

舞踊符による動作の記述法の提案

海賀 孝明^{*}, 湯川 崇[§], 長瀬 一男^{*}, 佐々木 信也[†], 玉本 英夫[‡]
^{*}わらび座, [§]秋田経法大短大部, [†]秋田県工業技術セ, [‡]秋田大学

Proposal of a Description Method of Movement Using Buyo-fu

Takaaki KAIGA^{*}, Takashi YUKAWA[§],

Kazuo NAGASE^{*}, Shinya SASAKI[†] and Hideo TAMAMOTO[‡]

^{*}Warabi-za, [§]Akita Keiho Univ., [†]Akita pref. Industrial Tech. Center, [‡]Akita Univ.

概 要

現在, 後継者不足等で継承が途絶えていく民族芸能を記述し記録する手法の確立が望まれている。記述法として音楽には楽譜が体系化されているが, 人間の動作に関して体系化された記述法は確立されていない。人間の動作は, 3次元の位置情報が時系列となった情報をもっているため, 紙等への2次元表記が困難だからである。そこで筆者らは, 民族芸能の踊りなどの動作を記述する手法を検討してきた。

本論文では, はじめに, コンピュータの利用を前提とし, 舞踊符と名づけた人間の連続の動作を記述する新しい手法の提案を行う。舞踊符とは, 踊りの振りに対して, 一意に付けた記号である。次に, 舞踊符とモーションキャプチャシステムを用いた動作記述システムについて述べる。

実験により, 舞踊符を用いた動作記述システムが, 民族芸能の踊りなどの動作の記録・創作のための有効な手法となる可能性を示すことができた。

1 はじめに

私たちのまわりに伝えられている多数の民族芸能は, ひとからひとへと受け継がれ今に至っている。これら民族芸能は, 受け継がれていく中で互いに影響を受け創作発展しながら時代とともに変化し, 多様性を特徴としている。また, 村社会の崩壊による後継者不足等により, いかに継承するかが課題となっている。

私たちは民族芸能を受け継ぐために, 写真, 映画, ビデオ等のその時代に合った媒体に動作を記録し, それを補助手段として用いてきた。これらの媒体は, 2次元情報, または2次元情報の時系列として記録するため, 3次元の位置情報が時系列情報となる人間の動作を, 忠実に記録・再生することができなかった。

民族芸能の踊りなどの動作を記述するために, 付録に示す例のような絵や記号を用いて紙に表記する様々な方法が考案されている^[1]。また, コンピュータを用いた動作記述の研究もされている^{[2] [3] [4]}。しかし民族芸能の多様性のために, 現代舞踊におけるLabanotation^{[5] [6]}のような統一的な表記法を利用することは困難となっている。

民族芸能の踊りを体得するためには, その過程において個々の動作(振り)を繰り返し練習する。また実演時において, 振りの繰り返しや入れ替え等が行われ創作される。一方, 連続的に動作を記録・再生する映画やビデオは, 特定の振りを再現するには向かない。

このような状況の中で, 多様性のある民族芸能の

踊りを忠実に記録・再生でき、体得する際の補助手段や創作の道具として使うことができる、動作の記述手法の開発が望まれている。このためには、1) 3次元の位置情報を時系列情報として記録できる、2) 統一性を求めるよりむしろ多様な情報を多様なまま取り扱うことができる、3) 踊りを振りの組み合わせとして取り扱うことができる手法の開発が必要である。

近年、人間の動作をコンピュータに取り込み、時系列で3次元記録するモーションキャプチャシステムが開発され、CG等でキャラクタを忠実に動かすためのデータを取得するときに活用されている^[7]。モーションキャプチャシステムは、人間の動きを3次元の位置情報の時系列情報として記録するための道具として極めて有用である。

一方、コンピュータは高機能化が進み、マルチメディア情報を取扱うことができ、加えてデータベースを構築しそれを効率よく活用することが可能になった。データベース化は、多様なデータを効率よく扱う手段を提供する。

そこで本論文では、多様性を持つ民族芸能を忠実に記録し、踊りの振りを単位として取り扱うための舞踊符と名づけた動きの表現方法を提案する。舞踊符とは踊りの振りに対して、一意に付けた記号である。舞踊符を用いることにより、一つの舞踊を正確に表現でき、踊りの記録が可能となるだけでなく、新たな踊りの創作も可能になる。この舞踊符とモーションキャプチャシステムで記録した振りのデータとをデータベース化し、それをもとに一連の動作を記述・生成する動作記述システムを開発した。

本システムをいくつかの民族芸能に適用したところ、民族芸能をはじめとする動作の記録・創作のための有効な手法であることが分かった。

2 舞踊符・舞踊譜^[8]

民族芸能における口唱歌の単位や、お囃子のフレーズ等で区切られるような個々の動作を、踊りの振りとする。その踊りの振りに対して、一意に付けた記号を舞踊符と呼ぶ。舞踊符は、ユーザがある意味を持つ踊りの振りを規定し、任意に定義付けられるものである。舞踊符を組み合わせることによって、一連の動作を記述できるようになる。

本論文では舞踊符を、踊りと振りを表す2文字ずつの英数字をハイフンでつないだ形式とした。例えば、以下のようにになっている。

- ・ ON-B1 (鬼剣舞の早念仏の振り)
- ・ ON-T1 (鬼剣舞のトウデコ1の振り)

この舞踊符の組み合わせによる動作の記述を舞踊譜と呼ぶ。音楽における記述法と比較してみると、表1に示すように対応づけられる。

表1 音楽と動作の対応表

音楽	動作
フレーズ	舞踊符
楽譜	舞踊譜
音(音源)	モーションキャプチャデータ

3 動作記述システム

舞踊符を使った動作記述システムの概要を述べる。本システムは図1に示すように、「動作データベース部」と「動作作成部」とから構成される。

動作データベース部は、舞踊符と振りのデータからなるデータベースである。振りのデータには、モーションキャプチャシステムを使用して記録したモーションキャプチャデータ(Mocap データ)を用いる。4.2で説明する標準化を行った Mocap データを、舞踊サ

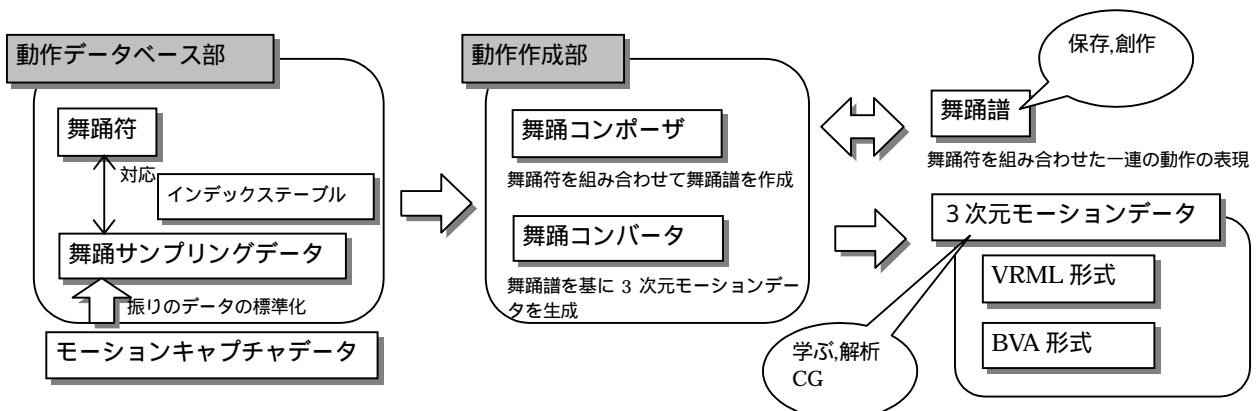


図1 システム構成図

ンプリングデータと呼ぶ。舞踊符と舞踊サンプリングデータを対応づけるために、インデックステーブルを用意する。

動作作成部は、舞踊コンポーザおよび舞踊コンバータと呼ぶ機能から構成される。舞踊コンポーザは、舞踊符を組み合わせて舞踊譜を作成するためのアプリケーションプログラムである。舞踊コンバータは、舞踊コンポーザで作成された舞踊譜をもとに一連の動作を合成するためのアプリケーションプログラムであり、3次元再生できる VRML または BioVision 社の BVA 形式⁹⁾の3次元モーションデータを出力する。

4 動作データベース部

4.1 動作の3次元記録

アクターの動作を記録するために、モーションキャプチャシステムを使用した。モーションキャプチャシステムは、人間の各部に取り付けたセンサまたはマーカの位置情報や角度情報を、時系列の3次元データとしてコンピュータに取り込む装置であり、磁気式、光学式、機械式の方式がある。

本研究では、図2に示すような、POLHEMUS社のSTAR TRAK モーションキャプチャシステム¹⁰⁾を使用した。このシステムの特徴は、センサの情報を計測するために磁気を用いること、メモリパックを用いてコードレスによる記録を実現できることである。光学式の装置と同程度の動きやすさを確保しながら、光学式よりも正確な角度と位置の計測が可能である。

アクターの踊りを記録するにあたり、図3に示す



図2 モーションキャプチャシステム

ように、身体を15のセグメントに分割する。各セグメントにセンサを取り付け、毎秒120フレームのMocapデータを記録する。各センサは、図4に示すようにアクターの動作が明確に計測でき、急激な動作においてもずれない位置に固定する。

記録したMocapデータは、BVA形式で保存する。この形式では、図5に示すように、各センサ毎にセグメント名、動作全体のフレーム数、1フレームあたりの時間、およびフレームのデータが並ぶ。1フレームのMocapデータは、3次元の位置、角度、ならびに位置のスケールの情報で構成されている。

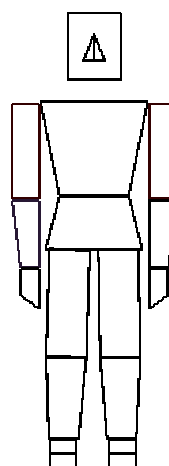


図3 身体のセグメント化

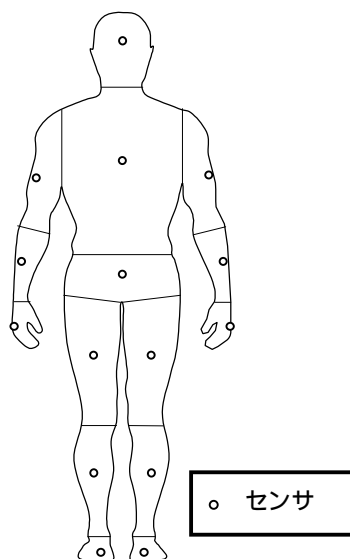


図4 センサの取付け位置

```

Segment: Hip
Frames: 118
Frame Time: 0.033333
XTRAN  YTRAN  ZTRAN  XROT   YROT   ZROT   XSCALE YSCALE ZSCALE
INCHES INCHES INCHES DEGREES DEGREES DEGREES PERCENT PERCENT PERCENT
-0.3718 20.4638 -2.1450 6.1857 2.6590 1.1791 100.0000 100.0000 100.0000
-0.5037 20.6603 -2.2486 7.3970 2.5909 0.7183 100.0000 100.0000 100.0000
-0.5301 20.8994 -2.2957 8.4050 2.3911 0.3320 100.0000 100.0000 100.0000
-0.5159 21.1892 -2.3004 9.0998 2.1499 0.0449 100.0000 100.0000 100.0000
-0.3960 21.4442 -2.2827 9.5807 1.7744 -0.1614 100.0000 100.0000 100.0000
...

```

図 5 BVA 形式のファイル例

4.2 Mocap データの標準化

Mocap データは、アクターの動作を正確に表現しているが、アクターの体型がそれぞれ異なるため、相互に組み合わせて再利用するには適さない。そのため、標準的な体型を規定し、それをもとに Mocap データを標準化し、舞踊サンプリングデータを作成する。

標準化の作業は、3次元グラフィックス処理ソフトウェアでモーションデータを利用することも考慮し、Kaydara 社の FiLMBOXTMを用いて以下のような手順で行う。

- 1) 図 6 に示すような、標準的な体型と同じ長さのセグメントの標準人体モデルを作成する。各セグメントのセンタは、標準人体モデルの関節の位置に設定する。また、各セグメントの構造は、図 7 に示すような階層構造に設定する。
- 2) Mocap データを取り込む。
- 3) 腰のセンサにより記録されたデータを親として、

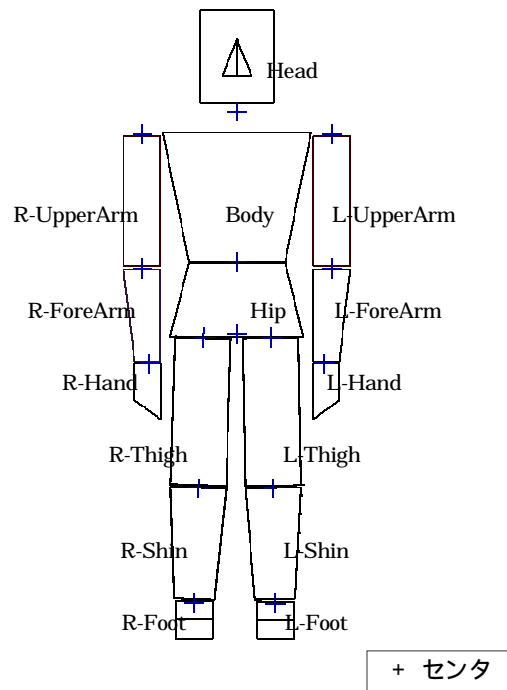


図 6 標準人体モデル

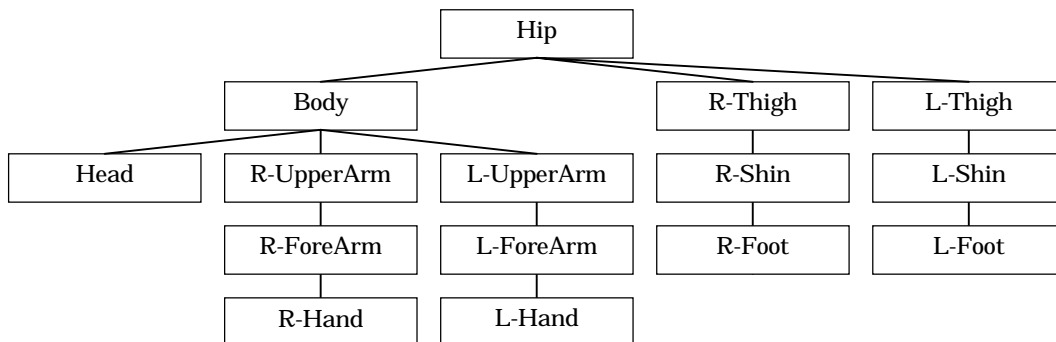


図 7 標準人体モデルの階層図

標準人体モデルの腰(Hip)にあたるセグメントとの親子付けを行う。

- 4) 他の 14 個のセンサにより記録されたデータと、それぞれの各センサに対応する標準人体モデルの各セグメントとの回転の関連付けを行う。
- 5) Mocap データを再生することにより、3),4)で行った関連付けが標準人体モデルに反映し、舞踊サンプリングデータが作成される。

作成された舞踊サンプリングデータは、BVA 形式で保存する。作業中の画面の例を、図 8 に示す。この作業により、センサ間の距離が規定した標準人体モデルの長さにも補正され、センサの位置データは図 6 のセンサの位置に移動される。

4.3 動作のデータベース化

舞踊符と舞踊サンプリングデータとを関連付けるためデータベース化を行った。このデータベースのインデックステーブルには次の項目が含まれている。

- ・ 舞踊名
- ・ 舞踊符
- ・ 舞踊サンプリングデータファイル名
- ・ 開始フレーム番号
- ・ 終了フレーム番号
- ・ 振りの名前
- ・ 振りの解説

開始フレーム番号と終了フレーム番号は、舞踊符の舞踊サンプリングデータ中の位置を表わす。このデータベースから、セグメント単位で舞踊サンプリングデータを取り出すことが可能である。

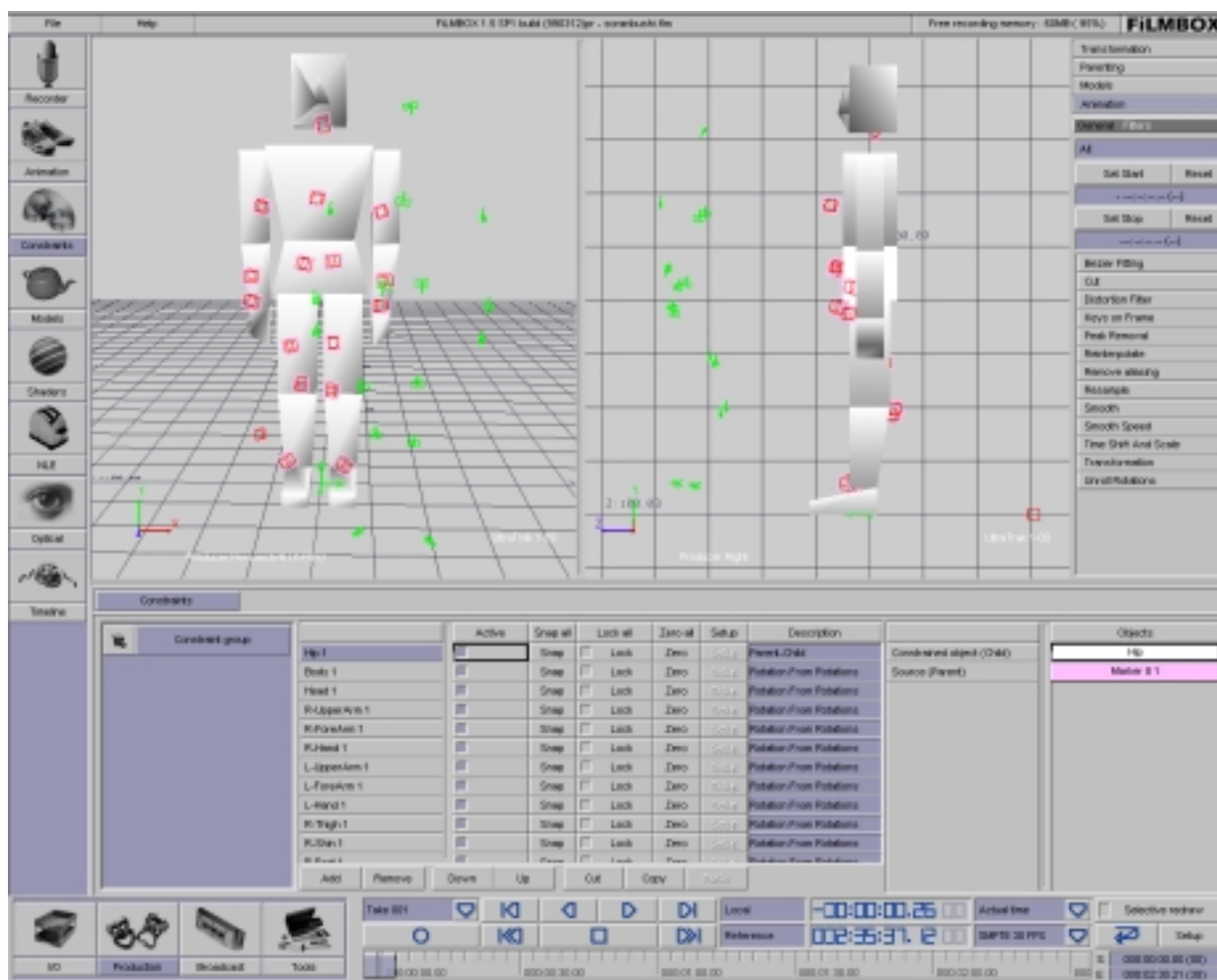


図 8 FILMBOX での作業画面

5 動作作成部

舞踊符を任意に組み合わせる動作作成を行うため、舞踊譜の作成を行う「舞踊コンポーザ」、並びに舞踊譜をもとに動作を合成・出力する「舞踊コンバータ」を開発した。これらのプログラムは、Java 言語を用いて記述した。

より細かい動作の記述を可能にするため、舞踊符の概念を拡張し、舞踊符を人間の部位(頭部、腕部、胸部、脚部)毎に利用できるようにした。これらの部位は、図9に示すように、それぞれの中に含まれるセグメントをグループ化することにより表わされる。各々の部位は、隣り合う部位との接点となるセグメントを共有する。このセグメントを、共有セグメントと呼ぶ。共有セグメントには、脚部と胸部の接点となる腰のセグメント、および胸部と腕部、並びに胸部と頭部の接点となる胸のセグメントがある。

この拡張した舞踊符を、2で説明した舞踊符の後に、アルファベット2文字で表わされる部位をハイフンでつないだ形式とする。部位を表わす記号は、頭部がHD、腕部がAM、胸部がBD、脚部がLGである。例えば、鬼剣舞の早念仏の各部位の振りを表わす舞踊符は以下のようにになっている。

- ・ ON-B1-HD (頭部)
- ・ ON-B1-AM (腕部)
- ・ ON-B1-BD (胸部)
- ・ ON-B1-LG (脚部)

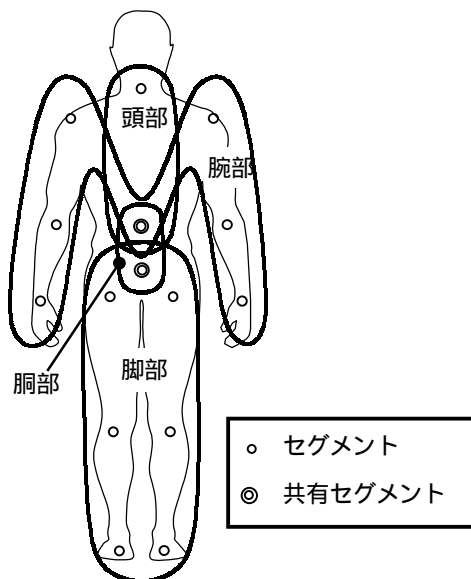


図9 人間の部位

5.1 舞踊コンポーザ

舞踊コンポーザは、動作データベースのインデックステーブルに記述されている舞踊符を、人間の部位毎に、時間軸に沿って配置することにより動作を記述するためのアプリケーションプログラムである。図10に画面例を示す。舞踊符を配置するには、図10中に示す舞踊符選択ダイアログを開き、舞踊名、振りの名前を選択する。舞踊符は、動作の速度を変化させるために、時間軸方向に伸縮ができる。記述した動作は、舞踊譜として保存する。



図10 舞踊コンポーザ画面例

5.2 舞踊コンバータ

舞踊コンバータは、舞踊コンポーザで作成した舞踊譜に記述されている舞踊符を動作データベースから読み込み、動作を合成して新しい3次元モーションデータを生成するためのアプリケーションプログラムである。生成されたデータは、VRML形式またはBVA形式で保存できる。VRML形式は、ブラウザを用いて動作を表示するために利用することができる。BVA形式は、3次元グラフィックス処理ソフトウェアを用いたアニメーション等の作成に利用することができる。

5.3 動作の記述

舞踊コンポーザで作成した舞踊譜は保存コマンドにより Digital Dance Score (DDS)と名づけた形式でディスクに保存される。図11にDDS形式の例を示す。

最初の文字が#で始まる行はコメント行(1-4,7,11,15行目)である。ただし#の後に Title:, Author:, Data:のキーワードが続く行は、それぞれ舞踊譜のタイトル(1

行目), 作成者(2 行目), 作成日(3 行目)を表わすために用いられる。

最初の文字がアルファベットで始まる行(5,8,12,16 行目)は部位を定義する行である。部位名の後に":"(コロン)を置き, その後に, その部位に含まれるセグメント名リストを記述する。セグメント名リストはセグメント名を","(コンマ)で区切ったものである。セグメント名リストの先頭には, 他の部位と共有するセグメント名を記述する。

部位名を定義する行の次の行から, 舞踊コンポーザに配置した舞踊符の情報を, 1つの舞踊符につき1行ずつ記述する(6,9,10,13,14,17 行目)。この行は,

開始フレーム番号:実行フレーム数:舞踊符
の形式になっていて, 舞踊符が表わす動作を「開始フレーム番号」から「実行フレーム数」が表わすフレーム分, 実行することを表わしている。

5.4 新しい動作の合成^[12]

舞踊譜から動作を合成して新しい3次元モーションデータを生成する手続きは, 部位間の合成と, 時間軸方向での動作間の合成とに分けて行う。

部位間の合成手続きは, 人間の姿勢は脚部が基準となっていると考え, はじめに脚部に胴部を接合し, 続いて胴部に腕部, 胴部に頭部の順に部位を接合することにより行う。このとき, 脚部のデータは舞踊サン

プリングデータをそのまま使用する。それ以外の部位を接合する場合には, 相手となる部位の共有セグメントの位置と角度が, 基準となる部位の共有セグメントの位置と角度に等しくなるように移動と回転を行う。相手となる部位の共有セグメント以外のセグメントは共有セグメントを中心として回転を行い, 共有セグメントと同じ距離だけ移動する。

この手続きを舞踊譜に記述されているすべてのフレームに対して適用する。基準となる部位に含まれるセグメントの位置座標を P_0 , そのセグメントの角度を x, y, z 軸の回りに回転させるための回転行列を R_0 とする。相手となる部位の共有セグメントの位置座標を p_i , そのセグメントの角度を x, y, z 軸の回りに回転させるための回転行列を r_i ($0 < i < \text{相手となる部位に含まれるセグメント数}$; $i = 0$ で共有セグメントを, $i > 0$ でそれ以外のセグメントを表わす) とする。このとき, 相手となる部位のセグメントの合成後の位置座標 p_i' は式(1)により求めることができる。

$$p_i' = p_0 + R_0 r_0^T (p_i - p_0) \quad (1)$$

また, 合成後の角度は $R_0 r_0^T r_i$ を計算した結果をもとにして求めることができる。

動作間の合成手続きは, 1つ前の動作での終了フレームにおける腰のセグメント位置と, その後に続く動作の腰のセグメント位置が一致するように, 腰のセグメント位置を移動することにより行う。

```
1 # Title: みかぐらとそうらん節
2 # Author: Digital Art Factory
3 # Date: 1999/04/23 18:26:57
4 # 頭部の定義
5 HD: Body,Head
6 0:75:DNC-MK-S1-HD
7 # 腕部の定義
8 AM: Body,L-UpperArm,L-ForeArm,L-Hand,R-UpperArm,R-ForeArm,R-Hand
9 0:40:DNC-SR-HS-AM
10 40:40:DNC-SR-HS-AM
11 # 胴部の定義
12 BD: Hip,Body
13 0:40:DNC-SR-HS-BD
14 40:40:DNC-SR-HS-BD
15 # 脚部の定義
16 LG: Hip,R-Thigh,R-Shin,R-Foot,L-Thigh,L-Shin,L-Foot
17 0:75:DNC-MK-S1-LG
```

図 11 DDS 形式のファイル例(左の数字は説明のための行番号)

6 適用例

6.1 舞踊符の作成

日本の代表的な民族芸能の踊りを中心に、表 2 に示す 16 曲を選択し、366 の舞踊符を作成した。また、選択した踊りをモーションキャプチャにより記録し、舞踊サンプリングデータを作成してデータベース化した。

表 2 舞踊名および舞踊符数

舞踊名	舞踊符数
ソーラン節	32
盆舞田子神楽	23
秋田おばこ	23
秋田音頭	11
西馬音内音頭	7
西馬音内がんげ	7
鬼剣舞	28
さんさ踊り	22
みかぐら	22
花笠音頭	39
郡上春駒	2
郡上かわさき	3
越中おわら	18
鳩間節	33
盆舞の 2	43
基本の舞	53

6.2 動作作成例

動作作成例として、2 つの舞踊符を組み合わせて創作した例を示す。頭と脚に、舞踊名「みかぐら」の振り「スピン」の舞踊符「MK-S1」を 1 つ使用する。腕と胴に、舞踊名「そうらん節」の振り「手打ち」の舞踊符「SR-HS」を 2 つ使用する。これは、スピンを 1 回する間に手を 2 回たたく動作である。

図 12 は、上記の例の舞踊譜を作成中の舞踊コンバータの画面である。

図 13 は、図 12 に示す舞踊譜から舞踊コンバータで生成した 3 次元モーションデータを VRML 形式で保存し、ブラウザで表示した画面である。

図 14 は、3 次元モーションデータを BVA 形式で保存し、3 次元グラフィックス処理ソフトウェアを用いてキャラクタを割り当て、正面からの視点で 1 秒あたり 3 コマの表示をした画面である。

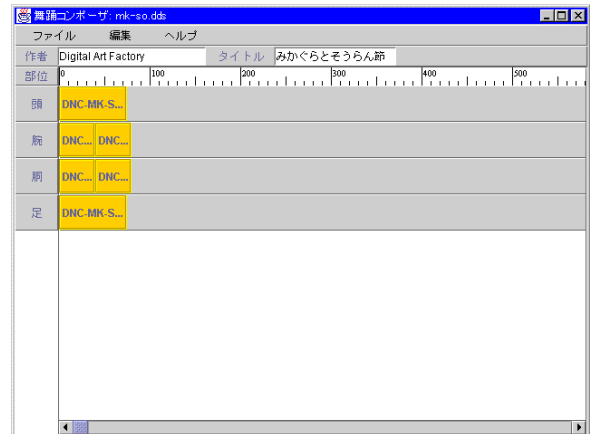


図 12 動作作成例

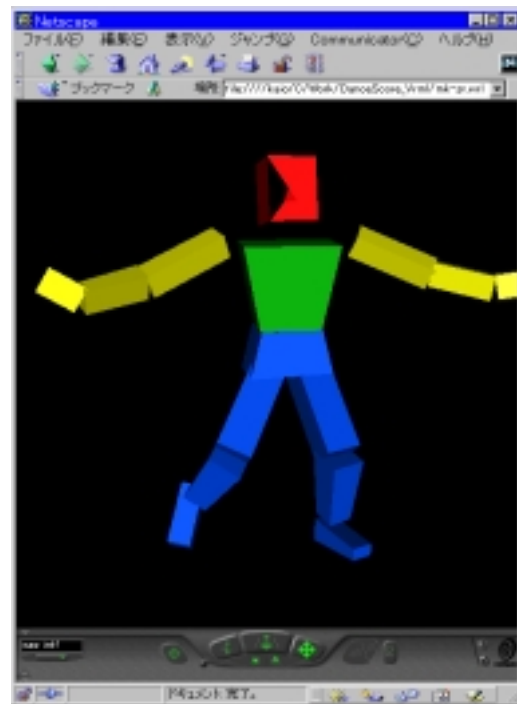


図 13 VRML 形式での表示例

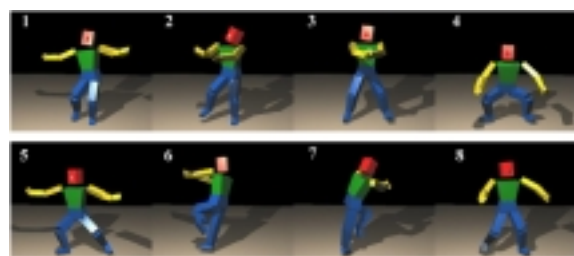


図 14 BVA 形式での作成例

7 おわりに

本論文では、一連の動作を記述できる舞踊符を提案した。また、民族芸能の踊りなどの動作の記録・創作のために開発した舞踊譜を作成する舞踊コンポーザ、および動作を合成・出力する舞踊コンバータについて述べた。16曲の踊りから、366の舞踊符を作成し、これにより踊りの記録、創作が可能となった。

民族芸能以外の柔道や体操等のスポーツ分野、日常の動作を符号化し、体系化することで動作の習得、シミュレーションなどにも広く応用が期待できる。

今後の検討事項として、動作の検索が容易にできる舞踊符の設計、身体をより正確に表わすことのできる標準人体モデルの作成、舞踊符の時間軸方向での合成手法等がある。

謝辞

この研究の一部は、情報処理振興事業協会のマルチメディアコンテンツ制作支援事業により行ったものであり、支援に対し謝意を表する。

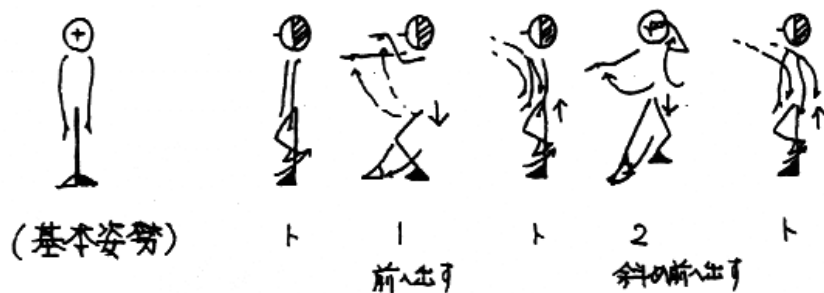
参考文献

- [1] 和栗由紀夫：“舞踏譜”，ジャストシステム（1998）
- [2] 高地泰浩,八村広三郎,英保茂：“舞踊譜 Labanotation

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)

- [3] 平松尚子,八村広三郎：“動作生成ライブラリを利用した身体運動の記述と表示”，情報処理学会研究報告, 97-CH-36 (1997)
- [4] 吉田康行,松岡洋介,八村広三郎：“舞踊譜 Labanotation に基づく身体運動の処理 譜面読取り LabanReader と譜面エディタ LabanEditor”，情報処理学会研究報告, 98-CH-38 (1998)
- [5] 堀野三郎：“身体運動における運動記譜法の応用 <2>”，長崎大学教育学部教科教育学研究報告, 第25号, pp.45-54 (1995)
- [6] 安居院猛他：“コンピュータアニメーション”，産報出版, pp.121-123 (1983)
- [7] M. オローク：“3次元コンピュータアニメーションの原理”，トッパン, pp.175-181 (1997)
- [8] 海賀孝明他：“舞踊符による動作の記述法の提案”，電子情報通信学会総合大会 A-16-21 (1999.3)
- [9] <http://www.biovision.com/>
- [10] <http://www.polhemus.com/>
- [11] <http://www.kaydara.com/>
- [12] 湯川崇他：“舞踊符による3次元モーションデータの合成”，電子情報通信学会総合大会 A-16-22 (1999.3)

(付録) 紙への表記例



わらび座「基本の舞」より「出し足」

筆者紹介



海賀 孝明 (Takaaki KAIGA)

1970年12月生

(株)わらび座 Digital Art Factory

平7年茨城大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程了。同年新技術事業団(現科学技術振興事業団)入社。平8年(株)わらび座入社。現在に至る。平9年より民族芸能のモーショキャプチャによる記録保存の研究に従事。

日本機械学会、情報処理学会各会員。



湯川 崇 (Takashi YUKAWA)

1968年12月生

秋田経済法科大学短期大学部

平5秋田大・鉱山・電子卒。平7同大学院修士課程了。平8年秋田経法大短大部講師。現在に至る。マルチメディアデータベースの研究に従事。

情報処理学会会員。



長瀬 一男 (Kazuo NAGASE)

1953年5月生

(株)わらび座 Digital Art Factory

わらび座は秋田県田沢湖町を拠点に全国公演し、その本拠地は劇場を核とし、民族芸術研究所など総合的な芸術村を形成している。そのコンピュータ部門を担い、業務のネットワーク化と共に、モーショキャプチャーを利用による民族芸能の記録保存の研究や民謡の音声データベースの開発、古文書研究へのデータベースの応用などを手がける。また、地方におけるインターネット有効活用を進める活動等を積極的に進めている。



佐々木 信也 (Shinya SASAKI)

1969年12月生

秋田県工業技術センター情報システム開発部

1991年～1994年医用画像処理技術の研究に従事。頭部MRI画像からの、血管像自動抽出についての研究。1995年～1997年画像処理応用技術に関する研究に従事。ニューラルネットワーク・フラクタル・カオスを利用した画像認識技術の開発。人物動作認識アルゴリズム(ヒューマンリーダー)の開発。自律移動ロボットの為の動画画像処理によるナビゲーションシステムの開発。1998年～現在次世代型ネットワークコンピューティングの応用化開発に従事。



玉本 英夫 (Hideo TAMAMOTO)

1949年2月生

秋田大学工学資源学部情報工学科

昭46東大・工・電気卒。昭51同大学院博士課程了。同年秋田大・鉾山・電子講師。平5同情報教授。平10秋田大・工学資源・情報教授。平8～9カタロニア工大・アイオワ大各客員教授。現在に至る。この間、論理回路の故障診断、画像計測、マルチメディアデータベースの研究に従事。工博。電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、計測制御学会、日本素材物性学会、IEEE各会員。著書「論理回路の故障診断」、訳書「フォールト・トレランス入門」等。