

## バッテリー交換が不要で力覚を有する電動義手の開発

### Development of electrical powered prosthetic hand with force sensing without external power supply

○秋山慶太（高知工大院） 井上喜雄（高知工大） 芝田京子（高知工大） 米田圭佑（高知工大院）

Keita AKIYAMA, Kochi University of Technology

Yoshio INOUE, Kochi University of Technology

Kyoko SHIBATA, Kochi University of Technology

Keisuke YONEDA, Kochi University of Technology

**Abstract:** An electrical powered prosthetic hand with force sensing without external power supply that uses a master-slave system using energy regeneration of the DC motor is proposed. Connecting two DC motors by one electric circuit, two motors become to be a master and a slave, respectively. A prosthetic hand, the slave, is driven by electric the energy produced by of the motion of the elbow. Reaction force of the slave is fed back to master without a force sensor because the two motor are in one electrical circuit. The system is characterized by compact structure, bidirectional controllability, energy recycling, and force feedback without a force sensor. By using smaller actuator coefficient of the slave motor than that of the master motor, we developed a new control system of an electrical powered prosthetic hand without external power supply. The validity of the system is confirmed by the fundamental experiments.

**Key Words:** Master-Slave, Energy regeneration, Force sensing

#### 1. 緒言

病気や事故などで腕を失ってしまった人のために電動義手や能動義手がある。現在の電動義手は、筋電位によりモータを制御する筋電義手が主流である。この義手は、使用するまでかなりの学習が必要であり、また力覚を有していないので壊れやすいものの把持など人間のように繊細な動作を行うことはかなり難しいと考えられる。また、電源としてバッテリーが用いられているが、電力を消費してしまえば充電、もしくはバッテリー交換が必要となる。人間が身に付けて使用する電動義手では、バッテリー交換を行うことは望ましくない。一方、能動義手は身体の一部を動かすことでワイヤーが引っ張られ手先の開閉を行う義手であり、電源こそ不要であるが、微妙な力覚を得ることや繊細な操作を行うにはかなりの訓練が必要と思われる。そこで、簡単に操作ができ、バッテリー交換が不要で、柔軟なものの把持に有効な力覚を有した電動義手を開発できれば、使用者の生活レベルを格段に向上させることができると考えられる。

そこで、本研究では、両手先を失ってしまった人を対象とし、能動義手のように身体の一部を活用する方法を用い、「簡単に操作可能」「バッテリー交換不要」「力覚を有した操作が可能」という特徴を有する電動義手の開発を目指す。その実現のために、著者らが開発した「エネルギー回生型マスタースレーブシステム」<sup>(1),(2)</sup>を発展させることを考える。本報では、システムの概要・原理を示すとともに基礎実験により充電状況の確認を行う。

#### 2. 提案するエネルギー回生型マスタースレーブシステム

##### 2-1 システムの概要

エネルギー回生型マスタースレーブの概要を図1に示す。

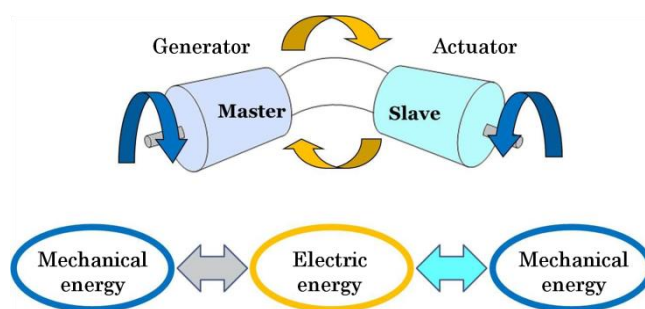


Fig.1 Model of proposed system

既報<sup>(1),(2)</sup>で提案したエネルギー回生型マスタースレーブシステムは、DCモータのエネルギー回生を用いたシステムである。2つのDCモータを電氣的に接続することで、1つの電気回路を構成し、一方のモータがマスター、もう一方がスレーブとなる。マスターに対して操作（力学的エネルギー）が加えられると、マスターは発電機として働き、加えられた力学的エネルギーを電気エネルギーに変換し、スレーブへと供給する。それを受けたスレーブはアクチュエータとして働き、電気エネルギーを力学的エネルギーへと再変換して動作する。そのため、動力源を確保できる。また、2つのモータは1つの回路で接続されているため、共通の電流が流れる。加えて、モータのトルクは電流に比例することから、スレーブ側の反力をあたかも機構系で直接結合しているかのようにマスター側で感じるができるので、力センサを用いずに力覚を持った操作が可能となる。

## 2-2 電動義手のモデル案

本システムを用いた電動義手の概念を図2に示す。

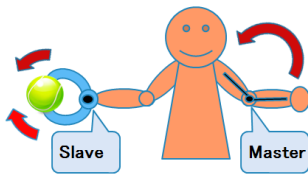


Fig.2 Application model

本システムを電動義手に用いる例として、健全な肘をマスターとして、反対側の義手の手先をスレーブとし、肘の屈曲エネルギーを回生して義手の手先を動かし、物の把持を行う。その際、把持する物の感触を肘で感じながらの操作が可能となる。また、肘の屈曲のみで手先を動かすので、比較的簡単に操作が可能だと考えられる。

## 2-3 バッテリー交換不要の原理

図3に提案するバッテリー交換を不要にするためのシステムの回路図を表す。

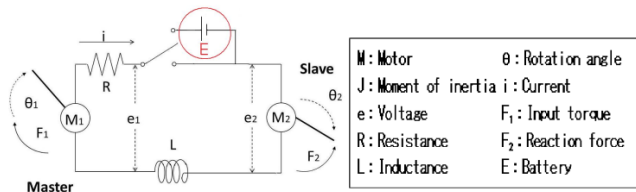


Fig.3 Circuit with improvement method

本システムでは、スレーブのアクチュエータ係数をマスターより小さく設定しモータを組み合わせることにより、あたかも増速機が挿入されたような効果を持たせ、スレーブモータの速度をブレーキによりマスターモータの速度に落とす際の、余分なエネルギーを回路に挿入した小型バッテリーEへ充電し、電力が不足した時はその充電した電力を使用することを考える。具体的には、両者の角変位、角速度をフィードバックして両者が同じ動きをするようにPWMで制御し、ブレーキになる場合にはバッテリーへ充電する。速度が大きく力が小さい場合に充電し、力が大きく速度が遅い場合には放電し、トータルでバッテリーへの流入エネルギーが負にならないように設計する。

## 3. 充電に関する基礎実験

実際にマスターで発生したエネルギーによるバッテリーへの充電を確認するための基礎実験を行った。確認方法は、図3に示したように回路内にバッテリーEを挿入し、2つのモータの共通部分とバッテリー直後の電流を測定し、値が正の値であれば充電できているとする。実験方法は、安定化電

源と入力用モータを用い、マスターモータ、及びスレーブモータを回転させて実験を行った。

図4に測定した電流波形を示す。この実験は、モータの回転速度1000[rpm]、回路の切り替え周波数40[kHz]、回路内のインダクタンス2[mH]、バッテリー2.4[V]の条件で行った。

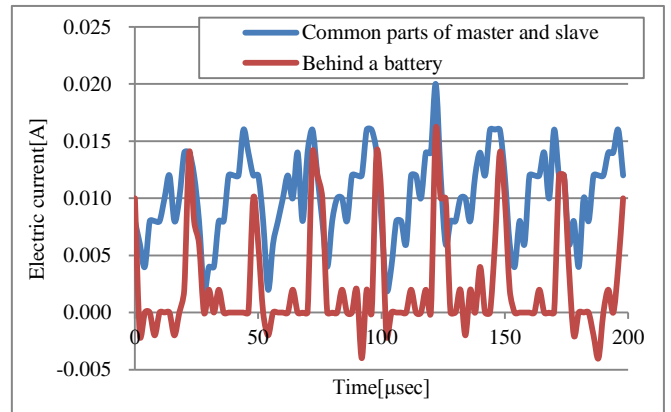


Fig.4 Electric current to behind a battery

図4の青い波形が2つのモータの共通部分、赤い波形がバッテリー直後の電流となっており、共通部分の電流値が低下し、バッテリー直後の電流値が上昇している部分が、バッテリー側へ回路を切り替えた時の電流である。2つのモータの共通部分とバッテリー直後の電流値はともに正の値をとっているため充電できている。また、この時スレーブモータが高い精度でマスターモータに追従できていることが確認できたので、電動義手として本システムを用いることは有効だと考えられる。

## 4. 結言

バッテリー交換が不要で力覚を有し操作も容易な電動義手の開発を目指し、既報で提案したエネルギー回生型マスタースレーブシステムを拡張し、肘をマスターとして反対側の手先をスレーブとして動かす電動義手を提案した。また、バッテリー交換を不要にするために異なるアクチュエータ係数のモータを用いることを考え、基礎実験を行った結果、2つのモータの相対角変位、角速度をフィードバックすることにより、十分な精度でマスターモータに追従させながら充電できることを確認した。

## 参考文献

- (1) C.Li, Y.Inoue, T.Liu, K.Shibata, L.Sun, Modeling and Verification of a Bimanual-Coordinated Training System, Advanced Robotics, Vol.25- 15(2011). Pp. 1969-1989.
- (2) C.Li, Y.Inoue, T.Liu, L.Sun, Validation of bimanual coordinated training supported by a new upper-limb rehabilitation robot: a near-infrared spectroscopy study, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, Vol. 8, No. 1(2013), pp. 38-48.