

舞踊動作を表す構造変数と時空間変数の比較 — 動作識別および動作者識別 —

吉村ミツ¹、八村広三郎²、丸茂祐佳³

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

本研究では、モーションキャプチャ装置で計測した舞踊動作について、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、および3人の初心者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、およびそれらの比で表したものである。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」に関係のある対象部位8個のマーカのy座標、およびルートマーカとの相対座標である。本研究では、複数の動作を識別できるか、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、どの変数が高い正答率を与えるか調べている。実験の結果は、31個のマーカのy座標時系列を利用した場合が高い正答率を与えていた。その中でも相対座標系で行う方がよかった。

Comparison of Structural and Spatio-Temporal Variables in Traditional Japanese Dance — Motion and Performer Identification —

Mitsu Yoshimura¹, Kozaburo Hachimura² and Yuuka Marumo³

¹ Center for Promotion of the COE, Ritsumeikan University, ² Dept. of Computer Science, Ritsumeikan University
and ³ College of Art, Nihon University

This paper investigated the characteristics of structural variables, which were defined by Yoshimura(2004), and spatio-temporal variables related to dance through the identifiability of both dance type and dancer. The data for investigation were experimentally acquired by a motion capture system, which monitored dancing motions performed by a Japanese dancing master followed by two veteran dancers and three beginners, where the dancing motion represented symbolized feminine feelings and the spatio-temporal variables were respected as a time series of the y coordinate. It revealed that spatio-temporal variables were more advantageous than structural variables for identification of both dance type and dancer.

1 まえがき

本研究では、モーションキャプチャ装置で計測した舞踊動作について、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には民謡を対象にしたものなど [1][2][3] があるが、我々とは目的が異なっている。われわれはこれまで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。こ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」(feminine expression) と、その比較として、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」(descriptive action) を取り上げてきた。すでに、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2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、その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。そこで、前者の変数を構造変数と呼び、後者の変数を、時空間変数と呼んで、2種類の特徴のどちらが動作の情報より多く含むかを調べた [12]。

本論文は、その後行った、時空間変数の相対座標表示や、初心者ではあるが対象舞踊家の追加などを行った実験結果 [13][14] も含めてまとめたものである。

2 舞踊動作を表す特徴

2.1 データ形式

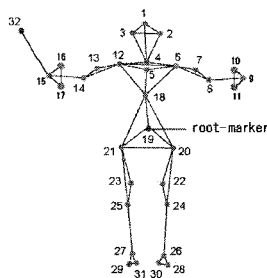


図 1: 番号により特定される装着マーカの位置

舞踊動作の特徴を定量化するために、我々は立命館大学にある MotionAnalysis 社の Eagle/Hawk システム [16] で収録した3次元位置の時系列データを用いる。マーカ数は31個で、ほかに小道具を手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。

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。ここで、 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。また、1/30の秒レートのものをフレームとして使用している。例えば、30フレームは動き始めてから1秒後の時刻である。

2.2 データの集合

我々は17の「女性的表現」のオクリ (femn と略記) および13の「説明的動作」のオクリ (desp と略記) から成るデータ集合を用いている。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として、ここでは通し番号を付けて次の様に示す [8][9][10]。femn: {1, 2, ..., 17}, desp: {18, 19, ..., 30}。

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を抽出することが求められる。一方、「説明的動作」では、手や足の動作に関する特徴および、身体の振れの際に身体に生じる力学的な関係を表す特徴を抽出することが求められる。このために、ここでは全部で48個の指標を定義した。さらに、これらの指標の相対比による値も定義した。前者の指標を構造特徴1、後者を構造特徴2と呼ぶ。次章でこれら48個の指標の定義を簡単に説明する。なお、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。

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, 相対座標)
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

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。また、座標の原点をルートマーカ 19 に移動した相対座標での実験も行う。絶対座標を用いたものを時空間特徴 1、相対座標を時空間特徴 2 と呼ぶ。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。なお、時空間法では相対座標変換は前処理 1 で行う。

表 1 に構造法および時空間法による識別法の手順を示す。識別法については、構造特徴 1,2、および、時空間特徴 1,2 に応じて、それぞれ、構造法 1,2、および、時空間法 1,2 と呼ぶ。

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ている [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。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、左右の 8 個の部位、足首(マーカ番号 26,27)、手の甲(9,15)、肩(20,21)、腰(20,21)が対象となる(図 1 参照)。

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 2 に示す記号を共通に用いる。図 2 において、上側の曲線はマーカ 26(左足首)、下側の曲線はマーカ 27(右足首)のそれぞれの y 座標の時間変化、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_1, M_2 の頂点 i_1, i_2 間、 M_2, M_3 の頂点 i_2, i_3 間の

それぞれの区間(時間ともいう)を t_1, t_2 で表す。

2. M_1, M_2, M_3 のそれぞれの始点、終点を $j_{11}, j_{12}, j_{21}, j_{22}, j_{31}, j_{32}$ で表す。
3. M_2 の始点から頂点、頂点から終点までの時間を t_3, t_4 で表す。
4. M_2 の始点から頂点、頂点から終点までの面積を S_1, S_2 で表す。
5. M_1 の始点から M_3 の終点までの区間長を t_5 で表す。
6. 各 M_1, M_2, M_3 において、始点から終点までの区間長をそれぞれ u_1, u_2, u_3 で表す。
7. 各 M_1, M_2, M_3 において、始点から頂点まで、頂点から終点までの区間長をそれぞれ $u_{11}, u_{12}, u_{21}, u_{22}, u_{31}, u_{32}$ で表す。

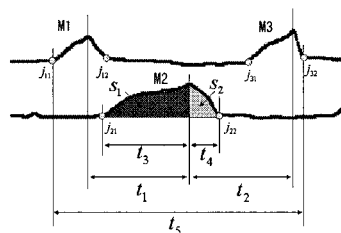


図 2: 記号の模式図

なお、以下に用いる速度、加速度は次に示す式(1),(2)で求める。

1. フレーム t における速度

$$v = \sqrt{v_x(t)^2 + v_y(t)^2 + v_z(t)^2} \quad (1)$$

ここで、 $v_x(t) = x(t) - x(t-1)$, $v_y(t) = y(t) - y(t-1)$, $v_z(t) = z(t) - z(t-1)$ である。

2. フレーム t における加速度

$$a = \sqrt{a_x(t)^2 + a_y(t)^2 + a_z(t)^2} \quad (2)$$

ここで、 $a_x(t) = x(t) - x(t-1)$, $a_y(t) = y(t) - y(t-1)$, $a_z(t) = z(t) - z(t-1)$ である。

3.1.2 足首、手の甲および体幹のねじれに関する特徴

48 個の特徴を表 2 に示す。

足首に関する 7 種類 26 個の特徴を表 2 上段に示す。

手の甲の動きに関する 2 種類 10 個の特徴を表 2 中段に示す。

表 2: 足首, 両手の甲, ねじれに関する 48 個の特徴

足首の動きに関する 26 個の特徴 (markers 26,27)	
間隔比	$r_{11} = t_1/t_2$
M2 の時間比	$r_{12} = t_3/t_4$
M2 の面積比	$r_{13} = S_1/S_2$
M2 の平均高さ比	$r_{14} = \frac{S_1/t_1}{S_2/t_2}$
足の速度比	$r_{15bn} = \frac{\sum_{t \in u_{bn}} v(t)}{u_{bn}}$ ($b = 1, 2, 3; n = 1, 2$)
	$r_{15b} = \frac{\sum_{t \in u_b} v(t)}{u_b}$
足の加速度比	$r_{16bn} = \frac{\sum_{t \in u_{bn}} a(t)}{u_{bn}}$ ($b = 1, 2, 3; n = 1, 2$)
足の移動距離	$r_{17bc} = dis(b, c)$ ($b, c = (12, 22), (12, 32), (22, 32), (11, 32)$)
両手の甲に関する 10 個の特徴 (markers 9,15)	
手の速度	$r_{21k} = \frac{v_k}{t_k} (k = 1, \dots, 5)$
手の加速度	$r_{22k} = \frac{a_k}{t_k} (k = 1, \dots, 5)$
体幹のねじれに関する 12 個の特徴 (markers 6,12,20,21)	
最大角度	$r_{31}(pan), r_{32}(tilt)$
水平角の角速度	$r_{32k} = \frac{v_k}{t_k} (k = 1, \dots, 5)$
水平角の角加速度	$r_{33k} = \frac{a_k}{t_k} (k = 1, \dots, 5)$

身体のねじれに関する 3 種類 12 個の特徴を表 2 下段に示す。マーカ 6,12 間の肩ベクトル v_s とマーカ 20,21 間の腰ベクトル v_h のなす水平角 (pan) と仰角 (tilt) [17] を求め、この角度の値に基づき定義している。

3.2 指標の相対比で定義した構造変数

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特徴の相対比 13 個を表 3 上段に、手の甲の動きに関する特徴の相対比 4 個を表 3 中段に、ねじれに関する特徴の相対比 5 個を表 3 下段に示す。

4 時空間法で用いる特徴

4.1 時空間特徴 1,2 の定義

時間軸の標本化: オクリ区間を再標本化して 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 として身長を正規化を行う。

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。

ここで定まる変数が時空間特徴 1 である。

相対座標変換: 各フレームにおいて全ての座標値からルートマーカ 19 の座標値の差をとる。

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 3 に示す。図 4 は上から正面図、俯瞰図、側面図である。左右どちらに移動するかはそれぞれ異なる。一般に、「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 10 フレームのパターンにする (図 3)。

5 識別実験

本研究では次の実験を行う。

1. 実験 T1: 2 つの動作識別実験
2. 実験 T2: 5 人の舞踊家識別実験

なお、実験 T2 では、テストサンプルにデータ集合中の 1 個を用いたときに、残りを参照サンプルとする、それをデータ集合の全てに対し代わる代わる役割を変えて行う 1 例除外法 (leave-one-out 法) で推定する。

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、それぞれ演じ分けて踊った [8][9]。

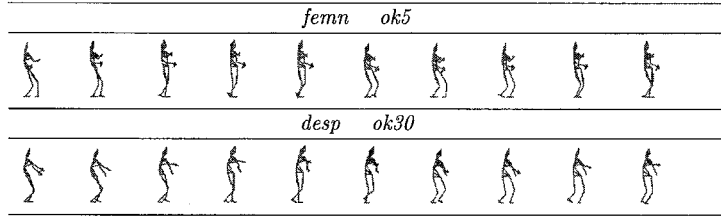


図 3: 時間正規化後のパターン例 (zy 平面)。10 フレームのパターン例、上側は女性的表現、下側は説明的動作。

表 3: 足首, 両手の甲, ねじれに関する 22 個の相対比変数

足首の動きに関する 13 個の相対比変数 (markers 26,27)	
間隔比	$h_1=r_{11} = t_1/t_2$
M2 の時間比	$h_2=r_{12} = t_3/t_4$
M2 の面積比	$h_3=r_{13} = S_1/S_2$
M2 の平均高さ比	$h_4=r_{14} = \frac{S_1/t_1}{S_2/t_2}$
足の平均速度比	h_5, h_6, h_7 各山の始点と頂点までと頂点から終点までの速度比
足の加速度比	h_8, h_9, h_{10} 各山の始点と頂点までと頂点から終点までの加速度比
足の移動距離比	h_{11}, h_{12}, h_{13} 各歩み間の移動距離とオクリ全区間の euclid 距離比 3 個。 (b, c) = (12, 22), (12, 32), (22, 32), (11, 32)
両手の甲に関する 4 個の相対比変数 (markers 9,15)	
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
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
体幹のねじれに関する 5 個の相対比変数 (markers 6,12,20,21)	
最大角度比	$h_{18} = r_{311}/r_{312}, (pan)/(tilt)$
水平角の角速度比	h_{19}, h_{20} 区間 t_1, t_2 および t_3, t_4 の角速度比
水平角の角加速度比	h_{21}, h_{22} 区間 t_1, t_2 および t_3, t_4 の角速度比

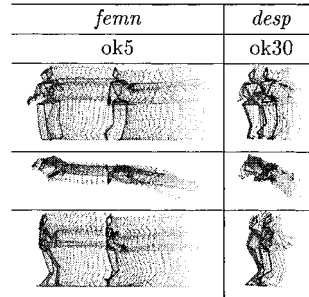


図 4: 時間正規化前の軌跡例。上から xy, xz, zy 平面順。

こうして得られたデータの集合を参照サンプルとした。表 4 の上段 Ref.o に示す。

それに加えて、3 人の舞踊家 H, O と 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約 20 年の舞踊家である。「初子の日」の初めから 2 部分の踊りの中からオクリ部分を目視で抽出して用いた。表 4 に Tes.h として示す。

上記の舞踊家とは別に、これまで踊りを体験していない 3 人の女子学生 (以下では舞踊家 K, S, Y とよぶ) が日本舞踊に習熟した舞踊家にオクリ動作 (女性的表現のオクリ ok11, および説明的動作のオクリ ok27) を習い、動作時にも助言を貰いながら、各 5 回ずつ踊った。これによって得られたデータの概要は Table 4 に、Tes.o として示す。

実験 T1 のテストサンプルは、2 動作ともに、舞踊家 M が 1 回分と、舞踊家 H, O, K, S, Y それぞれの 5 回分ずつである。

実験 T2 の参照サンプルおよびテストサンプルは実験 T1 のテストサンプルの M を除く 5 舞踊家のデータを用いた。

データは 2 章第 2 節で説明したように、番号の前に “ok11” とか “ok27” 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”のようにデータ名で識別される。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 → ok11 and 2 → ok27）、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“oh25”は、舞踊家O、説明的動作のオクリok27、踊り“h”の5番目に踊られたものである。舞踊家K,S,Yのデータも、“ko11”, “so11”, “yo11”, “ko21”, “so21”, “yo21”などと表す。

5.2 実験 T1, T2

実験 T1 では、テストサンプルのそれぞれのデータが「女性的表現」「説明的動作」の2つのタイプの動作のどちらに属するかを識別する。それに対して、実験 T2 では、タイプがわかっているあるデータが対象舞踊家の中の誰が踊ったものであるかを識別する。

5.3 識別法

テストサンプルを参照サンプルを用いて識別する際に距離を測る。距離の指標としては疑似マハラノビス距離 [18] を用いた。基本的な手順としては、次のようになる。

あるタイプ i のオクリの指標変数からなる特徴ベクトル $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im_i}$ と参照サンプルの数 m_i を用いて、

1. 平均特徴ベクトル

$$X_i = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} X_{ij}}{m_i} \quad (3)$$

2. 分散共分散行列（以下、分散行列）

$$V = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} (X_{ij} - X_i)(X_{ij} - X_i)^t}{m_i} \quad (4)$$

3. 参照サンプル P_i とテストサンプル P_Q との疑似マハラノビス距離

$$D(P_i, P_Q) = \sum_{k=1}^q \frac{(Z_Q^k - Z_i^k)^2}{\lambda_k} + \frac{1}{\lambda_q} \sum_{k=q+1}^p (Z_Q^k - Z_i^k)^2 \quad (5)$$

ここで、 $Z_Q^k = l_k^t X_Q$, $Z_i^k = l_k^t X_i$, $1 \leq k \leq p$ であり、 t は転置、 $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ は V の降順の固有値、 l_1, l_2, \dots はそれぞれに対応する固有ベクトル、 Z^k は参照サンプル

表 4: 参照サンプルとテストサンプル

Label	Type	Dancer	Size	Data set
T1の参照サンプル				
Ref.o	femn	M	17	ok11-ok17
	desp	M	13	ok18-ok30
T1のテストサンプル				
Tes.h	femn	M,H,O	1,5,5	m,h,o(h11-h15)
	desp	M,H,O	1,5,5	m,h,o(h21-h25)
Tes.o	femn	M,K,S,Y	1,5,5,5	m,k,s,y(o11-o15)
	desp	M,K,S,Y	1,5,5,5	m,k,s,y(o21-o25)

ルから作った特徴ベクトル X の第 k 主成分である。 q は打ち切り整数で、 λ_q より小さい固有値を全て λ_q に置き換える。サンプルが小さい場合、 q 番目以降の固有値が 0 になったり、ノイズを含むため、マハラノビス距離を修正した疑似マハラノビス距離が有効である。

併合分散行列を用いる場合は、参照サンプルのサイズ比 $w_i, i = 1, 2, \dots, n_c$ (n_c はクラス数) を重みとし、

$$V = \sum_{i=1}^{n_c} w_i V_i \quad (6)$$

を求め、これを各クラスの判別の際に、式 (4) の代わりに用いる。

ここで、 $T1, T2$ の場合、 n_c はそれぞれ、2, 5 である。また、クラスとは、 $T1, T2$ において、それぞれ、オクリのタイプ、舞踊家のことを示す。

本研究においては、変数選択、標準化、距離測度などについて次の条件を考える。

変数選択 V1:48 全指標に対応する変数を使用。

V2:相関係数が0.9以上の一方の変数を除去した26個を使用。

変数の標準化 A1:標準化しない。

A2:標準偏差値で規準化。

距離測度 B1:個別分散行列に基づく疑似マハラノビス距離。B2:併合分散行列に基づく疑似マハラノビス距離。

これらの条件から次の2つの場合に組み合わせて、変数選択の V1 と V2 で実験を行う。

C1:(A1, B1) C2:(A1, B2)
C3:(A2, B1) C4:(A2, B2)

5.4 実験の結果

実験の結果を表 5 に示す。用いる特徴 1,2 に応じて構造法 1,2 または時空間法 1,2 と呼んでいるが、表では

前者を構造 1,2、後者を時空間 1,2 と略している。

表 5: 実験 T1, T2 の結果 (%) 使用データは T1 では全ての 6 舞踊家、T2 では M を除く 5 舞踊家。

方法		T1			
		C1	C2	C3	C4
6 舞踊家					
構造 1	V1(48)	100	93	96	96
	V2(26)	100	87	94	91
構造 2	V1(22)	76	80	72	70
	V2(15)	67	78	76	74
時空 1	V1(310)	100	74	98	96
	V2(80)	100	85	100	98
時空 2	V1(300)	100	100	100	81
	V2(80)	100	96	85	83
方法		T2			
		C1	C2	C3	C4
5 舞踊家					
構造 1	V1(48)	84	90	74	74
	V2(26)	86	90	76	78
構造 2	V1(22)	64	78	78	78
	V2(15)	56	72	78	72
時空 1	V1(310)	94	96	88	90
	V2(80)	96	96	88	86
時空 2	V1(300)	100	98	100	100
	V2(80)	96	98	98	98

表 5 の正答率について、個別に見た場合は、時空間 2 の V1 が多くの場合で 100(%) で良い結果を与えている。

考察のところでもふれるが、表 5 の列、行を通して実験条件の優劣をみていく。

まず、距離測度の優劣と変数の標準化について、それぞれの列について平均をとり距離測度の優劣をみると、T1 では C1 が、T2 では C2 がそれぞれ優位である。変数の標準化については、T1 では B1 すなわち C1, C3 が、T2 では B2 すなわち C2, C4 がよい。いずれも動作識別か舞踊家識別かという対象により異なっている。

つぎに、変数選択について、T1, T2 毎に行の平均をみると、T1 では構造 V1(48) で、T2 では時空間 2 での V1(300) でそれぞれ高い。ちなみに、T1 の構造 V2(26)、T2 の時空間 2V2(80) の場合は、それぞれ 93, 97.5(%) である。変数の数が 48 にたいし 26、300 にたいし 80 とかなり異なる数でも同程度の識別率を与えている。

なお、構造 2 で全ての指標を相対的な量で表したが、その場合はあまり効果的ではなかった。ここでは V1(22), V2(15) はともに 80(%) 以下である。一方、時空間 2 でも、絶対座標ではなくルートマーカからの相

対的な動きでとらえた(時空間 2) が、その場合はほとんど 100(%) というよい結果を与えた。変数選択のところでも述べたが、数の多数よりはどの情報が有用かが効果に影響を与えている。

構造法と時空間法の情報量の質を単純に表 5 の識別率から眺めてみると、両者の平均は 81, 94(%) となり、時空間法が構造法より約 14(%) 高い。

6 考察

6.1 時空間特徴の座標系

踊りの類似性は絶対座標系でどちらを向いているかということより、身体の各部分をどのように捻り、動かしているのかという相対的な位置関係で評価されることが多い [5]。そこで、絶対座標ではなく身体を中心(ここではマーカ 19) からみた相対的な動きを通してとらえる実験を行っている。その結果は表 5 の各最下段に時空間 2 として示してあるが、絶対座標より高い識別率を与えている。特に実験 T2 で顕著である。

6.2 舞踊家識別

実験 T2 においては実験 T1 で選択された変数を用いている。本研究の動作識別で取り扱う「オクリ」は左右の斜め方向に進む動作であるため、 x, z 座標値は「オクリ」により異なる。そこで、動作識別では y 座標値のみを使用し、対象動作に依存しない識別を行っている。舞踊家識別でも y 座標値のみを使用して行った。

実際には、舞踊家識別では同じ動作を踊る舞踊を対象にするので、 x, y, z の 3 変数を扱うことは可能である。それは今後の課題である。

6.3 識別に利用する変数

表 5 に示すように実験 T1 では、時空間法 1, 2 とも、C1 で 100% の高い正答率を与えた。構造法も、構造法 1 は構造法 2 に比べて正答率が高い。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。

実験 T2 では、時空間特徴の優位性は高いが、時空間 2 の V1 でも 100% であった。

T2 で用いた舞踊家の「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 5 に示しておく。

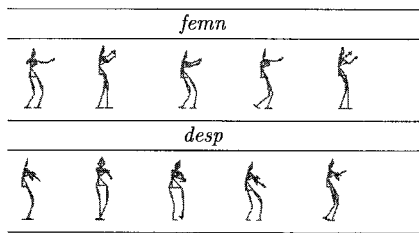


図 5: 舞踊家の時間正規化後のパターン例 (zy 平面)。上側が女性的表現、下側が説明的動作。

7 むすび

本研究では、モーションキャプチャ装置で計測した舞踊動作について、構造に関する変数と時空間に関する変数を計測し、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た。

用途の異なる2つの動作の識別、また5舞踊家の動作の個人性の識別は、どちらの情報も条件を選べばそれなりに可能であった。識別率でみると、平均的には時空間情報の方が構造情報より多く動作情報を含んでいるといえる。その場合、相対座標系で行う方がよい。

本報告における実験規模は小規模である。識別率の値そのものとはともかく、ここで見られた定性的傾向は意味を持つと考えられる。

謝辞 データ編集に関しては、COE 推進機構の小島一成氏（現在神奈川工科大学助教授）にお世話になった。ここに記して感謝の意を表したい。なお、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。

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] 吉村ミツ、八村広三郎、丸茂祐佳：舞踊動作を表す特徴についての検討, 情報処理学会 研究報告, 2005-CH-65, 17 / 24 (2005)
- [13] 吉村ミツ、八村広三郎、丸茂祐佳：動作情報を表す構造変数と時空間変数の比較, 電子情報通信学会 信学技法, PRMU2005**, 1 / 8 (2005.11)
- [14] M. Yoshimura, K. Hachimura and Y. Marumo: Comparison of Structural Variables with Spatio-temporal Variables Concerning the Identifiability of Okuri Class and Player in Japanese Traditional Dancing, Proc. 18th IEEE Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR'06) 308 / 311 (2006)
- [15] H. Murase, R. Sakai: Moving object recognition in eigenspace representation: gait Trans. Pattern Recognition Letters 17 155 / 162 (1996)
- [16] www.motionanalysis.com / : Eva RT ver. 4.2 User Manual 2004. (2004)
- [17] 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)
- [18] 鶴岡、栗田、原田、木村、三宅：加重方向指数ヒストグラム法による手書き漢字および平仮名文字認識, 電子情報通信学会論文誌 D, **J70 -D - 7**, 1390 / 1397 (1987)