

## 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

曾我麻佐子, 海野敏†, 安田孝美‡

名古屋大学大学院人間情報学研究科 † 東洋大学社会学部 ‡ 名古屋大学情報文化学部

### A Web-based Interactive Choreography Simulation System for Ballet

Asako SOGA, Bin UMINO†, Takami YASUDA‡

Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

† Faculty of Sociology, Toyo University

‡ School of Informatics and Science, Nagoya University

プロ・ダンサーの実演から採取したモーション・キャプチャ・データを利用して、クラシック・バレエの振付を Web 上で対話的に創作し、3 次元 CG アニメーションでシミュレーションできるシステムを開発した。ユーザにはバレエ教師を想定し、利用目的には、基本ステップの組み合わせをレッスン用に短時間で多数創作することを想定した。基本ステップのアニメーション情報は VRML で記述し、Java アプレットで実装した GUI により Web における逐次的な振付の編集・再生を可能にした。システムには振付を支援する機能として、基本ステップのプレビュー機能、速度変更機能、編集機能を実装し、アニメーション出力を制御する機能として、人体モデルの選択、背景の選択、ユニゾンのシミュレーションができるようにした。バレエ教師などによってシステムの評価を行ったところ、実際に使うことのできるレッスン用の振付が本システムで創作できることを確認した。同時に、実用的なシステムとして公開するために改良すべき点が明らかになった。

#### 1. はじめに

モーション・キャプチャ技術の発達により、複雑な身体動作の計測が容易になったことから、様々な身体動作がデジタル・アーカイブやデータベースとして蓄積されている。一方、World Wide Web (以下 Web) 上の仮想空間においても、人体動作を記述することに関心が高まっており、我々は人体動作の中でも芸術的価値の高い舞踊動作を対象に、インターネットを利用した芸術・教育システムの開発を進めている[1][2][3]。

我々の研究の最終的な目標は、舞踊の3次元モーション・データを大量に蓄積してデータベース化し、それをネットワーク上で共有することで、芸術・教育などの文化的活動に広く活用できる環境を整備することにある。具体的には Web を利用した舞踊の教育システムや創作支援システム、デジタル・ミュージアムにおける伝統芸

能の保存や作品公開などを視野に入れている。このための一つの取り組みとして、クラシック・バレエ (以下バレエ) の振付を Web の環境で対話的に創作し、3次元CGアニメーションによってシミュレーションするシステムを開発した。

##### 1.1. 関連システム

開発した振付シミュレーション・システムに関連する既存のシステムと、その特徴を挙げる。

###### (1) 人体動作生成アプリケーション

人体動作の3次元CGアニメーションを作成するためのアプリケーションはいくつか市販されている[4][5]。しかし、これらは舞踊動作に特化したものではない。舞踊動作に特化したものとしては、国際的に標準化された舞踊記譜法であるLabanotationに基づいてアニメーション

を作成するシステムが存在する[6][7]。しかし、この記譜法は専門家のあいだでもあまり普及していないし、汎用性が高すぎてバレエ動作などの定型的なステップの連鎖を創作するには効率が悪い。

## (2) 「舞踊符」による振付システム

定型的なステップに一意の記号を付け、これらの組み合わせによって振付を作成し、3次元CGアニメーションを出力するシステム[8]も存在するが、これはオフラインの環境で動作することを前提としており、Webを活用した芸術・教育の支援システムではない。したがって、Web上でモーション・データを共有・再利用したり、対話的に操作・編集することはできない。加えて、創作過程で個々の動作や作成した振付を随時確認できない点、一般的な舞踊を対象としているため特定の舞踊の様式や振付手順が考慮されていない点など、様々な改良の余地がある。

## (3) 舞踊のデジタル・アーカイブ

舞踊動作を蓄積したデジタル・アーカイブはCD-ROMのかたちで[9][10][11]、またはWebの環境で[12][13]いくつか提供されているが、これらはいずれも2次元の実写映像またはアニメーションを収録したものであり、視点を変えられる3次元的な再生はできない。さらに、これらは舞踊動作を一方向的に参照、確認するためのものであって、新しい舞踊動作の創作はできない。

## 1.2. システムの特徴と利用目的

先に述べたように、我々の目的は芸術・教育などの文化的活動を広めるために、Web上で舞踊の3次元モーション・データを活用したシステムを構築することである。しかし、舞踊の3次元モーション・データをネットワーク上で公開し、Webを利用した舞踊の教育システムや創作支援システム等に活用した例はない。また、特定の舞踊の振付という限定した目的で実用性のあるシステムは今のところ存在しない。

そこで我々は、一般的なネットワーク環境でバレエの振付が対話的に創作でき、3次元的に再生できるシステムを開発した。このシステムでは、シミュレーションを繰り返しながら振付を逐次的に修正・編集することができる。加えて背景や人体モデルなど、振付以外の要素も同時にシミュレーションできる。

ユーザにはバレエ教師を想定し、利用目的には、定型的なステップの連鎖（アンシェヌマン）をレッスン用に短時間で多数創作すること想定している。舞踊ジャンルとしてバレエを選択したのは、バレエが舞踊として最も国際的であるためグローバルな評価が得られやすいこと

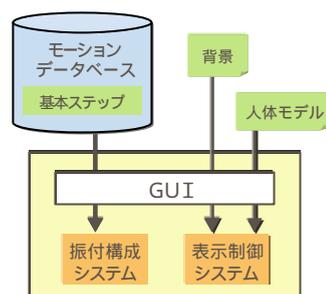


図1 システムの全体構成

と、バレエ・レッスンの振付が定型的なステップの連鎖から成り立っているため実用的なシステムが開発しやすいことが理由である。日本でバレエを専門に教える教室、スタジオの総数は600を超えているが、バレエ・レッスン用の振付はレッスンのたびにバレエ教師が作成するのが通常であり、ピアノ・レッスンにおける「バイエル」や「ブルクミュラー」のような教則本はない。したがって、バレエ振付シミュレーション・システムの需要は、国内に限定しても小さくないと推定できる。

バレエの専門的なシステム構築にあたり、プロ・ダンサーの実演から採取したモーション・キャプチャ・データを利用した。また、振付を構成する要素となる基本動作の単位や種類、振付の編集機能などについても専門家の意見を取り入れ、実用性のあるシステムの構築を目指している。

以下の章では、開発したシステムの詳細と、システムを構築する際に生じた様々な問題および解決手法について述べる。まずシステムの概要を述べ、その後バレエの振付に必要な基本ステップのデータベース化について述べる。そしてWeb上で対話的に振付編集を行うためのアニメーションの合成手法を提案し、開発した振付シミュレーション・システムの機能とユーザ・インタフェースについて述べる。最後にバレエ教師などによる本システムの評価結果および今後の課題について述べる。

## 2. システムの概要

本章ではシステムの全体構成と、システムの構築に必要な基礎技術について述べる。

### 2.1. システム構成

図1は本研究で開発したバレエ振付シミュレーション・システムの全体構成である。このシステムはだまか

にモーション・データベース, 振付構成システム, 表示制御システムの3つの要素で構成されている。

モーション・データベースには, 振付に必要なバレエの基本ステップを選択し, モーション・キャプチャ・システムにより収録したモーション・データを本システムで利用できる形式に変換して格納しておく。

振付構成システムでは, 振付の編集・再生など振付を生成するための機能を始め, 振付を試行錯誤するための機能として, 個々の基本ステップの動作を随時プレビューする機能や再生速度を変更する機能などを実装している。これらを Web ベースで対話的に行うために, 本研究では Web におけるバレエ・アニメーションの生成手法と連結手法を新たに提案する。

表示制御システムでは, 人体モデルや背景の変更, 複数のダンサーによる隊形の変更など, 表示や舞台演出に関連する機能を実装している。

振付構成システムと表示制御システムの各機能は対話的に操作するための GUI(Graphical User Interface)で実装し, これらを一つのアプリケーションとして開発した。したがって, 振付のアニメーションと舞台演出を同時にシミュレーションすることができる。今回はレッスン用の振付作成がおもな目的であるため, 振付構成システムに重点を置いて実装を行った。

## 2.2. システム構築のための基礎技術

Web上で対話的に3次元人体アニメーションを生成して振付シミュレーションを行うためには, モーション・データをWeb上の3次元物体の標準的な記述言語であるVRML(Virtual Reality Modeling Language)形式で記述するのが最も効率的である。なぜなら, Web上にある別のコンピュータが持つVRMLの情報を利用することが容易であるため, モーション・データの共有や再利用ができるからである。本システムでは, 3次元アニメーションの記述にVRMLを利用し, プログラムおよびGUIはJavaアプレットで実装した。また, Javaアプレットから受け取ったイベントをVRML空間に適應するにあたっては, EAI(External Authoring Interface)を利用している。

## 3. バレエ・モーションのデータベース化

バレエ振付シミュレーション・システムに必要なモーション・データベースの構築にあたり, バレエの基本ステップを選択し, それに対応するモーション・データのデータベース化を行った。



図2 光学式モーション・キャプチャ・システム

### 3.1. 基本ステップの選択

ダンスの振付シミュレーション・システムの開発においては, アニメーション合成の要素単位となる身体動作をどのように用意するかが問題となる[14]。合成単位の粒度(granularity)にはさまざまな水準が考えられるが, バレエの場合には, 数百年の伝統のなかで様式化した舞踊技法が存在しており, 振付を構成する基本動作として「パ」(pas)と呼ばれる短いステップの体系が存在している。したがって, バレエの振付シミュレーション・システムにおいては, このステップの体系をそのまま用いるのが適当である。

ステップは下半身の動作を基準としたものであり, バレエでは腕や頭などの上半身の動作も体系化されている[15]。しかし, 上半身を含めた身体部位それぞれの動きまで粒度を上げると振付の効率が低下するので, 本システムではステップのみを基本動作の単位とした。

『新版バレエ用語辞典』[16]では, バレエのステップが47のカテゴリーに分類されている。それぞれのカテゴリーにはさらに数種~十数種のステップが含まれているので, バレエの基本的なステップは百数十種に及んでいる。実際のバレエ作品では, 様式化されていないステップが無数に出現するが, レッスンにおいて利用される基本的なステップの数は限定されている。

今回は前述の書籍における47のカテゴリーから17種を選択し, 各カテゴリーにおいてレッスンに頻出する代表的な基本ステップを用意した。なお, バレエのレッスンにはバーとセンターの2種類があり 男性と女性ではステップに多少の相違があるが, 今回は女性のセンター・レッスンのみを対象とした。

### 3.2. モーション・データの採取

モーション・データは MotionAnalysis 社の光学式モーション・キャプチャ・システムである EVa システム [17] を利用してプロ・ダンサーの実演より採取した (図 2)。光学式を選択した理由は、精度、可動範囲、身体への負担・制限などである。加えてバレエ動作においてマーカーのオクルージョンが起こる動作は極めて少ないことから、光学式が最適であると判断した。しかし、規定のマーカーの位置では自然なバレエ動作の妨げになるため、下半身のマーカーの位置を変更し、関節の位置を特定する際に修正を加えた。

また、収録スタジオの床はバレエを踊るには適していないため、トウシューズの着用に適した特設舞台を設営した。舞台は収録範囲が直径 5m であることから、通常の舞台と同じ素材の床を 6m 四方に設置した。さらに、バレエでは円形領域で踊る習慣がないため、キャリアレーションにより収録範囲を 5m 四方に調整した。

収録する動作はステップを基準とした全身の動作とし、各ステップに対して最も自然な上半身の動作を同時に収録した。

### 3.3. モーションのデータベース化

採取したモーション・データは VRML 形式へ出力し、個々のステップに分割してデータベース化した。また、本システムでは、VRML に基づいた人体アニメーションの標準的な表現方式である H-anim [18] と、次章で提案するバレエ・アニメーションの合成手法を考慮し、各ステップの移動情報を分離してデータベース化した。

図 3 は本システムにおける人体構造である。各関節のアニメーションは回転角情報で表され、移動情報は骨盤の中心である Lowertorso のみに与えられている。

一方、H-anim による人体アニメーションの記述では、人体の移動情報をその動作に固有な移動と、空間に対する人体のグローバルな移動とに分けて記述する。

本システムではバレエ動作の H-anim 化にあたり、移動情報を水平方向と垂直方向の成分に分離した。すなわち、爪先立ち (ポワント・ワーク) やジャンプなどに影響される垂直方向の成分は、バレエ動作に固有な移動であるため、腰の移動情報として記述し、水平方向の成分は、全身の移動を伴うステップに多く含まれるためグローバルな移動情報として記述した。

また、回転角情報と腰の移動情報は VRML ファイルとして実行できる形式で用意し、グローバルな移動情報は連結の際にアニメーション情報の修正が必要であるため、

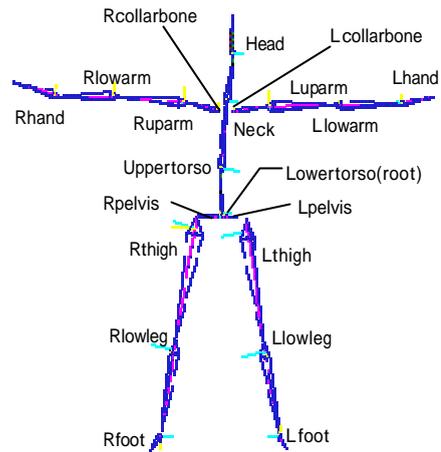


図 3 本システムにおける人体構造

別途テキストファイルで用意した。

现阶段では、人体モデルの構造や回転角の初期方向など、移動情報以外の情報は EVa システムに依存した形式で記述しているが、近々 H-anim への全面的な移行を予定している [19]。

## 4. バレエ・アニメーションの合成

次に Web 上で対話的に振付編集を行うために考案したバレエ・アニメーションの生成手法と連結手法について述べる。

### 4.1. アニメーションの生成

本システムでは Java アプレットによる GUI 環境で選択した基本ステップのアニメーション情報を動的に VRML 空間へ追加してゆくことで振付シミュレーションを行う。しかし Java アプレットから膨大なアニメーション情報を随時追加・変更するのはネットワークへの負荷や時間がかかり、好ましくない。そこで、EAI による VRML ノードの追加機能と VRML の外部プロトタイプ機能を組み合わせ、作業効率をあげる手法を考案した。

回転角情報と腰の移動情報を記述した VRML ファイルと、水平方向の移動情報を記述したテキストファイルはモーション・データベースに用意してあるものとする。

回転角情報のアニメーションの生成手順は次の通りである。(1)Java アプレットでユーザが選択したステップに対応する VRML ノードを生成する。(2)生成したノードを EAI を利用して VRML 空間に追加する。この過程で生成・追加するノードは外部プロトタイプ宣言のみとし、回転角情報を記した VRML ファイルの所在を記述する。

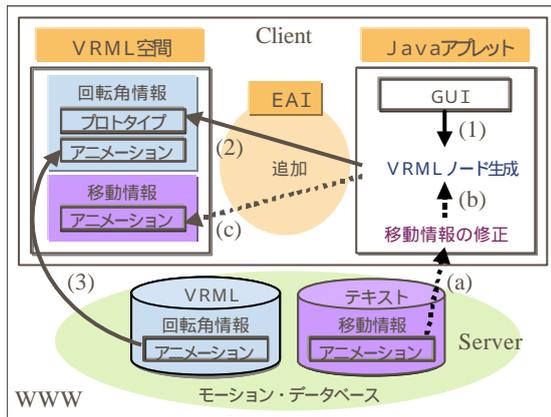


図4 アニメーションの生成

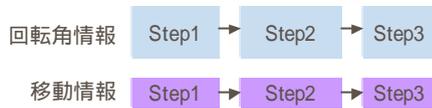


図5 アニメーションの連結

(3)ブラウザが外部プロトタイプ宣言で記述されたファイルをダウンロードすることで、アニメーション情報を追加する。

このようにデータ量の多い回転角情報を VRML ファイルとして Web 上のモーション・データベースに格納しておくことで、個々のステップに対応するアニメーションを容易に追加・変更することができる。加えて、反復動作の生成に同じアニメーション情報を再利用したり Web 上の別のシステムからモーション・データベースを利用することもできるため、モーション・データを有効に活用することができる。

一方、グローバルな移動情報については、前の動作と連結するように修正が必要であるため、以下の手順で別に処理している。(a)移動情報のアニメーションを記述したテキストファイルを Java アプレットで読み込む。(b)直前の動作の終了地点から次の動作が開始されるように移動情報を修正し、アニメーションの VRML ノードを生成する。(c)生成したノードを VRML 空間へ追加する。

図4にアニメーションの生成手順とデータの流れを示す。なお、図中の実線矢印は回転角情報、点線矢印は移動情報の処理とデータの流れを表し、数字および英字の記号は前述の手順を示している。

#### 4.2. アニメーションの連結

複数のステップのアニメーションを連結して再生さ

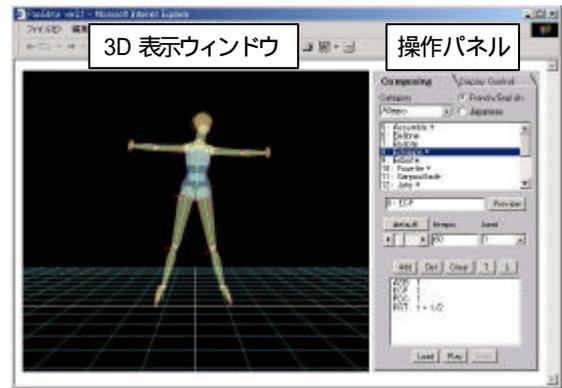


図6 画面デザイン

せるためには、前のステップの終了時刻を次のステップの開始時刻として連鎖的に実行するようにした。終了時刻の通知には、各ステップのファイルに JavaScript を記述しておき、アニメーションが終了したときにイベントを送信することで実現している。

また、移動情報についても回転角情報と同じようにステップの連鎖で実行するように記述し、回転角情報と同期しながら並列に再生されるようにした。図5にアニメーションの連結の概念図を示す。

### 5. システムの機能とユーザ・インタフェース

本章では開発したバレエ振付シミュレーション・システムの機能とユーザ・インタフェースについて述べる。本システムの動作環境としては、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[20][21]を組み込んでいることを前提とした。なお、本システムは現在インターネット上で公開中である[22]。

#### 5.1. 画面デザインと操作手順

画面デザインはユーザ・インタフェースを配慮し、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 表示ウィンドウを横に並べて同時に見られるように設計した(図6)。3D 表示ウィンドウでは視点を自由に変えることができる。

操作パネルは機能ごとに振付構成パネルと表示制御パネルの2種類を用意し、上端のタブで切り替えられるようにした(図7)。メニューの表記は基本的に欧文としたが、部分的に日本語と仏語の表示も用意した。

基本的な操作手順は次の通りである。(1)振付構成パ

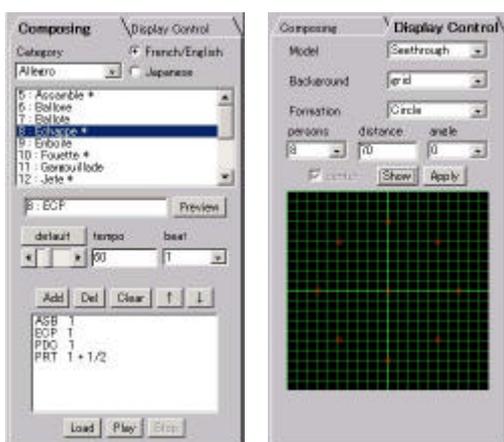


図7 2種類の操作パネル  
(左：振付構成パネル，右：表示制御パネル)

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リストを作成する。(2)リストに対応するアニメーション情報をサーバからロードする。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シミュレーションする、(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。

## 5.2. 振付構成パネルの機能

振付を支援する機能として、プレビュー機能、速度変更機能、編集機能を実装した。

### (1) プレビュー機能

基本ステップを組み合わせる前に、指定したステップを3D表示ウィンドウで随時再生できる機能を実装した。

### (2) 速度変更機能

レッスン用の振付は拍数によって振り付けられるのが普通である。そこで基本ステップの長さを拍数で指定できる機能と、振付全体のテンポを変更できる機能を実装した。これは音楽における作曲技法の援用である。

### (3) 編集機能

タイムライン・ウィンドウに追加した基本ステップのリストを編集するために、ステップの追加、削除、順序変更の機能を実装した。

## 5.3. 表示制御パネルの機能

3D表示ウィンドウへのアニメーション出力を制御する機能として、人体モデルの選択、背景の選択、ユニゾ

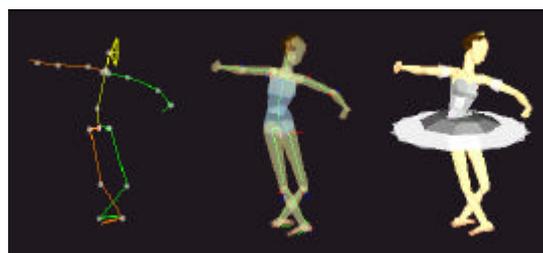


図8 3種類の人体モデル  
(左から スケルトン，シースルー，チュチュ)

ンのシミュレーションができるようにした。

### (1) 人体モデルの選択

3種類の人体モデルを用意し、容易に切り替えられるようにした。すなわち、骨格のみを表示したスケルトン・モデル、透過度を加えたポリゴンモデルをスケルトン・モデルに被せたシースルー・モデル、バレエの衣装を着せたチュチュ・モデルの3種類である(図8)。

### (2) 背景の選択

グリッド、ステージ調、無背景の3種類の背景を用意した。背景は、バレエ・アニメーションとは無関係であるため、随時変更することができる。

### (3) ユニゾンのシミュレーション

複数のダンサーが同じ振付で同時に踊ることをユニゾンと呼ぶ。隊形を指定することでバレエのユニゾンをシミュレーションできるようにした。指定できる隊形は、直線上に等間隔か、円周上に等間隔であり、人数、ダンサーの間隔などを自由に指定することができる。

図9はユニゾンのシミュレーションを行ったときの表示例である。人体モデルはチュチュ・モデル、背景はステージ調、隊形は円周上に8人と中心に1人を選択した場合である。

## 6. システムの評価

本システムの有用性を評価するため、バレエないしダンスについて専門的な知識を有するメンバーを招き、システム評価会を開催した。参加者の内訳は、バレエ教師3名、バレエ評論家1名、バレエ講座主宰者1名、バレエ音楽作曲家1名、およびダンスに詳しい情報学系の研究者2名である。本システムのおもなユーザにはバレエ教師を想定しているため、バレエ教師による評価を中心に報告する。

### (1) 実用性

用意した17の基本ステップを組み合わせることでレ

ッスン用の振付が可能かどうかを検証するため、バレエ教師にその場で振付（アンシェヌマン）を作成してもらった。その結果、レッスンで使うことのできる振付をいくつもシミュレーションすることに成功した。またレッスンだけでなく、バレエ発表会の作品振付にも使えるとの指摘があった。今回用意したステップ数が、実際に使用されるステップの種類数に比較してきわめて少ないにもかかわらず、レッスンで使える振付が作成できたことは、このシステムの実用性が評価されたと判断できる。図10は、バレエ教師が実際に振り付けた基本ステップの連鎖と、その表示例である。

### (2) 基本ステップの数

基本ステップの数に関しては、初心者向けのレッスンに限定しても用意した17では少なすぎるとの評価を得た。

また、現状では種類のステップについて開始ポーズと終了ポーズ、および動作の方向が固定しているが、本格的な実用化のためにはこの三つが可変でなければならないとの指摘を受けた。

### (3) シミュレーション画像

視点を自由に移動する機能、動作の速度を変更する機能は、振付を吟味しやすいと好評だった。

人体モデルに関しては、バレエ特有の足先の動きを表現するため、足の形状に工夫が必要との指摘があった。アニメーションに関しては、個別の動きは想像以上に滑らかでリアルである、ステップのつながり具合はやや不自然である、実演者の踊り方の癖が反映してしまっている等の指摘があった。

### (4) その他

画面デザインについては、シンプルでわかりやすいとの評価を得た。操作性については、おおむね良好との評価を得たが、改良の余地がいくつか指摘された。

強い要望として、音楽との連動機能が指摘された。旋律は不要であり、拍を刻む電子音の伴奏があればよいとの提案もあった。また、下半身の動作だけでなく上半身の動作も選択したい、複数のダンサーが同時に違う振付を躍るシミュレーションがしたい、現実的にあり得ない振付は作れないようにしてほしい等の要望があった。

## 7. まとめ

本研究では、バレエの振付を対話的に創作し、3次元アニメーションによってシミュレーションできるシステムを試作した。モーション・データをWeb上で共有・再利用し、Web上で振付を逐次的に修正・編集するために、アニメーションの生成手法と連結手法を提案した。その

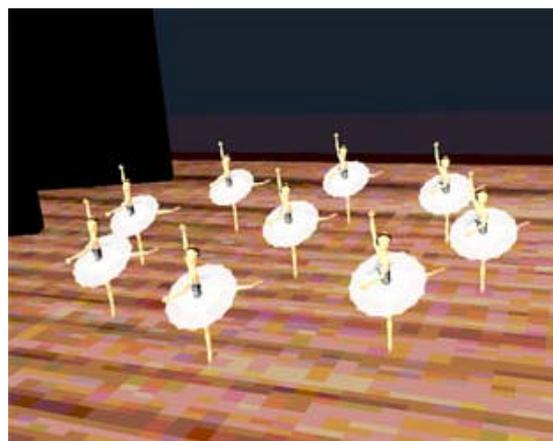


図9 ユニゾンのシミュレーション例

結果、一般的なネットワーク環境において、舞踊の振付を対話的に生成するシステムの基盤が構築できた。

また、バレエ教師による評価の結果、実際に使うことのできるレッスン用振付が本システムでシミュレーションできることが確認された。同時に、実用的なシステムとして公開するには、なお以下のような改良が必要であることが明らかになった。

- ・振付の要素単位となる基本ステップを百数十種に増やす。
- ・ステップごとに開始ポーズ、終了ポーズ、動作方向を設定できるようにする。
- ・振付遷移テーブルを作成してステップの接続可能性を評価し、不可能または不自然な振付を抑制する。
- ・ステップの連結時にモーション・データの補間を行い、アニメーションの見かけを滑らかにする。
- ・拍を刻む音を伴奏として出力する。

以上の改良を行った上で、さらに以下のようなシステムを目指して開発を継続する予定である。

- ・女性のセンター・レッスンだけでなく、バーでのレッスンや男性のレッスンもシミュレーションできるシステム
- ・複数ダンサーに異なった振付を同時に与えられる作品上演シミュレーション・システム
- ・ネットワーク上で協同作業ができる振付コラボレーション・システム
- ・バレエ教師でなくとも振付が創作できる簡易振付システムないし自動振付システム

本システムはインターネット上で実行環境を提供しているため、今後一般ユーザからの意見を元にシステムのさらなる改良および開発を行っていききたい。

## 謝辞

ご協力およびご助言をいただいた佐々智恵子バレエ団の方々, 児玉道久氏(株若尾総合舞台), 吉村ミツ教授(名古屋市立大学芸術工学部), 横井茂樹教授, 遠藤守氏(名古屋大学大学院人間情報学研究所), システム評価会に参加された方々に謝意を表する。またモーション・データの収録にあたっては, 名古屋市立大学芸術工学部・映像スタジオをお借りした。

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)および東海産業技術振興財団の助成によるものである。

## 参考文献

- [1] 曾我麻佐子, 遠藤守, 安田孝美, 横井茂樹, 小川典子, 佐々良子: 「VRML に基づくクラシックバレエモーションのデータベース化と演出システム」, 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集 5S-6, pp.S47-S48, 2000.9
- [2] A.Soga, M.Endo and T.Yasuda: “Motion Description and Composing System for Classic Ballet Animation on the Web,” Proceedings of 10th IEEE ROMAN, pp.134-139, 2001.9
- [3] 曾我麻佐子, 海野敏, 安田孝美: 「Web ベースのバレエ振付シミュレーション・システムの開発」, 第 17 回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, pp.191-196, 2001.11
- [4] Credo Interactive: Life Forms 3.9, <http://www.credo-interactive.com/>
- [5] Autodesk, Inc.: 3ds max 4, <http://www.discreet.com/>
- [6] M. Nakamura, K. Hachimura: “Labanotation and New Technology,” WORLD DANCE 2000 Choreography Today Paper Session 4-15, pp.131-135, 2000.8
- [7] I. Fox: “Documentation Technology for the 21st Century,” WORLD DANCE 2000 Choreography Today Paper Session 4-16, pp.136-142, 2000.8
- [8] 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, 2000.10
- [9] Business Works Inc.: Ballet is Fun; An Interactive CD-ROM Video Dictionary, 1996
- [10] Performing Arts Video Inc.: Ballet CD-ROM, 1996
- [11] Zentrum fur Kunst und Medientechnologie Karlsruhe: William Forsythe Improvisation Technologies; A Tool for the Analytical Dance Eye, 1999
- [12] American Ballet Theater: ABT Ballet Dictionary, <http://www.abt.org/library/dictionary/>
- [13] Ballet Central: The Allegro, <http://www.danceart.com/balletcentral/allegro.htm>
- [14] 海野敏, 海賀孝明: 「クラシック・バレエのステップを対象とする三次元動画データベースの試作と評価」, 情報処理学会第 61 回全国大会 6U-08, 2000.10
- [15] 曾我麻佐子, 遠藤守, 安田孝美, 横井茂樹: 「VRML に基づくクラシックバレエアニメーションの記述編集システム」, 第 16 回 NICOGRAPH/MULTIMEDIA 論文コンテスト論文集, pp.167-174, 2000.11
- [16] 川路明編著: 『新版バレエ用語辞典』, 東京堂出版, 1988
- [17] Motion Analysis: Eva 5.20 Reference Manual, 1999
- [18] VRML Humanoid Animation Working Group: The Humanoid Animation Specification, <http://www.h-anim.org/>
- [19] 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 ~クラシックバレエのモーションデータアーカイブの構築~」, 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, 2001.12
- [20] Parallel Graphics: Cortona VRML Client 3.1, <http://www.parallelgraphics.com/>
- [21] Blaxxun Interactive: Blaxxun Contact 5.1, <http://www.blaxxun.com/>
- [22] Asako Soga: PasEditor ver2.2, <http://www.mdg.human.nagoya-u.ac.jp/~soga/research/vrml/>

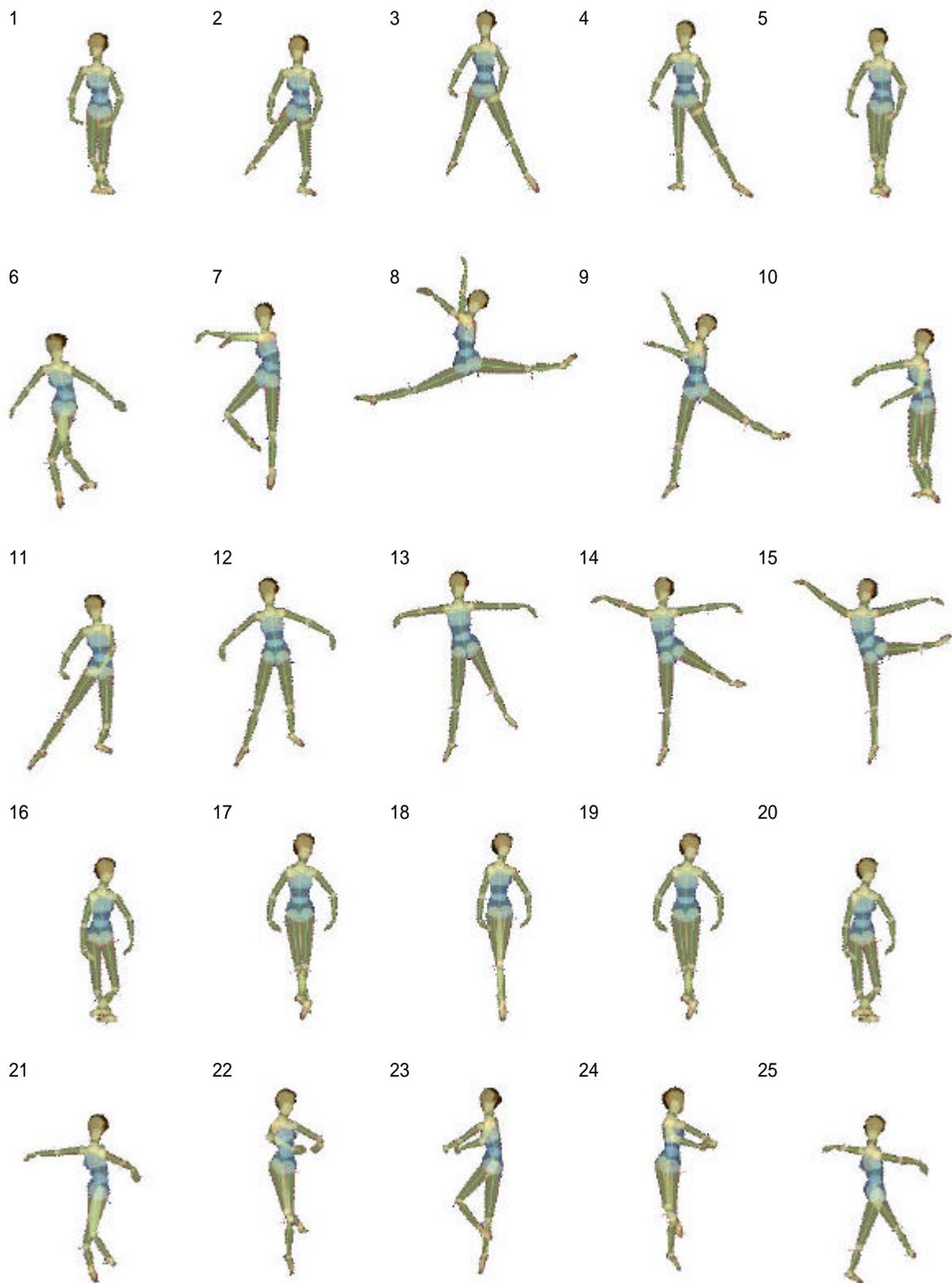


図 10 バレエ教師が振り付けたアンシェヌマンの実例  
(1~5 : Glissade, 6~10 : Pas de chat, 11~15 : Pique, 16~20 : Soussous, 21~25 : Pirouette)