

日本舞踊の身体動作における 技の評価と定量化への試み

鹿内菜穂[†] 中村雄太朗^{††} 八村広三郎^{†††}

本研究は、モーションキャプチャを用いて日本舞踊の熟練者の動作を計測し、熟練者の言及する技について物理的特徴による評価と明確化を図った。熟練者が技を用いた良い動作とそうでない悪い動作を踊り分け、それらを収録した。得られた動作データをアニメーション映像で熟練者に提示し、技が現れる箇所や重要とされる身体部位など指摘してもらった。その手掛かりをもとに、膝と腰動作の定量的解析を行った。その結果、技が現れる良い動作例には、腰動作が伸びていること、膝動作は極端に屈曲しないことを確認した。

A Trial for Evaluation and Quantification of *Waza* in Japanese Traditional Dance

Nao Shikanai[†] Yutaro Nakamura^{††} Kozaburo Hachimura^{†††}

In this research, we carried out experiments of Japanese traditional dance by using motion capture. We recorded the dance movements which were pointed as important performance by the dance master. He expressed good movements and bad movements distinctively. Before analyzing quantitatively, we discussed the movements with the master. We showed CG animation which expressed the motion data in stick figures to them. They explained about the *waza*; human skills and important body parts in good movements. Therefore we focused on movements of hip and knees. Results showed that hip movements of good movements had extension and a little flexion, but knees' movements of good movements were not flexed than the bad movements.

1. 背景

情報技術を用いて無形文化財を保存するといったデジタル・アーカイブの動きを耳にすることが多くなった。そもそも無形文化財は人によって伝承されてきた。そのため、時間とともに伝わり方や伝えられ方、またその内容が変化してしまうことは必然である。変化することは避けられないが故に、無形文化財にとって正確に記録し、保存するということは今も大きな課題といっている。

とりわけ芸術や伝統芸能の分野でも、特別な個性や技をもった人のデータを記録する動きが盛んになってきている。近年では、モーションキャプチャシステムにより人間の身体運動を正確に計測し、3次元座標の時系列データを取得し、このデータを教育や後継者の指導に利用することへ期待が高まっている[1]。モーションキャプチャなどによって、舞踊家の動きを記録した方法は既にいくつか考案もされている[1][2][3][4][5]。また、能や日本舞踊の演者の動きをキャプチャし、その動きをもとに、コンピュータグラフィックス (CG) などで再生することも行われている[1]。ビデオによる舞踊家や演者によって表現された一方方向の単なる収録だけでなく、いかにあらゆる動作や言葉を残し、技を記録し、後世へ残せるか。収録技術のほか、この先CG技術やロボット技術が進めば、このようなデータを再生させることによって、無形文化財や伝統芸能の価値を保存する一役も担うことが期待される。それがすぐには無理だとしても、日本人にとって敷居の高いものと認識される、日常的に鑑賞できない能や日本舞踊を知るきっかけを生み出せる可能性があると考えられる。

さて、日本舞踊の習得プロセスは、動きの模倣を通してなされる[2]。舞踊の上手下手は師匠の動作をどれほど模倣しているかによっても判断されるが、これを客観的に判断し、評価することがなかなか難しい[2]。そして、習得には目に見えない暗黙的な要素も重要な役割を担う。これは、日本の伝統芸能独自のものであり、「型」の継承という形で今日まで受け継がれてきた。伝統芸能の一つである歌舞伎における「形」と「型」の違いについては、「形」は誰の目にも見えるが、「型」は注意深い観客にしか見えないともいわれている[6]。誰の目に見える訳でもない「型」というのは、いわば技ともいえるのではないだろうか。

初心者は、模倣し、そして目で見て盗めと教えられることも多い。初心者は熟練者が舞うその動きを見て練習や訓練を積み、技の体得を目指す。また、最近ではビデオ

[†] 立命館大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Science & Engineering, Ritsumeikan University

^{††} 立命館大学 情報理工学部 (現所属: (株) NTT データ)

College of Information Science & Engineering, Ritsumeikan University (Currently with NTT DATA Corporation)

^{†††} 立命館大学 情報理工学部

College of Information Science & Engineering, Ritsumeikan University

を用いて稽古の復習や再確認を行うこともあるという。しかし、ビデオでは2次元で熟練者の動きが映し出されるため、正面など一定の角度からでしか熟練者の動きを確認することができない。ゆえに、技にとって重要とされる体幹部分の体の使い方や、自身が気づいていない体の使い方を学びにくく、正確な学習は難しいと予想される。一方で、熟練者にとっても技というのは口頭で伝えにくいものであり、直接振り付けを行っていく過程で、初心者や弟子は熟練者のヒントを拾い、習得へ積み重ねるほかならないようである。

では、熟練者はどのような動作を行っているのだろうか。日本舞踊の動作を定量的に解析した研究は少ない。しかし、先行研究[7][8]は、定性的な観点から行われた舞踊研究者による体系的な日本舞踊の研究成果に基づき、モーションキャプチャによる物理的・定量的データ解析により裏付けようとしている。[7]では、「オクリ」という基礎技術の中の、女性表現のために使われるものに着目し、しっとりとした女性らしい印象を与える動きを定量的に分析し、さらにオクリが段階を追って習得されることを確認した。[8]においては、手で指し示すという動作であるために説明的動作として分類されるオクリ動作について解析を行った。説明的動作のオクリは、手の動作が足の動作を誘導することが確認されたのである。

また、熟練者と初心者との違いを明確化することで、技を習得する上での理解に役立つと考えられ、モーションキャプチャで計測した両者のデータを解析した研究もいくつかなされている。先行研究[3]は、日本舞踊の「振り」を構成する基本動作について、モーションキャプチャデータより「構え」「腰」「内輪」という空間特性に関する指標を定義し、これらが熟練者と初心者とでどのように異なるか分析をした。動作の種類によってマーカ軌跡の周波数特性の違いも明かにしている。[5]では、先行研究[3]を発展させ、身体の移動量に関する指標とガボール変換を利用したスペクトル成分に関する指標を用いている。これらの指標が上達度や性による差異を表現していることが確かめられた。[4]においては、師匠の動作を模倣している程度も確かめている。この研究もモーションキャプチャ装置から得られるマーカの3次元位置情報を使い、一連の動作を振りと呼ぶ部分動作に分け、師匠の技を模倣している程度を評価している。体の向きや姿勢に依存しない体中心の座標系を使った体各部位の位置情報を算出し、それらのなす角度や方向を用いて数名の踊りのデータから振り動作を抽出した。師匠が振り動作を踊った時のマーカ位置の時系列データをリファレンスとして、一連の踊り動作におけるマーカ時系列からDPマッチングにより、該当する振り動作を抽出、振り動作の個人差を解析することによって、上達の程度を評価しようとしたのである。

民俗舞踊に着目し、熟練者と初心者の比較を行った研究もなされている[9]。舞台役者の養成は、短期間での技の熟達求められる[9]。そこで、熟達の過程を明らかにするために、モーションキャプチャによって身体の動きが計測されている。その結果は、練習を重ねることによって、身体の動きが大きくなっていくことが分かった。また、

インタビューの結果からも、モーションキャプチャの活用により新たな気づきや理解が得られることも明らかとなり、舞踊教育の現場でモーションキャプチャの有効性が示唆されている。

2. 目的

舞踊の上手下手、技とはどのような身体動作によって形成されるのか、モーションキャプチャによる計測を行い、熟練者と非熟練者の舞踊動作を比較、相違を定量的に明らかにすることや、類似した動作を演目や他の演者の中から見つけ出すことは成果が出てきている。しかし、どれも探索的に解析を行っていることが現状であり、事前に問題箇所や重要箇所を確認したものは少ない。そして、熟練者が問題視し、熟練者自身が上手下手を踊り分けたものはみられない。もちろん、対象とする舞踊の種類により、注目すべき部位や特徴量は異なり、着眼点も舞踊家それぞれ異なる。技の定義も流派によって異なる可能性はある。

現時点では、試みの一つとして取り組む段階とし、いずれはこれらの成果を統合することにより、一般化できるようにすることを大きな目標として、まずは熟練の舞踊家が指摘する重要な振りをアーカイブする。そして、技の継承者である舞踊家の動きを定性的および定量的に分析することにより、日本舞踊における技の特徴を捉えるための基礎資料を得ることとした。舞踊家自身に振り分けてもらった、技を用いた良い動作と悪い動作の相違を分析する。

3. 日本舞踊の計測

3.1 実験協力者

データ計測には、日本舞踊西川流の舞踊家に協力頂いた。西川流は日本舞踊の五大流派の一つであり、協力頂いた舞踊家は師範歴50年を超える熟練者である。多くの弟子に稽古を行うだけでなく、舞踊家ご自身も今も舞台上で活躍されている。

3.2 装置

光学式モーションキャプチャシステムMAC3D(Motion Analysis社)を用いて、15台の高精度カメラで動作の計測を行った。サンプリングレートは60Hzであった。舞踊家の全身37か所に反射マーカを付け、リアルタイムに記録した。図1にマーカの位置を示す。

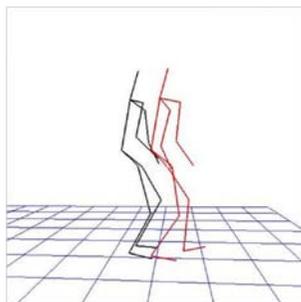


図 5. 良い例と悪い例の同時提示

4. 結果と考察

4.1 熟練舞踊家による指摘と評価

日本舞踊の技は身体動作のどのようなところに現れるのか。どのような動きが技と
 いうのか。モーションキャプチャで計測した数種類の振り動作を、図 5 で示したよう
 に良い動作と悪い動作を同時に表示させ、舞踊家に提示した。指摘と評価を舞踊家の
 言葉でまとめたところ、表 5 のとおりとなった。

まとめた結果をみると、体の軸が一本の線にままとまっている状態が重要とされてい
 る。腰や膝関節を曲げるといった動作は胴体の動きから自然に追従するものであると
 も考えられる。項目 6 にも挙げているとおり、それができない初心者は、不自然に大
 きく曲がることも指摘されていた。

表 2. 舞踊家の振りに対する指摘

舞踊家の言葉	
1.	踊る時は体全体が一本の線と意識する
2.	体の中が動いてから、手脚が動く
3.	体幹が使えると、長時間動いても疲れない
4.	頭から尾てい骨までの角度は一致する
5.	体を膝方向へ前進させるといふ感覚
6.	無駄な上下運動はない／初心者は不自然に曲がる
7.	膝の角度が重要である

4.2 腰と膝の動きの様相

4.1 の結果を手がかりに、計測した振りに対して重要とされるのは、体の軸への着
 目であると考えた。そこで、体の軸の動きを示す指標として、腰の角度と膝の角度を

定量的に分析することとした。本研究では、腰の角度を C7-ROOT-ROOT2 のなす角度、
 左膝の角度を LHIP-LKNE-LHEE のなす角度、右膝の角度を RHIP-RKNE-RHEE のなす
 角度とした(図 1 参照)。また、今回は計測した振り動作の中から、娘が帯を結ぶ振り、
 年増の女が帯を結ぶ振り、体を乗せる動作に着目する。

4.2.1 DP マッチングを用いた比較

技を用いた良い例と、そうでない悪い例を比べるために、腰と膝の比較を行った。
 ただし、計測した技を用いた動作データと技を用いなかった動作データとでは、同じ
 振り動作にも関わらず、フレーム数が異なっていた。そこで、異なるデータのパター
 ン比較を行うために、動的計画法を用いて二つの特徴パターンを照合させ、パターン
 照合の距離を求める DP マッチング[3][10]の方法を用いた。図 6~図 11 の各図におい
 て、向かって左が DP マッチング前の角度の波形、中央が DP マッチング後の角度の
 波形を示し、向かって右が二つの波形の類似度を表す。類似度は斜めに表れている線
 が直線に近づくほど類似したデータを表す。また、Signal1 が悪い例、Signal2 が良い
 例である。縦軸は角度の大きさであり、数値が高いほど角度が大きい、つまり腰や膝
 が伸びていることを示す。

娘が帯を結ぶ振りの良い例と悪い例について、腰角度の結果を図 6 に、左膝角度の
 結果を図 7 に、右膝角度の結果を図 8 に示す。腰の角度においては、悪い例に比べて
 良い例の方が全体的に角度は大きいことを示した。また、類似度においても直線には
 なっておらず、良い例と悪い例は異なっていることが示された。膝の角度においては、
 良い例の方が悪い例の方より大きくなっている箇所、つまり伸びている箇所もあれば、
 良い例の方が悪い例より極端に曲がっている箇所もあり、膝の曲がり方の推移だけ
 では判断が難しい。ただし、良い例と悪い例とで異なっていることは、類似度の結果か
 ら示された。

年増の女が帯を結ぶ振りの良い例と悪い例について、腰角度の結果を図 9 に、左膝
 角度の結果を図 10 に、右膝角度の結果を図 11 に示す。腰の角度においては、娘の振
 りと同様に、悪い例に比べて良い例の方が全体的に角度が大きく、伸びていることを
 示した。また、悪い例の方は角度が大きくなったり小さくなったりすることが多く、
 不安定であることも表した。左膝においては、良い例と悪い例とで角度の違いがあま
 り出していないように見える。右膝においても、良い例と悪い例とで違いがないよう
 に見えるが、悪い例の方が角度は小さく、よく曲がっていることを示す箇所も存在する。

そして、体を乗せる動作の良い例と悪い例について、腰角度の結果を図 12 に、左
 膝角度の結果を図 13 に、右膝角度の結果を図 14 に示す。腰の角度においては、悪い
 例より良い例の方が角度は大きくなることがよくみられ、また屈曲している時も良い
 例の方が角度は大きいことがみてとれる。膝においては、伸展する時に悪い例の方が
 角度が大きくなる箇所もあるが、屈曲する時に良い例の方が悪い例に比べて角度が大
 きい箇所が存在している。つまり、曲がりすぎていないことが表れていた。

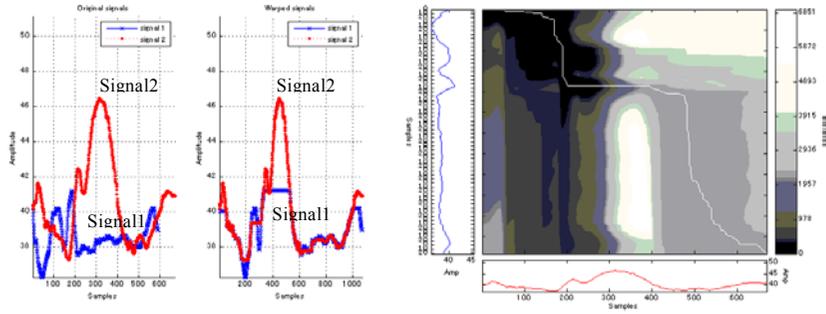


図 6. 娘が帯を結ぶ振りの腰角度の推移と類似度

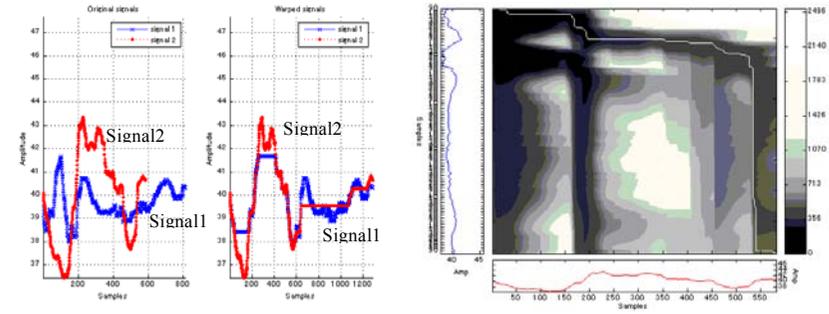


図 9. 年増の娘が帯を結ぶ振りの腰角度の推移と類似度

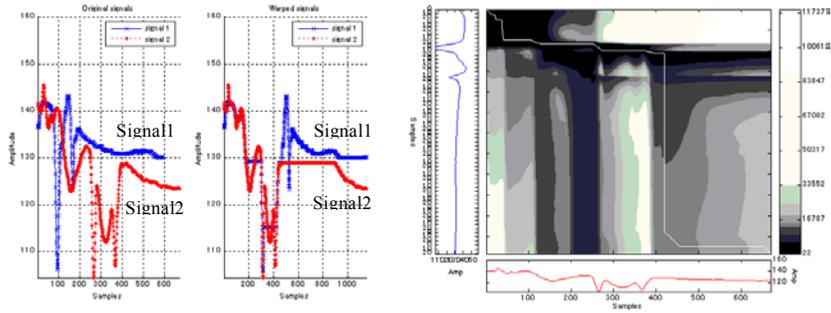


図 7. 娘が帯を結ぶ振りの左膝角度の推移と類似度

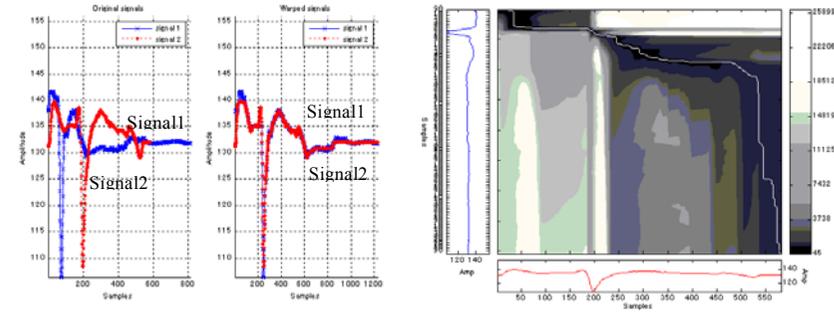


図 10. 年増の娘が帯を結ぶ振りの左膝角度の推移と類似度

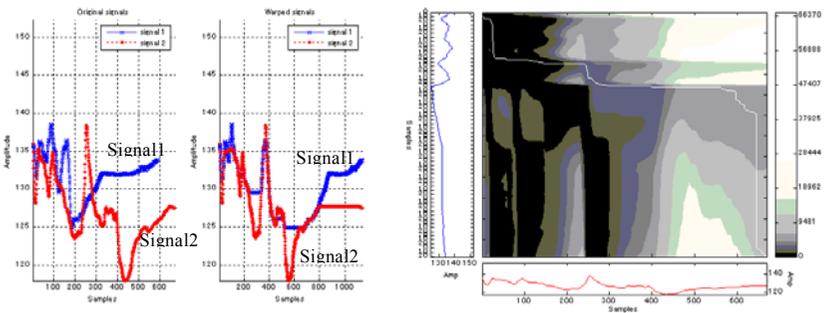


図 8. 娘が帯を結ぶ振りの右膝角度の推移と類似度

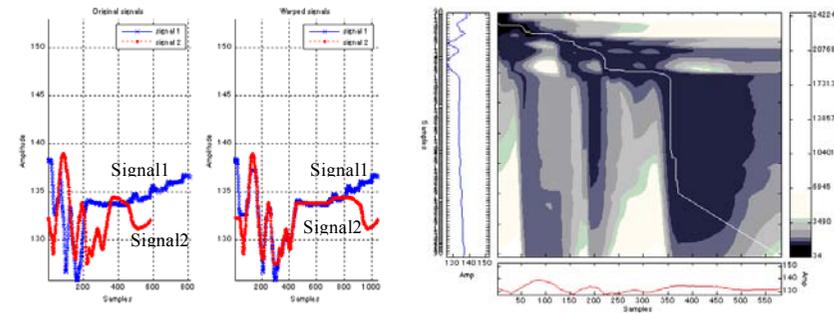


図 11. 年増の娘が帯を結ぶ振りの右膝角度の推移と類似度

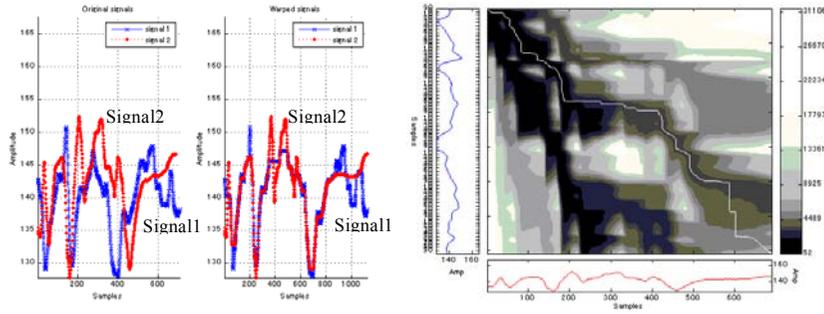


図 12. 体を乗せる動作の腰角度の推移と類似度

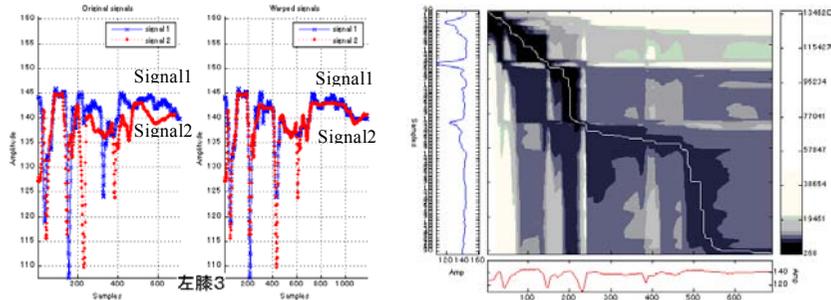


図 13. 体を乗せる動作の左膝角度の推移と類似度

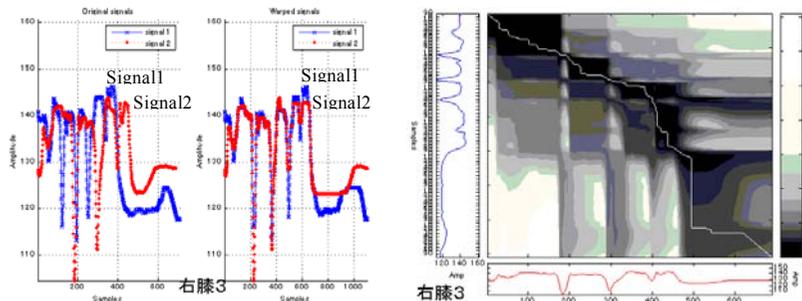


図 14. 体を乗せる動作の右膝角度の推移と類似度

4.2.2 腰が最も伸展した時と膝が最も屈曲した時の比較

DP マッチングを用いた比較により、どの振り動作においても良い例と悪い例は類似していないことを確認できた。また、腰の角度においては、良い例が比較的伸びていることもわかった。一方で、膝の角度においては、良い例が悪い例よりあまり曲がっていないこともあれば、曲がっていることもあると示した。これは、本来曲げなければならないところで悪い例が曲がっていなかったのか、反対に極端に曲がっていたのか、判断が難しい。そこで、各振り動作において、最も伸展した時の腰の角度の値と、最も屈曲した時の膝の角度の値を、良い例と悪い例とで比較した。腰の結果は図 15、膝の結果は図 16 に示す。

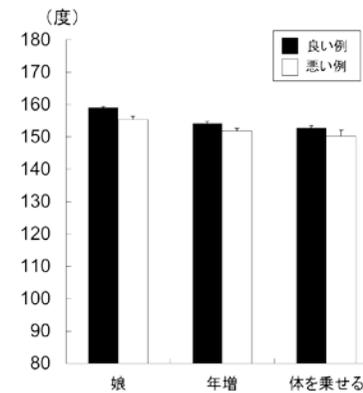


図 15. 各動作における腰の伸展時の角度

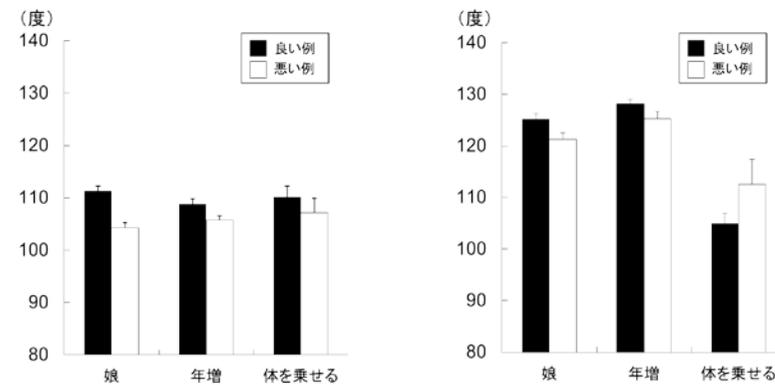


図 16. 各動作における膝の屈曲時の角度 (左膝, 右膝)

図 15 が示すとおり、腰が最も伸展した時、どの振り動作も悪い例より良い例の方が角度は大きかった。1 度から 2 度の違いではあるが、良い例の方が伸びていることがわかった。4.1 の舞踊家の指摘から初心者の動作は不自然に曲がるといわれており、また民俗舞踊の先行研究[9]において、踊り手は練習を重ねることによって動き方が大きくなるともいわれている。熟練舞踊家はどの振り動作においても腰から伸びており、これが技と関係あることが示唆された。

図 16 では、膝が最も屈曲した時の値を示している。左膝においては、どの振り動作も悪い例より良い例の方が角度が大きかった。DP マッチングの結果だけではわからなかったが、曲げなければならない時、良い例の方が悪い例よりも曲がっていないことがわかった。また、右膝においては、娘が帯を結ぶ振り、年増の女が帯を結ぶ振りは良い例の方が角度が大きかった。この結果も、曲げなければならない時、良い例の方が悪い例よりも曲がっていないことを示している。しかし、体に乗せる動作だけは他の動作と異なっており、体に乗せる振りでは良い例の方が角度が小さかった。良い例は 105 度、悪い例は 113 度であり、良い例の方がより屈曲している。しかし、この動作においては標準偏差も大きい。悪い例の角度の標準偏差は大きく、つまり悪い例によって最も曲がる時にばらつきがあることを表している。4.1 の指摘にもあった、無駄な上下運動とも関係する。膝において、熟練舞踊家は屈曲する時には簡単に極端に曲げはしないことが示唆された。そして、悪いとされる動作にはばらつきもあり、色々なパターンの問題例があることもわかった。

5. まとめ

本研究では、モーションキャプチャを用いて日本舞踊の熟練者の動作を計測した。熟練者である舞踊家に数種類の動作を、技を用いた良い例とそうでない悪い例を振り分けてもらい、データを取得した。膝と腰について定量的な解析を行ったところ、良い例と悪い例とでは類似していないことを確認した。そして、いずれの動作も腰は悪い例より良い例の方が角度は大きく伸びていること、膝も悪い例より良い例の方が角度が大きいこと、また悪い例は膝の曲がり方にばらつきもみられることがわかった。今回、著名な日本舞踊の熟練者に協力頂いたが、一人の舞踊家の動きを比較分析したに過ぎず、共通の熟練された技を追究するためには、より多くの被験者の計測と追試が必要であることは言うまでもない。腰から如何に伸ばし、膝を如何に自然に曲げて動かすかは、時系列分析などで見ていく必要があるかもしれない。また、今回は動作の一部しか対象としていないため、他の動作や身体部位に着目することで新たな発見があるかもしれない。そして、今回は熟練者が悪い動作として振り分けたが、やはり弟子や初心者など技術を習得中の動作を比較し確認することは必要であろう。初心者や学習者自身が難しいと感じる動作を熟練者の動作と比較分析することも、舞踊教育

に活かすためには重要である。日本舞踊の技の特徴を説明しようとするには、実際に多くの試みと舞踊家の協力が必要である。モーションキャプチャが技術の一つとして、これまで受け継がれてきた技や踊り方を後世へ残していくための一助になるとも期待できる。

謝辞 舞踊家西川扇九郎氏、慶應義塾大学大塚寿昭氏、(株)アーカイブス・ジャパン中村暁氏に多大なるご助力を賜りました。ここに記し深謝いたします。また、本研究は、文部科学省グローバル COE プログラム「日本文化デジタル・ヒューマニティーズ拠点」の支援、日本学術振興会・科研費基盤(B) No.22300039、特別研究員奨励費 No.2355613 の補助を受けて行われました。

引用文献

- [1] 八村広三郎, “舞踊のデジタル化—モーションキャプチャとLabanotationの利用,” システム／制御／情報, Vol. 46, No. 8, pp. 490-497, 2002.
- [2] 阪田真己子, 丸茂美恵子, 崔雄, 八村広三郎, “日本舞踊における役どころの踊り分け—『北洲』における脚づかひの定量的分析—,” 統計数理, Vol. 55, No. 2, pp. 235-254, 2007.
- [3] 吉村ミツ, 酒井由美子, 甲斐民子, 吉村功, “日本舞踊の「振り」部分抽出とその特性の定量化試み,” 電子情報通信学会論文誌, D-II J84-D-II, No. 12, pp. 2644-2653, 2001.
- [4] 黒宮明, 吉村ミツ, 村里英樹, “骨格角度情報による日本舞踊動作の解析,” 情報処理学会研究報告, 2003-CH-58, 9, pp. 65-71, 2003.
- [5] 吉村ミツ, 村里英樹, 甲斐民子, 黒宮明, 横山清子, 八村広三郎, “赤外線追跡装置による日本舞踊動作の解析,” 電子情報通信学会論文誌, D-II J87-D-II, No. 3, pp. 779-788, 2004.
- [6] 渡辺保, 日本の舞踊, 岩波書店, 1991.
- [7] 丸茂美恵子, 吉村ミツ, 小島一成, 八村広三郎, “日本舞踊の基礎動作オクリに現れる娘形技法の特徴,” 情報処理学会人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, pp. 39-46, 2003.
- [8] 吉村ミツ, 中村佳史, 八村広三郎, 丸茂祐佳, “日本舞踊における基礎動作「オクリ」の基本型の特徴,” 情報処理学会研究報告, 2004-CH-61, 7, pp. 41-48, 2004.
- [9] 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部信一, “舞踊の熟達化を支援するためのモーションキャプチャ活用,” 日本教育工学会論文誌, 34(suppl.), pp. 133-136, 2010.
- [10] 中川聖一, パターン情報処理, 丸善株式会社, 1999.