

江戸期版本画像におけるキャラクタスポッティング

手操俊文[†] 坪井 昭憲[‡] 吉村 ミツ* 八村 広三郎[†]

[†]立命館大学 理工学研究科 [‡]立命館大学 テクノロジー・マネジメント研究科 *立命館大学 COE 推進機構

概要 おもに江戸期に出版された版本をデジタル化した画像から、それぞれの文字を切り出すための手法と、その結果を利用したキャラクタスポッティングについて報告する。文字切り出しは、汚れやシミの除去、2値化、行の切り出し、ラベリング処理による文字の分離と統合の処理などからなっている。ここでは、2値化の処理は、頁全体、行単位、さらには局所的な文字のブロック単位でという風に順次適応的に適用することにより、汚れやシミの影響をあまり受けずに文字切り出しの精度を向上させることができた。また切り出しが成功した文字図形に対して、文字図形の類似性に基づくキャラクタスポッティングを行った。特徴量として、画素値と加重方向指数ヒストグラムを用いた場合について検討した。どちらの場合もある程度の結果を得ることができ、これをコンコーダンスやKWICの作成へ応用できることを示した。

Character Spotting for Historical Woodblock-Printed Books

Teguri Tosifumi[†] Akinori Tsuboi[‡] Mitsu Yoshimura* Kozaburo Hachimura[†]

[†] Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡] Graduate School of Technology Management Ritsumeikan University

* Center for Promotion of the COE, Ritsumeikan University

Abstract: This paper describes methods of character segmentation and character spotting for digitized Japanese historical wood-block-printed books. The segmentation method includes a removal of stain and smear, binarization, extraction of character lines and extraction of characters by region labeling. The binarization has been done by recursively applying the Otsu's method which realized a good performance of character segmentation eliminating the influence of stain and smears. Then the result of character segmentation has been applied to character spotting by using feature vectors derived from each character image. The principal component analysis (PCA) for dimensionality reduction and the Euclidian distance are used. The significance of the methods are shown by making a KWIC index and a concordance of the characters in the book.

1 はじめに

デジタルアーカイブの対象としては、印刷物として出版された草紙などの書物のアーカイブ化も重要な課題である。我々は、おもに江戸時代に出版された版本をデジタル化して得られた画像データに対する文書画像処理の試みを行ってきている。すでに、「椿説弓張月」の画像データを対象として、それぞれの文字の切り出し手法についての成果を発表している [1]。

本プロジェクトでは、最終的には版本画像の文字を認識し解読することを長期的・最終的な目標に置いているが、写本とは異なる版本といえども、くずし字、つづけ字などの存在のため、文字の自動認識は大変困難な課題である。当面のところ、デジタル化した版本画像から個別の文字図形を自動処理により切り出し、画像としての文字による索引やKWIC(Key Word In Context) や字書の作成などを行うことを考えている。

歴史的な文書には汚れなどによる紙面の劣化が起きているのが通例であって、アーカイブ化にあたっては、これらを取り除く処理が試みられている [2]。また、文字や

つづけ字単語の「画像」としての性質を利用したスポッティングの研究もある [3]。英語文書の単語を対象とした一例が [4] である。本報告では、版本画像から水や手垢などによる汚れを取り除く処理と、各ページから切り出した文字図形に対する、図形の類似性に基づくキャラクタスポッティング処理について報告する。また、この文字切り出しと文字スポッティングの応用として、対象版本の中の文字図形としての索引（コンコーダンス）や、KWIC 索引の作成例についても述べる。

2 染みの除去と文字の切り出し

一般に文書中の染みは文字領域とは異なる色彩を持つので、紙面の色分布を求めて染みの領域を分離することができると考えられるが、紙面全体の濃淡のばらつきなどにより、色彩の分離だけでは困難なことが多い。ここでは、文書の「行」という構造に着目して、あらかじめ文字行を抽出した上で行う処理について述べる。

文献 [1] では、もとのカラー画像を白黒濃淡化した画

像のページ全般に対する処理によって、文章のそれぞれの行を含む「行幹」と呼ぶ短冊状の領域を抽出し、行単位に閾値を求める、横方向の動的閾値処理を行って文字領域を抽出している。ここではさらに、行幹を利用して文字矩形領域の統合処理を行った。

しかしながら、ページによってはこれだけではうまく対応できない大きな「染み」が存在することが分かった。したがって、今回、上述のような横方向の動的閾値処理だけでなく、縦方向に変動する紙面の染みの分布に対応した、縦方向の動的閾値処理を組み込んで文字領域の切り出しを行うように改良した。この結果を利用し、元の画像から紙面の「染み」だけを抜きさった画像を作ることができる。

さらに、抽出した文字領域からそれぞれの文字を切り出す処理についても、文献 [1] の処理では不十分であった部分に改良を加えた。

2.1 木版刷り版本の画像

本研究では曲亭馬琴著の「椿説弓張月」の一部を対象とした。「椿説弓張月」は文章と挿絵で構成されている。本研究では、文章の頁だけを対象とした。図にその一部を示す。木版刷りの文章であるため、毛筆文字のようなかすれはあまり見られず、文字は明瞭である。一方、何人も（何人にも）読まれた書物であるため、紙面の劣化、染み、汚れが多く見られる。また、本文の漢字には振り仮名が振ってあり、これが本文部分の抽出の処理の際に影響を与える。

本研究では、対象とする文書の数ページから文字サイズの平均値と標準偏差を求め、そのデータを文字分割のひとつの基準として利用している。本研究では、文字サイズを測定するための対話的アプリケーションを作成してこれを用いる。これにより文字高の平均値 (H_m)、文字幅の平均値 (W_m)、文字高の標準偏差 (H_s)、文字幅の標準偏差 (W_s) を求める。今回対象とした椿説弓張月から抽出した約 900 文字から得られた結果では、 $H_m = 30$ 、 $W_m = 28$ 、 $H_s = 7$ 、 $W_s = 7$ となった。



図 1: 椿説弓張月の画像

2.2 処理手順の概要

染みの除去と文字切り出しの手順を図 2 に示す。行抽出と縦方向動的閾値処理によって文字領域を抽出した後、この情報は、染み抜き処理と文字切り出し処理の両方に利用される。

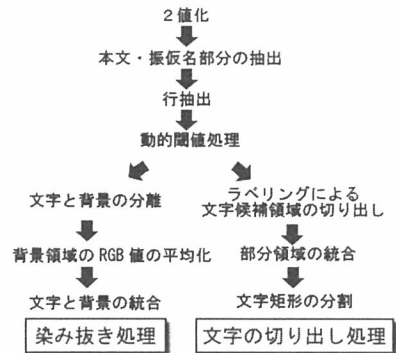


図 2: 処理の手順

2.3 行抽出

まず 2 値化した画像の垂直射影分布を求める。垂直射影分布のグラフには、本文部分と振り仮名部分に対応した山が周期的に現れる。この周期性を利用して「行幹」を抽出する。本文行において、行内のほぼすべての文字の一部分が重なる行の基幹部分が存在すると考えることができる。ここではこれを「行幹」と呼んで定義して抽出し、以後の文字切り出し処理で、この行幹の情報を利用する。さらにこの行幹の位置を利用して「行」の位置決めを行っている [1]。図 3 は 2 値化した画像に垂直射影分布と、求めた行幹を重ねて表示したものである。

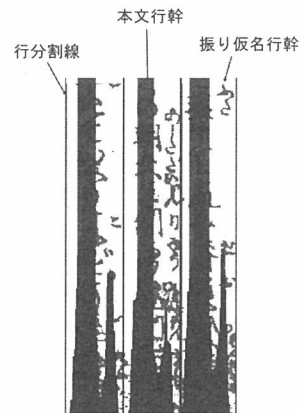


図 3: 行抽出の処理

2.4 動的 2 値化処理

最初の処理で画像全体に 2 値化処理を行っているが手垢やシミや紙の劣化の汚れが除去できていない。そこで、汚れ除去として動的 2 値化の処理の手法を導入する。行

を位置決めした後、横幅が行幅で、縦幅が文字高の平均 (H_m) の半分のウィンドウ毎に判別分析法を適用し閾値を求めてウィンドウ毎の2値化を行う。

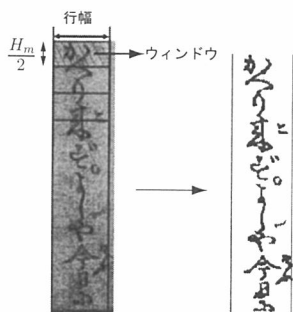


図 4: 動的 2 値化処理

図 5 に画像全体に判別分析法を適用して求めた 2 値化画像 (a) と動的 2 値化画像 (b) の処理結果を示す。動的 2 値化処理では、染みや汚れを除去できていることが分かる。

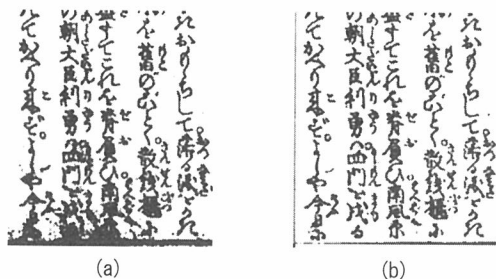


図 5: 動的 2 値化の処理結果の例

2.5 染みの除去

以上の処理によって動的に求められた閾値を用いて文字部分を背景部分から分離抽出する。

染みの除去の手順は以下のとおりである。まず背景領域の画素値の RGB 値それぞれの平均値を求める。これを背景領域の画素値として背景領域を塗りつぶす。そして最後にこの背景領域と文字領域を重ね合わせて染み抜き画像とする。上部に染みや手垢による汚れが目立つ画像を対象として処理を行った結果を図 6 に示す。おそらく水によると思われる紙面の大きな染みが除去された読みやすい紙面になっていることが分かる。

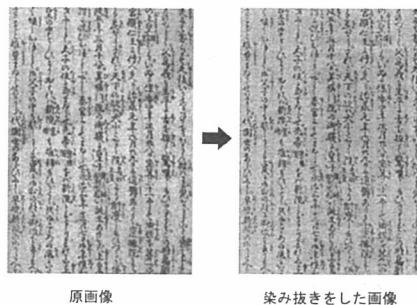


図 6: 染みの除去の例

2.6 文字の切り出し

2.6.1 本文と振り仮名部分の分離

動的閾値処理により得られた 2 値画像に対してラベリング処理を行いユニークなラベルの付与された各連結成分ごとに、それぞれが本文の文字領域あるいはその一部であるかどうかを判定する。これは各連結成分の外接矩形を考え、これと、本文行幹との位置関係、矩形相互の位置関係により行う。

本文文字図形判定の基本ルールを図 7 に示す。4 つのケースはそれぞれ、外接矩形が完全に本文行幹内に収まっている場合 (case1), 矩形の一部が行幹内に収まっているが左右の一部が行幹外に飛び出している場合 (case2,3), そして矩形の両端が行幹の外にはみだすが本文行幹内に矩形領域が存在する場合 (case4) である。

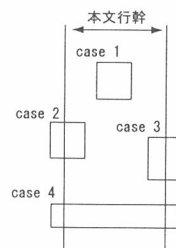


図 7: 本文文字領域判定の基本ルール

上記の基本ルールで、ほとんどのものを本文文字として認識できるが、図 8 に示すように本文行幹からは完全にはみ出しており、しかも行の分割線と本文行幹の分割線の間に存在している場合がある。これらに対応するために補助的なルールを追加する。

case5 は本文行幹に矩形が存在し、さらにその横の本文行幹と行分割線との間に別の矩形が存在する場合。case6 は本文行幹に矩形が存在し、その横に矩形の左側が行分割線を越えているが右側は本文行幹と行分割線との間に矩形が存在している場合、この 2 つのルールを満たす 2 つの矩形も本文文字を構成する部分領域として判定する。

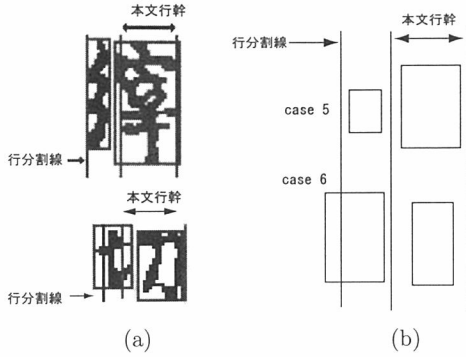


図 8: 本文文字領域判定の補助ルール

2.6.2 文字の統合処理

2.6.1で抽出した本文文字領域に対して、これらを必要に応じて統合し、ひとつの文字として抽出する。ここでは、文献 [1] の処理を見直し、統合のルール化をはかり、多くの場合に対応して文字を切り出すことができるようにした。ここでは全部で 8 つのルールを定義している。

以下に主要な 6 つの統合ルールを示す。以下の図と説明においては、統合の対象になっている 2 つの文字領域を囲む外接矩形をそれぞれ矩形 1、矩形 2 と呼び、各矩形の左上、右下の頂点座標をそれぞれ (x_s^1, y_s^1) , (x_e^1, y_e^1) および (x_s^2, y_s^2) , (x_e^2, y_e^2) とする。ただし、座標系は、原画像の左上隅を原点とし右方向と下方向にそれぞれ x および y の正方向をとるものとする。

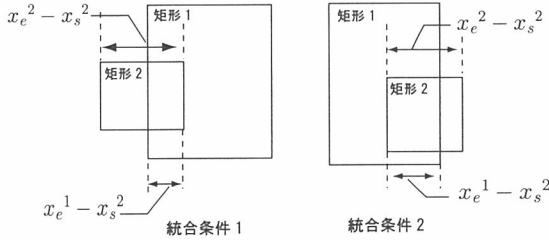


図 9: 部分文字矩形の統合条件 (1)

$$y_s^1 \leq y_s^2, y_e^2 \leq y_e^1 \quad (1)$$

$$\frac{x_e^2 - x_s^1}{x_e^2 - x_s^2} \geq 0.10 \quad (2)$$

$$\frac{x_e^1 - x_s^2}{x_e^1 - x_s^2} \geq 0.10 \quad (3)$$

統合条件 1 は式 (1)、および式 (2) で与えられ、統合条件 2 は式 (1)、および式 (3) で与えられるこれらの条件に合致する領域がある場合これらを統合する。

$$s_x^1 \leq s_x^2, e_x^2 \leq e_x^1 \quad (4)$$

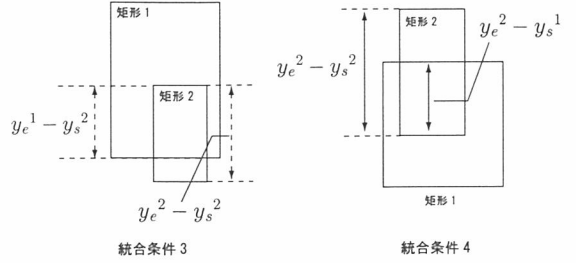


図 10: 部分文字矩形の統合条件 (2)

$$\frac{x_e^1 - x_s^2}{x_e^2 - x_s^2} \geq 0.80 \quad (5)$$

$$\frac{x_e^2 - x_s^1}{x_e^2 - x_s^2} \geq 0.40 \quad (6)$$

統合条件 3 は式 (4)、および式 (5) で、統合条件 4 は式 (4)、および式 (6) で与えられる。これらを満たすなら統合する。

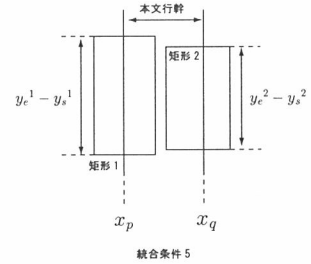


図 11: 部分文字矩形の統合条件 (3)

$$y_s^1 \leq \frac{y_e^2 - y_s^2}{2} \leq y_e^1 \quad (7)$$

$$x_s^1 \leq x_p \leq x_e^1 \quad (8)$$

$$x_s^2 \leq x_p \leq x_e^2 \quad (9)$$

$$(y_e^2 - y_s^2) \times 0.5 \leq y_e^1 - y_s^1 \leq (y_e^2 - y_s^2) \times 1.5 \quad (10)$$

統合条件 5 は、矩形 1、矩形 2 の矩形内に本文行幹の分割線が含ま存在する。ここで x_p, x_q は本文行幹分割線の x 座標を表す。統合条件 5 は、式 (7)、式 (8)、式 (9)、および式 (10) で与えられ、これを満たすなら部分矩形を統合する。

統合条件 6 は図 12 に示すように、2 つの矩形が重なっている場合に、 $area1, area2$ を斜線部分の面積とすると、これらが

$$\frac{area1}{area2} \geq 0.25 \quad (11)$$

を満たすことである。

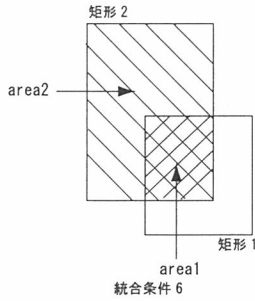


図 12: 部分文字矩形の統合条件 (4)

2.6.3 つづけ字の分割

抽出された文字図形領域の中には、つづけ字により、2文字以上が一つの文字矩形となっている大きな矩形も存在する。このような、縦長の矩形に対して再分割の処理を行う。矩形の高さを (H) とするとき、

$$H \geq H_m + 1.5 \times H_s \quad (12)$$

を満たすとき、この矩形はつづけ字であるとし、これを分割処理の対象とする。

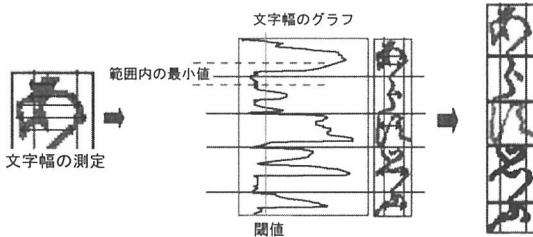


図 13: 文字矩形の分割方法

図 13 に示すように矩形内の各行で最左端の画素から最右端の画素までの文字幅という距離を求める。式 (13) の範囲文字幅がで最小となる y を求め、この座標で分割する。ただし文字幅が閾値以上なら分割しない。

$$H_m - H_s \times 1.4 \leq y \leq H_m + 2 \times H_s \quad (13)$$

2.6.4 本文文字と接触する振り仮名の分離

本文に振り仮名が接触しており、一つの文字矩形として抽出されることがある。文字矩形を横方向に分割し、本文と振り仮名とを分離する処理を導入した。分割手法は、2.6.3 のつづけ字の分割とほぼ同様の処理であるが、本文行幹の終端と振り仮名行幹の始端の範囲内で、文字の縦方向の文字幅を出し、これが最小となる箇所で分割する。

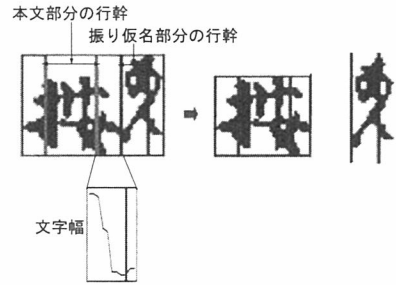


図 14: 本文に接触する振り仮名の分離

2.6.5 再統合処理

最後に「昌」や「三」のように上下に別々の矩形に分かれている文字の統合を行う。これには2つの場合を考える。ひとつは、図 15 に示した再統合条件 1 であり、図 15 に示すような状態の場合、

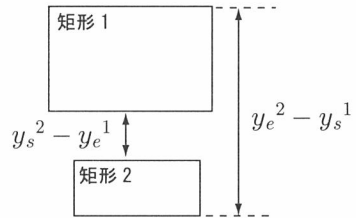


図 15: 再統合条件 1

$$y_e^2 - y_s^1 \geq H_m + H_s \times 1.3 \quad (14)$$

$$y_s^2 - y_e^1 \leq H_m/6 \quad (15)$$

を満たすならこれら 2 つの矩形を統合する。

つぎに、漢数字「三」の場合に対応するもの (条件 2) を図 16 に示す。

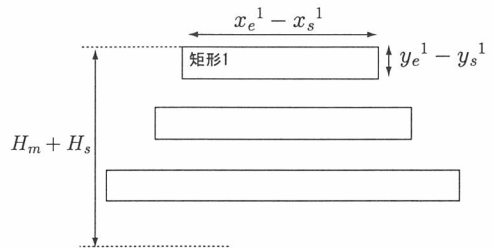


図 16: 再統合条件 2

$$W_m - 2 \times W_s \leq x_s^1 - x_e^1 \leq W_m + 2 \times W_s \quad (16)$$

$$H_m/10 \leq y_e^1 - y_s^1 \leq H_m/4 \quad (17)$$

最初に見つかった矩形が 1 が式 (16), (17) の条件を満たすとき、この矩形の上辺より下方 $H_m + H_s$ までの範囲内に同じ条件を満たす矩形が 2 つ存在すればこれら 3 つの矩形を統合する。

2.6.6 文字の切り出し結果

以上のような処理によって行った文字の切り出し結果の例を図17に示す。図17(a)の成功例を見ると上下に分



図 17: 文字の切り出し例

離している文字矩形が正しく切り出されていることが分かる。一方同図(b)の失敗例では、つづけ文字や、「し」のように他の文字に大きくくい込むことのある文字の切り出しがうまくいかないことが分かる。

2.6.7 文字の抽出結果

本研究で振り仮名を除く本文文字の切り出しに主眼をおいているが、この本文の処理結果を利用すれば、逆に振り仮名の文字列を抽出することができる。2.4節の処理により、行ごとに2値化した画像から2.6節で得た本文文字を消し去れば振り仮名部分が抽出できる。本文部分の抽出結果を図18(a)に、振り仮名部分の抽出を図18(b)に示す。

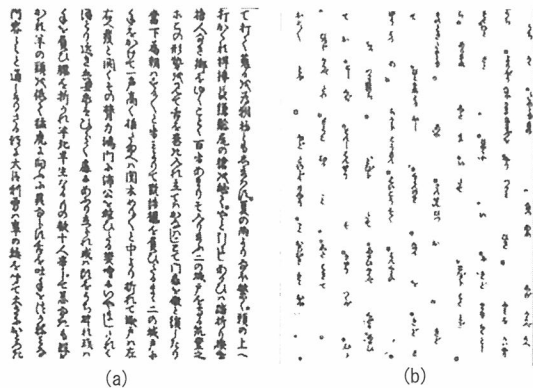


図 18: 文字の抽出

3 キャラクタスポットティング

切り出された文字図形の集合に対して、任意の文字図形を指定し、同様の文字図形を集合中から抽出する、キャ

ラクタスポットティングの処理を試みた。特徴量には、各文字画像の画素値をそのまま用いる場合と、手書き文字認識に用いられる加重方向指数ヒストグラム [5] を用いるものの2つの場合で実験した。

以下の実験では、対象とした「椿説弓張月」の4ページから、切り出しの成功した1052文字のデータに対して行った。

3.1 特徴量に画素値を用いた場合

画素値をそのまま用いる場合の手順は以下のようになる。

1. 切り出した文字を縦47ピクセル×横44ピクセルに正規化する。
2. 2次元ガウス分布の重みを持つフィルタにより平滑化する。
3. 縦15ピクセル×横14ピクセルのサイズにリサンプリングする。

このようにして求められた各ピクセルの画素値を並べ、210次元の特徴ベクトルを作る。

1052文字から得られるこの210次元ベクトルの集合に対して主成分分析を行い、各文字図形の主成分得点の値を用いてスポットティングを行う。今回の実験では、累積寄与率が90.18%になる第78主成分までを用いた。

表1および図19に、画像番号03.53を質問画像とした結果を示す。ここでは質問画像のベクトルから各文字画像までのユークリッド距離を求め、距離の近いものから順に示している。

表 1: 画素値を用いた「朝」のスポットティングの結果

順位	画像番号	文字	距離
-	03.54	朝	0
1	03.10	朝	9.67
2	04.215	朝	10.83
3	14.30	朝	11.19
4	04.309	城	12.89
5	03.265	朝	12.89
6	04.101	朝	13.19
7	14.29	為	13.30
8	03.181	南	13.36
9	14.200	朝	13.40
10	13.95	娥	13.67
11	03.336	朝	13.71
29	13.86	朝	14.60
126	04.199	朝	16.19



図 19: 表1の結果画像

今回の実験で対象にした1052文字中に、「朝」の文字は10個含まれている。表1の結果を見ると、10位以内に、

質問画像を除いて6個の「朝」が含まれており、残りの「朝」は11位、29位、126位になっている。このように文字「朝」のスポットティングの実験では、ある程度の結果を得ることができた。

3.2 加重方向指数ヒストグラムを用いた場合

画素値を用いた場合で、ある程度の結果は得られたが、手書き文字認識などに用いられ、高い認識率が期待できるとされる加重方向指数ヒストグラム [5] を用いて、さらに結果の向上を試みた。この特徴量の求め方は、

1. 縦70ピクセル×横70ピクセルに正規化する。
2. 2値化された文字図形に対して、文字領域の輪郭線を8連結で追跡し、輪郭線の方角を45°おきの8方向に量子化し、反対方向を同一視することにより、図20に示すように、4方向に表現する。
3. 文字図形を縦7×横7の49個の小領域に分割し、それぞれの小領域で各方向の度数を求め、各方向ごとに方向指数ヒストグラムを得る。
4. 各方向ごとの方向指数ヒストグラムに2次元ガウスフィルタをかけながら、縦4×横4にリサンプリング(図21)したものを4方向分合成して、64次元のベクトルとする。

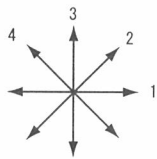


図 20: 方向コード

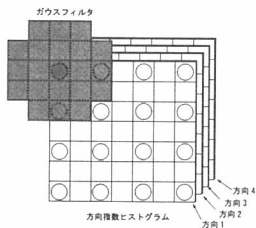


図 21: リサンプリング

この64次元ベクトルの集合に対して主成分分析を行い、各文字図形の主成分得点の値を用いてスポットティングを行う。3.1節と同じ1052文字のデータに対して行い、累積寄与率が90.69%になる第13主成分までを用いた。

表2および図22に実験結果を示す。文字「朝」に関しては、上位6位までがすべて「朝」であった。また10位まで見ると7個が含まれている。一方、第106位に得られた文字は、質問画像とは「つくり」の字形が大きく異なるものであった。

表 2: 加重方向ヒストグラムによる「朝」のスポットティングの結果

順位	画像番号	文字	距離
-	03.53	朝	0
1	14.30	朝	2.65
2	04.101	朝	3.08
3	14.200	朝	3.13
4	04.215	朝	3.65
5	03.10	朝	3.70
6	03.265	朝	4.03
7	14.196	勸	4.14
8	13.86	朝	4.20
9	13.302	却	4.30
10	14.267	村	4.73
101	03.336	朝	6.88
106	04.199	朝	6.98



図 22: 表 2 の結果画像

また表3は、文字「の」に対する実験結果である。1052文字中に42個の文字「の」が含まれていた。スポットティングの結果では、表3中39位までを見ると、4つの文字「あ」を含んでいるが、表に示していない順位の文字も含めてその他はすべて文字「の」であった。



図 23: 表 3 の結果画像

このように、1052文字中の42文字の「の」に対して、上位15位までに「の」のみをスポットティングすることができた。また上位39位まで見ると、表3に示すように、「あ」や「り」が含まれているが、それ以外の文字はすべて「の」である。図23に示すように16位18位などの「あ」は「の」と極めてよく似た書き方をされたものであり、これらを区別するのは難しい。また第25位に得られた「り」も、「の」によく似ている。

表2の「朝」の第101位や表3「の」の第71位や第73位は目視では質問画像と形がよく似ているのに、順位が悪くなっている。この原因はまだ解明できていない。

表 3: 加重方向ヒストグラムによる「の」のスポットティングの結果

順位	画像番号	文字	距離
-	03_53	の	0
1	13_199	の	1.03
2	03_72	の	1.55
3	14_156	の	1.71
4	13_247	の	1.84
5	13_18	の	1.94
16	13_209	あ	2.63
17	13_311	の	2.64
18	14_45	あ	2.65
25	14_162	り	2.89
30	04_104	あ	2.98
38	13_212	あ	3.21
39	03_15	の	3.31
47	14_226	の	3.54
51	13_106	の	3.62
57	13_287	の	3.83
71	13_74	の	4.12
73	14_100	の	4.17
83	14_265	の	4.31
85	04_17	の	4.33

4 切り出しとスポットティングの応用

キャラクタスポットティングの結果を用いて KWIC とコンコーダンスを作成した。図 24 は文字「朝」に対して KWIC を作成したもので、文字「朝」の前後の文字図形を同時に示すことによって、それぞれの文字図形がどのような文脈で使われているかをひと目で確認することができる。これをみると、多くの「朝」は「為朝」と使われているものであるが、「為朝」だけでもさまざまな文字の書き方が用いられていることがわかる。

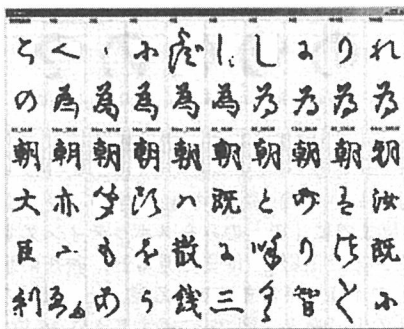


図 24: KWIC の作成例

また、図 25 は文字図形の用例をコンコーダンスの形で表現したものであるが、これからは、文字のさまざまな情報を一目で得ることができ、今までは、大量のデータの中から探し出さなければならなかったものをこれにより、すぐに調べることができ、字形の研究などに役立つと考えている。

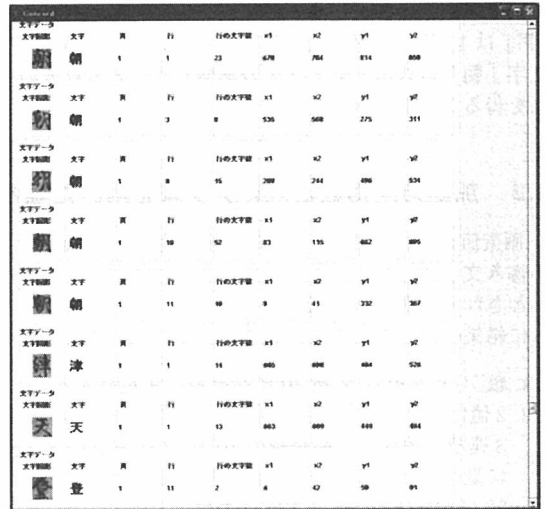


図 25: 文字図形コンコーダンスの作成例

5 まとめ

江戸期に刊行された版本の画像データに対して行った、紙面の汚れの除去、文字の切り出し、文字図形単位での特徴量を用いたキャラクタスポットティングの処理について述べた。このような処理により、歴史的な文書画像に対して文字図形を用いたコンコーダンスや KWIC の作成が可能であることを示した。また、今後これらを利用して、初心者教育用のマルチメディア文書の作成などが可能になると考えられる。

謝辞: 本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた本学文学部赤間亮教授に厚くお礼申し上げます。また、富山日出夫先生からも本研究に対して有益で暖かいコメントを頂戴しました。心より感謝します。なお、本研究の一部は、文部科学省オープンリサーチセンター補助事業の支援により行われた。

参考文献

- [1] 坪井昭憲, 八村広三郎, 吉村ミツ: 江戸期版本画像からの文字切り出しの試み, 情報処理学会研究報告 2005-CH-66, pp.53-60, 2005.
- [2] 北本ほか: デジタル・シルクロード: 多彩な文化遺産を統合するデジタルアーカイブ, 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, pp.121-128, 2005.
- [3] 梅田三千雄, 橋本智広: 認識処理を援用した文字切り出しによる古文書のキャラクタスポットティング, 電気学会論文誌 C, Vol.122, No.11, pp.1876-1884, 2002.
- [4] T. M. Rath and R. Manmatha: Features for Word Spotting in Historical Manuscripts, Proc. ICDAR'03, pp.218-222, 2003.
- [5] 若林哲史, 鶴岡信治, 木村文隆, 三宅康二: 手書き文字認識における特徴量の次元数と変数変換に関する考察, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J76-D-II, No. 12, pp. 2495-2503, 1993.