

筋電信号を用いた時系列対応 NN による本態性振戦患者の随意動作識別法の開発

Voluntary movement recognition from EMG of essential tremor using TDNN

○ 西本圭吾 (早大) 関雅俊 (早大) 安藤健 (早大) 藤江正克 (早大)

Keigo NISHIMOTO, Waseda University
Masatoshi SEKI, Waseda University
Takeshi ANDO, Waseda University
Masakatsu G FUJIE, Waseda University*Key Words:* Essential tremor, Neural network, Myoelectric signal, Exoskeletal robot

1. 緒言

本態性振戦（振戦）は、上肢を中心とした体の一部が振動する不随意運動である。高齢になるにつれて発症頻度は高くなり、現在日本では400万人以上が存在すると言われている。その中で65%以上が、飲食動作などの日常生活動作の遂行に困難が生じている。

振戦抑制手法としては、 β 遮断薬などの薬の服用や脳深部刺激法 (DBS), FES の利用などが研究開発されているが、副作用や侵襲性などが問題となっている。この問題を解決するために、装着型ロボットを用いた振戦抑制研究が行われているが、ジャイロセンサ情報にもとづきロボットの制御をしているために、完全に振戦を抑制することは困難である⁽¹⁾。これに対して、我々は動作前に信号が検出できる表面筋電信号を用いた肘装着型ロボットの研究開発を進めている⁽²⁾。しかし、振戦患者の筋電には随意動作の信号に加えて、振戦の信号も混ざっているため、不随意動作時に動作と認識する誤認識と随意動作中に動作をしていないと認識する誤認識が発生し、動作が不安定なものになる。

本稿では、動作を認識するために用いるニューラルネットワークへの入力信号の検討、および動作の開始と終了の判別方法についての検討を行うことで、先行研究の課題であった誤認識を低減することを目的とする。

2. 本態性振戦患者の随意動作識別アルゴリズムの構築

先行研究⁽²⁾においては、動作を識別する際に窓時間の異なる2種類の短時間フーリエ変換(STFT)によって抽出したスペクトルを入力し、常に動作の有無を識別していた。しかし、この方法では、動作中の識別が不安定になり、さらに不随意動作時に動作を識別してしまうという誤識別が多く見られる。

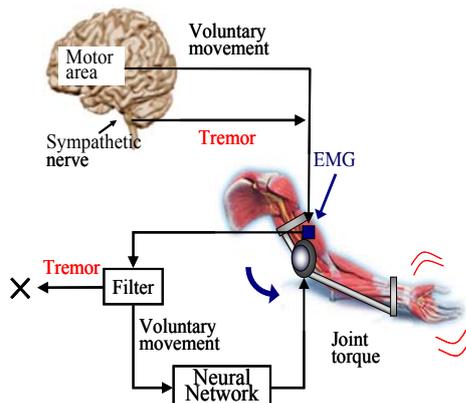


Fig. 1 Wearable robot for essential tremor

そこで、識別率向上のために、Time Delay Neural Network (TDNN)⁽²⁾を用いて時間変化との相関性を考慮し、誤認識を低減する。TDNNはネットワーク内に遅延を起こすことで入力ユニット数分の過去の情報を入力信号として扱うことができるようにするものである。本研究は75[ms]分のデータを入力する⁽³⁾。

さらに常に動作を識別するのではなく、動作開始と動作終了を識別することにより、安定した識別を行えるようにする。また、先行研究においては2種類のSTFTの結果を用いていたが、2種類にした場合、動作開始時及び終了時の識別が不明瞭になることが考えられるので、1種類の抽出したスペクトルのみを用いる。

これらを統合した識別システムをFig.2に示す。

3. 振戦患者の随意動作識別実験

3-1 実験目的

先行研究と提案手法の随意動作推定アルゴリズムの動作識別率を比較し、提案手法の有効性を検証する。

3-2 実験方法

被験者は87歳女性の本態性振戦患者とした。被験者には事前に本研究の趣旨及び目的に加えて、いかなる時でも被験者の意志により実験を中止できることを説明し、同意を得た。表面筋電位は乾式電極 (biometrics 社、電極間距離20[mm]) を医療用両面テープで皮膚に固定し、DataLog システム (Biometrics 社) によりサンプリング周波数を1000[Hz]で取得した。表面筋電位計測用の電極貼付位置を上腕二頭筋、ゴニオメータ (Biometrics 社、20[Hz]) の貼付位置を上腕と前腕とした。前腕と上腕のなす角度が120[deg]の位置から、1秒かけて90[deg]屈曲する動作を1試行とし、25試行分の表面筋電位と肘角度の推移を計測した。STFTにおける窓時間は、先行研究において有効性を示していた200[ms]とした。計測した25試行のうち、5つのデータを

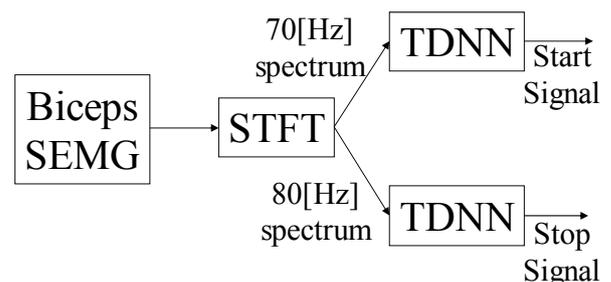


Fig. 2 Union of algorithm

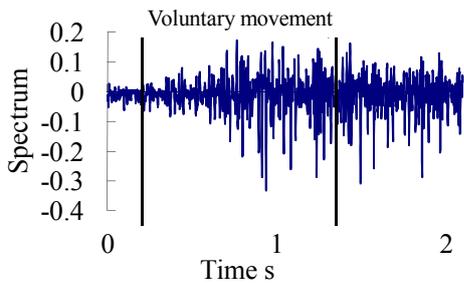


Fig. 3 EMG of elbow flexion

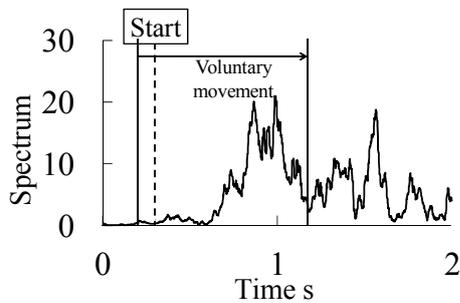


Fig. 4 Result of STFT(70[Hz]) and start signal

抽出し、先行研究・提案手法ともに 20000 回の学習を行った。TDNN は 3 層パーセプトロンし、バックプロパゲーション法により学習した。TDNN における学習回数などの各パラメータは試行錯誤して検討した。

3-3 結果・考察

取得した筋電位の例を Fig. 3, そこから抽出した開始のためのスペクトルを Fig. 4 終了のためのスペクトルを Fig. 5 に示す。

STFT の結果を元に、動作開始、終了時において反応を示す周波数帯を目視により選定した。その結果、この被験者において動作開始時は 70[Hz], 終了時は 80[Hz]の周波数帯に反応が見られることがわかった。

先行研究による識別方法を用いた場合、ニューラルネットワークに 75[ms]分入力した場合、及び 75[ms]分入力し動作開始終了時を認識した場合の 3 種類の識別性能の比較を行う。3 つの条件に対する識別結果を Fig. 6 に示す。先行研究による識別方法では、動作開始前と動作終了後の誤認識が多く、常に動作の有無を識別しているために識別が不安定になっている。ニューラルネットワークに対して 75[ms]分入力した場合、動作開始前の誤認識はなくなり、動作中の識別率は向上した。しかし、未だ動作中の識別は不安定になっており、動作終了後の誤認識を低減させることはできなかった。最後に、75[ms]分入力し、動作開始終了時を識別する方法では、安定した識別を可能とし、誤認識をなくすことができた。動作開始時の平均誤差は 0.1[s]で動作終了時の平均誤差は 0.1[s]であった。

動作中の認識率を Fig. 7 に示す。先行研究における結果では 37.2%であったが、75[ms]分入力し動作開始終了時を識別することにより、識別率を 79.8%と 42.6%向上することができた。誤認識率を Fig. 8 に示す。先行研究における結果では測定時間における不随意動作時の誤認識率は 34.8%であり、75[ms]分入力し随意時動作を識別した時には 52.7%と向上した。しかし、75[ms]分入力し動作開始終了時を識別することにより、識別率を 16.3%と 36.4%減少させることができた。

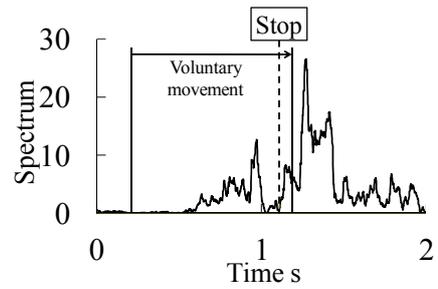


Fig. 5 Result of STFT(80[Hz]) and stop signal

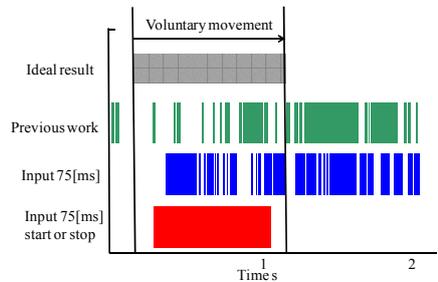


Fig. 6 Comparison of identified result

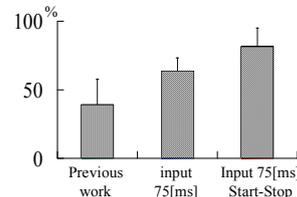


Fig. 7 Recognition rate

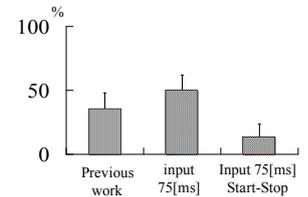


Fig. 8 False recognition rate

4. 結言

本態性振戦患者の表面筋電位から随意動作を抽出する際の随意動作識別方法の構築を行った。TDNN を用いて動作開始-終了時を検出することにより誤認識を低減させ、安定した識別可能なアルゴリズムの構築をした。1 名の本態性振戦患者に対し実験を行った結果、先行研究に対して誤認識を低減し、安定した識別結果を得ることができた。今後は実際にロボットへ応用し、被験者に装着してもらい検証する。

謝辞

本研究の一部は文科省グローバル COE プログラム「グローバルロボットアカデミア」、文部科学省科研費基盤研 A(20240058)、経産省地域イノベーション創出研究開発事業の支援を受けて行われた。

参考文献

- (1) E. Rocon, J. M. Belda-Lois, A. F. Ruiz, M. Manto, J. C. Moreno, and J. L. Pons, "Design and Validation of a Rehabilitation Robotic Exoskeleton for Tremor Assessment and Suppression," *IEEE TRANS. NEU. SYS. REH. ENG.*, 15(3), 2007.
- (2) 安藤健, 渡邊正樹, 藤江正克, 本態性振戦抑制ロボットにおける随意動作抽出アルゴリズムの開発, 第 7 回生活支援工学系学会連合大会, 15, ID3-2, 2009
- (3) Juan Gabriel Hincapie et al, "Adaptive Neural Network Controller for an Upper Extremity Neuroprosthesis", *Proc. 26th Annual Inter'l Conf IEEE EMBS*, 2004, pp.4133-4136
- (4) M. Zecca et al., "Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Electromyographic Signal," *Critical Rev. in BIO. Eng.*, 30(4-6), 2002, pp. 459-485