

脳卒中入院患者のリハビリテーション活動量向上のための ウェアラブルデバイスを用いた行動変容

小笠原隆行¹ 向野雅彦² 大高洋平² 山口真澄¹ 才藤栄一² 塚田信吾¹

概要：脳卒中リハビリテーションでは、1日における訓練の取り組み時間が長いほど良好な帰結に至る可能性が高まることが報告されている。このため脳卒中患者は、割り当てられた療法士との訓練以外にも入院中に自主トレなどを組み合わせた活動機会の確保が望ましい。しかし、片麻痺をかかえる身体を自ら精力的に動かすことは容易ではなく、支援が必要である。我々はウェアラブルデバイスによる活動の定量化と、スマートフォンのアプリによる活動量向上のための支援法を検討した。具体的には、アプリには入院患者の姿勢にリアルタイムに対応する形でイベントが進行するゲーム機能を実装し、活動量の増加が認められるか検証を行った。ゲームでは患者の離床を重視し、患者が臥位であるとイベントが進行せず、起き上がっている際や歩行の際にのみイベントが進行する。検証実験では、ゲームを使用した際に1日における座位時間が減少傾向を、座位または立位時間、および歩行時間が増加傾向を示した。このうち歩行時間の増加は統計的に有意であった ($p<0.05$)。これによりウェアラブルデバイスとゲームによって行動変容が促された可能性が示唆された。

Preliminary study on activity enhancement of stroke inpatients using a wearable device in a rehabilitation hospital

TAKAYUKI OGASAWARA¹ MASAHIKO MUKAINO² YOHEI OTAKA²
MASUMI YAMAGUCHI¹ EIICHI SAITOH² SHINGO TSUKADA¹

1. リハビリテーションにおける活動量と回復

脳卒中リハビリテーションでは、1日における訓練の取り組み時間が長いほど良好な帰結に至る可能性が高まることが報告されている[1]。このため脳卒中患者は、割り当てられた療法士との訓練以外にも入院中に自主トレなどを組み合わせた活動機会の確保が望ましい。しかし、片麻痺をかかえる身体を自ら精力的に動かすことは容易ではなく、機会確保にむけた行動変容を促す支援が必要である。

2. 関連研究と研究課題

脳卒中リハビリテーションにおいて活動量向上を目的とした介入研究は盛んな分野であり、1990年代には既に報告がなされている[2]。しかしその多くが退院後のリハビリテーションの継続を目的とした在宅や通所訓練に関するものであり、入院中の患者の活動量向上に関する取り組みは限られる[3]。Katz-Leurer et al.は入院リハビリ早期からの有酸素運動を用いた介入の効果を報告している[4]。しかしこれは特定の訓練方法を議論したものであり、1日の活動の総量の向上のための支援という我々の目的とは異なるものである。また、Dithmer et al.は活動機会の確保の観点から、タブレットゲームを用いた介入方法を提案している[5]。こ

のゲームは特定のタスク（散歩をする、踊るなど）が表示され、それらをこなして架空の報酬（ゲーム上のポイント）を得るといった内容である。ゲームの評価はアンケートで行われ、ユーザーの心象は良好であったものの、実際の活動量に関する定量的な結果は記載されていない。以上の問題を踏まえ、本研究では下記を研究課題として設定する。

課題 我々は脳卒中入院患者の活動量向上のための行動変容を促すと同時に、活動を定量的に評価可能なシステムを実現する。

3. 計測システムと実験方法

前述の Dithmer et al.の研究[5]において、架空の報酬を提供するゲームによりリハビリテーションへのモチベーション向上が示唆されたことから、この着想を採用し、本研究でもアンドロイドスマートフォンによるゲームアプリを作成した。また、活動量の増減を定量的に評価するため、加速度センサを具備したウェアラブルデバイスを併用した。

3.1 計測システムと姿勢の算出

計測システムを図1に示す。被験者は麻痺側の左右によらず活動の計測値が得られる着衣型のウェアラブルデバイスを身に着ける。計測されたデータはスマートフォンに転送され、加速度より状態（臥位、座位または立位、歩行のいずれか）がアプリで算出される[6]。

状態の算出にはシンプルな既知の手法を用いた(図2左)[7-10]。3軸加速度センサのある時刻の合成和

$$(|a| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}) \text{ と } z \text{ 軸成分 } a_z \text{ の比を求め、角度}$$

1 日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所・バイオメディカル情報科学研究センター

NTT Basic Research Laboratories and Bio-Medical Informatics Research Center, NTT Corporation

2 藤田医科大学医学部 リハビリテーション医学 I 講座

Department of Rehabilitation Medicine I, School of Medicine, Fujita Health University

を算出した。数式は $\theta = \cos^{-1} \left(\frac{a_z}{|a|} \right)$ である。この角度に対し

て、閾値を設定することで臥位もしくは、座位または立位の2状態に分類した(図2右)。さらに座位または立位と分類されたうち、一定の大きさの振動が発生した場合は歩行として独立に分類した[11]。

3.2 ゲームの実装

実装したゲームでは、患者の状態にリアルタイムに対応する形でイベントが進行する(図3)。このゲームでは画面にロケットが表示され、ロケットの推進はウェアラブルデバイスで計測される患者の状態に連動させた(図3左)。具体的には、離床を重視し、患者が臥位であればロケットは止まったままだが、起床すると(上半身が正立することで)座位または立位になるとその間はロケットが目的地に向かって進む。さらに歩行が検出された場合には起床時の2倍の速度で進む。すなわち、患者が活動的であるほどロケットが進み、より多くの惑星に到達し、ゲーム内のレベルが上がる。報酬として起床した期間が2時間増えるごとに新たな惑星への到達を示す動画コンテンツが閲覧可能となる設計とした(図3右)。歩行した期間はゲームでは「運動の成果」「予定時刻より早くロケットが目的地に到達した」といった表記により、患者の活発な活動に対する努力の蓄積として表現した。このゲームの最終目的はロケットで太陽系を進み、冥王星に隠された徳川埋蔵金を回収して、ゴールである地球に帰還することである。ゴールするには健常者と同程度である計16時間/日の起床時間の確保を必要とした。スマートフォンは、実験で用いるゲームアプリ以外の操作が行われる場合を想定し、パスワードロックをかけ、医療者以外がアンロックできないようにした。そのうえで患者がゲームを楽しめるよう、コンテンツはポップに実装し、パスワード入力画面より上のレイヤに配置することで、ロックされたままでもコンテンツを閲覧可能とした。

3.3 被験者

認知機能が比較的良好(機能的自立度評価表の認知項目が25点以上)で、あらかじめ同意を得られた脳卒中入院患者9名に着衣型のウェアラブルデバイスを装着してもらい、計測を行った。計測は2日間行い、1日はゲームを用いずウェアラブルデバイスによる計測のみ、翌日は計測に加えてゲーム機能を使用し、両者の活動を比較した。本実験は藤田医科大学の倫理委員会承認のうえで実施した。

4. 結果と考察

4.1 結果

ゲームの利用有無における各状態を図4に示す。ゲーム使用時に座位時間が減少傾向を、座位または立位、および歩行時間が増加傾向を示した。このうち歩行時間の増加はt検定より統計的に有意であった($p < 0.05$)。総活動時間(座位+立位+歩行)では1.0時間の増加であった。

4.2 考察

歩行時間の有意な増加により、スマートフォンに実装したゲームアプリによって行動変容が促された可能性が示唆された。しかしながら、重視した離床(臥位時間の減少)という観点では減少を示したものの有意差は確認できなかった。今後、被験者を増やすことで更なる検証を行いたい。計測期間には、機器の充電や交換のため、欠損が発生した。これは実験運用の改善で解消したい。このほか、本研究は初期検討のため3日以降の活動量増加の持続期間が不明であること、認知機能の高い患者にターゲットが限られる可能性があることが今後の調査課題として挙げられる。



図1 計測システム

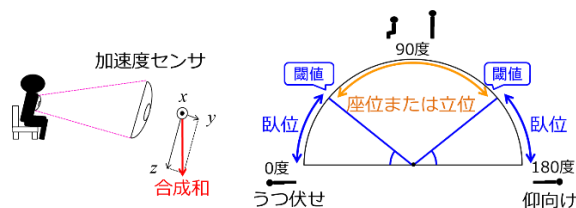


図2 加速度センサの軸と姿勢の算出

(合成和は3次元ベクトルだが簡略化のため平面図とした)



図3 スマートフォンアプリに実装したゲーム機能

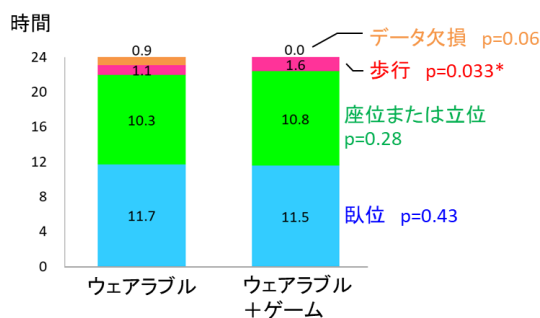


図4 ゲーム機能の利用有無による結果

参考文献

- [1] Yagi, M., Yasunaga, H., Matsui, H., Morita, K., Fushimi, K., Fujimoto, M., Koyama, T. and Fujitani J.: Impact of rehabilitation on outcomes in patients with ischemic stroke. A nationwide retrospective cohort study in Japan, *Stroke*, Vol.48, pp.740-746 (2017).
- [2] Wade, D. T., Collen, F. M., Robb, G. F. and Warlow, C. P.: Physiotherapy intervention late after stroke and mobility, *BMJ*, Vol. 304, pp. 609-613 (1992).
- [3] 小沼佳代：在宅脳卒中者の活動性向上を支援する行動変容型介入プログラムの開発および評価, 早稲田大学大学院 人間科学研究科博士論文(2017).
- [4] Katz-Leurer, M., Carmeli, E. and Shochina M.: The effect of early aerobic training on independence six months post stroke, *Clin. Rehabil.*, Vol.17, No.7, pp.735-41 (2003).
- [5] Dithmer, M., Rasmussen, J. O., Grönvall, E., Spindler, H., Hansen, J., Nielsen, G., Sørensen, S. B. and Dinesen B.: “The Heart Game”: Using Gamification as Part of a Telerehabilitation Program for Heart Patients, *Games for Health Journal*, Vol.5 No.1, pp.27-33 (2016).
- [6] Ogasawara, T., Matsunaga, K., Ito, H. and Mukaino, M.: Application for rehabilitation medicine using wearable textile “hitoe”, *NTT Technical Reviews*, Vol.16, No. 9, pp. 6-12 (2018).
- [7] Rauen, K., Schaffrath, J., Pradhan, C., Schniepp, R. and Jahn, K.: Accelerometric Trunk Sensors to Detect Changes of Body Positions in Immobile Patients, *Sensors*, Vol.18, No. 10, pp. 3272-3283 (2018).
- [8] Fortune, E., Lugade, V.A. and Kaufman, K.R.: Posture and Movement Classification: The Comparison of Tri-Axial Accelerometer Numbers and Anatomical Placement, *J. Biomech. Eng.*, Vol.136, No. 5, pp. 0510031–0510038 (2014).
- [9] Jeong, D.U., Kim, S.J. and Chung, W.Y.: Classification of Posture and Movement Using a 3-axis Accelerometer, *Proc. IEEE International Conference on Convergence Information Technology*, pp. 837–844, IEEE (2007).
- [10] Fisher, C.J.: Using an Accelerometer for Inclination Sensing, Cambridge, Analog Devices, pp. 1-8 (2010).
- [11] Ogasawara, T., Itoh, Y., Kuwabara, K. and Kasahara, R.: Gait Analysis Using a Wearable T-shirt Type Sensor, *NTT Technical Reviews*, Vol. 14, No.4, pp. 1-7 (2016).