

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：12611  
 研究種目：基盤研究(C) (一般)  
 研究期間：2018～2021  
 課題番号：18K02893  
 研究課題名(和文) モーションキャプチャデータの教師なし深層学習による舞踊特徴抽出と教育への応用  
  
 研究課題名(英文) Extraction of dance features by unsupervised deep learning of motion capture data and application to education  
  
 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) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)： インターネットで公開されているカーネギーメロン大学のマルチモーダルデータベース中のモーションキャプチャデータを収集するとともに、国際舞踊関連学会での発表論文などを調査し、モーションキャプチャデータの入手に務めたが、十分なデータが集まらなかった。これはモーションキャプチャには多くの手間暇がかかることによる。

2017年にCMUから映像データへの深層学習の適用によって動作データを取得するOpenPoseが開発され、ネット上に公開されている大量の映像データから動作データを得ることが可能となった。  
 この成果を活かした研究へと研究方法を変更し、新規の基盤B(21H03771)の提案を行うこととした。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

現在先端研究分野で最も注目を集めているDeep Learningを用いて、これまでDeep LearningやAIが適用されることの殆どなかった動作認識分野を開拓する点がこの研究の独創的な点である。Deep Learningを同時に比較民族舞踊研究の視点から各民族舞踊の特徴抽出を行うことによって、舞踊のモーションキャプチャデータからの内在的分析を可能とすることによって、量的に基盤を持つ舞踊研究を可能とするとともに、より客観的な舞踊研究への道を拓く。

研究成果の概要(英文)： We collected motion capture data in the multimodal database of Carnegie Mellon University, which is available on the Internet, and investigated papers presented at international dance-related conferences to obtain motion capture data, but we were unable to collect sufficient data. This is due to the fact that motion capture requires a lot of time and effort.

In 2017, Open Pose, which obtains motion data by applying deep learning to video data from CMU, was developed, making it possible to obtain motion data from a large amount of video data available on the Internet.

The research method was changed to research utilizing these results, and a new proposal for Grant-in-Aid for Scientific Research(B) (21H03771) was made.

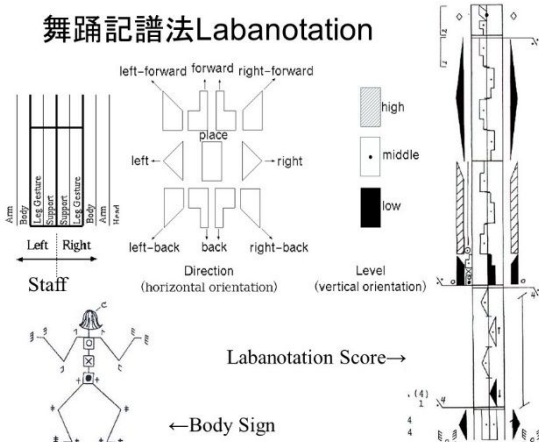
研究分野：民族舞踊学

キーワード：民族舞踊学 モーションキャプチャ Labanotation OpenPose

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

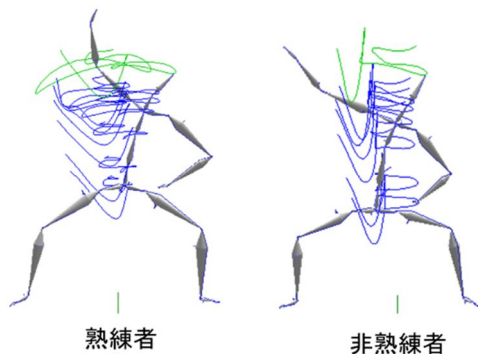
舞踊分野では音楽の五線譜のような汎用の記譜法はほとんどなく、バレエのベネツシュノーテーションのようにそれぞれの舞踊分野に固有の記譜法を用いる場合が多い。分野固有の記譜法は様々考案されているが、研究代表者の中村は、舞踊の教育研究を革新させることを目的とし、広く利用されているという点ではほぼ唯一の汎用舞踊記譜法ともいえる Labanotation に注目し、研究を行ってきた。また、より客観的に舞踊の教育研究を遂行することを目指し、コンピュータの応用及びモーションキャプチャによるデジタルデータの取得及びこれらの教育研究での利用を進めてきた。



一方 AI と呼ばれる人工知能分野での研究は、前述のように画像認識、音声認識、自然言語認識などの分野が主であり、舞踊認識に関しては従来の理論及び計算限界から先行研究は殆どない。

現在広く用いられているモーションキャプチャは、ゲームやアニメ分野で自然なキャラクタの動きを人間の役者の動作データによって与えるための利用が最も主な利用である。舞踊学や体育学分野でもモーションキャプチャが広く用いられているがこれはビデオなどでは制限される視点がモーションキャプチャデータを用いることによって3次元で自由な視点から動作を見ることができることによる。

モーションキャプチャのbone構造(「鬼剣舞」)  
 (「ザイを切る」動作。曲線は腰から頭頂までの各マーカの動き)



しかし、より積極的にモーションキャプチャデータを利用した舞踊認識などの先行研究は殆どないのが現状である。これは、従来の AI が事前に規則をプログラム化し、推論を行うエキスパートシステムが主であり、学習とは言っても、限定されたパラメータ推計にとどまってきたことにより、3次元に加えて時間軸も含む動作解析分野ではこのような方法では限界があったことによると思われる。

一方、2006年に Science 論文で提案された深層学習は、従来、扱いが難しかった画像やビデオ映像や音声などの非構造化データの集計と最適化の方法を与えることによって、画像認識や音声認識では2015年から2016年にかけて次々とスーパーヒューマンを実現しており、この手法をモーションキャプチャデータに適用することによって、客観的なデータに基づき、舞踊特性抽出を Labanotation に準じた整理を行うことによって、客観的で汎用的な舞踊の教育研究基盤の構築が可能となると考えた。

### 2. 研究の目的

主として動作再生だけに用いられてきたモーションキャプチャデータから最新の深層学習技術を用いて、それぞれの民族舞踊の持つ舞踊特徴を抽出し、これを教えることによって、舞踊教育の革新を試みる。

深層学習は最先端研究分野で注目を集めているが、画像認識、音声認識、自然言語認識などの研究が主であり、動作認識についても、ビデオ映像をもとにした監視カメラやスポーツへの応用などが主であり、モーションキャプチャを用いた舞踊教育への応用はまだない。この研究では、多段のニューラルネットワーク(NN)を構成することによって、人体の動作モデルレベルでの特徴抽出を行うだけでなく、汎用舞踊記譜法である Labanotation に即した特徴抽出を行うことによる民族舞踊のデータ主導での特徴抽出を行い、特定の舞踊形式にとらわれない、民族舞踊の一般教育の実現を図ることを目的とする。

### 3．研究の方法

この研究では、まず

(1) 手持ちのデータに加え、CMU がマルチモーダル情報として公開しているデータなどモーションキャプチャデータを収集し、データベース化する。

(2) 主要な Deep Learning ライブラリである TensorFlow, Chainer, Caffe などの比較検討及び AWS と Google App Engine の比較検討を行い、研究プラットフォームとして最適な環境を決定する。

(3) モーションキャプチャデータは、マーカごとに捉えると音声データと同様のシリアルデータであることから RNN の改良型である LSTM (Long Short Term Memory) を用いた多段のニューラルネットワークを構成し、教師なし学習を行うことによって画像認識分野で用いられている CNN や音声、言語認識分野で用いられている RNN のどちらが舞踊認識分野で適切なのかを検討する。

(4) 実際に人体動作モデル及び Labanotation 動作モデルからなる多段ニューラルネットワークを構成し、特徴抽出及び抽出した特徴の検証を行うとともに、ネイティブダンサーと結果の検証を行い、汎用民族舞踊教材の開発を行う。

### 4．研究成果

この研究では現在では広く用いられるようになってきたモーションキャプチャデータを収集し、データベース化するとともに、Deep Learning を適用することを目指した。

このようにしてまずモーションキャプチャデータの収集から始めたが、大量のデータを収集できると思われた CMU のアーカイブでも、マルチモーダルという観点でははそれなりにアーカイブ構築を行ってはおり、マルチモーダルデータとして全体では統計処理可能な最低限のデータは収集しているものの、分野別の舞踊研究の視点では統計分析が必要とされる数十件のデータは存在せず、またビッグデータ解析を前提とする Deep Learning に関しては、必要なデータ量にはほど遠かった。

これはモーションキャプチャでのデータ取得では動作者の多くのマーカを装着し、スタジオで収録することが必要であることから取得されたデータ量には限界があった。



図1 . OpenPose によるバリ舞踊の出力例

すなわち、残念ながら当初計画の Deep Learning をモーションキャプチャデータに適用することは不可能であることが分かった。

しかしながら、2017年にCMU から映像データへの Deep Learning の適用によって、モーションキャプチャデータを取得可能な OpenPose が開発され、大量に蓄積されている映像データから動作データ取得が可

能となった。(図1参照)

そのため、大量のモーションキャプチャデータも収集から始めるのではなく、映像データを収集し、映像データに Deep Learning である OpenPose を適用することによって、まず映像データの収集及び収集した映像データから動作データを取得することとする別の基盤研究 B を開始することとした。

2020年に申請し、2021年に採択された基盤研究(B)課題番号:21H03771「舞踊コーパスの構築と全定形表現抽出による舞踊研究の新地平」はこの研究を発展的に解消することを目指す研究であり、インターネット上に公開されている大量の舞踊映像を収集し、OpenPoseを適用することによって、大量の舞踊動作データの集成が可能となった。同時に十分な動作データを分析することが可能となり、舞踊動作の統計分析を試みている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 佐藤 真知子, 和家 尚希, 笹淵 一宏, 中村 美奈子, 池内 克史	4. 巻 HCI-187
2. 論文標題 インタラクティブ・エージェントの語彙セットに対する概念空間の割り当て手法の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Katsushi Ikeuchi, Zhaoyuan Ma, Zengqiang Yan, Shunsuke Kudoh & Minako Nakamura	4. 巻 126(12)
2. 論文標題 Describing Upper-Body Motions Based on Labanotation for Learning-from-Observation Robots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Vision	6. 最初と最後の頁 1415-1429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11263-018-1123-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 中村美奈子
2. 発表標題 Open Poseによる民族舞踊研究 - バリ舞踊を事例として
3. 学会等名 日本スポーツ人類学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Minako Nakamura and Kohji Shibano
2. 発表標題 Mining formulaic sequences from a huge corpus of Japanese TV closed caption
3. 学会等名 DH_BUDAPEST_2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Minako Nakamura
2. 発表標題 A Study on Balinese Dance in Indonesia from the viewpoint of Digital Humanities
3. 学会等名 韓国芸術総合大学舞踊院理論コース第21回国際シンポジウム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 真知子, 和家 尚希, 笹淵 一宏, 中村 美奈子, 池内 克史
2. 発表標題 インタラクティブ・エージェントの語彙セットに対する概念空間の割り当て手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会第153回CE研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	芝野 耕司  (Kohji Shibano)  (50216024)	東京外国語大学・その他部局等・名誉教授   (12603)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------