

教育現場における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

佐藤 克美* 海賀孝明** 渡部 信一***

*東北大学大学院教育情報学教育部

**わらび座デジタル・アート・ファクトリー

***東北大学大学院教育情報学研究部

舞踊教育の現場において、舞踊を学習する者の熟達化を支援するためにモーションキャプチャの活用を考えた。舞踊の学習者が必要としているのは、自分の舞踊に関して、どこが良くてどこが悪いのか、どう直せばよいのかといった教育的な情報である。そこで、熟達度を指標や点数で表現するのではなく、そのデータから実際に舞踊を学習している者が修正点等を知ることできるようにグラフで表現した。本研究では、舞踊初心者か踊りの振りを覚えた直後、その4か月後と6か月後にそれぞれモーションキャプチャを行った。その結果、手の動きは徐々に大きくなり上達していることが分かり、修正点も示唆された。同様に、腰の動きの修正点も示唆された。モーションキャプチャにより情報を削ることで、講師の踊りを見て気がつかないような修正点等に気づき、納得でき、舞踊の学習に役立つと考えられる。

Usage of Motion Capture to accelerate proficiency in dancing lessons.

Katsumi Sato Takaaki Kaiga Shinichi Watabe

*Tohoku University Graduate School of Educational Informatics, Education Division

**Digital Art Factory, Warabi-za Co., LTD

***Tohoku University Graduate School of Educational Informatics, Research Division

We have come up with an idea to utilize Motion Capture as a tool to accelerate a learner's proficiency in a dancing class. What a dancing learner really needs is pedagogic information that allows him or her to realize what is good and bad about their dance and how to improve. This point has led us to invent a graph that expresses exact improvement necessary for the learner, instead of showing a mere index or score. In this study, we have tried the Motion Capture in 3 sequences: Just after a learner learns a certain step for the first time, four months after, and six months after. As a result, we have noticed gradual but significant improvement in hand motion and exact improvement necessary. Similarly, it let us see improvement points for waist motion. We conclude that a learner can pick up and understand with the Motion Capture what exactly should be improved which otherwise he or she cannot notice just by watching an instructor; thus, it is a useful assistance for a dancing lesson.

1. はじめに

近年の情報技術の進歩により、モーションキャプチャ・システム（以下、モーションキャプチャと略す）が開発され、3次元空間内の身体運動を計測することが可能になった。このシステムにより身体各部の座標値の時系列データを取得することが可能となり、身体動作を3次元時系列として客観的に表すことができるようになった。

1990年半ばに一世を風靡した対戦型格闘ゲー

ムは、実際の格闘家をモデルにモーションキャプチャを利用して製作された。そのゲーム中のキャラクター動作のリアルさは、3次元グラフィックスの精彩さと共に大きな話題を呼んだ。

モーションキャプチャは、人の動きを実際に計測でき、データとして保存できる。したがって、従来まで難しかった人の複雑な動作がCG等でリアルに再現できるようになった。さらに、3次元のデータが計測されるため、マルチアングルの

アニメーションの作製も容易になった。現在ではモーションキャプチャは映画・ゲーム製作にとってなくてはならない技術のひとつとなっている。

これらのモーションキャプチャの特徴から、映画やゲームへの利用だけでなく、後継者不足により失われつつある民俗舞踊や伝統芸能をモーションキャプチャで正確に計測し、そのデータを活用しようとする試みが始まっている。

例えば、Matsumoto らは、モーションキャプチャによって得られたデータから舞踊譜 Labanotation を作成している[1]。この舞踊譜は踊りを図的な記号で記述するもので、西洋舞踊では広く知られており舞踊の記録として有用な方法である。また、中澤らはモーションキャプチャのデータを活用し、ロボットに踊らせようと試みている[2]。さらに、古川らはモーションキャプチャで取得されたデータから能楽の CG を作成しており、舞踊のデジタル技術による保存の一例を提案している[3]。これらの研究では主にモーションキャプチャのデータを CG や、ロボットに应用すること、システムの開発について主眼が置かれている。

また、舞踊の熟達化について、モーションキャプチャのデータを解析することで明らかにしようとする研究がある。丸茂らは日本舞踊の「オクリ」について女性らしい印象を与える動作を定量的に分析し、さらにオクリが段階を追って習得されることを定量的に確認している[4]。また、吉村らは、モーションキャプチャのデータから日本舞踊の初心者と熟達者の違いを分析している[5]。これらの研究は、モーションキャプチャにより、熟達度が表現できることを示唆している。日本の舞踊における「わざ」の学習は、非段階的であり、また評価も非透明的である[6]。ある動作ができるようになったら次の動作に進むというわけではなく、評価の基準も明確には定められていない。しかし、モーションキャプチャによる熟達度の研究により、非透明であった熟達度が科学的に解明されつつあると言える。

ところで、これまでの研究では、他人との比較が中心で、同一人物の熟達について検討した研究は多くない。そこで、本研究では、舞踊初心者が振りを覚えた直後、その4か月後と6か月後にそれぞれモーションキャプチャを行い、上達の過程について検討した。

さらに、熟達度については、モーションキャプチャのデータから高度な解析手法を用いた計算により得られた指標で表されることが多かった。

しかし、我々は、モーションキャプチャを舞踊教育へ活用し、舞踊の「わざ」熟達化を支援しようとしている。舞踊を学習する者が必要としているのは、例えば、熟達者100点、研究生は50点と言った熟達度を表した指標ではなく、どうすればその差が縮まるのかという教育学的な情報である。したがって、モーションキャプチャを使い舞踊教育に役立てようとした場合、モーションキャプチャにより得られた情報から、舞踊を学習する者が、どこが良くてどこが悪いのか、どう直せばよいのかといった上達への具体的指針がわかる内容が示されなければならない。

そこで、熟達度を指標や点数で表現することを目的とするのではなく、舞踊教育の現場で舞踊を学習する者が修正点等を知ることのできるようにグラフを用いて舞踊の上達過程を表現しようと試みた。そして、舞踊教育の現場における熟達化支援のためのモーションキャプチャ活用について考察した。

2. 研究方法

2.1 研究対象

今回研究の対象としたのは、舞台役者養成所の講師と、そこに在籍する研究生である（養成期間は2年）。対象とした養成所は、東北地方に拠点を置き現在6つの公演グループで年間約1,000回の公演を全国で行っている劇団に属している。この劇団は民俗舞踊（以下、民舞と略す）をベースにした劇団で、養成所では民舞や日本舞踊を中心に演劇の教育を行っている。本研究では、その研究生2名（A・B）を対象とした（図1）。

以下に対象者のプロフィールを記す。

研究生A：高校を卒業し、養成所に入所するまで、舞踊経験はない。女性。身長は157cm。

研究生B：高校卒業後、演劇関連の専門学校で2年間演劇やダンスについて学習してきた。男性。身長は170cm。

2.2 モーションキャプチャの実施

今回対象とした踊りは、「津軽じょんがら節」である。この踊りは、養成所のカリキュラムの一つとして組み入れられているもので、7月から11月に集中的に練習した。本研究では、研究生が、「津軽じょんがら節」の振りを一通り踊れるようになった7月に、モーションキャプチャで研究生の踊りを計測した。さらに、学習をすすめた4ヶ月後(11月)、さらに7か月後(翌年2月)の踊りをモーションキャプチャで計測した。

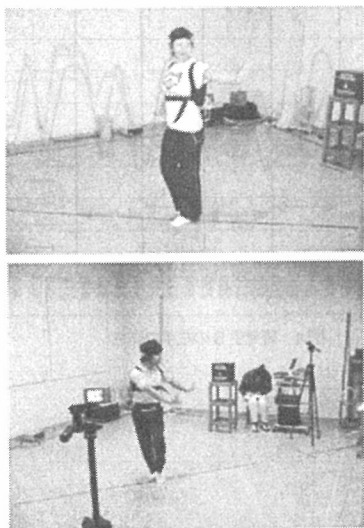


図1 モーションキャプチャの様子
(上: 研究生A・7月, 下: 研究生B・2月)

なお, 7月の最初の計測までに, 「じょんがら節」を集中的に90分~120分間の授業で5回練習していた。また, 11月の計測まではさらに7回練習し, 11月以降, 他の踊りの学習へうつしたが, 2月の計測前に, 再度, 1回授業で「じょんがら節」の練習を行ってもらった。

また, 上達を確認するために基準として, 舞踊講師の踊りも7月にモーションキャプチャで計測した。なお, 舞踊講師は民俗舞踊を専門とする60才の男性で, 身長は164cmである。

モーションキャプチャは, わらび座デジタル・アート・ファクトリーのアセンション・テクノロジー社(Ascension Technology Corporation), モーションスター・ワイアレス(MotionStar Wireless)を用いた。これにより身体各部につけたセンサーの位置座標と回転角を70.9f/s(1秒間に70.9フレーム)で計測した。センサーは身体各部の11箇所に装着した(図2)。

2.3 データの表現方法

7月に講師に対し, 踊りのポイントについて質問した。その結果, 「津軽じょんがら節」は手踊りであり, 手の動きが重要であるとのことだった。また, 日本の多くの民俗舞踊がそうであるように, 身体の高さ, 腰の位置をポイントの一つにあげていた。

そこで, 本研究では左手の動き, 腰, 身体の高さについて, 「じょんがら節」の前半部(通称, 1

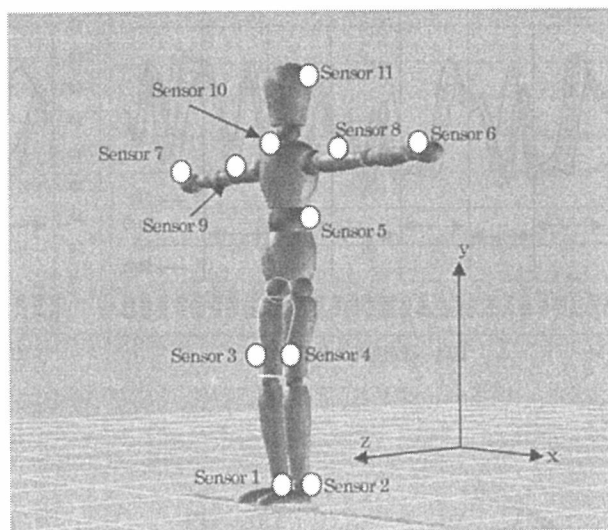


図2 身体各部につけたセンサーの位置

と2の踊り)の舞踊を学ぶ上で学習者が参考にしやすいように, 位置や速さ, タイミングについてグラフから検討した。

本舞踊は, 手を大きく振りながら足を2回踏むと手を前に突き出す等の区切りのポーズをとっている。そこで足踏み2回を一つの振りの単位①~⑥とした(図3)。振り単位①・③・⑤は手を振り上げて下げるといった動作であり, 振り単位②・④・⑥は手を振り上げて下げて, また上げるというような動作である。

3 結果と考察

3.1 左手の動きについて

(1) 手の位置に関して

図3は研究生A, 図4は研究生Bの左手の高さを表したグラフである。縦軸は高さ(インチ)を示し, 横軸はフレーム数である。なお, 1フレームは1/30秒である。講師と研究生は身長など体格に違いがあり, 手の長さ等もそれぞれ違うが, 今回は, 身長が研究生と同じになるように調整しグラフに表した。

図3を見ると, 研究生Aは, 振り単位①・③・⑤においては, 講師は手を高く上げているが, 7月の段階では手の上げ方が低い。しかし, 11月, 2月と徐々に手が高くなるようになっており, 2月になると, 大分講師のグラフに近付いている。しかし, 振り単位②・④・⑥では講師に比べると,

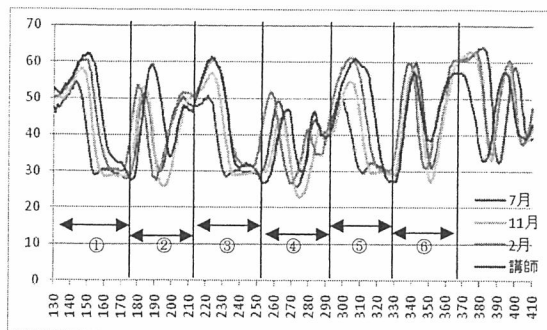


図3 研究生Aの左手の高さ

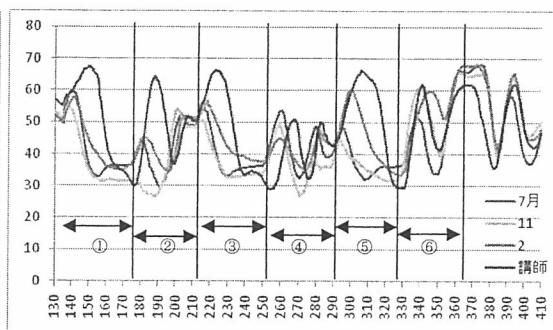


図4 研究生Bの左手の高さ

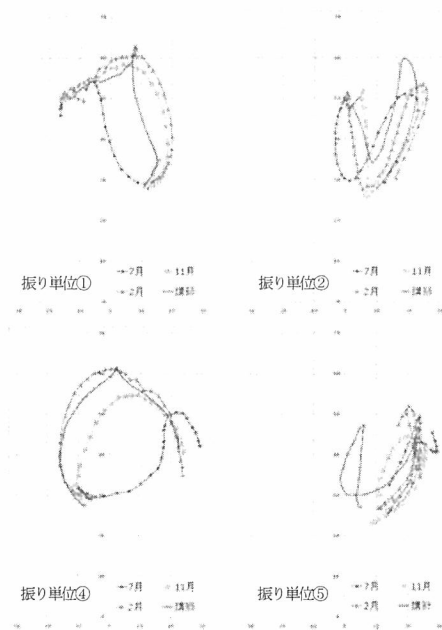


図5 研究生Aの左手の軌跡

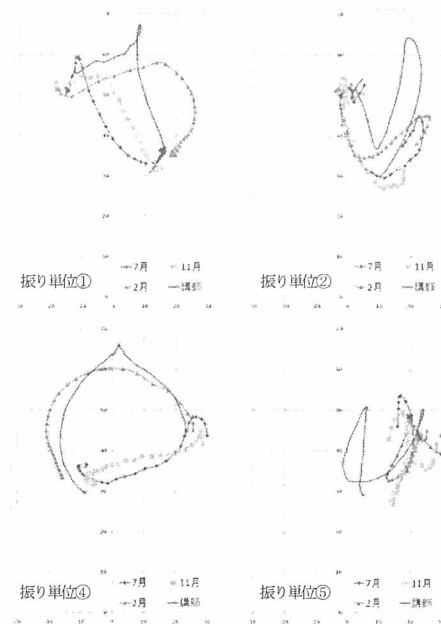


図6 研究生Bの左手の軌跡

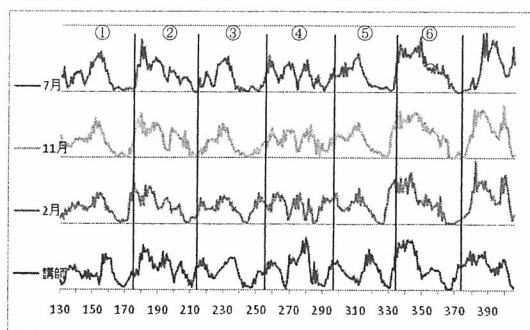


図7 研究生Aの左手の速さ

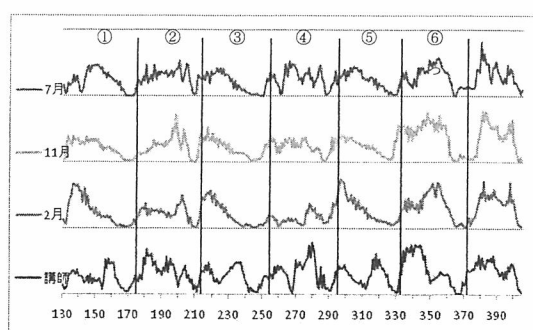


図8 研究生Bの左手の速さ

手が上がりきらず、また下げすぎてしまうことがわかる。

図4から、研究生Bは、全体として手が上にあがっていないことが見て取れる。しかし、7月に比べれば11月、2月とだんだん手の上げ方が大きくなってきており、特に振り単位⑤においては、大分講師のグラフに近付いている。

図5は、研究生Aの振り単位①・②・④・⑤の正面(xy平面)から見た左手の軌跡を表している。振り単位①・⑤では7月に比べ、11月・2月では手の動きが大きくなるに加え、弧を描くようになることがわかる。しかし、講師は手を挙げた瞬間に手の横の動きが止まっている部分が見られるが、まだそのような動きは研究生Aにはない。

図6は、研究生Bの振り単位①・②・④・⑤の正面(xy平面)から見た左手の軌跡である。研究生Aと同様、7月に比べ、12月では手の動きが大きくなり、弧を描くようになることがわかる。しかし、講師の手を挙げた瞬間に横の動きが止まる部分は研究生Bにもない。

(2)手の速さについて

図7は、研究生A、図8は研究生Bの左手の速さを表したグラフである。縦軸は手の速さを表し、横軸はフレーム数である。

講師は手を上下させるとき、手の位置が一番高くなる点、もしくは低くなる点で、速さが遅くなっている。例えば振り単位③・④・⑤では講師にM字型の波形が見られる。図7で研究生Aの7月の段階の波形にもその傾向は見てとれるが、11月になるとはっきりしなくなっている。しかし、2月になると、再びM字型の波形が見られるようになり、止まる・動くと言ったメリハリが出てくるのがわかる。

図8から、研究生Bは、振り単位①・③・⑤では、7月、11月、2月とも、最初の手を上げるまでが速く、その後徐々に遅くなっていく傾向があり、止まる・動くというメリハリがついていないことがわかる。

(3)手の運動時間について

図2、図3を詳しく見ると、手を上げる、または、下げるまでにかかった時間がわかる。例えば図2の振り単位①では手を肩から頭のうえまで上げるのにかった時間が7月では10フレームであることがわかる。

図2、図3から研究生は、振り単位ごとに早めのタイミングで踊り、振り単位の区切りでタイミングを調整するような形で踊っている。

しかし、図2の研究生Aは、振り単位①・③・⑤において、7月、11月、2月と上下する時間が長くなっていく傾向があり、講師の運動時間に近付いていることが見てとれる。

図3の研究生Bも、振り単位①・③・⑤においては、7月、11月、2月と上下に移動する時間が長くなっていく傾向がある。しかし、手の上げかたが低いいため、手を下げるためにかかる時間の方が長くなっている。

(4)まとめ

これらの結果をまとめると、左手においては、研究生Aは全体的に、振り単位①・③・⑤は練習を重ねるにつれ、講師の動きに近付いていることがわかる。7月は、動きが小さく、踊りのキメのポーズを線で結んだような動きである。また、手の移動時間も短く、手を上げ下げするタイミングが良くない。それが11月には手の動きは弧を描くようになる。しかし、11月の段階ではタイミングはまだうまく取れていない。また、動きが大きくなったためか、減速する部分がなくなっている。そして、2月になるとさらに動きが大きくなるとともに手を上下させる時間が長くなり、タイミングがよくなり、さらに、減速すべきところで、減速しているとわかる。研究生Aは、2月に「メリハリをつける。止めるところで止めるように心がけて踊っている」とコメントしており、その結果が表れていると言えよう。しかし、振り単位②・④・⑥では、講師の動きに近付いているとは言にくい。

研究生Bも、振り単位①・③・⑤では、練習を重ねるにつれ、徐々に手が上がるようになってきていることがわかる。2月になると、手の動きも大きくなり、円弧を描くようになってきている。しかし、手の上げ方がまだまだ低いために、手をゆっくり下げることでタイミングをとっていることがわかる。研究生Bは、「踊りが女々しいと注意される」とコメントしているが、手の上げ方が小さく、ゆっくり手を下げる動きが「女々しい踊り」と言われる理由の一つとも考えられる。また、研究生A同様、振り単位②・④・⑥では、講師の動きに近付いているとは言にくい。

研究生A・Bとも、特に振り単位①・③・⑤で

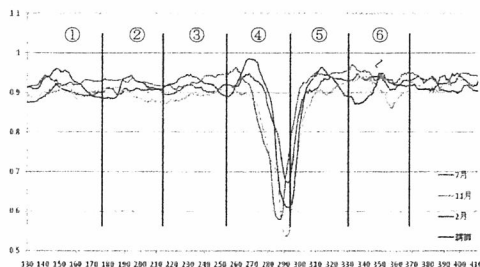


図9 研究生Aの腰の高さ

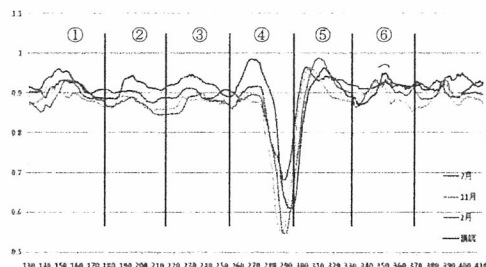


図10 研究生Bの腰の高さ

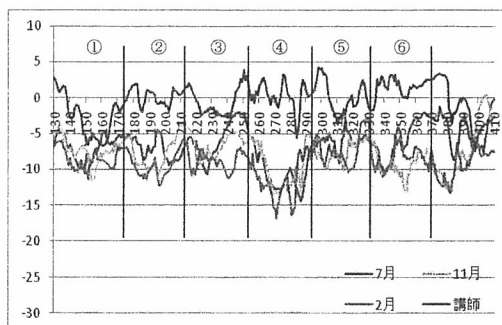


図11 研究生Aの身体の軸の傾き

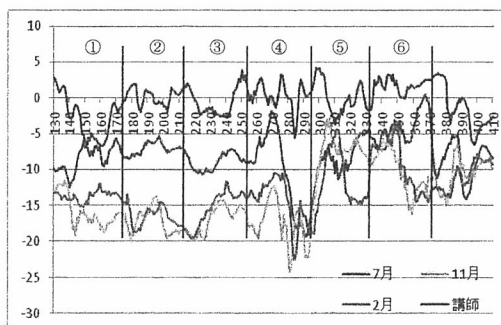


図12 研究生Bの身体の軸の傾き

は、7月に比べ、11月、2月と手の動きが、講師の動きに近付いて行く傾向が見てとれた。

反面、振り単位②・④・⑥では、振り単位①・③・⑤に比べ、講師の動きに近付いているとはいえない。

この原因の一つとして考えられるのが、振り単位に含まれる動作の数である。振り単位①・③・⑤は手を上げて下げるといった動作であるが、②・④・⑥は、手を上げて下げてまた上げると言うように、1つ動作が増えている。特に、振り単位④は、腰を大きく落とすという動作を伴う。そのため、振りとして難しいことが、上達が表れにくい一因と考えられる。

このことから、初心者は、全体的に同様に、上達していくのではなく、動作数の少ない比較的簡単な部分から上達していきいると考えられる。

3.2 身体の軸について

(1) 腰の高さに関して

図9は研究生A、図10は研究生Bの腰の高さを表したグラフである、縦軸は高さを示し、横軸はフレーム数(1フレームは1/30秒)である。なお、腰の高さは、直立したときの腰の高さを1

とし、踊っているときの腰の高さをその比で表し比較した。図9から、講師は、振り単位の区切りで腰を落とし、中間付近で腰を上げるという動きが見られるが、研究生Aの腰にはそのような動作は7月、11月、2月とも見られない。図10の研究生Bでは、前半部で腰を落としすぎているものの、2月には振り単位の区切りで腰を落とし、中間部で腰を上げるという動作がはっきりしてくるのがわかる。

また、図9、10から振り単位④では研究生A、Bとも7月の段階では腰の落とし方が講師に比べて高いが、逆に11月、2月では腰を低く落としすぎようになっていることがわかる。

(2) 身体の軸の傾きに関して

頭から体の中心を結んだ線を身体の軸とよぶ。今回は、腰のセンサーと首のセンサーを結んだ直線を身体の軸とした。

図11、12は、それぞれ研究生AとBの地平(xz平面)からの垂線に対する腰のセンサーと胸のセンサーを結んだ直線の傾きを表したグラフである。直立したときの、直線の傾きを0とし、前に倒れる(猫背になる)と負、身体を後ろに反

らずと正の角度になるようにあらわした。

図 11, 12 から、講師は反っていることがわかる。しかし、研究生 A, B とも身体を前に倒して踊っており、かえって 11 月, 2 月になると腰を前に曲げるようになっていくことがわかる。

(3) まとめ

また、腰の動きに関しては、研究生 B には講師の動きに近付いて行っていることがわかったが、研究生 A でははっきりとした変化はなかった。軸の傾きに関しては、2 月になるとかえって前屈みになって踊っていることがわかった。津軽じょんがら節は手踊りということで、特に手の動きに集中し、メリハリをつけよう、女々しくならないように気をつけようとしたために、身体の傾きまで注意が行っていなかった可能性もある。また、身体の軸の傾きは、動きが小さいうえに、実際の踊りを見たり、ビデオを見たりといったことでは、なかなか確認することが難しいことが理由の一つとして考えられる。身体の軸のような、見てすぐにははっきりと違いがわかりづらいような動きの上達は、動きの大きい手に比べあらわれにくいと考えられる。

3.3 舞踊教育へのモーションキャプチャの活用に関して

モーションキャプチャにより得られたデータは、加工が容易であるという特徴がある。例えば、モーションキャプチャのデータから CG アニメーションを作製したり、グラフ化したりすることが可能である。

また、渡部[7]は、デジタル化のひとつの特徴として情報が削られることを指摘している。今回のモーションキャプチャでは、身体の 11 箇所センサーをつけ、その位置と回転角を 70.9Hz で計測した。これは 1/70.9 秒間に 1 つのセンサーで 3 次元の位置 (xyz 座標) 及び回転 (xyz 角) の 6 つのデータを計測していることになる。舞踊は 4 分間 (240 秒) なのでこの舞踊ではセンサー 1 つにつき、 $240 \times 70.9 \times 6$ 個のデータが取れる。センサーは 11 箇所つけたのでデータ総数はその 11 倍である。この様に考えると膨大な情報量であるが、その膨大な情報量すら 11 個のセンサーの動きを表現しているにすぎず、実際に舞踊を目で見て与えられる情報とでは比べ物にならないことは容易に想像がつく。

舞踊の学習は「模倣」から始まる [6] が、研究生も、講師の踊りに近づけようと考えて練習し

ているという。研究生に対し、講師との違いについて聞いたところ「ぜんぜん違うのはわかるが、何がどう違うかは具体的には言えない。」とコメントしていた。研究生の場合、講師の踊りを見ても、違うのはわかるが、すぐには「自分とどう違うのか」や、「自分の修正点」に気がつくのは難しい。つまり、実際の踊りは研究生にとっては情報が多すぎて見るポイントを押さえることができていない。逆に、講師は実際の踊りを見ることで、研究生に「良い、悪い」と指導している。これは、講師にとっては実際の踊りでも情報が過多ではないためである。つまり、熟達の度合いにより、認知できる情報の量が違う。

ところで、舞踊を学習している者が必要としているのは、どこをどう直せばよいのかと言った「気づき」や「納得」である。そこで、舞踊教育へのモーションキャプチャの活用の一例として、データを加工し、学習者の分かるところまで情報を削ることによって、「気づき」や「納得」を促すための活用が考えられる。

つまり、実際の踊りを見てわからなければ、情報を削り、例えば CG で骨格の動きを表すことで気づきがあると思われる。さらに CG で分からなければ、さらに情報を削りグラフや指標で表すことにより、気づきや納得があるものと考えられる。例えば、本研究では、左手の動きや身体の軸について、モーションキャプチャのデータをグラフで表現した。グラフで表すことで、上達した部分や講師との踊りの違いがわかった。このようにグラフを参考にすることで踊りの修正点に気がつくことができるであろう。

さらに、講師と研究生の踊りに差があること、違うことへの気づき、納得のためには、熟達度と言った指標が利用できるだろう。例えば、今回の例では、左手の高さについて講師と研究生のユークリッド距離を求めれば、講師との違いがわかり、7 月, 11 月, 2 月と上達していると気がつける。

ところで、グラフを見たとしても、実際にどう直せばよいのかについて知ることは難しい。そこで、情報を削ったことにより気がついた修正点を参考にしながら情報を増やすことにより修正点や上達点を具体的に知ることができ、学習に役立つと考えられる。つまり、グラフなどで得られた気づきをもとに、モーションキャプチャにより作製した CG や、実際に講師の踊りを見ると、踊りを見るポイントがはっきりしているために、どう違うのか、どうすれば上達するのかといった気づきや納得が得られると考えられる。

舞踊を学習している者は、どこをどう直せば上達するのか考えながら練習している。これまでは、講師の踊りを見て試行錯誤しながら模倣するという学習をしてきた。そこに、モーションキャプチャを用いることで、上達のための「気づき」や「納得」を得られやすくなる可能性がある。

4 今後の課題

本研究では、舞踊初心者の熟達過程について、左手の動き、身体の前・後・横の軸に絞って示した。その結果、左手に関しては、全体的に徐々に熟達しているというよりは、部分で熟達に違いがあると考えられた。また、軸の上達ははっきりとは見られず、初心者には難しいと考えられた。しかし、今回は二人の左手と腰・身体の前・後・横の軸の熟達過程についてだけ検討したのみで、他の人・身体の前・後・横の部分について熟達の仕方が違う可能性もある。今後は、別の初心者、左手以外の部分についても検討をし、熟達過程について迫っていきたい。また、これらの結果を舞踊を学習・指導している人にも確認してもらい、熟達をどうとらえるかを聞き、学習者・指導者の視点からも熟達について検討を加えたい。そして、舞踊の教育へ役立てていきたいと考えている。

謝辞：本研究にあたり、モーションキャプチャに快くご協力いただいた万踊衆・わらび座舞踊講師の菊池正平氏、そして研究生の皆様に深く感謝いたします。

参考文献：

- [1]Matsumoto T, Hachimura K, Nakamura M , Generating Labanotation from motion-captured human body motion data, Proc. International Workshop on Recreating the Past - Visualization and Animation of Cultural Heritage -, pp.118-123, 2001
- [2]中澤篤志, 中岡慎一郎, 白鳥貴亮, 工藤俊亮, 池内克史, モーションキャプチャによる全身運動解析と模倣ロボット:「じょんがら」節をHRP-1S に踊らせる, 情報処理学会研究報. Vol.2004 : pp. 31-39 , 2004
- [3]古川耕平, 崔雄, 八村広三郎, 国宝能舞台のデジタル復元とその応用, エンタテインメント論文集 (情報処理学会シンポジウムシリーズ

vol.2005, No.10), pp173-178, 2005

- [4]丸茂祐佳, 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.
- [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 (2004) 赤外線追跡装置による日本舞踊動作の解析(パターン認識), 電子情報通信学会論文誌, No.3 : pp. 779-788
- [6]生田久美子: わざから知る, 東京大学出版会, 1987
- [7]渡部信一 編著: 日本の「わざ」をデジタルで伝える, 大修館書店, 2007