

浮世絵における落款の自動抽出の試み

大原邦彦¹, 吉村ミツ², 八村広三郎³

¹ 立命館大学 理工学研究科 情報理工学専攻, ² 立命館大学 衣笠総合研究機構, ³ 立命館大学 情報理工学部

浮世絵の画像を対象として、落款文字列の抽出を行う。まず、浮世絵画像から HSV 変換により明度を取り出し、大津の判別分析法を用いて 2 値化処理を行う。この 2 値化された画像に対してラベリング処理を行い、外接矩形を切り出す。得られた外接矩形を、3 種類の文字領域矩形に分類し、統合処理を行う。統合された矩形が文字であるかという判断を文字の連続性により区別する。矩形間の連続性を調べ、文字列矩形を取り出す。落款の特性を利用し、文字列候補矩形に含まれる矩形と、あらかじめ用意しておいた「画」の平均パターンとの相違度を計算し、「画」の検出を行い、その文字列を落款として抽出する。本論文では、浮世絵から作者や制作年を同定する浮世絵研究システム構築の足掛かりとして、従来の文字抽出方法が浮世絵の落款においても有効であるかを調べることに重点をおいた。本研究により、従来の情景画像からの文字抽出方法で手書き文字である浮世絵の落款の抽出には、浮世絵固有の特徴を用いることによって可能であることが分かった。

Automatic Extraction of *Rakkan* Character String from *Ukiyoe*

Kunihiko Oohara¹, Mitsu Yoshimura², Kouzaburo Hachimura³

¹ Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, ² Kinugasa Organization Ritsumeikan University, ³ College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University.

Abstract: This study intends to automatically extract character strings named *Rakkan* from *Ukiyoe* pictures. In the adopted method, the targeted picture is transformed into a binary image using a discrimination method proposed by Ohtsu after the application of HSV transformation for brightness. Rectangles enclosing isolated regions are extracted from the acquired binary image through a process of labeling, and aggregated rectangles are constructed from these primitive rectangles. Any aggregated rectangle is identified as an area representing a character string when it is recognized to contain smoothly connected patterns corresponding characters. The dissimilarity between the realized area and a picture pattern of *Rakkan's* "ga" prepared in advance is evaluated. When the dissimilarity is within an acceptable level, the pattern in the candidate area is recognized as the character string including *Rakkan*. We applied this method to some *Ukiyoe* pictures and obtained an appreciable result. The adopted method might be useful for constructing a supporting system for *Ukiyoe* study through the attribution of *Ukiyoe* pictures.

1 まえがき

浮世絵は日本の美術の中で、もっとも広く知られているジャンルの一つである。海外でも浮世絵は人気があり、コレクターも多いことから、浮世絵は日本だけでなく、国際的に見ても世界に誇れる文化である。しかし、浮世絵には作者などの情報がいまだに明らかになっていないものがある。また、浮世絵の初心者や海外の愛好家にとっては、絵師を特定することや、浮世絵中に書かれた文字列の中から落款を特定することすら困難な場合もある。

我々がこれまでに行った研究として、浮世絵を対象

として、浮世絵の落款の特徴量から浮世絵の絵師を特定するシステム [1] がある。これは、浮世絵研究支援システムの構築のさきがけとなった研究である。しかし、この研究では、落款の切り出しは手動で行わなければならないという課題があった。

本論文では、浮世絵画像から落款文字列を自動的に抽出するための手法を提案する。これにより、論文 [1] のシステムと組み合わせることで、浮世絵画像から作者や制作年の同定までの一連の処理を行うことができる。

本研究は、浮世絵研究を支援するとともに、文化資源としての浮世絵の永久保存、教育現場での利用などに貢献することができる。

本論文は、2章で今回対象とする画像の特性と研究意義について、3章では既存の文字抽出方法について述べ、4章で本研究の処理手順、5章で抽出結果と考察を述べる。

2 浮世絵の研究

2.1 浮世絵について

浮世絵とよばれる絵画の形式は江戸時代に確立した。主題は、江戸の町娘などを描いた美人画や、歌舞伎役者のスターなどを描いた役者絵、江戸時代の隆盛した名所を描いた風景画など、さまざまなジャンルがある。またその形式についても絵師が直接紙の上に描いた肉筆画、絵師の元絵を彫師と摺師によって多色刷の木版画として作成出版されたものがある。浮世絵の大きさや描かれる用紙の向き、書かれる文字の大きさや配置はそれぞれ異なったものが存在する。浮世絵の例を図1に示す。

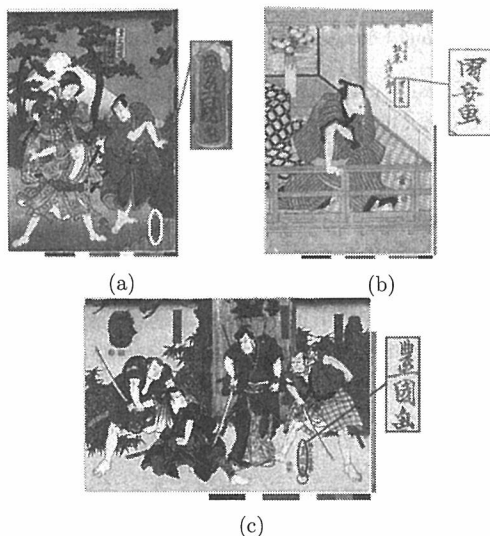


図1: 浮世絵と落款

浮世絵は、基本的に図1のように1枚の紙に1つの作品が描かれる。しかし、図2に示すような続絵(つづきえ)と呼ばれる複数枚で構成される浮世絵もある。

本研究では、それぞれの作品が1枚しか存在しない肉筆のものではなく、木版印刷という手段によっておもに江戸時代に大量に制作された、図1に示すような1枚絵の木版浮世絵を研究の対象とする。図2に示すような続絵は、今回は研究対象から外した。



図2: 3枚で構成される続絵

2.2 落款について

落款は多くの絵師の場合、年齢と共に字形などが変化する。そのため、落款を調べることは作品の作成年代を考える上で、大いに役に立つとされている。浮世絵は木版刷りによる作成であるため、落款の文字にもかすれやつぶれを含んだものがある。また、草双紙などの他の出版物とは違い、落款文字は無地の紙面に黒い文字で書かれていることは少なく、さまざまな背景色の上にあるいは模様などの上に書かれていることが多い。

落款が書かれる場所についても規則性はなく作品によって異なり、また、文字の大きさも作品により異なる。これらのことが落款の文字列の自動抽出を困難にすると予想される。一方、図3に示すように絵師名の文字列の下に「画」や「筆」などの落款であることを示す文字が含まれているものもある。



(a) 「画」を含む落款 (b) 「筆」を含む落款

図3: 文字「画」「筆」を含む落款

浮世絵には落款の他に、対象となった歌舞伎の演目や役者名などが書かれているものも存在する。このため浮世絵中の文字列から落款文字列を特定することが課題となる。

本実験は、落款に含まれる文字「画」に着目をして落款文字列の特定を行う。そこで今回は、文字「画」が含まれている木版刷りの浮世絵を対象に落款の自動抽出を試みることにした。

2.3 研究の意義

江戸時代に刷られた浮世絵は国内に約 20 万点あると言われており、美術館や個人コレクターによって保管されている。一方海外にも、英国ヴィクトリア&アルバート博物館に 4 万点、大英博物館に 2 万 5 千点、米国ボストン博物館に 6 万点と、確認されているだけで約 100 万点あるといわれ、海外に流出した浮世絵の数は膨大な数に上る。

このような膨大な数の浮世絵コレクションでは、未整理のまま保管されているだけで絵師や作成年代などの情報がいまだ把握されていないものが多く存在する。それらの膨大な数の浮世絵整理を手作業で行うには、莫大な労力と時間を要する。

このため、浮世絵コレクションのデジタル化と同時に絵師や作成年の特定が自動的にできるようになれば、大量の浮世絵を短時間で効率よくデジタルアーカイブとして整理することができる。このようなデジタル化により、今まで知られることのなかった新たな浮世絵の発見や浮世絵に描かれた内容と作成年から、新たな歴史上の事実の発見に繋がる可能性が出てくると期待される。

このような研究背景のもとで行われた研究に、落款を利用した浮世絵の作者同定の試み [1] がある。浮世絵画像から手動で切り出した落款画像から加重方向指数を抽出しこれの特徴量としている。抽出された特徴量を用い、それぞれの絵師の辞書を作成する。テストサンプルからも同様に特徴量を抽出し、辞書とテストサンプルとの特徴量の疑似マハラノビス距離を求め、作者を同定する。この研究により、落款による作者の識別が可能であることが示され、浮世絵研究支援システムへの指針を得ることができた。

3 画像中の文字抽出についての関連研究

画像からの看板文字の文字抽出の研究は、おもに情景画像を対象に行われている。例えば、カラー情景画像に現れる文字列を抽出する「情景画像からの文字抽出」[2] は、エッジに基づくブロック化の後、ファジークラスタリングにより色空間上で類似した画素ごとに分割し、2 値画像とした上で、それらの幾何学的特徴をもとに、SVM による文字パターンの識別を行う手法を考案している。しかし、この論文は、英語を対象にしているため、日本語の文字パターンを持つ情景画像には対応していない。

「濃淡画像からモフォロジー演算により画像中のある線幅をもつ図形を抽出する試み」[3] は、計算量の多さや濃度分解能の問題、また文字周辺部のぼけの対策などの問題があげられる。

情景画像から文字列抽出を行う「濃淡及び色情報による情景画像からの文字列抽出」[6] は、カラー画像を濃淡画像に変換した上で適当なしきい値により 2 値化を行い、その画像から境界線追跡により閉領域を求め、その形状から文字らしい領域を求める方法であるが、これも計算量が多いという問題がある。

このように文字抽出の研究は、さまざまな方法が提案されている。そのほとんどが、「文字列」すなわち文字の並びに着目して処理を行っている。すなわち、連続する文字の色、形状やフォント、大きさが一定であるという特徴を利用している。

これらの先行研究と、本研究との決定的な違いは、印刷文字や看板文字のような現代の文字を対象としているのではなく、手書き文字の、くずし字も多い歴史的な文字を対象としていることにある。

手書き文字の歴史的な文字を対象にしている研究もある。「江戸期版本画像におけるキャラクタスポッティング」[4] は江戸期に出版された版本から文字を切り出すための手法を提案している。この版本は、文字しか書かれていないことから、2 値化画像の垂直射影分布を求め行で切り分けて文字列の抽出を行っている。対象文字はくずし字やつづり字が多数存在しているのでそれらを対象にラベリング処理による文字の分割と統合を繰り返して文字の切り出しを行っている。

4 処理手順

4.1 概要

本研究の文字抽出の手法は論文 [6] の手法を応用した。本研究での落款抽出の手順を図 4 に示す。

まず、HSV 変換によって得た明度による濃淡画像を 2 値化し、孤立黒色領域ごとに外接矩形を取り出す。これに対し分離している矩形のうち統合可能なものを統合する処理を行い、さらに縦書き文字という性質を利用して、文字列候補を抽出する。ここまでの処理は、論文 [6] によるものとほぼ同じである。最後に、文字「画」テンプレートと候補領域内のマッチングを行い、落款を含む文字列を取り出す。

今回対象とした浮世絵画像は、立命館大学アート・リサーチセンターが所蔵するデータベース「浮世絵閲覧システム」内の浮世絵を使用した。画像サイズは浮世絵によって様々であるが、そのほとんどが 2000 × 3000

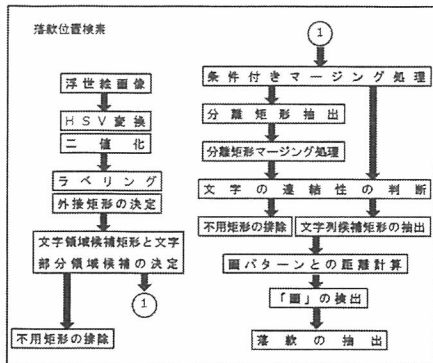


図 4: 処理手順

画素を超える．そこで，本研究は浮世絵の画像サイズは 1000×1500 ，または， 1500×1000 程度に縮小して使用した．

4.2 前処理

4.2.1 2 値化

浮世絵画像に対し HSV 変換を行い，明度による濃淡画像を得る．次にこの濃淡画像に対して 2 値化処理をする．閾値の自動決定には大津の判別分析 2 値化法 [5] を採用した．2 値化前の濃淡画像とその落款を図 5，2 値化後の画像を図 6 に示す．

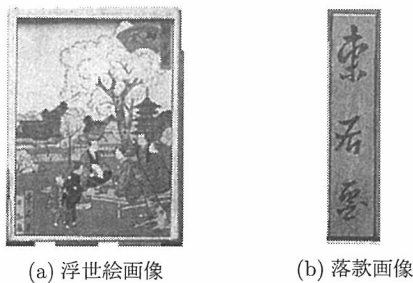


図 5: 2 値化前の濃淡画像

次に 2 値化による各孤立領域の外接矩形を得る．外接矩形を得るには，まず黒色領域に対して 8 近傍ラベリングを行う．その結果の画像に対して，ラベルごとの x, y 座標の各最小値と最大値を取り出し，外接矩形を得ておく．

4.2.2 文字候補領域の抽出

取り出された外接矩形が文字領域であるか，文字を構成する一部分である文字部分領域であるかを外接矩

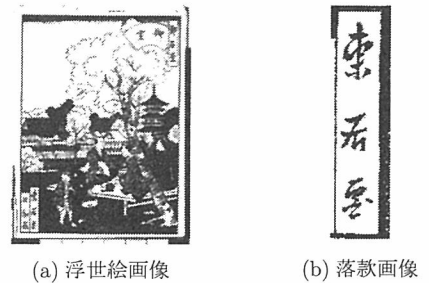


図 6: 2 値化後の画像

形の形状により判断する．ここでは，文字以外の背景や人物の像などを削除するため， 5×5 画素以上 100×100 以下のサイズの外接矩形のものを抽出する．

画像サイズや文字の大きさは浮世絵によってさまざまではあるが，上記のパラメータは，いくつかの対象画像を調べた結果，落款を含み文字以外の大きな矩形を除く範囲として求めた．

このようにして求めた外接矩形の中で，縦横比が 1.5 以下の矩形を「文字領域候補」，1.6 以上 10 以下の矩形を「文字部分領域候補」とし，それ以外の矩形は「不用矩形」として対象としないものとする．ここでの数値は論文 [6] で示されたものを利用した．文字領域候補と文字部分領域候補の例を図 7 に示す．

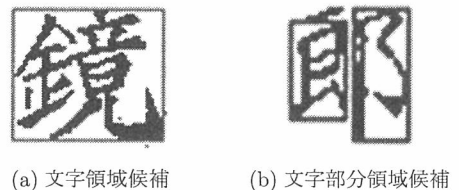


図 7: 外接矩形による文字候補

さらに，落款は浮世絵の左右の端に近い領域に書かれることが一般的なので，この位置情報を抽出の条件に加える．すなわち，浮世絵を横方向に 3 分割し中央の領域にある矩形は以後の処理では対象としない．

4.3 統合処理による文字領域抽出

続いて図 7(b) のような分離した文字を一つに統合するためのマーキング処理を行う．ここでは，外接矩形の形状と矩形の交差状態によりこれを次の 2 段階で行う．1) 交差する矩形同士をマーキングする交差矩形マーキング処理，2) 分離した矩形同士をマーキングする分離矩形マーキング処理である．

1) の交差矩形マーキング処理は図 8 に示すように交差している二つの矩形を囲む新たな矩形を作成する処理である。2) の分離矩形マーキング処理とは、図 9 に示すように、文字部分候補矩形を文字候補矩形と考えて行うマーキング処理である。矩形の短い辺を両サイドに同じ長さだけ伸ばすことによってできる矩形が交差していた場合にマーキングを行う。

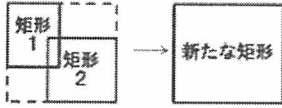


図 8: 交差矩形マーキング処理

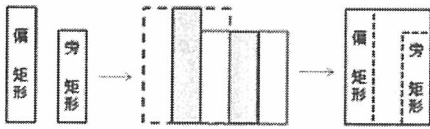


図 9: 分離矩形マーキング処理

ここでは、無条件にマーキングし続けられないようにするために以下の条件を与えている。

- (1) 統合された結果が不用矩形になる場合、統合は行わない
- (2) 統合する二つの矩形が、文字部分候補矩形同士、または、文字部分候補矩形と文字候補矩形の場合、結果が文字候補矩形とならない限り統合をしない
- (3) 分離矩形マーキング処理の場合は、2 番目の条件は加えられない

ここでいう不用矩形とは 5×5 画素以下、および 100×100 画素以上の矩形、または、矩形の縦横の比率が 10 以上の矩形である。この条件は論文 [6] のマーキング条件を手書き文字にも対応できるように変更したものである。マーキング処理の例を図 10 と図 11 に示す。

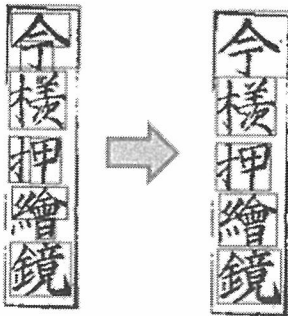


図 10: 交差矩形マーキング処理の例



図 11: 分離矩形マーキング処理の例

4.4 連続する文字矩形領域の抽出

浮世絵内に存在する文字は、大きさのバランスがとれた複数の文字が縦に、連続的につながっている。それらの文字を構成する文字列を抽出するには、上下に近接している二つの矩形について、大きさが極端に異なっていないこと、左右方向のずれが小さいこと、上下が近接していることを条件とする。

図 12 に示すように、対象となる二つの矩形を上から順に A, B とし、矩形 A, B それぞれの左上、右下の頂点の座標を、 (x_1^A, y_1^A) , (x_2^A, y_2^A) 、および、 (x_1^B, y_1^B) , (x_2^B, y_2^B) とする。

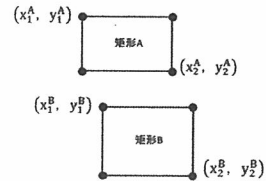


図 12: 文字候補矩形の連続性の判定

このとき、上で表した条件は次のように表すことができる。ただし、ここでは、座標軸は画像の左上を原点として、右に x の正方向、下に y の正方向をとるものとする。

(1) 面積の比についての条件

$$1 \leq \frac{S_A}{S_B} \leq a \quad \text{または} \quad 1 \leq \frac{S_B}{S_A} \leq a, \quad (1)$$

ただし、 S_A, S_B は、それぞれの矩形 A, B の面積である。

(2) 左右のずれについての条件

$$x_1^A < G_x^B < x_2^A \quad \text{かつ} \quad x_1^B < G_x^A < x_2^B, \quad (2)$$

ただし、 G_x^A, G_x^B はそれぞれの矩形 A, B 内の黒画素領域の重心の x 座標である。

(3) 上下の間隔についての条件

$$y_2^B - y_2^A < b(y_2^A - y_1^A). \quad (3)$$

式 (1), (3) の a, b は適切に選ぶべき定数であるが、ここでは実験により $a = 6.5, b = 3$ を採用している。

更に、矩形が3つ以上連続することという条件も与える。以上の条件を満たすような連続する矩形領域の組を文字列領域として求める。

4.5 落款の抽出

以上の処理により、浮世絵中のいくつかの文字列を抽出することができた。次に、このように見つかったいくつかの文字列の中から落款部分に対応する文字列のみを抽出する。

4.5.1 文字「画」のテンプレート画像の作成

落款の文字の表現は作者によってさまざまである。しかし、落款の下部に書かれている「画」や「筆」などの文字は個々には差があるものの、同じ文字を描いているので落款部分の抽出にこの文字が利用できる。本研究では、下部に「画」を持つものに着目して落款文字列を抽出する。

このためには文字画像のテンプレートマッチングを利用する。まず「画」の平均テンプレート画像を作成する。ランダムに選んだ浮世絵から特殊なものを除いた複数の「画」を10個手動で切り出し、2値化、正規化(32×32)をした上で、対応する各画素の平均値を求め「画」の平均画像を用意する。図13(a)に今回使用した10種類の「画」画像を、図13(b)に求めた平均化テンプレート画像を示す。



(a)10種類の「画」の画像 (b)文字「画」の平均画像

図13: 「画」のテンプレート画像

4.5.2 テンプレートマッチングによる「画」の探索

「画」の32×32の平均テンプレート画像と、前節で抽出したそれぞれの文字矩形列内の画像とのマッチングを行う。

処理の手順を図14に示す。連続する文字矩形列において、最上部および2番目の矩形を対象から外し、矩形サイズを32×32に正規化した後、テンプレート画像と文字矩形内の画像との距離 D を式(4)で求める。

ここで、 X_{ij} , Y_{ij} はそれぞれ平均パターン画像 X および対象画像 Y の画素 (i, j) における画素値である。

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^{32} \sum_{j=1}^{32} (X_{ij} - Y_{ij})^2}. \quad (4)$$

画像中で見つかった全部の文字矩形列内の文字矩形に対して距離 D を求め、これが一番小さくなる文字矩形を「画」として検出する。この「画」の矩形列を、含む連続する文字矩形を落款を含む文字列として抽出する。

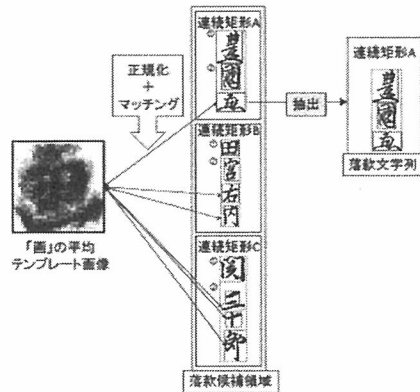


図14: 文字矩形内の画像とテンプレート画像とのマッチング

5 結果と考察

5.1 実験結果

ここでは立命館大学アート・リサーチセンターが所蔵するデータベース「浮世絵検索閲覧システム」の約4600点の浮世絵画像データの中からランダムに選んだ、落款に「画」を含むもの50枚に対して実験を行った。

これらの浮世絵の落款をその周囲の状況によって5つのクラスに分類したものを表1に示す。また、それぞれの落款の例を図15に示す。

表1: 落款の種類

クラス	落款の性質	枚数
A	落款背景が淡い色で周辺文字無	17
B	装飾付きで周辺文字無	11
C	落款背景が淡い色で周辺文字有	17
D	装飾付きで周辺文字有	2
E	落款背景が濃い色で周辺文字有	3

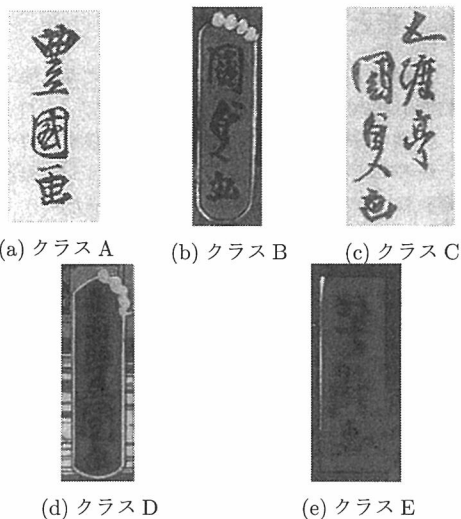


図 15: 実験に用いた落款の例

実験の結果、得られた抽出率を落款の種類(クラス)別に表 2 に示す。落款抽出結果の成否の判断は、1)「画」という文字の識別に成功しているか、2) 抽出された連続文字矩形内に落款が含まれているか、の 2 つで決める。その確認は目視で行った。この処理により正しく求められた結果の例を図 16 に示す。

表 2: 「画」を持つ落款の抽出率

クラス	背景	周辺文字の有無	落款の抽出率 (%)
A	淡い色	無	70.6
B	装飾付き	無	36.4
C	淡い色	有	64.7
D	装飾付き	有	00.0
E	濃い色	有	00.0

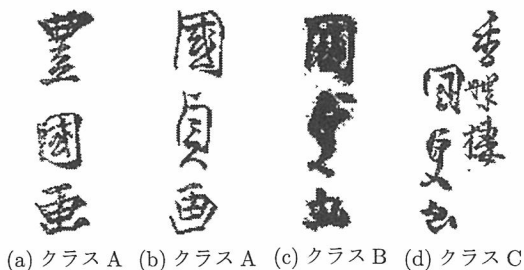


図 16: 正しく抽出された落款の画像

50 枚の浮世絵画像全体に対する落款の抽出率は 54.0 % となった。表 2 によると、クラス A、および C の背

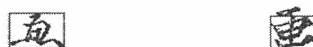
景が淡い色の落款は約 68 % の抽出率を得ている。しかし、装飾付きの落款(クラス B, D)、背景が濃い色の落款(クラス E)などは、厳しい結果となった。

5.2 考察

5.2.1 「画」の識別の成否の判定について

今回の処理での成否の第 1 番目の判定基準は、文字「画」の識別ができていのかどうかである。成功した例を図 17 に示す。

このように「画」の識別成功とは「画」の文字を矩形が完全に包括して検出された場合(図 17(a))、または「画」の一部が欠落しているが「画」として検出された場合(図 17(b))がある。

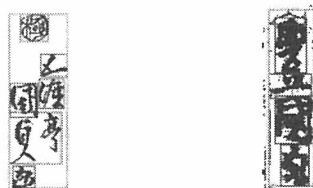


(a) 「画」を完全に包括 (b) 「画」の文字一部が欠落

図 17: 「画」の識別成功と判定する例

5.2.2 落款以外の文字を含む成功例

第 2 番目の判定基準は、「画」を利用して抽出された連続文字矩形内に正しい落款の文字を含んでいることである。図 18 に示すように、ここでは落款以外の矩形も一緒に抽出されたもの(図 18(a))や、落款文字の統合が不完全なもの(図 18(b))も抽出成功としている。



(a) 落款以外のものが抽出された例 (b) 落款の統合が不完全な例

図 18: 落款抽出成功と判定する例

5.2.3 失敗原因

失敗したものには、第 1 番目の判定基準である文字「画」の検出失敗が多く見られた。そこで本節では、まず、「画」の検出失敗要因について考察する。「画」の検出に失敗した原因として、2 値化の失敗、ラベリングの失敗、マーキング処理の失敗、テンプレートマッチングの失敗、の 4 つが考えられる。これらの例を図 19 に示す。

(1) 2 値化の失敗

背景が濃い「画」(図 19(a)) や文字が薄い「画」(図 19(b)) では、背景と文字との間の濃淡の差が少ない。このため、判別分析法を単純に適用するだけでは文字と背景を分離できない。

(2) ラベリングの失敗

図 19(c) のように、文字が周囲の黒色領域と接している場合、外接矩形は周囲領域を含んで大きくなり、文字領域とはみなされなくなる。この種の失敗は文字の周囲に装飾が施されている場合に多く発生する。

(3) マージング処理の失敗

文字と周囲の装飾部分がマージングされた結果を図 19(d) に、1 つの文字が 2 つ以上の領域として認識された結果を図 19(e) に示す。後者においてマージング処理が機能しなかったのは、「画」の 1 画目が不用矩形と誤認識されたためである。また、残った二つの矩形がマージングされない原因は、4.3 で述べたマージング条件 (2) による。

(4) テンプレートマッチングの失敗

ここで「画」の認識に用いるテンプレートは複数の「画」の形状を平均した画像である。しかし、実際の落款にはこの平均形状から大きく外れた「画」も存在する(図 19(f))。このような異形の文字はテンプレートとマッチしないため、「画」とは認識されない。

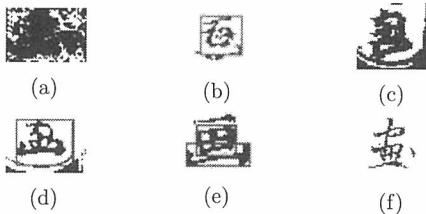


図 19: 「画」の識別に失敗した落款

5.2.4 評価

5.1 の識別判断基準 1) が満たされた場合、つまり「画」を正しく見つけた場合、2) での失敗はなかった。浮世絵から落款を含む文字列だけを切り出すことに成功したといえる。したがって、「画」を識別した後に、抽出文字列内でより綿密な文字の切り出し処理を行えば落款 2 文字の抽出が可能になる。このことから、「画」の識別精度に課題は残るものの、浮世絵から文字「画」を検出するこの手段は、落款抽出に有効であったと考える。

また、今回の実験で得た抽出率 54.0 % は、参考にした文献 [6] の抽出率 79.8 % より劣るものの歴史的な手書き文字を対象にしたものとしては比較的良好な結果を得ることができたといえる。

6 まとめと今後の課題

本論文では、木版刷浮世絵に書かれた落款領域の自動抽出方法について述べた。

今後の課題としては、まず「画」の検出失敗への対応が求められる。特に、2 値化、マージング処理、距離計算、これら 3 点による失敗が目立った。

次に、落款領域からの落款そのもの(作者の名前)の抽出が課題としてあげられる。すなわち、図 18 のような落款文字列が抽出できた後で、落款文字と他の文字との分離、落款文字に対するマージング処理を行う必要がある。また「筆」の付く落款の抽出を試みることも課題である。更に、落款部分に「画」や「筆」が無く、作者名しか書かれていない浮世絵についても対応できるようにする必要がある。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(萌芽研究)19650020 の支援によって行われた。また、日頃ご指導いただく立命館大学文学部赤間亮教授に感謝する。

参考文献

- [1] Shun Hirose, Mitsu Yoshimura, Kozaburo Hachimura, Ryo Akama: Authorship Identification of *Ukiyoe* by Using *Rakkan* Image, DAS2008, Nara, pp.143-150, 2008.
- [2] 芦田和毅, 永井弘樹, 岡本正行, 宮尾秀俊, 山本博章: 情景画像からの文字抽出, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J88-D-II, No.9, pp.1817-1824, 2005.
- [3] 顧力翔, 田中直樹, R.M. Haralick: 情景画像からの文字領域抽出に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告, PRU95-221, pp.39-46, 1996.
- [4] 手繰俊文, 坪井昭憲, 吉村ミツ, 八村広三郎: 江戸期版本画像におけるキャラクタスポッティング, 情報処理学会人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, Vol.2006, No.17, pp.117-124, 2006.
- [5] 大津展之: 判別及び最小 2 乗基準に基づく自動しきい値選択法, 電子通信学会論文誌, Vol.J63-D, No. 4, pp.349-356, 1980.
- [6] 松尾賢一, 梅田三千雄: 濃淡及び色情報による情景画像からの文字抽出, 電子情報通信学会技術研究会報告, PRU92-121, 1993-01.