

令和元年5月27日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00463

研究課題名(和文) パターン認識と制約解消に基づく手書き変体仮名を対象とした翻刻支援システム

研究課題名(英文) A handwritten Japanese historical Kana reprint Support System based on pattern recognition and constraint solving

研究代表者

鈴木 徹也 (SUZUKI, Tetsuya)

芝浦工業大学・システム理工学部・教授

研究者番号：00323824

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、パターン認識と制約解消とを組み合わせることで従来の手法では成し得なかった古文書の手書き変体仮名の文字認識を行い、手書き変体仮名で記述された古文書の翻刻を可能とすることである。本研究が目指すシステムは複数の文字認識結果の中から制約解消機能を用いて全体的に妥当な文字認識結果を選び出す。我々はその制約解消器をWebサービスとして実装し、さらにそれを利用するグラフィカルユーザインタフェース(GUI)を実現した。GUI上で指定した字の切り出し結果、文字の読み順、文字の認識結果とから制約充足問題を自動生成し、翻刻結果を視覚的に見やすい形で確認できるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は古文書の翻刻作業を支援する技術に関するものである。古文書には現行仮名だけでなくその異体字である変体仮名も使われている。さらにそれらが崩された形で書かれている。そのため現代の日本人が古文書を読むことが困難になっている。本研究の特徴は、全体として自然な文となるように一文字ずつの文字認識結果を補正する点にある。このような技術によって古文書の内容がコンピュータで活用しやすくなる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to realize reprint of handwritten Japanese historical Kana text by combining pattern recognition and constraint solving, which was not achieved by the conventional methods. The system which our research aims selects appropriate character recognition results as a whole from combination of plural character recognition results of each character using a constraint solver. We implemented the constraint solver as a Web service and a system with a graphical user interface (GUI) which invokes the constraint solver. The system makes it possible to generate a constraint satisfaction problem (CSP) from character segmentation results, character reading order, and plural recognition results of each character specified via the GUI and to show solutions to the CSP visually.

研究分野：制約プログラミング

キーワード：歴史情報 翻刻支援 変体仮名 制約プログラミング

1. 研究開始当初の背景

現在、国文学における研究でも計算機上で検索・閲覧できる資料が活用される。そのためには古文書(例:図1)を翻刻(テキストデータ化)する必要がある。しかし古文書は変体仮名やくずし字で記述されているため、その自動化は難しい。古文書の手書き文字認識に関する先行研究[1][2]は、特定の文献(借金の証文や戸籍など)に特化しているため、80%から90%の文字認識率を実現しているが、汎用性に欠ける。

研究代表者らが実際に翻刻作業を行った経験によれば、先行研究のような一文字ずつの認識は不十分である。古語の語彙と文法の知識、類似形状の文字は同じ読みをするという仮定の組み合わせを試行錯誤する必要がある。

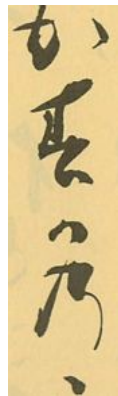


図1: 変体仮名の例

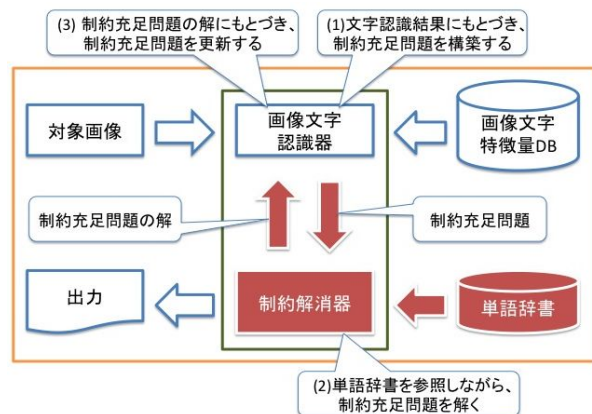


図2: 手書変体仮名翻刻支援システムの構成

その経験に基づき研究代表者らは手書き変体仮名を対象とする翻刻支援システムの構成(図2)とその一部である制約解消器とを2012年から提案してきた。システムは入力として文献のスキャン画像を受け取ると次のように動作する。まず画像文字認識器が、複数の文字の切り出し候補と、切り出された各文字に複数の文字認識候補を出力する。それらの結果から作成された制約充足問題が制約解消器に渡される。制約解消器はその制約充足問題の最適解を画像文字認識器へ返す。画像文字認識器はその最適解を参考にし、制約充足問題を更新する。人間が行う試行錯誤に対応するこの循環を必要なだけ繰り返した後に、最終的な文字認識結果(翻刻結果)を出力する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、パターン認識と制約解消(組み合わせ最適化問題の求解)とを組み合わせ、従来の手法では成し得なかった古文書の手書き変体仮名の文字識別を行い、手書き変体仮名で記述された古文書の翻刻を可能とすることである。古文書を対象とした汎用的な手書き文字認識は実現が難しい。その原因として、古文書に用いられている変体仮名の字種の多さ、草書体で書かれた文字の複雑な形状、連綿体(つなげ字)とが挙げられる。本研究が目指すシステムは制約解消機能を用いて文字認識結果を繰り返し補正しながら全体的に妥当な文字認識結果を出力する。これにより、手書き変体仮名を多く含む貴重な古文書を現代に伝える貴重なツールが得られる。

3. 研究の方法

(1) 制約解消器のWebサービス化

我々は翻刻作業の一部を制約充足問題として定式化し、その制約解消器を実装していた。実装にはRuby言語を用い、シェルからコマンドとして実行できるようになっていた。

その制約解消器が扱う制約充足問題の例を図3に示す。古文書から切り出された文字を変数、変数の領域を複数の文字認識結果とする。読み順、他の変数との読みの同一性、全体としての読みが単語の列になっているという条件などが制約として用いられる。単語の出現コストと接続コストを考慮し、最適な読みが解となる。

システムの他の構成要素との疎結合を実現するために、この制約解消器をWebサービス化する。

(2) グラフィカルユーザインタフェースの開発

制約解消器を利用するためにグラフィカルユーザインタフェース(GUI)を開発する。このGUI上で、古文書画像からの文字の切り出し、切り出した文字への読み候補の指定、そして読み順の指定を可能にする。その結果から翻刻のための制約充足問題を生成し、制約解消器で得

た解を画面上で確認できるようにする。

(3) 古文書画像解析と変体仮名認識

古文書画像からの行切り出し、行画像からの文字切り出し、切り出された文字の認識を可能にする。

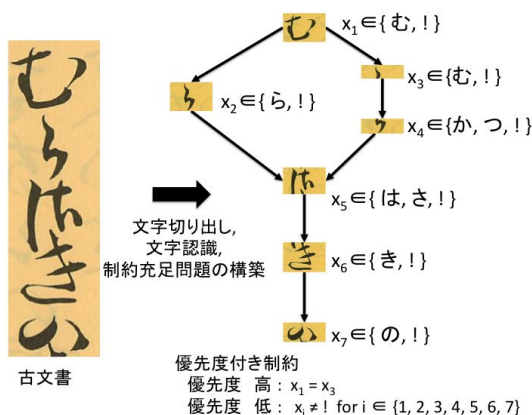


図3：翻刻のための制約充足問題の例

4. 研究成果

(1) 制約解消器の Web サービス化

制約解消器の Web サービス化によって、最終的に我々が実装するシステムの他の構成要素との疎結合が実現される。つまり他の構成要素には、それに適したプログラミング言語を利用できるようにする。

実験では Web サービス化によって生じる通信による時間的コストを計測した。その結果、Web サービス化した制約解消器による制約解消の所要時間は、従来のコマンドとして実行する制約解消器のその 69% から 84% であった。コマンドとして実行する場合には、毎回単語辞書を読み込む必要があった。しかし Web サービス化した場合には、起動時に一回それを読み込めば、制約解消のたびに読み込む必要がなくなった。その差が高速化につながった。

(2) グラフィカルユーザインタフェースの実装

我々は手書き変体仮名翻刻支援システムのグラフィカルユーザインタフェース(GUI)を実装した。プログラミング言語には、GUIの構築が容易なC#言語を用いた。このGUIによって次の操作が可能になった。

- 古文書画像の読み込み
 - 文字の切り出し
 - 切り出した文字の読み順指定
 - 切り出した文字への読み候補の割り当て (図4)
 - 制約充足問題の生成と制約解消
 - 制約解消結果の表示 (図5)
- なお操作は現状では手作業で行うが、将来的には自動化を目指す。



図4：読みの候補の割り当て



図5：制約解消結果の表示

この GUI の評価はユーザテストによって行った。テストには 13 人が参加した。その結果、GUI は直感的に扱えるとの評価を得た。しかし改善すべき点も明らかになった。

(3) グラフィカルユーザインタフェースの改善

(2) のユーザテストで指摘された改善すべき点の一つは文字の切り出し結果の表示方法である。図6に示すように、文字の切り出し領域が重なっている場合、開発した GUI では切り出し結果も重なって表示される。そのため切り出した文字を選択するのが困難である。

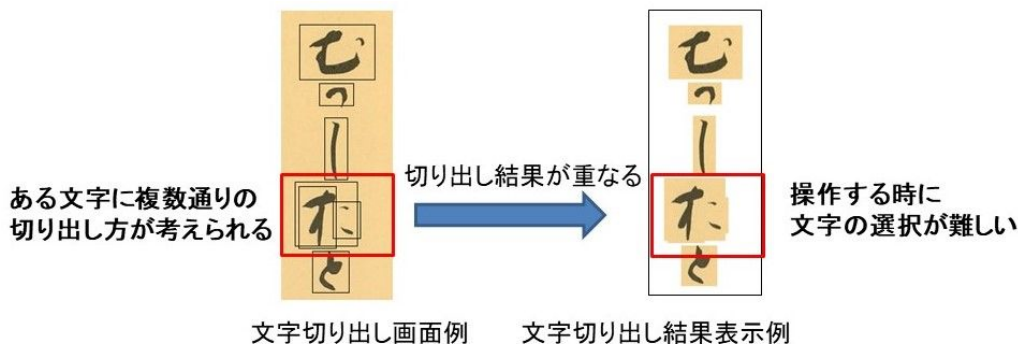


図6：文字の切り出し結果の表示

そこで我々は文字の切り出し結果の描画法を考案した。その手法はまず切り出された文字の再配置後の表示位置関係について制約充足問題を構築する。次にその制約充足問題を Cassowary 制約解消器[3]で解き、再配置後の表示位置を決定する。

提案手法を評価するために、提案手法と従来手法（階層描画、バネモデル）とを比較した。比較は、アンケートによる比較とグラフの見やすさの項目による比較との2通りで行なった。

アンケートによる比較では、3種類のグラフそれぞれを3つのグラフ描画法で描き、8名の被験者にそれらに対して見やすさの順序をつけてもらった。参考までに図7に提案手法と従来手法との描画結果の違いを示す。その結果、提案手法は3種類のグラフのうち1つが1位、2つが2位となった。

グラフの見やすさの項目による比較では、3種類のグラフそれぞれを3つのグラフ描画法で描き、次の5つの項目を計測した。その項目とは、辺の交差数、総辺長、再配置前の座標との距離、辺と文字との重なり、文字同士の重なりである。これらの項目は文献[4]を参考に設定した。グラフ1では全ての項目で提案手法が最も見やすいという結果になった。グラフ2、3でも半数以上の項目において提案手法が最も見やすいという結果になった。

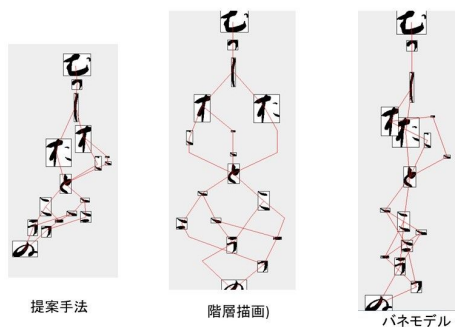


図7：提案手法と従来手法とのグラフ描画結果

(4) 古文書画像解析と変体仮名認識

古文書画像からの行切り出しに取り組んだが、物体検出アルゴリズム YOLO[5]を利用した予備実験にとどまった。YOLO は深層学習を利用した手法である。その予備実験によって、機械学習に用いる学習データの作り方について知見を得た。この課題については今後研究を進め、外部発表する予定である。

参考文献

- 和泉勇治, 加藤寧, 根元義章, 山田奨治, 柴山守, 川口洋. ニューラルネットワークを用いた古文書個別文字認識に関する一検討. 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ研究会報告, Vol. 2000, No. 8, pp. 9-15, 2000-01-21.
- 山田奨治, 柴山守. n - gram と OCR による定型表現がある古文書の文字の推定. Technical Report 59(2003-CH-058), 国際日本文化研究センター・研究部, 大阪市立大学・学術情報総合センター, May 2003.
- Badros, Greg J., Alan Borning, Peter J Stuckey. The Cassowary Linear Arithmetic Constraint Solving Algorithm. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Volume 8 Issue 4, December 2001. Pages 267-306. ACM.

杉山公造. グラフ自動描画法とその応用-ビジュアルヒューマンインタフェース-. コロナ社. 1993.

Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, pp. 779-788.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Kazuki Sando, Tetsuya Suzuki, Akira Aiba. A Constraint Solving Web Service for a Handwritten Japanese Historical Kana Reprint Support System. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 11352. 2018. pp. 422-442. (査読有り)

〔学会発表〕(計5件)

山藤一輝, 鈴木徹也, 相場 亮. 手書き変体仮名認識システム -制約解消器の Web サービス化-. 情報処理学会第79回全国大会. 2017.

山藤 一輝, 山崎 敦史, 鈴木 徹也, 相場 亮. 手書き変体仮名認識システム -グラフィカルユーザインターフェースの開発-. 第80回情報処理学会全国大会. 2018.

Kazuki SANDO, Tetsuya SUZUKI, Akira AIBA. A Constraint Solving Web Service for Recognizing Historical Japanese KANA Texts. Proceedings of the 10th International Conference on Agents and Artificial Intelligence. pp. 257-265. SciTePress. 2018.

Atsushi Yamazaki, Kazuki Sando, Tetsuya Suzuki, Akira Aiba. A Handwritten Japanese Historical Kana Reprint Support System, Development of a Graphical User Interface. Proceedings of the ACM Symposium on Document Engineering 2018. Article No. 46. 2018.

山藤一輝, 鈴木徹也, 相場 亮. 手書き変体仮名翻刻支援システム-複数通りの切り出し方を考慮した文字の配置方法-. 第81回情報処理学会全国大会. 2019.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 相場 亮

ローマ字氏名: AIBA Akira

所属研究機関名: 芝浦工業大学

部局名：システム理工学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 40317368

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。