

採点ミス発見支援システムにおける分離抽出精度向上に向けた改良 Improvement of Support System for Finding Scoring Error to Improve separation and Extraction Accuracy

村本 幸次郎† Kojiro Muramoto
松尾 賢一† Ken'ichi Matsuo

1. はじめに

人手による答案の採点作業において、採点ミスが発生することがある。特に入試レベルにおける採点ミスの発生は、受験者の可否に関わり人生に大きな影響を及ぼすため、大きな社会問題レベルで取り上げられることがある。よって、入試の信頼性の上でも、採点者は採点結果を繰り返しチェックし、採点ミス防止に努めている。ただ、採点ミスが発生させない精神的プレッシャーや、長時間に及ぶ採点作業による疲労の蓄積が、新たなチェックミスや採点ミスを見逃す要因となる恐れもある[1][2]。

これに対し、先行研究では採点済答案画像内の採点記号と部分点に対する文字認識結果に基づき、採点記号の配点と部分点間に不整合があると判定した箇所を採点ミスとして採点者に通知する採点ミス発見支援システムが開発されている[3]。

しかしながら、このシステムでは、答案画像から採点記号・部分点パターンの抽出処理過程で、採点記号が枠線や解答文字と重畳する箇所での採点記号パターンのストローク断線の発生が見られた。その結果、以後の採点記号パターンに対する認識処理での認識率低下につながる結果となった。このストローク断線を防止するために、採点記号パターンに対して膨張処理を施すことで、軽微なストローク断線の補修を可能としていたが、逆に閉じたループを持つ部分点での数字パターンにおいては、ループの穴埋めが発生し、数字パターンの形状変化に伴う認識率の低下を招く結果となった。さらに、答案用紙の紙質や採点に用いられる筆記具の様々なペン色に対応できない汎用性にも問題が見られた。

本論文では、採点記号が枠線や解答文字と重畳する箇所において、採点ミス発見支援システムの抽出処理過程で採点記号パターンのストローク断線発生の抑制と、採点に用いる筆記具のペン色の変化に対して、堅固な採点記号パターンの分離抽出を可能にすることを目的とした改良手法を提案する。さらに、この提案手法を導入した新たな採点ミス発見支援システムにおける、分離抽出精度の向上を目指す。

2. 答案・採点ミスの定義[3]

図 1 に解答および採点記号と部分点を模擬的に記入した答案用紙（高専入試解答用紙）例の一部を示す。

答案には、解答欄・部分点記入欄の枠線、印刷文字からなる「印刷領域」、解答欄内に受験者が記入した「解答」

が存在する。そこに採点時に、採点者が解答に対して採点する。採点では解答欄内の解答の成否に対して採点記号を付け、部分点記入欄に採点記号から算出した採点の部分点の記入する。

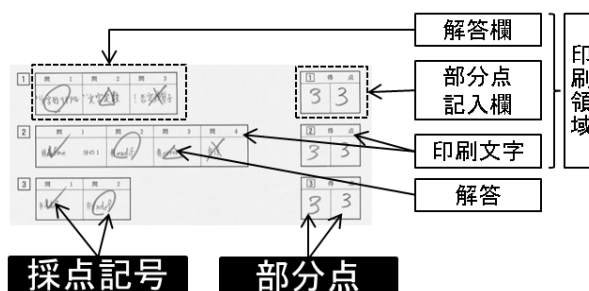


図 1 解答用紙例[3]

先行研究において、採点上での採点ミスの種類を採点手順ごとに

1. 正答と誤答の判断を間違える「正誤判定誤り」
2. 採点漏れなどの「記入誤り」、
3. 採点記号と部分点の計算時の誤り「対応付け誤り」
4. 部分点を合計する際に起こる「集計誤り」
5. その他予期せぬ採点ミス

の 5 つに分類した。その中で 3. の「対応付け誤り」を発見することを想定したシステムの開発を旨とした。

ここで、採点ミス発見支援システムが対象とした「対応付け誤り」の答案解答例を図 2 に示す。

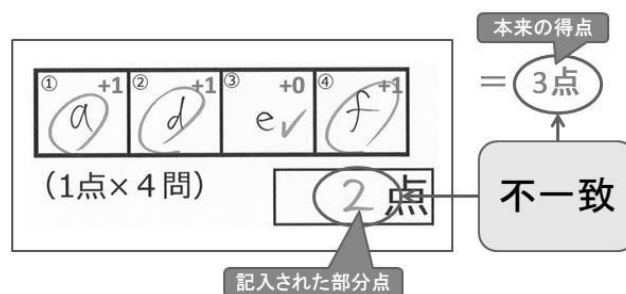


図 2 対応付け誤り答案解答例[3]

図 2 では、採点記号に 'o' が 3 つで '✓' 1 つで本来の部分点は 3 点となるはずだが、部分点記入欄には 2 点と誤った部分点が記入されている。このように、採点記号から算出された本来の得点と記入された得点の誤りが発生しているこのような採点ミスを対応付け誤りである。

† 奈良工業高等専門学校 専攻科 システム創成工学専攻 情報システムコース

3. 採点ミス発見支援システム[3]

西川が開発した「採点ミス発見支援システム」の処理フローを図 3 に示す。図 3 中の採点ミス発見支援システムは、「抽出部」「部分点認識部」「採点記号認識部」「判定部」の 4 つの処理部から構成される。

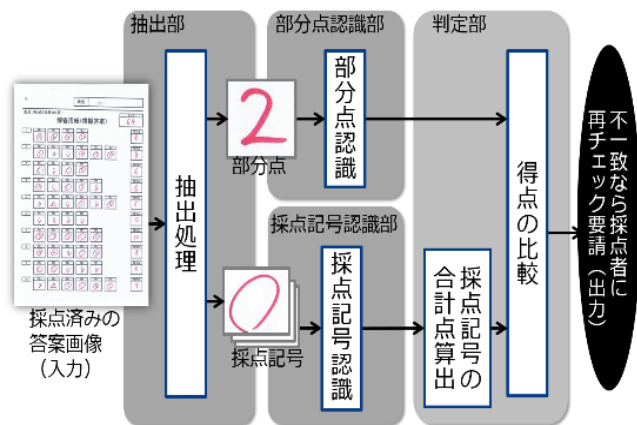


図 3 採点ミス発見支援システム処理フロー[3]

本システムでは、入力として採点ミス確認作業の終えた答案画像を与える。「抽出部」では、印刷された問題文、解答欄、記入された解答、部分点が重畳する答案画像から採点記号パターンと部分点パターンのみを分離抽出する。分離抽出した採点記号・部分点のパターンを位置より採点記号であるか部分点であるかを判定し、部分点は「部分点認識部」で数字の認識し、採点記号は「採点記号認識部」で採点記号の認識する。採点記号認識部では事前に採点記号に対応付けられた得点を用いて採点記号の合計点を算出する。

最後に、「判定部」において、部分点の得点と採点記号認識部で算出した採点記号の合計点を比較して、不一致であれば採点者に採点ミスの可能性が高い箇所を提示し、再チェックを要請する。以上が採点ミス発見支援システムの処理フローとなる。次に、採点ミス発見支援システム内の改良対象である抽出部の詳細について述べる。

3.1 分離抽出処理

図 4 に先行研究で提案された分離抽出部の処理手順を示す。分離抽出部では、採点済答案画像から採点記号と部分点の数字パターンを抽出する。

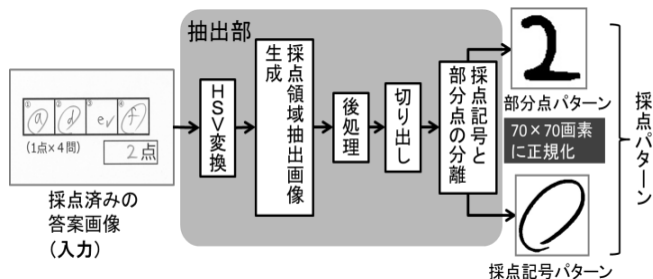


図 4 先行研究での処理手順

入力として採点済みの答案画像を入れ、その画像に対して HSV 変換を行い採点領域の抽出画像を生成する。採点記号の抽出は表 1 に示す値域の値で背景領域と採点記号領域の判別し抽出を行っている。

表 1 採点領域と背景領域の HSV 値域[4]

	色相 H	彩度 S	明度 V
採点領域	0~30, 161~180	41~255	81~255
背景領域	不定	0~69	不定

採点領域の値域は色相で 0~30,161~180 に彩度で 41~255、明度で 81~255 であり、背景領域の値域は色相で不定に、彩度で 0~69,明度で不定となることを事前に答案画像から調べ指定を行っている。採点領域抽出画像の生成後混色の影響により、HSV 値が変動し採点領域のストロークの一部に発生する断線に対して、後処理として膨張縮小処理を入れることによりストロークの断線の補完をしている。

先行研究で西川が示した抽出実験の結果を表 2 に示す。

表 2 先行研究の抽出実験結果[3]

採点パターン数[個]	抽出成功数[個]	抽出率[%]
175	175	100

西川は答案画像上の採点パターンに 175 個に対しすべての採点パターンを抽出に成功した。

3.2 分離抽出処理の問題点

図 4 の答案画像からの分離抽出処理の際に、その出力結果である部分点の数字や採点記号パターンのストロークにおいて断線が生じる一例を示す。

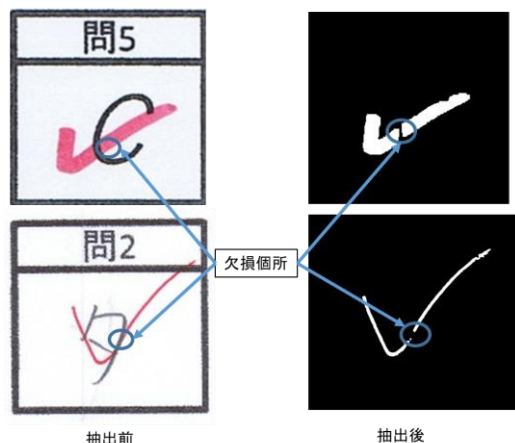


図 4 分離抽出処理でのストローク断線例

図 4 で採点記号パターンのストローク断線は、鉛筆で書かれた解答文字や答案上の印刷文字と採点記号のストロークが重畳した箇所で発生していることがわかる。つまり、断線箇所は、異なる性質の文字同士が重畳することで、混色による色情報の変化によって、本来の採点記号パターン抽出に用いる色情報の指定範囲から逸脱することから、そ

の個所である重畳領域がストローク断線の形で発生すると考えられる。

よって、重畳領域で混色により色情報がどのように変化しているかを調査することで、ストローク断線の原因を明らかにすることが重要である。

図 5 に、解答用紙画像に対して HSV 変換で得られた HSV 値の散布図を示す。図 5 の上部は、横軸に色相 H、縦軸に彩度 S を持つ HS 色度図、同図下部は、横軸に明度 V、縦軸に彩度 S を持つ VS 色度図である。

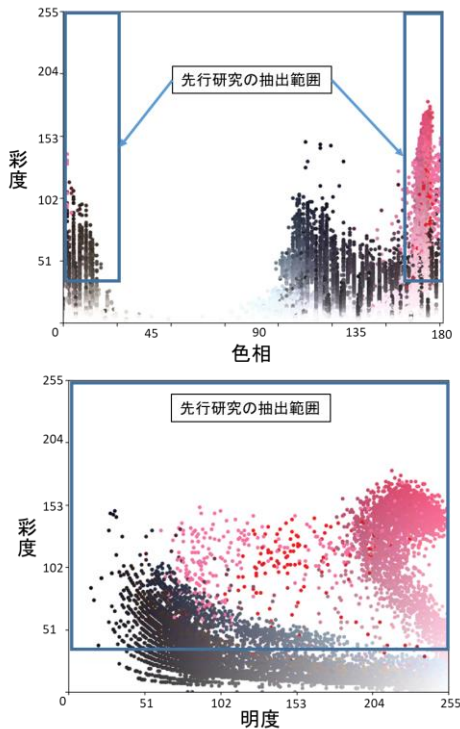


図 5 解答用紙画像の HSV 色度図

図 5 の両色度図内に先行研究において採点記号や部分点の数字パターンの分離抽出に用いた抽出範囲を示す。

この抽出範囲から見て、実際の文字パターンの色情報以外の色情報が抽出されてしまうことがわかる。また、先行研究では、採点で使用する筆記具のペン色だけに対応した固定値による抽出範囲の指定であることから、筆記具のペン色の変化や違いによって、分離抽出精度が著しく変化することが予想される。

4. 提案手法

図 5 において、解答欄や部分点記入欄などの印刷領域や一見一様に見える答案用紙の背景領域においても、HSV 色度図上において色クラスタの分散が大きいことが確認できる。図 6 に提案手法の処理手順を示す。

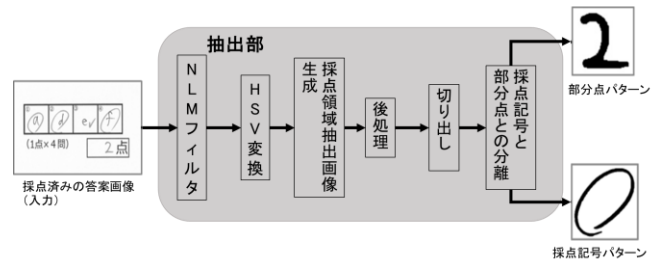


図 6 提案手法での処理手順

本研究では、入力された採点済未答案画像を HSV 変換前の RGB 値の段階で、ノイズ低減効果のあるフィルタリングを前処理として導入し、文字パターン領域以外の RGB 色空間内の背景領域の色クラスタ分散を抑えることで、その後の背景領域の HSV 値と採点記号や部分点の採点記号領域と背景領域と断線の原因であった重畳領域における色クラスタ間の分離を促す効果を得る。

さらに、先行研究での固定値による採点文字の抽出範囲指定による分離抽出でなく、色クラスタリングを用いた背景と採点領域の分離抽出処理に改めることで、採点に用いた筆記具のペン色の違いに対応できるようにする。

図 7 に RGB 色空間における答案画像の色クラスタ分布を示す。

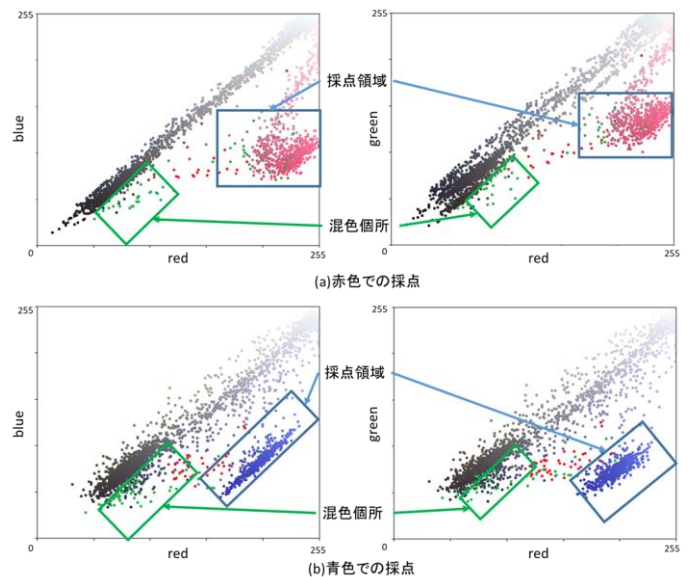


図 7 RGB 色空間での答案画像の色クラスタ分布

図 7 より赤色青色ともに混色個所の色は背景の色と近くなり彩度や色相が採点記号のものから大きく変化していると考えられる。しかし、混色個所は採点領域とは別に混色個所でクラスタがあると考えられる。そのため、答案済みの入力画像に前処理としてノイズの低減を目的とし、入力した答案済みの画像に前処理としてノンローカルミーニング (NLM) フィルタをかけることで 3 つの領域に分かれるように色の分散・ノイズの低減をできると考える NLM フィルタについての詳細は 4.1 で示す。前処理後 HSV 変換をし、

クラスタリングすることでペンの固有の色の差による取得の条件の緩和をできると考える。

4.1 NLM フィルタ [5][6]

NLM は、画像中のパターンの冗長性を利用し、ノイズ信号の類似した実測値を平均化することで高品質な画像ノイズ除去を実現するものである NLM フィルタの式を式(1)に示す.[5]

$$\hat{x}(i) = \frac{\sum_{j=\Omega} w(i,j)y(j)}{\sum_{j=\Omega} w(i,j)} \quad w(i,j) = e^{-\frac{\|x_i - x_j\|}{h^2}} \quad (1)$$

式(1) \hat{x} :求めた注目画素の値, x_i :注目画素での元の値, x_j :探索領域内の画素, h :ノイズ除去パラメータ, $w(i,j)$:類似度である。

NLM フィルタでは、注目画素を中心とした対象ブロックと、類似性の高い参照ブロックの中心画素をかき集め、その画素値をブロック間の類似度に応じた荷重で加重平均したものを出力する雑音除去手法である[6]。そのため、混色箇所は混色箇所背景領域は背景領域で採点記号の領域は採点記号の領域で平滑化されノイズが低減する効果があると考えられる。

4.2 比較評価

比較評価では、先行研究で用いた模擬答案と同一テンプレートを使用し、赤色のペンと青色のペンを用いて採点作業し、作成した模擬答案から

表 3 に先行手法と本研究の手法の採点記号の抽出率の結果を示す。表 3 は採点記号のパターンは赤色のみに限定した時の結果である。

表 3 抽出結果の比較

	採点パターン数[個]	抽出成功数[個]	抽出率[%]
先行手法	1008	996	98.8
本手法	1008	945	93.8

先行研究の抽出処理より抽出率を 5.0%抽出精度が低下する結果となった。表 4 に採点パターンを青色に限定した時の抽出結果を示す。

表 4 青色での抽出精度

採点パターン数[個]	抽出成功数[個]	抽出率[%]
124	119	95.9

青色での抽出率は先行研究の結果より低い結果となった。しかし、赤色の抽出精度が 90%以上の状態を保ったままで、青色への拡張そして 90%以上の結果となった。図 8 に本手法で抽出成功した抽出採点画像の例を示す。

図 8 より、青色赤色ともに抽出を行えているのが、混色箇所の一部が欠損しているのがわかる。そのため、混色箇所断線が発生していると考えられ、入り込んだノイズが混色に近い色になっていることや混色箇所にペンの色が入り込まなかったことが原因であるのではないかと考えられる。

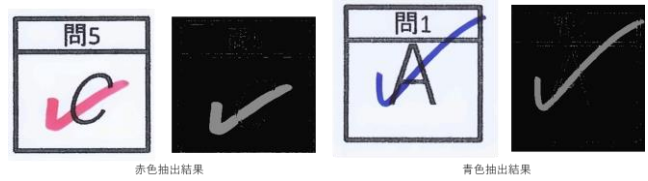


図 8 抽出画像例

5. おわりに

本論文では、採点記号が枠線や解答文字と重畳する箇所において、採点ミス発見支援システムの抽出処理過程で採点記号パターンのストローク断線発生の抑制と、採点に用いる筆記具のペン色の変化に対して、堅固な採点記号パターンの分離抽出を可能にすることとして、この提案手法を導入した新たな採点ミス発見支援システムにおける分離抽出精度の向上を目指すことが目的であった。

ペン色の変化に対する分離抽出では、NLM フィルタを用いて答案画像の色のばらつきを抑えることでペン固有の色の差による取得条件の緩和と他色へも拡張、赤ペンそして別のペンである青ペンに対し 90%以上分離抽出精度が得られた。しかし、混色箇所における断線の発生を抑制させることが出来ず、先行研究と同一のペン色における分離抽出精度は低下する結果となった。

そして今後の課題として、評価対象のみであり分離抽出までであり、抽出した採点記号パターンを本システム内の認識部にかけて認識結果検証できていない。図 8 のように抽出画像にノイズの残存が見られ認識精度の低下が予想される。そのため、今後の課題として自動的採点記号の分離抽出精度の向上とともに、抽出画像を認識部にかけるときに認識精度の低下影響を与えない自動抽出手法へと向上させる必要がある。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費(課題番号:20K03143)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 県立高等学校入試者選抜学力検査採点誤りに関する 再発防止・改善策 平成 28 年 6 月 神奈川県教育委員会 <https://www.pref.kanagawa.jp/documents/74526/837051.pdf>
- [2] 県立高等学校等入学者選抜採点誤りに関する 再発防止・改善策 令和 3 年 5 月茨城県教育委員会 <https://www.edu.pref.ibaraki.jp/board/gakkou/koukou/nyuusi/saitenayamari/r30528kaizensaku.pdf>
- [3] 西川雅清, 松尾健一“採点ミス発見支援システムの開発～部分点と採点記号の認識を用いた採点ミス発見手法”, 情報科学技 (FIT:Forum on Information Technology), (2015).
- [4] 西川雅清, 宮本拓弥, 松尾賢一, “採点ミス発見支援システムの実現に向けた部分点及び採点記号の抽出と認識”, 電子情報通信学会関西支部学生会 第 19 回学生会研究発表講演会 講演論文集, D2-2, (2014).
- [5] New methods for MRI denoising based on sparseness and self-similarity. José Manjón, Pierrick Coupé, Antonio Buades, D. Louis Collins, Montserrat Robles
- [6] 新倉春樹, 日黒光彦“雑音分散を考慮した Non Local Means による画像デノイジング”