

## 筋骨格シミュレータの高精度化に関する研究

福井 航

### 1 目的

工業技術センターで共同研究などに活用している筋骨格シミュレータは、モーションキャプチャによる「人間の動き」を入力として骨格と筋肉の逆問題を解くシミュレータである。しかし「人間の動き」の情報だけでは接地や接触といった反力が発生する動作の場合、どの程度押ししているのか（押し返されているのか）が分からないまま解析することになる。歩行などのように足裏だけで設置している動作であれば知見が十分があるので、筋骨格シミュレータが反力を推定してくれるが、一方で座っていたり、道具に触れていたりとといった動きの場合は、その都度反力を計測して筋骨格シミュレータに入力する必要がある。

本研究では筋骨格シミュレータへの入力を前提とした汎用的な反力の計測方法と、計測したデータとモーションキャプチャのデータとの同期方法について研究する。具体的には自転車の乗車姿勢を例に、人体の動き、人体が接触する部分（ハンドル、サドル、ペダル）の反力、後輪出力を計測し、それらを同期させ、筋骨格シミュレーション（図 1）を行う。汎用的に用途展開できるように反力測定には一般的なひずみゲージを用いる。

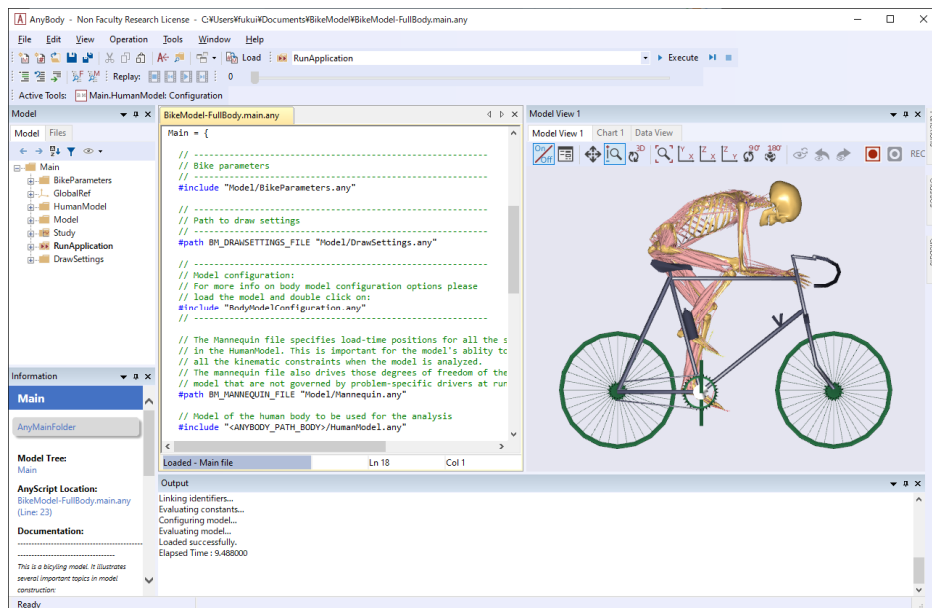


図 1 筋骨格シミュレーション(自転車の乗車姿勢)

### 2 開発したシステム

本研究で開発したシステムを図 2 に示す。人体の動きは IMU センサ式モーションキャプチャ (XSENS<sup>1</sup>) を用いて記録する。後輪出力はスマートサイクルレーナー (Wahoo KICKR) を用いて Android スマートフォンで記録する。人体が接触する部分（ハンドル、サドル、ペダル）の反力はひずみゲージを用いて計測する。ひずみゲージのデータは Arduino MEGA2560 と Excel の標準機能 (Microsoft Data Streamer for Excel) を用いて PC で記録する。ペダルに関しては回転に伴ってペダルの姿勢が常に変わるので、別途 IMU センサ (WITMOTION 社 BWT901CL) を設置してペダル姿勢データも PC で記録する。それぞれのデータについて時刻を記録することで同期させる。

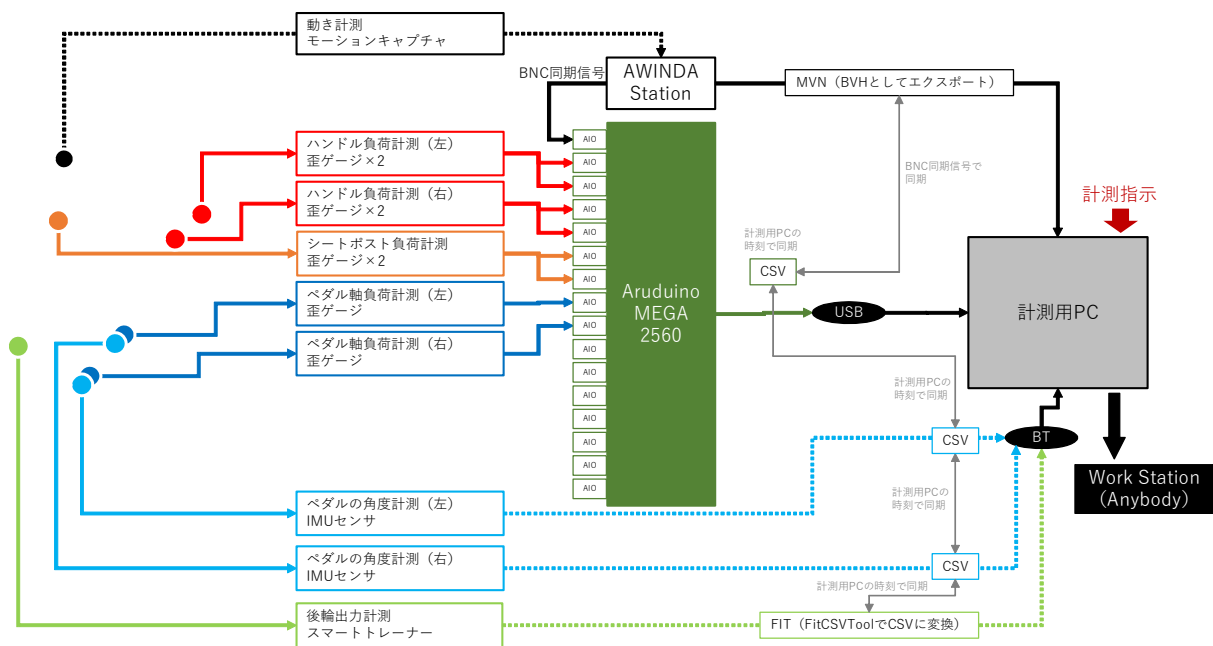


図2 自転車の乗車姿勢における姿勢、反力、出力を計測するシステム概要



図3 自転車乗車姿勢の計測の様子

### 3 計測結果

計測実験の様子を図3に示す。図4はそれぞれサドル、ハンドル(左右)、ペダル(左右)の反力と後輪出力である。後輪出力を見ると、0~25秒までは自転車に跨ってペダル位置を足で探っている期間、25~37秒辺りはペダリングで加速している期間、37~57秒辺りが安定的に漕いでいる期間、57秒以降はペダリングをやめて降車動作をしている期間である。これらのデータを筋骨格シミュレータ(AnyBody<sup>2)</sup>, AnyBody Technology)に入力した(図5)。乗車が安定している40~50秒の左右の烏口腕筋(肩の筋肉)の筋活動量(最大筋力に対する筋出力の割合)の変化を図6に示す。ペダリン

グに伴って筋活動量が変化している様子が分かる。自転車乗車時において上半身はほぼ動いておらず、モーションキャプチャのデータだけでは解析できない（動いていないので筋活動は無いと解析される）が、ハンドルなどの反力を入力することで上半身の解析も出来ていることが分かる。

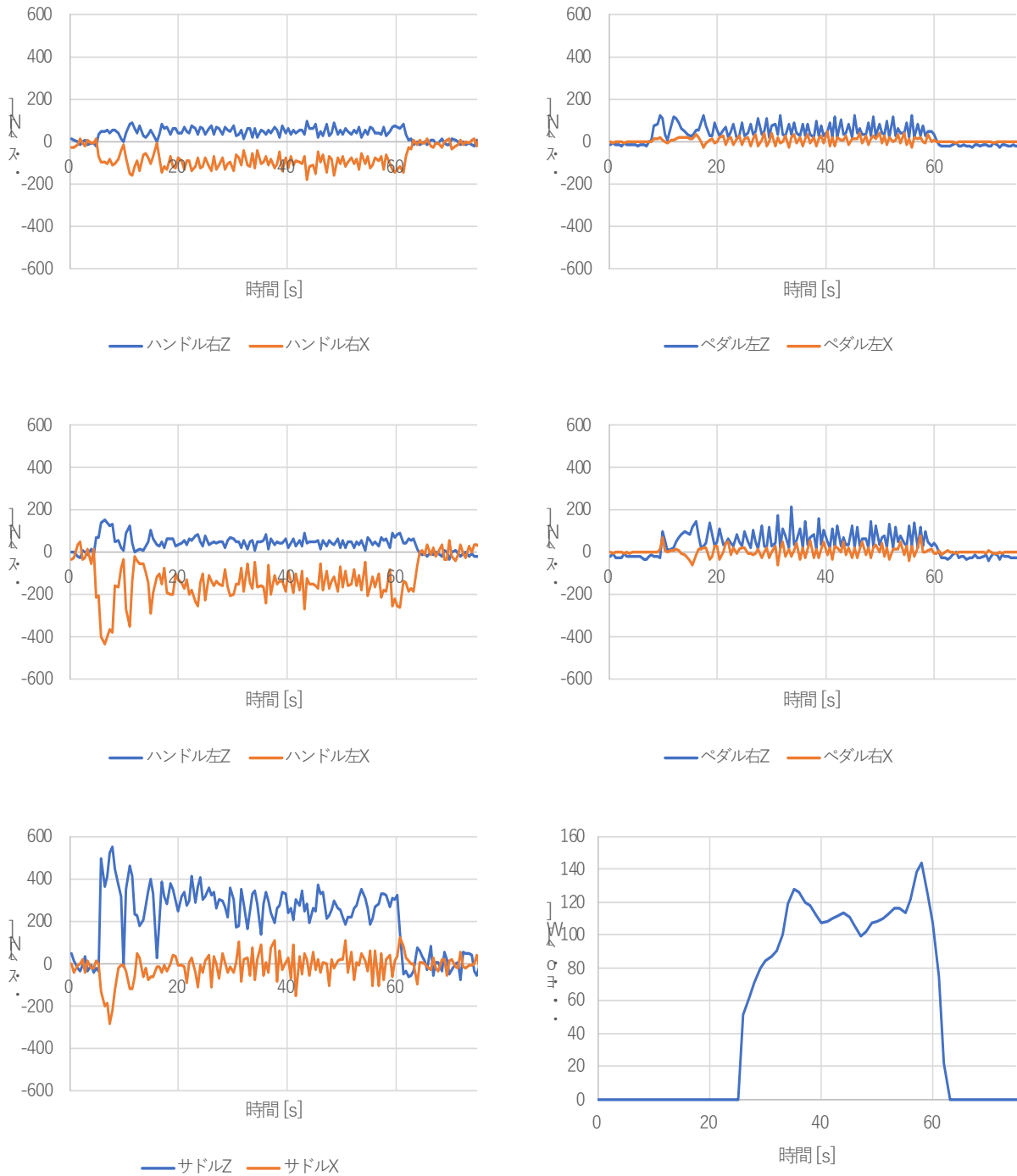


図 4 自転車乗車姿勢の計測結果

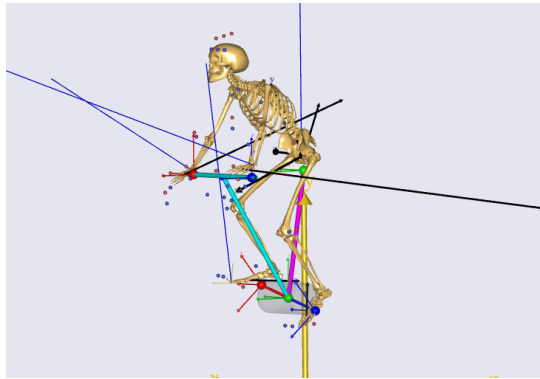


図5 筋骨格シミュレータによる乗車姿勢の解析

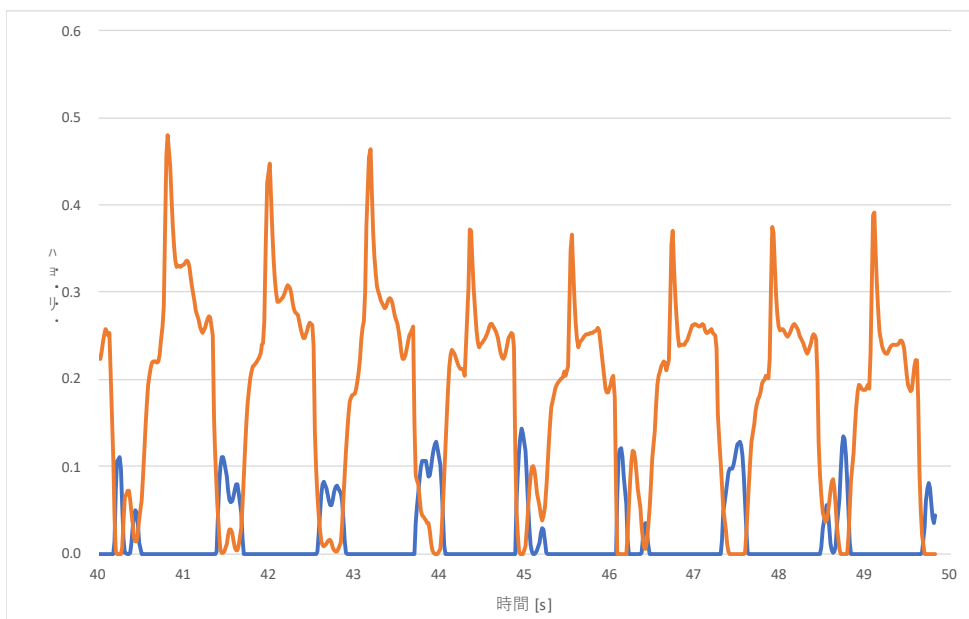


図6 自転車乗車中の筋活動量の変化（烏口腕筋/左右）

#### 4 結論

以上のように、反力情報を入力することで見た目上動いていない部位であっても解析することができるように、目標は達成された。

#### 参考文献

- 1) Movella Inc.. “Xsens Products”. <https://www.movella.com/products/xsens>
- 2) AnyBody Technology.“ANYBODY Tutorials”. <https://anyscript.org/tutorials/>

(問合せ先 福井航)