

令和元年6月17日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03214

研究課題名(和文)回復過程と"Slacking"に対応するロボットリハビリテーション

研究課題名(英文) Rehabilitation Using Robot for adapting both to Recovery Level and Patient's Slacking

研究代表者

大日方 五郎 (OBINATA, Goro)

中部大学・工学部・教授

研究者番号：50111315

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：ロボットによるアシストを伴うリハビリテーションは、さまざまなメリットがあるが、ロボットアシストへ依存して回復が止まってしまうことが問題とされてきた。この問題を解決するために、アシストを伴う運動中の発生筋力を評価すること、回復過程に応じてロボットアシストの量を調整すること、神経に問題がある筋を電気刺激で運動させること、を実施してロボットアシストへ過度に依存することなくリハビリテーションを進める方法を提案し、それが実行可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ロボットアシストによる運動器リハビリテーションは、理学療法士の負担を軽減し、記録と繰り返し運動などでリハビリの過程を管理することができるなどのメリットがあるが、患者がロボットアシストに頼り、回復が途中で止まってしまうことが問題とされることがある。本研究では患者の筋力や神経による運動制御機能の回復を追跡できるシステムと患者の筋力を電気刺激により発生させる方法の併用によって、ロボットアシストの良さを確保しつつ、確実に回復をはかるリハビリテーションの方法を提案した。今後のロボットアシストによるリハビリテーションの普及に際し、有効な方法として期待される。

研究成果の概要(英文)：Several positive effects are known for robot-assisted rehabilitation; however, robot assist may make patients slack in their training. So as to solve the problem of slacking, we conducted the following three investigations. First, the generated muscle forces were evaluated during robot-assisted motions for training. Second, a method of tuning the robot-assisted power was proposed to obtain more effective results of training. Third, functional electrical stimulation (FES) was used with robot-assisted rehabilitation in cases of neuropathy. These investigations proved that the method using the tuning rule of power assist and the appropriate combination of FES is useful and effective.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション支援ロボット リハビリテーション 回復過程 機能的電気刺激 神経リハビリテーション アシストロボット

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

ロボットによるガイド/アシスト機能を用いた運動リハビリテーションの有効性が示される一方で、回復過程への配慮不足や患者の「Slacking(手抜き)」のために効果が上がらないことが指摘されている。「Slacking」対策をはじめとして、患者の状態に応じた適切なトレーニング負荷の与え方など、効果の上がる訓練のためのロボットの制御法についての研究が重要であることが認識されるようになった。

### 2. 研究の目的

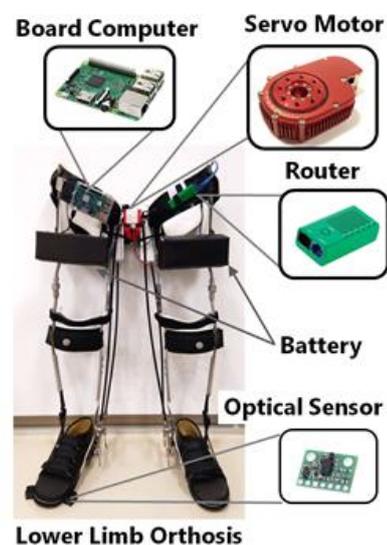
本研究では新たにロボット・リハビリテーションシステムを設計製作し、それを用いた実験的研究によってトレーニング中の“Slacking”に対応し、また患者の回復過程に適応して効果を上げることができるリハビリテーション法の確立を目指す。“Slacking”対策として機能的電気刺激（FES）を併用して麻痺筋を働かせる。ロボット装具の各リンクと患者身体のすべての接触部にセンサを挿入することによって、患者との間の力学的相互作用を正確に計測し患者の筋力や関節角から回復の程度を評価する。評価値に基づいて装具の制御をリハビリの効果が上がる方へ変更する。

### 3. 研究の方法

本研究では、ロボットアシスト装置を新たに設計製作し、患者とロボット間の力学的な相互作用すべてを計測できるようにし、運動における筋の寄与と筋機能の回復過程を定量的に評価する。(1) FES が単に筋運動の発生に効果があるだけでなく、電気刺激が求心性の伝達などを通して、神経による筋の制御機能（筋の神経支配）回復にも効果があることを実験的に示す。

(2) 筋力の発生に寄与する FES の効果と逆に筋力発生を抑制する方向に働く「Slacking(手抜き)」の効果を同時に評価し、Guadagnoli らによって提案された Challenge Point 理論によって効率的リハビリテーションのためのロボットアシスト制御法を見出す。(3) 再現性の高い繰り返し運動を実現できること、また計測による筋の回復過程の定量評価を可能とする点から、ロボットを用いるリハビリテーションの有用性を明らかにする。

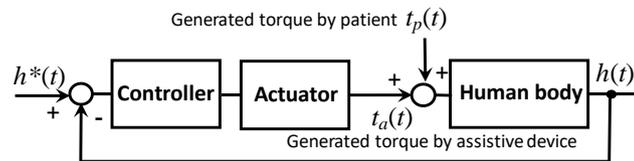
下肢の運動リハビリテーションにおいて、「Slacking」の効果を調べる際に使用したロボット装具を右図に示す。同様な上肢用の装置も製作し、FES の効果を検証するときに使用した。



### 4. 研究成果

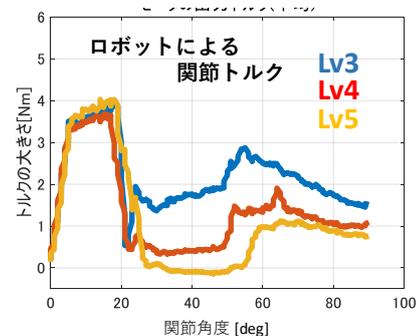
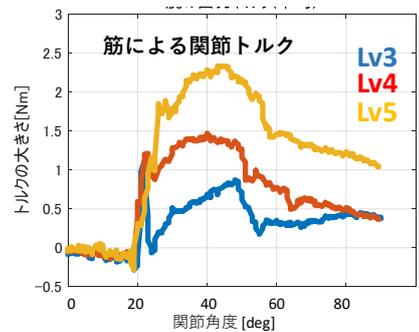
理学療法士の負担を軽減し、記録と繰り返し運動などでリハビリの過程を管理することができるなどのメリットがあるが、ロボットアシストへ依存して回復が止まってしまうことが問題とされてきた。この問題を解決するために、(1) アシストを伴う運動中の発生筋力を評価すること、(2) 回復過程に応じてロボットアシストの量を調整すること、(3) 神経に問題がある筋を電気刺激で運動させること、を実施してロボットアシストへ過度に依存することなくリハビリテーションを進める方法を提案し、それが実行可能であることを示した。

アシストロボットが運動を引き起こすために発生した関節トルクと患者の筋による関節トルクを右のブロック線図に対応付けて考え、ロボットアシストによる割合を次式で定義して、アシストへの依存度を定量的に表した。



$$L_a = \int_0^T |t_a(\tau)| d\tau / \int_0^T |t_p(\tau)| d\tau$$

回復過程の中で、この値を見てロボットアシストの量を調整することができる。回復プロセスを機能的電気刺激により模擬した実験結果を右の2枚の図で示す。上の図は患者が発生したトルクで、下の図はロボットによるトルクである。両図を比べると、筋力のレベルが上がるに従いアシストトルクが減少するように調整されていることがわかる。



ロボットアシストによる運動器リハビリテーションにおいて回復が途中で止まってしまう問題に対応するために患者の筋力や神経による運動制御機能の回復を追跡できる新たなシステムを開発し、患者の筋力を機能的電気刺激により発生させる方法の併用によって、ロボットアシストの良さを確保しつつ、確実に回復をはかるリハビリテーションの方法を提案した。

今後のロボットアシストによるリハビリテーションの普及に際し、有効な方法として期待される。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2件)

- 1) A new design of active lower limb orthosis with one degree of freedom for paraplegia, Goro Obinata, Takuhiro Sunada, Yanling Pei, Proceedings of ICSRT 2019, Association for Computing Machinery ACM ISBN 978-1-4503-6246-7/19/03, 2019, 査読有
- 2) Active lower limb orthosis with one degree of freedom for people with paraplegia, Michal Gloger, Goro Obinata, Eiichi Genda, Jan Babjak, Yanling Pei, IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/ICORR. 2017. 8009256, 2017, 査読有

[学会発表] (計 4件)

- 1) A new design of active lower limb orthosis with one degree of freedom for paraplegia, Goro Obinata, Takuhiro Sunada, Yanling Pei, The 2nd International Conference on Robotics and Intelligent System, 2019.
- 2) 握力補助を目的としたロボットハンドと手指形状センサの開発, 松岡大貴, 大日方五郎, 第36回日本ロボット学会学術講演会, 2K2-03, 2018.
- 3) 下肢麻痺者のための単一モータアシスト装具: oneDHALO, 横山智之, 林航輝, 大日方五郎, 第35回日本ロボット学会学術講演会, 3E3-04, 2017.
- 4) Active Lower Limb Orthosis with One Degree-of-Freedom for People with Paraplegia, Michal Gloger, Goro Obinata, Eiichi Genda, Jan Babjak, Yanling Pei, 15<sup>th</sup> International Conference on Rehabilitation Robotics, TuPBA, 2017.

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：下肢装具のパワーアシスト装置及び下肢装具

発明者：大日方五郎，元田英一，マイケルグロガー

権利者：学校法人中部大学

種類：特許

番号：特願 2017-092051

出願年：2017 年

国内外の別： 国内

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：島田 洋一

ローマ字氏名：(SHIMADA, Yoichi)

所属研究機関名：秋田大学

部局名：医学系研究科

職名：教授

研究者番号（8 桁）：90162685

研究分担者氏名：宮脇 和人

ローマ字氏名：(MIYAWAKI, Kazuto)

所属研究機関名：秋田工業高等専門学校

部局名：その他部局等

職名：教授

研究者番号（8 桁）：00390906

研究分担者氏名：イ ジェリョン

ローマ字氏名：(LEE, Jaeryoung)

所属研究機関名：中部大学

部局名：工学部

職名：助教

研究者番号（8 桁）：70736363

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。