

# ビデオ及びモーションデータを用いた舞踊のデジタルコンテンツ化

## Digital Archiving of Dances using Video and Motion Capture Data

久野 義徳<sup>1\*</sup>, 中村 明生<sup>1</sup>, 村上 智一<sup>1</sup>, 庭山 知之<sup>1</sup>

Yoshinori Kuno<sup>1</sup>, Akio Nakamura<sup>1</sup>, Tomokazu Murakami<sup>1</sup> and Tomoyuki Niwayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 埼玉大学 工学部 情報システム工学科

Department of Information and Computer Sciences, Saitama University

### Abstract

This article describes a system to analyze traditional dances for digital archives. It integrates motion data obtained from a motion capture system and multiple video images. With this system we can analyze how each body part moves in video images even when it may not be seen under the loose garments. Furthermore, we can compose new dances by connecting elemental motions of dances.

**Key Words:** Motion Analysis, Video, Motion Capture, Digital Archive, Traditional Dance

### 1. はじめに

文化遺産のデジタルコンテンツ化では、美術品、建物、仏像等の有形なものだけでなく、人間により伝承される無形なものも重要な対象である。そこで、このような無形文化財のうち伝統的な舞踊のデジタルコンテンツ化について研究を進めている。

舞踊のデジタルコンテンツ化にあたり保存する情報として考えなければならないのは「動き」と「見え」である。「動き」というのは舞踏の際に人間がどのように動いたかということである。「見え」というのは、伝統的な舞踊では多くの場合民族衣装を着たり、さらに何かものを持ったりする場合もあるが、人間の動きによりそれらの衣装などを含めたものが動き、それが外部にどのように見えるかということである。

「動き」情報については、磁気式や光学式のモー

ションキャプチャシステムにより獲得する方法が一般的であり、得られた身体の各部位の3次元運動情報から舞踊を基本動作に分割し、舞踊譜として保存することが研究されている[1][2]。また、「見え」情報については、複数のビデオカメラで撮影することにより、視体積交差法[3]により、任意視点からの映像を生成できるようにすることが提案されている。

しかし、演技時の身体の動きに対する衣装の動きや見え方は、モーションキャプチャ結果からは復元できない。また、視体積交差法では任意視点からの外見は復元可能だが、着衣の下にある身体の動きは復元できない。すなわち、これまでは「動き」と「見え」の情報が別々に保存されていたといえる。そこで、ここでは「動き」と「見え」の統合されたデジタルコンテンツの作成法を検討する。

---

\* 〒338-8570 浦和市下大久保2-5-5  
電話：048-858-9238 FAX：048-858-3716  
Email：kuno@cv.ics.saitama-u.ac.jp

さらに、本研究では作成したデータを有効利用できるようなツールの開発も目指す。デジタルコンテンツとしては、上述のような情報を獲得して蓄積するだけでは十分でない。それが、様々な目的に有効に利用しやすいようにしておかなければならない。利用としては、既存の個々の舞踊の動作の解析、それを利用した舞踊の習熟の支援(名人の芸の伝達支援)、多くの舞踊間の比較研究などが考えられる。さらに、このような既存の舞踊の中にとどまらず、新しい創作の支援のための利用も考えられる。例えば、わらび座では取得した舞踊データの利用法として、複数の舞踊の動作から新しい舞踊を創作することを目指している[2]。また、人間が踊るだけでなく、CG像、さらにロボットに踊らせることも考えられる。このような多様な目的に使えるようなツールを開発することも検討する。

## 2. 動きと見えのデータ統合

「動き」と「見え」の情報が統合されたデジタルコンテンツを作成するためのデータとして、多視点ビデオ画像とモーションキャプチャデータを利用する。しかし、両者を直接統合することは、両者の表すデータの性質の違いから困難であると予想される。そこで、統合を容易にするための補助となるデータを用意し、Fig. 1 に示すような統合されたデジタルコンテンツの作成法を検討することにした。本研究で用いたデータは次の3種類である。

### 平服データ

平服にマーカを取り付けた状態で (Fig. 2 (a)), モーションキャプチャにより取得した 3D 座標データを指す。平服とは日常的な服装で、キャプチャ時にマーカが隠れにくいなど、伝統的衣装に比べて 3D 情報取得に支障の少ない服装である。

### 補助データ

伝統的衣装を着用し、取り付け可能な部分にマー

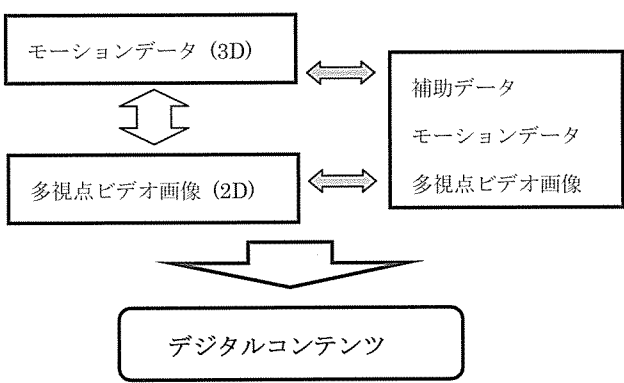
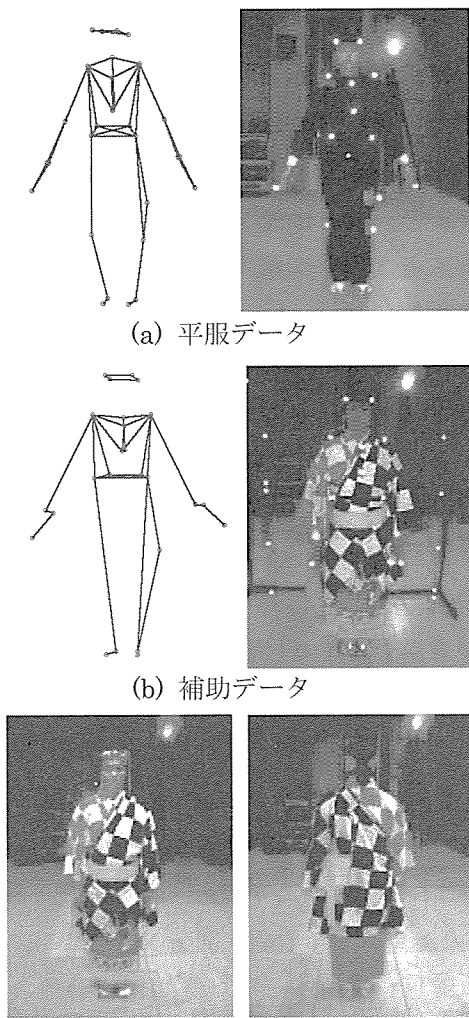


Fig. 1 デジタルコンテンツ作成の流れ



(c) 衣装データ

Fig. 2 扱うデータ

カを付けた状態で (Fig. 2 (b)), モーションキャプチャを行う。並行して演技者を複数ビデオカメラで撮影する。つまり補助データは、部分的なモーションデータと複数視点のビデオ画像からなる。

## 衣装データ

演技者に伝統衣装を着用した状態で (Fig. 2 (c)) 踊ってもらい、複数ビデオカメラにより取得したビデオ画像を指す。

### 2.1 モーションデータの時間的対応

平服データと補助データは同じ踊りを踊ったものだが、2 回別に踊ったものなので、若干の時間的ずれのある可能性がある。そこで、統合の手始めとして、平服データと補助データに含まれるモーションデータについて時間的対応をとる。ここでは、特徴点ごとの初期位置からの変位量に対し、動的計画法(DP)を用いることで、時間対応をとる。動作データ A, B を、

$$A = a_1, \dots, a_i, \dots, a_M \quad (a \in R^3)$$

$$B = b_1, \dots, b_i, \dots, b_N \quad (b \in R^3)$$

と書くと、データ間距離  $D(A, B)$  が次式で得られる。

$$d_{i,j} = \|a_i - b_j\|$$

$$S_{i,j} = d_{i,j} + \min(S_{i,j-1}, S_{i-1,j-1}, S_{i-1,j})$$

$$S_{1,1} = d_{1,1}$$

$$D(A, B) = S_{M,N}$$

距離を算出する際の  $i, j$  の組み合わせが、時間同期されたフレームの組み合わせを示す。

### 2.2 モーションデータとビデオ画像の統合

補助データでは、伝統的衣装を着ているため運動解析に必要な全点について 3 次元モーションデータを得ることはできない。しかし、マークの付けられた部分については、ビデオ画像中のマークの位置データと、モーションキャプチャによる 3 次元座標が得られる。したがって、そのデータからキャプチャシステム座標系からビデオ画像座標系への射影行列を求めることができる。そして、前項により平服時の完全なマーク取り付け時のデータと、補助データとの時間的な同期が得られているので、求めた射

影行列を用いることにより、平服時の 3 次元情報を補助データのビデオ画像に投影できる。

モーションデータの 3 次元座標  $M$ 、画像座標  $m$  及び射影行列  $P$  について

$$\tilde{m} \equiv P\tilde{M} \quad \tilde{m} = [u, v, 1]^T, \tilde{M} = [X, Y, Z, 1]^T$$

と書ける。ここで、 $n$  組の対応点から、方程式  $Bp = 0$  を得ることができる。ただし

$$p = [p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{21}, \dots, p_{34}]$$

$$B = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1X_1 & -u_1Y_1 & -u_1Z_1 & -u_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1X_1 & -v_1Y_1 & -v_1Z_1 & -v_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_nX_n & -u_nY_n & -u_nZ_n & -u_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_nX_n & -v_nY_n & -v_nZ_n & -v_n \end{bmatrix}$$

上式を解くことで、射影行列  $P$  が得られる。

### 2.3 データ統合結果

Fig. 3 は平服着用時と衣装着用時における、左手指先 Z 方向(上下方向)の初期位置からの変位を示している。また、平服時のデータのフレームに対し、同時刻として判定された衣装時のデータの値が表示されていて、対応の様子が見て取れる。一部大きく負の値に落ち込んでいるが、これはマーカの追跡に失敗した部分である。

Fig. 4 (a)は補助データのビデオ画像に対し、そのときのキャプチャ用マーカの位置情報を投影した様子を示している。Fig. 4 (b)は補助データのビデオ画像に対し、平服時のキャプチャ用マーカの位置情報

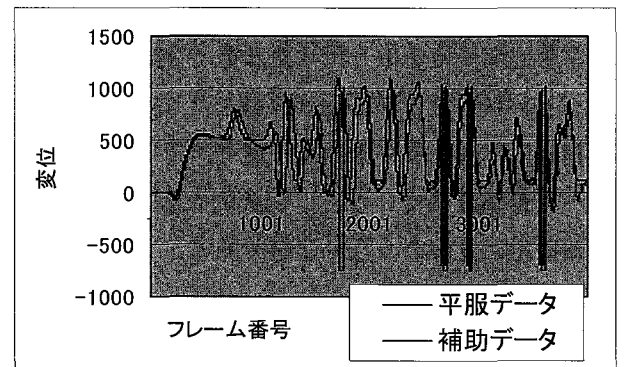
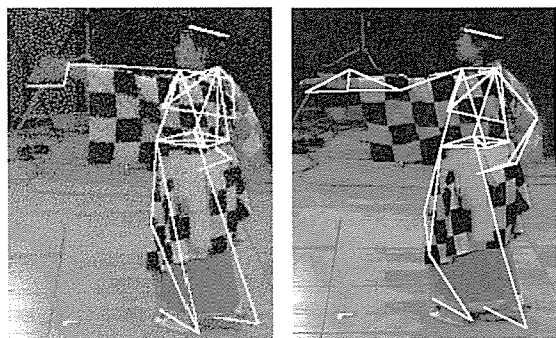


Fig. 3 時間同期の様子(左指先 Z 方向)



(a) 補助ー補助 (b) 平服ー補助

Fig. 4 3D-2D 投影

報を投影した様子を示している。マーカを連結した部分がワイヤフレームモデルで表示されている。これにより、補助データ採取の際には取り付けていないマーカの位置や、画像中では隠れているマーカの位置も見ることができる。

### 3. 舞踊解析・創作ツールの開発

統合された舞踊データを用いて、舞踊の解析・創作を支援するツールの開発を進めている。解析・創作のための基本処理は、舞踊の動作を基本的な動作に分解することと、分解された要素を結合することである。また、その結果を外に出力することも必要である。出力としてはCGで表示する他に、ロボットに踊らせることも考えている。

#### 3.1 舞踊データの分解と結合

舞踊データを基本要素に分解することについてはCREST池内プロジェクトで中澤ら[4]が検討している。そこで、ここでは分解についてはその成果を利用することとして、その次の段階としてFig. 5に示すように異なる踊りの振り同士を繋ぎ合わせて新しい踊りを作り出すことを検討している。

振りの動作を繋ぐといっても、ただ単純に時系列

上に並べるだけでは動作が不連続になってしまうので、振りと振りの間を補間する必要がある。その際、その動作がいかにより踊りとしてなめらかであるか、また人間又はロボットが踊ることが可能な動きであるかどうかの問題である。踊りが対象ではないが文献[5]では「歩く」などのような人間の基本動作のモーションキャプチャを用いて目的点への強制を与えることにより新しい動作を自然に生成する研究が成されている。

#### 3.2 コンフィギュレーション空間での結合

ここでは、まず始めに、二つの動作を線形に繋ぐことを考えた。つまり、A、Bという異なった2つの振りデータをA→Bの順で繋ぐとすれば、(Aの最終フレームの各数値)と(Bの開始フレームの各数値)を直線的に任意のフレーム数で補間するということである。

もっとも簡単な補間の方法は接続する両フレームの各点の3次元座標値を用い、中間を線形補間する方法である。しかし、実際に人間やロボットが動かすのは関節なので、3次元座標値で線形に補間したのではなめらかな動きにならない可能性がある。そこで、ここではコンフィギュレーション空間での線形結合を用いることにした。コンフィギュレーション空間とは対象物体の自由度を座標軸とした空間であり、関節角度空間とも呼ばれる。ロボットの経路・動作計画に用いられることが多い概念である。コンフィギュレーション空間の次元は3次元の位置座標と3次元の関節角度の6次元で構成される。

基本的には上述の補間で動作が生成できるが、実際にその動作が人間やロボットに実行可能かどうか、物理的な拘束をチェックする必要がある。今回

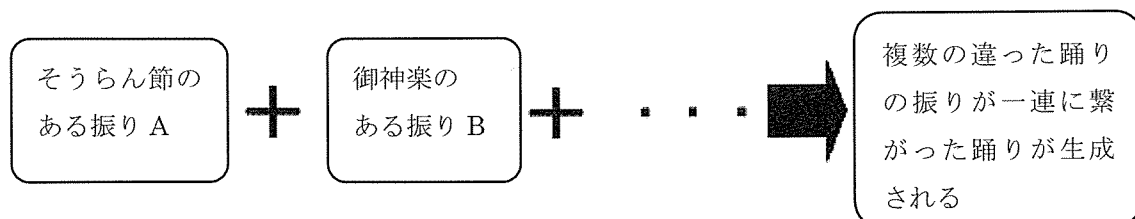


Fig. 5 舞踊データの結合

は各関節を動かすことのできる上限速度を設定し、生成した運動がその速度拘束を満たすものになるようにした。

### 3.3 結 果

切り出された動作に対し、コンフィギュレーション空間での線形結合を行った。繋いだ動作は春駒の振り「H1」(Fig. 6)と西馬音内の振り「N1」(Fig. 7)である。

H1 と N1 を線形に 5, 10, 20 フレームで補間してみた。Fig. 8 は 1 番なめらかに見えた 10 フレームでの補間の動作である。1 番左のフレームが H1 の最終状態, 1 番右のフレームが N1 の開始状態になる。

10 フレームで補間した場合は見かけ上は一連の動作として滑らかに見えた。5 フレームの場合は補間動作の部分だけが極端に速く動いているように

見えてしまい、逆に 20 フレームの場合は極端に遅く動いているように見えてしまった。人間やロボットが物理的に踊れる速度の拘束により、踊れない速さのものは除けるが、どのような速さが適当なのかはこれだけでは決められない。創作のツールとしては速度可変で出力ができるので、人間が適当なものを対話的に定めればよいが、接続する前後の踊りのリズムなどから、適当な速度の候補を決定してまず表示を行い、その後、人間による修正を受けるといった方法も検討する。

### 4. まとめ

本論文では舞踊の「動き」と「見え」の情報を統合したデジタルコンテンツ作成のために、平服データ、衣装データ、及び補助データを用意した。そして平服データと補助データに含まれるモーション



Fig. 6 春駒の振り「H1」: 両手を胸の前で合わせた状態から開いて閉じる。

右足を内に折り曲げた状態から伸ばしてまた折り曲げる。

という動作である。



Fig. 7 西馬音内の振り「N1」: 両手を下ろした状態から水平に上げて下ろす。

右足を前、左足を後に交差させた状態から右足を後、左足を前に交差させる。

という動作である。



Fig. 8 補間結果

データについて、時空間的対応をとった。その結果、モーションキャプチャ用マークを取り付けていない位置や、画像中の隠れた位置等のマーク情報をビデオ画像に投影することができた。今回は衣装データに対する処理は行わなかったため、今後、補助データと衣装データの対応、及び平服データと衣装データの対応をとり、さらに完全な「動き」と「見え」情報の統合されたデジタルコンテンツ作成法を検討する。

また、舞踊の解析・創作の支援ツール開発の手始めとして、舞踊を基本動作に分解し異なる舞踊の中の基本動作同士をなめらかに接続するものを開発した。このツールでは接続の際に演技者の物理的拘束を入れられるので、ロボットの動作生成にも利用できる。今回は、まだ、初期的なものだが、今後さらに改良を加えていきたい。また、舞踊の関係者から意見をうかがい、それを実際のシステムに反映していく予定である。

## 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)池内プロジェクトの支援を受けて行われた。

## 参考文献

- [1] 吉田 康行, 松岡 洋介, 八村 広三郎: “舞踏譜 Labanotation に基づく身体運動の処理－譜面読み取り LabanReader と譜面エディタ LabanEditor,” 情報処理学会研究報告, 人文科学とコンピュータ, 98-CH-38, pp.61-68, (1998).
- [2] (株)わらび座: “3 次元デジタル舞踏譜の開発,” <http://www.warabi.or.jp/daf/buyo0.html>
- [3] 松山 隆司: “分散協調視覚:プロジェクトの成果と今後の展望,” 第7回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp.187-198, (2001).
- [4] 中澤 篤志, 中岡 慎一郎, 池内 克史, “モーションキャプチャデータからの舞踊プリミティブの抽出,” 第19回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, (2001).
- [5] Michael Gleicher, “Motion Editing with Spacetime Constraints,” Proc. of the Symposium on Interactive 3D Graphics, pp.139-148, (1997).