

平成21年 3月24日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700477
 研究課題名 (和文) バーバル情報伝達による筋電義手感覚情報伝達システムの開発
 研究課題名 (英文) Development of supplementary sensory feedback system
 for myoelectric prosthetic hand by using verbal information

研究代表者

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

研究成果の概要：本研究では筋電義手のための皮膚電気刺激を用いた感覚情報伝達システムの開発を目的とする。物体把持に重要な役割を持つヒト指腹部の力学特性（歪み-応力関係）を計測し，人工義手指先部を試作した。次に義手感覚情報伝達システムを試作した。これは物体の把持の種類（つまみ動作及び円筒握り）及び把握状態（把持している，物体が落下した）を，皮膚電気刺激により義手使用者に伝達するものである。試作したシステムを用いて物体把握実験を行い，本システムの有用性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	1,300,000	0	1,300,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,500,000	300,000	3,800,000

研究分野：医用生体工学

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：健康・福祉工学，生活支援技術

1. 研究開始当初の背景

事故や疾病などにより失われた手の機能を代行するものとして筋電義手（筋電位信号により開閉動作の制御を行う）が開発されている。申請者は、「義手が元の手が持つ動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を備えた高機能筋電義手の実用化を目指している。

義手を用いて物体把握を行う場合，把握力や開閉角度，すべりなどの感覚情報を使用者が認識することができない。このような感覚

情報を使用者に伝達する感覚情報伝達機能が無い場合，使用者は義手の状態を目で常に確認する必要がある。そのため，視覚が効かない場所での作業を行うことが困難である。例えば，「棚の上の物を把握する」や「暗がりですのドアのノブを握ったりする」などである。感覚情報伝達機能を義手に付加することで，使用者は義手の状態を確実に認知できるようになり，これまで困難だった作業が可能となる。このことは義手使用者のQOL向上に貢献する点において非常に意義がある。

これまでに研究開発されてきた感覚情報伝達システムは，義手の把持力や開閉角度に応じて刺激の強度をアナログ的に振幅変調し

たり、刺激頻度を周波数変調したりするものである。実際に使用者に提示する刺激の大きさと使用者が認知できる大きさは一定でなく、体調や日によって変化する。そのため、義手使用者に、物体把握などに必要な情報を確実に伝達するための感覚情報伝達機能の開発が望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、筋電義手のための皮膚電気刺激を用いた感覚情報伝達システムの開発を目的とする。具体的には次の2点を研究開発項目とする。

(1) 義手指先部の試作

ヒトが物体を把握する時、指の皮膚や組織が持つ粘弾性が重要な役割をもっている。そこで本研究では、ヒトの指の皮膚と同様な柔軟な指先部を試作する。

(2) 感覚情報伝達システムの試作

棚の上の物体を把握するような、視覚の効かない場所において義手を用いて物体把持を行う場合、物体の場所を認知し、義手の状態（義手で物体を把持している、把持している物体がすべっている、など）を使用者に伝達する必要がある。本研究では、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。

3. 研究の方法

(1) 義手指先部の試作

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。被験者は健常男子4名と健常女子1名である。図1に実験システムの構成を示す。

計測実験を下記の手順で行った。まず、超音波診断装置を用い、指腹部の皮膚表面から骨までの距離(自然長 L_0)を計測した。次に、被験者の示指と前腕を計測システムに固定した。示指の指腹部の皮膚表面をアルミ板の変位 L を変えることで加圧した。そして、アルミ板に加わる力 F 、および指先とアルミ板が接触している加圧領域 S を測定した。この実験を様々な変位で行った。

歪み ε 及び応力 σ を(1)及び(2)式を用いて算出した。

$$\varepsilon = \frac{L}{L_0} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (2)$$

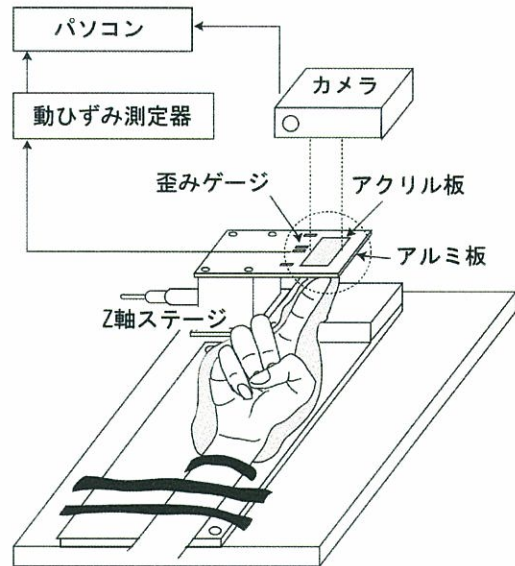


図1 ヒト指腹部の歪み-応力関係計測システムの構成

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2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 μ 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。

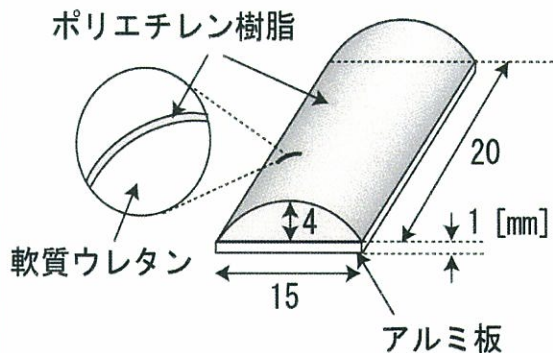


図2 試作した人工指先部の構造

(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
物体把持作業では、

- 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

の順序で行われる。

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。次に物体把握時には、物体が指先部のみで把握されている（つまみ動作）か、指全体で把握しているか（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) 義手人工指先部の試作

図3に測定結果から応力と歪みの関係を算出したものを示す。被験者毎の平均値と、6回の測定の標準偏差を表している。被験者すべてにおいて、歪みの増加とともに、応力の増加量が増えるという力学的特性が得られた。ヒトの指腹部には、歪みに対して応力が指数関数的に増加する非線形性があることを示した。

これまでに、生体における皮膚組織の硬さの指標として、機械インピーダンスを用いているものと、応力と変位の関係を元にしたものがある。機械インピーダンスを用いた研究では、生体における指先の皮膚に関する測定は報告されていない。応力や変位を元にして力学的特性を算出した研究において、ヒト生体指を用いた実験では、物体を把握したときの滑り方向の力（せん断応力）を測定する実

験は多く報告されているものの、皮膚表面と垂直な方向での力学的特性を測定した報告は比較的少ない。

本研究では、人工指先部の試作をする上で必要な材質の弾性の指標であるヤング率に相当する応力-歪み関係が示しており、義手指先部の試作に有用である。

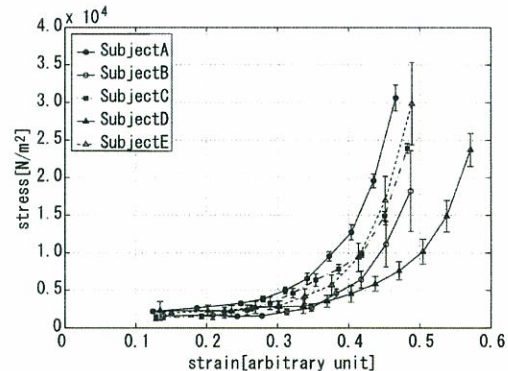


図3 ヒト指腹部の歪み-応力関係

図4に試作した義手人工指先部の応力と歪みの関係を算出したものを示す。人工指先部は、歪み0.4以下ではヒト指腹部より応力大きい。応力は指数関数的に増加し、歪み0.5においてはヒト指腹部の個人差の範囲内である。試作した義手人工指先部がヒト指腹部と同じような力学的特性を有することが示された。

従来実用化されてきた筋電義手では、ヒトの皮膚の代わりにインナーグローブと装飾用グローブを用いる。これらは形状の保持、見栄えを優先しているため、硬さは考慮されていない。本研究で試作した人工指先部はヒトと同じ力学特性を備えており、物体把持などに有用だけでなく、握手などのヒトとのインタラクションにおいても有用と考えられる。

今後は、義手の手先具に人工指先部を装着した場合の把握実験を行い、軽い物体や重い物体の両方を安定して把握することができることを示す必要がある。義手人工指先部の材料、構造の検討を行い、義手の安定性解析も行う予定である。また、義手の装飾性を考え、手全体の構造を考える必要がある。指先だけでなくその他の部分においても、元の手と同じような柔らかさを備えていることが望ましいと考える。また、メンテナンスの面から、着脱が容易であることなどを考慮した義手グローブを開発する必要がある。

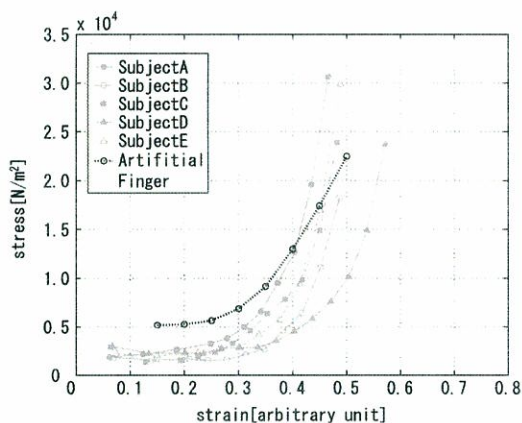


図4 人工指先部の歪み-応力関係

(3) 感覚情報伝達

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。

義手使用時には、手先具に人の手を模したグローブを装着し使用する。そのため、グローブ装着も考慮したセンサの実装方法を考えることが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① Jun Akazawa, Takaharu Ikeuchi, Takemasa Okamoto, Ryuhei Okuno, Masaki Yoshida, Tetsuo Sato, Kotaro Minato, Effect of surface electrode orientation on independent component analysis for feature extraction of surface motor unit action potential, Proceedings of the International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing, pp.421-425, (2009), 査読有
- ② 赤澤堅造, 奥野竜平, 筋運動の柔らかさの制御の仕組みを取り入れた筋電制御義手のメカトロニクス平成19年電気学会産業応用部門大会論文集, Vol. II, pp.127-130 (2007), 査読無

〔学会発表〕(計6件)

- ① 赤澤淳, 奥野竜平, 佐藤哲大, 湊小太郎, 吉田正樹, 池内隆治, 岡本武昌, 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, 生体医工学シンポジウム2008, 2008年9月20日大阪大学
- ② 奥野竜平, 井谷麻紀, 杉原充将, 赤澤堅造, 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2008, 2008年9月20日大阪大学
- ③ 奥野竜平, 朝倉豊, 井谷麻紀, 金寛, 赤澤堅造, 皮膚電気刺激を用いた少数単語伝達による義手感覚情報伝達システムの試作, 第46回生体医工学会大会, 2007年4月27日, 仙台国際センター
- ④ 井谷麻紀, 奥野竜平, 杉原充将, 赤澤堅造, 義手人工指試作のためのヒト指先部力学的特性の測定, 2006年9月23日, 新潟大学
- ⑤ 奥野竜平, 杉原充将, 井谷麻紀, 赤澤堅造, ヒト指先の力学特性を備えた柔軟な義手指先部の試作, 第45回日本生体医工学会大会, 2006年5月16日, 福岡国際会議場
- ⑥ 朝倉豊, 金寛, 奥野竜平, 赤澤堅造, 筋電義手における開閉角度・物体の把持状態の検出方法, 第45回日本生体医工学会大会, 2006年5月16日, 福岡国際会議場

6. 研究組織

(1)研究代表者

奥野 竜平 (OKUNO RYUHEI)

摂南大学・工学部・准教授

研究者番号：90294199