

講演

舞踊とモーションキャプチャ —デジタル技術による伝統芸能の記録と解析—

立命館大学 八村広三郎

1 はじめに

立命館大学では、98年度に設立したアート・リサーチセンターにおいて、デジタルアーカイブ、特に舞踊・伝統芸能などの無形文化財関連資料の記録と保存、またそれらの活用についての研究を行ってきた。ここでのこれらの活動の実績を受け、02年度には、本センターを拠点とする文部科学省21世紀COEプログラム「京都アート・エンタテインメント創成研究」が採択された。本プログラムは、文学研究科を中心とする文系研究者と、理工学研究科の理系（情報系）研究者との大規模な文理融合型の研究計画であり、いくつかの文と理のコラボレーションによる研究プロジェクトが活動している。

筆者は以前よりアート・リサーチセンターの研究活動に関与してきているが、COEプログラムにおいては、「モーションキャプチャ・プロジェクト」を組織し、無形文化財の保存と解析を主たる研究テーマにおいて、モーションキャプチャ・システムを利用した舞踊の身体動作そのもののデジタルアーカイブ化とデータ解析の研究を行っている。ここでは、われわれのプロジェクトでの、舞踊の身体動作データの解析に関する研究の一部を紹介する。

2 モーションキャプチャ

デジタルアーカイブでは、絵画、地図、写真などの、いわゆる平面資料を対象とした活動が基本となるが、彫刻・仏像や考古遺物など立体的な対象の高精度計測によるデジタル保存も行われるようになってきている。さらに、このような有形の資料・文化財だけでなく、音楽や舞踊などのいわゆる無形文化財をも対象とするようになってきた。

舞踊などの無形文化財の記録は、基本的に身体運動の記録になる。これにはビデオなどの動画による映像記録が最も手軽なもので、広く利用されている。しかし、身体運動そのものを正確に記録し再現するためには、人体各部の3次元位置の時間的変化の様子を計測する必要がある。

90年代に入って、人間の身体運動の3次元空間内の運動を計測するモーションキャプチャシステムが開発され、これにより人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った。当初は、おもにコンピュータゲームや映画制作などに利用されたが、近年、舞踊や芸能などの無形文化

財の記録・保存にも利用されるようになってきた。

モーションキャプチャ装置には、原理上、大きく分けて、光学式、磁気式、機械式の3つの方式がある。踊り手に対する負担の意味では、光学式がもっとも好ましい。図1に光学式によるモーションキャプチャシステムの構成図を示す。踊り手には、ピンポン玉よりやや小さい球形の反射マークを関節近くの体表面に、20から30個程度取り付ける。踊り手を中心に、ライト付きの複数の高精度ビデオカメラを配置する。ライトからの発光によりマークが明るく反射してこれがビデオカメラで撮像される。実際のモーションキャプチャの様子を図2に示す。

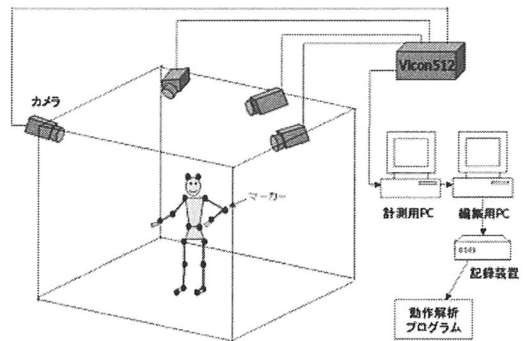


図1：モーションキャプチャ

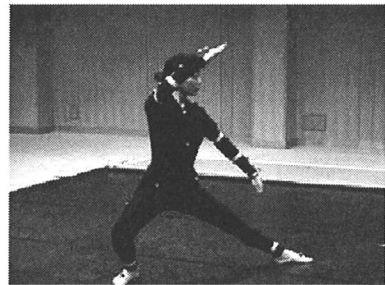


図2：被験者へのマークの装着

ひとつの対象物が、位置が既知の2台のカメラで撮影されれば、この2枚の撮影像から、対象物の3次元位置を知ることができる。これは、土木工事現場などで使われる三角測量の原理と同じである。モーションキャプチャの場合、対象の人体は姿勢を変えながら空間内を動き回るので、2台のカメラだけでは、常にすべてのマークを捕捉することはできない。このため、普通は6台から10台程度の複数のカメラを利用し、すべてのマークが、常にどれか2台以上のカメラに捉えられているようにする。

この計測にあたっては、複数のカメラの位置、

方向などが正確に分かっている必要がある。このために、計測の前にシステム全体のキャリブレーション（較正）の作業が必要である。

検出された個々のマーカの位置が体のどの部分につけられたものであるかを定めることをラベル付けという。あるマーカの像が身体どの位置につけられたマーカのものかということは、ある時点の反射像だけからでは分からない。このため、普通は、最初に全体のマーカが明確に見える姿勢をとってから、この初期状態を基準にして、順次マーカ像を追跡していくことになる。しかしこのようにしても、手を交差したときなどに、左右のマーカを取り違えてしまうこともある。

また、複雑な動きをする人体を対象とするので、上述のように、常にすべてのマーカが複数台のカメラで捉えられているということは必ずしも保証されない。マーカが体の一部で隠されてしまうこともある。この場合はマーカ像が欠落することになる。

このように、モーションキャプチャにおいても、常に完璧なデータが得られるということはなく、マーカの欠落、ラベル付けの失敗などが頻繁に発生する。さまざまな調整を行うことでこれらの可能性を減らすこともできるが、最終的には、これは手作業により修正を行う必要がある。これを、後編集の作業と呼んでいるが、これは経験と時間を必要とする作業である。図3は、このようにしてラベル付けされたマーカ情報をもとに、体の構造を再現し表示したものである。

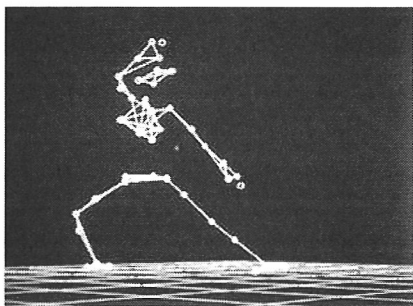


図3：計測されたマーカ位置のCG画像

モーションキャプチャによりデジタル化された身体動作データを利用して、CGによる舞踊のアニメーションやマルチメディア教材を作成することもできる。図4は、能の演目「大会（だいえ）」の仕舞をモーションキャプチャしたデータをもとにして作成した3次元CGアニメーションの1コマである。

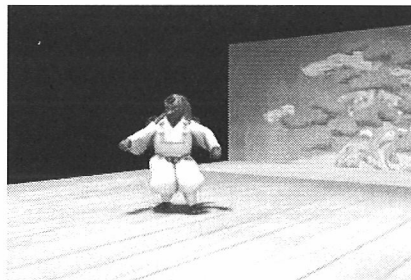


図4：作成したCGの例

3 身体動作データの情報処理

さて、このようにしてモーションキャプチャにより得られた舞踊の身体動作データを対象として、さまざまな情報処理の研究を行っている。以下ではこの中の幾つかを紹介する。

3.1 身体動作の類似検索

モーションキャプチャ・システムを利用し、さまざまな舞踊をキャプチャしてきているが、今後、データが増え続けていくと、これらのデータの管理が課題となる。現在、モーションキャプチャデータの管理システムを構築中であるが、この際、文字データによる管理情報からだけでなく、身体運動の類似性に基づく、動作データの「内容検索」についても実現できることが要求される。このような観点から、モーションキャプチャによる舞踊の身体運動データの類似検索の研究を行っている^[1]。

類似検索のためには、身体動作データ間での類似度を求める必要がある。どのような基準で身体運動の類似性を定義するかについては考慮すべき点がある。たとえば、同じ「歩く」動作であっても、右足から踏み出す場合もあれば、左足から踏み出す場合もある。また、歩く速度にもばらつきがあり、立つ位置や向きもさまざまである。これらは同じ「歩く」という動作で、類似動作とみなすことができるが、モーションキャプチャのデータは全く異なったデータである。また、舞踊の表現には、全体的には同じ身体動作であっても、その一部分での動作速度が演技者により変化するようなものも見られるのが通例である。これらの差異や体型（サイズ）の差異を吸収した類似動作の検索を可能にする必要がある。

本研究では、身体動作データのマッチングのために、音声認識や手書き文字認識などで長さの異なるデータ系列間でのマッチングに広く用いられているDPマッチング法を使用する。これで、動作速度の差異を吸収する。動作の類似性は、人体モデルの対応する関節間の距離を求めることで判定する。2つの身体姿勢が与えられたとき、対応する関節間の距離の総和で身体姿勢間の距離を定

義する。一連の身体姿勢の系列，すなわち身体動作データ間については，フレーム数にわたる身体姿勢間の距離の総和を求め，これを身体動作データ間の距離とする。

以上のようにして，類似した身体動作を検索するためのシステムを作成した^[1]。舞踊の比較研究においては，手の動き，足の動きだけに注目したいこともある。このため，体の各部位，たとえば，右手の動作だけを対象とした検索もできるようにしている。

3. 2 特徴的姿勢の抽出

舞踊は時間芸術であり，時間の経過により表現されるものであるが，ある瞬間瞬間のポーズにより，表現される部分も多い。このような観点から，一連の舞踊のモーションキャプチャデータの中から，その舞踊を適切に表す，いくつかの特徴的で代表的な身体ポーズ，あるいは，音楽のいわゆる「サビ」のような主要な部分を抽出する基礎的な手法について研究している。舞踊における「見せ場」はどのような特徴をもっているか，また，それは，見る人にどのような印象を与えるか，などがおもな課題となる^[2]。

これでは，各時点での，踊り手の体全体を包み込む最小凸多面体（凸包という）の体積を求め，この値の時間的変化（図6）をもとに，特徴的なポーズを求めている。図7に結果の一例を示す。

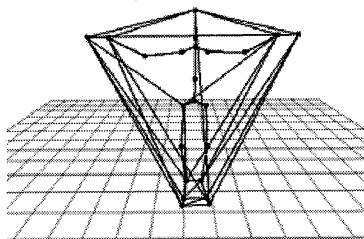


図5：身体モデルとその凸包

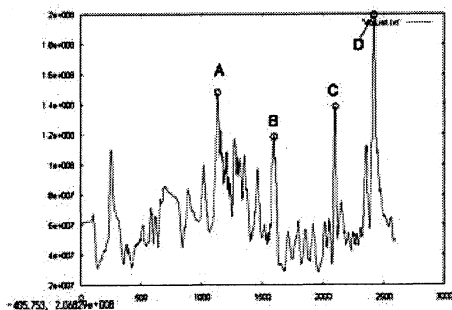


図6：凸包の体積の変化

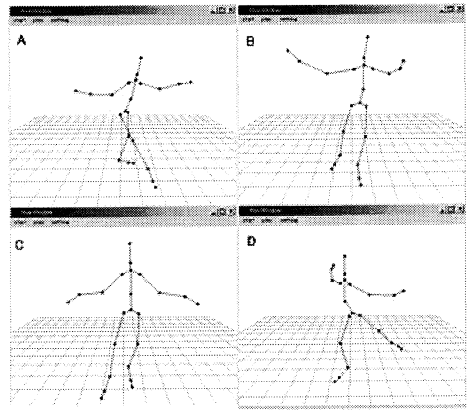


図7：抽出した特徴的フレーム

3. 3 舞踊の定量的解析

熟練者と非熟練者の身体動作を比較し，これらの相違を定量的に明らかにすること，西洋の舞踊と日本の舞踊との定量的な比較を行うこと，舞踊の上手下手，表現力の豊かさなどはどのような身体姿勢や運動によって形成されるのかなどを，モーションキャプチャデータの定量的な解析によって行う。これは，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が異なるが，たとえば，腰の部分の動き，手の先の動きなどから特徴抽出を行い，これに基づいて，定量評価の可能性を探る^[3]。

いままでに，主に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もとづき，これを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する研究を行っている。すでに，「オクリ」という基礎技術の中の，女性的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定量的に確認した。また，説明的動作として分類されるオクリ動作について同様の解析を行った。説明的動作のオクリでは，手の動作が足の動作を誘導することなどが分かった^[4, 5, 6]。

舞踊の熟練・非熟練の定量解析などを行うためには，まず，どの身体部位の動きに着目すべきかを明らかにする必要がある。これは舞踊の種類によっても異なるであろうし，着眼点も舞踊家それぞれで異なるであろう。これらの研究は，まだ初歩的な段階であるが，舞踊の解析においては，このような，舞踊家または舞踊研究者による視点に立脚した共同研究が重要であると考えている。また，これらの研究においても，より多くの演者，演目によるデータに基づく統計的な分析による一

般化が今後の課題である。現時点では、個別的な試みを行っている段階であるが、いずれ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なることが期待される。

3. 4 舞踊の感性評価

舞踊とは、人間の身体運動に他ならないが、舞踊を見る人は、身体の動作からさまざまな感性的な印象を受ける。身体と感性の関連については、顔の表情に対する研究は多く行われているが、身体動作に対する感性研究は、まだ、あまり行われていない。しかし、舞踊の解析という観点からは、これは重要で興味ある課題である。

われわれは、舞踊の身体動作とそれを観察したときに受ける感性との関連について、まずビデオ映像を用いた心理実験に基づく基礎的研究を行い、この結果をふまえて、モーションキャプチャデータから得られるいくつかの物理的特徴量との関連で同様の検討を行っている^[7,8]。

4 おわりに

ここでは、われわれのプロジェクトで行っている、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化とそのデータに基づく舞踊研究についての活動の紹介を行った。

現在のモーションキャプチャ技術で、舞踊などの表現芸術を記録すること自体に問題がないわけではない。すなわち、身体各部の3次元位置を正確に記録するため、踊り手は、ボディスーツでの計測を余儀なくされるので、そのことが演技に影響を与える可能性がある。また、身体の動きだけがすべてではなく、着衣や化粧の状態も重要であるにもかかわらず、これらはモーションキャプチャだけでは記録できない。

表情を計測するのも難しい。視線方向、目の動きも重要である。手指の動作については、小さなマーカを指の関節に使うことにより計測は不可能ではないが、身体全体の動きと同時に計測するのは非常に難しい。また、速い動きに追従するのも、現在のシステムでは難しい。

しかし、現時点ではこのような課題を含みながらも、モーションキャプチャにより、舞踊等の無形文化財における身体運動の定量的な解析が可能になるとともに、従来の定性的な評価との関連づけることにより、その芸術の源を探ることができるのではと期待される。

参考文献

[1] 高橋信晴, 八村広三郎, 吉村ミツ: モーションキャプチャを利用した舞踊身体動作の類似検索とその評価, 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.31-38, 2003.

[2] 八村広三郎: モーションキャプチャデータからの特徴フレームの抽出, 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.305-308, 2002.

[3] 吉村ミツ, 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, Vol.J87-D-II, No.3, pp.779-788, 2004.

[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, 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」の基本形の特徴, 情報処理学会研究報告, 2004-CH-61, pp.41-48, 2004.

[6] 中村佳史, 吉村ミツ, 丸茂祐佳, 八村広三郎: 日本舞踊における基礎動作「オクリ」の解析, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 (CD-ROM), D-12-46, 2004.

[7] 阪田真己子, 丸茂裕佳, 八村広三郎, 小島一成, 吉村ミツ: 日本舞踊における身体動作の感性情報処理の試み - motion capture システムを利用した計測と分析 -, 情報処理学会研究報告, 2004-CH-61, pp.49-56, 2004.

[8] 柿本篤史, 吉村ミツ, 丸茂祐佳, 阪田真己子, 八村広三郎: 日本舞踊における身体動作と感性の関連性の抽 4 出, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 (CD-ROM), D-12-45, 2004.5