

舞踊動作の解析と応用システムの開発

中村明生[†] 庭山知之[†] 村上智一[†]
田端 聡[†] 久野義徳[†]

無形文化財である伝統舞踊のデジタルコンテンツ化の研究を行う。舞踊のコンテンツ化に際しては、データの取得、解析・保存、データの応用・再利用が重要である。本報告では解析・保存及び再利用について考える。具体的にはビデオ映像に代表される「外見」情報とモーションキャプチャにより獲得される「動き」情報の統合、分割された振り動作の結合による新動作の創出ツールの開発、及び舞踊を後進に伝えるための簡易稽古システムの提案を行う。

Analysis of Motions and Development of Application Systems for Traditional Dances

AKIO NAKAMURA,[†] TOMOYUKI NIWAYAMA,[†]
TOMOKAZU MURAKAMI,[†] SOU TABATA[†] and YOSHINORI KUNO[†]

This paper presents a system to analyze traditional dances for digital archives. Important points in digital archiving of dances are data capturing, analyzing and saving of data, and reuse of the archived data. This paper deals with three topics: The first is integration of motion data obtained from a motion capture system and multiple video images. As for the second, a dance composer which connects elemental motions of dances and creates new dances is developed. Concerning the last, we propose simple educational system which teaches basics of dances to beginners.

1. はじめに

近年、情報技術の発達により、文化財をモデル化してデジタル情報の形でコンピュータに保存しアーカイブ化する、様々な試みが行われている^{1),2)}。文化遺産のデジタルコンテンツ化では、人間により創造され残された有形のものだけでなく、人間により伝承される無形のものも重要な対象である。そこで本研究では、伝統舞踊のデジタルコンテンツ化を目指している^{3)~5)}。

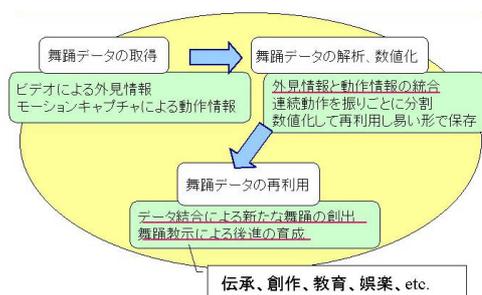


図1 舞踊のデジタルコンテンツ化と利用

舞踊のコンテンツ化に際しては、図1に示す通り、データの取得、解析・保存、データの応用・再利用が重要である。本報告では解析・保存及び応用について考える。

具体的にはビデオ映像に代表される「外見」情報とモーションキャプチャによる「動き」情報の統合、分割された振り動作の結合による新動作の創出ツールの開発、及び舞踊を後進に伝えるための簡易稽古システムの提案を行う。

保存に関して、まず必要なのが外見情報である。ビデオ等の映像情報は固定視点及び2次元情報であるため、伝統舞踊保存方法としては情報不足である。そこで多数視点からの映像情報保存及び3次元の情報復元法などが提案されている^{6),7)}。これらは任意視点からの外見情報の復元が可能であるが、着衣の下にある身体の動きは復元できない。そこで、動き情報の取得に関しては、モーションキャプチャシステムを用いて身体の各部位の3次元情報を取得する方法が一般的である。動き情報の解析・保存に関しては、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手法^{8)~12)}が提案されている。しかし、演技時の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による動き情報からは復元できない。このように現状では外見情報(2次元)と動き情報(身体各部の座標変化)が別々に保存されており、

[†] 埼玉大学 工学部 情報システム工学科
Department of Information and Computer Sciences,
Saitama University

そのままではデジタルコンテンツとして適当であるとは言いがたい。そこで、まず「外見」と「動き」の統合されたデジタルコンテンツの作成法を検討する。

次に、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く、目的に応じて利用しなければ意味がない。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、新しい創作の支援も考えられる。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¹²⁾。本報告においても踊りの解析・創作支援のために振りごとに分解されたデータを繋ぎ合わせて新しい踊りを生成するためのツールである舞踊コンポーザを開発する。

さらに、より重要なのは学習者に対する教材としての役割である。形のない舞踊といった文化財は、単なる保存ではなく、技術の継承が重要である。そこでまず舞踊に慣れ親しんでもらうために、舞踊後継の担い手である初心者・子供を対象として、学習者が模範演技者の演技を模倣し、表面的にはそっくりに踊れるように指導する手法・システムを提案する。本報告ではその一部である足跡表示システムについて述べる。

2. 動きと外見のデータ統合

「動き」と「外見」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に、モーションキャプチャデータと多視点ビデオ画像を利用する。

2.1 「動き」情報と「外見」情報

動き情報として身体各部のモーションキャプチャデータ、外見情報としてデジタルビデオカメラによる映像を用いることは、両者を取得する上でもっとも一般的な方法である。モーションキャプチャシステムとしては磁気式と光学式があるが、磁気式システムは部屋の構造材である鉄筋の影響を受けやすく、また、光学式システムは舞踊独特のゆったりした服装にマーカがつけ難いという問題がある。本研究では光学式システムを用いるが、伝統衣装着用時は不完全なモーションキャプチャデータしか得られない。また、外見情報に関してもキャプチャと同時に演技を撮影した場合、マーカ類が写りこんでしまう。

そこでモーションキャプチャ時はマーカを装着しやすい平服、ビデオ撮影時は伝統衣装、とそれぞれ別に情報を獲得して、時間的・空間的ずれを考慮して統合する。熟練した舞踊家の場合、数回に渡ってほぼ同様の動きをすることは可能であり、さらに音楽に合わせて踊る場合が多いためテンポも大きく狂わず、再現性は高いと考えられる。

しかし、両者を直接統合することは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、図2に示す通り段階的に対応付けることを考える。本報告ではまず、補助データと動作データを対応付ける。

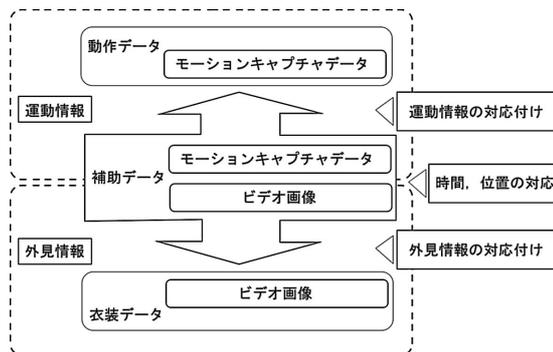


図2 段階的に対応付けの様子

本研究で用いるデータは次の3種類である。

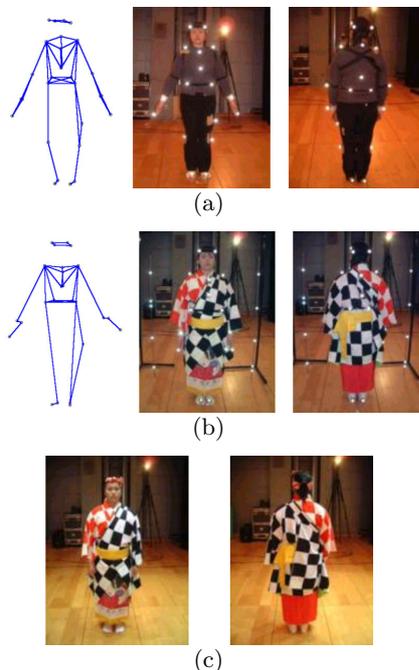


図3 舞踊データ。(a) 動作データ (b) 補助データ (c) 衣装データ

動作データ 平服にマーカを取り付けた状態(図3(a))で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。平服とはキャプチャ時にマーカが隠れにくく、3D情報取得に支障がない、身体に密着した服装を指す。

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カを付けた状態(図3(b))におけるデータ。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キャプチャ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(図3(c))で踊ってもらい、複数ビデオカメラにより取得したビデオ画像を指す。

2.2 モーションキャプチャデータの時間的対応

動作データと補助データは同じ踊りを踊ったものだが、個別に踊ったものなので、時間的ずれがある。そこで、動作データと、補助データに含まれるモーションキャプチャ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、DPマッチングを用いることで、データ列間の距離を最小にする組み合わせを計算してデータ列の対応付けを行う¹³⁾。互いに正規化された動作データ A 、及び補助データ B が以下の通り与えられたとする。

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

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

ここで、 M, N は各々のデータの総フレームを表し、 a_i, b_j はある時刻のフレームを表す。このとき、データ間距離 $D_{A,B}$ は次の漸化式で計算される。

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

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

$$S_{i,1} = S_{i-1,1} + d_{i,1} \quad S_{1,j} = S_{1,j-1} + d_{1,j}$$

$$S_{i,j} = \min \begin{cases} S_{i,j-1} + d_{i,j} \\ S_{i-1,j-1} + 2d_{i,j} \\ S_{i-1,j} + d_{i,j} \end{cases}$$

$$i = 2, 3, \dots, M, \quad j = 2, 3, \dots, N$$

$$D_{A,B} = S_{M,N} \quad (1)$$

ここで、 $d_{i,j}$ はフレーム間の距離、 $S_{i,j}$ はフレーム間の累積距離を表す。最終的に得られた $D_{A,B}$ は各データ間の最小の距離であり、その計算課程で得られる i, j の組み合わせがデータ間の対応フレームを表す。

具体的にフレーム間の距離を評価するためには、複数のマーカの情報を評価すればよい。つまり、フレーム間の距離を求める計算式を、複数点の座標データを対象として計算するように定義する

$$d(i, j) = \sum_p \left(|a_i(p)_x - b_j(p)_x| + |a_i(p)_y - b_j(p)_y| + |a_i(p)_z - b_j(p)_z| \right) \quad (2)$$

ここで、 p は2つのモーションキャプチャデータ A, B 中のマーカ番号で、各々に対して x, y, z 各座標値を累積評価することでフレーム間の距離を算出する。ここで補助データのマーカの一部は衣装による影響を受け、測定不能であったり、大きなノイズを含んだりすることが予想される。そのため動作データ及び補助データにおいて、マーカが常時認識しやすい両手指のデータ及び頭部のデータのみを、コスト算出の際の計算対象として限定することで、衣装のノイズによる対応誤差を低くする。また、データ取得開始の際に演技者の立つ位置が一定ではないことから、あらかじめ動作データと補助データの表す座標を初期位置からの相対座標に変換しておく。

2.3 モーションキャプチャデータとビデオ画像の統合

補助データでは、常に安定して観測できる部位しか3次元情報を得ることができない。しかし、補助データはモーションキャプチャと同時にビデオ撮影しているため、ビデオ画像中に写りこんだマーカ位置を特定することができる。つまり3次元の位置が既知のマーカを画像中に見出すことができる。この対応関係を利用することで、3次元のモーションキャプチャシステム座標系から、2次元のビデオ画像座標系へ座標変換を行うための射影行列を得ることができる¹⁴⁾。この行列を用いることによって、動作データに含まれる3次元座標データを、補助データに含まれるビデオ画像に投影することができる。また、あるフレームにおけるモーションキャプチャデータとビデオ画像との射影関係が一度求められれば、それをすべてのフレームに対して利用することで、3次元位置情報をビデオ画像に連続的に投影することができる。

モーションキャプチャデータの3次元座標 M 、画像座標 m 及び射影行列 P について次の通り表現できる。

$$\tilde{m} \cong P\tilde{M} \quad (3)$$

ここで、

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

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1^T & p_{14} \\ P_2^T & p_{24} \\ P_3^T & p_{34} \end{bmatrix}$$

n 組の対応点があった場合、式 (4) を得ることができる。

$$Bp=0 \quad (4)$$

ただし p は

$$p = [P_1^T, p_{14}, P_2^T, p_{24}, P_3^T, p_{34}]$$

であり、 B は、式 (5) の通りである。

上式を解くことで、射影行列 P が得られる。

2.4 データ統合結果

「津軽じょんがら節」において、動作データと補助データの対応付けを行った。

DP マッチングの対応付けコストの計算対象としては、両手指先を選んだ。これは舞踊動作においては手先の動きの変化が重要であるからである。結果、得られた対応の例を図4に示す。図中の波形は左手指先の高さ方向 (Z 方向) の変位を示している。動作データのフレームに対し、同時刻として判定された補助データの値より対応の様子が見て取れる。また、一部で負の方向に大きく落ち込んでいる部分があるが、これは指先がキャプチャ範囲から出てしまい、計測不能になったところである。

図5(a)は補助データのビデオ画像に対し、そのときの補助データのマーカ位置情報を投影した様子を示している。図5(b)は補助データのビデオ画像に対し、

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1 X_1 & -u_1 Y_1 & -u_1 Z_1 & -u_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1 X_1 & -v_1 Y_1 & -v_1 Z_1 & -v_1 \\ \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_n X_n & -u_n Y_n & -u_n Z_n & -u_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_n X_n & -v_n Y_n & -v_n Z_n & -v_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

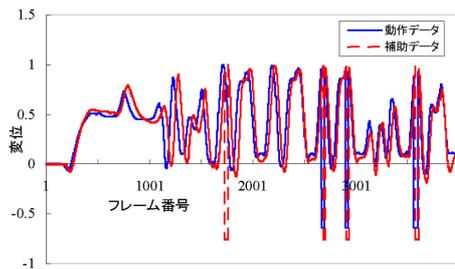


図 4 時間同期の様子

動作データのマーカ位置情報を投影した様子を示している。このとき、投影した位置を結ぶことでワイヤフレームモデルを作り、身体各部の様子が見て取れるようにした。結果として補助データでは欠落していた肘や膝関節の情報が動作データにより補完されている様子が分かる。

以上の通り、動作データが補助データにおける身体運動情報の欠落を補完し、補助データが動作データにはない外見情報を補完しており、2種のデータの統合が有効であることを示せた。

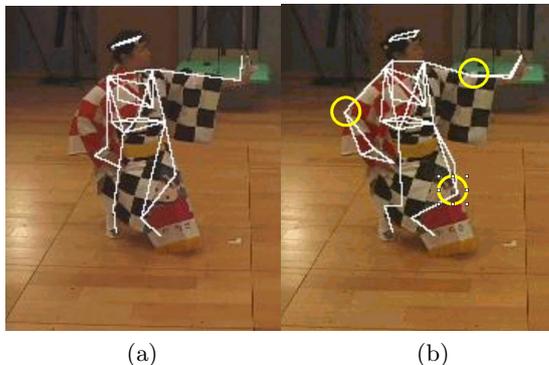


図 5 統合結果. (a) 補助データ (b) 補助データビデオ画像+動作データ動き情報

3. 舞踊解析・創作ツールの開発

本章では舞踊の解析・創作を支援するツールについて説明する。

3.1 舞踊データの分解と結合

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、分解された要素を結合することである。舞踊データの基本要素への分解は CREST 池内プロジェクトで中澤らが行っている¹⁵⁾。

本報告では異なる踊りの振りを繋ぎ合わせて新しい踊りを作り出すことを検討する。使用するモーションキャプチャデータは踊り手の身体に 15 個の光学式マーカをつけて取得したもので、東大生産研池内研究室より提供を受けた。

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、その動作がいかに踊りとしてなめらかであるか、また人間あるい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¹⁶⁾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データを用いて、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

まず、2つの動作を線形に繋ぐ。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。

最も簡単な補間の方法は接続する両フレームの各点の 3 次元座標値をそのまま用いる方法であるが、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。そこで、コンフィギュレーション空間での線形結合を用いる。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。ここでは速度拘束及び衝突回避について考える。

速度拘束とは人間が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上限以下とすることである。線形に補間した中間動作部分のデータについて、現座標 (N_t) と前座標 ($N_t - 1$) の距離 (D_t) を得て、それを Frame Rate で割ることによって速度 (V_t) を算出し、それが任意の閾値 (T) 以下になるようフレーム数を増やす (速度を小さくする) ことにする。

また、振り動作を結合する際に線形に動作補間した場合、前動作と次動作の座標を直線的に繋いでいるので身体部分同士が衝突したり、他の身体部分を突き抜けたりする動作が生成される恐れがある。そこで衝突が起きる動作を繋ぐことを防止する、あるいは衝突部分を補正するために衝突判定を行う必要がある。

単純に 15 種類の位置座標を結んだ直線が交差するか否かで判定する場合、フレーム内で交差している場合は良いが、フレーム間で交差している場合には対応できない。すなわち、線形補間によって得られたデータは任意のフレーム数で構成されているため、直線という幅としての大きさを持たないものの交差を離散的なフレームデータから算出するのは難しい。そこで直線からなる人体モデルを平面からなる人体モデルに拡張する(図 6)。擬似平面を作成してその平面同士が衝突するか否かを判定することで簡易ではあるがフレーム間の衝突にも対応できる。補間フレームの数は衝突判定の処理部分内だけ 100~300 程度の値まで増やして計算するが、直線的な補間を行っているので前動作の終点座標と次動作の開始座標が一致していればフレーム数を変えても動作の軌跡は変わらない。

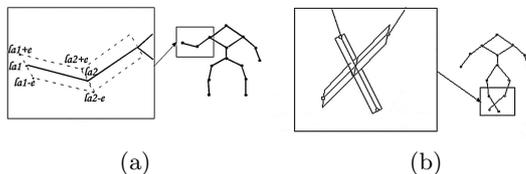


図 6 衝突判定. (a) 擬似平面の作成 (b) 擬似平面の交差

具体的なデータの流れを図 7 に示す。まず舞踊データより加速度のグラフを得る。そこから振り動作の部分フレームを得てフレーム数と舞踊データを振り動作抽出モジュールに入力することにより振りごとにセグメンテーションされたデータを得る。次に複数の振り動作データを線形補間モジュールによって結合する。線形に繋がれたデータと速度拘束の数値を速度拘束モジュールに入力することによって拘束条件に即した動作に変換する。また、線形に繋がれたデータを衝突判定モジュールで解析することによって身体各部の衝突の有無も判定する。コンポーザの外観を図 8 に示す。

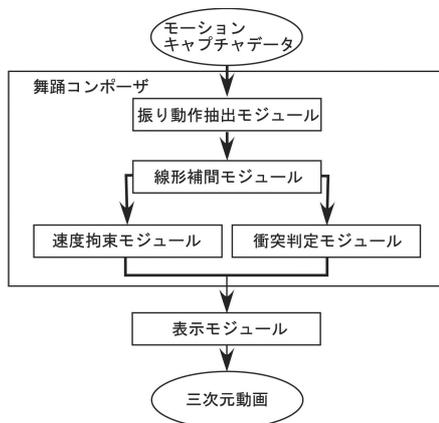


図 7 舞踊コンポーザ

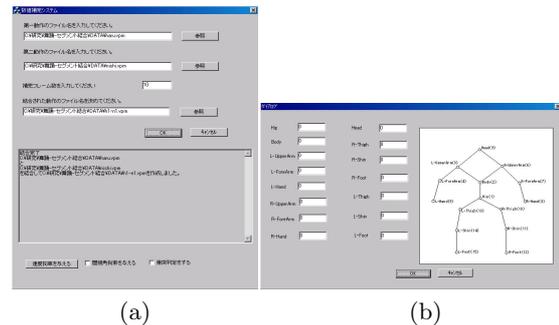


図 8 舞踊コンポーザダイアログ. (a) 線形補間モジュール及び衝突判定モジュール (b) 速度拘束モジュール

3.3 舞踊動作の結合結果

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」(図 9)と西馬音内の振り「N1」(図 10)である。

H1 と N1 を線形に 5, 10, 20 フレームで補間してみた。図 11 は最もなめらかに見えた 10 フレームでの補間の動作である。左のフレームが H1 の最終状態、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、踊れない速さの動作は除外できるが、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。速度可変で出力ができるので、創作のツールとしては人間が適当なものを対話的に定めればよいといえるが、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ような方法を考慮する必要がある。

4. 舞踊簡易稽古システムの開発

本章では舞踊の簡易教育・稽古システムについて述べる。本来舞踊とは人の技術によって成り立っているものであり、単にデータを取得し、解析保存・新規舞踊の創出を行ってもそれを後進に技術を伝達できなければ意味がない。

4.1 概要とシステム構成

まず舞踊に慣れ親んでもらうために、舞踊後継の担い手である初心者・子供を対象として、学習者が模範演技者の演技を模倣し、表面的にはそっくりに踊れるように指導する手法・システムを提案する。舞踊学習の初期段階としては学習者が模範演技者の模倣をすることから始まる。ただ真似をすることも、身体の一部の動きを合わせることはできても身体全体として同じ外見を再現することは難しい。また、初心者は小手先の真似をし、大局的な動きを捉えにくい。そのため、学習者の動きをリアルタイムにとらえ、解析、そ



図 9 春駒の振り: 両手を胸の前に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。



図 10 西馬音内の振り: 両手をおろした状態から水平に上げて下ろす。右足を前、左足を後ろに交差させた状態から右足を後ろ、左足を前に交差させる。



図 11 春駒と西馬音内の補間動作

の場で直接的に指導することが重要となる。

以下の3点を実現する。

その場で動きを解析: リアルタイムモーションキャプチャ

身体動作が適当か否かを判定する場合、ビデオ等に記録してあとで参考にするのではなく、学習者の身体各部をモーションキャプチャシステムでリアルタイムに計測し、それを指導者の演技データと比較できれば、どの部分が悪いのかを即時的に指示でき、学習効果の向上が期待できる。

最初は大まかに後に細かく: 運動解析 外見の真似だけを考えると、踊りの身体運動は腰や膝の動作などの根幹となる部分と、その根幹に付随する、手先をヒラヒラさせる動作などの修飾的な部分に分けられると考える。主要部分と修飾部分、どちらも舞踊の重要な構成要素であるが、基礎・土台となる主要部分の習得なしに修飾部分に目を向けたのでは上達は望めない。そこで、運動解析を行い、基本となる主要部分・外見の本質部分の動きを学習者に学ばせ、後に修飾部分を習得させるシステムを開発する。

手取り足取り教える: 情報提示システムの開発 振り付けを覚えても実際に身体が頭で思うように動くとは限らない。従来、演技者・指導者の動作を見ての「見取り」学習が主であったが、「手取り足取り」の感覚で直接的に指示を受けられれば習得速度が向上すると考えられる。そこで、映像・音声・振動など人間の五感に刺激を与えるある種のアクチュエータ・デバイスを開発し、学習者の身体の主な部分に装着することを考える。

提案するシステムを図 12 に示す。複数のカメラ及びプロジェクタ、計算機、装着デバイス(振動器及びマーカ)、スクリーン(大型画面)から成る。情報提

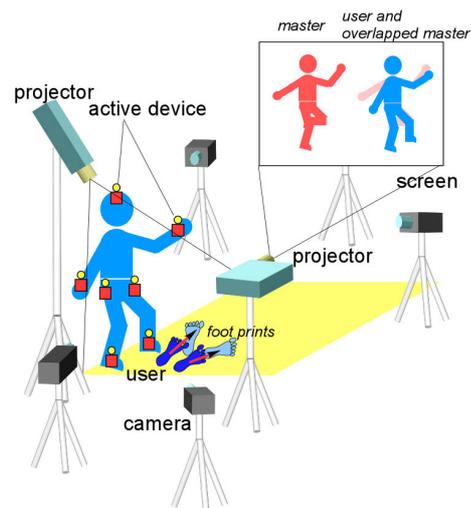


図 12 舞踊簡易稽古システムの概要

示に関しては床面への時系列的足跡情報投影・模範演技者及び学習者の舞踊動作のスクリーンへのオーバーラップ表示・身体装着デバイスによる音声や振動刺激等を考えている。学習者の動きはカメラで取得後、模範演技者の舞踊データと解析・比較されて、大幅な相違や悪い部分などの情報が新たな教授信号として学習者にフィードバックされる。本報告ではこれらの情報提示のうち、足跡投影について述べる。足跡投影の際の問題点として

- プロジェクタ投影の際の幾何学的な歪み
 - 人間が踊りやすいタイミングの考慮を考える必要がある。
- 前者に関して、斜め上方のプロジェクタで足跡を投

影することを考えると、歪み補正が必須となる。文献¹⁷⁾の手法を参考にして線形射影変換の手法を用いることで対応する。

後者に関しては4.2節で詳述する。

4.2 足跡投影のタイミング

模範演技者の足跡を投影する際、学習者が次の足の場所を認知して理解し、行動に移すには多少なりとも時間を要するため、投影タイミングが重要である。そこで足跡投影の際には投影時間の *interval*[s] 前に前情報として方向ベクトルを表示する。

予備実験として足跡投影位置と反応時間の関係調べてみる。図13は年齢20~25の男女3名の足跡投影から移動までの反応時間の平均である。初期状態では60cm四方のスペースの真ん中の位置して任意の場所への足跡投影を行う。

		30	0	30	60	
60	R	1.36	1.45	3.01	3.12	2.45
	L	2.23	3.22	3.14	1.65	1.36
30	R	1.38	1.12	3.21	2.21	2.54
	L	2.56	2.21	3.12	1.21	1.25
0	R	1.19	0.98	0.77	1.91	1.68
	L	2.23	1.98	0.91	0.91	1.21
	R	1.03	0.75	0.77	0.89	1.43
30	L	1.46	0.89	0.75	0.87	1.18
	R	1.21	0.92	0.79	1.05	1.41
60	L	1.31	1.12	0.84	1.12	1.26
(cm)						front

図13 人の反応速度

図13より、以下のことが分かる。

- (1) 移動距離が長いほど時間がかかる。
- (2) 前よりも後ろの方への移動には時間がかかる。
- (3) 逆足方向の移動には時間がかかる。

以上の結果を考慮し、*interval*[s] を決定する。左方向、前方がそれぞれ *x* 軸、*y* 軸の正方向となるよう座標系を考える。

$$interval = k + w\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2} \quad (6)$$

$$\Delta X = X_i - X_{i-1}, \quad \Delta Y = Y_i - Y_{i-1}$$

k は定数で、学習者の体格・年齢を反映させる(現在は一律)。*w* は重み係数で、足跡投影位置によって異なる値 $w_4, w_3, w_2, w_1 (w_4 > w_3 > w_2 > w_1)$ となる(表1参照)。

表1 足跡投影位置と重み係数

	right,back	left,back	right,front	left,front
right foot	w_3	w_4	w_1	w_2
left foot	w_4	w_3	w_2	w_1

right: $\Delta X < 0$, left: $\Delta X \geq 0$, back: $\Delta Y < 0$, front: $\Delta Y \geq 0$

4.3 足跡投影実験

図14は実際に足跡を投影し、学習者が動いている様子である。投影歪みの補正、投影タイミングの調整により、速やかな次ステップの認識が可能であった。

問題点としては学習者の身体による隠れがあげられるが、プロジェクタ台数を増やす、あるいは学習者正面のスクリーンにも足跡情報を補助的に出すなどの手法で対応可能であると考えられる。

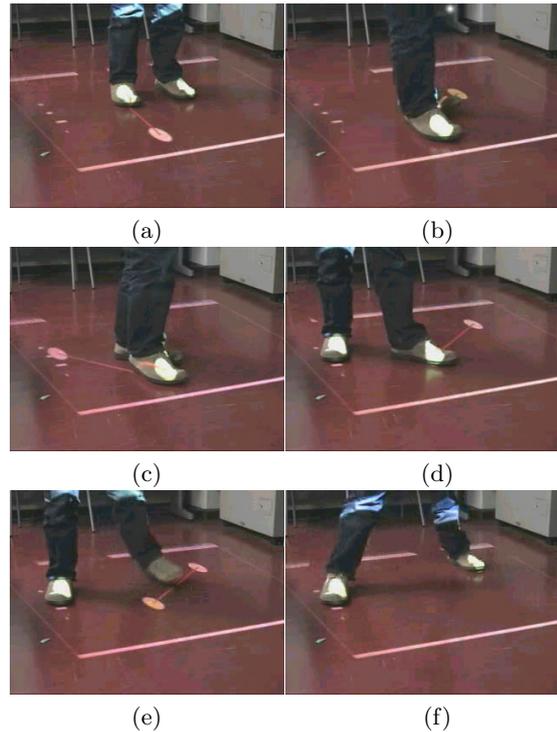


図14 舞踊稽古のための足跡表示

5. おわりに

本報告では伝統舞踊のデジタルコンテンツ化のために、ビデオ映像に代表される「外見」情報とモーションキャプチャによる「動き」情報の統合、分割された振り動作の結合による新動作の創出ツールの開発、及び舞踊を後進に伝えるための簡易稽古システムの提案を行った。

「外見」と「動き」の情報を統合に関しては、動作データ、衣装データ、及び補助データを用意した。そして動作データと補助データに含まれるモーションキャプチャデータについて、時間的・空間的対応をとった。その結果、動作データが補助データにおける身体運動情報の欠落を補完し、補助データが動作データにはない外見情報を補完しており、2種のデータの統合が有効であることを確認した。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、及び動作データと衣装データの対応を

とり、さらに完全な「外見」と「動き」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に関しては、基本動作に分解された異なる舞踊の中の動作をなめらかに接続するツールを開発した。速度制限・衝突チェックを行うことにより、物理的に運動可能な新しい舞踊動作が創出可能である。

さらに、初心者向け簡易稽古システムについて述べ、足跡表示システムについて説明した。人間の反応速度を考慮して足跡表示タイミングを調整することでより分かり易い足跡投影を行った。今後は舞踊関係者の意見を伺いつつシステムの残りの部分を完成し、実際に様々な人に試行してもらう予定である。

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) 文化遺産の高度メディアコンテンツ化のための自動化手法, <http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/crest/>
- 2) D. Miyazaki, T. Ooishi, T. Nishikawa, R. Sagawa, K. Nishino, T. Tomomatsu, Y. Takase, and K. Ikeuchi: The Great Buddha Project: Modelling Cultural Heritage through Observation, Proceedings of the 6th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM 2000), pp. 138-145, (2000).
- 3) T. Murakami, A. Nakamura, and Y. Kuno: Generation of Digital Contents for Traditional Dances by Integrating Appearance and Motion Data, Proceedings of the 2nd IASTED International Conference Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP 2002), pp. 672-676, (2002).
- 4) 村上 智一, 中村 明生, 久野 義徳: ビデオ及びモーションデータを用いた踊りの解析, 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2001) 講演論文集, pp. 229-230, (2001).
- 5) 庭山 知之, 村上 智一, 中村 明生, 久野 義徳: コンピュータビジョンを用いた踊りの解析とその利用 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2002) 講演論文集, pp. 291-292, (2002).
- 6) 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).
- 7) 北原 格, 大田 友一, 金出 武雄: 多視点映像の融合によるスポーツシーンの自由視点映像生成, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2000) 論文集, I, pp. 3-8, (2000).
- 8) 松本 敏良, 森本 晃章, 八村 広三郎: モーションキャプチャデータからの舞踊譜 Labanotation の生成, 情報処理学会第 60 回全国大会論文集, 3-193, (2000).
- 9) 吉田 康之, 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, 38-6, pp. 61-68, (1998).
- 10) 中村 美奈子, 山川 誠, 八村 広三郎: 舞踊記譜法 Labanotation のためのマルチメディア教材の開発, 情報処理学会 人文科学とコンピュータ 50-5, (2001).
- 11) 湯川 隆, 海賀 孝明, 長瀬 一男, 玉本 英夫: 舞踊譜による身体動作記述システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 10, pp. 2873-2880, (2000).
- 12) (株) わらび座: 3 次元デジタル舞踊譜の開発, <http://www.warabi.or.jp/daf/buy0.html>
- 13) H. Sakoe, S. Chiba: Dynamic Programming Optimization for Spoken Word Recognition, IEEE Transaction on ASSP, 26-1, pp. 43-49, (1978).
- 14) 徐 剛: 写真から作る 3 次元 CG - イメージ・ベースド・モデリング&レンダリング, 近代科学社, (2001).
- 15) 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, pp. 907-908, (2001).
- 16) Michael Gleicher: Motion Editing with Space-time Constraints, Proceedings of the 1997 Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 139-148, (1997).
- 17) Rahul Sukthankar, Robert G. Stockton, and Matthew D. Mullin: Smarter Presentations: Exploiting Homography in Camera-Projector System, Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Computer Vision, CD-ROM, (2001).