

## 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 4 月 9 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500529

研究課題名（和文） バーバル情報を用いた義手把持状態情報伝達システムの開発

研究課題名（英文） Development of Sensory feedback system with verbal information for myoelectric prosthetic hand

研究代表者

奥野 竜平 (OKUNO RYUHEI)

摂南大学・理工学部電気電子工学科・准教授

研究者番号：90294199

研究成果の概要（和文）：

本申請では感覚情報伝達機能と柔軟指先部をもつバイオミメティック筋電義手の開発を目的とし研究を遂行した。得られた成果は下記の通りである。

(1) ヒト指腹部と同様の力学的特性を備えた人工義手指先部と指に生じる反力とせん断応力を検出可能な小型センサを試作した。

(2) 電気刺激パターンにより義手把持状態の情報を伝達する感覚情報伝達システムを試作し、刺激パターンの認知が可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this research was to develop the biomimetic myoelectric hand with the flexible artificial fingers and the supplementary sensory feedback system. The results were as follows:

(1) The artificial fingers mimicked mechanical property of human fingers and the small sensor for measuring stress and shear stress were developed.

(2) The supplementary feedback system which transmitted state of the myoelectric hand with the electrical stimuli pattern was developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：人間医工学

科研費の分科・細目：人間医工学 ・ 医用生体工学・生体材料学

キーワード：義手，筋電図，歪み，応力，せん断応力，電気刺激

## 1. 研究開始当初の背景

事故などにより手が切断された切断者のため、種々の筋電義手(筋電位信号によって制御される電動義手)が開発され、また市販されている。しかし国内での使用実績は極めて低

い(総計約 200 台)。使用されない主たる原因の 1 つは機能が手に比べて格段に低いことである。そのため、義手を用いてできる作業内容は貧弱で、切断者は日常生活において多大の不便を強いられており、より高機能の筋電義手の開発が強く望まれている。義手の高

機能化においては、切断者が元の手と同じように義手を制御可能であること、物体把握時の感覚情報（把握力、開閉角度など）を認識できることが望ましい。

申請者らは「義手が元の手が持つ特性を備えていれば、切断者が元の手と同じ様に義手の制御が可能となる」との観点から、ヒトの手の神経—筋制御機構の動特性と感覚情報伝達機能を備えた高機能筋電義手の実用化を目指している。

国内外の多くの研究機関で筋電義手の研究開発が行われているが、感覚情報伝達システムを備えた義手は実用化されていない。研究開発段階のものとしては、機械的振動刺激や皮膚電気刺激、圧刺激を用いたものが提案されている。しかし、それらは指に加わる力を把持力として伝達するものであり、つまみ動作や円筒握りなど、物体の把持状態に関する情報を伝える感覚情報伝達システムの研究は無い。また、本申請で提案するような感覚情報をバーバル情報（言語情報）として伝達するシステムも無い。

申請者らは、筋電義手本体についても高性能マイクロプロセッサを用いた試作5号機を開発し、動作実験を行っている。そして人工指先部の開発のためにヒトの指先部皮膚の力学特性を計測した。また、これまでに皮膚電気刺激装置を試作し、6種類の刺激パターンを作成し、組み合わせることで、言語情報の伝達が可能であることを示した。これらの成果より、本申請で予定する計画を遂行するための準備は整っていると考えられる。

## 2. 研究の目的

本申請では、皮膚電気刺激を用いた感覚情報伝達機能を備えた筋電義手の開発を目的とする。具体的には次の2点が研究開発項目となる。

### (1) 義手把握力検出機能を備えた義手指先部の開発

物体を把握した時に指の各部に生じる反力を検出するために小型センサを開発する。また、剛性の高い物体も容易に把握できるように、ヒトの指の皮膚と同じ様な柔軟な力学的な特性を備えた指先部を試作する。

### (2) 感覚情報伝達システムの開発

物体の把握力と把持状態に関する情報を皮膚電気刺激により伝達する感覚情報伝達システムを試作する。それぞれの情報（意味情報）に刺激パターンを割り当て伝達する。

## 3. 研究の方法

### (1) 義手把握力検出機能を備えた義手指先部の開発

筋電義手に用いる柔らかい人工指先部を開発するために、ヒト指腹部の力学的特性を計測した。本研究では材質の選定を容易にするために、ヤング率に相当する応力と歪みの関係を計測した。次に、ヒトの皮膚力学特性をもとに、義手人工指先部を試作した。図1に試作した人工指先部の構造を示す。入手と取り扱いが容易である超軟質ウレタン樹脂（(株)エクシールコーポレーション:人肌ゲル）を用いた。応力—歪み関係のオーダーを、ヒトの皮膚組織と一致させるために、硬度5のウレタン樹脂を用いた。かまぼこ型のウレタン樹脂を厚さ1mmのアルミ板に固定し、ウレタン樹脂の外側に厚さ13 $\mu$ mのポリエチレン皮膜を付加した。かまぼこ型ウレタン樹脂の最大の厚みは4mm、曲率半径は9mmである。

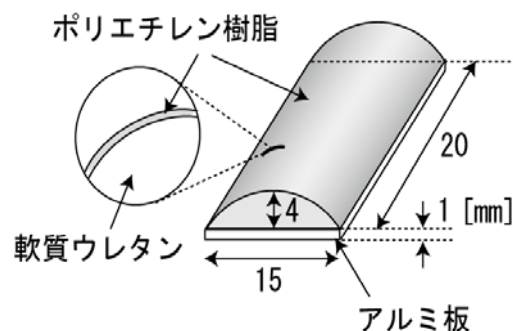


図1 試作した人工指先部の構造

上記の人工指先部において、物体を把握した時に指に生じる反力（義手把持力）を検出する小型センサを試作した。図2にその構造を示す。本センサは歪みゲージを検出部は義手の指の先端に台形状の燐青銅板を取り付けたものである。2つの斜辺にそれぞれ歪みゲージを貼付した。本センサを用いて応力及びせん断応力の計測実験を行った。実験は応力方向およびせん断方向に負荷を掛けた時の各歪みゲージの出力を計測するものである。本実験では、負荷を0, 200, 400, 600, 800 gfとした。

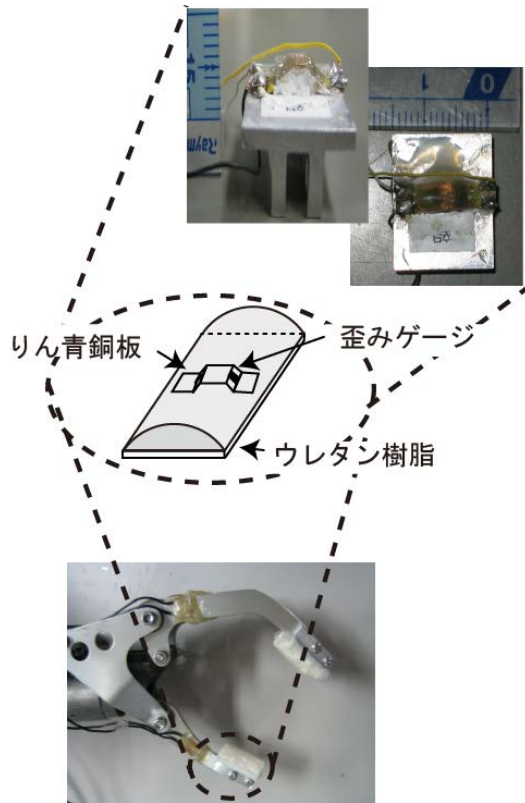


図2 試作した反力，すべりセンサの構造

#### (2) 感覚情報伝達装置の試作

視覚情報を用いることができない場所での物体把持作業は以下の順序で行われる。

- ① 義手の手先具を大きく開き，
- ② 物体の位置を探索する物体を把持するまで手先具を閉じる物体を把持したまま，
- ③ 物体を目的の位置まで移動させる

そのために，それぞれの状況において義手の状態に関する情報を伝達する必要がある。そこで本研究では，物体の位置の探索時には，物体が接触した指の種類（母指，示指）と方向（内側，外側）を4つの皮膚電気刺激パターンを用いて使用者に伝達した。次に物体把持時には，物体が指先部のみで把持されている（つまみ動作）か，指全体で把持しているか（円筒握り）の2種類を送付する。また，物体を把持した際には，2種類の把持状態（物体を把持している，物体が落下した）に関する情報を伝達した。

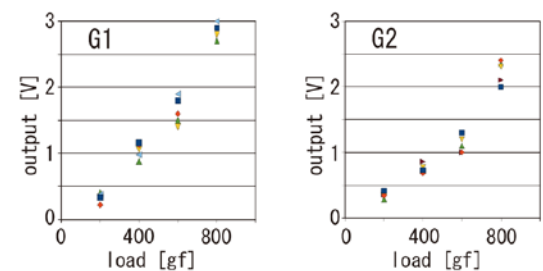
試作した義手物体把持支援システムの有用性を検証するために物体把持実験を行なった。被験者は健常成人男子1名である。実験は，アイマスクにより目を塞いだ状態にお

いて，机の右エリアのどこか決められた位置に設置された物体を，左エリアに移動させるというものである。把持物体は直径54mm，高さ100mmの円筒形の物体を用いた。この実験を，支援システムを使用しない場合と使用した場合について行った。

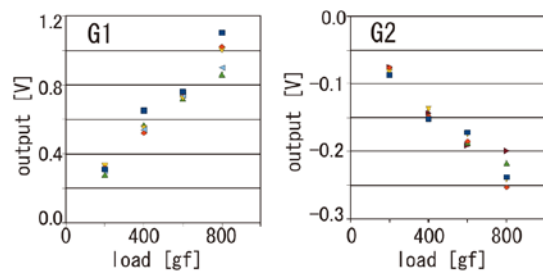
#### 4. 研究成果

##### (1) 義手把握力，すべり情報の検出機能を備えた義手指先部の開発

試作したセンサを用いた応力，せん断応力の計測実験の結果を図3に示す。(a)が応力を負荷した時，(b)がせん断応力を負荷した時の結果である。(a)ではセンサに取り付けた2つの歪みゲージによる出力が負荷が大きくなるにつれ，増大しているのが示された。また，せん断応力の場合には，片方は負荷の増大に伴い出力も増大しているが，他方は出力が減少しているのがわかる。これにより，本センサを用いて応力とせん断応力の計測が可能であることが示された。



(a) 応力計測実験結果



(b) せん断応力計測実験結果

図3 応力・せん断応力計測実験結果

##### (2) 感覚情報伝達装置の試作

実験において，義手と物体が接触してからの作業平均時間は，支援システムを用いない場合は11.9秒，用いた場合は7.8秒であった。このことより，支援システムを用いることによる把持作業時間の短縮が示された。また，被験者から物体探索のときはシステムを用いた方が楽であったこと，把持の際に屈筋・

伸筋を意識しないでよいので、操作が楽であったとの意見があった。以上のことから、支援システムの有用性が示唆された。

これまでに開発されてきた感覚情報伝達機能では、使用者に伝達する感覚情報として把握力や開閉角度が主であった。これらの情報は物体を把持している時には有効である。しかし、視覚が効かない場所での作業においては、まず物体の位置の認知が重要であり、従来のシステムでは認知が困難である。本研究では物体の把持に必要な情報提示することで、義手操作性の向上に繋がると考えられる。また、提示刺激においても単純なアナログ変調、振幅変調ではなく、パターン情報として提示するため、使用者の体調や電極貼付の状態に係わらず、刺激を確実に提示可能である。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

1. 赤澤淳, 奥野竜平, 池内隆治, 岡本武昌, 3次元計測および足圧分布からみた足関節内反に及ぼすテーピングの効用, 査読有, スポーツ整復療法学研究, 査読有, Vol.13, No.1, 2011, 33-38
  2. 赤澤淳, 奥野竜平, 池内隆治, 岡本武昌, 表面電極位置調整後に独立成分分析を用いた第1背側骨間筋運動単位計測法の提案, スポーツ整復療法学研究, 査読有, Vol.12, No.3, 2011, 163-171
  3. J. Akazawa, R. Okuno, T. Ikeuchi, T. Okamoto, Constructing a System to Evaluate Effects of Support Taping for Ankle Inversion Sprain Using 3-D Motion and Planter Pressure, Proc of BIOSIGNALS 2011, 査読有, 2011, 522-525
  4. J. Akazawa, Effect of surface electrode orientation on independent component analysis for feature extraction of surface motor unit action potential, Proceedings of Biosignal2009, 査読有, 2009, 421-425
- [学会発表] (計 15 件)
1. 赤澤淳, 3次元位置と足圧分布に着目した足関節内反予防用テーピングの効果にする検討, 第1回電気生理運動学会研究会・第13回日本電気生理運動学会大会, 2012年3月4日, 大阪電気通信大学
  2. 赤澤淳, 肘屈曲動作時におけるマルチチャンネル表面筋電図を用いた運動単位活動の計測, 第32回バイオメカニズム学会学術講演会, 2011年11月26日, 大阪科学技術センター
  3. 奥野竜平, 内反捻挫予防レーピングにおける足関節可動域の計測, 第32回バイオメカニズム学会学術講演会, 2011年11月26日, 大阪科学技術センター
  4. 新垣清貴, 筋強剛計測における手首部センシングデバイスの改良, 平成23年電気関係学会関西連合大会, 2011年10月30日, 兵庫県立大学
  5. Ryuhei Okuno, Development of Slip Sensor System for Supplementary Sensory Feedback System of Myoelectric Hand, 第50回日本生体医工学学会大会, 2011年4月29日, 東京電機大学
  6. 奥野竜平, パーキンソン病診断支援のための筋強剛計測システム, 第12回電気生理運動学会大会, 2011年3月12日, 東京工業大学
  7. 赤澤淳, 足背位置と足圧分布に着目した足関節内反予防用テーピングの効果に関する検討, 第31回バイオメカニズム学術講演会, 2010年11月6日, 静岡大学
  8. 赤澤淳, 独立成分分析を用いた運動単位同定のための表面電極位置に関する検討, 生体医工学シンポジウム2010, 2010年9月11日, 北海道大学
  9. 奥野竜平, 筋電図を用いたパーキンソン病筋強剛診断支援システムの検討, 生体医工学シンポジウム2010, 2010年9月11日, 北海道大学
  10. 奥野竜平, Diagnosis Support System for Quantitative Evaluating of Rigidity in Parkinson's Disease, 第49回日本生体医工学学会大会, 2010年6月26日, 大阪国際交流センター
  11. 奥野竜平, ヒト指腹部の力学的特性を考慮した義手人工指先部の試作, 平成22年電気学会全国大会, 2010年3月19日, 明治大学
  12. 赤澤堅造, ヒト指腹部の力学的特性を模擬した筋電義手人工指先部, 電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会, 2010年3月11日, 玉川大学
  13. 赤澤淳, マルチチャンネル表面電極を用いた運動単位の動態追跡法に関する検討, 平成21年度電気関係学会関西支部連合大会, 2009年11月8日, 大阪大学
  14. 奥野竜平, 筋電義手人工指試作のためのヒト指先部力学的特性計測, 生体医工学シンポジウム2009, 2009年9月19日,

大阪大学

15. 赤澤淳, 運動単位同定のための表面筋電図の独立成分分析に関する検討, 生体医学工学シンポジウム 2009, 2009年9月19日, 大阪大学

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

奥野 竜平 (OKUNO RYUHEI)  
摂南大学・理工学部・准教授  
研究者番号: 90294199

### (2) 連携研究者

赤澤 堅造 (AKAZAWA KENZO)  
大阪工業大学・工学部・教授  
研究者番号: 30029277

吉田 正樹 (YOSHIDA MASAKI)  
大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授  
研究者番号: 30174949

赤澤 淳 (AKAZAWA JUN)  
明治国際医療大学・保健医療学部・助教  
研究者番号: 10460742