

プリントした画像上に描かれた線画の抽出

Extraction of the drawn line drawing on the printed image

山谷 拓也† 森 博志† 外山 史† 東海林 健二†
Takuya Yamaya Hiroshi Mori Fubito Toyama Kenji Shoji

1. はじめに

われわれは、参照画像を利用した手描き線画への彩色手法を提案している[1]。これは、絵画初心者や一般ユーザがカラー写真等の背景参照画像を下敷きにして描いたラフな線画に対して、背景参照画像から色を抽出して彩色する手法であり、現在、タブレット等によるオンライン線画入力方式で実装されている。しかし、オンライン線画入力は慣れが必要という問題点がある。その問題点を回避する方法として、背景参照画像を薄くプリントした紙面上に市販のペンで線画を描き、スキャナ等を用いて線画をオフライン入力する方式が考えられる。その際、線画は白紙ではなく背景参照画像が薄くプリントされた紙の上に描かれているため、単純な閾値処理では線画線抽出は難しい。そこで本研究では、上記のようなオフライン線画入力の際に、高精度に描画線を抽出する手法を提案する。具体的には、各画素について、ペンで描画する前の RGB 値と描画後の RGB 値の変化を調べ、Support Vector Machine(SVM)を用いて画素が描画線か背景部分かの 2 クラス分類を行う。用いるペンは赤、青、黒の 3 種類とし、3 つの 2 クラス分類器を構成する。描画前の RGB 値と描画後の RGB 値の変化については、RGB 各成分の減衰割合を用いる。性能評価方法として、情報検索システムの性能評価で一般的に用いられる F 値を用いる。

2. 線画のオフライン入力

オフライン入力では、図 1 に示すカラー写真等の背景参照画像を薄くプリントした紙面上に、図 2 に示すように赤色、青色、黒色のペンを用いて線画を描き、その後、これをスキャナで読み取る。そして、全ての画素を描画線と背景に分離し、描画線は色判定を行い、図 3 に示すような線画抽出結果を得たい。素朴な方法として、各画素の RGB 成分を閾値処理し、赤色、青色、黒色の描画線を抽出する単純閾値法が考えられる。しかし、背景の影響により、描画線と背景を分離する閾値の設定は困難である。

3. SVM によるクラス分類

カラー写真等の背景参照画像を薄くプリントした紙面上に描いた線画を抽出する際、線画を描く前の背景参照画像の画素値が既知であることを利用する。すなわち、線画を描く前にも用紙をスキャナで読み取り、これを背景とする。背景が既知の場合の簡単な方法として、背景差分が考えられる。しかし、紙面にペンで描くことは、紙面からの反射を減衰させることであるので、本研究では、減衰割合を採用する。すなわち、画素毎に線画入力

前の RGB 成分と入力後の RGB 成分の各減衰割合の 3 次元データを取得し、SVM でクラス分類を行う。本研究ではクラス分類として、描画線か背景かの 2 クラス分類とする。そして赤、青、黒それぞれのクラス分類器を構成し、線画抽出の際にそれぞれのクラス分類器で分類させて結果を表示する。単純閾値法では、背景参照画像が明るい暗いという紙面全体の輝度が閾値処理結果に影響を与えるが、提案手法は減衰割合を用いることで、その影響を低減している。本研究で扱う問題は比較的単純で次元数が少ないため、SVM での識別関数を線形とした。クラス分類器を生成するための学習データは、背景参照画像にカラーチャートを用いてプリントした用紙に赤、青、黒のペンで直線を描き、描画前の用紙と描画後の用紙をスキャナで読み取り、両者の位置合せをして得た。背景参照画像にカラーチャートを用いたのは、背景色の多様なデータを学習に用いることで汎用性を高めるためである。クラス分類器生成に用いる学習データとした画素の個数は、赤色の線上の部分を 5000 個、背景部分を 3000 個、青色、黒色の線上の部分を 1000 個ずつ、合計 10000 個とした。

4. 実験

提案手法を用いて線画を抽出した結果の一例を示す。図 1 はプリントした背景参照画像をスキャナで入力して得た画像、図 2 はプリントした背景参照画像の上にペンで線画を描き、スキャナで入力して得た画像、図 3 はスキャナで読み取って得た線画画像から手作業で作成した、正解とする画像、図 4 は、本手法を用いて抽出した赤線、青線、黒線すべて重ね合わせた画像である。なお、実験で用いた画像サイズは 3507×2480 画素とした。



図 1. プリントした背景参照画像

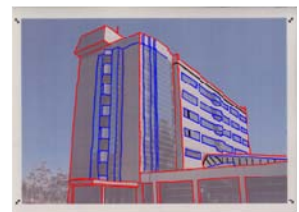


図 2. 図 1 上に描いた線画 (描画線入力画像)



図 3. 正解とする画像



図 4. SVM による抽出結果画像

†宇都宮大学 Utsunomiya University

図3と図4を見比べると、過不足なく描画線が抽出できたことがわかる。この実験から、赤、青、黒以外の様々な色の線も提案手法により容易に追加することができると考えられる。

5. 性能評価

線画抽出の性能評価には情報検索システムの評価で用いられる適合率、再現率、F値を用いた。提案手法で得た赤、青、黒それぞれの抽出結果画像について、線上と分類された画素中の正解画素の割合を適合率、正解画像の線上の画素中で分類結果も線上である割合を再現率、そして両者の調和平均であるF値を求めた。画素が線上か背景かの分類を行う際に、1画素程度のずれはしばしば起こり得ると考えられる。そこで、性能評価を行うにあたり、評価の基準として正解画像を縦・横・斜めに1画素だけずらした画像を抽出結果とみなしたときの適合率、再現率、F値を表1、図4の画像の抽出精度を表2、図6の線画入力画像の抽出精度を表3、図8の線画入力画像の抽出精度を表4に示す。

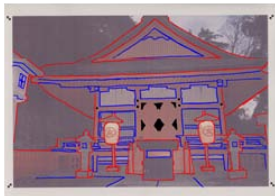


図5. 描画線入力画像

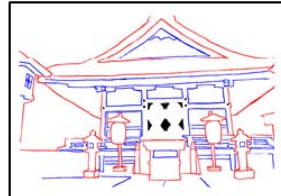


図6. 抽出結果画像



図7. 描画線入力画像



図8. 抽出結果画像

表1.1 画素だけずらしたときの抽出精度の平均

	適合率	再現率	F値
赤線	93.36%	93.36%	0.934
青線	93.77%	93.71%	0.937
黒線	93.82%	93.82%	0.938

表2. 図4の抽出精度

	適合率	再現率	F値
赤線	96.41%	97.35%	0.969
青線	94.94%	98.89%	0.969
黒線	97.96%	92.72%	0.953

表3. 図6の抽出精度

	適合率	再現率	F値
赤線	91.47%	98.07%	0.947
青線	88.62%	97.07%	0.926
黒線	99.60%	98.58%	0.991

表4. 図8の抽出精度

	適合率	再現率	F値
赤線	95.730%	99.120%	0.974
青線	90.992%	99.126%	0.949
黒線	98.529%	98.441%	0.985

表を見比べると、ほとんど全ての場合で1画素だけずらした画像より精度が高いことが分かる。また、誤差が生じる理由として、ペンのかすれがある。ペンデバイスなどとは違い、実際にペンで描画する際には線がかすれてしまう。図9は実際にプリントした背景参照画像に線を描画した画像、図10は正解とする画像、図11は本手法による抽出結果画像である。



図9. 描画線入力画像

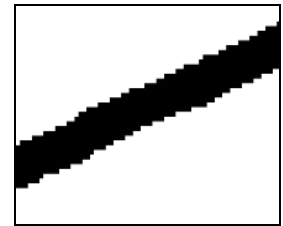


図10. 正解とする画像

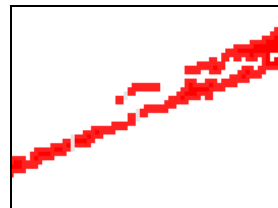


図11. 抽出結果画像

図9、図10、図11に示すように、本来はかすれた部分も描画線として抽出してほしいが、きちんと色が塗られていないために抽出されていないことがわかる。かすれた部分を補間するプログラムを追加することで、さらに忠実に線画の出力ができると思われる。

6. まとめ

本研究では手描き線画自動彩色で利用される線画のオフライン入力について、SVMによるクラス分類を用いて線画を抽出する手法を提案し、性能評価よりこの手法の有用性を確認した。今後の課題として、線画がかすれて抽出できなかった際の補間を行い、より忠実に線画抽出を行う必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 倉田沙織, 石山雄也, 森博志, 外山史, 東海林健二, “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).
- [2] Bolan Su, Shijian Lu, and Chew Lim Tan, “Robust Document Image Binarization Technique for Degraded Document Images”, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 22, No. 4, pp.1408-1417 (2013).