

# 論文審査報告書

氏名	ちん けんぐん 陳 建軍
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博知第11号
学位授与日	平成27年9月25日
論文題目	Research on Image Processing for Assisting the Visually Impaired to Access Visual Information (視覚障害者の視覚情報へのアクセスを補助するための画像処理技術に関する研究)
論文審査委員	(主査) 富山県立大学 教授 高木 昇 教授 中村 清実 教授 大島 徹 教授 松本 三千人 兵庫県立大学 教授 畑 豊

## 内容の要旨

視覚障害者は、日常生活において様々な視覚情報にアクセスすることを強く希望している。本論文では、視覚障害者の視覚情報へのアクセシビリティ向上を目指した画像処理技術の検討・開発を目的とする。特に、理数系科目を学習する際に使用する図へのアクセシビリティ向上に必要な画像処理技術、及びスマートホンを活用した視覚障害者支援のための画像処理技術の開発を行った。

2006年度に独立行政法人高齢・障害者雇用支援機構が公表した、視覚障害者雇用の拡大とその支援調査結果によると、毎年平均40名の視覚障害者が、大学や短期大学に入学している。また、これまで視覚障害者の受け入れ実績のなかった理工系学科へ、視覚障害者が進学しつつあることが報告されている。更に、視覚に障害を持った科学者や技術者が社会で活躍しつつあることを考慮すると、視覚障害者が理工系の大学や企業へ活躍の場を求めていくことは、今後益々増えると予想される。一方、2014年に発表された電気普及通信財団の研究調査報告書によると、視覚障害者の約30%がスマートホンを利用している。この報告書によると、視覚障害者の期待するアプリケーションとして、外出時の歩行支援が上位に位置しており、スマートホンを使用した視覚障害者支援が今後重要になると考えられる。

このような背景の下、視覚障害児・生徒の学習を支援するために、図やグラフを触図(図の表面に凹凸を付けて触って理解できる図)として容易に提供できる環境整備が必要であること、及びスマートホンの活用を前提にした視覚障害者の歩行や視認を支援する技術開発が重要であると考えられる。そこで、本研究では、視覚障害者支援に関する画像処理技術の研究開発を目的として、次の3つの課題を設定した：(1) 視覚障害児・生徒の学習支援のための触図作成支援システム開発を目的とした数学グラフ認識

技術の開発；(2) コンピュータ操作に不慣れな晴眼のユーザでも操作し易い，ユーザフレンドリーな触図作成支援システムの開発に必要な画像処理技術の検討；(3) スマートホンを活用した視覚障害者の視認支援システムの開発を目指した情景画像からの文字列抽出技術の開発。

本論文は6つの章から構成されている。第1章では本研究の背景および目的，第2章では視覚障害者に視覚情報を提示する際，一般的に用いられる触図について述べられている。第3章では，数学グラフの触図作成支援システム開発を目的として，数学グラフ認識の新しいアルゴリズムが提案されている。第4章では，コンピュータ操作に不慣れな晴眼のユーザでも操作し易い触図作成支援システムの開発を目指し，手書き図形認識技術を使った触図作成支援システムの試作とそのユーザビリティ評価が述べられている。第5章では，スマートホンを活用した視覚障害者の視認支援システムの開発を目指した情景画像からの文字列抽出技術の開発とその抽出精度が述べられている。第6章で本論文をまとめている。

第3章では，数学グラフの触図作成支援システム開発を目的として，数学グラフの自動認識技術を開発した。グラフ認識に関する先行研究は既に存在する。しかし，いずれの研究も，例えば，座標軸が矩形状に描かれ，かつグラフがこの矩形内に描画されなければならないなど，グラフの構成に強い制約が仮定されている。そこで，本研究では，実用的な数学グラフ認識技術開発の目的から，高校や大学で使用される数学の教科書に掲載されるグラフを認識対象とした。認識対象とした数学グラフの主な特徴をまとめると，次の4つに集約される：(1) グラフの周辺に文字，文字列，数式が含まれることがある；(2) グラフが様々な破線で描かれることがある；(3) 数式や文字列が傾いて記述されることがある；(3) 座標軸とグラフの位置関係に制約はない。このような教科書に掲載されている数学グラフに対して，グラフ成分（グラフや座標軸）の分離・抽出，文字列・数式の分離・抽出をする画像処理技術を開発した。この技術により，グラフ成分は Scalable Vector Graphics (SVG) などのベクター画像へ変換可能となり，更に，文字列や数式は既存の技術で点字へ自動翻訳可能となる。即ち，数学グラフの触図を，教科書の図から自動で作成するシステムを開発するための要素技術が整ったことになる。40枚の数学グラフのビットマップ画像を用いて，開発した手法が有効性を計算機実験により検証した。実験結果の概要を以下に述べる：(1) グラフ成分と文字・数式成分をほぼ正確に分離できていた；(2) グラフ成分は，関数ごとに分離・抽出ができていた。；(3) 実線で描画されたグラフも様々な破線で描画されたグラフも精度良く分離・抽出できていた；(4) 高精度に文字列・数式の分離・抽出ができていた。

第4章では，コンピュータ操作に不慣れな晴眼者でも操作し易い，ユーザフレンドリーな触図作成支援システムの開発に必要な画像処理技術を検討した。視覚障害児・生徒が物理学や化学，生物学を学習する際にも触図の利用は必須である。しかし，この場合，図を自動認識し触図を作成するシステム開発はほとんど不可能である。なぜならば，物理学や化学，生物学で使用する図の多くは，図の構成が複雑である，漫画風に描画されている，或は写真が使われているなどの理由により，そのまま触図にしても複雑で触察できない，或は，写真など触図原稿として相応しくない図が多いからである。即ち，これらの図は，触察に適した線図形で触察可能なまでに単純化した構成に作図し直さなければならない。更に，盲学校の教員やボランティアが主に触図を作成するが，彼らの多くはコンピュータ操作に不慣れである。以上，触図原稿は改めて作図し直さなければならないこと，及び触図作成者はコンピュータ操作に不慣れであることを考慮すると，ユーザフレンドリーな触図作成支援システムの開発が必要である。そこで，紙と鉛筆による手書き原稿からの触図作成が便利ではないかと考え，本研究では，手書き図形認識技術を開発し，開発した手書き図形認識技術を用いて触図作成支援システムを試作した。このシステムでは，

ユーザは紙と鉛筆で触図原稿となる線図形を作図する。その後、イメージスキャナなどで触図原稿のビットマップ画像を取得し、開発した手書き図形認識システムを用いて触図原稿のSVG、またはエーデル（国内で広く普及している点図の作図エディタ）のファイルを作成する。この際、手書き図形は触察し易いように整形される。手書き図形認識には、ファジィ推論による知識処理やSupport Vector Machineによる機械学習などを応用している。計算機実験の結果、認識精度は約98%であった。開発した触図作成支援システムのユーザビリティを評価するため、触図原稿を作図する2つの作図ソフト（PowerPointとエーデル）との比較評価実験を行った。この実験には、13名の健常者（平均年齢20歳、男性12名、女性1名）が被験者とした参加した。13名の被験者は日頃からコンピュータを使用しており、PowerPointの使い方にも長けていた。どの被験者もエーデルの使用経験はなかった。被験者の主観評価の結果、PowerPointやエーデルと比較して、本システムによる触図原稿作成が有意に簡単であるという統計的結果を得た。この結果は、触図作成支援システムのユーザインタフェースに必要な要素技術の方向性を示唆している。

第5章では、スマートホンを活用した視覚障害者の視認支援システム開発を目的として、情景画像からの文字抽出技術の開発を行った。2014年に発表された電気普及通信財団の研究調査報告書によると、視覚障害者の約30%がスマートホンを利用して、期待するアプリケーションとして外出時の歩行支援が上位に位置している。そこで、本研究では視覚障害者がスマートホンを利用して気軽に情景画像を撮影できることに着目し、情景画像からの文字抽出技術の開発を行った。情景画像の文字の多くは看板に記載されていること、更に看板の背景は単一色で輝度値の変化が少ないことに着目し、数学的モルフォロジー演算による均質領域抽出アルゴリズムを提案した。提案したアルゴリズムでは、看板領域を精度良く抽出できるため、文字抽出を看板領域に限定することで高精度な文字抽出を実現するものである。看板領域に影などのノイズの少ない情景画像100枚（実験1）、看板領域にノイズの多い情景画像50枚（実験2）、実験1と実験2を合わせた情景画像150枚（実験3）で、本手法による文字抽出精度を計算機実験により確認した。その結果、実験1では適合度が94.3%、再現率が91.4%、実験2では適合率が77.0%、再現率が65.5%、実験3では適合率が82.6%、再現率が88.9%であった。この抽出精度は先行研究（適合率82.5%、再現率78.8%）と比較しても遜色のない精度であることが確認された。また、看板領域に影などのノイズが少ない場合には、非常に高い文字抽出精度であることが確認できた。

第5章では、結論及び今後の課題について述べている。

## 審査の結果の要旨

視覚障害者にとって、点字図書やデジタル録音図書などが整備されているため言語情報へのアクセスは容易であるが、視覚情報へのアクセスは極めて難しい。本研究では、視覚障害者が視覚情報へアクセスするための画像処理技術を検討することで、視覚障害者の社会活動支援に貢献をすることを目指している。本論文では、視覚障害者が使用する触図（図の表面に凹凸を付けて触って理解できる図）の作成支援、並びに視覚障害者の視認支援に着目し、以下に述べる視覚障害者のための画像処理技術を検討・開発した。

第1に、数学グラフの触図作成支援システム開発を目指し、数学グラフの自動認識技術の開発を行った。既存のグラフ認識アルゴリズムでは認識対象のグラフに強い制約を仮定しているため、高校数学の教科書に掲載されている数学グラフの認識ですら困難である。そこで、本研究では、高校や大学の数学教科書に掲載されるグラフを対象としたグラフ認識アルゴリズムを新たに開発した。ここでの技術は、例えば、数学参考書の点字翻訳の能率化に役立つ。チャート式数学の点字翻訳では、90名のボランティアが約1年の歳月を費やしたが、本技術の応用で点字翻訳期間の大幅な短縮が期待できる。

第2に、手書き図形認識を用いた触図作成支援を検討した。一般に、晴眼者向けの図の多くは複雑でコンピュータの自動認識を用いた触図作成支援システム開発は困難である。また、触図は、図の構成や内容を触察可能なまでに単純化する必要がある。つまり、触図の原稿は改めて作図し直さなければならないことが多い。本研究では、手書き図形認識技術を開発し、手書き入力インタフェースを持つ触図作成支援システムを試作した。試作したシステムと市販の作図ソフトのユーザビリティ評価を実施し、手書き入力インタフェースの有効性を検証した。ここでは、コンピュータ操作に長けた13名の被験者の協力を得て、主観評価を行った。その結果、使い慣れた作図ソフトと比較しても手書きによる触図作成が有意に簡単であるという実験結果を得た。このことは、今後、触図作成支援システム開発に必要な要素技術の方向性を示唆している。

最後に、視覚障害者の視認支援を目的として、情景画像からの文字抽出技術の開発を行った。本研究では、数学的モルフォロジー演算を応用した画像の均質領域抽出アルゴリズムを提案し、このアルゴリズムを看板領域抽出に適用することで高精度に看板の文字列抽出する技術を開発した。看板領域に影などノイズの少ない情景画像100枚（実験1）、看板領域にノイズの多い情景画像50枚（実験2）、実験1と実験2を合わせた情景画像150枚（実験3）で、本手法による文字抽出精度を計算機実験により確認した。その結果、実験1では適合度が94.3%、再現率が91.4%、実験2では適合率が77.0%、再現率が65.5%、実験3では適合率が82.6%、再現率が88.9%であった。実験に使用した画像は異なるが、先行研究と比較して認識精度が向上した結果を得た。

以上、本論文は、研究の方法論・研究手法、得られた結果とその解釈が適切であり、的確な文章表現が与えられている。その研究の方法・結果には独創性が認められ、その成果は福祉情報工学の諸分野、特に画像処理に立脚した福祉情報工学分野に価値が認められ、視覚障害者の社会活動支援への貢献が期待される。本論文に関連する発表論文は3編であり、すべて申請者が筆頭著者である。

平成27年7月27日に博士論文の審査及び最終試験を実施し、申請者は当該分野に関して博士としての十分な学識と独立して研究を遂行する能力を有するものと判定し、本論文は博士（工学）の学位として合格であると認められた。