

# ウェアラブルな床反力推定装置に関する研究

知能機械力学研究室

黒岩 敬生

## 1. 緒言

リハビリテーション現場において診断や指導は適切に行うことが重要であり、その診断や指導をするうえで下肢の関節モーメントは有効な情報となっている。現在、関節モーメントの推定法は据え置き型のフォースプレートと3次元動作解析装置を組み合わせ計測を行い、そこから得られたデータに逆動力学を用いて算出する方法が広く普及している。しかし、従来法には装置が大掛かりになる、歩数や計測範囲が制限されるという非常に大きい問題点がある。それを解決するためにセンサシステムのウェアラブル化のニーズが高まっており、3次元動作解析装置に代わる姿勢センサについてはウェアラブル化が進みつつある。しかしウェアラブルな床反力センサが実用化されていないことがネックとなり、動作解析としてのウェアラブル化が進んでいない。

そこで、当研究室ではウェアラブルな床反力センサおよび姿勢センサの開発を進めており、図1のような履物装着型の床反力センサを試作した。床反力センサの履き心地を確保するためには、超軽量・超薄型であるという力センサとしては非常に厳しい条件が課される。本稿では、その条件と精度とを両立させるための校正方法について述べる。

## 2. 装置概要

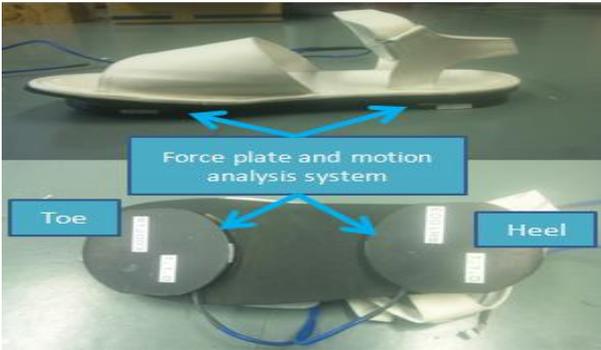


図1 M3D-FPの取り付け図(右足)



図2 M3D-FPの内部構造

本装置は図1のようにサンダルの裏に図2に示す試作した超軽量・超薄型の6軸のフォースプレートM3D-FPをつま先とかかとの2か所にセパレートで取り付けることで歩き易さを確保している。M3D-FPは力センサ、ジャイロセンサ、3軸加速度センサ、地磁気センサで構成されており、ジャイロセンサ・加速度センサ・地磁気センサは装置自体の姿勢センサとして用いられる。これらのセンサを使用し、6軸力、圧力中心点座標を推定する。

## 3. 校正実験

### 3-1. 実験内容

設置式のフォースプレート(TF-4060-A:テック技販社製、以下FP)の上に試作したM3D-FPを固定し、各軸単独の荷重が加えられる図3のような校正装置を試作した。試作した装置で静的な荷重を加えM3D-FPとFPの出力を収集する。6軸に対してこの過程を荷重を変えながら各10回行う。その結果を信号処理することにより次式のような関係を示す校正行列Cを求める。

$$F = C \times F_m \quad (1)$$

ここでFは校正後の反力ベクトル、F<sub>m</sub>は校正前のM3D-FPの6軸の力ベクトルである。

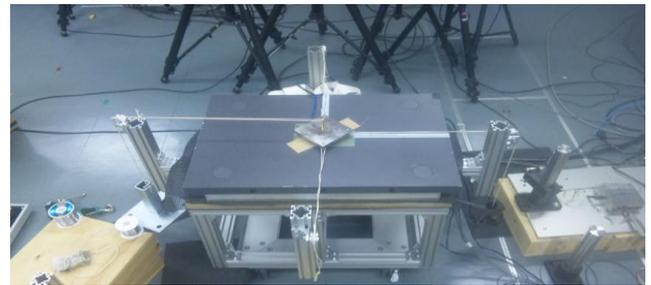


図3 実験装置

### 3-2. 実験結果及び考察

行列計算の結果、表1のような校正行列が得られた。この行列を用いてM3D-FPで得られたデータに校正を行う。

表1 校正行列

Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
0.98955	0.077298	0.042495	-2.8684	1.6164	0.1513
-0.06897	0.97171	-0.02761	0.13134	0.47588	0.32131
-0.0521	0.040572	0.98626	-0.4995	-0.26968	-0.98406
0.000646	0.002101	-0.00176	1.165	0.016423	0.029864
-0.00116	0.000561	0.000529	0.005875	1.069	-0.01589
0.000761	-0.00106	-0.00172	-0.06969	-0.0723	0.97779

通常より非常に厳しい条件での荷重実験を行い、校正前と校正後のデータを収集した。得られた結果を図4に示す。校正前より校正後のデータの方が精度は良いことが確認でき、校正の有意性を示すことができた。

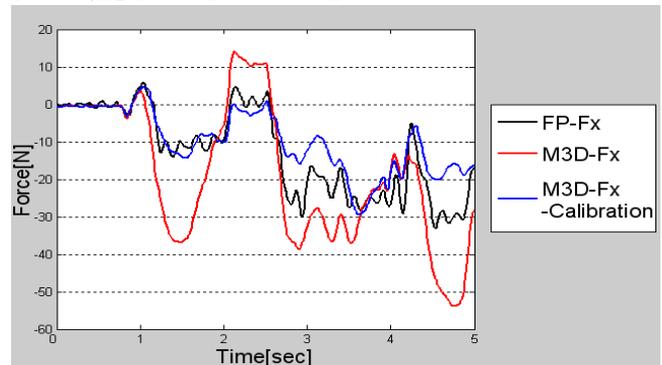


図4 X軸方向の力の比較(左足踵)

## 4. 結言

今回、開発中のM3D-FPについて精度向上のために校正実験を行い、得られた校正行列を用いて精度の比較も行った。静的な荷重だけではあるが良好な結果が得られた。今後は動的な荷重についても実験を行おうと考えている。