

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 振付シミュレーションシステム

曾我 麻佐子[†] 海野 敏^{††} 安田 孝美^{†††}

Web3D 技術とその応用研究として、クラシックバレエの振付支援システムの開発を行ってきた。本稿では我々の新しいシステム “Web3D Dance Composer” をとりあげる。このシステムはモーションアーカイブと振付シミュレーションシステムから構成されている。アーカイブには、バレエの基本ステップのモーションデータを要素化して蓄積した。モーションデータはモーションキャプチャシステムを用いてプロダンサーの実演から採取した。振付シミュレーションシステムでは、バレエのレッスン用振付を Web 上で対話的に創作し、それを 3次元 CG アニメーションで再生することができる。本稿では、まず、振付シミュレーションに必要なバレエ動作の要素化と構造分析について論じた。次に、バレエのモーションデータを Web 上で共有するために必要なデータ標準化の手法と、振付をシミュレーションするために必要な 3次元 CG アニメーションの生成手法について論じた。このシステムを用いた実験を行い、その結果を考察した。

A Web-based Motion Archive and 3DCG Simulation System to Support Classical Ballet Choreography

ASAKO SOGA,[†] BIN UMINO^{††} and TAKAMI YASUDA^{†††}

As a case study of Web3D technology and its application, we have developed some systems which support to create classical ballet choreography. In this paper, we discuss our new system, which is called “Web3D Dance Composer”. The system consists of the motion archive and the simulation system. The archive has accumulated 3D human motion data of basic ballet steps segmented. The data were captured from demonstrations of professional dancers using motion capture systems. The simulation system allows ballet teachers to create various choreographies for lessons and to represent them as 3DCG animation. We discuss the segmentation for ballet motion and the structural analysis of it as preparation for the simulation. Then we discuss the standardization of motion data to share them in the Web environment and the creation method of 3DCG animation to simulate choreographies. We also discuss the evaluation of the system.

1. はじめに

1.1 研究の目的

芸術的な創作行為のうち、作文（文学）、作曲（音楽）、描画・造形（美術）に関しては、テキスト、サウンド、グラフィクスを編集するアプリケーションの発達により、少なくとも素材加工のレベルでのコンピュータ支援は一般化している。しかし振付（舞踊）に関しては、モーションデータ（身体動作の 3次元データ）

の編集ソフトウェアは市販されているものの、データの標準化が十分でないなどの理由でコンピュータ支援は立ち遅れている。

我々はすでにクラシックバレエ（以下、バレエ）の振付を 3次元 CG アニメーション（以下、3DCG）でシミュレーションできるシステムを試作した^{1),2)}。その成果をもとに、今回、“Web3D Dance Composer”（以下、WDC）と名付けたシステムを新たに開発した。

WDCを開発するにあたって 3つの課題を解決した。第1はバレエ動作の要素化と構造分析である。これによってバレエのモーションデータをどのような単位でどれくらい蓄積すべきかが明らかになった。第2はモーションデータの標準化と、そのための加工法である。これによって異なるモーションキャプチャシステム（以下、MC）で採取したモーションデータを標

[†] 名古屋大学大学院人間情報学研究科
Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

^{††} 東洋大学社会学部
Faculty of Sociology, Toyo University

^{†††} 名古屋大学情報文化学部
School of Informatics and Sciences, Nagoya University

準的な Web インタフェースで共有、交換できるようになった。第3は振付シミュレーションのためのモーションデータの再加工法である。これによって3DCGの効率的な生成と、MCで未採取の動きの自動生成が可能になった。

本稿では、2章でバレエ動作の要素化と構造分析について、3章でバレエのモーションデータの標準化と加工法について、4章で標準化されたモーションデータの再加工法について論ずる。5章ではWDCの仕様と機能を簡略に説明し、6章でシステムの評価実験とその結果を報告する。

1.2 関連研究と類似システム

(1) 人体動作3DCGの制作

3DCG制作を支援する市販アプリケーションには人体動作に特化したものがある(例:Life Forms, 3ds max, Poser)。しかし、これらは舞踊動作には特化していない。なかにはバレエ動作のデータライブラリを提供している製品もあるが(例:Life Forms)、振付シミュレーションに必要な質と量を実現するにはMCで採取する方がはるかに効率的である。

(2) 舞踊動作3DCGの制作

舞踊動作に特化して3DCGを作成する研究としては、国際的な舞踊記譜法Labanotationに基づいたシステムの開発がある^{4),5)}。しかし、これらは汎用性が高すぎてバレエ動作をシミュレーションするには効率が悪い。WDCとはMCを使用しない点でも異なっている。舞踊動作のモーションデータをMCで採取し、それをもとに新しい舞踊動作を作成する試みとしては、Brandらの研究⁶⁾がある。これは一連の舞踊動作全体を加工する手法であり、これに対しWDCは、舞踊動作を要素化しておき、それらを組み合わせることで新しい舞踊動作を作成する。バレエに特化してモーションデータをセグメント化した点に本研究の特徴がある。

(3) 「舞踊符システム」

わらび座は、民俗舞踊の動きをMCで採取して要素化し、それらを組み合わせて新しい舞踊動作を作成し、3DCGでシミュレーションする「舞踊符システム」を開発した⁷⁾。この仕様はWDCとよく似ているが、標準的なWebインタフェースで使えない点で異なる。Web上でデータを共有するためのデータ標準化の配慮も不十分である。

(4) 舞踊動作のデジタルアーカイブ

バレエ動作を要素化して蓄積したデジタルアーカイブは、CD-ROM^{8),9)}、DVD¹⁰⁾、Webサイト^{11),12)}などの形態で公開されている。しかしこれらが収録しているのは2次元動画である。その利用目的も舞踊動作

の参照、確認のみで、振付シミュレーションは行えない。また、Web3D技術を利用し、クラブ系ダンスの3DCGを鑑賞できるデジタルアーカイブがWebサイトのかたちで公開されている^{13),14)}。しかし、これはデータの共有、交換ができない点、振付シミュレーションが行えない点でWDCと異なっている。

1.3 Web3D Dance Composerの利用目的

WDCはバレエの振付を支援するシステムである。多様な舞踊ジャンルのなかでバレエに注目した理由は、バレエでは基本的な姿勢と動作が厳格に体系化されており、振付が定型的な身体動作の順列・組合せを起點として行われるからである。そのために3DCGによる振付シミュレーションが行いやすい。

ユーザにはバレエ教師を想定した。作成できるのは、女性の初級クラスのレッスン用振付で、しかも「ブティックのアレグロのセンターレッスンのための短い振付」に限定した。バレエのレッスン用振付は定型的なステップをつないで作り、8~16小節程度の長さが通常である。この定型的なステップの連鎖のことを「アンシェヌマン」(enchainement)と呼ぶ。

WDCは、バレエ教師が、センターレッスン用のアンシェヌマンをWebブラウザを介して手軽に作成でき、さらにその場で振付の3DCGを見て確認、修正できるシステムとして構築したものである。

2. バレエ動作の要素化と構造分析

2.1 バレエ動作の要素化

舞踊動作の振付支援を行うためには、まず動作を合成するための要素単位をどうするかを考えなければならない。これは分節化(segmentation)の問題である。

Labanotation¹⁵⁾、Benesh notation¹⁶⁾などの舞踊記譜法は、舞踊動作を身体部位の動きに分節化して記述する。上述の「舞踊符システム」も、頭部、胴、両腕、両足の4つの身体部位に分けて記述している。

しかし、バレエは定型的なステップを「パ」(pas)と呼んで厳格に体系化しており、これに基づいて振付が行われるという舞踊的特性を有している。しかも上半身の動きは下半身の動きで規定され、特定のステップを行うと、頭の向きや腕の配置が自然に定まることが多い。この特性は独創性と新奇性が重視される舞台作品では必ずしもあてはまらないが、レッスン用の振付には十分あてはまる。

したがって、バレエのレッスン用振付を考えるのであれば、身体部位それぞれの動きまで分節化する必要はない。そこで動作合成の要素単位には、バレエ固有の定型的な基本ステップ(脚の動き)を採用した。¹

準的な Web インタフェースで共有、交換できるようになった。第3は振付シミュレーションのためのモーションデータの再加工法である。これによって3DCGの効率的な生成と、MCで未採取の動きの自動生成が可能になった。

本稿では、2章でバレエ動作の要素化と構造分析について、3章でバレエのモーションデータの標準化と加工法について、4章で標準化されたモーションデータの再加工法について論ずる。5章ではWDCの仕様と機能を簡略に説明し、6章でシステムの評価実験とその結果を報告する。

1.2 関連研究と類似システム

(1) 人体動作3DCGの制作

3DCG制作を支援する市販アプリケーションには人体動作に特化したものがある(例: Life Forms, 3ds max, Poser)。しかし、これらは舞踊動作には特化していない。なかにはバレエ動作のデータライブラリを提供している製品もあるが(例: Life Forms)、振付シミュレーションに必要な質と量を実現するにはMCで採取する方がはるかに効率的である。

(2) 舞踊動作3DCGの制作

舞踊動作に特化して3DCGを作成する研究としては、国際的な舞踊記譜法 Labanotation に基づいたシステムの開発がある^{4),5)}。しかし、これらは汎用性が高すぎてバレエ動作をシミュレーションするには効率が悪い。WDCとはMCを使用しない点でも異なっている。舞踊動作のモーションデータをMCで採取し、それをもとに新しい舞踊動作を作成する試みとしては、Brandらの研究⁶⁾がある。これは一連の舞踊動作全体を加工する手法であり、これに対しWDCは、舞踊動作を要素化しておき、それらを組み合わせることで新しい舞踊動作を作成する。バレエに特化してモーションデータをセグメント化した点に本研究の特徴がある。

(3) 「舞踊符システム」

わらび座は、民俗舞踊の動きをMCで採取して要素化し、それらを組み合わせて新しい舞踊動作を作成し、3DCGでシミュレーションする「舞踊符システム」を開発した⁷⁾。この仕様はWDCとよく似ているが、標準的な Web インタフェースで使えない点で異なる。Web上でデータを共有するためのデータ標準化の配慮も不十分である。

(4) 舞踊動作のデジタルアーカイブ

バレエ動作を要素化して蓄積したデジタルアーカイブは、CD-ROM^{8),9)}、DVD¹⁰⁾、Webサイト^{11),12)}などの形態で公開されている。しかしこれらが収録しているのは2次元動画である。その利用目的も舞踊動作

の参照、確認のみで、振付シミュレーションは行えない。また、Web3D技術を利用し、クラブ系ダンスの3DCGを鑑賞できるデジタルアーカイブがWebサイトのかたちで公開されている^{13),14)}。しかし、これらはデータの共有、交換ができない点、振付シミュレーションが行えない点でWDCと異なっている。

1.3 Web3D Dance Composer の利用目的

WDCはバレエの振付を支援するシステムである。多様な舞踊ジャンルのなかでバレエに注目した理由は、バレエでは基本的な姿勢と動作が厳格に体系化されており、振付が定型的な身体動作の順列・組合せを起点として行われるからである。そのために3DCGによる振付シミュレーションが行いやすい。

ユーザにはバレエ教師を想定した。作成できるのは、女性の初級クラスのレッスン用振付で、しかも「ブティアレグロのセンターレッスンのための短い振付」に限定した。バレエのレッスン用振付は定型的なステップをつないで作り、8~16小節程度の長さが通常である。この定型的なステップの連鎖のことを「アンシェヌマン」(enchainement)と呼ぶ。

WDCは、バレエ教師が、センターレッスン用のアンシェヌマンをWebブラウザを介して手軽に作成でき、さらにその場で振付の3DCGを見て確認、修正できるシステムとして構築したものである。

2. バレエ動作の要素化と構造分析

2.1 バレエ動作の要素化

舞踊動作の振付支援を行うためには、まず動作を合成するための要素単位をどうするかを考えなければならない。これは分節化(segmentation)の問題である。

Labanotation¹⁵⁾、Benesh notation¹⁶⁾などの舞踊記譜法は、舞踊動作を身体部位の動きに分節化して記述する。上述の「舞踊符システム」も、頭部、胴、両腕、両足の4つの身体部位に分けて記述している。

しかし、バレエは定型的なステップを「パ」(pas)と呼んで厳格に体系化しており、これに基づいて振付が行われるという舞踊的特性を有している。しかも上半身の動きは下半身の動きで規定され、特定のステップを行うと、頭の向きや腕の配置が自然に定まることが多い。この特性は独創性と新奇性が重視される舞台作品では必ずしもあてはまらないが、レッスン用の振付には十分あてはまる。

したがって、バレエのレッスン用振付を考えるのであれば、身体部位それぞれの動きまで分節化する必要はない。そこで動作合成の要素単位には、バレエ固有の定型的な基本ステップ(脚の動き)を採用した。1

つの要素単位は、下半身の動きに基づきつつも全身の動きをまるごと含むものと考えた。

2.2 基本ステップの収集と分類

振付シミュレーションのためには、振付合成に必要な十分な量の基本ステップを網羅的に数え上げなければならない。しかし、バレエの用語辞書、教則本、教則ビデオは各国で多数刊行されているにもかかわらず、基本ステップの網羅的なリストは意外にも見当たらない。網羅的ではないが、『新版バレエ用語辞典』¹⁷⁾には百数十種のパレエのステップが収録されている。

バレエのレッスンにはパートとセンターの2種類があり、また男性と女性ではステップに相違がある。そこでまず女性の初級クラスのセンターレッスンで使用される基本ステップに限定し、バレエ教師4名の協力を得て網羅的なリストを作成した。さらにこれを体系的に整理し、独自に『パレエレッスン基本ステップ分類表』(以下『分類表』)を作成した。『分類表』ver.1.1に収録した基本ステップは151種類である。

基本ステップの呼称は、教授法の流派ごとに差異がある。今回は英国に本部のある国際的なバレエ教育組織 Royal Academy of Dancing で用いられている呼称を原則とした。

2.3 基本ステップの属性設定

1つの基本ステップはさらに多数のパターンを含んでいる。ステップによっては開始姿勢、終了姿勢、足の運び方、進む方向などがそれぞれ何通りも可能なため、組合せは爆発的に増えてしまう。そのすべてをMCで採取するのはむずかしい。そこで、振付シミュレーションにあたって、MCで未採取の動作を採取済みの動作から生成するための準備として、ステップごとに必要な属性を設定し、属性ごとに可能な属性値のセットを用意した。

『分類表』に収録した151種類の基本ステップそれぞれの属性および属性値セットは、女性の初級レッスンで使用されるという条件で、バレエ教師2名にリスト化してもらった。その結果は『パレエレッスン基本ステップ分析表』ver.1.0となっている。属性は(1)回転数、(2)非軸足、(3)前方足、(4)移動方向、(5)準備動作、(6)身体方向、(7)開始姿勢、(8)終了姿勢の8種類であり、このうち(6)~(8)はすべてのステップで必須の属性である。たとえば「ピルエット・アンドゥオール」という基本ステップは6つの属性を持ち、属性ごとに選択可能な属性値の数は次のとおりである。

回転数	6通り	身体方向	8通り
非軸足	2通り	開始動作	2通り
準備動作	7通り	終了姿勢	2通り

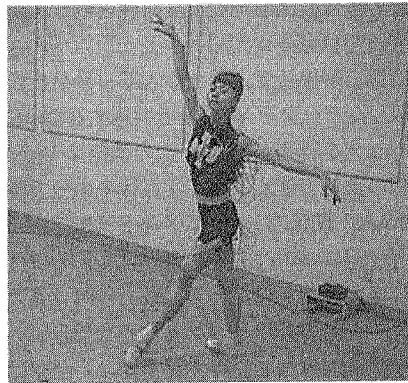


図1 プロダンサーによるモーションデータ収録風景
Fig.1 Recording motion data by a professional dancer.

これより、「ピルエット・アンドゥオール」には最大2,688通りのパターンがあることが分かる。

3. モーションデータの標準化

3.1 モーションデータの収録

2章で述べた『分類表』に基づいて、振付シミュレーションに必要なモーションデータをMCで採取した。収録は光学式MCで1回、磁気式MCで3回行った。光学式MCはMotion Analysis社のEVAシステム、磁気式MCはMotionStar Wirelessである。2つのシステムを混用した理由は、異なるMCで収録したデータを、MCに依存しない形式で標準化し、共有・再利用できるようにするためである。実演は現役プロの女性バレエダンサー5名が行った。図1は磁気式MCによる収録風景である。

すべてのステップについて全属性値のデータを採取するのは不可能なので、151種類の基本ステップを最低1パターンずつ採取することにし、頻繁に用いられる基本ステップについてのみ属性値の違いごとに数パターンを採取した。MCで採取しないパターンの3DCGは採取したパターンのデータから後で生成することにした。また各ステップを1つずつ収録するのではなく、多数のステップを数分間連続して収録し、後で必要な部分を切り出して要素化することにした。

3.2 H-Animによる標準化

MCより得られるデータには様々な記述形式が混在し、今のところ標準化されていない。そのため人体の骨格構造や回転角度の記述方法が統一されておらず、データの共有と互換に問題が生じている。この問題に対処するため、多くのCGアプリケーションは、最終的に出力するキャラクタ(人体フィギュア)に合わせてモーションデータを修正するツールを備えている。

しかし、これらのツールでモーションデータをそのつど修正するのは効率が悪い。

この問題を解決して、異なる MC, 異なるダンサーから採取したデータを Web 上で共用するために、我々は H-Anim³⁾を採用した¹⁸⁾。この規格は Web 上での人体動作の記述方法に関して、人体のすべてのジョイント (Joint; 関節点), セグメント (Segment; 骨=部位), サイト (Site; 先端) の呼称と、その階層構造を厳密に定義したものである。また、同一姿勢において各ジョイントのアニメーションデータの値が一致するように、人体の初期姿勢やジョイントの回転角度の記述方法も規定している。

本研究では、H-Anim に従いつつ、次の 4 項目について標準化を提案する。(a) バレエ動作の記述に適した骨格構造, (b) ジョイントの回転角度の記述方法, (c) バレエの振付シミュレーションに適した 3DCG ダンサーの体形, (d) バレエの振付シミュレーションに適した移動情報の分割処理。(c) と (d) は我々独自の提案であり, (a) も独自の提案を含むが, (b) は H-Anim の規格そのままである。

次節より、実際のデータ加工の作業手順に沿って、(a)~(d) の標準化と、そのための具体的なデータ加工手法を説明する。なお、採取したモーションキャプチャデータ (MC で採取した生のモーションデータ) の加工には、光学式データでは EVa5.20, 磁気式データでは FiLMBOX3.0 を使用した。

3.3 骨格構造の標準化

H-Anim では人体の関節の位置が 89 個のジョイントとして厳密に定義されている。しかし MC で採取できるデータは、通常 15~20 カ所程度のジョイントについてであり、しかも各ジョイントの呼称がシステムによって異なっている。そのため、モーションキャプチャデータのジョイントを H-Anim で提案されているジョイントに対応付ける作業が必要である。

そこで、バレエ動作の表現に適した骨格構造として、20 個のジョイントを定義した「バレエダンサー標準モデル」を提案する。この 20 個は、H-Anim の LOA1 (Level of Architecture 1) に、肩と首、足の指関節を追加したものである。図 2 に「バレエダンサー標準モデル」の骨格構造を示す。

3.4 回転角度の記述方法の標準化

H-Anim では図 3 (a) のような初期姿勢を定め、初期姿勢での全ジョイントの回転角度を 0 度と定義している。しかし、モーションキャプチャデータでは必ずしもこのように定義されておらず、たとえばある光学式 MC (EVa システム) では、図 3 (b) のように親

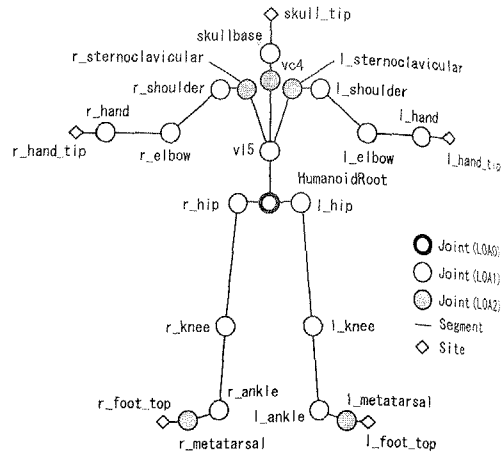


図 2 バレエダンサー標準モデルの骨格構造
Fig. 2 Human body structure of the standard ballet dancer.

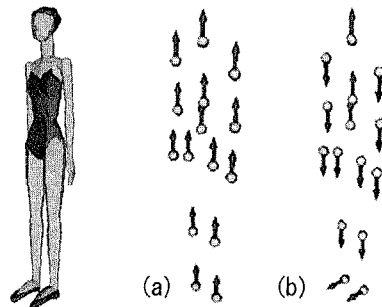


図 3 回転角度の初期方向

(a) H-Anim, (b) EVa システム

Fig. 3 The initial direction for rotation.
(a) H-Anim, (b) EVa System.

ジョイントから子ジョイントへのベクトルを、回転角度を測定する際の初期方向としている。本研究では、モーションデータの回転角度を H-Anim の測定方法と同じになるように変換した。

3.5 ダンサーの体形の標準化

異なるダンサーから採取したモーションデータを同じ 3DCG キャラクターで再生させるために、ダンサーの体形を標準化し、「バレエダンサー標準モデル」の CG キャラクターとして作成した。これは、比較的体形の似たプロの女性バレエダンサー 3 名の身体を実測し、その平均値に基づいてジョイントとサイトの位置座標を定め、さらにバレエ用の 3DCG キャラクターをモデリングしたものである。すべてのモーションデータはこのキャラクターに合わせて出力した。図 4 に 3DCG キャラクターのジョイントの位置と概観を示す。キャラクターは女性で、身長 160 cm, 体重 43 kg, レッスン用の衣装とトウシューズを着用した姿をしている。

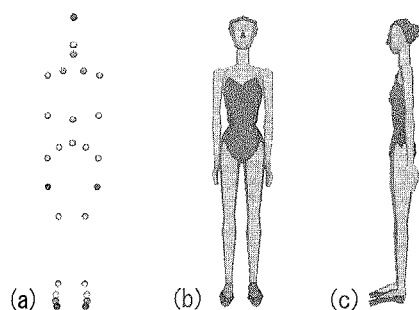


図4 女性バレエダンサー CG キャラクターの外観

(a) ジョイントおよびサイト, (b) 正面, (c) 横

Fig. 4 A CG character for female ballet dancer.

(a) Joints and sites, (b) Front view, (c) Side view.

3.6 移動情報の記述方法の標準化

バレエのモーションデータを Web 上で再生・編集しやすくするために、移動情報を垂直方向と水平方向に分割することを提案する。バレエ動作において、垂直方向の移動が動きの本質的属性であることが多いからである。実際には、次章で説明するとおり、垂直方向の移動情報は回転角度情報と一緒に管理した。

4. モーションデータの再加工

4.1 モーションデータのアーカイブ化

3章で述べた手法で標準化したモーションデータは、20個のジョイントの回転角度情報と、最上位のジョイント (HumanoidRoot) の移動情報のアニメーションで記述されている。本研究では、これらを VRML 形式に出力した後、バレエのモーションデータを Web 上で再生・編集しやすくするために、まず基本ステップの単位に分割し、次の3つの情報に分けてアーカイブ化した。(1) 回転角度情報+垂直方向の移動情報、(2) 水平方向の移動情報、(3) その他の付加情報。

回転角度情報と垂直方向の移動情報はステップごとに VRML ファイルとして実行できる形式でアーカイブ化し、モーションの連結の際に修正が必要な水平方向の移動情報は別途テキストファイルとして用意した。その他の付加情報として、ステップごとに、その名前、デフォルトの属性値・拍数、補間するタイミングなど、アニメーション以外の処理に必要なデータを記述した。

以上に加えて、基本ステップのモーションデータをアーカイブ化するにあたっては、すべてのパターンで水平方向の開始位置は原点、開始姿勢は正面向きになるように再加工した。また身体方向は、つねに斜め方向で行うステップなど正面方向で行う可能性のないステップについては、そのステップが最もよく行われる方向をデフォルトにしてアーカイブ化した。さらに再

生速度は、バレエのレッスンでは拍数 (カウント) で指定するのが自然であるため、MC で収録したときの速度とは無関係にデフォルトの拍数を記述した。

4.2 未採取パターンの生成

既述のように、バレエの基本ステップは1種類ごとに、微妙に異なる数十~数千通りものパターンが存在している。そのためすべてのパターンのモーションデータを MC で採取してあらかじめ用意しておくのは不可能であり効率も良くない。そこで属性値の違いなどによって未採取のパターンを以下のようにタイプ分けし、シミュレーション実行時に採取済みのモーションデータから生成した。

(1) 鏡像の作成

非軸足、前方足の違いで単純に左右の足が逆のものは、鏡像データを作成した。

(2) 身体方向の変更

身体方向の変更は、シミュレーション実行時に身体全体の座標系を回転させることで実現した。VRML では座標変換を階層的に行えるため、この方法ならばアニメーションデータの修正が不要である。

(3) 複数のモーションの連結

部分的に類似した基本ステップは、他のモーションデータの一部を組み合わせで生成した。同様に準備動作の違いは、基本ステップのモーションデータの前に準備動作のモーションデータを連結することで実現した。

(4) 開始姿勢、終了姿勢の変更

未採取のパターンで最も多かったのは開始姿勢または終了姿勢の違いである。このタイプは VRML のキーフレームアニメーションの特性を利用して補った。キーフレームアニメーションでは、フレーム間のアニメーションを自動的に補間で生成し、連続的に表示することができる。たとえば、図5(a)のような採取済みのステップの終了姿勢を変更して別のパターンのステップを生成するには、図5(b)のように補間開始時刻と次ステップの開始時刻の各回転角度情報を送信することで、VRML ブラウザは図5(c)のようにこの2つの姿勢間のアニメーションを自動的に補間して表示する。その結果、終了姿勢が異なるパターンのアニメーションを、シミュレーション実行時に生成することができる。最も自然な動作を生成するための補間開始/終了時刻はステップの種類や採取済みの開始/終了姿勢によって異なるため、あらかじめ実験を繰り返し、各基本ステップのパターンごとに定めた。

これらの4つのタイプいずれにもあてはまらないパターンの生成は今のところ困難であり、異なるモーションデータが必要である。

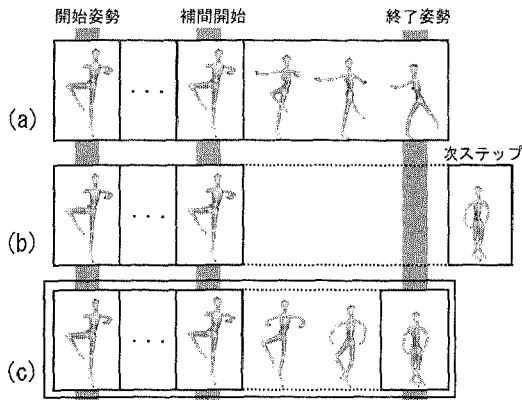


図5 終了姿勢の変更によるステップパターンの生成例
(a) 採取済みのステップ, (b) ブラウザへ送信するフレーム,
(c) 生成したパターン

Fig. 5 An example created step pattern by end pose modification. (a) Recorded movement, (b) Sending frames, (c) Created pattern.

5. Web3D Dance Composer の仕様と機能

5.1 振付シミュレーションシステムの機能

WDCはモーションアーカイブと振付シミュレーションシステムの2つの部分から構成されている。以下、振付シミュレーションシステムの機能について説明する。

振付の作成を支援する機能としては、指定した基本ステップのみを随時再生する「プレビュー機能」、基本ステップの拍数や振付全体のテンポを変化させる「速度変更機能」、振付へのステップの追加、削除、順序変更を行う「編集機能」を実装している。

3DCGアニメーションの再生を制御する機能としては、一時停止、コマ送り、逆再生などが可能である。また、キャラクタ(ダンサーのフィギュア)や背景画像を変更する機能も備えている。キャラクタと背景画像は、Web上にある任意のVRMLファイルを読み込んで変更することができる。

さらにステップに合わせて拍数を刻むメトロノーム音を出力する「伴奏機能」、生成した振付を独自の符号化手法で出力する「保存機能」も実装した。

WDCは標準的なWebインタフェースで対話的に操作できるようにJava Appletでプログラミングした。動作環境としては、Windowsパソコンに一般的なWebブラウザがインストールされており、さらに無償で配布されているVRMLプラグイン(例: Cortona VRML Client, Blaxxun Contact)を組み込んでいることを前提としている。

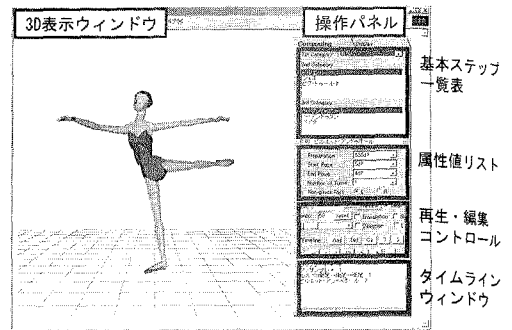


図6 Web3D Dance Composer のインタフェース
Fig. 6 Interface of Web3D Dance Composer.

5.2 ユーザインタフェースと操作手順

図6のように、WDCは、振付の設定を行う「操作パネル」とシミュレーション結果が表示される「3D表示ウィンドウ」が横に並ぶかたちをしている。3D表示ウィンドウは視点を自由に変えられるが、振付の確認に適した複数の視点もあらかじめ設定した。操作パネルは「振付構成パネル」と「表示制御パネル」の2種類あり、上端のタブで切り替えることができる。図6は振付構成パネルの例である。

振付構成パネルは「基本ステップ一覧表」、「属性値リスト」、「再生・編集コントロール」、「タイムラインウィンドウ」で構成される。基本ステップ一覧表には『分類表』に収録されたステップが系統順に表示されている。属性値リストは各ステップの属性値を選択するためのメニューであり、各ステップについて最も一般的な属性値がデフォルトに用意されている。再生・編集コントロールには振付を支援する機能(5.1節参照)の各ボタンが実装されている。表示制御パネルでは、キャラクタや背景を変更することができる。

基本的な操作手順は次のとおりである。(1) 振付構成パネルの基本ステップ一覧表から適当なステップを順次選択し、タイムラインウィンドウに並べて振付リストを作成する。選択した個々のステップの属性値を必要に応じて属性値リストで変更する。(2) Loadボタンを押して振付リストに対応するアニメーションデータをサーバから取得する。これによってVRML空間に人体モデルが追加され、同時に移動情報の計算が行われる。(3) Playボタンを押して振付結果を再生する。(4) 必要に応じてステップの追加、削除、順序変更などを行い、逐次的に振付を修正・編集する。

6. システムの評価

6.1 評価実験

WDCの振付シミュレーションシステムとしての有

評価するため、小規模な実験を行った。

モーションアーカイブに収録されている基本から「プティアレグロ」に使われる27種類それらのみを使った女性の初級レッスン用アマンの振付を、通常のレッスンをを行うときにバレエ教師1名(教師歴18年)に創作した。創作してもらった振付は、8分の6拍子のアンシェヌマン、計10個である。この10シェヌマンはプロダンサーに実演してもらい、撮影した。

27種類の基本ステップをWDCのモーションアーカイブに収録したうえで、10個のアンシェヌマンを振付シミュレーションシステムで作成した1つのアンシェヌマンの3DCGを作成するの基本ステップの延べ数は、平均15.9個、最大24個だった。

準備をしたうえで、WDCで作成した3DCGをバレエ教師の作成したアンシェヌマンをどの程度再現しているかの評価実験を行った。評価は、埼玉、愛知在住のバレエ教師10名が行った。10人の経験は平均9.6年で、最短3年、最長20年で

実験の手順は次のとおりである。まずバレエ教師がWDCで作成した3DCGを見せてアンシェヌマンしてもらった。次に実演ビデオを見て、3DCGのアンシェヌマンを正しく再現しているかどうか下半身(脚)の動き、(2)上半身(腕と頭)の(3)動きのリズム(タイミング)の3項目について「正しく再現している」、「推測可能である」、「推測不可能である」の3段階で評価してもらった。「正しくは、1つのアンシェヌマンで記憶と違うところもない場合に限った。また、正しく再現しない場合には、どこが正しくないかを具体的に説明してもらった。

評価結果

実験では、アンシェヌマン10個をバレエ教師が評価しているのので、項目ごとに100の評価をすることができた。その結果は次のとおりである。

	正しく再現	推測可能	推測不可能
脚	34%	31%	35%
腕	24%	33%	43%
頭	55%	32%	13%

脚の動きに関しては、1カ所の違いもなく「正しく再現している」と評価されたものが3分の1であった。10個のアンシェヌマンは、評価が他と比較して低かった。その原因はどちらも未採取パターン

の3DCG生成が不完全だったため、1つは鏡像を含む複数のモーションの連結に、もう1つは準備動作の作成に失敗している。全体では「正しく再現」または「推測可能」の評価は65%であるが、評価の著しく悪い2つのアンシェヌマンを除くと78%に上昇する。

上半身の動きに関しては、そもそも振付シミュレーションの要素単位を下半身の動き(ステップ)としたので、未採取の動きは3DCGの作成をいっさいしていない。そのため「推測不可能」という評価が4割もあった。しかし、それでも6割が「正しく再現」または「推測可能」という評価なのは、「上半身の動きは下半身の動きで規定され、特定のステップを行うと、頭の向きや腕の配置が自然に定まる」というバレエの特性ゆえである。

動きのリズムに関しては、9割弱が「正しく再現」または「推測可能」と評価され、デフォルトに用意した各ステップの拍数はほぼ妥当であった。

「推測不可能」と評価されたアンシェヌマンについて詳しく調べたところ、その原因のほとんどは未採取パターンの3DCGが生成されていないか不完全であるためであった。ほかの原因として、採取済みパターンの3DCGが期待とは違った動きに見える場合が少数あった。以上の結果から、WDCを実用化するには、未採取パターンの3DCG生成の手法を充実させる必要があることが確認された。

7. おわりに

舞踊芸術のコンピュータ支援を目的としてWDCを開発した。バレエの基本ステップを網羅的に収集し、独自の分類体系に基づいて要素化することで、バレエの振付シミュレーションを効率的に行うことが可能になった。またモーションデータをH-Animによって標準化することで、標準的なWeb環境での人体モーションデータの共有・再利用が可能になった。WDCを利用してレッスン用振付の3DCGを生成する実験を行った結果、WDCを実用化するための問題点が明らかとなった。

現在WDCのモーションアーカイブに収録されている基本ステップは、評価実験に用いた27種類である。今後、MCで採取済みの基本ステップ151種類すべてをモーションアーカイブに収録する予定である。同時に、MCで未採取の動作を採取済みのデータから生成する手法を充実させる。振付シミュレーションシステムのユーザインタフェース向上も今後の課題である。

本研究の一般的目標は、MCで採取した舞踊のモーションデータを標準化し、これをネットワーク上に蓄

積して流通させることで、創作、教育、批評など、舞踊芸術をめぐる活動を広く支援することにある。WDCの成果に基づいて、将来的にはネットワークコラボレーションで利用可能な自動振付システム、演出シミュレーションシステムなどの開発を構想している。

謝辞 ご協力をいただいたバレエダンサー、バレエ教師の方々および横井茂樹教授、林健吾氏（名古屋大学大学院）に謝意を表す。またデータ収録にあたっては名古屋市立大学芸術工学部の映像スタジオと、わらび座デジタルアートファクトリーのスタジオを借りた。なお、本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（C）、同萌芽研究、科学技術融合振興財団の助成によるものである。

参考文献

- 1) Soga, A., Endo, M. and Yasuda, T.: Motion Description and Composing System for Classic Ballet Animation on the Web, *Proc. 10th IEEE ROMAN*, pp.134-139 (2001).
- 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, Vol.1, No.1, pp.30-38 (2002).
- 3) VRML Humanoid Animation Working Group: The Humanoid Animation Specification.
<http://www.h-anim.org/>
- 4) Nakamura, M. and Hachimura, K.: Labanotation and New Technology, *WORLD DANCE 2000 Choreography Today*, pp.131-135 (2000).
- 5) Fox, I.: Documentation Technology for the 21st Century, *WORLD DANCE 2000 Choreography Today*, pp.136-142 (2000).
- 6) Brand, M. and Hertzmann, A.: Style Machines, *Proc. SIGGRAPH 2000*, pp.183-192 (2000).
- 7) 湯川 崇, 海賀孝明, 長瀬一男, 玉本英夫: 舞踊符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).
- 8) Business Works Inc.: Ballet is Fun; An Interactive CD-ROM Video Dictionary (1996).
- 9) Performing Arts Video Inc.: Ballet CD-ROM (1996).
- 10) 新書館: こどものためのバレエ事典 (2002).
- 11) American Ballet Theater: ABT Ballet Dictionary. <http://www.abt.org/library/dictionary/>
- 12) クーロス: インターネットバレエ.
<http://www.kouros.com/b/>
- 13) リットーミュージック: 神南デジタルダンサーズ. <http://www.dance-style.com/jdd/>
- 14) Space Illusion: D-Player.

<http://www.spaceillusion.com/>

- 15) Hutchinson, A.: *Labanotation, or, Kinetography Laban*, 3rd rev. ed., Theatre Arts Books New York (1984).
- 16) Parker, M.: *Benesh Movement Notation*, Benesh Institute, London (1996).
- 17) 川路 明 (編著): 新版バレエ用語辞典, 東洋堂出版 (1988).
- 18) 曾我麻佐子, 遠藤 守, 安田孝美, 海野 敏, 海賀孝明: モーションキャプチャで取得した舞踊データの H-anim による標準化とその応用, 情報処理学会人文科学とコンピュータシンポジウム論文集 pp.41-48 (2001).

(平成 14 年 6 月 28 日受付)

(平成 14 年 12 月 3 日採録)



曾我麻佐子 (学生会員)

昭和 51 年生。平成 13 年名古屋大学大学院人間情報学研究科物質・生命情報システム学専攻博士前期課程修了。現在同研究科博士後期課程在学中。コンピュータグラフィックス (CG), パーチャルリアリティ (VR) と身体動作に関する研究に従事。芸術科学会会員。



海野 敏 (正会員)

昭和 36 年生。平成 3 年東京大学大学院博士課程 (教育学) 退学。同年同大学助手。平成 7 年東洋大学社会学部講師。平成 9 年同大学助教授となり、現在に至る。この間、図書館情報学を専攻し、ネットワーク環境での情報組織化の研究に従事。舞踊評論家としても活動。日本図書館情報学会, 芸術科学会, 舞踊学会各会員。



安田 孝美 (正会員)

昭和 34 年生。昭和 62 年名古屋大学大学院博士課程 (情報工学) 修了。同年同大学助手。平成 5 年同大学情報文化学部助教授となり、現在に至る。この間、1986 年日本学術振興会特別研究員。CG, VR の基礎手法とその各種応用研究に従事。また、インターネットがもたらす新しい社会の在り方について教育、文化、経済など多方面から調査研究を行っている。電子情報通信学会, 教育システム情報学会, 情報文化学会, 日本社会情報学会各会員。