

人体部分別の質量同定

知能機械力学研究室

陰山卓宏

1. 緒言

医療分野，スポーツ運動学分野などでは体の関節モーメントを推定することは非常に重要である．推定方法としては各部の重心にかかる重力および加速度による慣性力などが分かればよい．つまり，身体各部の質量が必要となってくる．これによって関節モーメントが計算できる．

しかし現状では，身体各部の質量の情報は解剖のデータなど統計的なデータから推定されており，それでは個人のデータを用いているわけではないので関節モーメント推定値の精度が落ちる．

そこで本研究では，関節モーメントの精度向上のため個人ごとの体の各部の質量同定法を確立することを目的とする．

2. 質量同定法

計測には，3次元動作解析カメラと床反力計を用いる．体の各部分にマーカーを取り付け，3次元動作解析カメラでマーカーの位置を，床反力計では重心周りのモーメントと鉛直床反力を計測する．

得られた計測データを用いて重回帰分析により質量を同定する方法として，まず計測データから以下のモーメント式が成り立つ．

$$WX / g = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_ix_j \quad (1)$$

W は鉛直床反力， X は基準点から重心位置までの距離， m_i は各マーカー位置の質量， x_j は基準点からマーカーまでの距離 g は重力加速度を表す． W と X は床反力計から得られ， x_j は3次元動作解析カメラより得られる既知の値である．

重回帰式とは次式のように2つ以上の説明変数(独立変数) x_1, x_2, \dots によって目的変数(従属変数) \hat{Y} を表わす方程式であり，

$$\hat{Y} = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_j \quad (2)$$

式(1)の WX/g と式(2)の \hat{Y} の誤差が小さくなるように，最小2乗法によって b_i の値を求めることができる．

すなわち， WX と x_j を同時に計測すれば未知数である各マーカー位置の質量 m_i を同定できることになる．

3. 実験方法

今回は，提案手法の妥当性を検討するため，既知の質量の同定を行う．実験は床反力計の上に，質量の分かっている金属錘を持って椅子に座り，肩，肘，手首，錘持ち手部分，錘先端の計5箇所にマーカーを取り付けて3次元動作解析カメラで計測をする．カメラで計測の基準点としたのは，床反力

計上の片隅の一点とした．実験イメージを Fig. 1 に示す．

計測は15秒間，錘と持ち腕のみを下方に伸ばした状態から，ゆっくりと上方に腕全体を動かす．計測するデータは，床反力計では重心周りのモーメントと鉛直床反力，3次元動作解析カメラでは基準点からマーカーまでの x, y, z 方向の距離である．

実験では体の一部のみでの測定であるので，次式のように初期値からの増分で表現したモーメント式を用いる．

$$\Delta(MX) = m_1\Delta x_1 + m_2\Delta x_2 + m_3\Delta x_3 + m_4\Delta x_4 + m_5\Delta x_5 \quad (3)$$

この式に重回帰分析，すなわち最小2乗法を適用して， m_i を求める．求めた m_i から上腕，前腕，手，錘の質量が求まるが，今回は実験結果の妥当性を検討するため， m_i の質量の中で唯一既知である錘両端の質量を用いる．この値に近い値が求まれば，ある程度質量同定することが出来たといえるであろう．

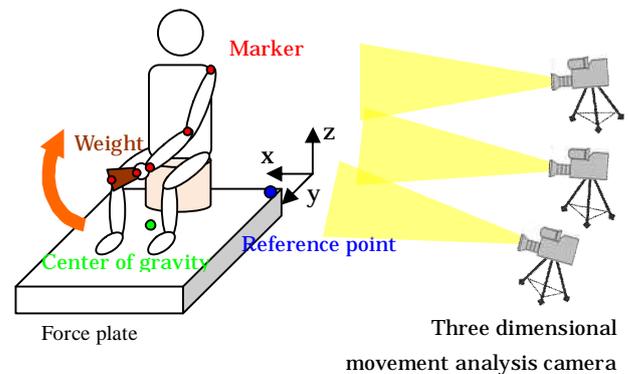


Fig.1 Experiment image

4. 実験結果と考察

結果としては， m_i の推定データはまだ不安定であり，信頼性が十分あるとは言えない．

その原因は，床反力計と3次元動作解析カメラの同期が取れないこと，床反力計の計測データが不安定でありばらつきができてしまうことが考えられる．

実験の結果については，まだ考察中であるので講演の際に報告する．

5. 結言

現段階では提案する各部の質量の同定法は精度的に問題があるが，今後精度を向上することができれば，同定した質量を用いることにより精度の高い関節モーメントの推定が可能になると考えられる．さらに筋骨格モデルを用いれば筋張力の推定へも発展できると考えられる．