

## 実画像の色調に基づく線画の自動着色

田中 亜実<sup>†</sup> 大石 涼火<sup>†</sup> 数藤 恭子<sup>†</sup>東邦大学<sup>†</sup>

## 1. はじめに

本研究は、線画（スケッチ画像）を実画像の色調で自動着色する手法を提案する．近年、機械学習技術を応用したスケッチの自動着色が研究され、実用的なアプリケーションも既に存在する．しかし、想定する対象が例えばアニメーションの人物などに限定して学習されていると、他の一般的な物体のスケッチには色調が合わない．一方、もしスケッチを写実的に着色することができれば、個人の趣味活動だけでなく、コンテンツ制作の効率化など、広い目的で役立つと考えられる．そこで本研究では、線画から類似する写真を検索し、その写真の色で自動着色する手法を提案する．

## 2. 提案手法

本提案手法は、(1) 入力線画と類似する写真を検索(2) 入力線画と検索写真の位置を調整し、着色のランドマークを求める(3) 検索写真と位置調整の情報を基に入力線画に着色を行う、という3つのステップから成る．(1)にはディープラーニングによるスケッチからの類似検索技術<sup>[1]</sup>を用いる．その結果レイアウトが似た類似画像が得られることを仮定し、(2)ではアフィン変換で繰り返し近似することで大まかな対応点を求める．(3)では小領域ごとに写真の対応領域の平均色を施し水彩画風に着色する方法<sup>[2]</sup>を応用する．以上の流れを図1に示す．本提案手法は従来手法の[1]と[2]の組み合わせから成るが、オリジナルの[2]のアルゴリズムでは、線画上のサンプリング点と写真との対応点は人が与えていたのに対し、本手法では対応づけを自動化する．また、[2]ではドロネー三角形分割を用いていたのに対し、スーパーピクセル分割を用いる方法も新たに検討し、結果を比較する．

## 2.1. 線画からの類似画像検索

線画からの類似実画像検索は、主に商品の線画から構図やインスタンスの類似する写真を検索する目的で提案されている<sup>[1][2]</sup>．Sketch Me<sup>[1]</sup>では学習時に検索結果のランキングの入力が必要であるが DSSA<sup>[2]</sup>ではこれを必要としないため、今回の実験では DSSA を利用する．ネットワークは CNN をベースとした Branch により構成され

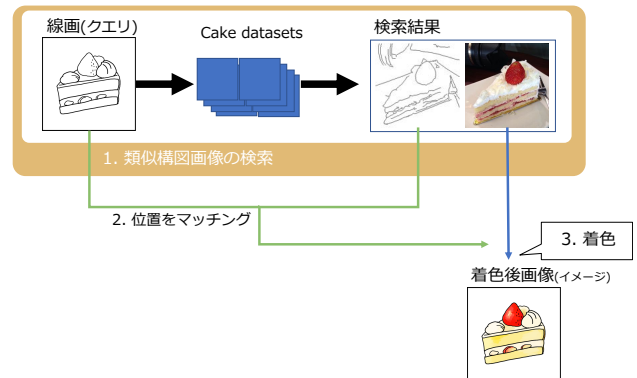


図1. 線画を自動着色する流れ、入力クエリである線画情報から DSSA<sup>[2]</sup>を用いて類似する実画像を検索する．次に幾何学的位置合わせを行った後に着色する．

(図2)、Triplet Loss の最適化を行う．4ステップから成る学習ステップの3ステップ目までは学習済みのモデルを利用し、最終ステップでターゲットドメインの線画からの実画像検索をファインチューニングする．

## 2.2. 入力線画と検索写真の対応づけ

入力線画からと、検索された写真のエッジ画像から、それぞれランダムに同数のサンプリング点を取得する．入力線画から得られた点集合を  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ 、写真のエッジ画像から得られたサンプリング点を  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  とする．ここで、 $x_i$  と一番距離の近い  $P$  上の点が  $p_i$  となるようにする． $P, X$  の重心を  $m_p, m_x$  として、 $X$  から  $P$  の重心からの相対座標のアフィン変換行列  $V$  を式(1)によって求める．

$$V = \operatorname{argmin}_V \left( \sum_{i=1}^N \|p_i - m_p - \bar{V}(x_i - m_x)\|_2 \right). \quad (1)$$

次に  $X$  が  $P$  により再投影された点集合の最近傍の点集合を写真のエッジ画像が値を持つ画素から選び直す．このプロセスを繰り返すことにより、入力線画とエッジ画像の対応づけを行う．

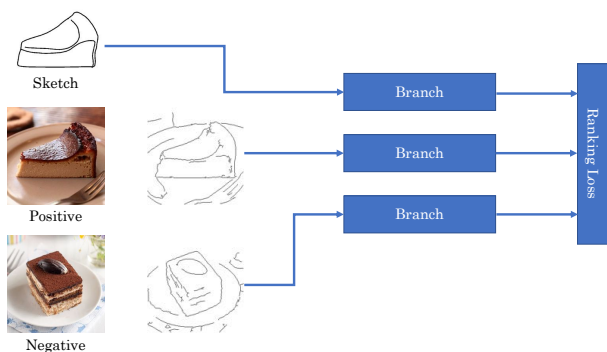


図 2. 線画からの実画像検索<sup>[2]</sup>のネットワークの学習時の全体構成. 入力クエリである線画 (Sketch) と正解実画像 (Positive)、不正解実画像 (Negative) のペアから Triplet Loss で最適化する.

### 2.3. 着色

2.2 の結果、対応するアフィン変換行列  $V$  が得られたと仮定する. 最も類似する実画像に対しアフィン変換を行う.

- 着色法 (1): 線画と実画像上に対応するサンプリング点集合が得られる. その点集合からドロネー三角形分割を行うことにより小領域を得る.
- 着色法 (2): 実画像においてスーパーピクセル分割を行い、画素値が同じ近傍の領域を同一の小領域とする.

参照画像から、小領域ごとに対応する画素の色の平均を求め、線画に着色を施すことで、モザイク画像のようになる. その後、更に隣接する小領域との平均をとり平滑化を繰り返し色の变化の滑らかな水彩画調の着色画像を得る. 着色の全体構成を図 4 により示す.



図 3. 手描きの線画と検索結果 Top5 の例. 上段と中段は参照画像が top1, 下段は参照画像が top2 に検索されている.

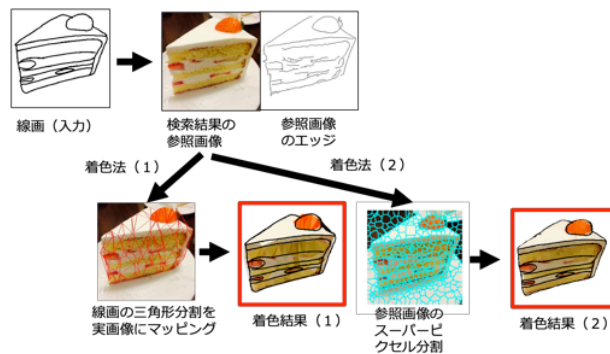


図 4. 着色の全体構成. 本研究では2つの画像分割手法を用いて着色を行った.

### 3. 実験結果

形や色のバリエーションが豊富であり、ウェブや SNS に公開する対象としてよく用いられていることから、実験データとしてウェブから収集した 370 枚のケーキの画像を用いる. そのうち 320 枚を学習画像, 50 枚をテスト画像とした. 更にテスト画像を見て手描きした線画を最初の入力クエリとして用意する. テスト画像の中から検索を行い、参照画像が何位に検索されるかにより検索精度を評価した. Top1 に含まれる割合は 84%, top5 に含まれる割合は 96%であった. 図 1 にクエリとした線画と検索結果の例を示す.

### 4. まとめ

手描きの線画を入力として、線画を元に検索された写真の色を合成し水彩風の画像を自動生成する手法を提案した. まず、線画のオブジェクトのドメインを限定し同じオブジェクトの写真が検索される制度の評価を行った. 次に線画のオブジェクトと検索された写真のオブジェクトの輪郭をアフィン変換により対応づけ、写真の色を合成した. 対応づけと着色の過程では、着色法 (1) のドロネー三角形分割では、位置合わせの精度に依存し、一方、着色法 (2) のスーパーピクセル分割では依存しない傾向がみられた. また、オブジェクトと構図が入力線画とほぼ同じ写真が検索されることを前提としているが、今後は主観評価と合わせてより柔軟な自動対応づけの手法を検討する.

### 参考文献

- [1]. Q. Yu, F. Liu, Y. Song, T. Xiang, T. M. Hospedales, C. C. Loy, "Sketch Me That Shoe," CVPR2016.
- [2]. J. Song, Q. Yu, Y. Song, T. Xiang, T. M. Hospedales, "Deep Spatial-Semantic Attention for Fine-Grained Sketch-Based Image Retrieval," ICCV2017.
- [3]. 倉田, 石山, 森, 外山, 東海林, "参照画像を利用した手描き線画への彩色," 映像情報メディア学会誌, vol.68, No. 8, pp. J381-J384 (2014).