

II-2-5

オフライン文字認識の精度向上
及びオンライン文字認識機能の構築、文字認識の研究
朱 碧蘭

1、背景

時系列の筆点座標列から手書きを認識する手法をオンライン認識と呼び、画像から認識するオフライン認識と対比される。図75はそれぞれの手法が対象とするパターンを示し、表7は各手法の長所・短所を示している。しかし、オンライン認識では、筆点座標系列を画像情報に変換してオフライン認識を適用することも可能であり、両者を融合することもできる。また、どちらかの認識方式に、他方で用いる特徴を含める（たとえば、オンライン認識に筆点近傍の画像特徴を入れる、または、オフライン認識に運筆の方向情報を入れる）ことも行われている。

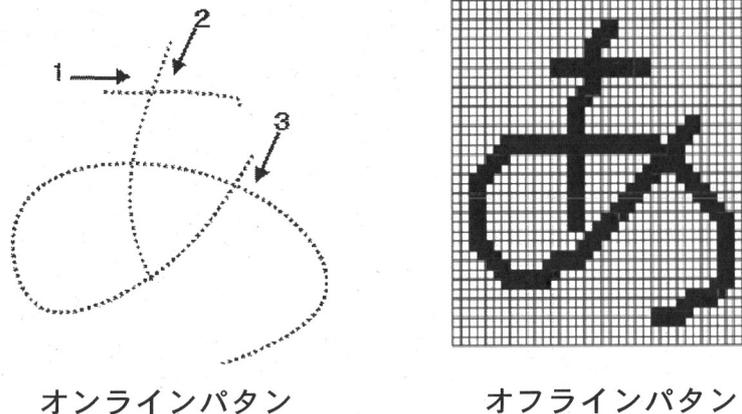


図75 オンライン手書きパターンとオフライン手書きパターン

表7 オンラインとオフライン認識手法の長所・短所

| 長所短所 | 長所 | 短所 |
|-----------|------------------|---------------|
| 手法 | | |
| オンライン認識手法 | 筆画の続けや崩しに頑健 | 筆順誤り、重ね書きに不安定 |
| オフライン認識手法 | 筆順誤り、重ね書きに影響されない | 続けや崩しや不安定 |

図76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、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。ここでは、図77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。

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



図76 ペンや指などの入力デバイス

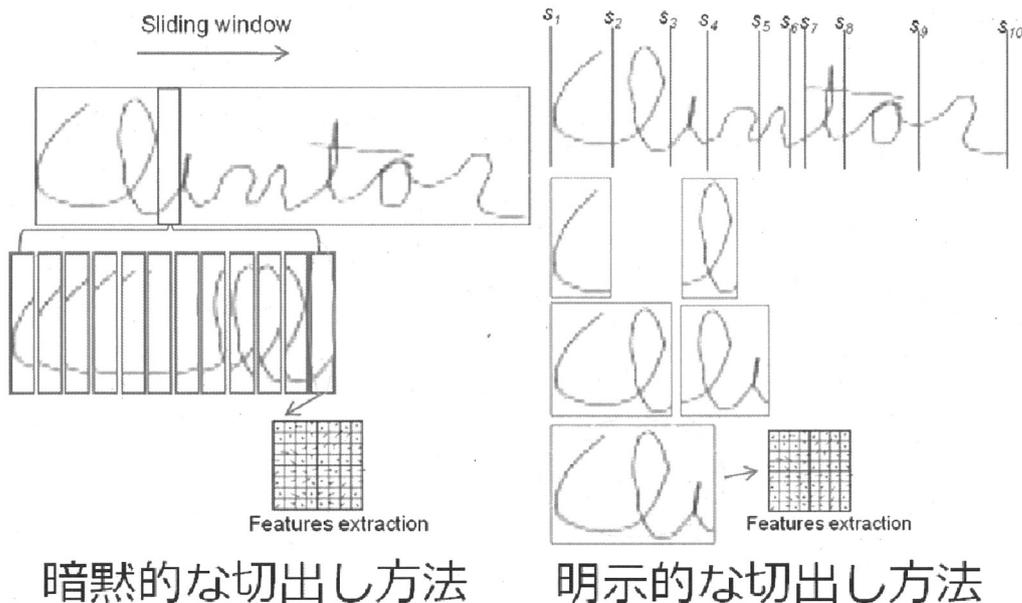


図77 切出し手法

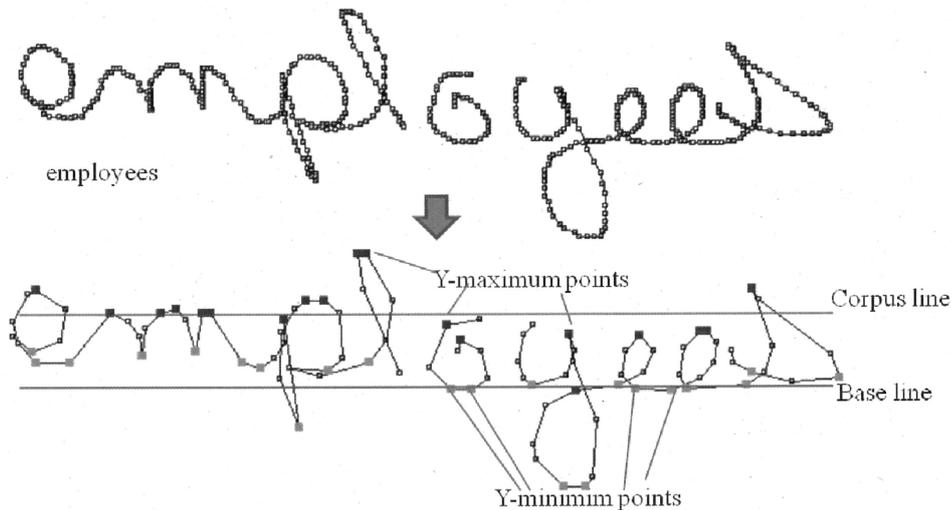


図78 英単語“employees”の特徴点抽出

ラベルを付けることで認識を行う。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ン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。ここでは、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78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んでも過言ではない。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、日本語と英語の中間

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、目的

本研究は、スキャナーやカメラ、スマートフォン、タブレットなどの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。

本研究は、日本語のオフラインと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することを目指している。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する。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う。

3、方法

(1) 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

「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。

(2) 英語で確立した認識方式のフランス語、アラビア語、インド諸言語の手書き認識への適用

認識方式をフランス語、そして、アラビア語とインドの諸言語の手書き認識にも適用し、結果を考察する。

(3) 成果発表

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う。

(4) 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。

(5) 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手書き認識における統一的モデルと手法を確立する。

(6) 成果発表

国際学会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う。

4、成果

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。企画通りに、暗黙的切出し手法と明示的切出し手法を統合した手書き認識のモデル化について、改良を行うことにより、精度と速度を大きく向上した。