

## 舞踊動作を表す特徴についての検討

吉村ミツ<sup>1</sup>、八村広三郎<sup>2</sup>、丸茂祐佳<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 立命館大学 COE 推進機構、<sup>2</sup> 立命館大学 情報理工学部、<sup>3</sup> 日本大学 芸術学部

概要：本研究では、モーションキャプチャ装置で計測した日本舞踊動作について、構造に関する変数（構造変数）と時空間に関する変数（時空間変数）を計測し、動作及び動作者を識別する性能を基準にして、両者の持つ情報を比較している。対象舞踊動作は日本舞踊の「娘形作品」で多用される基礎動作「オクリ」である。用いたデータは、熟達した舞踊家が、概念的説明をしようとして踊った動作と、その生徒の2舞踊家が同じ動作を各複数回踊った動作を、モーションキャプチャ装置で計測したものである。構造変数は、吉村らが定義した48種類の指標、及びそれらの比を取ったものである。時空間変数は、モーションキャプチャ装置から出力された、31個のマーカ及び「オクリ」に特に密接な8個のマーカのy座標である。本研究では、複数の動作が識別できるか、複数の舞踊家を識別できるか、という2種類の実験を行い、これらの変数のうちの、どのようなものが高い正答率を与えるか調べている。実験結果としては、31個のマーカのy座標時系列を利用した場合が最も高い正答率を与えていた。キーワード：日本舞踊、モーションキャプチャ装置、動作識別、舞踊家識別、構造変数、時空間変数

### Comparison of Structural and Spatio-temporal Variables Related to Traditional Japanese Dance through motion and dancer identification

Mitsu Yoshimura<sup>1</sup>, Kozaburo Hachimura<sup>2</sup> and Yuuka Marumo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Center for Promotion of the COE, Ritsumeikan University, <sup>2</sup> College of Infor. Sci. and Engi., Ritsumeikan University, <sup>3</sup> College of Art, Nihon University

**Abstract:** This paper investigated the characteristics of structural and spatio-temporal variables related to traditional Japanese dance through the ability of identification of dance types and dancers. The data for experiment were acquired through a motion capture system, which monitored dancing motions played by a Japanese dancing master and followed by two veteran dancers, where the dancing motion is symbolizing feminine feelings. As the structural variables, indices defined by Yoshimura (2004) were used. As the spatio-temporal variables, time series of y coordinate were used. The result of experiments revealed that spatio-temporal variables were advantageous for identification.

Keywords : traditional Japanese dance, motion capture system, motion type, dancer identification, structural variables, spatio-temporal variables

## 1 はじめに

本研究では、モーションキャプチャ装置で計測した日本舞踊動作について、構造に関する変数（構造変数）と時空間に関する変数（時空間変数）を計測し、動作および動作者を識別する性能を基準にして、両者の持つ情報を比較している。この種の研究報告は内外を通じて見当たらない。

舞踊動作を扱った研究報告は民謡を対象にした[1][2][3]などがあるが、我々とは目的が異なっている。われわれは日本舞踊動作の解析を行ってきた[4][5]が、

最近では丸茂の先行研究[7]に基づいて「娘形作品」という種類に分類される舞踊の中から相対的に多用される基礎動作「オクリ」をとりあげ、計量的に考察し、用途別、習得段階的にその特質を捉えている。そこではそれぞれのタイプの基礎動作の共通の特徴を調べ、解析を通して稽古体系に関する構造を探ることを行っている[8][9][10][11]。「オクリ」とは、男役・女役ともに用いられる3歩の足の動作である。原則として「進行方向の足を斜め前に出し、次に逆の足を入れ込み、再び進行方向の足を出して3歩進むこと」である[6]。この動作には5種類の用途がある[7]。我々はその中の、

娘形の人物の心情を思いながら踊るのが特徴的な「女性的表現」と、手でものを「差し示す」動作で手や足に力学的な関係があることが特徴的な「説明的動作」を取り上げてきた。本報告は引き続き、基礎動作「オクリ」について上記の、「女性的表現」と「説明的動作」という用途の異なる2つのタイプを取り上げる。

われわれはこれまで、舞踊動作の典型的な形について、それを演じ分けられる熟達した舞踊家に踊って貰い、特徴を表す指標を定義して、それらの指標が動作の特徴を把握していることを実験で確かめた。さらに指標定義の評価実験として動作識別実験を行ってきた。これらの指標は、先の2つの舞踊動作が含まれる作品を複数の舞踊家に踊って貰い、実際に当該部分に適用したところ、踊り手の識別にも効果的であった。その有効性は、動作の質やいろいろな要因、多変量解析で用いられる部分空間や距離などに依存するが、舞踊家の個人性、舞踊動作の固有性は、この実験でこれら指標を用いて高精度で識別された [10][11]。

しかし、これまで行った実験では定義した指標をそのまま識別変数として用いてきた。それに対し、手、足、角度などの速度、加速度に関して「オクリ」区間の相対的な値を持つ変数にすることが考えられる。また、解析したデータを加工するのではなく、収集した各フレームにおける座標データを利用することも考えられる。前者の変数を構造変数と呼ぶことにし、後者の変数を、時空間変数と呼ぶことにする。これらは情報の質は異なるものである。以下ではこれらの変数を特徴というときもある。どちらが動作の情報をより多く含むかという観点から調べる。本手法とは異なるが、村瀬 [12] はビデオ画像の歩行動作の認識を固有空間法に基づき行っているが、その手法は参考になる。

以下、第2、3章で舞踊動作を表す構造特徴について、第4章で時空間特徴について述べ、第5章で識別実験とその結果、第6章で考察とまとめを行う。

## 2 舞踊動作を表す特徴

### 2.1 データ形式

舞踊動作の特徴を定量化するために、我々は立命館大学のモーションキャプチャシステム Vicon512[13] で収録した3次元時系列データを用いる。マーカの数には31個で、ほかに小道具を手を持たせることが出来る。各マーカは番号を付けて特定される。例を図1に示す。「オクリ」に特に関係のあるマーカは次の8個である。

番号6と12 肩の左右  
番号9と15 左右の手の甲  
番号20と21 腰の左右  
番号26と27 左右の足首。

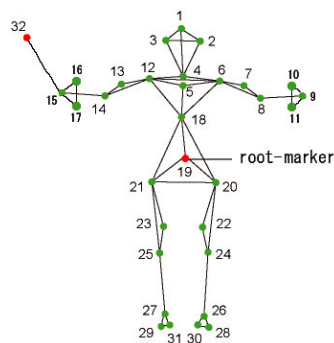


図1: 番号により特定される装着マーカの位置

各マーカの出力は  $\{(x(t), y(t), z(t); t = 1, 2, \dots)\}$  で得られ、 $mm$  単位で測られる。そこで、 $t$  は動きの開始点からの時間を表し、 $x, y$  や  $z$  座標の正の方向は、それぞれ、動作者の左側、上側、床面の前方である。時間間隔はここでは  $1/60$  秒で収録し、 $1/30$  秒間隔に間引いて使用している。本論文ではこの単位をフレームとして参照される。例えば、30フレームとは動き始めてから1秒であることを意味する。

### 2.2 データセット

我々は17の「女性的表現」のオクリおよび13の「説明的動作」のオクリから成るデータセットを用いている。それらのオクリは“ok#.”として参照される。女性的表現と説明的動作の利用可能な番号はそれぞれ以下の様である [8][9]。

{3, 4, 8, 10, 15, 19, 26, 34, 35, 39, 42, 48, 49, 53, 54, 55, 58}  
{12, 14, 18, 20, 21, 24, 27, 40, 41, 43, 47, 50, 65}。

図2に、データセットの中の足の軌跡及び身体動作の骨格画像の動きの4例を示す。上側の2例は女性的表現であり、下側の2例は説明的動作である。

### 2.3 舞踊動作を表す2種類の特徴と識別法

構造特徴：「女性的表現」の「オクリ」では女らしさを表す特徴が、「説明的動作」では、手や足や擦れの力学的関係を表す特徴が求められる。それらを検討して48個の指標を定義した。例えば、 $r_{13}$  は女らしさを表す典型的な足づかいの特徴である。 $r_{11}$  や、速度・加速度関連特徴、擦れ関連特徴は「女性的表現」と「説明的動作」の違いを表す特徴となっている [10][11]。次

章でこれら 48 個の定義を簡単に説明する。また、識別に利用するために指標の相対比も定義する。構造特徴を用いる識別法を構造解析法、略して、構造法と呼ぶ。その手順を表 1 左側に示す。

時空間特徴：観測時に得られるマーカの  $y$  座標値系列が時空間特徴となる。一般に  $3D(x,y,z)$  座標値系列があれば、すべての時刻で身体に取り付けたマーカの位置を線で結ぶことにより人の身体を表示できる。時々刻々に身体を表示することにより動作のアニメーション表示ができる。識別に利用する場合は前処理として時間軸および大きさの正規化を行う。時間軸の正規化は、標本化、必要に応じて平滑化、を行う。大きさの正規化は身長比で行う。本研究で取り扱う「オクリ」は左右の斜め方向に進む動作である。 $x,z$  座標値は「オクリ」により異なるため、 $y$  座標値のみを使用する。実際の処理手順は次に示す通り、 $3D(x,y,z)$  座標値に対し前処理を行い、 $y$  座標値のみ識別に利用している。

時空間特徴を用いる識別法を時空間パターン法、略して、時空間法と呼ぶ。その手順を表 1 右側に示す。

表 1: 識別法の手順

構造法	時空間法
構造解析指標の定義	前処理 1(時間軸)
変数選択	前処理 2(身体寸法)
前処理 (相対比変数)	変数選択 (マーカ, 座標値)
辞書作成	辞書作成
距離計算	距離計算
識別判定	識別判定

### 3 構造法で用いる特徴

#### 3.1 指標

これまでに、「女性的表現」は歩の進め方、特に 2 歩目の進め方の遅さで女らしさを表す動作であること、「説明的動作」は手で情景を説明しながら同じ速さで歩を進める動作であることが分かった [8][9][10][11]。どちらも身体をヒネリながら進むが、足の出し方、手の使い方が特徴的である。足は着物に隠れて殆ど見えないが、着物の裾に隠れた足の動きや速さ、そのときの身体の捻れ方、手の使い方、そのタイミングなどで、女らしさが現れているかなどをみることになる。そのため対象とする動作の特徴は、足、手、捻れなどで定義できる。具体的にキャプチャデータでは、先にあげた 8 個のマーカの部位、足首、手の甲、左右肩、左右腰が対象となる。

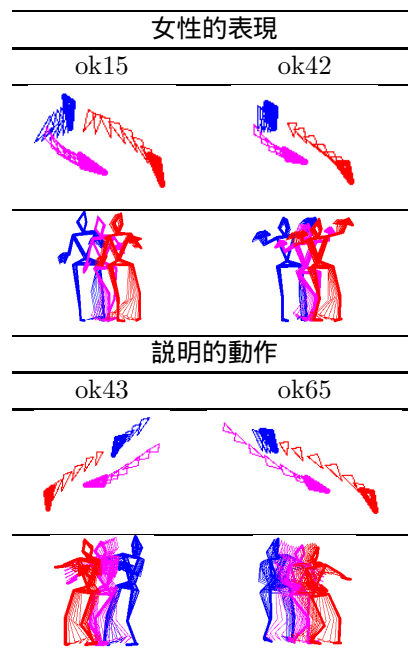


図 2: 4 つの軌跡例。足の軌跡例 (上側)、対応する身体動作の動き例 (下側)。

#### 3.1.1 指標の定義に用いられる記号

既に定義した指標について簡単に説明しておく。説明用に模式的に図 3 に示す記号を共通に用いる。図 3 において、上側の曲線はマーカ番号 26(左足首)の  $y$  座標、下側の曲線はマーカ番号 27(右足首)の  $y$  座標、三つの山  $M_1, M_2$  と  $M_3$  はオクリの第 1, 第 2, 第 3 ステップに対応した山、変数  $j, t, S$  はそれぞれ、フレーム番号、時間間隔、面積である。

1.  $M_b$  ( $b = 1, 2, 3$ ) の頂点  $i_b$  間の時間:  $t_1, t_2$
2.  $M_b$  ( $b = 1, 2, 3$ ) の始点、終点:  $j_{b1}, j_{b2}$
3.  $M_2$  の頂点から始点、終点までの時間:  $t_3, t_4$
4.  $M_2$  の始点、終点と頂点までの面積:  $S_1, S_2$
5.  $M_1$  の始点から  $M_3$  の終点までの手の動きをみる区間の長さ:  $t_5$
6.  $M_b$  ( $b = 1, 2, 3$ ) の始点から終点までの足の動きをみる区間の長さ:  $u_b$
7.  $M_b$  ( $b = 1, 2, 3$ ) の始点、終点と頂点間を足の動きをみる区間の長さ:  $u_{b1}, u_{b2}$

#### 3.1.2 足首の動きに関する指標

「オクリ」の第 2 の山 (山 2 または  $M_2$ ) のゆっくりした動きは「女性的表現」の特徴である。この  $M_2$  のカーブにタメが出来る [8]。一方、「説明的動作」のオクリは、3 歩のリズム (間) がほぼ同じという特徴がある [9]。図 2 によれば、足首の移動距離は「女性的表現」より大きいことがわかる。定量化には次の 7 種類 26 個

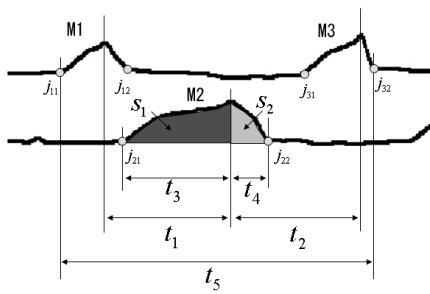


図 3: 記号の模式図

の指標を定義している。

間隔比:  $r_{11} = t_1/t_2$

$M_2$  の時間比:  $r_{12} = t_3/t_4$

$M_2$  の面積比:  $r_{13} = S_1/S_2$

$M_2$  の平均高さ比:  $r_{14} = \frac{S_1/t_1}{S_2/t_2}$

足首の速度:  $r_{15bn} = v/u_{bn}$  ( $b = 1, 2, 3; n = 1, 2$ ) の 6 個、および  $r_{15b} = v/u_b$  の 3 個、それぞれ区間  $u_{bn}, u_b$  内平均速度である。ここで、 $v$  はマーカ 26 または 27 で捉えられる速度。

足首の加速度:  $r_{16bn} = a/u_{bn}$  ( $b = 1, 2, 3; n = 1, 2$ ) の 6 個、および  $r_{16b} = a/u_b$  の 3 個、それぞれ区間  $u_{bn}, u_b$  内平均加速度である。ここで、 $a$  はマーカ 26 または 27 で捉えられる加速度。

足首の移動距離:  $r_{17bc} = dis_{bc}$  ( $b = 1, 2, 3; c = 1, 2, 3$ ) :  $M_b$  から  $M_c$  への移動平均距離 (dis)。具体的には、区間  $[j_{12}, j_{22}], [j_{12}, j_{32}], [j_{22}, j_{32}], [j_{11}, j_{32}]$  内の平均ユークリッド距離 4 個。

### 3.1.3 手の甲の動きに関する指標

情景を指し示しながら動く手の動きの速さは、足の動きより速くそのスケールは大きい。定量化には  $M_1, M_2, M_3$  に関する次の 2 種類 10 個の指標を定義している [9]。

手甲の速度:  $r_{21k} = v/t_k; k = 1, 2, \dots, 5$ , 区間  $t_k$  内の平均速度。 $v$  はマーカ 9,15 で捉えられる速度。

手甲の加速度:  $r_{22k} = a/t_k; k = 1, 2, \dots, 5$ , 区間  $t_k$  内の平均加速度。 $a$  はマーカ 9,15 で捉えられる加速度。

### 3.1.4 ねじれ角度に関する指標

身体のねじれは用途の異なるオクリによって異なる。そこで、マーカ番号 6,12 間の肩ベクトル  $v_s$  とマーカ番号 20,21 間の腰ベクトル  $v_h$  のなす水平角 (pan) と仰角 (tilt) [14] を求める。この角度の値に基づき次の 3 種類 12 個の指標を定義している。

最大角度:  $r_{31k}; k = 1, 2, t_5$  区間内の水平角、仰角の絶対値の最大角度。

ねじれの水平角速度:  $r_{32k} = v/t_k; k = 1, 2, \dots, 5$ , 区間  $t_k$  内平均角速度。ここで、 $v$  は角速度。

ねじれの水平角加速度:  $r_{33k} = a/t_k; k = 1, 2, \dots, 5$ , 区間  $t_k$  内平均角加速度。ここで、 $a$  は角加速度。

## 3.2 指標の相対比で定義した構造変数

以上 48 個の変数を用いた識別実験の一部については既に報告した [10][11]。ここでは 3.1 で定義した指標の比をとり、次に示す 22 個の変数を構造変数とした。[足首の動きに関する指標から 11 個]

間隔比:  $h_1 = r_{11} = t_1/t_2$

$M_2$  の時間比:  $h_2 = r_{12} = t_3/t_4$

$M_2$  の面積比:  $h_3 = r_{13} = S_1/S_2$

$M_2$  の平均高さ比:  $h_4 = r_{14} = \frac{S_1/t_1}{S_2/t_2}$

足首の平均速度比:  $h_5, h_6, h_7$ : 各歩みの山  $M_b, b=1, 2, 3$  の始点と頂点までと頂点から終点までの速度の比 3 個。

足首の平均加速度比:  $h_8, h_9, h_{10}$ : 各歩みの山  $M_b, b=1, 2, 3$  の始点と頂点までと頂点から終点までの加速度の比 3 個。

足首の移動距離比:  $h_{11}, h_{12}, h_{13}$ : 各歩み間の移動距離とオクリ全区間のユークリッド距離比 3 個。

[手の甲の動きに関する指標から 4 個]

手の甲の速度比:  $h_{14}, h_{15}$ : 区間  $t_1, t_2$ , および  $t_3, t_4$  の速度比 2 個。

手の甲の加速度比:  $h_{16}, h_{17}$ : 区間  $t_1, t_2$ , および  $t_3, t_4$  の加速度比 2 個。

[ねじれ角度に関する指標から 5 個]

最大角度比:  $h_{18} = r_{311}/r_{312}$  オクリ区間内の水平角、仰角の絶対値の最大角度比

ねじれの水平角速度比：  $h_{19}, h_{20}$ ：区間  $t_1, t_2$ 、および  $t_3, t_4$  の水平角速度比 2 個。

ねじれの水平角加速度比：  $h_{21}, h_{22}$ ：区間  $t_1, t_2$ 、および  $t_3, t_4$  の水平角加速度比 2 個。

## 4 時空間法で用いる特徴

### 4.1 時空間特徴の定義

時間軸の標準化： オクリ区間を再標準化して  $T$  区間とする。  $T$  は 50 .

時間軸の平滑化：  $T$  区間を平滑化して  $P$  区間とする。  $P$  は 10 . 改めてこの  $P$  をフレーム数と呼ぶ。

身長比による  $y$  座標の正規化： 参照サンプルの動作者の身長を 1 として身長の正規化を行う。

マーカ数の選択： マーカ数を  $S$  とする。  $S$  を 31 と 8 の 2 種類とする。 31 は身体に装着した小道具を除くすべての部位のマーカ数であり、8 は先にあげたオクリに直接関係する左右の肩、手の甲、腰、足首の 8 マーカである。

特徴ベクトル：  $X_k =$

$$\{x_{ijk}; i = 1, 2, \dots, S; j = 1, 2, \dots, P; k = 1, 2;\}$$

$$= \{x_{11k}, x_{12k}, \dots, x_{1Sk}, x_{21k}, x_{22k}, \dots, x_{2Sk}, \dots, x_{P1k}, x_{P2k}, \dots, x_{PSk}\}$$

ここで、特徴ベクトルの次元数  $N$  は  $PS$ 。  $i$  は  $S$  以下のマーカ番号、  $j$  は  $P$  以下のフレーム番号、  $k$  は 2 以下の識別タイプの番号。

女性的表現および説明的動作の時空間特徴の例を図 4 図 5 に示す。どちらの図も上から正面図、鳥瞰図、側面図となっている。左右どちらに移動するかはそれぞれ異なる。これらの図からわかるように、「女性的表現」の動き時間 (フレーム数) は「説明的動作」に比べて長い。後者はあっという間に終わる。しかし、時間軸正規化によりいずれも同様に 10 フレームのパターンになる (図 5)。

## 5 識別実験

本論文では次の実験を行う。

1. 予備実験  $P1, P2$ : 参照サンプルによる動作識別実験
2. 識別実験  $T1$ : 2 つの動作の識別実験
3. 識別実験  $T2$ : 2 人の舞踊家の識別実験

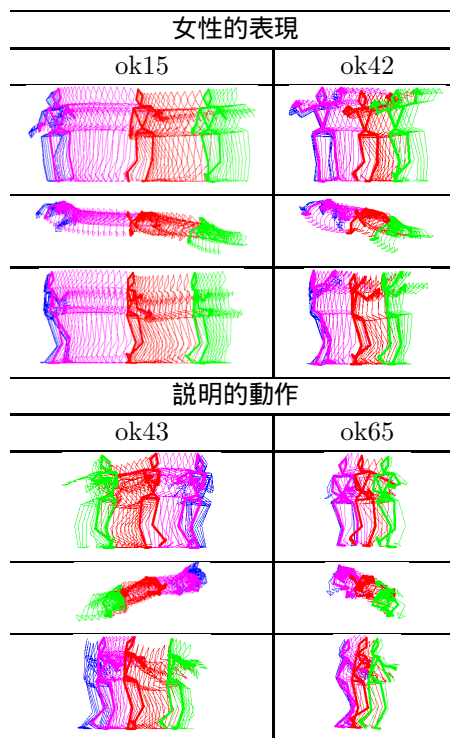


図 4: 時間正規化前の軌跡例。上下段とも上から  $xy, xz, zy$  平面の順。

### 5.1 参照サンプルとテストサンプル

実験では、舞踊歴 45 年の塾達舞踊家 M が参照動作を与えるために、17 の女性的表現のオクリと 13 の説明的動作のオクリを、それぞれ分けて踊った [8][9]。こうして得られたデータセットを参照サンプルとした。表 2 の上段に示す。

それに加えて、3 人の舞踊家 H, O と塾達舞踊家 M がオクリ動作を含む 2 つの踊り (娘形作品「初子の日」の初めから 2 部分でそれぞれ約 2000, 3000 フレーム位の長さ) を踊った。H, O はお互いに異なる流派に属し経験を積んだ舞踊歴 20 年弱の舞踊家である。

これらの踊りから当該部分を抽出して指標を計測した。計測データを同じく表 2 に示す。表 2 に示すように、 $T1$  の参照サンプルとして  $Ref.$  を用い、テストサンプルとして、 $Tes_{mo}, Tes_{mh}, Tes_{hh}, Tes_{oh}$  を用いた。また、 $T2$  の参照サンプルおよびテストサンプルには  $R\&T_{hh}, R\&T_{oh}$  を用いた。

参照サンプルに含まれるデータは 2 章第 2 節で説明したように、番号の前に “ok15” とか “ok65” のように “ok#.” として参照される。

テストサンプルに含まれるデータは、“mo11” とか “oh25” のようにデータセットの名前で識別される。この名前は、1 番目の文字は舞踊家の名前、2 番目の文

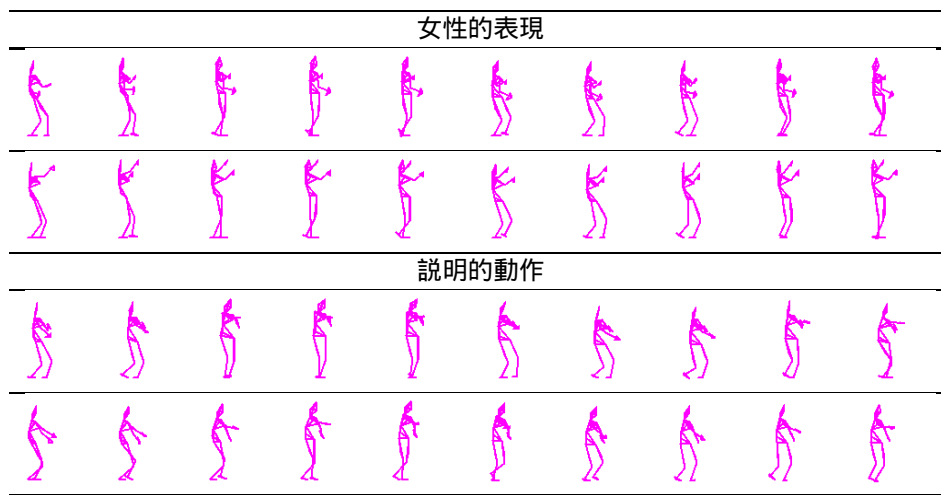


図 5: 時間正規化後のパターン例 (zy 平面)。10 フレームのパターン例、上から女性的表現の ok15,ok42, 説明的動作の ok43,ok65 の順。

字は踊り (ここではオクリの o 又は「初子の日」の h) の名前、3 番目の文字はオクリの番号 (1 → ok42 and 2 → ok43)、そして、4 番目の文字は繰り返し番号を表す。例えば、データセット “oh25” は、舞踊家 O、説明的動作のオクリ ok43、踊り “h” の 5 番目に踊られたものである。

## 5.2 参照サンプルによる予備実験 P1, P2

参照サンプルは、稽古体系に関する構造を探るためにそれぞれのタイプの基礎動作を解析してそこにある共通の特徴を調べて集めたものである。しかし、得られた計測値集合は、最も初期に習う舞踊動作から中期、後期の習得期に習う舞踊動作に至る、難易度の異なる動作の集合である。

この参照サンプルの質を見るために、予備実験 P1 では、「女性的表現」「説明的動作」に属する参照サンプルの全てについて一つ一つ調べたときにどの程度、それらの属するタイプに識別されるかを調べる。

予備実験 P2 では「女性的表現」「説明的動作」に属する参照サンプルを用いて leave-one-out 法で調べる。

## 5.3 識別法

変数選択 V1: 構造変数:48,22 変数、時空間変数:310 変数。

V2: 構造変数:26,15 変数 (0.9 以上の相関係数の一方除去)、時空間変数:80 変数。

変数の標準化 A1: 標準化しない。

A2: 標準偏差値で標準化。

識別空間 B2: 主成分分析を用いた次元減少。

距離測度 D2: 個別分散行列に基づくマハラノビス距離。

すなわち実験条件はつぎの 2 つの組み合わせになる。

E2:(A1, B2, D2) E4:(A2, B2, D2)

表 2: 参照サンプルとテストサンプル

Label	Type	Dancer	Size	Dataset
P1,P2 の参照およびテストサンプル				
Ref.	女性的	M	17	femi
	説明的	M	13	desc
T1 の参照サンプル				
Ref.	女性的	M	17	femi
	説明的	M	13	desc
T1 のテストサンプル				
Tes <sub>mo</sub>	女性的	M	1	mo11
	説明的	M	1	mo21
Tes <sub>mh</sub>	女性的	M	1	mh11
	説明的	M	1	mh21
Tes <sub>hh</sub>	女性的	H	5	hh11-15
	説明的	H	5	hh21-25
Tes <sub>oh</sub>	女性的	O	5	oh11-15
	説明的	O	5	oh21-25
T2 の参照およびテストサンプル				
R&T <sub>hh</sub>	女性的	H	5	hh11-15
	説明的	H	5	hh21-25
R&T <sub>oh</sub>	女性的	O	5	oh11-15
	説明的	O	5	oh21-25

## 5.4 実験結果

### 5.4.1 参照サンプルによる予備実験

比較のため、2種類の変数選択に対する2種類の識別法の実験結果を示す。

予備実験 P1：自分も含まれる辞書との識別。

予備実験 P2：自分を含まない辞書との識別。

参考のため、指標をそのまま識別に用いた場合(変数 48,26)を構造法1とし、それとともに、今回行った、指標の相対比を用いた場合(変数 22,15)を構造法2として示し、これらを時空間変数を用いた場合(変数 310,80)の実験結果とともに表3に示す。

表 3: 実験 P1, P2 の結果 (%) 実験 P1 は自分を含む辞書、実験 P2 は自分を含まない辞書で、leave-one-out 法を用いている。上段は構造法 1(48 変数)、中段は構造法 2(22 変数)で、下段は時空間法の各場合

	(変数の数)	実験 P1		実験 P2	
		E2	E4	E2	E4
構造 1	V1(48)	100	97	88	86
	V2(26)	100	97	86	79
構造 2	V1(22)	100	97	75	72
	V2(15)	100	100	71	74
時空間	V1(310)	100	100	93	87
	V2( 80)	100	97	94	90

表3によれば、結果は当然のことながら、実験 P1 の識別率が実験 P2 より高かった。実験 P2 では時空間法が最も高く、次いで構造法1が高く、構造法2はおおよそ7割であった。識別法は標準化しないE2が良かった。紙面の都合で示していないが、全体的には、女性的表現の特徴データはかなり広く分布していることがうかがえた。それに比べれば説明的動作ではそれらの特徴を適切に把握していると思われた。

### 5.4.2 テストサンプルによる識別実験

T2 の実験では、テストサンプルに  $Tes_{hh}$  または  $Tes_{oh}$  の中の1個を用いたときに、残りの4個を参照サンプルとする、それをデータセット5個に対し代わる代わる役割を変えて行う leave-one-out 法で推定した。実験結果を表4に示す。

動作識別は、表4によれば、構造法1および時空間法では変数を標準化しないE2は100%の識別率であった。構造法2ではあまり良くはないが、変数を標準化するE4が少し良い。それに比べ、舞踊家識別ではともに変数を標準化しないE2がよい。特に構造法2は時空

表 4: 実験 T1, T2 の結果 (%) 実験 T1 は動作識別、実験 T2 は舞踊家識別で、leave-one-out 法を用いている。上段は構造法全 48 変数の場合、中段は構造法全 22 変数の場合で、下段は時空間変数の場合

	(変数の数)	実験 T1		実験 T2	
		E2	E4	E2	E4
構造 1	V1(48)	100	100	95	95
	V2(26)	100	96	95	90
構造 2	V1(22)	75	79	100	95
	V2(15)	75	83	100	83
時空間	V1(310)	100	67	100	75
	V2( 80)	100	96	100	70

間法の変数の場合とともに、100%の識別率であった。いずれも、標準化しないで個別分散共分散行列に基づき主成分分析を行ったE2のときが識別率が高かった。

## 6 考察と今後の課題

本報告の動作識別実験では、「初子の日」から取り出した、オクリ番号の ok42, ok43 をそれぞれ女性的表現、説明的動作のテストデータに用いている。ok42, ok43 がどの程度それぞれのクラスの特徴を反映しているかどうかをみると、全て正解であった。このことからテストに用いたそれぞれの動作データは定義に基づいて踊っているなら正しく識別されると言える。実際に実験を行った結果は正しく識別されていた。

### 6.1 舞踊家識別

舞踊家識別実験においては動作識別実験で選択された変数を用いている。本実験は2舞踊家を対象にしているが、定義されたこれらの指標は舞踊家の動作の個人性識別にも有効で、安定して高い識別率を示した。1) 身長差、2) 足、手、袂れの各変数の役割差などが考えられるのでそれぞれについて調べたところ、1) 身長差については、2舞踊家 H, O の舞踊家 M に対する身長比による正規化を行っているが、正規化を行わない場合に比べて正答率に変化は見られなかった。2) については、袂れ角度関連の変数が最も高い識別率を示した。

### 6.2 識別に利用する変数

構造情報と時空間情報による識別実験結果は、参照サンプルによる予備実験では実験 P1 ではともに100%であるが、P2 では構造法より時空間法の方がE2で90%以上と高い正答率を与えた。

テストサンプルによる識別実験結果は、表4に示すように動作識別でも時空間法E2で100%の高い正答率

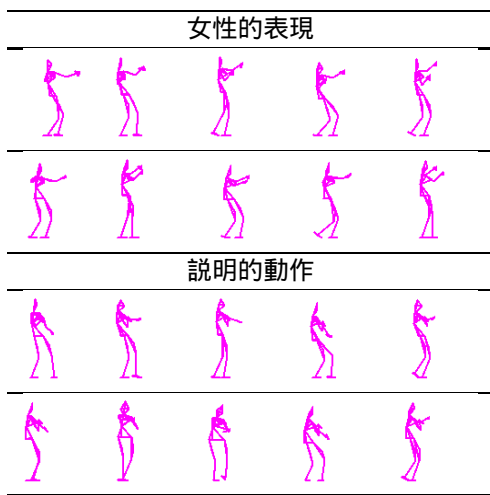


図 6: 時間正規化後のパターン例 (zy 平面)。10 フレーム中の 1,3,5,7,9 フレームのパターン例、上から女性的表現の「オクリ」ok42 を含む hh11,oh11, 説明的動作「オクリ」ok43 を含む hh21,oh21 の順。

を与えた。構造法も構造法 1 は構造法 2 に比べて正答率は高い。構造法 2 の相対比による場合は動作識別にはあまり効果的ではない。舞踊家識別では時空間法、相対比の構造法 2 において E2 で 100%であった。これは、2 人の舞踊家識別ではどちらの情報にも識別可能な程度に個性があることを示している。

T2 で用いた 2 舞踊家の「女性的表現」「説明的動作」の時間正規化後のパターン例 (zy 平面) を図 6 に示しておく。

### 6.3 今後の課題

小規模実験ではあるが、用途の異なる 2 つの動作の識別、また 2 舞踊家の動作の個人性の識別に関する実験を通して、動作特徴を表す指標は識別に対してもそれなりに有効であることが証明された。識別という側面からみると、平均的には時空間情報は構造情報より多く動作情報を含んでいるといえる。

しかし、時空間情報からは例えば「女性的表現」の足首の「タメ」の様子、「説明的動作」の力学的動作構造はわからない。必要に応じてこれらの情報特徴を使い分けする必要がある。紙面の都合で割愛したが、多変量解析の結果による動作情報全体の把握状況は、固有ベクトルの逆変換を用いることによりどのように把握されていたかがわかる。先にも説明したように、「オクリ」動作は左右両方向に移動するので特徴には  $y$  座標のみを用いているが、ここで採用した特徴ベクトルは身体情報を素直に表示できるように設定している。さらに検討を加えることによりこの種のデータ解析への応用性は広まると思われる。構造解析同様に時空間解

析も奥の深いものを感じられる。

謝辞

本研究は文部科学省 21 世紀 COE プログラム「京都アート・エンターテインメント創成研究」および文部科学省科学研究費基盤 B(課題番号 16300035) によって行われた。データ編集に関しては、八村研究室の大学院学生、瀬藤義則氏に大変お世話になった。ここに記して感謝したい。

### 参考文献

- [1] 中澤、中岡、池内：複数舞踊動作からの個性の抽出および適用, 情報処理学会、研究会 CVIM137-13, 101 / 107 (2003)
- [2] 中村、久野：複数舞踊動作からの個性の抽出および適用, 情報処理学会、研究会 CVIM137-13, 101 / 107 (2003)
- [3] T.Shiratori,A.Nakazawa,K.Ikeuchi:Detecting Dance Motion Structure Using Motion Capture and Musical Information, Proc. 10th Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia,VSMM'04,1287 / 1296 (2004)
- [4] 吉村、酒井、甲斐、吉村：日本舞踊の「振り」部分抽出とその特性の定量化の試み, 電子情報通信学会論文誌 DII, J84 -D-II - 12, 2644 / 2653 (2001)
- [5] 吉村、村里、甲斐、黒宮明、横山、八村：赤外線追跡装置による日本舞踊の解析, 電子情報通信学会論文誌 DII, J87 -D-II - 3, 779 / 788 (2004)
- [6] 東京国立文化財研究所編：標準日本舞踊譜, 創芸社 (1960)
- [7] 丸茂美恵子：日本舞踊における娘形技法の実証的研究, 日本大学博士論文 (2001)
- [8] 丸茂、吉村、小島、八村：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, 39 / 46 (2003)
- [9] 吉村、中村、八村、丸茂：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, 41 / 48 (2004)
- [10] M. Yoshimura, K. Kojima, K. Hachimura, Y. Marumo and A. Kuromiya: Quantification and Recognition of Basic Motion Okuri in Japanese Traditional Dance, Proc.13th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication, ROMAN'04, 205 / 210 (2004)
- [11] 吉村、小島、八村、丸茂、黒宮：日本舞踊における基礎動作「オクリ」の識別, 計測自動制御学会計測部門 SICE, 第 21 回センシングフォーラム資料, 207 / 212 (2004)
- [12] H.Murase, R.Sakai:Moving object recognition in eigenspace representation: gait analysis and lip reading, Trans. Pattern Recognition Letters 17 155 / 162 (1996)
- [13] Www.vicon.com : User's Manual of Vicon. (2004)
- [14] 黒宮、吉村、村里：骨格角度情報による日本舞踊動作の解析, 情報処理学会 研究報告, 2003-CH-58, 65 / 71 (2003)