

学位論文題名

ウイグル文字認識に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、オンライン手書きウイグル文字認識とオフラインマルチフォント印刷ウイグル文字のセグメンテーションに関する研究の二つの部分から構成されている。ウイグル語は、アルタイ語系の言語で、アラビア語と類似の文字構造を持っている。本論文では、オンライン入力による手書きウイグル文字の認識手法の提案を行っている。オンライン手書き文字認識に関する研究はいままで多くの研究者の関心を集め、さまざまな角度からの提案がなされて来ている。手書き文字を認識するためには、筆記者による文字の個人差を取り除くという困難な処理がある。

更に、ウイグル文字は連結して書かれるのが一般的であるため、連結文字の分割も困難な作業である。本研究では、このような問題点に対処して、手書きウイグル文字認識のアルゴリズムを考案している。また、連結ウイグル文字の認識について、文字の分割と文字の特徴抽出を同時に行い、文字を大分類して階層的に文字を認識する方法を提案し、その有効性を検証した。

OCR システムにおける連結文字の認識では、文字を分割した後で認識する方法が用いられる。文字を正しく認識するには、文字の正しい分割が不可欠であり、文字の分割は印刷文字認識の高精度化を実現する際の最大の課題である。本研究では印刷ウイグル文字を対象として、文字サイズ、文字フォント変動に適應するウイグル文字分割法を提案し、四つの文字フォント_フを使って、その有効性を検証している。

本論文は、全部で6章から構成され、第1章では、ウイグル文字の特徴および本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、オンライン手書き文字認識の研究に関する歴史的経緯、諸アルゴリズム、および手書き連結文字の分割方法について述べている。

第3章ではオンライン手書きウイグル文字認識について述べている。デジタルタブレットから筆点座標が時系列信号として出力される。従って、筆記者ごとの筆記速度の差、筆点の時間的停留等が筆点座標系列の長さに大きな変動をもたらす。冗長な座標系列が入力データの処理に対して大きな影響を与えるため、本論文では筆記速度フィルタを用いて取り除く方法を提案した。具体的には、相隣り合う座標が決められた距離以下しか離れていない場合には、その座標を除き、運筆の間隔を一定にする。このとき停留点についてはマークしておく。ウイグル文字を構成するストロークは曲線からなり、また本研究では、文字の中で続け書きされる部分をメインストローク、他の部分をセカンドストロークと定義した。ストロークは連続的に方向性が変化することが多く、これを細かく量子化して、短い標本点間のベクトル列で表現しただけでは、筆記ごと、個人ごとの差が大きく、認識処理に適さない。そこで、本研究ではストロークの速度変化を考慮しながら、一本の方向指数で表現することで折れ線近似を行って、個人差を排除し、位相的な性質を保持するように形状の単純化を試みた。手書き文字の認識で一番問題になることは、人によって文字に個人差があることである。しかし、手書き文字はいくら変形しても、全筆記者が全く異なる書き方をするわけではなく、文字の基本的な特徴は同一字種内ではある程度共通している。本

研究では、各文字の必要要素と考えられる基本特徴をまとめた。これらは文字に無くてはならない部分であり、文字が変形されて書かれた場合であっても、これらの部分は保存される。本研究で定義した文字の特徴というのは、loop, cusp, hump, closure など文字の独特な部分と見られる部分である。これらの特徴部分はあらかじめ抽出、分類して文字特徴辞書を作成した。入力文字の分割と文字の特徴抽出は、特徴辞書とのマッチングによって同時に行う方法を提案した。また、抽出された文字の特徴によって、具体的な文字の確認を階層的に行う方法を提案した。まず、114個のアルファベットの構造、特徴等の条件に基づいて、アルファベットの大分類を行う。各文字は、 $U_{c(i)} = \{G(1..i..n), V1(0, 1, 2, 3), V2(0, 1, 2, 3), V3(0, 1)\}$ で表す。文字は文字分類法に基づき階層的に4段階の認識を行う方法を提案した。これらの方法により予備実験を行い、本研究で提案した方法が有効であることを定量的に示すことができた。

第4章ではオフライン印刷文字認識の研究に関する歴史的経緯、および印刷文字認識の従来方法を述べている。また、連結文字の切り出し方法について説明を加えた。最後に、パターンマッチング法、およびマルチフォント認識と今後の印刷文字認識の課題について述べている。

第5章ではマルチフォント印刷ウイグル文字の分割方法を提案している。連結文字認識の高精度化を妨げている最大の問題は、文字の分割の困難さである。本論文では、マルチフォントウイグル文字の分割については、次のような手順で行う方法を提案した。まず、前処理を行う。前処理では、斜めに入力された文字列の方向修正を Hough 変換によって行い、文字のベースライン、文字行、単語の抽出は文字の濃度度数の変化によって行う方法を提案した。

ウイグル文字のストロークは二つの部分に分れており、文字のボディ部分はメインストローク、他の部分はセカンドストロークと定義される。文字の分割は文字のメインストロークに含まれるベースラインに沿って行う。本論文では、ウイグル文字を三段のゾーンに分ける手法を提案した。具体的な方法は、まず文字の中間部分の濃度値の変化によって、すなわち、低濃度値から高濃度値への変化値のしきい値を抽出する。これは文字の中間部分の両側の臨界面である。ゾーンの分割はこの臨界面（しきい値）により行う。文字の第一ゾーンは文字筆跡のアップ、ダウンを表現するゾーンである。文字の位相的な特徴は主に筆跡のアップ、ダウン、すなわち文字の外部輪郭跡に関係している。文字の位相的な特徴の抽出は、文字の第一ゾーンの濃度値の変化により行う方法を提案した。具体的には、まず、文字の上臨界線の抽出によって、文字の第一段ゾーンの濃度値ヒストグラムを作成する。つぎに文字の速度変化によって第一次文字分割を行う。第一次分割には一部の文字が対応しないため、これらの文字を対象に準位相的分割法を提案した。具体的には、まず、これら第一次分割法に対応しない文字を検出して、文字の内部特徴について考察する。第一段ゾーンで出現する文字の突出部分の高さ、幅、隣接距離などのパラメータ間の関係により、これら文字の特徴パラメータ辞書を作成する。結局、本研究の分割法は、位相的分割と準位相的分割により行う方法である。文字は入力装置によっては品質が低下する可能性がある。文字の品質の低下に関わる主なものは、文字輪郭線に現れる細かい凹凸である。文字の分割に対して、これらの影響は無視できない。外部特徴を重視する位相的分割法ではこの影響は少ないと推測されるが、内部特徴を重視する準位相的分割法には多少影響がある。本研究では、この問題を解決するために、特徴パラメータ辞書の作成に際して、文字輪郭線の凹凸の影響を低減する目的でパラメータの値にある程度柔軟性を持たせ、ソフト的にマッチングできるような方法を提案した。

第6章は結論であり、本研究のまとめについて述べている。また、本研究で提案したオンライン手書きウイグル文字認識手法に対して、入力文字の略、特別なくずしなどの文字には正しく動作しない場合があること、およびマルチフォント印刷ウイグル文字の分割方法に対しては、対象文字の欠如、不完全な場合本手法は対応できないことを述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 青 木 由 直
副 査 教 授 栃 内 香 次
副 査 教 授 北 島 秀 夫

学 位 論 文 題 名

ウイグル文字認識に関する研究

オンライン手書き文字認識に関する研究は日本文、英文、中文等で多くの研究成果が報告されてきており、種々の方式や技法が提案されている。主要な言語では手書き文字認識技術は実用化の段階にあり、今後はその他の言語での実用化研究が行われていくものと予想される。いずれの言語の文字においても、手書き文字を認識するためには、筆記者による文字の個人差を取り除くという困難な処理があり、残されている問題点も多い。特に、ウイグル文字のような連結文字になると、手書きのみならず印刷体の文字認識においても、認識のための文字分割という高度な技法の処理がある。このような背景において、本研究では、まずオンライン手書きウイグル文字認識のために、手書き文字の個人差の取り除くことと、連結ウイグル文字の分割について方式の提案を行い、そのアルゴリズムを開発している。具体的には、曲線で表現されるオンライン手書きウイグル文字について、ストロークを直線近似のもとで方向指数により表現する方法を検討すると共に、連結文字の分割と文字の特徴抽出を同時に行う方法を提案している。この前処理を経て文字を大分類し、文字の認識は階層的に行う方法を採用している。OCRシステムを用いたオフライン処理での連結したウイグル文字の認識でも、認識処理の前段階として文字の分割法について検討している。印刷ウイグル文字を対象として行った研究では、文字サイズ、文字フォントの変動に適應するウイグル文字分割法を提案し、4つの文字フォントを使って、その有効性を検証している。マルチフォント印刷文字の分割については、文字を三段のゾーンに分けて行う手法を提案するとともに、文字の分割は位相分割法および準位相分割法を提案した。本研究における主要な成果は以下の点に要約される。

1) 考案したオンライン手書きウイグル文字認識アルゴリズムは、オンライン手書きウイグル文字認識における、前処理、特徴抽出、パターンマッチング処理を行う上で有効な方法であることを実験的に示した。

2) 曲線で構成されたウイグル文字を、ストローク毎に方向フィルタを用いて方向指数で表現することで、折れ線近似を行う方法を提案しており、個人差を排除して、位相的な性質を保持するようにして形状の単純化ができることを実験的に示した。

3) 文字の判別に不可欠な部分を文字の特徴と定義し、これらの特徴部分をあらかじめ抽出、分類して文字特徴辞書を作成する方式を提案した。その際、文字の分割を文字特徴抽出と同時にを行い、文字分割による2次誤差が生じるのを避ける方法について検討した。

4) 提案した階層的な認識方法では、文字の特徴によって、文字を大分類しており、文字認識過程では、4つの段階においてを行い、高速な処理システムを実現している。

5) マルチフォント印刷ウイグル文字の分割方法として、ノイズの除去後、傾きを持って入力された文字列の方向修正をハフ変換によりを行い、文字のフォント、サイズ変動に依存しない分割方法を案出した。

6) 文字をゾーンに分割し、文字の位相的な特徴を重視し、より容易に特徴を抽出できる方法について検討した。

7) 提案した文字の分割法では、文字の凹凸問題を解決できる位相分割法、および高精度的に分割を行う方法である準位相分割法との併用で、文字フォント、文字サイズの変動に対応できることを示し、連結文字の分割に対して有効な方法である点を実証した。

本論文で提案したオンライン手書きウイグル文字認識法とマルチフォント印刷ウイグル文字分割法に関しては、文字認識システム構築後の評価実験結果を基に、その有効性と実用性についての検討を行い、今後の実用化研究に関する具体的な基礎データを得ている。

以上、本研究は手書き及び印刷ウイグル文字認識において、続け書きや曲線を主体にしたウイグル文字の特徴に対処した処理法を開発することにより、ウイグル文字認識を実用化に近づけようとする目的で行った研究であり、有益な知見を得ており、情報メディア工学の進歩に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。