

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

Analysis of Involuntary Movements as Factors Affecting Difficulties in Touch Panel Operations

○ 岩崎優 (島根大) 廣富哲也 (島根大)

Yu IWASAKI, Shimane University
Tetsuya HIROTOMI, Shimane University

Abstract: Individuals with neurological disorders often exhibit involuntary movements which limit touch panel operations. Physical and occupational therapists should recommend appropriate positioning settings which inhibit involuntary movements with minimum support. We proposed to apply logistic regression analysis to discriminating the factors of involuntary movements which severely affect the performance of the operation. We have conducted the preliminary study on four subjects with neurological disorders to examine applicability of our approach. Eight motion sensors were attached to each subject's head, back, shoulder and elbow of dominant-hand, left and right hands and left and right feet. The root-mean-square values of acceleration and angular velocity measured by these sensors were considered as independent variables of the analysis. Logistic regression models for three of the subjects reached more than 85.0% agreements with therapists' observation.

Key Words: Involuntary Movements, Motion sensor, Positioning, Motor Impairments

1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレット端末の普及により、日常生活でタッチパネル操作を必要とする場面が増えてきている。例えば、コミュニケーションが困難な人は、タブレットの画面上に配置された文字やイラストをタッチして発話させ、コミュニケーションを支援する目的でタブレット端末を使用している^(1,2)。脳性麻痺等の運動障害者は、タブレット端末を操作する際に異常筋緊張の亢進やその他の異常な運動パターン(以下、不随意運動と総称)が生じる場合がある。そのような不随意運動は、上肢の操作性に悪影響を与える。作業療法士(OT)および理学療法士(PT)は、活動に適し安定した姿勢を提供するポジショニングを行うことにより不随意運動を抑制する⁽³⁾。OTおよびPTは、操作性を向上させるための設定を作り出す際、全身の不随意運動を観察により評価し、装具を用いる等の介入を行い、上肢の操作性に悪影響を与えている不随意運動を抑制する。しかしながら、特定の活動における操作性を向上させるために、身体の動きを制限すると、日常生活において他の活動を行う際の妨げとなったり、活動を切り替える度に設定を作り上げる労力が必要となる。そのため、操作性に特に影響を与えている不随意運動を特定し、最低限の介入で操作性を向上されることが望ましい。

OTおよびPTの観察による不随意運動の評価は、知識や経験に依存している部分が多く、正確かつ詳細に不随意運動を評価するために、根拠となる定量的なデータが欠かせない。これまで、我々は、複数の身体部位に取り付けたモーションセンサの3軸加速度および角速度の2乗平均平方根(RMS)を解析し、結果を多角的に可視化し表示するポジショニング支援システムの開発を行っており、臨床での有用性を示唆する結果を得ている^(4,5)。本研究では、開発したシステムを用いて操作性に特に影響を与えている不随意運動を特定する手法として、ロジスティック回帰分析を用いることを提案し、評価を行った。

2. ポジショニング支援システム

Fig.1に、ポジショニング支援システムの概要を示す。ポジショニング支援システムは、3つのステップから構成される。

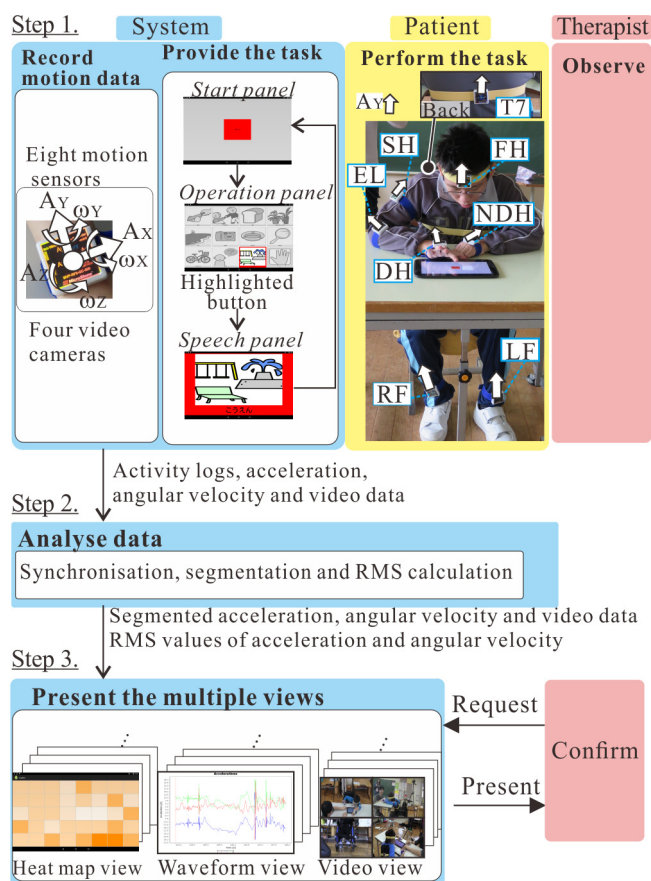


Fig. 1 Overview of the positioning support system

ステップ1では、システムは運動障害者へタッチパネル操作課題の提供と、モーションセンサとビデオカメラで動作の記録を行う。課題に使用したタブレットは、Google社製のNexus10であった。課題は、まず、運動障害者がStart panelの画面中央に配置されたボタンをタッチする。その後、タブレット画面は、Operation panelへ切り替わる。Operation panelでは、イラストと文字が表示されたボタンが並んでいる。運動障害者は、その中でランダムに赤くハイライトするボタンをタッチする。タッチすると、画面がSpeech panel

へ切り替わり、ボタンが拡大し関連した音声や音楽が流れる。音楽や音声が終わると Start panel に戻る。運動障害者は、この動作を、全てのボタンがハイライトし、それをタッチするまで繰り返し行う。ボタンの大きさや数は、OT および PT が運動障害者の運動能力に応じて選択することができる。動作の記録に使用したモーションセンサは、Microstone 社製の MVP-RF8-GC-500 (計測範囲は、 $\pm 60\text{m/s}^2$, $\pm 500\text{deg/s}$) である。運動障害者の頭部 (FH), 体幹 (T7), 利き手側の肩 (SH), 肘 (EL), 手の甲 (DH), 非利き手側の手の甲 (NDH), 左右の足 (LF, RF) の 8ヶ所に動きを妨げないことを確認し取り付ける。また、ビデオカメラは、全身およびタブレットの画面を 4つのアングルから撮影する。運動障害者が課題を行っている間、OT および PT は、操作性を低下させる不随意運動を観察により評価する。

ステップ 2 では、システムが、計測したデータの同期を行い、その後、ハイライトされたボタン毎にデータを分割し、加速度および角速度の RMS を計算する。

ステップ 3 では、システムは、解析したデータを可視化し OT および PT に提示する。現在開発を行った可視化画面は、Heat map view, Waveform view, Video view の 3つである。Heat map view は、加速度および角速度の RMS 値に基づいて、画面のどの領域を操作する際に不随意運動が見られたかを示す。Waveform view と Video view は、加速度および角速度波形とビデオデータを再生する。療法士は、システムが提示した可視化データを見て、観察時の評価と照らし合わせながら評価を行う。

3. 実験

3-1 対象

19名の運動障害者がシステムを用いて、2つの設定 (設定 A, B) でタッチパネル操作実験を行った。19名中、療法士から操作しづらい領域がどちらかの設定にあると評価された 6名を分析対象とした。本研究では、6名の中から 2つの設定をどちらも椅座位で行った 4名 (S1~S4) について詳細に解析を行った。S1 は、脳性麻痺の 16歳男性である。設定 A, B どちらも、学校の机と椅子を使用していたが、設定 A では、それらに加えて斜面台を使用した。S2 は、脳性麻痺の 17歳女性である。設定 A, B どちらも電動車椅子に座り、車椅子用のテーブルを使用していたが、設定 B では、それらに加えて斜面台を使用した。S3 は、脳性麻痺の 15歳女性である。どちらの設定も学校の机を使用していたが、設定 A では車椅子に座り、設定 B では、OT が作成した座面を加えた学校の椅子に座り操作を行った。S4 は、出血性脳梗塞後遺症、左慢性硬膜下血腫、四肢麻痺およびてんかんを持つ 14歳男性である。どちらの設定でも学校の机と椅子を使用していたが、設定 B では、それらに加えて座面に 3角クッションを使用し操作を行った。4名の被験者は、Johnson 運動年齢テスト⁽⁶⁾において、右上肢 35.5 ± 28.6 ヶ月、左上肢 31.5 ± 16.8 ヶ月であると診断されていた。被験者を担当していた OT および PT, 加えて、言語聴覚訓練を受けている場合は言語聴覚士 (ST) が、操作しづらい領域を観察により評価するために実験に立ち会った。同一療法士が複数の被験者を担当している場合もあり、OT3名 (経験月数 123.3 ± 90.3 ヶ月, 担当歴 27.5 ± 18.2 ヶ月), PT3名 (経験月数 85.0 ± 26.1 ヶ月, 担当歴 39.8 ± 46.0 ヶ月), ST2名 (経験月数 181.5 ± 94.1 ヶ月, 担当歴 48.0 ± 11.3 ヶ月) が実験に参加した。

3-2 方法

システムは、2つの設定で行われたタッチパネル操作課題

の様子を記録した。療法士は、その様子を観察し、システムの解析結果を見ることなく、それぞれの設定での操作しづらい領域を評価した。

3-3 解析

操作性に特に影響を与えている不随意運動を特定する手法として、本研究ではロジスティック回帰分析を用いた。ロジスティック回帰分析は、事象が起こる確率を予測する統計的分析手法の一つである。本研究では、「操作しづらい領域に存在しているボタンであるか」を従属変数とし、取り付けたモーションセンサの 3軸角速度および加速度それぞれの RMS 値を独立変数 (8身体部位 \times 6軸) とし解析を行った。モデルの採用基準として、モデルのカイ二乗値の有意確率が 5%未満である事、かつ、抽出された全ての変数の有意確率 5%未満である事としたが、変数の有意確率が 5%以上 1%未満であった場合は、ビデオと加速度または角速度波形を確認し、傾向が現れている場合はそのモデルを採用した。設定 A について、ロジスティック回帰分析を行い、得られたモデルを設定 B に当てはめ、モデルを評価した。

4. モデルの妥当性評価

4-1 得られたモデル

それぞれの被験者の設定 A についてロジスティック回帰分析を行った結果を Table 1 に示す。それぞれの被験者で抽出された変数は異なっていた。この結果は、被験者によって操作しづらさに影響を与えている不随意運動が現れる身体部位やその動きの方向が異なっていたと考えられる。

4-2 モデルの精度

Fig. 2 は、被験者毎に設定 A のデータから得られたモデルの判別的的中率を示している。設定 A における的中率は、85.0%~97.5%であった。設定 B における的中率は、S2 から S4 は 85.0%~95.0%であるのに対し、S1 は 50%であった。S1 的中率が低かった原因として、S1 のみ回帰式

Table 1 Logistic regression model to predict difficulties

ID	Sensor	Coefficient	
S1	SH _{AX}	-24.6	*
	FH _Y	0.65	*
	SH _Y	1.91	**
	DH _Z	-0.33	*
	const.	0.71	
S2	SH _{AZ}	53.8	+
	const.	-14.3	*
S3	EL _{AX}	9.99	**
	const.	-4.72	**
S4	DH _{AX}	1.58	*
	FH _Z	0.75	+
	const.	-3.85	**

+ p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01

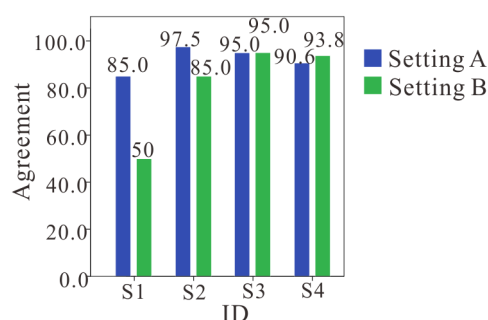


Fig. 2 Agreement ratios

に負の係数がかかっている変数があったからだと考えた。係数が正の場合は、RMSが高くなるほど、操作しづらくなる確率が上がる。すなわち、操作しづらい場合は、不随意運動の程度が高いことを示している。一方、負の係数の場合は、RMSが高くなるほど、操作しやすくなる確率が上がることを示している。これは、操作を容易にするためには、その身体部位を動かす必要があったことを示している。設定を変更するとこれらのバランスが変わるため、的中率が下がったと考える。しかし、S1を除くと85.0%以上の的中率であり、操作しづらかった領域を生み出す要因となった顕著な不随意運動を特定するために、ロジスティック回帰分析が適用できる可能性を示している。

5. まとめと今後の課題

OTおよびPTの知識と経験に依存したポジショニングを支援するシステムの開発を行ってきた。本研究では、操作性に特に影響を与えている不随意運動を特定する手法として、ロジスティック回帰分析の適用可能性を評価した。その結果、操作しづらい場合に顕著に現れる不随意運動を特定するのであれば、被験者4名中3名において85.0%以上の精度で推測出来ていることが分かった。

今後の課題は、さらにシステム開発を進め、実際に臨床での評価を行う事である。

倫理的配慮等

本研究は、被験者とその家族ならびにOT、PTおよびSTに対して、研究の趣旨と内容について説明し同意を得て行った。また、本研究の一部は、科学研究費補助金若手研究(B)課題番号2587045の助成を受けて実施した。

参考文献

- (1) Black R, Waller A, Turner R, Reiter E, Supporting Personal Narrative for Children with Complex Communication Needs. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, pp 1-35, 2012
- (2) 酒井みやび, 廣富哲也, 京俊輔, 坊岡峰子, 話し言葉によるコミュニケーションが困難な人と支援者によるSTalk2利用の実態, *LIFE2014*, 2014
- (3) Cook A, Polgar J, *Cook and Hussey's assistive technologies: principles and practice*, Elsevier Health Sciences, 2007
- (4) Iwasaki Y, Hirotoomi T, Oguro H, Nakamura M, 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*, pp 32-38, 2013
- (5) Iwasaki Y, Hirotoomi T, Using Motion Sensors to Support Seating and Positioning Assessments of Individuals with Neurological Disorders, *Procedia Computer Science Journal*. (in printing)
- (6) Johnson MK, Zuck FN, Wingate K, The motor age test: measurement of motor handicaps in children with neuromuscular disorders such as cerebral palsy, *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*, vol. 33-A, no. 3, pp. 698-707, 1951.