

学 位 論 文 題 名

A Study on the Fast Extraction of Straight Lines
from Digital Images and its Application
to the Extraction of Circles and Ellipses

(ディジタル画像からの高速直線抽出とその円および
楕円抽出への応用に関する研究)

学位論文内容の要旨

本論文はディジタル画像からの高速直線抽出とその円および楕円抽出への応用に関する研究結果をまとめたものである。

最近のコンピュータ技術の急速な進歩に伴って、さまざまな関連分野への応用が要求されている。その一つの分野である画像認識はコンピュータに人間の役割を代行させるために、与えられたディジタル画像を解析して、実世界シーンの情報を得ることを目的に行なわれる研究である。2 値化されたディジタル画像からシーンに関する情報を獲得するためには、画像中の特徴点である輪郭線上の画素がよく用いられる。これらの画素から得られる座標値や勾配などを利用することによって実世界のシーンの解析が試されている。画像中に含まれている直線や円、楕円のような曲線を解析することは、画像中のシーンを理解するための重要な前処理である。

一般的によく用いられる従来手法として Hough 変換が挙げられる。Hough 変換は画像中の画素が正弦曲線としてパラメータ空間へ変換されることより、正弦曲線の間の交点から生じる累積値より直線のパラメータを判別する手法である。この手法はその後の研究によって、円、楕円などの解析的な曲線、さらに任意の図形を画像から検出するアルゴリズムへと拡張されてきた。

しかし、Hough 変換は全ての画素によって処理が行なわれるので処理時間が長いという欠点がある。また、離散化されたディジタル画像に適用する場合には、量子化誤差やパラメータ設定など多数の問題点も現れる。

本論文では、ディジタル画像が多数の正方形の画素の規則的な配列で構成されているという観点に立つ。その際、2 値化されたディジタル画像上の輪郭線が、連結された画素の配列 (以下では線分と呼ぶ) であることに着目する。その際に、元になるアナログ直線の傾きに対応して線分は 4 方向に分類される。また、各線分の方角に基づいて現れるディジタル直線の範囲も傾きによって制限できる。区分した範囲内に存在する線分を追跡することによって、簡単にディ

デジタル直線を抽出できる。

本手法は、予めデジタル画像上に現れるデジタル直線を考察することより量子化問題を解決し、古典的なパラメータ空間への投票方式を使わず高速に直線を抽出する手法である。また、雑音存在下でも長短いずれの直線も高精度に抽出が可能であり、処理速度も従来手法に比べて最大で数百倍速い。

本論文で提案する直線抽出手法は、円、楕円のような曲線抽出にも応用可能である。直線抽出手法は短い直線の抽出も可能である。円、楕円のような曲線は、短い直線として高精度の表現ができる。また、四つに区分した範囲から直線抽出が可能であるので、円抽出においても各範囲内の円弧上の画素から短い直線を抽出する。抽出された直線の集まりに対して最小2乗法により円弧を当てはめる。全体の抽出された円弧の統合によって簡単に円抽出ができる。楕円抽出においては、まず楕円は部分的に円弧として現れることに着目し、円抽出と同様な手順で楕円抽出を行う。

以上で概説した提案手法を用いることにより、入力画像の背景が複雑で、かつ、雑音が含まれても従来手法より高速かつ安定に直線、円、楕円の抽出を行うことができる。

第1章は序論であり、本研究の背景及び目的について説明する。続いて第2章で、直線抽出に関する従来手法の問題点について述べる。第3章では、本研究において基本概念であるデジタル画像において生じる4方向の線分について述べ、提案手法の有効性を実験結果から確認する。第4章では、円抽出の従来手法について問題点を指摘し、改善策について述べる。第5章では、直線抽出の手法に基づいた円抽出に関して説明し、実験結果からその有効性を確認する。第6章では、楕円抽出の従来手法について問題点を指摘し、複雑な背景からも安定に楕円が抽出できる手法を提案する。最後に第7章では、論文全体のまとめとして本研究の成果および将来への展望について述べる。

以上を要約すると、本論文においては、まず、デジタル画像の特性を考察することにより、線分を4方向に分類する。分類法を用いて、各方向の線分を探索および追跡して高速に直線を抽出する手法を提案する。それによって、以前ではできなかった短い直線を用いる円および楕円抽出への応用も可能であることを示す。従来手法に比べて提案する手法は、処理時間、パラメータ設定の柔軟性、精度等において優れていることを示す。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 北 島 秀 夫

副 査 教 授 青 木 由 直

副 査 教 授 荒 木 健 治

副 査 助 教 授 長 谷 山 美 紀

学 位 論 文 題 名

A Study on the Fast Extraction of Straight Lines from Digital Images and its Application to the Extraction of Circles and Ellipses

(デジタル画像からの高速直線抽出とその円および
楕円抽出への応用に関する研究)

本論文は、デジタル画像から高速に直線を抽出する方法と、その円および楕円抽出への応用に関する研究結果を述べている。

画像認識は様々なコンピュータの高度利用が進行する中であって、未だ人間の能力に比べてコンピュータが格段に劣る領域である。現実には、一気に認識という高度な処理を行う前に、画像中に含まれる幾何学的な特徴を抽出す過程が必須である。本論文は、画像に記録された物体、特に人工物を構成する直線、曲線等を確実に抽出して、その物体の特徴として捉える方法に関して著者が行った研究結果を述べている。このような研究課題の設定は極めて妥当である。

本研究の特筆すべき点は、処理対象である画像がデジタル画像であることを正面から捉えることある。ここで、デジタル画像とは、離散的な、有限個の画素の規則的な配列を意味する。著者は、デジタル画像から、座標値の連続性を暗黙に仮定した、伝統的な幾何学における直線、曲線成分を抽出する方法を研究し、その結果を述べている。論文で説明されている方法、結果は極めて興味深く、有効性が高いと判断される。

これに対し、一般的によく用いられる従来手法として Hough 変換が挙げられる。Hough 変換は画像中の画素が正弦曲線としてパラメータ空間へ変換されることより、正弦曲線の間の交点から生じる累積値より直線のパラメータを判別する手法である。この手法はその後の研究によって、円、楕円などの解析的な曲線、さらに任意の図形を画像から検出するアルゴリズムへと拡張された。Hough 変換は全ての画素に対して処理が行なわれるので、処理時間が長いという欠点がある。また、現実にはデジタル画像に対して適用されるので、量子化誤差やパラメータ設定など多数の問題点を抱えている。

本論文では上で述べたように、デジタル画像が多数の正方形の画素の規則的な配列で構成されているという観点に立つ。その際、2値化されたデジタル画像上の輪郭線が、連結された画素の配列(以下では線分と呼ぶ)であることに着目する。著者は、元になるアナログ直線の傾きに対応して線分は4方向に分類されること、各線分の方角に基づいて現れるデジタル直線の範囲も傾きによって制限できること、区分された範囲内に存在する線分を追跡することによって簡単にデジタル直線を抽出できることを明らかにした。

本論文で著者が提案する直線抽出手法は、円、楕円のような曲線抽出にも応用可能であり、著者は次のような方式を述べている。曲線は、短い直線として高精度の表現ができ、提案されている直線抽出手法は短い直線の抽出も可能である。また、4方向に区分された範囲から直線抽出が可能であるので、円抽出においても各範囲内の円弧上の画素から短い直線を抽出する。抽出された直線の集まりに対して最小2乗法により円弧を当てはめる。全体の抽出された円弧の統合によって簡単に円抽出ができる。楕円抽出においては、楕円は部分的に円弧として現れることに着目し、円抽出と同様な手順で楕円抽出を行う。

著者の提案手法を用いることにより、座標値の量子化誤差問題を解決し、入力画像の背景が複雑で、かつ、雑音が含まれても従来手法より高速かつ安定に直線、円、楕円の抽出を行うことができることに高い評価を与える。なお、高速性は、パラメータ空間への投票を行う必要がないことにより実現されている。

具体的な論文構成としては、まず、著者は第1章の序論において、本研究の背景及び目的について述べた。内容には過不足は無いと判断される。続いて第2章で、直線抽出に関する従来手法の問題点について述べる。記述内容は正確である。第3章では、本研究において基本概念であるデジタル画像において生じる4方向の線分について述べ、提案手法の有効性を実験結果から確認した。第4章では、円抽出の従来手法について問題点を指摘し、改善策を述べた。第5章では、著者提案の直線抽出の手法に基づいた円抽出に関して説明し、実験結果からその有効性を確認した。第6章では、楕円抽出の従来手法について問題点を指摘し、複雑な背景からも安定に楕円が抽出できる手法を提案した。第3章から第6章に至る論文内容は、精密な実験結果に裏付けられた主張であると評価する。最後の第7章では、著者は論文全体のまとめを行い、本研究の成果および将来への展望について述べた。

以上を要約すると、著者は本論文においてデジタル画像中の線分の性質の精査結果に基づき、線分の探索・追跡による高速直線抽出法を提案し、更に、その円および楕円抽出への応用をも示し、それらが従来手法に比べて処理時間、精度等において極めて優れていることを示した。これらの研究を通じて情報メディア工学、画像工学への貢献が大きいので、著者は博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。