

舞踊の学習を目的とした効果的なCGの検討

薄井 洋子 佐藤 克美 渡部 信一
東北大学大学院教育情報学教育部・研究部

筆者らがこれまで行ってきた研究により、モーションキャプチャを活用し情報を削り、点や線等シンプルなCGアニメーションに加工することによって、新たな気づきや理解が得られることがわかった。しかし、シンプルなCGアニメーションにも点や線をはじめ、様々な表現手法が考えられる。そこで、本研究では舞踊の初級者の学習用CGアニメーションとしてはどのような形が適切なのかについて、実際にいくつかのCGアニメーションを練習に活用してもらうことで明らかにしようと試みた。その結果、「身体の軸」や「重心」が見やすいCGアニメーションが役立つという意見が得られた。熟達する上で鍵となる要素が見やすいような表現に加工してはじめて舞踊の練習に役立つものになると考えられた。

Study of the Effectiveness of CG on Buyo Dance Education

Yoko Usui Katsumi Sato Shinichi Watabe
Graduate School of Educational Informatics, Education Division/Research Division,
Tohoku University

Motion capture has been proven to be useful to obtain new findings and information, through processing it into simple CG which is composed of dots and lines. However, there are various forms of expression for simple CG, including dots, lines, etc. In this study, we tried to determine which type of CG is most effective for dance beginners' practice, by showing several kinds of CG. As a result, the maximum opinion was that CG in which body axis and the position of the center of gravity are clearly visible is most useful. Thus, it is assumed that this information can be made useful for dance lessons, only after processing it into such forms in which elements essential for improvement are made visible.

1. はじめに

生田によれば日本の伝統的な舞踊の教育においては、師匠の動作の後についてひたすら模倣を繰り返すことで、そのわざを熟達させる方法がとられている[1]と言う。そのため、幼少のころよりその世界に入り、長い時間をかけて練習することが必要であった。歌舞伎や能といった芸能を継承する家系に生まれた者が、その世界に浸ることで「わざ」を熟達させるというのは典型的な例である。

しかし現在では、高校や大学を卒業してから本格的に舞踊を学ぶ者も増えている。そしてそのような者を対象として、舞台役者養成のために舞踊や演劇等を教育する養成所も各地に開設されている。それらの養成所の養成期間は数年間と短い。したがって、舞台役者養成所の教育では、本来長い時間かけるべき「わざ」の熟達を、数年間という短い時間でできる限り熟達化させることが求められる。

さて、近年のデジタルテクノロジーの進歩によりこれまで非常に難しかった人の身体動作が計測できるようになった。三次元空間における身体の位置や動きをデジタルデータとしてコンピュータに取り込む手法の一つにモーションキ

ャプチャがある。モーションキャプチャのデータをキャラクタにはめ込むことで、非常にリアルな動きをするCG(Computer Graphics)アニメーションを作製することができるようになった。それは、見る者の視点を任意の位置に設定し、動きをどの角度からでも自由自在に見ることができるようなCGアニメーションである。そのため現在では、モーションキャプチャによるCGアニメーションの製作は、映画・ゲームなどの世界ではなくてはならない技術となっている[2]。

モーションキャプチャは、人体の動きをリアルに再現できるので、映画やゲームの分野だけでなく、身体動作を対象とする様々な研究でも活用されている。例えば、競技自転車におけるペダリング動作の最適化シミュレーションについての研究[3]、また、歩行リハビリ評価の確立および、そのための装置の実現を目的として、歩行時における三次元足軌跡の無拘束計測を行った研究[4]、ピアノ教育用教材としての手指用モーションキャプチャシステムの利用可能性の検討[5]など、スポーツ、医療や介護、音楽等の多くの領域においても活用されている。

舞踊を対象とした研究においても、モーショ

ンキャプチャを活用したものがある。例えば、舞踊の創作や記録のためのバレエの振り付け支援システム開発[6]や、舞踊の身体動作のデジタルアーカイブとその応用に関する研究[7]。また、能の舞をモーションキャプチャにより収録し、主に身体のコア部分を抽出し、これらを時系列的に配置することにより、能の舞を 3DCG として合成する手法を提案する研究[8]等がなされている。これらの研究が進むことにより、モーションキャプチャが舞踊の学習に役立つものになっていくと期待される。

しかし、これまでの舞踊を対象とした研究では、舞踊の創作や保存の手法、舞踊の解析といったモーションキャプチャによるデータの作製、保存、加工に主眼が置かれたものが多かった。そのため、舞踊の熟達化を進めるためのモーションキャプチャの活用法など、教育活用を目的とした研究は多くはない。

そこで、我々はモーションキャプチャを舞台役者養成所などで実際に舞踊を学んでいる者の学習に役立てようと試みてきた[9] [10] [11]。これまでの研究の中で、学習者らに意見を聞いたところ、学習者は、熟達者の踊りを見て「自分とどう違うのか」や「自分の修正点」に気がつくことは難しいと感じていることがわかった。実際の舞踊を見て学ぶためには、身体の動きをはじめ、衣装の動きや息づかい、また背景等の様々な情報が感じられる中で、熟達に必要な情報に気づき、理解しなくてはならない。しかし、学習者にとって、実際の舞踊から得られる情報はあまりに多すぎる。そのため、どこを見ればよいのか、どこが悪いのか等に気づいて理解することは難しい。

モーションキャプチャを用いると、人の動きを点や線等に加工して表すことができる。つまり情報を削ることができる。情報が少なくなると学習者の見るべきポイントが明確になるため、修正すべき点に気がつくことができる。学ぶ上で注意すべき情報が少なくなることが学習者にとってはメリットになると考えられた。さらに、

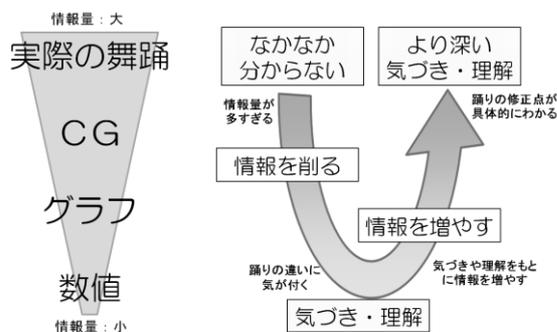


図1 情報を加工することによる熟達支援

情報を削ったことにより得た「気づき」や「理解」は、情報が増えた状況におけるより深い「気づき」や「理解」を得ることに役立つと考えられた(図1) [10]。

さて、これまでの研究で、モーションキャプチャを活用して情報を削り、点や線等シンプルな CG アニメーションに加工することにより新たな気づきや理解が得られることがわかった。しかし、シンプルな CG アニメーションにも、線や点による表現から、シルエットがついた人間のようなものまで様々な表現手法が考えられる。そこで、本研究では舞踊の初級者の学習用としての CG アニメーションとしては、どのような形が適切なのかについて、聞き取り調査により明らかにしようと考えた。また、その CG アニメーションを活用した場合に学習効果があるのかどうかを明らかにしようとした。

2. 方法

2.1. 慣性センサ式モーションキャプチャについて

これまでの研究では光学式モーションキャプチャと呼ばれる方式のモーションキャプチャを用いて動作の計測がされることが多かった。光学式モーションキャプチャは非常に精度が高いため、動作を厳密に解析しようとする場合には有用である。しかし、光学式モーションキャプチャは複数のカメラで撮影するため、システムがどうしても大規模になり、一般的には専用のスタジオで撮影する必要がある。また専用のマーカを時間をかけて身体に貼り付けなければならない、キャリブレーションにも時間がかかる等の問題もあった。実際の舞踊の学習に役立てようと考えた場合、専用のスタジオと大規模なシステムが必要な方式では、普段の練習目的で計測を行うことは困難であると言えよう。

そこで、本研究では Xsens の MVN モーションキャプチャシステムを使用した。このモーションキャプチャは慣性センサにより動作データ

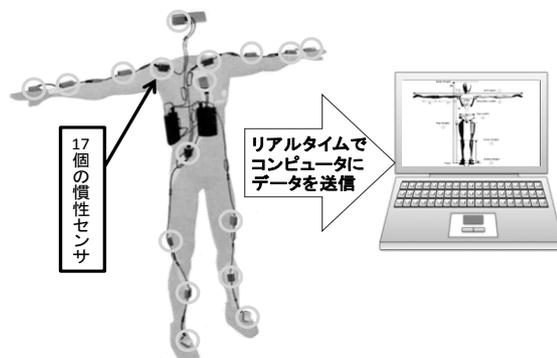


図2 Xsense MVN モーションキャプチャシステム



図3 舞台役者養成所での練習

を取得するモーションキャプチャである。慣性センサの精度は、3D 方位角度 0.5° 以下、分解能 0.05° 、加速度範囲 $\pm 180\text{m/s}^2$ 、ジャイロ範囲 1200deg/s である（カタログ値）。基本的には、被計測者が 17 個のセンサがついた専用のスーツ（両手各 1、両足各 1、頭部 1 はスーツ外に別に装着）を着るだけで動作の計測が可能である。CG 映像化するためのキャリブレーションも簡単であり、準備から計測まで容易である。さらに、機材が少なく、運搬が容易であるため、場所を選ばないという特徴がある。そのため、学習者にあまり負担をかけることなくモーションキャプチャの実施が可能であり、実際の練習場面で使いやすいモーションキャプチャであると言える。

2.2. 対象者

本研究では、東北地方を本拠地とする劇団に属する舞台役者養成所に在籍する学生 4 名（以下「研究生」と呼ぶ）を対象とした。

養成所が所属する劇団は、日本各地の民俗舞踊をベースにしたミュージカルの公演を行っている日本でも有数の劇団の一つである。現在は 5 つ前後のグループで年間約 1000 回の全国公演を行っている。研究対象とした研究生は、全員が将来プロの舞台役者になることを目指して養成所で日々練習に励んでいる。練習内容には、演技、歌、モダンダンス等もあるが、日本の民俗舞踊や日本舞踊の練習が中心に行われている。なお、養成所の養成期間は 2 年間であり、修了後、優秀な学生は正式な劇団員として実際に舞台へ上がることができる。今回の 4 名の研究生は、モーションキャプチャを計測する時点での舞踊のレベルがほぼ同一であると講師が判断した者である。また全員これまでに日本の舞踊を学んだ経験はない。

2.3. 練習した舞踊

練習用の舞踊としては、「壁塗り甚句」を選定した。動きとしては、約 30 秒の一連の動作を繰り返す舞踊であり、足踏みをしながら直線的に前進していく舞踊である。途中、手を横に動かしたり、腰を深く落としたりといった特徴的な動作が入る。この舞踊は養成所におけるカリキュラムの一つとして民俗舞踊の講義で指導されている舞踊である。

2.4. 手続き

研究生が踊りの振りを覚え、手本なしで一人だけで通して踊れるようになってきた時期に、研究生の踊りをモーションキャプチャで計測した。また、比較のために講師の踊りも同様に同日計測した。計測したデータをもとに、図 4 の①～⑤に示すような舞踊の動作を表す CG アニメーションを 5 種類作製した。本研究では、CG アニメーションの作製には、オートデスク社 (AUTODESK) のソフト「モーションビルダー 2010 64bit」(Motion Builder 2010 64bit) を用いた。

モーションキャプチャの計測の翌日、作製した 5 種類の CG アニメーションを各研究生に見せ、自由に振り返ってもらい、第 1 回目の聞き取り調査(聞き取り調査 1)を行った。

聞き取り調査の方法としては、CG アニメーションを見ながらの講師を対象としたインタビュー、研究生を対象としたインタビュー、講師・研究生一緒のふり返りインタビューおよびディスカッションを行った。聞き取り調査に要した時間は、約 1 時間半であった。聞き取り調査は、項目は決められているが、その順番は決まらずに行う半構造化インタビューで行い、基本的には研究生に自由に思ったことを発表してもらった。また、インタビューはすべて IC レコーダーで録音し、後日文章化した。

CG アニメーションは図 4 に示す①～⑤の 5 種類である。それぞれの CG アニメーションの概要と作製した理由については以下の通りである。

①：点の人形

身体の骨格を点で表した CG アニメーション。これまでの研究により、指示された点をもとに骨格や身体の動きを自分で想像できるという良さが指摘されたため作製した。

②：棒状の人形

身体をもっともシンプルな図形である直線で表現した CG アニメーション。特に身体の角度がわかりやすいという点が指摘されていた。

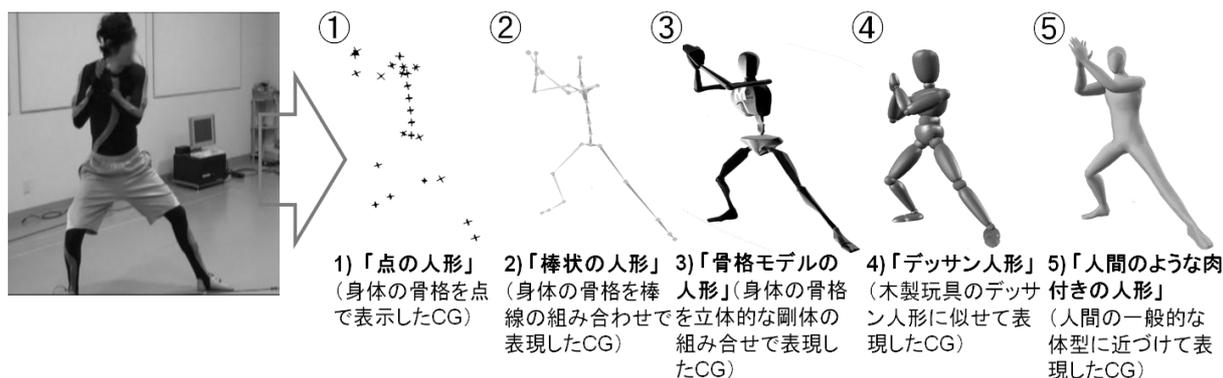


図4 研究生・講師に見せた5種類のCGアニメーション

③：骨格モデルの人形

頭・胸・骨盤・腕・手・脚・足を立体的な角ばった剛体の組み合わせで表したCGアニメーション。①と②より体の回転等が見やすいと考えて作製した。MVNでは、このようなCGがはじめに表示される。

④：デッサン人形

デッサン等で使われる木製の人形をCGアニメーションで表したもの。美術のデッサンでも用いられるように、人の動きや形を想像しやすいと考えて作製した。

⑤：人間のような肉付きの人形

人間の一般的な体型に近づけて表したCGアニメーションである。細かい部分は省略されているが実際の人間の身体の形に近い表現であり、近年のダンスゲーム等でみられる描写に近いと考えて作製した。

①は点のCGアニメーションで、②は①の点を線で結んだCGアニメーションである。さらに③はその情報に立体的な頭・胸・骨盤・腕・手・脚・足を加わえたCGアニメーション。④は③の情報を加工し実際のデッサン人形に近づけたCGアニメーション。⑤は③の情報にさらに肉付きを加えたCGアニメーションである。

これらの5種類の中から聞き取り調査1により、最も評価の高かった②と③のCGアニメーション(研究生自身の踊りと講師の踊り)を各研究生に1ヶ月間自由に練習に活用してもらった。1ヶ月後、練習の成果を確認するために再度モーションキャプチャを行った。その後、②と③のCGアニメーションを実際に練習に活用した感想や意見等を聞く為に、再度聞き取り調査(聞き取り調査2)を行った。

3. 結果と考察

3.1. CGアニメーションの比較

聞き取り調査1では、②「棒状の人形」と③

「骨格モデルの人形」のCGアニメーションが舞踊の練習に役立つだろうということが研究生と講師の意見であった。

②と③のCGアニメーションは、聞き取り調査1だけではなく、実際に練習に活用した1ヶ月後の聞き取り調査2においても、その有効性が指摘された。

②と③のCGアニメーションが舞踊の練習に役立つとした理由としては、「②と③のCGを見ることで、日頃舞台役者養成所の講義で言われている『骨で動く』ということが、実感しやすい」、「③で得られた情報は記憶に残り易い」、「気をつけるべき点を見つけやすい」、「外心(体の外のライン)ではなく内心(体の中心線)が見えるので、講師と自分の動きの違いが見やすく、分かりやすい」、「色々な角度からみられるので、固定して撮影したビデオとは違う立体感がある。ビデオは、そこに自分がいるという感覚だが、③のCGは自分そのものをみている感じがする」といったことがあげられた。

①、④、⑤のCGアニメーションについては、研究生と講師から練習に活用する上での問題点が数多く指摘された。①「点の人形」は「自分の動きをイメージできる」ので良いと言った研究生もいたが、動きが激しい部分や視点を変えたときに、「点が身体のどの部分にあたるのか考えないといけなくなるので少しわかりづらい」といった意見もあった。また一方で、④「デッサン人形」や⑤「人間のような肉付きの人形」は、軸がわかりづらくなるという意見が多かった。②や③に比べて身体が太くなったことで、姿勢、関節の向き・角度等が不明確になりポイントがわかりづらくなったものと考えられる。また、講師からは、「④や⑤のCGアニメーションは実際の踊りよりも上手に踊っているような印象を受ける」という意見もあった。

日本の民俗舞踊で重視されることに「身体の

軸を真っ直ぐにする」こと、「重心を低く保つ」ことがある。研究生も日ごろから常に自分の身体の軸・重心を意識するよう心がけていると言う。今回選定した舞踊も、軸や重心移動が重視されている舞踊である。研究生から役立ったと評価された②は、一般的な人間の形から肉体の情報が削り取られている。また、直線の組み合わせによって表現されているCGアニメーションであるため身体が真っ直ぐかどうかや、腰の高さや、脚や腕の角度や位置が見やすくなる。また③は、頭・胸・骨盤・腕・手・脚・足が立体的であるため、姿勢や身体の向きやひねりが明確である。背骨や骨盤が見えているので軸や重心の動きがとらえやすいと考えられる。しかし、①ではいくつかの点だけによって動きが表現されているため、自分の頭で軸をイメージしなくてはならない。④や⑤では軸が肉に隠れてしまい真っ直ぐなのかどうか理解しにくかったのである。そのため、研究生が必要としている要素が見やすいCGアニメーションは、②と③であったと言える。

モーションキャプチャを用いて、単純に簡略化しただけのCGアニメーションを作るのではなく、熟達する上で鍵となる要素が見やすいよ

うな表現に加工してはじめて舞踊の練習に役立つものになると考えられる。

3.2. 舞踊の変化

どの研究生も1ヶ月間で、4回程度CGアニメーションを見て、練習をしていた。自主的な練習目的の活用が中心であった。活用方法としては、まず講師と自分の舞踊のCGアニメーションを見てお互いの動きを比較し、実際に自分で動いてみるといった内容であった。

聞き取り調査2では、CGアニメーションを活用した1ヶ月間の練習を通して、どのような変化があったのか、研究生と講師にモーションキャプチャ1回目と2回目のCGアニメーションを比較しながら評価してもらった。

研究生に練習で気をつけたことを聞くと、「動きにまとまりがない事に気づいたのでそれを直すようにした」、「バラバラな感じがしたので連動性を意識した」といった意見が得られた。そして、研究生は、1回目のモーションキャプチャと2回目のモーションキャプチャにより得られたデータから作製したCGアニメーションを比較し、「動きにまとまりができた」、「無駄な動きが減り、動きが小さくなった」と評価した。講師も、CGアニメーションを比較

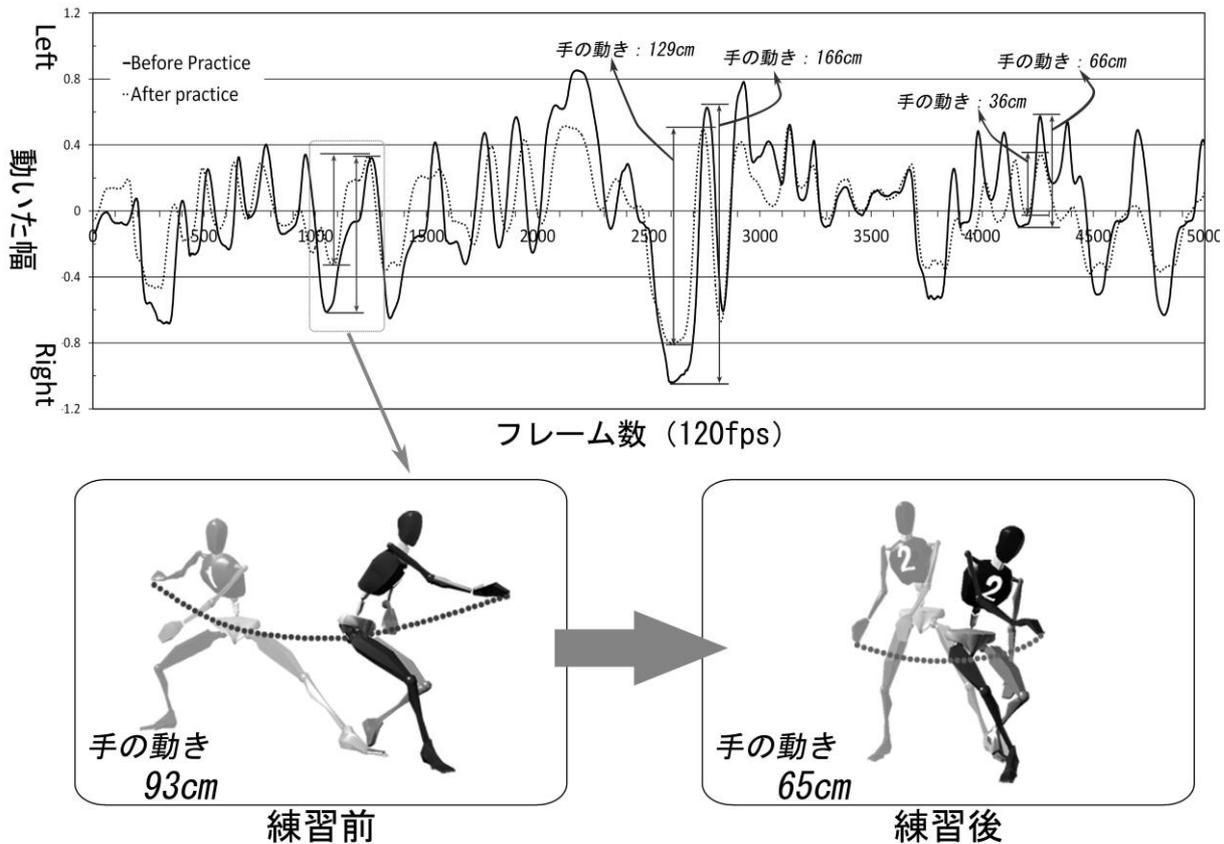


図5 研究生の手(左右)の動き

して「動きが小さくなってきた」と評価したが、それは「上達の過程で見られる変化であり、良いことである」と述べていた。

こういった評価が得られたのは研究生が言うように、②と③の CG アニメーションが、気を付けるべき点が見つけやすい、つまり、初級者が必要としている情報が得られやすかったからであると考えられる。

図 5 は、ある研究生の手の動きの変化(左右の動き)を表したグラフである。実線が練習前の動き、点線が練習後(1 ヶ月後)の動きである。縦軸は左右の移動距離 (cm) を示し、横軸はフレーム数である。1 フレームは 1/120 秒である。本研究で対象とした舞踊は直線的に前進していく。そこで、踊りの進行方向を前後の軸とし、それに直交する軸を左右の軸とした。

例えば図 5 に示した「水汲んでジャー」と研究生らが呼ぶ踊りの動作においては、研究生の右手の左右の動きは 1 ヶ月間の練習で、93cm から 65cm と動きが小さくなった。この部分の講師の動きはとても小さいものであった。研究生は CG アニメーションを見て講師と自分の違いに気づき、自分の動きを講師のそれに近づけるよう練習した結果がこのような数値に表れたと思われる。こうした動きが小さくなるという傾向は、身体の他の部分においても全般的に見られ、全ての研究生に共通してあてはまるものであった。

CG アニメーションを見ての研究生や講師の感想通り、実際の舞踊において熟達へとつながる変化がこうした数値の変化に表れていると言えよう。

4. 今後の課題

本研究では、舞踊の初級者を対象とし、比較的シンプルな 5 種類の CG アニメーションの有用性について評価した。その結果、身体の内軸や重心がイメージできるようになることを大切にしている研究生にとっては、その部分が見やすいような CG がよいことがわかった。しかし、すでに軸や重心がイメージできるような舞踊の学習者にとっても②や③のような CG アニメーションが役立つかどうかは明らかとなっていない。これまでの研究でも、熟達者はより実物に近い方が良いと答えている。熟達の度合いによって役立つ CG アニメーションの表現も異なる可能性があると思われる。今後は、様々なレベルの舞踊の学習者にとって、どのような CG の表現が学習者に役立つのかを明らかにしていく必要がある。

付記

本研究にあたり、快くご協力いただいた養成所の講師、研究生の皆様へ深く感謝いたします。本研究は、平成 23 年度科学研究費補助金『モーションキャプチャと 3D 立体ディスプレイを併用した舞踊教育支援法の開発』(基盤 C, 代表: 渡部信一, 課題番号 22500876)の補助を受けた。

参考文献

- [1] 生田久美子: 「わざ」から知る, 大学出版, 東京, 1987 新装版 2007.
- [2] 中澤篤志: 知っておきたいキーワード モーションキャプチャ, 映像情報メディア学会誌, Vol.63, No.9, pp.1224-1227, 2009.
- [3] 上崎亮: 競技自転車におけるペダリング動作の最適化シミュレーション, 電子情報通信学会総合大会講演論文集. 情報・システム(2), pp401-402, 2000.
- [4] 重道 温: 加速度センサを用いた無拘束三次元足軌跡の計測の試み(福祉と知能・情動・認知障害, 福祉と音声処理, 一般), 電子情報通信学会技術研究報告. TL, 思考と言語 106(486) 49-54, 2007.
- [5] Rahman Md. Mostafizur: ピアノ教育用教材としての手指用モーションキャプチャシステムの利用可能性の検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16(1), pp83-92, 2011.
- [6] 曾我麻佐子, 海野敏, 安田孝美: バレエ創作を支援する Web ベースの振付シミュレーションシステム, 電磁情報通信学会技術研究報告, MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, pp71-74, 2003.
- [7] 八村広三郎: モーションキャプチャによる舞踊のデジタルアーカイブ, 情報処理学会研究報告, No.1, pp1-8, 2007.
- [8] 岩月正見: 能の型付資料に基づく所作単元の分析と舞の 3D アニメーション合成, 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ研究会報告, 2011-CH-91(7), pp1-8, 2011.
- [9] 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.
- [10] 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部信一: モーションキャプチャの舞台教育活用モデルの開発, 情報処理学会・人文科学とコンピュータ研究会発表論文集, No.82-6, pp1-6, 2009.
- [11] 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.), pp133-136, 2010.