

表面筋電位信号を用いた手指リハビリテーション用パターン識別方法の検討

Examination of Pattern Classification Method Using EMG signal for Finger Rehabilitation

○ 青代敏行（松江高専） 松本 航（松江高専） 堀内 匡（松江高専）

Toshiyuki AODAI, Wataru MATSUMOTO, Tadashi HORIUCHI, National Institute of Technology, Matsue Collge

Abstract: We developed a new hand motion assist robot for rehabilitation therapy. The purpose of this paper is to examine a pattern classification method of finger motion using surface electromyogram (EMG) signals. Most previous approaches to the classification of movement using EMG signals have been performed elaborate calculations, such as a Fourier transform, a neural network and a support vector machine. Our approach is simple calculation method with the summation operation and k-nearest neighbor algorithm using an initial rise zone data at simple moving average of integral EMG signal. The pattern classification experiment results with four subjects and two electrodes demonstrated that our proposal determines finger movements at an average of classification rate exceeding than 92%. Our method showed the highest classification rate of 100% in thumb movement, and classification rate of each movement ranged from 88.8% to 91.2%.

Key Words: Pattern classification, EMG signal, Finger rehabilitation

1. 緒言

近年，生活習慣病患者の増加に伴い，脳卒中患者が増え続けている。患者の後遺症の1つに手指などの上肢運動障害が挙げられる。上肢運動障害は，患者の生活の質（QOL）を著しく低下させる，大きく影響を及ぼすため運動機能回復のためにリハビリテーションが必要不可欠となる。しかし，経験豊富な理学療法士が慢性的に不足しており，多くの上肢運動障害を抱える患者が満足する効果的なリハビリテーションが行えていない。そのため，理学療法士に代わる・運動補助するリハビリテーション機器が必要である。

現在までに手指のリハビリテーション機器として，表面筋電位を用いたリハビリテーション機器⁽¹⁾が開発されている。この機器は把持動作のみを対象に前腕部の筋電位信号をトリガとして運動補助を行っている。そのため，各指の独立した動きを補助できない。表面筋電位信号をトリガ使用のみではなく，手指動作を推定する方法は，筋電義手の分野で多く検討されている⁽²⁾。しかし，筋電位測定に使用する電極数が多く，患者の肉体的負担の増大，システムの高価化が懸念される。これらに対し，我々は把持動作に加えて各指の屈曲伸張運動を実現できる手指リハビリテーション機器の開発を行っている⁽³⁾。また数個の筋電位電極を使用して手指運動の推定も試みている⁽⁴⁾。本研究は，簡易な分類アルゴリズムとk近傍法を組み合わせたパターン識別方法により筋電位信号による指動作の推定を行い，評価した。

2. 指動作における表面筋電位の取得

対象とする指動作を図1に示す各指の屈曲運動とし，表面筋電位を取得した。筋電位電極にBlue Sensor N(N-00-S, Ambu社製)，筋電位センサアンプにEMG信号，その積分値i-EMG信号が出力されるIW2PADW（有限会社 追坂電子機器社製）を使用した。そして，各信号に対して，電気回路で構成した2次ハイパス，ローパスフィルタを介して，マイコン(ATMEGA328-PU)のAD変換により10bit, 1kHzでサンプリングした。また，サンプリングしたi-EMG信号に対して，30点の単純移動平均のデジタルフィルタを追加した。

筋電位測定箇所は長拇指屈筋，浅指屈筋の直上とし，筋の存在しない手首にリファレンス電極を貼り付けた。ここで，長拇指屈筋，浅指屈筋の筋電位センサをそれぞれch1, ch2とした。また被験者は，健常者（年齢19～35歳）の男

性4名とし，各指単独の屈曲運動をそれぞれ3回続けて行い，計60個の筋電位信号をサンプリングデータとして取得した。本研究では，その中でも特徴的なサンプルデータを45個をパターン識別に使用した。

3. 移動平均値による特徴量抽出と簡易分類アルゴリズム

本研究では，取得したEMG, i-EMG信号とその移動平均値(SMA)のうち，SMA信号を用いて特徴量の抽出を行った。特徴量の抽出は，測定した各chのSMA値のいずれかが閾値以上となった時点からN個(N=512)までのSMA値総和を各chで計算する。対象動作における各chのSMA総和値($Sum SMA ch1$, $Sum SMA ch2$)をサンプルデータの特徴量とした。その特徴量の分布を図2に示す。

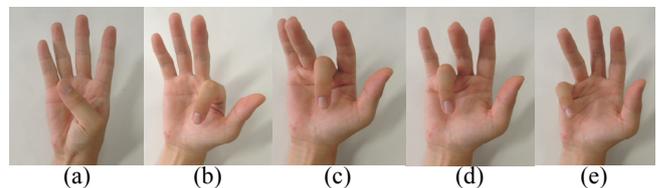


Fig. 1 Target finger motion, (a) Thumb, (b) Index finger, (c) Middle finger, (d) Ring finger, (e) Little finger

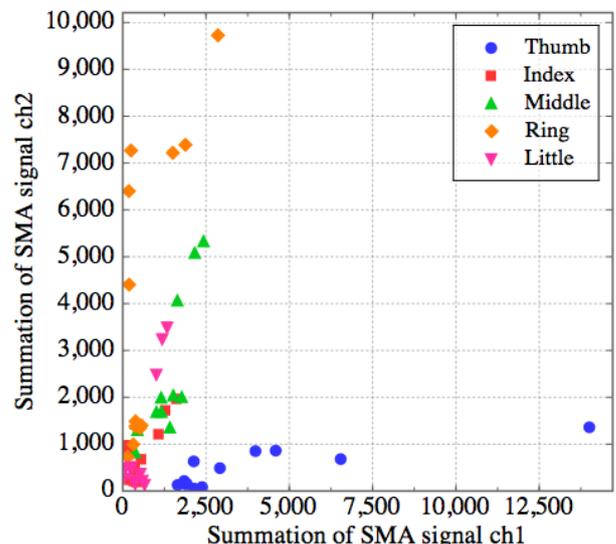


Fig. 2 Feature value of simple moving average of i-EMG signal

抽出した特徴量に対して、 k 近傍法を用いたパターン識別精度を向上させることを目的に、事前に簡易分類を行う。特徴量の簡易分類を行うために SMA 値が閾値以上となった ch を 1、閾値以下の ch を 0 とした。また各 ch が閾値以上に到達するまでの時間差分(*Time*)、各 ch における SMA 総和値の比(*rate*)を使用する。SMA 総和値の比の算出式を以下に示す。

$$rate = \text{Sum SMA } ch2 / \text{Sum SMA } ch1 \quad (1)$$

簡易分類アルゴリズムのフローチャートを図 2 に示す。本アルゴリズムによって、人差し指と薬指、拇指と小指、中指の 3 組に分類する。拇指屈曲は長拇指屈筋が支配的であることから分岐①で拇指を他指から分類する。また、小指は浅指屈筋が支配的であるため主に分岐②によって他指から分類する。中指は図 2 より長拇指屈筋と浅指屈筋の筋活動割合がある範囲で一定となることから分岐③により、人差し指と薬指から分類する。中指を除く本アルゴリズムによる分類結果を図 4 に示す。

4. k 近傍法による指動作のパターン識別方法および結果

今回提案した簡易分類アルゴリズムにより分類した拇指と小指、人差し指と薬指に対して、各指の特徴量からユークリッド距離を求め、 k 近傍法 ($k=3$) を用いて識別を行った。識別精度の推定は、交差検証法を用いて行った。サンプルデータの 1 個を取り出し、それを入力データとして識別を行う交差検証法により全データに対して行った。

各指動作の識別結果を表 1 に示す。拇指、人差し指、薬指は 90%以上の高い識別率であった。拇指は、簡易分類アルゴリズムの分岐①によって、他指と完全に分類できたことにより高い識別率となったと考える。人差し指と薬指は図 4 の簡易分類結果において、特徴量の分布領域に重なりが見られる。そのため識別率が低下したと考える。中指と小指は他指に比べて識別率が低く、88.8%となった。これは小指のサンプルデータの 1 個が簡易分類によって中指に分類されたためである。また簡易分類アルゴリズムにおいて、閾値の設定方法に調整が必要であることが懸念される。しかし、全ての指動作の平均識別率は 90%以上の高い識別率が得られた。これらより、本手法による指動作のパターン識別の有用性が示唆された。

5. 結言

本研究は、簡単な計算で求められる積分筋電位の移動平均総和値比に注目した簡易分類アルゴリズムと k 近傍法による各指の動作識別の方法を提案した。本提案手法は、対象動作に対して識別を行う前処理として簡易分類を行い、容易な k 近傍法による 2 クラスの分類モデルに落とし込むことによって高い識別精度を得ることができ、本手法の有用性が示唆された。

参考文献

- (1) <http://www.rehab-robotics.com/index.html>
- (2) 吉川雅博, 三河正彦, 田中和世, 筋電位を利用したサポートベクタマシンによる手のリアルタイム動作識別, 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J92-D, No. 1, pp. 93-103, 2009.
- (3) 青代敏行, 松本航, 加村考太, 把持動作を目的とした手指リハビリ機器の開発, ライフサポート学会大会 2015 (LIFE2015) 講演論文集, 1F2-01, 2015.
- (4) 松本航, 青代敏行, 手指リハビリテーション用パターンマッチング方法の検討, ライフサポート学会第25回フロンティア講演会予稿集, p. 77, 2016.

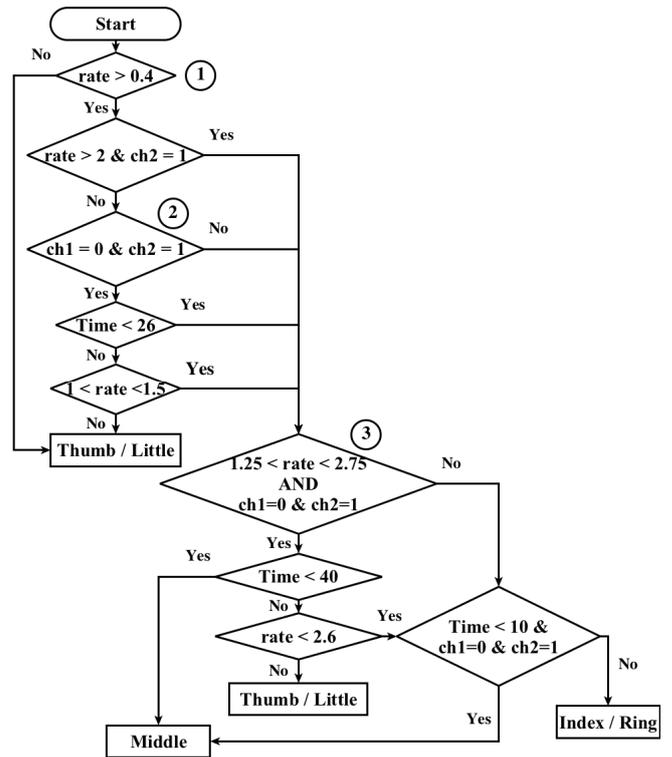
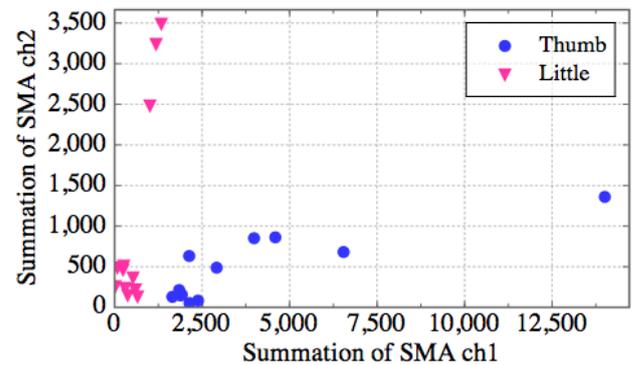
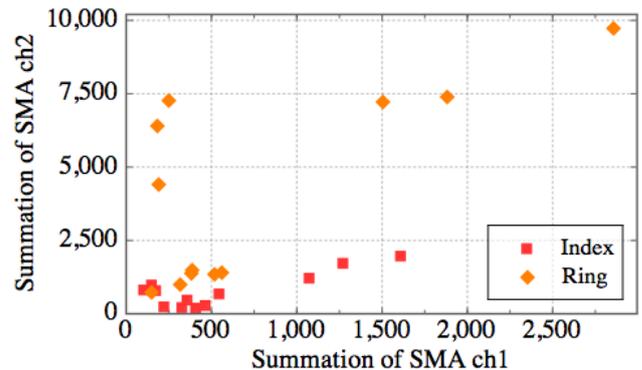


Fig.3 Diagram of simple classification algorithm



(a) Thumb and Little finger



(b) Index finger and Ring finger

Fig.4 Results of simple classification

Table 1 The classification Rate of each finger movement

Thumb	Index	Middle	Ring	Little	Ave.
100	91.7	88.8	91.7	88.8	92.2

Unit [%]