

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：12611

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350269

研究課題名(和文) タンジブルインタフェースを用いたダンスのシミュレーション

研究課題名(英文) Tangible User Interface in Dance and Computer Simulation

研究代表者

中村 美奈子 (Nakamura, Minako)

お茶の水女子大学・基幹研究院・准教授

研究者番号：20345408

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：タンジブル・ユーザインタフェース(Tangible user interface)とは、既存のインタフェースの概念を一新し、形のない情報を直接触れることができるよう(タンジブル)にした、より実体感のあるインタフェースである。複雑な入力作業のようなインタフェースによる制約を取り払い、人間とコンピュータとの距離をさらに短くするものである。

本研究では人形入力デバイスQUMARION、モーションキャプチャの可視化(シミュレーション)、舞踊記譜法によるCGアニメーションおよびロボット動作の制御の3つの観点から舞踊におけるタンジブルユーザインタフェースについて考察を行った。

研究成果の概要(英文)：The tangible user interface is a more realistic interface that renews the concept of existing interfaces and makes it possible to directly touch untyped information (tangible). It removes constraints by interfaces such as complicated input tasks and further shortens the distance between human and computer.

In this research, we examined the tangible user interface in dance from the three viewpoints of doll like input device QUMARION, visualization of motion capture (simulation), CG animation by dance notation method and control of robot movement.

研究分野：民族舞踊学

キーワード：タンジブルユーザインタフェース シミュレーション 舞踊教育 インドネシア 舞踊記譜法 Labanotation 身体動作分析 3DCG

1. 研究開始当初の背景

タンジブル・ユーザインターフェース (Tangible user interface) とは、既存のインタフェースの概念を一新し、形のない情報を直接触れることができるよう (タンジブル) にした、より実体感のあるインタフェースである。複雑な入力作業のようなインタフェースによる制約を取り払い、人間とコンピュータとの距離をさらに短くするものである。

研究代表者である中村は、基盤研究 (B)、平成 16 年度～平成 19 年度、『モーションキャプチャを利用した舞踊動作のアーカイブ化と数量化舞踊研究』、および、基盤研究 (B)、平成 19 年度～平成 21 年度、『舞踊動作のデジタルアーカイブ化と身体動作解析等に関する総合的研究』の研究分担者として、民族舞踊 (バリ島の舞踊) の動作解析を行うとともに、舞踊記譜法ラバノーテーション (Labanotation) による舞踊動作の表記をインデックスとしてモーションキャプチャデータと対応させる試みを行ってきた。

コンピュータを用いた舞踊譜の研究は、中村が研究分担者として参加した立命館大学の LabanEditor (舞踊記譜法のテキストからその舞踊のコレオグラフの実際の動きを CG (VR) で自動再生するソフトウェア) をはじめ、これまで舞踊譜の入力・編集を目的としたエディタの開発に限られてきた。ファイル形式についても、それぞれのエディタが独自の形式を採用し、一般的な交換形式は存在しない。一方で、現在では、文書記述言語として開発された XML が広く用いられ、WWW に限らず、音楽分野においても、SMDL (Standard Music Description Language) 及び MusicXML が開発され、また、言語学では、XML でのタグ付きコーパスを用いて、言語運用の実態を解明する研究が進められている。このことから、同様のアプローチが身体動作解析においても必要とされる考え、基盤研究 (C)、平成 23 年度～平成 25 年度、『身体運動教育のための舞踊記譜法ラバノーテーションの XML エディタ開発』(研究代表者: 中村美奈子、研究分担者: 芝野耕司) において、Labanotation の XML 開発を行い、ICKL (International Council of Kinetography Laban/Labanotation) の国際会議において研究発表を行い、評価を得た。基盤研究 (C)、平成 20 年度～平成 22 年度、『日本の創作バレエ作家に関するドキュメンテーションとアーカイブ化—佐多達枝を中心に』(研究代表者: 中村美奈子、研究分担者: 芝野耕司) では、「作品の創作過程」に焦点を当てた動的な舞踊アーカイブ構築を、佐多達枝氏を事例として試みた。公演の映像だけでなく、リハーサル映像、作品の創作ノートの整理、作品の Labanotation による舞踊譜の作成等を行う過程を通して、これらのアーカイブを利用する人々のためにも、日本においても舞踊譜の学習と理解を積極

的に進める必要性を感じたのが前述の研究に至る直接のきっかけとなった。



図 1. 人型デバイス QUMARION によるバレエのポーズの例

2. 研究の目的

これらの研究をふまえ、本研究では、舞踊のシミュレーション CG の作成の方法について、コンピュータに数値を打ち込むのではなく、体感的に入力する方法についての検討を行う。コンピュータやプログラミングの知識がなければ舞踊研究者 (およびダンサー) が主体的に開発にかかわるのは難しく、そのことが研究の質をやや低下させているように感じている。身体のイメージや舞踊の身体感覚は、長年の経験によって構築されてくるものであるため、それらをいわば舞踊については素人であるプログラマーに伝えるのは、なかなか骨が折れることである。2012 年度、QUMARION (図 1) という人型デバイスによる身体運動の CG 作成ソフトというものの存在を知り、購入して、舞踊動作の創作の試行錯誤を重ねている。QUMARION は、人形による動作 (ポーズ) をそのまま CG データとして取り込むことができるため、CG の知識のない人にも身体運動の CG データが作成できることが特徴である。この方式を用いれば、身体感覚に敏感なダンサーや舞踊教育者なども、自ら動きのイメージを比較的容易にコンピュータに取り込み、作品や教育教材のシミュレーションをすることが可能となる。また、子供たちが、からだやうごきのイメージを自らの感性で、コンピュータに取り込んで、からだを感じながらダンスを創作すること、これも容易になるのではないだろうか。中学校の体育におけるダンスの授業が必修となった。タンジブルな身体を意識したダンスの創作を、からだあそびの感覚でコンピュータと連動させて行うことができれば、新しい身体運動教育の創出になることが期待できる。

3. 研究の方法

セルシス社の協力のもとに、人型デバイス QUMARION によりダンスを作成し、そのデバイスの利点と問題点をあきらかにする。お茶の水女子大学舞踊教育学コースの学生らに実際に舞踊を創作してもらい、評価を行ってもらう。これらの手順を踏みながら、体感を重視したCGの作成について考察するとともに、より新規性のある人型デバイスや新しい入力方法、モーションキャプチャのシミュレーション方法等についての調査研究を行う。これらを通して舞踊教育への新しい視点としてタンジブルなモデルを提案する。

4. 研究成果

研究成果については、次の3つの観点から報告をおこなう。4.1 人型入力デバイス QUMARION による舞踊動作入力の操作性に関する評価、4.2 モーションキャプチャデータの可視化（シミュレーション）とその評価、4.3 舞踊記譜法による、CGアニメーションおよびロボット動作の制御、である。

4.1 人型入力デバイス QUMARION による舞踊動作入力の操作性に関する評価

平成26年度は、人型入力デバイス QUMARION による舞踊動作入力を、タンジブルなユーザーインタフェースととらえ、デバイスの検証を行った。舞踊教育への応用を視野に入れて、セルシス社（QUMARIONの開発社）によるユーザーサポートのもと、お茶の水女子大学大学院舞踊・表現行動学コースの2名の大学院生に、舞踊動作の入力作業を3時間程度、同時に行ってもらった（デバイスが2台しかないため）。大学院生のうち1名は、理系の学部出身で、様々な舞踊の実践経験があり、もう1名は文系の学部出身でベリーダンスの経験がある。作業後、デバイスの使い勝手の長所と改良が必要な点、あったら良いと思われる機能（短所）について回答をもらった。その結果は以下のとおりである。

<現状で評価できる点（長所）>

- ・タイムライン上で、ポーズのタイミングを細かく指定できる点
- ・カメラアングルが360°変えられる点
- ・音楽を付けることができる点
- ・ルルベ（ハーフトゥ）の足の形ができる点
- ・目線設定の精度が高い点
- ・クーマリオン（3D）を使って、その動きをパソコン（2D）で表せるところ

<改良が必要な点>

- ・関節がありえない方向に捻じれること（膝下がスパイラルに回ってしまう）
- ・腰のツイストができない

- ・肩がない（肩甲骨の動きができない）
- ・動きがすべて浮遊するような、漂うようなうごきになってしまうので、キレやアクセントが出しにくい
- ・人形を動かして満足いく形が出来上がっても、コンピュータ上で再現されたものはちょっとイメージと違った
- ・もっと萌えキャラじゃないキャラクターがほしい

<あったら良いと思われる機能>

- ・抵抗や重力を感じる機能（床からの抵抗を受けていない感じがある。自分で立って、バランスを取ってくれる機能があったらリアリティが増すと思う。）
- ・重心移動の観念がほしい
- ・繰り返し機能が、もっと視覚的に操作できるとよい（MacのGarage Bandで曲を編集するときは、波形データを切り貼りできるので、微調整がしやすい）
- ・骨盤、または腰（横に足を90°以上上げると、足が取ってつけた別物のよう。骨盤を傾斜させてポーズを取ってほしい）
- ・お腹の部分が動かせたら嬉しい（ベリーダンス）

今回の実験に協力してくれた院生たちは、CGによるアニメーションの制作は初めてであった。そのため、「アニメは何となくふわっとしていて、地面に立っているのかわからない感じ」「ベリーダンスの場合には『丹田に力を入れてない』感じ」など、CGによるアニメーションの短所（難しさ）についての指摘もあった。

舞踊動作の制作には、重心位置および重心移動、肩甲骨や体幹の動きも制御できるデバイスが必要であることがあきらかになった。また、「人形を動かして満足いく形が出来上がっても、コンピュータ上で再現されたものはちょっとイメージと違った」という指摘があったように、身体的なイメージをコンピュータ（CG）に伝える（インプットする）のは、思った以上に困難であることをあらためて認識させられた。

4.2 モーションキャプチャデータの可視化（シミュレーション）とその評価

平成26年度から平成27年度の2回に渡って、下記の実験および聞き取り調査を行った。

4.2.1 モーションキャプチャによるバリ舞踊の動作計測

バリ人の女性のプロフェッショナルダンサーと、日本人の女性のバリ舞踊ダンサーのモーションキャプチャによる舞踊の動作計測を行い、次に、両者に聞き取り調査を実施し、舞踊の動きの内的な推進力および身体技法（身体の使い方）についてインタビュー調査を行い、両者を総合して身体動作の解析を

行うことを目的とした。インタビュー調査では、踊りの「上手さ」とはどのように現れるかということを中心に考察した。本稿では、筆者による解析結果を中心に述べたい。

動作計測には、MAC3DSystemのRaptor-E(スポーツ計測用のカメラ) 18台を使用し、バリの女性舞踊で子供たちが最初に習う基本的な踊りのひとつである『パニャンブラマ Panyembrama (歓迎の踊り)』の動作計測を、バリ人と日本人の二人の研究協力者の協力を得て行った。MAC3DSystemのRaptor-Eを18台、大学のダンス室に設置し、50個(うち指に関する部分6個)のマーカを付けて計測を行った。筆者は長年バリ舞踊の舞踊人類学的な研究を行っているが、バリ人のネイティブダンサーのデータを取らせてもらったのも、この時が初めてであり、また、手指と身体の動きの同時計測ができたのも、この時が初めてであった。

なお、本研究では、前述のように、数値によるデータ解析は行わず、モーションキャプチャデータは、データを可視化することにより、シミュレーションという手法を用いて、動作の比較検証(解析)を行った。モーションアナリシス社の提供するCORTEXのMotion Viewer(Viewerはフリーソフト)を用いて、モーションキャプチャデータを可視化してスティックピクチャーの3DCGをコンピュータ画面に表示し、マーカの軌跡を追うという方法を用いた。

Motion ViewerはMotion Composer(Cortexのオプションのひとつ)でパッケージされるフォルダーに含まれるソフトウェアで同時にパッケージされる.trb/.trcを読み込み3D表示できるソフトウェアであり、Cortexで表示できるデータを閲覧する為のフリーのビューワーである。(スケルトン情報[HTR]は、表示可能)MotionView.exeは、インストールなしで、「直接」"exe"をウィンドウズパソコンで起動する事ができるため、ドングルや高性能なパソコンがない場合でも、動作のシミュレーションが可能となる。ただし、データのやり取りをプロジェクトメンバー間で使用するには問題ないが、Motion Composerでパッケージされるデータに生データが非圧縮で含まれており、多少知識のある人であればデータをそのまま利用することができる(動作データが流用される。)ため、データベース公開の方法としては問題があるということである。

4.2.2 結果と考察—3次元データのシミュレーション(可視化)による解析

3次元データを可視化して用いることの利点は、舞踊を普段はあまり見ることのない視点から観察することができる点であろう。図2と図3は、動作をダンサーの頭頂部から観察し、左腕を横に伸ばす前後の腕の動き(中指の先端のマーカ)を追ったものである。バリ人のダンサーのほう(図2)が、腕を伸ば

した時に左手の中指をより細かく震わせている様子がきれいに記録されているのがわかる。ただし、指を震わせるのはバリ舞踊の特徴的な動きであるが、個人差も大きい。内面的なエネルギーが自然と指の動きとなって現れるものであると言われている。

腕を横に伸ばす前のデータでは、バリ人のダンサーが身体の前で腕を動かしているのに対して、日本人のダンサーは、身体に近いところ(体側のあたり)で動作を行っていることがわかる。このことから、二人の踊りの身体的な空間の使い方の違いを見ることができ

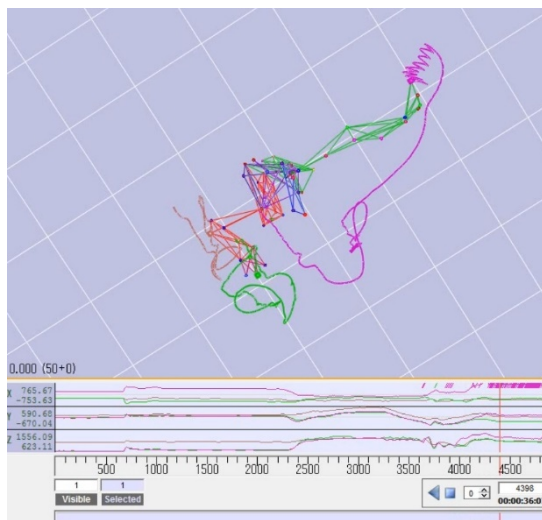


図2 バリ人ダンサーの中指マーカの軌跡

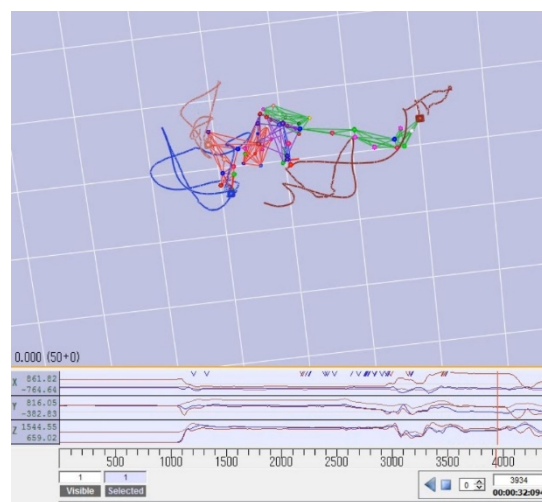


図1 日本人ダンサーの中指マーカの軌跡

4.2.3 シミュレーションによる比較考察結果

聞き取り調査より、バリの女性舞踊では、手首の力(緊張)が重要であり、ここにエネルギーを込めるような感じで、そのエネルギーをひじから背中にかけて伝えていくように動かすことが重要であるということがわかった。

手首に力を入れるということは、指(特に中指)を大きく反らせることも意味しており、

その力を推進力として肘、肩、胸が連動するようになめらかに動くということである。しかし、胸部の動きをモーションキャプチャで撮るのは、技術的に不利な部分ではなかろうか。胸部の繊細な動きのデータを取得しようとしても、既存のマーカ設定ではデータを取得できないため、新たなマーカセットを考案する必要がある。図4は、腕の部分の複数のマーカと体幹部につけたマーカの軌跡でシミュレーションしてみたものである。

4.2.4 モーションキャプチャデータの可視化(シミュレーション)とその評価—まとめと今後の課題

このようなシミュレーション方法を用いた分析は、人文系の研究者にとっては、比較的馴染みやすいものである。自分の舞踊動作のモーションデータと熟練者のデータを重ね合わせて動かすことができれば、学習用教材としての利用も可能であろう。

定量的な分析の原則として、よく指摘されるのは、被験者数を一定数取って平均値を出さないといけないという点である。たしかに、複数のデータが取れば、平均的なバリ舞踊の動きというものがあるかもしれない。ただ、バリ舞踊の場合、バレエなどと異なり、個人様式の違いが非常に大きく、むしろ、そこにバリ舞踊の醍醐味があると言えなくもない。よって、このような実験により、個人のモーションデータを検証することは、人文学的な視点からは、非常に興味深いことである。

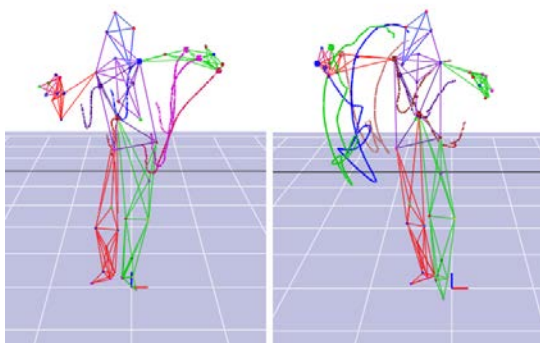


図 4 上半身と腕のマーカの軌跡

4.3 舞踊記譜法による、CGアニメーションおよびロボット動作の制御

当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点として、筆者が立命館大学八村広三郎研究室において共同研究者として行ってきた「LabanEditor」がある。

最後に、「LabanEditor」および「Labanotationとロボティクス」について展望することにより、本報告書の結びとしたい。

「LabanEditor」は、グラフィックエディタとしての機能をもつとともに、VRML (Virtual Reality Markup Language) 技術を用いて、Labanotationで記譜した舞踊動作を3DCGで再現することを可能にしており、VRMLによる動作の再現能力や、CG映像の美しさの改良を重ねてきた。将来的には、現在開発中のLabanEditor3(図5)と連携することにより、CGを介して双方向(舞踊動作⇒CG、Labanotation⇒CG)からの舞踊および身体運動の解釈と分析を可能にしたいと考えている。

Labanotationは、国際的にも広く認められている舞踊記譜法であるが、その記号化及び記号化した身体動作のコンピュータによる解析は世界でもまだ行われておらず、新しい視点を開くことが可能であろうと考える。同時に、身体動作素の解析は、ロボティクスなどの工学分野での機械操作の研究にも資することが期待できる。更に、情報技術を人文系の分野において有効に活用する方法論を提示することが期待できる。

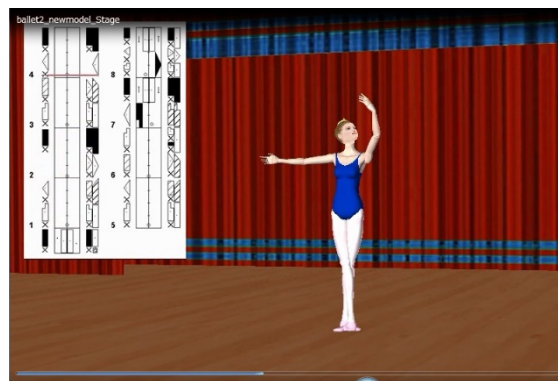


図 5 LabanEditor3によるLabanotationの教材画面

平成26年11月13日-14日にトゥールーズ(フランス)LAAS-CNRSで開催された国際会議、Dance Notations and Robot Motionに招待され、共著論文である、「GenLaban: Autonomous Dance Avatar for Generating Stylized Dance Motion from Simple Dance Notations」の発表をおこなった。また、舞踊記譜法(舞踊学分野)の研究者たちとロボット工学分野の研究者たちとの交流を深めた。この成果は、研究論文集として出版した。

このような研究活動を通して、舞踊研究における文理融合という分野を発展させてゆきたいと思う。

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 3 件)

[1] Atsushi Ikeuchi, Zhaoyuan Ma, Zengqiang Yan, Shunsuke Kudoh, Minako Nakamura, "Describing upper body motions based on the Labanotation for Learning-from-Observation robots" (Invited paper for IJCV, 2016.)

[2] 中村 美奈子, バリの女性舞踊の動作特性について, 人工知能学会全国大会論文集 29, 1-4, 2015

[3] 中村美奈子, モーションキャプチャ技術を用いた文理融合型手法によるバリ舞踊の動作分析, 研究報告人文科学とコンピュータ (CH), 2015-CH-108(2), 1-3 (2015-10-17), 2015

[学会発表] (計 6 件)

[1] 中村美奈子, バリ舞踊の形と動き, 第80回形の科学シンポジウム「スポーツ・パフォーマンスアートに現れる形」於: 東京電機大学 11月21日, 2015 (招待講演)

[2] 中村美奈子, 「理工学・情報学からみたモーションキャプチャ活用のこれまでとこれから ~人文科学との連携とその可能性を探る~, パネルディスカッション, 人文科学とコンピュータ研究会, 於: 立命館大学 (アート・リサーチセンター), 10月24日, 2015 (パネリスト)

[3] 中村美奈子, 舞踊記譜法の歴史的展開—ラバノテーションを中心に, シンポジウム「わざ継承の歴史と現在—身体・記譜・共同体」, 於: 野上記念法政大学能楽研究所, 9月13日, 2015 (招待講演)

[4] Minako Nakamura, Worawat Choensawat, Kozaburo Hachimura, The Use of LabanEditor as an Educational Tool, 29th Biennial Conference of ICKL (International Council of Kinetography Laban/Labanotation) (国際学会、査読あり)

[5] 中村美奈子, 舞踊研究とモーションキャプチャー舞踊における文理融合について—, モーションキャプチャシンポジウム, 於: 神奈川工科大学, 12月20日, 2014.

[6] Worawat Choensawat, Minako Nakamura, Kozaburo Hachimura, GenLaban: Autonomous Dance Avatar for Generating Stylized Dance Motion from Simple Dance Notations:, 1st

Workshop of the Anthropomorphic Motion Factory: Dance Notations and Robot Motion, Novemger 13-14th, LAAS-CNRS in Toulouse, France, 2014 (招待発表)

[図書] (計 1 件)

Worawat Choensawat, Minako Nakamura, and Kozaburo Hachimura, "Applications for Recording and Generating Human Body Motion with Labanotation", J.-P. Laumond and N. Abe (eds.), Dance Notations and Robot Motion, 2016, Springer Tracts in Advanced Robotics 111, pp.391-416, DOI 10.1007/978-3-319-25739-6_19 (分担執筆 (論文集)、共著査読あり)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 美奈子 (NAKAMURA, Minako)
お茶の水女子大学・基幹研究院・准教授
研究者番号: 20345408

(2) 研究分担者

芝野 耕司 (SHIBANO, Kohji)
東京外国語大学・アジア・アフリカ言語文化研究所・教授
研究者番号: 50216024