

九州人間工学

第41号

(九州・沖縄支部会第41回大会講演集プログラム)

日本文学工学学会 九州・沖縄支部

2020

本誌は2020年12月20日（日）に開催された日本文学工学学会 九州・沖縄支部会第41回大会の講演原稿をまとめたものである。ただし、本誌での公開を希望する演題の原稿に限る。

閉眼時単色光曝露によるipRGCへの影響

○渡邊 裕介（千葉大学大学院融合理工学府創成工学専攻デザインコース）

下村 義弘（千葉大学大学院工学研究院）

Effect of monochromatic light exposure when closed eyes on ipRGC

Yusuke WATANABE (Department of Design of Creative Engineering

Graduate School of Science and Engineering, Chiba University),

Yoshihiro SHIMOMURA (Graduate School of Engineering, Chiba University)

1. 背景

近年の人工照明の発達とはヒトの概日リズムの乱れを引き起こすことにつながった。概日リズムの乱れは睡眠障害や様々な疾患を引き起こす原因となる可能性がある。特に睡眠障害への対処法として高照度光療法がある。この治療法は早朝に高照度の光を30～60分浴びることで概日位相をずらし、睡眠障害を改善する効果がある。このような光による概日リズムの調節には内因性光感受性網膜神経節細胞(ipRGC)の働きが大きく寄与している。ipRGCは460～480 nmの青色光で最も感度が高くなることが報告されており¹⁾、このような短波長の光を浴びることで概日位相を効果的にずらすことができる。また、先行研究より、同一の光を夜間の異なる時間帯に曝露した時、概日位相に異なる影響を与えることが報告されている²⁾。よって、夜間の睡眠中に閉眼したまぶたを通して光を曝露することでも概日リズムを調節することができると思われる。しかし、眼瞼を通した光による効果を検討した研究は少なく、また、光曝露中に眼を開けた際の眼への危険性も指摘されている。

本研究では開眼・閉眼および直接瞳孔に光が入ることのない眼窩上部からの光曝露によるipRGCの反応を、網膜電図によって比較し、高照度光療法における新たな光曝露の方法を検討した。

2. 方法

実験は8人の被験者を対象に行った。被験者には実験当日のカフェイン・アルコールの摂取、激しい運動を控えるように指示した。光刺激はゴーグルに取り付けられた多色チップLEDを用いて曝露された。光色は赤(624 nm)・青(470 nm)を使用し、それぞれ同一の位置で曝露された。実験条件は照度1200 lxの光刺激において”光の当て方(開眼・閉眼・閉眼瞼上部からの曝露(図1))”の3条件と、比較対象として開眼での600 lx・300 lx・120 lxの刺激光を曝露する3条件を用意した。本

実験は閉眼状態で光の曝露を行う条件において暗順応の影響が予想される。そのため、60回の光曝露を15回づつで区切り、間に30秒程度の休憩(開眼し背景光を曝露)を挟みながら実験を行った。この方法の妥当性を検討するため、閉眼し60回の光曝露を一度に行う条件を加え7条件×光色2条件(赤・青)の計14条件(表1)で実験を行った。光刺激は瞼から5 mmの位置から発光時間が300 msで曝露され、光源の位置は被験者ごとに調整を行った。網膜電図の測定にはPuREC(メイヨー)を用いた。皮膚電極を両目の下眼瞼溝に、アース電極は耳朶に装着した。バンドパスフィルタを0.3-70 Hzとし、ノッチフィルタ(50Hz)を適用した。ベースラインは-20～0 sの電位を平均して求めた。

明所視陰性反応(PhNR)はRGCに由来していることが知られており、さらにPhNRは青色帯域の光によって大きく誘発される^{3,5)}。この特徴はipRGCの分光感度の特徴と似通っており¹⁾、PhNRがipRGCに関連している可能性が十分に考えられる。よって本研究では特にPhNRに着目をした。また、ベースラインからのPhNRの振幅の測定は変動が大きくデータの信頼性が低くなるため、本研究ではより変動の小さいb波のピーク振幅に対するPhNRの振幅の差⁶⁾で評価した。また、錐体の活動に由来しているとされるa波についても測定を行った。

実験は暗室ブース内で行った。刺激光とは別に背景光として30 cdの強度で白色光を点灯し、10分間の明順応を行った。その後、2 s間隔で光刺激を条件ごとに60回曝露した。被験者は裸眼でかつ右目を覆った上で積分球の開口部を覗き込む姿勢をとり実験を行った。

統計解析にはSPSSを用いて、有意水準は5%とし、光色と光の当て方を要因とする二元配置分散分析を行った。その後、色毎に光の当て方を要因とする一元配置分散分析、光の当て方毎に光色を要因とする対応のあるt検定を行った。事後比較検定にはBonferroniの補正を行った。

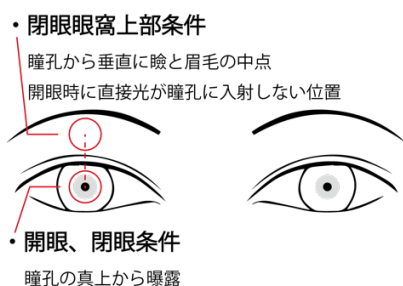


図1. 条件ごとの光曝露位置

光の当て方 光色	開眼		閉眼		閉眼眼窩上部	
	青	赤	青	赤	青	赤
照度Ix (放射照度 $\mu\text{V}/\text{cm}^2$)	1200 (1810)	1200 (600)	1200 (1810)	1200 (600)	1200 (1810)	1200 (600)
	600 (850)	600 (310)	/		/	
	300 (420)	300 (150)	/		/	
	120 (170)	120 (60)	/		/	
曝露の仕方	15回曝露ごとに休憩		15回曝露ごとに休憩		15回曝露ごとに休憩	
	/		60回を一気に曝露		/	

表1. 実験条件

3. 結果

PhNR-b振幅について二元配置分散分析の結果、それぞれの要因に主効果があり、交互作用も確認された。光の当て方を要因とする一元配置分散分析の結果、青色光条件では開眼条件に比べ閉眼条件 ($p<0.01$)・閉眼上条件 ($p<0.05$)の方がPhNR-bの振幅が有意に大きくなることが確認された。赤色光条件においては一元配置分散分析の結果、有意差は認められなかった ($p>0.05$)。光色を要因とする対応のあるt検定の結果は開眼・閉眼・閉眼瞼上部条件において、青色光曝露条件の方がPhNR-bの振幅が有意に大きくなる ($p<0.01$)ことが確認された。PhNR-b振幅の解析結果は図2に示す。

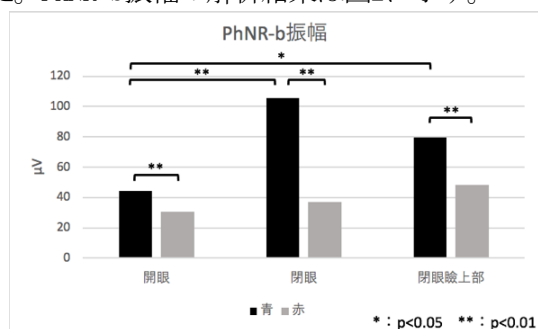


図2. PhNR-b振幅：光色×光の当て方

a波について二元配置分散分析の結果、要因の主効果・交互作用は確認されなかった。

4. 考察

結果から、開眼・閉眼・閉眼瞼上部条件の全てでPhNR-bの振幅は青色光で有意に大きい値となった。赤色光曝露の条件において有意差は確認されなかったため、PhNRの振幅の増大は青色光条件固有

のものであり、ipRGCの反応を反映しているとする先行研究の結果を支持するものとなった。また、青色光条件において開眼条件よりも閉眼・閉眼瞼上部条件の方がPhNR-bの振幅が有意に大きかった。網膜電図は複数の反応の成分の合成波形であるので、陰性と陽性の成分は互いに打ち消し合う。例えばb波を検討する場合に、a波によってb波を下方に引っ張っている影響を無視できないといったことがある⁴⁾。また、ipRGCの反応はb波に反映されることを示唆する報告もある。よって閉眼し網膜へ曝露される光量が減少することで、a波が小さくなり、それに伴いb波の振幅が増加、PhNR-bの振幅も増加した可能性がある。しかし、青色光条件においてa波の振幅に有意差はなかったため、閉眼条件においてもipRGCを十分に刺激していたと考えられる。

本研究では、青色光条件において閉眼状態でもipRGCを十分に刺激できることが示唆された。しかし、現在高照度光療法に使用されている光は白色光がほとんどである。白色光では同照度でも単色光に比べ短波長スペクトル成分が減少してしまうため、概日位相に及ぼす影響が小さくなる可能性がある。よって今後は、白色光を用いて実験を行い、その効果についても検討していく必要がある。

参考文献

- 1) Mark S. Rea. et al (2005): A model of phototransduction by the human circadian system: Brain Research Reviews 50: 213-228
- 2) MG Figueiro. et al (2012): Preliminary evidence that light through the eyelids can suppress melatonin and phase shift dim light melatonin onset: BMC Research Notes. 5: 221
- 3) Dennis et al (2005): Melanopsin-expressing ganglion cells in primate retina signal colour and irradiance and project to the LGN: Nature volume 433, pages 749-754
- 4) 山本修一ら編 (2004): どうとる? どう読む? ERG: メジカルビュー社
- 5) Katharine E. Mortlock. et al (2010): Inter-subject, inter-ocular and inter-session repeatability of the photopic negative response of the electroretinogram recorded using DTL and skin electrodes: Doc Ophthalmol 121: 123-134

体重差対応型ソファーの設計

－第一報 透触面の考えに基づく快適性の追求－

○佐藤幸志郎、兵頭敬一郎、疋田武士、佐藤寿喜、北嶋俊朗（大分県産業科学技術センター）
濱名直美（大分県農林水産研究指導センター林業研究部）
野呂影勇（早稲田大学・エルゴシーティング株式会社）

Sofa design aiming to provide uniform comfort regardless of body weight

－Part one : the idea of transparent touch－

Koshiro Sato, Keiichiro Hyoudo, Takeshi Hikida, Hisaki Sato, Toshiro Kitajima (Oita Industrial Research Institute),
Naomi Hamana (Oita Prefectural Agriculture Forestry and Fisheries Research Center, Forestry Research Division),
Kageyu Noro (Waseda University, ErgoSeating Co., Ltd.)

1. 目的

ソファーは、北米では一家に一台あると言われる家具であり、日本においても広く普及している。大分県日田市周辺地域の木製家具産業の主力製品がソファーであることから、大分県ではこの産業に対して継続的に技術支援を行っている。

ソファー使用時のリクライニング姿勢は、医学的に見ると姿勢が悪い状態（骨盤が前傾）であり、健康上に問題があると言う。その改善に関わる研究は過去にほとんどなされていない。そこでソファーの人間工学に基づく研究を行っている。

人間工学での椅子の研究は、世界的には過去から盛んで、例えばKeegan¹⁾やMandal²⁾の整形外科的研究と、それに続くLuederとNoroのコラボレーションによる人間工学研究があり、その共同研究の成果の一つとして、high functioning seat pan concept (HFSP)³⁾がある。本報告では、このコンセプトに従ったソファーを設計し評価した。

2. モデルと実験方法

HFSPは、骨盤の傾きを防ぐ仙骨サポート他、複数の知見の総合により実現される高機能座面のことである。また、ソファーのクッション部分の触知覚は、表面面 透触面 底着き面の三つに分類されると仮定した。このうち透触面⁴⁾⁵⁾は、着座時のtransientな過程での知覚現象を指すとされ、複数の材料を複合的に積み重ねて作られているソファーのクッション部の座り心地は、透触面からの触知覚が大きな影響を与えている可能性がある。

本報では、椅座時の健康上の課題となる骨盤の傾きを防ぐためHFSP中の仙骨サポートと、透触面に着目して座り心地の改善を狙い、表面から中心に向かって深さにより段階的に硬さを変化させたロール形状クッション構造のモデルを提案する。

特に本報では、ソファーの透触面から受ける触知覚は、座っている人間の体格差（主に体重差）

により異なると仮定し、それを確認することを目指した。そのため通常のソファーで固定されたクッションを、利用者が体格に合わせて仕様の異なるクッションの好みの組み合わせを選択できる、フレームとクッションの分離仕様とした。（図1）

ウレタンフォームの
硬さの段階的变化

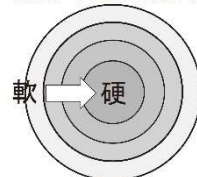


図1 クッション構造と実験用ソファモデル

実験方法では、座面として利用するロール形状のクッションの中で、最も体圧が集中する座骨結節部が乗る部分のクッションに着目した。

座骨結節部用クッションの大きさと内部のウレタン素材の組み合わせを変えた6種のクッション（φ180mm×3種類、φ280mm×3種類）を試料として、沈み込み変位量の計測と主観評価を行った。

被験者は日本人成人女性4人、成人男性5人を選定し、できるだけ多くのユーザーを対象とした結果を得るため、被験者中の最小体重者は日本人成人女性体重分布の10%ile値43kg⁶⁾に近いこと、被験者中の最大体重者は日本人成人男性体重分布90%ile値82.5kg⁶⁾に近いことを考慮した。

クッションの沈み込み変位量は、座骨結節部が乗る部分のクッションの中心から左右5cm離れた位置に、2本の木製丸棒φ10mmを中心を通るよう貫通させその変位量を計測した。（図2）

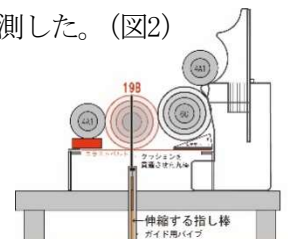


図2 クッションの沈み込み変位量の計測

6種類のクッションの被験者の主観評価について、透触面からの感覚に基づく座り心地と、姿勢からもたらされる身体への負担について数値化するためのアンケートを実施した。

3. 結果

被験者毎に同じ条件で座った場合の左右独立した計測値は以下の通りとなり、被験者の体重を概ね反映する変位量であることが確認されると共に、体重の軽い被験者(45～55kg領域の2名)の沈み込み量が体重を反映しない異常値が計測された。

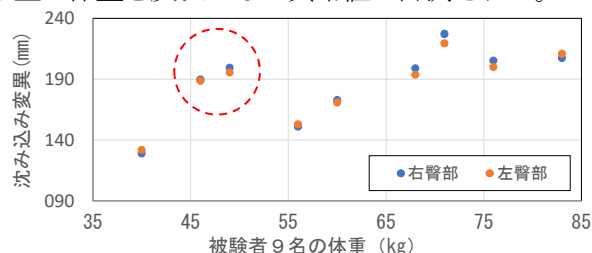


図 3 椅座時のクッション(19B)沈み込み変位量

主観評価について、被験者を①体重 40kg～59kg(主に成人女性の体重分布範囲)と②60kg～83kg(主に成人男性の体重分布範囲)に分けて、アンケートを男女の体格差別に数値化してレーダーチャートにまとめた結果から、以下(1)(2)のように、体格差により透触面から受ける触知覚は異なることが示唆された。

- (1) 主に成人女性の体重分布範囲①においては、φ280mm「19B(青極太線)」が、座り心地(ふわっと感、柔らかい感が最高評価)、姿勢(骨盤が立つ感じ、固い感じが無いが高評価)共に高得点であり、6試料中最適な触知覚と姿勢を提供している可能性が高い。(図4)

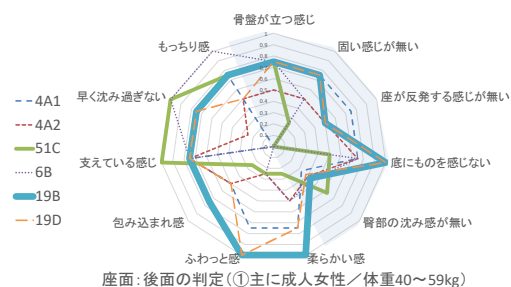


図 4 成人女性の体重分布範囲における主観評価

- (2) 主に成人男性の体重分布範囲②においては、バランスよく高得点をあげた試料は見いだせなかった。φ280mm「19B(青極太線)」が、座り心地のふわっと感、と柔らかい感が高評価であり、φ180mm「51C(緑太線)」が、支えている感じと早く沈み込み過ぎないが高評価であり、今後の改善では、51Cの構造を中心に配置し、19Bの構造をクッションの

浅い部分に配置することでふんわりとした座り始め感覚から、沈み込み終了後には支えられて安定した状態に変化する座り心地を実現できる可能性がある。(図5)

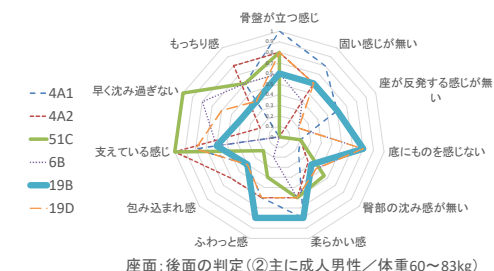


図 5 成人男性の体重分布範囲における主観評価

4. 考察

主観評価の結果から体格の異なる被験者で適正なクッションの組み合わせが異なることが示唆された。製品化の際には、バリエーションやオプションによる体格別対応の製品仕様としたい。

また軽量の被験者に見られた沈み込み量の異常値については、軽量の方は身長が低く、脚の長さも短い傾向があり、椅座時に踵が接地しない場合は足部への荷重が減り、臀部に荷重が集中し、沈み込みが増加した可能性があるとしている。

謝辞

エルゴシーティング株式会社 渡邊侯子様、独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所 小山秀紀博士、早稲田大学理工学部理工学術完総合事務・技術センター 中川剛様、(株)アサヒ、福岡県工業技術センターインテリア研究所、大分県農林水産研究指導センター林業研究部

参考文献

- 1) Keegan, J. J., 1964, "The Medical Problem of Lumbar Spine Flattening in Automobile Seats", Automobile Week, Detroit, Michigan
- 2) Mandal, A. C., 1987, "The Seated Man" (homo sedens). Dafnia Publications, Taarbak Strandvej 49, Klampenborg, Denmark.
- 3) Kageyu Noro¹, Rani Lueder², Shunji Yamada³, Goroh Fujimaki⁴, Hideki Oyama¹, Yuki Hashidate¹, Revisiting Sitting Cross-Cultural Aspects of Seating, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, vol. 50, 7: pp. 814-819. , First Published Oct 1, 2006.
- 4) D. Katz : Aufbau der Tastwelt, Z. Psychol. Erg., 11, (1925).
- 5) 吉田正昭: 触覚及び自己受容知覚 和田陽平(編)『感覚知覚ハンドブック』, 誠言書房(1969)777.
- 6) 厚生労働省, 平成22, 23年国民健康・栄養調査報告

体重差対応型ソファの設計

－第二報 椅子と人が対話するシステムによる座り心地評価－

○野呂影勇 早稲田大学・エルゴシーティング（株）、兵頭敬一郎***疋田武士***,
佐藤寿喜***北嶋俊朗***、濱名直美**, 佐藤幸志郎***

*早稲田大学・エルゴシーティング株式会社

**大分県農林水産研究指導センター林業研究部

***大分県産業科学技術センター

Sofa design aiming to provide uniform comfort regardless of body weight
Part two: Comfort research by communication between a sofa and a person sitting
Kageyu Noro(Waseda University, ErgoSeating Co.,Ltd.)
, Keiichiro Hyoudo, Takeshi Hikida, Hisaki Sato,
Toshiro Kitajima (Oita Industrial Research Institute) ,
Naomi Hamana(Oita Prefectural Agriculture Forestry and Fisheries Research
Center, Forestry Research Division) ,Koshiro Sato(Oita Industrial Research
Institute)

1. 研究の経過

この報告は、大分県で開発する新ソファの開発研究の一環である。特に、骨盤計測と1Bit センサーデバイスを用いた座り心地について述べる。

1.1 骨盤傾斜角度の測定方法と試料

1997年 早大野呂研究室Wuにより骨盤傾斜角度の測定機器が発表された1)。この論文の骨盤傾斜角度調整用実験試料が、近々車シート用に発売される。(仙骨サポートドライブ 丸菱工業)

1.2 ハイパフォーマンスシートパンコンセプトの提案

2006年にアメリカの人間工学会においてこのコンセプトを提案2)。当時体圧分布装置の格段の進歩によって可能となった。一つの画期といえる

1.3 座姿勢用のX線撮影方法を開発と整形外科科学の測定法とのマッチングを行った

2012年以降、とよた整形外科クリニックと。。

1.4 椅子の改造により骨盤の傾斜角度を調整する方法の探求

椅子の構造上座面だけで骨盤の角度を矯正することには、限界があることから、その座面と背当ての協調による方法を開発

1.5 2017年、ハイパフォーマンスシートのコンセプトでは座面と臀部の位置関係が重要で、そこから1Bit センサーと外科執刀医椅子の開発。

1.6 看護学科の学生の骨盤を立てる演習

2020年7月看護学科の学生の座位における骨盤を立てる体験実習のFace meterの対話方式の教材

として提供され、2校計110名が体験した。1Bit センサーと骨盤傾斜角センサーの協調による座位姿勢の骨盤

1.7 心地よい スイッチの導入と神経回路

2020年11月テレビ東京番組新美の巨人たちの椅子の評価に、1Bit センサーと骨盤傾斜角センサーが用いられた。初めて心地よい スイッチが導入された。人体では、筋肉の圧力情報は末梢神経から脊椎を通して大脳に送られる。同時に、このシステムの電氣的な回路に大脳中枢の判断を重ねる。この方法は、人体の神経回路と電氣的回路が同時に活動していることになる。

2 実験試料と1Bit センサー配置

図1に実験試料と1Bit センサー配置を示す。

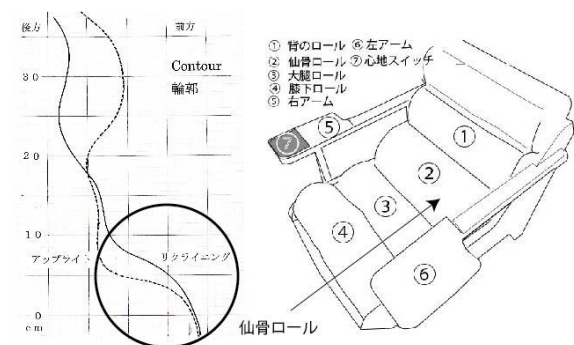


図1の右は、試料（ソファ）とセンサーの配置
①から⑥左は、加圧前の試料の輪郭である。○で
囲んだところが、骨盤に接する

3 システムの概要

小型加速度計と下記システムで、着座姿勢の動態 (Posture Surfing) を測定する。

1Bit センサーの開発：厚さ3mmの薄膜センサー

システム開発：センサーから、作業中の人体と椅子の間の接触に関する情報を優先で受ける。サンプリングレートは200ミリ秒。この情報は、マイクロコンピュータに送られる。マイコンは作業姿勢の質を評価。Bluetooth経由で表示パネルにモニタリングされる。作業姿勢の良さは、Face meterでリアルタイムで表示される。

4 小実験の実施

本来望ましい実験 Posture Surfing

日常生活の中での様々な姿勢を伴う着座姿勢において、自分がとっている姿勢のモニタリング（換言すると、椅子のどの位置に自分の体のどの部分が接触しているのか）と 骨盤の傾斜の度合いから 良い悪いを端的に示す Face meter によるものである。日常生活の中では、様々な姿勢をとる。ネットサーフィン (Net Surfing) 波から波へと渡るサーフィンに見立てた造語であるが、ここでは、Posture Surfing としておく。この条件下で、心地よいスイッチを用いる。(テレビ東京番組で実施) これが本来の実験である。

今回は、諸般の事情で試作品の完成が間に合わず 実験は小規模に止まった。

小実験

試作品に着座しテレビ鑑賞の測定である。次項で、骨盤傾斜角の動的測定の一部と1Bit センサーデータの一部を示した。

5 結果

以下のとおりである。今回は、座り心地データのイメージを示すにとどめておく。

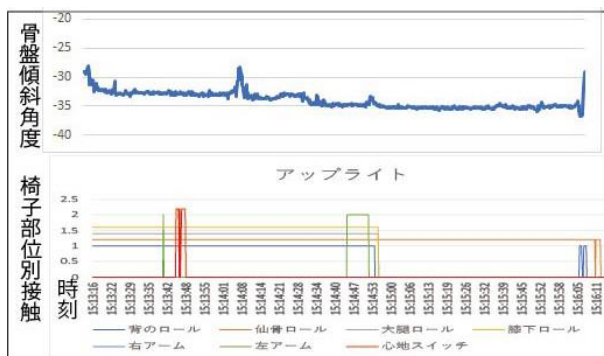


図2 骨盤傾斜角度と1Bit アップライト

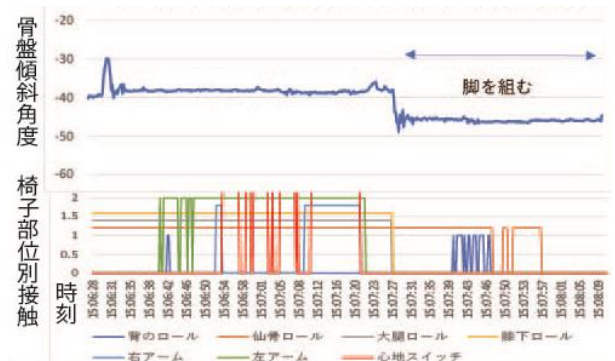


図3 骨盤傾斜角度と1Bit リクライニング

5 考察と今後

このような方法により座り心地の研究がどのようになるのか端的な例を述べることにする

5.1 解析例 図3の後半は足を組んでいる。この姿勢によって、骨盤の傾斜がより大きくなった。同時に、1Bit センサーの結果から、体の支持面積が減少し、逆に背当ての支持が増加している。

5.2 座り心地のモデル

座り心地3)は、臀部と中枢神経系で回路を作っている。図1の1Bit の1chから6chは末梢、7chの心地スイッチは脳中枢の指示である。

謝辞

産業医科大学医学部近藤寛之教授ならびに医局（眼科学）の皆さんは、長年の共同研究者として謝意を表します。早稲田大学西早稲田キャンパスの中川 翔さんには、ICTシステム作りでお世話になりました。

参考文献

- 1) Wu, C., Miyamoto, H., Noro, K., Research on pelvic angle variation when using a pelvic support. Ergonomics. 41(3) 317-327. 1998.
- 2) Noro, K., Lueder, R., Yamada, S., Fujimaki, G., Oyama, H. Hashidate, Y., Revisiting sitting—cross-cultural aspects of seating. Proceedings of HFES 50th annual meeting. 814-819. 2006.
- 3) Noro, K., Naruse, T., Lueder, R., Nao-I, N., Kozawa, M., Application of Zen sitting principles to microscopic surgery seating, Applied Ergonomics, Vol. 43 pp. 308-319. 2012

立位負担軽減のための下肢装具の研究

○笹田 夏穂（千葉大学工学部）

西澤 祐吏（国立がん研究センター東病院）

川口 秀一（株式会社 カワイテック）

中尾 妙（クラシコ株式会社）

大和 新（クラシコ株式会社）

下村 義弘（千葉大学大学院工学研究院）

A Lower Limb Orthosis for Workload Reduction in Standing Posture

Natsuho SASADA (Chiba University, School of Engineering),

Yuji NISHIZAWA (National Cancer Center Hospital East),

Shuichi KAWAGUCHI (Kawaichi Tech. Co., Ltd.),

Tae NAKAO (Classico, Inc.),

Arata OHWA (Classico, Inc.),

Yoshihiro SHIMOMURA (Graduate School of Engineering, Chiba University)

1. はじめに

医療従事者に要求される長時間の立位姿勢は、下肢にむくみを生じさせ、全身への血液循環を妨げる。先行研究では、床・インソールへの介入¹や、圧迫ストッキング^{2,3}、マッサージを施した研究⁴などがあるが、装具によるアプローチは見られない。ヒトの腓腹筋の筋活動には、圧力で下肢の血液やリンパ液を上方に戻す筋ポンプと呼ばれる作用があり、これを装具によって生体外部からも加えることで、むくみの増加を抑制することができると考えられる。

本研究では、効果的かつ軽便な手段として、動力源を使わず、歩行や足踏みの動作を使って下腿を間欠的に圧迫刺激する装具を提案し、その効果を人間工学的に評価する。今回の実験では、装具が歩行中の下腿周囲長に及ぼす効果をゲージ式周囲長センサによって測定した。

2. 方法

2-1 実験

FDM方式3Dプリンターを使用し、腓腹筋を刺激するような設計の装具を作成した。

装具あり条件では、右脚に装具を装着し、その直上となる位置にゲージ式周囲長センサ (BN-RESP-XDCR, BIOPAC) を取り付けた。なお、装具のない状態で脱力時の電位が0Vになるよう、キャリブレーションを行なった。その後、トレッドミル

上で、2m/s の速さで1分間の歩行を行なった。装具なし条件（コントロール条件）では、周囲長センサを装着したまま装具を取り外し、再度キャリブレーションを行なった。その後、同様に2m/sの速さで1分間の歩行を行なった。

周囲長センサからの信号は、A/Dコンバータを経て、波形解析ソフト (AcqKnowledge 4.1, BIOPAC) により、サンプリングレート1000Hzでコンピュータに記録された。

3. 結果

実験の結果、次の波形が得られた。

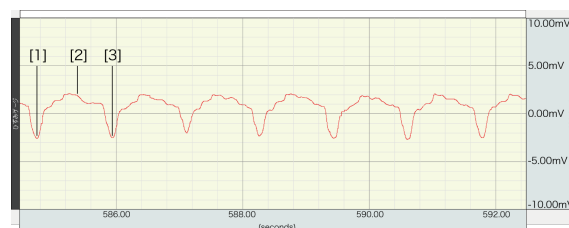


図 1 装具あり条件における下腿周囲長変化

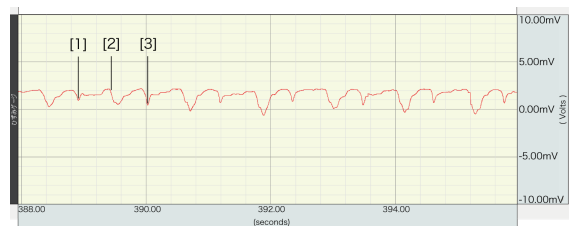


図 2 装具なし条件における下腿周囲長変化

4. 考察

4-1. 歩行周期

図 1. の[1]～[2]では、下腿周囲長が大幅に増加している。装具が最も大きい床反力を受け、下腿を押し上げるのは立脚期開始(HC)の時であることから、[1]がHCであり、[1]～[2]が立脚期であると考えられる。[2]～[3]では、値が減少しており、これは反対側への体重移動により観察肢の荷重が少なくなることで装具を押し上げる床反力が低下しているからだと考えられる。したがって、この時期は遊脚期であると推察される。

装具なし条件は通常歩行と同様である。金子・福永(2004)によれば、通常歩行で腓腹筋の活動が最も亢進するのは立脚期の後半であり、立脚期初期にも小さい筋活動が現れる⁵⁾。したがって、図 2. の[1], [3]がHCであり、[2]が遊脚期の始まりだと推察できる。

4-2. 装具による下腿圧迫の効果

4-1で考察した歩行周期に合わせて、図 1. と図 2. の波形を重ね描きして比較したものが図 3. である。装具あり条件は、立脚期後半から遊脚期初期にかけての下腿周囲長の増加が大きい。また、遊脚期が終わり、HCに戻った時点で、装具あり条件の変位は装具なし条件と同程度にまで減少している。したがってこの装具には、下腿を間欠的に圧迫刺激する効果を期待することができる。

装具がむくみに効果を示すか否かは、近赤外分光法による血流量の測定、タスク後の下腿周囲長の変化などの指標を用いて、今後の実験で明らかにしていきたい。

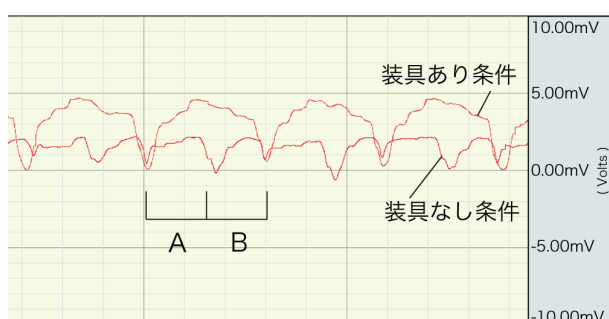


図 3 装具あり・装具なし条件の比較

参考文献

- 1) Zander J.E., King P.M., Ezenwa B.N., :
“Influence of flooring conditions on lower leg volume following prolonged standing.” International Journal of Industrial Ergonomics, 34(4), 279-288, 2004
- 2) Partsch H., Winiger J., Lun B., :
“Compression Stockings Reduce Occupational Leg Swelling.” Dermatologic Surgery, 30(5) 737-743, 2004
- 3) Belczak C.E.Q., Seidel A.C., Belczak S., Ramos R.N., Caffaro R.A., “Comparison of 15-20 mmHg versus 20-30 mmHg Compression Stockings in Reducing Occupational Oedema in Standing and Seated Healthy Individuals.” International Journal of Vascular Medicine, 2018
- 4) Nakano H, Kodama T, Sakamoto M, Ueda T, Tani T, et al.: “Effect of Hand Massage on Occupational Leg Swelling and Resting-state Electroencephalographic Activity: A Randomized Cross-over Study.” International Journal of Clinical Research & Trials 3: 125., 2018
- 5) 金子公有, 福永哲夫: “バイオメカニクス, 身体運動の科学的基礎”, 杏林書院, 2004.

運動錯覚を脳波によって評価する方法の検討

○藤田 梨紗（千葉大学大学院融合理工学府）

夏 亜麗（千葉大学大学院工学研究科）

下村 義弘（千葉大学大学院工学研究科）

Method of Assessment of Kinesthetic Illusion by Using EEG

Risa FUJITA (Chiba University, Graduate School of Science and Engineering)

Yali XIA (Chiba University, Graduate School of Engineering)

Yoshihiro SHIMOMURA (Chiba University, Graduate School of Engineering)

1. 背景

運動錯覚とは、Goodwinら¹⁾により初めて報告された筋肉や腱に80Hz前後の振動刺激を与えることで手足が動いているように感じる錯覚現象である。物理的な四肢の状態に影響を受けないため、リハビリテーション分野などにおいて応用が期待されている²⁾。

運動錯覚の評価には、関節を動かす錯覚角度の再現や運動錯覚を感じたか口頭で回答するなどの方法が取られている²⁾³⁾。しかし、これらの方法は主観評価によるため被験者の運動錯覚の経験の有無から錯覚の自覚のしやすさが異なることの影響を受ける。また、被験者は錯覚へ十分な注意を払う必要がある。本研究では、被験者が錯覚へ注意を払っていない状態において、脳波測定により運動錯覚を評価する方法について検討する。

2. 実験1(運動錯覚が生じる条件)

2.1方法

健康な成人男性10名を被験者とし、刺激には家庭用マッサージ機(YAMAZEN YTH-300-V)を用いた。刺激部位は被験者が錯覚へ注意を払わないために、四肢を拘束せず座位で自重により十分な予圧力が生じる左足大腿二頭筋とした。

測定項目は脳波と、対側肢による主観的錯覚角度の再現、錯覚の明瞭度の主観評価(VAS法)であった。刺激部位は筋腹・腱の起始部・停止部の3条件、押し子の押し込み量は0mm～10mmの5条件であった。10秒間の刺激と3分以上の休憩を各条件2回ずつ行い、2回の平均値を代表値とした。

刺激部位と押し込み量を要因とする対応のある反復測定二元配置分散分析を行い、主効果の見られた要因についてTurkeyの多重比較検定を行った。

本実験は千葉大学工学研究院生命倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号31-06)。

2.2結果

錯覚の明瞭度は、部位要因について主効果が見られた。多重比較検定の結果、起始部・筋腹に比べ停止部は有意に錯覚の明瞭度が高かった。また、停止部は筋腹に比べ有意に不快感が高かった。

主観的錯覚角度は、押し込み量要因、部位要因で主効果が見られた。多重比較検定の結果、部位要因はすべての条件間で、押し込み量要因は0mmと7mm、10mmの間で有意差が見られた。

国際10-20法におけるF4に対するF3の μ 波RMSの比は部位要因で主効果が見られた。多重比較検定の結果、停止部は起始部より有意にF4に対するF3の μ 波RMSの比が低かった。

2.3考察

主観評価と錯覚角度の変化量から、停止部が最も運動錯覚が生じやすいことが示唆される。これは、上腕二頭筋への刺激で行われた先行研究の結果と一致する⁴⁾。F4に対するF3の μ 波RMSの比が停止部において低かったことは、錯覚角度を右足で再現したことによる抑制であると考えられる。

3. 実験2(脳波による運動錯覚の評価)

3.1方法

健康な成人男性10名を被験者とし、簡単なトラッキングタスクを行いながら5秒間の振動刺激を3分ごとに計5回与えた。被験者には振動が起こることは知らされていたが、タスクを集中して行うよう教示された。測定項目は、脳波と錯覚に関する主観評価であった。押し込み量は2mmで固定

し、運動錯覚が生じる条件Aは腱の停止部、コントロールとしての条件Bは起始部を刺激した。

3. 2結果

錯覚の有無は、条件間で有意差が見られなかった。また、錯覚の明瞭度は条件Aの方が有意に高かった。不快感は条件Aの方が有意に高かった。

脳波はタスク開始から3分間の平均をベースラインとし、振動中5秒間の平均についてベースラインからの変化量を代表値とした。図1はFzにおける μ 波RMSの変化量である。条件要因で主効果が見られ、条件Aは有意に変化量が小さかった(マイナス)。図2はF4に対するF3の μ 波RMSの比(F3/F4)である。条件要因で主効果が見られ。条件Aは有意に変化量が大きかった。

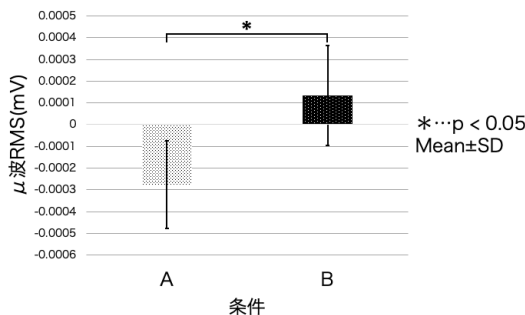


図1 Fzにおける μ 波RMSの変化量

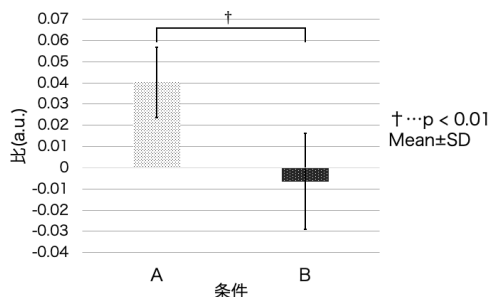


図2 F4に対するF3の μ 波RMSの比の変化量

3. 4 考察

錯覚の有無については有意差が見られなかったが、錯覚の明瞭度は条件Aの方が有意に高かった。条件Aでは明瞭に錯覚が生じており、錯覚を感じやすい条件としての条件設定は適切だったと考えられる。不快感への主観評価は、起始部への刺激は不快感が低い実験1の結果と一致する。

Fzにおける μ 波RMSの変化量は、条件Aで有意に小さくマイナスになっており条件Bではプラスであった。兒玉ら⁶⁾は、感覚刺激は運動錯覚に比べ補足運動野・一次運動野の μ 波が増大することを報告した。本実験において条件Aは運動錯覚、条件Bは感覚刺激であったことが示唆される。また、

F4に対するF3の μ 波RMSの比が、条件Aではベースラインより大きくなっていった。左足で運動錯覚が生じたことにより、自発運動時と同様に対側で抑制が生じていたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、大腿二頭筋への刺激による運動錯覚の評価を行った。実験1では上腕二頭筋への刺激を行う先行研究と一致する結果が得られた。大腿二頭筋においても運動錯覚の誘発は可能であり、四肢への装置の固定が必要ないため、タスクを組み合わせての検討を行うことができた。

実験2では補足運動野(Fz, F3, F4)での μ 波の抑制から、脳波により運動錯覚について評価を行うことができた。被験者の訓練を行うことなく運動錯覚の評価が可能となった。

本研究では、錯覚の有無による2条件の比較であったため錯覚の強度については評価することができなかった。刺激の振幅を変化させるなど、複数の条件における μ 波の抑制を比較することで、定量的な評価が可能になると思われる。

参考文献

- 1) Guy M. Goodwin et al. : “Proprioceptive Illusions Induced by Muscle Vibration: Contribution by Muscle Spindles to Perception?”, Science, Vol. 175, pp. 1382-1384, 1972.
- 2) 内藤 栄一, “身体運動像の獲得に体性感覚入力果たす役割-ニューロイメージング研究から-”, バイオメカニズム学会誌, Vol. 31, No. 4, pp. 178-186, 2007.
- 3) 本田 正計, “振動刺激条件の相違が運動錯覚の誘発と知覚量に及ぼす影響”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 4, 2014.
- 4) Tatjana Seizova-Cajic et al., “Proprioceptive Movement Illusions Due to Prolonged Stimulation”: Reversals and Aftereffects, PLOS ONE, 2007
- 5) 兒玉 隆之ら, “振動刺激による運動錯覚時の脳内神経活動および機能的連関”, 理学療法, Vol. 41, No. 2 pp. 43-51, 2014.

筋電図を用いたPETボトルキャップのデザイン

○遠藤 佑輝（千葉大学工学部）

亀谷 典弘（アサヒクオリティアンドイノベーションズ株式会社）

下村 義弘（千葉大学大学院工学研究院）

Design of PET bottle cap by using Electromyography.

Yuki ENDO (Faculty of Engineering, Chiba University)

Norihiro KAMETANI (Asahi Quality & Innovations, LTD.)

Yoshihiro SHIMOMURA (Graduate School of Engineering, Chiba University)

1. はじめに

一般市場における清涼飲料水の容器にはPETボトルが多く用いられており、使いやすさを追求する研究が存在する。摩擦とトルクに着目した研究¹⁾やキャップの径に着目した研究²⁾、ボトル自体の形状に着目した研究³⁾などは見受けられるが、キャップの形状についての詳細な検討は見受けられない。そこで本研究では、PETボトルの開栓時の負荷を軽減する、キャップの形状のデザインを人間工学的に検討した。

本研究では筋電図の実験結果を用いてPETボトルキャップの形状のデザインを決定し、主観評価を含めその有効性を明らかにした。

2. 方法

実験では図1に示す2点保持方式でキャップを開栓させ、キャップの形状の変化による筋負荷を計測した。



図1 キャップの保持方法

キャップの形状は、真円のキャップ(真円型)、示指の回転方向に抵抗を設けた(示指型)、示指の接触面積を増やした(面積型)、示指と拇指の回転方向に少しの抵抗を設けた(示指拇指型)、拇指の回転方向に抵抗を設けた(拇指型)の5条件で実験を行った。

実験は大学生5名(男性2名、女性3名)を被験者とした。タスクは条件毎に目標トルク発揮タスク

と最大トルク発揮タスクを行わせた後、主観評価を記入した。キャップはボトルに見立てられた小型トルクメーターに固定し、半時計方向に回転させた。目標トルクは市販のPETボトルの初期開封に必要な力の半分の0.65 Nmとした。タスク中の筋負担を測定するために図2に示す前腕の5筋を測定した。



図2 計測筋

各タスク中の筋電位の実効値を基準姿勢での最大随意収縮時筋電位の実効値で除した比率を筋電位比(%RVE)を算出した。最大トルク発揮タスクの最大トルクの比較では個人差を除去するため、トルク値を各被験者の平均値で減じた値を算出した。

目標トルク発揮では、筋電位比が低いほど、筋力を発揮せずに目標トルクに到達していると言える。また、最大トルク発揮では、最大トルク値が高いほど、よりキャップに力を伝えることができる形状であると言える。

3. 結果

目標トルク発揮タスクの実験結果を図3に示す。短母指屈筋では有意な差が認められた($p < 0.01$)。他の4筋では有意な差は認められなかった。最大トルク発揮タスクにおける最大トルク比の実験結果を図4に示す。真円型よりも示指型と示指拇指型で有意に大きかった。主観評価の結果を図5に示す。力の入れやすさの項目では真円型と比較し、

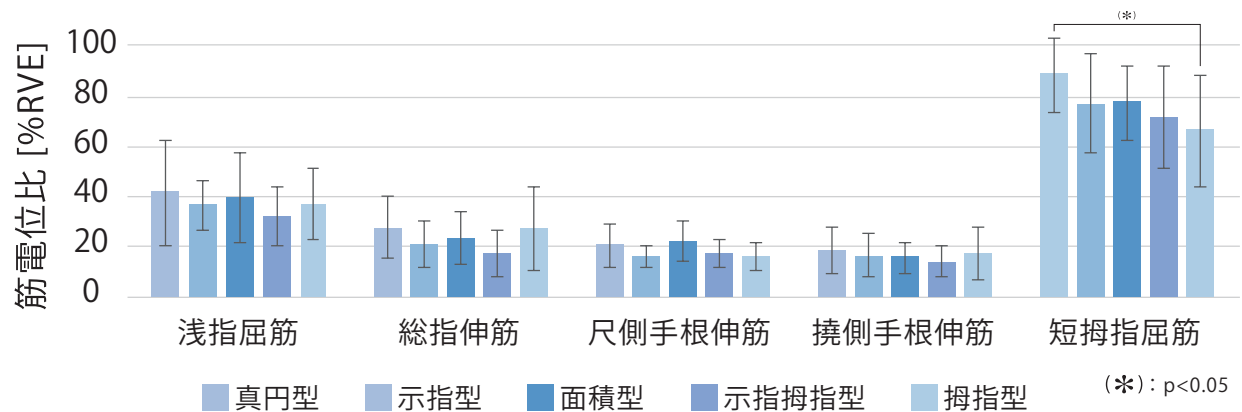


図3 目標トルク発揮タスクの筋電位比

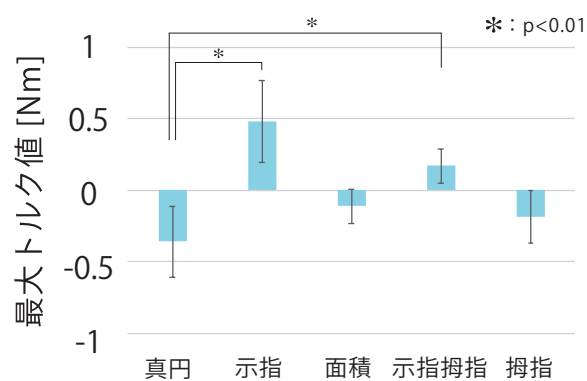


図4 最大トルク値

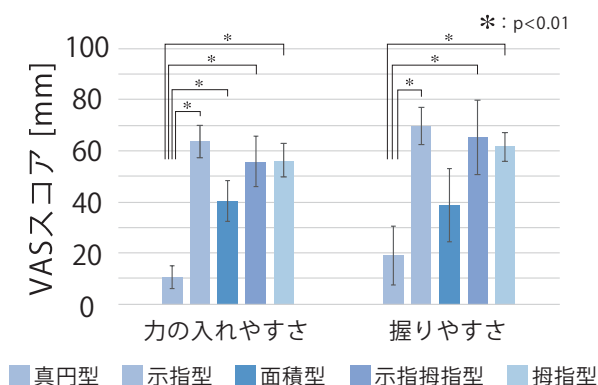


図5 主観評価

全てのモデル間で有意差が認められた。握りやすさの項目では真円型と比較し、面積型以外のモデル間で有意差が認められた。双方の項目の最大値は図4と同様に示指型となった。

4. 考察

目標トルク発揮タスクでは、短拇指屈筋のみ有意差が認められた。キャップに抵抗を設けること

で、滑りにくくなり短拇指屈筋(キャップを摘む力)が軽減したと考えられる。また、拇指型にすることで拇指への負担が軽減した。

主観評価から、双方の項目で真円型よりも有意な示指型, 示指拇指型, 拇指型の形状が好ましいことが分かった。また、面積型のスコアが低いことから、面積を増加して摩擦力を高めるよりも力を直接かけられる突起を設けると主観的満足度に繋がると言える。

示指型と拇指型では同様の抵抗を設けたが、最大トルクにおいて示指型の方がより高いトルクを発揮出来ることがわかった。また、示指拇指型が拇指型より高いトルクを発揮していることから、拇指側より示指側に抵抗を設けた方がトルクの発揮において効果的ということが言える。

主観評価では有意差が多く検出されるが皮膚感覚など多くの情報が混在するため、モデル間の違いを正しく読み取るとは出来ない。そのため、筋電図を用いて詳細な生体内情報を把握し、より良いデザインにつなげることが重要である。

参考文献

- 1) Lewis, R., Menardi, C., Yoxall, A., Langley, J.: "Finger friction: Grip and opening packaging", WEAR, Vol. 263, pp. 1124-1132, 2006.
- 2) Kong, YK., Lowe, BD.: "Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks", INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS, Vol. 35, No. 7, pp. 459-507, 2004.
- 3) 矢澤 宗厚他: "ペットボトルの形状モデルに関する感性工学的研究", Dynamics & Design Conference, Vol. 2008, No. 351, 2008.

様々な箸動作の人間工学的分析方法の検討

○波多野 優（千葉大学大学院融合理工学府）

下村 義弘（千葉大学大学院工学研究院）

A study on various uses of chopsticks from an ergonomic approach

Yu HATANO (Chiba University, Graduate School of Engineering),

Yoshihiro SHIMOMURA (Chiba University, Graduate School of Engineering)

1. はじめに

箸は、挟む・運ぶ・切る・さく・すくう・巻く・混ぜるなど様々な使用法ができるのが特徴の一つである[1]。しかし、人間に着目した科学的な視点の研究では、箸の主な使用を挟む・運ぶとするのが主流である[2][3]。一部の研究では、切る・さく動作[4][5]や分ける・巻く動作[6]も計測されているが、持ち方による違いや箸の寸法設計が主な目的であり、未だ箸使用中の様々な動作の詳細な解明は十分ではない。

本研究の目的は、これまで多く行われてきた挟む・運ぶ動作だけでなく切る、さく、すくうといった箸を使用した食事動作のサンプルを収集し、その分析の方法論を探ることであった。多岐にわたる箸動作の定量化が図れれば、将来的には、様々な使用法を想定した箸のトレーニングや箸補助具などの設計に資する資料を得ることができる。

2. 方法

歪ゲージが装着された先端部を箸の軸周りに回転することで個人の持ち方に寄らず開閉とそれに直交する向きの力の成分を個別に測定できる応力計測箸を作成した(図1)。この計測箸を用いて、箸操作タスクを行った。被験者は、日常生活において右手で箸を使用する大学生8名であった。被験者は椅子に着座し、テーブル上で食材を運ぶ(ニンジン/大豆/豆腐)、切る・さく(はんぺん/寒天)、すくう(米飯/うどん/カップ入り寒天)動作を各5回行った。計測箸の先端部分を回転させ、適宜、力の成分の向きの較正を行った。測定項目は、操作中の箸の応力、表面筋電図(右手の短母指屈筋、浅指屈筋、第一背側骨間筋、短小指屈筋、総指伸筋)と手元の動画であった。筋電図、歪ゲージの記録は全てサンプリングレート2000Hzで行った。本実験は千葉大学工学研究院の生命倫理審査の承認を受けて実施された(受付番号: R2-7)。

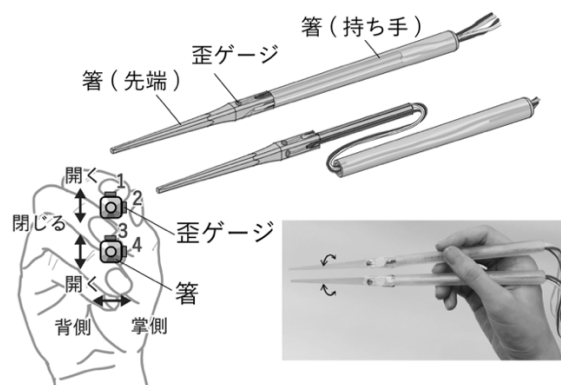


図1 応力計測箸

筋電図は0.1秒の移動窓で実効値化された後、タスク後に計測されたMVCの値で正規化され、%MVCとした。応力は電圧(V)から力(N)にオフラインで較正された。筋電図はタスク5回分の平均%MVCを算出した後、挟む・運ぶ動作の代表として平均%MVCが一番大きかったニンジン条件とその他の動作とを多重比較検定(Dunnettの方法)を行い比較した。%MVCが大きく、かつ複数の筋の同時活性化も顕著である試行については、応力に対する%MVCの相互相関関数[7]を求めた。相互相関関数(式1)のピークの値を用いて動作に対する筋の寄与を調べた。時間窓は箸が食材に触れ4つのゲージのいずれかが変動を開始した時点の0.5秒前から食材操作が終了し全てのゲージが基線に戻った後0.5秒までとした。応力と筋電図%MVC波形の位相シフト(τ)を求めた。

$$f(n) = \sum_{i=1}^K f_{\text{歪ゲージ}}(i) * f_{\%MVC}(n) \quad \dots \text{(式1)}$$

n (データポイント): 時間(秒)*サンプリング周波数

K : ゲージ波形のデータポイント数

3. 結果

全ての筋でタスク中の平均%MVCが運ぶ動作よりも切る・さく動作で高くなる傾向があった(図2)。応力については、運ぶ動作では上下の箸ともに開閉方向の成分が主だったのに対し、その他の動作では複数の向きの成分が見られる場合があった。

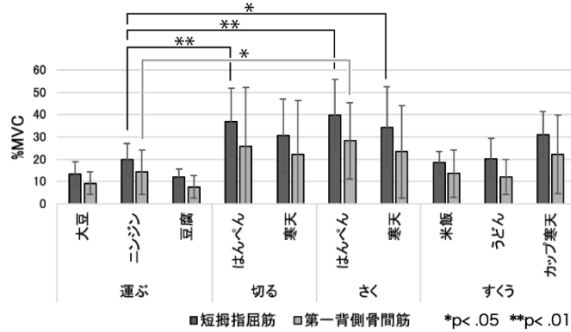


図2 各食材条件における箸操作タスク5回の短母指屈筋・第一背側骨間筋の平均%MVC

相互相関関数の例として、図3に、はんぺんをさく動作について相互相関関数を求めた1名のグラフを示す。

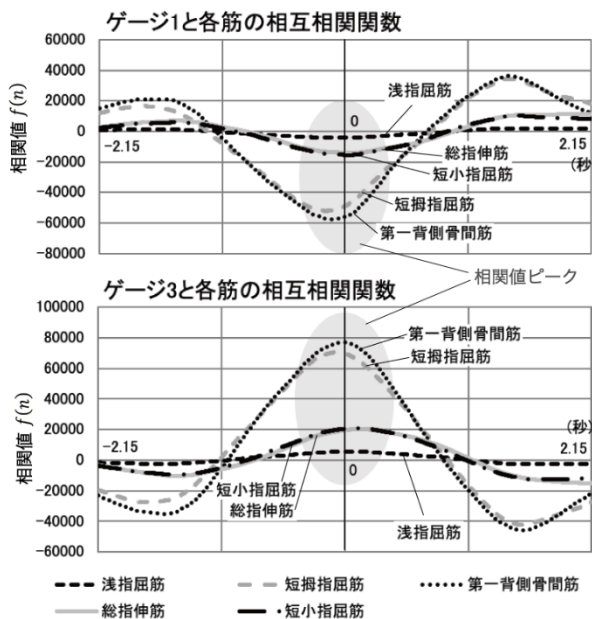


図3 はんぺんをさく動作におけるゲージ1(上の箸・開閉向き)とゲージ3(下の箸・開閉向き)と各筋の相互相関関数の被験者1名のサンプル

さく動作では上下の箸が互いに逆向きの力を発生しているために相関関数も上下にはほぼ対照的な曲線を示した。グラフの中央値付近のピーク値より、短母指屈筋と第一背側骨間筋の寄与が大きい

ことが示された。 τ の値より、短母指屈筋と第一背側骨間筋が活動を始め、続いてゲージが応力の増大を示しほぼ同時に総指伸筋、短小指屈筋の活動が起こっていた。

4. 考察

従来の研究[5][6]のような筋電図の大きさの比較に加え、相互相関関数を用いることで箸使用の個人内の筋の活動順序や寄与の度を可視化することができた。この手法の制限は、ピーク値などの相関係数の比較は元の波形の数値の大小に左右されるため、被験者間・条件間の比較を厳密に行う場合は箸先の力(N)の大きさを一定に統制する必要があることである。

引用文献

- 1) 向井 由紀子, 橋本 慶子: ものとなりの文化史102 箸. 法政大学出版局, 2001.
- 2) B. Chang, B. Huang, C. Chen, and S. Wang: "The pincer chopsticks: The investigation of a new utensil in pinching function," Appl. Ergon., vol. 38, pp. 385-390, 2007.
- 3) D. Sawamura, S. Sakuraba, Y. Suzuki, M. Asano, and S. Yoshida: "Acquisition of chopstick-operation skills with the non-dominant hand and concomitant changes in brain activity," Sci.Rep., pp. 1-11, 2019.
- 4) S. Wu: "Effects of the handle diameter and tip angle of chopsticks on the food-serving performance of male subjects," Appl. Ergon., vol. 26, no. 6, pp. 379-385, 1995.
- 5) 堀尾 強, 河村 洋二郎: "箸の長さ動作時間," 人間工学, vol. 30, no. 6, pp. 423-430, 1994.
- 6) 向井 由紀子, 橋本 慶子: "箸の使い勝手について 箸の持ち方(その2)," 家政学雑誌, vol. 32, no. 8, pp. 622-627, 1981.
- 7) E. Nelson-Wong, S. Howarth, D. A. Winter, and J. P. Callaghan: "Application of Autocorrelation and Cross-correlation Analyses in Human Movement and Rehabilitation Research," J. Orthop. Sport. Phys. Ther., vol. 39, no. 4, pp. 287-295, 2009.

ピアノ演奏時の前腕部筋活動を可視化するプロダクトの開発

○水本 壮彦（千葉大学工学部），兼田 悠（新光電気工業株式会社），
吉田 和洋（新光電気工業株式会社），下村 義弘（千葉大学大学院工学研究院）

Development of a product to visualize forearm muscle activity during piano performance

Akihiko MIZUMOTO (Faculty of Engineering, Chiba University),

Hisashi KANEDA, Kazuhiro YOSHIDA (Shinko Electric Industries Co., Ltd.),

Yoshihiro SHIMOMURA (Graduate School of Engineering, Chiba University)

1. 背景

ピアノ演奏において、筋の適度な脱力は重要である¹⁾。過度な緊張は上達を妨げ、怪我の原因になる²⁾。奏者は適度に脱力する正しい奏法を身に着ける必要がある³⁾。しかし現状では筋活動は演奏者の目に見えるものではなく⁴⁾⁵⁾、正しい奏法の習得は難題である。そこで本研究の目的を、ピアノ奏者が演奏中に前腕の筋活動を観察することができるプロダクトの開発と定めた。

2. 方法

本研究では以下の工程に従って進められた。以下に各工程の詳細を示す。

2.1 概形デザインの決定

次の条件を満たす詳細形状と内部回路や接続方法等の要素をシステム化した。・ピアノ演奏において主に使われる前腕部の筋活動を計測できる。・演奏者が簡単に着脱できる。・筋活動の度合いを視覚化する。

2.2 初期サンプルの作成・評価

1つの筋活動をレベルメータで示す初期サンプルを作成した。ピアノの演奏実験を実施し、クロストーク、使用感について定性的な評価を行った。

2.3 1st Prototypeの作成・評価

浅指屈筋、総指伸筋、長拇指屈筋の筋活動を表示する1st Prototypeを作成した。システムはArduinoを使用した。生体信号集録システムの既存製品(BIOPAC MP150)との比較を行った。同一の電極を1st PrototypeとMP150に分岐接続し、被験者1名で試験的に筋電図波形を計測し、比較した。ピアノの演奏実験も行った。また、乾式電極の洗濯による劣化を調査する試験を行った。毎日電極を洗濯し、1週間ごとに同一の条件で演奏実験を行って波形を比較した。洗剤はアルカリ性、中性、水のための3条件として一般的な家庭用洗濯

機で洗濯した。

2.4 2nd Prototypeの作成・評価

1st Prototypeの評価実験を踏まえ、よりコンパクトな2nd Prototypeを作成した。ピアノの演奏実験では、ベートーヴェンのピアノソナタ23番第3楽章の308～340小節部分を演奏した。演奏は、過度に緊張した状態と脱力した状態で行い、波形を比較した。使用感について評価も行った。

3. 結果

3.1 概形デザインの決定

前腕部に装着するサポータ型に決定した(図1参照)。各筋群の活動をレベルメータで表示する。



図1 概形デザイン

3.2 初期サンプルの作成・評価

初期サンプルを図2に示す。中央基板から電源であるPC、筋活動を表示するレベルメータ、レベルメータを調節するゲインの基板と接続されており、ゲインの基板に電極を付けるクリップが3つ接続されている。

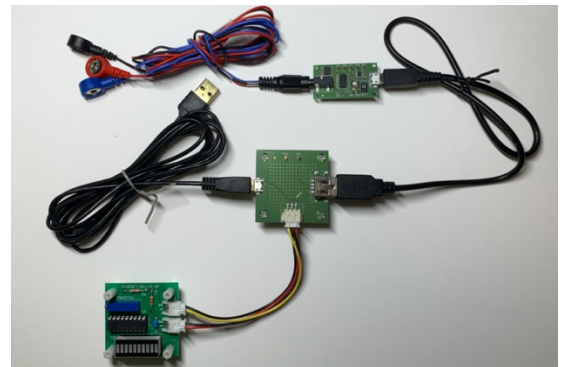


図2 初期サンプル

浅指屈筋と総指伸筋に関しては目立ったクロストークは確認されなかった。長拇指屈筋は浅指屈筋とのクロストークが大きかった。使用感については、有線接続であることが演奏のための上肢運動に干渉する可能性が示唆された。

3.3 1st Prototypeの作成・評価

1st Prototypeを図3に示す。Arduino Unoが電源とするPCと浅指屈筋計測用の基盤に接続されている。浅指屈筋計測用の基盤には電極(アース電極含む)を挟むためのクリップが3つ付いており、長拇指屈筋と総指伸筋計測用の基盤に接続されている。これら2つの基盤には電極を挟むクリップが2つ付いている。サポータには電極の位置に切れ込みが入っており、皮膚側から電極、外側からクリップでサポータを挟む形になっている。乾式電極の洗濯による劣化を調査する試験結果を図4に示す。試験開始から5週間後に中性洗剤で洗濯した電極で計測不可となり、6週間後にアルカリ性洗剤で洗濯した電極で計測不可となった。水で洗濯した電極は計測できるものの、5週間後からノイズが見られた。



図3 1st Prototype

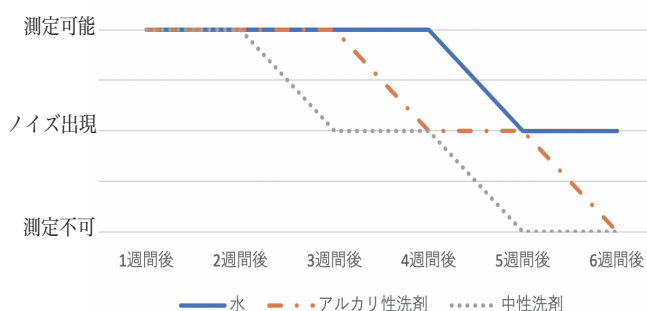


図4 乾式電極の劣化調査試験結果

3.4 2nd Prototypeの作成・評価

2nd Prototypeを図5に示す。Arduino Unoが電源とするPCと浅指屈筋計測用の電極に接続されている。浅指屈筋計測用の電極は長拇指屈筋計測用の電極と総指伸筋計測用の電極に接続されて

いる。電極間距離は全て20mmとなっており、アース電極は浅指屈筋計測用の基盤に配置されている。サポータは1st Prototypeと同じく基盤と電極に挟まれている。ピアノの演奏実験では、緊張して演奏した方が脱力して演奏した時より大きな波形が見られたが、演奏中に電極が肌から離脱してノイズが生じることがあった。

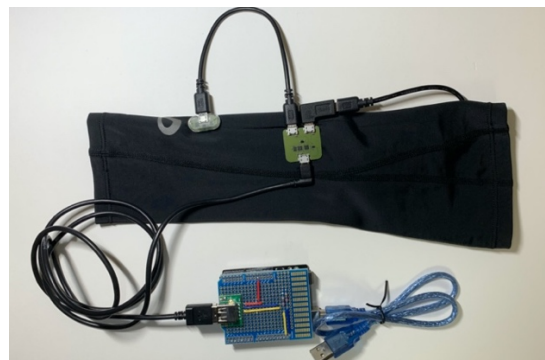


図5 2nd Prototype

4. 考察・今後の計画

ピアニストを被験者とした実験を実施し、さらに細かい有用性を検証していくことが必要である。今後の計画としては、電極離脱等によるノイズの削減、関電極間の接触インピーダンスの不整合の改善、電極の素材と形状の選定、筋活動を表示するレベルメーターの作成、測定する筋の追加、無線化を行っていく。また、本研究はピアノ演奏に限らずリハビリテーションなどの医療分野での応用も視野に入れて取り組んでいく。

参考文献

- 1) ピアニストの筋肉と奏法 マリナ・フェレイラ 著 音楽之友社
- 2) ジョセフ・レヴィーン ピアノ奏法の基礎 ジョセフ・レヴィーン著 全音楽譜出版社
- 3) 目からウロコのピアノ脱力法 馬場マサヨ著 YAMAHA
- 4) The Muscle Activities in the Upper Extremities with Piano Playing Style Maya TAKAKUWA, Tohru ISHIGAKI and Yuzo KAKIYA 教育医学第64巻第4号 293/300 (2019)
- 5) ピアノ打鍵動作の熟練技能:「重量奏法」の科学的検証 古屋 晋一, 片寄 晴弘, 木下 博 SIG-SKL Vol.01 No.04 17/24 (2008)

慣性センサを用いた起立動作中の体幹角度計測

ーセンサ装着位置の検討ー

○Chu Xiangyu, Ibai Gorordo Fernandez, 北川 広大, 和田 親宗
(九州工業大学大学院生命体工学研究科)

Trunk Angle Measurement using an Inertial Sensor during Sit-to-Stand -A Study on Sensor Placement-

Chu XIANGYU, Ibai GORORDO FERBANDEZ, Kodai KITAGAWA, and Chikamune WADA
(Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology)

1. はじめに

起立動作は移動能力に関与する重要な日常動作の1つであり、この動作を日常的におこなえる高齢者はQuality of Life (QOL) を維持できることが知られている¹⁾。一般的な起立動作では、臀部離床前に体幹屈曲によって重心を前方の支持基底面まで移動させる²⁾。そのため、重心の移動を計測し、重心が支持基底面に到達したタイミングを臀部離床のタイミングとして通知できれば高齢者の起立動作を支援できると考えられる。これらの背景から、本研究室では重心位置に基づいて臀部離床の最適なタイミングを通知する起立動作支援システムの開発をおこなってきた³⁾。

本研究室の先行研究では、場所を選ばずに日常的に使用可能なシステムに向けて、体幹に装着した慣性センサによって重心位置算出に必要な関節角度の推定を試みた³⁾。先行研究では、矢状面において足関節や膝関節の関節角度を高精度で推定できたが、体幹角度については検討できていなかった³⁾。そこで本研究では、慣性センサによる体幹角度計測の精度向上を試みた。

本報告の目的は、高精度な体幹角度計測に向けた基礎検討として、慣性センサの適した装着位置を明らかにすることである。

2. 方法

装着位置の異なる複数の慣性センサから体幹角度を計測し、各装着位置における体幹角度の計測精度を比較した。以下に、本研究で比較した慣性センサの装着位置と実験手順を述べる。

2.1. 慣性センサの装着位置

図1に本研究における慣性センサの装着位置を示す。図1のように、慣性センサは胸骨柄、剣状突起、胸椎 (T1-T2間)、腰椎 (L4) の計4カ所に装着された。剣状突起は従来の装着位置として選

ばれた^{3,4)}。胸骨柄と胸椎 (T1-T2間) の2カ所は従来位置よりも皮下脂肪が少ないため⁴⁾、皮下脂肪による位置のずれが小さい位置として選ばれた。また、これらの2カ所は股関節から離れた体幹上部であることから、本研究で対象とする矢状面上の体幹屈曲が反映されやすい位置であると考えた。一方で、これらの位置は対象としていない前額面上の運動も反映されやすい可能性がある。そのため、本研究では股関節に近く前額面上の運動に影響されにくい位置として腰椎 (L4) も装着位置として選んだ。



図1 慣性センサの装着位置

2.2. 実験手順

実験では、4つの慣性センサによって体幹角度を計測した。同時に、光学式モーションキャプチャによって体幹角度を計測した。

被験者は、健常な若年男性3名である。被験者は4つの慣性センサ (ロジカルプロダクト社製) と光学式モーションキャプチャ (OptiTrack社製、カメラ8台) のための反射マーカを装着した。図2に本実験で計測した体幹角度と反射マーカの位置を示す。図2のように、本実験では実験環境における垂直軸と体幹軸が成す角度を体幹角度として定義した。

各被験者に自然な起立動作を10回ずつおこな

わせた。これらの起立動作を100Hzのサンプリング周波数に設定した光学式モーションキャプチャと慣性センサによって計測し、臀部離床までの動作を解析対象とした。

慣性センサからは加速度、角速度、地磁気のデータが計測される。本実験ではこれらの慣性データとMadgwickフィルタ⁵⁾によって体幹角度を算出した。また、光学式モーションキャプチャから計測した垂直軸と体幹軸が成す角度(図2)を体幹角度の真値とした。慣性センサによる体幹角度計測の誤差はRoot Mean Square Error (RMSE)によって評価した。

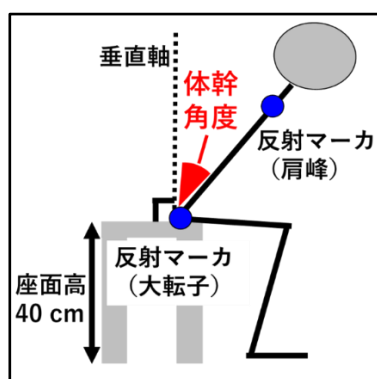


図2 計測した体幹角度と反射マーカの位置

3. 実験結果と考察

表1に慣性センサによる体幹角度計測の誤差を示す。表1の通り、胸骨柄に装着した慣性センサが最も小さい誤差(2.67 ± 1.40 deg)を示し、この誤差は従来の装着位置である剣状突起よりも小さかった。この理由として、皮下脂肪が少ない胸骨柄では⁴⁾、皮下脂肪による位置のずれが小さかったと考えられる。

一方で、腰椎に装着した慣性センサでは、体幹角度の計測誤差が他の装着位置よりも大幅に大きかった(6.61 ± 2.87 deg)。この理由は、腰椎は体幹屈曲の回転軸となる股関節に近く、体幹屈曲の角度変化が反映されなかったためと考える。

胸椎に装着した慣性センサでは、同じ体幹上部の胸骨柄よりも計測誤差が大きかった。この理由は、胸椎の慣性センサには体幹軸とは異なる胸椎や頸椎の角度変化が反映されたためと考える。

これらの結果から、慣性センサを用いた体幹角度計測において、胸骨柄が最適な慣性センサの装着位置であると考ええる。

表1 体幹角度計測の誤差 (RMSE)

装着位置	RMSE [deg]	
	平均	標準偏差
剣状突起	3.16	1.35
胸骨柄	2.67	1.40
胸椎	4.58	2.45
腰椎	6.61	2.87

4. おわりに

本研究では、起立動作中の体幹角度計測に最適な慣性センサの装着位置を明らかにするため、4カ所の装着位置における計測誤差を比較した。実験の結果、胸骨柄から計測した体幹角度の誤差が最も小さく、胸骨柄が体幹角度計測に最適な装着位置である可能性が示唆された。

今後は、慣性センサから得られる関節角度から重心位置を高精度で推定するためのモデルを検討していく。

参考文献

- 1) Slaughter SE, et al.: "Mobility of vulnerable elders study: Effect of the sit-to-stand activity on mobility, function, and quality of life", J Am Med Dir Assoc, Vol.16, No.2, pp.138-143, 2015.
- 2) Riley PO, et al.: "Mechanics of a constrained chair-rise", Journal of biomechanics, Vol.24, No.1, pp.77-85, 1991.
- 3) Jin F, et al.: "New estimation model of the initial lower limb angle to improve angle estimation during the extension phase of standing-up movement", J Phys Ther Sci, Vol.30, No.5, pp.669-674, 2018.
- 4) 湯浅景元, 福永哲夫: "超音波法による皮下脂肪厚分布パターン", 体力科学, Vol.36, No.1, pp.36-41, 1987.
- 5) Madgwick SO, et al.: "Estimation of IMU and MARG orientation using a gradient descent algorithm", ICORR2011, pp. 1-7, 2011.

肘関節の拘縮改善に向けたTilt Table使用の検討

－傾斜角度と上腕三頭筋活動との関係－

○大西熙（九州工業大学大学院生命体工学研究科）

中野聡太（九州看護福祉大学リハビリテーション学科）

北川広大（九州工業大学大学院生命体工学研究科）

和田親宗（九州工業大学大学院生命体工学研究科）

Improvement of Elbow Joint Contracture using Tilt Table

-The Relationship between Tilt Angle and Activity of Triceps Brachii-

Hiroo ONISHI (Graduate School of Life Science and Systems Engineering,

Kyushu Institute of Technology),

Sota NAKANO (Department of Rehabilitation, Kyushu University of Nursing and Social Welfare),

Kodai KITAGAWA (Graduate School of Life Science and Systems Engineering,

Kyushu Institute of Technology),

Chikamune WADA (Graduate School of Life Science and Systems Engineering,

Kyushu Institute of Technology)

1. はじめに

我が国の65歳以上の高齢者人口は年々増加しており、現在は総人口の28.4%に達している¹⁾。高齢者数の増加に伴い、要介護認定者数も増加傾向にある¹⁾。要介護5の患者には臥床期間が長引いている患者が多く、中でも寝たきりの患者は拘縮等、不動に起因する廃用症候群の問題に直面している²⁾。重度の拘縮によって関節が固定化した場合、更衣や清拭介助等を受ける際に関節を動かされることによる痛みの発生が問題となる²⁾。一方、ケア従事者にとっては介助の施行が困難となり、負担となる²⁾。また、一般的に関節固定化の解除を行う際、医療従事者や機器による他動運動を行うが、明らかな臨床効果は認められていない³⁾。

そこで我々は、重力を利用し伸展筋の活動を促進するアプローチによって屈曲固定を解除することを考えた。本研究では、肘関節の屈曲固定に注目し、電動Tilt Tableを用いて、肘関節の伸展運動方向が従重力方向となるように対象者の姿勢を制御する方法を提案する。また、本研究ではこの方法の基礎検討として、Tilt Tableの傾斜角度が肘関節屈曲固定の解除に必要な伸展筋の活動に及ぼす影響について調査する。

2. 方法

本研究では23歳と25歳の健常男性2名を被験者とした。いずれの被験者も本実験課題遂行に支障

となる身体機能の異常はなかった。全ての被験者に対し、本実験の説明に行い、参加の同意を得た。

図1にTilt Tableと被験者の初期姿勢を示す。図1の通り、被験者は垂直（88deg）なTilt Table（OG技研製UA-501）に固定された。このとき、前腕部は肘関節最大屈曲位となるように固定され、下肢とTilt Tableの間にクッションを挟んだ。図2にTilt Tableの傾斜角度を示す。Tilt Tableの傾斜角度は床面とTilt Tableが成す角度とした（垂直：88deg，平行：0deg）。本実験ではTilt Tableを傾斜角度4つの条件で経時的に等速で変化させた（条件1：88-68deg，条件2：68-48deg，条件3：48-28deg，条件4：28-0deg）。なお、各被験者の試行回数は条件ごとに3回ずつとした。これら4つの条件で、肘関節伸展に寄与する上腕三頭筋長頭の活動を計測し、比較した。筋電図計測にはEMGマスターkm-818（メディエリアサポート企業組合）を使用した。表面電極は銀・塩化銀形心電図用電極Ambu Blue Sensor M（Ambu社）を使用し、双極誘導法により表面筋電位を導出した。被験筋は利き手側とし、電極を筋線維と平行に20mm間隔で貼付した。アース電極は肘関節とした。サンプリング周波数は1kHzとして、データはパーソナルコンピュータに取り込んだ。計測した筋電図には、全波整流化と50msの二乗平均平方根による平滑化が行われた。また、これらの筋電図は正規化のために被験者の5秒間の最大随意収縮で除された。各試行の筋電図から振幅平均を

代表値として算出し、条件間の比較では3試行の平均値を比較した。

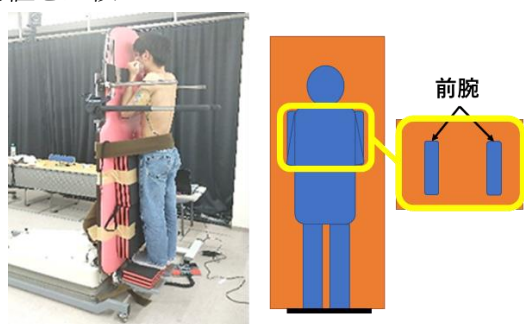


図1 Tilt Tableと被験者の初期姿勢



図2 Tilt Tableの傾斜角度

3. 結果

図3に上腕三頭筋長頭の活動とTilt Tableの傾斜角度の関係を示す。被験者AではTilt Tableと床面が平行に近づくほど上腕三頭筋長頭の活動が大きくなる傾向がみられた。一方で、被験者BではTilt Tableの傾斜に伴って上腕三頭筋長頭の活動が大きくなる傾向があったが、Tilt Tableが最も傾斜する28-0degでは大きな筋活動はみられなかった。

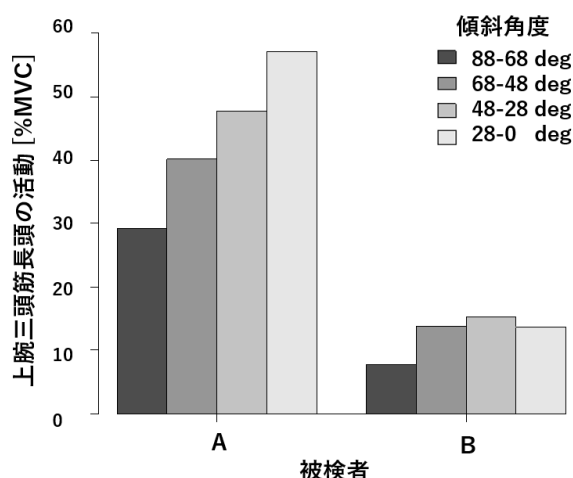


図3 上腕三頭筋長頭の活動と傾斜角度

4. 考察

実験結果から、Tilt Tableを傾斜させることで、肘関節伸展に関わる上腕三頭筋長頭の活動が誘発されることがわかった。つまり、傾斜角度の変化による重力付与により肘関節伸展筋の活動を促進する我々のアプローチは肘関節屈曲固定の解除に有効である可能性が示されたと考えられる。

しかし、被験者BではTilt Tableが最も傾斜する条件において大きな筋活動はみられなかった。この結果から、傾斜角度と肘関節伸展筋の活動との関係には個人差があり、最適な傾斜角度の検討が必要であると考えられる。

傾斜角度の変化に対する荷重支持の戦略として、上腕三頭筋の収縮による支持と前腕部の軟部組織の接触による支持が考えられる。前者を優位に用いるケースでは、Tilt Tableの傾斜によって上腕三頭筋の筋活動を誘発しやすいと考える。一方で、後者を優位に用いるケースでは上腕三頭筋の筋活動が誘発されにくい可能性がある。今後は、これらの個人差を考慮したTilt Tableの制御方法や使用者の固定方法についても検討する必要がある。

5. おわりに

本研究では、肘関節の拘縮改善を視野に屈曲固定を解除するために、Tilt Tableの傾斜によって肘関節伸展筋の活動を誘発する方法を検討した。実験の結果、Tilt Tableの傾斜によって上腕三頭筋の活動を誘発できる可能性が示された。今後は、最適な傾斜角度などについても検討していく。

参考文献

- 1) 内閣府：“令和2年版高齢社会白書”，2020.
- 2) 畔上一代：“療養病棟における高齢者の廃用症候群予防ケアに関する看護職のジレンマ”，松本短期大学研究紀要，Vol. 29， pp. 15-23， 2019.
- 3) Sally Horsley, Natasha A Lannin, Kathryn S Hayward, Robert D Herbert：“Additional early active repetitive motor training did not prevent contracture in adults receiving task-specific upper limb training after stroke: a randomised trial”，Journal of Physiotherapy，Vol. 65， pp. 88-94， 2019.

Webを用いた分娩場所選択に関する意思決定支援ガイドの提案

○新田 祥子（長崎県立大学看護栄養学部）

辺見 一男（長崎県立大学情報システム学部）

片岡 弥恵子（聖路加国際大学大学院ウィメンズヘルス・助産学）

Proposal of a Web-Based Decision Aid for Birth Place

Sachiko NITTA (University of Nagasaki, Nursing and Nutrition)

Kazuo HEMMI (University of Nagasaki, Information Systems)

Yaeko KATAOKA (St.Luke's International University, Women's health & Midwifery)

1. はじめに

意思決定ガイドは、その人の選択における価値観を明確化し、優先したいものを整理することによって、意思決定を行うためのツールである。ガイドは、パンフレット版や動画、Web などが存在し、Webによるガイドは、意思決定における葛藤に効果があるという報告がある。日本において、ローリスク妊婦は、出産場所として、病院・診療所、院内助産、助産所、自宅を選択することが可能である。出産場所を選択するための公的な情報については、掲載がほとんどなく、妊婦自身にとって、どこで出産することができ、どこが適切なのかを考えるための正確な情報を十分に得ることが難しい状況である。日本では、女性が出産場所を決定する際、インターネットによる情報や、出産経験のある女性からの情報などから決めているという現状がある。しかし、意思決定という視点からみると、このような現状は、科学的根拠に基づいた情報、メリットやデメリットなど偏りのない情報を得た上での出産場所の決定とは言い難い。本研究では、出産場所の意思決定ガイドを使用した際に、意思決定葛藤尺度（Decisional conflict scale：以下DCS）による意思決定の葛藤を把握するようなwebページの構成を提案する。

2. 方法

本研究の意思決定ガイドは、意思決定ガイドの開発のハンドブックを参考に開発を行い、導入～価値の明確化を、4つのステップで構成した。ガイドの内容及び構成には、開発のガイドラインを用いた。本研究は、PHPを用いて作成したDCSを回答後、出産場所の意思決定ツールをWeb上で確認し、その後再度 DCSを回答し、前後でデータ収集を行う運用方法とした。

3. 結果

全体の構成は、意思決定ガイドを使用の前後で DCS の葛藤データの収集を行う流れで構成されている。以下、意思決定ガイドの内容及び DCS によるデータ収集の内容について述べる。

(1) 意思決定ガイドについて

病院および診療所、院内助産、助産院、自宅の 4 つの場所の中で、選択するためのツールである。意思決定ガイドは、文字による説明および動画による説明によって構成されており、STEP1～STEP4 に分かれている。エイドの使用時間は、約 30 分程度の内容となっている。

(a)STEP1：納得して決めるための方法を知る

意思決定ガイドの対象者および使用方法について説明を行っている。

(b)STEP2：出産場所を理解するための知識

出産場所ごとの特徴を知るために必要な基本的な出産の知識について説明を行っている（図1参照）。

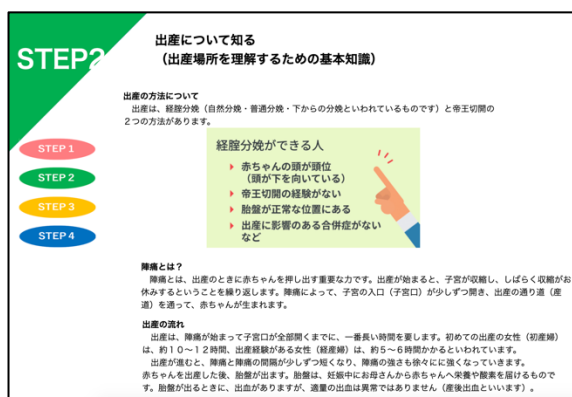


図1 STEP2 の Web の一部。

(c)STEP3：出産場所の特徴を知る
各出産場所の特徴について、施設の特徴や特徴、数的データを用いて説明を行っている（図2参照）。



図2 STEP3 のWebの一部。

(d)STEP4：あなたらしく、納得して決める
ガイドの使用者の価値観を明確にし、決定する内容とした（図3参照）。

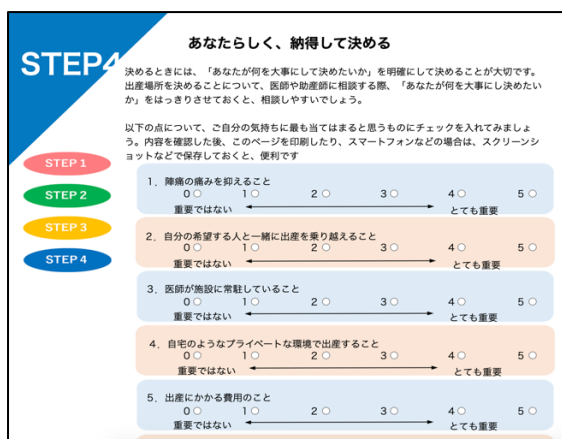


図3 STEP3 のWebの一部。

(2) DCS による葛藤について

DCS は意思決定ガイドの使用前後2次点でデータ収集を行い、葛藤の点数の変化で意思決定ガイドの効果を検証する予定である。

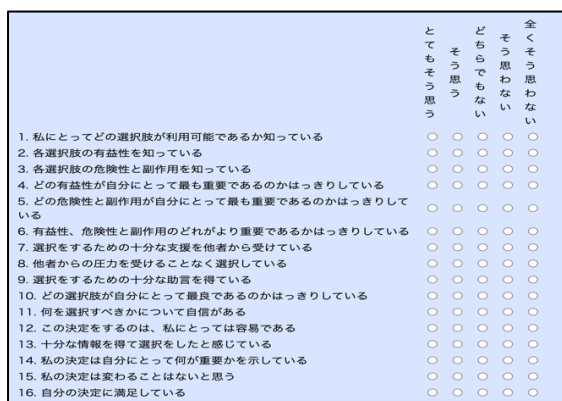


図4 DCS による意思決定における葛藤。

また、DCS の Web ページは、PHP を用いて作成しており、回答した内容は研究者のメールに送信されるように設定した（図4参照）。DCS は質問内容が16項目で構成されており、本研究では、既存の日本語翻訳版^{1)~5)}を用いた。

4. 考察

当初 PC 対応のページを想定して作成したが、実際の利用者は、PC よりも気軽なスマートフォンを使用して閲覧することが考えられるため、今後スマートフォン対応のものも作成していく必要がある。また、今後、開発した意思決定ガイドを用いて、内容の妥当性について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) Kawaguchi T, Azuma K, Yamaguchi T, Soeda H, Sekine Y, Koinuma M, Takeuchi H, Akashi T, Unezaki S. Development and validation of the Japanese version of the Decisional Conflict Scale to investigate the value of pharmacists' information: a before and after study. BMC Med Inform Decis Mak. 2013 Apr 17;13(1):50.
- 2) O'Connor AM. Validation of a decisional conflict scale. Med Decis Making. 1995 Jan-Mar;15(1):25-30.
- 3) Legare F, Kearing S, Clay K, Gagnon S, D'Amours D, Rousseau M, O'Connor AM. Are you SURE? Assessing patient decisional conflict with a 4-item screening test. Can Fam Physician. 2010 Aug;56(8):e308-14.
- 4) Linder SK, Swank PR, Vernon SW, Mullen PD, Morgan RO, Volk RJ. Validity of a low literacy version of the Decisional Conflict Scale. Patient Educ Couns. 2011 Dec;85(3):521-4. doi:10.1016/j.pec.2010.12.012. Epub 2011 Feb 5.
- 5) Legare F, Leblanc A, Robitaille H, Turcotte S. The decisional conflict scale: moving from the individual to the dyad level. Z Evid Fortbild Qual Gesundheitsw. 2012;106(4):247-52. Epub 2012 Mar 28.

会話ロボットにより体温と経皮的血中酸素飽和度の測定をサポートするシステム

○桑原 大（長崎県立大学院地域創生研究科）

三重野 愛子（長崎県立大学看護栄養学部）

山口 多恵（長崎県立大学看護栄養学部）

辺見 一男（長崎県立大学情報システム学部）

Body Temperature and Saturation Pulse Oxygen Measurement Support System Using Communication Robot.

Hiro KUWAHARA (University of Nagasaki, Graduate School of Regional Design and Creation)

Aiko MIENO (University of Nagasaki, Nursing and Nutrition)

Tae YAMAGUCHI (University of Nagasaki, Nursing and Nutrition)

Kazuo HEMMI (University of Nagasaki, Information Systems)

1. はじめに

近年、新型コロナウイルスの感染拡大が世界的な問題となっている。日本では罹患者への対応として、PCR検査陽性であっても高齢者と基礎疾患をもつものを除いた軽症者は、自宅・宿泊施設における安静・療養を原則としている¹⁾。この間、罹患者は隔離された環境下で症状の自己観察が必要となり、不安や孤独を感じる事が推察される。このため、隔離時には身体的管理支援に加えて精神的なケアをいかに行うかが課題となる。また、罹患者と関係者（医療従事者や家族など）の必要以上の接触による二次感染防止も課題である。これらの課題に対し、我々研究グループでは会話ロボットにより体温と経皮的血中酸素飽和度（以下SpO₂）の測定をサポートするシステムを開発したのでその内容について報告する。

2. システム構成

図1にシステムの構成を示す。ユニロボット社の会話ロボットUnibo（以下Uniboと呼ぶ）を核にシステムを構成する。UniboにはBluetoothを用いて電子体温計（エーアンドデイ社製UT-201BLE）とパルスオキシメーター（NURSE ANGLE製 PLS-01BT）を接続する。このシステムはUniboの指示のもと、被験者の体温とSpO₂を測定するものである。各医療機器の測定結果はUniboにより自動収集される。収集されたデータはメールによりインターネットを通じ必要な関係者へ通知される。Uniboとクラウドサーバー（ユニロボット株式会社所有）は常時接続されており、会話API及びソフトウェアアップデートの通信が適宜行われる。

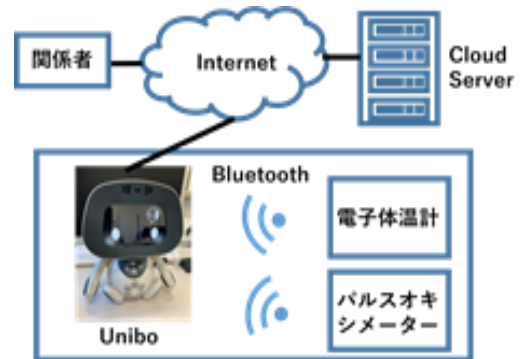


図1 システムの構成図

3. 会話による測定支援

Uniboが会話にて行う指示の概要を図2に示す。

タイマー機能によりUniboが定時に発話し、被験者へ体温とSpO₂の測定を促すことで測定を開始する。それぞれの機器の操作方法是適宜Uniboが口頭で説明する。測定値の取得後、Uniboは測定値を読み上げる。この際、SpO₂に関しては結果に応じた発話内容の変更が行われる。

会話による測定支援の具体的な会話内容を以下に示す。

●挨拶・体温計計測を促す発話

「こんにちは、体調はどうですか？今の症状について確認しますね。準備はいいですか？体温計でお熱を測ってみましょう。体温計の電源を入れ、お熱を測って下さい。」

（体温計へ無線接続を試みる）

●体温測定値の確認

測定値の取得時：

「今のお熱は（測定値）度ですね。」

測定値未取得時：

「すみません、上手に体温計の値を取得できませんでした。もう一度、体温計の電源を入れ、体温を測りなおして下さい。」

●SpO₂計測を促す発話

「体温計はしばらくすると自動で電源が切れます。そのままに置いて大丈夫です。次は、酸素飽和度をはかってみましょう。パルスオキシメーターを装着して、電源を入れて下さい。」

●SpO₂測定値の確認

測定値の取得時：

「あなたの酸素飽和度は（測定値）%です。」

SpO₂が96%以上の時：

「健康的な数値ですね！僕もうれしいです。」

SpO₂が90以上の時：

「酸素飽和度がかなり少なくなっています。息苦しくはないでしょうか。心配です。」

SpO₂が90未満の時：

「非常に危険な状態です。お医者さんに診てもらう必要があります。」

●関係者へメールを送信・終了：

「以上で確認終了です。データを担当者へ送信します。」

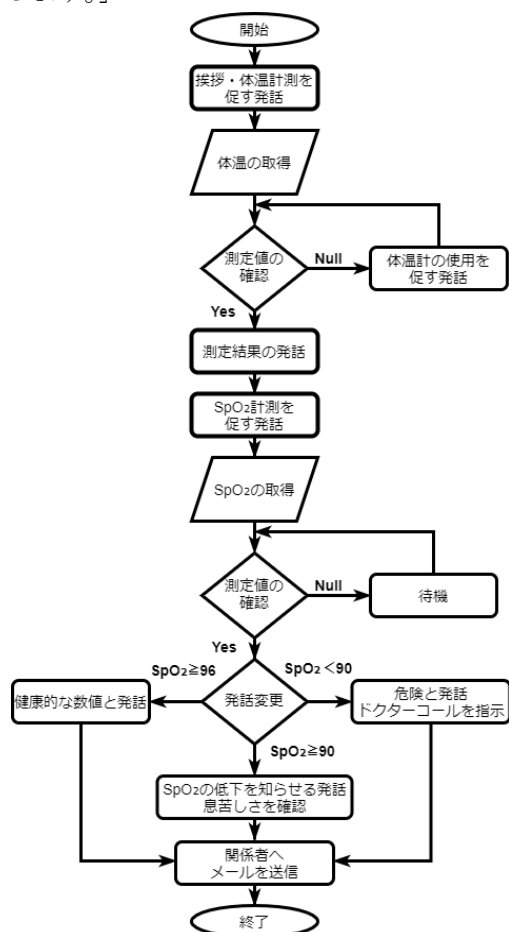


図2 Uniboによる指示の概要

4. 体温とSpO₂の測定

新型コロナウイルス感染時の症状として、発熱が73.0%で1位である²⁾。また、新型コロナウイルス感染症度分類の指標としてSpO₂が用いられている³⁾。以上より、本稿では体温とSpO₂測定をシステムに組み込むこととした。選定した機器は測定精度と簡便性を考慮し、腋窩用のサーミスタ式電子体温計（予測式30秒）、指先固定型パルスオキシメーターとした。どちらも電源スイッチを押すと計測が開始され、測定後は自動的に測定値をUniboへ送信し、その後自動で電源が切れるものを選定した。SpO₂の計測値については値の見方が分からない方を考慮し、取得した値に応じてUniboの会話が分岐するようプログラムした。

5. 終わりに

本稿では、Uniboを用いて、音声によって体温とSpO₂を測定する指示を出し、新型コロナウイルスに感染した人の身体的支援を行うシステムを構築することができた。Uniboは人と自然な会話を行う機能を有しているため、自宅・宿泊施設に隔離されている人の精神的なケアをすることが可能だと考えているが、これについては今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 厚生労働省：“新型コロナウイルス感染症の軽症者等に係る宿泊療養及び自宅療養の対象並びに自治体における対応に向けた準備について”，<https://www.mhlw.go.jp/content/000618525.pdf>, (入手日2020年12月3日)。
- 2) Makoto Ishii, Hideki Terai, Hiroki Kabata, Naoki Hasegawa, Koichi Fukunaga, Clinical characteristics of 345 patients with coronavirus disease 2019 in Japan: A multicenter retrospective study, Elsevier Public Health Emergency Collection, J Infect. , doi: 0.1016/j.jinf.2020.08.052, 2020 Sep 10.
- 3) 厚労省ホームページ：“新型コロナウイルス感染症 診療の手引き改定のポイント①”，<https://www.mhlw.go.jp/content/000631551.pdf>, (2020年12月2日検索)。

音声コマンドを用いた口腔機能訓練支援システムの提案

ーディスプレイ内蔵形Amazon Echoへの実装ー

○辺見 一男（長崎県立大学情報システム学部）

三重野 愛子（長崎県立大学情報看護栄養学部）

山下 ゆり（長崎県立大学国際情報学部）

Proposal of Oral Function Training Support System Using Voice Commands

ー Implementation on Amazon Echo with display ー

Kazuo HEMMI (University of Nagasaki, Information Systems),

Aiko MIENO (University of Nagasaki, Nursing and Nutrition)

Yuri Yamashita (University of Nagasaki, Global and Media Studies)

1. はじめに

高齢者の肺炎による死亡者数は年々増加しており、咀嚼・嚥下機能低下による誤嚥性肺炎での死亡率は非常に高くなっている。このため、高齢者の健康寿命を延ばすためには誤嚥性肺炎の予防が非常に重要である。誤嚥性肺炎を防止するためには口腔機能訓練が有効とされており、各地の高齢者施設では専門家の指導の下で広く実施されている。しかしながら、独居高齢者宅に専門家が毎日訪問して口腔機能訓練を行うことは実質的に困難であるので専門家に代わって口腔機能訓練を実施する仕組みが求められている。

我々の研究グループでは、高齢者の健康寿命を延ばすためにタブレットを用いた口腔機能訓練支援システムの研究を行ってきた¹⁾。これは、高齢者が自ら口腔機能訓練を行うことを目的とするシステムである。口腔機能の訓練方法は数多く提案されているが、この研究ではパタカラ体操を採用した。しかしながら、研究を進める中で、タブレット（タッチパネル）の操作は高齢者にとって容易ではないことが明らかになってきた。そこで、我々が開発してきたシステムを音声コマンドで操作することができれば、高齢者でも容易に利用できるのではないかと考え本論文のシステムを提案することとした。

2. 研究背景

我々の研究グループでは、タブレットを用いた口腔機能訓練支援システムの研究を行ってきた。口腔機能訓練は様々な方法が提案されているが、ここではパタカラ体操を採用した。一般社団法人大阪府歯科医師会が発刊している高齢者のための新しい口腔保健指導ガイドブック²⁾によると、パ

タカラ体操で発音する声（「パ」「タ」「カ」「ラ」）は、表1の効果があるとされている。

表1 パタカラ体操の発音と効果.

発音	効果
パ	複数の表情筋、口輪筋や頬筋を鍛え、食物の取り込みや食べこぼしを防ぐ
タ、ラ	舌筋を鍛え、食塊形成や食物の咽頭への輸送の向上につながる
カ	口蓋帆挙筋を鍛え、鼻咽腔閉鎖の向上をはかり誤嚥を防ぐ

これらの音を組み合わせると表2に示す10種類の発話パターンを作成した。この音声に、口の動きがわかるようにイラストで表現したアニメーションを付与し、動画として保存してある。

表2 10種類の発音

(1) パーパーパーパー	(6) パッ、パッ、パッ、パッ
(2) ターターターター	(7) タッ、タッ、タッ、タッ
(3) カーカーカーカー	(8) カッ、カッ、カッ、カッ
(4) ラーラーラーラー	(9) ラッ、ラッ、ラッ、ラッ
(5) パ、タ、カ、ラ	(10) パッ、タッ、カッ、ラッ

10種類のパターンはメニューから選択できるようにした。タブレットに表示した10種類のメニューを図1に示す。

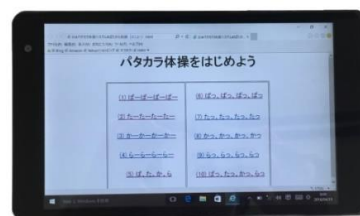


図1 パタカラ体操のメニュー.

メニューから発音内容を選択すると、パタカラ体操の動画とカメラで撮影した利用者の顔が表示される。利用者はアニメーションの動きと自分の口の動きを確認しながらパタカラ体操を行うこと

ができる。図2にパタカラ体操を実施している様子を示す。画面の左半分に動画を、右半分にカメラで撮影した利用者の顔が表示されている。

タブレットを用いた口腔体操支援システムを高年齢施設で実証実験を行った結果、タブレット（タッチパネル）の操作は高齢者にとって容易ではないことが判明した。そこで、このシステムを音声コマンドで操作することができれば、高齢者でも容易に利用できるのではないかと考えたのが本稿のシステムを構築するに至った動機である。



図2 パタカラ体操を実施している様子。

3. Amazon Echoへの実装と実行結果

これまでに我々が開発してきた口腔機能訓練支援システムは、訓練の際の口の動きが分かるようにイラストによるアニメーションが表示される。これを音声で操作するために、ディスプレイを内蔵したスマートスピーカーを用いることとする。ディスプレイを内蔵したスマートスピーカーは、Amazon、Google、LINE、など多数発売されているが、本稿では、AmazonのスマートスピーカーEcho Spotを用いることとした。図3にEcho Spotの外観を示す。Echo Spotのサイズは104×97×91mmで、球形の前面を切り落としたような形状をしている。前面には解像度が480×480pixelの2.5inchディスプレイを内蔵している。



図3 Echo Spotの外観。

Echo Spotに表2の(1)から(5)の5種類の音声付動画をAlexaスキルとして実装することでパタカラ体操を行えるようにした。開発はAlexa

Developer Consoleを用いて行った。今回作成したAlexaスキルを呼び出すためのコマンド（呼び出し名）は表3のように定義した。

表3 呼び出し名とパタカラ体操の番号

呼び出し名	パタカラ体操の番号
パの1番	(1) パーパーパーパー
タの1番	(2) ターターターター
カの1番	(3) カーカーカーカー
ラの1番	(4) ラーラーラーラー
パタカラの1番	(5) パ、タ、カ、ラ

表3に示したパタカラ体操のスキルをEcho Spotで呼び出すにはスキルの起動コマンド（ウェイクワード）として「アレクサ」が必要となる。例えば、(5)のパ、タ、カ、ラの動画を読み出すには、「アレクサ、パタカラの1番を開いて」と呼びかけることによって行う。図4にパタカラ体操の動画を再生中の様子を示す。



図4 パタカラ体操の動画を再生中の様子。

4. おわりに

AmazonのEcho Spotを用いて、音声コマンドにより口腔体操を支援するシステムの提案を行った。本稿では、動画を表示する機能を実装するところまでで、利用者の口の動きを画面に表示することはできなかった。利用者が自分の訓練の様子を確認する機能は有効だと考えているので、これについては今後の課題としたい。

参考文献

- 1) Aiko Mieno, Kazuo Hemmi, Takuya Nagamine, Naomi Yamasumi, Hitomi Sakamoto, Eriko Yoshida, Development of Oral Function Improvement System Using Tablet Computer, The 5th International Conference on Behavioral, Economic, and Socio-Cultural Computing (BESCC2018), Kaohsiung, Taiwan, 2018-11-12.
- 2) 一般社団法人大阪府歯科医師会, 高齢者のための新しい口腔保健指導ガイドブック, p. 21.

日本人間工学会九州・沖縄支部会 第 41 回大会プログラム・概要集

開催日：2020 年 12 月 20 日(日)

会場：オンライン

大会長：小崎智照

ご挨拶

昨年の日本人間工学会九州・沖縄支部第40回大会に引き続き、第41回大会の開催も仰せつかりました。今年は新型コロナウイルスの感染拡大のため、一時は支部大会の開催すら危ぶまれましたが、何とかオンラインにて開催することができました。初めてのオンライン開催ですが、充実したものとなりますよう努めさせていただきます。本大会がオンライン開催のためか例年以上に多くの方々から発表や参加の申し込みをいただきました。ここに心よりお礼申し上げます。

本大会では生体電気信号の測定法についてワークショップを企画いたしました。講師は金子秀樹先生（二ホンサンテック株式会社）です。金子秀樹先生は1980年代から三栄測器（後のNECメディカルシステムズ）にて生体信号計測処理システムの開発をされ、その後、二ホンサンテック株式会社Map工房を設立・創業されております。これまで日本心理学会でのセミナーや九州大学芸術工学部での非常勤講師など生体信号処理システムに関する道先案内人として活躍されております。今回は有意義なワークショップになればと思っております。また、一般口演については20題の申し込みがありました。人間工学における様々な視点から発表されますので、活発な討論がなされることを楽しみにしております。

本大会が、参加される方々にとって実り多きものとなりますよう祈念しております。初めてのオンライン開催となりますので、大会運営には種々、行き届かない点があるかも知れませんが、その節はどうかご容赦願います。

令和2年12月20日

日本人間工学会九州・沖縄支部大41回大会

大会長 小崎智照

大会からのお知らせ

○参加者の皆様

受付

- ・オンライン開場:8:00 より
- ・参加費: 会員・学生無料、非会員 2,000 円
- ・懇親会: 懇親会は開催しません。

○一般口演発表者の皆様へ

- ・発表は各自のコンピューターにて行ってください。
- ・発表のセッション開始前には発表ファイルを立ち上げ、準備してください。発表に関する手順マニュアルを事前に配布いたします。
- ・発表時間は一演題 12 分(発表 8 分、質疑時間 4 分)です。
- ・学生および若手研究者を対象に優秀発表賞を表彰します。

○支部総会

- ・同会場にて支部総会を 12:10～12:30 に開催します。

○著作権について

- ・概要集に関する著作権は、日本人間工学会九州・沖縄支部大及び筆頭演者に帰属します。

日本人間工学会九州・沖縄支部第41回大会プログラム

オンライン開場(8:00-)

大会長挨拶(8:30-8:35)

一般演題セッション1(8:40-9:40)

座長 和田親宗(九州工業大学)

1-1 一晩の模擬的夜勤による耐糖能への影響

○佐藤燦斗(九州大学大学院統合新領域学府)、眞子杜都(九州大学大学院統合新領域学府)、
河野寛之(九州大学大学院統合新領域学府)、大橋路弘(九州大学大学院統合新領域学府)、
江藤太亮(九州大学大学院統合新領域学府)、元村祐貴(九州大学大学院芸術工学研究院)、
樋口重和(九州大学大学院芸術工学研究院)

1-2 異なる波長の点滅光に対する網膜電位の日内変動

○小崎智照、(福岡女子大学国際文理学部)、奥園芽生(福岡女子大学国際文理学部)、
高雄元晴(東海大学情報理工学部)

1-3 閉眼時単色光曝露による ipRGC への影響

○渡邊裕介(千葉大学大学院融合理工学府)、下村義弘(千葉大学大学院工学研究院)

1-4 ベトナム語による会話雑音に対するサウンドマスキングの効果

○Doan Le Dieu Linh(福岡女子大学国際文理学部)、小崎智照(福岡女子大学国際文理学部)

1-5 成人女性における下肢のむくみと月経周期の関連

○中島紀江(九州大学大学院医学系学府)、檜木ゆうか(九州大学医学部)、
立石礼望(九州大学大学院医学系学府)、藤田香奈恵(九州大学大学院医学系学府)、
橋口暢子(九州大学大学院医学研究院)

一般演題セッション2(9:50-10:50)

座長 辺見一男(長崎県立大学)

2-1 把手角度と荷物幅が持ち上げ動作時の腰部負荷へ与える影響

○須賀雄次郎(九州大学大学院芸術工学府)、武末慎(九州大学大学院芸術工学府)、
Ping Yeap LOH(九州大学大学院芸術工学研究院)、
村木里志(九州大学大学院芸術工学研究院)

2-2 前庭電気刺激を用いた前庭系を介する姿勢制御の評価

古野亜実(産業医科大学産業生態科学研究所)、
藤原広明(産業医科大学産業生態科学研究所)、泉博之(産業医科大学産業生態科学研究所)、
○藤木通弘(産業医科大学産業生態科学研究所)

2-3 座面前傾椅子を用いた際の姿勢に関する研究

○栗岡玲(九州大学大学院芸術工学府)、松浦皐月(九州大学大学院芸術工学府)、
武末慎(九州大学大学院芸術工学府)村木里志(九州大学大学院芸術工学研究院)、
Ping Yeap LOH(九州大学大学院芸術工学研究院)

2-4 体重差対応型ソファの設計 -第一報 透触面の考えに基づく快適性の追求-

○佐藤幸志郎(大分県産業科学技術センター)、兵頭敬一郎(大分県産業科学技術センター)、
疋田武士(大分県産業科学技術センター)、佐藤寿喜(大分県産業科学技術センター)、
北嶋俊朗(大分県産業科学技術センター)、
濱名直美(大分県農林水産研究指導センター林業研究部)、
野呂影勇(早稲田大学・エルゴシーティング株式会社)

2-5 体重差対応型ソファの設計-第二報 椅子と人が対話するシステムによる座り心地評価-

○野呂影勇(早稲田大学・エルゴシーティング株式会社)、
兵頭敬一郎(大分県産業科学技術センター)、疋田武士(大分県産業科学技術センター)、
佐藤寿喜(大分県産業科学技術センター)、北嶋俊朗(大分県産業科学技術センター)、
濱名直美(大分県農林水産研究指導センター林業研究部)、
佐藤幸志郎(大分県産業科学技術センター)

一般演題セッション3(11:00-12:00)

座長 泉博之(産業医科大学)

3-1 立位負担軽減のための下肢装具の研究

○笹田夏穂(千葉大学工学部)、西澤祐吏(国立がん研究センター東病院)、
川口秀一(株式会社 カワイチテック)、中尾妙(クラシコ株式会社)、
大和新(クラシコ株式会社)、下村義弘(千葉大学大学院工学研究院)

3-2 運動錯覚を脳波によって評価する方法の検討

○藤田梨紗(千葉大学大学院融合理工学府)、夏亜麗(千葉大学大学院工学研究科)、
下村義弘(千葉大学大学院工学研究科)

3-3 筋電図を用いた PET ボトルキャップのデザイン

○遠藤佑輝(千葉大学工学部)、亀谷典弘(アサヒクオリティアンドイノベーションズ株式会社)、
下村義弘(千葉大学大学院工学研究院)

3-4 様々な箸動作の人間工学的分析方法の検討

○波多野優(千葉大学大学院融合理工学府)、下村義弘(千葉大学大学院工学研究院)

3-5 ピアノ演奏時の前腕部筋活動を可視化するプロダクトの開発

○水本壮彦(千葉大学工学部)、兼田悠(新光電気工業株式会社)、
吉田和洋(新光電気工業株式会社)、下村義弘(千葉大学大学院工学研究院)

支部理事会 (12:10-12:30)

支部総会 (12:45-13:00)

一般演題セッション4(13:00-14:00)

座長 庄司卓郎(産業医科大学)

4-1 慣性センサを用いた起立動作中の体幹角度計測 –センサ装着位置の検討–

○CHU XIANGYU(九州工業大学大学院生命体工学研究科)、
Ibai Gorordo Fernandez(九州工業大学大学院生命体工学研究科)、
北川広大(九州工業大学大学院生命体工学研究科)、
和田親宗(九州工業大学大学院生命体工学研究科)

4-2 肘関節の拘縮改善に向けた Tilt Table 使用の検討 –傾斜角度と上腕三頭筋活動との関係–

○大西熙(九州工業大学大学院生命体工学研究科)、
中野聡太(九州看護福祉大学リハビリテーション学科)、
北川広大(九州工業大学大学院生命体工学研究科)、
和田親宗(九州工業大学大学院生命体工学研究科)

4-3 Web を用いた分娩場所選択に関する意思決定支援ガイドの提案

○新田祥子(長崎県立大学看護栄養学部)、辺見一男(長崎県立大学情報システム学部)、
片岡弥恵子(聖路加国際大学大学院ウィメンズヘルス・助産学)

4-4 会話ロボットにより体温と経皮的血中酸素飽和度の測定をサポートするシステム

○桑原大(長崎県立大学情報システム学部)、三重野愛子(長崎県立大学看護栄養学部)、
山口多恵(長崎県立大学看護栄養学部)、辺見一男(長崎県立大学情報システム学部)

4-5 音声コマンドを用いた口腔機能訓練支援システムの提案 –ディスプレイ内蔵形 Amazon Echo への実装–

○辺見一男(長崎県立大学情報システム学部)、三重野愛子(長崎県立大学看護栄養学部)、
山下ゆり(長崎県立大学国際情報学部)

特別企画(14:10-15:40)

ワークショップ「生体電気信号の測定法について」

金子秀樹(二ホンサンテック株式会社)

表彰式・閉会式(15:45-16:00)

2020年度 九州人間工学 第41号
(日本人間工学会 九州・沖縄支部会 第41回大会講演集)
2020年12月20日

発行：日本人間工学会 九州・沖縄支部会

編集：日本人間工学会 九州・沖縄支部会 事務局

〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1

九州大学大学院芸術工学研究院 福祉人間工学研究室

Tel. 092-553-4457

◆著作権について

概要集に関する著作権は、
日本人間工学会九州・沖縄支部及び筆頭演者に帰属します。