

《様式B》

研究テーマ	「身体装着型駆動装置による運動機能の回復訓練」		
研究責任者	所属機関名	神奈川工科大学	
	官職又は役職	准教授	
	氏名	三枝 亮	メールアドレス ryos@ieee.org
共同研究者	所属機関名	ASTI 株式会社	
	官職又は役職	技術開発部長	
	氏名	原 一隆	

(平成 27 年度募集) 第 28 回 助成研究 完了報告書

上記様式記載後

1. 実施内容および成果ならびに今後予想される効果の概要 (1, 000 字程度)  
※産業技術として実用化の可能性や特許出願 (予定も含む) の有無についてもご記載ください。

本研究の目的は、身体に装着して運動機能の回復訓練を支援するための駆動原理を考案し、試作機を用いて臨床現場での有効性を検証することである。脳卒中などの脳血管疾患により身体部位が麻痺した場合、継続的にリハビリ訓練を行うことが機能回復のために重要であるが、従来型のリハビリ訓練装置は院内で理学療法士等が操作して訓練指導する状況を想定している場合が多く、リハビリの回数や時間を十分に確保することは困難であった。

本研究では、患者が入院中や退院以降においても自室等で継続的にリハビリ訓練を実施できるような支援装置を開発した。提案する支援装置は、対象とする手指動作を日常生活で最も基本的な把持や握みの動作に絞り、これらの動作を少ないモータ自由度で効果的に誘導する駆動原理を導入することで実現した。更に研究の進展により、対象とするリハビリ動作を手指単体の屈伸動作から物に対する把持動作に発展させた。

本研究の1年度は、手指の屈伸動作の練習を補助する手指リハビリ装置を試作した。本装置は、(1) 3軸モータを実装したワイヤ牽引型身体インタフェース、(2) モータに電源を供給して駆動制御する電源制御ユニット、(3) 健側の手指動作を計測するモーションセンサ、(4) 各要素を統合制御する計算ユニットにより構成される。本装置を用いることで、健康な側から麻痺の側に手指の屈伸動作を転写してリハビリを行うことができる。図3に試作1号機のシステム構成と利用

状況を示す。

本研究の2年度は、1年度の装置に改良を施し、手指の把持動作の練習を補助する手指リハビリ装置を試作した。本装置は、（1）1年度の手指リハビリ装置、（2）把持対象物への距離センサ、（3）把持対象物の接触センサにより構成される。本装置を用いることで、把持対象物に接近すると手を開き、対象物に接触すると手を閉じるような一連の動作を駆動制御により行うことができる。

前記の2種類の手指動作について、被験者の協力のもとに基礎的な試験を実験室で行い、医療リハビリ施設や障害者介護施設で本装置についてのヒアリング調査を実施した。さらに本装置の開発と並行して、共同研究先の企業とともに本装置の原理に基づいた実用型試作1号機を製作した。今後は、臨床現場での検証実験を行い、患者が個人単位で所有してリハビリできるような、小型・低価格で安全性・耐久性の高い実用機の開発を目標とする。特許出願については、本研究終了後より6ヶ月以内を目処に大学と企業で共同出願する予定である。

## 2. 実施内容および成果の説明（A 4で、5 ページ以内）

### 1. 研究の目的

本研究の目的は、身体に装着して運動機能の回復訓練を支援するための駆動原理を考案し、試作機を用いて臨床現場での有効性を検証することである。脳卒中などの脳血管疾患により身体部位が麻痺した場合、継続的にリハビリ訓練を行うことが機能回復のために重要であるが、従来型のリハビリ訓練装置は院内で理学療法士等が操作して訓練指導する状況を想定している場合が多く、リハビリの回数や時間を十分に確保することは困難であった。

本研究では、患者が入院中や退院以降においても自室等で継続的にリハビリ訓練を実施できるような支援装置を開発した。提案する支援装置は、対象とする手指動作を日常生活で最も基本的な把持や摘みの動作に絞り、これらの動作を少ないモータ自由度で効果的に誘導する駆動原理を導入することで実現した。更に研究の進展により、対象とするリハビリ動作を手指単体の屈伸動作から物に対する把持動作に発展させた。図1に手指リハビリ装置 Mano（マーノ）を示す。

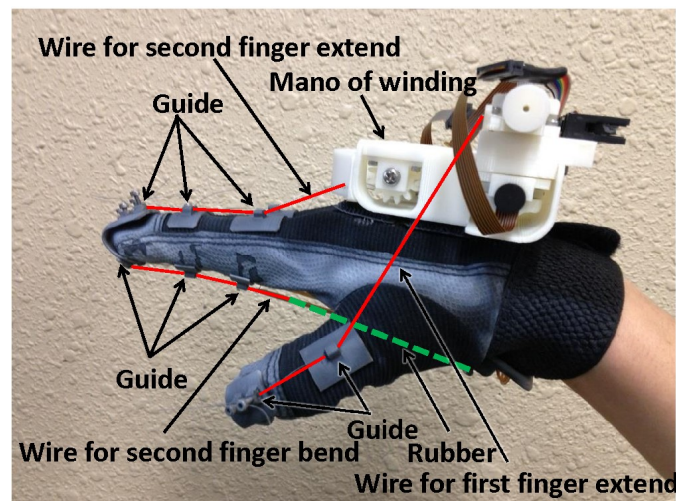


図1. 手指リハビリ装置 Mano（マーノ）

### 2. 研究の方法

#### 2. 1 手指動作に関する予備実験

手指動作の自由度に関する予備実験を行った。本実験のねらいは、日常的な摘みや握りの動作を表現するための自由度を調べることである。以下の動作パターンを複数回施行し、モーションキャプチャデバイスを用いて、片手の手指の15関節20自由度の変位を計測した。さらに、各動作パターンについて主成分分析を行った。図2に予備実験における仮想球の把持動作と主成分分析の結果を示す。

<動作パターン>

- ・握る動作と開く動作
- ・第1、2指を用いた摘み動作と開く動作
- ・第1、2、3指を用いた摘み動作と開く動作
- ・第1、2、3、4指を用いた摘み動作と開く動作
- ・第1、2、3、4、5指を用いた手のひら全体の仮想球を握る動作と開く動作
- ・第1、2、3、4、5指を用いた指先のみの仮想球の摘み動作と開く動作
- ・第1、2、3、4、5指を用いた多くの指関節が動くようなランダム動作

図に示されるように、本動作は3つの主成分により90%以上の累積寄与率で表現できる。同様に他の動作パターンについても分析した結果、日常的な摘み、握りの動作は、3つの自由度によって十分に表現することができ、ランダムな動作においても65.5%以上の累積寄与率で表現できることが分かった。本実験結果に基づき、モータ駆動自由度を3として手指リハビリ装置の設計を行った。

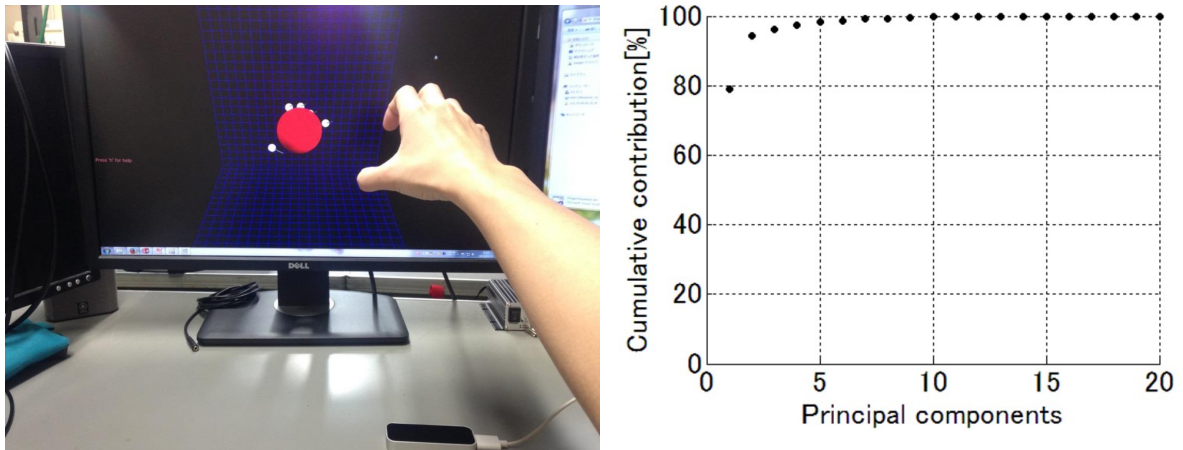


図 2. 仮想球の把持動作 (左) と主成分分析の結果 (右)

## 2. 2 Mano による屈伸動作

本研究の1年度は、手指の屈伸動作の練習を補助する手指リハビリ装置を試作した。本装置は、(1) 3軸モータを実装したワイヤ牽引型身体インタフェース、(2) モータに電源を供給して駆動制御する電源制御ユニット、(3) 健側の手指動作を計測するモーションセンサ、(4) 各要素を統合制御する計算ユニットにより構成される。本装置を用いることで、健康な側から麻痺の側に手指の屈伸動作を転写してリハビリを行うことができる。図3に試作1号機のシステム構成と利用状況を示す。

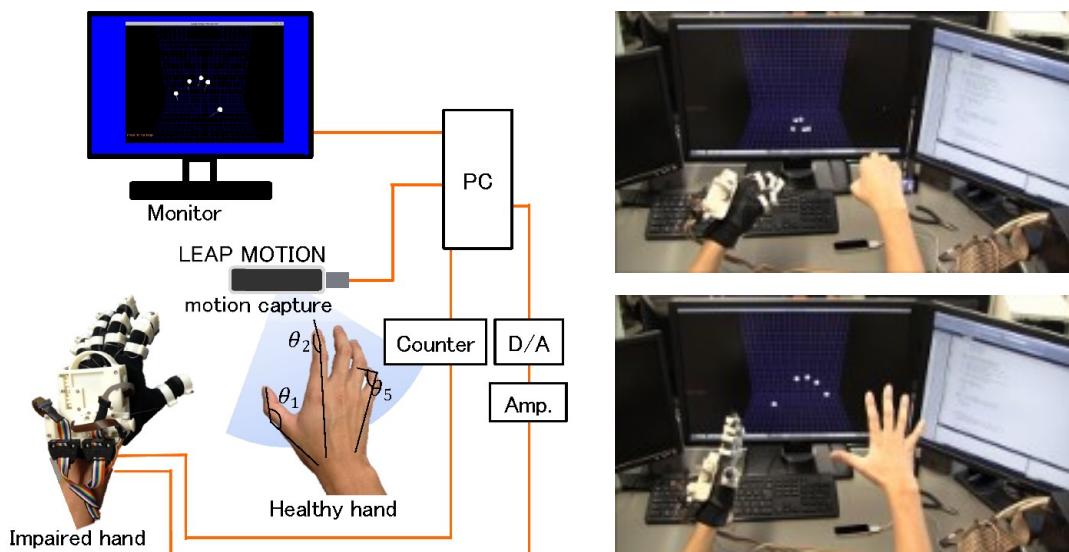


図 3. Mano 試作 1 号機のシステム構成 (左) と利用状況 (右)

試作1号機では片麻痺患者を本装置の利用対象者を想定し、健康な側の手の動作をオンラインで計測して、麻痺の側の手に動作を転写するミラーリング機能を実現した。なお、この場合の健康な側の手は本人の手である必要はなく、医師や理学療法士など本人以外の手であっても構わない。図に示されるような単純な屈伸動作の他にも、捻じり動作、摘み動作、Vサイン動作などをミラーリングすることができた。しかしながら、装置の送り駆動の応答速度が不十分であったため、捻じり動作では動作の追従に遅れが生じた。このような応答の遅れは、送りねじのピッチを変更することで解決できる見込みである。

### 2. 3 Mano による把持動作

本研究の2年度は、1年度の装置に改良を施し、手指の把持動作の練習を補助する手指リハビリ装置を試作した。本装置は、(1) 1年度の手指リハビリ装置、(2) 把持対象物への距離センサ、(3) 把持対象物の接触センサにより構成される。本装置を用いることで、把持対象物に接近すると手を開き、対象物に接触すると手を閉じるような一連の動作を駆動制御により行うことができる。図4に試作2号機のシステム構成と利用状況を示す。

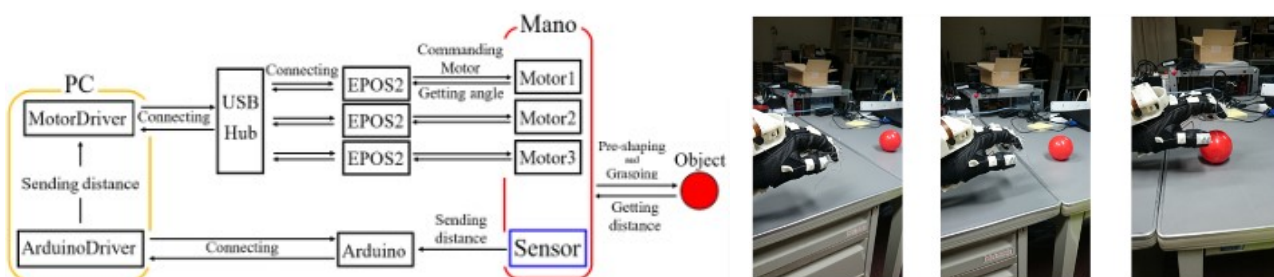


図4. Mano 試作2号機のシステム構成 (左) と利用状況 (右)

試作2号機では対象物の把持動作を想定し、対象物へのリーチングによるプリシェイピングと対象物の接触によるグラスピングをひとつの連続動作として実現した。距離計測には手首に取り付けた距離センサを用い、接触検知には指上に取り付けた接触センサを用いた。平面上でのリーチングの場合、対象物への距離が上限閾値より小さく下限閾値より大きい場合(対象物を中心とするドーナツのエリアに手が在る場合)に手を開き、対象物への距離が下限閾値より小さい場合(ドーナツの内側のエリアに手が在る場合)、対象物に接触すると手を閉じるよう駆動制御する。図5に把持動作の駆動制御を示す。

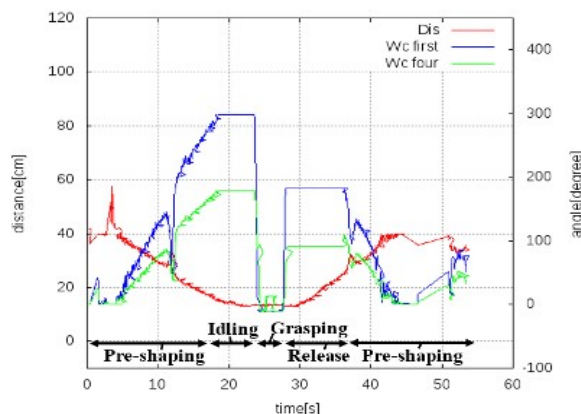


図5. 把持動作の駆動制御