

研究論文

# 動作合成システムとタブレット端末を用いた 現代舞踊の創作支援

曾我 麻佐子<sup>1,a)</sup> 海野 敏<sup>2,b)</sup> 平山 素子<sup>3,c)</sup>

受付日 2014年1月15日, 採録日 2014年5月26日

**概要:** 本研究の目的は、モーションデータとタブレット端末を用いて現代舞踊の振付創作を支援するシステムを開発することである。本研究では、現代舞踊のモーションデータを短い要素動作として用意し、複数の要素動作を選択して合成した結果を3DCGアニメーションでリアルタイムに表示するシステムを開発した。合成の手法として、身体部位動作の差し替えと全身動作の混ぜ合わせが可能である。また、タブレット端末を活かした操作方法の提案として、3DCGキャラクターの身体部位付近でタッチ操作をすることで、合成に用いる一部の動作を選択できるようにした。本システムの有用性を評価するため、現代舞踊の振付創作トレーニング実験を行った。大学でダンスを専攻しているダンス経験者10人に本システムを利用した振付創作を行ってもらい、被験者の創作したダンス小品の映像を舞踊評論家5人が評価した。実験の結果、このシステムは現代舞踊の振付創作において、身体的構成の側面で新たな発想を促したことが明らかとなった。また、舞踊評論家の評価によれば、被験者の実演においては、システムが作成したCGアニメーションよりも、身体的構成と時間的配列の側面で舞踊作品としての質的水準が向上したことが明らかとなった。

**キーワード:** 動作合成, タブレット端末, ダンス, 創作, 3DCG

## A Motion Synthesis System with Tablets for Supporting Contemporary Dance Creation

ASAKO SOGA<sup>1,a)</sup> BIN UMINO<sup>2,b)</sup> MOTOKO HIRAYAMA<sup>3,c)</sup>

Received: January 15, 2014, Accepted: May 26, 2014

**Abstract:** This paper describes a motion synthesis system for supporting dance creation with a tablet computer and motion data. The system allows users to select each motion clip and preview it using 3DCG in real time. Body-part motions of contemporary dance performed by a professional dancer are captured and prepared as motion clips. The system synthesizes motions in two ways. The first is to replace the body parts of a base motion with different motion clips of the corresponding parts, and the other is to blend the whole-body motions into a base motion. Some motion clips can be selected by touching the tablet screen, and they can then be blended into the base motion. Dance-creation experiments for contemporary dance were conducted to evaluate the capability of the system. Ten dancers who majored in dance at university created short dance pieces using the system, and five dance critics evaluated the videos of these pieces while comparing the 3DCG animation. As a result of these experiments, we conclude that the system can contribute new ideas on choreographic body construction. We also conclude that the dancers can improve a piece as a dance work beyond what is possible with 3DCG animation alone regarding choreographic body construction and choreographic movement arrangement in a time sequence.

**Keywords:** motion synthesis, tablets, dance, creation, 3DCG

<sup>1</sup> 龍谷大学  
Ryukoku University, Otsu, Shiga 520-2194, Japan  
<sup>2</sup> 東洋大学  
Toyo University, Bunkyo, Tokyo 112-8606, Japan  
<sup>3</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan  
a) asako@rins.ryukoku.ac.jp  
b) umino@toyo.jp  
c) hirayama@taiiku.tsukuba.ac.jp

### 1. はじめに

近年、モーションキャプチャ技術の発展により人体動作を3次元CG(以下、3DCG)アニメーションで表現することが容易となった。また、タブレットPCの普及とともにタブレット端末上でCGコンテンツを表示する機会も増加している。本研究の目的は、モーションデータとタブレッ

ト端末を用いて舞踊の振付創作を支援するシステムを開発することである。

筆者らは、舞踊のモーションデータを大量に蓄積し、舞踊芸術の創作・批評や学習・教育へ多角的に活用する研究を継続的に行ってきた。一連の研究では、まずダンスのジャンルごとに基本的な要素動作を体系化し、その要素動作をプロダンサーの実演によりモーションキャプチャで収録し、これらを組み合わせて新しい振付を作成するシステムを開発してきた [1]。近年では、ダンスのジャンルとして現代舞踊（コンテンポラリーダンス）を選び、全身の短い動作を時系列に並べて振付シーケンスを作成するシステムを開発し、このシステムを用いた振付創作トレーニング実験によって、意外性のある動きの創出や、振付プロセス学習における効果の高さを確認している [2]。

しかし、これらの評価実験で振付作成システムの基本的な有用性は確認できたものの、キーボードとマウスを用いるシステムであったため、ダンス創作の現場での使用が容易ではないというインタフェースの問題と、あらかじめ用意された要素動作を時系列に並べるという組合せ手法に限界があり、振付の制約が必要以上に大きいという問題があった。本研究では、これらの問題を解決するため、タブレット端末で動作する身体部位動作の合成システム‘Body-part Motion Synthesis System’（以下、BMSS）の開発を行った [3], [4]。まず、振付の自由度を高めるため、振付を構成する要素動作を身体部位ごとに選択できるようにし、動作の「差し替え」と「混ぜ合せ」の2種類の動作合成手法を導入した。また、インタフェースの問題を解決するため、タブレット端末にシステムを実装した。これによりシステムの可搬性が増し、さらにタッチ操作の導入で、いっそう直感的な作業が可能となる。

BMSS が現代舞踊の振付創作支援に効果的かを確認するために、2種類の実験を行った。すなわち、10人のダンス経験者によるBMSSを用いた創作トレーニング実験と、この10人のダンス経験者が創作した短いダンス作品に対する5人の舞踊評論家による評価実験である。前者は、創作の認知的な支援を評価するための実験、後者は、創作の身体的な支援を評価するための実験である。

以下の章では、タブレット端末を用いた動作合成システムの詳細と、その評価実験について述べる。

## 2. 関連研究

ダンス関連のシステム開発研究では、学習支援を目的としたものが多い。たとえば、モーションキャプチャを利用してあらかじめ取得しておいたプロのダンサーのモーションと自分のモーションを比較し、動きを学習する研究が行われている [5], [6], [7]。また近年ではMicrosoft Kinectの登場により、Kinectを用いたダンス学習支援システムが市販されている [8]。本研究では、振付の創作に着目し、動作

の学習だけでなく、創作における新しい発想の獲得（認知的支援）と、それをダンサーが自らの身体によって作品化する過程（身体的支援）を手助けするシステムを目指している。

短い動作を組み合わせて振付を作成するシステムとしては、映像編集ソフトのようなGUIベースのもの [9] や、タンジブルインタフェースを導入したもの [10] が開発されている。これらは、振付をある程度組み合わせるから再生するものである。これらに対し、本システムは、ユーザが好きなタイミングで動作を組み合わせてリアルタイムに結果を確認することができる。さらに、合成できる身体部位が細かいため、振付の自由度が圧倒的に高い。一方、舞踊譜を入力してダンスを作成するシステム [11] もあるが、本研究では舞踊譜のような専門的な知識を必要とせず、直感的に振付を創作できるシステムを目指している。

タブレット端末などのタッチ操作に対応したシステムとしては、キャラクターの姿勢をタッチ操作で変更できるシステム [12] や、タッチ操作によってあらかじめ用意したアニメーションを再生するシステム [13] も報告されている。本研究は、マルチタッチなどの高度なタッチ操作にも対応している点や、タッチ操作によってダンスのモーションを選択できる点、振付創作支援を目的としている点において、これらのシステムとも異なっている。

## 3. システムの設計方針と概要

本システムは、「分析合成型振付」(analytic-synthetic choreography) と命名した振付手法を、現代舞踊の創作に応用したシミュレーションシステムである [2]。分析合成型振付とは、舞踊の全身動作を時間軸に沿って、あるいは身体部位ごとに分割して要素動作に還元し、これを再び配列、組み合わせることで合成し、新しい振付を生成する手法である。分析合成型振付の創作は、次の3側面から考察できる。

- (a) 舞踊の要素動作の身体的構成
- (b) 舞踊の要素動作の時間的配列
- (c) 舞踊の要素動作の空間的配置

(a) は、舞踊の全身動作そのものをどう作り出すかである。すなわち、頭、胴、腕、脚など身体部位の動きをどう組み合わせるかで、ダンスの表象となるまとまりのある動きを創造するからである。(b) は、時間軸上に舞踊の要素動作をどう並べるかである。具体的には、身体部位の動きを組み合わせるタイミング、動きの速度、緩急の付け方などに関係している。(c) は、空間座標に舞踊の要素動作をどう置くかである。具体的には、身体の向き、移動距離、身体部位の動きへの鏡像対称性や回転対称性の与え方などに関係している。

本システムのユーザには、振付の創作を行うダンサー、振付家を想定した。今回は短時間での創作を可能にするため、最も大きな効果が期待できる (a) の支援を目的とし



図 1 タッチ入力によるシステムの操作イメージ  
Fig. 1 Operation of the system by touch input.

て、身体部位動作の合成ができるシステムを開発した。また、(b)を部分的に支援する機能として、動作合成のタイミングをタッチ操作で自由に指定できるようにした。今回のシステムでは(c)を支援する機能は実装していない。

図 1 に、システムの実行画面と操作イメージを示す。本システムはタブレット端末上で動作し、画面上の GUI とタッチ入力によって操作する。基本動作に複数の部位動作を合成していくことで、全身の短い振付動作を作成する。動作の合成手法として、身体部位動作の「差し替え」と全身動作の「混ぜ合せ」が可能である。動作を合成するタイミングはユーザが任意に決めることができ、振付の合成結果は、3DCG アニメーションでリアルタイムに表示される。

本システムは、振付の新しい発想の喚起を目的としているため、ユーザが 3DCG の動きを完全に再現できるようにする必要はない。演ずるのが多少難しい動きであっても、新鮮なアイデア、面白い動き、インパクトのある組合せを発見できるようにし、振付創作をヒューリスティックに進められるように設計した。

また、ある程度経験を積んだダンサー、振付家であれば、CG アニメーションを参考にして試演する過程で、上記(a)のみでなく、(b)や(c)にも配慮して創作することが可能である。このシステムの利用法としては、ユーザが試演を通して 3DCG で呈示された振付を自らアレンジし、洗練して作品化することを想定している。

## 4. 動作合成手法

### 4.1 合成に用いる要素動作と身体部位

本システムで用いる振付の人体アニメーションは、光学式モーションキャプチャを用いてプロのダンサーから取得した現代舞踊のデータを使用する。モーションデータは、腰をルートとした骨格構造を持ち、1点の位置情報と 20 点の角度情報で記述されている。これまでにモーションアーカイブに収録した現代舞踊の要素動作は 128 個であり、3 秒から 8 秒の短い動作クリップとして用意している。

表 1 要素動作の個数と例

Table 1 Number of motions for each category and examples.

動作タイプ		個数	要素動作の例
Base		10	OffBalance
Blend		6	JumpUp
Add	Body	5	24 Contract Round InOut Shake CrossFront
	Neck	3	
	L-Leg	5	
	Shoulders	3	
Arms		8	
合計		40	

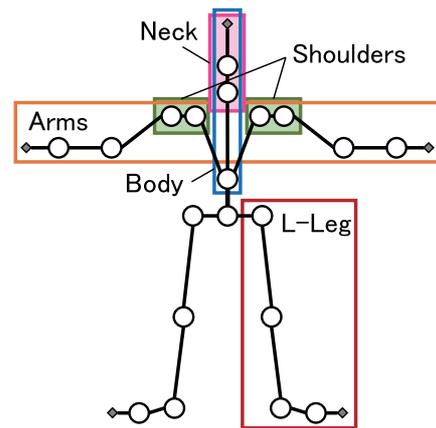


図 2 人体構造と関節グループ

Fig. 2 Human structure and groups of body joints.

本システムでは、タブレット端末での一覧性と、評価実験における効率的な振付バリエーション生成を考慮し、128 個から 40 個の要素動作を厳選した。タイプごとの要素動作の個数と例(動作コード)を表 1 に示す。

要素動作は、Base, Blend, Add の 3 つのタイプに分けて用意した。Base は基本となる全身の動作で、創作過程の最初に選択するものである。Blend は、Base の動作に混ぜ合わせる事が可能な全身の動作である。Add は差し替えが可能な身体部位の動作である。差し替えが可能な身体部位は、Arms (両腕), Shoulders (両肩), L-Leg (左脚-片脚), Neck (首から上), Body (上体) である。なお、技術的には右脚の動作も差し替え可能ではあるが、短時間で効率的な振付創作を可能にするため、今回は片脚のみを差し替え可能とし、実演段階で左右鏡像の動きにアレンジしてもらうことを想定している。本システムにおける人体構造と差し替え可能な身体部位の関節グループを図 2 に示す。

### 4.2 動作の差し替え

Add の動作の選択によって、特定の身体部位の動作を異なる振付動作に差し替えることができる。たとえば、L-Leg を選んだ場合、図 2 に示す人体構造において、左脚の 4 点のアニメーションを差し替える。図 3 は、Add 動作の合成例として、両腕の動作の差し替えを示したものである。

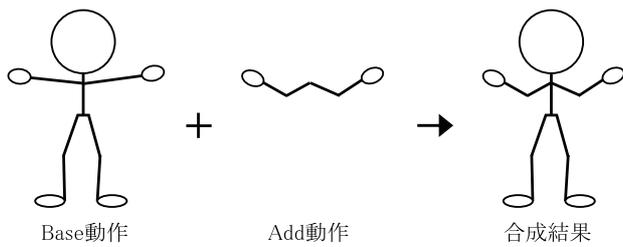


図 3 身体部位動作の差し替えによる動作合成

Fig. 3 Motion synthesis by replacing a body-part clip.

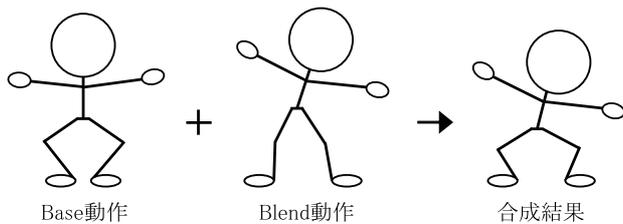


図 4 全身動作の混ぜ合せによる動作合成

Fig. 4 Motion synthesis by blending two whole-body clips.

差し替えの際には先に合成した動作が消えてしまわないように、優先順位を設定している。具体的には、NeckとShouldersはそれぞれBodyとArmsに包含されるため、優先度を高く設定してある。たとえば、Shouldersの動作を再生中にArmsの動作を選択した場合、Armsに含まれるShouldersの関節の動作は再生されず、先に合成したShouldersの動作が優先的に再生される。

### 4.3 動作の混ぜ合せ

Blendの動作は、Baseの動作に混ぜ合わせる事が可能な全身動作である。BaseとBlendの両動作の位置情報および角度情報を加算することで動作の合成を行う。この手法は、身体部位を差し替えるだけでは不自然な動作や、全身の移動情報が含まれる腰の動作に対して有効である。

Blend動作の合成例を図4に示す。屈伸する動作に腰を回す動作を混ぜ合わせることで、腰を回しながら屈伸する振り動作を作成することが可能である。本システムでは、BaseとBlendの動作を同じ割合で混ぜ合わせているが、設計上は割合の調節も可能である。

## 5. タッチ操作と判別手法

### 5.1 タッチ操作の割当て

本システムは、3DCGキャラクターの身体部位付近でタッチ操作を行うことで、合成に用いる一部の動作を選択することができる。タッチ操作と合成する動作の割当て例を表2に示す。操作と要素動作の対応がイメージしやすいように、画面を操作する方向とキャラクターが動く方向なるべく同じになるように割り当てている。たとえばキャラクターの胴体を上方向へフリックする(画面上をタッチしながら移動させる)ことで、JumpUpという垂直ジャンプの動

表 2 タッチ操作と動作の割当て

Table 2 Touch inputs and corresponding motions.

動作タイプ	タッチ操作	合成する動作
Blend	フリック (上)	JumpUp
Neck	ダブルタップ	Down
Arms	2本指でドラッグ	RaiseUp
Arms	水平にピンチイン	CrossFront
Shoulders	ロングプレス	UpDown
L-Leg	フリック (右)	LegShake
L-Leg	ダブルタップ	LegRound

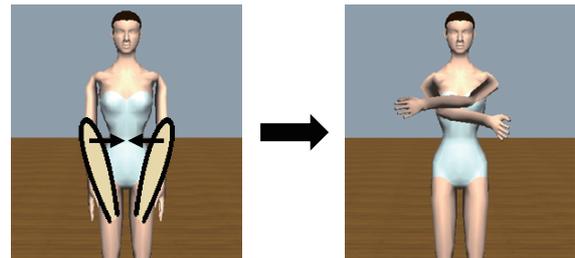


図 5 ピンチインによる操作とその結果

Fig. 5 Pinch-in manipulation and its result.

作を選択することができる。また、図5に示すように両腕付近を水平方向にピンチインする(2本の指を用いてつまむように動かす)ことで、CrossFrontという両腕を身体の前で交差させる動作が選択できる。現在のところ、タッチ操作を行う対象とタッチ操作の種類のコマボンドによって、19種類の動作を割り当てている。さらに、斜め方向にフリックすることで、2つの動作を同時に選択することもできる。

### 5.2 身体部位の判別

タッチ操作を入力する領域によって、対象とする身体部位の判別を行う。3DCGキャラクターの身体部位をタッチ操作で触るのは難しいため、本システムではキャラクターの各身体部位に3次元形状の不可視オブジェクトを付加し、これに衝突判定の機能を追加している。衝突判定は、画面に表示されているカメラ視点からタッチ操作で最初に指が触れた点の方向に向かって不可視の光線を発射することで行い、この光線に最初に衝突した不可視オブジェクトの身体部位を選択対象とする。図6に各身体部位のタッチ入力領域として、不可視オブジェクトを半透明化したものを示す。なお、ShouldersとL-Legは他の身体部位と重複しやすいため、不可視オブジェクトの奥行きを大きく設定し、選択しやすくしている。

### 5.3 タッチ操作の判別

本システムはマルチタッチに対応しているため、まずはタッチ数として画面に触れている点の数(指の本数)を取得し、その後、以下の7種類のタッチ操作を判別する。

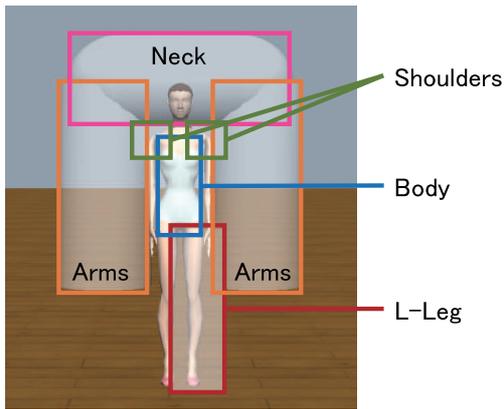


図 6 各身体部位のタッチ入力領域

Fig. 6 Touch-input area for each body part.

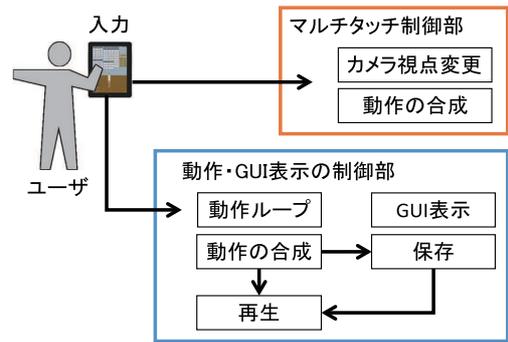


図 7 システム構成

Fig. 7 System structure.

(1) ロングプレス

画面に指が触れた時刻と画面から指を放した時刻から時間差を取得し、値が 3.0 秒以上のときにロングプレス（長押し）と認識する。

(2) ドラッグとフリック

画面に指が触れた座標と指を放した座標から移動距離を取得する。移動方向は、Y 軸（上向き）方向の距離が正であれば上、負であれば下、X 軸（右向き）方向の距離が正であれば右、負であれば左とする。また、距離の絶対値が一定以上でない場合はドラッグやフリックとは認識しない。ドラッグとフリックの判別は、ロングプレスと同様に画面に指が触れた時刻と画面から指を放した時刻から時間差を取得し、値が 0.5 秒以上のときはドラッグ、0.5 秒未満のときはフリックとする。

(3) ピンチインとピンチアウト

2 点が画面に触れた時刻と画面から放れた時刻の各々の座標を比較し、2 点間の距離が短くなればピンチイン、長くなればピンチアウトとする。

(4) タップとダブルタップ

(1) から (3) のいずれにも当てはまらないとき、タップ（画面を叩く）と認識する。タッチ数と同時に取得できるタップ数を使用し、タップ数が 1 回のときタップ、2 回以上のときにダブルタップとする。

6. 動作合成システム

6.1 システム構成

システムの構成図を図 7 に示す。開発環境には、MacOS X 上で Unity3.5 と Xcode を使用し、デバイスには iPad2 を用いる。本システムの制御は主に動作・GUI 表示の制御部とマルチタッチ制御部の 2 つに分けられる。動作・GUI 表示の制御部では、ボタンやトグルなどの GUI の表示や処理を行う。ボタンが押された際には、Base, Blend, Add に対応した動作の合成, 保存, 再生制御などの処理を行う。マルチタッチ制御部では、タッチ操作の判別を行い、カメ



図 8 BMSS の GUI

Fig. 8 GUI of BMSS.

ラの視点変更や動作の合成を行う。

6.2 ユーザインタフェースと機能

本システムは、タブレット端末上で動作し、画面上の GUI とタッチ入力によって操作する。図 8 に本システムの GUI を示す。画面全体に 3D 空間を表示し、操作用のボタンを重ねて表示している。主に画面の上半分の GUI 部品または 3D 空間におけるタッチ入力で操作し、下半分で 3DCG アニメーションを確認する。

操作方法は、まず画面左上の振付動作リストの Base 項目から基本動作を選択して再生し、その後、好きなタイミングで Blend または Add の動作を選択していくことで振付を合成する。合成結果は、ダンサーの 3DCG キャラクターにリアルタイムに反映される。

タッチ操作としては、3DCG キャラクター付近でのタッチ入力により、一部の要素動作の選択が可能である。また、タッチ操作による視点の変更にも対応しており、ドラッグによる回転とピンチイン・ピンチアウトによる縮小拡大を

実装している。これらの動作選択と視点変更は、同時に操作できないため、右上のトグルで切り替えて使用する。

振付動作リストでは、タブレット端末での一覧性を重視し、40個の要素動作をボタンとして配置している。要素動作は動作タイプごとに分けて表示されており、各項目につき1つずつ選択することができる。これらのボタンは、3D空間におけるタッチ入力をしやすくするため、非表示にすることもできる。

画面の左下部分では、Baseの動作の再生時刻がスライダーとテキストでリアルタイムに示される。また、その下には選択した要素動作の名称(動作コード)と選択した時刻が動作タイプごとに表示される。画面の右上部分では、作成した振付動作の保存、保存した振付動作の再生などを行う。他の機能として、ループ再生、再生速度の変更、ログの記録などを実装している。

### 6.3 実行結果

本システムを用いた動作合成の例を図9と図10に示す。図9は、片足バランス(Balance)を基本動作とし、これに垂直ジャンプ(JumpUp)を混ぜ合わせ、両腕を白鳥の羽ばたきのような動作(Swan)に差し替えた結果を示している。図10は、踏み込み(Stamp)を基本動作とし、これに上体を大きく回す動作(RoundSwg)と両腕を前に突く動作(PushFront)と首を回す動作(Round)を差し替えた結果を示している。

このように、本システムは基本的に前述した(a)要素動作の身体的構成を支援する。また、Baseの動作の再生時間内(約5秒間)では、(b)要素動作の時間的配列も支援する。しかし、(c)要素動作の空間的配置を支援する機能は備えていない。

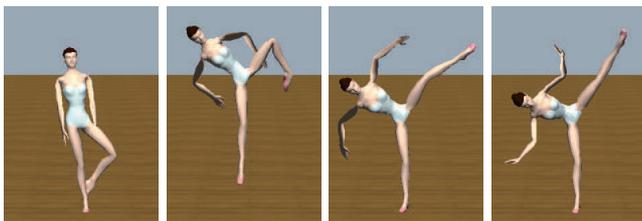


図9 振付合成例(1)

Fig. 9 Example (1) of dance motion synthesis.

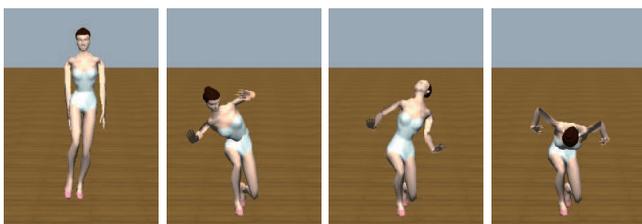


図10 振付合成例(2)

Fig. 10 Example (2) of dance motion synthesis.

## 7. ダンス創作トレーニング実験

### 7.1 実験手順

開発した動作合成システムが振付創作の認知的支援に有用かを評価するために、ダンス経験者10人による評価実験を行った。認知的支援とは、振付創作に関して新しい発想や理解を促すことである。

被験者はダンスを専攻しており、ダンサーとして現代舞踊を研究中の大学生・大学院生で、女性9人、男性1人である。現代舞踊以外のダンスも含めたダンス歴は、最短4年から最長20年であった。被験者には実験時に初めてシステムに触れてもらい、操作方法を簡単に説明したうえで、すぐに創作と実演してもらった。詳しい手順は、(1)システムで短いダンスシーケンスを自由に創作し、実際に身体を動かして記憶する、(2)振付にニュアンスや質感を加え、舞踊作品としての質的な向上に努める、(3)創作した作品(以下「小品」)をビデオカメラの前で実演して録画するという手順である。この手順を時間内に2回行い、小品を2個ずつ創作してもらった。図11は実験風景である。5人1組にして説明から実演の録画までを90分間で行い、その後、用意した質問票に回答してもらった。

### 7.2 結果と考察

実験では10人が2個ずつ計20個の小品を創作し、その実演時間の平均は24秒であった。まず、質問票の回答結果に基づいて考察を行う。システムが、舞踊創作の支援、舞踊動作の理解、舞踊技術の向上という3つの目的で有望かどうかを4つの選択肢を設けて質問した。このうち創作支援と動作理解が認知的支援に相当する。結果は表3のとおりである。



図11 振付創作の実験風景

Fig. 11 Experimental scene of choreography creation.

表 3 ダンサーによる BMSS の評価 (単位: 人)

Table 3 Dancers' ratings for BMSS.

評価結果	創作支援	動作理解	技術向上
いまでも有望	8	2	3
改良すれば有望	2	5	4
あまり有望でない	0	0	1
分からない	0	3	2

創作の支援に関しては、10人中8人の被験者から「いまでも有望」という回答を得た。しかし、動作の理解、技術の向上に関しては、それほど高い支持を得られなかった。これらについてはコンピュータ支援では不十分であり、身体訓練が必須であるからと推測できる。典型的な意見として、「動きの創造の面では有望だと思いますが、理解や学習には直接結び付かないような気がします」(引用の仮名漢字や句読点は原文のママ。以下同様)、「身体の使い方まではこのシステムではトレーニング出来ない」という自由記述の回答があった。

質問票ではさらに、「実験を通して振付について何を学んだか」、「BMSS で予想外の動作が創作できたか」、「システムの評価と改良を望む点」の3点を自由記述で回答してもらった。10人の自由記述の平均文字数は456文字であり、内容分析に十分な分量を得ることができた。

「実験を通して振付について何を学んだか」については、10人中6人が実験を通して新しい振付手法を学んだことを表明していた。典型的には、「ムーブメントの種類を組み合わせで新たな自分の動きの引き出しが増えて良いと思う」、「これまでと全く違う手法で振り付けができあがりおもしろい体験だった」などの記述があった。以上より、BMSS は分析合成型振付の手法を実践的、直感的に習得するのに有効であることが明らかとなった。

「BMSS で予想外の動作が創作できたか」という設問に対しては、10人全員から何らかの回答を得た。具体例として、「LegTouch と Swan で優美な動き、白鳥らしさが増す動きになると感じた」や「Soutenu しながら ElbowRoll という動きは普段の自分では出てこない組み合わせであった」といったコメントを得た。これらの記述は、いずれも (a) 身体的構成に関する発見があったことを示唆している。

システムについては、詳しい操作方法を説明しなかったにもかかわらず、被験者が使い方をすぐに把握して振付創作を始めていたことから、GUI は分かりやすく、特に大きな問題はなかったと推測できる。システムの改良が望まれる点では、「一連の動きを滑らかに再生できる機能が欲しい」という意見が複数の被験者から得られた。また、「力を入れるべき部分の色が変わるなど明らかになると、どう動いたらよいか学びやすい」、「骨が踊っているものも見られると良い」という意見が得られ、身体の使い方や強調など、3DCG による表現について、改良の余地があると思わ

れる。しかし、「普通の人間にはできないことをやってのけてくれるので新たな動きのヒントとなる期待が持てる」といった意見が出るなど、3DCG キャラクターで動きのシミュレーションを行うことの有効性もあげられている。

また、システムの機能面の他に、動作の種類が少ないという意見があった。今回は、短時間で実験を行うため、被験者が動作の選択に困らず、合成結果も分かりやすいように40個の要素動作を厳選し、一覧表示した。動作の種類を増やすことは可能であるが、同時にGUIの複雑化が予想され、使いやすいインタフェースの提案が課題となる。

さらに、BMSS による振付創作支援の効果を、舞踊の要素動作の (a) 身体的構成、(b) 時間的配列、(c) 空間的配置の3側面から評価するため、自由記述の回答を分析した。

(a) 身体的構成については、10人全員が例外なく、何らかの新しい発想を得たことを表明していた。典型的には、「適当に組み合わせでできたアニメーションから創造力が広がり、アイデアがわいた」、「自分自身の既成概念が取り払われるので、今まで以上に動きの創造の幅が広がると感じました」などの記述があった。以上は、BMSS による学習が、舞踊の要素動作の (a) 身体的構成の側面で効果的なことを示している。

一方、(b) 時間的配列については、創作支援の効果について明示的に記述した被験者は10人中1人のみで、「一見奇妙な動きの組み合わせが、実際に踊ると、間合いの変化等によってとてもおもしろい動きになる」という記述であった。また、(c) 空間的配置については、創作支援の効果について明示的に記述した被験者はいなかった。以上より、BMSS による認知的支援は、設計時に想定したとおり、現状では (a) 身体的構成に限定され、(b) 時間的配列と (c) 空間的配置に関しては限定的であることが分かった。

### 7.3 舞踊評論家による振付の評価

開発した動作合成システムが振付創作の身体的支援に有用かを評価するために、5人の舞踊評論家の協力を得て評価実験を行った[14]。ここで身体的支援とは、振付創作に関してダンサーが自らの身体を使って作品化する過程への援助のことを意味している。

システムで作成したシーケンスは無機的な3DCGアニメーションにすぎず、そのままではクリエイティブな作品ではない。ダンサーがシーケンスを自らの身体を使って作品化できるかは、創作支援の鍵である。そこで、システムで作成したCGアニメーションと実演の記録映像を舞踊評論家に見比べてもらい、実演が舞踊作品としてどの程度洗練されているかを評価してもらった。身体的支援の効果は、ダンサーがCGアニメーションを元に舞踊作品としての質的水準を高められたかどうか、つまりダンスとしてどの程度洗練されているかで評価した。もし洗練されているとすれば、実質的な創作時間が1時間足らずだったことを

勘案すれば、システムで作成したシーケンスが効率的な創作に適していたと判断することができる。逆に、もし洗練されていないとすれば、システムで作成したシーケンスがクリエイティブな作品を実現するには適していなかったと判断できる。

ダンサーによる実験では、1人2個ずつ10人が創作した20個の小品の実演を録画したが、舞踊評論家が丁寧な評価をするには時間を要するため、1人1個ずつ10個の小品のみをランダムに選んで評価を依頼した。5人の舞踊評論家は、いずれも現代舞踊の批評活動を10年以上行っており、新聞・雑誌に舞台評を執筆している専門家である。このうち3人は、現代舞踊の振付コンクールの審査員を務めた経験も有している。

評価は、次の3点から、それぞれ5段階で行った。

- (a) 身体的構成について動作のアレンジ
- (b) 時間的配列について速度のアレンジ
- (c) 空間的配置について位置のアレンジ

(a) 動作のアレンジとは、動きの修正、付加、崩しなどでCGよりも舞踊作品として洗練できたか、(b) 速度のアレンジとは、緩急の付け方、カウントの取り方で洗練できたか、(c) 位置のアレンジとは、身体の向き、移動距離、左右の動きの逆転などで洗練できたかである。

また、振付創作に関してのみ評価するため、各ダンサーの舞踊技術の差による良し悪しは差し引いて評価してもらった。現代舞踊に関して、作品の洗練の度合いに客観的な基準はもとよりないが、5人の専門家の判断を総合すれば信頼できる程度の客観性は担保されると考えた。

5人の評論家が10個の小品を3つの項目について評価した結果を表4に示した。評価尺度は5段階の順序尺度であるが、通常社会科学の方法に従ってこれらを間隔尺度の得点とみなし、その平均値も合わせて表4に示した。

表4より、(a) 動作のアレンジと(b) 速度のアレンジに関しては、全体の4割は「ダンスとして洗練されている」(4点)以上の評価が得られたことが分かる。平均値でも「ダンスとして多少洗練されている」(3点)以上の水準が達成されている。一方、(c) 位置のアレンジに関しては、平均値で「ダンスとして多少洗練されている」以上の水準が達成されなかった。

表4 舞踊評論家による作品の評価 (単位:個)

Table 4 Evaluation of choreography by dance critics.

評価得点	動作	速度	位置
1点: CGより悪くなっている	3	3	3
2点: いちおうダンスになっている	9	7	9
3点: ダンスとして多少洗練されている	18	19	29
4点: ダンスとして洗練されている	16	14	4
5点: ダンスとしてとても洗練されている	4	7	5
得点の平均値 (単位:点)	3.3	3.2	2.8

以上より、BMSSによる身体的支援は、(a) 身体的構成および(b) 時間的配列で効果があることが分かった。この結果は、BMSSの設計意図と対応していることから、BMSSを使用することで、振付創作における(a) 身体的構成と(b) 時間的配列に関する気づきがあり、実演時のアレンジにつながったのではないかと考えられる。(c) 空間的配置に関しては、実演段階でのアレンジを期待していたが、今回の実験では十分な効果は得られなかった。その理由として、BMSSの設計方針とした(a) 身体的構成と(b) 時間的配列の創作支援効果が大きく、これらのアレンジを取り入れるだけでも振付として十分複雑であり、実験時間の制約もあって、位置のアレンジまで至らなかったのではないかと考えられる。

## 8. 本システムによるダンス創作支援の意義

実験の結果に基づいて、本システムを用いた現代舞踊の振付創作支援の意義について考察する。

現代舞踊の振付プロセスの学習や振付洗練のために、分析合成型振付の手法をコンピュータで支援する意義については、すでに別の論文で詳述した[2]。ここでは、筆者らが過去に開発したシステムとの差異に注目し、(1) 身体部位ごとの動作を合成できることの意義と、(2) タブレット端末で実現することの意義について述べる。

まず、身体部位ごとの動作合成ができるようになったことで、シミュレーション可能な振付が大幅に増加したことは、現代舞踊という舞踊ジャンルの特徴ゆえに重要である。なぜなら現代舞踊は、バレエやフラメンコなどの伝統的舞踊と異なり、定型的な様式にこだわらないこと、新奇な動きを追求することを本質的な特徴とするからである。

実際、今回作成された振付は、過去2回の実験[2],[3]で作成されたものと比較して複雑なものが多く、BMSSによって予想外の面白い動きを豊富に見出すことができた。とりわけ動作の混ぜ合せにより、創作可能な振付バリエーションが増加したと考えられる。

ただし、身体動作として不可能な動作が生成される確率も高くなったので、「人間が可能な動きなのか分からないまま実行に移すと危険な気がする」という意見も得られた。この点では、今回のトレーニング実験のように、ある程度舞踊の知識がある利用者が、自身で実演可能な動作に解釈し直し、洗練して作品化する必要がある。

次に、タブレット端末でシステムを実現したことで、システムが身体との親和性を強めたことは、そもそもダンス創作という行為の特徴ゆえに重要である。なぜならダンスの振付は、道具や機械を利用する場合でも、ダンサーの身体に直接的に働きかけて作業することを本質的な特徴とするからである。

実験の結果、過去に開発したノートPCで動作するシステムと比較して、タブレット端末の導入によって2つの

点でシステムと身体の親和性が強まった。第1は、システムで作った振付をダンサーが試演して記憶するとき、踊っている場所で3DCGアニメーションを再生できるようになった点である。過去の実験では、被験者はスタジオの一角でノートPCの画面を眺め、少し離れた場所で試演していた。今回は、踊っている床にタブレット端末を置いて画面を見たり、タブレット端末を片手に持ったままダンスをしたり、明らかにノートPCとは異なる使い方が観察できた。振付を記憶、展開させるとき、身体の動きを不必要に中断させることなく画面を確認できることは大きなメリットである。タブレット端末の可搬性、携帯性が、振付創作において有利に作用していることが分かった。

第2は、動作合成のインタフェースとして、タップやフリックなどのタッチ操作を導入した点である。過去のシステムがノートPCのキーボードとマウスを用いて操作していたのと比較して、今回のタブレット端末は、指先で画面をなぞる、叩くという直感的な操作を特徴とする。実験でも、わずか10分間足らずの操作説明で被験者全員がシステムの操作を覚えることができた。ダンスの振付という身体に直接的に働きかける作業にとっては、タブレット端末のインタフェースは優位性がある。

## 9. おわりに

本研究では、タブレット端末を用いてダンスの振付要素となる短い動作を選択し、その動作を合成した結果を3DCGアニメーションでリアルタイムに表示するシステムを開発した。本システムの振付創作における有用性を評価するために、大学で舞踊研究を専攻しているダンス経験者10人を被験者として評価実験を行った。その結果、被験者からは既成概念が取り払われて創造力やアイデアがわくといった意見や、新しい振付の発想や意外性のある動きが創出できるといった意見が多く得られ、本システムは振付創作の認知的支援に有用であることが分かった。

また、本システムの有用性をさらに分析するため、舞踊評論家5人に依頼して、システムで作成したCGアニメーションと実演の記録映像を見比べてもらい、CGよりも舞踊作品としてのどの程度洗練されているかを評価してもらった。その結果、身体的支援に関しては、身体的構成と時間的配列の側面で効果があることが分かった。

本システムは、分析合成型の振付手法により現代舞踊の創作を支援するという点で、筆者らが過去に開発したシステムと同様に意義のあるものである。さらに、今回は身体部位ごとの動作を合成できるようにしたことと、タブレット端末で実現したことによって、現代舞踊の創作支援のためのシステムとして有用性を高めたことを実験により確認することができた。

今後、振付創作におけるシステムの有用性をいっそう向上させるため、10人のダンス経験者および5人の舞踊評論

家のコメントを参考に、要素動作のモーションアーカイブの拡充、より直感的でやさしいインタフェースの実現、空間的配置に関してヒューリスティクスを与える機能の追加などを行う予定である。

謝辞 システム開発に協力いただいた松本早紀子氏、評価実験に協力いただいた筑波大学の方々と舞踊評論家各位に謝意を表す。モーションデータ収録にあたっては、神奈川工科大学映像スタジオをお借りした。モーションデータ収録に協力いただいた小島一成氏にも謝意を表す。なお、本研究の一部は、JSPS 科研費 22300038 の助成によるものである。

## 参考文献

- [1] 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 振付シミュレーションシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.2, pp.227-234 (2003).
- [2] 曾我麻佐子, 海野 敏, 平山素子: モーションアーカイブと3DCGを用いたコンテンポラリーダンスの創作実験, 映像情報メディア学会誌, Vol.66, No.12, pp.J539-J545 (2012).
- [3] 海野 敏, 曾我麻佐子, 河野良之, 平山素子: 舞踊教育における発見的学習支援システム—モーションデータを用いた動作合成による振付創作の学習効果, 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, Vol.2011, No.18, pp.199-204 (2011).
- [4] 曾我麻佐子, 海野 敏, 平山素子: タブレット端末を用いたダンス創作支援のための動作合成システム, 第12回情報科学技術フォーラム講演論文集, 第4分冊, pp.51-56 (2013).
- [5] 松本奈緒, 三浦 武, 海賀孝明, 柴田 傑, 齋藤龍一, 桂博章, 玉本英夫: 秋田の盆踊りの学習におけるデジタルコンテンツを用いた学習支援の効果と限界—モーションキャプチャ技術を応用した学習支援装置作成の試み, 舞踊学, Vol.34, pp.1-10 (2012).
- [6] 柴田 傑, 玉本英夫, 松本奈緒, 三浦 武, 横山洋之: モーションキャプチャとVR技術を用いた舞踊教育支援システム, 第10回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.763-764 (2011).
- [7] 田中佑典, 齋藤 剛: モーションキャプチャを用いたダンス上達支援システムの開発, 情報処理学会第75回全国大会講演論文集, pp.4-225-4-226 (2013).
- [8] Ubisoft: The Black Eyed Peas Experience (2011).
- [9] 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] Shirokura, T., Sakamoto, D., Sugiura, Y., Ono, T., Inami, M. and Igarashi, T.: RoboJockey: Real-time, Simultaneous, and Continuous Creation of Robot Actions for Everyone, *Proc. 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp.53-56 (2010).
- [11] Choensawat, W. and Hachimura, K.: Autonomous Dance Avatar for Generating Stylized Dance Motion from Simple Dance Notations, *Journal of the Institute of Image Electronics Engineers of Japan*, Vol.41, No.4, pp.366-370 (2012).
- [12] 尾下真樹: マルチタッチを用いたキャラクタの操作インタフェース, *Visual Computing/グラフィックスとCAD 合同シンポジウム 2010 予稿集*, pp.133-138 (2010).

- [13] 古川真行, 福元伸也, 赤木康宏, 川崎 洋, 河合由起子: タッチインタフェースによるインタラクティブな 3D アニメーションシステムの提案, インタラクシオン 2013 論文集, pp.261-266 (2013).
- [14] 海野 敏, 曾我麻佐子, 平山素子: 身体部位動作の合成システムを用いた現代舞踊の創作支援—ノート PC とタブレットの学習効果の比較, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-DCC-5, No.19, pp.1-6 (2013).



曾我 麻佐子 (正会員)

名古屋大学大学院人間情報学研究科博士後期課程修了. 博士 (学術). 2004 年龍谷大学理工学部助手. 2007 年同大学助教, 2011 年より同大学講師. 主として人体アニメーションに関する研究に従事. 映像情報メディア学会, 芸術科学会, 日本バーチャルリアリティ学会, ACM 各会員.



海野 敏 (正会員)

1991 年東京大学大学院教育学研究科博士課程満期退学. 同年, 同大学助手. 1995 年東洋大学社会学部講師, 2004 年より同大学教授. 情報学を専門とし, 主としてコミュニケーションメディアに関する社会学的な研究を行う. つつ, 舞踊評論家としても新聞・雑誌等で執筆活動を行う. 舞踊学会, 芸術科学会, 日本図書館情報学会各会員.



平山 素子

筑波大学大学院体育研究科修士課程修了. 2002 年同大学院人間総合科学研究科講師, 2008 年同大学体育系准教授. 1990 年代よりコンテンポラリーダンスのダンサー, 振付家として国内外で活動. 体育学会, 現代舞踊協会各

会員.