

機関番号：15201

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700138

研究課題名 (和文) 加速度センサを用いた不随意運動解析による
ユーザインタフェース適応技術研究課題名 (英文) User Interface Adaptation based on Measuring Involuntary Movements
using Accelerometers

研究代表者

廣富 哲也 (HIROTOMI TETSUYA)

島根大学・総合理工学部・准教授

研究者番号：70379692

研究成果の概要 (和文)：意思伝達支援装置や環境制御装置の使用時に生じる不随意運動は、ユーザビリティを低下させ、肢体不自由者の生活の質に大きな影響を与える。そのため、入力装置、操作方法、画面構成等の機器だけでなく、機器を操作する姿勢も含めたユーザインタフェースの適応が必要となる。本研究では、複数の身体部位に取り付けた加速度センサを用いて、不随意運動を計測・解析するシステムを構築し、シングルケーススタディにより有効性を確認した。

研究成果の概要 (英文)：Individuals with motor impairments often exhibit involuntary movements when they are using communication aids and environmental control systems. These movements decrease usability of the assistive technology devices and, as a result, "quality of life" is severely affected. User interface adaptation, including seating and configurations of the devices, is crucial to maximize an individual's ability. In this research, we have developed a system that supports the adaptation by measuring and analyzing accelerations of several body sites. Single case studies were conducted and the results suggest that the system has a good potential to be used in clinical practice.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：福祉情報工学

科研費の分科・細目：情報学 (メディア情報学・データベース)

キーワード：ユーザインタフェース、リハビリテーション、不随意運動

1. 研究開始当初の背景

肢体不自由者は、生活の質 (QOL) を向上させるため、意思伝達や環境制御を支援するソフトウェアおよびハードウェア (以下、支援システムと総称) を使用する。これらの操作は個人の身体機能に応じた入力機器を介して行うが、脳性麻痺、脊髄小脳変性症、多

系統萎縮症等による異常筋緊張の亢進やその他の異常運動パターン (以下、不随意運動) が出現し、誤操作が頻出する原因となっている。そのため、作業療法や理学療法では、座位で作業を行う、その人に合った正しい姿勢を見つけ出して提供する「シーティング」において、支援システムのユーザインタフェースの適応が行われている。

2004年に制定された高齢者・障害者等配慮設計指針（JIS X 8341）は、情報アクセシビリティを確保・向上させるための定性的なガイドラインを示しており、できるだけ多様なユーザインタフェースを実装し、各利用者が自分に適したものを選択できることが望ましいとしている。身体機能、姿勢、機器の特性等を配慮した包括的かつ定量的なガイドラインは示されておらず、ユーザインタフェースの適応は、シーティングを行う療法士の知識と経験に大きく依存する、観察に基づく主観的判断により行われている。この判断を下すためには、複数の身体部位の動作と全身の調和を分析し、その時点での操作の速度や正確性のみならず、不適な姿勢で機器を使用し続けることにより障害の異常性が増す、二次障害の危険性等も考慮しなければならない。また、試行錯誤が過度に繰り返されると、失敗の積み重ねによる学習性無力感の醸成も懸念される。

本研究は、このように高度な判断が要求されるシーティングにおいて、作業療法士や理学療法士を支援する定量的なアプローチとして位置付けられる。適切なシーティングが行われれば、支援システムのアクセシビリティおよびユーザビリティが改善され、ユーザである肢体不自由者のQOLが向上する。

2. 研究の目的

臨床において、支援システムを利用する作業の分析では、特別な機器を用いない目視による観察が好まれている。機器の使用法の習得や測定に時間がかかるためである。しかし、機器を用いることは療法士の個人差を軽減し、客観的な根拠を示すことができるメリットもある。これまで、機器を用いる定量的な手法として、操作の正確さや速度を計測し、「パフォーマンス」を評価することが提案されてきた。これらは、「単一スイッチのボタンを押す」等の操作を行った結果のみに注目していた。つまり、何らかの入力が行われることが前提であり、適応の過程で頻繁に発生する「スイッチに触っているが押せない」、「スイッチとは違う方向に腕を動かしている」等、入力に付随しない動作については評価が行われていなかった。また、操作をする過程や全身のバランスといった「運動の質」についての評価も欠落していた。

本研究では、失敗した操作や運動の質を評価すれば、ユーザインタフェースの適応に必要な情報が収集できると考え、複数の身体部位に取り付けた加速度センサのデータを利用する不随意運動計測・解析システムを開発する。加速度データを用いて不随意運動を評価することにより、シーティングにおける療法士の判断を支援する、運動の質についての

客観的な根拠を提示することも目指す。

3. 研究の方法

本研究では、ユーザインタフェース適応の要素技術として、次の項目について研究開発を行う。

（1）加速度および操作ログによる不随意運動解析手法の開発

支援機器を使用する時に生じる不随意運動は、障害の種類や程度、運動・認知機能、座位保持装置、姿勢、操作を行う身体部位、入力機器の特性や配置、支援機器で取り組む作業等が複合的に影響して変化する。本研究では、複数の身体部位に取り付けた加速度センサにより、入力機器の操作を行う身体部位の運動の特徴やその他の部位の動揺を把握する。加速度データと操作ログを組み合わせることにより、療法士の観察に頼っている操作過程の「運動の質」の評価を定量的に行う手法を開発する。

（2）不随意運動計測・解析システムの開発

臨床で行う作業分析は網羅的に行うのではなく、まず大枠を分析し、次に詳細な分析を行う部分を特定し、さらなる分析を進めていく場合が多い。本研究では、療法士が臨床で使用することを前提として、不随意運動計測・解析システムを開発する。（1）の手法により解析する加速度と計測時に撮影する複数のビデオデータを同期し、作業全体や特定の部分等、異なる粒度で解析結果を提示する機能を実装する。

（3）評価

不随意運動は、さまざまな要因により変化するため、異なる被験者（研究協力者）間で比較することは難しい。本研究では、同一の研究協力者に対し、複数の設定で計測・解析を行い、経験豊富な療法士の観察による評価と比較する。

4. 研究成果

（1）加速度および操作ログによる不随意運動解析手法の開発

四肢麻痺を有する13歳（痙直型脳性麻痺）と18歳（脳幹部梗塞）の女性が、座位でタッチパネル操作を行う時の不随意運動を解析した。不随意運動は、操作を行う身体部位だけでなく、体幹や下肢等も含めて評価を行う。そのため、操作を行う上肢の手首関節、

第7胸椎、左右の第1中足骨に加速度センサ Phidget Accelerometer 3-Axis を取り付け、加速度を計測した。作業療法士より、上記加速度センサは十分に軽く、動作に影響を与えないとのコメントを頂いている。ランダムにハイライトするボタンをタッチパネルで選択する課題を課し、ボタン押下とリリースの時間、およびタッチした座標を操作ログとして計測した。図1に計測の様子を示す。

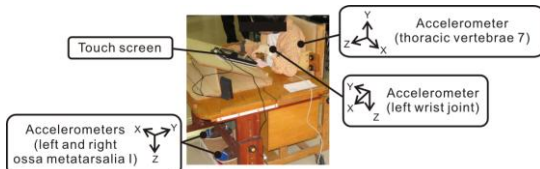


図1. 計測の様子

異常筋緊張亢進や連合反応は、タッチパネルを押下・リリースする際に頻出する、急激な加速度変化を伴う、滑らかでない動作である。そこで、操作ログを用いて、加速度データを画面にタッチする動作毎に分割し、その区間の加速度の RMS を計算することにより、これらの不随意運動を評価することとした。

一例として、研究協力者である13歳女性の不随意運動の肘置きの有無による変化を紹介する。この女性はタッチパネル操作を行う際に右肩が下がる傾向があり、作業療法士は右肘を支える肘置きを設置する介入を行った。その結果、両肩が水平に近くなり、安定した操作を行う様子が確認できた。図2は肘置きの導入前後で比較した身体部位別の加速度のRMSの平均と標準偏差を示している。操作毎のばらつきはあるが、肘置きの導入により全ての身体部位のRMSの平均は減少しており、観察による評価と一致していた。

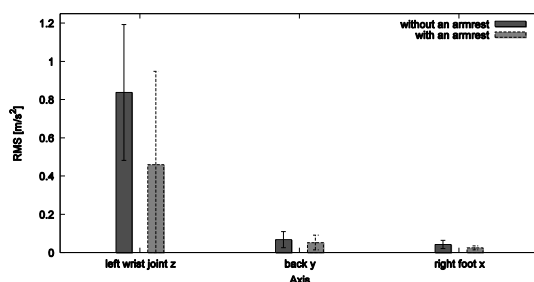


図2. 加速度のRMS (エラーバーは標準偏差を示す)

(2) 不随意運動計測・解析システムの開発

(1)の実施を通じて、作業療法士や理学療法士と意見交換を行い、シーティングにおける使用を前提とした不随意運動計測・解析システムの要求エンジニアリングを実施し、設計と実装を行った。本システムは次の項目

で構成される。

- ① 最大6個の3軸加速度センサと体格等に
応じて調整可能な治具
- ② 加速度計測ソフトウェア
- ③ タッチパネルまたは押しボタン等の単
一スイッチで操作するゲームと操作ロ
グ記録ソフトウェア
- ④ 複数の身体部位を異なる角度から撮影
する最大3台のビデオカメラ
- ⑤ 被験者の障害や療法士の行った介入等
の記録シート
- ⑥ 加速度、操作ログ、ビデオデータを同期
して療法士に提示するソフトウェア

図3に③のゲーム画面を示す。ゲーム画面は、被験者に応じて設定された数のボタンに分割されている。これらのボタンは、ランダムな順序で赤くハイライトされる。ハイライトされたボタンをタッチパネルで選択するとボタンが非表示になり、背景画像の一部が現れる。ボタンを全て選択し終わると、背景画像がカラーになり、効果音が流れ、ゲームは終了する。単一スイッチで操作する場合は、ボタンの位置に関わらず、スイッチを押下するとハイライトされたボタンが非表示となる。画面の分割数やボタンを選択してから次のボタンをハイライトするまでの遅延時間、背景画像等は設定画面で変更することができる。

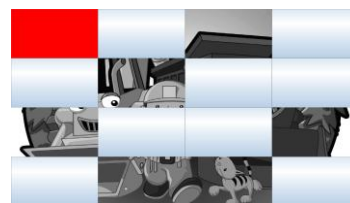


図3. ゲーム画面

図4に⑥の提示画面を示す。同期した計測データを操作毎に分割し、区間毎のビデオ、身体部位別の加速度のRMSを閲覧することができる。また、身体部位別にx軸、y軸、z軸の加速度とこれらのノルムをグラフで表示し、ビデオと波形を見比べながら詳しく分析することも可能である。



図4. 提示ソフトウェア

(3) 評価

作業療法・理学療法における異常筋緊張の

亢進やその他の異常運動パターンの評価は相対的であり、成長やシーティングによって不随意運動がどう変化したかを分析する必要がある。そのため、前述の計測・解析システムを用いて、脳性麻痺等による運動障害を有する研究協力者8名に対し、シングルケーススタディを実施し、不随意運動の変化を把握できるか試みた。療法士の観察による評価と加速度のRMSによる評価の関係を明らかにするため、図5に示す評価ソフトウェアを開発した。



図5. 評価ソフトウェア

本ソフトウェアでは、座位保持装置の違いや成長による経時的な変化のある、同一の研究協力者の2セッションを比較する。療法士はセッション全体および操作毎のビデオを見て、複数の身体部位について、どちらのセッションで不随意運動が顕著に現れているかを5段階で評価する。ビデオで動きを比較できない身体部位については、N/Aと評価する。

経験豊富な療法士に研究協力者の不随意運動を本ソフトウェアを用いて評価してもらい、その結果と身体部位別の加速度のRMSの中央値の大小を比較した。(1)で述べた13歳女性の場合、座位保持装置の設定の差異や成長による経時的な変化のある12通りの組み合わせについて評価したところ、観察による評価とRMSの大小は80%一致した。その他のケースでも、研究協力者によりばらつきはあるが、作業療法士や理学療法士の観察による評価と加速度の解析結果は良く一致していた。

異常筋緊張亢進とその他の異常運動パターンに注目し、計測した加速度と操作ログを解析することにより、作業療法士や理学療法士の主観的判断に大きく依存していたユーザインタフェースの適応を支援しようという本研究は従来にないアプローチである。作業療法士や理学療法士と活発に意見交換を行い、シーティングで使用することを前提とした不随意運動の計測・解析システムを構築し、少ない被験者数ではあるが、その有効性を確認したことは価値がある。

「姿勢」は、意思伝達や環境制御等、日常生活のさまざまな活動の基礎となる。そのため、シーティングの成否は、肢体不自由者の生活の質(QOL)に大きな影響を与える。客観的なデータで療法士の判断を支援するこ

とにより、座位保持装置や入力機器のニーズの正確な把握およびその変化の早期発見につながると期待される。

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2件)

- ① Tetsuya Hirotoni and Yoshihito Kawatani, Switch Adaptation to Cerebral Palsied Children based on Three-axis Acceleration Analysis, *Proc. of the 23rd Japanese Conf. on the Advancement of Assistive and Rehabilitation Technology, Assistive Technology Research Series*, IOS Press, 印刷中, 査読有.
- ② Tetsuya Hirotoni and Yoshiyuki Katai, Analysis of Involuntary Movements for Adapting Input Devices to People with Motor Impairments based on 3-Axis Accelerometers, *Proc. of IEEE 6th World Congress on Services, 2010*, pp.298-301, 査読有.

[学会発表] (計3件)

- ① 片井義之, 廣富哲也, 3軸加速度センサを用いた筋緊張異常と連合反応の解析, 第19回計測自動制御学会中国支部学術講演会, 2010年11月28日, 島根大学.
- ② 片井義之, 近藤三恵, 廣富哲也, 脳性麻痺児へのタッチパネル適合における3軸加速度と操作ログの解析, 第25回リハ工学カンファレンス, 2010年8月27日, 仙台市情報・産業プラザ.
- ③ 大盛雄介, 廣富哲也, 操作ログと3軸加速度による脳性麻痺児のタッチパネル操作の解析, 第7回生活支援工学系学会連合大会, 2009年9月26日, 高知工科大学.

[その他]

- ① 廣富哲也, 情報通信技術を用いた発達障害や高齢者支援のシステム開発, 広報しまだい, Vol.8, pp.10-11, 2011年2月.
- ② 廣富哲也, 障害者・高齢者を支援する情報通信技術, しまね情報分野研究シーズ発表会, 2011年3月8日, 島根県立産業交流会館くまびきメッセ.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣富 哲也 (HIROTOMI TETSUYA)
島根大学・総合理工学部・准教授
研究者番号: 70379692