

解答済み数独画像に対する手書き部分と印刷部分の分離

関場 崇浩[†] 寺沢 憲吾[†]

公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科[†]

1. 研究の背景

数独は3×3のブロックに区切られた9×9マスに数字を当てはめるパズルゲームであり、空港や書店などで専門雑誌として売られ、新聞にも連載されるほど世界的に知名度が高くなった。紙媒体においての数独正誤判定の方法としては目視によりすべての数字を個別に照合する以外の方法がなく大変面倒である。そのため自動的に正誤判定を行うことによって手間を省けるアプリケーションの開発を行っている。自動正誤判定をするにあたっては、印刷文字と手書き文字の分離が望ましい。そうすることにより、数字認識の精度を高めることが期待できるとともに、誤答問題を解きなおす際にどの数字を消せばよいかのヒントなどを作成することができるようになり、機能の向上を図ることができるためである。そのため本研究では、自動正誤判定を行う前の画像の前処理部分にあたる入力画像から印刷文字と手書き文字を分離させることを目標とする。

2. 関連研究

印刷文字と手書き文字を分離する関連研究としてはスキャナから得られた画像を対象とした研究[1][2]が行われている。これらの関連研究は主に画像の特徴抽出によって印刷文字と手書き文字を区別させる手法が多い。一方本研究では利便性の高いスマートフォンのカメラやデジタルカメラで撮影された画像を対象にすることを考えているためスキャナ入力画像を対象としたこれらの手法は用いることができない。



図1 解答済み数独画像の例

3. 印刷文字と手書き文字の分離

3.1 対象となる画像

対象としてスマートフォンのカメラやデジタルカメラなどで撮影された数独の解答済み画像102枚を用意した。例として一つの画像を図1に示す。解答手段は鉛筆以外にも、黒や赤ボールペンを使用した画像があった。

3.2 2値化

画像から印刷文字と手書き文字を区別する前に、不必要な背景画素を消す必要があるため、2値化を行った。閾値の決定方法は適応的二値化を[3]のウェブサイトを参考に行い、以降の色情報は前景画素のみを対象として行った。

3.3 色情報の抽出

色情報を元に印刷文字と手書き文字を分離するため、1ピクセルごとに色情報を抽出しRGBとHSVの3次元分布図を作成した。図1の画像から得られたRGBとHSVの3次元分布図を図2、図3として示す。

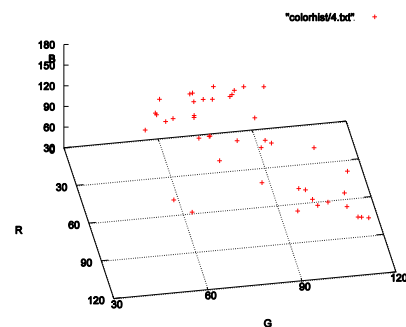


図2 RGBの3次元分布図の例

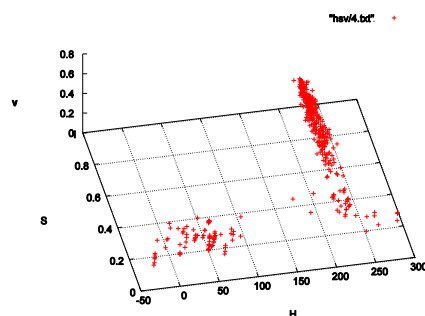


図3 HSVの3次元分布図の例

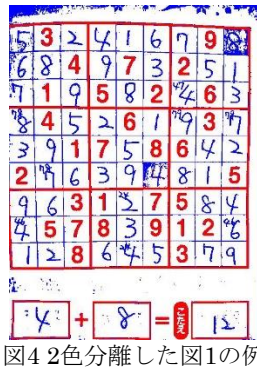


図4 2色分離した図1の例

比較するとRGBの3次元分布図がまばらに分布していることに対して、HSVの3次元分布図は2か所にまとまって分布しているのがわかるように、サンプルすべてのRGBとHSVの3次元分布図においても似たような結果が多く見られた。

3.4 色分離

HSVの3次元分布図を参考にしながら色分離を行った。以降では印刷文字と手書き文字を分離し、2色に塗り分けることを「2色分離」と呼ぶ。境界の決定方法として[4]の論文を参考に彩度に注目した。図3の3次元分布図の例を参考にとすると1箇所点が集中している部分とそのほかの部分境界とした2色分離を行い、枠と同色になるものを印刷文字、それ以外を手書き文字とした。結果を図4に示す。

3.5 分離結果の自己評価と閾値の補正

まず各マス内において、前景画素の80%以上が印刷もしくは手書きに分類されていればそのマスを印刷もしくは手書きとし、それ以外の場合には不明として判別する(図5)。印刷・手書きのマスがそれぞれ17個以上存在し、かつ全マスが印刷であるブロックが存在しない場合、これを分類成功とみなし結果を出力する。それ以外の場合にはほかに未検証な閾値が存在するか確かめ、存在する場合は閾値を再設定して文字判別から繰り返す。存在しない場合はリジェクトとする。閾値の初期値については[4]を参考に、彩度=0.3とした。一連の流れを図6に示す。

3.6 実験結果

これらの2色分離の手法を用いて102枚の画像を対象とした実験を行った結果、分類成功とみなされた画像は47枚であった。これらの画像を目視により確認した結果、いずれも正しく印刷文字と手書き文字を分離することに成功していた(表1)。

表1 実験結果

入力画像枚数	分類成功判定数	分類成功率
102	47	47



図5 マスを確定・不明とする例

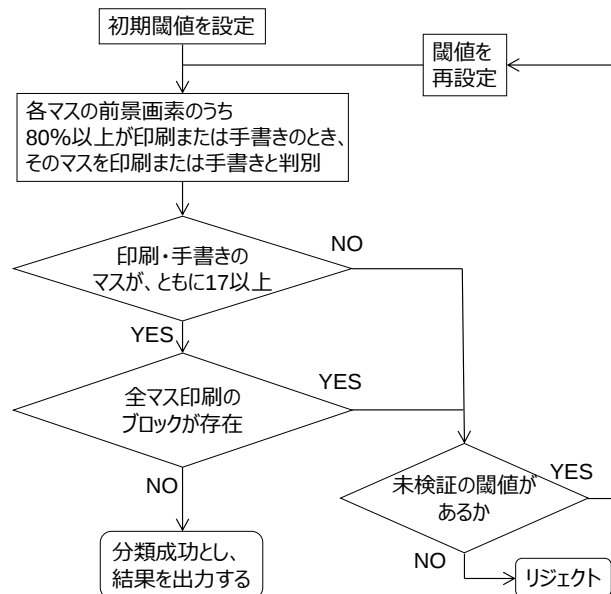


図6 実験判別・評価方法

4. まとめ

色情報から2色分離を行うことは有効であり、分類成功とみなされたものは、今後の数独のヒント機能作成時などにおいて機能の向上につながる可能性があるものとして期待される。今後の展望としてはリジェクト率を下げるための対策があげられる。

参考文献

- [1] Mathias Seuret, Marcus Liwicki, Rolf Ingold, "Pixel Level Handwritten and Printed Content Discrimination in Scanned Documents", International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, 2014.
- [2] Ahmad Montaser Awal, Abdel Belaïd, Vincent Poulain d'Andecy, "Handwritten/printed text separation Using pseudo-lines for contextual re-labeling", International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, 2014.
- [3] 立石 喬, "Visual C++ 2010 Express を用いた易しい画像処理 (9)", Visual C++の勉強部屋, 2011. 1. 24, http://homepage3.nifty.com/ishidate/vcpv10_g9/vcpp10_g9.htm, (2014. 12. 27).
- [4] 神戸陽介, 齊藤文彦, "書き込み済みドリル画像からの手書き鉛筆線の除去", 画像電子学会誌, Vol. 39, No. 5, pp. 748-755, 2010.

"Separation of handwritten text and printed text for solved sudoku problems"

Takahiro Sekiba†, Kengo Terasawa†, †School of Systems Information Science, Future University Hakodate.