

線分の距離依存関係を用いたクラスタリングでの 主線分決定による甲骨文字認識

辻翼† 岸雅大‡ 石井康史‡ 孟林† 山崎勝弘†

立命館大学 理工学部† 立命館大学大学院 理工学研究科‡

1. はじめに

甲骨文字の解読は文字の起源などの研究に重要である。我々は、甲骨文字の線分特徴を利用し、ハフ変換による線分を抽出し、ハフ空間での線分マッチングにより甲骨文字の認識を目指す。本研究では、まず、甲骨文字のノイズ除去・正規化・細線化により、文字の骨格を抽出する。次に、細線化画像をハフ変換し、ハフ空間での各画素と近傍画素に対して、四方向微分により主線分の候補を抽出する。さらに、ハフ空間上の点と点の距離を用いて依存関係表を作成し、点と点の繋がりがあつたものとさらに繋がる点を探査し、文字の主線分を決定する。最後に、テンプレートと認識対象の主線分を用いてハフ空間での最短距離を計算し、甲骨文字を認識する。本稿では、原画像とテンプレートのハフ変換後のクラスタリングによる主線分絞込みと、最短距離を用いたマッチングについて述べ、27種類の文字計270個の原画像と30種類のテンプレートを用いた実験結果を示す。

2. 線分の距離依存関係を用いた甲骨文字認識

図1に線分の距離依存関係を用いた甲骨文字認識の流れを示す。

(1) 認識対象の原画像に対して、ガウシアンフィルタを行い、大津法による動的閾値を決定して、2値化により小さいノイズを除去する。次に、ラベリングを行い、微分ヒストグラム法により動的閾値を決定し、ある大きさ以下の物体をノイズとして除去する。さらに、文字の回転、拡大縮小、及び位置の調整等の文字の正規化を行い、細線化を行う。

(2) ハフ変換により文字の直線を抽出し、四方向微分による主線分候補を検出する。次に、主線分候補の距離依存関係による筆画に応じた文字の主線分絞込みを行う。

(3) テンプレート画像にも細線化から主線分絞込みまでを行う。最後に、原画像とテンプレート画像の主線分を用いて、ハフ空間での最短距離計算により認識を行う。

3. 四方向微分による主線分の抽出

3.1 ハフ変換

ハフ変換は直線を表す代数方程式(1)を用いて、線分を

Recognition of Oracle Bone Inscriptions by Clustering the Line Detection using Line Distance Dependency

Tsubasa Tsuji†, Masahiro Kishi‡, Kouji Ishii‡, Lin Meng† and Katsuhiro Yamazaki†

†College of Science and Engineering, Ritsumeikan University.

‡Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University.

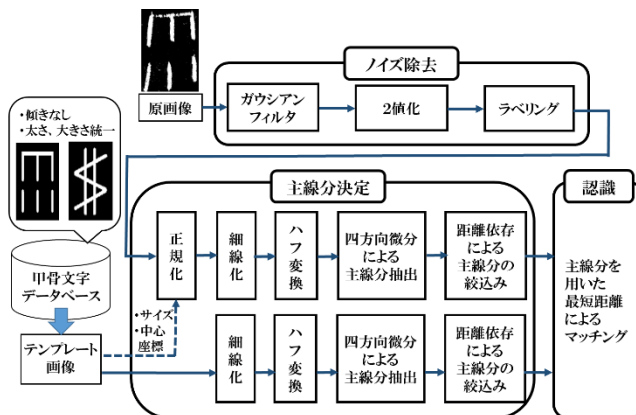
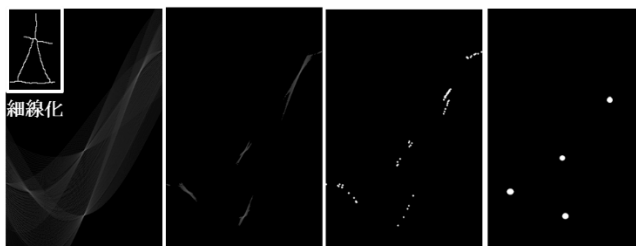


図1 線分の距離依存関係を用いた甲骨文字認識の流れ



(a)ハフ変換 (b)ノイズ除去 (c)主線分候補の検出 (d)主線分絞込み

図2 ハフ変換による主線分抽出

抽出する。「王」のハフ変換画像を図2(a)に示す。ハフ変換では、 x, y が画像の直角座標で、 ρ が座標原点から直線へ下ろした垂線の長さ、 θ が垂線と軸との間の角度を表す。角度 θ と距離 ρ ごとに $\rho - \theta$ 空間の配列上に加算していく。加算結果が投票値と言われ、一定の閾値になると直線とみなす。ここで、甲骨文字の筆画の長さが10ピクセル以上と想定し、図2(b)のように、 $\rho - \theta$ 空間の配列要素数が10未満のものをノイズとして除去する。

$$\rho = x \times \cos \theta + y \times \sin \theta \quad (1)$$

3.2 四方向微分を用いた主線分候補の検出

図2(c)のように、文字の線分から主線分候補を検出するために、四方向微分を用いて探索を行う。この計算は、注目画素と5×5近傍を比較し、注目画素が周りの画素より大きいものを主線分候補として残す。図3に四方向微分による主線分候補検出の例を示す。この場合、注目画素数が100であり、5×5近傍の画素数より大きいため、主線分候補とする。

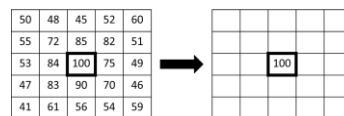


図3 四方向微分による主線分候補の例

4. 線分の距離依存関係による主線分絞込みと最短距離を用いたマッチング

4.1 線分の距離依存関係を用いた主線分絞込み

主線分候補の検出後、ある主線分候補と他の主線分候補の距離を計算し、近い主線分候補同士のどれかの主線分候補と近いなら、これらの主線分候補を同じ主線分としてまとめることができる。これらの判断は線分の距離依存関係をチェックする依存マトリクス表を使用する。

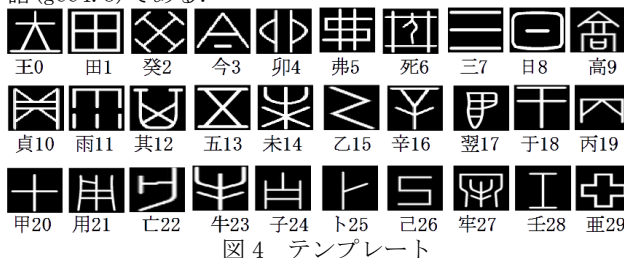
依存マトリクス表を用いた主線分絞込みは依存関係の登録、依存関係の更新、主線分の決定の3つの動作により構成される。依存関係の登録には全ての2つの主線分候補の距離を計算し、閾値以下の場合には依存関係を持つ線分とし、保存する。依存関係の更新では近い主線分候補同士のどちらかと近い主線分候補を探索する。例えば、aとb、aとcが近い場合、a,b,cの線分を依存関係を持つ線分とする。主線分の決定では、図2(d)のように、依存関係を持つ複数の主線分候補を1つの主線分に絞込む。ここで、依存関係を持つ複数の線分の中の投票値が最も高いものを主線分とする。

4.2 最短距離を用いたマッチング

原画像とテンプレート画像の主線分の最短距離を用いて類似度を評価する。候補となる複数のテンプレートの主線分のうち、類似度の上位3つを認識結果として出力する。本研究では原画像の主線分とテンプレート画像の主線分との類似度をハフ空間上で対応する点と点の距離で測り、主線分集合と主線分集合の類似度を距離の総和で測る。つまり、2つの主線分集合に対して距離の総和が小さいマッチングを求めなければならない。そのため、貪欲二部マッチングを用いて最短距離を測る。

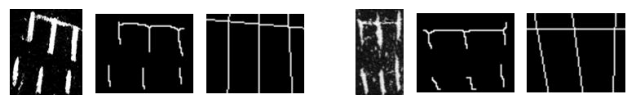
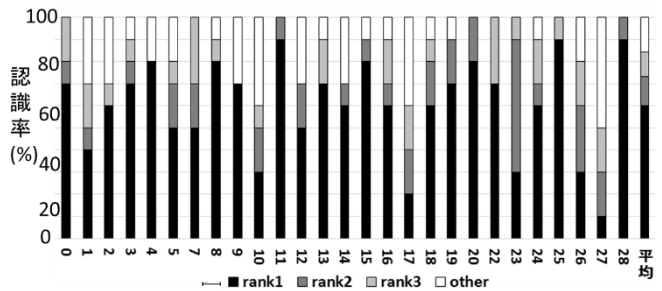
5. 実験

テンプレートは、図4の30種類の文字のテンプレートを用いた。また、文字の拓本[1]より抽出したテンプレートと同じ30種類の内、拓本の出現率が低い「死(6)、用(21)、巫(29)」を省く27種類の文字をそれぞれ10画像計270個の原画像を用いて実験を行った。本研究で用いるCPUはIntel Core i7-4770プロセッサで、動作周波数は3.40GHz、64bitの命令セット、OSはubuntu14.04、C言語(gcc4.8)である。



5.1 全体の認識結果

27種類の原画像に対する認識率結果を図5に示す。横軸は対象文字の番号であり、縦軸は該当するテンプレートの最短距離が1, 2, 3位, その他の場合の割合を示す。これらの認識結果の平均をとると、該当するテンプレート



(a)原画像 細線化 逆ハフ変換 (b)原画像 細線化 逆ハフ変換
図6 傾き・ノイズが激しい原画像の例

の最短距離が1位になっているのが約60%、2位以内が約73%、3位以内が約84%である。

5.2 考察

図6の「雨」において、(a)のように著しく傾いている原画像は、テンプレートを用いた正規化により正確な位置調整ができ、最短距離を用いたテンプレートとのマッチングの認識率も高い。また、(b)のようにノイズが多く存在し画像が不鮮明な原画像に対しても正確なノイズ除去ができ、細線化のヒゲを抑えることができる。このことから、正規化やノイズ除去は本手法に必須と言える。

提案手法では、断裂が生じている原画像や(b)の細線化画像のようにヒゲが存在している場合も、筆画に応じた文字の主線分検出が行えていることから、線分の距離依存関係による主線分決定は有効な手法であると言える。

6. おわりに

本研究では、甲骨文字の鮮明化・正規化・細線化を行い、ハフ変換により線分を抽出した。そして、四方向微分と依存マトリクス表を用いて筆画に応じた文字の主線分抽出を行った。さらに、原画像とテンプレート画像の主線分を用いてハフ空間での最短距離を計算し、甲骨文字の認識を行った。その結果、27種類の文字計270個の原画像に対し、約84%の認識率を達成することができた。

今後の課題として、GPUやFPGAを用いた甲骨文字認識の高速化、深層学習による甲骨文字認識のさらなる高精度が挙げられる。

参考文献

[1] 濮茅左, 上海博物館蔵甲骨文字, 上海辞書出版社, 2009.
[2] 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.
[3] L.Meng, Y.Fujikawa, A.Ochiai, T.Izumi and K.Yamazaki, “Recognition of Oracular Bone Inscriptions Using Template Matching,” International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol.8, No.1, February 2016.