

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870713

研究課題名(和文)劣化の激しい甲骨文字の認識の高精度化処理技術の確立と応用

研究課題名(英文) To establish and apply a high-precision recognition technology for seriously deteriorated oracle bone inscriptions

研究代表者

孟 林 (Meng, Lin)

立命館大学・理工学部・助教

研究者番号：60615938

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：甲骨文字は、3000年以上前の中国殷代の象形文字であり、亀の甲羅や獣の骨などに刻まれ、漢字の祖形ともいわれる最古の文字である。これらの文字の解読は、文字の起源、歴史の研究に対して非常に重要であるが、ノイズ、断裂が多く、大きさ、傾きなどが不均一などの特徴があるため、画像処理による認識が難しい。甲骨文字が鋭いものにより骨などの上で刻まれたため、線分が多い。本研究では、文字の鮮明化・正規化・細線化を行い、文字の特徴を利用し、複数の甲骨文字の認識手法を提案した。実験により、甲骨文字の認識精度を90%以上に実現した。

研究成果の概要(英文)：Oracle bone inscriptions (OBIs) are one of the oldest hieroglyphics which were inscribed on the bone of cattle or turtle shells in the period of Shang about 3000 years ago. Recognizing the OBIs is important for understanding the origin of characters, history research, etc. However, noise, heterogeneity in inclination and size of OBIs made the OBI recognition difficult using image processing. OBIs are inscribed by sharp objects and consist of straight lines. We perform noise reduction, normalization, and thinning, and then use features of OBIs proposing several recognition method. The experimental results show that more than 90% OBIs were recognized in these methods.

研究分野：画像認識

キーワード：甲骨文字認識 パターン認識 特徴認識

1. 研究開始当初の背景

甲骨文字は、今から 3000 年以上前に、中国の殷王朝で使われていた文字で、我々が日常的に使っている漢字の原形である。これらの文字の解読は、文字の起源、変化の解明、史学の研究に対して深い意味を持っている。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、歴史学者が経験と文脈の分析により行ってきた。しかし、甲骨文字は、形体不定、位置不定、異文字が生じる。さらに、甲骨の劣化が激しいため、解読が困難である。そのため、5000 文字の甲骨文字の中に、解読されていないものが多く、解読された文字がすべて正しいとも言い切れないという問題があった。また、文学と歴史において、歴史文献があまり電子化されていないことが多く、古文書などの電子化も重要である。

2. 研究の目的

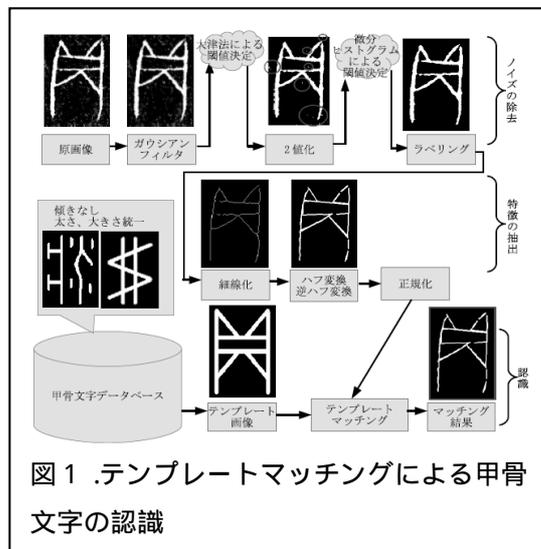
本研究は、劣化の激しい甲骨文字の認識の課題に取り組み、今まで保有する画像認識のアルゴリズムを用いて、甲骨文字の認識率を 95% 以上に向上させる。これにより、文字の起源や変化の解明、未解読の資料の解読により歴史文化に大きな貢献をする。

3. 研究の方法

本研究は、いくつかの認識手法を提案し、甲骨文字の高精度認識を実現してきた。

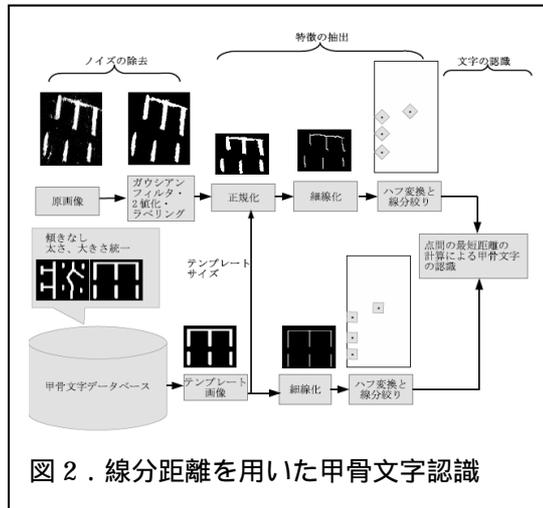
(1) テンプレートマッチングによる甲骨文字の認識: 認識しようとする甲骨文字と甲骨文字データベースの甲骨文字テンプレートとの類似度を計算し、甲骨文字に認識を行う。図 1 に認識の流れを示す。

- ・ノイズ除去: 甲骨文字の拓本の原画像に対してノイズを除去する。
- ・特徴抽出: 甲骨文字の細線化を行い、ハフ変換と逆ハフ変換を用いて、文字の特徴(骨格である線分)を抽出し、正規化を行う。
- ・認識: 甲骨文字の線分とテンプレートの類似度を計算することにより、甲骨文字を認識する。



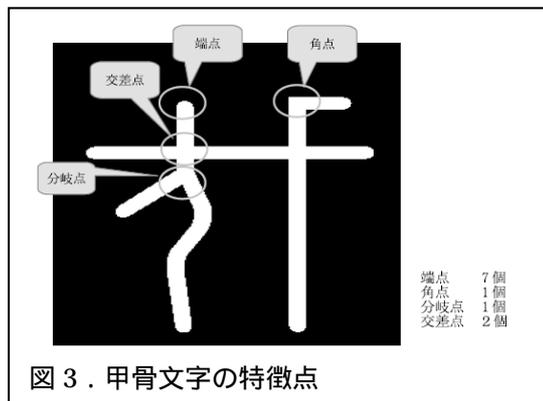
(2) 線分の距離による甲骨文字の認識: 甲骨文字は鋭いものにより刻まれたため、直線が多い特徴を利用した手法である。本研究では、文字の鮮明化・正規化・細線化を行い、そしてハフ変換により線分を抽出する。次に、依存マトリクスなどの手法を用いて文字を通過する主要な線分(主線分)を抽出し、テンプレートと認識対象のハフ空間での主線分の最短距離を計算し、甲骨文字を認識する(図 2 に認識の流れを示す)

- ・ノイズ除去: 甲骨文字の原画像のノイズを除去する。
- ・特徴抽出: ノイズ除去後の甲骨文字画像に対して、正規化により、甲骨文字をテンプレートと同じ大きさにする。さらに、正規化された甲骨文字画像を細線化し、ハフ変換によって線分を抽出する。テンプレートにもハフ変換によって線分を抽出する。
- ・認識: テンプレートと原画像のハフ変換の結果を用いて、直線の点の最短距離を計算することにより甲骨文字を認識する。



(3) 特徴量を用いた甲骨文字の認識: 甲骨文字は現在漢字と同じように筆画により構成されるため、甲骨文字の特徴量を用いて、認識できると考えられる。文字の特徴点は図 3 に示し、以下となる。

- ・端点は筆画の最初か最後である。
- ・角点是一本の筆画に折れた点である。



・分岐点は筆画と筆画が繋がっているが、交差していないところである。

・交差点は二本あるいは、二本以上の筆画が交差しているところである。

甲骨文字の特徴点を用いた認識は図4で示す。

・準備段階(甲骨文字特徴データベースの作成): 甲骨文字の特徴量(特徴点、線分の数など)を定義し、テンプレート文字の特徴量を用いて、データベース(甲骨文字特徴データベース)を作成する。

・認識の前処理(特徴抽出): 甲骨文字を認識するとき、画像処理を用いて、甲骨文字原画像の特徴量を抽出し、各特徴点の数、及び線分の本数を数える。

・認識: 甲骨文字の特徴量の数を用いて、甲骨文字特徴データベースに特徴量が類似するものを検索し、甲骨文字の認識を行う。

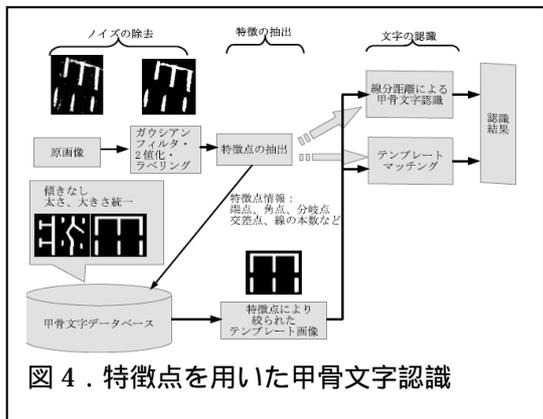


図4. 特徴点を用いた甲骨文字認識

#### 4. 研究成果

ノイズの除去、正規化などの甲骨文字認識の前処理が非常に重要である。ここで、前処理の成果と認識の成果を述べる。

##### (1) ノイズの除去

ノイズ除去では、ガウシアンフィルタと2値化を用いて、より小さいノイズを除去し、ラベリングを用いて、より大きなノイズを除去する。2値化では、大津法を用いて、自動的に閾値を設定する。ラベリングでは、微分ヒストグラムにより自動的に閾値を求める。図5にはノイズ除去後の結果を示し、(b)は原画像(a)のガウシアン後の結果で、(c)は2値化の結果で、甲骨文字鮮明であるのが確認できた。しかし、大きなノイズが存在している。(d)はラベリングによるノイズ除去後の結果で、大きなノイズの除去も実現できた。

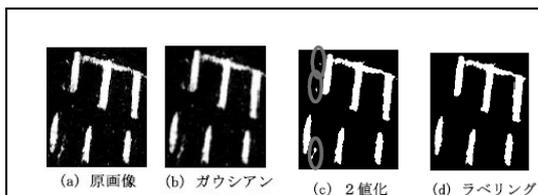


図5. ノイズ除去後の結果

##### (2) テンプレートマッチングによる甲骨文字の認識

テンプレートマッチングでの実験において、歪などに非常に弱いため、良い認識結果が得られなかった。しかし、テンプレートマッチングがその他の手法との組み合わせにより認識率の向上に繋がると考えられる。

##### (3) 線分の距離による甲骨文字の認識

本手法では、29種計576枚の甲骨文字画像と30種類のテンプレートを用いて実験した。結果は図6に示し、本提案手法では65%の文字が1位、81%の文字が2位以内、90%の文字が3位以内と認識した。

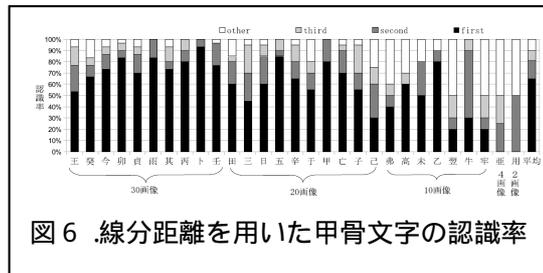


図6. 線分距離を用いた甲骨文字の認識率

##### (4) 特徴量を用いた甲骨文字の認識

特徴量を用いた甲骨文字認識において、研究が進んでいるところである。ここで途中結果を提示し、有効性を示す。

図7の文字の特徴量のデータベースを用いて、認識を行った。これらの原画像で検索を行った条件と認識率、抽出数の関係を図8に示す。検索条件を各特徴点誤差±1のとき、認識率は62.5%、約1000文字のテンプレートに対し、抽出された文字は約28文字、±2のとき、認識率97.5%、抽出文字が約157文字となった。

原画像	端点	角点	分岐	交差	原画像	端点	角点	分岐	交差	原画像	端点	角点	分岐	交差	原画像	端点	角点	分岐	交差
	5	0	3	1		8	0	0	2		9	2	1	0		2	2	2	0
	5	0	2	1		7	0	0	2		11	1	1	0		8	1	2	0
	4	1	2	1		9	0	1	1		9	2	1	0		2	2	2	0
	5	0	3	1		8	0	0	2		10	2	0	0		2	1	2	0
	3	1	3	0		8	2	0	2		11	1	1	0		4	1	2	0
	5	0	3	1		10	0	0	2		9	2	1	0		2	1	2	0
	5	0	3	1		8	0	0	2		11	1	1	0		6	0	2	0
	5	0	3	1		8	0	0	2		11	1	1	0		2	3	2	0
	6	0	2	1		8	2	0	2		9	2	1	0		4	1	2	0
	4	1	2	1		8	0	0	2		9	2	1	0		4	1	2	0

図7. 甲骨文字の特徴量

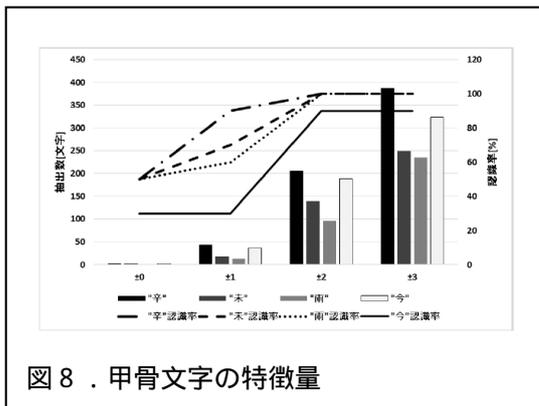


図 8 . 甲骨文字の特徴量

(5) パラメータの自動最適化による甲骨文字認識の向上

線分抽出による甲骨文字認識において、いくつかのパラメータの抽出が必要である。ここで、パラメータを自動で決定する手法を検討し、甲骨文字の直線とその端点を抽出し、正規化を行う。図9には、劣化の激しい画像を含む種計20個の甲骨文字画像と31種のテンプレートを用いた認識の結果は、パラメータ固定の手法の認識率が51.25%であるのに対し、本手法では92.25%に向上した。

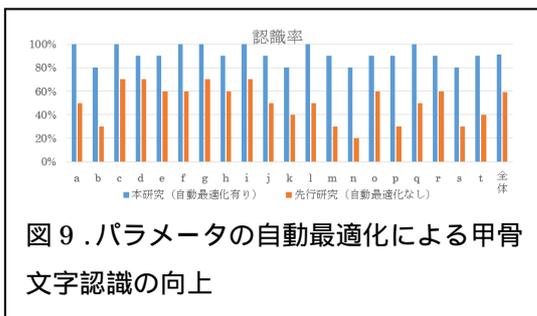


図 9 . パラメータの自動最適化による甲骨文字認識の向上

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

1. 初田 慎弥, 大野 真史, 泉 知論, 孟 林, “ 害獣自動認識のためのアライグマ画像データベースの構築と深層学習による認識の試行,” 歴史都市防災論文集, 査読有, Vol.11, Jul.2017.
2. Lin Meng, Yoshiyuki Fujikawa, Atsuchi Ochiai, Tomonori Izumi and Katsuhiko Yamazaki, “Recognition of Oracle Bone Inscriptions Using Template Matching,” Int. J. of Computers Theory and Engineering, 査読有, Vol.8, No.1, pp.53-57, Feb.2016.
3. 孟 林, 泉 知論, 小柳 滋, “ ハフ空間上でのクラスタリングとマッチングによる甲骨文字の認識,” 画像電子学会誌, 査読有, Vol.44. No.4, pp.627-636, Sep.2015.

4. Lin Meng, Nobuhiro Moriwaki and Shigeru Oyanagi, “ An Optimal Scheduling for Using Chain Technique on Superscalar Processor,” International Journal of Advanced Mechatronic Systems, 査読有, Vol.6, No.5, pp.211-219, Oct.2015

[学会発表](計 19 件)

1. Lin Meng, “ Two-stage Recognition for Oracle Bone Inscriptions,” the 19th Int. Conf. on Image Analysis and Processing (ICIAP), 査読有, 2017.9.14 (Catania, Italy)
2. 渡邊 清威, 孟 林, 泉 知論, “ ガボールフィルタを用いた甲骨拓本からの文字領域の抽出,” 信学会, PRMU/SP 研究会, 査読無, 2017.6.23. (東北大学, 宮城県)
3. 柴田 睦月, 孟 林, 山崎 勝弘, “ 甲骨文字データベースの構築と候補テンプレートの検索,” 情報処理学会第 79 回全国大会, 査読無, 2k-07, 2017.3.16. (名古屋大学, 愛知県)
4. 岸 雅大, 石井 康史, 孟 林, 山崎 勝弘, “ 近傍ベクトルを用いた甲骨文字の特徴点と線の検出,” 情報処理学会第 79 回全国大会, 査読無, 2N-01, 2017.3.16. (名古屋大学, 愛知県)
5. 辻 翼, 岸 雅大, 石井 康史, 孟 林, 山崎 勝弘, “ 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,” 情報処理学会第 79 回全国大会, 査読無, 2N-09, 2017.3.16. (名古屋大学, 愛知県)
6. Lin Meng, “ Recognition of Oracle Bone Inscriptions by Extracting Line Features on Image Processing,” In Proceedings of the 6th Int. Conf. on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM), pp.606-611, 査読有, 2017.2.25 (Porto, Portugal)
7. 鈴木 達也, 孟 林, 泉 知論, “ 線分抽出パラメータの自動最適化による甲骨文字認識率の向上,” IEICE-IE 研究会, 査読無, IE-61, 2017.2.21. (北海道大学, 北海道)
8. 岸 雅大, 石井 康史, 孟 林, 山崎 勝弘, “ 甲骨文字原画像からの特徴点抽出と類似テンプレートの検索,” 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), 査読無, H-014, 2016.9.8. (富山大学, 富山県)
9. 藤川 佳之, 石井 康史, 孟 林, 山崎 勝弘, “ HOG における輪郭角度計算を用いた甲骨文字の特徴点抽出,” 情報処理学会第 78 回全国大会, 査読無, 1N-07, 2016.3.10. (慶応義塾大学, 神奈川県)
10. 石井 康史, 藤川 佳之, 孟 林, 山崎 勝弘, “ 特徴量を用いた甲骨文字の候補テン

- プレート抽出と認識,” 情報処理学会第 78 回全国大会, 査読無, 1N-08, 2016.3.10. (慶応義塾大学, 神奈川県)
11. 石井 康史, 藤川 佳之, 孟 林, 山崎 勝弘, “アフィン変換による正規化を用いた甲骨文字の認識率向上,” 情報処理学会関西支部第 14 回支部大会, 査読無, G-02, 2015.9.28. (大阪大学中之島センター, 大阪府)
  12. 鈴木 達也, 孟 林, 泉 知論, “直線端点マッチングによる甲骨文字認識手法と基礎評価,” パターン認識・メディア理解研究会, 査読無, 2015.9.14. (愛媛大学, 愛媛県)
  13. 藤川 佳之, 孟 林, 泉 知論, 山崎 勝弘, “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,” 情報処理学会第 77 回全国大会, 査読無, 2P-01, Mar. 2015.3.17. (京都大学, 京都府)
  14. 孟 林, 石井 康史, 藤川 佳之, 落合 淳思, 泉 知論, 山崎 勝弘, “甲骨文字認識プロジェクト - 画像処理と GPU を用いた甲骨文字認識の研究,” 2015 年電子情報通信学会 総合大会, 査読無, D-12-11, 2015.3.11. (立命館大学, 滋賀県)
  15. 石井 康史, 藤川 佳之, 孟 林, 山崎 勝弘, “甲骨文字認識における文字データベースの作成,” 2015 年電子情報通信学会 総合大会, 査読無, D-12-10, 2015.3.11. (立命館大学, 滋賀県)
  16. 藤川 佳之, 孟 林, 落合 淳思, 泉 知論, 山崎 勝弘, “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,” 平成 25 年度情報処理学会関西支部 支部大会, 査読無, G-08, 2014.9.19. (大阪大学中之島センター, 大阪府)
  17. Lin Meng, Yoshiyuki Fujikawa, Atsuchi Ochiai, Tomonori Izumi and Katsuhiro Yamazaki, “Recognition of Oracular Bone Inscriptions Using Template Matching,” 2014 Int. Conf. on information and computer technology (ICICT 2014), 査読有, 2014.9.17. (Chengdu, China)
  18. 孟 林, 河井 健太郎, 落合 淳思, 泉 知論, 山崎勝弘, “直線抽出による甲骨文字の認識,” 情報処理学会第 76 回全国大会, 査読無, 2D-5, 2014.3.11. (東京電機大学, 東京都)
  19. 森脇 信啓, 孟 林, 林 磊, 安 成浩, 泉 知論, 小柳 滋, “甲骨マッチングに関する研究,” 情報処理学会第 76 回全国大会, 査読無, IQ-7, 2014.3.11. (東京電機大学, 東京都)

〔図書〕(計 1 件)

1. 孟 林, “画像処理を用いた甲骨文字認識,” 北斗プリント社, 2017.3 (ISBN978-4-89467-334-2)

〔その他〕

ホームページ等

<http://research-db.ritsumei.ac.jp/Profiles/102/0010177/profile.html>

<http://www.ritsumei.ac.jp/tanq/318840/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

孟 林 (Meng Lin)  
立命館大学・理工学部・助教  
研究者番号: 60615938,

(2) 研究協力者

山崎 勝弘 (Yamazaki Katsuhiro)  
立命館大学・理工学部・教授

泉 知論 (Izumi Tomonori)  
立命館大学・理工学部・教授