

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500084

研究課題名(和文) 民俗芸能の舞踊を含む匠の技の伝承技術の開発に関する研究

研究課題名(英文) Research on Passing Down an Expert Skill Including a Performance of a Japanese Traditional Folk Dance to the Next Generation

研究代表者

玉本 英夫 (TAMAMOTO HIDEO)

秋田大学・工学資源学研究科・教授

研究者番号：10108920

研究成果の概要(和文)：

民俗芸能は、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貴重な無形文化財である。しかし、急速な高齢化や地域の過疎化に伴い失伝の危機にある。そこで、本研究では、モーションキャプチャ技術、バーチャルリアリティ技術などの情報通信技術を活用して、民俗芸能の舞踊を含む匠の技の技術の開発を行った。

研究成果の概要(英文)：

Folk performing arts are valuable intangible cultural assets because we can deeply feel the life style, scenery of mental images, wisdom and knowledge of our ancestors in these arts. However, due to the rapid aging and depopulation in the regional community, many these arts are now on the verge of vanishing. To meet this serious issue, we have developed a technique to pass down an expert skill including a performance of a Japanese traditional folk dance to the next generation using such information techniques as a motion capturing technique and a virtual reality technique.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：計算機システム学

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学

キーワード：民俗芸能、匠の技、伝承技術、バーチャルリアリティ、コンテンツ・アーカイブ、コンピュータグラフィックス、モーションキャプチャ、データベース

1. 研究開始当初の背景

私たちは、1997年に、民俗芸能の舞踊の記録・保存のために舞踊符と名付けた概念と実現のための技術を提案した。舞踊符とは、モーションキャプチャで取得した人の動きの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り、音楽における音符に相当するものである。舞踊符を並べて

舞踊の3次元デジタル情報の記録ができ、また作曲するように舞踊の創作ができる。CG技術を使うことによって、記録した舞踊を種々の視点から見ることができ、従来にない舞踊の記録・保存方法になっている。

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、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。秋田大学では、2006年に手指の動きを精細に記録できる手指用モーションキャプチャ装置を開発した。これにより、体の動きだけでなく、繊細な手指の動きも同時に記録・保存できるようになった。

その後、このような技術を使って舞踊を記録・保存し、広く公開するために、舞踊符のデータベースの構築法を検討した。舞踊符を自動生成してデータベースを構築し、簡易に舞踊符を検索できる手法、検索した舞踊符をパソコンや携帯情報端末で閲覧するためのシステムを開発した。

以上の研究の目的は、映像だけでなく3次元デジタル情報として舞踊を後世に残しておくことであった。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。鑑賞することと伝承することには本質的な違いがあり、ただ鑑賞するだけでは人から人へ伝承するには必ずしも伝承できない。伝承を考えたときには伝承を目指した新たな技術の開発が必要であった。

2. 研究の目的

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。

私たちは、この十年、科学研究費補助金などの支援を受けながら、民俗芸能の舞踊を記録・保存するために、舞踊符の提案、手指用モーションキャプチャの開発、舞踊符データベースの構築を行ってきた。

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。人から人へ直接伝承をするとき、教える人(教師)は、i) 学ぶ人(生徒)に模範を見せて教える、ii) そのとき、一つ一つの動きの意味や動きのどこに着目すべきかなどの説明を加える、iii) 最初は部分的に教える、iv) 生徒の動きを見て指導する、v) 教師は習熟度を評価する、などを行っている。従って、伝承を考えたときは、i) ii) iii) のような情報が記録・保存できていること、記録・保存されている情報を処理して、iv) v) に必要な情報を提示できることが望ましい。そこで、本研究では、民俗芸能の舞踊の伝承に資するために、i) 生徒と同じ体形のモデルが、教師の舞踊符データで演技するCGアニメーションの制作手法の開発(模範演技の制作)、ii) 生徒の演技と

模範演技とを比較する手法の開発(習熟度の評価)、iii) 動きの意味を動きに同期させて記録し、学習するときに生徒に提示する手法の開発(舞踊の解説)、を行う。最後に、このような手法を活用して、民俗芸能の舞踊を含む匠の技の伝承を支援するためのシステムを開発すること目的とする。

3. 研究の方法

民俗芸能の舞踊の伝承を支援するために、本研究では、i) 生徒と同じ体形のモデルが、教師の舞踊符データで演技するCGアニメーションの制作手法の開発(模範演技の制作)、ii) 生徒の演技と模範演技とを比較する手法の開発(習熟度の評価)、iii) 動きの意味を動きに同期させて記録し、学習するときに生徒に提示する手法の開発(舞踊の解説)、の検討を行う。最後に、これらの技術を活用して、民俗芸能の舞踊を含む「匠の技」の伝承を支援する学習支援システムの開発を行う。

(1) 模範演技のCGアニメーション制作

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形式を採用したBVH形式では、人体骨格モデルの構造と関節角度を使って、動作を記

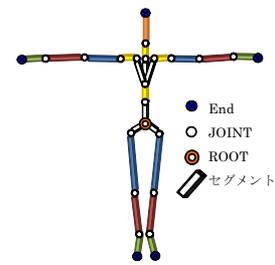


図1 骨格モデル

述する。図1に、本研究で用いた骨格モデルを示す。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。

BVH形式は、図2に示すように、HIERARCHY部とMOTION部の2部構成になっている。HIERARCHY部では、関節の位置と関節間の距離(骨の長さ)を使って、人体骨格モデルの構造を階層的に記述する。

```
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2 BVH形式

MOTION 部では、関節の回転角を使って動作を記述する。回転角は、階層構造における上位ノードに対する相対角度をオイラ角形式で表す。

生徒と同じ体形のモデルで動く CG アニメーションの作成には、生徒の骨格モデルが必要である。このためには、関節間の距離などの人体計測が必要となる。そこで、簡易に人体計測するために、人体をデジタルカメラで撮影し、その画像を基に人体計測ができるソフトウェアを開発する。

記録・保存されている教師の演技の BVH データの HIERARCHY 部を生徒の骨格モデルで置き換えれば、その BVH データを用いて生徒と同じ体形のモデルが教師の動きで舞踊を演技する CG アニメーション、すなわち模範演技の CG アニメーションを作成できる。

(2) 演技の評価手法の開発

伝承のためには、生徒が学習を行った結果、教師の演技にどの程度近づいたかの習熟度を評価する必要がある。人から人へ伝承する場合には、教師が目で見えて評価すればよいが、教師がいない状況で演技のデータだけに基づいて評価する手法を開発する。

一つの手法として、生徒が模範演技と自分の演技の CG アニメーションを見比べて自己評価する方法が考えられる。この方法を実現するために、次のような手法を開発する。

- i) 生徒の骨格モデルを作成する。
- ii) モーションキャプチャを使って、生徒の演技を収録する。
- iii) 生徒の骨格モデルから 3 (1) で説明した手法を使って模範演技の CG アニメーションを作成し、生徒の演技の CG アニメーションと同時に表示する。

このようにして作成した CG アニメーションを見ることによって、生徒は自分の演技を自己評価できると考えられる。

演技の CG アニメーションは、BVH データを使って作成する。これより、模範演技と生徒の演技の CG アニメーションの違いは、BVH データの MOTION 部の関節角度の違いによっていることになる。従って、教師と生徒のそれぞれの BVH データの MOTION 部の角度データ（関節角データ）の差を用いて、違いを定量的に評価できる可能性がある。この考え方に基づいて、習熟度を関節角データの差によって評価する方法を検討する。

(3) 舞踊の解説

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。人から人へ直接伝承する場合には、動きの意味や意図を伝えるために、教師は演技をしながら言葉で説明を加えるを行っている。この様子を撮影して記録・保存する方法が考えられるが、説明が一方的になり伝承技術としては十分とは言えない。伝承のためには、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動きの何を学べばいいのかを文章や言葉で説明できることが効果的であると考えられる。

そこで、舞踊の動きを解説する CG コンテンツを容易に作成できるシステムの開発を行う。このシステムでは、

- i) 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、
 - ii) 解説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、
 - iii) 解説のための文章や音声を入力する、
- ことによって、舞踊解説のための CG コンテンツが自動的に制作されることを目指す。

(4) 舞踊等の学習支援システムの開発

上記、(1)～(3) に説明した手法を使って、民俗芸能の舞踊を含む「匠の技」の伝承を支援する学習支援システムの開発を行う。

4. 研究成果

(1) 模範演技の CG アニメーション制作

生徒の骨格モデルを作成するためには、関節の位置、関節間の距離（骨の長さ）を測定する必要がある。

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。図 3 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



図 3 体形計測と骨格モデルの作成

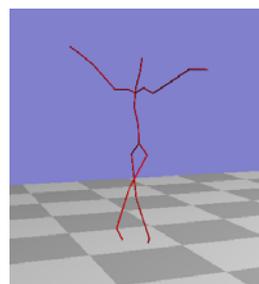


図 4 模範演技

モデルの作成

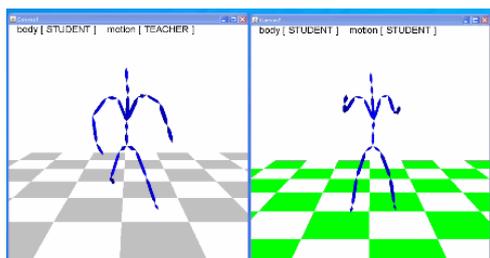
のデータで動く BVH データを作成できることになる。図 4 に教師の動作データで演技する生徒の CG アニメーションの画像を示す。

(2) 演技の評価手法

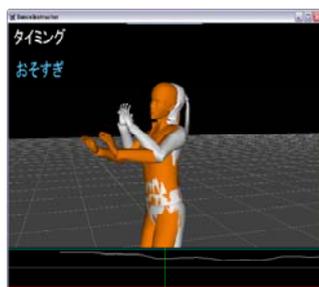
① 自己評価

生徒の演技を評価する方法として、模範演技（生徒の体形のモデルが教師の動作データで演技する CG アニメーション）と生徒の演技とを同時に表示し、生徒自身が教師の演技との違いを自覚して自己評価できる方法を検討した。二つの CG を同時に表示する方法としては、図 5(a)に示すように並べて表示する方法と同図(b)に示すように重ねて表示する方法が考えられる。

いずれの表示方法でも模範演技との違いを目で見て確認できることがわかる。並べて表示した場合は、大きな違いはわかるが、小さな違いは分かりにくい。重ねて表示した場合は、小さな違いは分かりやすくなるが、全体的に、動きが見にくくなる。この欠点は、立体視する方法を利用することにより大きく改善できることを確認した。



(a) 並べて表示



(b) 重ねて表示

図 5 表示方法

② 定量的評価

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する方法についても検討した。3 (2)で述べたように、模範演技と生徒の演技の CG アニメーションの違いは、BVH データの MOTION 部の関節角度の違いによっている。関節角度の差が小さければ小さいほど、生徒の演技は模範演技に近付いていると考えることができるので、関節角度の差で、定量的に熟達度を評価できる。

そこで、時刻 k での、関節 i （関節には 1 から N の番号を付ける）における教師と生徒

の関節角度の差を $\theta_i(k)$ とするとき、時刻 k での関節 i での熟達度 $s_i(k)$ 、演技全体の熟達度 $S(k)$ をそれぞれ、式 (1)、(2) で求めることにする。

$$s_i(k) = \cos^2 \theta_i(k) \times 100 \quad (1)$$

$$S(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i(k) \quad (2)$$

$s_i(k)$ では、教師と生徒の関節角度の差の余弦を求めているので、関節角度の差が 0 に近づくほど、つまり、生徒の関節角度が教師の関節角度に近づくほど、点数は 100 に近づいていく。関節角度の差が 90 度を超えることは想定できないので、習熟度は 0~100 の範囲の得点となる。 $S(k)$ は全関節の習熟度の平均値であり、得点の範囲は同じく 0~100 の範囲であって、生徒の演技が教師の演技（模範演技）に近づくほど高くなる。

後で述べる「舞踊の学習支援システム」のビューアに (2) 式で求めた習熟度を表示した例を図 6 に示す。生徒は模範演技と自分の演技を比較しながら、時々刻々、熟達度をグラフで見ることができる。どの動作の熟達度が高いか低いか、学習によって、熟達度がどの程度向上したかを知ることができ、学習の効果があがるものと考えられる。



図 6 習熟度グラフ

(3) 演技の解説

舞踊の動きを解説する 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）の開発を行った。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。

- i) 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。
 - ii) 解説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。
 - iii) 解説のための文章や音声を入力する。
- i) ii) iii) の記述を解説シナリオと呼ぶ。

図 7 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 8 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。

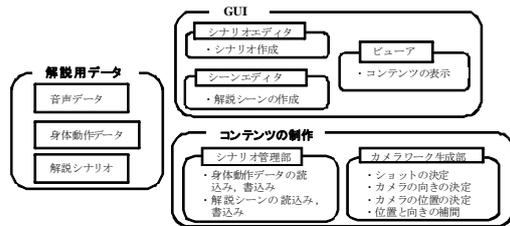


図7 動作解説システムのソフトウェア構成図

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9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8 シナリオエディタとシーンエディタ

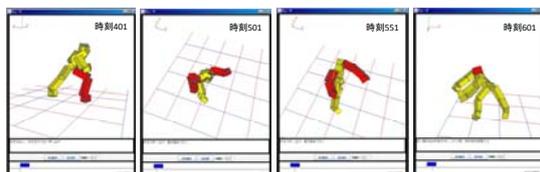


図9 身体動作解説コンテンツ

(4) 舞踊学習支援システム

教師が生徒に直接指導する状況を考えてみると、教師は生徒の演技に対して踊り方の間違いを指摘しながら指導する。生徒はこの指導により、間違いを自覚しながら学習を行う。一方、舞踊の3DCGアニメーションを見るだけでは踊り方の間違いを自覚することは生徒には難しい。そこで、踊り方の間違いを指摘できるような舞踊学習支援システムを開発した。

開発した舞踊学習支援システムでは、図10に示すようなビューアを用いる。教師と生徒の姿勢の違いを分かりやすくするために、体格を同一にした教師と生徒の3Dモデルを、色を変え重ねて表示している(教師:オレンジ色、生徒:白色)。また、生徒がどの程度

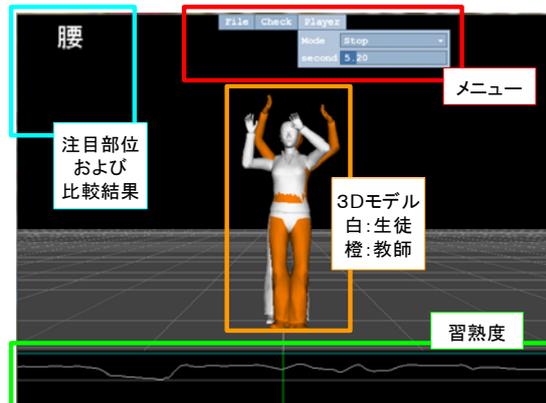
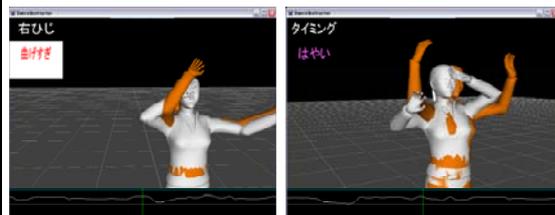


図10 舞踊学習支援ビューア

習熟できているかが分かるように、画面下部に習熟度をグラフで表示している。

舞踊は音楽に合わせて体を動かすので、空間的要素と時間的要素を持っている。この二つの要素に対して間違いを表示する必要がある。そこで、図11に示すような2種類の比較モードを用意した。同図(a)の姿勢比較では舞踊動作中の姿勢の違いを見せる。同図(b)のタイミング比較では生徒の動作が教師と動作と比べて早いか遅いかを見せる。これらの比較を行うときに、Dynamic Time Warping (DTW) を用いて、生徒と教師の姿勢の時間的な対応付けを行った。

生徒が踊り方の間違いを自覚できるように、姿勢比較では注目する関節が教師と比べて曲がっているのか、伸びているのかを、タイミング比較では生徒の動作が教師の動作に比べて早いか、遅いかを画面左上に文章で表示する。



(a) 姿勢比較 (b) タイミング比較

図11 比較モード

本システムでは踊り方の違いを詳細に見ることができ、また、姿勢やタイミングの違いを文章でも指摘していることから、3DCGアニメーションだけを見るよりも効果的な舞踊学習の支援が期待できる。

大学の体育の授業中で、舞踊(盆踊り)を学習する学生4人が、本システムを使用して学習を行った。学生からは、「踊り方の違いが表示されているため分かりやすい」、「舞踊の個人学習に効果的」といった意見が寄せられた。

舞踊の他に、三味線、横笛の学習を支援するシステムの開発も行った。

5 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① Takeshi Miura, Kazutaka Mitobe, Takashi Yukawa, Takaaki Kaiga, Toshiyuki Taniguchi, Hideo Tamamoto, "Adaptation of Grouping Structure Analysis in GTTM to Hierarchical Segmentation of Dance Motion," Journal of Information Processing, 査読有, Vol.18, 2010, pp263-283
- ② Takeshi Miura, Kazutaka Mitobe, Takashi Yukawa, Takaaki Kaiga, Toshiyuki Taniguchi, Hideo Tamamoto, "Extraction of Motion Characteristics in Dances by Statistical Analysis of Joint Motions," Journal of Information Processing, 査読有, Vol.18, 2010, pp. 49-62
- ③ 柴田 傑、湯川 崇、海賀孝明、横山洋之、玉本英夫、"身体動作解説コンテンツ作成システム"、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、査読有、Vol.14、2009、pp.265-274
- ④ 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、査読有、Vol. 50、2009、pp. 1192-1203

[学会発表] (計8件)

- ① Hideo Tamamoto, "A Trial to Pass Down the Japanese Traditional Folk Dances to the Next Generation Using Information Technology," International Workshop on Practical Course Teaching, 2011.3.9, 龍華科技大学(Taipei, Taiwan)
- ② 小坂晋、柴田傑、横山洋之、玉本英夫、"ビデオカメラを用いた民俗芸能における舞踊の学習支援システム"、平成 22 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集、2010.8.26、八戸工大 (八戸)
- ③ 柴田 傑、湯川 崇、海賀孝明、横山洋之、玉本英夫、"舞踊展示のための身体動作解説ビューアの提案"、平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会、2009.8.20、東北文化学園大学 (仙台)
- ④ 玉本英夫、"民俗芸能の舞踊を伝承するための記録・保存技術の開発"、情報処理学会「デジタルドキュメント研究会」、2009.7.31、秋田大学 (秋田)
- ⑤ 湯川 崇、海賀孝明、柴田 傑、三浦 武、玉本英夫、"MPEG-7 による身体動作アーカイブの構築"、情報処理学会「デジタルドキュメント研究会」、2009.7.31、秋田大学 (秋田)
- ⑥ 海賀孝明、松橋 翔、柴田 傑、玉本英夫、"モーションキャプチャデータ公開のための Flash を利用した 3D ビューアの開発"、

情報処理学会デジタルドキュメント研究会、2009.7.31、秋田大学 (秋田)

- ⑦ 柴田 傑、湯川 崇、海賀孝明、横山洋之、玉本英夫、"身体動作解説のためのカメラワーク生成システム"、電子情報通信学会総合 2009 年総合大会、2009.3.19、愛媛大学 (松山)
- ⑧ 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、2008.10.18、田沢湖芸術村(仙北市)

[産業財産権]

○取得状況 (計1件)

名称: 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計測方法
発明者: 吉村 昇、水戸部一孝、玉本英夫
権利者: 秋田大学
種類: 特許
番号: 特許第 4465476 号
取得年月日: 2010 年 3 月 5 日
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.fts.ie.akita-u.ac.jp/buyofu/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

玉本 英夫 (TAMAMOTO HIDEO)
秋田大学・工学資源学研究所・教授
研究者番号: 10108920

(2)研究分担者

(3)連携研究者

横山 洋之 (YOKOYAMA HIROSHI)
秋田大学・工学資源学研究所・講師
研究者番号: 80250900

藤原 克哉 (FUJIWARA KATSUYA)
秋田大学・工学資源学研究所・助教
研究者番号: 80289741

湯川 崇 (YUKAWA TAKASHI)
ノースアジア大学・法学部・教授
(現福島工業高等専門学校・准教授)
研究者番号: 60289741

(4)研究協力者

海賀 孝明 (KAIGA TAKAAKI)
わらび座・デジタルアートファクトリー・
チーフエンジニア
研究者番号: 60530938