

脳血管障害者在宅移行期の日常活動支援に向けたウェアラブル身体活動計測の有効性評価に関する研究

著者	谷口 早弥香
著者別表示	Taniguchi Sayaka
雑誌名	博士論文要旨Abstract
学位授与番号	13301甲第4037号
学位名	博士（学術）
学位授与年月日	2014-03-22
URL	http://hdl.handle.net/2297/38962



学位論文要旨

脳血管障害者在宅移行期の日常活動支援に向けた
ウェアラブル身体活動計測の有効性評価に関する研究

**Efficacy Evaluation for a Wearable Physical Activities Monitoring
to Support Daily Activities in Stroke Patient**

金沢大学大学院自然科学研究科
システム創成科学専攻
知的システム創成講座

学 籍 番 号	1123122207
氏 名	谷口 早弥香
主任指導教員名	田中 志信

Abstract

To care the daily living of patient with cerebrovascular disease, it is important to evaluate quantitatively physical activity and gait state for stroke patients with hemiplegia of before and after leaving hospital. In this study, we proposed a new evaluation method for daily activities of patient with cerebrovascular disease just after leaving hospital using wearable posture changes and activities monitoring system. Using this method, measurements of the activities of daily living for patients were carried out on 5 occasions: in hospital, after leaving hospital, and 1 and 2 and 3 months after leaving hospital. From the results, the rate of lying, sitting, standing, walking, and standing-up and sitting down could be monitored quantitatively in subject's home just after leaving hospital. Especially, the rate of the lying position significantly decreased and the sitting position increased just after leaving the hospital. Moreover, detailed information has been measured as the frequency of posture change, steps, the frequency of gait, the moving distance during stance phase of a paralyzed side, and the average walking speed. Moreover, the relevance of the evaluation index of this system and Life-Space Assessment (LSA), the LSA was checked from the result of correlation analysis. And, about each measurement time, I revealed what physical activity of the patient will affect the range of activity. It is demonstrated that this technique can be useful means for evaluating the physical activities and gait state of stroke patients with hemiplegia to support patient's daily activities before and after leaving hospital.

1. はじめに

脳血管障害者においては、退院直前から退院直後、さらには退院後3ヶ月の「在宅移行期」にかけて、活動性を維持・向上することが重要な課題となる[1]。特に脳血管障害者は、歩行障害などの後遺症や日常生活動作への不安から、在宅復帰後に身体活動量が低下し、精神機能の低下も誘発し、さらなる活動範囲の縮小低下を招くという悪循環を形成することも多い[2]。また身体活動の低下や歩行障害は二次的な廃用症候群や寝たきりの原因ともなる[3]。

一方、セラピストが介入する際には、退院後の身体活動や歩行状態の変化を的確に評価し、また支援を行った際の変化も再評価・追跡することが必要であり、現在は問診による定性的評価が用いられている[4]。しかしこれらは検査者の主観に依存する評価であり、特にセラピストの目の届かない患者の日常生活の状態の把握においては、検査者の知識や経験に左右される場合も多い。従って、患者の日常生活における身体活動を定量的に解析できる手法が必要となっている。

現在までに、身体活動の定量評価手法として、歩数計や手首加速度計による ActiGraph といった方法[5]があるが、歩数や動いているか否かといった情報しか得られない。また、動作解析装置や床反力計による手法[6]もあるが、これらは計測環境が限定され、患者の日常生活の評価には適さない。また、近年慣性センサを用いた様々な身体活動計測システムが考案[7,8]されているが、特に在宅移行期における脳血管障害者の身体活動状況を評価する手法は確立されていない。

そこで本研究では、ウェアラブル身体活動計測システムを用いた在宅移行期における新たな活動評価法を提案[9]し、従来から行われている定性的評価法との比較から、提案手法の脳血管障害者在宅移行期の活動評価への有効性を検証した。

2. 方法及び対象

Fig. 1 は本評価において用いるウェアラブル身体活動計測システムの概要である。本システムは体幹・大腿・下腿にそれぞれ、加速度センサ、メモリバッテリー等が内蔵されたセンサユニットを装着することにより、患者の姿勢変化を計測する。体幹には肩サポータ型、大腿・下腿には膝サポータ型ホルダを用いてセンサユニットを装着可能となっている。

得られたデータはコンピュータにデータ転送後、各部の重力方向に対する角度変化が算出され、臥位、座位、歩行、起立・着座、立位の姿勢状態の判別や各姿勢の割合が算出され、これらの割合の変化により患者の活動性の変化を解析[9]する。一方、歩行中には下肢の角度変化より踵接地・離地を検出し、その間の移動距離及び歩行速度を算出することが可能となっている[10]。以上の情報を統合し、以下の判定項目に基づいて患者の詳細な身体活動解析を行う。

- 立位・歩行の割合：活動的な姿勢状態の占める割合の評価
- 臥位・座位・歩行・起立・着座・立位それぞれの姿勢変化の回数：体を動かし、姿勢状態を変化させている頻度による活動性評価
- 歩数：日常生活での歩行量の評価
- 歩行回数：数多く歩行の機会を持てているか評価
- 歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離：歩行における実質的な移動距離の向上を評価
- 平均歩行速度：歩行動作能力について、推進力の維持・向上を評価

以上の解析項目について、①立位・歩行の割合もしくは姿勢変化の回数が10%以上上昇しているか、②立位・歩行の割合、姿勢変化の回数、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離の5つの指標全ての増減が10%以内か、③歩数、歩行回数、麻痺側下肢立脚時の移動距離（ただし各々の値が1以上であること）のいずれかが10%以上上昇あるいは低下が10%以内であるか、④立位・歩行の割合が低下しているか、⑤歩数、歩行回数、麻痺側下肢立脚時の移動距離が全て10%以上低下、もしくは平均歩行速度が30%以上低下しているか、これら判断基準に基づいて判定を行い、◎：身体活動向上、○：身体活動維持、×：身体活動低下、△：身体活動低下はあるものの歩行量維持・増加は認められる、※：姿勢変化の回数増加はあるものの歩行量・歩行速度は低下し注意が必要である、という5つの判定判断を行う。

今回上記手法を用いて、藤元総合病院に入院した脳血管障害者12名（男性8名、女性4名、平均年齢68.7±9.4歳）とした身体活動評価を実施した。入院中に院内で1回、退院後に自宅で4回（退院直後、退院1ヶ月後、退院2ヶ月後、退院3ヶ月後）の計5回、午前9時から2時間の計

測・評価を実施した。尚、本研究は当該倫理審査委員会の承認を得て、全ての患者に説明、インフォームドコンセントを得た後に実施した。また、これら定量評価と併せて、移動や活動範囲の定性的評価であり、歩行状態との関連が予測される Life-Space Assessment (LSA)による従来型の定性評価を行い、本システムによる身体活動評価結果との関連性の検証も行った。

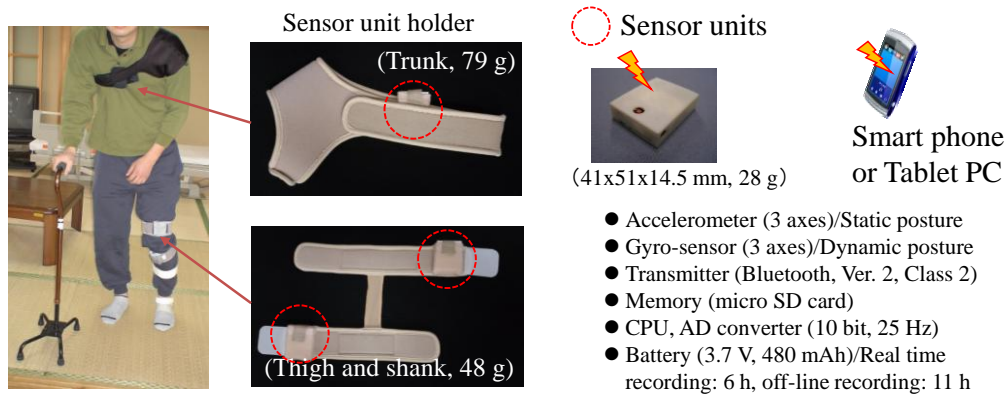


Figure 1 Outline of a wearable system for monitoring physical activities in patient with cerebral vascular. This system can measure posture changes together with walking speed. Picture of subject's sensor attachment is also shown.

3. 結果及び考察

Fig. 2 はウェアラブルシステムによる臥位、座位、立位、歩行の4つの姿勢の割合について、12名の被計測者の結果をまとめたものである。入院中と比較し、退院以降は臥位時間が短縮していることが確認されたことから、離床が促進されていることが明らかとなった。しかし、歩行や立位といった姿勢割合の延伸は見られないことから、前述の臥位時間の減少は、座位時間の延長として表れており、患者は座位中心の生活をしていることが明らかになった。このような情報を得られることは、患者の活動性の変化や、入院時との生活リズムの変化を評価する上で非常に有用であると考えられる。

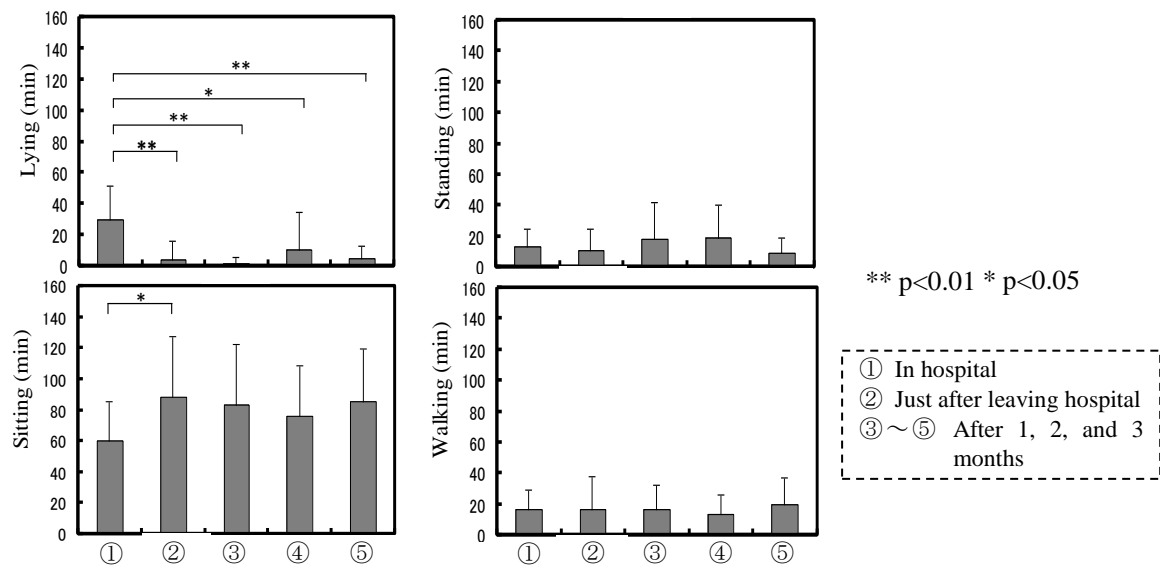


Figure 2 Result of accumulated time for lying, sitting, standing, and walking positions in 12 subjects.

次に、Fig. 3 は本システムによる(a)76歳男性脳塞栓患者 (case 2) 及び(b)79歳女性脳梗塞患者 (case 8) を対象とした身体活動計測結果例であり、(A) 立位・歩行の割合、(B) 姿勢変化の回数、(C) 歩数、(D) 歩行回数、(E) 歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、(F) 平均歩行速度、

(G) LSA について、入院中、退院直後、退院 1~3 ヶ月後における結果を示した。

まず(a) case 2 に関しては、退院直後に LSA 得点は向上したものの、本システムによる身体活動の定量的評価結果においては、姿勢変化の回数が維持されていたことを除き、その他の指標は全て低下を認めた。よって、身体活動性変動パターンの判定結果においては、身体活動低下 (x) と判定された。次に、退院 1~2 ヶ月後については、LSA 得点が退院直後と比較し低下したものの、本システムによる結果は全ての指標で向上を認め、判定結果は身体活動向上及び活動範囲低下 (◎↓) と判定された。その後退院 3 ヶ月後は、LSA と本システムの全ての指標が向上する結果となり、判定結果は身体活動向上 (◎) と判定された。

一方(b) case 8 に関しては、退院直後に LSA 得点が向上し、退院 1 ヶ月以降も得点が低下することなく、退院 3 ヶ月後まで LSA 得点は維持・向上されていた。しかし、本システムによる身体活動の定量的評価結果は、LSA 得点とは逆に、退院直後は歩行回数と歩行速度が維持されていたことを除き、その他の全ての指標の値は低下し、身体活動性変動パターン判定結果においては、身体活動低下はあるものの歩行量維持・増加は認められる (△) と判定された。さらに、退院 1 ヶ月以降の結果においても退院 1 ヶ月後の歩行回数と退院 3 ヶ月後の姿勢変化の回数の向上を除き、本システムにより算出した各指標の値が向上することなく、退院 1 ヶ月後の判定結果も退院直後と同様に身体活動低下はあるものの歩行量維持・増加は認められる (△) と判定された。また、退院 2 ヶ月後の判定結果は身体活動低下 (x)、退院 3 ヶ月後は姿勢変化の回数増加はあるものの歩行量・歩行速度は低下し注意が必要である (※) と判定され、退院 1~3 ヶ月が経過しても退院直後の低い身体活動が持続する結果となった。

以上のように、本手法を用いることにより、退院後の身体活動の低下など、万一退院後に問題が生じた場合において、患者の変化を早期に捉えて素早く適切な対応ができるため、臨床的意義は大きいと考えられる。さらに、今回は解析アルゴリズムによる身体活動性変動パターン判定を行ったことで、患者ごとの身体活動の変化を簡便に確認可能となった。身体活動の向上を図るためには、患者自身の能動性が重要であり [1]、今回のように情報を統合し、患者の身体活動状況を一目で把握できることは、患者本人が自身の身体活動を容易に把握できることにつながり、療法へのモチベーション向上に寄与できると考えられる。

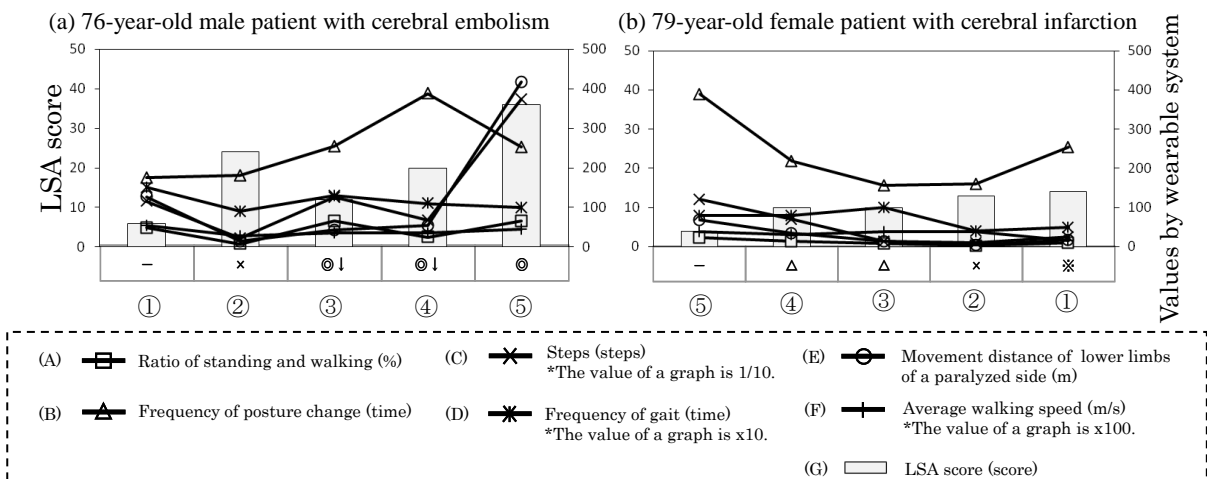


Figure 3 Transition of physical activities obtained from the wearable system and the LSA scores in 2 subjects.

Table 1 は各計測時期における LSA に対して、本システムから得られた(A)~(F)の身体活動の各指標との有意差検定を行った相関分析の結果と、各指標における相関係数を示す。

まず、入院中においては、どの指標においても有意な相関関係は認められず、本システムから得られる指標と LSA の間に関連性は認められなかった。また退院直後は、姿勢変化の回数を除いて、立位・歩行の割合、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度の 5 つの指標については有意な相関関係が確認され、本システムによる指標と LSA の関連が確認された。また、相関係数についても 0.7 前後と高い相関であった。

次に退院1ヶ月後については、立位・歩行の割合を除いて、姿勢変化の回数、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度の5つの指標において有意な相関関係が確認され、本システムによる指標とLSAの関連が認められる結果となり、特に歩行回数以外においては0.7以上の相関係数が確認された。一方、退院2ヶ月後において有意な相関関係が認められたのは歩数と歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離の2つの指標のみであり、0.4以上の相関係数となった。さらに退院3ヶ月後は、立位・歩行の割合、歩数、平均歩行速度の3つの指標において有意な相関関係が認められ、相関係数も0.7以上と高い相関関係が認められた。

以上の結果において、計測時期ごとに本システムによる指標とLSA得点との間に有意な相関が認められる解析パラメータが存在し、特に歩数、歩行回数、移動距離、歩行速度といった指標において高い相関関係が認められる傾向にあった。このことから、本システムと従来法による評価の比較から、身体活動と活動範囲の広がりとの関連性を評価でき、さらに本システムによる結果だけでも活動範囲を推定できることが確認された。

Table 1 Results of significant differences between the analysis values obtained from the wearable system and the LSA scores in 12 subjects

The index of physical activity computed by the wearable posture changes and gait analysis system	Measurement time				
	In hospital	After leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A: Ratio of standing and walking (%)	0.09	0.79**	0.20	0.26	0.74**
B: Frequency of posture change (time)	- 0.07	0.17	0.70*	0.23	0.22
C: Steps (steps)	- 0.02	0.70*	0.77**	0.59*	0.86**
D: Frequency of gait (time)	0.52	0.64*	0.60*	0.36	0.37
E: Movement distance of lower limbs of a paralyzed side (m)	- 0.01	0.69*	0.77**	0.65*	0.48
F: Average walking speed (m/s)	0.18	0.77**	0.77**	0.50	0.90**

** p<0.01 * p<0.05 (n=12)

4. 結言

本システムは在宅移行期における身体活動の変化を詳細に評価可能であることが確認された。これにより患者の活動性の変化に早期に気づくことができれば、患者に適切かつ早期に活動性拡大のための支援を行うことが可能となり、退院後の円滑な在宅移行支援を行う上で非常に有用であると考えられる。

参考文献

- [1] 大平雄一, 西田宗幹, 大西和弘・他: 自宅退院する入院患者における退院前後での身体活動量の比較検討. 理学療法科学 23 (2): 313-317, 2008
- [2] 浜岡克伺, 吉本好延, 橋本豊年・他: 在宅脳卒中患者の生活範囲は日常生活活動能力の変化に影響する. 理学療法科学 27 (4): 465-468, 2012
- [3] 鈴木亨・園田茂・才藤栄一・他: 回復期リハビリテーション目的の入院脳卒中患者における転倒, 転落事故とADL. 医学 43:180-185, 2006
- [4] 才藤栄一, 朝貝芳美, 森田定雄・他: リハビリテーション関連雑誌における評価法使用動向調査 8. Jpn. J. Rehabil. Med. 49 (2): 57-61, 2012
- [5] G. Plasqui, K. R. Westerterp: Physical activity assessment with accelerometers: An evaluation against doubly labeled water. OBESITY 15(10): 2371-2379, 2007
- [6] 佐藤房郎, 富田昌夫, 宇野潤: 片麻痺の体幹運動の分析—体幹運動と立位動作・ADLとの関係—. 理学療法科学 20 (4): 230-237, 1993
- [7] K. Aminian, P. Robert, E. E. Buchser, *et al.*: Physical activity monitoring based on accelerometry; validation and comparison with video observation. Med. Biol. Eng. Comput., 37-3:304/308, 1999
- [8] R. Williamson, and B. J. Andrews: Detecting absolute human knee angle and angular velocity using accelerometers and rate gyroscopes. Med. Biol. Eng. Comput. 39: 1-9, 2001
- [9] 谷口早弥香, 本井幸介, 東祐二・他: ウェアラブル姿勢・活動計測システムを用いた在宅移行期の脳血管障害者の日常生活下における活動状態の定量評価. 保健医療学雑誌, 第4巻, 第1号, 1-8頁, 2013
- [10] K. Motoi, S. Taniguchi, M. Baek, *et al.*: Development of a wearable gait monitoring system for evaluating efficacy of walking training in rehabilitation. Sensors and Materials 24(6): 359-373, 2012

学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

脳血管障害者在宅移行期の日常活動支援に向けたウェアラブル身体活動計測の有効性評価に関する研究

2. 論文提出者 (1) 所属 システム創成科学 専攻 知的システム創成 講座
(2) 氏名 たにくち さやか 谷口 早弥香

3. 審査結果の要旨（600～650字）

平成26年1月28日に第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文及び関係資料について詳細に検討した。更に平成26年1月29日に行われた口頭発表後、第2回学位論文審査委員会を開催し、慎重に協議した結果、以下の通り判定した。

本論文は、脳血管障害者の在宅移行期における日常活動の的確な支援を実現すべく、ウェアラブル身体活動計測の療法実施への有効性を明らかにしている。従来の問診や観察による定性的評価では、日常生活における活動状況の実態を把握することはできず、セラピスト間で評価に差が出てしまうことが課題であった。これに対し本研究は、患者の体幹・大腿・下腿に装着した慣性センサ内蔵のユニットにより、臥位、座位、立位、歩行、起立・着席を検出すると共に、歩行速度や移動距離、歩数といった詳細な歩行解析を行う方法を提案している。またこれら情報を統合し、活動性の低下、維持、向上、要注意を判定し、セラピストが簡便に患者の活動性の変化を認知可能な手法も併せて考案している。今回本法による脳血管障害者を対象とした在宅移行期の活動評価が行われ、患者の離床や立位・歩行といった活動的な姿勢の状況、また歩行状態の変化等の評価への有効性が確認された。また、従来法である問診・観察による移動性評価との関連性から、移動性の低下・向上の要因特定等も可能であることも確認された。これら成果は今後のリハビリテーション分野の発展に大きく寄与するものであり、本論文は博士（学術）に値するものと判定する。

4. 審査結果 (1) 判定（いずれかに○印） 合格 ・ 不合格
(2) 授与学位 博士（学術）