

舞踊動作の識別に関する考察

吉村ミツ¹、八村広三郎²、丸茂祐佳³

¹ 立命館大学 GCOE 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

概要：丸茂 (2001) によると日本舞踊の娘形作品には、オクリ・スベリ・ソリ・ナンバ・ヒネリの5つの基礎動作が多用されている。著者らは、これらの基礎動作が日本舞踊の娘形作品にどのように取り入れられているか、それが舞踊家ごとにどのように異なって表現されるかを調べてきた。しかしながらその研究に用いたデータは、初心者が初期課程で習得する作品「初子の日」を題材にしたもので、女性的表現の動作を一般的に代表したものではなかった。そこで本研究では、舞踊家が後期課程で習得する作品を題材とし、舞踊歴が長い熟達した舞踊家を6人増やして実験を行い、初期課程と後期課程の違いがどこに現れるか、難度が高い作品にも「女性らしさ」が表れるかを、時空間特徴を用いて調べた。その結果、(1) 女性らしさは、難度が高い作品でも表現されている、(2) 足の特徴を調べるだけでは習得している技術水準が把握できない、(3) 時空間特徴を用いることで女性らしさを識別できる、ということが確かめられた。

Experimental Investigation of Dance movement Recognition

Mitsu Yoshimura¹, Kozaburo Hachimura² and Yuuka Marumo³

¹ Center for Promotion of GCOE, Ritsumeikan University, ² Dept. of Computer Science, Ritsumeikan University,

³ College of Art, Nihon University

This paper presents a result of experimental study for recognizing characteristic of Japanese classical dance. Six veteran dancers performed a dance program in high level and their motions were observed with motion capture cameras. The acquired set of 3D-time series was reduced to spatio-temporal variables for evaluating the identifiability of dance types and dancers. Through the analysis of observed results on these variables, the authors concluded that (1) feminine feeling existed in this high level dance program, too, (2) the level of skill of dancers could not be evaluated by observation of lower limbs, and (3) spatio-temporal variables were useful to identify feminine feelings.

1 まえがき

われわれは、日本舞踊を対象として、娘形作品の基礎動作の違いや舞踊家の個性的差異を、いろいろな特徴に基づいて調べてきた [1][2][3][4][5][6][7]。その中で、舞踊動作を定量的に把握するのに有用と思われる構造特徴変数と時空間特徴変数を定め、その役割・性能の比較を行い、女性的表現がこれらの特徴変数で把握できることを確かめた。しかしその際に用いた題材が、初心者が初期課程で習得する作品「初子の日」の一部であったので、われわれはこの結論の一般性が十分でないと考え、より難度の高い作品で同様な検討を行うことにした。すなわち、研修を続ける舞踊家が後期課程で習得する作品を対象にし、熟達した舞踊家の数を6人増やして実験を行

ない、時空間特徴変数で、初期課程と後期課程の違いの表れる部分と難度が高い作品の「女性らしさ」が表れる部分を確かめた。以下に、その研究結果を述べる。

2 研究の背景

日本舞踊の娘形作品には、オクリ、スベリ、ソリ、ナンバ、ヒネリ、の5つの基本動作が多用されているが、われわれは「オクリ」に焦点を絞った。オクリとは「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、舞台の上手、下手へ3歩進む」という3歩の動作である (図2 最下段参照)。

オクリには、動作の強調、女性的表現、説明的動

作、物まね的表現、感情表現、などいろいろな役割があるが、本研究では、女性的表現と説明的動作に焦点をあてた。すなわち、習得難度が低い「羽根の禿」「初子の日」から難度が高い「娘道成寺」までの16 作品中から 65 のオクリを抽出して計測し、「女性的表現」を示すオクリとされている踊りに、実際に娘らしさが表現されているかどうかを、説明的動作を対照として、指標値を用いて実験的に検討した[2][4][5]。

2.1 用いたデータ

本研究に用いたデータは、動作者に 31 個、小道具に 1 個、の赤外線反射マークをつけて (図 1 参照) 踊ってもらい、収録したものである。データの形式は、各マークごとの 3 次元時系列 $\{(x(t), y(t), z(t); t = 1, 2, \dots)\}$ で、距離の単位は mm であり、時間の単位はフレームである。本研究では、1 フレームを 1/30 秒にしている。各座標 x, y, z はそれぞれ、左側、上側、前方が正方向である。

本研究のデータとしては、過去に取得したデータに加えて、舞踊家が後期課程の研修に用いる作品の「梅の榮」を 6 人にそれぞれ 4~5 回ずつ踊ってもらったものを用いた。図 2 は、その時系列データでの足の軌跡と、対応する身体動作の動きを例示したものである。図 3 は、各舞踊動作を、時間を正規化して重ねて $x-y$ 平面上に示したものである。

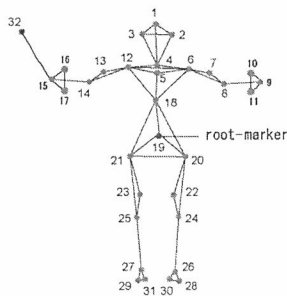


図 1: 身体に装着したマークの番号

2.2 用いた特徴

用いた特徴や識別法は文献 [4][5] と同じものである。構造特徴とは、足首、手の甲、身体の捻れに関する特徴をそれぞれ 26 個、10 個、12 個、全部で 48 個の指標を定義したものである。われわれはこれらの

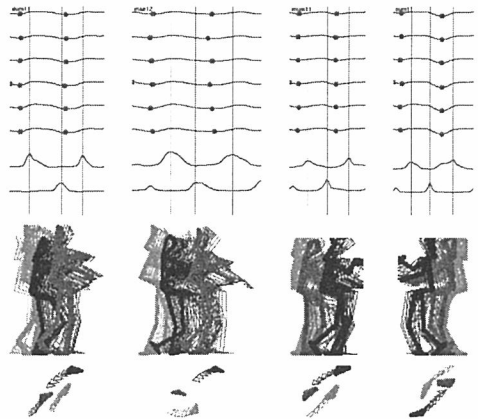


図 2: 上から順に、時系列データ (MK-1, 5, 6, 12, 20, 21, 26, 27)、身体・足の軌跡 (MK-26,27) の例

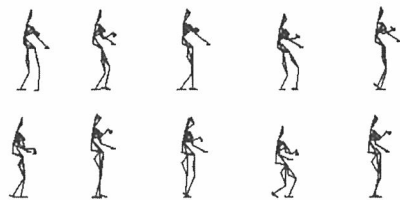


図 3: 時間正規化後のパターン例 (xy 平面)

特徴を用いる識別法を構造法と呼んでいる。各指標の比を取ると、これらの特徴は 22 個に集約できる。さらに、相関の強い特徴については一方を除くことで数をさらに少なくすることができる。

時空間特徴とは、観測時に得られるマークの y 座標値時系列のことである。識別に利用するとき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。時空間特徴を用いる識別法を時空間法と呼んだ。ここで、マーク数の選択により直接オクリ動作に関わる 8 個のマークを用いることができる。それぞれルートマークとの相対座標時系列で見ることができ、本実験では時空間特徴のみを用いた。

2.3 参照サンプルとテストサンプル

動作識別実験に用いた参照サンプルとテストサンプルは、表 1 に示すものである。表では、先の実験を $Tes1.h, Tes1.o$ 、および今回新たに追加した実験を $Tes2.u$ と示している。舞踊家識別実験に用いた

ものは表 1 の中の、テストサンプルの M を除いたものである。

表 1: 動作識別実験の参照サンプルとテストサンプル

Label	Type	Dancer	Size	Data set
参照サンプル				
Ref.o	femn	M	17	ok11-ok17
	desp	M	13	ok18-ok30
テストサンプル				
Tes1.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)
Tes1.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)
Tes2.u	femn	*1	*2	*3(u11-u15)

*1 は M,H,O,D,F,A; *2 は 4,5,5,5,4,4; *3 は m,h,o,d,f,a である。

3 主成分空間における時空間特徴の分布

本実験では、習得の初期課程および後期課程の作品の舞踊、初心者、熟達した舞踊家など多様な作品、舞踊家などを対象にできた。そのため、特徴の分布も見方を変えていくつかの観点から調べてみる事が可能になった。「オクリ」は3歩の足の動きである。しかし、初心者は足を3歩出すことだけで、身体の動きにまで注意を向けることができない。たとえば、図3は「オクリ」区間における左右の肩、腰、足首部位の時系列の y 座標とその差分（速度）のデータ例である。図3によれば、右の3歩の足の動きに対応する足首部位の動きにはそれぞれ山ができてきている。しかし、速度データに関しては、同じ区間での胸、肩、腰の動きは熟達した舞踊家の動きとはかなり異なっている。

そこで、どんな特徴がどのように反映されているかを調べるために、用いる特徴を変化させ、各識別実験時に得られる主成分得点の散布図を吟味した。具体的には第1、第2の2つの主成分軸で張られる平面を用いた。

3.1 時空間特徴

時空間変数の場合はどんなマーカをいくつ使うかが問題になる。本研究では、表2に示す7組を用いた。すなわち、マーカ8個を考えた場合 S8₁、S8₂では、それぞれ(左右の肩・腰・足首・手首)と(左右の肩・腰・膝・足首)、S6₁、S6₂では、それぞれ(左右の肩・腰・足首)と(左右の腰・膝・足首)、

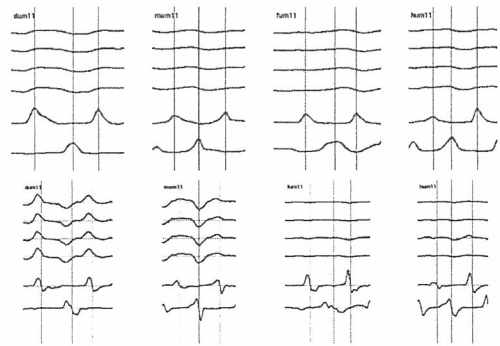


図 4: 上段は時系列データ (MK-6,12,20,21,26,27) の y 座標、下段はその差分の例

S4₁、S4₂では、それぞれ(左右の腰・足首)と(左右の膝・足首)である。

表 2: マーカ番号の集合

S31	1, 2, ..., 31
S8 ₁	6, 9, 12, 15, 20, 21, 26, 27
S8 ₂	6, 12, 20, 21, 24, 25, 26, 27
S6 ₁	6, 12, 20, 21, 26, 27
S6 ₂	20, 21, 24, 25, 26, 27
S4 ₁	20, 21, 26, 27
S4 ₂	24, 25, 26, 27

表 3: マーカ集合と特徴ラベル

特徴ラベル					
	type	fnam	grade	mnam	saku
S31	type31	fnam31	grade31	mnam31	saku31
S8 ₁	type8 ₁	fnam8 ₁	grade8 ₁	mnam8 ₁	saku8 ₁
S8 ₂	type8 ₂	fnam8 ₂	grade8 ₂	mnam8 ₂	saku8 ₂
S6 ₁	type6 ₁	fnam6 ₁	grade6 ₁	mnam6 ₁	saku6 ₁
S6 ₂	type6 ₂	fnam6 ₂	grade6 ₂	mnam6 ₂	saku6 ₂
S4 ₁	type4 ₁	fnam4 ₁	grade4 ₁	mnam4 ₁	saku4 ₁
S4 ₂	type4 ₂	fnam4 ₂	grade4 ₂	mnam4 ₂	saku4 ₂

これらのマーカ集合について、ラベルと名付けた、次に列挙する5種類の特徴を表3のように対応付けた。

- 動作タイプ (type) 1: 女性的表現 (femn); 2: 説明的動作 (desp)
- 収録ファイル (fnam) T: 教師用; H: 初子の日; E: 単独動作; U: 梅の栄
- 熟達度 (舞踊歴) (grade) 1: 2年以下; 2: 10~20年; 3: 20年以上

4. 舞踊家 (mnam) M, H, O, K, S, Y, D, F, A
 5. 演目作品 (習得課程) (saku) 1: 初期; 2: 中期;
 3: 後期

3.2 特徴の分布

マーカ集合については $S6_2$ を除く 6 種類とラベル数 5 個の合計 30 個にたいし、主成分空間における第 1, 第 2 の主成分で張られる平面の散布図を、図 5 に示す。

図 5 について全体を眺めた場合、いくつかの特徴がみられる。例えば、マーカ集合が $S31, S8_1$ の分布はかなり類似している。手のマーカ 9, 15 が影響していると思われる。動作タイプ (1:femmn, 2:desp) の分離度をみると、マーカ集合 $S31, S8_1, S6_1, S4_1$ がよく、 $S8_2, S4_2$ が悪い。このなかで、マーカ集合が $S8_1, S8_2, S4_1, S4_2$ の場合のそれぞれの分離度に影響を与えているのは、前者ではマーカ 9, 15、後者ではマーカ 20, 21 と考えられる。マーカ集合が $S6_1$ では、ひねりに関係する上体部位のマーカ 6, 12 や 20, 21 が使用されているが、マーカ集合が $S4_2$ ではそれらの上体部位のマーカが使用されていない。これらのことが分離度に影響を与えているようである。「オクリ」は下肢の部分の動作である。その身体表現には上肢、上体、ひいては身体全体がかかわっていることを示しているのであろう。

以下にマーカ集合が $S31, S6_1, S4_2$ の場合についてより詳細に吟味する。

3.2.1 動作タイプ (type)

図 6 の動作タイプのラベルは女性的表現 (feme) が 1 で、説明的動作 (desp) が 2 である。変数が $S31, S6_1$ の場合は比較的分離しているが、 $S4_2$ の場合は 1, 2 がかなり混ざり合っている。

3.2.2 収録ファイル (fnam)

図 7 はデータ収録時ファイルのラベルの場合である。データは同じ目的の下に収録するので、舞踊家、対象演目が同じになる。モーションデータの収録方法も同じものになる。T が全領域に亘っている。H, E は動作タイプの 1, 2 の両分野上にある。U は 3 の場合には動作タイプ 1 の上方部にまとまってあり、難度の高い作品でも女性らしさを表していることがうかがえる分布をしている。この特徴ラベルは習得過程の違いを現わしているといえる。

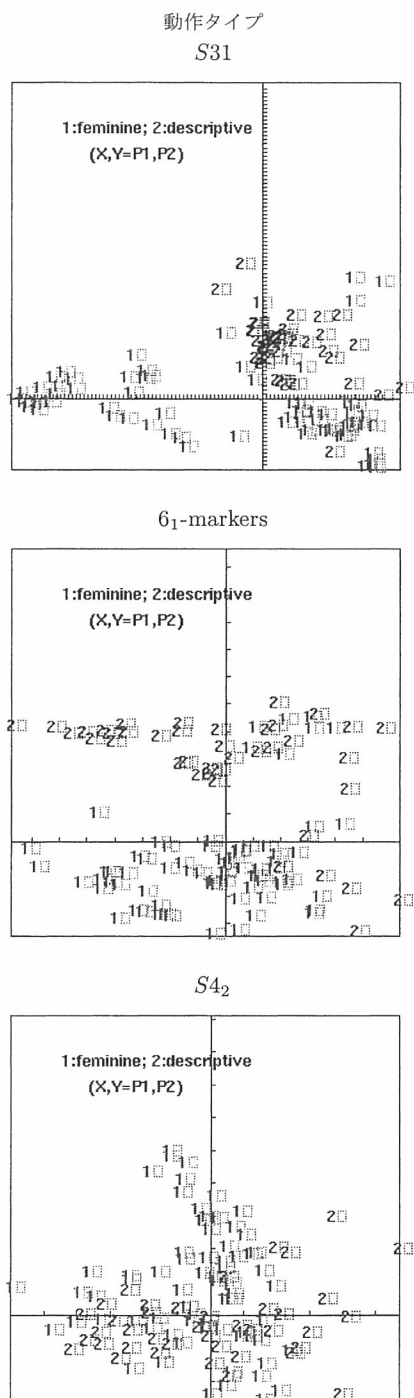


図 6: 動作タイプのラベルは女性的表現 (femmn) が 1 で、説明的動作 (desp) が 2 である。

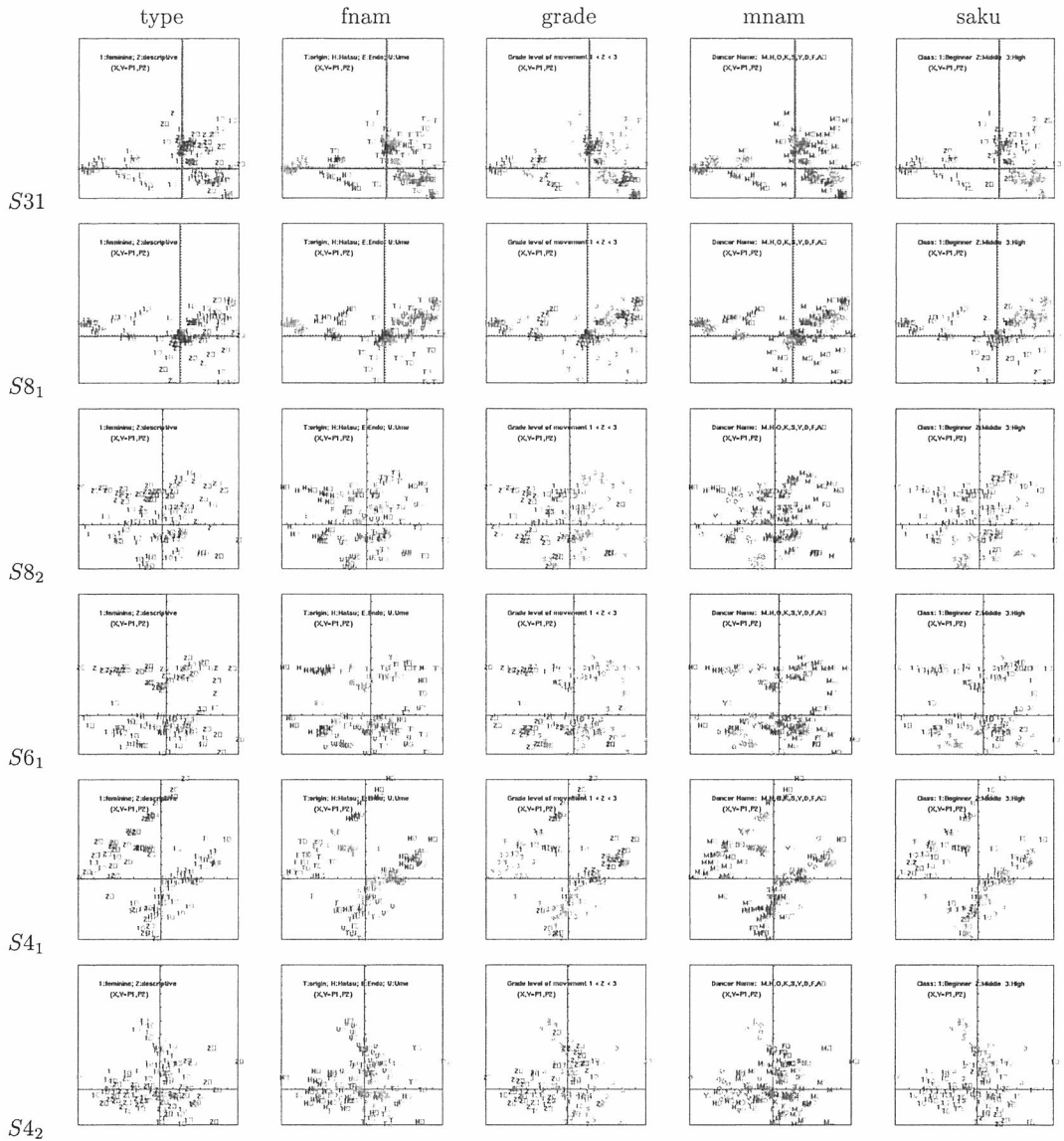


図 5: 上段から順にマーカ集合が S31, S8₁, S8₂, S6₁, S4₁, S4₂ に対応し、各段ともに左から動作タイプ、動作収録時のファイル名、熟達度、舞踊家名、対象演目作品名、に対応している。全ての段で、左から表 3 に示す順。図の左から 1 列目の動作タイプのラベルは女性的表現 (femina) が 1 で、説明的動作 (desp) が 2 である。3 列目の熟達度のレベルは舞踊歴 20 年以上を 3, 10 年以上を 2, 2 年以下を 1 としている。5 列目の演目作品 (シナリオ) による違いとは、対象とする動きが、長い演目の中の部分であるか、オクリだけの部分であるかによる違いを表す。教師用オクリについては、初期、中期、後期のいずれの時期に相当するのかに基づき 1, 2, 3 を当てた。その他「初子の日」「梅の榮」は、それぞれの習得時期が初期、後期であることから 1, 3 を当てた。

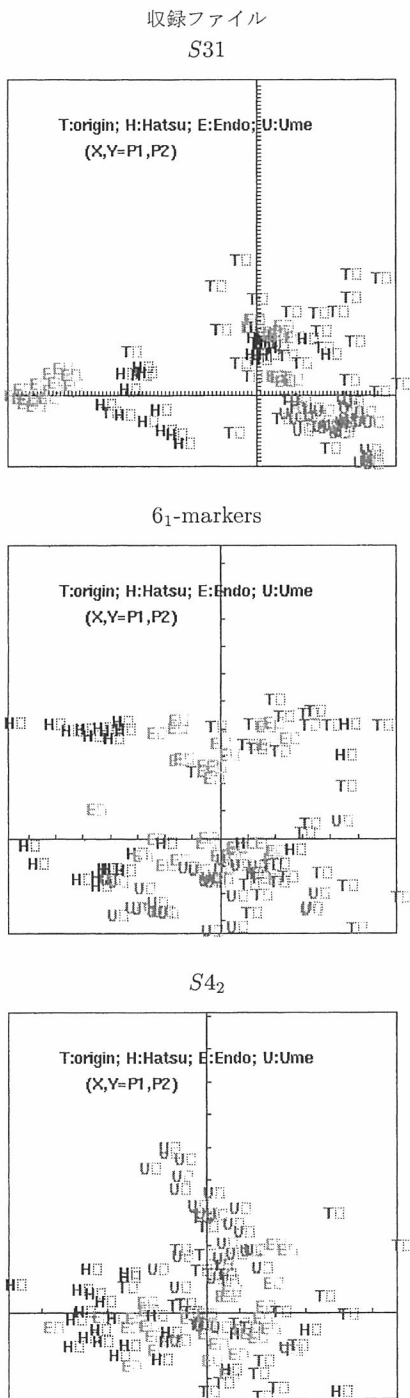


図 7: データ収録時のファイルのラベルは、T: 教師用; H: 初日の日; E: Okuri の基本動作のみ; U: 梅の栄、とした。

3.2.3 熟達度 (grade) と舞踊家 (mnam)

舞踊歴 20 年以上を熟達度スコア 3, 10 年以上をスコア 2, 2 年以下をスコア 1 として、横軸を第 1 主成分得点、縦軸を第 2 主成分得点として、散布図を描いたものが、図 5 の第 3 列である。この第 3 列の第 1 行目を見ると、熟達度が第 1 主成分軸で評価できることが分かる。第 1 主成分得点が多いほど熟達していると言える。図 5 の第 4 列は、同じ分布を舞踊家 (dancer の名前) で区別したものであるが、舞踊家 M は「梅の栄え」を踊ると同時に学習用の舞踊も踊っているので、同一記号 M でこの両者が混在していることを注意したい。

3.2.4 演目作品 (saku)

図 8 は、演目作品の習得過程別に、1: 初期、2: 中期、3: 後期、とラベル付けをして示したものを、変数 $S6_1, S4_2$ の場合について示したものである。これは、対象とする動きが、どの習得過程期の長い演目の中の部分であるかによる違いを表している。教師用オクリについては、初期、中期、後期のいずれの時期に相当するのかに基づき 1, 2, 3 を当てた。その他「初日の日」「梅の栄」は、それぞれの習得課程期が初期、後期であることから 1, 3 を当てている。

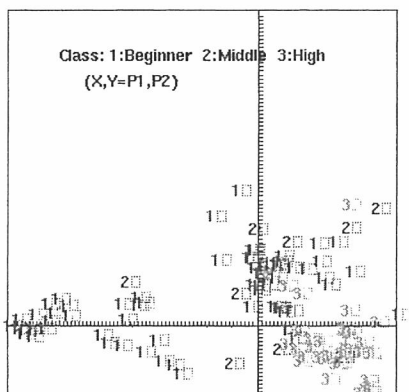
これらは、すでに示したが、マーク数 6 種類、ラベル数 5 個、即ち、動作タイプ、収録ファイル、熟達度、舞踊家、演目作品などによる違いをラベルとして主成分空間における第 1 主成分、第 2 主成分で張られる平面の散布図 5 とともに見ていくとわかりやすい。以上、種々の観点から眺めてきたが、「梅の栄え」に属するデータは、これらの特徴分布ではいずれにおいても、「女性的表現」を表していた。

4 識別実験

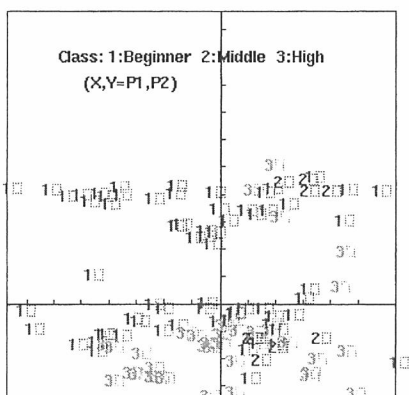
今回の実験に用いる「梅の栄え」のデータには、「女性的表現」の動作のみで「説明的動作」の動作は含まれていない。また、舞踊家のデータ数についても繰り返し数が同じではない。舞踊家識別については使用する方法を現在検討中である。

そこで、ここでの識別実験は動作識別に限定して時空間特徴を用いて行った。その具体的方法は以下に示すもので、文献 [4][5] に示すものと同じである。

演目作品
31-markers



6₁-markers



4₂-markers

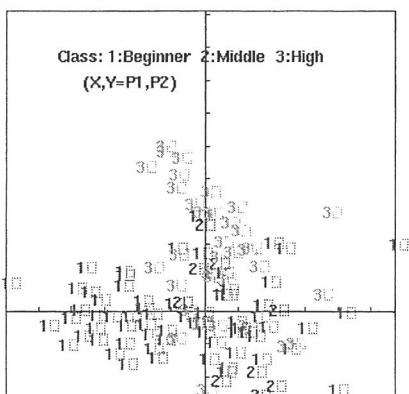


図 8: 演目作品の習得過程毎に、1:初期; 2:中期; 3:後期とラベル付けをして表したものを、変数 6₁, 4₂ の場合について示している。

4.1 実験 T1

「女性的表現」の動作であるテストサンプルのデータが、「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。

4.2 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 [8] 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

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

2. 分散共分散行列 (以下、分散行列)

$$V = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} (X_{ij} - X_i)(X_{ij} - X_i)^t}{m_i} \quad (2)$$

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

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

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 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。

本研究においては、変数選択、標準化、距離尺度などについて次の条件を考える。

変数選択 マーカ数が表 2 に示す 7 通りの場合について、V1 から V7 までの変数を使用。

変数の標準化 A1:標準化しない。

距離尺度 B1:個別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)

4.3 実験の結果

実験の結果を表4に示す。

表 4: 実験結果 (%)

		動作識別	
		C1	
		6 舞踊家	9 舞踊家
時空	V31(310)	100.0	99.1
	V8 ₁ (80)	100.0	96.3
	V8 ₂ (80)	98.2	78.8
	V6 ₁ (60)	81.5	79.7
	V6 ₂ (40)	87.0	72.2
	V4 ₁ (40)	70.4	72.2
	V4 ₂ (40)	81.5	74.1

学習サンプルは従来の実験に用いたものとおなじである。テストサンプルは、従来のデータ 54 動作に、新たに 6 舞踊家の「梅の栄え」の動作、27 動作を加えたもので、延べ人数 9 舞踊家の 81 動作である。

この表 4 は、先の特徴ラベルで吟味した編集の組を用いて行った結果を示している。この表の 6 舞踊家の V31(310)、V8₁(80) は従来の結果と同じになる。

これらの表によれば、時空間特徴に限ったことではあるが、6 舞踊家の結果より 9 舞踊家の場合のほうが若干識別率が下がっている。しかし、V31(310)、V8₁(80) はいずれも 95% 以上となっている。高い識別率といえよう。先の特徴ラベルを検討の際に、「梅の栄え」の動作は十分に女性らしさを表していると述べてきた。表 4 の結果によれば、変数の数が 40 の場合でも、文献 [4][5] の構造情報の場合に比べれば悪くはない。構造情報に関する実験は今後の残されている課題であり、改めて検討していきたい。

5 まとめと今後の課題

本研究では、研修を受ける舞踊家が後期課程で習得する作品を対象として、多くのベテラン舞踊家の協力を得て種々の実験を行った。実験では、難度が低い作品と高い作品で「女性らしさ」の表現がどう異なるか、どの特徴に何が反映されているかを、主成分の分布とそれを用いた識別実験を通して調べた。用いる特徴の分布で初期課程、後期課程の違いがどこに現れるか、ということも調べた。その結果

次のことが分かった。

- 1) 女性らしさは、難度が高い作品でも表現されていた。
- 2) 足の特徴を調べるだけでは習得している技術水準が把握できない。
- 3) 時空間特徴を用いることで女性らしさを識別できることが分かった。

謝辞 データ編集に関しては、八村研究室の皆さんにお世話になった。本研究は文部科学省 21 世紀 COE プログラム「京都アート・エンタテインメント創成研究」および学術振興会科学研究費補助金基盤研究 B (課題番号 16300035) を用いて行われた。これらをここに記して謝意を表したい。

参考文献

- [1] 丸茂, "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, 2001,3
- [2] 丸茂他, "日本舞踊の基礎動作「オクリ」に現れる娘形技法の特徴," 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, pp.39-46,(2003)
- [3] 吉村他, "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 CH-61, pp.41-48,(2003)
- [4] M.Yoshimura, et al. "Comparison of Structural Variables with Spatio-temporal Variables Concerning the Identifiability of Okuri Class and Player in Japanese Traditional Dancing," Proc.18th ICPR(ICPR06), pp.308-311(2006)
- [5] 吉村他, "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-, " 情報処理学会 研究報告 CVIM-157, pp.9-16,(2007)
- [6] 吉村他, "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, Vol.J84-DII, No.12, pp.2644-2653(2001)
- [7] 吉村他, "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 DII, Vol.J87-DII, No.3, pp.779-788(2004)
- [8] 鶴岡他, "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, Vol.J70-D-7, pp.1390-1397 (1987)