モデルを用いた人体の動作推定法 — 慣性の導入 —

A Human Motion Estimation Method Using a Model — Introduction of Intertia —

亀田 能成　　美濃 導彦　　池田 克夫
KAMEDA Yoshinari　MINOH Michihiko　IKEDA Katsuo
京都大学工学部
Faculty of Engineering, Kyoto University

1　はじめに

筆者らはこれまで、モデルマッチング法を用いて動画像から人体の動作推定を行う方法について研究してきた [1]。この方法では、予め対象となる人体の形状モデルを用意し、入力画像を二値化して得られるシルエット領域とモデルとの投影における関係を数値化してマッチング評価している。このとき、慣性を考慮することによってマッチング評価に要する計算量を削減することを筆者らは提案した [1]。本稿ではマッチング評価についてさらに慣性を重視し、重畳にも対応できる動作推定法について考察する。

2　マッチング処理

本節では、使用する人体モデルとマッチング処理について簡単に説明する。

使用する人体モデルは 15 個の剛体部品から構成され、それらは木構造状に繋がっている。隣接する剛体部品間には一軸から三軸までの関節が存在し、全ての関節角度が決定されれば、人体モデルの姿勢は一意に定まる。

マッチング処理は、モデル木構造のルート部品からリーフ部品に向けて木構造を辿りながら、一度に一箇所の関節角度を決定していく。各関節角度の決定に際しては、当該剛体部品の画像平面上への投影領域と、そのフレームのシルエット領域との重畳関係を調べる。各関節には取り得る角度の上限・下限が存在するので、その可動範囲内すべてについて重畳関係を評価すればよいことになるが、これでは計算量が膨大になる。そこで、筆者らは慣性を利用して取り得る関節角度の範囲を限定する方法を提案した [1]。これによって、人体モデルを利用する場合、理論上同一計算量で関節角度の推定精度が 4.61 倍向上した。

しかし、この方法では、狭められた関節角度の可動範囲内で同一のマッチング評価値が連続する場合、関節角度はその範囲内の任意の値を採り得る。この曖昧性を解消するための方法について、本稿で考察する。

3　マッチング評価法の考察

いま、あるフレームのある剛体部品についてマッチング評価を行うものとする。簡単のため、ここでは一軸の関節を考える。短い時間内における剛体部品の運動を、等角速度運動と等角加速度運動の合成と考えると、探索すべき関節角度の可動範囲は以下の式で狭められる。

$$|r_p^a(t+\Delta t) - (r_p^a(t) + v_p^a(t)\Delta t)| \leq \Delta R \qquad (1)$$

ただし、$r_p^a(t)$ は時刻 t における関節 p の軸 a の角度、$v_p^a(t)$ は角速度を意味する。ΔR は、運動の種類によって異なる値をとるが、人体の場合、その上限はほぼ一定であると観察される。

マッチング評価は画像演算で行われる。$\pm\Delta R$ の範囲内を、サンプリングレート s の間隔をあけて関節角度候補 $c_p^a(t)$ を生成する。時刻 t におけるシルエット領域を $S(t)$、当該剛体部品を $c_p^a(t)$ の姿勢で投影してできる投影領域を $P_{c_p^a(t)}(t)$、これまでに決定されている剛体部品の投影領域の論理和を $P_{fixed}(t)$ とする。前回提案した方法 [1] では、複数の関節角度候補が同一の評価値を取る場合の対応がされていなかった。この状況は当該部品が他の剛体部品と重畳する場合によく生ずるため、結果として重畳が発生した場合の処理に曖昧性が残り、処理量が増大するという欠点があった。そこで、慣性を考慮し、マッチング評価式を次式のように定義する。

$$E(c_p^a(t)) = W\frac{1}{1+(S(t)\cap\overline{P_{fixed}(t)})\oplus P_{c_p^a(t)}(t)} \qquad (2)$$

$$W = 1 - \frac{(c_p^a(t) - \acute{c}_p^a(t))^2}{4*(\Delta R)^2} \qquad (3)$$

ただし、$\acute{c}_p^a(t)$ は等角速度運動を前提とする関節角度の予測値である。これによって、剛体部品間に重畳が生じても適切な関節角度候補が一番よい評価値を得るようになる。

4　実験

実験の一例として、男性の 36 フレームの歩行運動に適用した結果の一部を図 1、図 2 に示す。ただし、$\Delta R = 6.0$ 度で、$s = 1.0$ 度である。図 1 のような状態から腕などが胴体と重畳し始めるが、図 2 のように重畳の終了後も正しく推定できている。

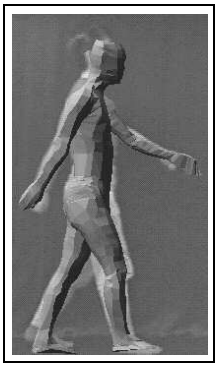

図 1 重畳前

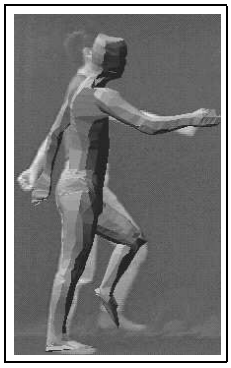

図 2 重畳発生後

5　おわりに

本稿では、人体の動作推定において慣性を重みづけとしてマッチング評価をすることにより重畳に影響されにくい動作推定法について考察した。今後は、剛体部品同士の重畳中に角加速度が大きく変化する場合に対応していく予定である。

参考文献

[1] 亀田、美濃、池田: “シルエット画像を用いた人体の動作推定,” 1994 年信学秋季全大, D-355.