

# モーションデータを用いた舞踊動作の合成原理とその応用 ：現代舞踊の振付学習における有用性

海野 敏（東洋大学 社会学部）

曾我 麻佐子（龍谷大学 理工学部）

矢崎 雄帆（龍谷大学大学院 理工学研究科）

平山 素子（筑波大学 体育系）

プロダンサーの演技から収集した3次元モーションデータを利用して舞踊動作を生成する手法を詳細に論じた。筆者らは、この新しい手法を分析合成型振付と名付けた。この手法では、3次元モーションデータを時間軸に沿って、または身体構造に従って短い要素動作へ分節化し、それらを合成して新たな舞踊動作を創作する。この手法を用い、現代舞踊の振付用の身体部位動作合成システム（BMSS）を開発した。このシステムでは、要素動作と合成動作を3Dアニメーションで即座にシミュレーションすることができる。このシステムの現代舞踊の振付学習における有用性を評価するため、大学で振付を学ぶ48人の学生を被験者とする実験を行った。実験の結果、システムの有用性が確認された。

## Theory and Practice of Composition of Dance Movements Using Motion Data: The Effectiveness for Learning of Contemporary Dance Choreography

Bin Umino (Faculty of Sociology, Toyo University)

Asako Soga (Faculty of Science and Technology, Ryukoku University)

Yuho Yazaki (Graduate School of Science and Technology, Ryukoku University)

Motoko Hirayama (Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba)

A method of composition of dance movements using 3D motion data captured from performances by professional dancers was reported in detail. The authors named the novel method as analytic-synthetic choreography, where the 3D motion data were articulated along a time axis or according to the body structure into short elemental motions and synthesized them to generate new dance movements. Applying the method, Body-part Motion Synthesis System (BMSS) was developed for contemporary dance choreography. The system allows users to simulate both the elemental motions and the composed movements instantly as 3D animation. In order to evaluate the effectiveness for learning of contemporary dance choreography, an experiment was conducted with 48 university students who were studying dance choreography. As the result of the experiment the effectiveness of the system was confirmed.

### 1. まえがき

筆者らはプロダンサーの舞踊動作の3次元モーションデータ（以下「モーションデータ」）を収録・蓄積し、これを芸術・教育活動に活用する研究を継続的に行ってきた。いままでにクラシックバレエ（以下「バレエ」）[1]、ヒップホップダンス[2]、コンテンポラリーダンス（以下「現代舞踊」）[3]の3つの舞踊ジャンルについて、それぞれモーションデータを用いた振付シミュレーションシステムを開発している。

これらの研究では、モーションデータを用いた独自の振付手法を確立し、これを「分析合成型振付」(analytic-synthetic choreography)と名付けて発表してきた[1, 4]。しかし、システム開発およびシステムの有用性評価を優先させてきたため、分析合成型振付の原理的な特徴および可能性について、十分に吟味したとは言えなかった。

そこで本研究では、分析合成型振付の基本的な原理を整理し、その可能性について論じる。また、この手法と舞踊ジャンルとの適合性を明らかにし、開発中の振付シミュレーションシステムが現代舞踊に適合していることを示す。

さらに、分析合成型振付を採用した振付シミュレーションシステムを現代舞踊の振付学習に応用した場合の有用性を、日米英の大学で現代舞踊を学ぶ48人の学生と4人の舞踊評論家を被験者とする実験によって評価する。

## 2. 研究の背景

舞踊動作のモーションデータを用いた研究は、モーションキャプチャシステムの普及に従って国内、海外で少しずつ増加してきた。研究目的は、舞踊動作の比較・分析、舞踊作品の記録・可視化、舞踊作品の振付・創作、舞踊の学習・教育の4つに広がっている。

この中では、舞踊動作の比較・分析を目的とした研究数が多い。例えば近年では、前田ら[5]、Satoら[6]、Brickら[7]の研究がある。また、舞踊作品の記録・可視化を目的とした研究は、砂田ら[8]、Moghaddamら[9]、舞踊作品の振付・創作を目的とした研究は、深山ら[10]、岩月ら[11]、そして舞踊の学習・教育を目的とした研究は、柴田ら[12]、田中ら[13]などが、この数年にそれぞれの成果を発表している。

筆者らの研究は、舞踊作品の振付・創作と舞踊の学習・教育を同時に目的としている。とりわけ本研究は、モーションデータを用いた振付学習を目的としている点で、他の研究と異なっている。また、次に詳述する分析合成型振付の応用システムを意識的に開発している点で独創的である。

## 3. 分析合成型振付の原理

### 3.1 分析合成型振付とは何か

分析合成型振付とは、モーションデータを用いることで舞踊動作を分析的に解体し、再び組み合わせることで新たな舞踊動作を創作する手法である。舞踊動作を何らかの構造に基づいて分解することを「分節化」と呼び、分節化によって抽出した舞踊動作を「要素動作」と呼ぶ。多数の要素動作を抽出、蓄積し、この要素動作を合成することで新たな舞踊動作を創出する。合成にあたっては、何らかの構造を利用する。以下では、舞踊動作の分節化と合成の具体的な手法を詳細に論じる。

### 3.2 舞踊動作の分節化

身体動作は時間的な連続性を有していると同時に、骨格・筋肉構造を反映して身体部位の相互関係による非線形的な構造を有している。分析合成型振付では、これらの構造を用いて舞踊動作の分節化を行う。すなわち、舞踊動作の分節化は、時間の連続相と身体構造の連続相の2つに基づいている。

時間の連続相を合理的に分節化する基準は、①舞踊に伴う音楽、②舞踊に伴うテキスト、③舞踊ジャンルに内在する身体動作の様式的制約のいずれかである。③は特定の舞踊ジャンルの身体動作を他のジャンルから識別可能にする条

件であり、舞踊の身体技術的な規範、すなわち舞踊メソッドと呼ばれるものに等しい。

一方、身体構造の連続相を合理的に分節化する基準は、人体の医学的、運動生理学的な構造である。ただし、1人のダンサーの全身の動きに限った場合でも、その分節化の粒度はきわめて幅広い。例えば、粒度を小さくするのであれば上半身と下半身に2分することもできるし、大きくするのであれば、全身約200個の骨をそれぞれ操作単位とすることも、全身数十兆個の体細胞を操作単位とすることも想定できる。

筆者らの振付シミュレーションシステムの構築では、利用可能なハード/ソフトの制約下で、コストパフォーマンスに配慮して分節化の方法を決定した。具体的には、時間の連続相は、①音楽と③様式的制約（舞踊メソッド）を考慮した上で数秒の長さに分割した。身体構造の連続相は、全身をまず6個の部位（頭、胴、右腕、左腕、右脚、左脚）に分割した後、合成に必要な身体部位の組み合わせを用意した。図1は、本研究で用いた分節化の一部を骨格モデルによって示したものである。

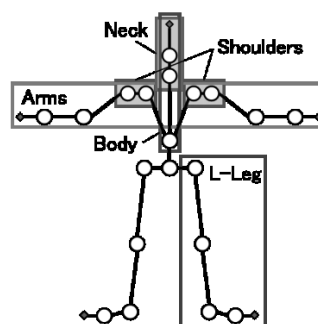


図1 身体分節化

Figure 1 Articulation of Human Body

### 3.3 舞踊動作の合成

舞踊動作の合成も、分節化と同様、時間の連続相と身体構造の連続相の2つの構造に基づいて行うことができる。しかし、合成手法はモーションデータの仕様によって規定される部分が多い。筆者らの研究で用いたモーションデータは、毎秒30フレームで、各フレームは20個の関節の回転角度情報（以下「角度情報」と、骨盤中央(HumanoidRoot)の平行移動情報（以下「移動情報」）1個とで構成されている。

要素動作は、1人のダンサーの全身の動きか、身体部位の動きのどちらかである。前者を「全身動作」、後者を「部位動作」と呼ぶ。本研究においては、全身動作のモーションデータは、20個の関節の角度情報および骨盤中央の移動情報のセットである。一方、部位動作のモーションデータは、20個未満の関節についての角度情報のセットで、移動情報は必ずしも含まない。

合成において、要素動作の個数に制限はない。しかし、基本となるのは2個の要素動作の合成で

ある。最終的に数百個の要素動作が合成されるとしても、2個の要素動作を対象とした操作の反復であることに変わりはない。

2個の要素動作の合成は、理論上4つの組み合わせパターンが可能である。すなわち、(a)全身動作どうし、(b)全身動作と部位動作、(c)同じ身体部位の部位動作どうし、(d)異なる身体部位の部位動作間である。(c)は、例えば2種類の右腕の動作を合成する場合、(d)は、例えば右腕の動作と左腕の動作を合成する場合である。

モーションデータを用いた2個の要素動作の合成手法にはさまざまな可能性があるが、それらを整理すれば、理論上は「連結」、「置換」、「混合」の3種類のどれかである。表1は、要素動作の4つの組み合わせパターン(a)~(d)と、3種類の合成手法との関係についてまとめたものである。次節で3種類の手法を順次論ずる。

表1 合成手法  
Table 1 Methods of Synthesis

	(a)全身 +全身	(b)全身 +部位	(c)部位+ 同じ部位	(d)部位+ 異なる部位
連結	可	不可	可	不可
置換	可	可	可	理論上可
混合	可	可	可	理論上可

### 3.4 3種類の合成手法

**連結**：同じ身体構造を持つ2個の要素動作を、時間軸上の重複なしに連続して並べる合成である。このとき、2個の要素動作の角度情報は互いに影響を与えない。

要素動作Aと要素動作Bを連結するための必要条件は、AとBの身体構造が同一なことである。したがって、表1に示した通り、全身動作と部位動作の連結と、異なる身体部位の連結は、どちらも不可能である。

連結では、前の動作の終了ポーズと次の動作の開始ポーズのつながりをどう補間するかが問題となる。補間の方法としては、(1)つながり動作の挿入、(2)前の動作の末尾を修正、(3)後の動作の冒頭を修正、あるいはこれらの処理を組み合わせる方法が考えられる。また補間せず、終了ポーズと開始ポーズが一致または類似の要素動作を常に選択して合成する方法もある。

**置換**：要素動作を構成する一部の動きを、他の要素動作の動きで置き換える合成である。2個の要素動作を時間軸上で重複させ、一方の角度情報を他方の角度情報で置き換える処理を行う。

要素動作Aの一部を要素動作Bで置換する必要条件は、時間軸上および身体構造でAがBを包含していることである。すなわち、置換を実現するためには、時間軸上でAがB以上の長さであり、かつ身体構造においてAの身体部位範囲がBの身体部位範囲を含んでいるか一致しているかでなければならない。

全身動作どうしの置換では、置換開始時点および終了時点でA、Bのポーズが異なる場合、その不一致をどう補正するかが問題となる。修正の方法としては、連結同様、(1)つながり動作の挿入、(2)Aの動作をBに合わせて修正、(3)Bの動作をAに合わせて修正、あるいはこれらの処理を組み合わせる方法が考えられる。また、修正するよりも、ポーズが一致または類似するタイミングを常に選択して合成する方法もある。

全身動作と部位動作の置換では、前述のモーションデータを使う限り、ポーズの不一致問題が生じないという利点がある。なぜならば、全身動作の関節の角度情報を任意の時点で部分的に部位動作の関節の角度情報で置き換えてしまっても、2個の要素動作間で関節が対応している限り、アニメーションで動きの断絶や不連続が生じないからである。

部位動作どうしの置換は、同じ身体部位に対しては全身動作と同様に可能である。異なる身体部位間での置換は、もしも関節の数とその配置が同じであれば、つまり関節構造が一致していれば、実用的かはともかく、関節を対応づければ可能である。表1では「理論上可」と示した。

**混合**：2個の要素動作の動きを混ぜ合わせる合成である。2個の要素動作を時間軸上で重複させ、2組の角度情報から新たな1組の角度情報を算出する処理を行う。

2個の要素動作間で関節ごとに角度情報を加算すれば、動作が混ぜ合わされた別の動作を作ることができる。舞踊動作の合成方法として実用的か否かは別とすれば、理論上はどのような要素動作の組み合わせでも、どのようなタイミングの混合でも可能である。たとえ異なる身体部位の部位動作であっても、実用的かはともかく、関節を対応づければ角度情報の演算から新しい動作を作れるので、表1では「理論上可」と示した。

また混合は、2個の角度情報の一方に重みをつけること(加重加算)もできる。その場合、合成された動作は、重みをつけた動作に似通ったものになる。置換は、一方の重みをゼロにした合成方法であり、混合の一種と位置付けることもできる。

以上の連結、置換、混合の説明では、合成する要素動作の元の速度を変えずに行うことを前提としていた。しかし、モーションデータのフレームを間引いて速度を上げたり、フレームを補間して速度を下げたりすることで、いっそう複雑な動作合成が可能となる。

## 4. 分析合成型振付と舞踊ジャンル

### 4.1 舞踊ジャンルによる適合性

世界には多数の舞踊ジャンルが存在している。あるジャンルが分析合成型振付に適合しているかどうかの程度、つまり応用可能性には差がある。この差は、おもにそのジャンルの舞踊としての特性、様式的な制約に依存している。

応用が困難なのは、第1に複数のダンサーが身体を支え合うことを様式とする舞踊（ワルツ、タンゴ、チアリーディングなど）、第2に眼球や指先などの細かな動きが表現に不可欠な舞踊（インド古典舞踊、ディジッツなど）、第3に身体以外の道具が表現に不可欠な舞踊（獅子舞、ポールダンス、刀剣を持つダンスなど）、第4に通常の床面と異なる運動原理に基づく舞踊（アイスダンス、水中ダンス、乗馬ダンスなど）である。

これらの舞踊ジャンルでも、モーションデータの収録方法を工夫し、分節化・合成のアルゴリズムを考案すれば、分析合成型振付の応用は不可能ではない。しかし、いずれも本研究におけるハード/ソフトの制約下では著しく困難であった。

一方、応用が比較的容易なのは、第1に、単独のダンサーが通常の床面（舞台上）で演技し、しかもその身体動作のみで様式の表現が可能な舞踊、第2に、基本的な姿勢と動作を網羅的に列挙できる舞踊ジャンルである。

この2つの条件を満たすものは、例えばバレエ、フラダンス、ヒップホップダンス、現代舞踊などの、ソロ（ダンサー1人）のダンスである。とりわけバレエは、基本ポーズと基本ステップが体系的かつ厳格に整理されており、かつそれぞれに名前が与えられているという点で、第2の条件をもっともよく満足する舞踊ジャンルである。

#### 4.2 合成手法と舞踊ジャンル

舞踊ジャンルによって分析合成型振付への適合性が異なることに加えて、分析合成型振付に適合しているジャンルでも、3種類の合成手法への適合性が異なっている。

連結に適合性が高いのは、基本ポーズが存在しており、さらに基本ポーズから基本ポーズへ至る舞踊動作において、身体の配置に様式的な制約が強い舞踊ジャンルである。なぜなら、そのようなジャンルでは、前の要素動作の終了ポーズと次の要素動作の開始ポーズが一致ないし類似するものを選択して連結できるからである。例えば、バレエ、フラダンス、ヒップホップダンス、日本舞踊などが、この条件を満たしている。

一方、置換・混合に適合性が高いのは、身体の配置に様式的な制約がないか、そのような制約が弱い舞踊ジャンルである。なぜなら、基本ポーズや基本ステップが存在しないか、ある程度の基本が存在しても、それ以外のポーズとステップを様式として広く許容する舞踊ジャンルでは、置換・混合によって有用な舞踊動作を無数に生成することが容易だからである。例えば、ジャズダンス、暗黒舞踏、現代舞踊などが、この条件を満たしている。とりわけ現代舞踊は固定した様式を持たず、芸術的な独創性を求めて新奇な動作を模索することを特徴としているので、置換・混合にもっとも適している。

## 5. 振付シミュレーションシステムの開発と現代舞踊学習への応用

### 5.1 システムの開発履歴

これまでに筆者らは分析合成型振付を応用し、3DCGアニメーションで舞踊振付をシミュレーションするシステムとして、“Web3D Dance Composer”（以下「WDC」）[1]、“Whole-body Motion Synthetic Dance Composer”（以下「WMDC」）[2]、“Body-part Motion Synthesis System”（以下「BMSS」）[3]の3種類を開発してきた。表2に、3種類のシステムが用いた要素動作の合成手法を示した。

表2 使用した合成手法  
Table 2 Applied Methods of Synthesis

	(a)全身 +全身	(b)全身 +部位	(c)部位+ 同じ部位
連結	WDC,WMDC		
置換		BMSS	BMSS
混合	BMSS		

WDCとWMDCは連結を用い、置換・混合を用いていないのに対し、BMSSはいまのところ置換・混合を用い、連結を用いていない。合成に用いた要素動作の長さは、いずれも3.2で述べた通り数秒程度である。その結果、システムでシミュレーションできるダンスの長さは、連結を用いるWDCとWMDCでは十数秒から数十秒、連結を用いないBMSSでは数秒程度である。

本研究では、現代舞踊の振付学習における分析合成型振付の有用性を評価する。現代舞踊に関しては、前節で述べた通り、置換・混合を用いたBMSSの方が、WDCとWMDCよりも有用である。そこでBMSSの評価実験を行った。

BMSSは、合成に用いる要素動作の個数やユーザインタフェースが異なる3つのバージョンを開発済みである。これまでもバージョンごとに評価実験を行ったが、今回は分析合成型振付を導入した学習方法の有用性を評価するため、BMSS ver.2（以下「BMSS2」）とBMSS ver.3（以下「BMSS3」）を用いた。2種類を用いることで、要素動作の個数やユーザインタフェースの差異にかかわらず有用であるかどうかを評価するためである。図2にBMSS3の画面例を示した。

### 5.2 実験の手順

評価実験の被験者は、日米英の大学で舞踊を専攻し、現代舞踊の振付を学んでいる48人の学生（日本18人、米国16人、英国14人）である。48人のうち23人はBMSS2を、25人はBMSS3を用いた。BMSS2とBMSS3の実験時期は異なるが、それぞれの大学の同じ学科・専攻で、同一の教員に現代舞踊の振付を学んだ学生を被験者としたので、2つの被験者群が等質であることは基本的に担保されている。



図 2 BMSS3 の画面  
Figure 2 Display of BMSS3

実験は 4, 5 人 1 組になって 90 分間でいった。まず BMSS2 または BMSS3 を実装したタブレットを 1 人 1 台渡し、操作方法を説明した後、被験者に自由に使ってもらった。次に、システムを用いて数秒の舞踊動作を多数作ってもらい、その中から自分の気に入った動作を複数選んでつなげることで、1 分程度のオリジナルのダンスシーケンスを創作してもらった。それぞれが創作したダンスシーケンスはその場でリハーサルをして覚えてもらい、本人による実演をビデオ録画した。図 3 は、日本での実験風景である。



図 3 実験風景  
Figure 3 Scene of Experiment

実験の最後に、被験者の学生にはシステムが現代舞踊の「創作支援」、「動作理解」、「技術向上」という 3 項目で有用かどうかを、それぞれ「いまでも有用」、「改良すれば有望」、「あまり有望でない」、「わからない」を選択肢とする 5 件法で評価してもらった。ただし、BMSS の目的は創作支援による振付の学習であり、動作理解と技術向上は副次的な目的である。

さらに、学生の創作したダンスシーケンスの現代舞踊作品としての水準を評価するため、4 人の舞踊評論家に 48 人の実演映像を見てもらった。4 人は、いずれも 10 年以上にわたって新聞・雑誌等に現代舞踊の舞台批評や解説文を執筆して

いる専門家であり、そのうち 3 人は、現代舞踊のコンクール審査員を経験している。

4 人には、学生の実演映像を見た上で、現代舞踊としての振付の「総合的な水準」と「独創性」の 2 項目を、それぞれ「とても優れている」、「優れている」、「標準的」、「劣っている」、「とても劣っている」を選択肢とする 5 件法で評価してもらった。評価においては、プロの振付家ではなく現代舞踊を学習している大学生の作品であることを前提として評価するよう依頼した。

#### 5.4 実験の結果と考察

表 3 は、日米英 48 人の学生による 3 項目の評価結果である。それぞれの選択肢を選んだ学生の人数と、その相対頻度を示した。

創作支援という目的では、85%が「いまでも有用」という回答であり、十分な有用性が立証された。動作理解でも過半数が「いまでも有用」という回答であったが、技術向上では高い評価は得られなかった。すなわち動作理解と技術向上という副次的な目的では、有用性が必ずしも高くないことが明らかとなった。

表 3 学生 48 人の評価  
Table 3 Evaluation by 48 Students

	創作支援	動作理解	技術向上
いまでも有用	41 人 (85%)	25 人 (52%)	10 人 (21%)
改良すれば有望	7 人 (15%)	18 人 (38%)	22 人 (46%)
あまり有望でない	0 人 (0%)	0 人 (0%)	10 人 (21%)
わからない	0 人 (0%)	5 人 (10%)	6 人 (12%)

表 4 は、48 人の学生の実演映像に対する 4 人の舞踊評論家による 2 項目の評価結果である。48 × 4 = 192 件の評価結果のうち、それぞれの選択肢を選んだ件数と、その相対頻度を示した。この結果から、今回の実験では BMSS を利用することで 73%の学生は標準以上の振付創作を独力で創作できたこと、しかも 67%の学生は標準以上の独創性を実現できたことが分かった。

表 4 舞踊評論家の評価  
Table 4 Evaluation by Four Dance Critics

	総合的な評価	独創性の評価
とても優れている(5点)	12 件(6%)	4 件(2%)
優れている(4点)	47 件(25%)	41 件(21%)
標準的(3点)	83 件(43%)	85 件(44%)
劣っている(2点)	49 件(26%)	58 件(30%)
とても劣っている(1点)	1 件(0.5%)	4 件(2%)

また、舞踊評論家の回答を表 4 に示したように 1~5 点に得点化して平均を求めたところ、総合的な評価の平均は、全体で 3.1、BMSS2 の使用群で 2.8、BMSS3 の使用群で 3.4 であった。独創性の評価の平均は全体で 2.9、BMSS2 の使用群で 2.7、BMSS3 の使用群で 3.1 であった。BMSS2 と BMSS3 で多少の差がある可能性が示された。一方、日米英の国別に得点の平均を求めたが、明らかな差は見出せなかった。

## 6. まとめ

本研究では分析合成型振付の原理を詳述した。分析合成型振付は舞踊動作の分節化と合成によって行われること、分節化は時間と身体構造の 2 つの連続相において行われること、合成は 2 個の要素動作を対象とした操作の反復であり、2 個の要素動作の合成は、全身動作と部位動作の 4 つの組み合わせパターンと、連結、置換、混合の 3 種類の手法によって行われることを論じた。

分析合成型振付が現代舞踊の振付教育に有用であることを検証するため、日米英 48 人の学生と 4 人の舞踊評論家を被験者として BMSS を利用する評価実験を行い、その有用性を確認した。

しかし、今回の実験では、システムを利用せずに振付を創作するコントロール群との比較を行わなかった。今後、コントロール群と比較する実験を実施する予定である。

また、BMSS はいまのところ連結による合成を行っていない。現代舞踊の振付創作にいつそう有効なシステムとするために、連結による合成が可能な新しいバージョンを現在開発中である。さらに、分析合成型振付に適合する他の舞踊ジャンルへの応用も計画している。

## 謝辞

評価実験に協力いただいた各国の大学の方々に謝意を表す。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。なお、本研究の一部は JSPS 科研費 15H02793 の助成によるものである。

## 参考文献

- 1) Umino, B., Longstaff, J. S. and Soga, A. : Feasibility Study for Ballet E-learning, *Research in Dance Education*, Vol. 10, No. 1, pp. 17-32 (2008).
- 2) 曾我麻佐子, 治武恭介, 海野敏 : モーションデータを活用したヒップホップダンスの多角的学習支援, *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. 2014, No. 3, pp. 31-36 (2014).
- 3) 曾我麻佐子, 海野敏, 平山素子 : 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, *情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ (DCON)*, Vol. 2, No. 2, pp. 10-19 (2014).
- 4) Umino, B. and Soga, A. : Automatic Composition Software for Three Genres of Dance Using 3D Motion Data, *Proceedings of the 17th Generative Art Conference*, pp. 79-90 (2014).
- 5) 前田和甫, 大西佳太郎, 小森政嗣 : 3 相主成分分析によるダンス動作の個人特徴分析~Perfume のモーションデータを例に, *電子情報通信学会技術研究報告 [ヒューマンコミュニケーション基礎]*, Vol. 112, No. 412, pp. 113-118 (2013).
- 6) Sato, N., Nunome, H., and Ikegami, Y. : Kinematic Analysis of Basic Rhythmic Movements of Hip-hop Dance: Motion Characteristics Common to Expert Dancers, *Journal of Applied Biomechanics*, Vol. 31, Issue 1, pp. 1-7 (2014).
- 7) Brick, T. R. and Boker, S. M. : Correlational Methods for Analysis of Dance Movements, *Dance Research*, Vol. 29, No. 2, pp. 283-304 (2011).
- 8) 砂田治弥, 横山清子, 松河剛司, 平田隆幸, 高田宗樹 : モーションキャプチャで測定した動作情報の可視化についての検討, *情報処理学会研究報告 [デジタルコンテンツクリエーション]*, Vol. 2014-DCC-7, No. 18, pp. 1-6 (2014).
- 9) Moghaddam, E. R., Sadeghi, J., and Samavat, F. : Sketch-based Dance Choreography, *Proceedings of International Conference on Cyberworlds 2014*, pp. 253-260 (2014).
- 10) 深山覚, 後藤真孝 : MachineDancing~ダンス動作データの自動分析に基づく音楽に連動したダンス生成手法, *情報処理学会研究報告 [音楽情報科学]*, Vol. 2014-MUS-104, No. 14, pp. 1-7 (2014).
- 11) 岩月正見, 尾下真樹, 山中玲子, 中司由起子, 関健志 : 能の型付資料に基づく仕舞のアニメーション自動合成システム, *情報科学技術フォーラム講演論文集*, Vol. 11, No.4, pp. 27-34 (2012).
- 12) 柴田傑, 玉本英夫, 海賀孝明, 横山洋之 : 身体動作の 3 次元計測によるリアルタイム舞踊学習支援システム, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 17, No. 4, pp. 353-360 (2012).
- 13) 田中佑典, 齊藤剛 : 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 全国大会講演論文集*, Vol. 2013, No. 4, pp. 225-226 (2013).
- 14) 海野敏, 曾我麻佐子, 平山素子 : モーションデータを用いた現代舞踊の創作実験~タブレット端末と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. 2013, No. 4, pp. 175-180 (2013).
- 15) 矢崎雄帆, 曾我麻佐子, 海野敏, 平山素子 : 身体部位動作の自動合成システムを用いた現代舞踊の創作支援, *NICOGRAPH2015 論文集*, 8 pages (2015).