

LJ_002

モーションカーブの線分近似を用いたキーフレーム抽出

Keyframe Extraction via Polyline Approximation of Motion Curve

鈴木 唯道 † 栗山 繁 †
Tadamichi Suzuki Shigeru Kuriyama

1 はじめに

キャラクターアニメーションの制作において、キャラクターに動作をつけるには、膨大な作業量と熟練が必要とされている。そのため近年では、モーションキャプチャデータの利用により、制作時間の短縮を図る方法が用いられている。しかしながら、カートゥーン風アニメーションにはモーションキャプチャデータはこれまでほとんど利用されていない。この理由として、デザインや動きを人間に近づけていくと気味悪く感じる不気味の谷と呼ばれる問題や、カートゥーン風アニメーション特有のメリハリが失われるなどの問題等が挙げられる。これらの問題を解決するためにモーションキャプチャデータを直接修正するには、関連している多数の姿勢の全てを編集する必要がある。

一方、多くのアニメーション制作現場では動作の特徴的な姿勢のみを指定し、それらを連続的に補間し動作を制作するキーフレーム法が用いられている。そのため、モーションキャプチャデータから、動作の特徴的な点をキーフレームとして抽出し、編集することで自然な動きを生かすことができる。

本手法では、動作の特徴を表す低次元のモーションカーブを作成し、その形状を多次元空間での折れ線近似することによりキーフレームを自動的に抽出する。

2 キーフレーム抽出法

モーションデータからキーフレームを自動抽出する手法 [1] [2] は動作の圧縮を目的としており、スプライン関数で近似するのに適切な姿勢を選択する。しかし、これらの手法ではキーフレームを関節毎に選択するため、全身の姿勢が重要なアニメーションには適していない。さらに、アニメーションでは動作の再現ではなく、意味を表現することが重要であるため、キーフレームの数をさらに削減する必要がある。他の手法として動作データに対し多次元尺度法を用いて低次元のモーションカーブを生成する Action Synopsis [3] が提案されている。この手法では生成されたモーションカーブとその平均カーブとの差から特徴点を抽出し、そのフレームの付近が再び選択されにくくするように平均カーブを更新していく。しかし、この手法は動作の簡約化が主な目的であり、通常のアニメーションのキーフレームでは数が少なすぎて意味が十分に再現されない。

以上の考察に基づき、本手法ではアニメーションで利用するのに適切なキーフレームを抽出する。

2.1 多次元尺度法

多次元尺度法は多変量解析の一手法であり、データ間の類似度が幾何学的な距離に一致するよう多次元データを低次元空間に写像する手法である [4]。

Action Synopsis では全関節の位置、速度、角度、角速度を利用しているが、本手法では手先、足先、頭といった身体の末端部位の腰を基準とした相対的な位置、速度を利用する。体中の全ての関節が使用できるが、特に末端部位のみとしたのは、人間が動作を見る際には、それらの動きに強く注目すると考えたためである。さらに、関節の回転角度と回転角速度を利用しないのは、関節の位置、速度との相関が強く、冗長なデータであると判断したためである。

末端部位毎に各フレーム間の位置、速度の距離を計算し、それらの関係を距離行列 D としてまとめる。したがって、距離行列の各要素の値は以下の式で表される。

$$d_{i,j} = \sum_{k \in \text{end sites}} (|x_i^k - x_j^k|^2 + |v_i^k - v_j^k|^2) \quad (1)$$

この式において、 x_i^k は i 番目のフレームの k 番目の末端部位の位置、 v_i^k 同様に速度の値を示すベクトルである。

距離行列 D に対し、固有値分解を用いて主成分を分析することでモーションデータの特徴を反映した低次元のモーションカーブを生成することができる。これにより、30次元であったデータを2~5次元程度にすることができる。

2.2 キーフレームの抽出

少ないキーフレームで動作の特徴を表すという問題を、モーションカーブをできるだけ少ない点で精度良く折れ線近似するという問題に帰着させ、以下に列挙する手順によりキーフレームを抽出していく。

- (1) 始点、終点をキーフレームとする。
- (2) 隣接する2つのキーフレーム a, b を選択する。それら2つのキーフレームの内分となるフレーム c の選択し、線分 ab との距離 h を計算する (図1上段)。
- (3) 全てのフレームで h を計算し、その値が最も大きいものを、キーフレームとする。
- (4) 抽出されたキーフレームをもとに (2),(3) の手順を指定した数になるまで繰り返す。

図1はキーフレームの抽出過程と結果である。これらは150フレーム (30fps) のモーションデータからキーフレーム数を15として抽出した例である。下段の図は抽出を終え、各キーフレーム間を線分で結んだものである。

以上の手順に従って抽出されたキーフレームの例が図2である。投げる動作の特徴的なフレームが抽出されていることが確認できる。

† 豊橋技術科学大学 情報工学系

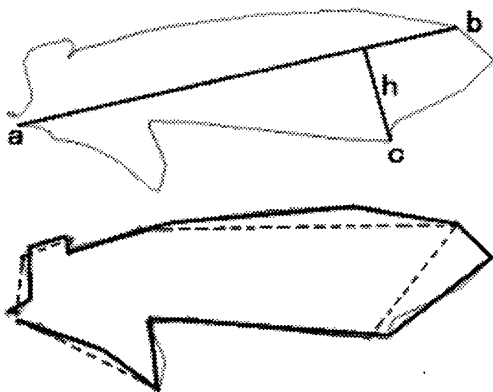


図1 キーフレームの抽出法

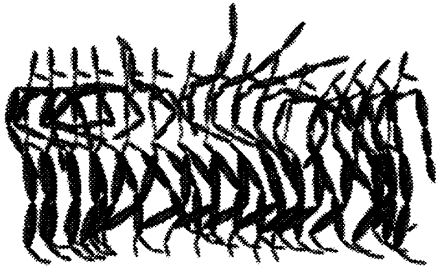


図2 抽出されたキーフレーム

2.3 補間方法

キーフレームの補間方法には、スプライン補間などを用いて滑らかに動作を生成する方法もあるが、カートゥーン特有のメリハリがなくなってしまうため、本手法ではあるキーフレームでの姿勢を次のキーフレームまで維持する方法であるサンプル&ホールドによる補間を採用した。

3 提案手法の評価

本システムの有効性を、プロのアニメータの試用を通じて評価した。図3左にオリジナルのモーションキャプチャデータ、右に抽出されたキーフレームの姿勢をアニメータが変形して制作したカートゥーン風アニメーションを示す (<http://www.vcl.ics.tut.ac.jp/suzukit/mov.html>)。実際に使用したアニメータからは、概ね良好な評価を得た。

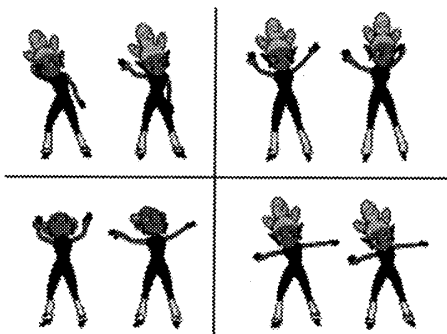


図3 制作されたアニメーション

さらに Action Synopsis で抽出されたキーフレームとの比較をすると、動作の激しい変化に対応したキーフ

レームが抽出されている。これは、Action Synopsis では、変化の激しい動作とそうでない動作が混在している場合でも全体から比較的均等にキーフレームが抽出されるためである。しかし、本手法では、モーションカーブを折れ線で最適に近似するという方法に基づいているため、変化が激しければ近辺のフレームでもキーフレームとして抽出する。そのため、本手法では激しい動作の場合は多く、そうでない動作の場合は少ないキーフレームを抽出することができる。図1下段の点線は Action Synopsis で抽出したキーフレームを、直線は本手法で抽出したキーフレームを結んだものである。丸で囲まれた部分に示されているように、隣接したフレームであってもキーフレームとして抽出していることが確認できる。

4 まとめと今後の課題

本論文では、多次元尺度法を用い低次元モーションカーブを計算し、最適な折れ線近似となる点をキーフレームとして抽出する方法を提案した。

本システムを利用することで、モーションキャプチャデータからカートゥーン風アニメーションを制作することに効果があることを確認した。しかし、遅い動作の場合に適切なキーフレームが抽出できないことがある。

今後の課題としては、モーションカーブに時間の変化の要素を加えることによって遅い動作にも対応できるよう手法を改良していく。現在は動作データの全身の移動を考慮していない。これはモーションカーブを作成する際に、末端部位に比べ大きな影響が出てしまうためである。しかし、腰の動きは重要な要素であるため、効果的に利用できるよう考慮していく。今後は、抽出法をさらに改良しながら、ソフトウェアのプラグインツールの実装を通し、実際の制作現場で有効性を評価する予定である。

5 謝辞

本研究を遂行するにあたり、ムービーの制作に協力していただいた(株)トリロジー・フューチャースタジオの平正昭氏、様々なご助言を頂いた(株)オー・エル・エム・デジタルの安生健一氏、また、動作データの計測にご協力いただいた(株)リンクス・デジワークスの痴山紘史氏、およびデザイナーの荒木シゲル氏と志村正義氏に深く感謝致します。

参考文献

- [1] Matsuda K., Kondo K., Doi A. Keyframes Extraction Method for Motion Capture Data. Proc. of Int. Conf. on Geometry and Gr., Vol.1, 334-339, 2002.8
- [2] 宮沢篤, 増山隆司, 奥澤和則, 苗村久美子. 3D アニメーション定義における拡張された LOD (モーション LOD) について. FIT 2002.
- [3] Jackie Assa, Yaron Caspi, Daniel Cohen-Or. Action Synopsis: Pose selection and illustration. ACM Trans. on Gr., 24(3):667-676, 2005. (Proc. SIGGRAPH 2005).
- [4] Joseph B. Kruskal, Myron Wish 著, 高根芳雄訳: 多次元尺度法, 朝倉書店 1980