

画像特徴に基づく教師なし名画の自動クラスタリング

郭, 忱昊
九州大学芸術工学府

劉, 雲棣
九州大学芸術工学府

井上, 光平
九州大学芸術工学府

<https://hdl.handle.net/2324/7432686>

出版情報 : Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. 2026, pp.87-87,
2026-02-24. 電子情報通信学会
バージョン :
権利関係 : Copyright © 2026 IEICE



画像特徴に基づく教師なし名画の自動クラスタリング

Automatic Unsupervised Clustering of Famous Paintings Based on Image Features

郭 忱昊¹
Chenhao Guo

劉 雲棣²
Yundi Liu

井上 光平³
Kohei Inoue

九州大学芸術工学府¹
Kyushu University

1 まえがき

近年、名画の画像分類においては教師あり学習手法が広く用いられている。しかし、これらの手法ではラベル付与に伴う主観性や、新規作品に対する汎化性能に課題が残されている。この背景から、教師なしクラスタリング手法が注目されているが、K-means や Deep Embedded Clustering (DEC) [2] などの既存手法、クラスタ数を事前に設定する必要がある。本研究では、人工的なラベルやクラスタ数の仮定を用いず、画像特徴のみに基づく名画の自動クラスタリング手法の実現可能性について検討する。

2 手法概要

2.1 特徴抽出

名画画像からの特徴抽出には、深層畳み込みニューラルネットワーク DenseNet を用いる。得られた高次元特徴に対して主成分分析 (PCA) を適用し、主要な分散成分を保持したまま低次元特徴空間へ射影する。

2.2 改良 IBF に基づくクラスタリング手法

本研究では、Iterative Bilateral Filtering (IBF) に基づく教師なしクラスタリング [1] 手法を用いる。まず、すべての特徴ベクトル $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^d$ に L_2 正規化 [3] を施し、データ点を単位球面上に配置することで、内積を余弦類似度として式 (1) で定義される類似度を用いる。

$$\text{sim}(\hat{\mathbf{x}}_i, \hat{\mathbf{x}}_j) = \hat{\mathbf{x}}_i^\top \hat{\mathbf{x}}_j \quad (1)$$

局所密度の不均一性に対応するため、各データ点ごとに帯域幅 σ_i を導入し、 k 近傍点に基づいて動的に調整する。反復 t における特徴更新は、各点の k 近傍集合 $\mathcal{N}_k(i)$ を用いて式 (2) のように行う。

$$\hat{\mathbf{x}}_i^{(t+1)} = \frac{\sum_{j \in \mathcal{N}_k(i)} w_{ij} \hat{\mathbf{x}}_j^{(t)}}{\sum_{j \in \mathcal{N}_k(i)} w_{ij}} \quad (2)$$

ここで重み w_{ij} は、余弦距離と帯域幅 σ_i に基づくガウス関数として式 (3) で定義される。

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{d(\hat{\mathbf{x}}_i, \hat{\mathbf{x}}_j)^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (3)$$

この反復更新により、全データ点の平均移動距離を算出し、その値が所定の閾値以下となった時点で収束と判定する。収束後、小さな近傍数を用いて kNN グラフを構築し、特徴空間上で十分に近接した点群を同一クラスタとしてまとめ、最終にクラスタを決定する。

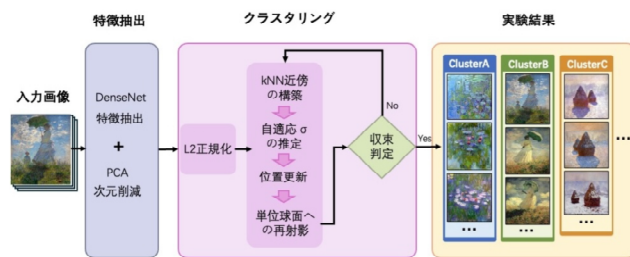
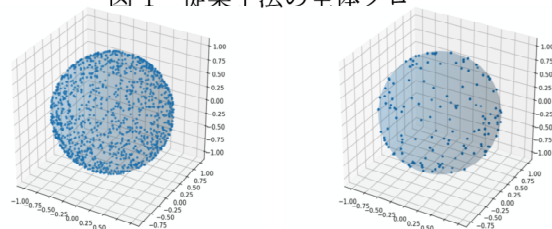


図1 提案手法の全体フロー



(a) 初期の球面分布 (b) 収束後の球面分布
図2 三次元球面上の名画特徴の位置変化

3 実験結果およびまとめ

本研究では、WikiArt に公開されているモネの絵画作品を用いて実験を行った。実験の処理フローを図1に示す。

特徴分布の変化を可視化するため、高次元特徴を三次元空間へ射影した。初期状態の分布と収束後の分布を図2に示す。可視化結果より、反復更新に伴い、類似する画像が同一クラスタとして収束することが確認された。

本研究では、画像特徴のみに基づく教師なし名画クラスタリング手法の有効性を示した。今後は、対象データを拡張し、本手法の汎用性について検討する。

4 謝辞

本研究は、JST BOOST (JPMJBS2406) および JST SPRING (JPMJSP2136) の支援を受けて実施された。

参考文献

- [1] C. Guo, Y. Huang, K. Inoue, et al., "Hierarchical Data Clustering Based on Iterative Bilateral Filter," Proc. ICGG, 2024.
- [2] J. Xie, R. Girshick, and A. Farhadi, "Unsupervised Deep Embedding for Clustering Analysis," Proc. ICML, 2016.
- [3] L. Zelnik-Manor and P. Perona, "Self-Tuning Spectral Clustering," Advances in Neural Information Processing Systems, 2004.