

# 姿勢変位量の特徴抽出に基づく動作データの高速検出

## Fast motion detection based on feature extraction of posture displacement

浜田 祐一† Yuichi Hamada  
 栗山 繁† Shigeru Kuriyama  
 向井 智彦† Tomohiko Mukai

### 1 はじめに

近年、ゲームや映画等のCGアニメーション制作においては、人間の自然な動きを再現するため、実際の人間の動作を計測するモーションキャプチャ技術が普及している。ただし、計測とデータ編集には多大なコストを要するため、過去に計測した動作データの再利用が重要な課題となっている。その際、大規模な動作データベースから所望の動作を効率的に検索する技術が求められている。例えば、姿勢の幾何学的特徴を用いた検索手法[1]や動作データの時空間的特徴と帰納推論を用いた検索手法[2]等、幾つかの手法が考案されている。しかし、これらの検索手法は検索精度を高めることを目標としており、検索時間に関してはあまり考慮されていない。

本研究では、大規模な人体動作データベースから特定の動作を高速に検出する手法を提案する。一般的に動作データは多数の関節回転量の時系列情報を保持するため、単純に全ての情報を比較すると検出に多くの時間を要する。そこで、まず検索対象となる動作データに対してフレーム数削減処理と姿勢情報の簡略化を用いて情報量を削減する。次に、AdaBoost[3]で訓練した識別器をカスケード状に配置し、少量の特徴量のみを抽出して比較することで所望の動作を検出する。これにより、大規模な動作データベースに対しても任意の動作を高速に検出できる。

### 2 動作データの特徴量抽出

#### 2.1 フレーム数削減

動作データは、描画時に滑らかな動作を再現するために1秒間に30以上の姿勢系列から構成されている。しかし、動作の特徴抽出という観点では、特徴的な姿勢系列のみを扱えば十分である。通常の動作データは、短い時間内で姿勢はさほど変化しないので、姿勢系列を $n$ フレーム毎に間引くことで、フレームの総数を $1/n$ まで削減できる。しかし、フレームの間引きだけでは動作中に静止状態が含まれていた場合、同じ姿勢情報を持つフレームが複数抽出されるために冗長となる。このため本手法では、フレームの間引き後にキーフレーム抽出[4]を用いてフレーム数を削減する。ここでキーフレームとは、動作を再現できる特徴的な姿勢を保持するフレームである。キーフレームは動作が激しい箇所では優先的に抽出され、動作の緩やかな箇所ではあまり抽出されないため、動作の特徴をとらえるためのフレームを適応的に抽出することが期待される。

#### 2.2 姿勢情報の簡略化

まず、特徴量の比較を容易にするために、演者の骨格の大きさや、身体的位置、正面の方向を正規化する。すなわち、演者の骨格は身長を基に関節位置を移動させ、身体的位置や方向は常に原点上で姿勢が正面を向いた状態で動作

† 豊橋技術科学大学 情報工学系

するように変換する。以上の処理により、演者や測定時の環境に依存しない比較が可能となる。

次に、動作データが各フレームで保持する姿勢を簡略化する。まず、人体骨格の頭部、左腕、右腕、左脚、右脚の5個の部位の関節位置を動作データから計算する。次に、直立状態の基準姿勢と各フレームが保持する姿勢間で、関節位置に関するユークリッド距離を計算する。以上の処理により、多数の関節回転量により表現されていた姿勢は、5次元の距離情報で表現されることになる。

#### 2.3 動作の特徴量

前述したフレーム数削減と姿勢情報簡略化により、動作データは図1に示すように基準姿勢との距離の時系列データとして表現される。この時系列データから任意の時間間隔における姿勢の変位量の特徴量として抽出する。例えば、図1に示すような「蹴る」動作では、右脚の距離の変化は山形に生起している。この場合、まず時間間隔を山全体に設定し、さらに設定した時間間隔を3等分する。次に、分割された領域で時間積分を行い、山の中央と両脇の差分によりこの山形の姿勢変位量を得る。本手法では、時間間隔を2等分した変位量も考慮して、図2に示すような4パターンを用いて姿勢変位量を算出する。さらに設定する時間間隔を任意に変更することで多数の特徴量を算出する。

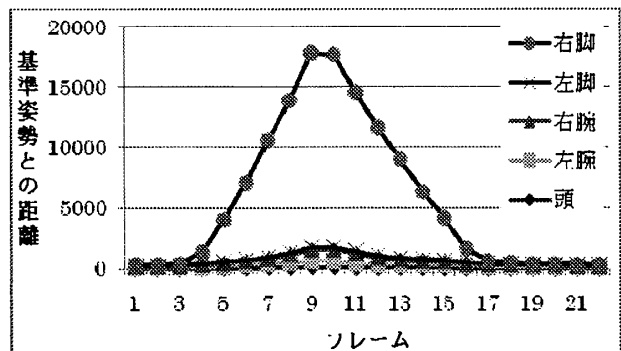


図1 距離の時系列変化 (蹴る動作)

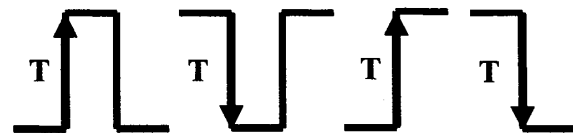


図2 特徴の算出手法  
(左から山形, 谷形, 右上がり, 右下り)

### 3 検出器の構成

検出器は図3に示すように、特徴量により特定の動作を識別する識別器を複数組み合わせる。本手法では、まず検出対象となる正例と、検出してはならない負例の動作データを準備する。ここで正例とは同じ意味を持つ複数の類似した動作データであり、負例とはそれ以外の無関係

な動作データの集合である。次に、動作を識別する識別器を時間間隔と特徴形状の組み合わせの数だけ構築する。構築した各識別器は姿勢変位量を基に正例と負例を識別する最良の閾値を決定する。識別の際には、時間間隔、特徴形状、閾値により、入力された動作の特徴量を判定して、正負の結果を出力する。検出器を構築する際は、まず正例と負例を識別する精度が最も高い識別器を動作特有の特徴として抽出する。次に、抽出した識別器に対してAdaBoostによる訓練を行い、識別器よりも識別精度の高い強識別器を構築する。もし、強識別器が要求される識別精度を満たさないならば、再び精度の高い識別器を抽出し訓練を繰り返す。このようにして、複数の特徴により動作を識別する強識別器を構築する。最後に、構築された強識別器をカスケード状に配置し検出器を構築する。強識別器をカスケード状に配置する理由は、途中の強識別器が動作データを排除した場合に以後の検出処理を打ち切ることにより、検出時間を短縮できるからである。これにより、大規模な動作データベースに対しても短時間での検出が可能となる。

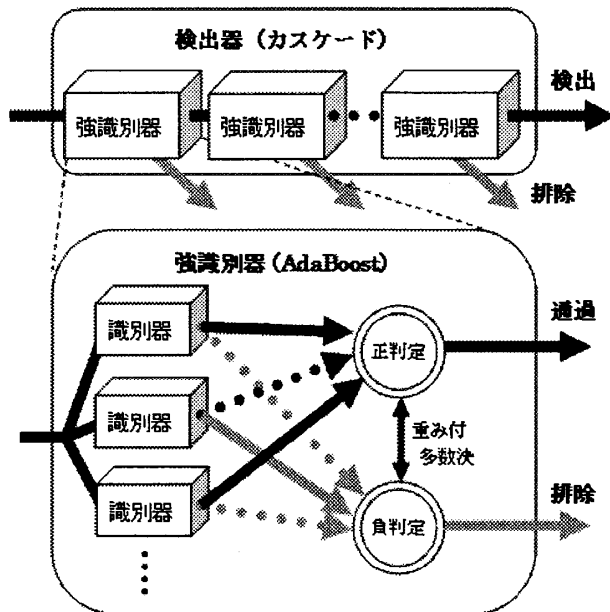


図3 検出器の構成

#### 4 評価実験

本研究では、429 ファイル、総計 190 万フレームの動作データベースを訓練用データベースと検証用データベースに分類して実験を行った。表 1に、フレーム数の削減処理と姿勢情報の簡略化により動作データのフレーム数と情報量を削減した結果を示す。この結果から、動作データのフレーム数を 1/10 に、情報量を 1/100 程度に削減していることが確認できる。

この訓練用データベースを用いて「蹴る」、「寝転ぶ」、「座る」、「走る」の4つの動作を検出する検出器を作成し、検証用動作データベースから特定の動作を検出した結果を表 2に示す。ここでは検出精度として、どれだけ特定の動作を検出できているかを示す再現率を用い、検出時間として、100回の検出所要時間の平均値を算出した。また、特徴抽出による高速化の影響を調べるために、特徴抽出を行わず距離の時系列変化をテンプレートマッチングする方

法（以後、TM）を用いて検出時間を比較した。この結果から、本手法ではTMよりも検出精度は劣るものの全ての動作で高速に検出できていることが確認できる。しかしながら、検出精度が比較的良好である「蹴る」や「寝転ぶ」と比較して、「座る」や「走る」の再現率は低く、検出時間も遅い。このような結果になった原因は、負例として与えた動作データの集合に正例と類似した動作が存在し、動作特有の特徴を抽出することが困難であったためと考える。この場合、検出精度を保証するために識別性能が低い多数の識別器を組み合わせた検出器が構築されてしまい、検出精度と検出時間が悪化したと考えられる。

表1 情報量削減結果

	ファイル数	フレーム数		情報量	
		削減前	削減後	削減前	削減後
訓練用	203	904283	76373	465MB	3.21MB
検証用	226	978570	93642	528MB	3.94MB

表2 検出精度と検出時間

動作	検出	正解	再現率	検出時間	TM 検出時間
蹴る	6	7	0.857	30 ms	297 ms
寝転ぶ	7	8	0.875	28 ms	675 ms
座る	30	40	0.750	136 ms	256 ms
走る	6	10	0.600	165 ms	339 ms

#### 5 まとめ

本論文では、大規模な人体動作データベースから特定の動作を高速に検出する手法を提案した。まず、動作データからフレーム数を削減した後に姿勢情報を簡略化して情報量を削減した。次に、AdaBoostを用いて訓練した強識別器をカスケード状に配置し検出器を作成した。この検出器を用いた検出実験の結果、テンプレートマッチングによる手法より高速に動作を検出できることを確認した。

本手法による問題点として、識別性能が低い多数の識別器を組み合わせた検出器が構築された場合、検出精度と検出時間が悪化する点が挙げられる。この問題を解決するために、動作特有の特徴を抽出して冗長な情報のみを削除する情報量削減手法、および識別器の数を制限した効率的な検出器構築手法を提案することが今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] M.Muller, et al., "Motion Templates for Automatic Classification and Retrieval of Motion Capture Data", SCA 2006, pp. 137-146, 2006.
- [2] 脇坂健一, 向井智彦, 栗山繁, "時空間的特徴と機能推論を用いた動作データの検索", FIT2007, pp. 273-276, 2007.
- [3] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar: "Introduction to Data Mining", Pearson Addison Wesley, 2006.
- [4] 森島繁生, 栗山繁, 川本真一, "キャラクターアニメーション制作の高性能化手法", 映像情報メディア学会誌, 62, pp. 156-160, 2008.