

1. 緒言

近年、福祉の重要性が高まり、交通、災害による四肢の切断や、身体の麻痺に対し処方・支給される義肢装具は、患者・障害者に対するリハビリテーションの技術上極めて重要な位置を占めている。装飾性と機能性を合わせ持ち、筋の活動電位を利用して制御を行う義手を筋電義手と呼ぶ。筋電義手の利点は、従来の義手に比べ、自然な外観と強い把持力を持つ点である。本研究では、実際に筋電義手の開発を行うことを最終目標とし、その過程でオリジナルなアイデアの検討を行っていく。その第一ステップとして筋電位を用いて肘関節角度の算出が可能かどうかの検討を行った。従来は、筋電位から直接関節の角度の算出が行われている。しかし、それはとても難しいものとなっている。そこで、本研究では筋電位から直接関節角度を求めるのではなく、一旦関節トルクを求め、関節に求めたトルク値を与えることで角度の制御を行う。

2. 筋電位による関節トルクの算出

筋電位から算出したトルク値を用いて肘関節の角度の制御を行うことを考える。筋電の振れ幅値と筋力は、線形の関係にあると仮定すれば、肘関節部に発生する関節トルク  $\tau$  は次式で表される。

$$\tau = a \cdot EMG_1 \cdot l_1 - b \cdot EMG_2 \cdot l_2 \quad (1)$$

$EMG_1, EMG_2$ : 屈筋, 伸筋の筋電位  
 $a, b$ : 比例定数  $l_1, l_2$ : 屈筋, 伸筋のモーメントアーム

筋電位に係る比例定数  $a, b$  は未知数であるため式 (1) だけでは関節トルク  $\tau$  を求めることは出来ない。また、個人で値は異なるため、被験者固有の値を求める必要がある。そこで、他の方法を用いて関節トルクを算出し、最小2乗法を用いて比例定数を求めることを考える。

腕を手部、前腕部、上腕部の3つのリンクが連なっているとすると、式 (2) からトルクを算出することが出来る。

$$\tau_{k,k+1} = -\sum_{i=1}^k [(r_i - r_{k,k+1}) \times m_i \cdot g] + \sum_{i=1}^k [(r_i - r_{k,k+1}) \times m_i \cdot a_i] + \sum_{i=1}^k \frac{d}{dt} (r_i \cdot \theta_i) \quad (2)$$

$\tau_{k,k+1}$ : リンク  $k$  と  $k+1$  の間の関節トルク  
 $r_{k,k+1}$ : 慣性座標系からリンク  $k \cdot k+1$  間までの距離  
 $m_i, a_i$ : リンク  $i$  の質量、加速度  
 $r_i$ : 慣性座標系から重心の作用点までの距離

肘関節のトルクを求める場合、(2) 式に手部と前腕部の各パラメータを代入することで、肘関節のトルクを算出することが出来る。

3. 実験と考察

迫坂電子機器製の 4ch 型 Personal-EMG で、湿式センサを使用し、測定する筋肉は、肘関節の運動に最も関係している

上腕二頭筋と上腕三頭筋(外側頭、長頭)の3箇所とした。加速度や角加速度の測定には、MicroStrain 製の3軸角度センサー 3DM-GX1-DAC を使用し、手部と前腕部の質量中心位置に取り付けた。

肘関節角度の比較を Fig. 1 に、式 (2) の計算値と式 (1) を用いて筋電位から算出した関節トルクの比較を Fig. 2 に示す。Fig. 1 から2つの波形は同様の軌跡を描いていることから、トルク値による関節角度の制御が可能であることがわかる。Fig. 2 から、2つの軌跡はおおよそ同様の形を描いていることが読み取れる。したがって、筋電位から求めたトルク値を用いて関節角度の制御が可能であると考えられる。

しかし、多少のばらつきや、一部分では大ききずれもみられる。これは筋肉の性質を精度よく再現できていないことが原因であると考えられ、そこを改善すれば、関節角度の精度が向上し、推定値の誤差が小さくなると考えられる。

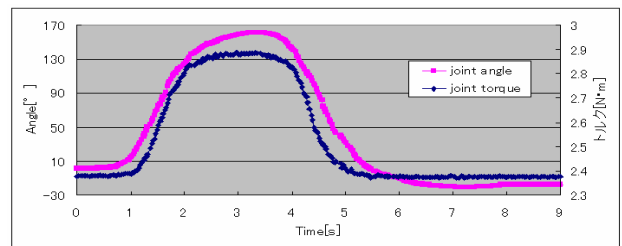


Fig.1 Alteration of joint torque and angle

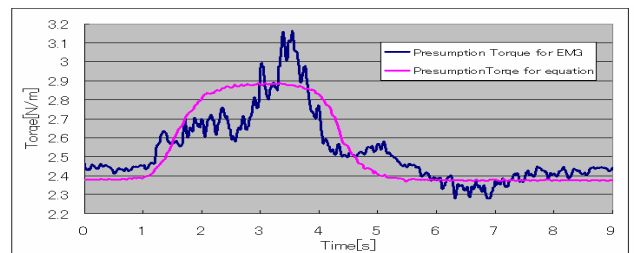


Fig.2 Alteration of torque for EMG

4. 結言

実験結果から、筋電位により多少の誤差はあるがトルク値を求めることが出来た。また、トルク値から角度制御が行えることがわかった。しかし、筋電位の変化は被験者や運動状態、疲労度によって異なる。筋電位の波形パターンを詳しく分析、識別し運動に結びつけることは最も重要なことであり、また最も困難なことである。今後は筋肉のモデルを考慮し、より正確な肘関節角度の算出を目指す。加えて、シミュレーションでの肘関節の角度制御を目指す。

文献

- (1) 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志 (1992): 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定