

モーションキャプチャデータからの舞踊動作プリミティブの抽出

○中澤篤志 中岡慎一郎 池内克史（東京大）

Analyzing and Synthesizing of Human Motion using Motion Capture Data

Atsushi NAKAZAWA* Shinichiro NAKAOKA and Katsushi IKEUCHI

Institute of Industrial Science, University of TOKYO

Abstract — A human-motion analysis method for the purpose of generating humanoid's motion is presented. At first, the human motion data acquired by using a motion capture system is divided into some 'motion primitives' according to the speed of hand movement. Then its trajectory is divided into much simple and parametric representation – 3D-lines or 3D-arcs. By using these simple motion primitives, we can easily describe whole fork dance motion into the sequence of the primitives.

Key Words: human motion, humanoid, motion primitive, motion capture data

1. はじめに

近年の実用的なヒューマノイドの実現によりその動作獲得に関する研究が盛んに行われている。ヒューマノイドは人を模倣したロボットであるため、その動作に対しても人の動作を元にする事は自然な流れであり、いくつかの試みがなされている¹⁾²⁾。我々の研究グループでも従来から「人まねロボット」をテーマに人間の動作を模倣させる研究を行っており、人物動作をいくつかの基本動作単位（動作プリミティブ）に分割し、ロボットがそれを認識することにより自らの行動列を獲得する手法を提案してきた³⁾⁴⁾。しかしこれらは複数物体の接触状態や環境中のオブジェクトを操作するための行動列解析であり、人間の動きそのものを扱ったものではなかった。

本研究ではヒューマノイドの行動獲得手段としての人物動作の解析および解析結果の再合成をテーマとするが（図1）、ロボット環境中のオブジェクトのインタラクションを目的にしたものではなく、人間の動きそのものを解析対象として考える。入力データとしてはモーションキャプチャシステムから得られた舞踊の時系列間接位置データを使用し、これをいくつかの動作プリミティブに分解し表現する。表現された動作プリミティブ列を合成することにより元の舞踊動作列を生成できるだけでなく、動作プリミティブ列を編集することで新しい舞踊動作を生成することができる。舞踊は人間の多様な動きを含んだ動作系列から成り立っているため人間の動作を般化する対象として適しているのみならず、これを共通性のある動作単位の列で記述することにより、今まで文字や絵等で記されてきた舞踊の新たな記述・保存方式として用いる事も可能である。

2. 関連研究と本研究の方針

人物の動作列を何らかの基本動作に分割する試みはいくつか成されている。ロボットの行動獲得を目的とした研究としては、複数の間接角度を Self

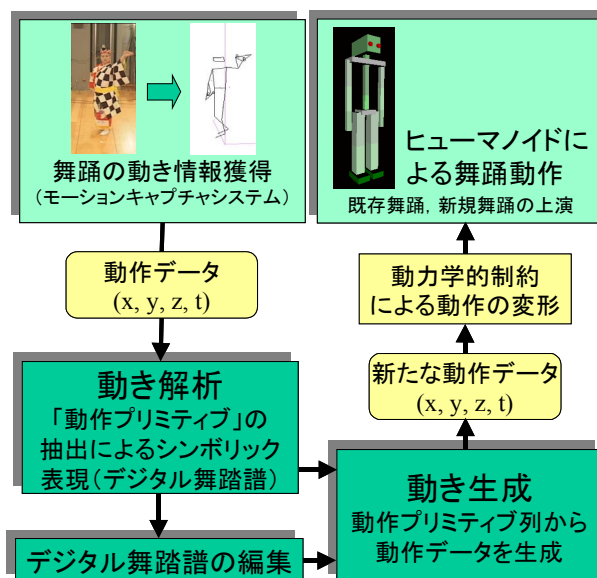


図1 本研究の流れ

Motion Element と呼ばれる単位に分割し、HMM を用いて基本動作を抽出したもの¹⁾、複数物体の3次元の接触状態をロボットの視覚で観測し、その制約条件から行動計画を学習するもの⁴⁾、等がある。一方人間の「動きの見かけ」に基づいたアプローチとしては、人物の手先の動きを平面に投影し直線・円弧等の基本パターンに分類し再現したもの²⁾や、手先の動きを速度に基づいて切り出し、その手先の3次元空間中の動きを Dynamic Time Warping による距離を用いてクラスタリングした研究⁵⁾などが挙げられる。

本研究の対象が舞踊という人物の「見かけの動き」を重視した動作であることを考えると、後者のアプローチを取るべきであると考えられる。抽出された動作プリミティブを認識・編集することが容易であるのみならず、舞踊演者自身も自身の目標点（手先、足先等）を何らかの身体座標系（身体図案）で管理し制御していると考えられるからである⁶⁾。

3. 動作プリミティブの抽出アルゴリズム

本研究における動作プリミティブの抽出アルゴリズムを図2に示す。これは以下のステップで行われる。

- 1) モーションキャプチャデータから得られたデータのうち、腰の動きを基にした座標系($\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$)を「体中心座標系」とする。これは以下の式で表される。

$$\begin{aligned}\vec{e}_x &= \vec{e}_y \times \vec{e}_z \\ \vec{e}_y &= \frac{(\vec{v}_{left_waist} - \vec{v}_{right_waist})}{\|\vec{v}_{left_waist} - \vec{v}_{right_waist}\|} \\ \vec{e}_z &= (0, 0, 1)\end{aligned}$$

- 2) 目標点(手先, 足先)を体中心座標系に変換する。
- 3) 体中心座標系に変換された目標点の速度を計算し, 速度0の点を初期動作分割セグメントとする。
- 4) 初期動作分割セグメント中の目標点の軌跡を求め, 3D空間での直線・円弧に分割する。分割には, 3Dの任意曲線を曲率, ねじれによって分割するアルゴリズム⁷⁾を用いる。

これにより, 踊りの動作は速度によって分割された第1段階の動作プリミティブと, それをさらに直線, 円弧で分割した第2段階の動作プリミティブの階層構造で表現される。第2段階の動作プリミティブ

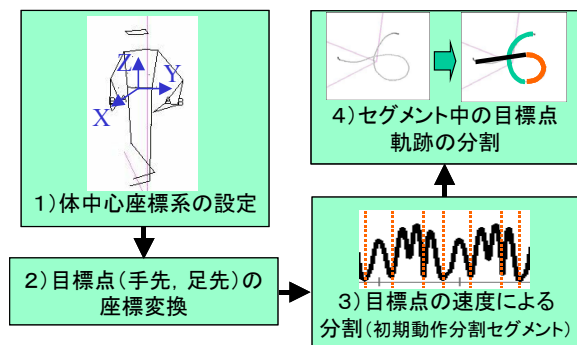


図2 動作プリミティブの抽出アルゴリズム

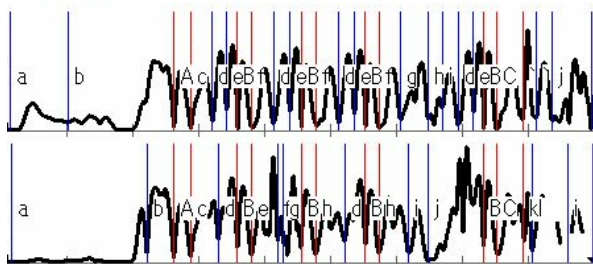


図3 「津軽じょんがら」の動作解析結果

ブは始点・終点(直線), 中心, 半径, 基準面(円弧)というパラメータをもっているため, これにより動作プリミティブを分類・表現することが可能となる。

4. 実験

提案したアルゴリズムを, 実際の舞踊の動作データに適用した。モーションキャプチャシステムVicon(Oxford Metric)により「津軽じょんがら」の舞踊の動作データを獲得し本手法を適用した。分割された第1段階の動作プリミティブ列を図3に示す。同一であると判断された動作セグメントには同一の符号(アルファベット)が記述されている。実際の舞踊データから見ても同様の動きに同一の符号が割り当てられており, 提案した動作プリミティブ抽出アルゴリズムが舞踊動作の般化に有効であることが分かった。

5. まとめ

舞踊動作をパラメトリックに表現された動作プリミティブに分割する手法を提案した。今後はさらに多くの舞踊動作に対して本手法を適用する事や, 動作プリミティブからの動作の合成手法を検討している。

謝辞 本研究は科学技術振興事業団 戦略的基礎研究推進事業(CREST)の援助を受けた。

参考文献

- 1) T.INAMURA, Y.NAKAMURA, H.EZAKI, I.TOSHIMA: Imitation and Primitive Symbol Acquisition of Humanoids by the Integrated Mimesis Loop, ICRA2001 pp.4208-4213(2001)
- 2) O.C.JENKINS, M.J.METARIC, S.WEBER: Primitive-based movement classification for humanoid imitation, International Conference on Humanoid Robots (2000)
- 3) J.TAKAMATSU, H.TOMINAGA, K.GAWARA, H. IMURA, K.IKEUCHI: Extracting Manipulation Skills from Observation, IROS'00 Vol.1 pp.584 - 589 (2000)
- 4) K.OGAWARA, S.IBA, T.TANUKI, H.KIMURA, K.IKEUCHI: Recognition of Human Task by Attention Point Analysis, IROS'00 Vol.3 pp.2121-2126 (2000)
- 5) 大崎竜太, 嶋田光臣, 上原邦明: 速度に基づく切り出しとクラスタリングによる基本動作の抽出, 人工知能学会誌 15 巻 5 号 pp.878-885 (2000)
- 6) 鳥居俊: 身体動作の運動学, ナップ (1999)
- 7) N.KEHTAENAVAZ, R.J.P.DEFIGUEIREDO: A 3D Contour Segmentation Scheme Based on Curvature and Torsion, IEEE PAMI Vol.10 No.5 pp.707-713 (1988)