

論文の内容の要旨

論文題目 多重解像度解析による図形形状の記述の研究

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、形状の特徴を捉え記号で表現することである。ところで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階層構造を有していることを示している。この階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記述することが不可欠のものである。本論文の目標は、図形の階層構造を記述する手法を提案することである。

第2章では輪郭線図形の階層的構造を、元図形の近似図形により記述する手法を提案する。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。一般に近似図形は、輪郭線図形上の小さな凹凸を滑らかな曲線で置き換えることにより作成される。近似する際、1) どの程度の大きさの凹凸までを、2) どのような曲線で置き換えるか、の2項目を定める必要がある。従来の近似手法はこれら2項目を近似に先立ち仮定する必要があった。例えば輪郭線図形の線分近似手法は、凹凸を置き換える曲線の形状を線分に仮定している。



図 1. スケールの変化に伴う輪郭線図形の変化

提案手法は上記 2 項目を図形自身より定めるために、曲率流と呼ばれる輪郭線図形の平滑化操作に基づく多重解像度解析を行う。すなわち輪郭線図形に平滑化操作を加え、平滑化量の変化に対する形状の変化を観測する。本論文では図形の平滑化量をスケールと呼ぶ。より小さなスケールにより消去される凹凸は、より小さい凹凸であると考えることができる。曲率流による平滑化操作は次式で表される。

$$\begin{cases} F(s, 0) = C(s), \\ \frac{\partial F(s, t)}{\partial t} = -\kappa(s, t)n(s, t), \end{cases} \quad (1)$$

ただし、 s は輪郭線に沿ったパラメータ、 $C(s) = (x(s), y(s))$ は元図形、 $F(s, t)$ はスケール t における図形、 $\kappa(s)$ 、 n はそれぞれ位置 s における曲率および外向き単位法線ベクトルを表す。スケール t の増加に伴う図形の変化の例を図 1 に示す。

提案手法は、輪郭線図形の凹凸を捉えるために曲率の 2 階微分のゼロ交差に着目する。元図形上の曲率の 2 階微分のゼロ交差は、スケール t の増加に伴い互いに融合し消滅していく。提案手法は、消滅する際に融合したゼロ交差に挟まれた輪郭線上の領域を一つの凹凸とみなし、消滅したスケール t により各凹凸の大きさを求める。求められる凹凸の大きさは、元図形に特徴的な大きさである。輪郭線図形の近似図形を作成するために、元図形上小さな凹凸に対応する領域だけを、各凹凸の大きさだけ部分的に平滑化する。小さな凹凸から順に平滑化していくことにより、一つの輪郭線図形から有限個の近似図形を作成することができる。本手法により作成された近似図形を図 2 に示す。

第 3 章では輪郭線図形のスケルトンに基づいた階層的記述手法を提案する。ここでスケルトンとは輪郭線を構成する個々の凸図形に対応する骨格線のことである。スケルトンは図形形状の微小な変化により大きく変化する事が知られている。そこで各スケルトンの大きさを、各スケルトンに対応する凸図形の大きさにより定め、大きさに基づいた階層構造で記述する。このとき元図形の形状の微小な変化により、小さな凸

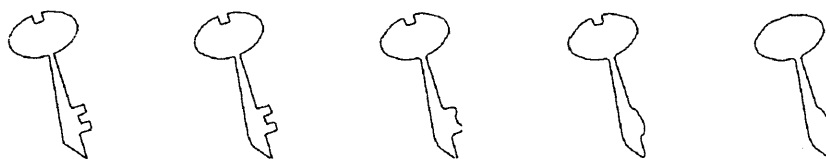


図 2. 提案手法により作成された輪郭線の近似図形. 一つの図形より近似の度合のそれぞれ異なる有限個の近似図形が得られる. これは元図形の形状の階層的記述である.

図形に対応するスケルトンのみが変化するようになる. このためスケルトンに基づく 2 つの図形の形状の比較が可能となる.

凸図形の大きさは, 輪郭線図形の曲率流 (1) に基づく平滑化により, 凸図形が消滅するスケールとして求められる. 提案手法はスケルトン上の連絡橋・半連絡橋と呼ばれる部分において元図形を複数の凸図形へと分割する. 次に分割された凸図形を, 個々の大きさに基づき階層化する. 作成される階層的記述は元図形の局所的な形状特徴と大局的な形状特徴とを分けて記述したものであり, 認識に有用な記述である.

第 4 章では濃淡画像の多重解像度解析に基づき, 画像の階層構造を記述する手法を提案する. 多重解像度解析においては, 濃淡画像を様々なスケール t により平滑化する. 元画像を $I(x, y)$ により表し, スケール t により平滑化された画像を $L(x, y; t)$ で表すとき, 次式が成り立つ.

$$\begin{cases} L(x, y; 0) = I(x, y), \\ \frac{\partial L(x, y; t)}{\partial t} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) L(x, y; t). \end{cases} \quad (2)$$

スケールの変化に対する画像の変化は, 画像の階層構造を反映する. 画像の変化を捉えるために, 提案手法は画像の濃淡を表す曲面の主曲率に着目する. ただし主曲率の大きさはスケールの値により正規化する.

スケール t を変化させ, 各スケールにおいて画像中の各点で 2 つの主曲率を求める. この 2 つの主曲率の比が画像中のその位置における図形形状を表し, 大きさが濃淡を表す曲面の曲り具合を表す. 主曲率の大きさが最大となるスケールは, 画像中のその位置における図形に特徴的な大きさを表す. このことを利用して画像の階層的記述を作成する. 図 3 に提案手法により作成された階層的記述の例を示す.

第 5 章では第 2 章から第 4 章までに述べた図形形状の階層的記述手法の応用について

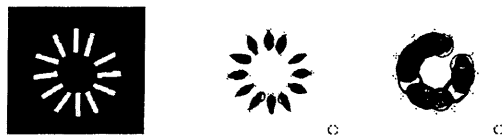


図 3. 左: 元画像. 右: 提案手法により作成した階層的記述. 局所的線分と大局的円環の双方を抽出し記述できている.

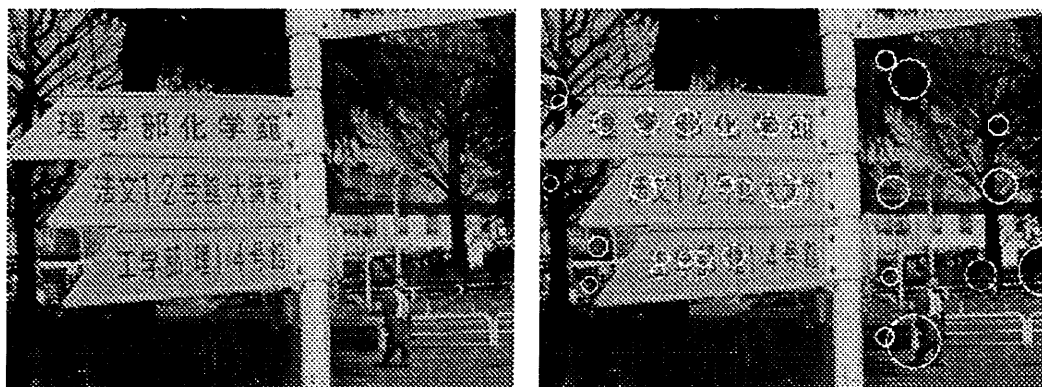


図 4. 左: 元画像. 右: 画像からの文字候補図形抽出結果.

て考察する. 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. 本章では図形形状の階層的記述が画像からの認識対象抽出および認識処理に有用であることを述べる. 例として第 4 章で述べた濃淡画像の階層的記述手法に基づき画像から文字候補図形を抽出した結果を図 4 に示す. 画像の階層的記述を作成しておくことにより, 文字の記載位置や大きさなどを仮定することなく, 画像中の文字をその大きさとともに抽出することができる.

第 6 章ではまとめを行う. 本論文では多重解像度解析に基づき図形に特徴的な大きさを求め, 図形形状の階層的記述を作成する手法を提案した. 対象とした図形は輪郭線図形および濃淡図形である. 多重解像度解析を行うために図形に平滑化操作を加え, その平滑化量を変化させる. 平滑化量の変化に対する図形形状の変化は元図形に特徴的な大きさを反映する. 本論文では図形形状の変化を捉えるための特徴量を定め, 形状の階層構造の記述手法を提案し, その応用について述べた.