

## 遠隔操作における操作システムへの筋電位の利用

### The Use of Myoelectric Potentials for Teleoperation Systems

○柴田祐希<sup>1</sup>, 吉田洋明<sup>2</sup>  
\*Yuki Shibata<sup>1</sup>, Hiroaki Yoshida<sup>2</sup>

**Abstract:** The purpose of this study is to verify whether operation information can be obtained faster than operation information obtained from an input device by using myoelectric potentials. By using a combination of myopotentials and a neural network to operate a single-axis lever, we tested whether operation information can be obtained earlier than moving the control device.

#### 1. 背景

近年では通信技術の発達と共に、長距離の遠隔操作ロボットの活躍が期待されている。長距離の遠隔操作では、操縦者がコントローラで操作を行ってから遠隔地のロボットが動作するまでに通信遅延などによりタイムラグが発生する。このタイムラグは「操縦者の操作感覚」と「ロボットの動作」のズレを引き起こし、精密な操作が難しくなる。

そこで、本研究では遠隔操作に筋電位を利用することでタイムラグによる操作性の悪化を改善できないかと考えた。具体的には、筋電位が発生してから体が動作するまでの時間差を利用することを考える。

#### 2. 目的

本研究では、筋電位を利用することで入力装置から得られる操作情報よりも先に操作情報を得られるかの検証を行う。ここでは、1軸のレバー操作に筋電位とニューラルネットワークを組み合わせて利用することで、操縦装置を動かすより先に操作情報を得られるかを検証する。

#### 3. 検証装置の構成

実験装置は操縦レバー、筋電計、データロガー、PCで構成されている。これらの信号の流れを Fig.1 に示す。

操縦装置の操作信号は可変抵抗器 (RKJXK122000D, アルプス電気製) を使用し、操作量を電圧の変化として読み取る。筋電計は4チャンネルの生体アンプ (BA1104, ミユキ技研製) のうち2チャンネルを用いる。筋電位信号の周波数成分は5~500 Hz に分布することから、データロガー (AIO-160802GY-USB, CONTEC 製) は1kHz でサンプリングした。そしてこれら操縦レバーの角度と筋電位を同時にデータロガーにて取得し、PCに記録した。

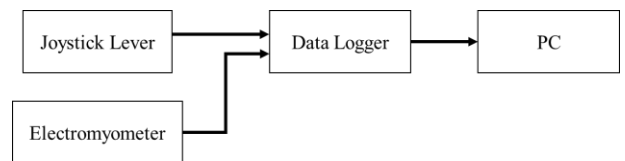


Fig.1 Signal Flow

#### 4. 筋電位の測定位置

本実験では筋電位の利用を、1軸の操作にて検証する。この1軸は操縦レバーを前後に倒す操作とする。この前後操作における腕の動きは手首の尺屈と撓屈と同様であるとし、各動作において主に活躍する下記の筋を測定対象とした。

- ・尺屈：尺側手根屈筋
- ・撓屈：長撓側手根伸筋

各筋肉の筋腹より20mm程度手先側、筋繊維に沿って電極を皮膚表面に張り付け、測定を行った。

#### 5. ニューラルネットワークの学習

筋電位から操作情報を取得するため、ニューラルネットワークを利用する。ニューラルネットワークは全3層階層構造型とし、各層のニューロン数は、入力層は2、中間層は7、出力層は3とした。

中間層の活性化関数としてシグモイド関数を、出力層はソフトマックス関数を利用した。

ニューラルネットワークに入力する特徴量は2つのチャンネルから得る筋電位の実効値 (Root Mean Square : RMS) とした。実効値 *RMS* を求める式を次に示す。

$$RMS(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{\tau=t-T}^t e^2(t+\tau)} \quad (1)$$

1 : 日大理工・院(前)・精機 2 : 日大理工・教員・精機

$e(t)$ は筋電位信号,  $(t - T, t)$ が計算区間  $\tau$  の範囲である。本研究では計算区間を 50 ms とした。

また, ニューラルネットワークの学習に用いる訓練データは, 操縦レバーを「手前に倒す」「奥に倒す」「無操作」の3通りの特徴量とし, 以下の手法で用意した。

操縦レバーを手前・奥に倒す操作に対する訓練データは, 操作レバーの角度が変化する瞬間を操作開始時の 70 ms 前を基準とし, そこから 50 ms 間の実効値を与えた。

無操作に対する訓練データは, 無操作状態で腕を安静に保ちながら筋電位信号を測定し, ランダムに抽出した 50ms 間の実効値を与えた。

### 6. 実験

ニューラルネットワークを作成し, 筋電位信号を与えて操作内容の判定を行わせた。手前に引いたと判定された場合は1, 無操作は2, 奥に倒す操作は3を出力するように設定した。ニューラルネットワークの学習後, 筋電位信号より出力された操作情報と, 操縦レバーの操作情報の比較した。

### 7. 実験結果および考察

Figure2 と Fig.3 に操縦レバーを手前に引く操作における, ニューラルネットワークの判定結果, および操縦レバーから出力された電圧の一例を示す。

Table 1 にニューラルネットワークの出力から操縦レバーの角度変化が起こるまでの平均時間 (Average Time : AT) と中央値 (Median : MD), 標準偏差 (Standard Deviation : SD) をまとめた。なお, サンプルデータ数はそれぞれ 30 個である。

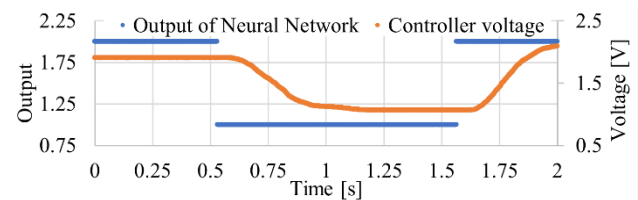


Fig.2 Output of Neural network and Controller voltage (a)

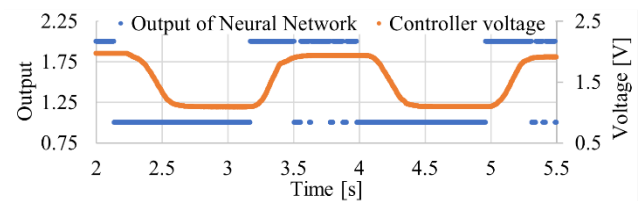


Fig.3 Output of Neural network and Controller voltage (b)

Table 1 Time from the output of the neural network to the change in angle of the control lever

	Front Side	Back Side	No Operation
AT	70 ms	74 ms	62 ms
MD	73 ms	76 ms	61 ms
SD	17	18	20

Figure2 より, 操縦レバーを実際に操作するより前に, ニューラルネットワークは「レバーを倒す」または「レバーを元に戻す」の操作情報を出力していることが分かる。したがって, 操作システムに筋電位を利用することで操作装置よりも早く操作情報を得ることは可能であることがわかる。

Figure3 においてレバーを元に戻してから再度操作を行うまでの無操作状態において, ニューラルネットワークの出力に誤判定が見られる。

この原因として, 次の操作を行うために備えた腕の力みによる筋電位信号が考えられる。今回の実験で用意した無操作における訓練データは腕を安静にして得た筋電位信号の実効値であった。学習を行う段階では, 力みなどによって発生する筋電位信号を考慮していないため, 誤判定となったと考えられる。

今後は力みなどによって生じるノイズを考慮しながらニューラルネットワークの学習を行う必要がある。

### 8. まとめ

筋電位によって実際のレバー操作の前に操作情報が得られることが分かった。筋電位を利用すれば遠隔操作システムにおける通信時間遅れによる操作性の悪化を改善できる可能性がある。

### 9. 参考文献

[1] 木曾 淳, 関 弘和, 南方 英明, 多田 隼 進 : 「筋電義手制御を目的とした簡潔なニューラルネットワークによる前腕の動作識別」, ライフサポート, Vol.21, No.2, pp.12-19, 2009.

[2] 木塚 朝博, 増田 正, 木竜 徹, 佐渡山 亜兵 : 「表面筋電図」, pp.13-64, 2018.