

# 力学バランスを考慮したモーションキャプチャ

## Image-Based Motion Capture Guided by Dynamic Balance

横田 卓己<sup>\*1</sup>  
Takumi Yokota

山本 正信<sup>\*2</sup>  
Masanobu Yamamoto

<sup>\*1</sup> 新潟大学大学院自然科学研究科  
Graduate School of Science Technology Niigata University

<sup>\*2</sup> 新潟大学工学部情報工学科  
Department of Information Engineering Niigata University

### 1. はじめに

動画像を用いたモーションキャプチャ[1]では、画像の追跡によって対象物体の運動を推定している。しかし、単眼画像を用いたモーションキャプチャでは、画像平面に対して奥行き方向の測定が難しい。そのため、得られた動作には、力学的な不自然さが生じる。

本研究では力学の拘束を考慮した動作の測定を行うことで、力学的に正しい測定を目指す。そこで、まず身体動作測定的基础として倒立振り子の運動測定を行う。

### 2. 時空間勾配法と力学

動画像を用いたモーションキャプチャ[1]では、時空間勾配法によって動作を測定する。時空間勾配法は、動作によって生じる各画素の濃淡値の変化から物体の運動パラメータを求める方法である。この拘束式は、時刻  $t$  のときの濃淡値を  $E(x,y,t)$ 、画像平面  $x,y$  の速度成分を  $u,v$  として以下の式で与えられる。

$$E_x u + E_y v + E_t = 0 \quad (1)$$

一方、3次元空間内の点  $(x,y,z)$  で物体が速度  $\mathbf{v}=(v_x, v_y, v_z)$ 、角速度  $\boldsymbol{\omega}=(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$  で運動していたとする。このとき、カメラで観測された物体上の点が正射影によって  $x-y$  平面に投影された点とすると式(1)から運動パラメータの拘束式が導かれる。

$$E_x v_x + E_y v_y - E_y z \omega_x + E_x z \omega_y + (E_y x - E_x y) \omega_z = -E_t \quad (2)$$

画像中のいくつかの画素でこの式を連立させて解くことにより運動パラメータを推定することができる。しかし、この式は奥行き方向の並進量  $v_z$  が含まれておらず、物体表面の模様によっては他のいくつかのパラメータも正確には測定できない恐れがある。そこで、力学モデルを用いる。

一般的に3次元空間を運動する剛体は、並進運動成分と回転運動成分が含まれている。並進成分については、ニュートンの方程式によって拘束される。ニュートンの方程式は、剛体に働く外力を  $\mathbf{F}$ 、剛体の運動量を  $\mathbf{P}$  として以下の式で与えられる。

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \mathbf{F} \quad (3)$$

次に回転成分については、オイラーの方程式によって拘束される。オイラーの方程式は、モーメントを  $\mathbf{N}$ 、角速度を  $\boldsymbol{\omega}$ 、慣性モーメントを  $\mathbf{I}$  として以下の式で与えられる。

$$\mathbf{N} = \mathbf{I} \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} + \boldsymbol{\omega} \times (\mathbf{I}\boldsymbol{\omega}) \quad (4)$$

式(2)は速度や角速度などの運動パラメータを未知数とする方程式であり、式(3)(4)についても適当な外力を設定することで運動パラメータに関する方程式となる。この外力には、重力と釣り合う鉛直上方向の力  $\mathbf{V}$  と振り子の傾き  $\phi$  を0に近づけるための操作量  $\mathbf{U}$  を設定した。この操作量  $\mathbf{U}$  は、 $\phi$  に比例した項(P)と時間で微分した項(D)をフィードバックさせるPD制御を基にした制御量である。

そして、これらの方程式を連立し、最小二乗法によって力学的に正しい運動パラメータを求める。実際に、振り子の動作を測定した結果を以下に示す(図1)。また、力学を考慮した場合としない場合で、振り子の重心にかかる  $x$  軸周りのモーメントをそれぞれ計算し、グラフに表すと図2のようになった。



図1：140フレーム目の元画像(左)と測定結果(右)

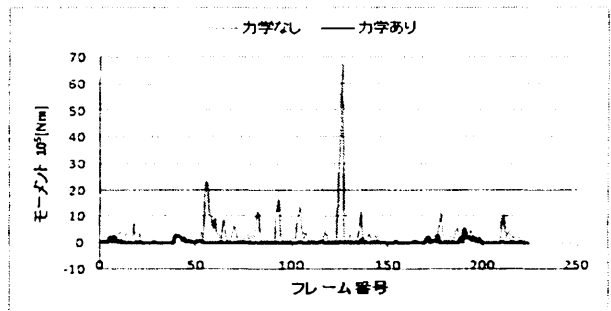


図2：力学の考慮がある場合とない場合でのモーメント

### 3. まとめ

モーションキャプチャ時の力学バランスの欠如を改善するために、時空間勾配法と力学の運動方程式を併用した運動パラメータの推定方法を提案した。これによって、測定結果に含まれていた動作の不自然さが軽減され、力学的に正しい動作を測定することができた。今後は、身体動作の測定へ拡張する。

### 参考文献

[1]山本正信,「ドリフト修正機能を有する動画像からの身体動作推定法」,電子情報通信学会論文誌,Vol.188-D-II, No.7, pp.1153-1165,2005.