

EMG データのリアルタイム測定による筋骨格モデルの制御 EMG-puppet

利光泰徳

2019 7/11

1 概要

筋骨格モデルは、受動的な関節構造に筋肉が取り付けられたモデルである。筋骨格モデルの振る舞いは、筋空間で表された張力を、筋長ヤコビアンを用いて関節トルクに変換し、それに対して順動力学を解くことで関節の角加速度を求めることができる。この順方向の計算については、ある筋張力の入力に対しての筋骨格モデルの振る舞いは一意に定まる。一方で、狙った軌道を通るような筋入力については、筋肉が冗長に配置されているために、一意に定まらない。また、脳内でどのように、運動目標を立ててそれに対して筋入力を生成しているのかについては決定的な理論はなく、様々な仮説が提案されている。このレポートでは、人間の筋電位を制御入力として、シミュレータ内の筋骨格モデルの制御を試みる。人間の腕などに筋電位センサを取り付け、その部位を固定することで、自らの身体は動かさずに、シミュレーション内にいる「離れた身体」だけを動かすことができる。シミュレーションの様子を画面に映すことで現在の姿勢などのフィードバックが得られるので、試行を繰り返すうちにこのモデルを動かすことができるようになって考えられる。この手法は、次のような活用方法があると考えられる。

- 人間の運動機能の解明。身体を動かしたとき、人間は視覚だけでなく、筋張力、皮膚の感覚、触覚など様々なフィードバックを得ている。以前の研究では、このフィードバック経路を断たれた(=??処理をされている)サルによる実験が行われていたが、現在ではこのような実験を行うのは困難、ましてや人間に対しては決して行えない。このシステムでは、外科的な処置を使わずにフィードバックを視覚だけに限定することができるため、視覚を用いた身体制御について解明できることがあるかもしれない。
- エンターテインメント。ゲームコントローラでボタンやジョイスティックを操作するかわりに、筋入力でキャラクターの身体を動かす。筋配置を工夫すれば、自らの身体を動かすのと同じように自分のキャラクターも動かせるので、没入感がより高まると考えられる。(全身を固定してゲームをしているのはなかなかすごい画だけど)

2 手法

研究室に放置されていた、ロジカルプロダクト社製の筋電位センサを用いた。約 1000Hz で筋電位のデータが送られてくる。これを図上腕二頭筋の上に貼り付け、データをとった。



図 1: 筋電位センサ

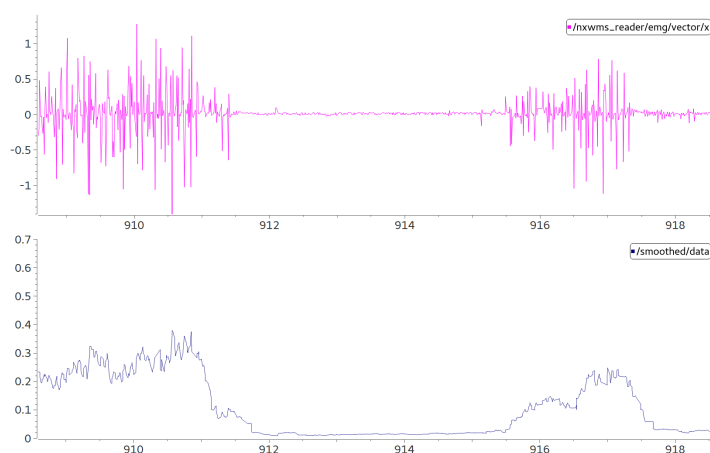


図 2: EMG1 データと、それを処理した結果

EMG データは図 2 のように 0V の周りで振動するため、そのままと入力値として使えない。そのため、絶対値をとって正にした後、それまでの 30 個のデータ (30ms の間に送られてきたデータ) を平均化したものを入力値とした。図 2 を見てわかる通り、スムーズな値がとれるようになった。

シミュレータには MuJoCo の腱シミュレーションを用いた。図 3 のような、1 関節 1 筋のモデルを作成した。このシステムを実証するため、単純なモデルで実験を行った。制御ができていないかを調べるために、ユーザーが制御するアームの隣にもうひとつ、正弦波で動くアームを設置して、これに合わせて動くことができるかを調べた。

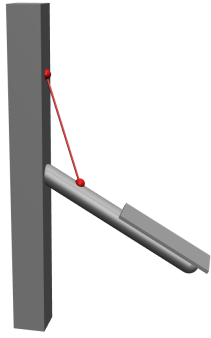


図 3: MuJoCo 上の筋骨格モデル

3 結果

図 4 に結果を示す。青い線が目標となるアームの角度、ピンクの先が被験者（私）がそれに追従しようと制御しようとした結果の角度である。初めてこのシステムが完成した時の結果と、4 分間自由にアームを動かしながら練習した状態、さらに 4 分後の結果を示している。アームを扱う時間が長くなるにつれて、慣れてきてきめ細かくフィードバックをかけている様子がわかる。

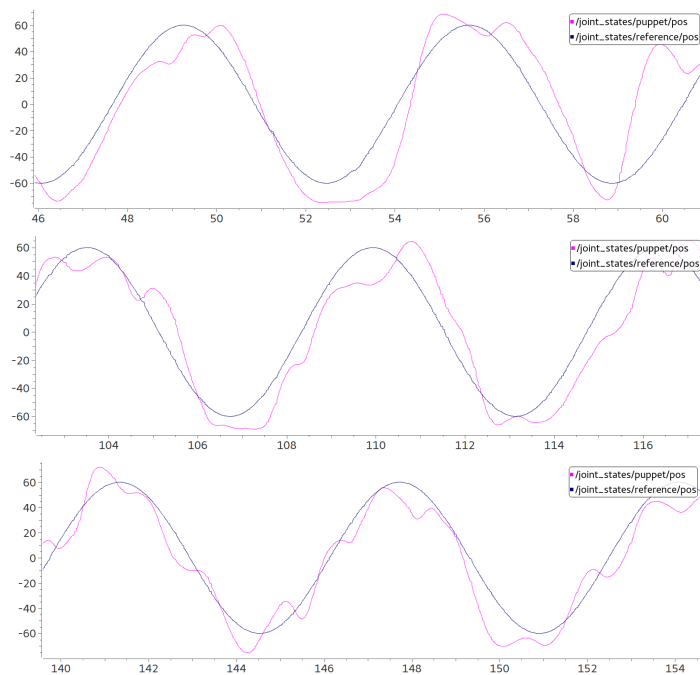


図 4: 追従の結果。上が初めて、真ん中が 4 分後、下が 8 分後。

動画 : https://yasu31.github.io/emg_puppet