Japan Ergonomics Society Kansai Branch

平成18年度

日本人間工学会　関西支部大会

講演論文集

期日：平成 18 年 12 月 2 日(土)

場所：武庫川女子大学　中央キャンパス

ISSN 1344-4565

■ スケジュール ■

	A会場 (L1-801教室)	B会場 (L1-804教室)	C会場 (L1-805教室)	D会場 (L1-704教室)	E会場 (L1-705教室)
11：30 ｜ 12：40	評議委員会 (L1-802教室)				
13：00 ｜ 14：12	一般 ユーザビリティ A-1～A-4	一般 支援 B-1～B-4	一般 視機能１ C-1～C-4	一般 聴覚１ D-1～D-4	一般 温熱生理 E-1～E-4
14：30 ｜ 15：20	【特別講演】　『居場所機械 ー自転車とケータイー』 藤本憲一（武庫川女子大学生活環境学部情報メディア学科助教授） 会場：L1-403教室				
15：30 ｜ 16：24	一般 操作 A-5～A-7	一般 心理 B-5～B-7	一般 視機能２ C-5～C-7	一般 聴覚２ D-5～D-7	一般 身体 E-5～E-6
16：30 ｜ 18：00	一般 操作・作業 A-8～A-11	企画セッション 船と人 演題１～演題５	一般 視機能３ C-8～C-10		
18：10 ｜ 19：20	懇親会 会場：クリステリア１階				

【一般演題：発表12分、質疑応答4分、入替2分】

※会場にはプロジェクタおよび接続ケーブル（ミニD-Sub15pinオス）を用意しています。

マッキントッシュなど異種端子のPCを使われる方は必ず接続アダプタをお持ちください。

発表用パソコンは各自ご持参下さい。また、念のため印刷した紙等をご準備下さい。

平成18年度　日本人間工学会　関西支部大会　プログラム

会場：武庫川女子大学 中央キャンパス L1号館

■ 特別講演会場（L1-403教室 L1号館4階）

■ 特別講演（14:30～15:20）

『居場所機械 ー自転車とケータイー』

講師：藤本憲一（武庫川女子大学生活環境学部情報メディア学科助教授）

司会：瀬口和義（武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科教授）

■ A会場（L1-801教室 L1号館8階）

■ ユーザビリティ　（13:00～14:12）　座長：岡田明（大阪市立大学）

A-1　製品とユーザのやり取り（インタラクション）に着目した製品評価手法の考察

○小林祐毅（和歌山大学大学院システム工学研究科）、加藤善裕（和歌山大学大学院システム工学研究科）
西田善彦（和歌山大学大学院システム工学研究科）、水野喜信（和歌山大学大学院システム工学研究科）
吉田光一（和歌山大学大学院システム工学研究科）、吉田真由子（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-2　日記法を活用したユーザビリティ評価手法の提案

○濱谷幸代（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-3　電卓使用時の高齢者のメンタルモデル構築過程の把握

○林昌俊（和歌山大学システム工学部）、森亮太（和歌山大学システム工学研究科）
吉岡英俊（和歌山大学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-4　高齢者ユーザの製品使用状況に関したライフスタイルによる分類とその特性

○森亮太（和歌山大学システム工学研究科）、吉岡英俊（和歌山大学システム工学研究科）
林昌俊（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）

■ 操作　(15：30～16：24)　　座長：丁井雅美（広島国際大学）

A-5　モバイル機器の歩行中操作による身体の重心変動に関する検討

○山際孝幸（シャープ株式会社）、吉村勲（関西大学工学部）

A-6　高齢者の情報機器操作における認知的柔軟性の検討

○吉岡英俊（和歌山大学システム工学研究科）、森亮太（和歌山大学システム工学研究科）

林昌俊（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-7　手動操作の習熟特性に関する基礎的研究

○中山圭以（大阪市立大学大学院生活科学研究科）、西岡基夫（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）、宮野道雄（大阪市立大学大学院生活科学研究科）

森一彦（大阪市立大学大学院生活科学研究科）、山下久仁子（大阪市立大学大学院生活科学研究科）

■ 操作・作業　(16：30～17：42)　　座長：山岡俊樹（和歌山大学）

A-8　情報操作における「苦手意識」についての近赤外線計測を用いた検討

○大森正子（神戸女子大学家政学部）、田村博（田村ヒューマンインタフェース研究所）

丁井雅美（広島国際大学）

A-9　NIRS 計測を用いた誤り訂正作業時の脳内反応

○田村博（田村ヒューマンインタフェース研究所）、大森正子（神戸女子大学家政学部）

丁井雅美（広島国際大学）

A-10　高齢者の日常生活行動及び活動量の実態に関する研究

－家事専従高齢者及び農作業従事高齢者について－

○溝端友希（武庫川女子大学）、久保博子（奈良女子大学）、梁瀬度子（奈良女子大学）

A-11　果実袋改良による梨栽培作業の省力化についての一考察

○横地義照（鳥取県商工労働部産業技術センター）、山口幸雄（日本農業資材株式会社）

■ B会場（L1-804教室 L1号館8階）

■ 支援　(13:00～14:12)

座長：篠原一光（大阪大学）

B-1　主観的・客観的計測に基づいた自動車内の頭上空間と圧迫感の関係

○坂元保之（摂南大学工学部）、川野常夫（摂南大学工学部）
阪田知穂（摂南大学工学部）、福井裕（大阪府立大学大学院工学研究科）

B-2　ＬＡＮを利用したハードウエア制御方式　－二足歩行ロボットへの適応－

○尾崎宏雄（関西大学工学部）、中村純（関西大学工学部）
堀井健（関西大学工学部）、小谷賢太郎（関西大学工学部）

B-3　エルボークラッチ杖先ゴムの実使用条件に関する考察

○久本誠一（製品評価技術基盤機構人間・福祉技術課）
田中均（製品評価技術基盤機構人間・福祉技術課）、田中繁（国際医療福祉大学大学院）

B-4　背もたれ角度と背もたれ荷重の関係について

○三好英樹（製品評価技術基盤機構）、今井直樹（製品評価技術基盤機構）

■ 心理　(15:30～16:24)

座長：川野常夫（摂南大学）

B-5　高齢者の空間把握における移動経験の効果

○多田美香里（関西福祉科学大学社会福祉学部）

B-6　高齢者施設の看護・介護従事者による施設の色彩環境の評価
－療養室に望むイメージと色彩モデルの相関－

○山下真知子（武庫川女子大学大学院生活環境学研究科）

B-7　看護場面における違反事例の収集とその内容分析　－心理的要因との関連－

○安達悠子（大阪大学大学院人間科学研究科）、臼井伸之介（大阪大学大学院人間科学研究科）
松本友一郎（大阪大学大学院人間科学研究科）、青木喜子（十条リハビリテーション病院）
篠原一光（大阪大学大学院人間科学研究科）、山田尚子（甲南女子大学人間科学部）
神田幸治（名古屋工業大学大学院工学研究科）、中村隆宏（労働安全衛生総合研究所）
和田一成（平安女学院大学短期大学部）、太刀掛俊之（大阪大学大学院人間科学研究科）

■ 企画セッション ■ 船と人 (16：30～18:00) 座長：才木常正（兵庫県立工業技術センター）

演題１ 船員養成機関所属学生の「船酔い」対策方法に関する考察

○小野克也（神戸大学海事科学部）、村井康二（神戸大学海事科学部）

才木常正（兵庫県立工業技術センター）、林祐司（神戸大学海事科学部）

演題２ 鼻部皮膚温による操船者の心的負荷評価に関する基礎研究

○村井康二（神戸大学海事科学部）、岡崎忠胤（海上技術安全研究所）

林祐司（神戸大学海事科学部）

演題３ 避航操船時の状況認識に関する基礎研究

○岡崎忠胤（海上技術安全研究所）、村井康二（神戸大学海事科学部）

演題４ 船舶の乗り心地評価指標に関する考察

○有馬正和（大阪府立大学大学院工学研究科）、田村裕貴（大阪府立大学大学院工学研究科）

演題５ 船舶の乗り心地に関するアンケート調査の解析

○ 有馬正和（大阪府立大学大学院工学研究科）、田村裕貴（大阪府立大学大学院工学研究科）

■ C会場（L1-805教室 L1号館8階）

■ 視機能１　（13：00～14：12）

座長：小谷賢太郎（関西大学）

C-1　公共表示のわかりやすさに関する認知工学的研究　ー表示要素のレイアウトの影響についてー

○石原真希（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）

C-2　ロービジョンの夜間歩行時の光環境に関する調査研究 ー歩行街路の光環境に関するアンケート調査ー

○奥田紫乃（同志社女子大学生活科学部）、岩田三千子（摂南大学工学部）、岩井彌（松下電工株式会社）

C-3　色覚特性と有彩色文書の読みやすさとの関係

○小西裕也（関西大学）、原直也（関西大学）

C-4　脳内ヘモグロビン濃度変化による注意状態の定量化

○橋崎将典（立命館大学理工学部）、上田真樹（立命館大学理工学部）
中村美穂（立命館大学理工学部）、山田隆登（立命館大学理工学部）
萩原啓（立命館大学情報理工学部）

■ 視機能２　（15：30～16：24）

座長：萩原啓（立命館大学）

C-5　ジュニア卓球選手の運動視機能に関する研究

○滝上佳弘（舞鶴工業高等専門学校）、高野那津（舞鶴工業高等専門学校）
米田悠（舞鶴工業高等専門学校）、和田優（舞鶴工業高等専門学校）

C-6　運動反転時に発現するCatch-Up Saccadeの基本特性

○井戸千沙（関西大学工学部）、小谷賢太郎（関西大学工学部）、堀井健（関西大学工学部）

C-7　サッカード特性を利用した視線入力インタフェースの提案

○山口雄志（関西大学大学院工学研究科）、小谷賢太郎（関西大学工学部）、堀井健（関西大学工学部）

■ 視機能３　（16：30～17：24）

座長：和田優（舞鶴工業高等専門学校）

C-8　活性状態の違いにおけるパフォーマンス及び生理状態の差異検討

○中村美穂（立命館大学理工学部）、橋崎将典（立命館大学理工学部）
野田晃平（立命館大学大学院理工学研究科）、萩原啓（立命館大学情報理工学部）

C-9　精神的負荷強度の違いが眼球の動きに与える影響

○松田典子（大阪市立大学生活科学研究科）、岡田明（大阪市立大学生活科学研究科）
山下久仁子（大阪市立大学生活科学部）

C-10　注視移動を利用した視方向と利き眼の再考

○梅垣宣夫（関西大学工学部）、堀井健（関西大学工学部）、小谷賢太郎（関西大学工学部）

■ D会場（L1-704教室 L1号館7階）

■ 聴覚1　（13：00～14：12）　座長：中村敏枝（大阪大学）

D-1　高周波数領域における聴覚誘発脳磁界 ―中心周波数と帯域幅の影響―

○鈴木良大（産業技術総合研究所・関西大学工学部）、添田喜治（産業技術総合研究所）
中川誠司（産業技術総合研究所）、小谷賢太郎（関西大学工学部）
堀井健（関西大学工学部）

D-2　高周波域における骨導ラウドネス特性 ―骨導超音波の知覚メカニズムに関する検討―

○板東亮介（産業技術総合研究所・関西大学工学部）、伊藤一仁（産業技術総合研究所）
中川誠司（産業技術総合研究所）、小谷賢太郎（関西大学工学部）
堀井健（関西大学工学部）

D-3　刺激音の立ち上がり形状が大脳聴覚野活動に及ぼす影響
―立ち上がり時間と立ち上がり速度の効果の検討―

○萬谷惇（産業技術総合研究所・関西大学大学院工学研究科）
中川誠司（関西大学大学院工学研究科）、小谷賢太郎（関西大学工学部）
堀井健（関西大学工学部）

D-4　驚愕性瞬目反射の先行刺激効果におよぼす背景要因の検討

○田中邦彦（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）
山田冨美雄（大阪人間科学大学大学院人間科学研究科）

■ 聴覚2　（15：30～16：24）　座長：山田冨美雄（大阪人間科学大学）

D-5　聴覚情報が映像の認知に与える影響について

○元山千香（大阪大学大学院人間科学研究科）、中村敏枝（大阪大学大学院人間科学研究科）
堀中康行（大阪大学大学院人間科学研究科）

D-6　フーリエ記述子法による『読唇技術』の開発 ―唇の輪郭形状による音の推定―

○義平真昭（大阪府立大学大学院工学研究科）、有馬正和（大阪府立大学大学院工学研究科）
奥野武俊（大阪府立大学大学院工学研究科）

D-7　BGMの効果についての実験室的検討

○堀中康行（大阪大学大学院人間科学研究科）、中村敏枝（大阪大学大学院人間科学研究科）
小幡哲史（大阪大学大学院人間科学研究科）、元山千香（大阪大学大学院人間科学研究科）

■ E会場（L1-705教室 L1号館7階）

■ 温熱生理　（13：00～14：12）

座長：久保博子（奈良女子大学）

E-1　マッサージ機のモミ動作が肩部の深部血行動態に与える影響

○道盛章弘（松下電工株式会社 電器R&Dセンター）
今井文吾（松下電工株式会社 電器R&Dセンター）

E-2　人体の各部位における温冷感覚の感度に関する研究
冬期に順応した青年男子被験者の場合

○中島工太（摂南大学）、中谷拓仁（摂南大学）、宮本征一（摂南大学）

E-3　人体の各部位における温冷感覚の感度に関する研究
夏期または冬期に順応した被験者の相違

○中谷拓仁（摂南大学）、中島工太（摂南大学）、宮本征一（摂南大学）

E-4　冷え改善に関する研究

○佐々尚美（武庫川女子大学）、梁瀬度子（奈良女子大学）

■ 身体　（15:30～16：06）

座長：道盛章弘（松下電工株式会社）

E-5　心拍ゆらぎを用いた音刺激による生理的影響の評価

○小川梢（立命館大学理工学部）、芝垣佑美（立命館大学理工学部）
三田祐亮（立命館大学理工学部）、萩原啓（立命館大学情報理工学部）

E-6　仮眠が作業能率に与える影響

○中濱雄策（近畿大学大学院総合理工学研究科）、藤原裕司（近畿大学大学院総合理工学研究科）
梶井宏修（近畿大学大学院総合理工学研究科）

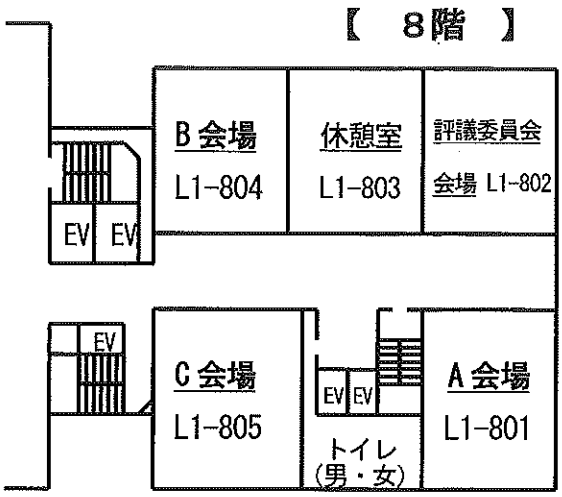
■ 会場配置図（L1 号館）

発表会場へはL1 号館１階入り口ホールより

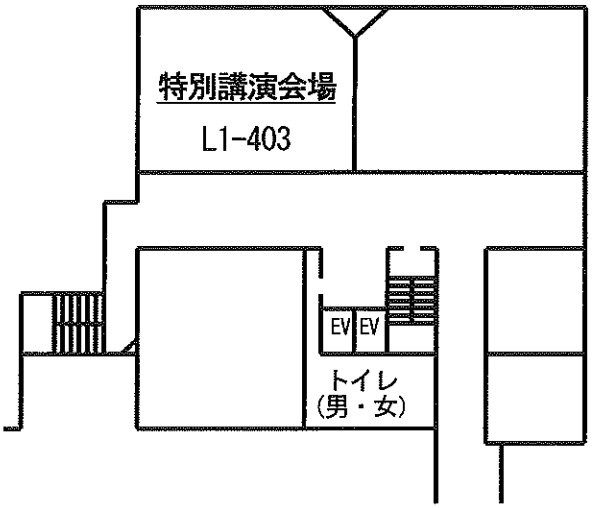
エレベーター又は階段にてお越し下さい。

なおエレベーターは２・３階には止まりません。

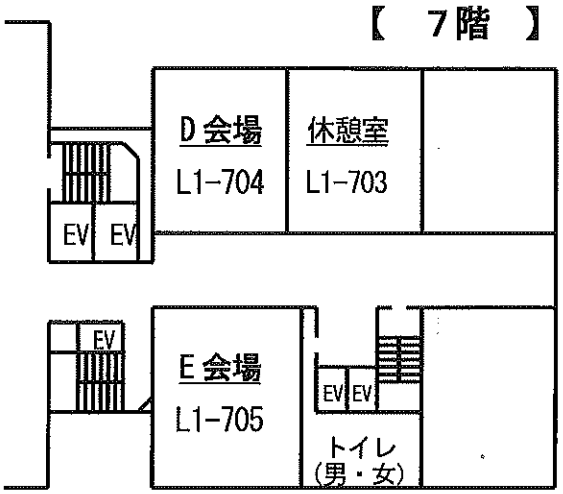
【 ８階 】



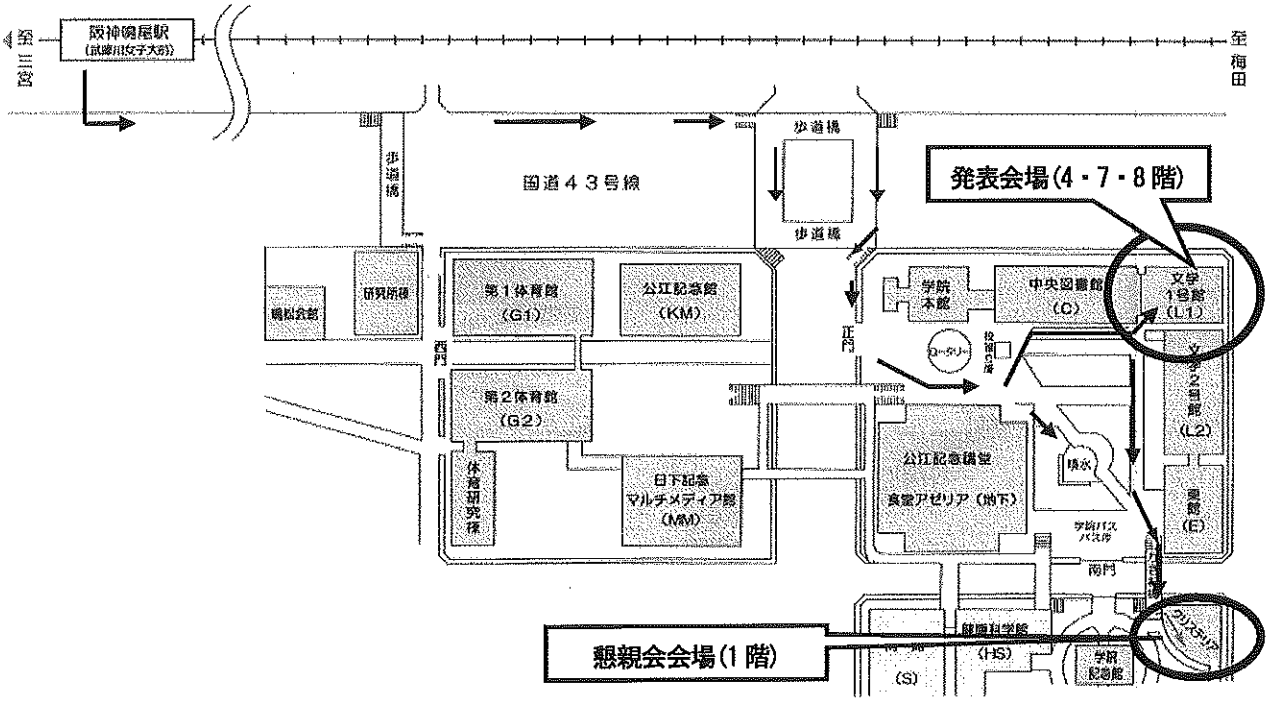
【 ４階 】



【 ７階 】

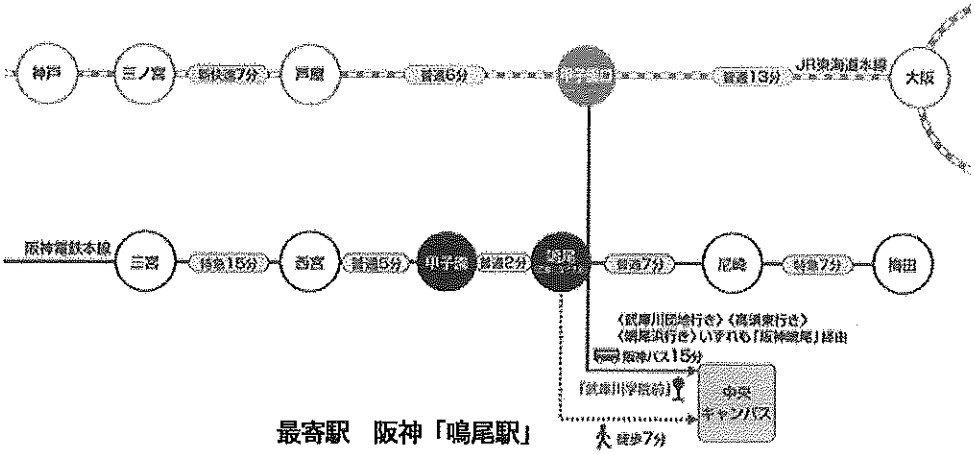


■ 中央キャンパス案内図



■　交通手段　■

武庫川女子大学 中央キャンパス　（〒663-8558　兵庫県西宮市池開町 6-46）



最寄駅　阪神「鳴尾駅」

～阪神電鉄ご利用の場合～

・大阪方面より

阪神「梅田駅」にて西宮行き急行に乗車後、阪神「尼崎駅」にて普通に乗り換え４駅目「鳴尾駅」にて下車し、徒歩 10 分。

・神戸方面より

阪神「三宮駅」にて梅田行き特急に乗車後、阪神「西宮駅」にて普通に乗り換え４駅目「鳴尾駅」

にて下車し、徒歩 10 分。

※阪急沿線からは「西宮北口」から「今津」に出て阪神電鉄をご利用が便利です。

※JR ご利用の場合は「甲子園口駅」にて下車、阪神電鉄バス（阪神鳴尾経由「武庫川団地・鳴尾浜・高須東行き」）にて「武庫川学院前」下車すぐ。

（バスの本数は僅少）

特別講演

14：30～15：20

特別講演会場：L1-403

『居場所機械　–自転車とケータイ–』

講師：藤本憲一（武庫川女子大学生活環境学部情報メディア学科助教授）

司会：瀬口和義（武庫川女子大学生活環境学部生活環境教授）

「居場所機械」--------- 自転車とケータイ

"Territory Machine" -------- Bicycle and Mobile Phone

藤本憲一
武庫川女子大学　生活環境学部　情報メディア学科
Kenich　FUJIMOTO
Dept. of Informatics and Mediology, Mukogawa Women's University

1）軍事→用事→情事

ここでは、通常は交通・移動用の道具である自転車と、情報通信の道具と考えられているモバイル・メディアを、「居場所機械」＝"Territory Machine"という独自の視点と、「パラダイム」「深層意識（無意識）」に対する新解釈から、考察を加えてみたい。それは、「ユビキタス」という流行語で、一面的に捉えられてきたモバイル・メディアのありように異議を唱えるものである。

以下、パラダイム交代の動態を、ポケベル・ケータイを中心としたモバイル・メディアの状況、すなわち世代・性（ジェンダーなど、ユーザー集団ごとにもつ固有異文化の葛藤・競合を通じて、概観してみよう。日本の社会情勢に伴うモバイル・メディアの正確な歴史記述ではないが、ここ百年間の経年変化の主潮流は、以下の通りであろう。とくに、無線移動体通信・情報通信機器というシステム・サービス・モノの交代や変化に矮小化されがちな動態は、複数の異文化（世代・性など）を奉じる「ユーザー集団」間の「パラダイム」交代として把握できる。

まず「軍事」とは、モバイル・メディアの主要ユーザーが、国営・公営の機密事業に携わる「軍人」（それに準じる自衛・警察・防災・医療などの緊急即応セクション関係者含む）である、第1段階の「パラダイム」である。

次に「用事」とは、モバイル・メディアの主要ユーザーが、民間の営利事業（ビジネス）に携わるビジネスマン（経営者および主として外回り営業のセールスマンなど、社外におけるビジネス従事者）である、第2段階の「パラダイム」である。

最後に「情事」とは、モバイル・メディアの主要ユーザーが、プライベートな交際・交遊に携わる趣味・社交人（学生・主婦など性別・職業など社会属性を問わないが、軍事・用事という「公務」からのオフ状態にある「私人」）である、第3段階の「パラダイム」である。

クーンが詳述した物理学理論における「アリストテレス自然学」→「ニュートン力学」→「アインシュタイン相対性理論」という3パラダイム交代劇と同様、当方の考えによれば、軍・用・情という3つのパラダイム間でも、いずれか一つがドミナントである「安定期」と、覇権交代に伴う競合・葛藤・闘争が活発な「臨界期」とが、交互に繰り返す。クーンの科学史事例では、新旧のパラダイム間の競合・葛藤から交代・移行にいたるプロセスが、「客観的」すなわち「ユーザー（集団）」の心理や内面とは独立に、記述される傾向にあった。しかし、モバイル・メディアの新旧パラダイム交代を記述する場合には、「主観的要素」すなわち「ユーザー（集団）」の心理や内面を重視した。

ポケベルは日本でのサービス開始の 1968 年（アメリカでは 1958 年）から、「用事」パラダイムの中で、「安定期」にあった。日米ともに、第二次世界大戦以前、および戦中戦後まで、モバイル・メディアの種類を問わず、無線移動体通信そのものが「軍事」パラダイム内の機密通信であった。各国の戦争実録・小説・映画における使用例

は、枚挙にいとまがない。

1968 年までに「軍事→用事」パラダイム交代の「臨界期」は終了し、「用事」パラダイムの「安定期」に突入していた。

以上、「軍事→用事」の交代劇は別の機会に譲り、当方のフィールドワーク調査中に眼前で起こった「用事→情事」のパラダイム交代事例について述べる。

ポケベルは1968年のサービス開始から90年代初頭までの20年以上、ケータイも1987年の民営化以前は大半が、ドミナントな「用事」パラダイムの中に組み込まれていた。ユーザー側は、かつての「軍事」的使用の痕跡を記憶のうちに留めつつも、主として「用事」のためモバイル・メディアを利用する意識をもっていた。もちろん、ユーザーの自覚するタテマエとは別に、現実には息抜きの会話や社交、遊びの連絡、ときに浮気や不倫も含む情事に利用されたことはいうまでもない。

この当時まで（明治30年代から昭和30年代生まれ）のユーザー（「ポケベル少女革命」以前の現在40歳以上の「いいオトナ」世代）には、「用事」パラダイムをドミナントとしつつも、マイナーな形で「軍事」の痕跡や「情事」の予兆も含め、軍・用・情の3層パラダイムが、意識の中で併存していた。

2）フロイトの超自我→自我→エス（無意識）

パラダイム交代の「歴史」（時系列的な遷移モデル）を、「構造」（同時的空間配置モデル）化して把握するために、有力な手がかりとなるのは、「自我の原史」という時間的流れを「自我の構造」として空間的に再構成したフロイトの精神分析モデルであろう。

「いいオトナ」世代の多層的な意識のありようを、フロイト図式にあてはめてみると、自我全体を統括・検閲する超自我レベルでは「軍事」、自我の意識レベルでは「用事」、情動や夢の無意識レベルは「情事」の各パラダイムが作動していると考えられる。現在でも、このフロイト図式の3層モデルは、現代日本だけでなく、普遍的な＜近代人の自我モデル＞として、全世界における多くの中高年世代モバイル・メディアユーザーの意識構造に、あてはまるだろう。【別紙の図参照】

3）ケータイ遊び（情事）　⊇　居場所機械による生存闘争（緊急＝準軍事）

現代日本の路上では、「ケータイと人」が一体化することで、「テリトリー・マシン」としての強力なプラットフォーム・ユニットを形成している。そこに自転車が装着されることで、ユニットはより強力となる。しかし、かつて自転車に付属していたベルも、荷台も、ランプも、変速装置も不用品として外され、かろうじて前籠だけが残り、純粋に「ケータイと人」ユニットの補助機関と化している。こうして、「ケータイと人」ユニットを中心に、かばんの形態や大きさが変わり、腕時計やウォークマンといった持ち物が変わり、姿勢も行動も、すべてが一つの「パラダイム」の下に、どんどん変わっていく。

かつて野外用の交通機関と無線通信機器は、人と一体化した道具と呼ぶには、サイズが大きすぎ、スピードが速すぎて、間尺が合わなかった。その時代、人は電車の中で本・新聞・傘・ステッキなどを、路上歩行中やオフィスの中ではタバコを、喫茶店ではコーヒーを、公道では車そのものを、「テリトリー・マシン」として活用してきた。それは、洋の東西を問わず、中世において支配階層（武士・騎士）が馬に乗り、剣を携帯することで、「人馬剣一体」となった強力なプラットフォーム・ユニットを形成しつつ、「テリトリー・マシン」として路上の覇権を握ったのと、まったく同じである。

家の中では、杓文字や竈に続いて、家電製品がプラットフォーム・ユニットを形成し、台所や茶の間という「女の居場所（あるいは閉所・ゲットー）」を形成した。これに対し、初期のクルマは、

自動車電話やカーラジオとともにプラットフォーム・ユニットを形成し、オフィスと顧客の中間にビジネス空間という「男の居場所（あるいは閉所・ゲットー）」形成を促した。

その意味で、「テリトリー・マシン化する私とケータイ」と、「ユビキタス化する世界とケータイ」も、互いに異文化でありつつ、同じコインの表裏である。両者は、同じひとつのケータイという物神に宿りつつ互いに葛藤し合う。同じ「第三期パラダイム」に属する諸文化の、両極的な現われといえる。まだ、明瞭な形を見せないが、近いうちに生まれる新しい「第四期パラダイム」の兆候である可能性をも、両者は同等に秘めている。

「テリトリー（私的領域・偏在）化原理」は、個々人が自分だけの嗜好や欲望を満たす、居心地いい時空間を、自分の身体のまわりだけでなく、できるだけ周囲の環境にも広げていきたいという極限的な「拡張」志向をもつ点で、最初から「ユビキタス（公的領域・遍在）化原理」の契機をあらかじめ含んでおり、いわば先取りしている。

逆に、公的領域におけるメディア環境の「ユビキタス化」が進めば進むほど、各個人が、たとえば覇権を奪われた「オヤジ」が今や車内での「ウェーオッホン！」という「形骸化した警咳」だけで武装しているように、「ユビキタス化」の真只中に「ミニマムな不可視の私的領域（声と身体）」を築こうとする極限的な「縮減」志向をもつ点で、「テリトリー化」が両極の極相（クライマックス）に大きく振れる運動をも加速させる。

「ユビキタス化」と「テリトリー化」は、このように相互連関的で可逆的な弁証法的プロセスの両側面である。こうして、ケータイは、時代のプラットフォームとして、「ユビキタス・マシン」としての特性をもてばもつほど、しだいに「テリトリー・マシン」としての本領をも発揮し始めた。

「第二期パラダイム」においては、普遍的でグローバルな文明化を背景にしたビジネス強者「オヤジ」たちが、自動車やパソコン、ビジネス用ポケベルといったテクノロジーを「ユビキタス・マシン」として活用することで、ビジネス弱者たちを圧倒していった。

しかし、そうした強者のＩＴ機器が、年齢性別の壁を越えて、あまねく普及すればするほど、それだけ一層、閉所に追い込まれていった弱者たち（主婦・子ども・高齢者を含む）は、自分の身を最低限守るだけの「結界（精神的テリトリー）」を築かねばならないという、生存の必要に衝き動かされていったのだ。

第二期と第三期のあいだの「パラダイム転換期」において、それまで相互に孤立無援で無防備な存在だった「コギャル」たちは、圧倒的なビジネス領域の拡大による囲い込み傾向に対する無意識的な反抗として、やむなく「女学生らしい生真面目さ」「処女らしい大人しさ」の殻から脱却をはかった。すなわち、ビジネス強者たる「オヤジ」のもつ暴力的な武器であるポケベルを、自分たちの側に奪い取り、独自の「モバイル・メディア・リテラシー」を共有することで、無意識のうちに連帯を実現した。あたかも「電脳ムスメヤド」のような強固な同性同世代のネットワークを主体的に確立した上で、「モダン・バーバリアン（現代的な蛮族）」のように、路上に仁王立ちとなって、黄色い金切声のユニゾンで「かわいい～！」と雄叫びを挙げたのだ。

おそらく未来においても、相対立する二大原理、すなわち、文明 vs 野蛮、主体（ホスト）vs 客体（ゲスト）、主人 vs 奴隷、強者 vs 弱者、「テリトリー原理」vs「ユビキタス原理」は、弁証法的なプロセスの中でうねりながら、揺れ動きつつ、往復運動を続けることだろう。

【関連する自著文献（刊行順）】

●藤本憲一　1996　「入電と出女――女性・家・機械・情報化」『速度の発見と20世紀の生活／20世紀のメディア②』（奥野卓司編）ジャストシステム

●藤本憲一　1997　『ポケベル少女革命――メディア・フォークロア序説』エトレ

●藤本憲一　1997　「災害時における情報発信＜主体＞の確立のために」『生活情報論／講座生活学８』（林雄二郎ほか編）光生館

●藤本憲一　1999　「携帯電話とイエ空間の親密性について――認知地図調査法による個電の距離学的研究」『ファッション環境』(8-3) ファッション環境学会

●Fujimoto, Kenichi　2000 : Syntony, Distony, Virtual Sisterhood and Multiplyng Anonymous Personalities : Invisible Pseudo-Kinship Structure through Mobile Media Terminal's Literacy ". in Information and Communication (Senri Ethnological Studies 52) (ed. Umesao T., Kelly W.and Kubo M.) : National Museum of Ethnology

●Fujimoto, Kenichi　2002 : Will Mobile Media Terminals replace Traditional Pleasures in the Information Society ? " in The Senses, Pleasure and Health. (ed. Warburton D., Sweeney E.) , Associates for Research into the Science of Enjoyment : University of Reading

●藤本憲一　2002　「黄声濁声…　"キャ～"と"ダミ"をめぐるケータイ空間／文学論」『脱文学と超文学／21世紀文学の創造④』（斎藤美奈子編）岩波書店

●藤本憲一　2002　「ケータイの流行学」『ケータイ学入門』（岡田朋之・松田美佐編）有斐閣

●藤本憲一　2003　「寝室に渦巻く、"かわいい"ケータイ空間――『ルーパラ』における平成版"着所寝"」『ねむり衣の文化誌』（睡眠文化研究所＋吉田集而編）冬青社

●藤本憲一（編）　2003　『テリトリー・マシン』現代風俗研究会（発売：河出書房新社）2003

●藤本憲一　2005　「紙上講義コンビニ学１・２・３」『朝日新聞（関西版朝刊）』8月22日・29日・9月5日
（http://www.asahi.com/kansai/wakuwaku/class0831-2.html）

●藤本憲一　2005　やましさのイデオロギー　ケータイ研究の最前線（新記号論叢書セミオトポス２）　日本記号学会（編）　慶應義塾大学出版会

●Fujimoto, Kenichi　2005,2006 : The Third Period Paradigm――Territory Machine From Girls' Pager Revolution to Mobile Aesthetics. in Private, Portable, Pedestrian. (ed. M.Ito et alt.) : The MIT Press

●藤本憲一　2006　「反ユビキタス的『テリトリー・マシン』」　『ケータイのある風景』　松田美佐・岡部大介・伊藤瑞子（編）　北大路書房

A会場
一般セッション

会場：L1-801（L1号館8F）

13：00～14：12　　ユーザビリティ

15：30～16：24　　操作

16：30～17：42　　操作・作業

製品とユーザのやり取り（インタラクション）に着目した製品評価手法の考察

Consideration on Product Evaluation Method based on Interaction

○小林祐毅*，加藤善裕*，西田善彦*，水野喜信*，吉田光一*，吉田真由子**，山岡俊樹**
*和歌山大学大学院　システム工学研究科　**和歌山大学　システム工学部
KOBAYASHI Yuki*, KATO Yoshihiro*, NISHIDA Yoshihiko*, MIZUNO Yoshinobu*,
YOSHIDA Koichi*, YOSHIDA Mayuko**, YAMAOKA Toshiki**
* Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University,
**Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1　背景

従来のヒューマンコンピュータインタラクションの研究は，ユーザと使用対象（製品，システムなど）の橋渡しを効果的にすることを目的とし，人間工学的検討による改善が中心であった．

しかし，Hedonomics[1)]，Pleasure[2)]といった研究や考え方では，「人間工学的検討に集中しすぎると心理的要素を除外してしまう」と論述され，ユーザの心理的欲求を満たすことの重要性を説いている．

Hedonomics，Pleasure では，機能面，ユーザビリティを踏まえたうえで，「喜び」や「楽しみ」といった心理的要素を考慮することでユーザの要求を満たすことができるとし，従来の人間工学にこれらの心理的要素を付加して，Hedonomics，Pleasure のモデル提案を行っている．

したがって，人間工学的検討は重要であるが，インタラクションの良し悪しを最終的に決める要素は，ユーザの心理的な側面にあり，インタラクションが生じたことにより，どのように感じるかといった「ユーザが受ける心理的影響」に着目した検討も必要となってくる．

2　目的

本研究での「インタラクションに着目した製品評価」は，従来の人間工学的検討では行われていない心理的欲求を満たすための感性的な方面からの製品評価を目指す．

評価手法構築のための土台作りとして，「ユーザが受ける心理的影響」の面からどのようなインタラクションが存在するかについての調査を行う．その結果を利用し，製品評価手法の構築へとつなげる．

3　インタラクションの定義

インタラクションの一般的な意味は相互作用であるが，製品開発において，人と機械のやり取りとして定義されている．

本研究において我々は，インタラクションの重要な部分は「最終的にユーザがどう感じるか」としている．

そこで，シャクターの情動の認知-覚醒モデル[3)]を応用し，一般的に述べられているインタラクションの考え方と併せ，ユーザが抱く感情を含めたインタラクションの最小要素として以下のモデルを定義した（図1）．

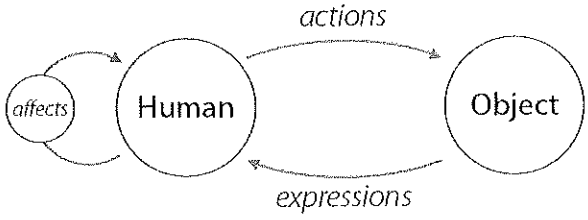


図1　インタラクションのモデル

各要素の定義は以下のとおりである．

- Human　：製品を使用するユーザ
- Object　：ユーザに操作される製品
- action　：ユーザが製品に対して行う行為
- expression：製品がユーザに与える表現
- affect　：expression により最終的にユーザが受ける心理的影響

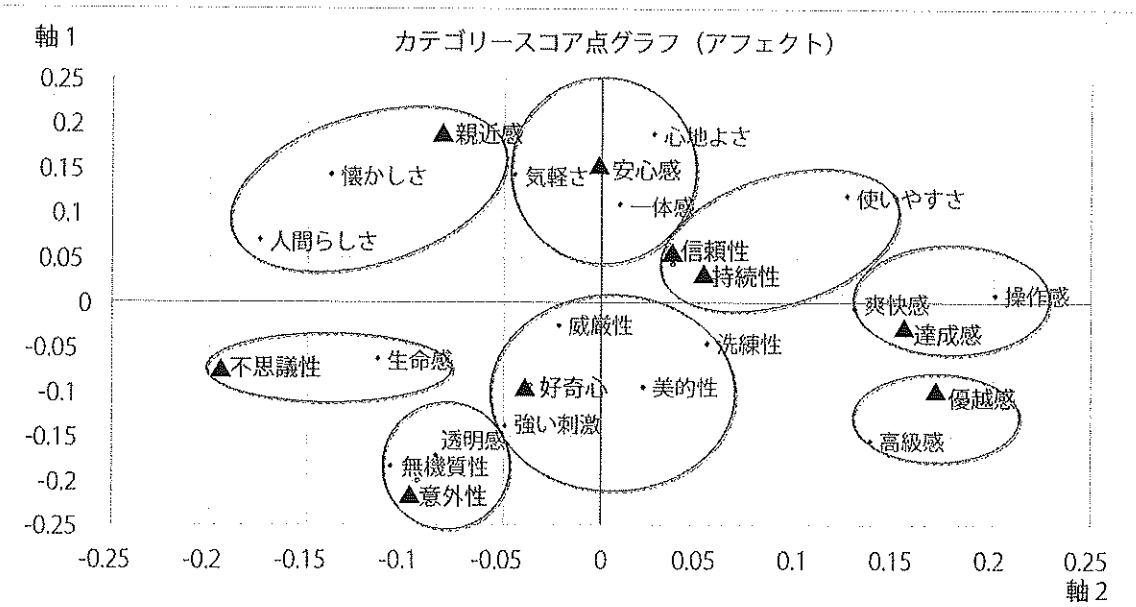


図2　コレスポンデンス分析，クラスター分析の図式化（▲は高次アフェクト）

4　アフェクトの調査

インタラクションから生じるアフェクト（ユーザが受ける心理的影響）にはどのようなものが存在するか，インタラクションはどのような種類に分類されるかを把握するため，以下の流れで調査を行った．

i．インタラクションの事例収集・アフェクト抽出

ii．アフェクト同士の関係を調査

iii．インタラクションの分類

4.1　インタラクションの事例収集・アフェクト抽出

アフェクト抽出のため家電，操作画面，エンターテイメント性を考慮した製品など幅広い分野よりインタラクションを 163 事例集め，事例を参照しながらブレーンストーミングによりどのようなアフェクトが感じられるかを抽出（約 300 種類）し，KJ 法により 25 種類にまとめた．

表1　抽出されたアフェクト

高次アフェクト（9種類）		低次アフェクト（16種類）	
達成感	不思議性	生命感	洗練された
優越感	持続性	威厳	懐かしさ
安心感	信頼性	透明感	心地よさ
親近感	意外性	高級感	爽快感
好奇心		美しさ	使いやすさ
		強い刺激	気軽さ
		操作感	人間らしさ
		一体感	無機的

さらに，25 種類のアフェクトを抽象度のレベルにおいて「低次アフェクト（16 種類）」，「高次アフェクト（9 種類）」に分類した（表 1）．「低次アフェクト」は具体的イメージが得られるため抽象度が低く，「高次アフェクト」は 2 種類以上の「低次アフェクト」の組み合わせより成るため具体的イメージが得られにくく，抽象度が高くなる．

4.2　アフェクトの関係性調査

「低次アフェクト」と「高次アフェクト」同士の関係を把握するため，アンケート調査を行った．

・対象：学生 24 名

・項目：「高次（9 種）」⇔「低次（14 種）」項目間
　　1 つの高次アフェクトに対して全ての低次アフェクトを比較した（144 項目）

・質問形態：「強く印象に残ると親近感（高次）を感じる」（図 3）

・評価尺度：「そう思う」⇔「そう思わない」
　　（4 段階尺度による評価）

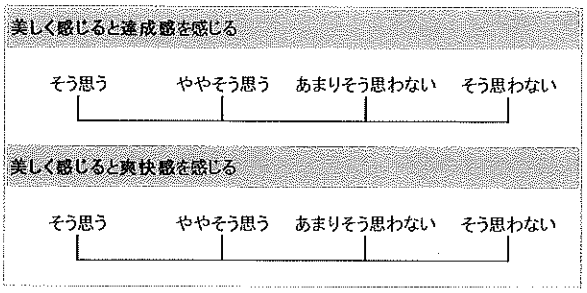


図3　質問形態の一部

結果を基にコレスポンデンス分析とクラスター分析を用いてアフェクトの分類を行った．前頁上図（図2）は，その結果を図式化したものである．

4.3　インタラクションの分類

本手法では利用の際，インタラクション分類が必要となる．アフェクトの抽出・関係性を求めた結果（図2，表1）を基に家電，操作画面，エンターテイメント性を考慮した製品など幅広い分野よりインタラクションのサンプルを集め（125サンプル），アフェクトに基づきインタラクションの分類を行った（図4）．

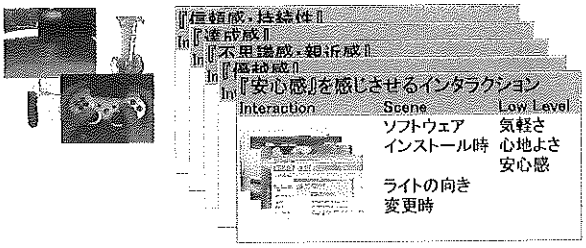


図4　インタラクションサンプルの分類

5　評価手法の構築

本研究では，インタラクションに基づいた製品評価手法の構築を行った．

5.1　手法の目的

本手法は，「製品の特性・特徴を把握，重要なインタラクションの理解，問題点・要求事項の抽出」を目的とする．また，「デザイナー，評価者，企画者」といった製品開発に関わる人を対象ユーザと考えている．

5.2　アルゴリズム

手法のアルゴリズムは以下のとおりである．

i．製品使用時のインタラクションを把握（4.2.1）
ii．インタラクションの評価（4.2.2）
iii．Comfort[4]に関わるアフェクトの把握（4.2.3）
iv．問題点・要求事項の抽出（4.2.4）

5.2.1　製品使用時のインタラクションを把握

ステップiでは製品を使用した際，どのようなインタラクションが現れるかを把握する．インタラクションの内容を，使用状況・タスク・反応に分けて把握し，製品分類（4.3節）を利用し，インタラクションの種類を把握する（表2）．

表2　評価対象製品のインタラクション抽出

	インタラクションの内容			インタラクションの種類
	使用状況	タスク	反応	
1	体育祭	撮影	「カシャッ」という音	安心感を与える
2	⋮	⋮	⋮	⋮
3	⋮	⋮	⋮	⋮
4	⋮	⋮	⋮	⋮
5				

5.2.2　インタラクションの評価

ステップiiではiで抽出されたインタラクションに対し，ユーザは適切なアフェクトが得られるかを調査するため，インタラクションの良し悪しをComfortの観点から評価する．

Comfort[4]について

製品を使って作業を行っている間（または直後），ユーザによって経験される心地よさと定義されており，3レベルのComfortを定義している．

Comfort　　：期待以上の心地よさを体験
No Discomfort：混乱がない，気づかない
Discomfort　　：混乱を感じる

本研究では，インタラクションの最終的な評価として利用する．

評価の流れとして，得られたインタラクションそれぞれに対し，どのようなアフェクトが生じるかをチェックする．また，Comfort（インタラクションの最終的な評価）についても評価を行う（表3）．Comfortのレベル分けは，先ほどの考え方を利用した．

A. Comfort　　：期待以上の心理的要素が向上
B. No Discomfort：混乱しない・混乱を感じない
C. Discomfort　　：混乱を生じる

表3　インタラクションの評価

	親近感		達成感		【Comfort】評価		
	懐かしさ	人間らしさ	爽快感	…	A	B	C
1	1	0	0	…	0	0	1
2	1	1	0	…	0	1	0
3	0	0	1	…	1	0	0
4	0	1	0	…	0	0	1
5							

5.2.3 Comfortに関わるアフェクトの把握

ステップⅲでは製品の使用において重要となってくるアフェクトの把握を行う.

インタラクションを評価した結果を使用し, Comfort を目的変数, アフェクト（親近感, 達成感…）を説明変数とし, 数量化理論Ⅰ類を行う. その結果, Comfort に対するアフェクトの影響度が算出され, 影響度を利用して式の作成を行う.
例えば,

Comfort(N) = 1.5 * 懐かしさ + 0.7 * 爽快感
N = ○○製のデジタルカメラ

といった式が得られる. これを Comfort 式と定義する.「懐かしさ」,「爽快感」の係数がそれぞれの影響度にあたり, この場合,「懐かしさ」が Comfort に最も影響を与えているアフェクトであることが理解できる.

5.2.4 問題点・要求事項の抽出

結果式との比較により, 改善が必要となるインタラクションを特定, 問題点・要求事項を抽出する.

得られた式,「Comfort(N) = 1.5 * 懐かしさ + 0.7 * 爽快感」とステップⅱで得られた調査結果を比較する. 重要なアフェクトにチェックがあり, かつ, Comfort の評価が低い（C にチェックがある）インタラクションが改善すべきインタラクションであると特定できる.

今回の例では,「懐かしさ」のアフェクト, かつ, Comfort 評価の「C」にチェックがされている1行目のインタラクションに問題があると特定できる.

特定できたインタラクションをステップⅰでの評価にてその詳細を確認することで, 問題点・要求事項の抽出へとつなげることができる.

6 まとめ

本研究は, 従来の人間工学的検討では行われていない心理的欲求を満たすための感性的な方面からの評価を目指し, インタラクションに基づいた製品評価手法を提案した.

手法構築のため, インタラクションが生じることによりユーザが受ける心理的影響（アフェクト）に着目し, アフェクトの抽出を行った. 抽出の際,「高次アフェクト」,「低次アフェクト」の存在を確認, その関係性の調査を行った.

結果を基に, インタラクションの分類を行い, 手法の構築を行った.

今回は, アフェクトのみに着目し, インタラクションの分類を行ったが, インタラクションに関わる要素はアフェクトに限らず, その利用シーンなども関わってくるのではないかと考えられる. したがって, 分類するうえで必要な要素を割り出し, 分類の再構築を行うことで, より的確な評価が可能になると考えられる.

評価手法は, 今後検証を行うことにより, 使用している統計手法の妥当性, 評価手法そのものの妥当性を把握する必要がある.

参考文献

1) Peter A. Hancok, Aaron A. Pepe & Lauren L. Murphy: Hedonomics -The Power of Positive and Pleasurable ergonomics-, Ergonomics In Design -The Magazine of Human Factors Applications-, vol. 13, No.1, pp.8-14 (2005).
2) Patrick W. Jordan: Pleasure with products -The new human factors-, User Interface Design for Electronic Appliances, pp.303-328 (2000).
3) 堀哲郎: 脳と情動-情報のメカニズム, pp161-164, 共立出版 (1991).
4) P. Vink, M.P. de Looze & L.F.M. kuijt-Evers: Theory of Comfort, Comfort and Design: principles and good practice, pp13-19, CRC Press (2005).

日記法を活用したユーザビリティ評価手法の提案

A proposal on usability evaluation method used the diary method

○濱谷幸代*，山岡俊樹**

*和歌山大学大学院　システム工学研究科　**和歌山大学　システム工学部

HAMATANI Yukiyo*, YAMAOKA Toshiki**

*Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University,

**Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1　はじめに

1.1　背景・目的

ユーザビリティ評価において，ユーザテストは有効だといわれている[1]．しかし，実験室実験のようなユーザテストでは，実際の使用環境は把握しづらい．一方，要求分析手法として用いられるフィールドサーベイなどは，使用環境を把握できるというメリットはあるが，分析に時間がかかるなどのデメリットがある．また，得られるデータが質的で定性的であり，定量的な処理に向かないという面があるため，他人を説得する材料としては困難なこともある[1]．

そこで本研究では，使用環境を把握でき，データが容易に収集できる手法として「日記法」に着目，活用したユーザビリティ評価手法の提案を目指す．また，体系的にデータを捉えるため商品チェックリスト[2]とアソシエーションルールを用いて分析を行う．本研究での「使用環境」とは，「実際の環境下での使用状況」「実験によるバイアスが極力ない使用状況」と定義する．

1.2　日記法について

日記法とは，被験者に日記をつけてもらいそれを分析する，心理学研究などにおいて用いられているデータ収集方法の一つである[3]．特徴として，面と向かって行うインタビューでは得にくいような，個人的な情報を楽に得られる，という点がある．日記形式には，構造化されているものや自由記入などの種類がある．実験者は被験者に，「何についての日記を書くのか（研究の焦点）」を教示する必要がある．本研究では「ユーザビリティ評価」が焦点であることから，「使用した製品」（対象製品）」についての日記を書いてもらうこととする．

また，被験者自身に日記をつけてもらうことで詳細なデータを取得できない可能性が考えられるが，本研究では，「使用環境を把握できるデータを容易に収集すること」「体系的に分析できること」に重点を置く．

2　調査

提案する手法を，「データ収集方法」と「データ分析方法」に分けて考える．まず，「データ収集方法」としてどのような日記形式がよいのかを検討するために予備実験を行った．

2.1　データ収集方法の検討１

[目的]

はじめに，構造化されていない自由記入形式をデータ収集に用いた場合，どのような問題点があるかを探索する．

[日記形式]

自由記入形式

[被験者]

１名（男性，26歳，学生）

[対象機器]

ＨＤビデオカメラ

[実験手順（実験室実験）]

１．実験説明

被験者に製品評価実験であることを説明，製品を渡し，課題を教示した．

課題

「初期状態から撮影できる状態にしてください」

２．製品操作

被験者に製品（ＨＤビデオカメラ）を操作させる．

３．日記記入

[日記形式]に沿って，Microsoft Word を用いて被験者が直接 PC で日記を書く．

[考察]

実験後インタビューを行った結果，自由記入形式において被験者は，何をどのように書いていいのかとまどってしまうという問題点が得られた．日記を書く手がかりが必要であり，構造化された日記形式が有用であると考えられた．

2.2　データ収集方法の検討２

予備実験１の結果を踏まえ，日記記入の手がかりとしてのフォーマットを作成した．

[目的]

作成したフォーマットを用いた場合，どのように書いていいのかがわかりやすいかを確認する．

[日記形式]

Ⅰ）使用した目的・理由，製品を使用した手順（タスク）を書き出す

Ⅱ）Ⅰ）を参考に自由記入形式に日記を書く

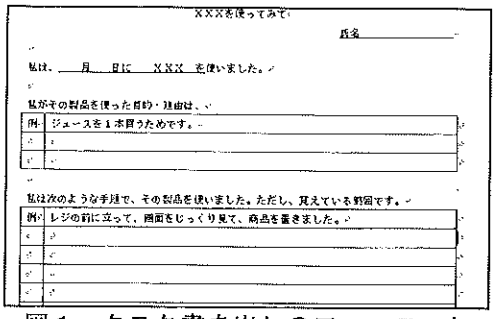


図１：タスク書き出しのフォーマット

[被験者]

３名（男性１名女性２名，平均年齢 23 歳，学生）

[対象機器]

ＨＤビデオカメラ・セルフレジ・ＡＴＭ

[実験手順]

１．実験説明，

被験者に製品評価実験であることを説明，課題を教示した．ＨＤビデオカメラは被験者に渡した．

課題

「一週間で対象製品を一回以上使用してください」

２．製品操作

被験者に一週間で一回以上製品を使用させる

３．日記記入

[日記形式]に沿って，Microsoft Word を用いて被験者が直接 PC で日記を書く．

[考察]

実験後インタビューを行った結果，最初にタスクを書き出すことが日記を書く手がかりとなり，書きやすくなったが，再度自由記入形式で書くのは二度手間である，という問題点が得られた．

2.3　調査のまとめ

２つの予備実験の結果から，「データ収集方法」としての日記形式は，「タスク分析」[4]を応用した「タスク書き出し，各感想を書く」という記入形式を採用した．

３　データ収集ツールの制作

3.1　データ収集ツールの制作

予備実験１，２の結果と，日記の記入のしやすさ，得られたデータの再利用性を考え，ウェブ上で入力，データベース管理できるデータ収集ツールを制作した．

3.2　データ収集ツールの記入手順

１．「使用した製品」の選択，「ユーザ名」「使用した目的」「日記タイトル」「タスク」の記入

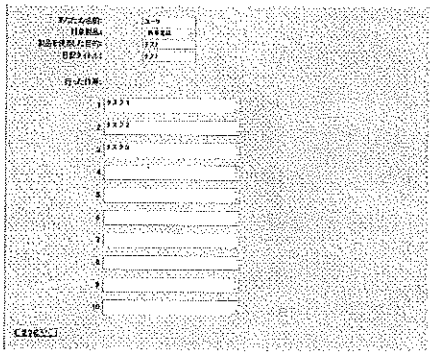


図２：「製品，ユーザ名，目的，タスク」記入画面

２．「各タスクに対する感想」「各タスクに対する満足度」の記入

評価凡例

満足・やや満足・普通・やや不満・不満

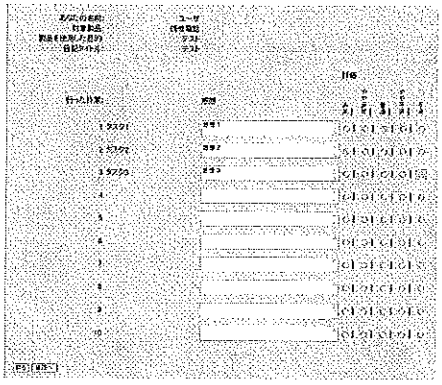


図３：「感想，満足度」記入画面

３．内容確認・日記閲覧

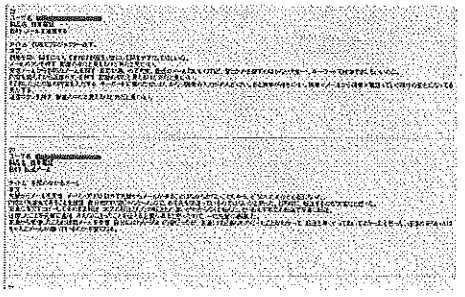


図４：日記閲覧画面

4　実験

4.1　実験方法

制作したデータ収集ツールを用いて実験を行った．また，得られたデータを，商品チェックリストとアソシエーションルールを用いて分析した．

［目的］

提案手法（ツールを用いたデータ収集方法とデータ分析方法）の有用性の検討

以下の２点を検討する．

・使用環境が把握できるデータが容易に得られるか

・得られたデータから，使用環境を体系的に捉えることができるか

［被験者］

10名（男性５名女性５名，平均年齢23.3歳，学生）

［対象機器］

携帯電話（被験者各自のものとする）

［実験手順］

1．実験説明

被験者に製品評価実験であることを説明，課題を教示した．

課題

「一日で対象製品を一回以上使用してください」

2．製品操作

被験者に一日で一回以上製品を使用させる

3．日記記入

ツールに沿って，ウェブ上で被験者が直接PCで日記を書く．

4．得られたデータに対し，実験者がチェックリストの該当する項目にチェックをつける

使用した商品チェックリストを以下に示す．

・有用性：機能面，性能面，頑強性，安全性

・便利性：HMI（Human Machine Interface）の５側面；身体的側面，頭脳的側面，時間的側面，環境的側面，運用的側面

・魅力性：デザイン，所有あるいは使用する楽しさ

表１：チェックリストから得られたデータ例

		有用性				便利性（HMI５側面）					魅力性	
タスク	感想	機能面	性能面	頑強面	安全面	身体的	頭脳的	時間的	環境的	運用的	デザイン	所有する
タスク１	感想１	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
タスク２	感想２	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0

タスクと感想のテキストデータ（表２）から，それぞれ内容がどの項目に該当するか，チェックリストの定義に基づき該当する項目すべてにチェックを入れる．

例えば，「（タスク）携帯を開く」「（感想）開きにくい」であれば，「身体的側面」に該当する．

日記記入時間は指定せず記入させた．一人当たりの日記記入時間は約10～20分であった．

4.2　分析方法

チェックリストを用いて得られたデータに対し，アソシエーションルールを用いて分析した．

アソシエーションルールとは，連関（連想）規則ともいわれ，どのフィールド（＝変数）が一緒に起こりやすいかを記述するルールのことである[5]．つまり，前提条件⇒結果のルールを探索する方法である．アソシエーションルールは一般に，「範囲」と「精度（確信度）」と呼ばれる２つの基準によって評価される．

範囲：該当するデータの割合

精度（確信度）：前提条件が起こった場合，結論が起こる程度の割合

本実験では，前提条件に「チェックリストの各項目」，結果に「満足度」を設定した．これにより，各満足度に影響するチェックリスト項目や項目の組み合わせは何かを探索する．

表２：得られた日記データ例

目的	日記タイトル	タスク	感想
メールを返信する	代理でプロジェクター返す。	携帯を開く	開きにくい。できれば側面をV型にして開きやすくしてほしいな。
		メールボタンを押す	部屋の中だと見えるけど外だと見にくい。
		受信メールから目的のメールを探す	反応が遅いので大変。最近のメールばいいけれど、昔とかのを探すのはかなり大変…。キーワードで検索できたらいいのに。
		内容を読んでから返信ボタンを押す	部屋の中だと見えるけど外だと見にくい。
		「了解した」との旨の内容を入力する	キーボードに慣れたせいか、かなり携帯の入力がめんどくさい。あと携帯が持ちにくい。携帯＝メールから携帯＝電話っていう操作の変化になってる気がする。
		送信ボタンを押す	部屋の中だと見えるけど外だと見にくい。
転送メール	手間のかかるメール	先輩からメールを受信	メーリングリスト以外で先輩からメールが来ることはなかなかないことだから、どうかしたのかと心配になった。
		内容が友達宛であることを確認	自分宛の内容じゃなかったので、あて先を間違っているのではないかと思った。と同時に、転送するのが大変だと思った。

4.3 分析結果

アソシエーションルールによって得られたルールのうち，確信度が50%以上のルールを以下に示す．

表３：アソシエーションルールの結果

結果	前提条件	範囲%	確信度%
満足	運用的 and 所有する楽しさ	5.36	100.00
満足	運用的	12.50	57.14
満足	時間的	16.07	55.56
満足	時間的 and 機能面	16.07	55.56
満足	時間的 and 頭脳的	16.07	55.56
満足	時間的 and 機能面 and 頭脳的	16.07	55.56
満足	運用的 and 頭脳的	7.14	50.00
普通	環境的	8.93	60.00
普通	環境的 and 頭脳的	8.93	60.00
不満	性能面	10.71	100.00
不満	性能面 and 頭脳的	8.93	100.00
不満	身体的 and 機能面	8.93	100.00
不満	性能面 and 機能面	7.14	100.00
不満	所有する楽しさ and 機能面	7.14	100.00
不満	身体的 and 所有する楽しさ	5.36	100.00
不満	身体的 and 頭脳的	5.36	100.00
不満	性能面 and 機能面 and 頭脳的	5.36	100.00
不満	身体的 and 所有する楽しさ and 機能面	5.36	100.00
不満	身体的	12.50	85.71
不満	所有する楽しさ and 頭脳的	7.14	75.00
不満	機能面	62.50	54.29
不満	運用的 and 頭脳的	7.14	50.00

分析で得られたルールに対し，テキストデータ（日記）を踏まえて，「満足」と「不満」の結果の解釈を行った．

「満足」するという結果に影響する項目は，「運用的側面」「所有・使用する楽しさ」「時間的側面」「機能面」「頭脳的側面」である．特に「運用的側面」と「所有・使用する楽しさ」の両方を満たした場合，「満足」する確率が非常に高い．テキストデータ例として，「携帯サイトにアクセス．周りの考えを見るのが楽しい．」「携帯サイトのアンケートに投稿．面白い内容だった．」があげられる．また，「運用的側面」と「時間的側面」は一項目でも満たした場合，「満足」する確率が高い．

「不満」に感じるという結果に大きく影響する項目は，「性能面」「頭脳的側面」「身体的側面」「機能面」「所有・使用する楽しさ」「運用的側面」である．特に，「性能面」と「頭脳的側面」，「身体的側面」と「機能面」，「性能面」と「機能面」，「性能面」と「機能面」と「頭脳的側面」など複数の項目を満たす場合，「不満」に感じる確率が非常に高い．テキストデータ例として，「受信メールから目的のメールを探す．反応が遅いので大変．最近のメールはいいけれど，昔のとかを探すのはかなり大変．…」があげられる．

5 考察

特に「運用的側面」や「所有・使用する楽しさ」の項目は，実験室実験では得にくいデータであり，使用環境を把握できるデータが得られたと考えられる．また，一人当たりの日記記入時間は10～20分であり，比較的短時間でデータを収集することができた．

分析方法においては，チェックリストとアソシエーションルールを用いることで，項目間の組み合わせやその確信度など，結果を体系的に捉えられたと考えられる．

6 まとめ

日記法とタスク分析を活用することで，使用環境を把握できるデータを容易に収集することができた．また，商品チェックリストを用いて，アソシエーションルールを行うことで，データを体系的に捉えることができた．

今後はさらに直接観察などの手法と比較実験を行い，本手法の有効性を確認する．

参考文献

1) 黒須正明・伊東昌子・時津倫子／著: ユーザ工学入門—使い勝手を考える・ISO13407への具体的アプローチ—，共立出版(2001).
2) 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)
3) C．ウィリドッグ／原著,上淵寿・大家まゆみ・小松孝至／訳: 心理学のための質的研究入門,培風館(2003).
4) 山岡俊樹／編: 人間工学講義，武蔵野美術大学出版局（2002).
5) 牛田一雄・高井勉・木暮大輔: SPSSクレメンタインによるデー玉イニング，東京図書(2003)

電卓使用時の高齢者のメンタルモデル構築過程の把握

Grasp of senior people's mental model construction process when calculator is used

○林昌俊*，森亮太**，吉岡英俊**，山岡俊樹*
*和歌山大学　システム工学部　**和歌山大学　システム工学研究科
RIN Masatoshi *, MORI Ryouta **, YOSHIOKA Hidetoshi ** YAMAOKA Toshiki *
*Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, **Graduate School of Systems Engineering

1．背景と目的

高齢者は若年者に比べメンタルモデルを構築しにくいと言われているが、製品やシステムを使用する場合は、メンタルモデルを新しく構築しなければならない．従って、どのようにメンタルモデルが構築されるのかを調べる必要がある．

本研究は、新製品使用時に構築されるメンタルモデルの構築過程を明らかにし、モデルを作成することを目的とする．メンタルモデルとはデザイン対象機器に対する対象ユーザの操作イメージと定義する[1]．

2．実験

2.1 対象製品

電卓のメモリ機能は、高齢者の使用経験が少ないと思われるので電卓を使用した．実験では電卓のメモリのボタンを被験者に使用してもらった．メモリとは計算した値を保存することができる機能のことである．

2.2 電卓の使用ボタン

実験では６つのボタンを使用した．６つのうちメモリに関するボタンは４つである．ボタンの表示と機能を以下に示す．

[M+] メモリに値を加算
[M-] メモリから値を減算
[MR] メモリの値を表示する
[MC] メモリの値を「0」にする
[AC] 現在計算している値をクリア（メモリの値は保存されたまま）
[GT] 「＝」キーを押して出した計算結果をすべて加算して表示

2.3 実験の流れ

まず、メモリの機能を被験者に説明し、理解してもらう．続いて、６つのボタンの機能を教示し、記憶してもらう．実験を止めたいときはすぐに止めることができると伝えておく．

① 課題を実行する前にボタンの機能を声に出して言わせ、ボタンの機能を記憶できているかを記録する．
② 課題を書いた紙を見せ、電卓で作業させて文章どおりにボタンを押せているかを記録する．この時点ではメモリの値を表示させない．
③ ②と同じ紙を見せて最終的なメモリの値を手計算で求めさせ、メモリの動きを理解できているかを記録する．

①～③の手順を５回繰り返す．

2.4 課題

課題は使用ボタン数、ボタンの機能を組み合わせで課題 1～課題 5 の順で徐々に難易度が上がるように作成した．

５つの課題を以下に示す．

課題１

「8×3」の結果をメモリに加え、メモリの内容を表示してください．「5＋7」の結果をメモリに加えてください．

課題２

「30 - 13」の結果をメモリから引き、「11×5」の結果をメモリに加えてください．メモリの内容を表示し、メモリの値を「0」にしてください．「32＋7」の結果をメモリに加え、「6×4」の結果をメモリから引いてください．

課題３

「10×4」の結果をメモリに加え、「2÷42」の結果

をメモリから引いてください．メモリに入っている値を「0」にしてください．「17×2」の結果をメモリから引き、「21−5」の結果をメモリに加えてください．「6×5」の結果を表示し、その値を消してください「5+6」の結果をメモリに加えてください．

課題4

「2×(-7)」と「17+19」の結果をメモリに加え、メモリの内容を表示してください．「13—5」の結果をメモリから引き、メモリの内容を表示してください．メモリの値を2で割り、その結果をメモリに加えてください．「26÷13」の結果を表示し、その値を消してください．「(-2)×2」の結果をメモリから引いてください．

課題5

「30÷3」の結果をメモリから引き、「19+6」の結果をメモリに加えてください．「52÷13」の結果を表示し、その値を消してください．「=」で計算した合計をメモリに加えてください．「(-7)×3」の結果を表示してメモリに加え、メモリの内容を表示してください．メモリの値を3で割り、メモリから引いてください．

2.5 被験者

被験者の人数は28名（男性17名、女性11名)、年齢は65歳〜86歳（平均：70.6、標準偏差：4.99)、電卓のメモリ使用経験がある被験者は2名、経験なしの被験者は26名である．

3．結果

実験の流れの①で得られたデータから忘却率、②で得られたデータからボタンの正答率、③で得られたデータからメモリ計算の正答人数を出した．そして、比較と統計にかけるために5段階の数値データに置き換えた．

忘却率を元に、全てのボタンの記憶できなかったボタンの割合で表し、それを基準にレベル分けを行った．0%〜60%は忘却パターンの似ていることを基準にレベル分けをしている．そして、残りの60%〜100%の人をレベル1とした．このレベルを記憶レベルとする．結果を表1に示す．

操作のデータを元に、文章どおりボタンを押せているかの正答率をパーセンテージでだしてレベル分けを行った．まず、正答率1/2の50%以下の人をレベル1とし、50%〜100%は全平均の80%を基準に2分割ずつしている．このレベルを操作レベルとする．結果を表2に示す．

課題の番号が大きくなるほど難易度も上がっているので、各課題のメモリ計算ができているかを基準にレベル分けを行った．このレベルをメンタルモデル構築レベルとする．結果を表3に示す．

表1　記憶レベルと度数分布

レベル	Lv. 1	Lv. 2	Lv. 3	Lv. 4	Lv. 5
忘却率	100%〜60%	60%〜40%	40%〜30%	30%〜10%	10%〜0%
人数	5人	5人	6人	7人	5人

表2　操作レベルと度数分布

レベル	Lv. 1	Lv. 2	Lv. 3	Lv. 4	Lv. 5
ボタン正答率	0%〜50%	50%〜65%	65%〜80%	80%〜90%	90%〜100%
人数	4人	3人	7人	7人	7人

表3　メンタルモデル構築レベルと度数分布

レベル	Lv. 1	Lv. 2	Lv. 3	Lv. 4	Lv. 5
メモリ計算	課題1	課題2	課題3	課題4	課題5
達成人数	28人	15人	12人	9人	4人

被験者はメモリの基本機能であるメモリへの加算、減算、メモリのクリアの機能を課題3で使用しており、課題3のメモリ手計算ができていればメンタルモデル構築ができているものとする．28人中メンタルモデルが構築されたといえる被験者は12人であった．課題5まで実行できた被験者は28人中12人であった．

記憶、操作、メンタルモデル構築に相関があるのかを調べ、偏相関係数も調べた．結果を以下に示す．

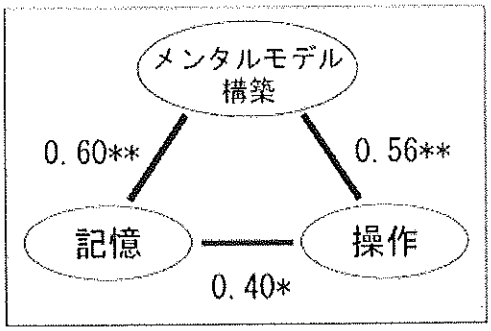


図1　単相関係数

表4　単相関係数

	記憶	操作	メンタル
記憶	1	0. 40*	0. 60**
操作		1	0. 56**
メンタル			1

*5%水準で有意、**1%水準で有意

表5　偏相関係数

	記憶	操作	メンタル
記憶	1	0. 09	0. 49**
操作		1	0. 44*
メンタル			1

*5%水準で有意、**1%水準で有意

記憶、操作はともにメンタルモデル構築とやや強い相関があり、メンタルモデル構築に影響を及ぼす要因である．しかし、記憶レベルと操作レベルは偏相関係数を見ると0.09であり、擬似相関であることがわかる．

4．考察

得られたデータを元にユーザを類型化すると以下のようになる．

① 記憶レベル・操作レベル・メンタルモデル構築レベルの全てが低い．(4人)

② 記憶レベルが中程度で、操作レベル・メンタルモデル構築レベルが低い．(3人)

③ 記憶レベル・メンタルモデル構築レベルが低く、操作レベルが中程度．(4人)

④ 記憶レベルが高く、操作レベル・メンタルモデル構築レベルが中程度．(4人)

⑤ 記憶レベルが中程度で、操作レベル・メンタルモデル構築レベルが高い．(2人)

⑥ 記憶レベル・操作レベル・メンタルモデル構築レベルの全てが高い．(6人)

⑦ 記憶レベル・操作レベルが高く、メンタルモデル構築レベルが低い．(1人)

⑧ 記憶レベルが中程度、操作レベルが高く、メンタルモデル構築レベルが低い．(4人)

①～⑧のを記憶レベルと操作レベルを軸上にプロットすると以下のようになる．①～③のグループをⅠ群、④～⑥をⅡ群、⑦～⑧をⅢ群とし、番号の下にメンタルモデル構築レベルの低・中・高を記入しておく．

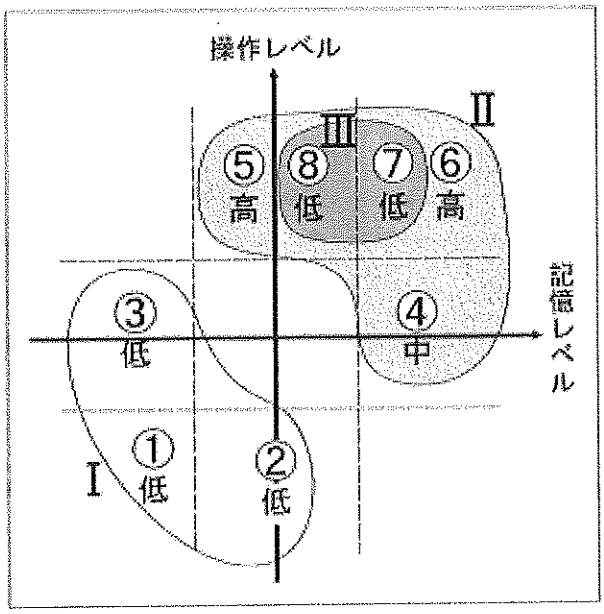


図2　類型化簡略図

図2からわかるようにⅠ群は記憶レベル・操作レベルが低く、メンタルモデル構築レベルも低い．Ⅱ群は記憶レベル・操作レベルが高く、メンタルモデル構築レベルも高いことがわかる．しかし、Ⅲ群は記憶レベル・操作レベルが高いにもかかわらずメンタルモデル構築レベルが低い．

このⅡ群とⅢ群の違いは、Function model と Structure model[2] の考えを用いて説明することができる．Function model とは“どのように使うか”を理解するためのモデルのことで、文脈依存型である．一方、Structure model とは“どのように動いているか”を理解するためのモデルのことで、動作

原理の理解に近く、文脈非依存型である．Ⅱ群のユーザは、Function model と Structure model が共に確立されており、各ボタンの意味理解、メモリの動作原理に関するがモデルが確立されていると言うことができる．一方、Ⅲ群のユーザは Function model は確立されているが、Structure model が確立さていない状態である．ボタンの意味を理解し、操作はできているが、メモリの動作原理が理解できていないためにメンタルモデルが構築されていないと考えられる．

また、Situation Awareness[3]（以下、SA とする）の考えを用いると次の様に説明できる．SA とは人々の知識およびその周囲の状況に対するメンタルモデルのことで、意思決定や作業に対し重要な役割を果たすと言われている．SA の構成には 3 段階あり、知覚→現在の状況の理解→未来の状態の予測である．記憶レベル、操作レベル、メンタルモデル構築レベルと SA の 3 段階を比較すると記憶レベル、操作レベルは知覚の部分にあたり、メンタルモデル構築レベルは未来の状態の予測にあたると考えられる．このように考えると、現在の状況の理解が抜けており、周囲の関係を理解するという点において、電卓の操作にあてはめると各ボタンの意味のネットワーク化と考えることができる．各ボタンの機能を理解できていても他のボタンとの関係が理解できていないと動作イメージを理解することは難しい．

今回の結果よりメンタルモデル構築モデルは以下のように表すことができる．

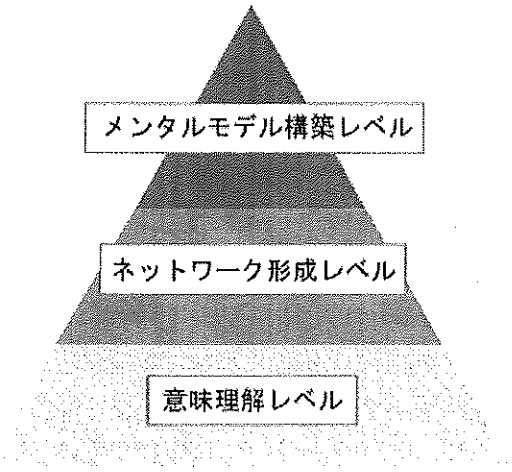


図 3　メンタルモデル構築モデル

意味理解レベルとは、概念や知識の意味を記憶し理解するレベルのことである．ネットワーク形成レベルとは、意味理解レベルで記憶した概念や知識間の関係を理解することであり、ネットワークの形成が不十分な場合はメンタルモデルが構築されにくい．メンタルモデル構築レベルとは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の強さを表す．製品やシステムを熟知し、使いこなすためにはメンタルモデル構築レベルの発達が必要である．

5．まとめ

今回の研究では、3 つのパラメータ（記憶、操作、メンタル構築）を元にして、意味理解レベル・ネットワーク形成レベル・メンタルモデル構築レベルの 3 レベルを抽出しモデルを作成することがでた．これはすべての製品やシステムについて有効であると考えることができる．

今後は、モデルの妥当性を調べると共に、ネットワーク形成の強さを調べる実験を行い各メンタルモデル構築レベルの特徴を調べることが必要である．

謝辞

本研究は、科学研究費補助金『特定領域研究』障害者・高齢者のコミュニケーション機能に関する基礎的研究の支援を受けて行われている．

参考文献

1) 山岡俊樹:ハード・ソフトデザインの人間工学講義、pp.13-32, 武蔵野美術大学出版局 (2003)

2) Jenny Preece: Human-Computer Interaction, pp.123-139,Addsion-Wesley Publishing Company, (1994)

3) M.R.Endsley: Situation Awareness, International Encyclopedia of ergonomics and Human Factors, vol. 1(号)pp.551-554 (2001)

高齢者ユーザの製品使用状況に関したライフスタイルによる分類とその特性

Classification and the properties of a lifestyle on products for elderly users

○森亮太*，吉岡英俊*，林昌俊**，山岡俊樹**
*和歌山大学　システム工学研究科　**和歌山大学　システム工学部
MORI Ryota*, YOSHIOKA Hidetoshi*, RIN Masatoshi**, YAMAOKA Toshiki**
*Graduate School Systems Engineering, Wakayama University,
**Faculty of Systems Engineering, Wakayama University.

1　はじめに

現代高齢者に特有とされる電化製品との関係の背景には，電化製品に対する理解度や満足度，過去・現在の利用状況が関連している可能性がある．製品に対しユーザにとって理解しているから満足し，昔から現在まで使い続けていると考えるからである．

そこで，本研究では電化製品に対するユーザの認知特性と使用状況などとの関連を明らかにし，それに基づいた高齢ユーザグループの類型化を目的とする．

2　方法

2．1　調査対象・調査時期

大阪のシルバー人材センターに依頼し，高齢者 200 名(男性 97 名，女性 101 名，不明 2 名)に対して郵送による質問紙調査を行った．調査時期は 2006 年 8 月で，平均年齢は 70(SD4. 71)歳であった．

2．2　調査内容

博士課程学生 2 名，学部生 1 名，指導教官 1 名で意見を収集し，既存の尺度[1)2)]の項目を参考にして，項目を決定した．項目の内容を以下に示す．回答は，当てはまらない(1 点)，あまり当てはまらない(2 点)，どちらともいえない(3 点)，やや当てはまる(4 点)，当てはまる(5 点)の 5 段階評定で求め，最後に性別，年齢，学歴，職業の記入を求めた．*について回答を合計得点のみを使用した．

2．2．1　過去の使用状況と現在の利用状況*

過去(昭和 45 年ごろ)と現在の電化製品の使用状況の程度を測定する項目で，本研究で独自に作成した．

当時、同年代の人と比べると、多くの電化製品を使っていた
当時、使っている電化製品の全ての機能を使いこなしていた
当時、新しい電化製品が登場すればいち早くそれを使っていた

現在、同年代の人と比べると、多くの電化製品を使っている
現在、使っている電化製品の全ての機能を使いこなしている
現在、新しい電化製品が登場すればいち早くそれを使っている

2．2．2　最近よくつかっている電化製品の理解度と満足度*

現在よくつかっている電化製品の理解・満足度を測定する項目で，本研究で独自に作成した．

私は電化製品から必要な表示をすぐに見つけることができる
私は電化製品を効率よく操作している
私は電化製品をどうやって使うか容易に判断できる

私は電化製品を思いどおりに使える
私は電化製品の操作がうまくできるとうれしい

2．2．3　脳の健康度*

板倉(2006)が作成した，「物忘れ質問表」という脳の健康度を測定する尺度である．

いつも通っている道に迷ったことがある
料理の手順や作業の手順がわからなくなる
最近家に閉じこもりがちだ
極端に偏った食事をとっている
最近おこりっぽくなった
言いたい言葉が出てこないことがある
大量の飲酒習慣がある（大量とは、ビール３本、日本酒３合以上）
最近、テレビの前で居眠りすることが多くなった
何をしていても「どうでもいいや」と投げやりになる
悲しくもないのに涙が出ることがよくある
最近よく物忘れする

2．2．4　ライフスタイル

現在電化製品に関するライフスタイルを測定する項目で，本研究で独自に作成した．

3　結果

3．1　ライフスタイル尺度の分析

ライフスタイル尺度17項目に対し3因子を仮定して，主因子法 Promax 回転による因子分析を行った．その結果，十分な因子負荷量を示さなかった 1 項目を分析から除外し，再度主因子法 Promax 回転による

因子分析を行った．Promax 回転後の最終的な因子パターンと因子間相関を表 1 に示す．なお，回転前の 3 因子で，17 項目の全分散を説明する割合は，49.715%であった．第 1 因子は，7 項目で構成されており，「電化製品に興味を持っている」，「流行に敏感である」，「生活の変化を好む」，「電化製品の多くの機能を使用したい」，「できるかぎり電化製品を使いたい」とった生活全般や製品に対する積極的な姿勢をあらわしていることがうかがえる．そこで，電化製品への「興味」因子と命名した．第 2 因子は 5 項目で，構成されており，「電化製品を使うことが楽しい」，「精神的に安定している」，「電化製品をうまくあつかえるタイプだ」といった製品に対する不安のない，むしろ自信があり，楽しさを覚えているようにみえる．そこで，電化製品への「自信」因子と命名した．第 3 因子は 4 項目で構成されており，「過去の失敗をくよくよ後悔しない」，「他人との関係を大事にする」，「何事も自分のことは自分でやる」，「今の生活は満足だ」とった生活や生き方に対する充実感と関連しそうである．そこで，生活全般の「充実」因子と命名した．

表 1. ライフスタイル尺度の因子分析結果(Promax 回転後の因子パターン)

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
13.電化製品に興味を持っている	.78	.06	-.10
12.流行に敏感である	.77	-.10	.01
11.生活の変化を好む	.70	-.31	.21
10.電化製品の他の多くの機能を使用したい	.64	.08	.08
07.できるかぎり電化製品を使いたい	.45	.37	-.14
01.経済的な余裕がある	.44	.08	.01
06.目的があり、達成したいことがある	.44	.14	.15
04.電化製品を使うことが楽しい	.23	.65	-.08
05.精神的に安定している	-.18	.60	.31
08.電化製品をうまくあつかえるタイプだ	.23	.53	-.05
03.電化製品の操作は人に頼るほうだ	-.04	.42	.02
02.身の回りにある電化製品を信頼している	-.11	.40	.19
16.過去の失敗をくよくよ後悔しない	.06	-.05	.62
17.他人との関係を大事にする	.01	.07	.51
09.何事も自分のことは自分でやる	.06	.15	.45
15.今の生活に満足だ	.09	.14	.37

因子間相関	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
Ⅰ	—	.58	.24
Ⅱ		—	.22
Ⅲ			—

3．2　下位尺度間の関連

ライフスタイル尺度の 3 つの下位尺度に相当する項目の平均値を算出し，「興味」下位尺度得点(平均 2.97, SD0.78)，「自信」下位尺度得点(平均 3.38, SD0.69)，「充実」下位尺度得点(平均 3.83, SD0.68)とした．内的整合性を検討するために各下位尺度のα係数を算出したところ，「興味」でα=0.83，「自信」でα=0.68，「充実」でα=0.60 という値が得られた．ライフスタイルの下位尺度間相関を表 2 に示す．3 つの下位尺度は，互いに有意な正の相関を示した．

表 2. ライフスタイル下位尺度間相関と平均, SD, α係数

	興味	自信	充実	平均	*SD*	α
興味	—	.53 ***	.34 ***	2.97	0.78	.83
自信		—	.36 ***	3.38	0.69	.68
充実			—	3.83	0.68	.60

*** $p<.001$

3．3　相互相関

先ほど算出したライフスタイルの「興味」得点，「自信」得点，「充実」得点，「過去使用状況」得点，「現在使用状況」得点，インタフェースの「満足」得点，「理解」得点，「脳」の健康度，との相互相関を表 3 に示す．

表 3. 相互相関

	興味	自信	充実	過去	現在	満足	理解	脳
興味	—	.53 ***	.34 ***	.47 ***	.63 ***	.44 ***	.52 ***	-.07
自信		—	.36 ***	.33 ***	.51 ***	.65 ***	.69 ***	-.38 ***
充実			—	.21 **	.38 ***	.34 ***	.35 ***	-.42 ***
過去				—	.62 ***	.35 ***	.44 ***	-.05
現在					—	.51 ***	.59 ***	-.19 *
満足						—	.71 ***	-.26 ***
理解							—	-.29 ***
脳								—

*** $p<.001$ ** $p<.01$ * $p<.05$

3．4　ライフスタイルによる分類

ライフスタイル尺度の「興味」得点と「自信」得点と「充実」得点を用いて，ウォード法によるクラスタ分析を行い，3 つのクラスタを得た．

第 1 クラスタには 44 名，第 2 クラスタには 77 名，第 3 クラスタには 52 名の調査対象が含まれていた．X 自乗検定を行ったところ，有意な人数比率の偏りが見られた(X=10.28, df=2, p<.01)

次に，得られた 3 つのクラスタを独立変数，「興味」「自信」「充実」を従属変数とした分散分析を行った．その結果，「興味」「自信」「充実」ともに有意な群間

差が見られた(興味：F(2,170)=139.24, 自信：F(2,170)=71.44, 充実：F(2,170)=29.16). Tukey の HSD 法(5%水準)による多重比較を行ったところ,「興味」については第3クラスタ>第2クラスタ>第1クラスタ,「自信」については第3クラスタ>第2クラスタ=第1クラスタ,「充実」については第3クラスタ>第2クラスタ=第1クラスタという結果が得られた.

第1クラスタは「興味」「自信」「充実」がすべて高く,電化製品の操作に対して積極的な傾向にあり,自発的にメンタルモデルを構築していくと考えられるため,「ポジティブ」群とした.第2クラスタは「興味」がやや高く,「自信」,「充実」がともに低く,電化製品にはやや興味があるが,生き方にも関連して自信をあるともいえないと考えられるため,「不安」群とした.第3クラスタは「興味」「自信」「充実」がすべて低く,電化製品に対して消極的な傾向がうかがえるため,「ネガティブ」群とした.図1に3群の各得点を示す.

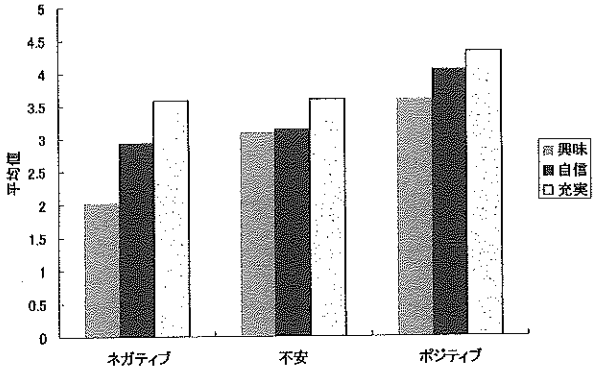


図1. 3群のライフスタイル得点

3. 5 ライフスタイルと他の項目との関係

3つのライススタイルによって他の得点が異なるかどうかを検討するために,1要因の分散分析を行った.

3. 5. 1 各群の比較

3群の「過去」の使用状況得点の平均値を図2に示す.分散分析の結果,群間の得点差は0.1%水準で有意であった(F(2,169)=20.038, p<.001). Tukey の HSD 法(5%水準)による多重比較を行ったところ,「ネガティブ」群と「ポジティブ」群,「ネガティブ」群と「不安」群との間に有意な得点差が見られた.

3群の「現在」の使用状況得点の平均値を図2に示す.分散分析の結果,いずれの変数についても群間で,それらの平均値の差は有意であった(F(2,168)=37.258, p<.001).

3群の「満足」の得点の平均値を図3に示す.分散分析の結果,群間の得点差は0.1%水準で有意であった(F(2,165)=22.404, p<.001). Tukey の HSD 法(5%水準)による多重比較を行ったところ,「ポジティブ」群と「ネガティブ」群,「ポジティブ」群と「不安」群との間に有意な得点差が見られた.

3群の「理解」の得点の平均値を図4に示す.分散分析の結果,いずれの変数についてもグループ間で,それらの平均値の差は有意であった(F(2,165)=39.105, p<.001).

3群の「脳の健康度」の得点の平均値を図5に示す.分散分析の結果,群間の得点差は0.1%水準で有意であった(F(2,161)=8.368, p<.001). Tukey の HSD 法(5%水準)による多重比較を行ったところ,「不安」群と「ポジティブ」群との間に有意な得点差が見られた.

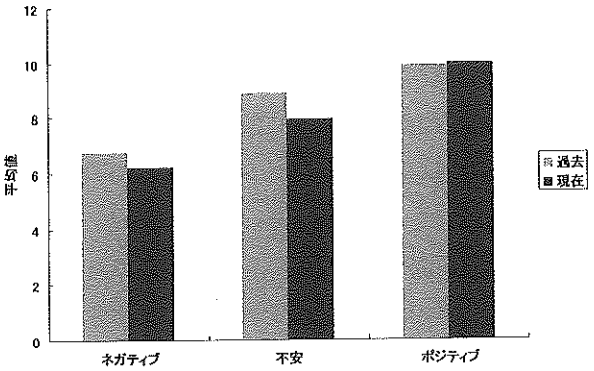


図2. 3群の過去・現在の使用状況得点

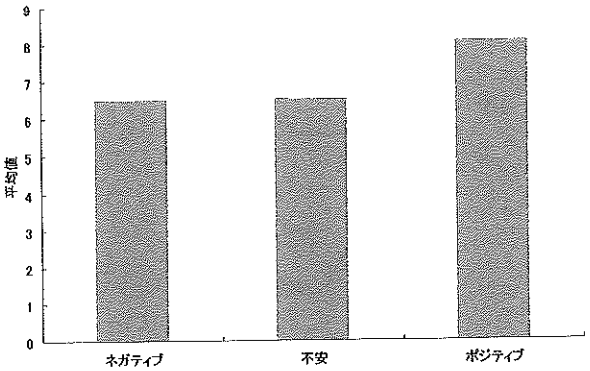


図3. 3群のインタフェース満足度得点

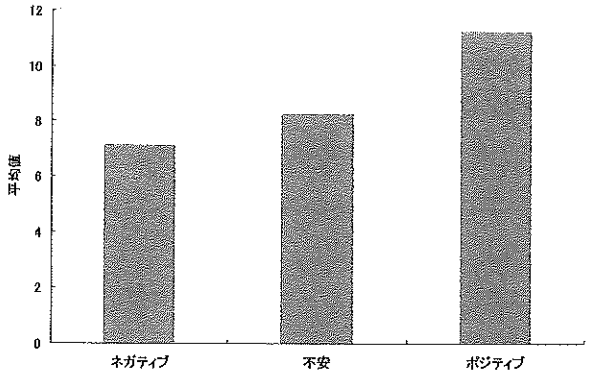


図4. 3群のインタフェース理解度得点

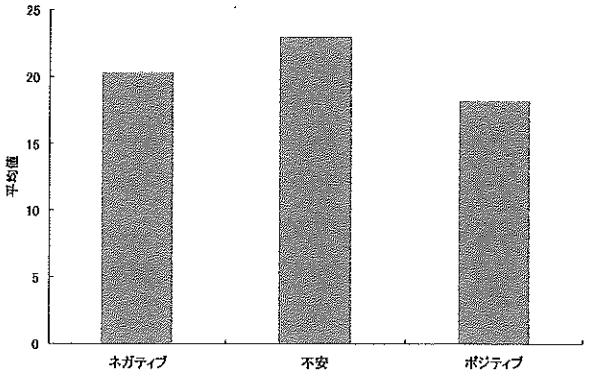


図5. 3群の脳の健康度

3．6 因果関係の検討

現在の電化製品使用状況に及ぼすユーザインタフェースの理解・満足とライフスタイル要因の関係を明らかにするために，パス解析を行った．図6からわかるとおり，自信は理解と満足によって規定され，興味はその自信と理解によって規定されていた．さらに自信と興味によって現在の使用状況が規定されていた．

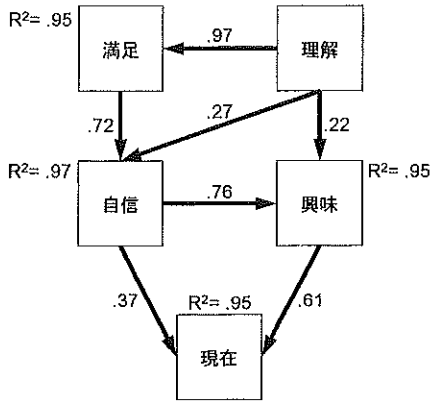


図6. 現在の電化製品使用状況に及ぼすユーザインタフェースの理解・満足とライフスタイル要因の関係

注：数値は $p<.01$ で有意のパス係数を示す

4. 考察

まとめると，今回のアンケート調査から，高齢者ユーザは3群に類別化された．以下にそれらの特徴を示す．

ネガティブ群(44名)：

- 他の群と比べ，製品に対してあまり興味がない．
- 製品が苦手でも得意でもない．
- 生活の充実度はポジティブ群と比べて低い．
- 過去も現在も製品をあまり利用していない．
- インタフェースに対する理解，満足度が低い．

不安群(77名)：

- 製品に対しやや興味がある．
- 製品が苦手でも得意でもない．
- 生活の充実度はポジティブ群と比べて低い．
- 過去現在の使用状況，インタフェース理解満足度は，ネガティブ群とポジティブ群のちょうど中間に位置する．

ポジティブ群(52名)：

- 他の群と比べ，製品に対する興味があり得意，生活も充実している傾向がある．
- 過去も現在も製品をよく利用している．
- インタフェースに対する理解，満足度が高い．
- 脳の健康度は一番良好．

以上の解釈からポジティブ群は，ネガティブ，不安群よりも製品操作におけるパフォーマンスがよいように思われる．今後さらにこの分類が妥当かどうかを検証していかねばならない．

参考文献

1) 堀，吉田：心理測定尺度集Ⅱ，サイエンス社(2001)
2) 板倉徹：let，和歌山リビング新聞社(2006)

モバイル機器の歩行中操作による身体の重心変動に関する検討

Study on displacement about center of human gravity when operate mobile devices while walking.

○山際孝幸[1)]，吉村　勲[2)]
[1)]シャープ株式会社，[2)]関西大学工学部
Takayuki YAMAGIWA[1)]，Isao YOSHIMURA[2)]
[1)]Sharp Corp.，[2)]Faculty of Eng., Kansai Univ.

1．はじめに

モバイル機器の小型軽量化とユビキタス化，新たな機能拡充により従来とは異なる様々な使用状況が発生してきている．このため，端末機器の総合的な操作性について論じる場合には使用状況を考慮した検討が不可欠となってきた[(1)]．モバイル機器の操作において代表的な使用状況のひとつに歩行中の端末操作が想定される．筆者らは，歩行中の使用を含めた動的な使用状況におけるモバイル機器の操作性について検討・報告してきた[(2)]．一方，端末機器の操作が歩行動作に与える影響については未だ課題が残されており，モバイル端末操作が歩行動作における上肢の動きを制限するなどの問題も提起されている．運動学的に歩行動作は全身の筋骨格系の共同した働きによって行われる[(3)]ため，上肢における端末操作は歩行直進性の低下や歩行バランスの乱れ等を招き，この結果，接触や転倒といった様々なトラブル発生の可能性が高くなることが考えられる．

そこで本報では歩行を伴う場合のモバイル機器操作を想定し，モバイル機器操作が歩行に与える影響について検討した結果について報告する．歩行を伴うモバイル機器操作において上体・上肢の動作は，主に端末の「取出動作」，「運搬動作」，「入力動作」，「収納動作」で構成されると考えられるため，各動作過程における歩行特性を測定する．主な歩行特性としては，左右の趾（指）先端部の動きをモーションキャプチャリングした結果をもとに身体の重心変動を推測する．これによって，歩行中のモバイル機器操作において機器使用者が注意すべき事項等について検討・提案することが本研究の目的である．

2．実　験

実験は歩行中のモバイル機器操作を想定し，その時の歩行特性を測定するものである．トレッドミル上で歩行動作中の被験者には左右の趾（指）先端部にモーションキャプチャリング用のマーカーが接着され，両下腿（内側腓腹筋）には表面筋電位（以下，ＥＭＧ）測定用の電極が貼付されている．また臀部にはケータイ端末を収納するためのホルダーが取り付けられている．その他，実験環境における要素（照明光量，騒音，指示音声等）はできる限り管理した．

被験者は試行開始の合図とともに，通常の歩行を開始，一定時間経過の後，臀部ホルダーより端末機器を取り出し（取出動作＋運搬動作），与えられた入力課題を試行し端末機器に入力（入力動作）する．その後，端末機器を臀部ホルダーに収納（収納動作）する．入力課題にはクレペリン検査を模した簡単な計算課題をランダムに 30 問呈示するもので，被験者には早く正確に行うように指示している．なお，今回の実験における被験者の歩行環境は通常歩行の指示のみであり，実験的検討と位置付ける．

解析は，測定した歩行特性を水平面上に射影し，左右方向（前額－水平軸方向）と前後方向（矢状－水平軸方向）に分解した結果より，両下肢運動の変動（変位，速度，加速度）を上記の４動作過程に分類して検討する．また各動作過程におけるＥＭＧの分析結果および内観の結果を総合的に判断する．

なお，本報では被験者として健康な男子大学生５名を採用し，歩行動作解析（モーションキャプチャリング）より身体の重心変動について検討した結果を中心に報告する．

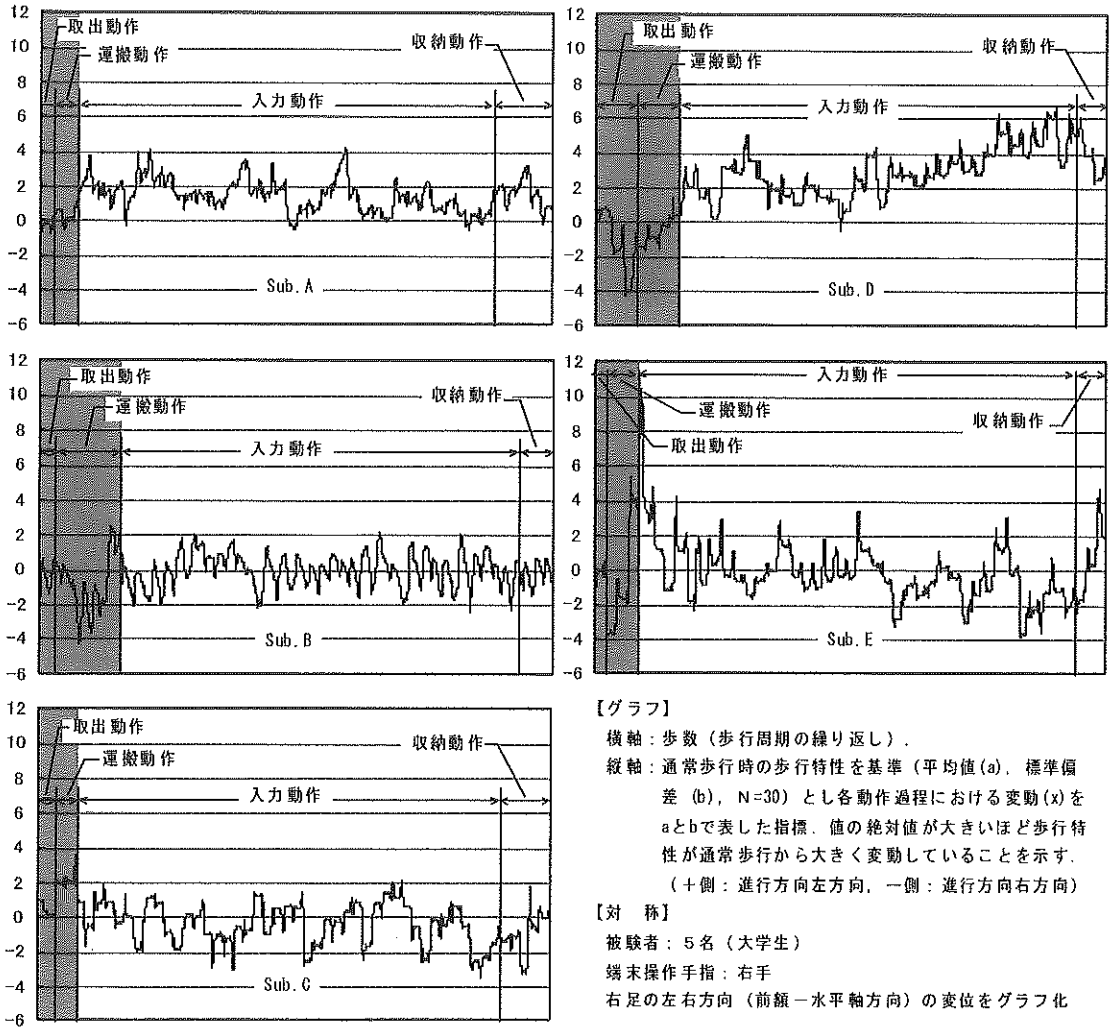


図　各動作過程における歩行特性変動（被験者５名，右足の左右方向変位）

３．結　果

図は各動作過程（取出動作，運搬動作，入力動作，収納動作）における歩行特性変動を図示したものである．この結果，次の２つの特徴が確認された．一つ目は，取出動作，運搬動作時（網掛部）に歩行特性変動がマイナス側に推移する傾向が強い（５名中３名：Sub.B，C，D）ということで，進行方向右側に変位することを表している．これは上肢の動作過程において歩行バランスおよび身体重心が変動しているためと考えられる．次に入力動作時の初期には歩行特性変動がプラス側に移行・推移する傾向があるということで，進行方向左側に変位することを表している．これは前動作過程の反動によるものと考えられ，被験者の４名（Sub.A，B，D，E）で確認された．以上よりモバイル機器の歩行中操作の際には，歩行バランスおよび身体重心は左右方向に大きく変動することが示唆された．

４．おわりに

今回の実験における被験者の歩行環境は通常歩行の指示のみであり，実験的検討と位置付けた．今後はより現実の歩行環境を再現した研究が期待される．

参考文献

(1) Suchman, L:Plans and Situated Actions - The Problem of Human-Machine Communication -, Cambridge University Press, 1987.

(2) 山際孝幸，吉村勲: モバイル機器の歩行中操作と環境制約に関する検討－携帯電話の操作を例として－，人間工学 第42巻 特別号, pp.198-199, 2006.

(3) 中村隆一，斉藤宏，長崎浩: 基礎運動学第 6 版，医歯薬出版, 2003.

高齢者の情報機器操作における認知的柔軟性の検討

Consideration of Cognitive Flexibility when the Aged Uses an Information Appliance

○吉岡英俊*，森亮太*，林昌俊**，山岡俊樹**

*和歌山大学　システム工学研究科　**和歌山大学　システム工学部

YOSHIOKA Hidetoshi*, MORI Ryota*, RIN Masatoshi**, YAMAOKA Toshiki**

* Graduate School Systems Engineering, Wakayama University.,

** Faculty of Systems Engineering, Wakayama University.

1　はじめに

情報機器の使用においては，高齢者が思い描く操作のイメージと実際の機器の作法が合致することが重要である．しかしながら，技術的な制約等によりその作法は旧来のものが継承，統合されたり，あるいは破棄されたりと複雑な変遷をとげている．また，新しい判断習慣を学習するとき，そして，より複雑な関連性を学習するときに，高齢者は若年者よりも少し柔軟性が欠如しているかもしれない[1]ということがいわれている．

本研究では，情報機器の操作において高齢者の認知的柔軟性について焦点をあて，高齢者があらかじめ持つ情報機器の操作イメージと使用状況での柔軟な振舞いとの関係について検討した．情報機器に対して思い描く操作イメージは，それまでの機器使用経験の影響が考えられる．そこで最初に高齢者が持つ操作イメージを，機器操作部を擬似的に作成させることによって抽出し，次いで特定の機器使用状況を仮定し，どのような手順で操作をおこなうものと想像するかについて説明を求めた．なお，本研究では高齢者は65歳以上とする．

2　方法

２つの段階からなる実験をおこなった．実験参加者には，はじめに複数の機器を操作することのできる機器操作部を仮定させた．段階１では，機器の操作部品を用意し，仮定に対して自身が思い描く機器操作部を作成させた．続く段階２では，上記の機器操作部の特定の使用状況を実験者側で設定し，その状況下で自身が考える操作手順を，段階１で作成した機器操作部を用いて説明させた．

2.1　実験手順（段階１）

課題を提示し操作部品が描かれた絵図を並べて機器の操作部を組み立てさせた．本研究では，「空調機能」「番組視聴機能」「通話・通信機能」を１機能単位とし，三機能一体型の架空操作デバイスの作成を課題とした．実験参加者への提示内容は，「これは，家庭内でお使いいただく機械です。この機械は，【部屋の温度を調節することができます】【好きなテレビ番組を見ることができます】【遠くにいる人と話をしたり，情報のやり取りができます】といったことができる一体型のものと考えてください．この機

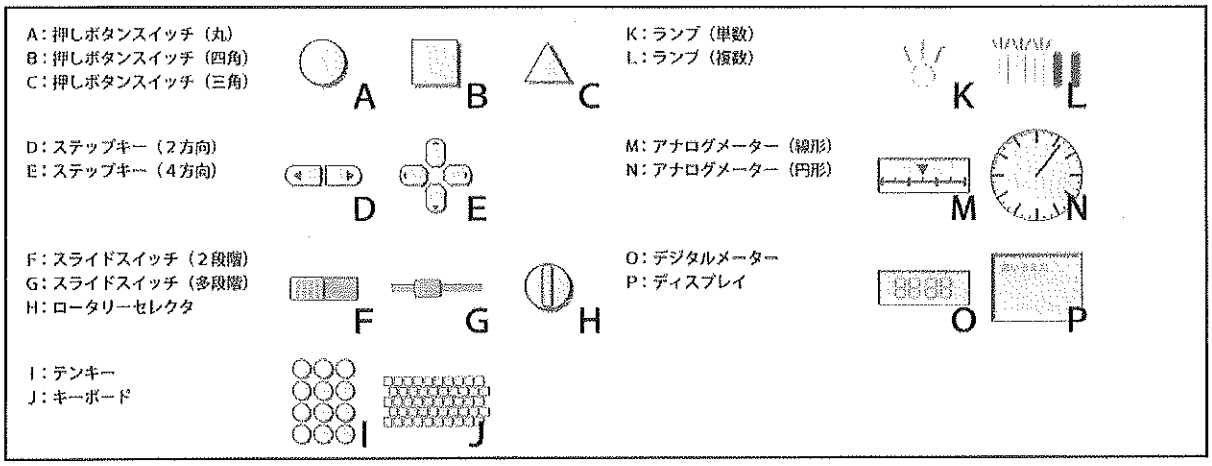


図１　操作部品の一覧

械の操作部を用意された部品を使って作成してください.」である.

操作部品の絵柄は16種である（図1参照）. 実験前に用意した操作部品が描かれた絵図を見せて説明し，理解できないものがないか確認した（例：まわして使うものです）. 実験参加者には，1．絵図ではあるが本物の操作部品であると思ってもらうこと，2．正解はないので思ったままやってもらうこと，3．各部品の使用数には制限はないこと（全く使わない場合も含む），の3点について了解を得た. それぞれの課題は自分ができたと思った時点で報告してもらい，作ったものを説明させた.

2.2 実験手順（段階2）

使用状況を設定した課題を提示し，段階1で作成した機器操作部を用いて必要事項を達成する操作手順を説明させた. 課題には，「単機能の使用」「複数機能の独立使用」「複数機能の連携使用」の3つ状況を設定した（以下，それぞれ課題A，課題B，課題Cとする）.

課題Aは「今就寝前で朝起き時に自動的に暖房が入るようにする状況を想定してください.【部屋の温度を決める】【風の強さを決める】【動かし始める時間を決める】ということをすると考えた場合の操作の手順を説明してください.」である.

課題Bは「外出先から家に帰ってきた状況を想定してください.【部屋の温度を決める】【留守中の誰かからの連絡がないか確認する】【番組を1つ選んで見る】ということをすると考えた場合の操作の手順を説明してください.」である.

課題Cは「以前に記録しておいたテレビ番組の情報を友人に送る状況を想定してください.【記録しておいたテレビ番組の情報を探す】【テレビ番組の情報を送る友人を選ぶ】【テレビ番組の情報を送る】ということをすると考えた場合の操作の手順を説明してください.」である.

2.3 実験環境

実験には，上記手順を実行するプログラム（Macromedia Directorにて作成）を使用した. 機器操作部作成には簡便におこなえるように液晶ペンタブレット（WACOM製 DTI-520）を使用した. 実験参加者は実験前にペンによる操作の練習を行い，使用に不都合がないことを確認した. 段階1の機器操作部作成は実験参加者自身がペンにより行い，段階1の作成物の説明，段階2の手順の説明は，実験参加者が口頭でおこない，実験者が液晶ペンタブレットに接続したWindows PCを使って記録した. 課題文は紙面によって提示し，実験参加者がいつでも参照できるようにした. また，プログラムのログとして段階1の操作部作成時に使用された操作部品の種類とその画面上での座標値を記録した（図2は操作部作成時の画面）. 実験時間は事前の説明も含めて1時間程度であった.

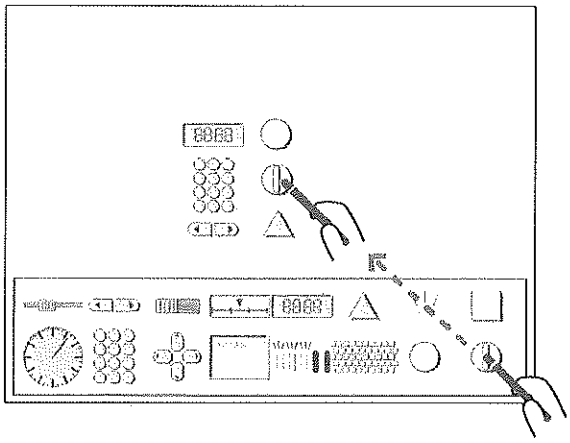


図2 機器操作部作成時の画面

2.4 実験協力者

実験の協力者は，65歳以上の男女を対象とした. 総数として24名を予定していたが，うち1名は欠席，3名は実験内容の理解に至らないと判断したため，本論文では20名を分析の対象とした. 年齢は65歳以上70歳未満が12名，70歳以上75歳未満は5名，75歳以上80歳未満は3名であった. 性別は，男性9名，女性11名であった.

3 結果

3.1 作成物の操作部品の役割

各実験参加者の段階1での作成物のそれぞれの部品の役割についての説明に基づき，「対象項目」と「手続き項目」の2種類の項目を定義し，その組み合わせで分類をおこなった.「対象項目」は，「電源」「温度」「時間」など，その操作部品が設定・制御すると想定している対象を示すものである.「対象項目」は10種に分類した（表1を参照）.「手続き項目」は「実

行」「選択」「調節」など，その操作部品が対象としているものに対してどのような手続きをおこなうかを示すものである．「手続き項目」は7種に分類した（各項目とその定義は，表2を参照）．

表1　対象項目の一覧

対象項目	定義
「電　源」	機能の電源（入／切）を対象とするもの
「温　度」	空調の温度設定を対象とするもの
「時　間」	機能の時間設定を対象とするもの
「番　組」	番組視聴の設定を対象とするもの
「音　量」	機能の音量設定を対象とするもの
「記　録」	情報の記録を対象とするもの
「通　話」	通話・通信の設定を対象とするもの
「多機能」	対象が複数あるもの
「無対象」	状況依存で，特定の対象のないもの（例：～の時に，など）
「その他」	上記以外を対象とするもの

表2　手続き項目の一覧

手続き項目	定義
「実　行」	設定内容を決定したり，動作を実行するもの
「選　択」	項目やカテゴリを変更させるもの
「調　節」	連続量や離散量を変更させるもの
「入　力」	ユーザが文字や数値を直接入力するもの
「合　図」	機械の状態や環境が変化したことを知らせるもの
「表　示」	機械の状態や，入力・選択・設定内容の表示
「表　示」	機械の状態や，入力・選択・設定内容の表示
「その他」	以上に含まれない手続きをするもの

各実験参加者が使用したそれぞれの操作部品の役割は，「対象項目」と「手続き項目」の組み合わせで表現される．これを「対象＊手続き項目」とする．つまり「何を（対象）どうする（手続き）」ということであり，たとえば，ある操作部品についての実験参加者の説明から「対象項目」が「温度」で「手続き項目」が「調節」となれば，「温度＊調節」とする．

実験参加者別にみた「対象＊手続き項目」の種類数の平均値は5.6であり，標準偏差は2.9であった．全実験参加者を通してみられた各「対象＊手続き項目」の割合を出現率として算出した．半数以上の実験参加者の作成物にみられたのは「温度＊表示」であり，この項目を表す操作部品として最も使用されていたのは「N：アナログメーター（円形）」であった．その他，出現率が上位の項目と，各項目の最頻出部品を以下の表3に示す．

表3　出現率上位の対象＊手続き項目

対象*手続き項目	出現率（%）	項目内の最頻出部品
「温　度　＊　表　示」	60.0	N：アナログメーター（円形）
「電　源　＊　実　行」	40.0	A：押しボタンスイッチ（丸）
「時　間　＊　表　示」	40.0	O：デジタルメーター
「温　度　＊　調　節」	30.0	D：ステップキー（2方向）
「電　源　＊　選　択」	25.0	F：スライドスイッチ（2段階）
「番　組　＊　入　力」	25.0	I：テンキー
「通　話　＊　入　力」	25.0	I：テンキー／J：キーボード
「通　話　＊　表　示」	25.0	P：ディスプレイ
「無対象　＊　選　択」	25.0	E：ステップキー（4方向）

3.2　作成物の操作手順

各実験参加者の段階2での手順説明の内容を，「必須手順」と「余剰手順」の2つに分類した．「必須手順」とは，提示した課題を達成する上で最低限必要と考えられる手順である．「余剰手順」は，課題達成に関連するが，必要とはいえない手順である．以下の表4に示すように，「必須手順」は8項目，「余剰手順」は10項目である．

表4　必須手順と余剰手順の項目一覧

	手順	内容
必須手順	「温度設定」	部屋の温度を決める
	「風量設定」	風の強さを決める
	「時間設定」	動かし始める時間を決める
	「連絡確認」	留守中の誰かからの連絡がないか確認する
	「番組選択」	番組を1つ選んで見る
	「情報検索」	記録しておいたテレビ番組の情報を探す
	「相手選択」	テレビ番組の情報を送る友人を選ぶ
	「情報送信」	テレビ番組の情報を送る
余剰手順	「電源投入」	機械の電源を入れる
	「機能選択」	【空調】【番組視聴】【通話】の切り替えをする
	「状態確認」	機械の現在の状況を確認する
	「実行」	機能を実行する
	「温度表示」	設定温度を表示させる
	「時間表示」	設定時間を表示させる
	「番組表示」	番組を表示させる
	「音量設定」	音量を決める
	「通話表示」	通話・通信設定を表示させる
	「その他」	上記に含まれない手順

実験参加者別にみた「必須手順」の出現数の平均値は6.3であり，標準偏差は2.2であった．「余剰手順」の出現数の平均値は1.6であり，標準偏差は1.7であった．全実験参加者を通してみられた課題別の「必須手順」の各項目の割合を達成率として算出した．課題Aでは，「温度設定」「時間設定」が80%以上の達成率であったが，「風量設定」が40%と低い達成率になっていた．課題B，課題Cは各項目の達成率は60%～80%となっていた（詳細は以下の表5を参照）．

表5　課題別必須手順の達成率

課題	手順	達成率（%）	手順を実行する最頻出部品
課題A	「温度設定」	80%	D：ステップキー（2方向）
	「風量設定」	40%	D：ステップキー（2方向）
	「時間設定」	90%	N：アナログメーター（円形）
課題B	「温度設定」	80%	O：デジタルメーター I：テンキー
	「連絡確認」	70%	P：ディスプレイ
	「番組選択」	65%	I：テンキー
課題C	「情報検索」	75%	E：ステップキー（4方向） J：キーボード
	「相手選択」	60%	E：ステップキー（4方向）
	「情報送信」	70%	A：押しボタンスイッチ（丸）

3.3 作成物の変更

段階１の作成物の操作イメージでは想定外の状況が段階２の課題にみられたときに，何人かの実験参加者は自らの作成物を修正した．この修正行動について，新たに操作部品を追加する行動を「部品追加」，現状の作成物に段階１の説明とは異なる役割を与える行動を「定義変更」とし，その頻度を計上した．「部品追加」の平均回数は 1.4 で標準偏差は 1.8，「定義変更」の平均回数は 1.7 で標準偏差は 2.2 であった．

3.4 作成物とその修正および説明の関係

段階１および段階２での実験参加者の作成物とその修正および説明の関係をみるために Pearson の相関係数を算出した．項目数は５つで，「初期想起」「部品追加」「定義変更」「必須手順」「余剰手順」である．「初期想起」は段階１での「対象＊手続き項目」の種類数，「部品追加」「定義変更」「必須手順」「余剰手順」はそれぞれの頻度である．５項目の相関行列を以下の表６に示す．

表６　項目間の相関行列

	初期想起	部品追加	定義変更	必須手順	余剰手順
初期想起	1.00				
部品追加	0.01	1.00			
定義変更	0.64**	0.27	1.00		
必須手順	-0.07	0.47*	0.28	1.00	
余剰手順	0.70**	0.04	0.55*	-0.24	1.00

「初期想起」と「定義変更」，「初期想起」と「余剰手順」，「部品追加」と「必須手順」，「定義変更」と「余剰手順」との間に有意な相関関係がみられた．時間の前後関係から５項目を「作成」「修正」「結果」に分け以下に図示する（図３を参照）．

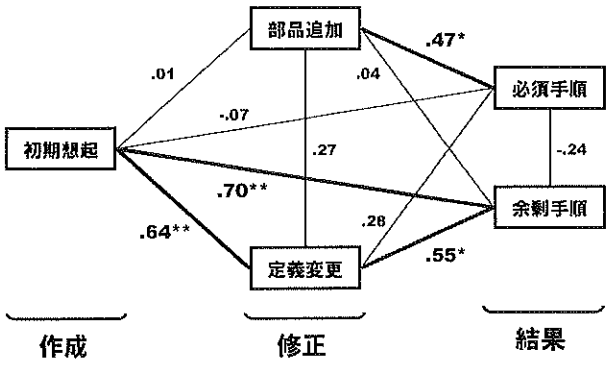


図３　項目間の相関関係図

4 考察

本研究では，高齢者の情報機器使用における認知的柔軟性について，情報機器に対する操作イメージと使用状況での振舞いとの関わりをみた．操作イメージについて，段階１での「初期想起」は段階２の「余剰手順」との間に有意な相関がみられたが，「必須手順」との間にはみられなかった．想起された役割の種類という形で量的にみた場合には，その多さが提示された状況での課題解決にはつながっていないことがわかった．質的にみた場合には，段階１の作成物にでは，出現率が 50%を超えるものは１つしかなく，高齢者が思い描く操作にはばらつきがみられた．

また，高齢者が課題遂行時に考慮すべき要因の数について，「初期想起」と「定義変更」との間に有意な相関がみられたが，これは要因の増加による論理的整合性の欠如ではないかと考えられる．段階２の課題達成率では，単一機能についての課題Ａの達成率が他の課題に比べて高くなっていたが，「風量設定」の達成率が低くなっていた．単一の機能に対して複数の設定をおこなおうとした際に忘れが生じやすくなったのではないかと考える．今後は，操作イメージの質的な関わりと振る舞いとの比較，他の年齢層の結果との比較をおこなう予定である．

謝辞

本研究は，科学研究費補助金『特定領域研究』障害者・高齢者のコミュニケーション機能に関する基礎的研究の支援を受けて行われている．

参考文献

1) D.C.Park, N.Schwarz 編，ロノ町康夫，坂田陽子，川口潤監訳，A.G.Sanfey，R.Hasie：認知のエイジング入門編，pp227-246，北大路書房，(2004)．

2) 吉岡英俊，吉川嘉修，山岡俊樹：製品操作部の作成課からみるユーザの操作イメージの抽出（1）－高齢者の製品操作イメージの特徴分析－，平成１７年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp39-42 (2005)．

手動操作の習熟特性に関する基礎的研究

Basic Research on Learning Characteristic of Manual Operation

○中山圭以*，西岡基夫*，岡田明*，宮野道雄*，森一彦*，山下久仁子*
*大阪市立大学大学院　生活科学研究科
NAKAYAMA Kei*, NISHIOKA Moto*, OKADA Akira*, MIYANO Michio*, MORI Kazuhiko*, YAMASHITA Kuniko*
* Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

1　はじめに

日常生活において、人間は様々な動作を繰り返し行うことによりスムーズな操作ができるようになり、操作内容の習熟を行う。習熟は自分のイメージと実際の操作を近づけようとするための方策、すなわち戦略をあらかじめ立ててから操作を行うことにより達成される。しかし、実際の操作において、予測と異なった現象が生じた場合、制御出来ずに失敗や事故が起こる。特に高齢者や子供などは筋力などの制御能力が低いため、失敗や事故につながる可能性が高くなる。

これまで、習熟を踏まえた動作・姿勢に関する研究は産業人間工学の分野などで行われているが、モノの特性と人間の生理的指標の関係から検討されている報告は少ない。誰もが安全で負担の少ない動作を行う為には、動作や姿勢を断片的に検討するのではなく、繰り返し操作を行うことによる習熟と操作条件との関係を身体特性も含めて解明する必要がある。

本研究では、全身を使用し、様々な生理データを得ることが可能な操作、かつ習熟の過程を比較的明確に表すことのできる操作として、カートを引くことによる調整操作を対象とした。繰り返し操作を行い、操作に慣れていない時と慣れた時で、操作対象となるモノの移動量や操作時間、速度などの物理量データや、操作を行うヒトの筋負担や姿勢、床反力作用点の移動量（ＣＯＰ）などの生理的データの変化に注目した。本報では、操作回数の増加に伴うカートの物理量データの変化に着目し、操作距離や速度などから習熟過程を知るための指標となるパターン化と分類を試みた。

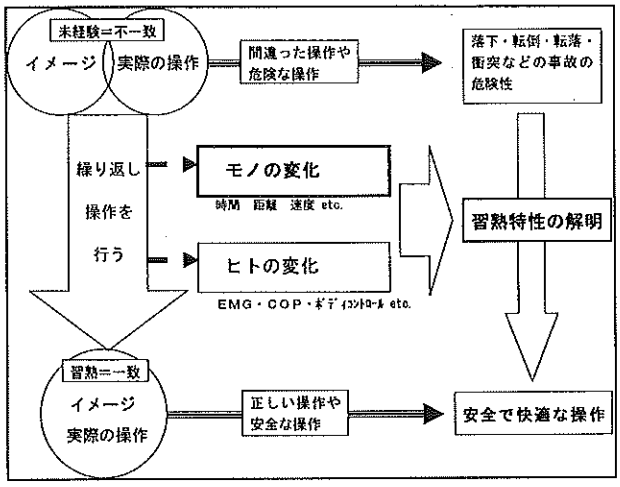


図-1　研究の概要

2　実験装置と操作課題

カートを２本のレールの上に載せ移動方向は前後のみに制限した。その上で被験者に一定距離の引き操作を行わせた。その中で、被験者の操作能力の違いが見られるよう、あらかじめ定められた位置にカートを正確に停止させる操作を行わせた。正確に停止したケースを「成功」とみなし、その成功回数の増加を、習熟した状態と仮定した。その上で、同一条件下で繰り返し行う際の習熟特性についてカートの操作距離や速度・加速度の物理量データから検討を行った。

3　実験１

3.1　操作条件

被験者には、静止状態のカートを 300mm 手前の

位置に設定された停止位置に移動させるというタスクを行わせた。停止位置を超えずに停止させた場合を成功とみなし、その上で、可能な限り操作時間を短縮するように指示した。実際の操作回数は40回であるが、被験者に緊張感をもって操作してもらう為に、回数を伝えずに操作を行ってもらった。

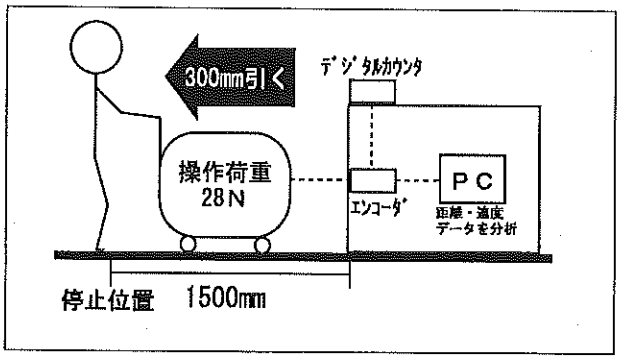


図-2　引き操作実験の概要

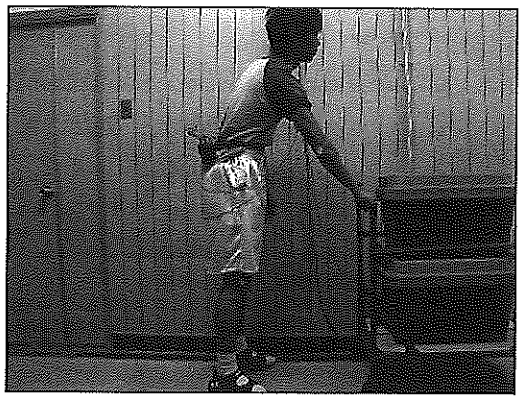


図-3　実験風景

3.2　計測項目

カートの移動距離や速度、加速度を計測するためにエンコーダ（(株)ムトーエンジニアリング：DE-04）を垂直な壁面に設置した。その移動距離をデジタルカウンタ（(株)ムトーエンジニアリング：CNT-3921）にて被験者に提示した。さらに上肢や下肢、大幹などの筋電図（NEC メディカルシステムズ(株)：SYNA ACT MT11）を計測した。動作・姿勢の計測のために被験者の身体部位8ヶ所に反射マーカを貼り付け、デジタルビデオカメラ（Panasonic NV-DJ100）を用いて、被験者の頭上および側面の二方向から撮影した。

3.3　被験者

健康な若年者男子5名（年齢19.2±0.8歳、身長176.4±4.6cm、体重63.8±4.9kg）について実験を行った。

3.4　結果と考察

実験結果より、操作回数10回ごとの成功回数を比較した。回数を重ねるごとに、操作の成功率が高くなり習熟していることが確認できる者（被験者DおよびE）30回以降の操作で成功率が低くなる者（被験者BおよびC）など被験者間で差が見られた。この原因として習熟に加え被験者の集中力の影響も考えられる（図-4）。

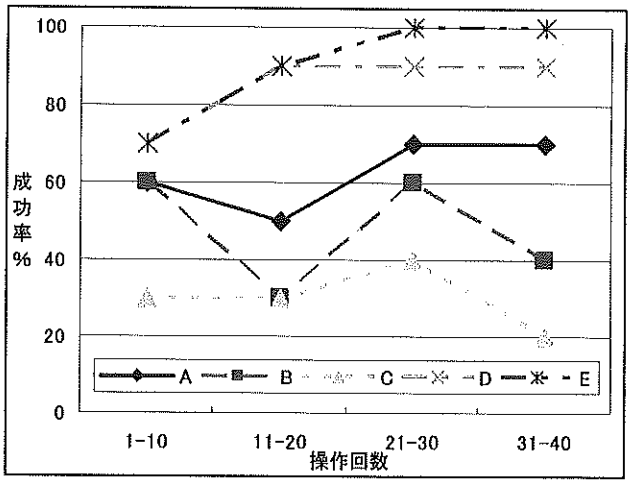


図-4　各被験者の成功率

次に単純な成功・失敗以外の変化に着目し、物理量データを用いて、カートを範囲内に正確に停止させる際に重要と考えられる減速時に着目し、検討を行った。その結果、時間・距離軸のグラフにおいて停止線の直前、および付近での軌跡が5つのパターンに分けられることが分かった(表-1)。

表-1　パターン分けの方法

パターン1(成功)	：減速 → 停止
パターン2(失敗)	：減速 → 停止位置オーバー → 押し戻し → 停止
パターン3(成功)	：減速 → 加速 → 減速 → 停止
パターン4(失敗)	：減速 → 停止位置オーバー → 押し戻し → 停止位置オーバー → 引き戻し →停止
パターン5(失敗)	：パターン1、およびパターン3において微調整時に停止位置をオーバーした場合

また、一連の引き操作の回数ごとの違いを比較

しやすくするために、操作距離を基準に速度や筋活動との関係を表現した。さらにカートを正確に停止させることのフィードバック、すなわち操作制動時の情報を定量的に表現する手法として、操作制動時の速度の変化に着目し、速度変化の軌跡を近似曲線で比較、分類したところ、同一の被験者の成功例においても、①停止線の大きく手前から減速した場合や②停止線に向けて一定に減速する場合、③停止線の直前で急激に減速する場合、など異なる減速パターンがあることが分かった（図-5～図-7)。①のパターンは実験開始直後や失敗後など比較的慎重に操作を行っていると感じられる場面で多く見られた。②のパターンは成功率の高い被験者やおおよそ 20 回以降に多く見られた。③のパターンについてもおおよそ 20 回以降に多く見られたが停止位置をオーバーし失敗する場面も見られた。

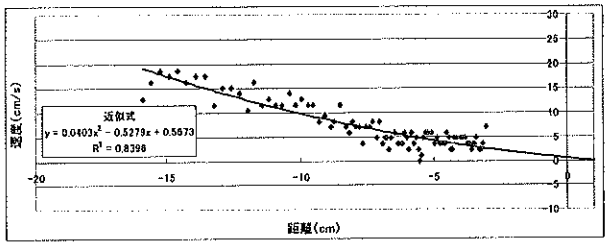


図-5　速度軌跡の近似式のパターン例①

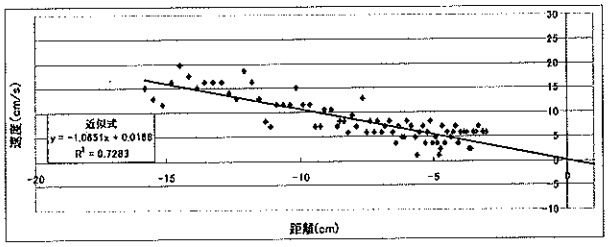


図-6　速度軌跡の近似式のパターン例②

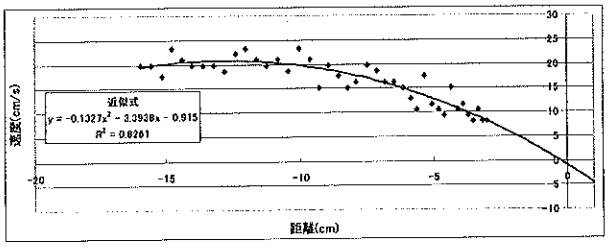


図-7　速度軌跡の近似式のパターン例③

距離や速度などの物理データと筋電データの関係について検討したが、特徴的な傾向は見られなかった。この原因として、成功・失敗といった見かけの習熟と物理的データや生理的データといった目に見えない潜在的な習熟には、想定以上の差があると考えられた。潜在的な習熟の過程について検討するために、操作回数を増やして同様の実験を行う必要がある。

4　実験２

4.1　操作条件

潜在的な習熟の過程について検討するために、実験１より操作回数を変更した。実際の操作回数は 100 回であるが、被験者に緊張感をもって操作してもらう為に、操作の成功回数が規定数に達するまで操作を繰り返し行ってもらうと伝えた。その他の操作条件は実験１と同様とした。

4.2　計測項目

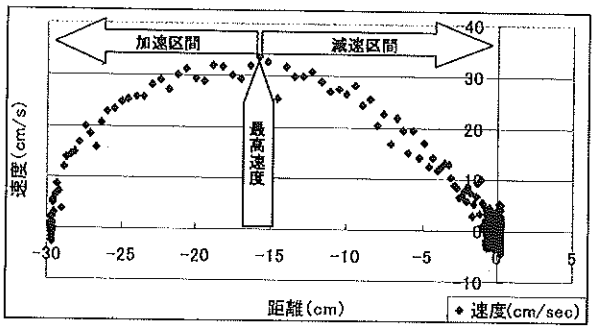
実験１の計測項目に加え、フォースプレート（日本キスラー（株）：Type9281B）から動作時のＣＯＰを計測した。また、被験者の身体部位 14 ヶ所に反射マーカを貼り付け、モーションキャプチャシステム（ViconPeaks 社：VICON U1194）を用いて、操作時の姿勢を撮影した。

4.3　被験者

健康な若年者男子４名（年齢 21.5±1.3 歳、身長 169.5±4.8cm、体重 57.0±2.0kg）および高齢者男子４名（年齢 62.8±2.4 歳、身長 166.0±8.8cm、体重 68.3±4.6kg）について実験を行った。

4.3　結果と考察

見かけの習熟、すなわち成功率の安定は一部の被験者において前回までの実験１と同様に 20 回付近から断続的に見られた。パターンの出現傾向も、これまでと同様に回数の推移での変化は見られなかった。100 回の操作の中での加速や減速といった操作内容ごとの比較をするために、操作回数ごとの最高速度を基準に、操作を加速区間や減速区間に区間分けを行った（図-8)。



[1] 図-8 区間分けの方法

また、その上で、これまでの実験で用いた近似曲線と係数による比較を行った。その結果、各被験者とも操作40回目付近より、操作ごとの最高速度の変化がなくなり速度が安定するなど習熟と予想される特徴的な傾向が見られた（表-2)。また、被験者間の比較では、同一のタスクにおいても最適な操作方法はひとつとは限らず、今回の実験においても被験者により違いが見られた。

表-2 被験者の最高速度と標準偏差

被験者	F		G	
操作回数	最高速度 (cm/s)	標準偏差 (SD)	最高速度 (cm/s)	標準偏差 (SD)
1-40	28.86	6.61	23.08	5.56
45-100	21.70	3.97	33.48	2.01

5 まとめ

カートを用いた引き操作における習熟過程を見る際には、同じ内容の課題でも、被験者によって体感する難易度が異なる為、単純な成功数などの比較が常に有効とは限らないことが分かった。さらに、操作距離や速度などの物理データを用いてカートの速度変化を近似曲線に当てはめたことによりパターン化と分類が習熟過程を知るための指標となる可能性を示した。若年者より高齢者の操作特性はばらつきが大きく、高齢者においては今回の実験の際に微調整が苦手であると感じられ、その結果、操作が成功に至らない場面が見られた。これに関しては今後、被験者を増やしてさらに検討する必要がある。

文献

1) Don B. Chaffin, Gunnar B. J. Andersson, Bernard J. Martin: Occupational Biomechanics Third Edition, A Wiley-Interscience publication (1999).

2) 古瀬敏：バリアフリーの時代，都市文化社 (1997).

3) 古瀬敏：ユニバーサルデザインとは何か，都市文化社(1998).

4) (社)人間生活工学研究センター編：人間の動作などに係る動的特性の計測評価調査報告書，(2000).

5) 西岡基夫他：操作姿勢の違いによる身体負担の評価方法に関する研究-押引動作での操作力・床反力からの検討-，日本人間工学会葬41回大会講演集，pp.584-585(2000).

6) 西岡基夫他：押引動作の身体負担評価に関する研究-操作条件の違いによるCenter of Pressureからの検討-，日本生理人類学会誌集44固大会要旨 pp.76-77(2000).

7) 西岡基夫他：動作中の姿勢変化に伴う生理的負担の評価手法に関する研究-上肢の押引動作を対象とした屈曲運動における検討-，平成11年度日本人間工学会関西支部大会講演集, pp.179-182(1999).

8) 岡田明：動作特性計測手法の改善・高度化研究，(財) 日本規格協会・(社) 人間生酒工学研究センター編，pp.120-131(2000).

情報操作における「苦手意識」についての近赤外線計測を用いた検討

Considerations on conscious of hard to do in information operations by means of near infrared spectroscopy

○大森正子*，田村博**，　丁井雅美***

*神戸女子大学　家政学部　**田村ヒューマンインタフェース研究所　***広島国際大学

OMORI Masako*, TAMURA Hiroshi**, CHOUI Masami***

*Faculty of Home Economics, Kobe Women's University, **Tamura Institute for Human Interface, ***Hiroshima International University.

1　はじめに

外国語やハイテク機器の操作を「にがて」と意識する人は多いといわれる。「にがて」意識の背景に機器設計や発音・文法に原因があるのか，それとも単に受けての意識上の問題であることも考えられ，幅広い検討が大切である。熟年者ではケータイの文字入力を「にがて」と意識する例もあるが，一方，「にがて」と意識されながら，操作時間に有意な差が認められないケースがケータイ実験で報告されている[1] [2]。

本稿ではこれらのケースにおいて見られる脳内反応を記録した結果を示し比較・考察する。

2　脳活動の近赤外線計測実験

近年、脳機能を計測し画像化する方法として、近赤外分光法：NIRS (Near-Infrared Spectroscopy)、fMRI (機能的磁気共鳴イメージング法)、PET (陽電子放射断層法)、MEG (脳磁図)、EEG (脳波) がある。NIRS は、fMRI や PET と比較して空間分解能が低いという欠点はあるが、時間分解能が高く長時間の連続的な計測が可能である。また、PET のように放射性物質を使用しないため侵襲性がなく、無音で fMRI のように大きな音を伴わないこと、シールドルームなどの特別な設備は必要がなくどこでも測定でき、拘束性が低く歩行などのダイナミックな動きをタスクにした脳賦活測定に適している。先行研究においても、脳梗塞患者の歩行リハビリテーションの効果に関する研究や[3] [4]、未熟児の視覚野の発達に関する研究[5]、高次脳機能障害に関する研究[6]などが報告されている。さらに、発達心理学や教育学、認知科学の分野においても言語機能に関する研究や前頭前野の活性化に関する研究[7]などで大きな成果が認められてきている。

本研究では、NiCT (未来 ICT 研究センター) の支援をうけ、NIRS を用いてケータイの文字入力、手書きや発話時の脳機能計測を試みてきている。その結果についてここに報告する。

2.1　被験者と方法

本稿では、21 歳(S.K)女子大学生、37 歳 (O.M) と 41 歳(I.Y)の大学教員の健常女子 3 名の被験者についての結果を示す。計測に先立って被験者にはインフォームドコンセントを行っている。

被験者は、Hb 濃度計測のために近赤外光イメージング装置 NIRStation (島津製作所製) のプローブを装着した。頭頂付近の運動野と後頭付近の視覚野を測定するため被験者のホルダーを装着し、8 本の発

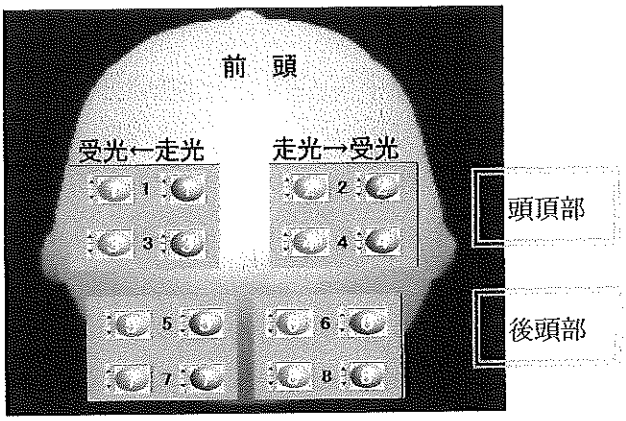


図1　プローブ装着位置　送信･受信栓を 1 対 1 としたもっとも基本的な接続を用いた場合の接続位置を示している

光用プローブ(図1のT)、8本の受光用プローブ(図1のR)を装着した。隣接するプローブの間隔は3cmであるが、T1-R2, T3-R4, T5-R6, T7-R8間は6cmとする。図1は送信用・受信用プローブを1対1とした8チャンネル独立のもっとも基本的な接続を用いた場合の接続位置を示している。

被験者の眼からディスプレイまでの視距離は107cmとした。

2.2 実験プロトコルとタスク

2.2.1 実験プロトコル

1. 着座姿勢で実験装置装着
2. 手書き (20sec+10sec) ×4
3. 休憩
4. ケータイ文字入力 (20sec+10sec)×4
5. 休憩
6. 発話 (10sec+10sec) ×4
7. 終了

2.2.2 タスク

タスクについて説明する。正面のディスプレイに表示される9個の単語をケータイ、手書き、発音の3種類の動作で入力操作を実行する。ケータイ文字入力の場合は、右手(利き手)にケータイを保持し、“ひらかな”入力する。手書きの場合は右手に筆記用具を保持し、表示された文字を紙に記入する。このとき表示される文字は“ひらかな”のみで、漢字、カタカナは含まれない。発話は、表示された文字を声に出して音読する。

それぞれ、表示される画面は4種類あり下記の動作を4回繰り返す。

1. レスト 10sec
2. 上記の4種タスク(1・4・6)の何れか1種
3. レスト 10sec

4回終了後5分の休憩を入れ次のタスクを行う。実験ごとにタスクの順序を入れ替え順序効果が出ないようにする。

3 実験結果

3．1 被験者I.Yと被験者O.M

図2は、被験者I.Yがケータイにひらがな入力を行った際の計測結果を示す。被験者は、ケータイ文字入力を日常的に利用しているわけではなく、本人はケータイに対して「にがて」意識を持っている。実験計測時は、本実験に対応するために練習した段階である。総計測時間は320秒、途中タスク間に2箇所で10秒の休憩が取られているが、ケータイによる

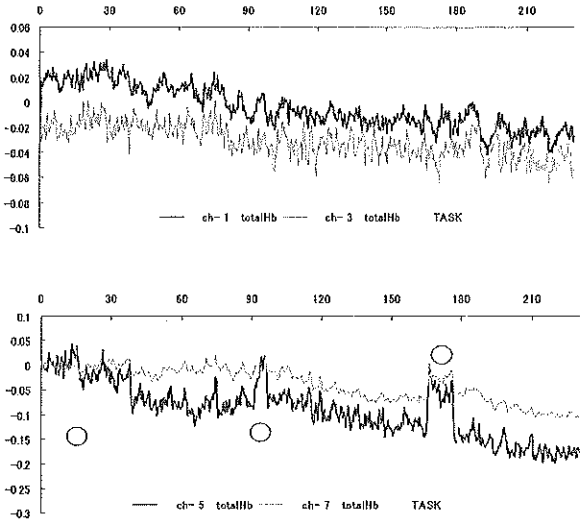


図2 ケータイ入力時の活性低下(Ttl Hb)

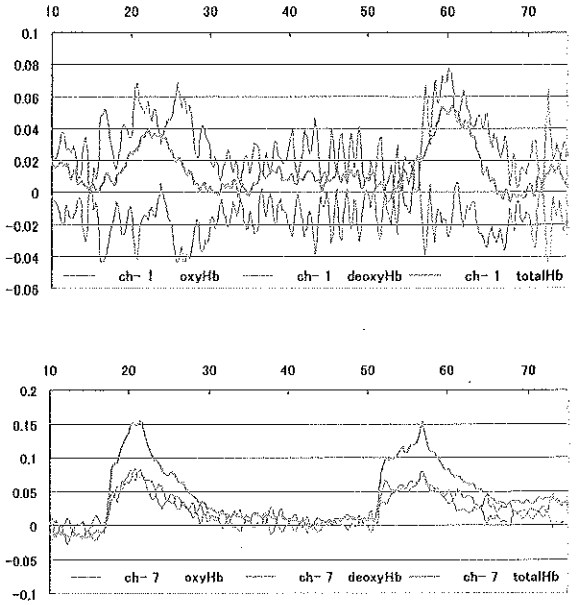


図3 発声時の活性化

文字入力を続ける内に総ヘモグロビンが次第に減少している。作業の途中で、一時的に上昇している箇所(○)が2箇所あるが、一時的に作業を中断した箇所である。続いて、図3は被験者O.Mが音読している際の計測波形を示したものでる。図3は、酸化Hb(Oxy)、還元Hb(Deoxy)と総Hb(Ttl)の時間変化を示している。これらの変化パタンは計測部位によって異なっていた。

図3のCh 1は左前頭部、Ch 7は左後頭部より記録した波形を示している。Ch 1のOxy, Deoxyには一見ノイズのような高速成分があり、Oxyには高速成分のほかに低速成分が含まれているが、OxyとDeoxyの高速成分は互いに逆位相の関係にあった。Ttl= Oxy+Deoxyで加算すると補いあってTtlは主に低速成分からなっている。

他方、Ch 7では高速成分は少なく、Oxy, とDeoxyの低速成分はほぼ同位相で増減しており、2者を加算したTtlは振幅が大きくなっている。被験者本人は音読しながら、文の内容をイメージしていたと報告している。

能動的な精神活動では酸化Hb、あるいは総Hbが増大することがしばしば報告されており、精神活動の活性化の指標にされている。この被験者については日常的にケータイ文字入力を行っており、ケータイ操作の実験計測を行っており、「苦手意識」はない。また、ケータイ文字入力実験結果において、音読時のような活性は記録されなかった。

3．2　被験者S.K

ケータイ文字入力時の脳内反応は、状況や個人によって異なる。図4a, bに被験者S.Kの鮮明な反応時間波形を8個のチャンネルについて示す。約10秒の計測時間に、被験者学生は“ひらがな” 12文字（いろはにほへと ちりぬるを)を手持ちのケータイより入力した。

計測された波形には、ほぼ12個の変化がみとめられ、それぞれの変化と入力文字との対応が示唆される。

このような鮮明な波形において、時間加算やフィルタ

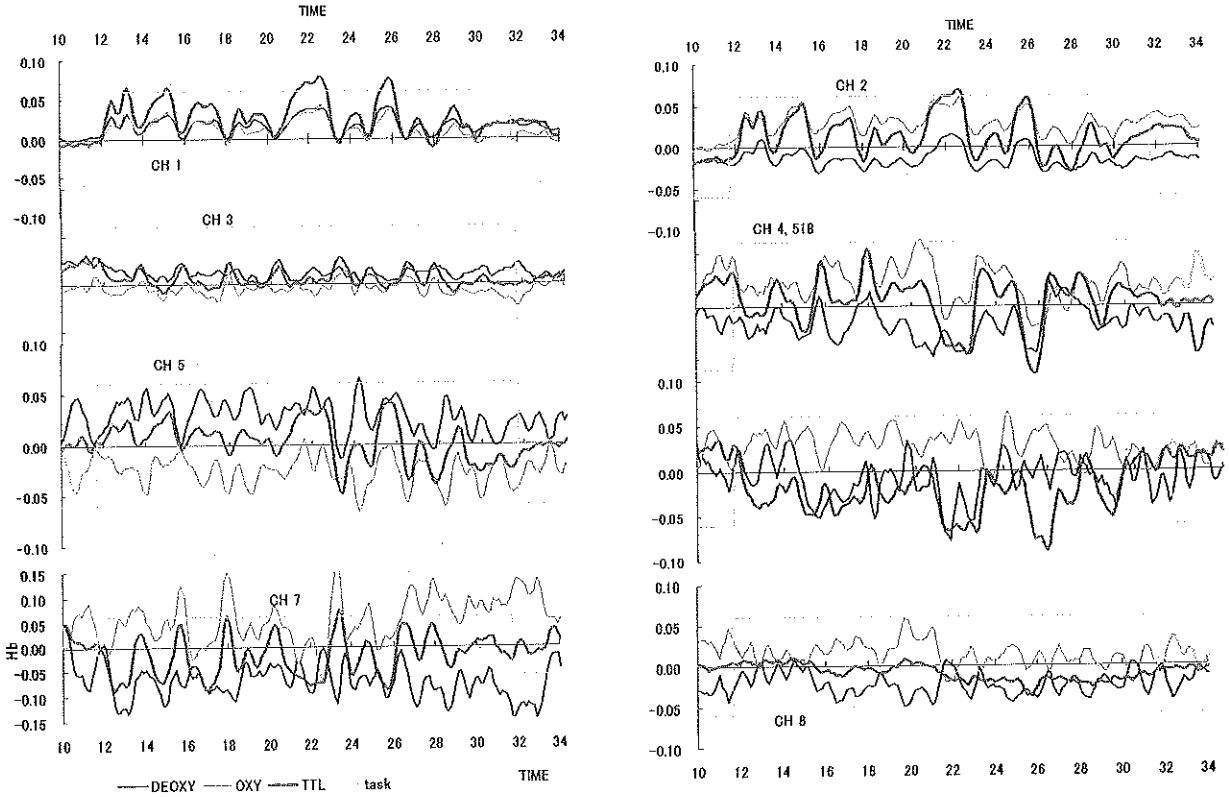


図4 ケータイ文字入力中のNIRS波形。 入力文字列(いろはにほへとちりぬるを)

ーを適応することは懸命ではないと考えられる。

そこで、ヘモグロビンの時間変化は Oxy, Deoxy という独立成分からなっていることを考え、Oxy-Deoxy 平面上の軌跡を使って考えることにする。Oxy-Deoxy 平面上では Ttl は直線 Deoxy=-Oxy という直線とある点との距離と表現される

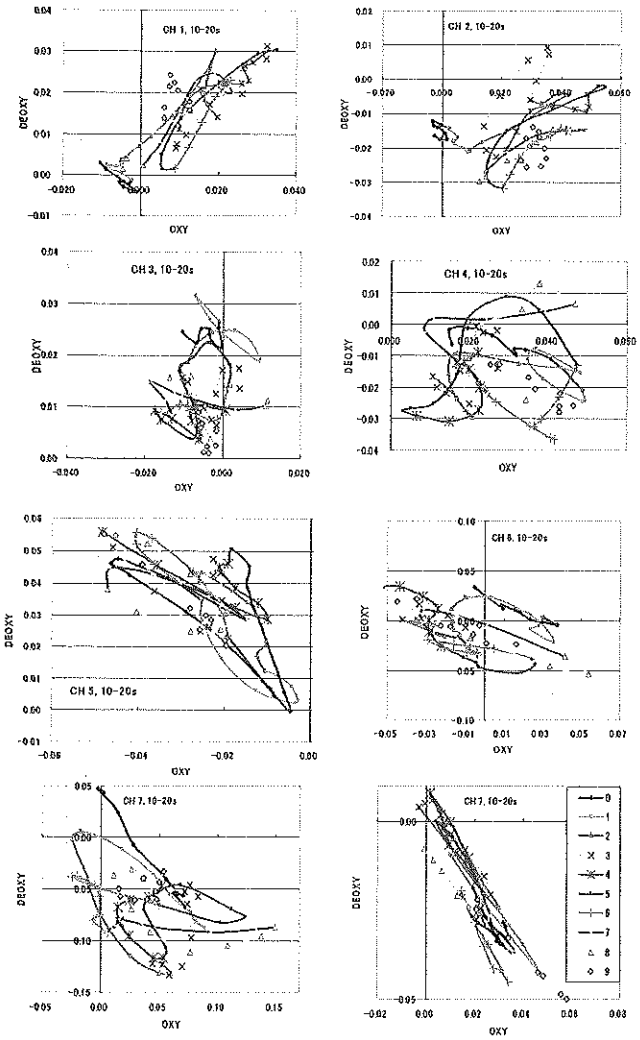


図 5 入力作業時の Oxy-Deoxy 平面軌跡

図 5 は横軸に Oxy を縦軸に Deoxy をとり、各受光プラグの波形をプロットしたものである。作業開始直前より、1 秒毎に色を変えて表示したものである。最上段の左が Ch1、右が Ch2 の軌跡であり 2 段目が Ch3,Ch4 となっている。Ch1 (,Ch2) は正の傾斜の軌跡で、活性は高い。Ch8 は負の傾斜の軌跡でこの部位が待機状態であることを示唆している。Ch3,Ch4 のように、固有の丸みを示す軌跡は、活発な活動を示唆している。Ch7 は丸みのある軌跡を示し、Ttl の変化も活発な部位であることを示している。

このような反応が、全ての被験者に共通しているというわけではない。被験者によっては脳が全く反応していないようであるが、ケータイは上手に操作されている例もある。つまり、被験者にとってケータイの操作が観測し易い、または、タスクが容易であったといえる。

図 4、図 5 に示した被験者 S.K は、集中力のある性格で気を散らすことなく実験に取り組むことができるということが、このような結果を導く鍵でもある。

むすび

今回の情報操作として、発話、ケータイの文字入力中の脳内反応の結果より、頭頂部、後頭部にいずれの被験者も変化が認められた。今後は、多チャンネル計測により、脳内 Hb の計測部位を前頭部位よりに配置することで、情報操作に対する差を明らかにすることができることが示唆される。

参考文献

[1] 田村博:ケータイの文字入力とそのメンタルプロセス, バイオメカニズム学会誌, vol. 28, pp. 112-116 No3, (2004)

[2] Tamura H., Choi S.: Japanese and Hangul Text Entry Time on mobile phone, in comparison to reading and writing, pp. 58-61, ESK-JES Joint International Symposium on Ergonomics, in The Japanese Journal of Ergonomics (2004)

[3] I.Miyai,et al.: Premotor cortex is involved in restoration of gaint in stroke, Ann Neurol, 52, 188-194 (2002).

[4] I.Miyai,et al.: Longitudinal Optical Imaging Study for Locomotor Recovery After Stroke, Stroke,34, 2866-2870 (2003).

[5] T.Kusaka,et al.: Noninvasive Optical Imaging in the Visual Cortex in Young Infants, Human Brain Mapping, 22, 122-132 (2004).

[6] TK.Hashimoto,et al.: Examination of NIRS for evaluation of frontal lobe function in diffuse axonal injury (DAI) patients, No To Shinkei, 56, 389-394 (2004).

[7] M.Okamoto,et al.: Multimodal assessment of cortical activation during apple peering by NIRS and fMRI, NeuroImage,21, 99-111 (2004).

NIRS 計測を用いた誤り訂正作業時の脳内反応

Brain activities recorded by NIRS measurement while performing error correction tasks

○田村　博(田村ヒューマンインタフェース研究所)
大森正子(神戸女子大学), 丁井雅美(広島国際大学)

TAMURA Hiroshi*, OMORI Masako,**
*Tamura Institute for Human Interface, **Kobe Women's University,
CHOUI Masami (Hiroshima International University)

1　はじめに

近赤外線計測(NIRS)は脳の毛細血管中の還元、酸化、総ヘモグロビンの濃度を同時計測することを特徴とする。しかし、これらの 3 計測結果が有効に解読されているわけではなく、総ヘモグロビン(Ttl)、または酸化ヘモグロビン(Oxy)をもって部位の活性としている例も少なくない。また、これらのヘモグロビン波形には心拍振動に近い時間変動がしばしば含まれるため、時間フィルターでこれを除去し、あるいは反復加算して、1 秒以上の緩慢な変動のみが検討の対象となっている面がある。急速な血流変化には、末梢組織における情報処理と直結した酸素消費が反映されているのに対して、緩慢な動脈血の変化は、作業の進行を予測した中枢的な**構え**を示す兆候であり、それぞれ異なった役割を担っていると理解される。

NIRS 波形に観測される高速な変動を適切に解読するためには、還元ヘモグロビン(Deoxy)を含む 3 つの時間波形の役割を考察する有効な方法が必要である。本稿では、Oxy-Deoxy 平面上の軌跡から、酸化、還元、総ヘモグロビンの役割を考察する試みを報告する。

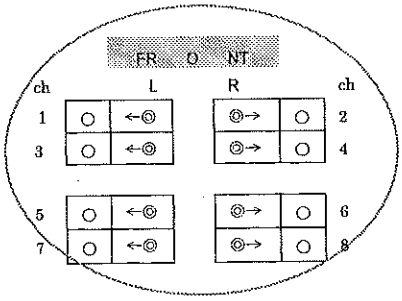


図 1　送光・受光栓の配置とチャネル番号
◎→：送光栓、○：受光栓

2. NIRS 波形の軌道解読

NIRS によって計測される末梢神経組織のヘモグロビン濃度の相対変化には幾つかの機序が含まれていると考えられる。ここではまず幾つかの時間波形とそれに対応する Oxy-Deoxy 平面上の軌跡の対応を述べ、軌跡から示される機能について考察する。

図 1 に示す送受光栓の配置で、それぞれが 1 対 1 に対応する送光受光を行い、8 チャンネルの計測を行った。タスクはケータイでひらかな文字入力とし、図 2 は文字入力開始前の待機状態での波形の一つで、右頭頂部位から計測された時間波形である。この間 Oxy, Deoxy, 波形はそれぞれ変動しているが、互いにほぼ逆位相の関係にあり、Ttl はほぼ一定である。

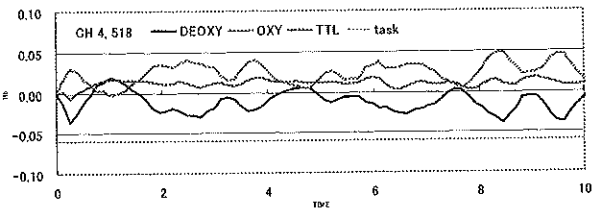


図 2 作業前の 3 波形

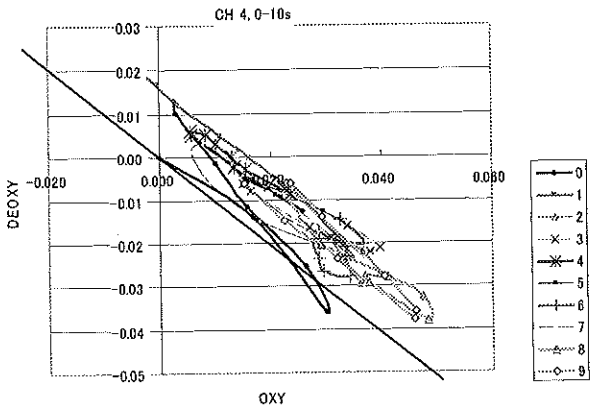


図 3　作業前の軌跡

3 波形には

Ttl = Oxy + Deoxy　　……　　(1)

の関係があり、位相が逆であれば互いに打消しあうことが理解される。

逆位相の関係にある波形を Oxy-Deoxy 平面に写すと図 3 のような軌道を示す。この軌道は原点をおる傾斜-1の直線に沿っており、この直線と軌道との距離が Ttl の値となる。作業負荷の少ない神経組織あるいは待機状態でこの軌跡を描くと理解される。

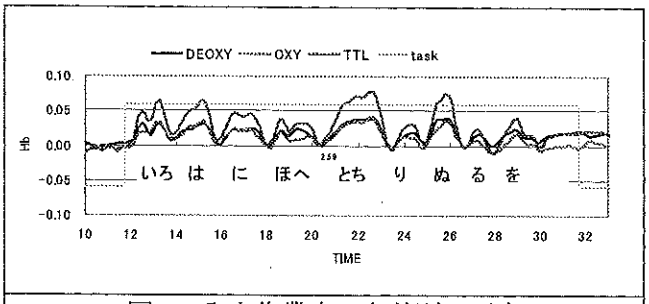


図 4　入力作業中の左前頭の反応

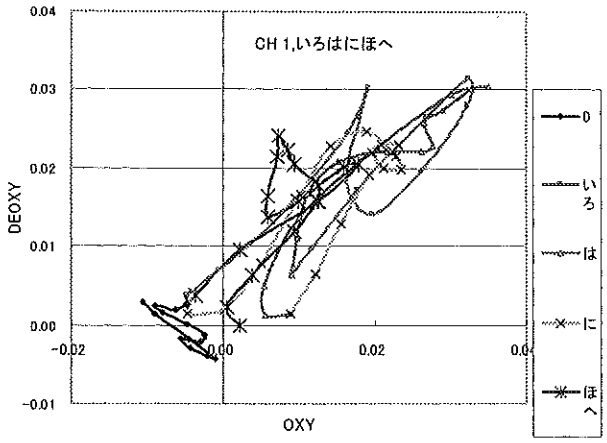


図 5　文字入力(いろはにほへ)時の Oxy-Deoxy 平面軌跡

入力作業を開始すると、時間波形は活発な反応を開始する。左前頭部から計測された波形を図 4 に示す。この波形には幾つかの山が見られ、それぞれを入力文字と対応させることができる。多くのケータイで使われて入力法では、同じ子音列の文字を入力する際には、カーソルを移動させる操作を追加することが必要であるが、「ほへ」、「とち」などがこれに対応しており、入力時間が長くなっている。ここで図 4 の谷で入力区間を分割し、それぞれの区間の他のチャンネルの波形を見ると、チャネル 1 と他のチャネルとの時間差や、チャネル1とは異なる時間分割の適否を読み取られる。図 4 の最初から 4 つの山にについて、Oxy-Deoxy 平面上の軌跡を描いたものが図 5 である。この場合、Oxy と Deoxy ほぼ同相であり、それぞれの変化が加算されて Ttl は大きく変化する。もともと Oxy と Deoxy の変動成分はかなりの振幅を持っているので、位相が変わっただけで Ttl が大きく変化しても驚くにあたらない。

以上、Oxy と Deoxy の変動が逆相と同相の場合について説明したが、いずれか一方だけが変化する場合もある。一方だけが変化する場合、いずれかのヘモグロビンが外部から補給され、あるいは流出するとも理解される。

大脳の機能局在との関係で興味深いのは、部位ごとに特徴的な軌道を示す場合である。

ある部位で短時間に活発な神経活動がおこなわれ、それに伴って一時的に酸素が消費されると、還元ヘモグロビンが増大する。これを補償するように追って、酸化ヘモグロビンが補給されている。

神経組織の内外との血液の流動が抑制された状態で、短時間に活発な神経活動が行われた場合、組織内の酸化 Hb は還元 Hb へ転換される。その変化は処理の内容に対応した特徴を示す、と仮定する。神経組織への動静脈との血流が、緩慢な場合にもこの特徴は観測されると推測する。このような軌跡は脳の活動を反映しており、この軌跡を解析することによりその周りの部位の機能が解明される。

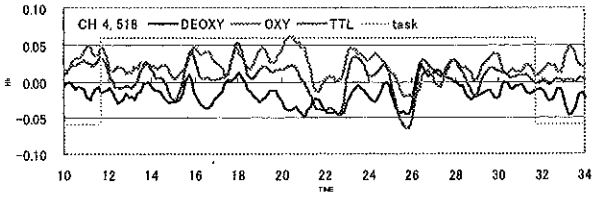


図 6　第 4 チャネルの時間波形

図 6 は右頭頂に設置したチャネル 4 の時間波形であり、区間ごとに微妙に変化しており、単純に位相関係で説明することが出来ない。

図 7 はチャンネル 4 の平面軌跡を描いたもので、酸素消費に伴う還元ヘモグロビンの増大と酸化ヘモグロビンの減少、その後の酸化ヘモグロビンの補給の関係が示されており、文字の子音系列によって規則性が幾つ

か見出されている。

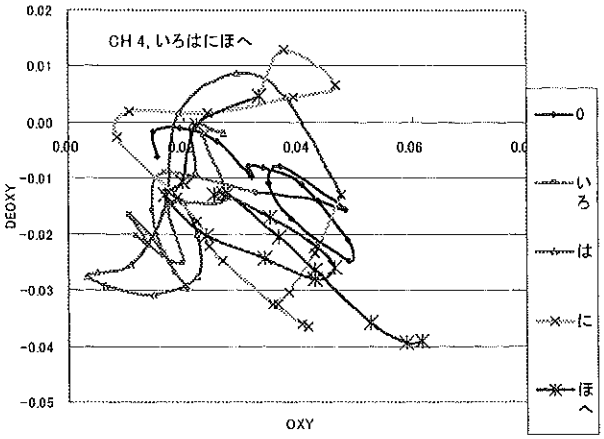


図 7 チャンネル 4 の平面軌跡

以上平面軌道から当該部位の活動を判定する基準を整理すると

逆相状態では待機状態

同相軌跡は、血流の増加、流域の拡大

ループ軌跡は局部の活性状態

酸化、還元ヘモグロビンの一方が増減する軌跡は外部結合状態

といった解釈を、仮説として抱いている。

3. 誤り訂正作業の応答軌跡

次に、簡単な誤り訂正作業を行った場合（被験者 SR, 22 才 女学生）の一つの結果を示す。

作業は、言葉、算数、理科からなり、それぞれ 20 秒提示して、答えを手書き、またはケータイに入力することである。内容は簡単であると思われたが、回答は必ずしも多くなく、正解も少ない。単純な文字入力に比べるとかなり負荷は高いと理解された。

課題の例を以下に示す。作業は、例文の誤りを正すことである。この計測に用いた送受光栓の配置を図 8 に示す。この配置は少ない送受光栓を用いて多くの部位の計測するのに適している。しかし全てのチャンネルに波形を示すことは出来ないので、幾つかを選んで考察する。

画面 1 言葉

転地身命に誓う、 球体以前、間接奪球

画面 2 算数

12−7=4、 50=20=30、36÷9=5

画面 3 理科

4 角形の内閣の和は 4 直角

ガラスは電気をよく通す。

天の川は一番長い川である。

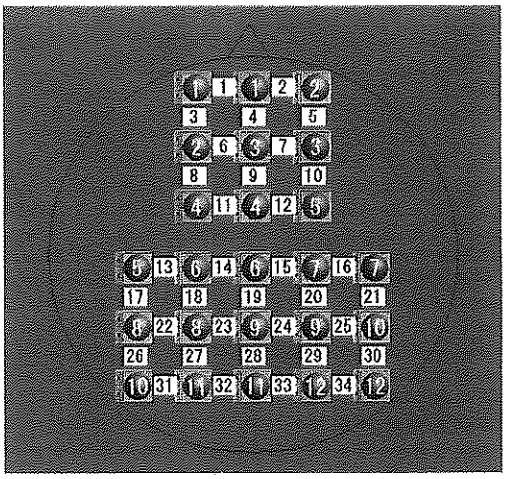


図 8 多チャンネル計測用の送受光栓の配置図

図 9 には、誤り訂正作業中の幾つかのチャンネルの計測波形を示す。計測時間約 90 秒のうち TASK マークで示された各 20 秒の間に課題が示され、可能な限りケータイで訂正箇所を入力するものとした。TASK 期間中に鋭いヘモグロビン濃度の変化が記録されている。この変化を指標として TASK 期間を 3〜4 ヶの区間に分割し、区間毎の軌跡を色を変えて描いたものが図 10 に示されている。

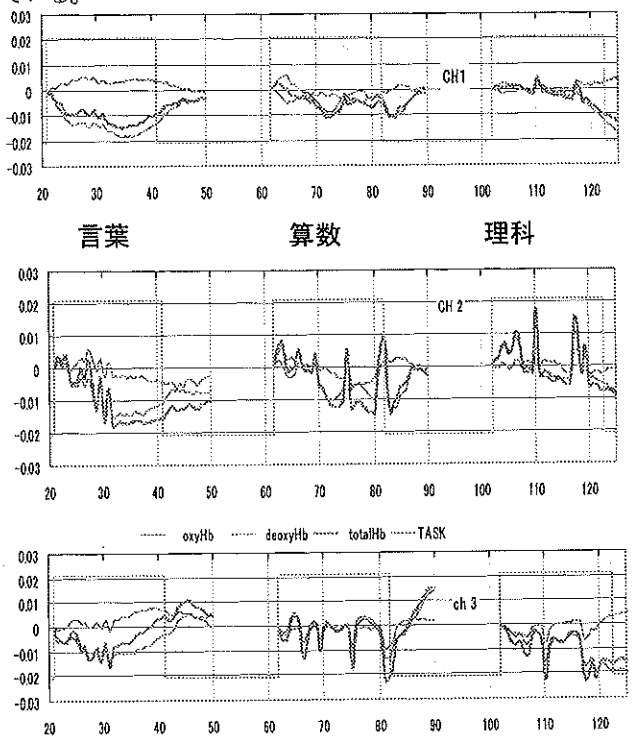


図 9 誤り訂正作業の計測波形(CH 1〜3)

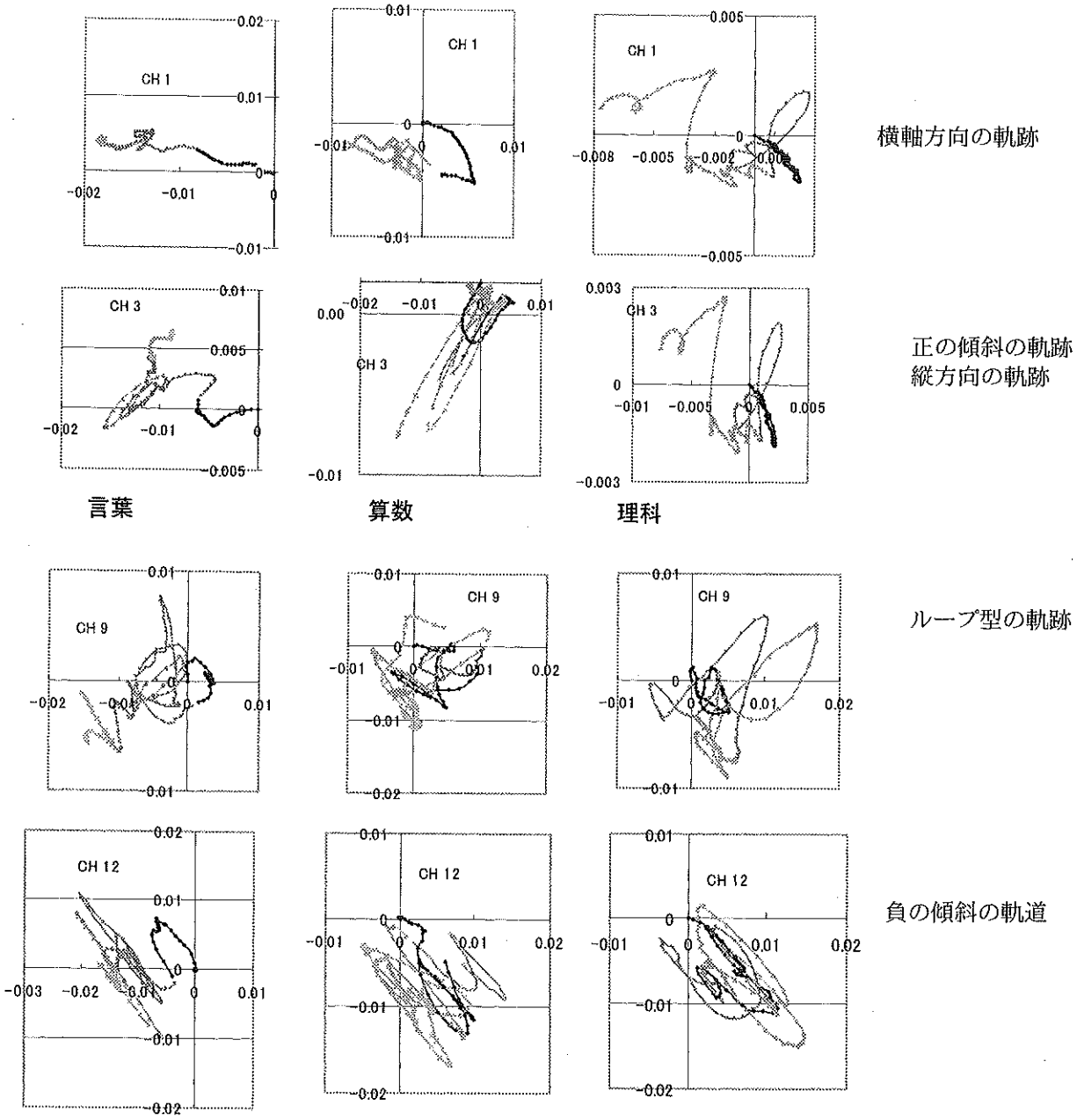


図 10　誤り訂正作業時の Oxy-Deoxy 平面軌跡

左の列は言葉、中央は算数、右が理科の課題に対する軌跡である。言葉課題において、チャネル 1 では、横方向に流れる軌跡が見られ、他にも縦軸方向の軌跡も見られる。今後検討に値する。

算数問題では正の傾斜の軌跡が活発に見られ、課題に取り組もうとする姿勢が読み取れる。チャネル 9 は前例のチャネル 4 に近い位置にあり、各課題でループ型の軌跡が記録されている。

チャンネル 12 は何れの課題に対しても負の傾斜の軌跡であり、この部位は待機状態にあるとも推測される。

む す び

個別の応答を基に、脳内反応を解読する方法として、時間解析と軌跡分類を示した。

本計測は独立行政法人　情報通信研究機構との共同研究契約に基づき未来ICT研究センター(神戸市)においてNIRStation(島津製作所製)を用いて行われた。計測に先立ち、被験者にはインフォームドコンセントを行った。 各関係者に厚く感謝する。

カラー版前刷りを希望する向きには田村(tamura@humaninterface.info)までメールでご連絡くだされば、PDF 版を返送するのでご利用下さい。

高齢者の日常生活行動及び活動量の実態に関する研究
—家事専従高齢者及び農作業従事高齢者について—
A Study on Daily Living Behavior and Physical Activity of the Elderly Home Makers and the Elderly Farm Workers

○溝端友希*，久保博子**，梁瀬度子**
*武庫川女子大学　**奈良女子大学
MIZOBATA Yuki*, KUBO Hiroko**, YANASE Takuko**
*Mukogawa Women's University, **Nara Women's University

1　はじめに

現在、我が国の高齢化率は19.5%（2004年現在）に達し、2015年には26.0%まで上昇すると見込まれている。高齢化に伴い長期化する人生において、高齢者が健康で自立した生活をなるべく長期にわたって持続することは誰もが望むところである。高齢期を健康で過ごすには、健康の保持・増進が欠かせないが、そのためには身体活動量を高め、現在の活動量を把握することが大切である。

以上のような背景から、高齢者が普段どのように生活し行動しているのか、高齢者の現在の活動量は実際にはどのようなものなのか把握しておく必要があると言える。しかし、高齢者の生活行動や活動量に関する研究の多くは、実験室での実験や高齢者施設を対象にした調査等、特殊な環境下でなされたものがほとんどであり、実際の日常生活の場である自宅において、様々な属性の高齢者について詳細な検討がなされたものは少ない。そこで本研究では、家事専従高齢者及び農作業従事高齢者の日常生活に着目し、その行動実態や活動量について実態調査を行い、高齢者の日常生活行動や活動量に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的として検討を行った。

2　方法

2．1　調査対象

調査は、家事専従高齢者（夏期6名・冬期8名）及び農作業従事高齢者（夏期12名・冬期5名）を対象に実施した。いずれも健康な高齢者であり、日常的に家事又は農作業に従事する者である。調査対象の概要は表1に示すとおりである。

表1．調査対象

		農作業従事高齢者			家事専従高齢者	
		冬期 山間部	夏期 山間部	夏期 平野部	夏期	冬期
被験者数(人)	男性	3	2	4	0	0
	女性	2	3	3	6	8
	合計	5	5	7	6	8
年齢(歳)	平均±SD	79.4 ±3.4	77.8 ±4.4	75.1 ±7.3	71.5 ±3.4	72.5 ±6.4
	幅	76～83	72～84	62～86	68～77	66～85
居住地域		奈良県(山間部)	奈良県(山間部)	大阪府(平野部)	大阪府	大阪府及び兵庫県
同居人数(人)	平均±SD	2.6 ±3.4	3.6 ±1.5	5.7 ±1.0	1.8 ±0.8	2.1 ±1.4
調査期間		'03年3月	'03年8～9月	'01年8～9月	'02年8月	'00年11月～'01年3月

2．2　調査方法

日常生活行動実態把握のため、被験者には普段どおり過ごすよう指示し、全ての行動を記録させるとともに、非利き腕の手首に腕時計型活動量記録計を約3日間装着させ、日常生活における活動量を1分間隔で連続記録した。同時に小型温湿度記録計を携行させ、身体周囲温湿度も1分間隔で連続測定した。温湿度センサは被験者の肩付近1ヶ所に装着した。いずれの装置も入浴時や携行に支障のある場合以外は随時携行させた。また、日常生活に関するアンケートに回答させた。

2．3　活動量

本研究では3次元加速度計により閾値（0.01G/rad/sec）以上の動きにより発生した信号・電圧数を測定するゼロクロス法を採用した。単位は活動量activityからとり「ac」とした。なお、3次元加速度計による活動量と心拍数等の間に関連性がある事は既報[1)]のとおりである。また、その関連性についてはPattersonら[2)]によっても示されている。

3　結果

3．1　活動量及び身体周囲温湿度の経時変動

図１に平野部農作業従事群女性 Sub.YS の活動量及び身体周囲温湿度の経時変動を代表例として示す。夜間睡眠時において各晩とも１,２回の排泄行為の中途覚醒がみとめられ、また早寝早起きであり、この傾向は同群の他の被験者においてもみとめられた。起床後午前中は家事作業や農作業を行い、活動量は高い値で推移していたが、午後は昼寝や休憩をして過ごしていたため、午前に比べて活動量の上下変動が激しい状態であった。測定期間中の平均身体周囲気温は約 30℃であり、あまり空調を使用しない環境下で生活していた。

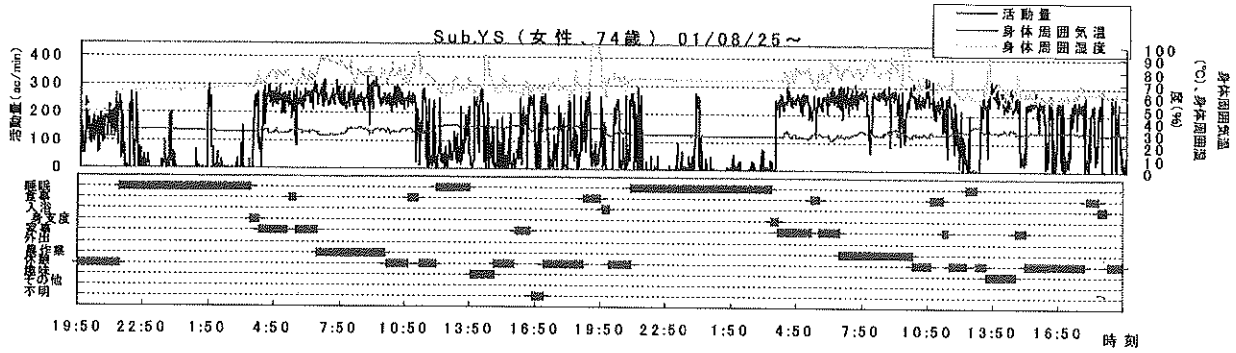


図１　48 時間における活動量及び身体周囲温湿度の変動（夏期平野部農作業従事群　代表例 Sub.YS）

3．2　起床時刻・就寝時刻

起床・就寝時刻について各群の平均を表２に示す。夏期平野部農作業従事群において他群よりも有意に早寝早起きであり、その傾向が強い者ほど農作業を盛んに行っていた。山間部農作業従事群では、男性より女性のほうが起床・就寝ともに早い傾向がみられた。家事専従群では季節による明確な違いはみられないが、夏期は 30 分程度早い傾向がみとめられた。

表２．各群の平均起床時刻及び平均就寝時刻

	夏期　平野部農作業従事群		冬期　山間部農作業従事群		夏期　山間部農作業従事群		家事専従群	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性	夏期	冬期
起床時刻	5:41	5:10	7:36	6:47	8:00	6:23	7:23	7:06
就寝時刻	21:03	21:51	23:11	22:13	23:27	22:53	23:31	23:01

3．3　一日の休息-活動リズム

次に一日の休息-活動リズムについてみる。純 24 時間の１分間活動量について１時間ごとに平均を求めたものを図２に示す。家事群では夏期冬期とも起床後は就寝まで比較的高い値を維持していた。夏期の平野部農作業従事群ではグラフは他群よりも早い時間帯側にあり、男女ともに昼寝を行っていたため正午付近で活動量が低下する傾向が顕著であった。山間部農作業従事群男性の冬期において他群よりも値が低い傾向がみられ、農閑期であったため休息行為が長かったことが影響していると考えられる。

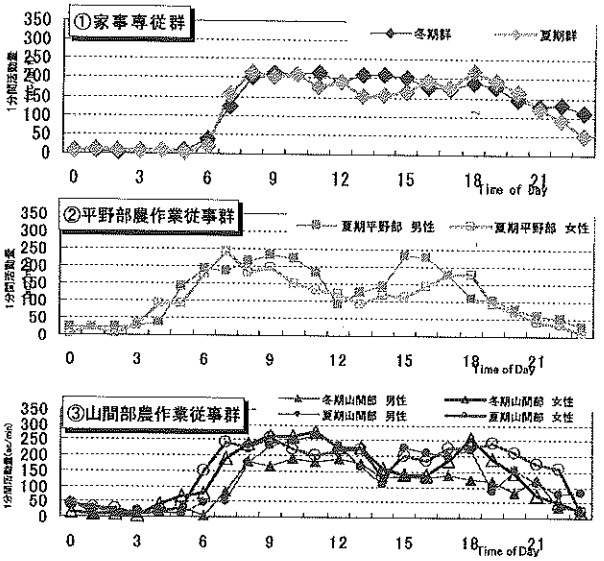


図２．純 24 時間における１分間活動量平均値の経時変動（①家事専従群②平野部農作業従事群③山間部農作業従事群）

３．４　性別・季節・居住地域による活動量の比較

24時間の活動量をその行動内容に基き分類し、総活動量およびその構成を群毎に示す（図３）。家事専従群では季節によりその構成内容に違いがみられたものの、夏期冬期ともにほぼ同程度の総活動量であった。山間部農作業女性群は他群よりも総活動量が多く、その構成内容をみると家事による活動量が他群より突出して多いことがわかった。一方、同じ農作業従事群であっても平野部女性群においては総活動量は家事専従群と大差なかった。次に、平野部農作業従事男性群では、総活動量は同群女性や家事専従群とほぼ同程度であったが、農作業による活動量が総活動量の大半を占めていた。山間部農作業従事男性群についてみると、夏期は家事専従群や平野部農作業従事群と同程度であったが、冬期の総活動量は他群よりも有意に少なく、その構成内容をみると、夏期よりも農作業や外出による活動量が減少したことが影響していると言える。

次に、家事作業、外出行動、農作業について注目する。まず、女性群の一日の家事活動量をみる（図４）。前述の通り、家事専従群では夏期冬期とも家事活動量は同程度であり、冬期山間部農作業従事群では他群よりも有意に多かった。冬期山間部農作業群では農閑期であったため家事に費やす時間が長く、また機械にたよらない作業（薪割りをして風呂沸かし、漬物仕込み等）が多かったことがその一因と考えられる。次に外出行動についてみる（図５）。家事専従群は他群よりも有意に外出活動量が多かった。これは同群が都市部に居住しているため、交通の便が良いなど山間部よりも外出しやすい環境であったことが関係していると言える。また家事専従群においては冬期より夏期のほうが外出活動量が多い傾向にあった。農作業についてみると（図６）、夏期は農閑期である冬期よりも農作業活動量が多く、山間部女性群においてその差は有意に大きかった。平野部男性群は農作業活動量は他群よりも有意に多かった。

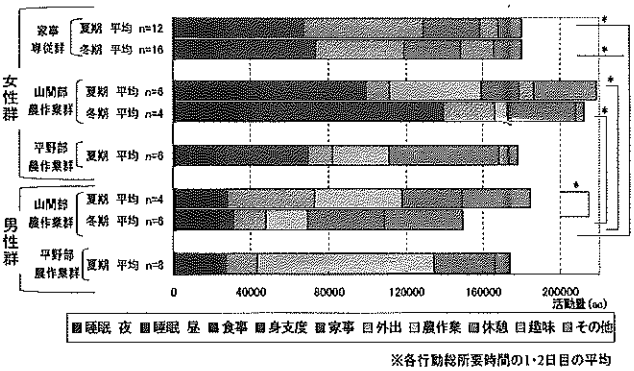


図３．一日の総活動量の構成

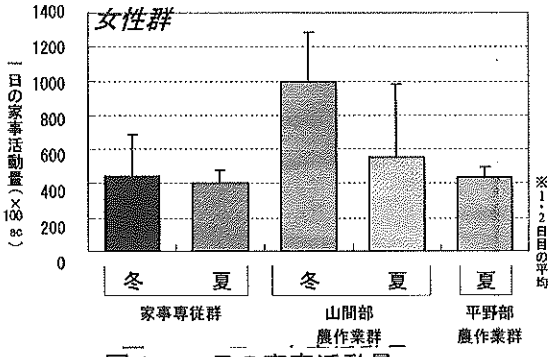


図４．一日の家事活動量（女性群）

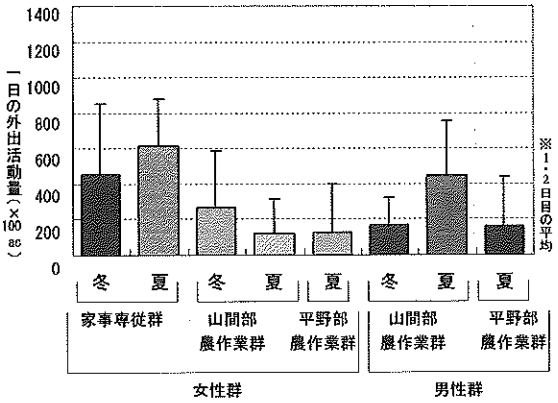


図５．一日の外出活動量

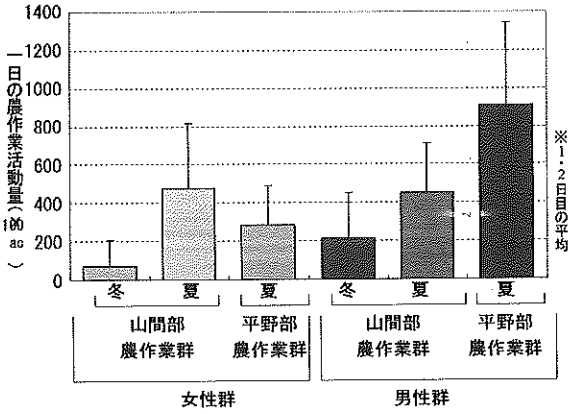


図６．一日の農作業活動量

3．5　総活動量に影響を及ぼす行動・活動量

総活動量と関連のみられたものについて代表的なものを示す。まず、全被験者の年齢と総活動量の関係（図７）をみると、年齢が高い者ほど一日の総活動量が少ない傾向にあり、特に 75 歳以上の被験者において総活動量が 150,000ac を超えた者はほとんどみられなかった。次に、女性被験者について、一日の家事活動量と総活動量の関係（図８）をみる。家事従事・農作業従事、季節等によらず家事活動量の多い者ほど総活動量が多い傾向にあった。また外出による活動量（図９）や農作業による活動量（図 10）についても同様の傾向がみられた。家事や農作業といった日課的作業や外出行動によって身体を動かすことが総活動量に影響していると言える。

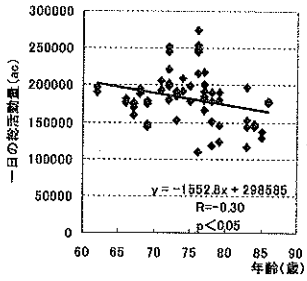


図７．年齢と総活動量の関係

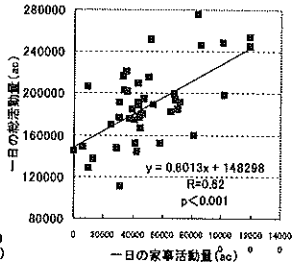


図８．家事活動量と総活動量の関係

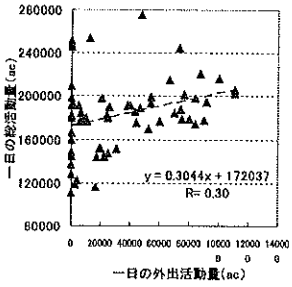


図９．外出活動量と総活動量の関係

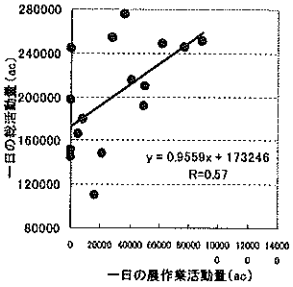


図 10．農作業活動量と総活動量の関係

5　まとめ

本研究では家事専従高齢者及び農作業従事高齢者の日常生活に着目し、その行動実態や活動量について実態調査を行い、高齢者の日常生活行動や活動量に影響を及ぼす要因について検討を行った。その結果、家事従事や農作業従事といった属性・年齢・性別・季節・居住地域によって日常生活行動や活動量に違いがみとめられた。

家事専従群は季節により総活動量に違いはみられないが、両季節とも外出行動が盛んであった。平野部農作業従事群では男女ともに総活動量は家事専従群とほぼ同程度であったが、早寝早起きで昼寝を行っていた点が他群との大きな違いであった。山間部農作業従事群において、機械に頼らない家事作業を多く行っていた女性群は他群よりも有意に活動量が多かったが、農作業をほとんど行わない冬期において男性群の総活動量は他群より有意に少なかった。また、総活動量が多い者は家事や農作業、外出行動による活動量が多く、年齢が高い者ほど総活動量が少ない傾向がみとめられた。

以上のことより、日課的作業（家事や農作業）や外出行動を行わなくなった場合に活動量が大きく低下することが考えられる。活動量の低下は身体機能の低下を招く[3]ことから、活動量の減少を防ぐ必要性があると言える。活動量を維持・増大させ、身体機能の低下を防ぐという点において、高齢者にとって身近な作業である家事や農作業はその手段として有効であると考えられる。また、少しでも長く継続して、安全かつ快適にこれらの作業を行えるようにするためにも、住環境のさらなる整備が望まれる。

謝辞

本研究に快くご協力下さいました被験者の皆様に深く感謝いたします。

文献

1）溝端他：高齢者の家事作業時における身体動作と活動量の関係、平成 15 年度 日本人間工学会 関西支部大会 講演論文集、pp.72-75、2003

2）Patterson et. al. : Automated physical activity monitoring :validation and comparison with physiological and self-report measures, Psychophysiology, 30:296-305,1993

3）朝山他：イラスト運動生理学、東京教学社、pp.1-14,1995

果実袋改良による梨栽培作業の省力化についての一考察

A Study on Labor-Saving of Work in Pear Cultivation by improvement of Fruits Bag

○横地義照 *，山口幸雄 **

* 鳥取県商工労働部産業技術センター，** 日本農業資材株式会社

YOKOJI Yoshiteru*, YAMAGUCHI Yukio**

*Industrial Research Institute of Tottori Prefecture, **Japan Agricultural Material Corporaition

1. はじめに

鳥取県特産の二十世紀梨を始めとする梨栽培は，生育中に果実へ袋掛けを行うことが一般的である．袋掛け作業は病害虫防除や糖度の向上，果色の保持など多くの効果を期待して行われており[1]，このことは，産地における果実の高付加価値化を目指した，梨栽培技術研究の成果といえる．

袋掛け作業は梨栽培において欠かせない作業ではあるが，今日においても梨栽培における全労働時間のおよそ20％以上を占め[2]，梨栽培の中で最も労力を要する作業となっている．また，生産者人口の減少と高齢化の進行により労働力不足が顕著であり，袋掛け作業の効率化と省力化は，今もなお生産者の要望として無視できない状況といえる．

そこで本報告では，既存の果実袋に改良を加える事により得られた知見を通して，産地における今後の梨栽培作業の省力化について，その方向性を考察する．

2. 改良方法

2.1 果実袋の現状理解

現在の袋掛け作業は1960年代に体系化され，鳥取県内の梨生産者に広く普及した．果実袋は鳥取県果実農業協同組合連合会自営の工場にて改良を重ねながら生産が続けられ，1980年代に改良された仕様以降は変更なく，当時のデザインのまま現在も広く用いられている．

果実袋はおおまかに分けて幼果に掛ける小袋と，小袋の上から掛ける大袋の2種類がある．小袋の袋口には糊が塗布されており，はく離紙を取って袋口を留める仕様となっている．一方大袋は，最も一般的な大きさでおよそ縦17cm横15cmの方形で，内袋と外袋からなる2重構造となっており，2本の針金がビニル素材で皮膜された緊縛帯が，袋口縁にテープで留められている（図1）．

2.2 袋掛け作業の調査

小袋が掛かった幼果に対して，大袋を掛ける作業が特に生産者の負担となっており，大袋の改良を念頭に梨生産者による袋掛け作業を観察した．袋掛け作業の習熟者は果実袋をケースから取り出す際，袋口の中央部を引っ張ることで袋口の開口形状を菱形状に広げ，果梗を袋口中央部に配置してから袋口を閉じ，袋口を中央部にしわ寄せした後，緊縛帯を折り曲げて袋口を固定した（図2）．

この作業を梨生産者は，一日あたり2千枚もの数量をこなす必要があり，少しでも負担を軽減するため，作業前に自ら袋口に水気を吸わせて，果実袋を柔らかくする工夫を施すことが多いようである．

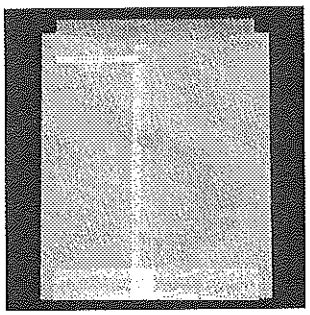


図1　既存の果実袋

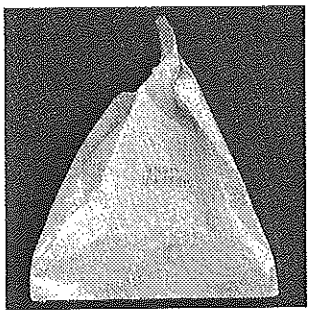


図2　袋口を閉じた様子

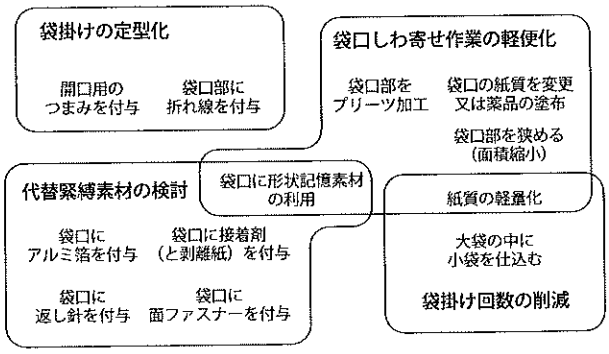


図3　改善アイデア意見の図解

2.3　改善アイデアの抽出

既存製品の仕様及び特徴を製品設計要素として整理し，果実袋改良の目標を「袋掛け作業者の習熟度を問わず，簡便にかつ確実に掛けられる果実袋」と設定して，今後取り組むべき製品の改善要望事項を果実袋製造業者スタッフと共にKJ法を参考に検討した．代表的な意見の図解を図3に示す．この結果，既存果実袋における4つの改良指針を定め，これをもとに改良デザイン案の検討を行った．

2.4　デザインの検討と試作

労働力不足を補う上で，最も有効な手段は「作業の定型化」であると考え，改善アイデアの1つである「折れ線の付与」について具体化を検討した．習熟度の異なる梨生産者の袋掛け作業をビデオ撮影後に観察した結果，果実袋が四面体形状となるように袋口を開く事が肝要との考えに至り，袋中央部にY字状の山折線と，袋口の両端にV字状の谷折線を施すこととした．袋口の状況を図4に示す．

次に袋口のしわ寄せ作業軽便化のため，内袋の袋口を切除することを検討した．これは「紙質の軽量化」のアイデアより，紙量の削減を行う事で作業時にかかる指の負担軽減を狙ったものである．さらに，袋口にはストライプ状のエンボス加工を付与することで，指の滑り止めとなることを試みた．

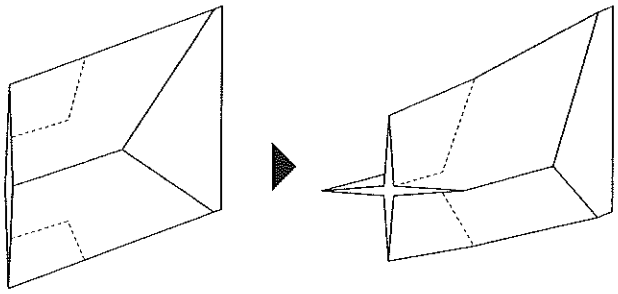


図4　折れ線入り果実袋の概略

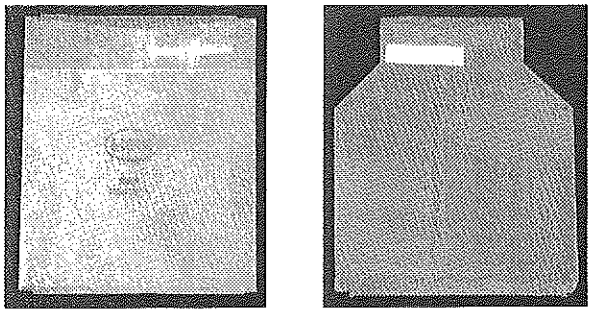


図5　試作を行った果実袋例

他にも「袋掛け回数の削減」を狙って小袋を大袋内に収納した果実袋，代替緊縛素材として面ファスナーを用いた果実袋など，改良を施した果実袋について試作を行った（図5）．

3.　試作果実袋の評価

試作した果実袋についてはその効果を検証するため，梨生産者とJA職員，さらに鳥取県の農業改良普及員とあわせて総勢10名を被験者とし，粘土で作成した模擬梨を対象にして，試作果実袋を用いた袋掛け作業を行った貰った．被験者は皆，袋掛け作業経験を有し，袋掛けを行いながらその場で試作果実袋の評価についての聞き取りを行った．

緊縛素材に面ファスナーを用いた果実袋を除き，試作した果実袋は概ね好評であり，特に折れ線入り果実袋と袋口にエンボス加工を付与した果実袋の評判が良く，小袋入り大袋については問題点が多いものの，「ぜひ実用化を」との強い要望が寄せられた．

袋口の内袋を切除した上で外袋にエンボス加工を施した果実袋については，既存の生産設備で量産化が可能であるため，2006年度の梨生産において試験的に袋掛けをして貰ったところ，糖度，果色ともに既存の果実袋と相違ない梨の収穫が行われた．この果実袋においては，事前に袋口を湿らす必要もなく，袋口の紙量が少ないためにしわ寄せが確実にできるとの感想が寄せられ，心配された果梗からの雨水浸入もなく，次年度以降の販売見通しが得られたとのことであった．

4.　考察

果樹栽培は年に1度切りであり失敗は許されない．よって生産者は安定と経験を優先して栽培を行うため，栽培方法の変更は極めて勇気が必要な行為といえる．しかしながら生産者の高齢化と労働力減少は目前であり，省力化の取り組みは産地として不可避と考える．果樹栽培は数をこなす仕事であり，些細な改良でも極めて大きな効果を生む可能性がある上，栽培作業の省力化において改良点は多いと考えられ，段階的にかつ継続的に行う必要性を感じる．

参考文献

1)　鳥取県果実農業協同組合連合会：鳥取二十世紀梨沿革史 (1972).

2)　鳥取県果実農業協同組合連合会：二十世紀梨誕生100年記念　産地激動の30年小史 (1987).

B 会場
一般セッション
企画セッション

会場：L1-804（L1 号館 8F）

13：00～14：12　　支援

15：30～16：24　　心理

16：30～18：00　　企画セッション「船と人」

主観的・客観的計測に基づいた自動車内の頭上空間と圧迫感の関係

Relation Between Overhead Clearance and Oppressive Feeling inside a Car Based on Subjective and Objective Measurements

○坂元保之*，川野常夫*，阪田知穂*，福井　裕**
*摂南大学　工学部　**大阪府立大学大学院　工学研究科
SAKAMOTO Yasuyuki*, KAWANO Tsuneo*, SAKATA Chiho*, FUKUI Yutaka**
*Faculty of Engineering, Setsunan University,
**Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1　はじめに

自動車内の頭上空間の広さは，着座時あるいは運転時の快適性を左右する要因のひとつである。狭すぎると圧迫感を感じたり，車の振動時に頭が天井にぶつかるのではないかという不安感を抱いたりする。逆に広すぎると，カーブを曲がるときなど，実際よりも大きく傾く印象を受けて不安感が高まる。一方，デザイン面や経済面からは，頭上空間が広すぎるのは問題である。したがって人間にとって適度な頭上空間が存在すると考えられる。

頭上空間の広さを，本研究では図１に示すように，頭頂から天井内面までの頭上高さで検討する。頭上高さは運転者あるいは乗員の身長や座高によって変化する。また，同じ人が座っても，車種によってあるいはセダンやワゴンなどボディタイプによっても頭上高さは異なる。したがって頭上高さは一意に決まらない，あるいは一意に決める意味がないと考えられる。しかし，人間が圧迫感を感じる頭上高さ（平均値，95%ile，5%tile など）がわかれば，それをもとに各用途に応じた頭上高さを設計することができると考えられる。

これまで頭上高さに関する研究は，建物の出入り口の高さを計測した研究[1]や建物の室空間の天井高さ関する研究[2]がある程度である。また，自動車については座席位置やハンドル調整範囲などを含めた運転者占有空間のモデリングに関する研究[3]はあるが，頭上高さを検討したものは見当たらない。一方，圧迫感に関しても，ビルから受ける圧迫感を取り上げた建築系の研究[4)~6)]は多いが，自動車内の圧迫感を扱った研究は見当たらない。

本研究では，自動車の天井高さを設計する際の指針を得るため，自動車内の頭上空間と圧迫感の関係を主観的および客観的計測に基づいて検討を行う。

2　実験方法

2.1　実験装置

計測実験は，図２に示すような天井を上下できるように仕組んだ自動車内模擬装置を用いて実施した。アングルのフレームで組んだ直方体空間の中に座席を置き，自動車内と同様の状況を模擬した。天井板は木製で，それに取り付けたワイヤを引くことで上昇し，放すことで下降するようにした。天井板が水平を保ちながら上下にスライドするように，その４隅の支柱がフレームに固定したガイドパイプに沿って動くようにした。上下のスライド可能範囲は400mmとした。

頭上空間の圧迫感は，着座時と体を移動するとき

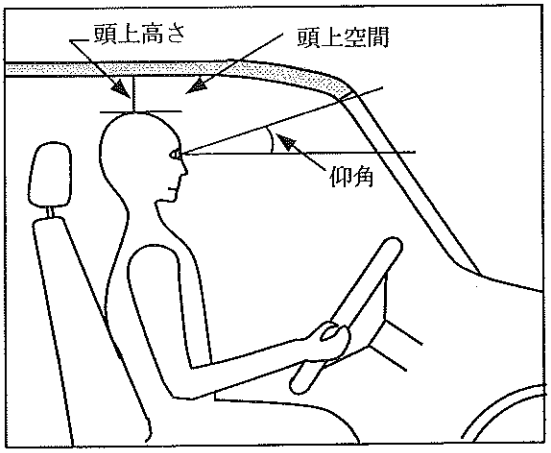


図１．自動車内の頭上空間

で異なると考えられるため，静止状態の着座時，後部座席を水平に移動する座席移動時，乗車・下車の動作時の 3 とおりについて実験を行った。また，圧迫感は天井の色によって異なることが考えられるため[7]，黒，白，灰，黄，赤の 5 色を取り上げて，各色について計測を行った。色の素材は，実際の天井の素材に近づけるため，フェルトを用いて，天井板の裏側一面に貼り付けた。

2.2 主観的計測

年齢 20～22 歳の男子被験者 10 名に対して，主観的計測を行った。着座時の条件では，被験者を椅子の右側に座らせ，天井を最上点から徐々に下降させる。被験者には圧迫感を感じたときに声で合図をしてもらい，そのときの頭頂から天井までの高さを記録する。

次に座席移動時の条件では，被験者に椅子の右側から左側へ水平移動を行わせる。このとき少し腰を上げて移動するものとする。着座時と同様に天井を最上点から徐々に下げていくが，座席移動時には天井を静止させる。被験者が圧迫感を感じたと申告したときに頭頂から天井までの高さを記録する。乗車・下車動作時の条件においては，被験者は装置の外側に直立し，自動車の運転席に乗り込む要領で中の座席に座る，続いて運転席から自動車を降りる要領で，装置から外へ出る。このときも天井高さを徐々に下げては静止させて，その間に乗り降りを行う。被験者には圧迫感を感じる高さで申告をしてもらう。

以上 3 とおりの条件のいずれの場合においても 5 色の天井について繰り返す。

2.3 客観的計測

年齢 20～21 歳の男子被験者 2 名について客観的計測を行った。この場合は着座時の条件のみを対象とした。計測項目としては心拍数，瞬き回数（瞬目，眼球の垂直サッケード含む），および肩の筋電位を取り上げた。心拍数は興奮や恐怖などの交感神経賦活により増加するため[8]，圧迫感や不安感に対して反応が期待される。心拍数の計測には S810 スポーツ心拍計（ポラールエレクトロ社製）を用いて 5 秒ごとの値を記録した。

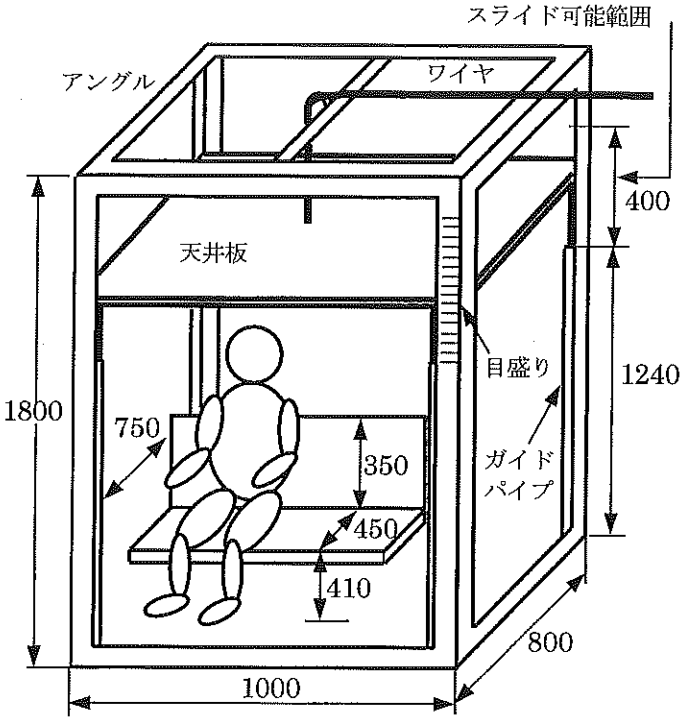
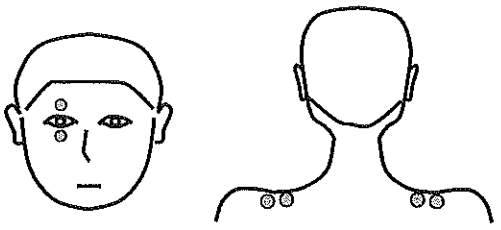


図 2．頭上空間の計測用車内模擬装置



(a)瞬き検知用　　(b)肩の力み検知用

図 3．筋電図の表面電極貼付箇所

瞬き（瞬目）は天井が迫ってくることに対する反射性瞬目の発生が予想される。また，この実験では被験者が天井を目で確認することを許すこととした。天井が接近するほど，確認回数の増加が予想される。ここで瞬きとサッケードの回数は，図 3(a)に示すように EOG 法に基づき，右目の上下に表面電極を貼り付けて計測し，電位の変化量として捉えた。

天井が迫ってくることにより肩に力みが生じる可能性を考慮し，肩の筋電位を同図(b)に示すように左右の僧坊筋に表面電極を貼り付けて計測した。目と肩の電位計測にはサイナアクト MT-11（NEC 製）を用いた。

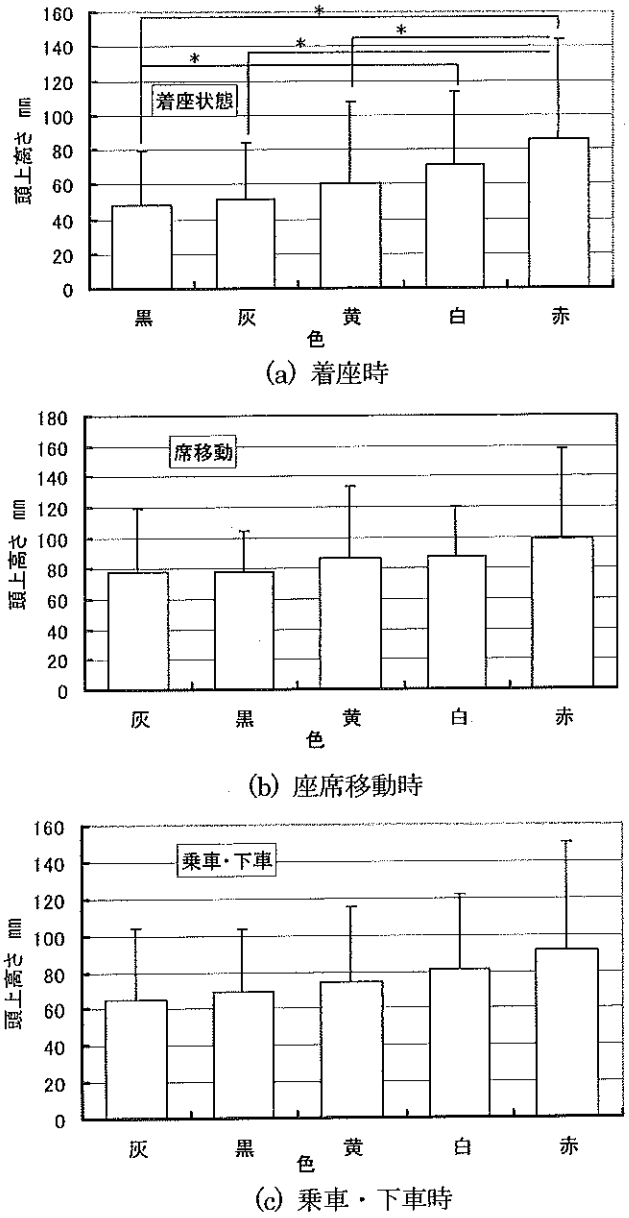
以上の客観的指標の計測手順は，まず，被験者を椅子の右側に座らせ，天井を頭頂点から 200mm 上方にセットする。この状態で，3 指標（心拍数，瞬き回数，肩の筋電位）を 10 秒間計測する。計測が終了すると次の 10 秒間で，天井をゆっくりと 20mm だけ下降させる。そこで天井を静止させ，同様に 3 指標を 10 秒間計測する。この操作を頭上高さが 0mm となるまで，すなわち天井が頭頂に接するまで繰り返す。客観的指標を主観値とを比較するため，天井が徐々に接近する途中で，被験者が主観的に圧迫感を感じたところで，その旨を申告してもらう。

3　実験結果

3.1　主観的計測結果

図 4 に圧迫感を感じる頭上高さについて被験者が申告した主観値の平均値を示す。図(a)(b)(c)はそれぞれ着座時，座席移動時，乗車・下車時の場合を示している。これらの結果から，圧迫感を感じる頭上高さの平均は 50～100mm の間で分布しており，移動を伴うときの方が高い値となっているのがわかる。また，天井の色については黒色，灰色が圧迫感を感じにくく，白色，赤色が圧迫感を感じやすいことがわかる。赤色や黄色のように暖色系で彩度の高い色は実際の位置よりも近くに見える進出色である[9] ことから圧迫感を受けやすいものと考えられる。また赤色は交感神経を刺激して情緒を興奮状態にする効果があることからも圧迫感を受けやすいと考えられる。逆に無彩色の黒色や灰色は後退色であり，比較的圧迫感を感じないものと考えられる。

自動車の運転者や乗員の場合，圧迫感は視覚からの情報によって感じると考えてよい。通常の自動車では，運転者にとって外の視界の上方は天井で遮られる。視界がどの程度遮られるかによって圧迫感は変わってくるものと考えられる。視界を遮る程度を天井の前方端を見上げる仰角（図 1 参照）で表すと，仰角が大きい場合は外界の視界が広く，逆に小さい場合は視界は狭くなる。着座時の実験で得られた頭上高さを仰角に変換すると約 16°（黒)～20°（赤)となった。これらの角度も圧迫感を左右する要因であると考えられる。



(a) 着座時

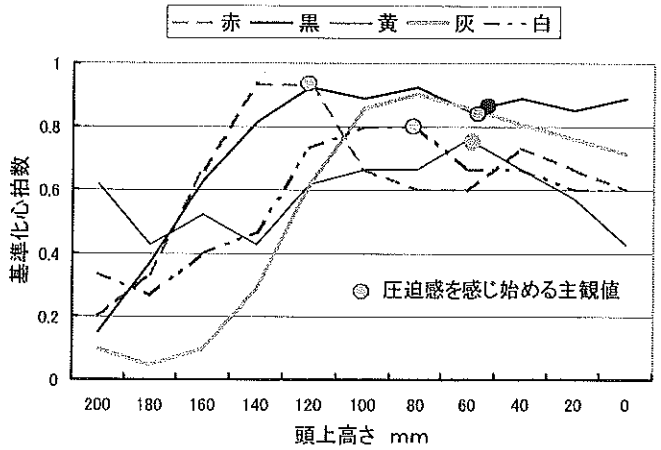
(b) 座席移動時

(c) 乗車・下車時

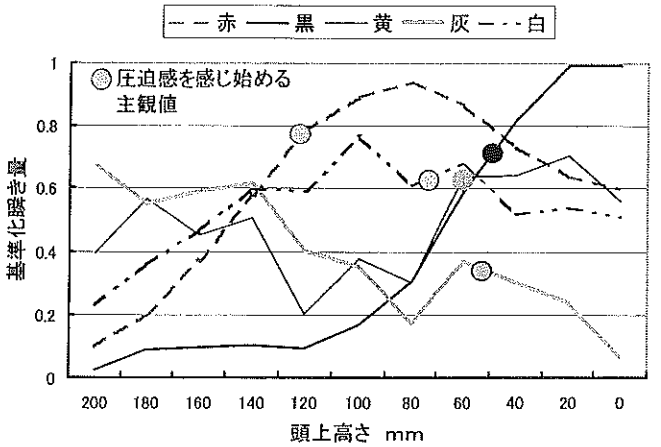
図 4．圧迫感を感じる頭上高さの上限（主観値）

3.2　客観的計測結果

頭上高さと客観的指標との関係を求めた例を図 5 に示す。これは 20 歳男性被験者の例である。同図(a)(b)はそれぞれ心拍数，瞬きの計測結果を示している。天井の各色について変化の傾向がわかるように，それぞれの値を，それぞれの最大値，最小値で基準化して示している。また，図中には被験者の主観値をプロットしている。図(a)から心拍数は頭上高さが低くなるにつれて上昇する傾向が認められる。特に頭上高さが 200mm から 100mm までの間で心拍数は上昇し，その後 0mm まではほぼ横ばいとなって



(a) 頭上高さと心拍数の関係



(b) 頭上高さと瞬き（瞬目）の関係

図5．頭上高さと客観的指標との関係（着座時）

いる。また，圧迫感を感じるときは，心拍数がいずれも7割以上の値となっている。これらのことから，心拍数は圧迫感と関係が深いと言える。図(b)の瞬きについては，心拍数ほどではないが，灰色を除いて右上がりの傾向は認められる。また，圧迫感を感じるときは，心拍数が6割以上の値となっている。なお，頭上高さと肩の力みとの関係は特に認められなかった。今回の実験のように徐々に天井が下降し，20mmごとに静止する条件では，肩には力が入らないものと考えられる。

4　おわりに

自動車内の頭上空間と圧迫感の関係を求めるため主観的および客観的計測を行った。計測には天井を上下できるように仕組んだ自動車内を模擬する装置を用いた。客観的指標として，心拍数，瞬き，肩の筋電位を取り上げた。その結果をまとめると以下のようになる。

(1) 圧迫感を感じる頭上高さの平均は50～100mmの間で分布している。

(2) 天井の色については黒色，灰色が圧迫感を感じにくく，白色，赤色が圧迫感を感じやすい。

(3) 圧迫感を感じる頭上高さを，車外を見るときの仰角に変換すると約16°～20°となった。

(4) 心拍数と瞬きは圧迫感と関連があり，自動車内における圧迫感の評価指標となりうる。

参考文献

1) 若井正一，高橋鷹志: 開口部のくぐり高さと頭上のアキ寸法の関係，日本建築学会計画系論文集，第460号, pp.103-108 (1994).

2) 高橋洋子，橋本都子，高橋公子，高橋鷹志: 室空間の天井高が圧迫感と開放感に与える影響,日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）,pp.787-788(1996).

3) Parkinson M.B., Reed N.P.: Optimizing Vehicle Occupant Packaging, SAE Technical Paper Search, SAE-2006-01-0961(2006).

4) 根本理恵，宮田紀元，高橋正樹: 圧迫感の視覚的低減効果に関する研究(その3)模型による評価実験，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），pp.825-826(2000).

5) 佐藤智史，川瀬功一郎，金子英樹，高橋正樹，宮田紀元: 外部空間における建物の圧迫感の定量化に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），pp.811-812(2002).

6) 武井正昭，大原昌樹: 圧迫感の計測に関する研究・4，日本建築学会論文報告集，第310号,pp.98-106(1981).

7) 角　浩志，武井正昭: 建築物の圧迫感と外壁の色彩に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），pp.411-412(1992).

8) 大須賀美恵子：生理実験入門，第4回，自律神経系指標の計測，ヒューマンインタフェース学会誌，Vol.7,No.4, pp.285-290(2005).

9) 秋田宗平: 新編　色彩科学ハンドブック（第2版）,pp.1384-1387, 東京大学出版会 (1998).

LAN を利用したハードウエア制御方式

－二足歩行ロボットへの適応－

The Control of Device by the LAN
－Application to Toy Robots－

○尾崎宏雄*，中村純**，堀井健**，小谷賢太郎**
*，**関西大学　工学部
OSAKI Hiro*, NAKAMURA Jun**, HORII Ken**, KOTANI Kentaro**
*Undergraduate School of Engineering, Kansai University
**Faculty of Engineering, Kansai University

1　はじめに

身の回りには多くの家電製品や，電子機器が存在する．個人の Windows パソコンを使ってこのような機器を組み合わせ，自動化や，遠隔制御ができれば便利である．

Windows システムによって高性能化が進み，パソコンはゲームや，マルチメディア，インターネットなどへと大幅に便利になった[1]．一方，オブジェクト指向に沿った Windows 環境下ではマルチタスク方式を実現するためにハードウエアは OS が管理するようになった[2]．このため，MS-DOS 時代のように自由に直接ハードウエアを制御することができなくなった[3]．

また，家電製品や電子機器は組み込みマイコンの使用により高機能化したが，これらの機器の利用者は一般に組み込みマイコンのプログラムを自由に変更することができない．利用者がもし独自のマイコンで制御しようと考えても，自由に組み込みマイコンを使える環境が十分に整っていない．

それゆえ，学生実験などで自作の計測機器を Windows パソコンで制御しようとした場合を考えると，Windows の柔軟なユーザインターフェースを利用しながら MS-DOS のようなハードウエアが簡単に扱える制御方式が望まれる．

これらの問題に対処する方法として我々は，Windows 標準の LAN 規格の一つであるイーサネットを用いることに着目し，イーサネットを使いパソコンからハードウエアを直接制御する方式[4]についてすでに提案している．通常ハードウエアを Windows パソコンから直接制御するには OS の専門知識の元で作成しなくてはならないデバイスドライバを必要とする．提案した方式では，デバイスドライバ作成の代わりに Windows 標準のイーサネットドライバを使用し，市販のイーサネット I/O デバイスを介してハードウエアの組み込み用マイコンに直接接続し，制御する方法である．この結果，アプリケーションプログラムの作成のみでハードウエアを制御できるため，前述のデバイスドライバを作成する方法より容易である．

そこで，本研究ではより複雑な制御を要するホビー用二足歩行ロボットを分散制御システムでもって歩行させることが可能であることを報告する．二足歩行レベルの制御が可能であれば，身の回りの電子機器や，計測機器を連係させるというような様々な応用ができると考えられる．

2　ＬＡＮを利用しての分散制御の概要

2.1　集中制御と分散制御

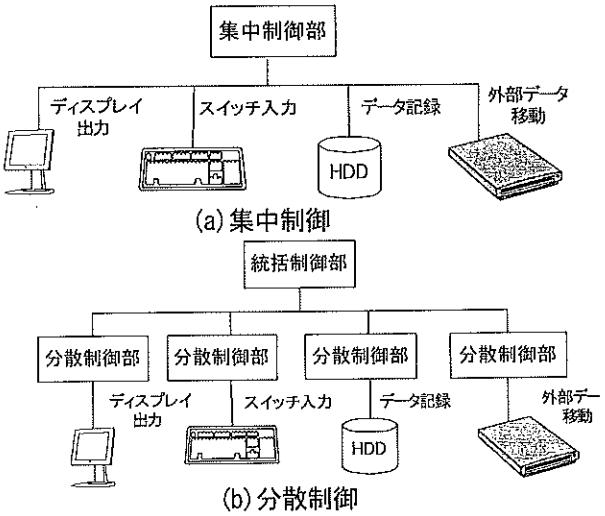


図１　集中制御と分散制御の概念

組み込みマイコンを使ったシステムの多くは集中制御で設計されている[5]が本研究では分散制御でハ

ードウエアを制御する．集中制御ではそれぞれの入出力部品が一つの制御部で集中管理されており，それぞれの部品から集められた情報を元に処理を行う（図１(a)）．この制御方式では，制御を行うプログラムは大規模化，複雑化しやすい．

一方，分散制御では，各部品の上位に制御部が存在し，ハードウエアはある意味，自律性を持った小部品となる（図１(b)）．それぞれの制御部について制御プログラムを与えることにより，シンプルで分かりやすいプログラムが期待できる．

2.2 分散制御のシステム

図２に示すイーサネットを使った分散制御でホビー用ロボットの二足歩行制御を可能にすることが，本研究での目標である．歩行というのは一つの間接（RCサーボで構成している）の動きだけで成立するものではなく，多くの間接の動きの連係によって成立する動作である．このような複雑な制御が実現できれば他の制御への応用も可能といえる．

本研究では鶴間らの提案した[4]，OSの専門知識を必要としない Windows 環境下におけるハードウエアの制御方式を適用する．鶴間らの制御方式はイーサネット機能を有するI/Oデバイスを使い，Windowsとイーサネット接続する仕組みである（図３）．Windows 標準のイーサネットドライバを使うことができるためデバイスドライバの作成を必要とすることなく，ハードウエア制御ができる．I/OデバイスとしてはLantronix社のXPortやDigi International社のConnect ME等様々あるが，今回も入手性が良く，扱いやすい XPortを使用する．

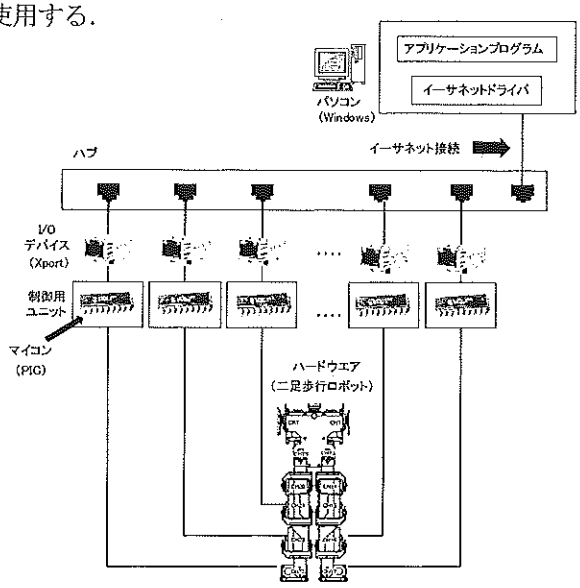


図２　システムの構想図

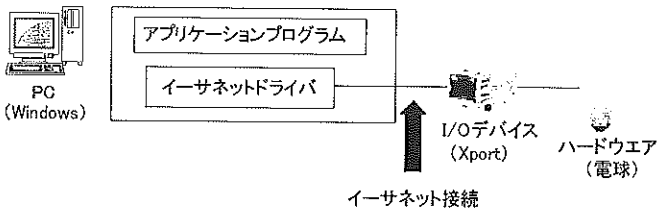


図３　直接制御の概要図

3　ロボット二足歩行制御における通信速度実験

3.1　通信速度

本実験では近藤科学社のホビー用ロボットを利用する．メーカが提供するロボット制御プログラム HeartToHeart を使用した場合，通信速度は 115.2kbps である．また，RC サーボは PWM 制御で動作する．PWM 制御とは信号の入力周期で制御タイミング，信号のパルス幅で動作量を制御する方式で，今回使用する RC サーボには少なくとも 20ms 内に一度信号が RC サーボに送られる必要がある．20ms 内で通信するビット数は，

$$115.2\text{kbps} \times 0.02\text{s} \fallingdotseq 2300\text{bit}$$

と示される．また，ポジション設定に要するコマンドは平均で 16byte 必要とする[6]．スタート・ストップビットを加えて，この制御に用いられている 1byte を仮に 12bit としたとき，20ms 内で HeartToHeart が指示することができるコマンド数は

$$2300\text{bit} \div (16\text{byte} \times 12\text{bit}) \fallingdotseq 12\text{回}$$

である．よって，最大で 12 個の RC サーボを同時に制御できることが分かる．

3.2　二足歩行

ロボットの二足歩行として，以下の動作が確認できれば本実験での二足歩行と見なす．

「水平な場所で，足の裏が地面から完全に離れ，足を前方に降ろし，身体の重心を移動させ，これを繰り返し，ロボットがまっすぐ前進すること．すなわち，動作のスピードは遅くてもよく，いわゆる静的な歩行を可能とさせる．」

3.3　実験方法

ロボット制御用プログラム HeartToHeart と組み込み用マイコンの一種であるＰＩＣを利用し，図４のようにＬＡＮケーブルを使ってイーサネット接続を行う．HeartToHeart で歩行命令を与え，二足歩行できるか確認する．

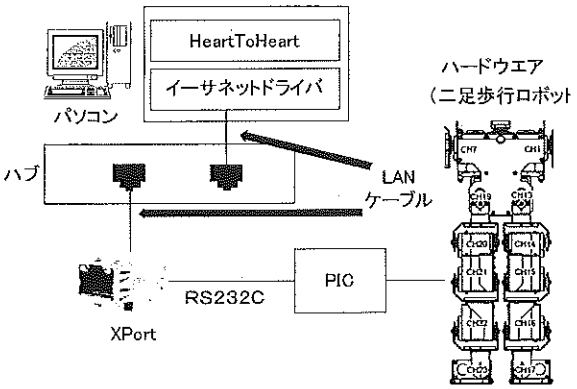


図４　ロボット動作実験の概要図

3.4　結果と考察

一つのＰＩＣマイコンで 12 個のＲＣサーボのロボットを二足歩行させることができた．イーサネット接続の処理が追加されても通信速度の問題はないことが確認できた．

この結果より，ユーザが独自のアプリケーションプログラムを自作する場合には，今回の通信速度 115.2kbps に縛られる必要はない．現在の一般的なイーサネットの通信速度は10Mbpsや100Mbpsで高速なため，XPort の通信速度 230kbps を最大限に活用することができる．XPort と同じ UDP 通信を用いているインターネットラジオを調査してみると 64kbps の音楽配信で 2000 台以上，128kbps では 500 台以上のパソコンが接続されていることが確認できる．したがって，このことから本方式では十分な拡張性のある分散制御が期待できる．

4　ＰＩＣを使ってのＲＣサーボ位置決め制御実験

組み込みマイコンを使ってのハードウエア制御技術が本研究には必要である．日立製作所が開発したＨ８や，アトメル社のＡＶＲなど組み込み用マイコンには様々があるが，本研究ではマイクロチップ社のＰＩＣを利用する．ここではＰＩＣを使ってＲＣサーボの位置決め制御の方法を紹介する．

4.1　ＰＷＭ制御

ＰＩＣでＲＣサーボの位置決めが正しく制御できるか検証する．一般的にＲＣサーボはＰＷＭ方式で制御されている．ＰＷＭ制御とは，信号の周期と High パルスの期間を自由に設定し，対象となるものを制御する方法である．High パルスの期間に応じた制御量を出力し，ＲＣサーボの回転角度が決まる（図５，表１）．

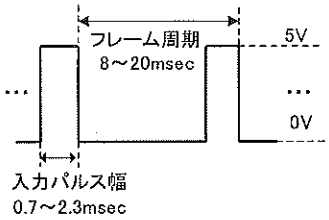


図５　入力パルスの概略図

表１　RC サーボの入力規格

フレーム周期		8～20ms
パルス幅	0.7ms	0°
	1.5ms	90°
	2.3ms	180°

4.2　実験方法

（ｉ）ＲＣサーボの入力規格（表１）通りにパルス幅を調節できるプログラムをアセンブリ言語で作成する．

（ii）このプログラムをＰＩＣに書き込み，オシロスコープで規格通りのパルス幅が出力できているかどうか確認する．

（iii）制御用ユニットの回路を作成し（図６），ＰＷＭ制御を行う．なお，発振回路には安定した周波数をＰＩＣに供給できる水晶発振回路を利用する．

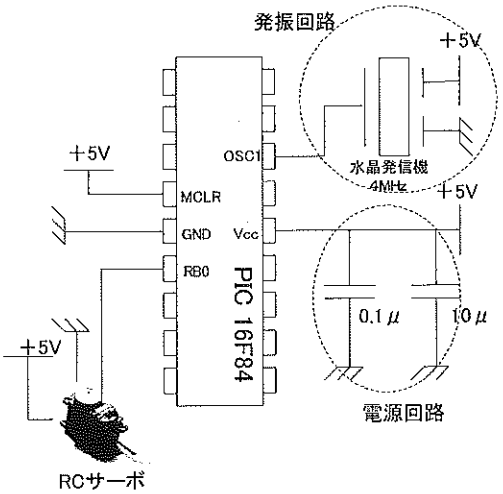
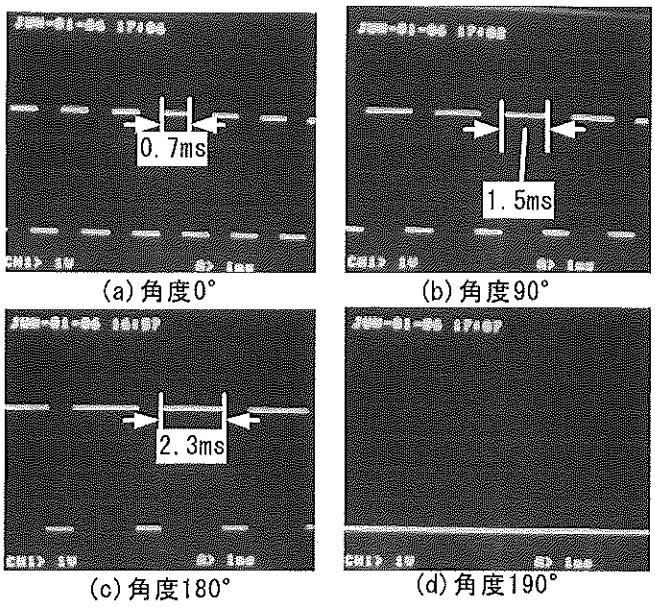


図６　制御用ユニットの電気回路

4.3　結果

実験方法（ii）の結果，図７（a）～（c）よりパルスの High 幅について，規格通りの結果を示すことができた．また入力規格外の角度を与えた場合，RC サーボの故障を防ぐため，Low のパルスを出力するようにした（図７（d））．



(a) 角度0°　(b) 角度90°

(c) 角度180°　(d) 角度190°

水平方向 目盛：1 ms

（角度 0°，90°，180°，190° を指定したときの出力パルス幅）

図7　PICの出力パルス幅

実験方法（iii）の結果，180 度付近では最大５度の差を生じているが，概ね２度以内に収まっている（図８）．目標の指定した角度通りモータを回転させることができた．このことにより，二足歩行制御を十分にできることが分かる．

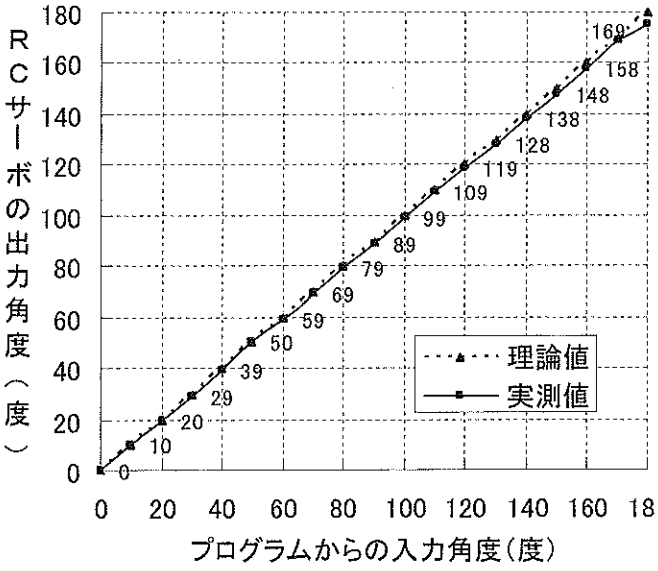


図８　入力角度と出力角度

５　まとめ

本論文では Windows 環境下でデバイスドライバの作成なしに，LAN によるハードウエア制御の方式を提案した．通常この環境下ではハードウエアを制御するためにはデバイスドライバが必要で，自作のハードウエアを制御するために自分でデバイスドライバを用意しなければならない．デバイスドライバを作成するためにはハードウエアの仕組み，カーネルの仕組み，ファイルシステムに関する知識が必要で，ユーザが独自にこの知識を習得することは難しい[7]．本方式の場合，必要とする機材としては組み込み用マイコン，イーサネット対応の I/O デバイス，および Windows パソコンである．そして，これらの機材を利用するために必要な知識は統括制御部で Java 言語の知識，分散制御部で組み込みマイコン用のアセンブリ言語の知識，および図６で示したような簡単な電気回路に関する知識である．このことから，本方式で必要とする知識はデバイスドライバを作成する時に必要とする知識よりも易しい技術レベルにあると考えられる．

謝辞　本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（平成 18 年度～平成 23 年度）の援助を受けた．

参考文献

1）　天野司：Windows はなぜ動くのか，pp.2-17，日経 BP（2002）．

2）　ユニゾン：MS-DOS とコマンドプロンプト学習術，pp.2-28，ソシム（2003）．

3）　砂岡，村松，川俣：Windows 環境でのパラレルポートを利用した制御簡易言語の開発，日本教育情報学会年間論文集，vol.15，pp.188-189（1999）．

4）　鶴間，野村：Windows 環境下における機器の制御方式，関西大学工学部人間工学科研究室卒業論文（2004）．

5）　長嶋洋一：組み込みマイコンシステムのできるまで，pp.25-27，日刊工業新聞社（2005）．

6）　近藤科学社：RCB-1　コマンドリファレンス Ver1.0B，http://www.kondo-robot.com/html/Product_KHR1_Support.html（2005）．

7）　永井正武：Linux と Windows を理解するための OS 入門，pp.58-71，共立出版（2003）．

エルボークラッチ杖先ゴムの実使用条件に関する考察

Study of Real Usage Conditions of Tips for Elbow Crutches

○久本誠一*，田中 均*，田中 繁**
*（独）製品評価技術基盤機構 人間・福祉技術課
**国際医療福祉大学大学院
HISAMOTO Seiichi*, TANAKA Hitoshi*, TANAKA Shigeru**
*Human and Welfare Technology Division, National Institute of Technology and Evaluation
** International University of Health and Welfare Graduate School

1　はじめに

杖先ゴム（以下，Tip）は，路面に対して杖が滑ることを防止するための重要な部品である．しかし，現実には Tip は十分な検討なしに製造し得ることから，性能の不十分な製品が流通している懸念がある．

ここでは，Tip の重要な性能要素である路面と間の摩擦力の計測方法を検討する前段階として，８名の肘杖（ロフストランド・クラッチ．以下「杖」）ユーザによる被験者実験を実施し，実使用時における Tip と路面が形成する角度，並びに，Tip に加わる荷重について検討した結果を報告する．

2　杖先ゴムと路面の関係

Tip の摩擦力については相川[1]や樋口[2]の報告が見られ，相川は Tip の路面上のスリップは杖が路面に接地した初期に発生しやすいとした．ここで，歩行中に Tip と路面がなす３次元角度 θ と，Tip に加わる軸方向荷重 Fa，並びに Fa の水平成分 Fah の関係を図１に示す．

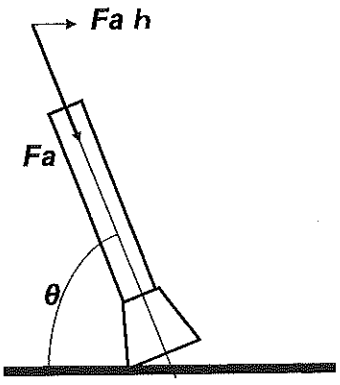


図１　Tip と路面の関係

Tip が路面に接触した後，使用者の前進に従い θ は増大するが，その最大値は肩関節の外転により 90° 未満となる．Fa は Tip が路面に接触した後最大値をとり，その後減少する．これらより Fa の水平成分 Fah が決まる（図２）．θ 及び Fa の時間変化は杖の使用者によって大きく分散するが，これらを模式的に山型のカーブとすれば，図２のような Fah の曲線を得，杖の路面への接地の瞬間に Tip に加わる水平分力が無視しえない可能性があることが分かる．これは，スリップは Tip が接地した初期に発生しやすいとした前述の報告[1]とも一致する．そこで，以下では Tip が路面に接地した初期段階に注目し，θ と Fa の実態を検討する．

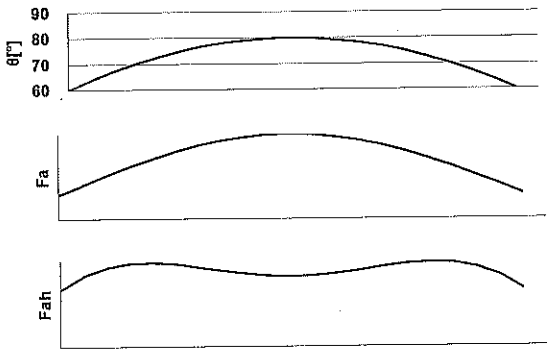


図２　Tip に加わる応力のモデル

3　被験者実験

3.1　被験者

被験者はリハビリテーションセンターで治療中の患者８名（男性７名，女性１名）で，脊椎損傷等に起因する片麻痺もしくは半身麻痺の被験者とした．

3.2 装置

日本製及び米国製の杖２品種を試験杖とし，被験者実験に供した．杖が床に接触する角度は CCD カメラとビデオ・レコーダで可視画像を記録し，これを液晶ディスプレイ上に再生し，ゴニオメータで計測した．今回は，実験の所要時間を短縮し被験者の負担を極力減らすため，光学標点式３次元動作計測装置の使用を避けた．軸方向荷重は，試験杖の脚上部に組みこんだロードセルで検出した．ロードセルはひずみアンプを介して記録計に接続された．実験用の歩行路は，階段や段差を含まない水平で平坦な歩行路 10[m]とした．路面はニードルパンチ・カーペット仕上げとした．

3.3 実験手続き

インフォームド・コンセントを得た後，被験者の杖に長さを合わせた試験杖２品種を試用させ，普段の杖に近い方を選択させた．片側に杖を使用する被験者にはその杖を，両側に杖を使用する被験者には左右のうち一方の杖を，選択した試験杖に持ち替えさせた．

被験者は椅子に座って待機し，検者の合図で立ち上がり歩行を開始した．歩行路の逆の端までの歩行で１トライアルとし，５回程度のトライアルを実施した．各トライアル間には２分間以上の休憩時間を設けた．

4 結果

被験者の歩行の態様は，２動作型，３動作型，４点支持型等であった．杖が路面に接触する瞬間の θ は，概ね 66°（全トライアルの平均値 66.24°，標準偏差 4.32°）で，今回の被験者においては，被験者間の差異は予想外に小さかった．

また，杖が路面に接触する際の Fa 値は概ね 20～50[N] の範囲であった．被験者（53 歳，56[kg]，男性，右側下肢麻痺）の１トライアル中での７歩分の Fa の変化を重ねて図３に例示する．この被験者では Fa は図２に示したモデルのような山型（単峰）の時間変化特性を示したが，双峰の時間変化特性を示す被験者や，双峰と単峰が混在する被験者も見られた．

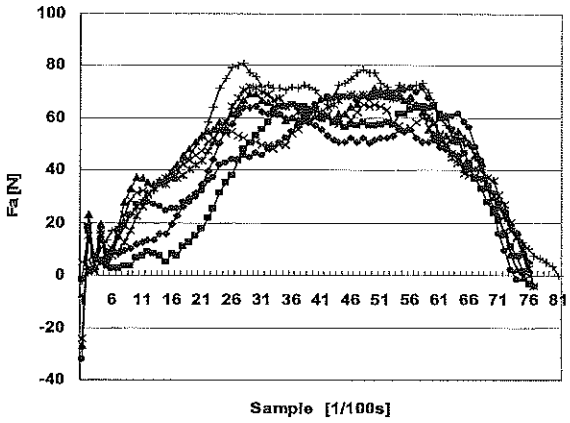


図３　軸方向荷重の時間変化の例

5 考察

被験者実験の結果，実使用時に杖先ゴムが路面に接触する３次元角度は概ね 66°，Tip が路面に接地する初期の軸方向荷重は 20～50[N]程度であることがわかった．１歩行中の軸方向荷重の時間変化は山型もしくは双峰曲線を描くが，詳細には被験者により異なった．大きく分散する傾向をもつデータを基に試験方法を決定することは困難ではあるが，Tip の評価方法の検討にあたっては，これらの結果が参考となる．また，杖の使用者が脳性麻痺者の場合には結果が大きく異なることが予想され，今後の検討課題である．

本研究は独立行政法人製品評価技術基盤機構標準化等関係業務「歩行補助具用先ゴムの要求事項及び試験方法の標準化」の一環として実施したものである．

参考文献

1) 相川孝訓: エルボークラッチ杖先ゴムの摩擦の評価結果, 国リハ研紀, 24, pp.11-20 (2003).
2) 樋口宣男: 福祉機器及び公共設備の定量的評価と情報公開, 第 14 回リハ工学カンファレンス講演論文集, pp.145-150 (1999).

背もたれ角度と背もたれ荷重の関係について

The relationship of angle and load distribution of rising-aid chair backrest with reclining function

○三好英樹*，今井直樹*
*（独）製品評価技術基盤機構
MIYOSHI Hideki*, IMAI Naoki*
* National Institute of Technology and Evaluation.

1　はじめに

近年、リクライニング機能付きの高齢者介護用いす（シャワーキャリー、立ち上がり補助いすなど）が開発・市販されている。本計測では、リクライニング機能付きのいすにおける後方安定性評価方法を開発するために、背もたれ角度を変化させていった時の背もたれ等掛かる荷重を計測した結果を報告する。

2　計測方法

背もたれ角度を変化できる椅子型荷重計測試験装置を開発し、図１に計測風景を示す。

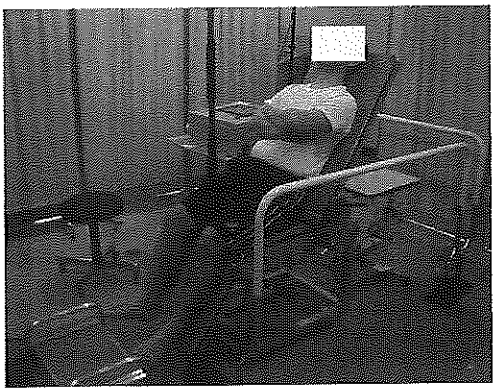


図　1　計測風景

2.2　被験者

被験者は、成人 20 名（年齢 20～78 歳、平均身長 159.8cm、体重 50～100kg　平均体重 61.2kg）に協力をお願いした。

また、今回の被験者は、人間特性データベース [1]から抽出した 20～78 歳の成人(1002 人　平均身長 158.9 cm 平均体重 57.8kg)と比較して平均値に有意差はなかった。（α=0.05）

図２に今回の被験者と人間特性データベースから抽出した集団の分布を示す。

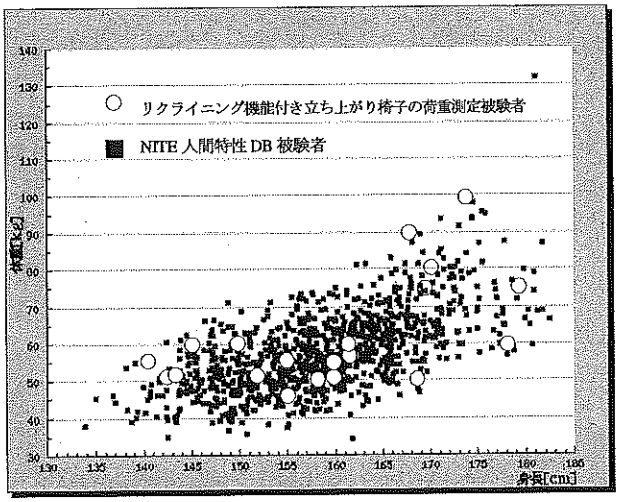


図２　被験者の分布

2.3　計測条件

椅子型荷重分散測定装置を表１の条件に設定した時の座面・背もたれの垂直荷重を計測する。条件を変化する時、被験者にはでん部を極力動かさないように指示を出し、座面とでん部の接触面が変わらないようにした。

表１　計測条件

背もたれ角度(°)	100	120	140	160

3　結果及び考察

図３に背もたれに対しての垂直荷重と体重の関係を示す。背もたれ角度が大きいほど背もたれに対して垂直荷重が大きくなる。また、背もたれ角度を小さくすると、計測条件ごとの近似線の傾きが小さくなる。そのため、背もたれ角度１００°の場合、近似線の傾きが０．１６になり、体重による荷重差が、小さくなる。この条件では、被験者全体の垂直荷重平均は６６Ｎになった。

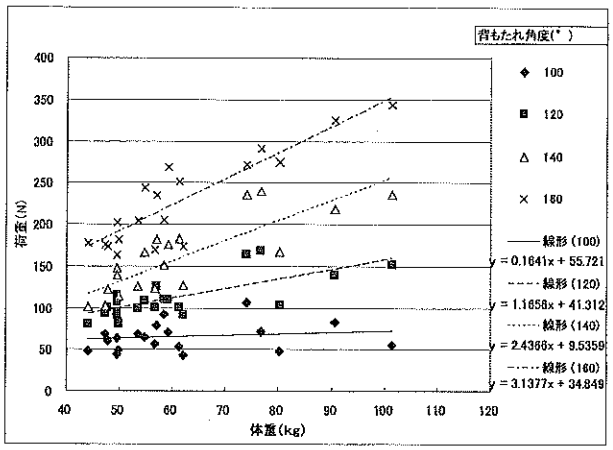


図３　背もたれの荷重と体重に関係

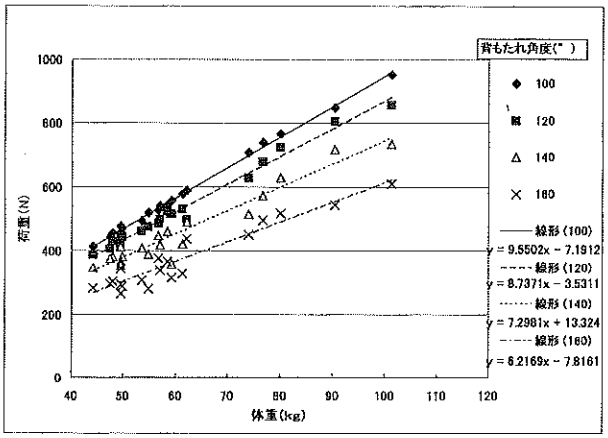


図４　座面の荷重と体重の関係

図４に座面に対しての垂直荷重と体重の関係を示す。背もたれ角度が小さいほど、座面に対しての垂直荷重が大きくなる。また、体重が重いほど、座面にかかる垂直荷重は大きくなる。

4　おわりに

背もたれ角度を変化させた場合、座面・背もたれに以下のような知見が得られた。

1)　背もたれを後に倒す（背もたれ角度を大きくする）につれ、背もたれに掛かる垂直荷重は大きくなり、座面に掛かる垂直荷重は小さくなる。
2)　背もたれ角度が直角に近くなると、背もたれに掛かる垂直荷重は、体重の大きさに比例しない。

以上の計測からリクライングの後方安定性評価法を考えると、いすの耐荷重と最大背もたれ角度に応じた背もたれ荷重と、座面荷重を図３、図４から算出する。その算出した荷重を評価したいいすの座面と背もたれに掛けた上で、さらに背もたれに負荷を与えた場合の変化を評価することが考えられる。また、背もたれ角度が１００°程度の場合は、背もたれに対する荷重が一定のため、一定の試験荷重を決めている JIS S 1204 [2]の後方安定性で評価することも考えられる。

なお本計測は、当機構「高齢者・障害者対応等の分野における標準化「立ち上がり補助いすのリクライング機能の工学的安全性評価」の一環として実施したものである。

5　引用・参考文献

1)　製品評価技術基盤機構人間特性データベース
http://www.tech.nite.go.jp/human/
2)　日本工業規格　JIS S 1204家具－いす－直立形のいす及びスツールの安定性の試験方法

高齢者の空間把握における移動経験の効果

Experience Effect of Locomotion for Space and Body Image in Aging

多田美香里
関西福祉科学大学　社会福祉学部臨床心理学科
TADA Mikari
Department of Clinical Psychology, Kansai University of Welfare Science

1　はじめに

障害物や他者との接触を避け、安全に移動するためには、通過可能な空間を正確に把握する必要がある。しかし、接触せずに通ることのできる空間の限界幅を離れた場所から目視によって判断させた場合、現実に通過可能な幅とは違いがあるという報告がある[1) 2)]。目視による判断と実際に通過可能な幅が大きく異なる場合、障害物を避ける際に接触事故を引き起こしかねない。そこで本研究では、高齢者が自分を取り巻く空間の大きさをどの程度正確に把握し、また経験によってどの程度修正されるのかを調べた。

2　実験

2.1　目的

目視による判断幅と、実際に通過可能な幅とを測定し、目視による判断が実際とどの程度違いがあるのかを調べ、また身体幅を一時的に変化させた場合の判断幅についても検討する。さらに、通過経験後に目視による判断幅がどのように変化するかを調べる。

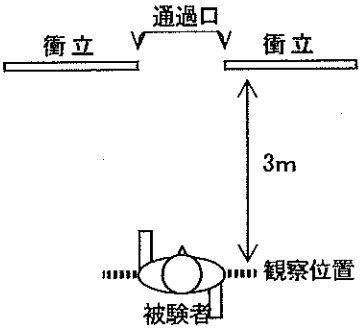


図1　実験に用いた通過口のモデル

通過口のモデルを上から見たところ。衝立AおよびBは発泡スチロール製で、横幅90 cm、高さ220cm、厚み3 cmである。衝立AとBを左右に動かして通過口の幅を次々に狭くし、そのたびに通過可能かどうかを目視によって判断させた。

2.2　方法

被験者：高齢群（65歳以上）12名（男性5名、女性7名、平均年齢68.2歳）、若年群（25歳未満）12名（男性6名、女性6名、平均年齢21.0歳）。

装置：図1に示すような幅の調節が可能な通過口のモデルを用意し、通過幅の目視による判断および実際の通過幅の測定に使用した。また身体幅を変化させる条件ではキャリーカート（#200XR、丸玉工業）を用いた。通過時には通過の様子を記録するため、デジタルビデオカメラレコーダ（DCR-HC40, SONY）を用いた。

手続き：被験者には観察位置から通過口を目視によって観察し、衝立に身体のどこも接触せずに通れるかどうかを回答するよう求めた。通過口は5 cm単位で狭くし、そのたびに回答を求め、通過可能の限界と判断された幅を記録した。なお、身体の旋回は、不自然でない程度に認められると指示した。なお、この手順は、身体幅を変化させた場合（荷物を積載したキャリーカートを利き手で持って歩行する場合）においても行った。荷物の幅を30 cm、50 cm、70cm、90 cmの4段階に変化し、それぞれの通過可能幅について回答させた。

次に、通過可能かどうかの判断の後、被験者に実際に通過口を通過するよう求めた。通過口は5 cm単位で狭くしていくが、そのたびに通過することとし、通過口が狭くなり、衝立に接触しそうに感じたら手前で立ち止まるように指示した。歩き始める位置は観察位置からとし、通過口を通過した後、通過口から1.5m離れた位置にある壁まで歩くこととした。この通過可能の限界となる幅の記録は、歩行条件と荷物運搬条件の両者ともに行った。

また、上記の手続きを行った2ヵ月後に、同じ手続きで目視による通過口の判断を行った。

2.3　結果

通過可能幅の判断

表1は通過可能の限界と判断された幅の平均を示している。両群ともに平均では目視による判断幅は実際に通過可能な幅よりも大きいことが示された。また通過可能の限界と判断された幅の大きさには年齢群による相違はみられなかった。

表1　目視で判断した場合と実際に通過した場合における通過可能の限界と判断された幅の平均（cm）

	高齢群		若年群	
	平均	*SD*	平均	*SD*
目視による判断幅	43.33	7.78	43.33	6.51
実際に通過可能な幅	34.58	4.98	34.58	4.50

表2は相対弁別閾の分布を示している。相対弁別閾とは、目視によって判断された幅を実際の通過可能幅で除算した値である。相対弁別閾が1より小さい場合には、目視による判断において通過幅が過小評価されたことを意味し、1よりも大きい場合には、

目視による判断において通過幅が過大評価されたことを意味する。表 2 に示すとおり、高齢群では過小評価の被験者がみられたが、若年群では 1 名を除いた被験者はすべて過大評価を行っていた。この相対弁別閾の平均は、高齢群が 1.28（*SD*=0.29）、若年群が 1.26（*SD*=0.16）であった。

表 2　目視で判断した場合における通過可能の限界と判断された幅の平均（cm）

	過小評価	一致	過大評価
高齢群	1	2	9
若年群	0	1	11

荷物幅の変化時における通過可能幅の判断

表 3 は相対弁別閾の平均を示している。すべての荷物幅において、通過幅は両群ともに過大評価されていた。また荷物幅が大きくなるにつれて相対弁別閾は小さくなる傾向がみられた。

表 3　通過幅の相対弁別閾の平均

	高齢者		若年者	
荷物幅	平均	*SD*	平均	*SD*
30 cm	1.20	0.22	1.11	0.18
50 cm	1.24	0.16	1.31	0.12
70 cm	1.08	0.13	1.08	0.15
90 cm	1.13	0.07	1.07	0.05

図 2 は目視による判断幅の増加率と実際の荷物幅の増加率を示している。増加率は、幅 1（30cm）における荷物幅および判断幅を 1 とした場合における、幅 2（50 cm）、幅 3（70 cm）、幅 4（90 cm）それぞれの荷物幅および判断幅とした。判断幅の増加率は荷物幅の増加率よりも低いことが示された。

移動経験の効果

図 3 は最初の実験で測定した相対弁別閾と 2 ヵ月後に測定した相対弁別閾を示している。両群ともに相対弁別閾は通過経験直後に最も 1 に近づいていた。

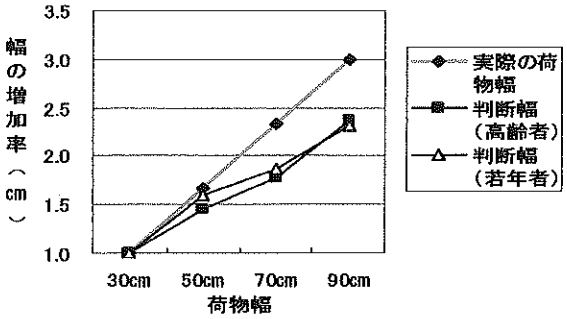


図 2　目視による判断幅の増加率

しかし 2 ヶ月後になると、高齢群は通過経験直後と変化がみられないが、若年群は過小評価に変化していた。相対弁別閾について年齢群(2)×測定時期(3)の 2 要因分散分析を行ったところ、年齢群の主効果が有意傾向であった（$F(1, 44)=3.18$, $.05<p<.10$）。また測定時期の主効果が有意であり（$F(2, 44)=13.78$, $p<.05$）、LSD 法を用いた多重比較の結果、通過前よりも通過直後および 2 ヵ月後の相対弁別閾が小さいことが示された（$p<.05$）。

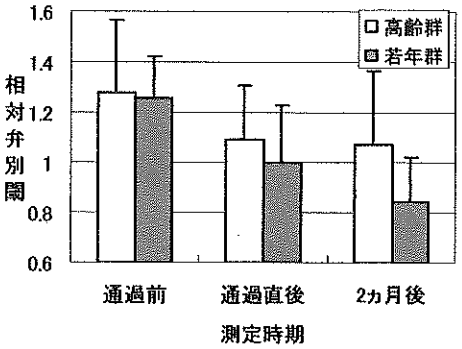


図 3　測定時期ごとの相対弁別閾

2.4　考察

目視によって通過可能の限界と判断された幅は、実際の幅よりも大きく、この効果は年齢に関わらず、また身体幅の一時的増加に関わらず生じると思われる。しかし通過経験直後には通過可能幅を正確に判断していたことから、通過可能な幅の判断は経験によってすぐに修正可能であると思われる。ただし、2 ヶ月後には、高齢群に変化は生じず、若年群に過小評価がみられたことから、遅延時間後の評価の方略が年齢によって異なる可能性が考えられる。

1　おわりに

目視による空間の大きさの判断と現実の空間の大きさとには相違がみられ、多くの場合は過大評価が生じることが示された。この判断は、空間の大きさを経験することで修正されるが、若年者では過度な修正が行われ、実際よりも空間を小さく見積もる傾向がある。高齢者も若年者も同じ程度に過大評価していたため、空間を見誤る程度はほぼ同じであると思われる。しかしながらその修正の仕方には年齢による相違があるのではないかと考えられる。

今後は、身体幅の測定と目視による判断を行い、通過経験によって身体幅の判断に変化が生じるかどうかや、荷物幅ではなく身体幅を変化させたときに通過可能幅が変化するかどうかなどの問題を検討する必要があると思われる。

本研究は文部科学省科学研究費補助金（課題番号 18700482、平成 18 年度）の助成を受けて行われた。

引用文献

1) Higuchi, T., Takada, H., Matsuura, Y., Imanaka, K.: Visual Estimation of Spatial Requirements for Locomotion in Novice Wheelchair Users., *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 10, pp.55-66 (2004).
2) 多田美香里: 荷物運搬用カートを用いた移動の安全性に関する試験研究, 兵庫県立生活科学研究所研究報告, 19, pp.64-114(2004).

高齢者施設の看護・介護従事者による施設の色彩環境の評価
ー療養室に望むイメージと色彩モデルの相関ー

山下　真知子

武庫川女子大学大学院　生活環境学研究科

A Case Study on Evaluation of Color Environment by carer in Diverse Elderly Care Facilities

YAMASHITA　Machiko

Graduate　Student, Dept, of　Human　Environmental Sciences, Mukogawa　Women's　Univ.

1. はじめに

高齢化社会が加速している昨今、ケア環境のあり方が問われ、施設においても、加齢に伴う心身機能の変化に対応する設備計画など、さまざまな試みがなされてきた。

しかし、高齢者施設のための色彩設計については、その殆どが一般的な内容にとどまり、施設の実態から見たところ、ユーザーにとっては具体性に乏しい。本研究は、高齢者のケア環境として、加齢による感覚機能の低下をやわらげ、生活の質を支援する適切な色彩設計の指針を明らかにすることを目的とする。

本報は、前報ー施設ユーザー評価ーに次いで、施設従事者の視点から施設の色彩環境に対する評価をまとめて報告する。

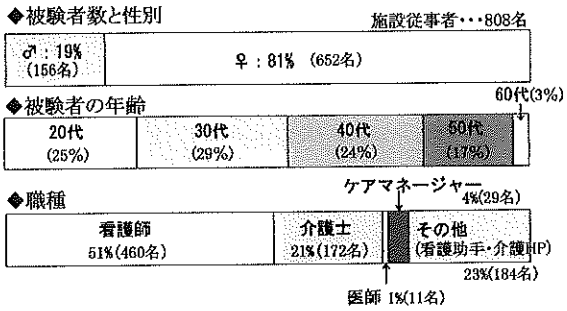
施設環境を方向付ける第一義的な鍵は、第一次ユーザーとしての当事者の価値観が基本であることはいうまでもない。しかし、施設環境を方向付けるもうひとつの鍵は、ユーザーの回復期を援助、支援する立場である看護・介護従事者の価値観である。看護・介護従事者は、ケアすることを労働として、その日常をユーザーと共有している。施設建築には高齢者ユーザーの他にも、施主である施設経営者やそれを受けて作り手となる建築家の価値観、ユーザーの家族や第三者者を含む社会的な価値観など、さまざまな立場の人間の価値観が混在している。特に、その施設に対して時間的にも空間的にも間接的利用者である家族の評価が大きな要素を占めていることが考えられる。ここでは、エンドユーザーの立場から、実際的な施設の「使い手」は誰か、といった観点に基づき、第二次ユーザーである看護・介護従事者による自施設の環境に対する評価、施設に望む色彩環境のイメージ、療養室に望むイメージと色彩モデル、といった３つの切り口をもとに、調査した。

本論は、そのうち、「看護・介護従事者による施設の色彩環境の評価」として療養室に望むイメージと色彩モデルについて検討し、彼らの人的ケア行為を相補し得る色彩環境の手がかりとしたい。

2. 内容と手続き

2.1 被験者

兵庫県下の療養型医療施設の看護・介護従事者455名、老人保健施設看護・介護従事者401名、計856名（♂：156名　♀：652名）に対して、選択記入による施設の色彩環境に関する意識調査を行った。図１は被験者の数、性別、年齢、職種の概要である。



【図１．被験者概要】

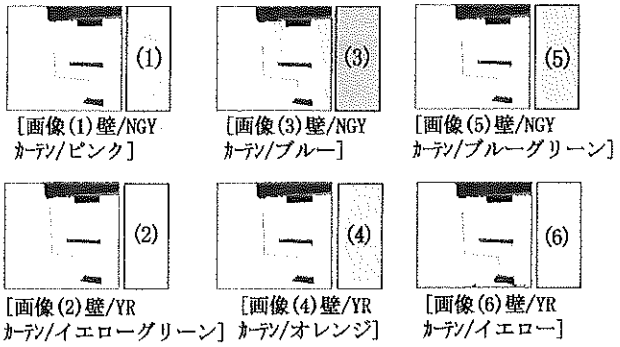
2.2 手続き

施設内の３つのゾーンー1.待合・多目的ロビー、2.療養室前の廊下、3.療養室について、自施設の色彩環境に関する印象を予め提示した感情や状態を表す10形容詞によって評価させた。さらに、従事者として施設に望む色彩環境に関するイメージを予め提示した感情や状態を表す７形容詞によって選択させた。療養室については、これらに加えて、療養室の６画像モデルを提示し、従事者として選択した施設に望むイメージ（形容詞）に最も近いモデルを選択させた。これは、施設環境に対して望むイメージ（形容詞）と色彩イメージの相関をみることを意図したもので、本報はこの項目について検討する。

2.3 検討の手順

従事者の自施設の色彩環境評価の回答の選択肢として提示した7つの形容詞は、「喜・怒・哀・楽・寛」の情緒を意味し、誰もが日常で使い慣れた形容詞－(1)楽しい（喜・楽）・(3)優しい（寛）・(4) 陽気な（喜・楽）・(5)落ち着いた（寛）・(6)穏やかな（寛）・(7)心地よい（寛）の6形容詞－に、物理的な状態を表す形容詞「(2)清潔な」を加えた7形容詞である。

さらに、設問では、看護・介護従事者が施設の「療養室」に対して望むイメージに最も近い形容詞に対して、6つの療養室の色彩モデル画像を提示し、被験者（看護・介護従事者）が望むイメージに最も近いと思われる具体的な療養室の色彩モデルを連想で選択させた。ここでは、色彩モデル画像を与えて、言葉を連想するといった連想法ではなく、被験者自身が選択した空間に対するイメージから連想した色彩モデルを選ばせるという方法をとった。以下に示した図2は、提示した療養室の色彩モデルである。



【図2　従事者に提示した療養室の色彩モデル一覧】

療養室の色彩モデル画像は、2種類の壁と6種類のカーテンの色彩によって、6種類の療養室のイメージを再現した。壁はいずれも高明度で、無彩色ニュートラル系のグレー（画像(1)(3)(5)）とYR系のベージュ（画像(2)(4)(6)）の2種類とした。カーテンは、施設のカーテン色として一般的なパステルカラー6色で、青みの色（画像(1)ピンク、(3)ブルーグリーン、(5)ブルー）3色と、黄みの色（画像(2)イエローグリーン、(4)オレンジ、(6)イエロー）3色の計6種類である。壁の色とカーテンの色の組み合わせは、提示した7つの形容詞を基に、壁とカーテンの色の組み合わせ、以下に示した2つのイメージを意図した。

<1>清潔感・静けさ（安静）：無彩色ニュートラル系のグレィの壁（以下NGYと表記）と青みの色（画像(1)(3)(5)）のカーテン

<2>穏やかさ、柔和さ：YR系のベージュの壁（以下YRと表記）と黄みの色（画像(2)(4)(6)）

本報では以下の2点に課題を絞り検討する。

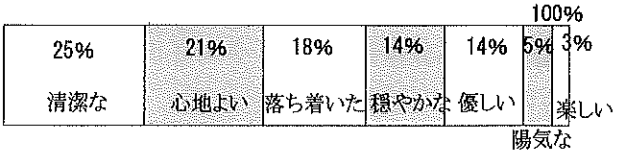
①看護・介護従事者が望む療養室の色彩モデルの色彩傾向について

②看護・介護従事者が療養室に望むイメージとして選択した7形容詞と療養室の色彩モデルとの相関について、である。

イメージとして選択した7形容詞と色彩モデルとの間に、何らかの相関傾向を見ることができれば、イメージする言葉によって3次元空間における色彩設計への有効な手がかりになると考えられる。

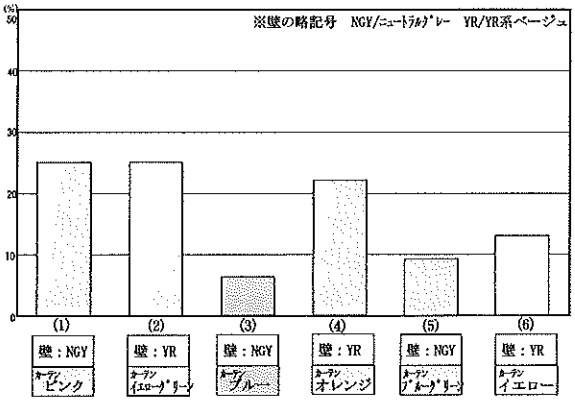
3．結果

図3は、看護・介護従事者が療養室に望むイメージの全容を帯グラフで示したものである。



【図3　従事者が療養室に望むイメージ】

看護・介護従事者は療養室に対して、「(2)清潔な」、「(7)心地よい」イメージを望む割合が高いことがわかった。次に、その形容詞に最も近いと感じる療養室モデルを選ばせた結果が以下の図4である。

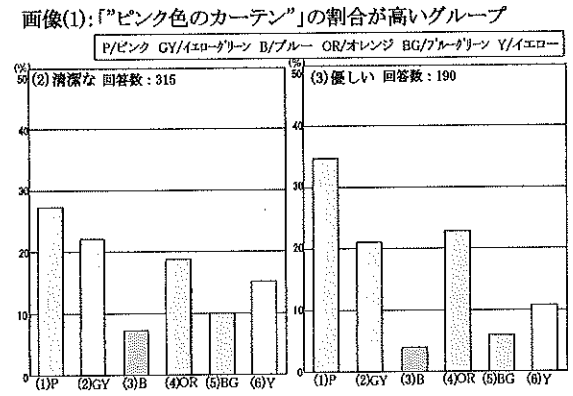


【図4　従事者が望む療養室の色彩モデル】

図4より、看護・介護従事者の望む療養室の色彩モデルの傾向は、画像(1)と画像(2)が同数で、次いで画像(4)の3つの色彩モデルに集中した。画像(1)は、NGYの壁にピンクのカーテン、画像(2)と画像(4)はいずれもYRの壁にイエローグリーンとオレンジのカーテンを配したものである。また、最も支持されなかった画像(3)は、NGYの壁にブルーのカーテンで、一般的な病院に類似したモデルである。従事者たちは、療養室の色彩環境に「清潔で」「心地よく」「落ち着いた」イメージを望み、そこからNGYの壁

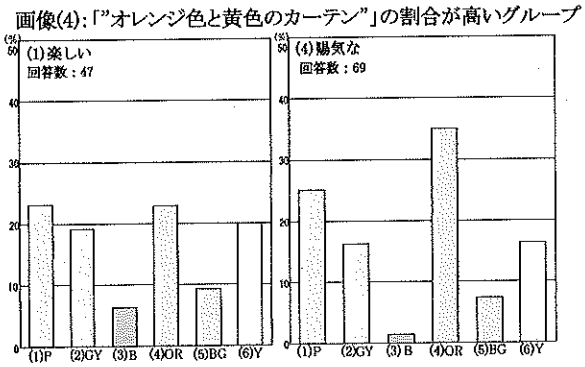
とｶｰﾃﾝ/ピンク、YR壁とｶｰﾃﾝ/イエローグリーン、そしてYR壁とｶｰﾃﾝ/オレンジを選んだ。色彩モデルを従事者が望む割合ではなく、従事者が選んだイメージ形容詞を絶対値として把握し、従事者が望むイメージとして選択した7形容詞毎にどのような色彩モデルが選ばれているか、その結果をみると、グラフが示した特徴傾向によって、大きく以下の3つのパターンに分類できる。

<1>[画像(1)ピンク]の支持率が高かったグループ



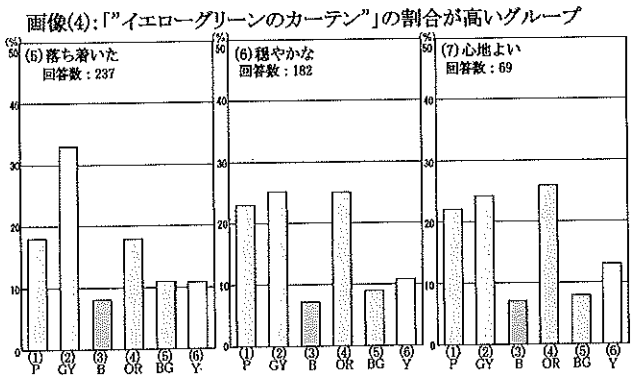
【図5 <1>のグループ】

<2>[画像(4)オレンジ]と[画像(6)イエロー]のYRの支持率が高いグループ



【図6 <2>のグループ】

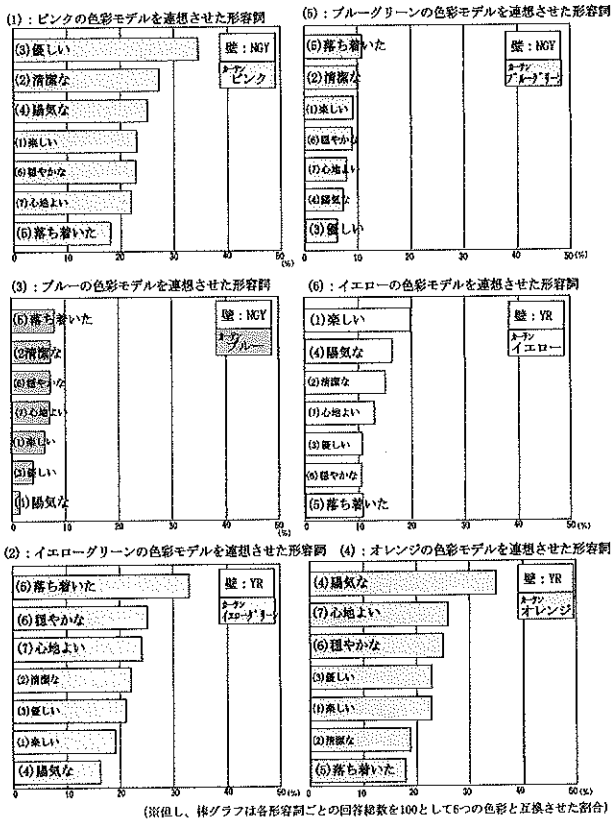
<3>[画像(2)イエローグリーン]の支持率が高く、[画像(1)ピンク]と[画像(6)イエロー]の色彩モデルの支持率が低いグループ



【図7 <3>のグループ】

よって、「清潔な」「優しい」イメージからは、「ピンク」の色彩モデルを、「楽しい」「陽気な」イメージからは、「オレンジとイエロー」の色彩モデルを、そして、「落ち着いた」「穏やかな」「心地よい」イメージからは、ピンクやオレンジよりも「イエローグリーン」の色彩モデルを連想することがわかった。

さらに、図8は、従事者による色彩モデルと連想した形容詞の相関順位を示したものである。



【図8 従事者による色彩モデルと連想した形容詞の相関順位】

看護・介護従事者が、感情を示す7つのイメージ形容詞によって抽出した、「望む療養室の色彩環境」イメージと色彩モデルとの相関から、今後の色彩設計の手がかりが得られた。

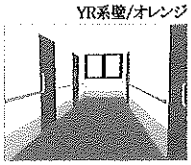
1) 「楽しい」イメージの療養室は、「イエロー」の色彩モデルで、青みの色ではなく、黄みの色で構成された色彩モデルと相関する。
2) 「清潔な」イメージの療養室は、「ピンク」の色彩モデルと相関する。
3) 「優しい」イメージの療養室は、「ピンク」の色彩モデルと相関する。
4) 「陽気な」イメージの療養室は、「オレンジ」赤み～黄みの暖色の色彩モデルと相関する。

5)「落ち着いた」イメージの療養室は、「イエローグリーン」の色彩モデルと相関する。
6)「穏やかな」イメージの療養室は、「イエローグリーン」と「オレンジ色」の色彩モデルと相関する。
7)「心地よい」イメージの療養室は、「オレンジ」の色彩モデルと相関する。
8)NGY の壁は「清潔な」イメージを連想させる。
9)NGY の壁とピンク系の組み合わせは「優しい」イメージを連想させる。
10)NGY の壁とブルー系、グリーン系の組み合わせは、「落ち着いた」イメージを連想させる。
11)YR 系の壁は、「陽気な」イメージを連想させる。
12)YR 系の壁とイエロー～オレンジ系の組み合わせは、「心地よい」「楽しい」イメージを連想させる。
13)YR 系の壁とグリーン系の組み合わせは、「落ち着いた」「穏やかな」イメージを連想させる。

どの形容詞においてもその支持される割合が一様に低い[画像(3)ブルー]と[画像(5)ブルーグリーン]のモデルは、ここで提示した7形容詞との相関傾向は見られない。これらの色彩モデルに対して、極端に低い割合を示した形容詞は「(4)陽気な」と「(3)優しい」である。[画像(5)ブルーグリーン]のモデルについては、どの形容詞に対しても選択される割合が低いうち、最も低い割合の形容詞は、「(3)優しい」である。このことから、青みがかったグリーンは、ケア環境として、従事者たちの望むイメージを連想しにくい色彩モデルだと考えられる。

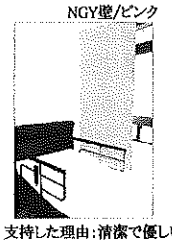
さて、これらの分析結果は、前報－施設ユーザー評価におけるユーザーの価値観の結果－と共通する部分が見られる。以下の図は、施設ユーザーが選んだ最も「好き」な廊下と療養室の画像である。

ユーザーが最も支持した「廊下」の色彩モデル画像
YR系壁/オレンジ



支持した理由:陽気で明るい

ユーザーが最も支持した「療養室」の色彩モデル画像
NGY壁/ピンク



支持した理由:清潔で優しい

ユーザーは、YR 系の壁にオレンジのドアが並ぶ廊下を「陽気な」「楽しい」と支持し、NGY の壁にピンクのカーテンを設えた療養室を「清潔」で「優しい」と評価した[1]。

施設の色彩設計は、ユーザーの価値観に配慮するだけでは不十分である。ユーザーと立場は異なるが、もう一方での実際的な施設の重要な「使い手」である看護・介護従事者の快適な労働環境としての条件を充たす必要がある。施設の色彩設計に関して、ユーザーのニーズ・ウォンツだけではなく、ユーザーと密接な相互関係にある看護・介護従事者の労働環境としてのニーズ・ウォンツを充たすことは、ユーザーに対する人的ケア行為を相補し得る色彩設計への手がかりになる。

本報では、二次元モデルではあるが、ある意味を持つ3次元空間を想定したモデル画像を使った調査によって、従事者がイメージする「形容詞」と色彩空間モデルとの相関が得られた。

看護・介護従事者のユーザーに対する人的ケア行為を相補し得る色彩環境とは、看護・介護従事者自身にとってもケア環境でなければならない。「陰気で」、「寂しい」と感じることのない、「心地よい」イメージを充たすことは、施設のケア行為を相補し得る色彩設計へのキーコンセプトとなる。

今後の課題

今後の課題として、さらに、ユーザーに視点をあて、①第一次ユーザーとしての施設ユーザーには各ゾーニング別に3次元モデルによる評価データ数を増やす。②施設規模や種別での施設内のユーザーの生活動線に沿って定点観察を行い、さまざまなパターンのユーザーの生活行為を把握する。③第二次ユーザーとしての看護・介護従事者の施設の色彩環境に対する評価との共通性や差異の検討を重ね、④ユーザーや従事者たちが望む清潔で明るいケア環境を実現する際のキーとなる「地」色と「図」色の研究など、」いずれも第三者評価による精査を含めて使い手と作り手の双方向からアプローチし続ける構えである。

謝辞

この場を借りて、武庫川女子大学生活環境学部、柏原士郎教授及び、ご協力頂いた県下 100 施設 808 名の看護・介護従事者の皆様に深く感謝致します。

引用文献及び参考文献

1) 山下真知子「施設ユーザーによる高齢者施設の色彩環境の評価」日本人間工学会第 47 回大会講演集　第 42 巻　pp. 212-213(2006)
(2) 山下真知子「高齢者施設における色彩設計の実態－通路－」地域施設計画研究 24　pp. 299-230(2006)
(3) 山下真知子「高齢者施設における色彩設計の実態－通路のサイン」日本建築学会近畿支部研究報告集　第 46 号・計画系 pp. 205-208(2006)
(4) 山下真知子「療養型医療施設と老健施設における色彩設計の実態と分析」日本建築学会学術講演梗概集　建築計画 I pp. 59-60(2006)

看護場面における違反事例の収集とその内容分析－心理的要因との関連－

A Collection of Violation Reports in Nursing and Analysis of Its Causal Factors - From the Aspect of Psychological Factors-

○安達悠子*，臼井伸之介*，松本友一郎*，青木喜子**，篠原一光*，山田尚子***，神田幸治****，中村隆宏*****，和田一成******，太刀掛俊之*

*大阪大学大学院人間科学研究科　**十条リハビリテーション病院　***甲南女子大学人間科学部　****名古屋工業大学大学院工学研究科　*****独）労働安全衛生総合研究所　******平安女学院大学短期大学部

ADACHI Yuko*, USUI Shinnosuke*, MATSUMOTO Tomoichiro*,AOKI Yoshiko**,SHINOHARA Kazumitsu*,YAMADA Naoko***,KANDA Koji****,NAKAMURA Takahiro*****, WADA Kazushige******,TACHIKAKE Toshiyuki*

*Graduate School of Human Sciences,Osaka University, **Jujo Rehabilitation Hospital, ***Faculty of Human Sciences, Konan Women's University, **** Graduate School of Engineering,Nagoya Institute of Technology, *****National Institute of Occupational Safety and Health, ******Heian Jogakuin(St.Agnes')College

1　問題

違反とは、「規則から故意に逸脱する行動[1]」と定義される。一方、ヒューマンエラー（以下HE）とは、「計画された心理的物理的活動過程において、意図した結果が得られなかったときで、かつその失敗は他の出来事によるものではない場合を包含する一般的な用語[2]」である。図1に示す通り違反もHEも共に不安全行動であるが、違反とHEが心理学的に異なるメカニズムを持つことは複数の研究[3),4),5)]から支持されており、両者は明確に区別されるべきものである。

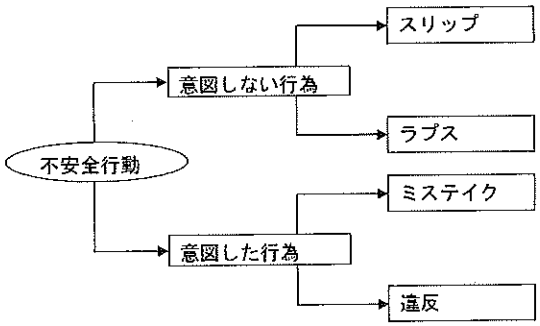


図1　不安全行動の心理学的多様性[2]

本研究は医療事故防止を目指すものであるが、そのためには、HE防止の観点からの対策だけでは不十分である。たとえ作業手順やエラー防止機能を整えても作業手順の違反が生じればそれらの機能は失われてしまう[6),7)]ので、違反防止の観点からの対策も必要となる。医療事故の発生に違反が関与していること[8)]は指摘されているが、これまで違反はHEほど精力的には検討されてはこなかった[2),6)]のが現状である。そこで本研究ではまず、看護場面における違反の実態を把握することを目的とし、質問紙調査によって違反事例および違反理由を収集し分類をすることとした。加えて、違反の生起に関連していると考えられる心理的要因が、どのように違反と関連しているかを検討することとした。

2　方法

2.1　手続き

京都府内Z病院グループA病院と同病院グループB病院に所属する看護師計155名に「ルール違反に関するアンケート」として質問紙を配布した。

調査実施期間は、2005年9月から11月にかけてであった。所属看護師長を通じて調査対象者の看護師が質問紙を受取り、10日間所有後に封のできる回収用封筒に入れて看護師長に提出、回収する手順で実施した。

2.2　質問紙

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、看護業務に携わっている年数（全員記入）

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（全員記入）

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違反時の心理に関する質問：違反の事例収集と併せて、

違反の生起に関連すると考えられるリスク評価、ベネフィット要因、抵抗感に関する質問に回答するよう依頼した（全員記入）。また、主観頻度を回答させこの主観頻度を違反の生起数の指標とした[9]。各変数について尋ねた項目は以下の通り。

1) その違反をどの程度していると感じる度合い（主観頻度）

2) その行為によって自分の身に及ぶ危険の大きさ（リスク評価）

3) その行為によって周囲の人がこうむる危険の大きさ

4) その行為によって得られる利益の大きさ（ベネフィット要因）

5) その行為をすることの心理的な抵抗感の大きさ（抵抗感）

各質問は 4 件法で回答を求め、質問項目ごとに 1 点～4 点を与えた。リスク評価は、2)、3) の平均を得点とした。得点化したこれらの値を用いて、違反（主観頻度）と心理的要因（リスク評価、ベネフィット要因、抵抗感）との関連を検討した。

収集された 169 件の違反事例については、3 名の病院リスクマネジメントの専門家にリスク評価をするよう依頼した。各事例について、質問紙と同様の 4 件法で回答するよう依頼し、順に 1 点～4 点までを与えて得点化した。3 名が各自得点を付けた後、話合いを経て 3 名の平均値を専門家リスク評価とした。

違反事例 1 件につき②～④の全てに記入することとし、最大 7 件の違反事例を記入できるよう冊子にして質問紙とした。

3　結果と考察

126 名の看護師から提出があり、記載のないものを除いた 96 名からの質問紙が有効回答として回収された。質問紙には複数の違反事例を記入できたため、記入内容が不明確なもの、回答に欠損があるものを除いた 169 件の事例が最終的に収集された。

3.1　違反事例の分析結果

違反事例 169 件を、質問紙内の違反内容に書かれた自由記述に基づき KJ 法により分類した。分類は、本研究に先立ち B 病院で 10 日間、スナップリーディング法により看護業務の観察調査を行い、業務内容をある程度把握している大阪大学大学院の 2 名により行った。尚、不明点に関しては適宜調査病院の看護部長、看護師長に問合せた。

その結果、29 の分類項目が得られた。そのうち報告が 1 件以下だった項目は「その他」とした 22 項目を表 1 に示す。

表 1　違反事例の分類結果

項目	件数	比率
手袋等を着用せずに患者・汚染物品に触る	57	33.7
書類記入時に文字間違いを上から修正する	12	7.1
ゴミを規定の分類・場所に捨てない	10	5.9
手洗いをしないで次の動作に移る	8	4.7
書類の代筆・誤った記載を修正しない	7	4.1
手順漏れにより不完全な処置をする	6	3.6
不潔になった器具を二度以上使用する	6	3.6
物品を規定外の場所に放置・保管する	6	3.6
与薬時刻／量／頻度のつじつまあわせをする	6	3.6
2人ですべき作業を1人で行う	6	3.6
間違った薬の処方・間違った量の採血を行う	5	3.0
不潔なものを清潔な所に置く	5	3.0
リキャップ	4	2.4
患者への対応がないがしろである	4	2.4
物品や書類に必要な記入がない	4	2.4
必要作業・手続きそのものをしない	3	1.8
作業手順を先取り・省略する	3	1.8
針を刺す前に消毒をしない	3	1.8
勤務時間内に喫煙する	2	1.2
正しい手洗いをしない	2	1.2
点滴の速度を変える	2	1.2
その他	8	4.7
合計	169	100.0

報告件数の多かった「手袋等を着用せずに患者・汚染物品に触る」「手洗いしないで次の動作に移る」の違反項目に共通な特徴は、頻度の多い業務中の行動に関する違反であるということである。例えば手袋の着用や手洗いは、1 日の看護業務中に行う機会が何十回とある行為である。「ゴミを規定の分類・場所に捨てない」に関しても、多くの物品は清潔を保つ為に個別包装されているので、準備段階でゴミを捨てる機会が多く、また回収した点滴類を分解して捨てる等片付け段階にもゴミ捨てがあり違反が生起しうる機会は多い。一方、報告件数の少なかった違反項目に「針を刺す前に消毒をしない」「リキャップ」等があるが、これらの違反が生起しうる注射・点滴等の処置は手袋の着用等に比べ実施頻度が低い行為である。

ここから、違反事例件数は違反を行う機会の多さをある程度反映した数値であると考えられる。そのため、機会数を母数とした違反の発生確率の高さは報告件数からは分からない。また、違反に防止にはその理由や心理的要因を明らかにする必要があると考え、引き続き以下の分析を行った。

3.2　違反理由の分類結果

違反事例 169 件のうち違反理由に記入のあった 118 件から、理由ではないことを記入していたもの、文面からは違反行為をする意図の有無が確認できないもの、無意図なエラー計 21 件を除いた 97 件を分析対象とした。違反事例の分類と同様の手順でKJ法を用いて分類した結果を表 2 に示す。

表 2　違反理由の分類結果

項目	件数	比率
業務に追われていたから	20	20.6
手間がかかり面倒だったから	14	14.4
程度がわずかであると過小に評価したから	13	13.4
手袋を着けていると感覚が分からない・やりにくいから	10	10.3
しないことで起きるリスクを考えたから	7	7.2
時間が短縮できることが魅力だったから	6	6.2
医師に指示されたから	5	5.2
目前の緊急対応を優先したから	4	4.1
規定に得心がいかないから	3	3.1
他のスタッフへの気遣いから	3	3.1
先輩から教えられていたから	3	3.1
行動が習慣化しているから	3	3.1
患者の快適を優先したから	2	2.1
その他	4	4.1
合計	97	100.0

上位3項目の各違反理由の内容例を以下に示す。「業務に追われていたから」には、『オペ中、血液が付着したガーゼを素手で拾い破棄した。理由：オペの為、多忙であった為』等があった。「手間がかかり面倒だったから」には、『時計をしたまま手洗いしている。理由：時計をはずすのが面倒』等であった。「程度がわずかであると過小に評価したから」には、『12 時前配膳車が上がってきたが手を洗わずに配膳の作業に入った。理由：15 分前手洗いをして以後汚いものは触っていないのでいいかなと思った』等があった。

違反理由をまとめると、「程度がわずかであると過小に評価したから」等のリスク評価に関する要因、「手間がかかり面倒だったから」等の安全手段にかかるコストあるいは違反行為により得られるベネフィットに関する要因という心理的要因が多く見られた。また、「規定に得心がいかないから」「行動が習慣化しているから」等は、上記 2 要因との関連は不明であるが、抵抗感を減少させ違反を促進している要因が存在する可能性が考えられた。

また、「医師に指示されたから」「他のスタッフへの気遣いから」「先輩から教えられていたから」と第三者との関係が要因として挙げられた点、また楽観的違反[6]（違反に伴うスリルを求める）は看護場面では見られなかった点が特徴的であった。

3.3　違反時の心理に関する分析結果

3.3.1　違反項目と各得点の関連

分類された違反項目別の各平均得点と SD を表 3 に示す。また、得点間の相関を算出したものを表 4 に示す。

主観頻度の高い項目は、「作業手順を先取り・省略する」「正しい手洗いをしない」等だった。違反を行う機会 1 回あたりの違反の実行率が高いと考えられる違反である。

リスク評価が高い項目は、「間違った薬の処方・間違った量の採血を行う」「書類の代筆・誤った記載を修正しない」等だった。調査対象者全般が危険だと思っている違反である。調査対象者によるリスク評価と専門家リスク評価には正の相関（$r=.47, p<.05$）が見られたが、「作業手順を先取り・省略する」「ゴミを規定の分類・場所に捨てない」は差が大きく、これらの項目は専門家の観点から見ると調査対象者の看護師が思っている以上に危険な行為であった。リスク評価と違反生起には負の相関が指摘されており[9]、本研究で収集された違反理由にも見られたが、質問紙の結果からはリスク評価は主観頻度と有意な相関が見られなかった。

ベネフィットが高い項目は「リキャップ」「作業手順を先取り・省略する」等であった。主観頻度と正の相関（$r=.31, p<.10$）が見られ、ベネフィットを感じると違反が実行されやすくなることが示された。

抵抗感が低い項目は「2 人ですべき作業を 1 人で行う」「物品や書類に必要な記入がない」等であった。主観頻度と負の相関（$r=-.60, p<.01$）が見られ、抵抗感をあまり感じないと違反が実行されやすくなることが示された。

3.3.2　違反全体の各得点からみた違反の特徴

表 3 に示したように各心理的要因の全項目の平均（4 点満点）は、リスク評価、ベネフィット、抵抗感で各々 2.7、1.5、2.6 となった。今回の調査結果から違反全体の傾向性として、ハイリスク・ローリターン・高い抵抗感を感じながら違反が行われていることとなっている。

ただし危険性は高いのに便益性は低いリスク事象は「悪いもの」と評価され[10]、違反の実行の理由としては合理性が低い。そのため現実にハイリスク・ローリターン・高い抵抗感を感じながら違反が行われているかには疑問が残る。全体的にハイリスク・ローリターンとなった理由としては、①本研究では質問を直接的に尋ねたので社会的望ましさを示す傾向が強く現れた可能性、②違反実行から時間を経過して質問紙への記入を行ったので記入時には違反時の切迫性等を考慮せず、客観的なその違反のリスクや一般的な知見としてのその違反のベネフィットを評価したのかもしれない。さらに看護場面では

表 3　違反項目別の各平均得点と SD

項目	件数	比率	主観頻度		リスク評価		ベネフィット		抵抗感		専門家リスク評価		差
			平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
手袋等を着用せずに患者・汚染物品に触る	57	35.4	2.8	0.8	2.9	0.7	1.5	0.7	2.5	0.7	3.6	0.5	0.7
書類記入時に文字間違いを上から修正する	12	7.5	2.3	0.7	1.9	0.8	1.5	0.6	2.2	0.7	2.9	0.7	1.0
ゴミを規定の分類・場所に捨てない	10	6.2	2.2	0.7	2.4	0.7	1.6	1.0	2.6	0.7	3.7	0.6	1.3
手洗いをしないで次の動作に移る	8	5.0	2.9	0.6	2.4	0.5	1.3	0.4	2.9	0.6	3.4	0.7	1.0
書類の代筆・誤った記載を修正しない	7	4.3	2.0	0.9	3.0	0.5	1.1	0.3	3.4	0.7	3.8	0.3	0.8
手順漏れにより不完全な処置をする	6	3.7	1.7	0.7	2.8	0.6	2.0	1.4	3.3	0.7	3.8	0.4	1.0
不潔になった器具を二度以上使用する	6	3.7	2.2	0.9	2.3	0.4	1.5	0.8	2.8	0.9	3.3	0.7	1.0
物品を規定外の場所に放置・保管する	6	3.7	2.5	1.3	2.8	0.8	1.0	0.0	2.3	0.9	3.4	0.5	0.6
与薬時刻／量／頻度のつじつまあわせをする	6	3.7	2.2	0.9	2.5	0.6	1.5	0.8	2.7	0.7	3.3	0.5	0.8
2人ですべき作業を1人で行う	6	3.7	3.0	0.6	2.8	0.5	1.7	0.5	2.0	0.0	3.4	0.5	0.6
間違った薬の処方・間違った量の採血を行う	5	3.1	1.8	0.7	3.3	0.7	1.0	0.0	3.6	0.8	3.8	0.4	0.5
不潔なものを清潔な所に置く	5	3.1	2.6	0.8	2.5	0.3	1.4	0.5	2.2	1.0	3.6	0.8	1.1
リキャップ	4	2.5	2.8	0.9	2.5	0.6	2.3	0.9	2.3	1.2	3.3	0.9	0.8
患者への対応がないがしろである	4	2.5	1.5	0.4	3.0	0.8	1.3	0.8	2.5	0.8	3.0	0.4	0.0
物品や書類に必要な記入がない	4	2.5	3.5	0.9	2.3	1.0	1.5	0.4	2.0	1.1	2.5	0.5	0.3
必要作業・手続きそのものをしない	3	1.9	2.0	0.8	3.0	0.8	1.0	0.0	3.3	0.9	4.0	0.0	1.0
作業手順を先取り・省略する	3	1.9	3.7	0.5	2.5	0.4	2.3	0.9	2.3	0.5	4.0	0.0	1.5
針を刺す前に消毒をしない	3	1.9	2.3	0.9	2.5	0.4	1.7	0.9	2.7	0.9	3.0	0.0	0.5
勤務時間内に喫煙する	2	1.2	3.0	0.0	3.0	1.0	1.0	0.0	2.0	0.0	4.0	0.0	1.0
正しい手洗いをしない	2	1.2	3.5	0.5	3.0	0.0	1.5	0.5	2.5	0.5	3.0	0.0	0.0
点滴の速度を変える	2	1.2	2.5	0.5	2.8	1.3	2.0	1.0	3.5	0.5	3.5	0.5	0.8
全件数および全項目の平均	161	100.0	2.5	0.7	2.7	0.6	1.5	0.6	2.6	0.7	3.4	0.4	0.8

表中の「差」は、専門家リスク評価から調査対象者のリスク評価の平均を引いた値である。

表 4　得点間の相関

変数	1	2	3	4
1. 主観頻度	—			
2. リスク評価	-.22	—		
3. ベネフィット	.31 †	-.39 *	—	
4. 抵抗感	-.60 **	.42 *	-.13	—
5. 専門家リスク評価	-.16	.47 *	-.10	.39 *

† $p<.10$, * $p<.05$, ** $p<.01$

同僚や患者の目があり匿名性が低いことが、客観的かつ一般的な評価を促していたかもしれない。③本調査では楽観的違反がみられなかったことから看護師は安全意識が高いと考えられる。リスクを高くベネフィットが低く見積もった背景にも同様に看護師の安全意識の高さが関与している可能性が考えられる。

4　今後の課題

本調査で収集した違反はハイリスク・ローリターンと評価されていたが、実行時においてもそのように評価されていたかは不明であるため、今後その点を明らかにしたい。また、安全意識の高さと違反生起との関連についても今後検討すべき課題と考える。

謝辞

この研究は平成17年度厚生労働科時研費労働安全衛生総合研究事業「リスクマネジメント教育の有効性評価に関する総合的研究（研究代表者：臼井伸之介）」の一環として実施した。

参考文献

1) Lawton,R. : Not working to rule:Understanding procedural violations at work,SafetyScience,28(2) , pp.77-95(1998).
2) Reason,J. :Human errors,New York:Cambridge University Press(1990)林喜男訳:ヒューマンエラー—認知科学的アプローチ—,東京:海文堂(1994).
3) Reason,J. Manstead,A. Stradling,S. Baxter ,J. Campbell,K. :Errors and violations on the roads:a real distinction?,Ergonomics,33,pp1315-1332(1990).
4) Özkana,T. Lajunen,T. Summala,H. :Driver Bhaviour Questionnaire:A follow-up study,Accident Aalysis & Prevention,38,pp386-395(2006).
5) Hobbs,A. Williamson,A. :Unsafe acts and unsafe outcomes in aircraft maintenance,Ergonomics,45(12), pp866-882(2002).
6) Reason,J. :Managing the risks of organizational acidents,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).
7) 芳賀繁:失敗のメカニズム—忘れ物から巨大事故まで,東京:日本出版サービス(2000).
8) 山内桂子.山内隆久:医療事故　なぜ起こるのか、どうすれば防げるのか,東京:朝日新聞社(2005).
9) 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),pp132-140(2006).
10) 土田昭司.伊藤誠宏:若者の感性とリスク—ベネフィットからリスクを考える,京都:北大路書房(2003).

船員養成機関所属学生の「船酔い」対策方法に関する考察

A Few Comments on A Student's Seasickness in Maritime Academy

○小野克也*，村井康二*，才木常正**，林　祐司*
*神戸大学 海事科学部　**兵庫県立工業技術センター
ONO Katsuya*, MURAI Koji*, SAIKI Tsunemasa**, HAYASHI Yuji*
*Faculty of Maritime Sciences, Kobe University,　**Hyogo Prefectural Institute of Technology

1　はじめに

船舶は，浮体であることから各種交通システムの中でも，乗り物酔い（船酔い）に関する研究は古くから数多く行われている。そして，船上での人体応答とバランスの関係[1),2)]や船酔いと各種要因の関係[3),4)]が，実船計測から，アンケート，加速度，身体重心等により評価，検討され，乗り物に酔い易いかどうかの判定法[5)]や船酔度の規格化[3)]等が提案されている。

海上で船舶に勤務する船員は，船体動揺と無関係に過ごすことは不可能である。一方で，「船に弱い≒船酔いし易い」という学生が，日本の船員養成機関である神戸大学海事科学部や東京海洋大学に入学し，船員となることも現実である。船員を目指す学生にとって，「船酔い」は精神的に深刻な問題である。

本研究では，「船酔い」に対する対応策として，船酔い薬の飲用ではなく，船上での動揺環境下において，「船酔い」を少しでも軽減可能な方法を検討し，船舶実習等に活かせる提案を行うことを目的とする。具体的には，1)船員養成コースである航海学コースの学生に「船酔い」対策に関するアンケートを実施し，彼らがどのような対策方法を考え，実行しているかについての現状調査を行う。次に，2)船員養成機関である神戸大学海事科学部学生および職員を対象に，船体動揺の大きい時（嘔吐者多数）および船体動揺のない時に身体重心を測定し，「船酔いし難い学生（船に強い学生）」と「船酔いし易い学生（船に弱い学生）」の身体応答について検討，考察する。

2　「船酔い」対策に関するアンケート調査

船員養成機関所属の学生が（独）航海訓練所の練習船（全長：約 120m，総トン数：約 6,000 トン）の船舶実習において，船体動揺環境下で各個人がどのような「船酔い」対策を行っているのかについての調査を海事科学部航海学コース 4 年生（52 人）および航海群 3 年生（33 人）を対象に実施した。調査項目は，1)1～3 年次実施の 1 ヶ月間の船舶実習での船酔いの有無，2)船酔いに対する慣れの有無，3)船酔いが生起した時の状況，4)船酔い対策方法である。

アンケート結果から，下記 4 点が明らかとなり，個人としては従来から云われている軽減方法を実施しているように推測できる。

1)「視覚的な影響を軽減する」

回答例：遠方を見る。視点を一点に集中させない。チャートテーブルから離れる。

2)「身体を一定の常態に保つ」

回答例：動揺に合わせて身体を動かす。足を柔らかく使い動揺のショックを吸収できる立ち方をする。つま先立ちをして，動揺に対して身体重心を動かさないようにする。

3)「精神的な取り組み」

回答例：弱気にならない。「酔っていない／酔っても大丈夫」とマインドコントロール。仕事／実習に集中。緊張感を高める。気合（根性）・我慢。

4)「体感温度による精神的緩和」

例：風に当たる。薄着となり少し寒いくらいとする。

3　実船実験

実船での身体動揺測定実験は，神戸大学附属練習船「深江丸」の航海（時期：平成 18 年 9 月 9 日か

ら 15 日まで）における友ヶ島から紀伊水道周辺海域（実験海域 1；船体動揺あり），九州東岸沖（実験海域 2；船体動揺あり）および瀬戸内海（実験海域 3；船体動揺なし）で実施した。実験海域の概要を図 1 に示す。

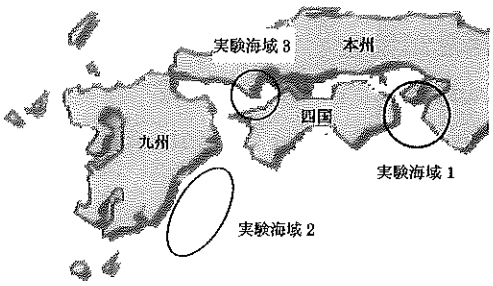


図 1　実験海域の概要

被験者は，海事科学部航海学コースおよび機関学コースの学生 12 名（男性 8 名，女性 4 名，年齢 21～26 歳），“船に弱い” 8 名（男性 5 名，女性 3 名），“船に強い” 4 名（男性 3 名，女性 1 名）（自己申告による）であり，船橋前部の左右舷中心位置に設置した重心測定装置の検査台上に自然体で直立させる。身体重心測定は，1 人に対して 5 回実施した。サンプリング周波数 10Hz，測定時間 90 秒である。身体重心測定実験の概要を図 2 に示す。

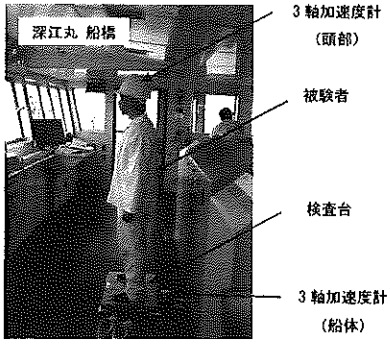
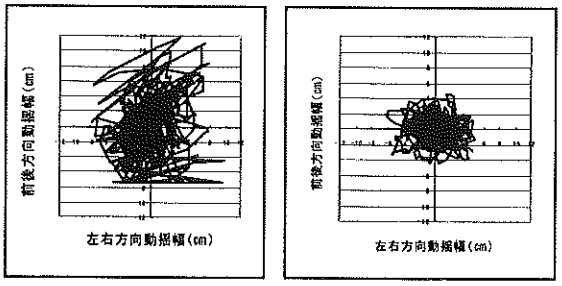


図 2　身体重心測定実験の概要

4　結果と考察

船上実験で得られた身体重心測定結果の一例を図 3 に示す。図 3 から，船に弱い被験者 A（嘔吐多数，動揺幅：前後 19.2，左右 17.7）は，船に強い被験者 B（嘔吐なし，動揺幅：前後 9.1，左右 11.2）に比べて身体重心の動揺幅が大きいことがわかる。また，船に弱い被験者の身体重心の動揺方向は，身体前後方向側に大きくなっており，ピッチングの船体動揺の影響を身体に大きく受けていると考えられる。



(a) 被験者 A　　(b) 被験者 B

図 3　身体重心測定結果（実験海域 1）

5　まとめ

本論では，船員養成機関所属の学生を対象とした「船酔い」対策法の現状アンケート調査および実船での船体動揺（ピッチング）時の身体重心の測定を行った。そして，「船に弱い」学生は，従来から云われている船酔いに対する対策を十分に活用できていない可能性があると考えられる結果を得ることができたと考える。

今後の課題として，筆者等は乗船経験年数の豊富な船舶職員についての評価を進める予定である。

参考文献

1)　木村暢夫，川島利兵衛：船体運動と人体の応答に関する基礎研究 - Ⅰ.，日本航海学会論文集，69 号，pp. 67-75（1983）.

2)　木村暢夫，川島利兵衛：船体運動と人体の応答に関する基礎研究 - Ⅲ.，日本航海学会論文集，71 号，pp. 63-70（1984）.

3)　今枝彬郎，中原寿喜太，本村紘治郎：船酔いの実船実測 - Ⅰ.，日本航海学会論文集，74 号，pp. 51 - 60（1986）.

4)　今枝彬郎，中原寿喜太，土井昭孚，立川　光，本村紘治郎，浜口正人，高島末夫：船酔いの実船実測 - Ⅱ.，日本航海学会論文集，79 号，pp. 221 - 229（1988）.

5)　中原寿喜太，今枝彬郎：回転刺激による重心移動 - 乗物酔いとの関係について -，日本航海学会論文集，73 号，pp. 183 - 192（1985）.

鼻部皮膚温による操船者の心的負荷評価に関する基礎研究

Basic Study of A Navigator's Mental Workload by Nasal Temperature

○村井康二*，岡崎忠胤**，林　祐司*
*神戸大学　海事科学部　**独立行政法人 海上技術安全研究所
MURAI Koji*, OKAZAKI Tadatsugi**, HAYASHI Yuji*
*Faculty of Maritime Sciences, Kobe University,　**National Maritime Research Institute

1　はじめに

操船技術の評価は，実務経験豊かなベテラン/プロと呼ばれるヒトの主観評価に大きく依存しているのが現状である。また，そのようなヒト（操船者）の技術の定量的評価を目指して，操船行動や操船者自身の知的負担[1]による評価が試みられている。著者等は，自船舶の操縦結果や自船舶の操縦性能と航行海域の地勢による閉塞度も操船技術や操船者の負担を評価する方法として必要であると考えるが，操船者自身の操船判断時機や自身のよりよい緊張の保ち方など，身体的，生理的レベルでの操船者の心的負担を検討することが，そのヒトの技術を定量的に評価する現実的かつ有効性の高い方法であると考える。そして，操船者（および操舵手等の当直者）を対象とした場合に，応答が良く，実験負担も軽い指標は，心拍 R 波間隔[2)-4)]および鼻部皮膚温[5)]であることを明らかにしている。

本研究では，実船舶における操船者の顔面皮膚温の測定を操船判断の多い，出入港／揚投錨操船に対して行い，得られた知見について報告する。

2　顔面皮膚温測定実験

2.1　実験概要

本実験は，神戸大学海事科学部附属練習船「深江丸」の出入港時（深江ポンド出入港，高松港出入港）及び揚投錨時（坂出港外揚投錨）の計 6 種類を対象に行った。被験者は，深江丸船長とする。そして，サーモグラフィー（富士通特機システム（株）：インフラミニ）により操船者の顔面皮膚温を測定し，同時に，ビデオカメラおよびワークサンプリングによる行動観察，IC レコーダーによる操船者の音声収録および，および心拍 R-R 間隔測定を行った。

2.2　顔面皮膚温の熱画像データ収集

実験者は，顔面皮膚温を 30 秒～2 分間隔で，ブリッジ中央にあるレピーターコンパス前の被験者に対して測定する。この時，被験者とサーモグラフィーの距離は約 1m で，水平になるように調節する。被験者にはブリッジに設置されている空調機の噴出口からの風の影響を受けないように注意する。図 1 に顔面皮膚温測定実験の概略を示す。

図 1　顔面皮膚温測定実験の概略

3　鼻部および前額部皮膚温

実験で得た顔面皮膚温の熱画像データから前額部皮膚温および鼻部皮膚温を抽出する。前額部および鼻部皮膚温は，操船者が着用したサングラスのフレームを基準として，左右のレンズの中間線上かつレンズフレーム下辺の延長線との交点を中心（鼻部皮膚温測定中心）とした 1cm 四方を鼻部皮膚温の測定領域とし，鼻部皮膚温測定中心の上方 6.5cm の点を中心（前額部皮膚温測定中心）とした 1cm 四方を前額部皮膚温の測定領域とする（図 2）。そして，測定領域の最低，最高および平均皮膚温を求める。

操船者は，他の交通システムである航空機，鉄道

や車の操縦者のように操縦席に身体が固定されることなくブリッジ内を動き回る。よって，操船者とカメラレンズとの距離を厳密に固定することは困難であり，顔面熱画像の大きさは変化することから，レンズフレームの高さ（55mm）を基準とした更正を行う。

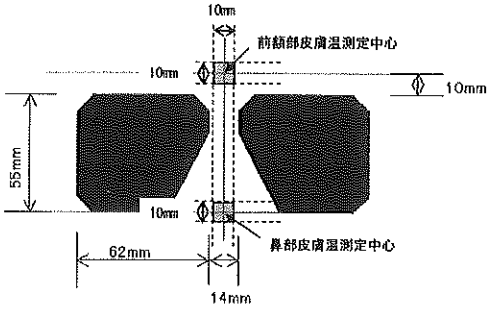
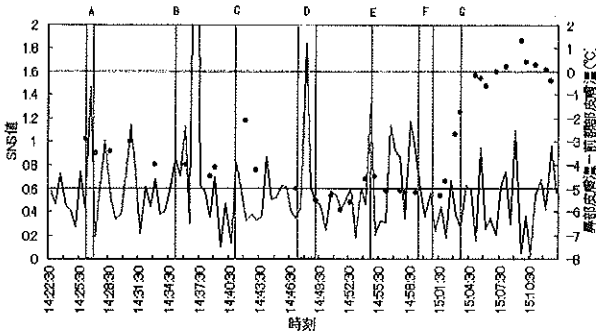


図 2　前額部および鼻部皮膚温の測定領域

本論での評価には，求めた鼻部および前額部皮膚温の平均温の差（皮膚温差）を用いる。

4　結果と考察

高松港入港時の皮膚温差を図 3（黒色の点）に示す。参考に心拍 R-R 間隔変動の周波数解析により求められた SNS 値（LF/HF 値）を折れ線により重ね書きしている。また，2 本の横線はそれぞれ「皮膚温差 = 0 度」および「SNS 値の平均値」を示している。さらに図上の A～G はイベントを示す。



［イベント］

A：「当直航海士とパソコンを使用しながら会話」

B：「当直交代」，C：「S/B Engine」

D：「高松港入口で潮により 6～8° 船首が振る」

E：「スラスターとエンジンの使用開始」

F：「ライン送る」・「Stop Engine」，G：「F/W Engine」

図 3　皮膚温差の一例（高松港入港時）

図 3 から，皮膚温差は当直交代前から入港へのアプローチ（航海情報収集およびその判断）のために下降しており，当直交代後（イベント B），自船舶の機関制御を容易にできる「S/B Engine（イベント C）」後に上昇し，「ラインを送り（イベント F）」，着岸が行え，入港操船が終了した「F/W Engine（イベント G）」後，急速に上昇していることがわかる。

これらの結果から，皮膚温差は心的負荷の変化傾向を良く捉えることが可能であると考える。また，サンプリング時間を短くできれば，さらに詳細な応答も評価できることが期待できる。SNS 値の変動との関係も主観的には認められ，SNS 値との複数指標による評価は今後の課題である。

最後に，本研究に協力していただいた練習船深江丸の船長はじめ乗組員および日本光電関西株式会社加藤博信氏に感謝申し上げます。

参考文献

1)　小林弘明，仙田晶一：心拍変動データによる操船者の知的負担の研究，日本航海学会論文集，98 号，pp. 247 - 255（1998）.

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

3)　村井康二，林　祐司，三好雄一，井口征士：実船操船とシミュレータ操船における操船者の目視領域と緊張度に関する基礎研究，電気学会論文誌 C 編，123 巻，7 号，pp. 1311-1318（2003）.

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

5)　村井康二，林　祐司，瀬井裕子，井口征士：操船シミュレータの水平視野角と現実感の関係，－重心動揺と鼻部皮膚温の計測－，日本航海学会論文集，106 号，pp. 131-138（2002）.

避航操船時の状況認識に関する基礎研究

A Study of Situation Awareness at Avoiding Ship Navigation

○岡崎忠胤*，村井康二**
*海上技術安全研究所　**神戸大学　海事科学部
OKAZAKI Tadatsugi*, MURAI Koji**
*National Maritime Research Institute, **Faculty of Maritime Sciences, Kobe University

1　はじめに

海上交通においては，陸上交通における交差点の信号といった交通流を制御するシステムは殆ど無い．そのため船舶の操船者は，航空管制官と同様に周辺の船舶の動向をレーダー等で把握して操船している．また，船舶は自動車等と異なり操縦性能が悪く，例えば舵を取ってから旋回するまでの航走距離が長くなるため，衝突の危険がある船舶を事前に検知し早めに避航操船を行う必要がある．特に船舶が輻輳する海域を航行する場合，操船者には，時々刻々と状況が変化する複数の船舶の動向を把握し適切に避航しながら自船の設定航路を航行するという高い操船技術が要求される．近年，このような輻輳海域での避航操船を支援するシステムの開発が行われてきているが，他船を操船者に認識させるインターフェースについては十分な検討がなされていない．そのため，例えば輻輳海域において，支援システム上に操船者の処理能力を超える多数の船舶が認識すべき船舶として提示されると操船者に混乱を与える可能性がある．

そこで本研究では，操船者の他船の状況認識についての基礎研究として，輻輳海域において操船者が，どのように他船を認識しているかを操船シミュレーターにより計測する基礎実験を実施した．本報告では，同実験の概要と結果を示し，検討結果を報告する．

2　実験概要

実験では，景観画像と他船を表示する水平視野角180 度のスクリーン，操舵スタンド，双眼鏡の機能を果たす景観を拡大表示するディスプレイ，レーダー，電子海図を Fig.1 に示すレイアウトで設置した．実験海域は，Fig.2 に概略を示す仮想の輻輳海域を設定し，実験シナリオは 1 回 25 分とし，開始直後，本船が避航動作を必要とする避航船と遭遇し，その後，航路交通流を横断するものとした．被験者は，現役の外航航海士を対象とし，操舵手には操船経験者を配置した．

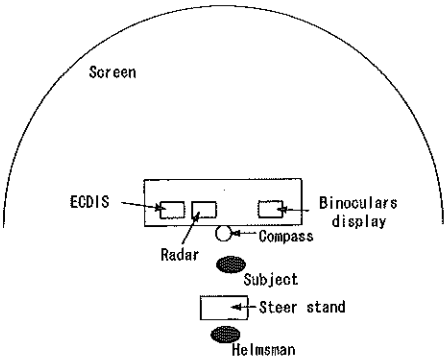


Fig. 1：操船シミュレーターのレイアウト

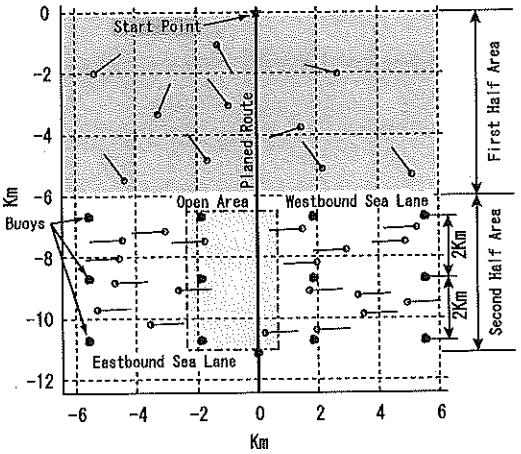


Fig. 2：実験海域のシナリオの概略

3　状況認識

3.1　計測方法

本研究では，操船者がどのように他船を認識して

いるかを計測するために SAGAT[1), 2)]の手法を用いた．具体的には，5分毎にシミュレーションを一時停止し，その時点で操船者が注意すべき船舶として認識している船舶のアスペクトおよび自船からの相対方位と相対距離を報告してもらう．なお，状況認識の報告時間を短時間で済ませ 2 分以内 [3)]にシミュレーションを再開させるために，レーダー画面と同一の座標系の図面を印刷した用紙に他船を記入する方法をとった．記入例の図面は，Fig.3 に示すとおりである．

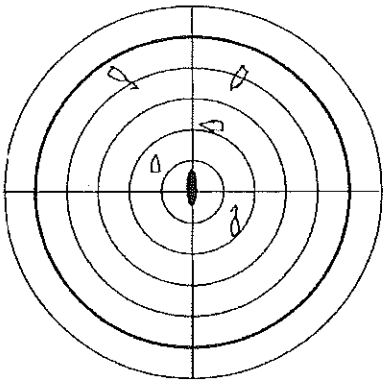


Fig. 3：他船の状況認識記入例

3.2 評価方法

操船者が認識している船舶を評価するために，状況認識の計測を行った時点で操船者が認識すべき船舶として中村 [4)]が提案した「注意を要する船舶」を適用する．定義式は以下の通りであり，相対方位の変化が小さい船舶を「注意を要する船舶」としている．

$$\dot{\omega} \leq \alpha \cdot R^{\beta} \qquad (1)$$

ここで，$\dot{\omega}$ は方位変化率(deg/min)，R は相対距離(m)，α, β は重み係数である．各パラメータ値は，30,000 点の実験結果データから以下の通り提案されている．

(1) 他船舶が自船の船種をこれから航過する場合

$$\alpha = 4.5 \times 10^5, \quad \beta = -1.7$$

(2) 他船舶が既に自船の船種を航過した場合

$$\alpha = 3.0 \times 10^5, \quad \beta = -1.7$$

4 実験結果と考察

3 人の被験者を対象に操船シミュレーション実験を行い，1 回のシミュレーションに対し 4 回の状況認識を計測し，トータルで 12 回分の状況認識データを得た．被験者が報告した船舶の数，状況認識計測時の自船からの相対距離が 5 マイル以下および 3 マイル以下の船舶の数，3.2 で記述した注意を要する船舶の数および注意を要する船舶の中で被験者が認識していた船舶の数を表 1 に示す．表より明らかな通り，被験者が認識していた船舶の数の最大数は 5～6 隻であった．これに対し，状況認識計測時の 5 マイル以内の船舶の数が十数隻存在し，注意を要する船舶が最大 6 隻存在していた．以上より，状況認識時の船舶の数は被験者が認識できる船舶の数を上回っていたと推測でき，本実験で得られた操船者が認識していた船舶の最大数は，操船者の限界値であったとも推測できる．そこで，操船者は多数の船舶の中から，操船者の判断基準により認識する船舶を選択し操船していたと考えられる．

表 1 状況認識時の船舶隻数

被験者	状況認識	報告された船舶の数	5 マイル以内の船舶の数*1		注意を要する船舶の数*2	
A	1 回目	3	13	(7)	6	(1)
	2 回目	4	15	(11)	5	(1)
	3 回目	5	17	(14)	3	(3)
	4 回目	5	18	(11)	4	(3)
B	1 回目	3	12	(8)	5	(3)
	2 回目	4	16	(10)	6	(3)
	3 回目	5	18	(12)	6	(4)
	4 回目	4	16	(11)	2	(2)
C	1 回目	2	12	(8)	5	(1)
	2 回目	2	16	(9)	6	(2)
	3 回目	6	18	(12)	5	(3)
	4 回目	5	16	(12)	3	(3)

*1：括弧内は，相対距離 3 マイル以下の船舶の数

*2：括弧内は，被験者が認識していた船舶の数

しかし，操船者が認識していた船舶と注意を要する船舶とは，必ずしも一致しておらず，輻輳海域航行時の操船者は，注意を要する船舶以外も意識しながら操船を行っていたと推測できる．そこで，操船者が認識していた船舶と注意を要する船舶の傾向を考察するために，各船舶の方位および距離を被験者ごとにまとめ Fig.4-6 に図示する．なお，参考のた

め全船舶の方位および距離も併せて記述した．図中，全船舶を△で，注意を要する船舶を▽で，被験者が認識していた船舶を●でプロットした．

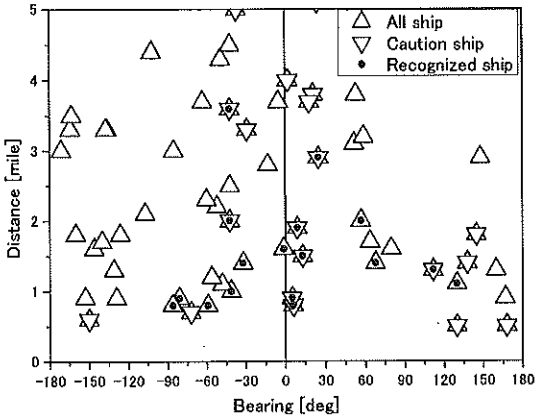


Fig. 4：被験者 A の認識船舶の方位と距離

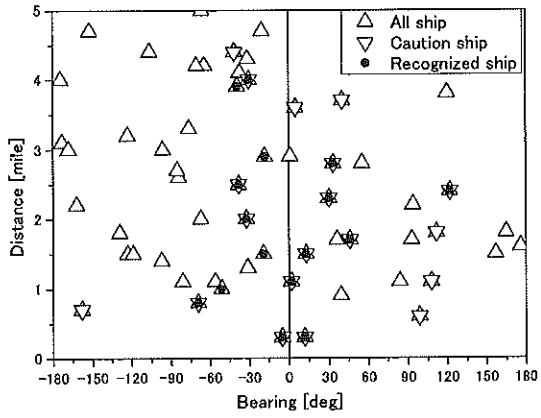


Fig. 5：被験者 B の認識船舶の方位と距離

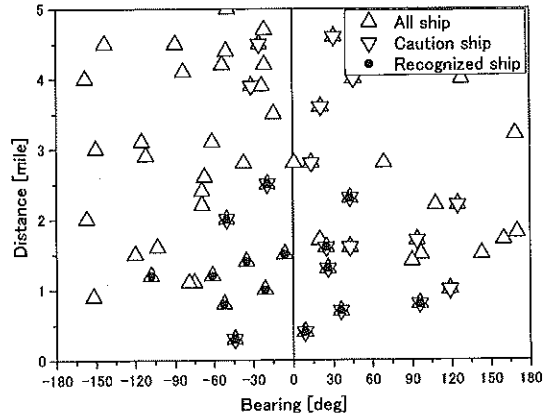


Fig. 6：被験者 C の認識船舶の方位と距離

Fig.4-6 より各被験者とも相対方位が±90 度以下となる自船より前方の船を認識している傾向がある．そのため，後方の注意を要する船舶より，注意を要する船舶に分類されていない自船の前方に存在し相対距離が短い船舶を認識している．

一方，被験者が認識していた船舶の相対距離は，被験者によりその分布が異なる．被験者が認識していた船舶の数を相対距離 1 マイル毎にまとめた図が Fig.7 である．この Fig.7 の結果より，被験者Bが他の被験者に比べ遠方の船舶を認識している傾向が読みとれる．遠方の船舶を認識している場合，早めに避航動作を行うことができ，避航のための操舵量も少なく，結果としてスムーズな操船を遂行できる．この被験者 B は，表 2 に乗船履歴を示すとおり唯一の船長経験者であり，他の 2 人の被験者に比べ操船技術が高かったと推測できる．換言すれば，操船者の技術の差により認識する船舶に差があることになり，操船支援システムのインターフェース開発時においては，利用者の操船技術に応じた他船の表示方法を検討する必要があると考えられる．

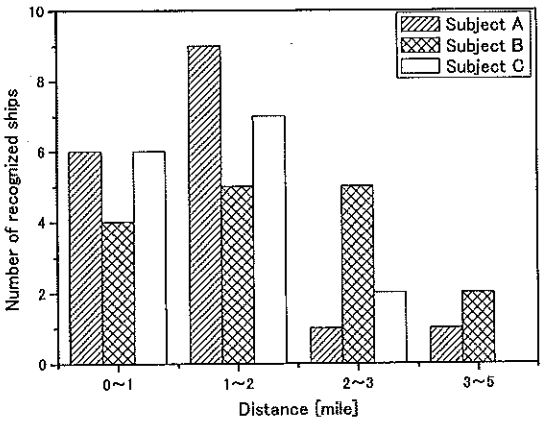


Fig. 7：相対距離毎の認識船舶の数

表 2　被験者の乗船履歴［年］

Subject	Captain	1st mate	2nd mate	3rd mate
A	-	4.6	0.7	2.6
B	0.5	1.5	2.6	5.3
C	-	0.2	2.1	3.8

5　おわりに

本研究では，操船者の他船の状況認識についての基礎研究として，輻輳海域において操船者が，どのように他船を認識しているかを，現役の外航航海士３名を対象に操船シミュレーターにより計測する基礎実験を実施した．その結果，操船者が認識する船舶の最大数は６隻であった．そして，操船者は自船の前方に存在する船舶を認識する傾向があり，操船者の技術の差により，認識する船舶の相対距離に差が生じる可能性があるという結果を得た．

なお今後の課題として，被験者の数を増やし，上述の結果の信頼性を検討していく必要がある．

参考文献

1) Thomas KOESTER, Peter IC SORENSEN : Human Factors Assessment, Conference Proceedings of MARSIM'03 (International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability 2003), Vol.I, RA-20 (2003).

2) Mica R. ENDSLEY : Chapter 7 Direct Measurement of Situation Awareness (Validity and Use of SAGAT), Situation Awareness Analysis and Measurement, Lawrence Erlbaum Associates, pp.147-173 (2000).

3) M.R. ENDSLEY: Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors 37(1), pp.32-64, (1995).

4) 中村紳也:海上交通に関する安全評価手法の確立,広島大学学位論文,pp.142-144, (1996).

船舶の乗り心地評価指標に関する考察

An Index for Evaluating Ride Quality of Passenger Ship

○有馬正和*，田村裕貴*
*大阪府立大学　大学院工学研究科
ARIMA Masakazu*, TAMURA Yuuki*
*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1　はじめに

船舶の乗り心地を正しく推定・評価することは，旅客船の設計や運航計画において非常に重要な課題である。このため船舶工学分野では，長年に亘って，船舶の乗り心地評価手法の確立に向けたさまざまな取り組みがなされてきた。そして，実験室における人体振動暴露実験や実海域での実船実験の結果，乗り物酔いを発症しやすい周波数領域が明らかとなり，現行の国際規格や日本工業規格では周波数荷重曲線を考慮した乗り心地の評価手法が提案され，現在では実用化されている。この手法は，排水量型船舶をはじめホーバークラフトや水中翼船などの膨大な実験データに基づいているが，支配的な船体運動が上下揺れであることから上下揺れ加速度のみに着目をしている。近年，船舶の高速化が図られ，欧州を中心に数多くの高速船が運航されているが，高速船では流体力特性が従来の排水量型船舶とは異なるため，予想もしなかった運動特性が現れ，波浪中で針路が不安定になりやすいと言われている。このため，乗り心地の悪化や船上活動能力の低下が指摘されている。現在，国内では比較的小型の水中翼付高速双胴船が数多く就航しているが，その乗り心地の評価手法についてはこれまで十分な検討がなされてこなかった。

そこで，著者らは，高速双胴旅客船における船体運動の計測および乗り心地の調査を行い，乗り心地の評価において左右揺れの影響が無視できないことを指摘するとともに，新しい乗り心地評価手法を提案した[1]。しかしながら，本手法の構築に用いた実験データが，単一航路を就航する同一船舶によるものであることから，本手法の妥当性・有効性を明らかにするためには，さまざまな海域における複数船舶の実験データを用いた検証を必要としていた。

この度，東日本シップマネージメント株式会社のご理解とご協力を得て，函館－青森航路を就航するカーフェリー『びいな』において乗り心地の調査をする機会に恵まれた。本論文では，排水量型カーフェリーの船体運動を解析し，アンケート調査から得られた乗客の乗り心地・乗り物酔いの発症程度との関連を調べた結果について述べる。そして，著者らが提案する RCI（Ride Comfort Index）による評価手法が，排水量型船舶の乗り心地評価においても有効であることを明らかにする。

2　カーフェリーにおける実船実験

2.1　カーフェリー『びいな』

『びいな』は，1987 年に就航した 2 軸 2 舵の小型カーフェリーで，航行中に発見した浮遊物を容易に避けることができるほど操縦性に優れている。フェリー『びいな』の主要目と一般配置図をそれぞれ表 1 と図 1 に示す。

表 1　『びいな』の主要目

船　名	びいな
総トン数	2,290 トン
全長×型幅×型深さ	98.63 m × 17.20 m × 11.80 m
満載喫水	4.66 m
最大搭載数	
旅　客	456 名
自動車	トラック 35 台 乗用車 100 台
航海速度	18.65 ノット（時速 34.5 km）

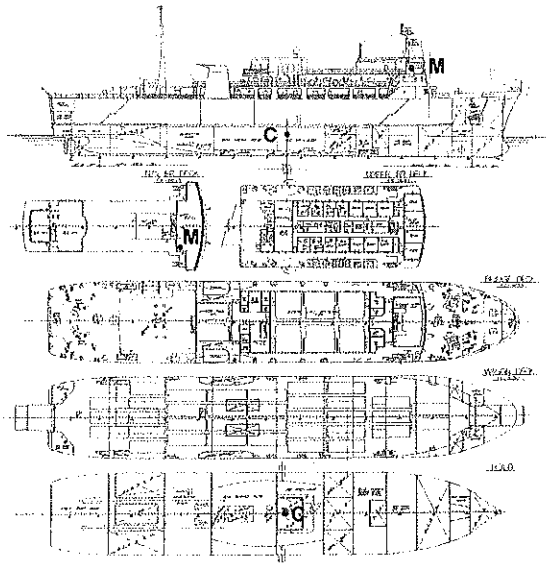


図 1　『びいな』の一般配置図（船体運動は，航海船橋の M 点で計測し，船体中央部 C 点における運動を算出して評価に用いた）

2.2　実船実験の概要

『びいな』は，函館港（北海道函館市）と青森港（青森県青森市）との間 113 km を 3 時間 50 分で結んでおり，毎日 2 往復 4 便が運航している。利用者は，地元住民や旅行者の外，道内の貨物を首都圏にまで運ぶトラック運転手が多い。乗り心地に関する実船実験は，平成 18 年 1 月 9 日から同年 2 月 26 日までの 195 航海において実施した。

図 2 は，『びいな』の航路図であるが，津軽海峡を抜ける冬場の強い西風や波浪の影響をできるだけ抑えるよう状況に応じて最適な航路がとられている。

3　船体運動の計測と解析

3.1　船体運動の計測

船体運動の計測は，航海船橋の右舷後方に設置された海図台の隅（図 1 中の点 M）にひずみゲージ式加速度計（共和電業 AS-2TG および AS-2GB）を固定して行った。アンチエイリアシング用ローパスフィルター（2 次の Butterworth 特性）の遮断周波数を f_c = 2.0 [Hz]，サンプリング周波数を f_s = 10.0 [Hz]として，コンパクトレコーダー（共和電業 EDS-400A）のコンパクトフラッシュに記録した。

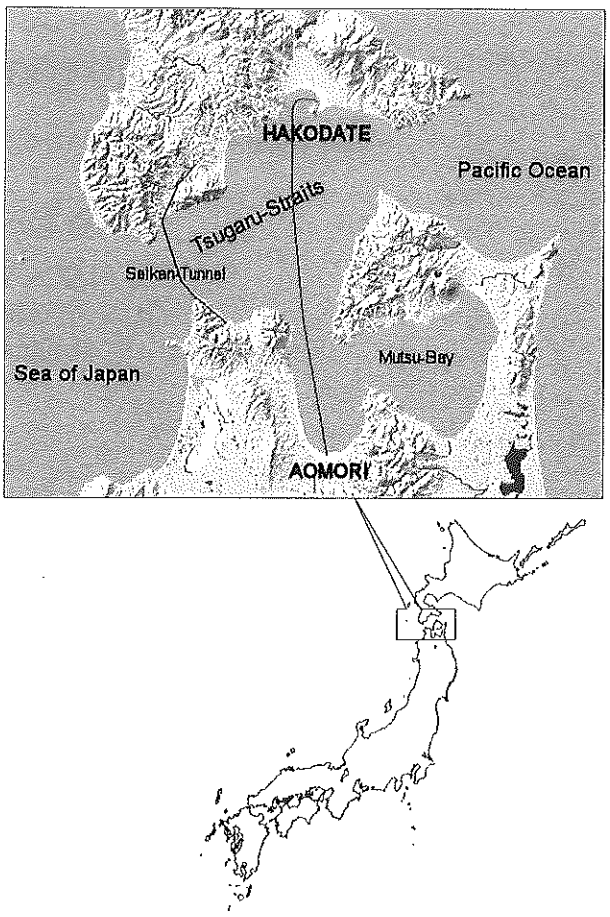


図2　『びいな』が就航する青函航路

3.2　船体運動の解析

航海ごとの船体運動の良し悪しを評価するために，図 1 の船体中央部の点 C における船体運動を求めた。その結果，本船では上下揺れ加速度だけでなく，大きな左右揺れ加速度がはたらいていることがわかった。ただし，船体に固定されたひずみゲージ式加速度計によって船体運動を計測しているため，横揺れ等の傾斜による重力成分も含まれていることに注意を要する。また，パワースペクトル密度関数（PSD）を求めると，上下揺れ加速度の周波数は，乗り物酔いの発症に大きく関与すると言われている 0.2 [Hz]付近にピークがあり，排水量型船舶の典型的な特徴を示していることがわかった。一方，左右揺れ加速度の周波数は，0.12 [Hz]付近にピークを持ち，少なからず乗り心地に影響を与えると考えられる。

ISO 2631-1 等で定義される周波数荷重曲線は，上下揺れ加速度に対して定義されたもので，現在，乗り心地や乗り物酔いの評価に広く用いられている。最近では，鉄道や自動車への適用を目指して，左右揺れや前後揺れに対する周波数荷重曲線を明らかにしようとする研究も進められているが，まだ十分な数のデータがないために，一般に認められているとは言えないのが現状である。そこで，本研究では，現行の周波数荷重曲線 W_f を左右揺れにも適用して，船体運動の評価を行うこととした。この周波数荷重曲線は 0.2 [Hz] 付近にピークを持つため，同じく 0.2 [Hz]付近にピークを持つ本船の上下揺れ加速度は減衰されずに評価される。一方，0.12 [Hz]付近にピークを持つ左右揺れ加速度は，0.895 倍（-0.96 dB）に減衰して評価されることになる。以下，周波数荷重後の加速度 a_w [m/s²]を船体運動の解析・評価に用いることにした。

4　乗り心地・乗り物酔いの解析と評価

4.1　アンケート調査の概要

フェリー『びいな』の乗り心地を評価するために，アンケート調査を実施した。アンケートの項目は，航海中の乗り心地／乗り物酔い発症の程度および自覚症状，発症時刻，薬物服用の有無，乗り物酔いの易罹患性，船の利用頻度等である。また，詳細な解析のために，船室内の居場所とそのときの姿勢についても記入してもらうことにした。アンケート調査票の配付・回収は，『びいな』の乗組員の協力を得て実施することができた。アンケートの詳細な解析結果は別に述べるが，ここでは，船体運動と乗客の乗り心地／乗り物酔いの発症との関連を明らかにするために，乗り物酔いの発症程度と自覚症状に係る項目を用いることにした。アンケート調査票の一部を図 3 に示す。

アンケートの回答者数は延べ 984 名で，便によって 0 名から 29 名であった。船体運動が正しく計測できなかった 16 航海とアンケートの回答が得られなかった便を除いて，162 航海の実験データを用いて解析・評価を行った。

illness rating (I.R.) は，「全く何ともない」を 0，「とても気分が悪い」を 3 として，0～3 の数値で乗り心地を表すもので，乗り心地や乗り物酔いの発症程度を表す指標として国内外で広く用いられている。有効なアンケートの回答者数は，航海によってバラツキが見られたが，航海ごとに I.R.の平均値をとることによって，その航海の乗り心地を表すこととした。また，乗客が自覚した乗り物酔いの症状に重み付けをして乗り物酔いの発症程度を定量的に表現するために，(1) 式で表される Symptom Score (S.S.) を導入した。そして，乗客の S.S.を算出し，航海ごとの平均値を求めることによってその航海の良し悪しを評価することとした。

■ この航海で体調の最も悪い状況は以下のどれですか？

□ 全く何ともない
□ 少し気分が悪い
□ 気分が悪い
□ とても気分が悪い

■ この航海中に以下の身体的な変化がありましたか？（いくつでも可）

□ 体が暖かく感じた／発汗
□ 頭痛
□ 顔面蒼白などの顔色の変化
□ 生つば
□ 眠気
□ めまい
□ 吐き気・乗り物酔い
□ 嘔吐

ご協力をありがとうございました。

図3　アンケート調査票の illness rating と酔いの症状

$$\text{S.S.} = \Sigma\ (\text{体が暖かく感じた}\times 1) + (\text{頭痛}\times 1) + (\text{顔面蒼白}\times 2) + (\text{生つば}\times 2) + (\text{眠気}\times 2) + (\text{めまい}\times 2) + (\text{吐き気}\times 3) + (\text{嘔吐}\times 4) \quad (1)$$

4.2　船体運動の評価

著者らは，刺激に対する心理的な感覚強度が物理的な刺激強度の対数に比例するという「Weber-Fechner の法則」を適用し，(2) 式で表される ride comfort index, *RCI* を提案して，高速双胴船の乗り心地評価に有効であることを示した。

$$RCI = \log_e \left[\int_0^T [a_w(t)]^2 dt + 1 \right] \quad (2)$$

また，左右揺れと上下揺れの影響を複合的に考慮する指標として，(3) 式の $RCI_{resultant}$ を提案している[2]。

$$RCI_{resultant} = \log_e \left[\int_0^T \left\{ [a_{y_w}(t)]^2 + [a_{z_w}(t)]^2 \right\} dt + 1 \right] \quad (3)$$

図4は，$RCI_{resultant}$ と illness rating との関係である。図中の黒丸は，アンケートの回収率が 33.3%以上の航海で，白丸は 33.3%未満の航海を表している。$RCI_{resultant}$ つまり船体運動が大きいにも拘わらず，乗客の I.R.の平均値が 0.0，すなわちすべての乗客が「全く何ともない」と答えたデータが含まれているが，これは，乗り物酔いを発症した乗客はアンケートに答えられず，全く平気であった乗客だけから回答が得られたためであると考えられる。そこで，アンケート調査票の回収率が 33.3%以上のデータを有効なものとして線形近似式と相関係数 R を求めた。黒丸で表される有効データ数は 40 で，3～29 名の乗客の I.R.の平均値である。相関係数 R の値も高く，$RCI_{resultant}$ が高速船だけでなく排水量型船舶の乗り心地評価にも有効であると判断することができる。

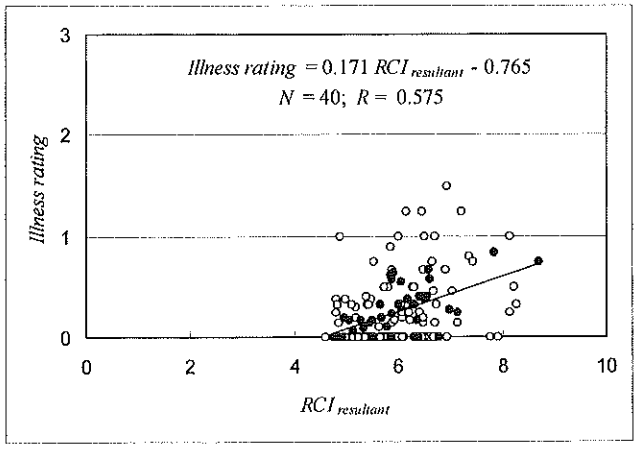


図4　$RCI_{resultant}$ と illness rating の関係

また，$RCI_{resultant}$ と Symptom Score との相関係数は 0.285 で，ISO2631-1 などで提案される $MSDV_Z$ の場合（R = 0.239）よりも高くなっていることが確かめられた。

5　おわりに

旅客船の乗り心地評価手法を確立するために，青函航路を就航する小型カーフェリーにおいて船体運動の計測と乗客へのアンケートを通して乗り心地の調査を実施した。船体運動と乗り心地の関連を調べ，著者らが提案する $RCI_{resultant}$ による評価が有効であることを示した。本指標は，左右揺れの影響を無視できない高速双胴船の乗り心地評価のために提案したものであるが，従来の排水量型船舶にも適用できることが明らかとなった。

今回の実船実験では，乗り物酔いを発症して嘔吐に至った乗客のうち，アンケート調査に協力を得られたのは数名にとどまり，嘔吐率の評価を試みることができなかった。また，有効なデータ数が統計的に十分であるとは言えないので，他の海域を就航する複数の船舶においてさらに実験を行い，より多くのデータを蓄積することによって，提案する乗り心地評価手法の妥当性，有効性を明らかにしたいと考えている。

謝辞

本研究にご理解とご協力をいただいた東日本シップマネージメント株式会社 古閑信二 代表取締役をはじめ，『びいな』の乗組員の皆様に深く感謝の意を表する。また，本研究は，東日本シップマネージメント株式会社の教育・研究奨励寄附金（No.0527100342）を受けて実施したことを付記し，関係各位に厚く御礼申し上げる。

参考文献

1) 有馬正和，田村裕貴：高速旅客船の乗り心地評価に関する考察，平成 17 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.143–146, (2005).

2) Y. Tamura, M. Arima : Measurement and analysis of ship motion of a high-speed passenger craft, Procs. of ISOPE 2006, Paper No. 2006-JSC-253, pp.514-519, (2006).

船舶の乗り心地に関するアンケート調査の解析

Analysis of Questionnaire on Ride Quality of Passenger Ship

○有馬正和*，田村裕貴*
*大阪府立大学　大学院工学研究科
ARIMA Masakazu*, TAMURA Yuuki*
*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1　はじめに

旅客船の設計や運航計画において，乗り心地を正しく推定・評価することは，非常に重要な課題である。著者らは，旅客船における船体運動の計測および乗り心地の調査を行い，乗り心地の評価において左右揺れの影響が無視できないことを指摘するとともに，新しい乗り心地評価手法を提案した[1]。この度，東日本シップマネージメント株式会社のご理解とご協力を得て，函館－青森航路を就航するカーフェリー『びいな』において乗り心地の調査をする機会に恵まれた。

本論文では，排水量型カーフェリーにおいて実施したアンケート調査を解析し，乗客の乗り心地・乗り物酔いの発症程度との関連を調べた結果について述べる。そして，性別や年齢層，乗船中の過ごし方，食事・酔い止め薬服用の有無，乗り物酔いの易罹患性，過去の乗船頻度などの項目から乗り心地の評価に影響を及ぼす要因の抽出を試みた。

2　カーフェリーにおける実船実験の概要

『びいな』の主要目を表1に示す。本船は，1987年に就航した2軸2舵の排水量型小型カーフェリーで，函館港（北海道函館市）と青森港（青森県青森市）との間113 kmを3時間50分で結んでおり，毎日2往復4便が運航している。津軽海峡を抜ける冬場の強い西風や波浪の影響をできるだけ抑えるよう状況に応じて最適な航路がとられている。また，本船の利用者は，地元住民や旅行者の外，道内の貨物を首都圏にまで運ぶトラック運転手が多い。

乗り心地に関する実船実験は，平成18年1月9日から同年2月26日までの195航海において実施した。

表1　『びいな』の主要目

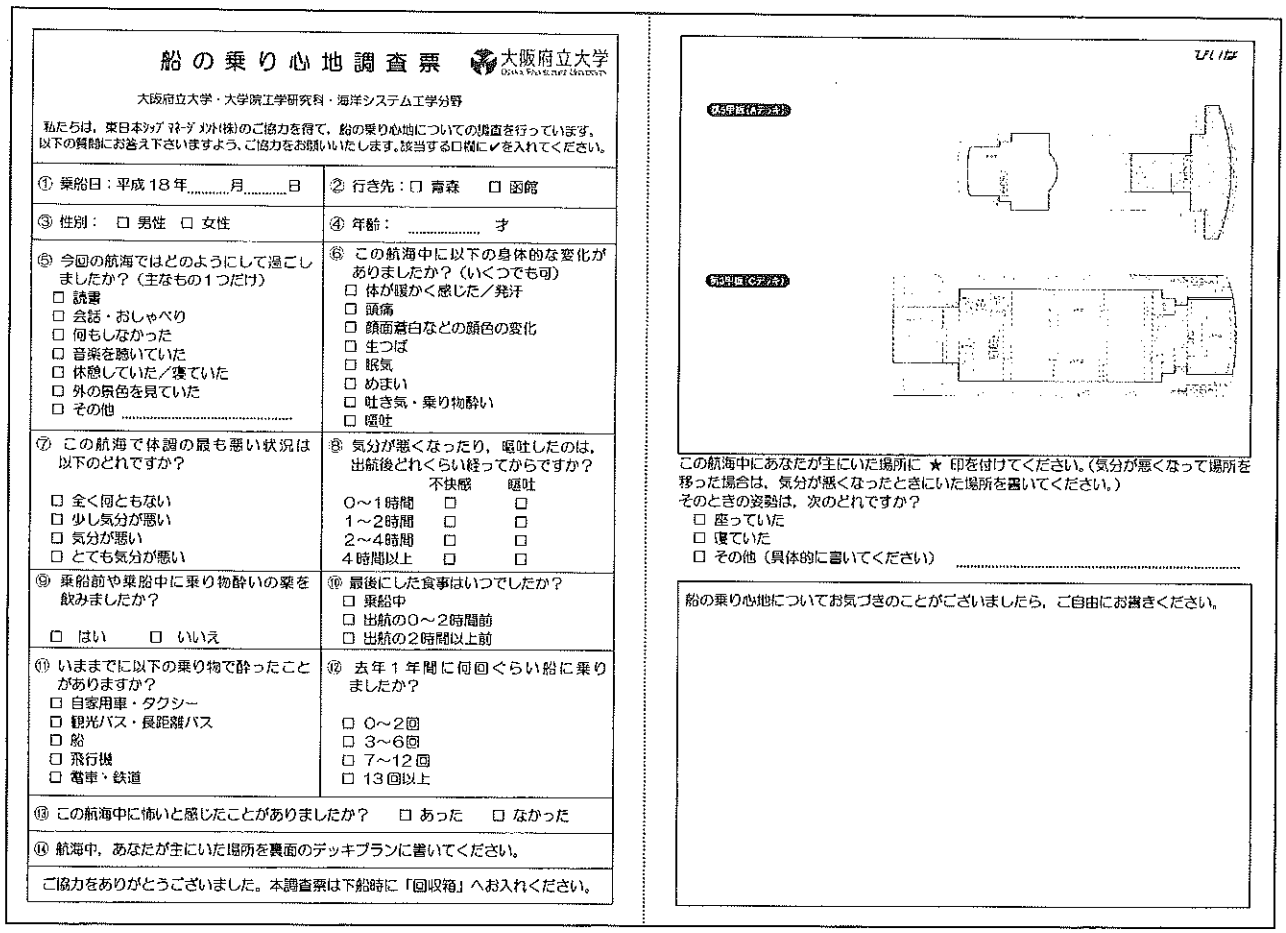
船　名	びいな
総トン数	2,290 トン
全長×型幅×型深さ	98.63 m × 17.20 m × 11.80 m
満載喫水	4.66 m
最大搭載数	
旅　客	456 名
自動車	トラック 35 台 乗用車 100 台
航海速度	18.65 ノット（時速 34.5 km）

3　乗り心地・乗り物酔いの解析と評価

3.1　アンケート調査

フェリー『びいな』の乗り心地を評価するために，アンケート調査を実施した。アンケートの項目は，航海中の乗り心地／乗り物酔い発症の程度および自覚症状，発症時刻，薬物服用の有無，乗り物酔いの易罹患性，船の利用頻度等である。また，詳細な解析のために，船室内の居場所とそのときの姿勢についても記入してもらうことにした。アンケート調査票の配付・回収は，『びいな』の乗組員の協力を得て実施することができた。アンケートの回答者数は延べ984名で，便によって0名から29名であった。船体運動が正しく計測できなかった16航海とアンケートの回答が得られなかった便を除いて，162航海の実験データを用いて解析・評価を行った。

アンケート調査票を図1に示す。乗り心地・乗り物酔いの発症を評価する指標として，アンケート調査票の項目⑦を用いてillness rating (I.R.)[2]を定義する。これは，「全く何ともない」を0，「とても気分が悪い」を3として，0～3の数値で乗り心地を表すもので，乗り心地や乗り物酔いの発症程度を表す



船の乗り心地調査票　大阪府立大学

大阪府立大学・大学院工学研究科・海洋システム工学分野

私たちは，乗日本ｼｯﾌﾟﾏﾈｰｼﾞﾒﾝﾄ(株)のご協力を得て，船の乗り心地についての調査を行っています。以下の質問にお答え下さいますよう，ご協力をお願いいたします。該当する□欄に✓を入れてください。

① 乗船日：平成18年……月……日
② 行き先：□ 青森　□ 函館
③ 性別：□ 男性　□ 女性
④ 年齢：……才
⑤ 今回の航海ではどのようにして過ごしましたか？（主なもの1つだけ）
□ 読書
□ 会話・おしゃべり
□ 何もしなかった
□ 音楽を聴いていた
□ 休憩していた／寝ていた
□ 外の景色を見ていた
□ その他 ……
⑥ この航海中に以下の身体的な変化がありましたか？（いくつでも可）
□ 体が暖かく感じた／発汗
□ 頭痛
□ 顔面蒼白などの顔色の変化
□ 生つば
□ 眠気
□ めまい
□ 吐き気・乗り物酔い
□ 嘔吐
⑦ この航海で体調の最も悪い状況は以下のどれですか？
□ 全く何ともない
□ 少し気分が悪い
□ 気分が悪い
□ とても気分が悪い
⑧ 気分が悪くなったり，嘔吐したのは，出航後どれくらい経ってからですか？

	不快感	嘔吐
0～1時間	□	□
1～2時間	□	□
2～4時間	□	□
4時間以上	□	□

⑨ 乗船前や乗船中に乗り物酔いの薬を飲みましたか？
□ はい　□ いいえ
⑩ 最後にした食事はいつでしたか？
□ 乗船中
□ 出航の0～2時間前
□ 出航の2時間以上前
⑪ いままでに以下の乗り物で酔ったことがありますか？
□ 自家用車・タクシー
□ 観光バス・長距離バス
□ 船
□ 飛行機
□ 電車・鉄道
⑫ 去年1年間に何回ぐらい船に乗りましたか？
□ 0～2回
□ 3～6回
□ 7～12回
□ 13回以上
⑬ この航海中に怖いと感じたことがありましたか？　□ あった　□ なかった
⑭ 航海中，あなたが主にいた場所を裏面のデッキプランに書いてください。
ご協力をありがとうございました。本調査票は下船時に「回収箱」へお入れください。

びいな
この航海中にあなたが主にいた場所に ★ 印を付けてください。（気分が悪くなって場所を移った場合は，気分が悪くなったときにいた場所を書いてください。）
そのときの姿勢は，次のどれですか？
□ 座っていた
□ 寝ていた
□ その他（具体的に書いてください）……
船の乗り心地についてお気づきのことがございましたら，ご自由にお書きください。

図1　アンケート調査票

指標として国内外で広く用いられているものである。

また，項目⑥で得られた乗客が自覚した乗り物酔いの症状に重み付けをして乗り物酔いの発症程度を定量的に表現するために，(1) 式で表される Symptom Score (S.S.) [3] を導入した。有効なアンケートの回答者数は，航海によってバラツキが見られたが，航海ごとに I.R.と S.S.の平均値をとることによって，その航海の乗り心地・乗り物酔いの発症程度を表すこととした。

$$S.S. = \Sigma\,(\text{体が暖かく感じた}\times 1) + (\text{頭痛}\times 1) + (\text{顔面蒼白}\times 2) + (\text{生つば}\times 2) + (\text{眠気}\times 2) + (\text{めまい}\times 2) + (\text{吐き気}\times 3) + (\text{嘔吐}\times 4) \quad (1)$$

3.2　アンケート調査の解析

フェリー『びいな』で乗り心地に関するアンケート調査に協力していただいた984名の性別と行き先の内訳を表2に，年齢層の分布を図2に示す。

表2　アンケート回答者の内訳

性　別	男性：685	女性：291	未記入：8
行き先	青森：532	函館：452	未記入：0

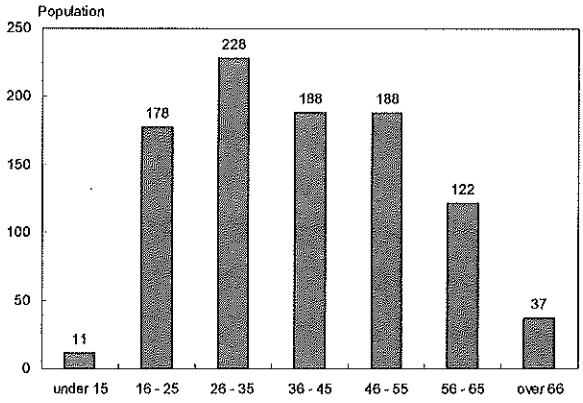


図2　アンケート回答者の年齢分布

次に，乗り物酔いの発症に影響を及ぼす要因を調べるために，アンケートの項目毎に illness rating (I.R.)と Symptom Score (S.S.)を算出した。それぞれの平均値を図3～8に示す。

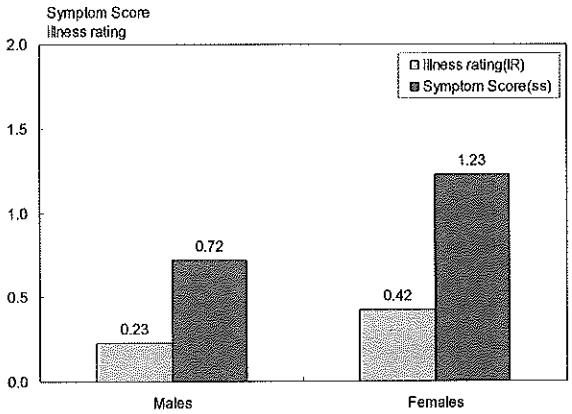


図3　性別による影響

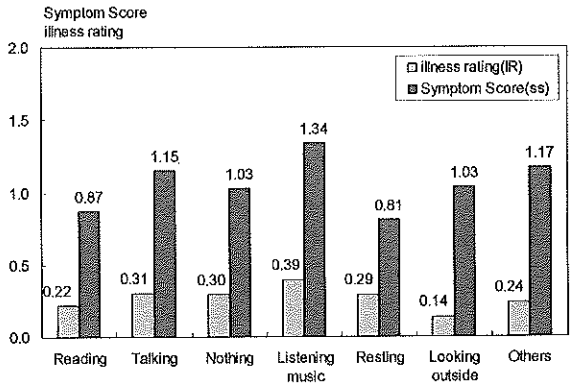


図4　乗船中の行動による影響

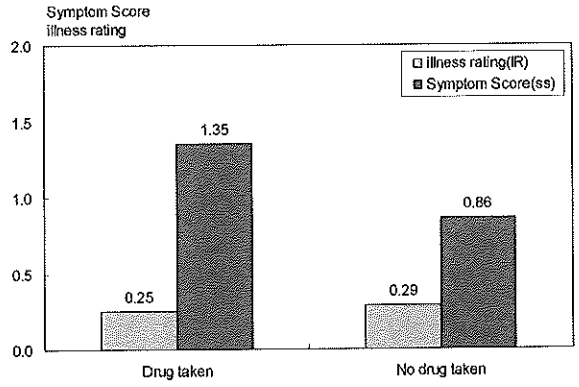


図5　酔い止め薬の服用による影響

図より，性別では，男性に比べて女性の方が I.R.と S.S.ともに高く，統計的に有意な差（$p < 0.05$）で乗り物酔いを発症しやすいことがわかる。また，船内行動では，音楽を聴いていたと回答した乗客の I.R.と S.S.が高い。酔い止め薬の服用の有無は，酔い止め薬を飲んだと回答した乗客の S.S.が高くなっているが，発症後に薬を服用した可能性もあり，薬の効果を否定することはできない。最後の食事時間や乗船頻度の影響は小さいと考えられるが，乗船中に怖いと感じた乗客は，感じなかった乗客に比べると，統計的に有意な差（$p < 0.05$）で乗り物酔いを発症しやすいことがわかった。

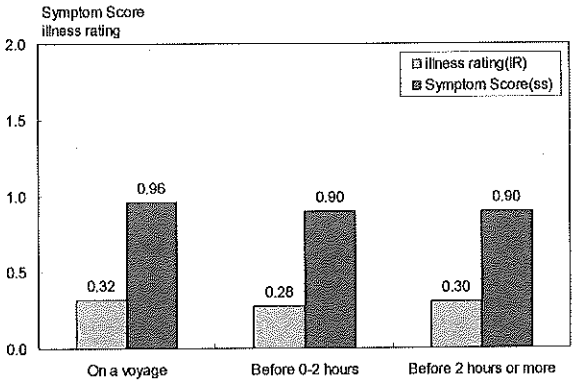


図6　食事時間による影響

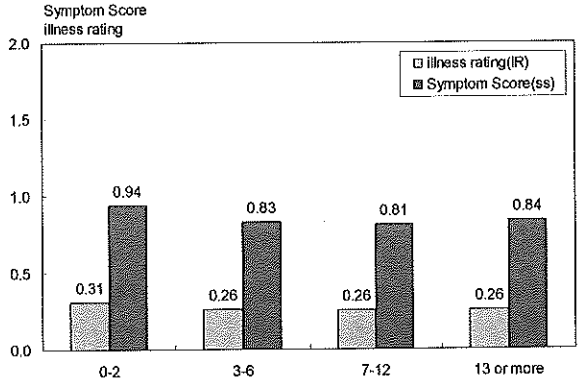


図7　年間乗船頻度による影響

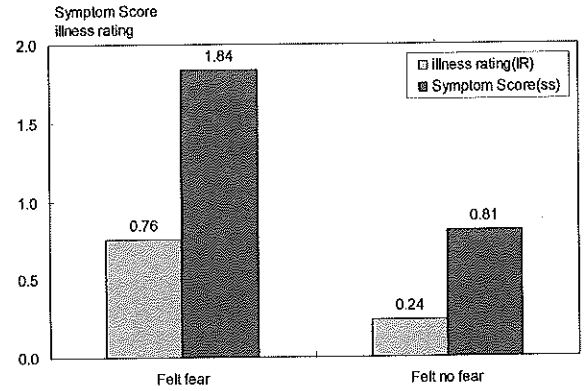


図8　恐怖感による影響

4　おわりに

本研究では，旅客船の乗り心地評価手法を確立するために，青函航路を就航する小型カーフェリーにおいて船体運動の計測と乗客へのアンケートを通して乗り心地の調査を実施した。

アンケートの調査結果を解析し，性別や船内行動などの影響を調べた。特に，乗船中に恐怖を感じた乗客が乗り物酔いを発症しやすいことから，恐怖感を軽減することが乗り心地の向上に結びつくものと考えられる。今後は，乗客のタイプ分けや項目同士の複合的な影響を調べて，乗り心地の評価に影響を及ぼす要因を明らかにして船舶の乗り心地の向上に資するとともに，評価手法の確立を目指したいと考えている。

今回の実船実験では，乗り物酔いを発症して嘔吐に至った乗客のうち，アンケート調査に協力を得られたのは数名にとどまり，嘔吐率の評価を試みることができなかった。また，有効なデータ数が統計的に十分であるとは言えないので，他の海域を就航する複数の船舶においてさらに実験を行い，より多くのデータを蓄積することによって，提案する乗り心地評価手法の妥当性，有効性を明らかにしたいと考えている。

謝辞

本研究にご理解とご協力をいただいた東日本シップマネージメント株式会社 古閑信二 代表取締役をはじめ，関係各位に厚く御礼申し上げる。また，船体運動の計測およびアンケート調査の配付・回収・集計をしていただいた『びいな』の乗組員の皆様，および実務的な対応をしていただいた船舶管理部運航管理課 茂木治人 係長に深く感謝の意を表する。

また，本研究の機会を与えていただき，船舶の耐航性能評価に関する貴重なご助言をいただいた大阪府立大学大学院工学研究科 池田良穂 教授に心より感謝申し上げる。

最後に，本研究は東日本シップマネージメント株式会社の教育・研究奨励寄附金（No.0527100342）を受けて実施したことを付記し，関係各位に厚く御礼申し上げる。

参考文献

1) 有馬正和，田村裕貴：高速旅客船の乗り心地評価に関する考察，平成 17 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.143–146, (2005).

2) A. Lawther, M.J. Griffin : The motion of a ship at sea and the consequent motion sickness amongst passengers, Ergonomics, 29, pp.535-552, (1986).

3) M. Turner : A Survey of Motion Sickness in Road Coach, Procs. of the United Kingdom Informal Group Meeting on Human Response to Vibration, (1993).

C 会場
一般セッション

会場：L1-805 (L1 号館 8F)

13：00～14：12	視機能 1
15：30～16：24	視機能 2
16：30～17：24	視機能 3

公共表示のわかりやすさに関する認知工学的研究
—表示要素のレイアウトの影響について—
Cognitive study on usability of public signs
—Effects of the arrangement of design elements on recognition of the signs—

○石原真希*，岡田明*
*大阪市立大学大学院　生活科学研究科
ISHIHARA Maki*, OKADA Akira*
*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

1．はじめに

不特定多数の人が出入りする公共施設における案内表示は「分かりやすい」環境を実現するものでなくてはならない。しかし近年、都市の拡大化に伴って施設の集積が進行し、大規模で複合的な空間が増加している。そのような場所で、利用者が迷ったり不安感を抱いたり、不快な思いをすることなく、出来るだけ快適な移動が出来るようなサインシステムの構築が必要である。既往研究において、分かりやすいサインシステムとして文字の大きさや字体・ピクトグラムの理解度などについての研究を個別に検討したものは数多く存在するが、それらの複合効果についてはあまり研究事例がない。

表示要素の複合効果に加え、レイアウトの仕方が案内表示の理解度に与える影響度を検討し、利用者が快適に移動するためには、どのような案内表示が適切であるのかという事を認知工学的観点から検討する事が本研究の目的である。

2．調査

ＪＲ京都駅・ＪＲ難波駅・伊丹空港などの公共施設を中心に現行のサイン環境を調査し、その問題点の抽出・分析を行なった。その結果、これらの施設の現行サインには１つのサイン板の中に複数の目的地が記された案内表示が多く採用されていたが、それらのサインには以下の要素が不足していた。

◆必要十分な表示情報の選択
◆分かりやすいグラフィックデザイン表現
◆情報の連続性
◆適切な掲示位置の選択　…etc

上記の項目を含む案内表示では、利用者が自分の求めている情報を短時間で認識・理解する事が難しくなる傾向にある。サインを設置する側は、利用者の認知特性に基づいて、サイン環境そのものを整備していく必要があると考えられる。

そこで、まずサインの情報を認知する際の第１段階として案内表示を見つけた時点での場合を想定し、必要な情報をより的確にかつ効果的に伝えられ、理解されやすい表示の方法に着目し、どのような表示方式・レイアウトが利用者にとって適切なのか、どの表示要素が視覚認知に大きな影響を及ぼしているのかを検討する。

3．実験１

実際に街中にあるような案内表示を対象に、どのようなレイアウト表示にすると、利用者が自分の求めている情報を的確にかつ短時間で入手できるのかを検討する。

3.1. 方法

実験は Visual Basic6.0 を用いて開発したソフトを使用して行なった。最初に画面上に目的地（施設名）を提示し、案内表示の図が提示されてから目的地への方向を答えるまでの時間を計測する。（図１）

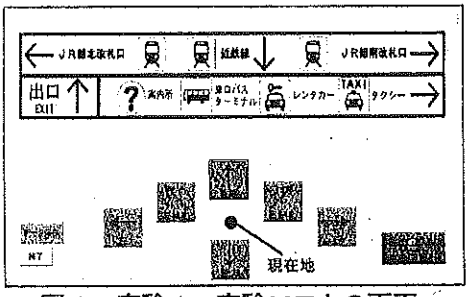


図１．実験１：実験ソフトの画面

3.2. 被験者

被験者は 21～23 歳の学生 12 名（男性１名、女性 11 名）である。

3.3. 結果と考察

レイアウトに関する複数の要因の中から、どの要素が回答時間に一番影響を与えているのか分析した。

A：目的地情報の表示方式（文字のみ・ピクトグラムのみ・文字とピクトグラム併記）
B：色の区別の有無（あり・なし）
C：ピクトグラムの理解度（高い・低い）
D：情報の位置（真ん中・端）
E：情報のまとまり（あり・普通・なし）

上記の５つの項目に対して数量化理論Ｉ類の手法により分析を行なった（図２）。

分析結果より、案内表示の分かりやすさに対して、

『D→B→E→C→A』の順で影響度が高くなることが分かった。影響度の大きい要素を順に優先しながら案内表示を作成すると、利用者にとって分かりやすい案内表示になると考えられる。

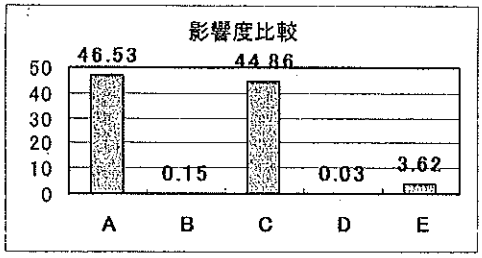


図２　実験１：表示要素の影響度比較

４．実験２

4.1. 方法

実験１の結果をもとに、表示方式・レイアウトなどを変更した案内標識の改善案を作成し（図３）、これらと現行モデルについて実験１と同様の実験を行なった。実験後には、各案内表示についての主観評価も行なった。また、若年者と高齢者で回答時間に差があるか比較を行なった。

4.2. 被験者

被験者は21～23歳の学生10名（女性10名）と、62～78歳の高齢者10名（男性5名、女性5名）である。

4.3. 結果と考察

各グループの案内表示において、改善モデルにおける平均回答時間は、現行モデルにおける回答時間よりも短くなる傾向にあった。これは、現行モデルにおいてはサイン内で行き先を発見する際に迷いがあるため、目的の情報を認知するのに時間がかかる傾向にあると思われる。また、どの案内表示においても高齢者の方が若年者よりも回答時間がおよそ４秒長く、この差は有意であった（$p<0.01$）。

実験結果より、「分かりやすいレイアウト」を作成する際に留意すべき注意点を抽出することができた（６．結論 参照）。

５．検証実験

5.1. 方法

これまでの実験で得られた考察が、実空間上でも適用できるかを検証することを目的として行なった。

ＪＲ大阪駅界隈にて、これまでの実験から得られた「分かりやすいレイアウト」と「分かりにくいレイアウト」の特性をもった案内表示を実空間の中から抽出し、被験者にはその案内表示を利用して指定した出発点から目的地まで、経路探索をしてもらった。

5.2. 被験者

被験者は21～23歳の学生５名（男性１名、女性４名）である。

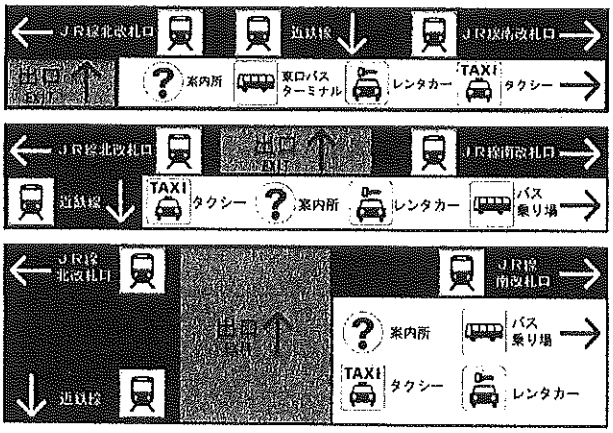
5.3. 結果

実験の結果、被験者の行動特性や心理特性を知ることが出来た（６．結論 参照）。また、実験２で得た結果は実空間においても適用できる事が分かった。

６．結論

以上の結果より、案内表示のレイアウトに関する推奨事項として以下のことが挙げられる。

- 目的地の情報は、文字とピクトグラムとの併記で提示すること
- 使用するピクトグラムは理解度の高いものを使用すること。
- 色による区別をする場合は、使用する色数を適度に抑えること。また色を使用する場合は、その色が持つイメージに沿った色（出口→黄、御堂筋線→赤...etc）を使用するなど、機能的役割を充分に果たすような使用を心がけること
- 同じ属性の情報はまとめて配置すること。また属性ごとに充分な余白をとる
- 施設の方向を示す矢印と施設名はできるだけ近づけて配置すること
- 施設に関連する情報は、実空間上の方向と案内表示上での方向と合致させる事を優先して配置するべきである
- 同一施設内では、一貫性のあるデザインを使用した案内表示を掲示すること



※図の灰色の部分は、実際は黄色で表示されている

図３．実験２：使用した案内表示の例
（上：現行モデル、中：改善案①、下：改善案②）

７．今後の展望

今後は利用者の視線の動きに注目し、情報認知の過程を調査していく予定である。

また、これまでは目の前にサインがある状態を前提としての分かりやすいサインについての検討を行なってきたが、今後はその前段階として空間の中から目的の情報が記された案内表示を探し出す過程の場合を想定し、利用者の目に付きやすいようなデザイン・設置方法などについても検討していく予定である。

ロービジョンの夜間歩行時の光環境に関する調査研究
－歩行街路の光環境に関するアンケート調査－

Survey on the Lighting Environment for the Low-Vision in Walking at Night
- Questionnaire Survey on the Lighting Environment of the Walking Street -

○奥田紫乃*，岩田三千子**，岩井彌***
*同志社女子大学 生活科学部　**摂南大学 工学部　***松下電工株式会社

OKUDA Shino*, IWATA Michiko**, IWAI Wataru***
* Doshisha Women's College of Liberal Arts, **Setsunan University, ***Matsushita Electric Works, Ltd.

1. はじめに

近年、高齢者や障害者などの社会的弱者に対応した視環境計画が求められており、視覚障害をもつ人々が夜間外出する際、街路照明など光環境上の問題点が挙げられている[1)~7)]。本研究は、ロービジョンの人々が公共空間を歩行する際に問題となる点を抽出し、ロービジョンの人々が安全に且つ安心して外出できる公共空間の視環境計画の指針を得ることを目的とする。

2．調査概要

本調査では、眼鏡等で正しく矯正しているにも拘らず、日常生活に何らかの不自由がありながらも、視覚を利用して夜間に外出することがある人を対象として、表1に示す調査項目についてアンケート調査を行った。調査は、ロービジョン関連する情報交換を目的としたメーリングリスト参加者、及び各種福祉団体に所属するロービジョン者に対して、web 及びインタビューにより実施し、障害者手帳の有無については問わなかった。

表１　調査項目

1. 外出時の歩行に関する諸条件
歩行頻度
歩行目的
歩行時刻
歩行時の注意事項
歩行時の不快要素（昼・夜間）
歩行時に利用する情報
2. 夜間外出時に歩行する道路の光・視環境
照明の明るさ
照明設備の設置間隔
照明設備の設置高さ
光源の色
光源の大きさ
保管理の状況
歩行時の視覚的手がかり
改善すべき視環境要素
3. 夜間の歩行環境に関する意見
4. 回答者のプロフィール
性別
居住地（最寄り駅）
眼疾患名・発症時期
視野障害の有無
視力
読み書きに用いる補助具
屋外歩行時に用いる補助具

3．調査結果

本調査の回答者は 77 名で男女数はほぼ半数ずつであり、年齢は 20～80 代にわたっていた。

また，回答者の眼疾患については、網膜色素変性症をもつ回答者が全体の約 1/3 存在し，白内障が全体の約３割存在していた。また、視野障害が有る回答

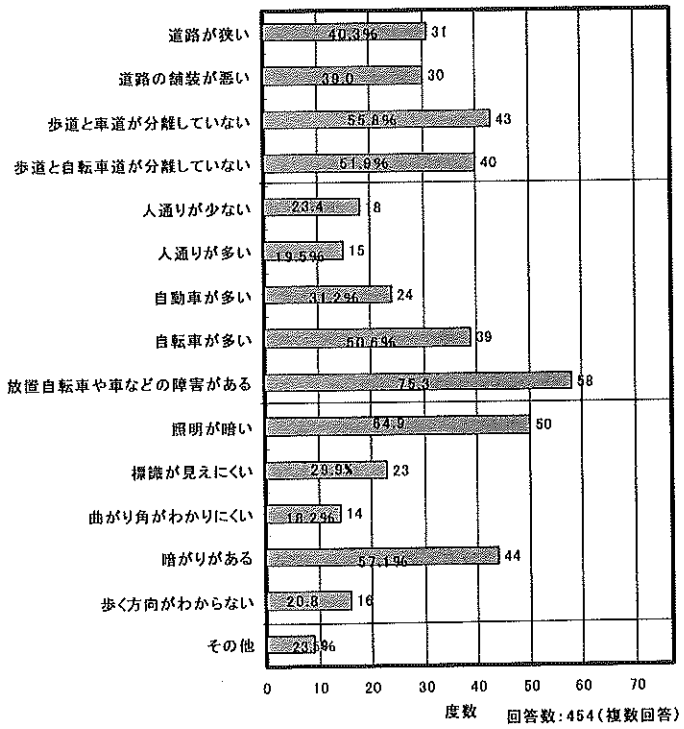


図１　夜間の外出時における不快項目

者は全体の約 70%で、周辺部や中心部などさまざまな部位に障害があった。視力については，裸眼の場合は全体の６割以上、矯正しても全体の約４割が視力 0.1 以下であった。

夜間、屋外を歩行する際に好ましくないと感じる項目に対する結果を図１に示す。道路及び道路通行者に関する項目については、昼間と同様の傾向がみられる。光環境に関する項目については、「照明が暗い」「暗がりがある」の回答が多く、光環境に対する不快が多いことがわかる。

夜間、屋外を歩行する際に視覚的手がかりとなるものに対する結果を図２に示す。全回答者の約 3/4 がコンビニなど商店からの光を手がかりとしていることがわかる。また、回答者の半数が、街路灯、住宅施設等の門灯、自動販売機、交通信号機などの光を手がかりにしており、歩行する道路に光が存在することが重要であることがわかる。また、ガードレールや道路・横断歩道の白線を手がかりにする回答者も多い。反射率が高く直線状のものを、進行方向を知る手がかりとして利用していることがうかがえる。

街路における改善すべき光・視環境要素に対する結果を図３に示す。回答者の約７割が、街路灯を明るくする、暗がりを生じさせない、曲がり角を明るくすると回答し、約半数が光を連続的に配置すると回答している。連続的に明るい光環境を望んでいることがわかる。

一方、「街路灯を低くする」「眩しいものを排除する」にも、約３割の回答があり、単純に路面を明るくするというわけではなく、グレアなどにも配慮した照明計画が求められていることが示されている。

４．おわりに

本研究では、ロービジョンを対象としたアンケート調査を実施し、公共空間を安全に歩行する際の視環境計画上の問題点について検討を行った。今後は、照明環境の整備において必要となる明るさについて、疾病との関係などから定量的検討を行う必要がある。

参考文献

1) 田中直人, 岩田三千子：視覚障害誘導ブロックに関する敷設者と利用者の意識からみた現状と課題, 日本建築学会計画系論文集 第 502 号, pp.179-186, 1997
2) 田中直人, 岩田三千子：視覚障害者の適正照度の検討, 平成 12 年度照明学会全国大会講演論文集, p.190, 2000
3) 西川浩代, 松井俊成：弱視者を配慮した街路照明の明るさに関する研究, 平成 14 年度照明学会全国大会講演論文集, p .223, 2002
4) 林堅太郎, 森望, 安藤和彦：バリアフリー対応の歩行者用照明, 土木技術資料第 44 巻第９号, pp.48-53, 2002
5) 市原考, 原田敦史, 松本泰幸, 小平恭宏：人に優しい道路環境に関する研究　－ロービジョン者の夜間歩行に関する研究－,福祉のまちづくり工学研究所報告集 平成 14 年版, pp.69-78, 2002
6) 市原考,原田敦史：弱視者の夜間歩行に関する研究　－ロービジョン者の夜間歩行誘導方法に関する研究－, 福祉のまちづくり工学研究所報告集 平成 15 年版, pp.33-39, 2003
7) 大野学,築島謙次,久保明夫,鈴木晶登,高井俊宏,千葉茂：視覚障害者を対象としたサイン視認性に関する基礎的研究,日本眼科紀要 第 54 巻 第８号,pp.51-55,2003

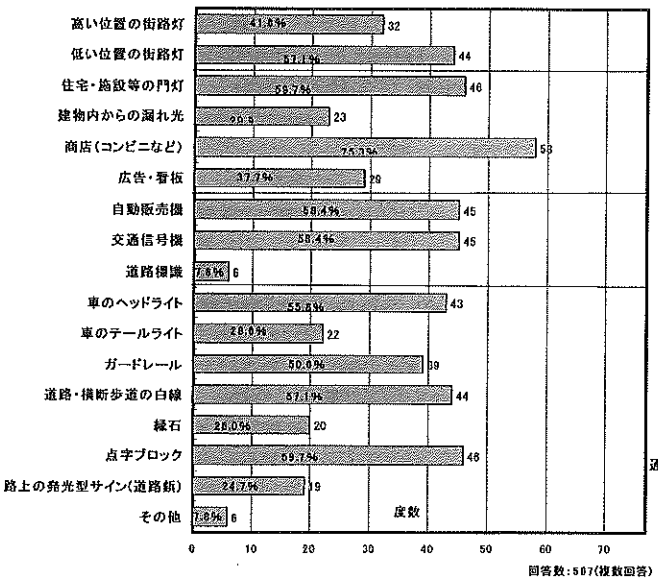


図２　夜間歩行時における視覚的手がかり

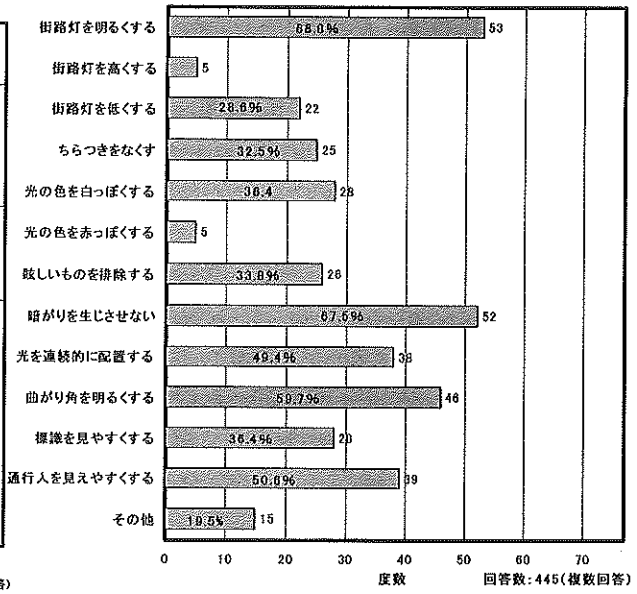


図３　改善すべき視環境要素

色覚特性と有彩色文書の読みやすさとの関係

Relation between color vision and readability of the chromatic documents

○小西裕也　，　原直也
関西大学
KONISHI Yuya , NAOYA Hara
Kansai University

1. はじめに

色覚特性を考慮した視環境設計には基となる資料が必要だが、色覚異常の色覚特性が色文字の明視性に与える影響を定量的に扱い、まとめた資料は未だに充分であるとはいえない。本報告では色覚特性が明視性に与える影響を把握できる資料を作成するため、有彩色文書の読みやすさ評価実験の結果を基に、色覚正常と色覚異常にとっての等価輝度対比[注1)]の差異を考察した結果の報告を行なう。

2. 有彩色文書の読みやすさ評価実験の概要

図1に示す暗室に設置した視野内の輝度が一様となる均一視野装置の中の20cm × 20cmの開口に設置された液晶モニタに表示される様々な無彩色背景有彩色文書を被験者に観察させ、読みやすさを6段階の評価カテゴリで評価させた。表1に示すように文書の背景輝度、文字の視角・輝度対比・色相・彩度を変量とし、背景は白色背景とした。背景及び文字の色度はD_{65}光源下で反射率0.8の均等拡散面と仮定し算定した。算定結果を図2に例示する。文字色は混同色線[注2)]と等彩度線(ab クロマ15.6・35.6・55.6)の交点とした。評価は実験前に均一視野装置内で実験環境に2分以上順応させた後各条件5回試行した。被験者は表2に示す大学生の色覚正常2名、第二色覚異常2名である。両眼視力は新標準近距離視力表を用いて60 cmの視距離で検査した結果から算定したものである。色神はナイツ社アノマロスコープOTで判定した。

表1　実験条件

	有彩色条件考察対象項目								無彩色		
	背景輝度		視角	輝度対比×abクロマ			abクロマ×混同色線				
背景輝度 [cd/m²]	10 30	65 120	65	65	65	65	65	65	10 30	65	120
視角[分]	61.6		20.0 35.8 61.6	61.6	61.6	35.8	61.6	35.8	61.6	20.0 35.8 61.6	35.8
輝度対比 ΔL/Lb	0	0	0	0.5 0.3 0.1 0.05 0	0.5 0.1 0	0.5 0.1 0	0	0	0.9 0.7 0.5 0.3 0.15 0.1 0.05 0	0.9 0.7 0.5 0.3 0.15 0.1 0.05 0	0.9 0.7 0.5 0.3 0.15 0.1 0.05 0
abクロマ	35.6	35.6	35.6	35.6	15.6	55.6	15.6 35.6	55.6	0	0	0
混同色線上の点	8組	8組	8組	8組	8組	8組	22組	22組	N	N	N

3. 読みやすさを左右する要因と等価輝度対比との関係

読みやすさ評価には背景輝度や視角などの明視要素の影響も含まれてしまい、色彩が明視性に与える影響を把握するのは困難である。そこで、同じ背景輝度・視角において同じ読みやすさが得られる無彩色文書の輝度対比である等価輝度対比を用いて考察を進める。考察には比較的等価輝度対比の算定範囲が広い被験者である色覚正常Bと第二異常Aの結果を示す。

3.1 背景輝度、視角と等価輝度対比との関係

図3にabクロマ35.6で同一混同色線上にある2つの色(ab色相角245, 283.6)について、背景輝度と等価輝度対比との関係を、図4に背景輝度65cd/m²での文字の視角と等価輝度対比との関係を示す。ab色相角245では背景

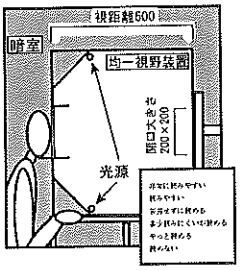


図1　実験装置と視標

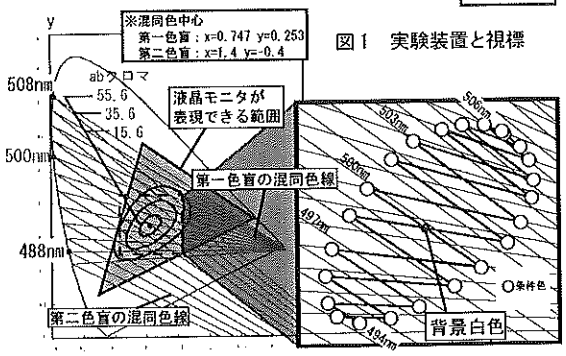


図2　文字の選び方の例
(背景輝度65[cd/m²]　輝度対比0.0　abクロマ35.6、背景は白色)

表2　被験者の属性

		性別	両眼視力	色神	矯正
色覚正常	A	男	2.0以上	正常	なし
	B	男	1.8	正常	眼鏡
第二異常	A	男	2.0以上	第二色盲	眼鏡
	B	男	2.0以上	第二色盲	コンタクト

輝度が高いほど等価輝度対比が高いともみられるが、概して背景輝度や視角による等価輝度対比の差異は、色覚正常・第二異常共に、見られなかった。

3.2 輝度対比、色相、彩度と等価輝度対比との関係

背景輝度 65cd/m² における ab 色相角と等価輝度対比の関係を、ab クロマ 55.6 での異なる輝度対比について図 5 に、輝度対比 0.0 での異なる彩度について図 6 に示す。3.1 より背景輝度や文字の視角による等価輝度対比に大差無いことから、これらの図によって輝度対比、ab クロマ、ab 色相角と等価輝度対比との関係の概略が示されている。

図 5 より、色覚正常・第二異常共に、輝度対比が低い 0.0 では、等価輝度対比は ab 色相角 0°・240° 付近で高く、100°・300° 付近で低く、ab 色相角により等価輝度対比が大きく異なる。また、輝度対比が高いほど等価輝度対比は高いと共に、ab 色相角による差異は小さい。図 6 より ab クロマが大きいほど等価輝度対比は高いと共に、ab 色相角による等価輝度対比の差異は大きい。これらの傾向は既往研究においても確認されているが、色覚正常・第二異常の両者に共通することが判明した。

3.3 文字色の x y 色度に対する等価輝度対比の等値線

図 7 に x y 色度に対する等価輝度対比の等値線を示す。値は対数で等間隔になるよう、0.07・0.1・0.14・0.2・0.27 を取った。実験条件に用いた色を●で、背景色 (x=0.3128, y=0.3290) を○で示している。また、第二色盲の混同色線を薄い実線で、L*a*b* 表色系の ab 色相角を数値で併記した。文書が読めないために等価輝度対比が不定の箇所を含むために等値線を算定できない箇所を灰色で示す。

3.2 でも示したように、ab 色相角 0°・240° 付近で等価輝度対比が高く、100°・300° 付近で低い。また、背景色との混同色である文字色でも等価輝度対比が得られているほか、同一混同色線上の文字色でも異なる等価輝度対比が得られており、色覚異常に対して混同色線だけが等価輝度対比を決定する要因であるとは言えない。

4. おわりに

今回の実験の条件範囲内では、色覚による等価輝度対比の違いが見られず、色覚が有彩色文書の読みやすさに及ぼす影響に差異がないことになる。これは背景色が第二色盲でも波長弁別能の高い白色[注3)]であることなどが考えられるので、白色以外の背景色についても検討する必要がある。

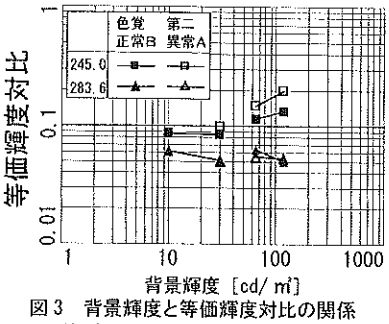


図 3 背景輝度と等価輝度対比の関係
(輝度対比 0.0 ab クロマ 35.6)

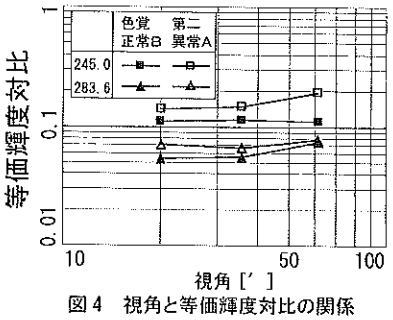


図 4 視角と等価輝度対比の関係
(背景輝度 65 [cd/ m²] 輝度対比 0.0 ab クロマ 35.6)

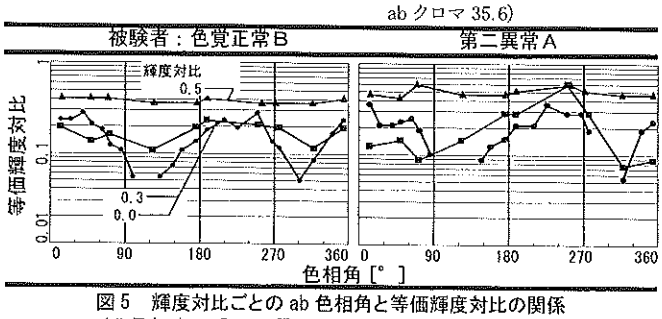


図 5 輝度対比ごとの ab 色相角と等価輝度対比の関係
(背景輝度 65 [cd/ m²] 視角 35.8′ ab クロマ 55.6)

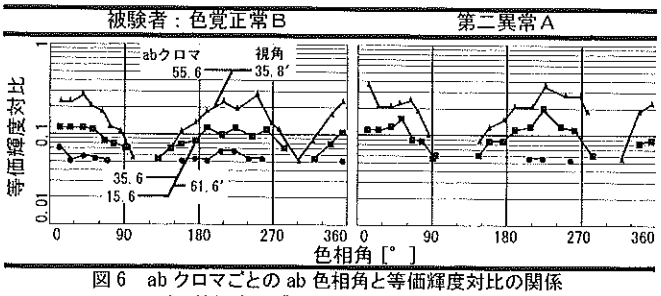


図 6 ab クロマごとの ab 色相角と等価輝度対比の関係
(背景輝度 65 [cd/ m²] 輝度対比 0.0)

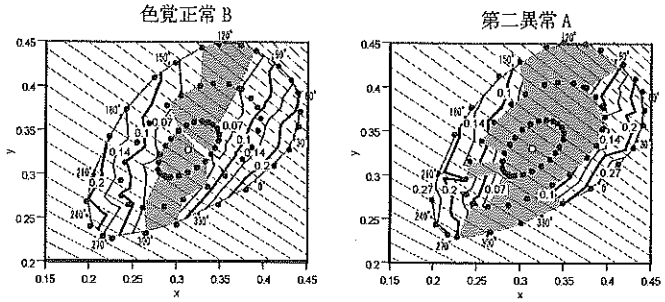


図 7 xy 色度に対する等価輝度の等値線
(背景輝度 65 [cd/ m²] 輝度対比 0.0)

注 1) 同じ背景輝度・視角において同じ読みやすさが得られる無彩色文書での輝度対比。

注 2) 色盲の場合、同一線上の色同士は同じ色と知覚する。本研究では第一色盲の混同色中心を x=0.747, y=0.253、第二色盲の混同色中心を x=1.4, y=−0.4 として実験条件を算出した。

注 3) 第二色盲が白色と混同するスペクトル波長 499.8nm 付近での波長弁別閾は 2nm であり、最も波長弁別能が高い。

脳内ヘモグロビン濃度変化による注意状態の定量化

Quantification of Attention by the Hemoglobin Concentration Measurement in a Brain

○橋崎将典*，上田真樹*，中村美穂*，山田隆登*，萩原啓**
*立命館大学　理工学部　情報学科
**立命館大学　情報理工学部　知能情報学科

HASHIZAKI Masanori*, UEDA Masaki*, NAKAMURA Miho*
YAMADA Takato*, HAGIWARA Hiroshi**
* College of Science and Engineering, Ritsumeikan University
** College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1　はじめに

私たちの普段の生活の中で無意識に使われている能力として注意力というものが存在する。集中力が人の内的なものの状態を指すのに対して、注意力とは外的な要因に対する能力を言う。本研究では認知・判断を用いた「注意力」が様々な条件下で用いられている時の違いを、生理・行動的側面から評価し、注意力を定量的に表すことを目的としている。

現在の私たちの生活には様々な情報機器が用いられており、それ無しでは生活が非常に不便に感じられる。そのなかでも、自動車は走る情報機器と言えるほどに多くの技術が用いられている。ＩＴＳの登場により自動車にはますます多種多様な情報機器が搭載されてきている。近年、走行環境の認知や危険事象の判断また運転の自動化など技術の発展には目覚しいものがある。またエアバックやＡＢＳなど自動車の装備性能が上がったことにより、スピードの出し過ぎが原因している事故の死亡率は年々減少している。しかし、脇見運転や漫然とした運転など人の注意力が原因となって起こる死亡事故の件数は長年横ばいである。

そこで本稿では注意力が原因となって起きる事故の防止を目的とし、注意力のメカニズムを明らかにするために生理、動作反応の側面から実験、解析を行った。

注意力のメカニズムを明らかにすることができれば自動車に注意力の低下防止や長時間維持を実現する機器を実装させ、注意力不足が原因となって起こる脇見運転や漫然とした運転による事故の減少に役立つことができるものと考えられる。

2　計測方法

2.1 近赤外光を用いた脳内ヘモグロビン（Hb）濃度計測

光を用いた濃度計測の基礎は、光の吸光度(Absorbance)(入射光と検出光との強度比を対数にした値)が光路長と濃度との積に比例するというLambert-Beer の法則である。

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

式において I が検出光、I_0 が入射光の光強度、ε はモル分子吸光係数、d は光路長にあたる。

しかし、Lambert-Beer の法則が用いられるのは入射からの光路が一次元で透過し検出され、かつ計測対象が吸収物質のみで構成される場合である。人の脳内の Hb 濃度を計測する場合、光は三次元で透過し、また血液中には散乱物質が含まれているためLambert-Beer の法則を直接適用する事はできない。このように光の吸光度と濃度との間に成立する線形関係は崩れてしまうため、脳内 Hb 濃度計測では光の吸光度変化と濃度変化との微小区間における線形関係を仮定し、光の散乱の影響を付け加えたmodified Lambert-Beer の法則を用いる。

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

式において $< d >$ は平均光路長、ΔS は散乱変化である。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)では平均光路長は 1、散乱変化は無視して 0 としている。

定量したい物質が 2 つ存在する場合は、光の吸光度変化と濃度変化と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示される。NIRStation では 3 波長(780、805、830nm)による吸

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基づいて酸素化 Hb と脱酸素化 Hb の濃度変化を算出している[1)2)]。

近赤外光を用いた脳内 Hb 濃度計測の問題点として光路長の問題がある。平均光路長を 1 とし計算を行っているが実際に Hb 濃度変化としてでてくる値は濃度変化と光路長との積になっている。光路長は被験者が異なれば違う値になり、測定部位によっても異なってくる。従って、被験者ごとの比較はもちろん、同じ被験者でも各部位での比較はできないことに注意しなくてはならない。他にも散乱変化は無視して 0 としている点、実際には濃度が均一でない血液を均一であると仮定している点などの問題点がある。

2.2 パフォーマンステスト

ディスプレイ上に表示される色付きの色を表す漢字に対する認知・判断能力を様々な条件下で行ってもらい、注意力を必要とするようなパフォーマンステストを Multi Trigger System（メディカルトライシステムズ）を用いて作成した。

パフォーマンステストは 3 つの条件に分けて行い（3.2 で後述する）、それぞれのテストで表示された文字が提示した条件にあっていればスイッチ 1 を、間違っていればスイッチ 2 を押してもらう。スイッチを押すまでの反応時間と正答率を計測した。

3 実験方法

3.1 実験準備

本実験では色覚異常を有さない健康な成人 4 名（男 3 名、女 1 名）を被験者に起用し測定を行った。計測に先立って被験者にはインフォームドコンセントを得ている。

はじめに心電図計測用電極を被験者に装着する。実験では心電図の計測が可能な多用途脳波計 EEG-1000（日本光電）を用い、心電図計測のために左右の鎖骨 2 箇所と左の肋骨の下から 2 番目に当たる箇所に電極を装着した。

次に脳内血中 Hb 濃度変化計測のために島津製作所の近赤外光イメージング装置 NIRStation のプローブを装着した。被験者の頭部にホルダを装着し 5 本の発光用プローブ（図 1 中の T 字）、4 本の受光用プローブ（図 1 中 R 字）を取り付けた。隣接するプローブの間隔は 3cm である。今回は認知や判断などの高次な処理を行っている前頭葉付近の前頭連合野と頭頂前方付近の運動野を測定するために R5 の後方 9cm のところに Cz（国際 10－20 法）がくるように取り付けた。

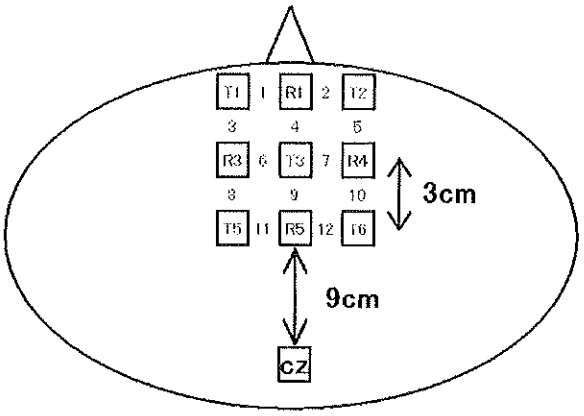


図 1　プローブ装着位置

3.2 刺激および条件

ここで注意力という言葉について触れておくと、本研究における注意力とは自動車運転時を想定しているため、視点の移動、色や漢字の認識、音の有無などの複数の条件を設定し、その条件ごとに決められた動作をしてもらうというものである。パフォーマンステストは以下の a～c の 3 種類である。

a：ディスプレイの中心に色付きの漢字 1 文字が表示され、その漢字があらかじめ被験者に提示した特定の漢字と色であるかを判断するもの（これを単純反応とよぶ）

b：ディスプレイの中心に色付きの漢字が表示され、表示される漢字の表す色とその漢字の色が同じかを判断するもの（これを単純認知反応とよぶ）

c：b のパフォーマンステストに音が鳴った時に判断を行うという条件を加え、更に漢字がディスプレイの中心ではなく四隅にランダムに出現する。（これを複雑認知反応とよぶ）

この 3 種類のパフォーマンステストを行うことによって、漢字や色の認知の差や聴覚や視覚の動きの有無による差など、様々な条件下での注意力を計測するための認知・判断刺激の提示を実現している。漢字の表示時間と次の漢字が表示されるまでの間隔は共に 1000msec であり、全てのパフォーマンステストで 30 回ランダムに漢字が出現する。

3.3 実験プロトコル

1) 着座姿勢にて実験装置装着
2) 安静閉眼(300sec)
3) 前レスト (30sec)
4) パフォーマンステスト (120sec)
5) 後レスト (30sec)
6) 計測終了

実験プロトコル 2) ～5) を 6 回繰り返す。

被験者に実験装置である心電図計測のための電

極、NIRStationの頭部ホルダ、発光、受光のプローブを装着する。

安静閉眼 5 分の後、開眼した状態で前レストを 30 秒行った後タスクを行う。パフォーマンステストは a:単純反応　b:単純認知反応　c:複雑認知反応の 3 種類を順序効果を考慮して実験毎にランダムに行った。タスク後に後レストを 30 秒おこなう。同じ条件のパフォーマンステストの差異も解析対象となっているので 3 種類のパフォーマンステストをそれぞれ 2 回ずつ計 6 回行ってもらう。また、同じ条件のパフォーマンステストは表示される漢字の順序をランダムに変更し 2 回目に順序を記憶しているということがないようにする。

4　結果

4.1　認知判断の有無の差

脳内血中ヘモグロビン濃度変化の分析では酸素化ヘモグロビンを分析対象とした。酸素化ヘモグロビンとは、酸素を有するヘモグロビンのことである。酸素化ヘモグロビン濃度変化が大きい部位は脳がより活発に活動していると考えられる。

被験者ごとにタスク中の平均酸素化ヘモグロビン濃度変化から前レスト中の平均酸素化ヘモグロビン濃度変化を引く。これがタスク時の前レスト状態からの変化量である。同じ内容のパフォーマンステストをそれぞれ2回ずつ行っているため 1 回目のタスク時と前レストの差と 2 回目のタスク時と前レストの差の平均をとる。このようにして被験者ごとに算出したタスク時と前レストの差値を全被験者で平均した値をチャンネル毎に示したのが図２である。

脳の前頭葉の部位に相当する１ｃｈ、２ｃｈ、３ｃｈ、４ｃｈ、５ｃｈまでの全チャンネルにおいて単純認知反応で単純反応よりも酸素化ヘモグロビン濃度変化の差が大きいことが示されている。

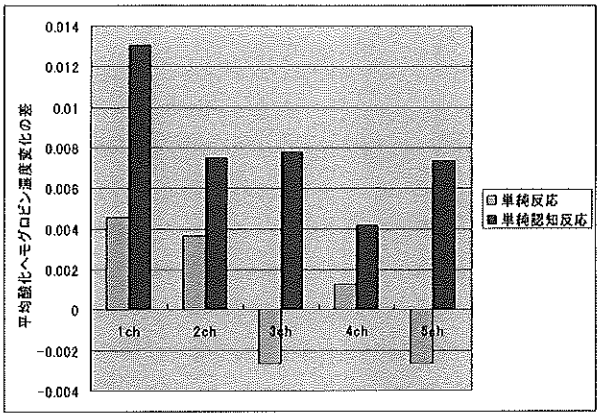


図２　ch 毎のタスク時の前レスト状態からの変化量

4.2　反応速度との関係性

同一被験者において、同パフォーマンステストの 2 回ずつ行っており、複雑認知反応のパフォーマンステストを 2 回行った際のタスク時の前レスト状態からの変化量と平均反応速度の関係を全被験者について示したものが図 3 である。

2度目のパフォーマンステストの平均反応時間が1度目より速くなっているケースにおいては酸素化ヘモグロビン濃度変化の差が大きくなっており、逆に平均反応時間が遅くなっているケースでは酸素化ヘモグロビン濃度変化の差が小さくなっている。また、平均反応時間に変化がない場合は酸素化ヘモグロビン濃度変化の差においても変化は見られない。

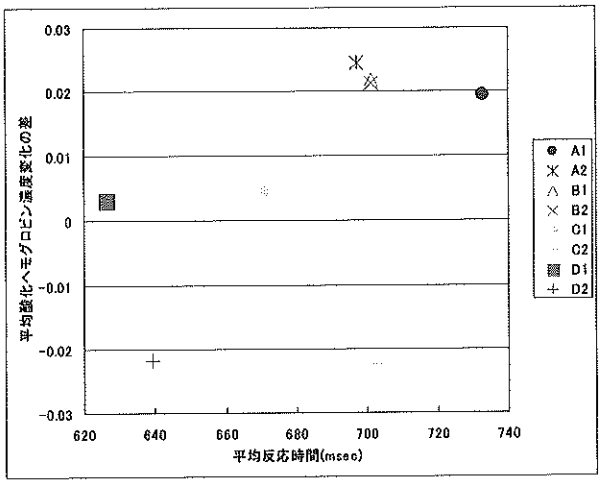


図３　平均反応速度と酸素化ヘモグロビン濃度変化差

5　考察

本研究では特定の色と文字を判断する条件に比べて、不特定多数の文字と色を認知、判断する条件において酸素化ヘモグロビン濃度変化が大きくなることが前頭葉の１ｃｈ、２ｃｈ、３ｃｈ、４ｃｈ、５ｃｈの部位で確認された。従って、出現する漢字の表す色とその漢字に実際に塗られている色が同じであるかどうかを判断する際、すなわち判断する対象の数が増えるという負荷がかかったときに、前頭葉が活動することが示唆された。この脳の部位における機能と本研究で用いられたパフォーマンステストの機能的な関連として考えられるのは、認知・判断の難易度とそれが脳に与える作業負担である。本研究の結果は、前頭葉の活動を NIRStation によってモニタリングすることによってその作業の難易度とその作業における注意行動の度合いを評価できる可能性があることを示している。

また、複雑認知反応において反応時間が早いほど酸素化ヘモグロビン濃度変化の差が大きくなるという関係が被験者全員に認められた。この関係は複雑認知反応のタスク時のみにみられ単純反応と単純認知反応のタスク時には同様の傾向は見られなかった。従って、同じ条件のパフォーマンステストを行った場合であっても反応速度によって脳にかかる負担が違うことが示されている。また、複雑認知反応のパフォーマンステストは認知・判断の条件以外にも視点の移動や音の有無の判断なども加わっているため実際の生活における注意力を必要とする状態に一番近いと思われる。この結果から注意力を用いる時は同様の作業を行っていてもその行動のパフォーマンスの良し悪しによって脳にかかる作業負担に違いがある可能性が示されている。この結果によって注意力を必要とされる作業の脳への負担を定量的に計測することができる可能性がある。

6　おわりに

今後の検討課題として被験者の数を増やして統計的な差異を明確にすることが必要である。また、今回の研究では認知・判断の差をみるために脳の部位による解析を前頭葉に絞って行ったが、複雑認知反応のパフォーマンステストにおいては眼球運動が行われるので、脳の前頭眼野の部位の差異についても解析を行う。

さらに、パフォーマンステストをより実生活に近い具体的なケースを想定できるように改善し、装置やシステムの考案を行うことも今後の検討課題である。

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 no12、pp.751-757(2002)

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

3）長井聖剛、遠藤信貴、熊田孝恒：光トポグラフィによるストーリー理解に関連する脳活動計測、ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集 pp245-248(2006)

4）大桑政幸、稲垣大：脳内血流計測による視聴覚認知の負担度評価、第13回生体・生理工学シンポジウム論文集 pp225-228(1998)

ジュニア卓球選手の運動視機能に関する研究

Research on Sports Vision Abilities of Junior Table Tennis Players

○滝上佳弘，髙野那津，米田悠，和田優
舞鶴工業高等専門学校
TAKIGAMI Yoshihiro, TAKANO Natsu, YONEDA Yu, WADA Masaru
Maizuru National College of Technology

1．はじめに

視力はスポーツに必要な生体機能のうち最も基礎となるものであり、外部情報の 80%以上は眼を通して得られるといわれている。スポーツの中でも卓球は連続する非常に速いラリーのなかで、周囲の状況の変化に対する敏速かつ的確な対応が求められる競技で、とりわけ「眼の良さ」が卓球選手に求められる能力の一つである。しかし、卓球に求められる眼は単に静止視力の良さのみならず、速いボールを正確に把捉し、また微妙な回転やスピードの変化を瞬時に知覚する能力や距離感覚といった、いわゆる「動体を視る能力」の視点からとらえるべきものである。

本研究では、高校女子卓球選手の視機能とその特徴について調査し、競技レベルと視機能との関連を調べる。また、その結果をもとに視機能トレーニングを行ない、視機能と競技能力の変化について調査研究する。

2．スポーツビジョン測定[1)]

2.1 被験者

本研究は京都府下の某高校、卓球部の女子選手 12 名を被験者とした。彼らはそれぞれ 15 歳～18 歳で卓球歴は 5～14 年、近畿大会や全国大会出場の競技能力を持つ。

2.2 測定内容

上記の被験者に対し、８項目からなるスポーツビジョン検査を実施した（図１）。検査結果は各項目５点満点（合計 40 点）で数値化される。

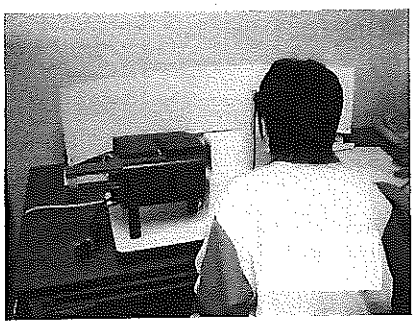


図１．スポーツビジョンの測定

2.3 測定結果

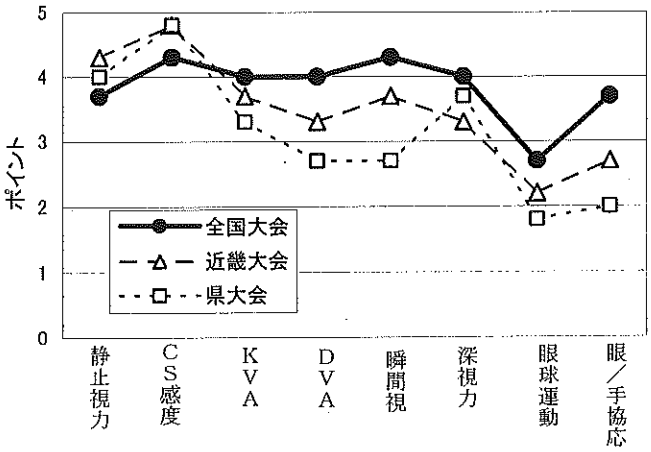


図２　スポーツビジョン測定結果

図２は被検者 12 名を全国大会・近畿大会・県大会の３つのレベルに分類し、それぞれの平均ポイントをプロットしたグラフである。この結果で、全国大会レベルの中に静止視力が悪い選手がおり、CS 感度にも影響している。しかし、DVA 動体視力・瞬間視・深視力・目／手の協応の判定ポイントが明らかに他のレベルに比べて高いことが分かる。 米田らはジュニアテニス選手のスポーツビジョン測定で瞬間視に優位性を見出している[2)]。しかし、卓球では真下らの報告[3)]にあるように瞬間視に加えて、競技レベルが高いほど DVA 動体視力が優れていることが分かる。また、KVA 動体視力と深視力は卓球の競技レベルによる差が認められなかった。また、眼球運動の機能が全体的に他の項目に比べて劣っていることが分かった。

今回の測定において、総合評価Ａ（合計 29 点以上）が３名、Ｂ（合計 22～28 点）が６名、Ｃ（合計 21 点以下）が３名とユース選手や強化指定選手と比べても遜色のないスポーツビジョン能力を有していた[3)]。全体的にスポーツビジョン得点が高く，DVA 能力が高い選手は，ポテンシャルの高い視る能力を備えていると思われる。

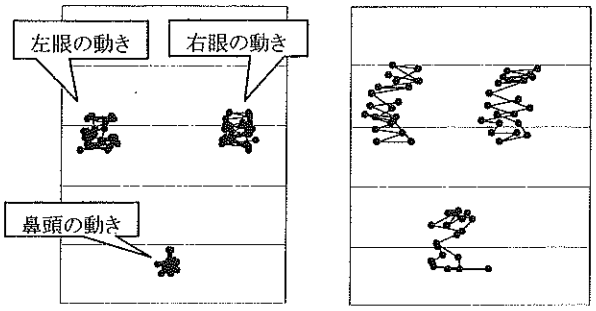
3．眼球運動測定

3.1 測定内容

スポーツビジョン測定の結果より眼球運動機能が他の項目よりも劣っていたことから、眼球運動の特性を調べた。検査は数字を配した30cm四方のフレームに30cm離れた位置から上下、左右交互に数字を眼で追う実験を行ない、そのときの眼と顔の動きを測定した。

3.2 測定結果

図3に横方向の眼球の動きと顔の動き（鼻頭の動き）をプロットした結果を示す。図3aのグラフは眼球運動のよい選手、同図bは眼球運動の悪い選手の結果である。眼球運動の悪い選手のデータでは顔の動きが大きく、通常、顔を動かしてボールを追っていることが推察される。卓球のように高速ラリーのなかで顔を動かしてボールを追う習性があると、ボールに追従できず、ミスショットが多くなる可能性があるため、早期の改善が必要である。



a)眼球運動が良い選手　　b)眼球運動が悪い選手

図3　横方向の眼球運動の変化

4．反応時間測定

4.1　測定内容

自作の全身反応測定器(0.001 秒の測定が可能)を用いて反応時間の測定を行なった。要領は図4のように被験者を試合で返球を待つような姿勢で卓球台後方に立たせ，前方にあるLEDランプの光刺激により卓球台のコーナーに設置したリミットスイッチを利き手で押すもので，光刺激からスイッチを押すまでの時間を測定した。また、テープスイッチを床に設置し、光刺激による下肢反応時間の測定も行なった。測定はそれぞれ10回ずつ行ない、被験者が光刺激に正確に反応するように二色のLED（青・赤）を用い、事前に反応する色を指定した。押スイッチの場合、LEDの色により左・右を判断し卓球台のスイッチを押すもので、床のテープスイッチの場合、テープを踏んだ状態からLEDの色によって足を動かす・動かさないを判断させるようにした。

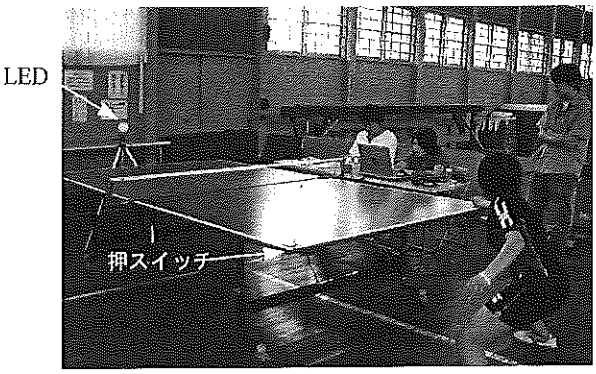


図4．反応時間の測定

4.2 測定結果

図5は3つの技術レベルに分けて分類し、平均をグラフ化したものである。目→足はテープスイッチを用いた下肢反応時間であり、足→手は卓球台のスイッチを押すまでの時間から、目→足の時間を引いたものである。つまり足→手は下肢動作からスイッチを押すまでの時間であり、身体能力の高さを意味するものである。この結果より、卓球の競技レベルは、反応時間に大きく関係していることが分かる。

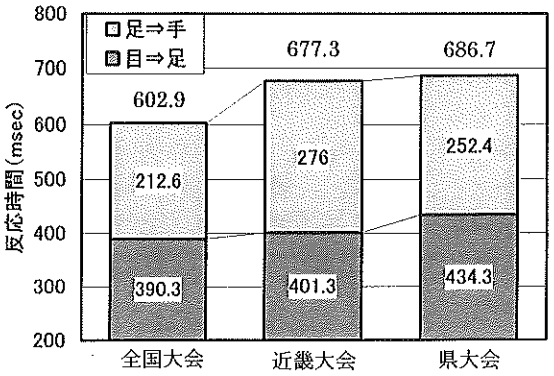


図5．光刺激のよる反応時間

5．おわりに

今回は3種類の測定を行い、卓球選手の視機能の特徴を調べた。この結果をもとに、パソコンソフト(SPEESIONやP3DVTS)を用い、視機能の向上を継続して図っている。さらに、外眼筋のトレーニングを目的としたメニューも追加している。

今年の大阪インターハイでは、当該高校は30年ぶりの団体出場を果たし、全国ベスト16という好成績を収めている。今後も継続して研究を続け、更なる視機能の向上を目指す。

6．参考文献

1) 真下一策他: 新しいスポーツビジョン検査項目と基準値, 臨床スポーツ医学,vol.11, pp.1203-1207 (1994).

2) 米田悠他:ジュニアテニス選手の視機能と球技能力に関する研究、日本人間工学会大会講演集、1F2-4 (2006)

3) 真下一策他：卓球選手のスポーツビジョン能力 日本体育協会スポーツ科学報告書、第17(1993)

運動反転時に発現する Catch-Up Saccade の基本特性

Characteristics of Catch-Up Saccade induced in the reverse motion of eye.

○井戸千沙*, 小谷賢太郎**, 堀井健**

*, **関西大学 工学部

IDO Chisa*, KOTANI Kentaro**, HORII Ken**

*Undergraduate School of Engineering, Kansai University, **Faculty of Engineering, Kansai University

1. はじめに

ヒトは日常生活において外界を認識する際、そのほとんどを視覚による情報に頼る。網膜から絶えず入力される視覚情報は、脳内での処理過程を経て多くは眼球運動として出力される[1]。

眼球運動にはいくつかの種類があるが、その中でも動く視標を追従する時の眼球運動は、滑らかに運動する視標を網膜の視角にしてわずか数度程度しかない中心窩で捉えるための眼球運動であり、ヒトやサルに特有の高次機能を有する眼球運動と言われている[2]。運動視標追従時の眼球運動には、smooth pursuit と saccade が常に混在していることが知られている[3]。smooth pursuit は運動視標を中心窩に保持しながら追従するという眼球運動である[1]。しかし、smooth pursuit は非常に遅い（通常、50[deg/sec]以下[4]）眼球運動で、予想外の位置変化や速度変化など、視標の運動変化が起こった場合、視標と視線との間に位置や速度の誤差が蓄積される。その誤差の蓄積は、視標を中心窩に保持し続けるという smooth pursuit での追従に限界を生じさせる。このような場合、ヒトは運動視標を捉えるためにステップ状で速度が速い（最大速度 350[deg/sec]以上[5]）眼球運動である saccade を発現させる[6]。この運動視標追従時に発現する saccade は catch-up saccade といい、追従の実行に大きく関わる。

catch-up saccade の潜時、跳躍量、持続時間、ピーク速度などの特性は、脳内での認知メカニズムを反映している[1]。catch-up saccade から得られるデータは、客観的に脳内の情報処理過程（処理速度）を現すため、VDT 作業における視覚性疲労の評価[7]、脳に疾患を持つ患者の臨床評価[8]など幅広い分野における評価指標の一つとして用いられている。そのため catch-up saccade の基本特性は、脳機能の理解に対して重要な役割を果たし、本研究室においてもモデル化の足がかりになるものとして注目している[9][10][11]。

先行研究では、smooth pursuit の影響が catch-up saccade の実行の間、途絶されるか維持されるかどうかはこれまで明らかにされていない。初期の研究で Jürgens ら[12]は、catch-up saccade は smooth pursuit の影響を受けないと報告した。しかし、最近の研究では Smeets ら[13]、Brouwer ら[14]が catch-up saccade は smooth pursuit の影響を受けると報告している。本研究室のこれまでのモデル[9][10]の catch-up saccade に関しては、視標速度による潜時、跳躍量の変化はみられるものの跳躍方向による影響を考慮していない。これは、視標の特性により変化するという Smeets ら[13]、Brouwer ら[14]の報告とは異なる。

本報告では、運動視標追従時に発現する catch-up saccade に着目し、運動反転時における潜時や主系列特性[14]（振幅、持続時間、ピーク速度）を調べている。

2. 実験方法

運動反転時に発現する catch-up saccade（以下、reverse saccade）の主系列特性（跳躍量、持続時間、ピーク速度）、潜時について調べる。固視状態から静止した視標に向かって発現する saccade（以下、control saccade）の主系列特性や潜時と比較する。そこで、実験は control saccade の課題（step 課題）と reverse saccade の課題（ramp-step-ramp 課題）の 2 つの視標課題により行う。

眼球運動の計測は SMI 社の EyeLink システム（サンプリング周波数：250[Hz]、解像度：0.01[deg]）を用いる。いずれの課題も、視標の直径は 0.3[deg]、被験者は着席して顎台により頭部を固定し、水平運動する視標を追従する。

2.1 control saccade の課題（step 課題）

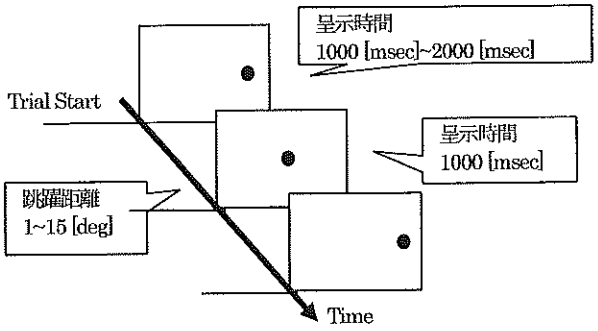


図 1 一試行の流れ（跳躍位置 15[deg]）

跳躍開始位置は reverse saccade の跳躍開始位置に合わせて 15,-15[deg]（画面中央 0[deg]）とする。跳躍開始時間は予測が入らないように呈示時間を 1000~2000[msec]の範囲でランダムに設定した。視標は画面中央に向かって跳躍を行い、跳躍距離に対しても予測が入らないように 1~15[deg]の範囲でランダムに設定した。跳躍後は、被験者が視標を十分に認識できるよう 1000[msec]の呈示時間を設けた。実験結果の一例を図 2 に示す。実験は跳躍開始位置 15,-15[deg]についてそれぞれ行った。

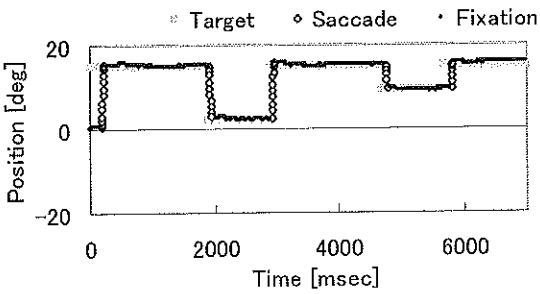


図 2 control saccade の一例（跳躍位置 15[deg]）

2.2 reverse saccade の課題（ramp-step-ramp 課題）

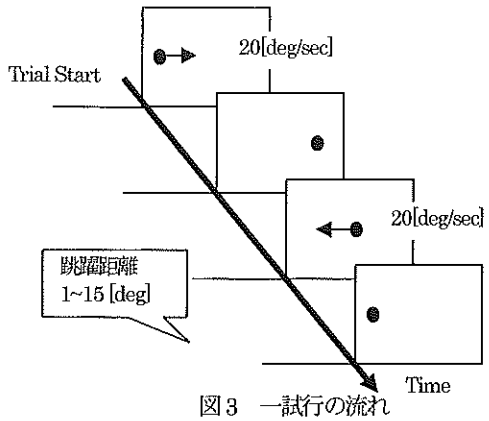


図3　一試行の流れ
（跳躍位置 15[deg]、視標速度 20[deg/sec]）

視標は一定速度(10,20,30[deg/sec])で画面を水平移動し、予測が入らないように位置10~15,-10~-15[deg]の範囲でランダムに画面中央に向かって跳躍する。跳躍距離に対しても予測が入らないように 1~15[deg]の範囲でランダムに跳躍を行う。実験結果の一例を図 4 に示す。実験は跳躍開始位置 15,-15[deg]について視標速度 10,20,30[deg/sec]の場合をそれぞれ行った。

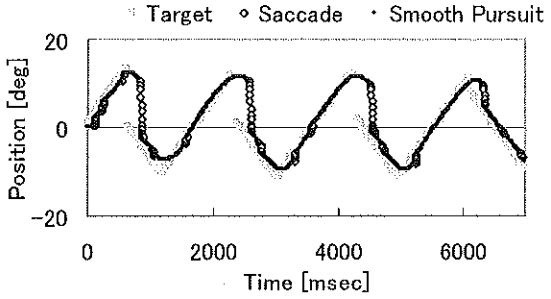


図4　reverse saccade の一例
（跳躍位置 15[deg]、視標速度 20[deg/sec]）

3.　データ取得と解析方法

EyeLink から取得したデータには、ノイズが含まれる。そのため眼球位置において 3 点の移動平均を行い、速度、加速度を求める。saccade の抽出条件は、堀井ら [15]の抽出条件に従った。

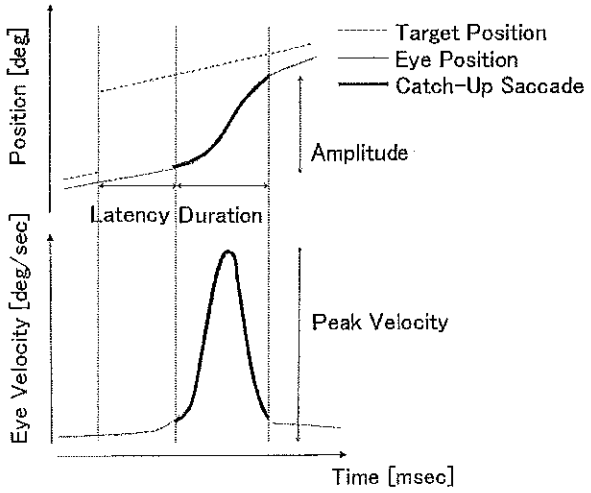


図5　解析するデータ

saccade の特性として、主系列特性（跳躍量、持続時間、ピーク速度）、潜時が挙げられる（図 5）。跳躍量は、実際に saccade を行った跳躍距離、持続時間はその期間、ピーク速度は速度の大きさの最高値をいう。潜時は、視標の運動変化から実際にヒトが saccade を開始するまでの時間をいう。

4.　実験結果と考察

4.1　跳躍量に対する持続時間

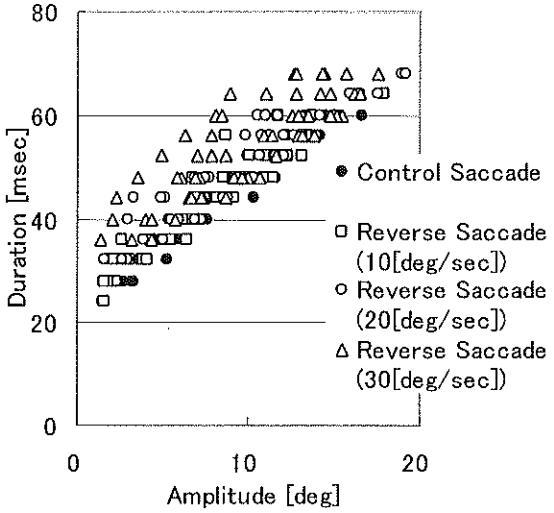


図6　跳躍量に対する持続時間（跳躍位置 15[deg]）

図 6 は、抽出した saccade の跳躍量に対する持続時間の関係を示す。図 6 をみると、反転前の速度が大きいほど、同じ跳躍量に対しての持続時間が長い。図 7 に図 6 の結果を直線近似したものを示す。

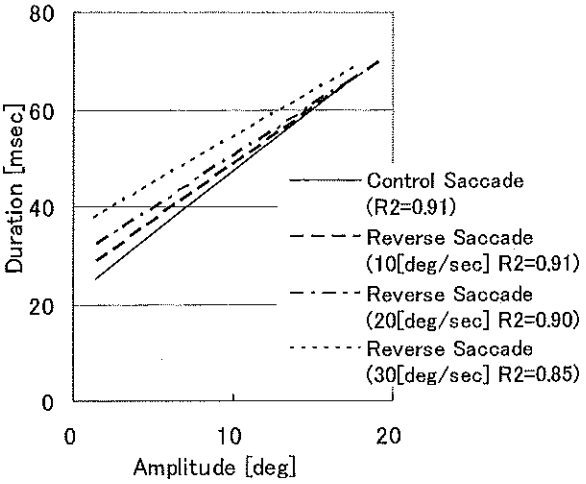


図7　跳躍量に対する持続時間（直線近似）

図 7 をみると特に跳躍量の小さい範囲で持続時間に差が出ている。逆に跳躍量の大きい範囲では、反転前の速度の影響は小さい。

4.2　跳躍量に対するピーク速度

図 8 は、抽出した saccade の跳躍量に対するピーク速度の関係を示す。図 8 をみると、持続時間の場合と同様に、反転前の

速度が大きいほど、同じ跳躍量に対するピーク速度が大きい。図8の結果をGoossens[16]の方法に従って指数曲線近似したものを図9に示す。

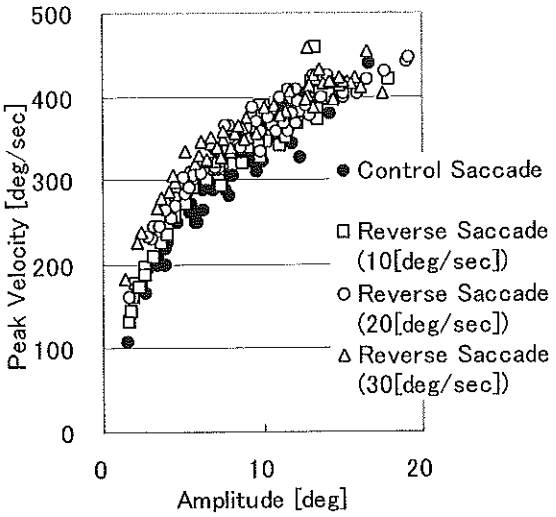


図8　跳躍量に対するピーク速度（跳躍位置 15[deg]）

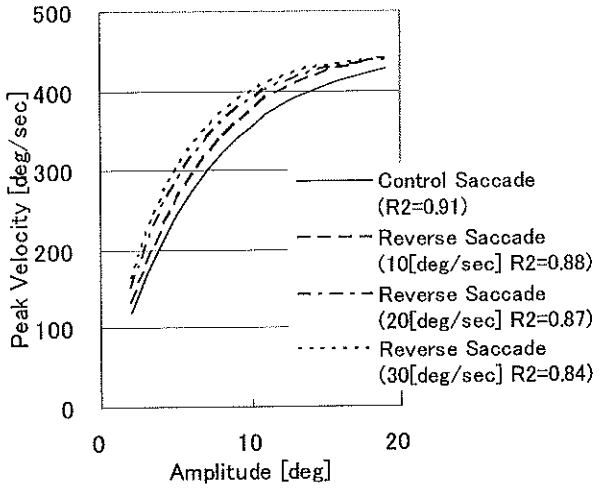


図9　跳躍量に対するピーク速度（指数曲線近似）

図9をみると、持続時間の場合と同様に跳躍量が大きくなるにつれて収束し、反転前の速度の影響は小さくなる。

4.3　潜時

図10をみると、control saccade と reverse saccade では分布範囲が異なり、control saccade がおよそ 200[msec]以下の範囲に分布していることに対して reverse saccade は 200[msec]以上の範囲に最も集中している。これはヒトが視標の運動反転を認識し眼球運動を実行するために通常より多くの時間が必要であると考えられる。また、reverse saccade 間では、反転前の速度が大きくなるにつれて潜時が短くなるという結果を得た。

5.　検討

5.1　跳躍量と持続時間

表1　跳躍量と持続時間の関係値（直線近似）

跳躍位置	15[deg]		−15[deg]	
	傾き値 [msec/deg]	定数値 [msec]	傾き値 [msec/deg]	定数値 [msec]
control saccade	2.57	21.6	2.53	22.1
reverse saccade (10[deg/sec])	2.34	25.0	2.35	26.9
reverse saccade (20[deg/sec])	2.11	29.0	2.17	29.8
reverse saccade (30[deg/sec])	1.90	35.1	2.00	34.2

表1は、図7の直線近似式の傾き値と定数値をまとめたものである。Becker[17]の報告では、control saccade の傾き値は 2〜3[msec/deg]、定数値は 20〜30[msec]であり、表1の control saccade のデータもこの範囲に含まれる。また、reverse saccade のデータについては反転前の速度が大きくなるにつれて傾きは減少、定数値は増加し、反転前速度が 30[deg/sec]の場合では、Becker[1]の報告した範囲から外れた。跳躍直前の速度の増加が持続時間の増加に影響を及ぼしていることがわかる。

5.2　跳躍量とピーク速度

表2は、図9の指数曲線近似式の係数値と定数値をまとめたものである。Goossens[16]の報告では、control saccade の係数値は-1/7.8[1/deg]、定数値は 473[deg/sec]であり、表2の control saccade のデータは Goossens[16]の報告よりも係数値、定数値ともに小さい値となった。reverse saccade のデータについては反転前の速度が大きくなるにつれてさらに係数値は減少し、反転

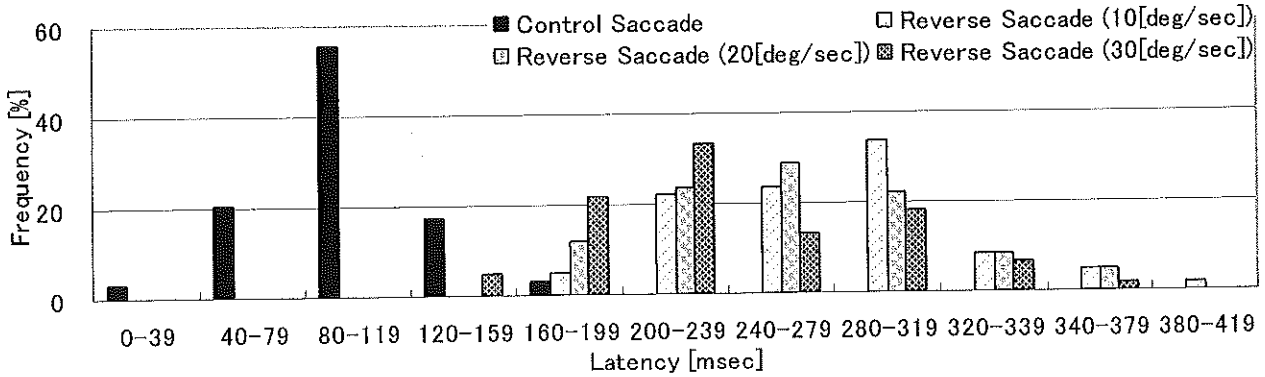


図10　潜時のヒストグラム（跳躍位置 15[deg]）

前の速度が大きくなるにつれてピーク速度が大きくなることを示す。また、定数値は447.1~455.2[deg/sec]の範囲にあることから、跳躍量が増加するにつれてピーク速度は反転前の速度の影響を受けずに収束していくことがわかる。

表2 跳躍量とピーク速度の関係値（指数曲線近似）

跳躍位置	15[deg]		-15[deg]	
	係数値 [1/deg]	定数値 [deg/sec]	係数値 [1/deg]	定数値 [deg/sec]
control saccade	-1/6.39	453.2	-1/7.30	451.3
reverse saccade (10[deg/sec])	-1/5.85	455.2	-1/6.09	449.5
reverse saccade (20[deg/sec])	-1/5.09	453.2	-1/5.54	449.3
reverse saccade (30[deg/sec])	-1/4.38	450.3	-1/5.13	447.1

5.3 潜時

表3 潜時の範囲と最頻値

跳躍位置	15[deg]		-15[deg]	
	範囲 [msec]	最頻値 [msec]	範囲 [msec]	最頻値 [msec]
control saccade	36-192	80-119	20-164	80-119
reverse saccade (10[deg/sec])	192-396	280-319	180-388	280-319
reverse saccade (20[deg/sec])	164-368	240-279	150-384	240-279
reverse saccade (30[deg/sec])	146-345	200-239	142-351	200-239

表3は、図10のヒストグラムより潜時の範囲と最頻値をまとめたものである。Becker[6]の報告では、一般に予測を含まない条件下での control saccade の潜時は200[msec]、予測を含む条件下では80[msec]である。表3の control saccade の最頻値は80-119[msec]であった。この結果は、跳躍方向の予測が影響したと考えられる。reverse saccade に関しても跳躍方向の予測可能であると考えられるが、意に反して潜時はおよそ240-279[msec]の範囲であった。これは、視標の反転を認識し reverse saccade を生起するまでにおよそ160[msec]の時間が必要であることを示す。

6. まとめ

運動反転時に発現する catch-up saccade は、跳躍開始直前の smooth pursuit による追従速度の影響を受け、跳躍量の小さい範囲で影響は強く、反転前の速度が大きいほど跳躍量に対する持続時間、ピーク速度が大きくなる。跳躍量が大きくなるにつれて跳躍前の速度の影響は弱まり、持続時間、ピーク速度は跳躍量に依存することがわかった。また、これまでに実験上検討されていない視標速度による条件を入れたことにより、過去の報告結果を包括すると同時に、新たな知見が得られた。

謝辞

本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（平成18年度～平成23年度）の援助を受けた。

参考文献

1) Purves, Dale, Augustine, George J., Fitzpatrick, David, Katz, Lawrence C., LaMantia, Anthony-Samuel, McNamara, James O., Williams, S. Mark. : Neuroscience. 2nd ed., Sunderland (MA), Sinauer Associates, Inc., 2001.
2) 柴田智広, 川脇大, 藤原祐介, 銅谷賢治, 川人光男：ヒト円滑性追跡眼球運動における非周期視標運動の予測と学習, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.103(602), pp.13-18, 2004.
3) 日本視覚学会編, 視覚情報処理ハンドブック, 朝倉書店, 2000.
4) Sophie de Brouwer, Demet Yuksel, Gunnar Blohm, Marcus Missal, and Philippe Lefèvre : What Triggers Catch-Up Saccades During Visual Tracking?, in The Journal of Neurophysiology Vol.87(3), pp.1646-1650, 2002.
5) A.M. Bronstein, and C. Kennard : Predictive Eye Saccades are Different from Visually Triggered Saccades, Vision Research, Vol.27(4), pp.517-520, 1987.
6) W. Becker : Saccades, in Vision and Visual Dysfunction Vol.8, ed. R.H.S. Carpenter, Macmillan, London, pp.95-137, 1988.
7) S.Saito : Does Fatigue Exist in a Quantitative Measurement of Eye Movements?, Journal of Ergonomics, Vol.35(5), pp.607-615, 1992.
8) 川上裕子, 史学敏, 郭怡, 福島省吾, 村上宗司, 川瀬康裕, 内山尚志, 福本一郎：眼球運動を用いたアルツハイマー型痴呆の評価手法の基礎研究, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.101(332), pp.53-58, 2001.
9) 下本英生, 堀井健, 小谷賢太郎：視標追跡時の眼球運動軌跡のシミュレーション サッケード運動の不応期の影響, 日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.25-28, 1997.
10) 小梶義晃, 堀井健, 小谷賢太郎：偏心時のサッケード運動シミュレーション, 生体・生理工学シンポジウム論文集, Vol.13, pp.245-248, 1998.
11) 上坂重樹, 堀井健, 小谷賢太郎, 可須水昭宏：三角波状運動指標の学習後における眼球追従軌跡とそのモデル, 日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.90-93, 2003.
12) Jürgens R, and Becker W. : Is there a linear addition of saccades and pursuit movements? In: Basic Mechanisms of Ocular Motility and Their Clinical Implications, edited by Lennerstrand G, and Bach-y-Rita P. Oxford, UK: Pergamon, pp.525-529, 1974.
13) Smeets JBJ, and Bekkering H. : Prediction of saccadic amplitude during smooth pursuit eye movements, Human Movement Science, Vol.19, pp.275-295, 2000.
14) Sophie de Brouwer, Marcus Missal, Graham Barnes, and Philippe Lefèvre : Quantitative Analysis of Catch-Up Saccades During Sustained Pursuit, in The Journal of Neurophysiology, Vol.87(4), pp.1772-1780, 2002.
15) 堀井健, 上坂重樹, 小谷賢太郎：眼球加速度値を利用したサッケード運動の抽出, 人間工学, Vol.42(4), pp.234-235, 2006.
16) Goossens HHLM and van Opstal AJ. : Human eye-head coordination in two dimensions under different sensorimotor conditions, Exp Brain Res, Vol.114, pp.542-560, 1997.
17) W. Becker, A.F.Fuchs : Further properties of the human saccadic system:Eye movements and correction saccades with and without visual fixation points, Vision Resarch, Vol.9, pp.1247-1258, 1969.

サッカード特性を利用した視線入力インタフェースの提案

Development of light-gaze input interface by using characteristics of saccades

○山口雄志*，小谷賢太郎**，堀井健**

*関西大学大学院　工学研究科　**関西大学　工学部

YAMAGUCHI Yuji*, KOTANI Kentaro**, HORII Ken**

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

1　はじめに

視線入力インタフェースとは，人の視線の動きによって，文字などをコンピュータへ入力するインタフェースである[1]．これは，眼球以外の運動を必要としないので，眼球の動きでしか随意運動が得られないような重度の肢体不自由者（筋萎縮性側索硬化症，筋ジストロフィー患者など）でも使用が可能である[2]．

従来の視線入力インタフェースでは，ユーザの入力動作として，一定時間の注視（ある一点を見続けること）や瞬きを利用した方式が用いられている．50 音がディスプレイに表示されている場合，ディスプレイ上から入力したい文字を探し出し，その文字に視線を移動させる．そして，ユーザがその文字を一定時間注視すること[3][4][5]や，その文字に視線がある状態で瞬きをすること[6]によって文字が入力されるといったものがある．このように，従来の視線入力インタフェースでは，一定時間の注視や瞬きを入力動作としてユーザに要求している．

しかし，注視や瞬きを入力に用いている限り，避けることのできない問題が 2 つ存在する．一つ目の問題は，ユーザの意図に反した入力まで行ってしまうことである．注視を用いた場合，これは，システムがユーザの入力を実行するために行っている注視と，ただ対象を見るために行っている注視を区別することが難しいために起こる[5]．また，瞬きを用いた場合，システムがユーザの入力のために行っている瞬きと，無意識に行っている瞬きを確実に区別することが難しいといった問題があると大野[7]は述べている．もう一つの問題は，注視を一定時間維持するのが難しいことである．大野[7]は，ユーザが 1 点を注視しているつもりでも固視微動によって視線は絶えず細かく移動しており，視線が静止することはないと述べている．このように，注視や瞬きを要求している以上，これらの問題の解決は困難である．

そこで，本研究では，注視や瞬きを用いない，視線移動時に見られる特性の一つであるサッカードを入力に利用した方式を提案する．サッカードの一般的特性の一つとして，人がサッカードを開始する際，200～250msec の潜時が存在し，この期間中には視線位置は動かない[8]ことが知られている．

今回提案する視線入力インタフェースは，このサッカード特性を利用して，ユーザによる意識的な視線移動のみを入力に用いているので，注視や瞬きを用いた視線入力インタフェースによって生じる，ユーザの意図に反した入力が行われるといった問題は起こらないといえる．さらに，サッカードを利用した視線移動にかかる時間が 30～50msec[8]であることから，潜時を含めたとしても入力したい文字を見つけてから実際に入力されるまでの時間は 230～300msec と予想される．これに対し，注視を用いた場合は，入力したい文字を見つけてから，実際に入力されるまでに 500～3000msec 必要であるといわれている[3][4][5]．また，瞬きを用いる視線入力インタフェースの 1 文字入力にかかる時間は平均 7.8sec であり[6]，注視を用いる場合の時間は平均 5～6sec[3][4][5]である．これらのことから，今回提案する視線移動のみを用いる視線入力インタフェースが実現できれば，注視や瞬きを用いるより速く入力する事が可能になると考えられる．

そこで，本研究では，このサッカード特性の潜時を利用して入力判定を行うシステムを構築し，文字入力課題における誤入力率，入力速度を求めることにより，視線入力インタフェースの実用可能性について調べることを目的とする．

2　実験方法

2－1　実験装置

視線の位置を検出する装置として EyeLink II (version 2.02, SR Researh 社製，分解能 0.005deg) を使用した．また，実験中，被験者の頭部を固定するために，あご台（竹井機器工業社）を用いた．実験画面の背景の色は灰色とし，キャリブレーション処理時の瞳孔の大きさと，実験時の瞳孔の大きさが変化しないようにした．実験環境を図 1 に示す．

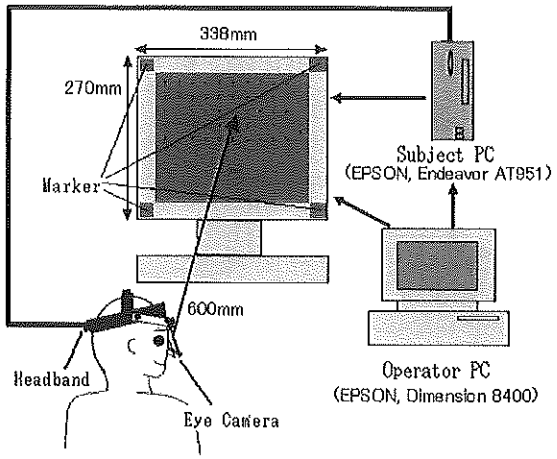


図 1　実験環境

2－2　実験条件

実験条件を表 1 に示す.

表 1　実験条件

項目	内容
被験者	両目の矯正視力0.8以上の大学生3名
入力する文字	「の」「ふ」「゛」「お」「さ」「ん」
試行回数	12回
サンプリング周波数	500Hz

2－3　実験手順

実験提示画面を図 2 に示す. 被験者に行ってもらう実験は, 入力したい文字の領域から『入力』と表示された領域（以下, 入力領域）まで視線を移動させることである. 例えば, 『の』という文字を入力したい場合, 被験者は図 2 において, 50 音の中から『の』を探し出し, 『の』を視線の中心に捉えたと感じたら, 図 2 の矢印のように①から②へと視線を移動させる. この際, 画面上のどこを見ているかについて, 被験者に対してフィードバックは与えられていない.

実験の流れを以下に記述する.

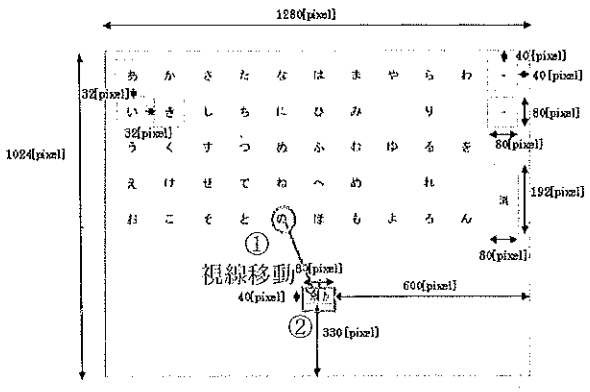


図 2　実験提示画面

① 被験者は黒いカーテンに仕切られた暗室内で EyeLinkⅡのヘッドバンドを装着する.

② 被験者はディスプレイから視距離 600mm の位置で椅子に座り, あご台に顔を乗せ, 正中線上に画面の中心がある状態で, 顔をしっかり固定する.

③ 被験者は実際の視線の位置と, 装置が検出する視線の位置を対応づけるために, キャリブレーション処理を行う. このとき, 精度良く視線の位置を検出するため, 算術平均のズレ 0.40deg 以下, 最大のズレ 0.80deg 以下が得られるまで, キャリブレーション処理を繰り返す.

④ 実験者は, 被験者に実験画面を提示する.

⑤ 実験画面が提示されたら, 被験者は入力する文字を探す.

⑥ 被験者は, 入力する文字を視線の中心が捉えたと感じたら, その位置から『入力』の領域まで, 素早く一度の視線移動を行う.

⑦ ⑤, ⑥を繰り返し, 『の』→『ふ』→『゛』→『お』→『さ』→『ん』の順序で, 入力してもらう.

⑧ 視線移動が終了したら, 被験者はマウスのクリックで合図を行い, 実験者は実験画面を終了させる.

実験では, 測定データの精度を保つために, 1 試行ごとにキャリブレーション処理を行い, それ以降は被験者に発話しないようにしてもらった. また, 文字領域から入力領域まで視線移動を一度で行ってもらうため, 被験者に入力領域の位置をあらかじめ把握しておいてもらい, 実験前に視線移動の練習も十分に行ってもらった.

2－4　文字入力判定システムについて

本研究で構築したシステムは, サッカード特性の一つである潜時を利用して入力判定を行う. 今回は, EyeLinkⅡによって計測されたデータを用いて, オフラインで解析を行った.

サッカード運動時の視線データと文字判定用座標の取得方法を図 3 に示す.

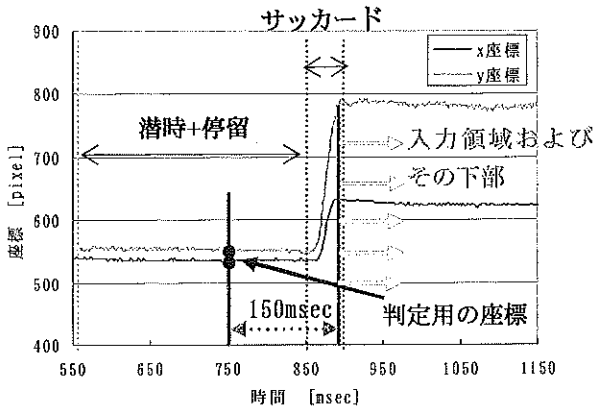


図 3　視線データと文字判定用座標の取得方法

図 3 に示すように，サッカード開始前の潜時期間中は，視線がほぼ一定の位置に留まっている．

今回構築したシステムは，潜時で正しく文字判定が行われるかについて注目したかったため，入力領域外から入力領域内に正しく視線が入ってきているかどうかは判定せず，画面上において入力領域より下部に視線が到達した時間を基準（0msec）とした．その際，視線移動にかかる時間 30～50msec，潜時 230～300msec を考慮して，確実に視線が留まっていると考えられる -150msec 時における視線の位置（座標）を文字判定用の座標として取得し，入力の正誤を判定した．

3　結果と考察

今回の実験では，被験者が入力を意図した文字のうち，システム側が正しく判定できていなかった割合（誤入力率）を求めた．また，各試行において，実験開始から最後の入力文字であった『ん』の入力を意図した視線が入力領域内に到達するまでの時間を 1 試行の入力時間とし，それを入力文字数（6 文字）で割ることによって，1 文字入力にかかる時間（入力速度）を求めた．

3－1　誤入力率について

全 12 試行において，各文字の入力を意図した視線移動における誤入力率を示したものが表 2 である．

表 2 より，どの被験者も『の』，『ふ』の入力の際に誤入力は存在していなかったが，『゛』以降から誤入力が発生していることが分かる．そこで，各入力文字に対して，入力判定に利用するために取得された座標と，入力を意図した文字の中心からのズレを算出した．この際，被験者がどの文字の入力を意図したかの判断は，実際の実験での被験者の動作観察と，視線データ上における入力を意図した文字付近から入力領域への移動が行われているかを見ることで行った．得られた結果が図 4 である．図中のプロットは平均値，バーは標準偏差を表している．

表 2　誤入力率　（単位：%）

	「の」	「ふ」	「゛」	「お」	「さ」	「ん」	平均
被験者1	0	0	8.3	8.3	8.3	8.3	5.6
被験者2	0	0	8.3	66.7	25.0	16.7	19.4
被験者3	0	0	33.3	41.7	8.3	50.0	22.2
平均	0	0	16.7	38.9	13.9	25.0	15.7

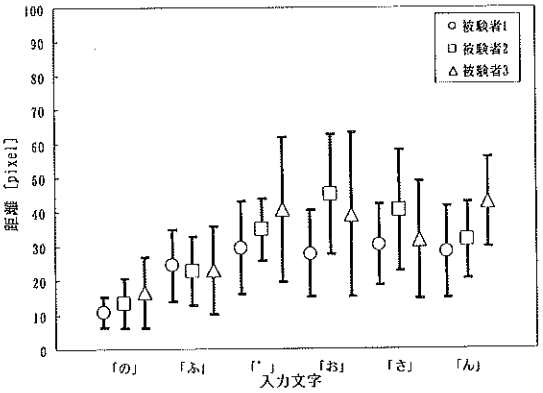


図 4　文字領域の中心からの距離

図 4 を見ると，入力順序が後になる毎にズレが生じていることが分かる．この原因の一つとして，あご台を用いて顔を固定しているにも関わらず，入力文字を探すときに，ヘッドバンドやあご台に載せている顔の位置が動いてしまい，キャリブレーション時の視線検出の位置から徐々にズレていってしまったのではないかと推測される．

そこで，より入力成功率を上げるために，一つ前に検出されたズレ分を次の文字判定で利用する補正方法を用いて，システムに入力判定を行わせたところ，図 5 に示すような誤入力率の変化が得られた．

図 5 に示されるように，全文字中で最も大きい誤入力率であった「お」において，38.9%→13.9%と 26 ポイントもの改善が見られている．また，全体でも 15.7%→6.9%と 10 ポイント近く改善されていることが分かる．この誤入力率は，先行研究で得られている平均 10%[3][4]の誤入力率と比べても優れている．このことから，誤入力率の点に関して，今回提案する方式は実用上有効であると思われる．

また，入力判定用の座標の各入力文字の中心からの距離を補正前後で比較したものが図 6 である．

図 6 より，補正前の距離よりも補正後の距離の方が中心に近づいており，このことが誤入力率の低下に繋がったと考えられる．したがって，今回利用した補正方法は誤入力を低減する上での有効的な手段だということがいえるだろう．

今後は，1 文字当りの文字領域を拡大し，画面に表示する文字数を減らす等，補正が可能な範囲内でのズレに留めることができるように画面設計を行っていくことや，より成功率を上げるための補正方法の考案などさらに改善していく必要はあると考えられる．また，視線位置を示すカーソルを表示して，文字領域付近では文字の中心にカーソルを移動させてユーザにフィードバックを与えることで誤入力が減ると推測される．しかし，画面上にカーソルを表示するとユーザの負担

が増加するという報告[7]もあることから，ユーザへのフィードバック方法についても今後調査していかなければならない．

3－2　入力速度について

今回の実験で得られた単位時間当りの入力文字数（cpm：character per minute）を示したものが図7である．

図7より，速い人では平均53cpm，遅い人でも平均20cpmで文字入力を行えることが分かる．これは，先行研究における単位時間当りの入力文字数（注視：平均10～12cpm[3][4][5]，瞬き：平均8cpm[6]）と比べても速い．このことから，入力速度の点に関して，今回提案する方式は実用上有効であると思われる．

4　まとめ

今回の実験で得られた誤入力率，入力速度から，本研究で提案するサッカード特性を利用した視線入力インタフェースの実用可能性が示唆された．ただし，今回の実験では，入力文字を6文字として行っていたので，入力文字数が増えた場合の誤入力率，文字入力速度に関しても，同様に実用可能と言えるかについては現時点では言い切ることができない．

今後の課題としては，補正が可能な範囲内でのズレに留めることができるように画面設計を行っていくことやより成功率を上げるための補正方法を考案することが挙げられる．この際，ユーザに与える適切なフィードバック方法についても考える必要がある．また，コマンドの凝視は疲労の原因となりやすいと述べているものもいること[7]から，本システムが有する特徴となるユーザにかかる負担の低下度合についても他の視線入力インタフェースとの比較を行っていきたい．

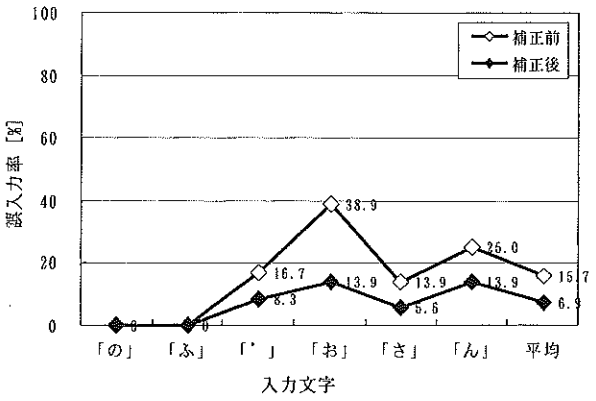


図5　補正前後の誤入力率の比較

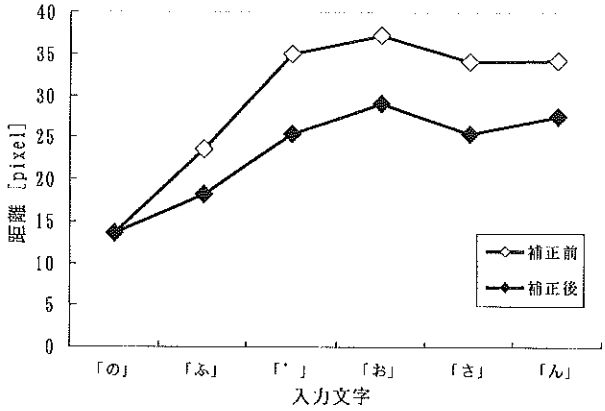


図6　補正前後の文字中心からの距離の比較

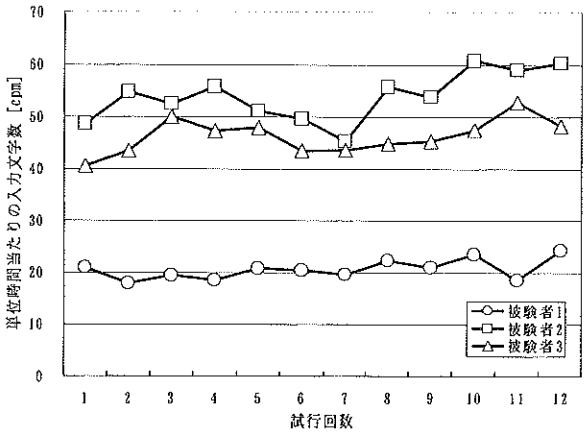


図7　単位時間当りの入力文字数

謝辞

本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（平成18年度～平成23年度）の援助を受けた．

参考文献

[1] 阿部清彦，他：映像情報メディア学会誌，Vol.58，No.11，pp.1656-1664，2004.

[2] 伊藤和幸，他：ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.3，No.2，pp.107-110，2001.

[3] 伊藤和幸，他：電子情報通信学会論文誌，Vol.J83D-Ⅰ，No.5，pp.495-503，2000.

[4] 坂尚幸，他：電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D-Ⅱ，No.5，pp.799-804，2001.

[5] 青木洋貴，他：人間工学，Vol.41，No.6，pp.345-358，2005.

[6] 落合積，他：日本機械学会論文集（C編），Vol.63，No.609，pp.1546-1550，1997.

[7] 大野健彦：情報処理学会論文誌，Vol.40，No.2，pp.602-612，1999.

[8] 本田仁視：眼球運動と空間定位，風間書房，1994.

活性状態の違いにおけるパフォーマンス及び生理状態の差異検討

Effects on Performance and Physiological Function under Various Alertness State

○中村美穂*，橋崎将典*，野田晃平**，萩原啓***
*立命館大学　理工学部　情報学科
**立命館大学大学院　理工学研究科　***立命館大学　情報理工学部　知能情報学科

NAKAMURA Miho*, HASHIZAKI Masanori*,NODA Kohei**, HAGIWARA Hiroshi***
* College of Science and Engineering, Ritsumeikan University
** Graduate school of Science and Engineering, Ritsumeikan University
*** College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1　はじめに

ネットワーク社会の進歩と共に自動車においてもその機能の多様化と情報量の増加が見られ、情報化に伴うドライビング時の多くの刺激・音声や画面操作・凝視というマインド・ディストラクション(認知、判断過程における意識のわき見）が大きな問題となっている。

これらの問題に対し事故の事前予防となるアクティブセーフティの向上をめざし運転に集中できるシチュエーションを実現するために、外部刺激がいかに集中力・認知度に影響をもたらすのかを明らかにする事が必要になってきている。

先行研究において、脳内血中ヘモグロビン(Hb)濃度変化と追従反応課題との関係が評価されており、パフォーマンス結果の良し悪しとパフォーマンス前後の脳内血中 Hb 濃度変化に関係があることが示されている[1)]。

本研究では長時間の追従課題により同一被験者で異なる活性状態を作り出し、脳内血中 Hb 計測により脳内活性状態を評価し、活性状態の違いによるパフォーマンスと生理状態との関連性を求める。

2　実験について

2.1 概要

本実験では瞬時活性度を導き出す行動指標として運転中と同様の追従性と反応をシミュレートするパフォーマンステスト(Uni-move)[2)] を被験者に行ってもらう。パフォーマンステストと同時に身体情報として EEG（脳波）・ECG（心電図）を計測し、また脳内血中 Hb 濃度変化を計測し解析を行う。

本実験では同一被験者の活性状態を変えた場合の生体反応を知るために実験においては活動的および非活動的な状態を作り出し、それぞれの計測を行う。

2.2 パフォーマンステスト～Uni Move

瞬時活性度を導き出す際の行動指標として、「標的追従能力」と「刺激反応能力」の２つを同時に計測できるパフォーマンステスト(Uni-move)をLabVIEW(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)。

[標的追従能力]

標的追従能力は、8 の字を描いて動くターゲットをマウスで動かすことのできるポインタで追従し、ターゲットの位置座標とポインタの位置座標の差をピクセル単位で求めた。

[刺激反応能力]

刺激反応能力は、上記のターゲットに対し不定期に色を変える動作を与え、色が変わったときに被験者に対しマウスをクリックしてもらうことにより反応時間として得た。

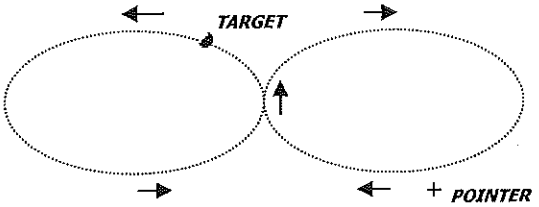


図 1　Uni-move

2.3 脳内血中 Hb 濃度計測

脳内血中 Hb 濃度計測は近赤外光を用いて実施した。光の吸光度(Absorbance)(入射光と検出光との強度比を対数にした値)が光路長と濃度との積に比例するという Lambert-Beer の法則を基礎として計測している。

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

上記の式において I が検出光、I_0 が入射光の光

強度、ε はモル分子吸光係数、d は光路長にあたる。しかし、Lambert-Beer の法則を本実験の解析に直接適用する事はできない。Lambert-Beer の法則が用いられるのは入射からの光路が一次元で透過し検出され、かつ計測対象が吸収物質のみで構成される場合であり、人の脳内血中の Hb 濃度を計測する場合、光は三次元で透過し、また血液中には散乱物質が含まれているからである。このように光の吸光度と濃度との間に成立する線形関係は崩れてしまうため、脳内 Hb 濃度計測では光の吸光度変化と濃度変化との微小区間における線形関係を仮定し、光の散乱の影響を付け加えた modified Lambert-Beer の法則を用いる。

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

式において $< d >$ は平均光路長、ΔS は散乱変化である。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)では平均光路長は 1、散乱変化は無視して 0 としている。

定量したい物質が 2 つ存在する場合は、光の吸光度変化と濃度変化と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示される。NIRStation では 3 波長(780、805、830nm)による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基づいて酸素化 Hb と脱酸素化 Hb の濃度変化を算出している [3)4)]。

近赤外光を用いた脳内 Hb 濃度計測の問題点として光路長の問題がある。平均光路長を 1 とし計算を行っているが実際に Hb 濃度変化としてでてくる値は濃度変化と光路長との積になっている。光路長は被験者が異なれば違う値になり、測定部位によっても異なってくる。したがって、被験者ごとの比較はもちろん、同じ被験者でも各部位での比較はできないことに注意しなくてはならない。他にも散乱変化は無視して 0 としている点、実際には濃度が均一でない血液を均一であると仮定している点などの問題点がある。

3 実験方法

3.1 準備

本実験では健康な成人 3 名を被験者として測定を行った。2 度の実験のうち後半は覚醒度減衰テストを行った上で測定した。計測に先立って被験者からインフォームドコンセントを得ている。

生理指標として脳波(EEG)・心電図(ECG)の計測と同時に脳内血中 Hb 計測を行う。それぞれ、EEG と ECG 測定のために Polymate（ティアック電子計測株式会社）を、また Hb 濃度計測に島津製作所の近赤外光イメージング装置 NIRStation を使用した。

脳波計測用電極位置は国際 10-20 法にもとづく O_1,O_2 に装着した。心電図計測のために左右の鎖骨 2 箇所と左の肋骨の下から 2 番目にあたる箇所に電極を装着した。

脳内血中 Hb 濃度変化計測のために島津製作所の近赤外光イメージング装置 NIRStation のプローブを装着した。被験者の頭部にホルダを装着し 8 本の発光用プローブ(図 2 中の T 字)、7 本の受光用プローブ(図 2 中の R 字)を取り付けた。隣接するプローブの間隔は 3 cm である。今回は頭頂付近の運動野に加え、前頭葉付近の認知・反応を司る部位を測定した。前額部にプローブが当たるよう、個人の頭部形状に合わせて R4・T5・R5 のいずれかに Cz(国際 10－20 法)がくるように取り付けた。

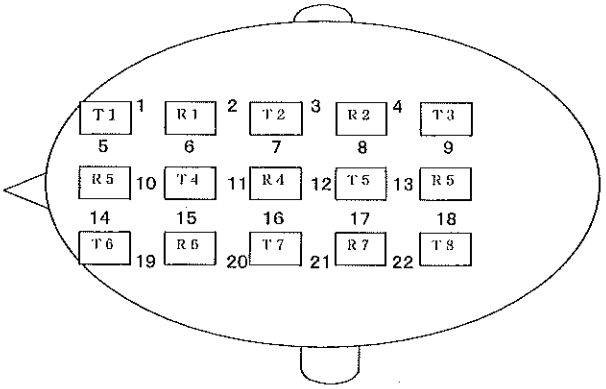


図 2　プローブ装着位置

3.2 実験プロトコル

1) 着座姿勢にて実験装置装着
2) 主観評価 RAS シート記入　1min
3) AAT (閉眼 30sec＋ 開眼 30sec) × 3
4) 前半タスク（1 min30sec×5)
5) 覚醒度変化テスト
6) 後半タスク(1 min30sec×5)
7) AAT (閉眼 30sec＋ 開眼 30sec) × 3
8) 主観評価 RAS シート記入　1min

RAS…Roken Arousal Scale　(疲労・覚醒主観評価指標)

AAT…alpha attenuation test　(α 波減衰テスト)

タスクの構成は以下である。

①前レスト（30sec）

②追従反応パフォーマンステスト（30sec）

…Uni-move のターゲットを追従し色の変化に反応してもらう。

③後レスト（30sec）

加算平均するため以上のタスクを 5 回繰り返す。

また、覚醒度変化テストでは 45 分間 Uni-move を行う。これは前半のタスク時と後半のタスク時で

同一被験者のパフォーマンス結果に影響が出ることを想定して覚醒度を下げるため、タスク時よりもターゲットの動きを極端に遅くし、なおかつ色の変化なしのパフォーマンステストに設定している。

4　解析方法

脳内血中 Hb 波形は、各追従反応パフォーマンステスト 5 回分(1 回：1 分 30 秒)の脳内血中 Hb 波形を確認したうえで、明らかにノイズと思われる波形がない限りは 5 回分の加算平均を取り、前レストの開始時を基準点とし、そこからの相対的脳内血中 Hb 濃度変化を捉えられるように補正を行った。

5　実験結果

5.1 パフォーマンス

本実験では同一被験者の覚醒度の変化による結果を比較する。

45 分間の覚醒度減衰テストから得られた 3 人のパフォーマンス結果を比較するために Uni-move で追従したターゲットからのピクセル差を 1 分ごとの平均として示す(図 3)。また、それぞれのグラフデータの最初と最後に前半タスク・後半タスクで得た 30 秒間の追従誤差の平均を追加した。

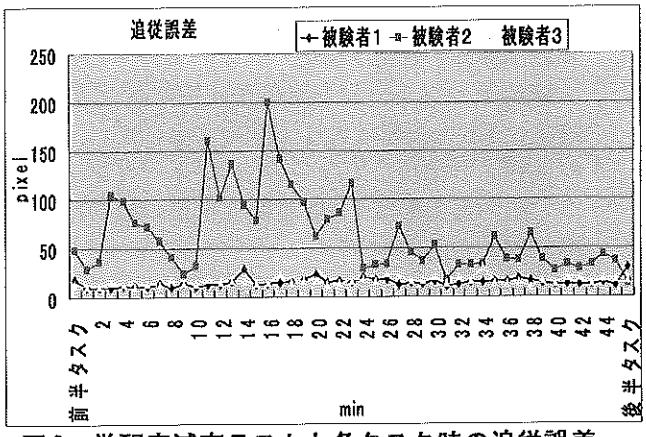


図 3　覚醒度減衰テストと各タスク時の追従誤差

追従誤差の値には個人差が大きいが、このパフォーマンス結果から最も覚醒度変化が大きいとわかるのは被験者 2 である。

また被験者 2 の前半タスク・後半タスクでの追従誤差と反応時間の比較を図 4 に示した。

ここで覚醒度減衰テストの影響について。このパフォーマンスを行うことで 45 分の内に眠気がピークを迎え、中には一瞬眠ってしまう被験者もいた。一瞬眠ることにより後半タスク開始で覚醒度が下がったままの者もいれば、逆に覚醒度が上がる者もいた。

被験者 2 は図 4 からわかるように後者であり、前半タスクより後半タスクで追従能力が上がっている。以下被験者 2 の実験結果をとりあげていく。

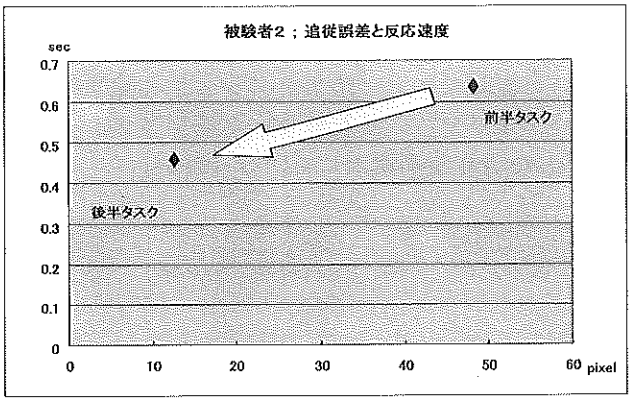


図 4　被験者 2 の誤差平均と反応時間

5.2 脳内血流量

脳内血中 Hb 波形を示した図は、横軸が時間軸で -30～0 秒までが前レスト、0～30 秒までがタスク、30～60 秒が後レストにあたる。縦軸は-30 秒を基準(0)としたときの脳内血中 Hb 濃度と光路長との積の相対的な変化の度合を示している。図 5,6 においてタスク中に変化が著しい 2 線のうち濃い線が酸素化 Hb 波形を示し酸素化 Hb とほぼ同じ形状の薄い線が全 Hb 波形を示す。基準値から大きく変化していない線が脱酸素化 Hb 波形である。

ノイズの判断は目視によって行い、ノイズが入っていない限り、ほぼすべての被験者、部位において、脱酸素化 Hb 波形は大きな変化を示さなかった。

脳内血中 Hb 波形でタスク時における相対的な増減を確認できたが、実際は血液の Hb 濃度は瞬時に変化しないため、相対的な脳内血中 Hb 濃度の増減は血液量の相対的な増減と考えられる。脳内に供給される血液は動脈血であるので酸素化 Hb を多く含み、脱酸素化 Hb の割合は少ない。脳内の細胞で消費される酸素化 Hb は供給される酸素化 Hb に比べると非常に少量である。したがって、血液量が増加すると酸素化 Hb 波形は増加するが、脱酸素化 Hb 波形は大きな変化を示さない事になる。

この考えをもとに特徴的な波形が存在する事を確認した後、それぞれの前レスト・追従反応パフォーマンス・後レスト、また覚醒度減衰テストにおける酸素化 Hb 波形の縦軸成分の平均値を棒グラフで表示し検討した。酸素化 Hb 波形の相対的な増減は血液量の相対的な増減と読み取れる。

図 5 は被験者 2 の前半タスクを、図 6 は被験者 2 の後半タスクを脳内血中 Hb 波形で示し、図 7 は被験者 2 の各タスク時の前レストから追従反応パフォーマンスへの移行で変化する酸素化 Hb 変化量を示している。どの図もノイズが少ない 1・5・6・10・15・20ch で比較した。

図 5 と図 6 の比較では追従反応パフォーマンス 30 秒において前半タスクより後半タスクの酸素化 Hb 波形の動きが大きく、覚醒度が低くパフォーマンスが優れなかった前半タスクよりも覚醒度が高くパフォーマンスが優れていた後半タスクでの酸素化 Hb 変化量が増大している（図 7）。

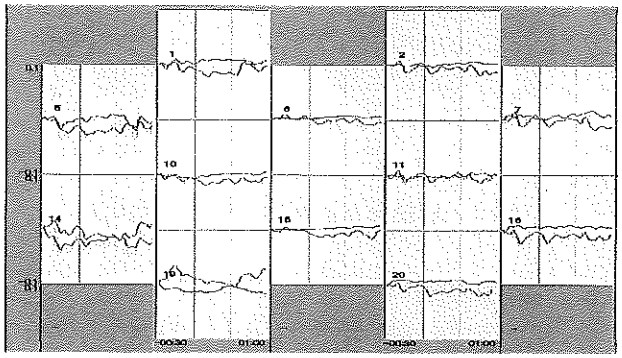


図 5　前半タスク脳内血中 Hb 濃度変化波形

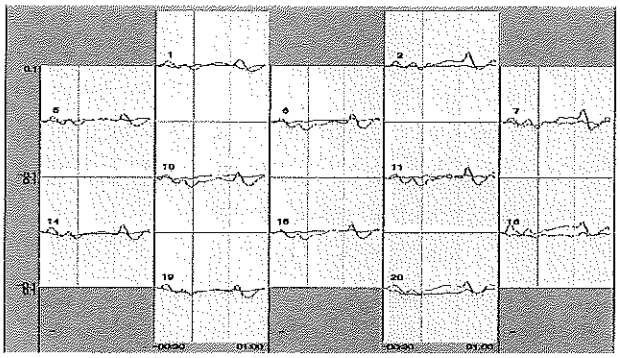


図 6　後半タスク脳内血中 Hb 濃度変化波形

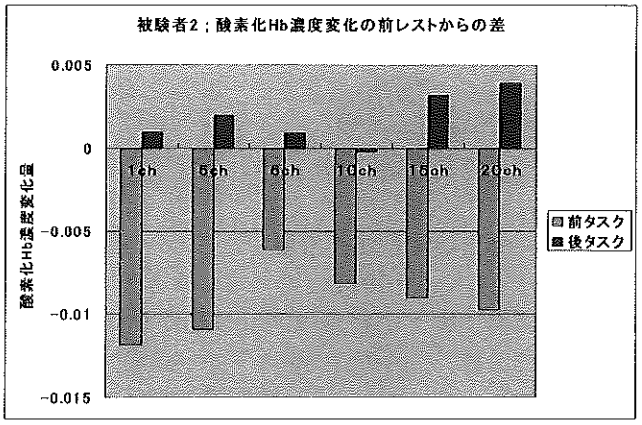


図 7　前レストから追従反応パフォーマンス移行の酸素化 Hb 濃度変化量

次に図 3 に示す覚醒度減衰テスト時の被験者 2 のパフォーマンス結果と図 8 の被験者 2 の酸素化 Hb 推移を比較する。

図 3 では 45 分間のうち 1～10 分で被験者 2 の追従誤差は増加し続け、11～30 分の間に追従誤差はピークになっている。

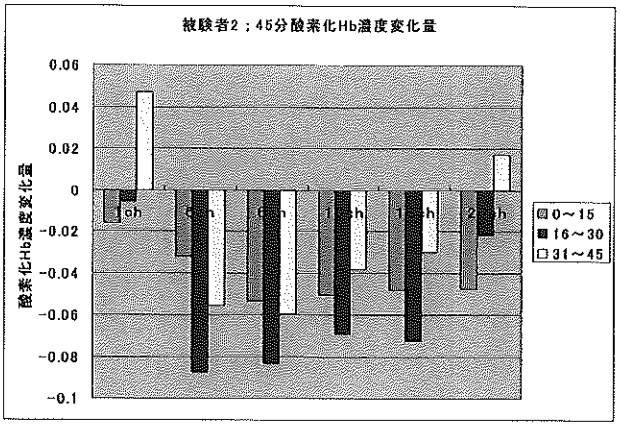


図 8　覚醒度減衰テストより酸素化 Hb 濃度変化の推移

この時に相当する酸素化 Hb 推移はほぼ全ての ch で大きく減少傾向にある。31 分から後は追従誤差小さくなり同時に酸素化 Hb は増加している。

タスクにおいても覚醒度減衰テストにおいてもパフォーマンスの結果が酸素化 Hb の変化に反映されたデータが示された。

6　考察

同一被験者のパフォーマンス結果の良し悪しと生理評価である脳内血中酸素化 Hb 濃度変化量に関連性が認められた。またパフォーマンスの変化、特に極端なパフォーマンス低下においては脳内血中酸素化 Hb の推移は大きく減少するのがわかる。他の被験者と比較してみても、パフォーマンスが低いほど脳内血中酸素化 Hb 濃度変化量の減少は大きく現れていた。

今後の課題として、統計的結果を求めるため被験者数を増やし、他の生理評価との関連性も検討する。また、覚醒度合を人工的に調整する難しさがあるため実験方法の工夫が必要である。

参考文献

1) 野田晃平：追従反応課題時における脳内 Hb（ヘモグロビン）濃度計測による活性度定量化、日本人間工学会　関西支部大会　講演論文集、pp.69-72(2005)
2) 荒木和典、萩原　啓、道盛章弘ほか：パフォーマンス計測方法の開発及びその日内変動、8th Symposium on Human Interface、pp325-332(1992)
3) 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)
4) 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)

精神的負荷強度の違いが眼球の動きに与える影響

Influence of mental load on eye movements

○松田典子*，岡田明*，山下久仁子**
*大阪市立大学　生活科学研究科　**大阪市立大学　生活科学部
MATSUDA Noriko*, OKADA Akira*, YAMASHITA Kuniko**
*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University, **Faculty of Human Life Science, Osaka City University.

1　はじめに

眼球の動きについては、検出が容易であるため、人間工学への応用が期待出来るものであるが、そもそも眼の動きというものが、精神状態とどのような関係にあるのかを明らかにした研究は、あまり見られない。

そして、一般に、「眼がきょろきょろと落ち着かない」という言葉があるように、落ち着きを欠いている際には、眼が動いているように考えられている。

このようなことから、本実験においては、負荷の強度を変え、眼球の動き、および生理的反応を同時に測定することにより、精神的負荷と眼球の動きの関係について明らかにすることを目的とする。

精神状態と眼球の動きとの関係を明らかにすることにより、眼球の動きから精神状態をある程度推測することが可能となれば、例えばストレスを推測する指標などへの応用が考えられる。

2　方法

2.1　被験者

9 名の男女（大学生および大学院生）が実験に参加した。

2.2　実験課題

被験者全員に、複雑計算、単純計算、統制、の三課題を課した。

複雑計算課題においては、「153-21」といった 3 桁－2 桁の計算問題を用いた。単純計算課題においては、「1+1」といった 1 桁＋1 桁の計算問題を用いた。

単純計算課題、複雑計算課題のいずれにおいても、音声読み上げソフト（PENTAX 株式会社 音声ソリューション、製品デモ）により読み上げられた女性の声による問題文を流した。両方とも、問題読み上げ後、5 秒間の空白が存在し、その間に答えることを前提としている。その間に答えても答えられなくても問題は次々と移り変わるものとした。問題数は、単純計算課題が 79 問、複雑計算課題が 69 問であった。

統制課題においては、樋口一葉の「たけくらべ」の一部を聞かせた。

これは、無音ではなく、また極端な精神状態の変化を誘導しないものとして、幸田弘子による朗読 CD の一部を選択した。

いずれの課題も音声による問題提示であり、実験中は被験者の前方に置かれたディプレイに灰色の画面を写した。

教示は、単純計算課題については弱い負荷をかけることを目的とし、「次の問題について答えてください」と指示した。複雑計算課題については、強い負荷をかけることを目的とし、「次の問題に答えてください。正答率を確認します。出来るだけ正確に答えてください。間違った場合、このような音が鳴ります」と指示し、ストップウォッチの音を用いた。

いずれも各問題提示後、口頭で解答してもらうという形をとり、それを 10 分間繰り返し行なった。

そして統制課題については、「無理に聞こうとせず、ふだん家にいるときと同じような気分で、お聞きください」と指示した。

2.3 測定項目

心電図、眼電図、皮膚温を測定した。

心電図、眼電図はいずれも「多用途テレメータ　サイナアクト MT11」（NECメディカルシステムズ株式会社）を用いて、サンプリング周波数 200Hz でＡＤボードを介してパソコンにリアルタイムで波形を取り込み、「Signal Basic Light」（有限会社 メディカルトライシステム）を用い独自に作成したソフトにより解析を行った。皮膚温は、被験者の非利き手人差し指腹側に、電子温度計 Gram Corporation LT-8A（分解能 0.01℃、計測周期 5 秒）のセンサーをテープにより貼りつけ、得られたデータを元に、算出した。

なお、本実験における被験者は、全員が右利きであった。

2.4 実験の流れ

まず、被験者が実験室に入室し、着席した状態において、装置の装着を行った。その際に、実験に用いる計算音声について、早さや大きさについて問題がないかを確認した。装置を装着した後、実験室に慣れてもらうために 2 分間の安静時間をとり、その後、教示および 10 分間の実験、3 分間の休憩、を 3 セット繰り返した。

順序効果を相殺するため、課題の順番はランダムに入れかえられた。

2.5 実験場所

大阪市立大学内、人工気候室において行った。これは、温度と湿度を一定に保ち、また窓がなく、外部からの刺激を受けにくいことから選ばれた。

検定は、いずれも一元配置の分散分析を行い、有意水準を 0.05 とした。群ごとの平均値に差が認められた場合には Tukey の検定を行い，どの群間に差があるかを検討した。

3 結果

複雑計算課題と、単純計算課題の正答数においては、有意差が見られた（$F_{(1,16)}=55.01$, $p<0.01$）。複雑計算課題における正答率は、18～82%、平均正答率は47%であった。単純計算課題における正答率は、98～100%、平均正答率は 99%であった。

交感神経活動度（LF/HF）では、（実験時の値）－（休憩時の値）において有意差がみられ（$F_{(2,24)}=7.46$, $p<0.01$）、複雑計算課題と単純計算課題の間で有意差が認められた（$p<0.01$）。休憩時においては、複雑計算課題の増加傾向がみられた（$F_{(2,24)}=2.67$, $p<0.1$）。

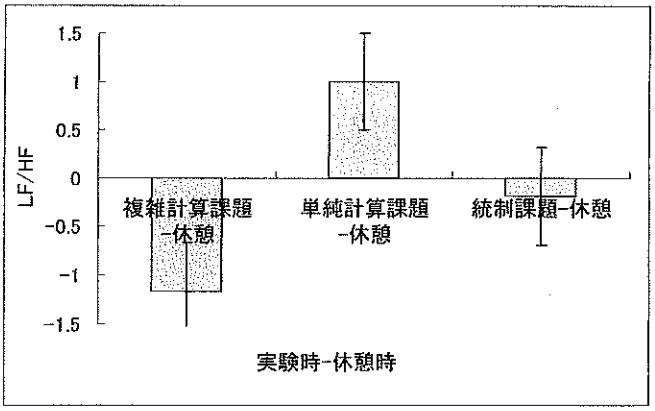


Fig. 1　実験時—休憩時における LF/HF

また、休憩時全体ではなく、課題時間（実験時）終了直後、約 1 分の LF/HF においては異なる傾向がみられた（$F_{(2,24)}=2.75$, $p<0.1$）。

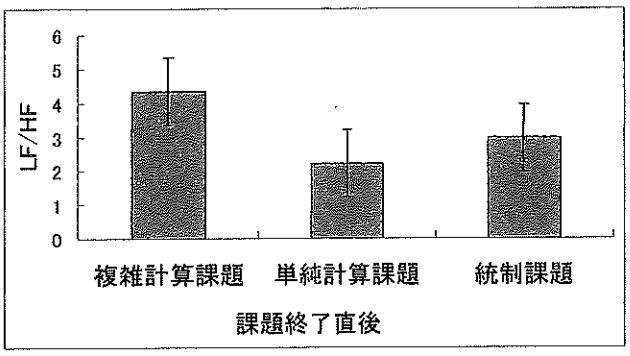


Fig. 2　課題（実験時）終了直後におけるLF/HF

HR（心拍数）では、（実験時の値）－（休憩時の値）に傾向がみられ（$F_{(2,24)}$=3.35, p=0.052）、複雑計算課題と単純計算課題の間（p<0.1）、および複雑計算課題と統制課題の間（p<0.1）に傾向差がみられた。

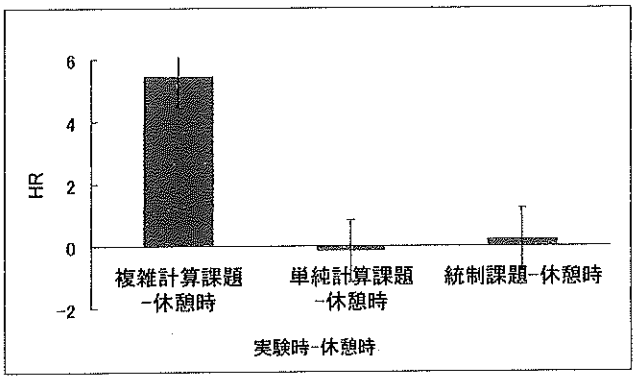


Fig. 3　実験時—休憩時におけるHR

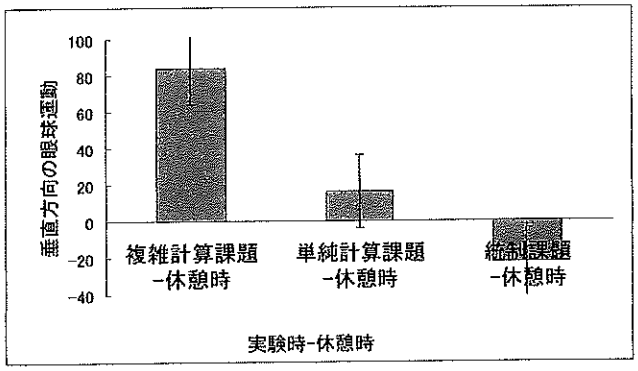


Fig. 4　実験時—休憩時における垂直方向の眼球運動

眼球運動においては、垂直方向の、（実験時の値）－（休憩時の値）において有意差がみられ（$F_{(2,24)}$=5.30, p<0.05）、複雑計算課題と統制課題の間で有意差がみられた（p<0.01）。

また、水平方向の眼球運動においては、（実験時の値）－（休憩時の値）などでは、有意差はみられなかった。

同時に、垂直および水平の、振幅合計値においても、有意差はみられなかった。

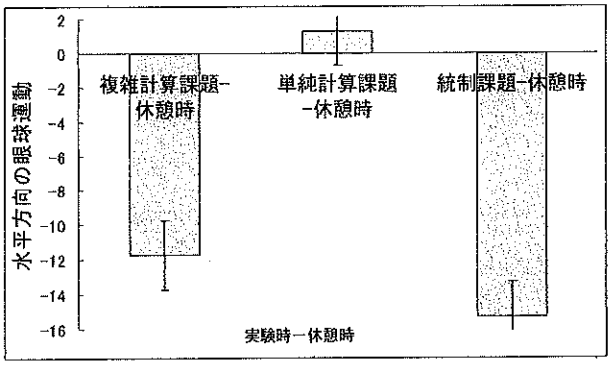


Fig. 5　実験時—休憩時における水平方向の眼球運動

皮膚温における有意差はみられなかった。

4　考察

複雑計算課題と、単純計算課題の正答数において有意差が見られたことは、課題の難易度を裏付けしているものであると考えられる。

LF/HF において、実験時に有意差がみられず、実験時－休憩時において有意差がみられたことは、実験時において負荷が掛かっていたというよりは、むしろ負荷が取り除かれた際の落差が大きかったものであると考えられる。これは、実験において課題に解答しなければならないことへの緊張感よりも、複雑計算課題において、実験そのものへ身構えた時の

緊張感が強く働き、その反動がその後の休憩において現れたのではないかと考えられる。大きな負荷が掛けられたことにより、それが取り除かれた際に安心するよりも、それまで押さえられていた緊張などが現れたのではないかと推測される。

HR も同様の傾向にあるが、これは複雑計算課題において心拍数が上昇し、その後休憩時間に入ったことにより、落ち着いたとも考えられる。

HF/LF および HR の結果からは、負荷を掛けられている時間そのものだけに着目するのではなく、負荷が取り除かれたその後の時間にも注目するべきであることがうかがえる。

実験時において、複雑計算課題は、強い負荷の掛けられた課題である。特に、問題に答える際の時間的切迫感、つまり、早くかつ正確に答えなければならない、という負荷と、時間に追われているような感覚があったことが、心拍数の上昇に繋がったのではないかと考えられる。

また、他の課題時間においては実験中も休憩時もほとんど変化がなかったとも捉えられ、精神的負荷の掛かり方、および強弱による変化であると捉えることも出来る。

そして、眼球運動における垂直方向の有意差は、それらの負荷と深い関係にあることがうかがわれる。これらは、強い負荷が掛かることにより、垂直方向での眼球運動が頻繁に行われ、逆になんら負荷の掛かっていない統制課題においては、眼球運動があまり行われなかったのではないかと推測される。

これはつまり、強い負荷があるほどに、垂直方向の眼球の動きが多いということである。

一般に、「天を仰ぐ」という言葉があるように、強い負荷の掛けられた際の本実験の反応、すなわち垂直方向における眼球運動の変化は、この慣用句の状態を支持するものであるとも理解出来る。

他方で、垂直方向における眼球運動が多かったことは、怒りや興奮によって瞬目が増える (Ponder and Kennedy, 1927) ことから、瞬目の影響が大きいとも考えられる。しかし、本実験において採取したデータからは、瞬目だけを分離することは困難であったことは、今後の検討課題である。

いずれにせよ、早く、かつ正確に、難易度の高い何かについて答えなければならないという状態に置かれた時には、眼球が固定されることよりも、動かされることの方が多いということを示唆するものである。

今回の実験は、計算課題により精神的負荷を掛ける、という方法を用いた。そのため、今後は計算課題に限定されず、広く一般化出来るかを研究していく必要があるものと考えられる。

参考文献

Ponder, E. and Kennedy, W.P.: On the act of blinking. Quarterly Journal of Experimental Physiology, 18, pp.89-110 (1927).

注視移動を利用した視方向と利き眼の再考

Reconsideration of visual direction and dominant eye by gazing behaviors

○梅垣宣夫*，堀井健**，小谷賢太郎**
*, **関西大学　工学部
UMEGAKI Nobuo*, HORII Ken**, KOTANI Kentaro**
*Undergraduate School of Engineering, Kansai University
**Faculty of Engineering, Kansai University

1　はじめに

ヒトの身体には片側優位(Laterality)という特性がある。この片側優位を利用しながら身体運動を行っていると考えられている[1]。ヒトの眼にも物体を知覚するときに優位に働くとされている利き眼(dominant eye)が存在している。

土木建築工事などで、機器の遠隔操作によって危険箇所の作業を行う場合、従来の立体視覚提示装置を用いたとき、作業者のイメージした視覚と現実の画像の間に特有のずれがあった。その結果、違和感が生じ疲労感が蓄積するという問題があった。この問題に対処するためには、利き眼などの個人特有の性質がシステム開発には考慮する必要があり、その働きを考慮して眼の役割を果たす視覚装置として、遠近感を持つ立体画像を利用する研究も行われている[2]。

利き眼の測定方法は数多く存在していて、研究者の間でもその定義は定かではない[3][4]。また、一般的に利き眼の形態(右利き眼・左利き眼・交利眼・中利眼)は一度習得すると変化せずに、安定なものと考えられている[5]。その一方、利き眼の決定は、対象を知覚する方向や眼球の回転方向などの条件により変化する可能性も示唆されている[6]。

正中面上の視距離の異なる2点間での注視移動はHering法則に従って左右の眼ともほぼ等しく、輻輳解散運動(vergence movement)のみが生じると考えられている。しかし、Pickwell(1972, 1973)は同様の実験を行い、右眼と左眼に運動量に差がでることを観察している[7]。その結果をサイクロープスの眼（Cyclopean Eye）の位置と利き眼の影響による仮説によって説明した。サイクロープスの眼の位置が両眼の中央から左右どちらかに偏位していると仮定したならば、右眼と左眼の眼球運動に差が生じる。すなわち、Heringはサイクロープスの眼の位置を両眼の中点に仮定しているが、Pickwellはそれとは異なると考えたことになる。ところが、OnoやNakamizoによると、Pickwellの行った実験は眼球運動に差が生じる原因として、利き眼に依存するのではなくて、2点間を注視変更する順番に依存していると考えている[7]。

そこで、本研究室では、Pickwellが行った実験に基づき、正中線上に2点を設置する場合と各眼の視軸上に設置する場合、さらに正中線上だけではなく、視方向を変化させたときの眼球運動の測定を行った。そこから、視方向を変化させたときと正中線上のときの実験結果の比較や注視変更の順番による違いを検討した。

2　実験

本研究では、2つの視標間を注視移動するときの眼球運動を測定した。注視移動する順番や視方向を変化させることで利き眼の影響がどのように表われるかを調べた。

2-1　実験装置

眼球運動を測定するために、SR RESEARCH社のEyeLinkⅡ(Version2.02)を使用した。あご台(竹井機器工業社)を用いて、被験者の頭部を固定した。

注視移動を行うための2つの視標(1つは視標(遠)と表現し、もう一方を視標(近)とする)は、同一の大きさ・色の円を使用した(直径6[pixel]=1.6[mm]，視角にして視標(遠)は0.22[deg],視標(近)は0.15[deg]，黒塗りの円)。

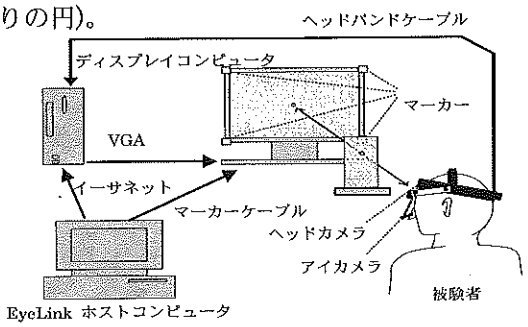


図1　実験装置

Calibration時と実験時の瞳孔の大きさが変化しないように実験時に提示される画面の背景色はCalibration時と同様の灰色とした。注視移動のための指示は、音による合図でもって行われた。

2-2　実験条件

・　暗室下での実験。

・　被験者からPCのディスプレイ(DELL社, E173FPb 解像度 1024×1280[pixel])に描いた視標(遠)までの距離は600[mm]、透明な板に描いた視標(近)までの距離は420[mm]。

・　両視標の高さは被験者の眼の高さに設定。

・　被験者の瞬きによる影響を最小限にするために、実験開始前に目薬を点滴。

・　被験者は健康な学生1名(左利き眼)。

・　視標の位置は図2のアルファベット(a)(b)(c)のように設置。

※(a)は正中線上に2点を並べた場合、(b)(c)はそれぞれ左右の眼の視軸上に視標を並べた場合。図中のアルファベットの後の数字(1)は正中線、(2)は視方向10[deg]、(3)は視方向-10[deg]を表す。

・　(b-1)と(c-1)の場合で、視軸上に視標(近)を並べるとき、①被験者の眼の位置と視標(遠)を結ぶ直線上に視標(近)を設置する場合(物理的位置とする)と、②被験者に片眼を遮断してもらい視標(遠)が隠れるように視標(近)を設置する場合(知覚位置とする)の2つの場合で実験を行った。

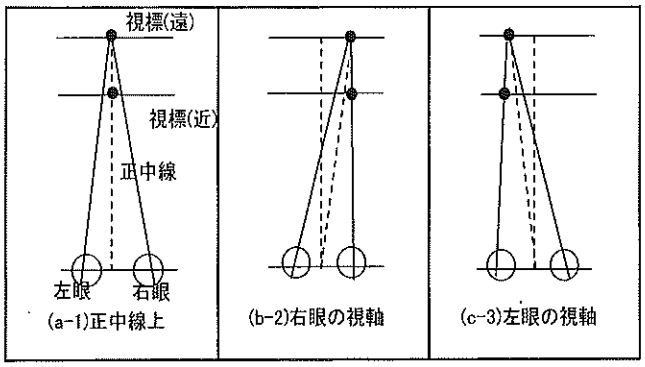


図2　視標の位置

2-3　実験方法

(1) ヘッドカメラ・アイカメラの装着をして、カメラの調節を行う。

(2) (a)(b)(c)の視標位置で注視移動を行う。順番は正中線上(1)を行ってから視方向を変化させた場合(2)(3)の実験をする。

※左右眼の視軸上で視標(近)の位置決定
被験者に片眼を遮断してもらい、視標(遠)が視標(近)の視標で隠される位置まで調節していき、その場所に印を入れる。

※注視移動の方法
(視標(遠)から視標(近)へ注視移動をする場合)
実験開始後に視標(遠)を注視する。実験開始から時刻2500[msec]での音と同時に視標(近)へ注視移動を行う。実験開始から時刻5000[msec]後に実験終了とする。注視を視標(近)から視標(遠)に移動する場合も同様に行う。

(3) 視軸上の実験では、正中線から印を付けた視標(近)の位置までの距離を測定する。また、瞳孔間距離計(PM-600 ニデック社 測定精度 0.5[mm])を用いて、被験者の瞳孔間距離を測定する。

2-4　知覚位置と物理的位置

・　知覚位置

片眼の視軸上に視標(近)を設置する条件(b)(c)では、実験前に被験者に2点の視標が重なるように視標(近)を調節してもらった。被験者に調節してもらったときの視標の位置を知覚位置とし、図3のように視線位置を理論的に算出した。

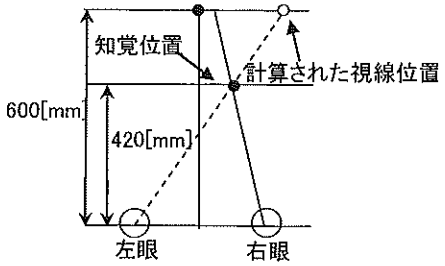


図3　知覚位置のモデル

正中線上では視標(遠)を注視しているときの両眼の視線位置は常にディスプレイ中心に視標(遠)があるために、ディスプレイ中心とした。

※視標位置を(a)とした場合、物理的位置と知覚位置が共に正中線上(視方向上)にくるために、視標を注視しているときの眼球位置はどちらの場合も同じとなる。

・　物理的位置

視標(近)を注視しているときに、物理的には2つの視標と瞳孔中心は一直線上にあるはずである。

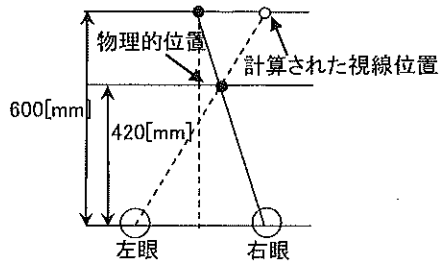


図4　物理的位置のモデル

測定したい視標(近)の視線位置と左眼の瞳孔中心を結ぶ直線を引き(図中の点線)、この直線がディスプレイと交わる位置を求める。また、正中線上では視標(遠)を注視しているときの視線位置はディスプレイ中心となる。

3 結果と考察

図5～図10が実験結果の一例である。図中の縦軸はディスプレイの水平成分[pixel](左端(最小)が0で右端(最大)が1240[pixel])で、横軸が時間[msec]を表す。縦の実線は注視移動の合図を出した時刻(2500[msec])である。

3-1 正中線上での実験結果

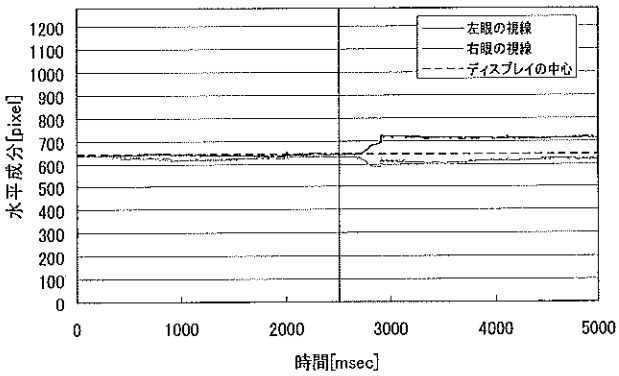


図5 (b-1)の実験結果・視標(遠)→視標(近)

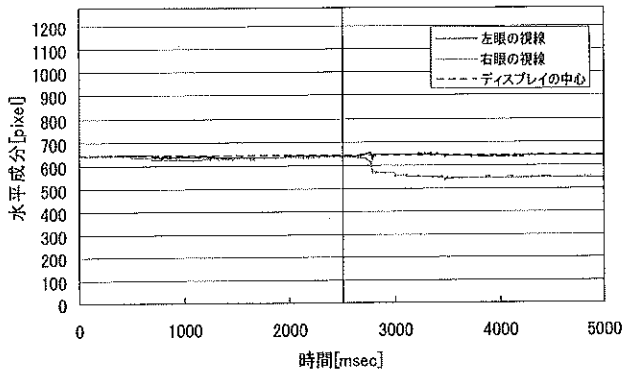


図6 (c-1)の実験結果・視標(遠)→視標(近)

図5は、視標(遠)から視標(近)に注視移動した場合の眼の時間軌跡を表したものである。注視移動後は両眼とも、輻輳運動に続いてマイクロサッケードでもってなされ、これらの運動はHeringの法則に従っている。右眼の動きは本来必要ではないが、移動が生じていて左側にずれている。

ところが、視標(近)を左眼の視軸上に置いた場合(図6)、左眼は全く移動せず、右眼のみサッケードによる動きをしている。このときの視線位置は知覚位置と一致する。しかし、このとき右眼のサッケードの移動はHeringの法則に従っていない。このように、眼の視軸と視標との相対位置が注視移動に影響を及ぼしている。

3-2 視方向±10[deg]上での実験結果

図7～図10において、その上部は視方向10[deg]、下部は視方向-10[deg]の結果を示している。

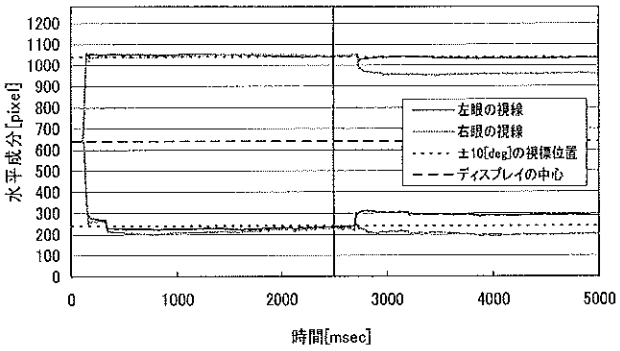


図7 (a-2)(a-3)の実験結果・視標(遠)→視標(近)

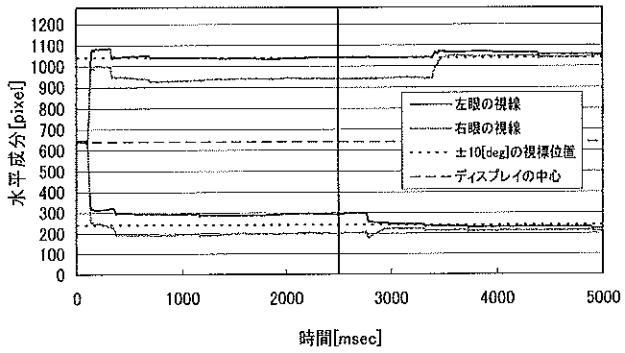


図8 (a-2)(a-3)の実験結果・視標(近)→視標(遠)

図7の視方向10[deg]における実験結果は、注視移動によって視標(近)を注視するはずであるが、左眼はディスプレイ上の視標(遠)を捉えたままである。ところが、視方向-10[deg]では、注視移動によって視標(近)を捉えており、視方向10[deg]の場合と異なる。

図8では、視方向10[deg]において視標(近)を注視しているときに、左眼はディスプレイ上にある視標(遠)を捉えている。一方、注視移動に必要な時間を比べると、視方向10[deg]のときと視方向-10[deg]では異なっている。

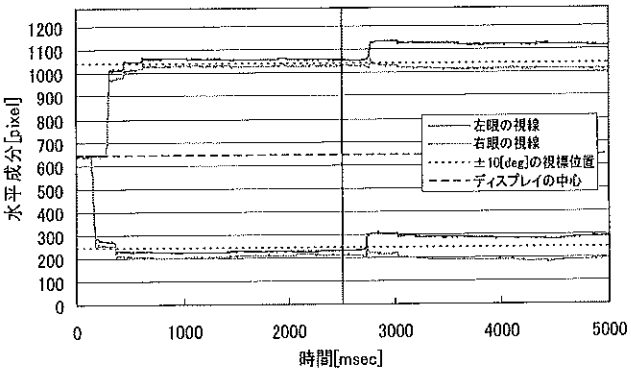


図9 (b-2)(b-3)の実験結果・視標(遠)→視標(近)

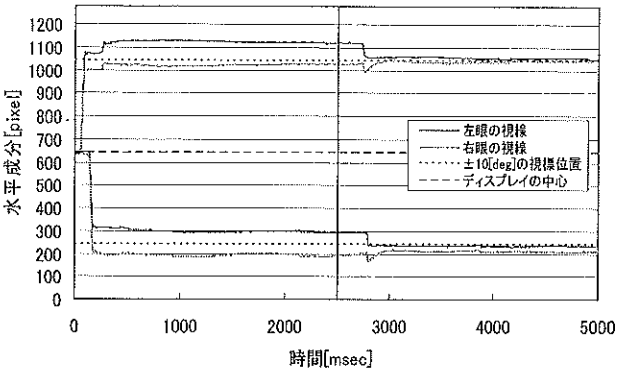


図 10　(b-2)(b-3)の実験結果・視標(近)→視標(遠)

図 9 の場合の注視移動においては、サッケードの量が視方向±10[deg]で異なる。図 10 では、右眼は輻輳運動が生じているが、左眼はサッケードが生じている。つまり、Hering の法則とは異なる。図 9 と図 10 の結果から、視標(遠)から視標(近)へ注視移動するときと視標(近)から視標(遠)へ注視移動する場合では眼球運動の傾向がまったく異なる。

3-3　知覚位置との比較

両眼が注視移動後にどこを見ているのかを検討するために、実験結果から得られた視線位置と、知覚位置(計算された視線位置)との比較を行う。実験値は注視が安定している範囲、500[msec]間の平均値とした。

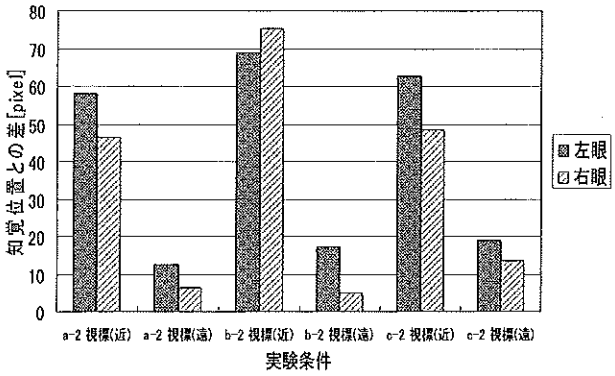


図 11　視方向 10[deg]での比較

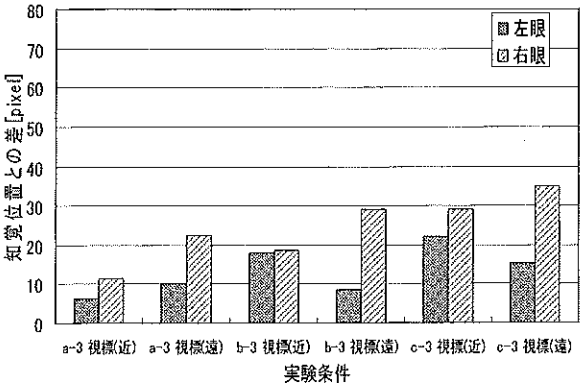


図 12　視方向-10[deg]での比較

視方向 10[deg]の場合はほとんどが右眼よりも左眼が、逆に視方向-10[deg]の場合は左眼よりも右眼が知覚位置との差が大きかった。正中線上における実験値との比較に比べて、視方向を変化させた場合のほうが知覚位置との差が大きかった。これは、視方向が大きくなるにつれて、注視移動が困難になっていることを示している。視方向が大きいと視標を注視するときに、きちんと注視しているつもりであってもぼんやりとしか視標を見ることができないことがある。このとき、中心窩で視標を捉えられていない可能性がある。

4　まとめ

- 注視移動は、Hering の法則に従うような運動も見られたが、多くはそれとは異なった。
- 注視移動の順番によって生じる眼球運動が異なった。しかし、眼の運動量自体には大きな差はなかった。
- 視軸上に視標を並べる場合において、被験者は利き眼を優位に働かせていた。
- 視方向を変化させたとき、視方向 10[deg]では右眼が、視方向-10[deg]では左眼が知覚位置の値に近くなった。このような変化が見られた原因として、利き眼やサイクロープスの眼の位置が視方向によって変化しているのではないかと考えられる。

謝辞

本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（平成 18 年度～平成 23 年度）の援助を受けた。

参考文献

[1]前原勝矢: 右利き・左利きの科学, 講談社, 1998.

[2]宮川宏太, 別府聡, 田中康寛, 高田達雄, 冨田信之, 柳原好考: 2 眼式立体画像撮像カメラの輻輳角効果についての一考察, 映像情報メディア学会技術, Vol.25 (No.38), pp.69-73,　2001.

[3]小沼十寸穂: 利き眼の本態への序論第 2 編, 労働科学, Vol.57 (No1), pp.1-9, 1981.

[4]Porac, C., Coren, S.: The dominant eye, Psychological Bulletin, Vol.83, pp.880-897, 1976.

[5]小沼十寸穂: 利き眼に関する考察の補遺, 労働科学, Vol.61 (No12), pp.575-588, 1985.

[6] Mapp, A.P., Ono, H., and Barbeito, R.: What's does the dominant eye? A brief and somewhat contentious review, Perception & Psychophysics, Vol.65 (No.2), pp.310-317, 2003.

[7]中溝幸夫, 大野僩: 凝視の移動と Hering 法則, 心理学評論, Vol.21, pp.166-190, 1978.

D 会場
一般セッション

会場：L1-704（L1 号館 7F）

13：00～14：12　　聴覚 1

15：30～16：24　　聴覚 2

高周波数領域における聴覚誘発脳磁界
― 中心周波数と帯域幅の影響 ―

Auditory evoked magnetic fields in high-frequency range
― The effect of center frequency and bandwidth ―

○鈴木良大*,**, 添田喜治*, 中川誠司*, 小谷賢太郎**, 堀井健**
*独立行政法人産業技術総合研究所
**関西大学工学部
SUZUKI Yoshihiro*, **, SOETA Yoshiharu*, NAKAGAWA Seiji*, KOTANI Kentaro**, HORII Ken**
*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST),
**Faculty of Engineering, Kansai University

1. はじめに

1.1 序論

ヒトの五感の一つに聴覚があり，聴覚の存在が音のある生活を可能にしている．音は人間の生活に深く結びついている．例えば，意思や情報の伝達手段としての言葉や音楽などは，欠かすことができない．一方で，日常生活の妨げとなる不必要・不快な音，すなわち騒音も多く存在する．騒音はヒトの生活やヒトそのものに様々な影響を与える．このような騒音の悪影響を避けるためには，不快感をもたらす騒音の要因を明らかにすることが必要である[1]．

騒音は，日本工業規格(JIS Z 8106) によると，“望ましくない音，例えば，音声，音楽などの聴取を妨害したり，生活に障害，苦痛を与えたりする音”と明記されている．また，音響学会の音響用語辞典には，“いかなる音でも聞き手にとっては不快な音，邪魔な音と受け止められると，その音は騒音となる”と定義されている[2]．

このように騒音とは，その人がいる時と場所によって，またどのような目的をもっているかによって変わってくる．さらには，人間による騒音の判定基準は，人々の生活や健康や文化の程度，それらの進歩や変化による影響もたぶんに受けながら変化していく．すなわち，騒音は人間を対象とし，人間が好ましくないと判断した音である．例えば，音楽は聞き手によって騒音となることがある．音楽はただのうるさく感じる音，すなわち，騒音となる．また，今日のように都市に集まる人々が異なる出身地，多様な価値観，種々の生活のパターンを持つ時代になると，同じ音を許容するとは限らない[3]．

現在の騒音評価は，主に音圧レベルや周波数特性といった物理量によって行われている．しかし，音圧レベルが低くても人間に心理的影響を及ぼす騒音の存在も明らかにされている[4]．すなわち，現在の騒音評価に用いられている物理量だけでは人間の心理現象に対する評価尺度として不十分であると考えられる．また，騒音知覚の神経生理メカニズムにも，不明な点が多く残されている．したがって，騒音評価には物理的な面と心理的な面，さらには生理的な面から検証する必要があるといえる．

1. 2 従来の研究

従来，言語，音楽等は刺激としてMEG 実験によく用いられているが，帯域雑音のような雑音が用いられた例は少ない．

Soeta et al.[5]は，帯域雑音の中心周波数を固定して，中心周波数を変化させたときの脳磁界計測を行った．その結果，500 - 2000 Hz の中心周波数において，帯域雑音の帯域幅が広いほど N1m 振幅が小さくなることを見いだした(図 1)．また，Soeta et al.[6]は，帯域雑音の帯域幅を固定して，中心周波数を 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz の範囲で変化させたときの心理反応（ラウドネス）と脳磁界反応(MEG)を解析した．その結果，中心周波数が 500 - 2000 Hz の範囲にあるときは，帯域雑音の帯域幅が広いほど N1m 振幅が小さくなること，1000 - 4000Hz の中周波数域の刺激では，帯域幅に関わらず N1m 潜時が短くなることを報告している．一方，250 Hz 以下 4000 Hz 以上の中心周波数範囲では，帯域雑音の帯域幅と N1m 振幅の間に一定の関係は見られなかったとしている．

これらの結果の原因としては，高周波域における位相固

定の欠乏が考えられる．位相固定とは，音波形の特定位相に対して神経発火が見られる現象である．位相固定は，全可聴周波数範囲では起こるわけではなく，1－2kHz よりも周波数が増え始めると減り始め，周波数が 5kHz を超えると完全になくなる．

本研究では，位相固定が生じない 8000 Hz 以上に中心周波数を持つ帯域雑音に対する生理特性を調べ，高周波音における中心周波数，帯域幅と N1m の振幅，潜時の関係を明らかにすることを目的とする．8000 Hz 以上の騒音としては，歯の切削音や飛行機のエンジン音，機械工場等の騒音があげられるが，これらの騒音は，複雑なスペクトル形状を持っている．スペクトルを特徴づける基本的要素である帯域幅と中心周波数が生理反応に及ぼす効果を調べることは，騒音知覚に関する基本的な生理メカニズムの理解につながると考える．

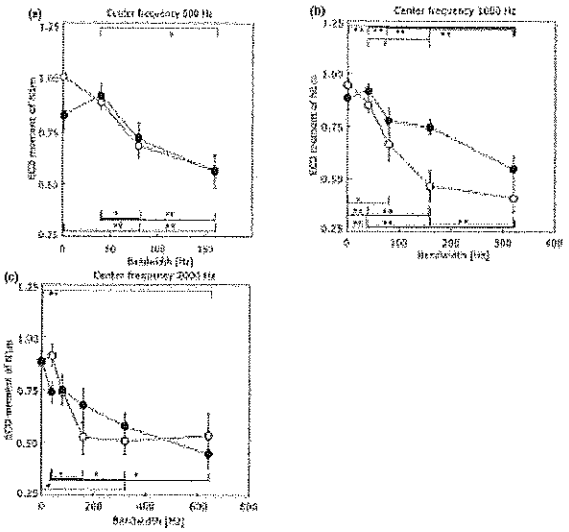


図 1. 中心周波数が 500，1000，2000 Hz の時の帯域幅と N1m 振幅の関係．(Soeta et al.[6])

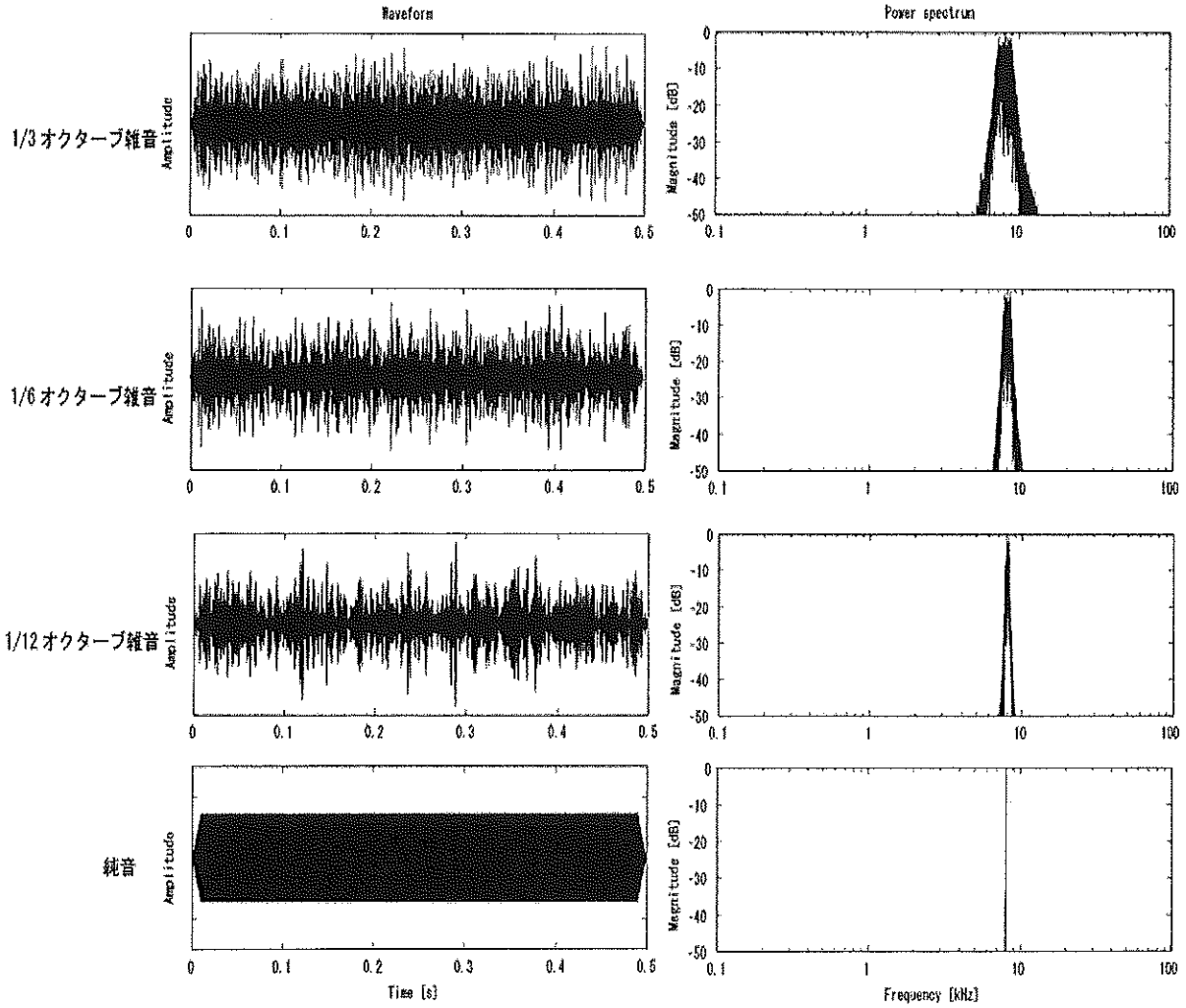


図 2. 中心周波数が 8000 Hz の時の各帯域幅における刺激波形とスペクトル

2. 実験

2.1 刺激音

刺激音には 1/3 オクターブ雑音, 1/6 オクターブ雑音, 1/12 オクターブ雑音, および純音を用いた. オクターブ雑音とは, 周波数軸を対数で表示したときに, 帯域幅が中心周波数に関わらず一定となる刺激である. これらの刺激音の中心周波数は, 8000, 12000, 16000 Hz の 3 水準で変化させた. つまり, 全部で 12 種類の刺激が呈示されたことになる. いくつかの刺激の波形とスペクトルの例を図 2 に示す.

2.2 被験者

正常な聴力を持った(15 人, 22～37 歳, 全員右利き)被験者が MEG 実験に参加した.

2.3 実験方法

全ての刺激音は, 60 dBSPL で提示された. 誘発脳磁界反応(AEF)は磁気シールドルームで 122 ch 全頭型 DC-SQUID 磁束計を用いて計測された. 一定の覚醒レベルを維持するために, 被験者は前におかれたスクリーンに映された無音の映画に集中して, 刺激音を無視するように指示された. 刺激間間隔 1.5 s で, ランダムな順序で提示された. 刺激音の継続時間は 0.5s であった. MEG データは 0.03 ～ 100 Hz のバンドパスフィルタをかけた後 400 Hz でサンプリングされ, およそ 100 回平均加算された. 反応がどのチャンネルでも, 3000 ft/cm を超える場合は加算から除外された. 平均加算された反応は, 1.0 ～ 30.0 Hz でデジタルフィルタを通された. 分析時間は刺激開始前の 0.2 s から 0.7 s であった. 刺激入力前 0.2s 間の平均磁場をベースラインとした. 左右側頭部 18 ch の RMS 値を求め, 潜時 70～120 ms における最大ピークを N1m 振幅とし, その時の潜時を N1m 潜時と定義した.

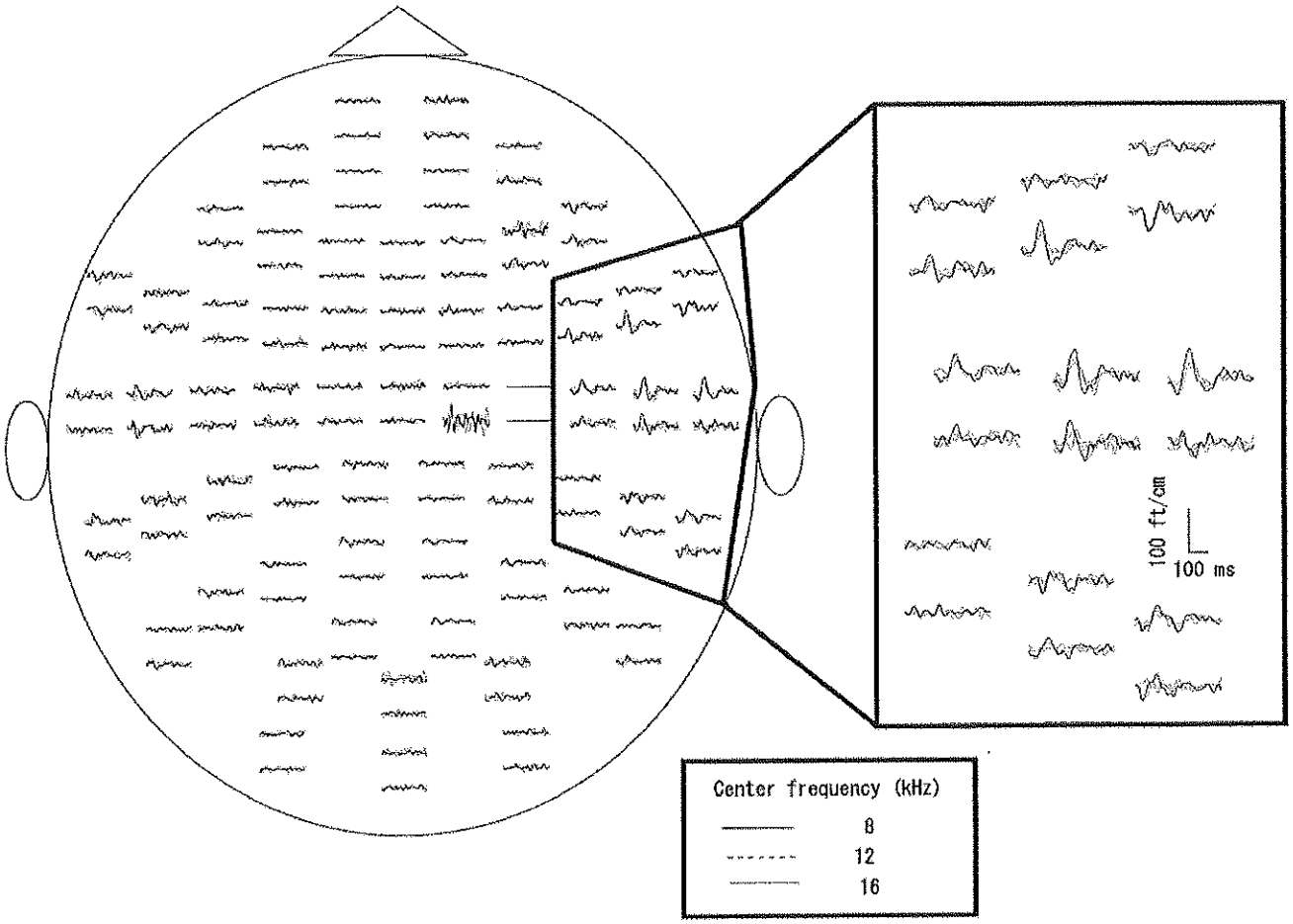


図 3, ある被験者の 122ch 全頭型 DC-SQUID で計測された 1/12 オクターブ雑音の誘発脳磁界反応

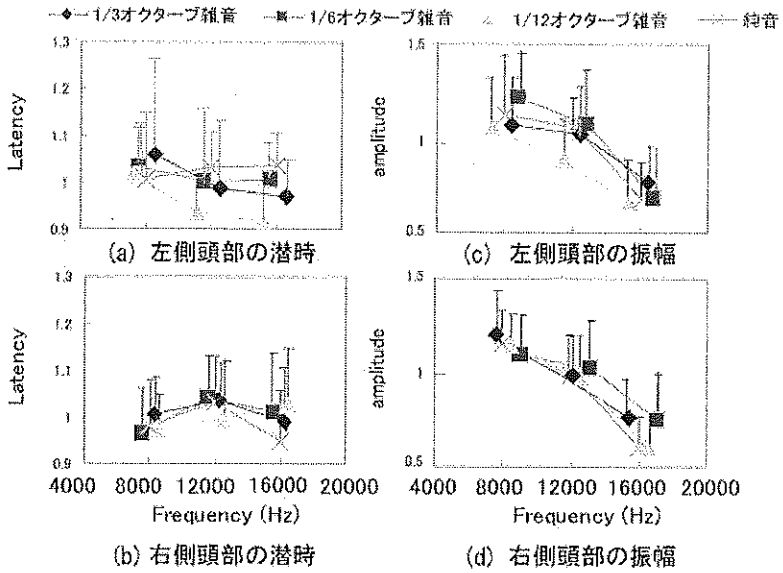


図 4. N1m 潜時と振幅

潜時および振幅とも個人ごとに平均値で正規化した値を表示（エラーバーは標準偏差）

3. 実験結果

中心周波数の異なる 1/12 オクターブ雑音によって誘発された，ある被験者の脳磁界反応を図 3 に示す．全ての刺激音に対して，全ての被験者の左右両側頭部で明瞭な N1m 反応が見られた．また，中心周波数の変化に伴って，N1m の振幅および潜時の両者が変化していることがわかる．

N1m 潜時および振幅（全被験者の平均）と中心周波数の関係を図 4 に示す．左右両側頭部において刺激周波数が大きくなるにつれて N1m 振幅は小さくなっていた．潜時は中心周波数・帯域幅の影響が見られなかった．一方，帯域幅が N1m 潜時および振幅に及ぼす影響は観察されなかった．

4. 考察

Soeta et al. [6]の研究では，中周波数域(500 Hz～2000 Hz)においては，刺激周波数が大きくなるにつれて，相対的に N1m の潜時が遅れ，振幅は小さくなるといった結果が報告されている．また，Soeta et al.[5]の研究で，500 - 2000 Hz の刺激周波数において，帯域雑音の帯域幅が広いほど N1m 振幅が小さくなるという結果が報告されている．本実験の高周波数域においても，N1m 振幅は中心周波数の上昇につれて小さくなるという結果が得られた．しかしながら，潜時においてはそのような傾向は見られなかった．また，帯域幅が N1m 潜時および振幅に及ぼす効果は見られなかった．これは聴神経における位相固定の欠乏によるものと考えられる．

今回の研究結果に加えて，ラウドネス（心理実験）を行い，その結果を比較することにより，高周波数領域における心理反応と生理反応の関係が明らかとなり，騒音知覚の神経生理メカニズムを解明する一助となるであろう．

謝辞

本研究は，文部科学省・科学研究費補助金（若手A）（平成18年度～平成20年度）および学術フロンティア推進事業（平成18年度～平成23年度）の援助を受けた．

参考文献

1)日本音響学会：聴覚と音響心理，コロナ社，1978.

2)日本音響学会：新版　音響用語辞典，コロナ社，2003.

3)難波精一郎：音の環境心理学，NEC メディアプロダクツ社，2001.

4) Sakurai, M., Sakai, H., and Ando, Y.: A computational software for noise measured by temporal and spatial factors, Journal of Sound and Vibration 241, pp.19-27

5) Soeta, Y., Nakagawa, S., Tonoike, M. : Auditory evoked magnetic fields in relation to bandwidth variations of bandpass noise, Hearing Research 202, pp.47-54, 2005

6) Soeta, Y., Nakagawa, S., and Matsuoka, K.; The effect of center frequency and bandwidth on the auditory evoked magnetic field , Hearing Research 218, p.p.64-71, 2006

高周波域における骨導ラウドネス特性
－骨導超音波の知覚メカニズムに関する検討－

Loudness characteristics of bone-conduction in high frequency range,
－A study on perception mechanism of bone-conducted ultrasound－

○板東　亮介*,**,　伊藤　一仁*,　中川　誠司*,　小谷　賢太郎**,　堀井　健**
*独立行政法人　産業技術総合研究所,　**関西大学工学部
BANDO Ryosuke*,**, ITO Kazuhito*, NAKAGAWA Seiji*, KOTANI Kentaro**, HORII Ken**
*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST),
** Faculty of Engineering, Kansai University

1　はじめに

骨導によって提示された超音波は骨導超音波と呼ばれる．聴覚健常者のみならず一部の重度感音性難聴者にも知覚されるということが知られており，重度難聴者の補聴器としての応用を目指した研究が展開されている[1]．

本研究では，可聴な周波数帯域から超音波帯域までの骨導音に対するラウドネス特性の変遷（骨導の等ラウドネス曲線）を調査し，骨導超音波の知覚メカニズムについて検討した．すなわち，通常の可聴域の骨導音と骨導超音波のラウドネス特性を比較することによって，骨導超音波の知覚メカニズムを解明するための手掛かりを探った．また，骨導超音波補聴器の開発に有益な知見を得ることを目的として，骨導音の主観的な音の大きさと物理的な刺激レベルとの関係を調べた．

2　骨導超音波の特徴

超音波(周波数が 20 kHz 以上の音)は骨導によって聴くことができ，100 kHz を超える帯域の知覚も可能である[2]．しかし骨導超音波の聴こえは，超音波そのものの周波数ではなく，十数 kHz のピッチとして聴こえる[3]．但し，被験者の違いによって，或は，呈示場所や振動強度の違いによって，そのピッチ感は少なからず変動するため，ピッチの周波数を同定することは難しい．また，気導音でマスク（知覚の妨害）することが難しく，気導音に比べてダイナミックレンジ（聴こえの大きさの範囲）が狭いという特徴も報告されている[4]．さらに振幅変調された骨導超音波はキャリアのピッチばかりでなく，その変調信号も聴くことができるため，補聴器への応用が図られている[1]．

3　等ラウドネス曲線

3.1　等ラウドネス曲線とは

音の大きさ（ラウドネス：loudness）は，物理量である音の強さと密接な関連を持つ．一般的に，強い音は大きく弱い音は小さく感じるが，物理的に同じ強さの音が必ずしも同じ大きさに感じられるとはいえない．それは強さが同じであっても周波数が異なれば，感じる音の大きさが変化するからである[5]．種々の周波数と強さを持つ音を比較受聴すれば，周波数と強さに関する大きさの関係を求めることができる．Fletcher と Munson(1933)[6]は調べたい音の大きさを，その音と等しい大きさに聞こえる 1000 Hz の純音の強さで示した[7]．この測定法の変形として，1000 Hz の音のレベルは固定しておき，調査音の強さを変化させて大きさを合わせる方法がある[7]．この手続きをさまざまな周波数の純音について行い，ラウドネスが等しいレベルを結んでいった等高線が，音の大きさの等ラウドネス曲線であり，気導音に関しては ISO226(2003 年改訂)によって国際規格化されている[8]．

3.2 骨導ラウドネス

骨導のラウドネス特性は，骨導振動子の特性や生体の伝達特性，刺激条件の違いなどによる変動のため，体系的には調べられていない．特に本研究で調査対象としている超音波帯域に関しては，ほとんど未知である．

ところで，骨導音が，聴覚を司る器官である蝸牛を興奮させる機構は，気導音の場合とほぼ同じであると考えられている．骨導聴力は，外界の騒音の影響を受けやすく，気導によって内耳に伝えられた音によって容易に骨導聴力が変動するからである [9]．しかし，骨導超音波は気導音によってあまり影響を受けることがなく，また内耳に障害があっても聴取可能な場合があるため，その知覚メカニズムは気導音や，通常の可聴域の骨導音のものとは違っている可能性がある．

4 実験

4.1 目的

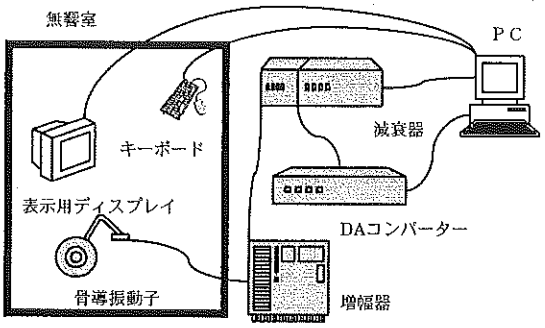
10 kHz～35 kHz の 1 kHz ごとの正弦波骨導音についてラウドネス特性を調査し，最小可聴値，及び 30 kHz の骨導超音波の 5 dB SL，10 dB SL の感覚レベルに対する等ラウドネス曲線を作成する．

4.2 条件

被験者：聴覚健常者 3 名 (男性)
実験場所：無響室
呈示刺激：10～35 kHz の 1 kHz 毎の正弦波骨導音
呈示位置：片側乳様突起

4.3 装置

実験装置の構成を図 1 に示す．骨導音の提示はセラミック振動子(村田製作所 MA40E7S)によって行われた．実験の進行や被験者の回答は，GUI を通して PC により制御及び記録された．



DA 変換器：ECHO AUDIO LAYLA24
減衰器：Tucker-Davis Technologies PA5
増幅器：NF Electronic Instruments 4020

図 1 ：実験装置

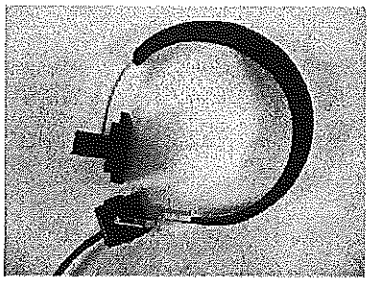


図 2 ：骨導振動子とヘッドバンド

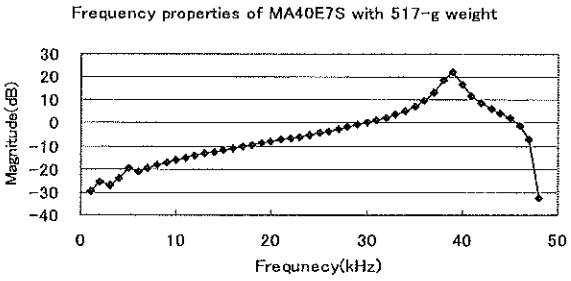


図 3 ：レーザードップラ振動計で計測された圧電セラミック振動子 MA40E7S の周波数特性．

4.4 骨導振動子

実験では，骨導振動子の振動面を乳様突起に固定するために，ヘッドバンドを用いた(図 2)．このヘッドバンドは約 5 N の押し付け圧力を発生する．骨導振動子 MA40E7S の振動には固有の周波数特性がある．図 3 に，振動子の共振特性を示す．これはレーザドップラ振動計（小野測器 LV1720）で計測したもので，振動速度を表している．各被験者のラウドネス特性の最終的な結果は，この振動子の 10~35 kHz の帯域の出力特性によって補正された．

4.5 方法

4.5.1 骨導音の最小可聴値の測定

始めに，測定したい目標音を受聴可能な振動子の出力レベルに設定した．測定は二つの無音区間と一つの目標音でランダムに構成された三区間の中からどこで音が聞こえたかをコンピュータ上の GUI を通じて答えさせる三区間三肢強制選択法を用いた．目標音が在った区間を 3 回連続して選択（正解）すれば，出力レベルを下げて受聴の難易度を上げ，1 回でも間違った区間を選択した場合は出力レベルを上げた（3down1up 変形上下法）．不正解，正解の転換点が 12 回になればその目標音での最小可聴値の調査は終了とする．始めの 4 点を除いた 8 点の転換点の平均をその目標音の最小可聴値とする．目標音の周波数を変えて以上の手順を繰り返し行った．

骨導音の感覚レベルが振動子の提示場所や押し付け圧力の僅かな違いによって影響を受ける．日時を変えて行われた測定値間の出力レベルを整合するため，測定毎に必ず 30 kHz の骨導音の最小可聴値を計測し基準とした．

4.5.2 骨導音のラウドネスレベルの測定

測定した 30 kHz 骨導超音波の最小可聴値より 5 dB 高い出力レベル(5 dB SL)を基準音とし，その基準音と目標音を交互に聞き比べ，ラウドネスが等しくなるように，目標音のレベルを被験者自らが調整する調整法を用いた．基準音及び目標音の時間長は 1 秒で，二つの刺激の間隔は 0.2 秒であった．そして刺激のペアは 1 秒の間隔で繰り返し提示された．被験者は GUI 上のスライドによって目標音の出力レベルを変化させ，基準音と等しいラウドネスレベルに調整した．

一連の実験は，刺激のペアとなる基準音と目標音の提示順序を入れ替えた場合の 2 通りと，目標音が基準音のラウドネスより明らかに大きいレベルから始める下降系列と，基準音のラウドネスより明らかに小さいレベルから始める上昇系列との 2 通りからなる計 4 通りの試行が行われ，その平均をとった．

以上の手続きは 30 kHz の骨導超音波の最小可聴値から 10 dB 高い出力レベル(10 dB SL)についても同様に行われた．

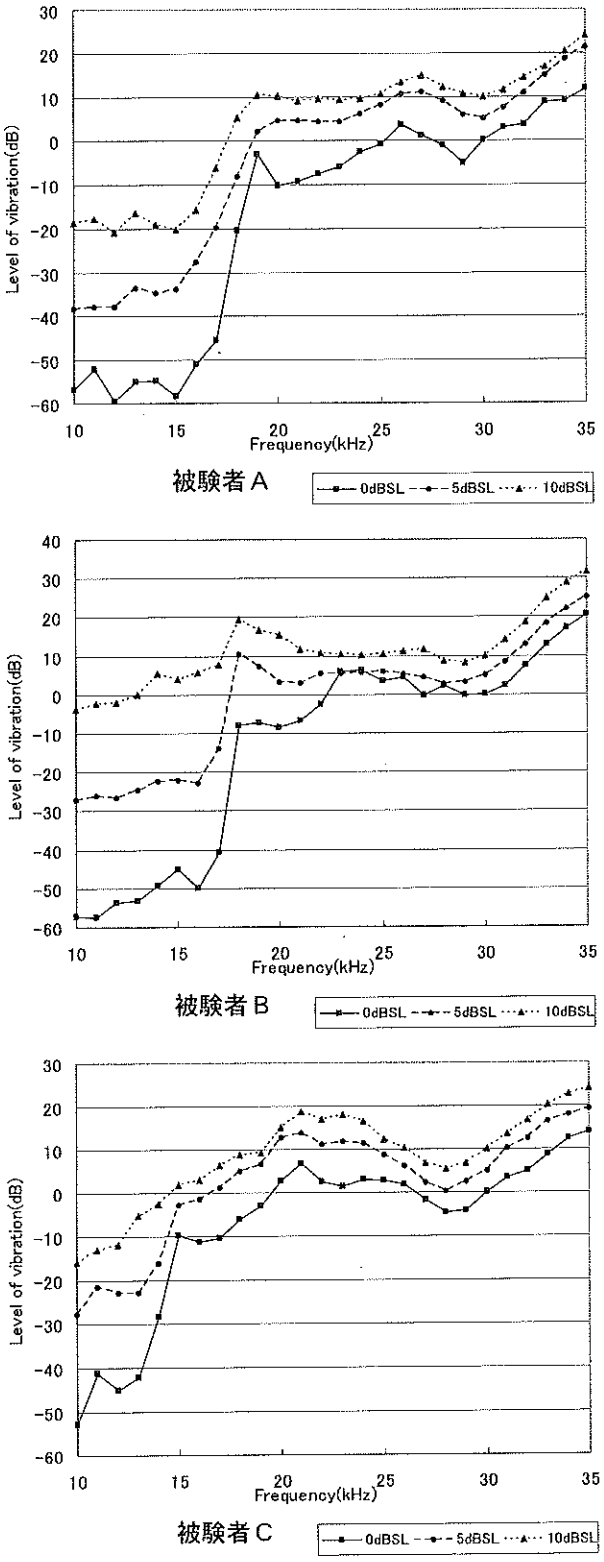


図 4：各被験者の等ラウドネス曲線．0dBSL は最小可聴値レベル，5 dB SL 及び 10 dB SL はそれぞれ 30 kHz の骨導超音波の 5 dB と 10 dB の感覚レベルを基準とした等ラウドネス曲線を示す．

4.6 実験結果

各被験者の 10~35 kHz の骨導音における等ラウドネス曲線を図 4 に示す．図では各骨導音の最小可聴値，及び 30 kHz の骨導超音波の 5 dB SL, 10dBSL の感覚レベルと等しいラウドネスになる出力レベルがプロットされ，線で結ばれている．

各被験者の共通点

- 可聴域となる 10～13 kHz の骨導音の最小可聴値は，基準となる 30 kHz の骨導超音波に比べ 40dB 以上の低い出力レベルを示した．
- 5dBSL，10dBSL の等ラウドネス曲線は最小可聴値(0dBSL)の曲線に沿うような形で変化を示した．但し低域では曲線間に 20dB 近い差が見られるのに対し，超音波帯域ではほぼ均等に推移した．
- 15～18 kHz で出力レベルの急激な上昇（ラウドネス曲線の急勾配）が各曲線で見られた．

各被験者の相違点

- 共通点で挙げられるように類似した傾向はあるものの急激に出力レベルが上昇する帯域（変化域）や等ラウドネス曲線の間隔の推移には個人の間で違いが見られた．

5 考察

各被験者に共通して，最小可聴値の急激な上昇が見られた．この急激な変化を起こす周波数帯域は，若干の違いはあるものの，概ね類似した帯域であった．この現象は，気導音における可聴範囲との関係が推測される．しかし，頭蓋骨や皮膚などの振動の伝達特性や振動子の出力特性などによる影響も考慮していく必要がある．

5 dB SL，10 dB SL の等ラウドネス曲線は最小可聴値のグラフに沿うような形で推移した．10~13 kHz の骨導音は出力レベルが比較的低い値となり，20 kHz 以上の超音波帯域になると出力レベルが高い値となった．また，等ラウドネス曲線の間隔は聞こえのダイナミックレンジを表していると考えられ，低域の可聴な骨導音に対しては広く，高域の骨導超音波では狭くなっている．骨導超音波のピッチは十数 kHz と言われているが，これらの特性の違いは，骨導超音波の違いが可聴な帯域の骨導音とは異なっている可能性を示唆する．

また骨導超音波の特徴として狭いダイナミックレンジが広く分布する傾向が見られた．この結果は，骨導超音波が聞き得る最小のラウドネスレベルから振動子の出力レベルを少し強めるだけで耐え難い音の大きさになることを示唆している．骨導超音波補聴器において，実用的な骨導音の感覚レベルを確保するために必要な骨導超音波の刺激レベルの目安を示していると考えられる．

謝辞

本研究は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 平成18年度産業技術研究助成事業，及び文部科学省 平成18年度学術フロンティア推進事業の補助を受けて実施された．

参考文献

1) Nakagwa, S., Okamoto, Y., Fujisaka, Y., Trans. Jpn. Soc. Med. Biol. Eng., 44(1), pp. 184-189, 2006.
2) Pumphrey, R.,:Upper limit of frequency for human hearing,Nature,166,p.571(1950).
3) Dieroff, H.G., Ertel, H.: Some thoughts on the perception of ultrasonics by man, Arch.OtoRhino. Laryngol. 209, pp.277-299 (1975).
4) Nishimura,T.,Nakagawa,S., Sakaguchi,T, Hosoi,H: Ultrasonic masker clarifies ultrasonic perception in man, Hear. Res., 175,pp.171-177(2003).
5) 中川聖一，鹿野清宏，東倉洋一: ニューサイエンス&テクノロジーシリーズ　音声・聴覚と神経回路網モデル, pp.116-117,オーム社(1990).
6) Fletcher, H. and Munson, W.A: Loudness, its definition, measurement and calculation.J.Acoust. Soc.Am.5,pp.82-108(1933).
7) B.C.J.ムーア:聴覚心理概論,pp.55-59,誠信書房(1994).
8) International Organization for Standardization: Acoustics—Normal Equal-Loudness Contours [ISO 226:2003] (International Organization for Standardization, Geneva.) (2003).
9) 日本音響学会:音響用語辞典,p.197,コロナ社(1988).

刺激音の立ち上がり形状が大脳聴覚野活動に及ぼす影響
－立ち上がり時間と立ち上がり速度の効果の検討－

Effects of time envelope of sound stimuli on the auditory cortical activity
- Comparison between rise-time and rising-speed -

○萬谷 惇*,**, 中川 誠司**, 小谷 賢太郎***, 堀井 健***
*独立行政法人 産業技術総合研究所 **関西大学大学院 工学研究科
***関西大学 工学部
MANTANI Makoto*,**, NAKAGAWA Seiji**, KOTANI Kentaro***, HORII Ken***
*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST),
**Graduate School of Engineering, and ***Faculty of Engineering, Kansai University

1 はじめに

刺激音の立ち上がり（音圧が0から増加していきプラトーに達するまでの部分）の形状は聴覚の知覚・認知特性に影響する．例えば，破擦音と摩擦音の弁別には立ち上がりの形状が影響を及ぼすこと[1]や，立ち上がり時間の変化によって，/c/ と /s/ や /b/ と /w/ のような子音における知覚上の違いが引き起こされることが報告されている[2][3]．また，立ち上がり形状は音色にも影響を与えることが知られている[2]．

立ち上がり形状が聴覚に及ぼす効果は，生理反応としても確認されている．脳幹の聴覚伝達路の活動を反映する聴性脳幹反応 (Auditory Brainstem Response: ABR) はクリックのような立ち上がりの急峻な音に対して明瞭に出現し，立ち上がり時間の延長に伴って反応が減少することが知られている[4]．

大脳聴覚野活動における立ち上がり形状の影響についてもいくつかの報告がある[5-7]．それらの報告では，刺激音の立ち上がり時間の増加とともに聴覚誘発反応（脳波反応N1もしくは脳磁界反応N1m）の振幅が減少し，潜時が増加するとされている．Kodera et al.はこの変化の原因として，立ち上がり時間の増加に伴う蝸牛神経線維発火の同期性の減少を挙げている[6]．しかしながら，これらの報告では刺激音の持続時間やプラトー音圧を一定に保ったまま立ち上がり時間のみを変化させているため，立ち上がり時間の変動に伴って，立ち上がりにおける音圧の時間勾配（以後，立ち上がり速度，dB SPL /s）や刺激音のエネルギー総量，さらにはスペクトル形状までもが変化してしまっている．N1mの振幅および潜時は，刺激音のエネルギー総量[8]や，スペクトル形状[9]によっても変化することが知られている．過去の立ち上がり研究においては，刺激のどのパラメータの影響がN1mに反映されたのかが明確でない．

本研究では，立ち上がり時間に伴って変化する個々のパラメータが聴覚野活動に及ぼす影響の検討を目的として，聴覚脳磁界の計測を行った．刺激音のエネルギーおよび立ち上がり速度，それぞれを一定に保った条件下で立ち上がり時間を変化させ，N1mの振幅および潜時の変化を観察した．

2 実験

2-1 刺激音

立ち上がり時間の変化に伴う周波数スペクトルの変化による影響を避けるため，刺激音にはノイズバーストを用いた．

計測は2つのセッションに分けて行われた．それぞれのセッションでは，以下の2種類の刺激音セットが用いられた．それぞれのセッションにおける刺激音の時間包絡線形状を図1，2に示す．

(1) エネルギー一定条件：刺激全体のエネルギーが一定になるようにして，立ち上がり時間を変化させた．すなわち，立ち上がり時間の増加に伴って立ち上がり速度が減少し，刺激音の最大音圧が増加した．
(2) 立ち上がり速度一定条件：音圧の時間勾配が一定になるようにして，立ち上がり時間を変化させた．すなわち，立ち上がり時間の増加に伴ってエネルギーおよび刺激音の最大音圧が増加した．

各セッションにおいて刺激音の立ち上がり時間は2.5，5.0，10，20 msと変化させ，立ち下がり時間は5.0 msで固定した．N1mにおける時間積分窓の長さは32 - 64 ms程度とされていることを考慮し[8]，刺激音の全エネルギーが積分されるように持続時間を30 msとした．また，刺激間隔は1.9 ～ 2.1 s間でランダムに変化させた．それぞれのセッションに

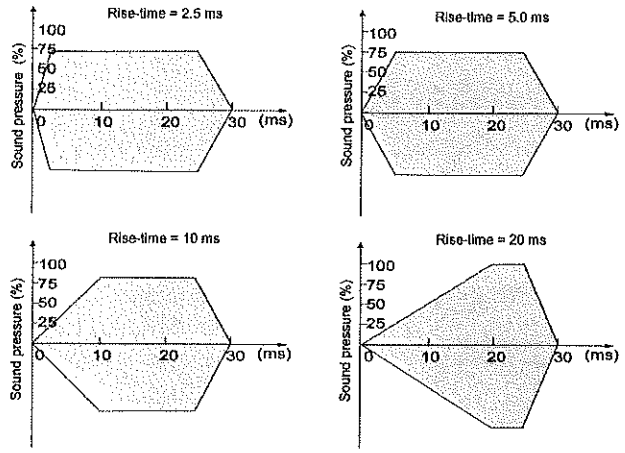


図 1　エネルギー一定条件における刺激音の時間包絡線形状．立ち上がり時間が変化してもエネルギーが一定に保たれるように，プラトー音圧を変化させている．立ち上がり速度は立ち上がり時間に伴って変化する．

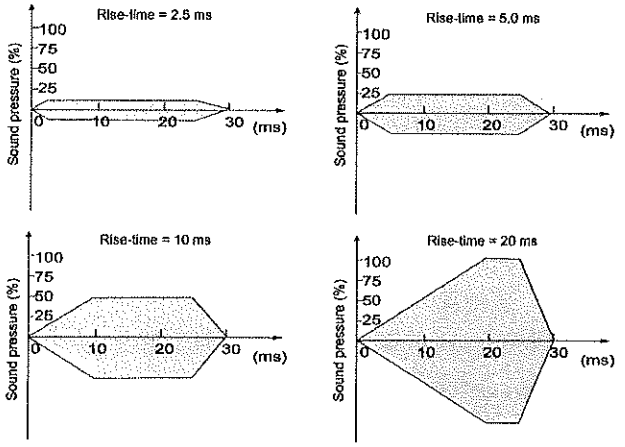


図 2　立ち上がり速度一定条件における刺激音の時間包絡線形状．立ち上がり速度を一定に保ったまま，立ち上がり時間を変化させている．プラトー音圧は立ち上がり時間に伴って変化する．

おける刺激音圧は，立ち上がり時間 20 ms のノイズバーストにおいて 20 dB SL，40 dB SL，または 60 dB SL になるように，被験者ごとに調整された．

刺激呈示には挿入型イヤホンを用いた．イヤーピース末端における周波数特性が 50 ～ 16000 Hz で平坦になるように，計算機上で周波数補正処理を施した．

2-2　被験者

事前に同意を得た聴覚健常成人を被験者とした．刺激音圧が 20 dB SL において 7 名（男性 7 名，22－24 歳），40 dB SL において 10 名（男性 9 名，21－36 歳），60 dB SL において 10 名（男性 9 名，21－36 歳）のデータを得た．被験者には，体動によるアーティファクトを発生させないために不必要な動作を控えるように，また，計測中は被験者自身が選んだ無声の映画を見て刺激音に注意を払わないよう教示した．

2-3　脳磁界計測

磁気シールドルーム内の 122 ch 全頭型脳磁界計測システム (Neuromag-122™) を用いて計測を行った．刺激により誘発された脳磁界を，0.03 - 100 Hz のバンドパスフィルタを通した後にサンプリング周波数 400 Hz で A/D 変換し，すべての刺激に対して 100 回以上の加算平均を行った．計測時間は，刺激呈示前 200 ms から呈示後 500 ms までとした．加算平均後のデータは，0.3 - 30 Hz のバンドパスフィルタを通し，刺激前 200 ms 間のデータを用いてオフセットを除去した．

2-4　解析

本研究で使用した 122 ch 全頭型脳磁界計測システム (Neuromag-122™) は，1 つの計測位置に 2 つのピックアップコイルが配置され，直交する 2 つの方向（緯線方向，経線方向）の空間微分を同時に計測する [10]．計測箇所における磁界の空間微分の大きさを見るために，この 2 つの磁界空間微分成分のベクトル和，すなわち，

$$B' = \sqrt{(\partial Bz/\partial x)^2 + (\partial Bz/\partial y)^2}$$

で定義される B' を磁界の振幅値と定義した．右側頭部で，この N1m の振幅値が最大となるチャネルを選び，そのチャネルでの振幅および潜時を刺激間で比較した．なお，N1m 振幅は各被験者内での最大値を 1.0 として正規化した．各条件の振幅および潜時において，立ち上がり時間および刺激音圧を主効果とした二元配置分散分析，および多重比較検定 (Fisher's PLSD) を行った．また，立ち上がり時間の増加に伴う N1m 振幅および潜時の変化を，Paired-t test を用いて調べた．

3　結果

計測された波形の一例を図 3，4 に示す．全ての被験者において，右側頭部に潜時約 70 ～130 ms で明瞭な N1m が観察された．

エネルギー一定条件における立ち上がり時間と N1m 振幅，潜時の関係を図 5，6 に，立ち上がり速度一定条件における立ち上がり時間と N1m 振幅，潜時の関係を図 7，8 に示す．なお，エラーバーは標準偏差を示す．

分散分析の結果，立ち上がり速度一定条件で N1m

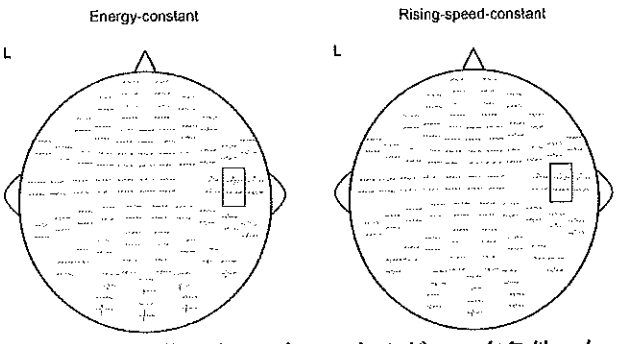


図 3　誘発脳磁界波形．左：エネルギー一定条件，右：立ち上がり速度一定条件．後頭部のチャネルに見られる変動は刺激呈示に伴うアーティファクトである．

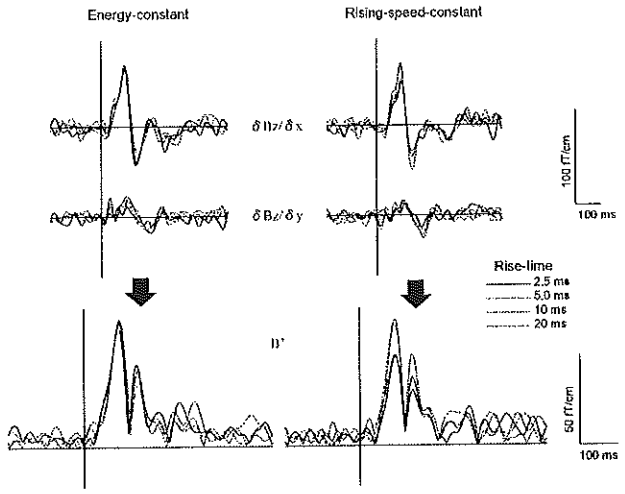


図 4　右側頭部（図 3 の四角で囲んだ部分）において計測された誘発脳磁界波形（δBz/δx，δBz/δy，および B'）．左：エネルギー一定条件，右：立ち上がり速度一定条件．

振幅に対する立ち上がり時間の効果（$p < 0.01$）および刺激音圧の効果（$p < 0.05$）が，N1m 潜時に対する刺激音圧の効果（$p < 0.01$）が見られた．また，エネルギー一定条件で N1m 振幅に対する刺激音圧の効果（$p < 0.05$）および N1m 潜時に対する刺激音圧の効果（$p < 0.01$）が見られた．

多重比較検定を行った結果，立ち上がり速度一定条件において，N1m 振幅に対する立ち上がり時間（2.5 ms - 5.0 ms: $p < 0.05$, 2.5ms - 10 ms: $p < 0.01$, 2.5 ms - 20 ms: $p < 0.01$, 5.0 ms - 20 ms: $p < 0.01$, 10 ms - 20 ms: $p < 0.01$）および刺激音圧の効果（20 dB SL - 40 dB SL: $p < 0.05$, 20 dB SL - 60 dB SL: $p < 0.01$）が見られた．また，N1m 潜時に対する立ち上がり時間（2.5 ms - 20 ms: $p < 0.05$）および刺激音圧の効果（20 dB SL - 40 dB SL: $p < 0.01$, 20 dB SL - 60 dB SL: $p < 0.01$）が見られた．一方，エネルギー一定条件においては，N1m 振幅に対する刺激音圧の効果（20 dB SL - 40 dB SL: $p < 0.05$, 20 dB SL - 60 dB SL: $p < 0.05$）が，N1m 潜時に対する刺激音圧の効果（20 dB SL - 40 dB SL: $p < 0.01$, 20 dB SL - 60 dB SL: $p < 0.01$）が見られた．

Paired t-test の結果，立ち上がり速度一定条件において，立ち上がり時間の増加に伴って N1m 振幅が増加し（40 dB SL: 2.5 ms - 5.0 ms: $p < 0.01$，60 dB SL: 10 ms - 20 ms; $p < 0.05$），N1m 潜時が減少した（40 dB SL: 2.5 ms - 5.0 ms: $p < 0.05$，60 dB SL: 2.5 ms - 5.0 ms; $p < 0.05$）．一方，エネルギー一定条件においては，立ち上がり時間の増加に伴う，N1m 潜時の増加が見られた（40 dB SL: 5.0 ms - 10 ms: $p < 0.01$）．

4　考察

4-1　立ち上がり速度一定条件

刺激音圧に関わらず，立ち上がり時間の増加に伴って N1m 振幅が増加した．また，刺激音圧 20，40 dB SL の場合は N1m 潜時が減少する傾向が観察されたが，60 dB SL ではそのような傾向は認められなかった．過去の研究において，刺激音の持つエネルギーの増加に伴って N1m 振幅は増加，潜時は減少するものの，エネルギーが一定値に達するとその増加および減少は飽和することが報告されている[8)11)]．立ち上がり速度一定条件においては，立ち上がり時間が増加するほど刺激音のエネルギー量が大きくなる．刺激音圧 60 dB SL の場合にはエネルギーが大きいために潜時減少が飽和したと考えれば，この結果は N1m のエネルギー積分機構を反映したものであると捉えることができる．

4-2　エネルギー一定条件

どの刺激音圧においても，立ち上がり時間による N1m 振幅への有意な効果は観察されなかった．この事実と立ち上がり速度一定条件の結果と併せて考えると，過去の研究において観測された立ち上がり時間の増加に伴う振幅の増加[5-7)]は，実質的には刺激音のエネルギー増加の影響を反映していた可能性が高いと思われる．

一方，刺激音圧 20 dB SL，40 dB SL においては，立ち上がり時間の増加に伴って N1m 潜時が増加する傾向が観察された．特に，刺激音圧 40 dB SL においては，立ち上がり時間 5.0 ms - 10 ms 間で N1m 潜時に有意差（Paired-t test）も見られる．しかしながら，分散分析では立ち上がり時間の効果は認められていない．今回の結果からは，立ち上がり速度の

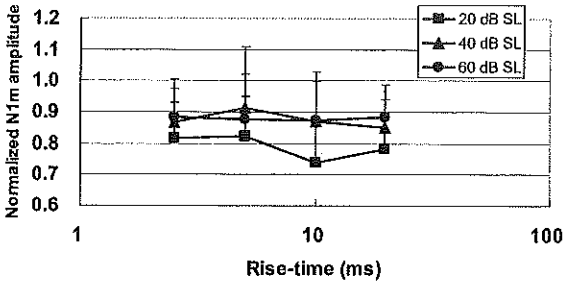


図 5　各刺激条件における立ち上がり時間と N1m 振幅の関係（エネルギー一定条件）.

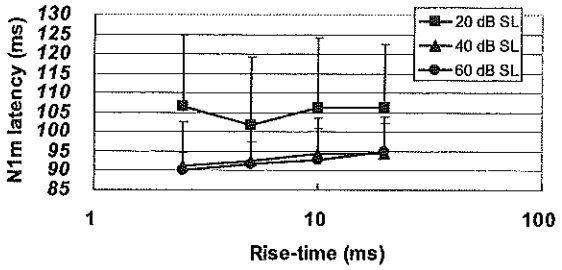


図 6　各刺激条件における立ち上がり時間と N1m 潜時の関係（エネルギー一定条件）.

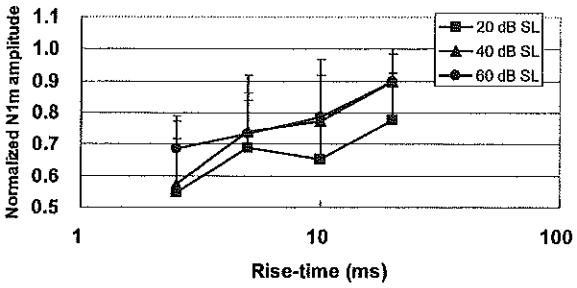


図 7　各刺激条件における立ち上がり時間と N1m 振幅の関係（立ち上がり速度一定条件）.

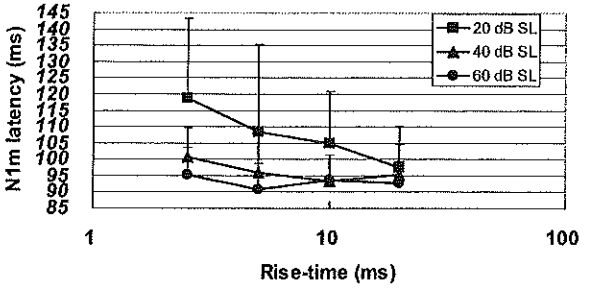


図 8　各刺激条件における立ち上がり時間と N1m 潜時の関係（立ち上がり速度一定条件）.

変化が N1m 潜時に影響を及ぼすと結論することができないが，N1m 振幅に比べると潜時は立ち上がり速度の影響を受けやすいのかもしれない.

4-3　聴覚における時間情報処理過程

大脳聴覚野においては，立ち上がり速度の影響はほとんど見られなかった．しかし，より末梢の神経系の反応，例えば脳幹の反応である ABR では刺激音の立ち上がり形状の影響が顕著に現れることが知られている[4]．今回の結果は，内側膝状体から聴覚野における中枢神経系において，刺激音の立ち上がり形状に関する情報を消失させる作用，もしくはエネルギー総量に関する情報をよりよく抽出する機構が存在することを示唆している.

5　結論

刺激音のエネルギー量もしくは立ち上がり速度を一定にした状態で立ち上がり時間を変化させ，N1m の変化を観察した．その結果，立ち上がり速度を一定に保ったままエネルギーを変化させた場合は，立ち上がり時間の増加（＝エネルギー増加）に伴う N1m 振幅の増加，潜時の減少が観察された．一方，エネルギー量を一定に保ったまま立ち上がり速度を変化させた場合は，立ち上がり時間の増加（＝立ち上がり速度の減少）に伴う N1m 振幅および潜時の有意な変化は観察されなかった．これらの結果は，大脳聴覚野においては，立ち上がり速度の影響よりも，立ち上がり時間に伴うエネルギーの変化の方がより大きな影響を及ぼすことを示している.

謝辞

本研究は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）平成 18 年度産業技術研究助成事業，総務省 平成 18 年度戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)，および文部科学省 平成 18 年度学術フロンティア推進事業の補助を受けて実施された.

参考文献

1) Howell, P., et al.: Journal of the Acoustical Society of America, vol.73, pp.976-984 (1983).
2) Cutting, J., et al.: Perception and Psychophysics, vol. 16(3), pp.564-570 (1974).
3) Mack, M., et al.: Journal of the Acoustical Society of America, vol.73, pp.1739-1750 (1983).
4) Folsom, R., et al.: Audiology, vol. 26(2), pp.117-122 (1987).
5) Onishi, S., et al.: Journal of the Acoustical Society of America, vol. 44(2), pp.582-590 (1968).
6) Kodera, K.,et al.: Audiology, vol.8(5), pp.395-402 (1979).
7) Elfner, L.F., et al.: Biological psychology, vol. 4(3), pp.197-206 (1976).
8) Nakagawa, S., et al.: Journal of Applied Physics, vol. 85(8), pp.5708-5710 (1999).
9) Soeta, Y., et al.: Hearing Research, vol. 218, pp.64-71 (2006).
10) Ahönen, A.I., et al.: Physica. Scripta., vol. 49, pp.198–205 (1993).
11) Näätänen, R., et al.:Psychophysiology, vol. 24(4), pp. 375-425 (1987).

驚愕性瞬目反射の先行刺激効果におよぼす背景要因の検討

Back ground factors on the lead-stimulation effects of human startle eyeblink reflex

○田中邦彦*, 岡田 明*, 山田冨美雄**

*大阪市立大学大学院生活科学研究科 **大阪人間科学大学大学院人間科学研究科

TANAKA Kunihiko*,OKADA Akira*, YAMADA Fumio**

*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University,

** Graduate School of Human Sciences, Osaka University of Human Sciences

1 はじめに

驚愕性瞬目反射(startle eyeblink reflex)は、突然提示される強音によって誘発される一連の防御反射パターンのうち、最も速く現れる瞬目反射であり、環境内の急激な変化に対して即座に応答する驚愕反応パターンの主要な成分である(Landis & Hunt, 1939)。また驚愕性瞬目反射は、人間の情報処理過程における注意との関連から、先行刺激効果（lead-stimulation effects）に関する研究を中心に幾多の研究が散見できる。

先行刺激効果とは、驚愕性瞬目反射を誘発させる刺激に先行して、それ自体反射を誘発しない微弱刺激を先行付加提示することによって生じる反射変容で、100ms 前後の先行時間での反射抑制（先行刺激抑制効果：prepulse inhibition: PPI）と、1s 以上の先行時間での反射促進（先行刺激促進効果）が同定されている（山田, 2002)。PPI は、その消失が統合失調症のマーカとみなされ、薬効検定に用いられるなど多くの注目を集めている。また先行刺激促進効果は、恐怖などの不快感情の測定に援用され、驚愕プローブパラダイムとして多くの研究がなされている。

これまで筆者らは、驚愕性瞬目反射測定のためのＰＣシステムを開発し（田中・山田,2005）、可搬型実験装置の開発とその実用化評価のための反射誘発刺激(S_2)強度効果（田中・山田,2006a)、先行刺激(S_1)の種類が PPI 出現様式に与える影響（田中・山田,2006b）について検討を行ってきた。

本研究では、驚愕性瞬目反射の先行刺激効果を環境評価に援用するための基礎資料を得るために、先行刺激と反射誘発刺激の関係に注目し、その刺激間間隔や背景音との関係を検討する実験を行ったので報告する。

2 方法

本研究に本研究に関する一連の実験の最初のステップである基礎実験の内容を以下に紹介する。

2．1 被験者ならびに場所

健常な大学生 5 名（男性 4 名、女性 1 名）で年齢は 20～23 歳（平均 21.4±1.0 歳）であった。実験に際し、実験内容と危険性の説明を行い、同意書にサインを求めた。本実験は、大阪人間科学大学 7 階、大学院臨床生理心理学実験室内の防音室内（河合楽器社製、防音効率－ 30dB）で実施された。

2．2 刺激

音刺激は、S_1 として 1000Hz の純音を用い、持続時間 50ms、立ち上り立ち下り時間 (rise /fall time : r/f 時間) 10ms、ヘッドフォンレベルの音圧強度 70 dB(A) に設定した。 S_2 としては強度が 100 dB(A)の白色雑音を用い、持続時間 50ms、r/f 時間 0ms に設定した。S_1 のオンセットから S_2 のオンセットまでの時間 (stimulus onset asynchrony : SOA) が 50ms、100ms、300ms、1000ms の 4 種の刺激条件を用いた。4 種の SOA の刺激条件と S_2 単独提示の control 条件を含めた計 5 種の刺激条件を 5×5 のラテン方格を用いて 25 試行提示した。試行間間隔は 25～45s で平均 35s になるように設定した。

2．3 装置

可搬型 PPI システム(ニホンサンテク株式会社製 MaP1155SYS) を用いて刺激の提示ならびに驚愕性瞬目反射量を測定した。本システムは、ノート PC と超小型アンプ内臓 1ch テレメーターを主とするシステムである（田中・山田,2006a)。音刺激はワイヤレスヘッドホン（SONY 製 MDR-RF5000）を介して

被験者の両耳に提示した。驚愕性瞬目反射量は眼輪筋EMGを小型アンプ内臓1chテレメーターによって記録し，Signal Basic Light（メディカルトライシステム社製）で作られたプログラムによって刺激提示後 20～120msの眼輪筋 EMG 波形を全波整流し積分値を算出することで求めた。

2．4　手続き

被験者は防音室内の椅子に座り、足元の注視点を見た状態で本実験を行った。本実験開始に先立ち、被験者には防音室内で基準音としてS_2を20s間隔で10回提示した。約 10min の休息の後、本実験を開始した。本実験における被験者の課題は、先に提示された基準音のS_2を聞いて驚いた程度を 100 として、実験中に提示される音刺激に対する主観的驚愕度をマグニチュード推定し、口頭で報告することであった。

3　結果

驚愕性瞬目反射量と主観的驚愕度はいずれも、対数変換したのち，統計的分析の対象とした。

3－1　驚愕性瞬目反射量

Fig. 1 に平均驚愕性瞬目反射量を SOA の関数として図示した。驚愕性瞬目反射量について刺激条件(5)×試行(5)の 2 要因分散分析を行ったところ、刺激条件の主効果（$F_{(4,16)}$=3.6, p<.01）が有意であった。Ryan 法を用いて下位検定を行ったところ、100msSOA 条件と control 条件、300msSOA 条件と control 条件、および 300msSOA 条件と 1000msSOA 条件の間に有意差がみられた。

3－2　主観的驚愕度

Fig.2 に平均主観的驚愕度を SOA の関数として図示した。主観的驚愕度について刺激条件(5)×試行(5)の 2 要因分散分析を行ったところ、試行の主効果（$F_{(4,16)}$=2.8, p<.10）に有意な傾向が認められた。

3－3　驚愕性瞬目反射量と主観的驚愕度の相関

主観的驚愕度と驚愕性瞬目反射量の相関関係をみるために、Fig.3 に全被験者の全試行における主観的驚愕度と驚愕性瞬目反射量の散布図を図示した。SOA 条件が識別できるようにプロット図柄を変えてある。主観的驚愕度と驚愕性瞬目反射量の積率相関係数を算出したところ、r=.247 と有意な正相関が得られた（n=125, p<.01）。

Fig.4 は、被験者ごとの主観的驚愕度と驚愕性瞬目反射量の試行間平均値をもとに描いた散布図である。条件間の識別ができるように、プロット図柄を変えてある。主観的驚愕度と驚愕性瞬目反射量の積率相関係数を算出したところ、r=.366 と正の相関に有意な傾向が認められた（n=25, p<.10）。

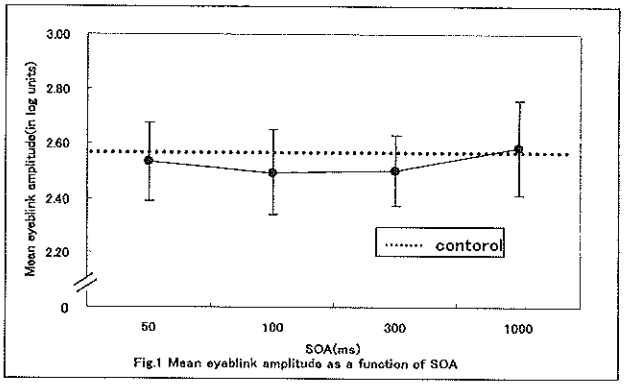


Fig.1 Mean eyeblink amplitude as a function of SOA

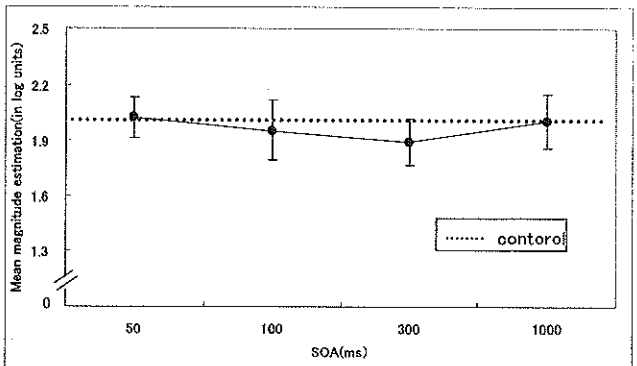


Fig.2 Mean magnitude estimation as a function of each SOA(in log units)

4　考察

本実験結果では、SOA の関数として驚愕性瞬目反射量とともに主観的驚愕度は有意に変化し、驚愕性瞬目反射量では 100msSOA 条件と 300msSOA 条件で control 条件との差が有意、300msSOA 条件と 1000msSOA 条件との差が有意であった。これは 100msSOA 条件と 300msSOA 条件で反射抑制が認められたことを示す。しかし抑制が起こるはずの最も短い SOA の 50msSOA 条件での抑制効果は有意水準には至らなかった。これは、被験者間で、PPI 出現の最適 SOA に違いがあることによるのかもしれない。また、本実験の手続き解説の段階で、10min の休憩を挟んで反射誘発刺激を 10 試行提示したこと

による慣れ(habituation)が影響した可能性がある。

さらに、本実験システム上の課題といえることだが、設定した刺激強度に問題が残されている。本実験時に設定した刺激強度が、これまでの実験システムでの設定値より、約 10dB 低いことが実験後わかったからである。今後は S_2 強度を高め、再実験を行う必要があると考えている。

以上の問題は残るにしても、驚愕性瞬目反射量と主観的驚愕度の間には正の相関関係が認められたことは興味深い。いかなるメカニズムから瞬目反射の活動量が、驚愕度という主観的評価を反映しているかについては、今後の実験によって検討する必要があるだろう。

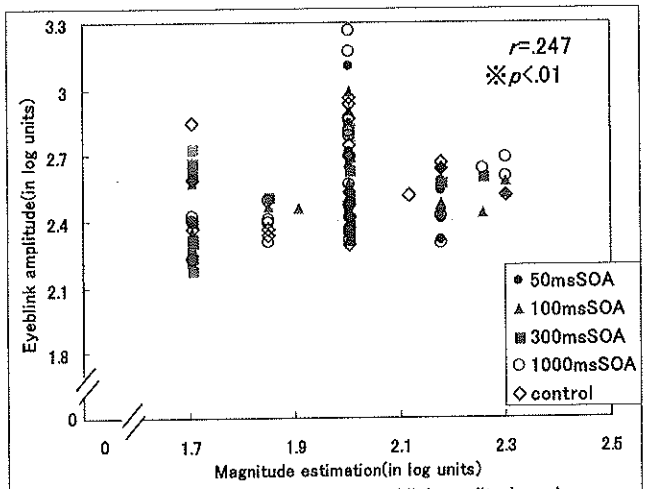


Fig.3 Correlations between eyeblink amplitude and magnitude estimation of all subject(in log units)

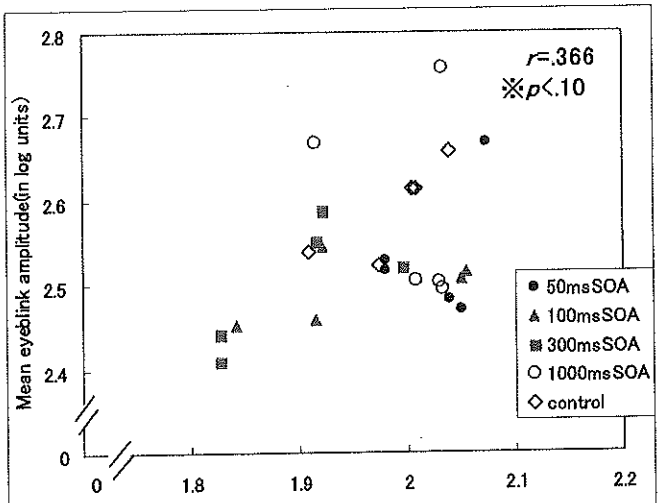


Fig.4 Correlations between mean eyeblink amplitude and mean magnitude estimation(in log units)

5 おわりに

本実験では、可搬型 PPI 測定システムを用いて、驚愕性瞬目反射の先行刺激効果を検討した。刺激強度の設定上の問題点から、これまでとは幾分違った結果とはなったものの、PPI 現象そのものは確認できた。今後は S_1 の種類や強度、Background noise の種類や強度の組み合わせが PPI にいかなる影響を与えるか、どのような組み合わせが環境評価測定に適しているかなど、詳細な実験をおこなうことで先行刺激効果の応用方法を探っていきたい。

参考文献

1) Landis ,C .& Hunt,W.A.： The startle pattern. NewYork Farrar Rinerhart., 1939
2) 山田冨美雄:瞬目による感性の評価ー驚愕性瞬目反射と自発性反射瞬目による感情評価ー：心理学評論, Vol.45, No1, 20-32, 2001
3) 田中邦彦・山田冨美雄：マルチトリガーシステムと Signal Basic Light を用いた驚愕性瞬目反射の実験システム, 生理心理学と精神心理学, Vol.23 No.2, 117, 2005
4) 田中邦彦・山田冨美雄：可搬型 PPI システムの開発と実用性の検討, 生理心理学と精神心理学, Vol.24 No.2, 209, 2006 a
5) 田中邦彦・山田冨美雄：聴覚先行刺激と反射誘発刺激の異同が PPI に与える影響, 日本心理学会第 70 回大会発表, 2006b

聴覚情報が映像の認知に与える影響について

The influence that auditory information exercises on visual perception

○元山千香，中村敏枝，堀中康行
大阪大学大学院　人間科学研究科
MOTOYAMA Chika, NAKAMURA Toshie, HORINAKA Yasuyuki
Graduate School of Human Science, Osaka University

1　目的

人間の認知機構における視覚と聴覚の関係については古くから研究が行われている。視覚の優位性が認められており、視覚と聴覚間の腹話術効果など多くの現象が報告されている（Gibson, 1933[1]；Howard & Templeton, 1966[2]；岩宮眞一郎, 2000[3]）。では、視覚情報が遮断された場合、聴覚との関係はどうなるのだろうか。本研究は、視覚的ターゲットが遮られた時に聴覚情報が映像の認知にどのように影響するのかを調べることを目的とした。特に、映像に付随する聴覚情報を中断させることによる認知の変容に注目したい。意図的な聴覚情報の中断が認知に及ぼす影響を検証できれば、映像分野での効果的な音楽や音の使い方への応用が期待できる。

2　方法

2.1　実験参加者

19～25歳の大阪大学学生10名（男6名、女4名）

2.2　場所

大阪大学豊中キャンパス感性情報心理学防音室

2.3　刺激

図1のような平面をボールが転がる10秒の映像刺激をFlash MX（Macromedia社）で作成した。視覚ターゲットとしてのボールは1秒間に2.7cm進み、4秒間で1回転するようにした。

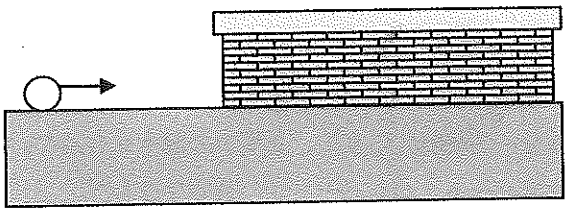
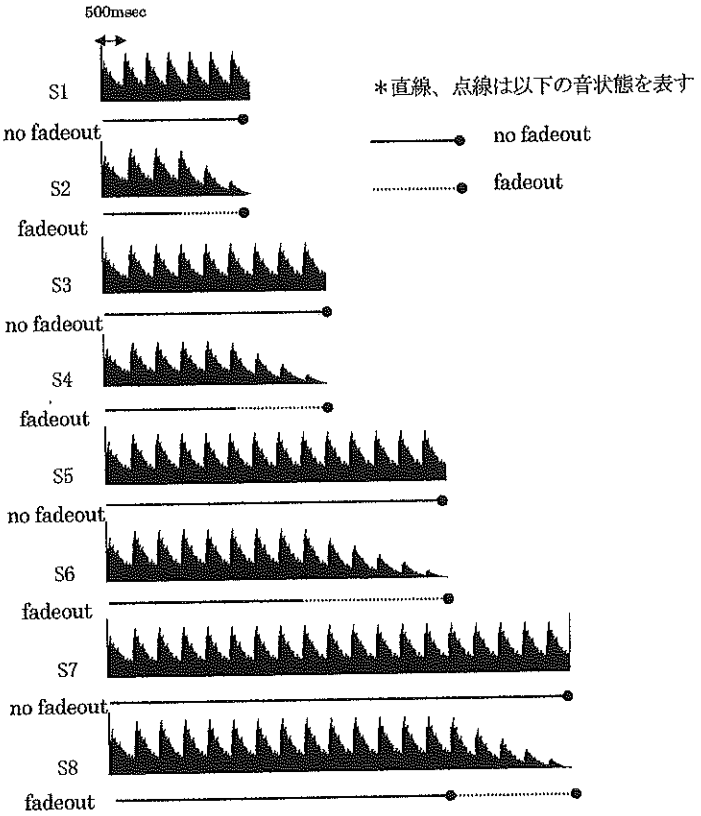


図1

映像は2種類を作成した。平面を転がるボールの先にはトンネルがある。映像1では、ボールはトンネルの中に入ると見えなくなる。映像2では、ボールはトンネルの前を通過するので最後までボールの動きを見ることができる。音刺激はno fadeout条件とfadeout条件の各々において5種類で計10種類（S1～S10）を作成した（図2参照）。音刺激の周波数は130.8Hzとし、聴取時のピーク値を約52dBAとした。本研究では映像（2種類）と音刺激（10種類）の組合せで20種類の刺激を作成した。実験は3パートから成り、用いる刺激もそれぞれ異なる。



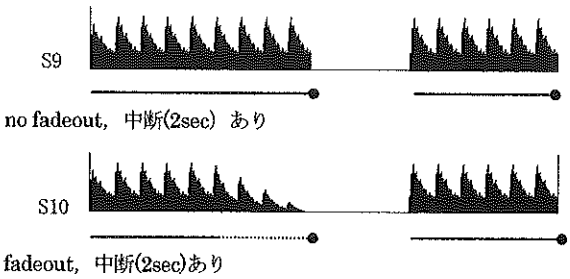


図2　音刺激

2.3.1　パート1（不可視条件）

このパートでは映像1に音刺激S1～S8を付随し、刺激は全部で8種類（A1～A8）であった。音刺激は、それぞれ停止する位置は異なるが、いずれも停止した後に再開することはない。音刺激が停止する時のボールの位置をボール速度に基づいて算出し、スタートからの距離として表した。この値を以下の記述においてボールの物理的位置と呼ぶ。

刺激A1～A8におけるボールの物理的位置を図3と表1に示す。なお、便宜上、A1,2の位置を「外」、A3,4の位置を「短」、A5,6の位置を「中」、A7,8の位置を「長」と表す。no fadeout条件とfadeout条件で物理的に音の切れる位置は同じである。

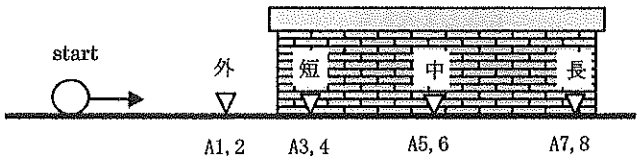


図3　ボールの物理的位置（刺激A1～A8）

表1　刺激の種類と音停止時のボールの物理的位置

	外	短	中	長
no fadeout条件	A1	A3	A5	A7
fadeout条件	A2	A4	A6	A8
スタートからの距離	5.1cm	7.9cm	13.4cm	18.6cm

2.3.2　パート2（不可視条件）

このパートでは映像1に音刺激S9～S10を付随し、刺激は全部で2種類（図4のA9～A10）であった。映像に付随する音は、中断した後に再開する。音の中断開始時、再開時、終了時のボールの物理的位置は図4の通りである。

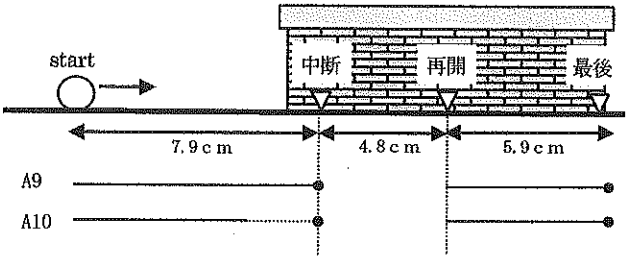


図4　ボールの物理的位置（刺激A9～A10）

2.3.3　パート3（可視条件）

このパートでは映像2を用いた。映像1では、ボールがトンネルの中に入った後、見えなくなるのに対し、映像2ではボールはトンネルの前を通過するので、ボールの動きを最後まで見ることができる。映像に付随する音はパート1とパート2で使用したものと同じであり、刺激は全部で10種類（B1～B10）であった。

2.4　質問紙

質問紙は以下の①、②で構成した。

①音が停止した時、中断開始時、再開時、もしくは終了時の主観的ボールの位置について、図1が描かれた質問紙上にシールを貼ることで回答する。

②ボールの動き方（速度の変化、大きさの変化、回転の変化、水平位置の変化）を回答する。

パート3については、①のみで構成した。

2.5　装置

刺激は前室のパソコン（FUJITSU FMV-BIBLO NX90J/T）より、コネクタボックスを通じて防音室内のモニタ（IO-DATA LCD-AD193GW、19インチ）並びにモニタ横のスピーカで呈示した。実験参加者は、モニタから50センチ離れた椅子に座り、画面が目の高さになるようにして刺激を視聴した。実験の様子は、小型カメラ（SONY CCD-PC1）とテレビモニタ（SONY KV-10PR1）を用いて防音室の外から観察した。防音室の内外はインターフォン（アイフォン LCM-1）で繋がっており、実験中のやり取りは全てこのインターフォンを通して行った。

2.6　手続き

本実験は3つのパートから成り、実験参加者は刺激を一回視聴する度に、質問紙の記入を行った。実験はパート1からパート3の順番で進んだ。

3　結果と考察

全実験参加者のボールの位置についての判断値に基づいて20種類の刺激別に平均値を算出した。これを主観的距離と呼ぶ。表2～表4にスタート位置からの物理的距離を示すとともに、全結果（パート1と2では不可視条件でのボールの主観的距離、パート3では可視条件でのボールの主観的距離）を示す。

表2　パート1、3のno fadeout条件におけるボール位置
（スタートからの距離　単位：cm）

	外	短	中	長
物理的距離	5.1	7.9	13.4	18.6
主観的距離（可視条件）	5.2	8.5	14.7	18.8
主観的距離（不可視条件）	8.4	8.9	13.4	17.2

表3　パート1、3のfadeout条件におけるボール位置
（スタートからの距離　単位：cm）

	外	短	中	長
物理的距離	5.1	7.9	13.4	18.6
主観的距離（可視条件）	4.9	8.7	14.1	18.9
主観的距離（不可視条件）	10.4	10.8	13.1	16.1

表4　パート2、3の中断-再開条件におけるボール位置
（スタートからの距離　単位：cm）

	中断開始	再開	終了
物理的距離	7.9	4.8	5.9
主観的距離（可視条件）	8.6	5.4	4.7
主観的距離（不可視条件）	8.3	1.8	5.4

表5　パート2、3のfadeout中断-再開条件におけるボール位置
（スタートからの距離　単位：cm）

	中断開始	再開	終了
物理的距離	7.9	4.8	5.9
主観的距離（可視条件）	8.4	5.2	5.1
主観的距離（不可視条件）	8.0	2.1	5.3

3.1　聴覚刺激と視覚刺激の認知のズレ

表2、3より、パート3(可視条件)の刺激B1～B8におけるボールの物理的距離と主観的距離を比較した(図5)。

ボールが見えているにもかかわらず、音が停止した時点でのボールの主観的な位置は物理的な位置と同じではない。主観的距離の方が大きな値を示し、主観的なボールの位置は物理的なボールの位置よりも先に進んだ地点である（例外B2）（図5参照）。

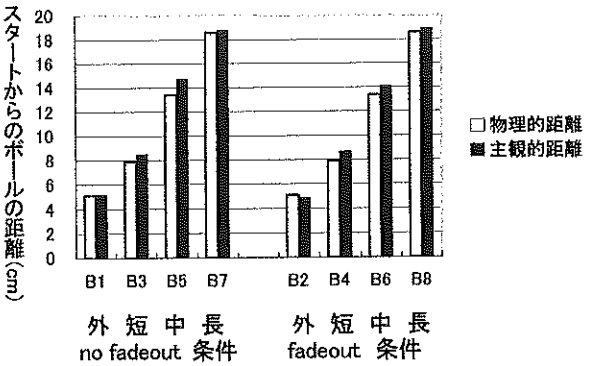


図5　可視条件における物理的距離と主観的距離の比較

つまり、物理量と主観量は一致しないということである。これは、音の中断時のボール位置の知覚には若干のズレがあり、聴覚刺激に比べ、視覚刺激は先行する傾向があるということを示している。聴覚刺激と視覚刺激のこの基本的なズレの関係は不可視条件の結果を検討する際に当然考慮に入れるべきであると考えられる。そこで、後の記述においては、可視条件と不可視条件の実験結果を比較することによって、視覚情報が遮断された場合の聴覚情報の影響を追究する。

3.2　視覚ターゲット消失後の認知と聴覚刺激の影響

図6に可視条件と不可視条件におけるボールの主観的距離の比較を示す。

トンネルに遮られてボールが見えなくなった後もボールの認知がなされていることが図6からわかる。不可視条件においてボールは見えないにもかかわらず、主観的には移動している。また、その距離は聴覚刺激の呈示時間長に影響を受け、音が長く呈示される刺激ほどボールの主観的移動距離は長い。

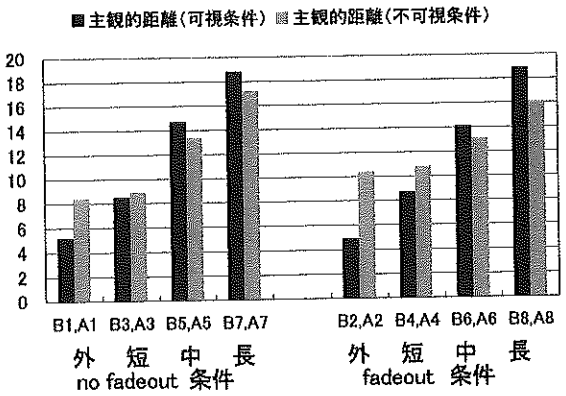


図6　可視条件と不可視条件における主観的距離の比較

しかし、移動距離の刺激間差異は可視条件におけるほど大きくなく、聴覚刺激の及ぼす影響の限界が示唆される。また、no fadeout 、fadeout 条件の両方において、「外」と「短」の刺激では不可視条件の主観的距離に差がなく、かつ、可視条件におけるよりも差が大きいということは、ボールがトンネルに入る直前あるいは直後に音が停止する刺激であることと関連があるのかもしれない。今後、検討すべき点である。

3.3 視覚ターゲット消失後の認知に及ぼす聴覚刺激中断の影響

図 7 に音の中断による主観的距離の変化を示す。これは音が中断-再開する刺激 A9 ならびに A10（不可視条件）と刺激 B9 ならびに B10（可視条件）におけるボールの主観的移動距離を比較したものである。この図から、不可視条件において、聴覚刺激がボールの認知に大きな影響を及ぼすことを明白に示すことができる。

音の中断開始時と終了時のボールの主観的距離は可視条件と不可視条件の間に大きな違いはない。しかし、音の中断後に音が再度呈示された時の主観的距離の差は顕著に大きい。聴覚刺激が中断している間のボールの動きが極めて小さいと認知されたことを示している。つまり、聴覚情報が中断している間、ボールの動きが停止し、もしくは、減速し、聴覚情報の再開とともにボールが再び動き始めたということを示していると考えられる。no fadeout 条件でも fadeout 条件でも同様の結果である。

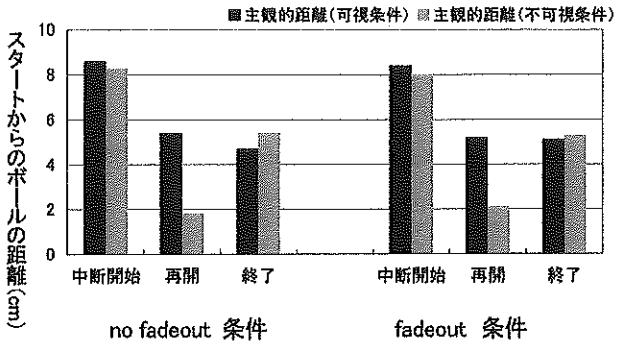


図 7　音の中断による主観的距離の変化

4 まとめと今後の展望

本研究では、聴覚情報の違いによってボールの移動距離の認知の仕方に変化がみられるという結果を得た。このことから、視覚情報が遮られた場合、聴覚情報が映像の認知に大きく影響するということが示された。しかし、このような影響にどのような要因が強く働いたのかは本研究からは特定できなかった。今後の実験で更に追及し、どのような要因が強く働いたのかを検証する必要がある。

また、音が中断-再開する条件で聴覚刺激が中断している間のボールの動きが極めて小さいと認知された。これは、聴覚情報が中断している間、ボールは停止しているか、減速して進むと捉えられている可能性があるということを示しており、この点についても、更なる検証が必要となる。これは、心理的時間との観点から考える必要があるかもしれない。

映像の中で意図的に無音空間を作り出し、その無音の効果を理論的に証明できれば、今後、効果的な映像音楽の使い方を提案できるのではないだろうかと考える。

5 参考文献

1) Gibson,J.J.: Adaption,after-effect and contrast in the perception of curved lines.Journal of Experimental Psychology,16,1-31,(1933)

2) Howard,I.P.&Templeton,W.B.: Human spatial orientation.New York:Wiley.(1966)

3) 岩宮眞一郎:音楽と映像のマルチモーダル・コミュニケーション;pp.14-15, 九州大学出版会 (2000).

フーリエ記述子法による『読唇技術』の開発
－唇の輪郭形状による音の推定－

Development of 'Lip Reading' Method using Fourier Descriptors
－ Estimation of Talking by Labial Outline －

○義平 真昭*，有馬 正和*，奥野 武俊*
*大阪府立大学　大学院工学研究科
YOSHIHIRA Masaaki*, ARIMA Masakazu*, OKUNO Taketoshi*
*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1　はじめに

近年，大学をはじめとする高等教育機関における障害学生支援に係る対応の遅れが指摘されている。車いす使用者等の肢体不自由者には，スロープや昇降機の設置というハード面の整備が求められるが，最も人的な支援を必要とする聴覚障害学生への対応が特に重要な課題となっている。自動音声認識システムの導入などが進められているが，現状では，音声認識率の低さから実用化には至っていない。

本研究では，形状認識手法のひとつであるフーリエ記述子法を導入し，定量的に表現された唇の輪郭形状と発音との関連を詳細に調べ，口話を実現するための「読唇技術」の開発を試みた。訓練を受けた聴覚障害者が口の動きから発話内容を理解できることと，静止画から得られたフーリエ記述子をクラスター分析することによって母音の分類が可能であることから，唇の輪郭形状による発話解析が可能であると判断した [1]。さらに，40 項から成るフーリエ記述子の時間的な変化を解析し，子音によって特徴的な変化が現れることを明らかにした [2]。本報告では，フーリエ記述子の時間的な変化を多項式近似して判別分析をすることによって高い確率で音の推定・判別が可能になることを示す。

2　フーリエ記述子法

フーリエ記述子法 [3] 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行う方法である。

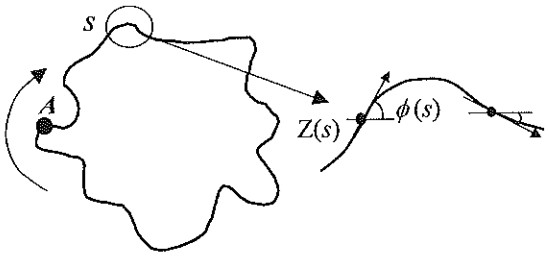


図１　閉曲線と偏角

図1に示すような2次元平面上の閉曲線を考える。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 ϕ (s) とする。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，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，

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

と正規化することによって，図 2 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 ϕ^* (t)を得ることができる。ϕ^* (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。

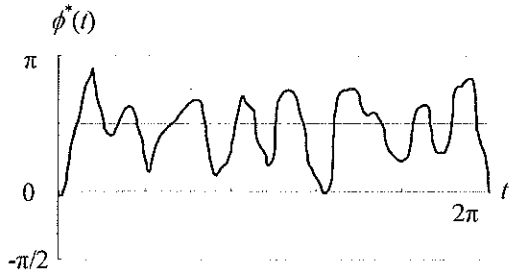


図2　正規化された周期関数 $\phi^*(t)$

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，フーリエ記述子によって元の図形が復元できるということである。

3　読唇技術のための実験

3.1　実現可能性の検討

読唇技術の実現可能性を検討するために，先天的に聴覚障害があり，幼少の頃から読唇・発声の訓練を受けてきた本学の男子学生の協力を得て，実際に読唇術を再現してもらった。予め録画した無音の映像を見て，その発話内容を推定してもらったところ，個人的な情報以外はほとんど全てを言い当てることができた。その後，読唇術の方法や注視点について聞き取り調査を行った。特に，口元（唇や舌の動き）に注目し，頬や喉はほとんど見ていないことや，知識や経験に基づいて発話内容を補って推定していることもわかった。

以上より，口の輪郭形状の変化および舌の動きを捉えることによって，「読唇技術」の開発が可能であると判断した。

3.2　唇の輪郭形状の抽出

唇の輪郭形状を取得するための画像解析手法について調査・実験を試みたが，満足のできるものがないことがわかった。そこで，2 次元ビデオ動作解析ソフトウェアを導入して，実験・解析を行った。

実験では，手話や口話を通して手話コーラスや手話劇をする手話サークルに所属する学生に協力を依頼し，発話時の唇の動きを計測した。実験の手順は，以下の通りである。

1) 研究の目的や実験手順等を実験協力者に説明し，同意書（インフォームド・コンセント）を得る。
2) 協力者の唇の輪郭に沿って特殊な蓄光テープを貼り，十分に蓄光させる。
3) 暗室において，ディスプレイに順次表示されるひらがな文字（ランダムに配置された日本語の五十音および拗音，濁音）をメトロノームに合わせて発音してもらい，その時の口元をデジタルビデオカメラで撮影・録画する。文字は，2 秒間隔で表示される。
4) 最後に，ディスプレイに表示された詩を読んでもらい，一連の実験を終了する。

蓄光テープを用いた実験の様子と取得した画像の一例を図 3 に示す。

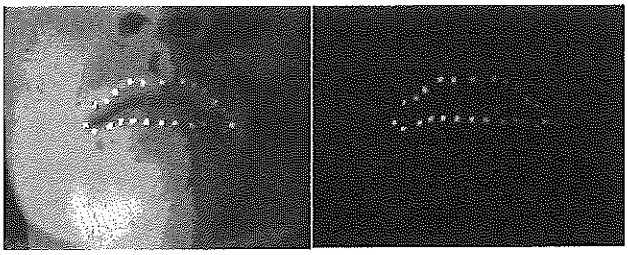


図3　実験の様子と取得画像の一例

録画された動画（AVI 形式）を 60 ﾌﾚｰﾑ／秒で静止画（JPEG 形式）に変換し，ﾃﾞｼﾞﾀｲｽﾞ・ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ（(株)ﾃﾞｨｹｲｴｲﾁ製，Frame-DIAS II）で計測点を自動追跡して唇の輪郭部分の座標値を取得し，フーリエ記述子を算出した。

4　母音の判別・推定

4.1　クラスター分析による音の分類

唇の輪郭形状の情報だけで，どの程度音声を識別できるのかを調べるために，発音時の中間付近の画像を選択して，唇の輪郭のフーリエ記述子を算出した。「あ」から「ん」までの46音を発音したときのフーリエ記述子の発音途中と発音前との差を求めた。20名の平均値を用いてクラスター分析した結果を図4に示す。非類似度にユークリッド平方距離をとり，最短距離法によって解析した。図より，概ね母音(a,e,o,u,i) によって分類されていることがわかる。このことからも，唇の輪郭形状によって読唇技術の実現可能性があると判断することができる。

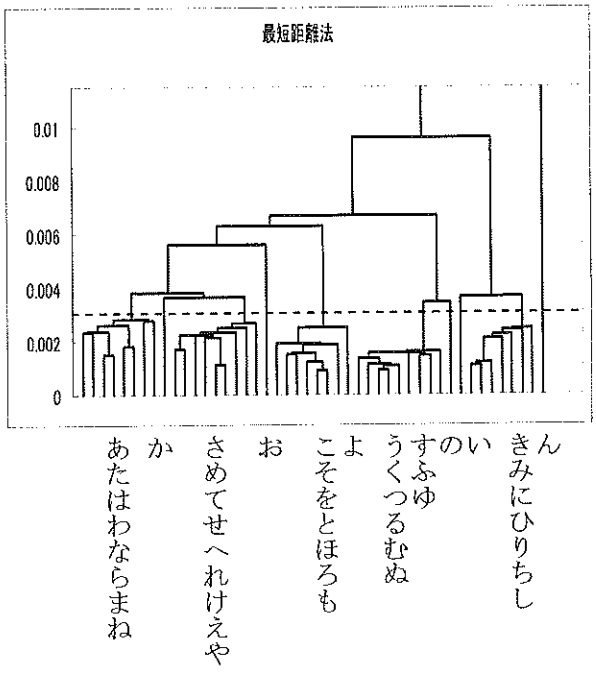


図4　クラスター分析の結果（最短距離法）

4.2　判別分析による母音の判別

母音の判別率を求めるために，46音を発音中の唇の輪郭形状のフーリエ記述子を用いて判別分析を試みた。母音の区別をするので，変数を a_k，b_k ($k = 1 \sim 20$) の40個，カテゴリーを「a,i,u,e,o,ん」の6つとして変数減少法によって判別を行った。判別結果を表1に示す。表は，左端に書かれた音がどのように判別されたかを示し，右端が正答率である。「ん」のように，網掛けされたところだけに判別されると，正答率100％である。

表1　母音の判別分析結果

	a	i	u	e	o	ん	正答率
a	171	7	6	0	0	6	90.0
i	15	125	7	0	0	4	82.8
u	16	9	83	14	44	7	48.0
e	0	0	8	125	16	3	82.2
o	0	1	22	15	148	4	77.9
ん	0	0	0	0	0	17	100.0

表より，「u」は「o」などと誤認識される場合が多いものの，その他の母音は，高い判別率で判別が可能であるということがわかった。ただし，「ん」は母音ではないが，唇の形状が特徴的で，クラスター分析の結果も考慮して，ここで判別を行った。

5　子音の判別・推定

5.1　時系列解析による子音の区別

子音は，唇の動きに伴うフーリエ記述子の変化を調べることによって，その判別が可能になると考えた。図5は，ある実験協力者による「あ」，「さ」，「ま」，「わ」の b_2 と b_3 項の変化である。フーリエ記述子の時間変化を詳細に調べた結果，音によって特定のフーリエ記述子に特徴的な変化が現れるということがわかった。

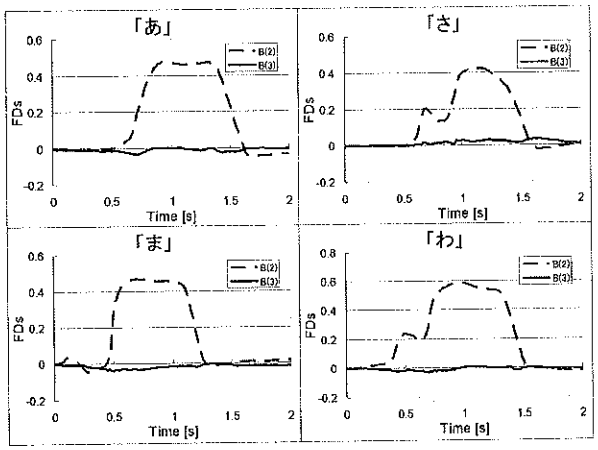


図5　発音時の b_2 と b_3 の変化

5.2　判別分析による子音の判別

子音を発音中の唇の輪郭形状から求めたフーリエ記述子の時間的な変化を定量的に表現するために，正規化とリサンプリング，多項式近似を試みた。

実験では，メトロノームを用いて 2 秒ごとに発音してもらっているが，ひとつの音を発音するのに要する時間は人によって若干の違いが見られた。それぞれの子音の特徴的な変化を抽出するために，発音に要する部分を切り出して正規化し，スプライン補間によってリサンプリングを行った。図 6 は 6 次の多項式近似曲線の一例である。実線が元の時系列データで，破線が近似曲線である。

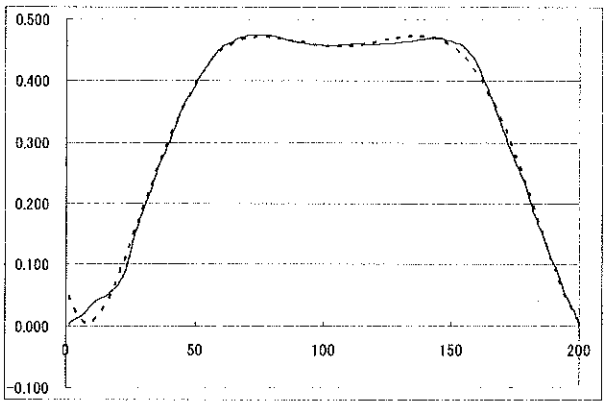


図 6　6 次の多項式近似曲線の例

正規化・リサンプリングされたフーリエ記述子の時系列データを 6 次多項式で近似して，その係数を変数として判別分析を試みた。フーリエ記述子 a_k，b_k（k = 1～20）の 40 項のうち，子音の特徴的な変化を表現するのに必要な項として a_2，a_3，b_2，b_3 の 4 つを選択して判別分析に用いた。変数減少法による「あ，か，さ，た，な，は，ま，や，ら，わ」の判別分析結果を表 2 に示す。表の見方は，表 1 と同じである。子音も比較的高い判別率が得られるということが確認できた。

6　結言

本研究では，フーリエ記述子法を唇の輪郭形状に適用し，『読唇技術』の開発を試みた。読唇技術には舌の動きを考慮する必要があるが，今回は，画像解析・処理技術の制約から唇の輪郭形状の変化だけに注目した。実験・解析の結果，唇の動きだけでも母音や子音の判別が可能であることが明らかとなった。

本研究の最終目標は，唇や舌の動きを捉えて「読唇技術」を開発し，発話内容を推定することである。現時点では，発話内容の推定・評価に至っていないが，話し言葉が単音の組み合わせで構成されることがわかったので，今後，舌の動きを併せることによって，より高い認識率を得られることが期待される。

本研究は，大阪府立大学大学院奨励特別研究費を受けて実施したことを付記し，関係各位に厚く御礼申し上げる。

参考文献

1) 義平真昭，有馬正和：フーリエ記述子法による「読唇技術」開発の試み，平成 17 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.175-176，(2005).

2) 義平真昭，有馬正和，奥野武俊：フーリエ記述子法による「読唇技術」開発の試み—唇の輪郭形状による音の推定—，日本人間工学会誌第 42 巻特別号（日本人間工学会第 47 回大会講演集），pp.88–89，(2006).

3) C.T. Zahn and R. Z. Roskies : Fourier descriptors for plane closed curves, IEEE Trans. on Computers, Vol.C-21, pp.269-281, (1972).

表 2　「あ，か，さ，た，な，は，ま，や，ら，わ」の判別分析結果

	あ	か	さ	た	な	は	ま	や	ら	わ	正答率
あ	9	0	1	0	0	1	0	0	1	0	75.0
か	0	9	3	1	0	0	1	0	0	0	64.3
さ	0	3	6	1	0	1	0	0	2	0	46.2
た	0	1	1	5	1	2	0	0	2	0	41.7
な	1	2	0	1	9	0	0	0	1	0	64.3
は	0	0	0	1	0	9	1	1	0	1	69.2
ま	0	1	1	0	1	1	7	0	1	1	53.8
や	0	0	0	3	1	1	2	6	0	1	42.9
ら	0	0	0	2	0	0	0	0	10	0	83.3
わ	0	2	0	1	1	1	0	0	1	7	53.8

BGMの効果についての実験室的検討

The experimental research about effect of BGM

○堀中康行，中村敏枝，小幡哲史，元山千香
大阪大学大学院　人間科学研究科
Yasuyuki Horinaka, Toshie Nakamura, Satoshi Obata, Chika Motoyama
Graduate School of Human Science, Osaka University

1　はじめに

普段の生活において、様々な場所で耳にするBGMには、数多くの働きがあると言われている。しかし、その効果を心理学的に追究した研究は数少ない。BGMの影響についてのこれまでの文献では、マスキング、気分誘導、イメージ誘導の３つの効果について主に示唆されてきた（谷口(2000)[1]の定義による)。その３つの効果について具体的な知見を得るために、筆者は飲食店を用いた実験（堀中ら、2005[2]）においてBGMが客に与える心理的影響を調査した。その結果、非常に大きな店内騒音が流れる条件では、BGMを流すことによるポジティブな効果が見られないことが示唆された。筆者はこの点に注目し、要因の統制が容易な実験室的状況において、店内の騒音レベルがBGMの効果に及ぼす影響に関する実験室的研究を行なった。

2　実験

2-1　目的

飲食店で実際に収録した映像と店内騒音を用いることにより、臨場感の高い実験状況を実現してBGMの効果を定量的に追究した。「飲食店の印象に対するBGMの効果は、店内騒音の大きさによって変化する」との仮説を設け、BGMの騒音レベルが同じ条件で店内騒音の音量を条件別に設定し、飲食店印象への影響を追究した。

2-2　方法

2-2-1　実験参加者

大阪大学の学生34名（男16名、女18名)。各々は下記の４条件のいずれかに参加した。

2-2-2　場所

大阪大学人間科学研究科感性情報心理学研究室内の防音室で実施した。

2-2-3　刺激

2-2-3-1　映像刺激

実験に使う映像は、実際の飲食店で撮影したものを使用した。開店前の時刻に店内でサクラ役の実験協力者８名と店員（共同研究者）の様子をHDDカメラを使用して撮影した。25分ほどの収録映像から、刺激として適当な部分を５分程度に編集し、DVD－Rに収録した。

2-2-3-2　店内騒音刺激

店内騒音は、映像刺激と同時に収録したものを使用した。

2-2-3-3　BGM刺激

BGM刺激は、BGM制作会社の作成したオリジナルのBGM集から、特定の１曲（イージーリスニング調で、主旋律がピアノとサックスで演奏されている）を使用した。刺激は、CD-Rに収録された。

2-2-4　実験条件

店内騒音のレベルによる２種類と、BGMの有無による２種類の条件を組み合わせ、下記の４条件を設けた（以下の店内騒音とBGMの音量は全て等価騒音レベル（以下LAeqと表記）で示され、nは条件別の実験参加者数を表す)。本実験でのBGMと店内騒音の騒音レベルの時系列的推移は図１に示す。

条件A：店内騒音大・BGM有（n=10）
店内騒音が46dB、BGMが46dB（店内騒音＝BGM)。

条件B：店内騒音小・BGM有(n=10)
店内騒音が41dB、BGMが46dB(店内騒音＋5dB＝BGM)。

条件C：店内騒音大・BGM無(n=7)
店内騒音が46dB、BGMが流れない。

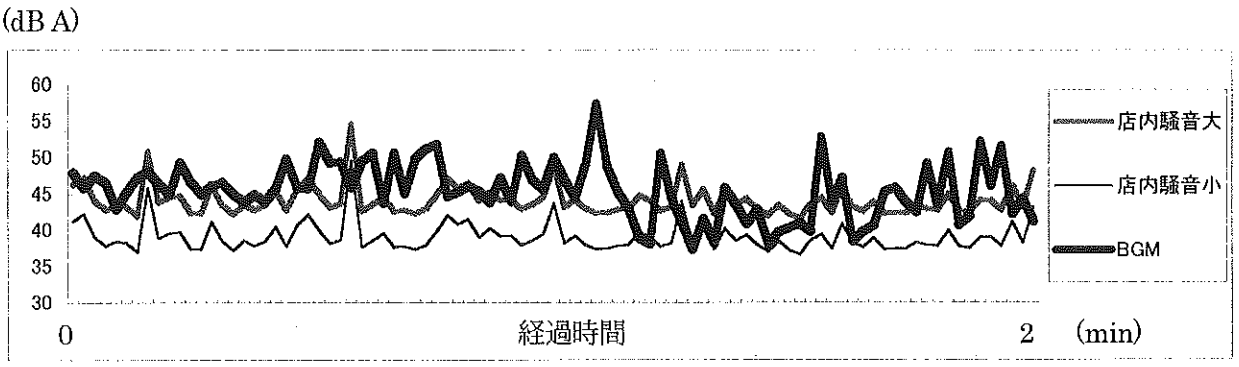


図1：BGMと店内騒音大・小条件の騒音レベルの時系列的推移

条件D：店内騒音小・BGM無(n=7)
店内騒音が41dB、BGMが流れない。

なお、上記のレベルは全て、実験参加者の耳の位置で測定した値である。

2-2-5　質問紙

「映像内の飲食店を訪れたと仮定して」という教示をした上で質問紙の下記項目に回答してもらった。

2-2-5-1　印象評定

岩宮ら(1999)[3]の実験で使用した項目を参考に、両極・9件法・12項目で（表1)、映像の飲食店と店内騒音に対する印象評定を求めた。

また、店内騒音中の「会話」と「食器」の音の「気になる」「大きい」項目について、それぞれ両極・9件法によって評定してもらった。

表1：飲食店と店内騒音に対する印象評定項目

明るい―暗い
落ち着ける―落ち着けない
あかぬけた―あかぬけていない
整然とした―ごちゃごちゃした
楽しい―寂しい
静かな―騒々しい
印象の強い―印象の弱い
豊かな―貧弱な
安心感のある―安心感のない
きれいな―汚い
広がりのある―広がりのない
暖かみのある―暖かみのない

2-2-5-2　騒音の大きさ評価

BGMを10とした場合の店内騒音の大きさを比率判断で回答してもらうME法による質問を行った。

2-2-6　装置

実験室の装置配置を図2に示す。BGMは、CDプレーヤを通して、壁のスピーカ1,2から流された。また、映像刺激及び店内騒音刺激は、DVDプレーヤによって再生され、映像刺激は、防音室外のプロジェクタを用いて、透過スクリーンを設定した窓に投影された。店内騒音刺激は、机2の下のスピーカ3から流された。

2-2-7　手続き

実験参加者は最初に防音室外の机1で、気分に関する簡単な質問に回答した。回答が終了後、実験参加者は防音室に入室し、約2分間、映像と音を視聴した。2分経過した後、「退出してください」とインターホンを通じて教示し、実験参加者は退出後、机1で、質問紙の残りの評定項目（印象評定、大きさ評価）に回答するように求められた。

実験参加者は映像刺激と音刺激が流れている防音室に入室し、2分後に退出するときも呈示中の状態であった。このような条件設定の理由は、実験室環境から突然映像や音が流れ出すのではなく、実際に「流れている」状況に実験参加者が入っていくことで、教示でも述べた「飲食店を訪れた」状況により近い事態を設定できると考えたからである。

3　結果

店内騒音の主観的大きさとして、ME法による比率判断の中央値を条件AとB各々の全データに基づいて算出した(図3)。

印象評定と「会話」「食器」に関するデータについては条件別に全データに基づく平均値を算出した(図4～6)。

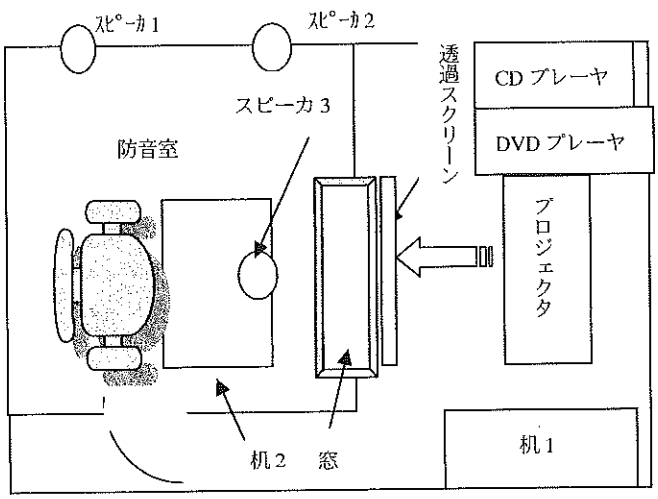


図2：実験室図

3-1　店内騒音の主観的大きさ

Laeqで表すと物理的にはBGMと同じ音量である46dBの店内騒音はBGMよりもかなり小さく感じられていることが図3から分かる。また、条件AとBにおける店内騒音の5dBの差は主観的な大きさの違いとしては1.4倍にあたる結果となっている（4.5/6.3）。

3-2　店内騒音の中の「会話」「食器」について

図4に示すように、「会話」「食器」に関し、BGM呈示下では「大きい」項目では差が見られないが、「気になる」項目では有意ではないものの差のある傾向が見られた。店内騒音が41dBの場合、「会話」「食器」とも「気にならない」傾向を示し、店内騒音が46dBの場合は、「会話」は「気にならない」、「食器」は「気になる」傾向を示した。

3-1の結果では、46dBの店内騒音（条件B）は41dBの店内騒音（条件A）よりも1.4倍大きいと評価されていたが、その中に含まれる「会話」と「食器」に特定すると、「大きさ」は両条件で変わらず、「気になる」項目では、店内騒音の大小によって異なる傾向を示しているといえる。

3-3　BGM呈示が店内騒音印象に与える効果

図5に示すように、店内騒音小(41dB)条件においては、BGM呈示下（条件A）ではBGMのない時（条件C）と比べて、店内騒音は「明るい」「落ち着ける」「楽しい」「印象の強い」「安心感のある」印象が有意に強い（各 $p=0.0045$, $p=0.0004$, $p=0.0068$, $p=0.0001$, $p=0.0037$）。一方、店内騒音大(46dB)条件においては、BGM呈示下（条件B）の店内騒音は、「整然とした」のみがBGMのない時に比べて有意に高い値を示した（$p=0.0002$）。よって、BGM呈示による影響は店内騒音の大小により異なる様相を呈しているといえる。

3-4　BGM呈示が飲食店内印象に与える効果

図6に示すように、店内騒音小(41dB)条件においては、BGM呈示下（条件A）ではBGMのない時（条件C）と比べて、店内は「明るい」「落ち着ける」「豊かな」「暖かみのある」印象が有意に強く（$p=0.0009$, $p=0.0048$, $p=0.0026$, $p=0.0027$）、店内騒音大(46dB)条件のBGM呈示下では「印象の強い」項目のみ有意に強かった（$p=0.0013$）。よって、3-3と同様に、BGM呈示による影響は店内騒音の大小により異なる傾向があるといえる。

4　考察

3-3、3-4の結果から、店内騒音の音量によって、飲食店内と店内騒音の印象に及ぼすBGMの効果が変わることが示唆された。店内騒音が小さい場合は、BGMは印象をポジティブな方向へと誘導するが、店内騒音が一定以上大きくなると、その効果はなくなると考えられる。この傾向は、堀中ら(2005)[2]の実験結果を支持するものである。店内騒音がある程度小さいレベルの場合は、BGMの呈示はポジティブな効果をもたらすが、一定以上のレベルでは、BGMの呈示は店内騒音の「騒々しい」印象を強め、ネガティブな影響を与えるのではないかと考えられる。図5の「騒々しい―静かな」項目の条件Bと条件Dの評定値の有意差（$p=0.0417$）はこのことを示唆するものである。パブリックな場でBGMを流すにあたって考慮すべき点であると思える。

また、前述のように、店内騒音全体の主観的大きさは店内騒音大条件の方でより大きく評価されているものの、「会話」「食器」に特定すると「大きさ」に差はなく、「気になる」に差があるという興味深い傾向が見られた。店内騒音の大小による影響と併せて、検討していきたい。

今後、BGMの効果について更に追究するために、本研究結果を参考にして、実際の飲食店でのフィー

ルド実験を行いたいと考えている。

5 謝辞

本実験の映像刺激、店内騒音刺激の作成に協力いただいた飲食店（ウインナハウス）に感謝の意を表します。

6 参考文献

1) 谷口高士(2000)「音は心の中で音楽になる・音楽心理学への招待」北大路書房
2) 堀中康行、中村敏枝、河瀬諭、片平建史、安田晶子、川上愛(2005)、飲食店におけるBGMの影響に関する心理学的研究、ヒューマンインタフェイス学会
3) 岩宮眞一郎・牧野剛巳・前田耕造(1999)「スーパーマーケットにおけるBGMが売場空間の印象に与える効果―ビデオによるシミュレーション実験」サウンドスケープ、1、107-112

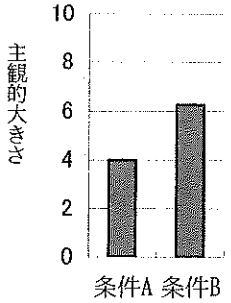


図3：店内騒音の主観的大きさ
（BGMの主観的大きさを10とする）

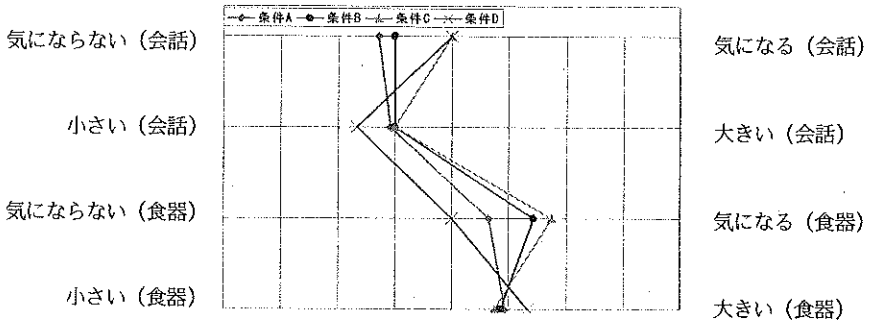


図4：「会話」「食器」に関する評定値

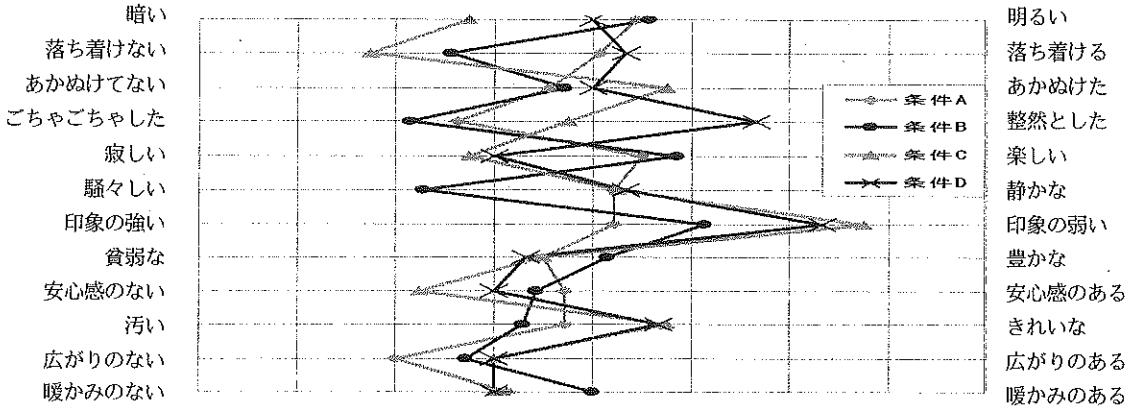


図5：店内騒音印象評定値

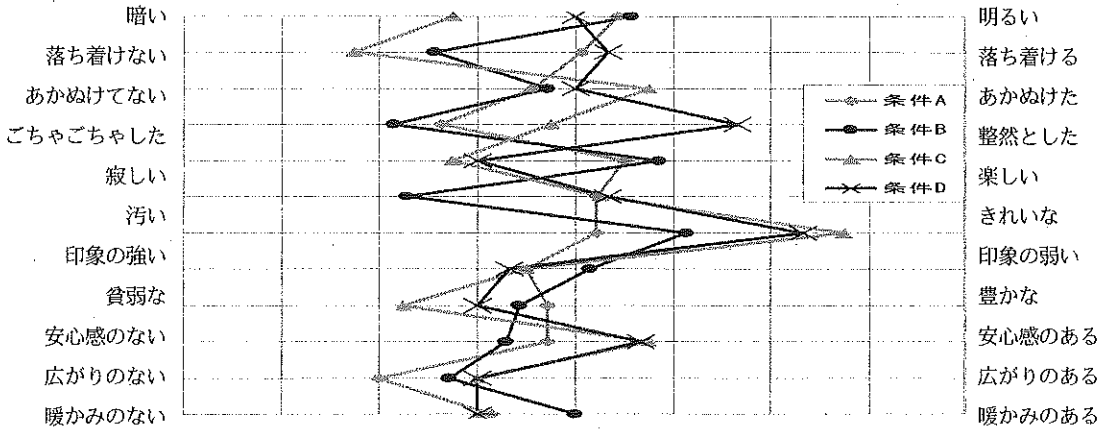


図6：飲食店内印象評定値

E 会場
一般セッション

会場：L1-705 (L1 号館 7F)

13：00～14：12　　温熱生理

15：30～16：06　　身体

マッサージ機のモミ動作が肩部の深部血行動態に与える影響

Effects of the Momi-Motion of Massage Chair on the Deep Blood Circulation of Shoulder

○道盛章弘、今井文吾

松下電工株式会社　電器Ｒ＆Ｄセンター

MICHIMORI Akihiro, IMAI Bungo

Research & Development Center, Home Appliances Manufacturing Business Unit, Matsushita Electric Works, Ltd.

1　はじめに

家庭で手軽に使用できる椅子式マッサージ機は、全身的なマッサージによって血行を促し、疲れやこりをほぐすことができるため、広く普及している。従来、マッサージ機の評価方法は官能評価によるものが中心で、生理的な指標を計測し定量的に評価することはほとんど行われていなかった。しかしながら、より効果の高い手技やコースを開発するために、マッサージの手技や自動コースの血行促進効果を生理的に定量化することが必要であると考えられる。

血行動態を評価する方法には、サーモグラフィーやレーザードプラ血流計などが多く使用されているが、皮膚表層の血行動態を計測することやマッサージ以外の要因で変動することが多いため、筋肉層におけるマッサージの効果を定量化するには十分ではないと考えられる。最近、近赤外分光法（Near infrared spectroscopy：NIRS）を用いて深部（筋層）の組織血液酸素動態を計測できる装置が開発され、鍼治療と深部血行動態との関係[1]や下肢エアバックマッサージの深部血行動態への影響に関する研究[2]など、深部血行動態に関する検討が報告されるようになってきた。マッサージの筋肉層に与える効果を直接計測できることから、マッサージの血行促進効果を定量的に評価する方法として、NIRSは有望な方法と考えられる。

そこで、マッサージ機に搭載している手技による深部血行動態に与える影響を定量化するために、マッサージ機（松下電工製リアルプロGII:EP3205）において「はさみもみ」、「肩たたき」、「問診コース」の手技をおこない、NIRSを用いて僧帽筋における血行動態の変化を解析し、比較検討をおこなった。また、施療時間による血行動態に与える影響の差を比較するために、5分間と15分間の「問診コース」を行い、血行動態の変化を比較した。さらに、マッサージ機の試作品（以下Aとする）と既に商品化されている代表的な3機種(以下B,C,Dとする)において、血行動態に与える影響を比較するために、各機種の代表的なモミ施術をおこない、NIRSを用いて僧帽筋における血行動態の変化を解析し、比較検討を行った。

2　実験方法

2.1　実験 1:マッサージ手技と施療時間が酸素動態に与える影響評価

2.1.1　被験者

被験者は実験の目的・内容について十分に説明し、本人の同意が得られた健常な男性7名（年齢25-49歳、BMI 20.9-26.2）を対象とした。

2.1.2　実験プロトコル

被験者はセンサを僧帽筋に装着した後、シャツまたはシャツの上に上着を着衣し、マッサージ機で座位姿勢を維持した状態で、10分間の前安静、マッサージ手技による施療（「はさみもみ」、「肩つかみ」、「問診コース5分」は5分、「問診コース15分」は15分で、問診コースは複数手技の組み合わせである)、その後、後安静10分の計測を行った。その間センサは連続的に装着し、サンプリング周波数１０Hzで血行動態指標を連続して計測した。前安静と後安静の時間には被験者は極力、開眼で安静状態を保持し、肩や首を動かさないように指示された。手技は肩部を対象に、被験者により順序をランダムにして実施した。

2.1.3 測定項目

血行動態の計測には、深部（筋層）組織の酸素動態を計測することができるレーザー組織血液酸素モニター（BOM-L1TRW, オメガウエーブ社）を用いた。プローブの送光-受光間距離は30mmとし、図1のように左側上部僧帽筋の中央部にプローブを装着し、酸素化血液量（Oxy Hb）、脱酸素化血液量（deOxy Hb）、総血液量（Total Hb）、組織酸素飽和度（StO_2）をサンプリング周波数10Hzで連続的に記録した。

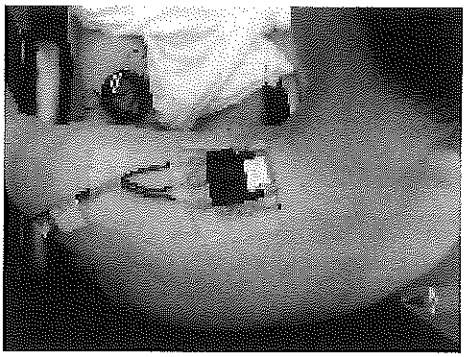


図1 センサ装着の様子

Total HbはOxy HbとdeOxy Hbの合計であり、StO_2は(1)式にて算出される。

$$StO_2(\%) = OxyHb/(OxyHb + deOxyHb) \times 100 \quad \cdots (1)$$

データ処理は、前安静10分間における最後の1分間平均値を初期値（基準値）とし、後安静10分間における初期値に対する変化率を算出した。さらに、それぞれの指標について、(2)式にて初期値に対する変化率(%)を1分毎に算出した。

初期値に対する変化率(%)
＝(後安静1分毎の平均値－初期値)/初期値×100 ・・・(2)

2.2 実験2:異なるマッサージ機のモミ動作の影響比較

2.2.1 被験者

被験者は実験の目的・内容について十分に説明し、本人の同意が得られた健常な男性11名(年齢25-49歳、BMI 18.0-26.2）を対象とした。

2.2.2 実験プロトコル

被験者は13時頃からセンサを僧帽筋に装着し、13時15分頃から1時間毎に約25分の計測を4回繰り返した。それぞれの計測では、前安静10分、マッサージ5分、後安静の10分を1セットとした。センサは4回目の計測が終了するまで連続的に装着した。前安静と後安静の時間には、被験者はマッサージ機に安静状態で着座し、極力、開眼で安静状態を保持し、肩や首を動かさないように指示された。また、計測と計測の間は、被験者は自由に行動できるが、肩に負担がかかるような作業はしないように指示された。4回のマッサージはA，B，C，Dの4機種のマッサージ機の内、それぞれの機種で代表的なモミ動作を一つ選択し、肩部を対象に被験者によりランダムに実施した。

2.2.3 測定項目

2.1と同様に酸素動態指標を計測し、さらに主観評価として、各機種の手技の後安静の後に「気持ちよさ」、「痛さ」、「しっかりもめているか」について、それぞれVAS法で被験者に記入させた。

3 結果

3.1 実験1の結果

「はさみもみ」、「肩つかみ」、「問診コース5分」、「問診コース15分」でのOxy Hb、deOxy Hb指標の変化について、図2から5に示す。後安静での変化率はすべての手技においてOxy Hbが増加する傾向を示し、「肩つかみ」を除く手技でdeOxy Hbが減少する傾向を示した。図2,3,4より、「はさみもみ」は「肩つかみ」、「問診コース5分」と比較して、deOxy Hbの減少が大きい傾向を示した。また、「肩つかみ」は「はさみもみ」と比較して、Oxy Hbの増加量が大きいが、deOxy Hbがほとんど変化しない特徴を示した。

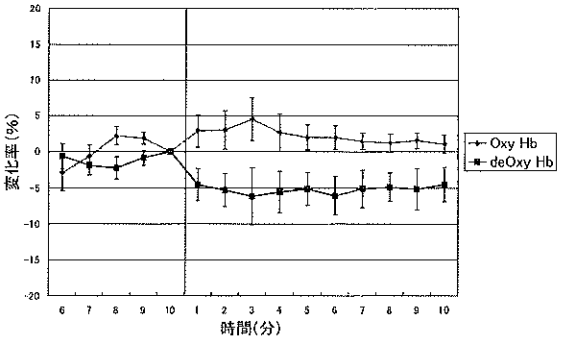


図2 はさみもみのOxy Hb、deOxy Hbの変化率

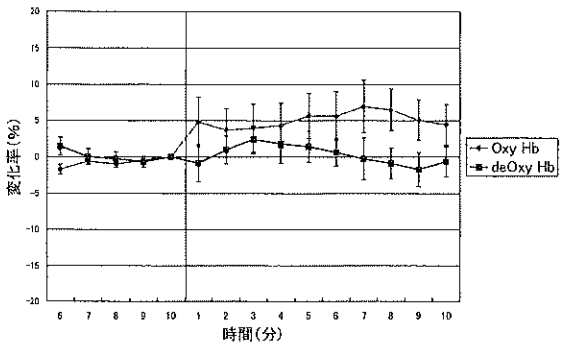


図3　肩つかみの Oxy Hb、deOxy Hb の変化率

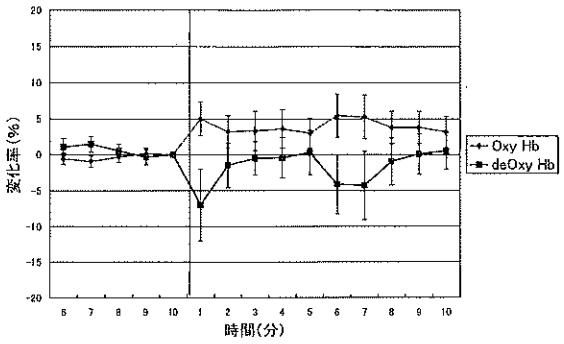


図4　問診コース5分の Oxy Hb、deOxy Hb の変化率

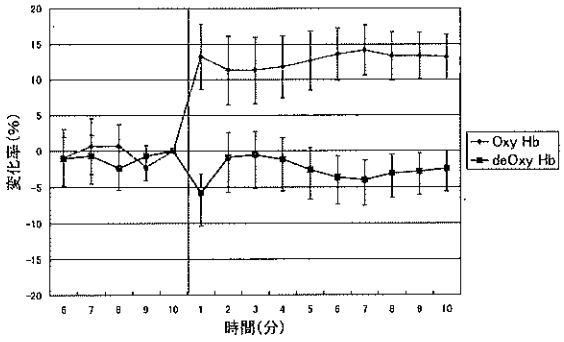


図5　問診コース15分の Oxy Hb、deOxy Hb の変化率

また、図4,5より、「問診コース15分」は「問診コース5分」と比較して、Oxy Hb の増加量が大きく、deOxy Hb の減少が大きい傾向を示した。

3.2　実験2の結果

11名の被験者のうち、データの不安定なデータ1名分を除いた10名分を解析対象データとした。Oxy Hb、deOxy Hb、および StO_2 のそれぞれの指標について、後安静10分間における変化率の平均値を算出し、図6から8に示す。図6に示すように Oxy Hb において、増加量の多い順に、A、B、C、D となった。機種 A を基準として、他の3機種を多重比較検定(Bonferroni)したところ、B、C とは統計的に有意な差はなく、D とは有意傾向(p=0.056)を示した。また、deOxy Hb については Oxy Hb と比較して相対的に変化量は少ないが、B で減少する、すなわち静脈血還流が促進される傾向を示しているのに対し、A では増加する傾向を示した。A を基準として、他の3機種を検定したところ、いずれも有意な差は認められなかった。

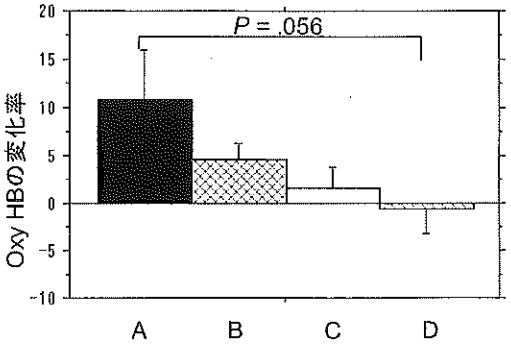


図6　各機種における OxyHB の変化率

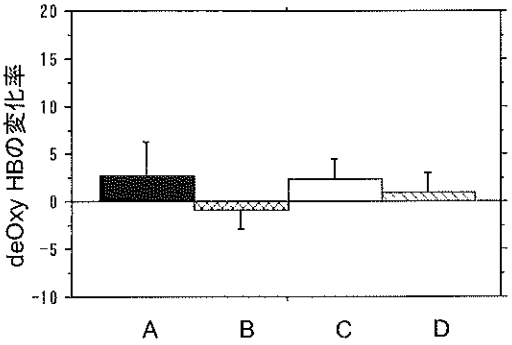


図7　各機種における deOxyHB の変化量

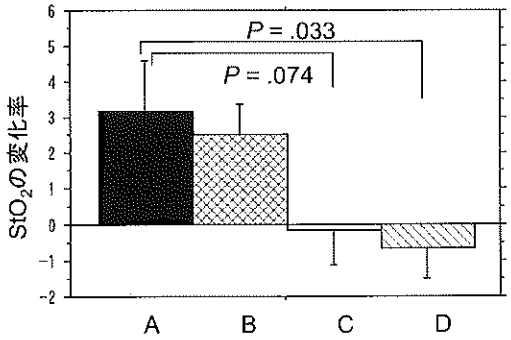


図8　各機種における StO_2 の変化量

図8より StO_2 については、A, B では増加量が大きいが、C, D ではあまり変化していない。A を基準として、他の3機種を多重比較検定したところ、A と C

では有意傾向(p=0.074)、AとDでは有意水準5%で統計的な差が認められた(p=0.033)。

また、血行動態の指標と官能評価との相関は全般的に弱い傾向を示した。しかしながら、Oxy Hbと「しっかり感」、StO_2と「しっかり感」について、それぞれ統計的に有意な相関が認められた(p=0.0195, 0.0025)。

4 まとめ

NIRSを用いて僧帽筋における血行動態に対する影響を解析し、マッサージ機の手技や施療時間を比較した。また、マッサージ機による血行動態に与える影響を比較するために、各機種の代表的なモミ施術を行い、血行動態の変化を解析し、比較検討を行った。

4.1 手技および施術時間の比較

すべての手技においてOxy Hbが増加する傾向を示し、「肩つかみ」を除く手技でdeOxy Hbが減少する傾向を示した。これらはすべての手技において、血行促進効果を示唆するものである。「はさみもみ」は「肩つかみ」、「問診コース5分」と比較して、deOxy Hbの減少が大きく、静脈血の還流促進効果が高いことが示唆された。また、「肩つかみ」は「はさみもみ」と比較して、Oxy Hbの増加量が大きいが、deOxy Hbがほとんど変化しない特徴を示した。

「問診コース15分」は「問診コース5分」と比較して、Oxy Hbの増加量が大きく、deOxy Hbの減少が大きい。これらにより施術時間が5分よりも15分の方が血行促進の効果があることが示唆された。

4.2 マッサージ機の比較

機種AとBとの比較では、Oxy Hb, StO_2において有意差はないが、Aの増加率が大きい傾向があった。これはAの手技はBの手技と比較して、上部僧帽筋の血行が促進されていることを示唆するものである。また、deOxy Hbにおいては、統計的に有意差は認められないが、Bの方が減少する傾向を示しており、静脈血の還流についてはBの方が勝ると考えられる。C、Dとの比較では、Oxy Hb, StO_2においてAの増加率が最も高い傾向があり、血行促進効果に優れることが示唆された。

以上により、AとBとの有意差は明確ではないが、C、Dとの比較を含めて、Aの手技の上部僧帽筋に対する血行促進効果が確認された。また、血行動態指標と主観評価との相関は全般的に弱いが、Oxy Hbと「しっかり感」、StO_2と「しっかり感」について、それぞれ統計的に有意な相関が認められた。

5 考察

従来、肩こりやマッサージ機の評価には、官能評価が主に用いられていたが、NIRSを用いて、僧帽筋の血行動態の変化を計測することにより、定量的に効果を捉えることの有効性が示された。

deOxy Hbの変化について、AよりもBの手技が減少する、つまり静脈血の還流を促進する傾向を示していた。これに対する改善策としては、手技そのものの改良、または他の手技との組み合わせによる改良が考えられる。手技そのものの改良は手技の速度や強さ、モミ玉の動作範囲などの血行動態への影響をNIRSで定量的に評価し、Oxy Hbが増加し、deOxy Hbが減少するように最適化することである。また、他の手技との組み合わせによる改良は、手技毎の深部血行動態への影響をNIRSで定量化し、より静脈血還流を促進させるような手技を組み合わせることにより、総合的に血行促進を図ることなどが考えられる。

NIRSは姿勢や脂肪などの影響があることが知られているが、それらの課題を考慮し、NIRSによる効果のデータ蓄積を行い、定量的に手技や組み合わせコースのコースを改良する方法は今後重要かつ有効な方法になると考えられる。

参考文献

1) 坂井友実: 鍼治療と抹消循環, 第20回生体生理工学シンポジウム論文集, pp.227-230 (2005).

2) 清水敬輔、道盛章弘:近赤外分光法を用いた下肢エアマッサージの深部血行動態に与える影響評価, 平成17年度人間工学会関西支部大会論文集, pp.73-76 (2005).

人体の各部位における温冷感覚の感度に関する研究

冬期に順応した青年男子被験者の場合

The sensitivity of thermal sensation in each part of a human body In the case of the young subject in acclimation to cold

○中島工太，中谷拓仁，宮本征一
摂南大学
NAKASHIMA Kota, NAKATANI Takuto, MIYAMOTO Seiichi
Setsunan University

1　はじめに

建物の断熱性能と気密性能が向上したことや省エネルギーを考慮しなければならない社会情勢であることを鑑みると、局所的な冷刺激や温刺激を与える床暖房、冷暖房放射パネルやスポット空調を利用することは有用であると考えられる。床暖房や冷暖房放射パネルの設計のために床暖房や不均一な放射を有する環境下における研究[1) 2) 3)]も多々行われ、局所的な熱収支量と生理・心理反応との関係が明らかになりつつある。また、生理学的な視点から、人体各部位の冷点と温点の分布を明らかにした上で、局所的な冷刺激や温刺激との関係を明らかにする研究[4) 5)]も行われている。

本研究では、局所的な冷刺激や温刺激を与える装置を製作し、冬期において青年男子被験者の各部位に冷刺激または温刺激を与えて、各部位の温冷感覚の感じやすさを把握することとした。そして、その温冷感覚の感度を考慮した平均皮膚温の重み付けを提案した。

2　実験計画

2-1　局所加熱冷却装置の製作

被験者の各部位の皮膚表面に冷刺激または温刺激を与えるために、図1に示すようなサーモモジュール（ペルチェ素子 40mm×40mm×2.5mm）を2枚、熱流束・温度センサ（captec 製 30mm×30mm×0.4mm）を1枚、ファンを1台用いてセンサプローブを自作した。このセンサプローブの熱流束・温度センサと冷刺激または温刺激を自覚したときに押す刺激自覚スイッチをデータロガ（江藤電気製：CADAC21）に接続した。2枚のサーモモジュールを、それぞれ定電圧装置（高砂製作所製：KX-100L）に接続し、PC 上で制御した。1枚のサーモモジュールは、センサプローブが人体の各部位に接触したときに温かさや冷たさを感じないように接触面を加温するために、もう1枚は、皮膚との接触後の接触面を冷却または加熱させるために用いた。接触面の温度と熱流束は、冷刺激または温刺激を与え始めてから刺激が自覚され刺激自覚スイッチが押されるまでの 0.2 秒間隔で測定した。

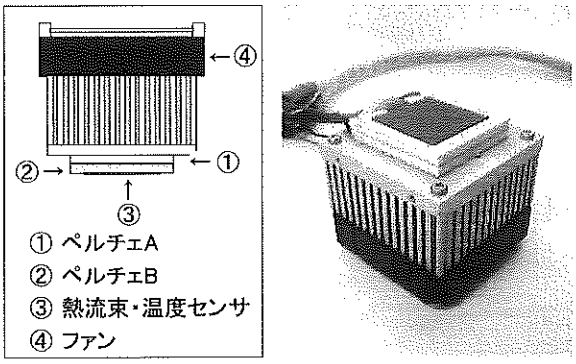


図1　自作したセンサプローブ

表1　被験者の身体データ

被験者	身長 mm	体重 kg	体表面積 m^2	体脂肪率 %	年齢 才	出身地
M01	1760	63.2	1.77	11.6	21	京都
M02	1724	61.6	1.72	17.1	21	兵庫
M03	1659	62.5	1.69	21.8	21	岐阜
M04	1627	54.7	1.58	17.6	22	大阪
M05	1696	55.7	1.64	14.6	21	大阪
M06	1778	74.2	1.89	18.0	21	兵庫
M07	1785	77.4	1.93	23.5	20	大阪
M08	1650	59.0	1.65	13.0	21	大阪
M09	1698	67.8	1.77	20.6	21	大阪
M10	1814	70.5	1.88	8.9	22	大阪
M11	1581	56.8	1.57	16.4	21	京都
M12	1748	64.2	1.77	22.2	21	大阪
M13	1714	69.9	1.80	20.2	22	広島

藏澄らの式：体表面積[m^2]=100.315×体重[kg]$^{0.383}$×身長[m]$^{0.693}$

2-2 冷刺激または温刺激を与える実験

冷刺激または温刺激を与える実験は、局所加熱冷却装置を用いて、被験者の身体が冬期の気候に順応していると考えられる12月において行なった。表1に示す被験者13名の上半身は裸体とし、下半身は下着の上にショートパンツを着用させた。図2に示す恒温恒湿室（Espec 製：2.0m×3.0m）を裸体時の温熱的中立域である温度28℃湿度50%条件で制御した。

実験手順は、被験者を前室で1時間程度の休憩をさせた後に、身体測定（身長・体重・体脂肪率）を行い、恒温恒湿室に入室させた。恒温恒湿室内にて、電子体温計（オムロン製：MC-108L）で舌下温を測定しながら、データロガ（江藤電気製：THERMODAC EF）に接続した0.2mmT型熱電対を図3に示す16部位に貼り付け、皮膚表面温度の測定を開始した。被験者に冷刺激または温刺激を感じたときの申告方法についての説明を行なった後に、冷刺激を与える冷覚閾値の実験を行い、約5～10分間休憩後に、温刺激を与える温覚閾値の実験を行った。実験中の姿勢は、被験者の疲労を考慮して15分以上立位姿勢とならないように、立位または椅座位とした。立位では10姿勢（下肋部、腹部、前腕部、手背部、背部、腰部、臀部、大腿後部、下腿後部、大腿前部）を、椅座位では6姿勢（頚部、胸部、前額部、上腕部、下腿前部、足背部）を測定した。

温冷感閾値の測定は、温かくも冷たくも感じない状態で接触させたプローブと皮膚との熱流束がおおよそ定常状態になる約20秒後から、プローブの接触面の温度を0.1℃/s、0.3℃/s、0.5℃/sの温度変化の速度で下降または上昇させ、被験者が冷刺激または温刺激を感じたときに刺激自覚スイッチを押してもらった。温度を変化させてから自覚時までの時間、開始時および自覚時の皮膚の表面温度と熱流束を測定した。そして、冷刺激または温刺激を与える前と温冷感覚を自覚した時の皮膚表面温度との差などを求めた。

3 実験結果および考察

3-1 温度変化の速度条件の違いによる検討

図4に、冷刺激を自覚した温度差の平均値と標準偏差を、温度変化の速度毎に示す。各測定部位内における温度変化の速度の違いによる差は、個人差より小さな

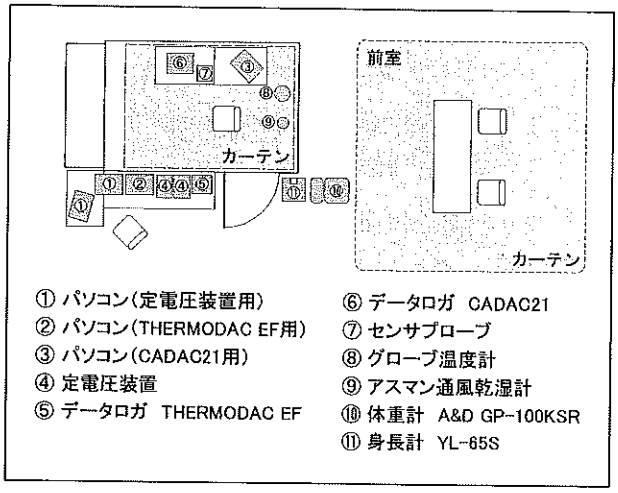


図2 実験室の平面図と測定機器の配置

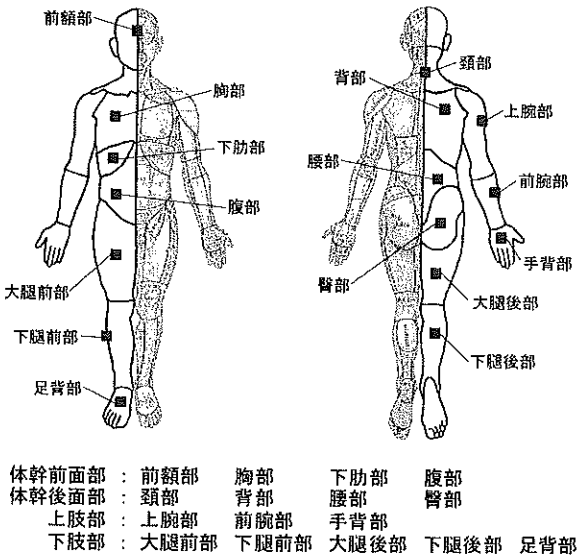


図3 温刺激または冷刺激を与えた16部位

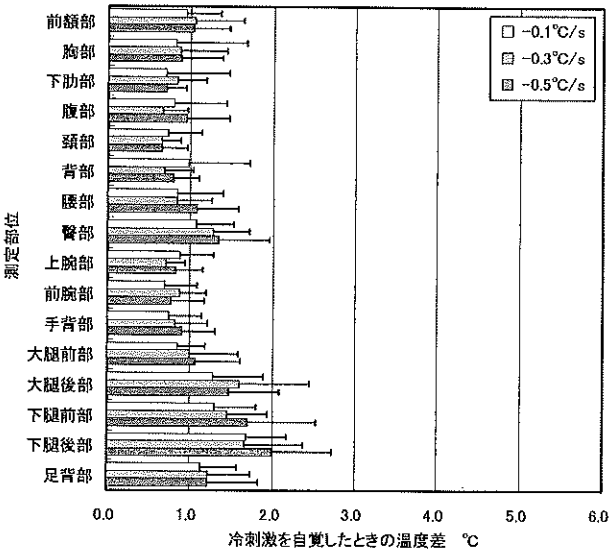


図4 冷刺激を自覚したときの温度差

差であり、下腿前部で最大0.4℃しかみられなかった。

図5に、温刺激を自覚した温度差の平均値と標準偏差を、温度変化の速度毎に示す。各測定部位内における温度変化の速度の違いによる差は、下腿後部と足背部においては1.0℃以上の差がみられたが、母平均の差の検定を行なったところ、温度変化の速度の違いによる有意差はみられなかった。

冷覚の場合は1.0℃以上の差がみられた部位はなく、温覚の場合は下腿後部と足背部で1.0℃以上の差がみられたものの、母平均の差の検定を行なったところ温度変化の速度の違いによる有意差はみられなかった。そのため、各測定部位間の違いを検討する上では大きな差はないとみなし、温度の変化速度3条件の平均値を用いて、測定部位間の検討を行うこととした。

3-2 測定部位間の検討

図6に、冷刺激または温刺激を自覚した温度差を、測定部位毎に示す。冷覚については、体幹部と上肢部では比較的感度は良く、下肢部では冷覚の感度は悪く、各測定部位間の温度差も大きくなった。温覚については、体幹前面部と上肢部では感度が良く、各測定部位間の温度差も小さくなった。体幹後面部では頚部と腰部は感度が良く背部と臀部は感度が悪くなった。下肢部では、下腿部より末梢は感度が非常に悪くなった。

冷覚の感度と温覚の感度を比較すると、腰部と大腿後部以外の測定部位においては、冷刺激を自覚した温度差のほうが温刺激を自覚した温度差より小さくなった。特に、背部、下腿前部、下腿後部、足背部に顕著な差がみられ、人は温覚より冷覚のほうが感じやすいということが明らかとなった。

図7に、測定部位毎の冷刺激を自覚した温度差の平均値と田村ら[3) 4)]の研究による冷点の分布密度との関係を示す。冷点の分布密度は4～23個/cm^{2}の範囲であり、自覚した温度差と冷点の分布密度との相関係数は0.77と相関は高くなった。冷点の分布密度の疎密が、冷覚を自覚する温度差に影響を与えているといえる。

図8に、測定部位毎の温刺激を自覚した温度差の平均値と田村ら[3) 4)]の研究による温点の分布密度との関係を示す。温点の分布密度は、2～6個/cm^{2}の範囲であり、自覚した温度差と温点の分布密度との相関係数は

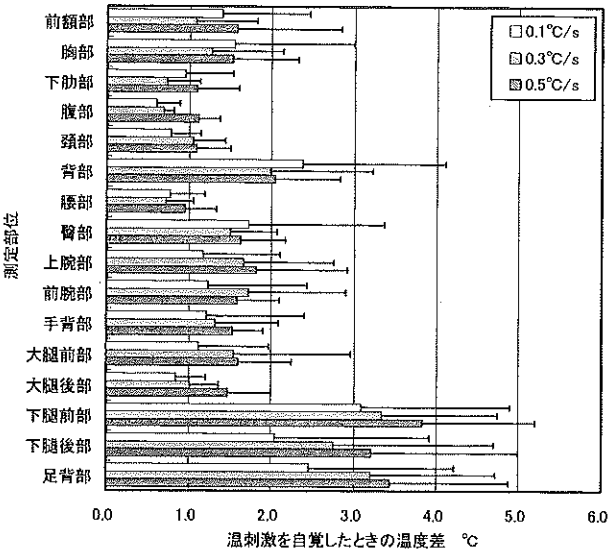


図5 温刺激を自覚したときの温度差

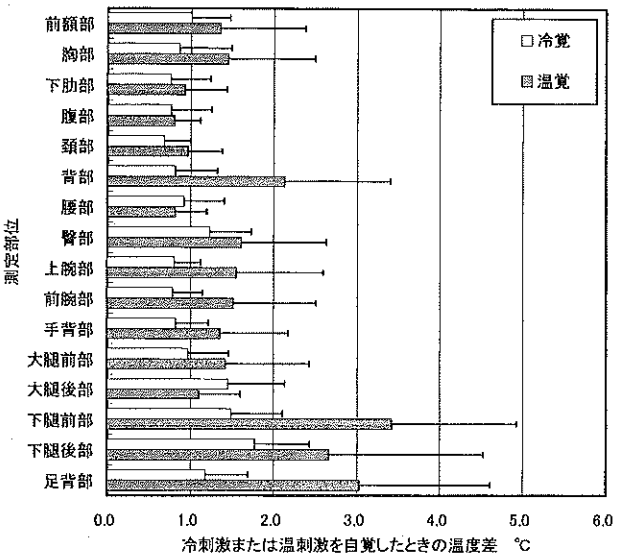


図6 冷刺激または温刺激を自覚したときの温度差

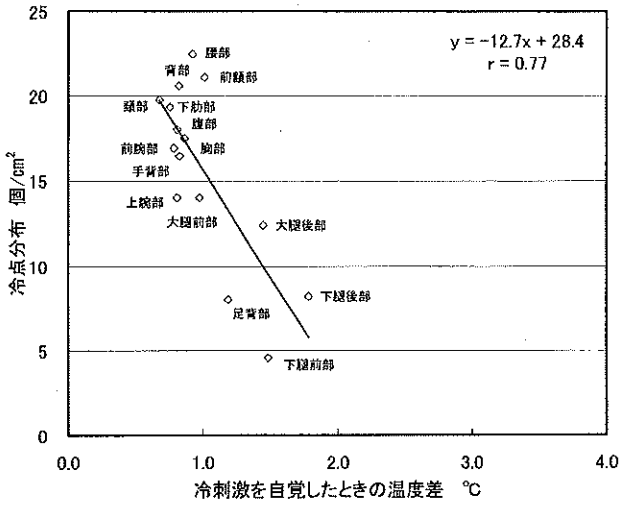


図7 冷刺激を自覚したときの温度差と冷点の分布密度との関係

0.35 となった。冷点の場合と比べて相関係数が小さいのは、温点の分布密度が、冷点の分布密度より低いことに起因していると考えられる。図6に示すように温覚における被験者間の標準偏差が冷覚より大きくなることも、同様なことに起因していると考えられる。

4　温冷感覚の感度を考慮した重み付けの提案

人体と環境との境界面である皮膚の表面温度は、各部位の体表面積の比率で重み付けられた平均皮膚温として算出され、温熱環境指標としても用いられている。そこで、局所的な温熱刺激を有する環境評価指標の重み付けの比率として、冷刺激または温刺激を自覚した温度差の逆数を冷覚または温覚の感度として、面積比率と温冷感覚の感度により比率を求めた。

図9に、温冷感覚の感度を考慮した重み付けの比率を示す。体表面積のみの重み付けと比較して、冷覚を感じるときの重み付けが 2%以上大きくなる部位は、上腕部、頚部で、小さくなる部位は、下腿後部、大腿後部、下腿前部であった。温覚を感じるときの重み付けが 2%以上大きくなる部位は、腹部、腰部、大腿後部、頚部で、小さくなる部位は、下腿後部、下腿前部、足背部、背部であった。このことから、頚部から体幹部にかけて局所的な着衣量調節や冷暖房を行なうことは、他の部位に対するより有用であるといえる。

5　結論

サーモモジュールと熱流束・温度センサなどを用いて局所加熱冷却装置を製作し、各部位に冷刺激または温刺激を与えて温冷感覚の感度を測定する実験を、青年男子被験者13名を用いて行った。その結果、測定部位毎に刺激を自覚した温度差を冷覚と温覚の感度として求め、下肢部の感度が悪いなどの測定部位間の違いを明らかにした。また、冷覚よりも温覚の感度のほうが悪いことを明確にした。そして、局所的な温冷感覚を有する環境の評価に用いるための生理的平均皮膚温の重み付けとして、体表面積の比率および冷覚または温覚の感度で重み付けした比率を算出した。

なお、本研究の一部として平成16年度科学研究費補助金若手研究B（課題番号：16770189　研究課題：人体各部位の温冷感知覚を考慮した生理的平均皮膚温と生理心理反応に関する研究）を使用した。

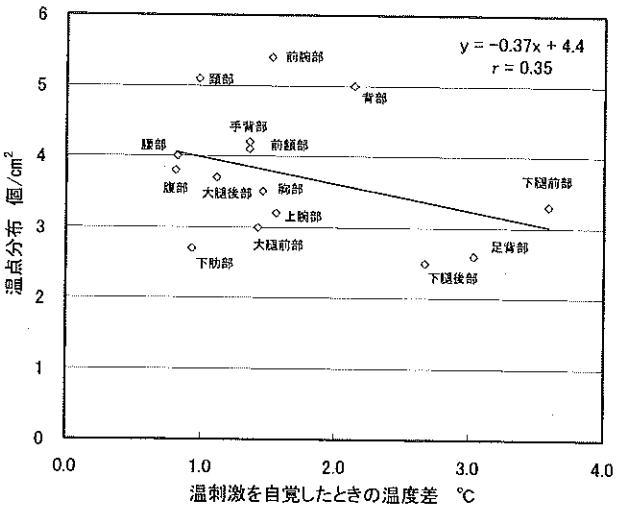


図8　温刺激を自覚したときの温度差と温点の分布密度との関係

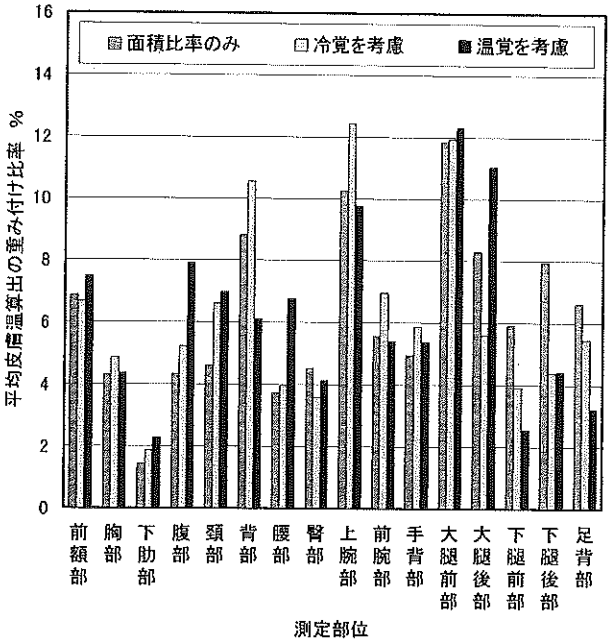


図9　温冷感覚の感度を考慮した重み付けの比率

引用文献

1）堀越哲美ら：非対称および不均一熱放射環境の人体影響表現方法の研究、AIJ計画系論文報告集、NO.413、pp.21-27、1990　2）藏澄美仁ら：非対称及び不均一な熱放射環境の人体影響に関する研究：作用温度一定の場合、AIJ計画系論文報告集、NO.447、pp.17-26、1993　3）野原宗道ら：熱放射源の位置が人体皮膚温・温冷感に及ぼす影響、人間と生活環境、No.3、pp.29-37、1996　4）田村照子ら：人体表面の温度点分布（第1報）冷点分布密度の部位差、人間と生活環境、No.2、pp.30-36、1995　5）田村照子ら：人体表面の温度点分布（第2報）温点分布密度の部位差、人間と生活環境、No.2、pp.37-42、1995

人体の各部位における温冷感覚の感度に関する研究

夏期または冬期に順応した被験者の相違

The sensitivity of thermal sensation in each part of a human body
A difference of the young subject in acclimation to cold or heat

○中谷拓仁，中島工太，宮本征一
摂南大学
NAKATANI Takuto, NAKASHIMA Kota, MIYAMOTO Seiichi
Setsunan University

1　はじめに

人体の局所的な温覚または冷覚特性を考慮して、床暖房や炬燵、扇風機など採暖・採涼を得るような温熱環境設計をすることは、住生活での省エネルギー対策として有用であり、人体の局所的な冷覚と温覚の感度を明らかにすることは重要であると考えられる。

人は寒冷環境または暑熱環境に曝露されると、温熱的感覚も順応して冷覚または温覚の感度が異なる可能性があると考え、夏期[1]または冬期に被験者実験を行うこととした。人体の温冷感覚は、刺激を与える面積、皮膚表面温度、温度変化の速度によって異なるという研究[2]もみられるが、前報の冬期の実験結果で示したとおり、温度変化の速度の違いによる差は被験者間の差より小さく、明確な差としては現れなかった。

本研究では、夏期と冬期において、青年男子5名の同一被験者の各部位に冷刺激または温刺激を与えて、各部位の温冷感覚の感じやすさを把握することとした。そして、冷覚または温覚の感度と温冷刺激を与えられた皮膚表面温度との関係、冷覚または温覚の感度と寒冷環境または暑熱環境への順応との関係を考察した。

2　実験計画

2-1　被験者

表１に、夏期と冬期において局所的に冷刺激または温刺激を与えた被験者の身体特性と、夏期の問診より体質の暑がりと夏期の室温と着衣の好みを、冬期の問診より体質の寒がりと冬期の室温と着衣の好みを示す。被験者は、青年男子の標準的な体型であり、被験者 M02 の冬期において低い室温を好む以外は一般的な体質・温熱環境の好みの被験者であったといえる。

表1　被験者の身体データ

被験者		M01	M02	M03	M04	M05
身長	mm	1760	1724	1659	1627	1814
体重	kg	63.2	61.6	62.5	54.7	70.5
体表面積	cm^2	1.77	1.72	1.69	1.58	1.88
体脂肪率	%	11.6	17.1	21.8	17.6	8.9
年齢	才	21	21	21	22	22
出身地		京都	兵庫	岐阜	大阪	大阪
体質	暑がり	2	2	2	4	2
	寒がり	1	3	4	4	4
室温好み	夏期	2	2	2	2	3
	冬期	5	2	4	4	4
着衣好み	夏期	2	2	2	2	2
	冬期	4	3	2	4	2

	1	2	3	4	5
暑がり	とても暑がり	暑がり	やや暑がり	暑がりでない	
寒がり	とても寒がり	寒がり	やや寒がり	寒がりでない	
室温	低め	やや低め	どちらでもない	やや高め	高め
着衣	薄着	やや薄着	普通	やや厚着	厚着

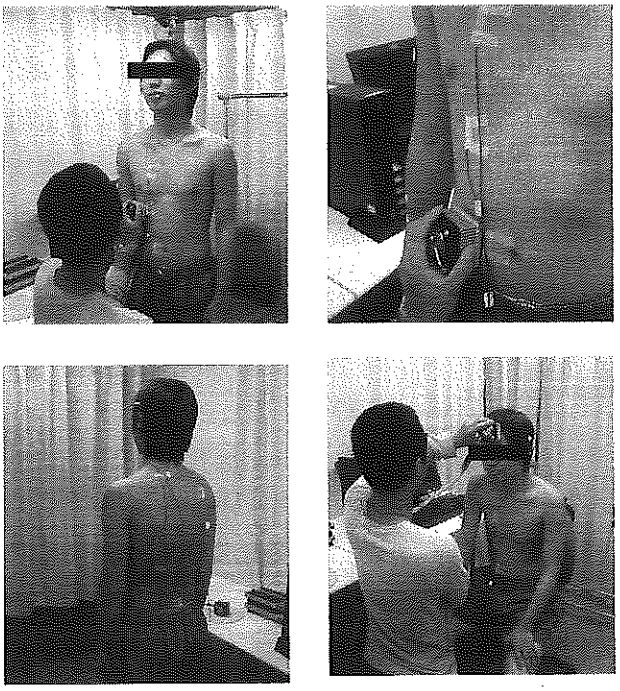


図１　被験者実験の様子

2-2 冷刺激または温刺激を与える実験の手順

実験は、暑熱環境に順応していると考えられる8月（夏期実験）と寒冷環境に順応していると考えられる12月（冬期実験）に行なった。夏期の発汗による皮膚表面温度の低下や、冬期の低温曝露による末梢部の皮膚表面温度の低下がないように、被験者は、恒温恒湿室の曝露条件に近い温度湿度条件の前室にて夏期は30分間程度の休憩を、冬期は60分間程度の休憩をさせた。その後に、身体測定を行い、恒温恒湿室に入室させた。両実験とも恒温恒湿室を裸体時の温熱的中立域である温度28℃湿度50%条件で制御した。

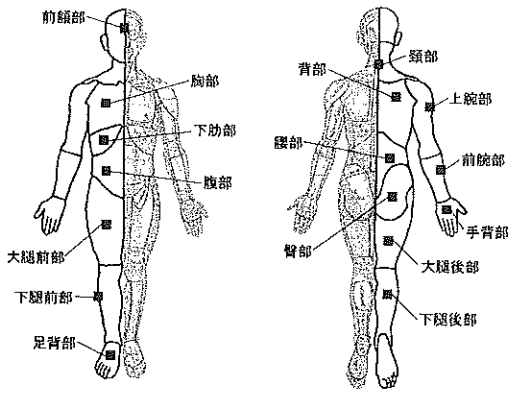
図1に恒温恒湿室内の被験者実験の様子を示す。電子体温計で舌下温を測定しながら、0.2mmT型熱電対を図2に示される冷刺激または温刺激を与える16部位に貼り付け、皮膚表面温度の測定を開始した。被験者に申告方法についての説明を行なった後に、冷刺激を与える実験を行い、約5～10分間の休憩後に、温刺激を与える実験を行った。実験中の姿勢は、被験者の疲労を考慮して15分以上立位姿勢とならないように、立位または椅座位とした。

皮膚表面温度を測定している16部位に、予備実験で得られた温かくも冷たくも感じない温度（32～35℃）のプローブを皮膚に接触させた。プローブと皮膚との熱流束がおおよそ定常状態になる約20秒後から、プローブの接触面における温度変化の速度を3段階で下降または上昇させ、被験者が冷刺激または温刺激を感じたときに刺激自覚スイッチを押してもらった。温度を変化させてから自覚時までの時間、開始時および自覚時の皮膚の表面温度と熱流束を測定した。そして、冷刺激または温刺激を与える前と温冷感覚を自覚したときの皮膚表面温度との差などを求めた。

3 実験結果および考察

3-1 冷覚または温覚の感度と皮膚温との関係

図3～図7に、被験者M01～M05の冷覚または温覚を自覚したときの温度差（閾値）と刺激を与える前の皮膚温との関係を示す。同一被験者の同一部位間における夏期実験と冬期実験の刺激を与える前の皮膚温の差の平均は、被験者M01は0.3℃、被験者M02は0.4℃、被験者M03、M04、M05は0.2℃と夏期実験のほうが冬



体幹前面部 ： 前額部　胸部　下肋部　腹部
体幹後面部 ： 頸部　背部　腰部　臀部
上肢部 ： 上腕部　前腕部　手背部
下肢部 ： 大腿前部　下腿前部　大腿後部　下腿後部　足背部

図2 温刺激または冷刺激を与えた16部位

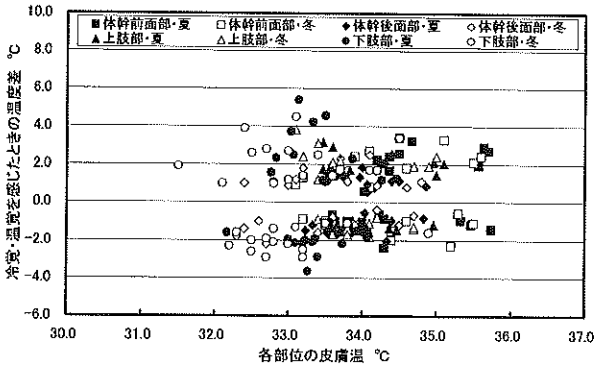


図3 温冷覚の閾値と皮膚温との関係（被験者M01）

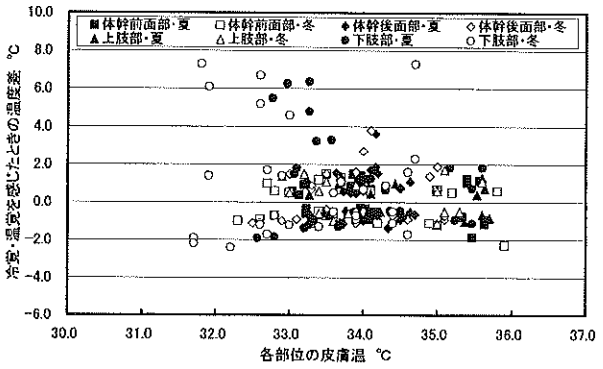


図4 温冷覚の閾値と皮膚温との関係（被験者M02）

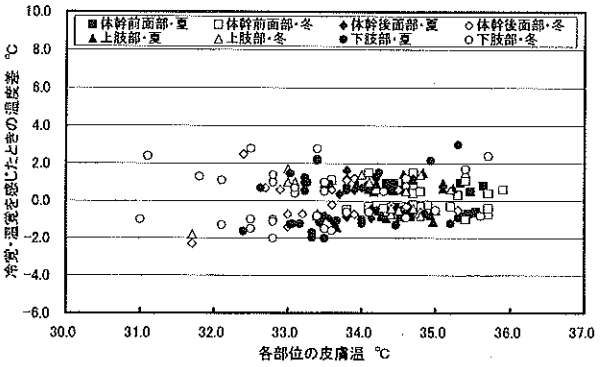


図5 温冷覚の閾値と皮膚温との関係（被験者M03）

期実験より多少高い値であった。夏期のほうが高く差が最もみられた部位は、被験者 M01 は腰部、被験者 M02 は臀部と下腿後部、被験者 M03 と M04 は足背部、被験者 M05 は大腿前部であった。逆に、冬期のほうが高く差が最もみられた部位は、被験者 M01、M03 と M05 は足背部、被験者 M02 は下腿後部、被験者 M04 は腰部であった。刺激を与える前の皮膚温に差が大きくみられた部位は、腰部より下半身の部位であるといえる。

表２と表３に、同一被験者の同一部位間における夏期実験と冬期実験の刺激を与える前の皮膚温の差が 1.0℃以上であった部位の冷覚と温覚の感度の違いを示す。暗灰色は感度に 1.0℃以上の差が、明灰色は感度に 1.0℃未満の差がみられた部位である。

冷覚の感度は、全被験者とも体幹前面では 1.0℃以上の皮膚温の差はみられず、皮膚温との関係を考察できなかった。他では皮膚温が高くなると感度が良くなる傾向の部位がみられたが、被験者 M01、M02 と M03 は皮膚温が高いと冷覚の感度が悪くなるという逆の傾向の部位もみられた。温覚の感度は、被験者 M04 以外では皮膚温が高くなると温覚の感度が良くなる部位と悪くなる部位がみられた。これらのことより、温熱的中立域（温度 28℃と湿度 50%）においては、刺激を与える前の皮膚温の違いによる冷覚または温覚の感度の違いはあまりないと考えられる。

3-2 冷覚または温覚の感度と暑熱・寒冷順応との関係

表４と表５に、夏期と冬期実験での同一被験者の同一部位間において、刺激を与える前の皮膚温に差がない部位の冷覚の感度の違いと温覚の感度の違いを示す。冷覚の感度は、被験者 M04 の体幹部において夏期の感度が良い部位が多くみられ、夏期と冬期では感覚が異なる可能性があるが、他の被験者では夏期の感度が良いという傾向が多少みられるが、明確な差はないといえる。温覚の感度は、冷覚ほど差がある部位はなく、夏期の感度が良いという傾向が多少みられるが、明確な差はないといえる。考察に用いたデータ数が少数であるものの、皮膚温が高くなると感度が良くなることもあれば逆の傾向もみられることから、暑熱・寒冷環境への順応による違いではなく、被験者固有な感覚に起因するとみなすこととした。

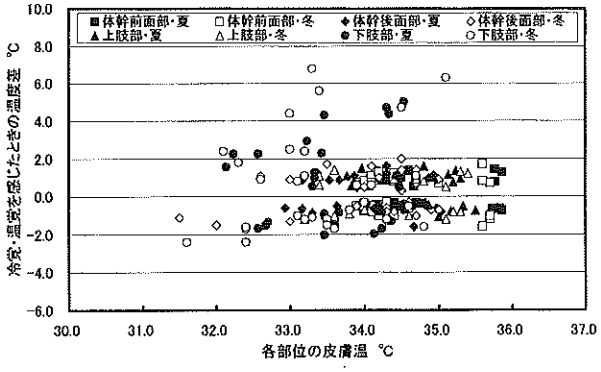


図6 温冷覚の閾値と皮膚温との関係（被験者 M04）

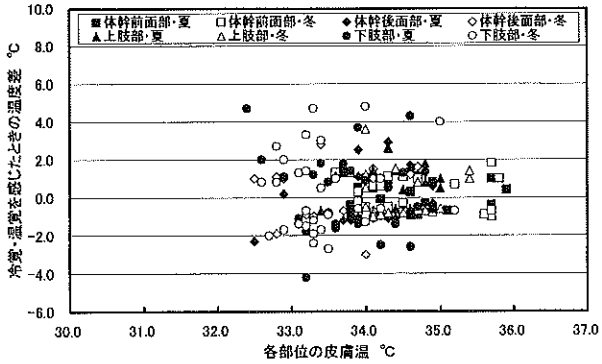


図7 温冷覚の閾値と皮膚温との関係（被験者 M05）

表2 皮膚温が冷覚の感度に及ぼす影響

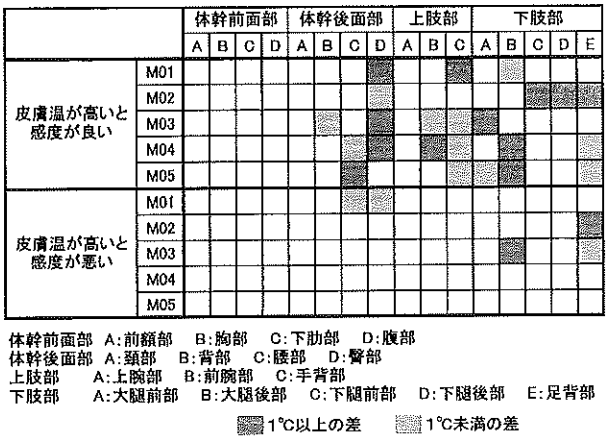
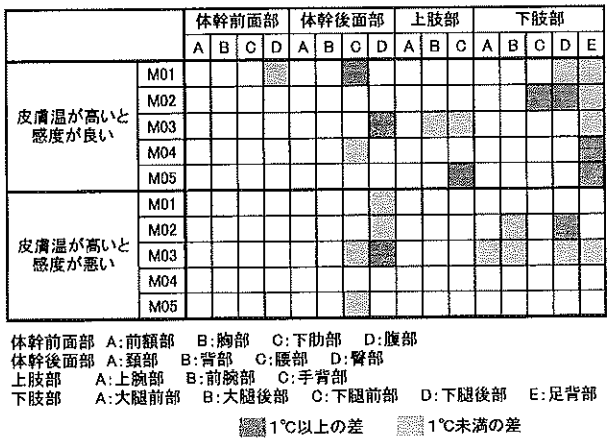


表3 皮膚温が温覚の感度に及ぼす影響



4　温熱中立域における温冷感覚に影響を与える要因

前報において、温度変化の速度の違いにより、冷覚または温覚の感度は多少異なる部位があるが、被験者間の違いによる差より小さく、冷覚または温覚の感度を考慮した生理的平均皮膚温の重み付け比率の算出には影響がないとして比率を算出した。本報では、同一被験者の同一部位の値を用いて、刺激を与える前の皮膚温の違いによる差と、暑熱環境または寒冷環境への順応の違いによる差について考察を行なったが、温熱中立域においては、被験者間の違いによる差より小さかった。そこで、夏期実験と冬期実験のデータを併せ用いて、生理的平均皮膚温を算出するための温冷感覚の感度を考慮した重み付けの比率を算出した。

図８に、温冷感覚の感度を考慮した重み付けの比率を示す。体表面積のみの重み付けと比較して、冷覚を感じるときの重み付けが 2%以上大きくなる部位は、上腕部であり、小さくなる部位は、下腿後部、大腿後部、下腿前部であった。温覚を感じる時の重み付けが2%以上大きくなる部位は、腹部、腰部、大腿後部であり、小さくなる部位は、下腿後部、足背部、下腿前部、背部であった。これらのことから、末梢部より感度が良い体幹部に対して、温覚または冷覚を感じないようにする局所的な着衣量調節や冷暖房制御は効率が良く有用な手段であるといえる。

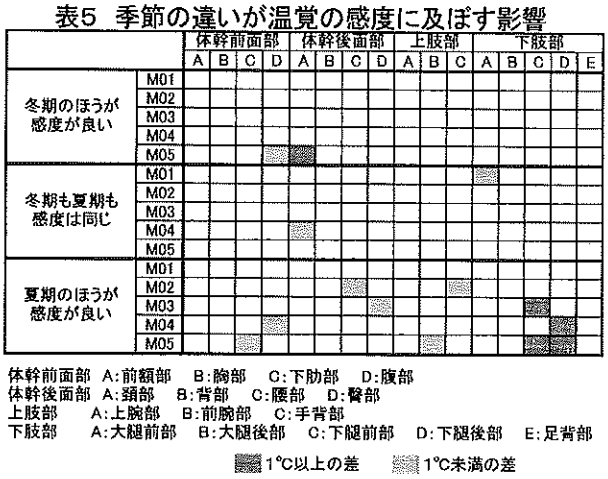
5　結論

局所加熱冷却装置を用いて、各部位に冷刺激または温刺激を与えて温冷感覚の感度を測定する実験を、夏期と冬期に、同一被験者を用いて行った。その結果、皮膚表面温度の違いや暑熱環境または寒冷環境への順応による違いによる温冷感覚の感度の差は、明確にみられなかった。そのため、夏期実験と冬期実験のデータを併せ用いて、温冷感覚の感度を考慮した重み付けの比率を算出した。体表面積のみの重み付けと比較して、温冷感の感度を考慮すると下肢の重み付けが小さくなることを明らかにした。

なお、本研究の一部として平成16年度科学研究費補助金若手研究 B（課題番号：16770189　研究課題：人体各部位の温冷感知覚を考慮した生理的平均皮膚温と生理心理反応に関する研究）を使用した。

表4　季節の違いが冷覚の感度に及ぼす影響

表5　季節の違いが温覚の感度に及ぼす影響



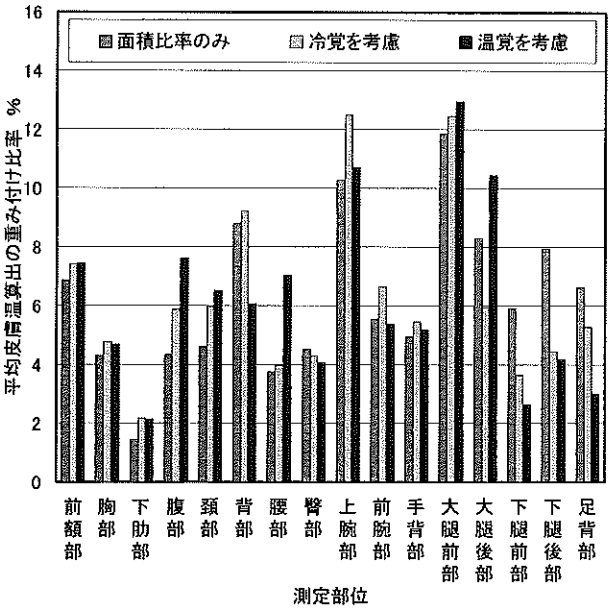


図8温冷感覚の感度を考慮した重み付けの比率

引用文献

1)宮本征一 ： 人体の各部位における温冷感覚の感度に関する研究－夏季に順化した青年男子被験者の場合－、AIJ近畿支部研究報告集、pp. 257-260、2006　2)Robert F. Schmidt ： 感覚生理学、金芳堂、 pp.55-63、1980

冷えの改善に関する研究

Study on the improvement of the cold

○佐々尚美＊，梁瀬度子＊＊

＊武庫川女子大学　生活環境学部　　＊＊奈良女子大学

SASSA Naomi*, YANASE Takuko**

*Human Environmental Sciences, Mukogawa Women's University, ** Nara Women's University

1　はじめに

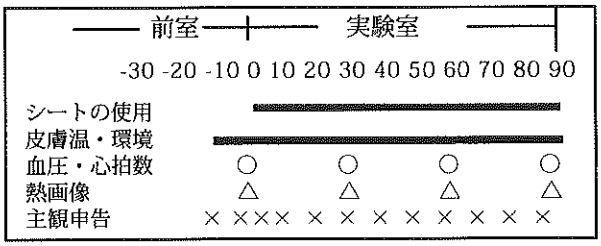
冷えに関してこれまでにも様々検討されており、冷えの自覚やその要因[1)など]や冷えの自覚と皮膚温の関係[2)]の検討により、冷える部位や冷えの自覚と皮膚温との一致、冷え性の直腸温や足部皮膚温が低いことなどの特徴が報告されている。また、冷えの改善としては、ソックスの影響[3)]などの検討がなされている。また、筆者らも夏期の冷え改善として蒸気温熱シート（以下シートと称す）を用いて冷えの改善を検討[4)]したところ、夏の冷え改善としても腰を暖めることが有効であり、シート使用後には、今後の夏の冷え改善として腰や腹を温めることを多くが希望していた。

本報告では、冬期の冷えの改善の検討を、主に女子大学生の冷え性者を対象として、日常生活にてシートを実際に使用して評価する「シート使用の実態調査」および人工気候室にて皮膚温などの生理反応や主観申告を測定する「人工気候室実験」から行った。

2　方法

（1）人工気候室実験

温熱環境条件は、不感気流にて、前室は28℃、50%、実験室は25℃、50%とした。シート使用部位は、「腰」および「腹」とし、ウエストベルトに入れて使用した。人体側条件は、女子大学生を対象に、椅座安静状態、着衣量は夏服0.40clo[5)6)]（Tｼｬﾂ、ｽｶｰﾄ、ｽﾄｯｷﾝｸﾞ、ﾊﾟﾝﾃｨｰ、ﾌﾞﾗｼﾞｬｰ）とした。測定項目は、室内温熱環境要素として気温（床上0.1m、0.6m、1.1m）、黒球温度および相対湿度（床上0.6 m）を、生理反応として皮膚温はHardy&Dubois[7)]の12点、手指先および足指先、冷えを感じる部位2点の合計16点と全身の熱画像、舌下温、心拍数・血圧等とした。心理反応として全身および各部位温冷感、快適感等の主観申告、冷えの改善などとした。実験手順を図1に示す。被験者は設定着衣に着替え、前室にて椅座安静状態に約30分間保ち、実験室に入室し、シートを貼り90分間暴露した。皮膚温および環境温度は30秒おき、血圧・心拍数および熱画像は30分おき、主観申告は10分おきに測定した。被験者は17名であり、1月中旬～2月中旬までに実施した。



（2）日常生活での使用調査

3日間、日常生活にて冷えを感じた時にシートを使用し、暑いと感じた時は取り外してもらい、使用感、全身および部位温冷感、快適感、満足感、冷え症状の改善などとし、3日間使用後に冷え症状の改善、今後シートを使用したい時期・部位などの質問項目に対し、アンケート用紙を持ち歩いて随時記録してもらった。被験者は、30名であり、2006年1月～2月に実施した。

3　結果および考察

(1) 被験者

表1に被験者の属性を示す。体格は、ほぼ全国平均[9)]と同様であった。冷え性に関しては、人工気候室実験では冷え性群は14名、どちらでもない1名、冷え性でないは2名であった。実態調査では冷え性群27名、どちらでもない1名、冷え性でない2名であった。以後、「どちらでもない」と「冷え性でない」をあわせて「冷え性でない群」として検討する。

(2) 人工気候室実験

図1にシートの使用部位の違いによる皮膚温の分布を冷えの有無別、使用部位別の平均値にて示す。平均皮膚温はほぼ同じであったが、冷え性群は、腰に使用した方

表1　被験者の属性

実験	体格（平均）	身長 158.4cm、体重 51.3kg、体表面積 1.52体格指数 20.5kg/h体脂肪率 23.8%	
	冷え性	冷え性群	かなり冷え性7名、やや冷え性7名
		冷え性でない群	どちらでもない1名、冷え性でないは2名
実態	体格（平均）	身長 157.2cm、体重 49.4kg、体表面積 1.48体格指数 20.0kg/m	
	冷え性	冷え性群	かなり冷え性11名、やや冷え性16名
		冷え性でない群	どちらでもない1名、冷え性でない2名

体表面積（As）$=100.315W^{0.385} \times H^{0.693}$　8)

W: 体重 H: 身長

が「足背」と「足指先」の皮膚温が高く、その他のシートを使用しない部位はほぼ同じであった。冷え性でない群は、腹に使用した方が各部位の皮膚温はほぼ同じか高く、冷えの有無によりシート使用部位の違いによる各部位の皮膚温への影響が異なっていた。

図2にシートの使用部位の違いによる温冷感の分布を同様に示す。冷え性群は全身温冷感はほぼ「どちらでもない」、部位では躯幹部は暖かい側、腕部および脚部は涼しい側であり、夏期[4]より部位による温冷感の差が広がった。足背および足指先皮膚温は腰に使用時の方が高かったが、腰および腹に使用してもほぼ同じ様な温冷感の分布であった。冷え性でない群は腹に使用した方が、腰以外の部位の温冷感は暖かい側となり、シート使用部位により温冷感に違いが認められた。これは、腹使用時の皮膚温が高かったことによると考えられる。

図3に冷え性の全身温冷感と快適感の関係および二の腕温冷感と快適感の関係を同様に示す。全身温冷感および二の腕温冷感が暖かい程快適感は高く、逆に寒い程不快である傾向にあり、その傾向は、腹に使用した方が強かった。また、いずれの使用部位でも、快適感は平均すると「どちらでもない」であり、全身温冷感は「やや涼しい」より暖かい側、二の腕温冷感は、「涼しい」～「やや涼しい」より暖かい側で快適側の申告が得られると推察される。

図4に冷え性の平均皮膚温と全身温冷感の関係を同様に示す。同じ平均皮膚温でも全身温冷感には個人による差が認められたが、シートの使用部位に関わらず、平均皮膚温が高い程全身温冷感も暖かい側に、逆に平均皮膚温が低い程寒い側に感じる傾向であった。また、平均皮膚温が約33.5℃で温熱的中性申告が得られると考えられる。

図5に冷え性の全身温冷感と冷えの改善を同様に示す。全身温冷感が暖かい程、冷えが改善したとする傾向が認められ、若干腹の方が改善したとする割合が高かった。冬期に同程度の着衣を着用した若齢女性を25℃に暴露した場合では、平均皮膚温は約32℃、温冷感は「やや涼しい」、快適感は「どちらでもない」[10]であったことと比較して、何れの部位に使用しても冷えは改善はされていたと考えられる。

図6に冷え性の同一人物の腰に使用した場合と腹に使用した場合の平均皮膚温、全身温冷感、快適感および冷えの改善の関係を示す。全身温冷感、快適感および冷えの改善はいずれの部位に使用しても同様の評価をする傾

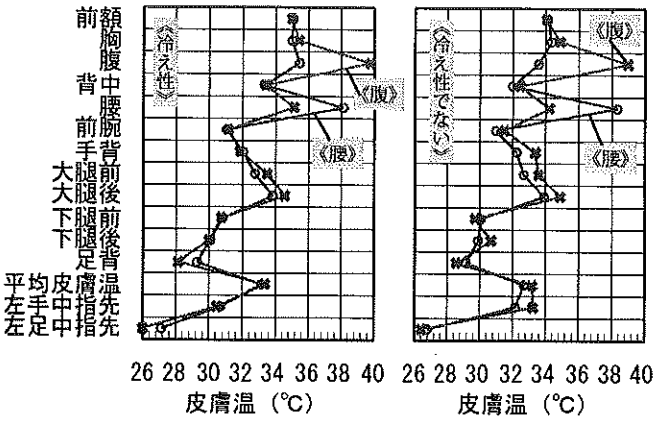


図1　使用部位別の皮膚温の分布

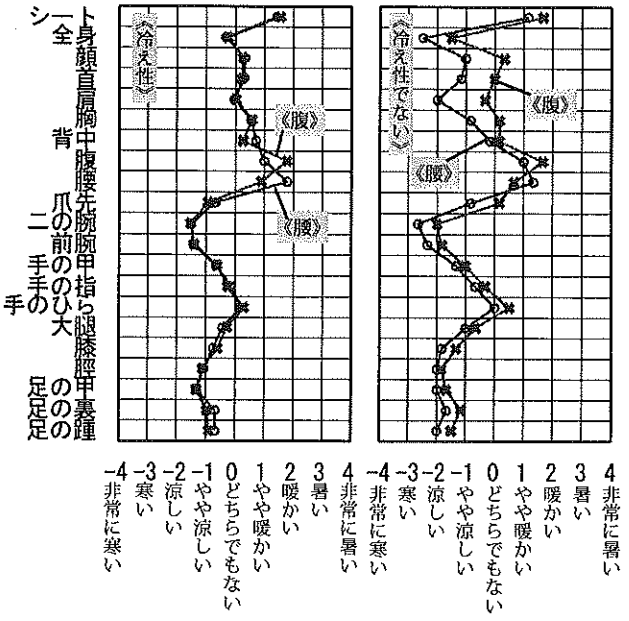


図2　使用部位別の温冷感の分布

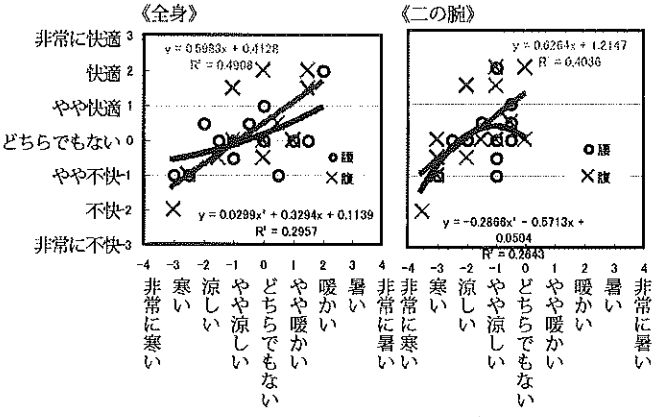


図3　全身および二の腕温冷感と快適感の関係

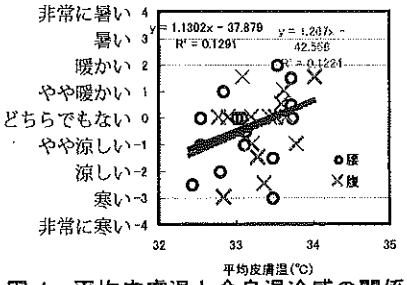


図4　平均皮膚温と全身温冷感の関係

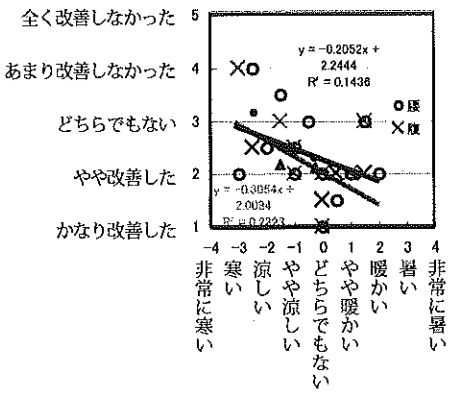


図５　全身温冷感と冷えの改善の関係

向を示した。しかし、全身温冷感が寒い側では、腹に使用の方が若干暖かい側であり、腹に使用した方が腰に使用した場合と同じかより快適側あるいは改善したとする傾向も見られ、これは平均皮膚温が腹の方が高かった影響と考えられる。

（２）冬期における実態調査

図７にシートの使用部位を示す。使用部位は、両方に使用したのは僅かであり、全体の約７割が「腰」に、約３割が「腹」に使用し、夏期[4]ではほぼ半々であったこととは異なる傾向であった。また、冷え性は「腰」に使用した割合が高く、冷え性でない群は「腹」に使用した割合が高く、使用時間は、いずれの群も平均して約７時間であった。

図８に使用前および使用時の全身および部位とシートの温冷感、快適感を同様に示す。冷え性群は、使用前は軀幹部と「手の指」「爪先」「足の甲」「足の裏」の温冷感の差が大きく、末梢部の冷えを感じており、これらの部位と全身温冷感はほぼ同じであった。シート使用中は全ての部位が使用前より約1.5～４段階暖かい側となり、軀幹部は「どちらでもない」より暖かい側となったが、手先や脚部は涼しい側であった。また、背中のみ腰に使用した方が暖かい側であったが、その他のシート使用部位以外は、ほぼ同じであった。冷え性でない群は、使用前は冷え性群より各部位の温冷感の分布が少なく、使用中もシート使用部位以外は部位による温冷感の差が小さかった。使用中は全ての部位が使用前より１～4.5段階暖かい側となったが、シート使用部位以外は、涼しい側であった。全身温冷感と快適感は、いずれの群もほぼ同じであり、使用前は「寒い」「やや不快」～「不快」であったが、使用中は「やや暖かい」「やや快適」～「快適」となったが、冷えの有無により冷えを感じる部位やシート使用時の各部位の温冷感の分布が異なる傾向が認められた。

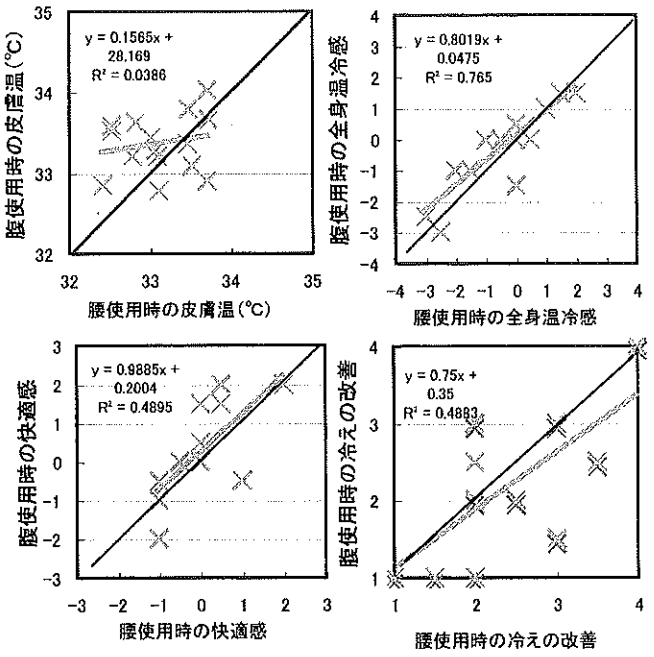


図６　同一人者の腰と腹に使用した場合の
平均皮膚温、全身温冷感、快適感冷えの改善の関係

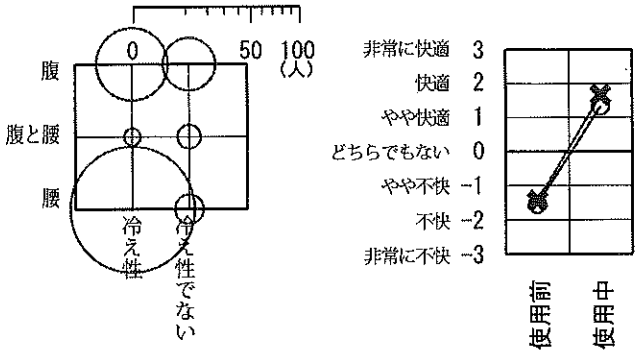


図７　シート使用部位

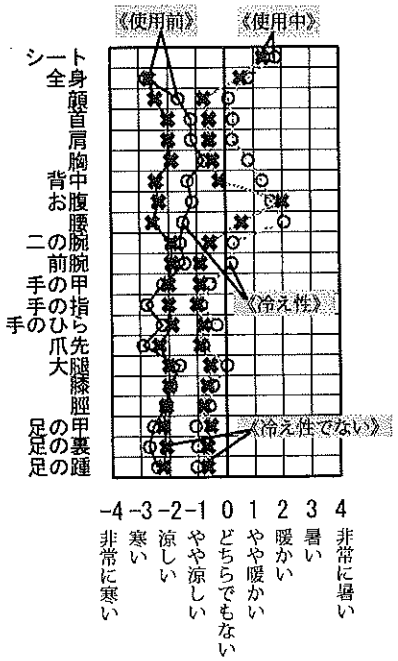


図８　使用前および使用時の温冷感、快適感

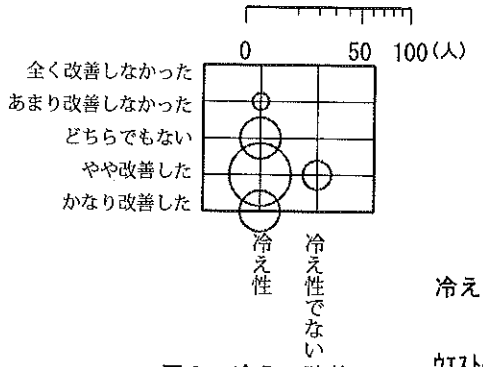


図９　冷えの改善

図９に「冷えの改善」を同様に示す。腹に使用した方が若干改善したとする割合が高かったが、いずれの部位に使用してもほぼ同じであった。

図10に「冬の冷え改善」としてこれから使用したい方法を示す。「腰にはる」が最も多く、次いで「腹にはる」「足の裏にはる」が多く、5割以上が回答した。その他、「簡単に着脱できる様にする」「足の裏にはる」「手でにぎる」「冷える部位に常にはる」「その時々の冷える部位にシートを移動させて暖める」と回答し、腹腰への使用や冷える部位に使用したいとの希望が高かった。また、夏期[4)]と比べ、末梢部を暖めたいとする希望が増加した。冷え性別には「かなり冷え性」は夏期[4)]とは異なり「腰にはる」が多く回答され、その他は「腰にはる」と「腹にはる」は同じであった。また、冷える部位別には、「手先」が冷える者は「足の裏にはる」が、「足先」が冷える者は「手でにぎる」が他の部位が冷えるとする者よりも希望した割合が高く、冷える部位と離れた場所を暖めたいと希望する傾向が認められた。

4　まとめ

冬期の冷え改善の検討として、腹と腰にシートを使用してその影響を検討する人工気候室実験と日常生活にてシートを使用し評価する実態調査を実施した結果、以下の様にまとめられる。

冷え性は、人工気候室実験ではシートの使用部位に関わらず、ほぼ同じ傾向が示されたが、若干、腹にシートを使用した方が快適感が高く、冷えの改善もみられた。しかし、実態調査では腰に使用する割合が高く、今後使用したい方法でも、腹に使用するより腰に使用したいと希望する割合が高く、暖める部位について、今後更に詳細な検討が必要であると考えられる。

謝辞：実験にご協力頂きました被験者の方々に感謝いたします。また、本研究は花王株式会社より助成を受けたことを記し、御礼申し上げます。

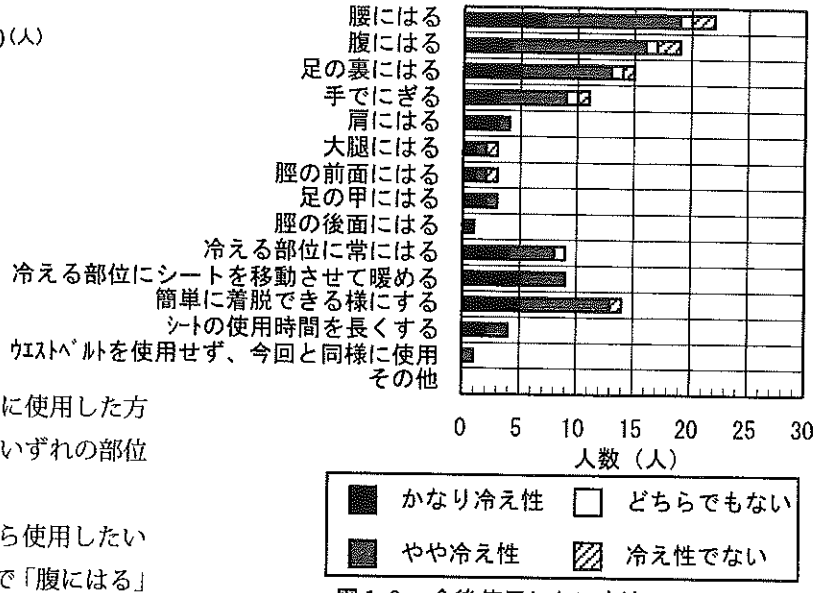


図１０　今後使用したい方法

参考文献

1) 三浦友美　他３名：青年期女子の「冷え」の自覚とその要因に関する研究，母性衛生，vol.42(4), pp.784-789 (2001).

2) 堀雅子、他２名：足部冷え感の自覚と皮膚温の関係，福岡教育大学紀要，第48号第5分冊、pp.85-92 (1999).

3) 宮本教雄、他２名：冬期の暖房に対する四肢皮膚温の反応とソックスの影響，日衛誌，第28巻6号、pp.1045-1055 (1988).

4) 佐々尚美、梁瀬度子：夏期の冷え改善に関する研究―蒸気温熱シートを使用した場合―、日本家政学会、pp. (2006).

5) 花田嘉代子、他２名：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）

6) 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）

7)J,D,Hargy et.al：The technic of measuring radiation and convection, Journal of Nutrition,15,pp.461-475 (1987)

8) 藏澄美仁、他３名：日本人の体表面積に関する研究、日本生気象学会雑誌、第31巻、第1号、pp.5-29（1994）

9) 鈴木隆雄：日本人のからだ―健康・身体データ集―、p67、朝倉書店、(1996)

10）佐々尚美　他３名：温熱的快適性の個人差に関する実験的研究　第10報―設定気温下の人体反応の夏期と冬期の比較―、pp373-374、日本建築学会学術講演梗概集　環境工学Ⅱ、(2000)

心拍ゆらぎを用いた音刺激による生理的影響の評価

Effects on Physiological State by Sound Stimulus Using Heart Rate Fluctuation

○ 小川梢*，芝垣佑美*，三田祐亮*，萩原啓**

*立命館大学　理工学部　情報学科

**立命館大学　情報理工学部　知能情報学科

OGAWA Kozue*, SHIBAGAKI Yumi*, MITA Yusuke*, HAGIWARA Hiroshi**

*College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

**College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1　はじめに

近年の 24 時間社会化や情報社会化により労働時間の変化やストレスを抱えている人が増加している。国が平成 18 年 2 月に行った世論調査では「普段精神的な疲労、ストレスを感じるか」という問いに 55.0%の人が「感じる」（「大いに感じる」12.4%＋「ある程度感じる」42.6%）と答えた。また、年齢別に見ると 30 歳代から 50 歳代では、「感じる」とする者の割合が高くなっており、60 歳代から 70 歳以上では、「感じない」とする者の割合が高くなっている。このことから社会で仕事をしている人だけを対象とすると「感じる」と答える人の割合はさらに高くなることがわかる。さらに労働基準法により、「休憩時間を除き 1 日について 8 時間を超えて、労働させてはならない（第 32 条）」「休憩時間を除き 1 週間について 40 時間を超えて、労働させてはならない（第 32 条）」「労働時間が 6 時間を超える場合においては少くとも 45 分、8 時間を超える場合においては少くとも 1 時間の休憩時間を労働時間の途中に与えなければならない（第 34 条）」とされているものの、休憩時間に実際休憩している時間が短いことや、基準以上の労働時間を強いられている場合が多い。休養や睡眠によって解消されない疲労が蓄積されると慢性疲労につながり、疲れやすく無気力になり意欲、集中力の低下や肉体的不調を引き起こす場合もある。従って少しでも疲労の蓄積を防ぐためには短時間での効率のよい休息が必要となる。短時間でも活性から休息、休息から活性状態への切り替えができれば、脳は十分な休息をとることが可能であり、作業能率があがるからである。

本研究では休息・活性状態の心電図のゆらぎに同期した音を聞かせることにより起こる引き込み現象について、ゆらぎと音の速さに分けて検討する。心電図のゆらぎに同期した刺激による引き込み現象の特徴を明らかにすることにより、ゆらぎ信号を用いた直接刺激に応用できるのではないかと考えている。

ゆらぎとは心電図 RR 間隔の不規則な動きのことである。RR 間隔（RRI）とは図 1 に示すように心電図の特徴波である R 波と次の R 波の間隔を指す。人は活性度が高いと RRI のゆらぎは小さくなり、活性度が低いと、RRI のゆらぎは大きくなる。

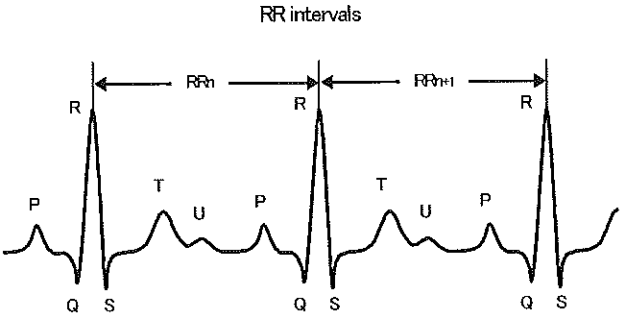


図 1　心電図 RR 間隔

2　実験

2.1　第一実験

2.1.1　概要

第一実験では被験者の通常時における休息・活性状態を計測し第二実験で使用する元となるデータを作成する。それぞれの場合における生理指標は多用途脳波計「EGG-1000（日本光電）」、主観評価指標は RAS（Roken Arousal Scale）を用いて行った。多用途脳波計では脳波と心電図を 500Hz のサンプリング周波数で計測し、心電図から RR 間隔（RRI）とそれにより導き出させる副交感神経活動を示す心電図 RR 間隔ゆらぎの高周波成分 HF（High Frequency : 0.15～0.4Hz）で評価した。

解析には自律神経解析プログラム「Map1060（ニホンサンテク）」を使用した。

実験装置は以下の通りである。

・多用途脳波計（「EEG-1100」日本光電）

・エアロバイク（「AEROBIKE 75XL□」コンビ）
・自律神経解析プログラム
（「Map1060」ニホンサンテク）
・主観評価指標 RAS（Roken Arousal Scale）[4)]

2.1.2 実験方法

十分なインフォームドコンセントを得た 4 人の被験者の頭部、胸部に EEG-1000 の電極を装着後、それぞれの状態の心電図と脳波を計測する。両実験とも各セクション前後には必ず RAS を行うこととする。

本実験は休息セクションを座位閉眼状態、活性セクションをエアロバイク「AEROBIKE 75XL□（コンビ）」で 20W の負荷をかけた状態とする。

採取されたデータは Map1060 により解析し、RRI と副交感神経活動（HF を 1min ごとに算出し比較）、最も変化が顕著だった被験者を選び第二実験での元データとして使用する連続部分を決定した。

プロトコルは以下の通りである。

休息・活性プロトコル

座位閉眼	180sec
RAS	120sec
AAT	180sec
休憩	120sec
座位閉眼	660sec
休憩+RAS	120sec
エアロバイク	660sec
休憩+RAS	120sec
AAT	180sec
座位閉眼	180sec
RAS	120sec

2.1.3 実験結果

各セクションでの差が明確に出た被験者のデータから元データとして最も適している部分を抽出した。

被験者の安静時（実験前 AAT の平均）の RRI に 0.8 をかけると活性状態の RRI に近い値が出ることがわかった。休息音には 1.2 をかけることにした。この値は先行実験で、かけ離れた状態には引き込まれづらい結果が得られているのでこの値に決定した。各状態の平均 RRI を表 1 に示す。

表 1 第一実験で得られた各状態の平均 RRI (msec)

被験者	A	B	C	D
AAT 平均	843	1042	1016	750
活性	700	795	811	590
休息	846	986	1203	819

2.2 第二実験

2.2.1 概要

第二実験では第一実験で得られた元データから実験音を作成し被験者に聞かせることで引き込み現象を検証する。元データから作成する実験音は、休息・休息のゆらぎを残し被験者の安静時平均 RRI（AAT を行っているときの RRI から採取）に実験音の早さを合わせたゆらぎのみの条件、その安静時平均 RRI に実験一で得た数値（0.8 と 1.2）をかけてゆらぎと速さの両方を持つ条件、さらに安静時平均 RRI とそれに上記と同様 0.8 と 1.2 をかけたゆらぎのない速さのみの 7 つである。

ゆらぎに音を乗せる際には画像・音声刺激システム「Multi Trigger System (メディカルトライシステムズ)」を使用し、被験者に対しても同機で再生する。生理・主観評価指標、解析機器は第一実験と同様である。

2.2.2 実験方法

十分なインフォームドコンセントを得た 5 人の被験者に第一実験同様、EEG の電極を装着し、第二実験前 AAT から安静時平均 RRI を算出する。その数値から休憩時間に実験音を作成する。被験者ごとに安静時の RRI から実験音を作成するのは被験者により通常時の RRI に大きく違いがあるため、実験音の速さに影響が出るためである。

実験音を作成するための数式を以下に示す。

・速さをそろえたゆらぎのみをもつ実験音
元データ(活性 or 休息)×
（被験者平均 RRI / 元データ平均）
・速さとゆらぎ両方をもつ実験音
元データ(活性) ×
（被験者平均 RRI×0.8 / 元データ RRI 平均）
元データ(休息) ×
（被験者平均 RRI×1.2 / 元データ RRI 平均）
・ゆらぎのない速さのみをもつ実験音
被験者平均 RRI
被験者平均 RRI×0.8
被験者平均 RRI×1.2

作成した実験音は順序効果を考慮し、順不同にした上で RAS、休憩とセットで被験者に聞かせる。この際、外部の音に影響されないようにヘッドホンを使用した。

プロトコルは以下の通りである。

座位閉眼	180sec
RAS	120sec
AAT	180sec

休憩	900sec	
(タスク	300sec + RAS	120sec) × 7
AAT	180sec	
座位閉眼	180sec	
RAS	120sec	

2.2.3 実験結果

本実験から、被験者の心拍は自らの心拍リズムと大きくかけ離れていない場合に影響を受けることがわかった。その中でも特にゆらぎを除いた一定のリズムを持つ音には影響を受けにくい。その例として図2を挙げる。この実験音は被験者の安静時の平均RRIに0.8をかけて算出したもので、極端に実験音と被験者心拍が異なっていることはない。しかしながら被験者心拍は自らの心拍よりも RRI の短い(リズムが早い)音を聞いているにもかかわらずタスクの後半にかけてゆらぎが大きくなっている。RRIはリラックスした場合にゆらぎが大きくなることから被験者は実験音に影響を受けていないものと考えられる。この結果はHFが上昇していることからも言える。逆に本人の心拍の速さに合わせたものでは実験音に合わせて心拍が安定している(図 3)。これはほぼ全員の被験者に同じ現象が見られることから引き込み現象は音の緩急のみによっては起こりにくいことがわかった。しかしながら速さとゆらぎの両方をもつ実験音がゆらぎのみの実験音と同じように被験者心拍に影響を与えたため、ゆらぎと共に用いた場合には実験音に影響を受けないものと考えられる。

実験音に影響を受けた被験者心拍には 2 つのパターンが見られた。第1のパターンは被験者の心拍のゆらぎが大きく変化するものである。図4は三角形のグラフが活性ゆらぎを「被験者安静時RRI×0.8」の速度に、ひし形が休息ゆらぎを「被験者安静時RRI×1.2」の速度に合わせた実験音を聞いた被験者のRRIを表しており、両者の違いがはっきりとわかる。三角形のグラフは実験開始の段階でのゆらぎが徐々に小さくなり上下の動きがなくなるのに対し、ひし形のグラフはゆらぎが大きくなり上下に動いている。また、それぞれの実験音を聞いた時に HF が急激に低下、または上昇していることがわかる(図5)。

第 2 のパターンは実験音に合わせて被験者心拍が変化し、RRIの動きが似てくるものである。図6のグラフは三角形が実験音、ひし形が被験者 RRI である。実験音と被験者のRRIは接近することはないものの三角形のグラフの動きに引かれるようにひし形のグラフが少し遅れて同じ動きをしているのがわかる。その結果、グラフが同じような形になっているのが見られる。このパターンもHFが変化していることから実験音に影響を受けていることがわかった。図7ではゆらぎありの活性速度実験音を聞いた被験者のHFの値が徐々に低くなってきており副交感神経活動が低下していることを表している。

主観評価 RAS における結果は、残念ながら実験音のゆらぎのみとゆらぎと速さを持つものとの明確な違いは見ることはできなかったが活性のゆらぎ、速度、ゆらぎと速度の 3 種類の実験音に対し、休息のそれらは比較的リラックスや眠気の項目値が高く、違いがあることがわかった。

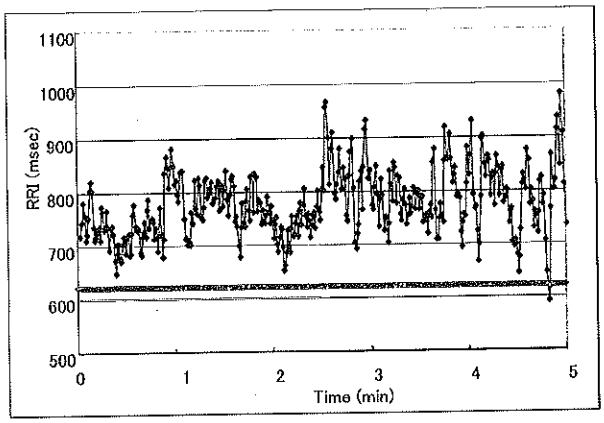


図2 ゆらぎなしの活性速度実験音と被験者心拍

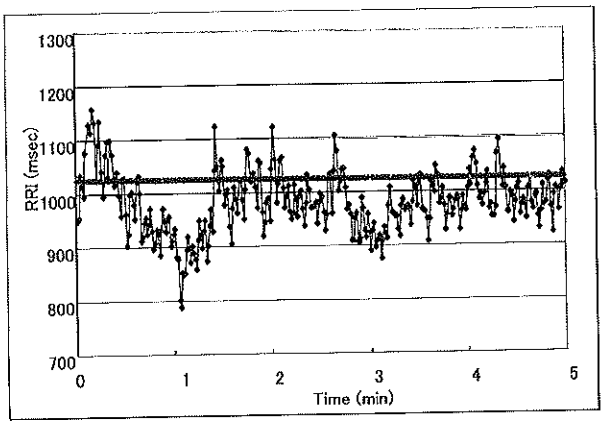


図3 ゆらぎなしの被験者心拍速度実験音と被験者心拍

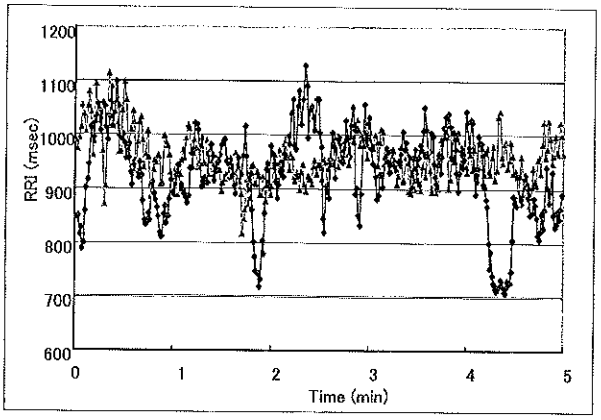


図4　実験音によって変化した被験者 RRI
(三角形：ゆらぎあり活性速度実験音を聞いた RRI
ひし形：ゆらぎあり休息速度実験音を聞いた RRI)

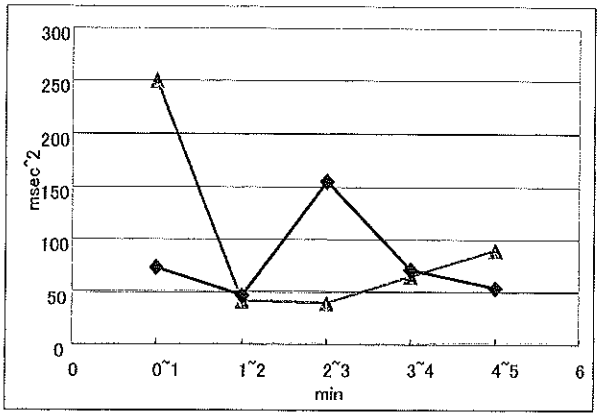


図5　実験音によって RRI が変化した被験者 HF
(三角形：ゆらぎあり活性速度実験音
ひし形：ゆらぎあり休息速度実験音)

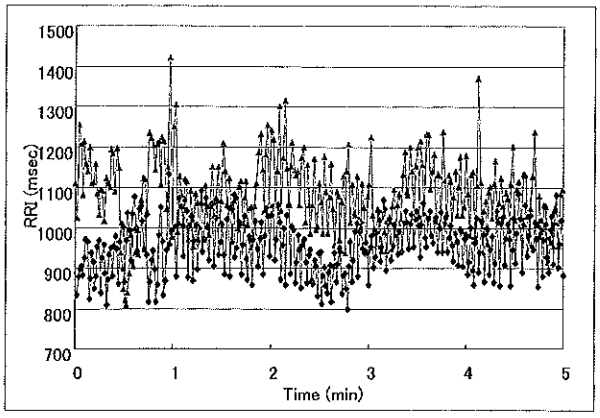


図6　実験音と似た RRI の動きになった被験者 RRI
(三角形：ゆらぎあり休息速度実験音
ひし形：被験者 RRI)

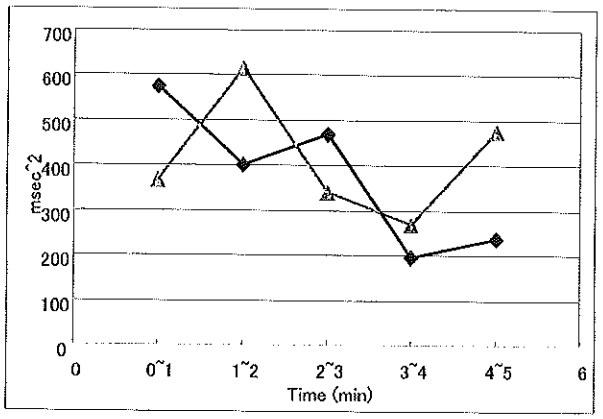


図7　RRI が実験音と同じ動きをした被験者の HF
(三角形：ゆらぎあり活性速度実験音
ひし形：ゆらぎあり休息速度実験音)

3　考察

本実験で心電図を元に作った人工音が人に影響を与えることがわかった。特に規則的なリズム音ではなく、心拍が持つゆらぎが効果をもつといえる。また、それぞれ5分間の実験を行ったが前半部分からも被験者の心拍に変化が見られたことや、実験音の細かなゆらぎにも反応していたため、人の心拍は心拍ゆらぎを用いた音刺激のわずかな変化にも影響を受けることがわかった。

参考文献

1) 福本誠，楠木芳之，長島知正: 音楽テンポと心拍の変動, 17 回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp.87-90(2002)
2) 福本誠，楠木芳之，長島知正: 音楽のテンポと心拍の同期現象，感性工学研究論文集，vol.4 No.2,　pp.17-24 (2004)
3) 広瀬太郎，谷川智洋，池井寧，広田光一，廣瀬道孝: 歩行動作に同期させた音の提示が歩調に与える影響について，ヒューマンインターフェース学会研究報告集，vol.7 No.4，pp.23-24(2004)
4) 高橋誠，北島洋樹，本城由美子: 精神的作業負担チェックリストの作成と眠気とリラックス状態の関係構造の検討，労働科学，vol.72 No.3，pp.89-100(1996)

仮眠が作業能率に与える影響

The Influence that a Nap gives performance

○中濱　雄策＊，藤原裕司＊，梶井宏修＊
＊近畿大学大学院総合理工学研究科
○ NAKAHAMA Yusaku*, FUJIWARA Yuji*, KAJII Hironobu*
* Graduate School, Dept. of Science and Technology, KINKI University

1．はじめに

快適で健康な作業空間の創造をめざし、多くの方面から生理的要素を含めて研究が進められている[1, 2]。暑くも寒くもない状態で、授業中に居眠りが多く見受けられる。日常生活の中での睡眠についての研究は多いが昼間の居眠りに関する研究は乗り物の中や、マイクロスリープや短時間の眠りや血流の問題について研究報告がある[3, 4]。

積極的な短い時間、目を閉じる行為をここでは仮眠と呼ぶことにする。眠いときにそのまま眠い状態を続けるより、少しの間目を閉じることで状態が改善されるならば、積極的に仮眠を取り入れることも可能であろう。

日常の生活では、閉眼時に即座に居眠り状態になる場合が多い。今回、ボランティアに仮眠実験の協力を得て、仮眠の前後の単純加算作業を行った。また、脳波、左手第４指の血液中の酸素飽和度と光電脈波を測定した。衣服については、日常の適切な衣服状態で快適範囲の室内環境温度で実験をしてもらったた。今回は単純加算作業は右手のみ使う実験を試みた。結果の一部を発表し今後の礎にしたい。

2．実験方法

実験は青年男子学生５名と女性１名を対象に2006年９月に近畿大学建築土木実験棟恒温恒湿室で２５℃、相対湿度５０％の条件で行った。

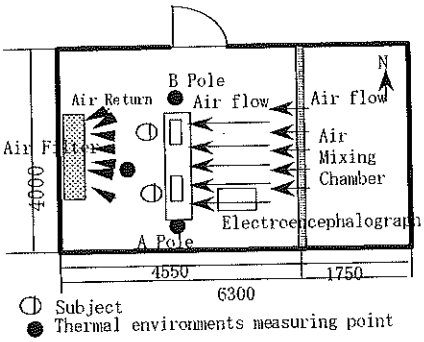
チャンバー内の被験者は概日リズム、食事、運動の影響を受けないようにするため、実験開始時刻より２時間前に食事をし、実験の前後に血圧、フリッカー値を測定した。実験室内においてリラックスした状態で約30分間の椅座安静を保った。その温度条件に馴れた後、加算作業に着手した。分析は打鍵数、正答率、打鍵していない間の待ち時間および作業中の信号を連続的に測定した。

熱環境要素は室内の床上10cm、60cm、120cm、180cmの乾球温度、湿球温度、グローブ温度および風速を連続記録した。実験室内の室内空気の吸い込み口に活性炭脱臭フィルターを取り付け、臭いによるストレスを最小にとどめた。被験者のプロフィールを表－１に示す。被験者には各要素の測定およびアンケートの記入、卓上型パソコンで一桁の単純加算作業を依頼した。図－１に実験室平面図を示す。心拍メモリーの記録について、左第４指に光学式の光電脈波形と血液酸素飽和度(SPO_2)を測定するプローブを取り付けた。３分間の居眠りの前後に作業を行った。

20秒間の作業と、10秒間の休憩を基本単位とし、これを20回、合計10分間行った。その20秒の計算の終わりに温度に対する温熱感覚の申告と快適感申告を７段階で申告してもらった。脳前頭部FP1およびFP2を相極誘導により脳波記録をした。脳波の出力をＰＣによってFFTのパワー値を求めた。また、居眠りは３分間机に寄りかかる姿勢で行ってもらった。図－２は加算作業時の信

表－１　被験者のプロフィール

Sub. No	Age [Year]	Sex [M/F]	Height [cm]	Weight [kg]	%Fat [%]	LBM [kg]	B. S. A. [m²]	Fat Unit [kg/m²]	Clothing Insulatio [clo]
Average	20.00		171.9	68.0	16.2	57.0	1.8	6.0	0.65
S. D.	0.00		4.98	9.63	1.68	8.78	0.14	0.50	0.00
Sub. 1	20	M	178.1	70.0	18.00	57.40	1.89	6.7	0.65
Sub. 2	20	M	172.5	80.0	14.00	68.80	1.95	5.7	0.65
Sub. 3	20	M	166.0	57.0	16.00	47.88	1.64	5.5	0.65
Sub. 4	20	M	171.0	65.0	16.80	54.08	1.78	6.1	0.65
Sub. 5	20	M	172.0	62.0	14.50	53.01	1.75	5.1	0.65
Sub. 6	54	F	155.0	68.0	25.00	51.00	1.69	10.1	0.63



図－１　実験室平面図

号と画面の表示である。

3．結果および考察

1解答当たりのキー入力待ち時間を図―3に示す。30秒間20回の問題に答えるのに要した時間の変化をみると仮眠前に比べ仮眠後は10％程度時間が短くなっていることがわかる。また6分30秒経過した時点で中だるみともいえる最大1.6秒程度の長い時間をかけてキーを打っている。図―4にキー入力待ち時間仮眠前後の平均時間を示す。約1.2秒から1.1秒になり、0.1秒の短縮が認められた(P<0.01)。図―5は血中酸素飽和度を示す。居眠り前の平均値は96.1、その後96.5％ となり僅かに上昇した。図―6は被験者5の仮眠前後の作業中の脳波を周波数分析し、4.6-7.5Hzと8.4-12.8Hzの出現率をみたものである。4.6-7.5Hzの成分は仮眠後に14％程度となり、4％の増加を示した(P<0.01)。また、8.4-12.8Hzでは8.5から10.5と2％増加した(P<0.05)。13-16Hzでは有意な差は認められなかった。

作業成績は有意でないが増加した。同時に測定した酸素飽和度は作業成績と有意な相関は認められなかった。

特に夜間睡眠に関しては、不眠の障害の研究が進められている[5, 6]が、今後作業能率や学習などに有効な手法の検討を続けたい。2名から居眠りをすることで手や足の温度が高くなる申告を得たので、人体の熱環境条件暴露レベルからみた居眠りの心理的な変化も検討したい。

4．まとめ

1） 仮眠後にθ波とα波の出現率が増加した。
2） 仮眠後にキー入力待ち時間が短くなった。
3） 仮眠後に血中酸素飽和度が僅かに上昇した。

参考文献

1）梶井宏修、斉藤洋、野上和文他：温度変化室内での単純加算作業と血流の関係空・衛生学会近畿支部乾球発表論文集、pp181-184(1995)

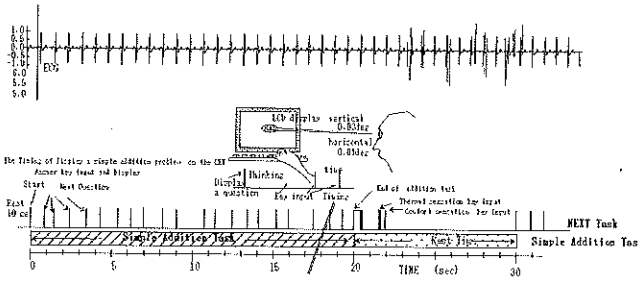
2）尾山秀平、岩下剛、合原妙美：室内の温熱環境及び空気質が在室者の心理評価及び作業効率に及ぼす影響に関する研究　その1　室内の温熱環境が在室者の心理評価及び作業効率に及ぼす影響 日本建築学会大会学術講演概要集、pp.785-786(2002)

3）赤地靖彦、田中秀樹、高橋直美：新幹線車内での快適な仮眠の確保に対する補助具の効果　―睡眠ポリグラフ記録による検討　日本睡眠環境学会雑誌、 pp.51-57(2002)

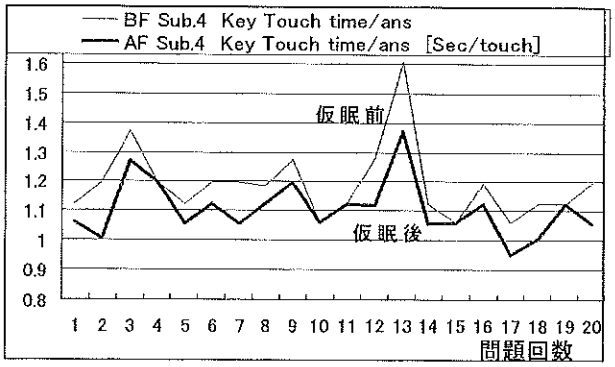
4）村松茂、大野政人、有本守男：運動後の高濃度酸素疑似吸引が呼吸数および心拍運動に及ぼす影響　日本生理人類学会誌、pp.21-25(2006)

5）中沢洋一：睡眠・覚醒障害の臨床　医学書院 pp.198-224(1986)

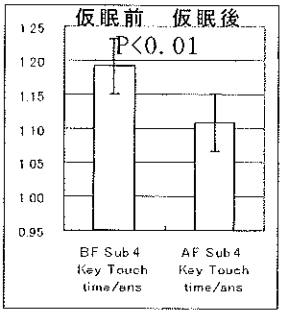
6）鳥居鎮夫：睡眠環境学　朝倉書店　pp.68-77(1999)



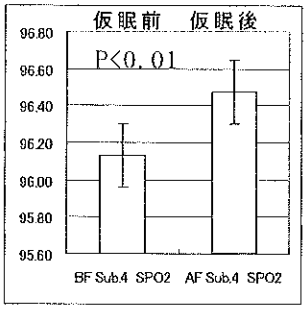
図―2　加算作業時の信号と画面の表示



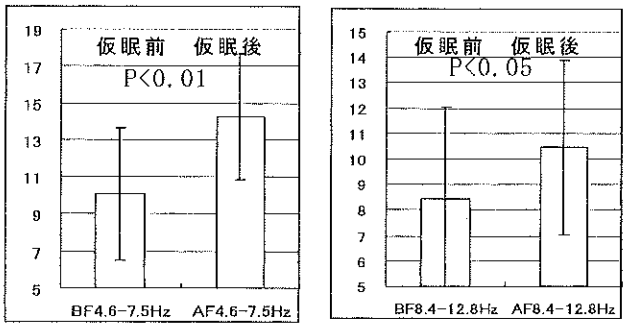
図―3　1回解答たりのキー入力待ち時間の変化



図―4キー入力待ち時間仮眠前後の平均時間



図―5　血中酸素飽和度



図―6　仮眠前後の作業中の4.6-7.5Hzと8.4-12.8Hzの出現率（sub.5）

ISSN　1344-4565

平成 18 年度　日本人間工学会　関西支部大会

大会長

瀬口和義（武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科教授）

大会事務局

事務局長：北村薫子（武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科講師）

会計：佐々尚美（武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科講師）

庶務：溝端友希（武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科助手）

大会実行補佐

住環境学第 2 研究室 4 年生 12 名

住環境学第 3 研究室 4 年生 11 名

平成 18 年度　日本人間工学会　関西支部大会　講演論文集

発行日　　2006 年 12 月 2 日

発行者　　平成 18 年度日本人間工学会関西支部大会事務局

〒663-8558　兵庫県西宮市池開町 6-46

武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科住環境学第 2 研究室

Tel&Fax　0798-45-9917

E-mail　jeskb18@mukogawa-u.ac.jp

印刷所　　大和出版印刷株式会社