

機関番号：52301

研究種目：基盤研究 C

研究期間：2008 年 ～ 2010 年

課題番号：20500105

研究課題名（和文） モーションキャプチャと生体情報の同時計測による舞踊動作の定量化

研究課題名（英文） Quantification of Dance Movement by Simultaneous Measurement of Motion Capture and Biophysical Information

研究代表者

崔 雄 (CHOI WOONG)

群馬工業高等専門学校・電子情報工学科・助教

研究者番号：30411242

研究成果の概要（和文）：本研究の目標は、時間の流れとともに消失してしまいがちな舞踊の情報を、モーションキャプチャによる身体動作と各種の生体情報の同時計測によって計測・保存し、モーションキャプチャだけでは解析できない舞踊での演技者の足を使う方法（足づかい）、などを定量的に分析することである。さらに、モーションデータから類似する身体動作を検索するシステムとデジタルアーカイブされた能のモーションデータをインターネット環境に公開して、VR 環境で観覧できるシステムの構築も行った。その結果、舞踊動作データの数値的解析だけでなく、VR 環境におけるデジタルアーカイブを行うことによって、舞踊家や舞踊研究者は対象の舞踊についての新たな情報をフィードバックとして得ることができると期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is a quantitative analysis of leg movement patterns of dance, which cannot be analyzed with a motion capture system alone, using simultaneous measurement of body motion and biophysical information. In our research, we collated intangible cultural material into the VR environment to produce an integrated real-time version of Noh within the context of the Noh theatre. In addition, we made the system that can retrieve the similarity motion data of dance corresponding to a test data by using an indexed motion data. Therefore, we expect that our research will help dancers and researchers on dance through giving new information on dance movements.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 20 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成 21 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
平成 22 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：モーションキャプチャ、人工現実感

科研費の分科・細目：メディア情報学・データベース

キーワード：モーションキャプチャ、デジタルアーカイブ

1. 研究開始当初の背景

世にはいろいろな国の民族舞踊が存在するが、申請者の所属するグループでは、日本舞踊のアーカイブを行って日本舞踊に関する

データと動作解析の方法を持っているので、本研究でも日本舞踊を中心にして研究を行った。

国内にはモーションキャプチャと生体情報

を同時計測し、動作を解析する研究にはスポーツフォーム練習システム、床反力と筋電図を用いて上肢挙上動作の解析、ビヘイビアキャプチャに関する研究が挙げられる。また、舞踊での足づかい、視線の技法、息づかいなどを定量的に分析する研究は見られない。

モーションキャプチャを用いた日本舞踊の解析する研究で、日本舞踊の「振り」のデータ解析の研究がある。これでは、「構え」に対応する特徴量を求め、これから踊りの熟達度の指標を出している。

さらに、本研究グループによるモーションデータからの舞踊譜 Labanotation の生成研究、能楽のモーションキャプチャと CG などのマルチメディア教材作成などが行われている。

国外にはモーションキャプチャと生体情報を同時計測し、舞踊の身体動作を解析する類似の研究は見られない。

われわれの研究は、日本舞踊などの伝統的舞踊の組織的・網羅的なデータ収録と、体系的な研究であり、また、アフリカの民族舞踊など広い範囲を対象としている。舞踊の身体動作について、モーションキャプチャや生体信号計測のようなデジタル技術を利用して、多くの計測データを元に、動作と表現の関係を数量的に探る研究である。また、舞踊データを解析の対象とする情報系の研究者だけでなく、自らも舞踊を踊る舞踊研究者、身体メディア論の研究者などで構成されている。

2. 研究の目的

本研究の目標は、時間の流れとともに消失してしまいがちな舞踊の情報を、モーションキャプチャによる身体動作と各種の生体情報の同時計測によって計測・保存し、モーションキャプチャだけでは解析できない舞踊での演技者の足を使う方法(足づかい)、などを定量的に分析することである。さらに、モーションデータから類似する動作を検索するシステムとデジタルアーカイブされた能のモーションデータをインターネット環境に公開して、VR環境で観覧できるシステムの構築も行う。

3. 研究の方法

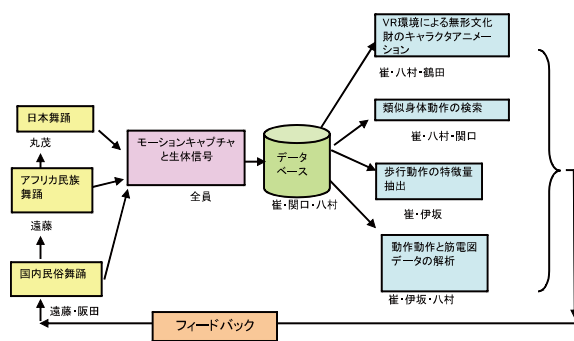


図1 本研究の対象と分担体制

本研究プロジェクトの内容およびその役割分担体制は図1に示すとおりである。また、研究分担者以外に、日本大学の丸茂美恵子と同志社大学の阪田真己子が連携研究者として研究にあたる。本学博士課程大学院生鶴田清也ほかの大学院生が研究協力者として研究を行った。

(1) 舞踊動作のデータ収録

それぞれの分担者の専門とする舞踊について、身体動作のキャプチャと同時に筋電図、などの生体信号、足底圧などの力学情報を取得する。キャプチャのための装置は、立命館大学アート・リサーチセンターに既設のものを利用した。

- ① 連携研究者の丸茂と阪田を中心に、日本舞踊の「北州」に対するモーションキャプチャと筋電図データの同期計測を本研究の前に行って、研究データとして利用した。被験者は日本舞踊に熟練した二人の女性舞踊家(いずれも花柳流)で、一人は舞踊経歴44年、もう一人の舞踊経歴は20年である。
- ② 分担者の遠藤を中心に、アフリカ(ナイジェリア、ケニア)の舞踊の身体データと足底圧の収録を行った。演技者は、現地の専門家について来日のタイミングをとらえて依頼した。
- ③ 日本国内の民俗舞踊については連携研究者の阪田により、阿波踊りの身体データの収録を行った。
- ④ データ収録の作業におけるシステム操作とキャプチャデータの編集作業は、理工学研究科の大学院生が研究協力者となり担当した。

(2) モーションキャプチャと筋電図情報の同時計測による舞踊動作の定量化

収録したモーションデータに加えて演技者の筋電図の生体情報を同時計測することで、日本舞踊の足づかいを定量的に解析することを目的とした。どのような動きをする際にも、基本となる下半身の使い方が重要視され、舞踊での足づかいは動作のリズム感や動きのペースを生成する。特に、日本舞踊では足づかいによって体重の保持と移動、場面転換や多様な表現が行われている。舞踊動作と筋電図の関係に関する解析については主に崔、八村と伊坂が担当した。

(3) 日本伝統芸能における歩行動作の特徴量抽出

モーションキャプチャによる身体動作データを用いて普通歩行と区別されるすり足の特徴パラメータを多変量解析によって定量的に分析した。日本伝統芸能の歩行動作を

解析するために、能のすり足、日本舞踊のすり足、バレエの基本歩行、通常の歩行を対象にして各被験者の身体動作データを収録した。多変量解析での主成分分析を用いて定義したパラメータからすり足の特徴を決定するパラメータの多次元データを低次元に削減する。主成分分析から抽出された特徴パラメータを用いてすり足と他の歩行動作をグループ分けするためにクラスター分析を行った。すり足の特徴を解析するには崔、伊坂が担当した。

(4) モーションデータにおける類似身体動作の検索

一つの身体動作データ内での姿勢の遷移を明らかにし、検索時に対象とするデータ位置が絞り込めるよう、動作を類似姿勢ごとに分類し、その構成を明確化した。この処理の具体的な手順としては、まず主成分分析 (PCA) によりモーションキャプチャデータを低次元化した。次に K 平均法を用いて低次元化データをクラスタリングし、類似姿勢ごとに分類した。姿勢と分類データをサポートベクターマシンで学習させ、最後にこの結果を用いてテストデータの姿勢の識別を行った。類似身体動作の検索には崔、八村と関口が担当した。

(5) VR 環境による無形文化財のキャラクターアニメーション

没入型表示装置やセカンドライフを利用した VR (人工現実感) 技術により、CG キャラクターによる舞踊、祭り、能のような無形文化財のデジタルアーカイブやインタラクションが可能なシステムを構築した。没入型表示装置によるキャラクターアニメーションには崔と八村が担当した。セカンドライフ環境での能に対する CG キャラクターアニメーションには King's Visualisation Lab・King's College London と協力研究を行った。

4. 研究成果

以下で、これらの研究経過と成果について簡単に述べる。それぞれの成果の詳細は、研究業績リストにあげた論文を参考できる。

(1) モーションキャプチャと筋電図情報の同時計測による舞踊動作の定量化

本研究では、日本舞踊での足づかいに対する熟練度の特徴を定量的に解析するために、同じ流派の二人の舞踊家の身体動作をモーションキャプチャと筋電図の記録データを用いて、解析を行った。

「北州」に対する右脚と左脚の片脚支持期に被験者 D と S の足づかいの効率の比較を行った。足づかいの効率は拮抗筋同士の収縮効率 (%Co-contraction) を計算することによっ

て定量的に比較できる。

表 1 によって、「北州」に対して膝関節と足関節の足づかいの効率は被験者 D が被験者 S にくらべ、10-20%程度高いことがわかる。被験者 D の筋電の放電量が被験者 S にくらべ、少ないことを考慮すると被験者 D は被験者 S と比較して少ない筋力で、舞踊での足づかいを効率よく行っていることがわかった。

表 1 「北州」に対する被験者 D と S の拮抗筋同士の収縮の効率

	片脚支持期(右)		片脚支持期(左)	
	膝	足首	膝	足首
被験者 D	41%	77%	53%	86%
被験者 S	25%	76%	36%	83%

その結果、被験者 S にくらべ、20 年以上の日本舞踊の経歴を持っている被験者 D は拮抗筋同士の筋肉を効率よく使用することによって、少ない筋力でも、滑らかに効率よく足を使用していることがわかった。

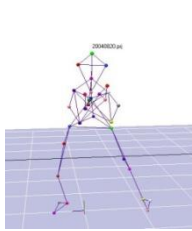
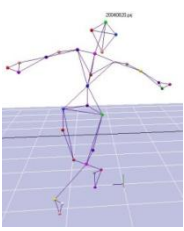
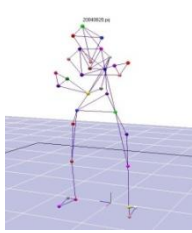
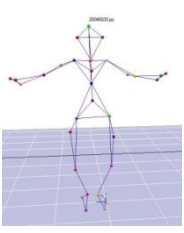
(2) 日本伝統芸能における歩行動作の特徴量抽出

本研究の意義は、身体データを用いて日本伝統芸能のすり足を定量的に分析することで、すり足に代表される特徴パラメータを明らかにし、これらと伝統的な芸能足遣いの伝承や芸の上達との関連性を明らかにすることである。具体的研究内容を以下に列挙する。

- ① モーションキャプチャと足底圧情報 (pedar-x) の同時計測するシステムを構築した。
- ② 研究分担者の協力にもとに能やアフリカの舞踊についてモーションキャプチャと足底圧の同時計測を行い、NAS システムを用いてデータベース化した。
- ③ モーションキャプチャによる身体動作データを用いて普通歩行と区別されるすり足の特徴パラメータを多変量解析によって定量的に分析した。
- ④ 日本伝統芸能の足遣いの特徴を解析するために、能のすり足、日本舞踊のすり足、バレエの基本歩行、通常の歩行を対象にして各被験者の身体動作データを収録した。
- ⑤ 多変量解析での主成分分析を用いて定義したパラメータからすり足の特徴を決定するパラメータの多次元データを低次元に削減した。
- ⑥ 主成分分析から抽出された特徴パラメータを用いてすり足と他の歩行動作をグループ分けするためにクラスター分析を行った。

これらの結果から、日本伝統芸能における

表 2 類似身体動作の検索結果

	Cluster 5	Cluster 21
テスト データ (Break dance)		
検索さ れた動 作デー タ		

すり足は、右左足首の垂直動揺のパラメータと身体重心の垂直動揺のパラメータをもとに分類できることがわかった。機械学習を用いてすり足と他の歩行動作を識別する実験も行った。

(3) モーションデータにおける類似動作の検索と評価

舞踊動作のデジタルアーカイブにおける類似動作検索と表示システムを構築することを目標として研究を行った。動作データベースからの検索は Google のようなテキストを用いた検索システムとは異なり、動作自体の類似性に基づいて行う。これによって、ユーザが真に必要なプロ級の舞踊動作を検索して表示することができるようにする。具体的研究内容を以下に列挙する。一つの身体動作データ内での姿勢の遷移を明らかにし、検索時に対象とするデータ位置が絞り込めるよう、動作を類似姿勢ごとに分類し、その構成を明確化した。動作検索の処理の具体的な手順は以下のとおりである。

まず主成分分析によりモーションキャプチャデータを低次元化した。次に K 平均法を用いて低次元化データをクラスタリングし、類似姿勢ごとに分類した。姿勢と分類データをサポートベクターマシンに用いて学習させ、最後に、この結果を用いて対象動作データの姿勢の識別を行った。

姿勢の遷移が明らかになれば、それを用いて動作を定義し、動作の構造を明らかにするインデックスデータを動作に付加した。インデックスを付加することで、検索の際、検索対象の範囲を絞り込むことが可能になり、検索にかかる計算時間を短縮した。

本研究では、サポートベクターマシンで作成した辞書にテストデータを与え姿勢の識別を行い、類似姿勢ごとに分類されるのかを

評価した (表 2)。これらの結果から、提案手法によって動作データを類似姿勢ごとに分類できることがわかった。

(4) VR 環境による能のキャラクタアニメーション

没入型表示装置やセカンドライブを利用した VR (人工現実感) 技術により、CG キャラクタによる舞踊、祭り、能のような無形文化財のデジタルアーカイブやインタラクションが可能なシステムを構築した。まず、3 画面の等身大没入型表示装置に立体視を提示するために Vizard ソフトウェアを用いて、CG コンテンツを実時間に 3D 表示できるようにした。モーションキャプチャから収録した

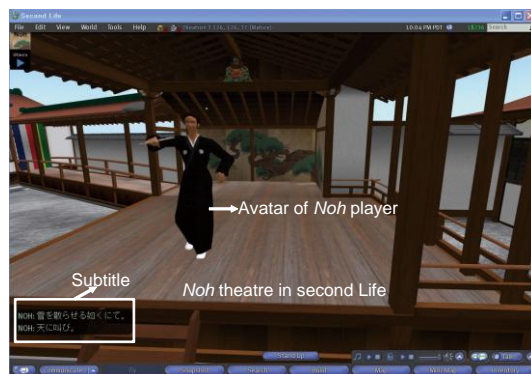


図 2 セカンドライブにおける能の再現

演技者の動作データをもとに演技者の CG アバターを 3D MAX を利用して制作した。

Vizard 環境に、CG アバターを再現するために CG キャラクタのデータを CAL3D フォーマットに変換した。構築したシステムに再現される CG アバターは高品質の CG をもち、モーションデータに基づいて CG アバターの動作が正確に表現できた。

セカンドライブ環境では、能舞台や能演技を再生できるようにシステムを構築した。インターネットをベースにして動くセカンドライブの特性を用いて世界のユーザが構築されたシステムで行われる能演技を観覧できるようにした。能舞台は西本願寺にある北能舞台を対象にして CG 化を行った。能演技は約 40 年経歴をもつシテの「歌占」仕舞をモーションキャプチャして BVH フォーマットに変換したデータを CG アバターに再現した

(図 2)。セカンドライブの環境では、「歌占」仕舞の歌詞を提示するシステムも構築し、能をよく知らない人も理解できるように工夫を行った。

このようなシステムを活用して日本伝統無形文化財の理解と情報発信を広げる機会になると期待する。

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 7 件)

- ① Worawat Choensawat, Sachie Takahashi, Minako Nakamura, Woong Choi, and Kozaburo Hachimura, Description and Reproduction of Stylized Traditional Dance Body Motion by Using Labanotation, Transactions of the Virtual Reality Society of Japan, 査読有、Vol.15, No.3, 2010, pp. 379-388
- ② 鶴田 清也、森岡 秀光、崔 雄、関口 博之、八村 広三郎、仮想ダンスコラボレーションのための感性情報を付与した身体動作の生成とその評価、映像情報メディア学会誌、査読有、63 巻、12 号、2009、pp. 1807 - 1814
- ③ 遠藤保子、「舞踊の記録・保存・伝承に関する歴史的考察-アフリカの舞踊を事例にして-」、『スポーツ学の冒険』黎明書房、査読無、2009 pp. 68-77
- ④ Mitsu YOSHIMURA, Kozaburo HACHIMURA, Takako KUNIEDA and Wakasaki YAMAMURA, Quantitative Realization of Spiral Motion Observed in Principal Component of “JIUTA-MAI” Japanese Classical Dances, 画像電子学会誌、査読有、Vol. 37, No. 3, 2008, pp. 312-404
- ⑤ 吉村ミツ、八村広三郎、舞踊動作を表す構造変数と時空間変数の比較 -日本舞踊を題材として-、画像電子学会誌、査読有、Vol. 37, No. 4, 2008, pp. 396-404
- ⑥ 関口博之、八村広三郎、文化財と画像処理画像電子学会誌、査読無、Vol. 37, No. 6, 2008, pp. 832-834
- ⑦ 遠藤保子、Chris UGOLO、「からだとトポス-イビデの人々のアバメレスリングダンスを事例にして-」、舞踊学会編『舞踊學』、査読無、31 巻、2008、pp. 98-101

[学会発表] (計 20 件)

- ① 崔雄、西浦敬信、矢野桂司、八村広三郎、祇園祭バーチャル山鉾巡行、信学技報、2011 年 1 月 21 日、滋賀県
- ② 崔雄、原悠一郎、伊津野和行、矢野桂司、瀬戸寿一、八村広三郎、祇園祭バーチャル山鉾巡行体験のための巡行時加速度変化の計測と可視化、人文科学とコンピュータシンポジウム、2010 年 12 月 12 日、東京
- ③ S. Tsuruta, W. Choi and K. Hachimura, Generation of Emotional Dance Motion for Virtual Dance Collaboration system, Digital Humanities 2010, 2010 年 7 月 7

日、UK

- ④ W. Choi, T. Fukumori, K. Furukawa, K. Hachimura, T. Nishiura, K. Yano, Virtual Yamahoko Parade in Virtual Kyoto, SIGGRAPH 2010, 2010 年 6 月 19 日、USA
- ⑤ W. Choensawat, W. Choi and K. Hachimura, Realistic Expression of Body Motion and Environments in Laban Editor, NICOGRAPH 2010, 2010 年 6 月 19 日、Singapore
- ⑥ W. Choi, T. Fukumori, K. Furukawa, K. Hachimura, T. Nishiura, K. Yano, Virtual Yamahoko Parade in Virtual Environment, NICOGRAPH 2010, 2010 年 6 月 19 日、Singapore
- ⑦ 関口博之、崔雄、八村広三郎、ピアノ演奏に基づくマリオネットダンスの生成と表示、インタラクション 2010 論文集、IPSJ Symposium Series, 2010 年 03 月 01 日、東京
- ⑧ 尾崎良太、鶴田清也、崔雄、八村広三郎、ダンスコラボレーションのための隠れマルコフモデルによるダンス動作の識別人文科学とコンピュータシンポジウム、情報処理学会、2009 年 12 月 19 日、立命館大学、草津市
- ⑨ 伊藤健太郎、鶴田清也、崔雄、八村広三郎、感性を伴ったダンスステップの識別人文科学とコンピュータシンポジウム、情報処理学会、2009 年 12 月 19 日、立命館大学、草津市
- ⑩ Woong Choi, Drew Baker, Martin Blazeby, Kohei Furukawa, Kozaburo Hachimura and Richard Beacham, Performing Arts of Intangible Cultural Heritage in Second Life, 人文科学とコンピュータシンポジウム、情報処理学会、2009 年 12 月 19 日、立命館大学、草津市
- ⑪ Woong Choi, Drew Baker, Martin Blazeby, Kohei Furukawa, Kozaburo Hachimura and Richard Beacham, Character animation in Second Life, International Symposium Human Body Motion Analysis with Motion Capture, 2010 年 1 月 23 日、Ritsumeikan university, Kusatsu
- ⑫ Worawat Choensawat, Woong Choi, Kozaburo Hachimura, A Quick Filtering for Similarity Queries in Motion Capture Databases, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5879, Springer Verlag, 2009 年 12 月 15 日、Thailand
- ⑬ Woong Choi, Hiroyuki Sekiguchi, and Kozaburo Hachimura, Analysis of Gait Motion by Using Motion Capture in the Japanese Traditional Performing Arts, ITH-MSP2009, IEEE, 2009 年 9 月 13 日、Kyoto

- ⑭ Woong Choi, Takatoshi Ono, and Kozaburo Hachimura, Body Motion Analysis for Similarity Retrieval of Motion Data and Its Evaluation, IIH-MSP2009, IEEE, 2009年9月13日, Kyoto
- ⑮ Woong Choi, Drew Baker, Martin Blazeby, Kohei Furukawa, Kozaburo Hachimura and Richard Beacham, Character Animation of Intangible Cultural Heritage in Second Life, IEVC 2010, IEEJ, 2010年3月5日, Nice
- ⑯ Hiroyuki Sekiguchi, Woong choi, Kozaburo Hachimura, Generating Puppets Dance from the Piano Performamce, IEVC 2010, IEEJ, 2010年3月5日, Nice
- ⑰ Worawat Choensawat, Woong choi, Hiroyuki Sekiguchi, K. Hachimura, Improved Segmentation of Motion Capture Data using SMOTE, IEVC 2010, IEEJ, 2010年3月5日, Nice
- ⑱ Woong Choi, Drew Baker, Martin Blazeby, Kozaburo Hachimura and Richard Beacham, Character Animation of Performing Arts in Second Life, DADH2009, 2010年12月01日, Taiwan
- ⑲ Ryota Ozaki, Seiya Tsuruta, Woong Choi, and Kozaburo Hachimura, Recognition of Dance Motions Using Hidden Markov Models for Dance Collaboration, The Fifth Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, 2009年10月05日, Kyoto
- ⑳ 崔雄、関口博之、鶴田清也、八村広三郎、モーションキャプチャを用いた日本伝統芸能における歩行動作の特徴量抽出情報処理学会第71回全国大会、情報処理学会、2009年3月11日、立命館大学

[図書] (計1件)

- ① Woong Choi, Tadao Isaka, Hiroyuki Sekiguchi and Kozaburo Hachimura, IN-TECH, Advances in Human-Robot Interaction, 2009, pp. 165-178

6. 研究組織

(1) 研究代表者

崔雄 (CHOI WOONG)

群馬工業高等専門学校・電子情報工学科・助教

研究者番号：30411242

(2) 研究分担者

八村 広三郎 (HACHIMURA KOZABURO)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：70124229

伊坂 忠夫 (ISAKA TADAO)

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：30247811

遠藤 保子 (ENDO YASUKO)

立命館大学・産業社会学部・教授

研究者番号：10185168

関口 博之 (SEKIGUCHI HIROYUKI)

京都大学・医学研究科放射線診断科・講師

研究者番号：90243063

(立命館大学を退職)

吉村 ミツ (YOSHIMURA MITSU)

立命館大学・衣笠総合研究機構・教授

研究者番号：60109311

(立命館大学を退職)

(3) 連携研究者

丸茂 美恵子 (MARUMO MIEKO)

日本大学・芸術学部・教授

研究者番号：70297860

阪田 真己子 (SAKATA MAMIKO)

同志社大学・文化情報学部・准教授

研究者番号：10352551