

氏名（本籍）	岡本正義（京都府）
学位の種類	博士（工学）
学位記号番号	甲第 106 号
学位授与年月日	平成 11 年 3 月 25 日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	On-line handwritten character string recognition (オンライン手書き文字列認識技術に関する研究)
学位論文審査委員	(主査) 教授 山本和彦 (副査) 教授 後藤宗弘 教授 池田尚志

## 論文内容の要旨

本論文は、ペンで容易に文字入力するための基盤となるオンライン手書き文字認識技術と文字切り出し技術に関して述べたものである。人にやさしい操作手段の一つとしてペン入力が期待されている。1文字ずつ丁寧に筆記された文字を認識する技術については、既に携帯型情報端末などへ応用されているが、更に筆記自由度の高い文字入力の実現が課題となっている。1文字毎の記入枠を無くし、文字列として連続して筆記入力できる環境を実現するために、筆記された文字列から文字を切り出す技術と、自由に筆記された低品質の文字を高精度に認識する技術が重要である。本論文では、切り出しに関する物理的特徴と文字認識結果や言語処理結果などの論理的特徴を適切に融合した文字切り出し技術の研究結果と、筆順、画数、字形変動に対応した文字認識手法として、OCRで代表的な方向性特徴（オフライン特徴）と独自の方向変化特徴（オンライン特徴）を用いたパターンマッチングによる新しい文字認識手法の研究結果について述べる。本論文は、6つの章から構成されており、以下にその概要を述べる。

第1章では、本研究を始めるに至った背景と研究目的および概要を述べている。

第2章では、文字ピッチなどの物理的特徴と文字認識結果や言語処理結果などの論理的特徴をネットワーク表現で融合させた高性能な文字切り出し手法を提案している。従来、文字切り出しにおいては、まず、物理的特徴によって切り出し位置の候補を抽出し、これらの切り出し位置候補間の筆記ストローク集合に対して文字認識して、文字認識類似度が高いかどうかの結果や、文字認識候補を組み合わせて、単語あるいは文章として成立するかどうか言語処理の結果に応じて切り出し位置を決定する方法がよく知られている。しかしながら、物理的特徴に基づく切り出しの確からしさの情報は使われず、文字認識結果と言語処理の結果だけによって最終的に切り出し位置が決定されている。このため、文字ピッチが小さくて本来文字間ではない個所でも、候補に含まれていれば誤って切り出されることもあり、文字認識と言語処理による悪影響が少なくない。この手法は、必然的に文字認識や言語処理結果の論理的特徴に極めて重きが置かれた処理系になっていると言える。本提案手法は、物理的特徴による切り出しの確からしさと、文字認識、言語処理による確からしさとの総合的な判断によって切り出し位置を決定するものである。切り出し実験の結果、従来手法と比較して、86.10%から90.72%に性能向

上でき、有効性を確認している。また、切り出し候補を物理的特徴と論理的特徴によるネットワーク表現で表し、その最短経路探索により、効率的に切り出し処理を行えることを示している。より切り出し性能を高めるためには、特に文字認識性能を向上させることが重要である。

第3章では、オンライン文字認識技術における代表的な手法の概要と、本提案手法のアプローチについて述べている。オンライン文字認識では、今まで演算量とソフトウェアサイズの面から構造解析的な認識手法が主流であった。昨今のCPU能力向上、メモリの低価格化に伴い、今後は統計的な認識手法（パターンマッチング法）が有望であると考えている。何故なら、文字認識辞書の自動学習が容易であるからである。また、筆順自由に対応するがために単にOCRで使われている特徴をオンライン認識に適用するのではなく、オンラインの有効な特徴（ストロークの情報）を積極的に用い、融合させることが肝要である。

第4章では、本提案の文字認識手法の基本的な理論とその有効性を示している。OCRで代表的な方向性特徴にオンライン特徴である独自の方向変化特徴を加えてパターンマッチングすることにより、字形の変動に強くなることを確認した。ここで、方向変化特徴とは、何処でどの方向に筆記方向が変化しているかを表す特徴であり、今まで統計的手法で用いて有効性を示した例はない。また、ペンがアップしている区間を仮想的な直線（仮想ストローク）で補ってから方向変化特徴を抽出することにより、続け字などの画数変動に強くなることを確認した。本来ペンアップの区間が短い個所ほど続けて筆記されるケースが多いが、自由に筆記された低品質な文字では、本来ペンアップ区間が長い個所でも続けて筆記されることも多く、実験の結果、方向変化特徴量を仮想ストロークの長さに依存させないことが適切であると判明した。公開筆記文字データベース（HANDS-kuchibue\_d-96-02）を用いた認識実験の結果、方向性特徴だけを用いた手法と比較して、77.89%から86.32%に認識率が向上し、有効性を示している。

第5章では、本提案手法の改良に関係する実験結果に基づき、今後の見通しについて述べている。第6章では、本論文の結論について述べている。

## 学位論文等審査結果の要旨

本論文は、オンライン手書き文字列認識技術に関して述べたものである。1文字毎の記入枠を無くし、文字列として連続して筆記入力できる環境を実現するために、筆記された文字列から文字を切り出す技術と、自由に筆記された低品質の文字を高精度に認識する技術について、それぞれ新しいアプローチで研究を行い、評価実験の結果により提案手法の有効性を示している。本論文により得られた成果は以下の通りである。

(1) 文字ピッチなどの物理的特徴と文字認識結果や言語処理結果などの論理的特徴をネットワーク表現で融合させた文字切り出し手法により、従来手法である物理的特徴による切り出し候補の算出後に論理的特徴だけで切り出し結果を求める手法と比較して、86.10%から90.72%に性能向上でき、有効性を確認している。

(2) 統計的アプローチによる文字認識の研究を行い、OCRで代表的な方向性特徴にオンライン特徴である独自の方向変化特徴を加えてパターンマッチングすることにより、字形の変動に強くなることを確認している。方向変化特徴とは、何処でどの方向に筆記方向が変化しているかを表す特徴であり、今まで統計的手法で用いて有効性を示した例はない。また、ペンがアップしている区間を仮想的な直線（仮想ストローク）で補ってから方向変化特徴を抽出することにより、続け字などの画数変動に強くなることを確認している。公開筆記文字

データベース (HANDS-kuchibue\_d-96-02) を用いた認識実験の結果、方向性特徴だけを用いた手法と比較して、77.89%から 86.32%に認識率が向上し、有効性を示している。

以上、本論文は、ペンで容易に文字列を入力できる環境を実現することを目指し、物理的特徴と文字認識、言語処理結果を適切に融合した文字切り出し手法、方向性特徴と方向変化特徴を融合した文字認識手法がその実現に有効であることを示したものである。