

# 楽しい運動計測実習に関するレポート

奥屋 直己

2018 年 9 月 21 日

## 1 実験の目的

人間の腕はどうして同じ速さで運動し続けることができるのだろうか。例えば、車や自転車に乗っていると、アクセルのみで同じ速さを保とうとしても難しい。どうしても早くなってしまう。だが、ブレーキを使うと同じ速さを保ち続けるのは容易である。このことから、人間の腕にも速度を一定に保つためのブレーキが存在しているのではないかと考えた。本レポートでは、腕を伸ばす、曲げるの繰り返し運動を行うことで、ブレーキが存在するかどうかを確かめた。

## 2 手法

### 2.1 実験

本実験は 2 人の被験者に右腕を水平面内で伸ばす、曲げるの繰り返し運動を指示を出さず自然な速さで行なってもらう場合と、できるだけ速く行なってもらう場合の 2 種類を指示した。ただし、1 人のデータファイルの 1 部が保存されていなかったため、実質データは 1 人分となった。運動中の手首、肘、肩の 3 点に反射マーカをつけ、高速度カメラを使い、それぞれの軌道を計測した。筋電位は、上腕二頭筋と上腕三頭筋に筋電計用電極を取り付け計測した。それぞれ、サンプリング周波数は軌道を 1000 fps、筋電位を 200 Hz とし、同時パルス発生装置を使い、開始時刻を同期した上で 20 秒間計測した。

### 2.2 解析

今回は筋電センサ (LOGICAL PRODUCT, ワイヤレス筋電センサ乾式) による筋電データとモーションキャプチャ (Library, Move-tr/3D) による運動軌道データを別々のプログラムで作成する。

#### 2.2.1 筋電データ

筋電データに 1 から 40 Hz を通過帯域とするバンドパスフィルタ (3 次バターワース) をかけた。また、それによって起きる時間的なズレを修正するため、順方向と逆方向の両方から 1 回ずつフィルタをかけ、ズレをなくした。

筋肉の活動度  $a(t)$  を次式で評価した。

$$a(t) = \frac{1}{\Delta T} \int_{t-\Delta T/2}^{t+\Delta T/2} |E(t)| dt \quad (1)$$

ここで、 $E(t)$  は筋電位、 $t$  は時間であり、窓幅  $\Delta T$  は 0.2 s とした。

## 3 結果

図 1、2 はそれぞれ、自然な速さでの腕の曲げ伸ばし運動の軌道、できるだけ速く行うように指示した腕の曲げ伸ばし運動の軌道である。この 2 つの図を比較すると、軌道に大きな差がないことがわかる。図 3 を見る

と、上腕二頭筋の筋電位のピーク位置と、上腕三頭筋の筋電位のピーク位置がほぼ同じ時間に存在する。一般的に腕を曲げるために上腕二頭筋、伸ばすために上腕三頭筋を使うことが知られている。図5をみると、手首の運動軌道が腕を曲げようとするときに上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋電位のピーク位置がある。これらより、腕を曲げているのにも関わらず腕を伸ばそうとする反対の向きの力が働いていることがわかる。図4を見ると、上腕二頭筋が筋電位のピーク位置のときと、上腕三頭筋のピーク位置の位相が反対になっており、速く動かすときは上腕二頭筋と上腕三頭筋が反対の向きの力が働いていない。

## 4 考察

結果より、自然な速さで腕を曲げるとき、腕を伸ばそうとする力が働く。逆に速く動かすとき、腕を伸ばそうとする力は働かない。このことから、自然な速さで動かす場合に腕を伸ばそうとする上腕三頭筋がブレーキの役割を担い、上腕二頭筋によって腕を曲げる速さが加速しすぎるのを防いでいるのではないかと考える。また、速く動かしたときは、上腕三頭筋がブレーキをかけないことによって、速く動かすことができるのではないかと考える。今実験では行わなかったが、楽に動かす速さよりも遅く動かした場合、上腕三頭筋の筋電位が大きく反応するのではないかと考える。

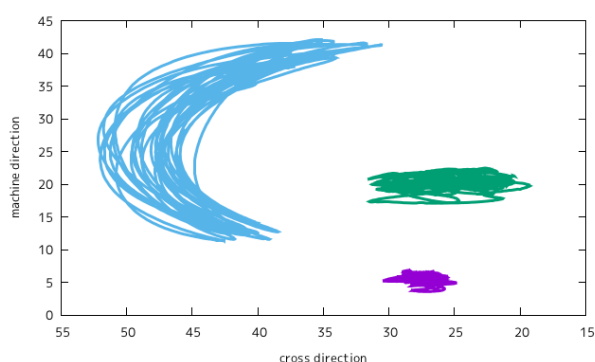


図1 指示していない速さでの運動での手首、肘、肩の3点の軌道(青=手首の軌道, 緑=肘の軌道, 紫=肩の軌道)。肘と肩はほぼ一定の位置で手首の軌道のみ大きく動いており、指示通りに腕を動かしていることがわかる。

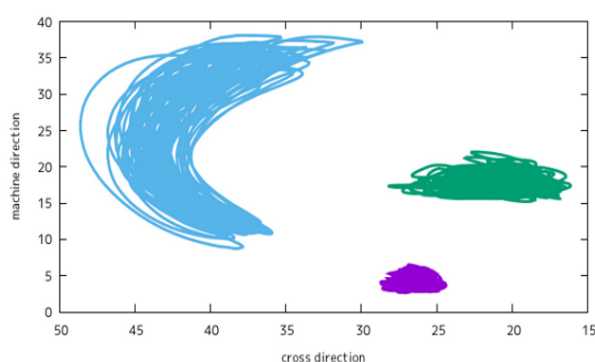


図2 図1よりも速く動かすように指示した場合の手首、肘、肩の3点の軌道(青=手首の軌道, 緑=肘の軌道, 紫=肩の軌道)。図1と同様に手首のみが大きく動いており、指示通りに動かしていることがわかる。

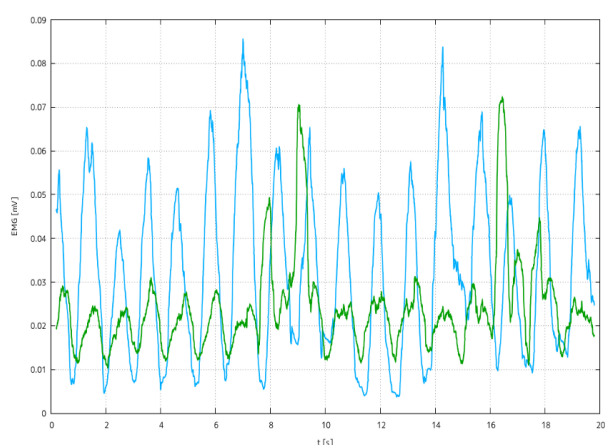


図3 指示していない速さで運動した時の上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋電位(上腕二頭筋=青, 上腕三頭筋=緑)。どちらの筋電にも腕の運動に合わせて振動している。

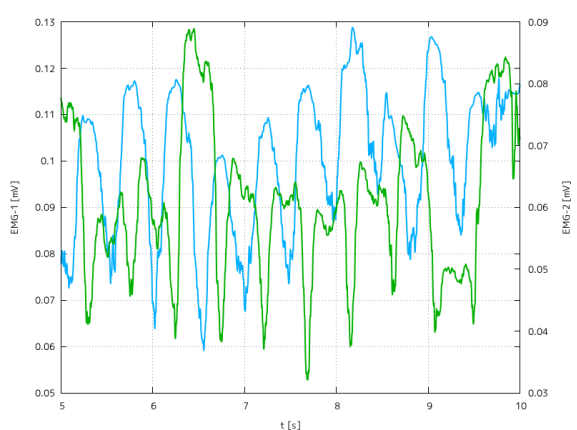


図4 速く動かす運動をした時の上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋電位(上腕二頭筋=青, 上腕三頭筋=緑)。左側のY軸が上腕二頭筋、右側のY軸が上腕三頭筋の筋電位を表す。どちらの筋電にも腕の運動に合わせて振動している。

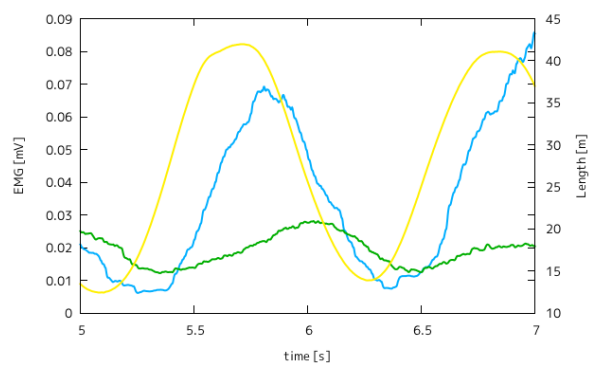


図 5 図 3 に図 1 から手首の運動軌道の Y 軸を重ね、時間  $t$  を 5 から 7 s とした図。左 Y 軸が筋電位 (上腕二頭筋=青, 上腕三頭筋=緑)、右 Y 軸が手首の移動距離 (=黄色) となっている。手首の軌道はピーク位置の時、腕は伸びている。