

## 簡易式モーションキャプチャを活用した 中国雑技団の役者養成教育の支援

佐藤 克美<sup>†</sup> 海賀孝明<sup>††</sup> 渡部 信一<sup>†††</sup>

3次元の身体動作を計測できるモーションキャプチャは、身体動作を伴う芸能への教育活用が期待されている。しかし、モーションキャプチャを教育に役立てようと考えた場合、高価である、大規模である等の問題がある。そこで、より手軽な動画を利用した簡易式のモーションキャプチャを活用しようと考えた。中国雑技団の研修所で簡易式モーションキャプチャを行い、雑技教育へのメリットについて検討した。その結果360度の視点を持つことや、学生の興味関心を高め多様な学びができることが明らかになった。この簡易式モーションキャプチャは、比較的安価であること、場所の制約がないことなどの利点を生かし、教育への活用が可能であると考えられる。

### A support for the actor training program of Chinese Contortion, using a simple Motion capture

Katsumi Sato<sup>†</sup> Takaaki Kaiga<sup>††</sup> Shinichi Watabe<sup>†††</sup>

Motion capture can directly measure human movements. Therefore, it is expected to apply to educational objective for public entertainment or performing art. However, applying to educations, there are problems, including its high price and its relatively large size. So, we have tried to apply simple motion capture, using more available video-pictures. Namely, we shot a film of movements of Chinese Contortion by the simple motion capture and made a computer-graphics of them. Then, we have discussed a merit for the education in case of using the computer-graphics. As a result, it can be possible to learn variously such that we can observe the movements from various angles. As this simple motion capture has merits, including comparatively low price and no-limitation of installing anyplace, it is thought that the motion capture can be applied to the educations.

<sup>†</sup>東北大学大学院教育情報学教育部 Tohoku University Graduate School of Educational Informatics, Education Division

<sup>††</sup>わらび座デジタル・アート・ファクトリー Digital Art Factory, Warabi-za Co., LTD

<sup>†††</sup>東北大学大学院教育情報学研究部 Tohoku University Graduate School of Educational Informatics, Research Division

### 1. はじめに

モーションキャプチャは、3次元の身体動作を直接計測できるシステムである。モーションキャプチャにはいくつかの方式があり、中でも光学式モーションキャプチャ、磁気式モーションキャプチャがよく使われている。現在では、これらのモーションキャプチャにより、非常に正確・精密に3次元動作を計測し、ほぼ自動でデータの可視化が可能になっている。モーションキャプチャは、現在では特に映画・ゲームのCG製作にはなくてはならない技術である。さて、映画やゲームのみならず、このモーションキャプチャを用いて身体動作を解析しようという研究も行われている。このように、モーションキャプチャはCGの作製やデータの計測が可能のため身体動作を扱う様々な場面で活用が期待されており、教育での活用もその一つである。

そこで、我々は、舞踊の「わざ」の熟達化をモーションキャプチャで支援しようとして試みてきた。これまでの研究で、モーションキャプチャのデータをもとに作製したCGは、服や背景など余計な情報を削ることができるため、身体の位置や動きを確認するのに有効であることが明らかとなった [1]。また、例えばデータをもとにグラフを作成した場合、グラフはCGと比較してさらに余計な情報が削られるため、身体の位置や動きに関する「気づき」や「理解」が得られること。さらに、グラフをもとにCGをみると新たな気づきがあること、つまり、単に余計な情報を削るだけでなく「気づき」や「理解」をもとに情報を増やすことによって、より効果的な「学び」を支援することが可能になることが示唆された[2][3]。

しかし、教育への活用について考えた場合、これらのモーションキャプチャに問題がないわけではない。

例えば、光学式モーションキャプチャならば、専用の服を着て、身体中にマーカーをつけなければならない。また、磁気式モーションキャプチャでも、身体各部にセンサーを取り付ける必要がある。加えて、モーションキャプチャは装置が大規模であり、どこにでも移動できるものではなく、基本的には専用のスタジオで撮影を行わなければならないなど制約が多い [4]。また、モーションキャプチャは専門家の領域であることは否めず、コンピュータ等に詳しくない者が簡単に扱えるものではない。そもそも、一般に非常に高価であり、重要無形文化財などの舞踊の保存のため等であればその利用も問題ないであろうが、例えば我々が研究の対象としている地域の伝統舞踊の伝承や学校での学習などで簡単に利用できるものではない。

さて、身体動作の計測方法には、モーションキャプチャに加え、デジタルビデオなどの動画に対しマーキングを行いCGに対応させる方法がある（以後、簡易式モーションキャプチャと表記する）。この手法では、デジタルビデオを利用するため、どこでも撮影が可能であり、屋外でも利用できる。また動作撮影の際、体にマーカーなどの器具を付けないため、動作をするものへの負担は少なく、自然に動くことができる。

しかし多くの場合、動画へのマーキングは手作業であるため、動作データを可視化するまでに時間を要する。また、手作業によるマーキングの不正確性から、精度が十分ではない可能性がある。

そこで、まず同一人物の同一の舞踊で、磁気式モーションキャプチャである Motion Star Wireles と、デジタルビデオカメラを利用したシステム（簡易式モーションキャプチャ）である Pv Studio 3D ver2.25 で計測した。そして、その結果を比較し、教育に活用することが可能か検討した。その結果、確かに不正確な部分もあるが CG を見ての感想には、制作まで時間がかかるものの、CG を比べても大きな差がないことがわかった [5] (表 1)。

この結果から教育への活用が可能ではないかと考え、本研究では中国雑技団に対し簡易式モーションキャプチャを行い教育への活用について意見を聞いた。そして、簡易式モーションキャプチャを教育に活用することの有用性について検討した。

## 2. 中国雑技団の雑技教育への活用実験

### 2.1 研究の対象

簡易式モーションキャプチャは簡単に利用でき、使用機器がビデオであり、どこでも撮影が可能であり、簡易式モーションキャプチャから製作した CG もこれまでのモーションキャプチャに遜色ない。したがって、普段の教育の場面でも活用が可能ではないかと考えた。そこで、実際に簡易式モーションキャプチャを教育に活用することが可能なかを検討するため、身体動作を学習する場で簡易式モーションキャプチャを行い意見を聞いた。

対象としたのは中国武漢市雑技団の研修所の教員と学生である。中国武漢市雑技団は中国の 4 大雑技団の一つに数えられる大規模な雑技団である。武漢市雑技団の研修所では今後 ICT を用いた雑技教育を行おうと考えている。簡易式モーションキャプチャの場所を選ばない特徴を生かし、筆者らの一人が中国武漢市雑技団の研修所におもむき、学生 2 名に 3 種類の雑技を行ってもらい、簡易式モーションキャプチャ用に 2 台のビデオカメラで撮影した。撮影した雑技は全て頂腕と呼ばれる演目である。撮影した全 3 種類のうち、2 つはそれぞれ個人で行う演目、1 つは 2 人で同時に行う演目である。

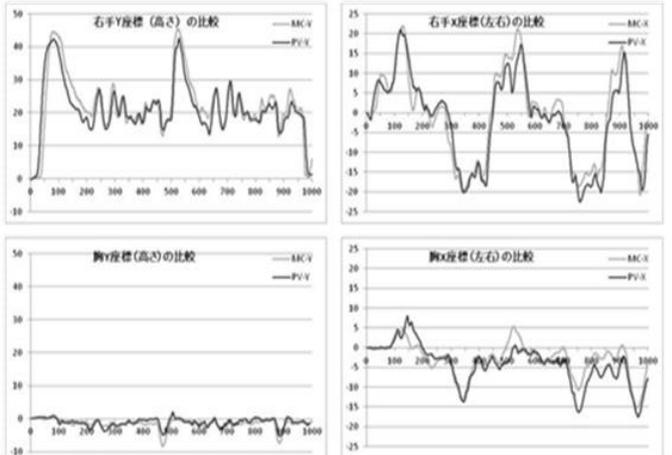
### 2.2 簡易式モーションキャプチャの実施

本研究では、簡易式モーションキャプチャとして、Pv Studio 3D を用いた。計測から CG アニメーション作成のまでの手順は以下の通りである。

#### ①ビデオでの撮影

固定した 2 台のビデオカメラで、それぞれ別方向から撮影した。今回は、正面から

表 1 磁気式モーションキャプチャ (MotionStar) と簡易式モーションキャプチャ (PvStudio3D) との比較

	MotionStar	Pv Studio 3D
データの正確さ	<p>磁気式モーションキャプチャに比べると、簡易式モーションキャプチャのデータは細かいところでとらえきれていないところがあるが、全体としては 2 つのデータに大きな差はない。</p> 	
データをもとに作成した CG アニメの比較	<p>磁気式モーションキャプチャ、簡易式モーションキャプチャのデータをもとに作成した人型の CG アニメの動きには大きな差は感じられない</p>	
計測にかかる時間	<p>センサーを体に取り付けるための準備に 30 分程度かかる。映像を残すためには別にビデオを準備する必要がある。</p>	<p>ビデオカメラを設置するのみ。</p>
CG 製作に要する時間	<p>センサーの位置を表した 3DCG を自動で作成可能。撮影後に簡単な人モデルを当てはめるまでにおよそ 1 時間程度で製作が可能。その後細かい修正が必要。</p>	<p>ビデオ映像を元にマーカを手動で入力する。1 カ所のマーカを打つのに 30 秒の踊りで 20 分程度。その後修正が必要。(コツをつかむまでは時間がかかる)</p>
その他	<p>専門的な技術が必要。専用スタジオで撮影が必要。体にセンサーをつけ、背中にバッテリーを背負わなくてはならない。金属を持ち込めない。服装に制限がある。高価(約 2000 万円)である。</p>	<p>デジタルビデオで撮影するので誰でもどこでも撮影が可能である。動きに制約がない。比較的安価(30 万~約 100 万円)である。</p>

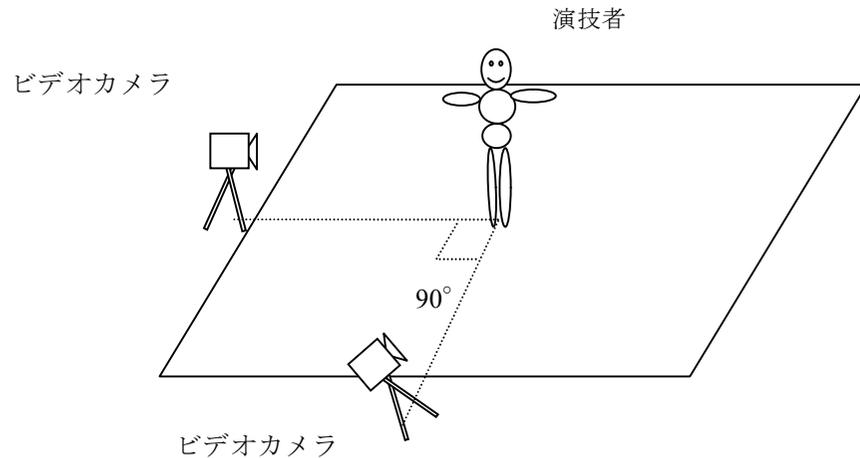


図1 カメラの配置

と、正面から見て左に約90度の角度からの2方向から、1フレーム=1/30秒で撮影した(図1)。踊りを撮影する前に、キャリブレーション用のマット・ポールを撮影した。

その後、ビデオ映像からPv Studioを用いてCGを製作した。また、踊りを撮影する前に、キャリブレーション用のマット・ポールを撮影した。

#### ②関節位置のマーク

撮影した映像をPv Studio 3Dに取り込み、関節の位置をフレーム毎に手動でマーキングしていく(ある程度まで自動でマーキング可能)。Pv Studio 3Dでは8か所の関節位置をマーキングすることで、自動的に人型のCGアニメーションを挿入することが可能である。本研究ではCG作製のため8~16か所の関節位置をマーキングした。

#### ③CGアニメーションの製作

Pv Studio 3Dでは、人型のモデル(以後、PVボディと記す)の製作が可能であり、今回はマーキングをもとに、PVボディも製作した(図2)。

### 2.3 インタビュー結果

インタビューの結果は表2にまとめた。ビデオで雑技を撮影する前に、コンピュータ等の機器を雑技教育に用いることについて思うことを聞いた。すると教員、学生全てが抵抗感なく逆に積極的に利用していきたいと考えていることがわかった。

完成したCGを見てのインタビューでは、現在の練習の問題点として、「練習に変化

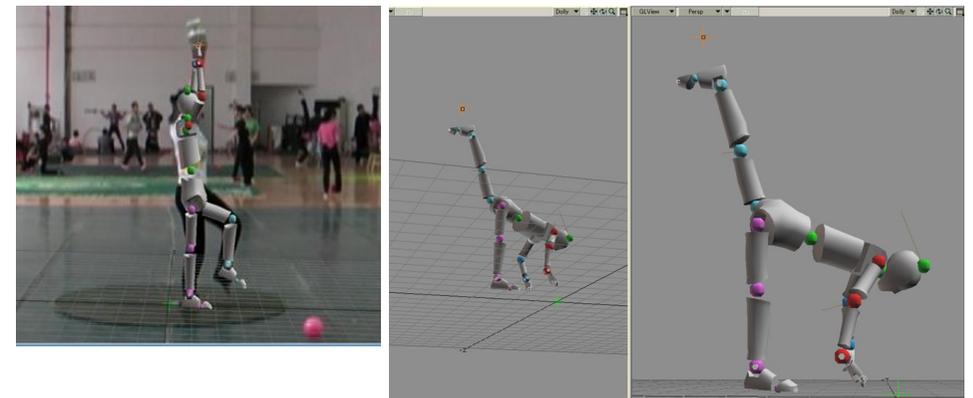


図2 撮影の様子と、作製したCG

がないので意欲がわからない」といった意見が多くの子から出された。また、近年学生の増加もあり、「動きがよく見えない」という学生の意見や、「すべての学生に目が届かない」という問題点が挙げられた。それを受けて、教員たちは「より効率的な指導を考えていかなければならない」と考えていることがわかった。

簡易式モーションキャプチャによるCGを教育に活用するメリットとして、教員からは「360度回転させたり、自由に拡大、縮小することができ、便利である」、「学員

が興味を持つであろう」、「学员たちが楽しんで学習することができる」という意見が出された。学生からも、「映像を360度回して見ることができ、自由な拡大、縮小ができる。そのため、自分で学ぶときに便利である」。また、「説明が難しく理解できないところを3DCGで見ると分かりやすい」、「先輩や熟達者の映像を見て、自分の不足点について理解することができる」、「3DCGを使った雑技教育は意欲を向上することができる」といった意見が得られた。

教育活用についての問題点として、「CGを見て自分で学習しているとき質問ができない」といった意見の他に、腰の動きや足の動きがうまく表現できていないと言う簡易式モーションキャプチャの問題点に関する意見が出された。頂腕という雑技が足のうらにお腕を載せて逆立ち等をする

言う演技であり、足の指の動きが重要であるためであるが、今回のCGでは足の指の動きまでは作製しなかった。また、お腕を足に乗せたままエビぞりのような体勢をとるが、今回腰関節を一つにしてCGを作製したために腰の曲がりきれいに表現できていなかったために指摘された問題点である。これらの問題に関しては、マーキング数を増やすことで解消できることであり、必ずしも簡易式モーションキャプチャのために生じた問題ではない。しかし簡易式モーションキャプチャの場合、マーキングを増やせばそれだけ製作に時間がかかるため、どの関節をマーキングすれば良いのかについてはよく検討しなければならないであろう。この他、雑技団の教員・学员を対象としたインタビューでは、必ずしも従来の高度なモーションキャプチャでなければ実現不可能な問題点は挙げられなかった。また、精度に関する問題点は教員・学生からも出なかった。逆に、「正確に記録されていると思う」と答えたものもいた。

### 3. 教育活用について

#### 3.1 簡易式モーションキャプチャの教育活用の可能性

簡易式モーションキャプチャの場合、画像を元に手動でマーキングしており、死角も存在するために、常に身体と同じ点をマークしているとは言い難い。比較したグラフでも、おおむね合致はしているものの、死角に入ったところで差ができています。そのため、精密性が要求されるような場合には簡易式モーションキャプチャの利用は向かない。例えば、熟達者の踊りの微妙な差等はより高精度なモーションキャプチャである必要がある。

しかし、従来のモーションキャプチャは、専門家以外が簡単に使えるものではなく、一般に非常に高価であり、例えば学校での学習や役者養成所の教育での利用、地域の民族舞踊の伝承の場面などで簡単に利用できるものではない。またモーションキャプチャでは、身体にセンサやマーカーをつけ、特別な服を着て、専用のスタジオで撮影が必要であるが、簡易式モーションキャプチャは、ビデオで撮影さえすればよいので、

表2 インタビュー結果

	現在の指導・学習で困っていること	CGを見た感想 (メリットに関するもの)	CGを見た感想 (デメリットに関するもの)	その他
指導者	学生が見えない時がある	いろいろな角度から見られる	足先の形が表現されていない	今後CGを使ったような新しい学習方法は必要である
	理解させるのが難しい	拡大縮小ができる	顔の表情がない	海外へアピールできる
	効率がわるい	楽しんで学習できる	腰の曲がりが悪い	伝統芸能が発展する
		映像を見て自分で練習できる	雰囲気伝わらない	
		手本として活用させることが可能		
		動きを全て記録することができる		
学生	説明の意味が分からない	いろいろな角度から見られる	疑問点の回答が得られない	撮影、操作は簡単で使いやすい
	意欲がわからない	拡大縮小ができる	腰や足の動きが悪い	
	先生が見えない	意欲がわく		
	つらい	説明が難しい時CGをみれば自分の不足点がかかる		
		どこでも見ることができる		
		手本にできる		

特別な準備が必要ない。したがって、普段の練習の時に撮影が可能で普段通りの動きができる。

今回の研究では、簡易式モーションキャプチャでも、磁気式モーションキャプチャでも、CGアニメーションを見た限りでは大きな違いがないことがわかった。雑技団の学習場面においても精度に関しては、必ずしも簡易式モーションキャプチャであったために生じた問題点は挙げられなかった。

これまでモーションキャプチャを使わずに、リアルなCGアニメーションを製作するためには膨大な時間と、専門的な知識と経験が必要であった。しかし、簡易式モーションキャプチャでは、モーションキャプチャには及ばないまでも短い時間でアニメーションの作製が可能であった。さらにはシステムに対する知識、CGアニメーションに対する知識等もほとんど必要としなかった。

これらのことから、簡易式モーションキャプチャはCGアニメーション作成までに数時間かかるという問題があるものの、専門家でなくとも簡単に利用でき、かつ価格が数十万円程度であること、そして使用機器がビデオであり、どこでも撮影が可能であり、CGもこれまでのモーションキャプチャに遜色ないことなどを考えると、普段の教育の場面でも活用が可能ではないかと考える。

### 3.2 教育への活用の有用性

簡易式モーションキャプチャによるCGアニメーションを見たりすることで、身体の位置や動きを確認することが可能であると考えられる。

雑技団の教員・学生から出されたメリットに「映像を360度見渡せる」という意見があった。これまでは、雑技はじめ、何らかの身体動作を学習する場合のテクノロジー活用の一つとしてビデオがあった。ビデオは指導者の演技を見たり、自分たちの演技の復習・確認したりする道具として使われてきた。ビデオにより撮影された映像は2次元である。それに対し、モーションキャプチャから作成された映像は3次元情報を持つ。ビデオにはアングル、フレームという空間的制約があるが、3DCGには「360度の視点」「ズームの自在性」という特徴がある。例えば、後ろから雑技を見たり真上から見たりすることが可能である。さらに拡大してみるなど、自分の目的に応じた観察が可能である。「大勢で学習していると見えないことがあったり、角度によっては見づらいことがある」という意見があったように、「雑技が見えないために学習に困難をきたす」というこれまでの問題点を克服しているところに、大きなメリットを感じたものと考えられる。また、多人数で行う雑技の場合、お互いの位置関係を様々な角度から眺めることが可能になり、より美しい雑技を構成する上でも役立つであろう。さらに、学員の多くは、これまでの練習が「とてもつらい」「単調である」と言うコメントを述べているが、CGは「面白い」「意欲が湧く」と言っているように、学員の学習意欲の向上につながると思われる。さらに指導者・学員がともに望む「多様な学習方

法」の一つになりうると考えられる。

また、データもおおむね正確に記録されていると考えられる。このようなデータを比べることで上達度等を確認することもできるであろう。

### 3.3 CGアニメ制作過程による学習について

自分の踊りのビデオ映像をもとにPv Studioを使い、CGアニメーションを作った方からは、CGアニメーションを作ることで自分の踊りについて理解が深まったと言っている。踊り手自らが関節位置を手動でマーキングしCGを作りあげていったことで、「普段は気が付くことのない肩の付け根の位置、ひじ、手首などの屈折、長さなどをはつきり知ることができた」と述べていた。

CGアニメを作りこんでいくことにより理解が深まるという[6]。また、ビデオ映像と比べながらCGを製作していくことで実物の運動の特徴がより詳細に観察できるようになっていく[7]。

簡易式モーションキャプチャは、ビデオ映像を元に、各関節の位置をマーキングしながら3DCGを作製していく。そのため、関節の位置や角度を実感でき、どこが悪いのかが理解できると考えられる。さらにCGの人型モデルを理想的な形にするためには、どの位置に関節があればよいのか等、試行錯誤しなくてはならない。これにより、修正点や修正方法を実感することが可能になるとも考えられる。これは、ほとんど自動でCGアニメーションの製作が可能なモーションキャプチャではわからなかったことである。

これまでの舞踊の学習は、熟達者の踊りを見て覚えるという形をとってきた。ビデオを使った場合でも、見るものが中心であった。踊りを理解するため、実際の動きをより詳細に観察できるようにするための道具として簡易式モーションキャプチャを活用するという、新しい学びも考えられる。

本研究では、これまでの高価なモーションキャプチャと簡易式モーションキャプチャを比較し、簡易式モーションキャプチャが舞踊の教育に活用について考察してきた。今後、さらに簡易式モーションキャプチャの利点や問題点を検討し、実際に教育へ活用しその利点について考えていきたい。

## 付記

本研究は、東北大学大学院教育情報学教育部・平成20年度修士論文として提出されたシュエ・イー氏の修士論文指導の一環として実施されたものである。

## 参考文献

- 1 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部信一 (2009) 舞台役者の「わざ」熟達化を支援するテクノロジー活用に関する教育学的検討(印刷中) 教育情報学研究部・教育部紀要, 教育情報学研究 第8号
- 2 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部信一 (2008) 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, 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.209-216
- 3 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部信一 (2009) モーションキャプチャの舞踊教育活用モデルの開発, 情報処理学会研究報告 人文科学とコンピュータ, CH82-No.6, pp.1-8
- 4 岡田 隆三, シュテンガー ビヨン, 池 司, 近藤 伸宏 : マーカレスモーションキャプチャによる仮想ファッションショー電子情報通信学会技術研究報告. TL, 思考と言語 Vol.104, pp. 19-24, 2005
- 5 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部信一 (2008) 舞踊教育における簡易式モーションキャプチャの有用性, 情報処理学会研究報告 人文科学とコンピュータ, Vol.2008, No.100, pp.9-13
- 6 渡部信一, 小山智義 (2001) 3DCG を用いた行動観察手法の評価と「自閉症行動ライブラリー」の試作, 日本教育工学会誌 25: pp.205-208.
- 7 加藤浩, 有元典文 編著 (2001) 認知的道具のデザイン, 金子書房, 東京