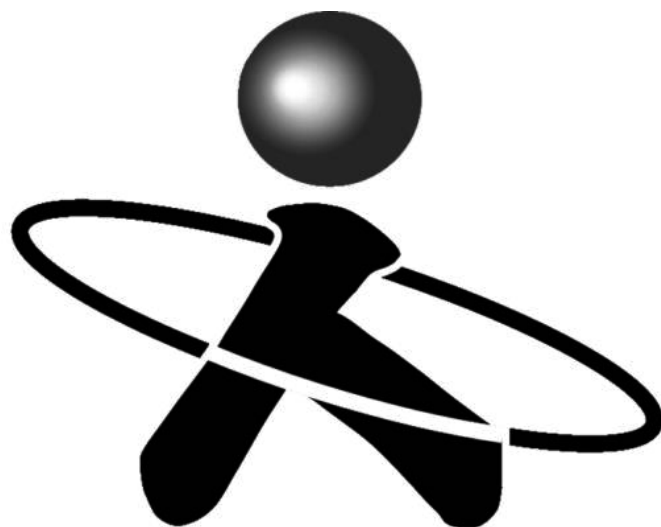


平成 28 年度

日本人間工学会関西支部大会

講演論文集



主催：一般社団法人 日本人間工学会 関西支部

後援：近畿大学 生物理工学部

日程：平成 28 年 12 月 10 日（土）

場所：近畿大学 和歌山キャンパス

全体プログラム

12月10日（土）

	A会場（310 教室）	B会場（352 教室）	C会場（351 教室）	D会場（311 教室）
10:30 ～11:33	身体動作(1) A1-1～A1-4	医療・福祉 B1-1～B1-4	生体計測 C1-1～C1-4	
11:33 ～13:10	昼休み			評議員会・ 役員会合同会議
13:10 ～14:10	特別講演 『レーザーを用いたアパタイト膜形成による新規歯科治療法 ～ 極薄アパタイトシート貼付法と 口腔内 Er:YAG レーザーアブレーション法 ～』 講 師：本津茂樹氏（近畿大学生物理工学部 教授） A会場（310 教室）			
14:15 ～14:30	人間工学専門家認定機構の活動内容紹介 認定人間工学専門家資格制度について A会場（310 教室）			
14:40 ～15:43	視覚(1) A2-1～A2-4	心理 B2-1～B2-4	設計・技能 C2-1～C2-4	
15:51 ～17:10	視覚(2) A3-1～A3-4	オーガナイズドセッション エルゴデザイン B3-1～B3-5	身体動作(2) C3-1～C3-5	
17:20 ～18:50	懇親会(1 階カフェテリア)			

【一般演題：発表 12 分、質疑応答 3 分、発表間入替 1 分】

発表者へのご案内

- 一般演題の発表時間は 15 分（発表 12 分、質疑応答 3 分）、発表間入替 1 分です。セッション間にパソコンの接続チェックを行い、スムーズな進行にご協力下さい。
- 発表時間の予鈴は、第 1 鈴 10 分、第 2 鈴 12 分、第 3 鈴 15 分です。
- 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。

参加者へのご案内

- 懇親会は 17:20 より 1 階カフェテリアにて行います。ぜひご参加下さい。
- 昼食は 1 階カフェテリアをご利用頂けます。また、バス停横にコンビニがあります。
- 評議員会・役員会合同会議は 11:40 より D 会場（311 教室）にて行います。
- 構内は喫煙場所以外全面禁煙です。ご協力をお願いいたします。喫煙場所は受付で案内いたします。

平成 28 年度 日本人間工学会 関西支部大会 プログラム

会場：近畿大学 和歌山キャンパス

■ 特別講演：A 会場（310 教室）

● 特別講演 13:10 ～ 14:10

- S-1 『レーザーを用いたアパタイト膜形成による新規歯科治療法
～ 極薄アパタイトシート貼付法と
口腔内 Er:YAG レーザーアブレーション法 ～』

講 師：本津茂樹氏（近畿大学 生物理工学部 教授）

司会：廣川敬康（近畿大学）

■ A 会場（310 教室）：

● 身体動作（1） 10:30 ～ 11:33

座長：満田成紀（和歌山大学）

- A1-1 遊立脚相中に作用する力学的負荷計測用装具の開発

○森岡大輔（近畿大学大学院），北山一郎（近畿大学），北野将利（近畿大学大学院），
山中隆，池原用祐，矢野貴久（近畿大学），半田昌浩

- A1-2 ヒール靴での自転車使用が身体負担に及ぼす影響

○虎走恵利（大阪市立大学大学院），山下久仁子（大阪市立大学），岡田明（大阪市立大学大学院）

- A1-3 デスクワーク時に下肢にエクササイズ効果を与える椅子使用時におけるストレス評価

○糸瀬健一（近畿大学大学院），豊田悠人（近畿大学），橋本彩加，廣川敬康

- A1-4 筋負担から見たスマートフォンの操作性評価 -手の大きさによる影響の検討-

○佐野洋介（関西大学），橋本大佑（関西大学大学院），小谷賢太郎（関西大学），鈴木哲，朝尾隆文

● 人間工学専門家認定機構の活動内容紹介 14:15 ～ 14:30 座長：廣川敬康（近畿大学）

- S-2 認定人間工学専門家資格制度について

○横井元治（認定人間工学専門家機構（GPE））

● 視覚（1） 14:40 ～ 15:43

座長：朝尾隆文（関西大学）

- A2-1 公共空間におけるサインの位置とデザインが視認性に及ぼす影響

○東野彩（大阪市立大学大学院），山下久仁子（大阪市立大学），岡田明（大阪市立大学大学院）

A2-2 簡易土壌診断における環境光が及ぼす呈色試験紙の読み取り誤差

○足立龍哉（神戸市立工業高等専門学校），中尾優作，森田二郎，
松井謙介（明咲出荷組合），伊藤貴康，才木常正（兵庫県立工業技術センター），瀧澤由佳子

A2-3 GUI パーツ（矢印，数字，色分け）の効果の検討

○小木戸美美果（京都女子大学），山岡俊樹

A2-4 子どもにおける周辺視野での知覚特性

○長野友莉栄（大阪市立大学大学院），岡田明

● 視覚（2） 15:51 ～ 16:54

座長：神宮英夫（金沢工業大学）

A3-1 視線計測を用いた人と案内ロボットのインタラクション

○加賀谷亘（大阪工業大学），朝飛拳悟（大阪工業大学大学院），大須賀美恵子（大阪工業大学）

A3-2 眼球運動と眼球位置に基づいたパソコン利用者補助のための心理状態推定

○大代将司（和歌山大学大学院），松延拓生，満田成紀，福安直樹，鯉坂恒夫

A3-3 タブレットの視線に対する画面角度が打鍵位置に与える影響

○駒井美咲（兵庫県立大学大学院），荒木望（兵庫県立大学），
三浦久典（兵庫県立工業技術センター），才木常正（兵庫県立工業技術センター、兵庫県立大学）

A3-4 定常視覚誘発電位を用いたメニュー選択インタフェース

○浦川慧悟（大阪工業大学大学院），大須賀美恵子（大阪工業大学）

■ B 会場（352 教室）：

● 医療・福祉 10:30 ～ 11:33

座長：大政光史（近畿大学）

B1-1 プラスチック短下肢装具のANSYSを用いた力学的評価

：トリミングとコルゲーションを加えたときの影響

○山中隆（近畿大学大学院），北山一郎（近畿大学），森岡大輔（近畿大学大学院），
北野 将利，池原用祐，矢野貴久（近畿大学），半田昌浩

B1-2 A Rによる仮想高齢者を用いた設置済み背上げベッドの評価システム

○西尾大（摂南大学大学院），福井裕（摂南大学），川野常夫

B1-3 立脚相歩行における装具底背屈の分析

○北野将利（近畿大学大学院），北山一郎（近畿大学），森岡大輔（近畿大学大学院），
山中隆，池原用祐，矢野貴久（近畿大学），半田昌浩

B1-4 KINECTで動作する箸型食事支援ロボットシステム

○中川秀夫（近畿大学），北山一郎

● 心理 14:40 ～ 15:43

座長：中川秀夫（近畿大学）

B2-1 動作音に関する不快感の時系列評価

○高島大輝（金沢工業大学大学院），神宮英夫（金沢工業大学）

- B2-2 単調作業の疲労に対するアクティブレスト効果
○荒巻公亮（立命館大学院），萩原啓（立命館大学）
- B2-3 連携作業間の作業リズムがパフォーマンスに与える影響について
○酒井潔（大阪大学大学院），森泉慎吾，太子のぞみ，臼井伸之介
- B2-4 生理指標に基づく緊張ストレス状態の推定モデルの構築
○荒木大翔（大阪府立大学大学院），有馬正和

■ オーガナイズドセッション ■

● エルゴデザイン 15:51 ~ 17:10

座長：山岡俊樹（京都女子大学）

- B3-1 エルゴデザインのフレームワーク
○山岡俊樹（京都女子大学）
- B3-2 スマートフォンを用いた足形状データ収集システム
○平田一郎（兵庫県立工業技術センター），後藤泰徳
- B3-3 高齢者市場に向けた家庭日用品の開発事例紹介
○河内義晴（東和産業株式会社），山岡俊樹（京都女子大学）
- B3-4 オムロングループにおけるユーザビリティ向上の取り組み
伊藤泰久（オムロンパーソネル株式会社），○深井将史，立野誠
- B3-5 住環境における役割分担の明確化とコンセプト立案
○森亮太（長野県短期大学）

■ C会場（351 教室）：

● 生体計測 10:30 ~ 11:33

座長：松延拓生（和歌山大学）

- C1-1 心電図のローレンツプロット解析における呼吸の影響
○中井健人（関西大学），小谷賢太郎，鈴木哲，朝尾隆文
- C1-2 安静閉眼時と課題遂行時における脳波α波の特徴抽出
○中畑雄斗（立命館大学大学院），萩原啓（立命館大学）
- C1-3 アクティブ電極型脳波計によるドライ計測ための低刺激な頭皮上脳波測定用接触子の検討
○井尻蓮（兵庫県立大学大学院），荒木望（兵庫県立大学），中谷真太郎（鳥取大学），
小西康夫（兵庫県立大学），満渕邦彦（東京大学）
- C1-4 2フィンガー演奏解析の為に筋電位計測
○佐野雅鴻（京都工芸繊維大学大学院），波多野裕，来田宣幸，野村照夫

● 設計・技能 14:40 ~ 15:43

座長：北山一郎（近畿大学）

- C2-1 伝統工芸品鑑賞の“コツ”の科学
○竹浪祐介（地方独立行政法人京都市産業技術研究所），廣澤覚，岩崎健太

C2-2 ストーリーを用いた要求事項の抽出

○村田愛（京都女子大学）、山岡俊樹

C2-3 簡易操船シミュレーターを用いた訓練生の他船状況認識の変化について

○田辺伸吾（神戸大学）、瀧真輝、藤本昌志、広野康平（神戸大学大学院）、
小西宗（独立行政法人海技教育機構）

C2-4 SNS を利用した予期的 UX の抽出

○山本知輝（和歌山大学大学院）、松延拓生、満田成紀、福安直樹、鰐坂恒夫

● 身体動作（2） 15:51 ～ 17:10

座長：有馬正和（大阪府立大学）

C3-1 圧力センサを用いた離床予測手法の検討

○和田健吾（京都工芸繊維大学大学院）、峰晴彩、桑原教彰、森本一成

C3-2 起立補助椅子の補助力と肘掛の変化による起立負荷への影響

○大政光史（近畿大学）、高岡亮介（近畿大学、現：株式会社リバソン）、
生嶋悠輔（近畿大学、現：名菱テクニカ株式会社）、
渋谷唯司（近畿大学）、速水尚、廣川敬康、澤井徹

C3-3 はだし教育用ソックスに関する研究

○澤島秀成（奈良県産業振興総合センター）、
井上克昭（昌和莫大小株式会社）、能丸巖、村田浩子（畿央大学）

C3-4 インラインスケートを用いたターン時の筋シナジー解析

○波多野裕（京都工芸繊維大学大学院）、佐野雅鴻、来田宣幸、野村照夫

C3-5 救急用リヤカーの搬送動作の分析

○池原用祐（近畿大学大学院）、北山一郎（近畿大学）、森岡大輔（近畿大学大学院）、
北野将利、山中隆、山内力斗（近畿大学）、吉川育伸

■ 懇親会 ■

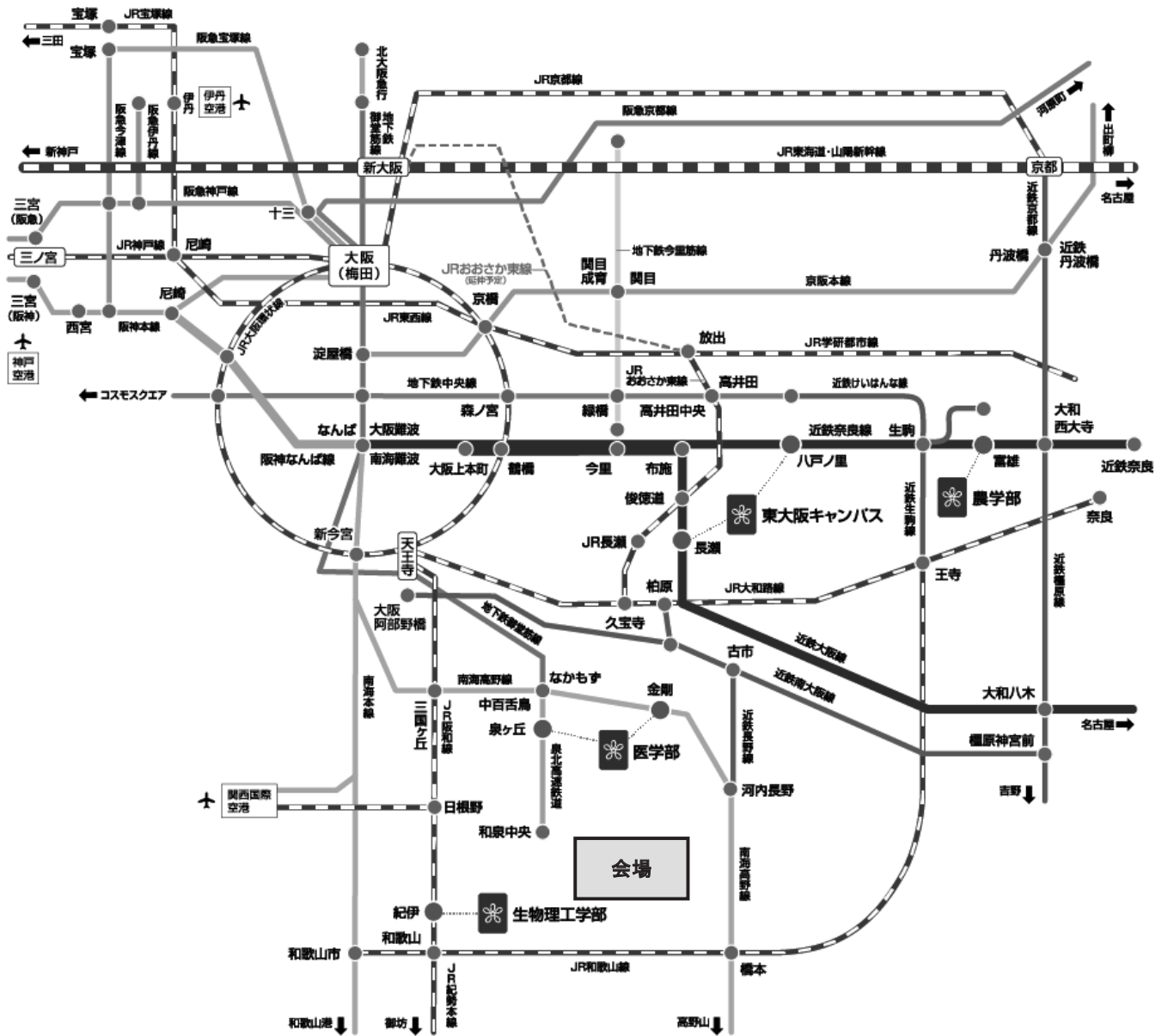
17:20 ～ 18:50 会場：1 階 カフェテリア

■ 評議員会・役員会合同会議 ■

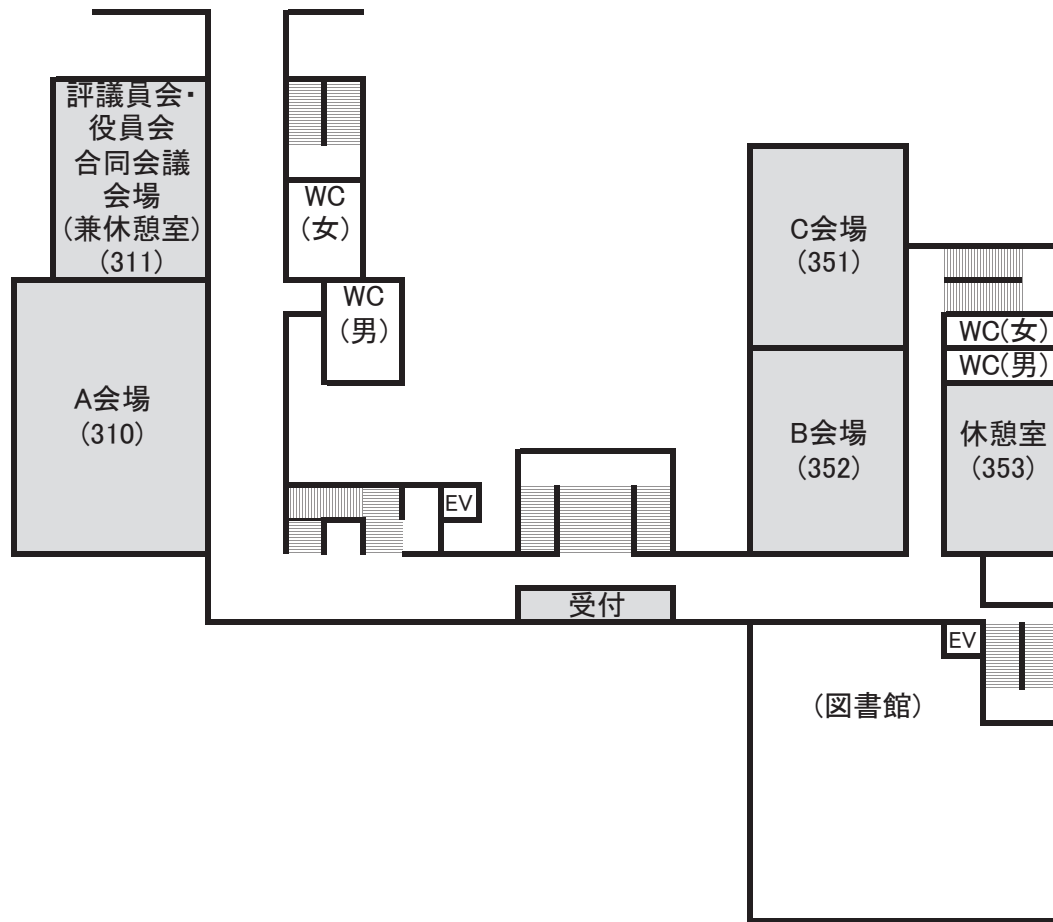
11:40 ～ 13:00 会場：D 会場（311 教室）

※会議ご出席の皆様には昼食（お弁当）をご用意いたしております。

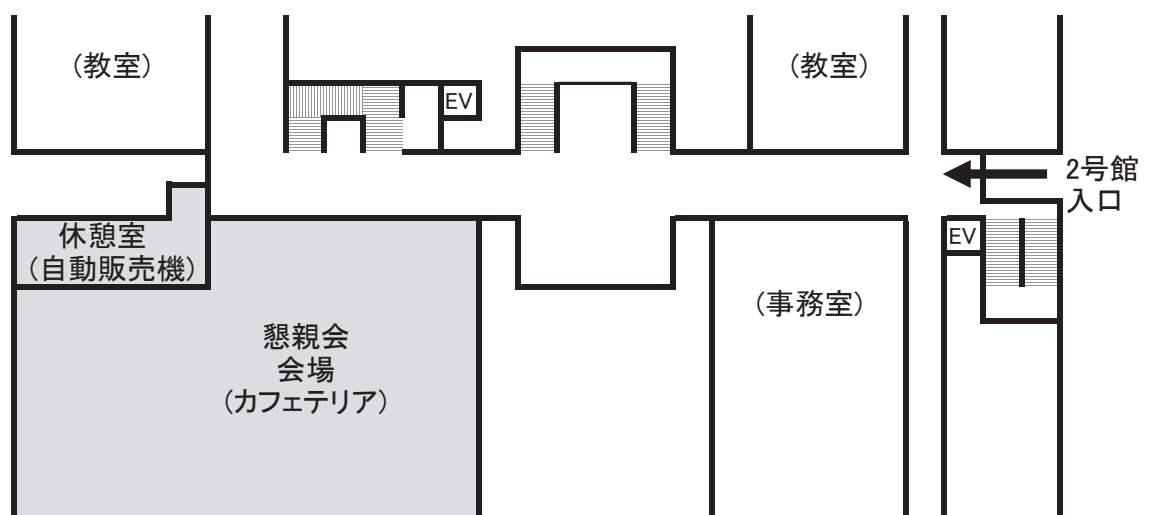
■ 交通アクセス ■



会場案内図



< 3階 >



< 1階 >

特別講演

会場:A 会場(310 教室)

日時:12 月 10 日 13:10~14:10

「レーザーを用いたアパタイト膜形成による 新規歯科治療法

～ 極薄アパタイトシート貼付法と

口腔内 Er : YAG レーザーアブレーション法 ～」

講師:本津茂樹(近畿大学 生物理工学部 教授)

レーザーを用いたアパタイト膜形成による新規歯科治療法 ～極薄アパタイトシート貼付法と口腔内 Er:YAG レーザーアブレーション法～ Novel dental treatment by hydroxyapatite film deposited using the laser ablation ～Ultrathin hydroxyapatite sheet pasting method and intraoral Er:YAG laser ablation method～

○本津茂樹

近畿大学 生物理工学部

HONTSU Shigeki

Department of Biology Oriented Science and Technology, Kindai University

1. はじめに

歯のエナメル質がう蝕や酸蝕、咬耗や摩耗等で欠損した場合、欠損部の修復にはこれまでコンポジットレジン(以下レジンとする)が主に使用されてきた。しかしながら、レジンには含有する高分子化合物などによるアレルギー反応の問題や¹⁾²⁾、レジンの収縮により歯質との間に起こる亀裂や剥離の問題が指摘されている³⁾。本来、歯質の修復・保存は歯質の主素材であるハイドロキシアパタイト(以下、HAp と記す)を用いて行うことが理想であるが、粗面度の相違によりセラミックス同士の固着は非常に困難であるため HAp を用いた修復は実現されていない。特に象牙質上に HAp の人工エナメル質を作ることは非常に困難とされている。HAp を用いた先進的な治療法として、室温・大気圧環境下で HAp 微粒子を歯の表面に高速で衝突させることにより、HAp 厚膜を形成するパウダージェットデポジション(power jet deposition; PJD)法が提案されているが、未だ実用化には至っていない⁴⁾。

我々は紫外線レーザーを用いたレーザーアブレーション(Pulsed Laser Deposition: PLD)法による HAp 薄膜の作製技術と、新しく開発した薄膜単離技術を用いて、ボトムアップの方法で柔軟に曲がる極薄フレキシブル HAp シートを世界で初めて作ることに成功した⁵⁾。このシートはアスペクト比(シートの厚さに対する幅の寸法比)が大きく柔軟に曲がり、歯の表面に沿って密着することから歯の治療に使用できると考えた⁶⁾。

また、前述の PLD 法はレーザー加工技術を膜形成技術に転用したものであり、加工と膜作製とは表裏一体の関係にある。このことから、歯科分野で歯質の切削や歯石除去に用いられている Er:YAG レーザーを使えば HAp の膜が歯質上に形成できると考えた。すなわち、Er:YAG レーザー光を歯質の主成分である HAp のバルクターゲットに照射し、ターゲットから飛散した粒子を歯質上に堆積すれば HAp 膜を歯質上に形成できるのではないかと考え、口腔内 Er:YAG レーザーデポジション(Er:YAG-PLD)法を提案した⁷⁾。

本報告では、我々が新しく開発した極薄 HAp シートの貼付法と Er:YAG-PLD 法を紹介するとともに、その歯科分野への応用例について述べる。

2. 極薄 HAp シートの作製法

HAp シートを作製するには、まず HAp 薄膜を基材の上に作製する必要がある。我々は薄膜作製法として紫外線レーザーを用いた PLD 法を用いた。PLD 法の薄膜形成の原理を図 1 に示す。この成膜法は、真空容器内に被膜の原材料をプレス成型した HAp 圧密体(ターゲット)を置き、紫外線パルスレーザー光(波長 193～353 nm)をレンズで集光して照射すれば、ターゲット表面で光のエネルギーによる爆発的な剥離・分解反応(アブレーション)が生じ、ターゲット材料が原子・分子・イオンといった各種の状態で分解され表面から飛び出し、これらの励起種をターゲットに対向配置した基材の表面に繰り返し付着・堆積させて薄膜を形成するものである。成膜時に、ヒーターから熱エネルギーを供給すれば、薄膜の形成と同時に結晶化も行うこともできる。HAp 薄膜形成には水酸基が必要なため、雰囲気ガスとして(O_2 +水蒸気)ガスを真空容器内に導入している。この方法は、熱エネルギーではなく光エネルギーを主に利用するので、ターゲット組成と薄膜の組成がほぼ一致する特徴をもっている⁸⁾。

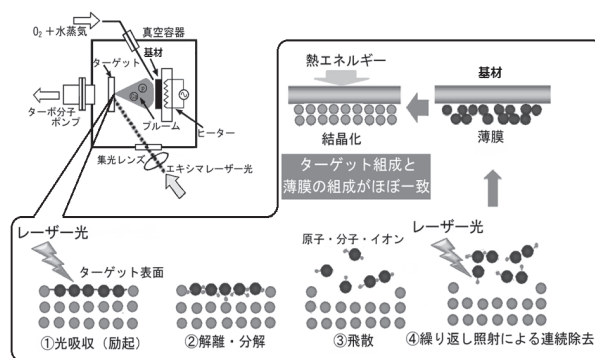


図 1 PLD 法による薄膜形成の概念図

次に薄膜を基板から剥離して、HAp 薄膜のみをシートとして回収する方法を図 2 に示す。HAp 薄膜を堆積する基板としてレジスト塗布シリコン基板を用い、PLD 法で HAp 薄膜を成膜し、その後 HAp 薄膜の付着したレジスト塗布シリコン基板をアセトンに浸漬すれば、中間層のレジストのみが溶解し、HAp 薄膜が HAp シートとして回収できる⁹⁾。

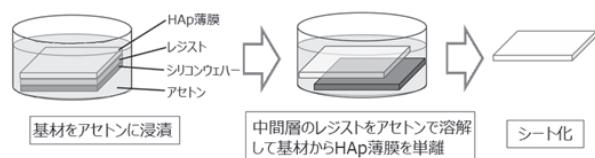


図2 薄膜単離法によるシートの回収

HAp シートの歯質への貼付は、pH 5.5 以下のリン酸カルシウム溶液を貼付液として用いて行う。酸性の液で HAp シートを歯質に貼付することで、シートと歯質双方の表面を一度脱灰させる。その後、再石灰化液として人工唾液を滴下し、シートと歯質の界面を再石灰化させることで、シートと歯質とを一体化させる。

3. 極薄 HAp シートの歯科応用結果

3-1. エナメル質修復への応用

牛エナメル質上に HAp シートを貼付し、10 分後に人工唾液を塗布し再石灰化させた。1 時間後に 200 g の圧力で 150rpm、20 ストロークのブラッシング試験を行った。その結果を図 3 に示す。ブラッシング試験前後でシートに変化はなく、貼付後 1 時間という短い時間で HAp シートはエナメル質に強く固着することが分かる。

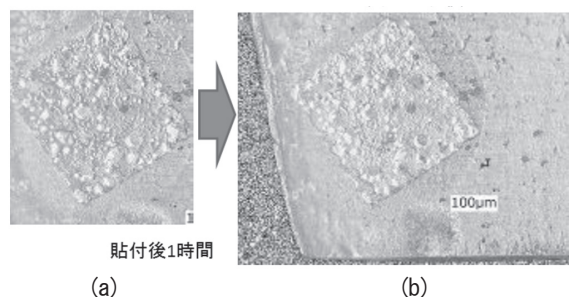


図3 ブラッシング試験前(a)と試験後(b)のシート

3-2. 象牙質知覚過敏治療への応用

シート貼付用象牙質として、ヒト抜去歯をレジンで包埋した後、歯根歯冠境界部で切断して象牙質を露出させたものを用いた。図 4 は貼付 6 日後の 2μm の HAp シートと象牙質界面の断面走査型電子顕微鏡(SEM)の断面観察結果を示す。図よりシートが人工エナメル質として象牙細管を封鎖していることが分かる。封鎖効果を定量的に評価する方法として、Pashley らが報告

した象牙質透過抑制測定法を用いた¹⁰⁾。この方法は、象牙質透過抑制測定装置に象牙質試料を固定し、シート貼付前後の象牙細管内液(Dentinal fluid; 以下、DF)の移動量より透過抑制率を求める方法である。

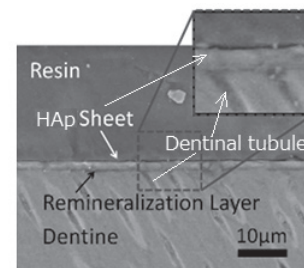


図4 象牙質上へ HAp シートを貼付した場合のシートと象牙質界面の SEM 写真

HAp シート貼付前後

の DF の移動量から算出した透過抑制率の平均ならびに標準偏差は $70.9 \pm 4.77\%$ ($n=3$) であった。我々は同様の実験方法でレジン系知覚過敏抑制材による象牙質透過抑制率を測定しており、70~80%である¹¹⁾。この実験結果は市販の象牙質知覚過敏抑制材のそれと比較して同等の大きさであることが分かる。

3-3. 審美歯科への応用

審美歯科では、セラミックスまたは硬質レジンの厚い板(ラミネートベニア)を歯表面に貼り付ける方法がよく用いられる。しかしながら、この方法は HAp そのものによる審美でなく、再生しないエナメル質表層を厚く削除しなければならないこと、さらには接着剤による貼付であるため耐久性に問題があった。

我々は、審美用に図 5 に示すような乳濁色の HAp シートを作製し、変色モデル抜去ヒト歯のエナメル質上に貼付した。貼付前後(重ね貼りも含む)の歯の色調を歯科用分光測色計(シェードアイ:松風)で測定して、Vita Shade での明度の変化から審美効果を評価した。その結果、貼付前は $V.Classical=A2^*(Shade = +2.5, Value=+2, Huo=R1)$ であったが、シート 2 枚貼付したときの明度は、 $V.Classical=A1^{**}(Shade = +1.5, Value=+2, Huo=R2)$ となり、明度が改善されていることが分かった。この結果から、HAp シートは審美歯科にも使用できることが明らかとなった。

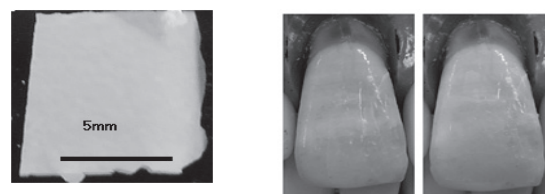


図5 審美用乳濁色シート(a)と貼付前後のエナメル質の光学写真 (b)貼付前 (c)シート2枚貼付後

4. Er:YAG-PLD 法による HAp 膜作製の原理

次に、Er:YAG-PLD 法について説明する。前述したように、加工と膜作製とは表裏一体の関係にあることから、図 6 に示すように歯科分野で歯質の切削や歯石除去に用いられている Er:YAG レーザーを、歯質の主成分である HAp のバルクターゲットに照射し、ターゲットから飛散した粒子を歯質上に堆積すれば、口腔内で HAp 膜を形成できるのではないかと考えた。

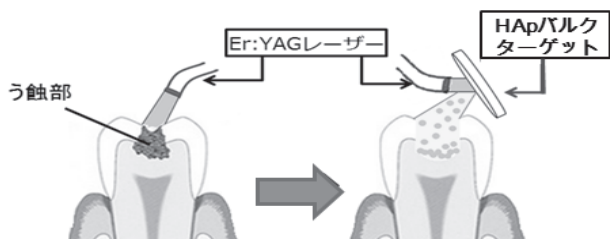


図6 Er:YAGレーザーによる歯質の切削と膜堆積の関係

図7 は口腔内で直接エナメル質や象牙質といった歯質上に HAp 膜を堆積できるように作製した小型の Er:YAG-PLD ユニット(a)と成膜イメージ図(b)、そして Er:YAG レーザー本体(モリタ製作所 Erwin AdvErl)(c)の写真を示す。

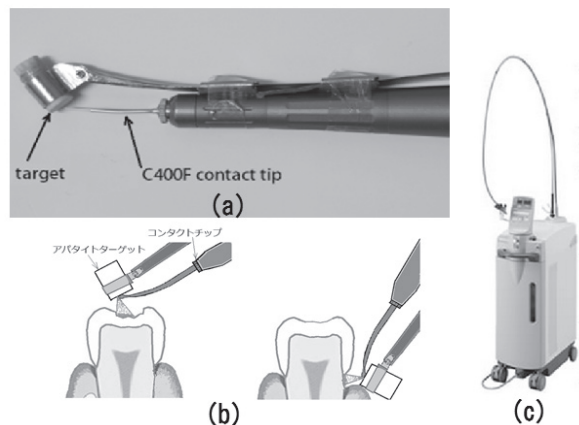


図7 PLDユニット(a)、エナメル質および象牙質上への成膜イメージ図(b)、Er:YAGレーザー本体(c)

5. Er:YAG-PLD 法の歯科治療応用

5-1. エナメル質上への HAp 膜堆積

膜堆積用のエナメル質基板として、ヒト抜去歯を歯根歯冠境界部で切断してエナメル質を露出させたものを用い、小型 Er:YAG-PLD ユニットを用いて成膜を行った。成膜に用いたレーザーエネルギーは 250mJ、繰り返し速度は 10 pps、堆積時間は 10 分である。

図 8 にエナメル質表面に対して垂直に切断して観察した、HAp 膜-エナメル質界面の断面 SEM 像を示す。

10 分間でエナメル質上に厚さ約 100~150 μm の HAp 膜が形成されていることより、成膜速度は 10~15 $\mu\text{m}/\text{min}$ である。また、写真から緻密な HAp 膜がエナメル質に固着しながら形成されていることがわかる。また、エナメル質に存在するクラック内にもアブレーションされた微小粒子が侵入し、クラックを封鎖していることも確認できる。

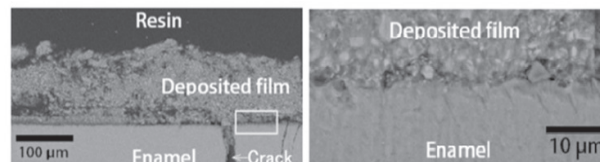


図8 ヒト抜去歯エナメル質上に堆積されたHAp膜の断面SEM像(a)とその拡大図(b)

5-2. 象牙質上への HAp 膜堆積

象牙質基板としてヒト抜去歯を歯根歯冠境界部で切断して象牙質を露出させ、象牙質ディスク(厚さ 1 mm) にしたものを用いた。スミヤー層を除去する目的で、その表面へ蒸留水にて 10%に調整した次亜塩素酸ナトリウム水溶液(キシダ化学)を 30 秒間作用させて、象牙細管を開口させて、エナメル質上の成膜条件と同じ条件で HAp 膜を堆積した。

図 9 にレジン包埋後に象牙質表面に対して垂直に切断して観察した、HAp 膜-象牙質界面の断面 SEM 像を示す。一部空洞の部分がみられるが緻密な HAp 膜が象牙質表面を覆っており、また拡大写真から HAp の微粒子が象牙細管内まで入り込み細管を封鎖していることがわかる。

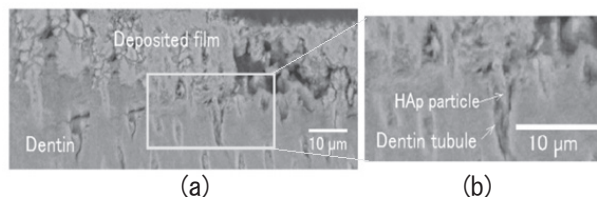


図9 歯象牙質上に堆積されたHAp膜の断面SEM像(a)とその拡大図(b)

図 10 は象牙質表面の SEM 像を示しているが、この図の右側の HAp 膜が存在する部分の象牙細管は堆積膜により封鎖されていることがわかり、上記の断面 SEM 像とよく対応していることが分かる。

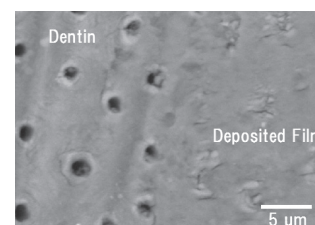


図10 象牙質上に堆積されたHAp膜の表面SEM像

成膜後 3 日目に象牙質透過抑制率測定装置を用いて測定した透過抑制率の平均ならびに標準偏差は $85.6 \pm 8.62\%$ ($n=4$) であった。前述したように一般にレジン治療による象牙質透過抑制率は 70~80% であることから、本手法での透過抑制率はこの値より大きな値であることが分かった。

5-3. 象牙質上の HAp 膜堆積の固着特性の評価

HAp 膜の象牙質に対する機械的固着特性は引っ張り試験機(EZ-test、島津製作所)を用いて評価した。ステンレス鋼ロッド(ジグ直径 3mm)を HAp 堆積膜上にエポキシ樹脂接着剤で接着した。ジグを引っ張り速度 0.5mm/min で引き上げ変位-応力特性の最大の引っ張り応力から固着強度を求めた。

引っ張り試験機で測定した変位-応力特性を図 11 に示す。図の最大の引っ張り応力から求めた固着強度は 3.8 ± 2.58 MPa ($n=5$) であった。引っ張り試験後の象牙質表面には引っ張りジグの円形の跡が見られ、この部分を SEM で調べたところ、この部分には引っ張り試験後も堆積膜が残存していた。このことより、堆積膜の層面内で引っ張りにより剥離すなわち、凝集破壊が生じたと考えられ、象牙質と接している HAp 膜の固着強度は測定値より大きいと考えられる。

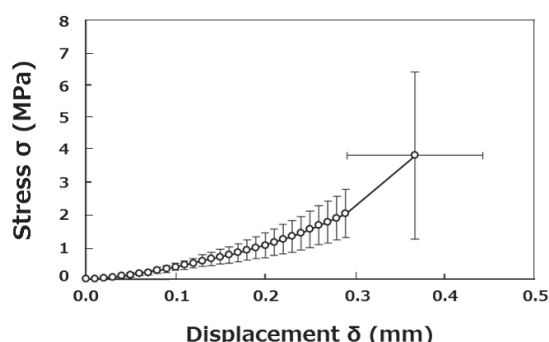


図 11 象牙質上の HAp 膜の変位-応力特性

6. まとめ

今回紹介したレーザーを用いた 2 つの手法は歯工連携の研究の中で発想されたものであり、異分野からの発想である。これらの手法は歯質上に歯と同素材で人工エナメル質が形成できることを示しており、エナメル質上に HAp 膜が形成できるということはう蝕や酸蝕、咬耗や摩耗で欠損したエナメル質の部位を修復できるということである。さらにはエナメル質形成不全にも適応できる可能性がある。また、象牙質上に HAp 膜が形成でき、象牙細管を封鎖できるということは、新規知覚過敏治療法として有用であることを示している。さらに、これら 2 つの手法を組み合わせることにより、大きくえぐられた虫歯やマイクロクラック(エナ

メルクラック)の修復の可能性も秘められている。

以上より、極薄 HAp シート貼付法と口腔内 Er:YAG-PLD 法は新規の歯科治療に非常に有用であると言える。

参考文献

- 1) Kanerva L, Estlander T, Jolanki R : Occupational skin allergy in the dental profession. *Dermatol Clinics*, 12 : 517-532, 1994.
- 2) 生野麻美子, 安藤一郎 : 歯科患者に生じたメタクリルレジニアレルギー. *J Environ Dermatol Cutan Allergol*, 6 : 285-288, 2012.
- 3) 水野 衛, 赤羽健太郎, 高橋健 : 歯科修復材コンポジットレジンの圧縮強度特性(光硬化時間と水中浸漬期間の影響). *日本機械学会論文集(A 編)*, 78 : 9-29, 2012.
- 4) Shibuya T, Sepasy M. S, Mizutani K, Yoshihara N, Yan J. W, Kuriyagawa T : Design of double nozzle type powder jet device optimized for PJD. *Key Engineering Materials*, 389-390 : 398-403, 2008.
- 5) H. Nishikawa, R. Hatanaka, M. Kusunoki, T. Hayami and S. Hontsu, Preparation of freestanding hydroxyapatite membranes with excellent biocompatibility and flexibility, *Applied Physics Express*, Vol. 1, 088001-1-3, 2008.
- 6) Hontsu S, Yoshikawa K, Kato N, Kawakami Y, Hayami T, Nishikawa H, Kusunoki M, Yamamoto K : Restoration and conservation of dental enamel using a flexible apatite sheet. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 47 : 11-13, 2011.
- 7) 本津茂樹, 山本 衛, 加藤暢宏, 吉川一志, 保尾謙三, 山本一世, Er:YAG レーザーアブレーション法を用いた歯質上へのアパタイト膜の直接形成, *日本レーザー歯学会誌*, 26(1), 10-16, 2015.
- 8) 田畑仁, 川合知二, レーザーデポジション法による酸化物高温超伝導膜の形成, *機能材料*, 9 巻 4 号, 43-52, 1989.
- 9) M. Kusunoki, Y. Kawakami, T. Matsuda, H. Nishikawa, T. Hayami, S. Hontsu, Fabrication of a large hydroxyapatite sheet, *Applied Physics Express*, Vol.3, No.1, 107003-1-3, 2010.
- 10) Pashley DH, Galloway SE. The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Arch Oral Biol*, 30 : 731-737, 1985.
- 11) 野村雄司, 保尾謙三, 岩田有弘, 吉川一志, 山本一世 : Effect of various materials on dentin permeability for the treatment of dentin hypersensitivity. *日本歯科保存学会誌*, 56 : 516-525, 2013.

A 会場(310 教室)

10:30～11:33 A1: 身体動作(1)

座長: 満田成紀(和歌山大学)

A1-1: 遊立脚相中に作用する力学的負荷計測用装具の開発

A1-2: ヒール靴での自転車使用が身体負担に及ぼす影響

A1-3: デスクワーク時に下肢にエクササイズ効果を与える椅子使用時におけるストレス評価

A1-4: 筋負担から見たスマートフォンの操作性評価 -手の大きさによる影響の検討-

14:15～14:30 人間工学専門家認定機構の活動内容紹介

座長: 廣川敬康(近畿大学)

S-2: 認定人間工学専門家資格制度について

14:40～15:43 A2: 視覚(1)

座長: 朝尾隆文(関西大学)

A2-1: 公共空間におけるサインの位置とデザインが視認性に及ぼす影響

A2-2: 簡易土壌診断における環境光が及ぼす呈色試験紙の読み取り誤差

A2-3: GUI パーツ(矢印, 数字, 色分け)の効果の検討

A2-4: 子どもにおける周辺視野での知覚特性

15:51～16:54 A3: 視覚(2)

座長: 神宮英夫(金沢工業大学)

A3-1: 視線計測を用いた人と案内ロボットのインタラクション

A3-2: 眼球運動と眼球位置に基づいたパソコン利用者補助のための心理状態推定

A3-3: タブレットの視線に対する画面角度が打鍵位置に与える影響

A3-4: 定常視覚誘発電位を用いたメニュー選択インタフェース

遊立脚相中に作用する力学的負荷計測用装具の開発

Development of Measurement Orthosis System of Kinetic Load during Swing and Stance Phase

○森岡大輔*, 北山一郎**, 北野将利*, 山中隆*, 池原用祐*, 半田昌浩**, 矢野貴久**

*近畿大学大学院 **近畿大学 生物理工学部 人間工学科

MORIOKA Daisuke*, KITAYAMA Ichiro**, KITANO Masato*, YAMANAKA Takashi*,
IKEHARA Yousuke*, HANDA Masahiro**, YANO Takahisa**

* Department of Biological System Engineering, Graduate School of Biology-oriented Science and Technology, Kindai University

** Department of Biomechanical and Human Factors Engineering, Faculty Biology-oriented Science and Technology, Kindai University

1. 研究背景

2016 年 5 月現在, 65 歳以上が占める割合 (確定値) は日本総人口の 27.1%¹⁾ となった. 加齢により身体機能が低下し, 怪我や疾病のリスクが増加する. なかでも脳卒中による後遺症には特徴があり, 罹患者の約 21.7% に後遺症が発現する調査結果²⁾ の報告がある. 後遺症が下肢に発現すると, 日常生活を著しく制限し Quality of Life (以下, QOL) を低下させる. そこで, 足関節機能補助のためプラスチック短下肢装具 (以下, PAFO) がしばしば処方される. PAFO に関して, 先人の研究により, 歩行立脚相における装具の有用性や機能が報告されている. 一方で歩行遊脚相に関する研究は見受けられない.

われわれはこれまでの研究で, 装具装着歩行の遊脚相中に作用する力学的負荷を計測可能なシステム³⁾ を開発した. しかし, 同システムでは足関節部分にセンサを取り付けるため歩行の制限となる可能性がある. そこで, 靴底のセンサのみで遊脚相中の力学的負荷を計測可能な新しいシステムを開発した. この新システムを用いて実際に遊脚相中の負荷を測定できたので報告する.

2. 実験環境

2.1 実験装置

本研究では, 装具装着歩行 (以下, 本実験) において遊脚相中の力学的負荷をリアルタイムに計測するために Fig.1 の新システムを用いた. 同システムでは靴底 (装具の裏面) の前方と後方に 6 軸力覚センサ (ATI

社 Mini-45-E) を 2 点, 靴底の上 (装具の上面) の前方と後方に 3 軸力覚センサ (テック技販 USL06-H5-100N) を 2 点, 脛脛部に 6 軸力覚センサを 1 点の合計 5 点のセンサをそれぞれ取り付けた.

靴底の 6 軸力覚センサで床反力を検出し, そのデータから歩行周期を判別する. 3 軸力覚センサは歩行遊脚相中に作用する力学的負荷を計測するために使用した. しかし, 3 軸力覚センサのみでは歩行周期を識別できないため, 時間軸が同期している 6 軸センサの歩行周期を用いた. 脛脛部の 6 軸センサは, 歩行中に脛脛部に作用する荷重を調べるために設置しているが, 本実験では特に使用していない. また, 各センサの軸方向について, 6 軸力覚センサは鉛直上向きをプラス側, 3 軸力覚センサは鉛直下向きをプラス側とした.

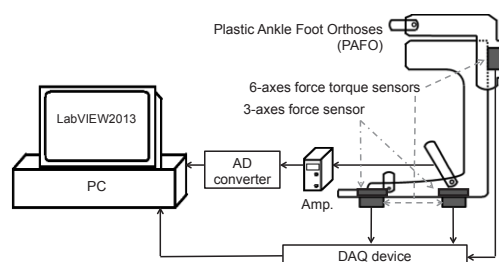


Fig.1 Experimental System

2.2. 被験者情報

本実験には, 成人な健康者 1 名 (年齢 : 22 歳 4 ヶ月, 体重 : 67.0 kg, 性別 : 男性) に協力いただいた

た。また、装具は義肢装具士が被験者に対応し製作したものを実験に使用した。本実験は近畿大学生物理工学部倫理委員会より承認を受けている。

2.3. 実験方法

歩行実験は5回1セットとして実施した。歩行条件は被験者の安全を考慮した上で、歩幅20 cmに設定した。なお、歩行速度（ペース）に関しては無理のない程度とし、設定はおこなわなかった。

3. 実験結果

実験データの解析には1試行のデータを利用した。Fig.2は6軸力覚センサの床反力データを示しており、実線が踵部、破線が爪先部である。このグラフより1遊脚相中の3軸力覚センサの力学的負荷を切り出したものがFig.3である。破線が爪先部、実線が踵部そして点線が爪先と踵の合計値を示している。Fig.2およびFig.3の値はそれぞれ、被験者の体重で除した値である。Fig.3において、被験者の歩行遊脚相は0.355 sであった。また遊脚相中に作用する力学的負荷の合計値は、遊脚前期では約1.3 N/kgであり、遊脚後期では約0.8 N/kgとなり遊脚相中で下降傾向となった。センサ別に見ると、爪先部では遊脚前期では約0.1 N/kgであるが、遊脚末期では約0.3 N/kgである。踵部では、遊脚前期で約1.2 N/kg、遊脚後期で約0.6 N/kgとなった。

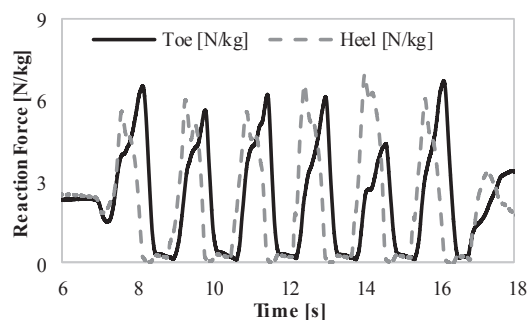


Fig.2 Ground Reaction Force (Normalization)

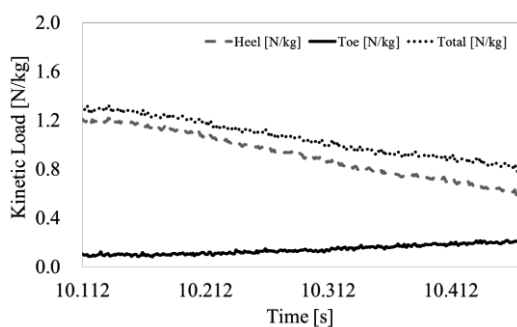


Fig.3 Kinetic Load during Swing Phase

4. 考察

本実験で利用した新システムと、従来のシステムを用いた場合の計測値³⁾を比較した。遊脚相時間では、従来システムが0.308 sであったのに対し新システムでは0.355 sとほぼ同等の数値であることがわかる。波形形状（新システムの場合は合計値）についても両実験とも下降傾向であることから同様の結果となった。また、先行研究で評価指標とした力学的負荷の最大値と最小値の差の値について、従来のシステムでは約0.4 N/kgであったのに対し、新システムでは約0.5 N/kgとほぼ同値を取ることが示された。

以上のことから、本実験で作製した計測システムは従来のシステムを用いた場合の計測値と比較して、全ての比較項目においてほぼ同等の結果となることがわかった。しかし、本実験では被験者が1名であったため、さらにデータを収集することでシステムの性能を検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 (No. S1311045) の支援および、平成28年度科学研究費助成事業 (No. 16K01579) によって支援を受けました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Statistics Bureau Japan: Population Estimates by Age (5 Year Age Group) and Sex - May 1, 2016(Final estimates), October 20, 2016(Provisional estimates)
- 2) Ministry of Health Labour and Welfare: Overview of the National Livelihood Survey, 2014
- 3) Morioka D, (2016). Comparing of Kinetic Load in Healthy and Hemiplegic Patients at Swing Phase of Gait (In Japanese), *Bulletin of Proceedings of JSEM 2016 Annual Conference of Experimental Mechanics No.16 (2016)*, 153-154

ヒール靴での自転車使用が身体負担に及ぼす影響

Influence of pedaling a bicycle with heel shoes on physical load

○虎走恵利*, 山下久仁子**, 岡田明*

*大阪市立大学大学院生活科学研究科 **大阪市立大学研究支援課

KOBASHIRI Eri*, YAMASHITA Kuniko**, OKADA Akira*

*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University,

**Research Support Department, Osaka City University

1. はじめに

女性は、社会的・心理的な理由から、スカートやヒール靴といった女性特有の服装で自転車を使用している。しかし、こうした女性特有の服装での自転車使用は、ズボンやスニーカーといった運動に相応しいとされる服装に比べ、漕ぎにくさや身体負担等が増す可能性がある。特に、足もととは自転車の動力始点でもあり、自転車使用の快適性や安全性、身体負担に大きく影響を及ぼす可能性がある。

これまで、女性特有の服装、特にヒール靴を着用した際の、立位や歩行時の身体負担を分析する研究は、数多く行われてきた^{1), 2), 3)}。一方、ヒール靴で自転車を使用する際の身体負担に関する研究は見当たらない。

そこで、本研究では、女性の心理・社会的背景も含めて、ヒール靴での自転車使用における身体負担を、多面的に分析し明らかにすることで、女性にとってより健康・安全・快適な自転車使用に繋げることを目的とした。

2. 調査1

自転車使用時の女性の服装（服の種類や形状、靴の種類や形状等）を、路上で調査した。調査場所は、大阪市住吉区大阪市立大学キャンパスに隣接した生活道路である。調査対象は、自転車走行中の女性 200 名（冬季 100 名、夏季 100 名）である。200 名の女性のうち、84 名（冬季 47 名、夏季 37 名）がヒールのある靴を着用していた。この結果から、ヒール靴で自転車を使用する女性が、やはり数多くいることが明らかとなった。

3. 調査2

女性の自転車使用時の服装について、意識を調査するため、また、服装、特にヒール靴を要因とした身体負担や危険体験を調査するため、自転車を日常使用する女性 20 名を対象にアンケートを行った。結果（表 1）から、靴の選択に自転車を使用することを考慮する人はおらず、自転車の漕ぎやすさへの配慮よりも女性の社会的・心理的な要因が勝ることが考えられた。

表 1 服装への意識調査・漕ぎづらさや危険体験の結果（一部抜粋）

Q. 服装を決める際に自転車を使用することを考慮するか	はい 9 名	いいえ 11 名
Q. どのようなことを考慮するか	・防寒する ・チェーンに巻き込まれるような広がった長いスカートを履かない ・動きやすいようにズボンを履く ・可動域の狭いタイトスカートは避ける	
Q. 漕ぎづらさや危険、身体負担等を感じたことがあるか、それはどのようなときか	・タイトスカートを履いていて、足が動かしにくかった ・ロングスカートを履いていて、チェーンに巻き込まれた ・ヒール靴を履いていて、ペダルから滑った、踏み外した ・ヒール靴を履いていて、足の置き場を自由に換えられず漕ぎにくさを感じる	

4. 予備観察

身体負担の測定方法を検討するため、予備観察を行った。21~24 歳の健常な女子学生 3 名に、スニーカーとヒール靴で各 10 分ずつ自転車エルゴメータを漕いでもらい、その様子をデジタルビデオカメラで撮影した。また、終了後に感想を聞き取った。

観察から、ヒール靴では、ペダル位置がつま先付近に固定され、踵が常に上がった状態になるために、つま先を背屈し、足関節を大きく屈伸させて漕いでいることが分かった。主観評価では、ヒール靴では、つま先が痛い、ペダルを踏み場所が固定される拘束感がある、太ももが疲れる、足首が疲れるという声が出た。

5. 実験1：足底荷重分布測定

5.1 目的

予備観察から、ヒール靴では、ペダル位置がつま先付近に固定されるため、つま先部分に力が集中し、その結果つま先の痛み等が発生することが示唆された。そこで、圧力センサシートを用いて、スニーカー着用時とヒール靴着用時の足底荷重分布を比較検証した。

5.2 方法

○実験参加者

21～24歳の健康な女子学生6名。

○実験環境

室温 23℃、湿度 50%に設定された人工気候室で行った。一般的に使用されるシティサイクル型自転車（エイジス A 26 型, 株式会社丸石サイクル）の後輪を、サイクルトレーナー（LR760, 株式会社箕浦）に取り付け（図1）、実験を行った。尚、実験参加者には 100bpm に設定したメトロノームに合わせ、ケイデンス 50rpm で一定の速度（14km/時程度）で自転車を漕いでもらった。



図1 サイクルトレーナーを取り付けた自転車

○測定装置

シート状の圧力センサ（BPMS 圧力分布測定システム、ニッタ株式会社）を足に近い形に切り取り使用した。

○実験条件

スニーカーと就活用ヒール靴の2条件とした。

○実験手順

実験参加者に、圧力センサシートを貼り付けた靴下を着用した状態で靴を履き、自転車を漕いでもらった。測定は各条件につき1分間行い、10フレーム/秒の計600フレームの足底荷重分布を記録した。分析には、ペダル1回転ごとの最大荷重フレームを用いた。また、実験風景をデジタルビデオカメラで撮影した。

5.3 結果・考察

実験参加者 a をモデルに考察する。

図2は、実験参加者 a のペダル位置である。スニーカー着用時には母指球付近であるのに対し、ヒール靴着用時にはつま先よりの位置であった。

図3は、実験参加者 a のペダル1回転ごとの最大足底荷重フレームを、平均化したものである。スニーカー着用時には荷重が全体に分散しているのに対し、ヒール靴着用時には荷重がつま先部分にかなり集中していた。

図4は、実験参加者 a の最大足底荷重値である。最大足底荷重値は、スニーカー着用時よりもヒール靴着用時に大きかった。

これらのことから、ヒール靴着用時には、スニーカー着用時よりも大きな荷重が、スニーカー着用時よりも小さい範囲の、つま先よりの限られた部位に集中してかかっていることが明らかとなった。その結果、つま先の痛みが発生することが考えられた。同様の傾向が、ほとんどの実験参加者に見られた。

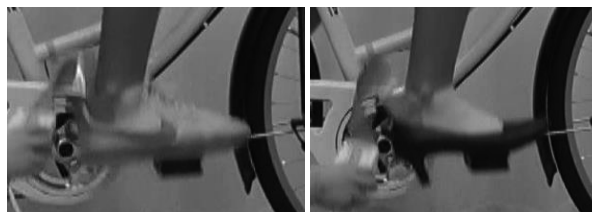


図2 実験参加者 a のペダル位置

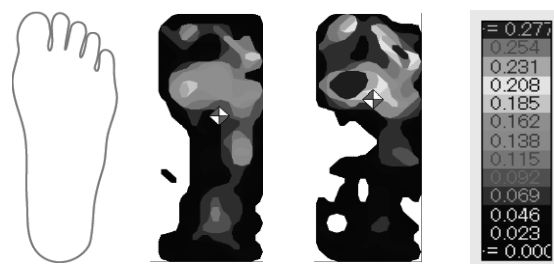


図3 実験参加者 a の最大足底荷重分布 kg
(左：スニーカー、右：就活ヒール靴)

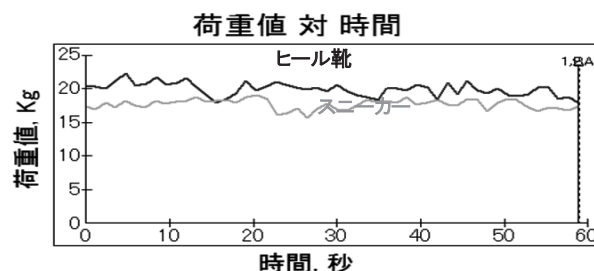


図4 実験参加者 a の最大足底荷重値 対 時間

6. 実験2：下肢動作解析・筋電位測定

6.1 目的

予備観察から、ヒール靴では、股・膝・足関節の屈伸運動が大きくなるため、下肢筋の活動が増大し、太ももや股関節、足首の疲れ等が発生する可能性が示唆された。また、つま先の背屈を持続することにより、つま先の痛みが発生する可能性が示唆された。そこで、下肢の筋活動の分析と動作解析を行い、ヒール靴で自転車を使用する際の身体負担を身体部位別に検証した。

6.2 方法

○実験参加者

21～24歳の健常な女子学生6名。実験について十分な説明を行い、同意を得た後に実施した。

○実験環境

実験1と同様の実験環境で実施した。

○実験条件

スニーカーと就活用ヒール靴の2条件とし、実験参加者に履きなれたものを持参してもらった。

○測定項目

1) 股・膝・足関節角度、つま先角度

実験参加者の利き足側（全員右側）の肩峰、大転子、膝関節外側裂隙、外踝、第5中足骨頭、第5末節骨頭に、直径2.5cmの測定用マーカーを貼り（図5）、三次元動作解析装置（VENUS 3D, 株式会社ノビテック）を用いて100Hzで計測した。股・膝・足関節角度、つま先角度は表2のように定義した。

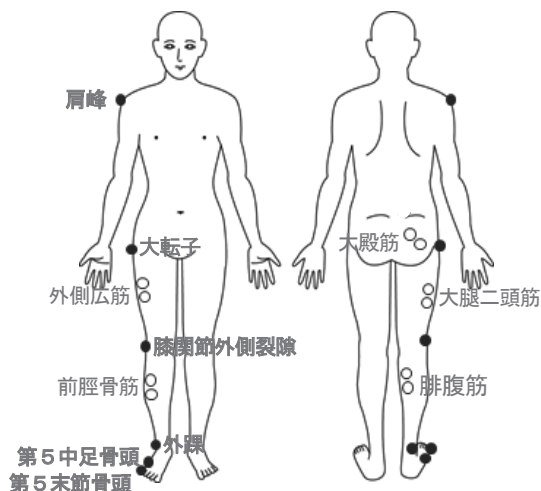


図5 マーカー位置・電極位置

表2 股・膝・足関節角度、つま先角度の定義

股関節角度	肩峰と大転子を結ぶ線と大転子と膝関節外側裂隙を結ぶ線のなす角度
膝関節角度	大転子と膝関節外側裂隙を結ぶ線と膝関節外側裂隙と外踝を結ぶ線のなす角度
足関節角度	膝関節外側裂隙と外踝を結ぶ線と外踝と第5中足骨頭を結ぶ線のなす角度
つま先角度	外踝と第5中足骨頭を結ぶ線と第5中足骨頭と第5末節骨頭を結ぶ線のなす角度

2) 下肢表面筋電位

実験参加者の利き足側（全員右側）の外側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋、大殿筋に表面電極を貼付した（図5）。生体アンプを含む多用途テレメータシステムにより筋電位を導出し、Microsoft Visual Basic6.0を用いて独自に作られたソフトで記録・解析を行った。

3) 主観評価

各条件の終了後に、身体の疲労や痛みに関して、主観評価シートに記入してもらった。また、2条件終了後には、漕ぎにくさや疲労等に関して、比較して感想を聞き取った。

4) 観察

実験風景をデジタルビデオカメラで撮影した。

○実験手順

1条件につき10分間自転車を漕いでもらった。1条件目と2条件目の間には、20分間の休息を入れ、疲労が残らないようにした。尚、順序効果を相殺するため、実験参加者ごとに条件の順番を入れ替えた。

6.3 結果・考察

実験参加者bをモデルに考察する。

1) 股・膝・足関節角度、つま先角度

図6は、実験参加者bの下肢関節角度のグラフである。スニーカーに比べヒール靴では、股関節の屈伸運動が小さいこと、足関節とつま先の屈伸運動が大きいことが分かる。また、膝関節の最大屈曲角度が大きいこと、足関節の最大底屈角度が大きいこと、つま先の背屈角度が持続的に大きいことが分かる。

2) 下肢表面筋電位

図7は、実験参加者bの下肢筋電位を、1.2秒（ペダル1回転）ごとに積分したグラフである。スニーカーに比べ、ヒール靴では、大殿筋と外側広筋の筋活動は小さいこと、腓腹筋の筋活動は大きいことが見受けられる。大殿筋は股関節を伸展させる働きがあり、外側広筋は膝関節を伸展する働きがあり、腓

腹筋は膝関節を屈曲・足関節を底屈する働きがある。よって、これらの結果は、動作解析の結果と適合していると言える。

3) 主観評価

スニーカー着用時も、ヒール靴着用時も、上腿の前部と下腿の後部が疲労を感じた部位に挙げられた。また、スニーカー着用時よりも、ヒール靴着用時に、より下腿の後部に疲労を感じたという回答が得られた。これは、下肢筋電位の結果と適合していた。

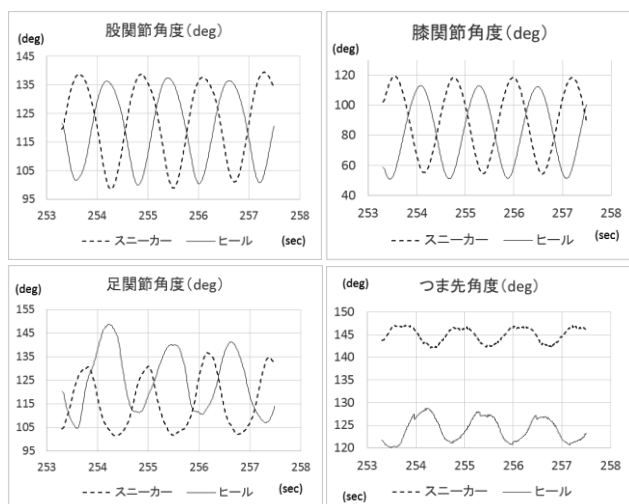


図6 実験参加者bの下肢関節角度

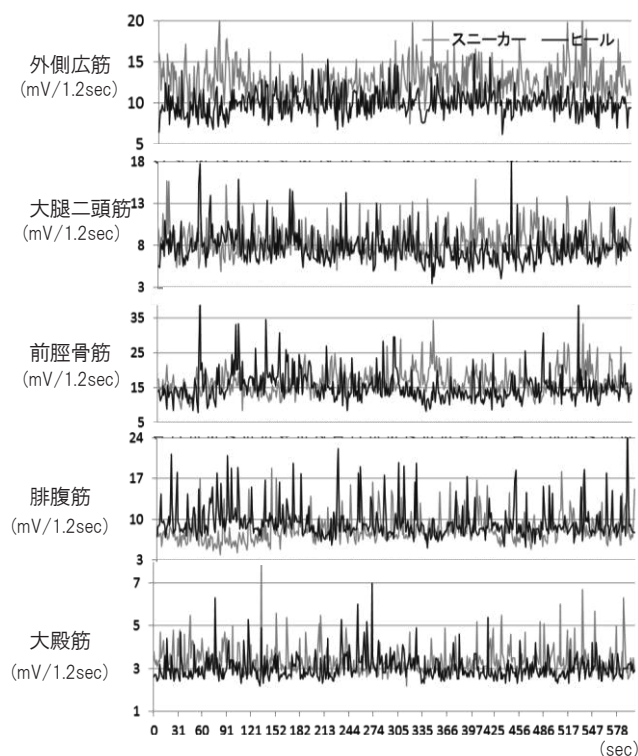


図7 実験参加者bの下肢筋電位積分値 (mV/1.2sec)

尚、実験参加者bの結果とはほぼ同様の傾向が、ほとんどの実験参加者に見られた。

これらのことから、当初の仮説とは少し異なり、ヒール靴では、ペダル位置がつま先付近に固定され、踵が常に上がった状態になるために、膝関節がより屈曲し、足関節がより底屈した状態で、足関節とつま先の屈伸を利用しながら自転車を漕いでいると考えられる。その結果、スニーカーに比べヒール靴では、つま先や足首、膝関節、下肢後部、上腿後部に疲労や痛みが生じる可能性が高くなると考えられる。

7. まとめ

本研究では、ヒール靴での自転車使用における身体負担を、足底荷重分布測定や三次元動作解析、筋電位測定を用いて、多面的に分析した。

その結果、ペダル位置がつま先付近に固定され、踵が常に上がった状態になるヒール靴着用時特有の乗車姿勢は、一部の下肢関節や筋の負担を増やすことがわかった。その中でも、つま先は荷重が集中し、大きな背屈・屈伸運動を伴うことから、特に改善が必要な部位だと考えられる。

今後は、ペダル位置がつま先に固定されず、踵が常に上がった状態にならないような乗車姿勢を目指してペダルの形状を工夫するなど、身体負担の軽減案を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 重枝,石井: ヒール形状の違いが歩行中の膝関節に及ぼす影響,第43回日本理学療法学会大会ポスター発表, 2008
- 2) 来間ら: ハイヒール形状相違が立位足圧および歩行時酸素摂取量に与える影響について,第48回日本理学療法学会大会抄録集,2013
- 3) Chang-Min Lee et.al: Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.28, pp321-326, 2001
- 4) 舌ら: 自転車エルゴメータ-股・膝・足関節角度速の検討,理学療法学 30(Supplement_2), 329, 公益社団法人日本理学療法士協会,2003

デスクワーク時に下肢にエクササイズ効果を与える 椅子使用時におけるストレス評価

Stress Evaluation in using of a Chair with an Exercise Effect to Lower Limbs

○糸瀬健一*, 豊田悠人**, 橋本彩加**, 廣川敬康**

*近畿大学大学院生物理工学研究科 **近畿大学生物理工学部

ITOSE Kenichi*, TOYODA Yuto**, HASHIMOTO Ayaka**, HIROKAWA Noriyasu**

* Graduate School of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University

** Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University

1. 緒論

我々が日常的に使用する生活用品の中には, 利便性を向上させるために, 使用者の身体的負荷を軽減させたものがある. ただし, そのような製品を使用し続けると, 筋力が低下する可能性がある.

著者らは, 日常生活上で使用頻度の高い椅子を研究対象とし, 使用者の下肢の筋活動を促し, エクササイズ効果を得られる椅子の設計を行っている¹⁾. 提案する椅子は, デスクワーク時に使用することを想定しているため, 作業効率や使用者へのストレス負荷を検討する必要がある. 本報告では, 唾液アミラーゼ分析によって, 提案する椅子使用時に使用者にかかる精神的な負担を調べるとともに, 筋電図計測により身体的な負担を計測し, 提案する椅子の効果と使い心地を検証する. なお, 作業中のエクササイズとして立位姿勢での作業机が提案されており, それとの比較も行う.

2. 提案する椅子

図 1 に本研究で提案する椅子を示す. 提案する椅子は前傾した座面を有する椅子と足置きで構成されている. 座面が前傾しているため, 使用者は体が滑り落ちないように足を踏ん張らなければならない. その際に足置きから受ける反力によって膝関節や足関節にモーメントが発生し, それを打ち



図 1 提案する椅子

消す反モーメントを生じさせるために下肢の筋が働く. また, 姿勢維持のために体幹の筋を働かせる必要がある.

3. 本研究の構成

図 2 に本研究の構成を示す. 本研究では, まず, デジタルマネキンを用いて, 提案する椅子を使用する際に使用者にかかる関節トルクを推定する (図 2 (a)~(c)). この結果より着座時に活動する筋として特定した 5 つの筋を測定箇所とし, デスクワーク時の筋電図計測実験を行って提案する椅子の有効性を検証する (図 2 (d)~(f)). また, 筋電図計測実験と同時に唾液アミラーゼ値の計測を行う.

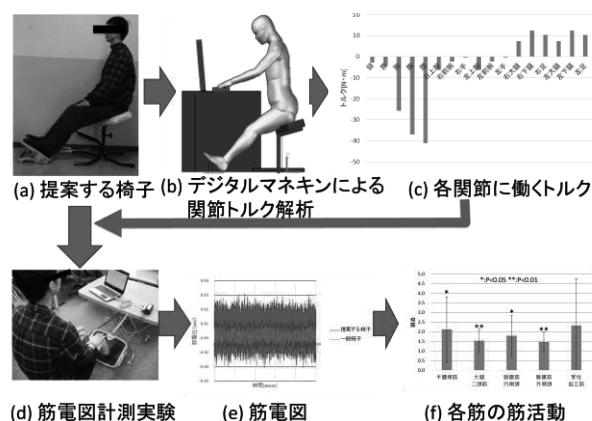


図 2 本研究の構成

4. 筋電図計測実験およびストレス評価

4.1 実験方法

本実験は, 3 日に分けて行う. 1 日目は, 被験者は一般的な椅子でタイピングを 30 分間続けた後, 立位

姿勢に変えて 30 分間の計 60 分間タイピングを行い、それぞれの姿勢の 14 分 50 秒～15 分、29 分 50 秒～30 分に筋電図計測を行う。また、姿勢変更前の作業開始時（0 分時）と作業中（25 分時）、作業後（30 分時）、姿勢変更後の作業中（55 分時）および作業後（60 分時）の計 5 回の唾液アミラーゼ値を計測する。筋負荷は、一般椅子使用時での 14 分 50 秒～15 分における筋負荷を基準値として評価し、唾液アミラーゼ値は、作業前に計測した値との変化率により評価する²⁾。2 日目は、提案する椅子のみで 60 分間の計測を行い、3 日目は、提案する椅子に 30 分、立位姿勢で 30 分という組み合わせで計測を行う。2 日目、3 日目とも、計測、評価方法は 1 日目と同じとするが、筋負荷に関しても事前に計測した一般椅子での 14 分 50 秒～15 分における筋負荷を基準値とする。

4.2 実験結果および考察

図 3 に筋電図計測実験の結果を示す。同図は、1 日目の実験より得られた、一般椅子使用時と立位姿勢時での筋電図の絶対値平均の割合と、2 日目の実験より得られた、一般椅子使用時と提案する椅子使用時での筋電図の絶対値平均の割合、3 日目の実験より得られた、2 つの姿勢での割合を示す。割合の値が 1 を超えていれば、一般椅子よりも筋負荷は大きく、エクササイズ効果があるといえる。同図から、提案する椅子は 2 日目、3 日目ともに割合の値は 1 を超えており、立位姿勢では、1 日目は割合の値は 1 を超えていたものの、3 日目は割合の値は 1 よりも下回ることがわかる。このことから、提案する椅子使用時には一般椅子使用時よりも筋負荷が大きく、安定したエクササイズ効果が得られるが、立位姿勢では日によって効果の表れ方が異なり、安定したエクササイズ効果は望めないことが分かる。

次いで、図 4 に唾液アミラーゼ分析によるストレス評価の結果を示す。同図の値は、作業開始時の計測値からの変化率を表しており、同図から提案する椅子使用時よりも立位姿勢の方が値は小さく、ストレスが低いことがわかる。

以上のことから、提案する椅子使用時には、高いエクササイズ効果が得られるが、精神的負荷が使用者にかかるため、計測箇所へのエクササイズ効果は低くなるもの

の、立位姿勢を組み合わせたほうが被験者にかかるストレスは低く、日常的に使用しやすいと考えられる。

5. 結論

本研究では、座位姿勢時にエクササイズ効果が得られる椅子を提案し、筋電図計測実験や唾液アミラーゼ分析を行うことにより、提案する椅子の有効性を検証した。実験結果から、立位姿勢を組み合わせると、エクササイズ量は減少するが、精神的負担も減少することがわかった。今後は、提案する椅子の運動強度について検討していく。

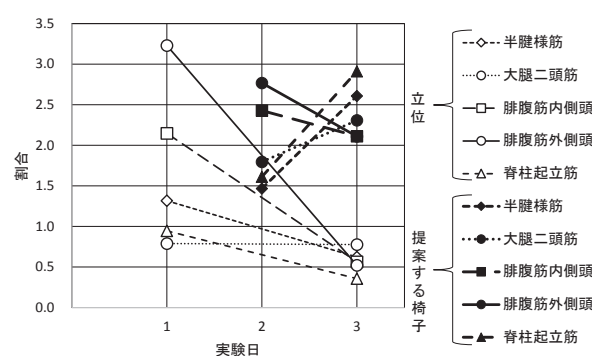


図 3 筋電図計測実験の結果

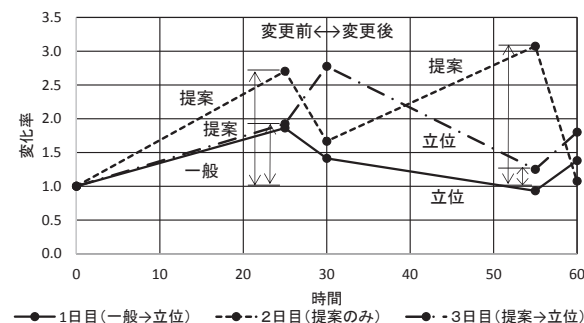


図 4 ストレス評価の結果

参考文献

- 1) 糸瀬健一ほか: 座面の前傾により高いエクササイズ効果を得られる椅子の効果の検証, 平成 27 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.101-102 (2015).
- 2) 中野敦行, 山口昌樹: 唾液アミラーゼによるストレス評価, バイオフィードバック研究, 38 巻, 第 1 号, pp.4-9 (2011).

筋負担から見たスマートフォンの操作性評価

-手の大きさによる影響の検討-

Evaluation of Usability of Smartphone based on Muscular Load

- Study on Effect by Hand Size -

○佐野洋介*, 橋本大佑**, 小谷賢太郎*, 鈴木哲*, 朝尾隆文*,

*関西大学 システム理工学部 **関西大学大学院理工学研究科

Yosuke SANO*, Daisuke HASHIMOTO**, Kentaro KOTANI*, Satoshi SUZUKI*, Takafumi ASAO*

*Faculty of Engineering Science, Kansai University, **Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

1. 序論

近年、タッチスクリーン技術が携帯端末に導入されるようになり、スマートフォンが広く普及するようになった。しかし、スマートフォンの過度な使用により、肩や首、手指に筋骨格系の痛み(musculoskeletal disorders: MSDs)の発症リスク増加を招くことが懸念されている¹⁾。そのために、スマートフォン操作と MSDs の関係に着目した研究がおこなわれてきた。

先行研究では、手や手首の MSDs の発症はそれぞれの大きい動作を繰り返すことが原因のひとつであるとされている²⁾。スマートフォン操作と MSDs 発症の関係に着目した研究では、動作に対応した筋の筋活動変化が MSDs の発症リスクの評価指標として用いられている。Xiong and Muraki はスマートフォン操作時における、母指の動作の違いが母指・把持に関連する筋の筋活動へ与える影響を評価していた³⁾。また Kietrys et al. は、スマートフォンと携帯端末の入力方式の違いやスマートフォン・タブレットのサイズの違いが手指、肩の姿勢および筋活動に与える影響の差から MSDs 発症リスクを検討していた⁴⁾。

一方で、スマートフォン利用者の主観的な操作感や負担感に着目して MSDs 発症リスクを評価した研究もおこなわれている。Berolo et al. はスマートフォンや携帯電話でのインターネット利用と上腕・母指への負担感の関係を検討しており、利用者の主観データから MSDs 発症リスクを評価していた⁵⁾。また Kim et al. は、スマートフォンとタブレット操作時に利用者が感じる楽しさ、操作感を比較検討しており、スマートフォン・タブレットサイズと主観データの関係性について評価を行っていた⁶⁾。

彼らの研究のように先行研究では、スマートフォン操作時の姿勢や筋活動、主観データからスマートフォンの利用と MSDs 発症リスクの関連性が研究されている。

しかし、先行研究ではスマートフォンとタブレットを両手操作した際の比較に限定されており、Apple 社の iPhone シリーズのようにスマートフォンサイズ大型化が進んでいる傾向を踏まえると、スマートフォン利用者が日常生活で多用する片手操作時のスマートフォン大型化についての研究が重要になっていると思われる。

スマートフォンサイズが大型化すると、ユーザが操作時に母指の使用領域が広くなり、把持が不安定

になる。これらが要因となり、操作性が損なわれ、ユーザの筋負担増加や負担感の悪化につながり、MSDs 発症リスクの増加を招く可能性が考えられる。

筆者らはこれまで片手操作時におけるスマートフォンサイズの違いが筋負担に与える影響を検討し、片手操作時のスマートフォンサイズの増加が、スマートフォンの母指の外転動作を司る短母指外転筋に高い活動増加を示す結果となった。

そこで本報告では、母指の外転動作を低減するには外転の少ないスマートフォンサイズや画面端まで指を伸ばすことのないキーレイアウトのデザインなどがあるが、その中でシンプルなデザイン変更だけで対応できるキーボードレイアウトの縮小をすることでどの程度の効果が認められるかに着目することにした。またユーザの手の大きさに応じてその効果はどのように変化するのかに着目することにした。

特に本報告では、スマートフォンの操作において、手の大きさによって筋負担や負担感が異なると考えられるため、手部寸法を計測して手の大きさを評価し、どの手部寸法が筋負担や負担感に影響を与えるのかを調査することで手の大きさによる影響の検討を行ったので報告する。

2. 実験

2-1 被験者

被験者は、普段からスマートフォンを右手で操作する右利きの男子大学生 10 名から同意をもらい、実験に参加してもらった。

2-2 手部寸法

手の大きさを評価するために、被験者ごとに手長、手掌長、母指長、示指長、中指長、薬指長、小指長、第一-第五指尖端間距離、手幅(斜め)、最大手幅、手厚の計 7 か所を JIS 規格⁷⁾を参考に計測した。

2-3 スマートフォン

本実験では、大型スマートフォンとして iPhone6plus (Apple 社製、ディスプレイ 5.5 インチ、サイズ 158.1×77.8×7.1mm、重量 179g)を使用した。

2-4 キーボードレイアウト

本実験では、母指外転量を抑える手法として、通常時で縦 40mm×横 69mm のキーボードサイズ

を, iPhone5s で採用されている規格である縦 34mm×横 51mm に縮小し, 2 種類のレイアウトを用いることとした. 図 1 にキーボードサイズ通常時と縮小後のキーボードレイアウトを示す.

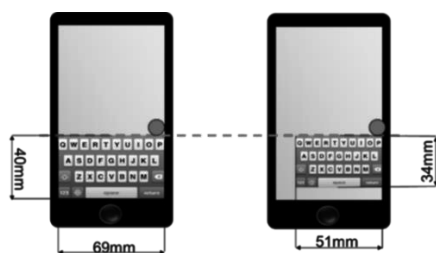


図1 通常時(左)と縮小後(右)のキーボードサイズの比較

2-5 実験環境

実験環境を図 2 に示す. 筋活動は手部および前腕部に貼付した電極を介しサンプリング間隔 100[Hz]で, 生体アンプ(BA1104m (EMG) ニホンサンテック株式会社)を通してデータロガー (GL900, GRAPHTEC 社) に記録され, データロガーから解析用 PC に保存された. また筋活動と文字入力の様子を同時に記録するために, 高速度カメラ (HAS-L1, DITECT 社製) を用いてフレームレート 100[fps]でスマートフォンを持つ右手部分を撮影した. なお, 筋活動データと撮影した動画は高速画像同期アナログ入力ソフトウェア Dipp-AD2(DITECT 社製)によってデータロガーと高速度カメラの記録開始点を同期させて, 筋活動のデータ数と動画のコマ数を一致させた.



図 2 実験環境

2-6 姿勢

本実験では, 図 3 に示すように被験者を椅子に座らせ, 右手で普段使用するようにスマートフォンを把持してもらい, 肘を机についた状態で実験を行った.



図 3 被験者の姿勢

2-7 実験タスク

被験者には, 実験タスクとして 9 種類の文字 (Q, T, P, A, G, L, Shift, V, Backspace) を QWERTY タイプのキーボード画面からタップ入力してもらった. 各キーボードサイズにスタート位置としてスマートフォンの底辺から 55mm の位置に貼付したマーカー(図 3 の黄色のマーカーの位置)に「母指を置いて準備態勢をとり, 動作開始の合図により文字とスタート位置を交互に移動する動作を行ってもらった. 各キーボードサイズで各文字に対し連続して 3 回入力してもらった. そしてキーボードサイズごとの文字入力終了後, アンケートを回答してもらった.

2-8 筋活動

2-8-1 測定筋

本実験では, スマートフォンの片手親指操作時における筋活動計測のために 3 種類の筋に着目し, その活動を計測した. 表 1 に各筋と対応する動作を示す.

表 1 筋電図の測定部位

筋の名称	筋の働き
短母指外転筋	母指の外転
浅指屈筋	示指から小指までの PIP 関節の屈曲
第一背側骨間筋	示指の MP 関節外転, 屈曲

2-8-2 データ解析

本実験では, 被験者ごとの筋活動の大きさを正規化する指標として, MVC(Maximum Voluntary Contraction)を用いた.

リファレンスとなる筋活動を計測するために, 被験者には各筋に関連した動作を 5[sec]行ってもらい, 以下の式により筋活動量を算出し, 指標とした.

$$\text{筋活動量}[\%MVC] = \left| \frac{\text{実験時の筋活動}}{MVC} \right| \times 100$$

短母指外転筋を例にとり, 図 4 に%MVC の波形を示す.

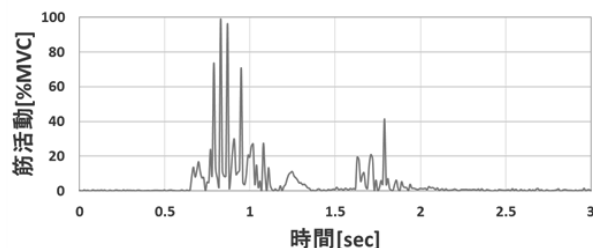


図 4 筋活動波形

文字ごとに入力時の筋活動を切り分けるために, 動画のコマ送りで動作の切り分けを行った. 短母指外転筋を例にとり, 図 5 に切り分けの手法を示す.

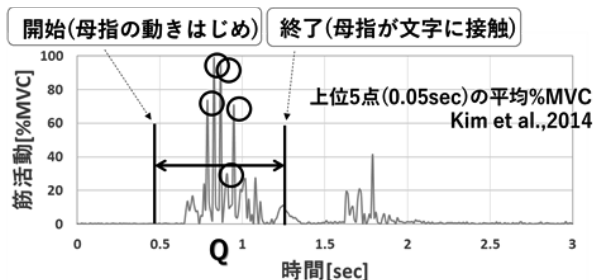


図5 動作の切り分け(短母指外転筋 文字「Q」入力区間)

各文字の入力区間としてスタート位置の母指が入力動作へと動き始める瞬間を開始時点、文字に母指が触れた瞬間を動作の終了時点として、文字ごとに切り分けた動画をもとに、筋活動のデータを各文字に対応づけた。先行研究⁸⁾を参考に各文字の入力区間内の上位5点分(0.05sec)の平均値を文字入力時の%MVCとして、2水準のキーボードレイアウトについて、統計ソフトウェアRを用いて分散分析、相関分析を行った。

2-9 主観データ

主観データとして、被験者にアンケートの記入を行ってもらった。アンケートは「操作のしにくさ」、「把持のしにくさ」の2項目で5段階評価を行ってもらった。5段階評価の例として「操作のしにくさ」では1. 操作しやすい 2. やや操作しやすい 3. ふつう 4. やや操作しにくい 5. 操作しにくい としており得点が低いほど操作がしやすく、得点が高いほど操作しにくい評価となる。「把持のしにくさ」でも同様に得点が高いほど把持しにくいとした。統計処理として、筋活動と同様に2水準のキーボードレイアウトについて分散分析、相関分析を行った。

3. 結果・考察

3-1 筋活動

実験の筋活動の結果を図6に示す。図より、キーボードサイズを通常の状態から縮小することによって浅指屈筋と短母指外転筋で筋活動が有意に減少した。浅指屈筋：32%MVC→18%MVCへ減少し、短母指外転筋：45%MVC→25%MVCへ減少した。把持に関連する筋である浅指屈筋と、操作に関連する筋である短母指外転筋の縮小後の筋負担は、ともに通常時の約3/5程度に抑えられた。

この結果から、キーボードサイズを縮小することによって、短母指外転筋の筋負担の減少につながったことが分かった。このことは、キーボードサイズの縮小によって母指の操作領域が狭まり、母指の外転量が抑えられたことが原因であると推測される。

また把持に関連する浅指屈筋の筋負担の減少は、キーボードサイズを縮小することによって、通常時よりも安定した把持ができたことを意味しているが、これは母指を無理に伸ばすようなことがなくなり、4指に込める力が減少したことが原因であると推測される。

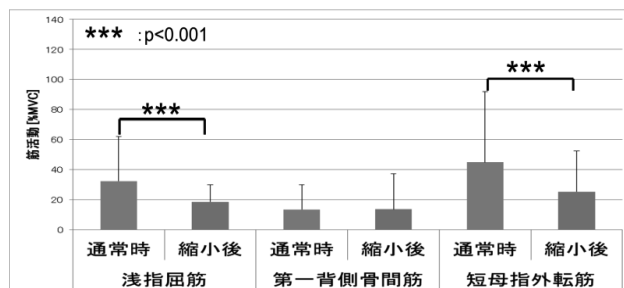


図6 キーボードサイズの違いによる筋活動の変化

3-2 主観データ

実験の主観データを通常のキーボードレイアウトと縮小したキーボードレイアウトで比較したものを図7に示す。通常時からキーボードサイズを縮小することにより、「操作しにくさ」の点数が有意に減少し、被験者はキーボードサイズを縮小した大型スマートフォンの方が操作しやすいと感じていることが分かる。この原因を短母指外転筋の筋活動と合わせて考えると、操作を司る短母指外転筋の筋負担が減少したことが、主観的にも操作しやすくなったと感じることにつながっていると考えられる。

また「把持しにくさ」の点数にキーボードサイズの変更による有意な変化が見られず、大型スマートフォンでキーボードサイズの変更は把持のしやすさの印象を向上させることはできなかった。このことはスマートフォンサイズ自体の変更がなかったことが起因していると考えられ、被験者がキーボードサイズの大きさを変えたことによる操作感の向上からくる把持の安定感よりも、スマートフォンサイズの大きさに対して把持しにくいと感じていると推測される。

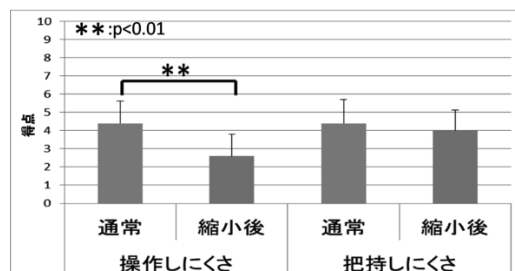


図7 キーボードサイズの違いによる主観データの変化

3-3 手部寸法と筋活動・主観データの相関分析

3-3-1 手部寸法と筋活動

表2に手部寸法と筋活動の相関分析の結果を示す。キーボードサイズ通常時において、手幅(斜め)と最大手幅が短母指外転筋と負の相関関係($r=-0.898 \sim -0.841$)にあり、これらの手部寸法が大きいほど、操作に関連する短母指外転筋の筋負担は小さい関係にあることが分かる。手幅や最大手幅は手の幅に関する手部寸法であり、これらが短母指外転筋の筋負担に影響を与えたことから、手の幅が大きいほど母指が画面端まで届きやすいと推測される。

表 2 手部寸法と筋活動の相関

キーボード サイズ	浅指屈筋		第一背側骨間筋		短母指外転筋	
	通常時	縮小後	通常時	縮小後	通常時	縮小後
手長	-0.310	-0.040	0.156	0.220	-0.254	-0.376
手掌長	-0.114	0.000	0.425	0.458	0.292	-0.181
母指長	-0.505	-0.189	0.022	0.129	-0.439	-0.175
示指長	-0.403	-0.224	-0.011	0.067	-0.192	-0.183
中指長	-0.295	-0.181	-0.224	-0.174	-0.222	-0.113
薬指長	-0.320	-0.280	-0.155	-0.110	-0.163	-0.199
小指長	-0.347	-0.186	-0.023	0.052	-0.125	0.014
第一-第五指 尖端間距離	-0.494	-0.315	0.003	0.118	-0.509	-0.293
手幅 (斜め)	-0.543	-0.472	-0.186	-0.105	-0.841	-0.601
最大手幅	-0.414	-0.224	-0.176	-0.099	-0.898	-0.310
手厚	0.104	0.225	-0.168	-0.183	-0.472	-0.097

※下線部は $p<0.05$

3-3-2 手部寸法と主観データ

表 3 に手部寸法と主観データの相関分析の結果を示す。キーボードサイズ通常時において、第二-五指の指長が操作しにくさと把持しにくさ両方と負の相関関係 ($r=-0.909\sim-0.634$) にあり、第二-五指が長いほど、負担感を小さく感じる関係にあることが分かった。

第二-五指はスマートフォンを把持する指であることから、これらの指が長い場合、操作時にスマートフォンを安定して把持することができ、そのことが負担感の減少につながったと考えられる。

表 3 手部寸法と主観データの相関

キーボード サイズ	操作しにくさ		把持しにくさ	
	通常時	縮小後	通常時	縮小後
手長	-0.617	0.522	-0.634	0.040
手掌長	-0.018	0.344	-0.134	0.055
母指長	-0.548	0.421	-0.627	-0.189
示指長	-0.839	0.431	-0.856	-0.195
中指長	-0.909	0.362	-0.890	-0.310
薬指長	-0.789	0.395	-0.844	-0.374
小指長	-0.695	0.404	-0.762	-0.425
第一-第五指 尖端間距離	-0.650	0.386	-0.477	0.267
手幅 (斜め)	-0.140	0.570	-0.015	0.301
最大手幅	-0.275	0.282	-0.118	0.235
手厚	-0.400	-0.173	-0.142	0.400

※下線部は $p<0.05$

4. 結論

本実験では、スマートフォンサイズの大型化によって筋負担が増加し筋骨格痛 (MSDs) の発症リスクの増加を招いているため、文字入力において筋負担を減少する方法として、母指の外転量が抑えられるような入力方式や画面端まで指を伸ばす必要のないキーボードサイズに縮小することは有効な方法であるか、かつ、大型スマートフォンの操作性の向上につながるか検討した。

筋負担においては、近年の大型スマートフォンに見られる操作範囲を母指に近づける画面レイアウトのように母指の外転量を抑えることにより操作を司

る短母指外転筋の筋負担を軽減できることがわかった。また同時に画面端まで母指を伸ばすような手の無理な姿勢をとることが無くなったことにより操作時のスマートフォンの持ちやすさが向上することで把持を司る浅指屈筋の筋負担を軽減できることがわかった。よって、本研究で示した設計指針によって大型スマートフォンを片手で操作する際においても筋負担を軽減し、MSDs の発症リスク軽減に繋がる可能性が示唆された。

主観データにおいては、キーボードサイズの変更によって操作しにくさは向上したものの、把持しにくさの点では変わらず把持しにくいと感じたままであった。この結果をふまえ今後の展望として、筋負担の低減と主観データの向上を両立できるような設計の評価を行う。

また手の大きさが大型スマートフォンの操作性に影響を与えているが、特に手の幅が大きいほど操作の筋活動が大きくなり、第二-第五指が長いほど主観的に負担感が小さくなるという知見が得られた。今後手の大きさによる個人差を考慮する分析を行う際にはこれらの手部寸法に配慮するべきである。

5. 謝辞

本研究の一部は科研費 (課題番号 26560036) , および平成 28 年度関西大学先端科学技術推進機構 (先進生体センシング技術研究グループ) の支援を受けたものである。

6. 参考文献

- Gold, J.E., Driban, J.B., Thomas, N., Chakravarty, T., Channell, V. and Komaroff, E.: Applied ergonomics, Vol.43, pp.408-412 (2012)
- Bernard, B.P. : National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH, pp.[5a-1]-[5a-67] (1997)
- Xiong, J. and Muraki, S.: Ergonomics, Vol.57, No6, pp.943-955 (2014)
- Kietrys, D.M., Gerg, M.J., Dropkin, J. and Gold, J.E.: Applied ergonomics, Vol.50, pp.98-104 (2015)
- Berolo, S., Wells, R.P., and Amick, B.C. : Applied Ergonomics, Vol.42, pp.371-378 (2011)
- Kim, K.J., Sundar, S.S. and Park, E.: In CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.1207-1212 (2011)
- 日本規格協会: 人間工学・設計のための基本人体測定項目, JIS Z 8500, pp.32-35 (2002)
- Kim, J.H., Aulck, L., Thamsuwan, O., Bartha, M. C. and Johnson, P.W.: Human Factors and Ergonomics Society, Vol.56, No7, pp.1235-1248 (2014)

認定人間工学専門家資格制度について

横井 元治（人間工学専門家認定機構 / (株)本田技術研究所）

About Certification Program for Professional Ergonomists

Motoharu YOKOI (Honda R&D Co., Ltd.)

1. 認定人間工学専門家資格制度とは

『人間工学の知識、技術、問題解決能力を充分に持ち、それを実践できる人材』に対し、(社)日本人間工学会(以下JES)が資格を認定している制度で、2003年8月に発足した。その後本資格は、2007年5月に国際人間工学連合(International Ergonomics Association: IEA)の認証も取得しており、米国のBCPE(Board of Certification in Professional Ergonomics)や欧州のCREE(Centre for Registration of European Ergonomists)とともに国際的な人間工学の専門家として通用する資格となっている¹⁾。

2. 認定人間工学専門家の資格区分

認定人間工学専門家の資格区分を表1に示す²⁾。専門家資格は専門教育経験年数や実務経験レベルに応じて3段階に資格を区分している。若い人間工学者や人間工学の技能を活用した人間工学実践者にとって段階的にステップアップのできる制度として確立しており、日常の業務をおこなっていく中での目標としての活用も可能である。

表1 認定人間工学専門家資格区分

	主に取得される人	必要学歴	日本人間工学会 会員資格
認定人間工学 専門家 (IEA 認証ライセンス)	企業内などでの 人間工学エキスパート	大卒以上	不要
認定人間工学 準専門家	大卒または大学院 在籍者	大卒以上	不要
認定人間工学 アシスタント	実務をしている方	6単位以上の 専門教育	不要

2016年9月30日の認定者数は認定人間工学専門家 198名、認定人間工学準専門家 95名、認定人間工学アシスタント 17名である。

3. 人間工学専門家資格の認定基準

※詳細はJESホームページ参照

1) 認定人間工学専門家

認定人間工学専門家は一定の基準を満足する人間工学の実践者である。その基準は大学での教育と業務歴によって設けられ、申告資料、試験及び面接で判定をしている。認定にあたっては下記表2に示す3例のいずれかを満足することが必要となる。

表2 認定人間工学専門家資格の基準

	専門教育 受講年数	実務 経験年数	事例提出	筆記 試験	面接 試験
①	3年	2年	不要	要	要
②	-	7年	不要	要	要
③	-	10年	要: 3例	不要	不要

2) 認定人間工学準専門家

大学で人間工学関連の専門教育を受け、これから認定人間工学専門家の資格取得を目指している人、または大学を卒業後、人間工学関連の仕事に携わり、将来認定人間工学専門家の資格取得を目指している人を対象とした資格である。以下に示す2条件のいずれかを満足する人間工学実践者で書類審査に合格すると認定される。

- 1) 大卒かつ3年以上大学にて専門教育を受講
- 2) 大卒かつ実務経験5年以上

3) 認定人間工学アシスタント

短大・専門学校・企業研修等で人間工学に関する専門教育を受講し、人間工学を学び関心を持った人、または実務で人間工学を活用したいと思う人を対象とした資格である。以下に示す2条件のいずれかを満足する人間工学実践者で書類審査に合格すると認定される。

- 1) 短大・専門学校等にて専門教育を受講

2) 企業研修などで上記1) 同等の教育を受講

4. 資格取得のメリット

本資格を有することにより大きく分けて以下の2つのメリットがあると考えられる

- 1) 「知識を活かす」ことができる
- 2) 「知識を増やす」機会を得られる

この2つの項目について、認定人間工学専門家機構の活動例を含め詳細を説明する。

1) 知識を活かす

・ ERGO Directory

JESの広報委員会と連携し、ウェブサイト上にERGO Directory を設けている。これは人間工学専門家のデータベースとして運用されており、人間工学専門家を必要とする法人や一般ユーザなどが、専門分野に合わせ検索及び問合せが自由に行えるものとして活用されている。すなわち認定者にとっては専門分野の紹介やコンサルティングの受託情報などを社会に発信できる場として活用が可能である。

・ 人間工学グッドプラクティス賞（GP賞）

JESが人間工学とその研究成果を広く社会全般に普及させることを目的とし、研究成果を応用したものづくり、人間工学の研究成果を踏まえた社会活動の中で優れた業績をGP賞として表彰している。このグッドプラクティスの登録時には、認定人間工学専門家の推薦は応募条件のひとつとなっており、認定者の持っている知識の活用ができるとともに自身の業績の発信の場として利用することができる。

2) 知識を増やす

・ CPEセミナー

より深く実践的な人間工学の学習機会の提供として機構主催のセミナーの案内が資格保持者に対して届く。毎回、本セミナーでは人間工学の研究成果を応用し、実践されているものづくりの現場に実際に足を運び、見学と意見交換会が実施されている。さまざまな領域の専門家の視点で活発な意見交換がおこなわれ、新たな発見や交流がシナジーとして生まれている。関西エリアでは2011年にパナソニック電工株式会社(当時名称：図1)で開催された³⁾。ここでは、私達の身の回りにあり、電

気・情報・建築の複合製品を扱う企業における人間工学技術の研究施設現場の見学を実施した、また、3名の認定人間工学専門家による、開発事例を中心にした、より詳しい人間工学活動内容についての講演を聴講し、その後質疑応答や専門家同士同じ立場での意見交換が活発におこなわれた。



図1. 開発事例講演の様子

上記の他に、認定者にはCPEセミナーのほかにも専門家同士の交流会（CPEサロン）やJES大会などでのシンポジウムも随時開催し、活動の場の提供がされている。これらのイベントに参加し知識を増やすことが可能である。また、専門家の集団であるということを活用することもできる。自らが情報を発信する場を企画すれば、結果、通常では得ることのできない多数の専門家の視点からのフィードバックを得ることが可能となる。

5. さいごに

今後、今まで以上に数多くの人間工学実践者が本制度の認定を受けて、自身の人間工学活動の更なるレベルアップの機会として活用いただくとともに、本制度の更なる活性化及び人間工学の社会的認知の向上に向け、積極的に参加していただければ思う。そして、本専門家のメンバが中心となり、様々な分野で人間工学を活用したより良い社会づくりに貢献していくこと願っている。

参考文献

- 1) 吉武良治：認定人間工学専門資格制度の概要と専門家への期待, 人間工学, Supplement, pp. 62-63, 2016
- 2) 横井元治：認定人間工学専門家とは, 日本人間工学会第53回大会シンポジウム, 2012
- 3) 会報人間工学専門家認定機構Vol. 30, 2012.

公共空間におけるサインの位置とデザインが視認性に及ぼす影響

Effect of design and installation location of public signs on visibility

○東野彩*, 山下久仁子**, 岡田明*

*大阪市立大学大学院生活科学研究科 **大阪市立大学研究支援課

HIGASHINO Aya*, YAMASHITA Kuniko**, OKADA Akira*

*Graduate School of Human Life Science, Osaka City University,

**Research Support Department, Osaka City University

1. はじめに

近年、都市の拡大によりサインのおかれる環境は大規模化、複雑化している。それにより、公共空間には複合的なサインなど情報があふれているが、私たちは多くの情報の中から自分が必要としている情報を自分で見つけ、選択していかなければならない。そのため、膨大な情報の中でも気づきやすく、かつ分かりやすい案内サインが必要である。

先行研究では、サインの認知に関して背景色を含めた色のコントラストについての見やすさや、複合的なサインのレイアウトなど分かりやすいサインのデザインが明らかにされている¹⁾。また、案内サインの中でも文字に着目し見やすい文字高さについて検討したものの²⁾や、文字だけのサインと文字と共に色やピクトグラムを用いたサインとでの反応速度を検討した研究では、サインの要素の中でも文字が重要であるといった結果が得られている³⁾。また、実空間での経路探索行動から、サインの名称やピクトグラム、表現の統一、広告との差別化が必要であるという現行のサインの問題点を報告した研究もある⁴⁾。このように、サインについての研究は多岐にわたり、デザインや見やすさ、気づきやすさに関する研究はあるものの、サインのイメージと設置位置による気づきやすさや分かりやすさについての検討はあまりなされていない。

そこで、本研究では公共空間におけるサインの要素の中でも特にサインの位置とデザインに着目する。人の持つイメージと設置位置やデザインがどのようにサインの気づきやすさや分かりやすさに影響するのかを調査・実験することで、より気づきやすく、分かりやすいサインの提案をすることを目的とする。

2. 設置位置によるサインの分類

本研究では、設置位置（設置されている高さ）によってサインを3種類に分類した（図1）。

①上部・吊り下げ型

天井付近に設置されているサイン

②壁・柱型

壁や柱などに設置されたサイン

③床面型

床面に設置されたサイン

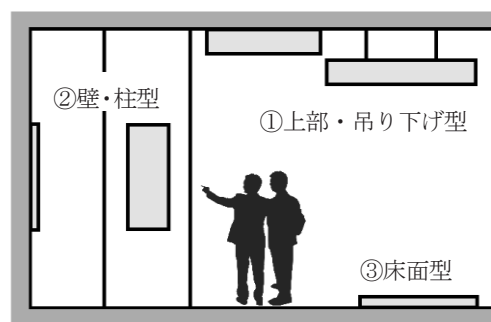


図1. 設置位置によるサインの分類

3. 実験1：設置位置と気づきやすさ

3-1. 目的

駅や地下街などの多くの情報が混在する場所において目的地となるサインにどのようにして気づくのか、また、サインが設置されている場所と気づきやすさに関連があるかどうかを明らかにすることを目的とした。実空間で実験を実施することは困難なため、今回はパソコンを用いてのシミュレーション実験を行った。

3-2. 実験方法

実験には、Visual Basic 6.0 を用いて作成した実験用シミュレーションソフトを使用した。

◇実験参加者

20 歳代の男女 6 名（男性 2 名、女性 4 名）

◇使用画像

画像は、駅や地下街で撮影されたものであり、目的地を記載したサインが①吊り下げ型②壁・柱型③床面型の 3 種類あり、それぞれ①は 8 つ、②は 7 つ、③は 3 つの合計 18 の目的地を記載した画像で実験を行った。

◇実験手順

実験では、案内サインを見つけた時の場面を想定して、次のような順序で実験を行った。

1. パソコン画面上に目的地（命題となるサイン）を提示する。
2. 目的地を理解すれば、参加者に OK ボタン（タスク開始ボタン）を押してもらう。
3. 画面上に目的地が記載された画像を提示する
4. 提示された画像から目的地を示すサインを探し、現在地（写真を撮った位置）からどの方向に進めばよいかを回答ボタンから選び、クリックしてもらう。

実験は 18 回繰り返し行い、実験終了後に聞き取り調査を行った。

3-3. 結果

命題⑬の探索時間が最も短く、命題⑯の探索時間が最も長くなった（図 2）。実験参加者によって探索時間の差が大きく、全体の傾向を調べるために、それぞれの探索時間を正規化して傾向を調べた。正規化後の探索時間の平均は図 3 のようになった。

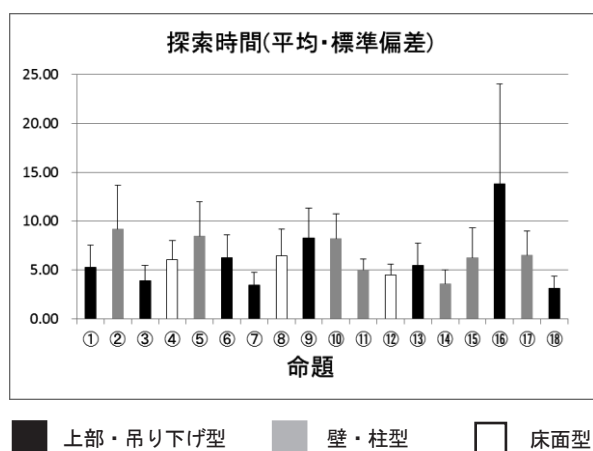


図 2. 全参加者の探索時間の平均・標準偏差

図 3 より、上部・吊り下げ型のサインと床面型のサインは比較的気づきやすく、壁・柱型のサインは比較的気づきにくいという結果になった。

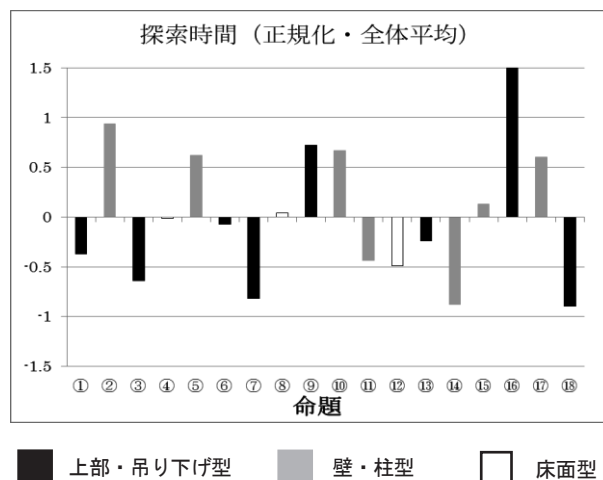


図 3. 正規化 全参加者の探索時間の平均



図 4. 実験 1 の使用画像

（左上：命題⑨, 右上：命題⑯, 右下：命題⑱）

3-4. 考察

参加者の多くが実験後の聞き取り調査において、サインを探す際どこから探し始めたかという質問に対して、「経験的に上部にあるイメージだから画像の上から探した」や「吊り下げ型のサインから探した」と報告していることから、上部・吊り下げ型のサインが比較的気づきやすかったと考えられる。床面型のサインについては、サインの表示が大きく、情報量が少なくシンプルなデザインのものであったため、探索時間があまりかからなかったと考えられ

る。また、壁・柱型の探索時間が長く、気づきにくかった理由は、上部や吊り下げ型を探して見つからなければ壁や柱に着目した参加者が多かったためである。ただし、上部・吊り下げ型のサインであっても命題⑨、⑩のように時間がかかっているものもある。命題⑨は情報量が多く、かつ文字が小さかったため探すのに時間がかかり、命題⑩は命題となる「ekimo」自体を知らない参加者がおり、サインのイメージがしづらかったことや命題のサインが内照式のものに後から紙で貼り付けていたため気づきにくく、分かりにくいサインであったと考えられる。また、地下鉄の路線ごとに設けられている色を経験的に記憶しており、色を頼りにサインを探したという参加者もいた。これらのことから、サインの気づきやすさにはサインの情報量の多さが関係していること、設置位置やデザインについてあらかじめ持っているイメージや経験が何らかの影響を与えていることが示唆された。

4. 実験2：メンタルモデルの調査

4-1. 目的

実験1の結果から、サインの気づきやすさには人があらかじめ抱くイメージや経験（メンタルモデル）が影響しているということが推測された。そのため、サインについてのメンタルモデルを調査し、サインの必要性や設置位置に対してどのようなイメージを持っているのか検討した。

4-2. 調査方法

◇参加者

20歳代の男女16名（男性7名、女性9名）

◇使用画像

画像は駅や地下街で撮影されたものであり、Adobe Photoshop CS5を用いて標識やサインを削除したものを使用した。

◇調査方法

参加者には用紙を配布し、回答してもらった。メンタルモデルの調査として、これまでの経験や想像を基に、提示された写真の空間の中でサインがあればよいと思う場所に○印を描いてもらった。サインの数に制

限はなく、複数回答する場合はよりあればいいと思う順に優先順位をつけてもらった。経験上、写真が示す場面にサインがない場合やサインを設置する適切な場所がない、と考えた場合は「なし」と回答してもらうことにした。



図5. 実験2の使用画像

（左上：ケース1、右上：ケース2、左下：ケース3）

4-3. 結果

複数回答があった場合は優先順位の1～3番までを抽出した。1番には3点、2番には2点、3番には1点とした。

ケースは1～3の3種類の写真で行った（図5）。結果は上部・吊り下げ型、壁・柱型、床面型の3種類に分類した。結果は図6のようになった。

ケース1では壁・柱型の得点が最も高く、次に上部・吊り下げ型となった。床面に○印を描いた参加者は少なかった。また、ほとんどの参加者が画像右側の柱に○印を描いていた。

ケース2もケース1と同様に、壁・柱型の得点が最も高く、次に上部・吊り下げ型となり、床面に○印を描いた参加者は少なかった。

ケース3では壁・柱型の得点が多く、次に床面となった。上部に○印を描いた参加者はほとんどいなかった。参加者のほとんどが画像中央部の柱に○印を描いていた。

ケース1～3に関して、参加者が○印を描いた場所と実際にサインが設置されている場所は数に異なる点があったもののほとんど同じであった。

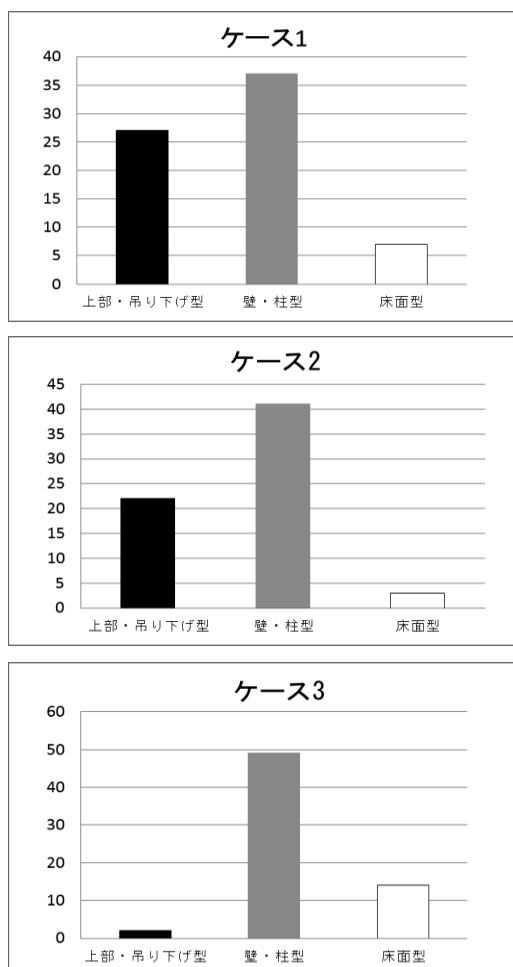


図 6. 各ケースの得点

4-3. 考察

ケース 1、2 の結果は共通したものとなったが、これは空間の中に目立った柱が存在しており、天井がわかりやすい写真だったことが影響していると考えられる。ケース 3 については天井が高く、曲面であるためイメージしづらかったと考えられる。また、柱などの構造物が少なく、床面積が多かったため床面型をイメージしたと考えられる。メンタルモデルの調査の結果としては、壁・床面型が最もイメージされるサインであるとわかったが、サインの使用についての質問においてはよく見る位置として上部と答えた参加者が多い。このことから、実際の空間でサインを探すのと画像で見てサインをイメージすることに大きな差があると考えられるが、柱に着目した参加者が多かったことから、柱があればそこにサインがあるというイメージを持っていると考えられる。全体的には床面型のサインのイ

メージは薄いという結果になったが、これは歩いている時の視線が上方向であることが多いためであると考えられる。しかし、人が少ない場合は床面のサインをイメージするといった意見や、車イス利用者にとっては床面のサインが有効であるという意見があり、ユニバーサルデザインを考える際には床面型のサインは必要な要素と思われる。

5. まとめ

サインの場所の違いによる気づきやすさの把握を目的とした実験では、経験的に上部・吊り下げ型のサインから探し始めるということがわかった。また、サインの気づきやすさには情報量の多さが関係していることと、人の持つイメージや経験が何らかの影響を与えており、イメージができない場合はサインの探索に時間がかかるということがわかった。

メンタルモデルの調査では、実際に空間を歩いてサインを探すのと画像を見てサインをイメージすることには差があるが、柱などの構造物があればそこにサインがあるとイメージする人が多いということがわかった。今回得られた結果をもとに、実空間でもその妥当性を検証していく予定である。

参考文献

- 1) ISHIHARA Maki, OKADA Akira, YAMASHITA Kuniko : Effect of the arrangement of design elements on recognition of complex signs, The 10th Korea-Japan Joint Symposium on ergonomics, A3:1-4, 2007
- 2) 植木仙二, 正木浩哉, 西尾昌之 : 駅の案内サインについて, 日本建築学会学術講演梗概集(近畿), 1013-1014, 2015
- 3) 井上征矢, 玉置淳 : 聴覚障害者に分かりやすい案内サインに関する基礎研究, 日本デザイン学会研究発表大会梗概集(54), 262-263, 2007
- 4) 大浦楓子ほか : 新宿駅における経路探索行動から見た迷うパターンの考察, 日本人間工学会アーゴデザイン部会コンセプト事例発表会, 2016

簡易土壌診断における環境光が及ぼす呈色試験紙の読み取り誤差

Influence of Ambient Light on Color Perception of Test Paper for Soil Diagnosis

○足立龍哉*, 中尾優作*, 森田二郎*, 松井謙介**, 伊藤貴康**

才木常正***, 瀧澤由佳子***

*神戸市立工業高等専門学校 **明咲出荷組合 ***兵庫県立工業技術センター

ADACHI Tatsuya*, NAKAO Yusaku*, MORITA Jiro *, MATSUI Kensuke**,

ITO Takayasu**, SAIKI Tsunemasa***, TAKIZAWA Yukako***

*Kobe City College of Technology, ** Meisho Farm Organization,

***Hyogo Prefectural Institute of Technology.

1. はじめに

農業では、作物の収穫量や品質の向上のため土壌改良が行われている。天候等の要因で変化する土壌を常に適切に保つため、土壌中の pH 値や養分等を診断し、その結果をもとに即座に土壌を調整することが求められている。現場での土壌診断では、簡便に測定するため、化学反応によって変色（呈色）する試験紙を用いることが多い。具体的には、土壌と蒸留水を混ぜて攪拌した液に試験紙を浸し、その呈色と色見本を見比べて pH 値や養分量を測定する。しかし、この測定には人が介在するため、同じ pH 値や養分量の試験紙であっても判別結果がばらつく。

そこで、我々は呈色試験紙の色判別を確実にを行うため、先行研究でカラーセンサを用いた簡易土壌診断装置を提案した。そして、その有用性を調べるため、室内照明の環境光下で人による呈色試験紙の読み取り誤差を調べた。また、カラーセンサによる試験紙の色計測を行った。その結果、カラーセンサで計測した階調値のばらつきは人による読み取りのばらつきよりも小さく、本装置が有用であることがわかった¹⁾。

一方、実際には呈色試験紙の色判別は屋外でも行われる。そこで、本装置の屋外での有用性について調べる前段階として、本研究では太陽光下で人による色判別実験を行って読み取り誤差を調べる。そして、先行研究での室内照明光下の場合との比較により、本装置の屋外での有用性について考察する。

2. 実験方法

2.1 実験時の太陽光

太陽光を照明とした場合、季節、時間帯、天候によって実験場所における照度、色温度が変化する。今回の実験では、同日の 3 つの時間帯において建物屋上で色判別実験を行った。これらの時間帯の実験開始時の太陽光の状況（照度、色温度、偏差）を表 1 に示す。因みに、実験時の天気はおおむね曇りであったため、太陽の位置を視認できず、太陽光の色温度を直接計測

できなかった。そこで、色温度の変化を確認するため、実験場所の床面に置いた標準白色板の相関色温度を分光放射計（SR-LEDW, トプコン製）で計測した。表 1 の色温度の計測結果では各時間帯によって色温度の変化は顕著にはみられなかったため、今回は照度による影響のみ考える。

2.2 試験紙サンプル

本実験では呈色試験紙として pH 値によって呈色が変わる pH 試験紙を用いた。被験者に提示する試験紙サンプルとして、pH 試験紙（東洋濾紙製、ユニバーサル、測定範囲 pH1～11）を 9mm 角にカットしたものを pH5, 6, 7 に調整した水溶液のいずれか一つに浸したものを準備した。これらの試験紙サンプルは濡れているため、直接手で触れないように被験者には図 1 に示すようにスライドガラスに載せて試験紙サンプルを提示した。

2.3 色判別実験方法

表 1 の太陽光下で行った色判別実験は以下の方法で行った。テーブル（高さ 70cm）上に試験紙サンプルと図 2 に示す色見本²⁾を置き、椅子（高さ 42cm）に自然な状態で座った被験者に提示した。このとき、被験者には試験紙サンプルが pH 試験紙であることは伝えていない。また、提示した色見本の数字は pH 値ではなく、0～16 の番号（以後、回答番号とする。）である。なお、色見本の回答番号の 0, 4, 8, 12, 16 の目盛の上部には、購入した試験紙付属の pH4, 5, 6, 7, 8 に相当する色紙を貼り付けている。被験者には試験紙サンプルの色と最も近いと思う色を色見本の回答番号で回答してもらうよう教示した。

上記の実験は、被験者 10 人（年齢 15～16 才、色

表 1 実験開始時の太陽光の状況

時間帯	照度(lx)	色温度(K)	偏差
14 時台	18000	6200	0.0023
15 時台	10000	5900	0.0025
17 時台	1400	7000	0.0026

覚異常なし)に対し、2.2で述べた3種のpH値(5,6,7)の試験紙サンプル、各5個を1個ずつランダムに提示して色判別を行ってもらった。なお、被験者には実験前に実験の内容を説明し、インフォームドコンセントを得てから実験を開始した。

3. 実験結果

本研究では、人による読み取り誤差の検討のために前述の実験で得られた回答番号から被験者10人分の平均値と標準偏差を求めた。それぞれを図3と図4に示す。横軸は照度であり、左の縦軸は被験者の回答番号、右の縦軸は回答番号に対応するpH値である。

図3をみると、太陽光の場合のいずれの照度においても、被験者の回答番号の平均値は試験紙サンプルのpH値5, 6, 7のそれぞれの正答の番号4, 8, 12に対して±2程度以内にあり、試験紙サンプルのpH値が大きくなるほど平均値も大きくなっている。このことは、被験者全体としては試験紙の呈色からpH値5, 6, 7の大小関係は読み取れていることを示している。

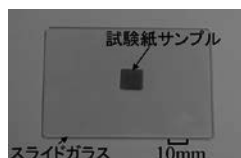


図1 試験紙サンプルの例(pH5)

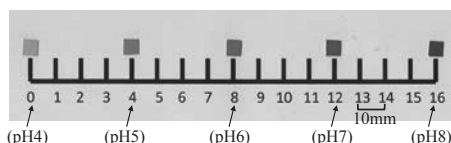


図2 色見本

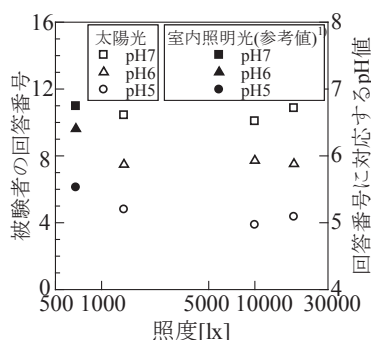


図3 照度に対する被験者の回答番号の平均値

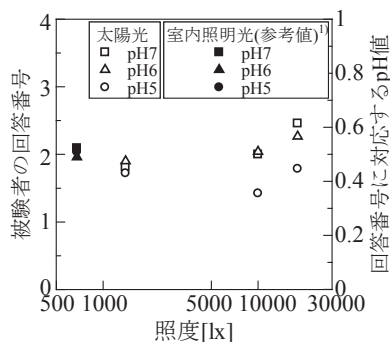


図4 照度に対する被験者の回答番号の標準偏差

一方、参考のため同図に示した室内照明光(680lx)下での色判別結果¹⁾においても、pH値6, 7の場合の平均値間の差は太陽光下でのそれと比べて小さいが、試験紙サンプルのpH値が大きくなるほど回答番号の平均値が大きくなる傾向は同様である。

次に、図4をみると照度1400lxではpHに関わらず回答番号の標準偏差は1.8程度である。一方、その他の照度では、pH5の場合1.4~1.8程度、pH6, 7の場合は2.0~2.5程度であり、pH5よりもpH6, 7の標準偏差が大きい。このことから、照度によって読み取りのばらつきに違いがあることがわかる。

更に、これらの結果と同図に示した室内照明光の場合の結果を比較すると、照度1400lxの場合は試験紙サンプルのpH値に関わらず、室内照明光の場合よりも標準偏差は0.2程度小さい。そして、10000lxの場合、pH値が5のときは室内照明光の場合よりも0.5程度小さく、pH値が6と7のときは室内照明光の場合と同程度である。18000lxの場合、pH値が5のときは室内照明光の場合より0.2程度小さく、pH値が6, 7のときは室内照明光の場合よりも0.3~0.5程度大きい。つまり、照度によっては室内照明光の場合よりも読み取りのばらつきが大きくなる場合があることがわかった。

一方、既に室内照明光下において人による読み取りのばらつきよりもカラーセンサで計測した諧調値のそのほうが小さいことが明らかとなっている¹⁾。

以上のことより、屋外においても本装置が有用である可能性があることがわかった。

4. おわりに

呈色試験紙の色判別を行う簡易土壌診断装置の屋外での有用性を調べるため、本研究では、太陽光下で色判別実験を行い、人の読み取り誤差を調べた。その結果、照度によって読み取りのばらつきに違いがあることがわかった。そして、先行研究で調べた室内照明光下の場合と比較した結果、太陽光下のほうが室内照明光下よりも読み取りのばらつきが大きくなる場合があることがわかった。更に、既に室内照明光下では本装置の有用性が示されていることから、屋外においても本装置が有用である可能性があることがわかった。

今回、読み取り誤差に及ぼす照明光の色温度の影響については検討していない。今後、色温度の影響についても調べ、提案する簡易土壌診断装置の有用性について更に調べる予定である。

参考文献

- 1) 芝 他: 読み取り誤差を考慮した試験紙吸光光度法による簡易土壌養分検査装置, 平成27年度日本人間工学会関西支部大会講演予稿集, pp.35-36 (2015)

GUI パーツ(矢印, 数字, 色分け)の効果の検討

A Study on the effectiveness of GUI parts

○小木戸芙美果*, 山岡俊樹*

*京都女子大学

KOKIDO Fumika*, YAMAOKA Toshiki*

*Kyoto Women's University

1. まえがき

GUI が人々の生活に浸透してきている。多様なユーザが使うことから、操作画面では見やすさが求められており効率よく誘導を行う必要があるといえる。この誘導に影響を与えているのが視線移動をさせる矢印、順番を表す数字やパーツの色分けである。

2. 実験

Microsoft Powerpoint で作成した画面を操作してもらい Tobii X2-30 アイトラッカーで眼球運動を測定した。実験は例題, 実験 I, 実験 II の構成となっており, すべての画面は「実験説明画面」, 「指示画面」, 「視線を中央に揃えるための黒点を表示した画面」, 「操作画面」の順になっている。マウスクリックで次の画面へ進んでゆくと, 「中央に黒点を表示した画面」は 5 秒間, 「操作画面」は実験 I で 15 秒間, 実験 II で 8 秒間表示したのち次の画面に切り替わるようにした。操作画面は, 操作手順を示す 4 種類の GUI (①矢印②数字③色分け④GUI なし) のうちひとつを実験協力者にそれぞれ割り振った。実験協力者は 12 名で 20~24 歳の女性である。課題画面を表示する画面は 25. 6 インチで, 実験協力者との距離は約 60cm かつ水平である。

2. 1 実験 I

2. 1. 1 目的

選択肢の少ない画面での視線誘導への影響を調べることを目的とする。

2. 1. 2 方法

仮定の自動ドアの画面操作の課題である。ロックを解除し左側のドアを開けるよう指示した。操作の順序は「ロック解除」のボタンを押した後, 「左 OPEN」のボタンを押す。操作画面の GUI は図 1 である。

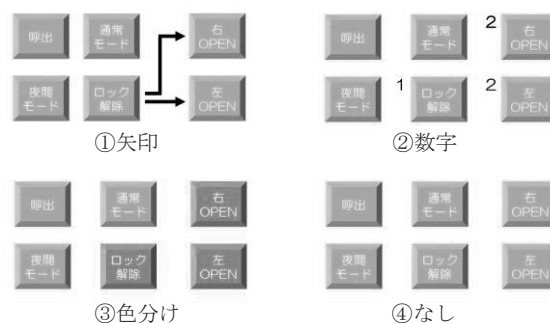


図 1. 課題画面

2. 1. 3 結果・考察

図 3, 4 は得られた眼球運動の軌跡の例である。4 種類の画面ごとに, 2 回目のクリックまでの値の中央値を求め(表 1), データ数が少ないが, 直直接確率により有意差検定を行ったところ, 表 2 の項目で有意差がでた。

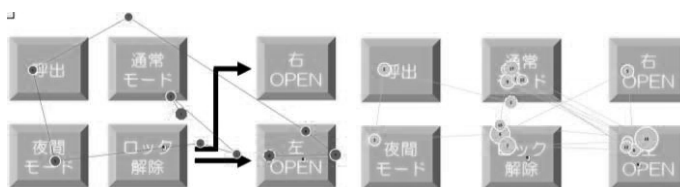


図 3. 矢印の画面

図 4. GUIなしの画面

表 1 実験 I 結果

	注視点数	停留時間の合計	軌跡の長さ
矢印	11	4. 15	676. 3
数字	11	4. 962	598. 2
色分け	14	6. 393	1051. 8
なし	14	4. 677	1150. 9

表 2 実験 I 有意差

項目	GUI		有意差 p
視線の軌跡の長さ	矢印	色分け	0. 018
		数字	0. 018
	数字	色分け	0. 003
		なし	0. 0009

視線誘導において矢印が効果的であることが分かった。視線の軌跡を追うと、矢印の画面ではまず左上に視線が向かっており、数字の画面では右側上下の OPEN ボタンに向かっていた。色分けした画面では赤色のボタン側と緑色のボタン側への動きが交互に起きており迷っている印象を受けた。GUI なしの画面ではまず左上へ視線が動きその後画面全体をうろうろと動いていた。

2. 2 実験Ⅱ

2. 1. 1 目的

選択肢の多い画面での視線誘導への影響を調べることがを目的とする。

2. 2. 2 方法

仮定の食券券売機で画面操作によりセットメニューを注文するという課題である。操作の順序は、メインの料理ボタンを押した後、セットのボタンを押す。本実験では「オムライス」と「サラダ」のセットを注文するよう指示した。操作画面の GUI は図 2 である。

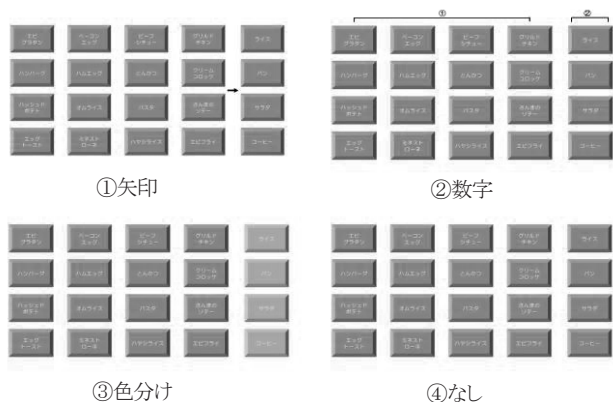


図 2. 操作画面

2. 2. 3 結果・考察

図 5, 6 は得られた眼球運動の軌跡の例である。こちらも同様に得られた値の中央値を求め(表 3), データ数が少ないが、直接確率により有意差検定を行ったところ表 4 の項目で有意差が出た。

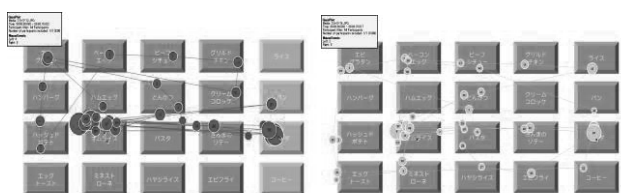


図 5 色分けの画面

図 6. GUI なしの画面

表 3 実験Ⅱ結果

	注視点数	停留時間の合計	軌跡の長さ
矢印	18	8. 117	1744. 6
数字	32	9. 766	2558. 8
色分け	24	8. 164	1996. 2
なし	24	8. 051	1445

表 4 実験Ⅱ有意差

項目	GUI		有意差 p
注視点数	矢印	数字	0. 03
視線の軌跡の長さ	矢印	数字	0. 044
	数字	なし	0. 003

矢印が有効であることが分かった。視線の軌跡を追うと、すべての画面に共通して視線はまず画面端を通っていた。矢印の画面では実験Ⅰ同様にまず左上に視線が向かい、画面端を通りそのうちに押すべき二つのボタンを見つけ二つの間を視線が交互に動いていた。数字の画面はまず左上に向かない例もあったが、画面端をまわる点は共通している。色分けした画面では、初めに緑の部分(右側)を全く見ず、オレンジ色のボタンの中を視線移動している例と、まず緑色のボタンを見てからオレンジ色のボタンに移る例があった。周辺視で見た色によって視線の動きに何らかの影響があったと思われる。GUI のない画面では、まず左上へ視線が動く特徴があった。

5. まとめ

矢印が効果的であることが分かった。色分けの効果は今回確認できなかったが、これは情報の移動を伝えることが十分にできなかったためではないかと考えられる。順序を伝えることができる矢印は、操作の移動を伝えることができ視線の誘導により影響を与えたと考えられる。今回の実験ではばらつきが大きく、デザインの優劣より個人差の方が大きく出た結果となった。今後の展望として、実験協力者を増やしばらつきをおさえたい。

参考文献

- 1) 山岡俊樹 編: デザイン人間工学の基本, pp. 53-80, 武蔵野美術出版局 (2015).
- 2) 松田隆夫: 視知覚, 培風館 (2000).

子どもにおける周辺視野の知覚特性

Perception Characteristics in Peripheral Vision of Children

○長野友莉栄*, 岡田明*

*大阪市立大学大学院生活科学研究科

NAGANO Yurie*, OKADA Akira*

* Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

1. はじめに

視野には、物がくっきりと見えている中心視野と、その周りでぼやけて見えている周辺視野が存在する。両視野には、それぞれ特性があることが知られており、中心視野は、物を高い解像度で見ることができる、色覚を司る錐体が多い、など、対象物を正確に認識するために役立っている。そして周辺視野は中心視野よりも、変化、運動の知覚、座標特定に優れており、対象物の察知には中心視野よりも周辺視野のほうが役に立っていることが明らかにされている¹⁾。

中心視野と周辺視野が存在するのは成人も子どもも同じであるが、サンデルスの研究では、成人よりも子どもの方が視野が狭いと報告されている²⁾。このことから、子どもは、周りから迫りくる危険を察知し、回避する能力が成人よりも低いと推察される。

また、一つの対象物を中心視で見える場合、「固視」と「注視」の2種類の方法で見ることができる。「固視」とは視線の先に焦点をあてること、「注視」とは注意をはらい、安定して集中した視線を固定することとされており、両者は異なる眼球運動を示す。特に、注視中に起こるトロスクラー効果で、周辺視にある像の一部や全体が消失することによって、固視中よりも注視中のほうが知覚能力が低下するという報告がある。そして、人の周辺視における視覚特性に関する研究は数多く行われているにも関わらず、中心視では固視点を置き、視線を固定するのみの固視が行われているものが多い。その点に着目し、志村らは注視中における周辺視野内での視覚的振動運動刺激に対する知覚特性について実験を行い、上半視野と下半視野の視覚的振動に対する知覚特性の違いを報告している³⁾。しかし、この研究では成人のみを対象としており、子どもについ

ては明らかにされていない。成人よりも目の前の物事に集中し、周囲への注意が希薄になってしまいがちだと考えられている子どもにとって、単に視線が止まっているだけの固視中における周辺視野の特性を明らかにするよりも、注視中における周辺視野の特性を明らかにすることは有意な方法ではないかと考えられる。

さらに、今回の研究の予備調査として大学生に行った、「子どものころに経験した事故・危険について」のアンケートの結果によると、「ブランコに乗っている時に、兄弟が気づかずにブランコに近づいてぶつかった。」「廊下を走っていたら、柱に顔がぶつかった。」等、周辺視野が狭いこと、目の前の物事に集中し、周囲への注意が希薄になってしまっていたことが事故・危険の一つの原因として考えられる回答が得られた。

以上のことから、子どもの周辺視野が狭いことにより、対象物を察知する能力が低いこと、また一般的に目の前の物事に集中し、周囲への注意が希薄になってしまいがちだと考えられていることに着目し、注視中の子どもの周辺視野がどのような特性を示し、周囲の危険を察知できるのか、また、年代、経験の差によって見え方に差異があるのかを実験によって検証することが目的である。

2. 実験

子どもが注視中に周辺の動きをどの程度認識することができるのかをモニターに映し出された動画を視聴し、質問に答える形式で、高速逐次視覚提示課題⁴⁾を例に実験した。また、成人との比較をするた

め、成人にも実施した。

なお、実験は大阪府下の幼稚園に協力を得た。また、実験内容について幼稚園ならびに参加者に説明をし、同意を得た上で実験を行った。

2.1 実験参加者

- ・正常な視力を有する 3 歳～6 歳の子ども計 26 名
3 歳児 8 名（男 5 名、女 2 名）平均月齢 45.2 ヶ月
4 歳児 6 名（男 5 名、女 1 名）平均月齢 51.5 ヶ月
5 歳児 4 名（男 3 名、女 1 名）平均月齢 68.2 ヶ月
6 歳児 8 名（男 4 名、女 4 名）平均月齢 75.5 ヶ月
- ・成人 2 名（女；23 歳、23 歳）

（眼鏡フレームが視界に入り、周辺視野の見え方に支障が出ることを考慮し、眼鏡をかけていないことを条件とした。）

2.2 実験方法

2.2.1 実験環境および装置

幼稚園の一室（他の子どもの声は聞こえるが入ってはこられない）に以下の装置を設置した。

ディスプレイ：23 インチカラー液晶モニター
（FlexScan T2381W）

あご台：あご台にあごを置いたときに参加者の眼高と画面の中央（注視点）がほぼ同じになるように箱にタオルを敷いたものを設置した。

2.2.2 二重課題

中心視課題と周辺視野課題を同時に行う二重課題法を用いた。

中心視課題：高速で入れ替わる妨害図形の中から目標図形である動物のイラストを 2 匹発見し、答える（図 1）。

周辺視野課題：注視点から同心円上に 8 つある点の中から、振動する点を 1 つ発見し、動画視聴後に答える（図 2）。

この実験では注視点から周囲の点までの視角を 35 度に設定した（図 3）。



図 1 中心視課題提示図形



図 2 提示画面

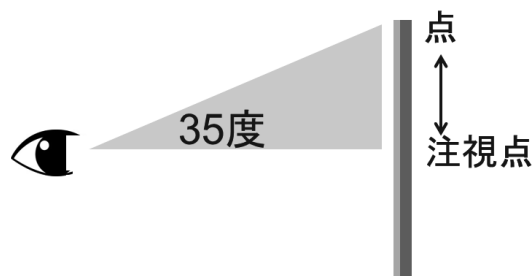


図 3 視角

二重課題は 1 コンテンツ 8 秒の動画によって提示した。

中心視課題について、動画開始 0 秒から 1 秒間は注視点を提示し、開始 1 秒後から 6 秒間は妨害図形をランダムに 0.2 秒間隔で提示した。また、開始 2 秒後から 5 秒間に目標図形を 2 種類それぞれ 1 度ずつ妨害図形の間に提示した。開始 7 秒後から 1 秒間はもう一度注視点を提示し、終了した。

中心視課題と同時に行った周辺視課題について、動画開始から 5 秒間は 8 つ全ての点を静止させた。

これは、周辺視の視細胞を刺激に順応させ、注視中のトロスクラー効果を起こさせる目的である。開始 5 秒後から 2 秒間に 8 つの内ある 1 点を 1 ピクセル、2 ピクセル、3 ピクセルのいずれかの振幅で振動させた。開始 7 秒後から 1 秒間はもう一度 8 つ全ての点を静止させ、終了した (図 4)。

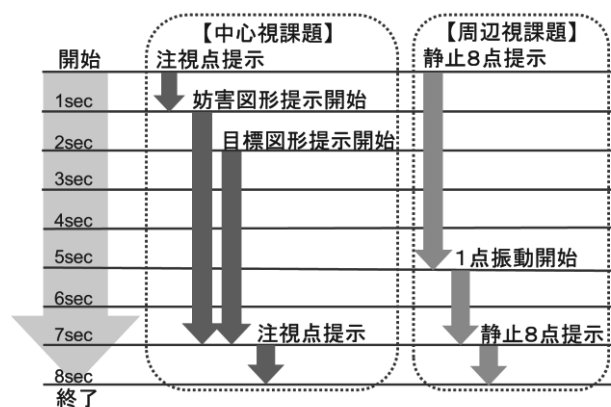


図 4 動画の構成

2.2.3 実験の手順

白黒の動物のイラスト (目標図形) を見て名前が答えられるかを、イラストを見せながら確認した。このとき、実験者が「クマ」を想定したイラストを見せて子どもが「コアラ」と答えた場合や、「トリ」を「スズメ」と答えた場合など、似た動物を答えた場合も正解とした。

次に、提示動画の見本を提示し、実験内容と質問事項を説明した。このとき、子どもが質問の内容をおおよそ理解するまで見本提示動画を繰り返し提示した。

あご置きにあごを乗せ、その後提示動画を開始した。動画提示前に中心をずっと見ているように口頭で指示し、提示中も視線が逸れている様子があれば、その都度中心を見るよう指示した。1つの動画が終了したら、出てきた動物と振動した点がどれかを質問し、解答させた。動画を見ながら出てきた動物をその都度答える子どもと、動画を見終わってから 2 匹まとめて答える子どもがいたが、共に正解とした。

2.2.4 動画提示開始後の手順

まずは中心視課題の理解を確認するため、周辺の点が常に静止した中心視課題のみの動画を 3 回視聴し、

動物を解答してもらった。

中心視課題が理解できていると判断できた場合、中心視課題と周辺視課題の二重課題を 6 問課した。また、子どもの集中力ややる気に余力がある場合には二重課題をさらに 6 問課した。



図 5 実験の様子

3. 結果と考察

直接観察より、子どもの課題の取り組み方について大きく 4 タイプに分類することができた。

1 つ目は、振動する点を発見しようと視線をキョロキョロとそらしていたタイプである。この場合の中心視課題または周辺視課題の正答率は悪く、このタイプは、年齢が低いほど多くみられた。

2 つ目は、視線をキョロキョロすることなく、中心を注視したまま中心視課題は正解することができるが、周辺視課題は見えていないタイプである。これは目の前のことに集中していると、周囲への注意が希薄になってしまっているのではないかと考えられる。

3 つ目は、途中まで中心を注視したまま振動する点を発見することはできたが、発見すると間もなくそちらに視線が移ってしまうタイプである。この場合の中心視課題は、1 度目の目標図形は正解できるが、視線が逸れてから出現した 2 度目の目標図形を見逃すという結果が多くみられた。このタイプは 4~5 歳児で多くみられた。

4 つ目は、注視したまま、周辺視課題を回答することができたタイプである。これは 6 歳児の一部に確認することができた。

また、分析をするにあたり、3 つ目のタイプでの解答は、無作為に振動する点を探していた1 つ目のタイプとは異なり、振動する点を発見するまでは中央を注視できていたため、このタイプで正しい振動点位置を解答していた場合も周辺視野で知覚できたとみなし、正解として扱った。

平均正答率を一元配置の分散分析と多重比較を行った結果、6 歳と 3 歳 ($p<0.01$)、6 歳と 4 歳 ($p<0.05$) の間で有意差がみられた (図 6)。

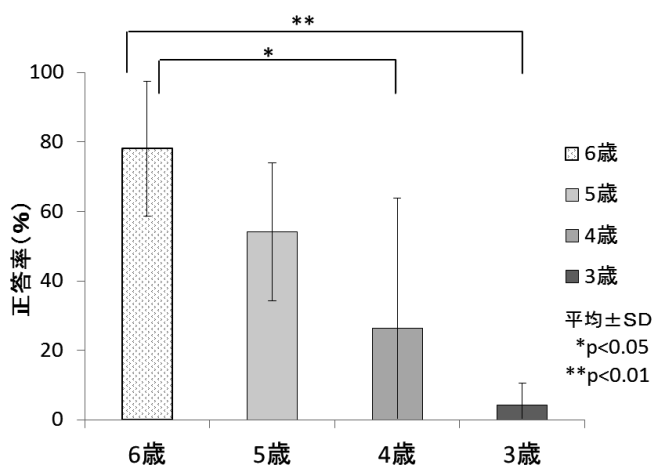


図 6 年齢別平均正答率

3 歳から 6 歳まででは年齢が高いほど平均正答率が高い結果となった。また、成人の正答率は 100%であった。この結果より、子どもの場合、年齢が高いほど注視中における周辺視野の知覚能力は高まると考えられる。しかし、3 歳児と 6 歳児では実験内容の理解度にも大きな差があることが懸念される。特に二重課題法による実験は、3 歳児には少し理解が困難であった可能性も考えられる。

今回、周辺視課題だけでなく、中心視課題を設けることによって、あることに集中している際にどれだけ周りが見えているのかというデータを得ることができた。また、振動する点を目で追ってしまったという結果から、興味のあることに気がとられてしまう、つまり、一つの事しかできないという子どもの特性も確認することができたのではないかと考える。同時に、実験内容の理解度の違いが結果に影響している可能性も考えられた。

子どもの理解度の差異が少なくなるように、よりわかりやすい実験方法を検討する必要があると思われる。

参考文献

- 1) 福田忠彦,古口喜一郎,” 運動知覚における中心視と周辺視の機能差”,テレビジョン学会技術報告,33(6),1979
- 2) スティナ・サンデルス,” 交通のなかのこども”,1977
- 3) 志村恵,鈴木浩之,下村義弘,勝浦哲夫:“注視中における周辺視野内での視覚的振動運動刺激に対する知覚特性”,日本生理人類学会誌,20(2),95-102,2015
- 4) Susana T. L. Chung, “The Effect of Letter Spacing on Reading Speed in Central and Peripheral Vision”, Investigative Ophthalmology & Visual Science, 43(4), 1270–1276, 2002

視線計測を用いた人と案内ロボットのインタラクション

Interaction of human and a guide robot using the viewpoint measurement

○加賀谷 亘**, 朝飛 拳悟*, 大須賀 美恵子**

**大阪工業大学工学部 ロボット工学科 *大阪工業大学大学院 工学研究科

Wataru Kagaya**, Kengo Asahi*, Mieko Ohsuga**

Department of Robotics, Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

*Graduate School of Engineering, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

近年、駅構内や商業施設などで、来訪者の案内を目的としたデジタルサイネージが多く用いられているが、デジタルサイネージのみでは、ユーザを十分に引き付けることができず、無視されることもある。本研究では、デジタルサイネージのそばに人型案内ロボットを立たせ、通行人の目をひくことでデジタルサイネージの利用を促すことを考えた。ロボットには、より人間が案内するときに近いふるまいをさせることを目的とし、共同注視や視線計測による興味対象の推定、身振り手振りによる案内させることにした。

2. システムコンセプト

ロボットによる案内のコンセプトを図1に示す。まず、デジタルサイネージの前に来たユーザを検出し、ユーザの顔の向きからデジタルサイネージを見ていることがわかれば、ロボットにもそちらを向かせる。これは共同注視と言われるもので、ロボットをインタラクション可能なものとしてユーザに示し、案内に対して興味を引き付けることができる²⁾と考えた。ユーザがデジタルサイネージを見ているときは案内コンテンツに興味をもっていると想定して、ロボットからユーザに「案内しましょうか」と能動的に働きかける。ユーザの視線を計測して、複数あるコンテンツのうち最もよく見ているものに興味があると判定して、ロボットが案内を開始する。このとき、身振り手振りを交え、案内対象の場所などを直接的に案内する。また、擬人的な存在が音声の発話者としてとらえられることで、案内自体に対する信頼度や、魅力が高まることを期待できる²⁾。

3. 実装方法

共同注視、視線計測、案内内容判断、D+ropop のコントロールをそれぞれ適当なタイミングでリアルタイムに制御する必要がある。これらを一括管理するための制御プログラムは C# を用いて開発した。

ロボットには、ユーザにインタラクション可能なも

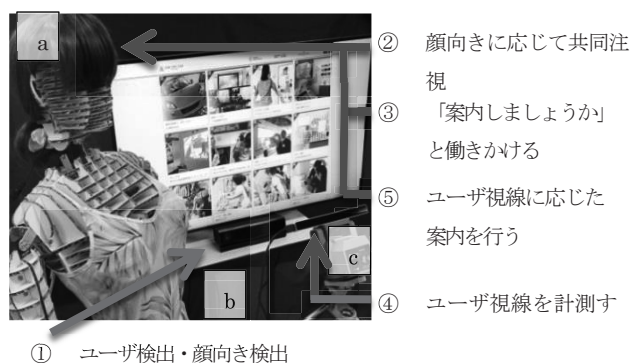


図1 案内手順・共同注視システム・視線計測システム

a) D+ropop, b) Kinect v2, c) Eye Tribe Tracker

のとして認識されやすいように、人型案内ロボット (D+ropop, イーガー) (図 1a) を用いた。ロボットのモーションは、首、肩、肘の関節についてのサーボモータの回転角度を制御プログラムからシリアル通信で arduino MEGA 2560 に送ることで実現した。

ユーザの検出には、Kinect v2 (図 1b) を用いた。検出範囲に入ってきたユーザの顔の向きを求め、テキストデータでファイルに書き込む。これを制御用 PC のプログラムで読み取り、ユーザの顔の向きに応じて、ロボットの頭を回転させて同じ方向を見るようにして共同注視を実現した。

ユーザの興味対象を推定する手段として、視線計測装置 (Eye Tribe Tracker, The eye tribe) (図 1c) による視線位置データを用いた。視線計測は、人が見ているものを細かい時間分解能で特定可能であるため、高次認知処理の観察に適している²⁾。視線計測装置をデジタルサイネージの前に設置してユーザの視線を計測し取得した視線位置データをテキストデータでファイルに書き込む。Matlab で作成したプログラムでこれを解析し、デジタルサイネージの表示範囲に対応した設定範囲ごとに視線位置データの数を求め、より多くの視線位置データが存在した対象を選択するようにした。

また、共同注視と案内の際に再生される音声 (CV :

さとうささら) (CeVIO) については, 専用のソフトウェアを用いて編集した音声データを, 制御プログラムで適当なタイミングで再生するようにした。

4. プロトタイプの開発と評価

視線計測と興味対象の推定とロボットによる案内を実装した段階で, 大阪工業大学のオープンキャンパスの来訪者を対象に, 予備実験を2回行った。予備実験では, Kinect による共同注視は行わず, 視線計測を安定して行えるか, 視線から興味対象の推定が可能か, ユーザがロボットによる案内にどんな印象をもつかということに着目して行った。

4.1 方法

ブースの前を通りかかったユーザに対してオペレータ操作によって, ロボットからユーザに声をかけ, 案内体験を勧める。了承を得たら, 所定の位置に誘導し案内を行った。案内後に, 案内は適切なものだったか, ロボットの印象はどうだったかについて, 聴き取りによるアンケート調査を行った。なお, 本研究の実験計画は, 大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき大阪工業大学学長の承認を得た(承認番号: 2016-17)。

4.2 結果

視線計測は身長に応じて立ち位置を決めることで, 良好に行えた。「ロボットによる案内に親しみをもったか」という項目において, 参加者27名中21名が「はい」と答えた。また, 2回目の実験においては, 計測結果に合わせた案内がユーザの興味と一致しているかを調査するため, 「案内を行う前に興味を持ったものは何か」という項目をアンケートに追加した。その結果, ユーザが興味をもったものと, ロボットが実際に案内を行ったものが一致したのは, 11名中8名であった。

4.3 考察

実験結果から, ロボットによる案内はユーザにとって概ね好印象であり, 受け入れられるものといえる。また, ユーザ視線から興味対象を推定できる可能性を示す結果となった。案内に対する印象の自由記述の欄では, ロボットのモーションに関することが多く, ことなく不自然な動きが印象を悪くしてしまったと考えられた。

5. プロトタイプの改良

予備実験後に視線データからの興味対象推定方法の改良と, ロボットのモーションをより自然なものにするための改良を加え, 未実装であった Kinect による共同注視機能を実装した。

興味対象の推定には, 視線の停留時間で判断するものとした。視線停留の定義には角速度を用いることが

多い²⁾ことから, 得られた視線データの差分のノルムを計算し, 閾値を超えないものを停留とした。図2の円で示した点が停留と判断されたデータである。図3は停留と判断された連続するデータの平均を中心とし, 連続した停留データの数(停留時間)を円の大きさに表したものである。停留判定の閾値は, ユーザの目からデジタルサイネージまでの距離に依存するので, Kinect を用いて距離を計算して決定するようにする予定である。

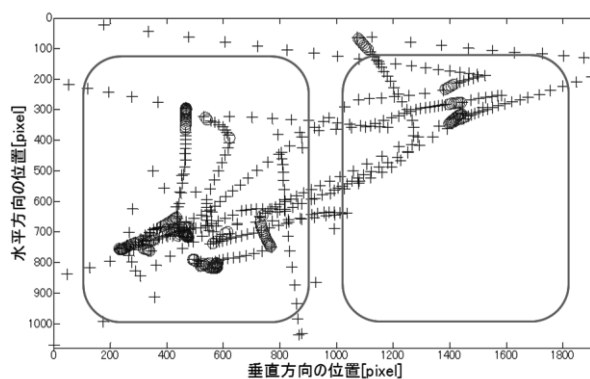


図2 視線位置データ (円が停留)

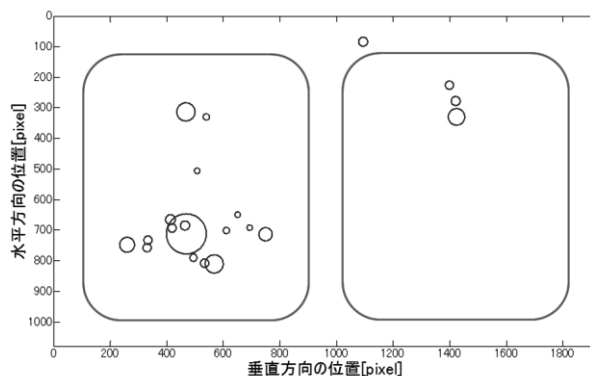


図3 停留点 (円の中心) と停留時間 (円の大きさ)

6. おわりに

今後, 一般の人が訪れる展示ブースで, 本実験を行う。ロボットによってデジタルサイネージの利用を促進できるか, 共同注視によってユーザを引き付けることができるか, ユーザの期待通り(興味に応じた)の案内ができるかについて, 検証する予定である。

参考文献

- 1) 米澤朋子 et al: ユーザ視線に応じた看板案内ぬいぐるみインタラクション (コミュニケーション一般, HCG シンポジウム), 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol.107, No.552, pp.53-58 (2008).
- 2) 大野健彦: 視線から何がわかるか 視線測定に基づく高次認知処理の解明, 認知科学, Vol.9, No.4, pp.565-579 (2002).

眼球運動と眼球位置に基づいたパソコン利用者補助のための心理状態推定

Psychological state estimation for PC user auxiliary based on eye movement and eye position

○大代将司*,松延拓生**,満田成紀**,福安直樹**,鯉坂恒夫**

*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

DAIDAI Masashi*,MATSUNOBE Takuo**,MITSUTA Naruki**,

FUKUYASU Naoki**,AJISAKA Tsuneo**

*Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University,

** Faculty of Systems Engineering, Wakayama University.

1. はじめに

従来主に研究分野に用いられてきた視線認識デバイスアイトラッカが近年低価格化により入手しやすいようになった。そしてスマートフォンなどの携帯端末にも搭載されるなど、今後アイトラッカが個人利用される機会がますます増加していくと予想される。アイトラッカで主に使用されている注視点位置以外にも、停留回数やサッケード頻度、瞬目、首の傾き、体動、瞳孔径を認識することができる。これらのデータは人間の心理状態によって変化することが示唆されている。例としては、課題の困難度が瞬目運動に及ぼす効果[1]、画像観測により得られた体動からの心理状態推定[2]、が挙げられる。現在アイトラッカから得た注視点位置のみを用いたインタフェースは様々存在するが、注視点位置以外のデータをリアルタイムに活用するツールは少ない。

そこでアイトラッカを用いて取得した注視点位置と注視点位置以外のデータを組み合わせる事でリアルタイムに推定心理状態を推定し利用者の補助を検討する。パソコン利用者の心理状態を把握し補助することで、利用者に余計であると感じさせずに必要な場合のみ手助けする事が可能であると考えられる。さらに機械が人間の心理状態を認識して補助する事は今後のロボット化社会に向けての手助けになると考えられる。

本研究では様々な心理状態の中から集中度に視点を当てる。そして補助ツール実現の前段階として、パソコン利用中の眼球運動と眼球位置から集中度をどの

ように扱い推定するかというデータの分析を行う。

2. 既存研究について

眼球運動から心理状態を推定するという既存研究は様々あり、その中でも心理状態として集中度を扱っているものもある。例を挙げると、瞳孔変化と心理状態対応[3]がある。これらは聴覚刺激を用いた場合の眼球運動の変化と集中度の変化を比較するものである。既存研究では、パソコン画面を用いて眼球運動や眼球位置を扱った単純な実験が行われていない。またアイトラッカを用いて計測が可能なサッケードや停留時間、瞳孔径などの眼球運動と首の傾きや画面距離などといった眼球位置というようなデータを組み合わせて心理状態の推定を行うというものは存在していない。本研究ではモニターを用いた実験を行い、アイトラッカから得られる様々な項目を用いて分析を行う。

3. アイトラッカを用いた集中度推定

眼球運動と眼球位置のデータから集中度の推定を行うために、集中度が明らかに下がると予想される動画を用いたタスクを被験者に行わせた。動画の長さは 30 分であり、用いたディスプレイの表示幅は 381mm である。動画は黒い背景に直径 2.5mm 緑の円(図 2)が 1 分間に 3 回の頻度で表示されるものである。なお、緑の円は 3 秒間表示されると消えるように設定している。表示する円は明度を低くし、発見

するためには注視点を常に移動させる必要があるように設定した。この動画を実験協力者に閲覧させ、円を発見したらマウスをクリックするというタスクを行わせた。この時実験経過時間は10分区切りで被験者に伝えるようにした。

タスクの終了後にはインタビューを実施を行い、被験者がどれだけの間、主観的に集中できていたかを調査した。本実験は被験者として20代の学生3人を用いた。被験者は全員が日頃からパソコンを利用している。

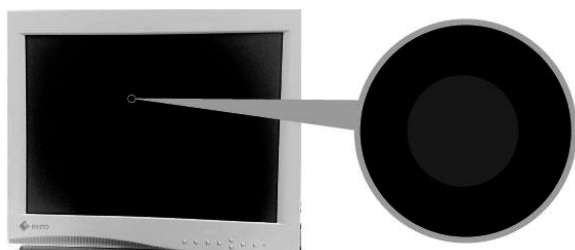


図1：ディスプレイに対する実際の円の大きさ

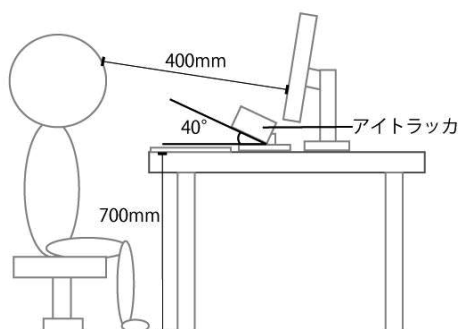


図2：実験環境

4. 結果と考察

実験結果は以下のようになった。当抄録では開始後20分と実験終了前10分間の平均値を被験者毎に表としている。

表1：被験者1の取得データ平均の変化

取得データ	被験者1(開始後20分)	被験者1(終了前10分)
右眼瞳孔径(mm)	3.147	3.143
左眼瞳孔径(mm)	3.092	3.091
停留時間(mm)	3160	2776
サッケード時間(mm)	376	392
首の傾き(degree)	6.2	4.2
画面距離(mm)	591	558

表2：被験者2の取得データ平均の変化

取得データ	被験者2(開始後20分)	被験者2(終了前10分)
右眼瞳孔径(mm)	3.155	3.025
左眼瞳孔径(mm)	3.019	2.913
停留時間(mm)	3168	3008
サッケード時間(mm)	424	416
首の傾き(degree)	1.8	2.6
画面距離(mm)	613	601

表3：被験者3の取得データ平均の変化

取得データ	被験者3(開始後20分)	被験者3(終了前10分)
右眼瞳孔径(mm)	3.129	3.102
左眼瞳孔径(mm)	2.987	2.948
停留時間(mm)	2224	1512
サッケード時間(mm)	400	408
首の傾き(degree)	5.5	22
画面距離(mm)	630	616

インタビューの結果被験者全員が「実験開始後20分あたりで集中力が切れた」と回答した。

各データ項目の様々な組み合わせからは高い相関があるものはみられなかった。被験者の主観的集中度が低下したと感じた前と後でデータの変化がみられた停留時間、停留頻度、体動、首の傾き、瞳孔径などといった項目を組み合わせで集中度推定を行うと良いと考えられる。

5. おわりに

アイトラッカを用いたパソコン利用者のための補助ツール製作の前段階として、集中力と関係する眼球運動と眼球位置データの分析を行った。

心理状態推定を用いた補助ツールの実現に向けて、今後より詳細な分析を継続予定である。

参考文献

- [1] 田中裕:課題の困難度が瞬目活動に及ぼす効果, Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology Vol.13, No. 1, pp. 21-28(1995).
- [2] 青木恭太:画像観測により得られた体動からの心理状態の推定, 電子情報通信学会, 信学技報, PRMU2009 - 235, HIP2009 - 120, pp. 13-18(2010).
- [3] 村田直史:瞳孔変化と心理状態の対応・負荷の性質および加齢による影響の検討, 電子情報学会, 進学技法, IEICE Technical Report HIO2007-155(2007).

タブレットの視線に対する画面角度が打鍵位置に与える影響

Effects of Tablet Computer Screen Angle to User's Eyes on Distribution of Touch Points

○駒井美咲*, 荒木 望*, 三浦久典**, 才木常正*.*

*兵庫県立大学 工学研究科 **兵庫県立工業技術センター

KOMAI Misaki*, ARAKI Nozomu*, MIURA Hisanori**, SAIKI Tsunemasa*.*

*Graduate School of Engineering, University of Hyogo, **Hyogo Prefectural Institute of Technology

1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレット等の小型情報端末が急速に普及している。これら小型情報端末においては、利便性を考え軽量化のためハードウェアキーボードを実装しておらず、画面上に表示したキーボード（以後、タッチキーボードという）を触ることで文字入力等の操作を行う。タッチキーボードは凹凸形状等の触覚情報がなく、ユーザはほぼ視覚情報のみで打鍵するため、ハードウェアキーボードによる文字入力と比べて打鍵速度や精度等のパフォーマンスが劣る¹⁾。このため、文字入力パフォーマンス向上を目的としたタッチキーボードの打鍵特性に関する研究が行われている²⁾。

本研究では、タブレット端末に表示された数字入力用テンキーボードを対象として、キーサイズやキー枠の有無といったキーデザインが打鍵位置特性に及ぼす影響について検討した³⁾。その結果、キーサイズが小さいほど打鍵位置がキー中心に近づくことがわかった。また、得られた打鍵位置情報を解析したところ、キーデザインに関わらず打鍵位置がキー中心より下部に集中することを確認した。これと同様の打鍵特性は複数の研究において指摘されており^{2), 4)}、これを補正するためのサポートツールが提案されている。しかしながら、先行研究ではこの特性の要因については言及されていない。

本稿では、打鍵位置がキー中心より下部に集中する原因が使用者の視線に対する画面角度にあると考え、画面角度と打鍵位置の関係について調べた。その結果、画面角度が上下方向の打鍵位置に影響を与えることが明らかとなった。さらに、この結果を踏まえて視覚的に打鍵位置をキー中心に補正できるようなキーデザインについて検討を行ったので報告する。

2. タブレットの画面角度の影響

2.1 打鍵実験

実験では、タブレットを用いて被験者 5 名（21～24 歳の理工系大学生・大学院生）に打鍵作業をしてもら

った。はじめに被験者に椅子に座ってもらい、図 1 のようにアームスタンド（サンワダイレクト製）で机に固定させたタブレット（Microsoft 製 Surface3 10.5inch 画面）を設置した。このとき、タブレットの設置位置は、被験者の眼から水平方向に 400mm、垂直方向に 150mm の位置とした。この位置を基準とし、タブレット画面角度を水平面に対して 0, 30, 60, 90, 120 度と変化させた。

テンキーボードはタブレット画面の中心に表示し、そのキーサイズは 18×18mm とした。各キー周辺のフレームは黒色の実線であり、その線幅は 0.1mm 程度である。キーの中心には左上から右下にかけて“1”から“9”を最下行中央には“0”の数字を配置している。これら数字の文字フォントとしては黒色の“Segoe UI”を使用しており、それら文字サイズは縦方向を基準にキーサイズの 1/3 にした。

実験では、タブレットから女性の声（Google 翻訳 女性音声を用）で数字を発声させ、その数字に対応する画面上のキーを被験者に打鍵してもらった。このとき、タブレットでは打鍵位置（指と接触したタブレット画面上での位置）が記録される。数字は“0”から“9”までの 10 種類が各 5 回（計 50 回）発声され、これら数字の発声順序はランダムで重複しないようにしている。

これらの実験で得られた打鍵位置データから、各試行で音声により指示したキーの中心から打鍵位置までの距離 (x, y) を取得した。ここではこの距離 (x, y) の平均をとり、タブレットの画面角度に対する打鍵位置のキー中心からのずれを評価した。

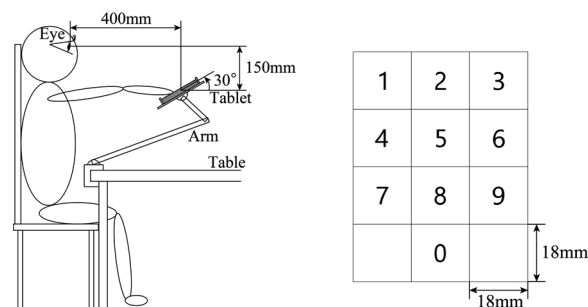


図 1 被験者とタブレットの位置関係（左、画面角度 30 度の時）とテンキーボードのデザイン（右）

2.2 実験結果

タブレットの画面角度と X, Y 方向それぞれのキー中心から打鍵位置までの距離との関係を図 2 に示す。この図は X, Y 方向それぞれについて、被験者 5 名のキー中心から打鍵位置までの距離を平均した値をプロットしており、エラーバーは標準誤差を表す。縦軸の値がゼロの時、キー中心を打鍵していることを意味し、値が大きい時キーの右部または上部を打鍵していることを意味する。図を見ると、X 方向の打鍵位置は画面角度にあまり影響を受けていないことがわかる。それに対し、Y 方向の打鍵位置はタブレットの画面角度が大きくなるに従い、上部に移動していることがわかる。多重比較を行ったところ、画面角度が 0, 30, 60 度の間に有意差はみられなかったが、90, 120 度の時は他の条件との間に有意差がみられた ($p < 0.01$, Tukey-Kramer test)。

この結果から、画面角度が 90 度の時に使用者はキー中心近くを打鍵し、90 度より小さい角度では打鍵位置がキー中心より下部に集中することがわかった。この結果は、タブレットの画面角度がキー中心の下部に打鍵位置が集中する要因の一つであることを示している。

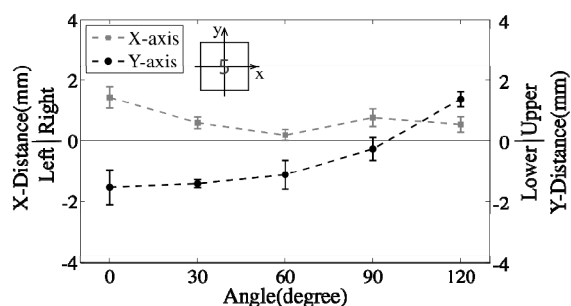


図 2 画面角度とキー中心からの打鍵位置との関係

3. キーデザインによる打鍵位置補正の検討

前章から、画面角度が打鍵位置に影響を与えることがわかった。この結果から、キーが視線に対して 90 度以上に見えるようにキーを変形させることでも、打鍵位置が上部に移動すると考えられる。水平軸に対して回転したように射影変換したキーデザインが打鍵位置に与える影響について調査した。

実験は、前章で述べた実験と同様の方法で行った。打鍵位置データは被験者 5 名 (21~24 歳の理工系大学生・大学院生) に打鍵作業をしてもらい、取得した。このとき、タブレットは水平状態で机上固定した。画面に表示したキーデザインのイメージを図 3 に示す。図 3(a)はキーサイズ 18×18mm の通常のデザインであり、(b)は各キーの中心を通る水平軸を回転軸とし、紙面手前方向に 20 度回転させたものを回転前の平面上に透視射影した形状である。これらに加え、紙面手前方向に 40 度、奥方向に 20 度回転させ得られたデザインの計 4 種類を用いて、打鍵位置との関係を調べた。

1	2	3
4	5	6
7	8	9
	0	

(a) Normal design

1	2	3
4	5	6
7	8	9
	0	

(b) Proposed design
(20 degree)

図 3 実験に用いたキーデザインのイメージ

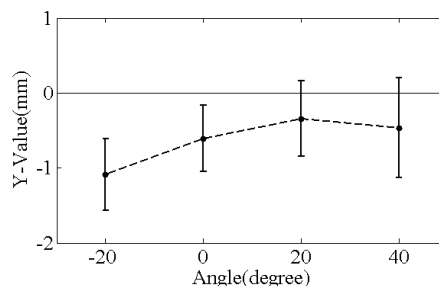


図 4 キーデザインの回転角度と Y 方向のキー中心から打鍵位置までの距離

キーデザインの回転角度と Y 方向のキー中心から打鍵位置までの距離との関係を図 4 に示す。この図は被験者 5 名のデータの平均値をプロットしており、エラーバーは標準誤差を表す。図から、40 度回転させたキーデザインを除き、キーデザインの回転角度が大きくなるにつれて、打鍵位置が上部に移動している傾向が見られる。

4. まとめ

小型情報端末の打鍵作業において、打鍵位置がキー中心下部に集中する特性がある。この原因について調べるため、視線に対する画面角度が打鍵位置に及ぼす影響について調べた。その結果、画面角度が視線に対して垂直である時に使用者はキー中心近くを打鍵することがわかった。今後は打鍵位置のキーデザインによる補正について検討する予定である。

参考文献

- 1) A. Sears, et al.: Investigating touchscreen typing, BIT, Vol.12, No.1, pp.17-22 (1993).
- 2) 柳井ら: ソフトウェアキーボードの文字入力パフォーマンス向上のための 2 次元打鍵分布調査, 東海大学紀要情報通信学部, Vol6, No.2, pp.31-36 (2013).
- 3) 駒井ら: タッチキーボードのデザインと操作の正確性に関する研究, 人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.13-14 (2015).
- 4) Niels Henze, et al.: Observational and Experimental Investigation of Typing Behaviour using Virtual Keyboards on Mobile Devices, CHI, pp.2659-2668 (2012).

定常視覚誘発電位を用いたメニュー選択インタフェース

Menu selection interface using the steady-state visual evoked potential

○浦川慧悟*, 大須賀美恵子**

*大阪工業大学大学院 工学研究科** 大阪工業大学 工学部

Urakawa Keigo*, Ohsuga Mieko**

*Graduate School of Engineering, Osaka Institute of Technology,

**Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

近年、定常視覚誘発電位(Steady State Visual Evoked Potential: SSVEP)に基づく Brain Computer Interface (BCI)の研究が多数行われている¹⁾。SSVEP とは、点滅光源などの周期的な視覚刺激によって脳の視覚野に誘発される電位である。BCI に SSVEP を用いる際には利用者へのリスク低減のため、刺激周波数に 25 Hz 以上の周波数を用いることが望ましい¹⁾。筆者はこれまでに SSVEP を用いたメニュー選択インタフェースの開発を目的とした基礎検討を行ってきた。初めにそれぞれ 25-30 Hz のいずれかで輝度変調させた 6 つのピクトグラム(選択肢)を、タブレットを想定した配置で液晶ディスプレイに提示して脳波を計測し、SSVEP の振幅を用いて注視対象を判定できることを確認した²⁾。その後、選択肢の表示デバイスに iPad を利用することにしたが、リフレッシュレートの問題から刺激をそれぞれ 25-30 Hz のいずれかで点滅する LED に変更し、利用者が選んだ選択肢を判定できるか検討した³⁾。また、この装着時の時間短縮のため、後頭部一部位のみを計測する簡便な脳波計測装置を導入し、この方法でも判定可能性があることを示した。本発表では、判定時間を短縮できるアルゴリズムに変更し、実験参加者数を増やして検証した結果を報告する。

2. LED を用いたメニュー選択インタフェースの実現可能性の検討

2. 1 方法

(1) 実験参加者

書面によるインフォームド・コンセントを得た健康な成人男性 6 名を実験参加者とした(うち 4 名は前報³⁾で報告した実験のデータを用いた)。なお、本研究の

実験計画は、大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査に基づき大阪工業大学学長の承認を得た(承認番号: 2015-2-4)。

(2) 刺激及び計測方法

刺激はピクトグラムの中心から 30 mm の位置に 5 φ 砲弾型白色 LED (Optosupply 社)を配置し(図 1), mbed NUCLEO-F401RE (STMicroelectronics 社)を用いてそれぞれ 25-30 Hz の異なる 6 周波数で点滅させた輝度変化はほぼ矩形波状になっている。目への負担を低減するため、LED の光の指向性を低減するために LED に白色のピンポン玉をかぶせた。

脳波センサ ZA (株式会社プロアシスト)を用いて、脳波と眼電を計測した。電極部には、生体電気生理計測用 GEL 電極(頭皮脳波用電極、インタークロス株式会社)を用い、自作のヘアバンドを使用して固定している(図 2)。電極装着位置は、SSVEP が大きく出現する後頭部 1 か所と額、眼電用の顔面 2 か所である。データはサンプリング周波数 128 Hz で取得され、ZigBee を介して PC に送信される。

実験参加者に予め注視対象を指示しておき注視の前に探索を模擬するために複数のアイコンを見た後に、指定された対象に一番近い LED を 4 秒間注視させた。ここまでの 1 試行とし、休憩を挟みつつ、各 LED を 1 回ずつ注視させるため 6 試行実施した。

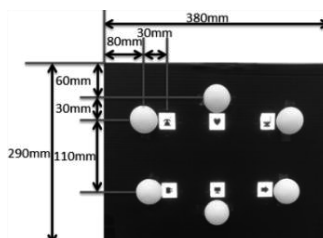


図 1 提示刺激

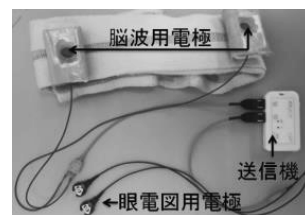


図 2 計測機器

(3)解析方法

前報³⁾では、注視開始から 1～3 秒間の脳波データを用いて判定していたが、ここでは判定時間の短縮をめざし、2 段階の判定を行うことにした。

注視開始より 0～2 秒(以降①)と 1～3 秒(以降②)時の脳波データを切り出す。これらに 59-61 Hz のバンドストップフィルタ、解析対象周波数 (25-30 Hz)-1 Hz のカットオフ周波数のハイパスフィルタ、解析対象周波数+1 Hz のローパスフィルタをかける。①のデータを 1 周期ずつに分けて加算平均し、加算平均波形の最大値と最小値の差を SSVEP の振幅として求め、6 つの解析対象周波数に対して得た SSVEP の振幅を Z-スコア化した。最大の Z-スコアが 1.0 以上で、かつ 2 番目に大きい Z-スコア値との差が 0.4 以上という条件を満たしたときに、Z-スコアが最大を示した周波数を注視対象と判定した。この条件を満たす解析周波数がなかったとき、②のデータに同様の解析を施し、同様の条件で判定を行った。ここで判定できない場合は判定不能とした。

2. 2 結果

2. 1(3)の解析方法と判定アルゴリズムを用いて、6 名の実験参加者の各 6 試行データから求めた正答率および情報伝達率 (Information Transfer Rate: ITR)、平均値を表 1 に示す。6 名の正答率の平均は 88.9 %, ITR の平均は 59.0 bit/min となった。なお、ITR の算出には以下の(1)(2)式を用いた⁴⁾。(1)(2)式の N は刺激の種類の数(N=6)で、P は正答率である。命令転送間隔 (Command Transfer Interval: CTI)は、判定結果を出すために必要な計測時間である。

表 1 実験参加者 6 名の正答率, ITR とそれらの平均値

	正答率[%]	ITR[bit/min]
A	100	77.5
B	100	77.5
C	100	77.5
D	66.7	25.0
E	66.7	25.0
F	100	71.5
平均	88.9	59.0

$$\frac{Bits}{command} = \log_2 N + P \log_2 P + (1 - P) \times \log_2 [(1 - P)/(N - 1)] \quad (1)$$

$$ITR = \frac{Bits}{command} \times \frac{60}{CTI} \quad (2)$$

3. おわりに

2 区間の脳波データを順次用いるアルゴリズムに変更したことにより、前報³⁾と比べ、CTI の大半を 3 秒から 2 秒に短縮することができ、前報の 4 名中 1 名の正答率の改善と ITR の向上を実現した。

本報の結果は、計測し記録しておいた脳波を用いて判定したものもある。また、判定結果を実験参加者にフィードバックしていない。今後、階層的なメニュー選択インタフェースにこのアルゴリズムを実装する予定である。具体的には、脳波計測の直後に判定し、判定結果を提示するとともに、結果に応じて次の階層のメニューを提示する。判定不能の場合は再度注視を求めて判定するようにする。

参考文献

- 1) Zhu D, Bieger J, Molina GG, Aarts RM : A Survey of Stimulation Methods Used in SSVEP-Based BCIs, Computational Intelligence and Neuroscience, Vol. 2010, No. 1, pp. 1-12 (2010).
- 2) 浦川, 大須賀: 正弦波輝度変調アイコンを用いたメニュー選択インタフェースの基礎検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015 論文集(DVD-ROM), pp. 529-532 (2015).
- 3) 浦川, 大須賀: 定常視覚誘発電位を用いた階層的メニュー選択インタフェースの基礎検討, SSI2016 発表予定 (2016).
- 4) 棒谷, 大須賀: 定常視覚誘発電位を用いた入力インタフェースの開発, 生体医工学シンポジウム 2014 講演予稿集, p.162 (2014).

B 会場(352 教室)

10:30～11:33 B1:医療・福祉

座長:大政光史(近畿大学)

- B1-1:プラスチック短下肢装具の ANSYS を用いた力学的評価
:トリミングとコルゲーションを加えたときの影響
- B1-2:ARによる仮想高齢者を用いた設置済み背上げベッドの評価システム
- B1-3:立脚相歩行における装具底背屈の分析
- B1-4:KINECT で動作する箸型食事支援ロボットシステム

14:40～15:43 B2:心理

座長:中川秀夫(近畿大学)

- B2-1:動作音に関する不快感の時系列評価
- B2-2:単調作業の疲労に対するアクティブレスト効果
- B2-3:連携作業間の作業リズムがパフォーマンスに与える影響について
- B2-4:生理指標に基づく緊張ストレス状態の推定モデルの構築

15:51～17:10 B3:オーガナイズドセッション:エルゴデザイン

座長:山岡俊樹(京都女子大学)

- B3-1:エルゴデザインのフレームワーク
- B3-2:スマートフォンを用いた足形状データ収集システム
- B3-3:高齢者市場に向けた家庭日用品の開発事例紹介
- B3-4:オムロングループにおけるユーザビリティ向上の取り組み
- B3-5:住環境における役割分担の明確化とコンセプト立案

プラスチック短下肢装具の ANSYS を用いた力学的評価

: トリミングとコルゲーションを加えたときの影響

Mechanical assessment using ANSYS of the Plastic Ankle Foot Orthosis

: The effect that increased trimming and corrugation

○山中 隆*, 北山一郎**, 北野将利*, 森岡大輔*, 池原用祐*, 矢野貴久**, 半田昌浩**

*近畿大学大学院生物理工学研究科 **近畿大学生物理工学部

YAMANAKA Takashi*, KITAYAMA Ichiro**, KITANO Masato*, MORIOKA Daisuke*

IKEHARA Yosuke*, YANO Takahisa**, HANDA Masahiro**

*Graduate school of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University,

** Undergraduate school of Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University.

1. 緒言

プラスチック短下肢装具（以下、PAFO とする）は脳卒中の後遺症である運動機能障害をサポートする福祉支援用具である。これは特に患者の日常生活での歩行動作の支援をおこなうために使用されているが、明確な処方基準が確立されていないという課題が指摘されている¹⁾。患者の症状にあわせて種々の装具形状が提案されているが、装具形状と機能の関係性や患者と装具の適合評価が曖昧との指摘もある。これらの課題を解決するために、はじめに装具装着中の歩行における力学的状態を調べる必要がある。その後、得られたデータによる有限要素解析を通して形状を種々に変化させた場合の装具の応力分布や変形量によりどの程度トリミングすれば前後方向（底背屈角度）に変位するか予測することで、装具設計に必要な定量的にどの程度トリミング（エッジ部分や踵部、腓腹部をくり抜き、切断する）を施せばよいか、また、トリミング量によって変位量がどのように増加するかなどといった設計指標を得ることが可能である。また、コルゲーション（部分的にしわ状の段差をつける加工）も上記と同様重要な設計手法と考えられる。コルゲーションの目的は固定性や強度を上げるためとされているが、その効果は未だ定量的に立証されていないのが現状である。これらについて今回、有限要素解析を通して装具の形状と機能の関係性について、また、コルゲーションの

有効性を定量的に評価できるか研究したので報告する。

2. 有限要素解析

光学測定器(CREAFORM社Go!SCAN3D)で3次元データであるポリゴンメッシュで構成されたPAFOの外形状を取得した（図1参照）。また、腓腹部の6軸力覚センサは3軸方向（X軸方向は体重下方向，Y軸方向は内側方向，Z軸方向は後方向）をそれぞれ示しているため，FEMモデルの軸も同様に座標軸を図2のように設定した。また，荷重は力覚データを用いて腓腹部の6軸力覚センサから上方63.0 mmの位置に負荷した。



Fig.1 Shell model of PAFO

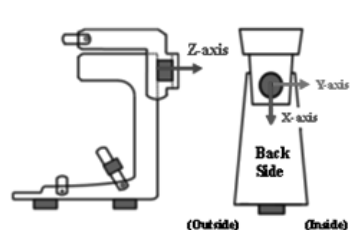


Fig.2 Coordinate axes of the force torque sensor

次に、超音波厚さ計（2000C）を使用し、装具の厚みを測定した結果を平均し PAFO の厚みデータ 3.4 mm を使用した。今回、歩行中の立脚初期と立脚後期の動作に注目し、実験で得られたデータをもとに、荷重条件を立脚初期の最大底屈荷重の 60.0 N、立脚後期の最大背屈荷重の 80.0N を負荷荷重とした。拘束条件においては、装具足底部の踵部と前足部に設置した 2 点の力覚センサのデータをもとに、図 4 に示すように立脚初期では踵部から中央部までを完全拘束とし、立脚後期では中央部から前足部までを完全拘束した。また、解析対象である PAFO の物性値データは一般財団法人化学研究評価機構高分子試験・評価センターに依頼して得たポリプロピレンのヤング率 2030 [MPa]を使用し、また、ポアソン比については嶺ら²⁾の文献に記載されている材料特性結果にある 0.4103 を使用した。

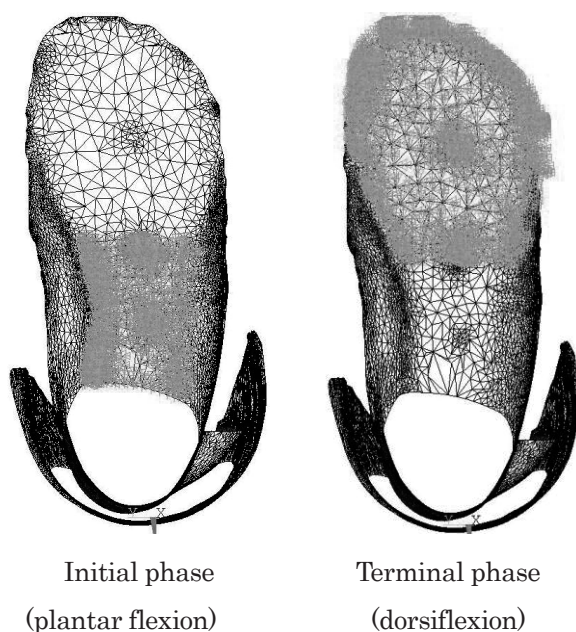


Fig. 4 Restraint condition of stance phase

3. 結果・考察

以下に示す図は NfDesign (CAD)を使用し、装具モデルを製作した。左のモデルがトリミングを施したテキサスシューホーンである。さらに、それに幅 10 mm のコルゲーションを施したのが右のモデルである。それぞれの底背屈時を比較した図を以下に示す。図 9 はクロス型のコルゲーションを製作した。

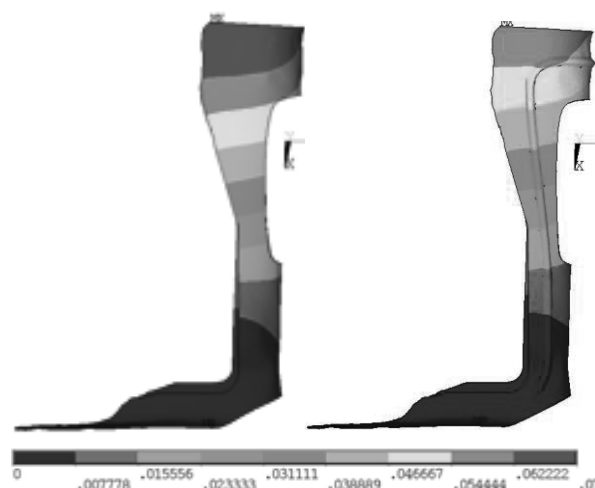


Fig.5 Quantity of displacement distribution of plantar flexion of patient.

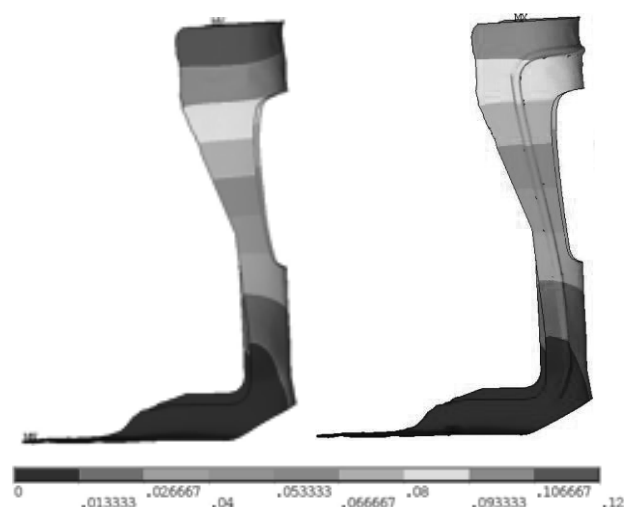


Fig.6 Quantity of displacement distribution of dorsiflexion of patient



Fig.7 Quantity of equivalent stress distribution of plantar flexion of patient.



Fig.8 Quantity of equivalent stress distribution of dorsiflexion of patient.

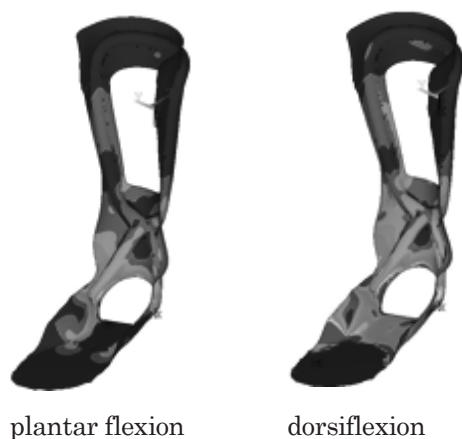


Fig.9 PAFO with corrugation of cross type

以上の結果から、テキサスシューホーンとコルゲーションを加えたテキサスシューホーンの底背屈時を比較すると、図 4, 5 より変形量からはコルゲーションを加えたモデルの方の変形が少なくなり、図 6, 7 より相当応力分布も同様、コルゲーションを加えた方が、応力が減少していることがわかった。図 8 でも同様の変化が見られる。

4. 結言

今回、装具モデルにトリミングやコルゲーションを施し、装具の形状と機能の関係性について分析し、また、コルゲーションの有効性を定量的に示す研究をおこなった。テキサスシューホーンとコルゲーションを

加えたテキサスシューホーンとの比較では、コルゲーションを加えたときの方が明らかに強度に関して増加していると考えられる。つまり、コルゲーションを加えることにより装具の固定性や強度を上げることが可能であると考えられる。

5. 全体構想

今後の展望としては、今回の研究結果をもとに、装具製作支援システムの構築を目指している。この目的としては従来の装具は義肢装具士によって製作され 2 週間ほど時間を有する。その期間を短縮するために上記のシステムを考えている。図 10 にシステムの概略図を示す。

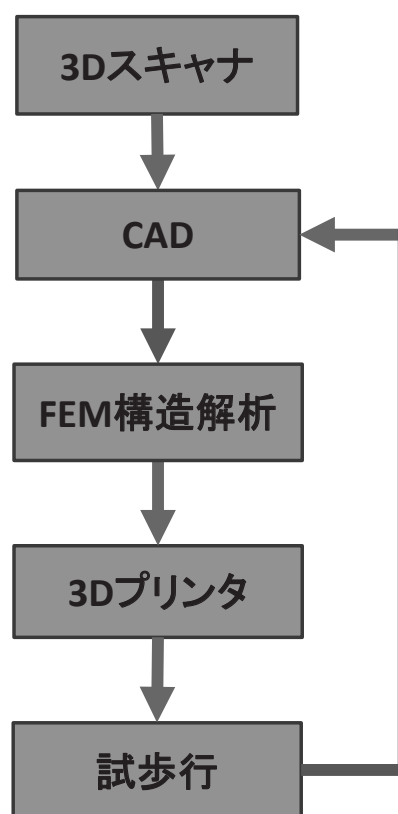


Fig.10 diagrammatic illustration of PAFO design support system

<謝辞>

本研究の一部は私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 S1311045 の支援および, 平成 28 年度科学研究費助成事業(No. 16K01579)によって支援を受けました. ここに記して謝意を表します.

参考文献

- 1) 原寛美, 脳卒中リハビリテーションにおける下肢装具の展開-臨床的知見から-, 47 巻 6 号, 350-355, 2010
- 2) 嶺也守寛: 非線形有限要素解析による短下肢装具設計過程での可撓性評価手法, ライフサポート, vol11. 19 No. 1, 2007.

ARによる仮想高齢者を用いた設置済み背上げベッドの評価システム

Evaluation System Using AR-Based Virtual Elderly Persons for Existing Back-Raising Type Beds

○西尾 大*, 福井 裕**, 川野常夫**

*摂南大学大学院理工学研究科 **摂南大学理工学部

NISHIO Dai*, FUKUI Yutaka**, KAWANO Tsuneo**

*Graduate School of Science and Engineering, Setsunan University,

**Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

1. はじめに

病院の入院患者や在宅の要介護者のために、背上げ機能付介護ベッド（ギャッチベッド）が用いられており、背上げ背下げ時に患者や被介護者に身体上の問題が生じることはよく知られている。例えば、ベッドから力を受けることによる「ずれ」の発生¹⁾、腹圧の上昇²⁾、腰部負担の増加³⁾、呼吸機能への影響や褥瘡発生⁴⁾などの問題がある。これらは、ベッドの各部のサイズ、患者や被介護者の横たわる位置、あるいは寝衣やリネンの素材などに起因することが多い。

本研究では、タブレット PC を通して既存の介護ベッドを眺めると、仰臥位で横たわる仮想の高齢者が現れるようにし、ベッド背上げ時の腰部負担やずれ量などを評価できる AR (Augmented Reality, 拡張現実) システムを構築する。本システムは、利用者の負担に基づいて既存のベッド環境を評価しようとするもので、実際の高齢者に協力を仰がなくとも、仮想の高齢者を用いて利用者に合った仰臥位の検討や利用者に合わせたベッドの改良などに応用できる。

2. ARによる評価システムの概要

AR とは現実世界に仮想の CG を重ね合わせる技術であり、現実の空間と CG の両方が見えるという点で、見えるものすべてが仮想の CG である VR (Virtual Reality) とは異なる⁵⁾。本研究では、ベッドを現実としそれに横たわる人間を仮想 (CG) とした。病院や介護施設では、仕様が一樣な多くのベッドが既に存在し、患者や被介護者は体格や性別に関わらず、同一仕様のベッドを使用することとなる。このような状況におい

ては、患者や被介護者に合わせて、ベッド環境の調整や寝かせる位置の検討をすべきであり、その際に実際の患者（高齢者）で検討するのは現実的に困難である。そこで体格や性別を自在に用意可能な仮想の人間を用いて予め検討するシステムを提案する。

タブレット PC を用いて、ベッド背上げ時の仮想高齢者の腰部負担やずれ量などを評価する。ここで仮想高齢者は実際に利用する高齢者のモデルであり、身長、体重、性別から生成される。これによって、腰部負担を軽減するために、例えば寝かせる位置をベッドの上方にしなければならないことが判明すれば、ベッドを上方に延長する改造が示唆される。

3. 腰部負担推定モデル

ベッド背上げ時の腰部負担を推定するための人体モデルを図 1 に示す。ここで腰部負担は椎間板 L4/L5 付近の圧迫力 P_L と定義し、自重成分とベッドせん断方向の摩擦力から次の式で表される。

$$P_L = W_a \sin \theta + W_b \sin \theta + \mu_a N_a + \mu_b N_b \quad (1)$$

ここで各部の重量 W は、既に提供されている重量比⁶⁾ から求める。また垂直抗力（ベッド反力） N は

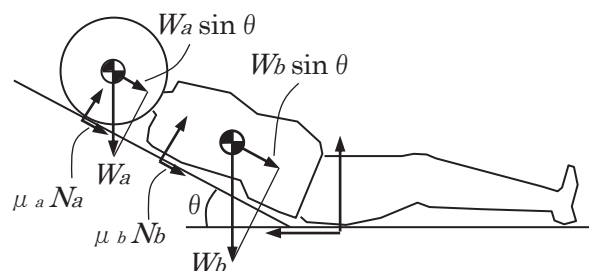


図 1 矢状面 2 次元人体モデル



図2 体圧分布測定

測定により求める。さらに摩擦係数 μ は、綿のシートと寝衣の間で測定により求める。

4. ベッド反力とずれの測定

腰部負担を推定するために必要なベッド反力の測定を行った。ここでは反力を直接測定せず、まず体圧分布の測定を行った。図2に圧力分布測定装置FSA/BodiTrakを用いた測定風景を示す。本報ではARシステムを構築することに重点を置き、データの取得は1例のみとした。また、ベッドに横たわる位置の違いによる腰部負担を検討するため、ここでは2通りの仰臥位を設定した。すなわち、背上げ角度が 0° の状態、で仰臥位で横たわったときに、ベッドの回転軸の上方に腸骨稜が来るように横たわる場合、および大転子が来るように横たわる場合を取り上げた。それぞれ背上げ角度 0° から 60° までを 10° 間隔で圧力分布を記録した。

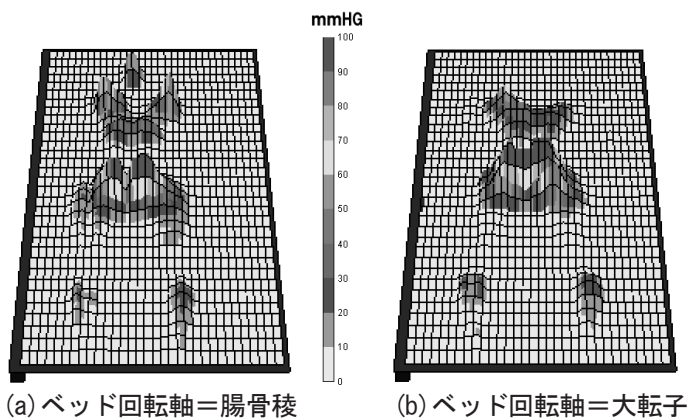


図3 体圧分布測定結果（背上げ角度 60° ）

図3に体圧分布の測定例を示す。(a)はベッドの回転軸上に腸骨稜がある場合、(b)は大転子がある場合で、いずれも背上げ角度が 60° のときの結果を示す。(a)の腸骨稜の場合、(b)の大転子に比べて頭、背中、の圧力が大きくなっていることがわかる。

図4に身体各部のベッド反力の変化を示す。これは、図3の各センサの圧力値にセンサ1個分の面積を掛けることによって力に変換し、頭、背中、臀部別にプロットしたものである。また図は寝る位置は腸骨稜の位置の場合を示している。図から背上げとともに臀部の反力は大きくなり、背中と頭の反力は小さくなるがわかる。

摩擦係数 μ を測定したところ、 $\mu = 0.47$ となった。この値と図4を用いて式(1)により背上げ角度ごとに腰部圧迫力 P_L を求め、ARシステムに組み込んだ。

ずれの測定は頭、膝などの位置を目印とし、ベッドマットとのずれを測定した。このずれについてもARシステムに組み込み、仮想高齢者で再現できるようにした。

5. ARシステムの構築

5.1 ソフトウェアの開発

タブレットPCに著者らが独自に開発したソフトウェアをインストールし、背上げベッドの評価を行うためのARシステムを構築した。タブレットPCはXperia Tablet S (Android OS/SONY製)を使用した。ソフトウェアは、ゲームエンジンのUnity (Unity Technologies製)とプログラミング言語C#

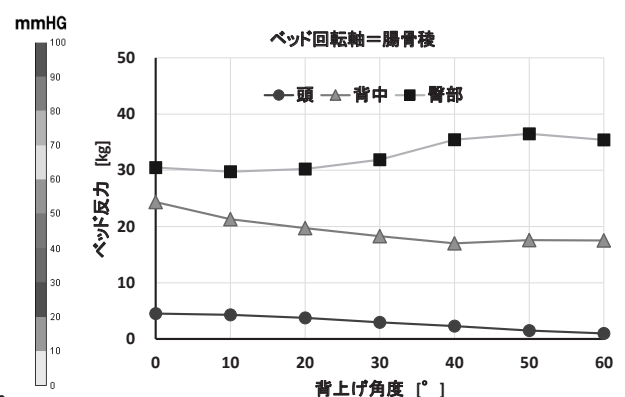


図4 身体各部のベッド反力

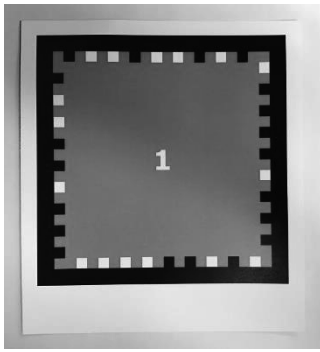


図5 ARマーカ

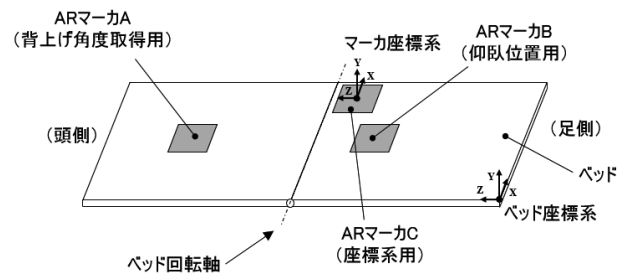
を用いてパソコン上で開発した. AR マーカの認識には, AR ライブラリの Vuforia (PTC 製) を用いた.

本評価システムで用いた AR マーカを図5に示す. Vuforia 独自の正方形のマーカを一边15cm になるように厚紙に印刷して用いた. AR ライブラリを用いることによって, マーカが写ったタブレット PC のカメラ映像から, カメラとマーカとの3次元の相対的な位置関係が計算によって求まる. さらに, マーカの位置座標 (基準となる別のマーカとの相対座標) と姿勢 (3 軸周りの回転角度) を求めることができる. その情報を基にして, ディスプレイの現実の映像に仮想高齢者モデルの CG をリアルタイムに重ね合わせて表示 (重畳表示) させることにより, あたかも現実に存在するかのように見せることができる.

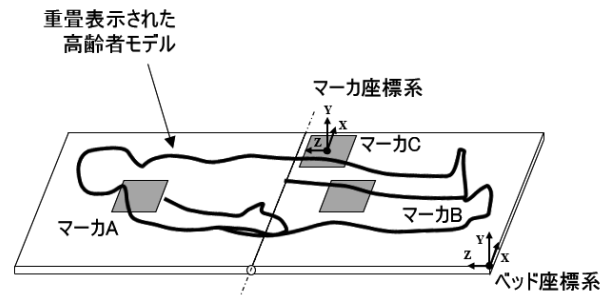
5.2 背上げ動作中の仮想高齢者モデルの AR 表示

本システムでは3枚のAR マーカ (マーカ A~C と表記) を用いた. それぞれのマーカは図6 (a)で示す位置に貼り付けた. マーカ A は, ベッドの背もたれの傾斜角度を認識するためにマットレス上部に貼り付けた. マーカ B は高齢者モデルの仰臥位置を教示するために, 図で示すように, ベッド回転軸からやや足側に貼り付けた. マーカ C は, 他のマーカの位置を求めるための基準として用い, 他のマーカと重ならないようベッドの端の方に貼り付けた. 本システムでは, AR ライブラリが算出する各マーカの位置座標はマーカ C を原点とするマーカ座標系で表現される. すなわち, 実際のベッド上の位置を表すベッド座標系におけるマーカ C の位置を事前に実測しておけば, マーカ B のベッド座標系の位置を求めることができる. これにより, 実際のベッドにおける仮想高齢者モデルの仰臥位置を教示することができる.

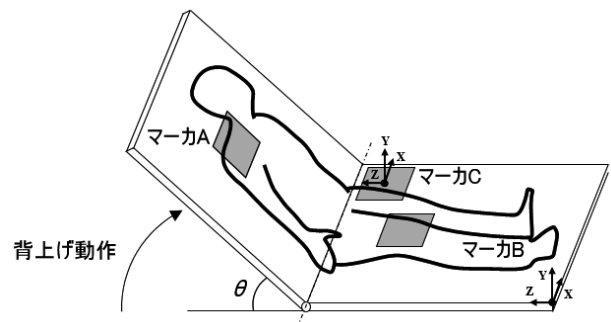
3 枚のマーカがカメラ視野に入るようにタブレット PC を構えると, ディスプレイには図6 (b)に示すよう



(a) ベッド上のARマーカの貼付箇所



(b) 現実のベッドと仮想の高齢者



(c) 背上げ時の状態

図6 AR表示の原理図

に現実のベッドに寝ているかのように仮想高齢者モデルが重畳表示される. ここで, マーカ B を動かすことにより, 高齢者モデルの仰臥位置を変えることができる.

ベッドの背上げ動作を行った様子を図6 (c)に示す. 背上げ動作中の時々刻々の背もたれの傾斜角度は, マーカ A とマーカ C のそれぞれの平面の交差角度から求めることができる. 交差角度と高齢者モデルの腰の屈曲角度を一致させることにより, ベッドの背上げ動作に応じて, 高齢者モデルが起き上がってくるように表示することができる.

6. 背上げベッドの評価例

図7にARによる仮想高齢者の背上げの再生と負担評価例を示す。現実のベッド上にARマーカを3枚設置している。タブレットPCを通してベッドを眺めると、仮想高齢者がディスプレイ上に現れ、背ボトムを徐々に上げていくとそれに応じて仮想の高齢者も背中が上がり、ベッドとの相対的なずれも再現される。同時にディスプレイの左上には、腰部圧迫力がリアルタイムに表示される。ARマーカの位置を変えると仰臥位が変わり、その都度、高齢者の負担を評価することによって、負担の少ない仰臥位を探索することができる。

7. おわりに

本研究では、タブレットPCを通して既存の介護ベッドを眺めることによって、仰臥位で横たわる仮想の高齢者が現れるようにし、ベッド背上げ時の腰部負担やずれ量などを評価できるARシステムを構築した。本システムは、利用者の負担に基づいて既存のベッド環境を評価しようとするもので、実際の高齢者に協力を仰がなくとも、仮想の高齢者を用いて利用者に合った仰臥位の検討や利用者に合わせたベッドの改良などに応用できる。

参考文献

- 1) 綿田明文, 小川鑛一, 大久保祐子, 小長谷百絵: ベッドの背上げ背下げ時の力とずれに関する研究, 人間工学, 38(Supplement), pp.464-465 (2002).
- 2) 川野常夫, 小林ひろ子, 福井裕: 介護用ベッド利用者のずれや腹胸部圧迫力を低減する背上げ法の提案, 人間工学, 46(Supplement), pp. 300-301 (2010).
- 3) Hiroko KOBAYASHI, Yutaka FUKUI, Yusuke TANAKA and Tsuneo KAWANO: Location of Patient Laid Down on Gatch Bed in order to Decrease Pressures around Abdominal Regions While Backrest Lifting - Experiment Using a Developed Patient Dummy -, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol.7, No.2, pp.284-291 (2012).



図7 ARによる仮想高齢者の負担評価例

- 4) 平良正照: 呼吸機能および褥瘡発生に影響するベッド挙上角度の検討, Emergency nursing 1, pp.70-74 (1988).
- 5) 川野常夫, 福井 裕: 特集①: 分野別人間工学の現状と将来 (13) - モバイル情報機器の人間工学の現状と将来 -, 人間工学, Vol.51, No.3, pp.174-182 (2015) .
- 6) 小川鑛一: 看護動作を助ける基礎人間工学, p.38, 東京電機大学出版局, (1999).

立脚相歩行における装具底背屈の分析

Analysis of Plantar/Dorsiflexion Angle during Walking with Plastic Ankle Foot Orthoses

○北野将利*, 北山一郎**, 森岡大輔*, 山中隆*, 池原用祐*

*近畿大学大学院 生物理工学研究科 **近畿大学 生物理工学部

KITANO Masato*, KITAYAMA Ichiro**, MORIOKA Daisuke*, YAMANAKA Tahashi*,
IKEHARA Yosuke*

*Graduate school of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University,

**Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University.

1. 緒言

脳卒中などの後遺症により片麻痺（半身麻痺）となった患者に処方されるプラスチック短下肢装具（以下、装具と略す）について各種センサを使用することで、装具の機能分析をおこなっている。特に先行研究¹⁾では、歩行中立脚相における装具の底背屈動作時の腓腹部荷重と角度変化の波形に類似性がみられるといった結果が得られた。そこで本研究では、著者ら²⁾の計測システムを用いることで、装具の腓腹部荷重と角度変化の関係について静的負荷実験をおこない、これらのデータより回帰係数を算出した。これより、装具の角度変化から腓腹部荷重をどの程度予測できるのか調べた。その結果、新たな知見が得られたので報告する。

2. 実験装置

2.1 計測システム

本研究では、著者らの計測システムにフレキシブルゴニオメータを追加したシステムを使用することで、装具歩行実験を実施した（図 1）。

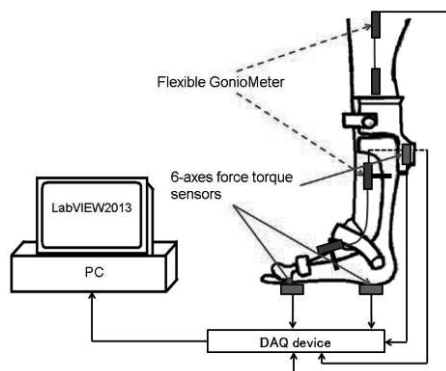


図 1 計測システム

また、足底 2 点の 6 軸力覚センサは歩行周期の識別をおこなうために用いた。装具腓腹部の 6 軸力覚センサは歩行中の腓腹部荷重を調べるために設置した。装具足関節部と膝関節部に取りつけた 2 点のフレキシブルゴニオメータは歩行中の装具の角度変化と膝関節角度を計測するために用いた。

今回、図 2 のように、装具の足関節を境として足部前方と足部後方の 2 種類で静的負荷実験をおこなった。歩行データの計測は、ベルトの有無も含めて条件を設け、歩幅ごとにフレキシブルゴニオメータの取付け位置とベルトの有無を含めた 4 条件でおこなった。

被験者については、今回は 20 代の健常男性 1 名で装具歩行実験をおこなった。



(a)足関節前方 (b)足関節後方

図 2 フレキシブルゴニオメータの取付け

3. 実験結果

今回の装具歩行実験の計測結果より、左足の立脚相において、装具の腓腹部荷重を角度変化から予測

した．図 3 に計測結果と予測結果の例を示す．

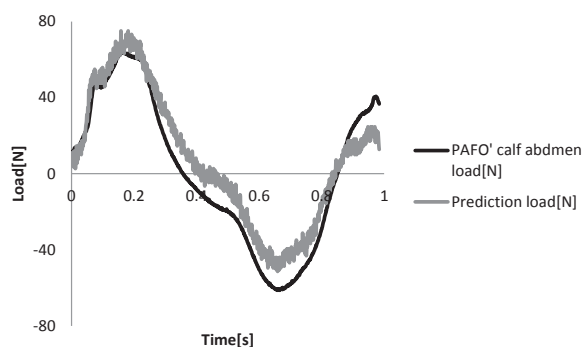


図 3 計測結果と予測結果の例
(足関節後方-ベルトあり)

さらに，今回は(1)式にもとづき，それぞれの実験条件での腓腹部荷重の最大値と最小値における，腓腹部荷重 F [N]と角度変化からの予測値 F_{θ} [N]との誤差率 err [%]を算出した．

$$err = \left| \frac{F - F_{\theta}}{F_{\theta}} \right| \times 100 \quad (1)$$

そして，各実験条件の底屈動作と背屈動作それぞれの誤差率に対して平均と標準偏差を算出した．その結果を図 4，5 にそれぞれ示す．

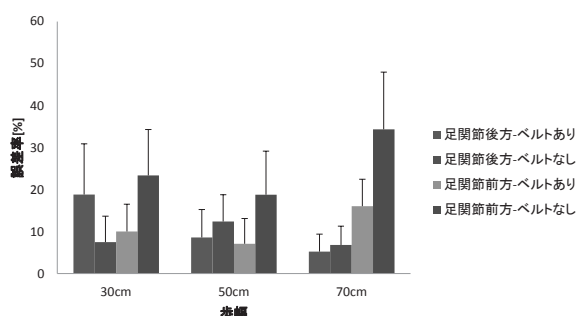


図 4 底屈動作における各実験の歩幅ごとの平均と標準偏差

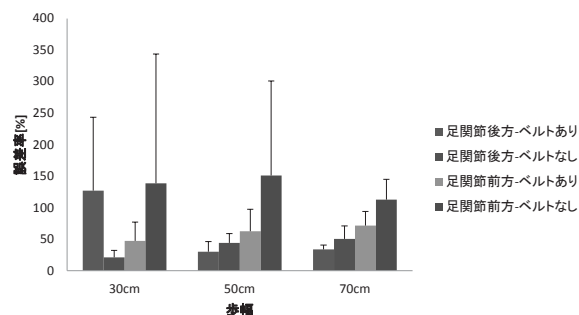


図 5 背屈動作における各実験の歩幅ごとの平均と標準偏差

4. 考察

分析結果より，足関節後方-ベルトありでは，歩幅が大きくなればなるほど底屈および背屈それぞれで誤差率が低下した．足関節後方-ベルトなしでは，底屈動作においては特に差がなく，背屈動作においては歩幅が大きくなればなるほど誤差率が大きくなる．足関節後方それぞれの結果から，ベルトの有無は歩幅間隔の種類ごとの精度に影響を与えていると考えられる．

5. 結言

今回，各種センサを用いて装具機能の分析をおこなったが，被験者が健常男性 1 名であるため，今後は被験者の数を増やし，今回の結果が他の被験者においても同様の結果が得られるか調査する．

6. 謝辞

本研究の一部は平成 28 年度科学研究費助成事業 16K01579 の支援を受けた．ここに記して謝意を表します．

参考文献

- 1) 北野将利, 北山一郎, 森岡大輔, 山中隆, 池原用祐, 小山秀世, 森本高史, 園部秀樹: プラスチック短下肢装具歩行立脚相における荷重ベクトルの状態と装具底背屈角度との関係, 実験力学, Vol. 16, No.2, pp.147-153 (2016).
- 2) 斉藤佑典, 北山一郎, 小山秀世, 森本高史, 園部秀樹: プラスチック短下肢装具歩行時の立脚相機能の計測, Vol. 14, No.1, pp.9-15 (2014).

KINECT で動作する箸型食事支援ロボットシステム

Chopsticks Type Robot System for Meal Assistance Using KINECT Sensor

○中川秀夫*, 北山一郎*

*近畿大学生物理工学部

NAKAGAWA Hideo*, KITAYAMA Ichiro*

*Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kinki University

1. 緒言

上肢の切断・機能障がい者が生活を営む上で必要不可欠である食事行為は、自力で食事を行うことができないため介護従事者に頼らざるを得ない。そこで、種々の食事支援ロボットが研究・開発され、上肢障がい者や介護の必要な高齢者の食事支援、介護者の負担軽減に役立っている。Rehab Robotics 社の「HANDY1」¹⁾ やセコム社の「マイスプーン」²⁾ のような市販製品では、使用者が顎でジョイスティックを操作してロボットアームの先端に取付けられたスプーンを動かし、食事を可能にしている。しかし、こうした動作指示方法は操作性が悪いため、入力方法の改善として音声入力³⁾ や EMG 信号⁴⁾ を利用したシステムも開発されているが、いずれも信号処理が複雑で広く普及していない。

そこで本研究では、体感型ゲームの入力装置として普及している非接触センサである KINECT センサを用いることを提案する。操作者が顎を使ってジョイスティックレバーを倒す代わりに、操作者の体幹（腰から上の部分）を前後・左右に傾ける方法で、その傾斜角を KINECT センサーにより非接触で計測する。

また、従来市販ロボットはスプーンという食事具を用いることが出発点となっているが、スプーンはすくい上げるための動作の制御が複雑である。そこで、食べ物を掴むための動作制御が開閉のみで単純である箸を用いた食事支援ロボットについての研究がスタートしている⁵⁾。しかし、従来研究では箸把持部の構造が複雑で、箸を駆動させるための駆動装置（モータ、ギヤ減速機、カム機構、さらに開閉角度や把持力の検出用のポテンショメータあるいは 3 軸力センサ）が大きく、食べ物を操作者の口元に運ぶ際の圧迫感があつた。本研究ではこれらの駆動装置を別置装置として、ワイヤを用いて遠隔操作をする構造に改め、箸部の周辺を

簡素化し快適な食事となるような新システムを構築した。

2. 実験装置

2.1 食事支援システムの構成

システム構成を図 1 に示す。体感型のゲームシステムの入力装置である KINECT センサは、RGB カメラや深度センサを用いて操作者を検知し、身体の一部（頭部、左右の肩や肘など）の 3 次元位置情報をパソコン（PC）に送る。フットスイッチは、操作者の食物の選択決定や次工程への意志などを入力する。パソコンは KINECT 画像やスイッチ信号を処理してロボットアームの移動方向や工程順をマイコン（Arduino Uno）にシリアル転送する。マイコンでは、その工程に応じて 5 自由度垂直多関節ロボット（三菱電機製 RV-M1）に対して指令コマンド文字列をロボットドライブユニットに送り、ロボットを動作させる。ロボットのアーム先端には Web カメラが取付けられていて、ロボットの動作に連動した食事トレイの画像をパソコンに送信している。

また、ロボット先端に取り付けた箸を開閉するワイヤ引張機構において、マイコンはサーボモータを駆動してワイヤを引張り、ワイヤ張力を検出する圧力センサからのアナログ信号を取得している。

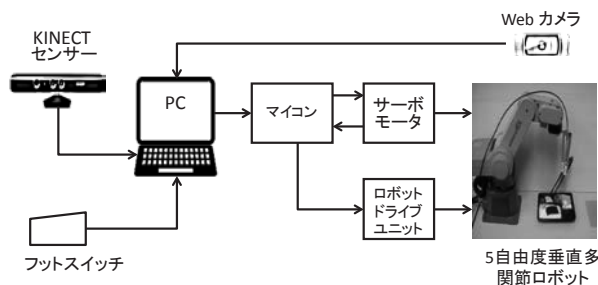


図 1 食事支援システムの概略構成図

2.2 食物選択操作部

操作者が食べたい食べ物を選択する時、椅子に座った状態で体幹を前後・左右に傾斜させることにより、ロボットアームをその方向へ水平移動させるようにした。KINECT センサによりセンサ位置を原点とする身体各部位の 3 次元座標が取得できるので、その中から腰部中心と頭部先端の 3 次元座標を抽出し、体幹の左右方向傾斜角および前後方向傾斜角を算出する。食物画像の中心を原点、左右方向を X 軸、上下方向を Y 軸とした画像座標において、体幹の左右、前後の傾斜角度に比例したピクセル数の座標位置と原点を結ぶ直線を重畳し、操作レバーと見立てる（図 2 参照）。食べたい食べ物の方向へレバーが倒れるように体幹を傾斜させると、ロボットはその方向へ水平移動し食物画像も連動して移動する。レバーの傾斜量とロボット移動量を比例させているので、レバー先端が画像中央の円内にあるようにするとロボットは静止する。操作者は食べたい食べ物の画像の上にこの円を移動させ、フットスイッチを踏んで決定する。

2.3 動作コマンド指令部

マイコンからロボットへの動作コマンドは、下記の 4 シーケンスにおいて文字列でシリアル転送される。シーケンスは、使用者のフットスイッチによる入力によって順に切り替わり、これが繰返される。

- (1) スタート位置（ポジション 1）に移動、箸を開く
- (2) パソコンから送られた x, y 方向への移動量により食べ物選択のための水平移動を繰返す
- (3) 現在位置を修正記憶し下降、箸を閉じて上昇する食べ物の把持動作
- (4) 食事する位置（ポジション 2）に移動、停止

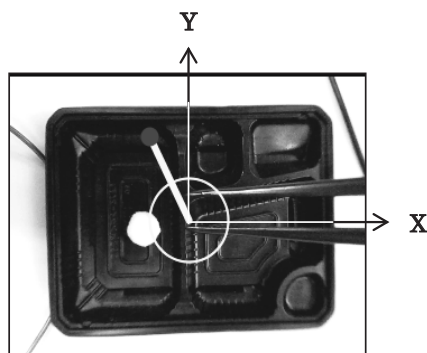


図 2 食事トレイ画像上の操作レバー図形

ポジション 1, 2 はあらかじめティーチング操作により位置・姿勢が登録してある。また、ハンド開閉のコマンドによる電動ハンドモータへの供給電圧を受けて、箸開閉制御部の RC サーボモータが起動するようにしている。

2.4 箸開閉制御部

箸は、福祉用食事補助箸（株式会社創芸製「つかむくん」）を採用した。この箸はトングのような末端が支点となった一体構造で、軽い把握力で挟むことができる。箸の先端部分はふくらみとくぼみが設けられていて、食べ物を掴んだ際滑りにくくなっている。この箸を水平面に対して 45deg. の角度で保持し、開閉動作をさせる箸保持機構部を図 3 に示す。この左右のリンクは上部の固定部にジョイントで結合され、その中部に設置されたプーリにかけられたワイヤを上方に引張ることによりリンク先端の箸が開閉される。ワイヤは自転車のブレーキ動作で用いられている直径 1.2mm のシフトラインケーブルを用いた。別置のワイヤ牽引部は図 4 に示す RC サーボモータ（JR プロボ製 RBS581；トルク 0.90Nm）とスライダクランク機構を組み合わせた構造で、ス

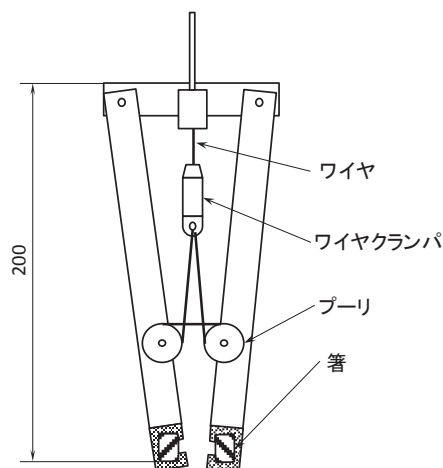


図 3 箸の開閉機構とワイヤの取付状態

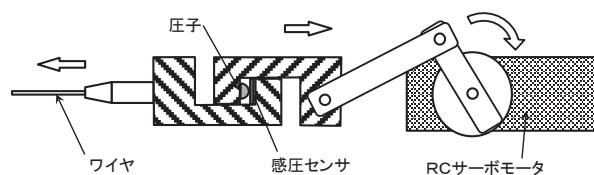


図 4 ワイヤ牽引装置の構造図

ライダをコの字型の 2 部品に分けてその間に、感圧センサ（インターリンク製 FSR400）と圧子を組み込んでいる。この RC サーボモータは、マイコンから指令回転角度に比例した PWM 出力を受けて回転し、また感圧センサからワイヤ張力に比例する電圧をマイコンのアナログ入力へフィードバックして、箸の開閉動作が制御される。

3. 測定方法

まず、人間が体幹を傾けていると認識する角度を実測し、静止と傾斜の境界角度を定める。また、距離が離れた場合にも角度検出分解能が保たれるかどうか、被験者 3 人について、床上 700mm に設置したセンサからの距離を 1.0、1.7、2.3、3.0m の 4 位置で静止および左右傾斜した時の傾斜角を算出した。それぞれの傾き測定は、10 回の平均をとった。こうして求めた境界角度を閾値として体幹傾斜によるロボット動作システムに組み入れ動作を確認する。

マイコン指令によるロボットの動作検証は、前述の 4 シーケンスにおける文字列を送信して確認する。また使用者のフットスイッチによる入力によって順次切り替わるのを確かめる。

また、箸を用いた食物の把持の検出装置についての確認実験では、まずワイヤ引張装置に組込んだ感圧センサのキャリブレーションを行う。装置のワイヤの先端に 50g ～ 1kg の分銅による静荷重をかけ、その時の感圧センサからの出力電圧を測定する。感圧センサの基準電圧 5V で、1k Ω の抵抗で分圧した。

実際に箸で食物を掴む模擬テストでは、食物の代用品として $\phi 25 \times 40$ の食物模型を用いた。箸で何も掴まない状態でサーボモータを回転させたときと、食物を

掴んだ時の感圧センサからの出力電圧を測定し、上述の校正曲線でワイヤ張力に換算する。

4. 測定結果および考察

4.1 体幹傾斜による入力操作

3 人の被験者が体幹を左右に傾けたときの測定結果を図 5 に示す。横軸は KINECT センサーからの距離で、1～3m においてやや右傾斜でばらつくが標準偏差 1.02deg. でほぼ一定となり、センサからの距離に関係なく入力装置として利用できることがわかった。

静止状態を基準として右傾斜角および左傾斜角の平均値は、それぞれ 12.5deg.、-13.8deg. であり、この差は有意水準 5% の t 検定で有意な差と認められ、この結果、6.0 deg. を閾値として設定した。すなわち、6.0deg. 未満は移動させない意志があるとしてロボット移動量をゼロとし、6.0deg. 以上になったとき、その指令された方向に移動するようにした。

傾斜角度とロボットの移動量の比率は現システムでは 1.0 とし、例えば 10deg. の傾斜で 10.0mm の移動指令が出力される。実証テストでは体幹傾斜角が 6.0deg. 未満になるまで繰返されることを確認した。加減速を含む実質移動速度は 20mm/s であった。

この食べ物選択シーケンスを含む 4 つのシーケンスは、フットスイッチの切り替えで問題なく実行できた。食べ物を食べる位置までの移動過程で、ロボットアームの接近による圧迫感は全くない。

4.2 箸による食物把持操作

感圧センサのキャリブレーションでは、感圧センサに対する負荷を変化させたときの出力電圧は、図 6 のように指数関数的に増加し、 $R^2=0.996$ の高い直

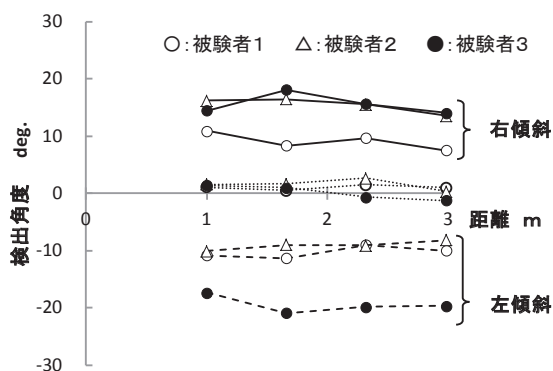


図 5 KINECT による体幹傾斜測定結果

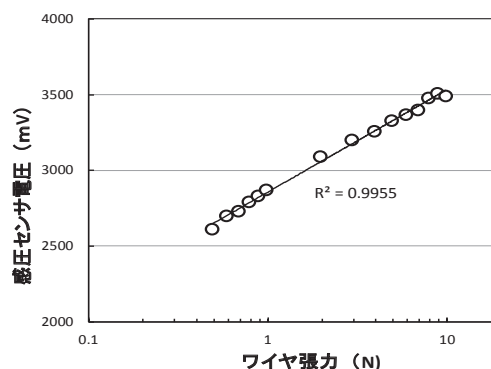


図 6 ウェイトによる感圧センサの校正線図

線性を示した。偏差量も最大 39mV (1.1%) と小さく、ワイヤ張力の検出器として十分な感度を有している。

箸による把持実験の結果を図 7 に示す。サーボモータを回転させて 75deg. 付近で急にセンサ出力電圧が上昇するが、これはワイヤのゆるみがなくなり、センサに圧子が接触した状態と考えられる。閾値電圧の値を保つように回転角が制御されている。センサの出力電圧を、図 6 の校正線図でワイヤ張力に換算したのが図 8 である。箸が何も掴まない場合、ワイヤ張力は、サーボモータの回転角が 105deg. から上昇し始め徐々にほぼ直線的に増加して、回転角が 138deg. で 8N 程度まで上昇する。モータ回転角が 105deg. 以下では 1N 程度で非常に小さいので、ワイヤとシフトラインチューブの接触摩擦は小さいことがわかる。

一方、食べ物を掴んだ場合では、回転角が 120deg. までは把持しない時と全く同じ値であるが、把持物に接触するとワイヤ張力は 30N 以上に急上昇した。箸で食物を掴んだ時の食べ物の弾性によるバネ反力が加わるため、ワイヤ張力が上昇したと考えられる。上昇時に少し脈打っているのは、掴んだものの弾力やワイヤの引き込み速度が原因と考えられるが、ハンチングなど検出上大きな悪影響は与えていない。したがって、ワイヤ張力が 20N 程度を維持するようにサーボモータの回転角度を増減することにより食物を把持でき、またその出力が閾値以下に下がれば人が食物を咥え取ったと判断できる。

5. おわりに

上肢の疾病や障がいのため、食事行為を自らできない人の支援システムを構築した。検証測定実験を実施して次のような有益な知見を得た。

- (1) 入力装置として身体の動作を検出する KINECT センサを導入することにより非接触で食べたい食物を選択でき、ロボットの操作性が向上した。
- (2) 箸を開閉するためにワイヤーを用いた機構を取り入れ、中間に設けた感圧センサにより食物の把持力を検出して、食べ物の把持状態を確認できることが分かった。
- (3) マイコンからロボットへ一連の動作コマンドを送り、食事支援動作の検証ができた。

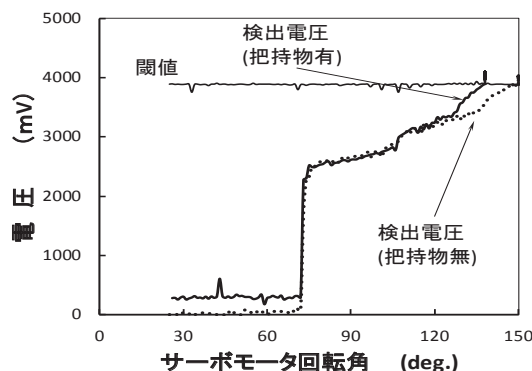


図 7 モータでワイヤ引張時の感圧センサ出力

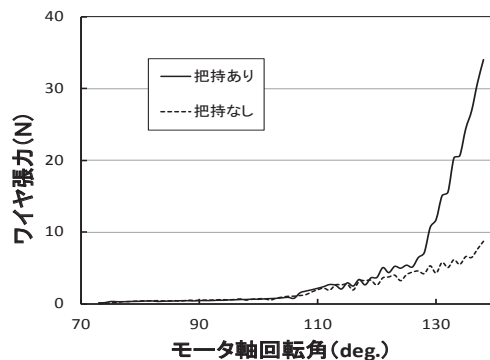


図 8 ウェイトによる感圧センサの校正線図

今後は、食べ物の画像処理による掴みやすい方向の検出や種々の柔らかさの食物についての自動判別などの機能も必要と考えられ、実用的システムへ向けて改良を加えていく。

参考文献

- 1) M.Whittaker : Handy1 Robotic Aid to Eating : A Study in Social Impact, Proc.RESNA Int.'92, pp.589-594(1992).
- 2) 石井純夫 : 食事支援ロボット「マイスプーン」、日本ロボット学会誌, Vol.21, No.4, pp.378-381(2003).
- 3) 山本正幸, 酒井義郎, 石松隆和, 笠上文男 : 対話式ヒューマンインターフェイスを備えた食事支援用ロボットハンドの開発, 山口大学工学部研究報告, Vol.50, No.2, pp.107-111(2000).
- 4) 福田修, 辻村好司, 辻敏夫, 大塚彰 : EMG 信号を利用した食事支援マニピュレータの制御, 医科器械学, Vol.74, No.5, pp.229-237(2004).
- 5) 山崎明, 福嶋政徳, 増田良介 : 箸を用いた食事介助ロボットの試作と食べ物の把持制御, 日本ロボット学会誌, Vol.30, No.9, pp.917-923(2012).

動作音に関する不快感の時系列評価

Time series evaluation of discomfort for the operation sound

○高島大輝*, 神宮英夫*

*金沢工業大学

TAKASHIMA Daiki*, JINGU Hideo*

*Kanazawa Institute of Technology

1. はじめに

人は外界からの刺激を受けた際、その刺激強度を感覚量として判断する。その感覚量は必ずしも物理的な刺激量とは一致していないため、心理物理学の考え方で刺激から受ける感覚量を測定することができる。たとえば刺激提示後「どの程度の強さの刺激でしたか」といった様に問うことで測定を試みるケースがある。この方法は与えられた刺激がどの程度のものだったかを振り返ることで感覚量を測定している。しかし、時系列で刺激強度が変化するものは、それに応じて感覚量に変化が生じる可能性がある。こういったケースの測定を行う際には、クロスモダリティ・マッチング(cross-modality matching)を用いた検討を行うことが有効であると考えられる。これによって、実験時間中に中断を挟まずに測定データを取得することができる可能性が高いと言える。

2. 研究目的

本研究では、人ともとの時間的変化を考えるにあたって、クロスモダリティ・マッチングによる検討が有効かどうかを検証することを目的とした。研究対象はイメージスキャナーを用いた、クロスモダリティ・マッチングを用いることにより、不快感のない心地よいイメージスキャナーを作るための提案をめざした。

3. 実験 1

3.1 目的

イメージスキャナーから発生する様々な音のうち、どの音によって不快感が生じているのか特定する。また、スキャンする紙の厚さや枚数の違いが与える不快感への影響を調べることを実験 1 の目的とする。

3.2 方法

イメージスキャナーを使用して実験を行った。実験は、紙の厚さと(45K と 180K) 1 回の実験中にスキャンする枚数(1 枚と 25 枚)の 2 要因である。実験ではイメージスキャナー音の評価を、評価用紙を用いた評価と、クロスモダリティ・マッチングで行った。評価用紙は森田・山本(1997)の研究から、評価に用いられた形容詞対を 6 つ選定した。この 6 つの形容詞対を SD 法の 5 件法で評価した後、動作音に対しての自由記述に回答する構成になっていた。表 1 に評価用紙に使用した形容詞対を示す。

表 1 使用した形容詞対

項目	形容詞対
1	はっきり — ぼんやり
2	響く — こもった
3	太い — 細い
4	甲高い — 落ち着いた
5	軽快な — 重々しい
6	快い — 不快な

クロスモダリティ・マッチングは、イメージスキャナーの動作音による不快感を指圧で表現する方法をとった。そのため、聴覚刺激と触覚刺激に関してのマッチングを行うことになる。参加者には、イメージスキャナーの動作中に不快感が生じた場合、不快感の強弱を指圧で表現するように教示した。

実験環境は、動作音以外の影響を受けない防音室で行い、実験参加者は金沢工業大学の学生 16 名(男性 11 名, 女性 5 名)であった。また、イメージスキャナーから発生する実際の音の大きさを測定するた

めに, Audacity(Audacity Team)を用いた.また, 指圧の測定には Haplog(カトーテック)を使用した. 音圧レベルの数値化には,変換ソフトの wavecsvwave(サンフィールド企画(個人商店))を使用した

3.3 結果

SD 法の結果に対して, 紙の厚さと枚数の 4 水準による, 一元配置の分散分析を行ったところ, 「快い - 不快な」の形容詞対で有意な差が見られた($F(3,45)=5.53$, $p<.005$).多重比較を行ったところ, 45K1 枚と 180K1 枚, 45K1 枚と 180K25 枚, 45K25 枚と 180K25 枚の間で有意な差が見られた.

次に, スキャン中の Haplog の圧力の結果と, それに対応したイメージスキャナーの動作音による dB 値を示したグラフを図 1 に示す.図 1 を見ると, 180K 時の dB 値が上がる時に合わせて圧力が大きくなっている.この時点で, スキャンし終わった紙がスタッカー(受け皿)に送られてきたときに発生する音と対応している.また, この音は 45K の時にも発生しているが, 180K の時に比べて dB 値は小さく, 圧力もそれほど大きくはなかった.

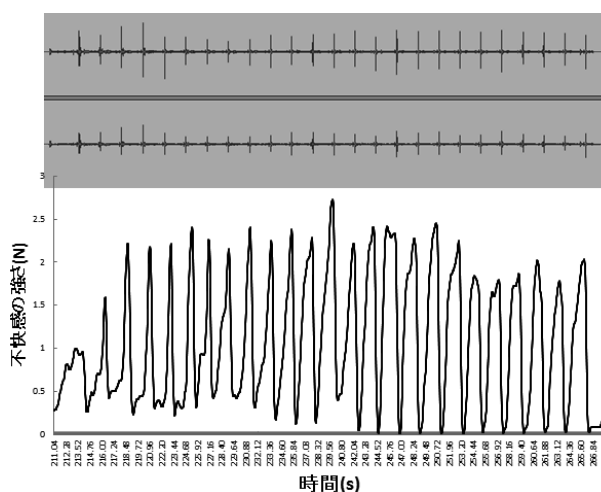


図 1 180K25 枚の時の不快感の強さ

3.4 考察

結果から, 紙の厚さや枚数によって, スキャン中の不快感に違いがあることが分かった.そのためイメージスキャナーの動作音による不快感を調べるには, 紙による影響を考慮する必要があると考えられる.また, 音

圧が大きくなると不快感が大きくなる傾向が見られた.これにより, イメージスキャナーのスタッカーが不快感に影響していると考えられる.

4. 実験 2

4.1 目的

実験 2 では紙の厚さに加え, 給紙速度やスタッカーの有無によって, イメージスキャナーの動作音による不快感に違いがあるか調べることを目的とする.

4.2 方法

実験機材, 実験環境, 実験刺激は実験 1 と同様である.実験 2 も, クロスモダリティ・マッチングによる検討を行った.同様にイメージスキャナーの動作中, 不快に感じた場合, その度合いを指圧で表現するように教示した.実験は, 紙の厚さと (45K と 180K), 給紙速度 (7ppm と 25ppm), スタッカーの有無による 3 要因で行った.

4.3 結果

Audacity によって,音圧レベルは 1 分間に 44100 個, Haplog によって指圧は 0.04 秒ごとに記録される.音圧レベルは 0.4 秒ごとの最大値を, 指圧は 0.4 秒ごとの平均値を使用した.条件ごとにスキャン中の音圧レベルと指圧の相関を見ると, 5%水準で有意な相関が見られたのは総数 128 個中 17 個であった.16 人中, 5%水準で有意な相関が見られた人数とその相関係数を表 2 に示す.

次に指圧の自己相関から不快感の周期性を調べた.25ppm では 2 秒ごと, 7ppm では 8 秒ごとの周期が見られ, 紙がスタッカーに送られる時に発生する音圧レベルのピークに対応していた.この結果を, それぞれ図 2 と図 3 に示す. 上のグラフから時間をずらしたものを下のグラフに示している.この周期はどちらの給紙速度でも, 用紙がスタッカーに送られる時に発生する音圧レベルのピークに対応していた.また周期性の結果を表 3 と表 4 に示す.参加者ごとに不快感の強さを見たところ, 完全な周期性がな

い不快感の強さの変化であっても、音圧レベルのピークに対応していたものが多くあった。

表 2 音圧レベルと不快感の強さの相関

条件			16人中の 有意な人	相関係数
25ppm	スタッカーあり	45k	1	-0.17
		180k	1	-0.19
	スタッカーなし	45k	1	0.34
		180k	2	0.18
7ppm	スタッカーあり	45k	1	-0.17
		180k	3	0.21
				0.18
	スタッカーなし	45k	5	0.24
				0.17
				-0.21
				-0.17
		180k	3	-0.22
				-0.19
				0.16
		180k	3	0.41
				0.23

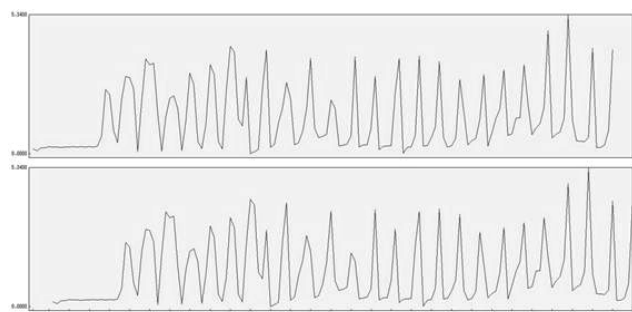


図 2 25ppm での不快感の周期性

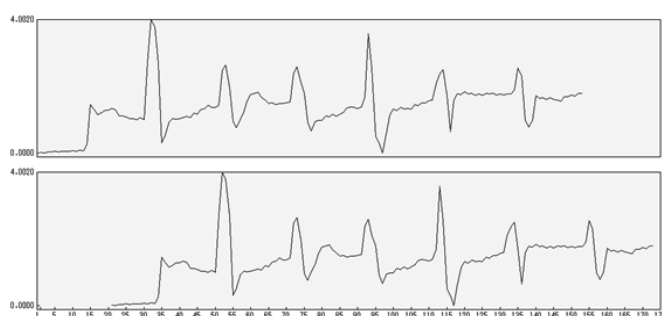


図 3 7ppm での不快感の周期性

表 3 不快感の強さの自己相関 (25ppm)

単位: 人	スタッカーあり		スタッカーなし	
	45k	180k	45k	180k
周期なし	7	8	7	4
2s周期あり	8	4	7	7
2s以外の周期あり	1	4	2	5

表 4 不快感の強さの自己相関 (7ppm)

単位: 人	スタッカーあり		スタッカーなし	
	45k	180k	45k	180k
周期なし	9	8	5	6
8s周期あり	2	7	4	5
8s以外の周期あり	5	1	7	1

また評価結果から、条件ごとの不快感の得点について一元配置の分散分析を行ったところ、有意な差が見られた($F(7,105)=7.04$, $p<.05$).多重比較を行ったところ、25ppm の内、180K かつスタッカーあり条件と他の 3 条件の間で有意な差が見られ、この 3 条件と 7ppm の 4 条件との間でも有意な差が見られた。各条件の周波数解析を行ったところ、7ppm の 4 条件では、250Hz ごとにピークが見られた。

SD 法による「快い-不快な」の結果は、図 4 の条件ごとに指圧による不快感の平均をとった場合と同様の結果になった。条件ごとの指圧による不快感の平均について、分散分析を行ったところ、有意な差が見られた($F(7,105)=6.024$, $p<.001$).多重比較を行ったところ、SD 法による快-不快の評価と同様に、25ppm の内、180K でスタッカーあり条件と他の 3 条件の間で有意な差が見られ、この 3 条件と 7ppm の 4 条件との間でも有意な差が見られた。また、SD 法による快-不快得点と指圧による不快感の平均との相関は 0.96 であった。

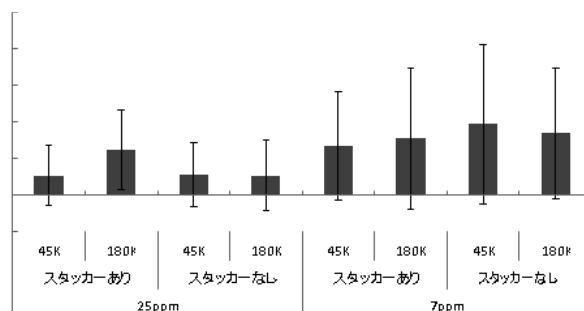


図 4 不快感の強さの平均結果

また音圧レベルを調べたところ、どの条件でも用紙がスタッカーに送られてくるときにピークが見られた。

4.3 考察

実験 1 では、音圧レベルが大きくなると、指圧で表現された不快感が上昇する傾向が見られたが、実験 2 で追加された条件からは、音圧レベルに対応して指圧が上昇する傾向が見られなかった。また、音圧レベルと指圧に有意な相関がみられなかった。このことから、音圧レベルのみによって不快感が決定されているのではないと言える。

不快感の強さの自己相関から、用紙がスタッカーに送られて音が発生すると、不快感が大きくなる傾向が見られた。スキャン中、用紙はスタッカーに沿うように送られていく。この用紙が厚い場合、紙が湾曲せず送られるため、至るところで大きな音が発生する。そのため、図 4 の線画で示したスキャナーで見ると、点線で囲んだ部分である、スタッカーの設計を見直すことによって大きな音が出ないようにすると、不快感が小さくなると考えられる。

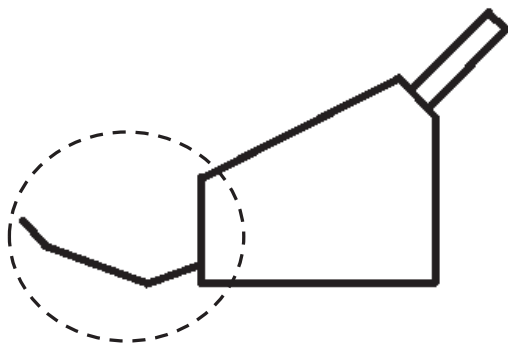


図 4 スキャナーの線画

5. まとめ

今回の実験で動作音による不快感の時系列変化と動作全体の評価を行うことができた。このことから、指圧測定（触覚刺激）を用いたクロスモダリティ・マッチングは、動作音（聴覚刺激）の不快感を調べる有効な手法であったと言える。

イメージスキャナーの提案として、動作音による不快感は、音圧レベルや周波数によって決定されている

と思われる。また、周波数が音圧レベルの大きさ以上に不快感に影響を与えていると考えられる。また、周波数の低いと不快感に影響を与えることが示唆されたことから、不快感のない心地よいイメージスキャナーにするためには、周波数の低い音が外部に漏れないようにする工夫が必要である。例えば工夫として、図 5 のように、スタッカーを取り付けないか、図 6 のように、給紙カバーからのストレートパスをスタッカーまで含めて設計すると良いと考えられる。

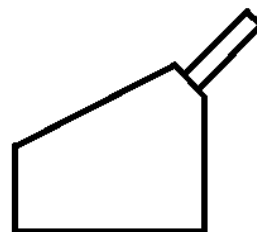


図 5 スタッカーを含めないイメージスキャナー



図 6 ストレートパスをスタッカーで含めたイメージスキャナー

参考文献

- 1) 森田耕二・山本博司.ABS 作動音音質評価の開発, 第 27 回官能評価シンポジウム, pp.81-86, (1997).

単調作業の疲労に対するアクティブレスト効果

Effects of active rest on monotonous work

○荒巻公亮*, 萩原啓**

*立命館大学大学院 情報理工学研究科 **立命館大学 情報理工学部

ARAMAKI Kosuke*, HAGIWARA Hiroshi**

*Graduate school of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

**College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

近年, ICT技術の進展の伴うPCやスマートフォン, タブレットなどの増加により精神疲労をもたらす作業が増加している. それに伴うストレスの増加により健康への悪影響や作業効率の低下などがおきており, 限られた時間の中で, 質の高い休息が求められている.

そこで, 本研究では, 肉体疲労に有効であるアクティブレスト(休息時にあえて体を積極的に動かすことで疲労回復を行う方法)に着目し, 精神疲労時に能動的運動を用いて, より効果的な休息の得られる方法を導き出すことを研究目的とした.

2. 実験方法

実験プロトコルを図 1 に示す. 3 分間の AAT(Alpha Attenuation Test; α 波減衰テスト, 閉眼 30 秒・開眼 30 秒×3 回), 30 分間の標的追従課題(Unimove), 3 分間の AAT, 10 分間のアクティブレスト(3 種類), 3 分間の AAT の合計 31 分間の計測を 1 サイクルとした. また, 計測の前後と負荷課題後に RAS(Roken Arousal Scale; 疲労・覚醒主観評価指標)の記入を計 3 回実施した.

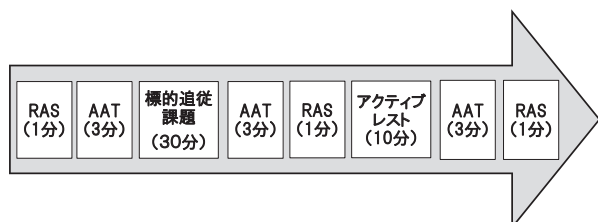


図 1 実験プロトコル

被験者は健康な大学生 6 名(男性, 年齢 20~23 歳)で十分なインフォームド・コンセントを得た後に実験を行った. 脳波・心電図の計測には多用途脳波計 EEG1100(日本光電)を用いた.

負荷課題には標的追従課題(Unimove)を用いた. Unimove は, パソコン画面上に 8 の字を描くようにマーカーがゆっくりと動いており, そのマーカーをマウスを用いて追従する課題である. マーカーとマウスのポイントとの距離を計算することで追従誤差を算出することができる. 精神疲労には, 様々な要因があるが, 今回は, 被験者に対して精神疲労を与える時に個人差の影響が少ないと考えられる単調作業にした.

また, アクティブレストにはウォーキングを用いた. ウォーキングは人が普段最も行う運動であり, 他の運動と比べて同じ運動内容でも運動に対する慣れなどに

よる個人差が少ないと考え採用した. ウォーキングの歩行速度は, 先行研究より個人差を考慮するために Vorg の RPE スケール表を用い, 15 段階尺度にあたる指標 7 と指標 14 の速度にした. (指標 7 は 1.0km/h ~ 2.0km/h, 指標 14 は 4.5km/h ~ 5.5km/h での歩行速度に該当する) また, 歩行との比較のために運動を行わずに安静座位での計測も行なった. 歩行はウォーキングマシン(Sports Art 6300)を用いて行なった.

3. 解析方法

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

脳波計測では, 国際式 10-20 法に従い, 被験者の頭部に電極の装着をおこない, C3, C4, O1, O2, A1, A2 により導かれる脳波を計測した.

計測した脳波に対してノイズ処理を行い, α 波帯域のパワースペクトルを算出した. そして閉眼ごとに平均を求め, 閉眼平均パワーを開眼平均パワーで割った値で表される覚醒度の指標値 α 波減衰係数(AAC)と定義し, タスク前後の覚醒度の評価指標として用いた. 閉眼時の α 波出現量が多く, 開眼時の α 波出現量が少ない時に AAC の値が大きくなり, 覚醒度が高いと言える¹⁾.

RAS は疲労・覚醒度を主観評定値によって定量化するために, 開発された主観評価手法である. 6 つの感覚尺度を 2 つの評価語の平均評定値によって評価する. これにより疲労・覚醒状態の変化ステージの分析が可能となる²⁾.

4. 結果

図 2~図 4 にアクティブレストの違いによる RAS の結果を示す. Unimove 課題の前後で比較すると, 眠気と注意集中困難, 意欲減退の項目が増加している. また, 全般的活性の項目は減少している.

アクティブレスト前後では, 眠気の項目が安静座位時よりも歩行を行った場合の方が大きく減少している. 注意集中困難や意欲減退の項目でも同様の傾向を見ることができる. リラックスの項目は速い歩行を行った場合のみ値が減少している. また, 全般的活性の項目は, 歩行を行うタスクの場合において値が大きく増加している.

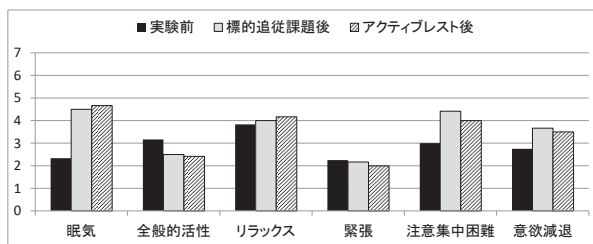


図2 RAS 結果(安静座位)

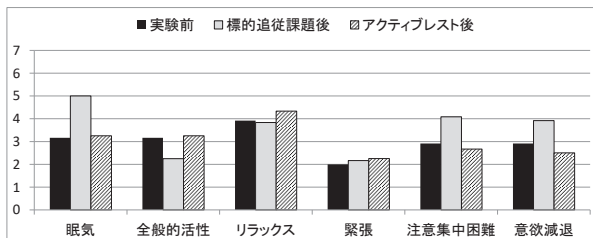


図3 RAS 結果(遅い歩行)

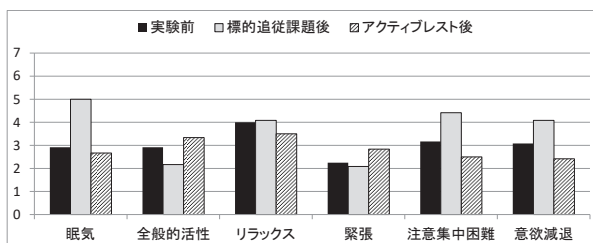


図4 RAS 結果(速い歩行)

図5にタスクのAATの結果を示す。標的追従課題の前後で比較すると、全ての条件においてAACの値が減少している。アクティブレスト前後で比較すると、安静座位を行った場合においてAACの値が減少しているが、ウォーキングを行った場合においてはAACの値が増加している。

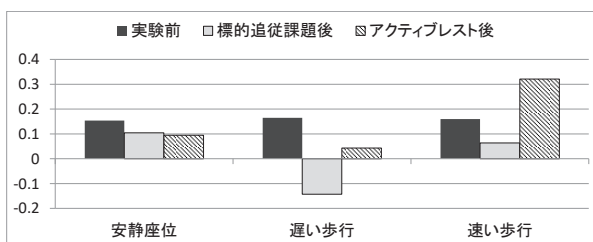


図5 AAC 結果

図6にタスクのAAT3分間のHFの結果を示す。標的追従課題前後では、すべてタスクにおいてHFの値が増加している。アクティブレスト前後では、すべてタスクにおいてHFの値が減少している。

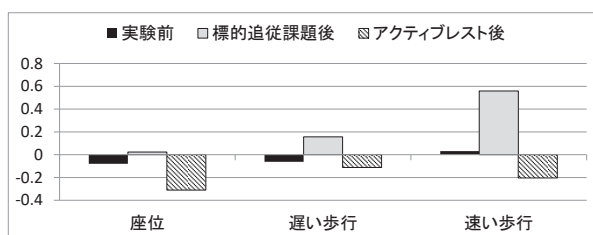


図6 HF 結果

5. まとめ

今回、精神疲労を与えるタスクとして Unimove を用いた。結果では、主観評価は、眠気や注意集中困難、意欲減退の項目が増加し、全般的活性が減少していた。生理評価はAACの値が減少し、タスクの前後で覚醒度が低下していることが分かった。このことから、30分のUnimove課題を用いることで被験者に疲労を与えることができたと考えられる。しかし、結果から主観評価のリラックスや、生理評価のHFの項目が増加していた。これらの増加から、単純にタスクを行うことでリラックスしている場合と、タスクが単調すぎて飽きてしまい、被験者がタスクに対して手を抜くことでリラックスできるような状態を作り出していた場合が考えられる。リラックスがどちらの意味を示しているか知るためには、Unimove タスクに対して被験者がどの程度追従できているか調べることで知ることができると考えている。

アクティブレストに関しては、主に安静座位とウォーキングを行った場合で異なる傾向が見られた。主観評価において、Unimoveによって増加した眠気や注意集中困難、意欲減退の項目は安静座位後では変化はほとんど見られないが、遅いウォーキングや速いウォーキングではこれらの項目が減少している。生理評価において、AACは、ウォーキング前後において安静座位を行った場合はAACの値に変化が見られないが、ウォーキングを行った場合はAACの値が増加していた。これらのことから、単調作業によって受けた疲労は、安静座位での休息よりも、ウォーキングを行った休息をする方が効果の高い休息をすることが出来ると考えられる。

6. おわりに

本研究では被験者の人数が6人と少なく、被験者の数を増やし統計的処理を加える必要があると考えられる。また、標的追従課題において被験者がどの程度課題を達成できているか調べ、主観評価や生理評価と比較する必要も考えられる。

参考文献

- 1) 萩原啓, 荒木和典, 道盛章弘, 斎藤正己: 覚醒度の定量的評価方法とその応用に関する研究, 精神神経学, Vol.99, No.1, pp.23-34 (1997)
- 2) 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それによる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)
- 3) 市原清志: バイオサイエンスの統計学, 南江堂 (1990)
- 4) 石村貞夫: 入門はじめての統計解析, pp.36-63 pp.140-245, 東京図書 (2006)
- 5) CHRISTOPHER N. WATLING, SIMON S. SMITH, and MARK S. HORSWILL: The effectiveness of nap and active rest breaks for reducing driver sleepiness, Society for Psychophysiological Research, pp1131-1138(2014)

連携作業における作業条件の変化がパフォーマンスに与える影響について

The influence of change of work condition in cooperated work and performance

酒井 潔, 森泉慎吾, 太子のぞみ, 臼井伸之介

大阪大学大学院人間科学研究科

SAKAI Kiyoshi, MORIIZUMI Shingo, TAISHI Nozomi, USUI Shinnosuke

*Graduate School of Human Sciences, Osaka University

1. はじめに

通信ネットワークが発達し企業間の連携に基づく分業化が顕著になった今日、人間同士で行う作業では連携先の相手の顔が見えないため、能力や誠実さなど作業相手の信頼性を直接評価しにくくなった。また部署や組織が異なった場合、作業の正確性を保つためにシステムでデータ連携し自動化する対策もあるが、相互の情報セキュリティ保護の問題もあって人間がその穴を埋める形になり、それがエラーや事故の要因にもなっている。エラーや事故対策は、モノづくりの観点から言えば“品質管理”が示すように結果を作りこむためのプロセスの管理(JIS Q 9001)が採用されている。しかし課題が変化する人間同士の連携作業では作業者の心理状態や作業成績(ex. エラーの多さなど)の影響を受けることで作業リズムは変わるため、常に最適な一定の作業リズムを確保し作業を安定させるには難しい。

以上のような連携先の相手の不透明さや、その相手によって作業リズムが変化しうる点は、人間が介在せざるを得ない連携作業の特徴の一つといえる。連携作業については、高信頼組織など作業信頼と作業効率との関係、作業リズムについては時間切迫と作業正確性との関係(Hollnagel,2006)など、効率や時間については単独での実証的な研究は行われている。しかし、これらを組み合わせて連携作業のパフォーマンスを検討した研究はない。そこで本研究では、連携作業における作業リズムや連携先の作業の質が作業パフォーマンスにどのように影響するかについて実験的な検証を行った。

2. 方法

2.1 実験参加者 大学生 24 名(男性 11 人, 女性 13 人, 平均 20.54 歳 $SD=1.71$)であった。

2.2 実験 課題は計算問題を用いた。構成は、実験者と階層Ⅰ、階層Ⅱという 3 層によって構成され、実験は階層Ⅰ、階層Ⅱの 2 つの立場から行い、この 3 層間

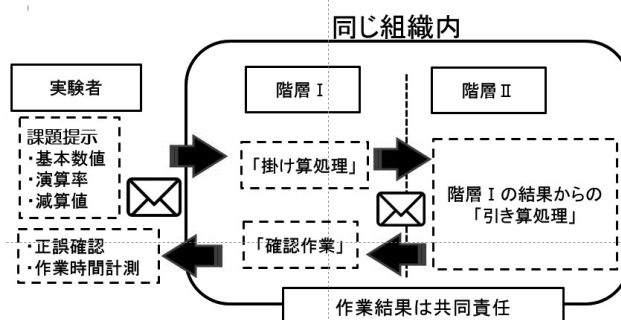


Fig.1 連携作業の教示イメージ

で 30 問の計算課題(5 桁の数値の演算)の結果を共有、処理するものであった(Fig. 1 参照)。具体的には、階層Ⅰは、実験者から指定された数値の掛け算処理を行う部署であり、階層Ⅱは、階層Ⅰが行った計算結果を基に、実験者から指示された引き算処理を行う部署であった。階層Ⅱで処理された計算結果は、階層Ⅰに戻され正誤の確認を受けたのち、実験者に最終結果として報告されるという流れが全体の構成であった。今回の参加者は階層Ⅰのみ担当し、階層Ⅱはプログラムでコントロールした。また参加者には「別室にいる別の参加者が階層Ⅱを担当しており、課題成績によって実験後の謝礼が異なる」という虚偽の教示を行った。課題は、M/sAccess2013 を VBA でコントロールしたプログラムを用いた。

2.3 作業リズム 予備実験の結果から、階層Ⅱから“一定のリズム(10 秒/問)”, “乱れたリズム(12 秒/問, 8 秒/問交互)”, “後半に作業が集中するタイムプレッシャー(以下 TP) リズム(前半 12 秒/問, 後半 8 秒/問)”の 3 条件を設定した。参加者内要因であり、条件の提示順はカウンターバランスした。

2.4 作業相手(階層Ⅱ)の作業の質 参加者間要因として、ほぼ正確(30 問中 1 問の間違い)な計算結果を送信する群(12 名)と、間違いの多い計算結果(30 問中 4 問の間違い)を送信する群(12 名)の 2 つに分けて階層Ⅱの作業の質を操作した。なお、

間違いの送信は作業後半（20 問目以降）に集中するよう設定した。

2.5 実験デザイン 相手の作業の質（良／悪）×作業リズム（一定／乱れ／TP）×時期（作業前半／作業後半）の 3 要因混合計画であり、要因ごと入力作業（7 分 30 秒）と確認作業（5 分）の連続処理を 1 セットとした。

2.6 手続き 実験参加者ごとに 3 要因を入れ替えて、それぞれ 3 セット行った。入力作業と確認作業の間のシステム切り替えの間に計 7 回の質問紙調査を行い、焦燥感や他作業者の信頼感等の心理評定の調査を行った。尚、参加者へは、実験条件の内容やリズムについての教示はしていない。

3. 結果

課題成績について、確認の作業時間、課題正答率、計算結果確認率を分析指標とした。相手の作業の質（良／悪）、リズム（一定／乱れ／TP）、時期（作業前半／作業後半）を独立変数、確認指標（作業時間／エラー／不正解）従属変数とした 2 要因分散分析を実施した。その結果、平均作業時間については時期の有意な主効果があり（ $F(1, 122) = 39.99, p < .001, \eta_p^2 = .65$ ）、作業前半（ $M = 7.21$ ）よりも後半（ $M = 9.06$ ）の確認時間が長かった。

課題を時間内に処理できなかったエラー（未処理）については、リズムの有意な主効果があり（ $F(2, 40.19) = 7.24, p < .01, \eta_p^2 = .25$ ）、多重比較の結果、一定（ $M = 1.000$ ）の場合と比較して、乱れ（ $M = 2.625$ ）や TP（ $M = 2.542$ ）の場合のエラー数が有意に増加した（順に、 $p < .01, p < .05$ ）。また不正解については、リズムと時期の有意傾向の交互作用があった（ $F(2, 44) = 2.68, p = .08, \eta_p^2 = .11$ ）。時期の単純主効果の検定の結果、乱れ条件のみ、作業前半よりも後半の不正解が有意に多かった（ $p < .01$ ）（Fig. 2 参照）

4. 考察

4.1 作業時間について 作業条件の違いによって前半の平均時間が大きく変わらないのは、実験者が送り手

との信頼をどう構築するかを探り、相手の作業能力を模索するため作業に集中していることがうかがえる（中谷内,2014）。しかし後半になると作業リズムを見極めたこと及び疲労のため、トレードオフが発生し作業ペースが落ちたと考えられる。

4.2 不正解について 我々には個人特有の快適な動作速度が存在し、“外的に速度を規制された場合は、生理的および心的負荷が与えられるものと考えられる”（成瀬,2005）とされている。今回の実験結果により、最終確認作業における不正解について、リズムと時期の有意傾向の交互作用があり、乱れ条件のみ作業前半よりも後半の不正解が有意に多かったことは、前工程で作る作業リズムが後工程に影響していることがうかがえる。また後半に課題が集中し作業を圧迫する TP の場合は、絶え間なく送られてくる課題に対しリズムを感じている暇なく集中して作業を行ったため、かえって不正解が予想より少なかったと考えられる。しかし乱れの場合に最も不正解が多いという結果は、作業リズムが自分の作業リズムに合わなかったため集中力が低下したのか、合わないリズムによって疲労が増幅されて集中力が低下したのか、作業後半の締め切り時間を意識したのか、その原因がこの段階では判断がつかなかった。

以上のことから、人間が介在する連携作業では、連携相手への作業の信頼構築の模索が行われ、その結果が後半のパフォーマンスに大きく影響していることがうかがえるが、同時に前工程の作業リズムのあり方がその後のエラー発生にも影響することがうかがえる結果となった。しかしながら本研究は次の階層 II での実験（階層 I からの仕事を受けて引き算処理をして階層 I に戻す）が残っており、同様の傾向が見られるかどうか、また全体を通して連鎖や影響があるのかを確認・検証する必要がある。

参考文献

- 1) 中谷内一也：信頼の心理学，第 39 回日本香粧品学会特別講演 II (2014)，日本香粧品学会誌 38(4)，244-249，2014
- 2) Erik Hollnagel：ヒューマンファクターと事故防止，小松原明哲監修，相発的自己モデル，163-172，海文堂，東京，2006
- 3) JIS Q 9001:2015 (ISO9001:2015) 品質マネジメントシステム，要求事項 8.1 運用の計画および管理，日本規格協会，東京，2015
- 4) 成瀬九美：異なる動作速度が遂行時の快感情に及ぼす影響，日本生理人類学会誌 10(4)，161-168，2005

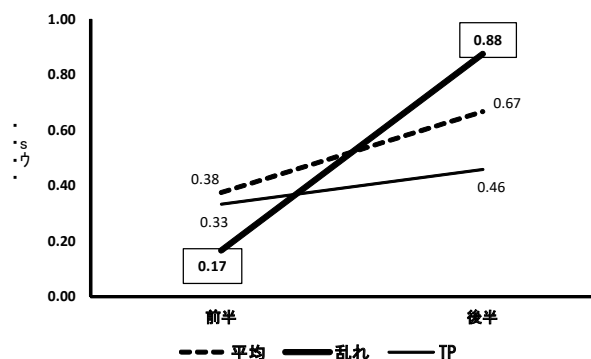


Fig. 2 作業リズム・時期別の不正解率

生理指標に基づく緊張ストレス状態の推定モデルの構築

Modeling to Estimate Mental Stress Level based on Physiological Indices

○荒木大翔*, 有馬正和*

*大阪府立大学大学院工学研究科

ARAKI Hiroto*, ARIMA Masakazu*

*Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1. はじめに

近年、安全・安心な社会を実現するためのさまざまな取り組みが進められ、公共交通機関におけるヒューマンエラーの防止や高齢者介護施設／医療機関での予期せぬ事故を未然に防ぐためのヒューマン・モニタリング技術が注目を集めている。国土交通省は、JR 福知山線の列車脱線事故を重視し、「予防安全型技術」の必要性を訴えて「公共交通に係るヒューマンエラー事故防止対策検討委員会」を設置し、平成 18 年 4 月に最終報告書を公表している¹⁾。その中で、運転者の心身状態の兆候を検出して、潜在的危険状態を予測・評価するモニタリング手法の開発が喫緊の課題であると纏めている。海上交通機関では、日本近海において輻輳海域が多く存在するなか接触や沈没事故などが発生し、海上交通機関の安全性確保は特に重要な課題となっている。海難事故における原因として「見張り不十分」や「操船不適切」、「居眠運転」などの運航に係る人為的要因が 76%(平成 27 年度)を占めており²⁾、船員のヒューマンエラー低減が海難事故低減につながると考えられる。

ストレスやリラックス状態の評価として心拍変動性指標がよく用いられるが定性的な評価であり、定量的な評価は困難なことが多い。そこで本研究では、時間的切迫感のある単純加算作業中の生理的反応を計測・解析し、それら生理指標に基づいた緊張ストレス状態の推定モデルの構築を試みた。

2. 方法

ストレス度と生理指標の関係性を見るために、安静状態とストレス状態で心電図計測を行った。実験の手順を以下に示す。

- (1) 0~300 秒 : イスに座る (安静状態)
- (2) 300~1200 秒 : 内田クレペリン検査を行う (ストレス状態)
- (3) 1200~1500 秒 : イスに座る (安静状態)

ストレス状態をつくりだすために内田クレペリン検査³⁾を行った。図 1 のような用紙を用いて簡単な一桁の足し算を 1 分ごとに行を変えながら、一定時間計算を行う検査である。内田クレペリン検査は連続加算法を用いた心理試験で広く用いられており、時間的切迫感などからくる緊張を得ることができると考えた。実験終了後に採点を行い、回答数と誤答率を算出し生理指標との比較を行った。

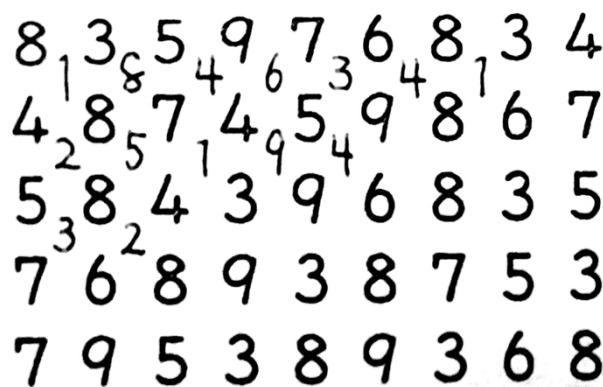


図 1 内田クレペリン検査用紙

2.1 ストレス度の評価

ストレス度の評価として、質問紙法を基に作成した質問表を用いて主観的ストレス値の測定を行った。用いたストレス評価表を図 2 に示す。ストレス評価表には「全く感じない」から「極めて感じた」までの 5

段階に分かれた評価が書かれており、被験者は感じたストレスの大きさによって直線上に線を記入するというものである。実験終了後、「ストレスを全く感じない」を0、「ストレスを極めて感じた」を4、またそれらの間を線形として線が記入された位置からストレス度を算出した。

ストレス評価表の記入は1分ごとに行い、内田クレペリン検査時は1分ごとの各行終了時に記入を行っている。

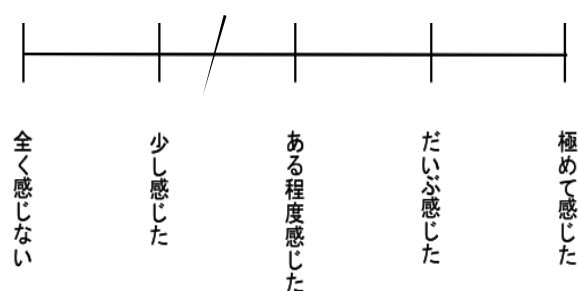


図2 ストレス評価表

2.2 心拍変動性指標

得られた心電図波形より R 波の間隔を抽出し、その心拍変動の時系列データにおいてスペクトル解析を行うことにより、パワースペクトル密度関数が算出される⁴⁾。図3に示すように、パワースペクトル密度関数には低周波と高周波にピークが見られ、この低周波成分を LF、高周波成分を HF という。

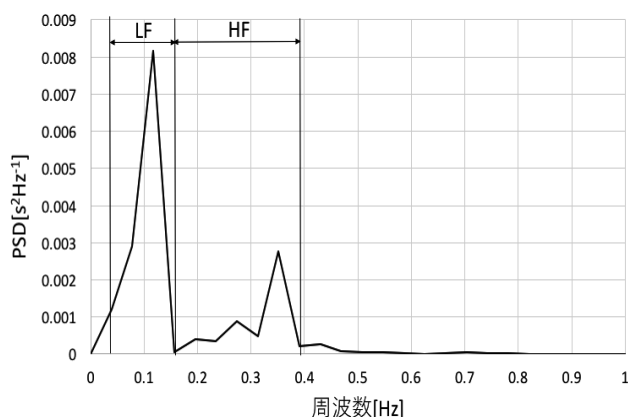


図3 パワースペクトル密度関数

心拍変動は交感神経および副交感神経の活動を反映

することが知られている。本研究ではこの LF と HF を用いて算出する交換神経活動指標（以後、SNS という）を導入して心拍変動の評価を行った。SNS は以下の式で算出される。

$$SNS = \frac{\sum LF}{\sum HF} \quad (1)$$

一般にストレス状態にあると交感神経が活性化し SNS が上昇、リラックス状態にあると SNS が減少することが知られている。

3. 実験結果

被験者は、健康な男子学生 3 名（21～24 歳）であり、得られた結果を図4～7に示す。また、ここで SNS は 30 秒ごとの心電図波形より 25.4 秒間の算出を行い、60 秒分の合計を出力している。

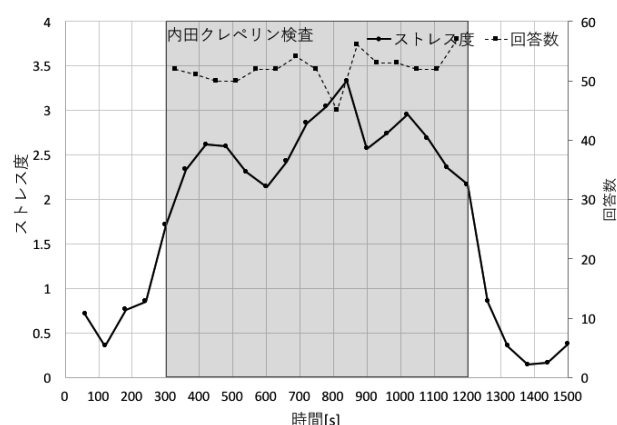


図4 ストレス度と回答数の時間変化（被験者 A）

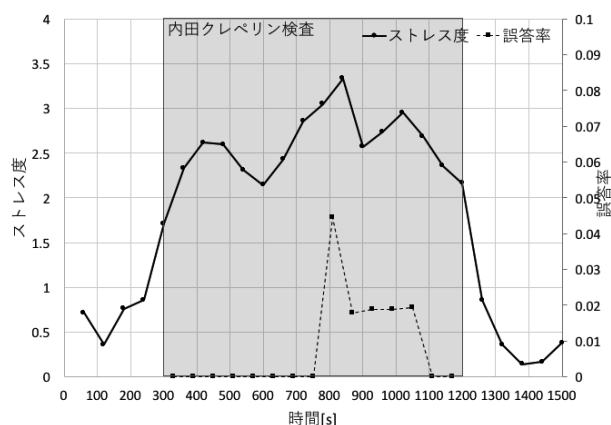


図5 ストレス度と誤答率の時間変化（被験者 A）

図 4 より内田クレペリン検査中のストレス度が上昇している時間帯に回答数が減少していることが、また、図 5 よりストレス度が上昇している時間帯に誤答率が増加していることがわかる。他の被験者においても同様の傾向が見られた。ストレス度の上昇は作業効率の低下やミスの原因になりうると考えられる。これらよりストレス度を推定することによりヒューマンエラーの防止に繋げることができると考えられる。

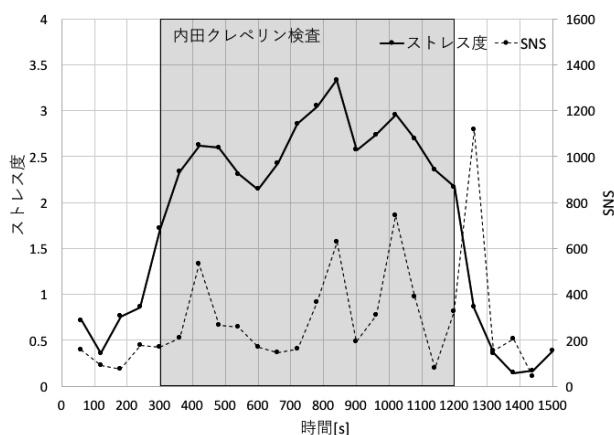


図 6 ストレス度と SNS の時間変化（被験者 A）

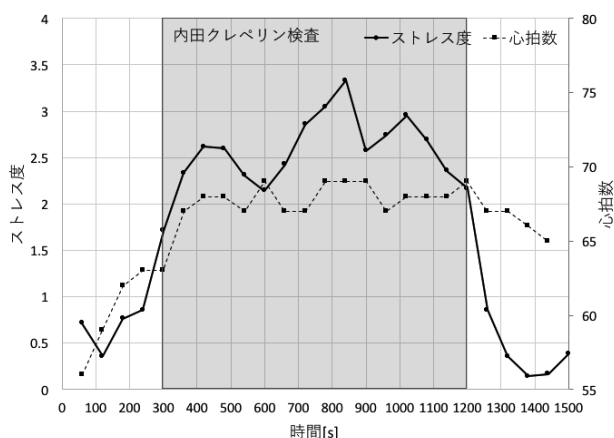


図 7 ストレス度と心拍数の時間変化（被験者 A）

図 6, 7 より SNS および心拍数は時間的なズレはあるもののストレス度と同様の挙動がみられた。これは緊張ストレス状態における生理的反応を解析した過去の報告とも一致している⁵⁾。他の被験者においても同様の傾向が得られたことより、SNS と心拍数の変化量を用いてストレス度の変化量の推定を試みた。

4. 推定モデルの構築

ストレス度の変化量を目的変数、心拍数と SNS の変化量を説明変数として重回帰分析を行った。また、SNS および心拍数とストレス度の時間的なズレを考慮するために相互相関関数を算出し、相関が最大になるようにしている。ストレス度の変化量は以下の式で表される。

$$\frac{dY_s}{dt} = a \frac{dX_h}{dt} + b \frac{dX_s}{dt} + c \quad (2)$$

ここで、 Y_s : ストレス度、 X_h : 心拍数、 X_s : SNS、 a 、 b : 偏回帰係数、 c : 切片である。

重回帰分析の結果を表 2 に示す。

表 2 重回帰分析結果

	偏回帰 係数 a	偏回帰 係数 b	切片 c
被験者 A	0.130	5.154×10^{-5}	-0.062
被験者 B	0.053	-2.985×10^{-4}	0.073
被験者 C	0.021	-6.271×10^{-4}	-0.005

(2)式を用いて、1 分前と現時点の心拍数と SNS の変化量から 1 分後のストレス度の変化量の予測を行った。実際のストレス度の変化量と推定量の差を算出したものを図 8～10 に示す。

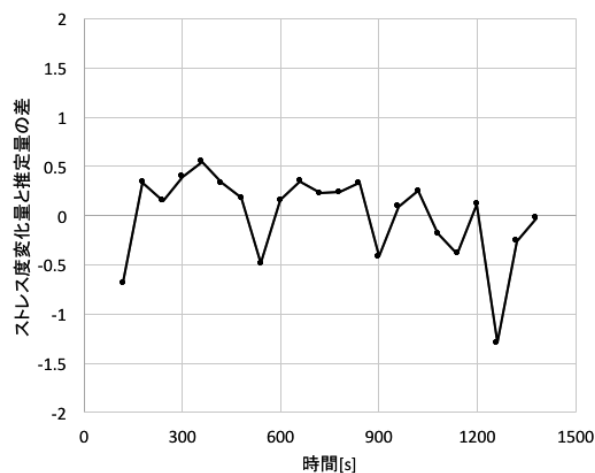


図 8 ストレス度変化量と推定量の差（被験者 A）

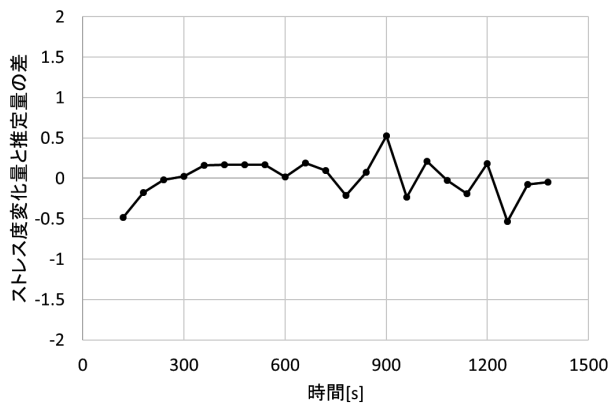


図9 ストレス度変化量と推定量の差（被験者 B）

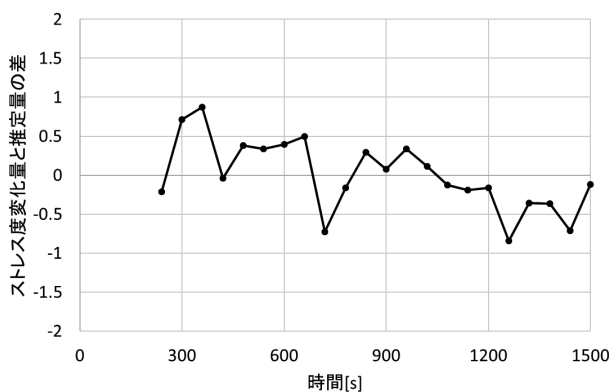


図10 ストレス度変化量と推定量の差（被験者 C）

ストレス度変化量と推定量は概ね差が ± 0.5 以内で推定されている。またいずれの被験者においても 1260 秒において差が大きくなっているが、この時点においてストレス度が減少しているにも拘らず、SNS が大きく増加していることが原因であると考えられる。1260 秒は内田クレペリン検査終了直後であり、ストレス解放時には別の指標を加えた推定が必要であると考えられる。

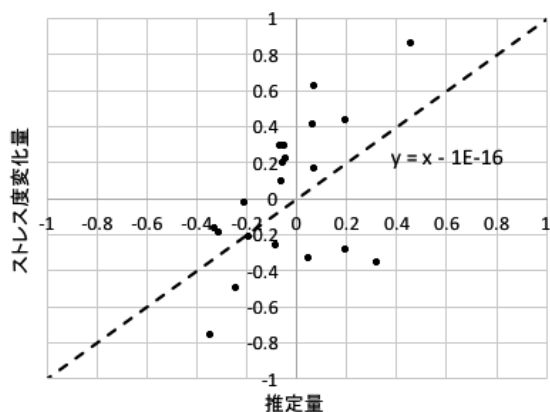


図8 ストレス度変化量と推定量の関係（被験者 A）

図 8 は、ストレス度変化量と推定量の散布図をとったものである。図より多少ばらつきはあるものの傾向は表現できていると考えられる。

5. まとめ

本研究では、生理指標に基づいた緊張ストレス状態の推定を試みた。主観的なストレス度と内田クレペリン検査の結果より、ストレス度の上昇に伴った作業効率の低下やミスの増加が見られた。ストレス度を推定することでヒューマンエラーの予防になると考えられる。心拍数および SNS とストレス度を比較したところ時間的に多少ズレはあるものの同様の傾向を示していた。そこで心拍数と SNS の変化量よりストレス度の変化量を推定したところ、ばらつきはあるものの傾向は表現できていると考えられる。内田クレペリン検査終了後のストレスから解放された時点において主観的ストレスと SNS の増減に大きな差があり、別の指標を加えた評価の必要性が示された。また、モデルの妥当性を検証するためにより多くのデータ収集が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省:公共交通に係るヒューマンエラー事故防止対策検討委員会最終とりまとめ(2006).
<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/01/010426/01.pdf>
- 2) 海上保安庁:海難の現況と対策について(2016).
<http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h28/k20160316/k160316-2.pdf>
- 3) 日本・精神技術研究所:内田クレペリン検査.
<http://www.nsgk.co.jp/sv/kensa/kraepelin/>
- 4) European Society of Cardiology: Heart rate variability, European Heart Journal, pp.354-381(1996).
- 5) 脇水俊行, 岡部直樹, 有馬正和: ヒューマン・モニタリングシステムの開発-集中力低下状態の検出について-, 平成20年度日本人間工学会関西支部大会 講演論文集, pp.65-68(2008).

エルゴデザインのフレームワーク

Framework of ergodesign

山岡俊樹

京都女子大学家政学部

Yamaoka Toshiki

Department of Apparel and space design, Kyoto Women's University,

1. まえがき

デザインの扱う対象が複雑化し，人間工学と一体化したエルゴデザインの重要性が上がっている．著者はデザインと人間工学が融合した学問領域をデザイン人間工学と定義している．このエルゴデザインはデザイン人間工学の概念の中に包含される．

2. エルゴデザインの概念

エルゴデザインは，HMI の人間側の視点から人間工学に基づいてデザインをする概念・方法と定義する．ISO9241-210 の人間中心設計と同類の概念と捉えている．モノ作りでユーザのことを考えてデザインするのは当然と思われるが，使いづらい我々の身の回りにある製品やシステムが多くある．その原因は下記のとおりである．

- ①デザイナーやエンジニアが人間工学の知識がない．
- ②人間工学に基づくデザインの方法が知られていない

本稿では上記②について，著者の提案している方法を報告したい．著者は HMI の 5 側面を提案しているが，エルゴデザインはこの 5 側面と関係が深く，特に身体的側面と頭脳的側面に絞って述べる．また，ブル代数を活用した評価方法も紹介したい．

3. 身体モデル

HMI の身体的側面に対応するモデルである．基本的な考え方は，ユーザの自然な操作姿勢に対応するように機器の形状を決めることである．この姿勢を身体モデルである．図 1 は腕と手の身体モデルから検討すると(b)の方のデザインが良いと判断される．図 2 は座位における身体モデルで，これを基本に監視操作卓や

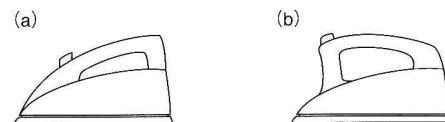


図 1 ハンドルと手との適合性¹⁾

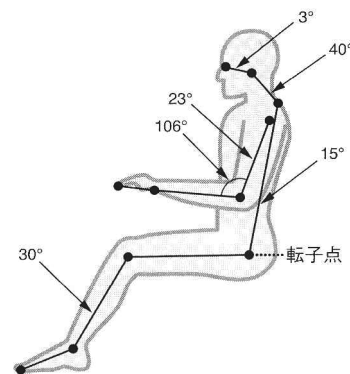


図 2 身体モデル²⁾

VDT などのデザインをおこなう．その手順は以下の通り．

- ①身体モデルを決める．
- ②目の位置を決める．
- ③目の変動域を決める．
- ④視線の傾き(15度)を決める．
- ⑤行うタスクにより視距離を決める．
- ⑥情報検索の最適視角(横 35°，縦 20°)から，表示ディスプレイのサイズ決める．これにより視距離が定まるので，視距離×1/200 より，大体の表示文字サイズが定まる．
- ⑦指先点を決める．指先点から入力装置の位置が定まる．
- ⑧ユーザとデスクとの距離を決める．
- ⑨下腿が 30 度まで曲げられるように足先点からデスクの脚空間を決める．

4. メンタルモデル

メンタルモデルはユーザの持つ操作イメージと定義する。メンタルモデルには Structural Model と Functional Model があるが、この 2 つのモデルに Temporal Model(時間モデル)を追加する。前者の 2 つのモデルは主に空間に係るが、これに時間軸を追加して、時空間において対応できるように考えた。最近、この時間モデルに関係する事例を見ることができる。例えば、地下鉄の駅や羽田空港内での行き先に対して、そこまでの距離を示している事例が増えてきている。この距離はある意味では時間を示すことでもあり、案内する情報が複雑になると先の 2 つのモデルだけでは不十分な情報となり、時間モデルを追加して、ユーザに対してストレスを無くすように配慮している。

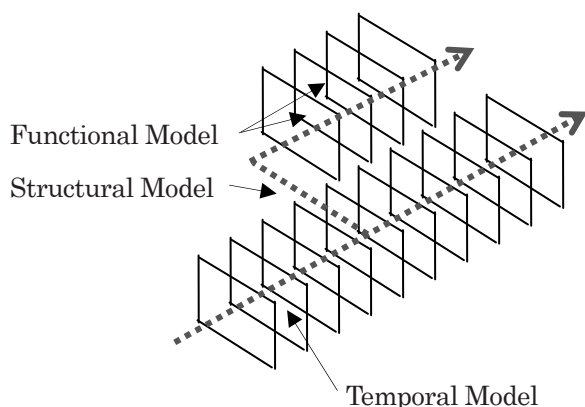


図3 メンタルモデルの構造

ユーザインタフェースデザイン他を検討する際、ユーザのメンタルモデルに基づいてデザインを行う必要がある。メンタルモデル構築には以下のプロセス³⁾を踏む。

①プランニング

操作目標を達成するために、自分が何をすべきかわかる。

②システムの振舞予測

機器を操作する時、その機能の使い方やどのような動作をするか想定できる

③システムの要素間の相互作用

機器のパーツ間の関係や画面の階層構造が理解できる。

④表示の理解

機器やその画面に表示されている用語や内容を理解できる。

⑤状況の理解

操作中、機器がどのような状態なのか理解することができる。

5. ブール代数アプローチを活用した評価方法

ブール代数アプローチはクワインマクラフスキー (Quine-McCluskey)法を活用した方法である。この方法はブール代数の吸収則を基本の計算として開発された。このアプローチを使った身体モデルとメンタルモデルに関するユーザビリティ評価のアルゴリズムは以下の通りである。

①マトリックスの列頭に評価する製品を配置し、行頭に評価項目と総合評価 (ユーザビリティ評価) を配置した真理表を作成する。

②各セルに評価項目が該当する場合に 1 を、そうで無い場合は 0 を記入する。総合評価が良ければ 1、そうで無い場合は 0 を記入する(表 1)。

③評価項目をアルファベットの文字にし、1 ならば大文字、0 ならば小文字にして、最少項を求める。

表 1 真理表

操作画面	レイアウト(L)	用語 (T)	メンタルモデル (M)	総合評価 (Z)
製品(1)	0	0	1	1
製品(2)	1	1	0	0
製品(3)	1	1	1	1

最少項: ltM, LTm, LTM

④総合評価 1 の項目に絞り、最小項に含まれる大文字の個数に従って分類する。大文字の個数が 1 つだけ違う最小項を総当りで、吸収則を適用する。

⑤変数を減じた最小項に対して、更に縮約を行う。

⑥最小個数の変数に縮約された論理積項を主項という。得られた主項による論理式には、まだ冗長な主項が残っている可能性があるため、主項表により省く。

引用文献

- 1) 山岡俊樹: デザイン人間工学の基本, p97 (2001).
- 2) 山岡俊樹: デザイン人間工学の基本, p 2 4 8 (2001).
- 3) 土井俊央, 富永彩容子, 山岡俊樹, 西崎友規子: 操作時のメンタルモデル構築要素についての一考察, デザイン学研究, 58(5), pp53-62, (2012)

スマートフォンを用いた足形状データ収集システム

The foot shape measurement system using a smart phone

○平田一郎*, 後藤泰徳*

*兵庫県立工業技術センター

HIRATA Ichiro*, GOTO Yasunori*

*Hyogo Prefectural Institute of Technology

1. はじめに

本研究では、ユーザに最適なランニングシューズを提案するため、ユーザの足形状を容易に計測する方法について検討している。足の寸法を測定する方法として、これまでに「3D スキャナを応用した測定装置（以降、3D スキャナ装置）」が活用されている¹⁾（図 1）。この装置を用いることにより、ユーザの①足長、②足囲、③かかと幅、④足高、⑤アーチ高、⑥かかとの傾斜角度、⑦第一趾側角度（親指の曲がり具合）の 7 項目の測定が可能である。しかし、この測定装置が置いてある店舗やラボにユーザが出向いて測定する必要がある。計測装置が置かれている店舗は限られているため、サービスを受けられるユーザも限定されてしまう。そこで計測装置のない場所でもユーザの足形状を簡単に計測可能な方法について検討した。どこでもユーザの足形状を測定できれば、より多くのユーザの利用が期待できる。本稿では、これまでに実施した「スマートフォンを用いた足測定システム」について述べる。

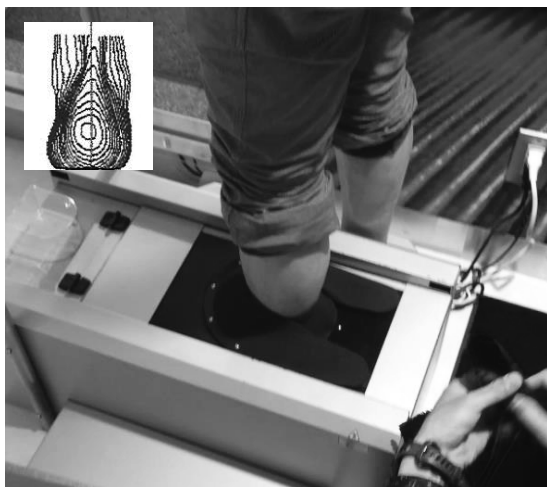


図 1 3次元足スキャナを応用した計測方法

2. 方法

3D スキャナの代わりとして、スマートフォンに搭載されたカメラを利用する方法について検討した。最初に、画像を活用して身体部位を計測する方法を調査した。調査の結果、デジタルカメラの画像を用いた方法²⁾と、2次元イメージスキャナを用いた方法³⁾の先行研究があることがわかった。

デジタルカメラを用いた事例では、足部のアライメント（骨や関節の配置）評価の方法として画像を用いている。この手法では、足の第1中指関節内側、舟状骨粗面、足関節内果に印を付けてデジタルカメラで撮影し、撮影画像の歪みを補正した後に足の関節角度や各部位間距離を算出している。

2次元イメージスキャナ（以降、スキャナ）を活用した事例では、スキャナの上に置いた手の画像（手掌面画像）から、指先やシワの端点などの特徴点間距離を検出して手寸法の計測を行っている。さらに、この手法で取得した寸法値を参考にしながらゴム手袋のマスターモデルとして三次元のハンドを生成した研究もある⁴⁾。

以上の先行研究を参考にして、撮影方法や測定ポイントの検出方法などについて検討しながらスマートフォン用のアプリケーションを開発した。

3. 計測用アプリケーション

スマートフォン用のアプリケーションを開発するにあたり、様々なカメラ・画面解像度の端末の中から基準となるモデルを選定した。国内での流通量が比較的多い XperiaZ2(画面サイズ:1920×1080 ピクセル、背面カメラの有効画素数約 2070 万画素 裏面

照射積層型 CMOS イメージセンサーを搭載)を基準モデルとして用いた。

計測箇所については 3D スキャナ装置で取得可能なデータとの互換性を保持することを想定し、前述の 7 項目の計測が可能となるよう調整した。3D スキャナ装置で測定する際は、ユーザが立位状態(立った状態)で計測するため、スマートフォンで足を撮影する場合も立位状態で撮影可能な方法とした。例えば、踵の倒れ角度計測の場合、ユーザは立位状態で自身の足の背部をフロントカメラで撮影する。撮影後に表示されるプレビュー画面でユーザが踵の倒れ角度を指定する。指定方法は、画面に表示される十字のインジケータを踵中心部にドラッグする。次に表示される垂直のバーを下腿の中心に沿うようドラッグすると倒れ角度が表示される仕組みになっている。

①足幅、②足長、③足高、④アーチ高(図 2)については、スマートフォンに内蔵されている各種センサや画像処理機能を複合的に活用した自動計測方式で数値が算出される仕様とした。計測部位ごとにナビゲーションに従って足の各部位を撮影すると、それぞれの計測部位を即時に自動計算し、表示する仕組みになっている。

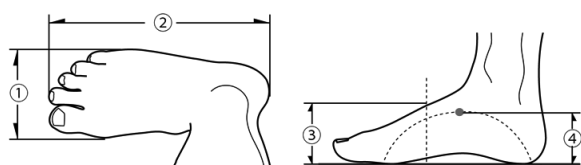


図 2 スマートフォンを用いた測定箇所

4. まとめ

本稿では、ユーザに最適なランニングシューズを提案するためのツールとしての「スマートフォンを用いた足測定システム」について述べた。今後は、スマートフォンの機種によって異なるカメラ性能や画面の解像度への対応策について検討する。また、ユーザによる測定実験データを集めることで、測定精度の確認とその向上を図る方法を計画している。本研究は、個人向けのテーラメードランニングシューズを設計・生産

して供給するシステムでの活用を考慮しており、スマートフォンから取得されたユーザの足に関する情報をもとに、最適なシューズを設計するための「シューズ選択・設計ナビゲーションシステム(図 3)」の構築へと展開していく予定である。

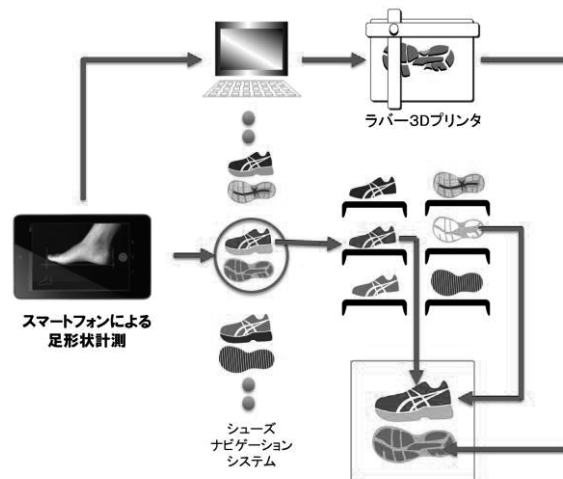


図 3 シューズ選択・設計ナビゲーション

謝 辞

本研究は、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 革新的設計生産技術「リアクティブ 3D プリンタによるテーラメードラバー製品の設計生産と社会経済的な価値共創に関する研究開発」の研究の一部として実施しました。

参考文献

- 1) <http://www2.asics.co.jp/running/measure-list/footid/>
- 2) Cobb SC, James CR, Hjertstedt M, Kruk J : A digital photographic measurement method for quantifying foot posture-validity, reliability, and descriptive data, J Athl Train, Jan-Feb, 46(1): pp.20-30 (2011) .
- 3) <http://www.dh.aist.go.jp/jp/research/centered/handmetrix/>
- 4) 横山詔常,宮田なつき,橋本晃司,倉本文久,佐々木憲吾,打田澄雄,河内まき子,持丸正明: 既存手袋が適合する手の三次元形状モデルの生成手法, 人間工学 Vol49 No.4, pp. 161-169 (2013) .

高齢者市場に向けた家庭日用品の開発事例紹介

Case Study on household goods for the elderly market

○河内義晴*, 山岡俊樹**

*東和産業株式会社,**京都女子大学家政学部

KOUCHI Yoshiharu*, YAMAOKA Toshiki**

*Towa Industry Co., Ltd. ** Faculty of Home Economics, Kyoto Women's University.

1. はじめに

現在 65 歳以上の高齢者を含む世帯は総世帯の約 46% を占める¹⁾。また共働き世帯の増加²⁾により、今後は高齢者が家事を担当する場面が増えると考えられる。それに伴い家庭日用品業界でも、高齢者に配慮した製品のニーズが高まっている。

本稿では、家庭日用品の開発製造を行う東和産業株式会社の角ハンガーの開発事例を報告する。

2. 操作力低減ピンチ（洗濯バサミ）

一般的なピンチ（洗濯バサミ）の操作力は 14N 前後だが、まとめ洗いや大家族などでは 1 回の洗濯で連続的に 100 回もピンチの開閉を行う場面もある。

また高齢者のピンチ力を調査した研究^{3) 4)}からも、14N という操作加重では、親指と人差し指のみでは操作できないユーザが存在すると考えられた。

2011 年東和産業株式会社ではピンチの操作部を長くし、テコ比を改善する事で、衣類の保持力を変えず従来品の約 40%の操作力で開閉できるピンチと、そのピンチをつけた角ハンガー（ピンチ付き洗濯ハンガー）を発売した（図 1）。

高齢者やリウマチ患者の方などから一定の評価を受けたが、一方で角ハンガーは「キャッチ（物干し竿を掴む部分）の操作加重が重い」、「ピンチが絡む」、「製品が重たい」などの声を頂きリニューアルする事となった。

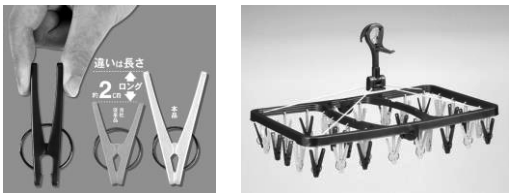


図 1 操作力低減ピンチ（右）と角ハンガー（左）

3. 高齢者洗濯実態調査

高齢者の洗濯の実態を調査する目的で、大阪産業創造館主催の高齢者モニタ会にて、高齢者 122 名（53 歳から 88 歳、女性 87 名、男性 35 名）に角ハンガーを触ってもらいアンケートに答えて頂いた。

この年代の男性で主に洗濯をすると回答された方は 4 名 (11%) で、他は配偶者や家族がするとの結果だった。しかし女性は 70 歳以上の方でも、主にご本人が洗濯を行うと全員が回答されており、高齢者のみの世帯以外でも、家庭に残っているご高齢の女性に洗濯の役割が回ってきてしまうなどの回答が得られた。

「洗濯について辛いと思う作業」、「その理由」をクロス集計した結果、辛い作業で「洗濯機から洗濯物を取り出す作業」13 名中 6 名 (46%) がその理由として「腰に負担がかかる」、辛い作業「ピンチで洗濯物は干す作業」30 名中 9 名 (30%) が理由を「手を高い位置に上げる作業」を回答するなどが見られた（図 2）。

このため、メインターゲットを高齢女性とし、女性の回答が多かった「手を上げる作業」に着目して製品開発を行う事とした。

	腰に負担がかかる作業がある	移動が長い	握力が必要な作業がある	時間がかかる	手を高い位置に上げる作業がある	見えづらい作業がある	バランスを取る作業がある	作業する場所が狭い	作業する場所が寒い(寒い)	その他	合計
単位(人)	33	16	18	46	36	4	11	10	23	21	155
洗濯機から取り出す作業	6	1	1	3	3	0	0	1	2	2	13
物干し場まで洗濯物を運ぶ作業	11	10	2	5	8	1	1	1	3	4	32
ピンチで洗濯物をつまむ作業	2	1	7	8	9	1	3	2	5	2	30
竿にハンガーを掛ける作業	9	1	4	6	6	1	3	1	4	3	23
洗濯物を取り込む作業	2	1	2	7	4	1	1	3	4	4	23
洗濯物をたたむ作業	3	2	1	16	6	0	2	1	3	3	28
その他	0	0	1	1	0	0	1	1	2	3	6
特に無	0	0	1	1	0	0	1	1	2	3	21

図 2 洗濯について辛いと思う作業とその理由クロス集計（複数回答可）

4. 物干し竿の高さ

物干し竿の高さは、従来は最上段が 171cm 前後の物が多く、近年では集合住宅やベランダでは、景観や洗濯物の落下防止の観点から、91cm 前後の腰の高さに接地される場合がある⁵⁾。

高い位置の竿では、小柄な女性では不自然な体制になる傾向が強く、また低い竿では大柄な男性が同様に不自然な姿勢になると考えられる。

5. 製品仕様

製品のコンセプトは従来から引き続き、軽い力で楽に利用できる事とし、好評だったピンチは変更せず、角ハンガーフレームとキャッチ部を変更する事

とした。

キャッチ部は、角ハンガーの自重で抜け止めのカムが作動する方式とし、角ハンガーの下方にグリップを設けて、手を上げてキャッチを操作する作業を排除した。

またフレームは CAE を用いて加重に対するたわみ量は従来同等で、約 9%軽量化した。同時に角ハンガーのピンチの絡みを低減する目的で、ピンチを挟み込みにくい、上に折れる形で折りたためる構造とした。(図3)

軽量化とグリップを追加した事により、作図による検討では身長約 165cm の作図人体像が 171cm の竿に角ハンガーを掛ける動作をした場合には、肩周りのトルクが約 22%軽減された。

低い竿に対してもバネ式のキャッチを廃止した事で、自然な姿勢で竿にかけられる構造とした(図4)。

金型完成後に試作品で行った社内モニタ調査では(20代から70代、女性21名、男性7名)、SD法による5段階評価で、使用感が良い32%、どちらかと言えば良い47%、どちらとも言えない14%、どちらかといえば悪い7%、悪い0%、との結果だった。

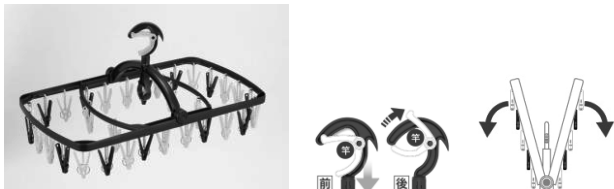


図3 リニューアル角ハンガー(左),キャッチ部(中),折りたたみ方向

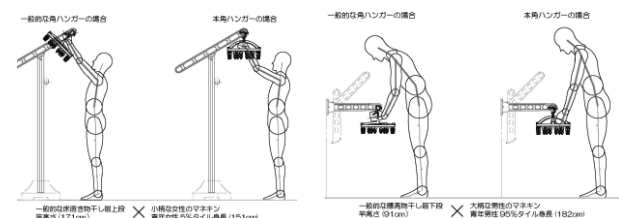


図4 高竿に掛ける姿勢(左),低竿に掛ける姿勢(右)

6. パッケージ訴求

本ピンチはリニューアル前の製品で人間工学グッドプラクティスデータベースに登録して頂いた事から、営業からパッケージでも人間工学を訴求したいとの要望があった。また日用品業界ではユニバーサルデザインの認知度が高く、どちらを訴求すべきか判断する目的でインターネット調査によるアンケートにて調査を行った(20代から70代、女性のみ100名)。

「人間工学」「ユニバーサルデザイン」という言葉を聞いた事があるかといった質問に対しては「人間工学」聞いた事がある59%、「ユニバーサルデザイン」を聞いた事がある68%だった。また「人間工学デザイン」「ユニバーサルデザイン」買いたいと思うかとの質問では、

それぞれ20%、28%と購買動機についても「ユニバーサルデザイン」の方が高かった。

またそれぞれについてどのような印象を持っているかを聞いた質問では、「先進的なイメージ」と回答した割合は「人間工学」24%、「ユニバーサルデザイン」21%、「使いやすい」との回答は「人間工学」24%、「ユニバーサルデザイン」27%だった。

これらの結果を踏まえ、両方を訴求するパッケージとした(図5)。

ただし、ユニバーサルデザインと遡及するにあたっては、ユニバーサルデザインマトリックスなどを用いて多様なユーザへの適合度調査を行う⁶⁾が、網羅的に適合しているとは言えない点もあり、表記にあたっては優良誤認とならないようパッケージデザインに配慮を行った。



図5 パッケージ

7. おわりに

本稿では高齢者市場に向けた家庭日用品業界の取り組みを報告した。今後は同手法を他の製品にも展開していきたい。

参考文献

- 1) 内閣府:平成28年版高齢社会白書(全体版)
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/pdf/1s2s_1.pdf,(2016.10)
- 2) 内閣府:男女共同参画白書 平成28年版
http://www.gender.go.jp/about_danjo/whitepaper/h28/zentai/html/honpen/b1_s03_00.html,(2016.10)
- 3) 八田美鳥,大友英一,吉田尚志,高以良佳子,大竹伸子:高齢者における握力・ピンチ力と手指巧緻性の検討—年齢,性ならびに体格因子とその関連について,総合リハビリテーション Vol.21, No6, pp.489-492(1993)
- 4) 安田直史,村田伸,村田潤:軽度要介護後期高齢者女性の手指運動機能と手指筋力・感覚・反応時間との関連,理学療法科学 Vol.25, No.3 pp.469-472(2010)
- 5) 株式会社川口技研:ホスクリーンカタログ・図面・その他資料
<http://www.kawaguchigiken.co.jp/catalog>,(2016.10)
- 6) 山岡俊樹,岡田明,野村昌敏,柳田宏治,山崎和彦:ユニバーサルデザイン・ガイドラインの提案,人間工学, Vol37, pp.110-111,(2001)
- 7) 河内まき子・持丸正明,2005 AIST 人体寸法データベース,産業技術総合研究所 H16PRO 287

オムロングループにおけるユーザビリティ向上の取り組み

Our effort of usability improvement in the OMRON Group

伊藤泰久* ○深井将史* 立野誠*

*オムロン パーソネル株式会社

Y Ito*, M Fukai*, M Tateno*

*OMRON PERSONNEL SERVICE Co. Ltd.

1. 概要

オムロンは、企業の公器性を表した社憲「われわれの働きで われわれの生活を向上し よりよい社会をつくりましょう」を 1959 年に制定し、この精神を拠りどころとしながら、数々の世界的なイノベーションを創出し、よりよい社会、人が輝く豊かな社会に貢献してきた^{1)・2)}。

オムロンパーソネルのユーザビリティセンターでは 2015 年より主にオムロングループで開発される製品・サービスのユーザビリティ・UX に関する評価やユーザー調査、UI デザイン改善に関する開発サポート、HCD の導入を行っている（図 1、図 2）。

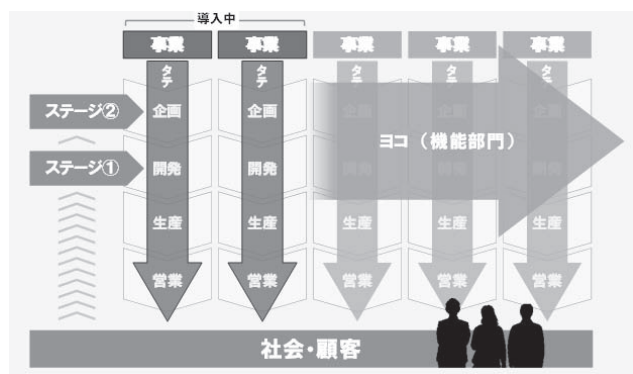


図 1 グループ内事業へのHCDの導入

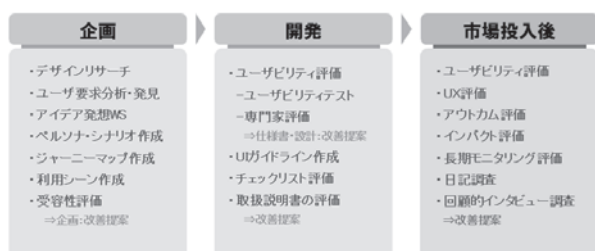


図 2 開発プロセスにおける製品・サービスの評価

以降の章では図 2 に示す各段階（企画、開発、市場投入後）におけるユーザビリティ向上の取り組みを事例とともに紹介する。

2. 企画段階における事例

企画段階における事例として、液晶画面を備えたウェアラブル機器の企画案の受容性評価を行った。

評価対象のウェアラブル機器は画面が動作しないモックアップが製作されている段階であるため、評価方法として利用シーンシートを用いた場面想定法を採用した³⁾。

図 3 に示すようユーザーが生活する中でウェアラブル機器が提供する機能・サービスを体験する内容を提示し、利用シーンごとの新規性と経験意欲を質問紙により取得することで、企画案の妥当性を評価した。



図 3 利用シーンシートの例

3. 開発段階における事例

開発段階における事例として、ヘルスケア機器と連携するスマートフォンアプリのユーザビリティ評

価と改善提案を行った。

評価対象は機密保持の観点から一般消費者をモニターとしたユーザビリティテストを実施できないため、評価手法としてエキスパートレビューと汎用ユーザビリティチェックリストを併用する複手法を採用した（図4）。

ユーザビリティセンターに所属するユーザビリティ分野のエキスパート2名がエキスパートレビューとして専門的知見や経験則により評価対象の問題点を抽出し、ユーザビリティ評価経験の浅いメンバー1名が汎用ユーザビリティチェックリストを用いて問題点を抽出した。

これらの問題点をリストとしてまとめ、問題の原因と改善案を提示した。



図4 エキスパートレビューの様子

4. 市場投入後における事例

市場投入後における事例として、Webマイニングツールを用いた市場反応（評判）の調査を行った（図5）。

ECサイトやアプリストアのユーザーレビュー、Twitterやブログに投稿される製品・サービスの評判を抽出し、テキストマイニングすることで好意的に受け入れられている箇所や問題点を調査し後継製品の企画・開発にフィードバックしている。

また、別の事例として治療機器のアウトカム評価を行った。治療機器を2週間モニターに貸し出し、毎日の治療内容と感想を記述してもらう日記法を用いることで、治療機器の継続使用によりユーザーが実感する治療効果を取得するとともに、日記調査期間終了後に

実施する回顧的インタビューにより意識変化及び行動変容を調査した。加えて、治療効果がもたらす2次的、3次的な効果・影響（例：高齢者の膝の痛みが解消し外出や運動習慣が増えることで健康になり傷病の予防になる等）を社会的インパクトとして評価することにも取り組んでいる⁴⁾。

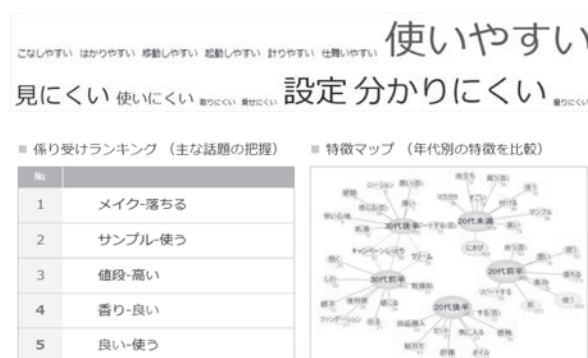


図5 Webマイニングツールのイメージ

5. まとめ

前章までに紹介した事例のように、ユーザビリティセンターは様々なプロセスの中でHCDを基礎として最適な手法・アプローチを用いて製品・サービスのユーザビリティ向上に取り組んでいる。今後はオムロングループ内の様々な製品ジャンルに展開しその開発現場に最適化した手法・アプローチを導入することで、グループ全体のユーザビリティ向上を推進していく。

参考文献

- 1) 立石一真: 私の実践経営論 永遠なれ ベンチャー精神, ダイヤモンド社 (1985).
- 2) オムロン株式会社: オムロンホームページ, <http://www.omron.co.jp/> (2016).
- 3) 伊藤泰久, 吉田高雄: 概念ステージのユーザシナリオに対する経験意欲を評価する方法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005 (2005).
- 4) 伊藤泰久: 製品・サービスの社会的インパクト評価に関する取り組み, HCD-Net フォーラム 2016 春季 HCD 研究発表会 (2016).

住環境における役割分担の明確化とコンセプト立案

Definitising Allocation and Constructing Concept in Living Environment

○森亮太

長野県短期大学

MORI Ryota

Nagano Prefectural College

1. はじめに

住居では、我々が生活していく上で必要となる基本行為が可能であり、多くの機能を備えた道具のような側面がある。そのような道具について、人間中心設計の観点からインテリアの要素を住まい手に適合させていくといった試みが今日までなされ続けてきた。

我々は日常生活でコンセプトが反映された最終のデザインを目にしている。しかしながら、コンセプトのもとになるユーザリクアイアメントや、システムの目的といった本質的な部分は明確に示されていない。

また、住環境をシステムとしてとらえ、住み手と住居をシステムの構成要素とみなし、その役割分担とコンセプトを明確化して住まいを検討した事例も少ない。

そこで、本報告では、システムの目的を達成するために人とモノに最適な機能を割り当て、ユーザリクアイアメントの抽出とコンセプトの明確化を試みた。

2. 目的達成に向けた役割分担とコンセプト構築

システムの目的を次の項目で記述する。いつ(When)、どこで(Where)、誰が(Who)、何を(What)、なぜ・なんのために(Why)、どのように・どうやって(how)、どのような機能(Function)、どのような期待をもつかという視点で記述した。その目的達成に向けて、人とモノに役割としてタスクを割り振る。例えば、家の果たす役割¹⁾には、「まちをつくる」、「自然災害から住み手を保護する」、「住み手の存在や成長を育む」、「日常生活を支える」などがある。

本研究では、コンセプトをユーザリクアイアメントから構成されるものとし、言語で表現する。住居の間取りからユーザリクアイアメントを抽出し、コンセプトを明らかにした。

本方法では、すでに現実に存在する人工物からコンセプトを読み取ることから始める。この考え方は実際の製品から、その特長(長所)を捉え、その形状がなぜそうなったのかを検討する。例えば、なぜこのような間取りになったのか、なぜこのような間取りにしたのだろうかといった疑問を持ち、どういった要求事項をもとに成り立っているのか推測するというものである。

特長がどのような問題点を解決しているか記述することで、ユーザリクアイアメントを抽出しコンセプトを作成する。その際、意味を成すまとまりのあるグループに要求事項を分け、上位下位の階層に分ける。そのコンセプトと目的・役割分担との整合性を検討した。

3. 検討結果

3.1 コンセプト事例 1

以下にシステムの検討結果を示す。

- ・システムの目的: 毎日、主にキッチンを中心とし、住み手が、家族の面倒を見ながら、炊事・洗濯、掃除を並行して行い、必要に応じて収納する。
- ・人の役割: 家事を行い、子どもの世話をする。
- ・家の役割: 効率的な動線を確保し、家事を円滑にする。
- ・コンセプト最上位項目: 家族とのコミュニケーションがとりやすく、快適に家事をこなせる住宅。その下位項目として、「コミュニケーションをとりやすくする」が挙げられる。他の事実から得た要求事項を集約し、コミュニケーションをとりやすくしたいという表現でまとめる。最後に、一言で

一貫する表現に置き換える。これが現状の間取りのコンセプトとした。

- ・お客を招きたい、(窓を取り込むことにより明るくしたい) といったユーザリクアイアメントを玄関で実現する。玄関の広さから、多くのお客を招きたいという要求を推測し、もてなしたいという要求事項を抽出する。

同様に、リクアイアメントを抽出し、コンセプトを明確化した。

- ・アイレベルの差をなくしたい、もてなしたい：畳コーナーにその機能をもたせる。
- ・家族の様子を見たい、気配を感じたい、コミュニケーションをとりやすくしたい：その機能をリビング、ダイニング、キッチンに持たせるため、間仕切り壁をなくす。
- ・のびのびしたい、くつろぎたい、風通しをよくしたい、垂直方向に広がりがあり、開放感を得たい：その機能をリビングに設け、吹き抜けとする。
- ・円滑に行動したい、効率的に物を出し入れしたい、片付けやすくしたい、収納量を確保したい：玄関の収納庫、屋根裏収納、畳下の収納、収納量の多いWICを採用する。
- ・将来について配慮する：寝室や階段を最適配置とする。
- ・家事を快適にしたい、庭を眺めながら料理したい、動線を効率的にしたい回遊したい、キッチンと水廻りを効率的に行き来したい：水廻りやアイランド型キッチンを採用することで機能を果たす。

3.2 コンセプト事例2

以下にシステムの検討結果を示す。

- ・システムの目的：多忙な時でも、木の家で、何世代にもわたって、家族がのびのびしながら同居できる。帰宅時でも、家族同士がほどよい距離を保ち、互いを気遣いながら、暮らすことができる。
- ・人の役割：長く住み続ける。
- ・家の役割：家族の変化に対応し、住人に応じて居場所を提供する。

重要視されるコンセプトは「家族の変化に柔軟に対

応でき、住み続けることができる」である。

- ・個室にこもらせたくない：個室として寝室と書斎(仕事部屋)のみとする。
- ・多くの人数で団らんしたい、空間の面積を自由に調整したい：座敷、続き間を採用し、田の字に仕切った間取りとする。
- ・空間の変化を家族全員で共有したい：座敷、縁側、土間、コーナーを設ける。

4. 結論

人と住居をシステムの構成要素としてとらえ、システムの目的を明確にし、役割を明記することで、コンセプトの導出を検討した。本方法によって、目的を検討することにより、家の在り方を的確に把握することが可能である。

また、住宅の間取りに反映された現状のコンセプトは変更しづらいかもしいが、間取りに応じて柔軟に目的を変化させていくこともできるだろう。

本報告にある検討を経ることで、割り当てがうまくいかない場合、外部に必要な機能を求める重要性にも気づけると思われる。

参考文献

- 1) 佐川旭: 住まいの思考図鑑, pp.10-33, 株式会社エクスナレッジ (2015).

C 会場(351 教室)

10:30～11:33 C1:生体計測

座長:松延拓生(和歌山大学)

- C1-1:心電図のローレンツプロット解析における呼吸の影響
- C1-2:安静閉眼時と課題遂行時における脳波 α 波の特徴抽出
- C1-3:アクティブ電極型脳波計によるドライ計測のための
低刺激な頭皮上脳波測定用接触子の検討
- C1-4:2 フィンガー演奏解析の為に筋電位計測

14:40～15:43 C2:設計・技能

座長:北山一郎(近畿大学)

- C2-1:伝統工芸品鑑賞の“コツ”の科学
- C2-2:ストーリーを用いた要求事項の抽出
- C2-3:簡易操船シミュレーターを用いた訓練生の他船状況認識の変化について
- C2-4:SNS を利用した予期的 UX の抽出

15:51～17:10 C3:身体動作(2)

座長:有馬正和(大阪府立大学)

- C3-1:圧力センサを用いた離床予測手法の検討
- C3-2:起立補助椅子の補助力と肘掛の変化による起立負荷への影響
- C3-3:はだし教育用ソックスに関する研究
- C3-4:インラインスケートを用いたターン時の筋シナジー解析
- C3-5:救急用リヤカーの搬送動作の分析

心電図のローレンツプロット解析における呼吸の影響

Respiratory Effects on Lorenz plot Analysis for Evaluation of Electrocardiogram

○中井健人*, 小谷賢太郎*, 鈴木哲*, 朝尾隆文*

*関西大学 システム理工学部

NAKAI Taketo*, KOTANI Kentaro*, SUZUKI Satoshi*, ASAO Takafumi*

*Faculty of Engineering, Kansai University

1. 序論

現代社会において、人々は多くのストレスを受けながら生活している。ストレスは、神経精神疾患以外にも生活習慣病など原因のひとつとして考えられており、過度のストレスが長期間にわたって継続すると、自律神経系や副腎皮質ホルモンなどの内分泌系にも変調を来すと言われている¹⁾。このような背景から、ストレスをチェックし定量的に評価する必要性が高まっている。そのような中、呼吸法によるリラクセス反応の評価や自動車運転時のストレスの測定など、ストレス量、リラクセス、リフレッシュなどの観点から様々な研究が多くなされている²⁾。自律神経系の活動を測定するものでは心電図から読み取った RRI (RR interval: RR 間隔) の周波数解析を用いた評価が主流とされている³⁾。

心電図の周波数解析を用いた研究が盛んに行われる一方で、信頼性に疑問を投げかける指摘があり、RSA (Respiratory Sinus Arrhythmia) は副交感神経興奮とは直接関係のない呼吸の速さと深さに影響される等の報告^{4) 5)}もある。また実験中に呼吸統制を行っても呼吸の乱れが生じ、さらに呼吸統制自体が強い作業負荷となってしまうことから、呼吸統制を行っても呼吸の影響を除去しきれないと報告する論文⁶⁾も存在する。

これに対してローレンツプロット解析においては実験中に呼吸を統制する必要がないという指摘があり⁷⁾呼吸の統制ができない実験などの心電図の解析に使用されている⁹⁾。ローレンツプロットは横軸を n 番目の心電図 RR 間隔、縦軸を $n+1$ 番目の心電図 RR 間隔としてグラフ上にプロットしたもので、心電図の RRI のプロットは楕円形の分布を示し、この楕円形の分布から交感神経活動の指標である CSI (Cardiac Sympathetic Index)、副交感神経活動の指標である CVI (Cardiac Vagal Index) をそれぞれ算出する⁷⁾。ローレンツプロット解析では呼吸の影響を受けないことの他に周波数解析に比べて簡易な演算処理で自律神経を評価することが可能であること、交感神経と副交感神経の活動を個別で評価することで、ストレス度合いの変化、リラクセス度合いの変化を定量的に評価できるなどといった優位性が示されている¹⁰⁾。

しかし、ローレンツプロットによる解析は周波数解析と比較すると頻繁には使用されていない。Google Scholar にて「心電図 自律神経 周波数解析」というキーワードで 1990 年から 2015 年に発行された論文を検索すると 3270 件の検索結果が表示されるのに対して、同年度条件で検索しても「心電図 自律神経 ローレンツプロット」というキーワードで 43 件、「心電図 自律神経 Lorenz plot」というキーワードで 75 件の検索結果しか表示されない。

また、ローレンツプロットで心電図を解析している文献を Google Scholar で心電図、ローレンツプロット、CSI、CVI をキーワードに 1990～2015 年に発行されたものを対象として 100 件調べ、その中でも自律神経系を評価しているものの数を年代ごとにまとめ表にしたものを Fig.1 に示す。

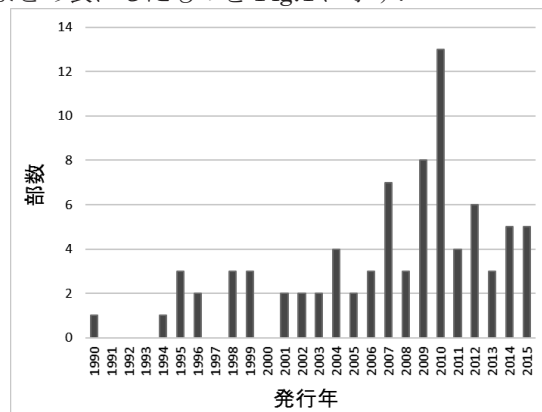


Fig.1 ローレンツプロット解析により自律神経について分析しようとしている論文の年ごとの推移

Fig.1 から分かるように、1997 年に十一らの研究⁷⁾で CSI、CVI が自律神経系の指標になると示されてから、研究で扱われる数は増えたが、2010 年をピークにその数は減少傾向である。これはローレンツプロット解析の結果の正常値が定められていないことや、個人間での CSI、CVI の数値のばらつきが大きいという指摘¹¹⁾などに起因すると考えられる。また、心電図に対する呼吸の影響に関する研究に関しても、周波数解析に関する研究は行われており、呼吸が速くなるにつれて HF 成分に含まれる呼吸性成

分(Respiratory Frequency Component : RF) が小さくなるという研究がなされている¹²⁾。しかし、我々の知る限りローレンツプロット解析においては、実際にどの程度呼吸成分の影響が除去できるのかや、どの程度の速度の呼吸まで影響を受けないかなど、詳細な研究知見がほとんど見られない。特に人間工学領域で生体計測をする場合、実際にどの程度ローレンツプロットが有効な指標となるか具体的に周波数解析と比較している資料はほとんど見られない。

そこで我々は、人間工学の領域でよく用いられているプロトコルを用いてローレンツプロット解析における呼吸の影響を周波数解析と比較することで、ローレンツプロット解析の優位性の有無についての資料を提供する目的で実験を行った。

2. 実験

2.1 データ収集

同意を得た健康な成人男性 8 名(21~23 歳)を被験者として、開眼安静座位で 5cpm(0.0833Hz)、10cpm(0.167Hz)、15cpm(0.250Hz)、20cpm(0.333Hz)、25cpm(0.417Hz)の 5 種類の呼吸統制を行った。実験は 180sec の安静状態と 300 sec の呼吸統制を行った。実験は 180sec の安静状態と 300 sec の呼吸統制を 1 試行とし、統制時の呼吸速度を変えて 5 回の試行を連続して行った。心電図は呼吸統制開始から 60sec 後に 180sec の間測定した。1 試行の実験のスケジュールを Fig.2 に、実験の様子を Fig.3 に示す。

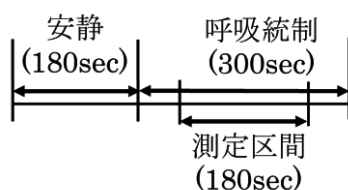


Fig.2 実験スケジュール (1 試行)



Fig.3 実験風景

電極はディスボ電極(M ビトロード 日本光電)を使用

し、右鎖骨下窩と左前腋窩線上の最下肋骨上に装着し、アースとして前額部にも電極を装着した。心電図は、Polymate AP 1000 (デジテックス研究所) を用い 1kHz でサンプリングして測定した。

また心電図への影響を除くため、被験者に前日からカフェイン、アルコールの接種を控え、十分な睡眠 (6 時間以上) をとった状態で 13 時から室温が 22 度の部屋で実験に臨んでもらった。

同時に、先行研究¹³⁾に示されている自律神経系の指標を基に、各呼吸指定の後に副交感神経の指標としての「呼吸中の眠気」と交感神経の指標としての「指示した呼吸による不快感」、2つのアンケートをとり、10 段階評価で記入してもらった。

2.2 各指標の算出

測定した心電図は Excel データとして保存し、解析ソフトである Memcalc Ver2.0 (GMS) で RRI の時系列データに変換し、その後周波数解析を行った。RRI の時系列データを Fig.4 に周波数解析の結果を Fig.5 に示す。

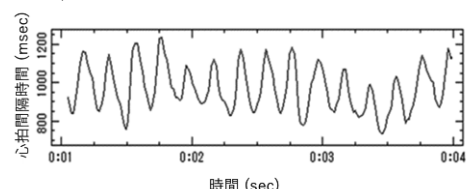


Fig.4 RRI の時系列データの例

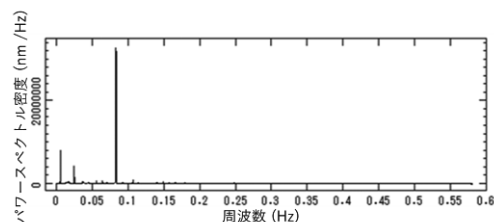


Fig.5 周波数解析結果の例

また、Fig.4 の RRI の時系列データを Excel データに変換し、プログラミングソフトである LabVIEW(National Instruments)を使用してローレンツプロット解析を行った。ローレンツプロット解析の結果の一例を Fig.6 に示す。

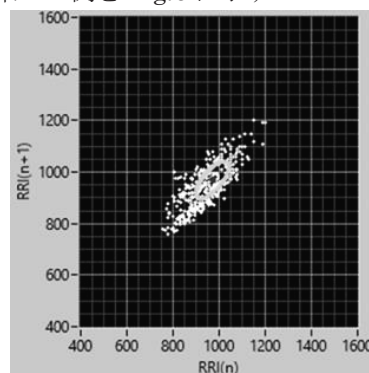


Fig.6 ローレンツプロット解析の結果の例

3. 結果・考察

被験者ごとに算出した LF/HF, %HF, CSI, CVI の値とアンケートの結果である Sleepiness(眠気), Discomfort(呼吸統制時の不快感)を被験者ごとに正規化した後に、それぞれの平均値を算出した。各指標の呼吸速度による変化率の相関を調べ Table 1 に示す。

Table 1 各指標間の相関係数 (全被験者の平均値)

	LF/HF	%HF	CSI	CVI	Sleepiness	Discomfort
LF/HF	1.000					
%HF	-0.871	1.000				
CSI	0.847	-0.903	1.000			
CVI	-0.592	0.861	-0.860	1.000		
Sleepiness	-0.616	0.885	-0.146	0.892	1.000	
Discomfort	0.945	-0.249	0.936	-0.092	-0.470	1.000

※下線部は $p < 0.05$

Table 1 より、LF/HF, %HF, CSI, CVI すべてにおいて、アンケート結果との間に $p < 0.05$ の有意な相関が見られた、それぞれが指標になる自律神経系を評価することができていることが分かる。

次に、呼吸速度別に各指標間の被験者ごとの変化率の相関を調べ、Table2~6 に示す。

Table 2 各指標間の相関(5cpm)

	LF/HF	%HF	CSI	CVI	Sleepiness	Discomfort
LF/HF	1.000					
%HF	-1.000	1.000				
CSI	0.533	-0.533	1.000			
CVI	-0.440	0.440	0.178	1.000		
Sleepiness	-0.571	0.571	-0.040	0.881	1.000	
Discomfort	0.808	-0.808	0.708	-0.174	-0.340	1.000

※下線部は $p < 0.05$

Table 3 各指標間の相関(10cpm)

	LF/HF	%HF	CSI	CVI	Sleepiness	Discomfort
LF/HF	1.000					
%HF	-1.000	1.000				
CSI	0.167	-0.167	1.000			
CVI	-0.223	0.223	0.544	1.000		
Sleepiness	-0.541	0.541	0.001	0.745	1.000	
Discomfort	-0.339	0.339	0.753	0.666	0.285	1.000

※下線部は $p < 0.05$

Table 4 各指標間の相関(15cpm)

	LF/HF	%HF	CSI	CVI	Sleepiness	Discomfort
LF/HF	1.000					
%HF	-0.692	1.000				
CSI	-0.161	-0.222	1.000			
CVI	-0.729	0.790	-0.393	1.000		
Sleepiness	-0.579	0.730	-0.137	0.773	1.000	
Discomfort	0.376	-0.392	0.813	-0.686	-0.284	1.000

※下線部は $p < 0.05$

Table 5 各指標間の相関(20cpm)

	LF/HF	%HF	CSI	CVI	Sleepiness	Discomfort
LF/HF	1.000					
%HF	-0.785	1.000				
CSI	0.890	-0.632	1.000			
CVI	-0.591	0.869	-0.269	1.000		
Sleepiness	-0.648	0.842	-0.422	0.760	1.000	
Discomfort	0.871	-0.553	0.855	-0.270	-0.612	1.000

※下線部は $p < 0.05$

	LF/HF	%HF	CSI	CVI	Sleepiness	Discomfort
LF/HF	1.000					
%HF	-0.991	1.000				
CSI	0.761	-0.723	1.000			
CVI	-0.635	0.614	-0.826	1.000		
Sleepiness	-0.721	0.737	-0.485	0.710	1.000	
Discomfort	0.913	-0.899	0.796	-0.506	-0.566	1.000

Table 6 各指標間の相関(25cpm)

※下線部は $p < 0.05$

また、LF/HF, CSI と Discomfort との間の相関係数の呼吸ごとの推移を Fig.7 に%HF, CVI と Sleepiness との間の相関係数の呼吸ごとの推移を Fig.8 に示す。

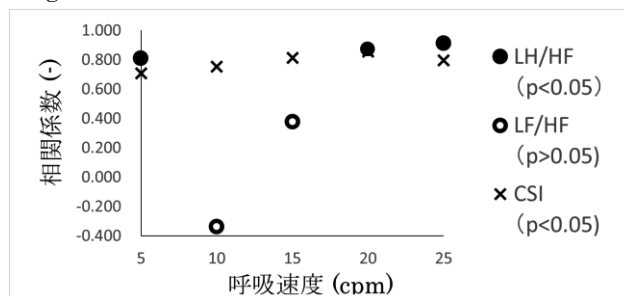


Fig.7 LF/HF, CSI と Discomfort との間の相関係数の推移

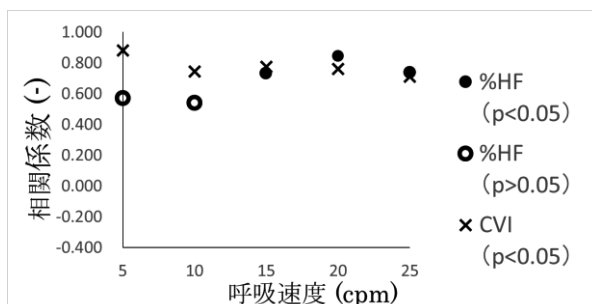


Fig.8 %HF, CVI と Sleepiness との間の相関係数の推移

周波数解析に関する指標については、Table2~6 から分かるように LF/HF は 10cpm と 15cpm の時に、%HF は 5cpm と 10cpm の呼吸速度の遅い時にアンケート結果との相関が見られなかった。逆に 25cpm や 20cpm の呼吸速度が速い状態では LF/HF と Discomfort, %HF と Sleepiness との間に有意な正の相関が見られた。遅い呼吸速度でアンケート結果との間に相関が見られなかった要因として、呼吸成分の影響が考えられる。周波数解析における呼吸成分の影響については、先行研究¹²⁾において呼吸の速度が遅くなるにつれて心電図に含まれる呼吸成分は大きくなることが示されている。この研究から 5cpm や 10cpm の呼吸時の心電図には 25cpm や 20cpm の呼吸時と比較して HF 成分に含まれる呼吸成分の影響が大きいと考えられる。そのため、%HF の値が増加し LF/HF は 10cpm, 15cpm の時に、%HF は 5cpm, 10cpm の時にアンケート結果との相関が

見られなかったものと考えられる。

それに対してローレンツプロット解析に関する指標 CSI, CVI は 5cpm～25cpm の 5 種の呼吸速度すべてにおいて、CSI と Discomfort, CVI と Sleepness との間に有意な正の相関が見られた。

この結果から、安静座位の状態での 5cpm～25cpm という速度の呼吸をしている状態で、周波数解析においては先行研究¹²⁾に示されているように、解析結果が呼吸の影響を受けるのに対し、十一らの指摘通り呼吸の影響を殆ど受けずに副交感神経の指標である Sleepness と交感神経の指標である Discomfort を評価できたと考えられる。周波数解析とローレンツプロット解析の結果を比較することで、これまで具体的な検討が行われていなかった、呼吸の影響を受けないというローレンツプロット解析の優位性を 5cpm～25cpm の間の呼吸速度という条件下で示すことができた。被験者が 20cpm, 25cpm の呼吸をしている状態では周波数解析結果にもアンケート結果との間に正の相関がみられたため、正しく自律神経系の評価ができると考えられるが、5cpm～15cpm の呼吸が含まれる場合の実験では自律神経系を評価する際に周波数解析と併用してローレンツプロット解析も行う必要があると考える。

4. 結論

これまで、心電図のローレンツプロット解析に関して、解析する心電図測定時に、被験者の呼吸を統制する必要が無いということが示されてきた。

本実験では心電図の解析において、呼吸成分の影響を受ける周波数解析とローレンツプロット解析を比較することで、実際にどの程度呼吸の影響を受けないかということを検討した。

結果として、安静座位の状態で呼吸の速度を 5cpm から 25cpm まで変化させたとき、周波数解析では呼吸速度が遅い場合はその解析結果に呼吸の成分が著しく影響を与えていたが、ローレンツプロット解析においては、その影響がほとんど見られなかった。

この結果から実験を行う際に被験者の呼吸速度が統制できず呼吸速度が変化してしまっても、その呼吸速度が 5cpm～25cpm の範囲内での変化であり、被験者が安静座位の状況下では、ローレンツプロット解析では解析結果に呼吸の影響をほとんど受けずに自律神経系を評価できると考えられ、このような条件下での心電図の解析の際は周波数解析よりも有効に活用できるものであると考えられる。

謝辞

本研究の一部は科研費（課題番号 26560036）、および平成 28 年度関西大学先端科学技術推進機構（先進生体センシング技術研究グループ）の支援を受けたものである。

参考文献

- 1) 尾仲達史, ストレス反応とその脳内機構, 日本薬理学会誌, Vol.126, No.3, pp.70-173 (2005).
- 2) Seiji IWAKURA, Masa NISHIWAKI, Akira ANDDOH, Examination of Driver Fatigue on Long Distance Trip A survey toward benefit analysis of AHS, INFRASTRUCTURE PLANNING REVIEW, Vol.18, pp. 439-444 (2001).
- 3) 稲森義雄, 新生理心理学 第 1 巻 生理心理学の基礎, 北大路書房, pp.158-169 (1998).
- 4) Eckberg D.L, Kifle Y.T, Roberts V.L, Phase relationship between normal human respiration and baroreflex responsiveness, Journal of Physiology, Vol.304, pp.489-502 (1980).
- 5) 稲森義雄, 心拍率水準および心拍率変動 制に及ぼす呼吸の影響, バイオフィードバック研究, Vol.13, pp.5-11 (1986).
- 6) 芳賀 繁, メンタルワークロードの理論と測定, 日本出版サービス, p.22 (2001).
- 7) Motomi TOICHI, Takeshi SUGIURA, Toshiya MURAI, Akira SENGOKU, A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R-R interval, Journal of the Autonomic Nervous System 62, pp.79-84 (1997).
- 8) Allen J.J, Chambers A.S, Towers D.N, The many metrics of cardiac chronotropy : A pragmatic primer and a brief comparison of metrics, Biological Psychology 74, pp.243-262 (2007).
- 9) 不破 輝彦, 自然呼吸時と呼吸統制時における心拍変動自立神経評価の精度, 職業能力開発総合大学紀要, No.41-A, pp.7-12 (2012).
- 10) 百々 尚美, 音のテンポが自律神経系機能へ及ぼす影響, 北海道医療大学心理科学部研究紀要, No.8, pp.7-13 (2012).
- 11) 寺澤直人, ト楠, ローレンツプロットを用いた映像酔い時の心拍変動解析, 情報処理学会研究報告, pp.1-6 (2015).
- 12) 大須賀美恵子, 寺下裕美, 下野大海, 戸田真美子, 自律系生理指標を用いた精神作業負担の評価に向けて (1) —呼吸の影響について—, 計測自動制御学会論文集, Vol.29, No.8, pp.979-986 (1993).
- 13) 藤原義久, 冷水一也, 源野広和, 松浦英文, 安田昌司, 飯田 健夫, 牧川 方昭, マッサージチェア利用時における自律神経系生体情報を用いた人間感覚推定手法とマッサージ制御手法の開発, 生体医工学 Vol. 43, No. 1, pp. 162-171 (2005).

安静閉眼時と課題遂行時における脳波 α 波の特徴抽出

Features of EEG alpha wave in the state of rest and task execution

○中畑雄斗*, 萩原啓**

*立命館大学情報理工学研究科 **立命館大学情報理工学部

NAKAHATA Yuto*, HAGIWARA Hiroshi**

* Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University,

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

1. はじめに

厚生労働省が実施している平成 25 年度国民生活基礎調査¹⁾によると、日常生活において「悩みやストレスがあるか」という質問に対し、日本国民の約半数がストレスや悩みがあると回答した。また、インターネットなどの通信技術の発展により、日本を含む多くの先進国では長時間労働、睡眠不足、対人関係など、様々なストレス要因が日々の中に存在する。多大なストレスを受けることにより、うつ病や生活習慣病などが引き起こされ、健全な日常生活を送ることができなくなる可能性が潜んでいる。それらを防ぐために、健康的な体を維持し、ストレスを軽減させることが重要であると言える。そしてストレスを解消するためには、自分自身の体や精神の状態を把握することが重要である。先行研究において心拍のゆらぎは自律神経系における副交感神経活動度の定量的評価値として用いられている。また、脳波は中枢神経系により制御されている。それらの関係を見ることで自律神経系と中枢神経系の関係を解明することができると考えた。そこで本研究では、安静座位閉眼の状態と安静座位閉眼中に積極的に脳活動を必要とする課題を行っている状態、また安静座位閉眼中にマッサージを受けている状態及び、マッサージ中に積極的に脳活動を必要とする課題を行っている状態で脳波や心拍にどのような違いや関係性があるのかを調査した。

2. 実験概要

2.1 被験者

本実験は、健全な大学生 12 名(男性 9 名、女性 3 名)を被験者として採用し実験を行った。また学内の倫理規定に則り、被験者には実験前に十分なインフォームド・コンセントを得た上で実験を行った。

2.2 実験方法

実験の計測には多用途脳波計 EEG1100(日本光電)、呼吸の計測には胸腹呼吸センサ(GE ヘルスケア・ジャ

パン)を用いた。

図 1 に本実験のプロトコルを示す。実験プロトコルは 3 分間の AAT(Alpha Attenuation Test; α 波減衰テスト)(閉眼 30 秒・開眼 30 秒×3 回)²⁾、10 分間のタスク(4 種類)、3 分間の AAT の合計 16 分間の計測を 1 サイクルとした。また、計測の前後に RAS(Roken Arousal Scale; 疲労・覚醒主観評価指標)の記入を被験者に行ってもらった。タスクとしては安静座位、安静座位+音声 2-back 課題、マッサージ、マッサージ+音声 2-back 課題の 4 種類である。なお、タスク 4 種類はタスクの順序効果が出ないように被験者ごとにランダムに入れ替え、実験を行った。

また本実験では閉眼状態で積極的に脳活動を必要とするタスクとして音声 2-back 課題を行った。音声 2-back 課題では 1 から 4 までの数字を 2.5 秒間隔でランダムに発生させ、聞こえた数字が 2 個前に聞こえた数字と同じ数字の場合にのみ被験者にはボタンを押してもらった。

安静座位のタスクについては、目を閉じた状態で椅子に座ってもらった。マッサージチェアを使うタスクについては、刺激位置を肩とし、刺激の種類をもみに設定を行い、目を閉じてもらった状態でタスクを行った。

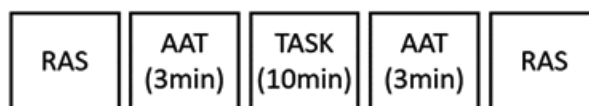


図 1 実験プロトコル

3. 評価・解析方法

3.1 脳波

脳波の計測における電極は、国際式 10-20 法により定められた C3、C4、O1、O2、A1、A2 に装着した。後頭部に α 波が優位に出現するため、解析に

は O2-A1 または O1-A2 の電位差で求められる α 波を用いた。

3.2 心電図

心電図の計測は 3 点誘導法に従い、左右の鎖骨 2 箇所と左肋骨に電極を装着した。右鎖骨と左肋骨にあたる箇所の電極の電位差から検出した。

4. 結果

4.1 RRI

図 2 に各タスク 600 秒間における RRI の時系列変化の図を示す。

タスク間の RRI の違いに着目すると、マッサージのタスクの方が安静座位のタスクに比べ、RRI が大きくなるという結果を示した。次に 2-back 課題の有無に着目すると、2-back 課題無しの方が 2-back 課題有りに比べ、RRI が大きくなる結果を示した。また 2-back 課題無しでは RRI が増加傾向なのに対し、2-back 課題有りでは RRI がタスク 600 秒中大きな変化が見られなかった。

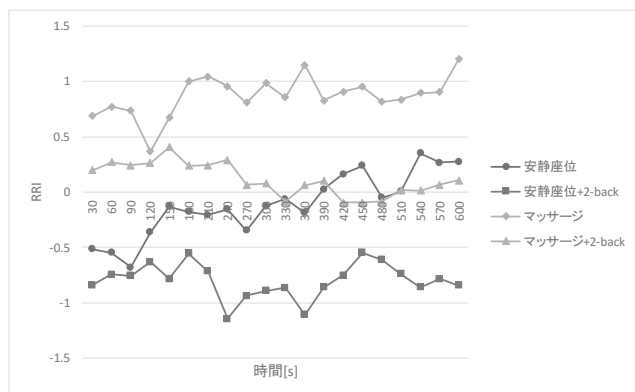


図 2 タスク 600 秒間における RRI の時系列変化

4.2 α 波含有量

図 3 に各タスク 600 秒間における α 波含有量の時系列変化の図を示す。

どのタスクにおいてもタスクの時間が経つにつれ、 α 波含有量は減少傾向にあることが分かる。タスク間の α 波含有量の違いに着目すると、安静座位とマッサージのタスク間に α 波含有量の大きな違いは見られなかった。次に 2-back 課題の有無に着目すると、2-back 課題有りの方が 2-back 課題無しの方に比べ、 α 波含有量が大きくなる結果を示した。また 2-back 課題なしはタスクが始まってすぐに α 波含有量が減少しているのに対し、2-back 課題有りはタスク間の減少幅が 2-back 課題無しに対して少ないことが分かる。

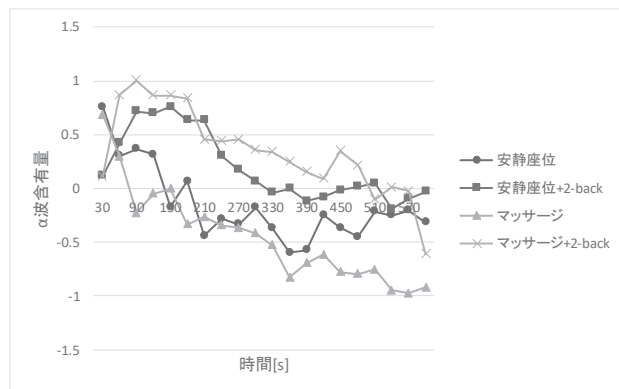


図 3 タスク 600 秒における α 波含有量の時系列変化

5. 考察

図 2 より音声 2-back 課題の有無により RRI の大きさに違いが見られた。これは 2-back 課題を行うことで 2-back 課題を行っていないときに比べ、副交感神経活動度が抑制され、その結果 RRI が短くなったことが考えられる。また、安静座位に比べてマッサージの RRI が長いという結果は、先行研究と同様の結果を示した。これはマッサージの肩への刺激により呼吸間隔が長くなり、RRI に影響を与えたためだと考えられる。

α 波含有量について、図 3 より 2-back 課題の有無によるタスク 600 秒の α 波含有量の変化に違いが見られた。これは、 α 波が集中度合いなど、脳の負荷状態を知る方法となり得るのではないかと考える。

また、 α 波含有量についてタスクが開始してから 500 秒までは課題の有無により α 波含有量の傾向に違いが見られたものの、600 秒付近においては課題の有無に関わらず同じような大きさとなった。今後は α 波のみならず θ 波や β 波等、他の周波数帯域の脳波を解析、分析することが重要だと考える。

参考文献

- 1) <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/04.pdf>
(2016/11/09 にアクセス)
- 2) 萩原啓, 荒木和典, 道盛章弘, 斎藤正己: 覚醒度の定量的評価方法とその応用に関する研究, 精神神経学, Vol.99, No.1, pp.23-34(1997)

アクティブ電極型脳波計によるドライ計測のための

低刺激な頭皮上脳波測定用接触子の検討

Evaluation of A Pain Alleviated Electrode for Active Dry Electroencephalograph Measurement System

○井尻蓮*, 中谷真太郎**, 荒木望*, 小西康夫*, 成瀬康***, 満洲邦彦****

*兵庫県立大学 **鳥取大学 ***情報通信研究機構 ****東京大学

IJIRI Ren*, NAKATANI Shintaro**, ARAKI Nozomu*, KONISHI Yasuo*,
NARUSE Yasushi***, MABUCHI Kunihiko****

*University of Hyogo, **Tottori University, ***NICT, ****The University of Tokyo

1. はじめに

近年, 運動麻痺により体を思い通りに動かすことができない患者のための, 患者自身の運動企图を利用したりハビリテーションが提案されている¹⁾. これは, 運動を起こそうとする患者の企图を頭皮上脳波や脳磁図, 近赤外分光計測 (NIRS) などの脳活動計測手法を用いて推定し, 推定結果に応じて外骨格型ロボットなどの外部アクチュエータにより麻痺肢を動かすものである.

われわれはこれまでに, 健常者が足こぎ動作を行っている際の脳活動の変化を頭皮上脳波からリアルタイムに検出することを試みてきた²⁾. このとき, 頭皮上脳波の計測には Ag/AgCl の誘発脳波測定用皿電極 (ここではパッシブ電極と呼ぶ) を導電性ペーストによって頭皮に固定し, 生体アンプにより増幅・計測する手法を用いていた. しかしながら, 導電性ペーストは計測後に洗髪によりペーストを洗い流す必要があり, また電極から伸びるコードが揺れることで容易にノイズが混入してしまうため, 電極装着時に被験者がほとんど身動きを取れない. これらの理由から, パッシブ電極による脳波の計測は被験者に対する負担が大きい.

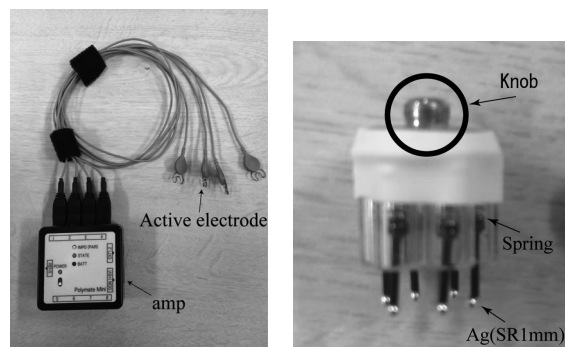
そのため, 我々は脳波計測の際にペーストを必要とせず, 頭皮に直接電極を設置するだけで利用可能なアクティブ・ドライ電極³⁾の適用を検討している. この電極は, 通常のアンプに比べて高い入力インピーダンスを積極的に作り出すことによって電極-皮膚間の接触インピーダンスが 100 k Ω 程度であっても外来ノイズが混入しづらく, ペースト不要で安定した計測が可能となる.

一方で, アクティブ電極を使用するにあたっては 2 点の問題が生じる. 1 つは電極の先端がうまく頭皮に対して垂直に当たらないことがあり, 被験者が痛みを感じる点である. また, もう 1 つは電極の頭皮への固定が不十分で安定した脳波計測が行えない点である.

そこで本稿では, アクティブ電極利用のために我々が検討している痛みの少ない電極と, その頭皮への固定方法について述べる.

2. アクティブ電極を用いた脳波計測の概要

本研究で使用する脳波測定用アクティブ電極システム (Polymate Mini AP108, 株式会社ミユキ技研) を図 1(a) に示す. このシステムは頭皮からアクティブ電極により取得された脳波をアンプ本体中で A/D 変換し, 無線通信 (Bluetooth 通信) により解析用 PC



(a)アンプ部 (b)電極部 (接触子)

図 1 アクティブ電極

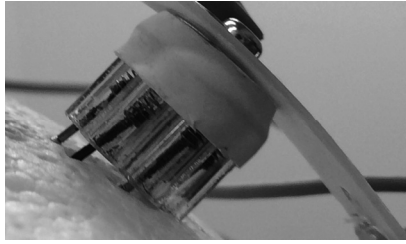


図2 ピン支持用の筒が頭皮に当たる様子

へ直接転送できるシステムとなっている。また、先行研究³⁾で試作された頭皮とアクティブ電極を接触させるためのドライ電極チップ（接触子）を図1(b)に示す。図1(b)に示す接触子は図中の丸で囲んだアンプ部との接続用のつまみと、頭皮接触部に直径1mmのAg球が取り付けられた6本の金属ピンで構成されて剣山のようにになっており、ピンの根元にはそれぞれバネを取り付けることで頭皮接触の際に柔軟性を持たせている。さらに、ピンに一定以上の傾きを持たせないためにそれぞれのピンは筒で支持されている。

この接触子は6本のピンが毛髪をすり抜け、銀球が頭皮に当たることで脳波の測定が行える形状となっている。脳波計測の際には接触インピーダンスを下げる目的である程度の力で接触子を頭皮に押し当てる必要がある。しかしながら、図1(b)の接触子は頭皮の曲面や押し付ける力によっては、図2のように筒が頭皮に当たるなど頭皮に対して接触子の先が斜めに当たる場合がある。この場合、痛みを生じないように計測位置を変更する必要があるが、位置調整に手間がかかることがある。このため本研究では、頭皮の曲面や押し付け圧の偏りにも影響されず、頭皮に対して常に垂直に接触できるような接触子およびその固定用ヘッドマウントの試作および評価を試みた。

3. 低刺激なアクティブ電極用頭皮接触子の検討

脳波計測の接触子として使用するには接触子が導電性をもつ必要があり、なおかつ毛髪をすり抜けて頭皮に接触できるような形状が必要である。これらを考慮して本研究では以下のような接触子および固定用ヘッドマウントを試作した。

3.1 電極固定用ヘッドマウント

図3に本研究で試作した接触子を頭皮に固定・密着さ

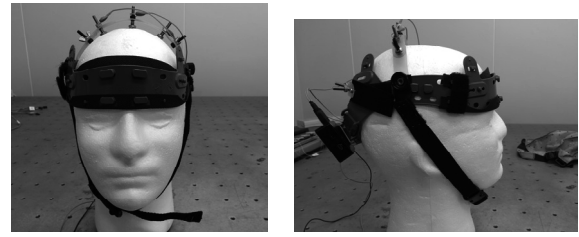


図3 電極固定用ヘッドマウント

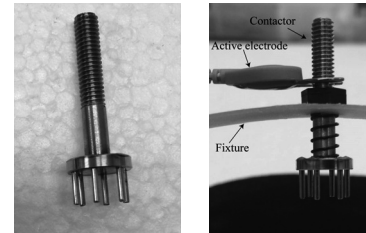


図4 剣山型接触子（左）とヘッドマウントおよびアクティブ電極との接続状態（右）
せるためのヘッドマウントをダミーの頭部に装着した様子を示す。このヘッドマウントは国際10-20法におけるCz, C1, C2, C3, C4, Oz, O1, O2の計8か所に接触子を取り付けられるようになっている。頭部周りの大きさは後頭部のベルトで調整が可能であり、あご紐の締め付け具合で接触子の頭皮に対する押し付け力を調節することが可能となっている。そのため、被験者の頭の大きさによらず使用が可能である。また、アンプを含む脳波計測に必要なものをすべて頭部に取り付けており、電極を取り付けたまま頭部が多少動いたとしても安定して脳波計測が可能となる。よって身体的拘束の観点からは被験者への負担が軽減されたといえる。

3.2 バネによる柔軟性をもつ剣山型接触子

次に、図3のヘッドマウントに取り付けて使用する頭皮への接触子について述べる。本研究では図4左に示すような、頭に直径1mmの突起を6つ有する剣山型のボルトを製作した。本接触子では図4右に示すように固定具、接触子、アクティブ電極の3点の接続を可能とするために接触子の形状をM4のボルト型とした。また、バネの伸縮を妨げないように根元は非ネジ部としている。

図4の接触子をヘッドマウントを介して頭皮に押し当てた様子を図5に示す。図5より、根元にバネを取

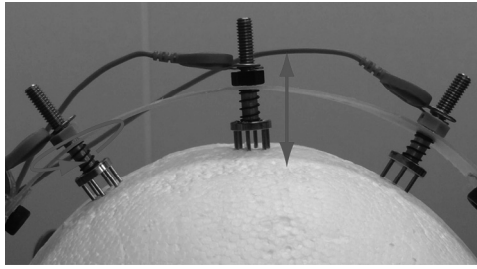


図 5 ヘッドマウントによる接触子の固定

り付けることで垂直方向の伸縮性が得られるだけでなく、矢印で示すような上下および回転方向の自由度も得られる。その結果、頭皮のような曲面であってもすべての接触子の突起が垂直に頭皮に接触でき、刺激を均等に分散させることが可能となる。また、従来の接触子のように筒が頭皮に押し当てられるという問題も解消された。このため、頭皮への刺激は軽減されると考えられる。

4. 脳波計測による性能の評価

本研究では前章で述べた製作した接触子および固定具の性能の確認のため脳波の計測を行った。今回は健康な 20 代男性 4 名を被験者とした。計測の際の電極配置は国際 10-20 法に従い、図 6 に示す C1, C2, C3, C4 の 4 点とし、基準電極とボディアースをそれぞれ左右の乳様突起上に置いた。サンプリングは 500Hz である。本稿の実験は、兵庫県立大学および東京大学倫理委員会の許可を受け、インフォームド・コンセントを得ている。

今回は製作した接触子の性能を評価するため、製作した固定具の C2, C3 の位置に図 1(b)に示した先行研究³⁾で試作された接触子（以降、従来の接触子と呼ぶ）を、C1, C4 の位置に製作した接触子を取り付けて脳波の計測を行った。この従来の接触子についてはパッシブ電極と比較して十分な測定精度が得られることが確認され

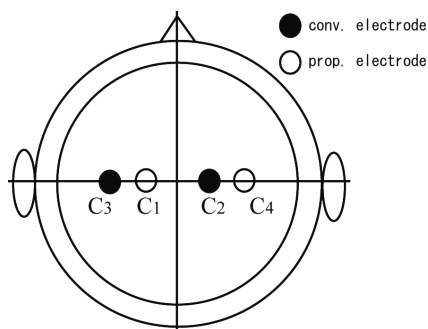
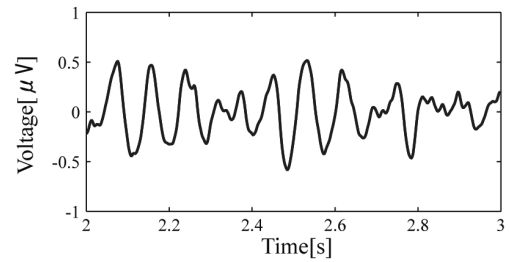
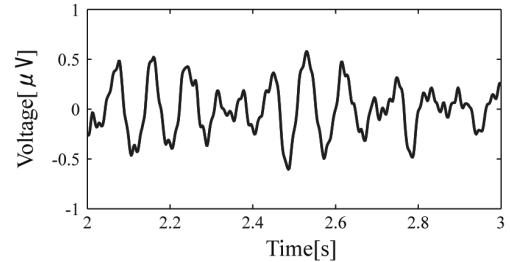


図 6 検証実験における脳波測定箇所

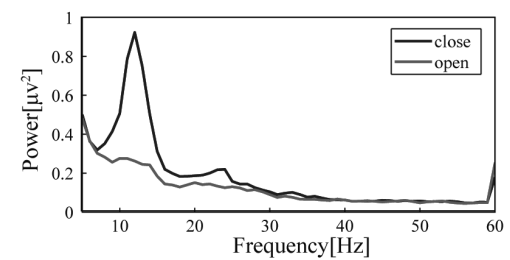


(a) 従来の接触子 (C3) で取得した脳波

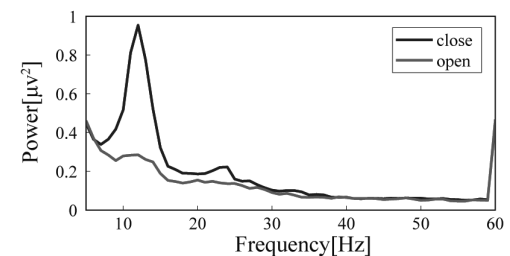


(b) 提案した接触子 (C1) で取得した脳波

図 7 アクティブ電極で取得した閉眼時脳波の例



(a) 従来の接触子 (C3) で取得した脳波



(b) 提案した接触子 (C1) で取得したの脳波

図 8 取得した脳波の周波数特性の比較

ている³⁾ため、今回は従来の接触子で測定した脳波との比較により性能の評価を行うこととした。

実験は閉眼と開眼を 10 秒毎に繰り返すものとし、その際の α 波帯域(8-14 Hz)の周波数強度変化を比較した。

実験により得られた C3, C1 の脳波データに対して 5-40Hz のバンドパスフィルタを適用した様子を図 7 に示す。図 7 から、各接触子で計測した脳波の原波形

表 1 閉眼開眼による α 波(8-14 Hz)の強度変化率

被験者	C3(従来)	C1(製作)	C2(従来)	C4(製作)
A	53.00%	55.00%	53.40%	52.10%
B	35.20%	33.40%	34.70%	34.20%
C	45.20%	46.40%	46.40%	44.50%
D	22.60%	17.90%	20.20%	21.20%

は非常に相関が高いことが分かった．次に C3, C1 の脳波データに対して周波数解析を行い，閉眼時と開眼時の周波数強度を比較した様子を図 8 に示す．図 8 から，C3, C1 ともに閉眼時に α 波帯域の強度が増加していることが確認できた．また，どちらの接触子を用いて計測したデータにおいても，各周波数での強度に大きな違いは見られなかった．

最後に，実験により得られた各被験者の α 波帯域の強度変化率をまとめたものを表 1 に示す．ここでの周波数強度の変化率 ΔI は開眼時，閉眼時の α 波帯域強度をそれぞれ I_o , I_c とし，

$$\Delta I = \frac{I_c - I_o}{I_c} \times 100$$

で計算したものを 4 名の被験者の各実験で求め，その 5 回の平均値を示している．表 1 から，各計測位置の接触インピーダンスによって強度変化率に多少のばらつきが存在していることが分かる．しかし，各被験者において隣り合う計測位置である C1 と C3 および C2 と C4 の強度変化率に大きな違いは生じていないことが分かる．

以上の結果から，試作した接触子は開眼・閉眼における α 波帯域強度変化を十分に測定できる性能をもつことを確認した．今後は試作した接触子を使ったアクティブ電極システムが，我々の目的とする脳波を用いたリハビリテーションシステムへ適用可能かについて検討を行う．

5. おわりに

本稿では，アクティブ電極利用のため，痛みの少ない接触子およびアクティブ電極の固定方法について検討した．その結果，頭皮の曲面や接触子を押し当てる力の偏りに影響を受けずに，常に頭皮に対して垂直方向に接触することが可能な接触子および製作した接触子を頭

部に固定しつつ，計測に必要なアンプ部等をすべて取り付けることが可能な固定用ヘッドマウントを試作した．本接触子とアクティブ電極を用いた開眼および閉眼時での脳波の評価実験の結果，試作した接触子は開眼・閉眼における α 波帯域強度変化を十分に測定できる性能をもつことを確認した．今後は試作した接触子を使ったアクティブ電極システムが，我々の目的とする脳波を用いたリハビリテーションシステムへ適用可能かについて検討を行うとともに，脳波測定時の負担（痛みなど）を定量的に評価する手法について検討を行う予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP26282162 および JP16K21290 の助成を受けたものです．

参考文献

- 1) V. Dietz, M. Wirz and L. Jensen, “Locomotion in patients with spinal cord injuries”, Physical Therapy, Vol.77, pp.1-11, 1997
- 2) Nakatani,S., Nishida,Y., Araki,N., Konishi,Y. and Mabuchi,K., “A BCI Rehabilitation System for Leg Paralysis Patients Development and Examination of Wheelchair Shape Rehabilitation System-”, ICIC Express Letters, vol6, no.11, pp.2809-2814,2012
- 3) 成瀬 康, 横田 悠右, ”ウェアラブル脳波計によるポータブルな脳波実験系の構築”, 日本神経回路学会誌, vol23,no.3,pp.104-111,2016

2 フィンガー演奏解析の為の筋電位測定

○佐野雅鴻, 波多野裕, 来田宣幸, 野村照夫(京都工芸繊維大学)

Measurement of muscle activity during 2 fingers playing
Masahiro SANO, Yutaka HATANO, Noriyuki KIDA, Teruo NOMURA (Kyoto
Institute of Technology)

1. はじめに

芸能医学の分野では, ミュージシャンの健康に関して憂慮すべき統計がだされている. およそ 93%のミュージシャンが怪我に悩まされていることがわかった.¹ 怪我の予防として定期的な休憩, ストレッチが怪我に対して有効である.² 弦楽器に関する科学的研究は近年増加しつつあるが, 楽器本体などの構造学, 物理学, 振動工学, 音響工学的に解析したものである演奏者の身体運動科学に関する研究は, 楽器の研究に比べて非常に少なく, 怪我等が各楽器の身体制御の特徴に基づくものか考察されていない. そこで本研究では怪我の高い発生率占める弦楽器の一つであるエレキベースに注目し, 未経験者と経験者の演奏中の筋活動を比較することで, エレキベース奏者の身体制御の特性の違いについて調査した.

2. 方法

対象: 経験者はエレキベースを 3 ヶ月以上練習した経験のある人とした. 未経験者は経験者以外を対象とした. 対象者には研究の目的及び方法を十分に説明した後, 同意を得た.

測定手順: 実験に先立って, 被験者の随意的最筋力 (MVC: Maximal Voluntary Contraction) の測定の検索を行った. MVC は円筒物体を最大努力で把握した筋力とした. 対象者は椅子に座った状態で規範的な演奏姿勢をとり, メトロノーム開始 2 小節後から演奏を開始し, 8 小節演奏した後に演奏終了の合図を告げた.

演奏課題: E 弦解放弦を 2 フィンガー奏法 8 ビートで指定テンポ BPM (BPM: Beat per minute) = 80, 120, 160, 200 で 8 小節演奏した. 2 フィンガー奏法とは人差し指と中指で交互に弦を弾く演奏法である. 弦を弾く手は聞き手側とし, 各テンポの練習及びデモンストレーション演奏をテンポが乱れず演奏できるようになるまで行った

測定方法: 演奏動作の測定及び評価については, ワイヤレス筋電計 (スポーツセンシング社製, SS-WS1221) を用いた. ワイヤレス筋電センサは, 利き手側の浅指屈筋, 総指伸筋に貼り付けた. 筋電計のサンプリングは 1000Hz とした.

分析手順: 筋活動データは 20Hz の 2 次のバターワースハイパスフィルタ及び 200Hz の 2 次のバターワースローパスフィルタを用いて信号を処理した後, RMS (RMS: Root Mean Square) 化し MVC をもとに正規化した.

分析方法: 統計グループ条件及びテンポ条件に対する測定結果をそれぞれ同一被験者内で比較した. テンポ条件とグループ条件 (経験者, 未経験者) に対して 2 要因分散分析を行なった. 交互作用が認められた場合, 信頼区間の調整に Bonferroni 法を用いてテンポ条件の水準別にグループ条件の単純主効果に対する検定を行なった. これらの検定は $P < 0.05$ をもって有意とした.

3. 結果および考察

浅指屈筋の各グループ内の平均の比較を図 1, 総指伸筋の各グループ内の平均の比較を図 2 に示す. まず浅指屈筋では経験者、未経験者間に、全テンポにおいて有意な差は見られなかった. すなわち、弦を弾くという動作に経験の差はないと考えられる. 次に総指伸筋では、経験者は未経験者と比較して、全テンポにおいて有意に小さいことがわかった. 未経験者は弦を弾いた後、力を入れて元の位置に指を戻そうとするが、経験者は力を抜くことで指を元の位置に戻しているのではないかと考えられる. 本研究により、エレキベース奏者の身体制御として、総指伸筋の脱力が重要であると考えられる. エレキベース奏者であってもより速いテンポや長時間での演奏により総指伸筋の脱力の意識が薄れ、未経験者と似た筋活動になると考えられる. その為、過剰な負荷がかかり疲労による怪我に繋がるのではないかと推測される.

本研究では筋活動の違いのみに考察しており、指関節の動かし方等細かい演奏姿勢については明らかにしていない. 今後はビデオ撮影等による指先の動的变化についてもその特徴を明らかにしていく必要があると考えられる.

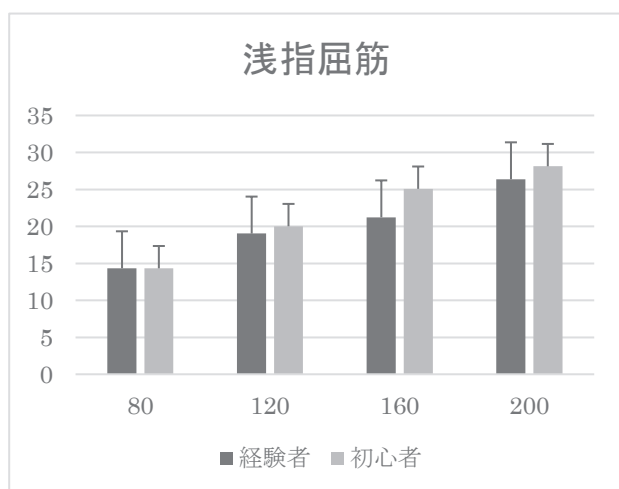


図 1 浅指屈筋のグループ間比較

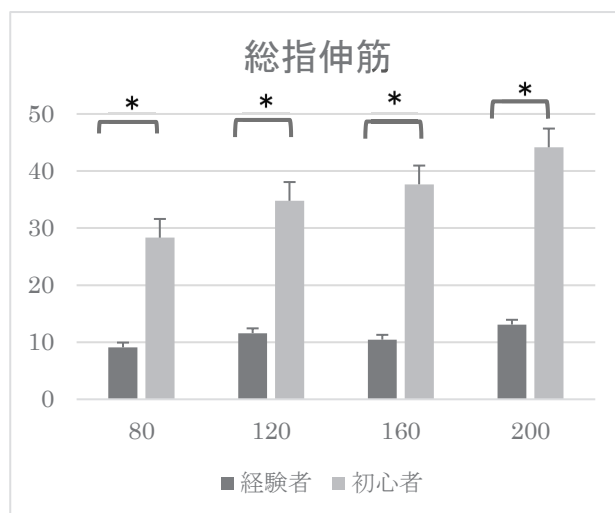


図 2 総指伸筋のグループ間比較

1, Christine Gupitill “Injury Prevention: What Music Teachers Can Do,” and Christine Zaza, Music Educators Journal 96, no. 4 (June 2010): 28-9.)

2, Bráulio Bosi, BECOMING A HEALTHIER GUITARIST: UNDERSTANDING AND ADDRESSING INJURIES candidate for the Doctor of Musical Arts Degree University of Missouri-Kansas City, 2016

伝統工芸品鑑賞の“コツ”の科学

Explication of the know-how to appreciate traditional crafts

○竹浪祐介, 廣澤覚, 岩崎健太

地方独立行政法人 京都市産業技術研究所

TAKENAMI Yusuke, HIROSAWA Satoru, IWASAKI Kenta
KYOTO Municipal Institute of Industrial Technology and Culture

1. はじめに

伝統的工芸品の感性的な美的価値基準の一端を明らかにし、理解を深めようとするのが本研究のねらいである。工芸品の美的価値の基準は「均質性・対称性」に重きが置かれている一般的なプロダクト製品と異なり、あえて非対称で不均質なことに美を見出す指向もあるため、それを理解するには経験に裏付けられた専門的な見識が必要とされている。そのため、工芸品を「奥が深い」と魅力に感じる一方で「敷居が高い」と感じられ、普及を阻んでいる一因とも言える。

また、専門的な鑑賞経験を積んでいる人や製作者自身であってもその評価を言語で明確に説明しきれないことも多く「鑑賞のコツ」の共有は難しい。

つまり、経験則やセンスといった“ブラックボックス”と言える鑑賞のコツを可視化することは困難ではあるが、消費者の関心を惹きつけており、同時に製作者側も、より良い作品を生み出す方法の一つとして、消費者側と共通認識を持つ意義があると考ええる。

熟練者への事前インタビューでは、普段は茶碗のどこを注目しているかとの問いに対し「特定の箇所ではなく、全体をぼんやり見ている」といった回答が多かった。先行研究として Abernethy ら^[1]によると、学習・訓練によって有効視野が広がることが示されている。これらのことから、熟練者は初心者に比べて、茶碗鑑賞中の有効視野が拡大するなど、周辺視の情報獲得が活発になると仮説を立てた。本稿での有効視野とは、石松ら^[2]にならい、視覚課題の遂行中に知覚者が情報を検索・弁別・処理ないし

は貯蔵しうる注視点の周辺領域と定義する。

また、盆栽の鑑賞を扱った先行研究^[3]では、芸術作品の鑑賞について知識の有無による鑑賞方略の違いが報告されており、熟練者は初心者と比較して注視箇所数が少なく、平均注視時間が短いことが明らかとなっている。

以上のことから、伝統的工芸品についても熟練者には共通した鑑賞方略があると考え、眼球運動測定装置を用いて鑑賞の際の視線の動きなどを計測した。

2. 実験

2. 1 周辺視パフォーマンス計測実験

被験者は 20 代～40 代の男女 9 名（初心者 4 名、中級者 2 名、熟練者 3 名）である。初心者は抹茶碗鑑賞歴無し、中級者は 10 年未満、熟練者は 10 年以上とした。抹茶碗鑑賞歴とは、茶道家、骨董商、学芸員など美術工芸分野で抹茶碗の子細な観察を職務のひとつとしている者のキャリアを示す。

実験手順は三浦^[4]の手法を参考とした。これは、被験者から 30cm の距離にモニタを設置し、画面中央で茶碗の三次元 CG 画像が回転する動画を観察するよう教示して、観察中に画面周囲に出現する指標に手元のボタンで応答するものである。指標は直径 5mm の赤色円形で、画面中央から 30° ～75° の 5 段階の範囲でランダムに提示される。提示時間は 250msec、提示間隔は 4.0sec であり、1 実験は約 2 分間である。被験者には指標が見えたらすぐにボタンを押すこと、しかし反応の速さや正確性を競うものではないこと、あくまで画面中央の茶碗を観察するように教示した。図 1 に実験の様子を示す。



図1 周辺視パフォーマンス計測実験の様子

2. 2 抹茶碗注視箇所計測実験

対象物は図2に示す抹茶碗である。

熟練度による観察方略の違いを明らかにするため、絵柄や形態の著しい変形など、熟練の度合いに関係なく同様に注視するであろう視覚的特徴を極力排する意図から、新たな樂焼の茶碗を実験用に製作した。形状は利休型と呼ばれる黒樂茶碗「大黒」を参考とし（口径 115mm・高さ 85mm・高台径 52mm）、凹みやヘラ目なども極力排した回転体に近いフォルムである。釉薬は器体全てを覆う総釉として陶土と釉薬の質感の境界が現れることも排している。製作者を示す窯印も施していない。



図2 実験対象物（抹茶碗・黒樂）

被験者は20代～40代の男女9名（初心者3名、中級者2名、熟練者4名）である。各群の定義は有効視野計測実験と同じである。

被験者は帽子型アイトラッカーEMR-9（ナックイメーゲテクノロジー社）を装着し、抹茶碗観察時の眼球運動を計測する。

分析は観察開始から1分間の眼球運動データを対象とした。それ以上の時間では観察行為が冗長と感じられ、対象物からの積極的な情報獲得が見られなかったためである。注視とみなす範囲は視角 2° 以内、眼球の停留時間の下限を200msecとした。視覚からの情報獲得に限定するため、被験者には手袋を着用させ、テーブルに肘を軽くつけた状態で頭部との距離をほぼ一定に保つよう教示して自由に観察させ、実験中の発話は制限しない。観察時間は3分程度とした。実験中の様子を図3に示す。



図3 注視箇所計測実験の様子

3. 結果

3. 1. 周辺視パフォーマンス計測実験結果

有効視野は注視点の周囲で認識できる範囲のことを指し、加えて、周囲に出現する標的への検出反応時間を合わせた「周辺視パフォーマンス」によって情報獲得効率が変化すると考えられている^[4]。つまり反応時間が速く、視野角が広くても反応時間が低下しないほど、周辺視パフォーマンスが優れていると言える。被験者群間及び指標の出現角度によるボタン押下の正答率（ボタンの押し間違い）に有意差は見られなかった。図4に、各視野角での指標出現からボタン押下までの応答速度を示す。熟練度が高いほど応答が早い傾向があり、分散分析の結果、3

群間の平均の差は有意水準 10%で有意差が認められた ($F(2, 4)=3.93$, $p=0.064<0.1$)。

この結果は、対象物の観察に熟練するほど鑑賞中の周辺視の情報獲得が活発になるという仮説を裏付けるものである。今後は年齢や性別の範囲を広くした統計的な検証を行う予定である。

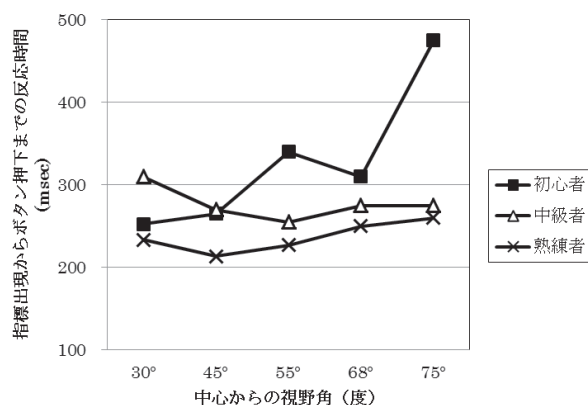


図4 各視野角での平均反応時間

3. 2. 抹茶碗注視箇所計測実験結果

実験中の被験者の特徴的な行動として、熟練者群と中級者群は抹茶碗を水平方向に回転させる動作が頻繁に観察され、実験後インタビューでは「茶碗の正面を探していた」との回答を多く得た。「正面」とは茶碗の鑑賞における一番の見どころであると言われ、つまりは評価しやすい鑑賞方向を指し、茶会などでの使用時には客に向けて供される面である。正面の設定は基本的に使用者の判断に委ねられるが、絵柄や形状の特徴がある茶碗では正面は比較的分明である一方、本実験の対象物のような無地の回転体に近い形状では、手がかりとなる情報を得るために子細な観察を要すると思われる。また、初心者群は茶碗に正面があるという知識が無いため、水平回転はほぼ見られなかった。

観察から1分間の平均注視回数と合計注視時間を表5に示す。注視時間は熟練するに従い長くなるが、注視回数では反対に少なくなっており、異なる傾向が観察された。これは、熟練者は注視1回あたりの時間が長いことを示し、眼球をせわしなく動かさずに、じっと停留している時間が長いと言える。この

結果は仮説で引用した盆栽の鑑賞研究の結果とも合致し^[3]、自動車運転の熟練者の眼球運動パターン^[5]と同様に、有効視野の広がり結果として、視点移動の必要が減ったため、このような結果が得られたものとする。

表5 観察から1分間の平均注視回数と合計注視時間

	注視回数 (回)	注視時間 (sec)
初心者	63.7	50.8
中級者	59.5	49.8
熟練者	39.5	54.3

茶碗の観察部位の分類を図5に、各被験者群での部位別平均注視時間の割合を図6に示す。

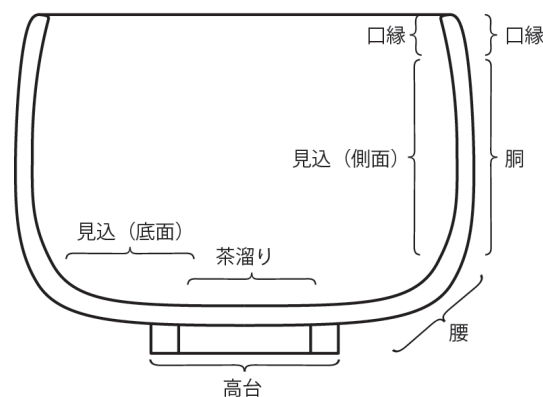


図5 観察部位の分類

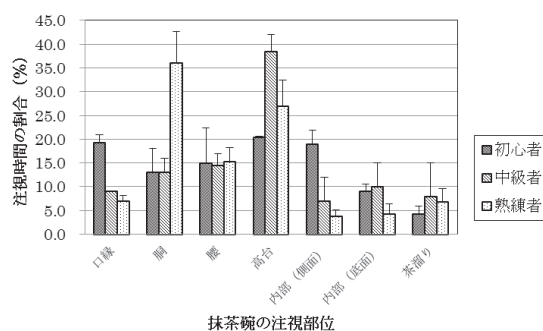


図6 観察1分間の部位別平均注視時間の割合 (%)

これより、初心者は特定の部位への注視傾向は見られず、中級者は高台を、上級者は胴を見る時間が長いことがわかる。

上記の結果を被験者に提示し、本人の自覚と分析結果との差異を聞き取り調査したところ、初心者群は「どこを見れば良いかわからなかった」とのコメ

ントが多く、各部位の観察時間が同程度だった理由は、バランスよく見ていたからではなく、注視が散漫であったことが示唆される。

中級者群は「高台には作り手の技術が表れることを知っているため、注目した」との発言が多く、自覚どおり高台への注視時間が長く、知識を鑑賞の方針としていることが伺える。

熟練者群からは「自分が一番注目していたのは高台だと思っていた」とコメントがあり、自覚に反して胴部への注視時間が長いことに意外性を感じていたことが判った。その解釈については、仮説で述べた「特定の箇所ではなく全体をぼんやり見る」ために対象物の中央に視点を据えたのではないかと、との内省報告があり、仮説を支持する内容となった。

4. まとめ

上記を総合すると、本実験の対象物においては、初心者は見どころが判らないため全体を散漫に見る傾向があり、中級者は知識に依って特定の部位に注目する。そして熟練すると周辺視パフォーマンスが向上し、視線を激しく動かさずとも情報獲得が増えるという可能性が示唆された。

加えて中級者以上には、茶碗を水平回転させながら、評価しやすい鑑賞方向である「正面」を探索する特徴的行動がある。

5. 今後に向けて

周辺視パフォーマンスと注視部位が熟練度により変化するという事象が、目利きへの過程を示す特有のものなのか、統計的な有意差を正確に検討できる十分なサンプルを採取する方針である。注視箇所はあくまで視野内における眼球運動の停留座標を示すものであり、同じ部位を注視していても被験者各自が得る情報量は異なると考えられる。このため、眼球運動のみで認知過程の全てを決定することはできない。

また、本研究は美術工芸品に画一的な鑑賞マニュアルを作ることが目的ではなく、ユーザーが自身の鑑賞の傾向に気づき、熟練度の異なる他者の鑑賞の

特徴も知ることで、より理解を深めるためのコツの構築を促し、工芸品をより楽しめる方法を提案するものである。これにより、興味を持っても購入にまで至らない潜在的ユーザーの消費の喚起にも繋げ、“消費者側”からの伝統産業振興を目指している。

また、“製作者側”へのアプローチとして、例えば、ユーザーの鑑賞熟練度の違いに合わせたデザインによって、より幅広い層の消費者に魅力を伝えることを目標としたい。

文 献

- 1) Abernethy III, C.N., & Leibowitz, H.W. : The Effect of feedback on luminance thresholds for peripherally stimuli. Perception and Psychophysics, 10, pp.172-174, (1971).
- 2) 石松一真 三浦利章: 有効視野における加齢の影響, 交通安全性を中心として 大阪大学大学院人間科学研究科紀要 第28巻(2002).
- 3) Miura, T : Eye movements in apprehension of bonsais, The effect of knowledge and experience, Proceedings of 16th Congress of the International Association of Empirical Aesthetics, pp. 95-96, (2000).
- 4) 三浦利章: 注意と眼球運動 労働科学研究所 労研維持会資料 No. 1295-1297, 1991.
- 5) 瀬谷安弘ら: 自動車運転作業時の眼球運動解析による視覚探索法略に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告, pp. 125-130, (2007).

ストーリーを用いた要求事項の抽出

The extraction of user requirements using Story

○村田愛*, 山岡俊樹*

*京都女子大学

MURATA Ai*, YAMAOKA Toshiki*

*Kyoto Women's University

1. 背景

現在モノやサービスの要求事項を抽出する際, デザインシンキングと呼ばれる手法が一般的になっている. これは容易で扱いやすいが, デザイナーの技量に左右されやすいため属人的ウェイトの高い手法と考えられる. しかし, デザイナーの求められるレベルは高くなってきている. 本研究では汎用的に使用できる新しい要求事項の抽出方法を提案する.

2. 目的

デザイナーの力量に関係なく, 汎用的に使用できる課題の再定義と要求事項の抽出法の提案が目的である. マーケティングで使われているシナリオ・プランニングと呼ばれるマネジメント手法を参考に新たな手法を提案する.

2.1. 要求事項の定義

JISQ9000 では要求事項を「明示されている, 通常, 暗黙のうちに了解されている若しくは義務として要求されている, ニーズ又は期待。」¹⁾と定義している. 本研究では「デザインに組み込まれたニーズ」と定義する.

2.2. ストーリーの定義

大辞林第三版ではストーリーを「1. 物語. 話. 2. 小説・演劇・映画などの筋. 筋書き。」²⁾と記述している. 本研究では「5W1H で構成された物語」と定義する.

2.3. 二項対立の定義

デジタル大辞泉では二項対立を「論理学で, 二つの概念が矛盾または対立の関係にあること. また, 概念をそのように二分すること。」³⁾と記述している. 本研究では「一つ概念を二分し, 分類できるようにして理解しやすくすること」と定義する.

3. 基本的アルゴリズム

基本アルゴリズムの考え方を以下に示す.

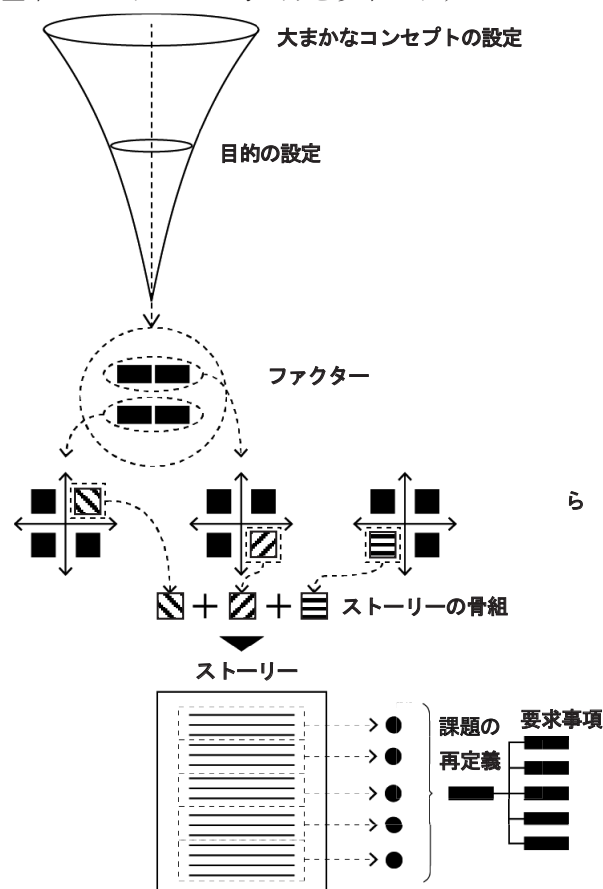


図1 基本的アルゴリズム

(1)大まかなコンセプトの設定

デザインの方向性を決める. この時点では細かなはっきりとしたコンセプトでなくてもよい.

(2)情報の収集

課題に関する基本的な情報に限らず, あらゆる方面の情報を収集する. また, 街中で観察を行い最新のトレンドを捉える.

(3)目的の設定

目的を定め, 必要とされる要件をまとめる.

(4)ファクターの設定

システムと人間の接点、イベント、基本的行動それぞれに項目が設定されているので目的をもとに 2 項目選択する。また、PEST モデルを参考にした項目からも目的をもとに 2 項目選択する。こちらは日々変化するので情報を集めた時に新しいものを追加する必要がある。

表 1 システムと人間の接点

身体的側面	頭脳的側面
環境的側面	時間的側面
運用的側面	

表 2 イベント

学習・自己啓発・訓練 スポーツ 旅行・行楽	ボランティア活動 趣味・娯楽
-----------------------------	-------------------

表 3 基本的側面

睡眠 身のまわりの用事 仕事関連 家事 通学 会話・交際 休息	食事 療養・静養 学業 通勤 社会参加 マスメディア接触
---	---

表 4 POLITICS

法律改正 外交	政権交代 税制
------------	------------

表 5 ECONOMICS

経済成長率 株価 為替相場 日銀短観	個人消費 金利 景気動向 失業率
-----------------------------	---------------------------

表 6 SOCIETY

社会環境 少子高齢化 人口動態 犯罪	消費者のライフスタイル 文化の変遷 教育 世間の関心
-----------------------------	-------------------------------------

表 7 TECHNOLOGY

SNS IoT AR	インターネット VR
------------------	---------------

(5)ストーリーの骨組みの作成

選択されたファクターをそれぞれ二項対立にし、2次元のグラフに示す。システムと人間の接点、イベント、基本的行動から選択されたファクターで作られるグラフをグラフ α とする。PEST モデルから選択されたファクターで作られるグラフをグラフ β とする。ラッセルの円環モデルを参考にした感情のグラフをグラフ γ とする。第 1 象限は喜びや興奮、第 2 象限は恐れや不満、第 3 象限は悲しみや退屈、第 4 象限はリラックスや満足感を表す。グラフ α 、 β 、 γ からそれぞれ 1 象限ずつ取り出し、組み合わせ、実現したいストーリーを考える。

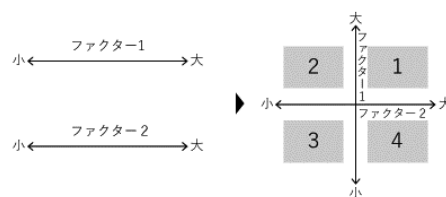


図 2 グラフ α

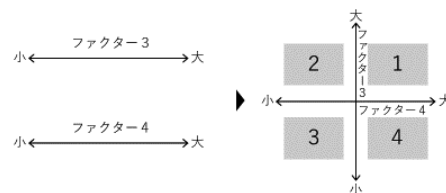


図 3 グラフ β

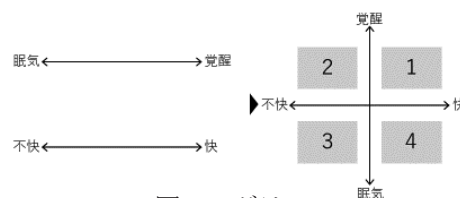


図 4 グラフ γ

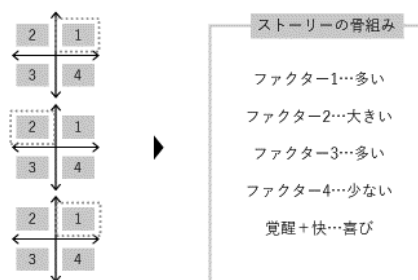


図 5 ストーリーの骨組み

(6)骨組みへの肉付け

組み合わせた骨組みに情報収集の時に得られた最新のトレンドを組み合わせ、具体性を持たせたストーリーを作る。ストーリーは 5W1H に基づいて構成して

いく。

(7)ストーリーの構造化

考えられたストーリーを細分化し、それぞれを一言で表す。それらの意味を包含する1単語を選定すると課題の再定義となる。

(8)要求事項の抽出

選定された一単語から[目的-手段]の関係で分解して抽出された言葉が要求事項となる。

4. 実験

上記の手法が有効であるか確認するための実験を行った。提案する手法を使用するグループと使用しないグループに同じ課題を与え、出された結果を比較した。

(1)実験協力者

京都女子大学生4名(21~22歳)

(2)実験日時

2016年10月12日14時~20時

(3)実験条件

Aグループ(2名):今回提案する手法の説明をし、課題の再定義、要求事項の抽出をする。

Bグループ(2名):何も説明をせず、課題の再定義、要求事項の抽出をする。

(4)実験課題

お酒の再定義と消費者の要求事項を求める

5. 結果

以下はAグループの考察手順である。

(1)大まかなコンセプトの設定

身体にいいお酒(ストレスフリー)

(2)情報の収集

表8 集められた情報

ブラ袖	ファーサンダル
ワイドパンツ	スカーフ
レースもの	辛い食べ物ブーム
ローストビーフ丼	グリーンスムージー
写ルンです	シェア(レンタル)
バブーシュ	ファーベスト
組込み型	ウェアラブル
VR/AR	ポケモンGO
築地問題	自然災害
オリンピック	障害者施設無差別殺傷事件

トレンド→優越感(ポケモンGO)

(3)目的の設定

お酒を飲める人

→悪酔いしない、悪酔いする人が出ない

お酒を飲めない人

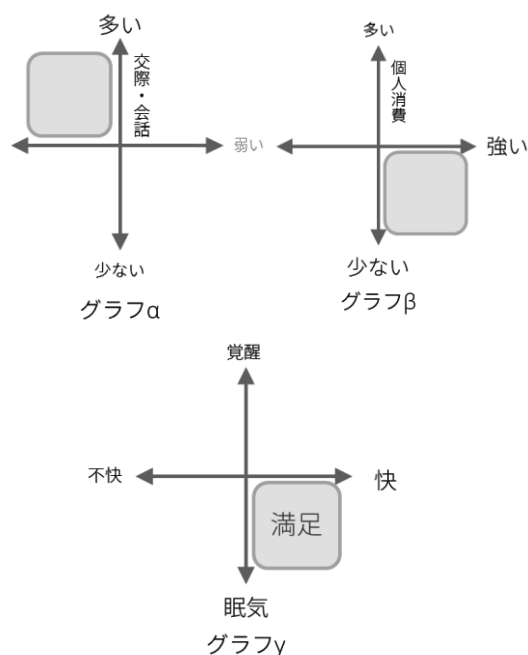
→アルコール飲料同等のアルコールフリードリンクがある

(4)ファクターの設定

表1, 2, 3→会話・交際 / 食事

表4, 5, 6, 7→IoT / 個人消費

(5)ストーリーの骨組みの作成



(6)骨組みへの肉付け

【ストーリー】

①今日は大学のサークルで飲み会に来た。いつも行く居酒屋とは違って、白を基調としたスタイリッシュな店内になっている。②店に入ると腕時計型のウェアラブル端末を渡された。これで注文や荷物の管理もできるらしい、今流行りの〇〇ウォッチみたいでカッコいい。③席に着くと端末がここのシステムを説明してくれた。この店ではストレスを感じずに飲めるサービスとして、お店側が悪酔いしないようにお酒を調節してくれるらしい。飲むことは好きだけど、お酒が強くない私にとってはうれしいサービスだ。④しばらくたって注文しようと端末を見たら「ちょっと酔ってきたか

も、ノンアルブレイク！」と表示されたのでノンアルコールを飲むことにした。自分にだけこっそり教えてくれたので、周りを気にせず最後まで楽しく飲むことができた。⑤いつもは周りを気にしながら飲んでたから、今日はいいいお酒が飲めた気がした。

(7)ストーリーの構造化

①非日常が味わえる空間

②流行の体験

③ユーザへの配慮

④心地よく飲めるサービス

⑤ストレスを感じず飲むことができる

課題の再定義→お酒は会話するためのモノである

表8 Aグループ結果

再定義	お酒は会話するためのモノ
	人と話すこと
	気分を害さないこと
要求事項	コミュニケーションをとること
	ストレスの緩和
	言葉のキャッチボールをすること

表9 Bグループ結果

	お酒は自分をハッピーにしてくれるモノ
再定義	お酒はコミュニケーションを活発にさせるモノ
	お酒はすべての人が楽しめるモノ
	お酒は自分のテンションで楽しめるモノ
	お酒に弱い人への配慮をしてほしい
要求事項	同じテンションの人と飲みたい
	好きなフレーバー、度数で飲みたい
	お酒に詳しくないから知りたい
	飲む以外の楽しみ方を知りたい

AグループはBグループと比較し課題の再定義、要求事項ともに抽象度が高く、似たベクトルの結果が出た。これはBグループよりもより上位の再定義、要求事項が出たといえる。要求事項は抽出度が高いほど包括される情報量が大きくなるので考えられるデザイン案が増え、デザインするベクトルが明確になる。

6. おわりに

今回の実験では多くの問題点が出た。特に要求事項を

抽出するまでに非常に時間がかかったことが大きな問題である。今後の課題として時間の短縮化をメインに手法をブラッシュアップしていく。また、現在デザイン専攻の学生も使用できるかを確かめる実験を行っている。これは京都女子大学学部生 11 名に協力してもらい、本研究を用いて着物のデザインを行うものである。この実験からもいくつか問題点が見つかったため、前回の実験も踏まえ改良し、汎用的に使用できるものとする。

参考文献

- [1]. ウッディー・ウェイド: ストーリー・プランニング—未来を描き、創造する, 英治出版, (2013).
- [2]. 岡大勝・三宅和之: 「要求」の基本原則, 技術評論社 (2009).
- [3]. キースヴァン・デル・ハイデン: ストーリー・プランニング「戦略的思考と意思決定」, ダイヤモンド社 (1998)
- [4]. ジョナサン・H・ターナー: 感情の社会学理論-社会学再考- (ジョナサン・ターナー感情の社会学理論 V) , 明石書店, (2013)
- [5]. 福田正治: 感情を知る-感情学入門, ナカニシヤ出版, (2003)
- [6]. 山岡俊樹: デザイン人間工学の基本, 株式会社武蔵野美術大学出版局, (2015)
- [7]. 山岡俊樹: デザイン人間工学-魅力ある製品・UX・サービス構築のために-, 共立出版, (2014)
- [8]. 山岡俊樹: 論理的思考によるデザイン 造形工学の基本と実践, ビー・エヌ・エヌ新社, (2012)
- [9]. 山岡俊樹: サービスデザイン: フレームワークと事例で学ぶサービス構築, 共立出版, (2016)

引用文献

- 1) JIS Q 9000 : 2006. 品質マネジメントシステム—基本及び用語
- 2) 松村明: 大辞林第三版, 三省堂, (2006)
- 3) 小学館『大辞泉』編集部: 大辞泉, 小学館, (1995)

簡易操船シミュレーターを用いた訓練生の他船状況認識の変化について

The change of the other ship's situational awareness of the trainees by the Easiness Ship Handling Simulator

○田辺伸吾*, 渕 真輝**, 藤本 昌志**, 広野 康平**, 小西 宗***

*神戸大学海事科学部 **神戸大学大学院海事科学研究科 ***独立行政法人海技教育機構

TANABE Shingo*, FUCHI Masaki**, FUJIMOTO Shoji** HIRONO Kohei**, KONISHI Tsukasa***

*Faculty of Maritime Sciences, Kobe University, ** Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, *** Japan agency of Maritime Education and Training for Seafarers

1. 背景・目的

船舶を安全に運航するためには、操船者は船舶の特徴から、他の交通機関と比較して早期から衝突回避動作を行う必要がある。衝突回避動作は衝突の数分から数十分前に行われるため、その動作を実行する前の他船の動静を把握し判断する段階である状況認識はさらに早期となる。状況認識には段階があり、1次は周辺要素の知覚（以下、知覚）、2次は現状の理解（以下、現状理解）、3次は将来動向の予測（以下、将来予測）とされている¹⁾。つまり操船者は、他船を知覚、現状理解したうえで、数分から数十分先の将来予測を行っているといえる。あるタイミングにおける訓練生の他船に関する状況認識の特徴は示されているが²⁾、数分から数十分のうちに、時間の経過に伴って状況は変化している。このことから、状況認識の変化の特徴を明らかにすることは、効果的な教育・訓練手法の検討に寄与すると考えられる。以上の背景から、本研究では、簡易操船シミュレーターを用いて状況認識を測定し、訓練生の状況認識の変化の特徴について検討することを目的とする。

2. 方法

2.1 実験参加者

訓練生群として、一般社団法人尾道海技学院が開講する六級海技士（航海）養成課程の訓練生 10 名の協力を得た。訓練生群の平均年齢は 28.7 歳($SD=8.1$)であり、座学及び 2 ヶ月間の乗船訓練が終了していたが、海技免状は有していなかった。熟練者群として、海技免状を有する現役の内航船の船長や航海士 10 名の協力を得た。平均年齢は 48.6 歳($SD=11.3$)であり、平均操船経験年数は 17.3 年($SD=8.9$)であった。

2.2 実験方法

シミュレーターにおいて複数回シナリオを中断し状況認識に関する質問を行うことで参加者の状況認識を測定する SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique) 手法³⁾を参考にした。

簡易操船シミュレーターを用いて、他船を 13 隻配置するシナリオを作成した。参加者には岬の沖で進路を左に変更するよう教示し操船させた。この進路を変更する位置を「変針点」と呼ぶ。このシナリオにおいて、操船上ポイントとなる 3 つのタイミングを設定した。1 つ目は、シナリオ開始後、前方の同航船および漁船群に対し衝突回避動作をとった時であった（タイミング①）。2 つ目は漁船群が真横にきた時であった（タイミング②）。3 つ目は変針点付近に達した時であった（タイミング③）。これらのタイミングでシナリオを一時中断し、簡易操船シミュレーターのスクリーン等を見せずに、質問紙の記入と短時間の操船に関するヒアリングを行った。質問紙では中断時の他船の位置及び進行方向を図示させ、衝突の危険を回避するという点でそれぞれの他船をどの程度気にしているかを 10 段階で評価させた。ヒアリング終了後にシナリオを再開した。

2.3 分析方法

本研究ではタイミング②とタイミング③を対象とした。タイミング②では正横に漁船群があり、前方に反航船“V 船”，左から来る横切り船“VI 船”と右から来る 4 隻の横切り船“VII 船”“VIII 船”“IX 船”“X 船”がある状況であった。タイミング③では自船は変針点付近で、“V 船”は航過しており、VI～X 船がタ

イミング②と比べ接近している状況であった。先行研究では複数の横切り船を個別に認識せずまとめて知覚しているケースがあると指摘されていることから²⁾、本研究では、Ⅶ～Ⅹ船を「右横切り船」とひとつにまとめて分析した。質問紙に他船が点で記入されていれば他船は知覚されていると判断した。この点に進行方向がシナリオ上の針路左右30度以内に記入されていれば他船の現状認識が正しいと判断した。さらに、他船に対する評価値とヒアリング調査によるコメントを将来予測とした。右横切り船については4隻のうち1隻でも正しく記入されていれば知覚ならびに現状理解は正しい判断し、評価値は4隻のうち最も高い評価値を右横切り船の評価値とした。

3. 結果

1次の知覚について、タイミング②から③にかけて、訓練生群と熟練者群ともにほぼ同様であった。2次の現状理解について、相対的に訓練生群は熟練者群に比べ正しく現状理解ができていなかった。3次の将来予測について、他船の評価値を図1に示す。Ⅵ船及び右横切り船の評価は、タイミング②から③にかけて訓練生群の評価値は比較的高いまま変化が無いが、熟練者群は比較的低い値から高い値へ変化している。ヒアリング調査について、他船に関するコメント数を表1に示す。タイミング②、タイミング③ともに訓練生群、熟練者群の発言数は同様であった。

4. 考察

他船評価値の結果から、熟練者群はタイミング②

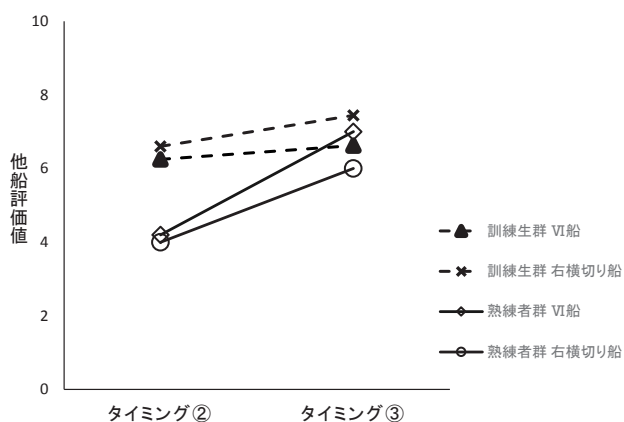


図1 他船評価値

表1 他船に関するコメント数

	訓練生群			
	コメントなし	Ⅵ船のみ	右横切り船のみ	両船
タイミング②	30% (3/10)	30% (3/10)	30% (3/10)	10% (1/10)
タイミング③	0% (0/10)	20% (2/10)	20% (2/10)	60% (6/10)
	熟練者群			
	コメントなし	Ⅵ船のみ	右横切り船のみ	両船
タイミング②	30% (3/10)	20% (2/10)	30% (3/10)	20% (2/10)
タイミング③	0% (0/10)	10% (1/10)	10% (1/10)	80% (8/10)

では他船との距離があるため比較的気にしておらず、タイミング③では他船との距離が接近し気になったと考えられる。一方、訓練生群はタイミング②からタイミング③にかけて継続して他船を気にしていた。これは経験が乏しく現状理解が劣っていることも相まって、知覚した他船を常に気にしているものと考えられる。訓練生群が早期から衝突リスクを感じることは、低い技能に対する補償であると考えられる。ただしタイミング②におけるコメント数は熟練者と同様に少ないことから、衝突リスクが生じる可能性を予測し気にしているというよりも漠然と気にしているものと推察される。

このことから、より効果的な教育・訓練を行うためには、インストラクターが自身の数分から数十分先の他船状況認識のみに基づき指導するのではなく、訓練生の他船状況認識を考慮した指導をするような教育プログラムの検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) Endsley, M.R. : “Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems”, Human Factors, Vol.37, No.1, pp.32-64, 1995.
- 2) 小西宗他 : ” 操船シミュレータによる訓練生の状況認識の特徴 ”、日本人間工学会第 57 回大会 2015.
- 3) Endsley, M.R. : “Situation awareness global assessment technique (SAGAT)”, Aerospace and Electronics Conference, 1988. NAECON 1988. Proceedings of the IEEE 1988 National, Vol.3, pp.789-795, 1988.

SNS を利用した予期的 UX の抽出

Sampling of Anticipated UX using the Social Networking Service

○山本知輝*, 松延拓生**, 満田成紀**, 福安直樹**, 鯉坂恒夫**

*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

YAMAMOTO Kazuki*, MATSUNOBE Takuo**

MITSUDA Naruki**, FUKUYASU Naoki**, AJISAKA Tsuneo**

*Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University,

**Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1. はじめに

製品やサービスを提供する側にとって、ユーザの「よい体験」を実現する製品やサービスをいかに生み出すが課題になる。製品やサービスを企画の段階から理想の体験を目標にして設計していくことが重要である。そのためには製品自体の品質だけでなく、ユーザの意思決定に影響する企画・広報を含めた段階からユーザエクスペリエンス(UX)に考慮する必要がある。

UXについては、UX 白書¹⁾として UX の諸相を 3 つに分けてまとめられており、UX を異なる 4 つの時系列に区別するという考え方が提唱された。その時系列で、経験を想像する段階にあたる予期的 UX について調査することで、製品やサービスの利用前の意思決定に影響する要素を抽出できる。

そこで本研究では、SNS を利用しテキスト内容から予期的 UX を抽出し、抽出した予期的 UX を類型化することを目標にする。今回は、予期的 UX の抽出方法について検討する。

2. 先行研究

2.1 UX の関連研究

UX の関連研究には、短期的な利用経験しかない時の操作性の評価と長期的な利用経験を積んだ後の評価との違いを研究する長期的ユーザビリティに関する研究²⁾がある。また、実際の利用環境で製品の操作性を評価した場合と実験室で評価した場合の違いを研究するフィールドユーザビリティ研究³⁾では実利用に近い状態でのユーザビリティを捉えることを検討した。

しかし、UX の期間に着目し、利用経験の想像段階にあたる予期的 UX を対象とした研究は少なく、特定の期間の UX を抽出し類型化することを試みた研究はない。

2.2 SNS の関連研究

Twitter のツイートを利用して行動や話題を抽出した研究が多くなされている。柏原⁴⁾は Twitter の利用動機には「交流/自己表現動機」「既存関係維持動機」「実況/情報探索動機」「自己呈示動機」「気晴らし動機」の 5 つが抽出できると結論付けた。この中で「実況」は「あるニュースに対する反応・意見」などを即座に知ることができるとしている。

このように Twitter の利用動機には自分の反応・意見を即座にツイートしたいといったものがあり、ツイートを利用することでユーザが対象に抱くリアルタイムな感情を把握できると考えられる。

3. 期待される効果

既存の UX 評価手法は利用期間を経てから評価するものが多く、利用期間前の UX の記憶を遡るのは困難である。また、利用していないユーザの評価を抽出することはできない。

製品・サービスの利用前の期間に相当する予期的 UX について SNS を用いて調査することで、従来手法よりリアルタイム性が高いという点で、ユーザの意思決定に至る過程の反応を正確に捉えることができると考えられる。また、Twitter を用いることで利用者・非利用者に関わらず意思決定に影響する要因を抽出することができる。

4. Twitter を利用したシステムの概要

以下では Twitter を利用したシステムの概要と考察について説明する。

4.1 システム構成

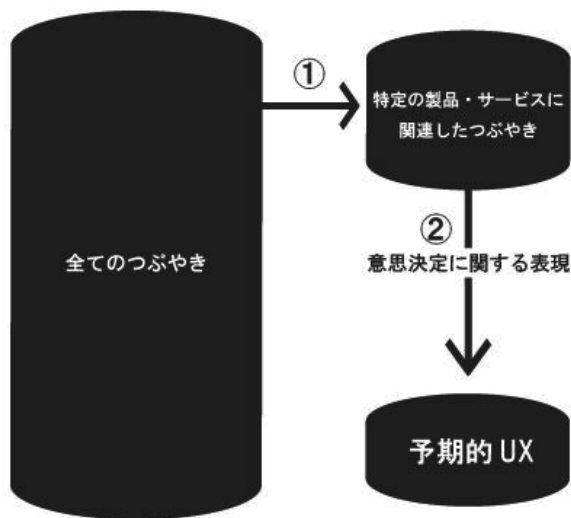


図 1 システム概略図

抽出方法として、最初に意思決定に関する表現とある特定の製品・サービスに関連するテキストを決定する。次に関連するテキストに該当するツイートを抽出する(図 1 の①)。その中から、意思決定に関する表現を抽出パターン(表 1)とし、予期的 UX を抽出する(図 1 の②)。

予期的 UX は利用経験を経た後には捉えられにくい特性があると考えられる。その理由として、利用を経た後の利用期間前の評価は利用したことによって変化することが挙げられる。提案手法では利用期間前の時点でのツイートを抽出することができ、利用経験を経っていない反応を正確に捉えることができると考えられる。

表 1 抽出パターン

予期的 UX	意思決定に関する表現
予想	～するだろう、～だろう
期待	～したい、～してみたい
使命感	～しないといけない、～すべき
不安	～しないと…になる、～になってしまう
勧誘	～に誘われた、～することになった

4.2 考察

予期的 UX で得られる体験を 4.1 で予想したが、これ以外にも多くの予期的 UX があると考えられる。また予期的 UX として抽出されたツイートの中にはすでに一度利用し、再利用する前のツイートの場合がありうる。予期的 UX を抽出するシステムでは、初期利用前と再利用前が異なる UX であることを認識させる必要がある。そのために再利用前であることを示唆する「また」や「〇度目の」などの文字列でフィルタをかける方法が考えられる。

5. おわりに

本研究では、Twitter を利用しツイートから予期的 UX を抽出し、抽出した予期的 UX を類型化することを目標にしている。そこで、今回は予期的 UX の抽出方法について検討した。検討した方法で、ある特定の製品・サービスに対し予期的 UX の抽出を行い、不完全な場合は抽出方法を再度検討し抽出を行う。提案手法では、抽出できるものは予期的 UX の一部であり、類型化するには網羅性が低い可能性があるので、特定のユーザの一連のツイートを追うことで表現のバリエーションを増やしたい。

参考文献

- 1) Roto, V., Law, E., Vermmeren, A., and Hoonhout, J., “User Experience White Paper”, <http://www.allaboutux.org/uxwhitepaper> (2011) UX 白書 日本語版 <http://site.hcdvalue.org/docs>
- 2) 安藤昌也: 長期的ユーザビリティの動的変化—利用状況の変化をその影響—, 総研大文化科学研究, Vol. 3, pp.27-45(2007).
- 3) 丁井雅美, 田村博: モバイル機器のフィールドユーザビリティ研究, 人間工学, Vol.38, No.Supplement, pp154-155(2002).
- 4) 柏原勤, Twitter の利用動機と利用頻度の関連性: 「利用と満足」研究アプローチからの検討, 慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要, No.72, pp.89-107 (2011).

圧力センサを用いた離床予測手法の検討

A Study of Bed-leaving Prediction by Using a Pressure-sensitive Sensor

○和田健吾*, 峰晴彩*, 桑原教彰*, 森本一成*

*京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

WADA Kengo*, MINEHARU Aya*, KUWAHARA Noriaki*, MORIMOTO Kazunari*

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

1. はじめに

近年、日本では超高齢社会を迎え、介護を必要とする高齢者の数が増加している。それに伴い、高齢者が夜間に一人で起き上がろうとし、ベッドから転落する事故が多発している。また、人手不足も問題となっており、介護スタッフが常に高齢者の側でケアし続けるのは、非現実的であると考えられる。そのため、介護施設では、介護者の負担を減らし、事故を防止するために、離床センサが広く用いられている。離床センサとは、対象がベッドから離れたことを検知し、ユーザに報知するセンサのことであり、荷重の有無で離床を検知するマットタイプや、赤外線タイプ等がある。しかし、現行の多くの離床センサでは、被介護者が離床した後に報知するため、介護者が被介護者の元へ駆けつけるまでに、少なからず時間を要することとなり、その間に、転倒事故を起こす可能性がある。したがって、被介護者の覚醒のタイミングを予測し、介護者へ報知することが可能になれば、離床前に駆けつけることができ、転倒等の事故を未然に防ぐことができると考えられる。

すでに前任者によって、離床予測手法として、圧力センサを用いた就寝姿勢の識別方法について検討¹⁾されている。しかし、1種類のセンサのみで、多くのセンサではまだ検討されていない。本研究の目的は、この識別方法を立証するため、別のセンサを用いて、検証することである。

2. 実験内容

圧力センサを用い、就寝姿勢についての体圧データを測定し、162種類の体圧データを得た。得られたデータに対して前処理を行い、55個の特徴からなる特徴

ベクトルを作成した。さらに、特徴ベクトルを用いて、サポートベクトルマシンによる識別器を構築し、就寝姿勢の識別を行った。

2.1 就寝姿勢の分類

我々は、Idzikowski の調査³⁾を参考にして、就寝姿勢を図1に示す6種類に分類した。さらに、本実験では、Foetus 型、Log 型、Yearner 型の3姿勢に関しては、左右の向きも考慮し、合計9種類でパターン認識を行った。



図1 就寝姿勢 (Idzikowski の調査²⁾より)

2.2 実験装置

本研究では、介護施設で利用することを考慮し、比較的安価である、株式会社榎屋の圧力センサシステムを用いた。

シート状の圧力センサは、縦40個×横80個の合計3200個のセンシングポイントを有する。測定開始後、体圧データを連続して記録し、1秒に12フレーム記録することができる。センサから出力される値（以降、測定値）は、実際の圧力値を示しておらず、測定開始の初期値からの荷重の増分が、実際の圧力相当値（以降、圧力値）となる。

2.3 実験環境

本実験では、ベッド上にセンサシートを設置し、その上からマットレスカバーをかぶせ、センサを固定した状態で測定を行った（図2）。その際、頭部には枕を設置し、頭から足先までがベッド内に収まる状態で測定を行った。



図2 ベッド上に設置した圧力センサ

2.3 取得データ

本実験の協力者は、21歳～27歳の健常な学生6名（男性4名、女性2名）とした。実験協力者からそれぞれ9種類の就寝姿勢についての体圧データを3回ずつ取得し、合計で162種類の体圧データを得た。

2.4 取得データの前処理

体圧データから特徴を抽出するために、以下の前処理を行った。

1) 平均化処理

電源ノイズなどの影響により、計測システムの測定値が若干不安定になることがわかった。そこで、本実験では、測定値を安定させるため、ノイズ処理として、30フレーム（2.5秒）ごとの平均化処理を行い、測定値として用いた。

2) 減算処理

本研究で用いる圧力センサの測定値は、センサシートの上に敷くマットレスカバー等の重さによる圧力も含まれている。体の荷重による圧力値を得るには、測定開始の初期状態からの増分を求める必要がある。したがって、平均化処理を行った測定値から、初期値を引いた値を、圧力値として用いた。また、減算により負数が

表れた場合は、圧力値0とした。

3) ノイズカット

減算処理後の圧力値においては、実際圧力がかかっていない部分に対し、圧力値が存在する場合が考えられる。そこで、体圧データごとに偏差値を算出し、50以下を圧力値0とするノイズカットを行うことで、不要な圧力値を除いた。

4) 体軸統一

実験協力者ごとに、ベッドに横たわる位置が異なるため、体軸をセンサの中心に合わせる処理を行った。

4. 実験結果

前処理を行った体圧データを用いて、荷重中心の位置座標や面積比など、合計55項目の特徴を抽出し、1つの特徴ベクトルとした。

得られた162個の特徴ベクトルを用いて、サポートベクトルマシンによる識別器を構築した。識別器をサポートベクトルマシンとしたのは、先行研究の実験結果より、サポートベクトルマシンが最も高い識別率を示したためである。

識別率の算出には、K分割交差検定を用いた。K分割交差検定とは、標本データをK分割し、そのうちの(K-1)個のデータセットを用いて識別器を構成する。その後、残りの1つのデータセットを用いて、識別率を求める。この作業を、テストデータを代えてK回繰り返すことで、K通りの識別率が得られる。K通りの識別率を平均した値を、最終的な識別率とする手法である。本研究では、スタージェスの公式よりKの値を8として検定を行った。

55項目の特徴には、識別率を低下させる特徴も含まれると考え、特徴の選定および削除を行った。以下の手順でt検定を行い、特徴削除の前後の、識別率の平均に有意差があるかどうかを調べた。また、本実験では、n=500とした。

- 1) すべての特徴を用いて識別器を構築し、識別率を算出する。
- 2) すべての特徴から1個の特徴を削除し、再度

識別器を構築し、識別率を算出する。

- 3) 1), 2)を n 回ずつ繰り返し、各 n 通りの識別率を算出する。
- 4) 3)で得られた、各識別率の平均に対して、 t 検定を行い、 p 値を算出する。
- 5) 1)～4)を 55 項目の特徴に対して行う。

上記の手順で得られた p 値と、有意水準 α の比較を行い、削除対象となる特徴を決定した。本実験では、 $p < \alpha$ とし、さらに、削除により平均識別率が向上した特徴に、有意差を認め、削除対象とした。 $p < 0.01$ の特徴をグループ A、 $p < 0.05$ をグループ B、 $p < 0.10$ をグループ C とし、各グループに属する特徴数を表 1 に示した。

表 1 α と p 値の比較によるグループ分け

有意水準 α	グループ	削除対象の特徴数
0.01 ($p < 0.01$)	A	20
0.05 ($p < 0.05$)	B	25
0.10 ($p < 0.10$)	C	28

また、各グループに属する特徴を削除した後、再び識別器を構築し、8 分割交差検定を行った。その結果の平均識別率を表 2 に示す。

表 2 特徴削除前後の平均識別率

使用した特徴	平均識別率
全特徴	65.8%
A 削除後	79.5%
B 削除後	82.5%
C 削除後	83.8%

特徴削除を行わず、すべての特徴を用いた場合の識別率は、65.8%となった。また、グループ A を削除した後の識別率は、79.5%となり、削除前から、13.7%上昇した。同様に、グループ B を削除した場合も、識別率は向上した。さらに、グループ C を削除した場合の識別率は 83.8%であり、特徴数を 55 項目から 27 項目まで減らすことができた。また、グループ A と B、B と C の識別率の平均に対して、 t 検定を行ったところ、

有意水準 0.01 でそれぞれ有意差が認められた。したがって、本研究では、特徴削除による識別率を、グループ C を削除した場合の 83.8%とした。

先行研究と本研究での、特徴削除前後の識別率の比較を表 3 に示す。削除前の識別率を比較すると、本研究での結果は、先行研究を 4.5%下回った。しかし、特徴削除後の識別率は、先行研究を 10.0%上回った。

表 3 先行研究との識別率比較

	先行研究	本研究
削除前	70.3%	65.8%
削除後	73.8%	83.8%

5. 考察

特徴の選定を行うことで、最終的に 28 個の特徴を削除した。その結果、8 分割交差検定による識別率は、83.8%まで向上した。先行研究の結果と比較すると、特徴削除前の識別率は、65.8%と先行研究を下回ったが、特徴削除後は、先行研究を 10.0%上回った。これは、特徴数に差があったことが原因として挙げられる。先行研究では、最終的な特徴数が 38 項目であったことに対して、本研究では、27 項目であった。識別率を低下させる特徴をより多く削除したことにより、識別率の向上につながったと考えられる。

以上より、異なる圧力センサを用いた場合でも、先行研究の結果と同等以上の識別率を算出することができた。したがって、先行研究の就寝姿勢識別手法が、別のセンサを用いた場合にも適用できることが、明らかとなり、本研究の目的は達成できたと言える。

6. まとめ

本研究では、先行研究の就寝姿勢識別手法について、別の圧力センサを用いた場合の検証を行った。

圧力センサから得られた体圧データに、平均化処理や減算処理等の前処理を行った後に、55 項目の特徴を抽出し、特徴ベクトルを作成した。得られた特

徴ベクトルを用いて、サポートベクトルマシンによる識別器を構築し、8 分割交差検定により、識別率を算出した。さらに、特徴の選定を行い、識別率を低下させる特徴を削除し、再度識別率の算出を行った。特徴削除前の識別率の平均は 65.8%で、最終的な特徴削除後の識別率は 83.8%となり、18.0%向上した。したがって、先行研究の識別手法は、別の圧力センサを用いた場合にも適用できることが明らかとなり、本研究での目的は達成できたと言える。

6. 今後の課題

今回の実験では、静止体圧データによる識別を行ったが、今後は、寝返りの検出を行うために、連続した体圧データによる、リアルタイムでの識別を行う。寝返りの検出が可能となれば、離床予測システムの実現に一層近づくことができるであろう。

謝辞

本研究にあたり、センサシート・システムのご提供を頂いた株式会社榎屋様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 峰晴, 桑原, 森本: シート型感圧センサを用いた就寝姿勢の識別についての研究; 日本繊維機械学会 第 68 回 年次大会論文集, pp.64-65(2015).
- 2) BBC NEWS, Health, Sleep position gives personality clue, (2003.9.16)

起立補助椅子の補助力と肘掛の変化による起立負荷への影響

Effect of Assisting Force and Transformed Armrest on Joint Torque in Standing Up Assistance Chair

○大政光史*, 高岡亮介*, 生嶋悠輔*, 渋江唯司*,

速水 尚*, 廣川敬康*, 澤井 徹*

*近畿大学生物理工学部

OHMASA Mitsushi*, TAKAOKA Ryoussuke*, IKUSIMA Yusuke*, SHIBUE Tadashi*,
HAYAMI Takashi*, HIROKAWA Takayasu* and SAWAI Toru*

*School of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University

1. 諸言

椅子は生活に欠かせない道具であるが、高齢者のように脚部の筋力が低下すると椅子から立ち上がる動作は大きな負担となる。起立動作を補助するためにバネなどの力によって座面を押し上げる起立補助椅子が市販されているが、本研究では、起立補助椅子から起立する動作の実験を行い、計測した姿勢と反力に基づきデジタルマネキンを用いて力学的負荷を評価した。

バネで押し上げられる座面からの補助力と肘掛を手で押すことによって生じる反力を変化させて関節のトルクを評価した。また、起立動作の後半でも手で支持するために肘掛を上方へ移動させる機構を作り、肘掛の長さを変えたときの影響についても検討した。

2. 解析方法

2.1 解析モデル

図 1 に示すように、立ち上がり動作をするときに、座面はバネにより押し上げられ、同時に肘掛はリンクにより先端が上方に移動する機構を用いた起立補助椅子を試作した。この椅子での起立動作を撮影し画像から関節角度を測定して、図 2 のようなデジタルマネキンの姿勢を設定する。このデジタルマネキンは CAD 上のプラグインソフトである Body Shape Designer ((株) アイヴィス) で作成した解析モデルであり、静的な力学的負荷を評価することができる。被験者は成人男性(身長: 178cm, 体重: 65 kg) とした。

着席時から起立するまでの動作を 7 段階に分けて人体モデルを作成し、次の項目を変化させて比較した。

(1) 肘掛長さを 600, 620, 660, 700mm の 4 種類とした(図 3 に例を示す)。

(2) 補助力については、基本モデルと約 10%補助力を大きくした補助力増強モデルの 2 種類を用いた。



図 1 関節角度の撮影

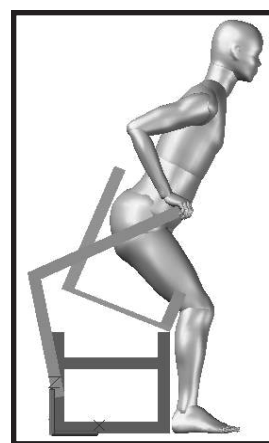
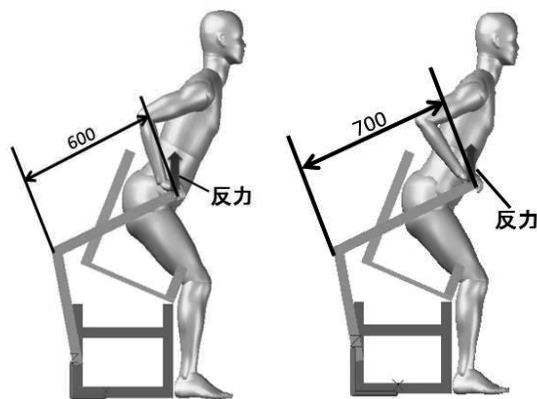


図 2 人体モデル



(a) 肘掛長さ 600mm

(b) 肘掛長さ 700mm

図 3 肘掛長さが異なるモデル

2.2 解析条件

起立補助椅子は座面がバネで押し上げられる機構とし、座面からの補助力を人体モデルの臀部にかけた。次第に傾く座面に合わせて座面に垂直に補助力をかけた。肘掛を押す手に働く反力は、座面と足元に反力計を設置した簡易実験から求め、鉛直上方に設定した。

3. 結果と考察

3.1 肘掛長さの影響

図4に全身の関節トルクの解析結果を示す。なお、Y軸は図3の紙面垂直方向に設定している。肘掛長さが長くなると、股関節トルクは減少し、膝関節トルクの絶対値は増加した。

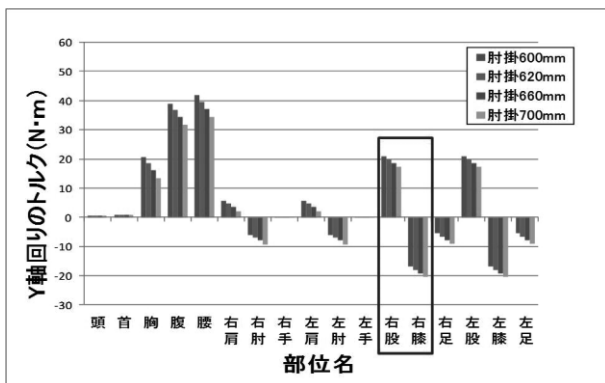


図4 肘掛長さの関節トルクへの影響

これは、図5に示すように、手の位置が股関節と膝関節の間にあるためである。手の位置が中央になったとき、すなわち本実験の場合では肘掛長さ 600mm の場合に股関節と膝関節の両方にバランスよく補助できることがわかった。

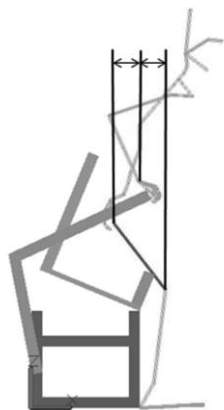


図5 手と関節の位置

3.2 補助力の影響

図6, 7で補助力の大きさを変えたときの股関節と膝関節のトルクを7つの動作段階で比較した。

図6に示すように股関節において動作段階2から5で基本モデルよりも補助力増強モデルのほうがトルク

が減少している。これは、補助力が増加したために姿勢が変化し手に力を入れやすくなったために、手の反力によるトルクが増加したためと考えられる。

図7をみると、膝関節トルクの値はプラスからマイナスに移行しており、起立動作の前半では人体の前方に回転させるトルクが働き、動作後半では後方に回転させるトルクが働いていることがわかる。補助力を増強させることによって、動作前半では前方に押し出す作用が強くなり、動作後半では椅子に引き戻す作用が弱くなっていることを示しており、起立負荷を軽減できていることが解った。ただし、補助力の増加は、身体を前方に押し出す作用を強めるとともに、その期間も長くなりことを示しており、立ち上がり動作を不安定にする可能性もある。

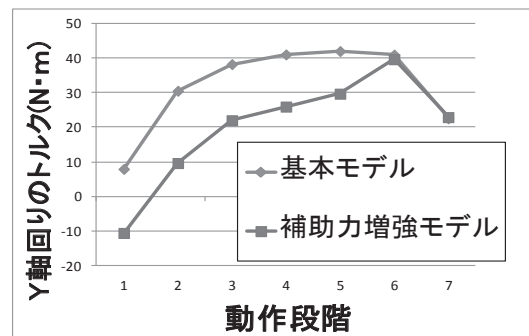


図6 股関節トルクの比較

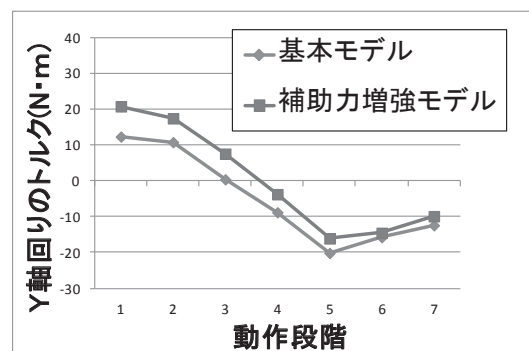


図7 膝関節トルクの比較

4. 結言

肘掛長さについては、手の位置が股関節と膝関節の中央になる場合にバランスよくなることが解った。起立補助力を強くすることにより負荷を軽減できることを確かめたが、身体を押し出す期間も長くなることが解った。

はだし教育用ソックスに関する研究

Socks development for Barefoot Education of Children.

○澤島秀成*, 井上克昭**, 能丸巖**, 村田浩子***

*奈良県産業振興総合センター **昌和莫大小株式会社 ***畿央大学

SAWASHIMA Hidenari*, INOUE Katsuaki**, NOUMARU Iwao**, MURATA Hiroko***

*Nara Prefectural Institute of Industrial Development, **Showa Meriyasu Co. Ltd., ***Kio University

1. はじめに

子ども達における、外反母趾、浮き趾などの足の異常の増加が懸念される¹⁾³⁾中、足趾の使用を促進するはだし教育⁴⁾が一部で見直されている。また、大人のスポーツの世界では、足の健康を考えて、靴の機能に頼らず、はだして走るベアフットランニング^{5),6)}が広まりつつある。はだし教育やベアフットランニングでは、地面に足裏が直接接触することから、石などの異物による怪我や汚れなどが懸念され、その取り組みに躊躇される場合も多い。

このような中、本研究では、はだし教育において使用できる靴下の開発を行った。開発にあたっては、まず、はだし教育などにおいて靴下を使用する場合に要求される機能や特徴について整理し、開発コンセプトを明確にした。次に、開発コンセプトを満たすための素材の検討および試作品の作製を行った。最後に、その試作品を用いて、実際に小学校、幼稚園での着用実験を行うことによりその有効性について検証した。

2. 開発プロセスおよび実験手法

2.1 要求事項および開発コンセプト

はだし教育などでの使用を前提とした靴下製品はこれまで存在しない。そのことから、本研究で開発を行う靴下に要求される機能については、子ども達のはだし教育よりもさらに過酷な使用が想定される、大人のベアフットランニングにおいて靴下を使用する場合に想定される要求事項について、日本ベアフット・ランニング協会理事（吉野剛）および裸足ランニングクラブ大阪コーチ（松田憲児）の2名の専門家より聞き取り調査を行った。

その結果、表1に示すようにベアフットランニング

での要求事項は、大きく分けて9項目となった。特に、はだし感覚の保持は重要で、耐久性のみを優先して厚底になるならば、既存のシューズのような不満が残り、メリットが少ないとのことであった。なお、耐久性は、大人の場合では、ベアフットランニングでの正しい走り方で、マラソン大会等で破れず持ちこたえる必要があるとのことで、はだし教育用についてもこれを参考とした。さらに、子どもの場合は、大人に比べて簡単に着脱できることが必要と考えられた。

表1. ベアフットランニング用靴下としての要求事項

要求事項	内 容
1.はだし感覚の保持	靴のような厚底ではなく、ほとんど着用していることを感じさせないもの。
2.耐久性	マラソン大会(50km~100km 程度)において、破れず持ちこたえるもの。
3.耐水性	雨天や水たまりなどでも使用可能なもの。
4.フィット性	滑らない、ずれてこない、引きつらない等、足にフィットするもの。
5.通気性	走っていると足が暑くなってくるので、通気性がよいもの。
6.速乾性	雨天や水たまりでの走行、汗をかいた場合など、水分を含んで重くなったり、不快になったりしないもの。
7.軽量化	走っているときに重さの負担を感じさせないもの。(1.はだし感覚の保持にも影響)
8.着用性	容易に着脱できるもの。
9.デザイン	走ることに特化した機能的なデザイン、かつ、審美性の高いもの。

また、これらの要求事項から、開発コンセプトとしては、「安全・快適にはだし教育が行える、本格的

はだし感覚の靴下」と設定した。なお、フィット性、通気性については、靴下の編み方やデザインにより補完することが可能であることから、まず耐久性および耐水性、速乾性などの高い繊維素材の使用について検討を行った。

2.2 素材検討

運動場などの地面の上で、靴を履かず直接使用しても破れない耐久性を靴下に持たせるためには、一般の靴下で使用されている繊維素材では不可能である。そのことから、本研究では、防弾チョッキなどの特殊な用途の高強度な繊維の使用について検討を行った。

3種類の繊維について、靴下の底面と同様の生地を作成し、JIS L1096「織物及び編物の生地試験方法 摩耗強さ F・1法」（スチールブレード法）に準拠した試験方法で耐摩耗試験を行った結果を表2に示す。

表2. 靴下生地の耐摩耗試験結果

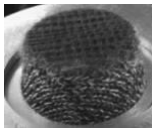
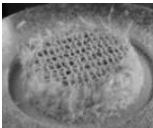
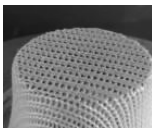
	A 繊維	B 繊維	C 繊維
素材	ポリエステル	芳香族ポリアミド系樹脂	超高分子量ポリエチレン
一般用途	靴下などの一般衣類（比較対象）	防弾チョッキ、手袋など	防弾チョッキ、船舶用ロープ、手袋など
試験画像			
破断回数	2028	12559	764113 破断なし
状態	1000 回程度で網状になる	10000 回程度で網状になる	大きな変化は見られない

表2より、C 繊維が最も耐摩耗性に優れていることが分かった。また、C 繊維については、他の2つの繊維よりも、単繊維の状態で、強度、衝撃吸収性に優れ、吸水率も低く、また軽量であることから、本実験に使用する靴下にはC 繊維を用いた。

2.3 靴下の試作

はだし教育用ソックスの試作にあたっては、まず大

人用ソックスを5本趾型で作製し、前述の専門家のベアフットランニング時に着用してもらうことにより、一定の耐久性や快適性について確認を行った。子ども用の試作については、履きやすさを考慮すると、通常の袋型の靴下の方が良いが、はだし感覚を重視すると同時に、出来るだけ子ども達に足趾を使ってもらうことを念頭に、大人用と同様の5本趾型の靴下を作製した（図1）。

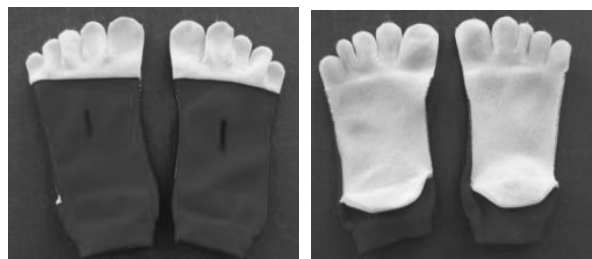


図1. 実験用試作靴下(左:甲側, 右:足裏側)

2.4 着用実験

試作した靴下の着用実験にあたっては、表3に示す内訳で、足の健康について比較的理解のある小学校の3年生および幼稚園の年長園児を対象に行った。なお、着用実験にあたっては、奈良県産業振興総合センターにおける研究倫理審査委員会の手続きを経て、安全には最大限に留意した。

表3. 実験協力者内訳

	男子	女子	合計
小学校(3年生)	28名	35名	63名
幼稚園(年長組)	10名	8名	18名

着用実験にあたっては、まず子供たちの足の寸法形状の計測を行い、足のサイズに合った靴下を用意した。

また、着用実験前には、前述の2名の専門家により、はだしで走る場合の走り方や注意点などについて、実技を交えた講習を受講してもらった。

着用実験は、通常の屋外における体育の授業で週2回×1ヶ月の着用を行い、子ども達の活動や意見な

どを記録した。また、体育の授業終了後に毎回靴下を回収して、洗濯を実施すると同時に、その破れやほつれについて調査した。

靴下の着用後の感想については、着用実験の最終日の授業の終了後、小学生にはアンケート調査を、幼稚園児にはインタビューを行った。

なお、靴下の着用については、小学生では自力で着用してもらい、幼稚園児では実験実施者および教諭が着用を手助けした。また、着用後には足をアルコールティッシュで消毒してもらった。

3. 実験結果および考察

3.1 着用時の観察

着用実験における着用の状態を図2に示す。

小学校の着用実験では、自力で着用することから、当初、小趾がうまく靴下の先に入っていないケースが若干名見られたが、着用を重ねるにつれて、確実に着用できるようになった。



図2. 着用の状態(左:小学校, 右:幼稚園)

また、授業内容としては、体操、ランニング、ダンス、鉄棒、ポートボール、ドッチボール、縄跳び、鬼ごっこなどの練習など多岐にわたったが、特に怪我や大きな苦痛を訴えるような状況は全く発生しなかった。

子ども達の自発的な発話では、「はだしで気持ちいい」「大きな石を踏んだら痛い」「全然、痛くない」「涼しい」「走りやすい」「欲しい」等の意見があった。

3.2 靴下の状態

小学校および幼稚園のいずれの実験においても、最終の授業まで、靴下の全ての部位において破れやほつれなどの異常は見られなかった。このことから、学校

における運動場などの整備された地面の上での回数程度の使用では、靴下の耐久性に全く問題がないことが分かった。

3.2 アンケート結果

はだし教育用ソックスの着用後の感想について、小学生のアンケート結果および幼稚園児のインタビュー結果を図3および図4に示す。

はだし教育用ソックスを履いて外で活動するのが楽しいかどうかについては、小学生の87.1%および幼稚園児の全員がはだし教育用ソックスを履いて外で活動するのが楽しいと回答した。

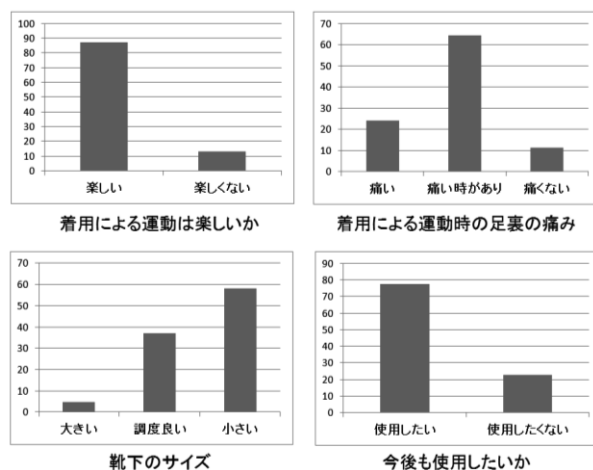


図3. 小学生アンケート結果(%)

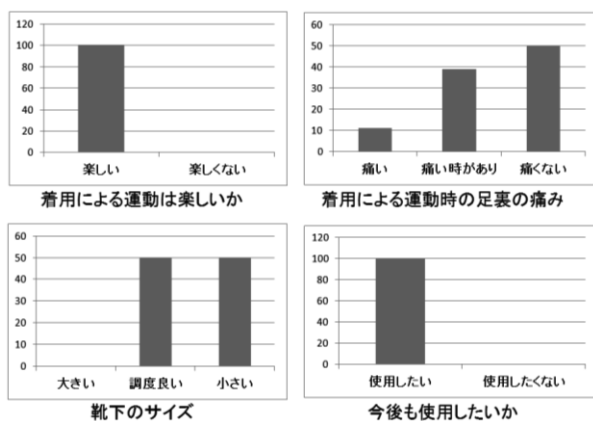


図4. 幼稚園児インタビュー結果(%)

また、はだし教育用ソックスを履いて外で活動した時に足裏が痛い場合があったかについては、小学生の約9割および幼稚園児の半分が、足裏が痛い、

あるいは、痛い時があったと回答した。運動場の状態や授業の内容によって足裏の痛みが変わることが考えられるが、幼稚園児は、比較的痛みを感じない子どもが多いようであった。

靴下のサイズについては、小学生で 58.1%，幼稚園児で半数が、小さいと感じていた。これは、着用による運動時にずれてくることを考慮した着圧設定の結果、通常の靴下よりも締め付けられるように感じたケースが多かったためと考えられる。また、サイズ設定も大、小の 2 種類だったことに加え、五本趾靴下を履きなれていないために、各趾を靴下の生地が覆うために感じられる窮屈感もあったと考えられる。

また、小学生の 77.4%および幼稚園児の全員が今後とも使用したいと感じていることが分かった。

また、小学校および幼稚園の担当の教員方からは、つま先から着地する（ベアフットランニングの基本で、着地の衝撃を吸収する走り方）子どもが増えた、活動が活発になった等の意見がある一方で、着用するのに時間がかかった、靴下サイズが小さい子ども達もいたと指摘された。また、室内でも使用できるように滑り止めを付けたものや、履きやすいように伸びる素材を使用するようなものがあれば良いとのことであった。

これらの結果から、はだし教育用ソックスの着用については、手間や時間がかかるにもかかわらず、8 割程度の子ども達のはだし教育用ソックスの着用について好意的に受け止めていることが分かった。また、サイズ設定については、足のサイズに合わせてもう少しきめ細かく、かつ、ゆったり目に設定することにより、さらに満足度が上がることが想定された。

4. まとめと今後の課題

子ども達のはだし教育向けソックスの開発にあたって、その求められる機能および特徴を備えた靴下を試作・開発し、同時に、試作靴下の着用による実証実験を行った結果、以下のことが分った。

1. 素材や編み方を工夫することにより、地面に直接触れ、かつ、高い衝撃や摩耗にも耐えることのできる、これまでにない機能の靴下の開発が可能

となった。

2. 子ども達の体育（遊戯）の時間においても、はだし感覚が楽しく体験できる靴下の開発が可能となった。
3. 実証実験では、多くの子ども達が、今後ともその着用による運動を望んだだけでなく、先生方からも高い評価が得られた。
4. サイズ設定については、一部改良の余地があることが分かった。

これらのことから、開発コンセプトの「安全・快適にはだし教育が行える、本格的にはだし感覚の靴下」については、実証実験の結果を踏まえて、ある程度実現できたと考える。

現在、サイズ設定についてはさらに細かく対応し、また、編み方の編成により伸縮性を高めることにより、より確実な開発コンセプトの実現を目指して、試作、実証実験および商品化を進めている。

参考文献（記載例）

- 1) 井上文夫,他 4 名: 小学生の浮き趾(不接地趾)と生活習慣に関する調査, 京都教育大学紀要, pp.11-18 (2009).
- 2) 大貫信子,他 3 名: 幼児の外遊び量と浮き趾出現の比較, 作業療法, Vol.5, No.24, pp.46-473 (2005).
- 3) 荒木智子,他 11 名: 幼児の足部形態と足趾接地状況運動発達・生活習慣との関連, 第 46 回日本理学療法学会大会 抄録集, Vol.38, No.2 (2011).
- 4) 野田雄二: 足の裏からみた体, 講談社 (1998).
- 5) ベアフットケン・ボブ・サクストン,ロイ・M・ウォラック, 吉野剛訳: ベアフットランニング, スタジオタッククリエイティブ (2012).
- 6) 吉野剛: 裸足ランニング, ベースボール・マガジン社 (2010).

インラインスケートを用いたターン時の筋シナジー解析

○波多野裕、佐野雅鴻、来田宣幸、野村照夫（京都工芸繊維大学）

Muscle synergy analysis of in-line skates in turning

Yutaka HATANO, Masahiro SANO, Noriyuki KIDA, Teruo NOMURA (Kyoto Institute of Technology)

1. はじめに

インラインスケートとは、アイススケートのブレード状に細いウィール(車輪)を縦一列に配置したローラースケートの一種である。インラインスケートは足首をブーツで固定し、斜面を走行することから、アルペンスキーの動きに酷似しているとされている。また、アルペンスキーは行える時期が冬場と限られており、オフシーズンが非常に長い。このオフシーズン中にアルペンスキー技術を維持するための道具としてインラインスケートが注目されている。

そこで、本研究では筋シナジー解析を用いて、インラインスケートのターン時の筋活動の特徴を抽出し、インラインスケートのターンを評価し、アルペンスキーのターンと酷似しているのかを検討することを目的とした。

2. 方法

対象：対象は健康な成人とした。対象者には研究の目的および方法を十分に説明したあと同意を得た。

測定機器および部位：測定にはワイヤレス筋電計 (SPORT SENSING 社製, SS-WS1221) を用いた。ターン動作の時間を計測およびターン動作の開始点と終了点を決定するために、ビデオカメラ (CASIO 社製, EX-F1) で撮影を行った。撮影ではシャッター速度は 500fps, サンプルング速度は 30fps であった。筋電計は両足の大腿直筋(RF), 大腿二頭直筋(BF), 前脛骨筋(TA), 腓腹筋(GAS)の計 8 筋に装着した。サンプルリングは周波数 1000Hz とした。

測定動作：全長 4m, 幅 4m の平坦なアスファルト状の空間内で左回り (右足が外側) でターン行わせ、助走については各自自由な距離をとらせた。

測定範囲：上記の空間内に両足のインラインスケ

ートの踵部分が完全に入った時間を計測開始点とし、停止または空間から左右どちらかのインラインスケート先端部分が出た時を計測終了点とした。

分析手順：得られた筋活動データに対して、20Hz の 2 次のバターワースハイパスフィルタおよび 250 Hz の 2 次のバターワースローパスフィルタを用いて信号処理をし、その後全波整流を行った後に 10Hz の 2 次バターワースローパスフィルタを用いて平滑化をおこなった。

得られたデータから筋シナジー行列を抽出するために非負値行列因子分解をおこなった。非負値行列因子分解とは非負値行列である $n \times m$ 行列 V を 2 つの非負値行列 $n \times k$ 行列 W , $k \times m$ 行列 H に近似的に分解するアルゴリズムのことである。行列 W と行列 H の k は任意数であり、 k の条件は $k \leq \min(m, n)$ である。非負値行列因子分解により元の特徴からより少ない次元の任意の特徴量に変換することで、元の行列がもつ潜在的要素を明確に示すことができる。

本研究では、データ数 n 個の m 個の筋活動を非負値行列 $V(n \times m)$ として、活性係数行列 $W(n \times k)$ と筋シナジー行列 $H(k \times m)$ に分解した。活性係数行列 W の各行は各シナジーの活性係数の時系列変化を示し、筋シナジー行列 H は、各筋がどの程度筋シナジーに貢献しているかを示す係数である。非負値行列因子分解のアルゴリズムとして行列 V と行列 WH の距離を Euclid 距離の 2 乗で定義し、この距離を最小化した。任意数 k の決定方法については、行列 V と分解後の行列 WH の一致の程度について決定係数 R^2 を用いて評価した。

3. 結果および考察

決定係数 R^2 の値を評価した結果、筋シナジー数が

2 の場合は $R^2=0.87$ 程度であったが,シナジー数が 3 の場合は $R^2=0.93$ 程度であり,シナジー数が 3 以降のシナジー数では $R^2=0.90$ を上回ったため,筋シナジー数は 3 が妥当であると判断した.Fig. 1 は各筋の活性を筋シナジー別に示したものであり,Fig. 2 は活性係数の時系列変化を筋シナジー別に示したものである.

シナジー1 は右の腓腹筋,シナジー2 は左の腓腹筋,シナジー3 は右の前脛骨筋の活動を抽出しており,シナジー1 とシナジー2 は交互収縮していることから,インラインスケートを傾けるのに腓腹筋が活動し,傾きの維持に前脛骨筋が活動していると考えられる.シナジー3 は腓腹筋が定期的に活動していることからターン変化に対して,左足の軸合わせをおこなっているのではないかと考えられる.シナジー解析により得られた活性係数の時系列変化の波形は,計測した筋電データの波形と非常に酷似していることから,特徴を抽出したものではないと考える.したがって,シナジー解析でインラインスケートの筋活動を評価することは適切ではないと考えられる.

大塚ら(2015)は筋シナジー解析によりアルペンスキーターン時の筋活動の特徴を抽出していることから,インラインスケートとアルペンスキーのターンでは筋活動は異なると考えられ,インラインスケートをアルペンスキーの技術維持に用いるのは不適切であることを示唆した.

4. 参考文献

- 1) An Qi 他 : 座高面と速度の異なるヒト起立動作における筋シナジー解析, 計測自動制御学会論文集, Vol.50, No.8, pp.1-9, (2014)
- 2) Daniel,D, Lee&H, Sebastian, Seung : Learning the part of objects by non-negative matrix factorization., NATURE, Vol.401, No.21, pp788-791, (1999)
- 3) 大塚健介他 : 筋シナジーを用いたスキーターン動作時のスキル評価検討(ME とバイオサイバネティクス), 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.49, pp.39-42, (2015)

4) Robert Ropret : The application of rollerblades in alpine skiers training, PHYSICAL CULTURE, Vol.64, No.1, pp.72-78, (2010)

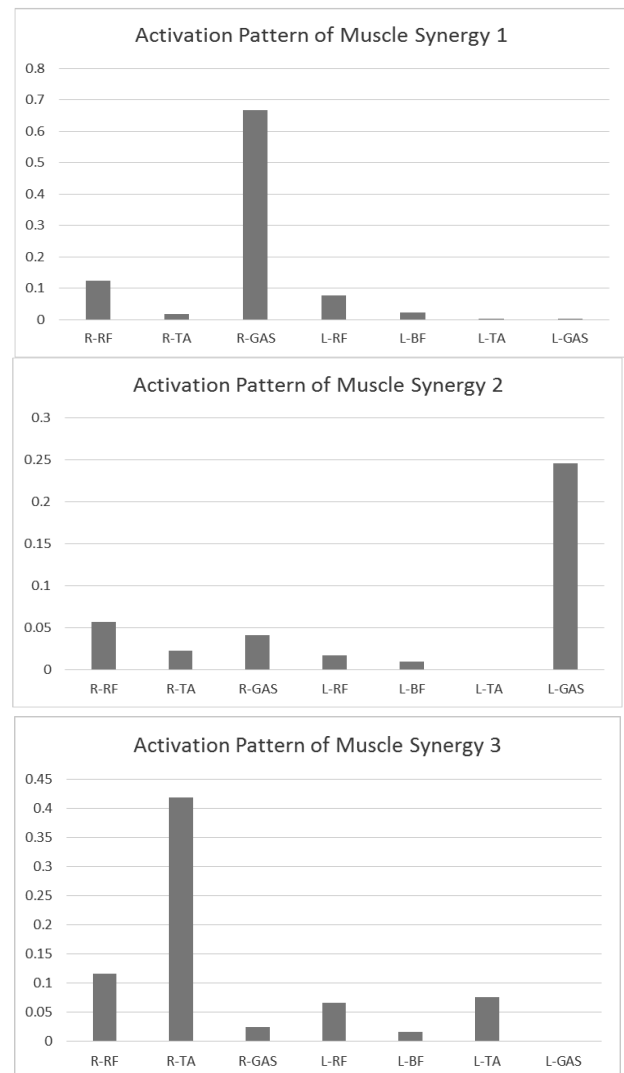


Fig. 1 : 各筋のシナジー活性レベル

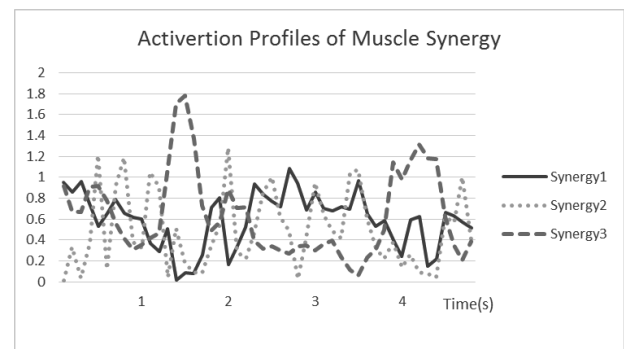


Fig. 2 : 各シナジーの活性係数の時系列変化

救急用リヤカーの搬送動作の分析

Hand grasp pattern for carrying a hand-drawn cart used in emergency

○池原用祐*, 北山一郎**, 森岡大輔*, 北野将利*, 山中隆*, 山内力斗**, 吉川育伸**

*近畿大学大学院生物理工学研究科 **近畿大学生物理工学部

IKEHARA Yosuke*, KITAYAMA Ichiro**, MORIOKA Daisuke, KITANO Masato

YAMANAKA Takashi, YAMAUCHI Rikito, KIKKAWA Yasunobu

* Graduate School of Biology-oriented Science and Technology, Kindai University

**Undergraduate school of Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University

1. 緒言

総務省消防庁によると東日本大震災において、岩手・宮城・福島での被害者の内、高齢者の死亡者が 66.1%を占めている。これは、倒壊した建物の瓦礫や地割れによる逃げ遅れが原因と考えられる。この事態に対して、リヤカーを用いた避難訓練が行われていることから、救急搬送用としてのリヤカーに注目した。しかし、既存のリヤカーでは搬送時の疲労が大きく、実際に災害時に使用する人は何度も往復することは困難である。このために、本研究ではリヤカーに電動アシスト機能を取り付け災害時に対応したリヤカーを開発したので、そのリヤカーの有用性を確認する実験を実施した。

2. 救急用リヤカーの開発

これまで我々は従来のリヤカーを用いて、図 1 のような 5°の斜面での牽引実験を実施し、腰の加速度、腕の筋電位、酸素摂取量を計測して搬送動作の分析を行った。その結果、前方で把手を持ち、重心位置を車軸か後方にすれば比較的優位なパターンとして見る事ができた。しかし、いずれのパターンでも疲労が大きく、長時間は牽引するには負担が大きいと考えられる。そこで、今回提案する救急用リヤカーは、リヤカー本体に昭和ブリッジ販売株式会社製の SMC-1 (図 1 に示す) を使い、ナブテスコ株式会社の介助用電動アシスト車椅子アシストホイール (図 2 に示す) のモーターを利用して、リヤカー本体に取り付けた。同研究では、アシストの有効性を出来る限り迅速に調べることを目的としたことから、市販のアシストのモジュールを試

作として使用した。実験では、バッテリーの装着は実験中のみの最小限にとどめるなど、製品の機能等を損なうことがないように最新の注意をはらって行った。同モジュールを従来のリヤカーにアシスト機能を取り付け、牽引時のアシストを可能にし、牽引者の負担を減らすことを可能にすると考えられる。今回開発したリヤカーを図 3 に示す。

同リヤカーにより坂道を登坂すると非常に楽に坂を登ることができることがわかった。



図 1. 牽引実験



図 2. 従来のリヤカー



図 3.介助用電動アシスト車椅子



図 4 .救急用リヤカー

3. 救急用リヤカーのアシスト機能

実験では新しく提案するリヤカーのアシスト機能をプッシュプルゲージを用いてどの程度アシストできるのかを計測した。実験方法は、平地でアシスト機能のみで前進する時に、プッシュプルゲージを用いて後方から引張った時の力を計測した。実験の様子を図 4 に示す。その結果、20.3N を計測できたので、平地において最大 20.3N のアシストができるリヤカーを開発できたと考えられる。

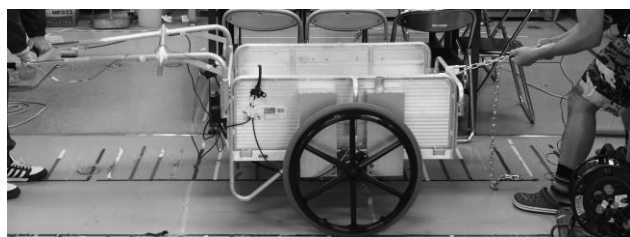


図 4.実験の全体図

4. 結言

今回開発した救急用リヤカーは、20.3N のアシストが可能であるが、バッテリーを装着しないとアシスト機能を活かすことが出来ない。このために、緊急時にバッテリーが充電されていない、あるいは搬送中にバッテリーが切れるとモーターを取り付けているためモーター分の重量が加算される、などの状況が考えられる。

今後はこのような問題を解決するほか、実際に従来のリヤカーよりもどの程度楽になっているのかを実験により確認していきたいと考えている。

参考文献

- (1) 池原 用祐, 北山 一郎ほか, 緊急時搬送用リヤカーの開発, 日本設計工学会 2015 年度秋季大会研究発表講演会 講演論文集 (2015-10) 87-88.
- (2) 東日本大震災における高齢者の被害状況
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/enbun/s1_2_6_07.html
- (3) 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) について (第 150 報)
<http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou/pdf/jishin/150.pdf>

平成 28 年度 日本人間工学会関西支部大会

大会長

廣川敬康（近畿大学 生物理工学部 人間工学科 教授）

実行委員

北山一郎（近畿大学 生物理工学部 人間工学科 教授）

大政光史（近畿大学 生物理工学部 人間工学科 准教授）

平成 28 年度 日本人間工学会関西支部大会 講演論文集

発行日 2016 年 12 月 10 日

発行者 平成 28 年度 日本人間工学会関西支部大会 事務局

〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷 930

近畿大学 生物理工学部 人間工学科 廣川研究室内

Tel 0736-77-3888（代表） Fax 0736-77-4754（学科事務室）

Email jeskb28@gmail.com

大会ホームページ <https://www.ergonomics.jp/local-branch/kansai/jeskb28/>

印刷所 冊子印刷ドットコム