

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 25 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00151

研究課題名(和文) 作画スタイルに基づくイラスト画像の検索と編集

研究課題名(英文) Retrieval and edit of illustration images based on drawing styles

研究代表者

栗山 繁 (Kuriyama, Shigeru)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20264939

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：イラスト画像の局所的なブロック領域毎に抽出される作画スタイルの特徴辞書から高次元特徴ベクトルを生成し、それを次元削減してスタイル識別子を得る手法を提案した。スタイルに関連したラベルが付与されたクリップアートの画像群を用いて検索機構を平均適合率により評価した結果、本手法の識別子による検索精度は既存手法の精度を大きく上回る事が確認され、その成果は国内学会や国際会議での6種の受賞を通して高く評価された。本研究で開発した手法は、大量画像に対して作画スタイルを特徴付けるメタデータを自動的に付与できるので、デザイン性の向上を目的とした検索、可視化、およびスタイルの転写等の様々な技術基盤の開発に資する。

研究成果の概要(英文)：This research proposed a block-wise local discriminator for drawing styles of illustration images. The bags-of-features for styles are coded to compose a dictionary, which is utilized to generate fisher vectors. We reduced their dimensions by introducing non-linear, non-supervised manifold learning for improving the performance. Through the comparative evaluation of discrimination accuracy, we have found that our method has superior performance in discriminating styles, and we received six kinds of awards from both domestic academic society and international symposium, which shows the highly-evaluated contribution of our method. Our style-discriminators can be utilized for the retrieval, visualization, and transfer of drawing styles to improve the design of illustrative drawings, for a large scale of image data set such as clip-art archives.

研究分野：計算基盤

キーワード：画像検索 イラスト画像 描画スタイル スタイル識別子 特徴分類 教師無し機械学習 局所特徴量
Fisher Vector

1. 研究開始当初の背景

大規模な画像データベースを検索する際には、データに付与されたキーワードを用いる方法が一般的であるが、内容が一致または類似した画像の特徴量を識別して所望の画像を検索する手法が数多く提案されている。それらの技術は絵画作品等の画像に対しても適用できるが、イラストやクリップアート等の意味内容の説明に用いられる画像は同じ描画対象に対して種々の表現形態が存在するので、自然画像と同等に画像特徴量のみから識別性能を得るのは困難であった。一方、イラスト素材の収集もキーワードによる検索が一般的ではあるが、得られた画像群から描画スタイルの最適なものを目視で確認して選択するには、多大の労力が強いられる。

2. 研究の目的

本研究では、イラストの画像特徴から抽出した描画のスタイルを検索目的だけでなく編集にも活用するために、スタイルの概念的な要約と可視化、および対話的な操作手段を開発する事を目的とした。特に、既存システムの大規模化と説明に付されたタグの曖昧性に対応できる様に、教師無しの学習に基づく手法や、スタイルの識別特性を個人の嗜好や利用目的に適合させるための検索およびデータ編集技術の開発を目的とした。具体的な技術目標は、以下に要約される：

- ・局所的な作画特徴に基づくスタイル辞書の構築とデータ次元削減によるスタイル識別子の生成
- ・対話的な画像編集のためのスタイル特徴の概念的な要約と可視化
- ・イラストと自然画像や書体等の、異種コンテンツ間のスタイルの適合性の判定

3. 研究の方法

3.1 局所の特徴によるスタイル識別子

描画スタイルの特徴を捉えるのに適した画像特徴量を調査した結果、繰り返しパターンのテクスチャ特徴を捉えることのできる **Locally Binary Pattern** 特徴量と、色相、彩度、および明度で構成される **HSV** 色空間のヒストグラム特徴量だけで十分な識別性能が得られることを発見した。

事前研究では、これらの特徴量を画像全体に対する大域的な特徴として計算していたが、本研究ではイラスト画像の各ブロック領域に対して、局所的な特徴量として計算した。そして、学習用の全画像データに関して計算された特徴量群をクラスタリングによって分類して描画スタイルの辞書を作成した。た

だし、クラスタリングにはガウス混合モデルを使用し、128 個の語彙から辞書を構成した。その辞書に対して Fisher Vector と呼ばれる特徴ベクトル量を算出した。このベクトル量は 1 万次元を超える多次元の値であり、その多くの次元で 0 に近い値となる疎な性質を有するので、識別の精度を向上させるために 1 未満の冪乗を用いるパワー正規化とその長さ (2 乗ノルム) を 1 に統一する正規化を施した。

さらに、カーネルを用いた主成分分析に基づく次元削減を適用した後に、多様体学習に基づく非線形の次元削減法 (Laplacian Eigenmaps) を適用し、100 次元程度の低次元の特徴空間に写像した値をスタイル識別子とし、識別性能を向上させた。

3.2 スタイル特徴の概念的な要約

描画内容が比較的複雑なイラスト画像では、複数の異なる描画スタイルが同時に包含されている場合がある。ゆえにテーマでは、イラスト画像をその描画スタイルによって領域分割し、各領域に対するスタイル特徴に基づき画像を検索する機構を開発した。

まず、類似色の隣接画素を拡大した画素とみなす Super Pixel 法と密度分布を考慮したクラスタリング手法である Density-Based Spatial Clustering (DBSCAN) を組み合わせることで前処理を施した。次に、クラスタリングされた領域の面積から前景と背景を推定して収縮処理を施し、最後にそれらを手がかりとして用いたグラフカットと呼ばれる領域分割法を適用して、描画スタイルの異なる領域を推定した。この領域毎の描画スタイル特徴を概念的な要約として、対話的な検索機構を開発した。

もう一つの概念的な要約として、色彩のスタイル特徴を、Practical Color Coordinate System (PCCS) と呼ばれる色彩理論のモデルを導入した色スタイルの概念化を導入して、検索に適用する手法を開発した。PCCS は色を有彩色 12 種と無彩色 5 種のトーンに分解するものであり、各画像の色特徴をそのトーン群への帰属確率の分布として算出した。ただし、他の特徴量とそれらの辞書化や次元圧縮は、3.1 のテーマで開発した手法を用いた。

3.3 異種コンテンツ間のスタイル適合性

アルファベットの様々な描画スタイルのフォント画像と、イラスト画像の適合性の判定を心理実験によって調査した。ここでは、色の特性は無関係なものとし、テクスチャの特徴量に加えて、エッジの特徴量を導入し、イラスト画像のスタイル特徴量から適合したフォントを自動判定できるかを調査した。

4. 研究成果

4.1 局所的特徴によるスタイル識別子

本手法で開発された検索機構を、スタイルに関連したラベルが付与されたクリップアートの画像群を用いて平均適合率により評価した結果、本手法で算出した特徴量による検索精度(4,591枚の画像に対して0.62)は、既存の最先端手法の値(同条件で0.39)を、大幅に上回ることができた(図1参照)。



図1. スタイル識別子を用いた検索結果例
上段は、既存研究の特徴量で上位に検索されたイラスト画像群。中絶は、一般的な画像検索で広く用いられる局所の特徴量(Dense-SIFT)と本研究で開発した局所の特徴量に対して、Fisher Vectorを用いて構成した識別子を用いた検索結果。下段は、本手法のスタイル識別子を用いた検索結果。Queryは検索に用いた同じ描画スタイルを有する画像であり、最も類似度が高いと判定された画像順に左から右へと配置されている。朱色の点線で囲まれた画像は、実際と同じクラスとして分類されている正解例を表す。

この研究成果を国際会議(Content-Based Multimedia Indexing 2015)で口頭発表[学会発表4]した結果、**最優秀論文賞**(Best Paper Award)が授与された。さらに、この成果を発展させた内容をまとめた論文が電子情報通信学会論文誌[雑誌論文1]に採録された。さらに、本研究の成果につながった先行研究も、情報処理学会論文誌[雑誌論文2]に掲載され、特に優れた内容として「特選論文」に選出された後、2015年度**情報処理学会論文賞**が授与された。

4.2 スタイル特徴の概念的 요약

描画スタイルに基づく画像領域の分割という新たな機構を提案し、既存の領域分割では不可能であった機能を実現した(図2と図3を参照)。この成果は、国内の学術機関の研究会で口頭発表した。

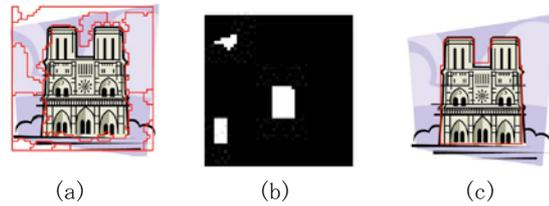


図2. 描画スタイルに基づく領域分割例

図2(a)はSuper PixelとDBSCANでクラスタリングされた領域(境界を赤線で示す)、(b)は前景部分と背景部分を特定するために収縮処理された領域、および(c)は(a)と(b)の情報を用い、描画スタイル毎に領域分割された結果を示す。図3はスタイルに基づく領域分割の他の適用例を示す。

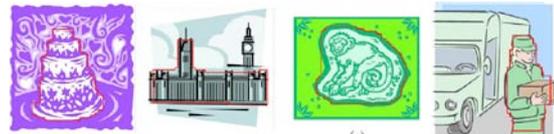


図3. スタイルに基づく領域分割例

色彩理論に基づく色スタイルの特徴量の概念化にも取り組み、その結果を国内の学術機関の研究会で口頭発表した。スタイルに基づく検索の性能自体には優れた差は認められなかったが、配色のスタイル特徴を直観的に分かりやすい指標を用いて検索する機構を実現できた(図4参照)。



図4. 色彩理論を用いたスタイル検索結果
上段が従来の色特徴量で検索した結果、下段が色彩理論に基づく特徴量を用いた結果。朱色の点線で囲まれた画像は、実際と同じクラスとして分類されている正解例を表す。

4.3 異種コンテンツ間のスタイル適合性

本テーマは、定量的な評価が本質的に困難な挑戦的課題であり、残念ながら実用的と判断できる性能が得られなかった。そのために、学会での成果発表には至らなかったが、課題解決のアプローチやその評価方法を再検討している段階である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計2件）

- ① 古屋貴彦、栗山繁、大淵竜太郎、教師なし距離計量学習を用いたイラスト描画スタイルの比較、電子情報通信学会論文誌D、Vol. J99-D、No. 8、2016、pp. 709 - 717
- ② 栗山繁、イラスト画像のスタイル識別子生成、情報処理学会論文誌ジャーナル、Vol. 56、No. 8、2015、pp. 1657-1666

〔学会発表〕（計4件）

- ① 舘山北斗、栗山繁、PCCS 表色系に基づくクリップアートのスタイル識別、情報処理学会研究報告、2017
- ② 山田大輔、栗山繁、詳細なスタイル検索のためのイラストセグメンテーション、情報処理学会第78回全国大会、2016
- ③ Shigeru Kuriyama, Style-Based Content Exploration for Aesthetic Media Informatics, ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry (VRCAI 2015), keynote speech, 2015
- ④ Takahiko Furuya, Shigeru Kuriyama, Ryutarou Ohbuchi, An unsupervised approach for comparing styles of illustrations, International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI2015), 2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗山 繁 (KURIYAMA Shigeru)
豊橋技術科学大学・大学院情報知能工学研究科・教授
研究者番号：20264939

(3) 連携研究者

大淵竜太郎 (OHBUCHI Ryutarou)
山梨大学・大学院総合研究部・教授
研究者番号：80313782