博士（工　学）　ゲイツ　ジョン　ウェイド

学 位 論 文 題 名

A Study on the Extraction of Lines and Curves from Images and its Application to Image Classification

（画像中の直線および曲線成分の抽出とその画像分類への応用に関する研究）

学位論文内容の要旨

画像には様々な内容の情報が含まれる．コンピュータによる画像処理の中で，画像認識は究極の課題と考えられる．画像データ圧縮，画像復元等の他の画像処理分野においては，処理原理，処理ハードウェア両面にわたる研究開発の成果は目覚しく，コンピュータ処理は実用域に入ったと言える．これに対して画像認識問題は未解決の課題が多い．画像認識は，画像からの特徴の抽出と，それを用いた画像分類との２段階に分けて捉えることができる．抽出された特徴の分類法に関する研究成果の集積は大きいが，有用な特徴を見極め，抽出法を策定する部分が依然として未解決である．本論文は，高速の画像特徴抽出問題を論ずる．

高速の特徴抽出の利用範囲は広い．高速の抽出手法は車両の安全運転補助への応用が可能である．例えば，車同志の衝突を予測し，運転者に警告することである．また，警察が動く車両から登録番号標を抽出する．別の応用としては，画像分類が挙げられる．例えば，衛星写真から環境監視，廃棄物不法投棄の監視に有用である．探査衛星からは大量の画像データが地上に送信される．高速処理できなければ，画像データが単に蓄積され，その山が毎日大きくなるだけである．医学画像，指紋画像，防衛目的の画像等の処理においても，処理速度が問題になる場合は多い．

一番簡単な特徴は画素濃度である．画素濃度を正確に把握するために，様々なフィルターや変換が発表された．画像認識のためには，画素濃度よりも複雑な特徴の抽出が求められる．画像のエッジ画素は，画像中の物体形状を把握するために重要である．エッジ抽出において多くの問題が起こる．例えば，濃度が緩慢に変わるエッジは抽出し難い．この問題に対しては，過去に多くの研究発表がある．

直線の抽出はエッジ画素抽出より難しい．普通の画像に完璧な直線は殆ど無いので，近似により直線を抽出しなければならない．更に，普通の画像には複雑な形状の物体が含まれ，雑音までが存在するので，直線抽出は決して容易で

はない．そのために，従来手法は最初にエッジ画素を抽出し，そのエッジ画素を組合わせて直線を抽出する．この手法には問題がある．エッジを抽出する時の誤差が，直線を抽出する手法に影響する．

本論文では，直線を抽出する新しい高速アルゴリズムを提案する．この直線抽出アルゴリズムの特徴は前処理を使わないことである．従来手法は直線を抽出する前にエッジを抽出し，この結果から直線を抽出する．これに対して提案手法は，画像から直接に直線を抽出する．提案手法は，高精度で，従来手法より何倍も速い．

まず第 2 章で，従来のエッジと直線を抽出するアルゴリズムを説明する．Hough 変換は従来手法の中で一番簡単．高精度であることから，直線抽出にしばしば用いられるアルゴリズムである．この章で Hough 変換を詳しく説明し，その利点と弱点を示す．

第 3 章では，新しい前処理を使う直線抽出アルゴリズムを提案する．このアルゴリズムは前処理なしアルゴリズムと従来アルゴリズムの間にかかる橋のような手法である．提案手法の特徴は，エッジ画素と非エッジ画素とを使う．この手法は従来手法よりも高速であることを示す．

第 4 章は，第 3 章の内容を自然に発展させたものである．第 3 章ではエッジと非エッジ画素とを使って．高速直線を抽出する手法を述べる．もし元画像の全部の画素を使えば．より高精度，より高速の直線抽出が可能な手法を得るのではないかとの見通しのもとで得られる手法を，本章で提案する．このアルゴリズムは高精度を犠牲にすることなく，従来手法より何倍も速く直線を抽出することを示す．

第 5 章では，第 4 章の直線を抽出する手法を使った，多角形抽出する新しい高速アルゴリズムを提案する．このアルゴリズムは最初に直線を抽出し，直線を多角形に組み合わせる．第 6 章では，航空写真解析のための高速画像分類アルゴリズムを提案する．このアルゴリズムは，第 4 章の直線を抽出する手法を，従来からある tree 分類する手法とを組み合わせて得られる．ここでは，5 種類の画像領域を設定し，画像領域をを分類する．提案手法は従来手法に比較して，より高精度で高速分類が可能であることを示す．第 7 章では，第 4 章の直線を抽出する手法を拡張して，円を抽出する新しいアルゴリズムを得る．第 8 章において，本研究の成果を要約し，論文全体のまとめをする．

以上を要約すると，本論文は画像中に含まれる特徴としての直線および曲線成分を高速に抽出する新しい方法を提案し，それを画像分類に応用することによりその有用性を明らかにした．

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　　山　本　　強

学 位 論 文 題 名

A Study on the Extraction of Lines and Curves from Images and its Application to Image Classification

（画像中の直線および曲線成分の抽出とその画像分類への応用に関する研究）

近年，コンピュータのハードウェア，ソフトウェア両面とも著しく進歩した．しかし，画像認識においては，コンピュータの力は人間には到底かなわない．コンピュータの高度応用において画像認識問題の解決は重要課題である．

画像認識は画像の特徴抽出と，抽出された特徴を処理対象とした，画像の分類との二つの段階に分類することができる．後段に関しては既に多くの論文により，問題解決法が示されている．しかし，前段の特徴抽出に関しては多くの問題が残されている．本論文において，著者は画像の特徴として線成分に注目し，それを高速に抽出する方法を提案し，その有用性を画像分類に適用することにより示した．また，曲線成分の抽出法も検討した．

高速の特徴抽出の利用範囲は広い．車両の運転補助，衛星写真解析による廃棄物不法投棄の監視，集団検診時の医用画像解析等を例として挙げることができる．これらに共通する点は，処理速度が問題になることである．著者は特徴の抽出速度の向上を研究の重要課題として設定した．

第1章は序論で，研究全体の位置づけが示された．続く第2章で，著者は従来の直線抽出アルゴリズムを説明した．Hough 変換は従来手法の中で最も簡単．かつ，高精度であることから，直線抽出にしばしば用いられるアルゴリズムである．この章で Hough 変換を詳しく説明し，その利点と弱点を示した．第3章で著者は，前処理を使う新しい直線抽出アルゴリズムを提案した．このアルゴリズムは，後章で提案される前処理不要のアルゴリズムと，従来アルゴリズムとの中間に位置する．提案手法は，エッジ画素と非エッジ画素両方を使い，従来手法よりも高速であると認められる．第4章には，第3章で提案され手法を更に発展させた方法が述べられている．第3章において著者は，エッジと非エッジ画素とを使って直線抽出速度の向上を図った．本章では，元画像の画素を更に積極的に使うことを通じて高速化を達成する手法を提案した．精度を犠牲にすることなく，従来手法より数倍速く直線を抽出することを示した．第5章では，第4章の直線抽出法を使った，多角形抽出のための新しい高速アルゴリズムを提案した．このアルゴリズムは最初に直線を抽出し，直線を多角形に組み合わ

せる．第6章では，著者は航空写真解析のための高速画像分類アルゴリズムを提案した．このアルゴリズムは，第4章の直線抽出法を，従来からあるtree分類する手法と組み合わせて得られる．著者は，5種類の画像領域を設定し，画像を領域分類した．提案手法は従来手法に比較して，より高精度で高速分類が可能であることを示した．第7章では，第4章の直線を抽出する手法を拡張して，円を抽出する新しいアルゴリズムを提案した．第8章において研究の成果を要約し，論文全体のまとめを行った．

以上を要約すると，著者は，本論文において画像中に含まれる特徴としての直線および曲線成分を高速に抽出する新しい方法を提案し，更に，高速直線抽出法を画像分類に応用することによりその有用性を明らかにした．これらの成果を得た研究を通じて情報メディア工学へ貢献が大きいので，著者は博士（工学）の学位を授与される資格があると認める．