

三次元モーションアーカイブを用いた舞踊視覚化プログラムの試作

海野 敏, 曾我 麻佐子[†]

東洋大学社会学部 [†]龍谷大学理工学部

本研究の目的は、舞踊動作のモーションデータを用いて、3DCG による舞踊視覚化のプログラムを開発することにある。本稿では、プログラム開発に先立ち、舞踊の視覚化技法の一般的考察を行った。さらに、舞踊視覚化の可能性を探るため、舞踊動作の特徴量を視覚化するプログラムを試作した。対象とした特徴量は、速度、角速度、運動エネルギー、回転エネルギーの4種類である。視覚化は、3DCG キャラクタとともに移動する球体の体積と、四角柱の高さおよび色彩の変化によって表現した。視覚化プログラムの基本的な有効性が確認された。

A Prototype Program for Visualization of Dance Performances Using 3DCG Motion Database

Bin UMINO, Asako SOGA[†]

Faculty of Sociology, Toyo University [†]Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

The purpose of this study is to make a prototype of dance visualization program using motion capture data. Before developing the program, various methods of dance visualization are reviewed generally. The program can visualize four types of quantity; velocity, angular velocity, kinetic energy, and rotational energy. The selected movements are visualized as the volume of a sphere traveling with a virtual dancer, and height and color of a square column in 3DCG environment. It is basically found that dance visualization programs can be profitably developed.

1. 研究の目的

本研究は、1999年より行っている研究プロジェクト、舞踊動作を対象とした三次元モーションデータベースの開発の一環として行ったものである¹⁾。研究プロジェクトの長期的な目標は、モーションキャプチャシステム（以下「モーションキャプチャ」）で採取した3次元モーションキャプチャデータ（以下「モーションデータ」）という形式の情報が秘めている潜在的可能性を探究

し、舞踊芸術のさまざまな側面に応用するための効果的な手法を確立することにある。より具体的には、舞踊動作のモーションデータのフォーマットを標準化し、これをネットワーク上に蓄積してアーカイブ化することで、教育、研究、創作、保存、鑑賞、批評など、舞踊芸術をめぐる各種の活動を広く支援することを目指している。システム開発の側面では、World Wide Web環境で利用できる舞踊学習システム、舞踊創作を支援する自動振付システム、舞踊作品を

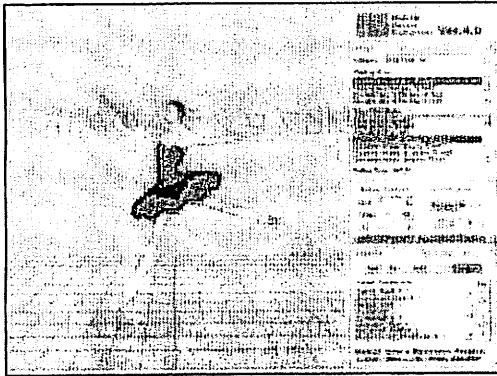


図 1. Web3D Dance Composer

保存・公開するデジタルシアターなどの開発を視野に入れている。

この研究プロジェクトでは、磁気式・光学式のモーションキャプチャを用いて中規模の三次元モーションアーカイブを構築し、これを用いた振付シミュレーションシステム“Web3D Dance Composer”の開発を継続して行っている。図 1 は、“Web3D Dance Composer” Ver. 4.0 のインターフェイス画面である。同システムは汎用性が高く、舞踊動作の教育・学習、舞踊作品の創作・シミュレーション、舞踊演技の保存・蓄積など、さまざまな応用が考えられる。

本研究の目的は、“Web3D Dance Composer”に舞踊視覚化の機能を付加する準備として、モーションデータを用いた舞踊視覚化のプログラムを開発することにある。そのために、プログラム開発に先立って、舞踊視覚化の技法の一般的考察を行った。

2. 舞踊視覚化の技法

2.1 三つの技法

舞踊動作のコンピュータによる視覚化(visualization)は、1980年代以降さまざまなかたちで試みられているが、これらを舞踊視覚化(dance visualization)という視点

表 1. モーションデータ以前の舞踊視覚化

	時間軸なし	時間軸あり
2次元	絵画, 写真, CG	映画, ビデオ, CG アニメ
擬似3次元	3DCG	3DCG アニメ
3次元	彫刻, 人形	ホログラフィー, ヒューマノイド
その他		舞踊譜

から統一的に検討する研究はなかった。そこで、プログラム開発に先立って、まず舞踊視覚化の技法について一般的かつ包括的な考察を行った。

考察の前提として、モーションキャプチャが登場するまでの舞踊動作の記録・再現手法を表 1 に示した。これらの手法は、もっとも素朴な舞踊視覚化と考えることもできる。

本研究が目的とするのは、モーションデータを用いた舞踊動作の視覚化技法である。これには三つの方向が考えられる。すなわち(1)3次元ないし擬似3次元のキャラクタにシミュレーションさせる方法、(2)舞踊譜に仲介させる方法、(3)舞踊動作の数量化に基づく方法である。

第 1 に、キャラクタにシミュレーションさせる方法は、モーションデータを用いて舞踊動作をヒューマノイドロボット(3次元)や3DCGのアニメーションキャラクタ(擬似3次元)に再現させる方法であり、素朴な舞踊視覚化である。

しかし、これは視認可能な身体動作そのものを3DCG環境に転写するのにすぎない。「視覚化」という用語は、人間の知覚では直接的な認知が困難な潜在的な要因を顕在化させることを含意する場合が多い。この手法は、この意味での狭義の視覚化ではない。

本研究プロジェクトでは、3DCGキャラ

クタによる素朴な舞踊視覚化は，“Web3D Dance Composer”として実現済みである。

第2に，舞踊譜に仲介させる方法は，(2a) モーションデータを舞踊譜へ変換する方法と，(2b)舞踊譜をモーションデータに変換し，さらにそれを3次元ないし擬似3次元のキャラクタにシミュレーションさせる方法がある。舞踊視覚化に用いられる国際的な舞踊記譜法としては，Benesh notation²⁾とLabanotation³⁾が著名である。

Labanotation を用いた(2a)の方法は研究途上にある⁴⁾。モーションデータは用いないが，(2b)に類似する方法として，Labanotation を3DCGキャラクタにシミュレーションさせるソフトウェアは開発されている⁵⁾，⁶⁾。

本研究プロジェクトでは，Labanotation の開発者である R. Laban が開発したもう一つの記譜システム，Laban motif に2004年から着目している。(2b)に類似する方法として，Laban motif に基づいて自動的に舞踊動作を生成し，これを3DCGキャラクタでシミュレーションさせる機能を“Web3D Dance Composer”に組み込むことを試みた⁷⁾。図2はバレエの16拍の振付を表現した Laban motif の例である。

この手法は，実演前に立案・計画された振付のコンセプトを目に見えるようにするという点で，狭義の視覚化に含めることができる。しかし，モーションデータに基づく視覚化ではない。

第3に，舞踊動作の数量化に基づく方法は，本研究がターゲットとするものである。この方法では，モーションデータから舞踊動作のどのような特徴，性質を数量化するのかというインプットの側面と，それをどのような文字，画像（静止画），動画，音声として表示するのかというアウトプットの側面が問題になる。考えられるインプットおよびアウトプットは無数に存在し，その

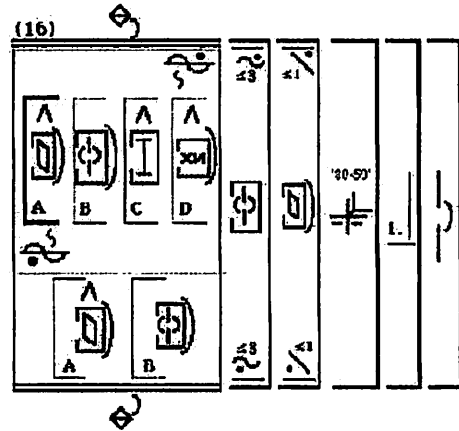


図2. Laban motif の例

組み合わせも膨大であるが，次節でこれを整理する。

2.2 舞踊動作の数量化による視覚化

舞踊動作の数量化に基づく視覚化において，インプットとなりうるのは，舞踊動作の特徴量である。この特徴量は，まず舞踊動作をある粒度で単位化して⁸⁾，単位ごとに単一の固有値を求めるか，単位ごとに時系列で変化し続ける連続量を求めるかの2通りに分けることができる。本研究では，連続量の視覚化を試みた。

インプットの特徴量としては，単純なものとしては時空間的な値と物理的な値があり，複雑なものとしては感性情報的な値がある。時空間的な値としては，身体の重心または身体の特定点（骨盤の中央，頭頂，足先など）に注目して，空間における位置，移動方向，移動距離，経過時間，滞空時間，速度，加速度，二つの特定点（右手先と左手先など）の距離とその変化などを考えることができる。物理的な値としては，運動エネルギー，運動エネルギーの変化率などを考えることができる。

感性情報的な値としては，舞踊動作の大小，緩急，強弱，硬軟，快不快，巧拙，美醜などの感性情報を，1次元的な基準ある

いは複数の基準を導入して多次的に数量化することが考えられる。この手法に関しては、情報処理研究および舞踊学において、先行研究^{9,10}が存在するものの、いまだ十分な研究はなされていない。ただし、舞踊動作の大小、緩急、強弱については、時空的な値と物理的な値である程度近似できることが予測できる。

一方、アウトプットは視聴覚情報に限れば、数字・文字、画像、動画、音声のいずれか、またはその組み合わせである。本研究では連続量の視覚化を試みるので、動画を中心に考える。

もっとも単純なアウトプットは、時系列で変化する特徴量を、刻々と変化する数字で表現するというものであろう。これを各種のグラフで表現することもできる。あるいは、特徴量を、平面または立体図形の特徴量として、何らかの角度、方向、長さ、面積/体積、速度、色彩などとして表現することもできる。例えば、回転速度が速くなるほど球体の半径が大きくなるといった表現である。また、パソコンの音楽再生ソフトで見られる視覚エフェクトのように、バーやウェーブなどでの表現も可能である。

より複雑なアウトプットとしては、感性的な表現がある。例えば、舞踊動作の巧拙の変化に応じてCGのフェイスイメージ(人の顔)の表情が変化するという表現である。音楽再生ソフトの機能となっている視覚エフェクトのように、渦、泡、炎、流星、星雲などをイメージしたアーティスティックな表現も考えられよう。

3. プログラム開発

本研究では、舞踊動作の視覚化の可能性を探るために、“Web3D Dance Composer”に舞踊視覚化の機能を付加するための実験的プログラムを開発した。

視覚化プログラムに関してはさまざまな可能性を検討したが、フィージビリティスタディと位置づけて、比較的簡易な仕様で開発を行った。

舞踊動作の視覚化のインプットとしては、時系列で変化する連続量を用いた。具体的には、モーションデータの基準点である骨盤の中心を特定点として選択し、以下の六つの数値を算出した。

- (1)3次元の速度
- (2)水平方向の速度
- (3)垂直軸まわりの角速度
- (4)運動エネルギー
- (5)回転エネルギー
- (6)運動エネルギー+回転エネルギー

このうち(4)運動エネルギーは、(1)3次元の速度の2乗に比例するとみなした。(5)回転エネルギーは、垂直軸まわりの角速度の2乗に比例するとみなした¹¹⁾。

舞踊動作の視覚化のアウトプットとしては、立体図形の体積と色彩の変化を用いた。具体的には、3DCGキャラクタを取り囲む球体と、ステージ隅の四角柱を用意し、これらの体積を上記(1)~(6)の数量の変化に応じてリアルタイムに変化させるようにした。また、直方体については、(1)~(6)の数量が大きくなるほど赤味が増すように色彩の変更を行った。

プログラムはBVH形式で保存されたモーションデータを読み込み、3DCGによるアニメーションの再生と同時に視覚化のアウトプットを表示するものである。BVH形式のファイルは、バレエのレッスン動作を収録したもの二つと、バレエの短いソロ作品(ヴァリエーション)を収録したもの六つを用意した。プログラムを実行すると、8個のファイルのいずれかを指定し、その舞踊動作に関して(1)~(6)のいずれかを、(a)球の体積、(b)四角柱の高さ、(c)四角柱の色彩のそれぞれで視覚化する。

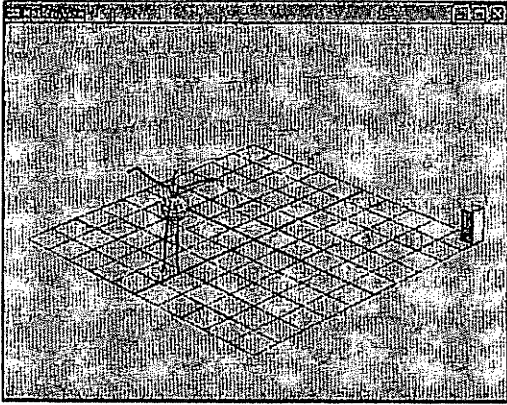


図 3. プログラム実行例(1)

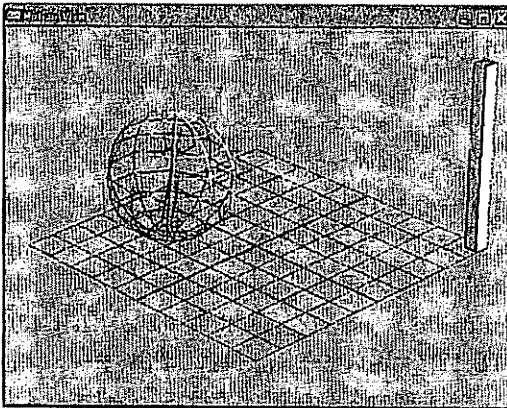


図 4. プログラム実行例(2)

図 3 と図 4 は、(6)運動エネルギー+回転エネルギーを視覚化したプログラムの実行画面である。ダンサーは図 3 よりも図 4 の瞬間に、より素早い回転を行っている。

4. 考察と展望

本研究では、舞踊動作の視覚化のためのフィジビリティスタディとして、身体動作の速度と運動エネルギーというインプット、および立体図形の体積と色彩の変化というアウトプットに限定したプログラムの開発を行った。

このプログラムで、8 種類のダンスの 6 通りの特徴値について視覚化して比較した

ところ、バレエの動作に関して、視認可能な身体動作の特徴を、図形の変化で正確に追認できることがわかった。視覚化プログラムのいちおうの有効性が確認された。

しかし、視覚化が実現できたのは視認が容易な顕在的要因であり、視認が困難な潜在的要因に関しては、十分な顕在化を実現するには至らなかった。

今後の課題は、インプットの側面において、人間の知覚では直接的な認知が困難な潜在的要因を顕在化させるためには、モーションデータから舞踊動作のどのような特徴を数量化すべきなのかを検討する必要がある。そのためには、巧拙、美醜などの感性情報を導入する必要がある。また、バレエの動作であれば、アンドゥオール（ターンアウト＝下肢の回外）、エレヴァション（全身の引き上げ）、アプローン（全身の均整）という 3 大美的要素をそれぞれ数量化する手法が強く求められる。

アウトプットの側面では、それをどのような 3DCG で表現するのが妥当なのかという課題が残されている。また、視覚化プログラムを、適切なインターフェイスを設計して“Web3D Dance Composer”に実装することを予定している。

さらに、教育、学習、創作、批評などの目的に応じて、舞踊動作の視覚化がどのくらい有効・有用であるかを検証する評価実験を行う予定である。

謝 辞

モーションデータ収録に協力いただいたダンサーの方々に謝意を表す。またモーションデータ収録にあたっては、わらび座デジタルアートファクトリー、立命館大学アートリサーチセンターをお借りした。

なお、本研究の一部は、井上円了記念研究助成金、および日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C)の助成による。

注・引用・参考文献

- 1) これまでの研究成果は下記の文献とウェブサイトを参照。
曾我麻佐子, 海野敏, 安田孝美, 横井茂樹「3DCGによるバレエ振付のための体系的符号化と創作支援システム」『芸術科学会論文誌』vol. 3, no. 1, pp. 96-107. (2004. 3)
海野敏「身体動作を対象とした情報組織化の理論と実践: バレエ基本ステップの3次元モーションデータベース開発」『東洋大学社会学部紀要』vol. 41, no. 1, pp. 131-167. (2003. 11)
曾我麻佐子, 海野敏, 安田孝美「クラシックバレエの振付を支援する Web ベースのモーションアーカイブと 3DCG シミュレーションシステム」『情報処理学会』vol. 44, no. 2, pp. 227-234. (2003. 2)
曾我麻佐子, 海野敏, 安田孝美「Web ベースの対話型バレエ振付シミュレーション・システムの試作と評価」『芸術科学会論文誌』vol. 1, no. 1, pp. 30-38. (2002. 3)
海野敏, 曾我麻佐子「Web3D 舞踊研究プロジェクト」<http://pinakes.soc.toyo.ac.jp/BIN/webdance/>
- 2) Causley, M. *Introduction to Benesh Movement Notation*, New York, Books for Libraries, 1980.
- 3) Hutchinson, A. *Labanotation, or, Kinetography Laban*, 3rd rev. ed., New York, Theatre Arts Books, 1984.
- 4) 八村広三郎, 中村美奈子「モーションキャプチャデータから舞踊譜 Labanotation の生成」『情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア』no. 128, CIVM-128-14, pp. 103-110. (2001. 7)
- 5) Calvert, T., Wilke, L., Ryman R. and Fox, I. "Applications of Computers to Dance," *IEEE Computer Graphics and Applications*, March/April 2005, pp.6-12 (2005.3)
- 6) 中村美奈子「Labanotation(ラバン式身体運動記譜法)に基づく身体運動データの XML 表現の開発」『人文科学とコンピュータシンポジウム論文集』vol. 2003, no. 21, pp. 23-30. (2003.12)
- 7) Bin Umino, Jeffrey Longstaff, and Asako Soga "Laban Motif of Algorithms for Automatic Generation of Dance Sequences in 'Web3D Dance Composer,'" *Proceedings of 24th Biennial Conference of International Council of Kinetography Laban* (forthcoming)
- 8) 舞踊動作の単位は, 例えば粒度の大きい順に, 作品, 作品を構成する個々のダンス, ダンスを構成する個々のフレーズ(シークエンス), フレーズを構成するステップ(バ), ステップを構成する身体部位ごとのムーブメントなどを考えることができる。
- 9) 阪田真己子, 柴眞理子, 米谷淳「舞踊運動における身体メディア情報のモデル構築」, 『ヒューマンインタフェース学会誌』vol. 3, no. 4, pp. 45-54. (2001. 11)
- 10) 吉村ミツ, 酒井由美子, 甲斐民子, 吉村功「日本舞踊の「振り」部分抽出とその特性の定量化の試み」『電子情報通信学会論文誌 D-II』vol. J84-D-II, no. 12, pp. 2644-2653. (2001. 12)
- 11) 回転エネルギーは, 一般には慣性モーメントと角速度の2乗の積に比例する。慣性モーメントは剛体の形状と質量によって異なるが, ここでは人体を均質物質からできた円柱と仮定した。