

動作生成ライブラリを利用した 身体運動の記述と表示

平松 尚子, 八村 広三郎

立命館大学 理工学部 情報学科

525 滋賀県 草津市 野路東 1-1-1

われわれは、人間の身体運動を記述し、それを蓄積、検索、表示することを目標に研究を行っている。人間の身体運動の記述方法には、動作の入力方法によって、様々な形式が考えられる。これらの記述方法にはそれぞれ長所短所がある。多様な動作を表現するためには、複数の記述法を併用し、必要に応じて使い分けることが望まれる。ここでは、動作情報をオブジェクト指向モデルによってカプセル化し、様々な様式で入力される動作情報を統一的に扱えるようにすることを試みた。また、基本的な動作モデルのテンプレートを作成し、動作生成ライブラリを構築することによって、動作記述を簡素に行えるようにした。

Description and Display of Human Body Movement by Using a Movement Library

Naoko Hiramatsu, Kozaburo Hachimura

Department of Computer Science,
Ritsumeikan University

Noji-Higashi, Kusatsu, Shiga 525, Japan

We have been studying about notation, storage, search and display of human body movement. There are several types of notation for human body movement. Each of these notations have its own advantage and disadvantage. It is advisable that we use multiple types of notation according to the required level of description, and handle them in an integrated manner. We employed an object-oriented approach, for modeling the data of human body movement. By using the encapsulated object-oriented "Movement model", we can handle multiple types of movement description equally. We prepare a library of templates for basic movement notations, which enables a versatile description of human body movement.

1 はじめに

われわれは、人間の身体運動を記述し、それを蓄積、検索、表示するシステムについて研究している。

人間の身体運動は複雑で、その表現能力は多様である。身体運動を記述するために様々な入力形式や、記述法が考案されているが、完全な記述法はいまだに確立されていない。様々な形式で入力される動作情報を統一的に扱い、また、記述された身体運動情報を再利用することができれば、多様な動作表現が可能になる。

本稿では、動作情報をオブジェクト指向モデルに格納し、様々な形式で入力される動作情報を統一的に取り扱うことについて述べる。また、基本動作のモデルを作成することによって、動作生成ライブラリを構築することについても述べる。

2 身体運動情報処理システム

2.1 システムの構成

われわれが開発を行っている総合的な身体運動情報処理システムは、図1に示す構成となっている。

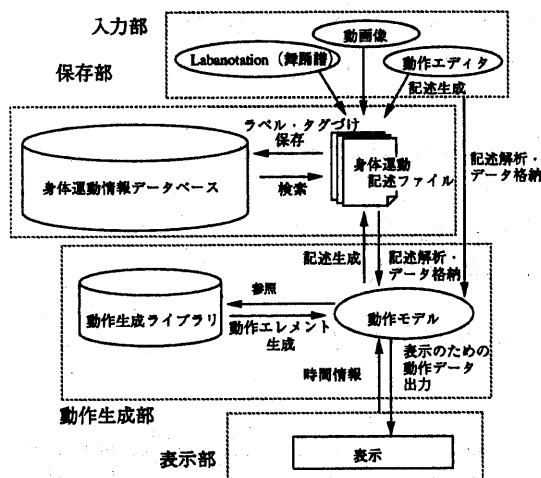


図1: 身体運動情報処理システムの概要

このシステムは、人間の動作情報を計算機内に取り込む「入力部」、入力された動作情報を保存・管理する「保存部」、入力された情報から表示に必要な動作データを作成する「動作生成部」、動作データを元に人体の表示を行う「表示部」からなっている。

2.2 身体モデル

図1のシステムの各部は、それぞれ独立したモジュールとして構築する。その際、身体モデルの構造は、共通のものを使用する。本システムで標準的に使用する身体モデルの構造を図2に示す。

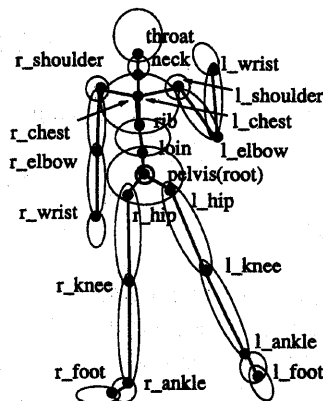


図2: 身体の階層構造と関節名

この身体モデルは3自由度をもつ21の関節と、21のセグメントからなる。様々な人間の身体形状を取り扱えるようにするため、各セグメントの大きさや形状に関する情報は、データベースに保存し、必要に応じて呼び出せるようになっている。

3 動作入力

入力部は、外部から身体運動情報を計算機内に取り込み、動作記述を生成する。

3.1 動作記述法

動作の記述方法は、目的や用途に応じて、以下の3つのレベルのものに分けられると考えられる。

- 抽象度が低い動作記述
- 抽象度の高い動作記述
- 目的指向の動作記述

以下に、これらの記述について説明する。

3.1.1 抽象度の低い動作記述

抽象度が低い動作記述とは、各関節の回転角や重心の位置の時系列変化として、動作を表記したものである。これを用いて、実際に行われた動作を、そ

のまま再現して表示することが可能である。一方、すべての関節での情報が必要なため、データ量が多くなる。また、関節の回転角だけを記録した場合、生成される動作が人体モデルの体型に依存するという問題もある。

3.1.2 抽象度の高い動作記述

抽象度の高い動作記述とは、一つ、あるいは複数の関節の運動をひとまとまりの動作として扱い、動作の種類とパラメータを指定することによって動作を記述するものである。インバースキネマティクスや、後に述べる Labanotation などが、抽象度の高い動作記述に分類される。

抽象度の高い記述を使用すると、以下のような動作を表現することができる。

- 肩の位置を固定し、手首をある位置に移動する
- 足の位置・角度に合わせ、体の重心を移動させる
- 顔をある方向に向ける

このような記述法は、抽象度が低い記述に比べて、細かい動作は記述できない。しかし、記述がわかりやすく、データ量は少ない。

3.1.3 目的指向の動作記述

目的指向の動作記述とは、人間モデルに与える動作の目的を記述するものである。それは、たとえば、「物体を A 地点から B 地点へと運ぶ」というような記述である。

この記述から生成される動作は周囲の環境や条件に依存するため、記述を見ただけでは、どのような動作が行われるのかを知ることができない。

3.1.4 異なった記述形式の組み合わせ

以上で述べた動作記述形式には、どれにも優劣がある。これらの動作記述を必要に応じて使い分けることができれば、多様な動作を表現することが可能になる。

たとえば、「手の指の動きは抽象度の低い記述法で細かく記述、腕の動きは抽象度の高い記述法で手の位置と方向によって動作を示す」というに、身体の部分による使い分けができると、かなり複雑な動作表現ができるようになる。

3.2 動作入力システム

多様な動作記述を行うために、我々は以下のような動作入力システムを構築中である。

3.2.1 三次元モデルを使った動作入力システム

図 3は、三次元モデルを使った動作入力システムの画面例である。

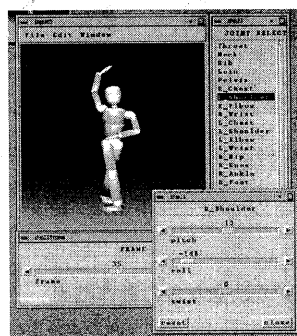


図 3: 三次元モデルを使った動作記述システム

このシステムでは、時間軸を表すスケールと、それぞれの関節の回転角に対応したスケールを動かして、キーフレームでの三次元人体モデルの姿勢を指定する。システムは、入力された姿勢から、図 4のような身体運動記述ファイルとして出力する。

```
#Frame 0                                #From 0 To 5
throat 7,12,0                            root 0.0,-0.9,0.0
neck 0,0,0                               throat 7,12,0
rib 0,0,0                                neck 0,0,0
loin 0,0,0                               rib 0,0,0
pelvis 0,0,0                             loin 0,0,0
r_chest 0,14,17                          pelvis 0,0,0
r_shoulder 14,-16,25                     r_chest -37,14,0
r_elbow -51,0,0                          r_shoulder -7,24,65
r_wrist -29,0,0                          r_elbow -97,0,0
l_chest 0,-10,-18                       r_wrist -29,0,0
l_shoulder 0,10,-39                     l_chest 0,-13,0
l_elbow -48,0,0                          l_shoulder -12,-19,-48
l_wrist -32,0,0                         l_elbow -112,0,0
r_hip 0,2,-87                            l_wrist 0,-59,0
r_knee 0,0,0                             r_hip -39,-8,-88
r_ankle 0,0,0                           r_knee 59,-70,5
r_foot 0,0,0                             r_ankle -42,0,0
l_hip 0,0,87                             l_hip -34,19,-66
l_knee 0,0,0                             l_knee 2,-80,124
l_ankle 0,0,0                           l_ankle -41,-15,0
l_foot 0,0,0                             l_foot 0,0,0
```

図 4: 生成された動作記述

直接モデルを動かして動作を指定できるので、直感的に動作入力が行える。ただし、生成される記述

は関節角度を羅列したものであるため、表示に利用する人体モデルの体型によって表示される動作が異なる場合がある。図5に、このシステムで作成された動作記述を体型の異なる二つの人体モデルに適用した場合の例を示す。

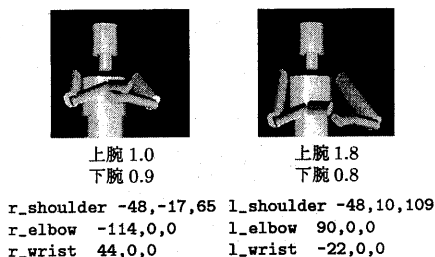


図5: 体型の違いによる姿勢の相違

3.2.2 ビデオ映像からの動作抽出

ディスプレイ上にビデオ映像を表示し、映像上の人物像とCGによる三次元人体モデル像とのマッチングを行うことで、動作情報を取得する。

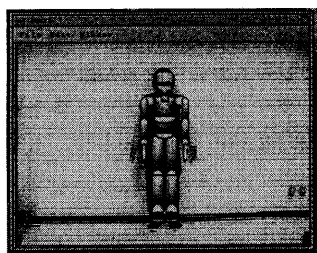


図6: ビデオ映像とのマッチングによる動作抽出

図6は、構築中のシステムの画面例である。現在のところ、三次元人体モデルとビデオ映像中の人物のマッチングは手動により行っている。この操作を半自動化することについては検討中である。

3.2.3 Labanotationの自動認識とエディタ

Labanotation(舞踊譜)とは、舞踊の分野で使用されている振り付けの記述方法である [1][2]。Labanotationによる記述の一例を、図7に示す。Labanotationでは、体の各部分の運動の方向や、重心を支える部分を指定することで動作を表現する。動作は関節ごとではなく、腕、体、足など、おおまかな体の部分ごとに指定される。

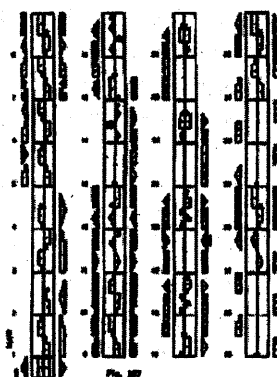


図7: Labanotation(舞踊譜)

われわれは、動作記述法としてLabanotationに注目し、画像処理によるLabanotation譜面の自動認識を試みる傍ら、Labanotation記号を用いた動作記述エディタの開発も行っている [2]。現在、Labanotation記号から、計算機上で扱える数値や文字記号への変換手法や、Labanotationでの記述から具体的な動作データの算出法などを検討中である。

4 動作モデルを用いた動作生成

動作生成部は、前節で述べたような方法によって作成された動作記述を元に、計算機上で表示可能な動作データ（ここでは、各関節の回転角度と重心の位置）を生成する。抽象度のレベルによって、動作生成に必要とされる過程は異なる。動作生成過程の概略を、図8に示す。

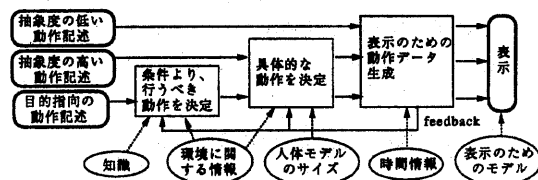


図8: 動作生成の過程

ここでは、動作に関するパラメータと、動作を生成する手続きを、カプセル化されたオブジェクト指向モデルに格納することを行っている。動作情報を格納するオブジェクト指向モデルを、「動作モデル」と呼ぶ。動作モデルは、動作記述と動作生成ライブラリを参照して、動作情報を格納する。

4.1 動作モデルの構造

図9に、動作モデルの構造を示す。

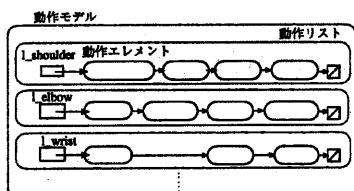


図9: 動作モデルの構造

図9で長円によって示されている動作エレメントは、最小単位の動作(ここでは関節ごとの動作)に関するパラメータと、動作を生成する手続きを持つ。動作エレメントはカプセル化されており、内部は、外部から許可なく参照できないようになっている。

動作エレメントの内部の構造は、動作の記述方法によって異なるが、外部から見たときの動作エレメントのふるまいは共通になるようにしている。

動作エレメントを関節ごとに時系列に並べてリストにしたものを、動作リストと呼ぶ。

4.2 動作モデルの機能

4.2.1 動作記述の格納

動作モデルは、動作記述を解析し、動作生成ライブラリを参照して新しい動作エレメントを生成し、動作リストに加える(図10)。

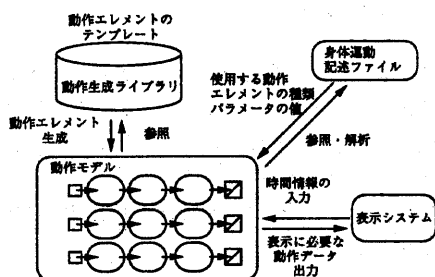


図10: 動作モデルの機能

動作生成ライブラリは、動作記述に対応する動作エレメントや、よく使用される基本的な動作を表現する動作エレメントのテンプレートを、クラスライブラリとして保持するものである。

動作生成ライブラリのテンプレート内に、動作パ

ラメータの標準的な値をあらかじめ定義しておくことによって、動作の記述を簡略化できる。

また、動作リストの構造を可視化し、動作エレメント中のパラメータを変更できるようなインターフェースを構築すると、いくつかの抽象度レベルを併用した動作を扱うことができる。

たとえば、ディスプレイ上に図9のような動作リストを表示し、リスト上の各ノードをクリックすると、動作エレメント中の内部パラメータを表示するとともに、これらを変更するためのダイアログが表示されるようなものが考えられる。

4.2.2 動作データの生成

動作モデルは、時間情報が入力されると、入力時刻に対応した各関節の角度を算出し、出力する機能を持っている。動作モデルが角度情報を算出するまでの手順は、以下のとおりである。

1. 時間情報が入力される。
2. 関節ごとの動作リストを辿り、入力された時刻に対応する記述を格納した動作エレメントを選び出す。
3. 選ばれた動作エレメントは、内部に持っているデータと手続きを使って演算を行い、関節角度を出力する。

4.3 動作エレメントの構造とふるまい

4.3.1 抽象度の低い記述による動作エレメント

図11に、抽象度の低い記述の動作エレメントの構造を示す。

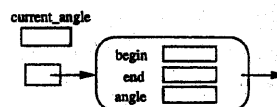


図11: 抽象度の低い記述の動作エレメント

図11に示されているcurrent_angleは、現在の関節角度を保持するために動作リストが持つパラメータで、動作リストに含まれている全ての動作エレメントが参照できる。

この動作エレメントは、時間情報が入力されると、current_angleを記述された角度angleとの間で線形補間やスプライン曲線によって補間を行い、入力された時刻での関節角度を算出する。

抽象度の低い記述の動作エレメントにおいては、各関節の角度を算出するための演算は、対応する動作エレメントごとに独立に行われる。算出された関節角度は、他の動作エレメントや環境情報の影響を受けない。

4.3.2 抽象度の高い記述の動作エレメント

抽象度の高い動作記述においては、一つの記述の効果が複数の関節にわたっている。また、実際の動作データは、周囲の環境や身体モデルのパラメータを考慮して算出される。

したがって、このレベルの動作エレメントでは、複数の動作エレメント間でデータや手続きを共有し、また、必要に応じて環境パラメータや身体モデルパラメータを参照する。図12に、腕の動作を表現した動作エレメントの構造を示す。

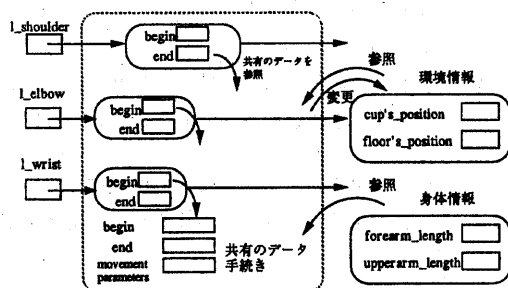


図12: 抽象度の高い記述の動作エレメント

図12に示された三つの動作エレメントは、動作生成に必要なデータと手続きを共有している。時間情報が入力されると、共有された手続きが実行され、入力された時間に応じた関節角が、それぞれの関節について算出される。データ算出の際、外部で定義されている環境パラメータや身体モデルパラメータが参照され、使用される。

動作エレメントによっては、環境パラメータを参照するだけでなく、パラメータの値を変更するものもある。たとえば、「コップを持ったまま、腕を動かす」という動作を表現するモデルが挙げられる。この動作エレメントは、腕の動作データを算出すると同時に、コップの位置を、算出した手の位置に合わせて変更する。

あるモデルが入力時刻に対応した関節角を算出している間に、他の動作エレメントの手続きによって環境パラメータが変更される可能性がある。これを

防ぐために、動作エレメントの実行に優先順位をつけ、優先順位が高い動作エレメントから順にデータの算出を行うようにする。

5 身体運動の表示

表示システムでは、人体モデルを、図2で示したような構造を持つものとして定義する。

図13に、動作表示の一例を示す。

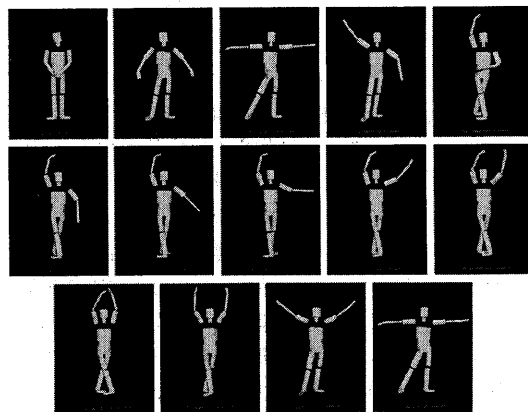


図13: 動作の表示

表示システムには、動作表示の開始・停止や速度調整、視点の変更、動作や環境・人体形状を変更するためのインターフェースが用意されている。

6 おわりに

現在までに、抽象度の低い動作記述ファイル（関節角とフレームを記述したもの）から動作モデルを作成し、人体モデルに動作を与えるシステムを構築することができた。

抽象度の高い記述に関しては、記述方法も含めて現在構築中である。

参考文献

- [1] 八村: “身体運動情報の処理” 情報処理学会研究報告, 90-CH-6, (1990)
- [2] 高地, 八村, 英保: “舞踊譜による人間の身体運動の入力”, 情報処理学会研究報告, 92-CH-14, (1992)