

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300225

研究課題名(和文) 日本舞踊を中心とした身体重心の可視化及び教育支援システムの開発と検証

研究課題名(英文) Visualizing the center of gravity of performers of Nihon Buyo and others, and organizing and verifying the dance education program.

研究代表者

丸茂 美恵子(丸茂祐佳)(MARUMO, Mieko)

日本大学・芸術学部・教授

研究者番号：70297860

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,800,000円、(間接経費) 2,940,000円

研究成果の概要(和文)：日本舞踊において自己研鑽過程の若い演者への教育支援を想定し、「技」の巧拙の判断の根拠となる身体重心の置き方や安定性について動作解析することを目的に置いた。モーションキャプチャ並びに床反力計を用いて身体重心並びに圧力中心点との関連を解析した結果、腰が入った演者は身体重心の垂直方向の標準偏差が小さいこと、前後・左右方向の身体重心と圧力中心のずれが小さいことが明らかとなった。また、独自の解析によって得られた身体重心に着目した可視化システムや、サーボアクチュエータ及び3DCGを用いた動作教示システムなど有用な教育支援システムの構築につながった。

研究成果の概要(英文)：To provide educational support for young performers diligently self-studying Nihon Buyo, we sought to analyze their movements in terms of stability and placement of their center of gravity. These factors serve as the basis for judging the skill of one's Nihon Buyo techniques. Using motion capture and force plates, we analyzed the relationship between the dancers' center of gravity and center of pressure. The results revealed that for performers whose hips were stable, the standard deviation of the vertical direction of their center of gravity was small. Differences between the center of gravity and center of pressure in the front/back and left/right directions were also small. We also applied our original analysis to the development of useful educational support systems, including a visualization system that focuses on the center of gravity achieved by the performer and a movement instruction system that uses servo actuators and 3D computer graphics.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：舞踊教育 日本舞踊 モーションキャプチャ 3DCG 動作解析 巧みさ 慣性センサ 教育支援システム

## 1. 研究開始当初の背景

我々の長期目標は、世襲制で行ってきた日本舞踊が今後流派を超えて教育の中に取り入れていくための最適な教育支援のシステムを構築することである。我々はすでに、第1段階と言える基礎研究を終えている。それらの研究成果に基づき、本研究の開始当初の背景について、以下に述べる。

### 【モーションキャプチャを用いた動作解析】

これまでに、日本舞踊を代表する5流派(藤間・西川・花柳・若柳・坂東流)の各年代(20・30・40・50代)の女性舞踊家20名を対象に型や振りの違いによる影響を分析した。また、モーションキャプチャを用いた入門曲の学生ワークショップを通じ、身体の基礎(腰の入れ方等)における技能チェックを行った。その結果、身体重心位置の上下の動きの特徴量を用いることによって演者の動作が流派毎に分布することを見出した。これらの実験・研究から、モーションキャプチャを用いた動作解析では一人の演者の経年変化を観察した研究が乏しいことに本研究の着想を得た。そこで本研究では、10・20代の自己研鑽過程にある演者をモーションキャプチャで定期的に計測し、腰の入れ方等を習得していく過程について身体重心の位置情報を用いて明らかにすること、床反力計との同時計測で床反力と身体重心の動きの相互関係を定量的に解析して明らかにすることにした。

【3DCGの作成】これまでに、同流派(西川流)8名の男性舞踊家の足拍子について舞台装置と衣裳を付けて踊ったアニメーションとデータベース化された生演奏を同期化し音楽の違いで異なる印象が提示できるシステムを開発した。さて、日本舞踊の稽古段階では衣裳を付けずに踊るが、衣裳を付けることで稽古時とは重量感や柔軟性が違い、同じ舞踊でも動作が異なる。装置も舞台の時にだけ飾る。このように、衣裳や背景を変えた舞踊を行う環境でどのようなイメージに

なるかという事前確認が大事であることに本研究の着想を得た。そこで本研究では、「素踊り」という上演形式(衣裳を付けない・屏風を飾る)に基づき、舞踊を行う環境でどのようなイメージになるか、演者が事前に確認できるシステムを構築することにした。

## 2. 研究の目的

日本舞踊において自己研鑽過程の若い舞踊家への今日的な視点に立った教育支援を想定し、伝統的な「技」の巧拙の判断の根拠の一つとなる「腰」、すなわち身体重心の置き方や安定性について動作解析し、それらの可視化による情報技術の力を応用した教育支援を行うシステムを構築するところに目的を置いた。特に、演者の動作の経時変化の考察を重点的に行うこと、日本舞踊の重要無形文化財保持者(人間国宝)の「巧みさ」の特徴量を抽出すること、低価格なセンサを用いたリアルタイム計測システムができる3DCGの開発、に重点を置いた。

具体的には次の通りである。(1)舞踊教育において演者の動作がどのような成長過程を辿っているか、(2)それらの演者の経時変化の可視化、(3)普遍的・万能的な運動の「巧みさ」とは異なる、制御の機能が作動し個性を発揮する日本舞踊の「巧みさ」の特徴量を抽出すること、(4)脚立の重心に向かう床反力計で計測し基礎力学の面から身体重心について解析すること、(5)稽古段階で行う舞踊の環境と舞台で行う環境とのシミュレーションによるイメージ比較、(6)稽古段階でも導入できる低価格なセンサを用いたリアルタイム計測システムができる3DCGの開発、(7)生徒を対象にした舞踊動作のフィードバックを容易に行えるモーションキャプチャ利用の効果の検証、(8)本研究で開発された教育支援システムを用いた学習において研究者・日本舞踊家・生徒側との討議方式による意見交換。

### 3. 研究の方法

【動作解析】・【教育支援システムの開発】・【教育支援システムの検証】の3チームに分け、各チームに設定した研究課題(1)~(8)に取り組んだ。その方法は次の通りである。

#### 【動作解析】

(1) 同一演者・同一演目の経年変化による動作比較：演者の成長過程を辿るため定期的に同一演者による同一演目のモーションキャプチャ計測を実施。モーションキャプチャで得られた身体部位の位置及びその位置情報から算出した身体重心の変化を追跡することで演者の成長過程を可視化する。

(2) 舞踊行為の「巧みさ」の抽出：スポーツ分野等と異なり、印象によって優越がつく舞踊の「巧みさ」に対する評価は困難である。そこで、重要無形文化財保持者の日本舞踊をモーションキャプチャで計測し、そのデータを横断的に解析して舞踊における「巧みさ」を抽出し、日本舞踊の「巧みさ」とは物理的にどのようなものなのかを明らかにする。

(3) 床反力計と組み合わせたモーションキャプチャ動作解析：床反力計からの3方向の力及びモーメント、モーションキャプチャで得られた身体部位の位置を計測し、床反力と身体重心の動きの関係を明らかにする。さらに、身体重心並びに床反力計の圧力中心点との関連を定量的に解析し、動作の可視化システムを構築する上での有用な情報とする。

#### 【教育支援システムの開発】

(4) 動作の可視化による教育支援システムの開発：独自の動作解析を考案し、日本舞踊の技術習得の意識及び意欲を高めることに繋がる舞踊動作の可視化による教育支援システムを構築する。さらに、伝統芸能である日本舞踊の技能の継承及び保存において有用となる師匠と弟子の動作を比較できる継承支援システムを構築する。

(5) イメージトレーニング・システムの開発：紋付袴着用の素踊り作品をビデオ撮影し、同作品をモーションキャプチャで計測し、素踊り作品のアニメーション化を開発する。こ

れまでに開発した衣裳付による同作品の3DCGを併用することで稽古時にイメージトレーニングを行い、舞台に適した舞踊動作の指導等に役立てる。

(6) センサを用いたリアルタイム計測による3DCGの開発：電子デバイスの発展により加速度センサ、角速度センサ、磁気センサが小型低価格化して携帯端末やゲーム機などに利用されている。このような低価格なセンサを用いて、リアルタイムで3DCGを描画し記録した手本となる舞踊動作と比較しながら舞踊教育を補助するシステムの開発を行う。また、物理エンジンと組み合わせ、衣裳や背景等とのインタラクションのシミュレーションを行う。

#### 【教育支援システムの検証】

(7) モーションキャプチャ利用のフィードバック・ループの検証：モーションキャプチャで舞踊を計測した演者へのアンケート調査を実施し、その分析によって日本舞踊の習得過程について情報技術で支援する可能性を探る。これまでの研究では、基本曲を対象に<腰><間><目線>を重点的に観察し、基本的な技法の習得に関してモーションキャプチャを利用した訓練が効果的であるという結果を得た。本研究では、日本舞踊の代表曲を対象に<表現>も加えて観察、その効果をみる。

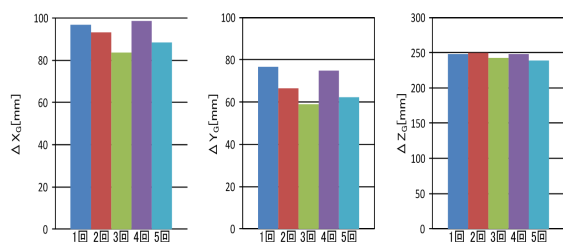
(8) 開発された教育支援システムの検証：最終年度で研究集会を開き、本研究で開発された教育支援システムを中心にモーションキャプチャの可能性、ICT技術の日本舞踊の教育への応用の可能性などについて意見を交換し、本研究の総括をする。

### 4. 研究成果

#### 【動作解析】

(1) 同一演者・同一演目の経年変化による動作比較：夏期・冬期計5回にわたって本学日舞コース生・卒業生の計6名(10・20代)を対象に「娘道成寺」クドキをモーションキャプチャで計測し身体重心等の変化を追い、

演者の成長過程を観察した。成果 主観的・客観的検討から重心位置の安定性を認識した。 身体重心の軌跡が狭くなる傾向が指摘できた。[図 1]

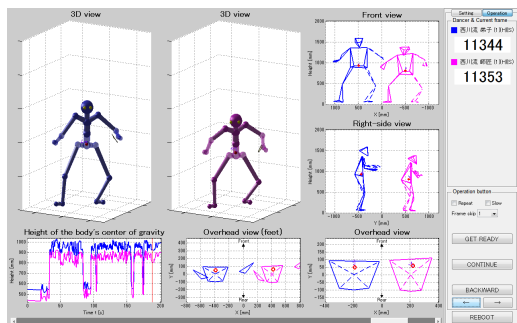


(a)左右方向 (b)前後方向 (c)鉛直方向

[図 1 半年毎 5 回の身体重心の軌跡の変化幅]

(2) 舞踊行為の「巧みさ」の抽出：西川扇藏氏(人間国宝)の「七福神」(前半)を

モーショキャプチャで計測した。成果 「巧みの技」継承支援システムを構築し、主観的検討を中心に継承支援の補助的ツールとしての有効性を確認した。[図 2] 人間国宝のモーショキャプチャデータと『舞曲扇林』(1660 年頃)にみる名人芸(正しい腰・柔らかく雅やか・勢い)の記述と合致することを確認した。「巧みさ」をベルンシュタインの dexterity に沿って検討を行い、人間国宝のモーショキャプチャデータを dexterity の「すばやさ」と「合理性」の観点から解析した結果、動き周期の点で序盤大、中盤小、終盤大きくなった。これはメリハリや安定性に関係があり dexterity の両条件を満たしていることが示唆された。

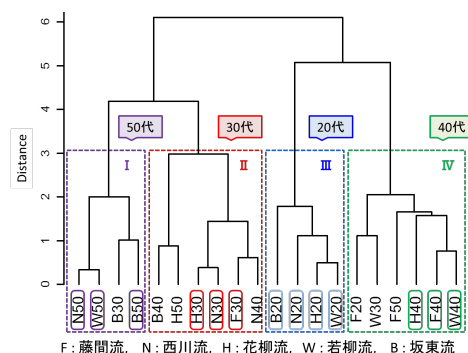


左：弟子 右：師匠(人間国宝)

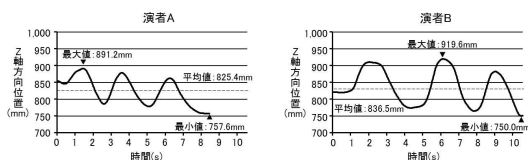
[図 2 師匠と弟子の舞踊動作比較システム]

(3) 床反力計と組み合わせたモーショキャプチャ動作解析：床反力計を用いて舞踊技法<オスベリ><巴回り>をモーショキャプ

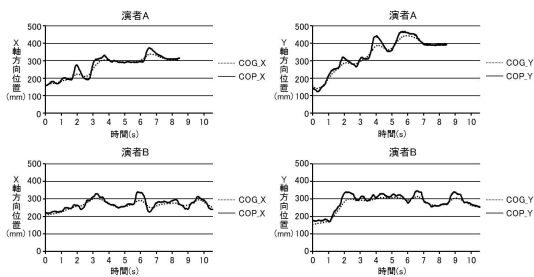
チャと同時に計測し、床反力と身体重心の動きの関係を定量的に解析した。成果 <巴回り>の動作解析を重点的に行い、身体重心の動きの関係を定量的に解析し、上・下半身の重心位置から年代(熟達度)による舞踊動作の分類が行える見通しを得た。[図 3] 腰を入れた動作について解析を行った結果、腰が入ったと評価された演者において、<オスベリ>では身体重心の垂直方向における標準偏差が小さいこと[図 4]、前後・左右方向の身体重心と圧力中心のずれが小さいことが明らかとなった。[図 5]



[図 3 <巴回り>の動作による年代分類]



[図 4 <オスベリ>中の身体重心 Z 軸方向の時系列変化]

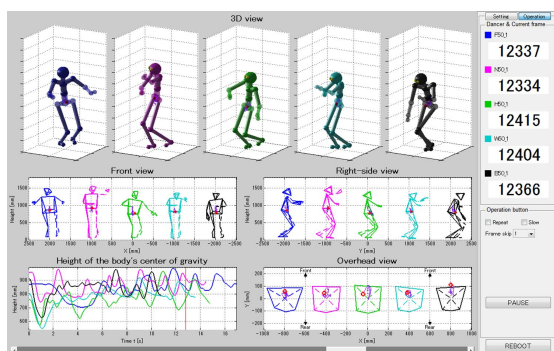


[図 5 <オスベリ>中の X 軸方向および Y 軸方向における身体重心(COG)と圧力中心(COP)の時系列変化]

【教育支援システムの開発】

(4) 動作の可視化による教育支援システムの開発：身体重心に着目した可視化システムの構築を行い、先生と生徒の動作を比較でき

環境を整備した。成果 独自の動作解析により身体重心の水平面軌跡、高さの時系列波形等を視覚的に理解しやすい教育用支援システムを構築し、そのシステムにおいて最大5人(5回)分の同時比較が可能となった。[図6] 床反力計と組み合わせた支援システムとして圧力中心点の水平面軌跡、床反力等を身体重心と同時に提示できる動作可視化システムを構築した。

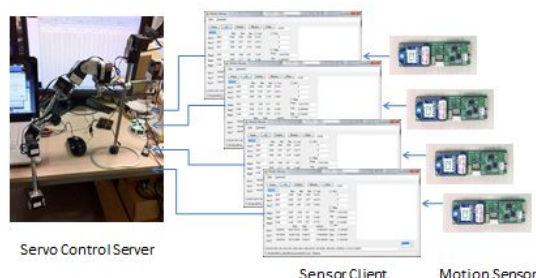


[図6 教育用支援システム(5人表示)]

(5) イメージトレーニング・システムの開発: 素踊り「供奴」(一部)をビデオ撮影し、同一演者によって同演目をモーションキャプチャで計測した。成果 ビデオ撮影した素踊り「供奴」のモーションキャプチャデータを元に骨格モデルを作成し関節角度による動作データに変換を行った。衣裳をポリゴン数の少ない3Dモデルのデータで作成しソースコードの公開されている動力学エンジンを用いてリアルタイムアニメーションを行い、自然な衣裳の表現が可能となった。(6) センサを用いたリアルタイム計測による3DCGの開発: 慣性センサを用いてトラッキングの継続方法を検討した。成果 モーションキャプチャのカメラ画像から消えた特徴点の再抽出が可能となった。慣性センサとカルマンフィルターを用いた誤差の少ない姿勢計測システムを実現した。サーボアクチュエータ及び3DCGを用いた動作教示システムを試作した。[図7]

【教育支援システムの検証】

(7) モーションキャプチャ利用のフィード



[図7 動作教示システム]

バック・ループの検証: 「娘道成寺」クドキの被験者6名を対象に<腰><胸><間><目線><表現><背中>を重点的に観察し、アンケート調査を実施した。成果 自己研鑽のためのフィードバック・ループが効果的に形成されていることを確認した。

(8) 開発された教育支援システムの検証: 研究集会「ICT利用による日本舞踊の教育支援システムの開発と検証」を開催し(2014年1月29日、日本大学芸術学部) 第二部フォーラムディスカッションにて研究者、日本舞踊家、学生(すべてモーションキャプチャ等の経験者)がICT利用の有効性について討論した結果、表現者にとって具体的なデータは有り難い、それが教育システムとして実現できれば弟子の助けになる、「腰をためる」など力の入れ具合がデータとして出ると教育システムの意義は高くなる、などの意見が活発に交わされた。

以上、前記研究集会の第一部にて研究代表者、研究分担者が当該科研費研究期間において従事してきた課題研究の報告を行い、本研究の総括とした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

(1) 小沢徹、丸茂美恵子、三戸勇気、川上央、入江寿弘、篠田之孝: 日本舞踊における「腰」に関する動作の考察 - スポーツ動作との比較 -、日本大学芸術学部紀要、【査読有】、第59号、2014、pp.67-72

(2) 篠田之孝、村上慎吾、渡辺雄太、三戸勇気、渡沼玲史、丸茂美恵子: モーションキャプチャを用いた日本舞踊の教育用動作解

析システムの構築、電気学会論文誌A、【査読有】 Vol.131, No.4, 2011、pp.270-276

〔学会発表〕(計 39件)

(1) 酒井賢人、篠田之孝、三戸勇氣、渡沼玲史、小沢徹、丸茂美恵子：モーションキャプチャを用いた日本舞踊の自己研鑽過程の動作の特徴抽出の検討、平成 26 年電気学会全国大会、2014 年 3 月 20 日、愛媛大学

(2) Mieko Marumo, Toru Ozawa, Yuki Mito, Hiroshi Kawakami, Yuki Mito, Toshihiro Irie: Characteristic Movements of a Virtuoso Nihon Buyo Master-Verification of a Traditional Dance Text (Oral Tradition) by Motion Analysis-、PNC2013、2013 年 12 月 10 日、Kyoto University

(3) Yuki Mito, Reishi Watanuma, Toru Ozawa, Mieko Marumo: Classification and Visualization of Dance Movements of Nihon Buyo using Motion Capture System、ISPS2013、2013 年 8 月 30 日、The University of Music and Performing Arts, Vienna

(4) 小沢徹、丸茂美恵子、三戸勇氣、川上央、入江寿弘、篠田之孝：スポーツと日本舞踊における「腰」に関する動作の考察、第 18 回舞踊学会定例研究会、2013 年 6 月 15 日、学習院女子大学

(5) 入江寿弘、丸茂美恵子：慣性センサと距離センサを利用した動作教示システム、建築学会第 35 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2012、2012 年 12 月 13 日、建築会館

(6) 三戸勇氣、篠田之孝、渡沼玲史、小沢徹、丸茂祐佳：モーションキャプチャを用いた同一演者・同一演目の経時変化にみる動作比較 - 自己研鑽過程の日本舞踊家を対象に、第 64 回舞踊学会大会、2012 年 12 月 2 日、東京大学

(7) 丸茂美恵子、竹田陽子、渡沼玲史、三戸勇氣、小沢徹、篠田之孝：日本舞踊におけるモーションキャプチャ利用のフィードバック・ループの検討、教育改革 ICT 戦略大会、2012 年 9 月 6 日、私学会館

(8) 水谷裕介、篠田之孝、三戸勇氣、渡沼玲史、小沢徹、丸茂美恵子：モーションキャプチャを用いた日本舞踊の身体重心の可視化システムの構築、平成 24 年電気学会全国大会、2012 年 3 月 23 日、広島工業大学

(9) 田中拓也、高村直也、栗山寛子、入江寿弘、丸茂美恵子：加速度センサとモーションキャプチャによる技能教示システムの基礎研究、建築学会第 34 回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2011 年 12 月 16 日、建築会館

(10) 篠田之孝、鶴田秀隆、渡沼雄太、三戸勇氣、渡沼玲史、丸茂美恵子：モーションキャプチャを用いた動作解析による日本舞踊家の特徴抽出の検討、平成 23 年電気学会基礎・材料・共通部門大会、2011 年 9 月 21

日、東京工業大学

(11) Yuki Mito, Reishi Watanuma, Mieko Marumo: Consideration of Feature Extraction Based on Center of Gravity for Nihon Buyo Dancer using Motion Capture System、SICE Annual Conference 2011、2011 年 9 月 16 日、Waseda University

〔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〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

丸茂 美恵子 (MARUMO Mieko)

日本大学・芸術学部・教授

研究者番号：70297860

### (2) 研究分担者

川上 央 (KAWAKAMI Hiroshi)

日本大学・芸術学部・教授

研究者番号：20307888

入江 寿弘 (IRIE Toshihiro)

日本大学・理工学部・教授

研究者番号：60184842

篠田 之孝 (SHINODA Yuki Mito)

日本大学・理工学部・教授

研究者番号：80215988

小沢 徹 (OZAWA Toru)

日本大学・芸術学部・専任講師

研究者番号：70584788

三戸 勇氣 (MITO Yuki)

日本大学・芸術学部・助教

研究者番号：10451303

### (3) 連携研究者

竹田 陽子 (TAKEDA Yoko)

横浜国立大学・環境情報科(研究院)・教授

研究者番号：86319011

三浦 雅展 (MIURA Masanobu)

龍谷大学・理工学部・専任講師

研究者番号：80368034

渡沼 玲史 (WATANUMA Reishi)

一橋大学・法学(政治学)研究科(研究院)・助手

研究者番号：50419751