

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500238

研究課題名(和文) 伝統芸能の習得・継承・解明を目的とした能の舞の動作合成技術の研究

研究課題名(英文) Development of motion synthesis method and its application for Japanese traditional Noh dance for education, promotion and analysis

研究代表者

尾下 真樹(Oshita, Masaki)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：20363400

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：複数の人体動作データの間を滑らかにつないで連続的な動作を生成する動作合成技術を開発した。また、本動作合成技術を応用し、能の舞の単位動作である「所作」の動作データを組み合わせることによって能の舞のアニメーションを制作できるシステムを開発した。本システムは、能の習得支援や普及に役立つことが期待される。さらに、本技術によって生成した合成動作と本来の舞の動作との違いを比較することで、本動作合成技術の有効性を評価するとともに、動作合成技術だけでは再現できない能の演技の本質となる所作と所作の間のつなぎの動作の特徴の一部を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：We developed a motion synthesis method for composing a continuous motion from a number of motion capture data by making smooth transitions between the motions. As an application of the motion synthesis method, we developed an authoring system for Japanese traditional Noh dance with which a user can create a Noh dance animation by combining unit motions of Noh dance so-called Shosa. This system is expected to be useful for studying and promoting Noh dance. By comparing the synthesized and actual Noh dance motions, the effectiveness of the developed motion synthesis method was evaluated. In addition, we identified some characteristics of Noh dance during transitions between unit motions that cannot be simply reproduced by a motion synthesis method.

研究分野：コンピュータアニメーション

キーワード：コンピュータアニメーション 動作合成 能楽 伝統芸能

1. 研究開始当初の背景

能は日本の重要な伝統芸能のひとつであり、舞台上で演技者が音楽に合わせて舞を舞うものである。能では、舞の単位動作となる「所作」というものが明確に決まっており、決められた所作を連続的に行うことで一連の舞を演じることができる。それぞれの舞でどのような所作をどのような順序で行うかは、「型付」と呼ばれる資料によって記述され、継承されている。各所作に対応する短い動作データ（モーションキャプチャデータ）があらかじめ用意されていれば、型付に従って所作の動作データを組み合わせることで、能の舞の動作（アニメーション）を制作することが可能である。しかしながら、そのような動作編集作業を従来のアニメーションシステムを使って行うためには、専門的な知識や多くの作業時間が必要であり、能の研究者・学習者・愛好者などのアニメーション制作の専門家ではない人達がそのようなアニメーションの制作を行うことは困難である。このような課題を解決し、誰でも容易に能の舞のアニメーションを制作できるようにするためには、入力された複数の動作データを滑らかにつなげて自然な動作を生成する動作合成手法が必要となる。

また、能において所作と所作の間のつなぎの動作をどのように演じるのかということは明確にされておらず、動作合成手法によって滑らかな合成動作を生成するだけでは、人間の動作としては自然であっても、能の演技としては不十分である可能性がある。そのような能の演技の本質となる特徴の有無や詳細を明らかにするためにも、実際に動作合成手法を開発・適用して検証を行う必要がある。

2. 研究の目的

(1) 動作合成手法、及び、それを応用した能アニメーション制作システムの開発

研究代表者がこれまでに研究を行ってきた動作合成技術を発展させ、能の舞の動作（アニメーション）を簡単に作成できる技術を開発する。また、本動作合成技術を応用した、能アニメーション制作システムを開発する。本システムを用いることで、あらかじめ取得された所作の動作データをもとに、能の指導者・学習者・研究者が能の舞のアニメーションを容易に制作できるようになり、能の習得支援や普及に役立つことが期待される。

(2) 能の演技の本質となる動きの特徴の解明

本研究の動作合成技術を用いて所作の動作データをつなげた合成動作と、実際の演技者の動作を比較・解析することで、動作合成技術により前後の所作を滑らかにつなぐだけでは再現できない、演技の本質となる動きの特徴を解明する。また、その成果を研究手法に反映させることにより、より高度な動作合成・生成・変形技術の開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) 動作合成手法の開発

研究代表者が過去に開発した動作合成技術（Masaki Oshita, "Smart Motion Synthesis", Computer Graphics Forum, Vol. 27, No 7, pp. 1909-1918, 2008.）を能の動作に適用できるように拡張する。本技術は、基本的には、あらゆる種類の人体動作に適用可能である。ただし、能における動作の特徴として、すり足で移動をするという点があり、単に足が地面に接しているかどうかだけでは、入力された動作データにおける足の拘束条件（各時刻において足に加重が加わっているかどうか）が正確に判断できず、本技術がうまく適用できない可能性がある。そのため、キャラクタの全身の重心等を考慮して、より正確に判定を行えるような拡張を行い、この問題に対応する。さらに、足の拘束条件以外の要素として、合成動作の滑らかさや、バランスやモーメントなどの力学的な条件を考慮して、より自然な合成動作を生成できるような拡張を行っていく。

(2) 能アニメーション制作システムの開発

動作合成技術を一般の利用者にも利用できるようにするために、動作合成技術の研究に加えて、使いやすいユーザインターフェースや機能を備えたアニメーション制作システムを開発する。また、基本となる動作合成機能に加えて、舞の動作を作成する上で必要となる歩行動作編集・生成機能等の追加の機能も実装する。

(3) 合成動作と演技者の動作との比較による能の演技の特徴の解明

動作合成手法の研究が完了し、複数の所作の動作データから一連の舞の動作を作成できるようになったら、実際の演技者から採取（モーションキャプチャ）した舞の動作データとの比較を行い、両者の違いを評価・解析して、演技の本質となっている動きの特徴を解明していく。

ここでは、主観的な評価と客観的な評価の両方が重要となる。主観的な評価としては、能の研究者である研究分担者の山中や、協力を依頼するプロの能楽師など、能の専門家の視点から、動作を観察して比較し、動きの特徴を見つけ出す。一方、客観的な評価としては、動作データを何らかの方法で数値的に解析し、動きの違いを明らかにする。しかし、動作データは多関節体の関節回転の時系列データであり、単純に関節の回転角度の差を計算するだけでは、動きの特徴を理解することは難しい。そこで、例えば、部位の位置や速度などの空間的な特徴量や、重心・モーメント・関節トルクなどの力学的な特徴量を動作データから計算し、それらの比較や可視化を行うことで、客観的な動作の特徴を明らかにしていく。

4. 研究成果

(1) 動作合成手法の開発

まずは、研究代表者が過去に開発した動作合成手法 (Masaki Oshita, "Smart Motion Synthesis", Computer Graphics Forum, Vol. 27, No 7, pp. 1909-1918, 2008.) を拡張し、能の所作の動作データに適用できるようにした。具体的には、動作合成の方法やタイミングを決定する上で重要となる、足の拘束条件の判定手法や動作の向き判定手法の改良を行った。先述の通り、従来手法では、能特有の動作である「すり足」が行われている状態では足の拘束条件が正確に判定できないといった問題があったが、判定アルゴリズムを改良することで、そのような問題を解決した。また、前後の動作をつなぐための動作中の体の向き推定手法についても、判定アルゴリズムを改良することで、回転・移動の組み合わせを含む能の所作にも対応できるようにした。

また、従来手法では、動作ブレンドのタイミングを元の動作データ中の足の制約条件だけにもとづき決定していたが、この方法では特に上半身の動作で不要な動きや急激な動きが生じるなど、不自然な合成動作が生成される場合があった。そこで、動作合成手法の大幅な改良を行い、上半身・下半身のそれぞれの動作ブレンド区間に対して、最適な区間や重み関数を求めて動作ブレンドを適用するアプローチを採用した。これらの改良により、より自然な合成動作を生成できるようになった。

本研究で開発した本動作合成手法は、複数の動作データとそれぞれの実行時刻が与えられたときに、前後の動作の間を滑らかにつないだ連続的な合成動作を生成する (図1)。具体的には、前後の動作における足の拘束条件・区間にもとづいて、前後の動作をつなぐための動作合成方法 (動作や姿勢のブレンドの適用方法) を決定する。さらに、上半身・下半身のそれぞれについて最適なブレンド区間や足を地面に固定する区間を決定する。このとき、区間の長さ・前後の動作間の姿勢距離・速度変化などの要素を考慮した最適化問題を解くことで、最適なブレンド区間を決定する。また、ブレンド区間の開始・終了点における姿勢変化速度にもとづいて、ブレンドの重み関数を決定する。

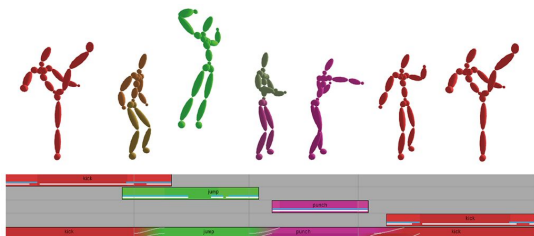


図1 動作合成手法

さらに、本研究で行った追加の拡張として、

利用者が指定した各動作の実行時刻にもとづいて最適な動作合成を行うだけでなく、各動作の実行順序のみが指定されたときに最も自然な動作合成となるように最適な実行時刻を自動的に決定する手法を追加した。本拡張により、例えば利用者の操作に応じてキャラクターに連続した動作を行わせるといった、リアルタイムでの動作制御にも応用できる。

開発した動作合成手法の評価のため、本手法を所作の動作データに適用して、幾つかの代表的な演目の舞のアニメーションを作成した。能の専門家による主観的な比較・評価を行い (図2)、自然な舞のアニメーションが生成されていることを確認した。また、所作の動作データに加え、他のダンス動作 (ヒップホップダンス) や格闘動作などの動作データも用いて動作合成手法の評価を行い、従来手法に比べて自然な動作を生成できることを確認した。

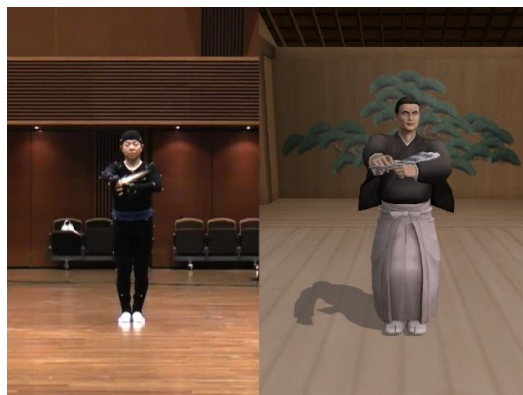


図2 合成動作 (右) と実際の動作 (左) の比較・評価

(2) 能アニメーション制作システムの開発と評価

上記の動作合成手法を組み込んだ能の舞のアニメーション制作システムを開発した (図3)。プロの能楽師の協力を得て、約100種類の主要な所作の動作データをモーションキャプチャにより取得し、システムに組み込んだ。さらに、能楽師の人体モデルや背景となる舞台のモデルも作成し、システムに組み込んだ。また、専門知識のない利用者であっても容易に利用できるようなユーザーインターフェースを実装した。利用者は所作を選択してタイムライン上に配置するだけで、入力された所作をつなげた舞のアニメーションが自動的に生成される。

さらに、追加の機能として、能では一定の型に従った所作だけではなく、舞台上の指定された位置まで歩くような移動も必要となり、移動の動作は開始点や終了点の位置・向きによって変化するため、あらかじめモーションキャプチャにより取得しておいた動作データを用いるだけでは対応が難しい。そこで、画面上の制御点を操作することで移動の軌

道を入力するインターフェースや、与えられた軌道に従って移動の動作を生成する機能を追加した(図3下)。

また、本研究は基本的に全身の動作を対象としたものであるが、能の舞のアニメーションでは扇を持つ手の指の動作も重要であるため、能の舞における手の姿勢や動作についても研究を行い、モーションキャプチャにより取得した動作を再現したり、動作合成手法を適用して前後の動作を滑らかにつないだりできるようにした。

開発したシステムの評価のために、実際に能を学習中の被験者にシステムを試用してもらった結果、有用なシステムであるという評価を得るとともに、より使いやすくするための改良点についても意見を集めた。

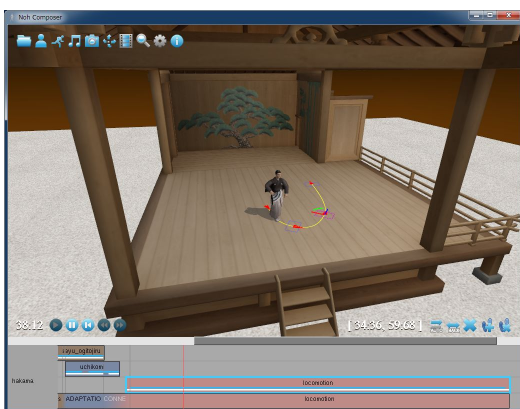


図3 能アニメーション制作システム

(3) 合成動作と演技者の動作との比較による能の演技の特徴の解明

動作合成手法によって複数の所作をつなげた合成動作と、実際の演技者が複数の所作を連続して行ったときの動作データとの比較を行った。

主観的な評価として、両者の動作を専門家に見比べてもらい違いを見出す検証を行った。その結果、基本的には本動作合成手法によって所作と所作の間のつながりの動作も正しく再現できるものの、能特有の動作の特徴として、実際の演技者の動作では所作と所作の間で体の向きを変えるような元の所作には含まれない動きが生じるような、動作合成手法

だけでは再現できない場合があることを確認した。このような能の動作の特徴を実証できたことは、能楽の研究分野から見ても意義のある成果である。

また、客観的な評価の一つとして、合成動作における身体の各部位の速度変化を解析・可視化して、実際の演技者の動作との比較を行った。その結果、実際の動作と同様に、滑らかな速度変化が生成されていることを確認した。しかしながら、実際に演技者が同じ動作を複数回行った場合で詳細を比較すると全く同一の動作や速度変化とはならないため、合成動作と実際の動作の速度変化が完全に一致することはなく、両者の間にはある程度の差異が見られた。一般に、2つの動作における部位の速度のような客観的な特徴量がどの程度異なったときに両者が異なる動作と見えるか、あるいは一方の動作が不自然な動作に見えるか、という指標を定めることは難しく、本研究でもそこまで明らかにすることはできなかった。客観的な動作の評価方法や自然な動作と不自然な動作を区別するための数値的な特徴量の抽出方法は、動作合成・解析の研究における今後の大きな課題の一つである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

[1] Masaki Oshita, "Interactive Motion Synthesis with Optimal Blending", Computer Animation and Virtual Worlds, Vol. 25, Issues 3-4, pp. 313-321, Wiley, 2014. (DOI:10.1002/cav.1578)(査読あり)

[2] Masaki Oshita, "Multi-touch Interface and Motion Control Model for Interactive Character Animation", Transactions on Computational Science XXIII, pp. 78-97, Springer, 2014. (DOI:10.1007/978-3-662-43790-2_5)(査読あり)

[3] Masaki Oshita, Takeshi Seki, Reiko Yamanaka, Yukiko Nakatsuka, Masami Iwatsuki, "Easy-To-Use Authoring System for Noh (Japanese Traditional) Dance Animation and its Evaluation", The Visual Computer, Springer, Vol. 29, Issue 10, pp. 1077-1091, October 2013. (DOI:10.1007/s00371-013-0839-8)(査読あり)

〔学会発表〕(計19件)

[1] 山中玲子, "所作と所作をつなぐ意識 能楽と 間", 国際学会『間(ま)と間(あいだ)』Colloque international "Des possibilités de la pensée, et de la culture japonaises ma et aida", ストラスブール, フランス, 2015年3月11~13日.(招待講演、査読なし)

[2] Masaki Oshita, Hayato Oshima, Yuta Senju, Syun Morishige, "Character Motion Control by Hands and Principal Component Analysis", 13th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry 2014 (VRCAI 2014), pp. 171-179, Shenzhen, China, November 20 - December 2, 2014. (査読あり)

[3] Masaki Oshita, Hiroyuki Muranaka, "Using Motion Capture for Interactive Motion Editing", 13th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry 2014 (VRCAI 2014), pp. 65-69, Shenzhen, China, November 20 - December 2, 2014. (査読あり)

[4] Masaki Oshita, Yuta Senju, "Generating Hand Motion from Body Motion Using Key Hand Poses", International Conference on Motion in Games 2014, pp. 147-151, Los Angeles, USA, November 6-8, 2014. (査読あり)

[5] 尾下真樹, "ブレンド区間の最適化を考慮した人体動作合成手法", Visual Computing / グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2014, 8 pages, 東京, 2014年6月29~30日. (査読あり)

[6] 山中玲子, "「所作単元」再考", 第13回能楽学会大会, 東京, 2014年6月21~22日. (査読あり)

[7] Masaki Oshita, "Interactive Motion Synthesis with Optimal Blending", International Conference on Computer Animation and Social Agents 2014 (CASA 2014), Houston, USA, May 26-28, 2014. (査読あり)

[8] Masaki Oshita, Yuta Senju, Syun Morishige, "Character Motion Control Interface with Hand Manipulation Inspired by Puppet Mechanism", 12th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry 2013 (VRCAI 2013), pp. 131-138, Hong Kong, November 17-19, 2013. (査読あり)

[9] Masaki Oshita, Hayato Oshima, Yuta Senju, Syun Morishige, "Character Motion Control by Data Glove and Principal Component Analysis", ACM SIGGRAPH Conference on Motion in Games 2013 (MIG 2013), Posters, 1 page, Dublin, Ireland, November 7-9, 2013 (査読あり)

[10] Masaki Oshita, "Multi-touch

Interface for Character Motion Control Using Model-Based Approach", International Conference on Cyberworlds 2013, pp. 330-337, Yokohama, Japan, October 11-13, 2013. (査読あり)

[11] Hirotaka Ishikawa, Masaki Oshita, "Real-time Generation of 3D Dance Animation Using a Musical Keyboard", 11th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI 2012), Poster, 1 page, Singapore, December 2-4, 2012. (査読あり)

[12] Hiroaki Tanaka, Najib Zamri, Masaki Oshita, "Interactive Style Deformation For Cyclic Motions", 11th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI 2012), Poster, 1 page, Singapore, December 2-4, 2012. (査読あり)

[13] Masaki Oshita, Hirotaka Ishikawa, "Gamepad vs. Touchscreen: A Comparison of Action Selection Interfaces in Computer Games", Workshop at SIGGRAPH Asia 2012: Computer Gaming Track, pp. 27-31, Singapore, November 26-27, 2012. (査読あり)

[14] Muhamad Najib Zamri, Hiroaki Tanaka, Masaki Oshita, "Interactive Human Style Deformation For Cyclic Motions", IEEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop 2012 (IEVC 2012), 5 pages, Kuching, Malaysia, November 21-24, 2012. (査読あり)

[15] 尾下真樹, 山中玲子, 岩月正見, 中司由起子, 関健志, "能の仕舞のアニメーション制作システムの開発", ビジュアルコンピューティングワークショップ in 秋保温泉 2012, 仙台, 2012年11月4~5日. (査読なし)

[16] Masaki Oshita, Reiko Yamanaka, Masami Iwatsuki, Yukiko Nakatsuka, Takeshi Seki, "Development of Easy-To-Use Authoring System for Noh (Japanese Traditional) Dance Animation", International Conference on Cyberworlds 2012, pp. 45-52, Darmstadt, Germany, September 25-26, 2012. (査読あり)

[17] 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", 第11回情報科学技術フォーラム(FIT) 2012 予稿集, 6 pages, 東京, 2012年9月4~6日. (査読あり)

[18] Masaki Oshita, Reiko Yamanaka, Masami Iwatsuki, Yukiko Nakatsuka, Takeshi Seki, "Easy-To-Use Authoring System for Noh (Japanese Traditional) Dance Animation", SIGGRAPH 2012, Posters, 1 page, Los Angeles, USA, August 5-9, 2012.
(査読あり)

[19] Masaki Oshita, "Multi-Touch Interface for Character Motion Control Using Example-Based Posture Synthesis", 20th International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision 2012 (WSCG 2012), pp. 213-222, Plzen, Czech Republic, June 26-29, 2012.
(査読あり)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究紹介ウェブページ :

<http://www.oshita-lab.org/research/noh/index-j.html>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

尾下 真樹 (OSHITA, Masaki)

九州工業大学・情報工学研究院・准教授

研究者番号 : 20363400

(2)研究分担者

山中 玲子 (YAMANAKA, Reiko)

法政大学・能楽研究所・教授

研究者番号 : 60240058

岩月 正見 (IWATSUKI, Masami)

法政大学・デザイン工学部・教授

研究者番号 : 50213301

(3)連携研究者

なし