

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月10日現在

機関番号：57301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23760248

研究課題名（和文）装着者の長期利用を目指した、ケーシング把持機能を持つ五指筋電義手システムの開発

研究課題名（英文）Development of myoelectric prosthetic hands applying caging grasps for long-term use

研究代表者

榎田 諭 (MAKITA SATOSHI)

佐世保工業高等専門学校・電子制御工学科・講師

研究者番号：60580868

研究成果の概要（和文）：本研究では筋電義手の長期利用を目指し、(1) 義手に適した物体把持手法としてのケーシング把持の物体拘束方法の検討と、カメラによるケーシング操作対象物体の認識、(2) 使用者の動作意図推定のための、筋電位を用いた動作識別、を中心に取り組んだ。

(1) では5指ハンドの位置制御によって物体を幾何学的拘束で把持する方法を提案し、いくつかの単純形状物体に対して、その囲い込み（ケーシング）の指配置を実験的に検討した。また、リング型ケーシング対象物の形状特徴の抽出とその位置・姿勢推定を行った。(2) では2つの電極の組み合わせによって4動作の識別を可能であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：We studied caging grasps by a myoelectric prosthetic hand for long-term use of the hand: (1) experimental study of caging grasps for position-controlled prosthetic hands, and visual object recognition for ring-type caging, (2) motion estimation with electromyography. In (1), we proposed caging grasps, as geometrical constraint of objects by robots, and experimentally approached the posture and fingers location of the hand for caging several simple-shaped objects. Also we developed feature detection and posture estimation of objects for ring-type caging. In (2), we can recognize 4 motions of the forearm and the fingers by 2 electrodes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,700,000円	810,000円	3,510,000円

研究分野：ロボティクス

科研費の分科・細目：機械工学（知能機械学・機械システム）

キーワード：物体操作，ロボットハンド，ケーシング，マニピュレーション，物体認識，筋電義手，筋電位

## 1. 研究開始当初の背景

筋電義手の研究開発は主に2つの課題に分類することができる。(1) 日常生活における利用が前提となるため、装着者に負荷を感じさせない「ヒトの手」と同様なサイズ・重量、様々な物体の把持・操作を実現するための多自由度構造を有するロボットハンド部（ハードウェア仕様）が要求される。(2) また表面筋電位信号（EMG）を解析し、装着者の運動意図を正確に把握し、その意図通りに即座に

動作することが求められる。そのため、近年の情報処理技術の向上も伴い、リアルタイム信号解析による意図推定性能の向上が主要課題となっている。

このように筋電義手装着者のQOL向上を目指し、上述したハードウェア・制御の要求仕様を実現するため、多くの研究機関において五指ロボットハンドデザイン・生体信号の解析法が研究開発されている。しかしながら、世界中で長年安定して販売されている筋電

義手は、EMG センサ 1~2 個を利用し、安定な手の開閉動作（1 自由度）を実現する「ドイツ・Ottoboch 社 MYOBOCH」のみとなっている。その理由を推測するに、従来の五指筋電義手の研究において EMG 解析から推定される運動情報の正解率は 70~80%であるため、装着者が長期的な利用を考えるほどの信頼性を持たれていないと考える。それに対して、1 自由度筋電義手の動作信頼性は高く、更には少自由度構造であるために機械的故障が少ないことが起因していると考えられる。このように意図推定は、複数の筋から発生する信号が重畳、汗・体温による経時的な皮膚インピーダンス変化による時変特性を有する EMG 解析に依存するため、高い正解率を出すことは困難となっている。

そこで本研究では、ロボットハンド部に内蔵する小型カメラ・圧力センサと、EMG センサに基づく意図推定システムの構築、ケージング把持法を導入し頑強な物体把持・操作機能を有する多自由度制御法を構築、装着者の日常生活における QOL 向上に直結する手指動作に対応した少自由度構造を有する五指ロボットハンドを組み合わせた、五指筋電義手システムの研究開発を行う。

申請者が提案するケージング物体拘束の学術的な特色は、従来の把持のように細かな力制御に頼って物体を拘束するのではなく、物体の形状特徴を利用して幾何学的に拘束する点にある。この手法を筋電電動義手に展開し、多自由度筋電義手の把持安定性の向上と実用化に貢献する。近年、市販される義手が 1 自由度に対して、研究用義手は多自由度であるなど、その構造に大きな差がある。そのため申請者のターゲットとするポイントは、昨今発達している情報処理技術を利用し、「装着者が満足する意図推定性能の解明」と「その意図推定器に有効な多自由度義手の制御の確立」である。すなわち、1 自由度と同様な信頼性を有する少自由度義手の実用化も目指している。これにより、筋電義手利用者の QOL の向上に貢献できると予想される。

## 2. 研究の目的

本研究ではワイヤ牽引型五指ロボットハンド（図 1）・「EMG 情報処理」組み込み装置を基盤として、申請者の先行研究「物体の形状特性を利用した安定把持法（ケージング把持）」（図 2）を適用し、装着者が長期間安定して利用できる五指筋電義手を開発する。具体的には以下の課題を達成することを目的とする。

（1）五指ロボットハンドと内蔵センサに基づくケージング把持方法論の構築・検証：マルチモーダルセンシングに基づくケージン

グ把持方法論を構築し、三次元動力学シミュレーションおよび実機においてその性能を検証する。

（2）表面筋電位解析による多自由度運動の識別：「多自由度運動」と「表面筋電位の特徴」を明らかにし、その関係性をシステムの制御法に組み込むことで、利便性の向上を試みる。

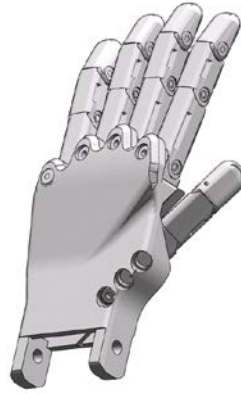


図 1: ロボットハンド



図 2: ケージング把持

## 3. 研究の方法

（1）五指ロボットハンドと内蔵センサに基づくケージング把持方法論の構築としては、物体操作の中で幾何学的な拘束（ケージング把持）を利用しているものを列挙し、具体的な筋電電動義手の動作を考えることと、カメラ画像より抽出する物体形状特徴からケージング把持方法を決定することを研究課題とする。ケージング把持（力によらず、幾何学的に物体を拘束する方法）を利用しているものには、マグカップの持ち手を握るなどの動作が挙げられる。この場合、持ち手の「輪」の領域に指を挿入して指先を閉じるだけで幾何学的拘束が成立する（リング型ケージングと呼ぶ）。したがって、この「輪」の領域をカメラ画像より抽出して、ケージング把持計画を考えることになる。

五指ロボットハンドによるケージング動作の検討は、動力学シミュレーションによる検証実験とそれに基づく実機実験によって行う。動力学シミュレータの仮想環境上でロボットの構成（指の本数、自由度、搭載するセンサ）を再現し、周辺環境（障害物など）の状況、対象物の形状、質量、大きさをさまざまに変更して、実機実験でのハンドの指配置等を検討する。この検証実験から、効果的な物体拘束方法を提案する。

（2）表面筋電位解析による多自由度運動の識別としては、装着者の運動意図推定を目的として、手指の屈曲・伸展運動と手首の回内・回外運動を対象とする。（1）で取り組

むケーシング把持手法の検討に基づいて、それに必要な手指の運動を選択して識別する。このとき少自由度義手を想定して筋電位センサ電極は2つとする。この2つの電極によって、「手指のみの運動」「手指と手首の運動」の識別率をそれぞれ求め、その手法の有効性を検証する。

#### 4. 研究成果

(1) 五指ロボットハンドと内蔵センサに基づくケーシング把持方法論の構築のうち、カメラ画像より抽出する物体形状特徴からケーシング把持方法を推定については、まず把持方法をリング型ケーシング(図3)に限定し、そのために必要な形状特徴をカメラ画像より抽出することを試みた。SURF 特徴量と SVM を利用して画像中の対象物の有無を識別するアルゴリズムを構築した。対象物を鉋としたときに鉋の持ち手の輪を抽出するために円の Hough 変換および楕円の抽出を用いた。また、刃のエッジ抽出の結果と持ち手との相対位置関係から、鉋の姿勢を推定するアルゴリズムを構築した(図4)。さらに、ステレオカメラによって対象物の位置推定を行った。これらの成果から、義手装着者が操作しようとする対象物を認識し、そのケーシング把持方法を提示するなどの発展が考えられる。



図3: リング型ケーシング



図4: ケーシング対象物の特徴抽出と姿勢推定

五指ロボットハンドによるケーシング動作の検討については、まず動力学シミュレーションによって、球、円柱、直方体の単純形状の物体に対するケーシング把持手法を検討した(図5)。このとき、対象物の大きさを様々に変更し、それぞれの場合に必要なハン

ドの指の関節角を求めた。また、ハンドの大きさおよび運動自由度の制約によって完全に囲い込むことのできない対象物に対して、重力等の外力を考慮することで部分的な囲い込みで十分に拘束のできる「部分的ケーシング(パーシャルなケーシング)」を提案した。これは、幾何学的に拘束できない方向に対して重力等がはたらき、対象物が囲いから抜け出しにくくなることを利用するもので、ケーシング(幾何学的拘束)の利点を生かしつつ、複雑なハンドに対してより適用しやすく緩和したものである。

さらにシミュレーションで検討したケーシング把持手法の有効性を実機実験によって検証した。その結果、手動操作によってシミュレーションとほぼ同等の関節角を与えたハンドによって対象物をケーシング把持できることを確認した。このとき、ワイヤ駆動型の電動義手にシミュレーションと同値の関節角を与えることは困難であるが、その多少の制御誤差を吸収して物体を拘束することができた。また、部分的ケーシングの手法についても同様に、実機によって実現できることを確認した(図6)。今後の展望として、理論的解析に基づいて指配置を計画し、ケーシング把持を達成することが挙げられる。

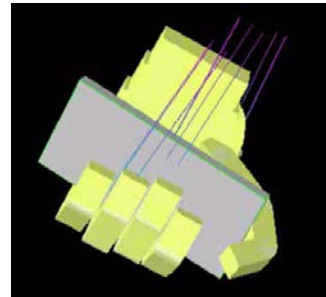


図5: シミュレーション結果



図6: 電動義手によるケーシング実験

(2) 表面筋電位解析による多自由度運動の識別としては、「(a) 示指と中指の同時屈曲」「(b) 薬指と小指の同時屈曲」「(c) 全指の同時屈曲」「(d) 手首の回内動作」「(e) 手首の回外動作」とし、それぞれについて動作に対応する筋肉の筋電位を計測し、その特徴

を調べた(図7)。筋電位の特徴抽出には一般の解析に用いられる、筋電位の整流平滑化と筋電位の積分値(IEMG)の大小およびその比を用いてアルゴリズムを構築した。この結果、2つの電極によって、(a)(b)(c)の3動作、また(c)(d)(e)の3動作を識別することができた。これに(f)定常状態(全指伸展)をそれぞれ含めた、4動作を識別することが可能となる。今後は筋電位の個人差や経時変化についてさらに計測、解析を進め、識別率の向上を図る。

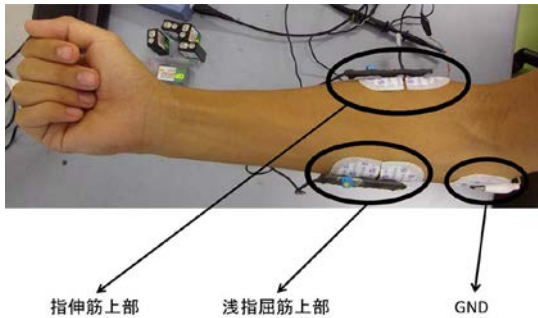


図7: 筋電位計測の実験環境

## 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)

[学会発表] (計2件)

(1) 太田悠介, 榎田諭, 松下光次郎: 電動義手によるケーシング把持手法の実験的検討, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012, 1A1-J02, 静岡県浜松市, 2012年5月28日.

(2) S. Makita, Y. Ohta and K. Matsushita: Geometrical constraint in grasping, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems: Workshop: Beyond Robot Grasping - Modern Approaches for Learning Dynamic Manipulation, ファーロ (ポルトガル), 2012年10月12日.

[その他]

研究者ウェブサイト

<http://www.sasebo.ac.jp/~makita/index-j.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

榎田 諭 (MAKITA SATOSHI)

佐世保工業高等専門学校・電子制御工学科・講師

研究者番号: 60580868