

## 色分布の類似性に基づく絵画の分類

## Classification of Paintings based on Similarity of Color Distribution in Color Space

小林 光夫  
鈴木 卓治電気通信大学情報工学科  
国立歴史民俗博物館情報資料研究部Mitsuo Kobayashi  
Takuzi Suzuki

## 1. はじめに

絵画の色彩美を探るために、これまでにコントラストの分析 [1], 画面上の色配置の分析 [2], 色分布の分析 [3] などを行ってきた。

絵画に含まれる色の色空間上における分布に注目すると、色使いの似ている絵画は色分布も類似しているであろう。そこで今回は、計量言語学の分野で使われている手法 [4] を応用し、分析を試みた。

色彩的特徴の明解な絵画群について、同一作家の作品群間の類似度分析、および階層クラスタ分析を行ない、絵画群から受ける印象によく対応する結果を得ることができた。

なお、本稿は AIC Kyoto '96 での発表 [5] に新たに得られた知見を加えて再構成したものである。

## 2. 色分布の類似度

画像に含まれる  $N$  種の色を  $c_1, \dots, c_N (c_i \in R^3)$  とし、各色が画面上に占める面積の相対値を  $w_1, \dots, w_N (\sum_{i=1}^N w_i = 1)$  とするとき、画像の色分布は  $\delta$  分布を用いて

$$f(c) = \sum_{i=1}^N w_i \cdot \delta(c - c_i)$$

と表わせる。2つの色分布  $f_1, f_2$  の間の類似度は、関数の  $L_2$  距離として次のように定義できる:

$$d(f_1, f_2) = \left\{ \int (f_1(c) - f_2(c))^2 dc \right\}^{\frac{1}{2}}$$

コンピュータ上では、色空間を小さな立方体上に分割し、各分割に含まれる色について画面上の相対面積を積算して量子化することにより計算する。

このアイデアは、しかしそのままではうまくいかない。近傍の色の影響が考慮されないからである。実際の計算でも、わずかな色差でも含まれる分割が異なれば差がとられないため、結果は立方体の分割のサイズに大きく影響され、安定した結果が得られない。

近傍の色の影響を考慮するため、もとの色分布  $f$  にかわって、次に示す連続関数  $\hat{f}$  を対応づける:

$$\hat{f}(c) = \sum_{i=1}^N w_i \cdot g(c - c_i)$$

ここで  $g$  は 3次元ガウス分布関数を表わす。これは、同じに見える色がガウス分布関数で与えられる散らばりをもつとみなすことに対応する。2つの色分布  $f_1, f_2$  の間の類似度  $s$  を

$$s(f_1, f_2) = d(\hat{f}_1, \hat{f}_2)$$

によって定義する。この類似度をコンピュータ上で計算したところ、立方体の分割サイズによらない安定した結果が得られた。ガウス分布関数のパラメータ  $\sigma$  (標準偏差) をいろいろ変えてみたが、5 から 10 の間 (CIELUV 上) で結果は安定していた。

## 3. 分析の対象について

分析対象として、表 1 に示す 8 人の著名な画家の作品計 163 点を選んだ。

表 1: 分析した作品群の概要

略号	画家	数	特徴
C	Michelangelo Merisi da Caravaggio (1573-1610)	21	茶系、少色、暗い、明暗コントラスト大 (chiaroscuro).
R	Odilon Redon (1840-1916)	19	グラデーション、黄青コントラスト、幻想的・神秘的。
Mo	Claude Monet (1840-1926)	24	低彩度、コントラスト小、同系色。
D	Raoul Dufy (1877-1953)	17	多色、同系色、透明感、あざやかな青背景。
K	Paul Klee (1879-1940)	39	多色、バランス、複雑な色構成。
Ma	Franz Marc (1880-1916)	8	色相コントラスト大、高彩度の黄、青、緑、赤。
Ut	Maurice Utrillo (1883-1955)	23	高明度、白、壁の赤、空の青、屋根の赤。
Um	Umehara Ryūzaburō (1888-1986)	12	明度コントラスト小、少色、同系色、黄赤。
Total		163	

画像に含まれる色を CIELUV 上の色値として扱い、原画像の色分布から、ノイズ成分および微小な色差を

捨象した代表色を抽出し、離散的な色分布を求め、これを分析対象とした。代表色の数は、文献 [5] では、原画像の色を対応する代表色で置き換えた代表色画像を考え、原画像に対する誤差（画素ごとの色差の2乗平均値）が5未満である最大色数を選んだ。このときの代表色数は2~156の範囲となり、もともとコントラストの小さい絵画については色数が少なくなってしまい、もとの色分布を十分に反映しているとはいえない。そこで、代表色を抽出するとき、誤差の絶対値で判定するのではなく、ただ1色からなる代表色画像の誤差（コントラストに比例するであろう）との比（相対誤差）が0.2未満で代表色数最大のものを選んだ。代表色数は5~134の範囲となった。

#### 4. 画家間の類似度分析

各画像の色分布間の類似度から、画家間の類似度を次のように定義する。画家  $A, B$  の作品群をそれぞれ  $\{a_1, \dots, a_n\}, \{b_1, \dots, b_m\}$  とするとき、 $A$  と  $B$  の類似度を

$$s_{A,B} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s(a_i, b_j)$$

とする。また  $A$  自身の類似度を

$$s_{A,A} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n s(a_i, a_j)$$

とする。

8人の画家間の類似度を表2に示す。

表2: 画家間の類似度

dist.	C	R	Mo	D	K	Ma	Ut	Um
C	<u>2.925</u>	4.985	5.308	4.590	5.092	4.418	5.074	4.396
R	4.985	<u>3.539</u>	4.129	3.986	4.245	3.764	3.650	3.801
Mo	5.308	4.129	<u>4.424</u>	4.350	4.791	4.133	4.220	4.230
D	4.590	3.986	4.350	<u>3.575</u>	4.325	3.363	3.868	3.731
K	5.092	4.245	4.791	4.325	<u>4.554</u>	4.077	4.246	4.208
Ma	4.418	3.764	4.133	3.363	4.077	<u>2.790</u>	3.794	3.240
Ut	5.074	3.650	4.220	3.868	4.246	3.794	<u>2.987</u>	3.702
Um	4.396	3.801	4.230	3.731	4.208	3.240	3.702	<u>3.337</u>

結果は次のようにまとめられる：

1. Caravaggio, Redon, Marc, Utrillo については、自分自身と最も類似度が高い。
2. Dufy, Klee, Umehara については、Marc との類似度が最も高い。(これは Marc の作品が色彩方向に大きく広がった色分布をもつからであろう。)
3. Marc を除けば、Dufy と Umehara は自分自身と最も類似度が高い。
4. Caravaggio は他のどれとも似ていない (類似度が低い)。

#### 5. 階層クラスタ分析

Caravaggio, Marc, Utrillo の3画家の作品群について、最長距離法 [4] による階層クラスタ分析を行ったところ、図1のように画家に対応する良好なクラスタが得られた。

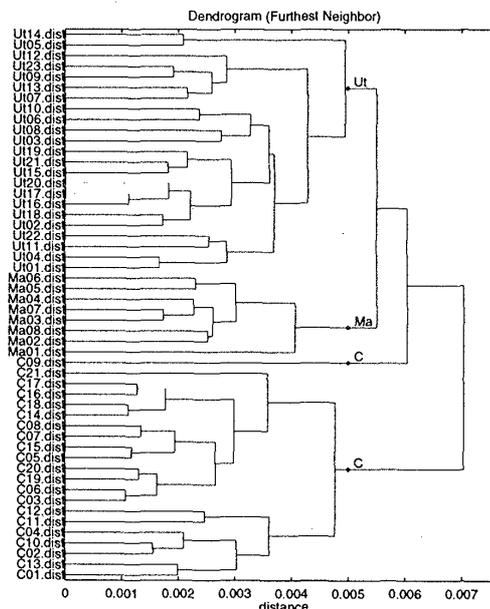


図2: 階層クラスタ分析による樹状図

#### 6. おわりに

色分布の類似度に基づく絵画の色彩分析について述べた。近傍の色の影響を考慮した類似度を採用することにより、安定した分析を行なうことができた。

階層クラスタ分析の結果は文献 [5] より良好であった。相対誤差による代表色抽出が有効かどうかについては今後も検討が必要である [6]。

色を分類する概念として広く使われている色相-トーンによる分析を行ない、本稿の結果と比較検討したい。

#### 参考文献

- [1] 小林光夫, 山口雄太: 絵画の色彩分析の試み — 色分布の広がりに着目して, 電気通信大学紀要, Vol.7, No.1, pp.23-32(1994).
- [2] 小林光夫, 三木智靖: 絵画の色彩分析の試み — 画面上の色の配置に着目して, 電気通信大学紀要, Vol.8, No.1, pp.23-32(1995).
- [3] 小林光夫, 鈴木卓治: 絵画の色彩分析の試み — 色分布の形状に着目して, 電気通信大学紀要, Vol.9, No.2(1997 発行予定).
- [4] 村上征勝: 真贋の科学, 朝倉書店, 1994.
- [5] KOBAYASI, Mituo, SUZUKI, Takuzi: Quantitative Analysis of Color Features in Paintings — Classification based on Distance of Color Distribution in Color Space —, Proceedings of AIC Color 97 Kyoto, 1997.
- [6] 小林光夫, 粟津原植子, 鈴木卓治: 色彩分析のための代表色抽出における色数の判定基準について, 日本色彩学会誌, Vol.21, SUPPLEMENT(第28回全国大会講演予稿集), 1997.