

機関番号：13302
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2009～2010
 課題番号：21700576
 研究課題名（和文） 海馬型ニューラルネットに基づいた筋電義手のための動作推定システムの開発
 研究課題名（英文） Motion Estimation System for Myoelectric Prosthetic Hand Based on a Hippocampus Neural Network
 研究代表者
 末光 厚夫（SUEMITSU ATSUO）
 北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
 研究者番号：20422199

研究成果の概要（和文）：本研究では、使い勝手の良い筋電義手の実現のために、申請者らが提案した海馬型ニューラルネットを基に、表面筋電位（EMG）信号から使用者の意図した手・腕の動きを推定するシステムを構築した。構築したシステムは、未学習のEMG信号から6動作（手首屈曲、手首伸展、握る、開く、前腕回内、前腕回外）を平均約95%の精度で識別可能であるだけでなく、大量の学習データは不要、センサの冗長性を許容、事前トレーニングは不要という実用的な特徴を持つ。

研究成果の概要（英文）：In this study, we constructed a motion estimation system for practical myoelectric prosthetic hands based on a hippocampus neural network we have previously proposed. The proposed system can classify six hand motions (wrist flexion, wrist extension, grasping, opening up, wrist supination, and wrist pronation) with an average of about 95% accuracy by using surface electromyogram signals. In addition, it does not require the large number of training data samples, the user to position sensors on optimal locations, and the user to be trained in advance.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：総合領域

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：医療・福祉，脳・神経，生体機能代行，筋電義手，ニューラルネット

1. 研究開始当初の背景

腕から表面筋電位（EMG）を計測し、その信号に応じて義手を動作させる筋電義手は、身体障害者や高齢者の能力を支援・増幅・拡張するものとして実用化が大いに期待されている。しかし、製品化されている筋電義手の多くは、ON-OFF制御や比例制御を用いているため、限られた少数の動作しか実現できて

いなかった。これに対して、多くの動作数を識別するために、多チャンネルより計測された筋電パターンより動作の推定を行う手法が研究されており、多層ニューラルネットやサポートベクターマシンを用いることにより一定の成功が得られていた。しかしながら、これらの方法では、学習した筋電パターンからは正確に動作を推定できるものの、それ

外のパターンや未学習の動作に関してはうまく対応することができていない。そのため、精度良く推定するためには非常に多くのトレーニングデータが必要となるが、キャリブレーションに時間がかかり過ぎることは使用者への大きな負担となってしまう。

一方、研究代表者らが提案した、海馬の構造と機能を参考にした新しいタイプのニューラルネット（海馬型ニューラルネット）は、非線形の変数関数の近似能力が従来手法よりもはるかに優れている。これを筋電義手の動作推定に応用すれば、少数のサンプルを学習するだけで、未学習の筋電位パターンに対しても使用者の意図に近い動作をさせることが可能になると考えられ、高い精度の動作推定と使用者の負荷の軽減を両立できるのではないかとこの着想に至った。

2. 研究の目的

以上の背景の下、本研究では、上述した優れた性能を持ち手軽に使用可能な筋電義手を実現するための第一歩として、使用者になるべく負荷をかけずにEMG信号から使用者の手・腕の動作を高精度で推定可能なシステムを、海馬型ニューラルネットを基にして構築することを目的とする。加えて、手・腕の動作推定に脳活動が有効かどうかを調べる。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するために、次の項目について研究を行う。

(1) 手・腕動作時のEMGと脳活動の計測

本研究では、動作推定の対象として、前腕切断者がイメージし易く、従来の研究で識別動作として多く用いられている6動作（手首屈曲、手首伸展、握る、開く、前腕回内、前腕回外）をターゲットとする（図1）。



図1 ターゲット動作

これらの動作を行っている際のEMG信号と脳活動を表面筋電位計、光トポグラフィ、脳波計により計測する。EMGについては、筋電義手装着時の制約が生じにくく、活動がはっきりと表れる位置を検討する。

(2) 動作推定のための特徴量の検討

EMGおよび脳活動の生体信号からどのような特徴を利用すれば動作推定に有効となるのかを検討する。ただし、筋電義手の制御という観点から実時間処理が実現可能な手法を対象とする。具体的には、(1)で計測したEMGと脳活動に対して、周波数解析などの様々な信号処理手法を適用して特徴量を抽出する。そして、得られた特徴量の少数サンプルを既存の海馬型ニューラルネットに学習させ、未学習のEMGおよび脳活動パターンから正しい前腕の動作を推定できるか、シミュレーション実験によって検証する。同時に、処理時間についても検証する。これらの結果より用いた特徴量の評価を行う。

(3) 海馬型ニューラルネットに基づく動作推定システムの構築

(2)より得られた有効な特徴量を用いて、少数のサンプルを学習するだけで動作をより高い精度で推定できるように、ネットワークの構造および学習方法について検討し、手・腕の動作推定システムのプロトタイプを作成する。これを用いてシミュレーション実験を繰り返し行うことにより、構成要素の挙動および全体としてどのような能力を示すかも同時に調べる。そして、この結果をフィードバックし、必要に応じてシステムを改良しながら動作推定システムを完成させる。

4. 研究成果

本研究で構築した前腕の動作推定システムの構成を図2に示す。

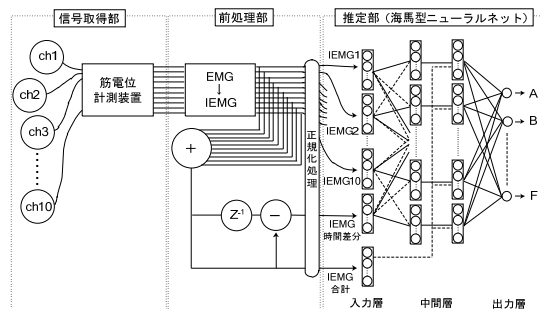


図2 動作推定システムの構成

構築したシステムは、信号取得部、前処理部、推定部の三つのモジュールから構成されている。信号取得部では、筋電位計測装置（Personal EMG, 追坂電子機器社）を用いて、表面電極よりEMG信号を計測する。得られたEMG信号は、A/D変換ボードを通して、サン

プリング周波数 3000[Hz], 量子化ビット数 16[bit]で前処理部と推定部が実装されたコンピュータに取り込まれる。次に, 前処理部では, 取り込まれた EMG 信号を全波整流し, 積分筋電位(IEMG)信号に変換する。そして, 各チャンネルの IEMG 信号, 全チャンネルの IEMG の合計値, および IEMG 合計値の時間差分値の正規化処理を行い, 推定部に入力可能なパターンを生成する。本システムでは, 動作識別率と実時間処理の観点から IEMG 信号を特徴量として採用した。最後に, 推定部は, 海馬型ニューラルネットを基にして構成されており, 前処理された IEMG 信号とそれに対応する動作の学習と動作の推定を行う。

なお, 本研究では, 光トポグラフィで計測したヘモグロビン濃度と脳波計で計測した EEG 信号(脳波)の2つの脳活動の有効性についても検討を行った。しかしながら, ヘモグロビン濃度はイベントに対する活動変化が遅く実時間処理に適していなかった。また, EEG はいくつかの信号処理手法を適用して抽出した特徴量を用いて海馬型ニューラルネットに学習させたが, 識別率が向上する有意な結果は得られなかった。そのため, 本研究では EMG 信号に絞ってシステムの構築を行った。

構築したシステムの有効性を確かめるために検証実験を行った結果, 次のような性能と特徴を持つことがわかった。

(1) 健康な成人男性 5 名に図 1 の 6 動作(手首屈曲(A), 手首伸展(B), 握る(C), 開く(D), 前腕回内(E), 前腕回外(F))を行ってもらい, その際の EMG 信号を計測した(1動作につき 9 サンプル計測したため, 合計 54 サンプル)。このデータセットを用いて, 学習データ数を変えながら本システムに動作推定を行わせ, 識別率を計算した。その結果, 本システムは, 非常に少ない EMG のデータセット(1動作につき 3 サンプル)を学習するだけで, 未学習の EMG データセットから 6 動作を平均約 95%の精度で推定できることを示した(図 3)。

(2) EMG 信号計測時の表面電極の貼り付けに高度な専門的知識を必要としない。本システムでは, 表面電極は前腕の動作時に働く主要な筋肉付近に大まかに貼付すれば良く, それらの筋肉がカバーできていれば必要以上に電極を取り付けても推定精度にほとんど影響がない。

(3) 6 動作の識別であれば, 計測から学習まで(キャリブレーション)に要する時間は約 3 分程度であり, 被験者への負荷が非常に小さい。

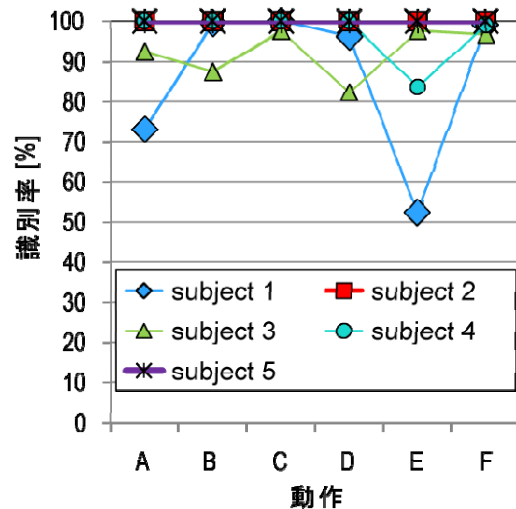


図 3 被験者ごとの各動作の識別率

(4) 使用者が事前に特別な訓練を行う必要がない。従って, 誰でもすぐに利用可能だけでなく, いつでも容易に新たな動作を追加して学習・推定させることも可能である。

(5) 日によって生じる体調の変化, 使用している間に生じる疲労やセンサの多少の位置ズレに対して比較的頑強である。

(6) 動作をほぼ実時間で推定可能である。本システムを用いて構築したじゃんけんデモ(EMG 信号から被験者の手を推定して, 被験者が手を出すのと同時に必ずシステム側が勝利する手を表示する)では, 後出しを感じることなく, システム側がリアルタイムにこちらの手を推定していることを体感できる(図 4)。

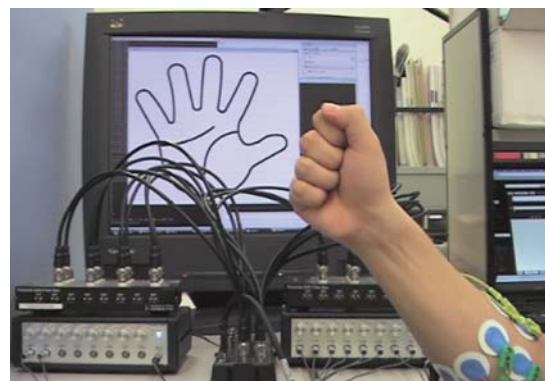


図 4 じゃんけんデモの実演例

これらの結果は, 構築したシステムが使用者の負荷を大幅に軽減し, 実用的な性能を備えていることを示している。本研究の成果は使い勝手の良い筋電義手の開発に貢献できるだけでなく, 筋電を用いて駆動させる他の義肢装具にも応用できるものと考えられる。

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1件)

- ① Kawata Hiroshi, Tanaka Fumihide, Suemitsu Atsuo, Morita Masahiko, “Practical surface EMG pattern classification by using a selective desensitization neural network,” Lecture Notes in Computer Science, 6444, 42-49, 2010, 査読有

[学会発表] (計2件)

- ① 川田浩史, 末光厚夫, 森田昌彦, “選択的不感化ニューラルネットを用いた表面筋電位信号からの手の動作識別,” ニューロコンピューティング研究会, 2010.6.18, 沖縄
- ② 川田浩史, 山根健, 末光厚夫, 森田昌彦, “選択的不感化ニューラルネットを用いた表面筋電位信号からの手の動作推定,” 情報処理学会創立50周年記念(第72回)全国大会, 2010.3.10, 東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

末光 厚夫 (SUEMITSU ATSUO)

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：20422199