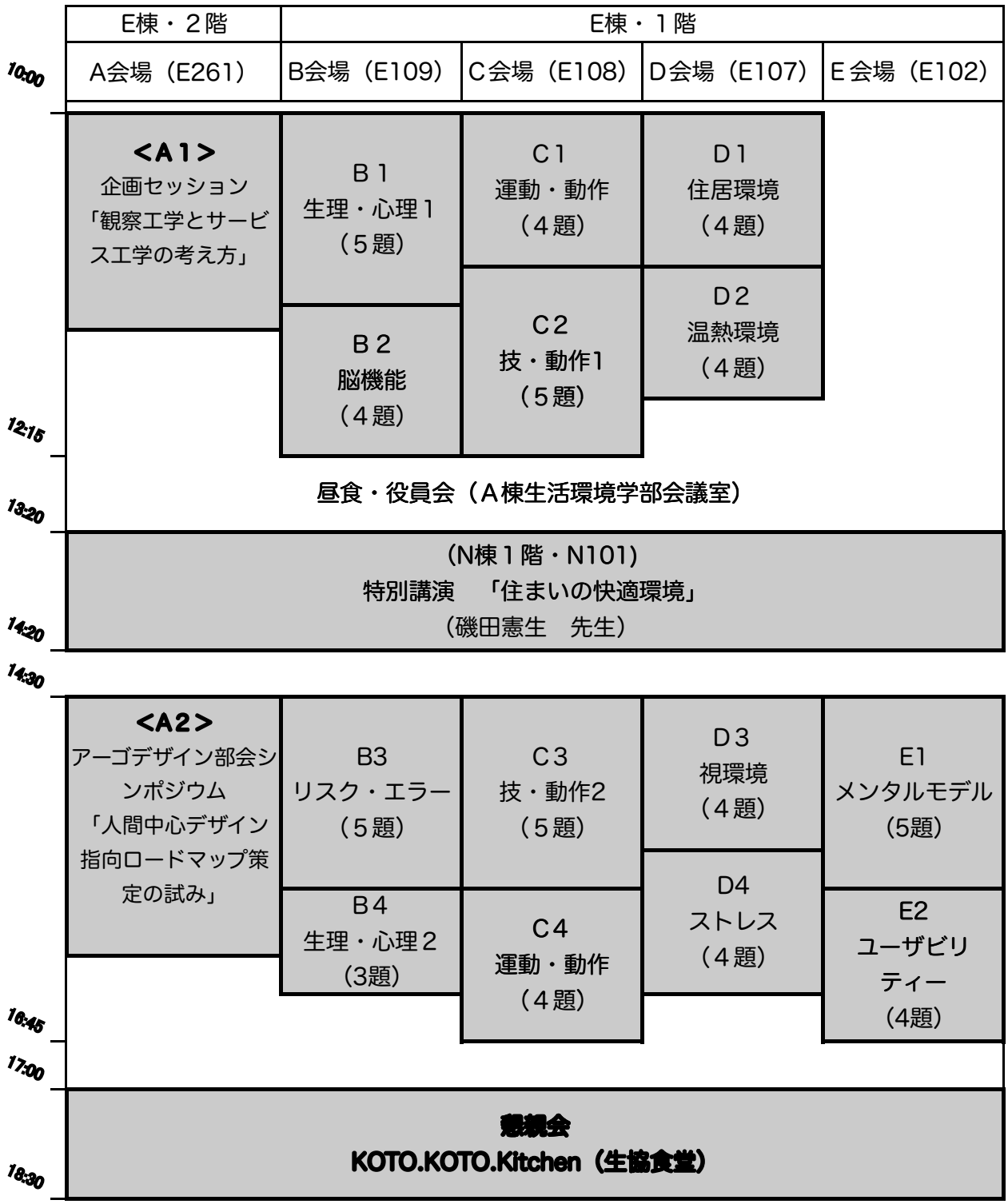
ISSN 1344-4566

平成21年度

日本人間工学会 関西支部大会
講演論文集

- 日時： 2009年12月5日(土)
- 会場： 奈良女子大学

日本人間工学会関西支部
平成21年度支部大会（12月５日）
大会スケジュール



発表時間　：　１題15分　（発表時間12分、質疑応答時間2分、交代時間を含む）
第１鈴：10分、　第２鈴：12分、　第３鈴：15分

発表：各部屋にプロジェクタが設置されております。15ピンのコネクターを準備しております。
パソコンは各自ご用意下さい。準備出来ない場合は予め事務局にご連絡下さい。
OHCも設置されておりますので、念のため、プリント出力をお持ち下さい。

平成21年度　研究発表会（12月5日）
プログラム

■　N会場（N棟1階・N101）

特別講演（13:20～14:20）	
N1	**「住まいの快適環境」** 磯田憲生(奈良女子大学人間文化研究科　教授)

■　A会場（E棟2階・E261）

A1　企画セッション『観察工学とサービス工学の考え方と事例』 （10:00～11:30）	
A1-1	サービスデザインの方法について ○山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)
A1-2	観察工学を応用したソフトウエア開発・運用の改善 ○新家 敦(株式会社島津ビジネスシステムズ)
A1-3	商品開発における調理行動観察の適応事例 ○立山和美(味の素㈱)、笠松千夏(味の素㈱)
A1-4	サービスサイエンス:ビジネスにおける行動観察技術の活用 ○松波晴人(大阪ガス株式会社 行動観察研究所)
A1-5	サービス観察の方法論構築のためのフィールド観察事例 ○八木佳子(株式会社イトーキ) 、山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)

(昼食・役員会・特別講演)

A2　アーゴデザイン部会シンポジウム『製品・サービス開発を目的としたロードマップ』 （14:30～16:15）	
A2-1	人間中心デザイン指向ロードマップの策定の試み ○新家 敦(株式会社島津ビジネスシステムズ) 、高橋 靖(元 千葉工業大学)、 上田義弘(富士通デザイン株式会社) 、細田彰一(昭和女子大学)、 吉井 誠(アイ・エス・ティ)、堀野定雄(神奈川大学)
A2-2	2030年―社会の変革と人々の意識変化 ○高橋 靖 (元 千葉工業大学)
A2-3	人間中心指向ロードマップ策定のための検討要因 ○上田義弘 (富士通デザイン㈱)
A2-4	人間中心デザイン指向ロ–ドマップの構造 ○細田彰一(昭和女子大学)
A2-5	いざ行こう！　2030年の時代へ －ペルソナで描くライフデザイン－ ○吉井 誠 (アイ・エス・ティ)
A2-6	パネル討論 ○新家 敦(株式会社島津ビジネスシステムズ)、高橋 靖(元千葉工業大学)、 上田義弘(富士通デザイン株式会社)、細田彰一(昭和女子大学)、 吉井 誠(アイ・エス・ティ)、堀野定雄(神奈川大学)

■　B会場（E棟1階・E109）

B1　生理・心理1（10:00～11:15）	座長：臼井 伸之介（大阪大学大学院）
B1-1	探し物に関するヒトの記憶を補助するためのＩＣタグファインダの提案 ○南部洋貴(摂南大学大学院)、川野常夫(摂南大学工学部)、福井 裕(摂南大学工学部)、 西田修三(摂南大学工学部)
B1-2	遅延環境下でのビデオ会議における自己映像による再生状況提示の効果 ○服部真承 村田和義 渋谷 雄(京都工芸繊維大学)
B1-3	ヒューマン・モニタリング・システムの開発　–ステレオ画像を用いた表情解析手法の適用– ○岡部直樹(大阪府立大学大学院)、中村由香(大阪府立大学)、有馬正和(大阪府立大学大学院)
B1-4	触覚提示が操作パフォーマンスに及ぼす影響 ○陣内 藍、岡田 明(大阪市立大学大学院生活科学研究科)、 山下久仁子(大阪市立大学研究支援課)
B1-5	触覚における速度情報の効果的提示手法に関する研究 ○庾 徹(関西大学大学院工学研究科)、小谷賢太郎、朝尾隆文、 堀井 健(関西大学システム理工学部)

B2　脳機能・脳活動（11:15～12:15）	座長：有馬 正和（大阪府立大学）
B2-1	ユーザビリティの質が及ぼす脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の特徴比較 ○杉谷直哉、萩原 啓 (立命館大学情報理工学部)
B2-2	日常生活と異なる動作が及ぼす脳機能の活性効果 ○長崎 健(立命館大学情報理工学部)、 深尾 歩(立命館大学院理工学研究科) 萩原 啓(立命館大学情報理工学部)
B2-3	NIRSを用いたひらめき時の脳内ヘモグロビン濃度の変化の特徴抽出 ○寺西慶祐、萩原 啓(立命館大学情報理工学部)
B2-4	事象関連電位を用いた集中力変化の特徴抽出 ○松岡 孝、 萩原 啓(立命館大学情報理工学部)

(昼食・役員会・特別講演)

B3　リスク・エラー（14:30～15:45）	座長：川野 常夫（摂南大学）
B3-1	大学生の違反事例の収集とその分析 －心理的要因との関連－ ○安達悠子(大阪大学大学院／日本学術振興会) 、森泉慎吾(大阪大学大学院) 、 篠原一光(大阪大学大学院)、臼井伸之介(大阪大学大学院)
B3-2	リスクテイキング行動尺度の作成(3) －妥当性と因子特性の検討－ ○森泉慎吾(大阪大学人間科学研究科) 、臼井伸之介(大阪大学人間科学研究科)
B3-3	地域住民の骨折実態とHEAlth Promotion、人間工学的課題について ○近藤雄二、伊藤道郎、深見英一郎(天理大学体育学部)
B3-4	ヒューマンエラーに起因した製品事故情報へのリスクアセスメント手法の適用 ○久本誠一(製品評価技術基盤機構事故リスク情報分析室)
B3-5	タスク分析とFMEAを用いたヒューマンエラー推定手法について ○後藤祐樹(和歌山大学システム工学部)、山田雄記、和田智紀(和歌山大学システム工学研究科) 土井俊央、山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)

B4　生理・心理2（15:45～16:30）	座長：近藤 雄二（天理大学）
B4-1	イス座面にかかる圧力とその時間変化との関係 ○森田賢治、 來 慧(京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科) 栗山裕行、深蔵 翔（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工芸科学研究科)
B4-2	人体への加圧部位の違いが心理・生理特性に及ぼす影響 ○石丸園子、中村美穂、野々村千里(東洋紡績㈱総合研究所)、 横山敦士(京都工芸繊維大学大学院)
B4-3	「商品イメージ解析法」の有用性 －化粧品の高級感を例に－ ○西藤栄子(徳島文理大学･短期大学部)、神宮英夫(金沢工業大学情報学部)

■　C会場（E棟1階・E108）

C1　動作・運動（10:00～11:00）	座長：芳田 哲也（京都工芸繊維大学大学院）
C1-1	漸増負荷時の自転車運動におけるビンディングペダルの効果 ○小村太朗、芳田哲也、常岡秀行(京都工芸繊維大学大学院)
C1-2	スイング動作時の打球感評価に関する研究 ○植田尚良(住友ゴム工業株式会社)
C1-3	人体の運動計測システムの開発　–システムの全体構成とセンサシステムの評価– ○落合伸一郎、大賀洸太朗(摂南大学大学院工学研究科)、橋本正治(摂南大学工学部)
C1-4	押し動作時の外乱に対する予測と姿勢制御方略 ○岡井理香(奈良女子大学大学院人間文化研究科)、藤原素子(奈良女子大学)

C2　技・動作1（11:00～12:15）	座長：桑原 教彰（京都工芸繊維大学大学院）
C2-1	金網を編む動作における継続的動作と断続的動作の“間”の比較 ○新井実生(京都工芸繊維大学)、北島正樹(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)、 辻 賢一(金網つじ)、仲井朝美､芳田哲也､濱田泰以(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)
C2-2	道具や熟練度の違いが漆塗り作業時の動作と眼球運動に与える影響 ○中林哲郎、高橋瑶子(京都工芸繊維大学大学院)、下出祐太郎(京都工芸繊維大学)、 久米 雅(京都文教短期大学)、後藤彰彦(大阪産業大学)、芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)
C2-3	茶道点前における各所作の眼球運動解析 ○坂本直道(大阪産業大学)､後藤彰彦(大阪産業大学)､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)、久米 雅(京都文教短期大学) 濱田泰以(京都工芸繊維大学大学院)、芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)
C2-4	旗頭彫金作業時の熟練者と非熟練者における打刻動作の解析 ○出来祥寛、後藤彰彦(大阪産業大学)､仁科雅晴(京都工芸繊維大学大学院)､久米 雅(京都文教短期大学)、 北島正樹(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)
C2-5	土壁塗作業の動作に及ぼす経験年数の影響 ○岡村悟志、後藤彰彦(大阪産業大学)、久米 雅(京都文教短期大学) 佐藤ひろゆき(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター) 濱田泰以、新井実生 (京都工芸繊維大学大学院)、芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)

(昼食・役員会・特別講演)

C3　技・動作2（14:30～15:45）	座長：畠中 順子（人間生活工学センター）
C3-1	包丁研ぎ技術早期習得のためのシステム開発 ○早川 徹(京都工芸繊維大学)、飯 聡(大和学園)、 北島正樹(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) 、 久米 雅(京都文教短期大学)、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) 、濱田泰以(京都工芸繊維大学)
C3-2	漆塗りにおける熟練者と非熟練者の塗り工程分析 ○中村圭吾、後藤彰彦(大阪産業大学)、久米 雅(京都文教短期大学)、 下出祐太郎(京都工芸繊維大学)、濱田泰以、芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)
C3-3	経験年数の違いが漆製品の評価に及ぼす影響 ○下出祐太郎(下出蒔絵司所) 、髙橋瑶子(京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科) 、 北島正樹(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター) 、久米 雅(京都文教短期大学) 仲井朝美、芳田哲也、濱田泰以(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)
C3-4	包丁の切れ味の違いが非熟練者の「かつらむき」動作に与える影響 ○若山雅文(京都工芸繊維大学大学院)、飯 聡、西村由二三(大和学園) 久米 雅(京都文教短期大学)、濱田明美(京都光華女子大学)、 仲井朝美、芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)
C3-5	薄茶表面における泡の生成過程および形状分布解析 ○辻本尚利、後藤彰彦(大阪産業大学)、太田 達、井植美奈子(京都工芸繊維大学大学院) 濱崎加奈子、前川善一郎(京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター)、 濱田泰以、芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)
C4　動作・行動（15:45～16:45）	**座長：久本 誠一（製品評価技術基盤機構）**
C4-1	要介護者を対象とした入浴介護作業の動作解析 ○鴨居宏明、後藤彰彦(大阪産業大学) 、山本晃嘉、松山 稔(株式会社シティー・エステート) 濱田泰以、芳田哲也、阪田将揮(京都工芸繊維大学大学院)、久米 雅(京都文教短期大学)、 太田智子(NPO法人伝統みらい)、松田嘉代子(有限会社春日不動産鑑定事務所) 西田隆一(株式会社和光製作所)、岡本健志(株式会社IAO竹田設計)
C4-2	加速度センサを用いた介護士の行動識別に関する予備的検討 ○西浦大晴、桑原教彰、森本一成(京都工芸繊維大学大学院)
C4-3	上肢ひねり作業における発揮トルクの測定　－上肢作業姿勢による違い－ ○水谷勝一(摂南大学大学院工学研究科)、福井 裕(摂南大学工学部)、 川野常夫(摂南大学工学部)、杉村延広(大阪府立大学工学部)
C4-4	20歳代から20～30年の間に体型変化した女性と体型変化が小さかった女性の歩き方の違い ○勝原洋二、坂本晶子、篠崎彰大 (株式会社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)

■　D会場（E棟1階・E107）

D1　住環境（10:00～11:00）	座長：奥田 紫乃（同志社女子大学）
D1-1	室内に残留する油煙臭に対する臭気評価実験 － 油煙臭に対する嗅覚順応の個人差に関する検討－ ○萬羽郁子、磯田憲生(奈良女子大学大学院)
D1-2	自然共生型住宅地における住環境実測調査　– 第９報　緑の量の違いによる住まい方の比較– ○松井智子、磯田憲生(奈良女子大学大学院)、東実千代(畿央大学)、久保博子(奈良女子大学)
D1-3	窓際植生の暑熱緩和効果(その16)　–西向き室の温熱環境評価– ○梅田奈々(奈良女子大学大学院)、磯田憲生(奈良女子大学大学院)
D1-4	夏期の冷房使用が生理・心理評価に与える影響 ○安岡絢子(奈良女子大学大学院)、坂上真央、久保博子(奈良女子大学) 磯田憲生(奈良女子大学大学院)

D2　温熱環境（11:00～12:00）	座長：梶井 宏修（近畿大学）
D2-1	暑がり寒がりの好む環境調節に関する研究 ○佐々尚美(武庫川女子大学)
D2-2	温水暖床ベッドが寝床気候に及ぼす影響 ○石田享子、椋橋泰明、内山寛信、倉田純一、村上佳広(関西大学)
D2-3	床冷房の快適温熱環境評価に関する研究 ○藤井佳代、磯田憲生 (奈良女子大学人間文化研究科)
D2-4	輻射環境下における四肢の露出が運動時の体温調節反応に与える影響 ○近澤祐樹、芳田哲也、常岡秀行(京都工芸繊維大学大学院)

(昼食・役員会・特別講演)

D3　視環境（14:30～15:30）	座長：篠原 一光（大阪大学大学院）
D3-1	半透過性の仕切りを通した視対象の見やすさ評価に関する研究 ○中野江里子、冨本浩一郎、加藤洋介、世良卓三、八木佳子(株式会社イトーキ)
D3-2	カラーシミュレーターに要求される機能の検討 ○松林 潤、森本一成、桑原教彰(京都工芸繊維大学大学院)
D3-3	ワーカーの創造性の向上を目的としたオフィス照明システム -クリエイティブオフィスのシーンに適した照明条件の研究– ○冨本浩一郎、橋浦 裕、辻 浩三、木村建樹(株式会社イトーキ)
D3-4	不均一輝度視野の明視性評価法に関する研究　-視対象の分光分布の眼球内散乱光量への影響- ○池上陽子(奈良女子大学大学院)、井上容子(奈良女子大学)

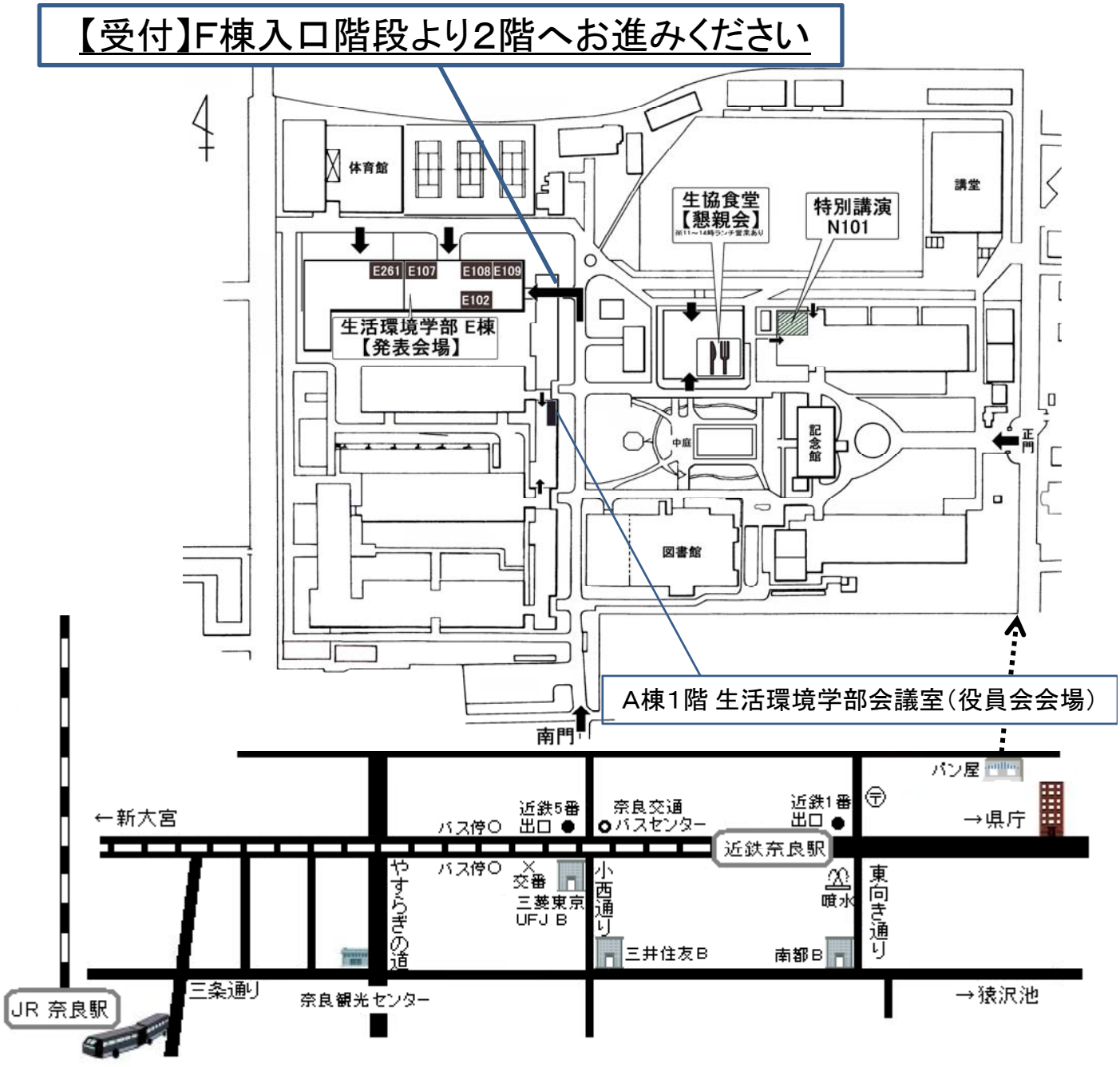
D4　ストレス（15:30～16:30）	座長：小谷 賢太郎（関西大学）
D4-1	操船シミュレータ訓練時における学生の唾液アミラーゼ活性評価 ○西村 望(神戸大学海事科学部) 、村井康二、福士恵一、林 祐司(神戸大学大学院海事科学研究科) 脇田慎一、宮道 隆((独)産業技術総合研究所)
D4-2	Comments on Visual Systems of A Ship Handling Simulator Based on Eye Movement ○Koji MURAI And Yuji HAYASHI (Kobe University) 、 LauriE C.STONE (Maine Maritime Academy、 USA) Tadatsugi OKAZAKI (Tokyo University of Marine Science and Technology)
D4-3	ストレス負荷時における指尖容積脈波の基線変化成分の有無がリアプノフ指数に与える影響 ○今西 明(関西学院大学大学院文学研究科／日本学術振興会) 、 雄山真弓(大阪大学大学院基礎工学研究科)
D4-4	ロッキングチェアのリラックス効果に関する生理心理学的検討 ○玉越勢治、山本直樹、森本文人、長江新平(関西学院大学大学院文学研究科) 市場博幸(市場株式会社) 、磯 博行(兵庫医療大学共通教育センター)

■　E会場（E棟1階・E102）

E1　メンタルモデル（14:30～15:45）	座長：澤島 秀成（奈良県工業技術センター）
E1-1	高齢者のメンタルモデル構築レベル把握手法の提案 ○田中観自(和歌山大学大学院システム工学研究科) 、山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)
E1-2	高齢者のメンタルモデル構築促進情報についての一考察 ○竹本浩史、山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)
E1-3	問題解決におけるStruCturAlモデルとFunCtionAlモデルの利用に関する研究 –若齢者と高齢者のモデル活用過程の違い- ○山田雄紀(和歌山大学大学院)、 溝口菜見、密谷謙士朗、石原啓介、山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)
E1-4	子どものメンタルモデル構築に関する研究　-成長に伴う階層構造理解の変容- ○阪野史子、岡田 明(大阪市立大学大学院)
E1-5	インタフェース操作のメンタルモデル構築に関わる要素についての研究 ○土井俊央(和歌山大学)、冨永彩容子(和歌山大学大学院)、 山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)、西崎友規子(日産自動車株式会社)
E2　ユーザビリティ（15:45～16:45）	**座長：岡田 明（大阪市立大学）**
E2-1	レトルト食品に関する高齢者のメンタルモデル実験の紹介 ○石原啓介 、溝口菜見(和歌山大学システム工学部) 、 密谷謙士朗、山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)
E2-2	食品包装用ラップフィルムの使用状況と注視状況の把握 松延拓生、○竹内あゆみ、川島基子、東 拓央、吉池俊貴、加藤 愛、加藤夏来 (和歌山大学システム工学部)
E2-3	ユーザビリティタスク分析によるデジタルテレビのリモコン評価 ○佃 五月(シャープ株式会社・和歌山大学大学院)、山岡俊樹(和歌山大学)
E2-4	サービスの問題点抽出方法の一考察　-セルフガソリンスタンドのサービスを考える- ○山本紗知恵(和歌山大学大学院)、山岡俊樹(和歌山大学システム工学部)

会場案内図

近鉄奈良駅　⑤番出口より　北へ徒歩5分
南門より入講　F棟へ直進

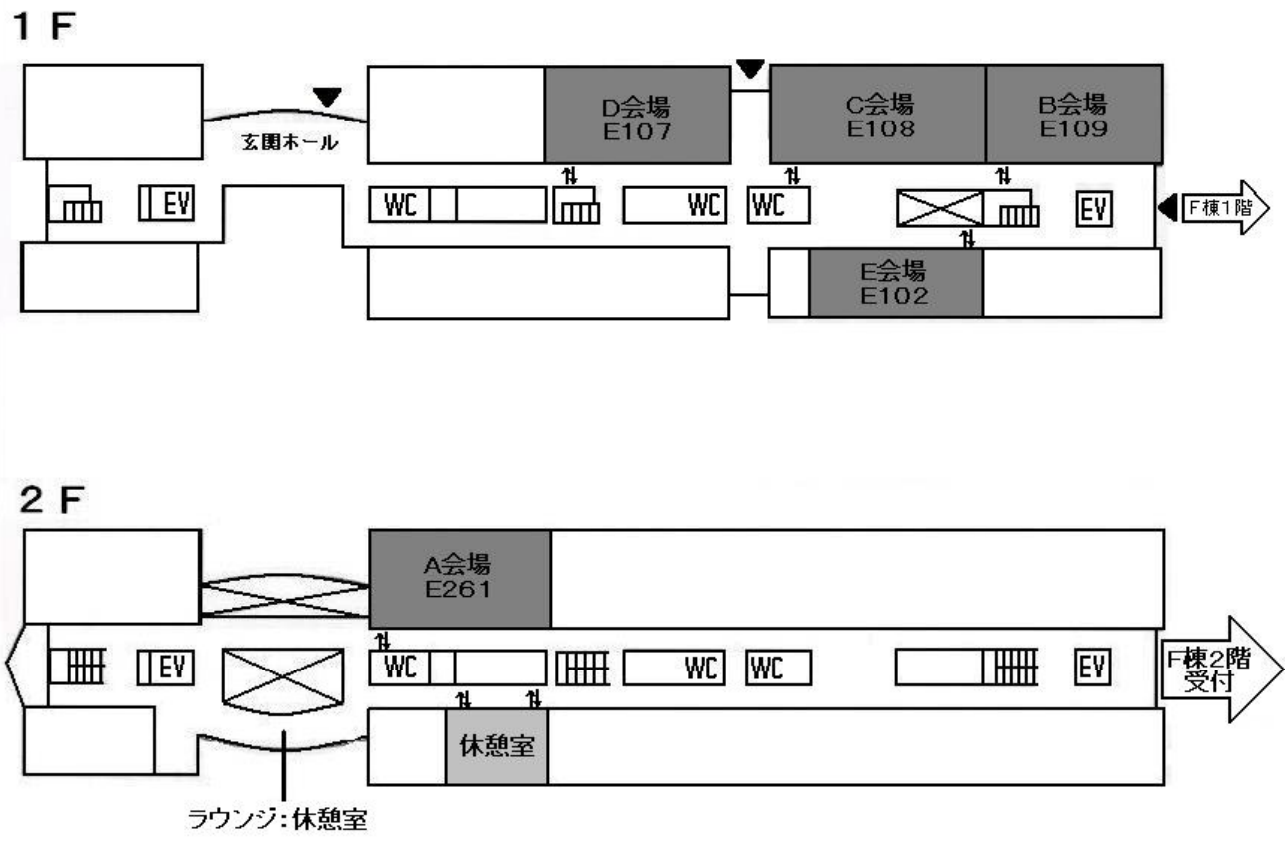


昼食は、奈良女子大学生協食堂、もしくは近隣のカフェ・定食屋（南門より東方向・東向き通り沿い）をご利用ください。

発表会会場

	受付	： F棟2階
特別講演	特別講演会場	： N棟1階　N101
企画セッション	A会場 ： E棟2階　E261	
一般セッション	B会場	： E棟1階　E109
一般セッション	C会場	： E棟1階　E108
一般セッション	D会場	： E棟1階　E107
一般セッション	E会場	： E棟1階　E102
休憩	休憩室	： E棟2階　E251，ラウンジ
懇親会	懇親会会場	： 生協食堂1階
役員会	役員会会場	： A棟1階　生活環境学部会議室

各セッション会場　E棟案内図



住まいの快適環境

奈良女子大学大学院人間文化研究科
〔住環境工学〕
磯　田　憲　生

室内温熱環境の快適性　―温熱生理心理実験―

大学院人間文化研究科　社会生活環境学専攻　磯田憲生

研究分野：住環境工学　(温熱環境・空気環境・音環境)

環境共生型住宅の実測調査

環境共生型住宅地の気候と住宅室内温熱環境を実測し、温熱環境の快適性と省エネルギー性を検討しています。

窓際植生の日射遮蔽効果と緑の心理的効果の解明

その他の研究テーマ

- 民家の温熱環境の実態調査
- 住宅の内装材の室内環境への効果
- 住まいの温熱環境及び住まい方・消費エネルギーの調査
- 快適な睡眠環境の人工気候室実験
- 住まいの空気環境の実態調査

快適な床冷却・床暖房の実験

高齢者の快適温熱環境の実験

温熱環境の生理心理反応への影響を人工気候室において測定し、快適な室内温熱環境を提案しています。

はじめに

日本の住まいの在来工法

夏を旨とすべし

開放型　**・庇　・縁側　・開口部**

夏に適応　　**冬**は寒い環境

・日射遮蔽　　・隙間風防止
・通風　　・日当たり

奈良女子大学における住まいの温熱環境研究の取り組み

- 奈良女子大学生活環境学部住環境学科の変遷
  1953年家政学部住居保健学科として設置、住居学科として発展。
  1993年生活環境学部人間環境学科住環境学専攻に改組。
  2006年生活環境学部住環境学科に改組予定。
- 住居学科生活環境学研究室（花岡利昌名誉教授（故人）、梁瀬度子名誉教授）
  ・民家や住まいの温熱環境に関わる研究　：先人の知恵や工夫を学問的に実証。
  ・高齢者環境、睡眠環境、室内視環境などの先駆的な研究を推進した。
- 最近の研究では、環境と共生した地球環境に優しい住まいや住まい方が重要課題となり、省エネルギーで快適な環境づくりが当面の課題なっている。
  ・温熱環境の研究　：民家・住居の温熱環境、住まい方と省エネルギー、快適室温の個人差を考慮したパーソナル空調、放射冷暖房の快適性・省エネ性、など
  ・住宅の実態測定、住まい方のアンケート調査、人工気候室での被験者実験など。

民家・町屋・住宅での温熱環境の実証的研究

•民家や町屋には先人の知恵と工夫による地域の気候に適応した建築方式や住まい方が伝承されており、環境適応や環境に優しい住まいや住まい方などの先人の知恵を現在の住まいに応用できる。

•夏期の日射遮蔽、物置に利用した小屋裏の断熱、木材の有効利用、通風方式、冬期のすきま風の防止、いろりの放射（輻射）暖房、自然材の断熱など様々な工夫が有効である。

•高齢者住宅の温熱環境の改善は健康維持と密接な関係がある。ソーラーハウスなどこれからの住まいや住まい方を追求することも省エネルギーに結びつく。

住まいの快適環境

Ⅰ．民家・町家の温熱環境
Ⅱ．環境共生的住まい方の意識と省エネルギーとの関わり
Ⅲ．環境共生住宅の温熱環境
Ⅳ．快適室温にみられる個人差の検証
Ⅴ．快適冷暖房システムの解明

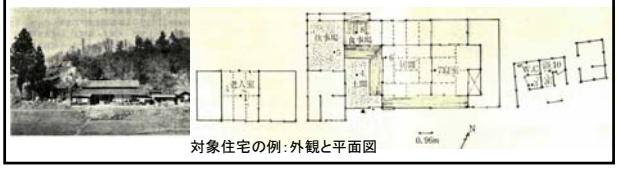
Ⅰ．民家・町家の温熱環境

奈良市月ヶ瀬(旧・月ヶ瀬村)民家の晩秋の室温観測結果

- 花岡利昌,梁瀬度子,田中せつ子,藤井澄子
  「民家の微気候学的研究　第1報　奈良県添上郡月ヶ瀬村民家における一考察」、奈良女子大学家政学会家政学研究vol.15 No.1、pp.40-48(1968)

日本の農家には、住居気象条件の劣悪さがまだまだ多くみられ、脳出血発作の契機となっていることが考えられた。

<対策>
・便所、浴室を住宅内に設置する
・老人室の暖房を局所暖房（あんか、堀ごたつなど）ではなく、室暖房にする



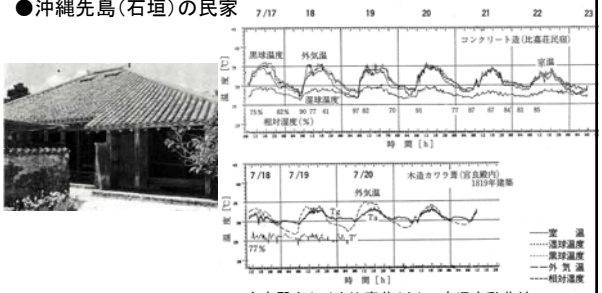
対象住宅の例：外観と平面図

伝統民家の生態学

沖縄先島（石垣）の民家とアイヌの伝統民家「チセ」

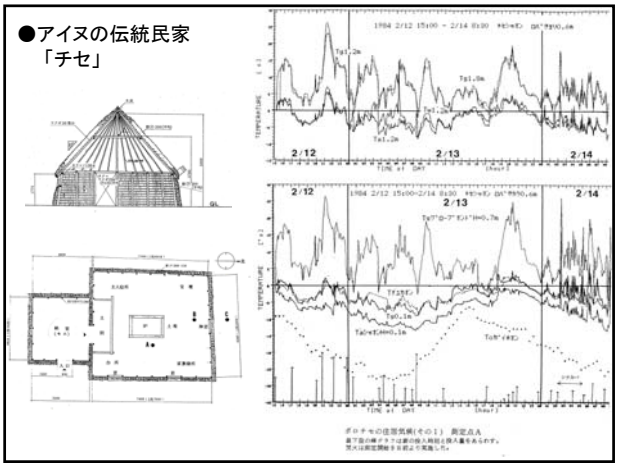
- 花岡利昌「伝統民家の生態学」、海青社(1991)

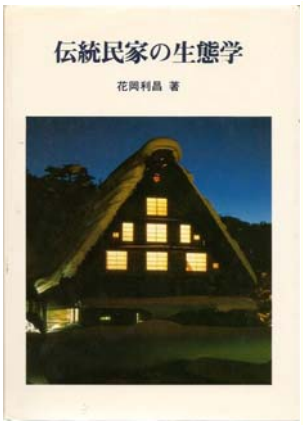
●沖縄先島（石垣）の民家



宮良殿内（下）と比嘉荘（上）の室温変動曲線

●アイヌの伝統民家
「チセ」



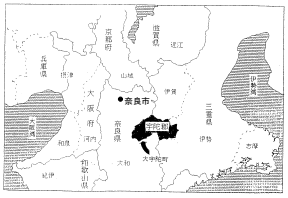


奈良県大宇陀の民家の温熱環境

- 奈良県宇陀郡大宇陀町（旧　松山地区）

特徴　町屋・農家・社寺建築の伝統的な建物が多い。江戸・明治時代の建物が多く保存されている。

産業　葛・和紙・薬園・和菓子・酒・建具などの伝統産業



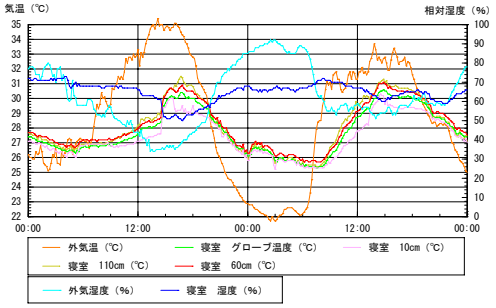
OT邸

OY邸

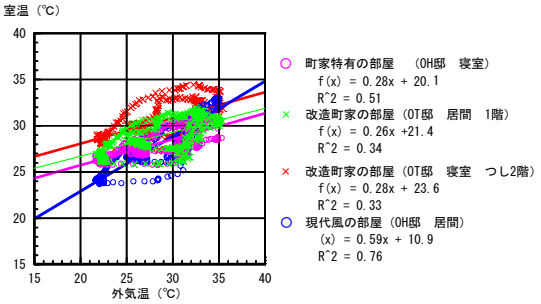
夏の温熱環境測定結果

町家特有の部屋

OH邸　寝室



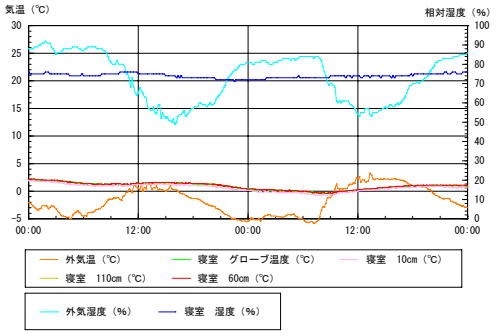
町家の改造の有無別外気温と室温の関係



冬の温熱環境測定結果

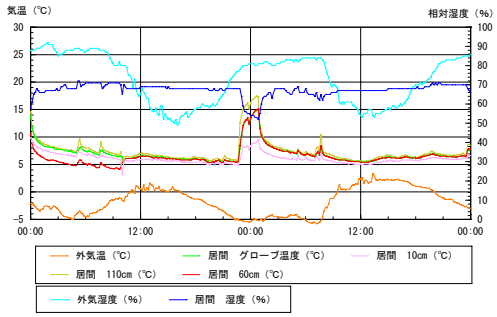
町家特有の部屋

OH邸　寝室

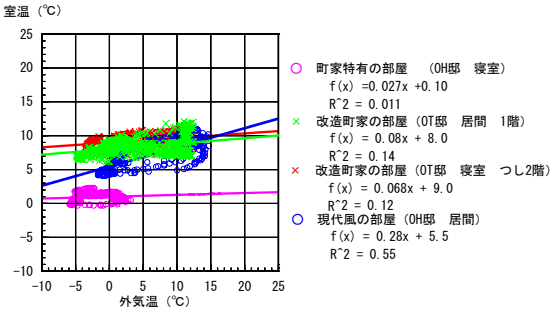


改造町家の部屋

OT邸　居間



町家の改造の有無別外気温と室温の関係



民家・町家の温熱環境の特徴

〈夏季〉

窓開けや日よけとしての簾の利用など、住まい方の工夫によって涼しく快適に過ごすことができる。

〈冬季〉

隙間風を抑制し、室温を上げることが必要であり、床暖房や囲炉裏などの放射暖房が有効と考えられる。

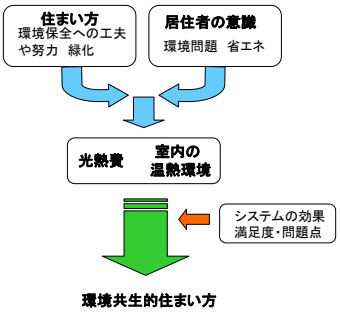
Ⅱ．環境共生的住まい方の意識と省エネルギーとの関わり

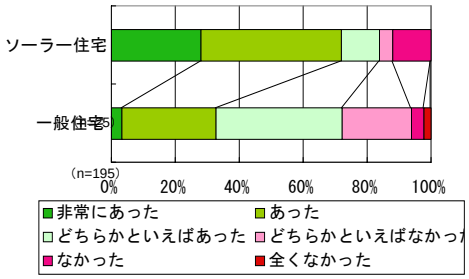
- 居住者に対して住まい方や環境共生的意識および電気・ガスなどの光熱費をアンケート調査した結果、建へ物の工夫、冷暖房の使用状況、緑の導入などは環境意識と関連性がみられ、意識が高いほど工夫など取り組んでいる数が多くなる。
- 光熱費からみた省エネルギー効果は一般居住者に比べ省エネルギー意識が高い者ほど大きく、ソーラーハウス居住者は意識が高く、光熱費が2割から5割ほど少ない。

研究の流れ

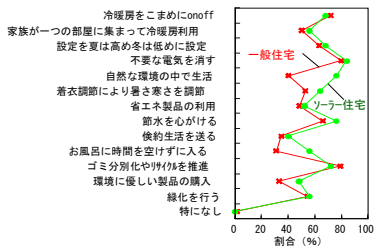
自然エネルギー（特に太陽エネルギーに着目）を利用した設備を設置した住宅を対象

ソーラーシステム設置住宅

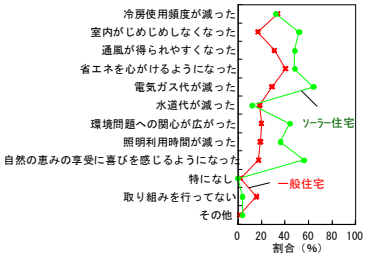




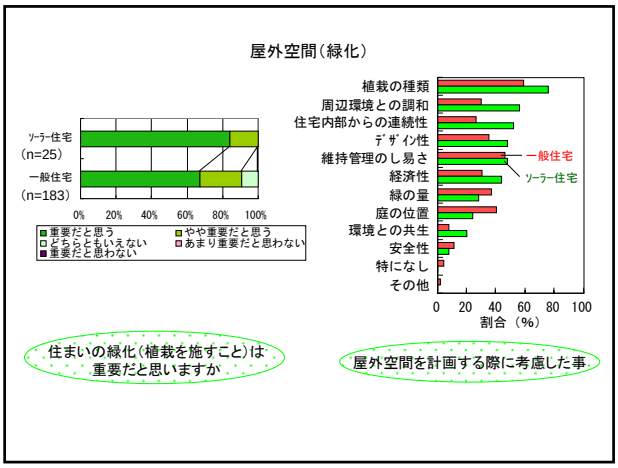
入居前の環境問題に対する居住者の意識

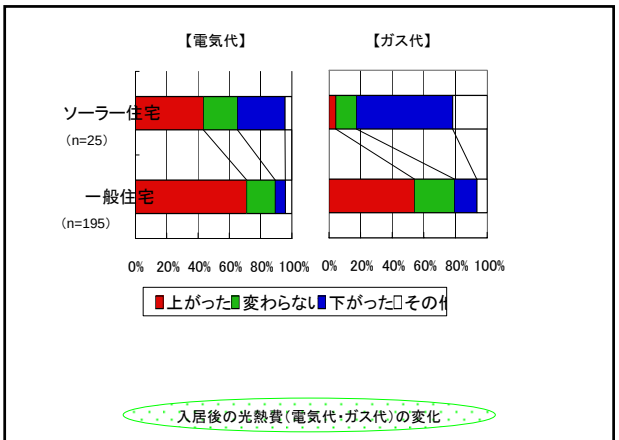


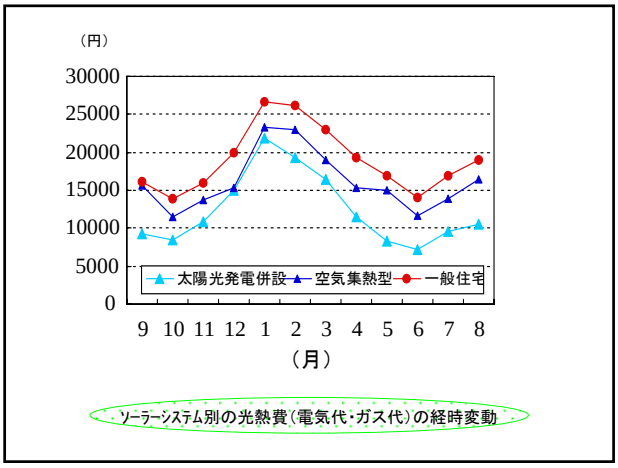
日常生活の中での省エネや環境保全への取り組み

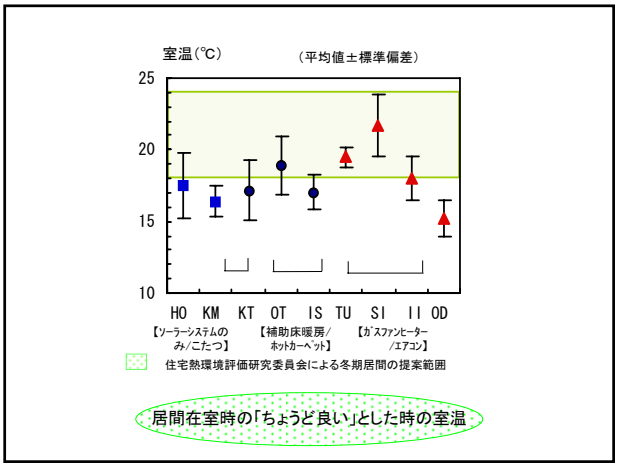


日常生活の中での省エネや環境保全への取り組みを行うことで得られた効用









環境共生的住まい方と温熱環境の特徴

〇住まい方

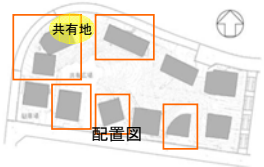
- 夏期は窓を開ける、日射を遮蔽、扇風機の使用
- 冬期には空気集熱式床暖房を主に用い、それでも寒い場合は局所暖房を用いる

〇温熱環境

- 夏期は扇風機の使用、冬期は空気集熱式床暖房のみの使用で上下温度分布差が小さく、良好な室内環境が得られる。

Ⅲ. 環境共生住宅の温熱環境

- 奈良市青山：自然環境をできるだけ保存して建てられたコーポラティブ住宅

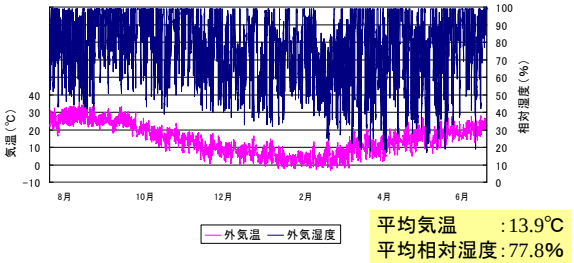


住宅地内の5戸の住戸において、温熱環境測定を実施

4-1 住宅地内の温熱環境

(1)年間の経時変動

住宅地の温熱環境(2007.7.25-2008.6.22)



平均気温　　:13.9℃
平均相対湿度:77.8%

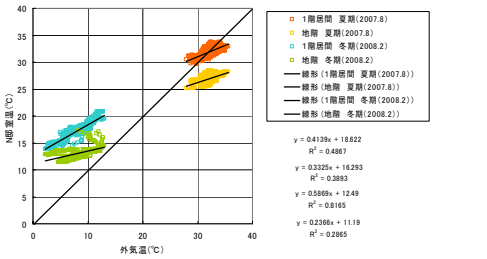
室内温熱環境測定結果

(1)N邸

- 竣工時期:2005年4月
- 構造　　:木造2階建て、地下RC造
- 暖房方法:OMソーラー、床暖房
- その他　:断熱材・・・壁100mm
  屋根150mm
  窓・・・ペアグラス

N邸　住宅地内外気温と室温の関係

※晴天日の12時～16時の平均値(非冷暖房時)

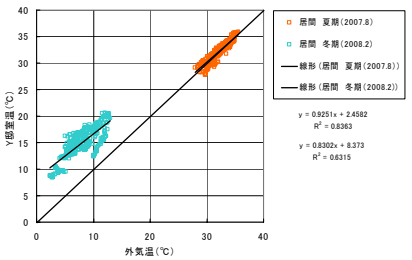


(2)Y邸

- 竣工時期:2005年3月
- 構造　　:木造平屋
- 暖房方法:床暖房
- その他　:南面前面ガラス戸
  回廊付き

Y邸　住宅地内外気温と室温の関係

※晴天日の12時～16時の平均値(非冷暖房時)



環境共生住宅の温熱環境の特徴

N邸　夏：外気温よりも高い変動
　　冬：日較差Y邸よりも小さい
　　晴天日の日中は室内を15℃以上に維持

Y邸　夏：外気温と同じ変動
　　冬：日中は外気とともに上昇
　　夜間冷える

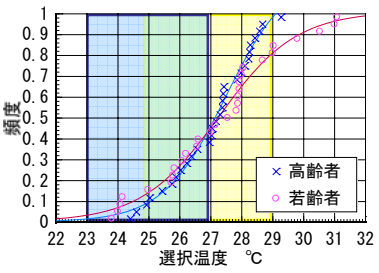
Ⅳ．選択された快適室温にみられる個人差の検証

- 人体の温熱環境適応は、日常の生活環境の影響を受け、夏季に冷房を多用する人は低い室温を好み、発汗能力が低下する。
- 室温を自由に調節できる人工気候室を使用して、女子大生に好まれる室温に設定してもらうと　23℃－31℃の範囲を選択し、約8℃の個人差がみられる。
- 女性では約6割の人が自分を冷え性だと意識し、約7割の人が室温25℃程度で皮膚温が低下し、冷え性の症状が認められ、改善策としては継続的な運動や足部などへの温熱的刺激が有効である。

結果

1．選択気温の個人差の範囲

若齢者・高齢者別の120分時の選択気温の分布



若齢者の選択気温は着衣量0.4cloの値に補正した

	young	old
AVE	27.2	27.0
SD	2.0	1.3
MAX	31.1	29.3
MIN	23.8	24.4

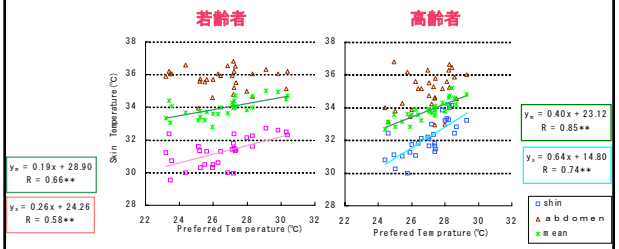
(℃)

：若齢者対象,58年度住宅温熱環境評価基準値,住宅熱環境評価研究会,1983,0.2～0.5clo, 安静

：高齢者対象,高齢者住宅熱環境評価基準値,高齢者生活熱環境研究会,1991改定,0.2～0.5clo, 安静

2．選択気温下における生理・心理反応

ｉ．選択気温と皮膚温の関係



高齢者の方が気温と皮膚温の相関が強い

低い気温を選択した被験者は躯幹部皮膚温が低下

＊＊ p<0. 01
＊ p<0. 1

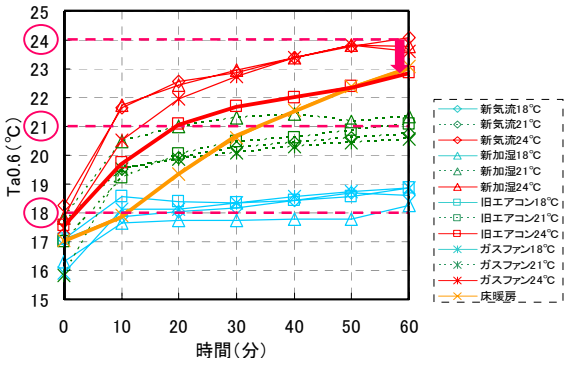
快適な温熱環境研究の問題点

- **主に健康な青年を被験者とした人工気候室による定常的環境実験**
- **男性・女性の性差**
- **乳幼児から高齢者までの年齢差、体格**
- **季節や冷暖房室での環境適応**
- **種々の環境への移動に伴う非定常環境など**
- **生活の周囲環境や人の行動に対応した温熱環境**
- **建物の熱的性能や住まい方等生活実態への配慮**

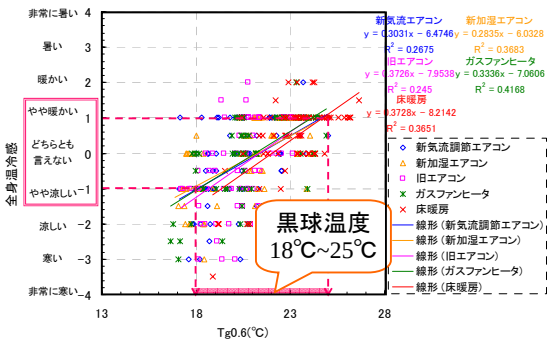
Ⅴ．快適冷暖房システムの解明

- 夏季の冷房については風の有効利用を提案してきた。風には冷却効果があり、約1m/sの風で約3℃の温度低下相当の効果が認められ、変動風がより効果的である。
- エアコンでは吹き出し気流にあたり続けると皮膚温低下を引き起こす。天井冷房は頭寒足熱の環境となるが、高湿環境では結露が課題。
- 冬季の床暖房は頭寒足熱で快適性が高いが、高い床温や直接床に長時間接触すると低温火傷の可能性が高い。
- 人工気候室の被験者実験から、床暖房では気温18℃－24℃、床温は35℃－40℃で高い快適性が得られ、やや低い気温でも快適と感じる。
- 床冷却では床温25℃以上、天井暖房では天井温35―40℃が推奨される。
- 天井冷房、壁加熱冷却による温熱環境の快適性研究を継続中。

気温の経時変動



黒球温度と全身温冷感の関係



暖房評価

◇新気流エアコン◇
- ・気温の上下温度分布が比較的均一
- ・皮膚温への暖房効果が有効

◇新加湿エアコン◇
- ・気温の上下温度分布が比較的均一
- ・皮膚温への暖房効果が有効

◇旧エアコン◇
- ・加熱能力の不足
- ・気温の上下温度差が比較的大きい
- ・皮膚温への暖房効果がやや低い

◇ガスファンヒータ◇
- ・気温の上下温度差が大きい
- ・上半身への皮膚温高
- ・下肢部の皮膚温低
- ・炭酸ガス濃度高い⇒換気が必要

◇床暖房◇
- ・速暖能力が劣る
- ・人体反応としては最もよい反応

快適な冷房・暖房

冷房環境
- 冷房温度を高めに。28℃を目安とする。
- 上下の温度差を少なくする。
- 冷風には長時間当たらないようにする。
- 時々換気を心がける。

暖房環境
- 暖房温度は低めに。21℃前後を目安とする。
- 放射暖房の方が快適性は高い。
- 上下温度差を少なく。頭寒足熱が快適である。
- 換気に心がける。

サービスデザインの方法について

山岡俊樹（和歌山大学システム工学部）

An examination of Service design method

Toshiki YAMAOKA (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University),

１．はじめに

本論では、サービスデザインを行うためのデザインプロセス、特にユーザ要求事項の抽出から構造化コンセプト構築・可視化まで述べる。この方法は従来の直感に基づく方法からできるだけ定量化を計ることにより、特別のスキル、体験が無くともデザインができるのを狙っている。

デザイン手順は、観察方法、コンセプト構築方法、可視化方法であるので、これに従って述べる。

２．観察方法とタスク分析

サービスのデザインを行うには、前提として現状を把握して、問題点を抽出する必要がある。直感に頼った観察も悪くはないが、見落としたり、ユーザの動きが速い場合など、限界がある。これらの弊害を乗り越えるために、ビデオや写真を活用して、問題点を抽出して改善点を探してゆく。これ以外の方法も考えられるが、この方法がコスト面や得られるデータの厳密性から効果的と考えられる。

下記にその手順を示す。

(1)観察の目的を決める

(2)観察対象物（システム）を決定する

(3)環境、使用文脈から最適な観察対象物（システム）を特定し、観察・撮影(ビデオ、写真)を行う。その特定基準は、①代表的な対象物である、②環境、使用文脈から外れる特異な対象物である、であり、この基準から幅広く採取する。

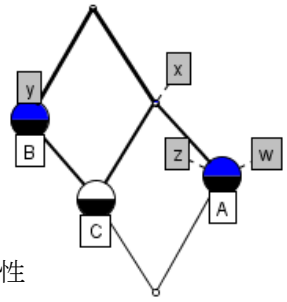
(4)観察後、ビデオや写真を見ながら検討を行う。ユーザの行動を引き起こしている価値感、考え方を類推して、項目にまとめる。また、タスク分析を行い、問題点を抽出して、要求項目にまとめる。

(5)得られた項目をグループ化して、構造化を行う。グループ化の際、項目に関連する項目をパラメータにして、クラスター分析など行い、階層化を行っても良い。

(6)更に定量的に解析したい場合は、撮影したデータから、分析するためのキーワードを抽出する。このキーワードは観察対象物(システム)に係わる属性やその特徴的行為などで、観察対象物の属性や行為を記述できることが重要である。

(7)観察対象物とキーワードのマトリックスを作り、各セルにはそれぞれが関係する場合、１を入力する。このマトリックスデータから直接形式概念解析（FCA）を行い、観察対象物とキーワードとの関係を抽出することができる(図1)。しかし、観察対象物が多い場合は、コレスポンデンス分析とクラスター分析で観察対象物を分割してから、それぞれの分割されたグループに対してFCAを行う。FCAはマトリックスデータの包含関係からハッセ図を作成するもので、この分析により観察対象物間の関係やその属性や行動との関係などを把握することができる。

	w	x	y	z
A	1	1	0	1
B	0	0	1	0
C	0	1	1	0



A,B,C：対象物　　w,x,y,z：属性

図１　FCA分析例

３．サービスにおけるヒトとモノとの関係

サービスが必要となるシーンを「人-人」、「人ー機械(システム)」の2つのケースで分けて考える(図2)。

3.1ヒト(お客)とモノ(システム)との関係

お客はシステムとのやりとり(インタアクション)から何をすれば目標を達成するのか分かる。

やりとりは(1)情報入手、(2)理解・判断、(3)操作の繰り返しによってなされる。つまり、お客はシステムから情報を入手し、どう使えばよいのかなどと理解・判断を行い、その結果操作を行い目的を達成させるのである。もし、達成できない場合は、再度トライし目的達成まで操作を行う。

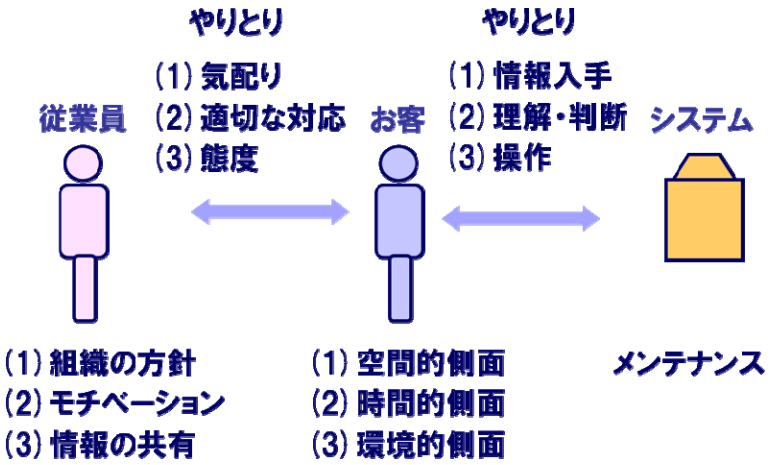


図２　ヒトとモノとのモデル図

お客の置かれる環境として、HMIの5側面の時間的側面、環境的側面が大事になる。特に重要な空間的側面は環境側面から独立させて、この3側面をお客に係わる重要なデザイン項目として抽出する。一方システムに関しては、メンテナンスを重要なデザイン項目として扱う必要がある。

3.1ヒト(お客)とヒト(従業員)との関係

サービスの中核となる部分で、お客と従業員とのやりとりは(1)気配り、(2)適切な対応、(3)態度である。まず、従業員はお客の行動、態度、仕草などからお客の困っていることなどを察知する。これが気配りである。従業員の気配りにより、お客の問題点や要望事項を入手したあと、どうするのか戦略を考え行動をとる必要がある。これが適切な対応である。適切な対応は、適切な情報を得て行うことができる。適切な対応の行動を取るとき、最適な態度が必要である。これらのやりとりを行う際、思い込みを避ける意味で、かならずお客との確認(チェック)を必要とする。

例を挙げて、3側面を考えてみる。家族で京都のあるホテルに宿泊した。ある事情で予定外のエクストラベッドを使用し、戻しておいた。外出から戻ったとき、フロントから電話があり、今晩もこのベッドを使いますかと問い合わせがあり、使うことを述べると、即従業員が来てくれてベッドメーキングをしてくれた。つまり、(1)エクストラベッドの使用→気配り、(2)問い合わせ→適切な対応、(3)ベッドメーキング→適切な対応、態度、と考えることができる。この３つの側面はお客とシステムのやりとりと対応している。(1)情報入手→(1)気配り、(2)理解・判断→(2)適切な対応、(3)操作→(2)適切な対応、(3)態度、である。

従業員の行動を決めるのが、(1)組織の方針、(2)モチベーション、(3)情報の共有、である。(1)組織の方針とは、従業員の行動を支える基本的なバックボーンである。方針が曖昧であると、問題が生じたときや重要な決断を行わなければならないときに適切な判断を行うことができなくなる。(2)モチベーションは、従業員個人の作業意欲の源泉ともなるものである。(3)情報の共有は、従業員と関係者との情報を常に共有することにより、適切な対応が可能になる概念である。

４．コンセプト構築方法と可視化方法

観察によるユーザの行動を起こしている要因、タスク分析によるユーザ要求事項、及びヒトとモノとのモデル図から、サービスデザインに必要なユーザ要求事項を抽出し構造化して、構造化コンセプトを構築する。可視化の方法は構造化コンセプトの最下位項目をサービス項目に変換させて行う。例えば、飲食店で最下位項目が「迅速な対応」とする場合、サービス項目は「水とメニューをすぐ出す」「料理を待たせない」などが考えられる。

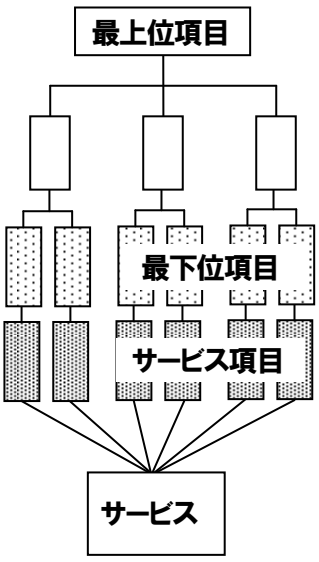


図３　構造化コンセプト

状況に応じてサービス項目を生み出し、それらを統合すると、サービスの全体像が明確になる。そして、サービス項目のウエイト付けを行う。これにより、どのサービスに重点的に行うのかが明確になり、メリハリのあるサービスが実現する。

参考文献

1)　山岡俊樹：ヒューマンデザインテクノジー入門、森北出版、2003

観察工学を応用したソフトウエア開発・運用の改善

○新家敦（株式会社島津ビジネスシステムズ）

The Improvement of The Software Development by Observation Enginering

Atsushi SHINYA (Shimadzu Business Systems Corporation)

１．はじめに

昨今、経営の観点から社内業務用ソフトウエアの開発や運用に対してコストダウンが求められてきている。

これまでは、開発者・運用者の現場の声を聞き、不足する能力については、外部要員の補充などで補うことが多かった。しかしながら、本当に開発者・運用者は手一杯なのであろうか。

もし、業務環境に問題があり、それを手直しすることで業務効率が向上するとすれば、まずそれを検討すべきであると考えられよう。

今回、実際に社内業務用ソフトウエアを開発・運用している現場を観察し、開発者や運用者の行動に潜む無駄を抽出、そこから改善策を見いだしたので報告する。

２．課題

社内業務用ソフトウエア開発者・運用者の行動を観察し、無駄な部分を見いだすこと。

これにより、開発者・運用者の業務効率を上げ、残業時間の削減や、コスト高となる外部要員への依存を抑制すること。

３．仮説

・現在要求されている社内業務用ソフトウエアの開発・運用シーンでは、1,024×764ドット程度の解像度では狭すぎる。
・社内業務用ソフトウエア開発者・運用者の使用するPCの画面解像度を大幅に向上させることによって、大きく業務効率を改善させることができる。

４．観察対象

社内業務用ソフトウエア開発者の現在の標準的な作業環境を調査した。

対象は、製造業関連会社で、企業グループの情報システム部門を担当する100名規模の会社の従業員である。

この中から開発者・運用者合計5名を選抜し、調査に協力してもらった。被験者の内訳は、情報系システム開発者2名（A,B）、基幹系システムの開発者1名（C）・運用者2名（D,E）である。

５．調査方法

液晶モニタの画面解像度が1,024×764ドットのPCを使用する5名に対し、大型液晶ディスプレイ（1,920×1,200ドット）を追加利用するよう設置した。

この液晶モニタは、USBディスプレイアダプタを介して接続された。(図1)

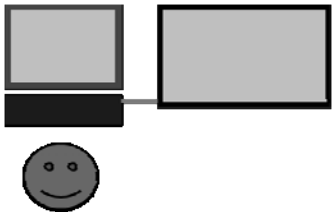


図1 既存PC(左)に大型液晶ディスプレイ(右)を追加

６．調査期間

2009年09月より現在（2009年10月）に至る。

７．観察結果

被験者Aは初期に、図2-1のようなレイアウトで使用していた。主に既存のディスプレイを使用し、副次的に大型ディスプレイを使用する形態である。

しかし、数日経つと大型ディスプレイで主な作業をするようになってきた。

これは、プログラミング言語Javaの標準的な統合開発環境が複数の表示領域を持ち、編集領域以外の領域も広く表示場所を取るためである。

また、大型ディスプレイの周りで他の関係者との打ち合わせを行う行動が見られるようになった。

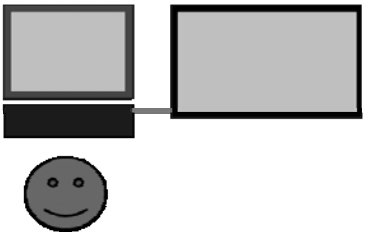


図2-1 被験者Aの初期モニタレイアウト

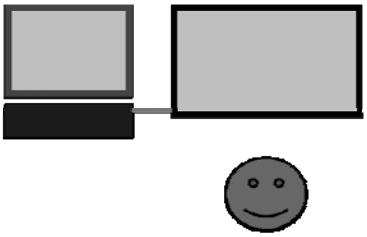


図2-2 被験者Aの現在のモニタレイアウト

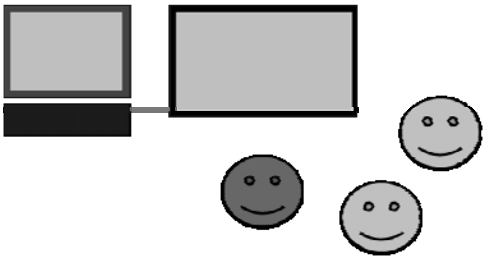


図3 その場で打ち合わせ

被験者Bは、当初より大型ディスプレイを主な作業領域として使用していた。また、既存PCのディスプレイでは、クライアント側のWeb画面を表示させており、出力確認用としていた。

被験者Cは、主に大型ディスプレイを作業用として使用しており、既存PCディスプレイ上では電子メールを利用していた。

被験者D,Eは、大型ディスプレイ上に表計算ソフトウエアの横長のシートを表示・参照しながら既存ディスプレイ上で作業を行うというスタイルであった。

6．考察

被験者Aは既存の開発スタイルでの経験が長かったため、すぐには大型ディスプレイに開発環境を移せなかったものと考えられる。しかし、大型ディスプレイに移行した後は、「もう小さい画面には戻れない」と回答している。

これに対して被験者Bは、即時に大型ディスプレイへと主な開発環境を移行している。若手初心者のため、開発スタイルが未だ確立されていなかったために移行に心理的な抵抗がなかったものと思われる。

図3のように、開発中の疑問点を関係者が大型ディスプレイを見ながらその場で解決することは、特に作業時間短縮の観点から有効である。これまでは、疑問点発生のたびに会議室を予約し、液晶プロジェクタを見ながら問題を共有していたため、一日単位で作業時間を消費していたものである。

また、被験者Dの基幹システム運用者・開発者により、有名なERPパッケージソフトのダイアログで、横幅が広いものがあり、1,024×768の画面解像度では一度に全てを表示しきれないとの指摘があった。(図4)

これは、重要な情報の見落としにつながるもので、人為的ミスを大型ディスプレイで回避できる可能性を示すものである。社内業務用ソフトウエアでは、大量に流れる通常のデータよりも、わずか数件の異常データの復旧に作業時間をとられるため、これまで隠れていた無駄な時間の撲滅が期待できると考えられる。

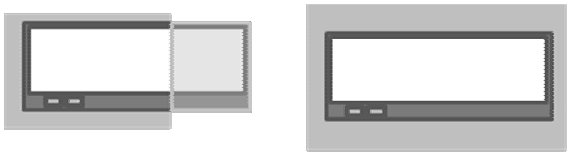


図4 横長のダイアログ。左が1,024×768、右が1,920×1,200の場合。

7．まとめ

今回の仮説は正しいものと確認されたと考える。しかしながら、開発者・運用者の一定の無駄な時間が削減されたにもかかわらず、相変わらず残業が発生しているのが現状である。指標を単位時間当たりの成果物の量とすることを検討したい。

また、当初は予測していなかった、「打ち合わせ」「ダイアログサイズ」などの事象が明らかになったことは、In-VitroでなくIn-Situで人間工学的な評価・観察を行うことの重要性を示す好例だと考える。

参考文献

1) 山岡俊樹（編）：ヒット商品を生む観察工学, 共立出版, 2008

商品開発における調理行動観察の適用事例

○立山和美（味の素株式会社 食品技術開発センター）
笠松千夏（味の素株式会社　食品技術開発センター）

Case studies of product development used observation of cooking

Kazumi TATEYAMA (AJINOMOTO CO., INC),
Chinatsu KASAMTSTU (AJINOMOTO CO., INC)

1．背景

近年食育活動の高まりから調理の価値が見直されているが、東京ガス㈱調査[1)]では、25歳以上の首都圏在住既婚女性の約半数が「食事作りが楽しくない」と回答しており、生活スタイル、苦手意識、義務感などから調理そのものに魅力を感じないケースは多いと考えられる。

一方当社では、失敗なく、おいしく作れ、調理中に喜びや楽しみも感じられるような快適な家庭調理の機会設定を目指し、調理者の行動と心理を解析し、商品開発に反映させている。失敗なく、おいしく作れる商品とするには、調理行動実態に即した作り方設定や表示方法が重要であり、調理の喜びや楽しみを提供するには、商品の使いやすさや好ましい心理に影響する製品要素を見出す必要がある。

2．目的

本報告の目的は、調理行動の観察を適用した、メニュー専用調味料の作り方表示の分かりやすさ検討と乾燥スープ（コンソメ）の形状の違いが調理者心理に及ぼす影響検討の紹介である。

メニュー専用調味料は、味付けに必要な複数の調味料を適切な割合で配合したもので、調味の手間や難しさを簡便にした調味料である。これには、図1-A、図１-Bのような作り方が記載されており、調理者は表示にしたがって食材を準備し調理する。また乾燥スープ（コンソメ）は、主に洋風のスープ、煮込み料理のだしや味付けに用いるもので、調味料の形状には、顆粒状、固形状、ペースト状などがある。

3．方法

1）作り方表示の分かりやすさ検討

サンプルは炒飯専用調味料の作り方表示で、文章とイラストで詳しく説明した表示A（図1-A）と、説明を簡素化した表示B（図1-B）について、どちらが分かりやすいかを検討した。

予備実験を社内パネル6名で行い、表示Aを用いた2回連続調理を課した。1回目と2回目の調理行動を比較することにより、分かりやすさの調理行動指標を設定した。

本実験は消費者パネル10名で、消費者宅キッチンにて行い、表示Aまたは表示Bのいずれかを用いた調理を課した。調理行動の解析は、予備実験で設定した分かりやすさ指標を用いて行った。また調理後は、調理者に対し、作り方と出来上がり品質に関するアンケートとインタビューを行った。

2）調味料の形状が調理者心理に及ぼす影響

サンプルは固形状と顆粒状の乾燥スープ（コンソメ）を用い、作り方に従ったスープ調理を課した。調味料の形状による調理者心理の検討は、ＳＤ法による心理測定を、作り方提示後、調理終了後、試食後に行い、主成分分析で解析した。

また一連の調理行動を解析し、調理者心理の差異要因を検討した。社内パネル6名で行った。

図1-A 作り方表示A

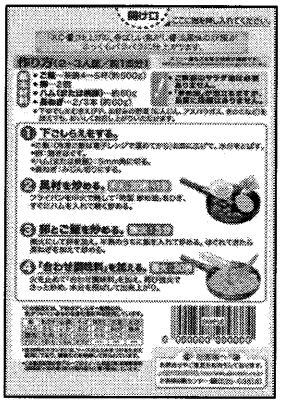


図1-B 作り方表示B

4．結果と考察

1) 作り方表示の分かりやすさ検討

予備実験の結果、１回目と2回目の調理行動の違いは作り方表示の活用行動にあった。2回目の調理では、調理中の表示確認回数と時間、表示確認のために調理が中断する回数が1回目より少なかった。2回目の調理とは、1回目に比べ作り方内容が理解されていると考えられる。したがって、作り方表示の活用回数と時間、表示確認のために調理が中断する回数を分かりやすさ指標とし、回数や時間が少ないほど、分かりやすく、効率的に調理が進行すると定義した。

消費者による本実験では、一連の調理行動を、①調理開始前、②下ごしらえ工程（調理開始～コンロ点火前）、③加熱調理工程（コンロ点火～消火）の3段階に分け、段階ごとに上記指標を検討した。その結果、表示Bの方が、調理中（下ごしらえ工程、加熱工程）における指標の回数と時間が少なく、効率的に調理が進行した（表1)。一方、作り方や出来上がりに関する調理者アンケートでは、表示による差はなかった。

このように、表示による差はアンケートでは抽出されなかったが、行動観察によって表示Bのほうが分かりやすいことが示された。また一連の調理行動解析により、戸惑いや想定外行動につながりやすい表示部位が分かり、表示Bに修正を加え商品に反映させた。

2) 調味料の形状が調理者心理に及ぼす影響

主成分分析の結果、調理者心理は、第一主成分「コクとうま味があり風味豊かな」（寄与率33.4%）と第二主成分「じっくり煮込んだー味が濃く濃厚」（寄与率19.6 %）で布置された（図2)。作り方提示後の心理は固形状と顆粒状で差がなかったが、調理終了後の心理は、顆粒状は固形状に比べ「じっくり煮込んだ」との心理が弱いことが示された。

このように調理を終えた時点での心理が形状によって異なったことについて調理行動を解析した。その結果、顆粒状品の小さじスプーンによる計量実態が、想定重量5.3gに対して、7.3±0.8 g（N=6）と有意に多かった。またこのときの外観は調理者に「味が濃くなりそう」と感じさせること分かった。これらのことから、図2において「じっくり煮込んだ」心理が顆粒状では弱かった要因の一つとして、計量スプーンによる計量実態とその外観印象が考えられた。

本検討から、使用実態を考慮した調味料形状の検討が、例えば「じっくり煮込んだ」のような好ましい心理を調理者に提供できる可能性があることが示された。

5．まとめ

調理行動観察の適用により、作り方表示の分かりやすさを客観的に評価し、表示内容の改善点や方策を明確にできるようになった。今後はさらに、調理行動と調理者心理の関連性を検討し、家庭調理を快適する調味料開発につなげたい。

参考文献

1) 東京ガス㈱都市生活研究所：食事作りに楽しみを，東京ガス㈱ＨＰ，http://blog.tokyo-gas.co.jp/toshiken/2007/02/post144.html, 2007.

表1. 分かりやすさ指標解析結果
（各表示N=5、平均±標準偏差）

		調理開始前	下ごしらえ工程	加熱調理工程
表示確認時間（秒）	表示A	4±6	70±59	42±25
	表示B	12±7	33±28	19±16
表示確認回数（回）	表示A	1.2±2.1	10.8±5.3	10.0±10.6
	表示B	0.8±0.4	8.4±5.7	5.8±5.4
表示確認による調理中断回数（回）	表示A	3.0±2.8	3.0±3.5	0.6±0.5
	表示B	1.0±0.0	1.8±0.8	0.0±0.0

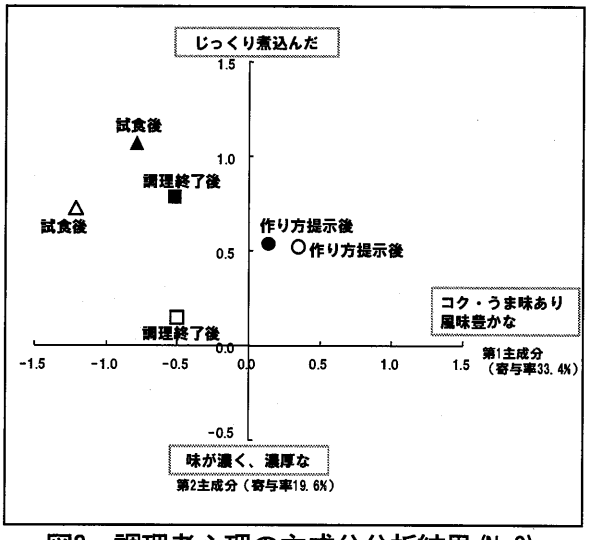


図2　調理者心理の主成分分析結果(N=6)
（塗りつぶし：固形状、白抜き：顆粒状）

サービスサイエンス：ビジネスにおける行動観察技術の活用

○松波晴人（大阪ガス株式会社　行動観察研究所）

Service Science：Applications of Observation to Real World Business

Haruhito MATSUNAMI (Director / Research Institute of Behavior Observation)

1．　はじめに

サービスサイエンスはこれまで勘と経験を頼りにしてきたサービスという分野に科学的手法を導入し、生産性を上げ、イノベーションを促進するためのものである。サービスサイエンスは発展途上の学際的領域であり、その定義や方法論はまだ確立されていない。大阪ガスでは実用的な見地から独自の方法論を構築し、サービスサイエンスに取り組みはじめた。

本稿では、大阪ガスにおけるサービスサイエンスの定義、方法論とともに、サービス現場への適用の実例とその効果について述べる。

2. サービスサイエンスとは

日本やアメリカでサービス業の就業者数や国内総生産に占めるサービス業の比率は伸びている。このようにサービスの重要性が高まるにもかかわらず、サービス業では製造業における生産性向上のような科学的な取り組みはされてこなかった。サービスが「無形、保存できない、作られると同時に使われる（Sasser et al, 1978）【1】」という特質を持っているため、これまで情報として捕らえることがあまりされてこなかったのが理由のひとつである。

サービスサイエンスは2002年、米ＩＢＭアルマデン研究所が提唱したもので、本来は、Service Sciences, Management and Engineering、略してサービスサイエンスと呼ばれる。サービスサイエンスは「これまで勘と経験を頼りにしてきたサービスという分野に科学的手法を導入し生産性を上げ、イノベーションを促進する学際的な学問領域」といわれている。サービスサイエンスのポイントは以下の二つといえる。

(1) サービスに科学的手法を導入し改善すること
(2) 多様な分野の専門家で推進する学際的分野であること

3. 大阪ガスにおけるサービスサイエンスの方法論

3. 1. サービスの定義

サービスの対象者は大阪ガスの顧客、及び、大阪ガスの従業員とした。各々のサービスの場と目的は以下のように定義した。（図１参照）

図１．大阪ガスにおけるサービスの場

3. 2. サービスサイエンスの定義

次にサービスサイエンスを「顧客サービスと従業員サービスに三つの科学的手法を適用し、顧客満足向上と従業員満足向上を図る取り組み」と定義した（図２参照）。三つの科学的手法とは、１）人間工学手法を用いてサービスデータを取得する、２）統計解析手法を用いてサービスデータを分析する、３）ＩＴを用いてサービスを改善することである。

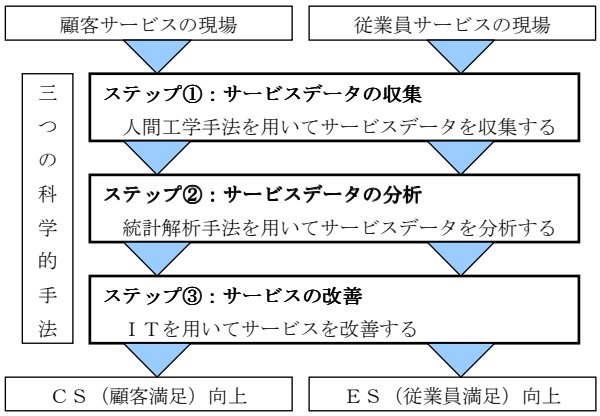


図２．大阪ガスのサービスサイエンスの定義

3.3. サービスサイエンスの方法論

サービスサイエンスで扱うデータをここではサービスデータと呼ぶ。サービスデータは、顧客が家庭でガス機器をどう使っているか、イベント会場でどう行動しているか、従業員がオフィスや現場でどう作業しているかなど人間の行動に起因するデータである。本節ではサービスサイエンスの方法論を構成する三つのステップについて述べる。

3.3.1. サービスデータの収集

サービスを根本から見直すためには、サービスの現場を徹底的に観察しなければならない【2】。観察手法は人の動線、動作などを人間工学の専門知識をもとに解析する技術である。観察手法は心理学やエスノグラフィー（民族誌学）の専門知識をもとにしたインタビュー手法と組み合わせて用いることが多い。従来のアンケート手法は人の顕在化したニーズや問題点を調査するものであるのに比べ、この観察手法では人の潜在的なニーズや問題点を発見できることが特徴である。例えば米国先進ＩＴ企業のＩＢＭ、マイクロソフト、インテルではエスノグラファー（民族誌学者）や文化人類学者を採用し、オフィスや生活場面での顧客の観察調査とインタビュー調査を行い、全く新しいＩＴ機器やサービスの開発を行っている。

そこで、人間工学手法を導入してサービスデータを収集することを考えた。すなわち人間工学専門家がサービスの現場に出て、観察手法とインタビュー手法を組み合わせ、映像、音声、メモなどのサービスデータを収集する手法である。

(1) 観察手法

観察手法はサービス現場を観察し気づいた事実をメモする。観察メモは事実を図や文字で発生時刻とともにノートに記入する。可能なら観察と同時に現場の映像を小型ビデオカメラで撮影する。

(2) インタビュー手法

インタビュー手法は二時間程度かけて相手の真の価値観やニーズを探り出す。インタビュー中に事実をメモするとともに、可能ならインタビュー場面を撮影する。最初に相手とラポール（信頼関係）を築くことが重要である。ラポールが築けないと表面的なインタビューとなり深い洞察が得られない。

3.3.2. サービスデータの分析

サービスデータの分析は、１）ファインディング（発見）の抽出、２）定性的な仮説の抽出、３）定量分析による仮説の検証、の順で行う。

3.3.3. サービスの改善

サービスデータの収集、分析のあと、三番目のステップとしてサービスを改善するＩＴソリューションを提供する。

例えば、従業員が顧客にうまく説明するノウハウを抽出した場合、教育ソフトウエアを開発し、従業員教育を行う。イベント会場での展示方法などのノウハウを抽出した場合、イベントノウハウデータベースを開発し、イベント担当者間でノウハウを共有する仕組みを構築する。

4. 実例：顧客サービスサイエンス

顧客と大阪ガスとのサービスの接点は、１）顧客と従業員との面対や電話での接点、２）家庭での顧客とガス機器との接点、３）イベント会場での顧客との接点、４）インターネットなどメディアでの顧客との接点の四つである。本章ではこの四つの顧客接点で取り組んだサービスサイエンスの実例を紹介する。

4.1. 顧客と従業員との接点

顧客と従業員の接点場面は、顧客訪問時の面対やコールセンターでの電話対応などがある。

顧客訪問時のサービス向上に取り組んだ例を紹介する。

顧客が新規にガスを使う場合、作業員が顧客宅を訪問しガスメーターの開栓作業を行う。開栓作業時、顧客にガスメーター使用時の注意事項などを説明する。この説明業務の改善例を紹介する。

(1)サービスデータの収集

顧客満足度調査の一環として、開栓作業実績の中から無作為に抽出したサンプルの顧客に対して、開栓作業員の態度や説明の分かりやすさなどを調査した。結果、開栓作業における顧客満足度の実績については上級者と中級者とで差があることが分かった。

上級者と中級者の顧客満足度の差の原因を明確にするため、上級者及び中級者に同行し、開栓作業現場を観察した。

(2)サービスデータの分析

上級者及び中級者の比較分析の一例として、中級者は上級者に比べトーク中にカタカナ語が出現する率が高いことが分かった。機器説明場面では約１．５倍、検査説明場面では約３倍となる。カタカナ語の例は、アダプタ、フルネーム、コントローラ、チェック、キャップである。特に高齢者の顧客に対してはこれらのカタカナ語が多いのが説明の分かりにくさの一つの原因であると判断した。

(3)サービスの改善

機器説明や検査説明の場面で、カタカナ語を多用せずわかりやすく説明するポイントを教育マニュアルにまとめ、従業員の教育を行った。

4.2.顧客とのイベント会場での接点

大阪ガスでは顧客を招待するイベントを多数開催している。イベントを改善した事例を報告する。

(1)サービスデータの収集

「ガスてん」と呼ぶイベント会場を観察調査し、基礎データを得た。

(2)サービスデータの分析

分析の一例として顧客動線の改善事例を述べる。

あるイベント会場は円形をしており、当初、顧客の動線は会場入口から右回りすることを意図して展示レイアウトを設計した。初日の映像データから顧客の動線を分析したところ、４０％しか右回りしていないことが分かった。

(3)サービスの改善

そこで、初日のイベント終了後、動線が自然と右回りになるよう展示方法の改善を行った。翌日のイベントでは８０％の顧客の動線を右回りに変えることができた。これ以外の改善として、滞留時間を長くするポスター掲示方法、商品閲覧率を高くする展示方法などのノウハウを抽出した。これらイベントノウハウをデータベース化する。

4.3.顧客とサービス・ガス機器との接点

本節では、顧客が家庭でガス機器をどのように使っているかというサービスデータを取得し、ガス機器の使いやすさの向上と新しいガス機器の開発に取り組んだ例を報告する。

本項では新サービスや商品開発に取り組んでいる事例を紹介する。

(1)サービスデータの収集

５５世帯の顧客宅を訪問し、キッチン、バスルーム、リビングルームなどでの顧客行動を観察するとともにビデオ撮影し、約１７０時間の映像データを収集した（図４参照)。

ワーキングマザーの生活実態を把握するために、主婦の終日行動の観察調査を実施した。家庭内での掃除、洗濯などの家事、子供とのコミュニケーションなどとともに、買い物、子供の習い事への送り迎えなど外出先での行動も観察調査した。

家庭内では映像データと観察メモを、外出先では観察メモを取得した。観察後にはインタビュー調査を行い、行動の理由やその人の価値観を把握し、観察メモを補完するデータを取得した。

(2)サービスデータの分析

行動データを分析することにより、約８００個のファインディングを抽出した。これらの中から実現性などで評価し、２０個の重要なファインディングを選択した。

図４．キッチンでの調理行動データの例

(3)サービスの改善

新たなサービス提案や機器開発に役立てている。

今回抽出したファインディングは従来アンケートで取得してきた顕在的ニーズではなく潜在的ニーズであるため、新しいサービスやガス機器の開発アイデアの宝庫といえる。

5. 実例：従業員サービスサイエンス

本章では大阪ガスにおける従業員サービスサイエンスの実例を紹介する。
従業員向けのサービスの場は、１）オフィスワーク、２）意思決定、３）現場作業、の三つの非定型業務の場である。

5.1. 現場での安全性・生産性向上サービス

大阪ガスには現場作業が多い。例えば顧客宅でのガス設備の取り付け及び保守作業、ガス導管の新設及び保守作業、工場でのプラントの運転保守などである。現場での安全性及び生産性を向上させる様々なサービスに取り組んでいる。本節ではガス導管工事の安全性向上の取り組みを紹介する。

(1)サービスデータの収集

大阪ガスでは導管工事現場での事故をゼロにする活動を行っている。従来から実際に発生した事故の再発防止策やヒヤリハット情報をもとに従業員を教育する仕組みはあったが、それでも事故の撲滅は難しい。そこで顕在化したエラー情報だけでなく、現場観察から潜在的なエラー要因を抽出し、対策を打つことで事故防止を目指している。

現場作業員に同行し、ガス導管工事現場の観察を行った（図６参照）。現場のビデオ観察と作業員へのインタビュー調査を行い、映像データなどを収集した。カメラは工事現場全体像を撮影する固定カメラと個別作業を撮影するハンディカメラの二つを併用する。これまでに映像データは約１００時間、観察メモは約４００個収集した。

(2)サービスデータの分析

映像データを分析し、ヒューマンエラーにつながる可能性のある潜在的なリスク要因を１００個抽出した。すべてのリスク要因に対し人間工学的見地から解説を加えた。

図６．ガス導管工事現場の画像例

(3)サービスの改善

工事現場のリスク要因１００件すべてについて解決策をまとめ、事故防止ノウハウとしてデータベース化した。本データベースを用いて工事関係者に教育を行い、事故防止に取り組んでいる。

参考文献

1)Sasser, W Earl, Olsen, R Paul and Wyckoff, D Daryl. : Management of Services Operations, Massachusetts: Allyn & Bacon, 1978,

2)Tom Kelley, The Ten Face of Innovation, p25, Currency/Doubleday, 2005

サービス観察の方法論構築のためのフィールド観察事例

○八木佳子（株式会社イトーキ）
山岡俊樹（和歌山大学システム工学部）

A trial of field observation for making service observation method

Yoshiko YAGI (ITOKI CORPORATION),
Toshiki YAMAOKA (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

１．サービスと製品

サービスの定義として挙げられる特徴には、無形性、同時性、結果と過程の等価的重要性、顧客との共同生産[1)]の４つがある。これらは有形である製品と比較して挙げられるものであるが、製品の購入を、サービスの「機能が内在したモノの所有権を手に入れること」、サービスを「機能そのものを買うこと」と捕らえると、これらは製品やサービス一般の価値、言い換えると機能の特徴であるといえる。つまり、機能はそれ自体無形であり（無形性）、機能が働くと同時に消費される（同時性）。また結果と過程が等しく重要であるという点は、近年「経験価値」といった言葉で製品開発において製品そのものの所有や主たる機能の性能以上にその製品でどんな経験ができるかが注目されている点と一致する。当然、どんな機能も使い手が使用して初めて価値となるのであり、その良し悪しは使い手の状況や価値観によって異なる。つまり、所有権の移動を除けば、一般にサービスと区分されるものの性質は、成熟した製品において重要視される点と同じと考えられる。

２．サービスと製品の対比による着眼点の抽出

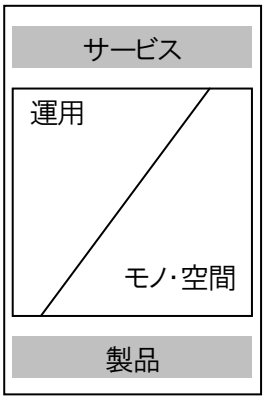


図１　運用とモノ・空間の比率

いわゆるサービスの性質と成熟した製品機能の性質が同じであるならば、サービスの現場を観察することは製品をそれが置かれる空間や使う人を含むシステムの一部と捕らえて設計する際の参考となると考えられる。

サービスも製品も、実際に存在するモノや空間と、その運用から成り立っている（図１）。朝、希望の時間に起きるために、目覚まし時計を使うこともできるし、モーニングコールサービスを頼むこともできる。時計の場合は「希望の時間に音を鳴らす」ことを時計の機能（時間を把握する機能と音が鳴る機能）を使いユーザが運用部分を担うことによって実現するが、モーニングコールサービスの場合はモノとしては顧客がすでに所有している電話の音が鳴る部分だけを使い、音を鳴らす時間の管理はオペレータが行なう。このように、製品とサービスの違いは、モノの機能と運用の比率の違いと運用の担い手の違いで特徴付けることができる（表１）。

表１　製品とサービスの対比

モーニングコール	目覚まし時計
○起きたい時間を連絡	○起きたい時間を設定
☆オペレータが、連絡された時間に、電話をかける	■時計の時刻管理ユニットが、設定された時間に、アラームユニットを作動させる
■電話の着信音が鳴る	■時計のアラームが鳴る
○電話を取り、オペレータと会話する	○アラームを止める
起きる	起きる

○　顧客・ユーザが担う運用
☆　サービスの提供者が担う運用
■　モノの機能

製品やサービスをこのように捉えると、システム全体の設計を考えるにあたり考慮しておきたい点として、以下の３つがあげられる。

①　運用の主体性
　提供側が主体か　/　受け手側が主体か
できるだけ自分で動いたり考えたりしなくて良いように、提供者に主導してほしい人もいれば、自分の意思やペースで進めたい人もいる。

②サービス・機能の個別性

皆に同じ対応か　/　自分が求める対応か

運用の比率が変わると、個別対応できる度合いが変わる。このとき皆に同じ対応をするということは、あらかじめその機能の効用を予測しやすい利便性がある一方、自分固有の要望には応えてもらえないという不便さもある。

③サービス・機能の再現性

いつも同じか　/　毎回違うか

同じように運用の比率が変わると、提供される機能の再現性も変えることができる。再現性が高いことは繰り返し利用する場合に安心である一方、繰り返し回数が増えるに従い新鮮味に欠けてくる。

これらの違いはどちらが良い、悪いというものではなく、顧客のニーズにあっているかどうかが問題となるので、ニーズに応じた設計となっていることが重要である。あるいはこれらの違いにより、システムの特徴を出すことができる。

３．実際の観察

以上の３点を着眼点として課題を設定して、実際にサービス現場の観察を試みた。観察の基本形には５ポイントタスク分析[2)]の考え方を用い、運用部分を３点に分けた。

課題：飲食業の新規店舗の出店に当たり、競合と想定した近隣の既存店舗を観察し、新規店舗を設計する。

観察の対象：立地、業態がほぼ同じ、二つの飲食店の比較により特徴の抽出を行なった。いずれもドリンクのみ、軽い食事、アルコールを含む本格的な食事のいずれもできるもの。

店舗Ａ・・・店内が二つのエリアに分かれている。入り口に近い部分はカジュアル・シックな内装で、テーブル席とカウンター席がある。奥は温かみのある内装で、椅子やテーブルもゆったりしたものを置いてある。

店舗Ｂ・・・やや小ぢんまりとした、全体に温かみのある印象の内装。テーブル席とカウンター席がある。

観察方法：設定したタスクを行ないながら、お客の立場で空間・従業員・他のお客を含む店舗全体を観察する。再現性を確認するため、約一月後に同じタスクで同じ観察を行う。

設定したタスク：はじめて入る店舗で、飲み物と食べ物をひとつずつ注文して飲食する。

運用部分について抽出した特徴を表２に示す。

表２　観察された運用部分の特徴比較

	店舗Ａ	店舗Ｂ
主体性	入ってきたお客に人数・食事の有無を聞いて席まで誘導する、アルコールの有無を確認してメニューを渡すなど、店側の主体性が高い。	お客が自分で席を選ぶ。渡されたメニューと壁面に掲示したメニューの中から注文する。お客の主体性が高い。
個別性	入り口近くの席に案内される。複数人でゆっくり食事をしそうな場合は、奥のスペースに案内されている。	特にお客の特性に合わせるための仕組み等は見受けられなかった。
再現性	前回来店時と同じメニューであった。	２回目の観察時、日替わりランチのメニューが一月前と変化していた。

抽出した特徴とその比較から、仮想の新規店舗設計案を作成した。

４．まとめ

サービスと製品を比較することにより、モノ・空間とその運用からなる製品やサービスなど、インタラクティブなシステム一般を観察したり設計したりする際の着眼点を抽出することができた。今後は、観察の着眼点の過不足などを検討し、観察の方法論として実用的なものになるよう検討していきたい。

なお本発表には、観察工学・サービス工学研究会[i)]の活動を通じて得られた成果を含む。

参考文献

1)　近藤隆雄：サービス・マーケティング，生産性出版，1999.

2)　山岡俊樹（編）：ヒット商品を生む観察工学，共立出版，2008

補足

ｉ）和歌山大学、山岡俊樹教授が主催する研究会。2009年10月16日現在、社会人メンバー25名、学生メンバー８名にて活動中。

人間中心デザイン指向ロードマップの策定の試み

〇新家敦（株式会社島津ビジネスシステムズ）
高橋靖（元千葉工業大学）
上田義弘（富士通デザイン株式会社）
細田彰一（昭和女子大学）
吉井誠（株式会社アイ・エス・ティ）
堀野定雄（神奈川大学）

A Trial of the Development of Human Centered Design Oriented Roadmap

Atsushi SHINYA (Shimadzu Business Systems Corporation)
Yasushi TAKAHASHI (formerly Chiba Institute of Technology)
Yoshihiro UEDA (Fujitsu Design Limited)
Shouichi HOSODA (Showa Women's University)
Makoto YOSHII (IST Co, Ltd.)
Sadao HORINO (Kanagawa University)

１．はじめに

日本人間工学会アーゴデザイン部会では、2008年度より部会独自のアカデミックロードマップの作成を開始した。母体となるのは、部会内に設置した「アカデミックロードマップワーキンググループ（ARMWG）」で、コアメンバーは6名である。

製品・サービスの提供者は、2030年までに何を開発していけばよいのであろうか。

ARMWGでは、企業が使えるロードマップの作成を目指して活動している。

２．技術ロードマップについて

これまでの工学系学会や企業における技術ロードマップでは、「2030年にこのような技術が実現する。この技術を使えば人間の暮らしはこのようなものになる」というスタンスで描かれていた。二次元平面上にX軸を年代、Y軸をある特定の指標とし、その値が年代ごとの技術革新などにより、どのように増減するかを示したものが一般的である。

このような技術ロードマップを複数眺めていると、結局のところ、最後は「人間のより役に立つために」「人間のさらなる幸せのために」という目標に辿り着くのである。

企業の技術ロードマップでは、自社技術がどうなるかが中期経営計画の中などで詳細に検討されている。

これに併せて数年後の人間像が描かれているのであるが、その描写については検討不足と思われる面が多い。

このことは、将来の人間像を正確に描写したロードマップが企業から求められているのではないかと考えることができるのである。

現在から10年後、さらに20年後の人物を描写したデータがあれば、企業は自身の技術ロードマップを格段に正確に描きやすくなると考えられるのである。

そして、その役割こそが人間工学の専門家に求められていると、ARMWGは考えている。

３．マザーロードマップの考え方

ARMWGでは、企業が技術ロードマップを作成するための母体となるロードマップ、「マザーロードマップ」の作成を目指している。

このマザーロードマップの概念を実装したものを「人間中心デザイン指向ロードマップ」と呼称する。

「人間中心デザイン指向ロードマップ」では、特に製品・サービスと人間との関わりについて検討していく。

表現方法についても、通常の二次元だけではなく、より多くの軸を用い、かつ理解しやすい表現になるよう検討していく予定である。

４．ステージ・シナリオ・ペルソナ

ペルソナを描くときに、その人の属性と共に、時代背景的な要素が描かれる。通常、これはペルソナの中に埋め込まれて個人の属性と不可分のものとなっている。

今回、ペルソナの属性から、時代背景的な要素や社会変化の要素および技術動向を「ステージ（舞台)」として明確に分離した。

このことにより、人の意識や行動原則など、個人として普遍的に所有する属性が、ステージの変化によって、表面的な行動に影響を与えるのかを捉えることができるようになる。

このような状態変化を整理し、ロードマップとするために、3軸の立方体を考え、各軸に時間要素、集団要素、世代要素を割り当てた。

それぞれの軸をスケール化し、格子を切ってセル化すれば、各要素のマトリクスができあがる。

この各要素ごとにペルソナを配置し、それぞれの要素に対応するシナリオを書くことで、ステージに固着したペルソナの動きが見えてくることになる。(図1)

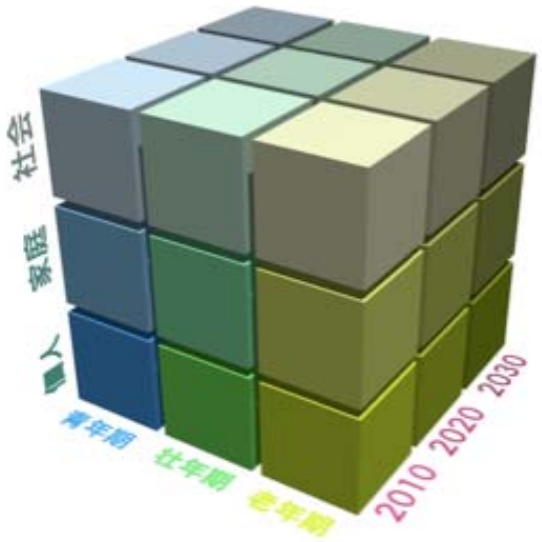


図1 マトリクス（細田,2009）[3)]

５．今後の活動

このマトリクスを用いれば、既存のペルソナについて、そのペルソナの、例えば10年後の姿について半自動的に生成することの可能性が見えてきた。

これは、ペルソナを大量に作成して製品・サービスの開発に応用している企業にとっては、非常に有益なシステムになると考えられる。

これまで、案件ごとに作成していた、その場限りのペルソナが財産化されることになるのである。

このためのシステム作りを行うことも検討していく。

ARMWGは、人間中心デザイン指向のロードマップを、企業の技術ロードマップ作りを支援できるよう、開発していく所存である。

参考文献

1) 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課：技術戦略マップ2009, http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str-top.html, 2009.

2) 日本機械学会：JSME技術ロードマップ, http://www.jsme.or.jp/110/roadmap2007.pdf, 2007.

3) 細田彰一：人間中心デザイン指向ロードマップの構造, 日本人間工学会 平成21年度関西支部大会 予稿集, 2009.

2030年—社会の変革と人々の意識変化

○高橋靖

（元　千葉工業大学）

The Year of 2030 : Social Revolution and People's Mind-Change

Yasushi TAKAHASHI

(formerly Chiba Institute of Technology)

1. はじめに

日本人間工学会アーゴデザイン部会が人間中心デザインの視点から2030年に向けたロードマップを描くにあたって、その基盤となる社会がどの方向に変革し、人々の意識がどのように変わっていくかを捉えることはとりわけ重要である。そのために本報では工業社会・情報社会の先に来る環境調和社会を予測し、2030年代における人々の基本認識と意識の変化を推定して、人々の欲求にこたえるデザインの役割を述べた。

2. デザインの歴史と新たな課題

デザインはこれまで人間生活に用と美、即ち機能・便益とうるおい・文化をもたらしてきた。その内容は時代と共に変わる。近代デザインの歴史を振り返れば、18世紀に西欧で始まった産業革命からのちに工業デザインが誕生し、20世紀の情報革命から情報デザインが生み出された。工業デザインは生活用具に機能と効率をもたらし、情報デザインは道具の使いやすさ・わかりやすさと生活の知的支援をもたらした。いずれも人間中心の視点から生活の質の向上に寄与してきたといえよう。

今後世界共通の課題として、環境問題が無視できないレベルまできている[1)]。工業化・情報化が成熟期を迎えた現在、化石燃料の大量消費と工業製品の大量廃棄が進み、人工的な有害物質による公害や環境汚染が地球規模で蔓延し、人類のみならず多様な生物の生存が侵されつつある。農業においても大型機械の導入や農薬・化学肥料の投入で一部世界の食糧増産に寄与したかに見えたが、生産・流通のエネルギー多消費及び土壌汚染によって環境負荷が増大し、食の安全が脅かされるなど、この先の世界人口急増を支えることが危ぶまれている。

こうした問題を解決するために、持続可能な循環型環境を目指す環境調和社会が求められている[2)]。これについては後述するとして、この新たな課題に対するデザインの取り組みは、「ライフデザイン」と呼ぶことができよう。その目指すところは、持続可能な社会と環境を考え、健康で安全なゆとりある生活環境を築き、多様な自然や生き物と触れ合い、深い文化を味わうことができる新しい豊かさをデザインすることである。

環境調和社会とライフデザインは21世紀を超えた人類の長期目標であり、2030年にはそのようなムーブメントが社会を動かす力になっていると予測される（図1）。

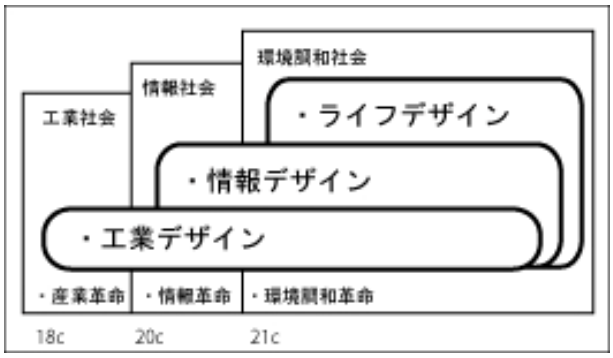


図１　デザインの歴史的変遷と課題

3. 人々の基本認識と新しい倫理観

成熟した情報時代の先に人々がたどりついた景色とは何だったのか？それは、繰り返しメディアで伝えられた「地球は青かった」の言葉と宇宙から見る青い水をたたえた丸い地球の映像である。このイメージは全世界の人々が共有するものとなり、今や循環する生態系としての地球「宇宙船地球号」[3)]の意味することを小学生でも直感的に理解できる時代になった。

無論この背景には幾多の先達の地球環境や生態系に関する研究、公害問題の告発などがある。レイチェル・カーソンの「沈黙の春」（1962年）や有吉佐和子の「複合汚染」（1974年）は公害や環境汚染の問題を広く世に知らしめた著作であるし、ローマクラブは1970年以来資源・人口・経済・環境・軍事面の全地球的な動向分析から人類の成長の限界をたびたび警告してきている[4)]。また、国際連合は1972年の国連人間環境会議（ストックホルム会議）以来10年ごとに環境と開発に関するサミットを開催し、1992年には「環境と開発に関するリオデジャネイロ宣言」とその行動計画「アジェンダ21」、そして「気候変動枠組条約」と「生物多様性条約」が合意された[5)]。その流れの先に本年12月デンマークで行われるCOP15（気候変動第15回締約国会議）があり、日本の1990年比25%CO^2排出量削減をはじめ各国の2020年に向けた具体的なプランが示される運びとなっている。

こうした各方面の情報や活動に触れることで人々は、有限な地球環境において持続可能社会で共に生きるための3つの環境倫理、すなわち**自律性・持続性・共生共存性**を受け入れなければならないという基本認識ができつつあると言えよう(表1)。

表１　３つの環境倫理

３つの環境倫理
１）自律性の確保： エネルギーや物質の取得と廃棄について地域内で可能な限り完結させ、他の地域に正当な代償なく負の要因を添加しないこと。 **２）持続性の確保：** 将来の世代に環境上の負の遺産や資源浪費型システムをのこさないこと。 **３）共生共存性の確保：** すべての生物・生態系に対して負の要因を転嫁しないこと。

４．人々の意識変化とライフデザイン

現在健康と環境指向に目覚めた人々はLOHAS(Life Of Health And Sustainability)なライフスタイルを求めている。一般の人々も自然に恵まれた豊かな環境の中で健康でいきいきとしたくらし、しかも安心安全が保障されたくらしをしたいという意識は強まっている。しかし現実のせせこましい生活空間とあわただしい仕事や家庭生活からそれへのギャップをどうしたら埋められるか途方に暮れているのが大方であろう。こうした悩みは先々も続くと考えられる。

“Think globally, act locally”. このフレーズは情報時代における人々の行動指針として多方面の人々がとりあげ、とりわけ環境問題に敏感なボランティアなどの活動家が好んで使っている。こうした行動指針を生活者をはじめ多くの関係者と共有して問題解決にあたる力が、これからのライフデザイナーには求められる。

従来、デザイナーはほとんどがメーカー側に立ってものづくりにかかわってきた。せいぜい行政側も含んだ産官民の三角形の中でローカルな問題解決に携わってきたといえる。今後環境調和社会を目指すライフデザイナーは、その理想像と現状のギャップを埋める専門家として、グローバルな問題を見極めたうえでローカルな生活直結の問題、例えば身近な環境問題や自然保護をはじめ人々の健康、福祉、子育て、教育、スポーツ、文化活動、安全安心などさまざまな生活の質にからむ問題を解決することが求められる。このデザインに携わるには、生活者と協同することはもちろん、それぞれの得意分野をもつNPOやNGOなどの市民活動(ボランティア)との連携も含めたシステム的なデザイン能力が問われる。そのためには製作者、生活者、行政、ボランティアの4者を調整しながら最適解を提示する新しいデザイン活動が必要である(図2)。

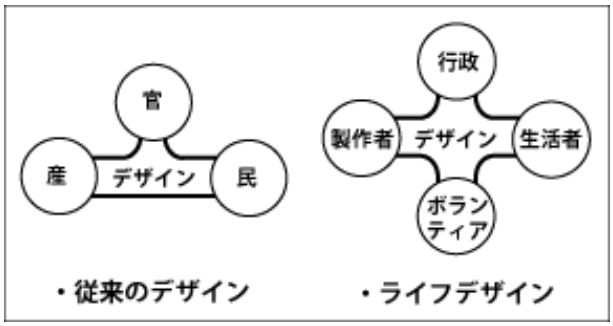


図２　デザインの活動形態

５．おわりに

本報は人間中心指向のロードマップを具体的に描くに先立ち、社会の変革の方向と人々の意識変化に注目して稿を起こした。工業社会・情報社会から環境調和社会への移行は、世紀をこえた大きな流れと考えられる。その基盤上で息づく人々の意識変化の把握はまだ十分とはいえないが、大筋は捉えられたと思われる。

現在アーゴデザイン部会では、ハード・ソフトにとどまらずサービスのデザインを含むデザイン手法としてペルソナ・シナリオ手法を使ったビジョン提案型デザインの手法を開発中である。先々この手法の発展形をライフデザインに適用することも十分期待できる。今回の人間中心デザイン指向ロードマップにおいても、このペルソナ・シナリオ手法を用いたロードマップの表現を試みている(別報参照)。

参考文献

１）アル・ゴア著、枝廣淳子訳：不都合な真実、ランダムハウス講談社、２００７

２）岸根卓郎：環境論―環境問題は文明問題―、ミネルヴァ書房、２００４

３）バックミンスター・フラー著、芹沢高志訳：宇宙船地球号操縦マニュアル、筑摩書房、１９６３年原著
ケネス・E・ボールディング：来たるべき宇宙船地球号の経済学（The Economics of the Coming Spaceship Earth）、１９６６

４）ドネラ H.メドウズ ほか(著)：成長の限界―ローマ・クラブ「人類の危機」レポート、ダイヤモンド社、１９７２

５）http://ja.wikipedia.org/wiki/：環境と開発に関する国際連合会議、
カール＝ヘリンク・ロベール著、高見幸子訳：ナチュラル・チェンジ、新評論、２００６

人間中心指向ロードマップ策定のための検討要因

○上田義弘
（富士通デザイン㈱）

A Study of humanfactor for planning The HCD Oriented Roadmap

Yoshihiro UEDA
(Fujitsu Design Limited)

1. はじめに

日本人間工学会アーゴデザイン部会では、人間を取り巻く環境や社会が大きくパラダイムをシフトしているこのタイミングで、将来の人間社会を見据え、部会活動が果すべき役割を議論する事にした。そのためにロードマップWGを組織し、豊かな人間生活を目指して「人間中心指向ロードマップ」を策定することになった。当部会が考えるロードマップは、サービスやプロダクトを開発するために必要な人間工学研究領域を対象に、人間の特性、考え方や価値観など人間要因をベースに、技術発展の方向性や社会、環境のあり方をマッピングしていこうとするものである。

本稿は、この人間中心指向ロードマップを策定するにあたり、考慮しなければならない人間要因の整理を試みたものである。

2. 人間要因の検討視点

人間要因の変化を概観すると、形態や身体特性は大きくは変わっていない。視覚、聴覚や臭覚等、五感の特性、発揮しうる筋力等、生理的な特性もあまり変化しないと言えるであろう。一方で、人間を取り巻く環境、そこで営まれる生活は日々変化している。その底流に流れる人々の価値観も変化しており、今後も多様化して行くであろう。また、人間は、間違う、忘れる、勘違いする、とまどう、あきる、疲れる、きまぐれである等、人工物にはない心理特性や感性も持っている。このような要因は人間が存在する社会や環境との関係で、変化しやすい要因と言える。また、性差、年令差、人種差、経験の差、能力差等、個体間での違いも存在する。

この先、長期的に人間にとって価値あるサービスやプロダクトを考えるためには、このような変化する人間要因との関係を検討しなければならない。検討要因は非常にたくさんあるが、サービスやプロダクトを開発する上で検討しなければならない要因はある程度限定できると考える。それは①人工物と人間の接点に着目すること。②人間と人工物が置かれる社会、環境、運用との関係性まで目を向けること。そして、③これらの環境の中で人間を変化する存在として捉えることだと考えている。

3. 要因を検討する 4 つのアプローチ

前述の視点から、人間とサービスやプロダクトとの関係を考えると以下の検討要因が考えられる。(図 1 参照)

(1) 人間の五感との関係から考える

現在の技術は、動画や音、感触等様々なモノを、サービスやプロダクトの開発に活用することを可能にしている。この先技術は益々発展し、あらゆるメディアの利用を可能にするであろう。これからのサービスやプロダクトの開発には、様々なメディアを活用して、スムーズで臨場感のある操作やサービス環境を構築し、人間と人工物との新たな関係性を構築することが重要になる。

・視覚知覚－視覚認知	・味覚知覚－味覚認知
・聴覚知覚－聴覚認知	・触覚知覚－触覚認知
・臭覚知覚－臭覚認知	

(2) 人間個人々との関係から考える

今後、益々人間のライフスタイルや考え方が多様化し、個人の性格やメンタルモデルのタイプが千差万別化してくる。そのような状況では、利用者個人々の特性に応じたサービスやプロダクトのカスタマイズを考え、利用状況や作業内容に応じた多彩なインタフェースを考えなければならない。個人の利用イメージに一番適合した機能の提供方法が選択できるなど、サービスやプロダクトには、利用者個人々がオリジナルの自分らしさを感じられるようなカスタマイズを持ち込むことで、人工物と人間の豊かな関係を実現することができると考える。

・性差	・年令差	・ライフスタイル差
・地域差	・言語差	・ハンディキャップの有無
・経験差	・能力差	・他

(3) トータルな関係性を考える

サービスやプロダクトは様々なものと関係を持って成立している。利用者との関係、利用者と環境、環境とプロダクトとの相互関係からも成り立っている。例えば、2030 年の社会では労働に対する人間の価値観が変化し、65 才のシニアはまだ働き盛りかもしれない。シニア

の働き方が変わると、そこで必要になるサービスやプロダクトも変わらなければならない。このようにサービスやプロダクトの価値開発にあたっては、環境や運用まで広く捉えたトータルな検討が必要である。

・社会要因との関係性　　・環境要因との関係性
・運用要因との関係性等

(4) 人間の変化要因との関係から考える

人間の価値観は時代と共に変化している。人間は常に同じ考え方をするとは限らない。学習により習熟していくこともあれば、作業とともに疲れ、操作に飽きることもある。人間は時間軸の中で常に変化する存在であり、その変化の内容は、プラス方向の変化とマイナス方向の変化、短時間の変化と非常に長いサイクルでの変化、疲労のように休憩すると回復する可逆的な変化、また、老化のように加齢とともに進む不可逆的な変化もある。また一日の生体リズム、年間のバイオリズムなど人間固有のサーカディアンリズムと言われるサイクル変化など、さまざまな変化要因を持っている。

・変化要因：価値観、ｻｰｶﾃﾞｨｱﾝﾘｽﾞﾑ、疲労、加齢、他
-プラス方向の変化とマイナス方向の変化
-短時間の変化と長期サイクルでの変化
-回復する可逆的変化と回復しない不可逆的変化

人間中心指向ロードマップを描くには、時間軸の中で変化する人間要因を捉えることが重要である。

4. ロードマップ策定に向けて

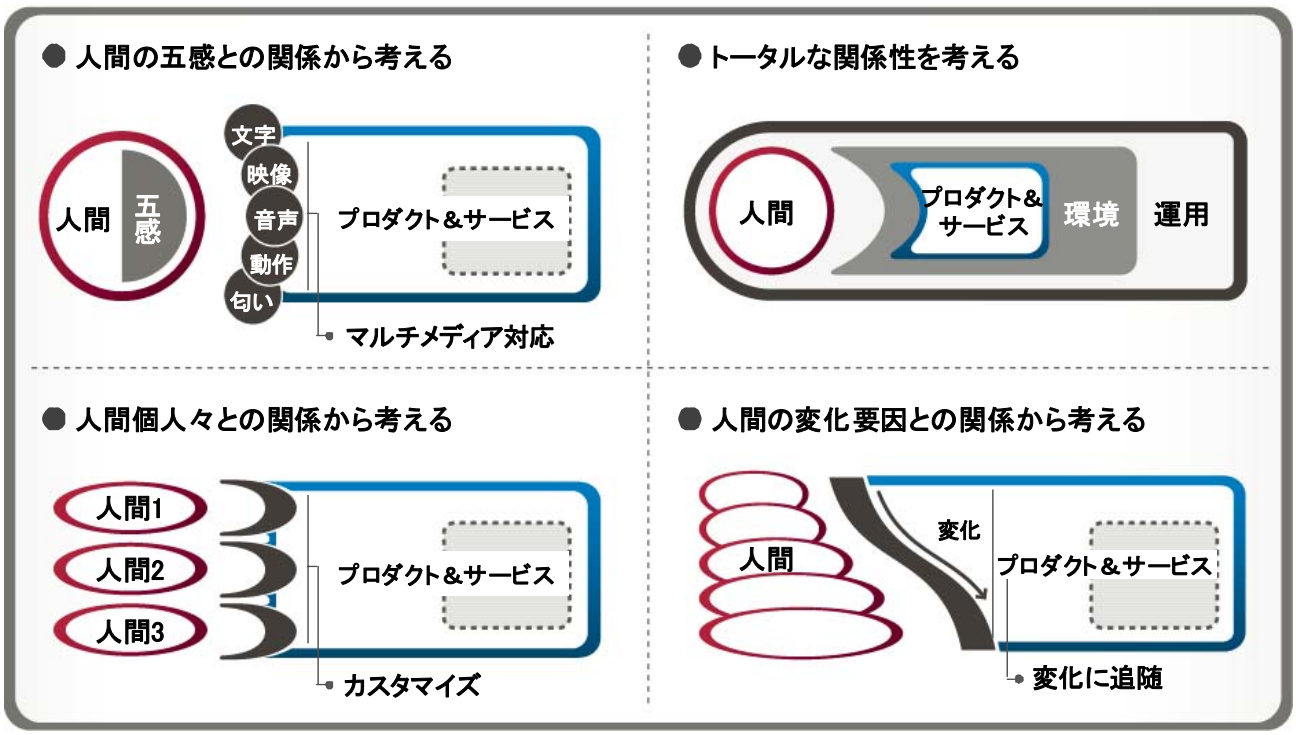
人間中心指向ロードマップを策定するには、これまで見てきたような 4 つのアプローチから人間要因を検討し、これらの人間要因群とサービスやプロダクトとの関係性を総合的に描くことが必要になる。そこで WG では、人間像を総合的に描く「ペルソナ手法」や、人間と人工物と場の関係性をトータルに描く「シナリオ手法」を活用することで、①時代の変化を見据え、②各時代のペルソナ像を予測し、③サービスやプロダクトとの関係をシナリオとして具現化することで、2030 年までを対象にした人間中心指向ロードマップを策定しようと考えている。

この先、人間の意識は本質的な豊かさや地球環境との共生を求めて推移し、社会は環境調和社会に向かうであろう。ゆたかで豊穣な人間生活を実現するために、ペルソナやシナリオを精緻に描き、今後のサービスやプロダクトの開発に活用できるロードマップを策定することが重要だと考えている。

参考文献

1) 日本人間工学会アーゴデザイン部会 Web サイト.
アーゴデザインアカデミックロードマップWGのページ
http://www.ergo-design.org/greeting.htm

■図1　人間中心指向ロードマップ策定における人間要因検討アプローチ



人間中心指向ロードマップ策定のための検討要因

人間中心デザイン指向ロードマップの構造

○細田彰一

（昭和女子大学生活科学部環境デザイン学科）

A Structure of the Human Centered Design Oriented Roadmap

Shouichi HOSODA

(Showa Women's University)

1. はじめに

日本人間工学会アーゴデザイン部会では、人間中心デザインの視点から 2030 年に向けたロードマップ、「人間中心デザイン指向ロードマップ」を策定中である。本稿では、そのロードマップの構造・構成について、現在検討をすすめている内容について以下に述べる。

2.基本的な考え方

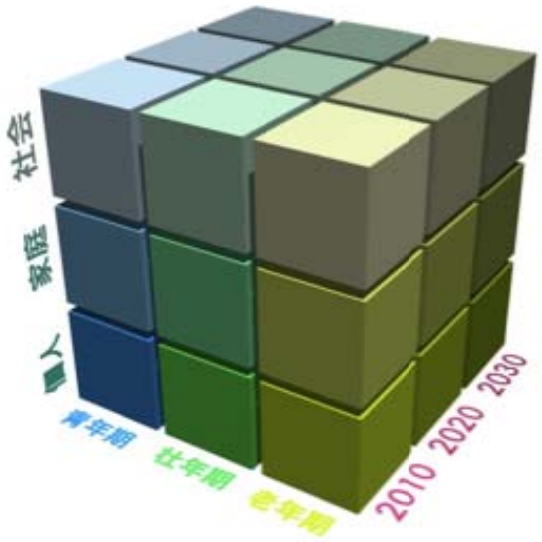
2006 年に公開された日本人間工学会の「人間工学技術戦略ロードマップ」をはじめ、一般的な技術ロードマップでは、本来主役となるべき人間について添景的にしか触れられていないものが多い。当部会が考えるロードマップは、プロダクトやサービスを開発するために必要な人間工学研究領域を対象に、人間の特性や考え方の変化等、人間要因の変化をベースに、技術の発展や社会、環境の変化の方向性をマッピングしていこうとするものである。

策定の議論の中で、人間要因を検討する 4 つの視点が検討された。

(1) 人間の五感との関係性から考える
(2) 人間個人々との関係性から考える
(3) トータルな関係性から考える
(4) 人間の変化へ追随することから考える

この視点を取り入れるため、ロードマップの基本構造の中に網羅的に人間を扱う為の属性を組み込むこと、およびロードマップの個別項目の表現として、ペルソナ手法を使うことを検討している。これにより、従来のロードマップでは希薄であった、人の視点・人の生活を中心とした技術ロードマップを描くことが可能となるのではないかと考えている。

具体的には、通常のロードマップのベースとなっている時間軸(年代軸)、ステージ(課題群軸)の他に、個人から社会に至る、構成する集団の規模による違いを表現する軸(集団軸)、世代による生活の違い・変化を捉える軸(世代軸)の二つを加えた 4 軸を検討することにした。そのマトリクスのセルを、ペルソナ法を応用した記述法で構成する予定である。



軸 1:時間(2010 年-2020 年-2030 年)
軸 2:世代(青年期-壮年期-老年期)
軸 3:集団(個人-家庭-社会)
軸 4:ステージ(属性群)-各セルに内蔵

図 1. マトリクスの概念図

軸 1,2,3 を三次元のマトリクスとして構成し、軸 4(ステージ)に対するペルソナとシナリオが各セルに格納されるイメージである。これにより、同じ時代を生きる様々な人々の生活を記述することが可能になると考えている。

以下、各軸に対して詳述する。

3.時間軸

ロードマップの根幹とも言える重要な軸である。この軸について、以下の三項目を検討することにした。

2010 年
2020 年
2030 年

従来のロードマップは、「2011ー15 年」などのスパンで描かれることが多いが、ペルソナ手法を用いて、ある年をピンポイントで切り取った方が人に関する変化を表

現しやすいと考えたため、上記の構成を採用した。

「2010 年」は、主に現状及び直近の未来の人間をとりまく環境について記述する予定である。この年代をベースにして近未来である10年後の「2020年」、やや遠い未来である 20 年後の「2030 年」についてのロードマップを描いてゆく。

4.世代軸

社会は、当然のことながら様々な世代で構成されている。世代により時代との関わり方も変化すると思われるため、この軸を検討することにした。

青年期
壮年期
老年期

同年代における、世代毎の社会への関わりの違いを記述することにより、同じ時代を生きているが、年齢によりその影響が異なることを明らかにすることができると考えている。

5.集団軸

人の生活は、個人で捉えるだけではなく、様々な集団レベルで考えることが必要である。集団構成には、例えば企業や国家等も考えられるが、多くの人が所属する共通の集団単位として、下記の 3 レベルを検討することにした。

個人
家庭
社会

これらの集団を考える事で、個人レベルだけでなく、広く社会的なレベルまで人を考えたロードマップを構成可能ではないかと考えている。

同じステージ(課題項目)についての集団単位の違いを考慮することにより、先の世代軸と合わせてその時代の総合的・網羅的な人の有り様を表現可能ではないかと考えている。

6.ステージ(属性軸)

この軸は、例えば「ユニバーサルデザイン技術」など、個別の課題項目の集まりであり、本来は一つの軸に収斂するものではないが、便宜上軸として捉えている。また、他のロードマップでよくみられるような技術課題としての捉え方ではなく、人の生活場面をどう切り取るかということを主眼においてステージの設定を行いたいと考えている。

具体的にどのようなステージを設定するかは、現在未定である。 人間工学技術戦略ロードマップや、他学会の作成したロードマップの課題項目を参考に、人の生活に関わりの深いものをステージとしてピックアップする作業を行っている。暫定ではあるが、現在、下記の方向性が検討されている。

通信手段(つながり、コミュニケーション)
個人情報(プライバシー)
移動手段(うごく、モビリティ)
生きがい
学習、教育
暮らし−家族形態の変容など

今後は、これらのステージに対し、具体的にペルソナ法を用いる事でロードマップを描くことができるかを検討してゆく

7.まとめ

人を主軸とするロードマップを策定するため、人に関する項目軸を二つ、構造の中に盛り込んでいる。これにより、同時代における人の生活が網羅的に観察できるようになることを目標としている。

また、今回、人を表現する手法として、ペルソナ法を用いることを検討している。技術戦略ロードマップにペルソナ法を使うことの意義とは、具体的なペルソナ、具体的なストーリー(シナリオ)を提示する事によって、その未来を多くの人が共有し、実現に向けてみんなで動き出すことができることであろう。鉄腕アトムや機動戦士ガンダムといった物語が、ホンダ ASIMO や各種競技用人型ロボットを生むモチベーションの一つとなったように。魅力的なシナリオを、本稿で解説した構造に基づいて記述することにより、多くの人にとって価値のある未来の姿を提示できるようこれからも考えて行く予定である。

なお、この構造は、あくまで現在、暫定的に設定したものである。今後、内容の充実を図りつつ、この構造そのものもさらにブラッシュアップしてゆく所存である。

本稿に対し、問題点や改善提案など、気づいた点があれば積極的にご意見を頂きたい。

参考文献

1) 日本人間工学会アーゴデザイン部会 Web サイト.
アーゴデザインアカデミックロードマップWGのページ
http://www.ergo-design.org/greeting.htm
2) 日本人間工学会人間工学技術戦略検討会 Web サイト.
http://www.ergonomics.jp/senryaku/index.html

人間中心デザイン指向ロードマップの構造。

いざ行こう！2030 年の時代へ　ーペルソナで描くライフデザインー

○吉井誠

（　アイ･エス･ティ　）

Let’s Go to the 2030’s World. - Making of Life-Design by Persona Method. -

Makoto YOSHII

（　IST Co, Ltd.　）

1. はじめに

日本人間工学会アーゴデザイン部会で取り組む人間中心デザイン指向ロードマップにおいて、本稿ではペルソナ手法を活用し、2010 年と2030 年のライフデザインを想定したペルソナ･シナリオを作成したロードマップの作成事例を示す。

2. ロードマップ策定手順の概要

人間中心デザイン指向ロードマップを作成概念図を図 1 に、手順を図 2 に示す。ロードマップ作成にはペルソナ手法を活用する。ペルソナ手法で利用するペルソナ･シナリオをまとめる書式は、日本人間工学会アーゴデザイン部会ビジョン提案型デザイン方法論 WG が公開している書式を用いる。

(1) 2010 年のペルソナ･シナリオ作成

最初の手順として、議論のテーマを決定する。テーマから必要となる事前情報などを収集する。

ペルソナ作成を行う。ペルソナは各シナリオの中心となる人物として決定する。特にテーマを沿ったシナリオを作成するために、対象となる具体的なユーザー像が必要である。

ライフエンバイロンメントシナリオを作成する。エンバイロンメントシナリオでは社会的環境、ペルソナの属性での周辺環境、技術情報など取り巻く環境を記述する。

アクティビティシナリオを作成する。アクティビティシナリオは検討すべきシーンを想定し、タスクを作成する。作成するシーンの背景として、ライフエンバイロンメントシナリオで記述した情報を盛り込む。

インタラクションシナリオを作成する。アクティビティシナリオから検討すべきシーンをより明確にするため必要なタスクを切り取り、そのタスクから提供されるサービスが具体的なイメージができるようにインタラクションシナリオを描く。その際に 2010 年の段階で提供できる技術情報を盛り込む。

(2) 2030 年のペルソナ･シナリオ作成

最初の段階で 2030 年のテーマとなる内容を決定する。

次に 2010 年で作成した同一ペルソナについて、2030 年の個人像を作成する。20 年経過することを想定し、個人に付随する環境変化を盛り込む。

ライフエンバイロンメントシナリオを作成する。社会的環境変化、ペルソナの属性における環境変化、技術変化を記述する。

アクティビティシナリオを作成する。2030 年のアクティビティシナリオの環境変化を盛り込む。

インタラクションシナリオを作成する。ペルソナのライフデザインに配慮し、具体的に提供されるサービスをイメージできるようにするため、技術の進歩を盛り込む。

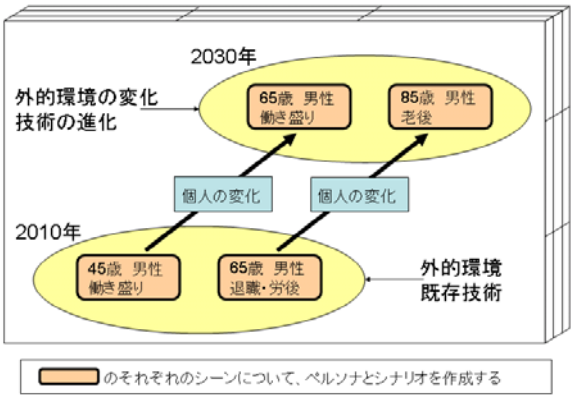


図 1 人間中心デザイン指向ロードマップにおけるペルソナ･シナリオ

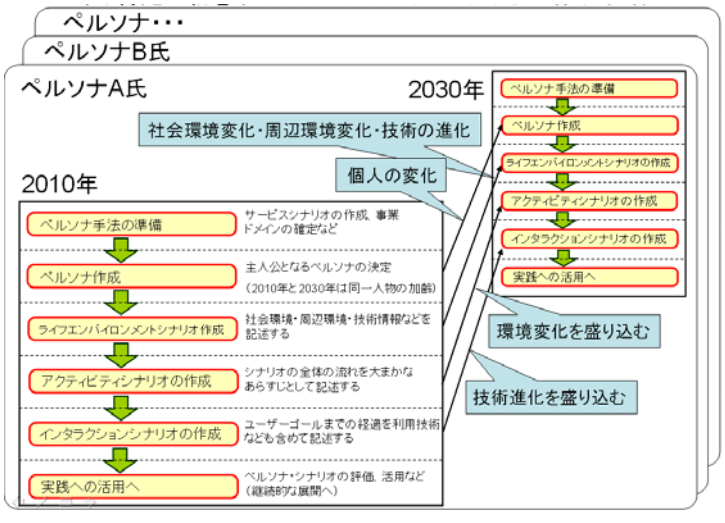


図2 ある人物を中心にしたペルソナ･シナリオの作成手順

(3) 別のペルソナを作成

2010 年、2030 年それぞれにおいて、別のペルソナ・シナリオを作成する。

以上の手順に従い、人間中心デザイン指向ロードマップを作成する。

3. ロードマップの作成事例

人間中心デザイン指向ロードマップの作成手順に従い、2030 年までのロードマップを作成した。実際に作成したペルソナ・シナリオを図3に示す。

今回の作成した1つのテーマは「仕事上のコミュニケーション」とした。ペルソナとしては、働き盛りの 2010 年での年齢は 45 歳とし、2030 年での 65 歳との対比を明確にしやすいようにした。尚 2030 年のライフエンバイロンメントシナリオには日本における環境の変化を盛り込み、インタラクションシナリオにはエネルギー環境の変化を技術進化の情報を盛り込んだ。

尚 2010 年の段階で 45 歳、65 歳の 2 人のペルソナについて作成した事例を、2030 年まで時間が経過したライフエンバイロンメントシナリオ・アクティビティシナリオ・インタラクションシナリオを作成し、発表予定である。

4. おわりに

人間中心デザイン指向ロードマップは、ライフデザインを描きながらテーマについて検討する手法としてまとめた。今回の作成事例において、具体的な未来をイメージしながら、具体的なビジョンを含むサービスの提案手法として活用できる可能性が見られた。今後は実践的なロードマップ作成の手法として確立することと、事例の蓄積を行う予定である。

参考文献

1)日本人間工学会アーゴデザイン部会:第2回ビジョン提案型デザイン手法シンポジウム要旨集, 2009.

2)内閣府経済財政諮問会議「日本21世紀ビジョン」に関する専門調査会:日本 21 世紀ビジョン, 2005. http://www.keizai-shimon.go.jp/special/vision/index.html

3) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO):技術戦略マップ 2009, 2009. http://www.nedo.go.jp/roadmap/index.html

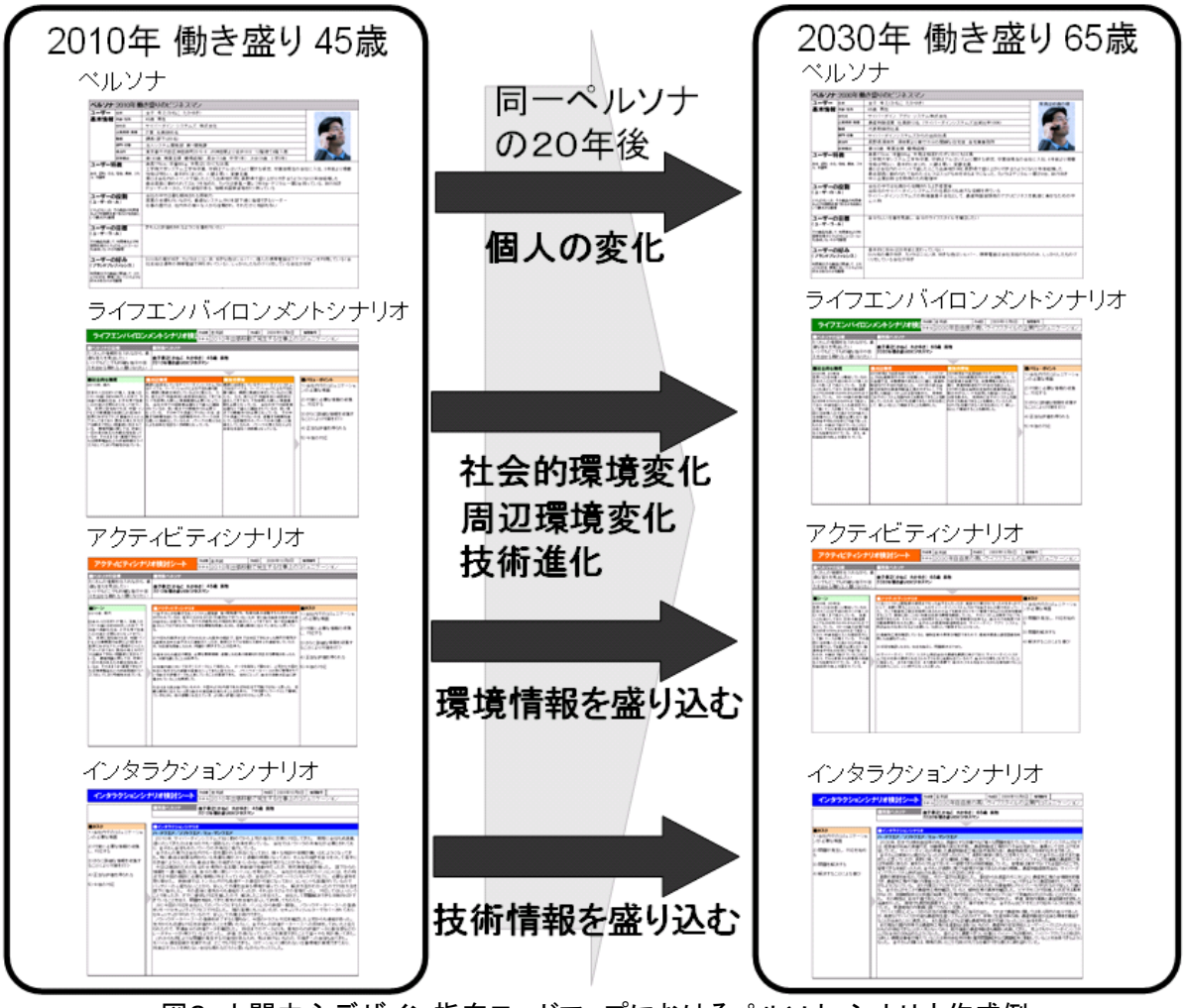


図3 人間中心デザイン指向ロードマップにおけるペルソナ・シナリオ作成例

平成21年度　日本人間工学会関西支部大会

探し物に関するヒトの記憶を補助するための ＩＣタグファインダの提案

○南部洋貴（摂南大学大学院）
川野常夫，福井　裕，西田修三（摂南大学工学部）

Proposition of IC Tag Finder to retain the locations of objects in human memory

Hiroki NANBU (Graduate School of Engineering, Setsunan University),
Tsuneo KAWANO, Yutaka FUKUI, Shuzo NISHIDA (Faculty of Engineering, Setsunan University)

１．はじめに

ICタグによるRFID技術は，日常の生活から生産，流通，マーケティング，トレーサビリティ，入退室管理，図書管理，ホームユビキタスなど広範囲に利用されており，今後もますますその応用は広がるものと予想される[1), 2)]。その中で置き場所を忘れたり，紛失したりした物の場所を容易に探知するためにICタグを応用する研究が行われてきた。企業の中で「物を探す」行為は，ムダな時間であり，作業を遅らせる要因であるため，それを極力排除するような努力がなされてきた。また，ヒトは一般的に歳をとると物忘れがひどくなるため，「物を探す」時間の割合が歳とともに増加すると言える。このような状況において，探し物が容易に探知できる仕組みの必要性は十分に高いと考えられる。そのような仕組みとしてこれまでに，ICタグを用いた記憶軽減システム[3)]，スポットライトを用いた屋内での捜し物発見支援システム[4)]，ユビキタスホームにおける探し物サービス[5)]などが開発されてきた。また市場では，RFIDリーダ付きの携帯電話を用いた忘れ物検知システム[6)]，探し物に付けた受信機が送信機からの電波を受けてアラームを発する発見器[7)]などが市販されるようになった。

それらの探知器や支援システムについて共通して言えることは，ヒトの記憶に頼らずにできるだけ容易に探し物を見つけだすことを目指している。しかしながら，もしそのような装置を日常使用するようになれば，人間の記憶能力は低下し，機械にばかり頼るようになることが危惧される。企業では返って仕事の能率が低下し，高齢者は物忘れがさらにひどくなることが懸念される。これらのことはワープロを使用することにより漢字を忘れるようになったり，ナビを使用することにより道を忘れるようになったりする現状から容易に推察される。

本研究では，探し物の場所を呈示する装置をICタグファインダと称し，それを使用することが記憶を伴わない行為であることを実験によって示し，それを改善するため，物の置き場所に関する記憶を自然に支援して定着させるための新しい発想に基づいたICタグファインダを提案する。

２．実験方法

ICタグファインダと探し物に関するヒトの記憶との関係を調べる実験を行った。図１に記憶を検証するために製作した装置を示す。同図(a)は実験に用いたICタグ(オムロン製，V700-D23P31 コイン型φ20)の表面に，5種類の印（○×△□☆）を付けたものを示す。それぞれのICタグには予め番号情報を書き込んであり，パソコン側で印と番号の対応づけを行う。同図(b)には16個の不透明のカップケースを4×4に並べた盤とタグリーダライタ（オムロン製，V700-HMD11，40

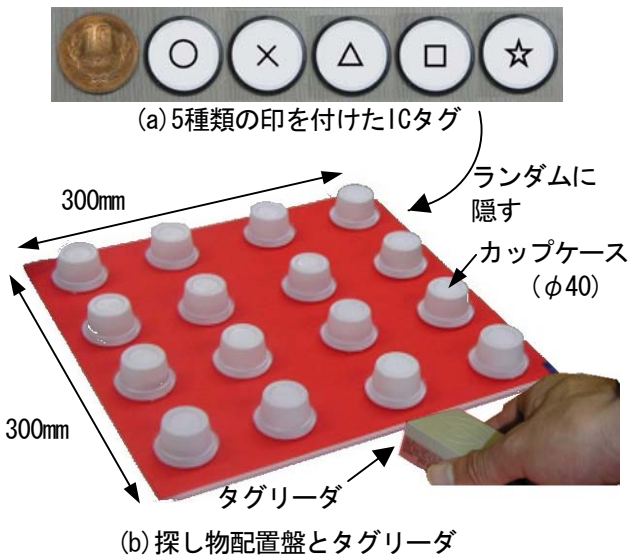


図１　記憶検証実験装置

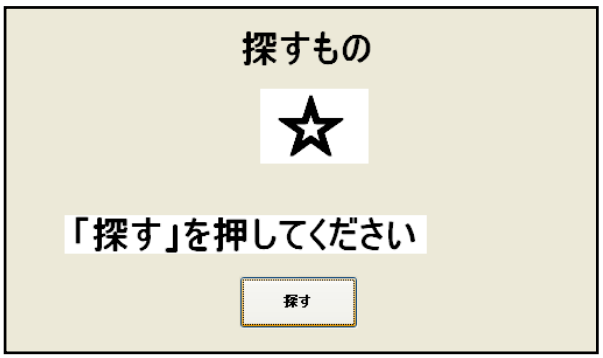


図２　ICタグファインダの入力画面

×53×23）を示す。これらの装置は，16個のカップケースのいずれかに1個ずつ隠された5個のICタグを探し出すために使用する。図２に示すように，まず探し出したい印をパソコンに入力した後，「探す」ボタンをクリックし，タグリーダを手で持ちカップケースの上をスキャンする。目的のICタグが隠れているカップケースの上にタグリーダが来ると，音響が鳴り，ディスプレイに探知されたことを知らせるメッセージが表示される。こうすることによって，カップケース内に隠されている5個の印を容易に探知することができる。本研究では，ICタグを用いて探し物を探すためのシステム全体をICタグファインダと呼ぶ。

ICタグファインダの使用がヒトの記憶を伴わないことを確認するため，上記の装置を用いて記憶検証実験を行った。被験者は27人（24.3±7.1歳，男性23人，女性4人）とし，それを3グループに分け，以下の3条件の下で実験を実施した。

(1) 条件A（10人）：

ICタグファインダを使わずに記憶だけに頼って探す。カップケースを1つずつ持ち上げて中を確認し，5種類の印がどこに配置されているかを最初に目で確認して記憶する。カップケースをすべて盤に戻してから，実験者の指定した印が入っていると思われるカップケースを指さす。これを5種類の印が全部正解するまで，すなわち全部の場所を記憶するまで繰り返す。翌日，すなわち2日目に，5種類の場所を記憶しているか検証を行い，印と場所が合致する正解数を記録する。同様に8日目，15日目にも検証を行う。ただし，被験者にはいつの実験日においても，後日検証を行うことは伝えないこととする。すなわち，覚えるという行為を積極的に促すことはしない。

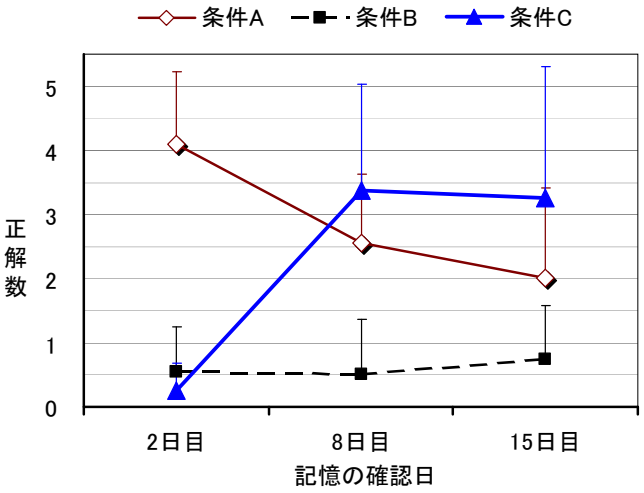


図３　記憶検証実験の結果

(2) 条件B（9人）：

ICタグファインダを用いて，実験者の指定する印を探し出し，次々と5種類の印について繰り返す。次に条件Aと同様にICタグファインダを用いずに，2日目，8日目，15日目に5種類の印の場所を記憶しているか検証を行い正解数をそれぞれ記録する。

(3) 条件C（8人）：

条件Bと同様に初日，2日目，8日目，15日目の実験を行う。ただし，5種類の印の場所を配置盤に示した写真を，3日目から8日目までの毎日，1分間ずつ見せることとする。9日目から15日目までは何もしない。

条件Aの初日を除いて，いずれの実験条件においても，被験者が意識して記憶することのないようにし，被験者同士でも実験の内容を漏らすことのないように注意した。また，5種類の印の配置場所は，被験者ごとにランダムに変更した。

３．実験結果

実験における正解数の平均値をグラフにして図３に示す。ここで正解とは，印と配置場所がともに正しい場合とした。条件Aでは2日目にはほとんど記憶が残っているが，8日目，15日目と日が経つごとに忘れていくことがわかる。条件Bでは，2日目以降ほとんど記憶に残っていないことがわかる。これは初日にICタグファインダを用いて，各印を探しただけで，記憶しようとする努力が払われず，記憶に残るだけの印象もなかった結果であると考えられる。したがって，ICタグファイ

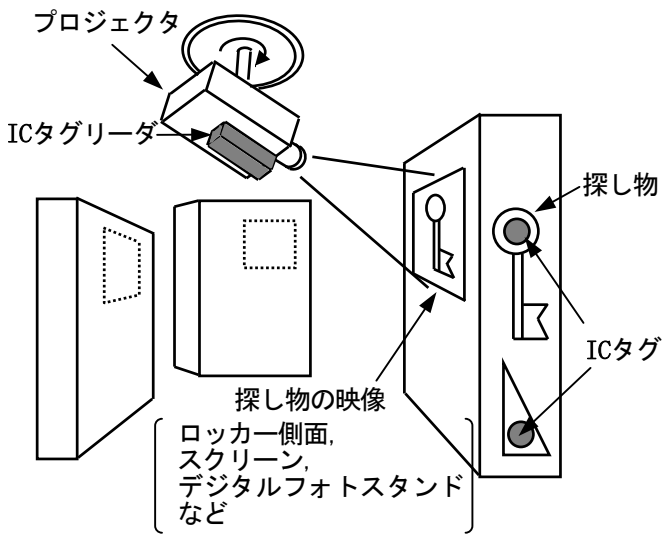


図４　探し物の場所の記憶を支援する ICタグファインダのイメージ図

ンダを使用することは記憶を伴わない行為であることがわかる。

条件Cでは，2日目は条件Bと同様にほとんど記憶に残っていないが，8日目までの間，置き場所に関する写真を見ることによって正解数が3以上となっていることがわかる。その後，15日目までは，何の復習もしていないにも関わらず8日目の記憶が維持されていることがわかる。このことは，置き場所に関して早い内に少しずつでも継続して確認することによって記憶が長期記憶へと移行していくということを示唆している。

４．記憶を支援するICタグファインダ

前の条件Cにおける実験結果から，物の置き場所に関する記憶を自然に支援して定着させるためのヒントが得られる。図４に探し物の場所の記憶を支援するICタグファインダのイメージ図を示す。それは屋内における探し物を想定しており，ロッカーや書棚などに収納した物の置き場所を常時，あるいは定期的に映像で呈示するものである。その中で活動するヒトは，意識的，無意識に関わらずその映像を目にすることによって，物の置き場所を自然に記憶することができる。天井にはICタグリーダとプロジェクタが一体となって，毎秒1°程度で回転するようになっており，ICタグリーダは部屋の随所に散在しているICタグの情報を読みとる。ICタグは指向性の良いものを使用することで，リーダの向いている方向とICタグの方向がおおよそ一致するようにできる。天井で回転するICタグリーダが読み取ったICタグの「物」の映像をプロジェクタを用いて，「物」のある方向へ投影する。映像はロッカーや書棚などの壁面に投影され，鮮明に見えなくても，おおよその「物」がわかる程度でよい。昨今のデジタルフォトスタンドをロッカーなどに据え置きし，そのディスプレイに表示することも可能である。

ICタグには，それを貼り付けた物のコードを前もって書き込んでおき，そのコードに対応するパソコン側の映像データをプロジェクタまたはデジタルフォトスタンドへ送る。ICタグリーダが同時に複数のICタグを読みとった場合，最近呈示していないものから優先して表示するLRU方式（Least Recently Used）を採用する。

図５に本研究で試作した探し物をプロジェクタで投影するICタグファインダを示す。ロッカーの中に瓶入りプリンが入っており，それにはICタグを貼り付けてある。ICタグリーダがそのコード情報を読み取って，それに対応する映像をプロジェクタでロッカー壁に投影している。この仕組みはちょうどロッカーの中を透視していることに相当する。ここでは通信距離が50mmのタグリーダ（オムロン製，V700-HMD11）を用いているが，3mのタグリーダ（マイティカード製，高出力UHF帯，MRW 570-RF/RFH）を用いれば，通常の部屋で図４に示したようなICタグファインダが実現可能である。

図５　探し物を投影する ICタグファインダのプロトタイプ

５．おわりに

置き場所を忘れた物を探すために，ICタグを応用した探知装置を用いると大変便利ではあるが，それによって人間の記憶能力は低下し，物忘れを助長する結果を招くことに対して警鐘を鳴らせるため，探し物の場所を呈示するICタグファインダを使用することが記憶を伴わない行為であることを実験によって示した。また実験から，置き場所に関して早い内に少しずつでも継続して確認することによって記憶が長期記憶へと移行していくということがわかった。この結果から，物の置き場所に関する記憶を自然に支援して定着させるための新しいICタグファインダを提案した。それは，探し物をタグリーダを用いて探し，探知されると，その物の映像をその方向に投影するものである。そこで生活するヒトは，常にその映像が見えるため，やがてその物の置き場所に関する記憶が長期記憶に変わる。これによって，人間の記憶能力は向上し，機械にばかり頼るようにはならない。高齢者については記憶力の訓練として利用でき，物忘れを防止することができる。

最後に，探し物の投影システムの開発に協力いただいた当時，摂南大学4年生の辰巳浩史君，馬場弘典君に謝意を表す。

参考文献

1) 安藤茂樹，中野　潔：ICタグ関連の政策に関する一考察，情報処理学会研究報告，EIP,[電子化知的財産・社会基盤],64,9-16,2005.
2) 柏木治美，康　敏，大月一弘： 非接触ICタグカードの教育分野への応用可能性について，神戸大学国際コミュニケーションセンター論集，3,49-58,2006.
3) 川野常夫，福井　裕，北尾泰崇：記憶負担を軽減するためのヒトとモノとのコミュニケーションの提案　－ICタグを用いた書籍探索システムの例－，情報コミュニケーション学会第4回全国大会，CIS2007,11-12,2007.
4) 中田豊久，金井秀明，國藤　進：スポットライトを用いた屋内での捜し物発見支援システム，情報処理学会論文誌，Vol.48，No.12,3962-3976,2007
5) 藤井哲也，上田博唯，美濃導彦：ユビキタスホームにおける探し物サービス（ヒューマンコミュニケーション特集），情報通信研究機構季報，Vol.53,No.3,246,153-158,2007.
6) NTT docomo: http://www.docomo.biz/html/member/rd/003/，2009.
7) (株)アステム：http://www.e-astem.com/woz/mt.htm，2009.

遅延環境下でのビデオ会議における自己映像による再生状況提示の効果

○服部真承　村田和義　渋谷雄（京都工芸繊維大学）

Effect of Delayed Self-Video Image on Video Conference in Delay Environments

Masatsugu HATTORI，Kazuyoshi MURATA，Yu SHIBUYA (Kyoto Institute of Technology)

１．はじめに

対面対話ではお互いの応答が遅れずに伝わるが，分散環境下でのメディアコミュニケーションにおいては少なからず伝送遅延が存在する．このような互いに分散した伝送遅延環境下で対話を行うと，応答が遅延時間分遅れて伝わることになる．そして，相手の応答が遅れて自分に伝わることで話者交替が円滑に行われない問題が生じる[1)]．例えば，遅延による応答遅れを相手が発言しなかったと誤解して新たな発言を行い，その新たな発言の途中で遅れて到着した相手の応答による意図しない割り込みが発生する場合がある．また，自分の問いかけに対する相手の応答がタイミングのずれたものになるため相手の意図を誤解してしまう場合がある．さらに，長岡らは伝送遅延の存在する音声コミュニケーションにおいて相槌が少なくなることを示唆している[2)]．

筆者らの研究グループでは，音声チャットにおいて，相手側で自分の音声が再生されているという情報を自分へ視覚的提示することにより，遅延の影響を軽減できることを示した[3)]．しかし，ビデオ会議においては未検討である．なお，本研究で対象とするビデオ会議とは，相手の音声と共に，ユーザの前面のディスプレイに相手の映像と自分の映像とが提示されるものとする．

ビデオ会議における対話では音声による応答だけでなく，頷き等の映像による応答も行われる．ビデオ会議ではこのような音声を伴わない映像のみの応答による意図しない割り込み，あるいは応答のタイミングのずれに対する遅延の影響を調べる必要がある．

そこで，本研究ではビデオ会議において，新たな視覚的提示を追加することなく，既存の自己映像を往復遅延時間分遅らせる再生状況提示を提案する．

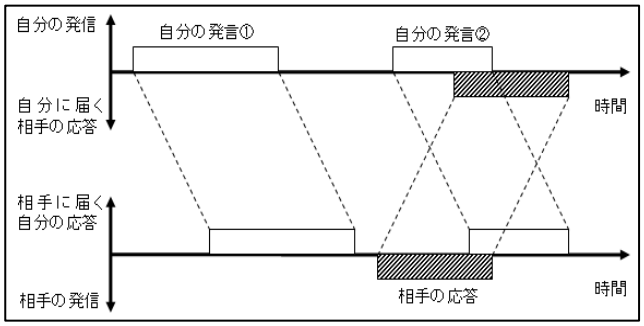


図１　意図しない割り込み例

２．意図しない割り込み

遅延状況下における対話において，自分の発言中に遅れて伝わってきた相手からの応答が重なることを，意図しない割り込みと呼ぶ．

意図しない割り込みの具体例を図1に示す．図1に示すように，自分が発言①を終了しても，相手には伝送遅延時間分遅れて伝わるため，その瞬間には相手はその発言を聞き終わっていない．また，相手が発言①を聞き終わった後すぐに応答を返したとしても，それもまた伝送遅延時間分遅れて自分に伝わるため，自分の発言終了後少なくとも往復の伝送遅延時間が経過しないと相手からの応答を得られない．もし，相手からの応答を待ちきれずに，自分が発言②を開始すると，すでに相手が返していた応答に割り込まれることになる．

なお，遅延環境下のビデオ会議での対話において，この意図しない割り込みには，

Ⅰ）音声の応答による意図しない割り込み

Ⅱ）音声を伴わない映像のみの応答による意図しない割り込み

の2種類があると考えられる．本研究では音声による応答および映像のみによる応答の両方の意図しない割り込みを対象とする．

３．再生状況提示

相手からの応答がない原因が，伝送遅延のため相手側での自分の発言がまだ終了していないため

であることがわかれば，自分の発言を再開せず相手からの応答を待つことができると考えられる．

中村ら[3] は伝送遅延の存在する音声チャットにおいて， 相手側での自分の音声の再生状況を提示するようにより，意図しない割り込みを減らし，応答遅れに対する不快感を軽減するシステムを提案した．この再生状況提示では，話者は自分の発言の相手側での再生開始・終了のタイミングを知ることができる．この再生状況提示を用いると，自分の発言が終了した後，その発言が相手側で再生し終わり，相手が発言しないことを確認した後に次の発言を開始することにより，意図しない割り込みが減少することを示した．中村らの音声チャットにおける再生状況提示では，本来は利用されていない視覚的な情報を再生状況提示として追加している．しかし，ビデオ会議では，視覚的な提示として既に相手の映像や自分の映像が存在している．そのため新たに視覚的な提示を追加すると，元々あった視覚的な提示である映像が利用されなくなる可能性がある．

そこで，本研究では，再生状況提示として新たに視覚的提示を追加するのではなく，元々ビデオ会議に存在する“自分の映像”を利用することを考える．提案手法では図2に示すように，自分の映像を往復の伝送遅延時間分遅れさせて提示する．本研究では相手に伝わる映像と音声に同期ズレはないものとしているため，この提示により相手側での自身の映像ならびに音声の再生状況を把握することができるようになり，意図しない割り込みの原因となる発言を控えることが期待される．また，このような提示により相手の映像と自己映像が同期するようになり，相手の応答タイミングを正しく知ることができるようになると期待される．本研究では特に提案する再生状況提示によって意図しない割り込みが減少するかどうかを調査し，応答タイミングがわかるかどうかの調査は今後の課題とする．

4．実験

4．1 目的

本実験の目的は，自分の映像を遅らせる再生状況提示によって，意図しない割り込みが減少するかについて確認することである．

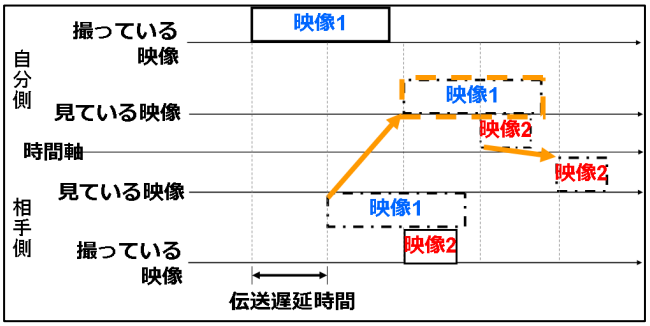


図２　映像による再生状況提示

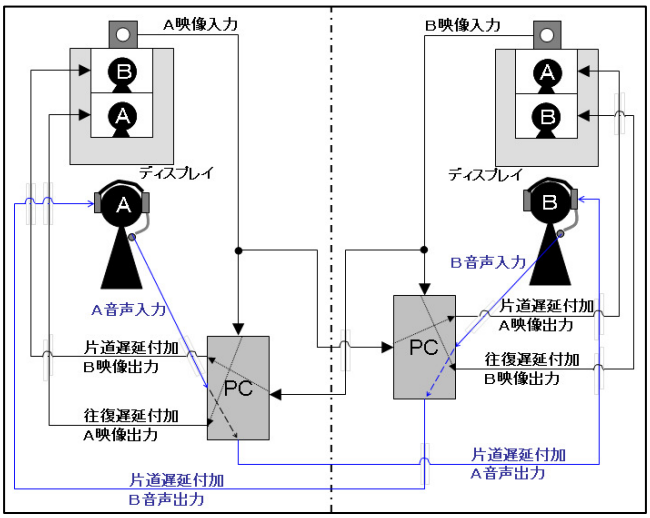


図３　実験システム

4．2 評価項目

本実験における評価項目を以下に示す．

まず，意図しない割り込みの指標として，被験者Aの発話中に相手の被験者Bに割り込まれた回数を被験者Aのタスク中の総発話回数で割った“被割り込み率”を測る．なお，このような割り込みには応答側の意図的な割り込みも含まれる可能性がある．

また，被験者がタスク中どこを見ているのかを調査するため，被験者が自分の映像および相手の映像それぞれを見ていた程度をアンケートにより調査する．

4．3 方法

被験者は20代の情報系の学生および社会人合計10名とし，2人1組計5組について実験を行った．実験条件は3種類のシステム

i)　相手の映像＋相手の音声（以降「自映像無」と呼ぶ）

ii)　i)＋自分のリアルタイム映像（以降「リアルタイム映像」と呼ぶ）

iii)　i)＋映像の再生状況提示（以降「再生状況提示」と呼ぶ）

と3つの片道伝送遅延時間(0秒，0.5秒，1秒)の組み合わせで合計9通りである．

実験システムを図3に示す．なお，遅延時間0sの場合は音声出力を直接相手のイヤホン入力に接続している．実験は，被験者を別々の実験室に入室させ，ヘッドセットを利用して条件毎に5分間対話タスクを行ってもらった．また実験を開始する前に，被験者には再生状況提示の説明を行い，再生状況提示を実際に使って対話をしてもらった．タスクは「2人で海外旅行に行くことになりました．どこの国に行くか3つ相談して決めてください.」のように，2人で相談して3つ項目を決めるものを与えた．このとき，実験条件とタスクの組み合わせが各被験者間で同一にならないようにバランスを取った．なお，割り込みの分析に用いるために対話をビデオ録画・録音した．会話の録音は被験者ごとに，その被験者のマイク入力からの音声とPCで再生される他方の被験者の発言を合成して録音することにより，両者がそれぞれ知覚する会話を録音した．

4．4　結果および考察

4．4．1　音声の応答による被割り込み率

音声の応答による被割り込み率を次式(1)で算出した．その結果を図4に示す．

$$\frac{\text{自分の発話中に割り込まれた回数}}{\text{自分の発話回数}} \quad \cdots(1)$$

ただし，遅延時間0sの時は意図しない割り込みはないため図からは除外する．

同じ遅延時間において，いずれのシステム間にも有意差はみられなかった（遅延0.5s:$F(2,27)=1.449$，遅延1s:$F(2,27)=1.841$）．この有意差がみられなかった理由としては，アンケートの結果に表れているように，自分の映像があまり使われていないため，再生状況提示の効果が十分に発揮されなかった可能性が考えられる．しかし，ｔ検定の結果，自映像無における遅延時間0.5sと遅延時間1.0sとの間に有意差が見られた($p<0.05$)．このことから，自分の映像があると，遅延の増加に伴う割り込みの増加が抑えられると考えられる．

4．4．2　映像の応答による被割り込み率

今回の実験における，映像の応答による割り込み

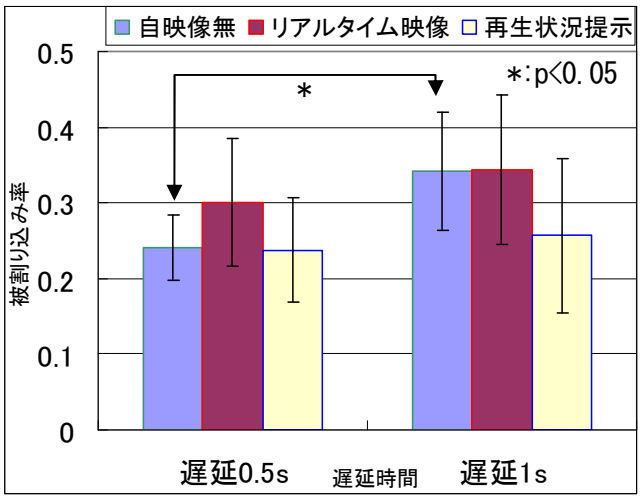


図４　音声の被割り込み率

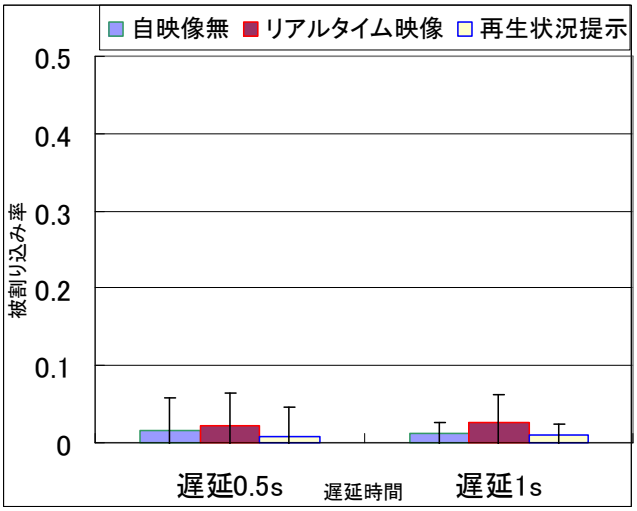


図５　映像の被割り込み率

とは，相手の発話を伴わない身体的動作によって発話者が発話をやめてしまうというものである．このような動作には，頷き，顔向け，あくびの3つがあった．そこで，映像の応答による被割り込み率を次式(2)を用いて算出した．

$$\frac{\text{自分の発話中に相手の頷きに割り込まれた回数}}{\text{自分の発話回数}} + \frac{\text{自分の発話中に相手の顔向けに割り込まれた回数}}{\text{自分の発話回数}} + \frac{\text{自分の発話中に相手のあくびに割り込まれた回数}}{\text{自分の発話回数}} \quad \cdots(2)$$

その結果を図5に示す．ただし，遅延時間0sの時は意図しない割り込みはないため図からは除外する．図7に示すとおり，映像の応答による意図しない割り込み自体がすべてのシステムでほとんど起こらなかった．

４．４．３　アンケート結果

質問「自分の映像をどの程度見ましたか？」の結果を図6に示す．評価は5段階で，1：見なかった，2：少し見た，3：時々見た，4：頻繁に見た，5：終始見た，とした．なお，自映像無のシステムは自分の映像が提示されないため，グラフから除外している．分散分析の結果，いずれの遅延時間においても，システム間に有意差はみられず（遅延0s:F(2,27)=25.714，遅延0.5s:F(2,27)=48.467，遅延1s:F(2,27)=84.046），自分の映像を見る程度がかなり低いことがわかった．

質問「相手の映像をどの程度見ましたか？」の結果を図7に示す．評価尺度は前問と同じである．

分散分析の結果，いずれの遅延時間においても，システム間に有意差はみられず（遅延0s:F(2,27)=0.102，遅延0.5s:F(2,27)=2.294，遅延1s:F(2,27)=0.485），相手の映像を頻繁に見ることがわかった．

実験後に自分の映像の使われ方について詳しく調べるために，インタビューを行った結果，「自分の映像の遅れによって，遅延時間の確認を行った」，「(遅延0.5sが存在する場合であるにも関わらず）リアルタイム映像の時，相手の応答が遅くない（＝遅延0s）と思った」，「タスク開始時に再生状況提示をみて，それほど遅くなかったので自分の映像はあまり見なかった」という意見を得た．このことから，自分の映像が再生状況提示であっても対話中はあまり利用されないが，遅延時間を正しく認識できるという利点があると考えられる．

５．まとめ

伝送遅延環境下でのビデオ会議において発生する問題である意図しない割り込みを軽減するために，新たな視覚的な提示をすることなく，従来のビデオ会議で用いられている自分の映像を往復遅延時間分遅らせて提示する手法を提案した．実験の結果，相手の映像は頻繁に見られる．しかし，自分の映像は遅延時間を知ることができるが，対話中はあまり見られないため，映像による再生状況提示の効果を十分に示すことはできなかった．再生状況提示が使われるように，提示を相手の映像の近くに配置する等の工夫が必要であると考えられる．あるいは，自分の映像に替わる新たな視覚的提示を追加する等による工夫を行うことも今後検討する必要がある．

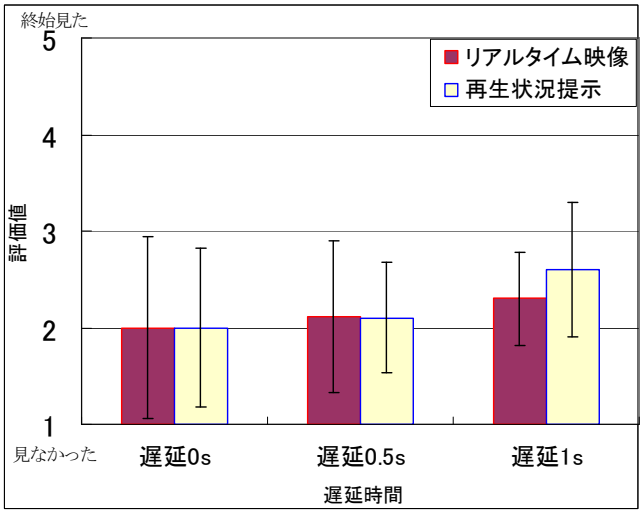


図６　自分の映像をどの程度見ましたか

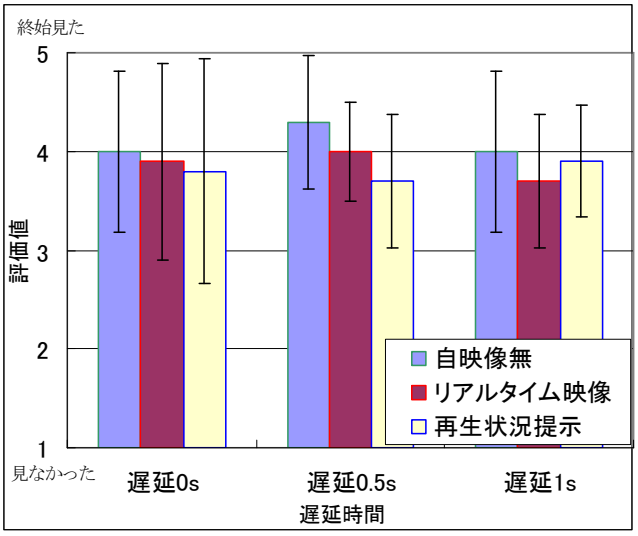


図７　相手の映像をどの程度見ましたか？

参考文献

1) Karen Ruhleder and Brigitte Jordan:"Co-Constructing Non-Mutual Realities: Delay-Generated Trouble in Distributed Interaction" , Computer Supported Cooperative Work, Vol.10, No.1, 113-138, 2001.

2) 長岡千賀，Maria draguna，小森政嗣，中村敏枝：音声対話における交替潜時が対人印象に及ぼす影響，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，171-174，2002.

3) 中村恵美，村田和義，倉本到，渋谷雄，辻野嘉宏：音声チャットにおける遅延の影響の軽減手法，信学技報，Vol.HIP2005-130，25-30，2006.

ヒューマン･モニタリングシステムの開発
－ステレオ画像を用いた表情解析手法の適用－

〇岡部直樹（大阪府立大学大学院工学研究科）
中村由香（大阪府立大学工学部）
有馬正和（大阪府立大学大学院工学研究科）

Development of a Human Monitoring System
- Application of facial-expression analysis using stereo images -

Naoki OKABE (Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University)
Yuka NAKAMURA (College of Engineering, Osaka Prefecture University)
Masakazu ARIMA (Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University)

１．はじめに

近年、バスや鉄道、航空機、船舶などの公共交通機関においてヒューマン・エラーを原因とする事故や不安全事象がしばしば報告されている。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[1)]。その中では、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られている。

そこで、著者らは、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・エラーを未然に防ぎ、安全・安心な社会を実現するために、ヒューマン・モニタリングシステムの開発を進めてきた。池田らは、顔の表情に着目し、6つの基本感情を表出したときの眼と口の形状の変化からその感情を推定する方法を提案している[2)]。また、義平らは、口の輪郭形状の動的な変化を定量的に解析して、発音を推定する「読唇技術」の開発を試みている[3)]。さらに、脇水らは、心拍変動性指標と血流の変化から、集中力の低下状態を推定する手法を提案している[4)]。

前述の表情評価手法では、心理的・生理的変化の前後の画像を比較評価することによって、基本感情の推定をおこなっていたが、顔の向きや姿勢によっては表情要素の形状を正しく捉えられない可能性もある。本研究では、船舶や航空機等の操縦席を想定した実用化を目指して、ステレオカメラを用いて正面画像を生成し、2次元平面上に投影された形状を用いて表情評価を試みる。

２．フーリエ記述子法による表情解析

本研究では、フーリエ記述子法を用いて表情評価をおこなう。フーリエ記述子法[5)]とは、2次元平面上に描かれた閉曲線が周長を周期とする周期関数で表されることを利用して閉曲線の特徴量をフーリエ級数展開し、フーリエ係数あるいはその組み合わせによって2次元閉曲線の特徴表現をおこなう方法である。

図1に示すような2次元平面上の閉曲線を考える。

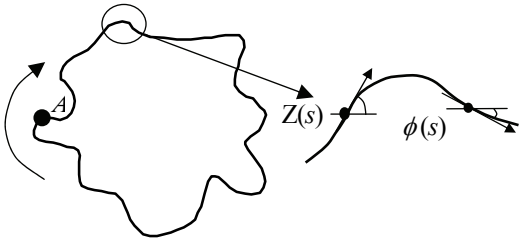


図1 閉曲線と偏角

閉曲線上の1点Aを始点とし、始点から時計回りに曲線上を長さ s だけ進んだ点の位置を$Z(s)$、$Z(s)$における方向ベクトルと水平軸とのなす角を偏角$\phi(s)$とする。図2は、表情解析において得られた唇の輪郭形状であるが、閉曲線の周長を L とすると、始点における偏角は$\phi(0)$で、終点における偏角は　$\phi(L)=\phi(0)-2\pi$となり、始点と終点において偏角に2πの差が生じ、図3の▲のように、不連続な関数となる。閉曲線では、始点と終点は一致するため、

$$\phi^*(t)=\phi\left(\frac{L}{2\pi}t\right)+t,\qquad t=2\pi\frac{s}{L} \qquad (1)$$

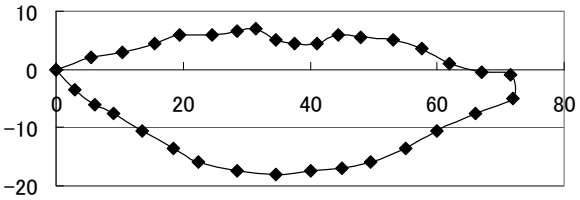


図2 唇の輪郭形状

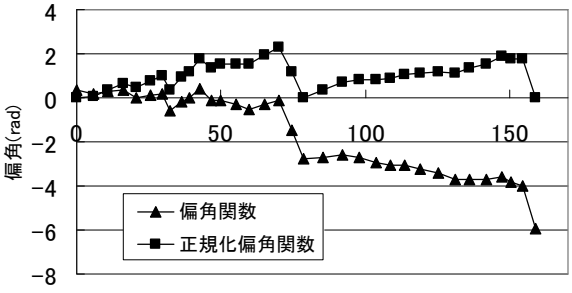


図3 偏角関数

と正規化することによって、図3の■に示すような始点と終点の偏角が一致する周期2πの周期関数 $\phi^*(t)$を得ることができる。$\phi^*(t)$をフーリエ級数展開すると、

$$\phi^*(t) = \mu_0 + \sum_{k=0}^{\infty}\left(a_k \cos(kt) + b_k \sin(kt)\right) \qquad (2)$$

となり、これによって得られる有限個のフーリエ記述子a_k、b_kによって不規則な閉図形の形状特徴を記述することが可能となる。

ここに、

$$\left.\begin{aligned} \mu_0 &= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \phi^*(t)\,dt \\ a_k &= \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \phi^*(t)\cos(kt)\,dt \\ b_k &= \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \phi^*(t)\sin(kt)\,dt \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

である。

算出されたフーリエ記述子の一例を図4に示す。形状の全体的な構造はフーリエ記述子の低周波数成分に反映され、局所的な変動は高周波数成分に現れることになる。また、フーリエ記述子法のもうひとつの大きな長所は、フーリエ記述子a_k、b_kから(2)式によって元の図形が復元できるということである。

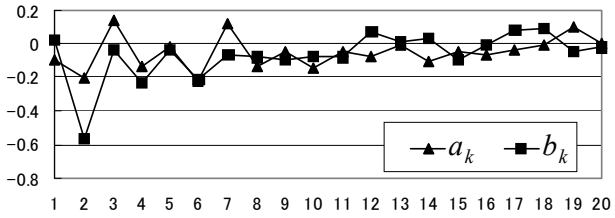


図4 フーリエ記述子の例

3．ステレオ画像解析

3.1 表情解析

ヒューマン・モニタリングシステムの計測・解析・評価項目として、顔の表情を取り上げた理由は、生理的・心理的な反応が表情に現れやすいということに加え、脳波や血流などの生理的計測とは異なり電極を装着する必要がないということである。ビデオカメラ等を用いて非接触で非侵襲的な計測ができるということは、被験者の生理的・心理的負担を軽減することができるという大きな利点がある。

取得する表情は、これまで正面から撮影した2次元画像であったが、本研究では、ステレオカメラによる3次元計測を適用して立体的な計測ができるようにした。顔の向きや姿勢の変化によって正面画像が得られない場合でも3次元解析によって正面に投影した2次元画像が得られれば、比較的容易に計測・解析・評価をおこなうことができ、操縦席などにおけるヒューマン・モニタリングシステムの実用化に向けて大きく進展させることができる。

3.2 ステレオ画像法

人間の眼は、両眼が離れて配置されていることによって視界に入る物体の位置を把握することができるようになっている。自然界の動物においても、それぞれが必要とする視野や距離感を得やすいように両眼が離れている。この両眼をカメラのレンズで置き換えて3次元世界での位置情報を得ようするのがステレオ画像法である。本研究では、この方法を用いて3次元計測をおこなう。

図5のように、左右に一定距離でレンズが配置されたステレオカメラで撮影をおこない、その左右の差分を求めて平面写真から立体座標を求める。本手法では左右の写真を見比べて、どのピクセルとピクセルが対応しているかを特定することが重要となる。計測点 P (X_p, Y_p, Z_p) の3次元座標は、

(4)式および(5)、(6)式を用いて算出できる。B はカメラ間の距離で、f は装着されたレンズによって決定される焦点距離である。また、x_L、x_R、y_L、y_R は、左右のCCD上での座標値である。θ、ϕ、φ はそれぞれレンズの傾き等により生ずる角で、図6、7 中に示す。

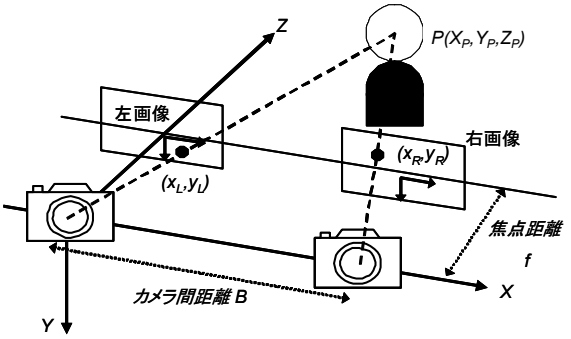


図5 ステレオ画像法（1）

$$\left.\begin{aligned} X_{\mathrm{P}} &= \frac{B\tan\phi_{\mathrm{R}}}{\tan\phi_{\mathrm{L}}+\tan\phi_{\mathrm{R}}} \\ Y_{\mathrm{P}} &= \tan\varphi_L\sqrt{X_P{}^2+Z_P{}^2} \\ Z_{\mathrm{P}} &= X_{\mathrm{P}}\tan\phi_{\mathrm{L}} \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

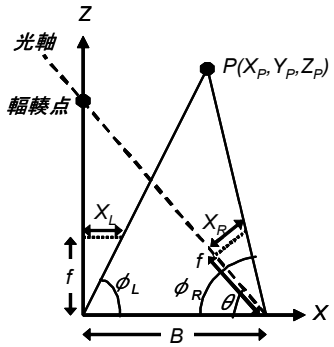


図6 ステレオ画像法（2）

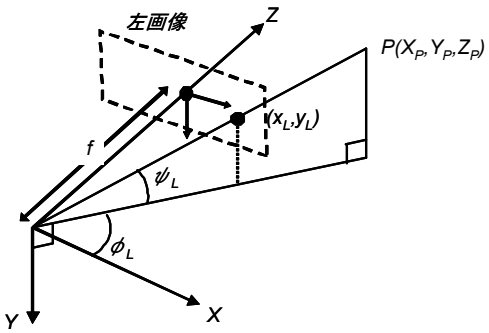


図7 ステレオ画像法（3）

$$\left.\begin{aligned} \tan\phi_{\mathrm{L}} &= \frac{f}{x_L} \\ \tan\phi_{\mathrm{R}} &= \frac{f\sin\theta + x_R\cos\theta}{f\cos\theta - x_R\sin\theta} \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

$$\tan\varphi_L = \frac{y_{\mathrm{L}}}{\sqrt{f^2 + X_{\mathrm{L}}{}^2}} \quad (6)$$

実験には富士フイルム（株）製のFINEPIX-REAL3D-W1を用いた。その仕様を表1に示す。このカメラの特長は、筐体に2つのレンズを搭載し、3次元画像が1台のカメラで容易に計測できるという点である。従来、ステレオ画像法による撮影を行う際には2台のカメラを用意して、それぞれのカメラのレンズを高い精度で設置し、撮影の同期をおこなう必要があった。本機は、各種の調整を行う手間を大幅に簡略化することができる。

表1　FINEPIX-REAL3D-W1の仕様

有効画素数		1,000万画素
撮像素子		1/2.3型 CCD ×2
記録画素数（ピクセル）		[L]＜4:3＞3648×2736
レンズ	焦点距離	f=6.3mm～18.9mm
	開放F値	F3.7(W)～F4.2(T)
寸法・質量	本体外形寸法	（幅）123.6mm ×（高さ）68.0mm×(奥行き)25.6mm
	本体質量	約260g

3.3　2次元図形の取得

表情の評価手法には、ワイヤーフレームモデルによる3次元解析なども提案されているが、著者らは、眼や口などの輪郭形状を2次元閉曲線として扱うことによって、簡便に表情から基本感情を推定・評価できることを示している[2)]。

本研究で対象として想定する交通機関等の従事者は、カメラに対して常に正面を向いているわけではなく、顔の向きや姿勢に変化が見られるものと考えられる。また、その人の体調や生理・心理状態を推定・評価するためには、数多くの被験者から得られた表情のデータが必要となり、カメラの撮影条件を統一することは非常に重要である。そこで、本研究では、3次元計測によって得られたデータから正面に投影された2次元座標のデータを取得することを試みた。

まず、顔の向きを図5に示す3次元座標系の原点の方向を向くように、眼、鼻、口等を基準にオイラー角により補正する。次に、補正した3次元座標を2次元平面に投影し2次元座標系に変換する。これにより顔の左右、上下の傾きが補正できることになる。

本手法の妥当性を検証するために、実際に計測、解析を行った例について示す。図8は、ステレオ画像法を用いて撮影したマネキン人形の表情および口の輪郭形状である。(a)、(b)は異なる位置から同時に撮影したものであり、それぞれの顔写真の横に記載しているものは、画像より得た唇の2次元輪郭形状である。(c)は、(a)と(b)の2次元座標から3次元座標を求め補正、変換を行い2次元座標系に投影したものである。このように、3次元画像解析を適用することにより、顔が正面を向いていなくとも表情要素の形状をある一定の方向から撮影した2次元座標系で得ることが可能となる。

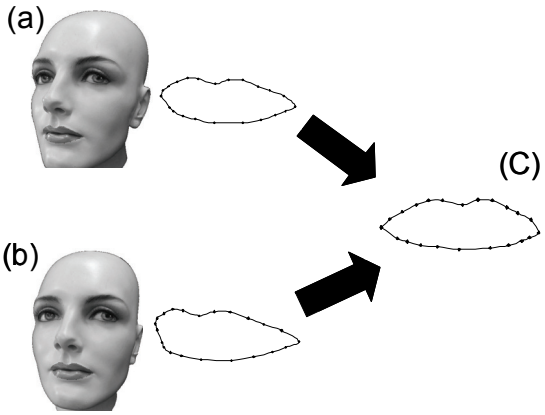


図8 3次元補正手法

3.4　表情評価への適用

3次元画像解析法を用いる表情評価手法の妥当性、有効性について述べる。図9は、図8に示したそれぞれの口の輪郭形状より算出したフーリエ記述子a_kである。顔の向きが正面ではない(a)、(b)と正面に投影した(c)ではフーリエ記述子a_kに大きな違いのあることがわかる。フーリエ記述子b_kについても、同様の結果が得られた。すなわち、表情評価に3 次元画像解析を導入することによって、顔の向きや姿勢の変化による影響を排除することが可能となり、基本感情の推定や集中力の低下などの生理的・心理的反応をより正確な解析、評価をおこなうことが可能になった。

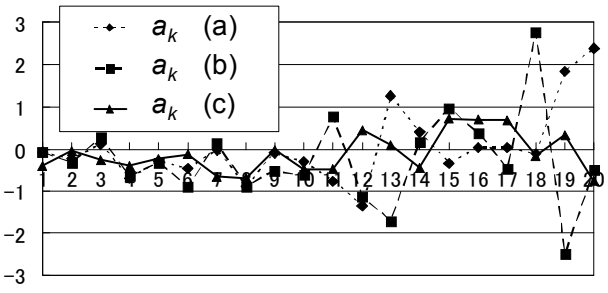


図9 補正値を用いたフーリエ記述子

4．まとめ

本研究では、安全・安心な社会の実現を目指したヒューマン・モニタリングシステムに表情評価を導入するために、3次元画像解析法の適用を試みた。市販のステレオカメラを用いて、簡便にステレオ画像を取得し、眼や口といった表情要素の3次元座標値を求めることができるようになった。口の輪郭形状に適用した結果、正面画像に補正して解析、評価することが有効であることが明らかとなった。また、心電図や呼吸、血流などの生理的指標と組み合わせて評価することにより、より詳細な生理的・心理的状況を推定することが可能であると考えられる。

参考文献

1) 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

2) 池田和外，有馬正和，細田龍介：フーリエ記述子による表情の特徴表現（第2報），平成16年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，214-217，2004.

3) 義平義昭，有馬正和：フーリエ記述子法による『読唇技術』の開発 ―発話の推定に向けて―，平成19年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，7-10，2007.

4) 脇水俊行，岡部直樹，有馬正和：ヒューマン・モニタリングシステムの開発 ―集中力低下状態の検出について―，平成20年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，65-68，2008.

5) Zahn, Roskies: Fourier descriptors for plane closed curves , IEEE Trans. on Computers, C-21, 269-281, 1972.

触覚提示が操作パフォーマンスに及ぼす影響

○陣内藍（大阪市立大学大学院生活科学研究科）
岡田明（大阪市立大学大学院生活科学研究科）
山下久仁子（大阪市立大学研究支援課）

Influence of Haptic Feedback on Performance of Manual Operation

Ai JINNOUCHI (Graduate School of Human Life Science Osaka City University),
Akira OKADA (Graduate School of Human Life Sciences, Osaka City University),
Kuniko YAMASHITA (Research Support Department, 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[1)]。触覚の情報提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[2)]。また、触覚を利用した情報呈示では、視覚や聴覚の情報提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。

本研究ではそうした触覚フィードバックを用いた操作性評価の基礎的研究として、触覚提示条件の違いが操作パフォーマンスに与える影響について評価することを試みた。

２．実験１

触覚フィードバックとしてターゲットにテクスチャーの違いを与えた場合と与えない場合のポインティング操作では、身につきやすさにどのような違いが出るかを調べる。

触覚フィードバックを提示するに先だって、実験者に記憶してもらうのに適当な情報量と、ターゲットの配列を調べるための実験を行った。

2.1　実験環境

Visual Basic 6.0 を用いて、図１，２のような抽象的な操作対象を設定した。ボタンのレイアウトは直線型とランダム型の２種類である。また記憶対象を、任意の7桁の数字と、同じく任意の9桁の数字の2種類とした。

被験者は21歳～25歳の学生5名(男性2名、女性3名)である。

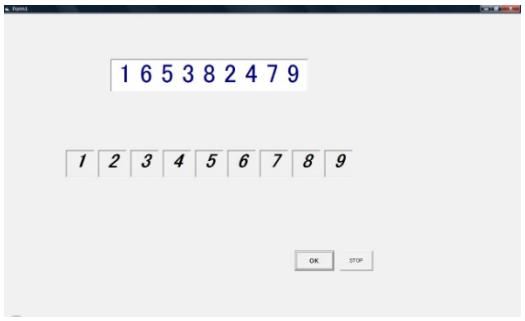


図１　linear型

図２　random型

2.2　実験の流れ

次の条件（linear7桁、linear9桁、random7桁、random9桁の4条件）毎に①～③の課題を行う。

① 記憶課題：図1、2のように画面の上部にランダムな9つの数字(7つの数字)を提示する。1～9の数字を割り振ったボタンを、カードに書かれた数字の順番の通りに、被験者に繰り返し10回押すタスクを課し、その操作手順を覚えてもらう。

② 干渉課題：数独(図３参照)を1～2題集中して解いてもらった後、5分間の休憩をとり、記憶の保持を妨げる。

③ 再生課題:①で覚えた記憶対象の操作手順を、思い出せる限りボタンを押して再現してもらう。

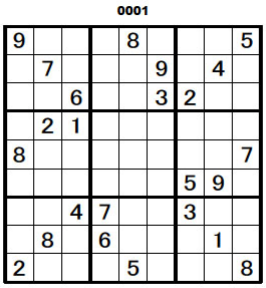


図３　数独の例

さらに実験後、被験者に数字の覚え方等の聞き取り調査を行った。

３．結果と考察

条件毎に比較してみると(図4参照)、個人差はあるが、9桁より7桁の方が正答率が低い傾向が見られた。聞き取り調査でも9桁の方が覚えやすかったという意見が聞かれた。これは、数字ボタンが9個であること、また、干渉課題として行った“数独”の性質が関係しているのではないかと考えられる。

配列条件においては、若干、直線型の方が正答率は高くなったが、直線型が覚えやすかった被験者とランダム型が覚えやすかった被験者に分かれた。これは、数字の覚え方や空間認識の違いが関係していると考えられる。

また、検定を行った結果、9桁のランダム配列条件よりも7桁のランダム配列条件の方が有意に正答率が高いという結果がでた($p<0.01$)。

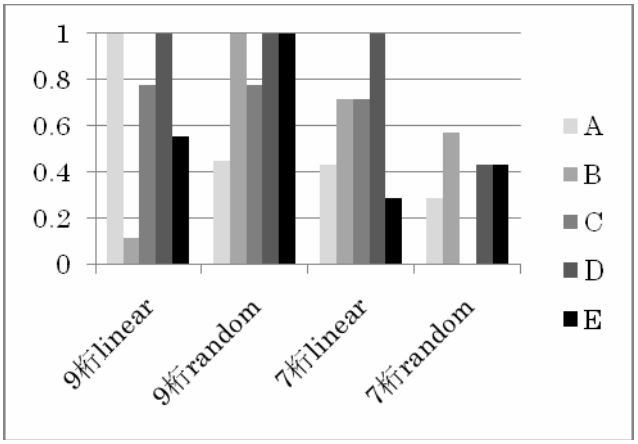


図４　実験１結果

４．実験２

実験1の結果をふまえ、実験2ではさらに触覚フィードバックを加えて、触覚提示が操作パフォーマンスにどの程度影響を及ぼすかを調べていく。

4.1　実験環境

触覚フィードバックは、触力覚提示装置PHANTOM(PHANTOM Omni, SensAble Technologies, Inc.)を用いて提示する。PHANTOMとは、高精度の力覚インタラクションを実現する三次元入出力デバイスである。利用者がスタイラス（ペン形状のポインティングデバイス）を把持して動かすと、その先端位置が仮想空間中に表示され、仮想物体と接触したときに、その物体の重さ、形状、表面の材質感等が反力としてスタイラスに伝えられる。被験者はPHANTOMのスタイラスを操作し、操作画面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。

実験1と同様、ボタンの配列は直線型とランダム型2種類を用意し、記憶対象として任意の7桁の数字を用いる。

4.2　実験の流れ

実験1と同様に①記憶課題→②干渉課題→③再生課題を行った後、④選択課題を行う。この課題ではまず、ボタンを押す順序を図式化したものを5種類(記憶対象とは微妙に異なる)被験者に提示する。そして、記憶対象とは明らかに違うと思うものから順に選んでもらい、その選んだ理由を述べてもらうという課題である。被験者の記憶手段の傾向を調べることを目的としている。

上記の①～④を各条件で行う予定である。

参考文献

1) Kwok, Misa Grace他：触覚の世界 - 触覚研究の過去・現在・未来 - , 人間工学, Vol.44, Supplement, 46-55, 2008.

2) 服部真季他：操作対象のレイアウトと動作の身につきやすさとの関係, 建築学会大会学術講演梗概集, 841-842, 2007.

3) センサブルテクノロジーズ（日本語サイト）：http://sensable.jp/

触覚における速度情報の効果的提示手法に関する研究

○庾徹（関西大学大学院工学研究科）

小谷賢太郎、朝尾隆文、堀井健（関西大学システム理工学部）

Effective presentation for speed-related information produced by using tactile actuator

Toru YU (Graduate School of Engineering, Kansai University)

Kentaro KOTANI, Takafumi ASAO, Ken HORII (Faculty of Engineering Science, Kansai University)

１．はじめに

近年、皮膚感覚に対して情報提示を行う触覚インタフェースの研究が盛んに行われている[1)]。触覚インタフェースの主な研究例としては、パターンの提示を目的とするものと、テクスチャ感の提示を目的とするものが挙げられる。

触覚に対して情報提示を行う研究には様々なものが挙げられるが、未だにヒトの触知覚メカニズムに基づいた触覚インタフェースの設計ガイドラインは確立されているわけではない。林ら[2)]はこの理由として、触覚情報統合の空間的範囲やリフレッシュレートと並んで、速度知覚メカニズムについての解明が不足していることを指摘している。実際、パターンやテクスチャ感の提示を目的とした研究と比較すると、触覚に対して速度情報を提示する研究は少なく、近年になってようやく速度弁別に関する研究[3)]が行われ始めた段階であり、速度弁別以外の知見が不足している。そのため、ヒトの速度知覚メカニズムに適したインタフェースを設計するための指針として、速度弁別のみならず速度知覚に適した提示方法についての知見を整備する必要がある。

触覚インタフェースにより情報を提示する際、その伝えたい情報によって種々の形式が考えられるため構造設計の観点からの研究はこれまでにもいくつかなされており、装置の小型化を目指したものや装着型の触覚インタフェースなど[4)5)]が提案されている。しかしながら、情報の受け手である人に焦点をあてた研究は少なく、送り手の伝えたい情報内容に対し、人が意味を把握しやすい提示手法の視点からの研究が今後必要であると指摘されている[6)]。

そういった中で月東ら[6)]は、非利き手掌に方向情報を提示し人間の受容姿勢や用いる応答規則の影響が方向知覚に与える影響について調べている。その結果、体幹を基準に方向を答える回答方法よりも掌を基準に方向を答える回答方法の方が、方向知覚の正確度は高く、人に適合しやすい応答方法であると報告している。このような方向知覚に適した人間の受容姿勢を調べるのと同様に、今後、速度情報を提示可能な触覚インタフェースの設計指針として、速度知覚に適した人の受容姿勢について調べることは有用である。

そして、速度知覚においても速度情報を捉えやすい受容姿勢や提示方向が存在する可能性があり、受容姿勢や提示方向の違いによって速度知覚の正確度が変動する可能性が考えられる。

そこで、本研究では人間の受容姿勢および提示方向の違いにおける速度識別の正確度を測定することで、触覚における速度情報の認知に適した提示手法について検討することを目的とする。

２．触覚の仮現運動

本研究では、速度情報の提示方法として触覚の仮現運動を利用する。触覚の仮現運動とは、皮膚の離れた二点に時間差のある刺激を与えることによって、先行刺激点から後続刺激点に向かって、刺激が連続的に移動して知覚される現象である[7)]。触覚の仮現運動を用いると、実際の位置に刺激点が存在しなくても刺激を提示出来るため、少数の刺激点での刺激が提示可能となり、刺激提示部の小型軽量化にもつながるといえる[8)]。また、触覚において同時に沢山の刺激が提示されるとマスキング等により、刺激の知覚が著しく阻害されるが、継時的に提示されるものの知覚はかなり優れているという知見に基づいて、より早く刺激を提示するための一方法として仮現運動を用いるのは有効であると言われている[8)]。そのため、これまでにも様々な研究で、文字提示や[9)]方向情報の提示、速度情報の提示に応用されている[3)10)11)]。

３．実験

3.1　実験装置

本実験で用いた空気噴流提示装置の構成を図1に示す。提示刺激はまず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、ノズルから噴射される。提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。

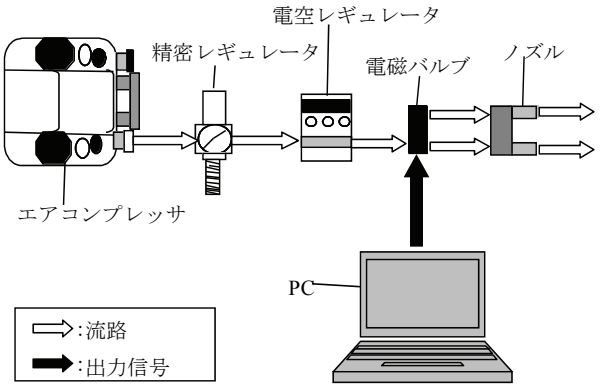


図１　空気噴流提示装置

3.2　実験手順

被験者に対して150kPaの空気噴流刺激が、定められた速度条件で掌に提示される。被験者には与えられた刺激が三種類の速度条件のうちのいずれであったかを口頭で回答してもらう。また、刺激の提示方向は被験者の掌に対して、上・下・左・右の4方向の中の1つが選ばれ被験者に提示される。各方向に対して3種類の速度条件を5試行ずつ、計60試行ランダムに提示した。これを、5つの受容姿勢についてそれぞれ行った。また、被験者には実験前に十分な練習を行ってもらい、実験中には姿勢ごとに5分間の休憩を取ってもらった。

3.3　実験条件

表1に速度条件と提示刺激パターンの関係、表2に実験条件、図2に実験で用いた受容姿勢について示す。提示刺激パターンはDuration（提示時間）、ISOI（Interstimulus onset interval：提示時間間隔）により3つの速度に分類している(表1)。また、5つの受容姿勢については、被験者にとって楽な姿勢かつ日常生活での応用が考えられる姿勢という観点で選定しており、被験者にはアイマスクと聴覚からの影響を排除するためにヘッドフォンを装着してもらった（図2)。また、それぞれの受容姿勢は以下のことを想定して決定した。

受容姿勢1は最も一般的な姿勢であり多くの触覚インタフェースに関する研究[2)12)]で用いられている姿勢である。受容姿勢2は、掌方向と体幹での方向が異なり、エゴセンターによる速度知覚の影響を調べることを想定した姿勢である。受容姿勢3、受容姿勢4は肘や手首を曲げることで生じる可能性がある、自己受容感覚からの影響を調べることを想定した姿勢である。そして受容姿勢5は、自動車の運転時に近い姿勢における速度知覚の正確度を調べることを想定した姿勢となっている。

表１　速度条件と提示刺激パターン

	Duration[ms]	ISOI[ms]
高速条件	50	30
中速条件	100	50
低速条件	170	150

表２　実験条件

被験者	健常成人大学生7名
試行回数	各受容姿勢で60試行ずつ
提示部位	非利き手掌
提示方向	4方向
提示圧力	150Kpa
提示速度	3種類
ノズルの内径	1.0mm
ノズルから皮膚までの距離	5.0mm
刺激点数	3点
姿勢の試行順序	ランダム順
刺激点間距離	30mm

図２　実験で用いた5つの受容姿勢

４．実験結果

以下に実験結果を示す。正答率とは被験者が提示された速度を正しく回答した割合であり、誤答数とは、被験者が各受容姿勢420回中（試行回数60回×被験者7人)、提示された速度を誤って回答した数である。図4の提示方向に用いた上、下、左、右とは、いかなる受容姿勢においても掌の面に対して、手首から指先へ向かう方向を上、指先から手首へ向かう方向を下、親指側から小指側へ向かう方向を左、

小指側から親指側へ向かう方向を右、として結果を処理している。また、図5に示す高速ミスとは提示速度が高速条件であるのに誤って違う速度条件と回答したもの、低速ミスとは提示速度が低速条件であるのに誤って違う速度条件と回答したものを示している。いずれの被験者も高速条件を低速条件と誤答する、または低速条件を高速条件と誤答することは存在しなかった。しかし、中速条件においては高速条件と誤答する場合と低速条件と誤答する場合が多く存在した。そこで中速条件を、高速条件と誤答した場合は中速ミス（高)、低速条件と誤答した場合は中速ミス（低）と示している。

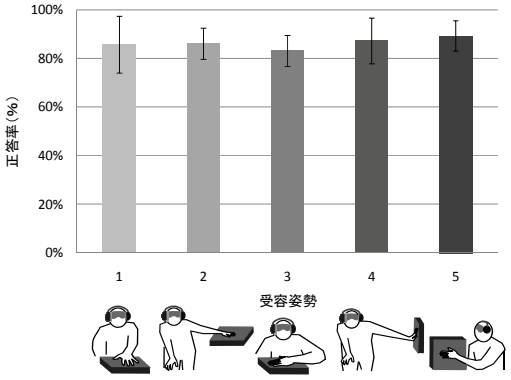


図３　速度識別の正答率

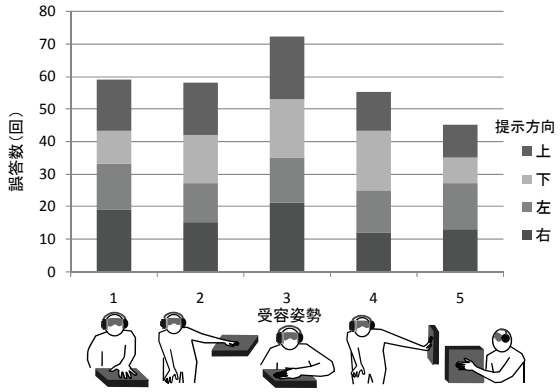


図４　速度識別の誤答数

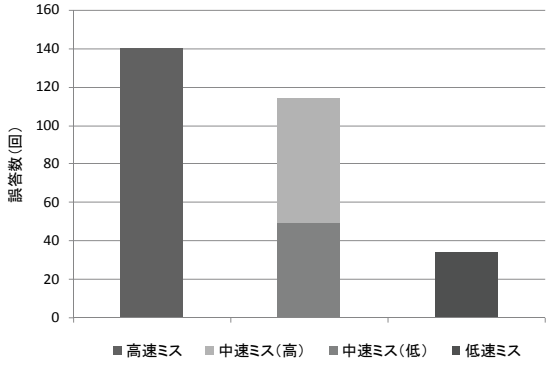


図５　各提示速度における誤答数

５．考察

5.1　受容姿勢が速度知覚に与える影響

図3、図4を見ると、速度識別の正確度は受容姿勢3において最も低く、受容姿勢5において最も高くなっていることが分かるが、分散分析の結果、各受容姿勢によって速度識別の正答率には有意差は得られなかった（$F(4, 30) = 0.532$, $p = .71 > .05$)。被験者の主観報告では7名中5名が受容姿勢の違いで速度識別の判断のしやすさに違いがあったと報告しており、被験者内では受容姿勢の違いで速度情報の認知のしやすさに違いがあるのではないかと考えられる。本研究と同様に受容姿勢に着目している研究[13)14)15)]として、同じパターンの触文字が与えられても、頭や腕や手の向き、すなわち姿勢に依存してその文字が正しく知覚されたりされなかったりするという報告がある。これに対して東山ら[7)]は、触覚の認知は自己受容感覚の影響を受けて複雑に変化すると解釈することができると推測している。本研究においても受容姿勢の違いにより自己受容感覚から得られる情報が変化したことで、受容姿勢の違いで速度知覚の正確度に変化が生じたのではないかと考えられるが、特定の姿勢が被験者間で共通して高い正解率を得られる受容姿勢があるとは言えなかった。しかしながら、被験者内では受容姿勢の違いにより速度知覚の正確度が異なった結果となったため、速度知覚においても自己受容感覚の影響を受けるような複雑な情報取得プロセスが存在するのではないかと考えられる。

5.2　提示方向が速度知覚に与える影響

図4より、どの受容姿勢においても提示方向による速度識別の誤答数の変化は小さいことが分かる。このことから、速度知覚の正確度は提示方向に依存せず、触覚に対して速度情報を提示する際は、提示方向が異なっても速度知覚の正確さには違いがないと考えられる。触覚は、時間分解能に大変優れており[16)]、今回実験の提示部位として用いた掌は皮膚感覚の中でも、受容器の分布密度が高く解像度が高い[17)]。そのため提示方向が異なっても、速度情報を形成する時空間情報の情報取得の差は大きくなく、速度知覚の正確度に差が生じなかったのではないかと考えられる。

5.3　速度の違いにおける誤答数について

図5より、最も誤答数が多くなったのは、高速条件において中速条件と誤答したものであることが

分かる。本実験に用いた3種類の速度条件は予備実験より、3種類の速度条件の体感速度が一定の間隔で変化するように設定している。そのため高速条件と中速条件の速度感が近いことが原因で、速度識別が困難となった可能性は低い。さらに、この2つの速度感が近かったのであれば、高速条件を中速条件と誤答した回数は中速条件を高速条件と誤答した回数に近くなると予想できるが、図5を見ると2倍以上の差があることが分かることから、速度感が近かったため高速の識別が困難であった可能性は低い。これらのことから本実験における刺激条件下においては、高速領域よりも低速領域を用いたほうが、より確実に情報を伝達できるのではないかと推測される。

6．まとめ

以上の結果をまとめると、次のような事が言える。

- 個人ごとに速度情報を正確に感じ取る姿勢は異なることが示唆された。
- 速度知覚の正確度は提示方向に依存しない可能性が示唆された。
- 本実験における刺激条件下では、低速領域で正確な速度識別ができる可能性が示唆された。

今後は、提示部位や刺激強度が速度知覚に与える影響について検討する予定である。

謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費（20370101）の助成を受けたものである.

参考文献

1) Hafez M. : Tactile interfaces, technologies, applications and challenges, The Visual Computer, Vol.23, No.4, 267-272, 2007.
2) 林政一郎他：触知覚における運動残効現象の研究, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.11(1), 69-75, 2006.
3) Kohli L. et al. : Towards effective information display using vibrotactile apparent motion, Proceedings of the 2006 IEEE symposium on haptic interfaces for virtual environment and teleoperator systems, 445-452, 2006.
4) 上田真太郎他：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, 基礎・材料・共通部門誌, Vol.127(6), 277-284, 2007.
5) 塚田浩二他：Active Belt:触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, 2649-2658, 2003.
6) 月東充他：触覚を用いた手掌への方向呈示法の検討―刺激受容姿勢と応答規則が方向識別に及ぼす影響, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-A, No.10, 1652-1656, 1999.
7) 東山篤規他：触覚と痛み, ブレーン出版, 2000.
8) 斎田真也：触刺激における仮現運動, 製品科学研究所研究報告, No.95, 65-70, 1982.
9) 坂井忠裕他：触覚受容特性を考慮した受動的6指分散点字方式の最適刺激呈示評価―盲ろうや点字初心者への情報伝達システムに向けて―, 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J90-D(3), 742-753, 2007.
10) 野嶋琢也他：皮膚感覚を通じたパイロットへの飛行情報呈示に関する研究, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.9, No.1, 1-8, 2007.
11) 大桑政幸他：自動車シート振動刺激による運転支援情報呈示法の開発, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.3, 363-371, 2008.
12) 水上陽介他：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, 2007.
13) Corcoran D. : The phenomena of the disembodied eye or is it a matter of personal geogaraphy?, Perception, Vol.6, 247-256, 1977.
14) Oldfield R. & Phillips R. : The spatial characteristics of tactile form perception., Perception, Vol.12, 615-626, 1983.
15) Natsoulas T. & Dubanoski A. : Inferring the locus and orientation of the perceiver from responses to stimulation of the skin., American Journal of Psychology, Vol.77, 281-285, 1964.
16) 前野隆司：ヒトの触覚受容機構 ―力学・アナロジー・錯覚という視点から―, 電気学会センサマイクロマシン部門誌, Vol.122-E, No.10, 469-473, 2002.
17) 大山正他：感覚・知覚ハンドブック Part2, 誠心書房, 2007.

B2-1 ユーザビリティの質が及ぼす脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化の特徴比較

○杉谷直哉*, 萩原啓*（立命館大学情報理工学部）

Characteristics of Changes in Concentration of Oxygenated Hemoglobin by Difference of Usability

Naoya SUGITANI*, Hiroshi HAGIWARA*
*Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering

1.　はじめに

私たちの環境には、技術の発展によりさまざまな機器があふれており、それぞれの機器の特性やそれを使用する人間の多様性もあり、その関係はますます複雑化し、それらの機器のユーザビリティが重要な要素となってきている。ユーザビリティとは一般的には製品やサービスを利用する際の使いやすさのことで、利用品質などとも言う。ユーザビリティの世界的権威のヤコブ・ニールセンは、ユーザビリティを「学習のしやすさ」「効率」「記憶のしやすさ」「エラー（エラーの深刻さ、エラーから回復の容易さ）」「満足」」から構成される概念と定義している。この定義を基にさまざまな機器が開発されているが、ユーザビリティの多くは人それぞれの主観やパフォーマンスで評価されているのが現状である。

本研究では、ユーザビリティを生理反応から評価できないかと考え、マウスの動きにタイムラグを加えたパフォーマンステストを被験者に課し、ユーザビリティの異なる状況において脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化を計測し、ユーザビリティの質と脳の活動状態の関連性を検討した。

2.　実験

2.1　概要

本実験ではマウスの動きにタイムラグを加えたパフォーマンステストを被験者に課し、タイムラグなし、タイムラグありの二種類の状況で行ってもらった。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

ターゲットを追従するパフォーマンスに加えてマウスのタイムラグを管理できるパフォーマンステストを Lab VIEW(日本ナショナルインスツルメンツ株式会社)にて作成した(図１)。

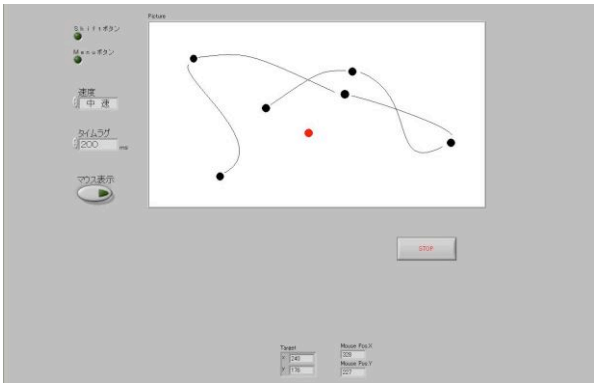


図１　パフォーマンステスト画面

パフォーマンステストでは、被験者にランダムに方向を変えながら動くターゲット(図１：黒色丸印)をマウスポインタ(図１:灰色丸印)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。被験者が動かすマウスの動きとマウスポインタの間にタイムラグなし(0msec)、タイムラグありに設定した。また、タイムラグの大きさによる違いを比較するためにタイムラグありは 200msec と 400msec の２種類を設定した。

2.3　脳内血中 Hb 濃度変化

脳内血中 Hb 濃度計測は近赤外イメージング装置を用いて実施した。光の吸光度変化との濃度変化との微小区間における線形関係を仮定して光の散乱の影響を付け加えた modified Lambert-Beer の法則を用いる。

$$\Delta A = -\log(\Delta I / I_0) = \varepsilon \Delta C < d > + \Delta S \cdots ①$$

①式において$< d >$は平均光路長、ΔSは散乱変化であり、ΔAとして吸光度変化が算出される。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。NIRStation では 780nm、805nm、830nm の 3 波長によって吸光度計測し、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 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。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ため、Hb 濃度変化は本来の濃度ではないことを注意しなければならない。また光路長は個人によって異なり、被験者が異なれば当然違う値になり、計測部位間および被験者間の比較には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 8 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）および脳内血中 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。

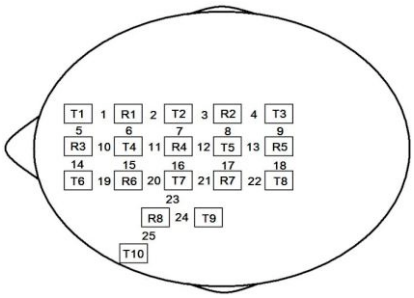


図 2 プローブ装着位置

3.2 実験プロトコル

実験は以下に示す 1)～5)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（2min×5）
4) 安静座位（2min）
5) 計測終了

タスクの内容は以下の通りである。

(1) 前レスト(30sec)
(2) 追従反応パフォーマンステスト(60sec)
…ランダムに動くターゲットを追従。
(3) 後レスト(30sec)

このタスクをタイムラグなし、タイムラグ 200msec、タイムラグ 400msec の 3 種類行う。加算平均するため以上のタスクをそれぞれ 5 回繰り返す。なお実験ごとにタスクの順序を入れ換え順序効果が出ないようにする。

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、タスク中の脳内血中酸素化 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、被験者それぞれのタイムラグなし、タイムラグ 200msec、タイムラグ 400msec のすべてのデータを用いて平均と標準偏差を求め、相対的脳内血中 Hb 濃度変化が得られるように正規化を行った。

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 5)。パフォーマンステストの結果から追従誤差がタイムラグ 400msec の場合のみ大きくなるパターンと、タイムラグありとなしで比較してタイムラグありの方が大きくなるパターンと、タイムラグありタイムラグなしで大きな違いが見られないパターンの 3 パターンに分けられた。そのため被験者 8 名の内、この 3 パターンを代表する 3 名の結果を選び比較した。

被験者 A はタイムラグなし、タイムラグ 200msec、を比較すると追従誤差の大きさに差がなく、タイムラグ 400msec になると追従誤差が大きくなった(図 3)。

被験者 B はタイムラグなし、タイムラグ 200msec、タイムラグ 400msec を比較するとタイムラグありが追従誤差は大きくなっていた。また、タイムラグ 200msec とタイムラグ 400msec を比較すると追従誤差に差が見られなかった(図 4)。

被験者 C はタイムラグなし、タイムラグありとの間に追従誤差に差がなかった(図 5)。

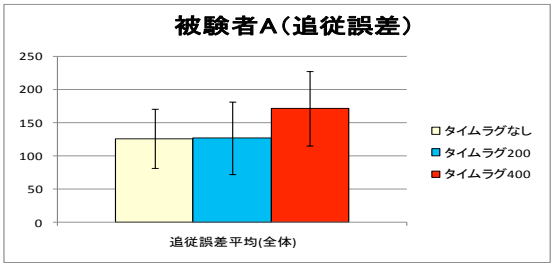


図 3　被験者 A の平均追従誤差

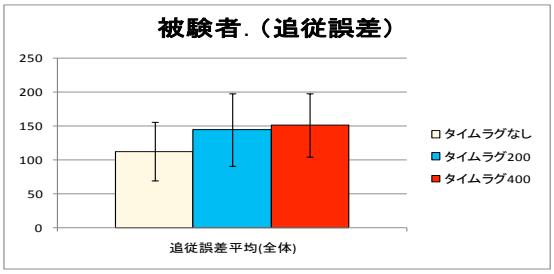


図 4　被験者 B の平均追従誤差

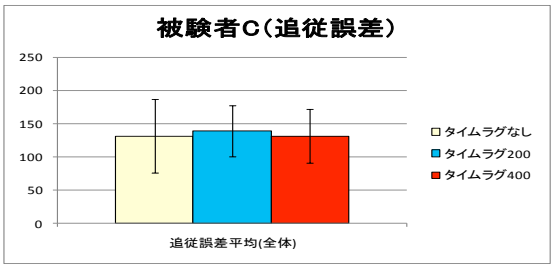


図 5　被験者 C の平均追従誤差

5.2 脳内血中 Hb 濃度

被験者 A,B,C の計測チャネル 10、22、25 の脳内血中酸素化 Hb 濃度を正規化したものを図 6～14 に示す。計測チャネル 10(ch-10)は前頭前野の中央部であり、計測チャネル 22(ch-22)は左脳の運動野で右手の運動時に働く箇所であり、計測チャネル 25(ch-25)は認知判断をつかさどる 46 野付近である。横軸が時間軸であり、0～30sec を前レスト、30～90sec をタスク、90～120sec が後レストとして表示した。縦軸は脳内血中 Hb 濃度変化を表している。

被験者 A について、ch-10、ch-22、ch-25 の Hb 濃度の変化をみると、ch-10 はタイムラグなしとタイムラグあり両方で前レストからタスクにかけて増加し、タスクから後レストにかけて減少する傾向が見られる。ch-22 ではタイムラグなしは前レストからタスクにかけて減少し、タスクから後レストにかけて増加する傾向が見られ、タイムラグありでは前レストから後レストにかけて減少する傾向が見られ、タイムラグなしとありでタスクから後レストにかけて異なる変化が見られた。ch-25 は ch-22 と同様にタイムラグなしとありでタスクから後レストにかけて異なる変化が見られた（図 6～8)。

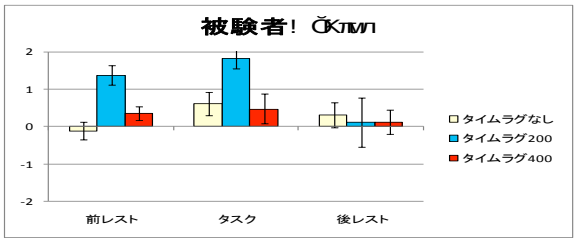


図 6　被験者 A ch-10 脳内血中 Hb 濃度変化

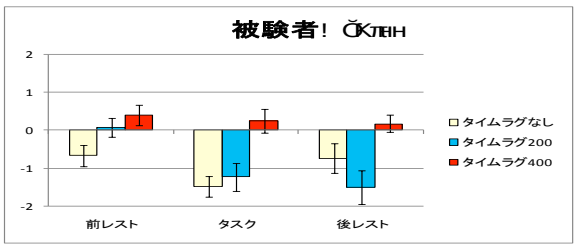


図 7　被験者 A ch-22 脳内血中 Hb 濃度変化

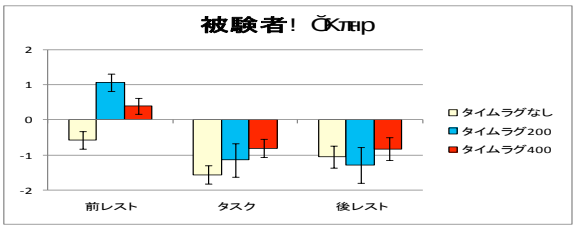


図 8　被験者 A ch-25 脳内血中 Hb 濃度変化

被験者 B について、ch-10 ではタイムラグなしとタイムラグあり両方で前レストからタスク、タスクから後レストにかけて減少する傾向が 見られる。ch-22 ではタイムラグ 200msec だけ前レストから後レストにかけて減少する傾向が見られ、他と異なる傾向となった。ch-25 ではタイムラグ 400msec だけ前レストからタスクにかけて増加して、タスクから後レストにかけて減少する傾向が 見られた(図 9～11)。

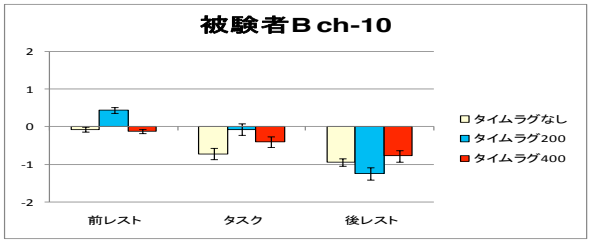


図 9 被験者 B ch-10 脳内血中 Hb 濃度変化

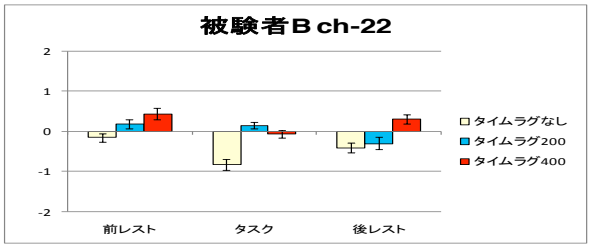


図 10 被験者 B ch-22 脳内血中 Hb 濃度変化

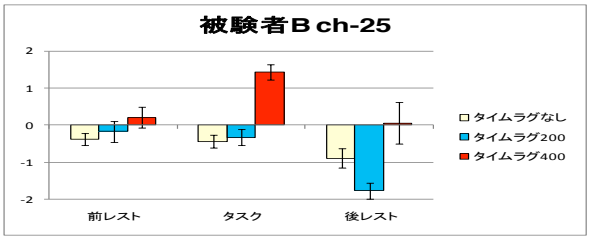


図 11 被験者 B ch-25 脳内血中 Hb 濃度変化

被験者 C について、ch-10 はタイムラグなしとタイムラグあり両方で前レストからタスクにかけて増加し、タスクから後レストにかけて減少する傾向が見られた。ch-22 はタイムラグなしでタスク時に減少する傾向が見られた。ch-25 はタイムラグなしでは前レストからタスクにかけて減少し、タスクから後レストにかけて増加する傾向、200msec では前レストから後レストにかけて減少する、400msec では前レストからタスクにかけて増加して、タスクから後レストにかけて減少する それぞれ異なる傾向となった（図 12～14)。

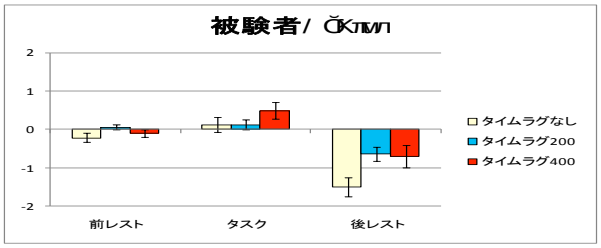


図 12　被験者 C ch-10 脳内血中 Hb 濃度変化

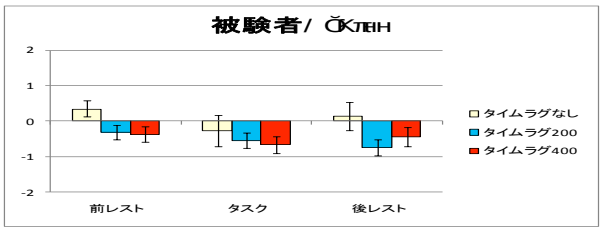


図 13　被験者 C ch-22 脳内血中 Hb 濃度変化

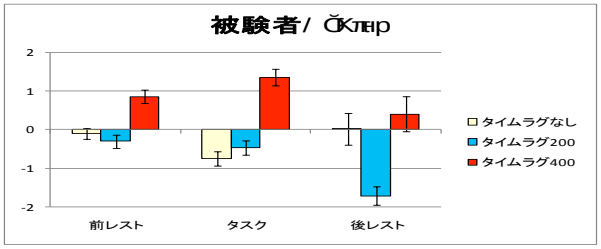


図 14 被験者 C ch-25 脳内血中 Hb 濃度変化

次にタイムラグなし、タイムラグありで詳細に検討した。ch-10 ではタイムラグなし、タイムラグあり共に、Hb 濃度の変化は前レストからタスクにかけて増加し、タスクから後レストにかけて減少する同じ変化が見られた。ch-22 ではタイムラグなしで前レストからタスクにかけて減少し、タスクから後レストにかけて増加する変化が見られ、タイムラグありでは前レストからタスク、タスクから後レストにかけて減少する変化や、前レストからタスクにかけて平衡を保ち、タスクから後レストにかけて減少する変化が見られた。ch-25 ではタイムラグなしで前レストからタスクにかけて減少し、タスクから後レストにかけて増加する変化や前レストからタスク、タスクから後レストにかけて減少する変化が見られ、タイムラグありでは前レストからタスクにかけて増加して、タスクから後レストにかけて減少する変化が見られた。

6． 考察

本研究において、前頭連合野中央の ch-10 ではタスク時には前レスト、後レストと比較して脳内血中酸素化 Hb 濃度の変化が増加しており、血行動態が活性化しているのがわかった。タイムラグなしとタイムラグありを比較すると脳内血中酸素化 Hb 濃度の変化は同じ変化を示しユーザビリティの違いによる差異は見られなかった。一方、左脳運動野の ch-22 と高次認知力・判断力をコントロールする 46 野近傍の ch-25 では、タイムラグなしとタイムラグありを比較すると、タイムラグなしの場合タスク時には前レスト、後レストと比較して脳内血中酸素化 Hb 濃度の変化が減少しているのが見られたが、タイムラグありの場合にはタスク時には前レストと比較して増加もしくは平衡状態を保っているのが見られた。ユーザビリティの違いにより左脳運動野の ch-22 と 46 野近傍の ch-25 においてタスク時の変化に差が見られ、タイムラグなしとタイムラグありの比較では、タイムラグありの場合の方が脳内血中酸素化 Hb 濃度の変化が増加し、血行動態が活性化しているのがわかった。今後の課題として、被験者数を増やし、タイムラグの違いによるパフォーマンスと脳内血中酸素化ヘモグロビン濃度変化のさまざまな特徴を抽出し相互関係を検討する必要がある。また、タイムラグの範囲を広げて脳内血中酸素化 Hb 濃度がどの様に変化するのかを検討する必要がある。

参考文献

1)　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)

日常生活と異なる動作が及ぼす脳機能の活性効果

Effect of Different Action of Daily Life on Activity of Brain Function

○長崎健*，深尾歩**，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

Tsuyoshi NAGASAKI*, Ayumu FUKAO**, Hiroshi HAGIWARA*
*Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering
**Ritsumeikan University, Graduate School of Science and Engineering

１．はじめに

人間の脳は、加齢と共にその機能を低下させていくものといわれている[1)]。本研究では、日常生活では、余り行わない動作(利き腕ではない手での動作、後ろ向き歩行など)を行った場合、脳機能の活性がどの様に変化するのかを明らかにする為に、実験を行う。その結果を元に新たな脳機能鍛錬方法を構築する事を目的とする。

平成21年度の内閣府による高齢社会白書によると、日本は平成20年10月1日の時点で総人口1億2,769万人、前年の1億2,777万人と比べ約8万人減少している。これに対し、65歳以上の高齢者人口は、過去最高の2,822万人となり、総人口に占める割合は高齢化率を含め22.1%となり、22%を超える割合となっている[2)]。つまり5人に1人が高齢者という事になる。世界的に急速な高齢化が進む昨今、特に日本はこれまでどの国も経験したことのない高齢化社会を迎えようとしている。急速な高齢化が進む現代を住みよい社会にしていくためには、若者と高齢者の両者が、共に協力して生活していく必要があるのではないかと考える。その実現の為には、加齢による脳機能の低下を最低限に抑止し、高齢者にも出来る限り健全な社会活動を行ってもらわなければならない。

本研究において、人間工学的な観点から、新しい脳機能の活性方法の実現を試みる。その結果、日常生活と異なる動作が及ぼす脳機能活性効果を求め、その効果を様々な脳トレーニング用の機器に応用することが出来れば、より脳機能鍛錬に効果のある機器の開発に役立てる事が出来るのではないかと考える。

２．計測方法

2.1 条件

日常と異なる動作として、本実験では「利き腕と異なる手での運動」を行った。被験者には左右それぞれの手で順に同じタスクを行って貰う。人は日常生活において、意識的に利き腕ではない手を使って作業する機会はほとんど無い。そこで、難しいタスクでは、被験者が上手くタスクを行う事が出来ないと考えられる。上記の理由から、どちらの手でも簡単に作業できるタスクとして、パフォーマンステストにUni-Moveにおける標的の一定速度での追従を選択した。

2.2 パフォーマンステスト

標的の追従を行うためのツールをLabVIEW(日本ナショナルインスツルメンツ株式会社)により作成した。以下このツールをUni-Moveとする(図１)。標的は画面上に黒点で表示され、8の字を描きながら一定速度で移動する。タスク中、被験者には標的の追従のみを行ってもらう。

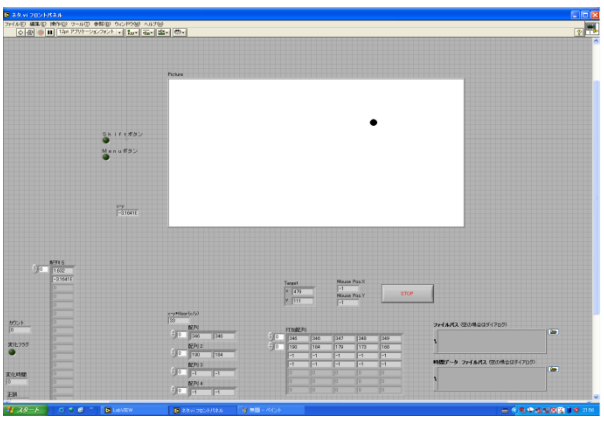


図１　Uni-Move

2.3 fNIRSによる脳内血中酸素化ヘモグロビンの(Hb)濃度変化

近赤外光は、可視光に比べ、皮膚や頭蓋骨の透過度が比較的高い為、大脳皮質の血行動態を頭皮上から計測することが出来る。計測原理としては、この近赤外光を経皮で頭部に照射し、大脳　皮質まで届いた散乱光の一部を約3cm離れた位置から検出する。活動が生じた大脳皮質では血行動態(吸光物質であるヘモグロビンの濃度)が変化するため、戻ってくる光量の変化からヘモグロビンの濃度変化の算出が可能である[3)]。

3．実験方法

3.1 被験者

本実験の被験者には20～22歳の健常な成人男性3名を起用した。いずれの被験者も右利きである。計測に先立ち、被験者全員に十分なインフォームドコンセントを得ている。

3.2 実験器具

本実験では、脳内血中に含まれるヘモグロビンの濃度変化をNIRStation(島津製作所)で計測した。また、脳波および心電図の計測には、EEG-1100(日本光電)を使用した。

3.3 実験条件

実験環境として、室内温度を空調により23℃に設定し、照明を落とすことで安静状態を作りやすい環境を設定した。

被験者には、多用途脳波計EEG-1100、近赤外光イメージング装置NIRStationの順に取り付けた。はじめに脳波計測用の電極を国際10-20法に基づき装着する。その後、心電図計測用の電極を左右の鎖骨下2箇所、肋骨の下から2番目付近に1箇所装着した。次に被験者の頭部にプローブ装着用のホルダを装着し、NIRStationのプローブを装着した(図2)。プローブは発光用プローブ10本(図2 T字)、受光用プローブ8本(図2 R字)、隣接するプローブの間隔は3cmである。

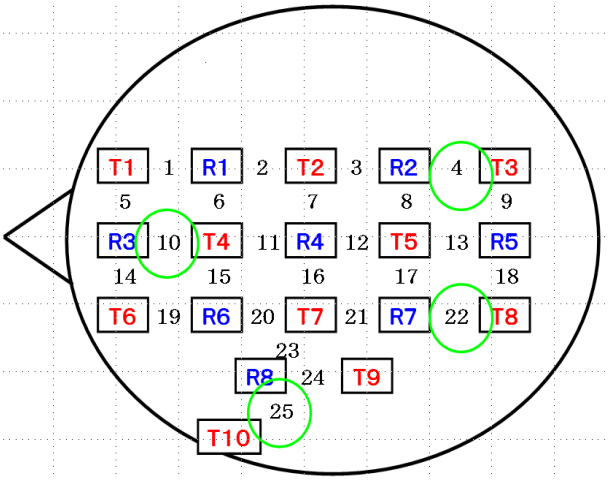


図2 プローブ装着位置

3.4 実験プロトコル

本実験は、タスク中のデータを比較するため、実験開始直後120secは安静閉眼を行ってもらった。以降は、

1. 前レスト(30sec)
2. パフォーマンステスト(60sec)
3. 後レスト(30sec)

の順に行ってもらった。1～3は5回繰り返し、パフォーマンステストには、2.2 パフォーマンステストにて記述した内容に従って実験を行った。

また、順序効果を考慮し、左右の手どちらから実施するかはランダムとした。

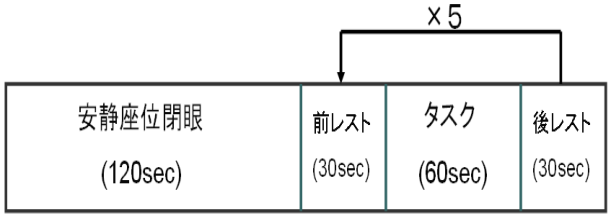


図3 実験プロトコル

4.結果

解析には、脳内血中ヘモグロビンの濃度変化の内、特に酸素化ヘモグロビンの濃度変化を対象とした。酸素化ヘモグロビンとは、酸素を有するヘモグロビンの事で、このヘモグロビンの濃度変化が大きい部位がより活発に活動していると考えられる。本実験のパフォーマンステストでは、安静座位、前レスト、タスク、後レストを実施したが、それらの結果に対する相関や明確な違いを見ることが出来なかった為、タスクのみの結果で比較を

行った。

また、今回は被験者3人の内、特に違いを明確に見る事が出来た2人のデータを結果として示す。

4.1 運動野の比較

図4、図5は、被験者ごとに安静座位閉眼時の酸素化ヘモグロビンの濃度変化の中で、特に安定していた区間20秒を基準とし、運動野4ch、22chのタスク中の波形を正規化したものである。4chは左手における運動、22chは右手における運動に対する酸素化ヘモグロビンの濃度変化を示している。

4chでは、両被験者共に左手でのタスク時の方が酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きい結果となった。22chでは、被験者１は、左手でのタスク時に酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きく、被験者２では、右手タスク時に酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きいという結果が得られた。また、被験者２において右手でのタスク時に4chでほとんど反応が見られないという結果になった。

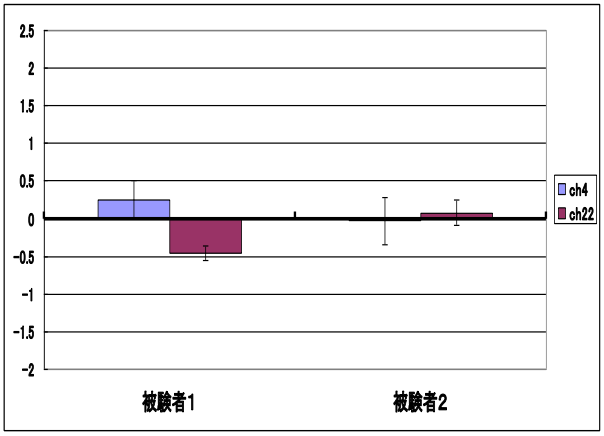


図4 右手タスク時の運動野比較

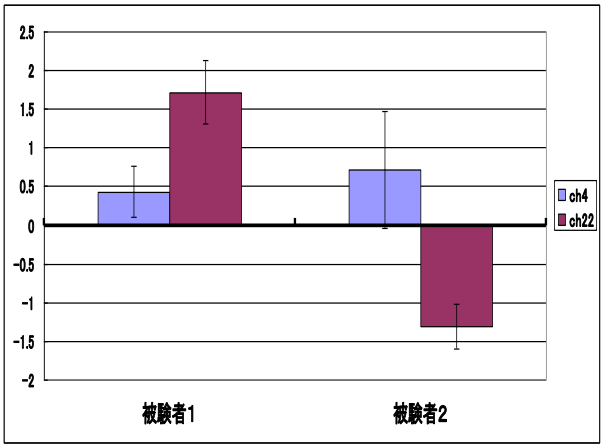


図5 左手タスク時の運動野比較

4.2 ch10, ch25の比較

図6、図7は、運動野と同様に安静座位閉眼の酸素化ヘモグロビンの濃度変化の中で、特に安定した区間20秒を基準とし、10ch、25chを正規化したものである。

10ch、25chはそれぞれ「認知、判断」、「注意、制御」を司るチャンネルとされている。この二つのチャンネルが活性化していれば、「どれだけタスク中に判断力を必要としているのか」、「タスクを正確に行う為に注意を払っていたのか」を知ると共に、タスクに対する集中度を計測出来るのではないかと考える。

10chでは、被験者１は左手でのタスク時の方が酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きく、被験者２は右手でのタスク時の方が酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きいという結果になった。25chでは、両被験者とも左手タスク時の方が酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きい結果となった。

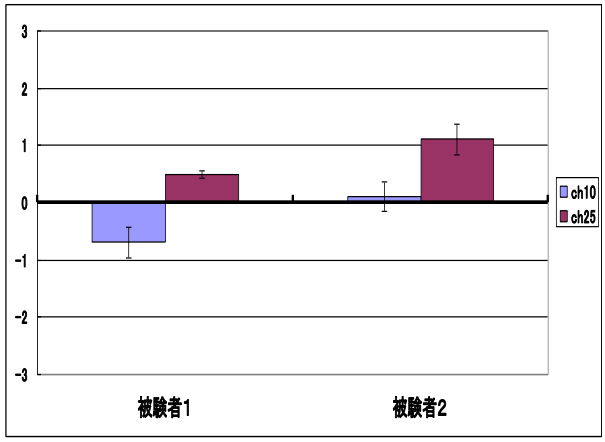


図6 右手タスク時のch10, ch25の比較

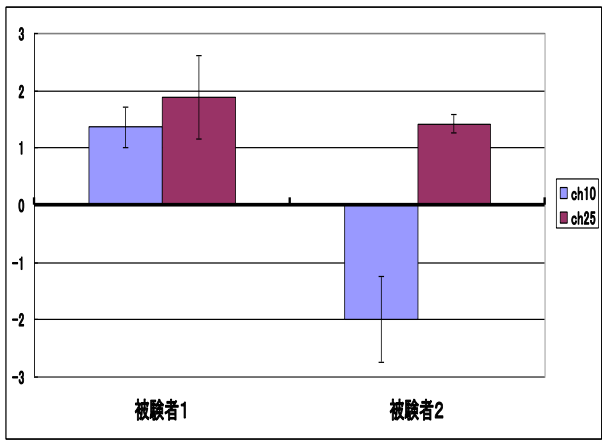


図7 左手タスク時のch10, ch25の比較

５.考察

総合的に全チャンネルを比較しても、右手でのタスク時、左手でのタスク時で、どちらの場合も酸素化ヘモグロビンの濃度変化が正の値を示しているチャンネルでは、左手におけるタスク時の方が酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きい事を確認出来る。この結果は、右手におけるタスクよりも、左手におけるタスクの方が、より脳を活性させながら作業している事を示唆しているのではないだろうか。

運動野だけ見た場合では、右手タスク時における被験者１では、22chではなく、4chに反応がみられる。また、被験者2においても、反応があるものの22chの反応は微弱であり、普段から使い慣れている右手を用いる動作では、意識せず作業する事が出来るので、あまり脳を用いることなく動作を行う事が出来るのではないかと考えられる。

25chについては、両被験者とも左手タスク時の方が酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きい事が伺えるが、10chについては両被験者とも異なる結果を示している。被験者１では左手タスク時の酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きく、被験者２では右手タスク時の酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きい結果となっている。被験者２も被験者１のように左手タスク時に酸素化ヘモグロビンの濃度変化が大きい結果が得られるのではないかと考えられる。被験者２は、右手からパフォーマンステストを実施した被験者である。これは、先に実施した右手でのパフォーマンステスト時に黒点の動きやスピードに慣れたため、被験者２ではこのような結果が得られたのではないかと考えられる。しかし、被験者１も右手からパフォーマンステストを実施したにも関わらず、左手でのタスク時の方が活性している事から、順序効果によるものではないと考えられ、個人によって「認知・判断」の定義が異なるのかもしれない。このことから、10chには個人差が生じる可能性があるのではないかと考える。また、それに対応したタスクの見直しが必要となるのではないかと考えられる。

６．おわりに

今後の検討課題として、統計的な差異の明確化を目指し、被験者数の増加を実施する。また「認知・判断」の結果に十分な確信を得ることが出来なかったので、Uni-Moveの追従と同時に「認知・判断」を要求されるテストの組み込みを行い、10chにおける普段行わない動作が脳に及ぼす影響を明らかにする。

さらに、10ch,25chにおける酸素化ヘモグロビンの濃度変化とUni-Moveとの追従誤差の相関関係を調べていく予定である。

参考文献

1) 白澤卓二、古賀良彦：脳機能試験のご案内, 2008, 08, 第１版
2) 内閣府：高齢社会白書
3) 藤原倫行、佐藤大樹、小幡亜希子、牧敦：光トポグラフィの基礎とその応用-より良いデータを得るための考え方-,ヒューマンインターフェース学会誌, Vol10, No.4, 2008.

NIRSを用いたひらめき時の脳内ヘモグロビン濃度の変化の特徴抽出

○寺西慶祐、萩原啓（立命館大学情報理工学部）

Characteristics of Changes in Concentration of Oxygenated Hemoglobin in Aha Experience

Keisuke TERANISHI*, Hiroshi HAGIWARA*

*Ritsumeikan University, College of Information science and Engineering

１．はじめに

近年のfMRI(核磁気共鳴計測)・NIRS(近赤外線分光法)・MEG（脳磁図）など、被験者に損傷を与えない脳の活動計測技術や診断装置の発展により脳科学が急速に発達し脳の様々な働きが解明されつつある。その結果、研究目的のみならず商業分野での利用を目的としても脳科学が利用され始めている。経済産業省では2010年度までを「感性価値創造イヤー」と定めて、人の感性に訴えかける経済価値としての「感性価値」に着目している。さらに、企業においても従来までのアンケート調査などでは表現できなかった感情の動きなどの無意識下での人の反応を脳科学の立場から消費者の脳の反応を計測することで消費者心理や行動の仕組みを解明し、マーケティングに応用しようとするニューロマーケティングが注目されている。

しかし、脳活動の働きの定量化および商業分野での利用はまだあまり進んでいない。そこで、本研究では様々な脳の働きの中でもひらめき（インスピレーション）に着目しその定量化及びニューロマーケティングへの利用を目的とし、第一段階としてひらめき時の脳内ヘモグロビン濃度の変化の特徴抽出を行う。

２．実験について

2.1　概要

画面上の一部分の消失あるいは色の変化する動画を被験者に見てもらい、「動画の変化に気がついた瞬間」を「ひらめき(瞬間的学習)」とし、その際の脳内ヘモグロビン濃度の変化を測定し、認知判断にかかわる前頭葉、注意制御にかかわる46野、運動野における脳内ヘモグロビン濃度変化の特徴抽出および各脳の部位の関連性を求めた。実験中に生理データとして疲労・覚醒度主観評価指標 RAS(Roken Arousal Scale) 、AAC （Alpha Attenuation Coefficient)、EEG(脳波)、ECG（心電図)、脳内ヘモグロビン濃度変化の計測を行う。

2.2　ひらめきについて

ひらめきの一般的な例として、アイザック・ニュートンがリンゴが木から落ちるのを見て万有引力を発見したことが有名である。

しかし、実際にこのようなひらめきを再現することは非常に困難である。従って本実験ではひらめきの特徴を抽出して定義することで疑似的にひらめきを再現する。ひらめきの特徴としてひらめいた瞬間には、瞬間的な理解（気づき)、情動（感嘆、感度)、ストレスからの解放（快感)、興奮などの感覚、感情が伴う。この中でも瞬間的な理解（気づき)、情動（感嘆、感度)、ストレスからの解放（快感）以上の3つの特徴を抽出し、「瞬間的学習」と定義することで「ひらめき」を再現し、実験を行う。

2.3　パフォーマンステスト

「瞬間的学習」を起こすためのパフォーマンステストとして、モーフィングを用いて画面上の一部分の消失あるいは色の変化する動画を作成した（変化の割合は0.05%～0.1%)。また、動画の再生、計測にはC＃で自作したBrain Storming System を使用した（図１)。

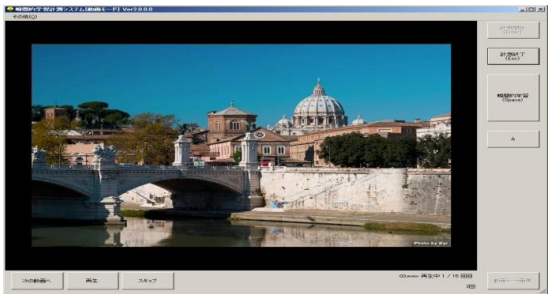


図１　Brain Storming System

パフォーマンステストでは、被験者に1問につき10回動画をリピート再生し変化が分かった瞬間にAボタンを押してもらい（「瞬間的学習」）10回再生しても分からなかった場合はBボタンを押してスキップしてもらい、Aボタン（「瞬間的学習」)、Bボタン（スキップ)、各動画頭出しの時間を計測した。また、画面の切り替りやボタン入力動作の影響を調べるために対照実験も行った。

2.4 脳内ヘモグロビン濃度変化

光を利用した濃度計測には、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の法則がある。

$$Absorbance = -\log(I/I_0) = \varepsilon Cd \cdots ①$$

I =検出光、I_0=入射光の光強度、

ε =モル分子吸光係数、d =光路長

しかし、人の脳内ヘモグロビン濃度の計測を行う場合、光が三次元で透過し、血中には散乱物質が含まれているため①式をそのまま用いることはできない。従って、人の脳内ヘモグロビン濃度の計測を行う場合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。

$$\Delta A = -\log(\Delta I/I_0) = \varepsilon \Delta C\langle d\rangle + \Delta S \cdots ②$$

$\langle d\rangle$ =平均光路長、ΔS =散乱変化

なお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$\langle d\rangle = 1$、$\Delta S = 0$として計測を行う。

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波長に従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従って酸素化Hbと脱酸素化Hbの濃度変化を算出している[1)2)]。

また、NIRStationを用いる際の問題点としては、個人や部位に従って異なる平均光路長を1と固定して算出している点である。従って、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する際にはこの点に注意しなければならない。

2.5 RAS (Roken Arousal Scale)

RASは産業科学技術研究プロジェクトによって作られた、12項目7段階の評価項目で精神的な作業負担を定量的に示すための指標である。各項目は「眠気」・「全般的活性」・「リラックス」・「緊張」・「注意集中困難」・「意欲減退」の６つの感情尺度に属しており、「ない」から「ある」の方向に1～7点の点数をつけ、各感覚尺度に属する2つの評価語の平均評定値に従って評価し、疲労・覚醒状態の変化ステージの分析を行うものである。

2.6 AAC (Alpha Attenuation Coefficient)

安静・閉眼・リラックス状態にあるときや、覚醒・集中状態では後頭部を中心にα波が多く出現し、開眼すると安静・閉眼時に出現していたα波は速やかに振幅が減衰する。

また、睡眠状態になるとα波は消失し、眠気がある状態においてもα波は減衰する。つまり覚醒・集中状態にあれば開眼時と閉眼時のα波出現量の差が大きく、眠気を感じている状態にあれば開眼時と閉眼時のα波出現量の差が小さくなる。このことを利用し、AATで計測した脳波のα波に注目して、閉眼30秒3回のα波の平均パワーと開眼30秒3回のα波の平均パワーの比はα波減衰係数AAC（α Attenuation Coefficient）と定義され覚醒度の定量的な評価指標に用いられる。AACの値は高いほど覚醒度が高いと考えられ実験前後の覚醒度の評価に用いることができる。

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

また、健常成人の安静・閉眼・覚醒時の脳波ではα波が後頭部優位に出現すため、本実験ではO1-A2(国際式10-20法)の脳波を解析に用いた。

３．実験方法

3.1 実験準備

本実験では健康な成人6名（20歳～23歳）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十分なインフォームドコンセントを得て実験を行った。実験条件としては室温約24℃で照明は集中しやすいよう部屋の照明の半分をOFFにした。計測対象は生理指標としてEEG（脳波）・ECG（心電図）実験前後のRAS、AAC及び脳内ヘモグロビン濃度変化の計測を行った。EEG,ECGの計測には、「EEG1100」（日本光電）を、脳内ヘモグロビン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[3)]。

また、脳内ヘモグロビン濃度変化計測のためNIRSのプローブを、被験者の頭部に専用ホルダーを装着し取り付けた。発光用のプローブ（図2のT）と、受光用のプローブ（図2のR）を装着した（図2）。隣接するプローブの間隔は3cmである。実際の解析には1、10、19、22、25chを使用した。

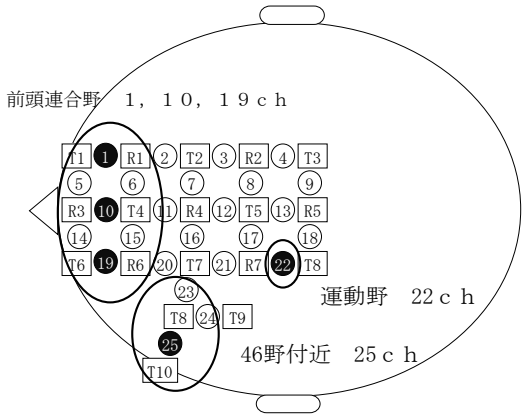


図２ NIRSﾌﾟﾛｰﾌﾞ装着位置

3.2　実験プロトコル

3.2.1　本実験

１)着座姿勢にて実験装置装着、RAS記入１
２)AAT　3分（座位開眼30秒+座位閉眼30秒×3）
３)前レスト30秒（座位開眼）
４)パフォーマンステスト（約40分～60分程度）
　・モーフィング動画問題×10問
　(Brain　Storming　Systemを使用)
　※順序効果をなくすため問題の順番はランダム
５)後レスト30秒（座位開眼）
６)AAT 3分（座位開眼30秒+座位閉眼30秒×3）
７)RAS記入2

3.2.2 対照実験

１)着座姿勢にて実験装置装着
２)前レスト30秒
３)パフォーマンステスト（約10分）
　・モーフィング動画問題×5問 -２パターン
　(Brain　Storming　Systemを使用)
　※順序効果をなくすため問題の順番はランダム
　※パターンごとに２回行った。
４)後レスト30秒

＜パターン１＞
画面が切り替わった瞬間にAボタンを押す。

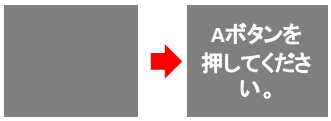


図３ パターン１

＜パターン２＞
画面が切り替わったことによる動揺を抑えるため時間（約15秒）をあけてAボタンを押す。

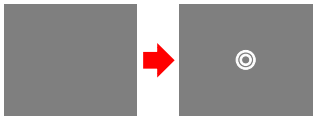


図４ パターン２

４．解析方法

実験では、「瞬間的学習」時の前後30秒の脳内酸素化ヘモグロビン濃度について解析を行った。

「瞬間的学習」時の前後120秒（前、後レストを含む）を被験者ごとに加算平均し、各タスク前の安静座位時（前レスト）の中でも最も安定していた10～20秒を基準点と考え、そこからの相対的脳内酸素化ヘモグロビン濃度変化が得られるように「瞬間的学習」から前後30秒間の正規化を行った。対照実験も同様にAボタンを入力した瞬間から前後60秒で前レスト10～20秒を基準として正規化を行った。正規化後各ch波形の始点が（0,0）になるよう波形をそろえた（図５）。

また、本実験、対照実験について「瞬間的学習」時およびAボタンを入力した時を基準として前後の波形を比較した。さらに、正規化された本実験の波形を各ch波形ごとに「瞬間的学習」時を基準点とし、最初の最高値をMAX、最初の最低値をMINとし解析した（表１）。

各ch間の比較に関しては今回使用したNIRStation(島津製作所)では光路長が１散乱変化が0に固定されているため各部位及び被験者間の比較ができないとされている。

しかし、脳内ヘモグロビン濃度の計測開始時からの時系列変化自体は正確に測定されている。

従って、時系列変化に関して各部位及び個人間の比較は可能であると考えられるため解析時はこの点に注意して行った。

５．実験結果

5.1　脳内ヘモグロビン濃度

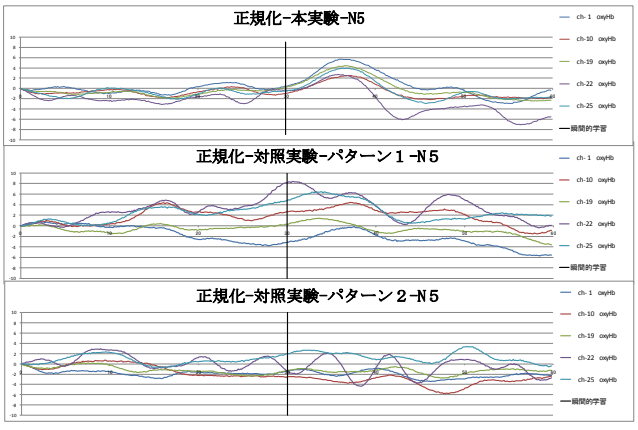


図５ 本実験、対照実験（正規化）

本実験において「瞬間的学習」時の前後の波形

を比較すると各ch波形において「瞬間的学習」時から潜時5～7秒で上側に頂点（MAX）を有する特徴的な波形が出現することが分かった。

一方、対照実験においてAボタン入力時の前後の波形を比較するとパターン１、２共に後半に若干の波形の変動がみられるが前後の波形の形状自体には特徴的な波形は見られなかった。

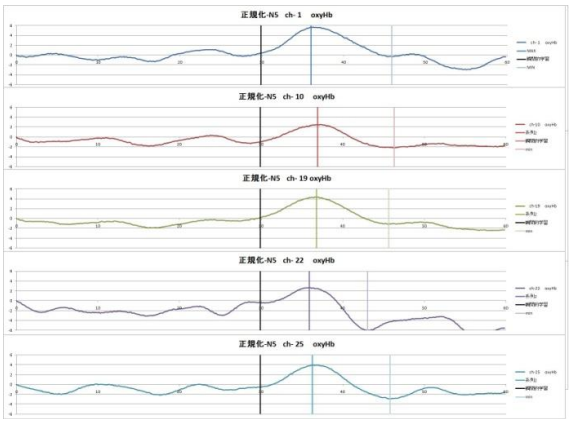


図６ 本実験（正規化）

本実験での各ch波形ごとに見るとすべてのチャンネルが「瞬間的学習」時から上昇し始めて、潜時5～7秒で上側に頂点（MAX）、潜時13～16秒で下側に頂点（MIN）を有する特徴的な波形を示している。

また、22ch以外は後半の20～30秒には反応前の前半0～10秒と同じレベルに戻っている。

瞬間的学習時				
	MAX-x（秒）	MAX-y	MIN-x（秒）	MIN-y
ch-1	6.11	5.32	15.99	-0.74
ch-10	7.02	3.48	16.38	-1.22
ch-19	6.89	4.21	15.73	-1.36
ch-22	5.98	3.05	13.13	-5.76
ch-25	6.37	4.46	15.86	-2.36
順位	MAX潜時順位	MIN潜時順位	MAX-MIN頂点間の時間順	
1	22ch	22ch	22ch(7.15s)	
2	1ch	19ch	19ch(8.84s)	
3	25ch	25ch	10ch(9.36s)	
4	19ch	1ch	25ch(9.49s)	
5	10ch	10ch	1ch(9.88s)	

表１ MAX-MIN

22chが頂点(MAX)に到達するまでの潜時が共に最も短い。さらに、頂点間の時間も最も短いものとなっている。従って、22chが最も早く、短時間で変化していることが分かる。

22chを除いた他のchにおいては頂点(MAX)の潜時順は1、25、19、10chであり、頂点(MIN)の潜時順は19、25、1、10chとなっている。

また、MAX-MIN頂点間の時間は19、10、25、1の順に長くなっている。

６.考察

対照実験の結果よりボタン入力動作や画面の切替りではボタンを押した瞬間の前後に酸素化ヘモグロビン濃度変化に特徴的な変化は見られず、本実験のみボタンを押した瞬間から後半30秒の間に特徴的な変化が見られる。以上の結果より、この波形が「瞬間的学習」時の特徴を示す波形であると考えられる。ここでは、「瞬間的学習」に特に関係が深いと考えられる1ch(前頭前野中央部右側)、19ch(前頭前野央左側)、10ch(前頭前野中央部)、25ch(前頭背外側部)について考察を加え22ch(運動野)、RAS、AACについての考察は省略する。

頂点(MAX)までの潜時は1chが最も短く、MAX-MIN頂点間は最も長い。従って、他のchに比べ反応時間が早く長い間に渡って反応が持続していることが分かり、このことは、右脳が他の部位に比べて活発に活動しているからではないかと考えられる。

また、10chと25chを比較すると頂点(MAX)の潜時は25chが短く、さらにMAX-MIN頂点間も25chの方が長くなっている。従って、25chのほうが10chよりも優位に反応していると考えられ、認知判断にかかわる10chよりも注意制御や実行にかかわる25chが活発に活動しているものと考えられる。

以上の結果より「瞬間的学習」時には前頭前野が活発に活動し、その中でも直感をつかさどる右脳が優位に働いていると考えられる。

これはMRIなどを用いた先行研究の結果と一致するものである。これにより、NIRSでもひらめきに関する実験計測が可能であると考えられる。従って、MRIに比べて拘束度やコストの低いNIRSを用いることでより容易に実験計測が行えるようになると考えられる。

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月号　脳の謎に挑む,pp44-57 サイエンス社（2003）

3) 加藤象二郎・大久保堯夫：初学者のための生体機能の測り方，日本出版サービス,1999

事象関連電位を用いた集中力変化の特徴抽出

○松岡孝，萩原啓（立命館大学情報理工学部）

Characteristic of Changes in Concentration by Event-Related brain Potential

Takashi MATSUOKA*, Hiroshi HAGIWARA*

***Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering**

１．はじめに

近年世界は高度情報化社会を迎え、経済や産業において情報技術（IT）が浸透するとともにグローバル化の流れが加速し社会の抱える情報量も膨大なものとなっている。これに伴い、現代社会では労働時間の増加や仕事の質の向上が求められているが、「平成19年厚生労働省労働者健康状況調査」では、60%を超える人々が仕事の量・質に対してストレスを感じていることが明らかになっている。

例えばオフィスでの仕事に目を向けると、適度な休憩をとると共に、作業中の集中力をより長く維持させ、その質を高めることによって仕事の効率を向上させることが改善策の一つになるものと考えられる。

現在、集中力を維持・向上させる環境や商品が多数開発されているが、開発のためには集中力の変動をとらえ、集中力を様々な側面から定量化する必要がある。また、集中力の明確な定量方法や変化の特徴抽出法は定まっておらず、これを考案することは非常に有益であると考えられる。

集中力を評価する指標として事象関連電位（Event-Related brain Potential）がある（以下ERP）。これは特定の刺激や運動、知覚、認知判断といった一連の情報処理過程に対して生じる脳電位であり、ERPの特徴として刺激によって発生する外因性電位とともに注意・集中・覚醒状態のような被験者の能動的神経活動を表わす内因性電位が計測できることがある。本研究では、この特徴を生かしERPの中でも認知機能を客観的に評価する指標として幅広く用いられているP300の潜時・振幅を評価指標として用いる。P300は刺激呈示から約300msから500msの間に現れる陽性の波形でありこの潜時は刺激評価時間を表わし、短いほど認知判断が早く行われたと言われている。また振幅は注意処理資源量を表わし、大きいほど向けられている注意力が高いと言われている[1)2)]。

本研究の目的として、このP300を中心に生理・心理・行動能力を総合的に集中力と定義し、「聴覚による認知判断を行うタスク」、「視覚による認知判断を行うタスク」、「ワーキングメモリを使うタスク」それぞれの前後及びタスク中の集中力の変動を特徴抽出し、これらのタスクが集中力にどのような影響を及ぼすのかを考察するとともにその特徴の抽出方法についても有用性を検証していく。

２．実験概要

2.1　被験者及び実験条件

健康な成人５名を被験者とし、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。

2.2　聴覚オドボール課題によるERP計測

本研究では、ERP計測を聴覚オドボール課題によって行う。オドボール課題とは、２種類以上の刺激事象を出現頻度を変えて提示し、低頻度の刺激が現れた時のみ被験者に反応してもらう課題である。その中でも本研究で使用する聴覚オドボール課題は、高音と低音の２種類の音を用意し、高頻度に現れる低音（標準刺激）の中に混じって時々現れる高音の音（標的刺激）が聞こえたときのみボタンを押してもらうというものである。

音及び課題はMulti Trigger System（メディカルトライシステム）によって作成し、標的刺激となる高音の周波数は2000Hzとし全体の20%の割合で出現する。また標準刺激となる低音の周波数は1000Hzとし全体の80%の割合で出現する。両音とも音の長さを50ms、音の間隔は1500ms、強度を70dBとした。

実験では、標的刺激が呈示されボタンを押した際の脳波を加算平均し、ERP波形を抽出し、前述のP300の潜時・振幅を算出する。ERPの計測にはEEG-1100（日本光電）を使用し、電極装着部位は国際10-20法に従いFz-O1、Cz-O1、Pz-O1から導かれる脳波を計測した。このERP計測をタスクの前後で行い、異なったタスクによってそれぞれどの

ような変化をするか特徴抽出する。

2.3　タスク

本研究では、３種類のタスクを用意した。すべてのタスクは８分間行っている。まず、聴覚による認知判断を行うタスクとしてERP計測にも用いた聴覚オドボール課題を用いる。次に、視覚による認知判断を行うタスクとしてストループテストを用いる。ストループテストとは、色を表わす文字の意味とその文字の色が合っているかを判断するもので、実験では合っているときのみボタンを押してもらうこととした。

最後に、ワーキングメモリ（作業記憶）を使用するタスクとしてn-back課題を用いる。ワーキングメモリとは言語理解、学習などのために情報を操作する間保持し、作業の遂行に関わる記憶である。実験で用いたn-back課題は0から9までの数字がランダムな順番で呈示され数字の色が赤色になった時（視覚刺激）に２つ前の数字を口頭で答えるという2-back課題である（図1）。被験者は数字が次々と呈示される間、２つ前の数字の記憶を次々と更新しなければならない。

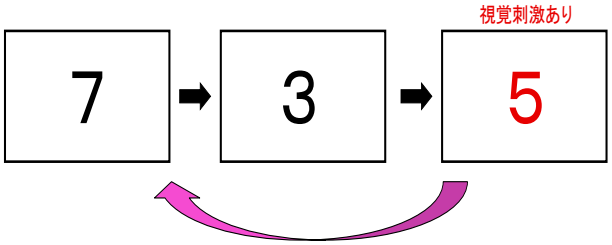


図1 n-back課題

これらのタスクの特徴はすべて前述のオドボール課題としていることである。つまりタスク前後のERP計測を行うだけでなくそれぞれのタスク中でのERPも計測することを試みた。

したがって、ストループテストでは、色を表わす文字の意味とその文字の色が合っている場合を標的刺激として全体の20%の出現確率とし被験者には標的刺激が呈示された時のみボタンを押してもらう。

またn-back課題では、0から9までの数字がランダムに次々と呈示されていく中で被験者が２つ前の数字を答える赤色の文字の割合を全体の20%とする。

2.4　Alpha Attenuation Test(AAT)

AATとは覚醒閉眼時の特徴的な脳波であるα波（8～13Hz）の出現量、及び開眼時の減衰量が覚醒水準に対応して変動することを利用して、安静状態で閉眼と開眼を30秒間隔で交互に３回ずつ反復することにより覚醒度を定量的に評価するものである。安静・閉眼・覚醒時の脳波にはα波が後頭部に出現するため国際10-20法に従いO1-A2から導かれる脳波を計測した。

解析では計測した脳波を高速フーリエ変換によりα波成分のパワースペクトルを算出した後、以下の式で表わされる覚醒度の指標値α波減衰係数（AAC：Alpha Attenuation Coefficient）と定義し覚醒度の指標とする。AATもERP計測同様、タスク前後に行う。

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

2.5　Roken Arousal Scale(RAS)

RASは精神的作業負担の主観評価法の一つであり、疲労・覚醒状態を定量化するためにAAT、ERP計測とともにタスクの前後で実施する。RASは「眠気」、「全般的活性」、「リラックス」、「緊張」、「注意集中困難」、「意欲減退」の６つの感情尺度からなり、各尺度2項目、計12項目の評価語からなっている。

2.6　実験プロトコル

着座姿勢にて実験装置を取り付けた後、以下の実験プロトコルで実験を行う（表1）。

聴覚オドボール課題、ストループテスト、n-back課題の３種類のタスクの前後でRAS、AAT、ERP計測を行うと共に、順序効果を考慮し①から③はランダムに行っている。また、タスク中のERP計測も行った。

表1　実験プロトコル

①聴覚の認知判断を用いるタスク

RAS記入	AAT	ERP計測	聴覚オドボール課題	ERP計測	AAT	RAS記入

②視覚の認知判断を用いるタスク

RAS記入	AAT	ERP計測	ストループテスト	ERP計測	AAT	RAS記入

③ワーキングメモリを用いるタスク

RAS記入	AAT	ERP計測	n-back課題	ERP計測	AAT	RAS記入

３．実験結果

3.1　タスク前後のERP潜時と振幅

各タスク前後のERP潜時と振幅の５人の被験者の平均を以下に示す。オドボール課題は音による単純な認知判断を行う課題であるため疲労や活性度の低下を招き反応時間を示す潜時は延長し（図2)、振幅が小さくなっている（図3)。ストループテストにおいては、潜時は部位ごとのばらつきはあるものの延長する傾向が見られた（図4)。振幅はオドボール課題とは逆に大きくなっている（図5)。n-back課題においては、潜時は他の２つのタスクとは逆に短縮するという結果になった（図6)。また、振幅はほぼ変化が見られなかった（図7)。

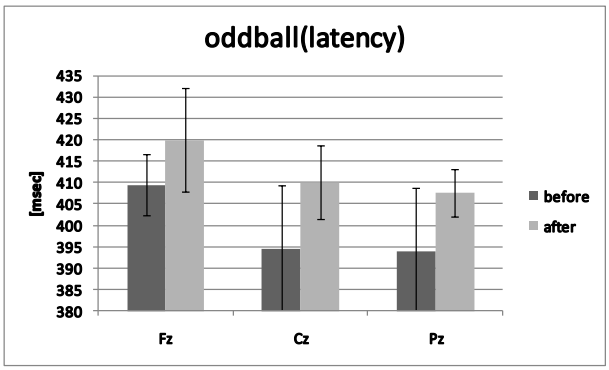


図2　オドボール課題前後の潜時

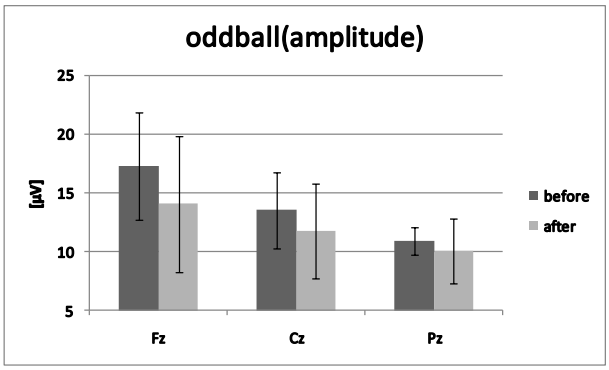


図3　オドボール課題前後の振幅

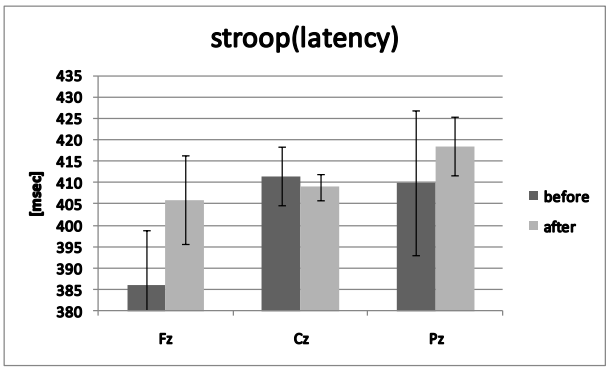


図4　ストループテスト前後の潜時

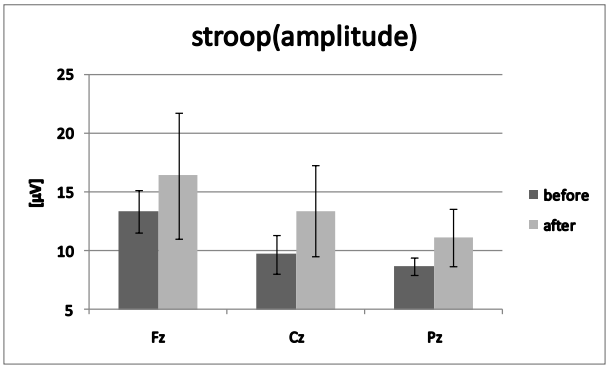


図5　ストループテスト前後の振幅

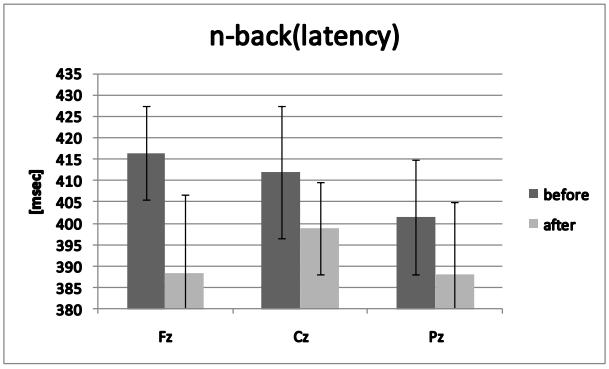


図6　n-back課題前後の潜時

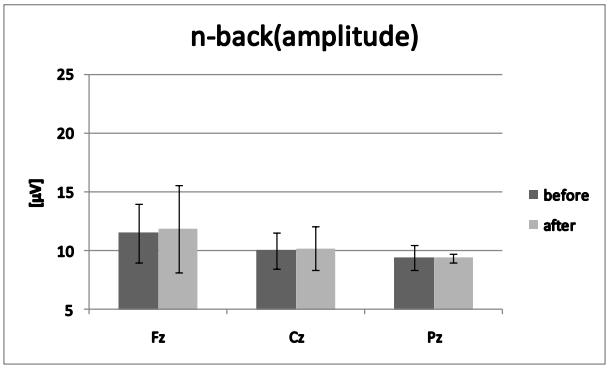


図7　n-back課題前後の振幅

3.2　タスク前後のAAC、ボタン反応時間

覚醒度を表わすAACは、オドボール課題とストループテストではAACの値が変化しなかったことから覚醒度に変化は見られなかった。またn-back課題後は覚醒度が低下していた（図８)。

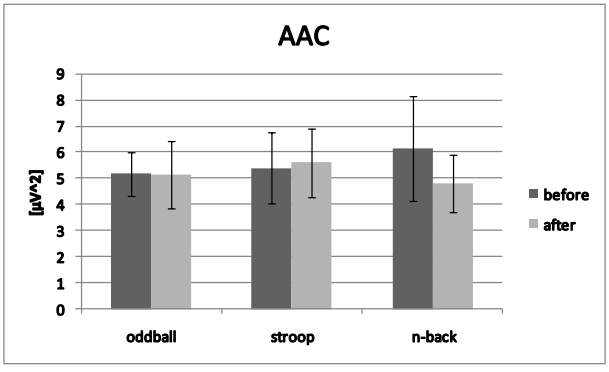


図8　AACの変化

また、ERP計測時の標的課題呈示時のボタン反応時間はいずれもタスク後のERP計測において延長しているもののn-back課題では変化が小さいことが見てとれる（図9）。

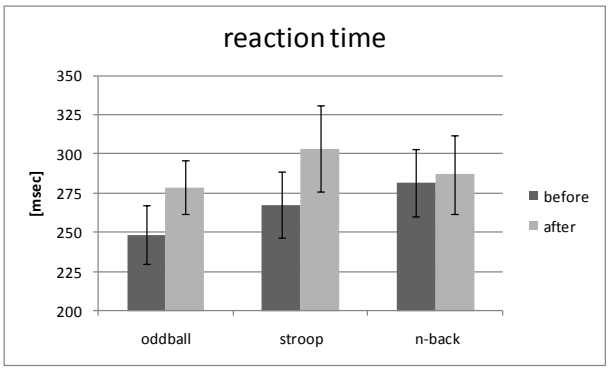


図9　ERP計測時ボタン反応時間

3.2　タスク中のERP潜時、振幅

タスク中のERPの潜時はオドボール課題に比べn-back課題を行っている時の方が潜時は長くなるという結果になった（図10）。振幅はFzでは大きくなったものの、Pzでは小さくなっておりはっきりとした結果は得られなかった（図11）。またストループテスト中では、ERPの波形を確認することができず潜時、振幅ともに算出することかできなかった。

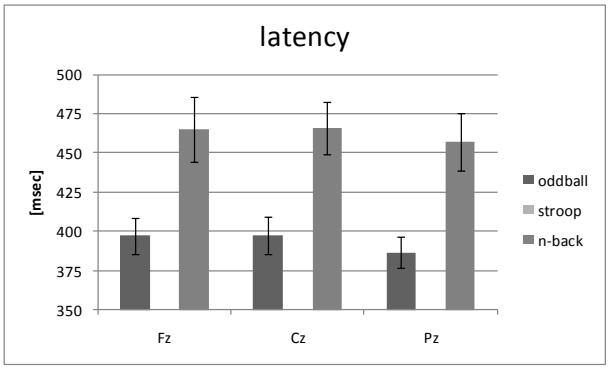


図10　タスク中のERP潜時

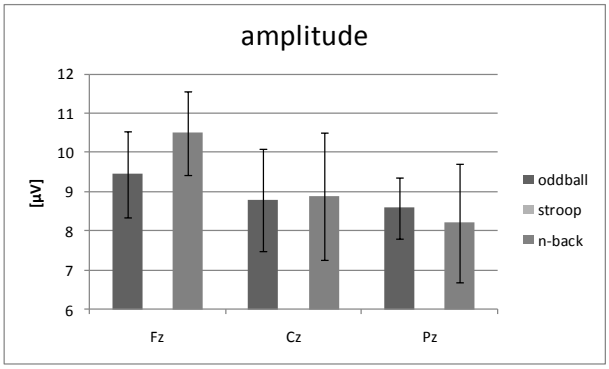


図11　タスク中のERP振幅

４．考察

タスクの前後で行ったERP計測について、オドボール課題は聴覚のみによって行う単純な認知判断が８分間続き、認知判断力が遅延するため潜時は延長、注意力が低下するため振幅は増大という結果となった。ストループテストでは、タスク中にオドボール課題よりも難易度の高い認知判断力が問われるためタスク後に行ったERP計測ではその注意力が引き続き継続したために振幅が大きくなったと考えられる。n-back課題では、８分間タスクを行った後、潜時が短縮し振幅は増大という結果になり、集中力が向上したと言える。これはn-back課題がタスク中、常にワーキングメモリを更新し続けることで脳が活性したことを反映しているのではないかと考えられる。タスク前後に行った主観評価RASでもn-back課題ではタスク後も「眠気」の上昇が少なく、「全般的活性」の低下が少ないことからERP計測の結果と同様の変化を示す結果となった。また行動評価として計測したERP計測時のボタン反応時間の変化は生理指標として求められた潜時のタスク前後の結果と同じような変動を示していた。

以上の結果からタスク前後にRAS、AAT、ERP計測を行うことでタスクの違いによるタスク前後の集中力の差異を特徴抽出できると考えられる。

したがって、例えば集中力を向上させるための光などの物理的刺激を考案し、タスクをその物理的刺激に置き換えることで集中力への影響や変動を生理的に評価することなどに役立たせることができると考えられる。

また、すべてのタスクをオドボール課題にすることでタスクを行っている際のERPを計測しタスクごとの違いからその特徴を求めると共に、タスク前後でのERP計測の結果へ関連付けることなどを考えた。しかしながら、本実験では安定した波形が得られなかったため、実験方法等を再考し指標として使用できるように検討していきたい。

参考文献

1）入戸野 宏：心理学のための事象関連電位ガイドブック，北大路書房，p1,p20，2005.

2）紙上敬太，西平賀昭，東浦拓郎：運動強度と身体活動量が認知・脳機能に与える影響，体力科学，vol.58，No.1，63-72，2009

大学生の違反事例の収集とその分析
ー心理的要因との関連ー

○安達 悠子（大阪大学大学院／日本学術振興会）
森泉 慎吾（大阪大学大学院）
篠原 一光（大阪大学大学院）
臼井 伸之介（大阪大学大学院）

Cases of Rule Violations of University Student and Analyses of their Reasons Based on Psychological Factors

Yuko ADACHI (Osaka University／Japan Society for the Promotion of Sciences),
Shingo MORIIZUMI (Osaka University)
Kazumitsu SHINOHARA (Osaka University)
Shinnosuke USUI (Osaka University)

１．はじめに

人間の不安全行動はヒューマンエラーと違反に大別されるが，違反に関する研究は数少ない[1)]。また，これまでの違反研究では，特定の違反を取り上げることが多かった。例えば，道路政策の観点から駐輪違反を取り上げた研究[2)]や大学構内の安全対策の観点から傘さし運転や信号無視等数種類の交通違反を取り上げた研究[3)]等がなされている。しかし，違反の実態把握を目的とした研究は，ほとんどされていない。そこで，本研究では大学生に対象を絞り，違反全般についてその実態把握を行うことを目的とする。また，上述した先行研究では駐輪率や交通手段別に多くを占める違反割合が詳しく示されている。このように記述統計で違反を捉えた研究はあるものの，違反理由まで踏み込んだ検討は少ない。そこで，本研究では大学生が行った違反の事例を広く収集するだけでなく，違反理由も併せて収集する。

違反と関連の深いテーマとして，迷惑行為や逸脱行為，リスクテイキング行動がある。迷惑行為とは，「行為者が事故の欲求充足を第一に考えることによって，結果として他者に不快な感情を生起させること，またはその行為[4)]」であり，「タバコや空き缶をポイ捨てすること」，「授業中，授業とは関係ないことを友だちとしゃべること」等が具体的には取り上げられている[4)]。逸脱行為とは，「現存する社会で一般的に承認され，共有されている価値体系や規範から逸脱し，それを攻撃，破壊しようとする行動[5)]」である。ただし，この逸脱行為は，非行と同意で使用されるケースが多く，本研究で扱う軽微な違反との重複は必ずしも大きくない。そして，リスクテイキング行動とは，「危険と知りながらあえて行動をすること[6)]」であり，「遮断機が降りはじめた時に走って踏切を渡る」，「座面が回転する椅子にのり頭上の荷物を取る」[6)]や，「夜道を一人で歩く」，「コンドームなしでセックスをする」[7)]等が具体的には取り上げられている。

特にこのリスクテイキング行動研究では，行動の敢行にはその行動に伴うリスクへの主観的な評価(以下，リスク評価)とその行動に伴うベネフィットへの主観的な評価(以下，ベネフィット評価)が影響していることが指摘されている[7)]。そこで，本研究では，違反の事例収集に際してリスク評価とベネフィット評価を求める設問を用意し，違反敢行とリスク評価およびベネフィット評価という心理的要因との関連について明らかにする。また，この2要因以外に違反を誘発する他の要因が潜在する可能性[8)]が指摘されている。例えば，有職者を対象に職場における違反を調査した研究では抵抗感と違反経験との間に負の相関が見出されている[9)]。そこで，本研究では，リスク評価，ベネフィット評価に抵抗感を加えた3つの心理的要因に着目して，違反との関連を検討する。

２．方法

調査対象者，調査期間および手続き

国立A大学に所属する大学生108名(1年生90名，その他18名)に対して，2005年7月に授業中に配布した。学生には2週間後の授業で提出するよう

求めた。提出すれば，出席点に加点した。

質問紙の内容と得点化

質問紙の表紙には，「日常生活の中で思わずやってしまうような，ちょっとしたルール・マナーに反する行為を集めること」を目的としている旨を明記した。また，記入例として，「図書館から借りた本を返すのが面倒で，期限どおりに返さなかった。」，「赤信号を無視して横断歩道を渡っている人がいた。」の2例を示した。

質問紙は，次の4つから構成されていた。①基本属性：回答者自身の性別，年齢　②違反内容：自分がした，あるいは他人がしているのを見た違反内容の自由記述　③違反理由：自由記述（回答者自身が違反をした場合のみ記入）　④違反の主観頻度と違反時の心理に関する質問：違反行う頻度の主観的な評価と違反の生起に関連すると考えられるリスク評価，ベネフィット評価，抵抗感に関する質問。④の質問文は表1に示す。質問1は，「いつもしている」～「ほとんどしない」(他人の場合は，「その行為は，『よく見かける』～『ほとんど見かけない」)，質問2から質問5は，「非常に大きい」～「ほとんどない」の4件法で回答を求めた。

質問への回答は，大きくあるいは多く評価した順に4～1点までを与えた。質問1を違反敢行の主観頻度，質問2と質問3の平均をリスク評価，質問4をベネフィット評価，質問5を抵抗感の得点とし，いずれも4点満点とした。

違反事例1件に対して②～④の全てに記入することとし，回答者1名が最大7 件の違反事例を記入できるよう冊子にして用いた。

3．結果と考察

有効回答

61名から提出があり，記載のないものを除いた60名の質問紙が有効回答として回収された。ここから，記入内容が不明確なもの，回答に欠損のあるものを除き，違反内容151件および違反理由71件が収集された。違反内容と違反理由は，KJ法[10]により 筆者ら大学院生2名で分類した。「違反理由」が複数報告されている場合は，「違反内容」を参照しながら主要な方を「理由」として分類した。

表1　質問文

質問1：その行為を，
質問2：その行為によって，自分の身に及ぶ危険（デメリット）の大きさは，
質問3：その行為によって，周囲の人がこうむる危険（デメリット）の大きさは，
質問4：その行為をすることによって得られる利益（メリット）の大きさは，
質問5：その行為をすることの心理的な抵抗感は，

違反内容の分類

違反内容151件を分類したところ，16項目が得られた。違反項目，報告件数，違反項目毎の算出した主観頻度，リスク評価，ベネフィット評価，抵抗感の各得点の平均および標準偏差を表2に示す。

違反内容項目の特徴として，「信号無視」，「ゴミの投棄」という項目の報告件数が多かった。

違反理由の分類

違反理由71件を分類したところ，10項目が得られた。違反理由項目，報告件数，違反内容例，違反理由例を表3に示す。

違反理由項目には，違反時の心理的要因に関する質問で想定していた心理的要因のうち，リスク評価，ベネフィット評価について書かれた報告が見られた。リスク評価に関する記述としては，「危険がないと判断したから」，「少しだったから」が見られた。また，ベネフィット評価に関する記述としては，「急いでいたから」，「面倒だったから」，「不潔になるのが嫌だったから」，「お金がもったいないから」，「楽しみを得られるから」等が見られた。

また，件数は少ないが，「単にしたかったから」と「周りがしているから」といった違反理由が報告されたことは特徴的であった。Reason[11]は日常的な違反(経路のショートカット等)，楽観的な違反(スピード感を楽しむスピード違反等)，必要な違反(納期厳守等，業務を遂行するためには避けられない違反)の3種類に違反は区分されるとしたが，この区分に従うと，大学生の場合は日常的な違反と楽観的な違反が多数を占めていた。これは，青年は具体的な理由を答えられなくてもリスクテイキング行動を敢行するという指摘とも一致する[12]。

心理的要因の全体的傾向

各心理的要因の全項目の平均は，リスク評価，

表2　分類された違反項目と各得点(報告件数降順)

違反項目	件数		主観頻度		リスク評価		ベネフィット評価		抵抗感	
	件数	割合(%)	平均	*SD*	平均	*SD*	平均	*SD*	平均	*SD*
信号無視	24	15.9	3.3	0.5	2.6	0.9	2.7	0.7	1.8	0.7
ゴミの投棄	19	12.6	3.1	0.8	1.9	0.5	2.3	1.1	2.5	0.7
電車内での携帯電話の使用	12	7.9	3.1	1.0	2.2	0.5	2.6	0.6	2.4	0.6
占領行為	11	7.3	3.3	0.4	2.2	0.6	2.4	0.8	2.5	0.9
列や集団への割り込み	9	6.0	3.1	0.7	2.3	0.8	2.9	0.9	2.1	0.8
自転車での危険行為	9	6.0	2.6	1.2	2.7	0.9	2.8	0.9	2.1	1.0
授業の欠席・不参加	9	6.0	3.0	1.0	2.2	0.5	2.2	0.7	2.6	0.8
騒音	8	5.3	3.3	0.8	2.2	0.9	2.9	0.8	2.0	0.9
遅刻	7	4.6	2.4	1.1	2.6	0.6	1.5	0.9	2.9	1.1
禁止場所での駐車・駐輪	7	4.6	3.3	0.5	2.6	0.3	3.4	0.5	2.4	0.5
車両(自転車除く)での危険行為	7	4.6	2.4	1.3	3.4	0.7	1.9	0.8	2.9	1.0
未成年での飲酒喫煙	7	4.6	3.6	0.5	2.8	0.6	1.7	0.7	1.6	0.7
歩き煙草	5	3.3	3.4	0.5	3.2	0.6	1.8	0.7	1.4	0.8
禁止場所での飲食喫煙	4	2.6	3.0	1.0	1.9	0.4	2.5	0.5	2.5	1.1
人のものを盗る	4	2.6	2.5	0.5	2.9	0.6	2.8	0.4	2.8	0.8
悪口	2	1.3	3.7	0.5	2.2	0.2	1.3	0.5	1.7	0.5
その他の違反	7	4.6	2.4	0.7	1.8	0.7	2.2	0.7	2.6	1.0
全件数および全件数の平均値	151	100.0	3.0	0.9	2.4	0.8	2.4	0.9	2.2	0.9

表3　分類された違反理由項目と理由例(報告件数降順)

違反理由項目	件数	違反内容例　(　)内は違反項目	違反理由例
急いでいたから	20	もうすぐ赤信号になる所で、通過する時には完全に赤であったが車で通過した。(車両(自転車除く)での危険行為)	急いでいた。
単にしたかったから	11	歩きながら、道端にかんでいたガムをペッとはき出してしまった。(ゴミの投棄)	なんとなく、もうかみたくなくなったので捨てた。罪悪感を感じながらも一向に止められない。
周りがしているから	8	私語禁止の経済棟メディア開発室で軽い会話。(騒音)	周りもうるさいし、大して問題ではないと考えた。
危険がないと判断したから	7	赤信号を無視した。(信号無視)	周りを確認して安全だと思った。
面倒だったから	6	ゴミを出すときに分別が不十分なまま出す。(ゴミの投棄)	めんどうだった。
勉強を優先させたから	5	図書館の本を期限どおりに返さなかった。(遅刻)	レポートを書くのに必要な本で、もう少し借りていたかった。
不潔になるのが嫌だったから	4	学食にてかばんで席をふさぐ。(占領行為)	かばんが汚れるのが嫌だし、かさも有るので。
お金がもったいないから	3	自分家で出たゴミを学校に捨てた。(ゴミの投棄)	ゴミ袋が高いため。
少しだったから	2	電車の中で携帯で通話。(電車内での携帯電話の使用)	数秒の内容だからまぁいいかと思った。
楽しみを得られるから	2	未成年の飲酒。(未成年での飲酒喫煙)	楽しくなるから。
その他	3		
	71		

表には示さなかったが,「マナーモードにし忘れた」等,「気が付いたら違反をしていた」という報告が3件あった。

ベネフィット評価, 抵抗感で各々2.4, 2.4, 2.2となった(表2)。リスク評価, ベネフィット評価, 抵抗感ともに,「3. やや大きい」と「2. あまり大きくない」の中間の値であったことから, リスク, ベネフィット, 抵抗感をそれほど大きくは評価せずに行動していたと考えられる。

変数間の相関

各変数間のPearsonの相関係数を求めた(表4)。リスク評価と主観頻度の間に有意な相関は見られず(r = −.10 , *n.s.*), ベネフィット評価と主観頻度の間にも有意な相関は見られなかった(r = .12, *n.s.*)。一方, 抵抗感と主観頻度に有意な負の相関(r = −.46, p < .001)が見られ, 抵抗感が高いほど主観頻度は低いことが示された。抵抗感が低く, 主観頻度が高い違反は,「信号無視」,「騒音」等であった(表2)。

表4　得点間の相関(N= 151)―全体―

変数	1	2	3	4
1. 主観頻度	−			
2. リスク評価	−.10	−		
3. ベネフィット評価	.12	−.10	−	
4. 抵抗感	−.46 ***	.31 ***	−.15 †	−

†p<.10, ***p<.001

表5　得点間の相関(N= 81)―行為者が自分の場合―

変数	1	2	3	4
1. 主観頻度	−			
2. リスク評価	−.24 *	−		
3. ベネフィット評価	.51 ***	−.04	−	
4. 抵抗感	−.63 ***	.35 **	−.35 **	−

†p<.10, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

表6　得点間の相関(N= 75)―行為者が他人の場合―

変数	1	2	3	4
1. 主観頻度	−			
2. リスク評価	−.02	−		
3. ベネフィット評価	−.07	−.14	−	
4. 抵抗感	−.34 **	.28 *	−.03	−

*p<.05, **p<.01

違反理由についてリスク評価やベネフィット評価に関する報告がされたにも関わらず，主観頻度とリスク評価やベネフィット評価との間には有意な相関が見られなかった。これは理由の報告は行為者が自分の場合のみであるのに対して，相関では行為者が自分の場合だけでなく，他人の場合も入っていたことに起因する可能性が考えられる。そこで，行為者が自分の場合のみの得点で相関を求めた(表5)。その結果，リスク評価，ベネフィット評価，抵抗感の全てと主観頻度との間に有意な相関が見られた(順に，r = −.24, p < .05; r = .51, p < .001; r = −.63, p < .001)。同様に，行為者が他人の場合のみの得点で相関を求めた(表6)。その結果，リスク評価と主観頻度の間に有意な相関は見られず(r= −.02 , *n.s.*)，ベネフィット評価と主観頻度の間にも有意な相関は見られなかった(r= −.07, *n.s.*)。抵抗感と主観頻度には有意な負の相関(r = −.34, p < .01)が見られた。つまり，大学生の違反の場合，リスク評価とベネフィット評価は行為者が自分の場合でのみ主観頻度と関与していた。行為者が自分の場合では，リスク評価に比べてベネフィット評価が高い相関係数を示したが，これは先行研究[7, 12]と一致する結果であった。

今後の展開

本研究では違反に着目して事例収集をした。その結果，大学生の違反の実態把握がされた。大学生の場合，報告された違反内容には迷惑行為やリスクテイキング行動と重複する内容があった。これは，対象者の殆どが1年生であったためだと考えられる。今後は，専門分野に配属された3, 4年生や大学院生，スタッフ等を対象に専門領域での実験等の活動に限って違反事例を収集したり，有職者を対象に業務上の違反事例を収集すれば，迷惑行為等と重複のない違反に特化した実態把握が可能なこと，そして違反の予防に役立つ知見を得られる可能性が考えられる。

参考文献

1) Reason J. Human error. New York : Cambridge University Press, 1990. 林喜男（監訳）. ヒューマンエラー―認知科学的アプローチ―. 東京：海文堂出版，1994.
2) 萩原 剛・藤井 聡・池田匡隆：心理的方略による放置駐輪削減施策の実証的研究--東京メトロ千川駅周辺における実務事例，交通工学，42(4), 89-98, 2007.
3) 大野木裕明・戎 利光・笠嶋久美子：大学生に対する交通マナー調査と交通安全キャンペーン，福井大学教育学部紀要 第4部，教育科学, 42, 131-152 ,1991.
4) 吉田俊和・安藤直樹・元吉忠寛他：社会的迷惑に関する研究(1)，名古屋大学教育学部紀要 心理学, 46, 53-73, 1999.
5) 水田恵三：反社会的行動，中島義明・安藤清志・子安増生他(編)　心理学辞典　有斐閣 704-705, 1999.
6) 芳賀 繁・赤塚 肇・楠神 健他：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, 8巻12号, 19-24, 1994.
7) Parsons, T, J., Siegel, W, A., & Cousins, H, J. Late adolescent risk-taking: Effects of perceived benefits and perceived risk on behavioral intentions and behavioral change. Journal of Adolescent, 20, 381-392, 1997.
8) 三沢 良・稲富 健・山口裕幸：鉄道運転士の不安全行動を誘発する心理学的要因，心理学研究，　77(2), 132-140, 2006.
9) 堀 洋元・上瀬由美子・下村英雄・今野裕之・岡本浩一：職場における違反と個人特性の関連，社会技術研究論文集，1，248-257, 2003.
10) 川喜田二郎．発想法―創造性開発のために―．東京：中央公論新社，1967.
11) Reason J. Managing the risks of organizational accidents. Aldershot : Ashgate Publishing Limited, 1997. 塩見弘（監訳）. 組織事故―起こるべくして起こる事故からの脱出―. 東京：日科技連，1999.
12) Moore, S., Gullone, E. Predicting Adolescent Risk Behavior Using a Personalized Cost -Benefit Analysis. Journal of Youth and Adolescence, 25(3), 1996.

リスクテイキング行動尺度の作成(3)
－妥当性と因子特性の検討－

○森泉慎吾（大阪大学人間科学研究科）
臼井伸之介（大阪大学人間科学研究科）

Development of a Scale to Measure the Tendency of Risk-Taking Behavior (3)
- Tests of Its Validity and Characteristics of the factors-

Shingo Moriizumi (Graduate School of Human Sciences, Osaka University),
Shinnosuke Usui (Graduate School of Human Sciences, Osaka University)

１．背景および目的

どのような日常行動であっても，程度に差はあるもののリスクは常に存在する。例えば，「警報が鳴り始めた後の踏切への進入」という行動には「事故に遭う」というリスクが考えられる。このようなリスクは回避されることが本来望ましいものの，場合によってはリスクを敢行せざるを得ないこともある。仮に，電車の通過を待つと学校や会社に遅刻する可能性があるとすればリスクは敢行されやすくなるだろう。よって，状況等が変わるとリスクは敢行されることがある。交通心理学や社会心理学の分野では，そのような行動を「リスクテイキング行動」と呼ぶ。本研究では様々存在するリスクテイキング行動を規定する要因の中で，リスク傾向(risk propensity)に着目する。リスク傾向とは，「個人の現在におけるリスクを敢行もしくは回避する傾向」と定義されており[1)]，これまで数多くの研究が行われている。しかし，個人のリスク傾向を測定できる一般的な尺度に関する研究は日本に少ない。このような背景から，森泉・臼井(2009)はリスク傾向の測定尺度としてRisk Propensity Questionnaire(以下，RPQ)を作成し，その妥当性について言及した[2)]。本研究では，RPQの構成概念妥当性を実行動指標との関連から実験的に再検証すること，および構成する因子の特性を検討することを目的とする。

２．方法

２．１　実験参加者

19歳から24歳までの大学生29名(平均年齢21.10歳，SD=1.23)であった。

２．２　実験課題

Lejuez et al.(2002)の研究を参考にコンピュータ画面上に提示される風船を膨らませる課題[3),4)]をVisual Basic 2005を用いて作成した。風船はマウスをクリックするごとに膨らみ続け，それに伴い得点が加算された。ただし，ある程度膨らませると風船は破裂し，クリックして得られた得点は0になった。膨らませることを止めれば，クリックした分だけの得点を獲得することができた。風船を破裂させる，もしくは膨らませることを止めるまでを１試行とし，全50試行行った。図１は課題中の提示画面の略図である。

２．３　風船の種類

風船は「青色」(15試行)，「黄色」(15試行)，「橙色」(15試行)，「赤色」(５試行)の４色で色分けし，それぞれ破裂しやすさ，１クリックで得られる得点を操作した(表１)。

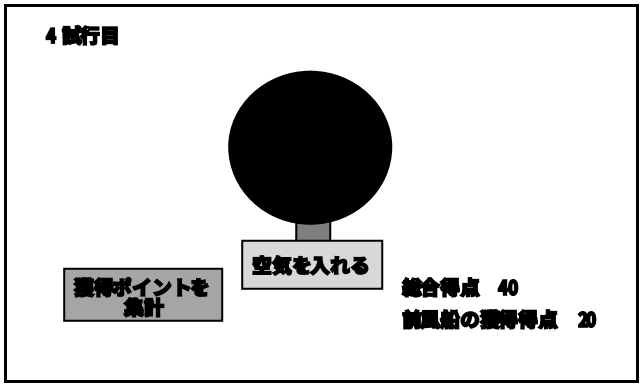


図１　課題の略図

表１　各色の風船の設定内容

	青色	黄色	橙色	赤色
試行回数	15	15	15	5
1クリックでの獲得得点	5	10	20	※1
破裂する可能性のあるクリック数の範囲※2	12～20	6～10	3～5	0～1

※1「赤」はクリックするごとに「総合得点」が倍、破裂させると1/2になる。
※2範囲を超えると風船は必ず破裂した。

２．４　手続き

RPQへの回答後，実験課題を実施した。参加者には，破裂するまでのクリック数が確率で操作されていること，風船は「青色」，「黄色」，「橙色」の順に破裂しやすく，かつ獲得得点が大きい，すなわちリスクとリターンが大きくなること，「赤色」風船は他の風船とは異なりクリックするごとに総合得点が２倍になり，破裂させると総合得点が１/２になること，また全試行を通じて獲得した総合得点が大きいほど実験後の謝礼が変わることを教示した。

２．５　実験指標

本実験では，先行研究[3),4)]で用いられている「破裂させていない風船のクリック総数」に加え，「破裂させた風船のクリック総数」および「１試行内での各風船の最大クリック数」を実験指標とした。「最大クリック数」に関して，プログラムで，「青色」の風船は最大20クリック，「黄色」は10クリック，「橙色」は５クリック，「赤色」は２クリックが許容され，それ以上クリックすると必ず破裂するように設定した(表１)。観測された「最大クリック数」がそれらの値に近いほど，よりリスク傾向が高いと言える。

２．６　尺度評定

RPQは，ギャンブルに関連する「ギャンブル行動」，状況によって変化やすいと考えられる行動に関連する「状況的行動」，状況に左右されない個人の一貫した信念や価値観に関連する「確信的行動」，安全や防犯といった事前の安全確保に関連する「安全行動」の４因子で構成される[1)]。表２はRPQの質問項目である。それぞれの質問項目について，「あなた自身にどれくらい当てはまるか」という問いに対し５件法(1. 全く当てはまらない～5. 非常に当てはまる)で回答を求めた。

３．結果および考察

３．１　実験指標の妥当性

表３，４は実験指標の記述統計値である。これら実験指標がリスクテイキング行動指標として妥当であるかを検討した。前述の通り，本実験での「赤風船」は，他の風船と異なり膨らますと総合得点が２倍，破裂させると総合得点が１/２になり，クリックすること自体がリスクテイキング行動である。つまり，実験指標の妥当性は「赤風船のクリック総数」との相関係数が正になるか検討することで確認できる。従って，各実験指標と全試行での「赤風船のクリック総数」の相関係数を各風船の色別に算出した(表５)。

表２　RPQの質問項目

ギャンブル行動
ギャンブルが好きだ
大金をギャンブルにつぎ込む人の気持ちが分かる
もし自分の街にカジノがあったら行ってみたい
何事も「賭け」がないとつまらない
*ギャンブルは有害だと思う
状況的行動
歩行時、信号のないところで道路を横断する
歩行時、道路を斜め横断する
歩行時、赤信号でも車が来なければ渡る
夜、無点灯で自転車に乗る
駆け込み乗車をする
歩きながら携帯電話でメールをする
確信的行動
仮病をよく使う
大事な約束を破る
会議など、重要度の高い決められた時間に遅刻する
試験勉強をあまりせずに、試験に臨む
運動など、日頃体を動かすことが少ない
趣味になら、いくらでもお金をつぎ込めると思う
安全行動
*家を留守にする際は、火の元・戸締りなど安全確認を十分にする
*ほんの少しの間でも、留守になる場合は家の鍵をかける
*帰宅したら手洗い、またはうがいをする

*逆転項目

表３　各色の総クリック数の記述統計

	平均値	標準偏差
破裂させていない試行		
「青色」クリック総数	153.55	28.12
「黄色」クリック総数	83.90	11.83
「橙色」クリック総数	42.17	6.12
風船を破裂させた試行		
「青色」クリック総数	53.62	36.53
「黄色」クリック総数	14.34	14.32
「橙色」クリック総数	12.21	7.74
「赤色」クリック総数	3.17	1.83

表４　「最大クリック数」の記述統計

	最小値	最大値	平均値	標準偏差
「青色」最大クリック数	13	19	15.72	1.39
「黄色」最大クリック数	7	11	7.66	0.94
「橙色」最大クリック数	1	6	4.33	0.92

表５　実験指標の妥当性

		「赤色」風船のクリック総数との相関係数
破裂させていない風船でのクリック総数	「青色」	-0.34 †
	「黄色」	-0.30
	「橙色」	-0.02
破裂させた風船でのクリック総数	「青色」	0.50**
	「黄色」	0.55**
	「橙色」	0.19
一試行内での最大クリック数	「青色」	0.61**
	「黄色」	0.47**
	「橙色」	0.24

**p<.01, *p<.05, †p<.10

結果，「破裂させた風船のクリック総数」，「一試行内での最大クリック数」に関して「青色」，「黄色」が有意な正の相関関係を持ち，妥当なリスクテイキング行動指標であることが示された。しかし，先行研究でも用いられた「破裂させていない風船のクリック総数」に関してはいずれも「赤風船のクリック総数」と負の相関となり，クリック数が少ないほどリスク傾向が高いという先行研究とは逆の結果を示した。先行研究[3),4)]では，「風船の破裂しやすさは確率によって操作されるため，風船を破裂させた試行でのクリック数は人によって異なる」として，「破裂させた風船のクリック総数」を実験指標として用いなかった。しかし，そもそもクリック総数とは「破裂させた」風船のクリック総数と「破裂させていない」クリック総数の合計であり，「破裂させていない」風船のクリック総数と「破裂させた」風船のクリック総数は負の相関を持つことになる。つまり，リスク傾向が高いほど「破裂させた風船のクリック総数」が多いということは，「破裂させていない風船のクリック総数」とリスク傾向は負の相関を持つことになる。従って，本実験では「破裂させていない風船のクリック総数」が少ないほど，よりリスク傾向が高いと解釈できる。よって，「破裂させていない風船」，「破裂させた風船」における「青色」，「黄色」風船のクリック総数，および「青色」，「黄色」風船の「最大クリック数」に「赤風船のクリック総数」を加えた計７指標を妥当な実験指標とした。

なお「橙色」風船に関しては，いずれも有意な関連が見られなかったので分析から除いた。

３．２　尺度指標

質問項目の評定値の平均を因子ごとに算出することで尺度指標とした。なお，「安全行動」は逆転項目で構成されているため，評定値が高いほどリスク傾向が高くなるように処理した。表６は因子ごとの統計値である。

３．３　構成概念妥当性の検討

上記７つの実験指標と尺度指標との関連を検討するために相関係数を算出した。有意または有意傾向を示した実験指標のみ表７に示す。結果，「破裂されていない風船のクリック総数」において，「黄色」風船と「ギャンブル行動」，「状況的行動」，「確信的行動」因子との有意な負の相関関係が見られた。よって，これら３因子で表わされるリスク傾向が高いほどリスクテイキング行動を敢行していることが示され，因子の構成概念妥当性が示されたと言える。

また，「ギャンブル行動」は「黄色」風船に関する指標(クリック総数，最大クリック数)と有意な正の相関が見られた。「ギャンブル行動」は「ギャンブルに関連する因子」であり，本実験での「黄色」風船は，「青色」よりもリスクは高いが「橙色」や「赤色」よりもリスクの小さい，すなわち「中程度のリスク状況」である。従って，そのような状況でのリスクテイキング行動と「ギャンブル傾向」が関連することが示唆された。

さらに「確信的行動」について，「青色」風船の最大クリック数と有意な関連が見られた。この因子は，「状況に左右されない個人の一貫した信念や価値観に関連する因子」である。本実験での「青色」風船は「ローリスク・ローリターン」の状況を模したものであるが，獲得得点はクリックに応じて多くなるのでクリック数が多くなるほど

表６　RPQの因子ごとの統計値

因子	平均値	標準偏差
ギャンブル	2.77	0.96
状況的	3.63	0.66
確信的	2.63	0.66
安全	2.14	0.93

表７　尺度指標と実験指標との相関係数

	破裂させていない風船のクリック総数	破裂させた風船のクリック総数	最大クリック数	
因子	黄色	黄色	青色	黄色
ギャンブル	-0.32 †	0.41*	0.14	0.34 †
状況的	-0.47**	0.31	0.21	0.10
確信的	-0.31 †	0.26	0.37 †	0.22
安全	-0.22	0.14	0.12	0.13

**p<.01, †p<.10

損失は大きくなる。よって，このようなリスクの高い状況において「確信的行動」因子で表わされるリスク傾向が高いほど，よりリスクを敢行しやすいことが考えられる。ただし，他の色の風船の最大クリック数においても同様の結果が得られるはずであるが，本実験で関連が見られたものは破裂確率が最も低い「青色」風船のみであった。「確信的行動」は一貫した信念や価値観に関連する行動であるので，このことから，「確信的行動」因子で表わされるリスク傾向が高いほど，同じ高リスク状況下であったとしても，「青色」風船に関しては発生確率が一貫して低く評価されていた可能性がある。例えば，大きな損失を被る状況であったとしても，その発生確率が低く評価されればリスクが敢行されることが考えられる。従って，他の風船でも、その破裂確率を実験前に低く教示すれば 「最大クリック数」に関して今回の「青色」風船と同様の結果が得られるかもしれない。

「安全行動」因子に関しては，いずれの指標とも有意な関連は見られなかった。「安全行動」は，「安全や防犯といった事前の安全確保に関連する因子」である。本実験の結果から，実験的検討ではこの因子の特性を明確にできない可能性がある。

4．まとめ

本研究では，森泉・臼井(2009)が作成したリスクテイキング行動尺度(RPQ)の構成概念妥当性と構成する因子の特性を，実験法を用いて検討した。結果，「安全行動」を除く３因子に関して実行動指標との関連より，構成概念妥当性が示唆された。また「ギャンブル行動」に関して，中程度のリスク状況下でのリスクテイキング行動との関連が示された。「確信的行動」に関しては，損失が大きい状況でのリスク敢行性と損失の発生確率との関連について考察された。今後は構成概念妥当性が示されなかった「安全行動」因子に関して，リスクテイキング行動以外の別の指標との関連を検討すること，また他の因子に関しても，リスクテイキング行動に関する他の類似した尺度との関連を検討することなどにより，各因子の特性をさらに検証する必要がある。

5．引用文献

１）Sitkin B.S, Weingart R.L: Determinations of Risky Decision-Making Behavior: A Test of the Mediating Role of Risk Perception and Propensity, Academy of Management Journal, Vol.38, No.6, 1573-1592, 1995.

２）森泉慎吾・臼井伸之介: リスクテイキング行動尺度の作成(1) －項目の選定と信頼性・妥当性の検証－，日本応用心理学会第76回大会発表論文集，24，2009.

３）Lejuez, C.W et al: Evaluation of a behavioral measure of risk-taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART). Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol.8, No.2, 75–84, 2002.

４）Lejuez, C.W et al: Evaluation of the Balloon Analogue Risk Task (BART) as apredictor of adolescent real-world risk-taking behaviours Journal of Adolescence Vol.26, 475–479, 2003.

地域住民の骨折実態とHealth Promotion、人間工学的課題について

○近藤雄二、伊藤道郎、深見英一郎（天理大学体育学部）

Bone Fracture in the Nara Area and an Ergonomic Finding

Yuji KONDO, Michiro ITO, Eiichiro FUKAMI

(Faculty of Budo and Sport Studies, Tenri University),

1.はじめに

わが国では、「健康づくり」と理解されている新しい健康戦略であるヘルスプロモーション、その戦略のひとつに‘健康を支援する環境づくり’(Supportive environment for health promotion)が据えがある。個人の健康への自己責任とともに、健康に対する社会的責任をつよく打ちだす概念であり、そこには生態系との調和にもとづく都市、環境整備から、歩道の段差を配慮する街づくりに至るまで、幅広い領域と人間の権利保障の視点を含んだ対策とその展開を求めている。ヘルスプロモーションは、そのなかにユーザビリティ、および安全性、健康性と快適性を志向する人間工学的視点と手法が強く関与、寄与できる内容を含んでいる。

くらしの安心を維持する基盤と機能には、医療の機会均等、皆保険制度がある。少子高齢化のなかで制度とその理念が崩壊する危機が指摘されている。奈良県内の複数市町村において、住民の医療費分析に関わる機会を得た。それに関わるなかで、骨折の件数とその医療費が大きいことに気づかされた。転倒と強く関連している疾患である関心もあり、改めて「骨折」を取りあげ、人間工学的な検討課題を導きすことをテーマに設定した。

2.対象と方法

「人口動態統計」と「患者調査」(平成17年度)を用いて、骨折を死因とする実態、医療機関に骨折で入院・外来した者の実態を検討した。

奈良県内、複数市町の国民健康保険加入者のうち、30才以上から74歳までの診療報酬明細書(「レセプト」)をもとに、入院と入院外の医療受診データを分析した。65才以上が対象になる介護保険制度にもとづく介護認定者を対象にして、介護認定となった原因・誘因疾患を調べた。

市町村村が管轄する国民健康保険は、その市町村に住む自営業者、退職者が加入しており、地域で生活する人々の実態を反映する特性をもつ。

大阪市内の総合病院(救急を含む)の1年間の骨折による入院者の診療録(「カルテ」)分析をした。全ての年齢層を含む骨折実態とその原因、誘因を把握した。調査のため抽出した事項は、「人口動態統計」と「患者調査」と比較することを考慮してデザインした。

3.結果

1.官庁統計からみた実態

平成17年「人口動態統計」からは、1年間の死亡総件数は、1,083,796件、そのうち死因分類「損傷･中毒およびその他の外因」疾患から「骨折」に関わる死亡数を抽出した。

死因の骨折は、6,089件。全体の死亡者総数の0.56%に相当する。男性よりも女性が多く、死因となった疾患名は、「頭蓋骨および顔面の骨折」、「多部位の骨折」、「大腿骨骨折」が上位である。

平成17年の「患者調査」からは、骨折患者の総数は「入院」が82.5人(千人率)、「外来」が85.3人である。入院・外来ともに男性よりも女性に多い。保険種別では、国保が最も多く、ついで政府管掌となっていた。年齢別特徴は、入院・外来ともに50才代を契機に高まり、75才以上で急増する傾向を示す。骨折原因となったのは、「転倒・転落」が最も多く、ついで「スポーツ中の事故」、「自転車の交通事故」であった。

2.地域住民(の医療費(レセプト)分析結果

30才～74歳の骨折受療(「入院」と「入院外」)割合は、市町間で大きな違いはなかった。

136件の骨折による受療者は、絶対数は女性に多く、男性の2倍を超える。被保険者人口に対する骨折受療率は、120.1人(千人率)。女性が154.3人に対し、男性は82.0人。1ヶ月の受療者総数の2.4%が骨折であった。年令と共に高まり60歳以降は、増加の一途を示した。

骨折の月医療費は600万を超え、この額は医療費総額約2億円の3.2%となる。入院患者一人あたり１ヶ月間の医療費は、30万円(入院外が4.6万円)。男女間に差があり、女性の入院は一人あたり35万円、男性の25万円を大きく上まわっていた。

介護保険制度による65才以上の認定者の原因・誘因疾患は、認知症、高血圧疾患、脳梗塞が上位。骨折は上位から6～8位、介護認定者の4～16%を占めていた。骨折を原因・誘因とする者は、女性

に多い。特に女性では、75才を超えると骨折を原因・誘因疾患とするものが多くなっている。

3.地域総合病院の入院患者のカルテ分析結果

骨折による入院患者の特性：1年間の「骨折」入院患者は、137人であった。男性60人、女性77人であり、女性が全体の半数以上の56.2%を占める。137人の年令範囲は6才から95才。男性の平均年齢(標準偏差)は、48.1才(±23.1)、女性が75.4才(±15.8)である。

入院前の1年間に「転倒経験」があった者は、67.2%。女性の75.3%が経験者(男性の56.7%)。

骨折の発生場所や発生形態毎の検討：発生場所、発生状況、保険種類のデータをもとに「家庭内」、「施設」(老人施設と病院)、「労働」(労災保険使用者)、「スポーツ」、「自転車」に分類しなおし、その特徴をみた。

頻度：「家庭内」が最も多く28.5%、「施設」8.8%、「労働」11.0%、「スポーツ」7.3%、「自転車」7.3%であった。

年齢特徴：65才以上の割合が圧倒的に多いのは「施設」、ついで「家庭内」(65才以上が94.9%)、そして「自転車」(60%)。若年者の割合が多いのは、「スポーツ」(スポーツの60%)。「労働」は20～39才が46.7%、40～64才が46.7%であった。その年齢の平均は、「施設」85.8才、「家庭内」78.1才、「自転車」64.3才、「労働」42.7才、「スポーツ」27.4才であった。

骨折部位の特徴：「家庭内」は大腿部が最も多く48.7%、脊椎・背腰部33.3%。「施設」も大腿部が75.0%、脊椎・背腰部16.7%。「労働」は大腿部と前腕部が各26.7%、脊椎・背腰部13.3%。「スポーツ」は前腕部が60%、鎖骨10%。「自転車」は、脊椎・背腰部が40%、前腕20%、骨盤10%。

転倒・転落の特徴：29才までと30～40才代は、バイクや自転車、スポーツが関与した転倒・転落が多い。50～64才にはベッドからの転落が認められた。65才以上では、家庭内や歩道等のさまざまな場面で転倒・転落をひき起こしていた。

すべりの関わり事例は、スリッパと履きものに起因するすべり、銭湯でのすべり、自宅トイレでのすべり、キッチンでのすべり、このすべりが転倒を結びついていた。ベッドからの転落、あんま機からの転落、椅子からの転倒や転落がある。

つまずきが関与する転倒は、布団でのつまずき、トイレの段差、散歩中、犬の散歩時や歩道でのケースが見られた。

4.要約

官庁統計からは、死因としての骨折は、自動車事故、加齢に伴う骨粗鬆症と外圧骨折の組み合わせの「大腿骨折」が浮かんだ。医療受診は、「転倒・転落」が原因・誘因となり、加齢がその機会を増し「大腿骨(:頸部)骨折」につながる。これが死のリスクを高めることになると考えられた。

レセプト分析からは、高齢化は骨折受療のリスクを高め、入院になると療養期間の長さと併発する疾病も加わり医療費額を高める結果になると考えられた。75才以上の後期高齢者は、骨折が要介護のリスクになることが明らかとなった。

入院患者カルテ分析からは、骨折で入院した者は、普段から転倒の経験をもっていることから、高齢者の転倒対策は、死につながりやすい前提での対策が必要である。

家庭内、病院等の施設では、高齢者の転倒予防の視点が必要であるが、自転車、スポーツによる転倒・転落が少なくない。

整形外科学会は転倒リスクを評価する「運動器不安定症」の概念をつくり、転倒・骨折予防教室につなげることを提唱している。家庭風呂等のバリアフリー対策を住宅資金制度等もあるが、狭い空間内の改良は進みにくい状況にある。

5.結論と課題

骨折を死因とする実態、骨折による入院・通院実態、骨折が関わる医療費の実態、骨折による入院患者の実態等、骨折からアプローチした。転倒・転落の結果が骨折に繋がる大きな原因としてある。その結果、高齢者には大腿骨(頸部)骨折がもたらされ、入院、死に結びつきやすいことが示された。

新健康フロンティア戦略では、寝たきりや介護予防推進のため転倒予防教室や運動器疾患対策が進められ、住宅内一部の改良資金助成制度が整えられたが十分な成果をあげるところまで至っていない。家屋診断にもとづく転倒予防指導が骨折発生率減少に寄与する報告があり、改善指向型チェックリスト開発を併用した個人指導など、多面的な対策が必要である。若年者にも多い自転車転倒防止に関わる対策も同様であり、人権思想にもとづくハードとソフトの包括的な人間工学的アプローチが求められる。

ヒューマンエラーに起因した製品事故情報へのリスクアセスメント手法の適用

○久本誠一（製品評価技術基盤機構事故リスク情報分析室）

Application of a risk assessment method to information on product related accidents caused by human error

Seiichi HISAMOTO (National Institute of Technology and Evaluation)

１．はじめに

消費生活用製品に係る事故への早期対応を図るためには，事故の情報を大規模に収集し，これを分析するしくみが必要となる．NITE（製品評価技術基盤機構）は昭和48年から事故情報の収集・分析を開始し，昭和49年には事故情報収集制度が発足して広く関連機関から事故の情報が集約・分析されるしくみが完成した．また，平成19年5月には改正消費生活用製品安全法の施行によって消費生活用製品に係る重大事故の報告が製造事業者等に義務付けられた．他方，超高齢社会に突入した我が国においては，心身の機能が低下した使用者のヒューマンエラーに起因する事故の防止が喫緊の課題になったと言える．

このようななか，NITEでは平成7年に製品事故のリスク評価法に検討を加え，平成15年，収集した事故情報に対してISO/IEC Guide 51 : 1999 “Safety aspects - Guidelines for their inclusion in Standards” やヒューマンファクターの観点からマッピングによるリスク評価法を検討し，平成19年5月には重大製品事故情報の整理を開始し，平成20年3月にはリスク分析に着手した．

本稿では，これまでに事業者から報告された重大製品事故のうち，使用者の誤使用・不注意に起因するとされた事故を対象に，ヒューマンエラーとリスク分析の観点等から検討した結果を報告する．

２．対象データ

重大製品事故の報告制度に基づいて平成19年5月より事業者から報告された重大製品事故約3000件のうち，誤使用・不注意に起因するとされた事故は454件で全体の約15パーセントであった．これらを製品群別に整理すると，ガスコンロ（事故発生件数105件）と開放型石油ストーブ（同50件）が多数を占め，多くの製品群の事故件数は10件未満であることが明らかになった．そこで，ガスコンロと開放型石油ストーブ，並びに，比較的新しい製品として事故が多く，今後も普及率が高くなると思われる電磁調理器(同9件)を対象に，誤使用・不注意の内容をヒューマンエラーの観点から分類，検討し，さらにリスク分析を実施する．

３．方法

３．１　ヒューマンエラーの分類

対象となる454件について，ヒューマンエラーの観点からの分類を試行する．ヒューマンエラーの分類には種々の考え方が報告されているが，ここでは広義のヒューマンエラーとして，Norman[1]及び小松原[2]の文献を参考に，以下のように整理した．

① ヒトの努力で改善不能な要求（Impossible）：製品がヒトの能力を超えた行為を要求，偶発事象
② 錯誤（Slip）：目標設定は正しいが行為の遂行過程で誤り，うっかり，思い込み，取り違え
③ 失念（Lapse）：作業のし忘れ，記憶の忘却
④ ミステイク(Mistake)：目標設定自体の誤り，判断ミス
⑤ 違反（Violation）：故意，初心者やベテランのルール違反

この整理に基づいて454件を分類し，それらの傾向を考察する．

３．２　リスク評価

製品事故のリスク見積りの方法は，一般に，発生頻度，ハーム（危害）の大きさ，ハザードへの接触頻度等をパラメータとした，加算法，積算法，マトリクス法等に分類できるが，ここでは，マトリクス法のうち日本で開発されたR-Map手法[3),4)]を適用した．当該手法は，前述のISO/IEC Guide 51の概念に基づき，製品事故のリスクを，①社会が受け入れ可能なレベル，②新規製品や今後の製

品については残留が認められないレベル，③社会が受け入れられないレベル，の3つのカテゴリーに評価・分類するツールで，事故の発生頻度と危害の程度で構成したマトリクスの交点にプロットすることにより，事故のリスクを見積もるものである．R-Mapで用いるマトリクスは，IECのマトリクス（6×4）に，危害の程度ゼロの列を追加して6×5としたものである（図1）．また，発生頻度は，対象製品の生産台数と，同種事故の発生件数から算出する．

発生頻度	(件/台･年)		0 無傷	I 軽微	II 中程度	III 重大	IV 致命的
5	10-4 超	頻発する	C	B3	A1	A2	A3
4	10-4 以下 ～10-5	しばしば発生する	C	B2	B3	A1	A2
3	10-5 以下 ～10-6	時々発生する	C	B1	B2	B3	A1
2	10-6以下 ～10-7	起りそうにない	C	C	B1	B2	B3
1	10-7以下 ～10-8	まず起りえない	C	C	C	B1	B2
0	10-8 以下	考えられない	C	C	C	C	C
			なし	軽傷	通院加療	重傷 入院治療	死亡
			なし	製品発煙	製品発火 製品焼損	火災	火災 (建物焼

図1　R-Mapの概念（松本浩二，製品安全・リスク管理に役立つR-Map手法の活用より転載）

当該マップのA領域は，前述の「社会に受け入れられないリスクレベル」に，B領域が「新規製品等に残留してはいけないレベル」に，C領域が「社会が受入れ可能なリスクレベル」に相当する．

ここでは，検討対象としたガスコンロ，石油ストーブ，電磁調理器について，各々の代表的なヒューマンエラー事故のR-Map分析を試みる．

4．結果と考察

4．1　ヒューマンエラーの分類

対象となった454件の誤使用・不注意事故の分類結果を，表1に示す．

表1　ヒューマンエラーの観点での分類
（事故件数：　件）

製品群	I	S	L	M	V	合計
ガスコンロ	2	8	35	60	0	105
石油ストーブ	0	11	1	19	19	50
電磁調理器	0	0	0	9	0	9

I：ヒトの努力で改善不能な要求，S：錯誤，L：失念
M：ミステイク，V：違反

ガスコンロでは，ミステイクによる事故として，調理中であることを認識しつつ，その場を離れている間に火災に至った案件や，調理中に眠ってしまった案件等が分類された．次いで，ガスコンロでは失念に起因する事故が多く，その大半を火の消し忘れが占める．重大製品事故情報では，被害者の属性が不明確な場合も多く，火を消し忘れたのが高齢者か否かが不明な場合も多いが，割り込みタスク等による消し忘れの防止対策が，火災事故の低減に有効と考えられる．ガスコンロの錯誤の事故としては，意図した以外のバーナやグリルへの点火が多くを占めた．

開放型石油ストーブにおいては，ミステイクによる事故として，ストーブの周辺に置いた可燃物の発火，カートリッジタンクの栓の締め付け不完全等が見られたが，後者については既に技術基準が改正されており，現行製品では発生しにくくなっている．使用者の違反には，消火せずに給油して火災に至った案件が多く分類された．また，錯誤には，灯油とガソリンの取り違え給油による火災が多く分類され，農家で耕耘機用に購入したガソリンと，ストーブ用の灯油を取り違えたケース等が見られた．

電磁調理器においてはミステイクの事故のみで，その内容は，①天ぷら調理時に少ない油量で調理し，②鍋底の形状が不適切（底中央部が凹んだ形状等のために電磁調理器の温度検知が働きにくい等），③その場を離れた，等の条件が重なった場合の出火事故が多く認められた．

4．2　リスク評価

前項で確認した典型的な事故例について，R-Map手法によるリスク評価を試行する．

(1)　ガスコンロのミステイクによる事故例

図2にR-Mapを示す．リスクは，発生頻度と危害の程度の交点にプロットされた点（水色の斜線）として示す．調理中にその場を離れたため周囲の可燃物に引火して火災が発生し，1名が死亡した事故で，離れても良い時間に対する判断ミスと推定される．リスクはA2領域で社会が受け入れ困難なレベルであり，何らかの対策が必要だが，注意表示等によってヒューマンエラーの確率を一桁下げることが可能であったとしても，まだA1領域であることから，何らかの安全装置の装備等，ハードウェアレベルでの対策が好ましいと考えられる．

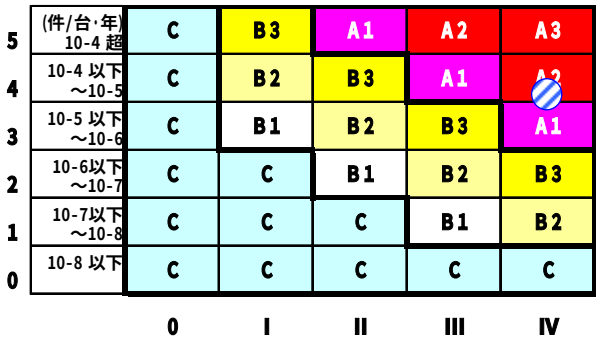


図2　ガスコンロのミステイクによる事故例

(2)　ガスコンロの失念による事故例

図3にR-Mapを示す．天ぷら調理後に火を消し忘れて出火し，周囲の壁面等が焦げた．使用したバーナには，過熱防止装置の装備されていなかった．リスクはB3領域で，今後の製品に対しては製品側での改善を検討しても良い領域である．

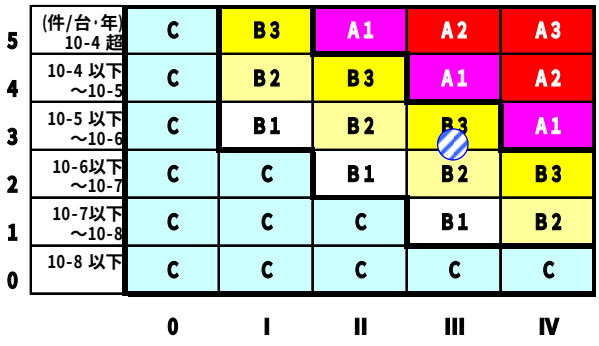


図3　ガスコンロの失念による事故例

(3)　石油ストーブのミステイクによる事故例

図4にR-Mapを示す．ストーブの熱によって周囲の可燃物が加熱されて発火し，火災に至事故で，開放型石油ストーブで発生する事故の典型例である．リスクはB3領域のため，今後の製品に対しては製品側で何らかの改善措置を検討しても良い領域である．

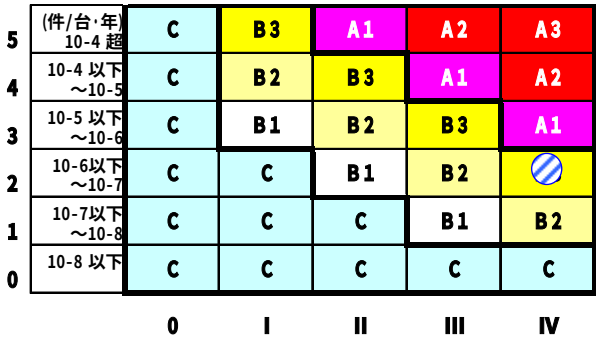


図4　石油ストーブのミステイクによる事故例

(4)　石油ストーブの違反による事故例

図5にR-Mapを示す．消火せずに給油した際，既に変形していたカートリッジタンクのネジ式キャップから漏れていた灯油に引火し，家屋が全焼して1名死亡した事故．当該機種は50万台以上が生産されているため発生頻度が低く，当該機種のリスクは低くなる．「消火せずに給油することのリスク」を見積もるためには，機種横断的に，同種事故のリスクを算定する必要がある．

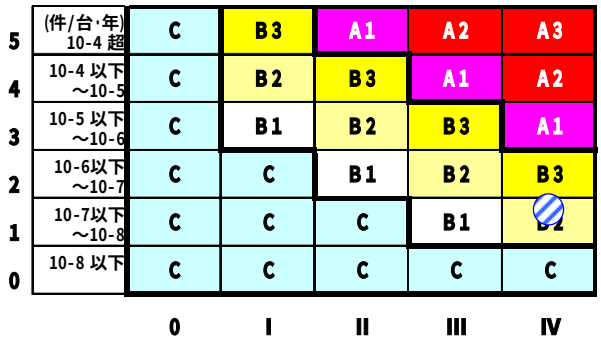


図5　石油ストーブの違反による事故例

(5)　石油ストーブの錯誤による事故例

図6にR-Mapを示す．灯油と取り違えてガソリンを給油し，異常燃焼によって建物火災が発生し，1名が死亡した事故である．当該機も生産台数が約20万台と多いため，危害は大きいが発生頻度が低く，リスクは低く見積もられる．

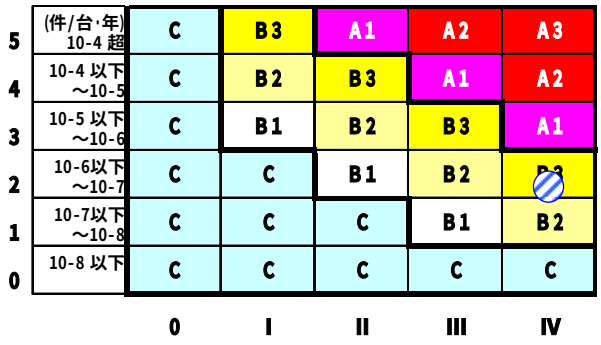


図6　石油ストーブの錯誤による事故例

(6)　電磁調理器のミステイクによる事故例

図7にR-Mapを示す．天ぷらを調理中に目を離し，気づくと発火しており，建物火災に至ったもの．当該製品の取り扱い説明書で禁止されている，①少ない油量で，②専用鍋以外の鍋を使用し，③調理中にその場を離れた，ことが原因で，これらを使用者が十分に認識していたならば違反に分類される案件だが，電磁調理器の歴史がガスコンロ等に比して浅いことから，許容される使用条件に対

する消費者の認識が正しく無かったとして，ミステイク（調理中にその場を離れても良い時間に対する判断ミス）に分類することが妥当と考えられる．当該事故のリスクはB3領域で，使用者の注意を促すことで事故の発生確率が一桁下がったとしても，依然B領域であることから，今後，製品側で何らかの安全対策を検討しても良い案件と考えられる．

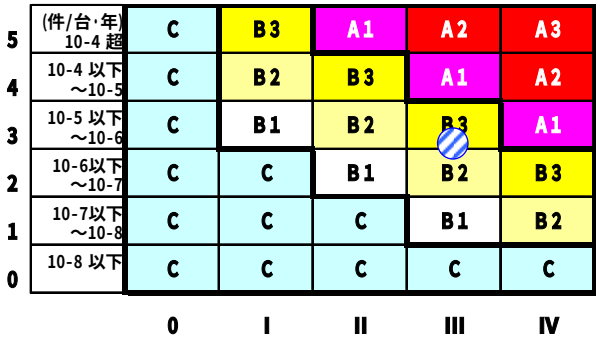


図7　電磁調理器のミステイクによる事故例

5．まとめ

事業者から報告された重大製品事故約3000件のうち，誤使用・不注意に起因するとされた事故454件であったが，そのなかから，事故件数の多いガスコンロ（事故発生件数105件）と開放型石油ストーブ（同50件），並びに，比較的新しい製品として事故が多く，今後も普及率が高くなると思われる電磁調理器(同9件)を対象に，製品使用者の誤使用・不注意の内容をヒューマンエラーの観点から分類・検討し，さらにリスク分析を実施した．その結果，ガスコンロでは失念（火の消し忘れ等）とミステイク（調理中であることを認識しつつその場を離れたことによる火災等）が多く，開放型石油ストーブでは，ミステイク（カートリッジタンクの栓の締め付け不足等）と違反（消火せずに給油して火災に至る等），並びに，錯誤（灯油とガソリンの取り違えとう）が多く発生し，電磁調理器では，ミステイクによる事故のみで，①天ぷら調理時に少ない油量で調理し，②鍋底の形状が不適切（中央部が浮いた形状等のために電磁調理器の温度検知が働きにくい条件），③その場を離れた，等の条件が重なった火災であることが判明した．

一方，R-Map解析では，これらの事故のリスクを低減するために，ヒトに注意を促しても，社会が許容するリスクレベルに到達させることには困難が伴う恐れが示され，ヒューマンエラー防止のために，製品側での対応策を検討することの必要性が示唆された．

ヒューマンエラーは，そのモードごとに対策が異なるが，ヒトの諸機能が基本的に加齢とともに低下し，しかもトレーニングによる機能向上が期待しにくい特性も多いことから，製品事故防止の観点から，超高齢社会に突入した我が国においてはヒューマンエラーの防止は極めて重要な課題といえ，製品設計における人間中心設計(Human Centered Design)の一層の進展が期待される．

さらに，今回は，完成した製品を消費者が使用する場面で発生する事故を検討したが，製品の設計から製造，流通までを含めると，殆どの事故の原因がヒューマンエラーに起因すると言って過言では無いと思われる．

今後は製品群横断的な検討を深めると同時に，FTAの適用等により，製品群ごとに具体的な安全性確保の検討を加えたい．

参考文献

1) Norman. D. A., The Design For Everyday Things, 1988
2) 小松原明哲著，ヒューマンエラー，丸善株式会社，2008
3) 日科技連R-Map研究会編著，R-Map実践ガイダンス，日科技連出版社，2004
4) 松本浩二著，製品安全・リスク管理に役立つR-Map手法の活用，品質月間委員会，2008

タスク分析とFMEAを用いたヒューマンエラー推定手法について

○後藤祐樹（和歌山大学システム工学部）
山田雄記（和歌山大学システム工学研究科）
和田智紀（和歌山大学システム工学研究科）
土井俊央（和歌山大学システム工学部）
山岡俊樹（和歌山大学システム工学部）

Human error estimate technique that used task analysis and FMEA

Yuki GOTO (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University),
Yuki YAMADA (Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University)
Tomonori WADA (Graduate School of Systems Engineering , Wakayama University)
Toshihisa DOI (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)
Toshiki YAMAOKA (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

１．はじめに

本稿では，タスク分析(1)とFMEA(2)の手法を組み合わせ，ユーザの機械の使用における一連のタスク，エラーの発生に繋がる行動(不具合モード)を抽出する手法について，エスカレータに関するユーザの使用状況の実態調査を事例に紹介する．

今回エスカレータの使用実態調査を行った理由は，事故の発生が大変高頻度（年間１０００件程度）であるからである．

２．方法

2.1.概要

本章では，分析に関する一連の流れについて，エスカレータの事例を用いながら紹介する．

分析は，①観察調査によるタスクの把握，②ヒューマンエラーに繋がる事象(不具合モード)の予測，③ヒューマンエラーの予測，④致命度によるエラーの重み付けの4工程に大別される．

2.2.調査対象

本研究では，公共施設内の3箇所6基のエスカレータを対象に，ユーザの利用状況を各1時間ずつ撮影したデータを用いた．

2.3.分析方法

2.3.1 タスクの把握

ビデオによる観察または直接観察から機器使用に関するユーザの一連の行動を記録する．

この時，ユーザの一連の行動を細分化したものをタスクとする，各タスクをさらに細分化したものをサブタスクと呼び，階層構造を構築する．観察中に見られた行動は，観察中一度しかみられない物も全て記録する．

エスカレータの事例では，エスカレータに向かう，乗る，移動する，降りる，その後，の5つのタスク，17のサブタスク数が抽出された．結果について以下の図1に示す

図１　タスク,サブタスクの記入例

タスク	サブタスク
向かう	さがす　向かう
乗る	確認する 止まる 手を載せる 足を乗せる 荷物をのせる
移動する	立ち止まる 見る・聞く・話す 体を動かす 移動する
降りる	確認する 前進する 手を離す 降りる 荷物を下ろす
その後	立ち去る

2.3.2不具合モードの予測

次に，観察より，把握したサブタスクについてエラーの原因と成り得るユーザのタスクを抽出する．この時エラーの原因と成り得るユーザの行動を不具合モードと定義した．抽出した不具合モードは，タスクの流れに当てはめ，表にした．

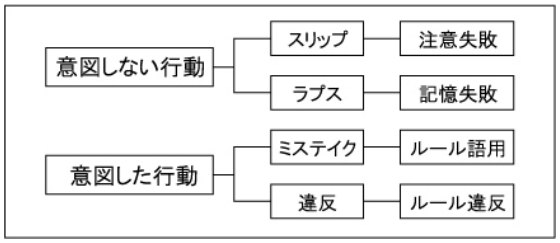
エスカレータの事例では，46の不具合モードが抽出された．特に乗る，移動するタスク内で多く抽出された．

2.3.3ヒューマンエラーの予測

抽出された不具合モードについて，ユーザがその不具合モードを起こした原因と，不具合モードより発生可能性のあるエラーを推定する．この時，１つの不具合モードに複数の原因が考えられる場合もある．

不具合モードの発生原因は，REASONにより分類されたエラータイプを参考に推定する(3)．エラー分類については以下の図2に示す．

図２　エラー分類



ヒューマンエラーの予測については，調査対象とする機器の事故データベースを参考に考えると効果的である．

さらに予測したヒューマンエラーがどのような影響を与えるか抽出する．この時，ユーザ本人に起こり得る影響を **起こりうる事象**，ユーザ以外の人間に起こり得る影響を**人的被害**，環境に起こる影響を**公衆災害**，操作の対象となる機器を**設備事故**と定義した．

SHEL-Model(3)の考えに基づき，これらの影響の区別をした．

2.3.4ウェイト付け

優先的に対処すべきエラーを抽出するために，数値による重み付けを行った．

上述した4つの影響について影響度を10段階で設定した．同様に不具合モードについて発生頻度を10段階で設定した．

最後に，各エラーに致命度によるエラーの重み付けを行う．致命度とは故障が最終的にシステム任務達成に及ぼす影響の程度である ．致命度が高い不具合モードほど優先的に対処するべきであると考えた．

致命度の算出式は以下の通りである．

致命度＝（「起こりうる事象」＋「人的被害」＋「公衆災害」＋「設備事故」）×「頻度」

また，１つの不具合モードに対し，複数の致命度が見られた場合はそれらを合計する．

３．結果

エスカレータの事例による分析結果を以下の表1に示す．

最も致命度の高い不具合モードはエスカレータを降りる際に発生する「つまづく」という行動であった．続いて，「足元が見えない」「身を乗り出す」，「他人を追い抜こうとする」，「後ろ・横向きに乗る」と言った不具合モードが抽出された．

表１　致命度の高い不具合モード項目

タスク	サブタスク	不具合モード	推定原因
降りる	降りる	つまづく	靴の材質
乗る	確認する	足元が見えない	前の人がいる
移動する	体を動かす	身を乗り出す	遊び心
移動する	場所を移動する	他人を追い抜こうとする	急いでいる
移動する	見る・聞く・話す	後ろ・横向きに乗る	知り合いがいて話す
降りる	荷物・子供を下ろす	飛び降りる	いたずら心
移動する	場所を移動する	一段飛ばしで移動する	急いでいる
移動する	体を動かす	バランスを崩す	しゃがむ
乗る	足を乗せる	滑る	濡れている
乗る	足を乗せる	両足を別々の段に乗せる	片足の体勢
乗る	足を乗せる	わざと逆流して遊ぶ	いたずら心
移動する	場所を移動する	歩く・走る	急いでいる

このように，分析により抽出された致命度が高い不具合モードは，発生する頻度および影響が高い事象である．そのため，エラー対策を考える際，これらの不具合モードを抑止することが第一である．

４．まとめ

本稿では，ビデオ観察及び分析により，エスカレータに関するユーザが行うエラーに繋がる行動と，その行動を引き起こす推定原因を抽出，把握した手法を紹介した．

致命度の高い不具合モードを優先的に防止することで，安全なシステム設計の実現が期待される．

参考文献

1)　山岡俊樹：人間工学講義，武蔵野美術大学出版局,2004

2)　鈴木順二郎：FMEA・FTA実施法―信頼性・安全性解析と評価，日科技連出版社，1998

3)　James Reason：ヒューマンエラー―認知科学的アプローチ，1994

4)　渡辺邦宏：ヒューマンファクターの基礎，日空航空技術協会，2002

イス座面にかかる圧力とその時間変化との関係

○森田 賢治*1　來 慧*1　栗山 裕行*2　深蔵 翔*2　桑原 教彰*1　森本 一成*1

*1:京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科　*2:京都工芸繊維大学工芸科学部

Relation of the surface pressure of the chair and changes over time

Kenji MORITA*1, Satoru KITANO*1, Hiroyuki KURIYAMA*2,

Syo FUKAKURA*2, Noriaki KUWAHARA*1, Kazunari MORIMOTO*1

*1: Graduate School of Engineering and Science、Kyoto Institute of Technology

*2: Department of Engineering and Science、Kyoto Institute of Technology

１．はじめに

近年においてデスクワークの比率はますます増加し、椅子は現代生活には切り離すことが出来ない。しかし、椅子に座ることは姿勢をほぼ固定することなので人体にはどうしても負担が生じる。それは疲労感や不快感となってデスクワークなどの能率低下の一端になることは否めない。

現在まで行われてきた椅子に関する人間工学的視点からの研究は、椅子着座時における快適性や身体への負担軽減を実現するためのものがある。藤巻ら[3]は着座時における身体の動きに伴う着座状態の変化が体圧分布のパターン変動と座り心地との対応関係を明らかにした。

本研究では椅子の快適性を検証する１要素として、クッション性に着目し、その硬軟による快適性への影響と時間変化を検証する。本論文では本研究の中で分析の終了した、主観評価とクッション性の関係、圧力の時間変化について報告する。

２．方法

本実験では、硬軟２種類のクッションを用意し、それを座面と背もたれに取り付け、硬い椅子と軟らかい椅子の２種類を用いた。クッションの硬さは、水平で硬い面の上に置いたクッションの上に一辺11cmの正方形の板に３kgの重しを置いた。板のクッションに接している面の四隅に接触圧測定機(株式会社エムエムアイテクノ製 AMI3037-2B)につないだ計測用エアパック(安立計器株式会社製 AM-7102HS)を設置して接触圧を計測した。四隅の平均は硬クッションの座面で7.56kPa、背もたれが9.02kPa、軟クッションの座面で5.31kPa、背もたれが7.13kPaであった。

それに加えて、被験者が着席した際に膝の角度が直角になる高さを基準として、±２cmのパラメータ変化を追加して計６条件の計測を実施した（図１）。また、各計測では、デスクワークを模す為にコンピュータに１から３桁の乱数を打ち込むタスクを課し、条件毎に10分間計測、１度の計測ごとに５分間以上の休憩を挟んだ。

表1 質問項目一覧

座面の硬さ、背もたれの硬さ、体の滑り、上半身の安定感、腰の安定感、ふくらはぎの疲労感、腰の疲労感、背中の疲労感、首の疲労感、全身の疲労感、座り心地、作業のしやすさ

被験者は、健康な成人男性４名（体重は76kg、63kg、55kg、52kg）を対象とし、三次元計測、筋電位計測、座圧計測計３種類の計測と主観評価のための５段階評定の12個の質問項目からなるアン

図1　実験状況(左)及び実験器具(右)

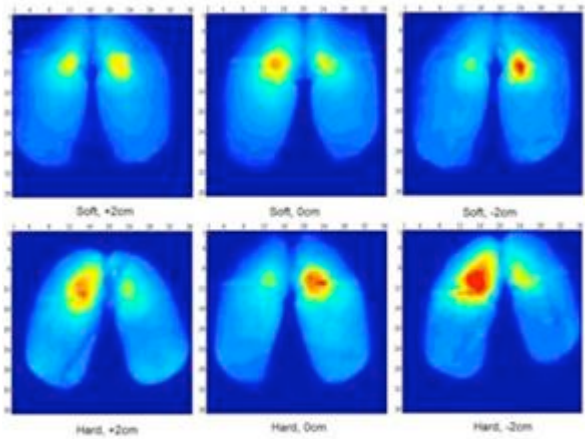


図2 座面圧力分布の一例(上が軟条件、下が硬条件、左から高さ+2、0、-2)

表2　各条件全試行時間における一定以上圧力のかかっている面積の平均(cm²)

条件	0.3N/cm²以上						0.5N/cm²以上						0.8N/cm²以上						1.0N/cm²以上					
	Hard +2	Hard ±0	Hard −2	Soft +2	Soft ±0	Soft −2	Hard +2	Hard ±0	Hard −2	Soft +2	Soft ±0	Soft −2	Hard +2	Hard ±0	Hard −2	Soft +2	Soft ±0	Soft −2	Hard +2	Hard ±0	Hard −2	Soft +2	Soft ±0	Soft −2
被験者A (76kg)	141.2	126.9	128.1	135.5	132.8	130.4	97.4	80.5	77.8	71.3	74.4	78.0	38.3	45.3	44.6	38.1	42.5	41.5	30.4	38.2	37.9	32.2	37.2	36.8
被験者B (63kg)	156.0	144.7	156.2	167.7	157.1	147.5	125.9	122.9	118.6	114.4	97.0	86.3	40.3	39.0	46.7	35.5	22.9	35.4	19.4	19.6	26.0	21.5	10.3	24.2
被験者C (55kg)	108.2	104.7	121.0	135.7	137.0	123.6	59.0	58.3	65.4	60.3	63.0	60.5	40.3	34.6	46.7	35.5	22.9	35.4	21.0	27.8	16.8	18.0	17.2	19.8
被験者D (52kg)	124.3	115.8	102.5	133.2	127.8	119.1	69.0	64.1	60.5	52.3	59.8	59.7	24.5	29.7	32.5	13.9	20.8	22.8	14.5	21.3	21.5	8.4	12.2	15.5

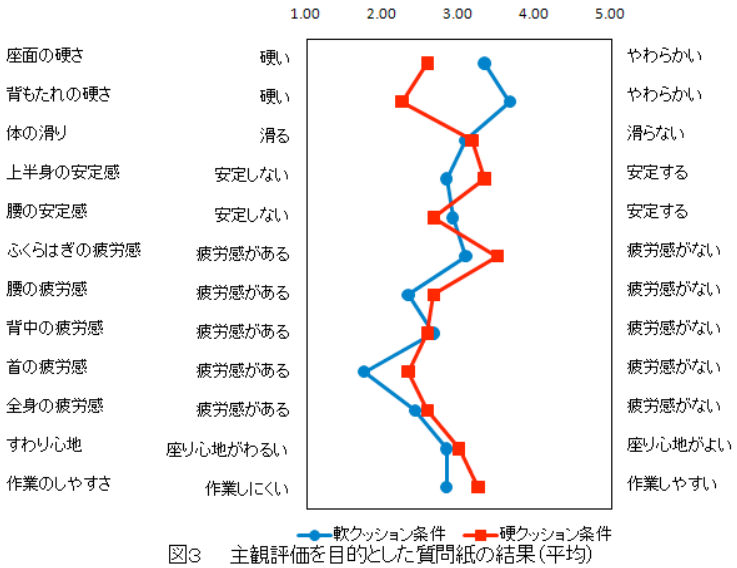


図3　主観評価を目的とした質問紙の結果(平均)

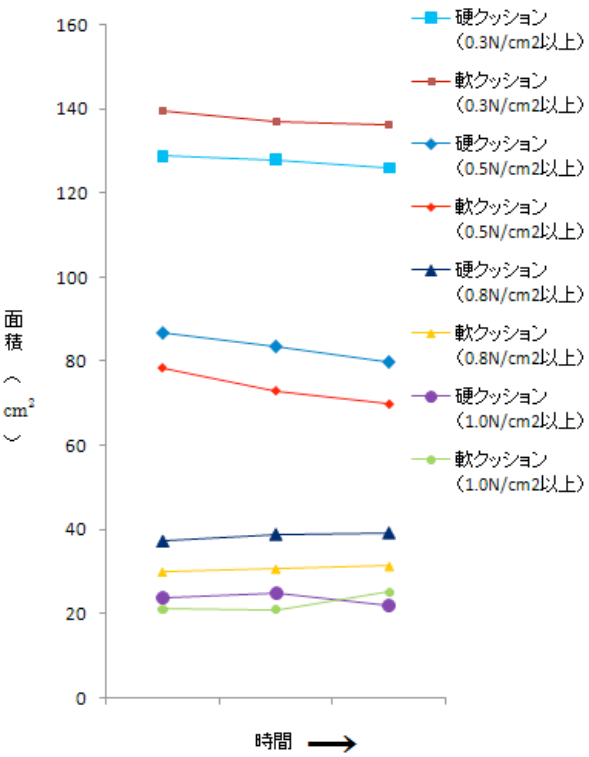


図4　各圧力以上かかっている面積の時間変化

ケートを行った(表１)。

三次元計測では、頭、首、肩、肘、手首、腰、膝、足首の計８点にポインタを付け三次元計測システム(株式会社ライブラリー製 ひまわり)を用いて三台のカメラでそれぞれのポインタの動きを追跡した。筋電位計測ではEMG計測装置(BIOPAC Systems社製 MP150及びMP100)を用いて脊柱起立筋、腹筋、脹脛の表面筋電位を計測し筋活動量とした。座圧計測ではシート式圧力計(X SENSOR TECHNOLOGY CORPORATION製 Xsensor Pressure Mapping System X3メディカル5.0)を用いて荷重の変化を計測（図２）し、一定の圧力以上(0.3N/cm²、0.5N/cm²、0.8N/cm²、1.0N/cm²)がかかる面積に注目した。主観評価を目的としたアンケートは各計測が終了した直後に実験に用いた椅子に座った状態で記入させた。

３．結果

主観評価に与えるクッションの硬軟の影響を検討するために実施したアンケートでは座面、背もたれの硬さについては差が確認できたが、上半身、腰の安定感、腰、背中、脹脛、全身の疲労感、体の滑り、座り心地、作業のしやすさの全ての項目で差は確認できなかった(図3)。

座面の高さの効果については、クッションの硬軟と座面の高さの2要因6水準の対応のある分散分析を行った結果、脹脛の疲労感や座り心地等に座面の高さの主効果を確認できたが、クッションの硬軟との交互作用を確認することはできなかった。

座面圧では、各試行における一定の圧力以上がかかった面積の全計測時間の平均は軟クッション条件で0.3N/cm²以上はM=137.3cm² (SD=13.9cm²)となり、0.5N/cm²以上はM=73.1cm² (SD=18.3cm²)、0.8N/cm² 以上は M=30.6cm² (SD=9.4cm²)、1.0N/cm²以上はM=21.1cm² (SD=9.8cm²)となった。硬クッション条件では0.3N/cm²以上はM=127.5cm² (SD=18.7cm²)、0.5N/cm² 以上は M=83.3cm² (SD=18.3cm²)、0.8N/cm² 以上は M=38.5cm² (SD=7.1cm²)、1.0N/cm² 以上は M=24.5cm² (SD=7.7cm²)となった(表2)。各面積について硬軟クッションの2条件で対応のある分散分析を行った結

果、0.3N/cm²以上(t=-2.835, p<.05)かかっている面積は軟クッション条件が有意に広く、0.5N/cm²、0.8N/cm²、1.0N/cm²以上かかっている面積は硬クッション条件が有意に広いことが確認できた(t=2.878, p<.05、t=5.831, p<.001、t=2.502, p<.05)。また、時間変化について検討するために実験開始直後、開始から5分経過後、終了直前のそれぞれで座りなおし等による一時的で大きな圧力変化のない時間を20秒抜き出し、その間の平均面積について分析を行った結果、0.3N/cm²、0.8N/cm²、1.0N/cm²以上の面積は10分間ほとんど変化がなく横ばいであったのに対して、0.5N/cm²以上の圧力がかかっている面積は徐々に減少する傾向があった(図4)。この傾向は全24試行のうち20試行で確認できたが、クッションの硬軟による違いは確認できなかった。また1.0N/cm²以上の面積は開始直後と5分経過後では硬クッション条件の方が広かったが、終了直前では軟クッション条件の方が広くなった。

4．考察

主観評価で座面、背もたれの硬さには差が確認できたが、他の項目では全く差が確認されなかったことから本研究で用いたクッションの硬さの差ではその違いは認知できるが10分間では主観評価に影響を与えるほどの差ではなかったと考えられる。しかし、本研究では10分という短い時間での計測であったので、疲労感を検討するならばより長い時間の姿勢保持についても検討することによって新たな結果を得ることができるのではないだろうか。

クッションの硬さと座面の高さの交互作用については本実験では確認できなかったことから、クッションの硬さの効果と座面の高さの効果はそれぞれ独立して座り心地に影響を与えているものの交互作用はないと考えられる。

一定以上の圧力がかかった面積については硬いクッションの方が0.3N/cm²以上の面積は狭くなり、0.5N/cm²、0.8N/cm²、1.0N/cm²以上の面積が広

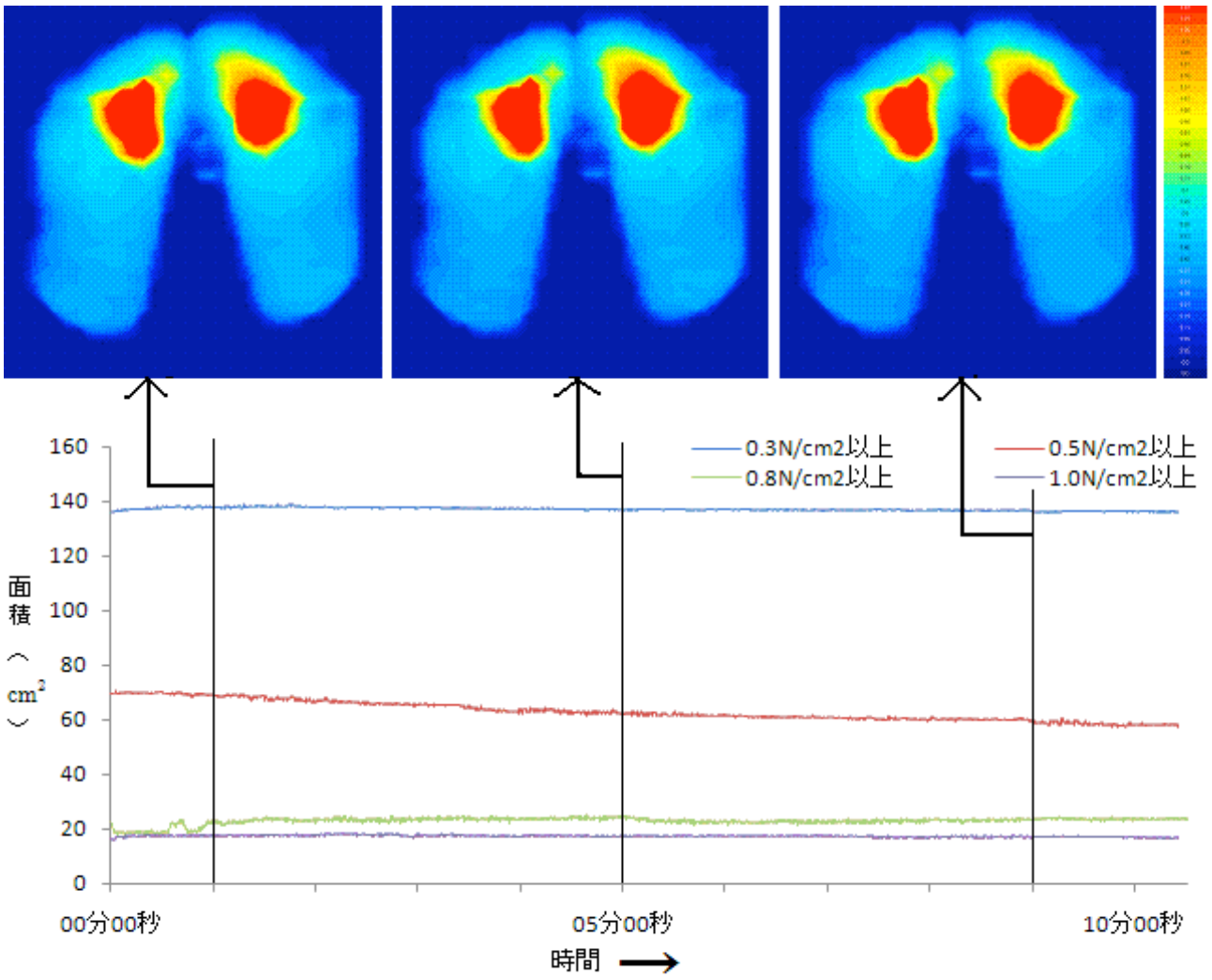


図5　一定以上圧力のかかっている面積の時間変化と圧力分布図の一例

くなったことから硬クッションの椅子の方が面積あたりの圧力量が大きくなり弱い接触圧の面積が小さくなり、強い接触圧の面積が大きくなっていると考えられる。軟クッションの椅子の方ではその逆であり、軟クッションの椅子が硬クッションの椅子よりも圧力を分散しているのではないかと考えられる。

時間変化による座圧の変化については0.3N/cm²、0.8N/cm²、1.0N/cm²以上が10分間でほとんど変化がないことに対して、0.5N/cm²以上については安定して減少傾向が確認できた。つまり、圧力量が0.5N/cm²以上0.8N/cm²以下の面積が減少し、圧力量が0.3N/cm²以上0.5N/cm²以下の面積が増加したことになるが、0.3N/cm²以上の面積が増加していないことから、圧力のかかっている総面積は大きく変化していないと考えられる。図5はこの傾向が確認された被験者C (55kg)のSoft ±0条件の試行における10分間の0.3N/cm²、0.5N/cm²、0.8N/cm²、1.0N/cm²以上の圧力がかかる面積の変化をそれぞれ示したものであり、図5の上部は左から1分経過後、5分経過後、9分経過後の圧力分布図である。0.5N/cm²以上の面積量を示す赤い線が徐々に減少していることが顕著に確認できる。圧力分布図からは1分経過後では大腿部の全域に広がっていた濃い水色の部分が5分経過後、9分経過後となるにつれて徐々に坐骨周辺に後退し、大腿部の水色が若干濃くなっている。このように、時間経過とともに圧力の分散が小さくなり坐骨部分への圧力集中が進むことによって、血流を阻害や使用する筋肉の偏りを起こし、疲労感や不快感を引き起こすのではないだろうか。

他の被験者では0.5N/cm²以上の面積量が減少すると座りなおしによって0.5N/cm²以上の面積を大きく戻し、再度減少して座りなおしを行うという動きを10分間の間に見せた試行もあった。これは圧力の集中と座りなおしや不快感関係を示しているとも考えられるのではないだろうか。また、圧力量の中程度の面積が減少し、圧力量の低い面積と入れ替わったことから、総圧力量が減少していることになるが、本実験ではその分がどこに移ったかを検証することはできなかった。

本研究ではクッションと圧力の関係の時間変化について検討したが、被験者数が少なかったために傾向の可能性を確認することにとどまり、一般的な傾向として述べることができなかった。そのため、今回の結果を踏まえて被験者数を増やして実験を行う必要性がある。また、椅子の評価を行うにあたって1試行10分間の実験時間ではあまりに短かったためにより長い時間を椅子に座り続ける実験を実施する必要性もあるだろう。

参考文献

1) Dennis Zacharkow : POSTURE SITTING, STANDING, CHAIR DESIGN & EXERCISE, Charles C. Thomas Publisher, 1988.
2) Etienne Grandjean著　中迫勝・石橋富和訳：オキュペーショナルエルゴノミックス, ユニオンプレス, 2002.
3) 藤巻吾朗著　野呂影勇指導：体圧分布のパターン変動と座り心地, 人間科学研究, Vol.18, Supplement, 125-126, 2005.
4) 椋代弘：車椅子座面クッションの評価, 岡山県工業技術センター, 技術情報, No.468, 5, 2006.
5) 辻圭一他：脳卒中方麻痺者の車椅子座圧の特性, 理学療法科学, Vol.23, No.3, 453-457, 2008.

人体への加圧部位の違いが心理・生理特性に及ぼす影響

○石丸園子、中村美穂、野々村千里（東洋紡績㈱総合研究所）
横山敦士（京都工芸繊維大学大学院）

Effect of the difference of the pressure position on human body about psychophysiolosical reaction

Sonoko ISHIMARU,Miho NAKAMURA,Chisato NONOMURA
(Research Center TOYOBO CO.,LTD)
Atsushi YOKOYAMA(Graduate School,Kyoto Institute of Technology)

１．はじめに

衣服の快適性の主要因として、熱・水分特性に関する衣服内温湿度、衣服が皮膚を押し付ける衣服圧、および肌触りが挙げられる。そのうち、衣服圧は、適切な圧力を身体に付与することで、運動機能性の向上、体型補正効果、自律神経系の反応制御、動脈瘤の予防など、さまざまな機能を発現させることができる。また、適当な圧力分布を実現することで、快適に感じさせることもできる。これらの機能は、日常着用するアンダーウェアから、ファンデーション、スポーツウェア、メディカル用途など、幅広い用途で要求されている。

田村ら[1)]は、胴部、腰部の加圧は副交感神経活動を促進するが胸部では変化しないと報告している。また、長山ら[2)]は、ショートガードル着用時、交感神経活動が低下した、と報告している。しかし、加圧部位と自律神経系の生理反応と心理状態との関係は明確になっているとは言えない。本報告では、それらの関係について検討した。

２．方法

(1)実験１

被験者は、健康な女性7名で、環境26℃60％RHで実施した。着装状態は、ショーツ、ゆとりのある半袖Ｔシャツと膝上丈のスウェットとし、ブラジャーは着用しなかった。プロトコルは、10分間椅座位安静の後、5分間立位安静とし、その後、立位安静7分間、および、座位安静5分間を7回繰り返した。7回の立位安静時に、下腿、大腿、前腕、上腕、腰部、腹部、胸部の7箇所を被験者毎にランダムな順序で加圧した。加圧方法は、幅9～10㎝の伊達巻を使用し、エアパック式圧力センサで2.7～3.3kPaの範囲内の圧力になるよう調整した。加圧幅は、中村ら[3)]の幅10cm以上では圧迫感の変化が小さいという報告を参考にした。

自律神経系の生理反応として心電図を測定した。心電図のRR間隔を計測し、FFT処理をして得られるパワースペクトルを低周波数領域LF(0.04～0.15Hz)と高周波数領域HF(0.15～0.4Hz)に分け、副交感神経系の指標としてHF、交感神経系の指標としてLF/HFを求めた。心理状態は、RAS(Roken Arousal Scale)のうち4項目、および、圧迫感をアンケート調査した。心電図の解析は、立位時の3.5～5.5分の2分間を対象とし、主観評価は、立位時の6分後に調査した。

（２）実験2

実験１では呼吸統制をしなかったが、実験2では呼吸統制をして、実験１と同様の試験を実施した。呼吸速度は、被験者毎に統一した。その他の条件は実験1と同様にした。

３．結果および考察

計測値の個人差を考慮し、心電図、主観申告値全てにおいて、被験者毎に標準化したデータを採用した。実験1の心電図のHF及び、LF/HFを図1および図2に示す。HFが高い部位は、腰部、腹部、前腕部、および無加圧であり、低い部位は大腿部、下腿部、上腕部であり、胸部も低い傾向を示した。一方、LF/HFが高い部位は、胸部、大腿部、下腿部であり、胸部も高い傾向を示し、低い部位は、下腿部、上腕部、前腕部、であり、腰部、腹部も低い傾向を示す。呼吸統制をした実験2でも、腹部のHFが高く、LF/HFが低く、逆に胸部はHFが低く、LF/HFが高い傾向は再現した。

次に、RASの評価項目のうち、「くつろいだ気分だ」の評価点について、図3に示す。HFが高い腰部は「くつろいだ気分」の評価点が高いが、同様にHFが高い腹部は「くつろいだ気分」の評価点が

低く、腹部では、一般的にHFが高い、すなわち、副交感神経活動が高いとリラックスする、という知見と異なる傾向を示した。

また、圧迫感の評価項目のうち「心地よい締め付け感」の評価点を図4に示す。本評価点は、「くつろいだ気分」の評価点と同様の傾向を示し、腰部、下腿部、前腕部の評価点が高く、胸部、腹部、上腕部、大腿部が低い傾向を示した。

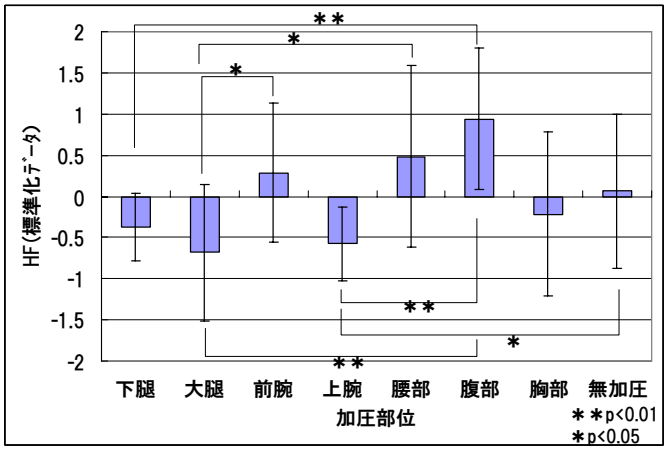


図1　心拍変動HF(実験1)

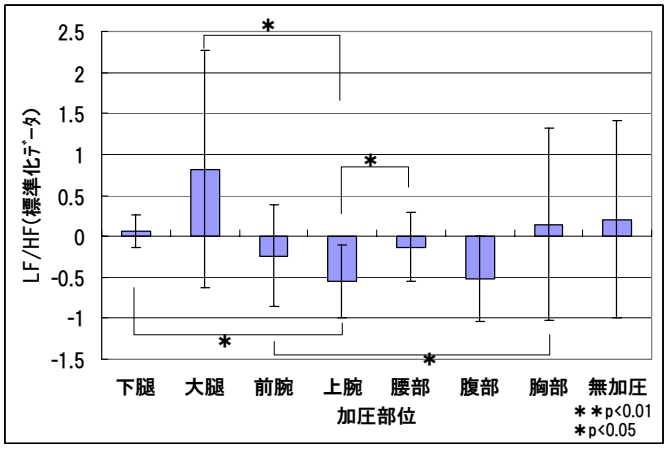


図2　心拍変動LF/HF(実験1)

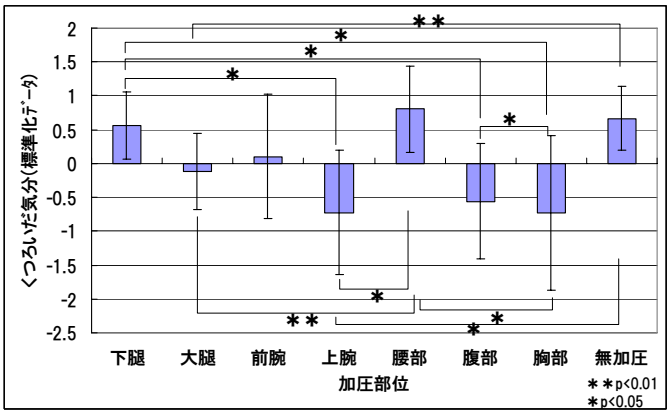


図3「くつろいだ気分」の主観評価(実験2)

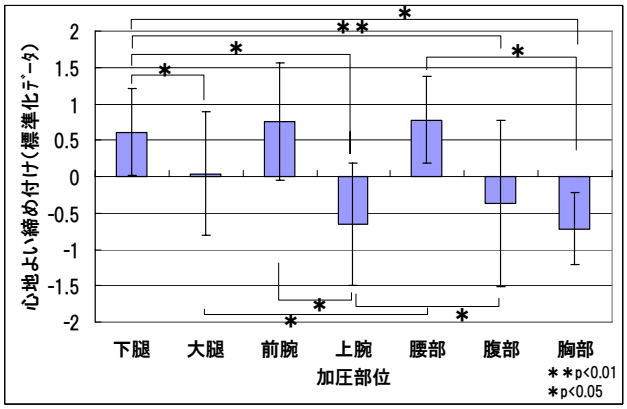


図4 心地よい締め付け感(実験2)

一般的に、HFが高い、すなわち、副交感神経活動が高いとリラックスする、と言われているが、腹部は、HFは高いが締め付け感は心地よくなく、くつろいだ気分でもない結果を示し、従来の知見とは、異なる挙動を示した。すなわち、HFのみでリラックス感を評価できない場合があることが示唆された。一方で、腰部、胸部、大腿部、前腕のように、HFおよびLF/HFとくつろいだ気分との関係が、従来の知見をそのまま適用できる部位もあることを確認した。

各部位で心理・生理反応が異なる挙動を示す原因の１つに、動脈圧受容器反射があると推測される[1)4)]が、全てを説明できるかは、今後さらなる検討が必要だと考える。

４．おわりに

加圧部位により、生理反応だけでなく、心理状態も異なることを把握した。また、胴部は、胸部、腰部、大腿部、前腕と異なり、従来の知見であるHFでリラックス感を評価できない傾向を示した。

参考文献

1) 田村、岡本：機能的スポーツウェア設計のための基礎研究－人体加圧の生体影響－，デサントスポーツ科学，Vol.27，3 -14 ，2006
2) 長山、中村ら：心血管機能に及ぼすガードル着用の影響－心拍変動のパワースペクトル解析－, 繊消誌, Vol. 36, 68-73, 1995
3) 中村、諸岡ら：ベルト幅と圧迫度が腹部の圧迫感と圧感受性に及ぼす影響，繊学誌, Vol. 60, No. 12, 2004
4) 佐藤、五嶋ほか：自律機能生理学，金芳堂, 1995

「商品イメージ解析法」の有用性 －化粧品の高級感を例に－

○西藤栄子（徳島文理大学･短期大学部）
神宮英夫（金沢工業大学情報学部）

Usability and Possibility of 'Product Image Analysis Method'
- Analysis of the Luxury for Cosmetics as an Example -

Eiko SAITO (Department of Life Science, Tokushima Bunri University),
Hideo JINGU (Faculty of Information, Kanazawa Institute of Technology)

１．はじめに

一般に、商品のイメージ表現構造や商品コンセプトの探索では、「優雅な」「カジュアルな」などというような感性語（形容詞）だけを捉えてKJ法を行い、SD法などの評価法を用いて検討される。

しかし形容詞が同じであっても、その後に続く言葉（名詞）によってイメージ内容は異なる。例えば、図１に示すように「優雅な＋フォルム」と「優雅な＋時」では、前者が形態デザインの優雅さを表すのに対して、後者はモノによって創造されるライフスタイルの優雅さを表す。したがって、作り手が意図した真のイメージを把握するには、形容詞が指す意味の違いを、カテゴリー化の段階で反映すべきである。

本一連の研究[1,2]ではこれに着目し、テキスト型データから、商品特有のイメージをより精度良く解析する方法（「商品イメージ解析法」と呼ぶ）を提案した。テキスト型データは、SD法で得られる数値型データに比べて客観的分析が困難であるとはいえ、評価対象者の意見を直接反映したデータであるために、分析の工夫次第では、イメージの全体像により近い結果が得られることが期待できる。

そこで本報ではすでに提案している「商品イメージ解析法」を用いて、感性商品の典型である化粧品の高級感を、評価者の意見データ（テキスト型データ）をもとに分析し、この得られた知見から、本解析法の有用性を検証する。

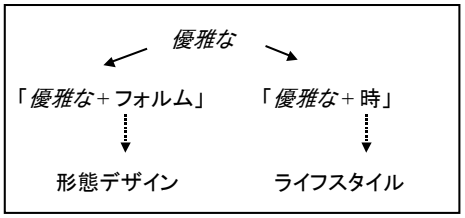


図１　研究の着眼点

２．方法

２．１．「商品イメージ解析法」の特徴

本解析法の特徴は、図2（第2段階）に示すように、まず感性表現している用語を「形容詞＋名詞」単位で収集･整理することである。さらにこの解析法による解析効果・可能性については、「形容詞＋名詞」単位の分類過程で名詞に着目して分類することによって、分類者が商品特有の感性表現の枠組みを理解できる点にある。これによって、従来の形容詞だけを捉える方法に比べて、商品特有のイメージ内容の解明が可能になる[1,2]。

２．２．　研究プロセスとデータ解析

本報での研究プロセスを図２に示す。分析対象データは、化粧品の高級感に対する意見データであった。各文章から、高級感を表現している用語を、「商品イメージ解析法」で収集･整理、分類して、高級感カテゴリーを求めた。各カテゴリーに出現した形容詞の意味と出現頻度から、ユーザーが化粧品に抱く高級感の意味･内容を調べ、高級感を左右するカテゴリー間の関連性をコレスポンデンス分析[3]によって検討した。これらの得られた結果から本解析法の有用性を検証する。

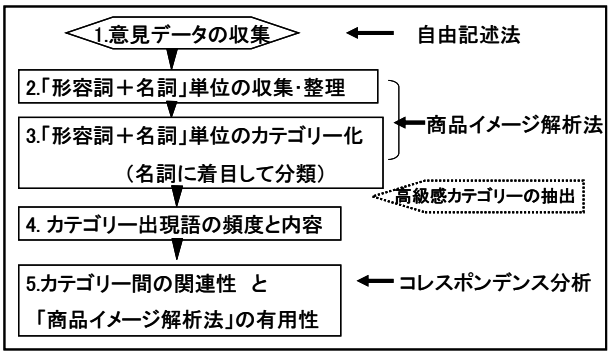


図２　研究のプロセス

らすことのできるRocking条件が設定され、条件の順序は参加者間でカウンターバランスされた。各条件600 s間実施され、ベースラインとその後の効果を見るため課題の前後にFix状態での安静閉眼状態の脳波が180 s記録された。なお参加者には教示において普段と同じようにリラックスすることと、眠くなったら寝ても良いことが告げられた。実験中に実際に寝た参加者はいなかった。

脳波、眼球運動の測定は、日本光電社製テレメータシステムを用い、バッテリ駆動により参加者は電気的にFloatingされた状態で生体反応が記録された。データの収録にはメロンテクノス社製EFRP ver3を用いてAD変換の後PCに記録された。

本実験で計測した脳波は、右耳朶を基準として国際10 %法準拠の頭皮の正中線上後頭部位Ozより導出された。参加者の覚醒状態のモニターのため眼球運動が、左右眼裂外と右眼窩上下より双極導出により記録された。接地電極は前額部に装着された。生態信号はHi-cut30 Hz、 時定数1.5 sで、サンプリング周波数500 Hzで記録された。

脳波データは各条件、及び課題前後の各安静閉眼状態ごとに1024ポイントずつのCosine-Bellの窓関数を使用した後、高速フーリエ変換が実施された。得られたパワー値の8.3−13.2 Hzをα帯域として平均し、結果の分析に用いた。

3. 結果

参加者8名中、課題や実験手続きが異なったもの1名と電極に不備があり生理反応が取得されなかった被験者1名を除いた6名のデータを結果に用いる。

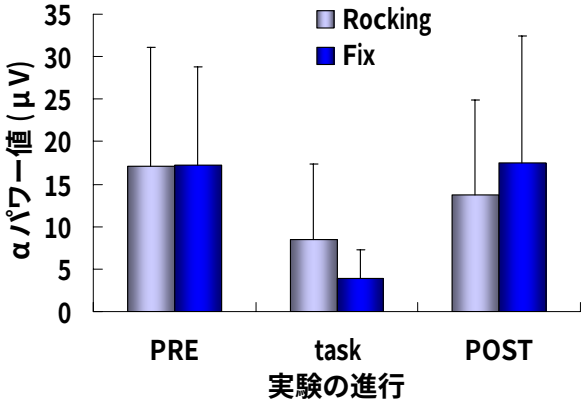


図1．実験の進行とαパワー値の推移．エラーバーは±1SDを示す．

各課題中と課題前後のαパワー値を図1に示す。課題前後であるPREやPOSTと比較して課題中のαパワー値は低下しているが、αパワー値は閉眼時に増強する特性があるためと考えられる。開眼状態の課題中におけるαパワー値は、条件によって差が見られる。また課題前の平均値は各条件でほぼ等しいがαパワー値に参加者間で大きな個人差が観察される。そこで以降の分析は各参加者の課題前をベースラインとし、そこからの変化量の割合を算出し、統計的な処理を実施する。

4. ベースライン補正後の比較

各課題前をベースラインとし、ベースラインと課題中のαパワー値の割合を算出したものを図2に示す。課題中の条件の違いを比較するために対応のある*t*検定を実施したところ有意な差が認められた（$t\ (5) = 2.81,\ p < .05$）。以上の結果より開眼状態での課題中は参加者が任意に揺らすことのできるRocking条件のほうが高いαパワー値であったことが示された。

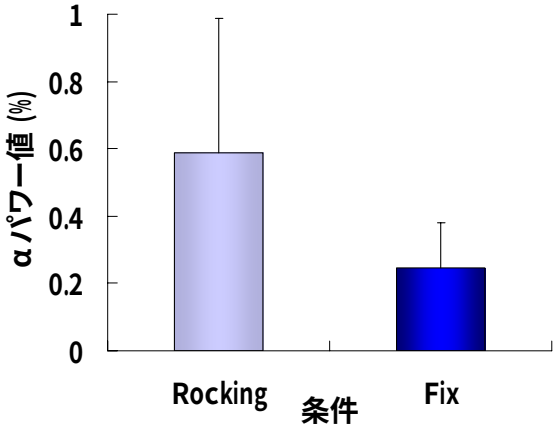


図2．ベースライン補正後の条件間でのαパワー値の比較．エラーバーは±1SDを示す．

5. 考察

αパワー値よりロッキングチェア（ロッキング機構）のリラックス効果が示された。参加者の内省報告より、Rocking条件では自由な姿勢を保てること、また、揺らす楽しみがリラックス効果を引き起こすことが示唆された。

参考文献

1) 栄久庵憲司：椅子道具論ー椅子の形と意味，人間工学，Vol.21，No.5，219-224，1985.

漸増負荷時の自転車運動におけるビンディングペダルの効果

Evaluations of Binding Pedal during incremental power pedaling exercise

○小村　太朗，芳田　哲也，常岡　秀行

（京都工芸繊維大学大学院）

京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

Taro KOMURA, Tetsuya YOSHIDA, Hideyuki TSUNEOKA

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

１．緒言

自転車漕ぎ運動において，ペダルとシューズは人と自転車の動力における接点であり，それがペダリング動作や運動効率に与える影響は大きいと考えられる．自転車競技では一般に，専用シューズとペダルを固定することで効率の良いペダリングが可能になるとされる Binding Pedal(BP, 図 1)が使用されている．先行研究では定常負荷運動において下肢筋活動や主観的運動強度(RPE)が BP と Normal Pedal(NP)で異なることが確認されている[1), 2)]。そこで本研究ではペダル負荷を運動中に変化させ，その際の下肢筋活動や酸素摂取量を測定し，漸増負荷時における BP の効果を検討することを目的とした。

図１　ビンディングペダル（左），専用シューズ（右）の写真

２．方法

２．１　被験者

被験者は競技経験 2 年以上の自転車競技者 7 名とし，本研究の目的と内容を十分に説明した上で参加の同意を得た。

２．２　実験手順

自転車運動は自転車エルゴメータ（MONARK 社製 Ergomedic828）を用いて行い，BP（SHIMANO 社製 PD-R600　TIME 社製 XEN），NP（SHIMANO 社製）両ペダルを用いて実験を行った。漸増負荷運動は，出力を 252W から順に 126W，378W，126W，252W，378W の順で 10 秒毎に変化させ，合計 1 分間を 1 セットとし，クランク回転数（Cadence）は 60rpm から 90rpm，60rpm，90rpm の順で合計 4 セットを 1 シリーズとして行った。このシリーズを BP または NP を着用して各々1 回，十分な休憩を挟んで行った。また各被験者で BP と NP の使用順はランダムとした。実験は最初に，75rpm で 150W のウォームアップを 3 分間行った後に実施し，各セット間に２分間の休憩をはさんだ。自転車運動を行う際のサドル高とハンドル位置は BP，NP 両実験において同条件とし，被験者の好みで合わせた。運動中はガス分析器（VISEMEDICAL 社製 METS-900）を用いて酸素摂取量を 1 分毎に測定し，筋電図の測定を行った。

２．３　筋電図測定

筋電図(EMG)の測定は BIOPAC SYSTEMS 社製 MP100 を使用した。Sampling Rate は 1000Hz とし，自転車運動で主に使われる左下肢の前脛骨筋（Tibialis Anterior，TA），腓腹筋外側頭（Gastrocnemius Lateralhead，GL），外側広筋（Vastus Lateralis, VL)，大腿二頭筋長頭(Biceps Femolis　Caput Longum, BF）に表面電極(Ag-AgCl 電極，日本光電社製）を貼付し活動電位を検出した。電極間距離は約 3cm とし，貼付前には皮膚処

理を行った。また膝関節の可動部位(大腿部内側と脛部内側)にゴニオメータを装着し，自転車運動中における膝関節の角度変化を測定した。

２．４　EMG 解析

解析ソフトは BIOPAC Acqknowledge ver　3.8.1 を用い，実効値（Root mean square，RMS）処理を行った。RMS 波形は 60 サンプル毎に移動平均し平滑化した。このように得られた連続する RMS 波形から負荷が変化する区間の 3 サイクルを抽出し，Cadence によって異なる１サイクルごとの時系列波形を 100 サンプルに規格化し，300 サンプル，3 サイクルで BP と NP を比較した。

３．結果

酸素摂取量と主観的運動強度は，ペダルタイプの異なる両群間に有意差は認められなかった。

下肢筋活動のおいては，大腿部の VL，BF では，顕著な差は見られなかった。しかし，下腿部の TA，VL でペダルタイプによる筋活動の違いが見られた。図 2，3 に BP と NP で 60rpm，出力 126W から 378W に変化させた時の TA と，GL の筋活動パターンの１例を示す。

TA（図 2）において，NP が各サイクルで上死点（360 度または 0 度）前後のクランク角度に筋活動が集中しているのに対し，BP では下死点（180 度）以降すぐに筋活動が出現し，上死点付近では NP に比べ筋活動が減少していた。

GL（図 3）においては，BP に比べて NP の下死点以降の筋活動が顕著に見られた。

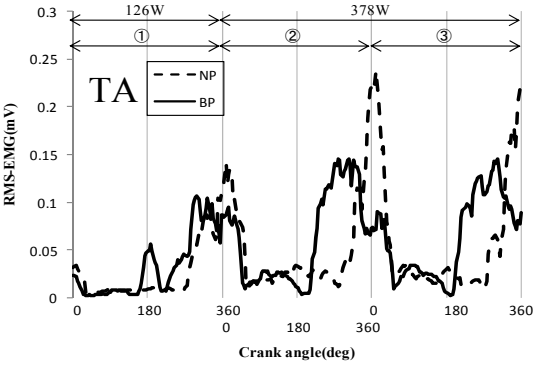


図２　前頸骨筋(TA)のペダリング 3 サイクル(①～③)の RMS-EMG 波形（60rpm，負荷 126W→378W）

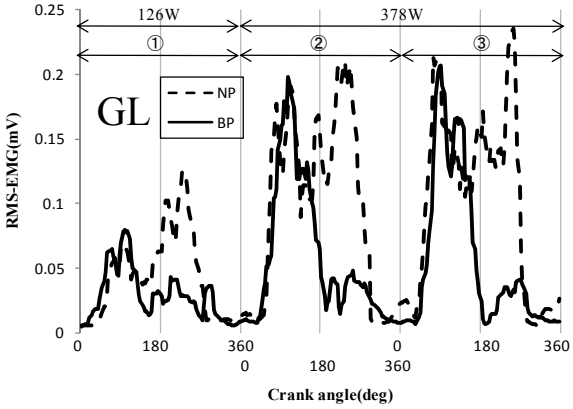


図３　腓腹筋外側頭（GL）のペダリング 3 サイクル（①～③）の RMS-EMG 波形（60rpm，負荷 126W→378W）

４．考察

本研究における TA の筋活動から，BP ではペダルとシューズが固定されているので，下死点以降の引き上げ動作でペダルに力を加えるために足首の背屈を行っていることが考えられる。また上死点付近では，NP では足首を背屈することでペダルを前に押し出す必要があるが，BP ではその必要がなく，NP に比べ，足首を背屈せずにペダルを押し出していることが推察される。さらにペダルを引き上げる動作時に NP ではペダルとシューズの接触を維持するため，足首を底屈する必要があるので，下肢点以降の顕著な GL の筋活動が見られたと考えられる。

以上より，下肢の筋活動における BP の効果は足首の底背屈動作を容易にすることが考えられ，それが実走時のストレスやパフォーマンスに影響している可能性が示唆された。

参考文献

１)牧　道太郎ら：自転車運動におけるビンディングペダルの効果，平成 19 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，ｐ93，2007.

２)牧　道太郎ら：ビンディングペダルの使用が自転車運動時の下肢筋活動に与える影響，第 137 回京都体育学会抄録集，ｐ15，2008.

スイング動作時の打球感評価に関する研究

○植田尚良（住友ゴム工業株式会社）

Research on the impact reaction evaluation during the swing motion

Naoyoshi UEDA (Sumitomo Rubber Industries, LTD)

１．はじめに

上級者･プロが使用するゴルフボールは，飛距離･スピンといった性能に加え，アプローチショット時の打球感がソフトな事が重視される．

打球感はヒトの感覚であるため，これまでアンケートを用いた官能評価などで定性的に評価されてきたが，テスターによって結果が異なる事や，同じテスターでも日によって結果が異なる事があり，一貫性のある評価が難しかった．

そこで，打球感のソフトさを定量的に評価できる手法の探索を目的に，実打時のゴルファーに伝わる物理量を計測し，官能評価の結果と相関のある指標値を探索する．

２．仮説の設定

２．１　調査

打球感を定量化するための着眼点を検討すべく，上級者を対象に，打球感のソフトさをどこで感じるのか調査を行った．その結果，触角・聴覚・視覚が関わっている事がわかった．このうち特に触角が重要であるという意見が多かった事から，触覚に着目して定量化手法を検討していく．

２．２　仮説の設定

触覚に関する文献より，指先にすべりが生じた際に，そのすべりに応じて補正に要する把持力を無意識に増加させる事が報告されている．[1) 2)]

ゴルフスイングにおいても，インパクト時のグリップ部に同様の現象が生じているのではないかと考えた．そこで，打球感の異なるボールは，①手とグリップの間に働くすべりが異なり，このすべりの大小によって②無意識に増加させる把持力の大きさが異なるという仮説を立てた．①の計測は計測可能なハードが現有していないため，グリップ圧力の計測から②の検証を行っていく．

３．実験1（打球感の差の大きなボール）

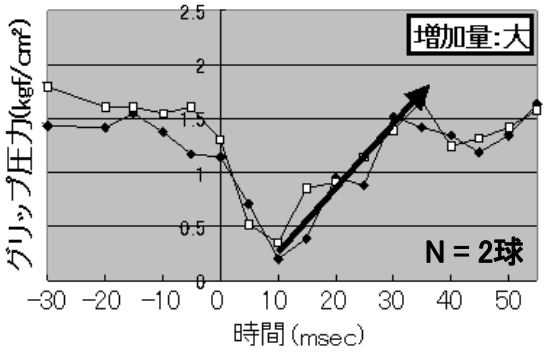
差の大きなボールを実打した際のグリップ圧力の計測を行い，官能評価との相関を確認する．

３．１　実験方法

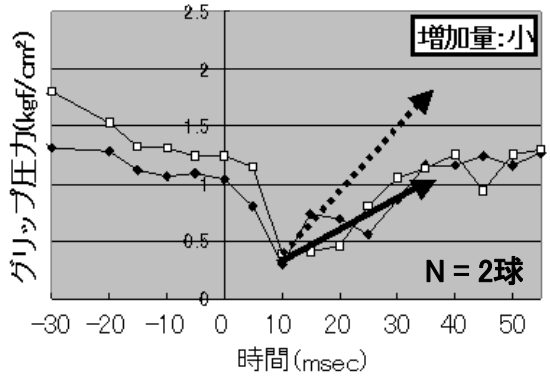
上級者1名にサンドウェッジ(SW)で，打球感の硬いボールと，ソフトなボールを実打して頂き，その際のグリップ圧力の計測と打球感の官能評価を行った．グリップ圧力の計測には㈱NITTA社製のオクトセンスを用い，サンプリング周波数は200Hzで計測を行った．また，インパクトのタイミングを検出するために，高速度カメラを用いてスイングの撮影を行った．

３．２　実験結果と考察

図1にインパクト付近のグリップ圧力の計測結果を示す．尚，0秒の時点でインパクトを迎えている．(a)より，打球感が硬いと感じたボールでは，インパクト直後に圧力が増加している事が確認できる．一方，打球感がソフトに感じた(b)では，圧力が緩やかに増加しており，打球感が異なると，インパクト直後のグリップ圧力の増加量が異なることがわかった．



(a)打球感の硬いボール



(b)打球感のソフトなボール

図1　インパクト付近のグリップ圧力波形

４．実験2（無意識の握り返しの有無確認）

3章の圧力増加が無意識の握り返しによるものか否かを判断する事を目的に，モデル実験を行う．

４．１　実験方法

閉眼状態の被験者にSWを持ってアドレスの姿勢を取って頂き，ゴルフボール相当の衝撃をフェース面に加えた．衝撃に対する握り返しの有無は㈱日本光電社製のWEB-5000を用いて筋電計測から確認する．計測筋は，握り動作と関連性の高い，左右の腕側手根伸筋・総指伸筋・尺側手根屈筋・腕側手根屈筋とし，Case1:ただ衝撃を受ける場合，Case2:衝撃を感じてから可能な限り早く意識的に握る場合，の2種類のケースで実験を行った．

４．２　実験結果と考察

図2に衝撃に対する筋の活動量の結果を示す．尚，0秒の時点で衝撃を加えている．Case1の結果より，衝撃後20～50msecの間で筋活動が確認できた．一方Case2の結果からは，Case1と同等の筋活動が確認でき，その後に衝撃後70msec以降で意識的な握りと考えられる筋活動が確認できた．Case1では，意識的な握りを行う指示を与えていない事から，インパクト相当の衝撃に対し，20～50msecの間で無意識の握り返しが発生している事が確認できた．

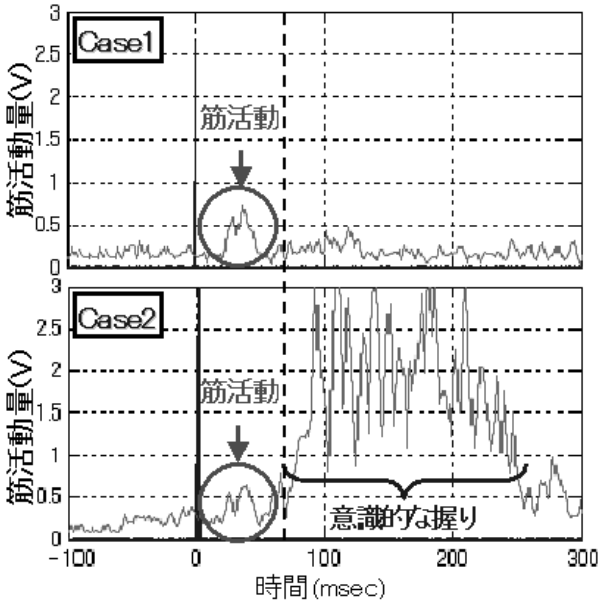


図2　衝撃に対する筋の活動量

５．実験3（打球感の差の小さなボール）

差の小さなボールを実打した際のグリップ圧力の計測を行い，官能評価との相関を確認する．

５．１　実験方法

上級者3名にSWで，打球感の差の小さな3種(A･B･C社既製品)のボールと，3種に比べ打球感の硬いボール1種(2ピース)を実打して頂き，3章と同様の計測を行った．

５．２　実験結果と考察

図3にインパクト直後にグリップ圧力が最小値となった後の増加量を算出した結果と，被験者が感じた打球感の評価結果を示す．

打球感が4種のうち最もソフトだと感じたA社のボールは，圧力増加量の値が最も小さく，4種のうち最も硬いと感じた2ピースのボールは，圧力増加量の値が最も大きいという結果となり，被験者が感じた打球感のソフトさと圧力増加量には相関が確認できた．この傾向は実験を行った3名のうち，2名で確認できた．

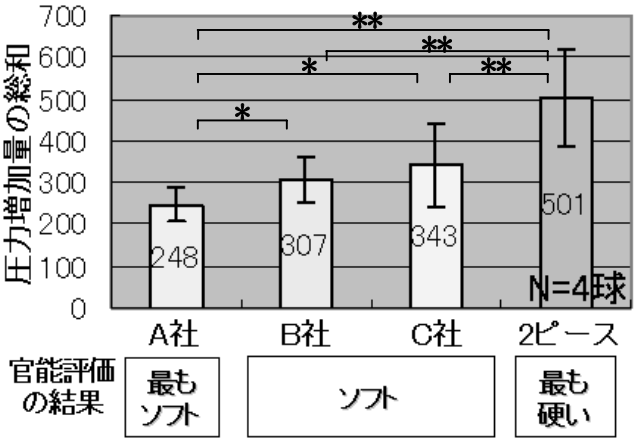


図3　ボール違いのグリップ圧力増加量

６．おわりに

衝撃に対する無意識の握り返しに着目し，インパクト直後のグリップ圧力の増加量から，打球感を定量化できる可能性を見出した．

今後は，仮説の普遍性を確認すべくN増し実験を行っていく．

参考文献

1) 前野隆司他：ICPFアクチュエータを用いたヒト指腹部への分布振動刺激に基づく把持力調整反射の誘発，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.11，No.1，2006.
2) 松井利一他：指先のすべり覚による人間の把持力制御特性，人間工学 第41回大会講演集，566-567，2000.

平成21年度　日本人間工学会関西支部大会

人体の運動計測システムの開発

ー　システムの全体構成とセンサシステムの評価　ー

〇落合伸一郎、大賀洸太朗（摂南大学大学院工学研究科）
橋本正治（摂南大学工学部）

Development of Measurement System of Human Body Motion
- System Composition and Evaluation of Sensor System -

Sinichiro OCHIAI, Koutaro OGA (Graduate School of Engineering Setsunan University),
Masaharu HASHIMOTO (Faculty of Engineering Setsunan University)

１．はじめに

作業者の労働負担の評価のために実施される運動計測・生態情報計測では作業空間が測定空間となり、これらの研究で得られた測定技術をそのまま屋外の、例えばスポーツ競技などの運動計測等のように測定空間に制限がない計測や、動作に拘束を与えないというような場合に利用することは困難であった。このような背景をふまえ、本研究では、運動の評価結果をリアルタイムに被験者にフィードバックできることも可能な可搬型の運動計測システムを開発した。本システムを利用することで、スポーツなどのコーチングや、運動中の測定結果をリアルタイムで被験者に提示し即座に動作を修正すること等が可能になる。

本報告ではシステムの全体構成とセンサシステムを実験により評価した結果について述べる。

２．システムの全体構成

計測システムの運用を図１に示す。運動中の被験者はデータ収集部を装着して運動を行っている。データ収集部では体の各部位に取り付けたセンサから得られる運動データを収集し、データの分析・評価を行う計算機に無線により転送を行う。データ分析・評価部の計算機で分析・評価した結果は再びデータ収集部へ送られ、運動者に視覚・聴覚情報として提示されることになる。

データ収集部の外観と内部の構成を図２に示す。データ収集部では、センサ信号の量子化のための8ch-12bitA/D変換器と、得られた信号をデータ分析・評価部の計算機へ送るBlueTooth(Class1(通信距離100m）を用いた転送部と、これらを制御するマイクロプロセッサ（H8）を用いた制御部により構成されている。

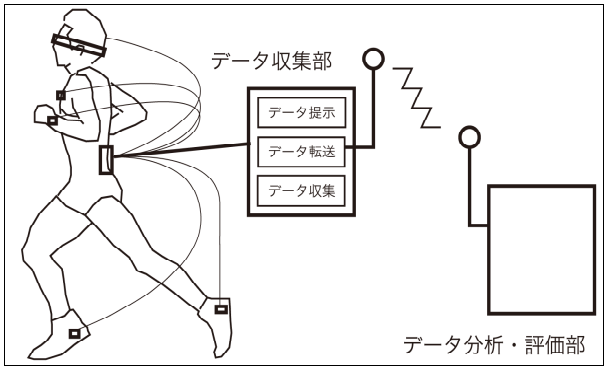
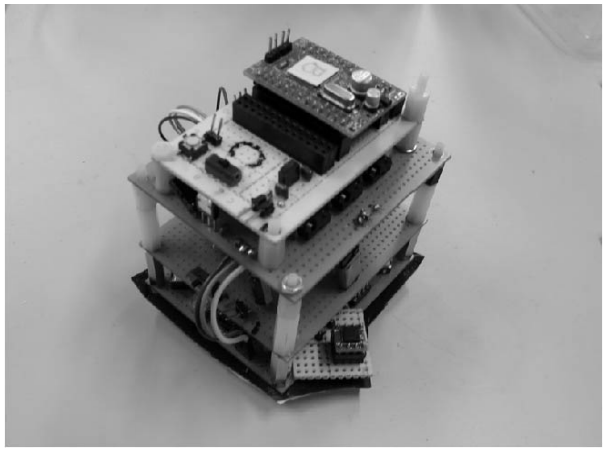


図１　システムの全体構成



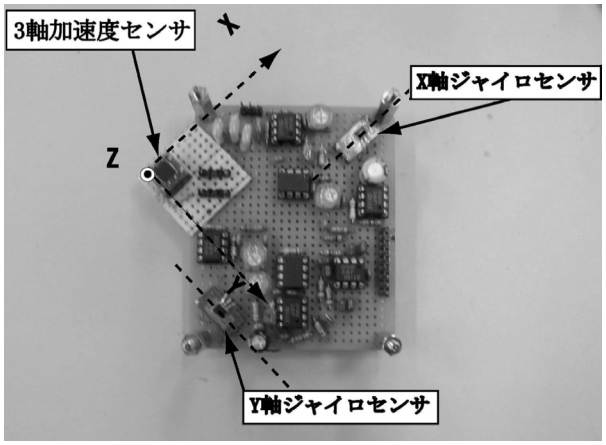


図２　データ収集部の外観

運動を計測するセンサ信号として、3軸加速度センサ（最大２G)、角速度センサ（最大300度/sec）を搭載している。他に、生体情報として呼吸数、心拍数、体温を計測するためのセンサも搭載が可能である。いずれのセンサもセンサの直近に増幅回路・フィルタ回路を設け、データ収集部までの配線から混入するノイズに対処している。

転送部ではデータをシリアル信号（RS232C, 57600bps）とし、BlueToothで送信している。

データ分析・評価部では、BlueTooth信号を受信しシリアル入力端子より計算機に入力している。一般的なシリアル信号の入力端子を用いているため、データ分析・評価部に用いる計算機にはノートパソコンを用い、フィールドでの計測が可能となっている。

３．センサー部の詳細と評価

本システムを用い、加速度測定に用いた 3 軸加速度センサ、角速度センサの性能評価を行った結果について述べる。

加速度センサの校正は、垂直軸方向に生じる１Gの加速度を用いて一般的に行われている。本研究で用いた最大加速度２Gまで測定可能なセンサが正しく加速度を検出できているかどうかについて、遠心力により１G以上の加速度を発生させる装置を試作し検討した（図３)。角速度ωに応じて加速度は　$a=\omega^2 r$　で求められる。

加速度センサとデータ収集部は共に回転し、運動計測システムが実際に運用されるのと同じ状況で加速度データが BlueTooth によりデータ分析・評価部に送られる。得られた結果を図４に示す。２G まで正しく加速度出力が測定されていることがわかる。

角速度センサについても同じ実験装置を用いて評価を行った。実験結果を図５に示す。正しく角速度が測定されていることがわかる。

いずれの評価実験においても、あらかじめ仕様に合わせて増幅回路を設計したため、A/D 変換器の最大値以上の測定データは表示していないが、角速度センサについてはメーカー保証値以上の角速度を与えても正しく出力が得られていた。

４．おわりに

本研究では、可搬型の運動計測システムを開発した。本装置に搭載する加速度センサと角速度センサについて、実際に運動計測を行っているのと同じ状況で性能評価をおこなった。この結果、センサが正しく計測信号を出力していることと、本システムが適切に動作していることが明らかとなった。

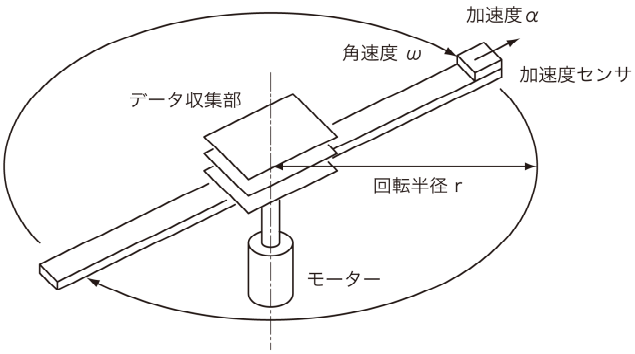


図３　加速度センサの評価実験状況

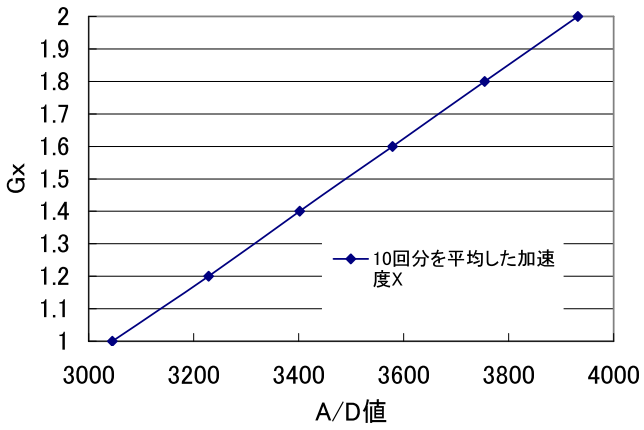


図４　加速度センサの評価実験結果

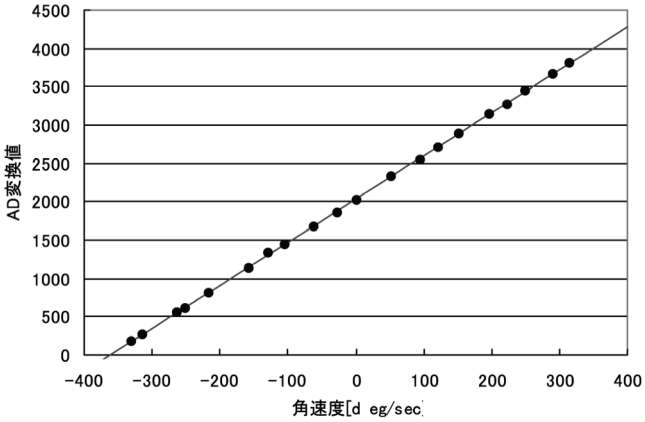


図５　角速度センサの評価実験結果

押し動作時の外乱に対する予測と姿勢制御方略

○岡井理香（奈良女子大学大学院人間文化研究科）
藤原素子（奈良女子大学人間科学科）

Postural Strategy in Response to Disturbance during Pushing Movement

Rika OKAI (Graduate School of Human Culture, Nara Women's University),
Fujiwara MOTOKO (Human Sciences, Nara Women's University)

1．はじめに

姿勢の安定を保つ能力は、あらゆる身体運動の土台となる重要な役割を担っているが、とりわけ、スポーツ競技場面のように刻々と姿勢が大きく変化し続ける状況においては、パフォーマンスを決定する上でも大きな要因のひとつとして挙げることができる。このような姿勢がどのように制御されているのかという問いに対して、先行研究による知見では、外乱に対する予測に基づく制御が姿勢の安定性、および随意運動の遂行に寄与していると考えられている。

しかしながら、対戦相手の存在するオープンスキルの競技では必ずしも事前の予測が成立するとは限らず、時にはフェイントと呼ばれる技巧によって、逆に利用されることもある。例えば柔道や相撲などの互いに組み合う競技では、自分の動作を相手にすかされたり、かわされたりすることによって身体の平衡は失われ、勝負もまた、一瞬にして決まってしまうことも多い。

本研究はこのような競技場面の特性に着目し、能動的な動作が大きな外乱に結びつきうる場面における姿勢制御について検討することを目的に、前方方向への外乱に対する予測が押し動作に及ぼす影響を検討した。

2．方法

被験者8名（female, 20.9±1.2歳）は直立姿勢でレバーを握った状態で、前方に呈示される視覚刺激に対して出来る限り早く反応してレバーを一気に全力で押すという動作を行った。課題にはレバーは動かない場合（Stationary）と動く場合（Movable；外乱）を設定し（図1）、外乱に対する予測度合いの異なる次の2条件で行った。

①Known条件：毎試行開始前にレバーが動くか否かを被験者に予め告げた。

②Unknown条件：条件開始前に「レバーは動くかもしれない」ということだけを被験者に告げた。

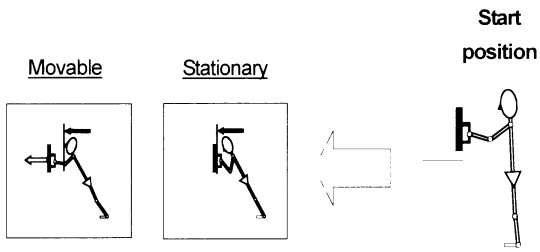


図1　スタートポジションおよび実験課題

両条件ともに各課題12試行をランダムに配列した計24試行を行い、それぞれ4名ずつ条件順序のカウンターバランスをとった。押し方に関して被験者には、ⅰ）前傾姿勢で一気に全力で押すこと、ⅱ）1秒間程度を目標に押すことを教示し、レバーが動いた場合には、ⅲ）最後までレバーを押し切る前に体勢を立て直すことを教示した。

以上の設定で、被験者の左側面からのVTR撮影（60Hz）により、頭頂部、肩部、腰部、膝部の矢状面におけるX、Y座標を算出し、各課題における条件間の姿勢の変化を比較した。

3．結果

各課題、および条件におけるスティックピクチャー（図2）を比較すると、Movable課題では条件のちがいに関わらず、レバーが動くことで前方へと大きく移動する頭部、肩部に対して、腰部と膝部の変位を小さくすることで姿勢の安定性が保持される傾向がみられた。一方、Stationary課題では、各部位を前方へと移動しながら動作が行われたKnown条件に対して、Unknown条件では動作開始後、腰部と膝部が後方へと移動する傾向がみられ、条件間で異なる特徴がみられた。

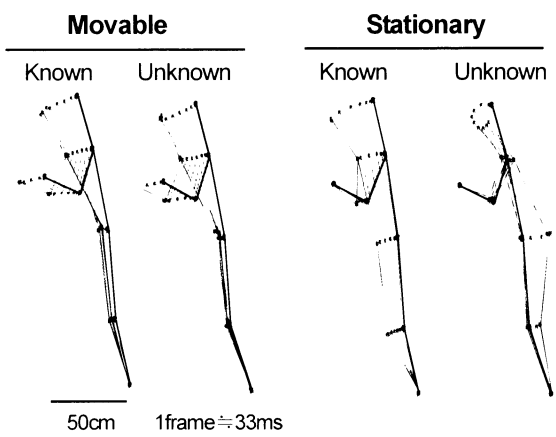


図2 各課題および条件における押し動作の典型例

※被験者は左方向に向かって押し動作を行っている

そこで、これらの姿勢の変化をより詳細に検討するため、動作開始からの各部位の変位について各課題における条件間の相関関係を調べた（図3）。その結果、Movable課題では各部位において、すべての被験者が条件間で正の相関関係を示したのに対して、Stationary課題では腰部と膝部において被験者間でばらつきがみられ、正の相関、負の相関、およびいずれの関係性もみられない被験者とそれぞれに異なる傾向がみられた。

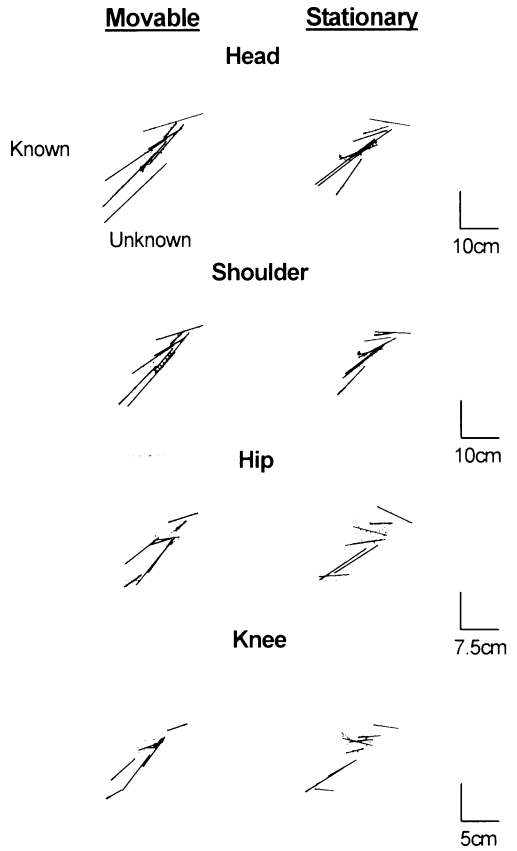


図3 各課題における条件間の頭頂部、肩部、腰部、膝部の前後方向への変位

※原点は解析画面上の0の地点を基準とし、X、Y軸ともに負の方向が前方への変位を示す

4．考察

以上の結果より、レバーが動く場合にはその予測度合いのちがいに関わらず、類似した姿勢の変化がみられ、身体の安定性が保たれたが、レバーが動かない場合には外乱に対する予測によって、押し動作はより大きな影響を受けることが示唆された。

これらの結果は、レバーの動きがどちらか分からない場合には、レバーが動いた場合に備えた姿勢制御を基に動作が行われ、姿勢の安定性は保持されるものの、それがゆえに、本来目的とする動作が影響を受けてしまうことを示していると考えられる。すなわち、レバーが動くことによって生じる過度の前傾姿勢を防ぐために、腰部と膝部の変位を小さくし、後方へと引くような方略を用いて動作を行う結果、レバーが動かなかった場合にはレバーからの抗力も加わり、腰部はさらに後方へと移動してしまっていたと考えられる。これらの姿勢は、いわゆるへっぴり腰と呼ばれる姿勢と類似する特徴とも捉えられることから、日常生活場面よりも、より不確かな予測の下で動作を行うことを求められる競技場面では、外乱に対する予測によって腰が引けてしまった姿勢が生じたり、思うように動作が行えないといった状況が生じてしまっている可能性が示唆される。

本研究と同様の設定を用いたこれまでの結果では、外乱に対する予測によって押し動作時の発揮張力のパターンも大きな影響を受けることが示されていることから、今後は予測性姿勢制御の利得面だけではなく、随意運動に作用する不利な影響についても検討していく必要性が示唆される。

参考

1) 岡井理香他：押し動作時の外乱に対する予測性姿勢制御，奈良女子大学スポーツ科学年報，Vol.10，97-106，2008.
2) 岡井理香他：前方への外乱刺激が押し動作時の姿勢制御に及ぼす影響，奈良女子大学スポーツ科学年報，Vol.11，57-64，2009.

金網を編む動作における継続的動作と断続的動作の“間”の比較

○新井 実生（京都工芸繊維大学先端ファイブロ科学）
北島 正樹（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）
辻 賢一（金網つじ）
久米 雅（京都文教短期大学家政学科）
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（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）
濱田 泰以（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）

Comparison of “MA” in continuous motion and intermittent motion during Knitting “Kana-ami”

Mio ARAI (Department of Advanced Fibro-Science, Kyoto Institute of Technology)
Masaki KITAJIMA (Future-Applied Conventional Technology Centre)
Kenichi TSUJI (Kanaami Tsuji)
Masashi KUME (Department of Home Economics, Kyoto Bunkyo Junior College)
Asami NAKAI (Department of Advanced Fibro-Science, Kyoto Institute of Technology)
Tetsuya YOSHIDA (Department of Advanced Fibro-Science, Kyoto Institute of Technology)
Hiroyuki HAMADA (Department of Advanced Fibro-Science, Kyoto Institute of Technology)

１．緒言

京都の伝統工芸の一つである金網は図1に示す豆腐すくいや餅焼き網に代表され，それらの製品はすべて優れた職人（以下，熟練者）の巧緻な手作業で製作されている．[1), 2)]熟練者は高品質な金網を製作し続けるため，再現性の高い手指制御を長時間要求される．さらに，手指制御は筋疲労などによって不安定になると考えると，熟練者の手指制御には作業負担を軽減するための要素が含まれていると考えられる．

これまで筆者らは熟練者の金網製作時における作業負担の軽減の要素として、作業中の休憩があるものとし、それを“間“”と捉え、間”について，手指の加速度値から検討を行ない，針金をねじる作業について解析をしてきた[3), 4)]．

本研究では，針金をねじる動作（断続的動作）と金網の亀甲模様の一辺を作製する際の動作（継続的動作）の“間”について比較しその違いを明らかにすることで，熟練者の金網作製における特徴を検討することを目的とした．

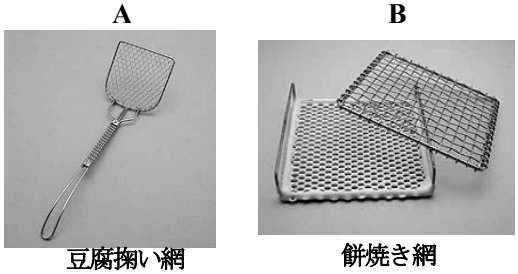


図1 金網製品

２．方法

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．

図2に示すように赤外線反射マーカーをオトガイ点(1)，左右の肩峰(2)，肘頭(3)，橈骨茎状突起(4)，尺骨頭(5)，手関節(6)，母指MP関節(7)，示指MP関節(8)，中指MP関節(9)，小指MP関節(10)，示指DIP関節(11)の合計21ヶ所に貼付した．

作業環境は研究室内で再現し，可能な限り普段の作業環境に近づけ，被験者は通常通りの作業に集中できるようにした．被験者には測定条件に関して説明し，自身のペースで作業するよう指示した．

3次元動作撮影にはMAC 3D SYSTEM (Motion Analysis Co. Ltd.)を使用した．21個の赤外線反射マーカーは図2および図3に示すようにとり付けた．6台のカメラ（hawk-i Motion Analysis Co. Ltd.）でそれぞれのマーカーを認識し，同期したマーカーの位置情報を100Hzでコンピュータに取り込んだ．座標空間は図2に示すようにX軸（左右）， Y軸（前後），Z軸（上下）と設定した．

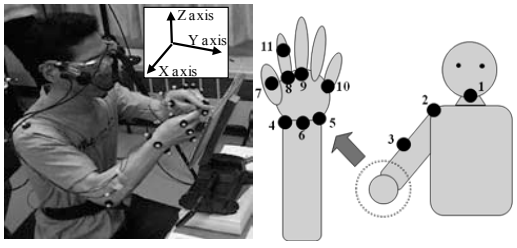


図2. 測定環境設定

被験者には湯豆腐すくい網を3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．図に金網の亀甲模様の作製過程の模式図を示す．

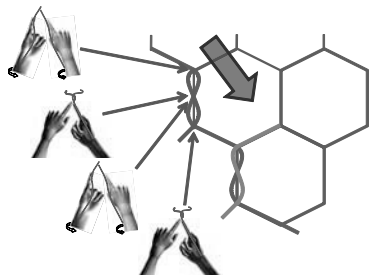


図.4　金網の製作過程の模式図

熟練者の編む動作はこれまでの研究で分割されており[1), 2)]，本研究においてもその方法に従った．亀甲模様の縦の一辺を作製する作業には主作業が2回あり，1回目を主作業，2回目を主作業2とした．

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

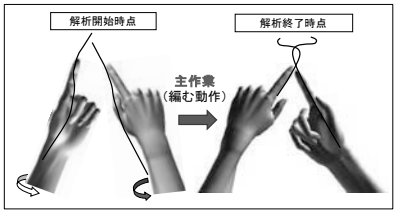


図5　編む動作の分割

解析対象フレームは図6に示すように，豆腐掬い網の右から3列目の上から3辺目とした．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．

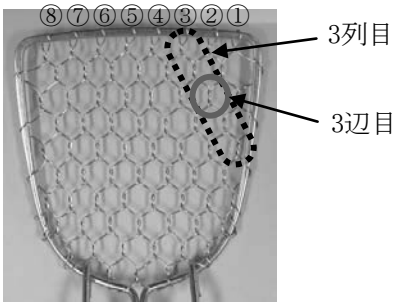


図6 解析箇所

これまでの研究において，左右の示指DIP関節，肘，肩の速度，加速度から“間”が導出されている[4), 5)]．本研究においては同様の部位における加速度に着目する事とした．それぞれの測定部位における速度$\boldsymbol{v}$，加速度$\boldsymbol{a}$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．

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

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

その後，以下に示す方法を用いて“間”を算出することとした．作業時における最大加速度値を算出し，その最大加速度値を規格化して基準とし10%以下，20%以下，…，90%以下を“間”と定義する方法を用いて“間”算出した．算出した“間”が出現する時間帯は，全作業時間を規格化して算出した．すなわち，作業開始時間を0%時間，作業終了時間を100%時間とした．算出項目は左右の示指，肘，肩および上肢における“間”としてそれらの“間”の共通部分を取ったものの7項目である．

本研究では，主作業における“間”を「断続的“間”」，亀甲模様の縦の一辺を作製する際の“間”を「継続的“間”」として，これらについて解析した．

3．結果

3.1　主作業の時間帯

主作業1は全作業の0%時～16%時，主作業2は全作業の42%時～52%時であった．

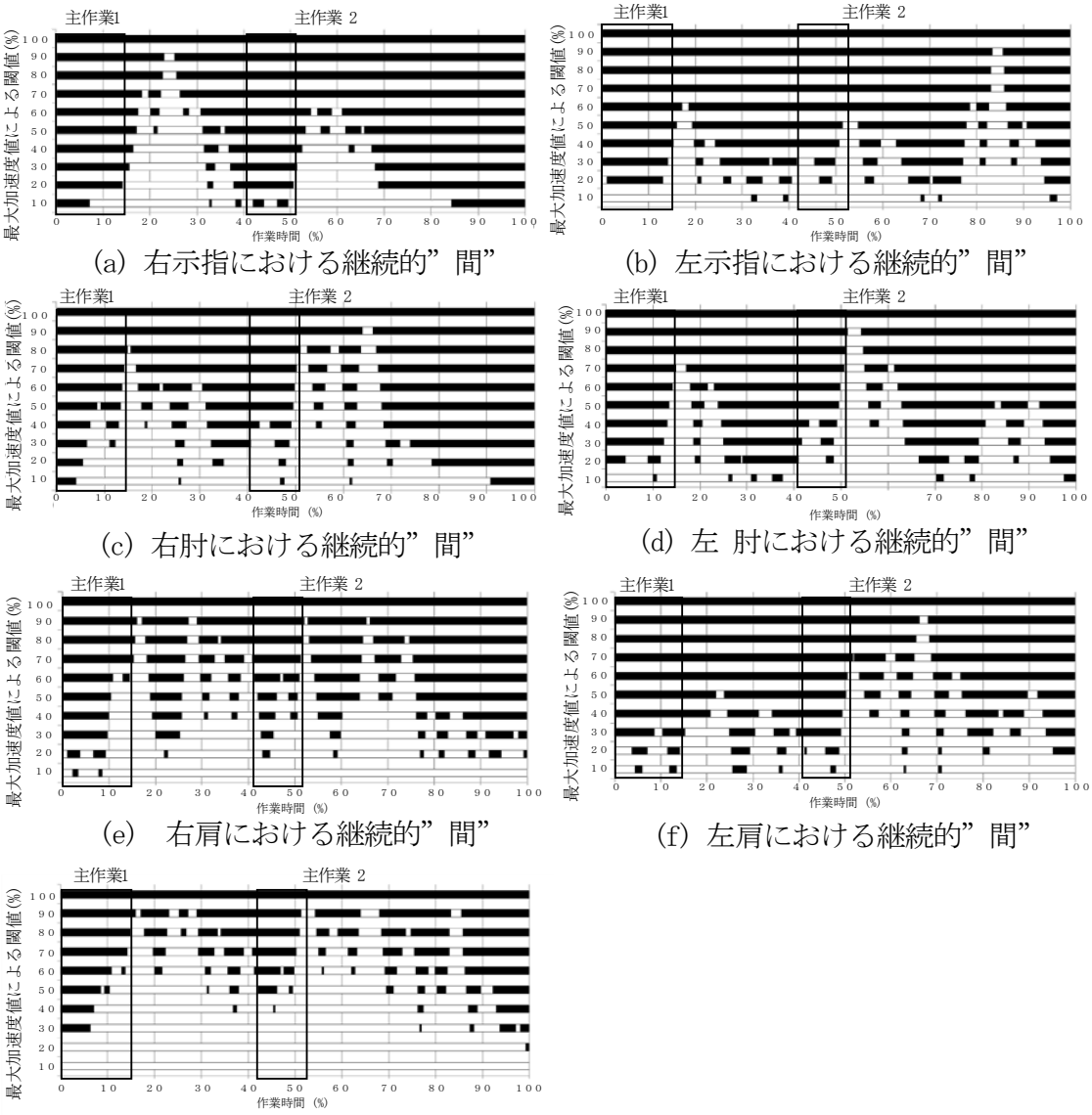
3.2　最大加速度から算出した継続的“間”

亀甲の縦の一辺を作成する際の左右の示指，左右の肘，左右の肩，上肢における継続的“間”をそれぞれ図7-(a)から(g)に示す．上肢における継続的“間”において現れる最小の閾値が40%であったことから，閾値40%における各部位の継続的“間”に注目して，その結果を図8に示す。“間”は10%時近辺，40%近辺，および100%時近辺に現れる傾向にあった．

3.3　最大加速度から算出した断続的“間”

主作業1および主作業2の左右の示指，左右の肘，左右の肩，上肢における断続的“間”をそれぞれ図8-(a)から(g)に示す。ただし(I)を主作業1，(II)を主作業2とした．

主作業1と主作業2の“間”を比較すると，0%時付近では，左肩以外の部位において，主作業1より主作業2のほうが“間”の現れる閾値が高かった．全ての部位において主作業中に“間”の現れやすい時間帯が存在し，100%時近傍においては間の現れる閾値が最も高いという結果となった．



(a) 右示指における継続的”間”　(b) 左示指における継続的”間”

(c) 右肘における継続的”間”　(d) 左 肘における継続的”間”

(e) 右肩における継続的”間”　(f) 左肩における継続的”間”

(g) 上肢における継続的”間”

図7 継続的“間”

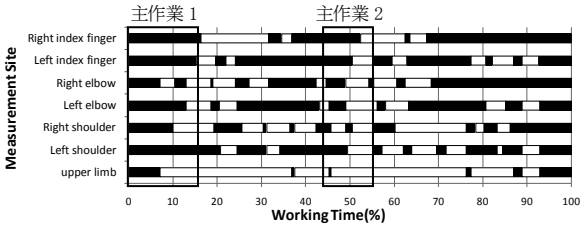


図8 閾値40%における各部位の継続的“間”

4. 考察

4.1 主作業1と主作業2における断続的“間”の比較

左肩以外の部位は，0%時における“間”の出現する閾値が主作業1より主作業2の方が高くなるという結果であった．これは，1回目に針金をねじる際はねじる位置決めをするために“間”が現れやすいのに対し，2回目は位置が既に定まっておりねじる作業のみになるため，“間”が少なく現れると考えられる．

すべての部位の主作業1と主作業2において，作業中に “間”が現れやすい時間帯が存在していることが共通に現れる．この理由として作業中に“間”を取ることで疲労を軽減することにつながっていると考えられる．

左肩を除くすべての部位の主作業1および主作業2において，100%時においてもっとも“間”が少なくなるという特徴が共通に現れる．この理由として針金をしっかり固定するために速い速度で針金を捻じる必要があるためと考えられる．

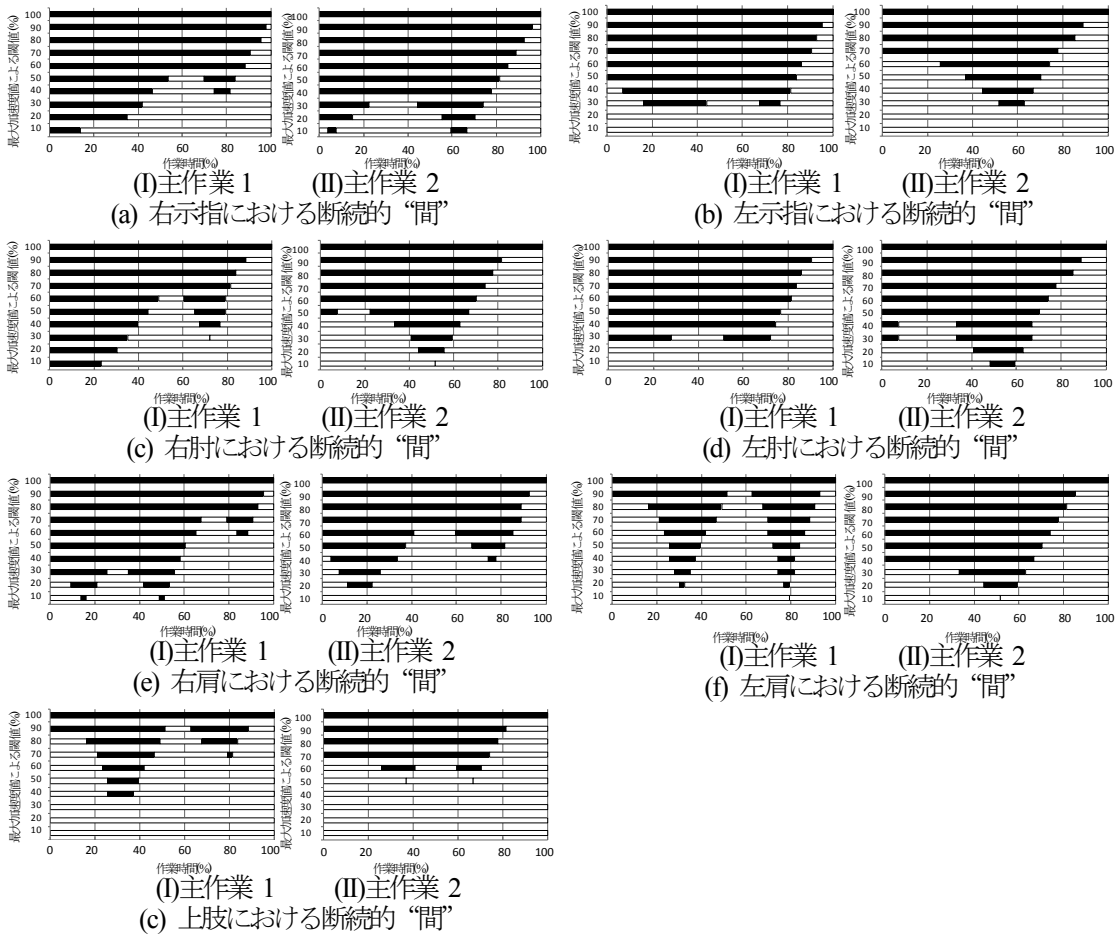


図9 各部位における断続的“間”

4.2 継続的“間”における主作業と副作業の比較

図7-(g)に示すように，“間”は主作業の直前から前半にかけて現れることがわかる．主作業は針金をねじるという亀甲模様を奇麗に作成するうえで重要な作業であり，特定の動きをするが，副作業は針金を整えてつかむという作業であり金網の出来栄えにあまり関与のない不特定の動作であるために“間”が少なくなると思われる．

５．結言

断続的“間”は主作業において“間”がどの時間帯で現れやすいのかを観察するのに適していた．一方，継続的“間”では主作業と副作業における“間”の比較をすること、および全作業における“間”の現れやすい時間帯を見るのに適していると言える．また，今回の研究から，主作業の直前から前半にかけて“間”が現れやすく，主作業の前半では主作業1の方が主作業2よりも“間”が現れやすいことがわかった。このことが，綺麗な亀甲模様を作製することおよび長時間における製作作業において再現性の高い動作を行う要素であると考えられる．

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) 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)
4) 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)

道具や熟練度の違いが漆塗り作業時の動作と眼球運動に与える影響

○中林　哲郎，高橋　瑶子（京都工芸繊維大学大学院）
下出　祐太郎（京都工芸繊維大学），久米　雅（京都文教短期大学）
後藤　彰彦（大阪産業大学），芳田　哲也（京都工芸繊維大学大学院）

Effects of tools and proficiency on body and eye movements during Japanese lacquer working

Tetsuro NAKABAYASHI, Yoko TAKAHASHI
(Graduate school of science and technology, Kyoto Institute of Technology),
Yutaro SHIMODE (Kyoto Institute of Technology), Masashi KUME (Kyoto Bunkyo Junior College),
Akihiko GOTO (Osaka Sangyo University),
Tetsuya YOSHIDA (Kyoto Institute of Technology graduate school)

１．緒言

日本や中国では良質の漆が得られ，古くから金属や木工塗装用の油性天然樹脂塗料として用いられてきた．漆の塗膜は硬く，付着性，耐水性，光沢などに優れている．日本各地に漆工芸は栄え，漆器類は現在でも珍重されている．塗り重ねられることで強固になり深みのある光沢を出す漆塗りにとって，塗りの技術は品質に直接に影響を与える．漆塗りには熟練された技術を必要とし，さらに刷毛など使用する用具の選択，手入れも重要と考えられる．本研究は熟練度と使用する刷毛の違いが漆塗り技術に与える影響を明らかにするため，熟練者と非熟練者を対象に普段使用している慣れた刷毛と不慣れな刷毛を用いて漆塗り作業を実施した場合の動作と眼球運動の変化を解析した．

２．方法

２．１．被験者

被験者は某学校の漆塗り講師5名（年齢51.3±11.1歳，　身長167.2±11.5cm，　体重65.3±8.2kg，経験年数30.8±13.5年，以下熟練者）と同学校の学生7名（年齢22.4±4.5歳，　身長166.8±7.3cm，体重57.6±14.4kg，経験年数1.5±0.5年，以下非熟練者）とした．

２．２．実験機材

動作及び眼球運動の測定については，被験者を囲むように3台のデジタルビデオカメラを設置し，被験者には帽子型の眼球運動測定装置（EMR-9，ナックイメージテクノロジー社製）を装着させサンプリング周波数は60Hzで測定した．データの解析にはアイマークデータ解析ソフトウェア（EMR-dFactiry，ver.2，ナックイメージテクノロジー社製）を用いた．測定時にはハードコンタクトを使用すると，アイマークを認識できないために，視力の矯正には個人の眼鏡を使用した．

漆塗りには，漆，アクリル板，ヘラ，刷毛を用いた．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．他人の刷毛を同一のものとし，ヘラと個人の刷毛は各被験者が日常使用しているものとした．アクリル板は，縦300㎜，横300㎜のものに表面処理を行い使用した．解析対象とした作業は刷毛の塗り作業とし，①熟練者，非熟練者ともに同一の他人の刷毛（以下，不慣れな刷毛）と，②日常使用している個人の刷毛（以下，慣れた刷毛）を使用した2条件とした．

２．３．実験手順

慣れた刷毛で塗り作業を行わせた後，ランダムで慣れた刷毛と不慣れな刷毛で1回ずつ，計3回の漆塗りを行わせた．また，解析対象は最初の塗り作業を除く2回の作業とした．

２．４．解析方法

ビデオ映像から刷毛による塗り回数と作業時間を算出した．漆塗りでは多方向から塗り重ねを行い，実験では一面を塗り終わると対象のアクリル板を回転させたので，この時間を移行時間とした．また，塗りの出来栄えを確かめるためにアクリル板を動かして，光沢，厚みなどを見る時間を確認時間とした．

眼球運動の解析ではそれらの作業時間，移行時間，確認時間における各所の瞳孔径や瞬きの変化

を測定した．また，作業時間における眼球の移動方向を測定した．

３．結果及び考察

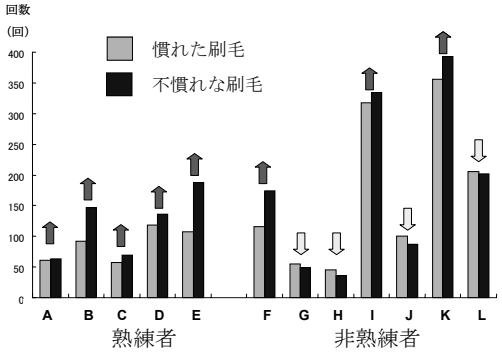


図2. 熟練者（A～E）と非熟練者（F～L）の道具の違いによる塗り回数の変化（不慣れな刷毛が慣れた刷毛の値より大きい場合は↑，小さい場合は↓）

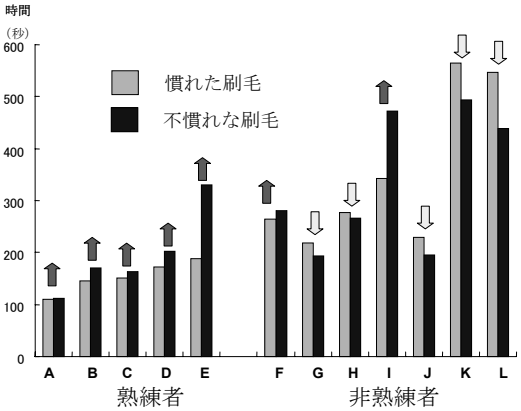


図2. 熟練者（A～E）と非熟練者（F～L）の道具の違いによる作業時間の変化（不慣れな刷毛が慣れた刷毛の値より大きい場合は↑，小さい場合は↓）

各被験者における道具の違いによる塗り回数（図1）と作業時間（図2）を示す．熟練者と非熟練者の間には慣れた刷毛，不慣れな刷毛共に，塗り回数に統計的な有意な差はみられなかったが，作業時間は熟練者が有意に短く，熟練者が製品を仕上げる場合には非熟練者よりも作業時間が短縮できると考えられる．また，熟練者では5人全員が塗り回数，作業時間が慣れた刷毛よりも不慣れな刷毛で増加したが，非熟練者では一様の傾向が見られなかった．熟練者は不慣れな刷毛を使用すると作業量を増加させることで仕上がりを維持し，普段とは異なる塗りを確かめながら行ったと思われる．

図3に，熟練者の慣れた刷毛の作業における瞳孔径の一例を示す．一般に瞳孔径は暗所では増加し，明所では減少するが，集中すると増加する傾向がある．本実験では，日光をカーテンで遮断し，蛍光灯の下で行ったため，ほぼ一定の照度で作業が行われたと考えられる．図3に示したように移行時間では瞳孔径が減少し，塗りを行っている時間や確認時間には瞳孔径は維持されていた．

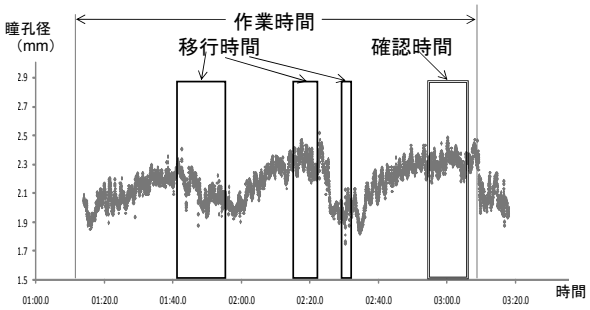


図3.　熟練者の慣れた刷毛の作業における瞳孔径（一例）

また，瞬きは塗り作業下では少なく，移行時間など視点を外す時や視点を変える時に多く見られ，瞳孔径の変化と類似した傾向が見られた．したがって，漆塗りは適切に集中と休息，緊張と弛緩が繰り返され，作業者は負担を軽減する対策を自ら実施しながら作業を遂行していると考えられる．

４．まとめ

熟練者は道具が異なると塗り回数や作業時間に変化がみられるが，非熟練者には大きな変化は見られなかった．したがって熟練者は道具の差異を認識し，作業形態を変化させる能力を有することが示唆された．

また，眼球運動の解析から適切に緊張と緩和が繰り返されることにより，熟練者の塗り作業は疲れにくい作業様式であることが示唆された．

茶道点前における各所作の眼球運動解析

Analysis of eye movement concerning on each process of the way of tea

○坂本直道*，後藤彰彦*，井植美奈子**，太田　達**，濱崎加奈子***，久米　雅****
濱田泰以**，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　****京都文教短期大学
SAKAMOTO Naomichi*, GOTO Akihiko*, IUE Minako, OTA Toru**,**
HAMASAKI Kanako*, KUME Masashi****, HAMADA Hiroyuki**, YOSHIDA Tetsuya****
***Osaka Sangyo University, **Graduate School of Kyoto Institute of Technology,**
****Future Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology,**
*****Kyoto Bunkyo Junior College**

１．緒言

茶道は、16 世紀に確立した日本を代表する総合芸術である。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。上記のような道具や、振る舞いは「美しい」あるいは「無駄の無い」所作であると評価され、現代の日本においても伝統文化として存在する。

本研究では、熟練者と非熟練者を対象とし、茶道点前における一連の所作の眼球運動解析を目的とした。眼球運動解析を行うことで、茶道点前の「美しさ」を解明できる可能性がある。人間は、外部から情報を取り入れる際、視覚による情報が大半を占めている。茶道点前も視覚による影響が大きいと考えられる。ここでは特に、一連の所作の中で、帛紗捌きと棗を清める動作に着目し、眼球の動きについて考察する。

２．茶道点前

茶道の点前は、濃茶点前、薄茶点前、炭点前がある。また、季節によって風炉と炉の点前が存在する。本研究では、最も多く用いられる「風炉の薄茶点前」をとりあげ、裏千家の流儀に従った点前を解析対象とした。まず、対象となる風炉の薄茶点前を行程分割した。表 1 に行程分割を示す。

対象とした風炉の薄茶点前は、11 段階の 177 行程に分けられた。解析対象である帛紗捌きと棗を清める動作は、7 行程と 5 行程に分割された。

表１　茶道点前の行程分け

行程	備考
A.運び出し	茶器を室内に運び入る動作
B.準備	茶を調理するための準備動作
C.帛紗捌き	棗を清めるための帛紗捌き
D.棗を清める	棗を清める動作
E.帛紗の捌き直し	茶杓を清めるための帛紗捌き
F.茶杓を清める	茶杓を清める動作
G.茶筅通し	茶筅を清める動作
H.菓子挨拶	客に菓子をすすめる動作
I.茶を点てる	茶を点てる動作
J.茶をすすめる	客に茶をすすめる動作
K.しまい	茶器を清め室外に運び出す動作

３．実験方法

被験者は茶道習熟度の異なる成人女性 3 名を対象とした。経験年数は、熟練者 A が 37 年、熟練者 B は 15 年、非熟練者は 3 年である。眼球運動の測定は、眼球運動測定装置 Talk Eye Ⅱ（竹井機器工業株式会社製）サンプリング周

波数 30Hz を用いて行なった。眼球測定装置は、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と、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 に実験風景を示す。

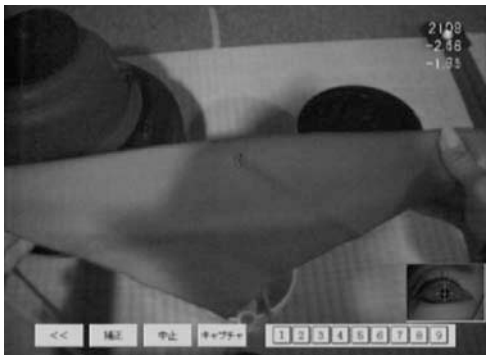


図１　処理パソコン上の画面

図 2　実験風景

４．結果および考察

表 2に各 被験者の棗を清める動作の各行程に要した時間と、その割合を示す。熟練者は、A、B 共に行程 2 に多く時間をかけていることがわかる。非熟練者は、行程 5 に時間をかけていた。

表 2　棗を清める動作における所要時間

		行程1	行程2	行程3	行程4	行程5	全体
熟練者A	フレーム数	60	99	76	46	60	341
	秒	2.00	3.30	2.53	1.53	2.00	11.37
	割合[%]	17.60	29.03	22.29	13.49	17.60	100.00
熟練者B	フレーム数	68	92	45	68	54	327
	秒	2.27	3.07	1.50	2.27	1.80	10.90
	割合[%]	20.80	28.13	13.76	20.80	16.51	100.00
非熟練者	フレーム数	64	82	77	58	89	370
	秒	2.13	2.73	2.57	1.93	2.97	12.33
	割合[%]	17.30	22.16	20.81	15.68	24.05	100.00

図 3 に熟練者 B、図 4 に非熟練者の棗を清める動作における注視時間の変化を示す。ここでは、移動角速度が 10[deg./sec.]以下のものを注視時間としてグラフに表している。熟練者 B は、全体的に注視をしている。非熟練者は、後半の行程でほとんど注視していない。

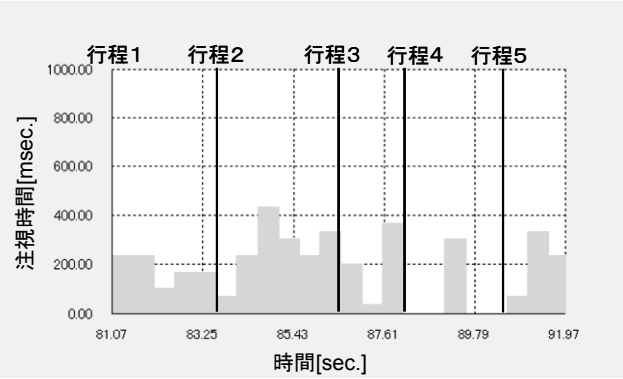


図 3　熟練者 B の注視時間

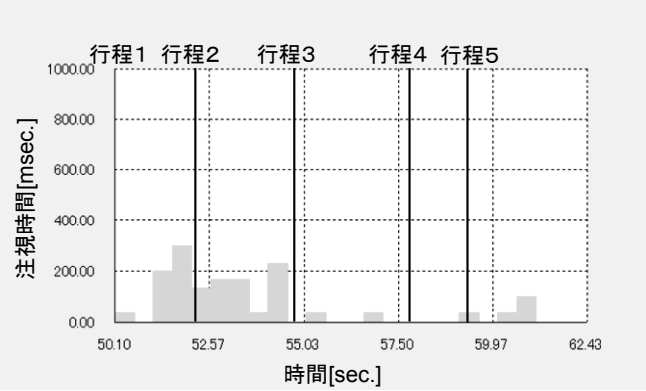


図 4 非熟練者の注視時間

５．結言

茶道の点前での一連の動作、特に帛紗捌きと棗を清める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。

旗頭彫金作業時の熟練者と非熟練者における打刻動作の解析

仁科雅晴(京都工芸繊維大学大学院)，久米雅(京都文教短期大学)，
北島正樹(京都工芸繊維大学 伝統みらい研究センター)，阪田将揮(京都工芸繊維大学大学院)，
出来祥寛，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)

Analysis of chasing oppression between the expert and non-expert

Masaharu NISHINA (Kyoto Institute of Technology), Masashi KUME (Kyoto Bunkyo Junior College), Masaki KITAZIMA (Future Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology), Masaki SAKATA (Graduate School of Kyoto Institute of Technology), Yoshihiro DEKI, Akihiko GOTO (Osaka Sangyo University), Asami NAKAI (Future Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology), Tetsuya YOSHIDA (Kyoto Institute of Technology)

１．緒言

日本において校旗，社旗などを総称して会旗と呼ばれており，その会旗を構成する部材は，旗本体，旗竿，旗金具に大別される。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，旗に印された様々なシンボルマークが彫刻され，またそれを象った物などが竿先に取り付けられた旗頭などに分けられ，それぞれの部位に金属工芸技術が多用されている。

旗金具の製造工程において，前述のシンボルマークを旗頭に描くために，金具に彫り込むのではなく，打刻による打出しが行われている。この技術は主に溝入鏨と金鎚を用いて金属板にマークの彫金を行い，その後石目鏨を用いて，地紋の彫金をしている。これは金属板表面の凹凸を作っていく作業，すなわち打刻による金属板の伸展をうまく利用してマークの凹凸を作っていく作業である。旗頭における彫金は，職人が，鏨（タガネ）と金鎚を駆使し，目分量で打刻によりマーキングを行っているため技術の原理が単純であり，かつ多くの作業の中でもっとも習熟度がわかりやすい。

本研究では 3 次元動作解析と眼球運動解析を用いて，彫金作業における身体と眼球の運動を定量化していく。熟練者と初心者が同じ作業をし，その動作と眼運びを計測した結果を比較した。これにより伝統技術の継承や板金加工技術への転用にも役立つ可能性が考えられる。今回は熟練者の作業中における眼球の動きや打打刻動作のタイミングなどの特徴を報告する。

２．方法

2.1 被験者

被験者は職歴 50 年の熟練者 旗金具職人 1 名と初心者の非熟練者 学生 2 名を対象とする。被験者データは表 1 に示す。

表 1　被験者情報

被験者	性別	歳	身長	体重	利き腕
熟練者	男	66 歳	171cm	71.5kg	右利き
非熟練者 A	男	21 歳	166cm	71.6kg	右利き
非熟練者 B	男	21 歳	166cm	54.2kg	右利き

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、サンプリング周波数30 Hz とした。彫金作業時に使用した材料は、厚さ 0.6㎜ の四角形の真鍮板(真鍮材 1 種：C2600 Cu70%, Zn30%)と金鎚(総質量 0.19kg 唐紙鎚)と鏨(タガネ，質量 0.094kg)を使用した。図 1 に実験環境を示す。

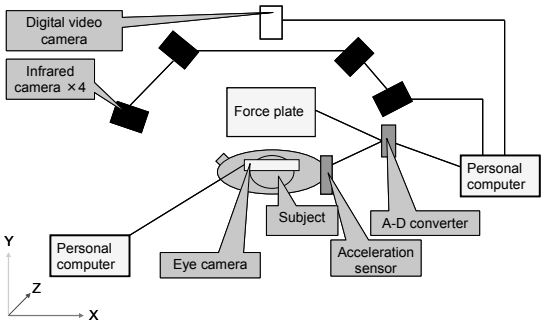


図 1　実験環境

2.3 実験方法

動作の MAC3DSYSTEM,(Motion Analysis 社製)を用いて 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。打ち込み時の力を測定するためにフォースプレートを使用した。被験者(熟練者)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四角形の真鍮板の一辺を打刻するように指示した。非熟練者は熟練者と同様の作業を行い,同じ金鎚,鏨を使用した。

3． 結果および考察

被験者が真鍮板一辺の打刻開始時間から終了時間と真鍮に打ち込む打数を表 2 に示す。

表 2　打刻開始～終了時間

被験者	打刻開始～終了時間	打数
熟練者	11.88秒	20回
非熟練者 A	42.80秒	12回
非熟練者 B	56.66秒	18回

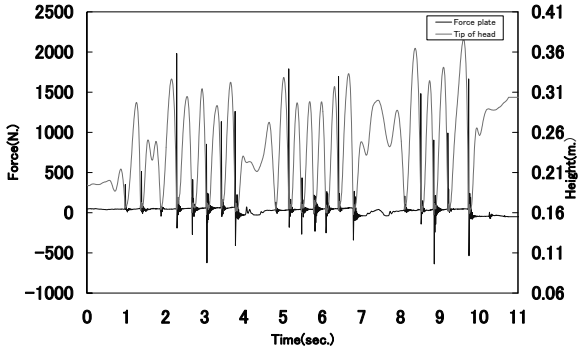


図 2 ハンマーの高さと力(熟練者)

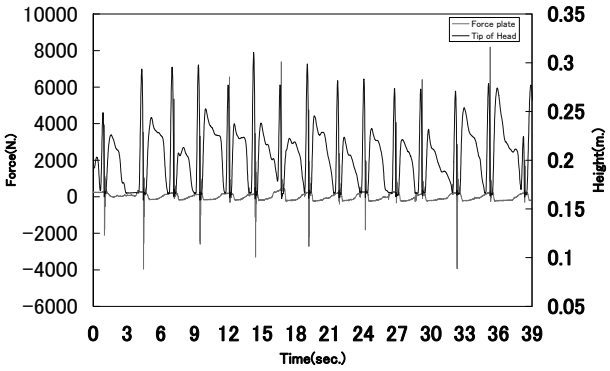


図 3 ハンマーの高さと力(非熟練者)

非熟練者は打刻時間が熟練者の 4 倍から 5倍である。熟練者、非熟練者の打刻時の眼球運動を調べた結果、熟練者は鏨の先端部を見続けており、非熟練者は打刻する時は鏨の頭を見ており、打刻後は覗き込むようにして打刻跡を見ている。次の図2 、図 3 は熟練者のハンマーの高さと力を示す。横軸が時間、縦軸左側が力、縦軸右側がハンマーの高さである。縦軸左側の力はフォースプレートの Z 軸である。

熟練者は 1 打目が弱く、2 打目が強く位置を決めるように打ち、3 打目から 8 打目にかけては連続に打刻をしている。連続に打刻後、鏨が移動する時間が見られる。移動する時間は次の打刻位置に合わせている時間である。非熟練者は打刻間隔がほぼ一定であり、熟練者のような連続に打刻をする作業は見られなかった。

図 4 に熟練者、非熟練者Ａ、Ｂの打刻跡を示す。熟練者は打刻跡を均等にするため前に打刻した場所に鏨を少し重ねて位置調整をしながら打刻をしている。その工程をわずか約 12 秒で打刻をしている。3 打目から連続に打刻をしながら位置調整をしているのが熟練者の特徴である。非熟練者は、打刻をしているが、位置調整、力加減ができないため打刻跡が明確ではない。明確ではない箇所は丸の部分である。非熟練者は熟練者のように位置調整、力加減が上手くできていないと考えられる。

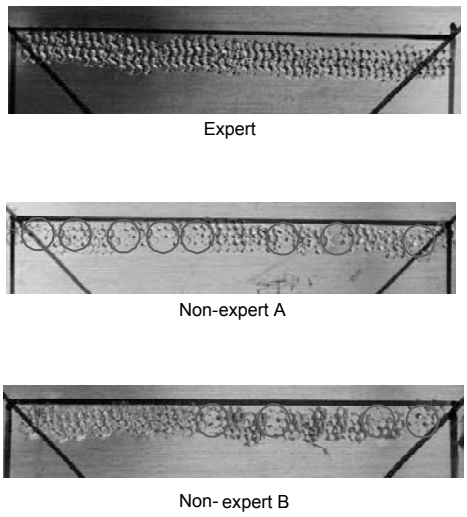


図 4 熟練者, 非熟練者Ａ, Ｂ打刻跡

土壁塗作業の動作に及ぼす経験年数の影響

○岡村悟志*，後藤彰彦*，久米雅**，佐藤ひろゆき***，
濱田泰以****，新井実生****，芳田哲也****
*大阪産業大学，**京都文教短期大学，
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

Effect on years of experience for coating operation on earthen wall

OKAMURA Satoshi*, GOTO Akihiko*, KUME Masashi,**
SATO Hiroyuki*, HAMADA Hiroyuki****, ARAI Mio****, YOSHIDA Tetsuya******
***Osaka Sangyo University,**
****Kyoto Bunkyo Junior College,**
*****Future Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology,**
******Graduate School of Kyoto Institute of Technology**

１．緒言

左官職人たちの作業工程の大部分は、先達から受け継いだ「勘」や「コツ」、また自身の経験や感性を働かせて行われる。つまり親方の「匠の技」を弟子が見て、自分なりの解釈を加えて会得するように伝承される。従って、技術の習得に多大な時間を要することから、従来の徒弟制度による伝承方法では、現代社会の要求する「早く、安く、大量に」という命題には答えられない。その結果、建築業界、特に、数奇屋建築と呼ばれる土壁を施工する建造物では、施工期間の長さやコストの面などから、その需要が激減している。そこで、それらの技術に内在する勘やコツ、経験に基づくノウハウなどの主観的・身体的な知識(これらを暗黙知と呼ぶ)を科学的に解明し、言語や数学など他者が見ても理解できる一般的な形(これを形式知と呼ぶ)に変換することは、後継者の育成ひいては現代のものづくりの一助となるものと考えている。

本研究では、熟練者と非熟練者の塗り方、塗り回数の違いを評価し習熟度による違いを解析した。また、習熟度による壁塗り作業に使用した土の量、塗り歴、評価を比較した。

２．方法

2-1 被験者

被験者は左官学校の教師3名(以下、熟練者)と生徒17名(以下、非熟練者)とした。非熟練者は7人が1学年、10人が2学年である。

2-2 実験器具

ビデオカメラを4台使用した。使用した土の量を計算するために秤を用いた。
使用する壁の大きさは横85.7cm、縦165.5cmである。壁は左官学校の実技授業で使われている壁を使用した。図1に撮影風景、図2に塗り作業風景を示す。

図１　撮影風景

図２　塗り作業風景

表１　非熟練者1学年データ表

学年	被験者	年齢	塗り歴	利き腕	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	使用した土の量 (kg)	評価	作業時間 (分)
1	非熟練者1-A	31歳	2ヶ月	右	男性	182	70	13.90	D	38
1	非熟練者1-B	17歳	2ヶ月	右	男性	168	56	12.55	E	32
1	非熟練者1-C	18歳	2ヶ月	右	女性	158		16.60	D	55
1	非熟練者1-D	24歳	2ヶ月	右	男性	174	56	19.10	C-	52
1	非熟練者1-E	17歳	2ヶ月	右	男性	172	67	15.15	E	51
1	非熟練者1-F	22歳	2ヶ月	左	男性	173	71	16.75	C-	51
1	非熟練者1-G	17歳	3ヵ月	右	男性	181	75	14.90	C-	25

表２　非熟練者2学年データ表

学年	被験者	年齢	塗り歴	利き腕	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	使用した土の量 (kg)	評価	作業時間 (分)
2	非熟練者2-A	24歳	4年	右	男性	168	60	14.85	B	22
2	非熟練者2-B	17歳	2年2ヶ月	右	男性	175	67	16.65	C	27
2	非熟練者2-C	31歳	2年2ヶ月	右	男性	170	63	13.20	C+	19
2	非熟練者2-D	40歳	1年	右	男性	170	56	15.50	C+	29
2	非熟練者2-E	28歳	7年	右	男性	179	68	16.25	A	31
2	非熟練者2-F	26歳	2年	右	男性	170	64	12.70	B	23
2	非熟練者2-G	19歳	2年	右	男性	171	56	14.45	C+	28
2	非熟練者2-H	26歳	2年	右	男性	173	63	17.10	B	38
2	非熟練者2-I	17歳	1年6ヶ月	右	男性	167	53	19.55	C-	55
2	非熟練者2-J	21歳	1年4ヶ月	右	女性	159		17.75	C+	44

表３　熟練者データ表

学年	被験者	年齢	塗り歴	利き腕	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	使用した土の量 (kg)	評価	作業時間 (分)
先生	熟練者A	58歳	40年	右	男性	170	66	12.85	A	18
先生	熟練者B	61歳	42年	右	男性	176	62	11.50	A	16
先生	熟練者C	59歳	43年	右	男性	180	78	13.85	A	13

2-3 実験方法

被験者に下塗り、中塗りの作業をしてもらった。壁塗り作業をしている壁全体、作業全体が捉えられるように被験者の後方から撮影した。
壁塗り作業が終わり次第、熟練者の方に壁塗り作業の評価をしてもらう。評価はABCDE評価で、Aが最も評価が高く、Eが最も低いとした。

３．結果および考察

表1から3に非熟練者1学年データ、非熟練者2学年データ、熟練者データを示す。表には、年齢、塗り歴、利き腕、性別、身長、体重、使用した土の量、評価、作業時間を示す。

図3に使用した土の量と、作業時間との関係を示す。

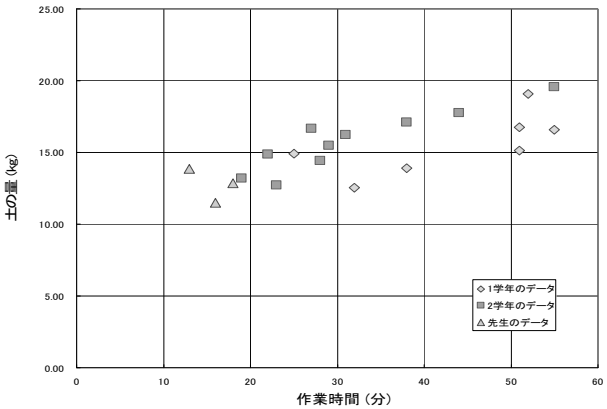


図３　作業時間と土の量の関係

1学年の作業時間はほぼ50分～60分であった。2学年は1学年と比べると、1/2の作業時間で終えることが明らかとなった。使用した土の量はほぼ同じであった。熟練者の使用した土の量、および、作業時間共に短くなっていた。

次に、塗り歴と作業時間、使用した土の量、評価との関係をそれぞれ図4、5、6に示す。

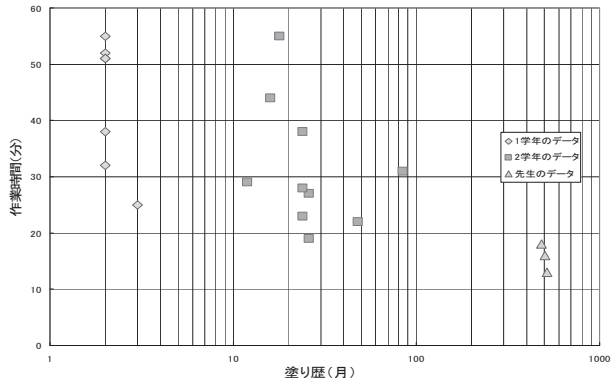


図４　塗り歴と作業時間の関係

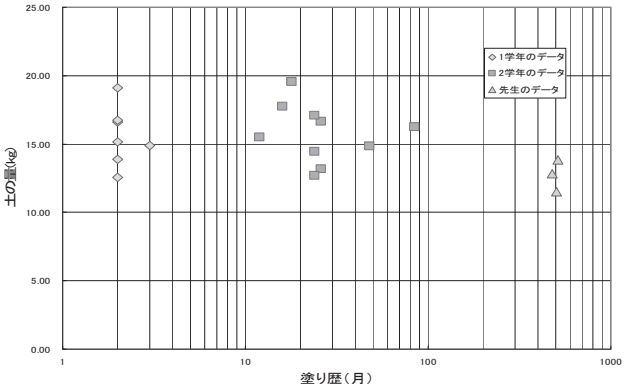


図５　塗り歴と土の量の関係

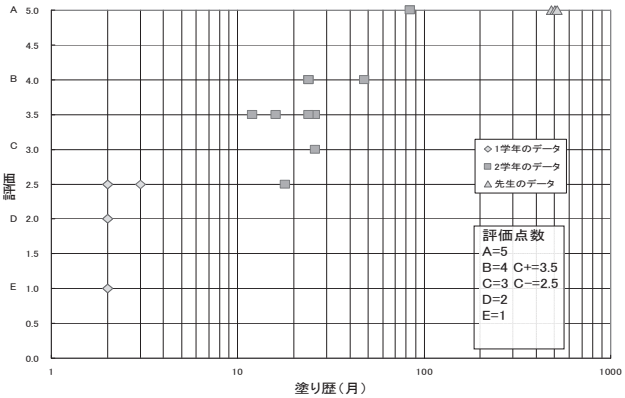


図６　塗り歴と評価の関係

次に、塗り手順の違いについて比較検討した。図7、8は1学年、2学年の手順を示す。比較する被験者は、塗り歴が短い被験者、塗り歴が長い被験者で比較した。図7、8、9の丸数字は塗り順番を表す。被験者ごとの塗り回数は表4に示す。

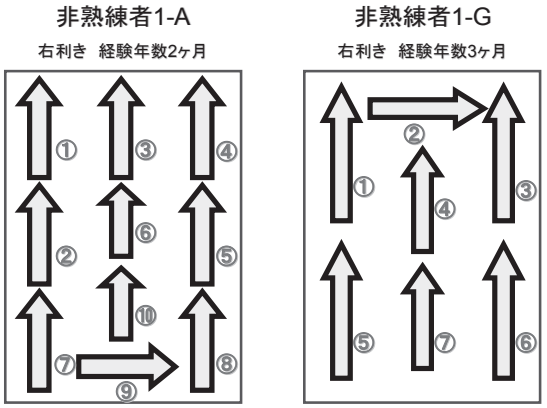


図７　1学年塗り手順

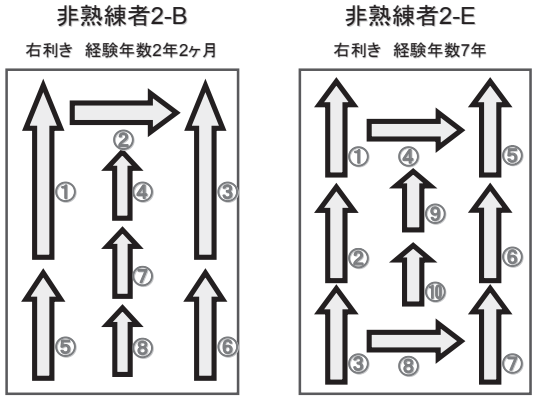


図８　2学年塗り手順

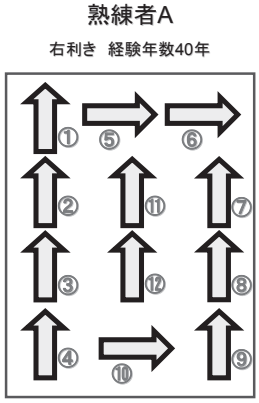


図９　熟練者塗り手順

表４　被験者ごとの塗り回数

					下塗り		中塗り		塗り回数合計		平均塗り回数	
学年	被験者	塗り歴	評価	作業時間(分)	縦(回)	横(回)	縦(回)	横(回)	縦(回)	横(回)	縦(回)/分	横(回)/分
1	非熟練者1-A	2ヶ月	D	38	145	76	202	132	347	208	9.13	5.47
1	非熟練者1-G	3ヵ月	C-	25	126	57	182	93	308	150	12.32	6.00
2	非熟練者2-B	2年2ヶ月	C	27	99	70	247	208	346	278	12.81	10.30
2	非熟練者2-E	7年	A	31	150	106	423	300	573	406	18.48	13.10
先生	熟練者A	40年	A	18	86	50	233	202	319	252	17.72	14.00

塗り歴と作業時間の関係を図4に示す。1学年は50～60分の分布に固まっていた。塗り歴が20～30ヶ月の生徒は20～30分ほどで仕上げている生徒が多かった。塗り歴が長くなるにつれて、作業時間が短くなっている。

塗り歴と土の量の関係を図5に示す。土の量に関しては、あまり差が見られてなかった。熟練者のように500ヶ月(40年)ほど経験を積んでいると、土の量が少なくなっていた。

塗り歴と評価の関係を図6に示す。1学年は評価がC－までの生徒しかおらず、それ以上の評価の高い生徒は居なかった。2学年は1学年より評価が高く、C－以下の生徒が居なかった。塗り歴が長くなるにつれて、評価は高くなっていた。

図7、8、9に1学年塗り手順、2学年塗り手順、熟練者塗り手順を示す。熟練者、非熟練者とも塗り順序を見ると、左上から始め、右上に続く手順は同じで、中央を最後にしていることが共通していた。

表4に被験者ごとの塗り回数を示す。どの被験者も縦回数が横回数よりも多かった。評価が高い被験者は、1分あたりの平均塗り回数が多くなっていた。

４．結言

非熟練者である1学年はまだ鏝の使い方を熟知しておらず、作業時間は長く、評価は低い値を示していた。1学年より経験を積んでいる2学年は作業時間、評価共々高くなっていた。経験を積めば積むほど壁塗り作業は上達していた。熟練者は使用した土の量も少なく、作業時間も短かった。

５．参考文献

1) 佐藤ひろゆき、佐藤嘉一朗:「土壁・左官の仕事と技術」、学芸出版社、pp7-11, 2001
2) 佐藤ひろゆき:「京壁の物性と機能および施工法に関する研究」、京都月出版、pp2-4, pp12-13, 2008

平成21年度　日本人間工学会関西支部大会

包丁研ぎ技術早期習得のためのシステム開発

○早川　徹　（京都工芸繊維大学）
飯　聡　（大和学園）
北島 正樹　（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）
久米　雅　（京都文教短期大学）
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）
濱田 泰以　（京都工芸繊維大学）

Development of system to acquire technology of sharpening the kitchen knife at early stage

Toru Hayakawa (Kyoto Institute of Technology)
Akira Ii (Taiwa Gakuen Education INC)
Masaki Kitajima (Kyoto Institute of Technology, Future Applied Conventional Technology Center)
Masaki Sakata(Kyoto Institute of Technology)
Masashi Kume (Kyoto Bunkyo junior College)
Asami Nakai (Kyoto Institute of Technology, Future Applied Conventional Technology Center)
Tetsuya Yoshida(Kyoto Institute of Technology)
Hiroyuki Hamada(Kyoto Institute of Technology)

1．緒言

日本における伝統産業は, 長い年月もの間「匠の技」を脈々と継承し, 発展させてきたが, その「匠の技」と呼ばれる動作や判断方法の多くは, 職人が長年培ってきた経験や勘などに基づいていると考えられる. また伝承方法は熟練した職人の「匠の技」を弟子が見て盗む, いわゆる「暗黙知」として行われてきた.

現在, 伝統産業は工業化や近代化の荒波を受けて, 技術はもとより原料や市場の面でも危機に直面しており, その伝統産業を受け継ぐ後継者の不足ならびに技術習得に多くの年数を要することからも, 今後その衰退に更なる拍車がかかることが予想される. このような現状の中, 伝統産業に内在している暗黙知を科学技術の力で形式知化することは, 伝統産業の伝承ならびに「ものづくり」現場における指導の一助となるものと考えられる.

例えば, 日本料理の職人が包丁を巧みに使いこなせるようになるための技術の一つとして包丁研ぎが挙げられる. 包丁は調理するにあたって, なくてはならない道具の一つであり, そのメンテナンスとして包丁研ぎを正しく行うことは, 味や見栄えに大きく影響することから非常に重要であると考えられている. しかしながら, 調理師学校に入学したての学生のような非熟練者にとって, 早期に包丁研ぎの技術を習得することは容易なことではない.

白土らは暗黙知として伝承されてきた包丁研ぎに関して, 3次元動作解析, 筋電図測定, および包丁の刃先評価を行い, 熟練者と非熟練者の違いを明らかにした. 今後はこれらの違いを基にして, 非熟練者が早期に包丁研ぎの技術を習得することを目的とした包丁研ぎ評価システムの開発が望まれる. しかしながら, そのためには多くの熟練者の動作を解析する必要があるが, 3次元動作解析法にはコストと人材が必要となり, 現実的ではない.

宮本らは, 非熟練者における包丁研ぎ動作の技術習得過程を, 包丁が移動距離や時間を分析することによって評価を行った. このことから, 2次元動作である包丁研ぎ動作を解析する際は, 3次元動作解析法に限定する必要はないと考えられる.

そこで本研究は,包丁研ぎ動作を解析する際に,安価でかつ簡便な解析手法である2次元動作解析法の妥当性について,3次元動作解析法と精度を比較することによって検討することを目的とした.

２．方法

2-1.被験者

被験者は,包丁研ぎ動作に熟練していない男性1名とした.表1に被験者の身体的特徴を示す.本研究はヘルシンキ宣言に則り,本研究の目的および方法を十分に説明した上で,被験者本人から協力の同意を得て実施した.

表1.被験者の身体的特徴

Age (years)	51
Height (cm)	169.2
Weight (kg)	73.0
Career of cooking (years)	0
Dominant hand	Right

2-2.測定

本研究では,調理師学校で使用するものと同じ形,大きさの片刃鎌型薄刃包丁(有次製,重量：190g,刃渡り:16.5cm,柄の寸法:13.3cm,柄の材質と形状:木製の楕円形)を用いた(図1).また,砥石として中砥石(1200番,縦:21.5cm,横:7.5cm,高さ:5cm)を用いた.

被験者には,机の上に固定された砥石の上で,30秒間包丁を研ぐよう指示をした.足の位置は,左足を半歩前方に出し,両足を肩幅よりもやや狭く構えて行った.なお,包丁研ぎ動作の方向に対して,前後方向をX軸,左右方向をY軸,上下方向をZ軸と定義した(図2).

図1.測定時に使用した包丁

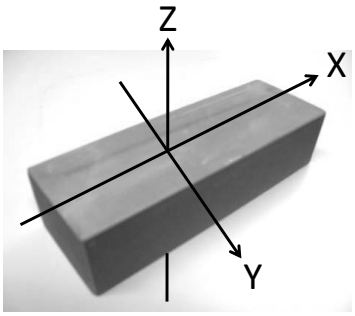


図2.方向軸の定義

2-3.3次元動作解析法

3次元動作解析は,光学式リアルタイムモーションキャプチャシステムであるMAC 3D system(Motion Analysis 社製)を用いて行われた.カメラで包丁に貼付された赤外線マーカーの位置を捉え,コンピュータに取り込み(sampling rate:100Hz),その座標から速度を算出した.

またキャリブレーションは,赤外線マーカーが取り付けられたL字フレームとTワンドを用いて行われた.

2-4.2次元動作解析法

2次元動作解析のためのVTR撮影はデジタルビデオカメラ(Panasonic社製,sampling rate:30Hz)を用いて行なわれた.2次元座標を得るためのキャリブレーションとして,キャリブレーション枠(前後1.0m×左右1.0m×上下1.5m)を撮影した.

３．データ処理

両動作解析法の同期はカメラの画面内に発光ダイオード(LED)を写すことにより行った.

包丁に取り付けたマーカーは,ビデオ動作解析ソフトを用いてデジタイズし,測定点の座標をそれぞれ得た.ビデオ動作解析ソフトは,3次元動作解析にはEVaRT5(Motion Analysis 社製),2次元動作解析には,Move-tr/2D 7.0(Library社製)を用いた.得られたデータはバターワースフィルターによって平滑化された.

また,本研究では,包丁研ぎ動作において包丁が最も身体に近づいた時点から包丁を前方向に押し,再び手前に引きもどし身体に最も近づいた時点までを1ストロークと定義した.

4．結果と考察

図3に両動作解析法によって得られたX-Y平面における包丁の軌跡を示した.図4には両動作解析法の包丁研ぎ動作中におけるX座標の経時的変化を示した.また1周期ごとの包丁の経時的な位置変化を重ね書きしたものを図5に示した.

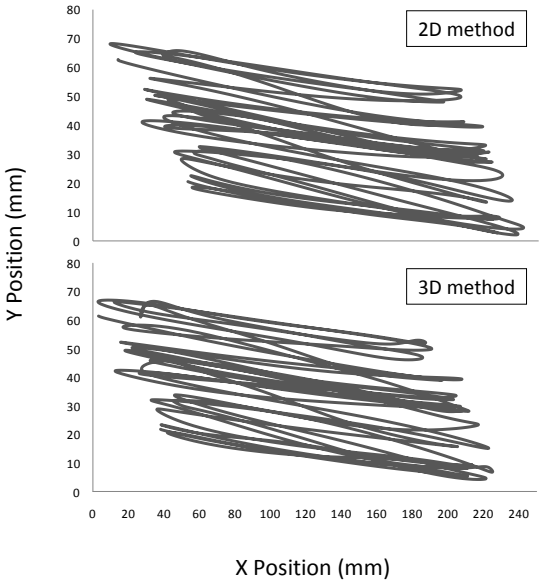


図3. X-Y平面における包丁の軌跡

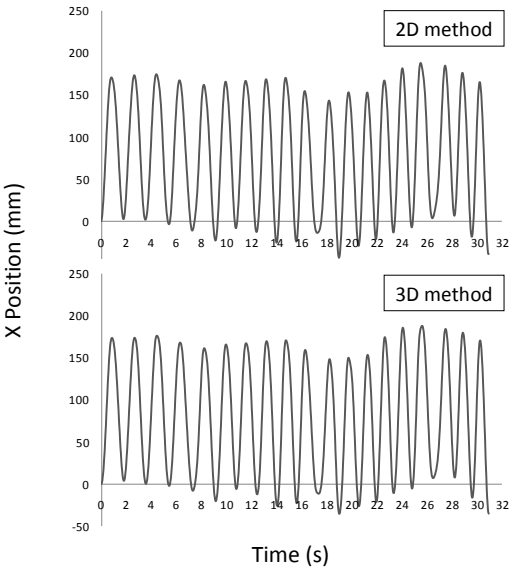


図4. X軸方向における包丁位置の経時的変化

次に1周期の包丁研ぎ動作に要する時間の平均値および標準偏差を解析法間で比較したものを図6に示した.2次元動作解析法によって得られたデータの平均値は1.5974秒,3次元動作解析法では1.5979秒であり,両解析法に有意な差は見られなかった.

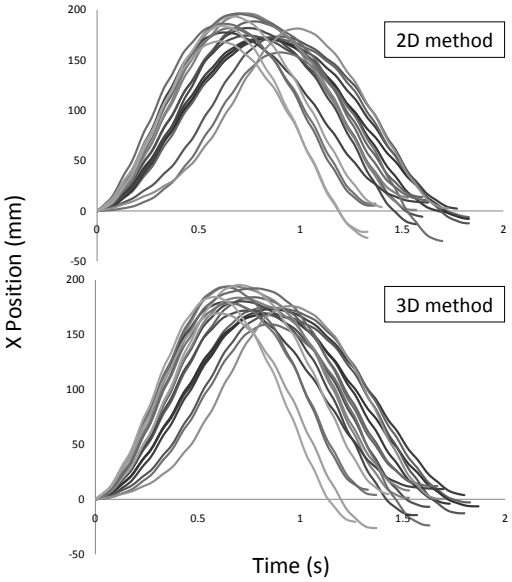


図5. 1周期ごとの包丁の経時的な位置変化

また,1周期毎のX座標の動作範囲(包丁を手前から押し込んだ距離)の平均値および標準偏差を解析法間で比較したものを図7に示した.2次元動作解析法によって得られたデータの平均値は366㎜,3次元動作解析法では363㎜であり,両解析法に有意な差は見られなかった.

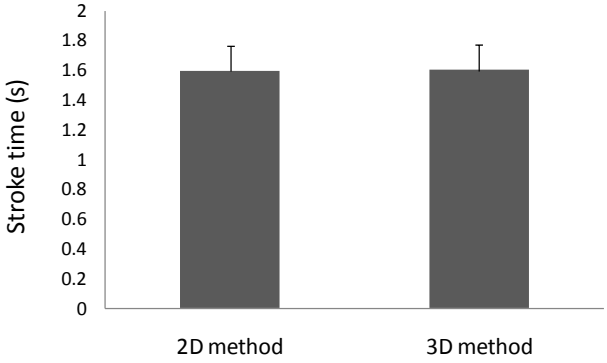


図6. 1周期の包丁研ぎ動作に要する時間

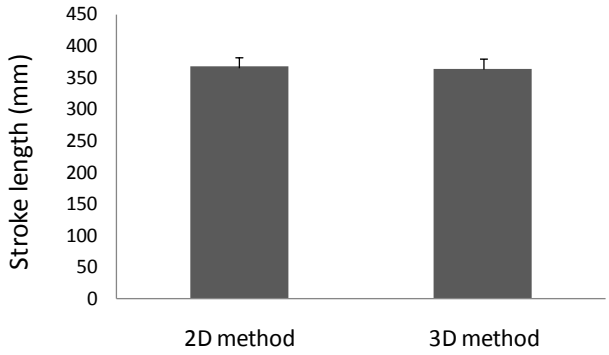


図7. 1周期毎のX座標の動作範囲

また白土らによると, 包丁研ぎ動作に関して3次元動作解析を行った結果, 1周期に要する時間について, 非熟練者は熟練者と比べて1. 5倍の時間を要していたと報告している. このことから, 本研究における, 解析法の違いによって生じた誤差が, 包丁研ぎ動作の評価に大きな影響を与えないことが示唆された.

次に, 包丁研ぎ動作中における, 包丁の速度について解析法間で比較したものを図8に示した. 図9には, 両解析法によって測定された包丁の速度の関係を示した. その結果, 解析法間の相関関係を表す相関係数は0. 989と非常に高い値であった.

また一次の近似曲線を引いた際, 傾きが0. 983, 切片が0. 143であった. これらのことから包丁研ぎ動作中における, 包丁の速度について両解析法によって得られた結果に大きな差がないことが示唆された.

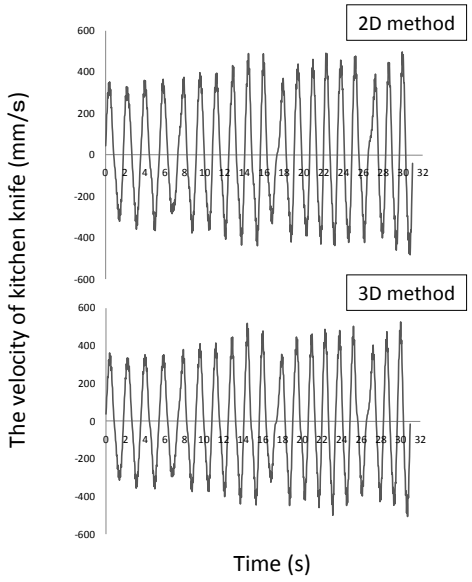


図8. 包丁の速度変化

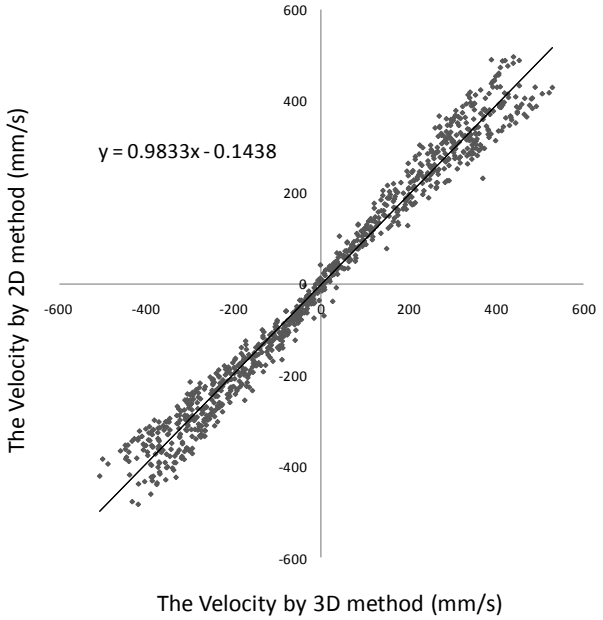


図9. 両解析法によって得られた包丁の速度の関係

その結果, 1周期の包丁研ぎ動作に要する時間および1周期毎のX座標の動作範囲において, それぞれ両解析法に有意な差は見られなかった. 更に包丁研ぎ動作中における, 包丁の速度について解析法間で大きな差は見られなかった. これらのことから, 包丁研ぎ動作を解析する際には, 2次元動作解析法で行う妥当性が示されたと言えよう.

今後は, 包丁研ぎ動作の早期習得を目的とした評価システム開発に向けて, より詳細な分析を行うために, 包丁以外の部分の動きについても2次元動作解析法の妥当性を検討することが必要であろうと考えられる.

５．まとめ

本研究は, 包丁研ぎ動作を解析する際に, 安価でかつ簡便な解析手法である2次元動作解析法の妥当性について, 3次元動作解析法と測定精度を比較することによって検討することを目的とした. 宮本らは, 非熟練者の包丁研ぎ動作の技術習得過程を, 包丁が動いた距離や時間を分析することによって評価した. このことから, 本研究においてもそれらに重点を置き, 30秒間の包丁研ぎ動作について, 両解析法によって得られたデータの比較を行った.

６．参考文献

1) 谷岡武雄他：輝きを増すか伝統産業, 淡交社, 京都, 1978, pp1-9.

2) 白土男女幸他：包丁研ぎにおける熟練者と非熟練者の動作分析と筋活動様式の比較, 労働科学, 83(4), 139-150,2007

3) 宮本直和他：包丁研ぎ動作の技術習得に関する筋電図学的考察, 労働科学,84(3), 89-98, 2008

漆塗りにおける熟練者と非熟練者の塗り工程分析

○中村圭吾，後藤彰彦(大阪産業大学)
久米雅（京都文教短期大学），下出祐太郎（京都工芸繊維大学）
濱田泰以，芳田哲也(京都工芸繊維大学大学院)

Process analysis of painting technique of Urushi products between expert and non-expert

Keigo NAKAMURA，Akihiko GOTO (Osaka Sangyo University),
Masashi KUME (Kyoto Bunkyo Junior College),
Yutaro SHIMODE (Kyoto Institute of Technology graduate School),
Hiroyuki HAMADA,Tetsuya YOSHIDA (Graduate School of Kyoto Institute of Technology)

１．緒言

漆は古くから家具や食器の天然樹脂塗料として使われてきた。漆は消費者に高級感と高品質を感じさせる。

本研究は熟練度と使用する刷毛の違いが漆塗り技術に与える影響を明らかにするため、熟練者と非熟練者を対象にし、比較，検討した。刷毛は、普段使用している刷毛を個人の刷毛とし、別に用意した刷毛を他人の刷毛として漆塗りを行なった。熟練者と非熟練者の漆塗りの作業工程・作業時間を計測し、その違いについて検討した。

２．方法

2-1　ビデオ撮影

ビデオ映像は、眼球運動解析装置Talk Eye Ⅱ（竹井機器工業社製）を使用し、Talk Eye ⅡのCCDカメラからの漆塗りの映像を用いた。ビデオ映像のサンプリング周波数は30Hzとした。

2-2　被験者

被験者は京都の某大学校にて漆塗りを教育している教員を熟練者とし、その大学の学生1年生、2年生を非熟練者とした。被験者のデータは表1に示す。

表１　被験者データ

	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)	経験年数 (年)
熟練者	152	51.5	35	19.0
非熟練者A	—	—	—	0.5
非熟練者B	162	49.0	30	1.5

2-3　使用道具

図1は、漆塗りで使用した道具を示す。使用した道具は、漆、刷毛、ヘラ、アクリル板である。使用する刷毛は、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っているものとした。アクリル板は縦300㎜、横300㎜のものを使用した。漆は粘度を一定に保つため、温度と湿度管理に注意した。

図１　道具の写真

2-4　実験方法

熟練者1名と非熟練者2名に、個人の刷毛で1回、他人の刷毛祖1回、計2回漆塗りを行なうことを指示した。

３．結果および考察

3-1　塗り方

図2は個人の刷毛における塗り方の模式図を示す。熟練者は、個人の刷毛の場合細かい塗り・一方向塗り・往復塗りの3種類の塗り方が見られる。非熟練者は、熟練者にみられた往復塗り・斜め塗りが見られず、細かい塗り・一方向塗りの2種類しか見られなかった。

図3は他人の刷毛における塗り方の模式図を示す。他人の刷毛の場合は、上記の3種類に加えて斜め塗りの4種類の塗り方が見られた。非熟練者は、他人の刷毛でも個人の刷毛と同様に細かい塗り・一方向塗りの2種類しか見られなかった。

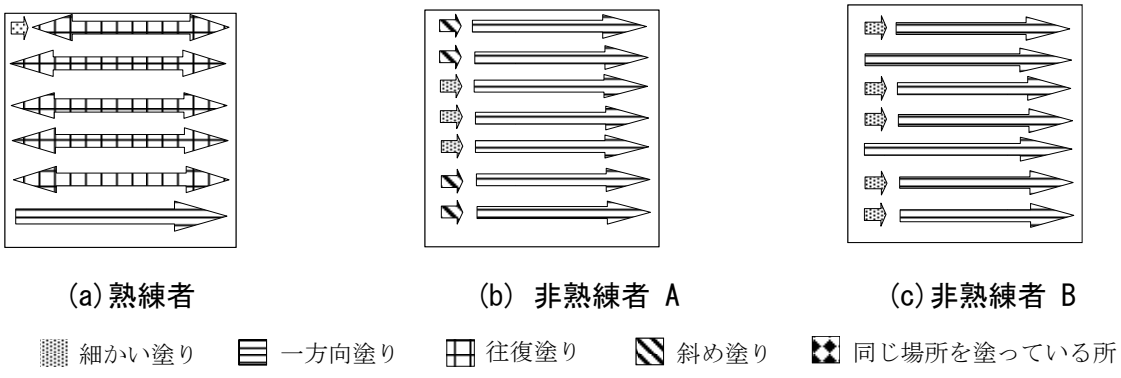


図2　個人の刷毛　塗り方　模式図

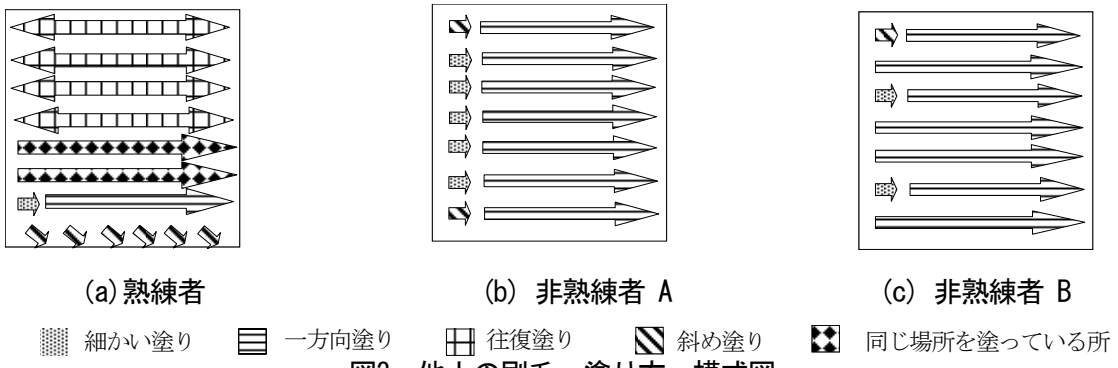


図3　他人の刷毛　塗り方　模式図

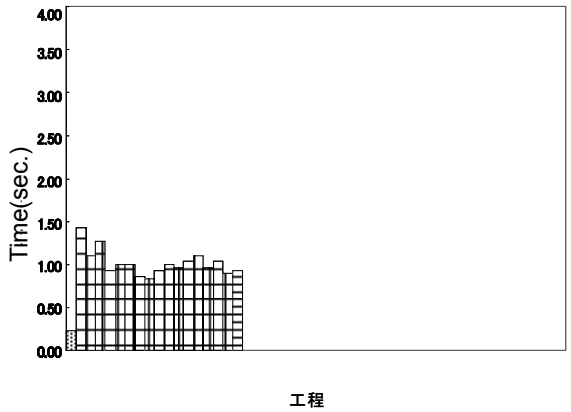


図4　熟練者　個人の刷毛

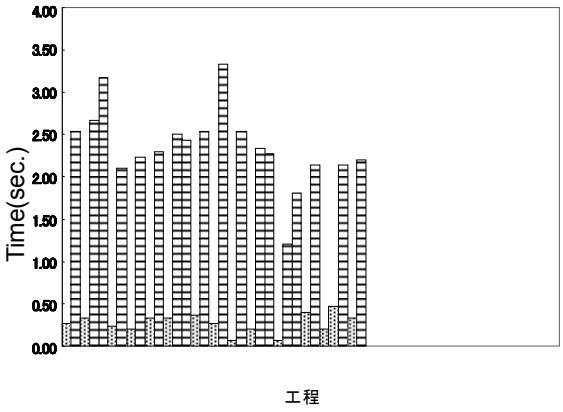
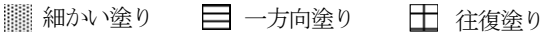


図5　非熟練者 B　個人の刷毛



3-2　熟練者と非熟練者の比較

図4、図5は熟練者と非熟練者Bの個人の刷毛1回の塗りに要する時間と塗り方の種類を示す。熟練者は個人の刷毛では塗り方の90%以上を往復塗りで行なっているのに対して、非熟練者は主に一方向塗りで漆を塗っている。細かい塗りにおいては熟練者の回数は少なく、非熟練者は熟練者に　比べて多く細かい塗りを行っている。刷毛の移動範囲の大きい往復塗り、一方向塗りに要する時間は、熟練者は約1秒であったのに対して非熟練者は2倍以上の時間を要していることが明らかとなった。

経験年数の違いが漆製品の評価に及ぼす影響

○髙橋瑶子（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専攻）
下出祐太郎（下出蒔絵司所）
小滝雅也（京都工芸繊維大学大学院）
久米雅（京都文教短期大学家政学科）
阪田将揮（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専攻）
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（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）
濱田泰以（京都工芸繊維大学伝統みらい研究センター）

The influence of the difference of years of experience in sensory evaluation of lacquer ware.

Yoko TAKAHASHI (Department of Advanced Fibro-Science, Kyoto Institute of Technology)
Yutaro SHIMODE (Shimode maki-e workshop)
Masaya KOTAKI (Department of Advanced Fibro-Science, Kyoto Institute of Technology)
Masashi KUME (Department of Home Economics, Kyoto Bunkyo Junior College)
Masaki SAKATA (Future-Applied Conventional Technology Centre, Kyoto Institute of Technology)
Asami NAKAI (Future-Applied Conventional Technology Centre, Kyoto Institute of Technology)
Tetsuya YOSHIDA (Future-Applied Conventional Technology Centre, Kyoto Institute of Technology)
Hiroyuki HAMADA (Future-Applied Conventional Technology Centre, Kyoto Institute of Technology)

１．緒言

古くから伝統工芸として親しまれている漆製品には，人工的な染料では表現できない色の深み，さらに高級感がある．また，芸術として親しまれている製品の裏には，多くの時間をかけて培った職人の熟練した「匠の技」が存在する．

漆製品の作製工程は多く，平面の木板に漆を塗るだけでも40以上の工程が存在する．「木地固め」，「目摺り」，「錆付け」，「地砥ぎ」など，漆をハケで塗るまでには多くの工程と時間を要する．漆を凹凸なく美しく塗るための要素として，ハケなどの道具，下地作り，塗る際の環境（温湿度），漆の量，埃の飛散量，漆を塗った後に乾燥させる保管環境，そして最後に漆を塗る技術である．それとともに重要視されるものとして，高度熟練技能者が何をもって製品の良し悪しを判断しているかという評価基準である．評価基準が曖昧であれば製品の完成度は低くなると考えられる．しかし，伝統産業に従事する職人の技は経験や勘に依存することが多く，漆塗りにおいても経験年数の違いによって漆製品の評価基準や観点が異なることが予想される．

そこで本研究では，漆塗り面を評価する際に経験年数の違いが及ぼす影響として，評価基準の差異や傾向を検討した．

２．方法

2.1　被験者

本研究において，試験板の作製には漆塗りの熟練者3名（年齢57.3±3.2歳，身長172.3±11.2㎝，体重68.3±5.8kg，経験年数36.3±6.5年）と非熟練者3名（年齢19.3±0.6歳，身長170.0±4.6㎝，体重62.0±9.2kg，経験年数1.3±0.6年）とし，試験板の感性評価には漆塗り経験者44名，未経験者37名とした．測定の実施にあたり，実験内容を十分に説明した上で被験者の同意を得た．

本研究では漆塗り板の作製者を熟練者，非熟練者と分類し，感性評価の評価者は経験者，未経験者と分類した．

2.2　漆塗膜の作製条件

作業環境は被験者全員同様とし，通常被験者が作業している環境を可能な限り再現した部屋を使用した．材料は鹿田喜造漆店製「黒呂色漆」を用い，熟練者3名と非熟練者3名に1枚ずつ30㎝四方のアクリル板を塗らせた．室内の気温と湿度を一定にするよう管理し，漆塗りの道具には女性の頭髪を用いた漆刷毛(幅3㎝)を使用した．

2.3　測定条件

2.3.1　表面粗さ

表面荒さの測定には，表面形状粗さ測定機フォームタリサーフS3C触針式（テーラーホブソン社製）を用い，測定条件は，波長１㎜以上のデータはスキャン範囲 5㎜×20㎜（51本×4,000点），スキャン速度1.0㎜/sec，計測時間約30分とし，波長1㎜未満のデータはスキャン範囲 5㎜×5㎜（51本×20,000点），スキャン速度1.0㎜/sec，計測時間　約20分とした.

表面形状データはガウシアンフィルターにより1㎜以上，0.1～1㎜，0.01～0.1㎜，0.001～0.01㎜の4つに波長分離し，各波長域における算術平均粗さPaを算出した.

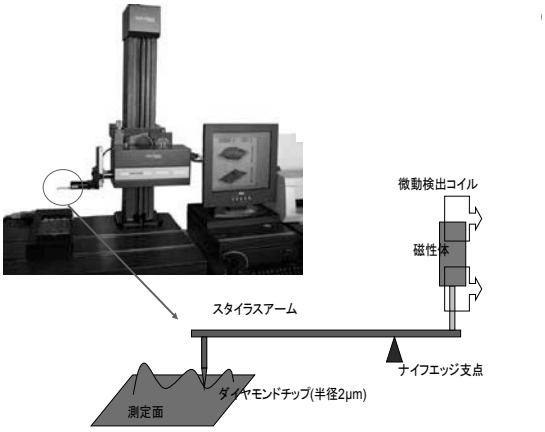


図1　表面粗さ測定機

Ra　算術平均粗さ
Pa　断面曲線の算術平均高さ
Wa　算術平均うねり

基準長さにおけるZ(x)の絶対値の平均

$$Ra,\ Pa,\ Wa = \frac{1}{\ell_r}\int_0^{\ell_r} |\,Z(x)\,|\,dx$$

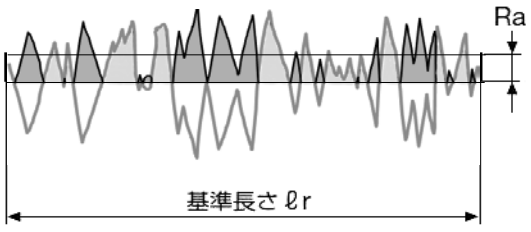


図2　表面粗さの解析方法

2.3.2　感性評価

感性評価の測定にはアンケート調査を実施し，設問は日頃漆に従事している京蒔絵師が作成した3項目，「漆の量は適切か」「刷毛目及び塗りの厚みは均一か」「節(埃)は取り除けているか」とした.

熟練者が塗った板をA～C，非熟練者が塗った板をD～Fとし，評価者には板の作製者の情報は 一切伏せた状態で5段階評価を行わせた．これを0～4点に点数化したものの平均を求めたのち，表面粗さとの相関係数を求めた.

A～Fの各板において，以下の評価を行ってください.

① “漆の量”は適切か.

A	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
B	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
C	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
D	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
E	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
F	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い

② “刷毛目および塗りの厚み”は均一か.

A	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
B	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
C	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
D	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
E	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
F	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い

③ “節(埃)”が取り除かれているか.

A	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
B	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
C	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
D	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
E	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い
F	悪い	・	やや悪い	・	普通	・	やや良い	・	良い

図3　評価項目用紙

3．結果

3.1　表面粗さ

波長分離範囲1㎜以上の算術平均粗さは図4に示すようにBの板が一番粗く，続いてF,C,D,A,Eの順に値が小さくなる結果となった.

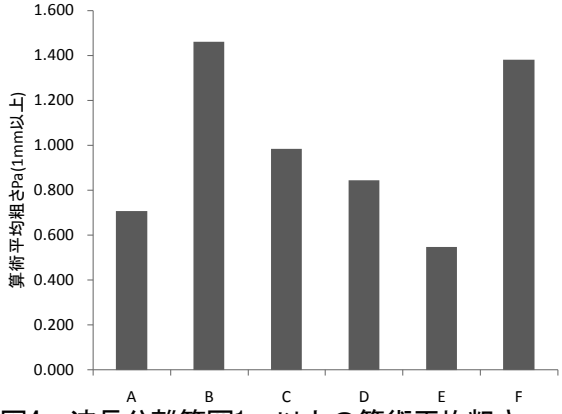


図4　波長分離範囲1㎜以上の算術平均粗さ

3.2　感性評価

評価項目の設問②「刷毛目および塗りの厚みは均一か」に着目したところ，図5に示すように漆塗り経験者の評価は得点の高い順にA,E,C,D,B,Fという結果となった．

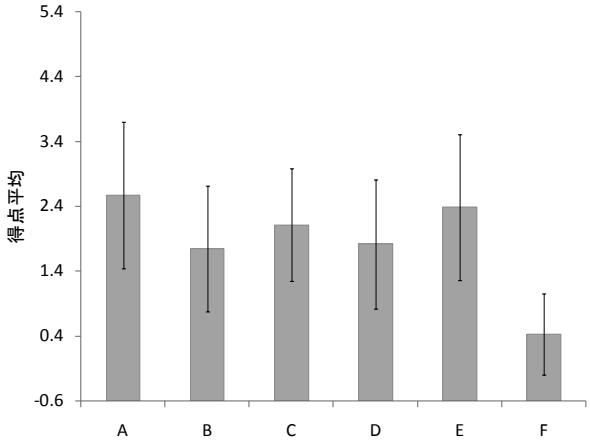


図5　「刷毛目および塗りの厚みは均一か」の設問に対する漆塗り経験者の評価

経験者同様，漆塗り未経験者にも同じアンケートを行ったところ，高得点の順にA,C,B,E,D,Fとなり，経験者，未経験者とも最高位がA,最下位がFという点が共通した．これを図6に示す．

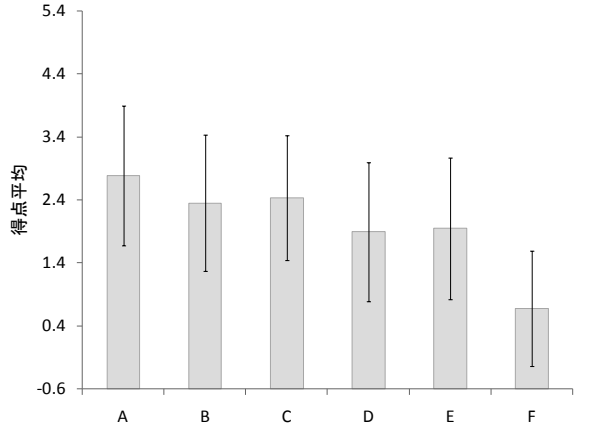


図6　「刷毛目および塗りの厚みは均一か」の設問に対する漆塗り未経験者の評価

3.3　粗さと感性評価の相関

漆塗り経験者が評価したA～Fの得点平均と，波長分離範囲1㎜以上の算術平均粗さの相関係数を求めたところ，図7に示すように値が−7となり強い相関を示す結果となった．

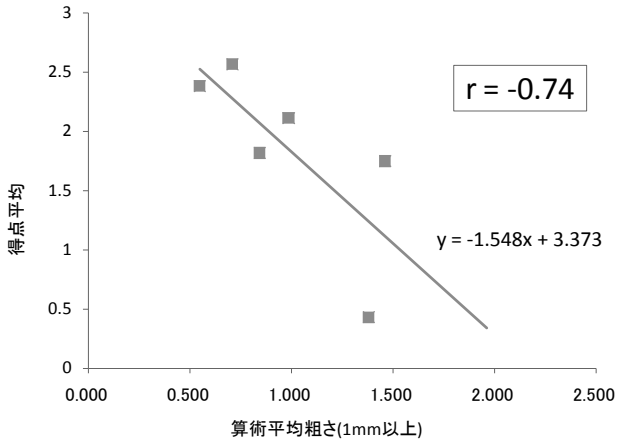


図7　算術平均粗さと6枚板の得点との相関

経験者同様，漆塗り未経験者が評価したA～Fの得点平均と波長分離範囲1㎜以上の算術平均粗さの相関を求めたところ，経験者のような強い相関関係は見られなかった．この結果を図8に示す．

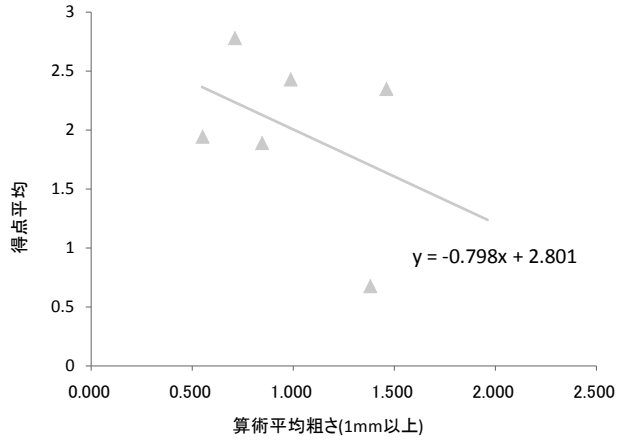


図8　算術平均粗さと6枚板の得点との相関

４．考察

本研究では，表面粗さ1㎜以上の波長分離範囲のみに着目し，感性評価は②「刷毛目および塗りの厚みは均一か」の項目に特化した．これは，4つの波長分離範囲の中で最も粗さの大きい1㎜以上の範囲が太く明瞭な傷などを表すことから，感性評価の設問②でいう刷毛目のムラや塗りの均一さと同一のことであると考えられるためである．

その他の理由として，③の設問においては全員同一の部屋で塗ったことから，微妙な時間差で埃の量に差がでるということも考えられた．また①の設問は未経験者から「分からない」との声が多く寄せられたことから，今回は三つの設問の中で最も技術が判断しやすいと考えられる，②の刷毛目と塗りの均一さに着目した．

漆の神様と呼ばれた蒔絵師，松田権六が著書の中で次のように示している．「上塗りして仕上げをする場合に二つのやり方がある．一つは透漆でも黒漆でもあるいは色漆でも，これを塗放しにして上塗り仕上げにする方法で，これを塗立(ぬりたて)と呼んでいる．(中略)これに反して，油を混入されない漆で上塗りしてこれを磨き仕上げにしたものを朧色磨き(ろいろみがき)という．」[(1)]

上の記述からも分かるように，塗りの技術を考えたとき，今回の試験は刷毛目を残した状態で仕上げる塗立と同様の状態にあると言える．そのため直接塗りの技術を比較した場合，②の設問が最も適切であると考えた．

本研究は漆塗りの経験者と未経験者を比較した際，双方の表面特性を判別する能力にどのような差異がみられるかを明らかにするため，主観的データである感性評価と客観的データの表面粗さという二つの要素を比較し，相関係数を求めたものである．

その結果，経験者の評価は未経験者の評価に比べ，「刷毛目及び塗りの厚みは均一か」という評価項目において1㎜以上の表面粗さと強い相関がみられる結果となった．このことから，漆塗りの経験者は1㎜以上の表面粗さを塗りムラや刷毛目の均一感として捉え，漆塗りの評価基準の一つとしていることが予想される．

表面特性にはその他にも光沢や色度といった要素が含まれるが，今回は表面粗さのみ言及するに至った．今後の課題として他の要素も追研究の必要があると考えている．

５．結言

漆塗りの経験者が漆塗り表面を評価した際，波長分離範囲1㎜以上の表面粗さと，「刷毛目と塗りの均一感」の評価とが強い相関関係にあることが明らかとなった．

参考文献

1) 松田権六：うるしの話，岩波書店，85-85，2007.

包丁の切れ味の違いが非熟練者の「かつらむき」動作に与える影響

○若山雅文（京都工芸繊維大学大学院）飯聡（大和学園）西村 由二三（大和学園）
久米 雅（京都文教短期大学）濱田 明美（京都光華女子大学）
仲井 朝美（京都工芸繊維大学大学院）芳田哲也（京都工芸繊維大学大学院）

Effects of the sharpness of the kitchen knife on body movements during "KATSURAMUKI" in non-expert

Masafumi WAKAYAMA(Kyoto Institute of Technology),
Akira II (Taiwa Gakuen Education INC),
Yoshifumi NISHIMURA (Taiwa Gakuen Education INC),
Masashi KUME(Kyoto Bunkyo Junior College)
Akemi HAMADA(Kyoto Koka Women's University),
Asami NAKAI(Kyoto Institute of Technology),
Tetsuya YOSHIDA(Kyoto Institute of Technology)

１．目的

包丁の「切れ味」は料理の「旨味」に影響する重要な要素であり、料理学校では入学当初から包丁研ぎの実習が行われる。包丁の「切れ味」が悪くなると筋負担が多くなり、料理の作業量が低下すると考えられる。しかし、料理経験の浅い非熟練者が包丁を用いた高度な技術を必要とする切り方を行った場合、包丁の切れ味による影響を受けるか否かは明らかでない。

そこで本研究では、熟練者と非熟練者を対象として、大根の「かつらむき」を実施した場合の作業量や上肢の筋電図を測定し、「切れ味」が良い包丁と悪い包丁を使用した時の差異や熟練度の違いについて検討した。

２．方法

２．１　被検者

被験者は、非熟練者として料理歴1.5±0.5年の調理師専門学校学生10名（男性6名、女性4名）、熟練者として料理歴19.2±7.6年の調理師専門学校講師9名（男性8名、女性1名）とした。

２．２　実験手順

実験条件は、「切れ味」の良い包丁（以下、良包丁）と悪い包丁（以下、悪包丁）の重量が同程度の片刃鎌形薄刃包丁2本を使用し、長さ10cmに切った大根で１m程度の「かつらむき」を行った。「かつらむき」は同じ大根を対象に良包丁、悪包丁それぞれ行い、これを1setとし、包丁の順番を替えて4set、合計8回の「かつらむき」を行った。「かつらむき」後に剥いた大根「かつら」の長さと重さを測定し、１set終わるごとに包丁の切れ味について官能評価を行った。包丁の「切れ味」の定義については、砥石で研いだ直後の包丁を「切れ味」の良い包丁（以下、良包丁）、6ヶ月以上継続使用した包丁を「切れ味」の悪い包丁（以下、悪包丁）とした。また、光学顕微鏡を用いて両包丁の刃先を撮影しJIS規格による刃先粗さ（Ra）を算出した[1)]。

２．３　筋電図測定

筋電図の測定はBIOPAC SYSTEMS社製MP100を使用した。測定に際しSampling Rateは1000Hzとした。測定部位は、左右の前腕屈筋群、前腕伸筋群、上腕屈筋群、上腕伸筋群の計8ヵ所とし、これらの筋腹に直径1cmの銀円板の皮膚表面電極（日本光電社製）にペースト（日本光電社製）を注入して貼付した。また、電極間距離は約2cmとし、貼付前にはアルコール綿により皮膚処理を行った。筋電図の測定と同期して左右の肘関節の可動部位（前腕部内側と上腕部内側）にゴニオメータを装着し、肘関節の角度変化の測定とビデオカメラ（GR-D850 victor社製）によるかつらむき動作の撮影を行った。

２．４　筋電図解析

解析ソフトはBIOPAC Acqknowledge ver3.8.2を用い積分処理を行った。積分範囲は、包丁が大根に接触した時点から「かつらむき」動作が終了するまでとした。また、途中で明らかにかつらむ

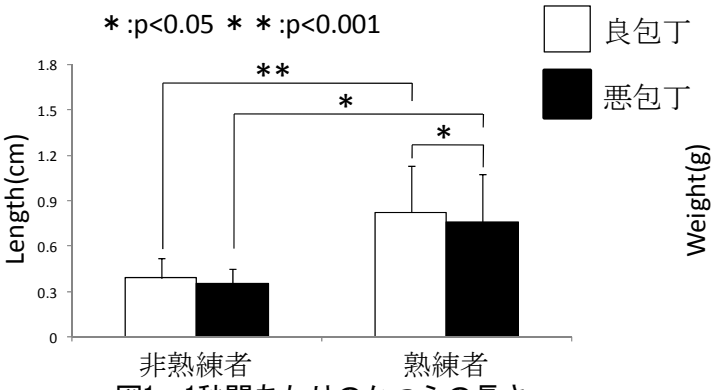


図1　1秒間あたりのかつらの長さ

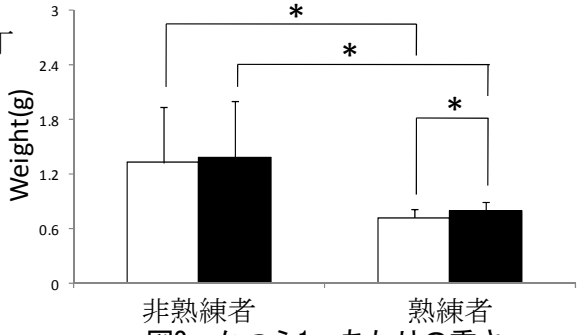


図2　かつら1㎝あたりの重さ

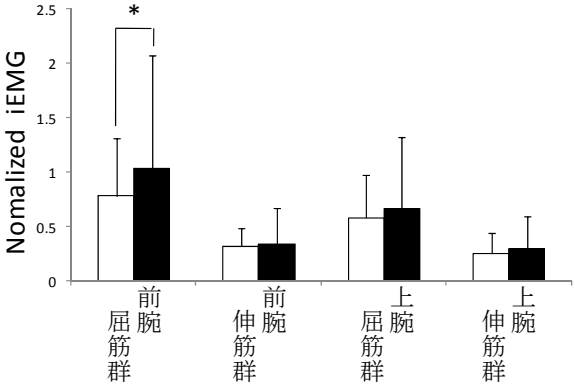


図3　非熟練者の右手の筋放電量（相対値）

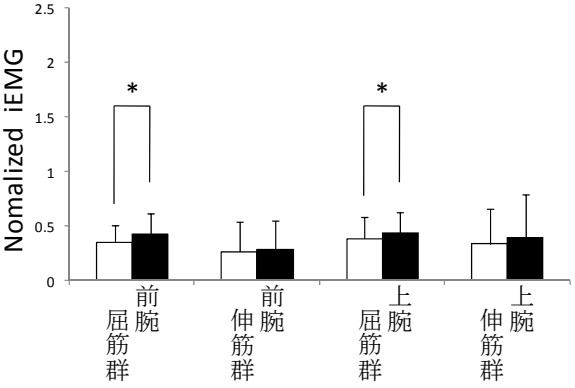


図4　熟練者の右手の筋放電量（相対値）

きを行っていないところは除外した。筋放電量は、かつらむきを行う前に握力測定を行い、その時の積分値を基準値とし、得られた積分値を基準値で除することによる相対値を用いた。

３．結果

悪包丁のRaは良包丁よりも有意に高い値を示し、官能評価では全被験者が悪包丁より良包丁が「切れやすい」と申告した。熟練者において、悪包丁は良包丁に比べて単位時間（１秒間）あたりに剥いたかつらの長さ（図1）は有意に低い値を示し、かつら１cmあたりの重さ（図2）は有意に高い値を示した。しかし，非熟練者は熟練者にみられた差異は認められなかった．また、熟練者は非熟練者よりも単位時間当たりに剥いたかつらの長さが有意に長く、かつら1cmあたりの重さは有意に軽かった。単位仕事量（大根を1cm剥いた時）あたりの筋放電量は，非熟練者は左右の前腕屈筋群で（図3）、熟練者は左右の前腕と上腕の屈筋群で（図4）良包丁よりも悪包丁が有意に高い値を示した。その他の筋では有意差はみられなかった。

４．考察

本研究の結果から、非熟練者は熟練者よりも大根を剥く速度が遅く（図1)、さらに剥いたかつらは厚いこと（図2）が示唆された。したがって、非熟練者ではかつらむきの技術が未熟なため包丁の切れ味による影響を受けなかったと考えられる。熟練者が切れ味の悪い包丁を使用すると、非熟練者よりも筋放電量が顕著に変化した部分が多かった。また、熟練者は悪包丁を用いるとかつらむきの速度が有意に遅く、剥いたかつらも有意に厚くなっていたが、それらの値は非熟練者に比べて顕著に異なっていた。したがって高い技術を持った熟練者では包丁の切れ味を感じ取り、筋活動を顕著に変化させて、正確で迅速な作業を遂行できる能力を有している事が考えられる。

参考文献

1）川崎太志他：熟練者が研いだ包丁の刃先形状と官能評価の関係，日本調理科学会，Vol.42，No.2，123-128，2009.

薄茶表面における泡の生成過程および形状分布解析

○ 辻本尚利，後藤彰彦(大阪産業大学)
井植美奈子，太田達（京都工芸繊維大学大学院）
濱崎加奈子, 前川善一郎（京都工芸繊維大学　伝統みらい研究センター）
濱田泰以, 芳田哲也　（京都工芸繊維大学大学院）

Distribution of bubble form on the surface of thin tea during whisking process

TSUJIMOTO Naotoshi, GOTO Akihiko (Osaka Sangyo University)
IUE Minako, OTA Toru (Graduate School of Kyoto Institute of Technology)
HAMASAKI Kanako, MAEKAWA Zenichiro (Future Applied Conventional Technology Center, Kyoto Institute of Technology)
HAMADA Hiroyuki, YOSHIDA Tetsuya (Graduate School of Kyoto Institute of Technology)

１．緒言

日本の伝統文化の1つに茶道がある。茶には、濃茶と薄茶があり、濃茶は泡立てないのに対し、薄茶は泡立てる。泡の形状と分布は味や香り、美しさや飲んだ時の舌触りに影響を与えることから、泡立てることは茶道において重要な役割を果たす。

本研究では、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37年と23年の女性2名（以下、熟練者）と茶道歴7年と3年の女性2名の(以下、非熟練者)の4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(D40x 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に撮影に用いた機材の外観を示す。

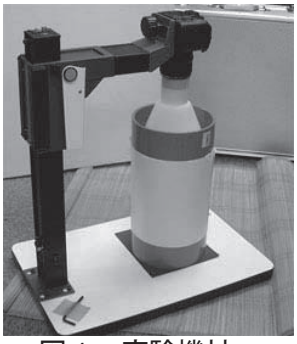


図１　実験機材

２．３　実験手順

実験は一般的な量である抹茶3gと湯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%時間として、80%時間、50%時間、30%時間の4種類の点て時間を設定した。図2に実験風景を示す。図3に薄茶の真上からの写真を示す。

図２　実験風景

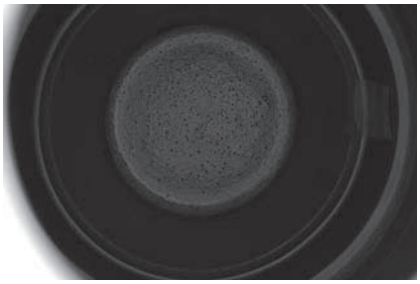


図３　薄茶の真上からの写真

２．４　画像処理

画像処理方法は、Photoshop CS3(Adobe製)を使用し薄茶の中央部を320画素×240画素にトリミングし、泡の形状分布をより明確に捉えるため塗潰し作業を行った。その後、トリミングした画像は、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う。図4に画像処理方法を示す。

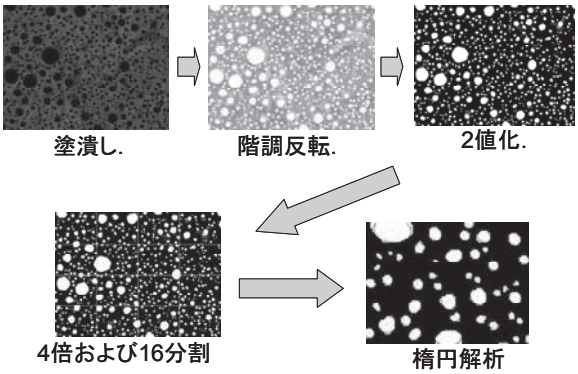


図４　画像処理方法

３．結果と考察

図5に泡の平均面積の推移を示す。熟練者は、50%時間で100%時間に近い泡を作り出していた。

図6～9に熟練者2名と非熟練者2名における30%時間と100%時間の泡の形状分布をそれぞれ示す。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。泡立て度合いが30%時間のとき、泡の形状分布は熟練者、非熟練者ともに、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、泡立て度合いが100%時間のときでは、熟練者は10㎜²以上の泡がないのに対し、非熟練者は10㎜²以上の泡がいくつかみられた。

また、熟練者の泡は0.1～0.3㎜²の範囲に集中していたのに比べ、非熟練者の泡は0.1～1㎜²の範囲に泡が分布していた。

４．結言

泡立て度合いが30%時間では熟練者、非熟練者ともに大小様々な泡が見られたのに比べ 100%時間では、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。

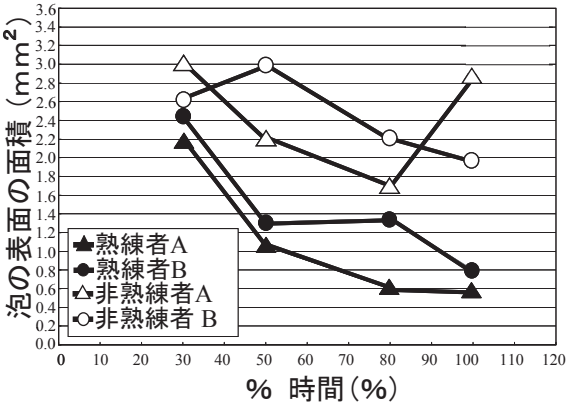


図５　泡の平均面積の推移

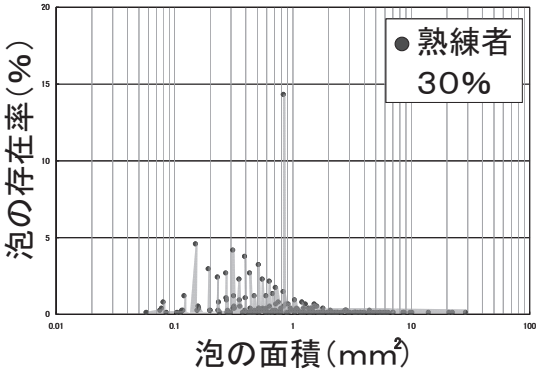


図６　熟練者の泡立て度合い３０%

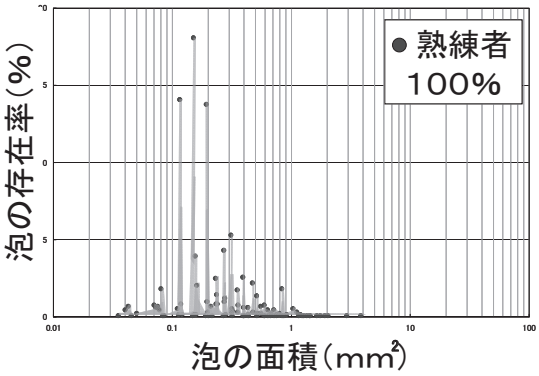


図７　熟練者の泡立て度合い１００%

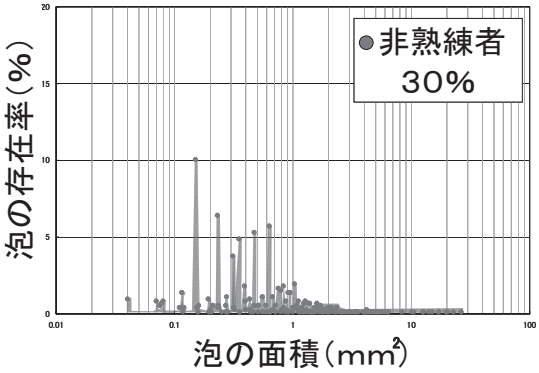


図８　非熟練者の泡立て度合い３０%

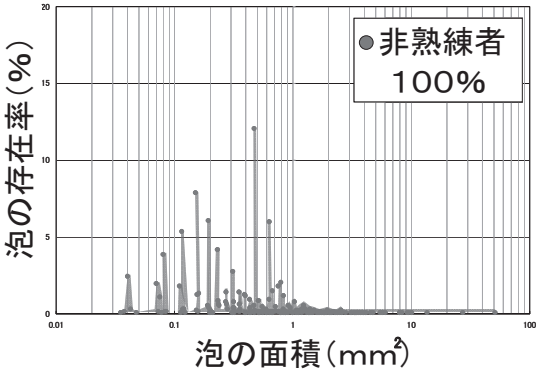


図９　非熟練者の泡立て度合い１００%

要介護者を対象とした入浴介護作業の動作解析

○鴨居　宏明，　後藤 彰彦（大阪産業大学）
山本 晃嘉，　松山　稔（㈱シティー・エステート）
濱田 泰似，芳田 哲也，阪田 将揮（京都工芸繊維大学大学院）
久米 雅（京都文教短期大学），太田 智子（NPO 法人伝統みらい）
松田 嘉代子(有限会社春日不動産鑑定事務所)，西田 隆一(株式会社和光製作所)
岡本 健志(株式会社 IAO 竹田設計)
Motion analysis on bathing nursing work intended for people requiring long-term care
Hiroaki KAMOI, Akihiko GOTO(Osaka Sangyo University) ,
Akiyoshi YAMAMOTO, Minoru MATSUYAMA(City Estate),
Hiroyuki HAMADA, Tetsuya YOSHIDA, Masaki SAKATA(Kyoto Institute of Technology),
Masashi KUME(Kyoto Bunkyo Junior College), Tomoko OTA(Future-applied conventional technology center),
Kayoko MATSUDA(Kasuga real estate evaluation office), Ryuichi NISHIDA(Wako engineering),
Takashi OKAMOTO(IAO Takeda Architects Associates),

1. 緒言

介護で機械浴場を使用せず入浴介助を行う場合、要介護者の身体状況に応じて介助者 1 人若しくは 2 人で入浴の介助をおこなう。本研究では、1 人介助及び 2 人介助における入浴介護動作の動作解析を実施し、介護者の動きの程度を定量化し検討した。

2. 方法

1.1 被験者

被験者は介護経験 1 年と 10 年の介護実務者 2 名と、介護経験 10 年の介護指導者 1 名、介護経験 1 年未満の学生 3 名の 6 名とした。また要介護者は体重約 50kg の男性 1 名とした。

1.2 実験機材

3 次元解析システム(MAC3DSYSTEM　Motion Analysis 社製)を用いて身体各部位の動きを測定した。

1.3 実験設定

図 1 に実験の様子を示す。赤外線反射マーカーを頭部、左右の肩峰、肘頭、大転子等の 24 箇所に貼付し、サンプリング周波数は 100Hz とした。

図 1　実験設定

1.4 実験手順

浴室は、横 1.8m×縦 2.6m のスペースを実験室内に設定しその中に 1.6m×0.8m の空の浴槽とその手前に 1.8m×1.8m の洗い場を見立てたスペースを設けた。図 2 に実験スペースの見取り図を示す。

入浴作業の調査は、車椅子を用いて介護者が要介護者を個別入浴させる作業を対象とし、要介護者が全身麻痺である場合を想定した 2 人介助と左側麻痺である場合を想定した 1 人介助について調査を行い腰部の軌跡長と介助時間を算出した。

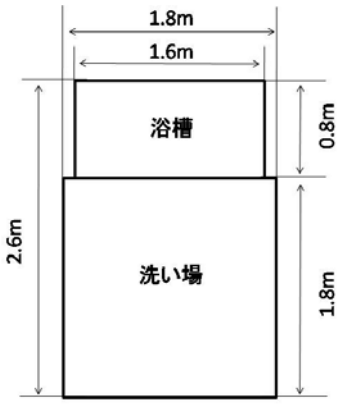


図 2　実験スペース

3. 結果と考察

図 3、4 に被験者の一人介助と二人介助の軌跡図の一例を示す。入浴介助に介護者の腰部の軌跡が 1 人介助および 2 人介助ともに実験スペースから腰部がはみ出す事例が認められた。浴室からはみ出す原因としては、要介護者の背面に回り介護を行うときに介護者がスムーズに作業を行うスペースが不足しているためと考えられる。

図 5 に 1 人介助時の介助時間と軌跡長の関係を示す。軌跡長の最短は 19m で最長は 36m となった。介護実務者 2 人とその他 4 人と比較すると、介護実務者 2 人は移動する距離が短い傾向が認められた。また、介助時間においては最短 94 秒と最長 174

秒で介護実務者の方が短い傾向にあった。上記の結果より、介護実務者の方が介助をスムーズに行うことができ、介護者の負担も軽いと考えられる。

図 6 に 2 人介助時の介護実務者と学生が実施した場合と学生と学生が実施した場合の介助時間と軌跡長の関係をそれぞれ示す。介護実務者と学生のペアは、学生と学生のペアに比べ、介助時間、軌跡長ともに短い傾向にあった。

4. 結言

1 人介助と 2 人介助ともに、介護実務者が行った方が介護時間軌跡長ともに短い傾向にあった。このことから、介護実務者は他の被験者に比べ作業をスムーズに行っていると考えられる。

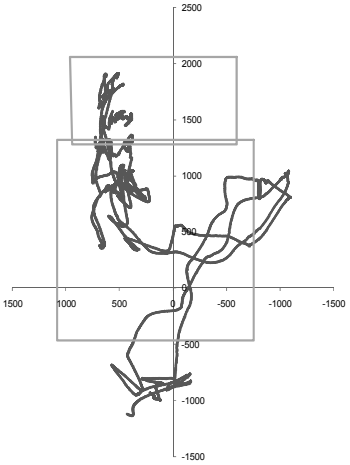


図 3　1 人介助時の腰の軌跡図の一例

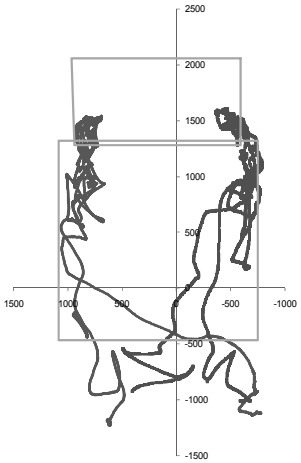


図 4　2 人介助時の腰の軌跡図の一例

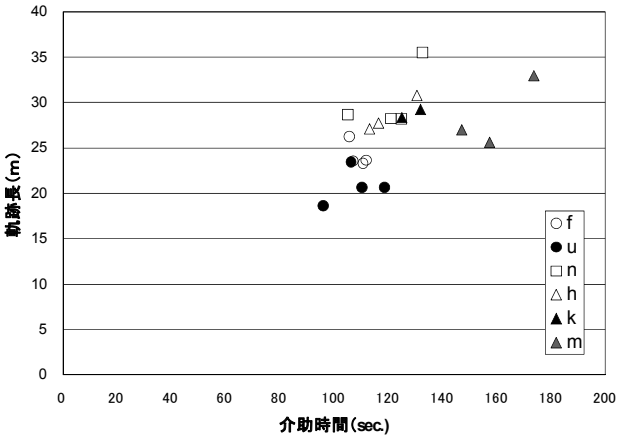
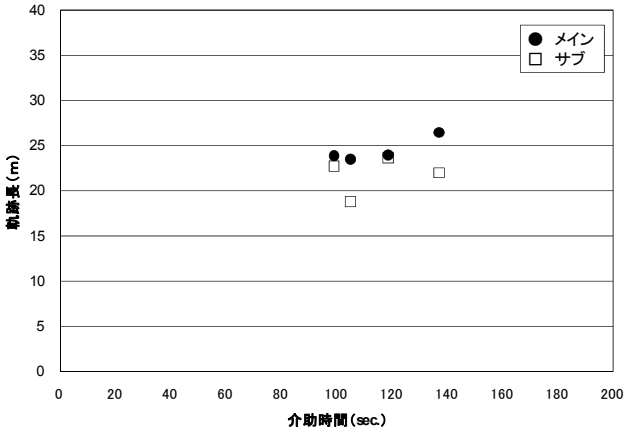
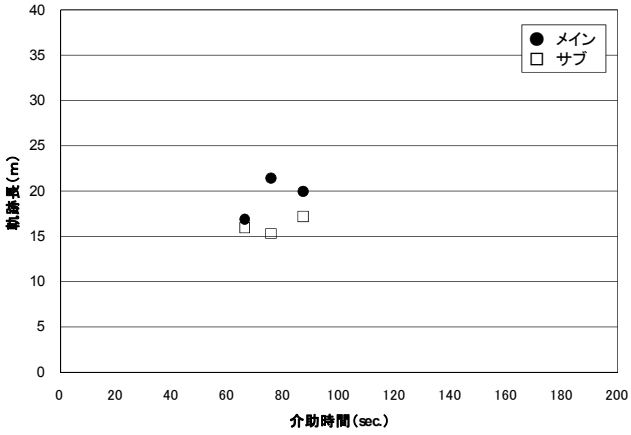


図 5　1 人介助の介助時間と軌跡長の関係



(a)　学生と学生



(b)　介護実務者と学生

図 6　2 人介助の介助時間と軌跡長の関係

加速度センサを用いた介護士の行動識別に関する予備的検討

○西浦大晴　桑原教彰　森本一成（京都工芸繊維大学大学院）

Study for Activity Recognition of Care Person from Acceleration Data

Matsugasaki KYOTO (Kyoto Institute of Technology,　Division of Advanced Fibro-Science)

1．背景

高齢化の進展により，介護サービスの重要性は増してきている．しかし周知の通り，介護現場では人手不足が深刻であり，現職の介護士への負担は日に日に増している．介護士の待遇改善に向けた政策も実施されてはいるが依然として離職率は高い．一方で，近年の厳しい経済状況を背景として，他業種から介護職への転身を目指す人は多い．こういった状況で，介護が必要な人に良質な介護サービスを提供するために，一日も早く介護士としてのスキルを習得し独り立ちできるよう育成することが求められている．介護士としてのスキルには，入浴介助，食事介助といった手技としてのスキルと，業務の優先付けのような段取りのスキルがある．介護士の育成では，主に前者が重視されるが，限られたマンパワーで介護の質を維持するには，後者のスキルの習得も重要である．しかしこれまで，こういったスキルの習得については，現場でのOJTに任されている．そこで介護士の行動を自動記録することにより，経験のある介護士と経験の浅い介護士との業務の進め方の差異の可視化を行い，段取りのスキルを効果的に習得するためのシステムの検討を実施している．本稿では，そのための介護士の行動の自動記録について検討した結果を報告する．

2．実験

Baoら[1]は，20の日常的な行動に関して，体に装着した5つの加速度センサから得られたデータを用いた行動識別を行った．本研究では予備的検討として，介護士の4つの行動に対して加速度データを用いた介護士の行動識別を行った．

加速度の測定には，ATR-promotions製の3軸の加速度センサ，WAA-001を用いた．図1に示すように，加速度センサの装着部位は両腕両脚とし，25msecごとに加速度データを得た．識別の対象とした行動は(a)「寝返り介助」，(b)「起き上がり介助」，(c)「イスからの立ち上がり介助」，(d)「移動（歩行)」の4クラスとした．これら行動を選択したのは，大きな動作で，かつ類似する介護士の動き間での行動識別が可能であるかを検討するためである．被験者は20代の男子学生3名である．事前に介護士が行動を行っている動画を見てもらい，前述の部位に加速度センサを装着した状態で動画と同じようにそれぞれの行動を20試行行ってもらい，そのときに得られた加速度データを用いて行動識別を試みた．

図1:加速度センサの装着位置

3．結果

得られた加速度データ128サンプルごとに，平均μ（式1)，標準偏差σ（式2)，パワースペクトルP（式3)，スペクトルエントロピE（式4)，および異なるセンサ間の2軸間の相関係数corr（式5)を以下の式より算出した．ただし$X=\{x_1, x_2 \cdots x_W\}$は時間幅W(=128)の加速度センサの出力であり，s_iは各周波数成分のパワースペクトル，p_iは正規化されたパワースペクトルである．これらは看護師の行動識別の先行研究での特徴量である[2]．

$$\mu_x = \frac{1}{W}\sum_{i=1}^{W} x_i \qquad \text{(式1)}$$

$$\sigma_x = \left(\frac{1}{W-1}\sum_{i=1}^{W}(\mu_x - x_i)\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(式2)}$$

$$P_x = \frac{1}{W}\sum_{i=2}^{W/2}|s_i|^2 \qquad \text{(式3)}$$

$$E_x = -\sum_{i=2}^{W/2} p_i \log p_i \qquad (式4)$$

$$corr_{xy} = \frac{\mathrm{cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \qquad (式5)$$

これら102個の変量からなる特徴ベクトルのデータセットに対する分散分析の結果，全クラス間に有意差が得られた．また主成分分析の結果，第一成分の寄与率が10.4%，第二成分の寄与率が5.2%，第三成分の寄与率が3.5%であるのに対し，第4主成分以降の寄与率はそれらに対して極めて小さかった．よって識別は，第一主成分から第三主成分の3次元ベクトルデータを用いることとした．図1は主成分分析の後，第一主成分，第二主成分における散布図である．識別法としては，入力パターンに最も近い学習パターンが属するクラスを識別結果とするNN法を用い，1人の被験者のサンプルをテストサンプル，残りの2人のサンプルを学習サンプルとし，これを全被験者のサンプルに関して行った．表1の各行は正解クラスで，各列は識別したクラスを示す．各セルの値はサンプル数を示す．全てのクラスで95%以上が正しく識別された．主な誤識別は，寝返り介助を起き上がり介助と識別した（3.4%），起き上がり介助を寝返り介助と識別した（3.9%）などである．

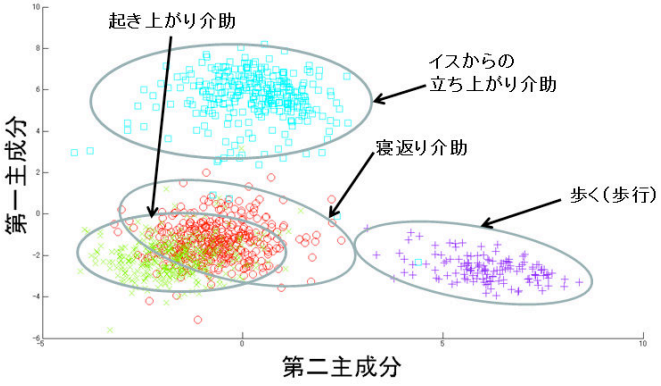


図2:第一主成分，第二主成分における散布図

表1:加速度データによる識別結果

	a	b	c	d	識別率
a	358	12	1	0	96.5%
b	14	359	3	0	95.5%
c	2	2	288	1	98.3%
d	0	0	4	129	97.0%

a:寝返り介助 b:起き上がり介助

c:イスからの立ち上がり介助 d:移動（歩行）

4．考察とまとめ

本論文では，加速度データを用いた介護士の行動識別の予備的な検討結果を報告した．比較的，動作の似通った4種類の動作を，95%以上の高い識別率で識別できた．例えば第一主成分に関する各変量の重みの絶対値を図3に示す． 第一主成分では各軸の加速度の相関係数の重みが非常に大きく，特に左脚と右脚，および右腕と右脚の加速度の相関係数の重みが大きい．図2と合わせて，第一主成分での(c)とその他の行動を判別する上で，腕や脚の連動が識別で重要な要素と考えられる．

このように介護士の基本的な行動を識別するときの，両腕両脚に装着された加速度センサから得られたデータを用いる有効性を示すことができた．しかしこれは今回，介護士の動きの中で特に両腕両脚を使った大きな動きを対象としたためと考えられる．実際の介護では，今回，対象とした動作以外にもさまざまな動きが含まれる．今後は現職の介護士を被験者としてデータを収集し，より実践的な介護士の行動識別に関する検証を行っていく．また同時に，位置センサやRFIDのような他のセンサから得られたデータを組み合わせた識別手法についての検討を行う予定である．

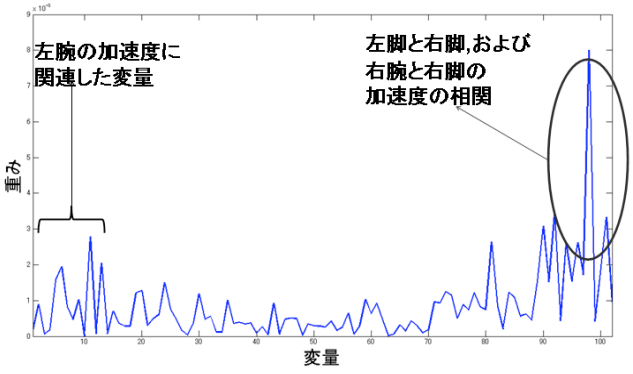


図3:第一主成分における各変量の重み

参考文献

1) Ling Bao and Stephen Intille : Activity Recognition from User Annotated Acceleration Data, A , Ferscha and F , Mattern (Eds.) : PERVASIVE 2004, LNCS 3001, pp, 1-17, 2004.

2) 浦島智，宮前雅一，納谷太，鳥山朋二，小暮潔: 看護師支援のための行動識別による手指衛生必要状況検知システムの開発 : 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 第14巻 第1号 29-32頁 2009年 03月.

上肢ひねり作業における発揮トルクの測定
－上肢作業姿勢による違い－

○水谷勝一（摂南大学大学院工学研究科），福井 裕（摂南大学工学部），
川野常夫（摂南大学工学部），杉村延広（大阪府立大学工学部）

Measurement of Torque in Operations Involving Upper Limb Torsion
-Difference of Torque Due to Working Postures of Upper limb-

Shoichi MIZUTANI (Graduate School of Engineering, Setsunan University),
Yutaka FUKUI, Tsuneo KAWANO (Faculty of Engineering, Setsunan University),
Nobuhiro SUGIMURA (Faculty of Engineering, Osaka Prefecture University)

1．はじめに

製品の操作性や工場における作業性などを視覚的に検討するためのデジタルヒューマンモデルでは，上肢のひねり運動は完全にはモデル化されておらず，ドライバのネジ締めやボリュームスイッチの回転のような上肢のひねりを伴う作業を正確に評価することは難しい．

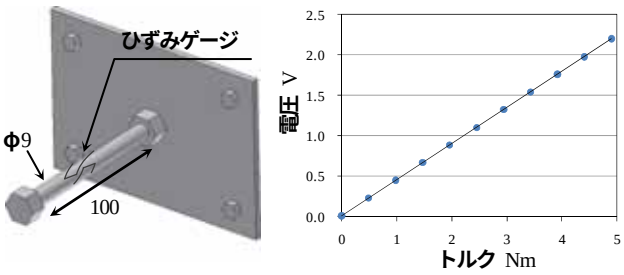
筆者らはこれまでに[1~3]，作業姿勢や作業位置に関する指針を与えることのできるデジタルヒューマンモデルの構築を目的として，上肢の作業姿勢から回転対象の回転可動域を推定する手法を提案した．また，提案した手法を基に，デジタルヒューマンモデルに上肢ひねり作業の評価機能を実装した．しかし，これまでの回転対象は回転抵抗のないもの，すなわち，上肢のひねりによる回転力（トルク）を必要としないものを対象としてきた．

本報では回転力が必要なものを対象として，そのために，回転対象物のトルク測定器を製作し，種々の作業位置において上肢ひねりによる発揮トルクを測定し，位置や姿勢による違いを検討した．

2．計測実験

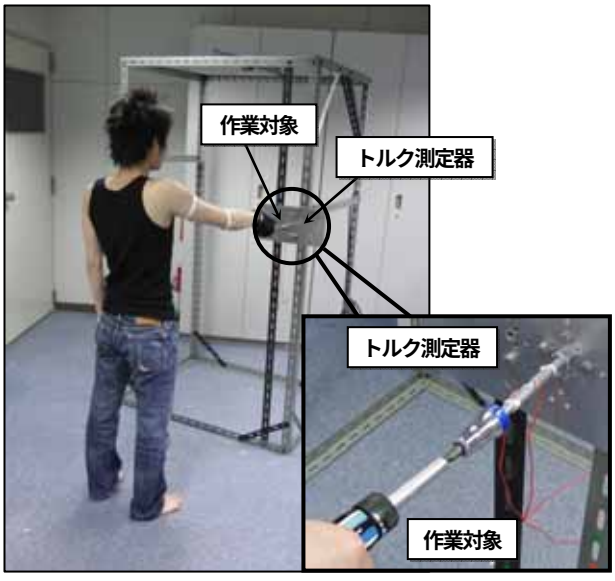
上肢のひねりを伴う作業としてドライバによるネジ締め作業を取り上げた．図1に製作したトルク測定器を示す．同図(a)に示すように，鋼製の六角ボルト(φ9×100mm)に2枚のひずみゲージ(KYOWA KFG-5-120-C1-11)を貼り，曲げモーメントを除去して軸回りのトルクだけを測定できるようにした．この六角ボルトはアルミ板に固定してあり回転はしない．トルク測定器に時計回りのトルクを作用させたときのキャリブレーションの結果を同図(b)に示す．0～5Nmの範囲で良好な線形性が確認でき，また繰り返しによる再現性も良好であることが確認できた．

図2に種々の作業位置においてひねりによる発揮トルクを測定するための装置全体を示す．同図(a)にトルク測定器を固定するための固定用フレームを示す．ただし，トルク測定器は取り外しができ，固定高さが変化できるようにしてあり，



(a) トルク測定器　　(b) キャリブレーション

図1. ねじりひずみ測定によるトルク測定器



(a) 実験装置　　(b) トルク測定器

図2. トルク測定実験装置

被験者の立つ位置と組み合わせて，右肩の周りの種々の位置に配置できるようになっている．作業対象としては，同図(b)に示すようなグリップ部のサイズφ30×95mm，ブレード部の長さ130mmの市販品ナットドライバを用いた．

ひねりトルク測定の実験では，被験者の肩の周りのそれぞれの位置で，被験者が発揮できる最大のトルクを測定する．

作業対象の位置は，被験者の右肩を中心として図3に示すように設定する．すなわち，水平面内で左端から右端まで腕をまっすぐ伸ばした状態の5通り(A～E)の手の位置とする．同様に，矢状面内で上端から下端まで腕をまっすぐ伸ばした状態の5通り(1～5)の手の位置と，それぞれの位置における肩と手の距離の半分の位置の5通り(1'～5')とする．水平面内および矢状面内の組み合わせは，計34通りとなる．例えば，手を正面にまっすぐ伸ばした位置では，水平面はC，矢状面は3という組み合わせとなり，その位置をC3と表記する．同様に，手を右真横にまっすぐ伸ばした位置ではE3と表記する．実験の際，位置決めをするためには，例えばC3'では，被験者が手を正面にまっすぐ伸ばした状態で，肩から手までの距離を2等分した位置に作業対象を配置し，それを被験者に把持させる．

本実験ではこれら34通りの組み合わせから，AおよびB方向を除いた実際のネジ締め作業で想定される代表的な22ヶ所(C1, C1', C2, C2', C3, C3', C4, C4', C5, C5', D2, D2', D3, D3', D4, D4', E2, E2', E3, E3', E4, E4')の作業対象の位置について実験を行った．作業対象軸は，同図に示すように人体の矢状軸と平行になるようにした．被験者は，いずれも右利きの22～24歳の男性10名とした．

実験ではまず，被験者が22ヶ所の作業位置のうちの1ヶ所に配置された作業対象を把持する．このとき，被験者の肩と作業対象の位置が決まっても，手首と肩を結ぶ直線を軸として肘が回転する自由度を持っているため，上肢の作業姿勢は一意には決まらない．また，前腕の回内・回外の回転角度の違いによっても力の入れ易さは異なると考えられる．すなわち，これらの上肢の姿勢の違いによって発揮トルクは変化する可能性がある．本実験では，作業対象（手）と肩の位置を図3の座標系で決めた後，自由度のある肘の位置および回内・回外の回転角度については，時計回りに最大

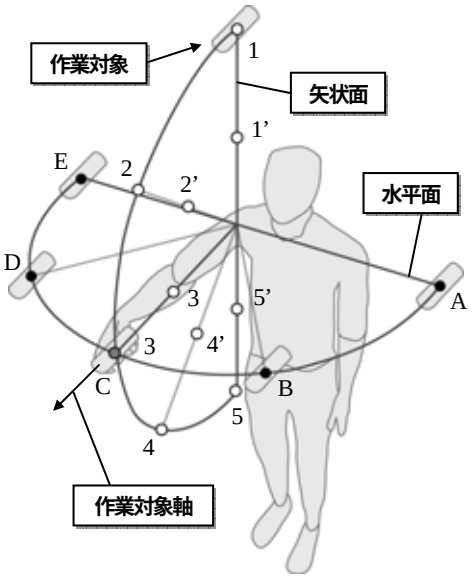


図3. 作業対象位置

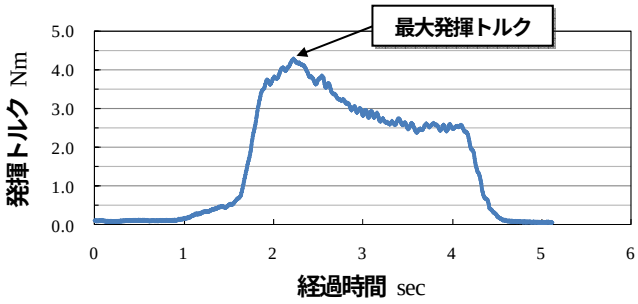


図4. 上肢ひねりによる発揮トルクの例

トルクが発揮できる姿勢を取るように被験者に指示した．すなわち被験者の主観的判断に任せることとした．

作業姿勢が決まれば，被験者には作業対象に対して時計回りに最大限のトルクを付加するように指示する．トルクの測定は1ヶ所につき1回とし，力を出し始めてから力を抜くまでの時間は，3秒程度とした．連続に測定して上肢が疲れないように，作業位置が変わるごとに十分に休憩を取った．以上の手順を前述した22ヶ所の作業位置について行った．

また，全ての作業位置において，右上肢の作業姿勢を計測するために，作業対象の両端点，手関節中心，肘関節中心，肩関節中心の3次元座標を2台のビデオカメラを用いたDLT(Direct Linear Transformation)法により測定した．

3．実験結果および考察

被験者が上肢ひねりによりトルクを発揮してい

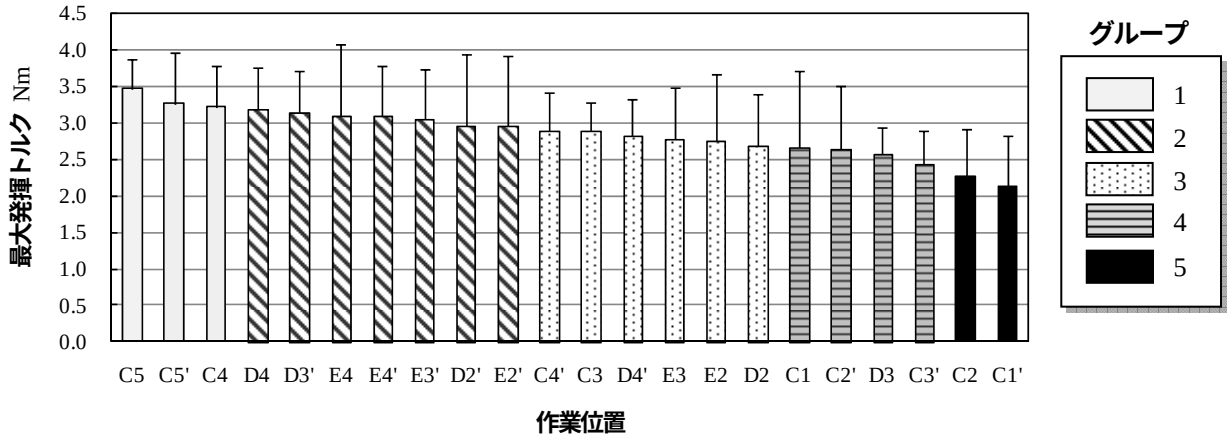


図5. 最大発揮トルク（被験者10名平均）

る間のトルクの例を図4に示す．これは22歳の被験者で，作業位置はE2’，すなわち被験者の右斜め上方である．同図から，約4秒間の間に，トルクは急に大きくなり，最大値を取って減少していく様子がわかる．このようなグラフの最大値を，その作業位置における最大発揮トルクとする．

図5に各作業位置における最大発揮トルクの測定結果を示す．縦軸は，最大発揮トルクで，被験者10名の平均値を示している．横軸は作業位置を示しており，最大発揮トルクをキーにして降順にソートして示している．同図より，最大発揮トルクが最も大きい作業位置はC5，すなわち被験者の右手を真下に下ろした位置で，最大発揮トルクは3.5Nmであった．最大発揮トルクが最も小さい位置はC1’，すなわち被験者の頭部の右側方で，最大発揮トルクは2.1Nmであった．

ここで，最大発揮トルクの大きさによって，各作業位置を5つのグループに分ける．すなわち，最大発揮トルクの最大値(C5, 3.5Nm)から最小値(C1’, 2.1Nm)の差を5等分して，発揮トルクの降順にグループ1，2，3，4，5とする．その結果，同図に示したように，C5, C5', C4はグループ1，D4, D3', E4, E4', E3', D2', E2'はグループ2，C4', C3, D4', E3, E2, D2はグループ3，C1, C2', D3, C3'はグループ4，C2, C1'はグループ5に分類された．

図6に右肩を中心とした各作業位置の最大発揮トルクの分布を示す．同図中の円は作業位置，すなわちドライバのグリップ部の位置を表しており，円の背景模様は発揮トルクの大きさによって分類したグループを表している．各グループの分布を把握し易いように，隣接する同じグループに属する作業位置を包括するように楕円で囲んでいる．

同図から，発揮トルクが最大となるグループ1(C5, C5’, C4)は，右肩を中心にして下方および正面下方に位置していることがわかる．次いで発揮トルクが大きいグループ2(D4, D3’, E4, E4’, E3’, D2’, E2’)は，右側方および右斜め下方に位置している．これらのことから，他の位置に比べ下方および正面下方がトルクを最も発揮し易く，次いで右側方および右斜め下方がトルクを発揮し易い位置であることが示唆される．次いで発揮トルクが大きいグループ3(C4', C3, D4', E3, E2, D2)は，正面および正面下方，右側方，右斜め上方に位置して

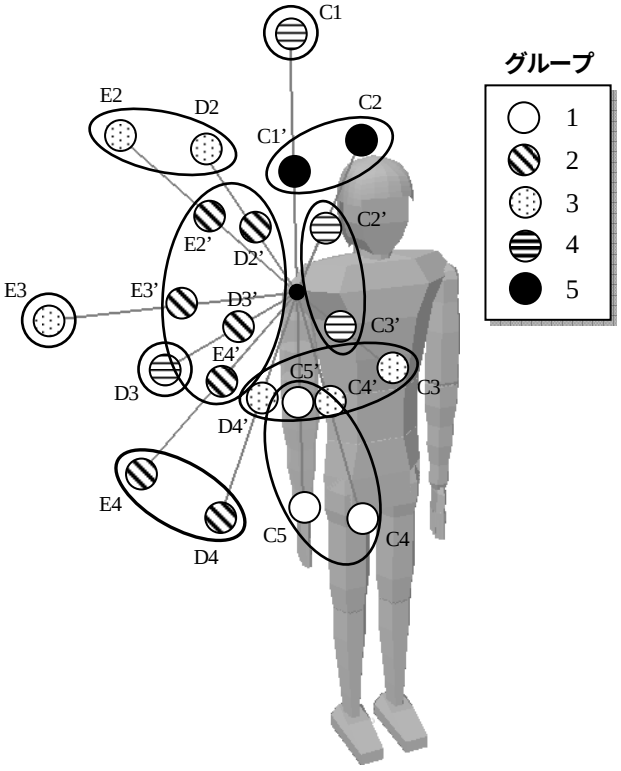


図6. 作業位置による最大発揮トルク分布

いる．グループ4(C1, C2', D3, C3')は，上方，正面，右斜め前方に位置している．発揮トルクが最小となるグループ5(C2，C1')は，頭部の右側方および正面上方に位置している．このことから，他の位置に比べて，頭部の右側方および正面上方はトルクを発揮しにくい位置であることが示唆される．

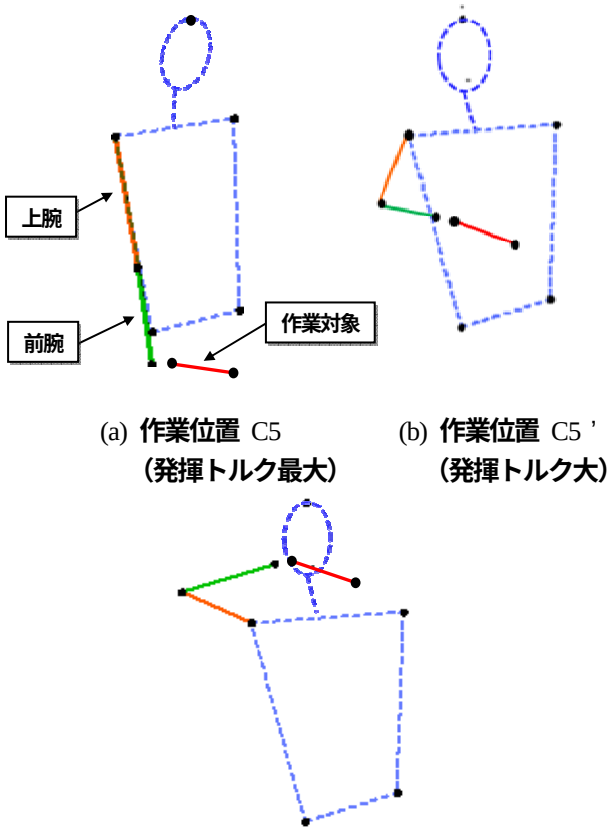
図7にDLT法により導出した作業対象の端点と上肢の各関節座標を結んだ上肢作業姿勢を表す上半身のスティックピクチャーを示す．同図には例として，グループ1から最大発揮トルクが最も大きくなったC5，次いで最大発揮トルクが大きいC5'，グループ5から最大発揮トルクが最も小さくなったC1'の作業姿勢をそれぞれ同図(a), (b), (c)に示す．

同図(a)の作業位置がC5の場合，肘関節を伸展させ上肢を体幹に固定したような姿勢になっていることがわかる．すなわち前腕と作業対象の回転軸が直交することから，前腕の回内・回外によるトルクは作業対象には寄与せずに，手関節の屈伸によるトルクが支配的になっていると考えられる．この位置における発揮トルクが最大となったことから，前腕の回内・回外より手関節の屈伸の方が強いトルクを発揮することが示唆される．同図(b)の作業位置がC5'，すなわち肩からC5までの距離を2等分した位置にある場合，肘を後方に移動させ肘関節が屈曲していることがわかる．このとき前腕と作業対象の回転軸はほぼ一致するため前腕の回内・回外によるトルクが伝わりやすくなると考えられる．同図(c)の作業位置がC1'の場合，頭部の右側方にある作業対象を把持するために，前腕の回内・回外および手関節の屈伸の回転軸がそれぞれ，作業対象の回転軸と直交する姿勢となる．そのために，作業対象へトルクが伝わりにくくなると考えられる．

4．おわりに

ドライバによるネジ締め作業を想定し，種々の作業位置において上肢のひねりによる最大発揮トルクを測定した．その結果，作業位置や作業姿勢によって最大発揮トルクは異なることがわかった．特に，右肩を中心として，正面下方がトルクを発揮し易く，頭部の右側方および正面上方はトルクを発揮しにくい位置であることがわかった．

今後は，上肢の作業姿勢の違いによってトルクが変化するメカニズムを明らかにし，作業姿勢からトルクを推定することができるモデルを構築する予定である．



(a) **作業位置** C5 **（発揮トルク最大）**　(b) **作業位置** C5' **（発揮トルク大）**

(c) **作業位置** C1' **（発揮トルク最小）**

図7. ひねり作業における上肢作業姿勢

参考文献

1) 福井 裕，川野常夫，杉村延広：デジタルヒューマンにおける前腕ひねり作業評価機能の開発，人間工学，Vol.42，特別号，446-437，2006．
2) 福井 裕，川野常夫，杉村延広，デジタルヒューマンのための前腕ひねり作業のモデリング（第1報），精密工学会誌，Vol.74，No.4，395-399，2008．
3) 福井 裕，川野常夫，杉村延広，デジタルヒューマンのための前腕ひねり作業のモデリング（第2報），精密工学会誌，Vol.75，No.7，871-875，2009．

20歳代から20～30年の間に体型変化した女性と体型変化が小さかった女性の歩き方の違い

○勝原洋二*，坂本晶子*，篠崎彰大*，中井義勝**

*(株式会社ワコール人間科学研究所)，**烏丸御池中井クリニック

Differences of way of walking between females who have had remarkable changes and not for 20 to 30 years from their 20's

Yoji KATSUHARA, Akiko SAKAMOTO, Akio SHINOZAKI, and Yoshikatsu NAKAI

***Wacoal Corp. Human Science Research Center, **Karasuma Oike Nakai Clinic**

1．はじめに

歩行には健康や体脂肪の減少に様々な効果があることが古くから報告されている(Jette, M.ら，1988；Pollock, M.ら，1971)。歩行のトレーニング効果を高めるためには，大股速歩で背すじを伸ばして歩くとよいと言われている(岡本，2005)。歩行は日常生活における最も基本的な動作で継続して行うがゆえに，ある歩行様式を長年続けていると，身体・体型に対する影響が出てくると考えられる。また，身体・体型が現在の歩行様式に現れているとも考えることができる。

(株)ワコール人間科学研究所では，1964年から約3万5千人の女性の人体計測を行ってきた。その中には，20歳代から50歳代まで経時的に人体計測を行った人がいる。ゆえに，その人たちの現在と20歳代時点のデータとを比較することで，体型変化があった人と体型変化が少なかった人に分けることができる。

本研究では，20歳代から40歳代，50歳代の20から30年の間に体型変化をした人と体型変化が小さかった人の2群において，現在の歩き方に違いがあるかを調べることを研究の目的とした。

2．方法

黒川ら(1984)によって考案された体型曲線に従い，現在の体型曲線が20歳代時点の体型曲線からの変化の大きい人10名（一般的体型変化群：以下「変化群」)，変化の小さい人9名(体型変化小群：以下「小群」)を被験者とした。両群の身体特徴を表1に記す。両群の間に年齢の有意な差は認められなかった。20歳時点では両群のBMIに有意な差は見られなかったが，現在のBMIは両群の間に有意な差が認められた。しかし，全ての人の現在のBMIの値は25未満であり，肥満症の人はいなかった。

表1　被験者の身体特徴

		体型変化小群		一般的体型変化群	
		平均	SD	平均	SD
年齢:現在	(歳)	44.9	5.4	48.4	4.7
BMI:20歳代時点	(kg/m^2)	19.3	0.8	19.4	1.8
身長:現在	(cm)	159.8	30.3	157.4	33.5
体重:現在	(kg)	48.2 **	3.5	53.8	3.9
BMI:現在	(kg/m^2)	18.9 **	1.6	21.7	1.7

** p<.01

被験者は8m歩行路上を「日常通り歩いて下さい」と教示を受けた。歩行路での歩行に慣れるまで十分な練習を行った。なお，被験者の衣料はTシャツとショートパンツとし，全員が同じものを着用した。歩行路上のスタート地点から4m付近に床反力計を設置した。床反力計から足部がはみ出すことなく入った試行3試行を分析の対象とした。分析範囲を床反力への着地時から床反力離地時までとし，Vicon Nexus(Vicon社)を用いて動作解析を行った。

床反力計のサンプリング周波数は1200Hz，動作解析は120Hzで計測し同期した。歩行中の歩行速度および歩幅を踵のマーカーより算出した。キネマティックパラメータとして，理想的なウォーキングフォーム(宮下ら，1992；宮下，2006)に関連する6項目の計測を行った。「背すじを伸ばす」は体幹角度(図1)を，「腕振りを大きくする」は肩関節可動範囲を，「腰を回転させる」は骨盤回旋可動範囲を，「膝を伸ばして大きく前へ出す」は着地時膝関節角度と着地時身体重心と踵のなす角(図2)を，「着地は踵から行う」は着地時踵とつま先のなす角を，「しっかり地面を蹴る」は体重で正規化した床反力推進方向最大値，床反力推進力積をそれぞれ算出した。

各被験者の3試行分のデータを平均化した。二

群の平均値の比較のため，対応のないt 検定を行った。有意水準は5%とした。

図1　体幹角度

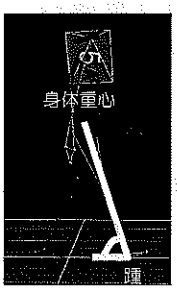


図2 身体重心と踵のなす角

3．結果

小群は変化群と比較して，歩行速度が有意に大きく，歩幅が有意に広かった(小群：変化群｜歩行速度4.7±0.4km/h：4.2±0.4km/h，$p<.01$，歩幅64.3±4.9cm　：57.2±4.3cm，$p<.01$)。

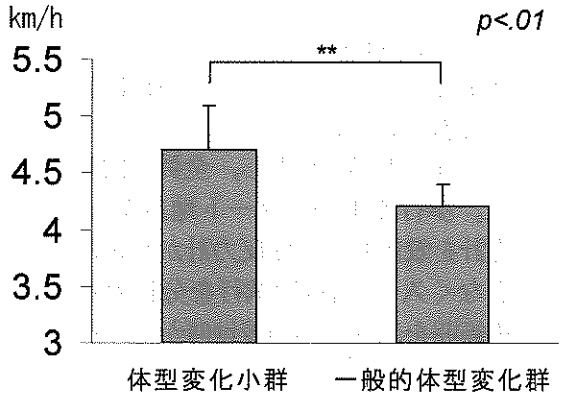


図3　歩行速度

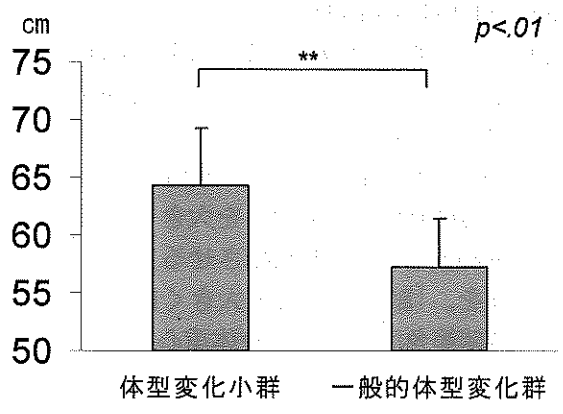


図4　歩幅

小群と変化群のキネマティックデータと床反力データを表２に示す。小群は，変化群と比較して体幹角度が大きかった。すなわち，小群は背すじを伸ばして歩いていると考えられる。着地時の身体重心と踵のなす角は図2に示すように，値が小さいほど身体重心から前方に着地したことを意味する。小群は変化群と比較して，有意に小さい値を示し，身体重心から前方に着地していた。また，小群は変化群と比較して，着地時の踵とつま先のなす角が有意に大きかった。すなわち、小群はつま先を高く上げて踵から着地していた。

床反力の前後方向の典型例を示す(図5)。床反力の推進方向の最大値は，小群が変化群と比較して有意に大きい値を示した。床反力の推進力積は小群が変化群と比較して大きい値を示す傾向はあったが，有意には至らなかった(p=.10)。

表2　キネマティックデータと床反力データ

	パラメータ	体型変化小群			一般的体型変化群	
		平均		SD	平均	SD
歩行時						
	平均体幹角度(°)	86.2	*	3.2	83.2	2.7
	肩関節の可動範囲(ROM)(°)	42.3		13.2	35.4	9.4
	骨盤回旋可動範囲(ROM)(°)	16.8		7.8	11.9	3.3
着地時						
	膝関節角度(°)	168.9		7.3	172.6	5.5
	身体重心と踵のなす角(°)	78.0	**	1.3	80.2	1.2
	踵とつま先のなす角(°)	13.2	*	1.7	11.1	2.2
床反力						
	推進最大値(N/kg)	0.215	*	0.029	0.190	0.018
	推進力積(N·s/kg)	0.030		0.004	0.027	0.004

** p<.01, * p<.05

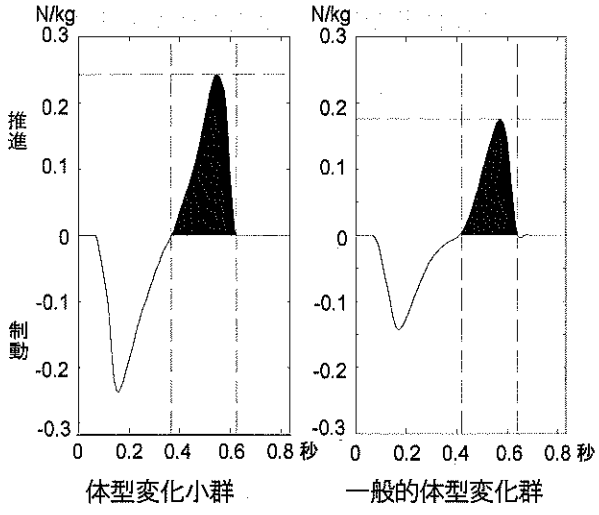


図5　床反力推進方向典型例

4．考察

本研究において，体型変化小群と一般的体型変化群の間には多くの項目で歩き方の違いが見られた。このことより，体型変化の大きさと日常の歩き方の間に関係性があることが示唆された。

本研究では一般的体型変化群のBMIが体型変化小群よりも有意に大きい値を示したが，被験者全員が肥満症の基準とされるBMI＜25(日本肥満学会肥満症診断基準検討委員会，2000)であり，肥満症の人はいなかったため，歩き方の違いは体重以外の要因が大きいと考えられる。

体型変化小群は一般的体型変化群と比較して，歩行速度が大きくと歩幅が広かった。歩行速度の大きい歩きではエネルギー消費量が高いことが報告されている(Margaria, R., 1976など多数)。すなわち，日常生活で速く歩いていることは，日常生活の中でのエネルギー消費活動（Nonexercise activity thermogenesis：NEAT）(Levine JA, 1999)のエネルギー量を高めていることに繋がる。このことから，体型変化小群は歩行速度が大きく，NEATによるエネルギー消費量が高いと推察することができる。

体型変化小群は一般的体型変化群よりも歩行中の平均体幹角度が大きく，背すじを伸ばして歩いていることが示された。背すじを伸ばした歩行では仙棘筋上部をはじめ全身の筋活動量が増加する(岡本，2005)。また，歩行速度を増加させると筋活動が増加すること (Shiav, R.ら，1987；池添ら，2001)も併せると，体型変化小群は歩行中の筋活動量が高いことが推察される。以上のことから，体型変化小群の歩行速度の大きい歩きや背すじを伸ばした歩きは，BMIや体重の変化がほとんどなかったことに関連している可能性が示唆される。

体型変化小群は一般的体型変化群と比較して，床反力の推進の最大値，着地時の踵とつま先のなす角が大きかった。また，着地時の身体重心と踵のなす角が一般的加齢変化群よりも有意に小さく，前方に着地していた。体型変化小群は一般的体型変化群よりも，大きく前方に，踵から着地し，地面をしっかり蹴るという理想的なウォーキングフォーム(宮下，1992；宮下，2006)に近い脚運びを行っていたと考えることができる。歩行速度が大きい歩行では，床反力の推進力が大きいことが報告されている(木村ら,1982；山田ら,1988)。体型変化小群の床反力推進方向が大きいことは，体型変化小群の歩行速度が大きいことに寄与していると考えることができる。

本研究では被験者が合計19名とやや少ない。今後，被験者数を増やして体型変化小群と一般的体型変化群の歩き方に違いがあるのかを更に調査していく必要がある。更には，体型変化小群のような理想的なウォーキングフォームに近い歩き方を自然に行うにはどうすればいいかを考えていきたい。

5．まとめ

本研究では，20歳代の体型から変化した人と変化が少なかった人の平均年齢46.7±5.2歳時点での歩き方の違いを評価した。体型変化の小さかった人は①歩行速度が大きい，②歩幅が広い，③背すじを伸ばしている，④前方に着地，⑤踵から着地，⑥床反力の推進最大値が大きいことが明らかとなった。この結果より，体型変化の大きさと日常の歩き方の間に関係性があることが示唆された。

参考文献

1) Jette, M., Sidney, K., and Campbell：J. Effect of a twelve-week walking program on maximal and submaximal work output indices in sedentary middle-agedmen and wemen, J. Sports. Med. , Vol.8, 59-66, 1988.
2) Pollock, M., Miller, H. S., Janeway,. R., Linnerud, C. A., Robertson, B., and Valentino：Effect of walking on body composition and cardiovascular function of middleaged men, J. Appl. Physiol. Vol.30, No.1, 126-130, 1971.
3) 岡本勉：若さと健康をつくるウォーキング，歩行研究所，2005.
4) 黒川隆夫，伊東伸泰，篠崎彰大，中野広：人の体型記述の一方法，計測自動制御学論文集，Vol.20, No.9, 1984.
5) 宮下充正，武藤芳照，白山正人，平野裕一(編)：フィットネスQ&A，南江堂，1992.
6) 宮下充正：ウォーキングブック，有限会社ブックハウス・エイチディ，2006.
7) 日本肥満学会肥満症診断基準検討委員会：新しい肥満の判定と肥満症の診断基準，肥満研究，Vol.6, 18-28, 2000.
8) Margaria, R.：Biomechanics and energetics of muscular exercise., Clarendon Press, Oxford, 1976.
9) Levine JA, Eberhardt NL, and Jensen MD：Role of nonexercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans, Science, Vol283, No.8, 212-214, 1999.

10) 木村賛，神谷正明：速度変化に伴いヒトの歩行がどう変わるか，バイオメカニズム，Vol.6，69-79，1982.
11) 山田忠利，近藤四郎：老人靴の開発について，靴の医学，Vol.2，81-88，1988.
12) Shiavi, R., Green, N., McFadyen, B., Frazer, M., and Chen, J.：Normative childhood EMG gait patterns, Orthop Res, Vol.5, 283-295, 1987
13) 池添 冬芽，市橋 則明，大畑 光司，森永 敏博：歩行時における速度と重錘負荷条件が下肢筋の筋活動に及ぼす影響，京都大学医療技術短期大学部紀要，Vol. 21，35-39，2001.

平成21年度　日本人間工学会関西支部大会

室内に残留する油煙臭に対する臭気評価実験

－油煙臭に対する嗅覚順応の個人差に関する検討－

○ 萬羽郁子　磯田憲生
（奈良女子大学大学院人間文化研究科）

The study of evaluation of oil odor remain after cooking
-About individual variation of olfactory adaptation-

Ikuko BANBA　Norio ISODA
(Faculty of Human Life and Culture, Nara Women's University)

１．はじめに

開放的であることや、調理時におけるコミュニケーションのとりやすさから、LDK一体型のオープンキッチンが増加しているが、調理臭が隣接する食事室や居間にまで拡散し快適性に影響を及ぼすことが懸念される[1)]。調理時に発生する臭気には食欲を亢進させる効果もあるが、室内に拡散し残留した臭気に対しては不快度がやや高いことが明らかとなっている[2)]。また、調理開始6時間後まで室内には調理臭が残留する箇所があることや、官能評価によりにおい質が時間の経過に伴い変化することも報告されており[3)]、調理残臭対策や調理残臭が及ぼす影響について検討が必要である。

一般に、臭気の官能評価は、対象室内にて捕集した臭気を実験室に持ち帰り三点比較式臭袋法などを用いて行われることが多い。しかし、実住宅においては、居住者は同一室内に長時間滞在することから、持続したにおい刺激に対する感覚強度が低下する順応や、反復刺激や学習によってにおい知覚が減少する慣れが影響することが考えられる[4)]。嗅覚の順応に関しては、これまで感覚的強度は指数関数的に減衰することが多く報告されているが、これらの研究では硫化水素、プロパノール等の刺激性の高い悪臭物質が扱われることが多かった[4)]。また、近年では、順応過程が指数関数に当てはまらない場合や個人差があることも報告されている[5)]。そこで、揚げ物調理を行った場合の調理残臭評価を行い、被験者が一定時間室内に滞在した場合の順応過程の個人差について検討した。

２．方法

２-１　実験室と環境設定

実験は、オープンキッチンを模擬した新潟大学教育学部住居学実験室で行った。実験室の平面図は図1に示すとおりである。換気回数は0.5回/hであった。台所設備について、本実験に用いた調理熱源は家庭用2口ガスコンロで、コンロ上部には風量は300m^3/h程度のレンジフードファンが設置されていた。実験は2009年7月～8月に実施した。実験中は夏季エアコン使用時を想定し、実験室中央の天井に設置されているエアコンを26℃設定で稼動し、湿度は成り行きとした。

２-２　実験の流れ

調理手順を図2に示す。調理品目は揚げ物調理とし、4人家族を想定して1ℓのなたね油と大豆油の混合油で冷凍コロッケ70gを8個（2個×4回）揚げた。油温の調節には、180℃の揚げ物用自動温度調節機能を用いた。また、揚げ物調理の隣では茹で物を想定して、鍋で2ℓの湯沸し（調理開始5分後まで強火,その後は中火）を行った。調理時間は計30分間であった。調理終了後、ただちに揚げ物用鍋や揚げ終わった調理品に蓋をして臭いの漏れを防いだ。一般住宅では調理開始時に台所換気扇を稼動し始め、調理終了30分以内に稼動を停止する住宅が多く[2)]、本実験においても調理開始直前～調理終了15分後までを換気扇稼動時間とした。

被験者による臭気評価の流れを図3に示す。調理臭評価は、調理開始5分前～調理終了15分後〈台所換気扇停止まで：換気扇稼動〉、台所換気扇停止直後の40分間〈停止直後〉、台所換気扇停止約3時間後〈停止3時間後〉の40分間と3回に分けて行った。調理中の臭気評価として、実験室入室直後（調理開始-5分）、調理開始時（0分）、調理途中（20分　※一部条件のみ）、調理終了後（30分）の4回と、いったん実験室を退室して再入室直後（0分）、1分（※一部条件のみ）、2.5分、5分、10分の5回評価を行った。

台所換気扇停止後には、条件①では10分間の入室を3回繰り返すこととし、それぞれ入室直後（0分）、2.5分、5分、10分の4回評価を行った。順応からの回復は順応そのものと同様に速やかであり、5分程度で回復するという報告がみられたことから[4]、10分の評価が終わり次第実験室を退室し、5分後に再び入室する流れとした。条件②では、実験室内に40分間滞在し続けることとし、入室直後、1分、2.5分、5分、10分、15分、20分、30分、40分の9回評価を行った。

被験者は前室での休憩時間中や入室時に活性炭入りのマスクを着用し、実験室へ入室し被験者位置に着座したらマスクをはずし、入室直後の評価を行った。被験者の着衣量は0.5cloで、実験室内では室中央に椅座の状態で評価を行った。臭気強度評価には表1に示す6段階臭気強度評価尺度を用いた。他にも、臭気に対する不快度評価（5段階評価）、部屋の臭気としての容認性評価、室内の温熱環境に対する評価と総合満足度と、22項目のにおい質評価も行った。被験者による臭気評価と合わせて室内温熱環境およびニオイセンサ値を測定（いずれも1分間隔で記録）した。温湿度計は調理者横、キッチン、ダイニングの3箇所の床上30cm、120cm、210cmに設置した。ニオイセンサは被験者位置に近いダイニング中央の床上120cmに設置した。

2-3　被験者

被験者は20代の新潟大学学生で、T&Tオルファクトメータ5-2法に合格した8名（男性2名, 女性6名）とした。被験者属性と実験期間中における体調を表2に、実験日程および各実験ケースへの参加状況を表3に示す。平均睡眠時間は6時間15分で、体調は「良い」が7割、「やや悪い」が3割であった。女性被験者について、高温期と低温期がそれぞれ半数であった。

3．結果

3-1　調理残臭評価

-5分～270分（3時間後の評終了時）までのダイニング120cmの温湿度測定結果について、全実験ケースの平均室温は26.2℃、平均相対湿度は59%で、温冷感は「－1.やや涼しい」～「1.やや暖かい」、快適感は「0.どちらともいえない」～「1.やや快適」の範囲にほぼ収まっていた。図4に実験中のニオイセンサ値を、換気扇稼動中（45分）までは5分間隔、それ以降は10分間隔の平均値で示す。全ケースに共通して、調理終了直後の35～40分頃が最も高い値となっていた。実験日が連続した8/10～8/12については、8/11や8/12では他に比べて実験開始時の値が高かった。このことから、実験開始時の値が60～80程度であった7/17、7/22、8/10【ベース低】と220程度であった8/11と8/12【ベース高】に分けて検討した。【ベース低】では、調理に

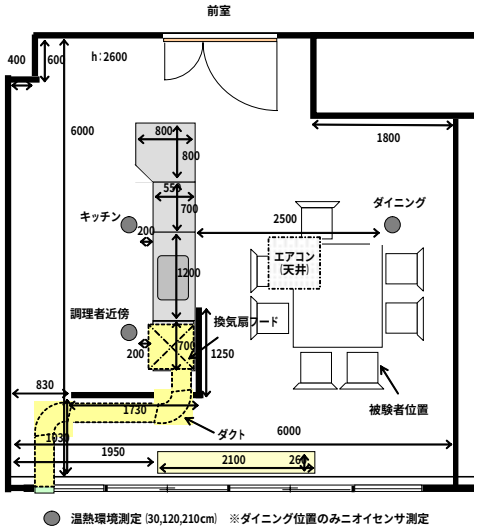


図1　実験室平面図

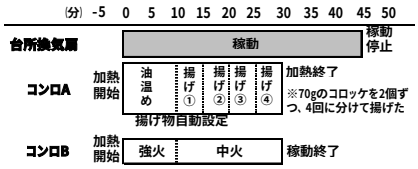


図2　調理手順

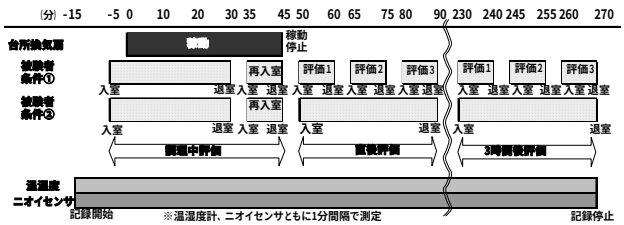


図3　評価の流れ

表1　評価に用いた臭気強度尺度

○臭気強度	○臭気に対する快適感
5.強烈なにおい 4.強いにおい 3.楽に感知できるにおい 2.何のにおいか分かる弱いにおい 1.やっと感知できるにおい 0.無臭	4.極端に不快 3.非常に不快 2.不快 1.やや不快 0.不快ではない
	○臭気に対する容認度 1.受け入れられる 0.受け入れられない

表2　被験者属性

被験者No.	年齢	性別	喫煙の有無	条件①									条件②					
				実験日	睡眠時間	体調	実験日	睡眠時間	体調	実験日	睡眠時間	体調	実験日	睡眠時間	体調	実験日	睡眠時間	体調
No.1	25	男性	なし	7/22	6:00	良い							8/10	5:30	やや悪い			
No.2	22	男性	あり 約10本/日										8/10	5:00	良い	8/11	6:00	良い
No.3	22	女性	なし	7/22	8:30	良い (高温期)	8/12	6:00	良い (低温期)				8/11	5:00	良い (低温期)			
No.4	22	女性	なし	7/17	6:30	良い (低温期)	7/22	4:30	良い (低温期)	8/12	6:30	良い (低温期)	8/10	4:00	良い (高温期)	8/11	6:30	良い (低温期)
No.5	22	女性	なし	7/17	6:45	良い (高温期)	7/22	6:20	やや悪い (低温期)	8/12	6:00	良い (高温期)	8/11	7:10	やや悪い (高温期)			
No.6	22	女性	なし	7/17	7:30	良い (高温期)	7/22	6:30	良い (低温期)				8/11	6:30	良い (高温期)			
No.7	22	女性	なし	7/17	7:00	良い (高温期)	7/22	8:00	やや悪い (低温期)	8/12	6:00	やや悪い (高温期)	8/10	6:00	良い (高温期)	8/11	6:00	やや悪い (高温期)
No.8	22	女性	なし	7/17	5:20	良い (低温期)	7/22	5:00	良い (低温期)									

表3　実験日程と参加被験者

被験者No.	条件①									条件②					
	7/17			7/22				8/12			8/10			8/11		
	調理中	直後	3h後	調理中	直後	3h後	6h後	調理中	直後	3h後	調理中	直後	3h後	調理中	直後	3h後
No.1	○	○	○			○	○				○	○	○	○	○	○
No.2											○	○	○			
No.3				○	○	○	○	○	○	○				○	○	○
No.4	○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○
No.5	○	○	○	○	○	○		○	○	○						○
No.6	○	○	○	○	○	○								○	○	○
No.7	○	○	○	○	○	○	○			○			○	○	○	○
No.8	○	○		○	○	○	○									

よって150程度上昇し、270分においても実験開始時より高い値となっていた。7/22には、調理終了後も値が下がりにくい傾向がみられた。【ベース高】では、値は50程度上昇し、120分以降に実験開始時よりも低くなったが、200より下がることはなかった。

調理中および各時間帯の入室直後の平均臭気強度と臭気に対する不快度を図5に、各時間帯の臭気強度、不快度、容認度の内訳を図6に示す。−5分〜0分にかけてと、20分〜30分にかけては順応の影響で強度はわずかに低下していたが、調理前より高い値となっており、調理による残臭を被験者も感じていたと考えられる。【ベース低】と【ベース高】では、臭気強度に最大で1段階程度の差がみられた。個人による評価の差は、臭気強度、不快臭気強度、不快度ともに1〜2段階だった。日本建築学会では臭気環境の運用規準として、調理臭の臭気強度を2.1、非容認率を20％としており[6)]、【ベース低】では調理終了時〜3時間後の平均臭気強度と容認度が基準値を超えていた。

3-2　調理残臭に対する順応

調理終了後の再入室〜換気扇停止3時間後までの平均臭気強度の変動状況を図7に示す。平均臭気強度は入室後2.5分以内に低下し始め、5分間で1〜2段階低下し、その後も徐々に低下するか変化がなく、指数関数的な減衰となっていた。しかし、個々の評価結果には、既往研究で報告があるように様々な順応過程がみられ、図8に示すよう大きく5種類に分類された。この分類は悪臭物質であるトリメチルアミンを用いた既往研究とほぼ同様の傾向であるが[5)]、10分後

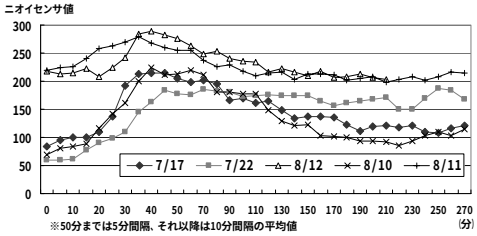


図4　ニオイセンサ値測定結果

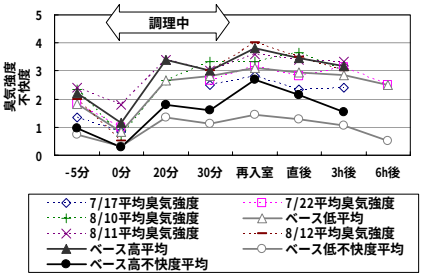


図5　入室直後評価の臭気強度および不快度

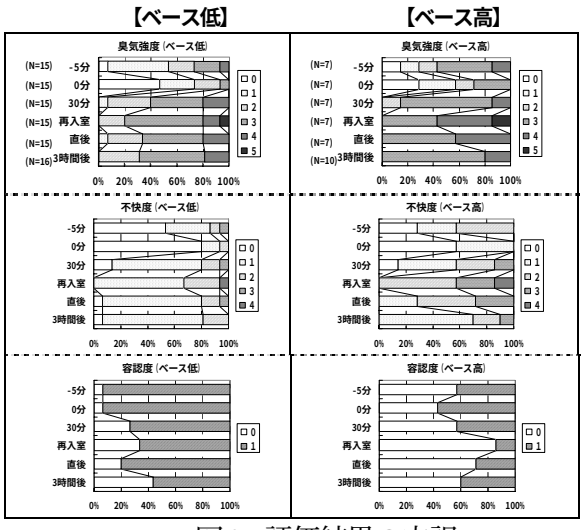


図6　評価結果の内訳

まで低下をし続けるⅡ型は既往研究でみられなかった。なお、既往研究では実験時間中に逐次評価を行っており、本実験とは評価の感覚や臭気の暴露方法が異なる[5)]。

Ⅰ型：臭気強度は低下と上昇を繰り返す。

Ⅱ型：臭気強度は10分後まで低下し続け、安定しない。

Ⅲ型：臭気強度は指数関数的に低下するか入室直後に急に低下した後はほとんど不変。

Ⅲ´型：Ⅲと似ているが、臭気強度は0となって安定。

Ⅳ型：臭気強度は一定。

Ⅳ´型：臭気強度は0のまま一定。

Ⅴ型：入室直後よりも臭気強度が上昇。

調理終了後からの経過時間別に、評価時間10分での順応過程の分類を図9に示す。調理終了から間もない再入室ではⅠ型が多く、それ以降はⅢ型が多かった。図10より、評価時間40分の場合には直後にはⅠが、3時間後にはⅡが最も多くなっていた。臭気強度は入室5分までにある程度低下するものの、その後も1段階程度の範囲で変動し続けることが分かった。また、図11より、被験者によって順応過程の傾向が異なることや、一人の被験者が常に同じ型を示すわけではないことが分かった。

4．まとめ

オープンキッチンにおける揚げ物調理終了後の残臭評価を行ったところ、本実験条件下では、調理終了から3時間程度経過しても不快側の調理臭が残留していた。実験室への入室後は時間経過に伴い臭気強度が変化する様子がみられ、順応過程がみとめられたが、指数関数的に減衰するほか、変動し続ける場合や一定の場合などそのパターンは5種類に分類された。

参考文献

1）五十嵐由利子,中村和吉,永井廉子,石津京二,古賀修,宮永俊之,占部亘,阪本郁代,中島明子：電磁調理器使用時の臭気拡散と臭気評価に関する研究,第28回人間－生活環境系シンポジウム報告集, 37-40,2004

2）萬羽郁子,五十嵐由利子,磯田憲生：調理臭および調理残臭に関する居住者の意識と調理時の換気行動についての実態調査,第32回人間－生活環境系シンポジウム報告集, 63-66,2008

3）光田恵,中村太樹,姉川哲也,小林和幸：室内における調理の拡散・残留特性に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）,D-2,999-1000,2005

4）川崎通昭,堀内哲嗣：嗅覚とにおい物質,社団法人におい・かおり環境協会,2006

5）斉藤幸子,飯尾心,小早川達,後藤なおみ：持続提示する臭気に対する感覚的強度の多様な時間依存性,においかおり環境学会誌,35,17/21,2004

6）社団法人日本建築学会：日本建築学会環境基準AIJES-A003－2005室内の臭気に関する対策・維持管理規準・同解説,社団法人日本建築学会,2005

《謝辞》実験にご協力下さいました被験者の皆様に厚く御礼申し上げます。

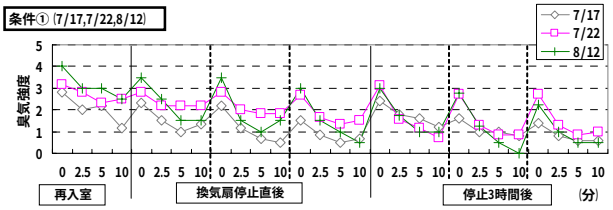


図7　実験ケース別平均臭気強度の変動状況

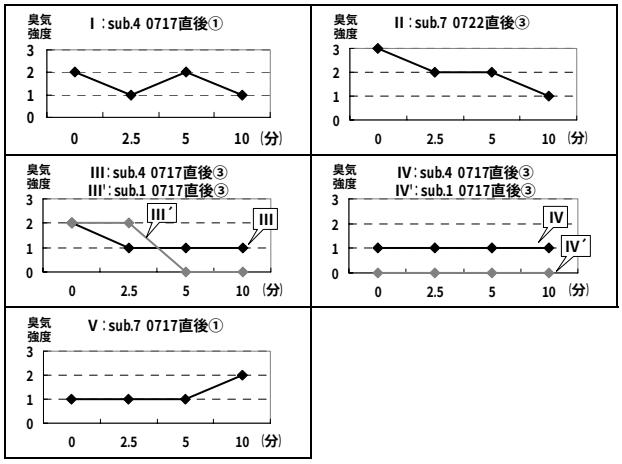


図8　順応過程の例

図9　順応過程の分類（10分間）

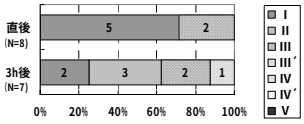


図10　順応過程の分類（40分間）

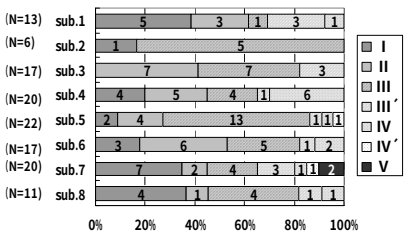


図11　被験者別順応過程の分類（10分間）

自然共生型住宅地における住環境実測調査
－ 第9報　緑の量の違いによる住まい方の比較－

○松井智子（奈良女子大学人間文化研究科）
東実千代（畿央大学健康科学部）
久保博子（奈良女子大学生活環境学部）
磯田憲生（奈良女子大学人間文化研究科）

Field measurement on the environmental Symbiotic type houses
- (Part9) Comparison of life style of difference of green volume -

Tomoko MATSUI (Graduate school of Nara-women's university)
Michiyo AZUMA (Faculty of Health Science, Kio University)
Hiroko KUBO (Facility of human life and environment Nara-women's university)
Norio ISODA (Graduate school of Nara-women's university)

１．はじめに

環境問題への意識の高まりとともに、環境共生的な住まい方というライフスタイルが広がりつつある。そこで本研究は、奈良市青山に既存の自然環境を残して計画された住宅地を対象として長期的な住環境実測を行い、残存する自然環境が住宅の温熱環境及び住まい方に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。本報では、緑が住まい方に与える影響を明らかにするために実測調査を行っている住宅および周辺の住宅を対象にアンケート調査を行った結果を報告する。

２．方法

調査は実測調査を行っている住宅(以下、対象住宅)及び対象住宅がある奈良市青山地区の戸建て住宅を対象に行った。その際、住宅の敷地内の緑の量によって住まい方や省エネルギー意識の違いを検討するために、対象住宅を除く住宅では敷地内の緑の量を「多い」、「中ぐらい」、「少ない」の３段階に分けて調査票を配布した。緑の量の分類方法としては鉛直面方向の緑の量を基準にし、窓面を緑がほとんど覆うほどの樹木がある住宅を「緑が多い住宅」、敷地内に樹木はあっても窓面を覆っていない住宅を「緑が中ぐらいの住宅」、敷地内に高木な樹木がほとんどない住宅を「緑が少ない住宅」とした。これらの住宅は全て南側および西側に庭を有する住宅を対象とした。

調査は2008年10月下旬～11月上旬、2009年9月下旬～10月上旬にかけて直接配票郵送回収方式で、配布数は149件、現時点での有効回収数は74件、有効回答率は49.7%であった。

表１にアンケートの調査内容を示す。調査項目は大きく分けて回答者の属性、環境問題や省エネルギーに対する意識、緑化、夏期の住まい方、水光熱費などの項目とした。なお、アンケート調査票への回答は、居住者の中で最も在宅時間の長い方に依頼した。

以下に示す結果は緑の量の違いによる比較をおこなうため、前述した緑の量別に分けて示す。

表１　調査内容

回答者及び住宅の属性	年齢、職業、家族人数、建築年数、延床面積、住宅の構造、断熱材の有無　など
環境問題や省エネルギーに対する意識	環境問題への関心 入居前後の環境保全や省エネに対する意識　など
住宅計画時の取り組み	考慮した項目と実際に採用した項目、屋外空間の計画　など
緑化	緑化に対する意識、緑の量や満足度、緑化によって得られた効用や問題点　など
夏期の住まい方	環境保全や省エネに繋がる工夫 冷房器具の保有および使用実態 暑さに対する対処策
水光熱費	電気代・ガス代・水道代の実態 入居前後の変化

３．結果

３－１　回答者の属性および住宅の特性

表２に回答者および住宅の属性を示す。対象住宅では40～50代の回答者が70%を占め、建築年数、居住年数ともに5年以下であり、全ての住宅が注文住宅であった。緑が多い住宅では回答者の62%が60代以上であり、建築年数は21～25年が86%であった。注文住宅は62%である。緑が中ぐらいの住宅では60代以上が65%であり、建築年数は21～

表２　回答者および住宅の属性

項目		回答(%)			
		対象住宅(n=10)	緑が多い住宅(n=21)	緑が中ぐらいの住宅(n=26)	緑が少ない住宅(n=17)
回答者	年齢	40～50代:70、60代以上:10 不明:20	40～50代:38、60代以上:62	40～50代:35、60代以上:65	20～30代:18、40～50代:47 60代以上:35
	家族人数	2人:10、3人:10 4人:70、不明:10	1人:10、2人:62 3人:19、4人:10	1人:4、2人:58、3人:19 4人:15、5人:4	2人:29、3人:18 4人:41、5人:12
	職業	会社員:30、パート:20 自営業:10、専業主婦・無職:30 不明:10	会社員:14、パート:5 専業主婦・無職:71、その他:10	会社員:8、パート:4 自営業:4、専業主婦・無職:81 その他:4	会社員:18、パート:29 自営業:6、専業主婦・無職:41 その他:6
住宅	建築年数	5年以下:100	16～20年:10、21～25年:86 26～30年:5	5年以下:12、6～10年:19 11～15年:4、16～20年:8 21～25年:58	5年以下:6、6～10年:35 11～15年:18、16～20年:6 21～25年:29、26～30年:6
	居住年数	5年以下:100	11～15年:10、16～20年:14 21～25年:76	5年以下:12、6～10年:23 11～15年:8、16～20年:8 21年～25年:50	5年以下:12、6～10年:47 11～15年:24、21～25年:18
	延べ床面積	150㎡未満:60 150～200㎡:10 200～250㎡:20、不明:10	150㎡未満:67 150～200㎡:38	150㎡未満:65 150～200㎡:27 200～250㎡:4、250㎡以上:4	150㎡未満:53 150～200㎡:47
	構造	木造:70 木造＋鉄筋コンクリート:30	木造:81 プレハブ木質系:10 プレハブ軽量鉄骨系:10	木造:58、鉄骨系:4 コンクリート系:4 プレハブ木質系:12 プレハブ軽量鉄骨系:23	木造:47、鉄骨系:18 プレハブ木質系:12 プレハブ軽量鉄骨系:24
	購入時	注文住宅:100	注文住宅:62、建売住宅:38	注文住宅:96、建売住宅:4	注文住宅:63、建売住宅:37
	断熱材	有り:90、未回答:10 (壁:100、床:67、天井:89)	有り:67、無し:5、不明:29 (壁:86、床:29、天井:71)	有り:73、無し:8、不明:15 未回答:4 (壁:89、床:32、天井:63)	有り:71、無し:12、不明:18 (壁:100、床:33、天井:58)

25年が58%、6～10年が19%であった。また96%が注文住宅であった。緑が少ない住宅では40～50代が47%、60代以上が35%であり、建築年数は6～10年が35%、21～25年が29%であった。注文住宅は63%である。構造では、対象住宅及び緑が多い住宅ほど木造を採用する住宅が多かった。断熱材の有無では、対象住宅が90%、その他の住宅では約７割の住宅で使用されていた。建売住宅では不明と回答する割合が高かった。

3－２　屋外空間の緑化

図１に屋外空間の緑化の実施度合いを示す。対象住宅は緑化を「積極的に行っている」が30%、「行っている」が70%であった。緑が多い住宅では緑化を「積極的に行っている」が約半数を占め、緑が中ぐらいの住宅、緑が少ない住宅の順に積極的に緑化を行う割合は低くなる傾向が示された。

図２に住宅敷地内の屋外空間の緑の量を示す。なお回答は2009年でのみ実施し、回答者の主観で評価してもらった。緑が多い住宅ほど敷地内の緑を多いと評価する割合が高くなる傾向が示され、緑が少ない住宅では43%が「どちらでもない」とし、約2割が少ない側の評価をした。

図３に主観評価による住宅敷地内の緑の量別の緑の量に対する満足度を示す。図２で住宅敷地内の緑の量を多い側の評価とした者は量に対しても満足している傾向が高く、不満に感じている者はいなかった。一方、少ない側の評価をした者は緑の量に満足している者はおらず、「どちらでもない」及び「やや不満」と感じていた。このことから、住宅地の緑は量が多いほど量に対する満足度も高まる傾向が示された。

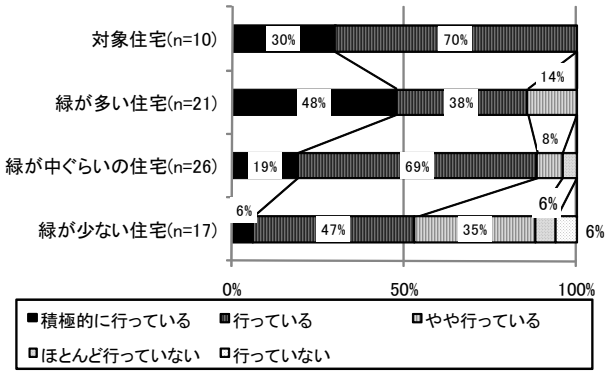


図１　屋外空間の緑化の実施度合い

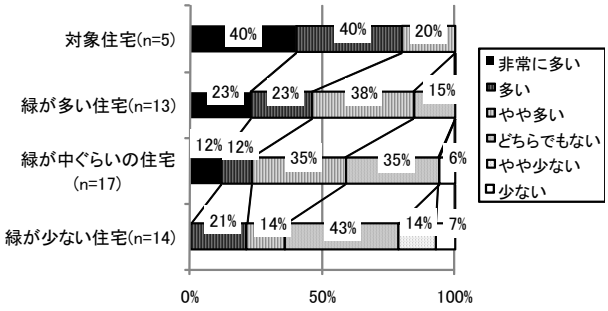


図２　住宅敷地内の屋外空間の緑の量

図４に屋外空間の計画時に考慮したことを示す。全体で最も考慮されたのは「植栽の種類」、次いで「維持管理のしやすさ」であった。しかし緑が多い住宅で「維持管理のしやすさ」を考慮した割合は14%であった。また「環境との共生」は緑が中ぐらい及び少ない住宅に比べ、対象住宅及び緑が多い住宅でより考慮される傾向が示された。

図５に緑化による効用を示す。全体では「心が癒された」が最も多く、「景観がよくなった」、「環境がよくなった」では、緑の量が多い住宅ほど割合が高くなる傾向が示された。また、緑が多い住宅では他の住宅に比べて「日射が遮蔽できた」割合が高くなった。

図６に緑化を行う上での問題点及び緑化を行わない理由を示す。全体では「維持管理が大変」が最も多く、その割合は特に緑が多い住宅及び緑が少ない住宅で高くなる傾向が示された。緑が多い住宅では屋外空間の計画時に考慮される割合が低かったことから、実際に植栽を行った後で生じた問題点だと考えられる。一方、緑が少ない住宅では計画時に考慮されており、維持管理の大変さが緑化を控えめにする理由の一つとして考えられることが示唆された。次いで多かった「虫が発生しやすい」は緑の量が多い住宅ほど問題点として挙げる傾向が高くなった。

3－３　住まい方

図７に日常生活において快適性重視と省エネ重視の割合を示す。全体では緑が少ない住宅を除き、「快適性も省エネもどちらも同じくらい重視」する割合が最も高かった。緑が少ない住宅では「快適性重視」の割合が最も高く約半数を占めた。「省エネ重視」の割合は対象住宅で最も高く40%であり、次いで緑が多い住宅で24%であった。

図８に日常生活で省エネや環境保全につながる工夫や取り組みを示す。全体では「冷房をこまめに消す」、「ごみの減量や分別、リサイクルを推進する」などが多く挙げられた。また、緑が多い住宅ほど「できるだけ冷暖房器具に頼らず自然な環境の中で生活する」や「環境にやさしい商品を選択する」傾向が高くなった。

図９に夏期の住まいにおける防暑対策を示す。全体では「窓を開ける」が最も多く、次いで「クーラーや扇風機をつける」であった。「照り返し防止の緑化を行う」や「日差しを遮るための樹木を植える」などの緑化による防暑対策を行う割合は緑が少ない住宅では低い傾向が示された。

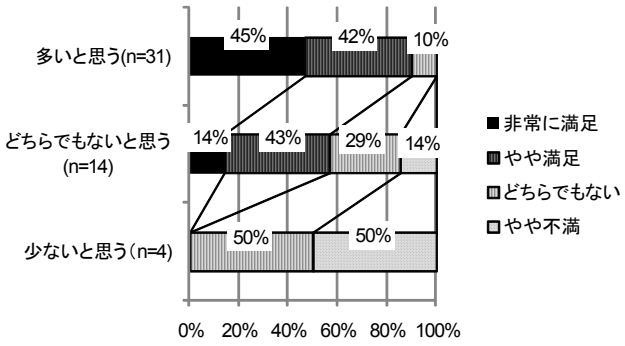


図３　主観評価による住宅敷地内の緑の量別緑の量に対する満足度

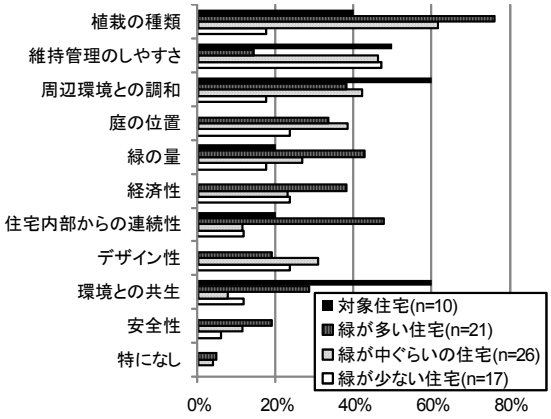


図４　屋外空間の計画時に考慮したこと

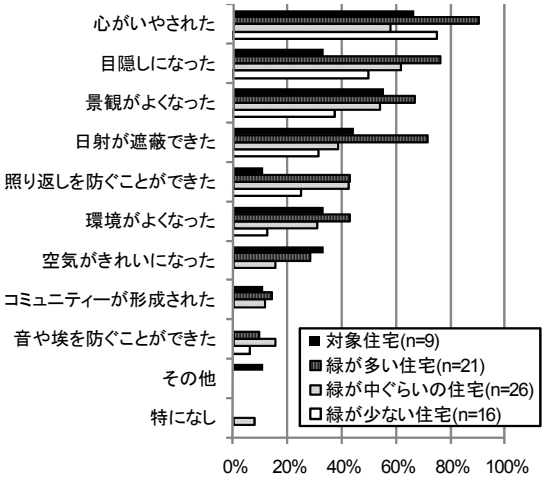


図５　緑化による効用

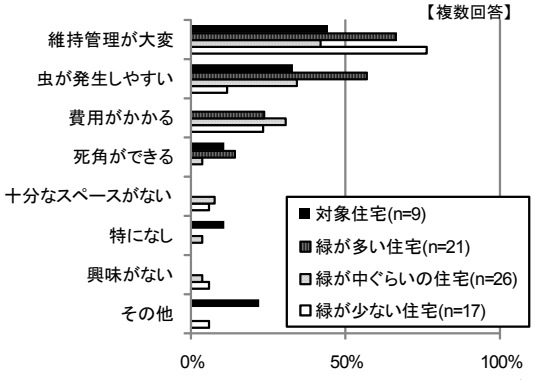


図６　緑化を行う上での問題点及び緑化を行わない理由

図１０にクーラーと扇風機の平均使用台数および平均使用時間を示す。緑が多い住宅ほどクーラーの使用時間は短くなる傾向が示された。緑が少ない住宅ではクーラーの平均使用台数が最も多く、クーラー及び扇風機の平均使用時間も最も長かったことから、その時々で使用器具を使い分けるか、両方を組み合わせて使用していたと考えられる。扇風機の使用台数に各住宅であまり差は示されなかった。

４．まとめ

奈良市の戸建て住宅を対象に緑化や住まい方に関するアンケート調査を行い、結果をまとめると以下の通りである。

(1)敷地内に緑が多いほど積極的に緑化を取り組む傾向があり、緑の量に対する満足度が高かった。

(2)緑化によって得られた効用は心が癒されるなどが多く、緑が多い住宅では日射遮蔽が出来た割合が高くなった。一方で、維持管理が大変などの緑化による問題点も挙げられた。

(3) 実測調査を行っている住宅及び緑が多い住宅ほど省エネや環境保全につながる工夫を行う傾向が高くなり、クーラーの使用時間は短くなった。

参考文献

1) 東実千代他：自然共生型住宅地における住環境実測調査（その１）－ 夏期と冬期の住宅の温熱環境―，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），465-466，2007.
2) 東実千代他：自然共生型住宅地における住環境実測調査―第2報　住宅の温熱環境，　第30回人間-生活環境系シンポジウム報告集，117-120，　2006
3) 松井智子他：自然共生型住宅地における住環境実測調査-第4報　夏期の温熱環境と住まい方に関する研究，　第32回人間-生活環境系シンポジウム報告集，159-162，　2008
4) 佐々尚美他：省エネルギーの意識と住まい方に関する調査研究-奈良市近郊の新興住宅地の戸建て住宅を対象とした場合-，　日本家政学会誌，　Vol.54，　No.11，　935-943，　2003
5) 佐々尚美他：省エネルギーの意識と住まい方に関する調査研究（その２）－ 奈良市近郊のソーラーエネルギー利用住宅を対象とした場合，　日本家政学会誌，　Vol.56，　No.10，719-727，　2005

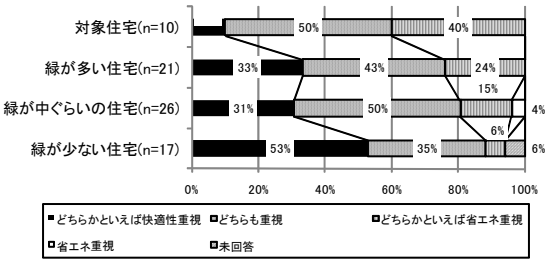


図７　日常生活で重視していること

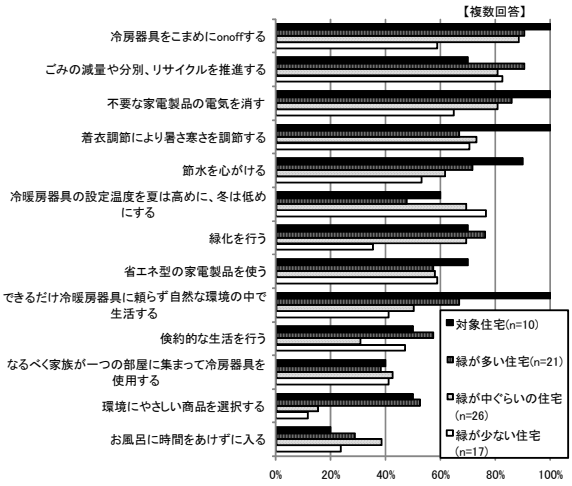


図８　日常生活で省エネや環境保全につながる工夫や取り組み

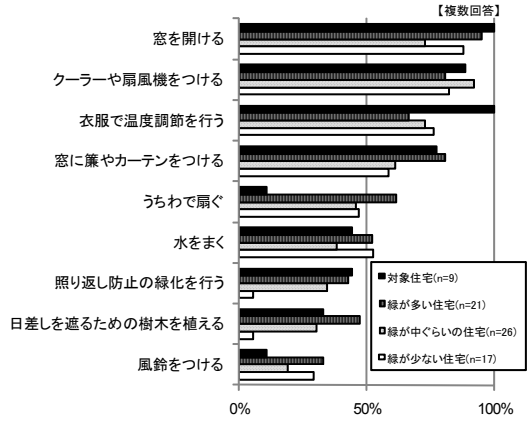


図９　夏期の住まいにおける防暑対策

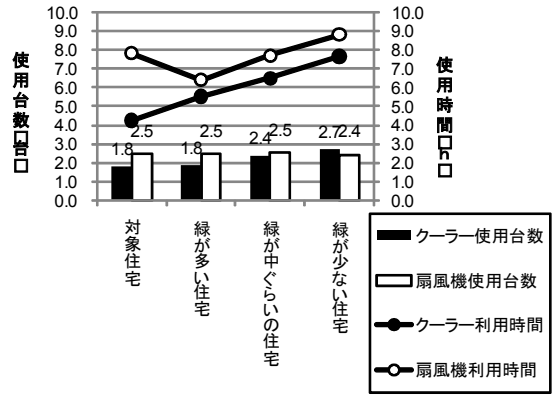


図１０　クーラーと扇風機の平均使用台数および平均使用時間

窓際植生の暑熱緩和効果（その16）

－西向き室の温熱環境評価－

○ 梅田奈々, 磯田憲生

（奈良女子大学人間文化研究科）

The thermal control effect of vegetation by the window side　Part16

The evaluation of thermal environment in the west direction room

Nana UMEDA, Norio ISODA

(Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University)

１．はじめに

緑化による日射遮蔽が夏期の快適な室内温熱環境の形成に役立つということは良く知られている。筆者らは一般住宅でも比較的取り入れやすい緑化手法のひとつとして、窓際植生による日射遮蔽を検討してきた。

これまでに南向きの室内について、温熱環境実測調査及び被験者による生理・心理反応実験を行い、窓際屋外側に植生を施した室は緑被率60%以上でブラインドと同程度以上の日射遮蔽効果が得られ、被験者による雰囲気評価で高く評価されることが報告される。

また西向き室について、小さな葉が重なり合って厚い層を形成するという特性を持った風船かずらを植生に採用し、2004年から2009年の夏期に温熱環境実測調査及び被験者測定を行った。本報では、西向きの室内を改造して小さな測定対象室を作って測定を行った2006年・2007年の結果より、西向き室における窓際植生の暑熱緩和効果を把握すること、また実際に使用されている西向き教室を測定対象室とした2008年・2009年の結果より、窓際植生の実空間における効果を検討することを目的としている。

２．2006年・2007年

2.1　実測調査

(1) 実測調査概要

奈良女子大学内のＲＣ造５階建校舎の3階に位置する西向きの１室を改造し、室内を断熱材（押出法ポリスチレンフォーム保温板 75㎜）と緩衝材（エアーキャップ）で仕切り、測定対象室とした。図1に測定対象室の平面図を示す。

2006年は一方の部屋の窓際屋外側に風船かずらを植生した「風船かずら室」、もう一方はブラインド使用の「ブラインド室」とした。

2007年は植生の量と日射遮蔽効果の関係を検討するため、2室に量が異なるように窓際屋外側に植生し、それぞれ「緑が多い植生室」「緑が少ない植生室」として比較した。植生の量を多く育てる方法としては、設置するプランターの数や蒔く種の数を増やし、植生を支えるネットの枚数を2枚に増やすなどの工夫を行った。

表1に2006年・2007年の実測調査及び被験者測定の概要を示す。

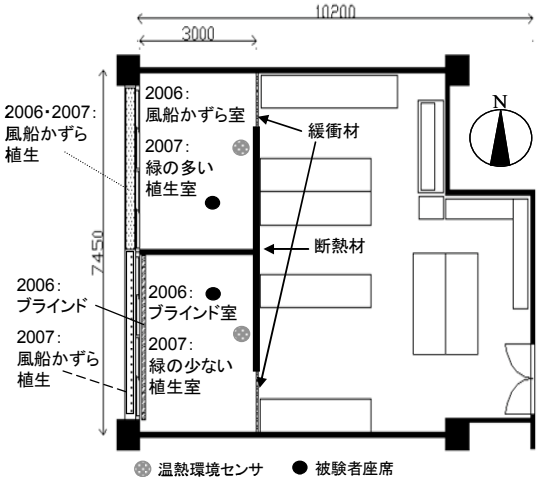


図１　測定対象室(2006 年及び 2007 年)

表１　実測調査及び被験者測定概要

実験対象室	2006年　風船かずら室・ブラインド室 2007年　緑の多い植生室・緑の少ない植生室	
測定項目(実測調査及び被験者実験)		
室内温熱環境	Ta0.1、0.6,1.1,1.6,2.6,2.7(天井表面)m、	
	相対湿度、黒球温度　0.6m	(5分間隔)
屋外温熱環境	全天日射量	(1分間隔)
	気温、相対湿度(百葉箱)	(5分間隔)
実測期間:2006/8/15～2006/10/8、2007/6/1～10/31		
被験者実験		
時間帯	①13:00～14:30　②14:40～16:10	
被験者	健康な女子大学生　28名(2006)、24名(2007)	
服装	半袖Tシャツ、スカート、下着、サンダル　0.28clo	
評価項目	室内温熱環境－快適感、温冷感など	
	室内雰囲気評価－「のびのびとした－窮屈な」など	
	総合評価－「良い－悪い」など	
被験者実験期間:2006/8/26～2006/9/27、2007/6/26～10/2		

(2) 実測調査の結果及び考察

本研究では窓ガラス面に対し植生が覆っている割合を緑被率とした。2006年風船かずら室の緑被率は8月から9月において60%～80%を推移し、2007年は2室ともに75%～80%の緑被率を保った。2007年の2室は植生の量に差をつけることを試みたが、緑被率はほぼ同程度であった。

図2に2006年・2007年8月～9月の全天日射量と黒球温度の関係を示す。データは日射の影響を受けやすい12時～16時の平均値を用いた。また、全天日射量は奈良地方気象台のデータを用いた。

2006年について、風船かずら室・ブラインド室ともに全天日射量が大きくなると黒球温度が上昇し、同全天日射量に対する黒球温度は風船かずら室がブラインド室より約0.5℃低くなった。

2007年について、全天日射量が大きくなるにつれて緑の少ない植生室の黒球温度は緑の多い植生室の黒球温度よりやや高くなった。全天日射量が0.2MJ/㎡のとき緑の少ない植生室の黒球温度は31.7℃、緑の多い植生室は31.4℃となり、2室の緑被率は同程度であったが、植生の量が多いことによって緑の多い植生室は放射温度の上昇が緩和されたと考えられる。

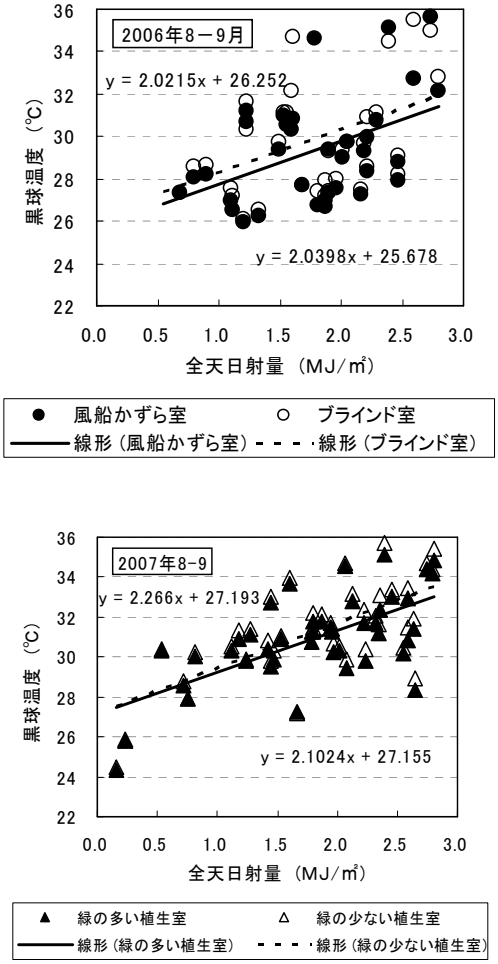


図2　全天日射量と黒球温度の関係

2.2　被験者測定

(1) 被験者測定概要

被験者測定期間は2006年8月26日～9月27日、2007年6月26日～10月2日で、2室とも窓は1/2開放、ドアは全開とし、照明は消灯した。室の廊下側スペースを前室とし、被験者は各室に30分間在室し、10分毎に室内温熱環境の申告を受け、入室から30分後に室内雰囲気評価、総合評価の申告を行った。温熱環境評価に影響を与えないように被験者は窓面を見ないように入室し、30分の評価を行うときに初めて窓面を見るようにした。

(2) 被験者測定の結果及び考察

図3に2006年・2007年被験者実験時の入室30分後の各室黒球温度と温冷感申告の関係を示す。黒球温度は実験終了時5分間の平均値を用いた。2007年の2室の温冷感評価は同程度であるため、2007年は緑の多い植生室と緑の少ない植生室のデータをまとめて示す(2007年植生室(2室))。

温熱的中性である「どちらともいえない」となるときの黒球温度は、2006年風船かずら室で29.3℃、ブラインド室28.9℃、2007年植生室(2室)で29.0℃と推測され、ブラインド室・植生室ともに約29℃で同程度であった。

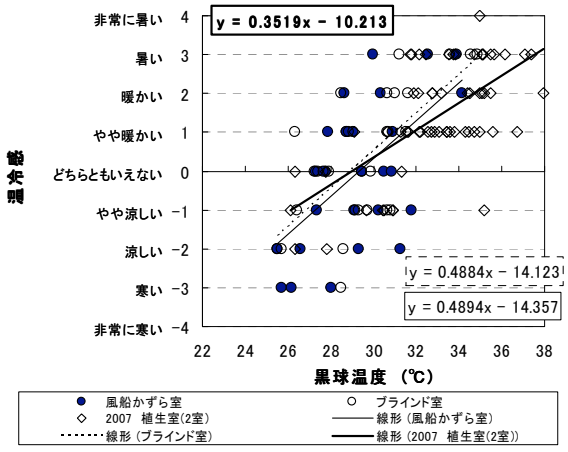


図3　黒球温度と温冷感申告

雰囲気評価について、2006年はブラインド室に比べ風船かずら室が「みずみずしい」「自然的な」などほとんどの項目でブラインド室より高く評価された。2007年緑の多い植生室、緑の少ない植生室の2室の評価にほとんど差は見られず、2006年風船かずら室と同程度の高い評価を得た。

３．2008年・2009年

3.1　実測調査

(1) 実測調査概要

奈良女子大学内のＲＣ造4階建校舎の1階及び2階に位置する西向きの教室を測定対象室とした。1階教室の窓際屋外側にはネットを設置し、風船かずら植生がネットを伝って成長するようにした「1階植生教室」とした。また、上部に位置する同じ形状の2階教室を日射遮蔽なしの比較対象室とした。2008年について、温熱環境測定装置の設置位置は途中変更・追加があったが、今回考察に用いるのは6月・7月・9月に窓際に設置した装置の値とした。2009年について、温熱環境実測装置は窓側と廊下側の2点に設置し、今回の考察では窓側装置の値を用いた。表2に2008年・2009年の実測調査及び被験者実験の概要を示す。

(2)実測調査の結果と考察

図4に2008年の全天日射量と窓際黒球温度の関係を示す。6月・7月について、2階教室は1階植生室に比べて約0.5℃高く、全天日射量が大きくなるにつれて2室の窓際黒球温度は同様に上昇した。1階植生教室の植生は7月の時点で窓面上部まで成長していなかったため、強い西日の影響を受けて黒球温度が上昇したと考えられる。植生は8月中旬ごろには窓面上部に達し、9月は植生の層の厚さがまばらではあるものの植生は窓面を覆っていた。9月の1階植生教室の窓際黒球温度は2階教室に比べて低く、窓面を覆った植生の日射遮蔽効果が示された。

3.2　被験者測定

(1) 被験者測定概要

被験者測定は1階植生教室と2階教室を対象に行った。図5に被験者実験時の様子を示す。実験時、2室とも窓・ドア開放で照明は廊下側のみ点灯した。被験者は西向き窓面を右手に教室前方を向いて着席し、30分間の在室中10分毎に温熱環境評価の申告を行い、30分後のみ雰囲気評価、総合評価の申告を行った。被験者測定期間は2008年8月28日～9月26日、2009年8月17日～9月17日であった。図

被験者測定に加え、1階植生教室を使用した講義中に受講生を対象として室内温熱環境評価、雰囲気評価及び総合評価のアンケート調査を行った。調査は植生が窓面まで成長する以前から植生の成長の過程で行い、2008年は6月26日～7月24日の4日間、2009年は4月9日～7月23日の12日間14：40～16：00に行われた講義を対象とした。調査用紙は講義終了10分前に配布し、記入してもらった。

表2　実測調査及び被験者測定概要(2008・2009)

実験対象室	2008年・2009年　1階植生教室・2階教室
	測定項目(実測調査及び被験者実験)
室内温熱環境	気温、相対湿度、黒球温度　0.6m (窓際・廊下側各1点)　(5分間隔)
屋外温熱環境	気温、相対湿度(百葉箱)　(5分間隔)
実測期間：2008/6/1～9/30、2009/6/1～9/30	
被験者実験	
時間帯	14:40～16:10
被験者	健康な女子大学生　31名(2008)、14名(2009)
生理反応	皮膚温9点 (2008年のみ) (前額、腹、前腕、大腿、下腿、手背、胸、背中)
評価項目	室内温熱環境－快適感、温冷感など 室内雰囲気評価－「のびのびとした－窮屈な」など 総合評価－「良い－悪い」など
被験者実験期間：2008/8/28～9/26、2009/8/17～9/17	

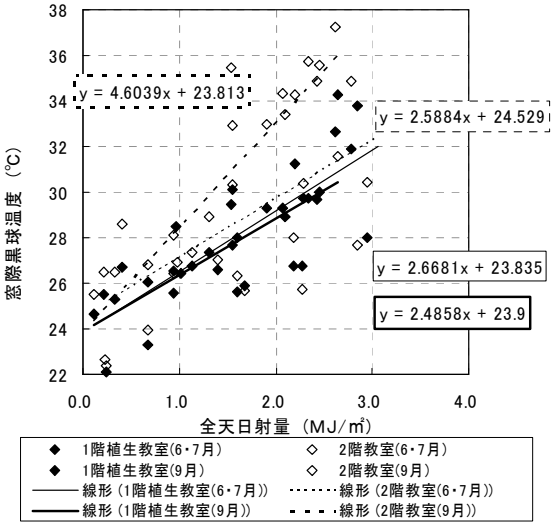


図4　全天日射量と黒球温度の関係(2008)

1階植生教室　　2階教室

図5　被験者実験時の様子

(2) 被験者測定の結果と考察

図6に2008年講義中アンケート調査の結果と合わせて、2008年及び2009年の被験者実験における雰囲気評価の平均値プロフィールを示す。

2008年について、植生が窓面上部まで成長した8月後半から9月にかけて行なわれた被験者実験では、植生が充分に成長していない7月のアンケート調査の結果に比べて多くの項目で高い評価を得ており、「情緒豊かな」「みずみずしい」「風流な」などの項目では窓面を覆う植生が多くなるにしたがって高く評価されるようになった。一方で、「開放的な」の項目では逆に、植生が窓面を覆うに従って低く評価されるようになった。2009年被験者実験では、1階植生教室の評価は2008年とほぼ同程度であった。2階教室の雰囲気評価は、2008年が2009年に比べて高い評価を得た項目が多く「殺伐とした」では1ポイント近く差がみられた。被験者実験時の天候などの影響が考えられるが今後検討が必要である。

4．おわりに

夏期の窓際植生による日射遮蔽が西向きの室内環境に与える影響を検討するため、2006年・2007年には西向き測定室を作り、温熱環境実測調査及び被験者実験より次のことを明らかにした。

1)実測調査より、窓際植生はブラインドと同程度以上の日射遮蔽効果が得られた。植生の量が多いと室温上昇の抑制に更なる効果が期待できる。

2)被験者測定より、温熱的中性の申告が得られる黒球温度はブラインド室・植生室ともに約29℃であった。

また、2008年・2009年には窓際植生が実空間において室使用者に与える影響を検討するため、西向き教室を対象に温熱環境実測調査と被験者測定及び講義中アンケート調査を行い、次のことを明らかにした。

3)実測調査より、植生が窓面上部まで成長し、窓面を覆うようになると室内の温度上昇を抑えるのに効果的であることが示された。

4)被験者測定より、雰囲気評価は植生が窓面を覆うに従い高く評価されるようになる項目が多く見られ、開放感は低くなるものの植生が作る自然的な印象が高く評価された。

2008年・2009年のように学校教室で窓際植生による日射遮蔽を行なう場合、外気温が高く講義が行なわれている7月に植生の成長をあわせる必要がある。また、夏期の強い西日を遮蔽するためには植生が隙間なく窓面を覆うことが望ましい。今後の課題としては、窓際植生の暑熱緩和効果をより有効利用できるようにするために、植生の成長過程や特徴の把握をするとともに、植生が作る室内環境を総合的に考慮して実空間での使用を検討したいと考えている。

参考文献

1) 井上、他：窓際植生による室内の暑熱緩和効果、ハウスクリマ研究ノート、第32号、pp. 1-10、2006. 61)
2) 梅田、他：窓際植生の暑熱緩和効果(その11)-西向き教室の室内温熱環境-、第32回人間-生活環境系シンポジウム報告集、pp. 159-158、2006
3) 梅田、他：窓際植生の暑熱緩和効果(その12)-西向き教室の室内温熱環境と人体影響-、日本建築学会学術講演梗概集 環境工学Ⅱ、pp. 191-192、2009. 8

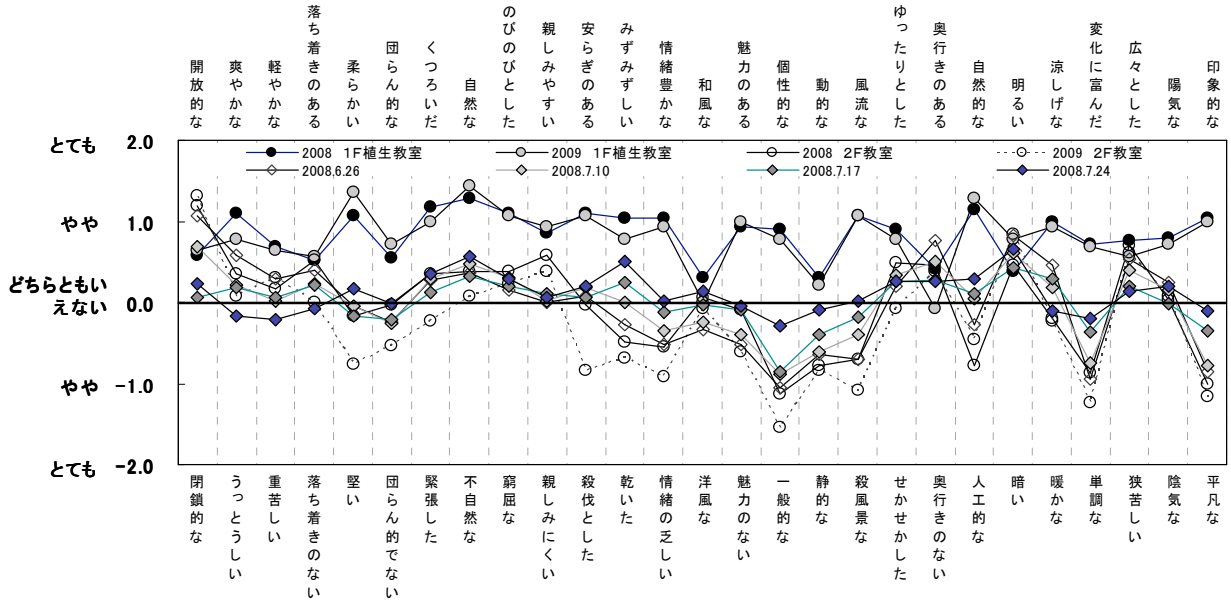


図6 雰囲気評価平均値プロフィール

夏期の冷房使用が生理・心理評価に与える影響

○安岡 絢子*　　坂上 真央**　　久保 博子**　　磯田 憲生*

*奈良女子大学大学院 人間文化研究科　**奈良女子大学 生活環境学部

Ayako YASUOKA*, Mao SAKAGAMI, Hiroko KUBO**, Norio ISODA***

***Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University**

****Faculty of Human Life and Environment Nara Women's University**

1．はじめに

現在、空調機器を用いた温熱的快適感の確保が一般的となり、ルームエアコンの世帯普及率、世帯保有数量も増加傾向にあると言える[1)]。しかし既往研究[2)]でも明らかになっているとおり、好まれる気温には個人差、性差が存在し、快適と評価される温熱環境の違いは大きく、全ての滞在者が快適と感じる温熱環境を設定することは難しい。

そこで本研究では、冷房使用時の実空間に被験者を滞在させ、生理心理量の測定を行うことで、日常生活における冷房が身体に与える影響の把握と、生理心理量の男女差の検討を行い、より多くの滞在者が快適と評価しうる温熱環境について考察を行った。

2．方法

実験概要をTable.1に示す。2009年7月30日～8月23日の各時間帯において、4ヶ所の大学内の教室等で行った。Table2に示す18～29歳の健康な青年男女100名ずつを対象とした。RoomBは8月4日(男性34名/女性11名)、RoomCは8月5日(男性19名/女性3名)、RoomDは8月10日(男性36名/女性1名)に、それ以外の日程は全てRoomA(男性11名/女性85名)で行った。測定項目は環境温、グローブ温度、相対湿度、気流速度は教室内の2ヶ所にポールを設置し測定した。また被験者特性を把握するため、身長、体重、体脂肪の測定、生理量として舌下温、血圧、サーモカメラによる皮膚温測定、心理量として温冷感や快適感等の申告を得た。実験手順をTable3に示す。前室で10分間椅座安静にさせ温冷感申告を記入させた。その後60分間評価を行う教室等(以後実験室と示す)に移動、椅座安静を保った。サーモカメラの撮影は実験室に入室後0、60分目とし、血圧、舌下温、温冷感申告等の記入は0、30、60分目とした。また身長、体重等の測定は実験途中に行った。なお前室ではエアコン等を使用せず、実験室のみエアコンを25℃程度に設定した。着衣はこちらから指定せず、実験時に着ていた着衣を記入させた。

Table1 Outline of the experiments

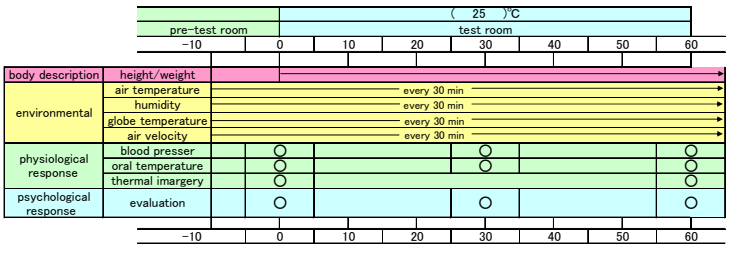
period	2009/7/30～2009/8/23		
time zone	①10:00～11:30(11:00～12:30)　②13:00～14:30　③15:00～16:30　④17:00～18:30		
place	A(in Nara city) B(in Osaka city) C(in Suita city) D(in Suita city)		
subject	200 healthy young people(each of 100 male and female)		
environmental condition	Using air conditioner(25℃)		
measurement item	environmental	air temperature (h=0.1m・0.6m・1.1m・	every 30 second
		humidity(h=0.6m)	
		air velocity(h=0.6m)	
		globe temperature(h=0.6m)	
	physiological responses	oral temperature	at the 0th, 30th, and 60th minute
		blood presser	
		thermal imagery	at the 0th, and 60th minute
	psychological responses	thermal sensation vote (the whole body/part8point) – 9category scale	at the -10th, 0th, 30th, and 60th minute
		perspiration level– 5 category scale	
		thermal comfort vote– 7 category scale	
		the evaluation of the room (9 pairs adjectives)-7 category scale	
clothing	daily clothes		

Table2 Physical characteristic subjects

Male	Age	Height(cm)	Weight(kg)	Body fat(%)	As(㎡)
Average	22.17	171.45	61.09	15.02	1.71
ST	1.70	5.80	8.80	5.43	0.11

Female	Age	Height(cm)	Weight(kg)	Body fat(%)	As(㎡)
Average	21.33	158.13	49.72	25.20	1.49
ST	2.24	5.05	6.01	5.38	0.09

Table3 Experimental schedule



3．結果・考察

3.1　着衣量の男女差

Fig.1に被験者から回答を得た着衣より推定した[3]全被験者の着衣量を男女別に示す。男性は0.27clo～0.65cloで平均は0.40clo、女性は0.3clo～0.72cloで平均は0.47cloとなり女性の方が着衣量は多く、個人差も大きい傾向にあった。

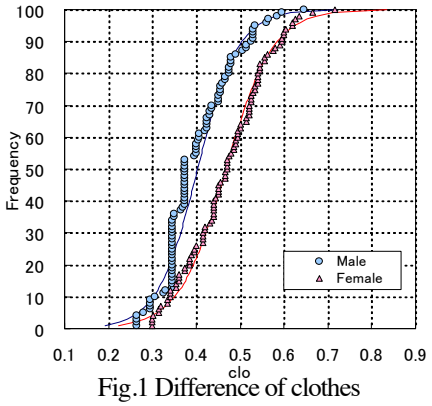


Fig.1 Difference of clothes

3.2　実験場所の特徴

実験時の屋外の気温は8 月上旬と下旬に平年を下回ったものの、月平均気温は平年並であった。

Fig.2に8月18日13時のRoomAにおける実験時の環境温と相対湿度の経時変動を一例として、Table4に実験場所4ヶ所の各時間帯の温熱環境の平均値を示す。Fig.2からRoomAの場合、エアコンを25℃設定にした場合、気温は23～24℃の概ね1℃以内の間を変動しており大きな変動は見られなかった。同様に相対湿度も55～60%で実験時間中の大きな変動はほぼ見られなかった。またTable4よりどの実験場所においても前室では時間帯による温湿度の違いがやや見られたものの、実験室はエアコン管理のため時間帯による影響は受けなかった。実験場所による違いではRoomDの実験を行った8月10日は雨天で相対湿度は85%程度まで上昇し、気温もやや低くなった。そのため、他の実験場所では前室と実験室の気温差は4～5℃程度であったが、RoomDのみ2～3℃程度の差しか見られなかった。前実験場所、前時間帯の平均は、前室で気温29.6℃、相対湿度66.5%、実験室で気温25.0℃、相対湿度61.3%であった。

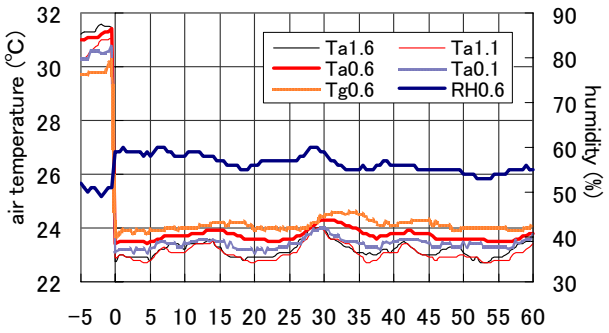


Fig.2 Changes in thermal environmental
(13:00～ August 18　in roomA)

Table4 Thermal environmental of each room

		①10:00or11:00		② 13:00		③ 15:00		④ 17:00	
		Ta0.6(℃)	RH0.6(%)	Ta0.6(℃)	RH0.6(%)	Ta0.6(℃)	RH0.6(%)	Ta0.6(℃)	RH0.6(%)
RoomA	pre-test room	29.0	60.3	30.0	56.2	29.6	55.6	—	—
	test room	25.1	50.0	25.5	50.5	25.5	48.0	—	—
RoomB	pre-test room	30.6	57.0	31.6	55.0	31.8	53.0	31.5	57.0
	test room	26.1	50.5	26.3	48.9	26.1	49.3	25.2	49.0
RoomC	pre-test room	29.3	67.5	30.7	64.3	30.3	65.0	—	—
	test room	23.7	57.8	24.8	58.3	24.2	56.6	—	—
RoomD	pre-test room	26.9	85.0	26.7	86.5	28.2	86.3	28.5	82.2
	test room	24.4	84.0	24.1	85.2	24.3	85.7	24.6	84.4

3.3　生理量への影響

3.3.1　皮膚温

Fig.3、Fig.4に前額および手背皮膚温の累積度数分布について実験室入室直後(0th)と入室後60分目(60th)を男女別に示す。入室直後は前額に比べ手背の方が性差は小さかった。60分経過後、前額皮膚温は0.5℃程度、手背皮膚温は1℃程度下降しており、手背の方が冷えやすい傾向にあったといえる。また入室直後、手背皮膚温に性差は見られなかったが、60分目の手背皮膚温で31℃以下となった割合は男性の方が多かった。

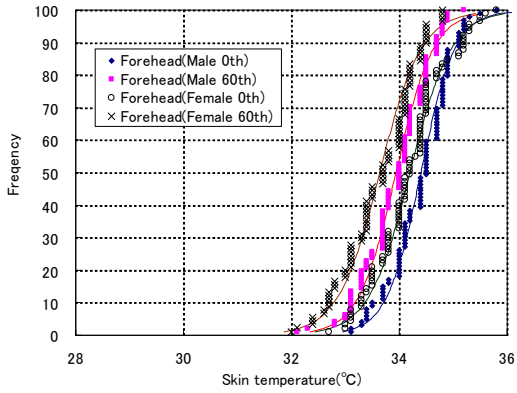


Fig.3　Cumulative frequency distribution
of the skin temperature(Forehead)

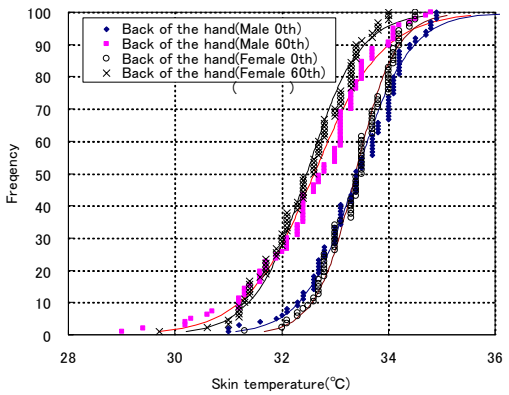


Fig.4 Cumulative frequency distribution
of the skin temperature(Back of the hand)

3.3.2　気温と皮膚温の関係

Fig.5に気温と手背皮膚温の関係について前室[注)1]および入室後60分目(60th)を男女別に示す。気温が高いほど手背皮膚温も高く、正の相関関係が見られた。近似曲線から判断すると男女ともに60分経過後、気温約8℃低下に対し手背皮膚温は約2℃の低下であり、ほぼ傾きに性差は見られなかった。しかし男性被験者の約4割を測定したRoomDが雨の影響で湿度がかなり高く、ほとんどの女性被験者が実験を行った他の実験場所との温熱環境の差が大きかったといえ、性差に若干影響した可能性も考えられた。

注)1 前室の気温と実験室入室直後撮影の皮膚温の関係

3.3.3　SET*と皮膚温の関係

3.3.2で述べたとおり湿度の影響で温熱環境の差が大きかったことから、温熱4要素、代謝量、着衣量からSET*の値を算出し、皮膚温との関係を検討した。Fig.6にSET*と手背皮膚温の関係について、同様に示す。SET*が上昇するほど手背皮膚温も上昇する正の相関関係にあった。同じSET*でも女性の方が手背皮膚温は若干低めであり、環境変化に対して皮膚温がやや敏感に反応する可能性も窺えたが、性差は小さかった。

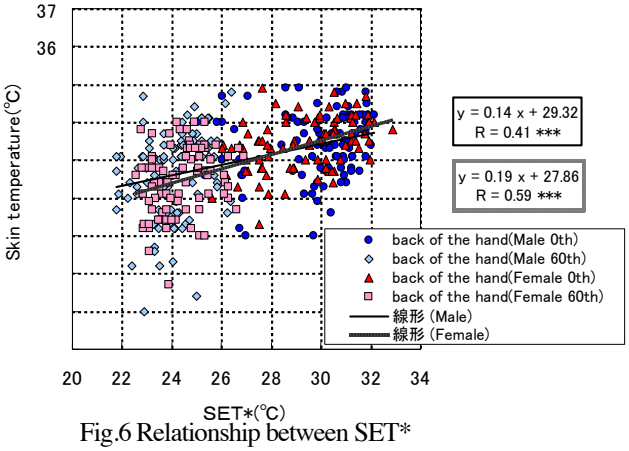


Fig.6 Relationship between SET* and skin temperature (back of the hand)

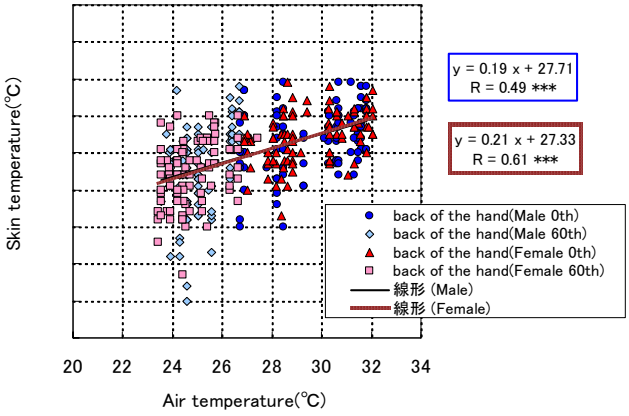


Fig.5 Relationship between air temperatures and skin temperature (back of the hand)

3.4　心理量への影響

3.4.1　気温と温冷感の関係

Fig.7に気温と温冷感の関係を、前室および入室後0、30、60分目の値ごとに全被験者のデータで示す。前室は気温が上昇するほど暖かい側に評価される傾向にあるが、近似曲線から判断すると入室後0分目については気温に関係なく温冷感「－2：涼しい」と「－1：やや涼しい」の中間であった。また0分目が最も涼しい側の評価であり、30分目にはやや暖かい側に評価が移行したものの、60分目に再び涼しい側に移行したことから、長時間の冷房室の滞在による冷えの影響が窺えた。なお、性差はほとんど見られなかった。

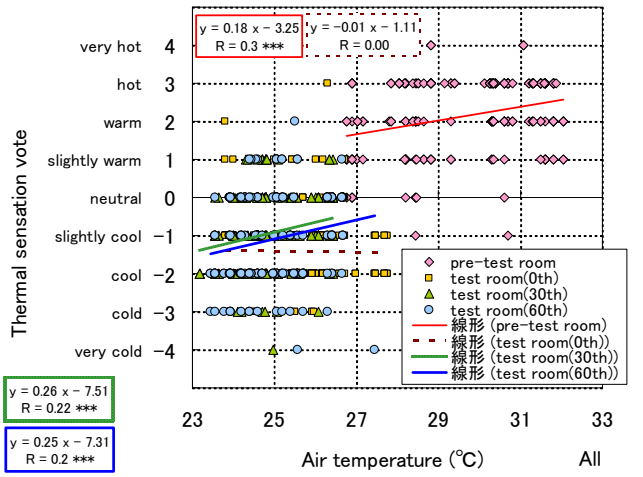


Fig.7 Relationship between Air temperatures and Thermal sensation vote

3.4.2　気温と快適感の関係

気温と温熱的快適感の関係について、Fig.8に男性、Fig.9に女性の評価を前室および入室後0、30、60分目の値をごとに示す。男女とも近似曲線から判断すると、前室では気温が上昇すると不快側評価に移行する傾向にあった。入室後、男性は時間帯に関わらず概ね気温が上昇すると快適側評価に移行したが、女性は60分目のみ同様の傾向が見られたものの、入室後0、30分目は気温と快適感の間に大きな相関は見られなかった。全時間帯を含めた近似曲線を見ると、最も快適側評価が得られたのは男性で気温約23.5℃、女性で約24.5℃で女性の方が約1℃高かったが、快適感「0：どち

らでもない」以下の不快側評価に移行した温度は男女ともに約28.5℃程度で性差は小さかった。

3.4.3　温冷感と快適感の関係

Fig.10に温冷感と快適感の関係を男女別のバブルで、前室、入室後0、30、60分目ごとに示す。時間帯ごとに検討すると、前室では暖かい側評価が多くを占め、快適側評価が得られた割合は女性の方が高かった。入室後の時間帯による特徴は、男性ではほとんど見られなかったものの、女性は時間経過とともに寒い側、不快側に評価が移行する傾向にあり、30分目以降に「寒く、不快」と評価した割合は女性が高くなった。時間帯に関わらず、最も快適側の評価が得られたのは男性が温冷感「− 1:やや涼しい」、女性で「1：やや暖かい」となり、性差が大きかった。既往研究[4]において、男性の方が寒い環境を許容し、女性は暖かい側評価時の不快度は弱い傾向にあるという結果が得られており、同様の結果となった。

4．まとめ

① 同程度の気温、SET*では皮膚温の性差は小さかった。
② 気温に対する温冷感、快適感の関係については性差がほとんど見られなかった。
③ 女性の方が時間の経過によって寒く、不快側に移行する傾向が窺えた。
④ 同程度の温冷感でも男性の方が涼しい側、女性の方が暖かい側で快適評価が得られ、最も快適と評価される温冷感には2段階程度の性差がみられた。

謝辞　実験にご協力下さいました関係者、被験者の方々に心より感謝申し上げます。

参考文献)

1) 内閣府経済社会総合研究所：家計消費の動向 (2006)
2) 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第531号pp.31-35 (2000)
3) ISO：ISO 9920 Ergonomics of the thermal environment (1995.3)
4) 水田祐美子：「夏期における至適温熱環境に関する研究 − 異なる気温下での生理・心理反応の性差について− 」空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(2007.9)

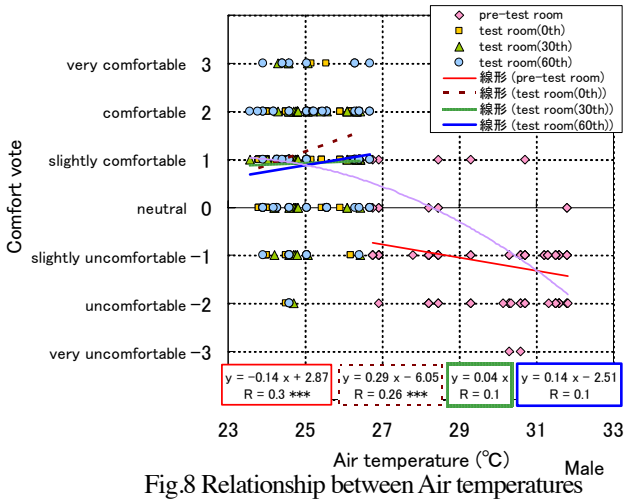


Fig.8 Relationship between Air temperatures and Comfort vote(Male)

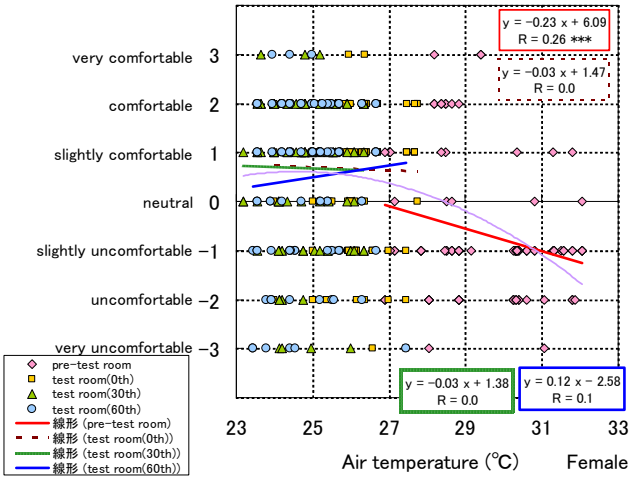


Fig.9 Relationship between Air temperatures and Comfort vote(Female)

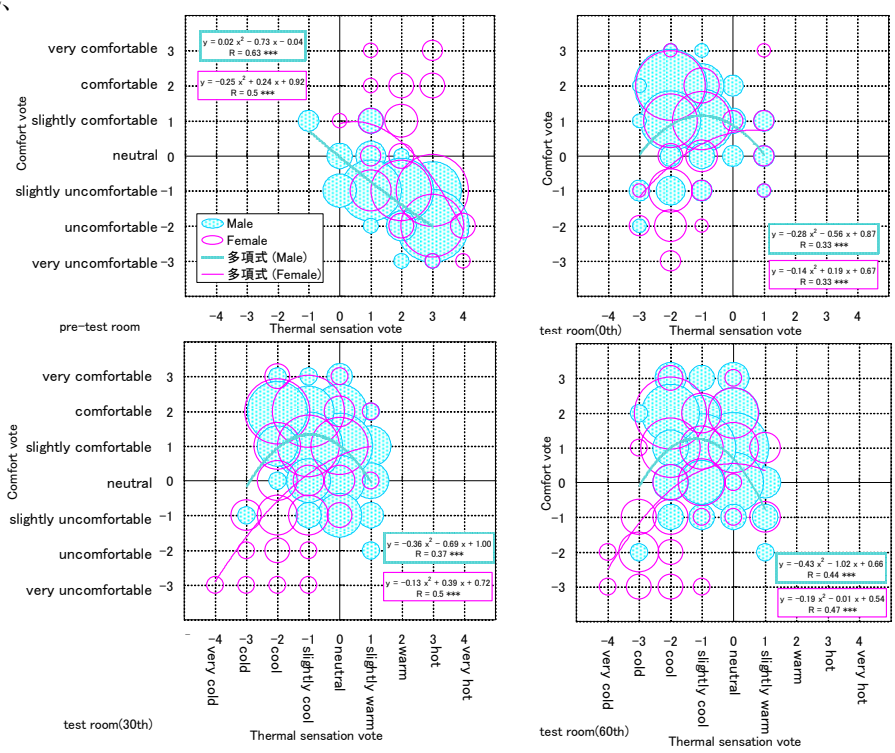


Fig.10 Relationship between Thermal sensation vote and Comfort vote

暑がり寒がりの好む環境調節に関する研究

○佐々　尚美（武庫川女子大学生活環境学部）

Study on thermal environmental regulation of the sensitive to the heat and sensitive to the cold

Naomi SASSA (Human Environmental Sciences, Mukogawa Women's University)

１．はじめに

快適な室内温熱環境は、年齢や暑がり寒がりなどの体質などにより異なっており[1) 2)]、この様な特性に応じた室内温熱環境を検討する必要性がある。また、実際の冷房器具使用に関しても、アンケート調査によると暑がりはクーラーを好むが、寒がりは嫌いである割合が高く、扇風機の使用割合は暑がりより高い傾向を示し、暑がり寒がりにより異なる傾向を示していた[2)]。そこで、本研究では夏期における暑がり・寒がりの好む室内温熱環境調節について検討する事を目的に、暑がり・寒がりである女子大学生を対象に実生活を模擬した実験を実施した。

２．方法

武庫川女子大学内の人工気候室にて、一度に1名ずつ入室させて実験を行った。実験は「自由環境調節実験」と「気流調節実験」の２種類実施した。表１に実験条件を示す。両実験とも、前室の気温は28℃とした。「自由環境調節実験」では、実験室の設定気温条件は32℃とし、入室直後よりちょうど良いように気温および気流を調節し、相対湿度は50％とした。「気流調節実験」では、既報[2)]を参考に、実験室の気温を暑がりは27℃ー30℃、寒がりは28℃ー31℃の４条件に設定し、気流は最初は0.15m/s以下とし、30分経過後に自由に被験者自身で調節した。尚、気流は、実生活を模擬する為に扇風機を使用し、中心を床上高さ80cmに設定した。被験者は健康な女子大学生9 名を採用し、自身の暑がり寒がりを自己申告により受けると、暑がりは5 名、寒がりは4 名であった。着衣量は、0.4clo[3) 4)]（半袖Tシャツ、スカート、ストッキング、パンツ、ブラジャー）とし、活動量は椅座安静状態とした。

測定項目は、気温は床上高さ0.1m、0.6m、1.1mにおいて、グローブ温度および相対湿度は床上高さ0.6mにおいて測定した。気流は被験者の位置にて、床上高さ0.1m、0.4m、0.6m、0.8m、1.0m、1.2mの6 点において熱線風速計を用いて測定した。皮膚温はHardy&Duboisの12 点[5)]および冷える部位4 点、舌下温を測定した。申告は、快適感（SD法7 段階）および温冷感（SD法９段階）、室温評価などとした。また、冷房器具使用に関する項目も尋ねた。

図 1 に実験手順を示す。被験者は前室にて、熱電対等を貼るなどの実験準備をした後に、椅座安静状態を保ち、約30 分間滞在し、設定された

表１　実験条件

		自由環境調節実験	気流調節実験	
温熱環境条件	気温	32℃より実験室入室直後より自由に調節	暑がり	27℃、28℃、29℃、30℃
			寒がり	28℃、29℃、30℃、31℃
	相対湿度	50%		
	気流速度	0.15m/s以下より実験入室直後より自由に調節	0.15m/s以下より実験入室30分後より自由に調節	
	周囲壁面温度	気温とほぼ等しい		
人体側条件	被験者	健康な女子大生9名（暑がり5名、寒がり4名）		
	着衣量	0.4clo（半袖Tシャツ、スカート、ストッキング、パンツ、ブラジャー）		
	活動量	椅座安静状態		

時間(分)	-10	0	10	20	30	40	50	60
気温および気流の調節		●	●	●	●	●	●	●
皮膚温および環境温度	30秒毎							
心拍数および血圧	●				●			●
舌下温	●		●	●	●	●	●	●
サーモ		●			●			●
申告	●	●	●	●	●	●	●	●

（１）　自由環境調節実験

時間(分)	-10	0	10	20	30	40
気流調節					●	
皮膚温および環境温度	30秒毎					
心拍数および血圧	●				●	●
舌下温	●		●	●	●	●
サーモ		●				●
申告	●	●	●	●	●	●

（２）気流調節実験

図１　実験手順

表２　被験者の身体的特徴

	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	BMI (%)	年齢 (歳)	体表面積 (cm^2)
全体(n=9)	159.5±5.0	48.0±4.5	22.5±3.1	18.7±1.2	20.9±0.9	1.48±0.1
暑がり(n=5)	160.6±6.0	50.6±3.5	24.2±1.7	19.3±0.7	20.8±1.0	1.52±0.1
寒がり(n=4)	158.1±2.7	44.8±3.4	20.3±3.2	17.9±1.3	21.0±0.7	1.44±0.1

人工気候室に入室した。「自由環境調節実験」では気温32℃、相対湿度50%に設定した人工気候室に入室直後から60 分間ちょうど良い環境となる様に、10 分毎に気温と気流の調節を行ってもらった。「気流調節実験」では、気温設定した人工気候室に30分間滞在した後、自由に気流を調節し10分間曝露した。尚、気温の調節は、「1 段階あるいは2段階気温を下げる、あるいは上げる」などの申告を受けて験者が調節し、気流の調節はスライダックを使用し、被験者自身で調節した。皮膚温は30 秒間隔、舌下温および申告は10 分間隔、血圧・心拍数は30 分間隔で測定した。気流は床上高さ0.1m～1.2m の6 点を、各高さにて1分間の測定を3 回行い、その平均値を各々の高さの気流とし、全高さの平均を調節した気流とした。

冷房器具使用に関するアンケート調査は実験前に、体重および体組成は実験終了後に測定した。

表 2 に被験者の身体的特徴を示す。暑がりの方が身長は高く、体重は重く、体脂肪率も多い傾向を示した。

実験は2007 年9 月5 日～9 月21 日に実施した。

3．結果および考察

（1）気流調節実験

図２に設定気温と調節した気流の関係を暑がり・寒がり別に示す。暑がり・寒がりともに気温が高いと速い気流に調節する傾向を示し、気温27℃では１名のみ気流調節を行い、気温28℃では寒がりの１名が気流調節を行わなかったが、その他の気温では全被験者が気流調節を行った。気温30℃では暑がり寒がりともにほぼ同じ気流に調節し、個人差も小さかったが、気温28℃および29℃においては暑がりの方が平均して約0.08m/s速く調節した。これらの暑がり寒がり別に好む気流に差が認められた気温は、夏期では27±2℃[7]と提案されている範囲内の高い側であり、範囲内でも暑がり寒がりの違いにより異なる傾向を示すことが示唆された。

図３に気温と気流調節後のSET*の関係を同様に示す。設定気温が高い方がSET*も高い傾向を示したが、暑がりの気温28℃は最も低く、これは気流の影響によると考えられる。同様に暑がりの方が調節した気流が速かったため気温28℃、29℃において暑がりの方が寒がりより低くなった。また、気流調節により、SET*が約1℃～2℃低下し、特に高い気温にその傾向が認められた。

図４に気温と気流調節時の平均皮膚温の関係を

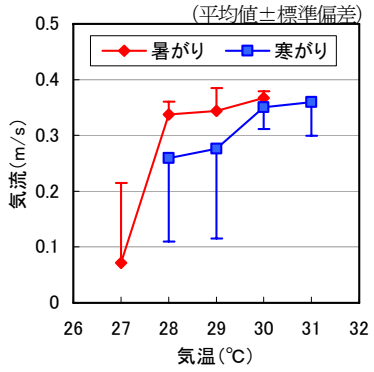


図２　気温と調節した気流の関係

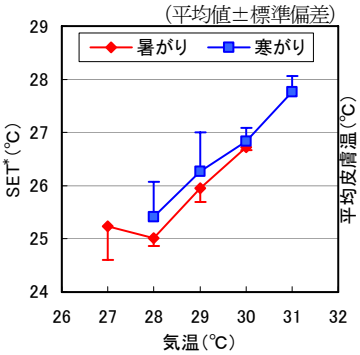


図３　気温と気流調節時の SET*の関係

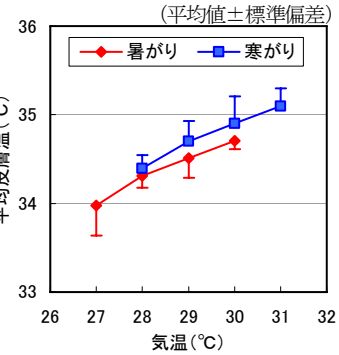
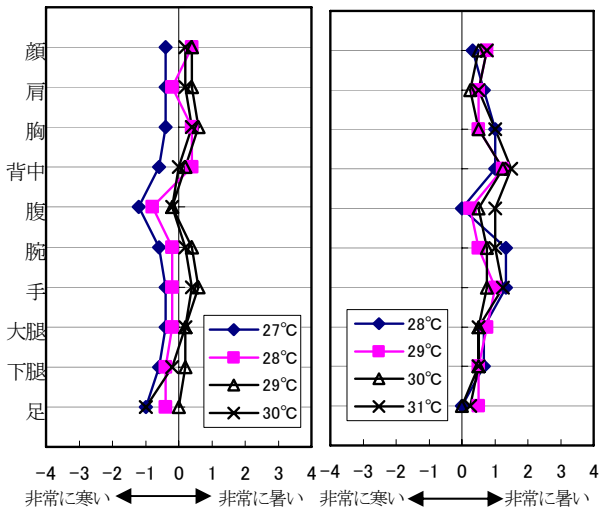
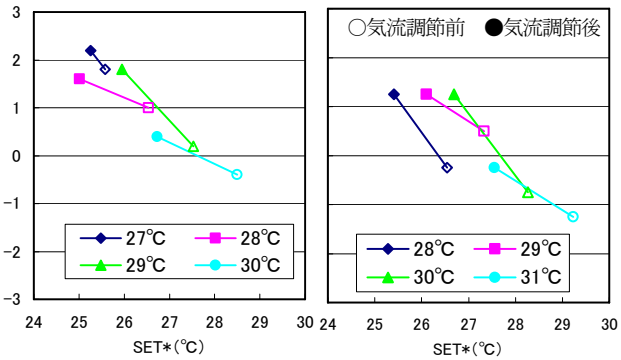


図４　気温と気流調節時の 平均皮膚温の関係



（1）暑がり　　（2）寒がり

図５　気流調節時の部位別温冷感の分布



（1）暑がり　　（2）寒がり

図６　SET*と快適感の関係

同様に示す。気温が高い方が平均皮膚温も高くなる傾向を示した。また、同じ気温でも速い気流に調節した暑がりの方が平均皮膚温は低くなり、気温が１℃低い時の寒がりの平均皮膚温とほぼ同様となり、好む平均皮膚温が暑がり寒がりでは異なると考えられる。

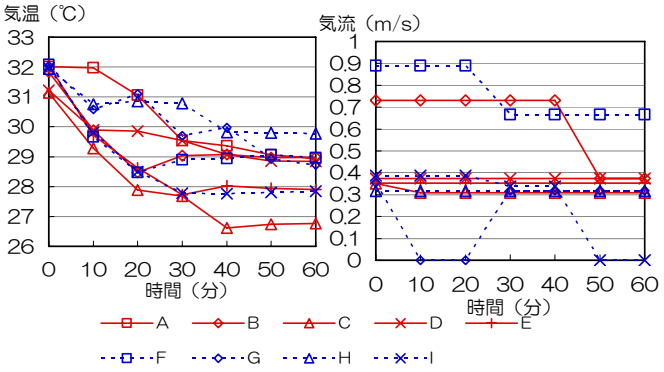
図５に気流調節10分後の部位別温冷感の分布を暑がり寒がり別に示す。気流調節によりいずれも気流調節前より涼しい側へ移り、寒がりは気温に関わらず「どちらでもない」～「やや暖かい」の範囲となり、ほぼこの範囲となるように気流調節がなされたと考えられる。一方、暑がりは「やや涼しい」～「やや暖かい」の範囲となり、気温27℃、28℃は「どちらでもない」より涼しい側、気温29℃、30℃は「どちらでもない」より暖かい側と設定気温により若干温冷感の分布は異なった。

図６に気流調節前後のSET*と快適感の関係を設定気温別の平均値にて示す。尚、同じ設定気温での気流調節前と調節後を線で結び示した。気流調節により、SET*は約1～2℃低下し、快適感も高くなったが、寒がりの気温31℃では快適側とはならなかった。

以上より、本実験範囲では、気温30℃以下において気流を調節することにより快適感が得られることが示唆され、暑がり寒がりともに、各気温において約1℃～2℃の気温緩和効果が得られる様に気流を調節したと考えられる。また、暑がり寒がり別には、気温28℃、29℃において暑がりの方が速い気流を好み、既報[2]での気温の好みの違いと同様に暑がり寒がりにより好む気流は異なると考えられる。

（２）自由環境調節実験

図７に気温と気流の経時変動を被験者別に示す。暑がりも寒がりも人工気候室入室直後より調節を始めた。暑がりでは、気温は下げるのみであり入室40 分以降は一定であった。気流は、最も速い気流に調節した者は40 分後に遅く調節した以外は、入室直後に調節したまま一定であった。寒がりでは、気温は入室30 分以後一定の者と入室50 分後まで徐々に気温を低下させる者に分かれた。気流は、入室直後より調節し始め、1 名が60 分間一定、2名が30 分後以降一定、調節し続けるが１名であり、気流調節に個人差が認められた。被験者F は最も速い気流に調節していたが、これは、実験室入室直後の皮膚温の高さの影響や、日常生活での扇風機の風の強さ設定が「強」であった為



（１）気温の経時変動　　（２）気流の経時変動

図７　気温および気流の経時変動

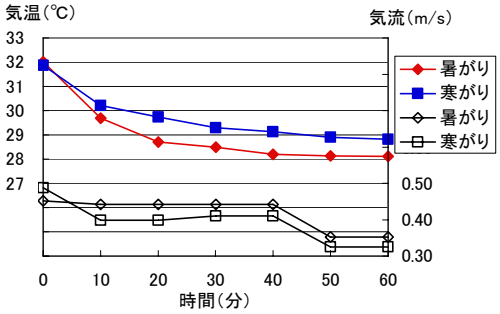


図８　暑がり・寒がり別の気温および気流の経時変動

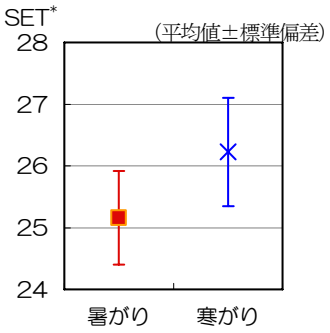


図９　暑がり・寒がり別のSET*

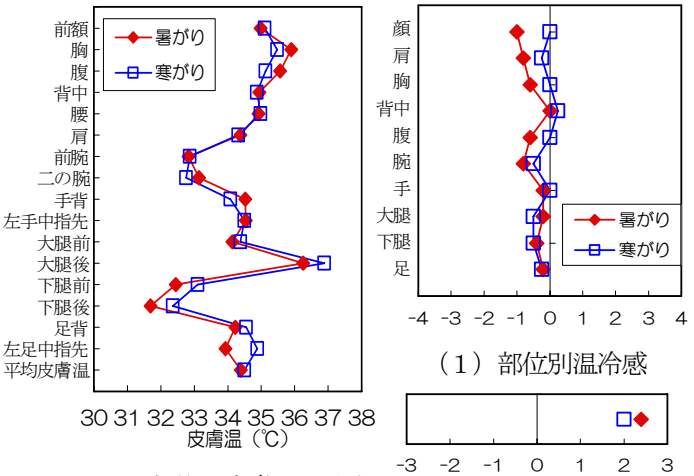


図１０　部位別皮膚温の分布

（１）部位別温冷感

（２）快適感

図１１　部位別温冷感の分布および快適感

と考えられる。

図８に気温と気流の経時変動を暑がり寒がり別の平均値にて示す。平均すると、暑がりと寒がりの気温および気流の調節は良く似た傾向を示した。60 分後には、平均して、暑がりは気温28.1℃、気流0.35m/s、寒がりは28.8℃、気流0.33m/sとなり、暑がりの方が気温は低く気流は速い環境を好む傾向を示した。

図９に最終的に調節した気温および気流から算出したSET*を暑がり寒がり別の平均値にて示す。SET*は、暑がりは25.2℃、寒がりは26.2℃となり、暑がりの方が約１℃低かった。

図１０に実験室入室60 分後の各部位の皮膚温および平均皮膚温を暑がり寒がり別の平均値にて示す。平均皮膚温は、暑がりは34.4℃、寒がりは34.5℃であり、ほぼ同じであった。しかし、各部位の皮膚温では、暑がりの方が、下腿や足指先などの脚部の皮膚温は低い傾向を、胸や腹、手背や二の腕などの躯幹部および腕部は寒がりの方が低い傾向を示し、ちょうど良い環境下の皮膚温の分布は、暑がり寒がり別に若干異なっていた。

図１１に実験室入室60 分後の部位別の温冷感の分布および快適感を同様に示す。部位の温冷感は、皮膚温に関わらずいずれの部位もほぼ「どちらでもない」前後であり、寒がりの方が暖かい側であった。快適感は、入室直後は「不快」であったが、気温および気流の調節により入室10 分後以降は快適側の評価となり、いずれも「快適」な環境となるように環境が調節されたと示された。

図１２に気流調節実験および自由環境調節実験で得られた暑がり寒がり別の気温と気流の関係を示す。自由環境調節実験は、暑がり寒がり別の平均値を示す。暑がりは気流調節実験とほぼ同様の傾向を示したが、寒がりは気流調節実験と若干異なる傾向を示し、実験室入室時の気温の高さが影響した可能性もあり、更なる検討が必要である。

４．まとめ

暑がり寒がりの好む室内温熱環境の調節方法を把握する為に、実生活を模擬した「自由環境調節実験」および「気流調節実験」を実施した結果、以下の様にまとめられる。

１）気流調節実験では、同じ気温でも暑がりの方が速い気流を好む傾向を示した。

２）本実験範囲では、気温30℃以下において気流を調節することにより快適感が得られ、暑がり寒がりともに、気流調節により各気温において約

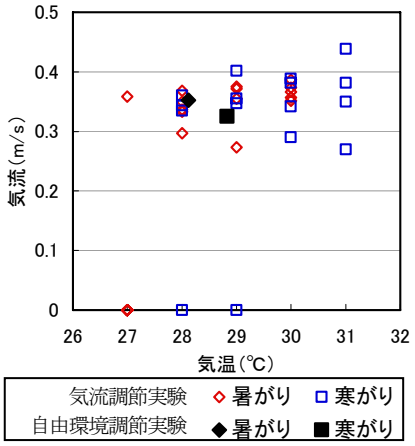


図１２　暑がり・寒がり別の気流調節実験および自由環境調節実験にて得られた気温と気流の関係

1℃～2℃の気温緩和効果が得られた。

３）自由環境調節では、暑がりの方が気温は低く気流も速い環境を好み、寒がりの方が気温は高く気流は遅い環境を好み、SET*で約1℃の差が認められた。

４）ちょうど良い環境下の部位の皮膚温は暑がり寒がり別に若干異なる傾向を示したが、平均皮膚温および温冷感はほぼ同じ傾向を示した。

謝辞 実験にご協力頂きました被験者の方々および本研究を遂行するにあたり、多大なる協力を得た中村真希さん（当時、武庫川女子大学）に深謝を表します。本研究は、文部科学省科学研究費若手研究B（課題番号：17700544、研究代表者：佐々尚美）の助成を受け実施した。

参考文献

1) Naomi SASSA et.al: Study on thermal comfortable temperature for the elderly, Proceedings of the 2008 Korea-Japan Joint Conference, pp.86-89, 2008.11
2) 佐々尚美：暑がり寒がりの温熱的快適性に関する研究、日本建築学会大会学術講演会梗概集、環境工学Ⅱ、pp.375-376、2007.8
3) 花田嘉代子、他：婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究、繊維製品消費科学、vol.22,No,10、pp.34-41、1981
4) 磯田憲生：生活と衣服に関する一考察、衣生活研究、No.6、pp.15-20、1980
5) J,D,Hargy et.al : The technic of measuring radiation and convection, Journal of Nutrition, 15, pp.461-475, 1987
6) 国立天文台編：理科年表、丸善株式会社、p819、
7) 川島美勝、他：住宅熱環境の調査と評価法（４）環境体温計の開発と住宅熱環境法、第７回人間－熱環境系シンポジウム報告集、pp.104-107、1983

温水暖床ベッドが寝床気候に及ぼす影響

○石田享子（関西大学先端科学技術推進機構）
椋橋泰明（関西大学大学院工学研究科システムデザイン専攻）
内山寛信、倉田純一、村上佳広（関西大学理工学部）

Performance Evaluation and Adjustment of a Warming Condition Under the Bedclothes by Using Electric Hot-Water Heating

Kyoko ISHIDA (Kansai University)
Yasuharu KURAHASHI (Graduate School of Kansai University)
Hironobu UCHIYAMA, Junichi KURATA, Yoshihiro MURAKAMI (Kansai University)

1．はじめに

快適な住環境造りの一環として、部屋の使用方法に適した高機能な空調機器の導入が進んでいる。この時流に健康な生活を送るために欠かせない睡眠、エネルギー資源の枯渇化に対するエコ志向も手伝って、睡眠時の快適化[1)]に対する関心が高まり、間接・受動的な調整から夜具内の環境を直接・能動的に制御する方式へと移行している。健常者に加え、特にベッド上の場を中心とした日常生活活動を余儀無くされた高齢者にとっては、冬期に座であり寝床となる場を常に快適な環境に維持できれば、安らぎが増すと共に免疫力の低下予防にも繋がる。

本研究では、ベッド上の1畳程度の寝床面を、温水で暖めるユニット型の電気温水器式自然熱循環型暖床装置(以下、暖床装置と記す)を提案する。暖床装置は、電気ヒータで加熱する温水器と、従来型の放熱器である暖床器から成る。熱の運搬媒体である温水は、温水器内の温度勾配に因る浮力を駆動力源とする自然対流現象[2)]により循環する。それ故、静穏、小型・軽便で設備工事が簡単な暖房器であり、暖床面を夜具で覆っても過熱現象が無く耐水性に富み、寝床用の加温器として最適である。

本報告では、試作した暖床装置を用いて、暖床面上に敷いた夜具内の温度と湿度を表す気候に及ぼす基礎的な特性を検証する。これより、床暖房器あるいは能動的な夜具内気候を調整する加温器としての性能と有用性を評価する。ただし、本報告は温水暖床ベッドの基礎特性に主眼を置くため、就寝時に使用する夜具である掛布団・敷布団は装置の一部と考える。また、装置内での気候変化を夜具内気候と称する。

2．電気式温水器とユニット式暖床装置の構造

試作した小型の電気式温水器と暖床器の構造、及び温水暖床系の構成をFig.1に示す。定格110V,500W,直径12㎜,長さ120㎜のヒータで循環水を加熱する加熱缶Aは、呼び径20A(内径21.4㎜)の鋼管で全長170㎜、概算熱容量は310J/℃である。上部には温水を暖床器へ送る吐出口、下部には循環水が戻る帰還口を持ち、両間隔は117㎜である。水位計Bを取付けた貯水缶Cは、呼び径20A,長さ

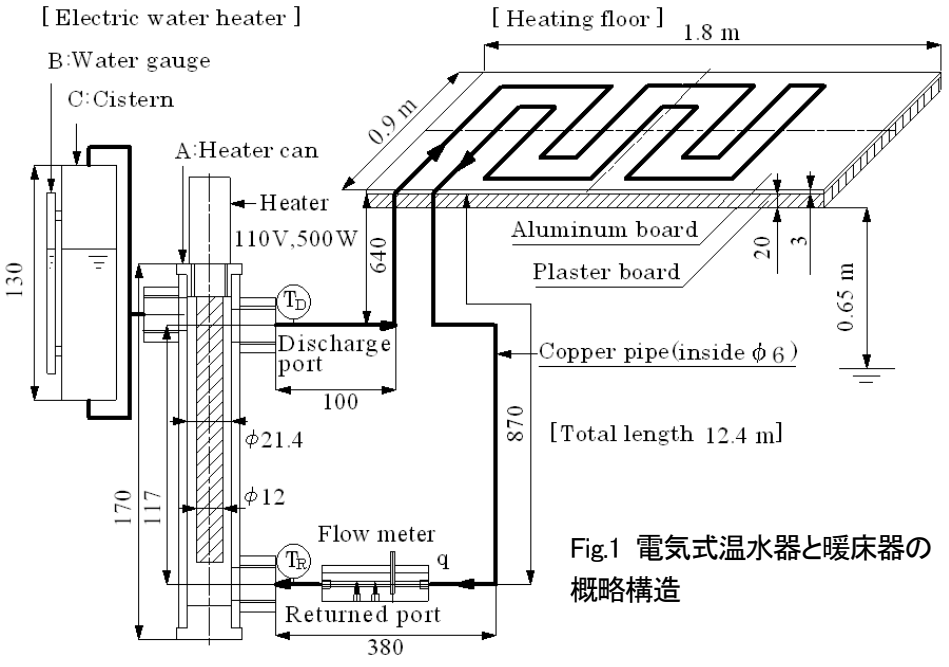


Fig.1 電気式温水器と暖床器の概略構造

130㎜で、加熱缶AとT字分岐した外径8㎜，内径6㎜の銅管で接続している。この貯水缶は、ヒータ面で発生した蒸気泡の凝縮部、水の体積膨張圧の逃がし部、補充水の貯留部の機能を兼ねる。ヒータは電圧により発熱量Qを調整し、缶体圧は0.1MPa以下で使用する。缶壁は断熱材で被覆し放熱を防止している。

ユニット式の暖床器は寸法が1.8m×0.9mで、断熱材を兼ねた厚さ20㎜の石膏板上に厚さ3㎜のアルミ板を張り合わせた2層構造で、ベッドの台枠上に固定される。石膏板には10㎜角の溝加工を施して、温水を循環させる外径8㎜,内径6㎜の銅管を埋込み、熱伝導性のよいセメントで固定してある。図示する配管路形状は、夜具内の気候を調節する加温器の仕様として、寝床面に頭寒足熱的な温度分布[3]を発生させるため、150㎜間隔のクランク柄状を折り返す形であり、全管路長は10.4mである。

暖床器は高さ0.65mのベッドの台枠上に取付け、温水器を脚部に設置して、両者間を断熱材で覆った銅管で接続する。温水器と暖床器を含む全管路系には煮沸により脱気した水を注入し、残留空気塊を皆無にする。また、帰還口の直前には、試作した熱パルス印加式の微少流量計を設置して循環水流量qを測定する。

暖床装置の特性は、温水器の吐出水温T_D, 帰還水温T_R, 暖床部の代表点温度T_{Bn}, T_{Sn}, 湿度H_{Bn}, H_{Sn}と流量qにより評価する。T_D, T_Rは缶壁から40㎜離れた地点の温度であり、シース径1.0㎜のK型熱電対で測定する。

3.基礎的な暖床および寝床・夜具内温度の特性

Fig.1 に示すユニット式暖床装置を用いて、温水器・暖床器・夜具内気候等の基礎特性を評価する。暖床面上とその寝床部に敷いた敷布団の上面温度T_{Bn}(n=1~10), T_{Sn}(n=1~10)、及び湿度H_{Bn}, H_{Sn}(n=3, 9)の測定位置をFig.2に示す。暖床面の中心線上で配管路間の中間位置となる150㎜間隔の測定点は、脚部から頭部側へ番号付けしてある。掛布団は綿毛70%,羽毛30%で重さ1kg、敷布団はポリエステル100 %で3kgである。

試験は室温θ=18℃、湿度40~50%に終日ルームエアコンにより空調された室内で行い、温水器で12時間加温を継続した後に停止して自然放置する。本特性試験では暖床装置の動特性も併せて検証するため、温度帰還によるヒータ発熱量Qの調整は行わず、Q=100, 150, 200Wの定値としている。

就寝者がいない場合の寝床部の温度T_{Sn}, T_{Bn}, 温水器の吐出水温T_D, 帰還水温T_R, 循環水流量q, 温水器の熱効率η の特性をFig.3に示す。特性図では暖床面と夜具内温度を、下腿部の膝付近となる位置X=0.45mのT_{B3}, T_{S3}で代表する。図中の(a), (b)はT_{B3}, T_{S3}、(c), (d)はQ=100Wでの加温過程に於けるT_D, T_Rとq, η の特性である。なお、$\eta = q\rho\gamma(T_D - T_R)/Q$であり、ρ は密度, γ は比重量である。

T_{B3}, T_{S3}の挙動をむだ時間L+1次遅れ特性(時定数T)で近似すれば、暖床上ではL=15min, T=100min,

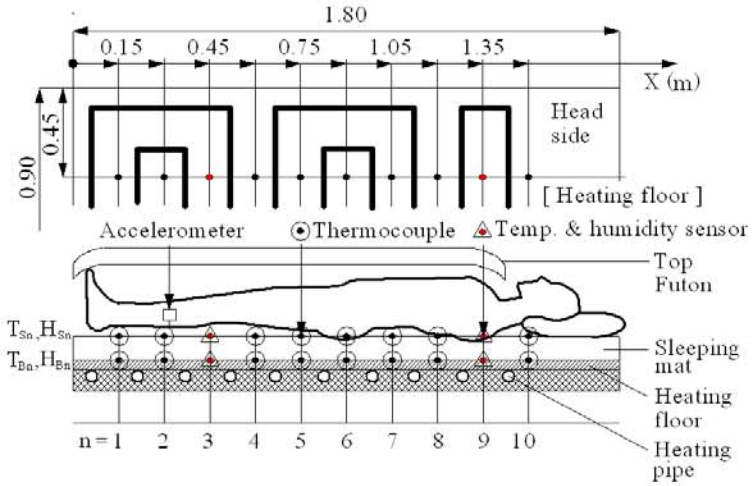


Fig.2 暖床器と夜具の配置および測定点位置

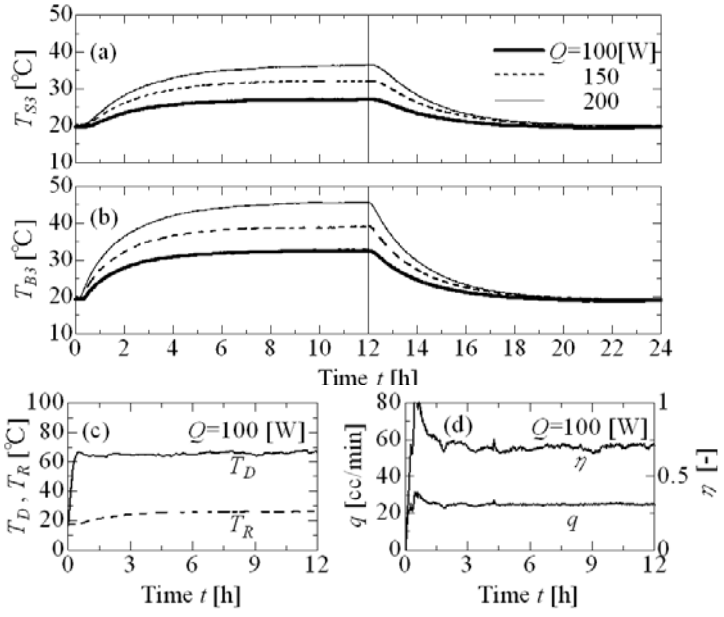


Fig.3 暖床装置の基礎特性と夜具の加温特性

夜具内ではL=25min, T=130min程度となり、緩やかな変動となる。温水器の熱効率はη=0.72となる。

準定常時における暖床面と夜具内の温度$T_{B(1\sim10)}$, $T_{S(1\sim10)}$の分布特性をFig.4に示す。T_{Sn}は頭寒足熱的に3~4℃程度の温度勾配を持ち、暖床装置は寝床の加温器に適すと共に、Fig.1に示す温水路の配管形状が寝床に適す事が確認される。そして、快適な夜具内温度33±1℃程度[1]を得るには、人の散熱を考慮すれば、温水器のヒータはQ=100~150W程度を要すると推測される。暖床面では、η≒0.72とすれば45~67W/m^{2}程度の加温量となる。また、T_{Bn}の温度特性から、局所的な場の床暖房器[4]としても使用できる床面温度となる事がわかる。

４．就寝時の夜具内気候と加温特性

ヒータの発熱量Q=0, 100Wで加温し夜具内温度が定常状態に達した後、身長1.70m, 体重93kg, 概算体表面積[5] 2m^{2}の健常な男子22歳が就寝した場合の気候挙動をFig.5に示す。X=0.45, 1.35m地点での温度T_{S3}, T_{S9}がFig.5の(a), 湿度H_{S3}, H_{S9}が(b), 及び循環水温度T_D, T_Rが(c)である。なお、X=1.35mは背部の中央付近に当たる。Q=0Wでは、就寝後の下腿部の温度T_{S3}は背部T_{S9}に比べて低く、上昇速度も緩やかなため入眠に時間を要すると考えられる。Q=100Wで加温された暖床上の夜具では、暖床部の概算熱容量が43kJ/℃と大きいために入床後に適温への復帰は速く、早期に快眠できる環境を生む。また、非就寝時に比べてQ=100Wで加温する夜具に就寝した際のT_D, T_Rは、人の散熱により1~3℃高くなる。

他方、快適な相対湿度が55±5%[1]とされるH_{S3}, H_{S9}は、入床直後に比べて就寝時間が長くなると、発汗作用と布団内に蓄積された湿気成分により徐々に上昇する。また、Q=100Wで加温した際には、Q=0Wに比べてH_{S3}, H_{S9}の変動率は大きく、H_{S3}に比べ背部の発汗は多量でH_{S9}は30分程度経過した時点で不快域に達すると推測する。被験者より、本試験での夜具内温度は高いとの指摘を受けている事を考慮しても、加温による温度の快適化と湿度調整は二律背反的な関係にある事が再確認される。また、特性図でも明確なように、体動の影響を大きく受ける夜具内湿度と温度の測定については、平滑化手法を検討中である。

５．暖床構造による夜具の湿度特性

快適な夜具内温度の範囲内でヒータの発熱量Qを調節して、湿度の快適化を図る事は困難である。そこで、暖床面上にすのこ状の床を新たに付加して、夜具内の温度差に因る通気力を活用した湿度調整の効果を検討する。すのこは寸法0.95m×1.84m-厚さ30mmの枠に幅65mm, 厚さ10mmの杉材の棚板が、空間比率27%で張ってある。(A)下部が開放空間であるすのこ状の床、(B)暖床面上の床、(C)暖床面上に設置したすのこ状の床、に敷いた夜具に就寝した際の温度特性T_{B9}, T_{S9}をFig.6の(a)に、湿度特性H_{S9}を(b)に示す。なお、代表測定点は、Fig.5(b)で湿度変動が激しいX=1.35mの

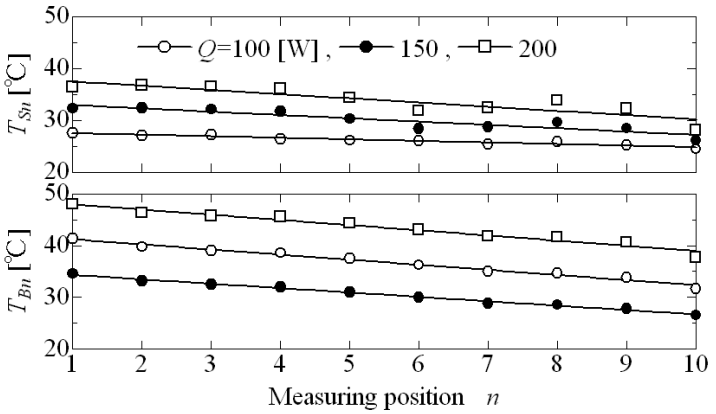


Fig.4 暖床面と夜具内の温度分布

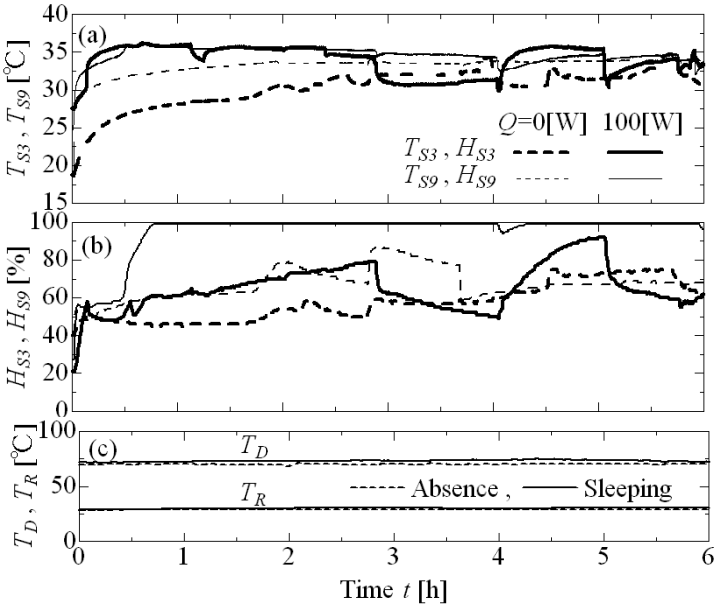


Fig.5 加温夜具内での就寝時の気候変化

背部n=9としている。そして、試験は暖床面と夜具は加温せず(Q=0Wの状態)、被験者が6時間就寝した後は、夜具を θ =18℃の室温の部屋に据え置く条件で行う。以後、寝床の構造を(A)~(C)の記号で記す。

Fig.6(a)に示す(A)~(C)の温度T_{S9}は、人の散熱により準定常状態では32~34℃程度の適温に達する。他方、(B),(C)での温度差T_{S9}-T_{B9}は夫々9~10℃,5~6.5℃程度となり、差に比例した熱量が敷布団の下部より放熱される。(B)の暖床面(Q=0W)は熱の吸収量が大となる。(A)はすのこの棚板直上にT_{B9},H_{B9}センサがあるため、湿度特性を含めて参考値として示す。Fig.6(b)に示す湿度H_{S9}は、通気性の悪い(B)に比べ、すのこ構造の寝床面を持つ(A),(C)は相対的に緩やかに増大する。

夜具を長時間敷き置けば湿気が蓄積して蒸れ現象を起こすため、早期に放湿・乾燥させる必要がある。その特性をFig.6(b)のt>6hに示す。H_{S9}の低下率は(A),(C),(B)の順に高く、すのこ状の床の場合には外気の状態にも依存するが、起床後1~2h程度で初期状態に戻る。寝床面と夜具が密着して通気性が悪い(B)では、10h余経過後も減少過程にあり、日々湿気が蓄積される。すのこ状の床は就寝時・非就寝時の両特性から、湿度調整に有用であると考える。

以上の基礎的な検証結果に基づいて、加温し定常状態に達した(C)上の夜具で就寝した際の温度T_{Bn},T_{Sn}(n=3,9)の特性をFig.7の(a)に、湿度H_{Bn},H_{Sn}(n=3,9)を(b)に示す。就寝する6hの間は発熱量Q=100Wで加温し、その後は停止させている。すのこがないFig.5(a)のH_{S3}, H_{S9}に比べて、すのこ状の床を付加した際には、膝部がT_{S3}=31.5℃で5℃程度低下するが、湿度H_{S9}は緩やかに上昇しその上昇量も相対的に減じて改善されている。今後は、温水器の温度制御、すのこ部の通気口の開閉機構等による能動的な温度・湿度調整により、夜具内気候の快適化を図る予定である。

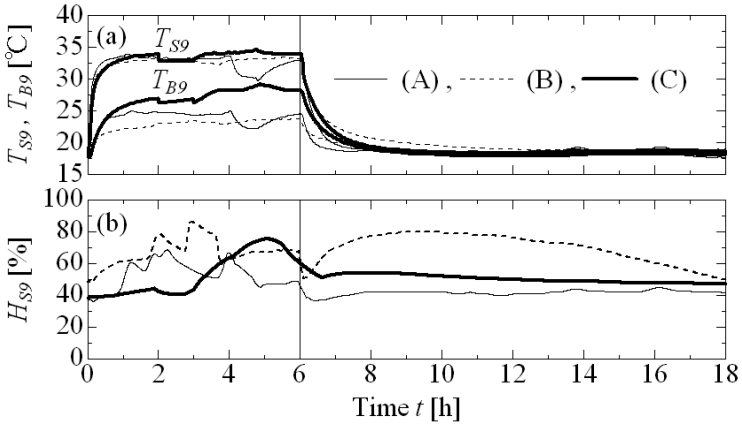


Fig.6 寝床面構造による夜具内気象の変化

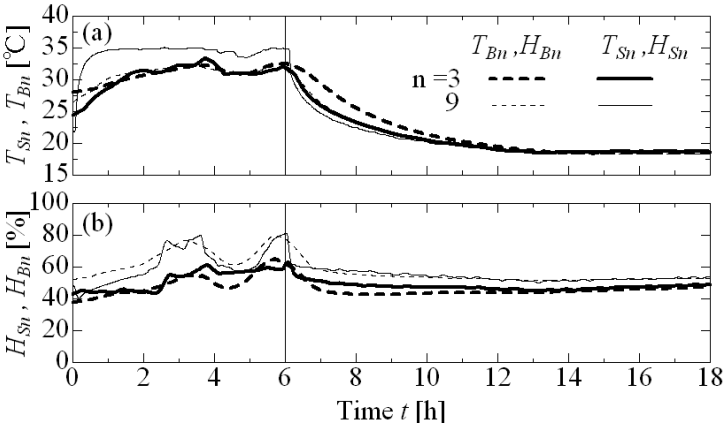


Fig.7 すのこ構造の暖床面に於ける夜具内気候の変化

6．まとめ

耐水性と安全・衛生・騒音面に優れた穏やかな暖房装置として、電気式温水器による自然熱循環型暖床装置を提案し、基礎特性を検証した。その結果、軽便なユニット式暖床装置は、局所的な場の床暖房あるいは夜具内気候を調整する加温器として有用な特性を持つ事を明確した。また、すのこ床の導入が湿度調整に有効である事を示し、寝床の快適化を図る一助として提案した。

本研究は、文部科学省の私立大学学術研究高度化推進事業の助成を一部得て実施している。

参考文献

1) 梁瀬度子:寝室環境と睡眠,日本睡眠学会,睡眠学ハンドブック,朝倉書店,97-100,1994
2) 赤川浩爾ら:単相閉ループ内自然循環特性に関する研究(第1報),日本機械学会論文集B編,52-475, 1277-1284,1986.3
3) 菅原留美:冬期の終夜睡眠時における皮膚温と睡眠深度に関する研究,日本人間工学会関西支部大会講演論文集, 1886.6
4) 李周研ら:温水床暖房の気温および床温の人体影響に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 817-818,1997.9
5)藏澄美仁：日本人の体表面積算出について 成年男子の場合, 日本建築学会九州支部研究報告, 第33号, 257-260, 1992. 3

床冷房の快適温熱環境評価に関する研究

○藤井佳代　磯田憲生

（奈良女子大学人間文化研究科）

A Study on the Evaluation of the Thermal Comfort of Floor Cooling System

Kayo FUJII　Norio ISODA

(Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University)

1．はじめに

夏期において、エアコンによる冷房環境に生じる気流の影響などによる不快感を解消する方法の1つに周囲表面を冷却する放射冷房が考えられる。冬期の温水式床暖房装置を、夏期に冷水によって床を冷却し、冷房として利用すると装置を有効活用することができる。

本報では、夏期に奈良女子大学の人工気候室を利用して床冷房被験者実験を行い、床冷却の人体影響の把握、快適性について検討を行う。また、快適範囲の検討において、2006年・2007年に行った実験住宅での実験のデータも含めて検討する。

2．実験概要

表1に実験概要を示す。

(1) 実験場所：実験は、奈良女子大学の人工気候室を使用し、床冷房は水循環式床暖房装置（W3.7m×D3.55m）を床に敷いて用いる。

(2) 温熱環境条件・測定項目：室内温熱環境要素として床温Tf、気温Ta（床上高さ0.1m～1.6m）、黒球温度Tg（床上高さ0.1m～1.1m）を測定した。

生理的反応として、皮膚温はHardy&DuBoisの12点法に臀部、臀部（ズボン）、足底、指先を加えた16点に熱電対を貼り、舌下温、血圧、心拍数、体重も測定した。

心理的反応として、温冷感、快適感、各部位温冷感、床温温冷感・満足感、温熱環境のイメージ評価など32項目について申告を受けた。

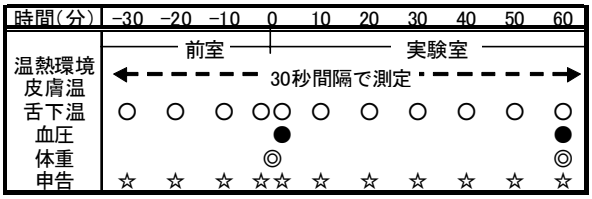
(3) 人体側条件：被験者は健康な女子大生を10名採用した。日常着衣の下着、半袖Tシャツ、半ズボン着用とする。着衣は0.32cloである。

(4) 実験手順：表2に実験手順を示す。被験者は前室に30分滞在した後、実験室に移動し、60分間床座安静を保つ。10分間隔で温熱環境に関する申告を受ける。

表1　実験概要

実験場所	奈良女子大学　人工気候室
実験条件	①気温31℃床温28℃
	②気温31℃床温25℃
	③気温28℃床温25℃
被験者	健康な青年女子10名
着衣	0.32clo(半袖Tシャツ・半ズボン・下着)
測定項目	〈温熱環境要素〉 気温・黒球温度(0.1m～0.6m)、床温
	〈生理的反応〉 皮膚温16点、心拍数、血圧、舌下温、体重
	〈心理的反応〉 温冷感、快適感、床温温冷感 etc･･･　32項目
実験期間	2009年8月4日～8月20日

表2　実験手順



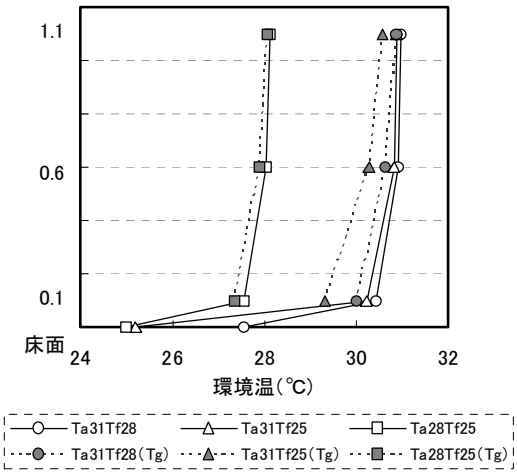


図1　上下温度分布

3．結果および考察

3.1温熱環境

図1に床温・気温・黒球温度の垂直分布を示す。床温は設定温度で最も低く、床上高さ0.1m以上では気温の差は約0.4℃～0.7℃と小さく、気温の上下温度分布がほぼ均一な放射冷房の特徴が示されている。気温と黒球温度の差は、高さが低いほど、また気温と床温の差が大きい条件ほど、大きくなる傾向が見られ、床に近い程床温の影響が大きいことが示される。

3.2生理的反応

以下、データは実験終了前10分間（実験開始50分後～60分後）の平均値を用いて検討する。

図2に部位別皮膚温分布を被験者全員の平均値で示す。床温の影響が顕著に見られる部位は床接触部である臀部・足底であり、気温28℃床温25℃の場合では、足底は30.6℃と大きく低下し、他の条件より3℃程度低い。躯幹部皮膚温はどの条件でも34℃～36℃であり、平均皮膚温よりやや高い傾向が見られる。条件の差も0.3℃～0.6℃程度と小さい。気温31℃の場合、床温28℃・25℃では、大腿前で約0.5℃、足部に0.5℃～1℃、臀部では1℃程度差が見られる。また、床温25℃の場合、気温31℃・28℃では、前腕で1.3℃、下腿部で1℃～1.4℃、足部で約3℃の違いが見られ、気温28℃の場合、下腿部から末梢部位にかけて皮膚温が低下している。

図3に黒球温度と平均皮膚温の関係を示す。黒球温度は床上高さ0.6mの値を用いる。黒球温度が高くなるにつれ、平均皮膚温も高くなる傾向が見られる。平均皮膚温は33.5℃～35.5℃の範囲である。黒球温度が3℃上昇すると平均皮膚温が1℃上昇する傾向が見られる。床温の違いでは大きな違いは見られず、気温28℃床温25℃の条件で個人差によるばらつきがやや見られる。

3.3心理的反応の影響

図4に部位別温冷感分布を被験者全員の平均値で示す。各条件において、温冷感の部位間の差は、最大で1.5段階となる。気温31℃の場合、躯幹部で「0：どちらともいえない」～「+1：やや暖かい」に分布し、下腿部まで大きな差は見られない。床温の違いが接触部に現れており、足底・臀部は1段階の差が見られる。気温28℃床温25℃の場合、どの部位も「0」以下の涼しい側の申告が見られ、全身温冷感も他の2条件に比べ低い評価となっている。大腿部から足部にかけて約1段階涼しい側へ低下し、臀部では、「-2：かなり涼しい」に近い申告が見られる。

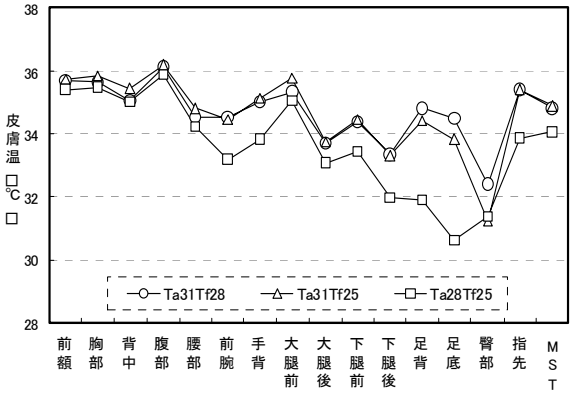


図2　部位別皮膚温分布

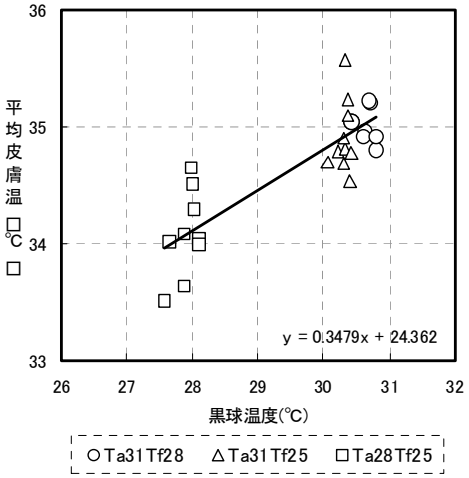


図3　黒球温度と平均皮膚温の関係

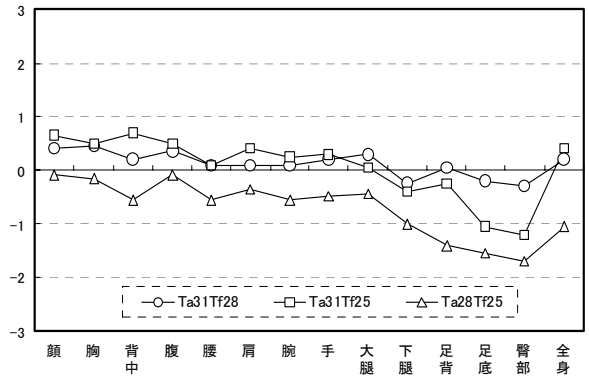


図4　部位別温冷感分布

図5に黒球温度と全身温冷感の関係を示す。黒球温度が高くなるにつれ、温冷感も暖かい側になる傾向が見られる。気温31℃の場合、床温が28℃・25℃の両条件ともに「-1：やや涼しい」～「+1：やや暖かい」の温熱的中性範囲に分布している。気温28℃の場合には、「0：どちらとも言えない」以下の申告が見られ、「-2：涼しい」以下の申告も見られた。黒球温度が2℃高くなると温冷感が1段階暖かい側になる傾向が見られる。温熱的中性申告が得られる黒球温度は30℃である。

図6に床温と床温温冷感の関係を示す。床温が高くなるにつれ床温温冷感も温かい側になる傾向が見られる。どの条件も「0：どちらとも言えない」以下の評価が見られ、床温25℃の条件では「-2：かなり冷たい」の申告も見られる。気温28℃床温25℃の条件の場合、床温の許容性でも「許容できない」と評価する被験者も見られ、これ以上の気温、床温の低下は好ましくないと考える。

3.4生理的反応と心理的反応

図7に平均皮膚温と全身温冷感の関係を示す。平均皮膚温にはHardy&DuBoisの12点体表面積重み平均に李が床面との接触部位の皮膚温を算入したものを用いる。平均皮膚温は33.5℃～35.5℃の範囲にあり、全身温冷感は「-3：寒い」～「+1：やや暖かい」の範囲にある。個人差によるばらつきが見られるが、概略的にみると平均皮膚温が高くなるにつれ、全身温冷感も暖かい側の評価になる傾向が見られる。全体的に涼しい側の申告が多く、床冷却の効果であると考える。平均皮膚温が34℃以下になると「-1：やや涼しい」以下の申告も見られる。温熱的中性申告が得られる、平均皮膚温は34.8℃である。

４．温熱的快適範囲の検討

ここからは、既往研究の実験住宅で行われた床冷却実験の結果も含めて検討する。

図8に床温と臀部皮膚温の関係を示す。床温は23℃～28.5℃、臀部皮膚温は30℃～34℃の範囲にある。床温が高くなるほど臀部皮膚温も上昇する傾向が見られる。床温が2.5℃上昇するにつれて、臀部皮膚温が1℃上昇する傾向が見られる。

図9に臀部皮膚温と床温温冷感の関係を示す。臀部皮膚温が高くなると床温温冷感も温かい側の申告になる。臀部皮膚温が31℃のとき「-1：やや

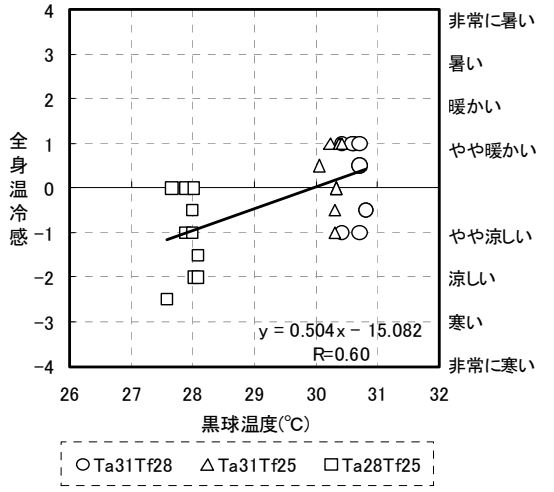


図5　黒球温度と全身温冷感の関係

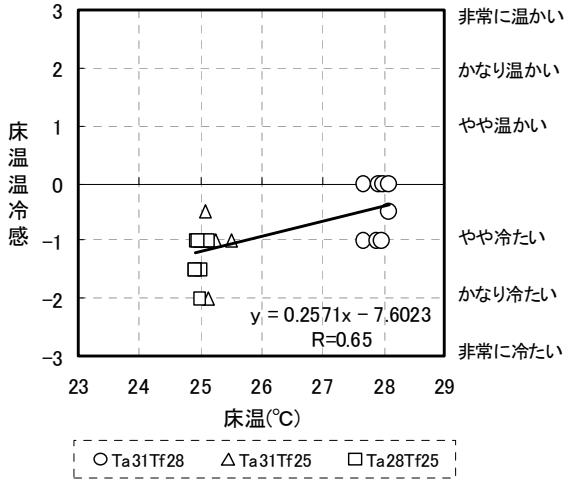


図6　床温と床温温冷感の関係

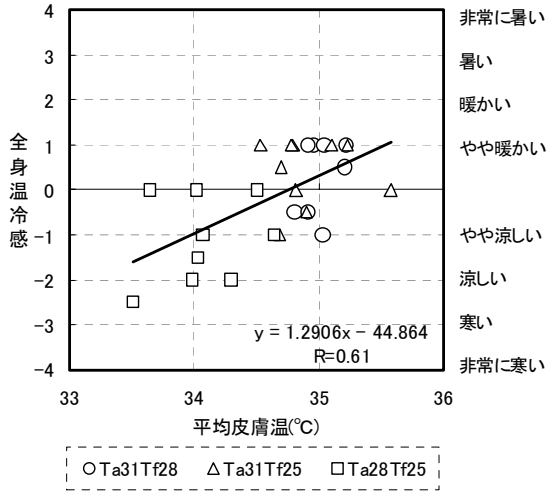


図7　平均皮膚温と全身温冷感の関係

冷たい」の申告が得られるが、臀部皮膚温が32℃以下では「0」以上の申告は見られず、「-2：かなり冷たい」以下の申告が見られる。このときの床温は、図8の床温と臀部皮膚温との関係より、臀部皮膚温が32℃のときの床温は約25℃であり、この床温を本研究の床温下限値とする。

図10に気温と床温の組み合わせ条件における全身温冷感申告の温熱的中性申告（－１～+1）を示す。室温と床温の重み平均である環境温度の割合は、室温：床温＝7：3を採用する。

温熱的中性申告が得られる範囲としては、気温27℃～30℃、床温25℃～29℃の範囲が望ましいと考えられる。全身温冷感の温熱的中性申告は、約8割が快適範囲の中にほぼ収まり、本研究の快適範囲は適しているといえる。床温25℃以下でも中性申告は得られており、被験者はやや低い環境を好む傾向があることが示されるが、気温との組み合わせなど検討が必要である。

５．まとめ

床冷房装置を用いて、室温28℃～31℃、床温25℃～28℃に冷却し、健康な青年女子10名を被験者とした実験を行い、夏期における床座人体への影響とその快適性について検討した。

・床温が最も低く、床上高さ0.1m以上の気温差は小さい。

・床の接触部位である臀部および足底の皮膚温が低下する。

・温熱的中性申告が得られる黒球温度は30℃、平均皮膚温は34.8℃である。

・温熱的快適範囲としては、気温27℃～30℃、床温25℃～29℃の範囲が望ましい。

参考文献

1） 藤井他：実験住宅における床冷却環境の人体影響―仕上げ材が異なる場合―
日本建築学会学術講演梗概集，pp1353-1354, 2008.9

2）李　他：床冷却および壁冷却の快適性評価に関する研究
日本建築学会学術講演梗概集，pp343-344, 1999.9

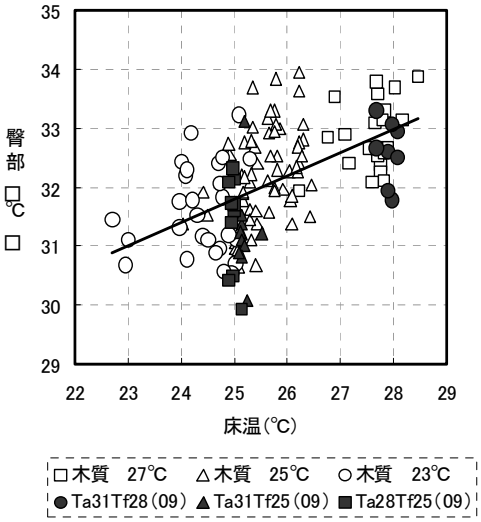


図8　床温と臀部皮膚温の関係

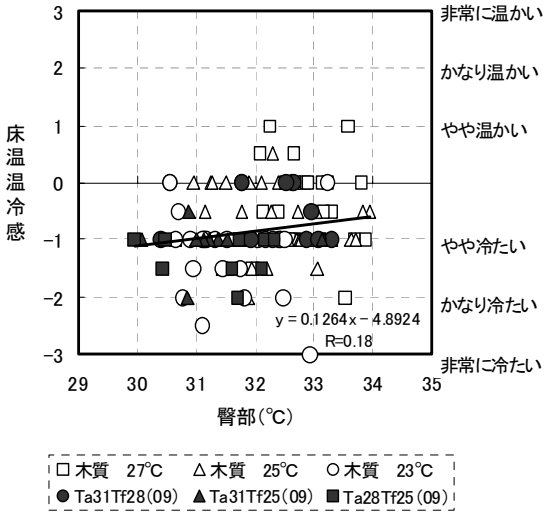


図9　臀部皮膚温と床温温冷感の関係

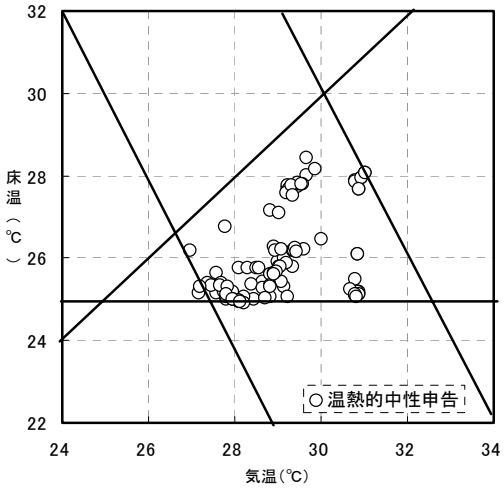


図10　温熱的快適範囲

輻射環境下における四肢の露出が運動時の体温調節反応に与える影響

○近澤祐樹（京都工芸繊維大学大学院）
芳田哲也（京都工芸繊維大学大学院）
常岡秀行（京都工芸繊維大学大学院）

Effect of limbs exposure on thermoregulatory responses during exercise exposed to simulated radiant heat

Yuki CHIKAZAWA*, Tetsuya YOSHIDA*, Hideyuki TSUNEOKA *
***Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology**

１．緒言

暑熱環境下における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日射病などの暑熱障害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。また手足と四肢の表面積は体表面積の約 60%であるため四肢の露出は乾性放熱量の調節に効果がある[3)]。しかし、太陽の輻射熱と四肢の露出を含めて運動時の体温調節反応を総合的に検討した研究はあまり見られない。

本研究では、輻射環境下における四肢の露出が運動時の体温調節反応に与える影響を明らかにするため、夏季太陽光に近い輻射熱を照明により再現した室内において、着衣による四肢の露出程度が異なる 2 条件で 2 種類の強度による自転車漕ぎ運動を実施した。

２．実験方法

2.1　実験環境

夏季のグラウンドで気温が 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　実験条件

健康な男子大学生 7 名を被験者とし、着衣条件(長袖･長ズボン着用[long]、袖なし･半ズボン着用[short])、負荷強度(最大酸素摂取量の 50%[高負荷]、30%[低負荷])の各条件を組み合わせた 4 条件で実験を行った。long 条件は上肢に長袖シャツ(綿 55%、ポリエステル 45%)、下肢に長ズボン(ポリエステル 100%)を着用し、short 条件は上肢に袖なしシャツ、下肢に半ズボンを着用した。両条件共に衣服の素材は同一で白色を使用した。

2.3　測定項目および手順

測定項目は心拍数(HR)、食道温、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、胸部および前腕部皮膚血流量、平均血圧、総発汗量、主観的運動強度(Rating of Perceived Exertion)、温冷感、衣服内温度とした。実験は 30 分以上、椅座位安静の後に開始し、5 分後に照明の電源を入れ、その 15 分後に運動を開始した。運動はリカベント式自転車エルゴメータ（キャットアイ社製）を用い、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。

３．実験結果

低負荷における食道温上昇(⊿Tes)の経時変化を Fig.1 に示す。低負荷の運動を行った場合、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 short 条件において

有意(p<0.05)に高い値を示した。しかし高負荷での運動時には、両条件共に同様の傾向を示した。

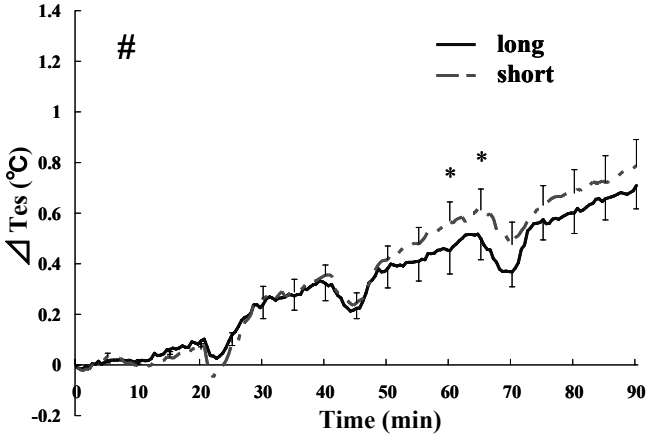


Fig.1 Comparison of the increase in esophageal temperatures (⊿Tes) between long and short condition during exercise at low intensity. Values are Mean ± SE. #, p<0.05 by ANOVA, *, p<0.08 by post-hoc test

低負荷における HR の経時変化を Fig.2 に示す。低負荷の運動を行った場合、有意差は認められなかったが、運動開始から short 条件が高い傾向を示した。しかし高負荷での運動時には、両条件共に同様の傾向を示した。

また、低負荷におけるその他の測定項目や高負荷運動時には long 条件と short 条件における顕著な差は見られなかった。

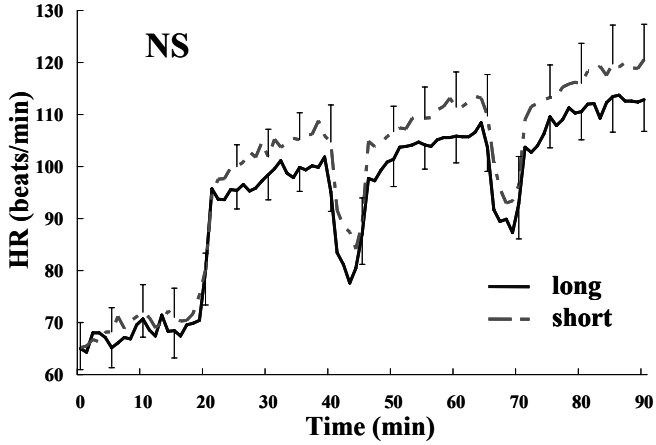


Fig.2 Comparison of heart rate (HR) between long and short condition during exercise at low intensity. Values are Mean ± SE. NS,Not Significant

４．考察

低負荷運動では short 条件が long 条件に比べて食道温上昇が有意に高く、HR においても高い傾向を示した。short 条件では四肢の露出により放熱を促進していたのにもかかわらず、long 条件と比較して各種パラメータが上昇したのは、放熱以上の輻射熱を四肢から受けていたことが主な原因と考えられる。したがって低負荷の運動では、着衣により四肢から受ける輻射熱を減少させることで、温熱ストレスを軽減できることが示唆される。

一方、高負荷運動時では short 条件と long 条件で食道温上昇や HR に差が認められなかったことから、高強度の運動では四肢の露出による温熱ストレスの抑制は低いと考えられる。高負荷運動時では運動による熱産生が大きく、さらに輻射熱の遮蔽による断熱と四肢の露出による放熱が同等になったため、着衣形態の違いによる温熱ストレスの差異は見られなかったと考えられる。

６．結言

高強度の運動時では着衣形態による温熱ストレスの大きな差は認められないが、低強度では着衣により四肢から受ける輻射熱を減少させると温熱ストレスを抑制でき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) 中山昭雄 : 温熱生理学、理工学社、(1981)、496

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

半透過性の仕切りを通した視対象の見やすさ評価に関する研究

○中野江里子,
冨本浩一郎, 加藤洋介, 世良卓三, 八木佳子（株式会社イトーキ）

Study on Visibility through Transparent Partition

Eriko NAKANO
Koichirou FUMOTO , Yosuke KATO , Takuzo SERA , Yoshiko YAGI (Itoki Corporation)

１．はじめに

オフィスにおける仕切りとは、机に取り付けるデスクパネルの他に、間仕切りとして打ち合わせコーナーをつくるパネル等あるが、プライバシーとコミュニケーションを適正にすることにより、知的生産性に寄与する重要な役割を持つ。

仕切りを通した視対象の見やすさに関して、スクリーンやレースカーテンを想定した研究はすでにされており、仕切り面の輝度や透過率と見えやすさとの関係については既に明らかになっている[1) 2)]。スリット状の仕切りの場合、スリットの見付幅と隙間幅が同じであれば、縦型よりも横型スリットの方が見付幅と視線の位置が一致して視野を遮る割合が高くなるため、見え具合は小さくなると報告されている[3)]。

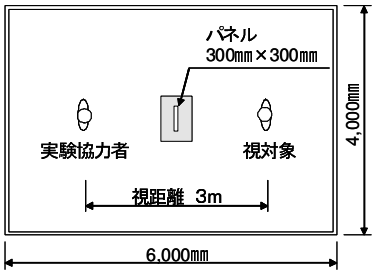
そこで本研究では、非透過性の材料に、一定の間隔で円形の透過部を配したパネル（以後、「半透過性パネル」）を通した視対象の見やすさについて、透過部の大きさとパネルまでの距離による影響を明らかにしたので報告する。

２．実験の概要

実験室（図１）において、実験協力者に視対象となる人から３m離れて向かい合って座ってもらい、順に提示する半透過性パネルを通した視対象の人の顔の見やすさを評価してもらった。半透過性パネルは、ちょうどお互いの顔が隠れる高さに設置し、開口率やパターンを統一して透過部穴径を変えた小・中・大の３水準を準備した（表１，図２）。

パネルの設置位置は実験協力者から0.5m（自分寄）、1.5m（真ん中）、2.5m（相手寄）の３条件とし、穴径3水準のパネルをそれぞれ３つの距離条件でランダムに提示していった。

0を見えにくい、10を見えやすい、とした11段階の尺度評価とし、実験協力者は視対象を問題なく認識することの出来る視力（矯正視力0.8～1.5）を持つ、26～34歳の男女計６名であった。



＊パネル設置台
水平面照度
＝810lx

図１：実験室のようす

表１：パネルについて

穴径	小、中、大（３水準）
開口率	40%
パターン	60度千鳥
外形寸法	300㎜×300㎜

＊開口率＝単位面積あたりの透過部の面積

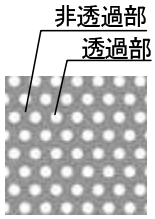


図２：60度千鳥

３．結果と考察

３－１．穴径よる見やすさ

同じ開口率でも、透過部の穴径によって見やすさに差があることが分かった。３水準のパネルを実験協力者と視対象の中間位置である「真ん中」に置いた場合の結果を図３に示す。３つの穴径を比べると、穴径「中」が最も見やすさの評価が低いという結果であった。穴径「小」と「大」はほぼ同じ評価であったが、「小」の方が若干評価は高いという傾向がみられた。

以上より、半透過性パネルを通して視対象を見る際には、穴径「中」の透過部が視対象の像の形をつかむ際に邪魔になり見え具合が小さくなると考えられる。穴径「小」であると、非透過部によって視対象が遮断されず連続して像が見えるため、見え具合が大きく感じられると考えられる。逆に、穴径「大」になると、ひとつひとつの穴から見える像が図として認識出来るほどの情報量を含むため、見え具合が大きくなると考えられる。

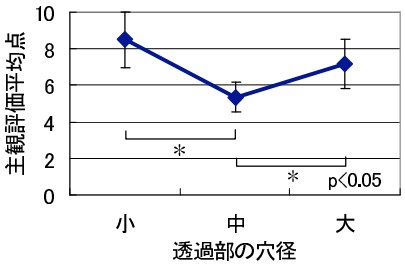


図３：穴径による違い

３－２．パネルの設置位置による見やすさ

パネルの設置位置による、視対象の見やすさを比較したところ、同じ穴径のパネルでも設置位置よって見やすさに違いがあり、またその傾向は穴径によって異なるということが分かった。パネルを置く位置による見やすさの違いを、穴径ごとに示したグラフを図４～６に示す。

穴径「中」の場合、パネルがどの設置条件であっても視対象の見やすさ評価には差がない、という結果であった。

また穴径「小」の場合、「自分寄」のときの評価が最も低く、「相手寄」のときが最も高いという結果であった。一方、穴径「大」のときは「相手寄」のときよりも「自分寄」のときの方が高い評価であるという、穴径「小」とは逆の結果であった。これは、穴径「小」であると、「相手寄」の位置にパネルがあった場合、透過部分の形が認識できず視対象に全体的に薄く膜がかかったような状態に見え、「自分寄」の位置にパネルがあると開口部分の形が認識できるほどになるため像の形を認識する際の邪魔になり見え具合が小さくなると考えられる。反対に、穴径「大」の場合は、「自分寄」にパネルがあると透過部から視対象を覗くような感じになり見え具合が大きくなるが、「相手寄」になると透過部が視対象の像の形を認識する際に邪魔になる大きさに見えるため、視対象が見えにくくなると考えられる。

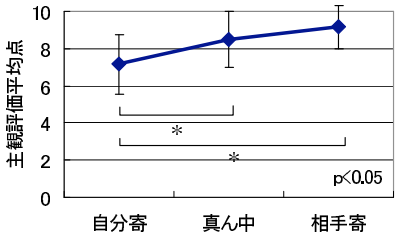


図４：穴径「小」

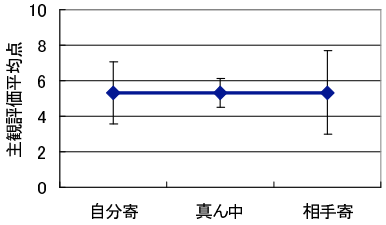


図５：穴径「中」

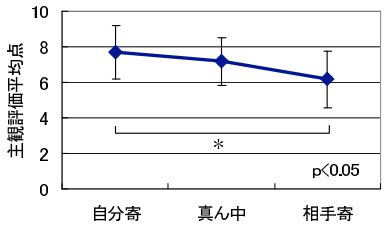


図６：穴径「大」

４．まとめ

今回、半透過性の仕切りを通して３m離れた人の顔を見た場合の、仕切り透過部の穴径による見やすさと、各穴径で仕切りの設置位置による見やすさの違いを明らかにした。下に結果をまとめる。

① 透過部の穴径が「中」ときが最も見えにくく、仕切りの位置が0.5m、1.5m、2.5mのどの位置にあっても視対象の見やすさは変わらない。

② 透過部の穴径が「小」のとき、仕切りが相手寄りの位置にあるときほど視対象が見やすい。

③ 透過部の穴径が「大」のとき、仕切りが自分寄りの位置にあるときほど視対象が見やすい。

今回は、顔が隠れる程度の大きさのパネルを用いて実験室内での検証を行ったが、実際に家具として半透過性の仕切りを使った場合に距離による見やすさの違いが心理面へ与える影響や効果を今後明らかにしていきたい。

参考文献

1) 望月悦子、岩田利枝、近藤あかね：スクリーンを通した外部景観の見えに関する研究, 照明学会全国大会講演論文集, 37, 126-127, 2004.

2) 奥田紫乃, 佐藤隆二, 山中俊夫：レースカーテンを通した人の顔の見え易さとそれに対応する明視要素についての検討, 日本建築学会計画系論文集, 524, 29-34, 2001.

3) 北浦かほる、砂田陽子：透かしの視覚的心理効果の研究 横型スリットの透かしの効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 999-1000, 1994.

カラーシミュレーターに要求される機能の検討

○松林潤、森本一成、桑原教彰（京都工芸繊維大学大学院）

An Examination of Color Simulator Function

Jun Matsubayashi, Kazunari Morimoto, Noriaki Kuwahara

(Kyoto Institute of Technology)

１．はじめに

近年、パソコンやインターネットの普及にともない、カラフルな印刷物やホームページなどが増加している。色が溢れる現代社会では、明度やテクスチャについて、モノクロ時代に比べると気遣いが少なくなり、色だけに頼った情報が増えていると考えられる。色彩情報を見る人の色の見え方は一通りではない。日本人男性の約５％、白人男性の約８％が赤や緑の混じった特定の範囲の色について差が感じにくい色覚異常と呼ばれる人々がいる[1)]。呼び方は「色覚異常」「色覚障害」「色盲」等があるが、本文においては色覚異常とする。

多くの人に向けて発信されている広告媒体や、公的機関が発信する緊急・災害情報などは全ての人に正確に伝えるべきであり、色彩設計におけるユニバーサルデザインが求められている。

カラーユニバーサルデザインの方法は多くある。その１つが、情報コンテンツのデザイン段階で色覚異常者の見え方を再現することにより、配色をチェックすることである。このシステムがカラーシミュレータである。

カラーシミュレータは様々な研究者やメーカーによっていくつか作られており、「様々な色覚タイプの人々の見え方をシミュレートすることができる」という機能は共通して持っている。しかし、シミュレートの結果が同じかどうかの検討はされていない。そこで、本論文では現存するカラーシミュレータの機能の比較からシミュレータで特に求められる色変換に関する機能に注目する。

２．カラーシミュレータ

色覚異常について説明する。ヒトの目には分光吸収特性の異なる3つの錐体が有り、3つのいずれかに欠陥が生じて一般型の色覚の異なる人々を色覚異常者という。赤系の色に差を感じにくい人を第1色覚異常、緑系の色に差を感じにくい人を第2色覚異常、青系の色に差を感じにくい人を第3色覚異常という。

このような色覚異常者の色の見え方をシミュレートするシミュレータを著者が調べたところ、５つ以上あった。その中には有償のソフトが含まれていた。本論文では多くの人が気軽に使用できる無償の3ソフトに注目した。以下に実験に使用したカラーシミュレータの特徴を示す。

2.1　A社製

色覚異常者や高齢者にも使いやすいウェブページを作れるように、ウェブページ製作者を支援する目的で作られている。主に２つのモードがある。１つは音声モードと呼ばれ、音声読み上げ機能を搭載しておりWebブラウザがWebページ内のテキストを正しく読み上げられかを調査する。もう一方はロービジョンモードと呼ばれ、色覚異常者がWebページを見た際に識別しやすい配色かどうかを調査する[2)]。今回はカラーシミュレータの機能について比較を行うので、ロービジョンモードの機能を対象とする。

2.2　B社製

ディスプレイ上の表示内容をグレースケールや各色覚特性に応じてシミュレートするソフトである。ファイル入力とアドレス入力が可能である。シミュレートしたいコンテンツのリアルタイム描写も可能で、Flashのように動きのあるコンテンツも色覚異常者の見え方をシミュレートできる[3)]。

2.3　C社製

デザインした画像が色覚異常者にどのように見えているかをデザイナーが確認できるツールである。色覚異常者の見え方だけでなく、色覚異常者が色を混同する恐れの高い個所を探索して表示する機能がある。

デザイナーは色覚異常者が見分けにくい色をチェックしながら色の組み合わせを決めることができ、配色を検討できるツールであり、シミュレーションが目的ではなく、目安を提示すること

で、色覚異常者による色の見え方をデザインに反映させることを目的として開発された[4]。

3．シミュレータの機能比較

3.1　シミュレート対象画像

シミュレータを比較するための画像として、標準16色のカラーチャートとした。これは、WEB色彩画像生成の際にHTMLを用いて指定することで表示できる色である。10進数または16進数で指定することで多くのブラウザで正しい色で表示される。なお、１色に対して1画素が割り当てられた画像を想定した。

3.2　シミュレータの機能評価法

Karlら[5]は、(1)式に示される画像中の任意の画素間の色差の総和に注目した画像の色変換アルゴリズムを提案した。このアルゴリズムは、源画像の色差の総和と、色変換画像の色差の総和の差を最小とする色変換が、色覚異常者にとって望ましい色変換であると述べている。赤緑青の三次元色ベクトルをCとし、画素間の色差の総和をgとする。あるi番目の画素の色ベクトルをCiと隣のj番目の画素の色ベクトルCjとの色差は$Ci-Cj$と表すことができる。このときの画像内の画素数をNとするとき画像内の色差の総和gを式(1)で表すことができる。

$$g=\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}(C_i-C_j) \qquad (1)$$

筆者らはKarlらの研究で提案されたこの色差の総和を用いてのシミュレータの機能を評価した。

4．結果と考察

カラーシミュレータの機能をシミュレート画像の色差の総和の比較により評価した。その結果の一部を図１に示す。図1の縦軸がgを表す。各色覚異常者の場合の源画像からのしきさの総和の変化量を比較すると、どの色覚異常者にも共通してB社製のシミュレータにの場合には色差の総和が大かった。つまり、B社のシミュレータは軽度の色覚異常者を被験者にとして作られたと考えられる。また、実際の画像が見やすさについては議論されていないが、筆者らは主観評価により配色の見やすさと(1)式の関連を明らかにできるのではないか考えている。

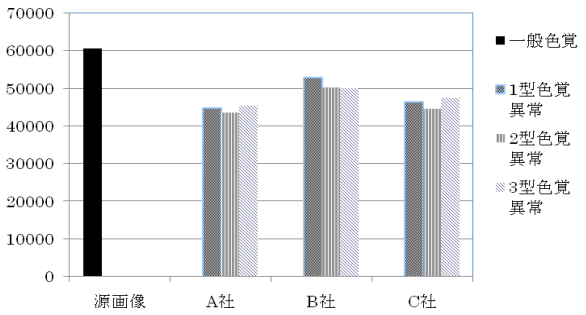


図１　色差の総和によるシミュレータの比較

5．まとめ

カラーシミュレータの変換機能をシミュレート画像の色差の総和により比較した。変換後は、(1)式定義された色差のばらつきが源画像より減少したことを確認した。また、結果は各社各様になったことより先行研究を色差のばらつきの観点より裏付けた。このばらつきは色覚異常者の錐体感度の設定が異なることが理由と考えられるが、各々のソフトには錐体感度の設定について記載が無いため検証が出来ていない。今後はより具体的に画像のどの部分が見難いかを(1)式で定量化し、修正する部分の優先付けや修正する箇所の絞り込みにこの指標を利用すること検討したい。

参考文献

1) 岡部正隆．伊藤啓：色覚の多様性と色覚バリアフリーなプレゼンテーション - 色覚の原理と色覚のメカニズム - , 細胞工学, Vol.21,No.7,.p.736-745, 2002

2) IBM：東京研究所 | 研究紹介 | アクセシビリティ・リサーチ | aDesigner http://www.trl.ibm.com/projects/acc_tech/adesigner.htm

3) 富士通： ColorDoctor http://jp.fujitsu.com/about/design/ud/assistance/colordoctor/

4) 東洋インキ：カラーユニバーサルデザイン「UDing」 http://www.toyoink.co.jp/ud/index.html

5) K. Rasche, R. Geist, and J. Westall: ,Detail preserving reproduction of color images for monochromats　and dichromats, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.25, No.3, pp.22-30, 2005.

ワーカーの創造性の向上を目的としたオフィス照明システム
ークリエイティブオフィスのシーンに適した照明条件の研究ー

○冨本浩一郎，橋浦裕，辻浩三，木村建樹
（株式会社イトーキ）

Office lighting system to encourage creativity of workers
- Study on optimal lighting conditions for creative work in the office -

Koichiro FUMOTO, Yutaka HASHIURA, Kouzou TSUJI , Takeki KIMURA
(ITOKI Corporation)

１．はじめに

気候変動に関する京都議定書など，国際的な環境問題への社会的要請が強まる中，オフィス設計においても省エネルギー化が関心事となっている．オフィスビルエネルギー消費の約40%を照明が占めていると言われ，省エネルギー対象としてオフィス照明が注目されている．

また、近年オフィスの知的生産性の向上を目的としたクリエイティブオフィスの考え方の下，ワーカーの創造性向上が求められている．

本報告では，省エネルギーかつワーカーの創造性を向上するオフィス実現のため，オフィスでのワークシーンを想定した実験条件で，複数の照明条件の印象を評価することで，クリエイティブオフィスのシーンに適した照明条件とその効果を明らかにした．株式会社イトーキではクリエイティブオフィスのコンセプトとして，「trans.」を提唱している．このコンセプトでは，クリエイティブワークを「Studio：みんなでまとめる」「Study：ひとりでまとめる」「Café：みんなでひろげる」「Library：ひとりでひろげる」の4モードとして定義している．これに基づき，ミーティングのシーンを想定した被験者4人1組による実験と，執務ワークのシーンを想定した被験者1人による実験を行った．

２．方法

２－１：実験環境・器具

実験は，株式会社イトーキ本社ビル3Fに設置した，W3.2m×D2.4m×H2.0mのフレーム構造の空間で行った．空間を囲む４面は外光の影響を低減させるため，部分的に壁とロールスクリーンを設け，天井は開放した．この空間の中央に，W1600×D700×H700のテーブルとミーティングチェアを４脚配置した．

この実験環境に，800mm×800mmの照度と色温度の調光が可能なLED照明を，光源の高さ2mで，空間上部の中央にフレームに固定した．また，フレーム上部の4辺に照度調光が可能な昼白色と電球色の32W型蛍光管を各1本ずつ計8本設置した．各蛍光管を調光することで空間内を均一な照度と色温度の照明環境を再現した．

照明の調光範囲について，色温度は一般の照明器具で再現される値として3000～5500Kを，照度は照明学会の定めるオフィス照明設計技術指針[1]による，「やや粗な視作業」～「非常に精密な視作業」の照度範囲にあたる200～2000lxとした．

２－２：照度・色温度の違いによる効果

まず，照度と色温度の条件がワーカーに与える効果を明らかにする実験を行った（実験①）．調光範囲内で高照度をLH_１～4，低照度LL_1～4，高色温度CH_1～4，低色温度CL_1～4で構成される条件1～8を適用した．基本となる実験条件を表１に示す．

主観評価は18の形容詞対にて行った． 各項目について，「どちらでもない」を0ポイントとし，ポジティブな評価方向に「ややそう思う」を+1ポイント，「そう思う」を+2ポイント，ネガティブな評価の方向に「ややそう思う」をー1ポイント，「そう思う」を-2ポイントとし，5段階で評価した．評価項目を図１に示す．

表１　実験①条件

	照度(lx)	色温度(K)	シーン
条件1	LH_1	CL_1	ー人
条件2	LH_2	CH_1	ー人
条件3	LL_1	CL_2	ー人
条件4	LL_2	CH_2	ー人
条件5	LH_3	CL_3	複数人
条件6	LH_4	CH_3	複数人
条件7	LL_3	CL_4	複数人
条件8	LL_4	CH_4	複数人

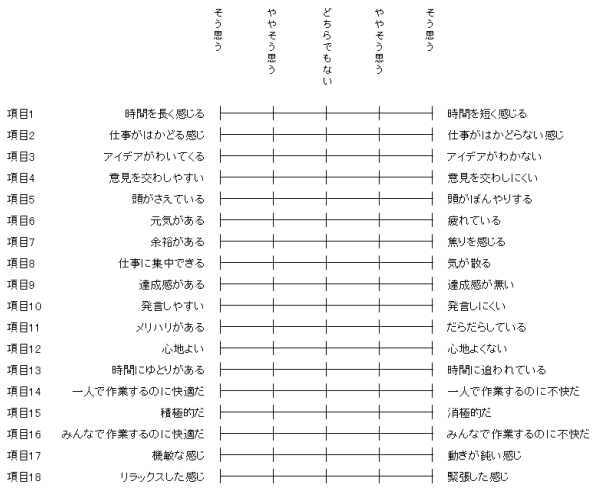


図１　実験①主観評価項目

２－２－１：複数人作業での評価

被験者27歳～44歳の男女8名で4人1組の実験を計2回行った．実験環境内で4つの照明条件（表1条件5～条件8）を30分ずつ提示し，各被験者が照明条件ごとに主観評価を行った．

実験はミーティングシーンを想定したため，被験者には実験者が事前に用意したテーマについて自由なディスカッションを指示した．まず5分間，与えられたテーマに対して思いつくことを3つ付箋紙に書き，15分間それについてディスカッションを指示した．最後の5分間で，最も活発に議論が行われた内容を，全員で選ぶよう指示した．評価用紙に記入後5分休憩時間を設け，これを4条件繰り返した．

２－２－２：一人作業での評価

被験者は27歳～31歳の男女計4名で，各被験者に対し同じ実験を2回行った．

実験は実際の業務シーンを想定したため， 45分間各人の業務をノートパソコンで行うよう指示した．時間経過の合図で5分間別のＰＣにインストールしたゲームを時間内繰り返し行うよう指示した．タスク終了の合図で，評価用紙記入後5分休憩時間を設け，これを4条件繰り返した．

また，照明条件（表1:条件1～条件4）の提示順序による影響を防ぐため，同被験者に提示順序を逆にして同じ実験を行った．

２－３：各条件の境界値

実験①で得た各照明条件の効果が現れる照度と色温度の詳細値を調べる実験を行った（実験②）．

実験は，9名の被験者を3名1組で計3回行った．照度と色温度ともに照度200～2000lx，色温度3000～5500Kの範囲で目標値として，照度を高照度（L_a），中照度（L_b），低照度（L_c）の3条件（実測値は目標値に対して±35lxの範囲），色温度を5つの条件（C_a～e）（実測値は目標値に対して±100Kの範囲）で，計15の照明条件（条件A～O）を対象とした．実験②の実験条件を表２に示す．被験者に表２の各条件をランダムに1分間提示し，その後，提示した照明の印象について主観評価を行った．評価項目は，実験①の結果から得られた評価項目間で，一人作業，複数人作業それぞれの実験で共通して，評価の平均値に有意な差が認められた11項目とした．評価項目を表３に示す．評価の方法は実験①と同様に5段階で行った．

表２　実験②条件

		色温度 低				高
		C_a	C_b	C_c	C_d	C_e
照度	高照度 L_a	条件A	条件B	条件C	条件D	条件E
	中照度 L_b	条件F	条件G	条件H	条件I	条件J
	低照度 L_c	条件K	条件L	条件M	条件N	条件O

表３　実験②主観評価項目

項目2	仕事がはかどる感じ	仕事がはかどらない感じ
項目3	アイデアがわいてくる	アイデアがわかない
項目5	頭がさえている	頭がぼんやりする
項目6	元気がある	疲れている
項目7	余裕がある	焦りを感じる
項目10	発言しやすい	発言しにくい
項目11	メリハリがある	だらだらしている
項目12	心地よい	心地よくない
項目13	時間にゆとりがある	時間に追われている
項目17	機敏な感じ	動きが鈍い感じ
項目18	リラックスした感じ	緊張した感じ

２－４：分析方法

実験①②共にt-検定にて，得られた主観評価のポイントを評価項目ごとに実験条件間の平均値を比較した．その結果平均値に有意差のある項目をその照明条件を特徴付ける要素とした．

３．結果と考察

３－１：実験①の結果

実験①の比較パターンと検定結果を表４に示す．また，複数人作業と１人作業両方の実験で共通して評価に有意差のあった項目を表5に示す．

３－１－１：色温度による違い

分析の結果，高照度下の色温度の差による特徴の違い（比較1・2）に関して，複数人作業のとき18項目中5項目，一人作業のとき18項目中8項目に照明条件間で評価に有意な差が見られた．

一人作業と複数人作業に共通して，項目6・7・

13・18に色温度条件間で評価に優位差があった．特に低色温度では「余裕がある」「時間にゆとりがある」「リラックッスした感じ」の傾向が強く，高色温度では「焦りを感じる」「時間に追われている」「緊張した感じ」の傾向が強かった．

低照度条件の色温度の差による特徴の違い（比較3・4）に関して，複数人作業のとき18項目中4項目に，一人作業のとき18項目中9項目に照明条件間で評価に有意な差が見られた．

一人作業と複数人作業に共通して，項目12・13・18に色温度条件間で評価に有意な差が見られた．特に低色温度では，「時間にゆとりがある」「リラックスした感じ」「心地よい」の傾向が強く，高色温度では、「時間に追われている」「緊張した感じ」「心地よくない」の傾向が強かった．

３－１－２：照度による違い

高色温度条件での照度による特徴の違い（比較5・6）について，複数人作業のとき18項目中11項目，一人作業のとき，18項目中1項目に照明条件間で評価に有意な差が見られた．

一人作業と複数人作業に共通して，項目2に照度条件間の評価に有意な差が見られた．特に色温度に関係なく，「仕事がはかどる感じ」について，高照度ほど強い傾向があった．

低色温度条件での照度による特徴の違い（比較7・8）について，複数人作業のとき18項目中14項目，一人作業で18項目中7項目に照明条件間で評価に有意な差が見られた．特に低色温度条件下では、照度や人数に関係なく「時間にゆとりがある」「リラックスした感じ」の傾向が見られたが，これら項目に関して，照度が低い条件でより強い傾向があった．また，複数人作業では特に高照度で，「アイデアがわいてくる」や「達成感がある」「積極的だ」「意見を交わしやすい」の複数人作業に適した傾向が見られた（比較8，3・4・15）．

以上の結果から，各照明条件に，高照度・低色温度（条件1・5）を「イキイキモード」，高照度・高色温度（条件2・6）を「パキパキモード」，低照度・低色温度（条件3・7）を「ユッタリモード」，低照度・高色温度（条件4・8）を「ニュートラルモード」と名づけた．（以下イキイキ・パキパキ・ユッタリ・ニュートラルと表記）

各モードの特徴を考察すると，イキイキ，パキパキ，ユッタリの３つのモードについて，オフィスのワークシーンをサポートする特徴が確認できた．実験②の結果から，特にこの3つのモードの詳細値について分析することとした．それぞれの特徴について表6に示す．

表４　実験①検定結果

	色温度による影響				照度による影響			
	比較1	比較2	比較3	比較4	比較5	比較6	比較7	比較8
	条件1×条件2	条件5×条件6	条件3×条件4	条件7×条件8	条件2×条件4	条件6×条件8	条件1×条件3	条件5×条件7
項目1				**				**
項目2			*		*	**	**	**
項目3	**					*		*
項目4						*		*
項目5			**			**	**	**
項目6	*	*				**	*	**
項目7	*	*	**				*	
項目8						*		**
項目9						**		**
項目10	*		**					
項目11	*		**			**		**
項目12	*		**	*				
項目13	**	**	**	**			*	*
項目14								
項目15						**		**
項目16								*
項目17		*	**			**	*	**
項目18	**	**	**	**		*	*	**

*P<0.05，**P<0.01

表５　各照明条件を特徴付ける要因

	主観評価項目
低照度で色温度による影響が強い項目	項目12・13・18
高照度で色温度による影響が強い項目	項目6・7・13・18
高色温度で照度による影響が強い項目	項目2・5・6・13・17・18
低色温度で照度による影響が強い項目	項目2

表６　各照明条件の特徴

イキイキモード	低色温度により，緊張を和らげるようなリラックス感を持ちつつ，高照度によって仕事のはかどり感を高める効果がある．アイデアを展開するような発散思考に適しており，「頭がさえている感じ」「心地よさ」「時間のゆとり感」などにおいて，全体的に良好な光環境．複数人，一人作業の両方で，アイデア出しやブレーンストーミングなど活気のある仕事に適した条件．
パキパキモード	高色温度より，メリハリや機敏さを強く感じさせ，高照度によって仕事のはかどり感を高める効果がある．仕事のはかどり感が高い一方，心地よさや緊張感において精神的負担も多少ある．一人作業よりも，複数人作業の方が時間感覚にタイトな傾向があり，複数人による高い集中を要する収束思考が必要な会議など，短時間で，積極的に結果を出す作業に適している．
ユッタリモード	複数人作業，一人作業の両方において，リラックスや余裕を感じさせる照明条件である半面，機敏性に欠ける．余裕のある時間感覚や心地よさの高さから，ゆったりと1人こもって熟考するのに適した照明条件．発言のしやすい環境で，複数人でのシーンではインフォーマルなコミュニケーションに向いていると考えられる．
ニュートラルモード	パキパキの特徴と同じ傾向があるが，低照度のため仕事のはかどり感は非常に低い．高色温度のため，「頭がさえている感じ」や「メリハリ感」はパキパキと差が見られないが，照度を上げると「機敏性」「緊張感」「仕事のはかどり感」が上昇する．

３－２：実験②の結果

まず，実験①より，高照度の条件であるイキイキとパキパキで強い傾向が見られた「仕事がはかどる感じ」について，照度ごとに色温度の変化に対する評価の変化を調べた．図２に評価のグラフを示す．その結果，仕事のはかどり感は中照度を境に高照度で高い結果が得られていることから，

中照度（L_b）がイキイキ・パキパキとユッタリ・ニュートラルの境界と考えられる．

続いて，実験①の結果より，表５が示すように，高照度での色温度の影響が強い項目，つまりイキイキとパキパキを分ける要素として，項目6・7・13・18について，色温度ごとに評価を比較した．図３に示す．これによると，イキイキの特徴である，「時間にゆとりがある」「リラックスした感じ」「余裕がある」に関して，色温度C_bを境に効果の差を確認できた．特に，項目18の「リラックスした感じ」について，と色温度C_bで評価に有意な差（$p<0.01$）があり，色温度C_bで「緊張した感じ」の傾向があった．このことから，照度L_a以上・色温度C_a以下でイキイキの効果が得られると考えられる．

実験①の結果より，パキパキの特徴である「機敏な感じ」「時間に追われている感じ」「緊張感」に関して，色温度C_cを境に効果が確認できた．色温度C_d以上でほぼ差が無かった．このことから，照度L_a以上・色温度C_d以上でパキパキモードの効果が得られると考えられる．

さらに，低照度での色温度の影響が強い項目，つまりユッタリとニュートラルを分ける要素として，項目12・13・18について色温度ごとに評価を比較した．図４に示す．これによると，ユッタリの特徴である「心地よい」「時間にゆとりがある」「リラックスした感じ」に関して，色温度C_bを境に効果を確認できた．つまり，ユッタリは，照度L_c以下・色温度C_a以下で効果が得られると考えられる．

以上の分析結果から，各照明モードを特定する境界値を図５に示す．

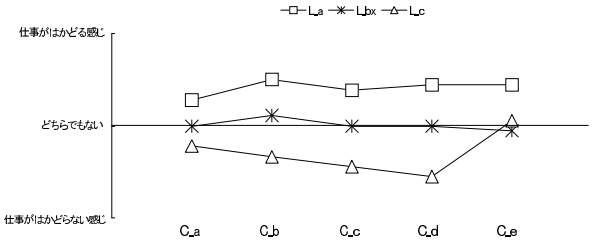


図２　照度別「仕事がはかどる感じ」評価推移

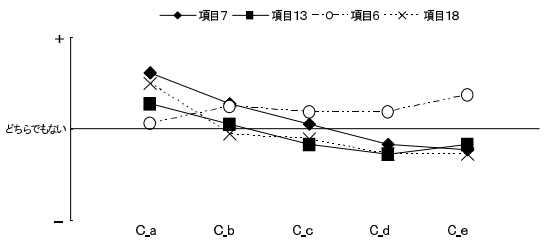


図３　高照度での色温度変化による評価推移

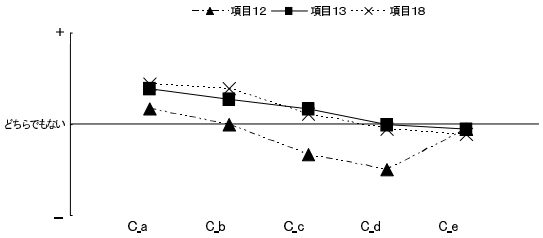


図４　低照度での色温度変化による評価推移

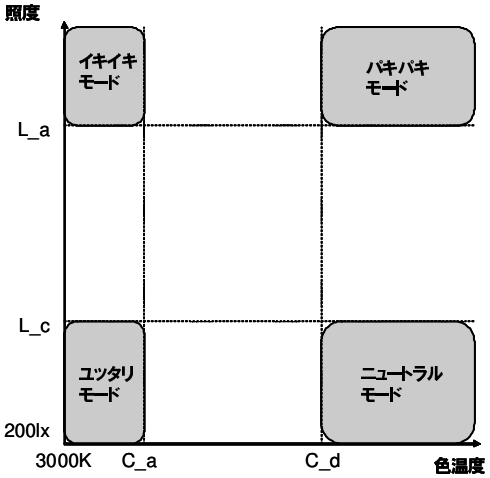


図５　照明条件の詳細値

４．最後に

本報告では，省エネルギーかつワーカーの創造性を向上するオフィスを実現することを目標として，まずワーカーの創造性向上に主眼を置き，照度と色温度の差がワーカーに与える効果を確認するため，１人作業と複数人作業のシーンを対象に主観評価を行った．その結果，クリエイティブオフィスのシーンに最適な照明条件として，イキイキ，パキパキ，ユッタリ，ニュートラルの４つのモードを導き出した．

今後は，これらの照明条件を用い，エネルギー効率のよい配光や制御方法の研究を進める．

謝辞

本報告に関して，照明についての技術的情報や実験に対する貴重なアドバイス等多大なるご協力を頂きました，同志社大学三木光範教授に厚く御礼申し上げます．

参考文献

1）社団法人 照明学会：作業面の推奨照度と照度範囲、作業の例，オフィス照明設計技術指針，JIEG-008(2002)，p6，2002.

不均一輝度視野の明視性評価法に関する研究
ー視対象の分光分布の眼球内散乱光量への影響ー

○池上陽子（奈良女子大学大学院人間文化研究科）
井上容子（奈良女子大学生活環境学部）

Evaluation of Visibility under Nonuniform Luminance Visual Field
- Influence of Spectral Distribution on Intraocular Scattering Light by Visual Target -

Yoko IKEGAMI (Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University),
Youko INOUE (Faculty of Human Life and Environment Nara Women's University)

1．はじめに

通常の視野は輝度の異なる多くの要素で構成されているが、この不均一輝度分布視野での視認性評価法は未だ確立されていない。安全な視環境計画をするためには、不均一輝度視野における視認性予測法の確立が求められる。その合理的な手法の提案には、眼球内散乱光を考慮した目の実刺激である実効輝度[1)]が有効である。

眼球内散乱光量の影響要因には、空間の物理環境と人の属性とがある。これまで環境要因としては散乱源の離角（視野中心から光源までの角度）と方位角[1)]について、人の属性としては年齢[2)]について、実効輝度との関係を把握している。実空間は、多くの色によって構成されているが、既報[1)2)]では、輝度のみで考えてきた。

光の波長によって水晶体の透過率や屈折角が異なることや、3種類の錐体細胞の数が異なる。順応状態によって分光視感効率が異なることなどから、眼球内散乱特性への刺激光の分光分布の影響を、実効輝度算出に関して考慮するか否かを検討する必要がある。検討に際しては散乱特性の波長依存性を、視野全域にわたる散乱源位置について検討する必要があるが、本報ではその第一歩として、まず視野中心部について検討している。

2．実験方法

実験は被験者自身が視標輝度を調節することによる、視標とその近接背景の輝度差弁別閾値の測定である。視標と近接背景の分光分布は等しい。

図1に実験装置を示す。装置は暗室内に設置されている。表1に視標と視野内の条件を示す。離角5°未満は輝度均一であり、これを近接背景と称する。離角5°以上は輝度0 cd/m^{2}である。近接背景輝度は0.2～300 cd/m^{2}の7条件である。被験者から視標までの視距離は2300 mmであり、被験者から900mmのところにある壁に設けた開口部を通して、視標は呈示される。近接背景はハーフミラーに反射させた反射光であり、視標はハーフミラーを通過した透過光である。従って視標輝度は近接背景輝度より高い。図2に使用光源の分光分布を示す。光源は視標と背景ともに同じであり、直管型ラピッド蛍光灯の白・赤・緑・青の4種である。分光分布は調光状態によりわずかに異なるが、差はないと考えてよい。各光源ボックスは光を拡散させるために開口部に乳白色アクリル板を

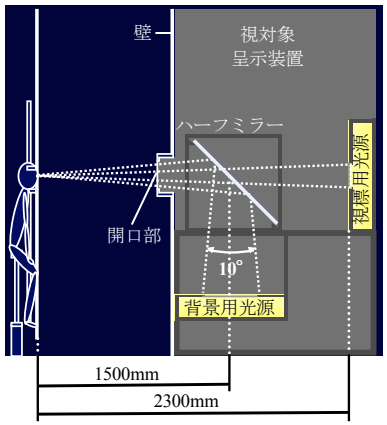


図1　実験装置図（断面図）

表1　視野内の設定条件

視標および近接背景用光源（蛍光灯）				青(FLR40S･B/M)
				緑(FLR40S･G/M)
				赤(FLR40S･R/M)
				白(FLR40S･W/M)
視標	形状			円形
	半径α[']			0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 128
背景	離角θ 0～5° (近接背景)	形状		円形
		設定輝度 [cd/m^2]	視標：1, 4, 128の場合	0.2, 1.0, 3.0, 10, 30, 100, 300
			視標：0.5, 2, 8, 16の場合	0.2, 1.0, 10, 100
	離角θ 5～90°	設定輝度 [cd/m^2]		0
視距離 [mm]				2300

表2　被験者属性

被験者	性別	年齢	色覚異常	被験状態	両眼視力	片眼視力	
						左	右
Y.Sa.	男	22	無	矯正	1.2	0.9	1.5
Y.Ki.	男	22	無	矯正	1.5	1.5	1.5
K.I.	男	23	無	裸眼	1.2	1	1
Y.M.	男	22	無	裸眼	1.5	1.5	0.7
X.G.	男	24	無	矯正	1.5	1.5	0.7

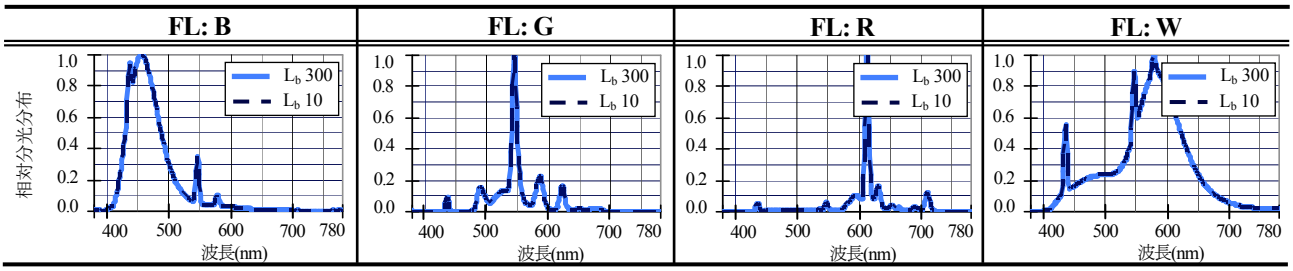


図2　視標および近接背景の相対分光分布 (近接背景輝度L_b 300, 10 cd/m^{2}の場合)

使用している。

表2に被験者を示す。22~24歳の男性5人で、全員が色覚正常で、視力矯正にはコンタクトレンズを使用している。両眼視力は1.2~1.5である。

被験者は暗室内で3分間目を閉じた後、近接背景のみが呈示される視野に15分間順応する。その後、視標と近接背景との輝度差をやっと見分けることができる閾に被験者自身が視標輝度を上げて設定する。このときの視標と近接背景との輝度差をその条件下の輝度差弁別閾値としている。白の視標半径128'による結果は最小輝度差弁別閾とみなせる[1)]。視標の大きさは順不同に呈示している。全ての実験条件において試行回数は3回である。

3．分光応答度による測定誤差

実験時の測光は照度計を用いて行っている。光学機器の分光応答度は、CIE標準比視感度とわずかに異なる。使用する蛍光灯は一部の波長領域に偏った分光分布であるため、両者から得られる測光量に誤差が生じる。表3に、標準比視感度による照度に対する、各照度計の分光応答度による照度の比、すなわち、標準比視感度で照度1.0 lxとなるときの、各照度計の照度を示す。最大で6%の誤差があるが、この程度の誤差は分析結果に影響しないことが確認されたため、本報では分光応答度に関する補正はしない。

表3 標準比視感度照度に対する照度比

		光源の色			
		青	緑	赤	白
照度計	標準照度測定用	1.06	0.97	0.96	0.99
	微小面測定用	1.03	0.97	0.99	1.00

4．輝度差弁別閾値

4．1 測定結果

図3に輝度差弁別閾値$\Delta L_{th}(\alpha, C, L_b)$の測定結果を示す。αは視標半径、Cは刺激色、$L_b$は近接背景輝度を示す。α＝2', 8', 128'での結果である。図中のプロットは測定値で、実線は後述の回帰曲線である。被験者Y.Ki.は$\Delta L_{th}(\alpha, C, L_b)$の色による差が明瞭であり、被験者X.Gは色による差が小さい。

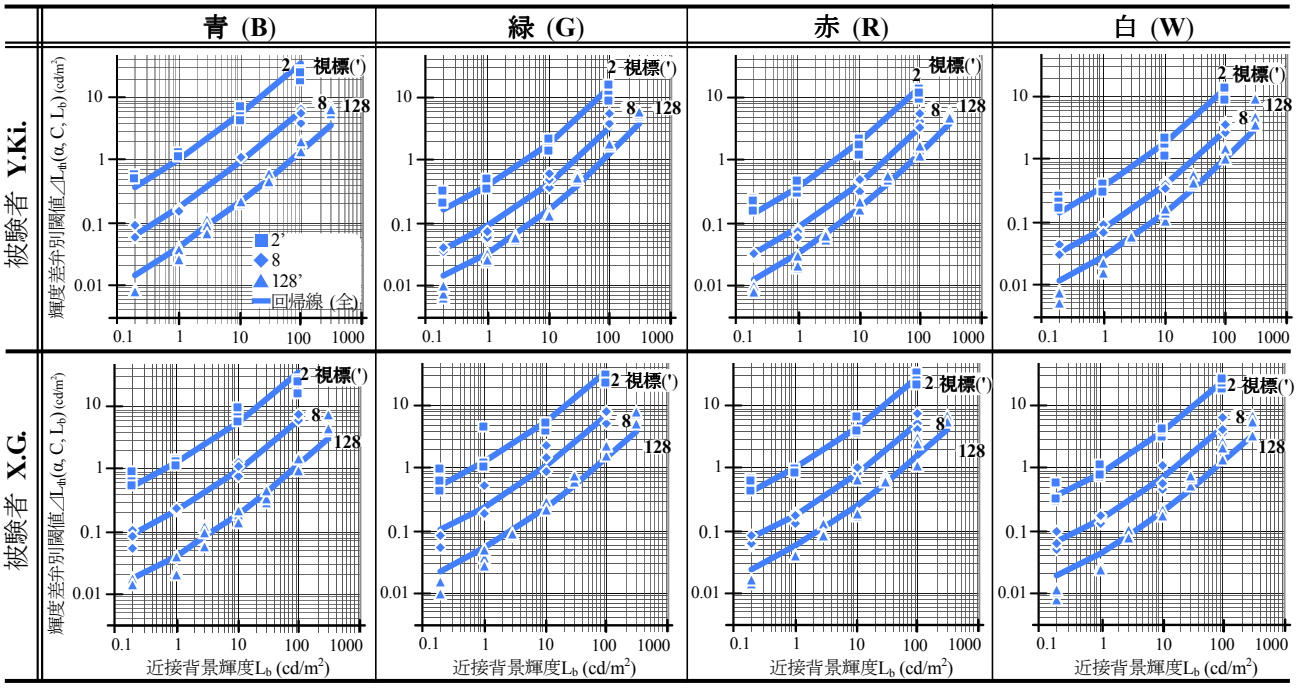


図3　近接背景輝度L_bと輝度差弁別閾値$\Delta L_{th}(\alpha, C, L_b)$との関係　(被験者Y.Ki.，被験者X.G.)

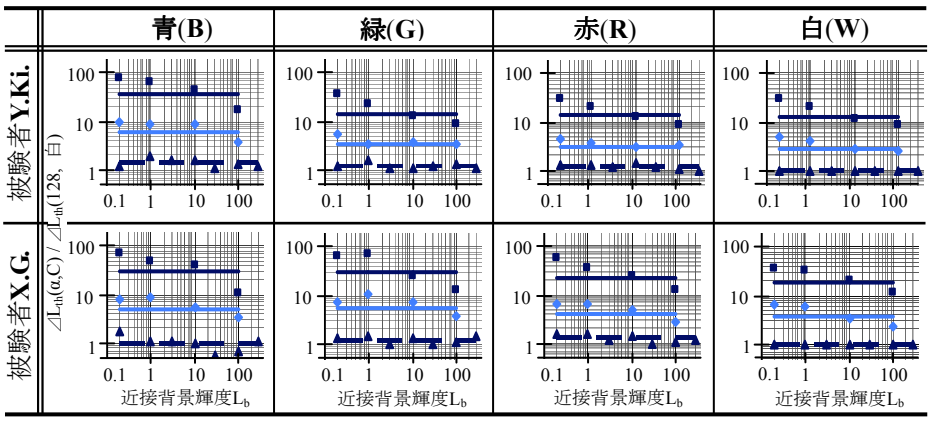


図4 白128'の輝度差弁別閾値⊿Lthに対する他の⊿Lthの比R(α, C, Lb)と、近接背景輝度Lbとの関係　(被験者: Y.Ki., X.G.)
(凡例: 測定値 ■2' ◆8' ▲128' 視標毎の平均値 ——2' ——8' – – 128')

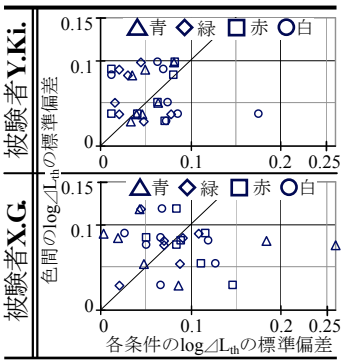


図5 輝度差弁別閾値の対数値における各条件の標準偏差と色間の標準偏差との関係
(個人内誤差と色による差の比較)

4．2 最小輝度差弁別閾値

図4に、R(α, C, Lb)を示す。式(1)に定義を示す。R(128, 白, Lb) = 1である。

$$R(\alpha, C, L_b) = \frac{\Delta L_{th}(\alpha, C, L_b)}{\Delta L_{th}(128, 白, L_b)} \quad \cdots 式(1)$$

α…視標半径、C…刺激色、Lb…近接背景輝度

図中のプロットは実測平均値からの算出値であり、実線は視標の大きさ毎のR(α, C, Lb)の平均値である。有彩色ではR(128, C, Lb)が1より僅かに大きい。

図5にlog⊿Lth(128, C, Lb)について、各条件3回測定の標準偏差と各色平均値の標準偏差を示す。各条件の標準偏差が色間の標準偏差より大きい条件は約半分である。従って、図4に示す各色128'による測定値の差は個人内誤差の範囲内であるとみなし、いずれの色においても視標128'で最小輝度差弁別閾値が得られると考えられる。本報では、4色128'の平均値を最小輝度差弁別閾値として用いる。

4．3 近接背景輝度と順応輝度

図4に、近接背景輝度が高くなるとR(α, C, Lb)は低くなることが示されており、特に視標の小さい場合にその傾向が明瞭である。横軸が順応輝度であれば、R(α, C, Lb)は一定となる[1)]。従って、近接背景輝度をそのまま順応輝度とみなすのではなく、視標輝度や近接背景の大きさを考慮する必要があることが示唆されている。

4．4 輝度差弁別閾値曲線の形状

輝度差弁別閾値曲線は式(2)で表される[1)]。視標の大きさによる差は曲線の縦軸方向の移動のみとなる。ここでは近接背景輝度を順応輝度と仮定して、2通りの方法を用いて回帰曲線を求める。1つは色による曲線形状の違いを検討するために、色別に求める。もう1つは全色共通の回帰曲線を得るために全色のデータを合わせて求める。

$$\Delta L_{th}(\alpha, C, L_b) = a \cdot (\log L_b)^2 + b \cdot \log L_b + c(\alpha, C) \quad \cdots 式(2)$$

Lb: 順応輝度,　a, b, c(α, C): 係数

図6は、得られた回帰曲線を(Lb, ⊿Lth(α)) = (10, 1)を通るように引いたものである。色別の回帰曲線では、青の回帰曲線は他の色より曲率が若干大きい。全色共通の回帰曲線は、4本の色別の曲線の平均に近い。前出の図3中の回帰曲線は、全色共通の回帰曲線である。形状の決定方法の違いに

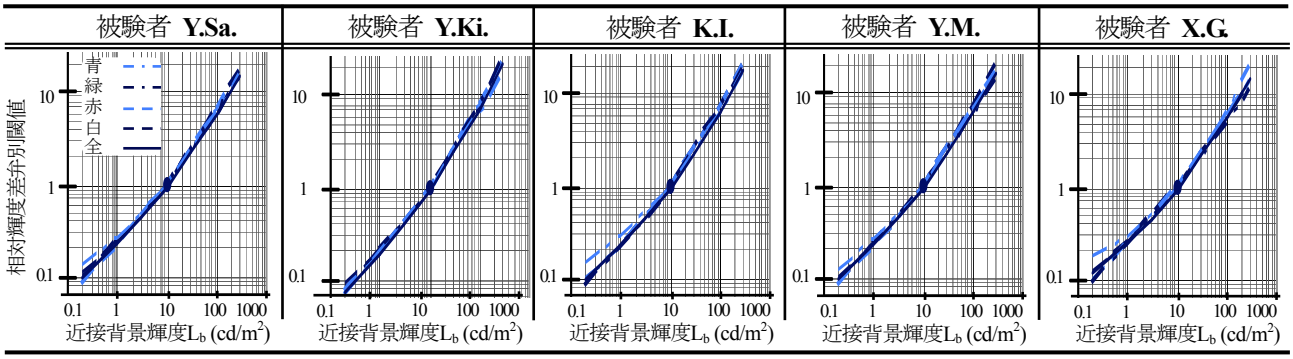


図6 色別および全色共通として定めた相対輝度差弁別閾値曲線 ((Lb, ⊿Lth) = (10, 1)を共通点として表示)

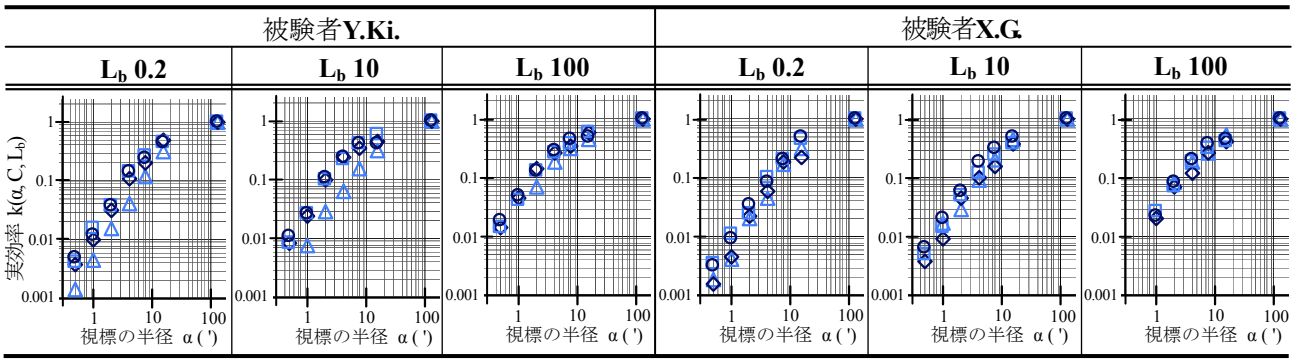


図7　測定値から求めた実効率k(α, C, L_b)　(凡例: 測定値　△青　◇緑　□赤　○白　)

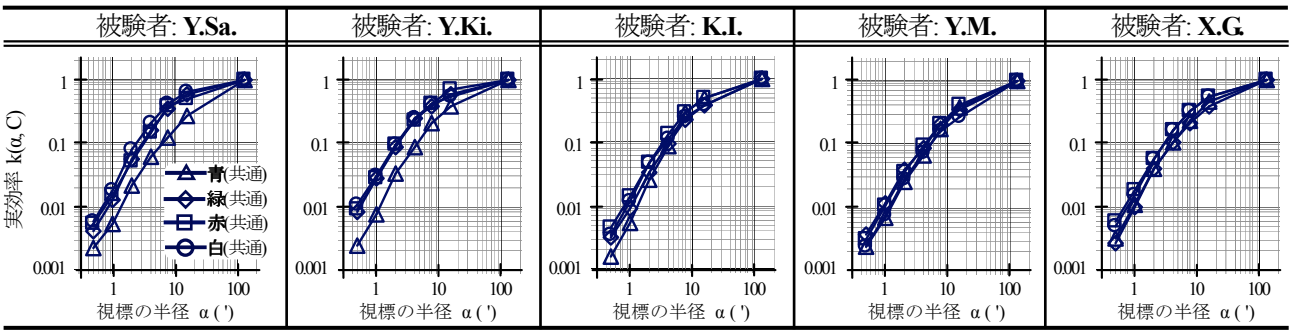


図8　回帰曲線より求めた実効率k(α, C)

よる予測誤差に大きな差がないため、全色共通の回帰曲線を次節の分析に用いる。

5．眼球内散乱光量

5．1　実効率

実効率k(α, C, L_b)を用いて、眼球内散乱光量に刺激色の影響が見られるか否かを考察する。

実効率とは、各視標による輝度差弁別閾値に対する最小輝度差弁別閾値の比である。色によって、実効率が異なることは、散乱量が色によって異なることを意味している。

$$\text{実効率}\ \ k(\alpha, C, L_b) = \frac{\triangle L_{th}(128, L_b)}{\triangle L_{th}(\alpha, C, L_b)} \quad \cdots \text{式(3)}$$

$\triangle L_{th}(128, L_b)$: 4色の$\triangle L_{th}(128, C, L_b)$の平均値,

5．2　測定値から得られる実効率

図7に各条件の平均値からL_b別に得た実効率の結果を示す。被験者Y.Ki.は、色による差があり、特に青での比が最も大きく、L_bが高くなると色間の差が小さくなる。被験者X.Gは色間の明瞭な傾向がない。色による差が明瞭な被験者は5名中2名で、差のない被験者も2名であり、個人差がある。

5．3　視認性への影響

図8に回帰曲線から求めた実効率を示す。L_bによらず同じ値となる。個人差があるが、青は他色の実効率より小さく、視標が小さいと差が大きい。

色による差の大きい被験者Y.Ki.について、実効率0.01に着目すると、白では0.6'の円形視標が見えるが、青では1.0'、即ち約2倍の大きさが、視標が見えるには必要であることがわかる。このことは色による視認性への影響に対する配慮が必要となる可能性が高いことを示唆している。

6．おわりに

今後、順応輝度の取り扱いを検討した上で、分光分布、特に青など短波長領域に偏りのある刺激の視認性への影響を把握し、実効輝度にどの程度色の影響を考慮する必要があるのかを検討していく。

〈参考文献〉

1) 伊藤克三他：実効輝度による視認問題の統一的解明, 照明学会誌, Vol.72, No.6, 324-331, 1989.06
2) 池上陽子他：高齢者の眼球内散乱特性に関する研究 ―輝度差弁別閾値と散乱光量の若齢者との比較―, 平成20年建築学会近畿支部研究発表会梗概集, 33 - 36, 2008.06
3) 井上容子他：実効輝度関数F(θ)に関する定性的検討 :(その2), 平成5年日本建築学会大会学術講演梗概集, 1161-1162、1993.07

操船シミュレータ訓練時における学生の唾液アミラーゼ活性評価

○西村 望（神戸大学海事科学部）
村井康二，福士惠一，林 祐司（神戸大学大学院海事科学研究科）
脇田慎一，宮道 隆（(独)産業技術総合研究所）

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

Nozomu NISHIMURA (Faculty of Maritime Sciences, Kobe University)
Koji MURAI, Keiichi FUKUSHI, Yuji HAYASHI
(Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University)
Shin-ichi WAKIDA, Takashi MIYADO
(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

１．はじめに

操船者の心的負担や操船技能の評価を行うための定量的な指標として、心拍変動（R-R間隔）、鼻部皮膚温、唾液アミラーゼ活性等の生理指標が有効であり、著者等はプロフェッショナルである船長経験者や航海士に対して、その有効性を確認している[1)-4)]。そして、シミュレータ実験および実船実験から、短時間内に多くの操船判断を必要とする出入港操船時において、その応答が顕著であることを確認している[2),4)]。しかしながら、将来、航海士、船長、水先人となるためのライセンス獲得を目指す学生に対する唾液アミラーゼ活性の評価は行っていない。また、学生のシミュレータ訓練評価への応用は、今後の重要課題である。

本論では、三級海技士（航海）以上のライセンスを所有する学生(三級水先人修業生)を対象とした操船シミュレータ訓練時の唾液アミラーゼ活性値の測定を行った結果について報告する。

２．唾液アミラーゼ活性の測定実験

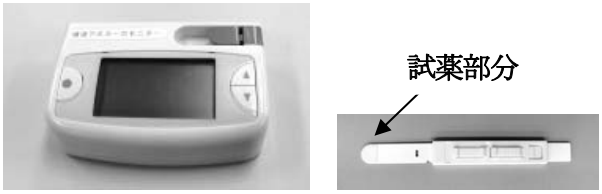
2.1　実験概要

実験は、被験者への外的影響(気温、湿度、音等)を制御しやすい環境とするために、操船シミュレータ訓練を対象とした。使用した操船シミュレータは、スクリーン型（スクリーン半径：6メートル)、水平視野角240度、垂直視野角40度の装置であり、国際的なスペックを充足している。

被験者は、三級水先人修業生（大学院修士課程1年生）5名（男4、女1)、年齢23～31歳である。

実験シナリオは、友ヶ島水道から阪神港に向かう航行業務であり、他船舶の交通流および風潮流が模擬されている。実験中は、シミュレータ室の温湿度を管理し、室温:23～26度、湿度:45～60％の範囲とした。

唾液アミラーゼ活性の測定は、唾液アミラーゼモニター(二プロ(株)製)により行った。装置本体は幅130[㎜]、高さ40[㎜]、奥行き87[㎜]であり、コンパクトかつ容易に使用できる。また、30秒程度で唾液アミラーゼ活性値（The value of Salivary Amylase Activity：SAA値、単位：[kIU/l]）が測定可能である。被験者から唾液を採取する際には、専用の測定用チップ（試薬）を使用した。試薬部分を舌下に30秒程度置き、その後、唾液アミラーゼモニター本体でSAA値を測定する。舌下は、唾液の分泌線があり、唾液量の獲得に便利であり、不純物も少ないため唾液採取に適した場所である。図１に唾液アミラーゼ活性モニターおよび専用チップを示す。



a. 装置本体　　b. 専用チップ

図１　唾液アミラーゼモニターの概要

2.2　方法および評価

学生の操船シミュレータ訓練の開始とともに唾液アミラーゼ活性値の測定を開始した。測定間隔は、30秒から1分間である。ただし、シミュレータ訓練開始前に3回（または4回）の唾液採取を行った。そして、それらの平均値を安静時SAA

値として、訓練中の測定値と比較、検討する。

被験者の行動は、イベントサンプリングにより1秒単位で観察、記録した。さらに、ビデオカメラによる映像と音声の行動記録も行った。

３．結果および考察

友ヶ島水道から阪神港に向かう航行業務に対するSAA値の測定結果を図２に示す。図中のアルファベットA～Fはイベント、数値は測定SAA値を示す。安静時のSAA値は25[kIU/l]であった。

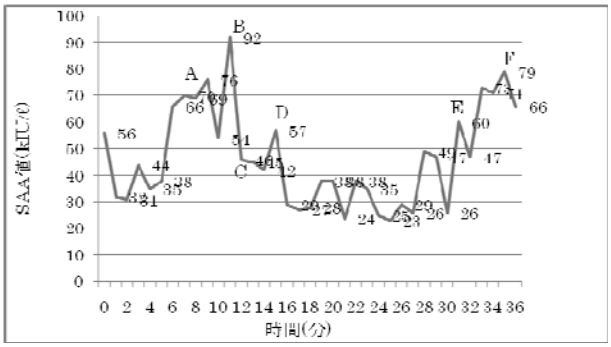


図２　SAA値の測定結果

図２より、操船中のSAA値は安静時（SAA値：25）と比べて、そのほとんどが大きい値を示した。顕著なイベントとしては、操船訓練開始後（実験開始後）の実験時間5～8分にかけて、自船舶の前方に多数の漁船が存在し、衝突のおそれが発生（イベントA）した時、SAA値は66～76と増加し顕著な値を示した。そして、自船舶がその漁船群を通過した後（イベントB）、SAA値は54と減少傾向を示した。これは、被験者が自船舶と漁船が衝突するおそれがないと判断し、緊張状態から解放されたためと考える。次に、実験時間10分頃には自船舶が他船舶を追い越す操船状況（イベントC）が発生することで、SAA値は最大値（92）を示した。本イベントも衝突のおそれがあったために大きな値を採ったと考える。自船舶が他船舶を追い越した後は、イベントBと同様にSAA値は減少した。実験時間14分頃には水先人役（被験者）と操舵役との意思疎通（コミュニケーション）が上手く図れておらず（イベントD）、SAA値は57と増加傾向を示した。実験時間33分頃には、シミュレータ室内でトランシーバの受信音が鳴り（イベントE）、その状況判断のために、SAA値は60と増加傾向を示した。実験終了後（イベントF）の測定値は大きく、訓練終了後のインストラクターとのデブリーフィングに対するストレスが大きいと考える。プロフェッショナルを対象とした前報[5]では、操船シミュレータ訓練終了後の測定値は減少したが、乗船経験年数の少ない学生の場合では異なる結果となった。

４．おわりに

本研究では、操船シミュレータ訓練時の学生に対する唾液アミラーゼ活性値の測定を行い、各操船状況に対して顕著な応答が確認できたと考える。今後は、さらにデータの蓄積を行い、プロフェッショナルと学生のSAA値の特性を検討することで、重要課題である学生のシミュレータ訓練評価に関する研究を進めて行きたい。

参考文献

1) Koji Murai, Yuji Hyashi and Seiji Inokuchi: A Basic Study on Teammates'Mental Workload among Ship's Bridge Team, IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E87-D, No6, pp.1477-1483, 2004

2) Koji Murai, Tadatsugi Okazaki, Nobuo Mitomo, Laurie C.Stone and Yuji Hayashi: Evaluation of Ship Navigator's Mental Workload Using Nasal Temperature and Heart Rate Variability, Proc. of 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE-SMC2008), pp.1528-1533, 2008

3) Kousaku Hama, Koji Murai, Laurie Stone and Yuji Hayashi: Evaluation of Ship Navigator's Mental Workload for Ship Handling Based on Physiological Indices, Proc. of IEEE-SMC2009, pp.234-238, 2009

4) Koji Murai, Shin-ichi Wakida, Takashi Miyado, Keiichi Fukushi and Yuji Hayashi: Basic Study of a Ship Navigator's Stress Using Salivary Amylase Activity, IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering, Vol.4, No.5, pp.680-682, 2009

5) 松尾 唯，村井康二，脇田慎一，宮道 隆，福士惠一，林 祐司：シミュレータ操船時における操船者の唾液アミラーゼ活性，H20年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp. 57-58，2008

Comments on Visual Systems of a Ship Handling Simulator

Based on Eye Movement

○Koji MURAI and Yuji HAYASHI (Kobe University)
Laurie C.STONE (Maine Maritime Academy, USA)
Tadatsugi OKAZAKI (Tokyo University of Marine Science and Technology)

1．INTRODUCTION

In Japan, two universities, Kobe University and Tokyo University of Marine Science and Technology, and five national colleges of maritime technology educate merchant ship cadets. Two universities educate sea pilot cadets in their graduate school. Simulator training is mandatory for sea pilot cadets and is also important training for merchant ship cadets. The ship handling simulator (simulator) consists of three sub-systems: a visual system, a bridge system, and a control system. These systems and functions are common simulator systems throughout the merchant ship world.

The reality of the simulator is that, although it has excellent computer technology, the general type (screen type) of the visual system lacks a full image around the entire ship since the visual system is not set up for a 360 degree view, but sometime does it in the worldwide. A restricted simulator view is common on nearly all ship handling simulators. A trainee uses a simulator for all cases of ship handling: ocean going, narrow passage, congested area, entering/leaving a port, etc. We propose a trainee needs the 360 degree image and rear-view for entering/leaving a port, because the captain and pilot judge distance and speed to a berth when entering/leaving a port based on sea surface and berth information.

This paper proposes that the image around a ship (floor screen) and rear-view are necessary for entering/leaving a port in simulator training. We show the characteristics of the captain's visual observation area when entering a port using the recognized observation time and number.

2．SHIP HANDLING SIMULATOR (SIMULATOR)

The simulator consists of a "visual system", a "bridge system", and a "control system". Figure 1 show our experimental simulator which was made by the National Maritime Research Institute (NRMI). This simulator has a floor screen and a rear-view monitor. The floor screen shows the image around a ship. The rear-view monitor shows the back image of the ship. However, the rear-view monitor does not show a complete rear view; it lacks about 20 degrees. Nevertheless, it is enough to discuss the visual system of the simulator. The general visual system sets up a cylinder type screen and sometimes a rear-view monitor. A floor screen is never set up for the general visual system.

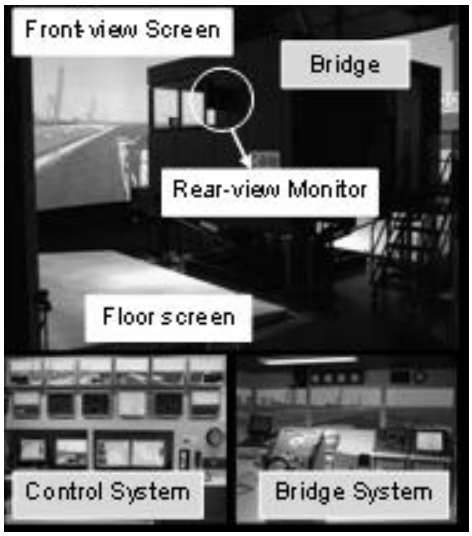


Figure 1: Ship handling simulator with expanded visual system.

We propose that the visual system be expanded by adding the floor screen to the general visual system and

making the rear-view monitor a mandatory visual system. In this paper, we compare and contrast three types of visual systems for efficient simulator training: front-view screen (General Visual System: GVS), front-view screen and rear-view monitor (Semi-Expanded Visual System: sEVS), and front-view screen, rear-view monitor and floor screen (Expanded Visual System: EVS).

3. EXPERIMENT

We carried out the experiment for entering a port using a simulator. The scenario simulates a real situation for entering a port to the container berth (RC5) on *Rokko* Island (Figure 2). The subject guides the ship from the entrance of the passage to berthing at RC5. The navigator has two tugboats (3,500 PS) to help guide his ship: a container ship (300 meter Length, 70,000 Gross Tonnage). The weather is fine (visibility: 14 nautical miles), and sea and wind conditions are calm. He navigates in the scenario using the three kinds of visual systems. He handles the ship wearing a device called an eye tracker from which we measure the eye-point data three times per each visual system; he navigates a total of nine times for the same scenario. The subject is a real captain who has eight and a half years on board ship. We record the track passed and the ship's performance (course, speed, rudder angle, etc.) with the simulator and we record the subject's behavior and conversation (subject's performance) with a video camera. Moreover, we analyze his performance with work-sampling every second [1)]

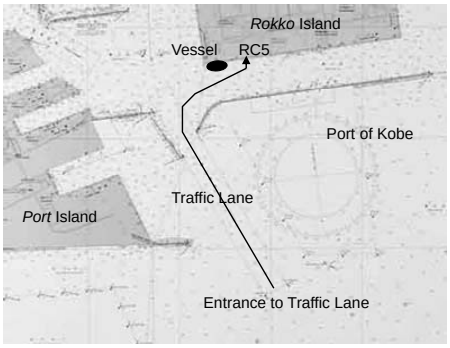


Figure 2. Scenario of entering a port.

In this paper, we selected watch condition: entering a port for the experimental situation during daytime [2)]. On leaving and entering port, a captain pays attention to the control of the ship's course as it approaches a berth. He must control the rudder, the engine motion and the thruster at the same time. Furthermore, he must give orders to the bow and stern stations as wind and current often affects the ship's control. Also, a ship's rudder effect is worse at low speed. We can say that he needs to multitask in the short time and previous research [3)-5)] showed a remarkable response in the entering/leaving a port.

4. ANALYSIS

The eye-point data are measured with 60 Hz sampling intervals. We pick up visual observation areas and calculate the total time and total number for each observation area [6)] from the recorded video data (his performance).

Regarding the observation area, we define nine areas (common areas) for GVS, ten area (add one area) for sEVS, and eleven areas (add two area) for EVS. The nine common areas are: front-view screen (ahead), front-view screen (left), front-view screen (right), Indicators, Engine throttle, Radio Detection and Ranging: RADAR, Electronic Chart Display and Indication System: ECDIS, console monitor, and others. Add two more are the rear-view monitor and floor screen.

5. RESULTS

We show the results of the characteristics of eye-point data: total time, the ratio of total time and total number recognized at each visual observation area while entering a port. Table 1 shows the results of the EVS. The front-view screen (ahead) is the basis of the observation area and the total number is none in table 1. The number counts when the navigator recognizes each area from the front-view screen (ahead).

In Table 1, the subject gives more than eighty percent of his attention to the "Front-view: ahead" when approaching the berth. He keeps a sharp lookout for the direction of the ship's movement. "Floor screen: 44 [sec], 1.6 [%], counted 17" and "Rear-view monitor, 48 [sec], 1.7 [%], counted 18" are used very little. However, he confirmed the distance from the berth

using the floor screen, and also confirmed the distance from a breakwater, berthing ship, etc. using the rear-view monitor. A navigator gathers a lot of useful information visually. Although the "floor screen" and the "rear-view monitor" are just used less than two percent, the navigator did use it to confirm the safe distance/speed to the berth from the visual information in the image. Moreover, the floor screen and rear-view monitor help him maintain his natural ship operation. This is most important to get hold of skills and techniques of ship handling.

TABLE 1. THE TIME, RATIO OF TOTAL TIME, AND NUMBER RECOGNIZED VISUAL OBSERAVATION AREA FOR ENTERING A PORT (EVS)

	Time	Ratio [%]	Number
Front-view Screen: ahead	37^m57^s	80.3	-
Front-view Screen: left	2^m28^s	5.2	69
Front-view screen: right	9^s	0.3	6
Indicators	42^s	1.5	42
Engine throttle	6^s	0.2	3
RADAR	14^s	0.5	7
ECDIS	58^s	2.0	10
Console monitor	1^m54^s	4.0	59
Others	1^m15^s	2.7	48
Rear-view monitor	48^s	1.7	18
Floor screen	44^s	1.6	17

From the results, it is clear that a trainee using a ship simulator in an exercise requiring a sharp lookout needs the rear-view monitor. Berthing training needs the floor screen to provide a complete berthing experience. The floor screen and rear-view monitor are essential to teach the full range of skills to marine/sea pilots cadets.

6. CONCLUSIONS

We propose a complete visual system for a ship handling simulator to improve the simulator training based on eye movement. In this paper, we used the total time, the ratio of total time, number for visual observation areas. As a result, we can confirm the effect of a floor screen and a back-view monitor as follows:

1. When berthing, a subject uses the floor screen to get information about a safe distance/speed to the berth.

2. When keeping a safe distance from other ships and floating things, a subject needs the full 360 degree view around his ship.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the staff of the simulator team of the National Maritime Research Institute, group leader, Nobuo Mitomo, and chief researcher, Kenjiro Hikida.

REFERENCES

1) Koji Murai, Yuji Hayashi, Laurie C.Stone, and Seiji Inokuchi: Basic Evaluation of Performance of Bridge Resource Teams Involved in On-Board Smart Education: Lookout Pattern, Review of The Faculty of Maritime Sciences, Vol.3, 77-83, 2006.
2) Nathaniel Bowditch: The American Practical Navigator, 1995 edition, Deffense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center, Maryland, 1995, Chapt.25, 363-371.
3) Koji Murai, Tadatsugi Okazaki, Nobuo Mitomo, Laurie C.Stone and Yuji Hayashi: Evaluation of Ship Navigator's Mental Workload Using Nasal Temperature and Heart Rate Variability, Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE-SMC2008), 1528-1533, 2008.
4) Koji Murai, Shin-ichi Wakida, Takashi Miyado, Keiichi Fukushi and Yuji Hayashi: Basic Study of a Ship Navigator's Stress Using Salivary Amylase Activity, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.4, No.5, 680-682, 2009.
5) Kousaku Hama, Koji Murai, Laurie C.Stone and Yuji Hayashi: Evaluation of Ship Navigator's Mental Workload for Ship Handling Based on Physiological Indices, Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE-SMC2009), 234-238 , 2009.
6) Koji Murai, Tadatsugi Okazaki, Laurie C.Stone, and

Yuji Hayashi: Basic Study of Visual Systems for Sea Pilot Simulator Training, IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering, Vol.3, No.6, 737-739, 2008.

ストレス負荷時における
指尖容積脈波の基線変化成分の有無がリアプノフ指数に与える影響

○今西明（関西学院大学大学院文学研究科／日本学術振興会）
雄山真弓（大阪大学大学院基礎工学研究科）

Relation between the Lyapunov exponent and baseline deflection of finger plethysmograms during stress task

Akira IMANISHI (Graduate School of Humanities, Kwansei Gakuin University / Japan Society for the Promotion of Science),
Mayumi OYAMA-HIGA (Graduate School of Engineering, Osaka University)

1. 序論

近年，指尖容積脈波（finger plethysmograms; FPG）のカオス解析が注目され，そこで得られるリアプノフ指数（Lyapunov exponent; LE）を用いて，ヒトの心身状態の評価が行われている[1~4]。しかし，現状では，応用研究が先んじて進められている傾向が強く，基礎的な知見が集まっているとは言えない。また，LEとヒトの心身状態との関連ばかりが議論され，解析対象であるFPGの様相について述べられることはなく，ノイズと考えられる成分を含んでいるFPGでさえ，解析対象となっている可能性がある。FPGを対象にカオス解析を行う場合，体動などによるアーティファクトを含んだFPGを解析対象から除外することは当然であるが，1Hz以下の低周波数帯域の基線変化成分もカオス解析ではノイズと解釈されると考えられる[5]。

したがって，本研究では，FPGのカオス解析における基礎的研究と位置付け，ストレス負荷時におけるFPGのLEおよび基線変化成分の有無がLEに与える影響を検討した。

2. 方法

2.1 実験参加者

本実験は，事前にインフォームド・コンセントが得られた大学生36名（男女各18名）を対象に実施した。なお，平均年齢は22.6歳（SD: 1.63）であった。

2.2 ストレス負荷課題

ストレス負荷課題として，コンピュータ上で行う暗算課題（mental arithmetic; MA）および鏡映描写課題（mirror drawing; MD）を用いた[6]。Fig. 1はディスプレイに表示される暗算課題の模式図である。ディスプレイに問題が提示され，“EQUALS”という表示の後に提示される解答が，事前に提示された問題の解答として適切であるか否かを参加者はマウスクリックによって反応した。問題は加算および減算のみとし，5段階の難易度を設定した。参加者が誤答した場合は難易度が下がり，正答した場合は難易度が上がった。

Fig. 2は鏡映描写課題の模式図である。課題はディスプレイ上で行い，参加者はマウスを用いてカーソルを操作し，Fig. 2に示した黒い辿路をできる限り早く，且つ,辿路から逸脱しないように進行させた。カーソルの進行方向はマウスを右（左）方向へ操作した場合，カーソルは上（下）方向へ移動し，さらにマウスを上（下）方向へ操作した場合，カーソルは右（左）方向へ移動するように設定した。

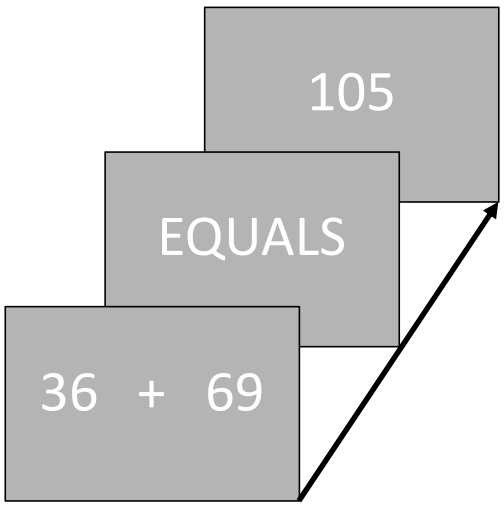


Fig. 1. Stream of screens presented in the mental arithmetic task.

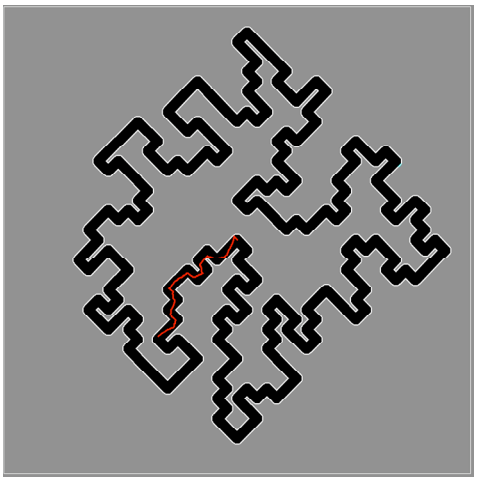


Fig. 2. Main screen and route used in mirror drawing task

2.3 手続き

参加者は実験室への入室後，移動に伴う生理的変化からの回復および実験室への順応を促すため，約10分間の安静を保持した。その後，両課題の練習を行い，本試行へ移行した。本研究では，以下の3条件を設定し，一条件につき，5分間にわたって実施した。安静を保持し続けるRE条件，暗算課題を行うMA条件，鏡映描写課題を行うMD条件を設け，参加者内要因計画で実施した。それぞれの条件の実施順はカウンターバランスを行った。

各条件の実施中は 指尖容積脈波収集装置BCU101（CCI製）を用いて，FPGを測定した。サンプリング周波数は200Hz，時定数は1sとした。また，同時に，ML880PowerLab16/30 （AD INSTRUMENTS製）を用いて心電図および呼吸を測定した。いずれもサンプリング周波数は1kHzとした。

2.4 結果の処理

FPGを4次元状態空間への埋め込みを行い，Sano-Sawada法を用いて，LEを算出した[7, 8]。遅延時間および発展時間はいずれも10msとした[9]。1Hz以下および10Hz以上の除去帯域を持つディジタルフィルタを用いて，FPGにおける基線変化成分の除去を行ったデータ（以下,FilterFPGとする）を作成し，処理を行わない同成分を含むデータ（以下，RawFPGとする）との比較を行った。Fig. 3は20s間にわたって測定されたFPGのRawFPG（a）とFilterFPG（b）を示している。RawFPGは上下方向への大きな動揺が生じている

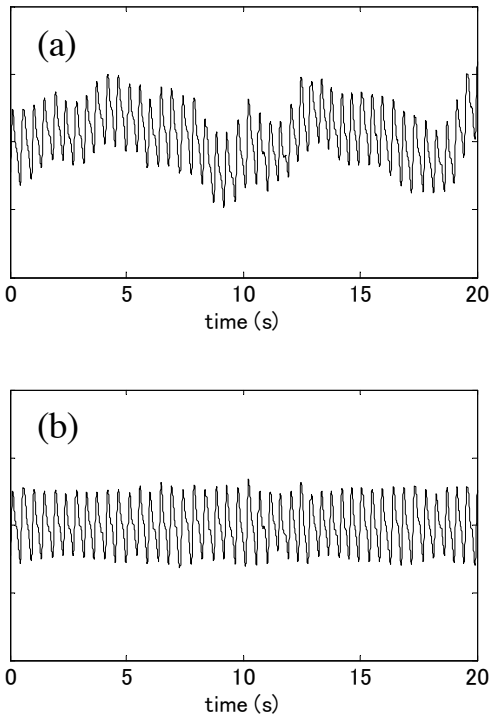


Fig. 3. Samples of RawFPG (a) and FilterFPG (b) for twenty seconds.

が，基線変化成分を除去したFilterFPGは大きな動揺が除去され，定常的な様相を示している。

いずれの生理指標も100s間を1ブロックの解析区間とし，各平均値を算出した。また，36名の参加者のうち，不整脈および体動によるアーティファクトが重畳した3名を分析対象から除外した。

3. 結果

3.1 心拍数および呼吸数

Fig. 4およびFig. 5はそれぞれ各条件における平均心拍数と平均呼吸数を示している。それぞれについて，条件（3）×ブロック（3）の2要因分散分析を行った。平均心拍数は条件の主効果（F (2, 64) = 7.66, p < .001）およびブロックの主効果（F (2, 64) = 12.90, p < .001）が有意であった。それぞれの主効果についてRyan法を用いて，多重比較を行ったところ，MA条件はRE条件やMD条件よりも高く，ブロック1はブロック2およびブロック3よりも低かった（全てp < .05）。

平均呼吸数は条件の主効果（F (2, 64) = 41.72, p < .001），ブロックの主効果（F (2, 64) = 7.98, p <

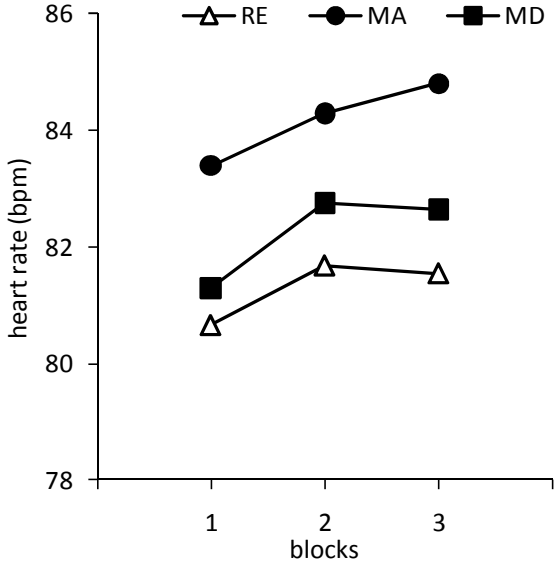


Fig. 4. Time-series of mean heart rate in each condition

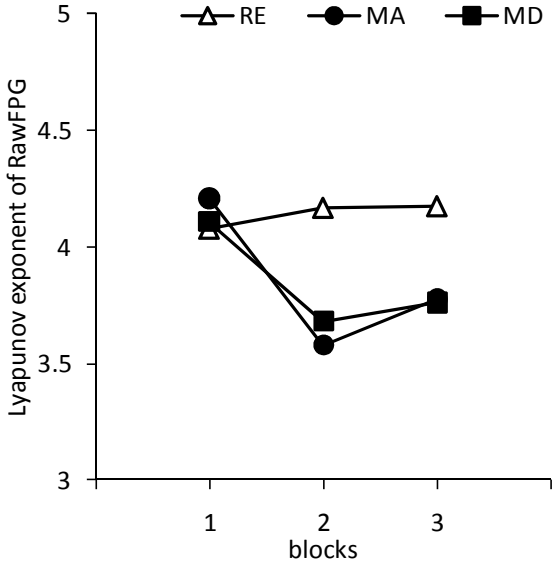


Fig. 6. Time-series of mean Lyapunov exponent of "RawFPG" in each condition

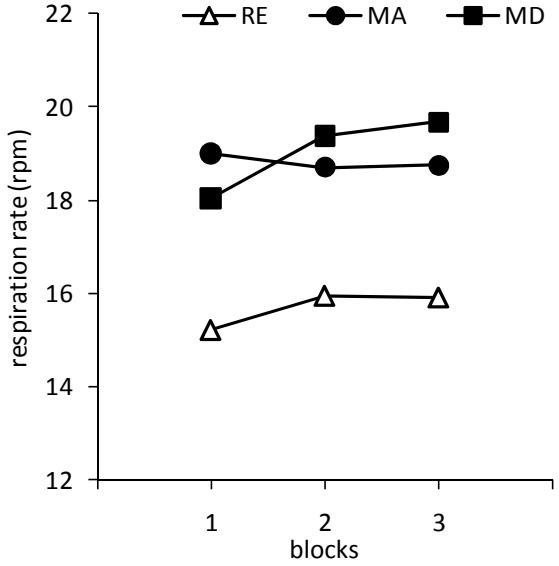


Fig. 5. Time-series of mean respiration rate in each condition

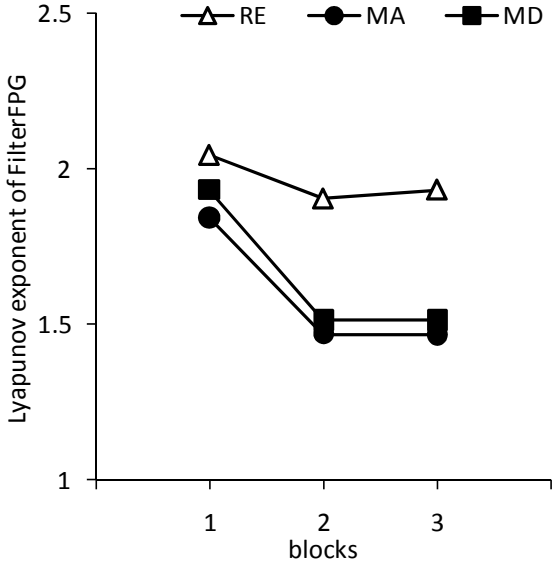


Fig. 7. Time-series of mean Lyapunov exponent of "FilterFPG" in each condition

.001），交互作用（$F\,(4, 128) = 4.92, p < .001$）が全て有意であった。単純主効果を検討するため，Ryan法による多重比較を行ったところ，RE条件は全ブロックに渡ってMA条件やMD条件よりも低かった。また，RE条件やMA条件はブロック間に有意差は見られなかったが，MD条件のみ，ブロック2およびブロック3はブロック1と比較して有意に高かった（全て$p < .05$）。このことから，両課題遂行時に参加者はストレスが負荷された状態にあったことが推測される。

3.2 リアプノフ指数

Fig. 6はRawFPG，Fig. 7はFilterFPGの平均LEを示している。それぞれについて，条件（3）×ブロック（3）の2要因分散分析を行ったところ，RawFPGのLEはブロックの主効果（$F\,(2, 64) = 1.36, p < .10$）および交互作用（$F\,(4, 128) = 2.08, p$

< .10）が共に有意傾向であった。また，FilterFPGのLEは条件の主効果（F (2, 64) = 6.63, p < .01）およびブロックの主効果（F (2, 64) = 7.02, p < .01）のみが有意であった。それぞれの主効果について，Ryan法による多重比較を行ったところ，RE条件はMA条件やMD条件よりも高く，ブロック1はブロック2およびブロック3よりも高かった（全てp < .05）。以上のことから，基線変化成分の有無に関わらず，ストレス負荷時にLEは低下することが分かった。

4. 考察

本実験の結果，ストレス負荷時のLEは安静時のLEと比較して低い値を示し，基線変化成分の除去により，同成分が含まれる場合と比較して，相対的にLEは低くなることが判明した。しかし，基線変化成分を除去する方が統計的に優れた結果を示すことも分かった。

清水ら[1)]や鈴木ら[4)]をはじめとする先行研究では，ストレス負荷（心的負荷）が与えられることによってLEが上昇することが示されており，本研究の結果とは合致しない[註)]。これは，本研究では実験室で行う静的なストレス負荷課題を採用したが，彼らは自動車運転を課題としているため，ストレス負荷の種類や負荷量が異なるためであるかもしれない。つまり，ストレス負荷とFPGのLEは単純な線形関係が成り立たない可能性がある。他にも，運転時に生じる加速度や運転動作に伴う体動などのアーティファクトの混入による不当なLEの上昇の可能性も考えられる。

5. 結論

暗算課題や鏡映描写課題の静的なストレス負荷課題を行った場合，FPGのカオス解析から得られるLEは安静時と比較して低下することが示された。また，基線変化成分を除去することによって，より明確な結果が得られることから，同成分の除去を行ってLEを検討することが好ましい。

これらの知見は，今後，FPGのカオス解析からヒトの心身状態を推定する際の基礎的な知見として大変重要であろう。

文献

1) 清水俊行, 苗鉄軍, 下山修: 指尖脈波のカオス分析を用いたドライバの心身状態の定量化, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 6, No. 1, 97-99, 2004.
2) A. Imanishi & M. Oyama-Higa: The relation between observers' psychophysiological conditions and human errors during monitoring task, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2035-2039, 2006.
3) 今西明, 雄山真弓: 生理心理学における新たな解析手法の提案－生体信号のカオス解析－, 人文論究, Vol. 58, No. 3, 23-42, 2008.
4) 鈴木桂輔, 岡田雄太: 指尖脈波のゆらぎ解析によるドライバの心理状態の推定, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol. 74, No. 743, 1765-1774, 2008.
5) 今西明, 雄山真弓: カオス解析における設定値の差異が解析結果に与える影響－指尖容積脈波における検討－, 人間工学, Vol. 45, No. 2, 141-147, 2009.
6) 三宅晋司: 実験室実験用主観指標と精神課題プログラム S.I.M.P.L.E.について, 人間工学, Vol. 38, 特別号, 332-333, 2002.
7) I. Tsuda, T. Tahara & H. Iwanaga: Chaotic pulsation in human capillary vessels and its dependence on mental and physical conditions, International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 2, No. 2, 313-324, 1992.
8) M. Sano & Y. Sawada: Measurement of the Lyapunov spectrum from an chaotic time series, Physical Review Letters, Vol. 55, No. 10, 1082-1085, 1985.
9) 今西明, 雄山真弓: 指尖容積脈波のカオス解析における遅延時間の検討, 人間工学, Vol. 45, No. 5, 303-305, 2009.

[註)] 清水らや鈴木らの研究では，基線変化成分の除去を行っていない。

ロッキングチェアのリラックス効果に関する生理心理学的検討

○ 玉越勢治（関西学院大学大学院文学研究科）
山本直樹（関西学院大学大学院文学研究科）
森本文人（関西学院大学大学院文学研究科）
長江新平（関西学院大学大学院文学研究科）
市場博幸（市場 株式会社）
磯博行（兵庫医療大学共通教育センター）

The relaxation effects of rocking chair measured by psychophysiological procedure.

Seiji TAMAKOSHI (Graduate School of Humanities, Kwansei Gakuin University)
Naoki YAMAMOTO (Graduate School of Humanities, Kwansei Gakuin University)
Fumihito MORIMOTO (Graduate School of Humanities, Kwansei Gakuin University)
Shinpei NAGAE (Graduate School of Humanities, Kwansei Gakuin University)
Hiroyuki ICHIBA (ICHIBA Co., LTD,)
Hiroyuki ISO (Hyogo University of Health Sciences)

1. はじめに

椅子の発生は古代エジプトやヨーロッパにさかのぼるが、その用途は主に権威の象徴であった。現代の日本社会では家庭やオフィスや学校などに、工業製品として広く使用されている。様々な使用目的に応じた機能的側面に、人間工学的アプローチは一定の貢献がある。しかしそれらは身体工学が主体となっている。今後は、より精神的な幸福感をもたらす椅子の開発方法が求められる[1)]。特に快適性をもたらす椅子として一般的なロッキングチェアに関する先行研究は、その快適性に関しては感能テストやSD法を用いて評価されたものが主立っており、より客観的な心理データが必要であると考えられる。そこで本研究ではロッキングチェアの持つリラックス効果に関して客観的な生理指標のひとつである脳波のα波を用い検討することを目的とした。

写真1.実験で使用されたロッキングチェア.

2. 方法

実験参加者は市場株式会社社員8名（女性6名、男性2名）で、平均年齢は33.1歳（範囲24－47歳）であった。いずれの参加者も実験の目的は伝えられておらず、同様の実験に参加したことのない者であった。全ての実験手続きは、関西学院大学倫理規定に基づいて実施された。

実験は市場株式会社内の会議室で実施された。室内環境は静かで明るく室温も適温であった。実験者は室内後方で計測機器を操作し、ホワイトボードで仕切られた。参加者の視点からは、実験を行っていること以外は生活空間となんら変わりはなかった。実験中は音楽（(株）テイチクエンタテインメント製、音楽療法健康CDシリーズ2：疲れた身体をリラックスさせるセレナード疲労回復音楽憩いのセレナード）がCDプレーヤーで再生されていた。

実験に使用されたロッキングチェアは、座面の高さ420 ㎜、背もたれ最高部の高さ769 ㎜、幅464 ㎜、脚部の曲率は前部でR1395 ㎜、後部がR1600 ㎜であり、脚部全長549 ㎜の曲率はR300であった。ロッキングチェアの外観を写真1に示す。

参加者は承諾書への記入や課題の説明、電極設置などの実験準備を別室で施された後、実験室に入室し、生理反応が取得された。課題は開眼安静状態で日常生活と同じようにリラックスすることであった。課題中、ロッキングチェアのロッキング機構が木製のアタッチメントで固定されたFix条件とアタッチメントが除かれ参加者が任意に揺

らすことのできるRocking条件が設定され、条件の順序は参加者間でカウンターバランスされた。各条件600 s間実施され、ベースラインとその後の効果を見るため課題の前後にFix状態での安静閉眼状態の脳波が180 s記録された。なお参加者には教示において普段と同じようにリラックスすることと、眠くなったら寝ても良いことが告げられた。実験中に実際に寝た参加者はいなかった。

脳波、眼球運動の測定は、日本光電社製テレメータシステムを用い、バッテリ駆動により参加者は電気的にFloatingされた状態で生体反応が記録された。データの収録にはメロンテクノス社製EFRP ver3を用いてAD変換の後PCに記録された。

本実験で計測した脳波は、右耳朶を基準として国際10 %法準拠の頭皮の正中線上後頭部位Ozより導出された。参加者の覚醒状態のモニターのため眼球運動が、左右眼裂外と右眼窩上下より双極導出により記録された。接地電極は前額部に装着された。生態信号はHi-cut30 Hz、 時定数1.5 sで、サンプリング周波数500 Hzで記録された。

脳波データは各条件、及び課題前後の各安静閉眼状態ごとに1024ポイントずつのCosine-Bellの窓関数を使用した後、高速フーリエ変換が実施された。得られたパワー値の8.3−13.2 Hzをα帯域として平均し、結果の分析に用いた。

3. 結果

参加者8名中、課題や実験手続きが異なったもの1名と電極に不備があり生理反応が取得されなかった被験者1名を除いた6名のデータを結果に用いる。

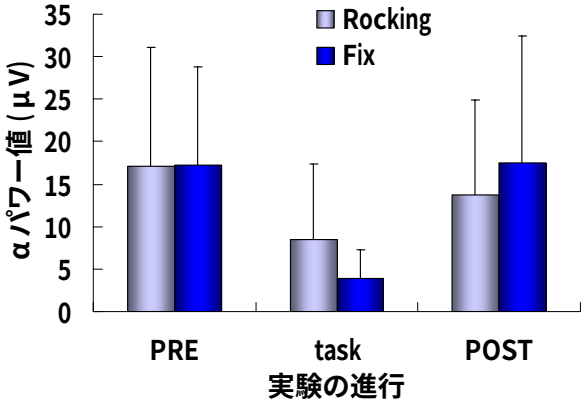


図1．実験の進行とαパワー値の推移．エラーバーは±1SDを示す．

各課題中と課題前後のαパワー値を図1に示す。課題前後であるPREやPOSTと比較して課題中のαパワー値は低下しているが、αパワー値は閉眼時に増強する特性があるためと考えられる。開眼状態の課題中におけるαパワー値は、条件によって差が見られる。また課題前の平均値は各条件でほぼ等しいがαパワー値に参加者間で大きな個人差が観察される。そこで以降の分析は各参加者の課題前をベースラインとし、そこからの変化量の割合を算出し、統計的な処理を実施する。

4. ベースライン補正後の比較

各課題前をベースラインとし、ベースラインと課題中のαパワー値の割合を算出したものを図2に示す。課題中の条件の違いを比較するために対応のある*t*検定を実施したところ有意な差が認められた（$t\ (5) = 2.81,\ p < .05$）。以上の結果より開眼状態での課題中は参加者が任意に揺らすことのできるRocking条件のほうが高いαパワー値であったことが示された。

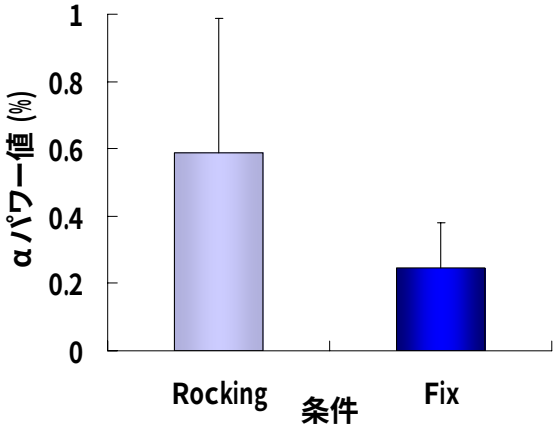


図2．ベースライン補正後の条件間でのαパワー値の比較．エラーバーは±1SDを示す．

5. 考察

αパワー値よりロッキングチェア（ロッキング機構）のリラックス効果が示された。参加者の内省報告より、Rocking条件では自由な姿勢を保てること、また、揺らす楽しみがリラックス効果を引き起こすことが示唆された。

参考文献

1) 栄久庵憲司：椅子道具論ー椅子の形と意味，人間工学，Vol.21，No.5，219-224，1985.

高齢者のメンタルモデル構築レベル把握手法の提案

○田中観自（和歌山大学大学院システム工学研究科）
山岡俊樹（和歌山大学システム工学部）

A proposal of a method to grasp the level of mental models regarding elderly people

Kanji TANAKA (Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University),
Toshiki YAMAOKA (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

１．はじめに

メンタルモデルは、ノーマンによると、自分自身やその人が関わりをもつものなどに対して人が持つモデルのことであると定義されており[1]、その特徴として、「メンタルモデルは不完全なものである」「メンタルモデルを実行できる人間の能力はかなり限定されている」「メンタルモデルは不安定である」「メンタルモデルにははっきりとした境界がない」「メンタルモデルは非科学的である」などが挙げられている[2]。また、Jenny Preeceら[3]によると、メンタルモデルは、structural model とfunctional modelに分類可能であると言われており、structural modelは、”how it works” で表現され、どのように動作するのかという構造的なモデルを意味しており、functional modelは、”how to use it”で表現されていて、どのようにそのインタフェースを操作するのかを意味している。このように、メンタルモデルは、多角的な視点から述べられており、取りまとめることは困難であるが、人がどのようなメンタルモデルを、どの程度構築しているのかを把握する手法の提案が必要である。

高齢者における結晶性知能は、年齢を積み重ねることによって経験的に獲得し、能力を伸ばしていく。これには、職業、環境、教育などの背景が大きく影響を与えており、また、認知機能の衰退時期は個人によって異なることが示唆されている[4]。つまり、高齢者の能力には、個人差がとても大きく[5]、研究対象における「高齢者」として、安易にまとめることは適切ではない。高齢者についてさらなる理解を深めていくためにも、高齢者間の分類が必要である。メンタルモデルは行動におけるすべての根源であるが故に、高齢者が持っているメンタルモデルにおいて分類をすることが最良の方法であると考えられる。

２．方法

本手法の手順は、まず参加者に、ある製品のタスクを3回行ってもらい、その製品に対するメンタルモデルを構築していく。そして、参加者がその製品に対するメンタルモデルを構築した後、インタビューを行う。さらに、インタビュー結果と課題達成時間との関係を把握し、参加者がどの程度メンタルモデルを構築しているのかを把握する。

２.１.操作実験

参加者はその製品におけるメンタルモデルを構築するために、実際に既存製品の操作をする。その際に、参加者に使用経験がない場合は、操作説明を行う。特定のタスクを3回繰り返して行うことで、参加者に記憶の定着を促す。

２.２.インタビュー

操作実験終了後に、その製品のタスクにおけるインタビューを行い、参加者がどのようなメンタルモデルを持っているのか、あるいはどの程度のレベルを構築しているのかを把握する。本研究で用いたインタビューは、Cognitive interviewを参考にしている[6]。Cognitive interviewは、イギリスの警察によって考案されたものであり、記憶の中の情報の再生に焦点を当てている手法である。その中でも、時系列の逆から聞くことが、記憶を引き出すことに効果的であると述べている。本研究においては、Cognitive Interviewの考え方を参考に、オリジナルのインタビュー方法を提案している。

まずは、タスクの手順を時系列の逆から聞く。逆に聞くことで、認知的負荷が強まる。メンタルモデルは不安定な存在であり、認知的な負荷が高くなると、モデルに不具合が生じやすい[7]。また逆に、モデルが強固な場合は、認知的負荷が高くても、不具合が生じないと考えられる。

(例) Aという操作の一つ前の操作は何をしなければいけないですか？

参加者の回答が正しいかどうかで、初めの分類を行う。次に、参加者の回答の思考プロセスについて質問する。

(例)その答えはどのようにして考えましたか？

稲垣ら[8]によると、熟達者と初心者の違いは、遂行の速さと、記憶の正確さであると述べている。遂行の速さは、言うまでもなく、作業達成時間が速いということを意味している。また、記憶の正確さは、一連の行動をチャンク化して正確に記憶していることを意味している。つまり、操作に関してチャンク化された知識がある場合は、熟達者の傾向があると言ってよい。参加者の答えが、最初から手順を説明した場合は、Functional model、チャンク化された手順を説明した場合は、チャンク Functional model、そして、そのモデルに対して構造的な視点から説明した場合は、Structural modelであると分類する。表１は、インタビューの回答の種類による得点化を示している。

表１　メンタルモデルタイプ分類１

	メンタルモデルタイプ	点数
正解	Structural Model	4
	チャンク Functional Model	3
	Functional Model	2
不正解	ミス Functional Model	1
	分からない, 覚えていない	0

最後に、その操作に対するメンタルモデルの概要を知るために、タスクの詳細を最初から想起してもらう。

(例)課題の操作手順を最初から説明してください。

この回答を正解、不正解に分類し、不正解の中でも、記憶が全くできていない状態の間違いなのか、それとも順序が異なるだけの不正解なのかを分類し、評価をする（表２)。

表２　メンタルモデルタイプ分類２

	メンタルモデルタイプ	点数
正解	正しいFunctional Model	3
不正解	途中まで間違っていたが、思い出す	2
	不完全なFunctional Model	1
	分からない, 覚えていない	0

表３　メンタルモデル合計点とレベル分類

MM合計点	レベル
5−7点	レベル３
3−4点	レベル２
0−2点	レベル１

表１、表２で示されている表の合計得点を、メンタルモデルの合計点とし、合計点により、３つのレベルに分類した。レベル３の人は、製品の操作に関して記憶が十分に定着しており、操作も問題なくできると期待できる。レベル２の人は、記憶があいまいで、できるタスクもあればできないタスクもある。操作ができるかできないかは、インタフェースや、記憶している部分に依存する。レベル１は、記憶がほとんど定着しておらず、スムーズな操作はほとんど期待できない。

２．３．達成時間との比較

２．１で行った操作実験の成績と、２．２で行ったインタビュー結果との比較を行い、さらなるメンタルモデル分類の精緻化を行う。

操作実験では、同じタスクを3回繰り返して操作することによって、記憶定着やメンタルモデル構築を促した。本手法の比較では、その3回目の達成時間を用いる。そして、インタビュー結果は、表３で用いられている総合点数との比較を行う。ノーマンは、人は行動する際に、すべてを記憶しておらず、記憶にある情報と外界にある情報を組み合わせて行動をし、また正確な行動をするためには、極度の記憶の精密さは必要ないとも述べている[1]。つまり、人は正確に操作に関する記憶を持たずとも操作できることを示唆しており、メンタルモデルと達成時間について分類する必要がある（表４）。

表４　メンタルモデルと達成時間の関係

	メンタルモデル	達成時間
①	○	○
②	○	×
③	×	○
④	×	×

表４におけるメンタルモデルとは、表３で示したインタビュー結果の合計点である。○×の基

準は、厳密には指定しないが、中央値あるいは平均値をベースに考慮し、人数の偏りがないようにする。

①に該当している人は、メンタルモデル、パフォーマンスとも優れており、操作も問題なく意思通りに達成できると考えられる。

②の場合に該当する人は、操作に関する記憶は定着しているのだが、達成時間がそれほど速くない場合である。高齢者は、加齢と共に処理速度が低下するため[9]、作業達成時間が他の高齢者に比べて遅くなる人もいる。あるいは、メンタルモデルにおける操作の記憶は、定着しているのだが、インタフェースが悪い、用語が難しいなどが原因で、操作達成時間が遅くなったと考えられる。

③の該当者は、達成時間は速いのだが、メンタルモデルがあまり定着していないグループである。これは、記憶を外部記憶に依存していて、操作するその場で考えるタイプか、あるいは、操作を意味記憶としてしか覚えていなく、操作の意味を理解していない可能性が考えられる。

④の該当者は、メンタルモデル、達成時間ともに、優れておらず、自力で操作を達成できない可能性が高い。

このようにして、インタビュー結果を元にして、達成時間との比較検証を行うことによって、インタビューだけでは分からなかった関係を把握することができ、よりメンタルモデルの分類の精緻化が期待できる。

表５は、メンタルモデルと達成時間、その関係、そしてグループの特徴を示している。この表に基づき、被験者を分類することができる。

３．事例

本研究において提案したメンタルモデル構築レベル把握手法の検証を行った。

３．１．参加者

シルバー人材センターから派遣された高齢者24名（男性11名、女性13名、平均年齢 68.8歳、SD 2.7）である。

３．２．方法

今回の操作実験で、用いた製品はパナソニック製のデジタルカメラである。デジタルカメラの操作経験の有無を問わず、全員に対して操作説明を行った。そして、操作実験終了後に、２．２で述べたインタビュー方法に基づいてインタビューを行った。

３．２．１．操作実験

今回のタスクは以下の３つである。

１．撮影モードに設定し、撮影
２．マクロモードに設定し、ズームをして撮影
３．撮影した画像を消去

操作を始める前に、実験者が操作説明を行った。そして、メンタルモデルを構築させるために、3回連続で同じタスクをそれぞれ行った。

３．３．結果

操作実験課題の成績とインタビュー結果から、それらの関係を把握した。

３．３．１．操作実験結果

		課題達成時間	
		○	×
メンタルモデル	5−7点	操作に関するメンタルモデルが定着しており、さらに達成時間が優れているので、インタフェースを操作する際には、ほぼ完璧に操作できる。	達成時間が遅いのは、処理速度などの認知的側面の影響が強いが、メンタルモデルは安定しているので、たいていの操作は、問題なく達成可能である。
	3−4点	メンタルモデルがあいまいであるが、外部記憶を活用するモデルを持っている可能性があるため達成時間が速い。	メンタルモデルがあいまいなために、操作にとまどう事が多い。操作できるかできないかは、インタフェースや用語に強く依存する。
	0−2点	メンタルモデルがほとんどない。達成時間が速くても、操作における記憶は、ほぼ意味記憶（上のボタンを押すなど）だと考えることができるので、他の製品へのメンタルモデルの転用は難しい。	メンタルモデルがほとんどなく、そのため操作も上手くできず、一人で操作を達成するのは難しい。

操作実験課題の達成時間は以下の通りである。
1．平均 14.8 sec, SD 13.1
2．平均 22.1 sec, SD 8.7
3．平均 17.7 sec, SD 18.1

3．3．2．インタビュー結果

インタビュー結果を2．2で述べている手順に基づき分類を行った結果は以下の通りである。
1．平均 4.2 点, SD 1.5
2．平均 2.7 点, SD 2.0
3．平均 4.3 点, SD 2.0
今回の操作実験の課題では、操作に関する手順の説明と主要機能の説明のみを行っているために、参加者が Structural model を構築することはできない。今回の実験参加前の段階で、デジタルカメラに精通している参加者以外は、構築できない。つまり、満点である 7 点を取った参加者は、ほとんどいない。

3．3．3．達成時間の比較結果

課題達成時間とメンタルモデルの相関分析を行った結果、統計的に有意な差が見られず、互いに相関がないことが分かった。つまり、課題達成時間が速くても、メンタルモデルは定着するとは限らないということを示唆している。これは、2．3でも述べたように、本手法を支持している結果である。インタビュー結果と、達成時間について分類した結果を人数ごとに分類した（表6）。今回は中央値を基準に達成時間の優劣を決定している。

表6　人数分布表

		課題達成時間	
		○	×
メンタルモデル	5−7点	7人	5人
	3−4点	4人	5人
	0−2点	2人	2人

3．4．考察

本研究で、提案したメンタルモデル構築度合いを把握する手法を用いて手法の検証を行った結果、参加者すべてをバランス良く6種類に分類することができた。5−7点の人数が多く見られるのは、課題の難易度に依存するためであり、今回のタスクが少し容易だったことが考えられる。

4.まとめ

本手法を用いて、インタビュー結果を、それぞれ上記で述べた分類基準で評価し、点数化を行う。さらに、課題達成時間との比較を行うことで、より詳細なメンタルモデルの構築度合いを把握することができる。

本手法を用いることによるメリットは、短時間、簡単な計算で、高齢者をメンタルモデルによって分類できるという点である。今後の高齢者研究で、メンタルモデルを基準に高齢者を分類されること、そして本手法の普及に期待をしたい。

参考文献

1) Donald A. Norman, 野島久雄　訳, 誰のためのデザイン？, 新曜社, 1990, pp. 20-25, pp. 87-130
2)松尾太加志, コミュニケーションの心理学, ナカニシヤ出版, 1999, pp. 137-220
3) Jenny Preece, Yvonne Rogers, Helen Sharp, David Benyon, Simon Holland and Tom Carey, Structural versus functional models, Human-Computer Interaction, 1994, pp. 134-136
4) 大川一郎, 高齢者の知的能力と非標準的な生活経験との関連について, Japanese Journal of Educational Psychology, 37: 100-106, 1989
5) 井上勝也、木村周, 老年心理学, 朝倉書店, pp. 19-37, 1993
6) Geiselman, R. E., Fisher, R. P., Enhancement of eyewitness memory: An empirical evaluation of the cognitive interview. Journal of Police and Science Administration, 12, pp.74-80
7) 森亮太、山岡俊樹, カードゲームを用いた高齢ユーザと製品とのインタラクションに関する実験的研究, 日本デザイン学会、 Bulletin of Japanese Society for Science of Design 55(2), pp. 19-28, 2008
8) 稲垣佳世子、鈴木宏昭、亀田達也, 認知過程研究-知識獲得とその利用, 放送大学大学院文化科学研究科 school of Graduate Studies, the University of the Air, 2002, pp. 44-55
9) Denise C. Park, Norbert Schwarz 編, 口ノ町康夫、坂田陽子、川口潤　監訳, 認知のエイジング入門編　北大路書房, pp. 73-88, 2004

平成21年度　日本人間工学会関西支部大会

高齢者のメンタルモデル構築促進情報についての一考察

○竹本浩史（和歌山大学システム工学部）
山岡俊樹（和歌山大学システム工学部）

A Study on the Information to build the Mental Model for Elderly

Hiroshi TAKEMOTO (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University),
Toshiki YAMAOKA (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

１．はじめに

高齢化により今後ますます高齢者人口が増加し，高齢者の生活を考えることが重要となってくる今後，製品のインタフェース設計において，これまで以上に高齢者にも操作が容易で使いやすいデザイン・設計が求められる．

使いやすい機器・システムのデザイン・設計を行う上で注目されている考え方にメンタルモデルという概念がある．D.A.ノーマンによれば，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)]とされている．人が機器やシステムを扱う際にはメンタルモデルを構築し，そのモデルを元に操作を行うことが知られている．

そのため使いやすい機器・システムをデザインするためには，対象となる人々のメンタルモデルの性質や傾向を理解し，その上で対象者に合わせたデザインを行なうことが必要となる．

本研究では，高齢ユーザがはじめて使用するシステムに対してメンタルモデルを構築する際に，どのような情報を提示することがメンタルモデル構築を促進させるために有用であるかを調査するために実験を行い，分析，考察を行った．

２．方法

２．１　実験参加者

26名（男性：12，女性：14）
平均年齢：69.2歳（SD：2.6）

２．２　実験内容

実験参加者を３グループに分け，それぞれに使用経験のない同一のインタフェースの操作を行ってもらった．途中，グループごとに操作方法やインタフェースの振る舞いに関する異なる情報を提示し，最終的な課題達成度やインタフェースへの理解度にどのように差が出るかを調べた．

２．２．１　実験器具

実験に用いるインタフェースには，高齢者が今後公共機関等で操作を必要とする可能性が高いと予想される，タッチパネルを用いた画面インタフェースを採用した．

参加者全員が等しく使用経験のないインタフェースとして，宇宙船のミサイル砲の操作機を模した架空の画面インタフェースをFlashにて作成し使用した．実験で使用した画面インタフェースを以下の図１に示す．

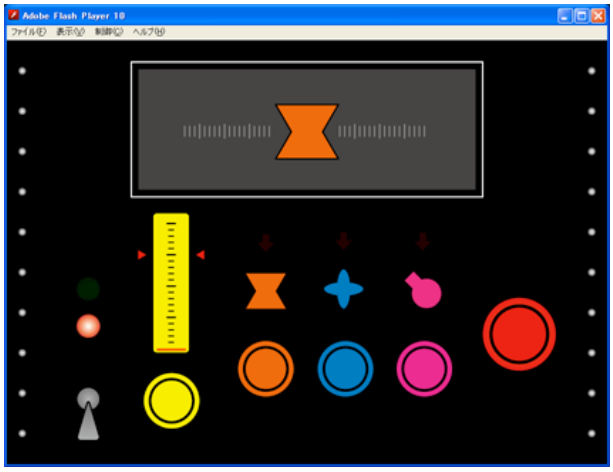


図１　実験に用いたインタフェース

このインタフェースは
１．電源を入れる
２．エネルギーを充填する
３．標的の形を選択する
４．発射ボタンを押す
の４段階（２と３は逆順でも可）の操作を行うことで画面上部に表示されている標的が破壊されるアニメーションが再生される．

インタフェース下部にボタンが６つ設置されており，左からそれぞれ電源，エネルギー，標的選択（３種），発射のボタンである．

実験参加者に提示する情報は後述の「メンタルモデル構築の３階層モデル」の概念をもとに分類を行い作成し，カードの形で実験参加者へ文面を

読み上げながら提示した 提示された情報カードは以後実験参加者の前に置かれ，いつでも再確認できるものとした

２．２．２　情報の分類

実験参加者に提示する情報の分類には，和歌山大学の林らが提唱している「メンタルモデル構築の３階層モデル」の概念[2)] を用いた．この概念ではメンタルモデルの構築は３段階のプロセスを経て行われており，

・Lv．１：記憶レベル

概念や知識を記憶するためのレベルであり，記憶力の影響が大きい．

・Lv．２：ネットワーク形成レベル

記憶レベルで記憶した概念や知識間の関係を理解するためのレベルであり，ネットワークの形成が不十分な場合は不完全なメンタルモデルとなる．

・Lv．３：メンタルモデル構築レベル

ネットワーク形成レベルで形成されたネットワークのつながりを完成し，同化と調節を経てユーザのスキーマに埋め込まれ，完全に理解されるレベル．

上記の３段階から形成されるとしている．３階層モデルを以下の図２に示す．

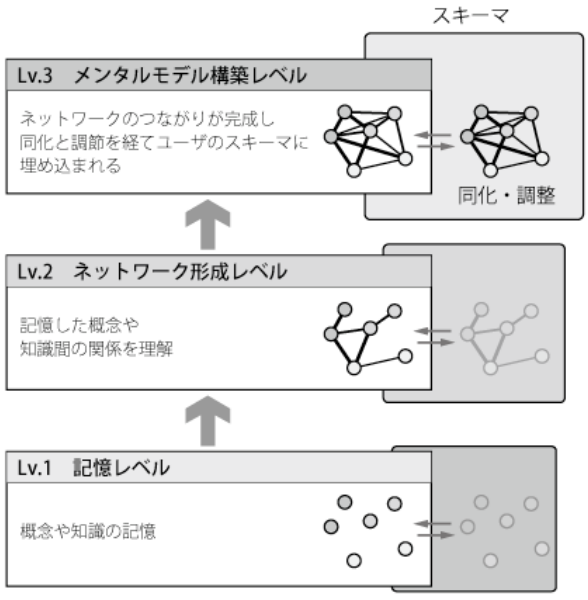


図２　メンタルモデル構築の３階層モデル[2)]

この考え方をもとに，実験参加者に提示する情報を以下の３レベルに分類した．

Lv．１　記憶レベルグループ

３階層モデルの「記憶レベル」に該当する．インタフェースの操作部，主に各ボタンに関して「機能」「操作方法」「表示」「位置」「条件」などの情報のうち１種類のみを提示する．

「ボタンの一つは操作機の電源に関するものである（機能)」，「ミサイルを発射するには破壊したい標的を正しく選択する必要がある（条件)」などの情報がある．

このとき，「ボタンの一つは操作機の電源に関するものである（機能)」と「ボタンの一つはエネルギーの充填に関するものである（機能)」など，同質の情報は１つの情報としてまとめて提示した．これは他のレベルの情報に関しても同様である．

Lv．２　ネットワーク形成レベルグループ

３階層モデルにおける「ネットワーク形成レベル」に該当する．上述の情報の種類のうち２種類を含む情報や，ボタン間の関係性に関する情報を提示する．

「操作機の電源が入ると緑のランプが点灯する（機能＋表示)」，「エネルギーボタンにラベルを貼る（機能＋位置)」などの情報がある．

Lv．３　メンタルモデル構築レベルグループ

３階層モデルにおける「メンタルモデル構築レベル」に該当する．メンタルモデル構築レベルではシステムに対する完全な理解が行われているため，上述の全種類の情報を含んだ情報を提示する．

このレベルに属する情報は「左端のボタンを押し，電源ランプを緑にする → エネルギーを印の位置まで入れる → 標的と同じマークの下のボタンを押す → 右端の赤いボタンを押し破壊 の情報１種類である．

２．３　実験手順

初めに，実験参加者にタッチパネルでの簡単な操作課題を２つ行った．実験参加者がタッチパネルでの操作にある程度慣れた後，宇宙船のミサイル砲を模した画面インタフェースでの操作課題を行った．

課題開始時，実験協力者にはインタフェースに関しての情報は「これは宇宙船のミサイル砲の操作器である」ということと，「あなたはこの課題で標的（図１上部の記号：３種類の形がある）を３回破壊しなければならない」という課題の目標以外は教示しない状態で操作を行ってもらった．

実験参加者が「操作方法がわからない」等の発言をした場合や，同じ行動を繰り返すなど操作に

つまずいていると実験者が判断した場合，情報が書かれたカードを１枚提示し，内容を読み上げて理解したことを確認した後に操作を再開し，これを目標が達成できるまで繰り返した．課題終了後，インタフェースの操作手順について実験参加者に口頭での説明を求めた．

次に実験参加者自身がインタフェースの操作の理解に最も役立ったと思うヒントはどれかアンケートをとった．

最後に使用したインタフェースに関する質問を計20問行い，質問内容の正否を「正しい」「たぶん正しい」「わからない」「たぶん間違っている」「間違っている」の５段階で回答してもらい，最終的なインタフェースの理解度を確認した．

また，実験の様子は終始ビデオ撮影を行い，課題遂行中の実験参加者の発話などを記録した．

３．結果

実験参加者を提示する情報のレベルから

(A) 記憶グループ　：９名

(B) ネットワーク形成グループ：８名

(C) メンタルモデル構築グループ：９名

の３組に分類し実験を行った．

実験の結果，課題達成人数はそれぞれ

(A) 記憶グループ　：４名

(B) ネットワーク形成グループ：６名

(C) メンタルモデル構築グループ：９名

となった．また，各グループ課題達成者の提示情報数の平均は以下の通りである．

(A) 記憶グループ　：1.25枚

(B) ネットワーク形成グループ：3.17枚

(C) メンタルモデル構築グループ：１枚

３．１　各グループのパフォーマンス

次に，課題目的である「３回の標的破壊」のうち２回目の標的破壊から３回目の標的を破壊するまでにボタンに触れた回数をタスク数とし，パフォーマンスの基準として計測した．各グループの平均タスク数を以下に記す．

(A) 記憶グループ　：24 回

(B) ネットワーク形成グループ：8.2 回

(C) メンタルモデル構築グループ：8.8 回

各グループのタスク数に有意な差があるか調べるために検定を行った．帰無仮説を「グループ間のタスク数に差はない」とした危険率５％のクラスカル・ワーリス検定において

$$P\text{値}：0.0302 < 0.05$$

より，グループ間のタスク数には有意な差があるという結果を得た．

３．２　各グループのインタフェース理解度

課題終了後の質問への回答をその正否から点数化し，最終的なインタフェース理解度の基準とした．回答の点数化の基準を以下に示す．

表１　回答の点数化基準

質問への解答	得点
正解	2
「たぶん」で正解	1
「わからない」 「たぶん」で不正解 不正解	0

各グループの平均得点を以下に示す．

(A) 記憶グループ：24.3 点

(B) ネットワーク形成グループ：33.0 点

(C) メンタルモデル構築グループ：32.8 点

各グループの得点間に有意な差があるか調べるために検定を行った．帰無仮説を「各グループの得点に差はない」とした危険率５％の検定において

$$P\text{値}：0.0055 < 0.05$$

より，各グループの得点には有意な差があるという結果を得た．また多重比較（危険度５％のTukey法）によりどのグループ間に差があるかを調べたところ，記憶⇔ネットワーク形成グループ間，記憶⇔メンタルモデル構築グループ間にそれぞれ有意な差があり，ネットワーク形成⇔メンタルモデル構築グループ間には有意な差は見られないという結果を得た．

３．３　アンケート結果

実験終了後，各実験参加者に対して「課題達成までに提示した情報の中で最も役に立った情報は何か」というアンケートを行った．その結果，各レベルでの課題達成者において以下のような結果を得た．各グループのアンケート結果を以下のそれぞれの表に示す．

表２（A）記憶グループ

役立った情報	人数
ボタンのひとつは 操作機の電源に関するものである	1
ボタンのひとつは エネルギーの充填に関するものである	1
どれが役立ったかわからない	2
合計	4

表３（B）ネットワーク形成グループ

役立った情報	人数
操作器の電源が入ると緑のランプが点灯する	1
電源ボタンに「電源」ラベルを貼る	2
標的選択ボタンに「標的選択」ラベルを貼る	2
発射ボタンに「発射」ラベルを貼る	1
合計	6

表４（C）メンタルモデル構築グループ

役立った情報	人数
左端のボタンを押し，電源ランプを緑にする → エネルギーを印の位置まで入れる → 標的と同じマークの下のボタンを押す → 右端の赤いボタンを押し破壊	6
役立ったかわからない	3
合計	9

４．考察

課題達成人数，タスク数，最終的なインタフェース理解度のすべてにおいて（A）記憶グループは他の（B），（C）グループよりも劣った結果となっていることから，今回の情報分類における記憶レベルの情報のみの提示では十分なメンタルモデルの構築は困難であると考えられる．

また，（B）ネットワーク形成グループと（C）メンタルモデル構築グループのタスク数やインタフェース理解度にあまい差が見られないことから，高齢ユーザはネットワーク形成レベル程度の情報を与えられれば自力で課題の達成に十分なメンタルモデルの構築を行うことができると考えられる．

アンケートの結果からは，成績の悪かった（A）記憶グループ，成績の良かった（B）ネットワーク形成・(C) メンタルモデル構築グループの課題達成者がそれぞれ役立ったと考える情報の違いとして，ボタンの「機能」と「位置」を結び付ける情報が提示されていたか否かという点が挙げられる．どのグループの実験参加者も，早い段階でボタンの「機能」に関する情報を与えられており，また実験参加者の多くはインタフェースの操作過程で「どれがボタンであるか」というおおよその「位置」は把握していた．また，ボタンを押す「手順」に関する情報を与えられたのは（C）メンタルモデル構築グループの参加者のみであるが，「手順」の情報を与えられなかった（B）ネットワーク形成グループの課題達成者のパフォーマンスやインタフェース理解度に関して（C）メンタルモデル構築グループとほぼ同等の成績である．これらの事から，ボタンの「機能」「位置」を関係づける情報が課題達成に役立った可能性がある．この事に関しては，今後検証が必要である．

５．まとめ

本研究では，高齢ユーザがメンタルモデルを構築する際に，どのような情報を提示することが有用であるかを調査するために実験を行い，分析，考察を行った．実験の結果，メンタルモデル構築の３階層モデルにおけるネットワーク形成レベル以上の情報を提示すれば，課題達成に十分なメンタルモデルを構築することができた．また，アンケート結果から，部品の「機能」と「位置」を関係づける情報が課題の達成に有用であった可能性が示唆され，今後の検証が必要である．

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) 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，新曜社，p.25，1990.
2) 林昌俊，山岡俊樹，森亮太，吉岡英俊：高齢者の機器操作に対するメンタルモデルの構築過程の検討(1)－未経験機能（電卓のメモリー機能）使用時におけるメンタルモデルー，日本人間工学会第48回大会講演集，pp.306-307，2007.

問題解決におけるStructuralモデルとFunctionalモデルの利用に関する研究

- 若年者と高齢者のモデル活用過程の違い -

山田雄紀(和歌山大学システム工学研究科)
溝口菜見(和歌山大学)，密谷謙士郎(和歌山大学)
石原啓介(和歌山大学)，山岡俊樹(和歌山大学)

Problem solving using Structural Models and Functional Models

- Differences of young people and elderly people -

Yuki YAMADA(Wakayama University),
Nami MIZOGUCHI(Wakayama University), Kenshiro MITSUTANI(Wakayama University)
Keisuke ISHIHARA(Wakayama University), Toshiki YAMAOKA(Wakayama University)

1. はじめに

システムを扱う際、人は頭の中に状況を理解するためのメンタルモデルを構築し、状況に応じてモデルの同化と調節[1]を行いながら問題解決を行うという考え方がある。メンタルモデルとは人が状況を理解するためにとりあえず構築する仮説のモデルであり、曖昧で不確実、非科学的なモデルである[2]。また、メンタルモデルは経験や訓練、教示などを通して身につけるものであり、ユーザーのもつメンタルモデルに合ったデザインがシステムの使いやすさを生むと言われている[3]。

さらに、Jenny らによればメンタルモデルはシステムの構造を表す Structural モデルと、使い方を表す Functional モデルから構成されている[4]。Structural モデルはシステムの振る舞いを理解するために利用されるモデルであり、Functional モデルは具体的な使用の手続きを理解するために利用されるモデルである。

このことから問題解決を行う際に人が利用する情報として、構造(Structural)を表しシステム全体のふるまいの理解を促すタイプの情報と、システムの使い方(Functional)の手順を表し目的達成までの手続きを伝えるタイプの情報があると考えられる。

本研究においては前者を Structural 的情報、後者を Functional 的情報と呼び、問題解決を行う際にこれらの情報を提示することで人がどのように思考し、情報を利用するのかについて研究を行った。特に若年者と高齢者がそれぞれの情報を利用し問題解決を行う際の思考プロセスの違いに着目し、Structural 的情報と Functional 的情報が問題解決過程に与える影響について考察した。

2. 目的

本研究の目的は Structural 的情報と Functional 的情報を用いた問題解決過程を調査し、それぞれの情報が若年者と高齢者の思考プロセスに与える影響について検討することである。

3. 実験

3.1. 実験協力者

(1)　若年者 18 名(男性 13 人,女性 5 人)
　　平均年齢 20.8 歳(max:24 歳,min:19 歳)
　　SD:1.48
(2)　高齢者 35 名(男性 18 人,女性 17 人)
　　平均年齢 68.8 歳(max:75 歳, min:65 歳,)
　　SD:2.76

3.2. 準備物

(1)　入れ子構造をもつ封筒

大きさの異なる 40 枚の封筒(図 3.1)を用いて入れ子を作成した(図 3.2)。入れ子は 4 階層で構成され、1 枚の上階層の封筒に対し 3 枚の下階層の封筒が入れられている。また、最下層 27 枚のうち 3 枚の封筒に赤、黄、青色のカードを 1 枚ずつ入れた。なお、それぞれの封筒には見分けをつけられるようにそれぞれ異なる無意味図形を貼付した。

図 3.1 封筒の中身

図 3.2 封筒の入れ子

(2)　説明書

Structural 的情報として封筒の中身の入れ子構造を一覧にして示した図を用意した(図 3.3)。また、Functional 的情報としてカードまでの手順を示した図(図 3.4)を用意した。

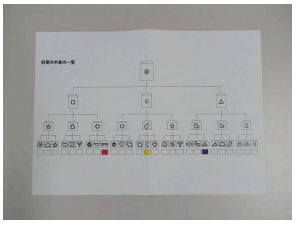


図 3.3 Structural 的情報

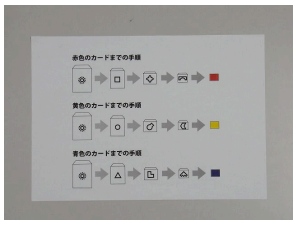


図 3.4 Functional 的情報

3.3. 実験内容

用意した入れ子構造をもつ封筒の中から指定する色のカードを探し出してもらうという課題を行った。

若年者と高齢者をそれぞれふたつのグループに分け、一方のグループは Structural 的情報を用い、もう一方のグループは Functional 的情報を用いて課題に取り組んでもらった。

課題遂行中、実験者が質問への返答や助言ができないことを伝え、協力者ひとりで課題に取り組んでもらった。但し、課題遂行中考えていることは出来る限り発話してもらうように伝え、課題終了後は「どのように考えて課題に取り組んだか」「説明書をどのように役立てたか」などの質問を行った。

4. 結果

4.1. 若年者について

使用した情報に関わらずほとんどの協力者が大きな戸惑いや間違いをすることなく目的を達成した。一部 Functional 的情報を用いた若年者 2 人において 全てのカードを探索する」という誤りが観察された。

スムーズに課題を達成した若年者において観察された課題遂行過程は使用した情報によって以下の 2 パターンに分けることができた。

(1)　Structural 的情報を用いた場合
示された構造の一覧の中から目的までの道のりを探し出し、道のりから導かれる手順に従って順番に開封する

(2)　Functional 的情報を用いた場合
実験者に指示された目的に沿う手順を説明書の中から選択し、書かれた手順に従い順番に開封する

また課題終了後、全ての協力者に Structural 的情報と Functional 的情報の両方を提示し、「どちらの情報の方が分かりやすいか」を訊ねた。

Structural 的情報を使用した若年者全員(9 人中 9 人)からは「Structural 的情報の方が全体を確認できるので分かりやすい」という趣旨の発言を得た。一方、Functional 的情報を用いた若年者の多く(9 人中 8 人)からは「Functional 的情報の方が余計な情報がなく思考の手間なく目的を達成できるので分かりやすい」という趣旨の発言を得た。

4.2. 高齢者について

若年者と同様に課題を順調に遂行した高齢者もいたが、戸惑いや勘違いなどによってスムーズな課題遂行ができない高齢者が多かった(26 人/35 人中)。

順調に課題を達成した 9 人の高齢者の課題遂行過程は若年者同様の 2 パターンであった。

4.3. 高齢者の誤りの抽出

高齢者においては若年者に比べて課題に対する戸惑いや勘違いを表すと考えられる行動・発話が数多く観察された。これらを高齢者の誤りとして 14 項目にまとめ、発生回数から各項目の誤りが発生する割合を求めた(表 4.1)。

表 4.1 誤り 14 項目

No	誤り14項目	割合
1	課題目的を忘れてしまう	11 %
2	説明書の意味を全く理解できない	2 %
3	説明書から構造を導き出せない	11 %
4	説明書から手順を導き出せない	4 %
5	行動が停滞する	11 %
6	混乱する	14 %
7	闇雲に行動する	12 %
8	目的に対して無意味な行動をとる	6 %
9	ひとつの考え方に執着しすぎる	2 %
10	目的を達成しても課題を継続する	6 %
11	抵抗感がある	1 %
12	全てのカードを探索する	6 %
13	慎重に行動する	8 %
14	目的達成寸前で達成できない	6 %

4.4. 観測数の差の検定

Structural 的情報と Functional 的情報を用いたことが誤りの発生に影響を与えていたかを確認するために、それぞれの項目において T 検定を行った。結果、以下の 4 つの項目において各情報を用いた際の誤りの発生回数に有意差($p<0.05$)が見られた。

(1) Structural 的情報によって生じた誤り
- 4.説明書から手順を導き出せない

(2) Functional 的情報によって生じた誤り
- 3.説明書から構造を導き出せない
- 6.混乱する
- 5.行動が停滞する

また、Structural 的情報を用いた高齢者に観察された誤りの総数と Functional 的情報を用いた高齢者に観察された誤りの総数に対して検定を行ったところ、Structural 的情報よりも Functional 的情報を用いた高齢者の方が、誤りが多いということが示された($p<0.05$)。

4.5. 誤り 14 項目の分類

コレスポンデンス分析を用いて各項目の関係性を把握した(図 4.1)。その後、クラスター分析(ウォード法)を行い誤り 14 項目を 7 つのグループに分類した(図 4.2)。

なお、分析には誤り 14 項目のデータに加えて高齢者が Structural と Functional のどちらの情報を用いたかについてのデータを加えていくつのクラスターに分類するかを判断するための指標として用いた。

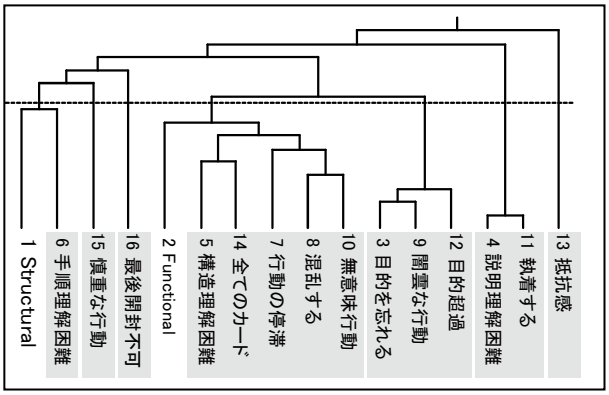


図 4.2 クラスター分析樹形図

(1) Structural 的情報による誤り
- 4.説明書から手順を導き出せない

(2) Functional 的情報による誤り
- 3.説明書から構造を導き出せない
- 12.全てのカードを探索する
- 5.行動が停滞する
- 6.混乱する
- 8.目的に対して無意味な行動をとる

(3) 記憶力の低下による誤り
- 1.課題目的を忘れてしまう
- 7.闇雲に行動する
- 10.目的を達成しても課題を継続する

(4) 慎重な態度による誤り
- 13.慎重に行動する

(5) 課題に依存する誤り
- 14.課題達成寸前で達成できない

(6) 理解力の低下による誤り
- 2.説明書の意味を全く理解できない
- 11.ひとつの考え方に執着しすぎる

(7) 拒否的な態度による誤り
- 11.課題に対する抵抗感がある

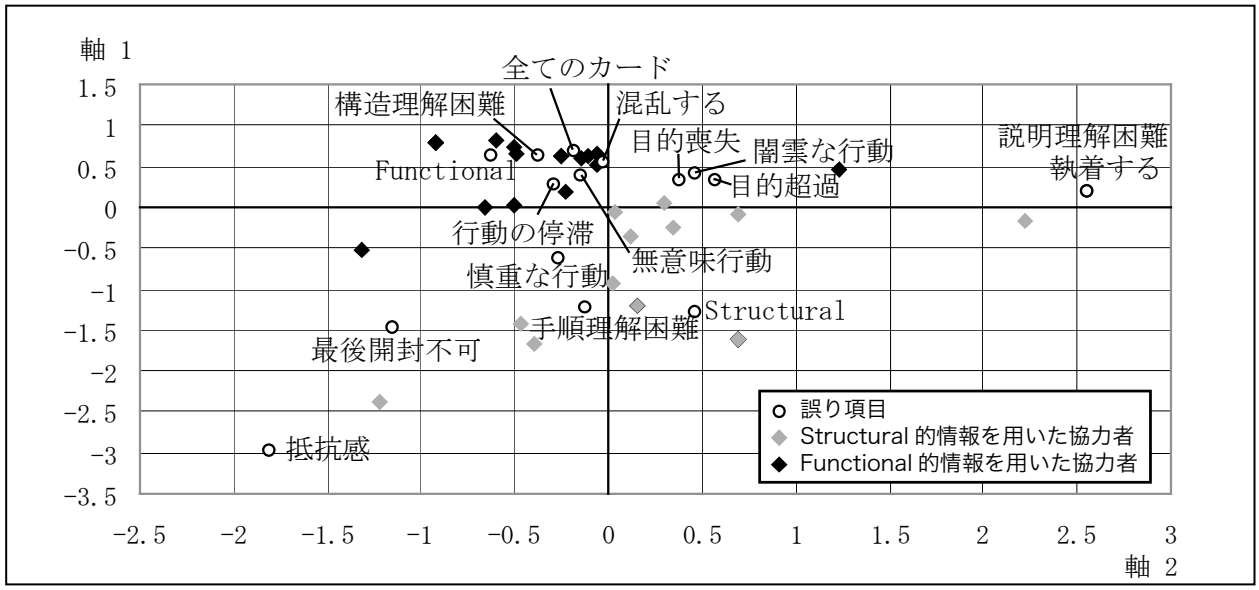


図 4.1 コレスポンデンス分析カテゴリースコア点グラフ

4.6. 問題解決の思考プロセス

以上の結果から若年者と高齢者の思考プロセスを以下のようにまとめた。

(1) 若年者
- Structural 的情報を用いた場合
  Structural 的情報から Structural モデルを構築した後、そこから Functional モデルを導き出し実行する。
- Functional 的情報を用いた場合
  Functional 的情報から Functional モデルを構築し実行する。

(2) 高齢者
- Structural 的情報を用いた場合
  Structural 的情報から Structural モデルを構築した後、そこから Functional モデルを導き出し実行する。ただし、Structural モデルから Functional モデルを導き出すことが難しい人がいる。
- Functional 的情報を用いた場合
  Functional 的情報から Functional モデルを構築した後、一旦 Structural モデルを構築する。そして再び Functional モデルを導き直し実行する。ただし、Functional モデルから Structural モデルを導き出すことができず、誤りを発生する人が多い。

5. 考察

若年者は Structural 的情報から Structural モデルと Functional モデルを構築し、Functional 的情報が与えられた際には Functional モデルだけで目的をスムーズに達成することができると考えられる。一方、高齢者は与えられた情報から適切なモデルを導き出すことが比較的困難であり、特に Functional 的情報が与えられた際に誤った Structural モデルを構築することが様々な誤りの原因になっていると考えられる。

ただし、本研究で用いた Structural 的情報からは Functional モデルを導き出すことが比較的容易であったのに対し、Functional 的情報は Structural モデルを構築するための十分な情報を与えておらず、Functional 的情報から正しい Structural モデルを導くことは困難であった。よって本研究から高齢者にとって一般的に Structural 的情報の方が Functional 的情報より使いやすいのか、また高齢者は Functional モデルから Structural モデルを構築することが苦手であるのかを判断することは難しい。

しかし、高齢者が Functional 的情報を与えられた際には、そこから一旦 Structural モデルを構築しようとするという、若年者とは異なる思考プロセスをとる傾向があり、高齢者にシステムの扱い方を説明する際には使い方の手順を表す Functional 的情報の提示に留まらず、問題の構造を表す適切な Structural 的情報の提示も同時に行う必要があると考えられる。

6. 結論

Structural 的情報と Functional 的情報を利用する際の若年者と高齢者の問題解決過程について分析し、それぞれの思考プロセスの違いについて言及した。

また、それぞれの情報を用いることで高齢者に生じる誤りを分類した結果、Functional 的情報を用いたことで様々な戸惑いや勘違いなどの誤りを発生していることが分かった。

これらのことから、高齢者には Functional 的情報から Structural モデルを構築しようとする若年者とは異なる傾向があり、高齢者にシステムの扱い方について説明する際には使い方の手順を表す Functional 的情報の提示だけでなく、問題の構造の理解を促す適切な Structural 的情報の提示も同時に行う必要性があることを示した。

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」の一部として行った。

参考文献

[1] 海保博之：こうすればわかりやすい表現になる，福村出版，pp.102-103，1988
[2] Norman D.A.：Some observations on Mental Models，pp.7-14，1983
[3] D.A.ノーマン 著,野島久雄 訳：誰のためのデザイン?，新曜社，p.25，1990
[4] Jenny Preece, Yvonne Rogers, Helen Sharp, David Benyon, Simon Holland, Tom Carey:HUMAN-COMPUTER INTERACTION, Addison-Wesley, pp.134-136, 1994

平成21年度　日本人間工学会関西支部大会

子どものメンタルモデル構築に関する研究
ー成長に伴う階層構造理解の変容ー

○ 阪野史子，岡田明
大阪市立大学大学院　生活科学研究科

A Study on Construction of Mental Model in Childhood
- Comprehension of Herarchical Menu Structure -

SAKANO Fumiko, OKADA Akira
Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

1．はじめに

現在様々な機器に用いられているGUIは，操作に関するメンタルモデルや日常体験を比喩しながら，より直感的に操作が遂行できるように，人間の認知特性に基づいて設計されてきた．

初めて使用するGUIの操作を支障なく行うためには， GUI操作に共通するルールや基本知識の学習によるメンタルモデルの獲得が必要である．その学習の機会は小中学校のパソコン教育に待つまでもなく，情報家電やゲーム機器などを通じて幼児期から存在する．しかし，GUI操作におけるメンタルモデルの獲得の過程については教育工学の一部で扱われている他にはまだ具体的な解明に至っていない．

そこで本研究では，子どもの成長に合わせたGUIの提供，あるいは年齢や知識を問わない，より汎用性のあるGUIデザインの構築の可能性を探る目的で，子どもがメニュー選択をする際の階層構造の理解について調査を行った．

2．実験

2－1　実験参加者

大阪府下の私立幼稚園に通う園児計59名が参加．今回は成長による変化を調査するために，最も低い年齢である3歳児と最も高い年齢である6歳児の比較を行った．

［3歳児29名（平均年齢:3歳9ヶ月,範囲:3歳4ヶ月～3歳11ヶ月）,6歳児30名（平均年齢:6歳3ヶ月 範囲:6歳0ヶ月～6歳5ヶ月)］

2－2　実験環境

使用ソフト：Microsoft社 PowerPoint:mac2008
使用パソコン：Apple社製 MacBookPro 15-inch
使用マウス：サンワサプライ社製 光学式 MA-80U

実験は幼児用の机と椅子が設置された教室で個別に行った．

2－3　タスク

実験課題として，3階層で構成された「3階層課題」と4階層で構成された「4階層課題」の2種類のメニュー選択課題を用意した．(図1)

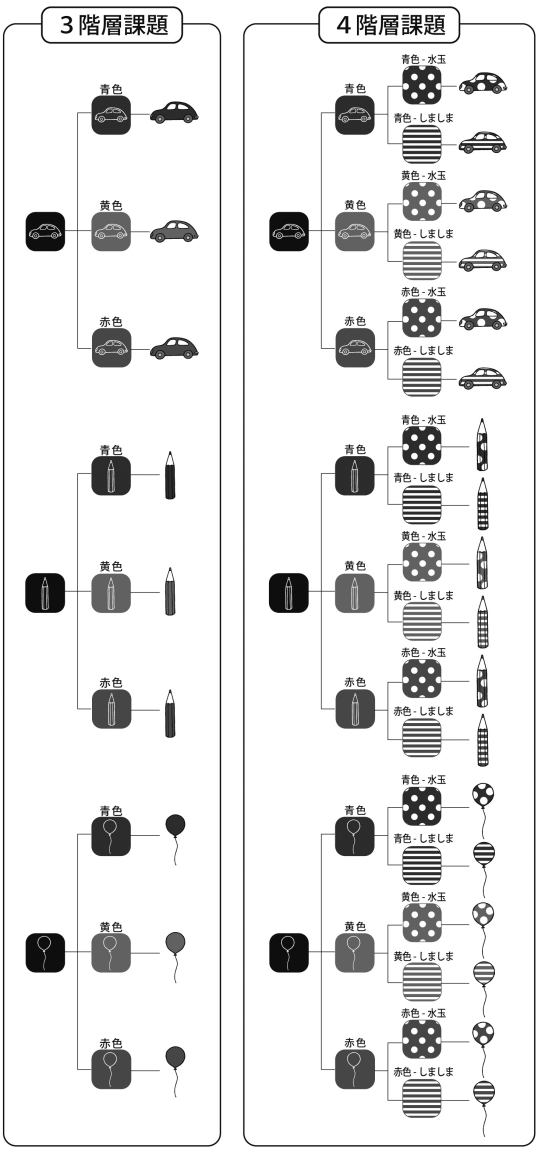


図１　メニュー選択課題の階層構造

2－4　手続き

子どもに「一緒にやってくれるかな？」と確認をし、積極的な参加の意志を示した子どものみを対象児とした.

○ 3階層課題

まず練習課題を行い，操作方法とタスクの内容が理解できたことを確認してから実験課題を開始した．1階層目で選択すべきイラストが，それぞれ「車」「鉛筆」「風船」であると理解していることを確認したうえで，「“赤色の鉛筆”の画面にできるかな？」などのように，口頭で提示した画面に到達するというタスクを5つ課した.

○ 4階層課題

3階層課題と同様に練習課題を行った後，実験課題を開始した．3階層目で選択すべきイラストが「水玉模様」「しましま模様」であるということを確認したうえで，「“青色でしましまの風船”の画面にできるかな？」などのように，口頭で提示した画面に到達するというタスクを5つ課した.

3．結果と考察

3歳児，6歳児ともに3階層課題のほうが4階層課題よりも高い成功率が得られたが， 6歳児では課題間の差はあまりなかったのに対し，3歳児のほうで大きな差が見られた．これは，言葉で表現されたものをイメージするという推理が可能になるのは5歳頃からだとされており，3歳児では言葉によって提示された画面をイメージすることが難しかったためではないかと考えられる．また，子どもの短期記憶は5歳頃までは視覚的符号に依存しそれ以降は音声的符号に移行するとされている．今回の実験では3階層課題の“青色の風船”よりも4階層課題の“青色でしましまの風船”と長い音声での記憶のほうが3歳児には困難であったと考えられる．それに加えて，マウス操作で画面上の対象をクリックするという作業が，情報の処理量を大きくした結果，保持がより困難になったということも考えられる.

さらに月齢別で細かく成功率をみると(図3) 3歳児，6歳児ともに月齢の増加にともなう成功率の向上は見られない．これは，子どもの発達が徐々に進むのではなく，ある短い期間に急激に発達するという臨界期の特性によるものではないかと考えられる.

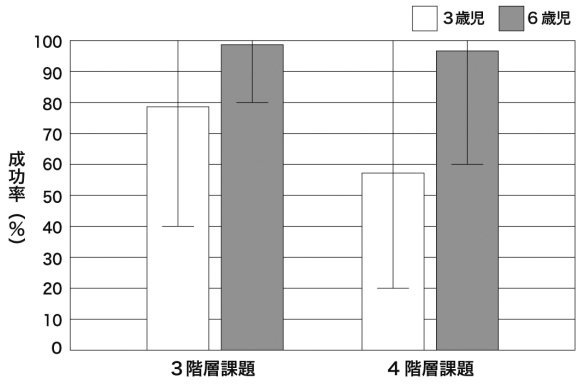


図２　年齢・階層別の成績

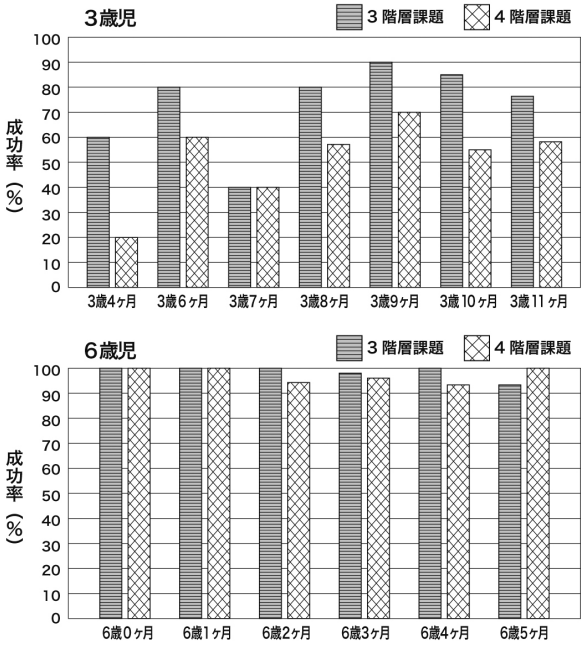


図３　月齢別の成績

4．まとめ

本研究ではメニュー選択の際，3階層，4階層ともに音声的符号による記憶が困難な3歳児では目的とする画面へ到達することは困難であることがわかった．3歳児でも操作可能にするには，視覚的符号を効果的に利用する必要があるだろう.

今後の課題として，さらに4歳と5歳の子どもについても調査を行い，3階層と4階層のメニュー操作が可能になる移行の期間を探っていきたい.

参考文献

1) 井上勝雄他：PowerPointによるインタフェースデザイン開発，工業調査会，2009.
2) ウーシャ・ゴスワミ：子どもの認知発達，新曜社，2003.

インタフェース操作のメンタルモデル構築に関わる要素についての研究

○土井俊央（和歌山大学システム工学部）
冨永彩容子（和歌山大学大学院システム工学研究科）
山岡俊樹（和歌山大学システム工学部）
西崎友規子（日産自動車株式会社）

Grasping User's Components for Constructing Mental Model in Operating Interfaces

Toshihisa DOI (Faculty of System Engineering, Wakayama University),
Sayoko TOMINAGA (Graduate School of System Engineering, Wakayama University),
Toshiki YAMAOKA (Faculty of System Engineering, Wakayama University),
Yukiko NISHIZAKI (Nissan Motor Co., LTD.)

１．はじめに

近年，インタフェース設計の焦点は物理的側面から認知的側面へと変遷しており，インタフェース設計における認知的なアプローチは大変注目され，盛んに研究されている[1)]．そして，認知的な側面からインタフェースの使いやすさを考えるためには，ユーザのメンタルモデルが重要となる[2)]．また，ユーザに的確なメンタルモデル構築を促すためには，メンタルモデル構築過程や構築に関わる要素という視点から検討する必要があると言われている[3)]．

そこで本研究では，メンタルモデルのインタフェースデザインへの応用のために，メンタルモデルを「ユーザの操作対象インタフェースに対する操作イメージ」と定義し，メンタルモデル構築に関わる要素（以下，メンタルモデル構築要素）の把握をすることを目的とする．

２．メンタルモデル構築要素の仮説

メンタルモデル構築要素については，土井らのこれまでの先行研究によって9つの仮説要素が提案されている[4)]．そこで本研究では，この9要素の検証としてユーザ実験を行う．さらに，ユーザの操作へのメンタルモデル構築要素の関わりや要素間の関係性の把握も目指す．土井らが述べている仮説となるメンタルモデル構築要素については以下に示す．

A. プランニング

プランニングは，実際に問題を解決する前に，目標とその達成過程を設定し，問題解決を促進することである．

B. 状況の理解

状況の理解は，操作者が現在自分の置かれている状況を把握することである．

C. 表示の理解

表示の理解は，対象インタフェースやその操作具の色，形状，アイコンや位置などインタフェースを操作する上で必要な情報を入手し，理解することである．

D. 概念の形成

概念の形成は，インタフェース操作について解釈をする際に，操作対象物に対するイメージや一般的な知識を生成し，状況が変わってもそれを更新，維持し，それによって直接的な方法で推論を行うことである．

E. メタファ

メタファは，操作対象物の持つ特性とユーザの既存知識を類似性に基づいて結びつけることである．

F. フィードバックの検討

フィードバックの検討は，操作後の操作対象物の動作や状態を確認し，検討することである．

G. システムの振る舞いの予測

システムの振る舞いの予測は，操作対象物の動作や状態を予測し，その機能を理解することである．

H. システムの要素間の相互作用

システムの要素間の相互作用は，操作対象物の構成要素間の相互的な関係性から，その構造や動作原理を理解することである．

I. 操作記憶の想起

操作記憶の想起は，対象インタフェースの操作中に，同じまたは類似した操作をもう一度行う際，先ほどの操作を想起して対応することである．

３．実験方法

実験では，MacromediaFlash8で作成した架空リモコンインタフェース（以下，架空リモコン）とデジタルカメラを実験対象機器として用いた．架空リモコンは，統合リモコン機器の一種であり，その機能は主にテレビ，DVDおよび部屋の環境設定の3つである．

実験はそれぞれの対象機器ごとに行った．架空リモコンの実験は，19名（平均年齢：32.56，標準偏差：11.74）に，デジタルカメラの実験も同様に19名（平均年齢：30.16，標準偏差：10.85）に対して行った．

実験では，機器操作に関する5つの課題と課題中のプロトコル分析を行った．さらに，この操作課題を通して実験協力者にメンタルモデル構築を促し，全課題終了後，メンタルモデル構築度合測定課題として，ボタン機能理解度測定課題と階層構造理解度測定課題を実施した．架空リモコンにおけるボタン機能理解度測定では，3つの機能それぞれについてのボタンがどのようなことができるボタンであるかを質問した．階層構造理解度測定では，カードソーティングにより画面の階層構造を調査した．デジタルカメラについても同様にボタンの意味の質問と画面の階層構造のカードソーティングを行った．

４．実験結果

４．１．メンタルモデル構築度合の得点化

メンタルモデル構築度合測定課題は，林の研究の得点化方法を参考に，それぞれの課題を得点化した[5]．架空リモコンにおけるボタン機能理解度は，正確に回答できているボタン数を得点とした（14点満点）．階層構造理解度は，下位の画面にある全ボタンを正確に並べられているボタン数を得点とした（9点満点）．また，デジタルカメラについても同様に得点化した（ボタン機能：16点満点，階層構造：7点満点）．各機器におけるメンタルモデル構築度合の平均得点を以下の表1に示す．

表1　メンタルモデル構築度合の平均得点

	ボタン機能	階層構造
架空リモコン	9.79	3.26
デジタルカメラ	13.53	2.74

４．２．プロトコルの9要素への分類

プロトコル分析により各実験対象機器の操作課題中の発話および行為を得たが，それらを仮説要素の9つのカテゴリ（A.プランニング，B.状況の理解，C.表示の理解，D.概念の形成，E.メタファ，F.フィードバックの検討，G.システムの振る舞いの予測，H.システムの要素間の相互作用，I.操作記憶の想起）の当てはまるものに分類した．分類の一例を以下の表2に示す．このようにすべての実験協力者の操作課題中の発話と行為を各要素へ分類した．また，本稿では9要素をすでに述べたA～Iの英字と対応付けて略すものとする．

表2　プロトコルの9要素への分類

発話	行為	要素
はい、では課題について進めます。		
えーっと、まず撮影したいので、電源を開け、電源を入れるために、（カバーを）開けます。		システムの振る舞いの予測
電源が入ったので、		フィードバックの検討
設定・・・、撮影モードを決めるので、えーっとメニュー（ボタン）を押します。		システムの振る舞いの予測
メニューって書いているので、		表示の理解

架空リモコンでは，GとFの出現回数が多く見られた．他にCとBもそれに次いで多く見られた．逆にそれ以外の要素の出現回数は非常に少なかった．デジタルカメラでもGは最も多く見られた．また，Cも非常に多く見られた．Fは，Bと同程度の出現回数でそれらに次いで見られた．そして架空リモコンと同様に，その他の要素の出現回数は非常に少なかった．

４．３．各要素出現回数とメンタルモデル構築度合の相関関係

各要素の出現回数とメンタルモデル構築度合の相関関係を把握するために，各機器において各要素の出現回数，ボタン機能理解度および階層構造理解度のスピアマンの順位相関係数を算出した．

メンタルモデル構築度合と各要素出現回数は架空リモコンでは，ボタン機能理解度とAとDに弱い負の相関があり，GとHに強い正の相関が，Eに弱い正の相関が見られた．階層構造理解度は，Dと強い負の相関が，Gと弱い正の相関が，またHと強い正の相関が見られた．デジタルカメラにおけるボタン機能理解度は，A，CおよびGと弱い正の相関が，B，DおよびEと強い正の相関が見られた．階層構造理解度は，C，EおよびGと弱い正の相関が見られた．

次に，各要素間の関係を把握するために，各機器において各要素間の相関関係の有無から対称的なカテゴリマトリクスを作成し，ネットワーク分

析を行った．ネットワークの指標としては基本的な，クリークと媒介中心性を算出した．

架空リモコンではA，B，FおよびEなどをはじめとする5つのクリークがあった．媒介中心性は，B，EおよびDがそれぞれ，8.67，8.00，6.17と他の要素に比べて高かった．デジタルカメラでは，A，B，DおよびEなどをはじめとする5つのクリークがあった．また，媒介中心性はBが18.00と他の要素に比べて非常に高かった．

４．４．各要素の出現頻度と共起度による各要素間の関係

次に，実験協力者の発話から各要素間の関係を把握するためにキーグラフを行った．キーグラフとは，文章や発話データを形態素解析したものから出現頻度と共起度を元にキーワードを抽出し，それらの関係性を可視化する手法である[6]．

本研究では，形態素解析されたテキストデータの代わりに操作課題中の発話や行為を9要素に分類したデータを用いて，それらの関係を可視化した．結果の一部として架空リモコンのキーグラフ結果を以下の図1に示す．

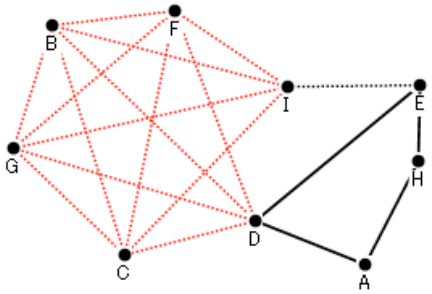


図1　架空リモコンのキーグラフ結果

架空リモコンでは，D，A，HとEが黒ノードの島となっており，全体の土台となっていた．その他の要素は単体で島を形成しており，その中で相互に関係していることがわかった．デジタルカメラでも同様にD，A，HとEが黒ノードの島となっており，全体の土台となっていた．また，この黒ノードの島を構成している黒ノード同士が相互に繋がっていた．そして，その他の要素についても架空リモコンと同様に単体で島を形成しており，その中で相互に関係していることがわかった．

４．５．実験協力者の分類と群間の要素出現回数の違い

メンタルモデル構築度合の違う各実験協力者間の差異から各要素について検討するために，実験協力者を架空リモコンとデジタルカメラそれぞれでクラスタリングを行った．各機器においてボタン機能理解度と階層構造理解度の2つの得点のクラスタ分析結果を基に，実験協力者をメンタルモデル構築群とメンタルモデル未構築群の2つの群に分類した．

まず，メンタルモデル構築度合の異なる各群において，各要素の出現回数の差異を把握するために，有意差検定を行った．この結果，架空リモコンではGとHにおいて有意水準5%で有意差が確認された．また，デジタルカメラにおいてはA，BおよびGに有意水準5%で有意差が確認された．

次に，各要素の出現の割合に違いがあるかを把握するために，各要素の出現回数のデータから各群の各要素の出現回数を合計したクロス表を作成し，独立性検定および残差分析を行った．架空リモコンでは独立性検定の結果，χ^2 =69.7 および有意確率 $p<0.001$ であった．デジタルカメラでは独立性検定の結果，χ^2 =22.9 および有意確率 $p=0.003$ であり，有意水準 1%で有意であった．残差分析において，架空リモコンではA，D，FとHの各群が有意な特徴を持っていた．また，BとGはメンタルモデル未構築群が有意な特徴を持っていた．デジタルカメラではAの各群が有意な特徴を持っていたが，架空リモコンにおける特徴と大小関係が逆転していた．さらに，CとFはメンタルモデル構築群に，Gはメンタルモデル未構築群に有意な特徴が見られた．

５．結論：メンタルモデル構築要素について

これらの実験から得られた結論を以下に示す．

A. プランニング

プランニングは，キーグラフにおいてシステムの要素間の振る舞いの予測，概念の形成やメタファと全体の土台を構成しており，これらの要素と同時に出現しやすく類似した要素であると思われる．また，対象機器の機能や階層が複雑であると下位目標をたてることがボタン機能の理解を妨げる可能性が示唆され，機能や階層が容易な機器操作において関わる要素であると思われる．

B. 状況の理解

デジタルカメラにおける出現回数とボタン機能理解度に強い相関があったため，デジタルカメラのボタン機能理解には必要な要素であると思われる．また，キーグラフやネットワーク分析において他の多くの要素と関係しており，媒介中心性は

最も高かった．これらのことから，状況の理解は，メンタルモデル構築度合に関わらず必要となる一般的で中心的な要素であることが示唆される．

C. 表示の理解

デジタルカメラでの階層構造理解に相関が見られたが，これはデジタルカメラの階層が浅かったため表示を理解することが階層構造の理解につながったと思われる．他のメンタルモデル構築度合とは相関は見られなかった．また，媒介中心性は他の要素と比べて中程度でそれほど高くはなく，各群間でも出現回数に有意差はみられなかった．これらのことから機器操作には必要であるが，当たり前に見られる要素であり，メンタルモデルの構築へは関わらないか，もしくは，その寄与率は少ないと考えられる．

D. 概念の形成

概念の形成は，相関分析やキーグラフの結果から，メンタルモデル構築に関わる中心的な要素の一つであると考えられる．各群においても違いが見られ，架空リモコンにおいてメンタルモデル構築群は概念の使用，形成や更新を適切かつ容易に行うことができ，メンタルモデル未構築群は，誤概念の適用，形成や頻繁な更新を行っていたと考えられる．

E. メタファ

出現回数とメンタルモデル構築度合は各機器で正の相関が見られた．またキーグラフでは，土台となる島を構成しており，概念の形成と同様にその島と他の要素をつなぐ要素でもあった．さらにネットワークにおける媒介中心性も高かった．これらのことから，メタファはメンタルモデル構築に関わる中心的な要素の一つであると考えられる．

F. フィードバックの検討

各群における要素の出現割合は，架空リモコンでは，メンタルモデル構築群が有意に少なく，メンタルモデル未構築群が有意に多かった．デジタルカメラでは，メンタルモデル構築群が有意に少なかった．これは，メンタルモデル構築群はフィードバックを検討する際に適切にメンタルモデルの評価や修正を行うことができるためと思われる．これらのことから，適切なフィードバックの検討はメンタルモデル構築に必要であると思われる．

G. システムの振る舞いの予測

システムの振る舞いの予測は，各機器において出現回数とメンタルモデル構築度合に正の相関が見られた．さらにネットワークでは多くのクラークを構成していた．また，各群の出現回数は，各機器においてメンタルモデル構築群が有意に多く，出現割合は，各機器においてメンタルモデル未構築群が有意に少なかった．これらのようにメンタルモデル構築全体に関わることから，システムの振る舞いの予測はメンタルモデルを構築するために必要な要素であると考えられる．

H. システムの要素間の相互作用

システムの要素間の相互作用は，特に架空リモコンにおけるメンタルモデル構築度合と関わっていた．これは架空リモコンが，デジタルカメラに比べて階層構造や機能の数が多く複雑であることからシステムの要素間の相互作用の理解が必要になるためと考えられる．このことからシステムの要素間の相互作用は，メンタルモデル構築に必要な要素であるが，特に複雑で操作の難しい機器における構造理解に関わると思われる．

I. 操作記憶の想起

操作記憶の想起は，各機器において出現回数は少なく，またメンタルモデル構築度合との相関も見られなかった．また，各クラスタでの出現回数および出現頻度においても有意な特徴は見られなかった．これらのことからメンタルモデル構築に直接的に関わる要素ではないと考えられる．

参考文献

1) 加藤隆：認知工学の現状と展望，認知科学，Vol.1，No.1， 74-85，1994.
2) 岡田有策：ヒューマンファクターズ概論　人間と機械の調和をめざして，慶応義塾大学出版会，46-53，2005.
3) 山岡俊樹他：ハード・ソフトデザインの人間工学講義，武蔵野美術大学出版局， 2002.
4) 土井俊央他：インタフェース操作におけるメンタルモデル構築に関わる要素の把握，第11回日本感性工学会大会，3F3-1，2009.
5) 林昌俊他：ユーザのメンタルモデル構築度合と操作に関する既存知識の関係性の把握，2008年度和歌山大学大学院システム工学研究科修士論文，2009.
6) 大澤幸生他：KeyGraph：語の共起グラフの分割・統合によるキーワード抽出，電子情報通信学会論文誌，Vol.J82-D-I，No.2，391-400，1999.

レトルト食品に関する高齢者のメンタルモデル実験の紹介

○石原啓介（和歌山大学システム工学部デザイン情報学科）
溝口菜見（和歌山大学システム工学部デザイン情報学科）
密谷謙士朗（和歌山大学システム工学部デザイン情報学科）
山岡俊樹（和歌山大学システム工学部デザイン情報学科）

The introduction of the mental model experiment of the senior citizen about the retortable pouch

Kesuke ISIHARA (Wakayama University system department of engineering),
Nami MIZOGUCHI (Wakayama University system department of engineering),
Kenshiro MITSUTANI (Wakayama University system department of engineering)
Toshiki YAMAOKA (Wakayama University system department of engineering)

1. はじめに

現在, レトルトカレーやインスタントラーメンなどの代表的な商品をはじめ, 様々なタイプのレトルト食品が存在している. 高齢者は, 説明を見たにも関わらず, 作り方を失敗してしまうことや, 自身が思っている作り方と違っていて作り方を間違えてしまうなどといった問題が考えられる. 前者はメンタルモデルを上手く構築できないことが原因であり, 後者はユーザの思っているメンタルモデルと実際のモデルとの矛盾が原因であると考えられている[1]. そこで本研究では既存のレトルト食品について, 人間工学上の問題点の抽出と高齢者のメンタルモデル調査の２点より研究を行った.

2. 問題点の抽出と構造化

2.1　目的

既存のレトルト食品のパッケージに対して, 人間工学上の問題点の抽出と構造化を目的とする.

2.2　方法

32社, 140種類の既存のレトルト食品について調査を行った. レトルト食品の操作タスクに関して, 料理系統ごとにタスク分析[2]を行い実験者間のディスカッションにより問題点の抽出と構造化を行った.

2.3　結果

問題点は「情報入手」と「理解･判断」の２つのグループに分類された(図2). さらに「情報入手」においては, 「強調」「文字」「レイアウト」等の問題点, 「理解･判断」においては「情報不足」「メンタルモデルを作れない」「順序が分かりづらい」等の問題点があった.

2.4 考察

「情報入手」「理解･判断」での問題点が, 料理する際, 作り方を見たにも関わらず, エラーを引き起こす原因ではないかと考察する。

料理系統	調理道具	手順の詳細	問題点	起こりうるエラー	解決案
カレー	鍋	鍋でお湯を沸かす	鍋の形、大きさ、水の量などが強調されていない	鍋の大きさ、水の量を間違える 火傷する可能性がある	情報の強調 注意書きを書く
		袋を切らずに熱湯に入れる	手順、時間などが強調されていない	時間を間違える 袋を切ってしまう	情報の強調 手順の明確化
		鍋から袋を取り出す	手でもつ場所、開け口が分からない	やけどの可能性がある	取り出すときに持つ場所を表記する
		袋を開けてご飯にかける	開け口、ご飯の量、持つ場所が見えにくい	開け口が分からない、火傷の恐れ	開け口の協調
		完成	イラスト(完成図)がない	イメージ通りに盛り付け出来ない 盛りつけ方が分からない	完成図のイラストを載せる 盛りつけの手順を載せる
麺類	鍋	材料を用意する	材料の表記が見えにくい	材料を買っていない	情報の強調
		材料の下ごしらえをする	イラスト、分量、切り方、味付けなど詳しく書いてない	分量、切り方を間違える	切り方や分量をきちんと書く
		冷蔵庫で材料を冷やす	タイミングや時間が分からない	冷やすのを忘れる	情報を強調する
		材料盛り付けてからソースをかける	手順が分かりにくい、	先にソースをかけてしまう	情報の明確化
		完成	イラストがあいまいである	盛りつけできない、	感性図イラストを乗せる
炒め物	フライパン	材料を用意する	材料の表記が見えにくい	材料の買い忘れ、材用の入れ忘れ	情報の強調
		材料の下ごしらえをする	イラスト、分量、切り方、味付けなど詳しく書いてない	分量、切り方を間違える	詳細を書く
		フライパンで野菜を炒める	手順、時間、火加減などが詳しく表記されていない	炒めすぎる、焦げるなど	情報の強調、明確化
		焼き色がついたらお皿に取っておく	時間、イラストがなく具体的に分からない	さらに取っておくのを間違える	買う時にきちんと伝えておく
		肉を炒める	イラスト、炒める時間がない	手順を間違える	手順の強調、詳しく書く
				火が通っていない、焦げる	
		皿に取った野菜も加えさらに炒める	時間、火加減などが詳しく表記されていない		
		盛り付けをして完成	イラスト(完成予想図、盛りつけ方)があいまいである	イメージ通りに盛り付け出来ない 盛りつけ方が分からない	完成図のイラストを載せる 盛りつけの手順を載せる

図1.　タスク分析の結果

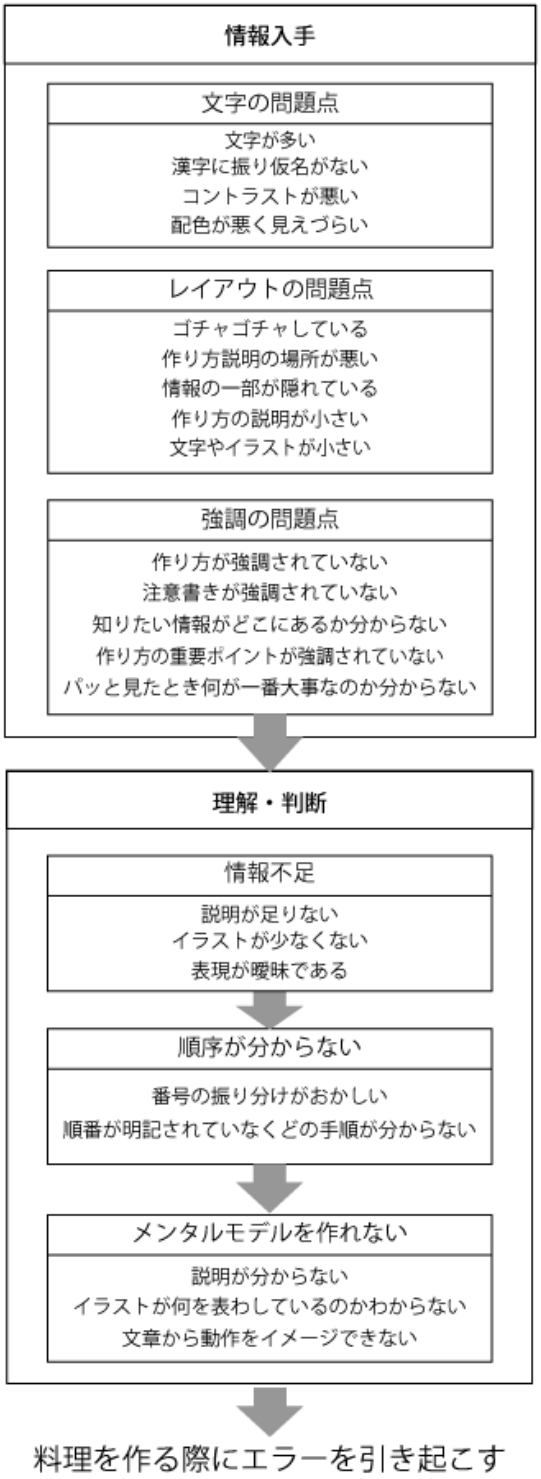


図2. 問題点の構造化

3. 高齢者のメンタルモデル実験

3.1 目的

料理の作り方や手順に対して, どのようなメンタルモデルを持っているのか, 高齢者の持つメンタルモデルの抽出を目的とした.

3.2 方法

実験場所：扇町インキュベーションセンター
実験協力者：65～75歳の高齢者33名（SD：7.27）
実験日時：2009年　7～8月にかけての６日間

実験協力者に対してメンタルモデルの調査実験を行った. 実験の初めに口頭における簡単なインタビュー調査を行った後, 実験課題をしてもたった. 実験協力者には, 上位3つの調理方法の代表としてレトルトカレー, 野菜いため, そうめんの3種類の食品について, 調理手順を説明してもらいながら, 鍋や材料などの絵や写真が描かれた架空のイラストを用意し, どのようなイラストなら理解できるか手順ごとにイラストを選んでもらった.

また実験中, 実験協力者にはできる限り自由に発言してもらい, その様子をビデオカメラにて撮影し分析した.

3.3 実験協力者のグループ分け

メンタルモデル実験で実験協力者それぞれが選んだイラストごとに, グループ分けを行った. レトルトカレー, 野菜炒め, そうめんと3つの実験データよりマトリックスの行頭に用いたイラスト, レ列頭に実験協力者の情報をそれぞれ布置し, コレスポンデンス分析を行った. (図3)

さらにコレスポンデンス分析によって分けられた実験協力者データ対して, クラスター分析を行い, 実験協力者をそれぞれ3つのグループに分類した. (図4)

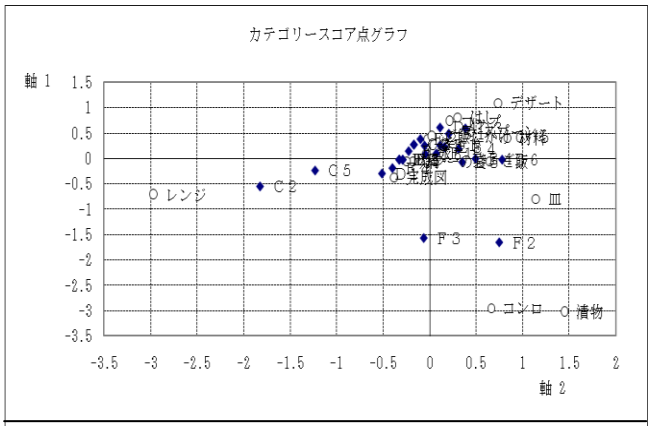


図3. コレスポンデンス分析の結果

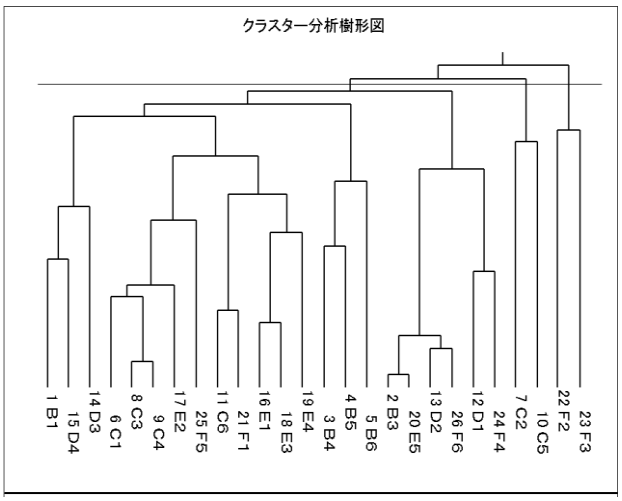


図4. クラスター分析の結果

図 3, 図 4 はレトルトカレーについて分類したものである. クラスター分析の結果よりレトルトカレー, 野菜炒め, そうめん, それぞれ 3 つのグループに分類し, 左から順に第 1, 第 2, 第 3 グループと命名した.

実際レトルトカレーでは第 1 グループが 22 名, 第 2, 第 3 グループがそれぞれ 2 名ずつのグループとなった. 同様に, 野菜炒めは, 第 1 グループ 21 名, 第 2 グループが 2 名, 第 3 グループ 5 名となった. そうめんは, 第 1 グループ 8 名, 第 2 グループ 17 名, 第 3 グループ 1 名となった. それぞれの分類を行ったところ, ある 1 つのグループに人数が集まるなど, グループ間で大きな人数のばらつきが見られた.

3.4 発話データの分析

クラスター分析により分離された 3 つのグループごとに発話データを分析した. ここではデータマイニングの一種で文章や発話データから, その関係性を可視化する手法であるキーグラフ[3]を用いて分析を行った. キーグラフでは出現頻度が高い単語が黒ノードとして表示され, 黒い線はそれらの単語のつながりを表している. また赤ノードは, 頻度は少ないが重要と思われる単語が表れる.

レトルトカレー, 野菜炒め, そうめん, に対して, 各 3 グループずつ, 合計 9 つの発話データを可視化しグループ間における発話データの差意を分析した. キーグラフの結果は以下に示す.

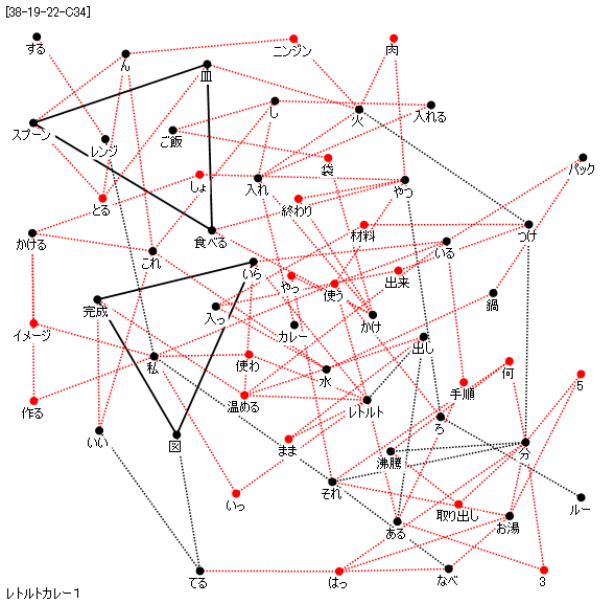


図 5. キーグラフの結果（レトルトカレー）

レトルトカレーの第 1 グループでは, 食べるための島と完成図がいらないという島があった. さらに言葉としては 3 分や 5 分など時間に関する言葉が見られた, 第 2 グループでは, レトルトカレーについての特徴的な言葉がみられ, 単語数も他のグループに比べて少なかった. また電子レンジという単語が出てきたのもこのグループの特徴であった. 第 3 グループでは黒ノードは 2 つしかなく「カレー」と「これ」といった言葉の周りに様々な言葉がつながっていた.

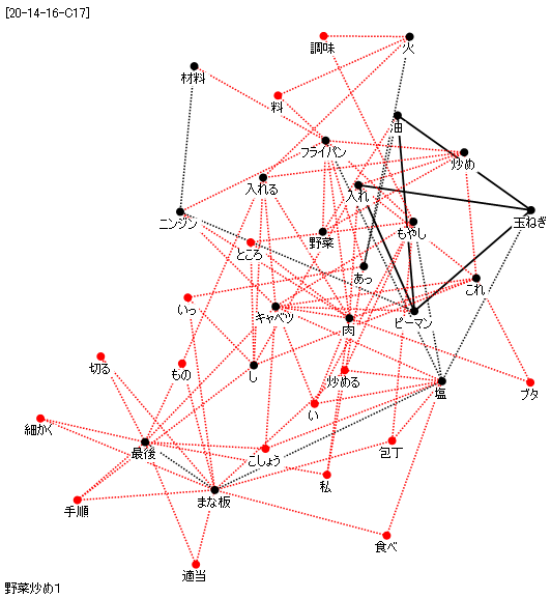


図6 キーグラフの結果（野菜炒め）

野菜炒めについては, まず第１グループでは材料が言葉としてつながっており材料や器具など基本的な単語が見られた. 第２グループでは必要な単語は見られたがそれぞれの言葉の繋がりはなく黒のノードが点として見られた. 第３グループでは完成といった単語を中心に材料や器具についての単語が黒ノードとして見られた.

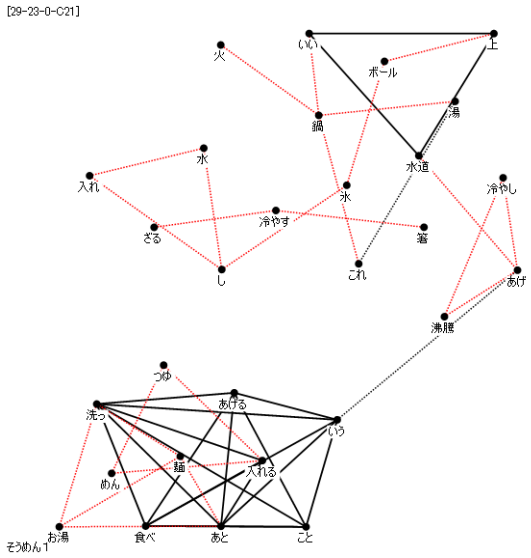


図7. キーグラフの結果（そうめん）

そうめんについては第１グループでは大きく２つの島に分かれており, 島と島を赤い線が結んでいた. そうめんを作るのに一般的な単語がすべて見られた. 第２グループについては, 一連の流れで, 島がつながっておりまんべんなく発言されていた. 第３グループについては１名のグループであったのでキーグラフによる分析を行わなかった.

3.5 考察

実験協力者のイラストごとの分類ではそれぞれのグループの人数に偏りができ, １つのグループに多数の人が集まると言った結果が見られた. これは高齢者が一般的にレトルト食品に対して皆, 同じ様なイラストを用いたことが原因であると考察された. そこから高齢者はレトルト食品の調理方法について, 一般的に, 似たようなメンタルモデルを持っているのではないかと考察される.

またキーグラフより, グループの間の差異はそれぞれが, 何を重要としているのかの違いであると考察された.

レトルトカレーで多数を占める第１グループは, レトルトカレーについてのイメージはしっかりもっているため完成図などは重要でなく, むしろ時間など細かい部分についての発話データが見られたのではないかと考えた. 第２グループは電子レンジなど, 特徴的な発話データがとれたことより, レトルトカレーは電子レンジといったメンタルモデルがあると考えられる. 第３グループはレトルト食品によく慣れ親しんでいる人のグループであったため, 手抜きで簡単という意識が強いグループではないかと推測する.

野菜炒めでは, 多数を占めた第１グループは材料や器具など基本的なものや調理についての基本的な発話データが見られた. これは一般的な料理手順を順番にイメージしたため, このような発話データが得られたのではないかと考察される. 第２グループは単語につながりがなく, 独立した単語が多く, 材料などのイメージはあるが料理の手順など詳しいことについてはイメージがなかったのではないかと考えられる. 第３グループは, 一番に完成図がイメージにあり, そこに向かって発話していると考えられる.

そうめんについては黒ノードの繋がりがしっかりしていることより, どちらのグループもしっかりとしたイメージがあったと考えられる.

4. まとめ

レトルト食品の問題点の抽出と構造化では、結果として「情報入手」と「理解･判断」の2つに分類した.

高齢者のメンタルモデル実験から, 高齢者の大多数が一つのグループに集まったことより, 高齢者は一般的に似たメンタルモデルを持っているのではないかと推測される. またキーグラフによる発話データよりそのグループは何を重要としているのかを抽出できた.

参考文献

[1] D. A. ノーマン, 1990, 『誰のためのデザイン? 認知科学者のデザイン原論』 新曜者p24-25

[2] 山岡俊樹, 2002, 『ハード・ソフトデザインの人間工学講義』 武蔵野美術大学出版

[3] 大沢幸生, 2003, 『チャンス発見のデータ分析』 東京電機大学出版局p21-22, 63

[4] 密谷謙士朗, 石原啓介, 2009, 『パッケージ改善のための研究事例の紹介』 第6回応用人間工学報告会, p1-2

食品包装用ラップフィルムの使用状況と注視状況の把握

松延拓生、○竹内あゆみ、川島基子、東拓央、吉池俊貴、加藤愛、加藤夏来
（和歌山大学システム工学部）

Analysis of Eye Movement and User Test on the Cling Film

Takuo MATSUNOBE,　Ayumi TAKEUCHI,　Motoko KAWASHIMA, Takuhiro HIGASHI
Toshiki YOSHIIKE, Megumi KATO, Natsuki KATO
(Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

１．はじめに

家庭向け食品包装用ラップフィルム（以下ラップフィルムと略）のパッケージデザインは、パッケージが製品を兼ねており、店頭での購買効果だけでなく、実際の使用性に影響を及ぼす重要な製品機能要素である。

本研究ではパッケージデザインによる使用性を検討するため、使用状況と注視状況の把握を主に眼球運動計測により行った。

２．方法

2.1 ラップフィルム

対象としたラップフィルムは旭化成ホームプロダクツ社製サランラップ（２００９年６月の製品）である（図１）。２０m×３０ｃmの製品を使用した。金属の刃を使用しているため分別廃棄が必要となっている。

図１パッケージの各面の表示

2.2 被験者

利用者によるラップフィルム使い方の違いを把握するため、被験者は健常な和歌山大学の学生（男子９名、女子７名、平均年齢１９．３歳）を用いた。

2.3 実験機材

眼球運動の測定には、被験者の自然な使い方を把握するために帽子型のアイカメラであるナックイメージテクノロジー社製EMR-8Bを用いた（図２）。サンプリング周波数は３０Hzである。なお今回の計測対象作業は、近距離（視距離５０ｃｍ前後）での作業となるためパララックスの影響が出やすい。そのため両眼の眼球運動を計測しパララックス補正後のデータを可能な限り利用した。キャリブレーションは実使用時の視距離に近い４０－５０ｃmで実施した。

図２　EMR-8B
（株ナックイメージテクノロジー[1] より引用）

使用状況を把握するために、アイカメラで撮影された視野映像ビデオと、被験者の側面に設置したPanasonic製ハイビジョンビデオカメラ（HDC-SD100）で使用の様子を記録した。視野映像ビデオはSONY製メディアコンバータを利用してDV形式で記録用PCでキャプチャした。

機器の配置を含む実験環境の様子を図３に示す。

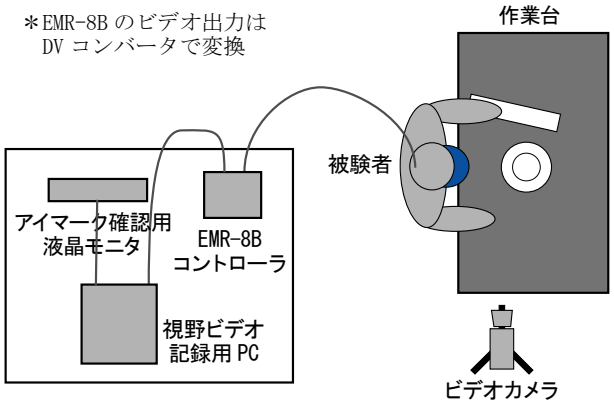


図３　実験環境

作業は高さ８０ｃｍの作業台の上で実施した。ラップする容器(ボウル)には、不自然な持ち方をしないように食品のダミーとなるものを入れた。

2.4 実験手順

以下の４つのタスクを実施した。

１．未開封のラップフィルムを開封しラップする
２．開封済のラップフィルムを使用しラップする
３．フィルムを巻き込んだ状態のラップフィルムを使用しラップする
４．分別廃棄のためラップフィルムを分解する

なお、作業開始時には作業台の上にラップフィルムの製品名表示面（図１の１）を上に向けた状態で置き、説明書きが見えないようにした。

すべてのタスク終了後に年齢、身長、視力、効き目、ラップフィルムの使用経験、調理経験、ふだんのラップの利用方法についてのアンケートを行った。

図４　ビデオカメラで記録された
ラップフィルム開封作業の様子
（頭部にEMR-8B装着）

３．結果

本論文ではタスク１、４の結果についてのみ記述する。（被験者１のタスク４データは、機器の不具合により欠損）

3.1　被験者の属性

アンケートにより確認した各被験者の属性を集計した結果の一部を表１に示す。

表１　各被験者の属性

項目/被験者番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
性別	女	男	女	女	男	女	男	女	男	男	男	男	女	男	女	男
調理頻度	○	○	○	×	○	△	×	◎	×	△	○	□	×	◎	×	△
ラップ使用経験	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×	○
分別廃棄	×	○	×	×	×	×	×	×	○	○	×	○	×	×	×	○

調理頻度について
◎ ほぼ毎日
○ 2,3日に一回
△ 週に一回
□ 月に一回
× ほとんど調理しない

ラップ使用経験について
○ 普段からラップを使用している
× 普段ラップを使用しない

分別廃棄について
○ 分別廃棄を行っている
× 分別廃棄を行っていない

3.2 タスク中のラップの使用方法

観察用ビデオカメラ及びアイカメラで記録した視野映像のビデオから、使い方の特徴をまとめた。

表２　ラップフィルムの使い方

タスク(サブタスク)	使い方の特徴	人数(人)	被験者番号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
タスク1 箱を持つ	左手で箱を持つ	10		○	○	○	○	○	○		○			○		○		
	右手で箱を持つ	5	○							○		○					○	
タスク1 ラップをかける	開封は左手でラップは右手	1													○			
	フィルムを切り取ってからかける	4		○	○					○	○							
	フィルムをかけてから切り取る	12	○			○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○
タスク4 分別	パッケージを展開してから刃を外す	1	–												○			
	パッケージを展開せずに刃を外す	13	–	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○		○	○	○
	刃を外さずに箱を潰す	1	–						○									
タスク4 刃をはずす	片方の端から全て外す	12	–	○	○	○	○	○	○			○	○		○	○	○	○
	両側から半分ずつ外す	2	–								○			○				

3.3　眼球運動

注視状況を把握するために、タスク毎に視野内のどの領域にアイマークがあるかを調べた。なお被験者１５はアイマークの検出ができなかったため除外している。使用性に影響しそうな視野内の領域を、容器（A：内部,B：へり）、ラップフィルム（C：切り口,D：へり）、ラップフィルム引き出し用ひも（E：箱内,F：箱外）パッケージの各面（P1-P8）の１４の領域に分けた（図５）。

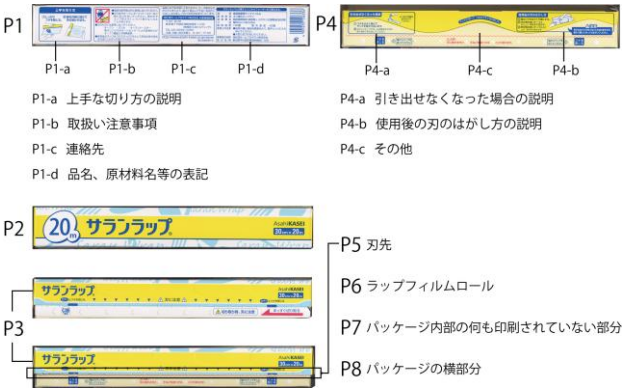


図５　パッケージ各面と領域
（詳細分割した領域も合わせて記載）

視野映像ビデオをフレームバイフレーム[2)]で確認し、各領域にアイマークが入った時間を集計した。図６、７にタスク１とタスク４の領域毎の合計注視時間の平均を示す。

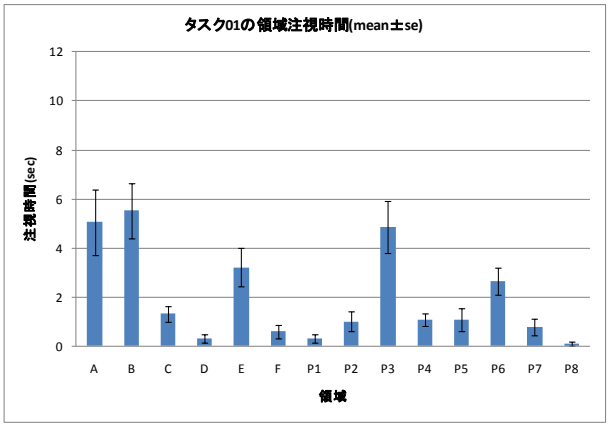


図６　領域毎の合計注視時間の平均
（タスク１）

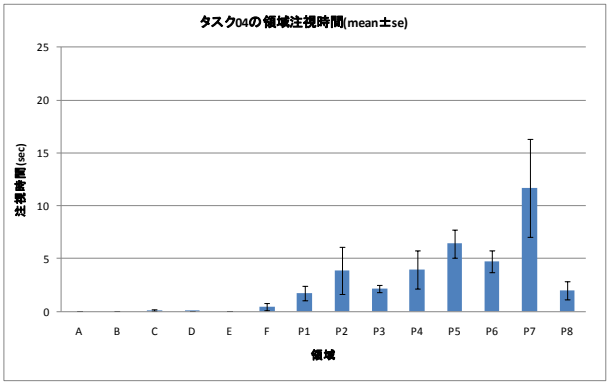


図７　領域毎の合計注視時間の平均
（タスク４）

各タスクについて、説明書きのあるP1、P3、P4領域の注視時間から説明を読んでいると思われる被験者３名（９，１２、１３）をピックアップした。図８，９にタスク４の領域毎の注視時間を、読んでいるものと読んでいないもの別に示す。

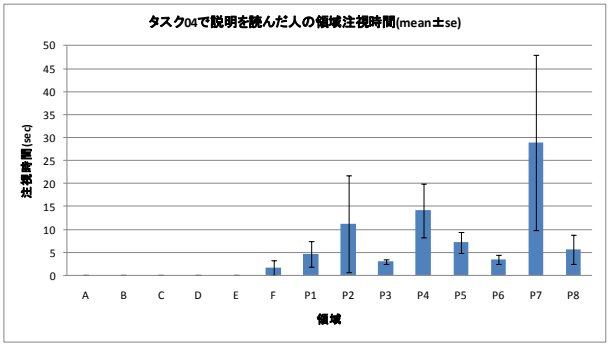


図８　タスク４の領域毎の注視時間
（説明書きを読んでいる）

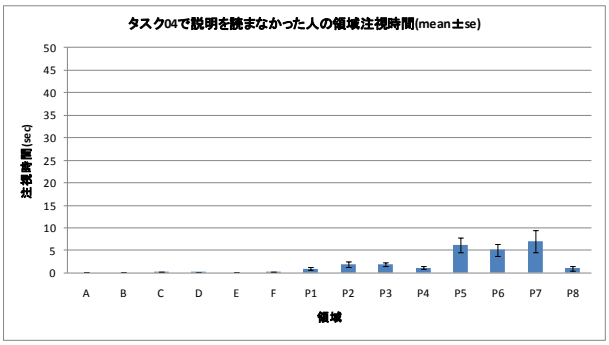


図９　タスク４の領域毎の注視時間
（説明書きを読んでいない）

各被験者のタスク毎の注視順序を把握するために、領域毎の注視時間と経路をプロットした。円の大きさは注視時間を示す。円は経路を示すためにずらして表記しているが、表記単位は領域毎である。ここでは説明書きを読んでいたと思われる被験者１２のものと、読んでいないと思われる被験者１４の２つの結果を示す（図１０、１１：開始点にはSと表記）。

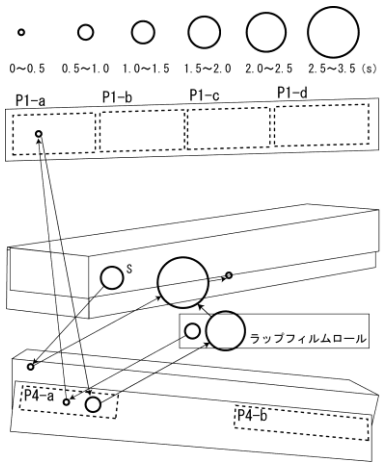


図１０　タスク４の領域毎の注視時間と経路
（説明書きを読んでいない例）

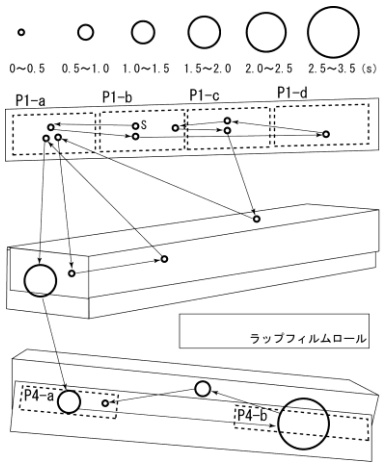


図１１　タスク４の領域毎の注視時間と経路
（説明書きを読んでいる例）

次に説明書きを読んでいると思われた３名の被験者について、さらに詳細な領域（図５）に分割して注視時間を集計した。

説明書きを読んでいると思われた被験者のタスク４の領域毎の合計注視時間の平均を図１２に示す。

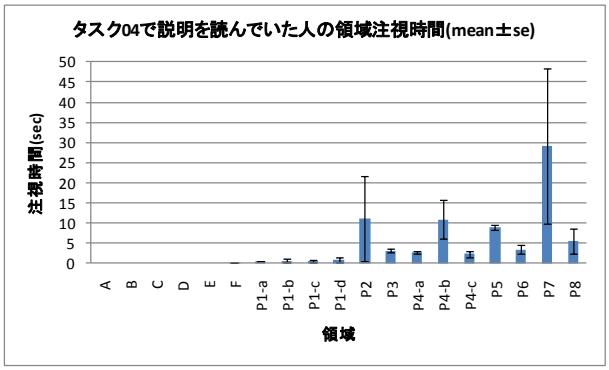


図１２　タスク４の詳細領域毎の合計注視時間（説明を読んでいる被験者）

４．考察

4.1　注視状況について

説明書きの確認について、タスク１，２、３では説明書きを読む被験者は見られなかった。これはラップフィルムの使い方は単純であり、かつ間違った使用をしても重大な問題を引き起こしにくいため直感で利用するためと考えられる。ただしパッケージ面を全く見ていないわけではなく、指標となるマークなどは確認しており、できるだけ簡潔に使い方のヒントを示す必要がある。

タスク４の分別廃棄でもこの傾向は変わらないが、表１を見ると説明書きを読んだ被験者（９，１２、１３）は調理経験が少ない。調理経験と注視状況間で明確な関係は出ていない。

図１２の詳細領域毎の注視時間を見ると、P2・P7は被験者１３のみが長時間見ていたため、平均・誤差が大きくなっている。P4-bには刃の取り外し方が記載されており、見出しも「使用後の刃のはがし方」とある。P5は刃先であり取り外し作業中に確認したことがわかる。

4.2　使用状況について

表２を見るとタスク１での箱の持ち方は人により異なる。被験者１２のみが途中で箱を持ち替えているが、これは調理経験の少なさからラップフィルムの使い方のスタイルが出来上がっていないのかもしれない。使い方と属性については、明確な相関は確認できなかった。

4.3　注視状況と使用状況の関係

パッケージでは、タスク４の分別廃棄においては刃は両側から外すよう説明書きが記載されている。表２を見ると、眼球運動で説明書きを読んでいると確認できた２名の被験者のみが記載通りに使っている。また、刃を外す前に箱を展開するよう記載されているが、記載通りに使用した被験者は説明書きを読んだうちの１名である。

タスク４において、被験者１３は分別廃棄の経験がなく、使用方法を探していた。そのため他の被験者があまり注目していないP2,P7にも情報を求めたと考えられる。

５．おわりに

現在の実験・分析からはラップフィルムの使用状況・注視について以下のことがわかった。

・各パッケージ領域の注視時間
・説明書きを読む人は少数
・説明書きを読んでもその通りに使用するとは限らない

このことから、ラップフィルムのような製品では、細かい説明書きよりも使用法のヒントとなるマーク、図解が重要であるのではないだろうか。また、説明の意図（危険など）を明確に伝える必要がある。今後さらに注視状況を分析予定である。

今後学生以外の被験者、特に主な購買層・利用者である主婦を対象に実験を実施予定である。

参考文献

1) 株式会社ナックイメージテクノロジー，http://www.eyemark.jp/
2) 福田忠彦研究室，人間工学ガイド，サイエンティスト社，2004.
3) 山本敏史，松延拓生，山岡俊樹，増島郁夫，アイカメラを用いた視線の分析による情報提示方法に関する研究，平成12年度日本人間工学会関西支部大会 講演論文集，42-47，2001.
4) 村松 敦，松延 拓生，山岡 俊樹，白井 康裕，山田 康一郎，クレジットカード申込書記入時の問題点と原因の検討，ヒューマンインタフェースシンポジウム２００３論文集，407-410，2003.

ユーザビリティタスク分析によるデジタルテレビのリモコン評価

○佃　五月（シャープ株式会社，和歌山大学大学院）
山岡　俊樹（和歌山大学）

Usability evaluation of digital TV remote controls by usability task analysis

Satsuki TSUKUDA (Sharp Corporation, Graduate School of Wakayama University),
Toshiki YAMAOKA (Wakayama University)

1．はじめに

現代のモノづくりにおいては，ユーザ中心設計の考え方が重視され，メーカーでも実践されてきている．製品開発プロセスでは，ユーザ側の要求事項を的確に捉えて，仕様に反映していくプロセスが重要なポイントとなり，その方法論としてヒューマンデザインテクノロジー（HDT）[1]などが提案されている．ユーザビリティタスク分析は，HDTの中で活用できるユーザビリティ評価手法であり，ユーザビリティや魅力要素も含めたユーザの多面的情報（ユーザ要求事項）が抽出できる他，得られたデータからは定量評価と定性評価とが可能となる[2]．本研究では，ユーザビリティタスク分析を用いて，デジタルテレビのリモコンのユーザビリティ評価を行った結果について報告する．

2．実験方法

2.1.　実験対象の製品

実験は，4種類のデジタルテレビのリモコン（A～D）を用いて行った．これらの評価に用いたリモコンは，同時期に市場で競合するものから選定した．また，今回の調査では，実際のテレビ本体は使用せず，リモコンのみを使用して擬似操作するため，前方にテレビ画面を模擬した紙パネル（模擬画面）を配置し，画面とのインタラクションが必要な部分を紙芝居形式で表示することで，疑似的操作が行えるように配慮した．

2.2.　実験協力者の構成

実験協力者は，68歳～74歳（平均年齢70.8歳，標準偏差1.75歳）の高齢者12名（男性7名，女性5名）にて実施した．実験協力者は全員，毎日のようにテレビを視聴している方であり，所有するテレビのメーカーは統一されていない．

2.3.　実験の手順と方法

①シーンとタスクの設定

- 設定したシーンとタスクを表1に示す．
- また，評価に用いたリモコン例と設定した各タスクの関連部位について，図1に示す．

表1　各タスクの内容

シーン	デジタルテレビの基本機能を使う
タスク	第1印象
	タスク1：電源ON/OFF
	タスク2：音量調整
	タスク3：数字キーで選局
	タスク4：上下キーで選局
	タスク5：番組表での選局
総合評価	総合評価

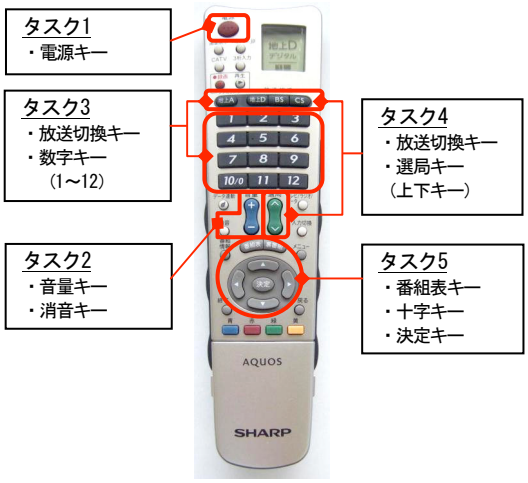


図1　評価リモコン例と各タスクの関連部位

②評価の実施

- 用意した4種類のリモコンをタスクに沿って体験し，評価してもらった．
- すべての製品において1つのタスクが一通り終了したら，各製品について5点満点中何点であるかとその理由（良い点，悪い点）についてコメントを述べてもらった．

・全てのタスクでの評価が終わった後も，同様に評価点とその理由を述べてもらった．

③データ分析

・重回帰分析と評価点の結果から，改善優先度の把握を行った．
・取得したコメントからユーザ要求事項の分類を行った．
・ユーザ要求事項と各製品の出現頻度とのクロス集計表からコレスポンデンス分析を行った．

3．結果と考察

3.1.　改善優先度の結果と考察

総合評価を目的変数に，各タスクを説明変数として行った重回帰分析から算出した重要度（標準偏回帰係数）をX軸に，各タスクの評価点を偏差値に換算してY軸に，平面上に布置した．製品Aにおける結果について，図2に示す．重要度の高い「タスク3」，「タスク5」の評価点が比較的に低く，改善優先度が高いタスクであることが把握できた．この結果を参照することで検討事項の絞り込みができ，より効率的な検討が可能となる．

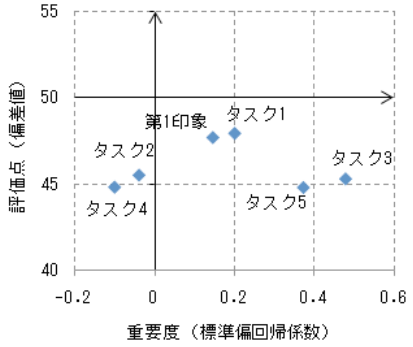


図2　製品Aの改善優先度分析結果

3.2.　ユーザ要求事項の分類結果

ユーザ要求事項については，同様のコメントをまとめるなどの前処理により，12項目にまとめることができた．図3に，ユーザ要求事項の累積出現頻度について示す．「ボタンの押しやすさ」，「文字の見やすさ」が圧倒的に多く出現したことがわかった．

3.3.　コレスポンデンス分析の結果と考察

各タスクにおいて，各製品と12項目のユーザ要求事項における良い点，悪い点の出現頻度とのクロス集計表を作成した．そのクロス集計表 を基に，コレスポンデンス分析を行い，さらに座標データについてクラスター分析を行った．ここでは重要度が高いタスクと特定された「タスク3」の結果を図4に示す．この結果から，各製品において良い点，悪い点として評価されたユーザ要求事項が把握できる他，製品同士の関連性なども平面上で把握することができた．この結果は，改善検討時に具体的な参考資料として活用できる．

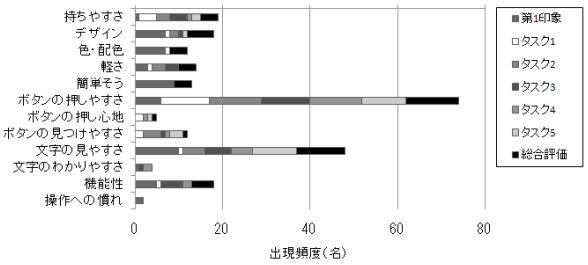


図3　ユーザ要求事項の累積出現頻度

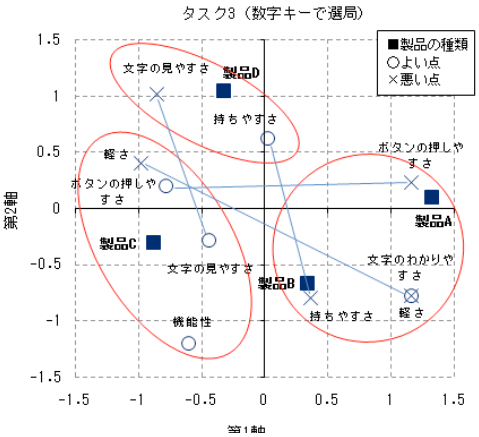


図4　コレスポンデンス分析結果

4．まとめ

本研究では，ユーザビリティタスク分析を用いて，デジタルテレビのリモコンのユーザビリティ評価を行った．分析に多変量解析を用いた結果，改善検討時に活用できる有用な情報を得ることができた．今後は評価事例を蓄積しながら，より効率化を目指して評価フォーマットなども改良して行きたい．

参考文献

1）山岡俊樹：ヒューマンデザインテクノロジー入門，森北出版，2003

2）佃五月，山岡俊樹：品質要素分類を活用したユーザビリティタスク分析によるユーザビリティ評価方法の一考察，第11回日本感性工学会大会　大会論文集（CD-ROM），3C1-4，2009

サービスの問題点抽出方法の一考察
ーセルフガソリンスタンドのサービスを考えるー

〇山本紗知恵（和歌山大学大学院システム工学研究科）
山岡俊樹（和歌山大学システム工学部デザイン情報学科）

A consideration of a method to find some problems for service
-A case study of a gas station-

Sachie Yamamoto (Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University),
Toshiki YAMAOKA (Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

１．背景と目的

近年、サービス化社会の進展に伴い、顧客自らが操作を行う顧客操作型端末を導入したセルフサービスが様々な形式で急増している。

セルフサービスのメリットとして、人件費やコストの削減、利便性や効率性、多様化するユーザへの対応などがあげられるが、一方で、セルフサービスは顧客がスタッフと接する機会が減るため、「サービスを受けて感動する」ことが難しい。増加するセルフサービスにおいて、他店との差別化を図るには、低価格以外に「また利用したい」と顧客に思わせることが必要である。

そこで本研究では、まずサービス・ブループリンティングを用いて、サービスにおける一連のプロセスと、全体の構造を把握する。また、観察から、顧客がシステムとスタッフとどう関係しているかについて現状を把握する。そして、それらを元に、サービスにおけるコンセプトに沿ったサービス提供の改善、顧客満足度を向上させるサービス展開のポイントの発見を目的とする。今回はセルフ式ガソリンスタンド（以下セルフ式GS)」を事例として行った。

２．セルフ式GSのサービス構造の把握

はじめに、サービス・ブループリンティング手法を用いて、セルフ式GSにおけるサービス提供の全体構造の把握を行った。まず、縦軸を顧客が入店してから店を出るまでの一連のプロセスを６つに分け(表１)、次に横軸を「顧客」、「サービス環境を形成するオブジェクト(以下オブジェクト)」、「顧客と接点を持つスタッフ」、「接点を持たないスタッフ」、「サービスをサポートする組織」の立場に設定し、それぞれの役割・活動を書き出していき、全体の構造をまとめたシートを作成した。

表１　セルフ式GSにおける顧客のプロセス

1	顧客が給油場所に入るまで
2	顧客が操作端末に行くまで
3	顧客が操作を完了するまで
4	顧客が給油をし終えるまで
5	顧客が車に乗るまで
6	顧客が店を出るまで

３．セルフ式GSのサービスの現状把握

某セルフ式GSにて観察による現状把握調査を行った。観察には、ビデオカメラ２台を用いて全体が把握できる位置に設置し、調査員２名による直接観察を行った。セルフ式GS３店舗をそれぞれ１日２時間、計８日間で行った。

得られたデータは、全体の構造把握に用いたシートと同様にプロセスと立場を設定し、顧客ごとに活動内容の書き出しを行った。また、各プロセスにおける顧客とオブジェクト間、顧客とスタッフ間の接触箇所の割合を算出した。それらから、現状のサービスにおける問題箇所、店舗ごとの特徴を抽出した。

また、同店舗のスタッフや、利用した顧客に対してヒアリング調査を行い、店舗のコンセプトや、顧客の店舗、スタッフの印象を抽出した。

４．観察の結果と考察

例として、店舗１の顧客Ａにおけるプロセス４「顧客が給油をし終えるまで」の活動内容のシートを表２に示す。顧客Ａのプロセス４では、ほぼ給油機(サービス環境を形成するオブジェクト)と接しており、スタッフとの直接的な接点はみられなかった。また、項目「給油口を見つめる」、「給油メーターを見つめる」は、ほぼ全顧客が行ったのに対し、「静電気除去シートにタッチする」に

ついては、全顧客の中で、約３６％しか行われていなかった。その他に、店舗１ではポップ(広告など)が店中に貼られていたが、項目「ポップ(広告など)を見る」は全顧客、全プロセスの中で約８％程度しか見られなかった。また、店舗１ではカフェスペースを設けてあったが、洗車や車検の相談など、長い時間滞在する顧客以外は使用していなかった。

表２　顧客Ａにおけるプロセス４での活動内容

オブジェクト	顧客	スタッフ(接点)	…
静電気除去シート	静電気除去シートにタッチする		…
給油キャップ置き	給油キャップを置き場に置く		…
	給油を開始する	…	
	給油口を見つめる	…	
給油メーター	給油メーターを見つめる		…
		顧客の動きを見守る	…
	給油キャップを閉める		…

店舗１における、顧客とオブジェクト、顧客とスタッフの接触頻度を縦軸、各プロセスを横軸に描画した(図１)。セルフ式GSということもあり、主に顧客とオブジェクトの接触が多いが、店舗１の１日目は顧客とスタッフの接点も多いことがわかる。これはスタッフが、顧客の来店時にすぐ駆け寄り、給油キャップを開けるサービスを行っていたり、顧客に積極的に話しかけていたりしたことが原因だと考えられる。しかし、２日目の顧客とスタッフの接点は少なく、これはスタッフのメンバーが変わり、１日目に行っていたサービスが行われていなかったことが原因である。

ヒアリングでも、「スタッフが親切」、「特に印象なし」など、日によってスタッフの印象が変わることがわかった。また、「ポップはあまり見ていない」、「外観がごちゃごちゃした印象」、「カフェがあることを知らない」など、掲示物が混在しすぎていることや、給油中は給油口と給油メーターに目が向いていることで、店舗１が行っている給油以外のサービスが顧客に伝わっていないこともわかった。

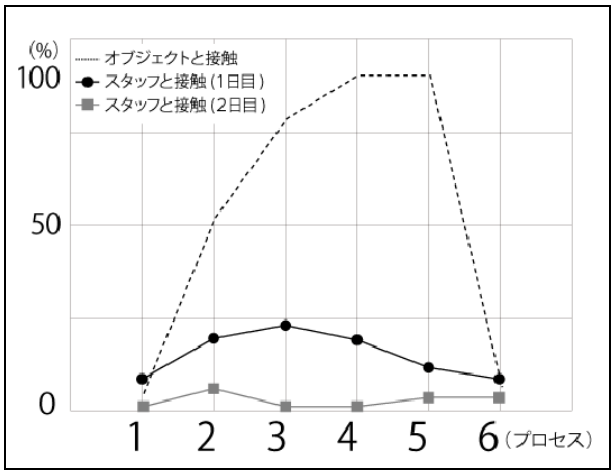


図１　店舗１での接触頻度

これらのデータから、店舗１が顧客満足度を向上させるサービスを展開するには、「スタッフが顧客に行う基本的なサービス」をマニュアル化し、スタッフ同士が全体の構造を把握しておくことが必要であると考える。さらに、顧客の行動(オブジェクト、スタッフとの接点)によって情報の提示方法を変えたりと、顧客に負担を与えず効率良く情報を提供することで、外観や雰囲気においても好印象を得ることができると考えられる。

５．まとめ

セルフサービスにおいて、顧客が「感動する」経験を提供することは難しい。そこで、顧客満足度を向上させるサービス展開に向け、今回はサービスの全体構造をまとめ、それを元に観察から顧客の行動を把握し、現状のサービスの改善箇所を把握した。

参考文献

1) 吉田真由子：画面外での作業を含む顧客操作型端末を利用したセルフサービスの運用方法の一考察，和歌山大学大学院，修士論文，2008.
2) 長島直樹：サービス・プロセスの評価とブループリンティング手法，研究レポート No.341，2009.
3) 岡田幸彦：サービス・ブループリンティング研究の史的展開と将来の発展方向，一橋論叢，134(5)，949–975，2005.
4) 諏訪良武他：顧客はサービスを買っている，ダイヤモンド社，2009.

平成21年　日本人間工学会　関西支部大会

大会長　　：　磯田憲生（奈良女子大学大学院人間文化研究科　教授）
事務局長　：　久保博子（奈良女子大学生活環境学部　准教授）

大会事務局
安岡絢子、金澤麻梨子

平成21年度　日本人間工学会　関西支部大会　講演論文集

発行日　　2009年12月5日
発行者　　平成21年度日本人間工学会関西支部大会事務局

〒630-8506　奈良市北魚屋西町
奈良女子大学　生活環境学部
電話0742-20-3475
Email :ergow09@cc.nara-wu.ac.jp

印刷所　新踏社