

## 部位の特徴を利用した類似動作の検索

### Retrieval of Similar Motion by Feature of Body

竹林 佑介† 西尾 孝治† 小堀 研一†  
Yusuke Takebayashi Koji Nishio Ken-ichi Kobori

#### 1. はじめに

近年、様々な分野で人間の動きをリアルに表現するためにモーションキャプチャが広く利用されている。しかし、モーションキャプチャシステムは、利用環境或使用コストなどに問題があるため、モーションキャプチャデータを再利用することが多くなってきている。データを再利用する場合、膨大な数のデータから目的のデータを検索する必要があり、その作業が非常に困難である。

そこで、効率よく再利用するためにモーションキャプチャデータを検索する手法が必要になる。従来法として、モーションキャプチャデータから動作の特徴を抽出し、検索を行う手法<sup>[1]</sup>が提案されているが、抽出する特徴が2値の情報であるため、細かな動作の違いを区別できないといった問題がある。また我々は、動作の局所的特徴と大局的特徴を用いて類似動作を検索する方法<sup>[2]</sup>を提案した。この方法では、部位ごとに作成した空間を量子化し、量子化した領域内に存在する関節の位置から求めた局所的特徴と、腰関節の位置から求めた大局的特徴とを合成することで類似動作の検索を行った。しかしこの方法では、量子化する領域の数や2種類の特徴の合成方法に結果が依存するという問題があった。

そこで本研究では、モーションキャプチャデータから部位の動きを特徴として抽出する時に、量子化する領域の数を段階的に変化させることで詳細度の異なる特徴を抽出し、抽出した特徴を用いて段階的に類似動作を絞り込みながら類似動作を検索する手法を提案する。

#### 2. 類似動作の検索

人間が目視で類似動作を検索する場合、“投げる”という動作は手の動きに、“蹴る”という動作は足の動きに着目して類似動作を検索していると考えられる。このように人間は、動作中における手や足といった部位の動きに着目して類似動作を検索していると考えられる。そこで提案手法では、人間の動作において重要な特徴を保持していると考えられる部位の動きを特徴として抽出し、類似動作を検索する。また、注目する動作の特徴の詳細度を段階的に変化させて特徴を抽出し、詳細度の異なる特徴を利用することで、類似動作を絞り込む。

提案手法で類似動作を検索する手順を以下に示す。

- (1) 検索キーとなるモーションキャプチャデータから部位の動きを動作の特徴として抽出する。このとき、動作の特徴を詳細度ごとに抽出する。
- (2) (1)の処理をデータベース内のモーションキャプチャデータに対しても行い、部位の動きを動作の特徴として抽出する。

- (3) (1), (2)で抽出したそれぞれの特徴を比較して詳細度の異なる動作の類似度を算出する。
- (4) (3)で算出した詳細度の異なる動作の類似度を利用して段階的に類似動作を絞り込む。

#### 2.1 部位の特徴抽出

人間の動作において、四肢と頭の動きは動作の重要な特徴を表している。提案手法では、動作の特徴を抽出するために四肢と頭の5カ所の部位に対して特徴を抽出し、類似動作の検索に用いる。しかし、四肢と頭の5カ所の動きだけでは、腰から上の上半身の動きに対応できないことが考えられる。そこで、頭の部位を頭部だけで考えるのではなく、腰から上の上半身と頭部を合わせた部位を頭の部位として用いることで、上半身の動きにも対応する。

図1に右手の部位に着目した場合の特徴を抽出する手順について示す。また、以下で抽出の手順を説明する。

- (1) 同図(a)に示すように、モーションキャプチャデータから右手に対応する部分を抽出する。
- (2) 同図(b)に示すように、右手の可動範囲を考慮した空間を作成し、右手の先端の位置を1フレーム毎に算出し、空間にプロットする。提案手法では、各部位の空間を特徴空間と定義する。
- (3) 同図(c)に示すように、特徴空間を量子化する。このとき、複数の量子化数で空間を量子化することで、詳細度の異なる検索を実現する。提案手法では、量子化する領域数を $4^n$ にしたときの $n$ を量子化レベルと呼ぶ。
- (4) (3)で量子化した空間ごとに特徴量を算出する。

この手順を右手以外の他の部位に対しても行い、モーションキャプチャデータから部位の特徴を抽出する。

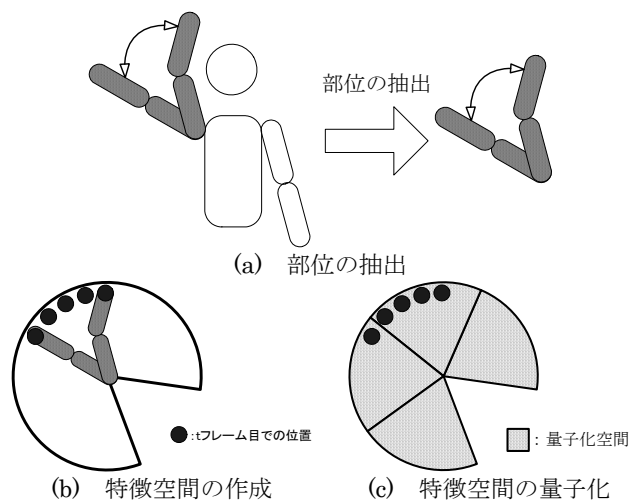


図1 部位の特徴抽出

† 大阪工業大学

## 2.2 類似度判定

検索キーとなるモーションキャプチャデータを  $A$ 、データベース内のモーションキャプチャデータを  $B$  としたとき、2 動作間の類似度を算出する方法について以下で説明する。

まず、各部位ごとに部位の類似度を算出する。ここで、動作  $A, B$  の  $j$  番目の部位に着目する。 $j$  番目の部位の特徴空間を量子化した領域の  $m$  番目の領域  $a_m^j, b_m^j$  において、標準偏差を用いた特徴量をそれぞれ  $SD^i a_m^j, SD^i b_m^j$  ( $i \in \{x, y, z\}$ ) とする。このとき、動作  $A, B$  の  $j$  番目の部位に対する部位の類似度  $SSim_j$  を式(1)で求める。

$$SSim_j = \frac{1}{3M} \sum_{m=1}^M \sum_{i \in \{x, y, z\}} \frac{\min(SD^i a_m^j, SD^i b_m^j)}{\max(SD^i a_m^j, SD^i b_m^j)} \quad (1)$$

ここで、 $M$  は量子化した領域の数である。

次に、人間の動作は、動作の種類によって各部位の重要度が変化すると考えられる。そこで、部位の重要度をもとに動作の類似度を求める。まず、部位  $j$  の重要度  $P_j$  を式(2)で求める。

$$P_j = \frac{d_j}{\sum_{l=1}^{J_n} d_l} \quad (2)$$

ここで、 $J_n$  は特徴抽出に用いる部位の数で、提案手法では四肢と頭の 5 カ所である。また、 $d_l$  は  $l$  番目の部位の 1 フレーム間での最大の移動量である。そして、動作  $A, B$  の  $j$  番目の部位の重要度をそれぞれ  $P_j a, P_j b$  とすると、部位  $j$  の動作の類似度  $ASim_j$  を式(3)で求める。

$$ASim_j = \frac{\min(P_j a, P_j b)}{\max(P_j a, P_j b)} \quad (3)$$

最後に、2 動作間の類似度  $Sim$  を式(4)で求める。

$$Sim = \frac{1}{J_n} \sum_j (SSim_j)(ASim_j) \quad (4)$$

2 動作間の類似度  $Sim$  は 0.0 から 1.0 までの値をとり、1.0 に近いほど動作が類似している。

## 2.3 類似動作の絞り込み

提案手法では、検索キーから明らかに異なる動作を検索対象から除外していくことで、ユーザが必要とする詳細度に応じた検索を行う。そこで、特徴空間を異なる量子化レベルで量子化し、量子化レベルが 1 段階大きくなるごとにいくつかの動作を検索対象から除外することで類似動作の絞り込みを行う。まず、データベース内の動作に対して、式(4)で求められた 2 動作間の類似度をもとに順位の相関を求める。求めた順位の相関の値が、閾値以下の動作を検索キーに類似していない動作として検索対象から除外する。この方法を繰り返し行うことで、検索キーに類似している動作を絞り込む。

## 3. 実験・考察

提案手法の有効性を検証するために実験を行った。実験には、検索キーの動作に“歩く”を用い、データベースとして表 1 に示す動作を用いた。また、26 人の被験者に対して目視で検索キーに似ている順に順位付けしてもらい主観評価実験を行った。表 2 に主観評価と提案手法での実験結

果を示す。同表中の提案手法における数値は式(4)の類似度  $Sim$  の値を表しており、括弧内の数値は、最も類似している動作の類似度を 1.0、最も類似していない動作の類似度を 0.0 としたときの順位の相関を表している。また、一番上の段の数値は量子化レベルを表しており、網掛け部分がそのレベルでの検索の除外対象を表しており、空欄は現在の量子化レベルで動作が除外されたため、類似度を算出していないことを表している。また、主観評価における数値は、主観評価の評価値から求めた順位の相関を表している。また、動作の絞り込みに用いる閾値は 0.1 とした。

表 2 より、主観評価の結果と提案手法の結果がほぼ一致していることが分かる。量子化レベルが大きくなるにつれて主観評価の下位の動作から検索対象から除外されていることから、提案手法が有効であることを確認した。

表 1 データベース

	動作名
A	とぼとぼ歩く
B	走る
C	酔っぱらって歩く
D	杖をついて歩く
E	ボールを蹴る
F	ジャンプする

表 2 検索結果 (検索キー “歩く”)

	1	2	3	4	主観
A	0.476 (1.000)	0.309 (1.000)	0.247 (1.000)	0.134 (1.000)	1.000
B	0.363 (0.645)	0.262 (0.684)	0.226 (0.000)		0.651
C	0.210 (0.167)	0.162 (0.001)			0.595
D	0.290 (0.418)	0.162 (0.000)			0.571
E	0.173 (0.052)				0.183
F	0.157 (0.000)				0.000

## 4. おわりに

本研究では、量子化する領域の数を段階的に変化させて部位の特徴を抽出し、抽出した特徴を用いて段階的に類似動作を絞り込みながら類似動作を検索する手法を提案した。実験より、人間の主観評価に近い検索を行うことができた。

今後の課題として、動作の絞り込みに用いた閾値をデータベースに応じた最適な閾値にすることが挙げられる。

### <参考文献>

- [1] Meinard Müller, Tido Röder, Michael Clausen, “Efficient Content-Based Retrieval of Motion Capture Data”, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005, pp.677-685, 2005
- [2] 竹林 佑介, 西尾 孝治, 小堀 研一, “モーションキャプチャデータの類似検索に関する一手法”, FIT2006 第5回情報科学技術フォーラム 講演論文集, pp.227-228, 2006