

民俗芸能の舞踊を伝承するための 記録・保存技術の開発

玉本英夫[†]

民俗芸能には、祖先の生活風景、心象風景、知恵や知識などが深く反映されている。私たちには、このような貴重な民俗芸能を後世に伝承して行く責務がある。しかしながら、急速な高齢化や地方の過疎化に伴って後継者不足が深刻な問題になっており、失伝が避けられない状況にある。そこで、この10年間、秋田大学を中心に産学官で連携しながら、とりわけ民俗芸能の舞踊の伝承に資するために記録・保存技術の開発を行ってきた。本文では、これらの技術の開発の経緯と成果を紹介する。

Development of Archiving Technique for Bequeathing Dances of Folkloric Performing Arts to the Future Generations

Hideo Tamamoto[†]

In folkloric performing arts, we can deeply feel the scenery of life, scenery of mental images, wisdom and knowledge of our ancestors. We have the duty to bequeath such valuable folkloric performing arts to the future generations. However, since there is the serious problem that the inheritors are rapidly vanishing due to the rapid aging and the depopulation of regional communities, we cannot escape from losing the folkloric performing arts. In order to deal with this problem, for more than 10 years, we have developed the archiving techniques for bequeathing the folkloric performing arts, especially for folkloric dances in cooperation with industry and local government. In this paper, I will introduce our developed techniques and their fruitful results.

1. はじめに

民俗芸能は人々の生活に密着し、その時代に適応しつつ形を変えながら伝えられてきた貴重な無形文化財である。そのため、民俗芸能の舞踊には、祖先の生活風景、心象風景、知恵や知識などが深く反映されている。私たちには、このような貴重な民俗芸能を後世に伝承して行く責務がある。しかしながら、急速な高齢化や地方の過疎化に伴って後継者不足が深刻な問題になっており、失伝が避けられない状況にある。一度失伝した民俗芸能はその復活は極めて難しい。

筆者らは、1997年に、民俗芸能の舞踊の記録・保存のために3次元デジタル舞踊符（以下、舞踊符）と名付けた概念と実現のための技術を提案した¹⁾。舞踊符とは、モーションキャプチャで取得した舞踊の3次元デジタル情報を基本動作に分割して名前を付けたものである。舞踊符を並べることによって舞踊を構造化して記録でき、また、舞踊の創作ができる。CG技術を利用して3次元デジタル情報を再現すれば種々の視点から舞踊を見ることができ、伝承のための非常に有用な手法となる。

舞踊符の技術は、民俗芸能の舞踊を学ぶためのDVD教材の制作技術として実用化された。秋田県の舞踊を中心に、現在、13タイトルの舞踊のDVD教材が制作されている。

舞踊には手指の動きを使って感情表現を行うものが多くあり、舞踊の記録・保存のためには精細な手指の動きを記録できる装置が必要であった。筆者らは、2006年に手指の動きを精細に記録できる世界初の手指用モーションキャプチャを開発した^{2) 3)}。体全体の動きだけでなく、手指の動きも同時に記録・保存できるようになった。手指用モーションキャプチャは舞踊だけでなく、手を使う技能や技術の記録・保存にも活用できる。

伝承を考えたときには、記録・保存するだけでは不十分である。映像やCGアニメーションを見るだけでは、どのように学べばよいのかが十分に伝わらないからである。そこで、教える人（教師）から学ぶ人（生徒）への伝承がなされているときの状況を考え、舞踊符の研究の成果を活用して、次のような伝承技術の検討を行っている。1) 教師の舞踊符で生徒と同じ体形のモデルを演技させる手法（模範演技）、2) 生徒の演技と教師の演技を比較する手法（演技の評価）、3) 演技に同期させて動作の意味を生徒に提示する手法（演技の解説）。

本稿では、これまで進めてきた以上のような民俗芸能の舞踊の記録・保存の術、伝承技術について紹介する。

[†] 秋田大学工学資源学部
Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

2. 舞踊符による舞踊動作記述システム¹⁾

2.1 舞踊符と舞踊譜

本研究では、身体動作データを取得するために、磁気式モーションキャプチャ（以下、MoCap）である Ascension Technology 社の MotionStar WirelessTM を使用した。センサは、図 1 に示すように全身の 15 箇所に取り付け、毎秒 30 フレームのレートで 3 次元の位置と角度のデータを記録する。

舞踊の一連の動きを構成して、分割できる個々の動作を振りと呼ぶ。磁気式 MoCap を使用して計測した舞踊の動作データを、身体の一部の部位（頭部、腕部、胸部、脚部）ごとに振りの動作データに分け、それに割当てた名前を舞踊符と呼ぶ。

舞踊符を身体の一部の部位毎に並べることで、一連の動作を記述できる。この記述を舞踊譜と呼ぶ。舞踊譜から身体の一部の動作データを合成すれば、新しい動作データを生成できる。

2.2 舞踊動作記述システム

舞踊符を使って舞踊譜を作成し、その舞踊譜から新しい動作データを生成するために、図 2 に示すような舞踊動作記述システムを開発した。このシステムは、動作データベース部、動作作成部（舞踊コンポーザと舞踊コンバータ）から成る。

動作データベース部は、舞踊符と振りの動作データを対応付けたデータベースである。舞踊符を指定して、舞踊符が表す動作データを取り出すことができる。

舞踊コンポーザは、部位毎に時間軸に沿って舞踊符を配置することにより、舞踊譜を作成する。図 3 に実行中の画面例を示す。

舞踊コンバータは、舞踊譜に記述されている舞踊符を動作データベースから読み込み合成して、新しい動作データを生成する。生成されたデータは、CG ソフトウェアを用いてアニメーション等の作成に利用できる。

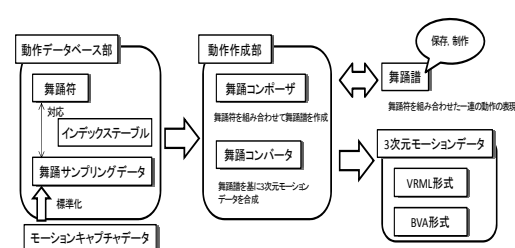


図 2 舞踊動作記述システムの構成

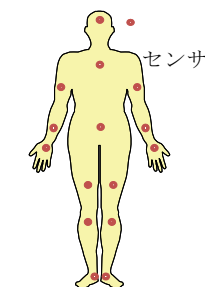


図 1 センサ位置

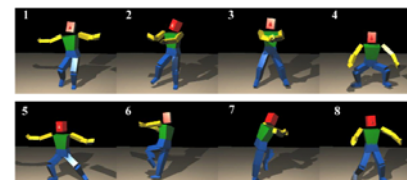


図 4 舞踊動作生成例

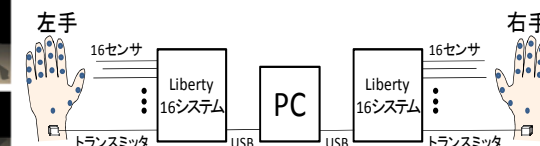


図 5 手指用 MoCap の構成

図 4 に、舞踊動作記述システムで作成した動作を CG アニメーションにした例を示す。自然で滑らかな動作が生成されている。

3. 手指用モーションキャプチャの開発^{2) 3)}

3.1 システム構成

舞踊には手指の動きで感情表現するものが多く、伝承のためには、複雑で繊細な手指の動きを記録・保存する必要がある。筆者らは、世界に先駆け、高速・高精度の計測ができる手指用 MoCap を開発した。

図 5 に本システムの構成を示す。Polhemus 社製の 3 次元磁気センサシステム（LIBERTYTM 16 システム）1 台と PC から成る。トランスミッタのサイズは 23 mm×28 mm×16 mm、レシーバのサイズは 9.9mm×9.6mm×9.6 mm である。トランスミッタからレシーバまでの距離、トランスミッタに対するレシーバの相対角度を計測する。各手指と手の甲の動きを計測するために、それぞれ 3 個と 1 個のレシーバを装着し、両手で計 32 個のセンサを使う。本装置では、32 個のレシーバのデータをサンプリングレート 240Hz で同時に測定でき、空間分解能と角度分解能はそれぞれ 0.0038mm、0.0012 度である。

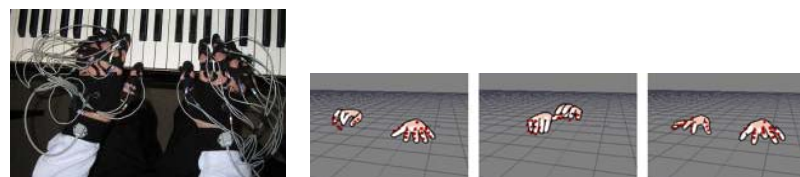
3.2 評価

測定精度がセンサ同士の距離より影響を受けるかどうかをテストしたが、レシーバが接近していても精度は影響を受けないことを確認した。位置データと角度データのばらつきはそれぞれ 0.1mm、0.1 度以下であり、このばらつきは、人の手指の動きを計測するに十分である。

手指用 MoCap を用いて、ピアニストの指の動きを計測した。手指用 MoCap をピアニストに装着した様子を図 6(a) に示す。計測したデータを使い、手のモデルを動かす CG アニメーションを作成した。同図 (b) にその結果を示す。CG がビデオカメラで撮影したビデオ映像と十分に類似していることを確認した。

4. 身体の動きと手指の動きの同時計測⁴⁾

4.1 計測システム



(a) 手指用 MoCap を装着した様子 (b) ピアノ演奏の CG アニメーション

図 6 手指用 MoCap を用いたピアノ演奏の収録

身体の動きを計測できる従来の MoCap と 3 章で紹介した手指用 MoCap を同時に動作させ、身体の動きと手指の動きを同時に計測する方法を開発した。図 7 に計測システムの構成を示す。手指の動きの計測のために 2 台の LIBERTYTM16 システム、身体の動きを計測するために 1 台の MotionStar WirelessTM システムを用いている。磁気センサを装着する位置を同図に示す。

手指の動作データ（手指データ）は、前腕に装着したトランスミッタの位置を原点としたローカル座標系で取得する。一方、身体の動作データ（身体データ）は、身体用のトランスミッタの位置を原点としたグローバル座標系で取得する。二つのデータを統合するため、手指データはグローバル座標系データに変換する。

4.2 実験結果

本手法を評価するために、国内最高峰の手踊りで日本三大盆踊りの一つである「西馬音内盆踊り」を収録した。手指データと身体データは、それぞれサンプリングレート 240Hz、70.9Hz で計測した。二つのデータのサンプリングレートが異なるので、キャプチャ PC を使って身体データを手指データに同期させた。

収録したデータを使い、人のキャラクタモデルを動かす CG アニメーションを作成した。図 8 に、収録を行ったときの様子と CG アニメーション、手指用 MoCap の有無による CG アニメーションの違いを示す。CG アニメーションとビデオカメラで撮影した映像とは十分に類似しており、本手法で手指の精細な動きと身体の動きを正確に計測できることを確認した。

5. 伝承技術の開発

5.1 伝承手法

舞踊符による舞踊の記録・保存技術は、映像だけでなく 3 次元デジタル情報としても舞踊を後世に残しておくことが目的であった。舞踊の伝承も視野に入れていたが、映像と 3 次元デジタル情報を残すだけでは、伝承には必ずしも十分ではない。映像

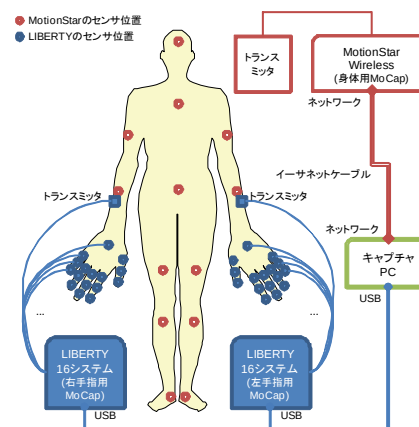
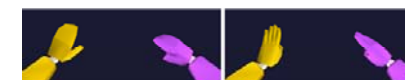


図 7 同時計測システムの構成



(a) 収録風景と全身のCGアニメーション



(b) 手指用 MoCap の有無による違い（左図：手指用 MoCap 無し、右図：手指用 MoCap 有り）

図 8 「西馬音内盆踊り」の収録風景と CG アニメーション

や CG アニメーションを見るだけでは、どのように学べばよいのかが十分に伝わらないからである。

人から人への伝承に際しては、教える人（教師）は、次のようなことを行っている。

- 1) 学ぶ人（生徒）に模範を見せて教える。
- 2) 一つ一つの動きの意味、動きのどこに着目すべきかなどの説明を加える。
- 3) 最初は部分的に教える。
- 4) 生徒の動きを見て指導する。
- 5) 教師は習熟度を評価する。

伝承のためには、1) 2) 3) のような情報が記録・保存できること、記録保存されている情報を処理して 4) 5) に必要な情報を提示できることが望ましい。具体的な実現方法としては、次のような手法の開発が必要であると考える。

- 1) 教師の舞踊符で生徒と同じ体形のモデルを演技させる手法（模範演技）
- 2) 生徒の演技と教師の演技を比較する手法（演技の評価）
- 3) 演技に同期させて動作の意味を生徒に提示する手法（演技の解説）

5.2 動作データのフォーマット

本研究では、身体動作データの表現形式として、主要な 3DCG アニメーションソフトウェアで利用可能な BVH(Biovision Hierarchy)形式⁵⁾を採用した。BVH 形式では、人体骨格モデルの構造と動きを記述する。人体骨格モデルの構造は、Humanoid

Animation⁶⁾(H-anim)の定義を参考にして決定した。H-anim では、人体骨格モデルは、基準点となる ROOT ノード(ROOT), 関節となる JOINT ノード(JOINT), 指先や足先などの先端部分となる End ノード(End), 骨となるセグメントで構成される。関節としては、全身の骨格とセンサの装着可能箇所を考慮し、身体動作を精度よく再現するために最低限必要と考えた箇所を選択した。図 9 に、使用した人体骨格モデルを示す。

図 10 に BVH 形式のデータの例を示す。HIERARCHY 部と MOTION 部の 2 部構成になっている。HIERARCHY 部では、人体骨格モデルの構造を記述する。HIERARCHY 部では、ノードの接続順を階層構造として記述する。階層構造では、最上位が ROOT であり End が最下位である。MOTION 部では、人体骨格モデルの動作を記述する。まず、総フレーム数、1 フレームあたりの単位時間を 1 行ずつ記述する。次の行より ROOT の 3 次元位置と回転角、各 JOINT の回転角を HIERARCHY 部で定義された順に記述する。回転角はオイラ角形式で、上位ノードに対する相対角度で表している。また、1 行で 1 フレームの骨格モデルの姿勢を表している。

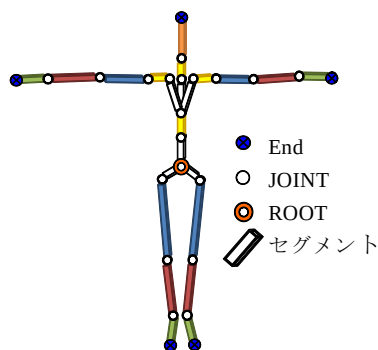


図 9 人体骨格モデル

```
HIERARCHY
ROOT root_name
{
  OFFSET 0 0 0
  CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
  JOINT joint1
  {
    OFFSET 1 1 0
    CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
    End Site
    {
      OFFSET 1 3 0
    }
  }
}

MOTION
Frames: 5
Frame Time: 0.0041666
35.439 1.432 -3.161 4.519 -0.010 -10.132 0.079 0.894 -0.840
35.437 1.437 -3.170 4.567 -0.024 -10.315 0.075 0.933 -0.842
35.435 1.440 -3.175 4.608 -0.044 -10.508 0.068 0.955 -0.854
35.434 1.444 -3.180 4.658 -0.061 -10.703 0.062 0.987 -0.859
35.432 1.448 -3.183 4.704 -0.081 -10.903 0.055 1.011 -0.869
```

図 10 BVH 形式

5.3 模範演技

模範演技は、生徒の体形のキャラクターが教師の舞踊の動きで示されると効果的であると考えられる。そこで、教師の舞踊符で生徒のモデルが動く CG アニメーションを制作する。このためには、関節間の距離を計測して生徒の骨格モデルを制作する必要がある。

デジタルカメラで撮影した画像を用いて簡易に人体計測し、そのデータを使って BVH 形式の骨格モデル (HIERARCHY 部) を作成する手法を開発した^{7) 8)}。図 11 に、デジタルカメラで撮影した人の画像と骨格モデルを重畳させた画像をディスプレイに表示させた画面を示す。マウスを使って骨格モデルの関節 (JOINT) を人体の関節に



図 11 体形計測と骨格モデル
の作成

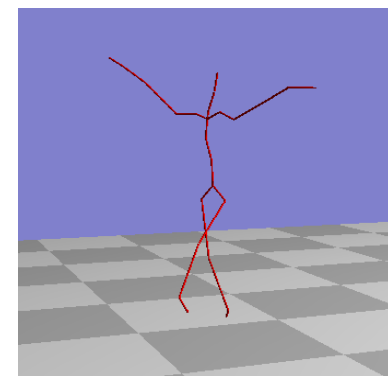


図 12 模範演技 (教師のデータで演
技する生徒の CG キャラクタ)

移動させると、自動的に BVH 形式の骨格モデル (HIERARCHY 部) が作成される。

このようにして作成した骨格モデルを教師の動きから作成した BVH 形式のデータの HIERARCHY 部の骨格モデルと入れ替える。そうすると、生徒の体形の骨格モデルが教師のデータで動く BVH データを作成できることになる。図 12 に教師の動作データで演技する生徒の CG アニメーションの画像を示す。

5.4 演技の評価

教師と生徒の演技を比較する方法としてまず考えられるのは、両者を同時に観察する方法である。5.3 で説明した模範演技 (教師のデータで動く生徒の体形の CG アニメーション) と生徒自身の演技をディスプレイに並べて表示し、視点を変えて様々な角度から観察できれば、効果的である。図 13 に模範演技と生徒の演技を並べて表示した画面を示す。模範演技との違いを目で見て確認できることがわかる。

伝承を考えたときには、生徒の演技が教師の演技 (模範演技) にどの程度近づいたかを定量化して習熟度の評価ができれば効果的である。民俗芸能の舞踊の系譜や地域間での伝承の解明などを行うために、因子分析法を用いて舞踊の類似度を定量化する方法が検討されている^{9) 10)}。この手法を適用すれば、以下のようにして、全体としての雰囲気習熟度を評価できる可能性があると考えている。現在、検討中である。

- 1) 生徒の演技を収録して、因子分析を行う。
- 2) 教師の演技のデータから模範演技のデータを作り、因子分析を行う。
- 3) 生徒の演技と模範演技の因子分析結果を比較して、類似度を計算する。
- 4) 類似度で習熟度を評価する。

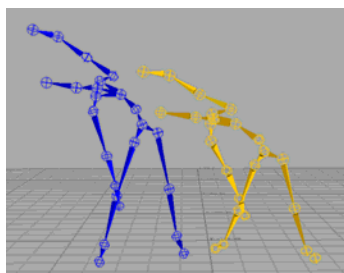


図 13 模範演技と生徒の演技

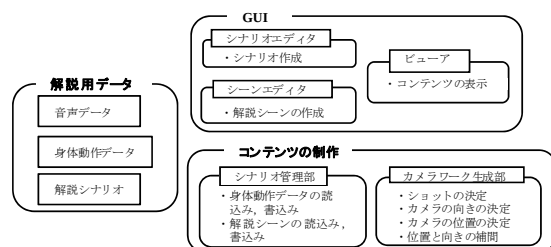


図 14 シナリオエディタとシーンエディタ

5.5 演技の解説

舞踊の動きの一つ一つには意味や意図がある．一つ腕を上げる動きを考えてみても，早く上げるのかゆっくり上げるのか，早さには意味がなくともかく上げればいいのか，どこまで上げればいいのかなど，ただ，動きを見せるだけでは，動きの意味や意図は伝わらない．動きの意味や意図を伝えるためには，教師が演じながら言葉で説明を加える方法が行われて来た．しかし，この様子を記録・保存するだけでは，伝承技術としては，十分とは言えない．伝承のために記録・保存するには，説明を加える体の部位がどこなのかを強調して提示しながら文章や言葉で説明し，利用者はそれをインタラクティブに利用できることが効果的であると考え．

そこで，動きを解説する CG コンテンツを容易に作成できるシステム（動作解説システム）の開発を行っている¹¹⁾．CG アニメーションとして身体動作データを再現する場合，キャラクターを CG 空間中のカメラから撮影し，画面に描画する．このときのカメラの位置と向きをカメラワークと呼ぶ．動きの意味や意図を説明するコンテンツを作成するためには，次のことができなくてはならない．

- 1) 全体の動きの中で，説明をする区間（解説シーンと呼ぶ）を指定する．
 - 2) 説明をする体の部位を強調表示するためのカメラワークを決定する．
 - 3) 説明のための文章や音声を入力する．
- 1) 2) 3) の記述を解説シナリオと呼ぶ．

図 14 に，動作解説システムのソフトウェア構成図を示す．GUI 部（シナリオエディタ，シーンエディタ，ビューア）とコンテンツ作成部（シナリオ管理部，カメラワーク生成部）からなる．

図 15 にシナリオエディタとシーンエディタの画面を示す．シナリオエディタでは，動作データの選択，解説シーンの指定などを行う．シーンエディタでは，解説対象部位の指定，解説記事の入力などを行う．カメラワーク生成部では，シナリオエディタ

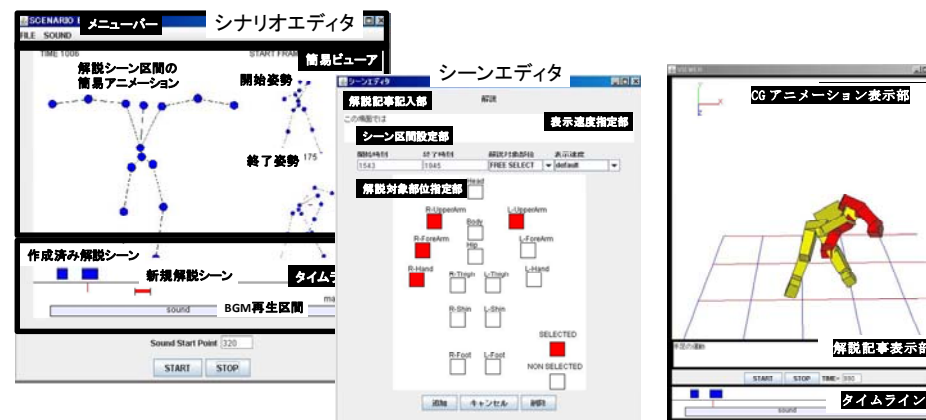


図 15 シナリオエディタとシーンエディタ

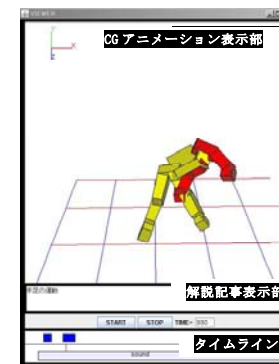


図 16 ビューア

とシーンエディタで入力した指定に従って，カメラワークを自動生成する．シナリオ管理部では，各ソフトウェアを統括し，シナリオの管理を行う．図 16 にビューアを示す．解説シナリオに基づいて制作された CG アニメーション（身体動作解説コンテンツ）を表示する．

図 17 に，本システムで作成した身体動作解説コンテンツの例を示す．解説の対象になっている部位が強調表示され，その部位の解説が文章でなされていることがわかる．

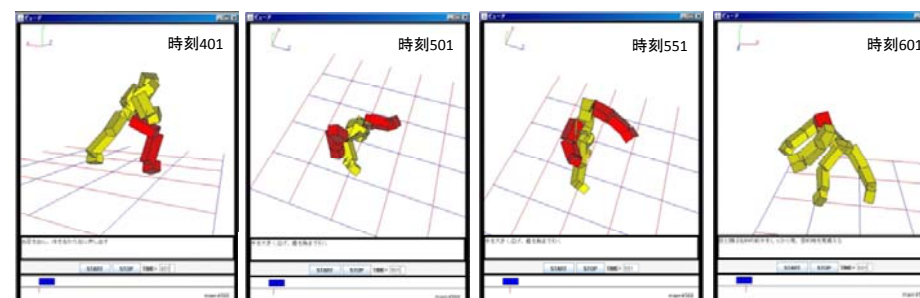


図 17 身体動作解説コンテンツ

6. おわりに

民俗芸能は貴重な文化財であり、私たちには後世に伝承していく責務がある。しかしながら、急速な高齢化や地域の過疎化に伴って、失伝の危機にある。この10年余り、秋田大学では、秋田県内企業と産学連携をしながら、民俗芸能の舞踊の伝承を目指し、モーションキャプチャ (MoCap) を使って記録・保存するための技術を開発してきた。

1997年には舞踊符と名付けた記録・保存のための概念と技術を開発した。この技術は踊りを学ぶDVD教材として実用化された。2006年には、精細な手指の動きを記録できる手指用モーションキャプチャを開発した。これによって、身体の動きだけでなく、感情表現を行っている手指の繊細な動きも同時に記録・保存できるようになった。

伝承のためには、記録・保存しそれを見せるだけでは不十分である。どのように学べばよいかは伝わらないからである。そこで、舞踊符の研究成果を活用し、1) 模範演技の提示方法 (教師の舞踊データで生徒の体形モデルを演技させる)、2) 演技の評価方法 (模範演技と生徒の演技を並べて表示、類似度による定量評価) 3) 動作の意味・意義の提示方法 (動作解説システム) などの開発などを行っている。

今後は、これまで蓄積してきた技術を基盤にして、民俗芸能の舞踊だけでなく、伝統工芸の技能、職人の技能など後世に残さなくてはならない「匠の技」の伝承技術の開発を目指す。

謝辞 本研究を進めるにあたり、秋田大学吉村昇学長、ノースアジア大学湯川崇教授、秋田大学水戸部一孝准教授、秋田大学三浦武講師、(株)わらび座海賀孝明氏、秋田大学大学院工学資源学研究所博士後期課程柴田傑氏、同博士前期課程高橋沙織氏 (現(株)DNP 情報システム) にお世話になった。ここに記して謝意を表する。なお、本研究の一部は、平成18～19年度・平成20～21年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C))、課題番号: 18500071, 20500084)、平成17～19年・平成21年度総務省戦略的情報通信研究開発制度の支援を受けている。

参考文献

- 1) 湯川 崇, 海賀孝明, 長瀬一男, 玉本英夫, “舞踊符による身体動作記述システム,” 情報処理学会論文誌, vol.41, no.10, pp.2873-2880, 2000.
- 2) 吉村 昇, 水戸部一孝, 玉本英夫, “磁気式位置姿勢センサを用いた手指用モーションキャプチャ装置,” 特許開 2007 年 第 236602 号.
- 3) K. Mitobe, T. Kaiga, T. Yukawa, T. Miura, H. Tamamoto, A. Rodgers and N. Yoshimura, “Development of a motion capture system for a hand using a magnetic three dimensional position sensor,” ACM SIGGRAPH 2006, 102, Boston, USA, Aug. 2006.
- 4) T. Kaiga, T. Yukawa, K. Mitobe, T. Miura, H. Tamamoto, N. Yoshimura., “Magnetic motion capture

system measuring movements of hands and a body simultaneously,” ACM SIGGRAPH2007, F13, San Diego, USA, Aug. 2007.

- 5) BiovisionBVH, <http://www.cs.wisc.edu/graphics/Courses/cs-838-1999/Jeff/BVH.html>
- 6) ISO/IEC 19774: Humanoid Animation (H-Anim), <http://www.hanim.org/>
- 7) 海賀孝明, 高橋沙織, 湯川 崇, 柴田 傑, 横山洋之, 玉本英夫, “手指用モーションキャプチャを利用した手の動き再現のためのCG制作技術,” 情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会, CH-80-8, 2008-10.
- 8) 高橋沙織, 海賀孝明, 湯川 崇, 柴田 傑, 横山洋之, 玉本英夫, “モーションキャプチャと仮想センサを用いた身体動作再現のためのCG製作手法,” 平成20年度第1回情報処理学会東北支部研究会, 2008-12.
- 9) T. Miura, K. Mitobe, T. Kaiga, T. Yukawa, T. Taniguchi and N. Yoshimura, “Evaluation of similarity of motion in dancing using information of correlation relationship in motion characteristics,” ACM SIGGRAPH2007, F15, San Diego, USA, Aug. 2007.
- 10) 三浦武, 水戸部一孝, 湯川崇, 海賀孝明, 谷口敏幸, 吉村昇, “舞踊動作データの因子分析による基本動作の抽出,” 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.9, pp.3302-3315, 2008.
- 11) 柴田 傑, 湯川 崇, 海賀孝明, 横山洋之, 玉本英夫, “CGを用いた身体動作解説コンテンツ作成ツールの提案,” 情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会, CH-80-1, 2008-10.
- 12) 玉本英夫, 湯川崇, 海賀孝明, 水戸部一孝, 三浦武, 吉村昇, “産学連携による民俗芸能伝承のためのデジタルコンテンツ制作技術の開発,” 電子情報通信学会誌, Vol.91, No.4, pp.303-308, 2008.
- 13) 湯川 崇, 玉本英夫, “語句が持つ動作の特徴を用いた身体動作データの類似検索法,” 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.3, pp.1192-1203, 2009.