

投票方式を用いた画像認識に関する研究

学位論文内容の要旨

本研究は、対象を濃淡画像として、投票方式を用いた画像認識に関する基礎的な研究の成果をまとめたものである。

近年、インターネットと放送の融合が急速に進み、映像コンテンツの配信、蓄積、加工あるいは再利用等が加速されている。そのような状況の中で、画像の検索技術はキーテクノロジーとして位置付けられ、特に幾何学的変換を受けた画像や圧縮等で劣化した画像に対する認識・検索技術は、コンテンツの利用範囲を広げる意味で重要である。

しかしながら、自然画像のような一般の濃淡画像に対する従来の画像認識技術は、波形解析やパターン解析を中心に開発されてきたため、画像の拡大・縮小・回転等あらゆる幾何学的変換に対応してなく、想定される変換に対応したデータを作成した上で、認識処理を繰り返さなければならないという課題がある。一方、ハフ変換に代表されるように、従来技術として幾何学的変換に対応した投票方式による図形検出技術はあるが、この技術は直接、濃淡画像には適用できず、適用するには2値画像に変換しなければならないという問題や、その変換の際にノイズが発生するという問題もある。

そこで本論文では、幾何学的変換に対応できる従来の投票方式の特徴を活かし、濃淡画像に適用できる投票による画像認識手法の提案を行っている。本論文では、幾何学的変換に対応するため、画像をベクトルで表現し、投票もベクトルを用いる。具体的には、画像の輝度勾配が一定である領域を検出し、その領域における輝度勾配成分から成るベクトルと当該領域の中心位置を示すベクトルから画像を表現し、また、それらのベクトルから上記の中心位置を示すベクトルの基準点(原点)に向けてベクトルを作成し、それを投票に用いている。このように画像および投票に利用する全てのデータをベクトルにすることにより、幾何学的に変換された画像の認識が可能となる。また、提案の画像認識手法では、比較する2つの画像が同一であれば投票において基準点に票が集中するという特性があり、この特性を利用することにより、画像の類似性の判断が可能となる。

本論文では、まず第2章で、本研究で採用する投票方式に関連して、従来技術としてハフ変換、一般化ハフ変換、Geometric Hashingを取り上げ説明し、それらの手法では演算が膨大になることや投票結果の判断基準が明確でない等の短所と、画像の1部が欠損あるいは偽の特徴点が含まれていても、数式で表現できる図形や任意の線画を検出できる等の長所も指摘する。第3章では、従来技術の特徴及び長所・短所について分析し、濃淡画像に適用できる投票方式の指針を述べ、画像の特徴量を輝度勾配値、特徴領域は最小単位として設定した円領域の集合とし、基準点とその点に向けたベクトルを作成し、投票に用いることを提案する。また、前記円領域の中心点とその勾配を元に算出したベクトルの集合を画像として捉えることで、画像の幾何学的変換への対応を可能とする。第4章では、画像表現として、画像内に基準点を設けた上で、輝度勾配が存在しその輝度勾配値が

一定の領域の中心地点を位置ベクトルというベクトルで表し、またその勾配値と方向を輝度勾配ベクトルとし、それらを用いて画像を表現することを説明する。また、投票について、位置ベクトルと輝度勾配ベクトルから画像の基準点に向けたベクトルを作り、それを投票に用いる。提案の認識手法については、投票平面を設け、その平面に認識対象画像の輝度勾配ベクトルを配置した上で、投票用のベクトルを用いて投票し、投票平面の基準点における得票数を調べることで、画像の認識が原理的に可能になる。加えて、2つの画像が同一で輝度勾配ベクトル数が N である場合の投票について、基準点への投票数は全投票数の $1/N$ で、この特性が認識率の指標となり、この内容についても数学的に説明する。第5章では、各ベクトル算出の元となる輝度勾配が一定である領域の算出方法と具体的なベクトルデータ作成の処理について述べ、単純な図形モデルを画像として用い、提案する特徴抽出方法により算出されたベクトルの特性が幾何学的変換に不変であることを検証する。第6章では、画像認識実験にあたっての画像類似度を定義し、また実験における輝度勾配ベクトルの算出条件を検討し、その算出におけるパラメータを設定した上で、自然画像を用いた基本的な認識実験と検討を行う。その内容としては、第1に、回転・拡大・縮小の幾何学的変換処理を受けた画像に対して投票を行い、画像の基準点における得票の特性を調べることで提案手法の有効性を定性的に検証する。第2に、定義された画像類似度を用いて、ガウスフィルタ処理、メジアンフィルタ処理、JPEG圧縮処理、回転処理の各種画像処理を施した類似画像20種類とその他の画像7種類との比較実験を行い、画像の識別性能を調べる。第3に、実験結果をさらに分析し、部分画像の検出の可能性について検討する。第7章では、提案手法による画像認識について、前章よりも大幅にデータ数を増やし、類似画像との比較実験500回、他画像との比較実験600回を行うと共に、従来手法としてWHT(Wavelet Histogram Technique)でも同様の実験を行い、それらの性能を比較検証する。また、部分画像の検出についても、前章で検討した内容に基づき、部分画像の検出実験を行い、提案手法の有効性を検証する。第8章では、今後の技術開発として画像の状態(回転角度、大きさ)検出について、本提案方式の原理に基づき、実数でなくベクトルを投票するという新たな提案を行い、その実現可能性を検討する。最後に第9章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

以上を要約すると、本論文は、投票方式を利用することで、自然画像のような濃淡画像に対して幾何学的変換に対応可能で且つ画像の認識を実現できる手法について提案を行っている。また、本手法を適用した自然画像の認識実験を行うことにより、その有効性及び有用性を示している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 長谷山 美 紀
副 査 教 授 荒 木 健 治
副 査 教 授 山 本 強

学 位 論 文 題 名

投票方式を用いた画像認識に関する研究

本論文は、対象を濃淡画像として、投票方式を用いた画像認識に関する基礎的な研究の成果をまとめたものである。

近年、インターネットと放送の融合が急速に進み、映像コンテンツの配信、蓄積、加工あるいは再利用等が加速されている。そのような状況の中で、画像の検索技術はキーテクノロジーとして位置付けられ、特に幾何学的変換を受けた画像や圧縮等で劣化した画像に対する認識・検索技術は、コンテンツの利用範囲を広げる意味で重要である。

画像の認識・検索技術には、単純に画像の複雑さや色を分類するものから学習機能まで含めた検索の仕組みまで幅広く提案されているが、自然画像のような一般の濃淡画像に対する従来の画像認識技術は、波形解析やパターン解析を中心に開発されてきたため、画像の拡大・縮小・回転等あらゆる幾何学的変換に対応してなく、想定される変換に対応したデータを作成した上で、認識処理を繰り返さなければならないという課題があった。一方、ハフ変換に代表されるように、従来技術として幾何学的変換に対応した投票方式による図形検出技術はあるが、この技術は直接、濃淡画像には適用できず、適用するには2値画像に変換しなければならないという問題や、その変換の際にノイズが発生するという問題もあった。

著者は、本論文において、上記の濃淡画像の認識では幾何学的変換に対応できていないという問題に対して、これを解決すべく投票方式を用い、画像の輝度勾配データおよび投票に用いるデータをベクトルにすることにより、画像が幾何学的変換を受けても認識できる手法を実現した。さらに画像の類似度を定義し、自然画像に対してフィルタリングや圧縮等の処理を施した画像とその他の画像との比較実験から、画像識別判定の基準となる類似度の値を具体的に示した。これにより従来の手法より大幅な向上させた画像認識率を実現すると共に、1つの画像から部分的に画像を検出することも高精度に実現させた。

以下、章を追って論点を述べる。まず第2章で、本研究で採用する投票方式に関連して、従来技術を説明した。第3章では、従来技術について分析し、濃淡画像に適用できる投票方式の指針を説明した。第4章では、画像をベクトルで表現し、また認識における投票についてもベクトルを用い、画像の基準点における得票数を調べることで、画像の認識が可能であることを説明した。第5章では、各ベクトル算出の元となる「輝度勾配が一定である領域」の算出方法と具体的なベクトルデータ作成の処理について説明し、単純な図形モデルにおける提案手法の有効性を示した。第6章では、画像認識実験にあたっての画像類似度を定義し、また実験における条件を検討し設定した上

で、自然画像を用いた基本的な認識実験を行った。第7章では、提案手法による画像認識について、前章よりも大幅にデータ数を増やし、類似画像および他画像との比較実験を行うと共に、従来手法でも同様の実験を行い、それらの性能を比較検証した。また、部分画像の検出についても、提案手法の有効性を検証した。第8章では、今後の技術開発として画像の状態検出について、ベクトルそのものを投票するという新たな提案を行った。最後に第9章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめを行った。

以上を要約すると、本論文は、投票方式を利用することで、自然画像のような濃淡画像に対しても幾何学的変換に対応可能な画像認識手法を提案し、本手法を用いて自然画像の認識実験を行うことにより、その高い有効性及び有用性を示している。

これを要するに、著者は、濃淡画像の認識についてベクトルを用いた投票方式の新知見を得たものであり、情報メディア工学・画像工学へ貢献するところが大きいだけでなく、映像産業分野に対して技術貢献するところが大きなものがある。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。