

ラベリングと2値化における動的な閾値設定を用いた 甲骨文字の認識

藤川佳之† 孟林‡ 泉知論‡ 山崎勝弘‡

立命館大学大学院 理工学研究科† 立命館大学 理工学部‡

1. はじめに

甲骨文字は 3000 年以上前の中国殷代の象形文字であり、亀の甲羅、獣の骨などに刻まれており、漢字の祖形とも言われている最古の文字である。甲骨文字の解読は、文字の起源、歴史の研究に対して、非常に重要であるが、劣化などが原因で、認識しにくいという問題がある。

本研究では、まず、ガウシアンフィルタ、2 値化、ラベリングにより、文字とは無関係な物体をノイズとして除去する。処理を行う際の閾値の設定は、大津法とモード法を用いて動的に行う。次に、細線化とハフ変換を用いて、甲骨文字の骨格を抽出する。さらに、文字の骨格を抽出した画像と、予め用意した既知のテンプレート画像をテンプレートマッチングで比較し、類似度を計算する。これより、甲骨文字の認識精度を高めることを目標とする。

2. 甲骨文字認識の流れ

図 1 に甲骨文字認識の流れを示す。原画像は、認識対象として抽出した甲骨文字で、[1]からスキャンされた甲骨文の拓本である。まず、認識対象の甲骨文字に対して、ガウシアンフィルタを行った後、大津法を用いた 2 値化を行うことで、小さいノイズを除去する。次に、2 値化画像に、ラベリングを行うことで、ある大きさ以下のものをノイズとして除去する。ここでの閾値設定は、ヒストグラムによるモード法を用いる。さらに、細線化を行った上に、ハフ変換により文字の直線を抽出する。これにより甲骨文字の原型を形成する。その後、甲骨文字データベース[2]より抜き出した既知の甲骨文字のテンプレート画像とテンプレートマッチングを行い、類似度を計算することで文字の認識を行う。

3. 動的な閾値設定手法

3.1 大津法を用いた 2 値化

大津法とは、入力画像の画素値を 2 つのクラスに分類し、分離度が最大となる閾値を求め、動的に閾値の設定を行う手法である。

Recognition of Oracle Bone Inscriptions Using Dynamic Threshold Decision in Labeling and Binarization

Yoshiyuki Fujikawa†, Lin Meng‡, Tomonori Izumi‡ and Katsuhiko Yamazaki‡

†Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University.

‡College of Science and Engineering, Ritsumeikan University.

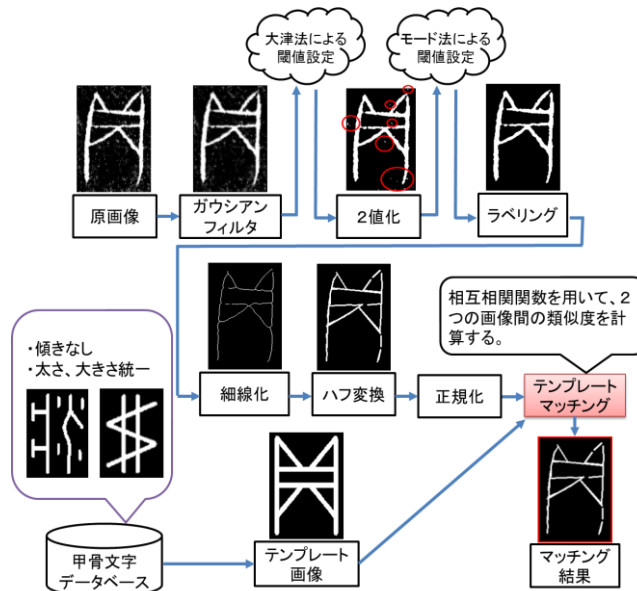


図 1 甲骨文字認識の流れ

まず、ガウシアンフィルタ後の画像に対し、ラスタ走査を行い、各画素値の数を数えて、ヒストグラムを作成する。次に、作成したヒストグラムに対し、仮閾値として、0 から 255 までの画素値を 2 つのクラスに分類する。さらに、2 つのクラスの平均画素を式(1)により計算する。最後に、式(2)により分離度を算出する。

$$\text{各クラスでの平均画素} = \frac{\text{各クラスでの画素値総和}}{\text{各クラスでの画素数}} \quad \dots(1)$$

$$\text{分離度} = A \text{ 画素数} \times B \text{ 画素数} \times (A \text{ 平均} \times B \text{ 平均})^2 \quad \dots(2)$$

仮閾値を 0 から 255 まで変更し、すべての分離度を比較し、分離度が最大の仮閾値が、閾値となる。

3.2 モード法を用いたラベリング

モード法とは、入力画像に対し、濃度ヒストグラムを作成し、その平均値を求めることにより、閾値を設定する手法である。

まず、仮ラベル生成を行い、LUT を作成する。次に、作成した LUT のラベル数を、バブルソートを用いて降順に並び替える。さらに、式(3)により、各ラベル番号のラベル数のばらつきを算出することで閾値とする。

$$\text{比較値} = \frac{|(\text{ラベル}_i \text{のラベル数}) - (\text{ラベル}_{i-1} \text{のラベル数})|}{(\text{ラベル}_i \text{のラベル数})} \quad \dots(3)$$

最後に、閾値以下のラベル番号を、文字とは無関係なノイズとして除去する。

4. テンプレートマッチング

入力画像 $g[i,j]$ の中から、テンプレート $f[i,j]$ の画像に類似する箇所を検出する。画像サイズをどちらも $M \times N$ にし、テンプレート画像の中心を入力画像のある点 (i,j) に置き、点 (i,j) をラスタ走査しながら、重なっている局所領域の類似度を計算し、最大になる位置を決定する。

類似度の計算式は、 $g[i,j]$ と $f[i,j]$ を、それぞれ画像領域内の濃度分布と考え、統計量としての相互相関関数 (Normalized Cross Correlation)を使用し、式(4)で計算する。

$$S_{NCC} = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} \{g(i,j)f(i,j)\}}{\sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} g(i,j)^2} \sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} f(i,j)^2}} \quad \dots(4)$$

2つの画像領域が似ているほど、 $m \times n$ 次元空間上に投影した入力画像とテンプレート画像のそれぞれの直線からなる角 θ が小さい。すなわち直線の内角 $\cos\theta$ は1に近づく。本研究での閾値は0.4と設定する。

5. 実験

5.1 実験内容

文字の拓本[1]中から、91文字の甲骨文字の抽出を行い、甲骨文字データベース[2]より抽出したテンプレート画像を用いて実験を行った。

ハフ変換は OpenCV で記述されており、その他は、C言語で記述されている。

本研究で用いる CPU は、Intel Core i7-3820 プロセッサで、動作周波数は 3.60GHz、64bit の命令セットである。OS は ubuntu14.04、C 言語(gcc4.8.2)と、OpenCV(2.4.9)を用いる。

5.2 実験結果

図2に、認識結果(“省” “酉” “令” “禍”)を示す。

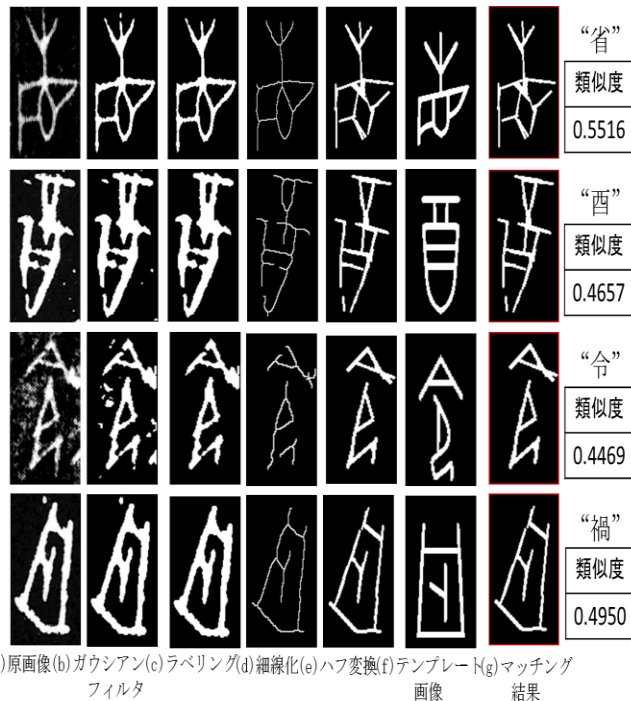
(b)では、大津法による2値化で、小さなノイズが除去され、(c)では、モード手法によるラベリングで、大きなノイズが除去されているのが分かる。また、(e)のハフ変換画像では、原画像に対する文字の骨格の抽出がきれいに行えていることがわかる。

結果として、甲骨文字 93 文字に対して、認識実験を行い、89%の認識率を達成することができた。

5.3 考察

各甲骨文字に対し、正確なノイズ除去が行えていることから、動的な閾値設定手法は有効な手法であると言える。また、ノイズが対象文字と繋がっている場合には、ハフ変換により、ノイズを含めて直線を抽出することができている。このことから、ハフ変換は文字の骨格を抽出する上で必要な手法であると言える。

テンプレートマッチングでは、2つの画像をベクトル表現し、2つのベクトル間の角度で類似度を計算しているため、類似度が約50%と高精度に認識されているとは言えない。これはマッチング対象画像であるハフ変換画像中の文字が、テンプレート画像に比べて、傾いていることや、大きさが違うことが原因だと考える。そこで原画像の骨格を抽出した後、テンプレートの大きさや向き



(a)原画像(b)ガウシアン(c)ラベリング(d)細線化(e)ハフ変換(f)テンプレート(g)マッチング
フィルタと2値化 画像 結果
図2 認識結果

と同じにする正規化が必要であると考えられる。これにより類似度の向上が見込まれる。

6. おわりに

本研究では、動的な閾値設定手法であるモード法と大津法による画像処理を用いて、高精度な甲骨文字の認識を行った。これにより鮮明な骨格の抽出を行うことができ、甲骨文字 93 文字に対して、89%の認識率を達成することができた。

現在、抽出した文字の骨格と、テンプレート画像との文字の大きさや傾きを統一させる正規化を行っている。入力画像とテンプレート画像の特徴量(“線の本数” “特徴点” “角度”)を抽出し、甲骨データベースから候補テンプレートを自動検出する研究を進めている。また、文字認識の高速化に向けて、GPUやFPGAを用いた複数文字の同時認識の検討を行う。

参考文献

[1] 藤川, 孟, 落合, 泉, 山崎, “4方向ラベリングとテンプレートマッチングを用いた甲骨文字の認識”, 情報処理学会関西支部支部大会, G-08, 2014.
 [2] L.Meng, Y.Fujikawa, A.Ochiai, T.Izumi and K.Yamazaki, “Recognition of Oracular Bone Inscriptions Using Template Matching,” 2014 2nd International Conference on Information and Computer Technology (ICICT), C010, 2014.
 [3] 孟, 石井, 藤川, 落合, 泉, 山崎, “甲骨文字認識プロジェクト--画像処理と GPU を用いた甲骨文字の高速認識”, 電子情報通信学会総合大会, 2015.
 [4] 石井, 藤川, 孟, 山崎, “甲骨文字認識における文字データベースの作成”, 電子情報通信学会総合大会, 2015.