

# モーションキャプチャと床反力計による 運転動作の定量化及び解析

Driving movement analysis using motion capture and force measurement

米田 大地 (ベンチャー研究室)

MAITA Daichi (Venture Lab.)

## 1. 緒言

近年、大型連休の増加に伴い自動車による長距離移動の機会が増加している。その際運転者は長時間のストレスに晒され、運転中に生じる問題への対応が遅れることが考えられる。そのような事態を回避するには、運転者が長時間受けるストレスや疲労を減らす運転環境の理解が必要である。

本研究では、Fig.1 に示すような環境で運転動作のモーションキャプチャによるデータ取得、人体の各リンクに加わるトルクの算出を行い、そのトルクが極小小さい運転環境の開発を目的としている。今回は運転動作の解析を行うために必要な最小力学パラメータを床反力計を用いて導出する。また、モデルの自由度を変更して最小力学パラメータを導出し、その妥当性について検討する。

## 2. 力学同定手法

力学同定手法とは、運動方程式から人体の最小力学パラメータを同定する手法である。運動方程式を式 (1) に示す。

$$\begin{bmatrix} Y_{B1} \\ Y_{B2} \end{bmatrix} \phi_B = \begin{bmatrix} 0 \\ \tau \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^{N_c} \begin{bmatrix} K_{k1} \\ K_{k2} \end{bmatrix} F_k \quad (1)$$

- $Y_{B1}$ ,  $Y_{B2}$  は  $\phi_B$  の係数行列であり、各関節変位、速度、加速度の関数行列
- $\phi_B$  は全リンクの最小力学パラメータのベクトル
- $\tau$  は各関節トルクを並べたベクトル
- $N_c$  はロボットと環境の接触点数
- $K_{k1}$ ,  $K_{k2}$  は接触点  $k$  における外力を一般化力へ変換する行列で、点  $k$  へのヤコビ行列の転置行列
- $F_k$  は接触点  $k$  に働く外力 (6 軸力)

一般的に、式 (1) から関節トルクを計測して運動方程式を解くが、人体は各関節にトルクセンサを常備しておらず、正確なトルク計測は困難である。そこで、トルク計測を行わずに床反力計による計測値から運動方程式を解く手法が先行研究<sup>(1)(2)</sup>に存在する。そこで、式 (1) において上段の運動方程式、すなわちベースリンクの運動方程式に着目すると式 (2) のように表される。

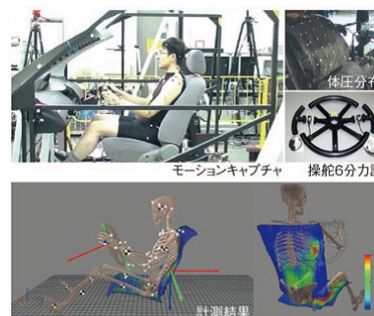
$$Y_{B1} \phi_B = \sum_{k=1}^{N_c} K_{k1} F_k \quad (2)$$

式 (2) 中の  $Y_{B1}$  はモーションキャプチャから、また右辺は全外力であり床反力計から計測可能である。この式から最小力学パラメータを求めることができる。

## 3. 実験と考察

本研究では、実際に人体が有する自由度を考慮し、先行研究<sup>(1)(2)</sup>で用いられている 3 4 自由度の人体モデルと肘の自由度を増やした 3 8 自由度の人体モデルにおいて最小力学パラメータの導出を行い、結果を Fig.2, Fig.3 に示す。

Fig.2 に示すように、データベースから得られた最小力学パラメータと今回導出した最小力学パラメータがほぼ同じ値を示していることが確認できる。また Fig.3 より、自由度を変更すると、データベースと実験値に誤差が生じていることが確認できる。一般には自由度を増やすとデータ精度が向上するが、肘の自由度を 3 にした場合は十分な精度の結果が得られていないことが確認できる。以上より、38 自由度における腕のモデルは実際の腕と異なり、肘の自由度を設定し直す必要があると考えられる。



@TOYOTA CENTRAL R&D LABS, INC. 2010.10

Fig.1 Experiment environment

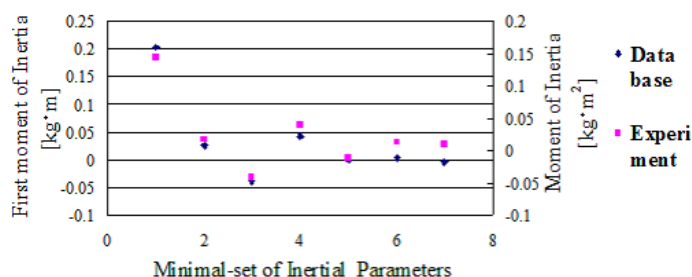


Fig.2 Minimal-set of Inertial Parameters of 15 links and 34 DOF

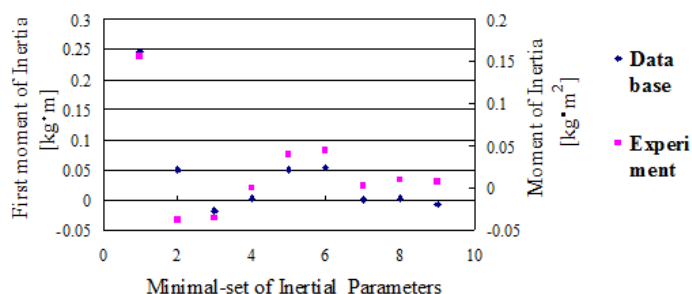


Fig.3 Minimal-set of Inertial Parameters of 15 links and 38 DOF

## 4. 今後の予定

1. 運転動作のデータ取得。
2. 人体の自由度を考慮したモデルの作成および、他のモデルとの力学パラメータの比較・検討。
3. 関節トルクの算出。

## 参考文献

- (1) 鮎澤光, ベンチャー・ジェンチャン, 中村仁彦. ベースリンクの運動方程式を利用した脚型ロボットの基底力学パラメータの可同定性. 第 14 回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.7-14, 2009.
- (2) 鮎澤光, ベンチャー・ジェンチャン, 中村仁彦. ベースリンクの運動方程式を利用した脚型ロボットの最小力学パラメータの同定. 日本ロボット学会, vol.27, No.9, pp.104-115, 2009.