

平均特徴量をもつパターンの生成 — 浮世絵美人画の平均顔を例として —

小沢一雅
大阪電気通信大学

パターン（ものの形状）の分類や同定といった情報処理においては、一般的に特徴量が導入される場面が多い。特徴量の導入は、問題とするパターン集合の特性に依存する形で行われるのがふつうである。本稿では、導入された特徴量の平均値（平均特徴量）から、それを体現するパターン（平均パターン）を具体的に生成する問題を考える。例題として浮世絵美人画を取りあげる。浮世絵美人画は、作者によって描き方に微妙な差異があり、分類の対象としても興味深い題材である。本稿では作者として、歌麿、北斎、広重の3人に注目し、それぞれにおける描画的な特徴量の統計的な平均値をもとめる。こうした平均特徴量を忠実に満たす平均パターン（3人の作者による美人画のそれぞれの平均パターン—平均顔—）を生成する手続きを提案する。

Generation of A Pattern with Average Features: A Consideration on Women's Faces Appeared in Ukiyoe Pictures

Kazumasa Ozawa
Dept of Engineering Informatics
Osaka Electro-Communication University
ozawa@ozlab.osakac.ac.jp

For classification or identification of patterns, quantitative features have generally been employed. In most cases, quantitative features have empirically or statistically been introduced by inspecting characteristics of patterns so as to meet the purpose of information processing. This paper presents a consideration on generation of a pattern that has an average value for each of the defined quantitative features. We call it an average pattern. This paper also presents and discusses experimental generation of each average pattern of three groups of women's faces drawn by the famous Ukiyoe painters; *Utamaro*, *Hokusai* and *Hiroshige*, respectively.

1. はじめに

パターン（ものの形状）の分類や同定（あるいは認証）といった情報処理が問題となる場面では、一般的に特徴量が導入される[1,2]。特徴量は目的に応じてパターン集合の特性を考慮しつつ導入されるのがふつうである。たとえば分類を目的とする場合には、グループ間の差異が顕著に現れる特徴を経験的あるいは統計的にみいだして量的に記述する形式で特徴量が定義される[1,2,3]。一般に、導入されるべき特徴量は分類に有効であってかつできる限り少数であることが望ましいとされている。いったん導入された複数の特徴量にもとづいてパターンがいくつかのグループに分類された段階を想定してみる。分類できたこと自体に学術的な意味があつてそれですべてが完結する場合はともかく、さらに各グループ間のマクロな相互関係、あるいはグループ内の個々のパターン関係など一歩踏み込んだ分析が必要になる場合も考えられる。とくにグループ間の相互関係を考える場合には、各グループを代表するパターン（代表パターン）が得られれば有用と考えられる。代表パターンの候補としてグループの中から具体的なパターンを1つ選択する手法も考えられるが、人工的に生成した“平均パターン”をそれにあてる手法もあり得る。本稿では後者の手法をとりあげる。平均パターンの資格としては、導入された特徴量（複数）の各々についてすべてグループ内における平均値をとるパターンを考えるのが自然であろう。もちろん、一般にこうした意味での平均パターンが実在する保証はないが、生成することができればグループを合理的に代表するパターンとみなすことができよう。

さて、具体的なパターンの集合から各々の特徴量の平均値（平均特徴量）を求めることは容易であるが、それらが得られたとしてもただちに平均パターンが生成できるわけではない。そもそも特徴量とは、個々のパターンを完全記述するに必要な情報量全体の内のわずかな一部分であつて、残りの情報（補完情報）がすべて得られなければ平均パターンを作り出すことはできない。特徴量が分類の視点で導入されている場合、ここでいう補完情報とはすべてのパターンに共通する特性を記述する情報とみなすことができるが、これを具体的に表現することも一般に容易ではない。本稿では、対象を浮世絵美人画という小さな世界に限定することによって、平均特徴量に補完情報を付加して平均パターンを生成する手続きを具体的に考察する。

2. 浮世絵美人画における特徴量

導入すべき特徴量は、前述のように情報処理の目的によって異なる。ここでは、浮世絵美人画の集合を歌麿、北斎および広重による作品群（グループ）に分類することを目的とした場合の以下の4つの特徴量を考える[1]。

〈輪郭縦横比〉矩形型輪郭の縦横比 (z_1)

〈口唇点内分比〉口唇点が鼻-顎線分を分割する内分比 (z_2)

〈顎角〉顎角の正接 (z_3)

〈両眼交叉角〉両眼の交叉角の正接 (z_4)

この4つの特徴量は、図1に示す例題集合の観察を通じて試行錯誤的に設定されたものであるが、3人の作者の作品グループへの分類に有効であることが確認されている[1]。各特徴量の図的表示を図2に示す。



図1 例題集合 (1～6 : 歌麿, 7～12 : 北斎, 13～18 : 広重)



$$z_1 = b/a \quad z_2 = c/(c+d)$$

$$z_3 = \tan \alpha \quad z_4 = \tan (\beta - 90^\circ)$$

図2 特徴量の図的表示

さて、4つの特徴量にもとづいて例題集合を歌麿グループ、北斎グループ、および広重グループへと効果的に分類できることはすでに報告した[1]。この分類操作で用いられた手法は判別分析であって、つぎの2つの座標軸への変換によって分類が検証されている。

$$Q_1 = -41.21z_1^* - 8.06z_2^* + 0.34z_3^* - 8.86z_4^* + 0.46$$

$$Q_2 = 60.75z_1^* - 8.88z_2^* - 6.78z_3^* - 3.11z_4^* + 0.76$$

ただし、 $z_1^* \sim z_4^*$ は、例題集合から計測された $z_1 \sim z_4$ からそれぞれの平均値を差し引いた値である。 Q_1, Q_2 は4つの特徴量が分類に効果的であることを2次的に表示する機能をもつ (図3参照)。

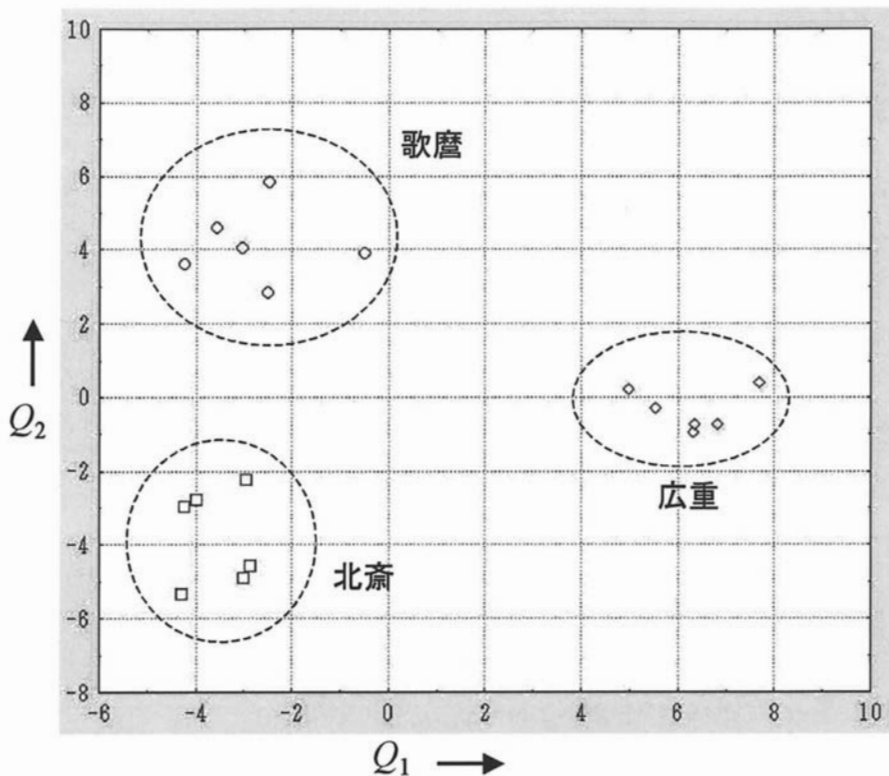


図3 2つの座標軸空間における作品の分布

図3の分布は筆者が2002年に行った計測結果(表1)によるものである。計測操作は後述のように計測システムを用いて目視と手動で行うため、計測の都度計測値に若干の変動が生ずるが、分布状況には大きな変動はみられていない。

表1 計測結果

顔番号	Z1	Z2	Z3	Z4
1	0.73	0.33	0.32	1.00
2	0.70	0.32	0.26	0.80
3	0.69	0.31	0.21	1.08
4	0.72	0.36	0.29	0.96
5	0.74	0.30	0.33	0.86
6	0.73	0.33	0.43	1.08
7	0.66	0.43	0.52	1.29
8	0.64	0.44	0.65	1.27
9	0.67	0.42	0.61	1.14
10	0.67	0.67	0.77	1.07
11	0.68	0.68	0.53	1.00
12	0.66	0.66	0.63	0.96
13	0.62	0.31	0.32	0.26
14	0.62	0.28	0.47	0.39
15	0.63	0.34	0.53	0.35
16	0.61	0.32	0.30	0.45
17	0.63	0.30	0.43	0.47
18	0.62	0.30	0.22	0.57
平均値	0.67	0.33	0.43	0.83

さて、例題集合が4つの特徴量にもとづいて3グループに分類されることを前提とすれば、表1の計測値から各グループの平均特徴量はつぎのように算定される。

【歌麿】

$$E(z_1) = 0.72, \quad E(z_2) = 0.33, \quad E(z_3) = 0.31, \quad E(z_4) = 0.96$$

【北斎】

$$E(z_1) = 0.66, \quad E(z_2) = 0.55, \quad E(z_3) = 0.62, \quad E(z_4) = 1.12$$

【広重】

$$E(z_1) = 0.62, \quad E(z_2) = 0.31, \quad E(z_3) = 0.38, \quad E(z_4) = 0.42$$

これら各グループの平均特徴量は、美人画の顔部分の描画的特徴を定量的に平均化した数値情報であって、その他の部分の特徴を規定するものではない。つまり、平均特徴量によって規定される部分はあくまで美人画全体の一部分でしかないわけで、残りの部分を規定する補完情報がなければ全体を描くことはできない。ただし、浮世絵美人画という比較的小さな世界（作品の描画的なバリエーションが少なく、定型化されたパターンの集合という意味）に対象を限定しているため、平均パターン生成に向けて何を補完情報とし何を平均特徴量によって制御すればよいか、次節で述べるようにその方向づけはおおむね可能と考えている。

3. 平均パターンの生成

前出の4つの特徴量は、計測システムを利用して計測される。システムの詳細については紙面の都合で省略するが、計測操作の骨子はつぎのとおりである。

【計測手順】

- ① 美人画をシステムに読み込む。
- ② 計測定規（図4参照）を画像上に重畳表示する。
- ③ 定規をマウス等で移動・伸縮・回転操作などを行って所定位置に合わせる（図5）。
- ④ 定規の形状から4つの特徴量が数値で表示される。

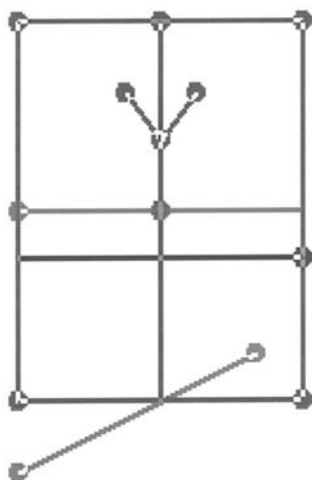


図4 計測定規



図5 定規の整合状態

与えられた作品の特徴量の計測は、上記のように画面の目視とマウス等の手動による定

規の形状制御にもとづく。当然ながら、4つの特徴量の組と定規の形状は1対1対応しているため、与えられる平均特徴量の組に対しても1つの定規形状（平均定規）が対応することになる。平均パターンの生成とは、いってみれば平均定規に整合する顔画像をつくり出すことである。つまり、平均定規の当該部が、生成すべき顔（平均パターン）各部のありようを決めていくことになる。実行場面を想定すれば、図2に示した特徴量の定義からこの場合に必要な操作（平均化操作）を各平均特徴量に対応させると以下ようになる。

$E(z_1)$ 〈平均輪郭縦横比〉	→ 顔輪郭線の形状調整（アフィン変換）	} 平均化操作
$E(z_2)$ 〈平均口唇点内分比〉	→ 鼻の配置調整	
$E(z_3)$ 〈平均顎角〉	→ 顎曲線の曲率調整	
$E(z_4)$ 〈平均両眼交叉角〉	→ 両眼の配置調整	

問題は、上記の平均化操作を実行する前提として美人画を構成するすべての“部品”があらかじめすべて準備されている必要があることである。平均化操作は主要ではあるがあくまで一部の部品を対象とするものであってこれだけで美人画が画像として生成できるわけではない。画像的要素としての部品はすべて前述の補完情報とみなすべきものであって、以下に列挙するように、グループ内において変動が僅少であるか、あるいは問題の本質に無関係であって平均化操作の対象外とされるものたちである。

補完情報—あらかじめ準備されるべき部品群—

- (1) 顔輪郭線
- (2) 顎曲線
- (3) 頭部（頭髪と耳を含む）
- (4) 首まわりと衣服および手など
- (5) 眉と口唇（大きさと配置は（1）と連動）
- (6) 左眼と右眼
- (7) 鼻

【平均パターン生成手順の概要】

本稿で試みる平均パターンの生成は、浮世絵美人画における作者それぞれの作品グループの平均パターン（顔画像）をつくり出すことである。このための平均化操作は1つのグループ内における平均化であって、グループを超えて平均化を行うのではない。上記（1）～（5）に挙げた部品群は美人画生成のプラットフォームであるが、グループごと一括して準備する（図6参照）。現在のところ、処理の簡便のため $E(z_1)$ にもとづく平均化操作によって（1）が変化（アフィン変換）すると、他の部品も連動して変化する形式をとっている。この形式で問題がないかどうかの検討は今後の課題である。ただし、顎曲線の曲

率は独立に制御する。(6)と(7)の部品群については、自由に配置調整を行う。(6)



図6 歌麿のプラットフォーム

と(7)の部品群は作者によって描画法が異なるので、これらもグループごとに準備する。図7に(6)の左眼と右眼の作者ごとの例を示している。例題集合で観察するかぎり、作者それぞれの両眼の描き方や鼻の描き方には一貫性が認められるので、いまのところ両眼の形状そのものを可変にする必要はないと考えている。

平均パターン生成の作業手順としては、最初にプラットフォーム自体の形状調整を行うことになる。平均定規を参照しながら顔輪郭線の縦横比をアフィン変換で変化させ目視によって整合させる。つぎに、顎曲線の曲率、鼻の配置、および両眼の配置を同じく平均定規を参照しながら調整し、同じく目視によって最適状態を検出して固定する。



図7 3人の作者による両眼の描き方の差異

4. 生成実験

歌麿、北斎、および広重用のプラットフォームを用意し、前述の手順にしたがってそれぞれに対応する平均パターンの生成実験を行った。部品の配置調整に際して参照した3つの平均定規を図8に示している。

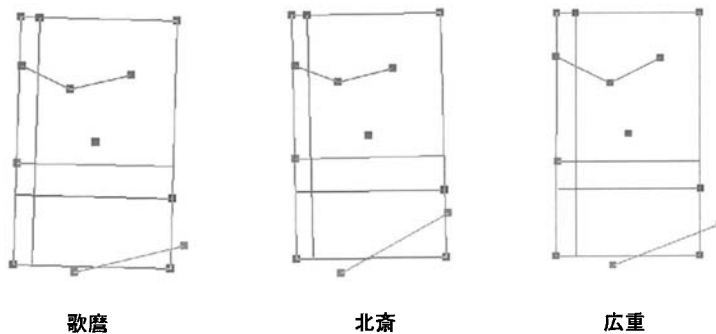


図8 3つの平均定規

図9に示す3つの美人画は、それぞれ歌麿、北斎、および広重の作品グループの平均パターンである。平均特徴量という数値の形で“平均”を考えることも必要であるが、それを視覚的につくり出すことによってグループ間のマクロな相互関係を考察する一助となれば幸いである。



図9 生成された平均顔（平均パターン）

5. むすび

本稿では、パターン集合の分類結果として得られる各グループの平均パターンを生成する問題を具体的な例にもとづいて考察した。任意のパターン集合について平均パターンを生成する一般的な方法をみいだすことはむづかしいが、対象を具体的に限定することによってそれが可能となる場合はある。本稿では、浮世絵美人画の例題集合を対象としてグループの平均パターン（平均顔）の生成を試みた。本文中でも述べたが、いくつか今後の検討を要する問題は残されているが、歌麿、北斎、および広重の作品グループそれぞれの平均顔をとりあえず実験的に生成した。今後の課題として、平均パターン生成作業を円滑に支援するシステムの構築を考えている。

【謝辞】 実験に必要なシステム構築に協力してくれた小沢研究室卒研究生の近藤めぐみ、新信人、および横井覚の諸君に感謝する。

【参考文献】

- [1]小沢, 「個」の同定と認証, 情報処理学会研究報告, 2002-CH-55, pp17-24, 2002.
- [2]村上, 『文化を計る—文化計量学序説』, 朝倉書店, 東京, 2002.
- [3]小沢, 分類における重複性の表現手法—重複クラスタリング—, 情報処理学会研究報告, 2002-CH-34, pp1-8, 2002.
- [4]榎崎, 『大英博物館所蔵 浮世絵名作展図録』, 朝日新聞社, 1985.
- [5]狩野, 『広重』, 平凡社, 東京, 1984.
- [6]永田, 『北斎』, 平凡社, 東京, 1984.