

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 本谷 秀 堅

コンピュータビジョンの分野において、画像中の図形形状を記述することは重要なことである。ここで図形形状の記述とは、輪郭線図形、2値図形、濃淡図形の形状の特徴を捉え記号で表現することである。図形より捉えられる形状特徴は、図形を観測する際の視野の広さに応じて変化する。このことは一般に図形が、局所的な形から大局的な形に至る、様々な大きさの形より成る多層構造を有していることを示している。この多層構造は図形に本質的な特徴であり、図形認識システムを構築する上でもこの構造の記述が不可欠である。

画像中の図形が多層構造を記述する手法は、これまでも数多く提案されてきた。ただし、これまでに提案されてきた記述手法の多くでは、画像を観測する際の視野の広さを変化させることは、形状特徴を抽出する演算子の大きさを変化させることにより実現できると考え、複数の大きさの特徴抽出演算子を予め用意しておき、それらを画像に適用することにより画像の局所-大局の形状特徴を記述していた。しかしながら、このような手法により得られる記述は、一般には元図形が本質的に有する多層構造の記述とはならない。なぜならば、特徴抽出演算子は自身の大きさ程度の形状特徴のみを画像から抽出できるため、図形を構成する個々の形状特徴の大きさと予め用意した演算子の大きさとを適合させる必要があるからである。

これに対し、本論文では、図形を構成する形状特徴の大きさを図形自身より求め、図形の形状特徴の多層性を記述する手法を提案している。図形を構成する形状特徴の大きさを求めるためには多重解像度解析の手法を利用し、解像度の変化に対する図形形状の変化に基づき多層構造を記述するものである。本論文においては、画像を様々な解像度で観測するための画像の平滑化操作および平滑化による画像の変化を捉えるための形状特徴量、そして平滑化による形状特徴の変化に基づく多層構造の記述手法の各々について論じている。また提案手法による図形の具体的な記述例および記述の工学的応用を実験とともに示している。

本論文は6章から成る。

1章では、上記図形形状を記述する際の問題点を指摘し、本論文の目的を明らかにしている。

2章では輪郭線図形が多層的構造を、元図形の近似の度合の異なる複数の近似図形により記述する手法が提案されている。輪郭線図形の近似図形は、元図形の大局的形状の記述である。近似図形は元図形上の細かな凹凸を局所的な平滑化により消去することにより作

成される。提案手法は消去すべき凹凸の位置および消去するために必要な平滑化量を、図形自身のみに基づき決定する。この決定のために曲率流と呼ばれる平滑化による形状の変化に着目する。曲率流においてはスケールの増加とともに曲率の複数の変曲点が融合しつつ消滅する。ここでスケールとは図形に施す平滑化量のことである。この変曲点の消滅に基づき、元図形を構成する凹凸の大きさを求める。提案手法によると一つの輪郭線図形より高々有限個の近似図形を作成すること、近似図形の近似図形が元図形の近似図形と一致することなどの構造記述にとって好ましい特徴が実験により示されている。

3章では輪郭線図形が多層構造を、スケルトンに基づき記述する手法が提案される。スケルトンとは輪郭線図形を構成する凸図形の対称軸のことである。提案手法は各スケルトンに対応する凸図形の大きさに基づき、スケルトンを階層化する。各凸図形の大きさは、曲率流により元図形を平滑化する過程において、消滅するスケールに基づき求める。より大きなスケルトンほど、元図形のより大域的な凸図形を記述している。スケルトンを用いることにより元図形を各凸図形へと分割し、各凸図形の大きさに基づき元図形の階層的な記述を作成する。曲率流における凸図形の消滅を捉える手法、スケルトンに基づき凸図形へと分割する手法などが、スケルトンの階層化による輪郭線図形が多層構造の記述結果とともに具体的に示されている。

4章では濃淡画像中の図形が多層構造の記述手法が提案される。図形の形状特徴に固有な大きさを図形自身より求めるために、濃淡画像の多重解像度解析を行なう。濃淡画像を様々な解像度で観測するために、拡散方程式に基づく平滑化操作を用いる。平滑化するスケールの変化に対する画像の変化を、濃淡を表わす曲面の主曲率の変化により捉える。微分演算をスケールにより正規化することにより主曲率が極大となるスケールより画像中の特徴的な図形を求めることができること、主曲率の比がそれらの濃淡分布に対応することなどが述べられる。また提案手法による濃淡画像の多重構造記述の作成が実験と共に具体的に示される。

5章では2章から4章までに述べた図形形状の多重構造記述手法の応用について考察している。図形認識システムはまず画像より認識対象を抽出し、次に抽出された対象の認識処理を行なう。画像の種類を限定しない汎用的な図形認識システムにおいて、図形が多層構造の記述が認識対象の抽出、および二つの図形形状の比較の際に有用であることが、提案手法に基づく複数の輪郭線図形の階層的モデルの作成、医療画像や文書画像における線図形の強調、テキスチャによる画像分割、一般画像からの文字抽出、図面画像からの文字列抽出の実験結果とともに示されている。

6章は本論文のまとめである。

以上を要するに、本論文では、画像への多重解像度解析の利用とその振る舞いについて考察し、その結果を用いて、輪郭図形、2値図形、濃淡図形などの局所的な特徴から大域的な特徴に至る多層的な構造を記述する手法を開発し、工学的な応用を示しており、画像認識、形状計測の研究分野に貢献するところが大きい。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。