

令和 5 年 5 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22799

研究課題名（和文）片麻痺患者の起立動作の回復過程を計測する手すりの開発

研究課題名（英文）Handrail to Estimate Recovery Process of Standing-up Motion of Hemiplegia Patients

研究代表者

安 ち（An, Qi）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：70747873

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：脳損傷後に片麻痺になると運動機能が障害される。自分自身の運動機能の回復過程を理解することはリハビリテーションを行う上でのリハビリテーション維持のために重要である。本研究では運動機能が障害されると手すりなどの福祉用具によって低下した機能を代償することで運動を実現することに着目し、手すりにかかる力からその使用者の運動機能を推定するシステムを構築した。本研究では30名以上の片麻痺患者に実験に参加いただき、複数回の計測実験を行った。そして手すりにかかる力の特徴量のみを用いることで、運動機能の度合いを80%以上の正解率で推定できることを示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳損傷後のリハビリテーションにおいて自分自身の回復過程を知り、モチベーションを保つことは重要である。しかし実際の臨床現場においては、医師や理学療法士による運動機能の評価が行われたり、高価で装着が大変なセンサ類などを用いた運動機能の評価が行われており、自分の運動機能を知る機会が限られている。それに対して、本研究では使用者にはセンサを貼り付ける必要がなく、手すりを把持して起立動作を数回行うことで運動機能の推定を行うシステムを構築した。これによって運動の評価にかかる時間の圧倒的な短縮を実現することができた。

研究成果の概要（英文）：Hemiplegia after brain injury impairs motor function. Understanding the recovery process of one's own motor function is important for maintaining motivation during rehabilitation. In this study, we focused on the fact that when motor function is impaired, people compensate for the impaired function by using welfare equipment such as handrails to achieve movement. Based on this phenomena, we constructed a system to estimate the user's motor function from the force applied to the handrail. In this study, more than 30 hemiplegic patients participated in the experiment, and multiple measurement experiments were conducted. We were able to show that the degree of motor function could be estimated with an accuracy of more than 80% by using only the feature values of the force applied to the handrail.

研究分野：ロボット工学

キーワード：片麻痺 起立動作 診断システム

1. 研究開始当初の背景

厚生労働省の調査では、脳血管疾患の患者数は120万人に上り、その半数は片麻痺を発症し、様々な運動障害が残ってしまう。このような片麻痺患者においてはリハビリテーションによって運動機能の改善が図られる。脳損傷によって生じる運動機能の低下の症状は多岐に渡り、個人にあってはリハビリテーションが重要である。また片麻痺患者のリハビリテーションにおいては、自分自身の回復の度合いが分からず、本来であれば運動を実現する能力があるのに、それを十分に活用できないという学習性不使用と呼ばれる問題がある。これらの問題点を解決するためには、自分自身の運動機能の経時的な変化を計測することが重要である。

実際の臨床現場においては様々な運動機能の検査が行われている。しかしそれらの方法は医師や療法士の立ち合いの下で行われるため、評価に時間がかかる。また光学式モーションキャプチャや表面筋電図などを用いて運動を定量的に調べることで変化を計測する方法もあるが、高価な機器を使用する必要があったり、またセンサの装着などの手間があり簡便な方法とは言えない。

2. 研究の目的

本研究では従来の臨床現場が抱える患者の運動機能の評価に時間がかかるという問題を解決する新しい診断システムの開発を行う。ここでは、特に片麻痺患者などの運動機能が低下した人が手すりなどの福祉用具に頼って、低下した運動機能を代償することで動作を実現していることに着目した。そこで、特に運動機能が大きく低下した人ほど手すりに大きな力がかかると考え、手すりにかかる力を用いることでその使用者の運動機能を推定できるのではないかと仮説を立てた。この仮説に基づき本研究では、使用者にセンサなどを貼り付けることなく、手すりにかかる力の情報のみからその人の運動機能を評価するシステムを確立することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究ではまず片麻痺患者の起立動作中の手すりにかかる力を計測するシステムを構築した。ここでは、図1の左に示すような計測システムを構築した。ここでは床反力計(テック技販社TF4060)上に縦手すりを設置し、起立動作中の手すりにかかる力を計測できるようにした。

次に手すりにかかる力の情報から使用者の運動機能を推定するために、ここでは図1右に示すような起立動作中の力データにおける最大の力、単位時間当たりの力といった力の大きさに関わる特徴量や力データの立ち上がりを表す開始時間やその終了時間、手すりに継続して時間がかかっている時間、力が最大値となるピーク時間といった時間に関する特徴量を算出した。本研究ではこれらの特徴量から機械学習で用いられる識別手法であるランダムフォレストを用いることで手すり情報のみから運動機能の評価が行えるか検証した。

提案システムの有効性を検証するために本研究では森之宮病院に入院中の回復期の片麻痺患者15名に実験に参加してもらった。15名のうち4名は1度の計測、5名は2度の計測、6名は3度の計測を行い、複数回計測を行った参加者は1ヶ月以上の期間を置いて計測をした。一度の計測では非麻痺側で手すりを持った状態で10回の起立動作動作を行ってもらった。なお本研究は森之宮病院の倫理委員会の承認を受けて実施された。

各実験参加者の起立動作中に手すりにかかる力から前述した特徴量の算出を行った。ここでは実際の臨床現場で用いられるFugl-Meyer Assessment (FMA)と呼ばれる運動機能の評価指標によって運動機能の状態を軽度な運動機能障害と中等度な障害とし、それらをランダムフォレストによって正しく評価できるか検証を行った。ここでは特に1回目実験に参加した際の力データ

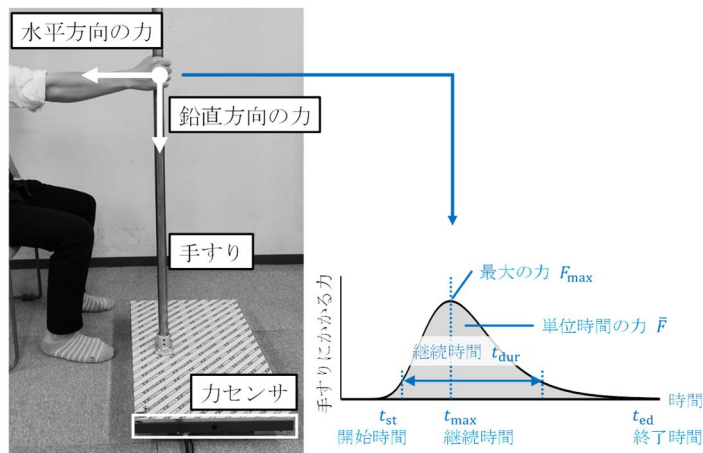


図1 手すりシステムと手すりにかかる力の特徴量

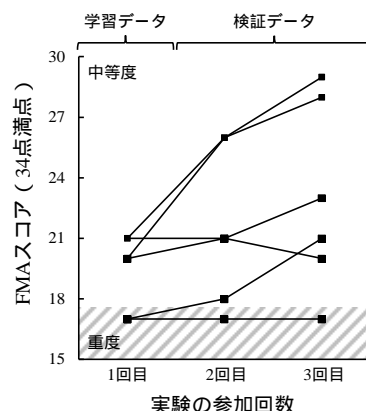


図2 FMA の変化

ータをもとに運動機能の識別器を構築し、2 回目以降に実験に参加した際のデータを正しく評価できるか検証した。

4. 研究成果

ランダムフォレストを用いた識別器から手すりにかかる力のみから 85%以上で使用者の運動機能度合いを推定することができることが分かった。これは我々の先行研究において表面筋電図などを用いて計測した筋活動のデータを用いた際の識別結果と比べても十分に高い結果となっている。実際に実験に参加した人の FMA の変化を図 2 に示す。複数回参加した実験参加者において運動機能が回復していることが示されているが、我々の構築した識別器からこれらの変化を正しく評価できていることが分かる。

識別に使用した特徴量を調べるとその中でも、手すりにかかる単位時間の力や最大の力が識別の精度に貢献しており、次に精度に寄与しているのは手すりにかかる力の終了時間や継続時間となった。図 3 に手すりにかかる力と FMA の関係性を示す。FMA とこれらの特徴量の相関を調べると、力の最大値や単位時間あたりの力は運動機能と弱い負の相関を示し、運動機能が低下した人ほど大きな力が手すりにかかっていることが分かった。また手すりにかかる力のピーク時間や終了時間も負の相関を示し、運動機能が低下するにつれて最大の力を取る時間は早くなり、また手すりに長い時間力がかかることが新たに分かった。これらの結果から研究を開始した当初の仮説である、運動機能が低下するほど手すりに頼ることで、運動機能を代償していることを示すことができた。

さらに起立動作を行っている際の姿勢データを検証した結果、運動障害が重度な患者は中等度な患者に比べて上体の前屈角度や足関節の背屈角度が小さくなっていることが分かった。このことから重度な患者ではあまり上体を曲げずに、また重心を前方に移動することなく、手すりに頼って起立を行っていることが示された。

以上の結果はリハビリテーション分野におけるトップジャーナルである IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering に採択されるなど高く評価されている。これらの成果によって従来までは多くの時間がかかっていた運動機能の評価において、使用者にセンサを貼り付けることなく、手すりを持って立ち上がるだけで評価を行うことができる簡便なシステムが構築された。またこれは臨床現場において用いられるだけではなく、他の応用も考えられる。例えば独居の高齢者宅において提案するシステムがあれば、高齢者の運動機能を遠隔からでもモニタリングすることができ、運動機能の著しい低下が検知された場合には、適切な処置を促すといったシステムにも発展することができる。さらに力情報のみを用いた評価を行うため、プライバシーの問題もなく運動機能を調べることができる。今後の研究ではこれらのシステムを改良することで、運動機能の度合いだけでなく、その原因(例えば筋力の低下や感覚障害など)も合わせて推定することができるようにする。

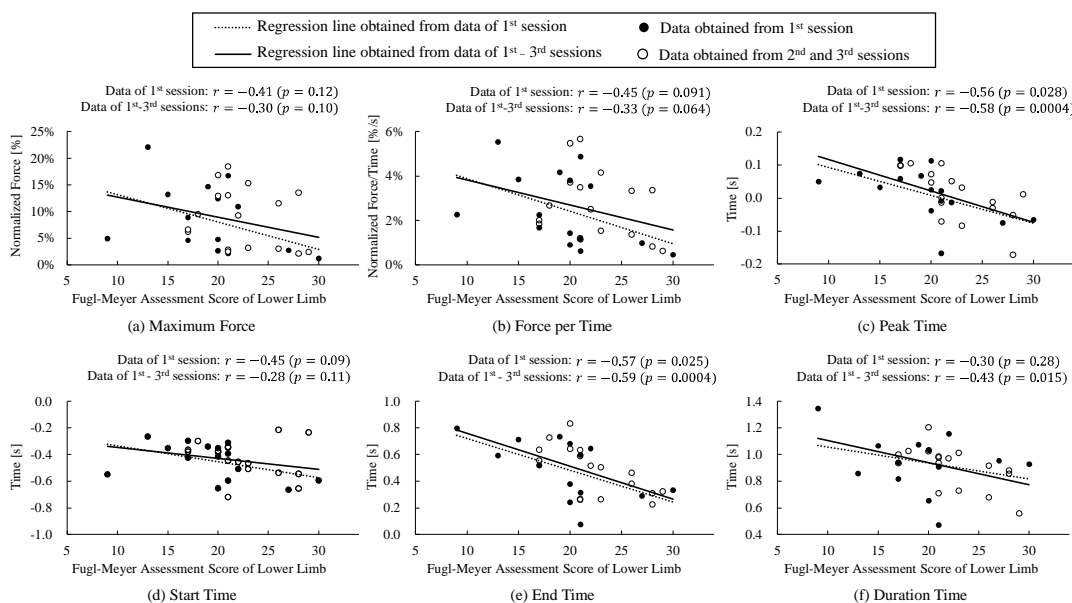


図 3 手すりにかかる力の特徴量と FMA の関係性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 An Qi, Yang Ningjia, Yamakawa Hiroshi, Kogami Hiroki, Yoshida Kazunori, Wang Ruoxi, Yamashita Atsushi, Asama Hajime, Ishiguro Shu, Shimoda Shingo, Yamasaki Hiroshi, Yokoyama Moeka, Alnajjar Fady, Hattori Noriaki, Takahashi Kouji, Fujii Takanori, Otomune Hironori, Miyai Ichiro, Kurazume Ryo	4. 巻 29
2. 論文標題 Classification of Motor Impairments of Post-Stroke Patients Based on Force Applied to a Handrail	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering	6. 最初と最後の頁 2399 ~ 2406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNSRE.2021.3127504	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 木原諒也
2. 発表標題 関節に対する運動制限が手すりを用いた立ち上がり動作に与える影響の解析
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 (SSI2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安琪
2. 発表標題 起立動作中の縦手すりにかかる力を用いた運動機能の評価
3. 学会等名 LIFE2020-2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安ち
2. 発表標題 片麻痺患者の起立動作中の手すりにかかる力を用いた運動障害の度合の分類
3. 学会等名 38回日本ロボット学会・学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Qi An
2. 発表標題 片麻痺患者の起立動作における手すりにかかる力を用いた筋シナジーの推定
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会・学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qi An
2. 発表標題 片麻痺患者の起立動作における縦手すりにかかる力の解析
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 滝田謙介
2. 発表標題 人の動態計測のための IoT センサデバイスの開発
3. 学会等名 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoya Kihara
2. 発表標題 Analysis of Force Applied to Horizontal and Vertical Handrails with Impaired Motor Function
3. 学会等名 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	浅間 一 (Asama Hajime) (50184156)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	
研究分担者	宮井 一郎 (Miyai Ichiro) (60510477)	社会医療法人大道会(神経リハビリテーション研究部)・神経リハビリテーション研究部・部長 (94407)	
研究分担者	服部 憲明 (Hattori Noriaki) (70513141)	富山大学・学術研究部医学系・教授 (13201)	
研究分担者	下田 真吾 (Shimoda Shingo) (20415186)	国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・ユニットリーダー (82401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------