

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 25 日現在

機関番号：15201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25870454

研究課題名(和文) モーションセンサを用いた運動障害者のタッチ操作解析によるシーティング支援システム

研究課題名(英文) Supporting decision making in seating through analyzing touch operations by individuals with neurological impairments using motion sensors

研究代表者

廣富 哲也 (Hirotoomi, Tetsuya)

島根大学・総合理工学研究科・准教授

研究者番号：70379692

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：異常筋緊張亢進や振戦等の運動障害はタブレット等のタッチ操作を困難にする。障害者の残存能力を十分に活用するためには、適切な設定・配置により、タッチ操作に適した姿勢を維持するシーティングが不可欠である。本研究では、モーションセンサを用いて複数の身体部位の不随意運動を計測し、その特徴量を提示することにより、シーティングの介入における意思決定を支援するシステムを開発した。

研究成果の概要(英文)：Involuntary movements, e.g. abnormal muscle tone and tremor, often limit touch operations on tablet computers. Individuals with neurological motor impairments can maximize their functions by keeping the seating with appropriate settings and positioning for touch operations. In this research, we have developed a system to support decision making in the seating process. It records and analyzes involuntary movements at several body sites by using motion sensors and visualizes the results in multiple views.

研究分野：福祉情報工学

キーワード：福祉情報工学 ユーザインタフェース リハビリテーション シーティング 運動障害 モーションセンサ タッチ操作

## 1. 研究開始当初の背景

脳性麻痺等の神経系の病変は、意思とは無関係に、または意思に逆らって出現する不随意な筋収縮により運動障害を引き起こす。これらの運動障害は、日常生活において、タブレットやスマートフォンのタッチ操作等、さまざまな活動の制約となる。そのため、リハビリテーションでは、個人の残存する能力を最大限に発揮させる基礎として、まずシーティングの介入が行われる。シーティングとは座位保持姿勢のことであり、座位保持装置や装具により変形した身体部位を支え、さらなる変形のリスクを軽減するとともに、特定の活動における上肢等の機能性を向上させることが目的の一つである[1]。シーティングの介入は、理学療法士(PT)や作業療法士(OT)の観察によって行われるため、主観的判断に依存する度合いが大きい。また、運動障害を有するユーザは、自身の姿勢の崩れを意識できていない場合があり、日常生活において不適切なシーティングで活動を行い、残存機能を最大限に活用できていないことも多い。

研究代表者らは、本研究の実施に先立ち、運動障害を有するユーザの複数の身体部位にモーションセンサを取り付け、タッチパネルやボタン型スイッチを操作する際の動作を解析してきた[2]。脳性麻痺児群と健常者群でタッチ操作時の加速度の二乗平方平均根(RMS)を比較すると、ほとんどの身体部位で脳性麻痺児群の値が高くなること、座位保持装置の設定を変更すると、同一被験者であっても不随意運動の程度が変化し、それに伴ってRMSも変化することがわかった。

## 2. 研究の目的

本研究では、1節に記載した研究成果を発展させ、シーティングを支援するシステムを開発した。研究当初の具体的な目的(1)から(3)を以下に示す。

(1) 運動障害を有するユーザのタッチ操作について、モーションセンサの計測データからPT・OTの観察による運動機能評価と良く一致する特徴量を抽出する。

(2) 上記特徴量の計測から解析までを行うシステムを開発し、PT・OTがシーティングの介入における意思決定を支援する。より簡便に計測するため、センサをワイヤレスに変更し、また2つの異なるシーティング設定での運動機能を比較し、結果を可視化する機能を実装する。ユーザビリティ評価を実施し、臨床で使用する場合の要件や有効性を明らかにする。

(3) 上記システムを日常生活でのタッチ操作に適用し、長期的なデータ計測を行うとともに運動障害者への有効なフィードバック手法について明らかにする。また、計測したデ

ータの有効性について多角的に検討する。

## 3. 研究の方法

本研究では、進捗を考慮し、2節に記載の目的(1)と(2)に焦点を絞った研究開発を行った。以下に対応する研究の方法について述べる。

### (1) モーションデータの特徴量抽出

運動障害を有するユーザのタッチ操作について、PTとOTの観察による運動機能評価とモーションセンサの計測する加速度および角速度のRMS値による評価を比較した。

ワイヤレスモーションセンサは、マイクロストーン社製 MVP-RF8-GC-500 (検出加速度 $\pm 20\text{m/sec}^2$ 、検出角速度 $\pm 500\text{deg/sec}$ 、質量約25g)を使用し、BluetoothでPCと接続した。センサを取り付ける身体部位は、PTやOTが、タッチパネル操作時に不随意運動が出現することが多い身体部位として挙げた、前額部(頭部)、第7胸椎(体幹)、利き手の上腕・前腕・手背、非利き手の手背、両足首の8箇所とした。タッチ操作には、10インチのAndroidタブレットであるGoogle社製Nexus 10を使用した。

図1にタッチ操作課題の概要を示す。課題を開始すると、まず、中央にスタートボタンのある画面が表示される。スタートボタンをタッチすると、指定した行数と列数のボタンで分割された画面に遷移する。これらのボタンの中から、まだタッチされていないものがランダムに1つ選択され、ハイライトされる。ハイライトされたボタンをタッチすると、そのボタンが拡大表示され、音声や音楽が再生される。再生終了後、3秒経過するとスタートボタンの画面に戻る。この操作を繰り返し、画面上の全てのボタンをタッチすると課題が終了する。

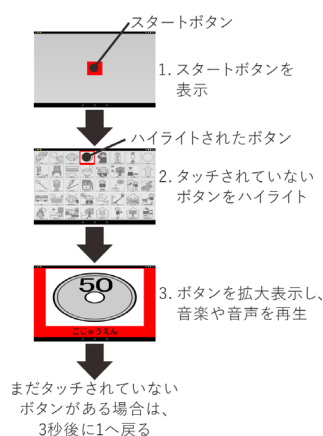


図1. タッチ操作課題 (5×8分割の例)

上記課題を遂行する被験者は、PTとOTがタブレットを使用する際のシーティングを検討していた10名である。画面分割の行数と列数は、被験者の上肢の巧緻性をふま

て、PT と OT が決定した。表 1 に被験者の ID、性別、年齢、運動障害、画面分割（行数×列数）を示す。

表 1. 被験者一覧

ID	性別	年齢	運動障害	画面分割
S1	男	9	脳性麻痺	4×6
S2	男	9	ペリツェウス・メルツバッハー病	5×8
S3	男	10	脳性麻痺	5×8
S4	男	16	脳性麻痺	5×8
S5	女	17	脳性麻痺	5×8
S6	男	8	脳性麻痺	5×8
S7	女	15	脳性麻痺	5×8
S8	男	14	脳梗塞後遺症 (四肢麻痺)	4×8
S9	女	11	脳性麻痺	5×6
S10	男	11	不明(痙性対麻痺)	5×6

運動機能評価は、普段訓練を行っている PT と OT がチームで行った。複数の被験者を担当している者がいたため、評価に参加した PT と OT は、それぞれ 7 名と 5 名である。被験者が 2 つの異なるシーティングでタッチ操作課題に取り組む様子を観察し、8 つの身体部位それぞれについて、どちらのシーティングのときに不随意運動がより顕著であったかを 9 段階のリッカート尺度で評価した。

モーションデータによる評価では、身体部位ごとに 3 軸加速度の RMS の和と 3 軸角速度の RMS の和を特徴量とし、特徴量の値が大きなシーティングを不随意運動がより顕著であるとした。

## (2) シーティングの介入における意思決定を支援する PAS (Positioning Assessment Support) システムの開発

### ① フォーカス・グループによる要求分析

本研究で開発するシーティングの介入における意思決定を支援する PAS システムの臨床におけるニーズと有用性を調査するため、運動機能評価を行った PT・OT に加えて、日常生活においてシーティングの指導や維持を担当する被験者の担任である特別支援学校教員と保護者にも参加してもらい、被験者ごとにフォーカス・グループを実施した。それぞれのフォーカス・グループにおいては、(1)の計測データから特徴量についてのヒートマップやグラフを作成し、計測の様子をビデオで振り返りながら、インタビューを行った。

### ② PAS システムの設計と実装

以上の結果を踏まえて、PAS システムの設計と実装を行った。PAS システムは、タッチパネル操作時の不随意運動を解析するため、タッチパネルの操作履歴、複数の身体部位に取り付けたモーションセンサを用いて計測

した加速度と角速度、および操作の様子を撮影したビデオ映像を入力として受け取り、特徴量等を可視化して提示する。

## 4. 研究成果

### (1) モーションデータの特徴量抽出

3 節(1)に記載の方法で、10 名の被験者の 8 か所の身体部位、合計 80 ケースについて計測と評価を行った。センサが計測不良であった 9 ケース、PT・OT の観察による運動機能評価において不随意運動が 2 つのシーティングで同程度であった 28 ケースを除く、43 ケースを分析の対象とした。

不随意運動が顕著なシーティングについて、3 軸加速度の RMS の和および 3 軸角速度の RMS の和による評価と観察による運動機能評価について、一致率と  $\kappa$  係数を求めた結果を表 2 に示す。3 軸加速度の RMS の和の方が一致率も  $\kappa$  係数も高い結果となった。しかし、2 つのシーティングで特定の身体部位の重力方向が大きく異なる場合では、3 軸角速度の RMS の和の方が観察による評価と良く一致していた。そのため、PT・OT の意思決定には両方の特徴量を表示することが必要だと考えられる。

表 2. 観察による評価とモーションデータによる評価との一致率および  $\kappa$  係数

特徴量	一致率	$\kappa$ 係数 (* $p < 0.01$ )
3 軸加速度の RMS の和	83.7% (36/43)	0.67*
3 軸角速度の RMS の和	74.4% (32/43)	0.48*

※一致率の( )内はケース数

タッチ操作のパフォーマンス指標として、タッチにかかる時間とエラー数がある。被験者のシーティング設定ごとに各身体部位の 3 軸加速度の RMS の和および 3 軸角速度の RMS の和をタッチごとに求め、これらの値との Spearman の順位相関を調査した。いずれの組み合わせにおいても相関係数は 0.60 未満であり、強い相関は認められなかった。モーションデータを用いた特徴量は、操作の速度や成否だけでは表せない、動きの質を表している可能性がある。

### (2) シーティングの介入における意思決定を支援するシステムの開発

#### ① フォーカス・グループによる要求分析

フォーカス・グループにより、シーティングを行う PT・OT にとって、PAS システムの提示する特徴量は、「障害児に対する理解を深める」、「観察による評価に間違いがないか確認できる」、「評価の間違いを修正する効果がある」ことがわかった。また、「疲労等の短期的な変化の把握に加えて、定期的に計測することにより、長期的な変化の把握に役

立つ」等の意見があった。「眼球の動きを把握するため、タブレットのフロントカメラの映像も加えて欲しい」等の要望があることがわかった。

## ② PAS システムの設計と実装

PAS システムを用いたシーティングの流れは以下の通りである。まず、評価者である PT や OT が、運動障害児・者のニーズや運動機能を分析する。評価者はその結果に従って、座位保持装置や装具の設定、およびタブレット等のコンピュータとその周辺機器の配置等、操作に適していると考えられるシーティングを提案する。次に、複数の身体部位にモーションセンサを取り付けた運動障害児・者が、提案したシーティングにおいて操作を試行している様子を PAS システムで計測する。その後、PAS システムが解析結果を可視化して提示することで、評価者は自ら観察した内容と照らし合わせて、より客観的に分析することができると考えられる。評価者は、このような提案、試行、分析を繰り返し、最適なシーティングを決定する。

PAS システムの解析結果は、View という単位でまとめられ、ピラミッド構造で階層化される。階層を上下に移動することで詳細度を、同一階層に配置された View を移動することで身体部位や解析の対象となる要素動作（特定のボタンをタッチする操作等）を切り替えることができる。

設計と実装を行った PAS システムについて、表 1 の被験者 S6 の計測データを例として説明する。図 2 は、被験者 S6 が学校で使用している机と椅子に座り、タブレットで 5 行 8 列のタッチパネル操作を行っている様子である。傾斜台のある右側と比較し、傾斜台のない左側は前傾姿勢になっていることがわかる。



図 2. 被験者 S6 のシーティング

図 3 は、傾斜台なしの計測データを解析し、可視化したときの PAS システムの階層である。第 1 階層の画面左側において赤くハイライトされている身体部位は、傾斜台ありの計測データと比べ、不随意運動である動揺が顕著な部位を示している。画面右側には、ボタンをタッチするまでの時間をヒートマップで表している。白い円はミスタッチの回数を

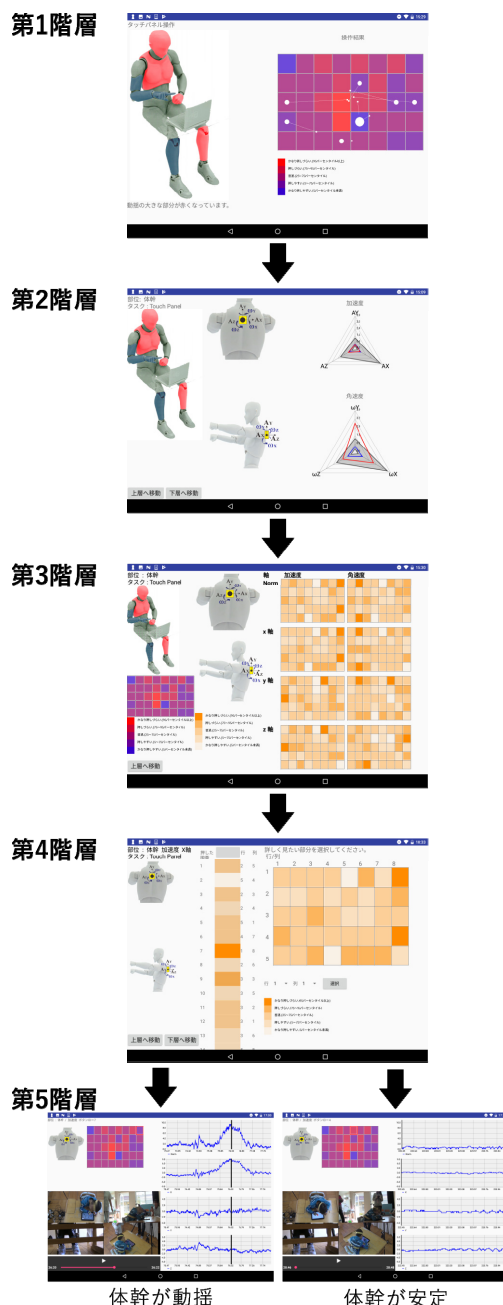


図 3. PAS システムの階層

表しており、この円の直径は、ミスタッチの回数が多いほど大きくなる。赤くハイライトされている体幹に着目し、第 2 階層に移動する。第 2 階層では、動揺の向きをレーダチャートで確認することができる。第 3 階層に移動すると、ボタンタッチごとの動揺の大きさを確認することができる。加速度の X 軸に着目し、第 4 階層に移動すると、1 行 8 列にあるボタンを押した時に動揺が大きく、1 行 5 列にあるボタンを押した時は動揺が小さいことがわかる。第 5 階層では、これらのボタンをタッチする操作の様子を動画とグラフで確認することができる。

このように、PAS システムは特徴量をさまざまな粒度で提示する。PT や OT が、タッチやスワイプで View を切り替えることによ

り、特定の身体部位や特定の要素動作に焦点を定めた分析が可能になる。

シーティングには、PT・OT はもちろんのこと、特別支援学校の教員等、複数の職種が関わることが多い。PAS システムは、タッチ操作に限らず、ボタン型のスイッチ操作やその他の動作における不随意運動の分析にも適用できる拡張性を備えている。PAS システムにより、さまざまな動作における不随意運動の特徴量を視覚的に提示することは、シーティングに関わる者の中で、一致した評価をより正確に行う支援になることが期待される。

#### <引用文献>

- [1] B. A. McClenaghan, L. Thombs, and M. Milner, "Effects of Seat-Surface Inclination on Postural Stability and Function of the Upper Extremities of Children with Cerebral Palsy," *Developmental Medicine & Child Neurology*, vol. 34, no. 1, pp. 40-48, 1992.
- [2] 岩崎優, 廣富哲也, "加速度センサを用いた運動障害者のタッチパネル操作解析," HCG シンポジウム 2012 論文集, 2012, pp. 68-72.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- [1] Y. Iwasaki, T. Hirotoni, and S. Notsu, "Performance Measures of Touch Panel Operations for Positioning Assessment Support System," *Proceedings of the 10th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics*, 査読有, 2015, pp. 1-6 (ID A105, CD-ROM).
- [2] Y. Iwasaki and T. Hirotoni, "Using Motion Sensors to Support Seating and Positioning Assessments of Individuals with Neurological Disorders," *Procedia Computer Science*, 査読有, vol. 67, 2015, pp. 113-122, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.255>.
- [3] Y. Iwasaki, T. Hirotoni, H. Oguro, and M. Nakamura, "Preliminary Study on Using Accelerometers to Measure Involuntary Movements for the Assessment of Neurological Motor Impairments," *Proc. of IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics*, 査読有, 2013, pp. 32-38, <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2013.46>.

[学会発表] (計 5 件)

- [1] 岩崎優, 廣富哲也, 小黒浩明, 中村守彦, "PAS システムを用いた多系統萎縮症患者のタッチパネル操作解析," 第 31 回リハ工学カンファレンス, 2016 年 8 月 27 日, 高知県立ふくし交流プラザ (高知県高知市).
- [2] 岩崎優, 廣富哲也, "不随意運動が顕著な身体部位を特定する PAS システム用モジュールの開発," 第 30 回リハ工学カンファレンス, 2015 年 11 月 14 日, 沖縄県総合福祉センター (沖縄県那覇市).
- [3] 岩崎優, 廣富哲也, "タッチパネルの操作しづらさに影響を与える要因としての不随意運動の分析," LIFE2015, 2015 年 9 月 8 日, 九州産業大学 (福岡県福岡市).
- [4] 岩崎優, 廣富哲也, 小黒浩明, "パーキンソン病患者と健常者のタッチパネルを使用したポインティング動作の違い," HCG シンポジウム 2013, 2013 年 12 月 20 日, 松山市総合コミュニティセンター (愛媛県松山市).
- [5] 小黒浩明, 山口修平, 岩崎優, 廣富哲也, 中村守彦, "モーションセンサーを用いた神経疾患に起因する不随意運動の計測," 第 43 回日本臨床神経生理学会学術大会, 2013 年 11 月 8 日, 三翠園 (高知県高知市).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣富 哲也 (HIROTOMI, Tetsuya)

国立大学法人島根大学・大学院総合理工学  
研究科・准教授

研究者番号：7 0 3 7 9 6 9 2