽出された問題点や検討項目を以下に挙げる。

(1) 操作力

ディジタル操作の中でもしっかり押さないと操作していると認識されない製品（図 1）や少し触れただけで操作できる製品（図 2）など、操作に必要とされる力にバラツキがあり，ヒューマンエラーや快適性の低下につながると思われる。

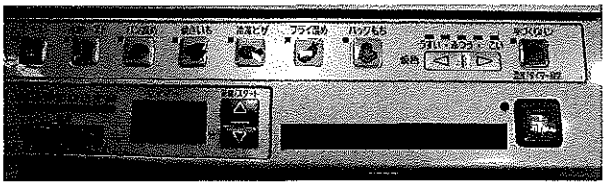


図 1　メンブレンスイッチの例（オーブントースター）

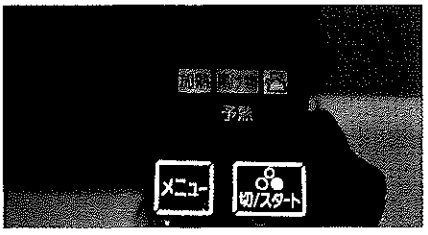


図 2　静電タッチの例（IH クッキングヒーター）

(2) 選択肢の数

機能の増化に伴い階層が深い製品が多く、ひとつの画面に載せるべき情報量、単一ボタンの複数回押下で選ぶ選択肢数の適正値、そして選択肢数とそれに対応すべき適正なボタン数などの課題がある。



図 3 情報量の違う製品
製品の例（エアコンのリモコン）

(3) ディジタル操作とアナログ操作

ディジタル操作のボタンのみではなく、ジョグダイヤルのようなアナログ的操作具を備えた製品が見られるが、どのような場面でどちらが使いやすいのかは明らかではない（図4）。

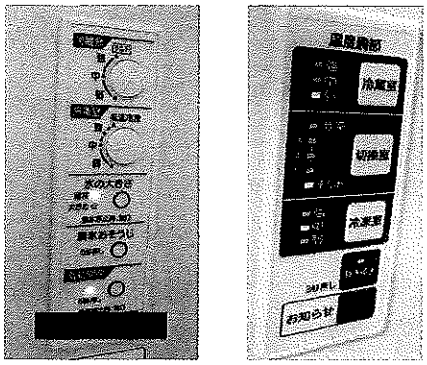


図4　アナログ操作的な操作具を持つ製品とディジタル操作の製品の例

(4) 操作ボタンの数

操作ボタンの数が少ないと一見わかりやすそうに見えるが（図5）、階層が深くなるので実際には複雑になることもあり、操作ボタンの数を少なくすればいいとは一概には言えない。特に高齢者には操作の内容が目に見えているほうがいいという意見もある。

以上の問題点や検討事項については明確な適正値が定められているわけではなく、また設計の現場でも試行錯誤が続けられている。

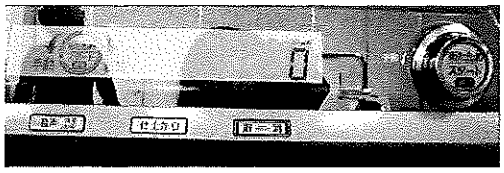


図5　操作ボタンが少ない製品の例（オーブンレンジ）

3. これまでの研究

上記の項目のうち(2)に関連する実験を試みた。ディジタル操作の中でも、メニュー選択の際に単一ボタンを複数回押し操作（以下タイプA）と、複数ボタン単一回押し操作（以下タイプB）のユーザビリティの比較を行った[1)]。実験内容は家電製品のシミュレーション画面によるメニュー選択であった。評価項目は操作時間と主観評価とした。主観評価では、選択肢増加に

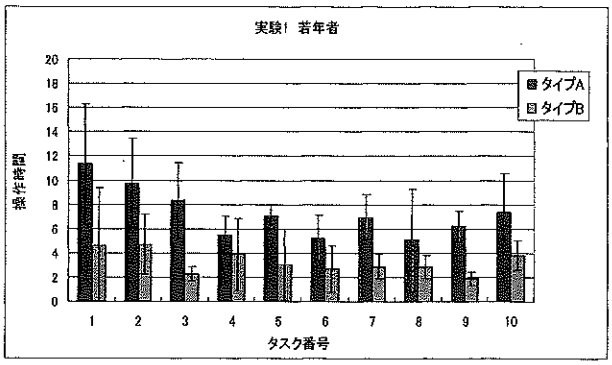


図6　選択肢が多いときの比較

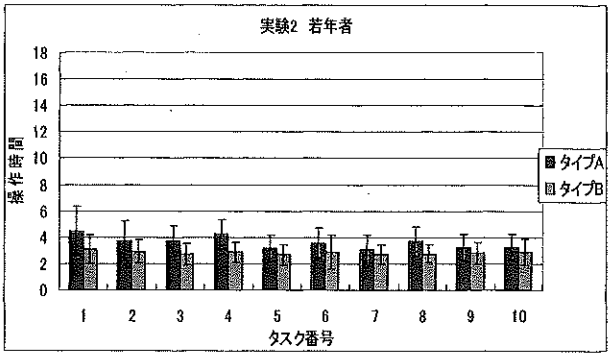


図7　選択肢が少ないときの比較

伴いタイプAでは操作回数が増化するので煩わしさが増し、タイプBのほうが使いやすいと感じる実験参加者が多数（選択肢が少ないときはタイプAを選んだ実験参加者が100%）であった。操作時間では選択肢の多少に関わらず、タイプBのほうが操作に要する時間は短かった（図6、図7）。

4. 今後の計画

調査、これまでの研究を受けて、上記(1)(3)(4)に関しての適正値を明らかにし、(2)についてもさらに深い知見を得られるよう実験を計画して、操作場面に適切な操作方法が明らかになるように検討を行っていく予定である。

5. 出典

1) 田邊、他：メニュー選択操作のユーザビリティに関する認知工学的研究―階層の有無とボタン数による世代間の比較―，日本人間工学会関西支部大会，pp. 41-44(2007).

制御タスクの習熟過程における操作方略の特徴に関する研究

Characteristics of Control Strategy in Learning Process of Manual Task

○大野公寛，岡田明
大阪市立大学大学院　生活科学研究科
ONO Kimihiro , OKADA Akira
Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

1　はじめに

交通分野や医療分野、産業分野など、様々な分野においてヒューマンエラーによる事故は無くならない。エラーが起こるタイミング次第では大事故になることも少なくない。

ところで、J. Rasmussen が提案した人間の行動モデルである SRK モデルにおいて、ヒューマンエラーはスリップ、ラプス、ミステイクのように分類される。スリップ、ラプスは習熟者に見られるスキルレベルの行動での失念や思い込み等による無意識に起こしてしまうエラーである。ミステイクは中間者や初心者に見られるルールベース、知識ベースの行動でのルールの誤使用や知識の欠如等による目的に対して適切に行動がなされなかったために起こるエラーである。このことからヒューマンエラーと習熟には密接な関わりがあることがわかる。さらに未習熟者は一定のペースで習熟していくものではなく、失敗やひらめきなどをきっかけに、急に習熟のレベルが上がることの方が多いのではないかと考えられる。

そこで本研究では、こうした習熟過程の特徴を検討するため、ある程度の期間と技量を要し習熟の過程を観察できるものとして、不安定で細かな操作が必要とされるヘリコプターの操縦シミュレータソフトを用いた。その習熟過程を観察し、そこで見られるエラーやパフォーマンスの変化、操作成績等に着目した。

2　実験

2．1　実験装置

操作ソフト

Flight Simulator X (Microsoft 社)

操作装置

Joystick X52 (Saitek 社)

使用パソコン

dynabook Satellite J60 (㈱東芝)

2．2　実験方法

使用ソフトの中のチュートリアル 10 のヘリコプターの離陸と着陸のタスクを用いた。このタスクは離陸してから四角いゲート 1～4 までの枠の中を通過し、地面にあるゲート 5 の中に着陸するというものである。操作の失敗となるものは墜落と通過すべきゲートを通過せずにゲート外を通り過ぎてしまった場合である。後者の場合は失敗した後、ゲート 5 に向かってもらいゲート 5 に着陸を試みてもらった。最初に基本的な操作方法を教え、どのようなタスクなのかを知ってもらうために、実際に操作している様子を見せてから、実験を始めた。1 回の実験につきこのタスクを 15 回課し、タスクとタスクの間には被験者が疑問に思ったことなどがあれば質問しても



図 1　実験風景

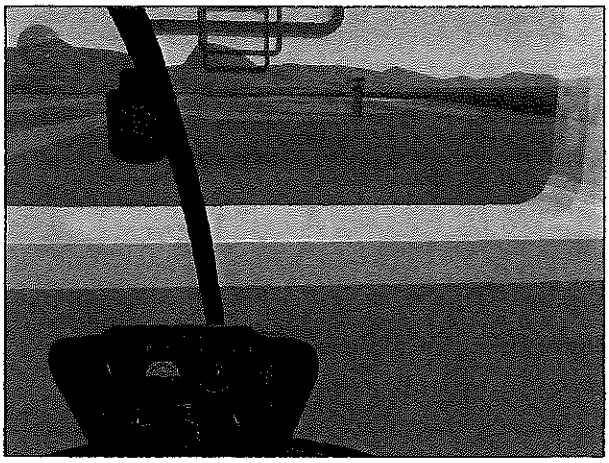


図２　実際の操作画面

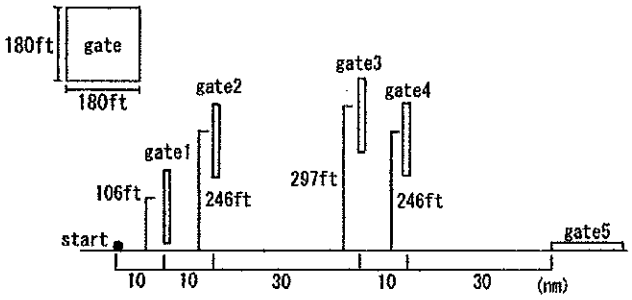


図３　タスクのゲートの配置とゲートの大きさ

らい、アドバイスを与えた。被験者には実験と実験の間が５日以上開かないようにタスク 15 回中 10 回成功するまで実験に参加してもらった。実験の様子はビデオで記録した。

２．３　実験参加者

20～22 歳の学生５名[男子３名（S1, S2, S3)、女子２名(S4, S5)]

３　結果と考察

タスク 15 回中 10 回以上成功するまで実験を行なったタスクの回数だけ見ると、この実験に参加した男性（S1:75 回、S2:90 回、S3:90 回）と女性（S4:135 回、S5:180 回）では、はっきりとした差が見られた。両者に見られたエラーの特徴については大きく異なったものはなく、エラーに対応することに慣れる速度が男性のほうが速いのではないかと考えられる。

また、実験開始前に被験者にゲームの得意度を５段階（-２～+2）で答えてもらったが、ゲーム得意度と実験回数の間にはっきりとした関係は見られなかった。

表１　エラーの特徴の分類と発生回数

	エラーの種類	S1	S2	S3	S4	S5	合計
T1	ゲート1に向かって真っすぐ飛べなかった。(ゲート1からそれてしまった。)	4	0	1	1	1	7
T2	離陸するまでにスピードが得られず、不安定になってしまいゲート1からそれてしまった。	0	1	0	0	2	3
T3	離陸するまでにスピードが得られず、不安定になってしまい墜落してしまった。	3	4	0	5	1	13
T4	離陸時、機体を前に傾けすぎてしまい墜落。	2	4	9	7	18	40
T5	離陸はするがゲート1手前で失速し、不安定になってしまいゲート1からそれてしまった。	0	0	0	2	6	8
T6	離陸はするがゲート1手前で失速し、不安定になってしまい墜落してしまった。	2	3	3	3	4	15
T7	離陸できずホバリング状態でゲート1からそれてしまった。	2	2	3	7	3	17
F1	通過すべきゲートからそれてしまう。(機体の傾きに対する反応が遅い、操作が大雑把)	7	21	2	22	30	82
F2	機体を前に傾けすぎてしまったため墜落	0	2	2	6	4	14
F3	通過すべきゲートからそれてしまう。(失速により不安定な飛行になったため。)	9	2	8	7	20	46
F4	失速し飛行が不安定になってしまい墜落。	7	15	7	9	12	50
L1	ゲート5枠外に着陸。	2	0	5	9	11	27
L2	ゲート5を通り過ぎてしまうが、戻ってきてゲート5枠内に着陸。	1	3	1	0	5	10
L3	揚力がなくなったため、ゲート5枠内に墜落。	6	5	19	8	11	49
L4	前に傾けすぎていたため、ゲート5枠内に墜落。	5	2	7	1	8	23
L5	機体を上に向けすぎたため、ゲート5枠内に墜落。	1	0	0	0	1	2
L6	揚力がなくなったため、ゲート5枠外に墜落。	1	3	1	9	1	15
L7	前に傾けすぎていたため、ゲート5枠外に墜落。	0	5	1	5	4	15
L8	機体を上に向けすぎたため、ゲート5枠外に墜落。	0	0	2	6	7	15

次に、タスクをゲート1までを離陸、ゲート1からゲート4までを飛行、ゲート4からゲート5までを着陸と3つの操作因子に分類し、そこで見られたエラーの特徴と発生回数をまとめた（表1）。

3つの操作因子全体を通して、特徴的なのがエラー全体の発生回数451回中、失速が関係しているエラー（T5、T6、F3、F4）の発生回数が119回と全エラー発生数の26.4%を占めていることである。ヘリコプターは機体を前に傾けると加速し、後ろに傾けると減速するようになっており、上昇と降下の操作は基本的にはスロットルでパワーの調整を行なう。しかし、被験者は通過すべきゲートが機体よりも高い所にあると、機体を上昇させる左手のスロットルではなく、機体の傾きを調整する右手のジョイスティックを後ろに引き、機体を上に向ける傾向が強かった。そのため減速してしまい、結果的に失速によるエラーを引き起こしてしまった。これは、被験者たちの中に進行させる方向に機首を向けないといけないというメンタルモデルが形成されていたために見られた結果ではないかと考えられる。

操作因子別に見た場合、多く見られた特徴のあるエラーは、飛行操作192回中82回の42.7%発生したF1、着陸操作156回中49回の31.4%発生したL3であった。

習熟初期の段階では、飛行中に機体の傾きが大きくならないと、機体が傾いていることに操作者は気づかなかった。そのため、傾きを修正する操作も大きな操作になってしまうので不安定な飛行につながったり、F1のエラーが多く見られたりした。特にゲート直前になって、ゲートからそれてしまうと感じた時の修正操作は大雑把な場合が多かった。

着陸における L3 と L6 は同じ揚力が無くなったた

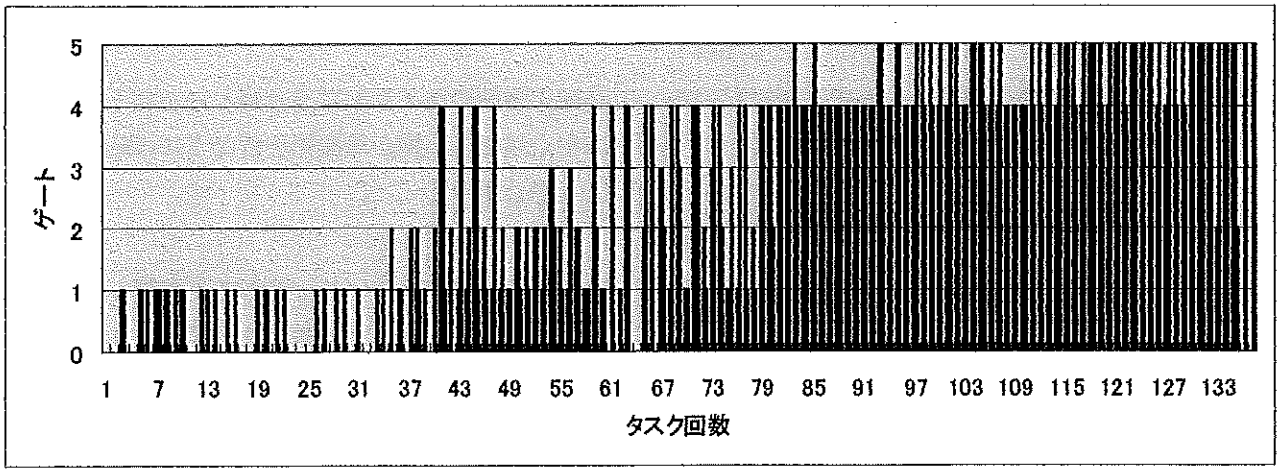


図4 S4のタスク回数とゲート通過の経緯

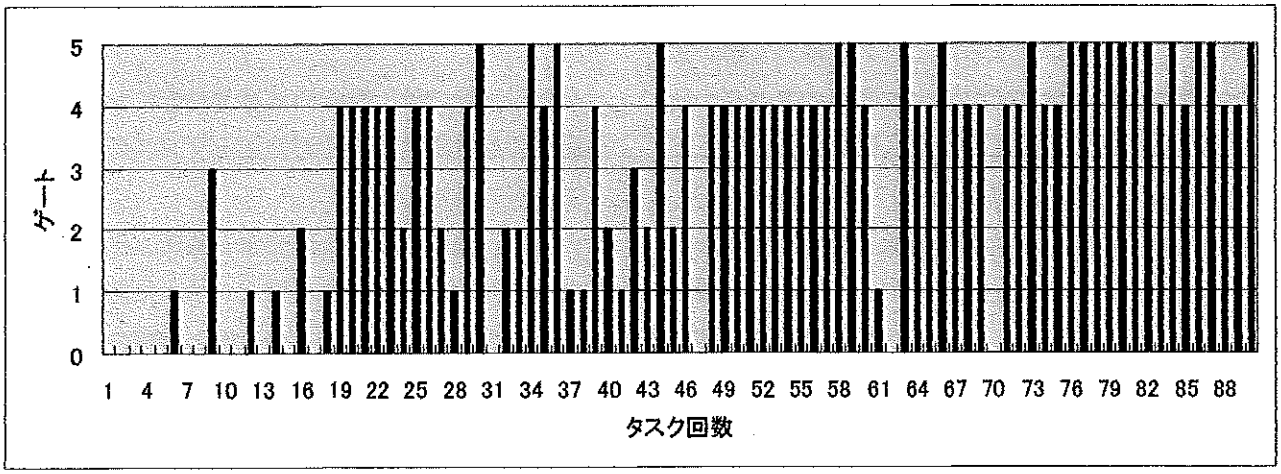


図5 S3のタスク回数とゲート通過の経緯

めに起こったエラーであるが、墜落場所がゲート 5 の枠内と枠外という違いだけで、L3 は L6 の 3 倍以上の値である。個人別に見ても S4 を除いた全ての被験者が L3 のエラーの方が多かった。同様に L4 と L7 でも枠内に墜落した L4 の方が多く見られた。ところが、L5 と L8 では枠外に墜落した L8 のケースの方が多く見られた。

これらの飛行時のゲート直前での大雑把な操作と着陸時の枠外の墜落と枠内の墜落のエラーの特徴は、ゲートを通過しなければいけないという被験者の意識が大きく関係していると考えられる。L3 や L4 ではゲート 5 枠内に着陸するために、スロットルを急に下げたり、ゲート 5 に向かって突っ込んでいくような操作がされたりする様子が多く見られた。また L5 より L8 のエラーの方が多く見られたのは、機首を上に向けると上昇するというメンタルモデルが働いたため、ゲート 5 枠外に着陸しそうになったときに無理やり上昇してゲート 5 へ向かおうとした結果として、枠外での墜落が多くなったのではないかと考えられる。

一方、図 4 は S4 のタスクの回数と通過したゲートナンバーの関係を示したものである。S4 は他の被験者と比べると、突然操作が安定し始めたことが、はっきりと見て取れる被験者であった。このグラフの特徴的な部分は、習熟のレベルが段階的に上昇する点である。タスク回数 34 回目あたりで離陸の習熟が見られ、79 回目あたりで飛行操作の習熟、111 回目あたりから着陸の習熟が見られる。この被験者は 75 回目のタスクからジョイスティックを細かく動かすことを意識したと言っており、79 回目のタスクからゲート 4 に到達する回数が急激に増加し、安定した飛行が見られるようになった。

また、図 5 は S3 のタスクの回数と通過したゲートナンバーの関係を示したものである。この例では、19 回目から 31 回目あたりにかけて飛行操作が習熟したように見えるが、その後 48 回目までゲート 4 をなかなか通過できていない。この点は S4 には見られなかった点であり、その原因についてはさらに検討する予定である。

この他に興味深い点は、習熟したと考えられる操作因子のエラーが習熟後のタスク回数において数箇所見受けられる点である（S4 ではタスク回数 61 回目、62 回目、64 回目、133 回目、S3 ではタスク回数 61 回目、62 回目、70 回目）。このようなエラーは、他の被験者にも共通して見られたことであり、油断や失念などが原因になっていると考えられる。

4　まとめ

今回の実験では、細かな操作が必要とされる制御タスクにおける習熟過程の様子を観察してきた。その中で見られた、操作やエラーの特徴として次の 4 つのパターンが挙げられる。

①実行するとエラーにつながる可能性のある操作でも、習熟前の段階では既に形成されているメンタルモデルによって、その操作を実行してしまう。

②操作開始のタイミングや合図といったものにすばやく気づき、細かな操作を行なうには時間が掛かってしまう。

③しなければいけないことがあると無理をしてでも達成しようと無理な操作になりがちである。

④習熟したと考えられる状態でも、油断や失念により未習熟期にしていたようなエラーをしてしまうことがある。

今回の実験では、操作の成績や動作において、習熟過程におけるエラーやパフォーマンスの特徴を見ることができた。

今後は、被験者の数を増やすと共に、タスク後に行なった操作についての理解とスキルに関するアンケートにおける被験者自身の評価と実際のパフォーマンスや操作成績の特徴との関係を検討する予定である。習熟過程において急激な習熟ポイントとなる失敗やひらめきなどのきっかけがどういう特徴を有するのかを明らかにしていきたい。

視線情報と操作ログを用いたページを跨ったウェブユーザビリティ評価

Analysis of Eye Movement Using with Operation Log for Web Site Usability

○松延拓生*, 鳥羽舞衣子*

*和歌山大学システム工学部

MATSUNOBE Takuo*, TOBA Maiko*

*Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1　はじめに

視線情報をユーザビリティ評価に活用することが有用であると注目されているが [1][2]、費用対効果の点で課題も多い [3]。この課題に対し、ヘッドマウント型のアイカメラを用いて定量評価を効率的に行う方法を検討してきた [4]。

現在、ウェブのユーザビリティ評価に視線情報を用いるサービスが増えている。これは非接触型のアイカメラを用いた評価であるため、視対象である画面領域が視野内で固定され、比較的効率的に評価を行えるためである。しかしながら、人の視線情報をウェブサイトのユーザビリティ評価に利用する取り組みの中で、複数のページに跨るユーザビリティの分析はあまり実施されていない [6]。これは単一ページの場合は、視線情報の分析処理が行いやすいのに対して、複数ページの場合は視線情報と視対象の同期が必要なためである。また、ページを跨いだ問題はそのままでは定量評価しにくく、定性的な評価となり分析に時間を要するためである。ページを跨いだ分析を行う場合に、コンテンツの同定が必要となるが未だ効率的な方法は確立されていないが、領域をコンテンツに対応させることが示唆されている [5]。

本研究では、ページを跨ったウェブサイト利用時にユーザはどのように閲覧しているかを、価格情報サイトを対象に視線情報と操作ログを用いて分析を行った。操作ログを用いて視対象を視線情報と同期させ、画面に設定した領域を用いてページを跨いだユーザビリティの分析を行う方法を検討する。

2　方法

2.1　概要

本研究の目的である、ページを跨ったウェブサイトの利用状況を把握するために、ウェブサイト閲覧時の視線情報と操作ログを対応付けて分析を行う方法を試みた。図１に示すように、操作ログに記録されたページ遷移の時間情報を元に、視線情報をページ単位で分割した。ページ毎に停留点分析及び注視領域分析を行いページ間の比較を行った。ウェブサイト閲覧時の視線情報と操作ログの計測は以下の方法を用いて行った。

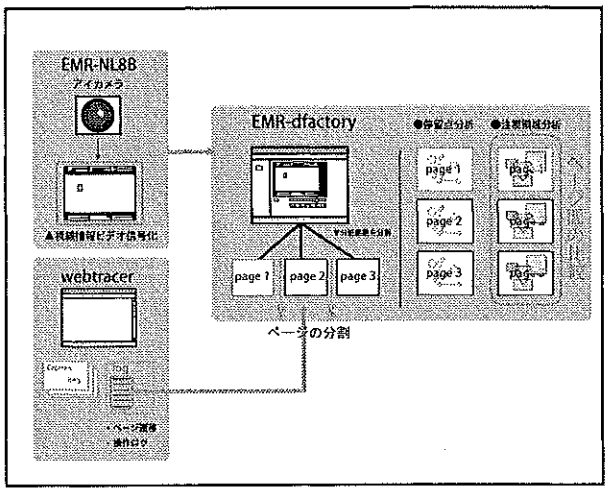


図 1: 分析方法

2.2　実験環境

被験者のタスク実行時の視線情報は、株式会社ナックイメージテクノロジー社製のアイカメラ EMR-NL8B を用いて計測した。計測データは、同社の EMR-dFactory を用いて視野映像と共にビデオ記録した。実験に用いたディスプレイは、液晶 19 インチのもので、解像度は 1600 × 1200 に設定した。顔とディスプレイの距離は約 50cm であった。

また、ウェブブラウズ中の操作ログは、マウス・キーボード操作、表示画面のスクリーンショット、ウェブページの遷移履歴を時間情報と共に記録した。操作ログの記録には、WebTracer[7] を用いた。なお WebTracer は、同ソフトウェア内にウェブブラウザの機能を有するものであり、ウェブのブラウズにも用いられた。

2.3　対象サイトとタスク

本実験においては、領域の分割を行いやすいサイトをまず選定した。条件として、Flash をはじめとする動画像など、ページ内でさらに画面遷移のあるものは、

ページ単位の抽出が困難であるため除外した。またサイトの目的が明確で、かつ複数のページで構成され、タスクの達成には複数ページを跨る操作が必要なサイトとした。以上の点から、本実験では商品・価格比較サイト「価格.com[8]」を対象とした。図2に実験時のトップページスクリーンショットを示す。このサイトでは、商品・価格比較を行えるように、商品検討時に商品情報、価格情報、レビュー、クチコミ情報、取扱店などの情報を得られる。各ページで行うタスクを図3に示す。



図 2: 価格.com トップページ（価格.com[8] より引用）

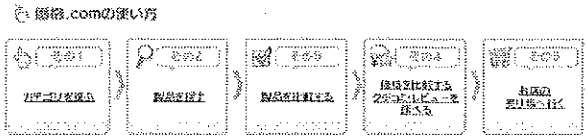


図 3: 価格.com の使い方（価格.com[8] より引用）

被験者に与えるタスクとして、ユーザがどのようにサイトを閲覧し、どのような点に戸惑いを覚え、その結果どういう行動に結びついたかを分析するため以下の内容とした。

- デジタルカメラを選定する。
- 個人の嗜好による選択を最小限に抑えるため、友人から条件を提示されて依頼されたと仮定した。
- 友人からは価格 (25,000 円以下)、機能（800 万画素以上、手振れ補正あり）、デザイン（コンパクトなもの）、人気の高いものという条件が提示されたと仮定した。

2.4 実験手順

被験者に WebTracer を用いたサイトの閲覧方法について説明を行った。次に実験タスクについて説明を行った。すべてのタスク終了後、被験者には使用時の感想および選定理由についてインタビューを行った。

なお被験者には、視線計測に問題のない視力を持つ、和歌山大学システム工学部の学生１１名（年齢：１９歳から２３歳、性別：男性６名、女性５名）を用いた。

3 結果

ページを跨ったウェブサイト利用時に、ユーザはどのように閲覧しているかを、本研究では価格情報サイトを対象に視線情報と操作ログを用いて分析を行った。EMR-dFactory を用いて、各被験者毎に操作ログの時間情報を元にページ単位で分析範囲を分割した。ここではスペースの都合上、ある被験者のページ毎の停留点分析結果の一部を図4及び図5に示す。

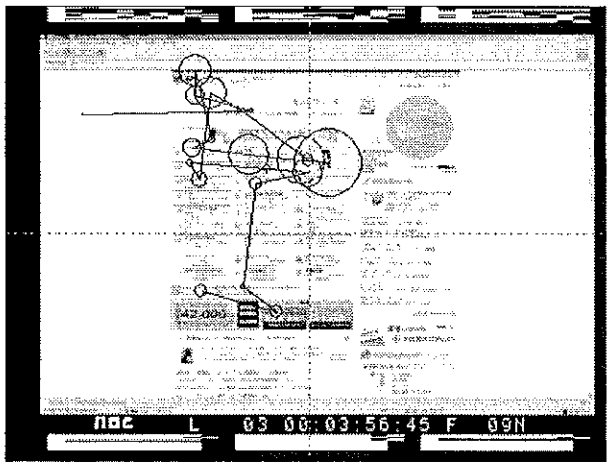


図 4: ページ毎の停留点分析結果 (以下停留点分析結果内の○の大きさは停留時間を示す)

同様に EMR-dFactory を用いて、コンテンツの領域毎に分割した分析結果の一部を図6および図7に示す。

4 考察

今回確認できたユーザビリティ上の問題点をページ毎にまとめたものを図8に示す。

１例として「重要度の高い人気ランキングが、重要度の低い広告やトピック・特集よりも画面下部に配置されている」を取り上げる。図6より、カメラページにおいてカメラ本体のカテゴリ領域を注視していることがわかる。しかしページ下部にあるランキング領域

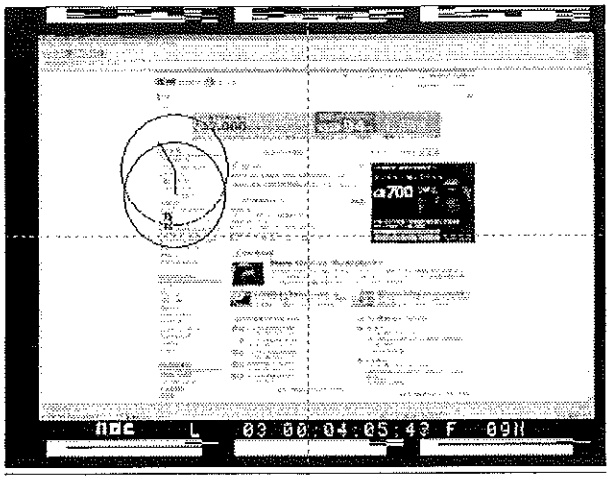


図 5: ページ毎の停留点分析結果

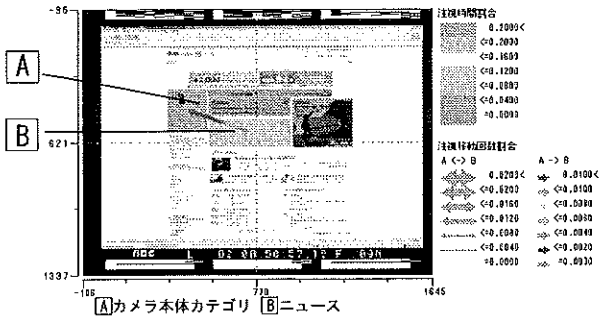


図 6: カメラページでの領域分析結果

を見ることはなかった。その後アクセスした個別ページで、ユーザはランキング領域を注視していることがわかる (図 7)。

問題点を単一ページと複数ページに関するもので分けると図 9 のようになる。

今回の結果からは、ページを跨いだウェブサイトを評価する場合、特にページ間でのレイアウトの問題の検討に有効であると思われた。これまで単一ページでのレイアウトは検討されてきたが、複数ページ間での評価となると、単純に画面内の位置ではなく意味に応じたページ間のコンテンツ対応づけが必要となる。視線情報を分析する場合、Frame by Frame 分析を行う際、部位カテゴリにわけることが有効とされている [9]。本研究の結果からは、ウェブのような画面の場合は、画面上の位置ではなくコンテンツの意味による領域分割が有効と思われる。

分析の方法に関して、本研究では実験者が手作業で行ったが、ページの分割までは操作ログ及びページ閲覧履歴を用いることで自動化することが可能と考えられた。しかし、上で述べたサイトの評価において求め

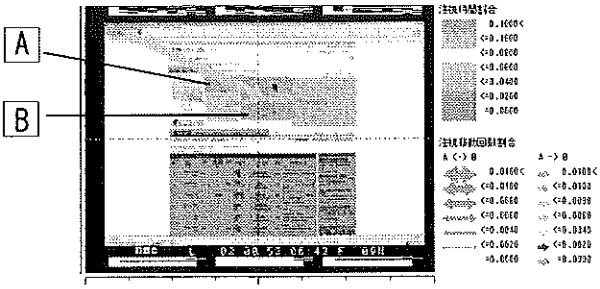


図 7: 個別ページでの領域分析結果

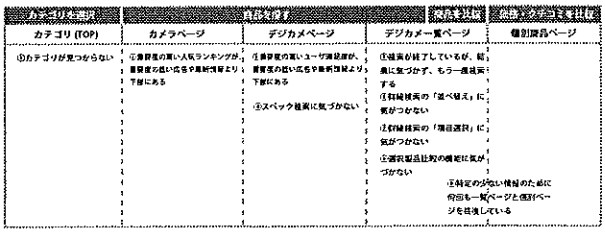


図 8: ページ毎のユーザビリティ上の問題

られる領域の意味による分割は、実験者の主観により行われた。画面を対象とする評価すべてでは使えないが、ウェブの場合は HTML によって情報が構造化されているため、HTML を解析することである程度自動化し効率化することが可能ではないかと考えられる。また、現状のソフトウェアではスクロールに対応していないため、同期を行うための処理も煩雑であった。この問題は、操作ログデータを元に自動化することが可能と考えられた。

5 おわりに

本研究ではページを跨ったウェブサイト利用時に、ユーザはどのように閲覧しているかを、価格情報サイトを対象に視線情報と操作ログを用いて分析を行った。

ページを跨った操作性を評価するために、視線情報の中でも注視領域に着目して分析を行った。その結果、複数ページに跨って生じる問題では、領域分析での問題抽出が示唆された。

今後の課題として、操作ログデータからページの切り出し及びページスクロールへの対応の自動化が必要である。またページ内のコンテンツを、ある程度意味内容にそって自動的に領域分割されることが期待される。今後これらの問題点を改善する評価方法の開発が必要がある。

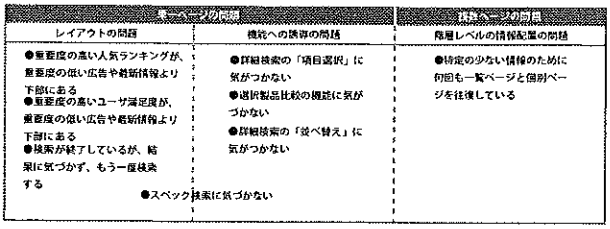


図 9: 単一ページ複数ページで分けた問題点

参考文献

[1] 村上 康友, 高松 賢一郎, 竹内 毅, 梅本 真理子, 徳永 裕美, 杉山 錦子: アイカメラを用いたユーザビリティ調査の研究-視線データを用いた比較調査-, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2003 論文集, pp.41-44 (2003)

[2] 藤田 雄一, 蒔苗 正, 小俣 昌樹, 今宮 淳美: web 上のカテゴリ検索のユーザビリティ評価における原因推定のための視線情報の有用性, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2004 論文集, pp.921-926 (2004)

[3] 村上 康友, 佐野 誠, 井上 雅之: アイカメラを用いたユーザビリティ調査の研究-有用性と対費用効果の検討-, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2002 論文集, pp.293-296 (2003)

[4] 松延 拓生, 下野 史弘, 山岡 俊樹: 注視物分析を用いたユーザビリティ評価方法の検討, 平成 1 6 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.40-43 (2004)

[5] 松延 拓生: ユーザビリティ評価のための注視物分析に関する研究, 日本生理人類学会誌, vol.11(特別号), pp.128-129 (2006)

[6] 松田 侑子, 上野 秀剛, 大平 雅雄, 松本 健一: 複数ページに渡る Web 検索結果を対象とした視線分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集, pp.1109-1116 (2008)

[7] 阪井 誠, 中道 上, 島 和之, 中村 匡秀, 松本 健一: WebTracer:視線を利用した Web ユーザビリティ評価環境, 情報処理学会論文誌, Vol.44(11), pp.2575-2586 (2003)

[8] 価格.com:http://kakaku.com

[9] 福田忠彦研究室: 人間工学ガイド, サイエンティスト社 (2004)

ケータイによる会話に起因する自動車運転中の視認の欠如に関する研究

Study on Lack of Visual Recognition Due to Cell Phone Talking While Driving

○門居直樹*，川野常夫*，西田修三*
*摂南大学大学院
KADOI Naoki*, KAWANO Tsuneo*, NISHIDA Shuzo*
*Graduate School of Setsunan University

1　はじめに

我が国におけるケータイと PHS の人口に対する普及率は，2008 年 8 月末において 85.4%に達した[1), 2)]。ケータイの普及とともに，自動車運転中に運転者自らケータイを使用するケースが増え，それが原因となる交通事故が発生している[3)]。2004 年 11 月には運転中のケータイ使用禁止に関する法規制が改正され，交通事故件数は減る傾向にあるものの[4)]，ケータイ使用に関する道交法違反取締り件数は年々増える傾向にあり[5)]，2007 年のアンケート調査[6)]によれば，運転中でもケータイでの通話の必要性が高い，または通話をしたいと回答した人は 1398 人中の約半数（49%）を占めていることから，ケータイに起因する交通事故件数が今後減少していくとは考えにくい。

本研究では，自動車運転中にケータイで会話する場合に生じるとされる「意識の脇見」，あるいは，”Inattention Blindness”[7)]がどの程度の時間間隔で生じるかを定量的に明らかにすることを目的とする[3)]。具体的にはケータイにより会話しながら自動車を運転するときの成績が，間欠的に運転者の視界を遮蔽した場合の運転成績と同等である条件を実験によって見い出し，そのときの遮蔽状態の時間と時間間隔を求める。さらに自動車走行軌跡の左右変動と車間変動を分析することにより，ケータイによる「意識の脇見」に内在する問題点を明らかにする。

2　実験方法

自動車運転中にケータイにより会話をする条件と運転には専念するが視界が間欠的に遮蔽される条件を取り上げ，自動車シミュレータを用いてそれぞれの条件における運転成績を比較するための実験を行った。被験者は自動車免許証を保持する 22～23 歳の男性 6 名とした。

運転者の視界を遮蔽するために，図 1 に示す液晶フィルムの透過と遮蔽を定期的に繰り返すことのできる液晶シャッターゴーグル（竹井機器工業製）を用いた。図(a)(b)はそれぞれ透過時，遮蔽時の状態を示している。透過時のフィルム面は透明で，裸眼同様の視界が保証される。一方，遮蔽時はフィルム面が淡い灰色に変化し，視界は完全に遮蔽される。液晶フィルムの透過時間と遮蔽時間は，それぞれ 0.1～9.9 秒の間を 0.1 秒きざみで設定することができ，それらの時間で透過と遮蔽を繰り返すことができる。

図 2 に自動車シミュレータによる実験風景を示す。同図(a)(b)は，それぞれケータイ使用時と液晶シャッターゴーグル使用時の運転の様子を示す。ケータイ使用時は，左手にケータイを持って耳に当て，右手でハンドル操作を行う。ケータイによる会話課題は，



(a)透過時　　(b)遮蔽時
図 1　液晶シャッターゴーグルによる視界の遮蔽



(a)ケータイ使用時　　(b)シャッターゴーグル使用時
図 2　自動車シミュレータによる実験

別室から電話の相手が読み上げた 2 桁～5 桁の数に対して各桁に 1 を加えた数（例：74 に対して 85）を回答する[3]。ただし，運転実験の 1 試行は 1 分間とし，その間は同じ桁数の問題を被験者の回答ペースに合わせて繰り返す。各被験者は各桁の問題に対して，3 回ずつ試行した。したがってケータイ使用時の運転実験の試行総数は，

会話桁数 4 とおり×繰り返し 3 とおり×被験者 6 名
= 72 とおり　・・・・　(1)

となる。被験者 1 人あたりの 12 試行は，練習を十分に行った上で，疲労が影響しないように休憩を十分にとりながら，また，順序効果が出ないように順序を変えて実施した。

液晶シャッターゴーグル使用時は，ケータイ使用時と条件を合わせるために右手の片手運転としたが，それ以外は制約はなく，運転に専念できる。ただし，ゴーグルの液晶フィルムが透過と遮蔽を繰り返すようにし，運転者は走行画面が見えたり見えなくなったりする。実験では，例えば透過時間を 5.0 秒，遮蔽時間を 3.2 秒のように設定し，後述する運転成績がケータイによる会話時の運転と差がない組合せを見つける。そのために初めは 1 秒単位でランダムな組合せを試行し，ケータイ使用時の成績と近い成績が出ると，その組合せの周辺を 0.1 秒きざみで組合せ時間を変化させて試行する。ここで各被験者は透過と遮蔽の同じ組合せに対して 3 回ずつ繰り返し試行した。

自動車シミュレータ[8] はアクセル，ブレーキ，ハンドルから成り，それらの信号を制御するパソコンおよび走行画面をスクリーンに投影するカラー液晶プロジェクタで構成される。運転は比較的明るい部屋 (800lx) で 1 分間継続して行う。運転課題としては左右方向に安定に，さらに，前方を走行する車との車間距離を一定に保つように被験者に指示する。なお，先行車の速度は時速 40～60km でランダムに変化する。先行車との距離が 70m を超えると後続車が目前に割り込むようになっている。先行車と衝突すると試行は終了する。また，道は高速道路のように 1 本道でランダムにカーブが出現する。毎 1 分間の運転はカーブの種類や出現頻度など，難度が均一になるようにシステム側で調整

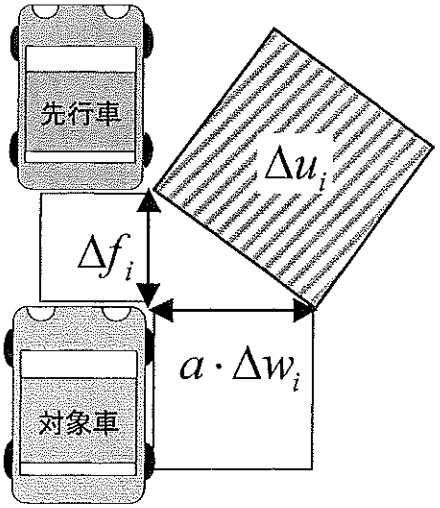


図 3　運転の不安定度を表す概要図

している。

運転成績は，自動車の走行軌跡による運転の不安定度，および後続車の追い越し回数や先行車との衝突回数で評価する。運転の不安定度 Uは図 3 および式(2)に示すように 0.2 秒ごとの走行軌跡の左右変動と車間距離の変動を合成して定量化したものとしている。

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log_{10}(\Delta u_i)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log_{10}(\Delta f_i^2 + (a \cdot \Delta w_i)^2)}{n} \quad \cdots\cdot (2)$$

ここで，Δu_i は単位時間の不安定度，Δf_i は単位時間の車間変動，Δw_i は単位時間の左右変動，a は係数である。n はサンプリング数(600)である。

また車間変動と左右変動を別々に評価するため，単位時間あたりの車間変動と走行軌跡の左右変動のそれぞれについて，RMS 値を求めた。

3　実験結果

図 4，図 5 に種々の運転条件に対する運転の不安定度をまとめて示す。図には片手で運転のみに専念する場合の結果をコントロールとして付加している。ケータイ使用時では，不安定度は 0.3 を超え，会話課題の桁数が増えるほど不安定さが増している。一方，液晶シャッターゴーグル使用時について，図 4

では透過と遮蔽の時間が（2秒：3秒），（4秒：3秒）の組合せでは，透過時間と遮蔽時間がほぼ同じで，視界の遮蔽率（単位時間あたりに視界が遮蔽される割合）がそれぞれ60%，43%と高いため運転の不安定度は0.6以上となり，かなり不安定な運転成績となっている。（6秒：3秒）の組合せの場合では，遮蔽率は33%と低くなるが，それでも運転の不安定度は0.4を超え，不安定な運転成績となっている。（8秒：1秒）の組合せの場合は，遮蔽率が11%と低く，運転の不安定度は0.3以下となっている。この値は，ケータイ使用時の値よりも低く（$p<0.1$），ケータイで会話しながらの運転は（8秒：1秒）の組合せ，すなわち9秒間に1秒間だけ視界を遮蔽される場合の運転よりも不安定であることを意味している。

液晶シャッターゴーグルの透過時間と遮蔽時間の組合せを種々に変化させ，ケータイ使用時の運転成績と同等になる組合せを探し求めた結果が図5である。この結果に至るまで，33とおりの組合せを試した。このとき，透過時間は1～9秒，遮蔽時間は1～4秒の間で変化させた。運転の不安定度は，運転のみの場合を除いていずれも有意差（$p<0.05$）が認められず，ほぼ同等の成績であると言える。したがって，ケータイによる会話時の運転成績は，その難度にもよるが，透過時間が6～9秒に対して遮蔽時間が2.3秒の条件に匹敵することがわかった。6～9秒の透過時間を，その平均値7.5秒で代表させると，ケータイによる会話時の運転成績は，透過時間7.5秒に対して遮蔽時間2.3秒，すなわち約10秒間に2.3秒間だけ視界を遮蔽される場合の成績に匹敵することになる。運転成績のうち，後続車の追い越しや先行車への衝突の回数は，ケータイの会話難度が高いほど，また，シャッターゴーグルの遮蔽率が高いほど増加した。図6で示した条件の場合，ケータイとシャッターゴーグルの両者で追い越し回数や衝突回数の傾向も一致した。

ケータイとシャッターゴーグルの場合の運転成績が同等となる図5の組合せについて，左右変動と車間変動の大きさをそれぞれ比較した。図6，図7にそれぞれの結果を示す。左右変動では，ケータイよりもシャッターゴーグルの方が成績が良い($p<0.08$)結果となった。それに対して車間変動では両者の成

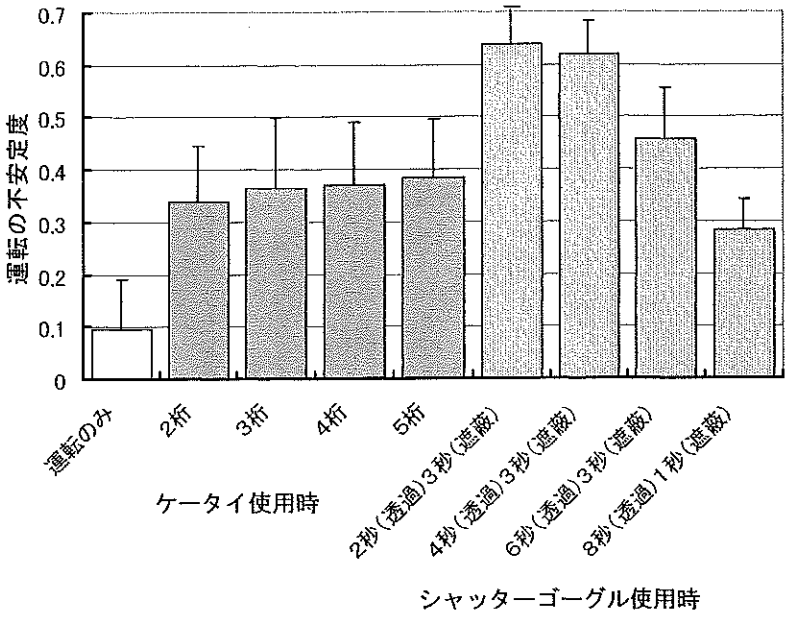


図4　運転成績の比較
（ケータイ使用時とシャッターゴーグル使用時で異なる例）

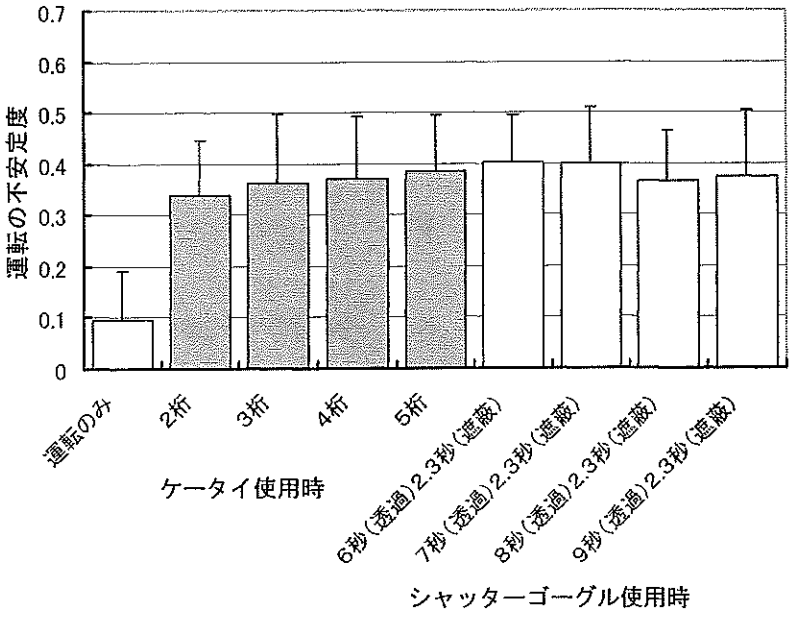


図5　運転成績の比較
（ケータイ使用時とシャッターゴーグル使用時で等価な例）

績に差は認められなかった。本研究で使用したシミュレータでは，道路の数10m先が見えるため，これから先の左右のハンドル操作を予測することができる。一方，信号機も交差点もない1本の道路を先行車が走っているだけの状況では，先行車の速度の増減を予測することはできない。このようなシミュレータでは，突然視界を遮断されても予測を頼りに左右のハンドル操作だけはある程度可能となる。そのために，シャッターゴーグルの場合の左右変動が小さくなったと考えられる。一方，ケータイの場合は，予測可能な左右のハンドル操作でさえ，変動が大きくなったことから，ケータイで会話をすることにより，これから先の運転の予測ができなくなったのではないかと考えられる。

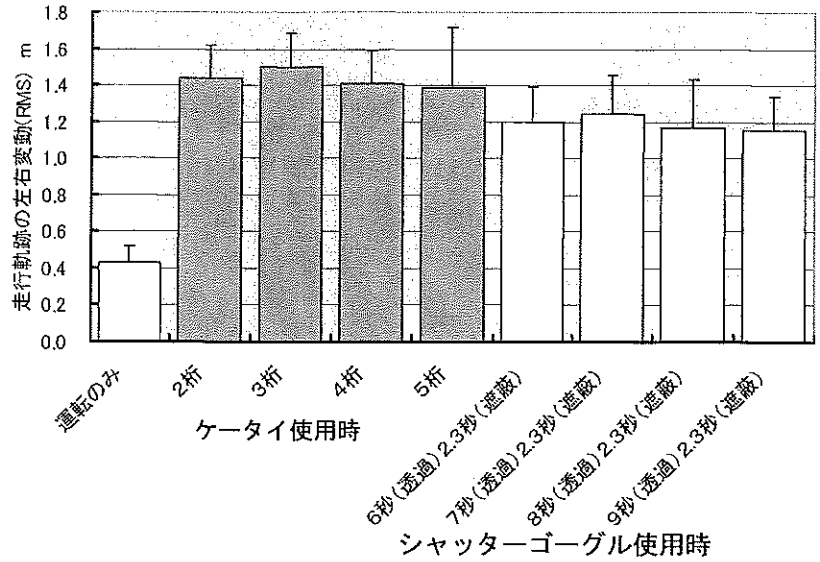


図6　運転成績の比較（左右変動）

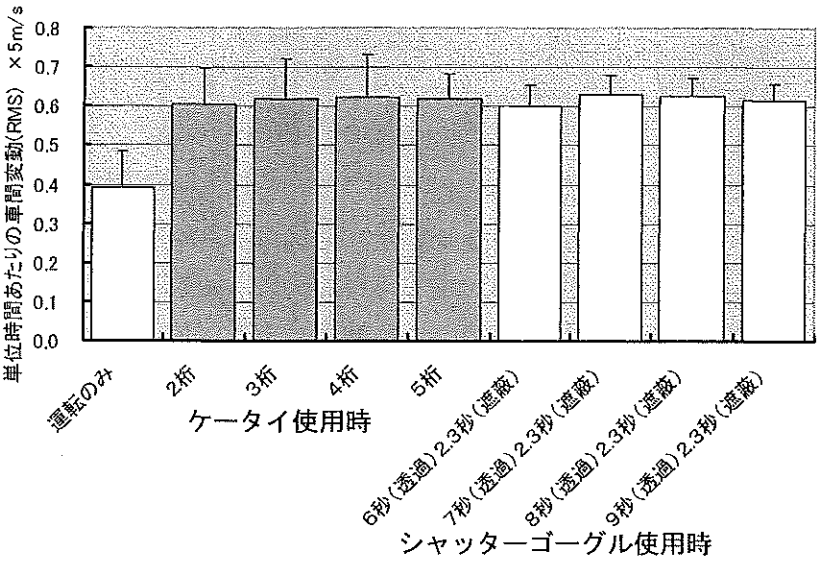


図7　運転成績の比較（車間変動）

4　おわりに

ケータイによる会話時の運転は，約10秒間に2.3秒間だけ視界を遮蔽される状況に匹敵することがわかった。また，ケータイで会話をすると，自動車運転に必要な予測機能が妨げられる可能性が示唆された。

参考文献

1) 社団法人　電気通信事業者協会，http://www.tca.or.jp (2008).
2) 総務省統計局統計センター，http://www.stat.go.jp/data/jinsui/index.htm (2008).
3) 門居，川野，奥井：自動車運転中のケータイ通話に起因する視空間的処理過程の遮蔽に関する研究，シンポジウム「モバイル08」，p.59-62（2008）.
4) 内閣府：交通安全白書　平成19年版，p.18（2007）.
5) 例えば，警察庁交通局：平成１９年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について，p.38 (2008).
6) 鳥塚：携帯電話，ハンズフリーの車内利用についてのユーザー調査，シンポジウム「モバイル 2007」，p.25-26 (2007).
7) Strayer, D.L., Drews,F.A., and Johnston,W.A.: Cell Phone-Induced Failures of Visual Attention During Simulated Driving, Journal of Experi-mental Psychology: Applied, Vol.9, No.1, pp.23-32 (2003)
8) 東，川野，浜田，岩木，北川，森脇：携帯電話による会話と自動車運転の同時処理における意味的および空間的情報の干渉，日本機械学会論文集（C編）Vol.70,No.693,pp.1341-1347(2004).

鉄道無線に対する自己関連性
－鉄道運転士と大学生の比較－
The Self-relevant Information about Train Radio
－Comparison between Train Drivers and University Students－

○上田真由子*，内藤久士**，臼井伸之介***

*JR 西日本 安全研究所　**JR 西日本 安全推進部　***大阪大学大学院 人間科学研究科

UEDA Mayuko*, NAITO Hisashi**, USUI Shinnosuke***

*Safety Research Institute, West Japan Railway Company **Transport Safety Department, West Japan Railway Company ***Graduate School of Human Sciences, Osaka University

1　はじめに

鉄道運転士（以下、運転士）にとって鉄道無線（以下無線連絡）は、安全な列車運行のための重要なツールである。ただし、現在の無線連絡提示方法は各鉄道会社で異なっており、統一した見解はなされていない。

そこで、今回は自分に直接関係のない無線連絡を受信した場合の運転士の注意特性と記憶特性を検討することを目的とした。これは、多くの鉄道会社において、現在の無線とは、自列車に対する無線連絡以外にも指令と他の運転士等との無線上でのやりとり（自分に直接関係のない無線連絡）を受信できる仕様となっている（ただし、1 対 1 で無線のやりとりを行い、他の列車はそのやりとりが傍受できない手法を用いている鉄道会社も存在する）。しかしながら、この仕様は運転士の運転作業や心理的影響を考慮した場合、最適であるかは不明であるためである。

そこで、上記の目的を達成するため、無線連絡を無視しながら、視覚課題と聴覚課題を同時に遂行する二重課題を実験協力者に課した。その後、予告なしに無視していた無線連絡の内容に関する再認課題を遂行させた。また、実験協力者に関しては、無線連絡に対する自己関連性の高低が課題成績に及ぼす影響を含めて検討するため、運転士と大学生を参加させた。

これらの結果を検討することにより、運転士に対する最適な無線連絡の提示手法を模索する手がかりを得られると考えられる。

2　方法

実験協力者

（運転士）　JR 西日本所属の現役運転士 26 名（全員男性 / 年齢範囲 22-32歳 / 平均年齢26.6歳 / 運転士経験年数範囲 2 か月 - 10 年 8 ヶ月 / 運転士平均経験年数 5 年 1 カ月）　が勤務の一環として参加した。

（大学生） 大阪大学に所属する大学生・大学院生 13 名（男性 6 名・女性 7 名 / 年齢範囲 20-24 歳 / 平均年齢 21.5 歳）が図書カードを謝礼として参加した。

装置と刺激

実験協力者から前方 150cm の位置にモニタ、同様に前後 150cm の位置にスピーカが設置され、それぞれ視覚刺激と聴覚刺激が提示された。視覚刺激はモニタ上に提示される黒背景に白文字のＡからＺまでの英字であり、聴覚刺激は 1000Hz と 6000Hz の純音であった（Figure 1 参照）。

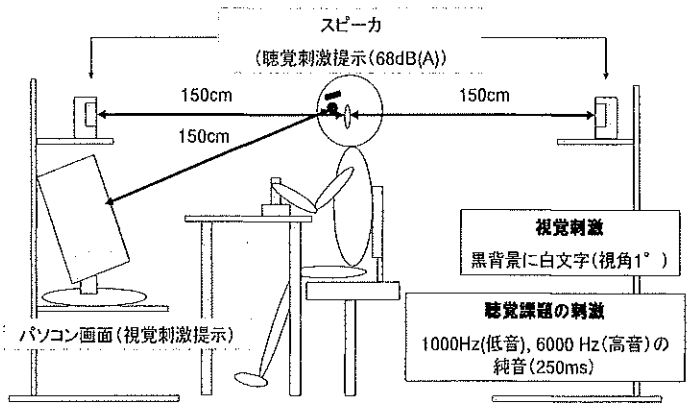


Figure 1　実験配置図

聴覚課題

①「ピッ」という短い高音・低音のいずれかがスピーカから断続的に提示される。その度に高低判断を行い、ジョイスティックを左右に倒す。

②高音・低音に関わらず、「ピッ」という音が 1 課題終了までに何回提示されたのかを数え続ける。

視覚課題

様々な英字がモニタ上から連続的に提示される。その中で「X」が提示されたらできるだけ速くジョイスティックのトリガーを引く。

無線連絡の無視

「指示」「通告」「情報連絡」「報告依頼」に分類された運転士と指令間の無線連絡のやりとりが実験開始と同時に前後一方のスピーカから流れる。実験協力者は内容に関わらず、この無線連絡を無視し続けなければならない（Table 1 参照）（ただし、「無線なし条件」では無線連絡が提示されない）。

Table 1 本試行で用いた無線連絡の種類

無線分類	内容	説明	重要度
通告	着発線変更	列車が到着して発車する番線を所定から変更すること	大
	速度規制	運転速度を制限すること	
報告依頼	人身事故	人が負傷または死亡したこと	大
	急病人発生	急病の乗客が発生したこと	
指示	出発指示待ち	指示があるまで列車の出発を行わないこと	中
	自区当直連絡	所属の当直に連絡すること	
情報連絡	(新快速) 接続	乗換ができるように、駅で列車同士が時間を取ること	小
	機外停車	駅に進入する列車に対する信号機の手前側で停車すること	

（重要度は鉄道経験者 2 名によってダイヤの乱れや安全な運行に関わる可能性を考慮して分類した）

再認課題

全実験終了後、予告せずに再認シートを渡され、無線連絡について覚えている項目についてチェックを入れる（再認項目：駅名・人名・内容）。

手続き

実験協力者は視覚課題と聴覚課題に関する説明を受け、各課題を常に同時に行うように教示された。その後、実験協力者は顎乗せ台の高さに合うようにイスの高さを調節され、頭部を固定された。すべての教示を受けた後、実験室が暗室にされた。更に、全ての二重課題を遂行した後、再認課題を行う必要があった。

3 結果

視覚課題

（詳細は上田・内藤・臼井（2008）[1]、上田（2008）[2] を参照）

運転士と大学生の視覚課題反応時間を各々従属変数として、実験協力者内 3 要因分散分析（視聴覚ターゲット間の ISI（100 / 450 / 800 / 1150 / 1500ms の 5 水準）、無線連絡の提示位置（前 / 後の 2 水準）、無線連絡の種類（指示 / 通告 / 報告依頼 / 情報連絡 / 無線なしの 5 水準））を行った結果、運転士のみにおいて、無線連絡の種類の主効果が有意となった（$F(4,96)=5.298$, $p<.01$）（視聴覚ターゲット間の ISI と無線連絡の提示位置の説明に関しては紙面の都合上、割愛する）。以下に、運転士と大学生のそれぞれの結果を示す。

（運転士） 多重比較の結果、無線なしと通告、無線なしと報告依頼の間に有意差が生じた（$p<.05$）。つまり、通告と報告依頼に関する無線連絡が背景音として流れると、無線なし条件よりも視覚反応時間が長くなることがわかった（Figure 2 参照）。

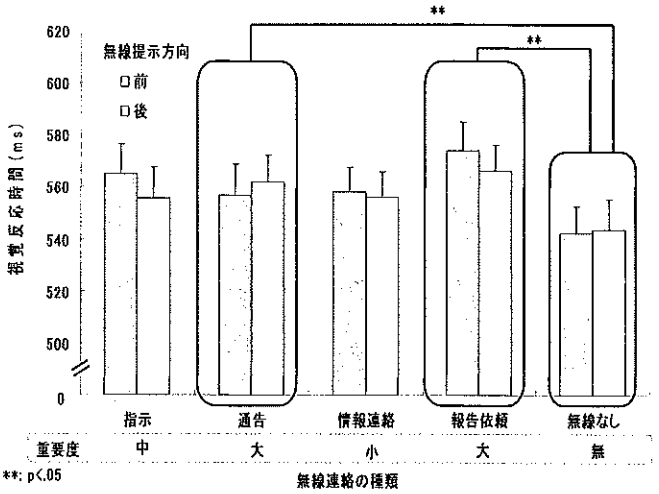


Figure 2 運転士の視覚課題反応時間（ms）

（大学生） 分散分析の結果、無線連絡の種類の主効果は非有意であった。つまり、運転士の結果とは異なり、無線連絡の有無による視覚反応時間への影響は一切見られなかった（Figure 3 参照）。

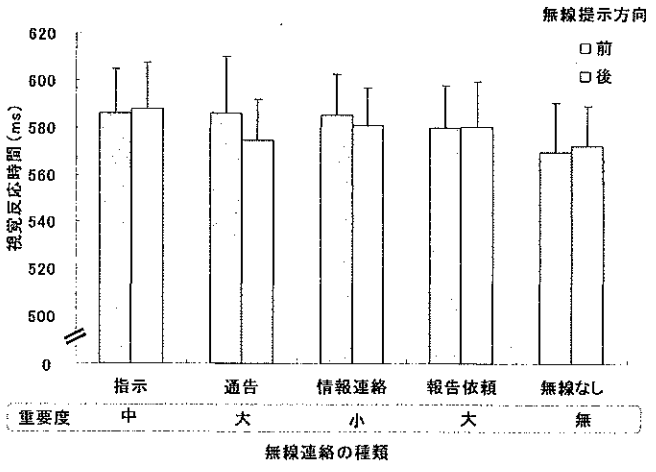


Figure 3 大学生の視覚課題反応時間（ms）

再認課題

再認課題に関して、各実験協力者における再認の可否を無線連絡のシナリオ内容別（着発線変更（通告）/速度規制（通告）/出発指示待ち（指示）/自区当直連絡（指示）/人身事故（報告依頼）/急病人発生（報告依頼）/新快速接続（情報連絡）/機外停車（情報連絡）の8水準）に分け、コクランのQ検定を行った。その結果、両実験協力者共に駅名において有意差が認められた（運転士：$Q(7)=15.636$, $p<.05$ / 大学生：$Q(7)=15.351$, $p<.05$）。ただし、多重比較を行ったところ、運転士と大学生では異なる傾向が得られた。以下にそれぞれの結果を示す。

（運転士） 多重比較を行ったところ、人身事故が着発線変更・速度規制・出発指示待ち・新快速接続・機外停車よりも有意に再認比率が高く（$p<.05$）、また人身事故と自区当直連絡の間にも傾向差が見られた（$p<.10$）。つまり、人身事故に関する内容が提示されるとその内容のみならず、駅名までの再認比率が有意に高い結果が示された（Figure 4 参照）。

（大学生） 多重比較を行ったところ、着発線変更が出発指示待ち・急病人発生・新快速接続よりも有意に再認比率が低く（$p<.05$）、また着発線変更と自区当直連絡の間にも傾向差が見られた($p<.10$)。つまり、一見すると無線連絡の重要度の高低に関らず、不規則な再認成績が見られた（Figure 5 参照）。

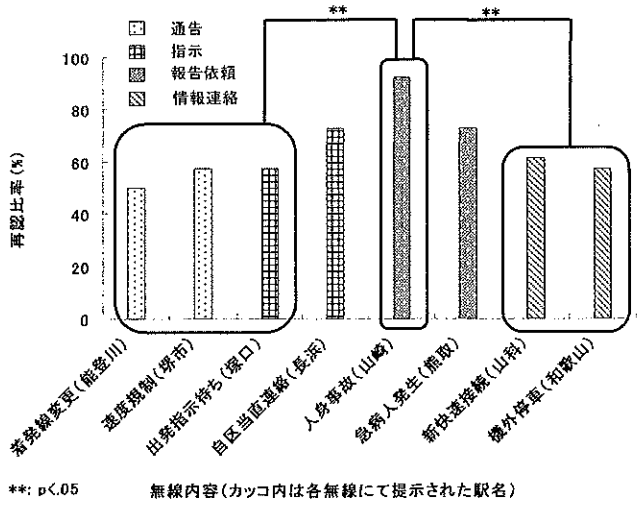


Figure 4　運転士の再認課題の結果（%）（駅名）

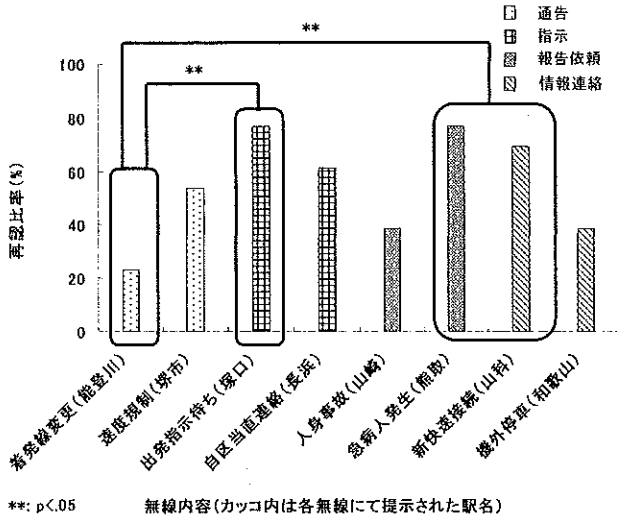


Figure 5 大学生の再認課題の結果（%）（駅名）

4　考察

視覚課題

実験協力者には、「背景音（無線連絡）に関しては無視して下さい」と教示しているにもかかわらず、Figure 2 に示すように、運転士のみにおいて通告と報告依頼に関する無線連絡が提示された際、視覚ターゲットに対する反応の遅れが生じた。一方、無線なしとその他の無線（指示・情報連絡）の間では有意差は生じていなかった。この結果は、運転士が無線連絡に対する自己関連性が高く、かつ通告と報告依頼の情報としての重要度が高いために生じたと考えられる。

元来、注意とは、「不用な情報を捨て去り、有用な情報を獲得する情報選択機能を指す」とも定義される[3]。つまり、通告と報告依頼は、指示と情報連絡よりも有用な情報であったため、聴覚的注意が自動的に（ここでいう「自動的」とは自分の意図とは関係なく作用するという狭義の意味であり、無意識的にという意味ではない）惹きつけられた結果、視覚課題への反応の遅延が生じたのであろう。

更に、鉄道という実際場面を基に考察を行うと、特に報告依頼において有意な反応遅延が生じた原因は、正確なダイヤ運行に乱れを来たす可能性が高い情報であったためだと考えられる。特に「人身事故」の無線連絡では、運転士に対する最大の警告音とされている防護無線の信号音を発信しており（鉄道用語では「発報」という）、また大幅なダイヤの乱れが

予想され得る無線内容であった。運転士は5秒単位の精緻な運行ダイヤに従って列車を運転する義務を課せられているため、大幅なダイヤの乱れが生じた際には、日常と異なる業務を行う必要性が高くなる。そのため、今回のような無線内容を提示されたとき、運転士経験を有する実験協力者らは自然にどの程度ダイヤが乱れる可能性があるのか、どの駅付近で事故が生じたのか等の情報を自動的に入手しようとした結果、視覚課題への反応が遅延したと考えられる。

一方、通告と無線なしの間に有意差が生じた要因は、上述した理由とは異なるものである。通告とは、様々な無線連絡の中でも重要度が高く、運転業務上必須となる事項を伝達するものである。また、他の無線連絡と大きく異なる点として、運転士が指令員からこの通告を受けた場合、通告受領券と呼ばれる書類にその内容を書き留めなければならない(例外もある)。つまり、他の無線内容よりも運転士への負担の重い情報と言える。基本的には、自分が担当する列車以外への通告は無視して運転しても支障はない。しかしながら、自分と同じ路線を走る先行列車への通告は、全く同じ内容で自分自身にも伝達されることが多い。そのため、自分自身に伝達された事態を想定し、無線対応による負荷を少しでも減らすため、自分に対する通告ではなくとも、経験上、通告に関する無線には自動的に情報処理を行う傾向にあるのかもしれない。そのため、結果的に反応すべき視覚的注視対象への反応が遅延したと考えられる。

以上の考察により、運転士は重要な無線連絡に関しては無視できない注意特性を持つと考えられる。

一方で、大学生において、無線連絡の有無による視覚課題への影響は見られなかった。これは、大学生は運転士と異なり、無線連絡に対する自己関連性が低かったために、自動的に注意が惹きつけられることがなく、無線連絡を無視することが可能になったと考えられる。

再認課題

運転士において、人身事故に関する無線連絡が提示されると、その事象が生じた駅名に対する再認比率が高いことが明らかとなった。これは、ダイヤの乱れを誘発する可能性が高い無線連絡に関しては、運転士がその被害が自線にまで影響するのかを把握する必要があるからこそ、自動的に記銘・保持する特性を身につけたと考えられる。

一方、大学生において、一見不可解な再認課題結果が示された。この結果は、運転経験のない大学生が無線連絡の重要度を理解した結果である可能性は低いだろう。むしろ、無線内容に関わらず、単純に「駅名」そのものに対する自己関連性の高低に従った結果である可能性が高い。実際、今回協力頂いた学生は大阪大学に所属している。そのため、大阪駅に近い駅名や新快速、快速が停車する駅名に関しては再認比率が高い。つまり、大学生にとって自身が居住する地域の駅名に関しては自己関連性が高いため、再認比率が高くなったと考えられる。

結論を述べると、無線連絡の内容そのものに対する自己関連性が低くとも、一部に自己関連性の高い単語が含まれていれば、一般的にその単語に対しては再認し易くなる記憶特性を持つと言える。

その一方で、運転士は、無線連絡に対する自己関連性が高く、知識も豊富に持ち合わせている。そのため、内容を理解した上で、本当に必要な単語を自動的に記銘・保持する、運転場面に即した記憶特性を持つと言えるだろう。

以上、運転士についての諸特性をまとめると、重要な無線連絡に対しては無視することが出来ないという注意特性を持つ一方で、運転上、必要となる情報に関しては自動的に記銘・保持する記憶特性を持つと言える。つまり、運転士は列車運転を行う上で最も効率の良い特性を身につけているのだろう。今後はこのような運転士の特性を踏まえた上で、ソフト面・ハード面の対策を行っていく必要がある。

参考文献

1) 上田真由子・内藤久士・臼井伸之介 (2008) 鉄道無線に対する注意特性 ー鉄道運転士と大学生の比較ー 関西心理学会第120回大会論文集 印刷中

2) 上田真由子 (2008) 空間における crossmodal attention ー音のデザインと鉄道無線の観点からー 大阪大学大学院人間科学研究科博士論文

3) 横澤一彦 (1995) 視覚的注意 乾敏郎(編) 認知心理学 1 知覚と運動 (pp.169-192) 東京大学出版会

【付記】本研究は大阪大学大学院人間科学研究科との共同研究テーマ「ヒューマンエラーと違反行動の発生メカニズムに関する基礎的研究」の一環として行われたものである

子供の成長に伴う警告絵文字の理解度に関する研究

A Study on Comprehension of Warning Symbol in Childhood

○山本直史，岡田明
大阪市立大学院　生活科学研究科
YAMAMOTO Naofumi, OKADA Akira
Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

1　はじめに

今日、我々の生活の様々な環境で警告絵文字を目にする。その多くは子供にはおろか、成人ですら意図を理解することが困難なものが多い。成人であれば併記された文字によりその警告の意図を理解することができる可能性はあるが、子供の場合は「漢字が読めない」等の理由から、文字による併記が役に立たないことも考えられる[1]。警告絵文字は事故に遭う可能性の高い子供にも成人と同等に理解されることが重要である。しかし、子供を対象とした警告絵文字の理解度に関する研究はほとんどされていない。

そこで本研究では、成人と子供の警告絵文字に対する理解度を比較し、子供の警告絵文字理解の傾向を探った。

2　警告絵文字の選定

実験で使用する警告絵文字の選定を行った。

絵文字には様々な定義のされ方があるが、「象徴化絵や図記号により、意味するものの形状を使って、その意味概念を理解させる記号である。」と定義するとわかりやすい[2]。したがって警告絵文字は「事故を防ぐために行動の禁止や注意を促す絵文字」となる。

本実験で使用する警告絵文字は、「子供の事故として多発するトラブル」に使用される（使用すべき）ものを中心に選定を行った。

「多発するトラブル」の説明として、0～5歳の乳幼児事故の発生件数を内容別に示す（図１）。そして、多発する内容に対し、それらのトラブル（事故）を防ぐために使用される（使用すべき）絵文字を既存のもの、新規に作成したものを交え選定を行った（図２）。なお、「交通事故」に関しては、事故の原因が様々なため本実験では省いた。

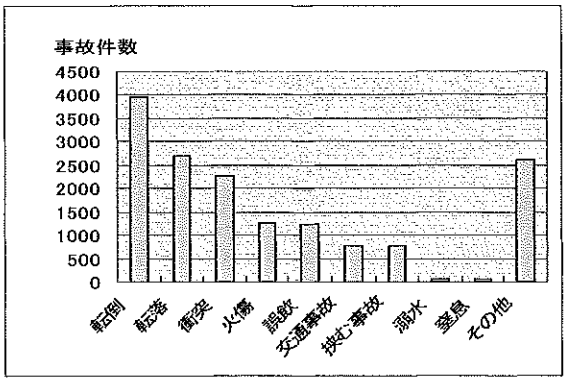


図１．乳幼児種類別事故発生件数[3]



図２．実験使用警告絵文字（c, i は新規に作成。）

3　実験１

3－1　目的

筆者らはおもちゃ用警告絵文字を対象とした成人

と子供の比較実験をすでに試みており「子供の理解度は成人の理解度と基本的には同じような傾向があり、子供の方が理解度は低い」「子供は成人では考えられないような感性で絵文字を読み取ることがある」などの結果を得ている。その結果を受けて、今回は事故を防止するために一般的に使用される警告絵文字の理解度に関する実験を試みた。

3－2　実験参加者

20歳代から50歳代の成人12名

大阪府下の保育園に通う3～5歳の子供18名

3－3　実験方法

成人、子供それぞれに対し、前述で選定した警告絵文字にその絵文字を使用するにふさわしい状況の写真を併記したものを見せ、絵文字が何を意味しているかを質問し、理解度の調査、比較を行った。また成人に対しては、不正解の場合、わかりにくかった理由に関する聞き取りも行なった。

成人に対しての実験は、一人の参加者に対し全12種類の警告絵文字に関してアンケート形式で回答を依頼した。

子供に対しての実験は、一人の子供に対し全12種類から6種類を無作為に選択したものに関して、子供と実験者、一対一での聞き取り形式で行った。

3－4　結果と考察

○ 成人

「触るな」「挟まれ注意」「口に入れるな」「のぞくな」の警告絵文字はその他の絵文字に比較して理解度が低いものとなった。これら4種類の絵文字は、身体の一部を拡大して絵文字にしたという点、頻繁に目にするものではないという点で共通している。

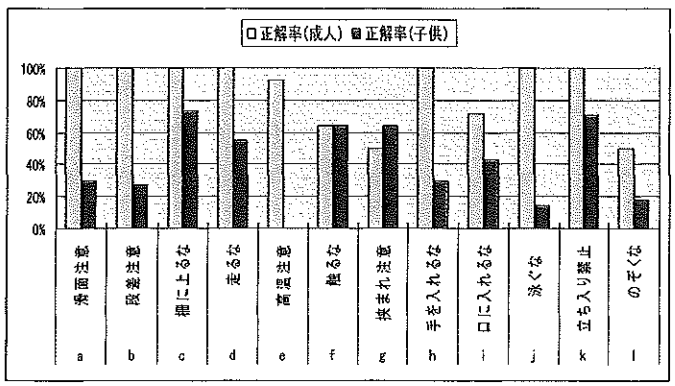


図3．成人、子供別警告絵文字理解度

○ 子供

「柵に上るな」「走るな」「触るな」「挟まれ注意」「立ち入り禁止」に関しては比較的高い正解率を得ることができた。これらは普段から注意されることが多い内容だと考えられる。写真の内容のものを子供たちが知らない（理解できない）場合は、正解率は比較的低いものとなった。

また、子供は警告絵文字の絵の部分を理解できたとしても、赤の斜線が禁止を表しているということを理解できないという結果が少なからず見られた。

○ 比較

成人と子供の警告絵文字に関する理解度には全体として差（成人の正解率が高い）が見られた。特に、写真の内容のものを子供が理解できない可能性が高い場合、事故件数の多いものに対しての絵文字を使用する場合において、正解率に大きな差が見られた。

しかし、「挟まれ注意」のみに関して、子供の方の正解率が高い結果となった。この理由に関してはサンプル数を増やしさらに正確なデータと傾向を探る必要があると思われる。

4　まとめ

本実験の結果より、警告絵文字の理解に関しては全体として、今までの経験や普段の生活状況などが関連する可能性があると考えられる。

実験1では、数種類の警告絵文字を除き成人と子供には理解度に関して大きな差があることがわかった。現在、実験2として、写真ではなく、実際にものを見せるなどしてより実際の状況近い形による実験の準備を行なっている。今後は、より幅広い年代の子供への比較実験を試み、成長における絵文字理解の変化を探りたい。

5　参考文献

1）財団法人日本規格協会：ガイド50－安全側面－子供の安全の指針，2002

2）太田幸夫：ピクトグラム〔絵文字〕デザイン，柏書房，1987

3）厚生労働省：人口動態統計（平成18年度）

コミュニケーション支援用絵記号のデザイン則の検討

Consideration of Design Guideline of Pictorial Symbols for Communication Support

○松本健吾*，森本一成*
*京都工芸繊維大学　大学院工芸科学研究科
Kengo MATSUMOTO*, Kazunari MORIMOTO*
*Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

1　はじめに

図記号は近年，普遍的にわかる，わかりやすいコミュニケーション手段になり得るとされ，知的障害者の教育現場でも用いられてきた。しかし，学校や地域ごとにデザインが違うのは不便だという声があり，統一された記号を作ろうという試みからコミュニケーション支援記号が作られた[1]。

現在使われているコミュニケーション支援記号には，絵柄のわかりにくいものがあると指摘もあり，使用者の認知負担を増し，混乱を生じさせる可能性がある。このため，コミュニケーション支援記号を作成する際，使用者がわかりやすくかつ，混乱の生じない絵記号を考える必要がある。

本研究では，我々が提案したデザイン案[2]を用いて，新しいコミュニケーション支援記号を作成し，評価を行うことによって提案したデザイン案の有効性を検証した。

2　コミュニケーション支援用絵記号

コミュニケーション支援用絵記号とは，文字や話し言葉によるコミュニケーションの困難な人が，自分の意思や要求を相手に的確に伝え，正しく理解してもらうことを支援するための絵記号である(財団法人日本規格協会に設置したコミュニケーション支援用絵記号JIS 原案作成委員会)。図１に，例示するように絵文字を組み合わせることで伝達文を作ることが可能になる。



図 1. 私はお腹が痛い，医者はどこ？

3　新しいデザイン案の提案

新しいデザイン案を考案するために，個々のコミュニケーション支援用絵記号の意味を問うアンケートを日本の学生 180 人に行った。実験結果より以下の新しいデザイン案を保った。

1．組み合わせ記号をできるだけ使わないこと
2．もし，それを使ったとしても印象性の高い記号は使わず,できるだけ不要な情報は入れないこと
3．組み合わせた記号間に関連性を示すこと
4．絵が示す実際の対象物との間に存在する形態的な類似性を高めること
5．抽象性が高い場合は，複数の要素を用いて内容表現する

4　絵記号の作成

筆者らが以前に行った実験で得られた[2]，正答率が 30%以下であった 12 個の絵記号に対して，提案するデザイン案を適用することにより，絵記号を分かりやすくすることを試みた。図２に適用前の絵記号を，図３に新しくデザインした絵記号を示す。

今回作成した絵記号は主に，デザイン案の３と５を使用した。つまりは，抽象性が高いもの対して，新しい表現要素を加えることによって，既存の記号間に関連性を生じさせ，絵記号の意味を表現した。

5　実験

5．1．1　目的

新しい絵記号が，適用前の絵記号に比べてどれだけ分かりやすくなったのかを検討するために，分か

りやすさに関する主観評価および絵記号の意味を問うアンケート実験を行った。



図2．コミュニケーション支援用絵記号[1)]



図3．新しくデザインしたコミュニケーション支援用絵記号

5．1．2　実験1

被験者に絵記号の分かりやすさについての5段階の主観評価実験を行った。被験者は18歳ー25歳の学生100名（男50名，女50名）であった。実験に使用した絵記号は，街中などで障害者が健常者に対して使用するため，時間を問わず街中にいると思われる学生を選んだ。

5．1．3　実験結果

表1に実験結果を示す。

評価実験の結果から，「お酒」以外の新しい絵記号は統計的に有意な差のあることがわかった。また，「今日」「明日」「感謝する」以外の新しい絵記号の平均値は3.9以上あった。「お酒」の場合は，平均値が4.4から4.6と僅かしか上昇せず，また有意差（$t=1.7$，$p<0.001$）が認められなかったことから，提案したデザイン案では分かりやすさは改善されなかったと言える。しかし，もともと平均値が4.4と高い絵記号と同等以上の評価を得られたことから，新しくデザインした「お酒」は分かりやすいと言える。これらのことから，提案したデザイン案は有効であることが分かった。

表1．絵記号の平均評価尺度値の差

絵記号の意味	平均評価尺度値の差（適用後−適用前）	T値	有意確率
大きい	1.7	10.9	.000
どこ？	2.6	20.5	.000
明日	1.0	7.9	.000
春	0,8	5.9	.000
感謝する	0.9	6.0	.000
高価	1.0	7.7	.000
難しい	0.7	4.8	.000
今日	0.4	4.1	.000
吐き気がする	1.1	8.3	.000
冷たい	1.3	9.4	.000
お酒	0.2	1.7	.087
お茶	1.1	9.2	.000

次に、主観評価尺度値の平均値が低かった「今日」「明日」「感謝する」の主観値の分布にばらつきがあり，ピークがなく平坦であった。たとえば、「感謝する」の結果を図4に示す。他の絵記号についてもこの図と同じ傾向が見られたので，3つの絵記号の意味に対してイメージする絵記号が被験者によって異なっていたのではないかと思われる。

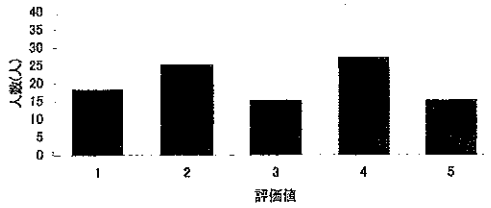


図 4. 絵記号「感謝する」の主観評価尺度値別の頻度（人）

5．1．3　考察

提案したデザイン案によって「今日」,「明日」という時間変化を表す絵記号の分かりやすさは改善されたが，評価にバラつきがあり，また評価の平均値が２点台であったことから，十分に分かりやすいコミュニケーション支援記号になったわけではないことが分かる。これは,「今日」や「明日」にというものは時間変化のみによって成り立っており，これら表すような具体的なものはないからだと考えられる。「今日」や「明日」といった抽象概念に関係するものの表現の難しさは，JIS の原案にも表記されており，これら２つを表現することは課題とされている。

次に,「感謝する」絵記号は「今日」「明日」と同様に分かりやすさは改善されたが，十分に分かりやすい絵記号になったわけではないことが分かる。その理由として，回答者の「感謝する」に対するイメージが人によって異なることが挙げられる。例として,「頭を下げる」,「握手をしながら頭を下げる」,「何か物を渡す」,「感謝の言葉を言う」といったことがある。新しいデザインは，握手しながら頭を下げるという行為を使って「感謝する」を表現したため，それ以外のイメージを持っている人に対しては「感謝する」に対する評価値にバラつきが生じたと考えられる。

以上のことから，提案したデザイン案は有効であることが分かったが，デザイン案５を採用する場合には，コノテーションの内容は個人によって左右されるので，自明であるが表現要素の選び方に細心の配慮が必要である。

5．1．4　実験２

18 歳ー25 歳の大学の学生 50 名（男 25 名，女 25 名）に新しい絵記号の意味を問うアンケートを行った。

5．1．5　実験結果

実験結果を図５に示す。この図からすべての絵記号において正答率が上昇していることが分かる。しかし，主観アンケート評価と同様に「明日」「今日」「感謝する」の正答率は 38%，30%，20%と低かった。また，絵記号の有効性を 60%以上であれば認める[3]と考えた場合，12 個の絵記号の内 8 個の絵記号が有効という結果が得られた。

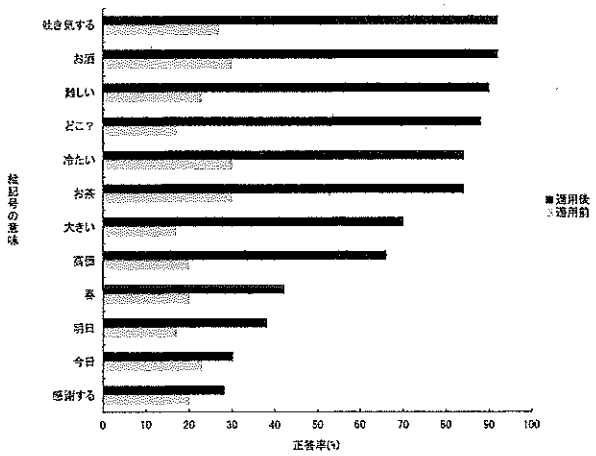


図 5. 絵記号の正答率と意味

図６に正答率と主観評価尺度値との関係を示す。主観評価尺度値が上がると共に正答率も上がるという傾向が見られた。また，評価値が 3.9 を超えるとすべての絵記号が正答率 60%を超えた。

正答率が低い絵記号は，最低でも１つの絵記号に付き１３種類の誤回答を得られた。例として，正答率が 60%に満たなかった絵記号のうち「明日」,「感謝する」の実験結果の誤回答を見やすくするためにグループ分けしたものを図７と図８示す。

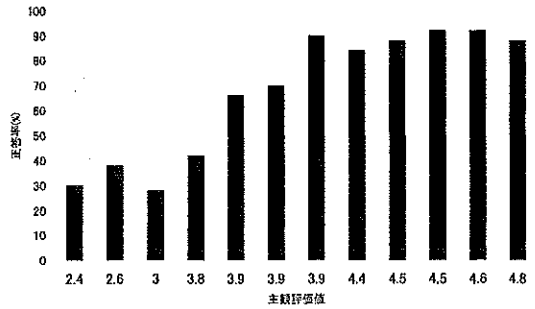


図 6. 主観評価尺度値と正答率との関係

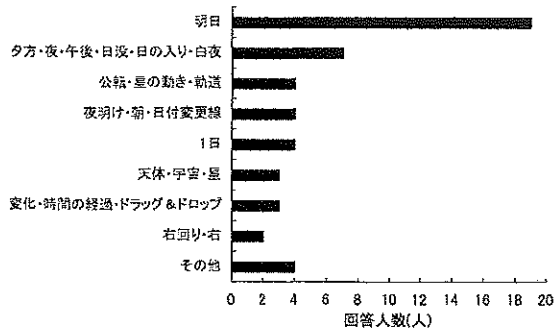


図7.「明日」に関する誤回答の頻度（人）

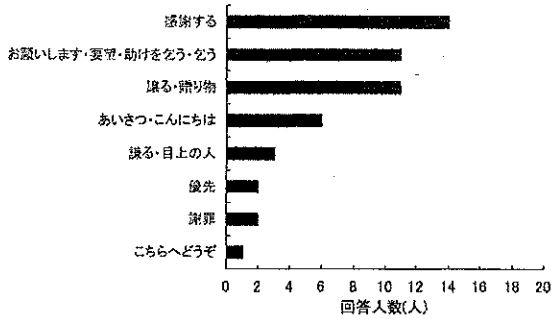


図8.「感謝する」に関する誤回答の頻度（人）

この図を見ても分かる通り「明日」の場合は正解以外で２３種類、「感謝する」の場合は１３種類の誤回答が得られた。このことから、正答率が低い絵記号は、ある固有の間違った意味を人に与えるのではなく、人によって様々な意味に解釈されるということが分かる。

５．１．６　考察

提案デザイン則にそってデザインした絵記号のすべてで正答率が上昇した。このことから，提案したデザイン案は有効であると考えられる。しかし，「明日」「今日」「感謝する」「春」に関しては，有効性の基準となる60%を超えなかった。この理由として，例えば「春」を表現する場合，桜の木や蝶ならびにチューリップを組み合わせたが，組み合わせた記号の種類が自然に関するものに偏っていたからと考える。従って，表現要素を複数用いる時は，その種類に偏りのないようにする必要がある。

「今日」「明日」の回答例として，時間変化や動きに関する回答が多く，矢印と人差し指を用いて表現したことに特に問題はなかったと考えられる。正答率の低かった原因として，昨日→今日→明日の流れを表現するために太陽と三日月を用いたことと，山形に並べたことが考えられる。太陽と月によって天体や宇宙をイメージさせ，山形が一日の太陽の動きをイメージさせたため，被験者を混乱させたと考えられる。

また，主観評価実験と意味を問うアンケート結果から，時間変化を表すものを絵記号にすること大変難しいことが分かる。

主観評価値が3.9の辺りが正答率60%を超える境界線となっている。このことから，作成した絵記号の評価方法として以下のことが提案できる。「まずは，主観評価値アンケート行い，評価値が3.9であれば有効とし，3.9未満であれば意味を問うアンケートを行う」。これにより，評価を行う場合，意味を問うアンケートでは１つに付き２－３分ほどかかるが，主観評価の場合１分未満で評価を行うため時間がかなり縮小することができる。

６．まとめ

提案したデザイン案を分かりにくい絵記号に適用することによって，デザイン案の有効性を検討した。その結果，デザイン案は有効ではあったが，抽象性が高い意味の絵記号を作成する場合は，複数の表現要素を使って表現するが，表現要素の選択や配置に注意しつつさらに、選んだ表現要素の種類に偏りがないようにする必要があることが分かった。今後の課題として，デザイン案の更なる改良と，個々の絵の意味だけでなく，コミュニーション支援が本当に可能かどうかに関する評価をする必要がある。

参考文献

1) 経済産業省：コミュニケーション支援用絵記号デザイン原則，財団法人 日本規格協会(2005).
2) Matsumoto, Morimoto: Design Guideline Pictorial Symbols for Communication Support Based upon Subjective Evaluation of Comprehensibility, International Association of Societies of Design Research 2007, CD-ROM No.217 (2008)
3) ISO 9186:図記号の作成と試験の手順

町家カフェのファサード構成要素がカフェの評価に与える影響

Effect of the Component of Machiya Cafe facade on Evaluation of Cafe

○持永　愛美＊、奥田　紫乃＊＊
＊同志社女子大学大学院　＊＊同志社女子大学

MOCHINAGA Aimi*, OKUDA Shino**
*Graduate School of Doshisha Women's Colledge of Liberal Arts
**Doshisha Women's Colledge of Liberal Arts

1. はじめに

今日、街には多くのカフェが見られ、その形態とデザインは多種多様である。カフェは、飲食をするためだけではなく、休息やコミュニケーションのための空間としても利用される。そのためカフェの外観デザインは、「わかりやすい」「入りやすい」「見つけやすい」など、利用者の誘引性を持つことが求められている[1) 2)]。一方、カフェは多くの人々が行き交う立地に位置するため、街路に面するファサードデザインは、街並みを形成する一要素としても機能している。歴史的都市である京都では、町家を利用した形式の、いわゆる町家カフェも多く見られる。町家の外観の特徴として、格子や瓦屋根などが挙げられ、これらの要素は京都の伝統的な町並み景観を保存する役割を併せ持っている。

既往の研究[3)]では、①建物がカフェであるという明瞭性（わかりやすさ）、②カフェに入りやすいという親和性（入りやすさ）、③カフェで落ち着けるという休息性（落ち着きやすさ）、④観光都市としての地域性（地域らしさ）の４つの評価項目を設定して主観評価実験を行った。その結果、「わかりやすさ」及び「入りやすさ」では、格子の密度が小さく開口面積が大きい条件ほど評価が高く、「落ち着きやすさ」では、格子の密度が大きく開口面積が小さい条件ほど評価が高い傾向が示された。本報では、ファサード構成要素の一つである格子の密度に着目しながら、多種多様な条件画像を作成し、各種評価を満たすファサード条件を明らかにすることを目的として、主観評価実験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

町家カフェのファサード構成要素である「格子」、「広告物（暖簾、貼紙）」及び「植栽」の面積を変化させながらカフェファサードの条件画像を作成した。表１に作成した条件画像を例示する。格子の密度が異なる５条件（無／低／中／高／極高）の他、開口部の種類について２条件（全開口／腰壁）、格子の種類について２条件（平格子／糸屋格子）を設定し、これらを組み合わせた計 16 条件の画像を作成した。

表１　提示したカフェファサード条件画像の例

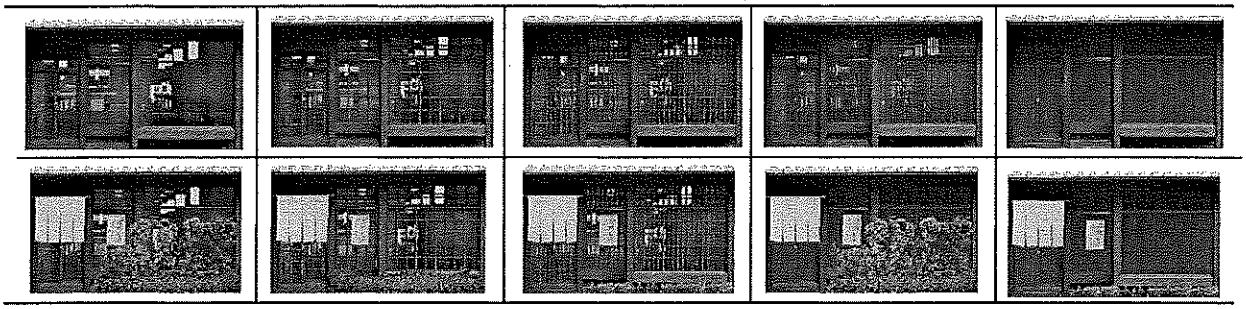


表２　評価項目及び言語評価尺度

評価項目		わかりやすさ	入りやすさ	落ち着きやすさ	地域らしさ
評価尺度	6	非常にわかりやすい	非常に入りやすい	非常に落ち着きやすい	非常に京都らしい
	5	わかりやすい	入りやすい	落ち着きやすい	京都らしい
	4	ややわかりやすい	やや入りやすい	やや落ち着きやすい	やや京都らしい
	3	ややわかりにくい	やや入りにくい	やや落ち着きにくい	やや京都らしくない
	2	わかりにくい	入りにくい	落ち着きにくい	京都らしくない
	1	非常にわかりにくい	非常に入りにくい	非常に落ち着きにくい	非常に京都らしくない

また、全開口・平格子の5種の条件画像に、面積の異なる「植栽」及び「広告」の要素を加えた15条件の画像を作成した。これらの31条件のカフェファサード画像を、図1に示す暗室内で被験者に順不同に提示し、表2に示す各評価項目に対して、それぞれ6段階の言語評価尺度を用いて評価させた。被験者は、同志社女子大学人間生活学科に所属する20代前半の女性5名であった。

3. 実験結果及び考察

図2に「わかりやすさ」の評価結果の平均値を示す。格子密度が低いほど、わかりやすさの評価が高い。また、全開口の条件の評価が腰壁付の条件の評価よりも高い。これは、格子密度が低い条件は、開口部が大きくカフェ内部が見えるためだと考えられる。

図3に「入りやすさ」に対する評価結果の平均値を示す。評価の傾向が「わかりやすさ」と類似していることがわかる。

図4に「落ち着きやすさ」に対する評価結果の平均値を示す。格子密度が高いほど評価が高いことがわかる。また、腰壁付の条件の評価が全開口の条件の評価よりもやや高い。これは、格子によって外部からの視線を遮られるためだと考えられる。また、平格子の格子密度が極端に高い条件では、評価が低いことがわかる。これは、内部がほとんど見えないことがかえって落ち着きにくいと評価されたのだと推察される。

図5に「地域らしさ」に対する評価結果の平均値を示す。格子密度が高いほど評価が高いが、極端に格子密度が高い条件では評価がやや低い結果となった。

4. おわりに

本研究では、町家カフェのファサード構成要素がカフェの評価に与える影響を明らかにするために主観評価実験を行った。その結果、格子密度がカフェの評価に影響を与えることが示唆された。

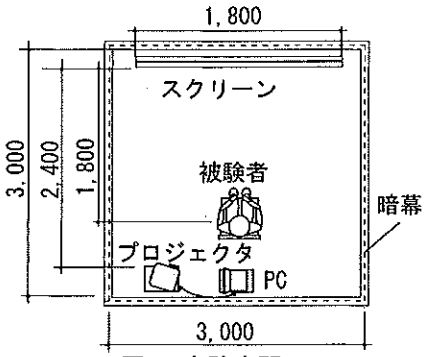


図1 実験空間

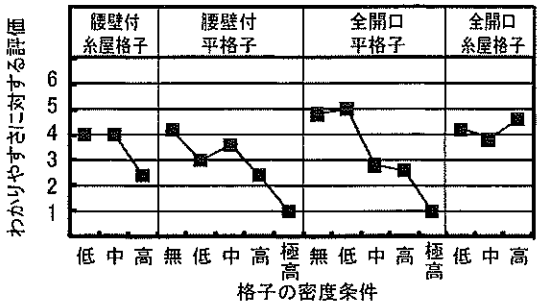


図2 各カフェファサード条件のわかりやすさに対する評価結果

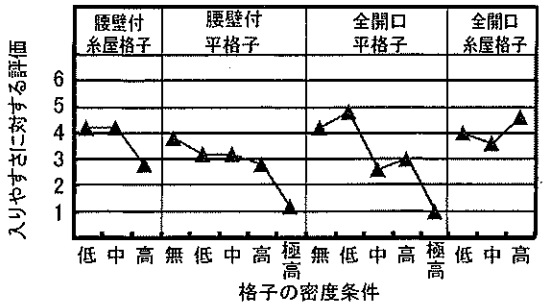


図3 各カフェファサード条件の入りやすさに対する評価結果

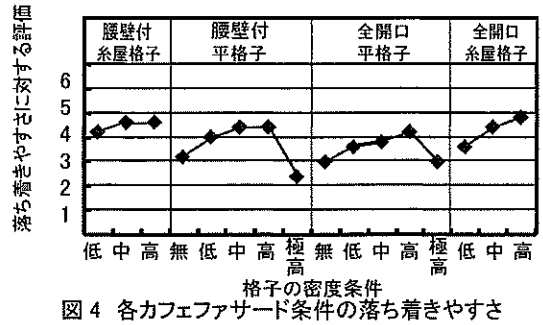


図4 各カフェファサード条件の落ち着きやすさに対する評価結果

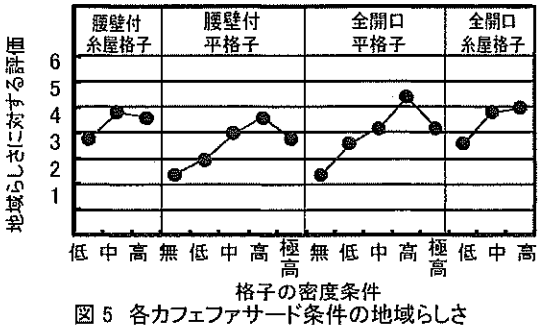


図5 各カフェファサード条件の地域らしさに対する評価結果

【参考文献】
1) 田邊恵理、大井尚行：飲食店の外観デザインから受ける「入りやすさ」に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.809-810, 2005
2) 井上めぐみ、吉川徹：開放性と見つけやすさに着目した都市におけるカフェの研究、日本建築学会大会学術梗講演概集 F-1, pp.373-374, 2002
3) 持永愛美、奥田紫乃：町家カフェのファサード構成に関する研究 ― 格子密度がカフェの評価に与える影響 ―、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp527-528, 2008

環境共生住宅における快適性評価に関する研究
—生理・心理量の個人差に関する検討—

Study of the evaluation of comfort in the environmental symbiotic house

○安岡絢子*，久保博子，磯田憲生*，木村文雄*****

***奈良女子大学大学院　**奈良女子大学　***積水ハウス株式会社**

YASUOKA Ayako*, KUBO Hiroko**, ISODA Norio*, KIMURA Fumio***

*Graduate School of Human Culture, Nara Women's University, ** Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University, ***Sekisui House,Ltd.

1　はじめに

現在、地球温暖化防止等の地球環境保全を促進する観点から、地域の自然と周辺風土に対応した、環境共生住宅の研究、開発が進められている。環境共生住宅の定義[1]として「地球環境の保全」「周辺環境との親和」「健康で快適な居住環境」があげられていることから、本研究は健康で快適な住まい方に着目し、環境共生住宅において被験者を用いた実測、評価実験を行い、住宅内での人の生理・心理評価について検討を行った。既報[2)3)]により各調査場所、時間帯により快適評価が影響を受けることを明らかにした。本報では生理・心理量の季節ごとの個人差に着目して報告する。

2　方法

図1に示す環境共生型実験住宅で行った。この住宅は南面全体のガラス窓と天窓により夏期は風、冬期は日射を取り込むことで冷房、暖房負荷を軽減させている。実験は07年8月～08年08月に1階廊下(roomA)、1F 居間(roomB)、2 階子ども部屋(roomC)、2 階廊下(roomD)の4ヶ所で健康な女子大生のべ35名を滞在させ調査を行った。表1に被験者概要を、表2に調査項目と快適感、温冷感尺度を示す。室温、グローブ温度、相対湿度、気流速度は被験者の横1mのポールで測定した。また照度及び外気温、湿度、気流(屋上)の測定、生理反応として皮膚温、心拍数等を、心理反応として快適感や温冷感、気流評価、形容詞30対による場の総合評価等をSD法で10分毎に回答を得た。また手元のスイッチを用いて気流と総合的な快・不快を随時評価させた。調査は表3のとおりAM(10-11時半)PM(14-15時半)EV(20-21時半/冬・春16-17時半)の時間帯(08年8月のみ4つの時間帯)に2ヶ所を30分ずつ評価させた。なお調査時、1月はペレットストーブ、3月はペレットストーブと床暖房、08年8月はエアコンを使用し、それ以外は空調機器を使用しなかった。

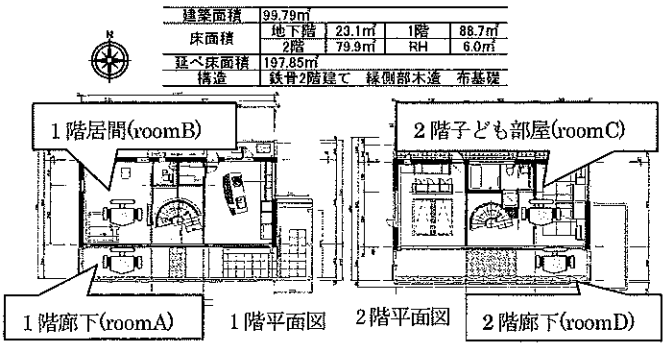


図1 調査場所概要

表1　被験者概要

	年齢	身長(cm)	体重(kg)	体表面積(㎡)	選択気温
FK	23	158	58	1.59	中温選択群
YA	23	155	48	1.46	中温選択群
Yay	23	172	62	1.73	中温選択群
GW	23	158	45	1.44	高温選択群
KM	22	158	58	1.59	高温選択群
YM	21	158	54	1.54	中温選択群
UM	21	162	69	1.73	中温選択群
YH	22	154	51	1.48	中温選択群
BI	26	155	45	1.42	中温選択群
DC	22	158	51	1.51	中温選択群
UN	22	156	52	1.51	中温選択群
ave.	22.55	158.55	53.91	1.54	

表2　調査項目

調査期間	2007/8/6～8　9/3～5　10/27～29　11/16～18　2008/1/27～28　3/2～3　5/18～19　8/8～11		
調査時間	AM10:00～11:30　PM14:00～15:30　EV20:00～21:30/16:00～17:30(1, 3, 5月)-08年8月は4つの時間帯を調査		
調査場所	積水ハウス サステナブルデザインラボラトリー roomA～roomD		
被験者	健康な青年女性 各月4名 (のべ35名)		
データ数	360データ		
環境	07年8～11月・08年5月は自然環境のみ　08年1～3、8月はエアコンと床暖房使用		
調査項目	環境	環境温(0.1m・0.6m・1.1m・1.6m)－60秒毎	
		相対湿度(0.6m)－60秒毎	
		気流速度(0.6m)－1秒毎	
		放射温度(0.6m)－60秒毎	
		照度(調査前後)	
		屋外環境(屋上にて気温、相対湿度、気流速度)	
	生理量	皮膚温(7点)－60秒毎 Hardy & DuBois 7点法	
		心拍数－60秒毎	
		衣服内温湿度－60秒毎	
		舌下温 (調査前後)	
		血圧 (調査前後)	
	心理量	温冷感(9点)－9段階	10分毎
		乾湿感－7段階	
		発汗度－5段階	
		許容感－2段階	
		快適感－7段階	
		気流感, 日射感, 騒音感, 明るさ感－6～7段階	
		場の総合評価-7段階評価 30対	SD法 10分毎
		スイッチによる場の総合評価と気流評価	随時
着衣量	0.4clo(8～9月) / 0.7clo(10月) / 1.1clo(11月) / 1.3clo(1～3月) /0.6clo(5月)		

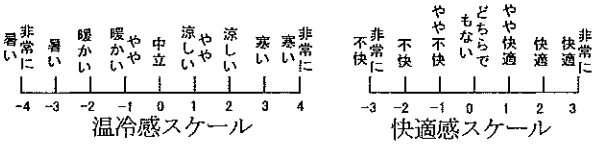
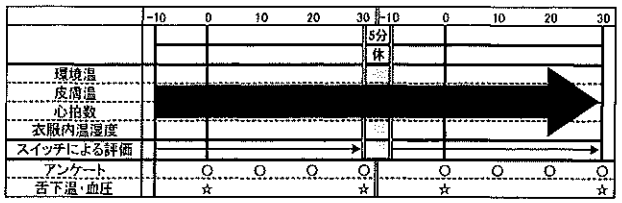


表 3　実験スケジュール



3　結果

3-1　調査場所の特徴

図 2 に全調査時に計測した温熱 4 要素と着衣量より算出した温熱総合評価指標 SET*と実験時周辺の気象台発表の外気温を 1 日の平均データで示す。夏期は SET*30℃程度まで上昇するが、他の季節はエアコン等を使用した冬期も含め外気温の影響を若干受けるものの SET*25℃前後であった。部屋別に見ると roomA(1F 廊下)、roomB(1F 居間)は日射の影響が少ないためグローブ温度の上昇は小さいが、薄暗く、風通しもあまり良くない。反対に roomD(2F 廊下)は日射の影響が大きく、晴れの日はグローブ温度が上昇するが、風通しも良く明るい場所であった。

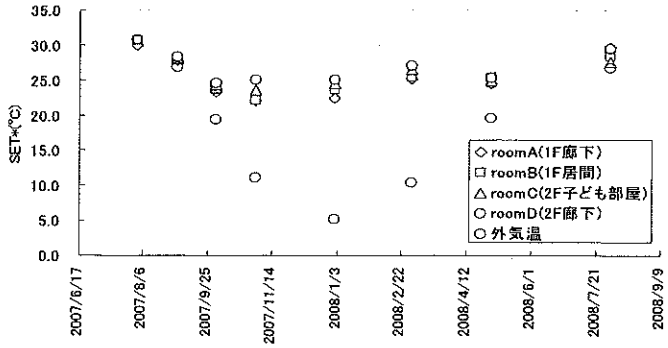


図 2　SET*と外気温の変動

3-2　SET*と皮膚温の関係

図 3 に SET*と MST(平均皮膚温)の関係を季節ごとに被験者別に示す。なお全ての時間帯、調査場所を含む。10 月、1 月は共に SET*24℃程度であったが、MST は 2℃の差があり、1 月は四肢末梢部皮膚温の低下の影響が窺え、個人差も顕著であった。5 月は SET*25℃、MST34.5℃程度で個人差は若干見られるものの、同被験者内での皮膚温差は小さかった。8 月はエアコン使用の有無の影響もあり SET*は 30℃を中心に幅広くなったものの MST は 33～36℃と環境の影響が明らかであった。

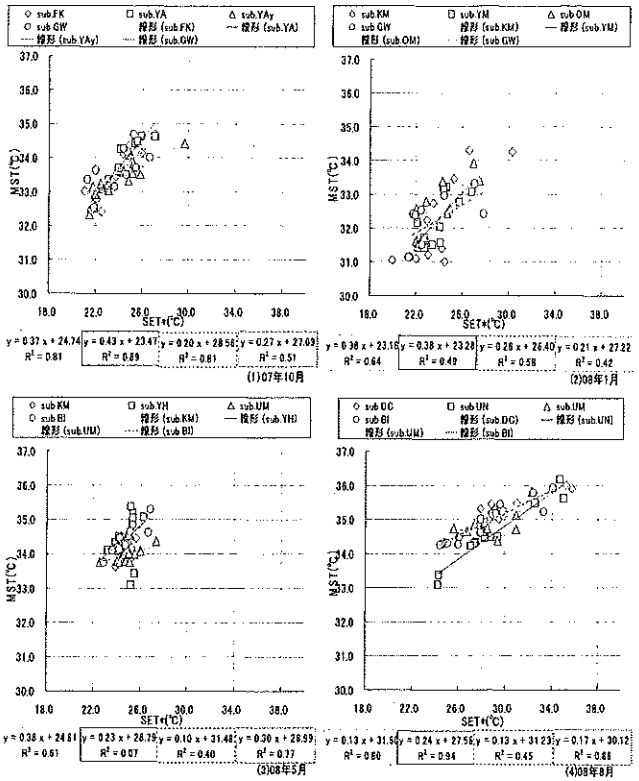


図 3　SET*と MST の季節差(被験者別)

3-3　皮膚温と温冷感、快適感の個人差

図 4、図 5 に MST と温冷感、快適感のグラフを同様に示す。MST の個人差が小さかった 10 月は MST33.5℃で温熱的中性、快適側申告であった。温熱的中性と申告される MST には被験者間で 2℃ほどの差が確認できたが、快適評価時の MST にはほとんど差が見られなかった。1 月のように MST の個人差が大きい場合をみると、MST33℃で温熱的中性、快適側申告であったが、被験者間の差が大きく、佐々[4]による好みの気温を選ぶ選択気温実験により分類した 2 人の中温選択群の被験者はそれぞれ暖かい側と、寒い側に申告が片寄り温熱的中性が得られない結果となった。なお 2 人の高温選択群の被験者は約 33℃で温熱的中性、快適側評価となった。5 月は MST34.5℃の時に温熱的中性で個人差はみられなかった。快適性評価には個人差がみられたものの概ね快適側申告であった。また 8 月は MST34.5℃で温熱的中性、快適側申告となっており MST35℃を超えると、不快側評価が増加した。温熱的中性時の MST の差は 1℃程度であり大きな個人差は確認できなかった。

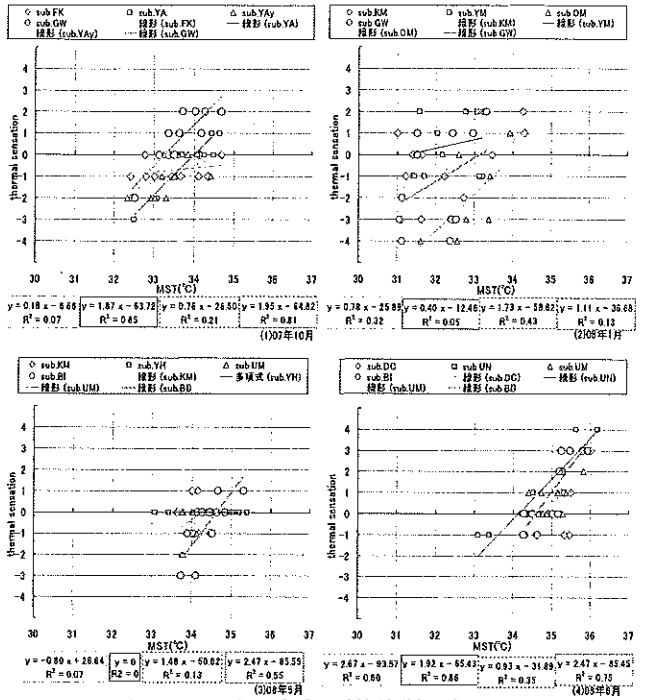


図4　MST と温冷感の季節差(被験者別)

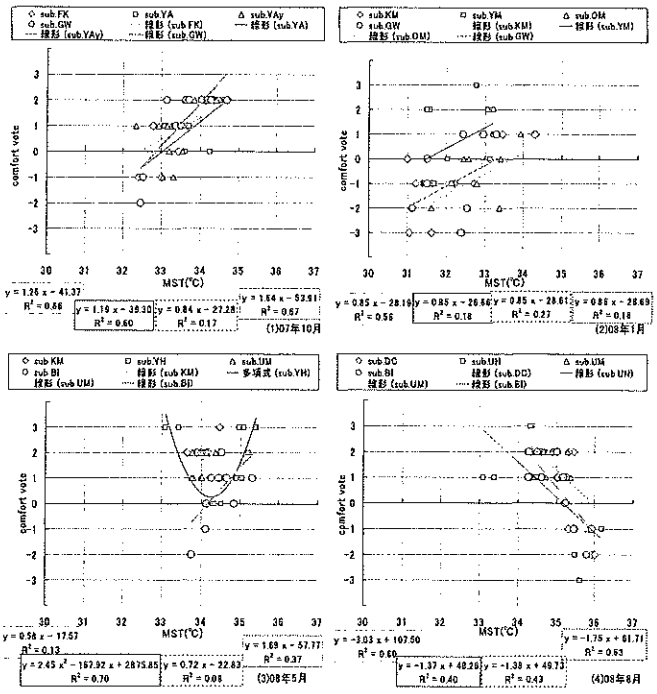


図5　MST と快適感の季節差(被験者別)

3-4　温冷感と快適感について

図6に温冷感と快適感の関係を同様に示す。温冷感が上がるほど10、1、5月は快適感も上がり、反対に8月は下がる傾向にあった。10月は概ね温熱的中性時に快適評価率が高く「涼しさ」は若干不快要素になりうる傾向が見られた。1月になると寒い側申告が中心となり、温熱的中性であってもやや不快と申告する傾向が見られ「暖かさ」を必要としていたことが確認できた。なお高温選択群の被験者は10、1月において寒い側に申告する割合が高く、また他の被験者と同程度の温冷感であっても不快側申告であり、好みの気温の影響と考えられる。5月は温熱的中性申告が大半を占め、概ね快適評価だったが、中温選択群の被験者が高温選択群の被験者に比べて寒い側、不快側の申告をしており、実験時の環境差も考えられるが、寒さに弱い側の中温選択群であったのではないかと推測される。8月は暑い側申告が多く不快評価も多かったが、概ね温熱的中性時に快適と評価されていた。季節を通し図4、5程の個人差は見られなかった。

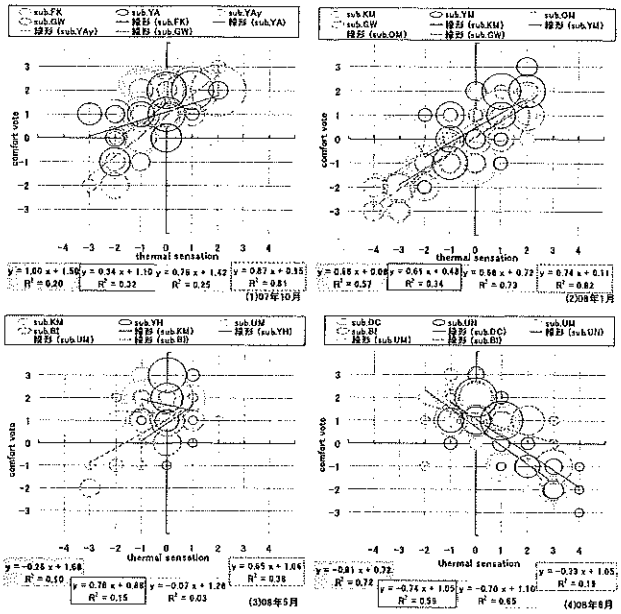


図6　温冷感と快適感の季節差(被験者別)

3-5　場の総合評価について

表3にSD法による「場の総合評価」の全季節での因子分析結果を示した。6つの因子に分類され、それぞれ「居心地因子」「雰囲気因子」「温冷感因子」「明るさ因子」「乾湿感因子」「静けさ因子」とした。

3-5-1　場の総合評価の季節差について

図7に季節ごとの被験者別平均値プロフィールを示す。10月は全体を通してプラス側の評価で因子別の特徴は小さくなったが、1月になると温冷感因子は「寒い」側、明るさ因子は「暗い」側となり、他の季節に比べ居心地因子がかなりマイナス寄りとなった。5月は10月と同様、プラス側の評価に固まっており、因子別の特徴は小さくなった。8月も全体

的にはプラス寄りであるが、温冷感因子が「暑い」側、明るさ因子が「暗い」側に寄っていた。1 月同様、温冷感、明るさ因子に特徴が出たが、8 月は居心地因子がプラス側であり、今回の被験者では「暑さ」に比べ「寒さ」の方が、居心地の悪さに影響を与える様子が窺えた。

3-5-2 場の総合評価の個人差について

図 7 より 10 月は乾湿感因子、静けさ因子に若干個人差が窺えたものの全体的に個人差は小さく、1 段階程度の差しか見られなかった。1 月になると全ての因子で個人差が大きくなり、温冷感因子で差が大きい被験者を比較すると居心地因子でも 3 段階程度の大きな差が出ており、温熱環境が総合的な評価に影響したと推測された。5 月は他に比べると温冷感因子での個人差は小さいが、居心地因子や雰囲気因子に個人差が出ており、比較的温熱的に快適な環境であったため、周囲の雰囲気に対する評価が大きくなり、個人の好みが出たのではないかと考えられる。8 月は温冷感因子、明るさ感因子で最大 3 段階の差が窺えたが、居心地感因子の差は 1 段階以下であった。

4 まとめ

生理・心理量の個人差の検討を行った結果、同程度の SET*であっても、季節が異なる場合は MST に季節差があり、寒い環境(冬期)の方が個人差は大きかった。また比較的快適と評価される季節(中間期)の場合 MST、温冷感の個人差は小さいが、快適度に個人差が窺えた。暑熱、寒冷環境になると温熱的中性であっても不快評価となる傾向が見られた。また形容詞を用いた場の評価から、特に冬期は「寒い」場所は「居心地」の悪い場所と評価される傾向にあり、温冷感因子での個人差が居心地因子の個人差に表れていた。今回は 4 つの月を代表とし月毎に被験者が統一されていなかったが今後、他の被験者、他月も詳細に検討する予定である。

表 4　因子分析表(07 年 8 月～08 年 8 月)

因子	評定項目	因子負荷量 I	II	III	IV	V	VI	共通性	因子構造
I	居心地の良い	0.842	0.153	0.048	0.182	0.136	0.066	0.791	居心地因子
	くつろいだ	0.805	0.154	0.074	-0.022	-0.121	-0.073	0.698	
	心地よい	0.788	0.185	0.038	0.245	0.136	0.066	0.739	
	良い	0.785	0.202	0.055	0.288	0.097	0.109	0.764	
	好き	0.756	0.250	0.080	0.307	0.128	0.016	0.752	
	落ち着く	0.746	0.120	0.167	0.165	0.076	0.175	0.662	
	ゆったりとした	0.672	0.203	0.144	-0.073	-0.214	-0.264	0.634	
	魅力のある	0.644	0.497	0.109	0.115	0.137	0.166	0.733	
	のどかな	0.631	0.300	0.148	-0.012	-0.234	-0.136	0.583	
	親しみのある	0.629	0.433	-0.025	0.205	0.152	-0.061	0.652	
	豊かな	0.563	0.487	-0.005	0.004	-0.008	0.165	0.582	
	満足な	0.536	0.135	0.072	0.047	0.501	-0.091	0.572	
II	景観の良い	0.231	0.731	0.051	0.242	0.039	-0.057	0.653	雰囲気因子
	趣きのある	0.393	0.703	0.138	0.035	0.148	0.127	0.707	
	自然な	0.137	0.690	-0.121	-0.047	-0.090	-0.028	0.521	
	広々とした	0.240	0.610	0.231	0.400	-0.017	-0.117	0.657	
	開放的な	0.192	0.604	0.062	0.451	-0.084	-0.181	0.649	
	調和のある	0.385	0.516	0.239	0.069	0.214	0.097	0.532	
	のびのびとした	0.465	0.515	0.182	0.281	-0.101	-0.007	0.604	
III	さらさらな	0.275	0.005	0.795	0.179	-0.018	0.038	0.742	温冷感因子
	涼しい	-0.068	0.041	0.768	-0.182	0.202	0.073	0.676	
	寒い	-0.032	-0.012	0.651	-0.082	0.376	0.224	0.623	
	さわやかな	0.331	0.194	0.579	0.293	-0.024	0.019	0.570	
	整然とした	0.156	0.369	0.426	0.196	-0.066	0.168	0.413	
IV	明るい	0.162	0.132	0.026	0.771	-0.039	-0.070	0.645	明るさ因子
	軽い	0.229	0.234	0.068	0.746	-0.059	0.004	0.672	
V	乾いた	0.068	0.029	0.326	0.086	0.790	-0.095	0.752	乾湿感因子
	静的な	0.017	-0.043	0.011	-0.204	0.765	0.080	0.635	
VI	静かな	0.152	-0.030	0.177	0.076	-0.132	0.815	0.743	静けさ因子
	さみしい	-0.093	0.031	0.153	-0.366	0.167	0.627	0.588	
	固有値	10.655	2.930	1.951	1.526	1.444	1.038		
	寄与率 因子別	0.355	0.098	0.065	0.051	0.048	0.035		
	寄与率 累積	0.355	0.453	0.518	0.569	0.617	0.652		

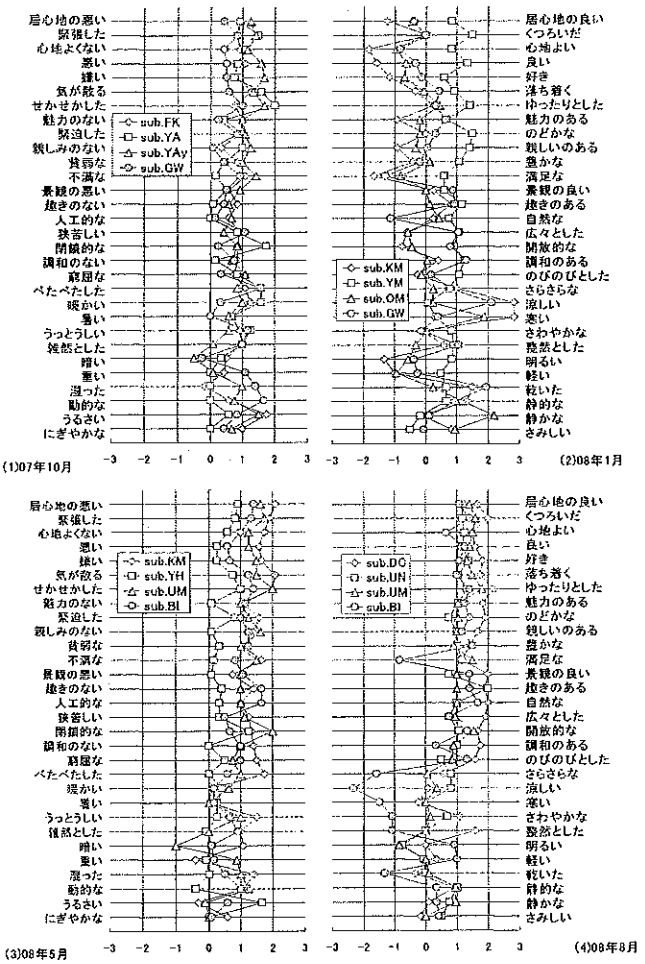


図 7　平均値プロフィールの季節差(被験者別)

参考文献

1) 環境共生住宅推進協議会：「環境共生住宅宣言」(1997)
2) 安岡絢子他：「環境共生住宅における快適性評価に関する研究－SD 法による快適条件の季節変化について－」第 60 回日本家政学会大会要旨集(2008)
3) 安岡絢子他：「環境共生住宅に関する快適性評価に関する研究」日本建築学会大会学術講演梗概集 p.403～p.404(2008)
4) 佐々尚美：「夏期に好まれる気温の個人差に関する研究」日本建築学会計画系論文集 531 号 p.31-35(2000)

スネアドラムのタイミングが音楽聴取時の気分や曲の印象に及ぼす影響

Effect of snare drum's timing on feeling and impression

○岸田好生*，臼井伸之介*
*大阪大学大学院　人間科学研究科
KISHIDA Yoshio*, USUI Shinnosuke*
*Graduate School of Human Sciences, Osaka University

1　目的

リズム楽器の代表的なドラムは演奏者や曲により様々な表現方法が使われている。特にスネアドラムを叩くタイミングの印象は強く、演奏者がタイミングを調節しノリを変えているように感じる事は少なくない。

プロのドラム演奏を使用したグルーブ感の研究では、ルースやタイトといった演奏表現で、楽譜と演奏された音のタイミングのズレに違いがあるという結果が得られている[1)]。また、スネアドラムのタイミングが少し遅いのがブルージーな曲には良い[2)]と述べる人もいるようにスネアドラムのタイミングは演奏において重要である事が伺える。しかし、タイミングがどのような影響を及ぼすのか明確にはなっていない。

そこで岸田・中村・谷口・森は複数のテンポにおいて異なるスネアドラムのタイミングのドラム音を作成し、ドラム音のみの聴取実験を行った[3)]。その結果スネアドラムのタイミングが早い方が聴取時の活動的な気分は高くなり、遅いテンポにおいてスネアドラムのタイミングが速さの印象に影響するという結果を得た。

この結果から本実験は、メロディーを付加した場合、スネアドラムのタイミングが聴取時の気分と速さの印象、更に曲の印象にどのように影響するのか、そして、メロディーの特徴によりそれらは異なる影響を及ぼすのかを検討した。

2　方法

2－1　実験参加者

19歳～33歳の50名（男25名、女25名、平均21.7歳、SD=3.7歳）。

2－2　実験場所

大阪大学感性情報心理学研究室の防音室

2－3　実験刺激

まず、9名を対象とした予備実験を行い、印象やテンポの異なる5曲（アルプス一万尺、グリーングリーン、あわてんぼうのサンタクロース、四季の歌、ともだちはいいもんだ）を選曲した。CUBASE Studio4（steinberg社製）を使用しこれら5曲をそれぞれ4種類のパターン（メロディーのみ、メロディー＋タイミングが異なる3種類のドラム）で作成した。メロディーはAcoustic Pianoの音色で歌はともだち[4)]にある楽譜通りの音符、テンポで作成した。ドラムは岸田ら[3)]が使用したものと同じくDry Standard Kidの音色でハイハット、バスドラム、スネアドラムから成るドラム音系列とし（図1に楽譜を示す）、スネアドラムの音を本来の位置より前後にズラしたものを2種類と楽譜通りもの計3種類を作成した。前後のズレの大きさはそれぞれのテンポにおいて、バスドラムから本来のスネアドラムまでの時間の1/25とした（図2）。各曲のスネアドラムのタイミングを表1に示す。

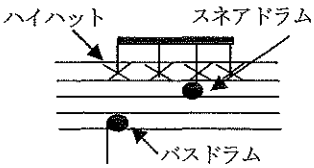


図1　ドラム音系列の楽譜

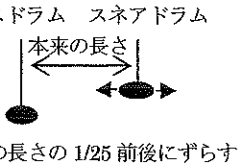


図2　タイミングのずらし方

表1 各曲のbpmとバスドラムからスネアドラムまでの時間

曲名	アルプス	グリーン	あわてんぼう	四季	ともだち
bpm (beats per minute)	120	138	104	104	84
早いタイミング (ms)	480	417	554	554	702
楽譜どおり (ms)	500	435	577	577	732
遅いタイミング (ms)	520	452	600	600	761

Adobe Premiere 6.5（アドビシステムズ社製）とSound Forge 7.0（SONY製）を使用し、先行刺激

の影響を軽減させるために、全ての刺激音の前にホワイトノイズを3秒間挿入し、その2秒後から刺激音が2コーラス流れるビデオファイルを作成した。ただし、「ともだちはいいもんだ」は他の曲と比べて長い曲で、構成される3つのメロディーが異なる印象だと判断した為、前半部分のみを使用した。

画面は黒色で、刺激音が1コーラス終了した時点で「質問紙に記入下さい」と白色の文字が現れ、2コーラス目終了後に刺激音と共に消えるように作成した。そして、WinDVD Creator2 Platinum(InterVideo社製)を用いて、各曲ピアノバージョンを最初に、その後続けて3種類のドラム入りバージョンをランダムに呈示するようにし、更に5曲を出来るだけランダムに呈示するようにDVDを作成した。

2－4　質問紙

質問紙は3枚作成した。1枚目は気分の質問紙で岸田ら[3]の作成したものから予備実験の結果で3因子（active、heavy、calm）において因子負荷量の高かった6項目（体を動かされる感じがした、心が弾む感じがした、重い気分がした、威圧される感じがした、落ち着いた感じがした、ゆったりした感じがした）を単極7段階評定（全く感じないを0とし1から6になるにつれて強く感じる）させる質問紙を作成した。2枚目は印象の質問紙として音楽作品の感情価測定尺度AVSM[5]より予備実験で6因子（高揚、荘重、抑鬱、親和、強さ、軽さ）において因子負荷量の高かった2項目ずつ全12項目（楽しい、明るい、気高い、崇高な、哀れな、沈んだ、いとしい、恋しい、猛烈な、刺激的な、気まぐれな、落ち着きのない）を単極7段階評定で、更に両極9段階評定で2項目（速い－遅い、好き－嫌い）について答えさせるものを作成した。3枚目は曲の良い点、悪い点を選択させる質問紙を作成した。

2－5　実験器具

刺激呈示にはTOSHIBA製DVDデッキ(AK-G300)を使用し、プロジェクター（EPSON製EMP-740）でスクリーンに映し出し、刺激音は防音室内のスピーカ（DENON製SC-T777SA）から呈示した（図3）。スピーカから等距離に並べた4つの椅子に対し、実験参加者の耳の位置で測定したA特性音圧レベルがピアノの単音（ド～シ）がそれぞれ約66dBA、バスドラム＋ハイハットが52dBA、ハイハット単音が45dBA、スネアドラム＋ハイハットが67dBAで聞こえるようにした。

2－6　実験手続き

実験は1~4名の集団聴取実験とした。まず、実験参加者を防音室内の椅子に座らせ、インフォームドコンセントを書面にて行った。

その後、質問紙の記入方法と教示を行った。まず、ホワイトノイズが流れ、刺激音が聞こえてくるのでリラックスして聞くよう教示した。そして、画面に「質問紙に記入下さい」と文字が出た時点で3枚全ての質問紙に記入するよう教示した。この手順で5曲×4パターンの合計20刺激に対し評定を行わせた。

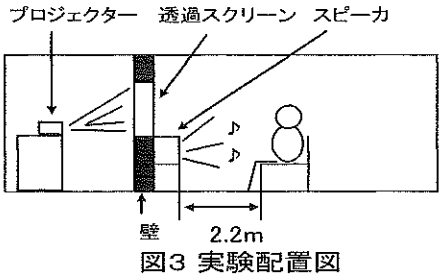


図3 実験配置図

3　結果と考察

3－1　メロディーのみの気分と印象について

ピアノで作成したメロディーのみを聴いたときの気分と曲の印象の結果を図4、図5に示す。

各曲を要因として各因子の平均評定値に対する分散分析を行った結果、全ての因子において曲間で有意な差がみられ、大きく3種類に分類される結果となった。「アルプス一万尺」と「グリーングリーン」と「あわてんぼうのサンタクロース」の3曲は、気分ではactive因子が高くheavy因子calm因子、が低いという結果となり、印象は、高揚因子、軽さ因子が高く抑鬱因子が低いという特徴であった。これらの特徴と対照的な結果となったのが唯一の短調の曲である「四季の歌」であった。そして、前の3曲と同じく長調の曲である「ともだちはいいもんだ」は、active因子は「四季の歌」よりは高いが、他の長調の曲より有意に低く、calm因子が他より高いのが特徴で、印象は、高揚因子、抑鬱因子において「四

季の歌」と先の3曲の中間的な評価で、更に親和因子、荘重因子が高く軽さ因子が低いという特徴であった。

また、速さの印象では、「アルプス一万尺」と「グリーングリーン」が他の曲より速いと判断され、「四季の歌」と「ともだちはいいもんだ」は他より遅く判断される結果となった。そして、「四季の歌」は同じテンポである「あわてんぼうのサンタクロース」よりも遅いと判断された。

最後に、「四季の歌」より他の4曲の方が好きだと評価され、短調より長調が好まれやすい事を示唆する結果となった。

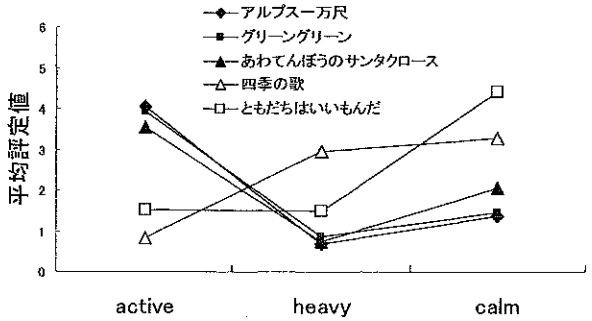


図4 気分(piano version)

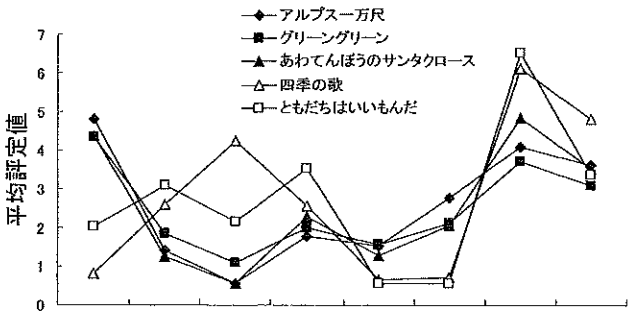


図5 印象(piano version)

3－2 タイミングと気分について

各曲について、気分の各因子の平均評定値に対して3種類のスネアドラムのタイミングを要因とした分散分析を行った。その結果、active因子は「四季の歌」以外の曲で有意な差がみられた。多重比較の結果、4曲間で完全に一致した結果は見られなかったが、いずれの曲も前後にタイミングをずらしたどちらか一方より楽譜通りのタイミング（以後、justタイミングと呼ぶ）がactive因子は高いという結果であった。しかし、岸田ら[3]の実験結果のように早いタイミング（以後、前タイミングと呼ぶ）が遅いタイミング（以後、後タイミングと呼ぶ）より有意に高いという結果は、「ともだちはいいもんだ」でのみみられただけであり曲により影響が異なる可能性を示唆する結果となった。

heavy因子については「グリーングリーン」、「四季の歌」を除く3曲で有意な結果が得られた。多重比較の結果、タイミングがずれた方がjustタイミングよりheavy因子が高いという有意な結果、または有意傾向がみられた。

calm因子は岸田ら[3]の結果と同様、全ての曲において有意な差はみられず、タイミングの違いでの影響は無いことが分かった。

このように、聴取時の気分については、唯一の短調である「四季の歌」はタイミングによる影響が無く、その他の長調の4曲においては、タイミングを前後にする事がjustタイミングよりactive因子が低く、heavy因子が高いという結果であり、短調と長調で異なることを示唆する結果となった。「あわてんぼうのサンタクロース」の結果を図6に示す。

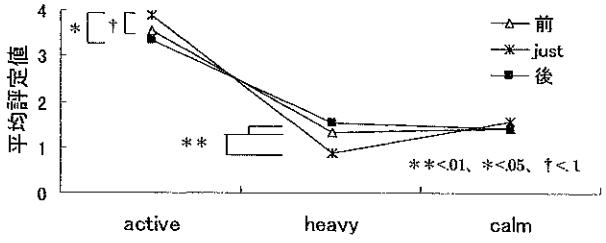


図6 あわてんぼうのサンタクロース聴取時の気分

3－3 タイミングと印象について

次に、各曲について、印象の各因子の平均評定値に対して3種類のスネアドラムのタイミングを要因とした分散分析を行った。その結果「アルプス一万尺」以外でタイミングによる影響がみられた。

「グリーングリーン」では、高揚因子（$F(2,98)=5.10, p<.01$）、抑鬱因子（$F(2,98)=2.67, p<.1$）、軽さ因子（$F(2,98)=2.40, p<.1$）で有意差または有意傾向がみられた。高揚因子は前タイミングよりjustタイミングの方が有意に高く、抑鬱因子はその逆の有意傾向があり、軽さ因子は後タイミングがjustタイミングより高い有意傾向がみられた。

「あわてんぼうのサンタクロース」は、高揚因子（$F(2,98)=5.85, p<.01$）、抑鬱因子（$F(2,98)=4.88,$

p<.01）で有意な結果となり、高揚因子は just タイミングが前後のタイミングより有意に高く、抑鬱因子はその逆の結果となった（図 7）。

「四季の歌」では、抑鬱因子（F(2,98)=5.16,p<.01）でのみ有意な結果となり、後タイミングが前タイミングより有意に高いという結果であった。

「ともだちはいいもんだ」では、高揚因子（F(2,98)=11.01,p<.01）、荘重因子（F(2,98)=6.63,p<.01）、抑鬱因子（F(2,98)=3.58,p<.05）で有意な結果となり、高揚因子は後タイミングが他より低く、荘重因子は just タイミングが他より高く、抑鬱因子は just タイミングより後タイミングが高いという結果となった。

このように、印象においては曲によりタイミングの影響は異なり、似た特徴である 3 曲での一致した結果もみられなかった。しかし、高揚因子と抑鬱因子で差がみられた曲が多く、気分の結果同様、just タイミングと前後のタイミングでの違いがみられた。特にテンポの遅い曲において、後タイミングで抑鬱因子が高いという結果がみられた。

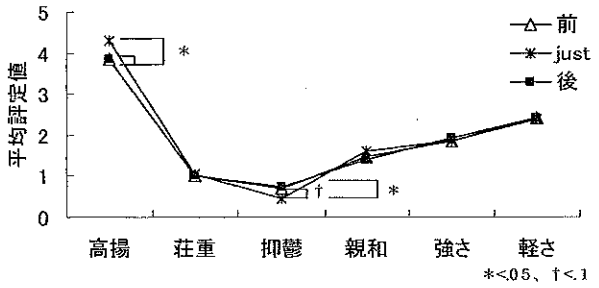


図7 あわてんぼうのサンタクロースの印象

3－4　タイミングと速さの印象について

次に、タイミングの違いによる速さの印象の違いについて検討した。その結果、「四季の歌」（F(2,98)=11.82,p<.01）と「ともだちはいいもんだ」（F(2,98)=4.34,p<.05）においてのみ有意な結果が得られた。

「四季の歌」では、前タイミングの方が just タイミングと後タイミングよりも有意に速いと判断され、「ともだちはいいもんだ」でも、前タイミングが後タイミングよりも有意に速いと判断された。

このように岸田ら[3]の実験同様、遅いテンポで前タイミングが後タイミングよりも速いと判断される結果となった。しかし「四季の歌」と同じテンポである「あわてんぼうのサンタクロース」でそのような結果が得られなかった事から、実際のテンポの速さだけでなくメロディー自体の印象や特性が影響する可能性が考えられる。速さの印象の結果を図 8 に示す。

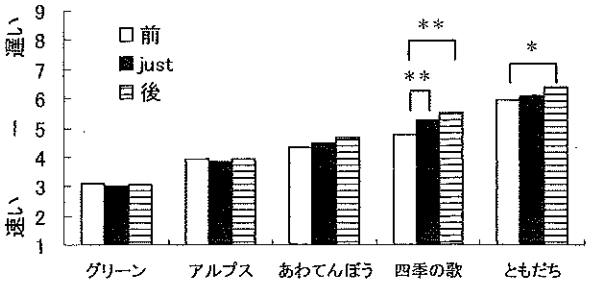


図8. 速さの印象　　**<.01、*<.05

4　まとめ

今回の実験では、メロディーを付加した曲におけるスネアドラムのタイミングの影響について検討し以下の知見を得た。まず、聴取時の気分への影響については、長調においてのみ影響がみられ、スネアドラムのタイミングが just の場合 active 因子は高く、heavy 因子は低くなり、calm 因子にはタイミングの影響はないという結果となった。

次に、曲の印象については、曲により影響を受ける因子が異なり一貫した結果はなく、メロディー自体の印象や聴取時の気分が同種の曲でもタイミングの影響が異なった。しかし、高揚因子や抑鬱因子がタイミングによる影響を受ける曲が多く、特に遅いテンポの曲においては後タイミングが抑鬱因子を高める事が示唆される結果となった。

最後に、速さの印象については、メロディー自体の印象や特徴の影響も考えられるものの、遅いテンポの曲でスネアドラムのタイミングが影響する可能性を示唆する結果となった。

5　参考文献

1) 奥平啓太, 平田圭二, 片寄晴弘: ポップス系ドラム演奏の打点時刻及び音量とグループ間の関連について: 情報処理学会音楽情報科学研究会　研究会報告,vol.56(84),pp.21-26 (2004)
2) 音遊人編集部: 音遊人 12 月第 11 号, pp.73,ヤマハ株式会社(2007)
3) 岸田好生, 中村敏枝, 谷口智子, 森数馬: ドラム音系列における‘間’とテンポについて: 平成 19 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集,pp.19-22(2007)
4) 教芸音楽研究グループ :改訂 歌はともだち（カラー版）,pp.17,21,59,79,122, 教育芸術社(1995)
5) 谷口高士: 音楽作品の感情価測定尺度の作成と検討: 心理学研究第 65 巻第 6 号,pp.463-470(1995)

ISSN 1344-4565

平成20年度日本人間工学会関西支部大会

大 会 長：森本一成（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 教授）
事務局長：桑原教彰（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 准教授）

大会事務局

中村顕輔、神戸元樹、久我祐介、才原崇文、新島雄一郎、
松本健吾、池内勇人、井上修平、郭　洪波、熊野　勇、
黄　文淵、小林和馬、高橋昌憲、浜田怜実、松林　潤、
井上茉莉子、今井友太、今西恵理子、芝 香苗、布施田浩一、
王　佳佳、許　実、金　愛利、申　尚烈

平成20年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集

発行日　　2008年 12月 6日
発行者　　平成20年度日本人間工学会関西支部大会事務局

〒606－8585
京都府京都市左京区松ヶ崎
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科
先端ファイブロ科学部門 メディア工学研究室
電話　：075-724-7494
FAX　：075-724-7494
E-mail：jeskb2008@kit.ac.jp

印刷所　(有)セクレタリアット