

スポーツ解析のための一視点ビデオ映像からの 三次元モーション復元

笠原 慎也 藤代 一成 大野 義夫
慶應義塾大学 理工学部 情報工学科

1 背景と目的

近年モーションキャプチャ技術の発展により実世界の人のモーションデータをコンピュータに取り込み、それを用いた三次元空間でのアニメーションを制作する技術が普及してきている。三次元空間内で生成されたアニメーションは、スポーツ解析、医療、エンタテインメントなどの多くの分野で有効に利用されている [1]。特にスポーツ解析の分野では実際の動きを映像で観察することはひじょうに重要である。

しかし、モーションキャプチャなどの装置は製品の値段だけでなく設置場所も含めて高価であるため使用する機会が限定されてしまう。また、三次元空間内にアニメーションを生成するためには専門知識も必要となる。そのため、一般ユーザがスポーツ解析を目的として三次元空間内に生成されたアニメーションを利用することはまだ容易であるとはいえない。

そこで本研究では、実世界のモーションの中でも野球の投球モーションを対象とし、特にアマチュア野球におけるビデオ撮影の制約解決を目指し、単一カメラのビデオシーケンスだけを用いて三次元空間内にモーションを取り込むシステムを提案する。

2 アルゴリズム

本システムでは、まず初めにビデオカメラで撮影した動画からモーション復元に必要なデータを取得する。取得したデータからモーションを三次元空間に取り込むために奥行き座標を推定する。その際、制約とユーザによる修正により最適なモーションを決定する [2]。そして、取得したモーションを補間することで最終的なアニメーションを生成する。

2.1 特徴点の抽出

まずモーションの復元に必要なデータとして、骨格の特徴点を定義する。本研究では、投球動作の復元において必要と考えられる 14 個の可動関節を特徴点として定義した。図 1 にその特徴点を示す。

対象とするモーションを 1 台のビデオカメラで撮影し、動画としてキャプチャする。得られた各フレーム画像から特徴点の二次元座標データを手動で取得する。

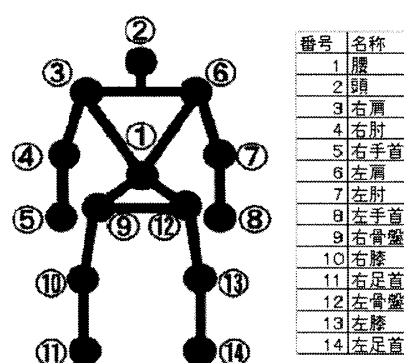


図 1: データ取得に用いる 14 個の特徴点

2.2 最適なモーションの決定

2.2.1 三次元座標の推定

三次元座標の推定には、各フレームの特徴点の二次元座標データと事前に測定した被験者の身体データを用いる。スケーリングファクタの算出には、撮影した画像の投球動作に入る直前の直立状態における膝から足首の長さを利用する。三次元空間内で x 軸上の線分 (1,0) を y 軸で θ 回転させ xy 平面に平行投影すると、投影後の線分の長さは $\cos \theta$ となる。このとき $\cos \theta = \cos(-\theta)$ であるので、この方法を用いることで各特徴点に対し二通りの奥行きが推定される。なお、本研究ではビデオパラメータについて、撮影対象が画像の中心に位置しているので歪みはないものと仮定した。

このように推定された各特徴点の奥行きを階層構造の深さを考慮して、腰から順に足していくことで各フレームの候補ポーズが生成される。

2.2.2 候補ポーズの最適化

推定された各特徴点は二通りあり、骨格全体で推定される候補ポーズは 2^{14} 通り存在するため、そこから最適なポーズを求めることは容易ではない。そこで、推定された各フレームの候補ポーズに制約を適用し、不適切なポーズを取り除くことで最適なポーズを絞り込んでいく。なお、制約は階層構造の浅い順に自動で適用する。ここでは、人間が取り得る関節の角度などの身体的制約と前後のポーズとの位置関係に基づく制約、そして野球の投球モーション特有の制約を用いる。身体的制約で

は、投球モーション時の反動によって肩や肘の可動域が通常よりも広がることを考慮する。また、野球の投球モーション特有の制約とは、利き腕によって投球開始前の体の向きが決定できるというものである。これらの制約を適用しても、最適なポーズが得られなかった場合、最適化のためのユーザによる特徴点の修正を許した。このようにして、候補ポーズから最適なポーズをひとつ求めることができる。

2.3 アニメーション生成

最適化した各フレームを用いてアニメーションを生成する。しかし、取得したフレーム数だけではモーションが不連続に見えてしまう可能性が高いので、フレームを補間する。投球動作の補間において加速度を考慮することはひじょうに重要なので、本システムではフレーム補間に 4 次の Catmull-Rom スプライン曲線を用いた。

3 実装と実験

開発言語として Visual C++を用いて本システムを実装した。ユーザはマウスを使い仮想空間内の視点を自由に移動することができる。また、キーボードからの入力によりフレームの選択と特徴点位置の最適化が可能になっている。最適化が完了したのちモーションの補間を行いアニメーションを生成する。

図 2 は今回用いた実写ビデオから抜粋したフレーム画像の一部である。また、図 3 は本システムで三次元空間内に取り込んだモーションを異なる方向から見たものである。

さらに、実際の投球モーションから生成したアニメーションを被験者と検討・評価することでスポーツ解析のツールとしての評価を行った。その結果、腰や肩などの大きな部位の挙動に関する分析は可能であるが、まだ細かな分析が可能な段階までには至っていないという評価が得られた。

4 まとめと今後の課題

本稿では限られた環境の中でユーザが容易に三次元空間内でアニメーションを生成するシステムを提案した。



図 2: 実写ビデオから抜粋したフレーム画像

現状のシステムではモーションデータの二次元座標取得がすべて手動であるので、ユーザの手間がかかってしまう。今後の課題として、二次元座標取得の自動化の導入を考えなければならない。フレームの修正に関しては、復元されるモーションがフレームに依存するため、細かい調整が必要となる。そこでユーザインタフェースを用いた簡単な修正が可能なようにシステムを拡張する必要がある。また、スポーツ映像の撮影環境の性質上、撮影された動画にネットなどの障害物が映りこむことも問題である。さらに、モーションを定量化することで分析ツールとして利用することも検討中である。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(B)20300033の支援により実施された。

参考文献

- [1] Keith Grochow, et al.: "Style-Based Inverse Kinematics," Proceedings of ACM SIGGRAPH 2004, August 2004, pp.522-531.
- [2] 松尾 淑央: 簡易スポーツ解析を目的とした単視点カメラ画像からの 3 次元モーションの復元, 慶應義塾大学大学院理工学研究科修士論文, 2004 年.
- [3] 栗原 恒弥, 安生 健一: 3DCG アニメーション—基礎から最先端まで—, 技術評論社, 2003 年.

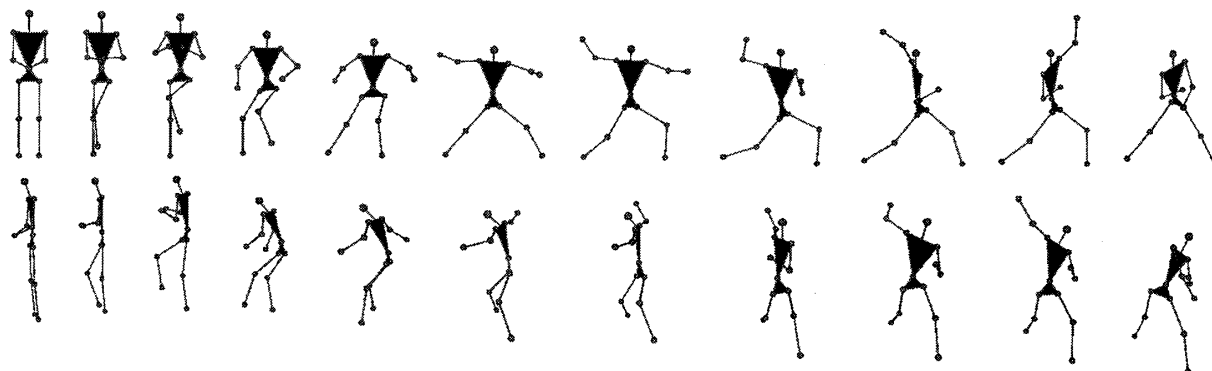


図 3: 異なる視点から見た一連のモーション。真横から見たモーション (上), 正面から見たモーション (下)。