

取得時期の異なるモーションデータを用いたバレエ動作の比較

中平将^{†1} 曾我麻佐子^{†1} 小田邦彦^{†2}

概要: 本研究では、モーションデータを用いた特徴量可視化システムを開発した。光学式モーションキャプチャから取得したデータを対象に、特徴量を算出したい点と可視化要素を任意に選択し、3DCGで確認できる。今回はバレエの技術の質的な評価を目的とし、留学を始めてからプロダンサーとして活動するまで継続的に取得した女性ダンサー1名のデータを可視化し、比較分析を行った。アラベスクという片脚支持動作について3年おき3回分のデータを用いて、骨盤と支持脚の傾斜角をそれぞれ算出して比較した。その結果、股関節の外転角度はあまり変化がないにもかかわらず、骨盤の傾きと支持脚の内転角度が大きくなっていることがわかった。

キーワード: モーションキャプチャ、動作分析、バレエ、アラベスク

Analysis of Classic Ballet Movement using Motion Data from Different Years

SHO NAKADAIRA^{†1} ASAKO SOGA^{†1}
KUNIHICO ODA^{†2}

Abstract: We developed a system that visualizes the characteristics of human motion using 3DCG. By using data captured with an optical motion capture system, our system visualizes user-defined characteristics with a selected visualized method. This study focuses on one classic ballet aspect called arabesque motion, which is made by standing on tiptoes. We analyzed the differences of movements in continuous training to clarify the elements that are required for acquiring ballet skill. We acquired arabesque motion data three times from three different years over a six-year period and calculated and compared the inclinations of her pelvis and supporting leg. We identified an increase of the inclination of her pelvis and the internally rolling angle of the supporting leg, even though the opening angle between her legs only slightly changed.

Keywords: Motion capture, Motion analysis, Ballet, Arabesque

1. はじめに

近年モーションキャプチャの普及に伴い、モーションデータを用いた動作分析は国内外でよく見られるようになってきた。特に舞踊を対象とした動作分析については、情報系の研究者だけでなく、舞踊の専門家によっても行われるようになってきている[1]。しかし、既存のモーションデータやツールでは、分析したい点を自由に選択したりその特徴を分かりやすく伝えたりすることは困難である。そこで本研究では、モーションデータを用いた特徴量可視化システムを開発を行った。

また、特定の舞踊ジャンルについて熟達者と初心者を比較する研究はこれまでも多く行われている[2,3]が、プロダンサーとして活躍する熟練者と、ある程度トレーニングを積んだ中級者の違いを見分けるのは未だ困難である。そこで本研究では、アラベスクという片脚支持動作についてバレエ留学を始めてからプロダンサーとして活動するまで継続的に取得した女性ダンサー1名のデータの比較分析を行う。具体的には、アラベスクという片脚支持動作につい

て骨盤と支持脚の傾斜角をそれぞれ算出して可視化し、比較を行う。最終的には、舞踊技能の習得に必要な要素および習得過程を明らかにし、ダンサーにフィードバックすることを目的としている。

2. 可視化システム

図1に可視化システムの実行例を示す。本研究では光学式モーションキャプチャで取得した時系列の3次元位置情報からなるTRC形式のファイルを使用する。モーションデータは合計5つまで同時に再生することができ、ファイルごとに再生制御ができる。3次元の位置情報を利用し、様々



図1 可視化システムの実行例

^{†1} 龍谷大学

Ryukoku University

^{†2} 大阪電気通信大学

Osaka Electro-Communication University

表 1 使用したモーションデータ

計測時期	2010年 8月	2013年 8月	2016年 8月
マーカ数	53個	55個	57個
フレーム数	266	461	211

表 2 使用するマーカ

No	マーカ名	関節名
1	RFWT	右側の前上腸骨棘
2	LFRT	左側の前上腸骨棘
3	LKNE	左脚の膝関節
4	LTH	左脚の大腿部
5	RBWT	右側の後上腸骨棘
6	LBWT	左側の後上腸骨棘
7	VM	両後上腸骨棘の midpoint

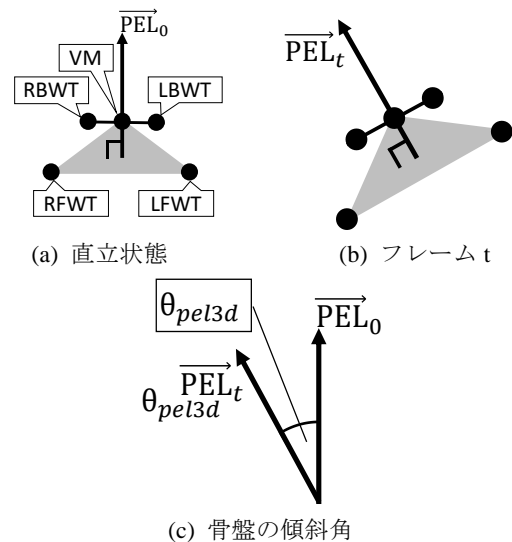


図 2 骨盤の傾斜角の算出に使用するマーカと角度

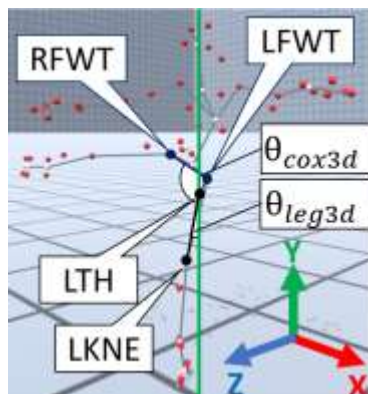


図 4 使用するマーカと 3 次元の角度

な特徴量を 3DCG で可視化して表示する。また、求めた特徴量を csv ファイルにして出力することができる。実測マーカを 2 点または 3 点使用して仮想マーカを作成ことができ、仮想マーカから特徴量を算出することができる[4]。図 1 はバレエのアラベスクを上から腰と足の軌跡を線で表示している。

3. バレエ動作の特徴量算出

3.1 対象とするデータ

光学式モーションキャプチャシステムで計測したバレエのアラベスクの動作を使用する。モーションキャプチャシステムを用いて計測した実演者は女性ダンサー 1 名であり、バレエ留学を始めた 2008 年（当時 15 歳）から 2017 年まで 1 年ごとに計測を続けている。今回は 3 年おき 3 回分のデータを使用した。

表 1 に使用したモーションデータの計測時期とマーカ数、分析対象とするフレーム数を示す。フレームレートはすべて 120fps である。2010 年はバレエ留学を始めて 2 年が経過した時期、2013 年はバレエ学校卒業時、2016 年はプロダンサーとして活動して 3 年が経過した時期である。アラベス

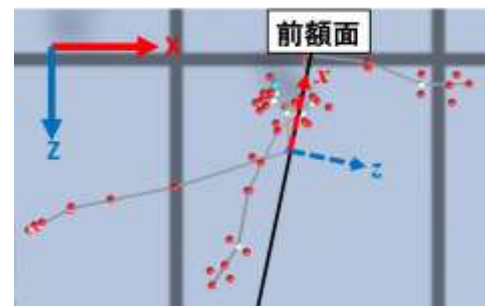


図 3 前額面の座標軸

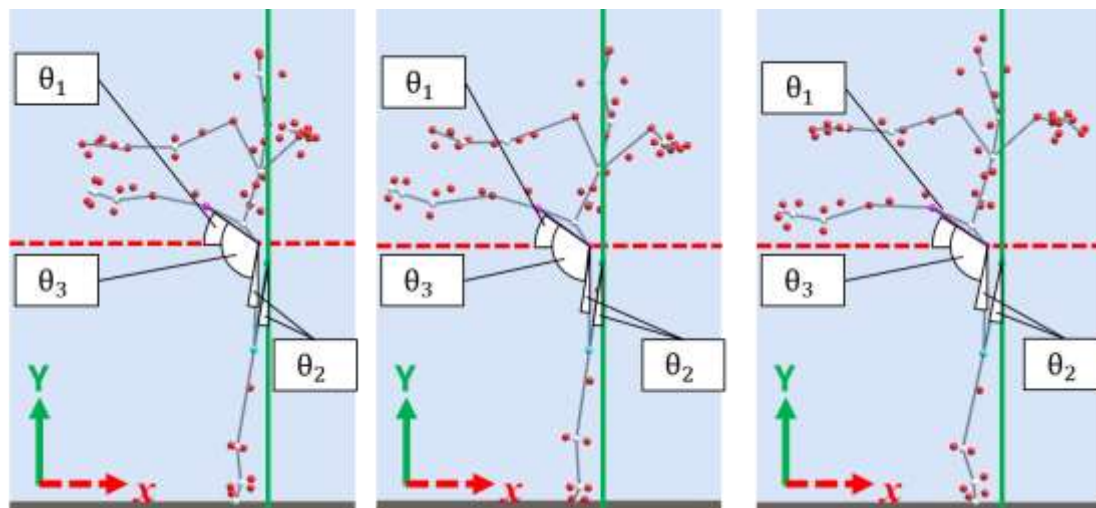
クの動作は、支持脚が左脚のものとし、最もよくできたとと思われる 1 回を対象とした。分析対象フレームの基準は、支持脚の左つま先が地面に着き始めてから、支持脚でない右足が地面に着くまでとした。

表 2 に分析で使用するマーカと関節名を示す。No.1 から No.6 までのマーカは計測時に装着した実測マーカである。No.7 は実測マーカを用いて算出した仮想マーカである。

3.2 3次元の角度

3次元の角度は 2 つの 3次元ベクトルの内積を用いて算出する。図 2 に示すように、軸足の大腿部の内転角度 θ_{leg3d} は、大腿部の 2 点 (LTH, LKNE) を通る直線と鉛直軸 (Y 軸) のなす角により算出する。股関節内転角 θ_{cox3d} は左右の前上腸骨棘 (LFRT, RFWT) を通る直線と大腿部の 2 点を通る直線のなす角により算出する。

骨盤の傾斜 θ_{pel3d} は、図 3 に示すように、LFRT, RFWT, 左右の後上腸骨棘 (RBWT, LBWT) の midpoint VM の 3 点で構成される面の法線ベクトルと、直立状態の同じ面の法線ベクトルのなす角により算出する。



(a) 2010 年
 フレーム番号 : 107

(b)2013 年
 フレーム番号 : 98

(c)2016 年
 フレーム番号 : 54

図 5 前額面における角度の比較

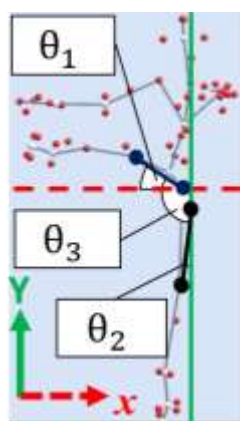


図 5 前額面における角度

表 3 前額面の角度の比較

	2010 年	2013 年	2016 年
θ_1	35.91	36.14	35.03
θ_2	8.52	8.53	11.60
θ_3	117.39	117.61	113.43

3.3 前額面における角度

前額面は身体を前後に分割する面のことである。本研究では、前額面の方向からその関節可動域の角度の分析を行うため、座標変換を行う。図 4 は図 2 を上 (Y 軸正方向から) から見た図であり、図中の X 軸と Z 軸はグローバル座標軸、x 軸と z 軸は前額面の座標軸を示している。XZ 平面における RFWT から LFWT へのベクトルを前額面の x 軸とし、これを 90 度時計回りに回転させたベクトルを前額面の

z 軸とする。したがって前額面における横軸は x 軸、縦軸は Y 軸となる。3 次元の位置データを前額面に投影するためには、各マーカについて、Y 軸に平行な軸を中心に X 軸と x 軸のなす角を回転させる。

前額面 (xY 平面) における角度は 2 次元ベクトルの内積を用いて算出する。前額面における角度を図 5 に示す。 θ_1 は RFWT と LFRT を通る直線と前額面における水平線 (x 軸) のなす角であり、これにより骨盤の側方傾斜を確認できる。 θ_2 は鉛直軸 (Y 軸) と支持脚の大腿部の 2 点 (LTH, LKNE) を通る直線のなす角であり、支持脚の内転角度を確認できる。 θ_3 は RFWT と LFRT を通る直線と LTH, LKNE のなす角であり、股関節の外転角度を表す。

4. 骨盤と支持脚の傾斜の分析

図 5 は各年のアラベスクのデータについて、つま先支持状態の 1 フレームの前額面を表示したものである。3.3 で示した前額面における特徴量として骨盤の側方傾斜 θ_1 、支持脚の股関節内転角度 θ_2 、股関節外転角度 θ_3 を示している。図 5 の各角度の値を表 3 に示す。

図 6 から図 8 は 3 次元における特徴量を時系列のグラフに示したものである。図 6 は大腿部と鉛直軸 (Y 軸) の角度、図 8 は骨盤の傾斜、図 7 は支持脚の股関節外転角度を示している。

図 6 と図 8 により、3 次元における骨盤の傾きと支持脚の傾斜は年が経つにつれて大きくなっていることがわかる。しかし、図 7 より、支持脚の股関節外転角度は年によってあまり変化がない。これらより、支持脚の股関節外転角度は変わらない状態で、骨盤と支持脚の傾斜が大きくなって

いることがわかる。

一方、図5および表3から、前額面における骨盤の側方傾斜に大きな変化はないが、前額面における股関節の内転

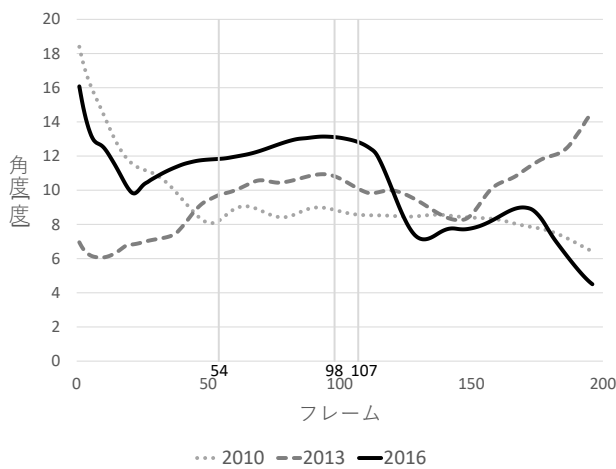


図6 大腿部とY軸の角度(3次元)

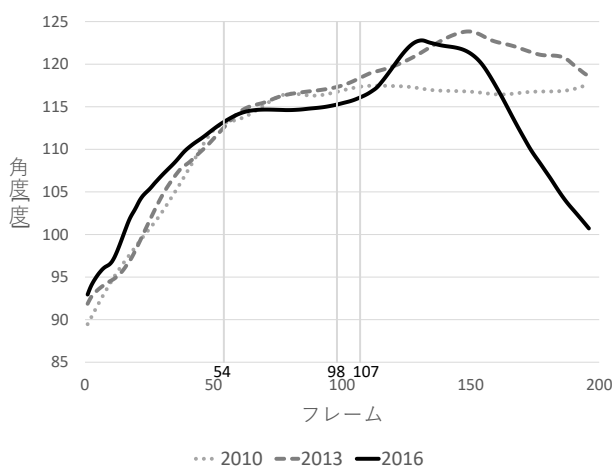


図7 股関節外転角(3次元)

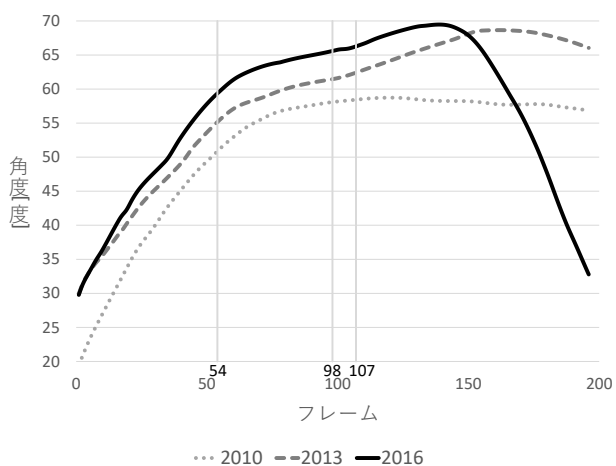


図8 骨盤の傾斜(3次元)

角度は特に2016年のデータで大きくなっていることがわかる。したがって、片脚支持状態において重心の位置を支持脚側に近づけるように股関節を内転できるようになっていることが示唆された。

また、前額面と3次元の特徴量を比較すると、骨盤の傾斜については、3次元の角度が増加しているにもかかわらず側方傾斜はあまり変わっていないため、前後方向に傾斜している可能性が示唆された。これを検証するためには、さらに矢状面での分析が必要になると考えられる。

5. おわりに

本研究では、バレエの技術の質的な評価を目的とし、留学を始めてからプロダンサーとして活動するまで継続的に取得した女性ダンサー1名のデータを可視化し、比較分析を行った。アラベスクという片脚支持動作について3年おき3回分のデータを用いて、骨盤と支持脚の傾斜角をそれぞれ算出して比較した。その結果、股関節の外転角度はあまり変化がないにもかかわらず、骨盤の傾きと支持脚の内転角度が大きくなっていることがわかった。

今後の課題としてこれらの特徴量の可視化手法や矢状面での分析、評価実験などがあげられる。

参考文献

- [1] 宇津木安来, 露木雅彌, 高岡英夫, 日本舞踊における「腰」の技法分析—モーションキャプチャを用いて—, じんもんこん2017論文集, pp.245-252, 2017
- [2] 中村美奈子, 小田邦彦, 米力尼沙満蘇尔, モーションキャプチャを用いた舞踊における運動の質の評価の試み—ウイグル舞踏の基本歩行動作と旋回動作を事例として—, じんもんこんシンポジウム・研究発表会論文集, vol.47, no.078, pp.31-36, 2008
- [3] 池田宏子, 小島一成, 中村美奈子, 岩崎鬼剣舞の「ザイ」の動作特性—モーションキャプチャによる動作計測と舞踊の指導言語の分析を通して—, 情報処理学会研究報告人文科学とコンピュータ, vol.85, no.071, pp.47-54, 2006
- [4] 中平将, 曾我麻佐子, 人体モーションデータを用いた特徴量可視化システムの試作, 電気関係学会関西連合大会, G13-2, 2017