

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2011

課題番号：21240059

研究課題名（和文）

運動系と感覚系の双方向神経インターフェースを有する運動再建・支援装置の開発

研究課題名（英文）

Research and Development of Assistive Devices Reconstructing Functional Movements with Bilateral Neural Interface

研究代表者

大日方 五郎 (OBINATA GORO)

名古屋大学・エコトピア科学研究所・教授

研究者番号：50111315

研究成果の概要（和文）：本研究では、運動系と感覚系の双方の神経系へのアクセスを通して、義手、義足の操作性、制御性を人の手、足の機能レベルに引き上げることを目的とする。この目的のために①運動系神経情報の抽出、②電気刺激を用いた感覚系信号の脳へのフィードバック、③義手、義足との統合による再建機能評価、の3つの研究を実施した。

電気刺激を用いて感覚系情報の脳へのフィードバックが非侵襲的に可能であり、その効果が運動制御において現れ、さらにそれがリハビリテーションや運動支援に重要な技術であることを示した。この結果自体が様々な運動再建や運動支援に適用できることが明らかとなったので、ロボットによる上肢のリハビリテーション支援装置の設計とそのリハビリテーション運動計画に反映させることができた。さらに感覚情報の機械による取得法として触覚センサの開発を行い、それを義手に装着することを検討した。感覚情報のフィードバックが義手の操作に有効であることを実験的に検証した。

研究成果の概要（英文）： The purpose of this research is to achieve artificial limbs such that those devices have a similar level maneuverability and controllability as human. The research took three steps. First, we established a method for picking up the meaning from action potentials of motor neurons. Second, we proposed a method for feeding back sensory signals to brains by electrical stimulations. Third, we integrated these two methods to achieve a high performance of artificial limbs.

The experimental and simulation results show that the electrical stimulation for artificial sensory feedback can be conducted non-invasively, and the positive effects appear in the limb movements; moreover, the stimulation is very useful for rehabilitation and assisting human movements. We applied the technique of electrical stimulation to design of assistive robotic device for upper limbs and to planning of rehabilitations. We also conducted the research for measuring sensory information by a newly developed tactile sensor, and introduced the sensor into artificial hands. It is shown with the experiments that the introduction of the feedback by the tactile sensor is quite useful for maneuvering the artificial hand.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	21,300,000	6,390,000	27,690,000
2010年度	11,200,000	3,360,000	14,560,000
2011年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
総計	36,800,000	11,040,000	47,840,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：制御工学，神経科学，リハビリテーション，生体機能利用，義手・義足、ロボット工学

1. 研究開始当初の背景

手は道具を利用しながら生活する人間にとって重要な役割を果たしており、外傷、神経障害、先天奇形などによる手の障害は患者に大きなQOLの低下をもたらす。上肢を切断してしまったケースに対応して、筋電信号で動作する電動義手などが実用化されている。しかしながら、手が行うタスクの中には高度な制御が求められるものがあり、完成度の高い機能再建は達成されていない。手の一部の機能が欠損した場合には、手術によって運動系の修復が行われるが、筋肉の麻痺や欠損はそれに対応した神経系と筋・骨格が再建されない限り、感覚情報や運動や駆動の自由度が失われるので、一部の機能の再建は実施できるものの多様なタスクに対応した完成度の高い再建は不可能である。また、足関節、ひざ関節が失われた場合の起立や歩行といった機能の義足による再建は、受動的関節やコンピュータ制御によるものまで実用化されているが、一つの義足で多様な状況に対応させることは難しく、整備された環境での下肢機能再建にとどまっている。

本研究では、これらの課題を解決するため、手足の切断者や上下肢のリハビリテーション用の、より自然でヒトの手足と同程度の高い操作性を有する義手・義足やリハビリテーション支援装置の開発を目指し、運動神経の接合と感覚系信号の脳へのフィードバック機能の実現を検討する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の3つから構成されている。**①運動系神経情報の抽出：**平田らが研究してきたNMN法により末梢神経内を伝達する運動ニューロンの情報を抽出できる事を実証する。同時に抽出した信号の処理に必要なソフトウェアの開発とハードウェアの構築を行う。神経幹から神経端側縫合により運動軸索を効率よく筋に誘導し、筋活動電位に信号変換できる事を実証する。これにより、脳に直接アクセスしない運動系指令用の神経インターフェースの開発をめざす。**②感覚系信**

号の脳へのフィードバック：義手、義足が受けている力や温度といった環境情報を義手、義足に埋め込んだ小型のセンサにより検出することは可能であり、これらの情報を義手、義足を操作している人間にフィードバックすることが、高度な手、足の機能再建には重要である。このため、これらのセンサの情報を抹消の神経束へ電極などを通してフィードバックする方法を検討し、動物実験によってその効果を検証する。**③義手、義足との統合による再建機能評価：**①の要素技術研究は、操作者の意図をEMGへ変換する方法であるので、健常者の筋電信号を用いて実際の義手、義足を制御しても同じであると考えられる。本研究の主要な目的のひとつである感覚系信号の操作者へのフィードバックの効果を確認するため、②の非侵襲的なセンサ情報の提示方法と併せて実際のハンドや義足を制御する実験を行うことができる。これを実施して、感覚情報の重要性を確認し、高機能義手、義足の開発の可能性を検証する。

3. 研究の方法

本研究では、目的に合わせた以下の方法により実施した。**①運動系神経情報の抽出：**平田らが研究してきたNMN法により末梢神経内を伝達する運動ニューロンの情報を抽出できる事を示す。これにより、脳に直接アクセスしない運動系指インターフェースの開発をめざす。また、運動神経を電子回路にEMG信号レベルで結合する技術を実験動物を用いて確立する。ラットに対して実際に電子回路と神経の接合を実施してラットの運動制御ができる事を実証する。**②感覚系信号の脳へのフィードバック：**義手、義足が受けている力や温度といった環境情報を義手、義足に埋め込んだ小型のセンサにより検出するセンサを開発し、これらの情報を義手、義足を操作している人間にフィードバックすることが高度な操作に有効であることを実証する。このため、これらのセンサの情報を抹消の神経へ電気刺激を用いてフィードバックする方法を検討する。この非侵襲的な方法は、人による実験が

課題である。

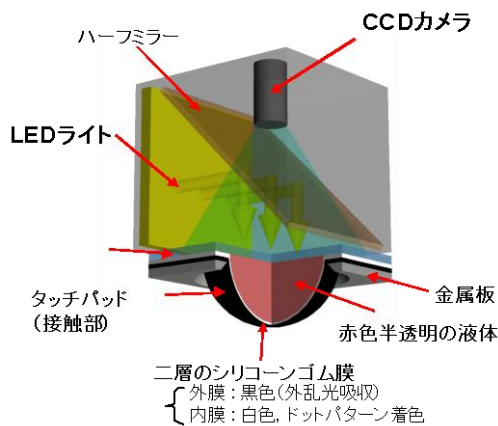


図 4

義手、義足と神経インターフェースの統合については、患者としての実験協力者が得られなかったために実用化レベルでの検討を行うことはできなかったが、健常者に対し仮想的な運動障がいを生じさせる技術を適用することによって、検証実験を行った。本研究で明らかにされた感覚神経情報伝達の強弱を反映させた状況をつくりだすことによって、リハビリテーションにおける効果的な運動支援を行うことができた。

この運動系と感覚系についての研究結果は、義手、義足の設計へ有効であることが明らかになったので、この技術に基づいて操作しやすい実用的な義手、義足を開発することが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① 裴艶玲, 金泳佑, 大日方五郎, 長谷和徳, ロボット支援型下肢リハビリテーションにおける筋骨格モデルに基づいた運動軌道と足先に作用する力の設計, 日本機械学会論文集 (C編), 77 巻 781 号, 236-250 頁, 2011, 査読有
- ② Y. Ito, Y. Kim, C. Nagai, G. Obinata, Contact State Estimation by Vision-based Tactile Sensors for Dexterous Manipulation with Robot Hands Based on Shape-Sensing, International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol.8, No.4, pp.225-234, 2011, 査読有
- ③ 朴根永, 齊川秀司, 金泳佑, 長井力, 大日方五郎, 双腕での力知覚・再現タスクにおける両側性転移, 人間工学 Vol. 48, No. 1, 35-39 頁, 2012, 査読有
- ④ K. Park, Y. Kim, G. Obinata, Planning of Bimanual Movement Training Based on the Bilateral Transfer of Force and Proprioception by using Virtual Impairment, Bioengineering and Biomedical Science, Vol.2, Issue 2, pp.1-8, 2012, 査読有
- ⑤ S. Kamada, Y. Kim, G. Obinata, D. Stefanov, Task-Based Method for Designing of Underactuated Mechanisms, International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol.9, No.1, pp.1-12, 2012, 査読有
- ⑥ K. Park, Y. Kim, C. Nagai, G. Obinata, Bilateral Transfer in Active and Passive Guidance-Reproduction of Upper Limbs Motion: Effect of Proprioception and Handedness, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol.7, No.2, pp.141-155, 2012, 査読有

[学会発表] (計6件)

- ① G. Obinata, Partner Robots for Mental Health Care – Japanese Challenge toward Practical Robots –, 2011 International UKIERI Workshop on the Fusion of BCI and Assistive Robotics, 7-8 July 2011(招待講演), 2011年7月8日, Londonderry, UK
- ② K. Miyawaki, T. Iwami, H. Miura, T. Matsunaga, Y. Shimada, G. Obinata, Modeling of skeletal musculature based on MRI – Calculation of the moment arm about the pronation of forearm and the forearm supinate-, 2011 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science, 2011年11月8日, Nagoya, Japan
- ③ C. Nagai, Electrical Stimulations of Tactile Sensory Feedback for Dexterous Handling with Artificial Hands, 2011 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science, 2011年11月7日, Nagoya, Japan
- ④ S. Kamada, Y. Kim, G. Obinata, Task Based Design Method for Multi-joint Prosthetic Hand, 2011 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science, 2011年11月7日, Nagoya, Japan
- ⑤ K. Park, Y. Kim, C. Nagai, G. Obinata, Bilateral Transfer in Active and Passive Guidance-reproduction Based Bimanual Tasks: Effect of Proprioception and Handedness, 2011 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science, 2011年11月7日, Nagoya, Japan

- ⑥ K. Park, Y. Kim, C. Nagai, G. Obinata, Bilateral Transfer in Active and Passive Guidance-reproduction of Arm Reaching Movement: Effect of Proprioception and Handedness, International Symposium on EcoTopia Science 2011, 2011年12月11日, Nagoya, Japan

[図書] (計1件)

大日方五郎, シミュレーション辞典, 日本シミュレーション学会(編), コロナ社, 452頁, 2012

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 6軸力計測装置、及び6軸力計測方法
発明者: 伊藤優司, 大日方五郎, 長井力, 金泳佑
権利者: 名古屋大学
種類: 特許出願
番号: 特願 2011-199425
出願年月日: 2011年9月13日
国内外の別: 国内

○取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大日方五郎 (OBINATA GORO)
名古屋大学・エコトピア科学研究所・教授
研究者番号: 50111315

(2) 研究分担者

平田 仁 (HIRATA HITOSI)
名古屋大学・医学研究科・教授
研究者番号: 80173243

建部将広 (TATEBE MASAHIRO)
名古屋大学・医学部付属病院・助教
研究者番号: 60420379

篠原孝明 (SHINOHARA TAKAAKI)
名古屋大学・医学部付属病院・医員
研究者番号: 00378209

山本美知郎 (YAMAMOTO MICHIRO)
名古屋大学・医学部付属病院・医員
研究者番号: 90528829

金 泳佑 (KIM YOUNGWOO)
名古屋大学・エコトピア科学研究所・助教

研究者番号: 70387851

長井 力 (NAGAI CHIKARA)
名古屋大学・工学研究科・COE 特任助教
研究者番号: 80401777

(3) 連携研究者
なし