

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 6月 8日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22800087

研究課題名（和文）腕から計測可能な多種生体信号を用いた手の動作意図の推定手法の開発

研究課題名（英文）Hand Motion Recognition Using Multiple Biosignals Measured from an Forearm

研究代表者

吉川 雅博（YOSHIKAWA MASAHIRO）

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・産総研特別研究員

研究者番号：40584511

研究成果の概要（和文）：

筋電信号を使用して、複数の手の動作を認識する手法が開発されてきた。ほとんどの研究では前腕の表面筋電信号を使用しているため、利用可能な動作関連情報に制限があった。本研究では、ハイブリッドセンサを用いた Support vector machine (SVM) に基づく動作認識手法を提案した。ハイブリッドセンサは筋電センサと光学式距離センサで構成されており、筋電位と同時にセンサ-皮膚表面間の距離（筋の隆起情報）を計測可能とした。提案手法の有効性を調べるため、4人の被験者に対して本手法を用いた動作認識実験を行った。その結果、筋電信号のみを使用しているときに比べて動作の認識精度を向上させることができることを示した。

研究成果の概要（英文）：

Many hand motion recognition methods using Electromyogram (EMG) signals have been developed. Because most studies used only surface EMG signals from a forearm, available motion-related information was limited. In this research we propose a SVM (Support Vector Machine) based hand motion recognition method using hybrid sensors. The hybrid sensor consists of an EMG sensor and an optical distance sensor, and can measure myoelectric activities and distance between the sensor and the skin surface at the same time. To examine the effectiveness of our method, we performed hand motion recognition experiments with four subjects. Experimental results showed that our method using hybrid sensors can improve motion recognition accuracy compared to when using only EMG signals.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,220,000	366,000	1,586,000
2011年度	1,040,000	312,000	1,352,000
総計	2,260,000	678,000	2,938,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：動作認識、生体信号、ヒューマンインタフェース、ハイブリッドセンサ

1. 研究開始当初の背景

手の動作意図を推定する手法は、手の動作を機械に伝達するヒューマンインタフェースの核となる技術である。これを実現するため、表面筋電位に基づいて手の動作意図を推定する手法が開発されてきた。表面筋電位（以降、筋電位）は皮膚表面に貼り付けた電

極により計測可能な生体信号であり、動作に応じてどの筋がどの程度活動しているかを知ることができる。手の動きは腕の筋電位から計測でき、手自体にはセンサを装着する必要がないため拘束感がなく、使用環境にも自由度がある。また、腕からの筋電位計測が可能であれば手を切断した場合でも動作意図の

推定が可能であり、電動義手の制御信号として使用できる点は、筋電位を用いることの大きなメリットである。

筋電位から手の動作意図を推定する手法は、1940年代から研究されてきた。1990年代になるとニューラルネット等のパターン認識に基づく手法が多数提案され、2000年以降は西川ら(2001)、Fukudaら(2003)、Huangら(2005)による研究により推定可能な動作数と精度が向上した。

研究代表者らはこれまで、前腕の筋電位を基にパターン認識の1手法である Support vector machine (SVM) を用いて手の動作意図を推定する手法を開発し、従来のパターン認識を用いた手法に比べ、手の7動作を高い精度で推定できることを示してきた。また、手を失った前腕切断者に対しても有効な手法であることを明らかにしてきた。

しかし、これまでの研究において以下の課題が明らかになってきた。

[課題1] 筋電位から得られる情報量の不足

表面筋電位では原理上、深部に存在する筋の活動は観測できない。また、前腕の回内外は主に上腕の筋で実行されるため、前腕から計測できるこれらの動作に関連した筋電信号は弱い。そのため、筋電位単独で得られる運動情報には限界がある。

[課題2] 粗い動作を単位とした動作認識

手首を中立位置から屈曲して再び中立位置に戻す場合を考えると、「屈曲への移行」、「屈曲の維持」、「中立位置への復帰」の少なくとも3状態がある。しかし、従来の研究のほとんどがこれらの3状態を「手首屈曲」という1つの荒い動作単位として扱い、動作認識している。実際は、各状態の信号の特徴は異なるため、より詳細な動作単位に分けて認識を行うことで推定精度を向上できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、腕から計測可能な筋電位を含む多種の生体信号を相互補完的に組み合わせた特徴量を用いて、手の複数の動作意図を精度よく推定する手法を開発することである。上記の課題1と課題2に対して、本研究では次のようにアプローチした。

[課題1に対して]

筋電位と他の生体信号を組み合わせることによって、筋電位から得られる動作関連情報を補い、動作の推定精度の向上を図る。

[課題2に対して]

従来の粗い動作単位をより詳細な動作単位に分割し、詳細な動作単位で動作認識を行

うことで、推定精度の向上を図る。

3. 研究の方法

本研究では、筋電位と筋力発揮時に起こる筋の隆起情報を組み合わせた情報を用いた動作認識を実現するため、筋電位とセンサー-皮膚表面間距離を同時計測可能なハイブリッドセンサを開発した。図1にハイブリッドセンサの構造を示す。筋電位計測用の皮膚表面電極の本体上部に距離を計測可能な光センサを取り付けた。図2にハイブリッドセンサの装着位置と、図3にその位置から計測した信号を示す。

ハイブリッドセンサを用いた動作認識手法を図4に示す。前腕に装着したハイブリッドセンサで計測した筋電信号、積分筋電信号、センサー-皮膚感距離から、それぞれ、平均積分筋電位 (AIEMG)、ケプストラム特徴 (CC)、平均センサー-皮膚感距離特徴 (ASSD) を抽出し、特徴ベクトルとして統合する。特徴ベクトルはSVMで予め求めておいた識別関数に基づいて分類され、7種の手の動作のうちの1つが決定される。

ハイブリッドセンサを用いた動作認識法の有効性を確認するため、4名の被験者を対象とした動作認識実験を行った。1試行では、被験者は掌屈、背屈、握る、開く、前腕回内、前腕回外の順に、5セットの動作を60秒間で実行することが求められる。各動作の間は、力を入れない中立位とした。全10試行を行い、2試行を訓練データ、残り8試行をテストデータとして動作認識実験を行い、センサー-皮膚間の距離情報を用いない場合、つまり筋電を単独で用いた場合との比較を行った。

さらに、詳細な動作単位での動作認識実験を行った。中立位を除く6動作の動作区間を動作開始、維持、動作終了の3区間に分割し、動作開始と動作終了を1つのクラスとして、1つの動作を2つのクラスに分割して動作認識を試みた。上記の4名の被験者のうちの1名を対象として、動作認識実験を行った。

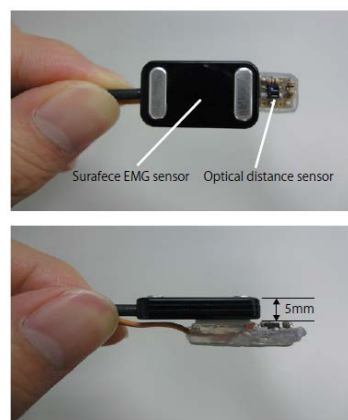


図1 筋電とセンサー-皮膚間距離を計測可能なハイブリッドセンサの構造

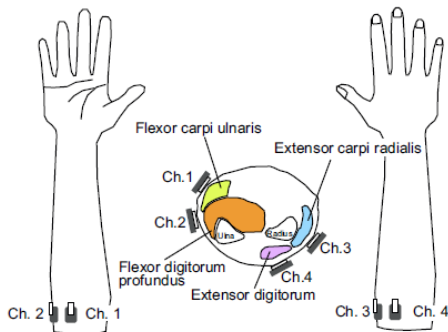


図 2 ハイブリッドセンサの装着位置

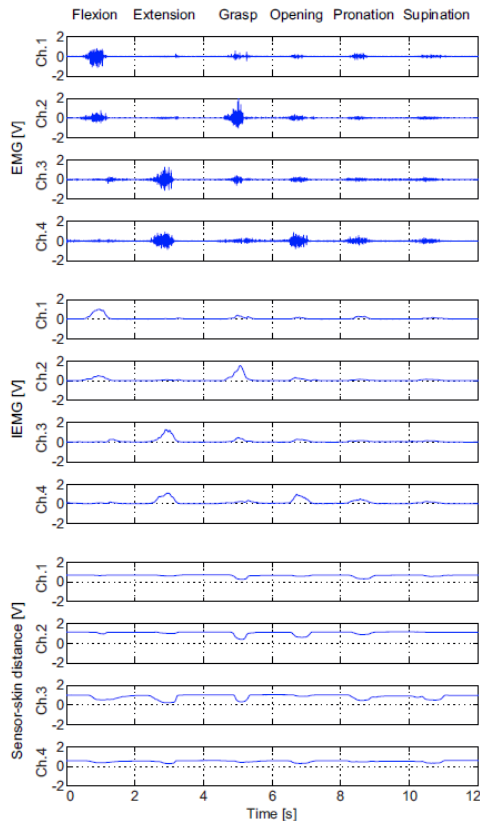


図 3 ハイブリッドセンサで計測した生体信号

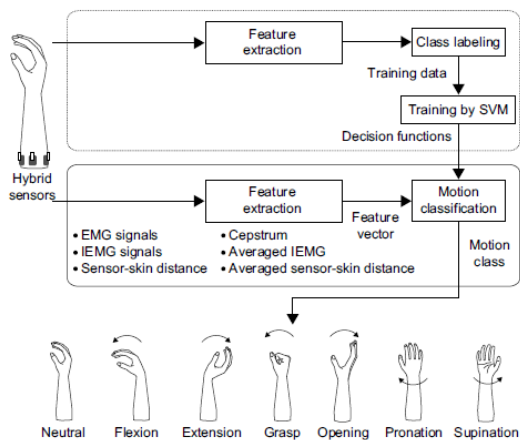


図 4 ハイブリッドセンサを用いた SVM に基づく手の動作認識法の処理の流れ

4. 研究成果

まず、ハイブリッドセンサを用いて手の動作認識を行った結果を示す。表 1 は AIEMG+CC+ASSD を組み合わせた特徴量を用いた場合の結果である。7 動作の総認識率はすべての被験者で 95%を超えた。表 2 に示した AIEMG+CC の特徴量のみを用いた場合と比べると、総認識率においては約 1%の向上であった。図 5 に AIEMG+CC+ASSD を用いた場合と AIEMG+CC を用いた場合との認識率の差を示す。動作全体としては、約 1%の向上であるが、握る、開く、回内、回外では特に認識率が向上した。この結果は、筋電にセンサー-皮膚間の距離（筋の隆起情報）を加えることによって、筋電のみで得られることのできる動作関連情報を補うことができることを示唆する。本成果は、国際会議 Ro-Man2012 に投稿中である。

次に、被験者 A に関して、詳細な動作単位で動作認識を行った。認識対象となるクラス数は各動作が 2 クラスに分割されるので、7 動作で 14 クラスとなった。結果として、総認識率は 82.8%となり、分割しない 7 クラス時（表 1）の 98.1%よりも大きく低下した。クラス数の増大により認識率が低下したものであり、単純な動作区間の分割では認識率の向上は困難であることがわかったため、今後は時系列パターン認識の手法を検討したい。

表 1 AIEMG+CC+ASSD を組み合わせた特徴量を用いた場合の認識率

Subject	NE	FL	EX	GR	OP	SU	PR	Total
A	95.1	99.3	98.6	98.9	98.8	97.2	98.6	98.1
B	89.3	91.3	99.0	94.9	96.0	99.1	99.4	95.6
C	90.0	96.4	99.1	96.6	99.2	96.8	99.0	96.7
D	96.0	96.9	97.8	99.4	98.3	96.6	98.7	97.7
Mean	92.6	96.0	98.6	97.5	98.1	97.4	98.9	97.0

NE:Neutral FL:Flexion EX:Extension GR:Grasp OP:Opening
PR:Pronation SU:Supination

表 2 AIEMG+CC を組み合わせた特徴量を用いた場合の認識率

Subject	NE	FL	EX	GR	OP	SU	PR	Total
A	94.7	99.6	98.5	99.2	96.8	96.6	94.4	97.1
B	89.5	90.5	97.0	89.3	93.0	97.1	98.7	93.6
C	89.5	95.3	98.4	95.5	98.2	94.7	99.0	95.8
D	95.4	98.7	97.7	99.6	97.5	96.4	98.1	97.6
Mean	92.3	96.0	97.9	95.9	96.4	96.2	97.6	96.0

NE:Neutral FL:Flexion EX:Extension GR:Grasp OP:Opening
PR:Pronation SU:Supination

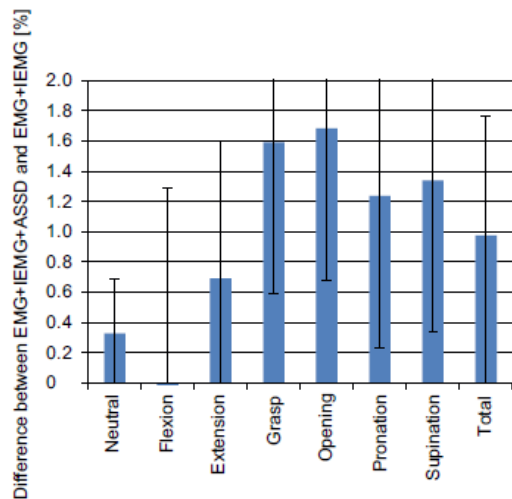


図 5 AIEG+CC+ASSD を用いた場合と AIEG+CC を用いた場合との認識率の差

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)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 吉川雅博、松本吉央、筋電に基づく動作認識法を用いたヒューマンインタフェース、信学技報、査読無、vol.111、No.472、WIT2011-80、2012、pp.57-60、DOI:なし
- ② 吉川雅博、ロボティクスに使えるやさしい Support Vector Machine、日本ロボット学会誌、査読無、vol.29、No.5、2011、pp.435-438、DOI:なし
- ③ 三田友記、河島則天、吉川雅博、上肢切断とニューロリハビリテーション-幻肢痛と筋電義手訓練への新しい展開、福祉介護機器 TECHNO プラス、査読無、vol.4、No.5、2011、pp.27-32、DOI:なし

[学会発表] (計 2 件)

- ① 吉川雅博、松本吉央、筋電に基づく動作認識法を用いたヒューマンインタフェース、第 62 回福祉情報工学研究、2012、3 月 9 日、茨城県、筑波技術大学
- ② Tomoki Mita, Masahiro Yoshikawa, Noritaka Kawashima, Effect of mirror reflection-induced visual feedback on phantom limb awareness in forearm amputees, 2nd Conference on Systems Neuroscience and Rehabilitation (SNR2011), March 9, 2011, Saitama, Japan

[その他]

ホームページ等

<http://homepage2.nifty.com/d-design/publication.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉川 雅博 (YOSHIKAWA MASAHIRO)
独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・産総研特別研究員
研究者番号：40584511

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし