

直線抽出による甲骨文字の認識

孟 林[†] 河井 健太郎[†] 落合 淳思[‡] 泉 知論[†] 山崎 勝弘[†]

立命館大学 理工学部[†] 立命館大学 文学部[‡]

1. はじめに

甲骨文字は 3000 年以上前に亀の甲羅、牛の骨などに刻まれた文字で[1]、漢字の祖形とも言われる。これらの認識は文字の起源、歴史の研究に対して、非常に重要である。しかし、劣化などの原因により、認識しにくいという問題が生じる。現在までの甲骨文字の解読は、従来からある資料を用いて、歴史学者の経験と文脈の分析により行われていることが多い。

本研究では、画像処理と確立統計の技術を用いて、甲骨文字の分析と解読を行い、甲骨文の識別に貢献することを目指す。具体的には、認識対象の文字に対して、ガウシアンフィルタとラベリングによりノイズを除去し、ハフ変換により文字の直線を抽出する。その後、既知の甲骨文字画像であるテンプレートと比較して、一致する文字を特定する。

2. 甲骨文字認識の流れ

本節では“貞”という文字を用いて甲骨文字の認識の流れを説明する。

- (1) ガウシアンフィルタ[3]によるノイズの除去
- (2) ラベリング[4]による大きなノイズの除去
- (3) ハフ変換[5]による直線の抽出
- (4) 細線化[6]
- (5) テンプレートマッチング[7]による類似度の計算

2.1 ガウシアンフィルタによるノイズの除去

ガウシアンフィルタはガウス関数を利用して、画像の平滑化を行うことにより、ノイズを除去する手法である。図 1 (a)にガウシアンフィルタ、図 1(b)に元の甲骨文字画像、図 1(c)にガウシアンフィルタの実行結果、図 1(d)にノイズが除去された 2 値化画像を示す。

2.2 ラベリングによる大きなノイズの除去

図 1(d)の右上の大きな白点は、文字とは無関係な大きなノイズである。我々は、画像の左上からスキャンを行い、文字とノイズのラベリングを行う。その際、各ラベルの大きさを計算し、閾値以下のものをノイズと認識し、削除する。さらに、ハフ変換のために、白黒の反転を行う。図 2(a)は、図 1(d)の画像を用いて、ラベリングにより、右上の大きなノイズを除去した結果である。

2.3 ハフ変換

文字の特徴量が線であるため、本研究では、ハフ変換を用いて、甲骨文字の線を抽出している。

直線の検出の場合、直線を表す方程式

$$\rho = x * \cos \theta + y * \sin \theta$$

Recognition of Oracular Inscriptions Using Line Detection
Lin Meng, Kentaro Kawai, Atsushi Ochiai, Tomonori Izumi and Katsuhiko Yamazaki

[†] College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡] College of Letters, Ritsumeikan University

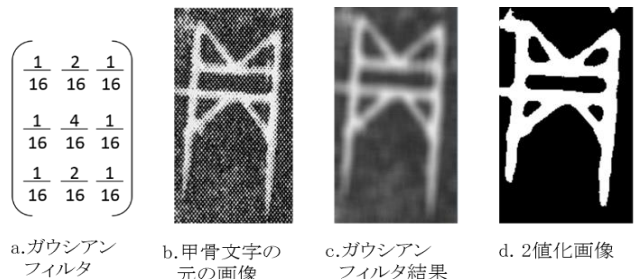


図 1. ガウシアンフィルタによるノイズの除去

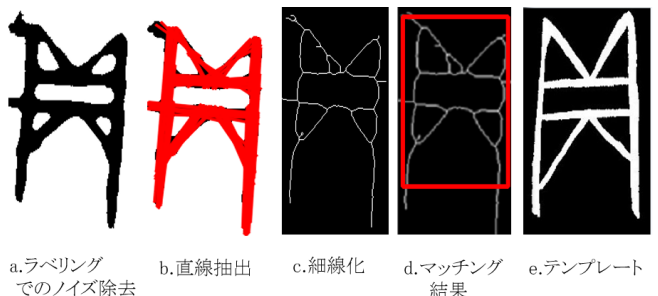


図 2. ラベリングからマッチングまでの実行結果

を用いる。 x, y は画像の直角座標で、 ρ は座標原点から直線へ下ろした垂線の長さ、 θ は垂直線と x 軸との間の角度を表す。ここで、元になる直角座標上の点 (x, y) を角度 θ と距離 ρ の極座標二次元空間に変換し、角度 θ と距離 ρ ごとに、その個数をメモリ配列上に加算して行く。個数が最大になった組み合わせ (角度 θ と距離 ρ を元の直角座標に戻したものが、最も直線らしい点の集まりとなる。個数を下げてゆくと、次の候補が順次得られる。

図 2 (b)は図 2 (a)に対してハフ変換による直線を抽出した結果であり、赤い部分が抽出された直線である。

2.4 細線化

ハフ変換で抽出された直線に対して、田村法を用いて、細線化を行う。細線化は、与えられた図形の線幅を細めにし、中心の線を抽出することである。田村法では、いくつもの 8 近傍のパターンを用意している。この手法では画像の左上から、順に走査し、パターンに一致する場合は画素を反転することにより、除去する。図 2 (c)は図 2 (b)に対する細線化の結果である。

2.5 テンプレートマッチングによる類似度の計算

本研究では、テンプレートマッチングを用いて類似度を計算して、甲骨文字を認識する。テンプレートマッチングは、自分で用意した既知の甲骨文字の画像 (テンプレート) と、検出対象とする甲骨文字の画像を比較し、2 つの画像の類似度を計算する。

本研究では、画素値の差の2乗和というSSD (Sum of Squared Difference) により、テンプレートマッチングを行う。以下は計算式である。

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x+x', y+y'))^2$$

画像の座標は (x, y) である。 I は既知の画像で、 T はテンプレート画像である。計算の結果が R である。

図2(c)とテンプレートの甲骨文字である図2(e)の比較結果は、図2(d)である。一致するところが、赤い線で囲まれている。この線により、認識しようとする文字とテンプレートの類似度が計算できる。

3. 実験結果と考察

3.1 実験結果

本研究では、OpenCV を使用し、上海博物館蔵甲骨文字 [8] の拓本を用いて、実験を行った。

図3は実験された甲骨文字の一部である“不”“観”“争”“省”との認識結果を示す。各文字の a は [8] で得られた甲骨文字拓本の画像、b はガウシアンフィルタの結果、c はラプラシアンフィルタの2値画像、d はラベリングの結果、e はハフ変換により抽出された直線、f は細線化の結果である。g はテンプレート h と細線化された f のマッチングの結果で、赤い線で囲まれているのが類似する部分である。

ガウシアンフィルタとラベリングでノイズを除去し、甲骨文字を鮮明に表示できた。ハフ変換により、一部の直線が抽出できた。テンプレートマッチングの結果により、赤い部分で囲まれた類似する部分が存在することが判明し、甲骨文字の認識に繋がると考えられる。我々は“黍”、“争”、“王”、“癸”などの甲骨文字を用いて、更なる実験を行い、類似する部分が存在することが判明した。

3.2 考察

図2の“貞”と図3の“省”がよく認識できたと考えられる。その原因としては、文字の中に数本の長い直線が存在し、それらの直線が抽出しやすいと考えられる。

一方、ハフ変換の結果から見ると、抽出できない直線も存在している。例えば、“不”の上の直線が抽出できないことにより、文字の上端が認識できなかった。

また、文字中の一本の直線が、複数の直線を抽出してしまうことも生じている。例えば、“観”の真中の直線である。細線化の結果では、複数の線が検出され、テンプレートマッチングにより赤い線で囲まれても、正しい結果とも言えない。それにより、適切な線の抽出と細線化を研究する必要がある。

さらに、図4のような認識できないものも存在している。その原因としては、文字が複雑、あるいは甲骨の劣化により大きなノイズが存在していると考えられる。

4. おわりに

本稿では、甲骨文字を認識することを目指して、認識しようとする文字に対して、ガウシアンフィルタとラベリングによるノイズの除去、ハフ変換による直線の抽出、細線化、及びテンプレートマッチングによる文字の認識について述べた。

複数の文字を対象にして実験を行った結果、テンプレートに類似する部分を検出できた。しかし、横の線の検出が不十分であり、一本の直線が複数の直線を抽出してしまう場合も生じている。適切な線の抽出と細線化の研究がこれからの課題となる。

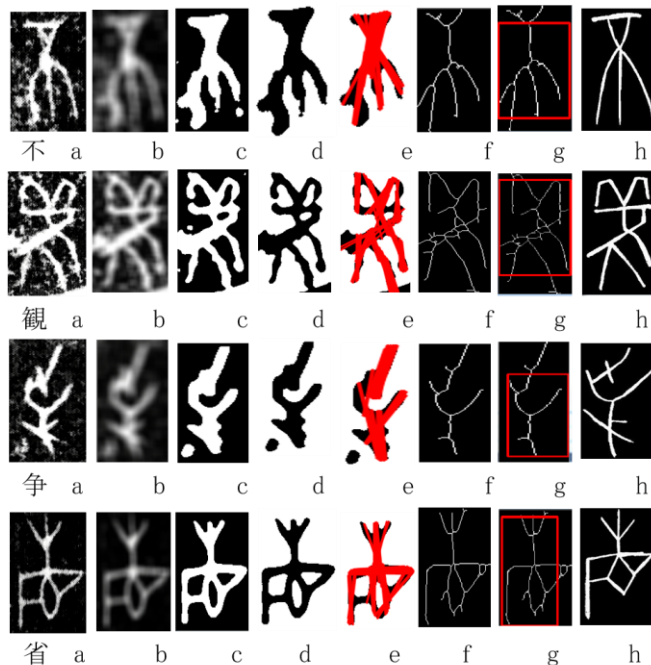


図3. 実験データとその認識結果

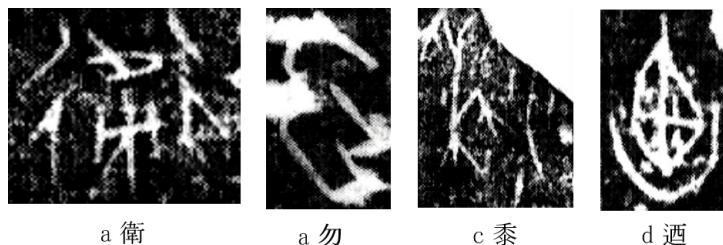


図4. 認識できない甲骨文字

謝辞 本研究は、「文部科学省私立大学等経常費補助金」の助成により行われている。

参考文献

- [1] 落合淳思: 甲骨文字に歴史を読む, 筑摩書房, 2008.
- [2] 田村秀行: コンピュータ画像処理, Ohmsha, 2004.
- [3] 奥田浩人, 出口光一郎: ガウシアンファイルによる濃淡エッジの振舞いとエッジ抽出, 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 10, pp. 2244-2252, 1995.
- [4] D.H.Ballard: Generalizing the Hough Transform to detect arbitrary shapes, Pattern Recognition, Vol.11, No.2, pp.1111-1122, 1981.
- [5] Y.Ito and K.Nakano: Low-latency Connected Component Labeling Using an FPGA, Int. Journal of Foundations of Computer Science, Vol.21, pp.405-425, 2010.
- [6] 田村秀行: 細線化についての諸考察, 電子通信学科研究資料, PRL75-6, 1975.
- [7] 池田, 吉田, 中島, 浜田, 依田: 正規化相関演算の単調関数化による高速テンプレートマッチング, 信学論(D-II), vol. J83-D-II (9), pp. 1861-1869, 2000.
- [8] 濮茅左: 上海博物館蔵甲骨文字, 上海辞書出版社, 2009.