

氏 名	大 町 真 一 郎
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学位授与年月日	平成 5 年 3 月 25 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項
研究科,専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 情報工学専攻
学 位 論 文 題 目	高速高精度文字認識システムに関する研究
指 導 教 官	東北大学教授 阿曾 弘具
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 阿曾 弘具 東北大学教授 野口 正一 東北大学教授 丸岡 章

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 序 論

文書を自動的に読み取り,計算機の内部コードとして文字を効率的に計算機に取り込む光学文字読み取り装置(OCR: Optical Character Reader)の実用化において,認識に時間がかかること,認識結果に多くの誤りがあることなどの問題が残されていた。本論文では文字認識における認識速度,認識率の2点を改善し,高速・高精度文字認識システムを構築するための方法を提案している。高速化のために文字認識に必要な処理を効率的に行うことができるシストリックアレーを設計している。高精度化のために文字の品質を判断し,品質によって手法を変えるアルゴリズムを考案している。

第 2 章 文字認識用シストリックアレー

方向線素特徴量はパターン整合法による活字文字認識手法のための特徴量として考案され,構造情報を持つ,計算が比較的容易である等の理由から様々な実験が行われており活字だけではなく手書き文字認識においても良好な結果が得られている。そこで本章では文字認識における特徴量として方向線素特徴量を取り上げ,この特徴量を用いたパターン整合法である連想整合法を個々の文字の認識の手法として用いた文書認識システムを構築することを目的とし,文書認識処理を高速に行うためのアーキテクチャを提案している。

まず方向線素特徴量を用いた文書認識アルゴリズムについて述べた。文書認識には様々な処理が必要になり,それぞれの処理ごとに個別のプロセッサ開発したのではコストの面で問題があり,似

た処理には共通に利用できるプロセッサが望ましい。文書認識に必要な様々な処理は大きく数値処理・イメージ処理に分類できる。数値処理は、行・文字位置検出や傾き検出等の（処理量は少ないが）複雑なアルゴリズムを必要とするものと、評価値計算・ソーティング等の（処理量は多いが）単純な処理からなるものに分けられる。そこで前者をファームウェアとして実現し、後者を各種の専用プロセッサを組み合わせた並列処理機械として実現した。処理の性質により速度的に十分実用に耐えられるものとなっている。

イメージ処理に属する処理は、大きく次の2つのタイプに分けられる。一つは全体の画素数や線密度といった大局的な情報を利用するものであり、もう一つは各画素のまわりの局所的な情報のみを利用するものである。両者について画像の幅に相当する数のセルからなる一次元のシストリックアレーを新しく設計した。セル構造およびセル間の接続は若干異なり、前者のセルはALU、RAM およびいくつかの数値格納用レジスタから構成され、後者のセルは画像入力用のシフトレジスタ、出力用レジスタおよび参照表から構成される。これらのシストリックアレーを用いることにより、逐次処理計算機では実現できない高速処理が可能になる。

第3章 認識システム SEIUN

本章では、前章で述べたアーキテクチャをもとにして開発した、イメージ型処理と論理型処理とを統合した文字認識システム SEIUN (Systolic Elaborated Intelligent Ultra-high-speed Neosystem) について述べている。このシステムはホスト計算機・光学式イメージスキャナ・イメージ型情報処理部から構成される。ホスト計算機とイメージスキャナは既存のものを用い、イメージ型情報処理部を新たに開発した。本章で、まずイメージ型情報処理部の構成を示し、単独での文字認識性能（大分類の性能）を明らかにしている。次にシステム全体の動作を述べ、その動作のために不可欠なソフトウェアの開発について述べている。さらに実際に本システムで様々な文書の認識を行って、性能評価をしている。本システムでは200文字/秒の高速性と高品質の文字では認識率99.9%の高精度性が達成されることを示した。本システムの単語音声認識システムとしての機能についても述べた。

第4章 低品質文字の高精度認識法

印刷文字認識において、明瞭に印刷された高品質の文字に比べ、つぶれやかすれがある低品質の文字では文字のパターンが変わってしまい、誤認識をおこしやすくなる。方向線素特徴量は細線化を施して求めるので、特につぶれの影響は大きい。そこで本章では、低品質文字として特に「つぶれ」のひどい文字を取り上げ、高精度化の手法を提案している。

つぶれのある画像の場合にも、一文字の全領域がつぶれているということは少なく、つぶれが生じている領域以外はその文字の本来の特徴をよく表していることが多い。その場合、つぶれた部分のみが全体に悪影響を及ぼす。すなわち、つぶれない部分はそこから得られる特徴量はその部分の本来の特徴をよく表している（信頼性が高い）が、つぶれた部分から得られる特徴量はその部分の本来の特徴を表していない（信頼度が低い）。このような観点から、本章ではまず未知入力パター

ンの各部分のつぶれの程度（以下「つぶれ度」と呼ぶ）を定量化する手法を与えた。つぶれ度は細線化の過程で求める。細線化の方法としては、線幅が2ドット以上のとき、それを輪郭から1ドットずつ削り、最終的に線幅が1のイメージを得る方法を採用している。通常の細線化では、線幅1の画像をえることを目的とするわけであるが、ここではつぶれの程度を求めることを目的とするので、印刷文字が本来一定の幅の線で構成されていることに注目し、削る回数に上限（以下、「細線化回数」と呼ぶ）をもうける。そうすると、つぶれていない文字は全領域が完全に細線化されるが、つぶれた文字はつぶれた部分の線幅が1にならずに残る。そこで、細線化回数を適当に設定しておき、未知入力パターンの部分領域ごとに残った黒画素の数をその領域のつぶれ度とする。

次に、つぶれ度を用いた低品質文字の認識に有効な2つの手法を提案した。一つは部分マスクング法である。これは未知入力パターンからつぶれた部分を検出し、つぶれた部分を除いて標準パターンと比較するという手法である。この手法では入力された文字に対して前処理の過程で細線化が終了したかどうか（線幅が1の画像が得られたかどうか）のチェックを行う。終了した場合はすべての領域を用いて特徴抽出・候補選出を行う。終了しなかった場合はその文字をつぶれた文字とみなし、細線化後の画像をもとに各領域のつぶれ度を求め、つぶれ度がある閾値以上の領域をつぶれた領域とみなす。そして、つぶれた領域とみなされなかった領域のみを用いて特徴抽出・候補選出を行う。

もう一つは重み付け法である。これは、未知入力パターンの各部分のつぶれ度をもとに各部分の信頼度を定め、信頼度に応じた重み付けを行うものである。つぶれが起こる原因は二種類に分類できる。一つは文字の構造（線密度等）により決まった位置に生じるものであり、もう一つはスキヤナの読み取りや、コピー、ファクシミリによる転送などの際に生じる偶発的なものである。前者の原因に対する重みはあらかじめ多くのサンプルパターンをもとに統計的に求めておく必要があり、従来手書き文字認識に有効とされていた特徴量の分散をもとにして定める。また、後者の原因に対する重みは認識対象となる各未知入力文字ごとに定めるもので、各部分領域ごとのつぶれ度を求め、予備実験で定めたつぶれ度に対する信頼度に応じた重み付けを行う。

本手法の有効性を確かめるために、認識実験を行った。実験対象として2.1mm角から4.2mm角の小さな印刷文字をファクシミリで転送して劣化させたものを用い、従来法と比較した結果、両手法とも特に品質のよくない小さな文字で認識率が向上することが分かった。特に重み付け法では認識率が大幅に向上した。また、つぶれ度による重みは方向線素特徴量用に開発したものであるが、若干の変更を加えることで他の特徴量にも適用できる。特に、この重みを単純類似度法に適用し、重み付きの単純類似度としたものが認識率が最高となることが実験結果より明らかになった。実験対象としたサンプルの中には従来は文字認識の実験で取り上げられることのなかった人間でも判別が難しい低品質文字も含まれているが、本手法はこのような極端な低品質文字に対してもある程度の認識を可能にするものである。

第5章 高品質文字の類似文字識別法

高品質の文字は低品質の文字と比べて認識率は高いが、類似文字において誤認識することが多い。

さらに認識率を上げるためにはこの類似文字間の識別を高精度に行う必要がある。

本章では、類似文字識別の一手法として部分パターン法を提案した。まず大分類として方向線素特徴量を用いてユークリッド距離を評価値として候補を絞り込み、上位の候補文字に対してこれらが類似文字と判断された場合にこれら2文字を識別するための領域（以下「識別領域」と呼ぶ）のみに限定して整合性を調べる。整合性の尺度としては「相違量」を提案した。相違量を求めるために、あらかじめ学習サンプルの各文字ごとにその正規化画像をすべて重ね合わせて黒画素数の平均をとったものを多値の形で保持しておき、辞書パターンとする。そして各識別領域ごとに、辞書パターンを k 倍したイメージと未知パターンを正規化したイメージについて、これらの二乗誤差が最小となるように k を定めたときの二乗誤差の値を相違量と定義する。

識別領域を定めるときもこの辞書パターンを用い、次のように定める。まず、識別対象とする2文字の辞書パターンを取り出し、各領域ごとに2文字のドットパターン間の距離を計算する。そして、距離の値の大きい領域から順に識別領域とする。識別領域として n 領域を用いる場合は、距離の値の大きい順に n 領域を識別領域とする。

部分パターン法の性能評価のため、4.2mm角・5.1mm角の比較的大きな印刷文字を用いて認識実験を行い、仮名を用いた実験で類似文字識別を行わない場合に比べて誤り数を1/4程度に減らすことができ、従来の詳細識別法と比較しても1/2に減らすことができることを確かめた。実際の文書では仮名文字が約半数を占めるので、仮名文字を正確に認識することで文書全体としての認識率は大幅に向上する。漢字を用いた実験で詳細識別を行うことで誤り数を1/3に減らすことを確かめている。従って本手法が文書全体の認識率を上げることに有効な手法であることを示している。

第6章 品質を考慮した文字認識手法

第4章で述べた重み付きの単純類似度を用いた手法は非常に時間がかかる上、つぶれの少ない高品質の文字に適用した場合には逆に認識率が下がることが分かった。また、第5章で提案した類似文字識別法も、時間がかかる上につぶれの多い文字ではその文字本来の特徴が得られず、効果的に働かない。これらの問題点を解決するため、本章では、読み取られた文字の品質を判断し、品質に応じた認識手法を用いるアルゴリズムを提案した。品質の判断の基準としては、第4章で述べたつぶれ度を用いる。品質を判断して低品質文字のときは方向線素特徴量を用いた識別の代わりに重み付き単純類似度を用いた識別を行い、高品質文字では大分類の後に相違量を用いた類似文字識別法を付加する。様々な品質の文字を用いた認識実験により、認識率90.4%が得られることを示し、その有効性を確かめた。

第7章 高速高精度文字認識システム

本章では、前章までの検討をもとに、将来的な課題も含めて新たな高速高精度文字認識システムを提案している。認識システム SEIUN は速度の面では十分であるので、新たなシステムは、SEIUN の高速性はそのままにし、高精度化のための機能を付加する形で構築している。高精度化のために付加する機能としては、第4章から第6章までに述べた高精度化のアルゴリズムのハード

ウェア化, レイアウト解析の機能, 文脈情報・単語情報の利用, ユーザインタフェースの開発, 認識用辞書の変更を容易にするための機能などについて述べた。

第 8 章 結 論

本章では本論文を総括し, 本研究の成果を述べた。

審査結果の要旨

文字認識は、大量の文書の電子化に必要な基礎的な技術で、古くから活発な研究が展開されてきた。しかし、認識の高速化や高精度化に関する基礎的検討が不十分であるために、未だに高度の実用に耐える認識システムを得るには至っていない。著者は、文字認識システムの高速化と高精度化にかかわる諸問題について研究し、高性能な認識システムを考案した。本論文はその成果をまとめたもので、全編8章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、従来のパターン整合法による文字認識に必要な処理が3つのタイプに分類できることを示し、それぞれのタイプに適した並列処理アーキテクチャを提案している。これは従来の汎用機では実現できない高速な処理を可能にするものである。

第3章では、第2章のアーキテクチャをもとに実現したイメージ型文字認識システムについて述べている。各種実用文書に対してこのシステムの性能評価実験を行い、高品質文字を対象とした場合、認識速度毎秒約200字、認識率99.9%を達成できることを示し、その有用性を実証している。

第4章では、誤認識の原因となる文字のつぶれを分析し、その結果に基づいた新しい認識手法として部分マスキング法と重み付け法を提案している。つぶれの程度を表わす尺度を与え、文字のつぶれが文字の構造とノイズによるものに分類できることを明らかにするとともに、つぶれの多い文字を対象とした認識実験によりこれらの手法の有効性を検証している。

第5章では、高品質文字の誤認識が類似文字間で生じることに着目し、各類似文字の特徴を表わす部分を自動的に抽出し、その部分での差異を検出する部分パターン法を提案している。高品質文字に対する認識実験を従来法と比較して行い、誤認識文字数を、仮名については約1/4に、漢字については約1/3に減少できることを確かめている。これは高く評価できる。

第6章では、品質に応じて自動的に適切な認識手法を選択し適応する文字認識手法を提案している。ファクシミリ文書等のデータに対する認識実験を行い、認識率90.4%を得ている。これは、従来法を2~12%上回るもので、この手法の有効性を実証している。

第7章では、上に述べた個々の手法を組合せたものを高速高精度文字認識システムとして提案し、その有用性を述べている。

第8章は結論である。

以上要するに本論文は、文字認識の高性能化に係わる諸問題を検討し、新しい並列処理アーキテクチャと文字の品質に応じた認識手法を提案し、文字認識の高速化と高精度化を達成したもので、情報工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。