

二次元線画姿勢を用いた動作データの検索

佐 竹 倫 全[†] 栗 山 繁[†]

本研究では、二次元平面上の線画で表現される人体姿勢を用いて動作データを検索する手法を提案する。本手法では、腕や足の長さの不正確さに対して頑強な検索を実現するために、動作データベースの全姿勢に対して骨格の向きのみを考慮した幾何学的特徴によって指標値を付与する。また、効率的な検索を実現するために、指標が一致したデータ群に対して優先順位をつける機構を提案する。

Retrieval of human motion data using 2D line poses

NORIMASA SATAKE[†] and SHIGERU KURIYAMA[†]

This research proposes a method of retrieving human motion data by using line poses drawn on a two dimensional plane. This method calculates the index for every poses in motion data set with the geometric features that take the orientations of skeleton into considerations. This property ensures robustness of retrieval for the inexact lengths of arms and legs. We also introduce the mechanism for ranking matched data in order to enhance efficiency in retrieval.

1. はじめに

アニメーション制作の現場では人間の動きをより忠実に表現するためにモーションキャプチャ装置を用いているが、動作データ取得のコストを考えるとデータを再利用できる環境を構築することが望ましい。しかし、データの量が増えるにつれて必要な動作データを引き出すのは困難となる。

この問題を解決するために様々な動作データの検索手法が考案されている。その中には動作データをあらかじめつけられた名前を用いて検索する手法^{1),2)}や、動作データ内の姿勢一覧から必要な姿勢を選択しそれらの含まれる動作データを検索する手法^{3),4)}などが挙げられる。しかしこれらの方法では、動作データの量が増大するにしたがい、名前付けの規則の違いによって必要な動作データを得ることが困難となったり、大量の姿勢群の中から自分が本当に望む姿勢を選択することが困難になることなどが考えられる。

そこで本手法では、より直観的な動作データの検索のためのユーザーインターフェースを導入するために、動作データ内の各姿勢に幾何学的特徴から指標を計算して付与し、二次元上に線画で描かれた人体の姿勢から動作データの検索を行う。

2. 動作データの指標付け

動作データの検索を行うには、あらかじめ動作データに何らかの指標付けを行う必要がある。これには様々な手法^{5)~7)}が提案されているが、本研究では Chih-Yi の方法⁵⁾を応用した指標付けを行う。

2.1 特徴抽出

各姿勢の特徴量を決定するためにまず全身を各関節を結ぶベクトルに分ける。ここでは姿勢の特徴を表すために図1のように左右の上腕、前腕、上腿、下腿、および胴、頭の10個のベクトルを用いる。それぞれのベクトルの向きは水平、垂直の2つの角度で表すことができ、姿勢の特徴は計20個の角度の値で表現できる。

ベクトルの水平角度の算出には人体の正面方向を表すルートベクトルを用いる(図1のベクトル r を参照)。水平角度は、図2のように特徴値を計算する部位の向きを表すベクトル v とルートベクトル r を地面に水平な平面 π に投影し、投影された二つのベクトル v' 、 r' 間の角度を地面に垂直な軸を中心として r' から反時計回りに0から360度の間で表す。垂直角度はベクトル v と地面に垂直なベクトル N の間の角度を地面に水平な軸を中心に0から180度の間で表す。このようにして各ベクトルを水平、垂直の角度の2つの角度で表現し、姿勢の特徴を各部位の向きで表現することにより、腕の長さに影響されることの無い指標付け

[†] 豊橋技術科学大学情報工学系
Department of Information and Computer Sciences,
Toyohashi University of Technology

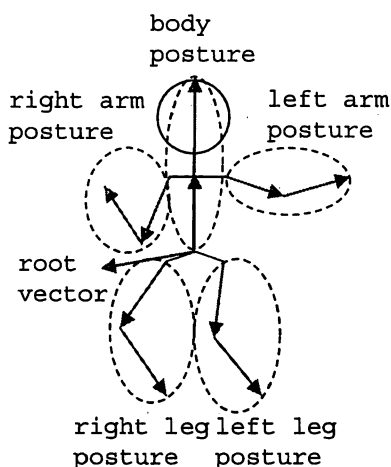


図 1 姿勢ベクトルの定義
Fig. 1 Definition of pose vectors.

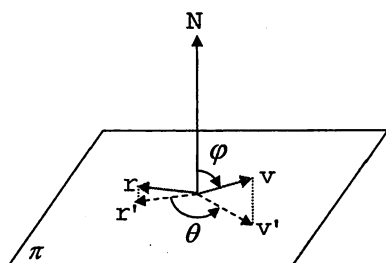


図 2 姿勢角度の定義
Fig. 2 Definition of pose angles.

を実現することができる。したがって、腕や足の長さを正確に描くことが困難な線画姿勢を用いた検索に利用することが可能となる。

2.2 指標値の計算

検索に用いる指標は右腕、左腕、右足、左足、胴体に分けて付与し、それぞれの部位は 2.1 で述べた特徴抽出によって 2 つのベクトルから 4 つの角度の値を得る。この角度を次式を用いて一定の値で区切り、得られた 4 つの値の組み合わせをその部位の姿勢の指標とする。

$$H(\theta_i, \varphi_i, \hat{\theta}_i, \hat{\varphi}_i) = \left(\left\lfloor \frac{\theta_i}{a} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{\varphi_i}{b} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{\hat{\theta}_i}{c} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{\hat{\varphi}_i}{d} \right\rfloor \right) \quad (1)$$

ただし、 θ_i, φ_i は一つ目のベクトルの水平、垂直角度を、 $\hat{\theta}_i, \hat{\varphi}_i$ は二つ目のベクトルの水平、垂直角度を表し $\lfloor \cdot \rfloor$ は Floor 関数を表す。また、a から d はそれぞれの角度をどのようにに区切るかを決定する値である。

動作データ内で同じ指標を持つ姿勢が連続して続く際には、それらの姿勢の集合を短い動作データとして

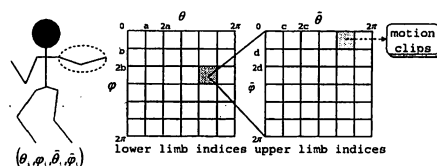


図 3 指標付けされた動作データ
Fig. 3 Indexed motion data.

指標付ける。指標付けされた姿勢の一覧は図 3 のような表の形となり、ある指標を示す部分に複数のデータの集合を持つものとなる。

ここでは 3.1 で述べる線画姿勢のあいまいさを考慮し a から d を 90 度に設定し、水平方向の指標は 0 から 3、垂直方向の指標は 0 と 1 をとるものとする。

3. 動作データの検索

動作データの検索には、2.2 で述べた指標を用いる。ここでは二次元上の線画から指標を取得する方法と、それを元に検索された姿勢にランク付けを行う方法を説明する。

3.1 線画からの指標の取得

平面上に人体の姿勢を描画しその長さから腕の向きを推定する手法⁸⁾もあるが、腕や足の長さを正確に描くのは困難である。そのため、腕や足の長さを特徴量としていると検索の際に誤りを生じる可能性が高くなる。そのようなことを防ぐために、ここではベクトルを構成する二つの関節の位置関係からベクトルの方向を求め指標を算出する。しかし、線画において人体がどの方向を向いているか分からなければ正確に指標を算出することができないため、線画は人体正面から見た姿勢をあらわすものと仮定した。

また、三次元ベクトルを二次元上に表現した場合奥行き方向の表現が不可能であり、手前向き、奥向きの二つのベクトルどちらであるか判別するのは不可能である。そのため、ここでは両方の向きに対応できるように一つのベクトルに対して 2 種類の指標を設定し、二つのベクトルからなる各部位に 4 種類の指標を与えることにした。

3.2 動作データの検索

線画から得られた部位ごとの指標を用いて、指標が一致する姿勢を探索する。ここで得られた姿勢は部位ごとに指標を満たしているだけのものであるため、すべての部位において指標を満たすものを探索する必要がある。そこでまず右腕と左腕で一致する部分を探し、次に右足と左足、そしてこの二つから得られた姿勢の中から腕と足で一致する部分を探す。最後に四肢の指

標を満たすものと胴体の指標を満たすものの中から一致する部分を探して検索結果を得る。このように全身で一致する部分を直接探索せず、腕、足といった部分ごとに探索することで、全身の指標が一致する結果が得られなかった時にもそれに近い結果を返すことができる。

3.3 検索結果のランク付け

検索する姿勢によっては検索結果は膨大な量となる。そのためユーザーが必要な動作データを得やすくするためには、ある一定のルールに基づいて検索結果を並び替える必要がある。ここでは平面上に線画で描かれた人体の姿勢から三次元の姿勢を検索しているため、各関節の前後関係があいまいな状態で検索している。そこで、検索された姿勢を指標付けされた数の多い順と指標を満たす姿勢の持続時間の長い順に並び替えることで、より一般的な姿勢が上位にくるようにする。また、前進の指標が一致する候補が見つからなかった場合には、腕、足といった部分的に指標の一致する結果を、一致する指標の多い順に候補として提示する。

4. 実 験

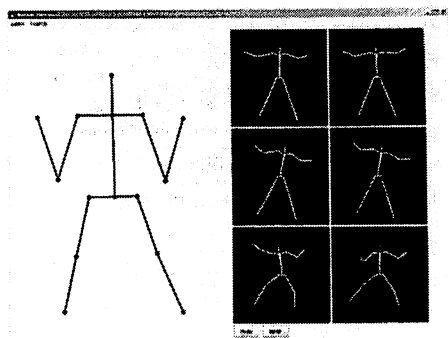
2章、3章に記述した指標付け、検索方法を計算機上に実装して動作を確認した。

4.1 実行環境

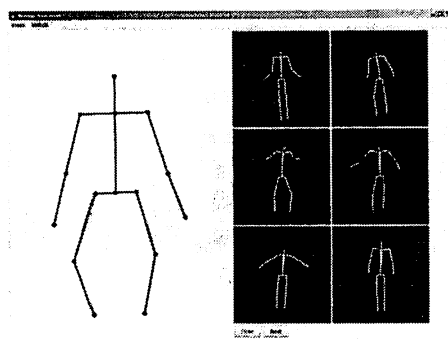
本実験ではパーソナルコンピュータ（Microsoft Windows XP、Intel Pentium4 2.8G）上で動作データの指標付け、検索を行った。動作データはView PointのSports（47 Files 11,287 Frames 30FPS）を用いた。このデータにはバスケットボール、テニス、野球などのスポーツの動作が含まれる。

指標付けを行う際に持続時間の極端に短い姿勢はユーザーにとって意味のないものであると考えたため、持続時間にある閾値を定めそれより持続時間の短いものは指標付けの対象外とすることを考えた。持続時間の閾値は0から0.5秒までの0.1秒刻みとし、右腕、左腕、胴体の指標付けされた姿勢の数を調査した。

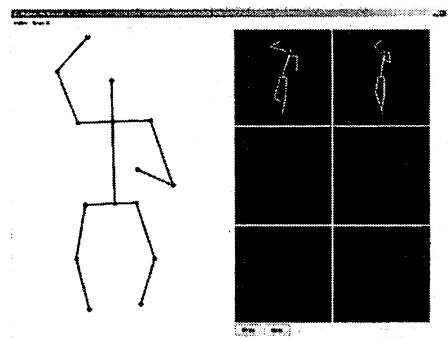
検索用ソフトウェアの画面は図4のようになっている。検索を実行する前に動作データのある位置を指定し指標付けを行う。姿勢の持続時間に閾値を設けた場合検索結果が極端に減ってしまう可能性があるため、ここでは指標付けの段階での持続時間の短いデータの除去は行わなかった。指標付けを行った後、画面左に検索したい姿勢を描画し検索ボタンを押すことで、画面右に線画姿勢に一致した姿勢が表示される。この姿勢をクリックすることで該当する姿勢を含む動作データファイルの名前と出現開始、終了フレーム番号を得



(a)



(b)



(c)

図4 検索結果

Fig. 4 The results of retrieval.

ることができる。

4.2 実行結果

動作データの指標付けには約8秒、検索には平均0.1秒かかった。

図4に見られるとおり、画面左に描画されている姿勢に一致する姿勢が検索結果として画面右に表示されていることがわかる。(a)、(b)、(c)の検索によって得られた検索結果の数は表1のようになった。ここでは

表 1 検索された姿勢の数 (全体: 699)

Table 1 Number of retrieved poses.

種類	結果数
(a)	12
(b)	6
(c)	2

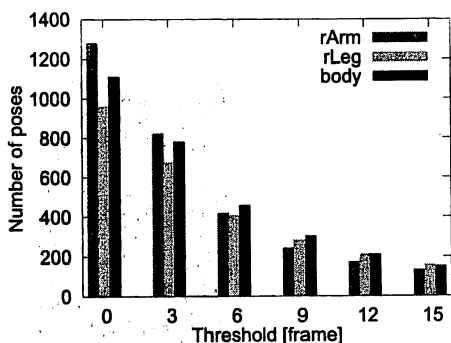


図 5 指標付けされた姿勢の数

Fig. 5 Number of indexed poses.

表 2 各部位の指標付けされた姿勢の数

Table 2 Number of indexed poses on each parts.

	右腕	右足	胴体
平均	20	15	17
最大	140	204	195
合計	1282	959	1111

表示サイズの関係から一度に表示する姿勢の数を 6 個としたが、(a) のように 6 個より多くの結果が得られる場合には画面右下の Prev、Next ボタンをクリックすることによって他の姿勢を表示することができる。

姿勢の持続時間の閾値と指標付けされた姿勢の数は図 5 のようになった。また、それぞれの部位での一つの指標に対する姿勢の平均数、最大数、およびすべての指標での合計数は表 2 のようになった。

指標付けされた姿勢数の例として右腕のものを表 3 に示す。ここで (a)、(b) はそれぞれ右上腕、右前腕の指標付けされた姿勢の数を表し、表の横方向に水平角度から得られた指標 0 から 3 を、縦方向に垂直角度から得られた指標 0、1 をとった。

4.3 考 察

表 1 に見られるとおり検索結果の数が指標付けによって得られた全姿勢に対して少なくなっているが、描画された二次元姿勢の指標の組み合わせは数多くあるので一つ一つの検索結果が少ない数になったのでは

表 3 右腕の指標付けされた姿勢の数

Table 3 Number of indexed poses on right arm.

(a) 上腕

垂直\水平	0	1	2	3
0	14	24	79	146
1	105	88	458	368

(b) 前腕

垂直\水平	0	1	2	3
0	295	86	47	231
1	275	39	67	242

ないかと考えられる。

足や手に比べ動きの少ない胴体では指標付けされる姿勢の数が少ないのではないかと考えられたが、図 5 からわかるようにそれほど大きな違いはなかった。目に見える動きとしては少ないが、指標の境界点での動きが多いためと考えられる。

また、表 3 からは指標付けされる姿勢には部位によって特定の傾向があると考えられる。ここでは横方向に水平角度を 90 度刻みにして得られた指標 0 から 3 を、縦方向に垂直角度を 90 度刻みにして得られた 0、1 をとっている。この結果から右上腕は実験を行った動作データベースにおいて、右後方下向きを示す水平、垂直の指標 (2, 1) となることが多く、右前腕は前を向いていることを示す水平指標 0 と 3 をとることが多いことがわかる。このように指標付けを行うことによって、発生しやすい標準的な姿勢と発生しにくい無理な姿勢を見分けることもできるのではないかと考えられる。

今回は線画姿勢を正面からみたものに限定したため、前後に動くことの多い足や胴の姿勢の設定が難しく、意図した結果を得ることが困難であった。また、すべての部位において垂直角度を 90 度で区切ってしまったため、通常の姿勢では垂直角度が 90 度以下である胴体の特徴をうまく検索に適応することができなかつたと考えられる。

5. ま と め

本研究では動作データを幾何学的特徴を用いて指標付けし、平面上に線画で描かれた姿勢からそれを含む動作データを検索する手法を提案した。姿勢の特徴量には人体の関節間のベクトルの向きを用い、腕の長さなどの個人的な特徴に影響されないようにした。検索結果はより一般的な姿勢が上位に得られるよう、動作データ全体での姿勢の出現頻度と持続時間を用い並び

替えるようにした。

今後の課題として、ユーザーが求める動作データが上位にくるようにランク付けの方法を改良する必要がある。また、現時点での実装では線画は人体の正面から見たもののみとなっているが、他の向きから見たものでも検索を可能にするように機能を拡張していく予定である。

謝 辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費・基盤研究(B)18300068「大規模なヒューマンデータの知的検索と再利用」と、文部科学省21世紀COEプログラム「インテリジェントヒューマンセンシング」の援助を受けた。ここに感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) Chih-Yi Chiu Shih-Pin Chao Ming-Yang Wu, Yao-Chuan Wu and Shi-Nine Yang. Humor: a human motion retrieval system with multi-modal queries.
- 2) M. Y. Su S. N Yang C. Y. Chiu, S. P. Chao and H. C. Lin. Content-based retrieval for human motion data. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 15, No. 3, pp. 446–466, 2004.
- 3) Shigeru Kuriyama Naoaki Yamagushi. Visualization of massive motion data using geometric features. *IWAIT2006*, pp. 18–23, January 2006.
- 4) Shigeru Kuriyama Yasuhiko Sakamoto and Toyohisa Kaneko. Motion map: Image-based retrieval and segmentation of motion data. *SCA2004*, pp. 259–266, August 2004.
- 5) Jui-Hsiang Chao Chih-Yi Chiu, Shih-Pin Chao and Wen-Yen Chang. Motion indexing and synthesis.
- 6) Wei Wang Guodong Liu, Jingdan Zhang and Leonard McMillan. A system for analyzing and indexing human-motion databases. 6 2005.
- 7) Zordan V. B.-Gunopulos D Keogh E., Palpanas T. and CARDLE M. Indexing large human-motion databases. *Proceedings of the 30th VLDB Conference*, pp. 780–791, 2004.
- 8) Erika Chuang Zoran Popovic James Davis, Maneesh Agrawala and David Salesin. A sketching interface for articulated figure animation.