

## 1. 研究の背景と目的

交通事故や労働災害などによる四肢の切断に対して処方・支給される義肢装具は、患者が日常生活をする上で重要な技術である。現在、上肢を切断した場合、医者が患者に対して処方する義手の90%以上が装飾用義手である。ところが、装飾義手は外観の精巧さと軽量性を重要視しているため指を動かすなどの動作を行うことが出来ない。一方で、筋の活動電位を利用して義手の制御を行う筋電義手がある。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合わせ持つ点である。しかし、高価な割に満足出来る機能を備えていないため、日本での普及率は欧米に比べ著しく少ない。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、その第一ステップとして筋電位を用いて肘関節角度の算出方法の検討を行った。従来の筋電義手は、筋電位の有無を判別し、義手を制御している。しかし、それでは動きが制限される。そこで、本研究では筋電位から一旦関節トルクを求め、求めたトルク値を関節に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

これまでの研究により、関節角度と関節トルク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推定が可能である事が分かっている。そこで、腕の伸筋は上腕三頭筋の外側頭だけを考慮して、筋電位からのトルク値は、式(1)から算出した。

$$\tau = a \cdot EMG_1 \cdot L_1 - b \cdot EMG_2 \cdot L_2 \quad (1)$$

$EMG_1$ : 屈筋,  $EMG_2$ : 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

式(1)から求めたトルク値と関節トルクを比較したところ、おおよそ同様の軌跡を描いているが一部分では大きなずれも見られた。その原因として、上腕三頭筋の長頭も腕の屈伸運動時に影響を与えている事が分かったことから、上腕三頭筋長頭を考慮した関節トルクの算出方法を検討した。筋電位と筋力は、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。

$$\tau = (a_1 \cdot EMG_1 + a_2 \cdot EMG_2 + a_3 \cdot EMG_3 + c) \cdot L \quad (2)$$

$EMG_1$ : 上腕二頭筋,  $EMG_2$ : 上腕三頭筋(外側頭)

$EMG_3$ : 上腕三頭筋(長頭),  $a_1, a_2, a_3$ : 比例定数

$c$ : 定数,  $L$ : 腱の付着位置から運動軸の距離

筋電位にかかる比例定数  $a_1, a_2, a_3$  と定数  $c$  は未知数であるため式(2)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と定数を求めることを考える。

腕の手部を前腕部の一部と考え、前腕部、上腕部の2つのリンクが連なっているとすると、式(3)からトルクを算出することが出来る。

$$\tau_{k,k+1} = m \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta) \quad (3)$$

$\tau_{k,k+1}$ : 上腕部と前腕部間の関節トルク

$L$ : 前腕部の重心位置

$m$ : 前腕部の質量,  $\theta$ : 測定した角度

$g$ : 重力加速度

肘関節のトルクを求める場合、式(3)に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

前章にて提案した手法の有効性を検討する。

筋電位の測定は、追坂電子機器製の4ch型 Personal-EMGで、湿式センサを使用する。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箇所とする。肘関節角度の測定には、3次元動作解析システムを使用し、マーカーを手首・肘・肩の3箇所に取り付ける。

上腕三頭筋の外側頭だけを考慮して筋電位から算出したトルク値と関節トルクの比較を図1、式(3)の計算値と式(2)を用いて筋電位から算出したトルク値と関節トルクの比較を図2に示す。

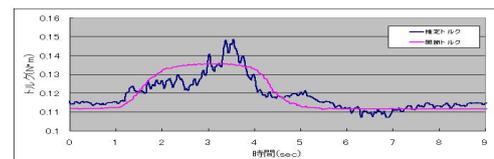


図1 推定トルクと関節トルクの時間的変化(1)

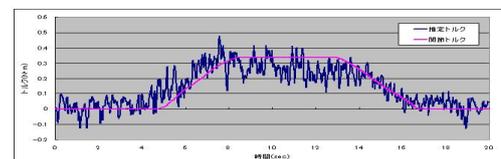


図2 推定トルクと関節トルクの時間的変化(2)

図1と図2を比較すると図2の方が理想とする関節トルク値に近い値を示している事が分かる。従って、筋電位から算出したトルク値の精度が上がったと考えられる。しかし、データのばらつきが大きくなっている。これは、各筋肉の筋電位が精度よく検出出来ていないことが原因であると考えられる。精度よく筋電位を検出する事で、関節角度の推定値の誤差が小さくなると考えられる。