

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

谷口 早弥香
平成 26 年 3 月

博士論文

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

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

目次

第1章 序論	1
1 - 1 我が国における少子高齢化の問題と脳血管障害の現状	2
1 - 2 脳血管障害の時期別リハビリテーション.....	4
1 - 3 在宅移行期のリハビリテーションと在宅移行期の定義について	7
1 - 4 在宅移行期のリハビリテーション評価の現状と課題	7
1 - 5 脳血管障害者の身体活動評価	8
1 - 6 脳血管障害者の活動の時間帯	10
1 - 7 本研究の目的	10
第2章 ウェアラブル身体活動計測システムの開発	13
2 - 1 ウェアラブル身体活動計測システムの概要	14
2 - 2 姿勢・活動解析プログラムについて	19
第3章 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	28
3 - 1 目的	29
3 - 1 - 1 日常生活下における姿勢割合の定量評価	29
3 - 1 - 2 Life-Space Assessment との同時比較検討による定量的身体 活動評価	29
3 - 2 対象	29
3 - 3 方法	31
3 - 3 - 1 日常生活下における姿勢割合の計測・分析方法	33
3 - 3 - 2 Life-Space Assessment との同時比較検討による定量的身体 活動の計測・分析方法	33

3 - 4	結果	39
3 - 4 - 1	姿勢割合の計測・解析結果	39
3 - 4 - 2	身体活動の計測・解析結果	48
3 - 4 - 3	Life-Space Assessment との比較検証結果	84
3 - 5	考察	86
3 - 5 - 1	ウェアラブル身体活動計測システムによる日常生活下における姿勢割合の定量評価の有効性	86
3 - 5 - 2	ウェアラブル身体活動計測システムによる身体活動評価の有効性	88
3 - 5 - 3	ウェアラブル身体活動計測システムによる身体活動の定量的評価結果及び Life-Space Assessment による定性的評価結果の関連性と意義	89
第4章	結論	92
4 - 1	在宅移行期の脳血管障害者の日常生活下における姿勢割合の定量評価の有効性	93
4 - 2	Life-Space Assessment との同時比較検討による在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価の有効性	93
4 - 3	本研究における今後の課題と発展	93
	謝辞	95
	参考文献	96

第1章 序論

1 - 1 我が国における少子高齢化の問題と脳血管障害の現状

脳血管障害とは、脳血管の病理学的変化、脳灌流圧の変化あるいは血漿・血球成分の変化などにより、脳に一過性ないし持続性の循環代謝障害あるいは出血などが生じたものをいう[1]。脳血管障害は一般に脳卒中とも呼ばれている。語源的に脳卒中は「突然何かに当たったように倒れる脳の病気」という意味であり、英語のStroke、ドイツ語のApoplexieに相当する[1]。具体的には、出血として脳内出血とクモ膜下出血、梗塞としてアテローム血栓性梗塞、ラクナ梗塞、心原性塞栓症、その他（脳動脈解離、モヤモヤ病等）に区分される[2]。

現在、我が国においては年間約28万人が脳血管障害を発症している[3]。死亡数は年間約12万人であり、死因順位では悪性新生物、心疾患、肺炎に次いで第4位となっている[4]。日本における脳血管障害の死亡率は、1950～1960年代にかけてトップとなり、国民病と呼ばれていた[5]。しかし、脳卒中による死亡率は、高血圧治療の普及や食生活の改善などによって、脳出血による死亡率が低下したことにより、1965年ごろをピークとし、その後は低下している[6]。一方で、介護が必要になる原因のトップは脳血管障害、第2位は認知症、第3位は高齢による衰弱となっており、脳血管障害は全体の21.5%を占めている。さらには介護度が高くなるにつれ、その割合は上昇する傾向にある。要介護4及び要介護5の人のうち、約3人に1人は脳血管障害により介護が必要となっており[7]、脳血管障害による死亡率は低下しているものの、脳血管障害により介護が必要となる者は増加の一途を辿っている。脳血管障害による死亡率低下の背景には、脳血管障害発症に結びつく危険因子に対する啓発、救急医療を中心とした早期治療の充実、新たな治療法の開発など様々な要因が挙げられるが、そのことにより死亡に至るケースは減少しても、脳血管障害自体は今後も増加することが懸念されている[8]。それは同時に死亡には至らないものの、後遺症を残し生存するケースが増加することを意味している。脳血管障害の患者数の多い秋田県による、脳血管障害を発症した後の転帰・経過の調査では、脳血管障害発症後に後遺症が残存し、介助が必要となった人は全体の60%にのぼり、そのうち5人に1人は家から外出できない全介助を含む重度の障害を伴っていた[9]と報告されている。このことから、脳血管障害発症後は後遺症により、自立度が大きく低下する者が多く、日常生活に多大な影響を及ぼしていることが分かる。

また、我が国の人口についてであるが、平成24年10月1日現在の日本の総人口

は1億2751万5千人で、前年に比べ28万4千人(0.22%)減少しており、2年連続で大きな減少となっている[10]。さらに今後、総人口は2048年(平成60年)には1億人を割って9,913万人となり、2060年(平成72年)には8,674万人になるものと見込まれている。また、生産年齢人口(15~64歳の人口)は2010年(平成22年)の63.8%から減少を続け、2017年(平成29年)には60%台を割った後、2060年(平成72年)には50.9%となるのに対し、高齢人口(65歳以上の人口)は、2010年(平成22年)の2,948万人から、団塊の世代及び第二次ベビーブーム世代が高齢人口に入った後の2042年(平成54年)に3,878万人とピークを迎え、その後は一貫して減少に転じる。そのため、高齢化率(高齢人口の総人口に対する割合)は、2013年(平成25年)には25.1%で4人に1人を上回り、50年後の2060年(平成72年)には39.9%、即ち2.5人に1人が65歳以上となることが見込まれている。このように、我が国は人口減少と少子高齢化の急速な進展が現実のものとなっている[11]。人口減少と少子高齢化が進展すると、医療・介護の分野においては、医療費高騰や現行の公的年金制度の維持が困難になるなどの問題が生じる。高齢者一人当たりの医療費支出は現役世代の4倍前後に上るため、人口が高齢化するだけで、人口が増加しなくとも医療費支出が増大することになる[12]。厚生労働省の推計では、特に政策努力を行わない場合、医療給付費は2015年度までには40兆円、2025年度には56兆円に達する見込みである[12]。また、平成22年度の脳血管障害全体の医療費は1兆7691億円であり、前年度の1兆5513億円から2178億円も上昇しており[13]、今後も増加することが予測されている。

また、脳血管障害の発症の最大の危険因子は加齢であり、発症者の多くは高齢者である[14]。このため、脳血管障害については、高齢化に伴って患者数ならびに後遺症による中途身体障害者数が増加していくことが予測される。さらに、厚生労働省の調査によると、65歳以上の者のいる世帯のうち、高齢者世帯を世帯構造別にみると、「単独世帯」が501万8千世帯(高齢者世帯の49.2%)、「夫婦のみの世帯」が487万6千世帯(高齢者世帯の47.8%)となっている[15]。これまで障害者の介護は、家族介護が中心となって支えられてきたが、家族の介護機能は低下しており、少子高齢化によって、介護問題は今後ますます深刻化していくと考えられる。

このように急速に少子高齢化が進展している我が国においては、高齢者や身体障害者の自立度の向上を図り、介護を軽減させることは大変重要な課題となっている。

リハビリテーションは高齢者や障害者に対する自立支援、在宅生活維持の2つを基本方針[16]とした支援を行っている。前述のような社会的背景の中、リハビリテーションの果たす役割は大変重要であり、社会的にも大きな期待が寄せられている。

1 - 2 脳血管障害の時期別リハビリテーション

脳血管障害のリハビリテーションは時期別に、急性期リハビリテーション、回復期リハビリテーション、維持期リハビリテーション、終末期リハビリテーションに大別される (Fig. 1-1)。

急性期リハビリテーションは発症直後～発症後2、3週間ほどの入院期間中[17]に実施される。目的は、早期離床、ベッド臥床時間の短縮、廃用症候群の予防が中心となり、在院日数の短縮を支援するリハビリテーション医療サービスが重要となる[18]。

次に、回復期リハビリテーションは、2000（平成12）年の診療報酬改定で特定入院料として回復期リハビリテーション病棟入院料が新設され[19]、この病棟を中心としたリハビリテーションが行われている。入院期間は180日以内と限定され、日常生活活動（以下、ADL）の向上、寝たきりの防止、家庭復帰[18]、また歩行の自立[20]が目的となる。また、回復期リハビリテーション病棟運営の要点としては、急性期病棟との連携、入院サービスの質的向上、在宅へ円滑に移行するための在宅ケアサービスとの連携が重要であるとされている[18]。

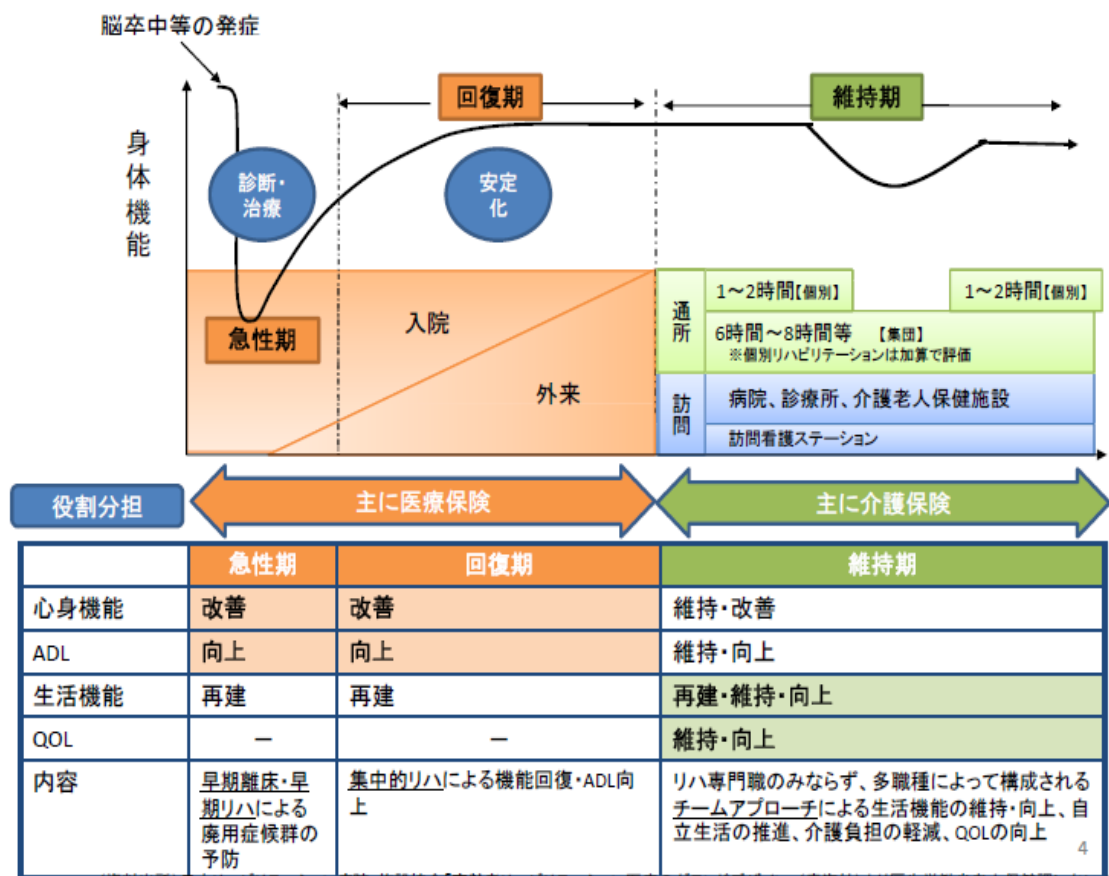
そして、維持期以降のリハビリテーションについては、急性期、あるいは回復期リハビリテーションが終了した後に実施され、実施場所は在宅や施設など、対象者の居住場所により異なる。目的は、在宅もしくは施設の生活や社会生活の改善が中心となる。

さらに、急性期・回復期リハビリテーションは主に医療保険、維持期以降のリハビリテーションは主に介護保険領域で実施されることとなる。

近年は、脳血管障害発症後にADLや歩行が自立した者が、病院を退院後に閉じこもりがちになり、廃用性の低下を引き起こすことが問題となっている[21]。寺田らは、回復期リハビリテーション病棟から自宅退院した者のうち、70.6%の者にADL低下が認められたと報告している[22]。また、宮岡は、在宅で何らかのサービスを受けている48名の能力の変化について、その時期を調査したところ、退院後3ヶ月

以内に変化を示すものが多かったと報告している[23]. そのため、退院直後には入院中に獲得した身体機能やADL能力低下を予防し、在宅生活への適応を図るための集中的なリハビリテーションが必要である. 脳卒中治療ガイドライン2009においても、回復期リハビリテーション終了後の脳血管障害者に対して、筋力、体力、歩行能力などを維持・向上させることが勧められており、そのために訪問リハビリテーションや外来リハビリテーション、地域リハビリテーションについての適応を考慮することが推奨されている[24]. さらに、介護老人保健施設や通所・訪問リハビリテーションにおいては、入所や退院・退所直後から3ヶ月の期間におけるリハビリテーションに、短期集中リハビリテーション加算を付加し、退院後の集中的なリハビリテーションを重視している[25].

これらのことから、退院3ヶ月後までの期間はADLに変化が生じやすい時期であるため、積極的かつ集中的なリハビリテーションの実施が求められている.



(資料出所) 日本リハビリテーション病院・施設協会「高齢者リハビリテーション医療のグランドデザイン」(青海社)より厚生労働省老人保健課において作成

Fig.1 - 1 リハビリテーションの役割分担

1 - 3 在宅移行期のリハビリテーションと在宅移行期の定義について

前述のように退院直後には、ADLや歩行能力の低下をきたしやすいということが問題となっている。また、近年は疾病治療後に直接・間接を問わず、何がしかの障害を残して生活復帰に至ることが大部分である[26]。そのため、退院後から直ちに自宅環境に適応した生活を送ることは困難であることが多く、入院中に獲得した身体機能やADL、歩行能力を活かした在宅生活を送るためには、退院後のリハビリテーションは非常に重要である。二神は、退院後の生活の再建・再構築のためには、まず基礎体力の維持向上を図り、廃用性を起こさせないこと、心身機能に働きかけ生活の中での動作バリエーションを増やし、生活能力の向上のために落とし込みを行うことが重要であると述べている[27]。さらには、閉じこもりを防ぎ社会との接点をもつこと、またはきっかけ作りを行うこと、生活空間の拡大や生活の質(Quality of Life)の向上に働きかけることが必要であるとも述べている[27]。このように、退院後のリハビリテーションの目的は多岐にわたるが、まずは心身機能の廃用が生じないように、離床して活動的な生活を送ることが必要であり、そのための支援が非常に重要となる。

さらに、この退院直後の時期についての名称は、在宅移行期[28][29]のほか、生活立ち上げ期[30]、在宅支援導入期[31]などと称された報告がある。また、在宅移行期の時期については、数ヶ月から1年までの時期が示されている[28]が、本研究においては先行研究[23][29]及び、介護報酬において退院・退所直後から3ヶ月以内の集中的なリハビリテーションが重視されている[25]ことから、退院直前から退院3ヶ月後までの期間を在宅移行期と定義した。

1 - 4 在宅移行期のリハビリテーション評価の現状と課題

在宅移行期のリハビリテーションにおいて、より精度の高い効果的な支援を行うためには、対象者の退院直前の病院内での生活状況や、退院直後の自宅における日常生活の活動状況を的確に評価・追跡し、その情報に基づいた支援を行うことが必要となる。しかし現状においては、在宅移行期に特化した評価手法はなく、他の時期と同様の評価が使用されている。また、生活や活動状況の評価は、一般的に定性的評価が用いられていることが多い[32][33]。しかしながら、これらは対象者や家族から聴取した主観的情報に基づいた評価であるため、正確な情報が得られない可

能性があり、適切な判定をしにくいのが現状である。また、評価結果が検査者の知識や経験に左右される場合もある[34]。さらに、脳血管障害者の動作評価は、セラピストの観察評価が中心に行われているが、在宅移行期の評価は退院直前には病院内、退院後には自宅で評価を行うこととなる。そのため、退院後はセラピストの目の届かない対象者の自宅や、地域における日常生活の状態を把握する必要がある。入院中の観察評価はセラピストが対象者の下を訪れることで容易に行えるが、退院後にセラピストが全ての対象者宅に訪問し、観察評価を行うことは現実的でなく、自宅での観察評価を実施することは容易でない。したがって、病院や自宅といった異なる環境下においても、対象者の動作や活動状況を定量的に評価できる手法が必要である。

1 - 5 脳血管障害者の身体活動評価

身体活動の測定は、身体活動量と関連する具体的にいくつかの身体活動を挙げて、その活動の有無や一週間当たりの頻度、時間等の評価を行うものである[35]。一方、身体活動量は身体活動において生じるエネルギー消費量を測定するもの[35]であり、本研究においては身体活動に焦点を当てた評価を実施する。

身体活動の評価方法には、身体活動に関する質問紙法[36]、歩数計や加速度計による動作計測法、行動記録法などが挙げられる[37]。質問紙法には、身体活動評価表 (Physical Activity Assessment Scale: PAAS) [36]があるが、日常生活などの低強度の身体活動評価には適していない。また、Physical Activity Scale for the Elderly (PASE)日本語版[37]は、評価項目に家事などの低強度の活動が含まれているが、やはり定量的な評価は困難である。

その他、これまでに国内外において、いつでもどこでも、かつ対象者に負担をかけない、様々な生体計測技術の研究開発が行われてきている。

その計測方法としては、まず無拘束 (ウェアラブル) 計測が挙げられる。これは、身体に小型のセンサを装着することにより、計測場所や環境を限定することなく計測できる手法である。無拘束生体計測技術の研究開発は、まずヒトの活動や行動を計測する手法として、手首に加速度センサを取り付けて活動量の計測を行う ActiGraph が考案され、特に職場環境、生活環境におけるストレス、高齢化による心肺機能の低下がおよぼす日中の眠気や、睡眠の増加、夜間睡眠の質、睡眠時無呼

吸症候群(SAS)予備軍の検査といった評価に用いられてきた[38-40]. しかしながら、本手法は対象者が活動しているか休んでいるかの違いしか計測することができず、立位や座位、臥位などの姿勢判別、及び歩行速度や歩行周期の計算はできないという課題もあり、リハビリテーション分野における応用のためには、新たな計測・解析手法が望まれる.

一方、対象者の胸部や大腿部、腰部などに加速度センサを取り付け、活動中の様子を把握するといった方法も提案されており、ヒトの活動内容や行動履歴の評価への有効性が確認されている[41-42]. しかしながら、これら手法は姿勢については「座っているか、立っているか、寝ているか」程度の分類しかできず、リハビリテーション分野においては実用的でない側面もある. また、体各部の関節角度等より詳細な情報を計測できる手法や、大腿部にジャイロセンサを取り付け、歩行中の大腿部角度変化を計測し、簡単な歩行モデルにより歩幅や歩行速度を解析する手法も提案されている[43-45]が、データ解析が煩雑である場合も多く、また高精度な姿勢判別と歩幅や歩行速度の計算を同時にできないといった問題がある.

一方、本井らはこれまで脳血管障害者を含む成人を対象として、体幹・大腿・下腿に加速度・ジャイロセンサ、無線モジュール、バッテリー等を内蔵した小型のセンサユニットを装着し、細かな姿勢変化の特徴や1歩行周期毎の歩行速度を計測可能なウェアラブルシステムの開発を行ってきた[46-49]. さらに、このセンサと対象者の各関節にマーカーを取り付け、ビデオカメラによる同時計測を行うことで計測精度を確証すると共に、脳卒中片麻痺患者を対象としたリハビリテーション中や日常生活における姿勢・活動計測を行い、ウェアラブルシステムを用いたリハビリテーション支援の有効性を実証してきた[46-47, 50-53].

上記技術は立位、座位、臥位の姿勢判定や歩行の判別、歩行中における歩行周期、歩行速度、体幹、大腿、下腿、膝関節角度といった詳細な姿勢変化の特徴を最低限のセンサで検出できるという特徴を有している. そのため、リハビリテーションにおける訓練効果や日常生活における活動や歩行の様子の変化を定量的に評価するうえでも、非常に有効な手法であると考えられる. しかしながら、在宅移行期の脳血管障害者に対する評価や、対象者の自宅における継続的な定点評価は行われていないのが現状である.

1 - 6 脳血管障害者の活動の時間帯

国の施策である「健康日本 21」では、「栄養・食生活」、「身体活動・運動」、「休養・こころの健康づくり」等が取り組むべき課題として選択され、具体的な目標設定がなされている[54]. 健常者はもちろんのこと、脳血管障害などの病的変化が一度生じた高齢者にとっても、睡眠・食事・運動は心身の健康維持に重要な要素である。不動による廃用症候群・寝たきりといった悪循環を断ち切るには、活動的な状態を保つほかなく、リハビリテーションにおいてはあらゆる方法・手段を駆使して興味・関心をつなぎ止め、活動に参加してもらうように働きかけなければならない[55].

他の生物同様、人間にも体内時計（生体リズム中枢）があり、睡眠－覚醒、ホルモン分泌、体温変化など、生体サイクルの基盤となる生体リズムを時間的に制御している。ヒトの体温には睡眠中に最低値を示すが、起床後急速に上昇し、午後から夕刻にかけて最高値を示す日周リズムがある[56]. また、体温リズムの管理上大切なこととして、覚醒後はできるだけ陽の光にあたり、朝食をとり、体温上昇を助けるよう活発に、かつ、できるだけ明るいところで行動することを挙げている[57]. さらに、生体リズムと光に関する観点からは、生体リズムの昼夜のメリハリを維持向上するためには、一般に数千lxの光を1～2時間以上、日中（特に午前中）に目で受光することが必要と報告されている[58]. そして、山本は、メリハリのある生活とは、体温リズムを乱さないように、かつ振幅を大きく強調するように行動し睡眠することであり、それによって快眠が得られるとしている[58].

脳血管障害者は健常者に比べて、終日活動を持続させることは困難である場合が多い。実行可能な活動量が制限されている者に対しては、特に生体にとって有効な時間帯に焦点を当てて活動を促進させることが必要だと考えられる。

1 - 7 本研究の目的

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[59]. 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、在宅へ復帰後に活動範囲が限定的になってしまい、これにより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を招くという悪循環を形成することも多い

[60]. また身体活動の低下や歩行障害によって転倒が発生した場合には、骨折や外傷などによる身体的損失に加え、転倒への恐怖による不働等も起こり、二次的な廃用症候群や寝たきりの原因となる[61]. 従って、リハビリテーションにおいては、入院・加療中に効果的な支援を行うことはもちろんのこと、さらには退院後の在宅移行期における身体活動の低下を防ぐことが非常に重要な課題となっている。

上記のような支援を行うためには、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る。現在は、入院中を含めて問診による定性的評価[33]が用いられることが多く、これら評価は必要経費も少なく簡便な手法と言える[62]. 特に、自宅と地域社会の範囲内における対象者の移動性、即ち活動範囲が評価可能な Life-Space Assessment (以下、LSA) [63]は、個人の生活の空間的な広がりにおける移動を評価する指標[64]であり、対象者の直近 1 ヶ月の日常生活における活動状況を把握する上で有用な手法である [63-65]. しかしながら、これらはいくまで観察・問診による評価であり、検査者の知識や経験に左右される場合もある[34]. また、特に在宅移行期における評価は、セラピストの目の届かない対象者の自宅や地域における日常生活の状態を把握する必要がある。従って、前述のような定性的評価と併せて、対象者の日常生活において定量的に姿勢変化や歩行の状態を解析できる手法が必要不可欠と考えられる。

身体活動の定量評価手法としては、歩数計[66]や ActiGraph [67-68]といった方法があるが、歩数や動いているか否かといった情報しか得られないため、対象者の身体活動を評価する上では不十分である。一方、姿勢・歩行状態の解析については、動作解析装置や床反力計[69]といった装置による手法があるが、これらは計測環境が限定されるため、対象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の開発[70-72]や高齢者並びに脳血管障害者の動作評価[69,73]が試みられているが、姿勢変化や歩行状態を同時にみることができないものや、得られる解析データが煩雑であるといった問題も多く、特に在宅移行期における脳血管障害者の姿勢変化や歩行状態を、詳細かつ簡便に把握可能な手法は確立されていないのが現状である。

一方著者らは、高齢者の活動性評価やリハビリテーション効果評価を目的とし、体幹・大腿・下腿の各部の重力方向に対する角度変化を計測することで、臥位、座位、歩行、起立・着座、立位といった日常生活における姿勢状態の判別を行うと共

に、歩行中には体各部の角度変化の特徴や1歩行周期毎の歩行速度も簡便に把握可能なウェアラブル身体活動計測システム（以下、本システム）の開発を行い、ビデオとの同時計測・比較から、片麻痺者を含む成人において相関係数 0.95 以上という実用に供しうる姿勢・歩行速度計測精度が確認された[46-47, 50-53].

そこで本研究は、脳血管障害者の日常生活下における姿勢判別、及び姿勢判別結果を含む身体活動の定量評価方法を新たに提案する。また、これら指標を用いて入院中から退院後3ヶ月の在宅移行期の脳血管障害者を対象に、定量的身体活動評価を行った。さらに、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 LSA の同時評価を行い、本システムによる身体活動評価結果との関連性を検証し、在宅移行期における新たな活動評価方法としての有効性を実証したので報告する。

第2章 ウェアラブル身体活動計測システムの開発

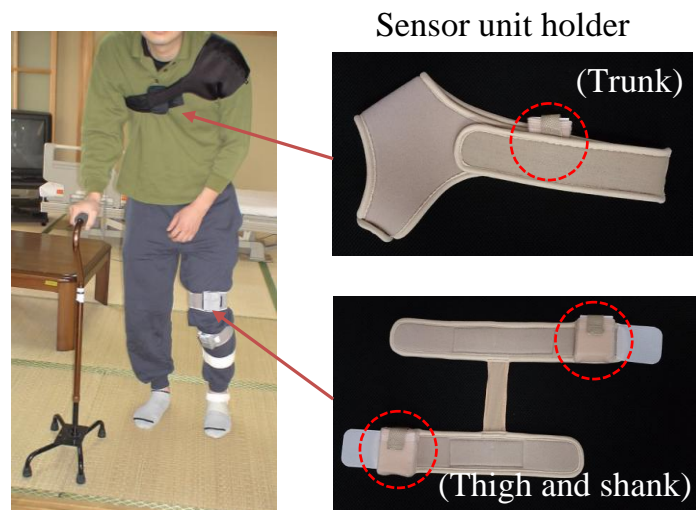
2 - 1 ウェアラブル身体活動計測システムの概要

Fig. 2-1 は本システムの概要である。本システムは、体幹・大腿・下腿それぞれにセンサユニットを装着することで、それぞれの矢状面の重力方向の角度を計測する。これら各々の角度をみることで、立位・座位・臥位の姿勢判別が可能であるほか、角度変化から判別し歩行距離、歩行速度を求めることが可能である。

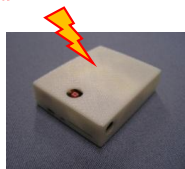
センサユニット内には 3 軸加速度センサ (LSM303DLH ST, Microelectronics) , 3 軸ジャイロセンサ (ITG-3200, InvenSense) , Bluetooth を用いた無線モジュール (ZEAL-C02, ADC Technology) , 計測データを保存するための micro SD カード (SDXC カードを除く) , バッテリー (LI-348SP, S.T.L.JAPAN, 480mAh) , 加速度・ジャイロセンサから得られたデータをそれぞれ加速度・角速度に変換するための CPU (dsPIC33F, Microchip Technology) を搭載している (Fig. 2-2, Table. 2-1) . センサユニットの大きさは縦 41 mm, 横 51 mm, 高さ 14.5 mm, 質量 28 g である。立位や座位などの静止時は加速度センサで得られた角度を使用し、歩行中はジャイロセンサから得られた角度を使用する。

本センサユニットは、専用アプリケーションソフトをインストールしたスマートフォンやタブレットを用いたオンライン計測で 6 時間、オフライン計測で 11 時間計測が可能である。オンライン計測時は無線接続したスマートフォンやタブレットから時刻データを送っているため、センサユニット間の同期が自動で行われる。一方、オフライン計測時は体幹、大腿、下腿用の各センサユニットの電源を入れた後、3 つのセンサユニットをバンドで一体にして 90 度傾ける。計測終了後、加速度センサの重力方向の軸から 90 度傾けた時の加速度の最大値を検出し、3 つのセンサユニットの同期を行う。同期が終了した後、解析用プログラムにて各関節角度の算出、姿勢の判別、平均歩行速度の計算を行う。

本システムを用いて計測を行うには、オンライン時はセンサユニットの電源を入れた後、オフライン時は手動による同期を行った後、センサホルダー (上半身用 : 79g, 下半身用 : 48g) を用いて対象者の体幹、大腿、下腿にそれぞれセンサユニットを装着する。計測終了後、センサホルダーを対象者から外す。オンライン時には計測データはスマートフォンもしくはタブレット内にも保存されるが、オフライン時はそれぞれのセンサユニット内の micro SD カードからデータを取り出し、解析用 PC で解析を行う必要がある。



○ Sensor units



(41x51x14.5 mm, 28 g)



Smart phone
or Tablet PC

- Accelerometer (3 axes)/Static posture
- Gyro-sensor (3 axes)/Dynamic posture
- Transmitter (Bluetooth, Ver. 2, Class 2)
- Memory (micro SD card)
- CPU, AD converter (10 bit, 25 Hz)
- Battery (3.7 V, 480 mAh)/Real time recording: 6 h, off-line recording: 11 h

Fig. 2-1 Outline of wearable gait monitoring system

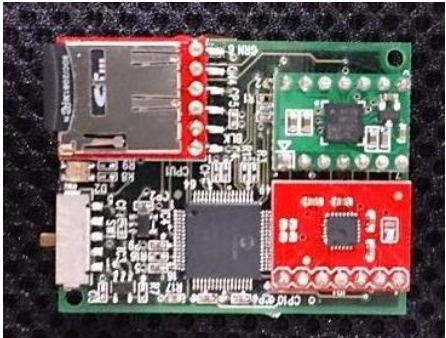
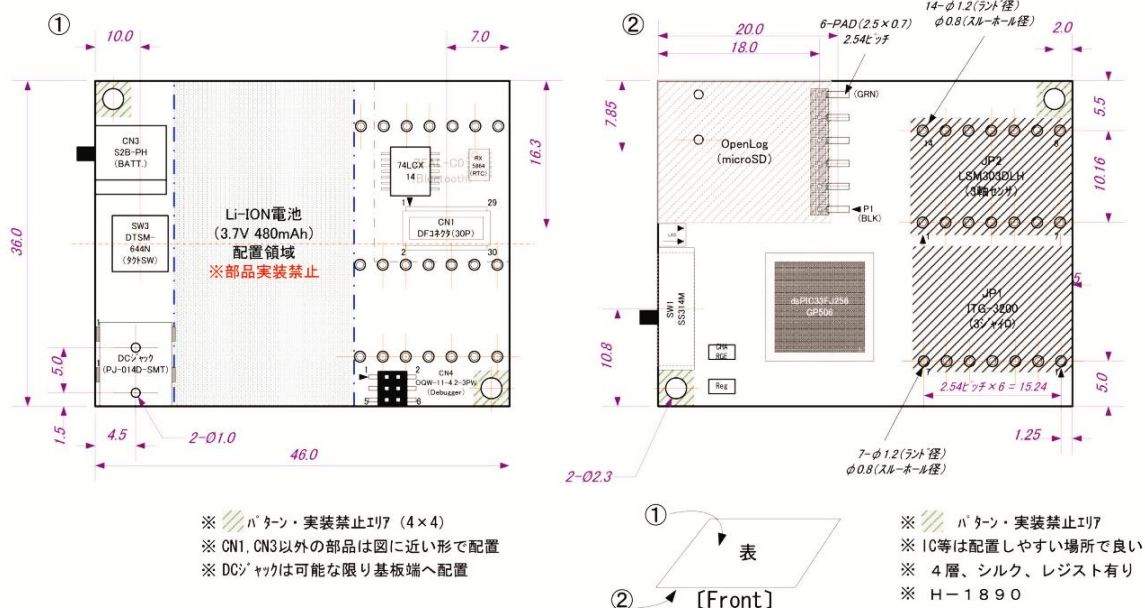


Fig. 2-2 Circuit board in sensor unit and part placement

Table. 2-1 The datasheet of the used sensor

(a) Accelerometer, (b) Gyroscope sensor

(a) 加速度センサ : LSM303DLH ST Microelectronics 社製

Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typical	Max	Unit
GYRO SENSITIVITY					
Full-Scale Range	FS_SEL=3	-6	±2000	+6	deg/s
Gyro ADC Word Length			16		Blts
Sensitivity Scale Factor	FS_SEL=3		14.375		LSB/(deg/s)
Sensitivity Scale Factor Tolerance	25°C				%
Sensitivity Scale Factor Variation Over			±10		%
Temperature					
Nonlinearity	Best fit straight line; 25°C		0.2		%
Cross-Axis Sensitivity		2	%		
GYRO ZERO-RATE OUTPUT (ZRO)					
Initial ZRO Tolerance			±40		deg/s
ZRO Variation Over Temperature	-40°C to +85°C		±40		deg/s
Power-Supply Sensitivity (1-10Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.2V		0.2		deg/s
Power-Supply Sensitivity (10 - 250Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.2V		0.2		deg/s
Power-Supply Sensitivity (250Hz - 100kHz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.2V		4		deg/s
Linear Acceleration Sensitivity	Static		0.1		deg/s/g
GYRO NOISE PERFORMANCE	FS_SEL=3				
Total RMS noise	100Hz LPF (DLPFCFG=2)		0.38		deg/s-rms
Rate Noise Spectral Density	At 10Hz		0.03		deg/s/√Hz
GYRO MECHANICAL FREQUENCIES					
X-Axis		30	33	36	kHz
Y-Axis		27	30	33	kHz
Z-Axis		24	27	30	kHz
Frequency Separation	Between any two axes	1.7			
GYRO START-UP TIME	DLPFCFG=0				
ZRO Settling	to ±1% of Final		50		ms
VDD POWER SUPPLY					
Operating Voltage Range		2.1		3.6	V
Power-Supply Ramp Rate	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 90% of the final value (see Figure in Section 4.4)	0		5	ms
Normal Operating Current			6.5		mA
Sleep Mode Current			5		μ A
VLOGIC REFERENCE VOLTAGE					
Voltage Range	VLOGIC must be ≤VDD at all times	1.71		VDD	V
VLOGIC Ramp Rate	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 90% of the final value (see Figure in Section 4.4)		1		ms
Normal Operating Current			100		μ A

VDD = 2.5V, VLOGIC = 1.71V to VDD

(b) ジャイロセンサ : ITG-3200 InvenSense 社製

Mechanical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Linear acceleration measurement range	FS bit set to 00		±2.0		g
	FS bit set to 01		±4.0		
	FS bit set to 11		±8.0		
Linear acceleration sensitivity	FS bit set to 00 12 bit representation	0.9	1	1.1	mg/digit
	FS bit set to 01 12 bit representation	1.8	2	2.2	
	FS bit set to 11 12 bit representation	3.5	3.9	4.3	

Mechanical characteristics (continued)

Parameter	Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Linear acceleration sensitivity change vs. temperature	FS bit set to 00		±0.01		%/°C
Linear acceleration typical zero-g level offset accuracy	FS bit set to 00		±20		mg
Linear acceleration zero-g level change vs temperature	Max delta from 25 °C		±0.1		mg/°C
Acceleration noise density	FS bit set to 00		218		µg/√ Hz
Linear acceleration self-test output change	FS bit set to 00 X axis		300		LSb
	FS bit set to 00 Y axis		-300		LSb
	FS bit set to 00 Z axis		350		LSb

Electrical characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Supply voltage		2.5		3.3	V
Accelerometer module power supply for I/O			1.8		V
Current consumption in normal mode			0.83		mA
Current consumption in powerdown mode	T = 25°C		3		µA
Operating temperature range		-30		+85	°C

2 - 2 姿勢・活動解析プログラムについて

計測されたデータについては、スマートフォン等の情報端末により収集可能であり、その後解析 PC に送られる。その後、各部の角度情報が算出される。静止中は 3 軸加速度センサの重力成分(DC~0.5 Hz)により、また姿勢変化中はジャイロセンサ出力の時間積分により、重力方向・旋回方向等に対する角度を算出する [47-48, 51-53]。なお、Fig. 2-3 に本システムで解析を行う角度の定義を示した。

次に、得られた角度を用いて、歩行、起立・着座、座位、臥位、立位に判別する。その判別アルゴリズムを Fig. 2-4 に示した。また、Fig. 2-5 は活動シナリオの概要であり、横軸を時間とし、上記姿勢判別の結果に基づき、各時間における姿勢を色別で表す。

一方、歩行中については、下肢長と角度変化により、一歩行周期におけるセンサ装着側立脚中の歩行速度が計測可能であり、その方法を Fig. 2-6 に示す。具体的には、下腿角度が最大値になるときを踵接地 (Heel contact) とし、大腿角度が最小値になるときを踵離地 (Heel off) とし、その際の角度と下肢長より移動距離を算出し、その間の時間で割ることにより速度を求める。

次に、上記解析プログラムにより得られた情報は、活動カルテとしてまとめられ、データの確認が可能となっている。活動カルテは、歩行中の動作に着目したカルテ (以下、「活動カルテ (歩行解析)」) と活動内容に着目したカルテ (以下、「活動カルテ (活動性)」) の二つに分けて作製される。Fig. 2-7 に示した活動カルテ (歩行解析) は、理学療法を行う際に評価の基準として用いられる歩行動作の特徴に関して、詳細な解析結果を示したものである。これには、直近の計測に対して、歩行中における各部の詳細な角度変化と、股関節・膝関節の可動域や平均歩行速度等を計測日毎にまとめたトレンドグラフを示した。具体的には、以下の指標について算出を行っている。

- (a) リハビリテーション室における歩行訓練の効果追跡や、ADL における歩行状態を確認すべく、リハビリテーション室及び病棟 ADL 中の歩行について、体幹・大腿・膝関節・下腿角度及び歩行速度の各日毎の平均値及び標準偏差 S.D. を表示する。
- (b) 歩行動作の詳細な特徴を評価すべく、各部角度変化を表示すると共に、角度波形を 1 歩行周期毎に切り出し、それらの平均値と標準偏差 S.D. を表示する。

次に、Fig. 2-8 の活動カルテ（活動性）は、主に作業療法評価で使用できるよう、活動内容に関する解析結果を示したものである。これには直近の行動シナリオや活動割合、活動割合のトレンドグラフ等を示した。具体的には、以下の指標について算出・表示が可能となっている。

- (1) 日常における詳細な活動性を確認すべく、行動シナリオ及び姿勢割合、平均歩行速度や歩数を表示する。
- (2) 退院後も含めた活動性の維持・向上を評価すべく、活動割合の変化を長期的に追跡した結果を表示する。

一方、活動カルテの一部にコメントを書き込むスペースを設けることにより、セラピストが判断した内容や対象者・家族に伝えたい事項等を記録可能にした。作成された活動カルテは、病院のパソコンやポータブル型端末を用いて閲覧可能にし、対象者本人や家族、セラピスト等、リハビリテーション関係者の情報共有を可能にした。

なお、Fig. 2-9 は本解析プログラムにより保存されるデータの一覧及びデータフォーマットである。

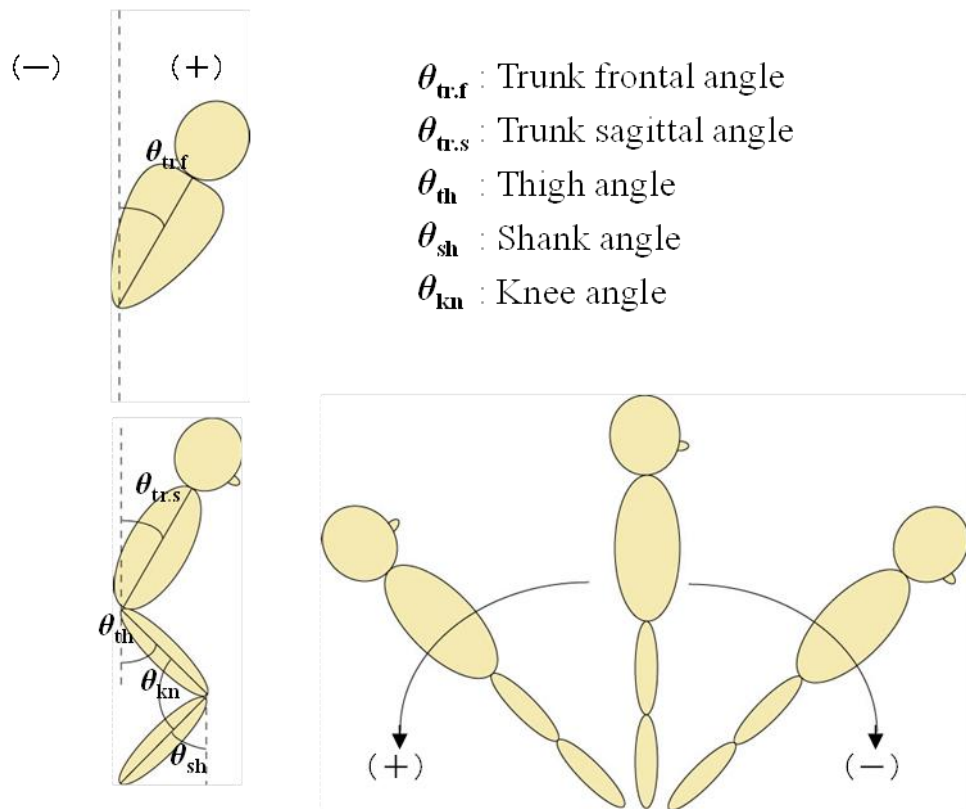


Fig. 2-3 Definitions of each angle change in wearable posture & gait monitoring system

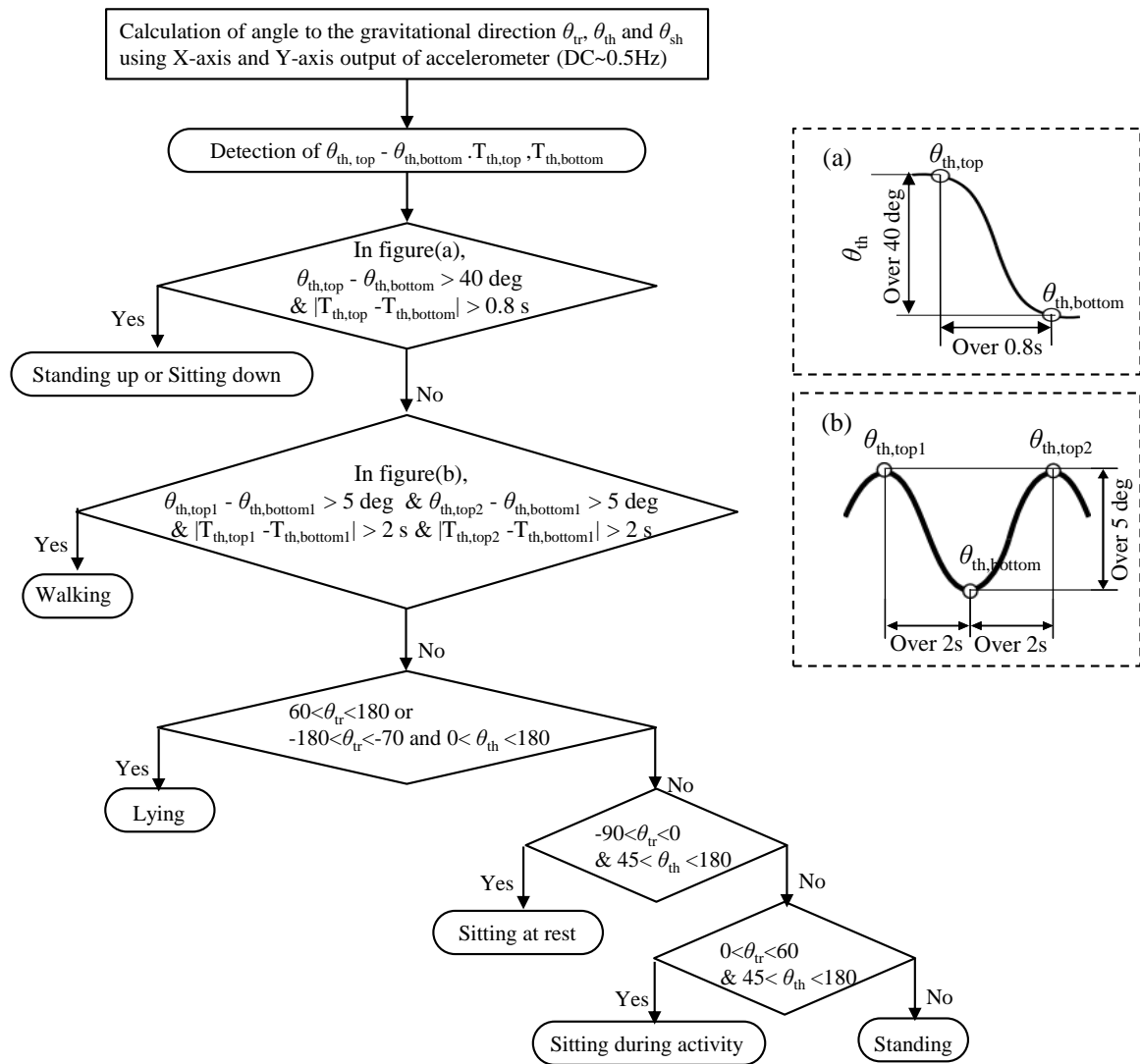


Fig.2-4 Algorithm of posture discrimination

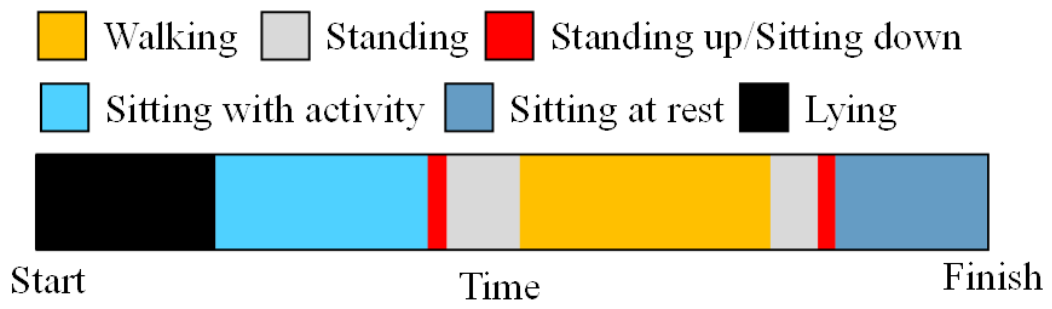


Fig. 2-5 Definition of active scene in wearable posture & gait monitoring system

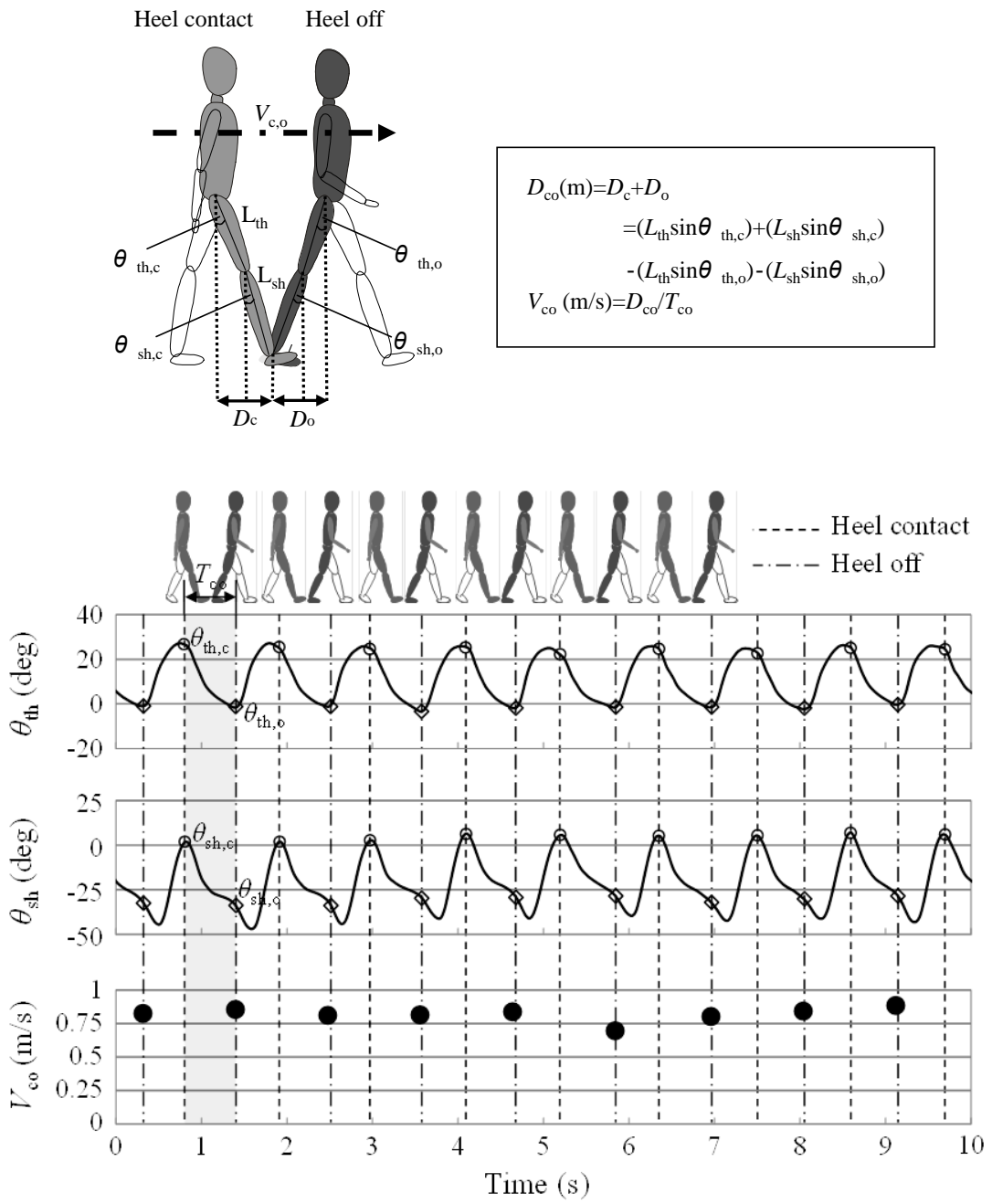


Fig. 2-6 Analysis method of walking speed

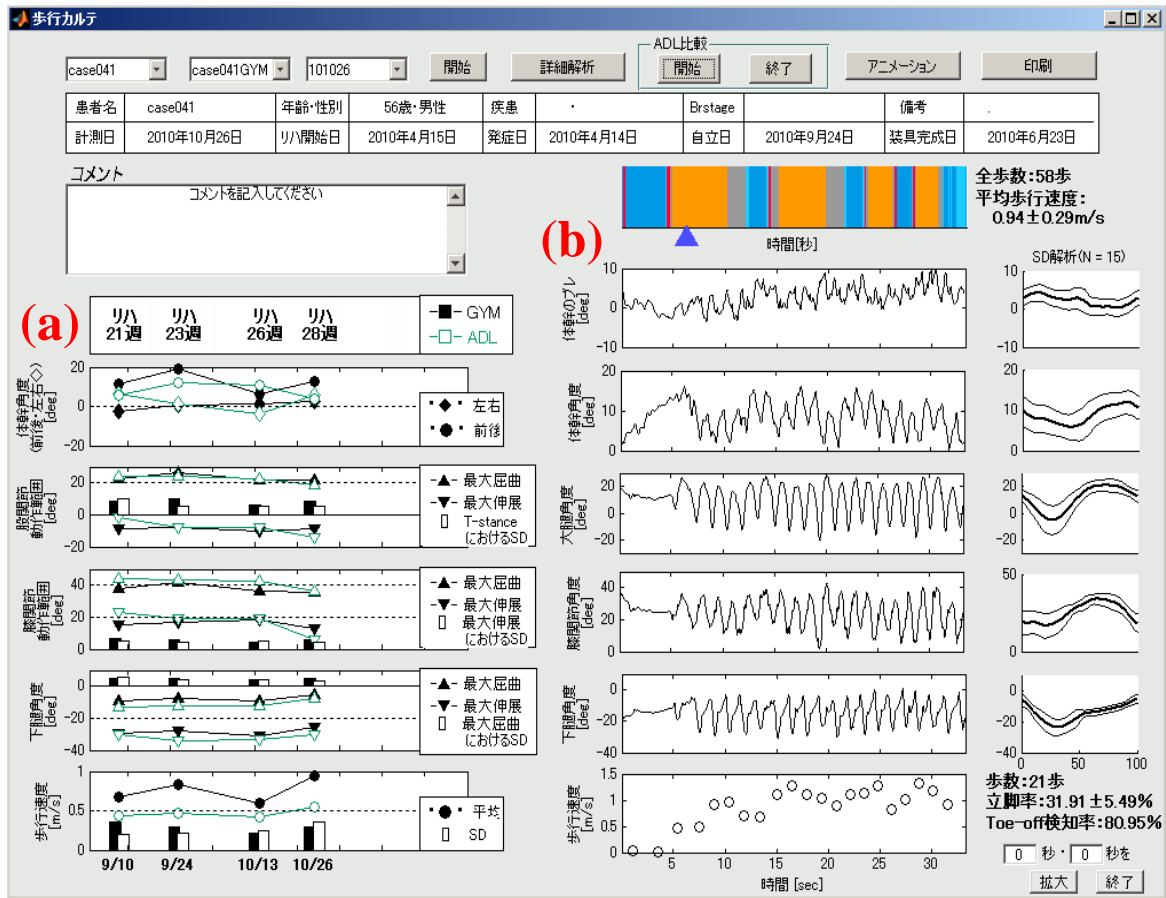


Fig.2-7 Medical record of activity, showing gait analysis

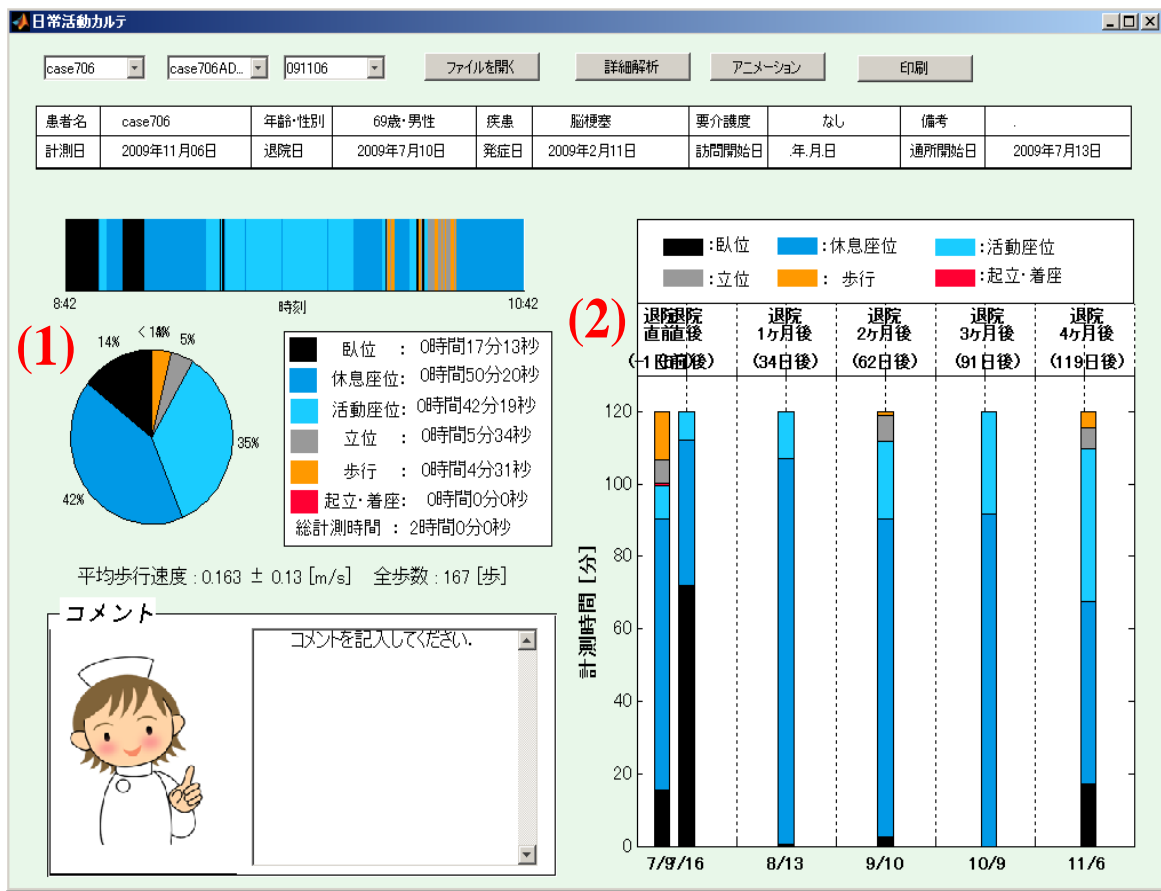


Fig. 2-8 Medical record of activity, showing activity analysis

	1	2013	12	9				
	162105	0	-1.01	-0.02	0.04	1.53	-0.28	0.63
	162105	4	-1.01	-0.02	0.04	1.74	-0.14	0.56
	162105	8	-1	-0.03	0.04	1.6	-0.35	0.7
	162105	12	-1.01	-0.02	0.04	1.6	-0.28	0.28
	162105	16	-1.01	-0.02	0.04	1.53	-0.28	0.77
	162105	20	-1.01	-0.02	0.04	1.6	-0.56	0.56
	162105	24	-1.01	-0.02	0.04	1.6	-0.14	0.7

↑ 計測時刻(時分秒)
 ↑ 計測時刻(ミリ秒)
 ↑ X ↑ Y ↑ Z ↑ X ↑ Y ↑ Z
 ↑ 加速度(X,Y,Z) ↑ 角速度(X,Y,Z)

a) Measurement data which are saved in a micro SD card attached in sensor unit

ファイル名	中身					
activescene.csv	計測時間	姿勢を示す値				
Deg.csv	計測時間	体幹のブレ	体幹角度	大腿角度	下腿角度	膝関節角度
HC.csv	HCタイミング	体幹角度	大腿角度	下腿角度	膝関節角度	
HO.csv	HOタイミング	体幹角度	大腿角度	下腿角度	膝関節角度	
V.csv	HCタイミング	歩行速度	立脚期移動距離	HCタイミング ⇒HOタイミング	HCタイミング ⇒HCタイミング	歩行率

HC:Heal contact
HO:Heal off

姿勢とその値	
臥位	1
休息座位	2
立位	3
歩行	4
起立・着席	5
活動座位	6

b) The files which are made by analysis program

Fig.2-9 The files which are made by wearable posture & gait monitoring system

第3章 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

3 - 1 目的

3 - 1 - 1 日常生活下における姿勢割合の定量評価

ここでは、本システムを用いた在宅移行期の脳血管障害者の、退院後の姿勢・活動の定量評価方法を新たに提案する。また、入院中から退院後3ヶ月の在宅移行期の脳血管障害者を対象に、本システムを用いた姿勢・活動の定量評価を行い、在宅移行期における新たな活動評価方法としての有効性を実証することを目的とした。

3 - 1 - 2 Life-Space Assessment との同時比較検討による定量的身体活動評価

ここでは、本システムによる身体活動の新たな定量評価指標を用いて、在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価を行った。また、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 LSA の同時評価を行い、本システムによる身体活動評価結果との関連性を検討し、退院前後の対象者の身体活動性評価を行うことを目的とした。

3 - 2 対象

2009年5月～2010年3月に藤元早鈴病院（現・藤元総合病院）回復期リハビリテーション病棟に入院中の脳血管障害者150名のうち、自宅退院が決定しており同意が得られた13名を対象とした（Table. 3-1）。日常生活下における姿勢割合の定量評価は、全対象者13名のうち、歩行が介助レベルであった Case 1 を除く12名を対象とした。内訳は、男性8名、女性4名、平均年齢は 67.7 ± 10.1 歳であった。

次に、LSA との同時比較検討による定量的身体活動評価は、全対象者13名のうち、著明な麻痺を認めない Case 7 を除く12名を対象とした。内訳は、男性8名、女性4名、平均年齢 68.7 ± 9.4 歳であった。

尚、本研究は当院倫理審査委員会の承認を得て、全ての対象者に説明、インフォームドコンセントを得た後に実施した。なお対象者へは、計測により姿勢状態の判別ができることと、計測中は入浴以外の活動に制約がないことを説明し、普段通りに過ごすように指示した。セラピストは計測ユニットを装着した後は計測場所に同席せず、対象者が普段通りに過ごせるように配慮した。

Table. 3-1 Subject details

Subject	Age	Gender	Diagnosis	Paralyzed side	Higher brain dysfunction	Gait level	The period from the onset of a disease to leaving hospital
Case1	68	Male	Cerebral infarction	Right	aphasia, apraxia	care	156
Case2	76	Male	Cerebral embolism	Left	none	Independence	91
Case3	65	Male	Cerebral infarction	Left	none	Independence	95
Case4	79	Female	Cerebral infarction	Left	none	Independence	94
Case5	69	Male	Cerebral infarction	Right	none	Independence	148
Case6	45	Male	Cerebral bleeding	Left	agnosia	monitoring	228
Case7	56	Male	Multiple cerebral infarction	perkinsonism	none	Independence	192
Case8	72	Male	Cerebral bleeding	Left	agnosia	Independence	114
Case9	79	Female	Cerebral infarction	Left	agnosia	Independence	155
Case10	65	Male	Subarachnoid hemorrhage	Both	none	Independence	36
Case11	61	Male	Hypertensive intracerebral hemorrhage	Left	none	Independence	136
Case12	70	Female	Subarachnoid hemorrhage	Left	agnosia	Independence	152
Case13	75	Female	Cerebral infarction	Right	none	Independence	158

3 - 3 方法

在宅移行期における、対象者の身体活動計測・評価方法について以下に示す。本システムでの計測及びLSAの評価については、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回実施した。なお，入院中の計測は退院前1週間以内，退院直後は退院日から2週間以内に計測を実施した。また，退院後の計測は，対象者の日常の身体活動状態を測定するために，介護保険サービス等の非利用日に実施した。なお，Fig. 3-1は対象者の自宅における計測風景である。

上記計測の実施時間帯については，朝食摂取後で血糖値も上昇し，1日の活動を開始する準備が整った時間[74]として，午前9時～11時の2時間とした。この時間帯において活動的か否かは，その後の行動や睡眠にも大きな影響を与える[75]と考えられるため，本時間帯における定量的身体活動評価は，対象者の活動性の把握やリハビリテーションを実施する上で，非常に有用な指標になると考えられる。また，入院中はスケジュールが管理され，一定の生活リズムが形成されているが，退院後はスケジュールを自己形成することになるため，退院直後の活動性には大きな影響が生じることが想定される。その意味でも，入院中から退院後まで同一時間帯の活動状態を評価することは，対象者のリハビリテーションや生活支援を行う上で有用な情報になると考えられる。一方，このような工夫をすることにより，対象者の計測に対する負担感を最小限に留め，継続的な計測を実現することが可能である。以上の観点から，今回上記の計測時間にて定点的な計測・評価を行った。



Fig. 3-1 Measurement scene

3 - 3 - 1 日常生活下における姿勢割合の計測・分析方法

具体的なデータ分析については、1回の計測毎に、臥位、座位、立位、歩行、起立・着座の5つの姿勢を判別して、各姿勢の積算時間を算出し、入院中と退院後（退院直後～退院3ヶ月後）の比較、退院直後とそれ以降（退院1ヶ月後～退院3ヶ月後）の比較を実施した。分析は、反復測定分散分析により行い、分散分析の結果において水準間に差が認められたものにおいて、その差の検証を多重比較検定により行った。なお、上記における統計的有意水準は5%未満とした。

3 - 3 - 2 Life-Space Assessment との同時比較検討による定量的身体活動の計測・分析方法

本システムより得られた結果を用いて、以下の指標(A)～(F)の算出を行った。なお、これらと併せてLSAを用いた対象者の活動範囲の評価(G)を実施した。

Fig. 3-2に示すLSAは、アラバマ大学で開発された、個人の生活の空間的な広がりにおける移動を評価するツールである。その目的は、評価実施前の1ヶ月間における個人の通常的生活空間を調べることにある。生活空間とは、ある期間において活動を実施するために、日常的に外出した距離によって規定される。そのため、個人が自分の住居から出かけた距離、および頻度、そして自立の程度の調査が含まれる。

生活空間の各レベルは個人の寝室からの距離で示され、これら生活空間に関するレベルは以下のように説明される。

Life-Space 0：寝室での移動制限

Life-Space 1：住居内の移動制限

Life-Space 2：居住空間のごく近くの空間での移動制限

Life-Space 3：自宅近隣での移動制限

Life-Space 4：町内での移動制限

Life-Space 5：町外での移動制限

本指標は、各生活空間のレベルで、生活空間の程度（「はい」、「いいえ」）と頻度（「週1回未満」、「週1-3回」、「週4-6回」、「毎日」）と自立度（「誰かの助けを要する」、「補助具を使用」、「一人できる」）を掛け合わせ、さらに生活範囲レベル1～5に対応して1～5の重み付けの得点を乗じる。合計点は、生活範囲レベル1～5

までの5段階合計で0点から120点の範囲をとる。その総合得点が高い値ほど、生活空間が広いことを示す[76-77]。

今回、LSAの評価は、評価実施前の1ヶ月間における個人の通常の状態について、本人あるいは家族への聴取に基づき作業療法士が得点を算出した。

- (A) 立位・歩行の割合：計測時間に占める立位と歩行の時間割合から、活動的な姿勢状態の占める割合の評価
- (B) 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
- (C) 歩数：日常生活での歩行量を評価
- (D) 歩行回数：数多く歩行の機会を持っているか評価
- (E) 歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離：歩行における麻痺側下肢の実質的な移動距離の向上がみられるか評価
- (F) 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
- (G) LSA：定性的評価による対象者の活動範囲を評価

さらに今回は，臨床での実用的な導入を想定して，本システム及びLSAから得られた結果より，身体活動性変動パターンの判別を行った。Fig. 3-3に示す身体活動性変動の解析アルゴリズムに則り，前述の本システムによる6つの指標(A～F)から，身体活動を5つのパターンに判別した(Table. 3-2)。具体的には，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つの判定を行った。また，同計測日においてLSA得点が低下した場合は，前述の記号に「↓」を付加することとした。

さらに，本システムとLSAの関連性を明らかにするため，本システムにより算

出された身体活動の各指標と LSA 得点の計測時期毎の相関を, Spearman の順位相関係数を用いて分析した. 統計的有意水準は 5%未満とし, 統計処理には XLSTAT バージョン 2013.5.08 を使用した.

最近の1ヶ月のあなたの活動範囲についておたずねします。									
生活レベル			頻度				自立度		得点
最近1ヶ月のあなたの生活範囲			あなたは週にどれくらいの頻度でそこへ行きましたか				補装具か器具使用もしくは他の人の助けを必要としましたか		程度 × 頻度 × 自立度
生活範囲レベル1 寝室以外の自宅内	はい 1	いいえ 0	1回未満 1	1-3回 2	4-6回 3	毎日 4	1=誰かの助けを要する 2=補助具を使用 3=1人でできる		
得点	() × () × () =								レベル1 得点
生活範囲レベル2 自宅内周辺	はい 1	いいえ 0	1回未満 1	1-3回 2	4-6回 3	毎日 4	1=誰かの助けを要する 2=補助具を使用 3=1人でできる		
得点									レベル2 得点
生活範囲レベル3 隣近所	はい 1	いいえ 0	1回未満 1	1-3回 2	4-6回 3	毎日 4	1=誰かの助けを要する 2=補助具を使用 3=1人でできる		
得点									レベル3 得点
生活範囲レベル4 町内	はい 1	いいえ 0	1回未満 1	1-3回 2	4-6回 3	毎日 4	1=誰かの助けを要する 2=補助具を使用 3=1人でできる		
得点									レベル4 得点
生活範囲レベル5 限りなく遠方まで	はい 1	いいえ 0	1回未満 1	1-3回 2	4-6回 3	毎日 4	1=誰かの助けを要する 2=補助具を使用 3=1人でできる		
得点									レベル5 得点
								総合得点	

Fig. 3-2 Life-Space Assessment

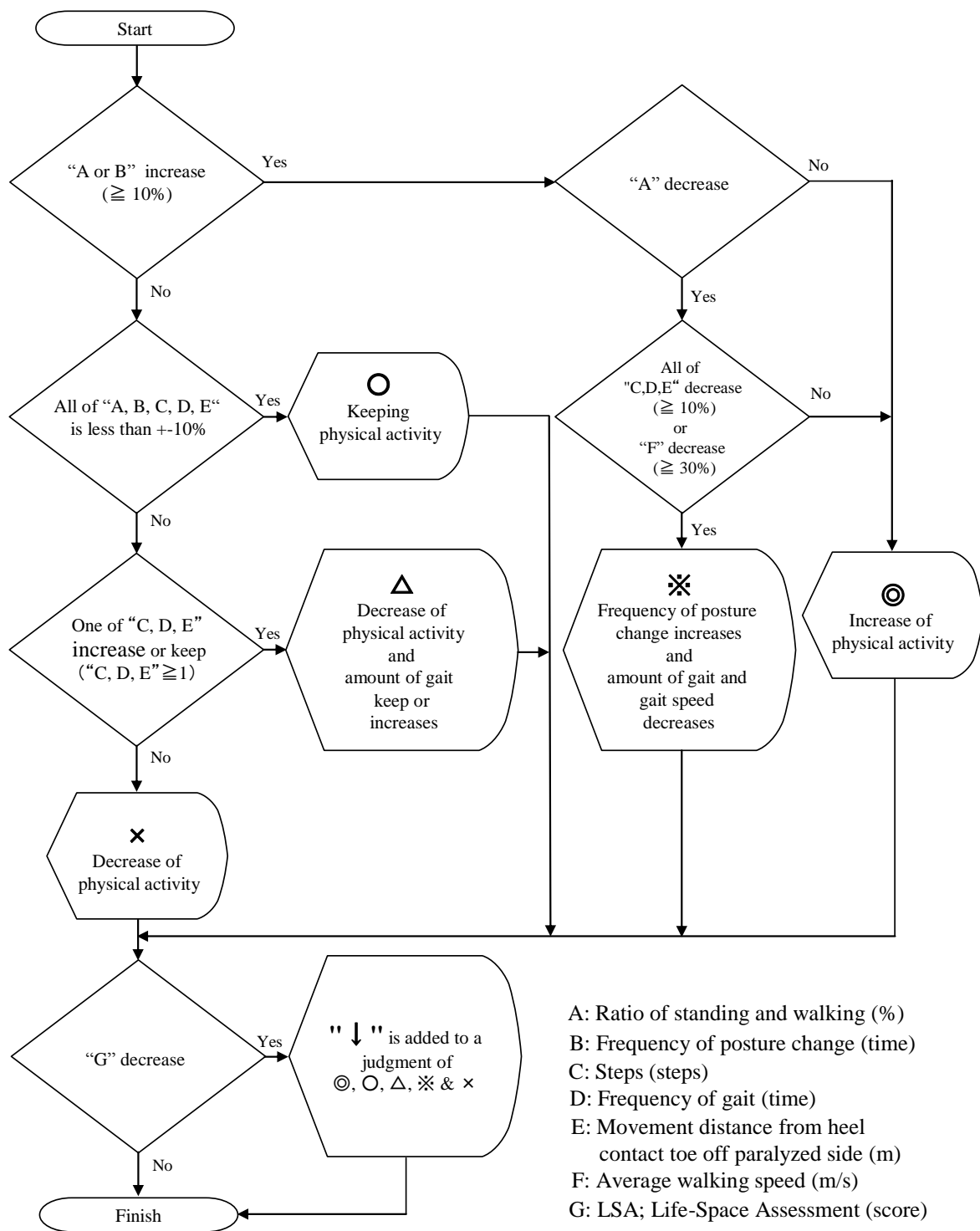


Fig. 3-3 Judgment algorithm of physical activity based on the wearable monitoring system

Table. 3-2 Judgment result of physical activity based on the algorithm

	Judgment result	◎ Increase of physical activity	○ Keeping physical activity	× Decrease of physical activity	△ Decrease of physical activity and amount of gait keep or increases	※ Frequency of posture change increases and amount of gait and gait speed Decreases
A	Ratio of standing and walking (%)	↑	→	↓	→ or ↓	↓
B	Frequency of posture change (time)	/	→	↓	→ or ↓	↑
C	Steps (steps)		→	↓	} One of "C, D, E" ↑ or →	} All of "C, D, E" ↓ or
D	Frequency of gait (time)		→	↓		
E	Movement distance from heel contact toe off paralyzed side (m)		→	↓		
F	Average walking speed (m/s)					↓

3 - 4 結果

3 - 4 - 1 姿勢割合の計測・解析結果

Fig. 3-4～Fig. 3-8 に 12 名の対象者の、本システムによる各姿勢・活動時間の結果を示す。

1) 臥位時間の計測結果 (Fig. 3-4)

臥位の平均時間及び標準偏差は、入院中：29.6±21.8 分，退院直後：3.9±11.8 分，退院 1 ヶ月後：1.9±3.7 分，退院 2 ヶ月後：10.7±23.7 分，退院 3 ヶ月後：4.6±8.4 分となった。入院中と退院後の比較においては，入院中と退院直後，退院 1 ヶ月後 ($p<0.01$)，退院 2 ヶ月後 ($p<0.05$)，退院 3 ヶ月後 ($p<0.01$) の間で有意に臥位時間が短縮していた。退院以降の比較においては，有意差は認められなかった。

2) 座位時間の計測結果 (Fig. 3-5)

座位の平均時間及び標準偏差は，入院中：60.2±25.4 分，退院直後：88.1±39.3 分，退院 1 ヶ月後：83.2±38.9 分，退院 2 ヶ月後：76.1±32.9 分，退院 3 ヶ月後：85.8±33.4 分となった。入院中と退院後の比較においては，入院中と退院直後で有意に座位時間が延長していた ($p<0.05$)。また，全ての計測時期において，座位時間が占める割合が最も多かった。退院以降の比較においては，有意差は認められなかった。

3) 立位時間の計測結果 (Fig. 3-6)

立位の平均時間及び標準偏差は，入院中：12.9±11.5 分，退院直後：10.9±13.4 分，退院 1 ヶ月後：17.9±23.8 分，退院 2 ヶ月後：19.1±21.2 分，退院 3 ヶ月後：9.4±9.6 分であった。立位時間は，入院中と退院後の比較，退院以降の比較において有意差は認められなかった。

4) 歩行時間の計測結果 (Fig. 3-7)

歩行の平均時間及び標準偏差は，入院中：16.4±12.5 分，退院直後：16.5±21.3 分，退院 1 ヶ月後：16.7±15.4 分，退院 2 ヶ月後：13.8±12.4 分，退院 3 ヶ月後：19.8±17.4 分であった。歩行時間は，入院中と退院後の比較，退院以降の比較において有意差は認められなかった。

5) 起立・着座時間の計測結果 (Fig. 3-8)

起立・着座の平均時間及び標準偏差は，入院中：0.9±0.6 分，退院直後：0.5±0.4 分，退院 1 ヶ月後：0.4±0.3 分，退院 2 ヶ月後：0.4±0.2 分，退院 3 ヶ月後：0.4±0.3 分となった。入院中と退院後の比較において，入院中と退院直後，退院 1 ヶ月後，

退院2ヶ月後，退院3ヶ月後の間で有意に短縮していた ($p < 0.05$)．退院以降の比較においては，有意差は認められなかった．

また12名の対象者において，今回特に退院後の姿勢割合の変化に特徴がみられた，Case 4 (Fig. 3-9) 及び Case 5 (Fig. 3-10) の2例について，入院中から退院3ヶ月後までの姿勢割合の推移を分析した．

Case 4 については，退院直後に臥位の割合が減少し，座位の割合が増加していた．さらに，退院直後においては定期的な歩行も行われていることが確認された．また，退院1～3ヶ月後においては，退院直後と比較して歩行の割合が増加しており，退院後の自宅においても活動的に生活していることが明らかとなった．

次に Case 5 については，入院中に認められた臥位時間が退院以降は確認されず，座位時間の割合が増加していることが分かる．一方で，入院中に行われていた歩行については，退院後は確認されず，さらに退院直後～退院3ヶ月後においては，退院2ヶ月後に僅かな歩行が確認されたものの，それ以外の時間は全て座位姿勢となっており，座位中心の生活であることが確認された．

< Lying >

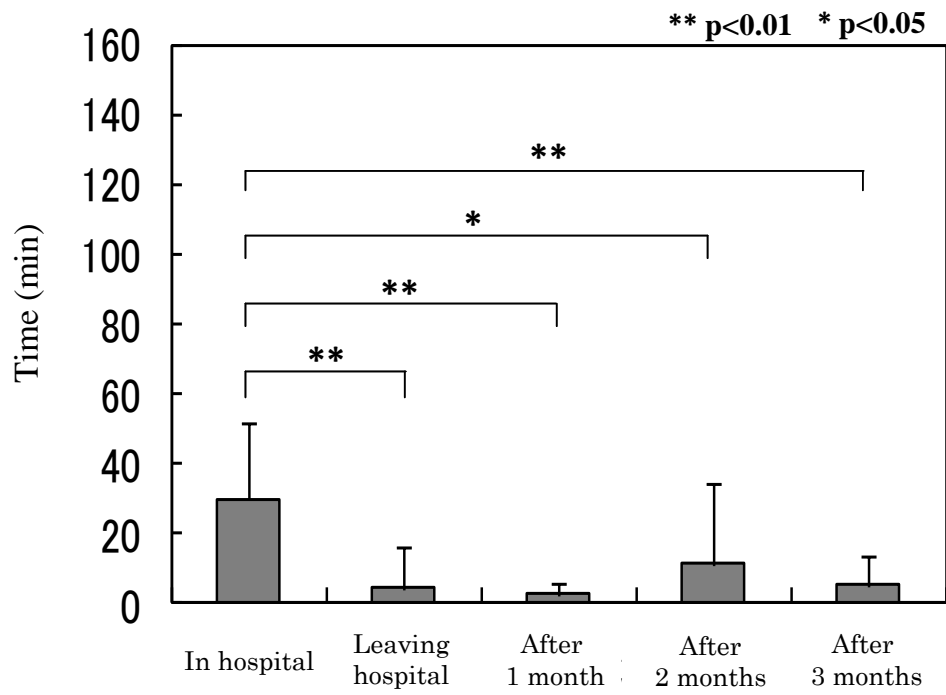


Fig. 3-4 Result of each posture time accumulated time for lying in 12 subjects

< Sitting >

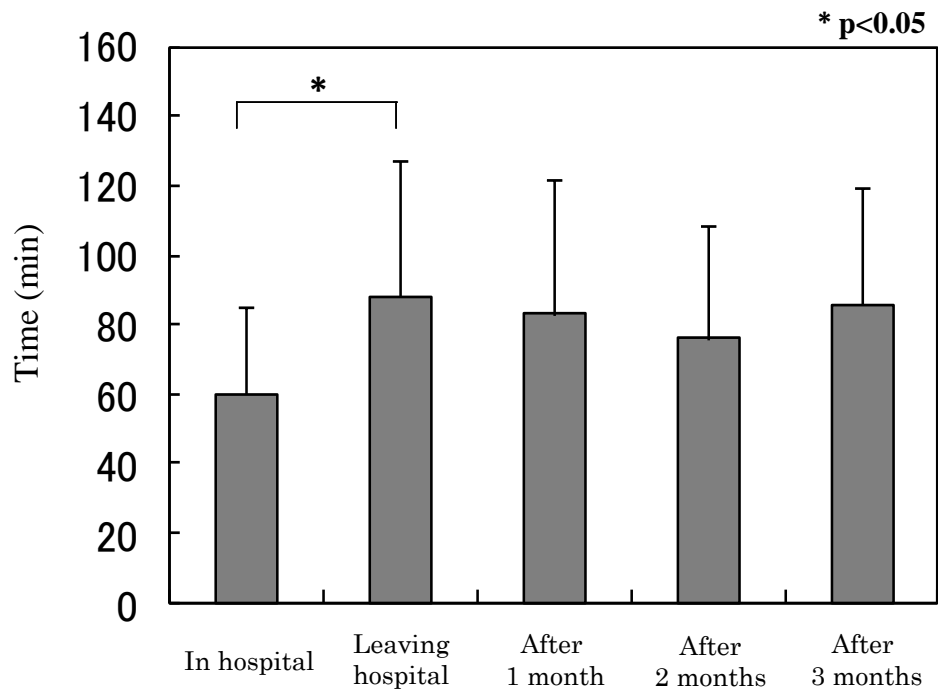


Fig. 3-5 Result of each posture time accumulated time for sitting in 12 subjects

< Standing >

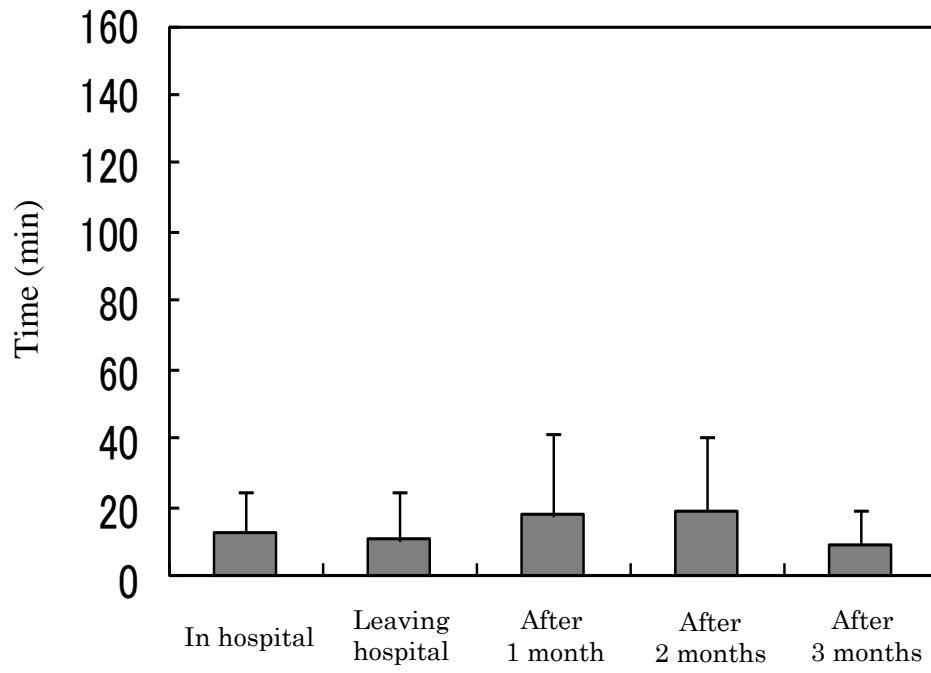


Fig. 3-6 Result of each posture time accumulated time for standing in 12 subjects

< Walking >

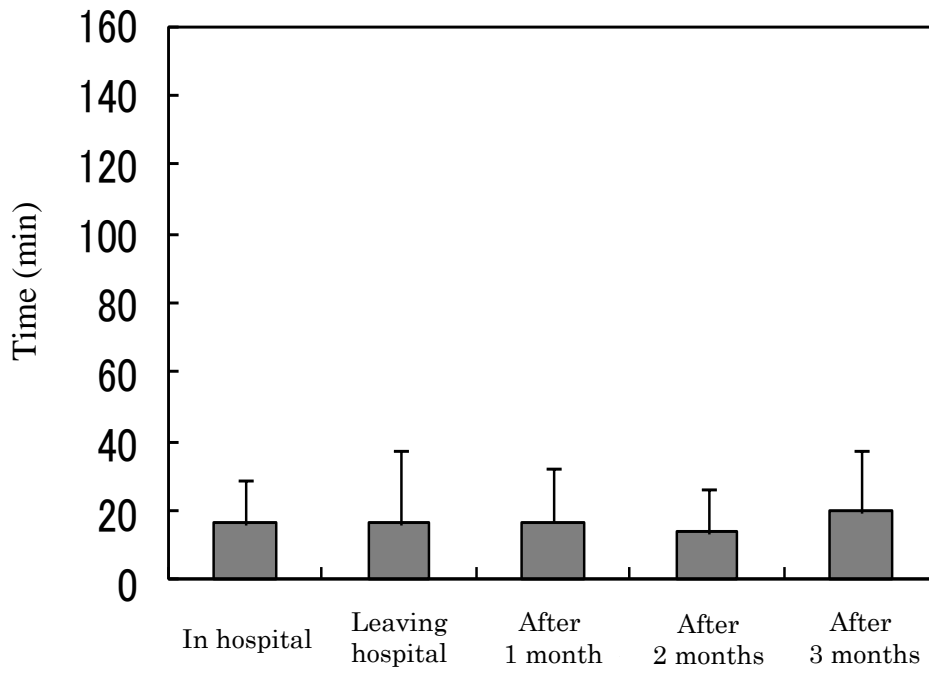


Fig. 3-7 Result of each posture time accumulated time for walking in 12 subjects

< Stand-up/ Sitting-down >

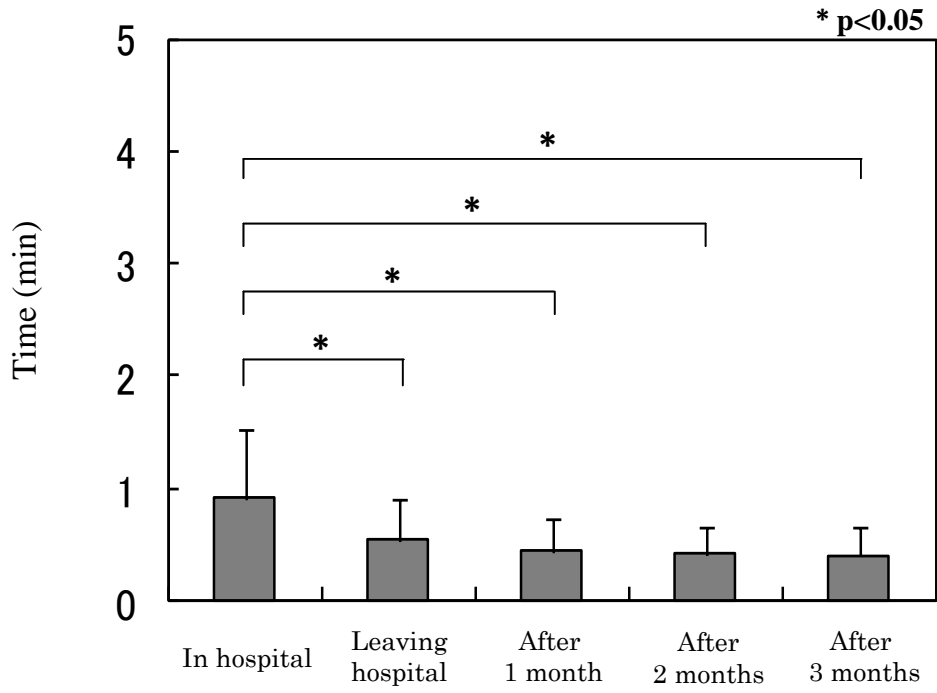


Fig. 3-8 Result of each posture time accumulated time for stand-up/sitting-down in 12 subjects

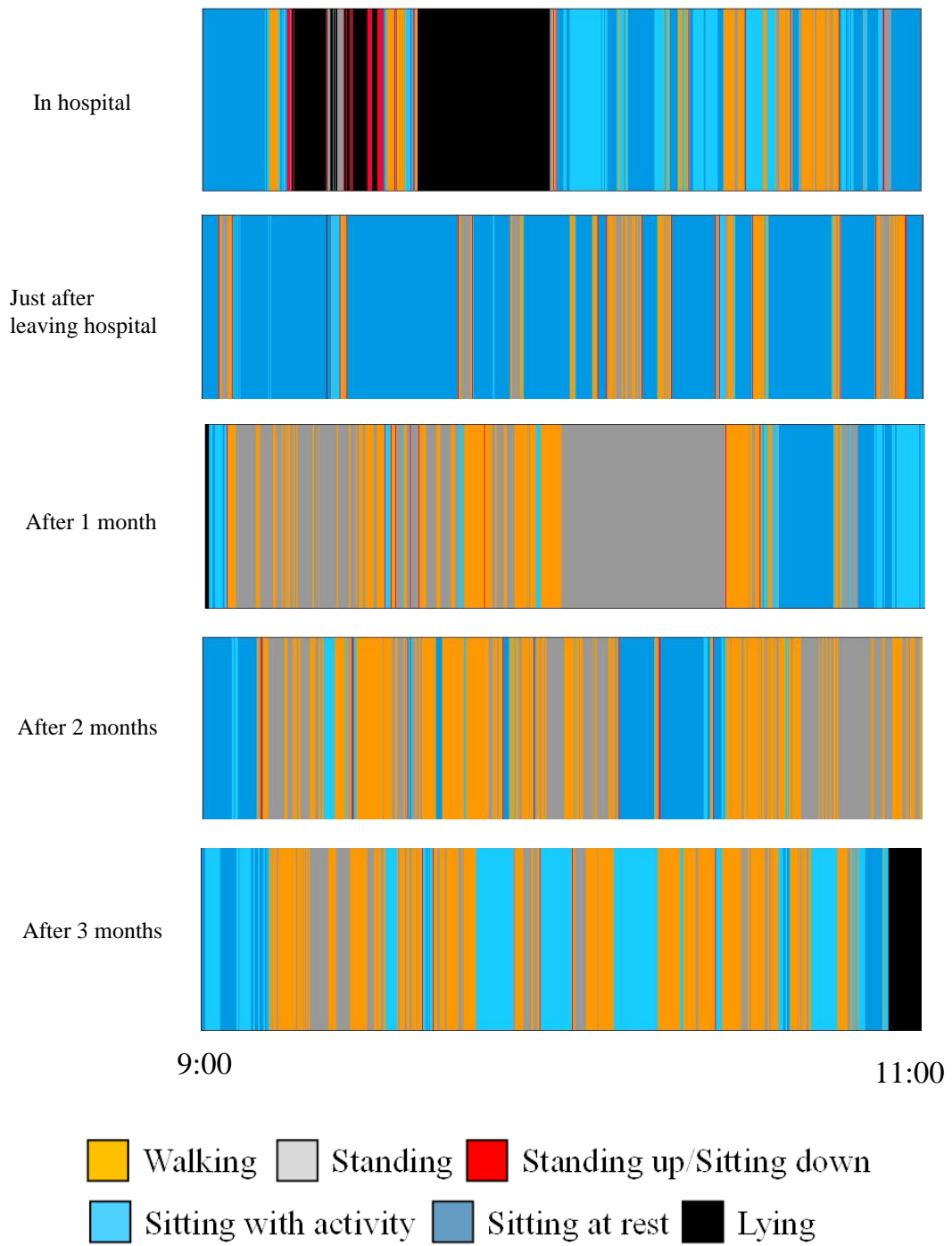


Fig. 3-9 Transition of posture discrimination of case 4

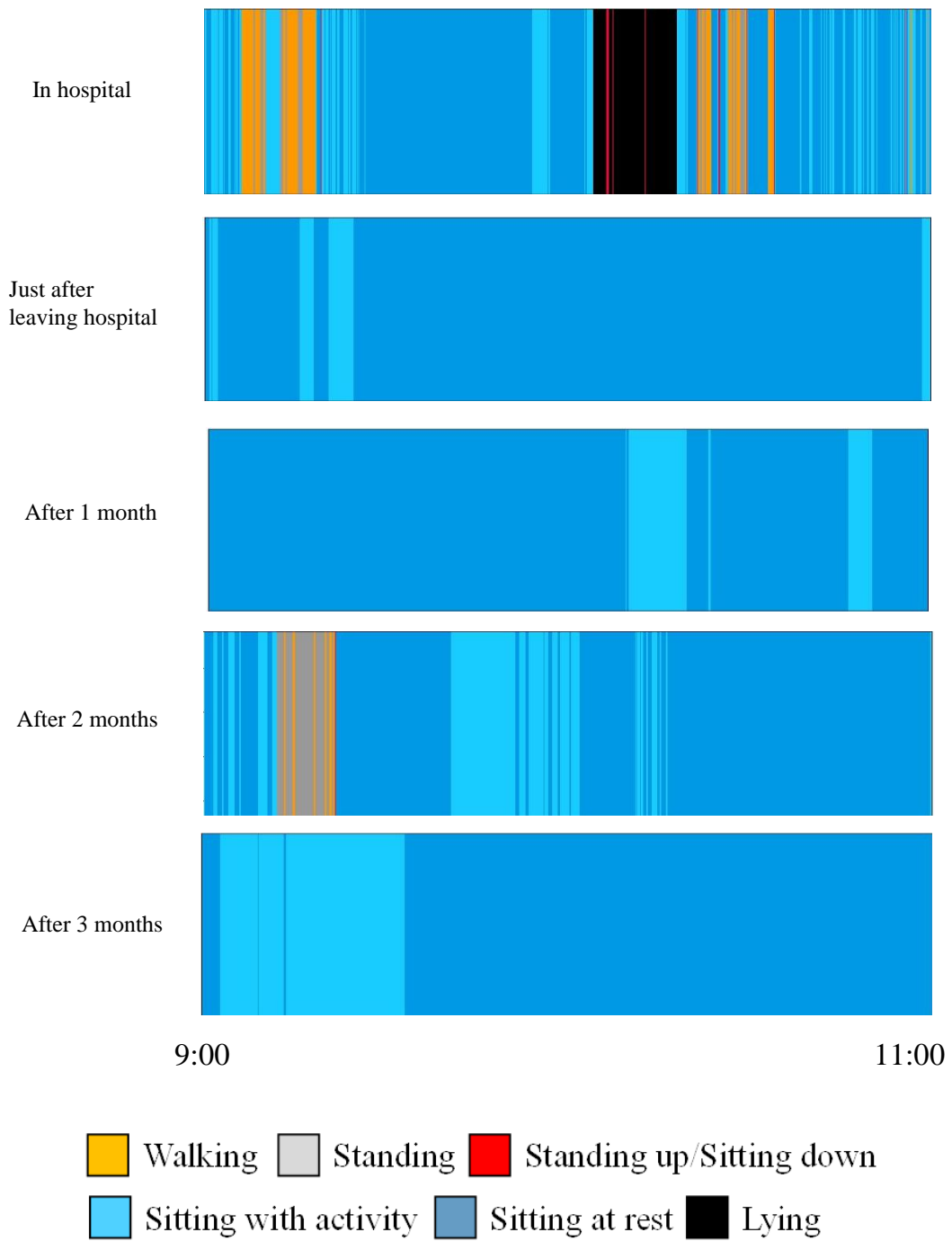


Fig.3-10 Transition of posture discrimination of case 5

3 - 4 - 2 身体活動の計測・解析結果

Fig. 3-11～Fig. 3-17 に 12 名の対象者の、計測時期毎の本システム及び LSA による身体活動の評価結果を示す。

1) 立位・歩行の割合 (Fig. 3-11)

活動的な姿勢状態の指標である、立位・歩行の割合の平均値及び標準偏差は、入院中：31.3±19.9%，退院直後：19.1±20.9%，退院 1 ヶ月後：28.1±24.3%，退院 2 ヶ月後：23.5±23.1%，退院 3 ヶ月後：22.6±20.4%であった。

2) 姿勢変化の回数 (Fig. 3-12)

活動的な姿勢状態の指標である、臥位，座位，歩行，起立・着座，立位それぞれの姿勢変化の回数の平均値及び標準偏差は、入院中：240.2±141.8 回，退院直後：177.4±121.4 回，退院 1 ヶ月後：174.6±96.7 回，退院 2 ヶ月後：235.8±135.2 回，退院 3 ヶ月後：186.5±149.4 回となった。

3) 歩数 (Fig. 3-13)

歩行状態の指標である、歩数の平均値及び標準偏差は、入院中：995.7±588.0 歩，退院直後：898.8±1429.5 歩，退院 1 ヶ月後：937.8±1020.9 歩，退院 2 ヶ月後：744.5±826.3 歩，退院 3 ヶ月後：1145.5±1230.1 歩となった。

4) 歩行回数 (Fig. 3-14)

歩行状態の指標である、歩行回数の平均値及び標準偏差は、入院中：11.3±8.1 回，退院直後：8.2±8.7 回，退院 1 ヶ月後：8.8±5.7 回，退院 2 ヶ月後：9.7±11.0 回，退院 3 ヶ月後：13.3±16.5 回となった。

5) 歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離 (Fig. 3-15)

歩行状態の指標である、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離の平均値及び標準偏差は、入院中：119.2±92.3m，退院直後：82.8±149.4m，退院 1 ヶ月後：101.9±127.6m，退院 2 ヶ月後：50.1±56.2m，退院 3 ヶ月後：158.4±194.0m となった。

6) 歩行速度 (Fig. 3-16)

歩行状態の指標である、歩行速度の平均値及び標準偏差は、入院中：0.36±0.15m/s，退院直後：0.27±0.17m/s，退院 1 ヶ月後：0.30±0.18m/s，退院 2 ヶ月後：0.24±0.13m/s，退院 3 ヶ月後：0.29±0.16m/s となった。

7) LSA 得点 (Fig. 3-17)

活動範囲の指標である、LSA 得点の平均値及び標準偏差は、入院中：6.7±4.0 点，

退院直後：16.1±9.5 点，退院 1 ヶ月後：17.9±9.5 点，退院 2 ヶ月後：20.4±9.1 点，退院 3 ヶ月後：21.7±10.5 点となった。

8) 身体活動性変動パターンの判定結果 (Table.3-3)

Table.3-3 に上記 1)~7) の評価結果から判定された，身体活動性変動パターンの判定結果について述べる．なお，各指標の計測日毎の比較については，退院直後は入院中と，また退院後 1~3 ヶ月においては退院直後との比較を行い，Fig. 3-3 における判定アルゴリズムによる身体活動性変動パターンの判定を行った。

退院直後の判定結果は，入院中に比べ，身体活動向上 (◎) が 3 名，身体活動低下 (×) が 6 名，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 (△) が 1 名，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 (※) が 2 名であった．また，LSA の得点については，全ての対象者において，維持あるいは向上しており，維持が 2 名，向上が 10 名であった。

次に，退院直後と比較した退院 1 ヶ月後の結果は，身体活動向上 (◎) が 8 名，身体活動維持 (○) が 1 名，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 (△) が 3 名であった．なお，身体活動向上の 8 名のうち 2 名は，LSA 得点の低下も認められ，それ以外については維持が 4 名，向上が 6 名であった。

また，同様に退院 2 ヶ月後の比較結果は，身体活動向上 (◎) が 8 名，身体活動低下 (×) が 2 名，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 (△) が 1 名，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 (※) が 1 名であった．なお，身体活動向上の 8 名のうち 1 名は LSA 得点の低下が認められ，それ以外については維持が 2 名，向上が 9 名であった。

最後に，退院 3 ヶ月後の比較結果においては，身体活動向上 (◎) が 6 名，身体活動低下 (×) が 2 名，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 (△) が 3 名，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 (※) が 1 名であった．なお，この際の LSA 得点は，全ての対象者において維持あるいは向上しており，維持が 2 名，向上が 10 名であった。

次に，Fig. 3-18~Fig. 3-29 は，本システムによる 12 名の身体活動計測の全結果であり，(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。また、Table.3-4～Table.3-15 は、12 名の対象者の、本システムによる身体活動評価結果 (A～F) 及び LSA の得点 (G) の結果を対象者ごとに示したものである。さらに、各表の下段には、Fig.3-3 のアルゴリズムに従って求めた、身体活動性変動パターンの判定結果を示している。今回は、退院 1～2 ヶ月後に LSA の低下が認められつつも、その後 LSA や本システムによる活動判定結果が維持・向上する例 (Case 2; Fig. 3-19, Table. 3-5)、退院直後に LSA が若干向上し、その後大きく変化しないものの、退院直後から退院後 3 ヶ月においては、本システムによる判定結果が維持・向上する例 (Case 6; Fig. 3-23, Table. 3-9)、同様に退院以降の LSA は大きく変化せず、かつ本システムによる判定結果の向上もみられない例 (Case 9; Fig. 3-25, Table. 3-11) の 3 例について、詳細な分析結果を述べる。

まず 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 (×) 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。

次に、Case 6 については、退院直後の LSA 得点は入院中と比較して若干向上した。また、退院 1 ヶ月以降は得点が大きく低下することなく、維持あるいは若干の向上が確認された。一方、本システムによる身体活動の定量的評価結果は、退院直後は全ての指標において低下を認め、身体活動性変動パターンの判定結果においても身体活動低下 (×) と判定された。しかし、退院 1～3 ヶ月後の本システムによる評価結果では、退院 1 ヶ月後の姿勢変化の回数を除く全ての指標の値が向上し、判定結果は身体活動向上 (◎) と判定された。

一方 Case 9 に関しては、Case 6 と同様に退院直後に 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

での指標の値は低下し、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はなかった。そのため、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（△）となった。また、退院2ヶ月後の判定結果は、身体活動低下（×）、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。

< Ratio of standing and walking >

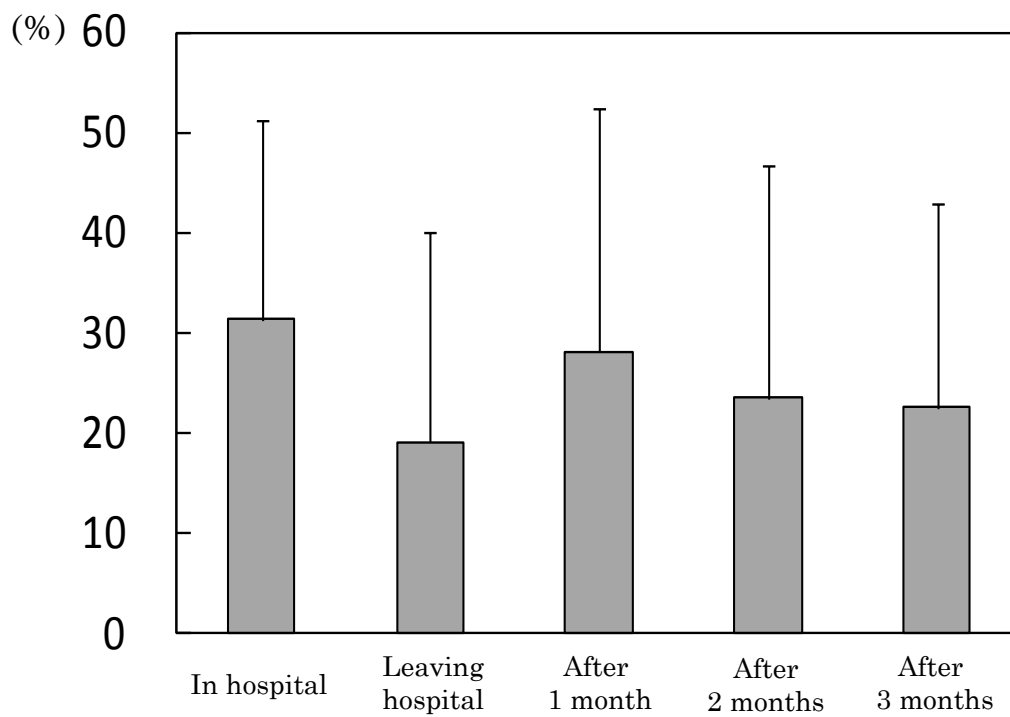


Fig. 3-11 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system for ratio of standing and walking in 12 subjects

< Frequency of posture change >

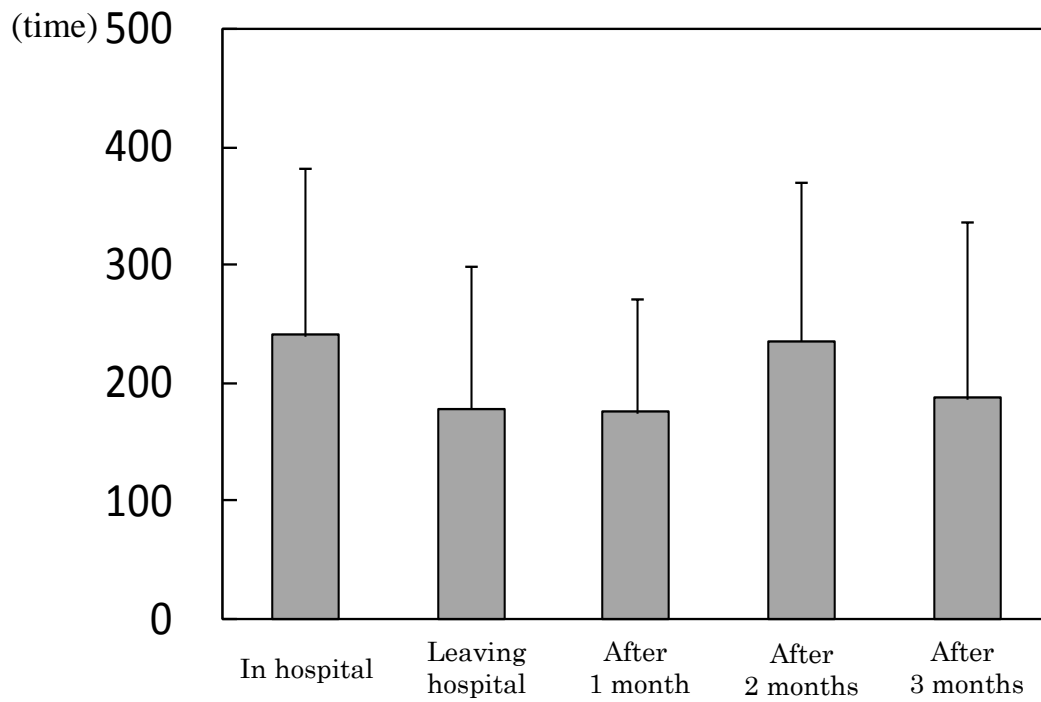


Fig. 3-12 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system for frequency of posture change in 12 subjects

< Steps >

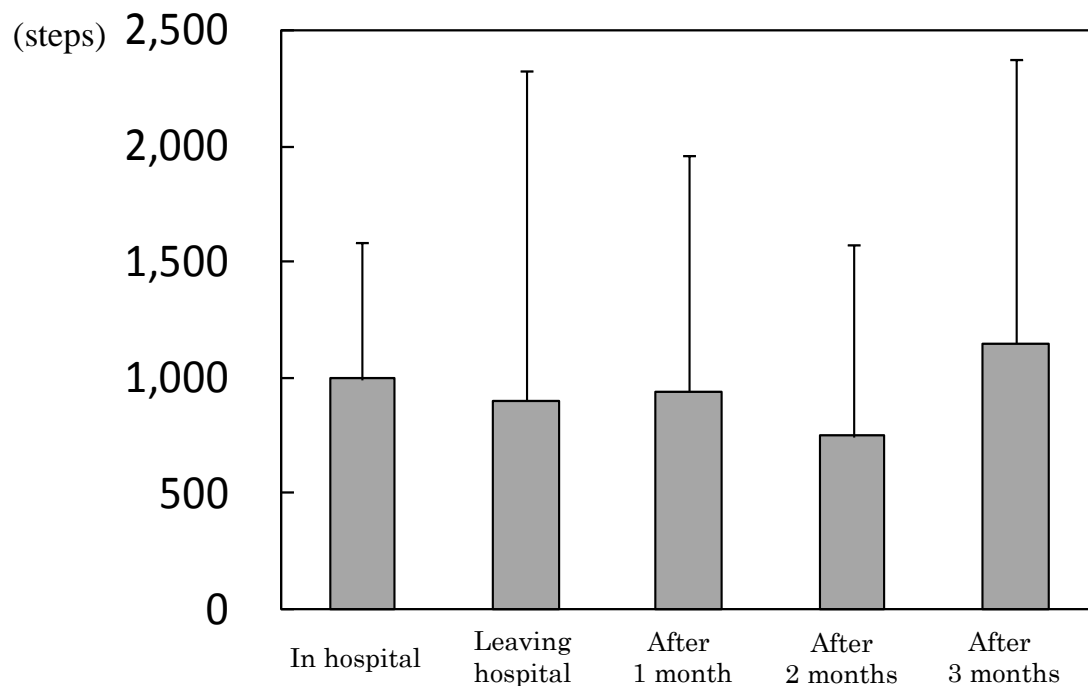


Fig. 3-13 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system for steps in 12 subjects

< Frequency of gait >

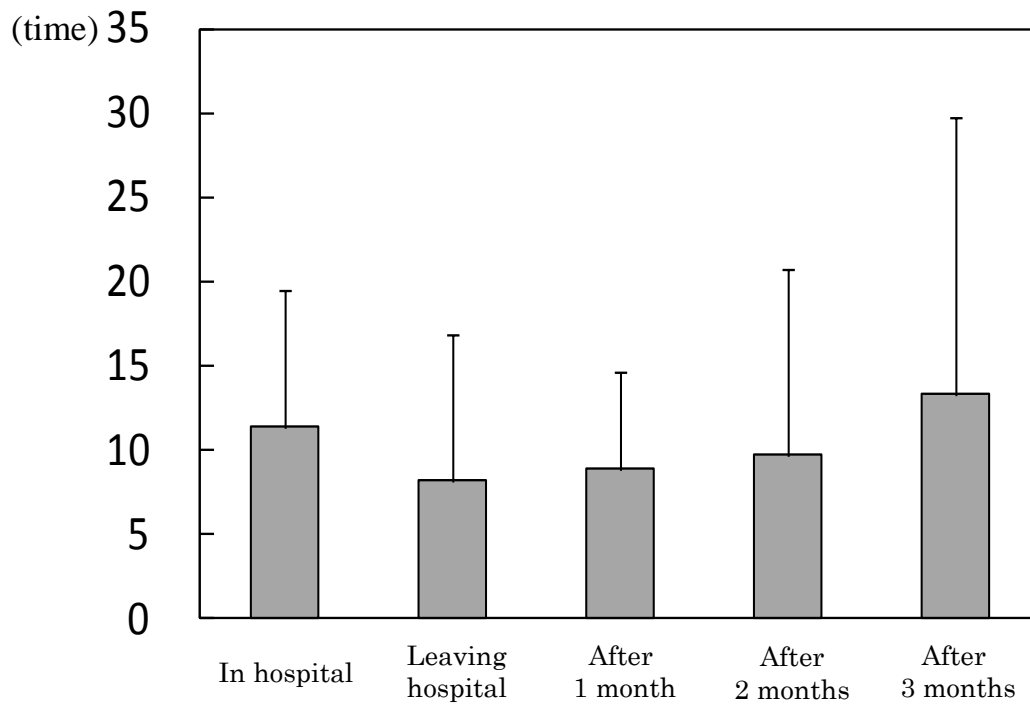


Fig. 3-14 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system for frequency of gait in 12 subjects

<Movement distance from heel contact toe off paralyzed side>

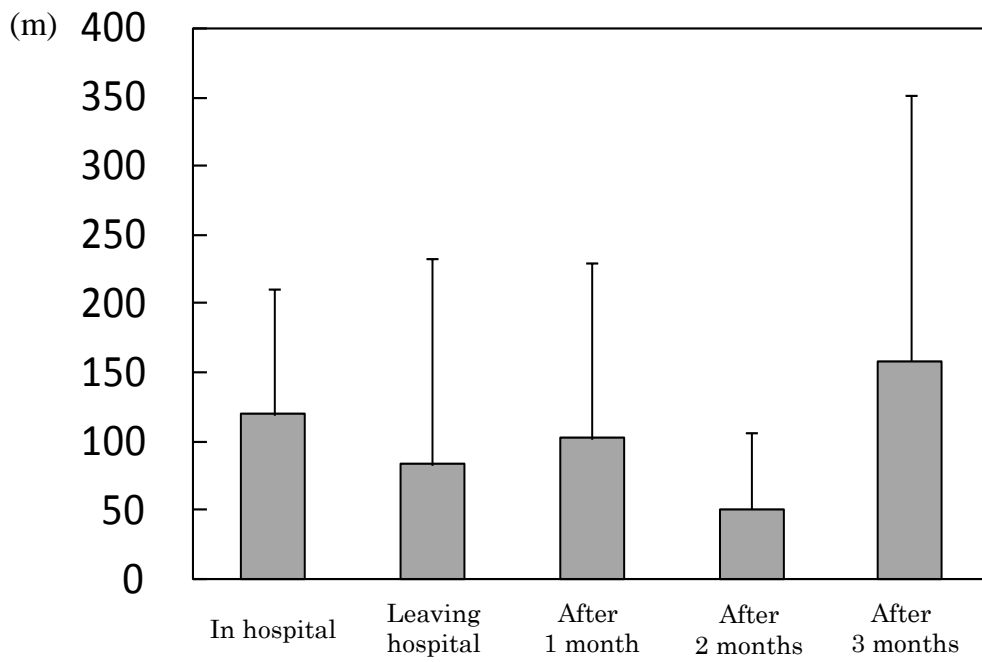


Fig. 3-15 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system for movement distance from heel contact toe off paralyzed side in 12 subjects

< Average walking speed >

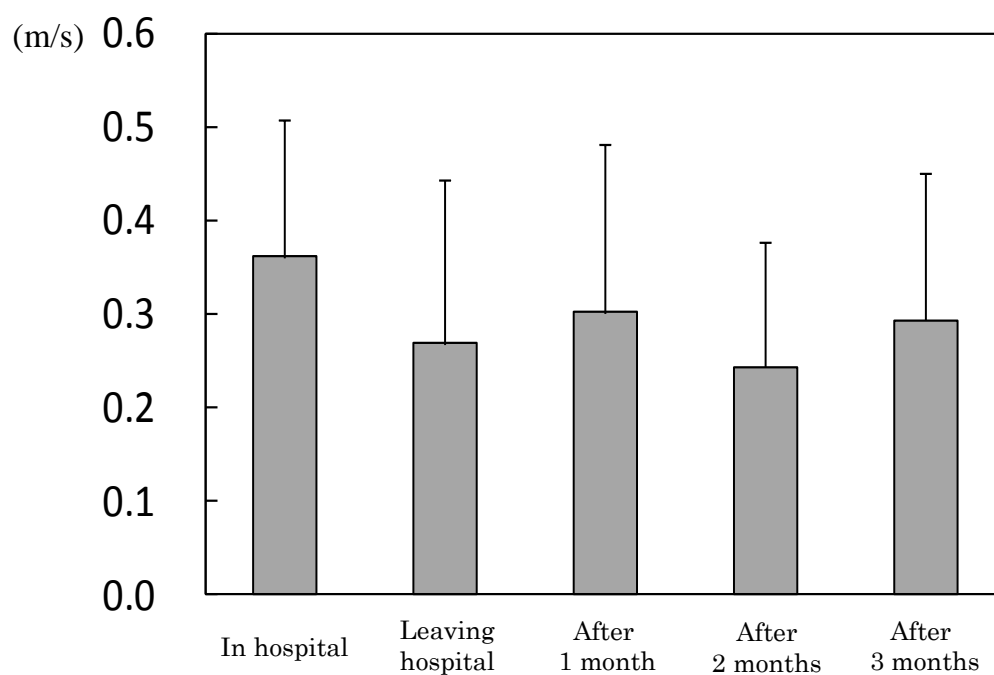


Fig. 3-16 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system for average walking speed in 12 subjects

< Life-Space Assessment: LSA >

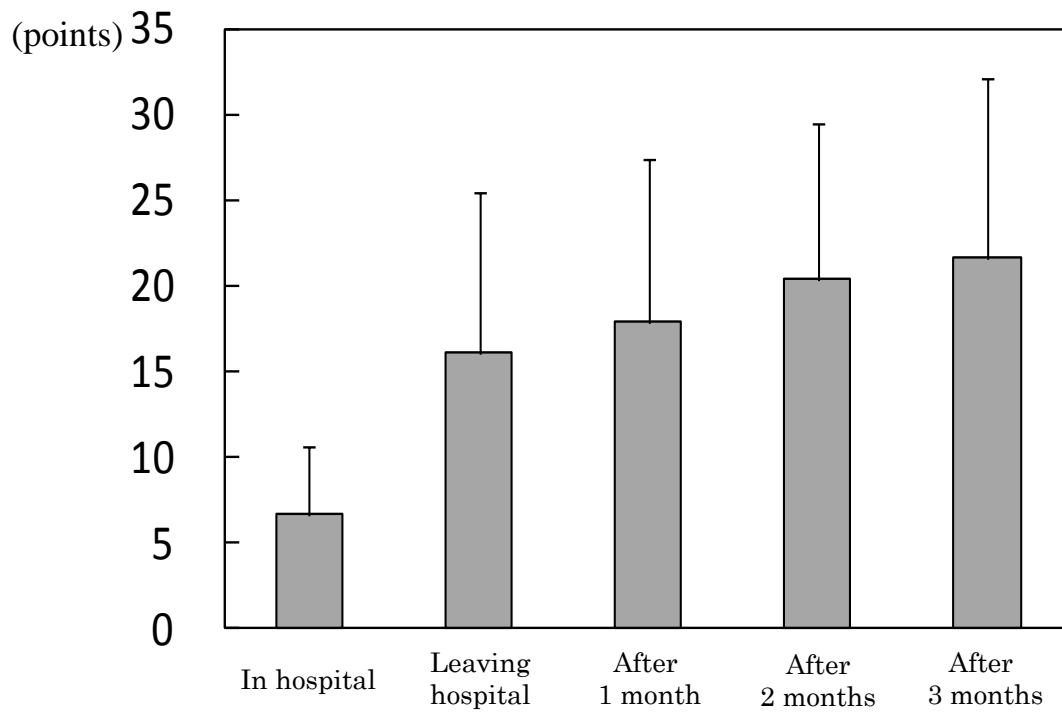


Fig. 3-17 Results of evaluation for range of activity obtained from Life-Space Assessment (LSA) in 12 subjects

Table. 3-3 Judgment result of physical activity based on the algorithm in 12 subjects

(Unit: people)

		In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
◎	Increase of physical activity		3	8 (↓ :2)	8 (↓ :1)	6
○	Keeping physical activity		0	1	0	0
×	Decrease of physical activity		6	0	2	2
△	Decrease of physical activity and amount of gait keep or increases		1	3	1	3
※	Frequency of posture change increases and amount of gait and gait speed Decreases		2	0	1	1

↓ : Life-Space Assessment score is decrease

Case 1

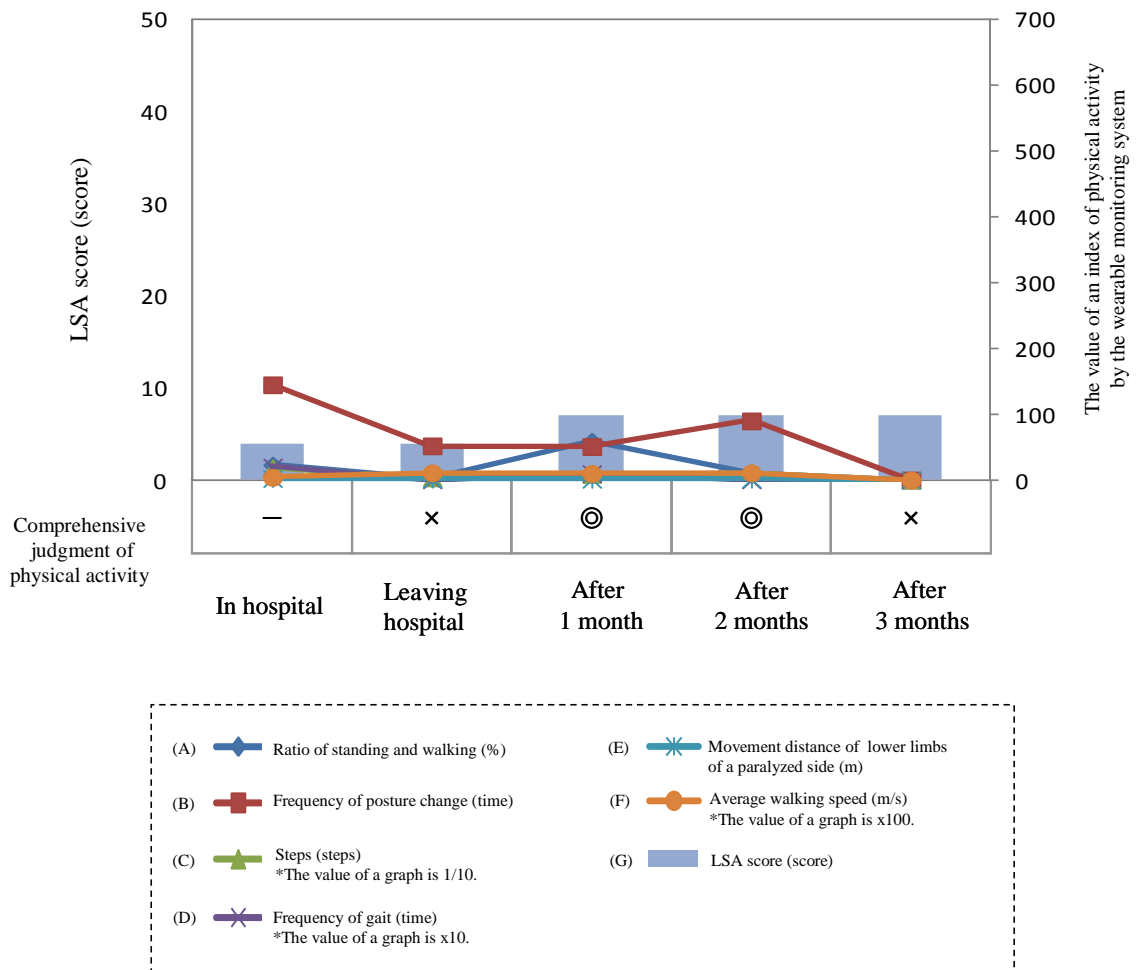


Fig. 3-18 Transition of physical activity of case 1

Case 2

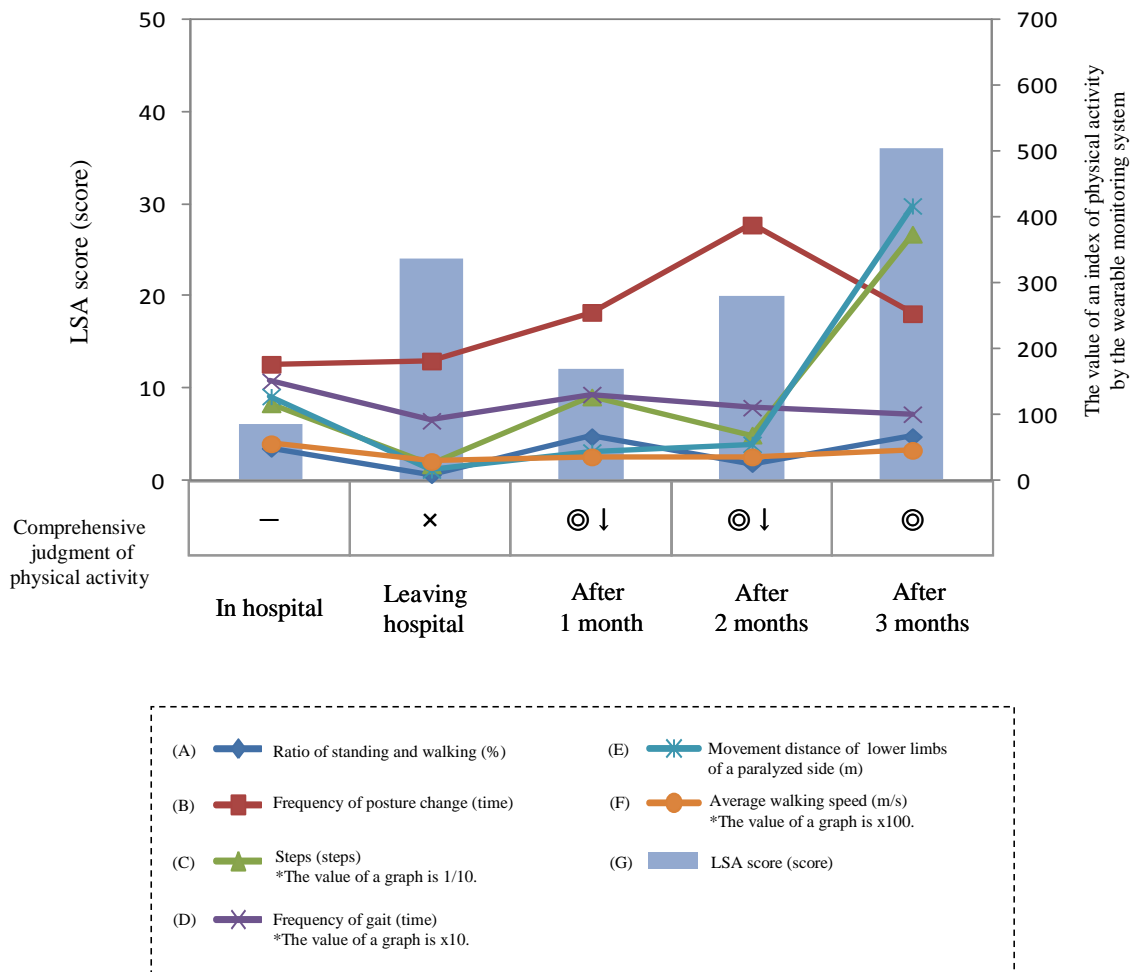


Fig. 3-19 Transition of physical activity of case2

Case 3

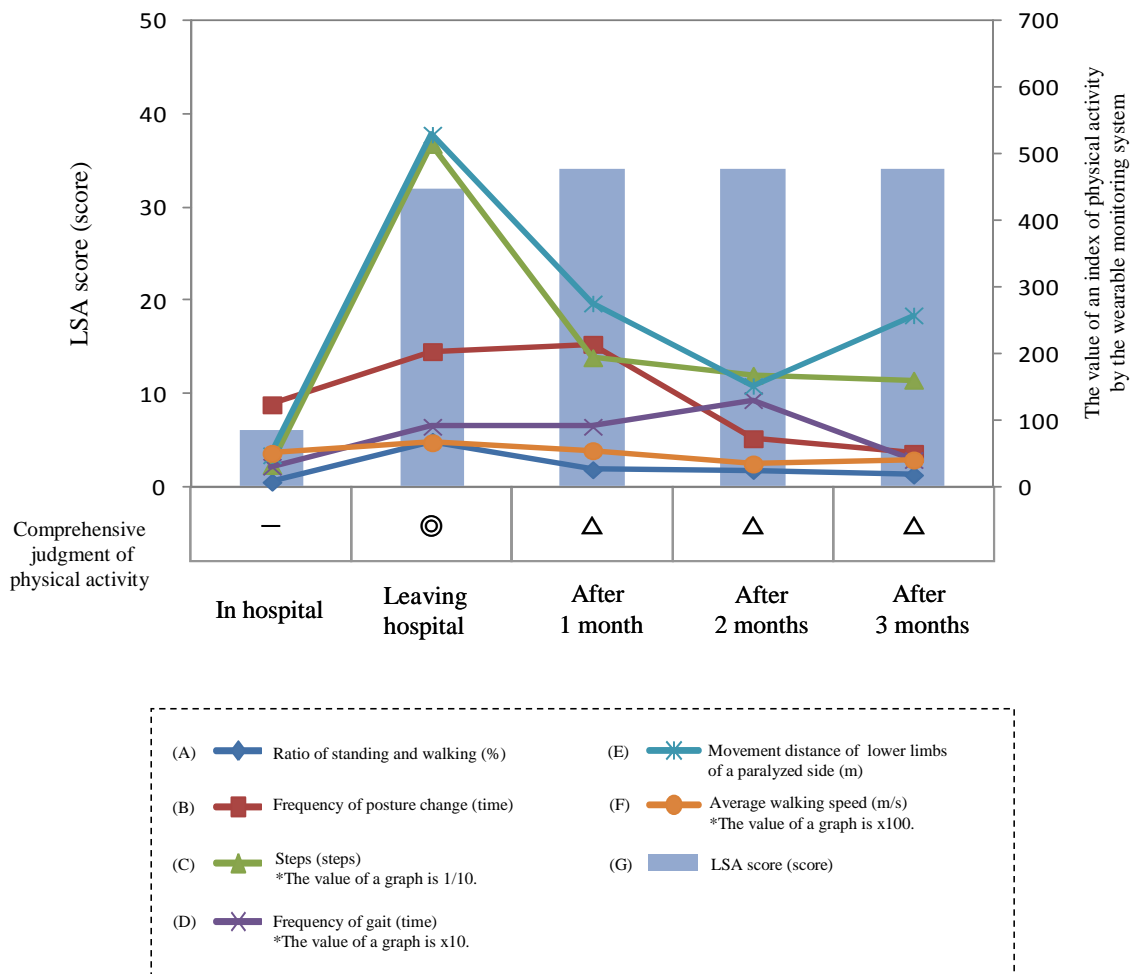


Fig. 3-20 Transition of physical activity of case 3

Case 4

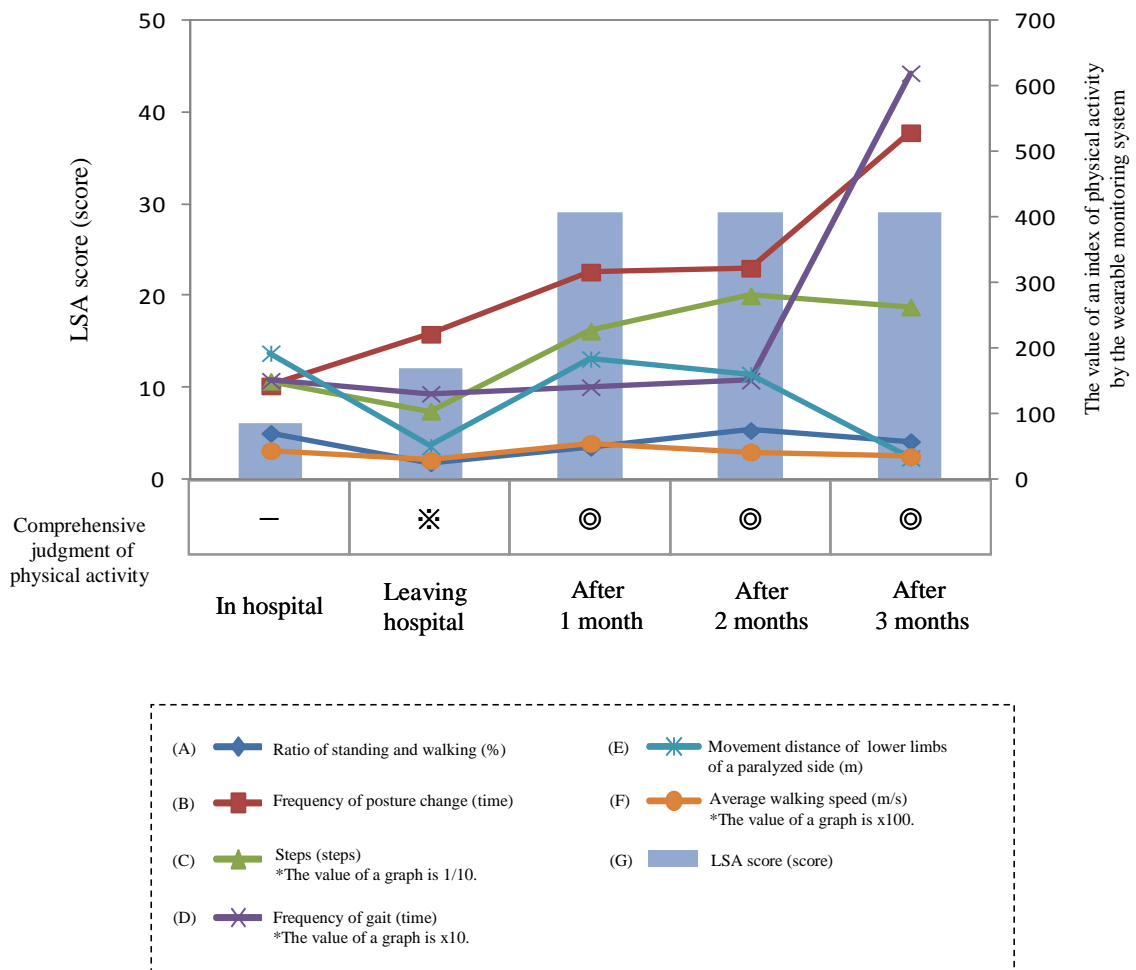


Fig. 3-21 Transition of physical activity of case 4

Case 5

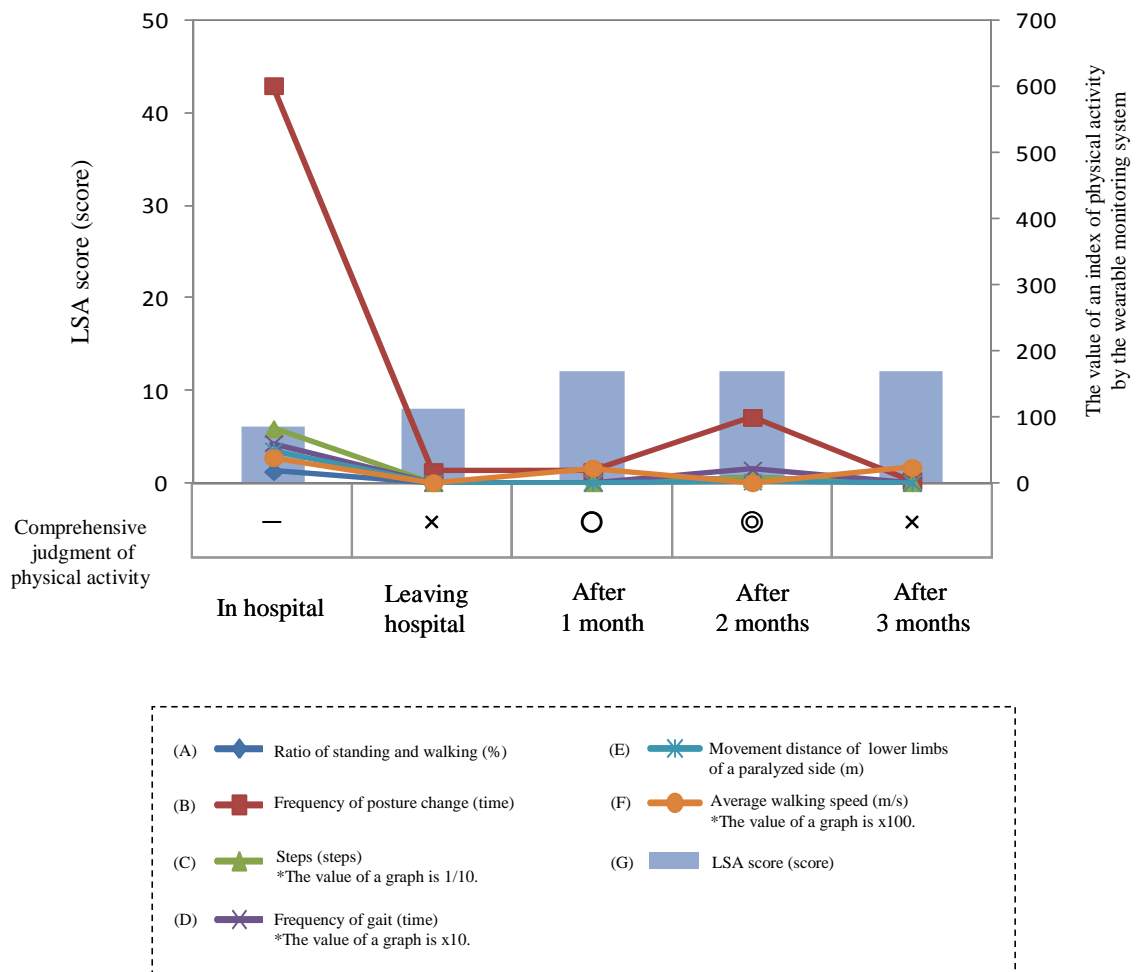


Fig. 3-22 Transition of physical activity of case 5

Case 6

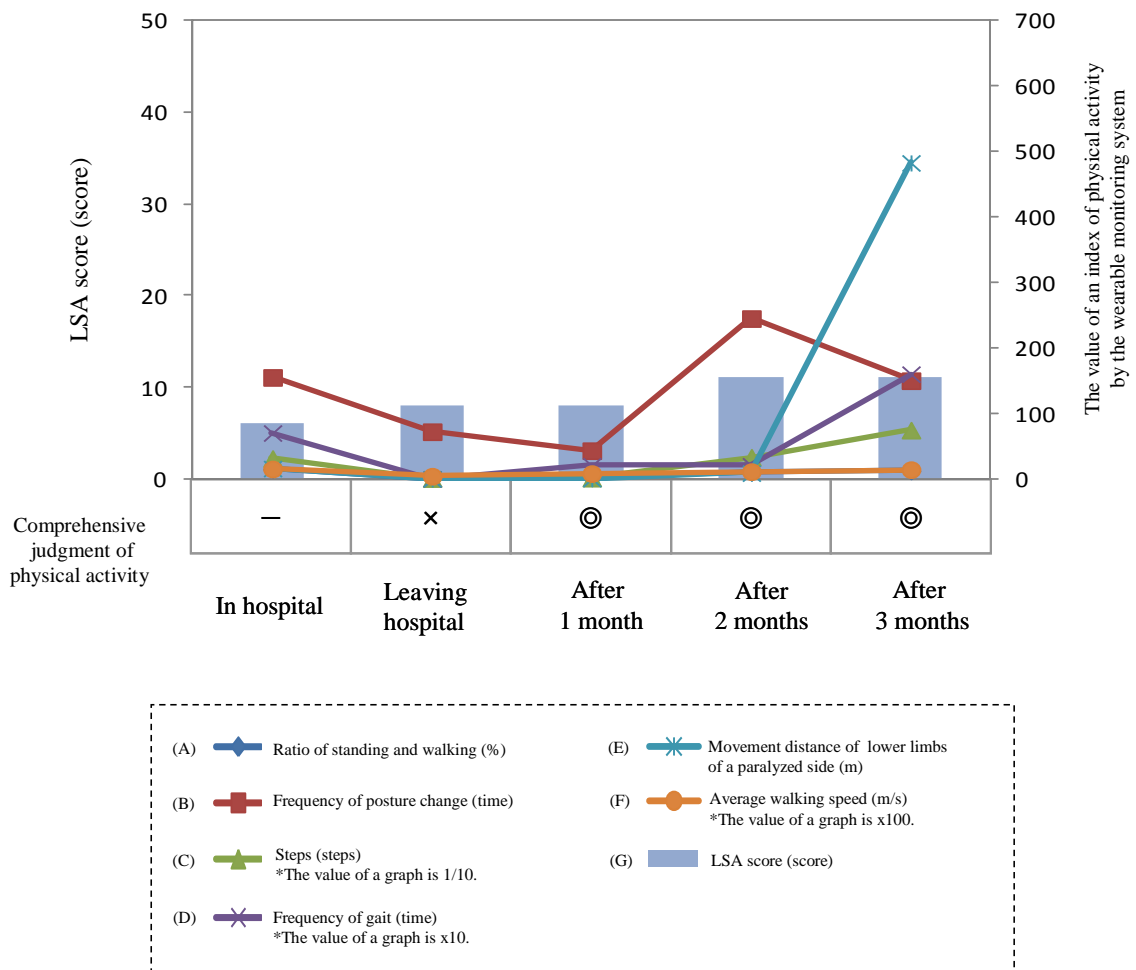


Fig. 3-23 Transition of physical activity of case 6

Case 8

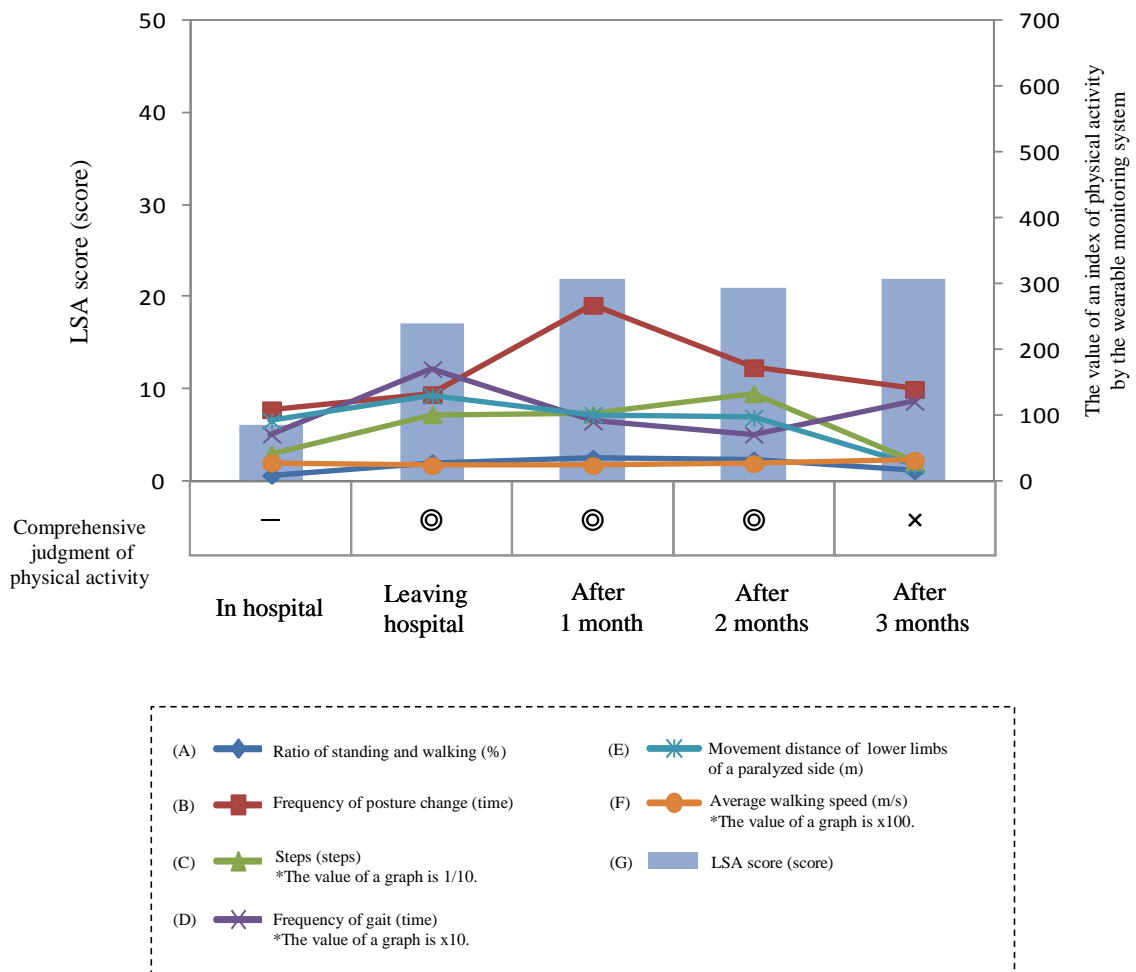


Fig. 3-24 Transition of physical activity of case 8

Case 9

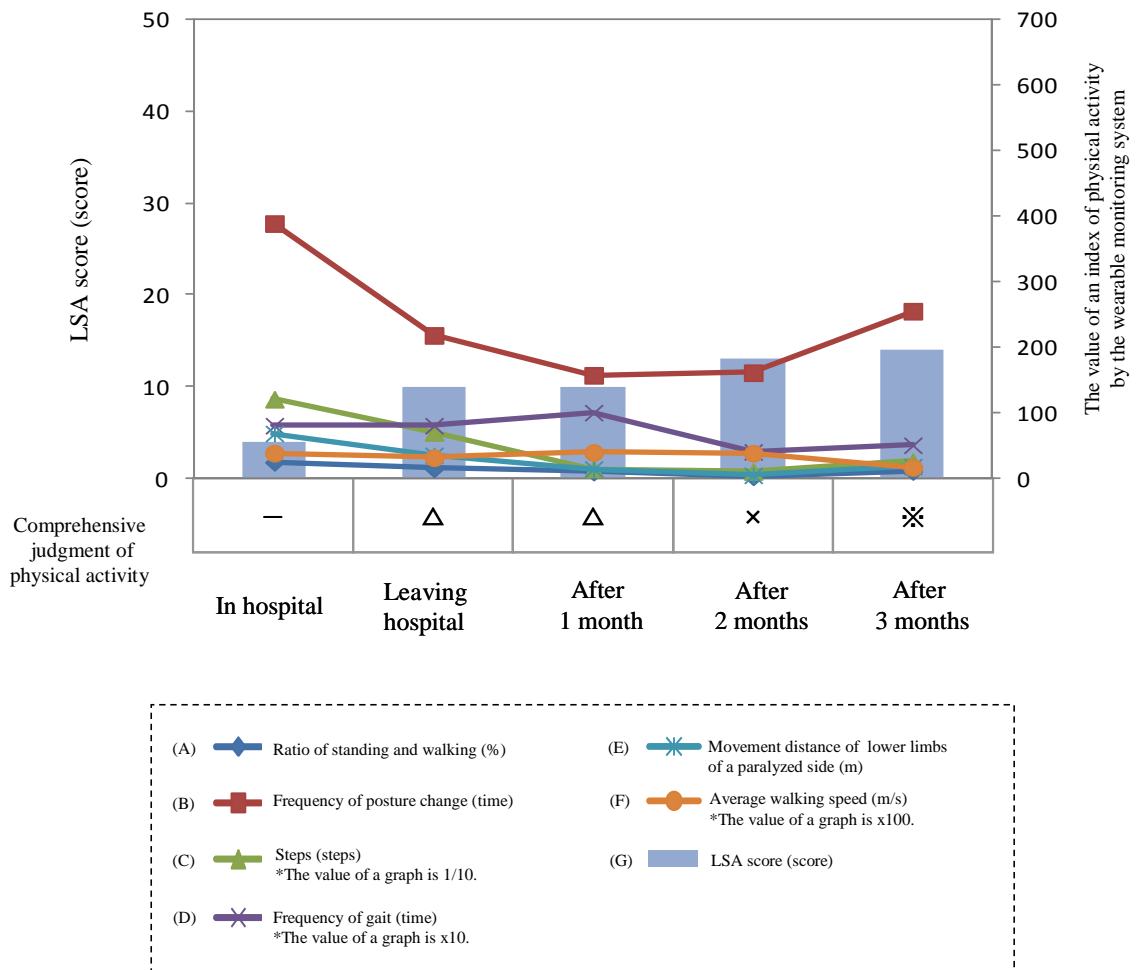


Fig. 3-25 Transition of physical activity of case 9

Case 10

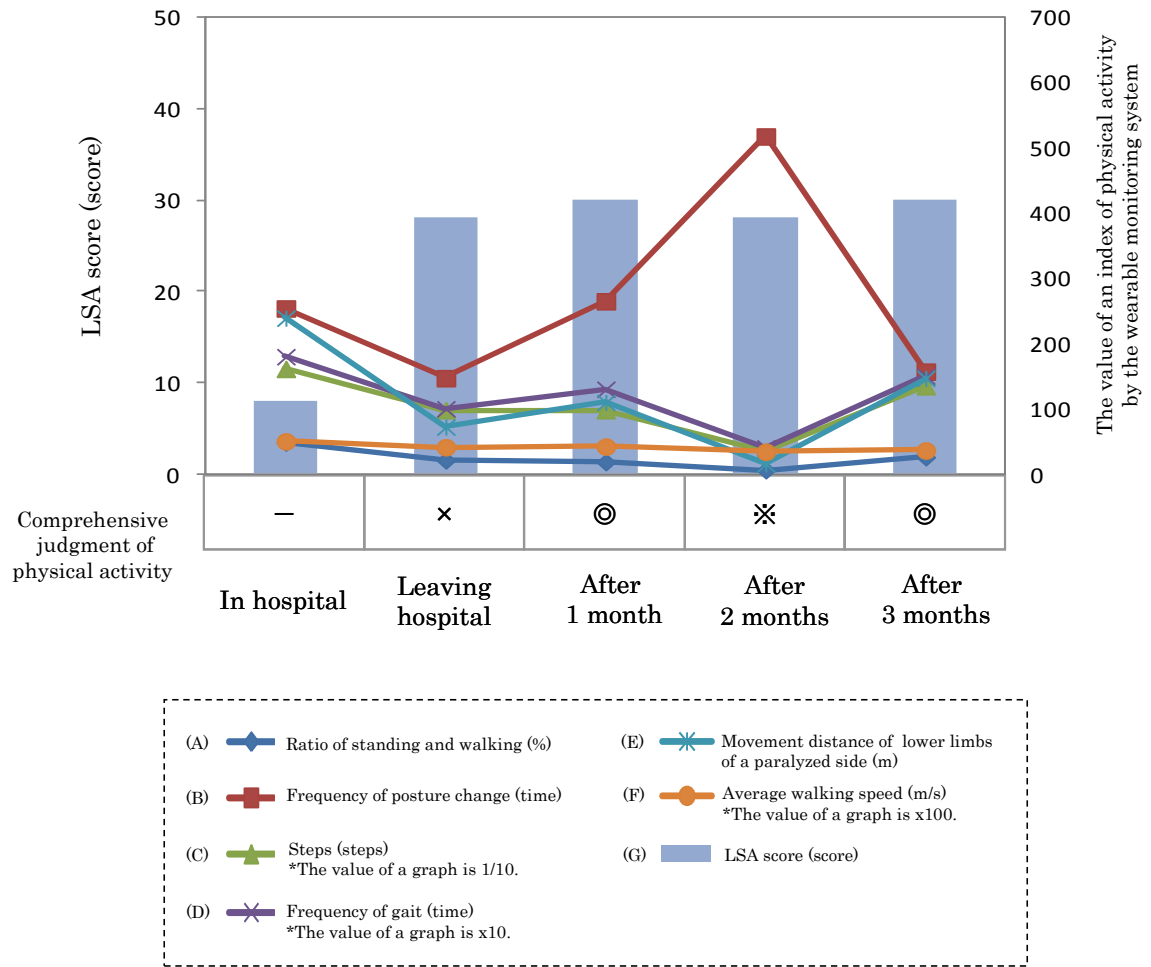


Fig. 3-26 Transition of physical activity of case 10

Case 11

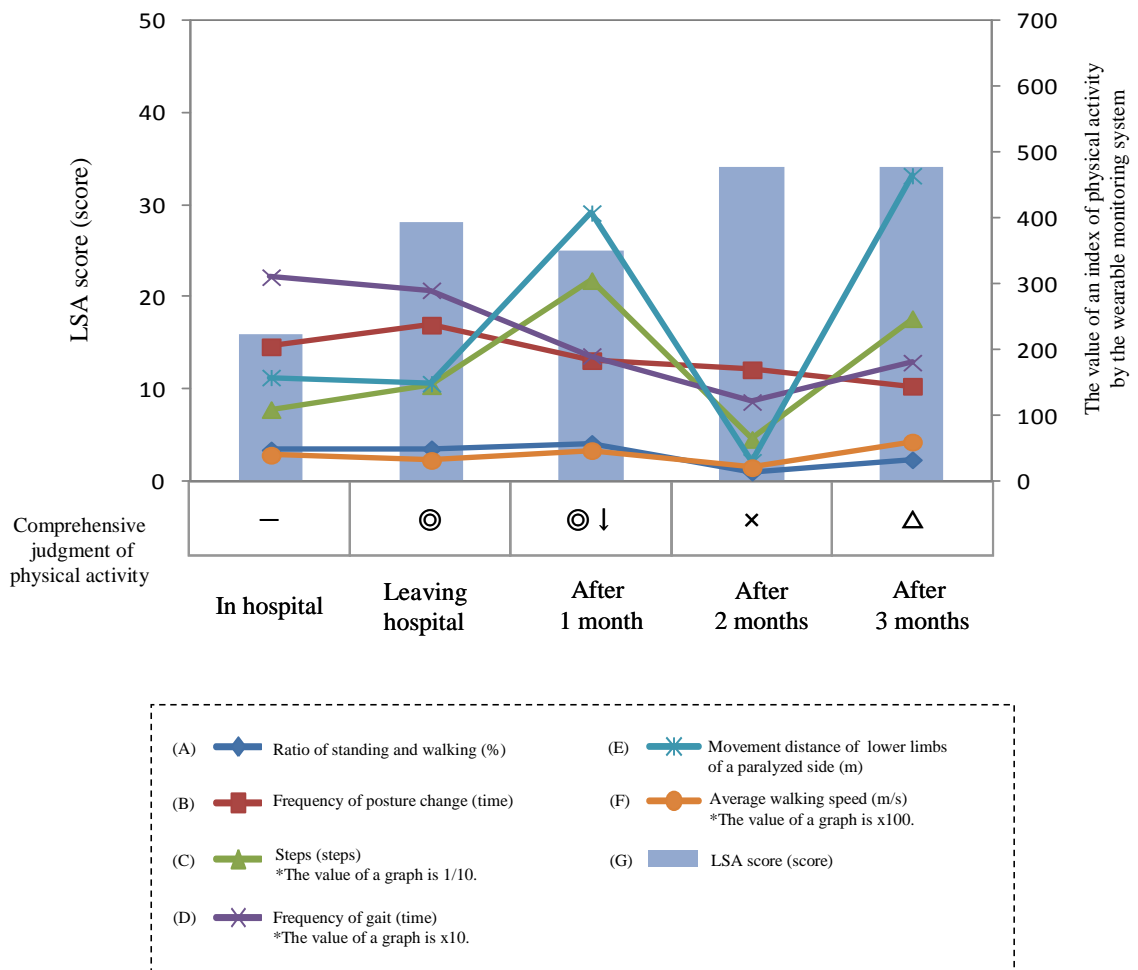


Fig. 3-27 Transition of physical activity of case 11

Case 12

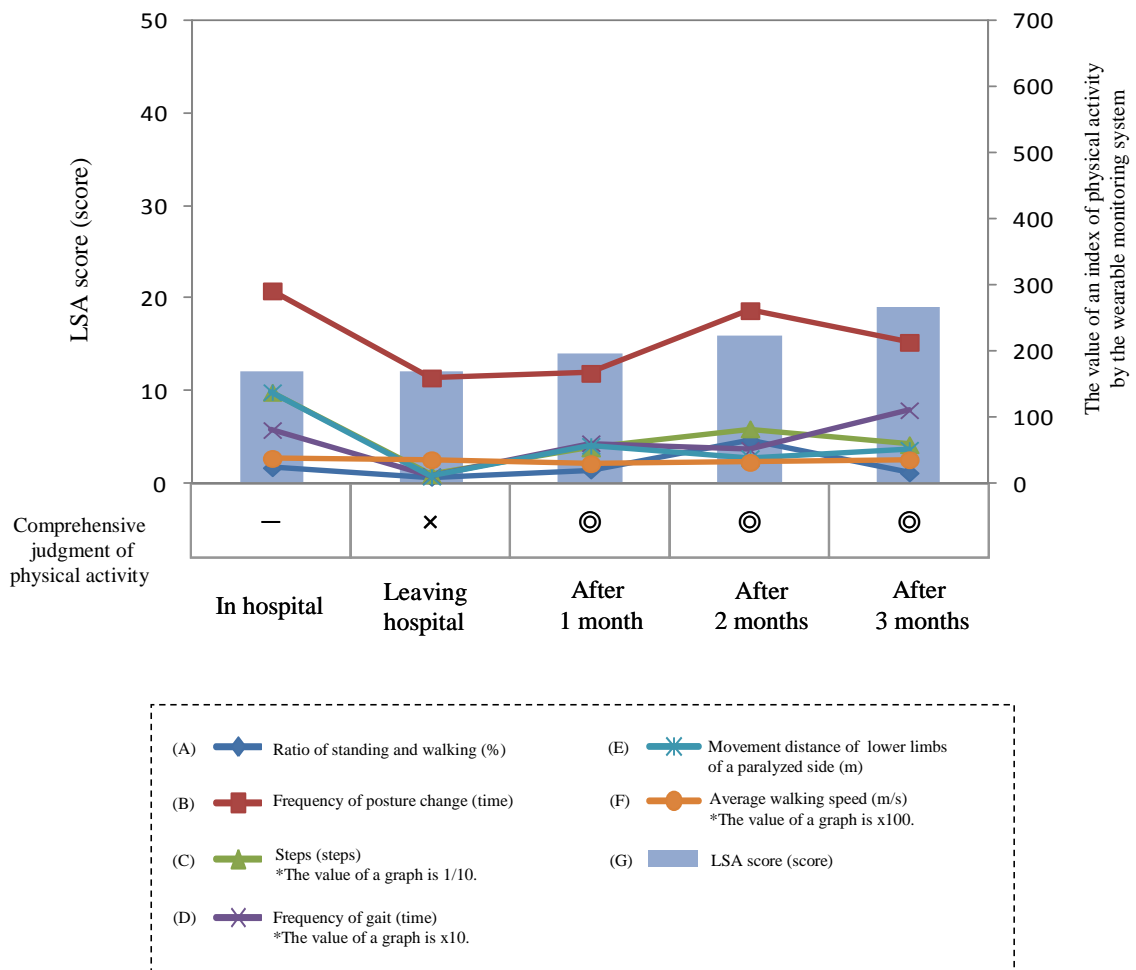


Fig. 3-28 Transition of physical activity of case 12

Case 13

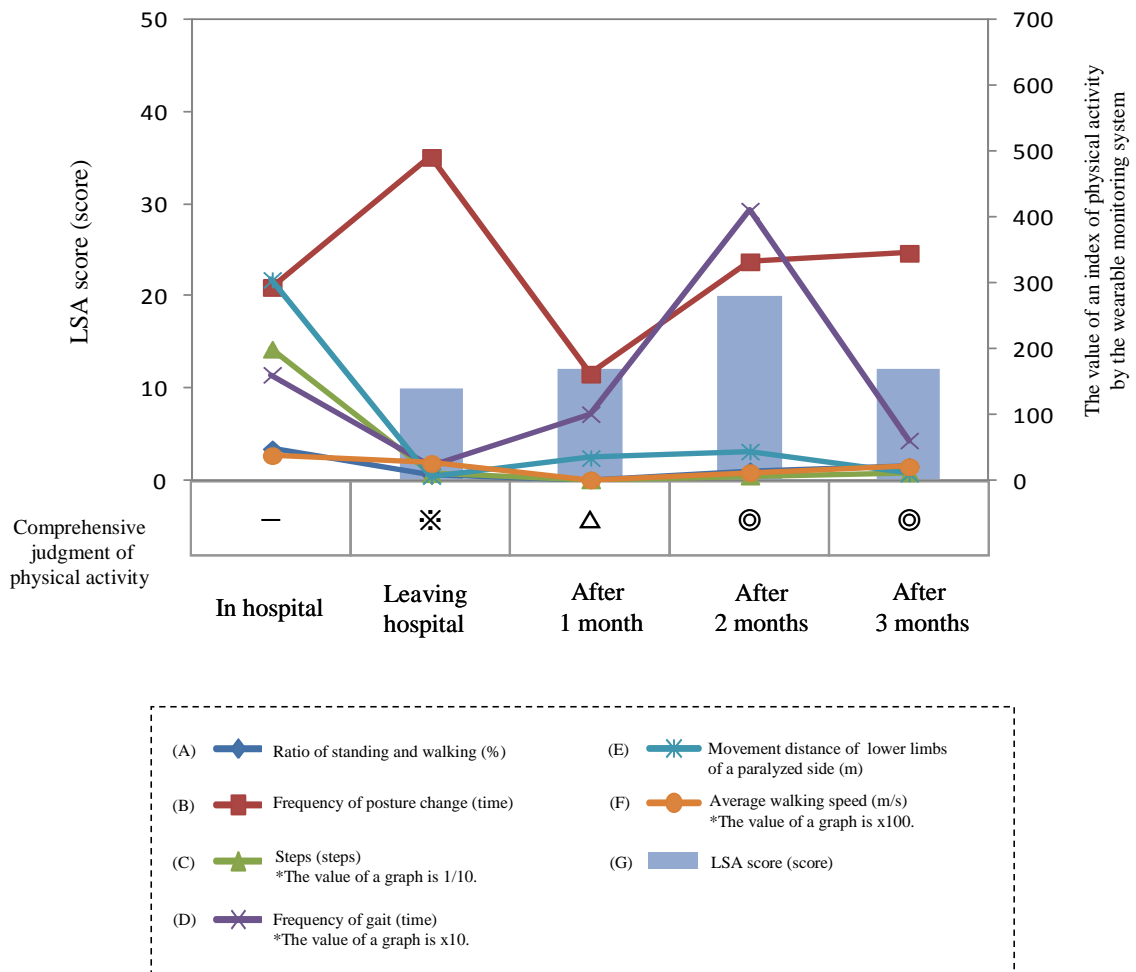


Fig. 3-29 Transition of physical activity of case 13

Table. 3-4 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 1. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 months” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 1					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	22.9	1.9 < ↓ >	59.2 (↑)	10.4 (↑)	0 (↓)
B (time)	145	52 < ↓ >	51 (→)	90 (↑)	0 (↓)
C (steps)	184	32 < ↓ >	84 (↑)	112 (↑)	0 (↓)
D (time)	2	0 < ↓ >	1 (↑)	0 (→)	0 (→)
E (m)	2.12	1.3 < ↓ >	0.96 (↓)	1.2 (→)	0 (↓)
F (m/s)	0.04±0.02	0.11±0.05	0.1±0.05	0.11±0.13	—
G (score)	4	4 < → >	7 (↑)	7 (↑)	7 (↑)
Judgment	—	×	◎	◎	×

Table. 3-5 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 2. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 2 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 2					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	48.1	8 < ↓ >	65.8 (↑)	24.9 (↑)	65.9 (↑)
B (time)	176	181 < → >	255 (↑)	388 (↑)	253 (↑)
C (steps)	1158	228 < ↓ >	1262 (↑)	682 (↑)	3740 (↑)
D (time)	15	9 < ↓ >	13 (↑)	11 (↑)	10 (↑)
E (m)	126.96	15.05 < ↓ >	42.46 (↑)	54.18 (↑)	417.09 (↑)
F (m/s)	0.55±0.22	0.28±0.15 < ↓ >	0.35±0.17	0.35±0.21	0.45±0.17
G (score)	6	24 < ↑ >	12 (↓)	20 (↓)	36 (↑)
Judgment	—	×	◎ ↓	◎ ↓	◎

Table. 3-6 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 3. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 2 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 3					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	6.7	68.1 < ↑ >	25.4 (↓)	24.3 (↓)	17.4 (↓)
B (time)	123	203 < ↑ >	214 (→)	72 (↓)	50 (↓)
C (steps)	318	5146 < ↑ >	1938 (↓)	1674 (↓)	1600 (↓)
D (time)	3	9 < ↑ >	9 (→)	13 (↑)	4 (↓)
E (m)	47.04	529.34 < ↑ >	275.41 (↓)	151.29 (↓)	257.5 (↑)
F (m/s)	0.5±0.25	0.66±0.19	0.54±0.2	0.34±0.12 (↓)	0.4±0.14 (↓)
G (score)	6	32 < ↑ >	34 (→)	34 (→)	34 (→)
Judgment	—	◎	△	△	△

Table. 3-7 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 4. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 2 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 4					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	69.5	24.3 < ↓ >	48.1 (↑)	73.8 (↑)	56.9 (↑)
B (time)	142	221 < ↑ >	316 (↑)	322 (↑)	529 (↑)
C (steps)	1492	1034 < ↓ >	2258 (↑)	2796 (↑)	2626 (↑)
D (time)	15	13 < ↓ >	14 (→)	15 (↑)	62 (↑)
E (m)	191.97	49.32 < ↓ >	183.12 (↑)	159.45 (↑)	31.85 (↓)
F (m/s)	0.43±0.23	0.28±0.18 < ↓ >	0.54±0.28	0.41±0.26	0.34±0.24
G (score)	6	12 < ↑ >	29 (↑)	29 (↑)	29 (↑)
Judgment	—	※	◎	◎	◎

Table. 3-8 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 5. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 months” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 5					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	16.9	0 < ↓ >	0 (→)	8 (↑)	0 (→)
B (time)	602	17 < ↓ >	17 (→)	99 (↑)	3 (↓)
C (steps)	820	0 < ↓ >	0 (→)	66 (↑)	0 (→)
D (time)	6	0 < ↓ >	0 (→)	2 (↑)	0 (→)
E (m)	49.03	0 < ↓ >	0 (→)	1.69 (↑)	0 (→)
F (m/s)	0.38±0.31	—	0.22±0.13	—	0.23±0.14
G (score)	6	8 < ↑ >	12 (↑)	12 (↑)	12 (↑)
Judgment	—	×	○	◎	×

Table. 3-9 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 6. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 6					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	14.6	0.5 < ↓ >	1.3 (↑)	10 (↑)	12 (↑)
B (time)	155	72 < ↓ >	43 (↓)	245 (↑)	150 (↑)
C (steps)	310	4 < ↓ >	10 (↑)	330 (↑)	744 (↑)
D (time)	7	0 < ↓ >	2 (↑)	2 (↑)	16 (↑)
E (m)	15.74	0 < ↓ >	0.4 (↑)	8.68 (↑)	482.9 (↑)
F (m/s)	0.15±0.08	0.04±0.02 < ↓ >	0.08±0.06	0.11±0.11	0.14±0.16
G (score)	6	8 < ↑ >	8 (→)	11 (↑)	11 (↑)
Judgment	—	×	◎	◎	◎

Table. 3-10 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 8. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 8					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	8.1	27.4 < ↑ >	34.2 (↑)	31.5 (↑)	15 (↓)
B (time)	108	131 < ↑ >	267 (↑)	172 (↑)	139 (→)
C (steps)	404	1004 < ↑ >	1010 (→)	1324 (↑)	286 (↓)
D (time)	7	17 < ↑ >	9 (↓)	7 (↓)	12 (↓)
E (m)	91.1	129 < ↑ >	100.41 (↓)	96.06 (↓)	22.87 (↓)
F (m/s)	0.27±0.09	0.23±0.11	0.23±0.16	0.26±0.18	0.31±0.18
G (score)	6	17 < ↑ >	22 (↑)	21 (↑)	22 (↑)
Judgment	—	◎	◎	◎	×

Table. 3-11 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 9. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 9					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	24	14.1 < ↓ >	9 (↓)	1.8 (↓)	10 (↓)
B (time)	389	218 < ↓ >	157 (↓)	161 (↓)	255 (↑)
C (steps)	1204	696 < ↓ >	138 (↓)	100 (↓)	250 (↓)
D (time)	8	8 < → >	10 (↑)	4 (↓)	5 (↓)
E (m)	68.05	34.69 < ↓ >	13.8 (↓)	4.08 (↓)	17.44 (↓)
F (m/s)	0.38±0.16	0.31±0.21	0.39±0.37	0.38±0.34	0.16±0.16 (↓)
G (score)	4	10 < ↑ >	10 (→)	13 (↑)	14 (↑)
Judgment	—	△	△	×	※

Table. 3-12 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 10. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 10					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	48.2	20.8 < ↓ >	18.1 (↓)	5.7 (↓)	25.7 (↑)
B (time)	254	147 < ↓ >	265 (↑)	518 (↑)	157 (→)
C (steps)	1612	978 < ↓ >	978 (→)	344 (↓)	1346 (↑)
D (time)	18	10 < ↓ >	13 (↑)	4 (↓)	15 (↑)
E (m)	239.06	71.97 < ↓ >	109.65 (↑)	15.39 (↓)	146.64 (↑)
F (m/s)	0.5±0.25	0.41±0.25	0.42±0.3	0.34±0.25	0.36±0.19
G (score)	8	28 < ↑ >	30 (→)	28 (→)	30 (→)
Judgment	—	×	◎	※	◎

Table. 3-13 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 11. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 11					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	47	48.7 <→>	57 (↑)	13.3 (↓)	32 (↓)
B (time)	204	237 <↑>	183 (↓)	169 (↓)	144 (↓)
C (steps)	1084	1448 <↑>	3048 (↑)	630 (↓)	2468 (↑)
D (time)	31	29 <→>	19 (↓)	12 (↓)	18 (↓)
E (m)	157.3	147.93 <→>	407.6 (↑)	29.04 (↓)	464.5 (↑)
F (m/s)	0.39±0.19	0.31±0.2	0.46±0.2	0.2±0.2 (↓)	0.59±0.25
G (score)	16	28 <↑>	25 (↓)	34 (↑)	34 (↑)
Judgment	—	◎	◎↓	×	△

Table. 3-14 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 12. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 12					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	22.9	8.4 < ↓ >	19.4 (↑)	64.6 (↑)	15 (↑)
B (time)	291	159 < ↓ >	166 (→)	261 (↑)	213 (↑)
C (steps)	1372	122 < ↓ >	528 (↑)	818 (↑)	578 (↑)
D (time)	8	1 < ↓ >	6 (↑)	5 (↑)	11 (↑)
E (m)	137.37	9.45 < ↓ >	56.13 (↑)	37.57 (↑)	50.26 (↑)
F (m/s)	0.37±0.17	0.35±0.26	0.29±0.17	0.31±0.22	0.35±0.21
G (score)	12	12 < → >	14 (↑)	16 (↑)	19 (↑)
Judgment	—	×	◎	◎	◎

Table. 3-15 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA, in Case 13. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 month”, and “After 3 month” are also compared with “leaving hospital”. Their increase and decrease are shown as denotation of (↑) and (↓). Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 13					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	47.2	7.1 < ↓ >	0 (↓)	13.8 (↑)	20.8 (↑)
B (time)	293	491 < ↑ >	161 (↓)	332 (↓)	345 (↓)
C (steps)	1990	94 < ↓ >	0 (↓)	58 (↓)	108 (↑)
D (time)	16	2 < ↓ >	10 (↑)	41 (↑)	6 (↑)
E (m)	304.45	5.84 < ↓ >	33.29 (↑)	43.13 (↑)	9.6 (↑)
F (m/s)	0.37±0.19	0.25±0.16 < ↓ >	—	0.11±0.17 (↓)	0.2±0.09
G (score)	0	10 < ↑ >	12 (↑)	20 (↑)	12 (↑)
Judgment	—	※	△	◎	◎

3 - 4 - 3 Life-Space Assessment との比較検証結果

Table.3-16 は、各計測時期における LSA (G) 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。

次に退院直後は、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 の関連性が確認された。また、相関係数についても 0.7 前後と高い相関であった。また退院 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 の関連性が認められる結果となり、特に歩行回数以外の指標については、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 以上と高い相関であった。

Table. 3-16 Results of significant differences between the analysis values obtained from the wearable system and LSA scores in 12 subjects. The correlation coefficient are also shown in each value.

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)

3 - 5 考察

3 - 5 - 1 ウェアラブル身体活動計測システムによる日常生活下における姿勢割合の定量評価の有効性

今回本研究では、本システムを用いることにより、これまで明らかになっていなかった、在宅移行期における脳血管障害者の活動性の変化を、明確に評価・追跡できることが確認された。特に、今回対象とした在宅移行期における生活状況の評価は、入院中は病院、退院後は対象者の自宅と、異なった環境下で対象者の状態を把握することが必要となる。このように大きく環境が変化する中で、従来の定性的評価のみでは対象者の日常活動を適切に判定することは困難であった。しかしながら今回、本システムにおける新たな評価方法を用いることで、病院や自宅などの環境を限定せずに計測を実施することができた。加えて装置が小型・軽量であるため、対象者に大きな負担を掛けることなく計測を行うことが可能であった。さらに、それら実測値に基づいて定量的かつ的確に、対象者の活動状況を把握することができた。

特に在宅移行期においては、脳血管障害発症後自立とされた者が病院を退院後、発症を期に生活の中での役割の変化や、本人の自信喪失・生活の不安等で閉じこもりがちになり、廃用性の低下を引き起こす[60]ことが考えられる。また、廃用性症候はさらに機能障害・構造障害、活動制限および参加制約の障害を生む原因になる[78]。そのような状態を引き起こさないために、退院後に対象者の活動状況に変化が生じた場合、早急に適切な対応が行えるように、本システムにより退院後の姿勢・活動状態を詳細に把握しておくことは、在宅移行期のリハビリテーションにおいて非常に重要なことであると考えられる。

今回の結果、まず活動の量的評価として臥位時間の割合を集計したところ、入院中と比較し、退院以降は臥位時間が短縮しており、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増加は認められないことから、前述の臥位時間の短縮は、座位時間の延長として表れていることがわかる。また、退院直後から退院3ヶ月後において、各姿勢の時間・割合に大きな変化はみられず、座位中心の生活をしていることが明らかになった。一方、起立・着座時間については、入院中と比較して退院後（退院直後～退院3ヶ月）は有意に短縮していた。この原因としては、活動性の低下により動作の回数そのものの減少した場合

,あるいは日常動作が改善したことにより1回の動作に要する時間が短縮した場合という2つの理由が考えられ,今後は起立・着座動作の評価については,動作の合計時間だけでなく,動作回数も併せて解析を行っていく必要がある。

次に,今回は典型例2例の入院中から退院3ヶ月後における,退院後の姿勢割合の推移を分析した。その結果,Case 4については,退院直後に臥位の割合が減少して座位の割合が増加し,離床が促進されていることが明らかとなった。さらに退院後は定期的な歩行も行われていることから,目的を持った移動手段として歩行が活用されていることが確認された。また,退院1~3ヶ月後においては,退院直後と比較して歩行の割合が増加しており,退院後の自宅での活動が安定して行われていることを確認することができた。

次にCase 5については,入院中に確認された臥位時間が退院以降は確認されず,座位時間の割合が増加しており,離床が促進されていた。しかしながら,歩行などの活動的な姿勢は確認されず,計測時間のほとんどを座位で過ごしており,退院後は非活動的な生活であることが確認された。このことから,Case 5に対しては,退院後の自宅における活動性向上のための支援が必要であると考えられた。

以上のように,本システムはこれまで把握困難であった活動の量的評価を,本システムから得られる姿勢状態の判別結果に基づき,定量的に行うことが可能であり,対象者の日常活動の状況を的確に把握する上で非常に有用であった。また,入院中から退院後に,本システムによる評価を行い,姿勢判別結果の推移を分析することで,対象者の日常の活動状況及びそのリズムが明らかとなり,在宅移行期における脳血管障害者の活動性の変化を的確に捉えることが可能となった。本システムによる評価に基づいて,退院後に活動・動作の変化が明らかになった場合には,速やかに対応・支援を行うことが可能になるため,本システムから得られる情報はリハビリテーション支援を実施する上で,非常に有効な情報になると考えられる。今回の結果では,退院後に離床が促進されていたという傾向が明らかになったが,今後はさらに多くの対象者において評価を行い,どのような支援を入院中や退院後に行うことが,より効果的な在宅移行支援に繋がるのか,また退院後の活動性の変化や日内変動などを明らかにしていく予定である。

3 - 5 - 2 ウェアラブル身体活動計測システムによる身体活動評価の有効性

今回、在宅移行期の脳血管障害者を対象に、本システムによる新たな定量的身体活動評価を実施した。その結果、本システムを用いた評価により、入院中の病院、あるいは退院後の自宅において計測場所を限定せずに、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、平均歩行速度を計測し、対象者の身体活動を定量的に評価することが可能であることが確認された。これにより、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も、対象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。

まず Case 2, Case 6, Case 9 の 3 名の対象者の計測結果についてであるが、Case 2 は入院中と比較して退院直後に LSA 得点が向上するものの、本システムにおける指標の多くが低下する結果となった。このことから、LSA 得点の向上は、病院という限定的な環境から在宅という場への環境変化によるものであり、活動の実態としては入院中と比較し低下しているということが把握できる。このような情報を知ることができれば、現在問題となっている対象者の退院直後の活動性の大幅な低下 [79] を早期に発見し、それを軽減するための支援を実施することができるため、非常に有用であると考えられる。また同対象者は、退院 1 ヶ月後において一旦 LSA 得点は低下するものの、本システムによる指標は向上したことが確認された。これは、LSA が表す活動範囲の縮小の要因は、歩行状態の低下によるものではないことが確認されたと言える。なお、その後は本システムによる身体活動の評価結果は向上し続けており、それに伴い LSA 得点の向上も認められることから、身体活動の向上が活動範囲の拡大にも反映されていることが確認できた。

次に Case 6 については、退院直後に LSA 評価で若干の活動範囲の拡大が確認されたが、一方で本システムによる評価では、身体活動及び歩行状態は低下していることが確認され、前述の Case 2 同様に実態的な活動の低下が生じていると考えられる。この原因の 1 つとして、退院に伴って生活環境が病院から自宅へと変化したことにより、退院直後は入院中に獲得した身体機能や ADL 能力を、自宅で十分に発揮できない状況にあったことが考えられる。また、その後は LSA 得点に大きな変化はないものの、本システムから得られる身体活動指標には向上がみられている。従って、その向上を活動範囲の拡大につなげるための介入の必要性が確認された。

一方 Case 9 については, Case 6 と同様に退院直後から退院 3 ヶ月後において LSA 得点の維持が確認された. しかしながら, 本システムにおける多くの身体活動指標については退院直後と比較して低下しており, 特に退院 2 ヶ月後には身体活動低下, また 3 ヶ月後においては歩行に注意が必要であることが確認された. こういった情報が得られることは, 今後のさらなる身体活動の低下や, それによる活動範囲の低下に繋がる可能性を示唆するものである. 特に脳血管障害者は, 非活動的な日常生活を送っている場合が多く [80], 身体活動量低下により寝たきりまたは再発という事態になりかねない [81] ことから, 上記のような評価はこれらを防ぐ上でも非常に有用であると考えられる.

一方, 今回計測時間は限定的であったものの, この時間内で姿勢変化が少ない, あるいは歩行がみられない等の活動性低下に関する情報が得られた場合, それは臨床的介入の必要性や生活リズムの変化を示唆する有用な情報であると考えられる.

3 - 5 - 3 ウェアラブル身体活動計測システムによる身体活動の定量的評価結果及び Life-Space Assessment による定性的評価結果の関連性と意義

Fig. 3-18~Fig. 3-29 また, Table.3-4~Table.3-15 に示すように, 今回脳血管障害者 12 名を対象とし, 本システムによる身体活動評価並びに LSA による活動範囲の評価を実施・追跡した. またこれらに基づいて, Fig. 3-3 に示した解析アルゴリズムに則り, 5 つの身体活動性変動パターンの判定を行った.

本システムを用いた評価は, 詳細な評価が可能である反面, データが煩雑になり情報の整理が困難となる可能性も考えられる. しかし, 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の判別を行ったことで, 計測時の身体活動を一目で確認することができた. 例えば, Fig. 3-25 及び Table.3-11 に示した Case 9 のように歩行状態への注意の必要性が出てきたこと, あるいは Fig. 3-18 及び Table.3-4 に示した Case 1 や, Fig. 3-24 及び Table.3-10 に示した Case 8 のように, 退院 3 ヶ月後において, それまでにはみられなかった身体活動の低下が現れたことなどを明確化することができた. 身体活動の向上を図るためには, 対象者自身の能動性が重要であり [59], 山崎らは身体活動量をグラフ化して賞賛することで強化刺激を与える応用行動分析学を用いた介入 [82] を推奨している. また中村は, 対象者自らが作業を行えるための取り組みとして, セルフマネジメントの重要性を述べている [83]. このよう

に、身体活動量向上のためには、対象者本人が自身の身体活動状況を把握することが必要である。今回のように多くの情報を統合したうえで、対象者の身体活動状況を一目で把握できるようにしておくことは、対象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るため、非常に重要であると考えられる。また、臨床においては対象者へのフィードバックの際などに、実用的に導入できるのではないかと考える。

次に、LSA と本システムとの関連性について検証を行った。まず、入院中において、両者は有意な相関関係がなく、関連性は認められなかった。このことは、入院中の身体活動は活動範囲に影響を及ぼしていないことを示しており、活動的な姿勢の割合や歩行の状態が、入院中の日常生活における活動範囲に反映されない、あるいは、病院の生活環境が対象者の獲得した身体活動を活動範囲に反映しにくい環境であったことが考えられる。そのため、入院中においては、対象者が有する身体活動能力を日常生活における活動範囲拡大につなげるための介入や、リハビリテーション実施場面以外の病棟生活においても、在宅生活を想定した環境設定を行うなど、在宅移行を十分に意識した上で介入を行う必要があると考えられる。

また、退院後（退院直後～退院3ヶ月後）の結果についてであるが、まず退院直後と退院1ヶ月後は、本システムとLSAとの関連性が確認され、本システムにおける6つの評価指標のうち、5つの評価指標において有意な相関関係が認められた。なかでも、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度は、退院直後と退院1ヶ月後に共通して有意な相関関係が確認されたことから、退院直後と退院1ヶ月後の自宅での活動範囲に、歩行状態が大きく影響を及ぼしていることが明らかとなった。このことは、退院直後から退院1ヶ月後の時期に歩行状態が向上すれば活動範囲も拡大するものの、歩行状態が悪化した場合には、それに伴って活動範囲が縮小することを示している。従って、この時期の歩行状態の評価を的確に行い、歩行状態が悪化している場合には必要な支援を実施することが重要であり、本システムによる対象者の歩行状態の定量的評価は有用であると考えられる。

一方、退院2ヶ月後においては、本システムから得られる歩数及び麻痺側立脚中の移動距離と、LSAとの間に有意な相関関係が認められた。これは、対象者が退院直後に対して、活動範囲を変化させる（例えば外出したい等）際に、歩行速度を変化させながらではなく、入院中に獲得していた歩容を慎重に活用し、歩行の量を

調整させているためと考えられる。従って、活動範囲は拡大するものの、立位や歩行といった活動的な姿勢割合の変化には影響しないものと考えられる。さらに退院3ヶ月後においては、本システムから得られる立位・歩行の割合、歩数、平均歩行速度の3つの指標において、LSA得点との有意な相関関係が認められた。まず、平均歩行速度が関連していることについては、この時期になると歩行パフォーマンスの状態が活動範囲の変化に大きな影響を与えられ、それを維持・向上できない場合は、ある程度限られた活動範囲に留まってしまい、活動範囲のさらなる拡大には繋がりにくいと考えられる。

なお、退院後（退院直後～退院3ヶ月後）の結果においては、歩数の指標のみが退院後の全ての計測時期で有意な相関が確認され、歩数以外の評価指標においては計測時期によって結果に相違があった。このことから、歩数については退院からの時期を問わず、自宅における活動範囲に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなり、本指標を確認することで各対象者の活動範囲を推察できる可能性が示唆された。

以上のように、本システムにおける評価指標とLSAによる活動範囲の評価との関連性を確認することにより、対象者の身体活動におけるどの指標が活動範囲の変化に繋がっているのかを把握することができ、どのような支援を行うべきかを検討する上で有用であると考えられた。本システムによる定量的評価と定性的評価のLSAを併せた今回の評価手法は、これまでに比べ、よりの確に対象者の日常の活動状態を確認することが可能になるため、在宅移行期の脳血管障害者の身体活動評価に有用な手法であると考えられる。

第4章 結論

4 - 1 在宅移行期の脳血管障害者の日常生活下における姿勢割合の定量評価の有効性

今回は、在宅移行期における脳血管障害者の日常活動について、本システムを用いた新たな評価手法を提案すると共に、在宅移行期の脳血管障害者 12 名を対象に計測・評価を実施し、その有効性を検証した。その結果、従来の定性的評価では把握困難であった入院中から退院後の自宅にかけての活動性の変化について、本システムにより定量的に追跡評価が可能であることが確認された。このことから、本手法は対象者の日常活動の的確な評価に有用であると考えられる。

4 - 2 Life-Space Assessment との同時比較検討による在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価の有効性

今回、本システムを用いた在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価を行い、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、平均歩行速度といった詳細な情報を把握することができた。また解析アルゴリズムにより、これらの情報から 5 つの身体活動性変動パターンの判別を行い、対象者の身体活動の変化を簡便に把握可能であることが確認された。一方、本システムにおける評価指標と LSA による活動範囲評価との関連性から、対象者の身体活動におけるどの指標が活動範囲の変化に繋がっているのかを把握することができ、支援内容を検討する上で有用な情報になると考えられた。今回のような本システムと LSA の同時評価による新たな評価手法は、在宅移行期の脳血管障害者の身体活動評価に有用であった。今後は、センサ装着への負担をより軽減すべく、センサユニットの小型化を進めていくと共に、様々な対象者の計測・評価を計画的に行っていく、データ解析・フィードバック方法の検討を行っていく予定である。

4 - 3 本研究における今後の課題と発展

今後はさらに多くの対象者において評価を行い、退院後の活動性の変化や日内変動などを明らかにしていく予定である。

また、本システムによる指標と LSA との比較検討による定量的身体活動評価においては、今後も両者の関連性を確認することにより、対象者に対して適切に活動性拡大のための支援を行うことが可能になると考えられる。これらの検討を進める

べく、今後は入院中を含めて、どのような環境調整や介入を行い、またそれによりどのような成果、即ち上記指標にどのような変化がみられたか、これらの LSA との関連性は変化したか等を検討していく。これにより、新たな退院後の対象者の身体活動や歩行状態の低下を最小限に抑えることができる在宅移行支援法を明らかにしていきたい。

さらに、身体活動性変動パターンの判定結果を用いた対象者への最適なフィードバック方法・内容を検討すると共に、データ提示が対象者の退院後の日常活動にどのような影響を与えるのか、併せて評価を行っていく予定である。

一方、車椅子や各種福祉車両等を利用して移動を行う対象者については、これら活動の判別手法の確立が必要であり、今後解析アルゴリズムを構築し、LSA 及び本システムにおける各指標との関連性の評価を行っていく必要がある。

さらに、より長時間の計測を行うことができれば、さらに多くの活動状況が取得でき、より早期に対象者の活動状況の変化を知ることができる可能性もある。そこで、センサ装着への負担を軽減すべく、センサユニットの小型化を進め、今回の2時間の計測による定量評価結果や LSA との比較から、さらなる長時間計測の有効性検証も併せて行っていきたい。

謝 辞

本研究を開始するにあたり、社会人の著者に対して研究の機会を与えて頂き、あたたかいご指導とご支援を賜りました、金沢大学 山越憲一 名誉教授（元・金沢大学大学院自然科学研究科）に深く感謝致します。そして、本研究の遂行と論文の執筆にあたり、絶大なご指導とご支援を賜りました、弘前大学大学院理工学研究科 本井幸介 助教（元・金沢大学大学院自然科学研究科）、さらに、多大なるご指導・ご支援と研究環境を与えていただきました、藤元総合病院リハビリテーション室 室長 東祐二 先生に深く感謝致します。

また、著者の指導教員をお引き受け下さりご支援くださいました、金沢大学理工研究域・機械工学系 田中志信 教授、本論文をご精読頂き有用なコメントを頂きました金沢大学理工研究域・機械工学系 岩田佳雄 教授、金沢大学理工研究域・機械工学系 坂本二郎 教授、金沢大学医薬保健研究域・保健学系 柴田克之 教授、金沢大学 根本鉄 元教授に深謝致します。

さらに、本研究を遂行するにあたり、多大なるご支援を賜りました、藤元メディカルシステム 藤元登四郎 理事長に深く感謝致します。

また、本研究のデータ分析やシステム情報の執筆にあたりご尽力いただいた、弘前大学大学院 小山崇宣氏、そして、本研究を遂行するにあたり、多大なるご支援とご理解を賜りました、藤元総合病院 湯地忠彦先生、藤元病院 四本伸成先生、藤元総合病院 福永誠司先生、福永奈美子先生、岩村そのえ先生、大悟病院 辻美和先生、中郷園 戸並桂子先生、三光苑 川野百紀先生、藤元総合病院 津曲優子先生、緒方匡先生、二見麻衣先生、渡邊考蔵先生、竹下正憲先生、岩村秀世先生、田中麻祐美先生、田中あすか先生、大悟病院 徳留武史先生、藤元総合病院 田代大祐先生、古賀久美子先生、西山和宏先生、杉原遥先生をはじめとする皆様に深く感謝致します。

最後に、本研究にご協力をいただきました対象者・ご家族の皆さまに、心より厚く御礼申し上げます。

また、本研究の一部は総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 SCOPE（102305004，平成 22～23 年度）により行われたものであり、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 平山恵造・編：2 脳血管障害. 臨床神経内科学第4版：南光堂, 228-245, 2000
- [2] 岡島康友：脳卒中の病態とリスク管理. OT ジャーナル 45(3)：190-196, 2011
- [3] 厚生労働省：平成23年患者調査（疾病分類編）.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/10syoubyo/>
(accessed 2014-1-4)
- [4] 厚生労働省：平成24年人口動態統計（確定数）の概況.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei12/>
(accessed 2014-1-4)
- [5] 社団法人 脳卒中協会・発行, Evidence に基づく日本人脳梗塞患者の医療ガイドライン策定に関する研究班・編著：第4章 日本人の脳梗塞の変遷. 脳梗塞ってどんな病気？
<http://minds.jcqhc.or.jp/n/pub/1/pub0005/G0000068/0008>
(accessed 2014-1-4)
- [6] 日本脳卒中学会：Ⅲ. 脳出血＜概説＞. 脳卒中治療ガイドライン 2009:130-131, 2009
http://www.jsts.gr.jp/guideline/130_131.pdf
(accessed 2014-1-4)
- [7] 厚生労働省：平成24年国民生活基礎調査の概況.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa12/>
(accessed 2014-1-4)
- [8] 慶應義塾大学：医療・健康情報サイト 脳卒中のリハビリテーション.
<http://kompas.hosp.keio.ac.jp/contents/000220.html>
(accessed 2014-1-4)
- [9] 日本脳卒中協会：秋田の脳卒中.
<http://www.jsa-web.org/book/akita.pdf>
(accessed 2014-1-4)

- [10] 総務省統計局：人口推計（平成 24 年 10 月 1 日現在）.
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2012np/>
(accessed 2014-1-4)
- [11] 総務省：平成 24 年度版情報通信白書.
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc112120.html>
(accessed 2014-1-4)
- [12] 安宅川佳之：少子高齢化時代の社会保険制度の展望. 日本福祉大学経済論集
第 40 号：1-32, 2010
- [13] 厚生労働省：平成 22 年度 国民医療費の概況.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/10/index.html>
(accessed 2014-1-4)
- [14] 清水敦哉, 新畑豊：高齢者における動脈硬化 (1). 脳血管障害. : 1-121
http://www.tyojyu.or.jp/ct/other000002100/kakuron-p113_149.pdf
(accessed 2014-1-4)
- [15] 厚生労働省：平成 22 年国民生活基礎調査の概況.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/1-2.html>
(accessed 2014-1-4)
- [16] 竹内孝仁：4. リハビリテーション. 日老医誌 45 : 43-45, 2008
- [17] 野頭俊幸：急性期における上肢管理・上肢機能の評価ポイントとアプローチ.
OT ジャーナル 45(3) : 205-214, 2011
- [18] 石川誠：回復期リハビリテーション病棟がめざすもの. OT ジャーナル 35(10) :
966-970, 2003
- [19] 中村茂美：回復期リハビリテーション病棟の制度と作業療法士にとっての意
義. OT ジャーナル 36(3) : 188-192, 2002
- [20] 大川弥生：回復期リハビリテーション病棟のプログラムと作業療法士の役割.
OT ジャーナル 36(3) : 193-201, 2002
- [21] 村井千賀：特定高齢者・地域支援事業における OT の視点は必要か?. OT ジ
ャーナル 42(7) : 680-685, 2008
- [22] 寺田千秀, 水野三重, 矢野勇介・他：回復期リハビリテーションにおける ADL
訓練. OT ジャーナル 37(10) : 977-983, 2003

- [23] 宮岡秀子：回復期リハビリテーション病棟と通所リハビリテーションにおける介護予防. OT ジャーナル 39(8) : 805-810, 2005
- [24] 日本脳卒中学会：VII. リハビリテーション. 1. 脳卒中リハビリテーションの進め方. 1 - 7. 維持期リハビリテーション. 脳卒中治療ガイドライン 2009 : 291-293, 2009
http://www.jsts.gr.jp/guideline/291_293.pdf
(accessed 2014-1-4)
- [25] 太田睦美：介護保険下の作業療法士の取り組み. OT ジャーナル 42(7) : 584-589, 2008
- [26] 鈴木恒彦：リハビリテーションにおける医療と福祉の連携～これからの作業療法に期待～. 作業療法 32 : 512-519, 2013
- [27] 二神雅一：作業療法士の役割. OT ジャーナル 39(1) : 17-22, 2005
- [28] 長江弘子：在宅移行期の家族介護者が生活を立て直すプロセスに関する研究－家族介護者にとって生活の安定とは何かに焦点をあてて－. 聖路加看護大学紀要 33(3) : 17-25, 2007
- [29] 千葉真弓, 安田貴恵子, 御子柴裕子：脳卒中患者の在宅移行期における看護ニーズの検討－4 事例の検討から－. 長野県看護大学紀要 11 : 39-49, 2009
- [30] 百留あかね, 野尻晋一, 大久保智明・他：訪問リハビリテーションにおける介護予防. OT ジャーナル 39(8) : 815-823, 2005
- [31] 坂本真理子：訪問記録の質的分析からみた要介護高齢者と介護者の在宅生活の適応プロセスにおける在宅支援者の役割. 日本地域看護学会誌 4(1) : 88-94, 2002
- [32] 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－7－. Jpn J Rehabil Med 45 (8) : 10-13, 2008
- [33] 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
- [34] Majjer GAL, Westerterp KR, Verhoeven FMH, et al.: Methods to assess physical activity with special reference to motion sensors and accelerometers. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 38 (3): 221-229, 1991

- [35] 木村朗：運動障害のある高齢者集団の身体活動に関連する変数. 理学療法科学 18 (4) : 197-205, 2003
- [36] 木内敦詞, 荒井弘和, 浦井良太郎・他：身体活動ピラミッドの概念と行動変容技法による大学生の身体活動増強. 大学体育学 3 : 3-14, 2006
- [37] 青田絵里, 浅田史成, 野村卓生・他：Physical Activity Scale for the Elderly(PASE) 日本語版の問題点に関する検証. 甲南女子大学研究紀要第 3 号 看護学・リハビリテーション学編 : 15-21, 2009
- [38] サニタ商事株式会社ホームページ：アクティグラフとは
<http://www.sanita.co.jp/actigraph/>
(accessed 2014-1-4)
- [39] J.Q.Brooks, L.Friedman, D.L.Bliwise, et al.: Use of the wrist actigraph to study insomnia in older adults. Sleep 16 (2): 151-155, 1993
- [40] B.D.Evans, A.E.Rogers : 24-hour sleep/wake patterns in healthy elderly persons. Appl Nurs Res 7 (2): 75-83, 1994
- [41] K. Aminian, P. Robert, E. E. Buchser, et al.: Physical activity monitoring based on accelerometry : validation and comparison with video observation. Medical & Biological Engineering & Computing 37 (3): 304-308, 1999
- [42] 岡久雄, 井上智紀：3 軸加速度センサによる身体活動モニタリング. 第 13 回生体・生理工学シンポジウム論文集 : 331-334, 1998
- [43] S. Miyazaki: Long-term unrestrained measurement of stride length and walking velocity utilizing a piezoelectric gyroscope. Biomedical Engineering, IEEE Transactions on Biomedical Engineering 44 (8): 753-759, 1997
- [44] 根武谷吾, 山寄佐織, 野坂真理：角速度および加速度センサを使用した歩幅と歩行速度の無拘束計測. 第 15 回生体・生理工学シンポジウム論文集 : 233-236, 2000
- [45] R. Williamson, B. J. Andrews: Detecting absolute human knee angle and angular velocity using accelerometers and rate gyroscopes. Medical & Biological Engineering & Computing 39: 1-9, 2001

- [46] 本井幸介, 田中志信, 東祐二・他: 要介護認定支援のための立ち上がり・起き上がりにおける補助有無判別システムの基礎的検討. 生体医工学 42(4): 241-251, 2004
- [47] K. Motoi, K. Ikeda, Y. Kuwae, et al.: Evaluation of a wearable sensor system monitoring posture changes and activities for use in rehabilitation. *J. Robotics & Mechatronics* 19 (6): 656-666, 2007
- [48] K. Motoi, K. Ikeda, Y. Kuwae, et al.: Development of an ambulatory device for monitoring posture change and walking speed for use in rehabilitation. *Conference Proceedings. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*: 5940-5943, 2006
- [49] K. Motoi, S. Taniguchi, T. Yuji, et al.: Development of a ubiquitous healthcare monitoring system combined with non-conscious and ambulatory physiological measurements and its application to medical care. *Conference Proceedings. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*: 8211-8214, 2011
- [50] 本井幸介, 田中志信, 野川雅道・他: 姿勢・歩行速度の無拘束同時計測法に関する基礎的検討. 生体医工学 41(4): 273-279, 2003
- [51] 山越憲一, 本井幸介: 非侵襲生体情報センシング技術の新展開ー理学療法への応用に向けてー. *理学療法学* 38 (8): 555-559, 2011
- [52] K. Motoi, Y. Kuwae, S. Taniguchi, et al.: Development of a new wearable monitoring system for posture changes and activities and its application to rehabilitation. *IFMBE Proceedings* 25: 142-145, 2009
- [53] 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
- [54] 健康日本 21 とは
http://www.kenkounippon21.gr.jp/kenkounippon21/about/intro/index_menu1.html
(accessed 2014-1-4)
- [55] 石川斎, 古川宏編, 岩崎テル子: 老年期障害の作業療法. 図解作業療法技術ガイド第2版: 株式会社文光堂, 761-777, 2009

- [56] 中川八郎, 永井克也: 脳と生物時計ーからだのリズムのメカニズム: 共立出版株式会社, 18-39, 2009
- [57] 伊藤武夫, 小山恵美: 生体リズムを考慮した最近の医療福祉施設の照明. 照明学会誌第 84 巻第 6 号: 362-367, 2000
- [58] 山本光璋: 体温リズムを管理して快適な睡眠を. 東北大学ホームページ
<http://www.bureau.tohoku.ac.jp/manabi/manabi20/mm20-3.html>
(accessed 2014-1-4)
- [59] 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
- [60] 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
- [61] 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. リハビリテーション医学 43: 180-185, 2006
- [62] 阿部勉, 橋立博幸, 島田裕之・他: 地域在住高齢者における活動量と身体機能・IADL との関連性. 理学療法科学 24(5): 721-726, 2009
- [63] Peel C, Baker PS, Roth DL, et al.: Assessing Mobility in Older Adults: The UAB Study of Aging Life-Space Assessment. PHYS THER 85: 1008-1019, 2005
- [64] Life-space assessment の測定についてー日本理学療法士協会
<http://www.japanpt.or.jp/esas/pdf/e-sas-s-lsa-sokutei.pdf>
(accessed 2014-1-4)
- [65] Crowe M, Andel R, Wadley VG, et al.: Life-Space and Cognitive Decline in a Community-Based Sample of African American and Caucasian Older Adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. November 63(11): 1241, 2008
- [66] Plasqui G, Westerterp KR :Physical Activity Assessment With Accelerometers: An Evaluation Against Doubly Labeled Water. OBESITY 15(10): 2371-2379, 2007
- [67] Leary AC, Donnan PT, MacDonald TM, et al.: Physical activity level is an independent predictor of the diurnal variation in blood pressure. Journal of Hypertension 18(4): 405-410, 2000

- [68] O'Shea JC, Murphy MB : Nocturnal blood pressure dipping: a consequence of diurnal physical activity blipping? American Journal of Hypertensions Jun 13 (6 Pt 1): 601-606, 2000
- [69] 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－. 理学療法学 20(4) : 230-237, 1993
- [70] 梅崎昌裕, 李廷秀, 川久保清・他 : 加速度計と GPS を組み合わせた活動強度の時間空間パターン評価手法. デサントスポーツ科学 Vol.31 : 52-54, 2010
- [71] 坂田俊一, 永田正伸, 野尻晋一 : 生活活動度計の開発 (プロトタイプ 1 号機試作結果). DEN - O - KEN TECHNICAL REPORT. Vol.12 No.1 November: 19-25, 2002
- [72] 坂田俊一, 永田正伸, 野尻晋一 : 生活活動度計(A - MES)の商品化に向けた機能改善. DEN - O - KEN TECHNICAL REPORT. Vol.14 No.1 November: 10-14, 2004
- [73] 竹之下航洋, 西山健人, 川越雅弘・他 : 携帯型加速度モニタ装置を用いた高齢者の定量歩行評価システム. 生体医工学 43(1) : 140-150, 2005
- [74] 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 4(1) : 1-8, 2013
- [75] Kobayashi T, Ishikawa T, Arakawa,K: Effects of daytime activity upon the timing of REM sleep periods during a night. Psychiatry and Clinical Neurosciences. Apr 52(2): 130-131, 1998
- [76] 社団法人日本理学療法士協会 : Elderly Status Assessment Set (E-SAS)による評価の意義と有用性. 平成 19 年度介護予防事業における運動器の機能向上と生活空間等に関する調査研究事業報告書 : 2-84, 2008
- [77] 日下隆一, 原田和宏, 金谷さとみ・他 : 介護予防における総合的評価の研究－運動機能, 活動能力, 生活空間の相互関係から－. 理学療法学第 35 巻第 1 号 : 85-91, 2008
- [78] 澤田雄二 : 非活動と ADL. OT ジャーナル 37(6) : 483-487, 2003
- [79] 細井俊希 : 行動科学に基づいた高齢者への運動指導方略の検討. 人間科学研究 Vol.26(1) : 140-141, 2013

- [80] 坂井智明, 中村容一, 重松良祐: 地域保健施設における運動プログラムが脳血管疾患片麻痺者の身体活動能力と生活関連動作にもたらす効果. 体力科学 51 : 367-376, 2002
- [81] 宮原洋八, 竹下寿郎, 西三津代: 脳卒中片麻痺患者の運動能力と日常生活活動の関連. 理学療法科学 20(4) : 309-313, 2005
- [82] 山崎裕司, 山本淳一: 患者の活動水準を高める応用行動分析的介入. 理学療法ジャーナル 37(6) : 467-473, 2003
- [83] 中村春基: 患者さまがひとりでできる (する) 作業療法のすすめ. 作業療法ジャーナル 42(4) : 282-284, 2008