

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00225

研究課題名(和文) タッチベースデバイス入力からの多言語の手書きを認識する統一モデルと手法の研究

研究課題名(英文) Research on unified models and techniques for recognizing multilingual handwriting from touch based input devices

研究代表者

朱 碧蘭 (Zhu, Bilan)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：50466918

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、日本語のオンライン手書きで確立した明示的な切出し手法による最先端の認識技術を土台に、包括的なモデルを提案し、英語や中国語、アラビア語などの多言語の手書き認識に適用し、各言語に対する既存手法のメリットを包括しつつ、各手法を超える性能や利点を実現した。本学と中国科学院自動化研究所とニューヨーク州立大学バッファロー校でそれぞれ作成された大規模データベースなどを利用し、既存手法との比較・検討の上に、PDCAサイクルを回して標記の目標を追及した。国際会議や論文誌などの場で研究成果を公表するとともに、研究に必要な意見交換を行った。

研究成果の概要(英文)：Based on the highest recognition technologies by explicit segmentation methods established in Japanese online handwriting, we proposed a comprehensive model and applied it to multilingual handwriting recognition such as English, Chinese and Arabic, and we realized performances and advantages more than each technique while containing the merits of the existing techniques for each language. By using large-scale databases made in Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences and University at Buffalo, Buffalo, NY, USA, and turning a PDCA cycle on comparison with the existing techniques, we have achieved the goal. We presented the research results at the places such as international conferences and article magazines and exchanged opinions necessary for studies.

研究分野：パターン認識

キーワード：手書き認識 オンライン認識 確率モデル

1. 研究開始当初の背景

オンライン手書き認識はタッチデバイスから入力される時系列の手書きパターンを自動的に解釈・変換する処理を指す。図1に示すようなペン入力や指操作による装置の急激な発展にともない、オンライン手書き認識技術がますます注目を浴びている。便利なユーザーインターフェースを提供するために、特にスマートフォン時代の自然な文字入力を目指し、高性能のオンライン手書き認識を実現することは極めて重要である。そこでは、続け字と草書体の手書きにおける認識が課題である。

筆記枠などを課さずに自由に筆記される手書き文字列においては、文字間の間隔が不安定であるうえに、文字の大小もあるので、文字ごとへの確定的な切出しは極めて困難である。その切出しの曖昧性を克服するために切出しと認識の統合手法がよく利用されている。そこでは、図2に示すように、**暗黙的な切出し手法**と**明示的な切出し手法**の2種類がある[文献 1]。

ほとんどの**暗黙的な切出し手法**は Hidden Markov Model (HMM)に基づく認識を利用し、文字列パターンを想定される文字幅より小さい一定幅の基本切出し(フレーム)に分割し、HMM の状態遷移にしたがって、分割されたフレームのいくつかの列に字種クラスのラベルを付けることで認識を行う[文献 2]。この方法では、個々にフレームの形状を評価しているため文字パターの形状情報が有効に評価されない欠点がある。

一方、**明示的な切出し手法**による認識は仮切出しと経路評価の2ステップからなる。そこでは、まず文字列パターンは基本切出しパターンに仮切出しする。文字を分割しすぎることがあっても、文字の切れ目を切らないことがないように過分割する。基本切出しパターンのまま、あるいは結合して生成された候補文字パターンを文字認識し、それらを組み合わせる



図 1. ペンや指などの入力デバイス

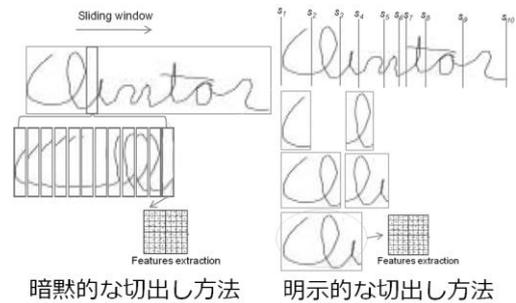


図 2. 切出し手法

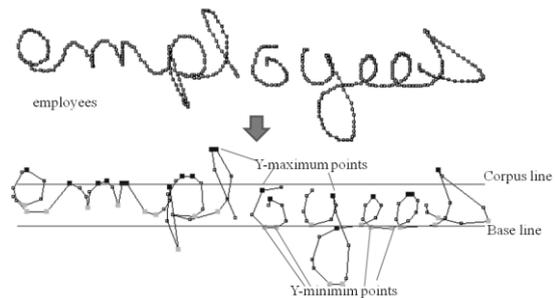


図 3. 英単語“employees”の特徴点抽出

ことで、文字切出し認識候補ラティスを生成する。文字認識と幾何的な特徴値、そして文脈の確からしさを総合的に考慮することで候補ラティスにおける候補文字列の経路を評価し最適な文字列を探索する。

日本語と中国語を代表とする漢字文化圏では、文字ごとでは分かち書きされるので、明示的な切出し手法が主流であり、一方、英語やフランス語、ドイツ語などの欧米語文化圏では、単語の続け字の明示的な切出しが難しいために**暗黙的な切出し手法**が多く採用されている。しかし、図3に示すように、続け字で記入されるオンライン手書き英単語に対しても、抽出特徴点から探索された y 軸の極大値 (y-maximum points) と極小値 (y-minimum points) や筆速の停滞点などによって文字の明示的な切出しを行うことがで

きる。現状は、音声認識から流用された手法をそのまま使っていると言っても過言ではない。また、明示的な切出し手法では、同じ筆点が複数の切出しパターンに属し、何度も重複して計算され計算コストを増大させる欠点がある。暗黙的な切出し手法と明示的な切出し手法の統合による速度と精度の向上が大きく期待できる。

アラビア語の筆記方向は英語とは逆となり、その認識は筆記方向を逆にして HMM による暗黙的な切出し手法を利用している。インド諸言語の認識方法は、日本語と英語の間であり、暗黙的と明示的の切出し手法の両手法とも利用されている。

日本語のオンライン手書き認識において、申請者は、Support Vector Machine (SVM) や HMM などの最先端のパターン認識、機械学習、確率モデル、多変量解析、信号処理やノイズ除去、日本語情報処理などの技術を取り入れ、モデルや手法の提案・改良を行った結果、トップレベルの明示的な切出し手法による日本語オンライン手書き文字認識システムを開発した。また、申請者が中心となって開発した技術は、スマートフォンの Samsung GALAXY NOTE や NEC や Sony のタブレット端末に標準搭載されている。この研究開発に対して、日刊工業新聞社から第7回のモノづくり連携大賞特別賞を受賞している。さらに、近年の研究動向をまとめた解説も公表している。そこでは、多言語化を重要課題として解説している。

2. 研究の目的

本研究は、スマートフォンやタブレットなどのタッチベースデバイスから入力される手書き認識について、言語ごとに使われてきた方式を検討し、統一的に認識できるモデルと手法の確立を目指す。現在、従来のペン入力機器に加えて、スマートフォンや Pad 型 PC などのタッチ入力の機器が急速に普及しており、自然な入力手段として、オンライン

手書き認識技術は重要性を増している。しかし、日本語あるいは中国語、英語などのヨーロッパ言語、アラビア語、インドの諸言語で、手書き認識システムは異なった方式で個々に研究開発されてきた。この方法では、多言語化は開発コストが大きく、性能でも限界にきている。そこで、個々の言語で優位な最新の認識モデルを踏まえつつ、統一的な認識モデルを確立する。

3. 研究の方法

• 暗黙的切出し手法と明示的な切出し手法の実験と統合による欧米言語の手書き認識

次の手順で研究を進める。

(1) 明示的な切出し手法による英語手書き認識手法の実験

抽出特徴点から探索された y-maximum points と y-minimum points や筆速の停滞点などによって文字の明示的な切出しを行う。そして、文字切出し認識候補ラティスの生成により認識を行う。

(2) 暗黙的な切出し手法による英語手書き認識手法の実験

単語語彙のトライ辞書により単独文字認識モデルから単語モデルを構築しながら、高速のビームサーチ方式により入力単語パターンと類似度が高い上位の単語を探索することで、単語認識を行う。

(3) 暗黙的切出し手法と明示的な切出し手法の利害得失の検討

上記の2方式について、それぞれの利点と欠点を考察する。

(4) 暗黙的切出し手法と明示的な切出し手法を統合する英語手書き認識のモデル化と実現

申請者の仮説である「暗黙的な切出し手法により過剰に生成される切出し候補点を明示的な切出し手法で候補に入るものに限定し、また、暗黙的な切出し手法による文

字パターン候補を明示的な切出し手法での手法で再評価することで、文字パタンの形状情報が有効に評価できる。これにより精度と速度を大幅に向上できる」を英語において実験し、その効果を上記2方式と比較評価する。

• **暗黙的切出し手法と明示的な切出し手法の実験と統合による漢字文化圏の手書き認識**

次の手順で研究を進める。

(1) **暗黙的な切出し手法による日本語認識手法の実験**

日本語では明示的な切出し手法は確立した手法として有しているので、暗黙的な切出し手法による日本語手書き認識システムを作成する。

(2) **暗黙的切出し手法と明示的な切出し手法の利害得失の検討**

2方式について、それぞれの利点と欠点を考察する。

(3) **暗黙的切出し手法と明示的な切出し手法を統合する日本語手書き認識のモデル化と実現**

上で述べた仮説を日本語において実験し、その効果を上記2方式と比較評価する。

(4) **日本語で確立した認識方式の他漢字文化圏言語の手書き認識への適用**

中国語やチュノム（ベトナムの古言語）などに適用し結果を考察する。

• **多言語の手書き認識を統一的に扱える新しいモデルと手法の確立**

既存手法の利点を包括することができるオンライン手書き認識における統一的モデルと手法を確立する。

4. 研究成果

本研究は、日本語のオンライン手書きで確立した明示的な切出し手法による最先端の認識技術を土台に、包括的なモデルを提案し、

英語や中国語、アラビア語などの多言語の手書き認識に適用し、各言語に対する既存手法のメリットを包括しつつ、各手法を超える性能や利点を実現した。本学と中国科学院自動化研究所とニューヨーク州立大学バッファロー校でそれぞれ作成された大規模データベースなどを利用し、既存手法との比較・検討の上に、PDCAサイクルを回して標記の目標を追及した。国際会議や論文誌などの場で研究成果を公表するとともに、研究に必要な意見交換を行った。

文献

- ① M. Cheriet, N. Kharma, C.-L. Liu and C. Y. Suen, "Character Recognition Systems," A Guide for Students and Practioners, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007.
- ② T.-H. Su, T.-W. Zhang, D.-J. Guan and H.-J. Huang, "Off-line Recognition of Realistic Chinese Handwriting Using Segmentation-free Strategy," Pattern Recognition, **42**, 1, pp.167-182, 2008.
- ③ Tian-Fu Gao, Cheng-Lin Liu, "High Accuracy Handwritten Chinese Character Recognition Using LDA-Based Compound Distances," Pattern Recognition, **41**, 11 pp.3442-3451, 2008.

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3件)

- ① Cuong Tuan Nguyen, Bilan Zhu and Masaki Nakagawa, "Semi-Incremental Recognition of On-line Handwritten Japanese Text," IEICE Trans. on Inf. & Syst., Vol. E99-D, No. 10, pp.2619-2628, Oct. 2016. (査読有)
- ② Jianjuan Liang, Bilan Zhu, Taro Kumagai and Masaki Nakagawa, "Character-Position-Free On-line Handwritten Japanese Text Recognition by Two Segmentation Methods," IEICE Trans. on Inf. & Syst., Vol. E99-D, No. 4, pp.1172-1181, Apr. 2016. (査読有)
- ③ Yuechan Hao, Bilan Zhu and Masaki Nakagawa, "A Line-direction-free and Character-orientation-free On-line Handwritten Japanese Text Recognition System," IEICE Trans. on Inf. & Syst., Vol. E99-D, No. 1, pp.197-207, Jan. 2016. (査読有)

[学会発表] (計 11 件)

- ① Jiansheng Liu and Bilan Zhu, "BoBi Secretary Robot: An Intelligent Personal Assistant," Proc. BIT's 1st International Conference of Smart World-2017, Xian, China, 2017.
- ② Bilan Zhu, Jiansheng Liu and Masaki Nakagawa, "An Intelligent System for BoBi Robot Meeting Recording," Proc. BIT's 1st International Conference of Smart World-2017, Xian, China, 2017.
- ③ Bilan Zhu and Masaki Nakagawa, "Recent Technology Trends and Applications of Online Handwritten Chinese/Japanese Character Recognition (invited)," Proc. BIT's 1st International Conference of Smart World-2017, Xian, China, 2017.
- ④ Jiansheng Liu and Bilan Zhu, "A Prototyping of BoBi Secretary Robot," Proc. Future Technologies Conference (FTC) 2017, Vancouver, BC, Canada, 2017.
- ⑤ Jiansheng Liu and Bilan Zhu, "An Intelligent Personal Assistant Robot: BoBi Secretary," Proc. 2017 IEEE International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM 2017), Hefei & Tai'an, China, 2017.
- ⑥ Bilan Zhu, Jiansheng Liu and Masaki Nakagawa, "An Intelligent Meeting Recording System for BoBi Secretary Robot," Proc. 2017 IEEE International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM 2017), Hefei & Tai'an, China, 2017.
- ⑦ Jianjuan Liang, Bilan Zhu and Masaki Nakagawa, "A Candidate Lattice Refinement Method for Online Handwritten Japanese Text Recognition," Proc. 15th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR2016), Shenzhen, China, 2016.
- ⑧ Bilan Zhu, Arti Shivram, Masaki Nakagawa and Venu Govindaraju, "Online Handwritten Cursive Word Recognition by Combining Segmentation-free and Segmentation-based Methods," Proc. 15th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR2016), Shenzhen, China, 2016.
- ⑨ Bilan Zhu, Arti Shivram, Venu Govindaraju and Masaki Nakagawa, "Online Handwritten Cursive Word Recognition Using Segmentation-free and Segmentation-based Methods," Proc. 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015.
- ⑩ Jianjuan Liang, Bilan Zhu, Taro Kumagai

and Masaki Nakagawa, "Character-Position-Free On-line Handwritten Japanese Text Recognition," Proc. 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR), Kuala Lumpur, Malaysia, pp.225-229, 2015.

- ⑪ Bilan Zhu and Masaki Nakagawa, "A Robust System for Online Handwritten Chinese/Japanese Character Recognition," Proc. of the 2015 International Conference on Software Engineering and Information Technology (SEIT), T212, Guilin, China, pp. 247-254, 2015.

[産業財産権]

○取得状況 (計 1 件)

名称：プログラム、情報記憶媒体及び文字列認識装置

発明者：中川正樹，朱碧蘭，グエン・トアン・クーン

権利者：東京農工大学

種類：特許

番号：5807881

取得年月日：2015.9

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朱 碧蘭 (Zhu Bilan)

東京農工大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：50466918