

ファジィ理論を用いた画像の特徴抽出

Image feature extraction with fuzzy set theory

河原 和好*

abstract

本研究では、濃淡画像をファジィ集合として取り扱うことにより、ファジィ集合を取り扱う理論が濃淡画像の処理に応用できることを応用する。まず、ファジィ集合を用いてファジィ位相を構成し、画像の内部・外部・境界の概念を定義する。次に、2値画像におけるモルフォロジーを拡張し、ファジィ理論によるモルフォロジーを導入する。これらの処理により、濃淡画像に対する処理が、2値画像に対する画像処理と同様に行うことが可能となる。

1 はじめに

近年、画像情報の増加とともに画像認識や理解のための画像処理手法が多々開発され、実用化されている。ブロードバンドの普及により、画像など大容量のデータを容易に送受信することが可能となり、インターネットにおいても画像処理手法が注目されてきている。画像処理とは、従来人間が目から取り込み、脳で理解していた画像情報の抽出・認識・理解などの処理を機械に行わせようとする技術であり、これからの情報化社会・マルチメディア社会における主要な技術としてその発展が期待されているものである。画像は音声やデータに比べ情報が大量なため、画像処理に関する研究は計算機の発展とともに進歩してきた。大量の情報の高速な処理が行えるようになるにつれ、郵便番号の自動読取り装置や衛星写真の解析システムなど実用的なシステムも多数構成されるようになってきた。最近ではパソコンの普及や能力の向上により、個人が手軽に画像を扱える環境が整ってきており、効率的な情報の処理・より良いヒューマンインターフェースの実現などの立場から画像処理技術が注目されるようになってきている。

*KAWAHARA, Kazuyoshi [新潟国際情報大学情報文化学部情報システム学科]

画像処理を行う際、対象となる画像の写りが一様でないために、境界を明確化するためのしきい値を変換する必要がある。X線画像やCT画像などの医用画像においては、処理対象の形状が持つ曖昧性のため境界の明確化が難しいものもある。また、画像の解像度や雑音の影響などによっても境界処理が難しいことがある。このような問題を含む画像処理の方法として、ファジィ理論を導入したものが提案されているこれらは、処理のしきい値を決定することにファジィ理論のルール規則を用いている。

本研究では、処理対象の画像の境界が曖昧性を持つことに着目し、画像自体をファジィ集合として捉えることによる画像処理の手法を考察する。具体的には、ファジィ位相から導かれる画像の位相的处理とモルフォロジー処理を導入する。

本稿で用いるファジィ位相はある特定のファジィ集合を用いて構成され、従来の位相論を用いた画像処理と同等の処理（画像の内部・外部・境界の抽出等）が可能になる。モルフォロジー処理は2値のモルフォロジー処理をファジィ集合を用いて拡張し、膨張・収縮という基本演算を定義し、それらを組み合わせたさまざまな処理が可能となる。

1.1 画像とファジィ集合

画像処理の対象として、濃淡画像を考える。この濃淡画像の画素の横方向の座標を X 、縦方向の座標を Y とする。濃淡画像の濃度地を $[0,1]$ に正規化し、 $x \in X, y \in Y$ の濃度値を関数 $\mu(x,y)$ と表すと、濃淡画像は座標空間 $X \times Y$ 上のメンバーシップ関数 $\mu(x,y)$ をもつファジィ集合であるとなすことができる。つまり、濃淡画像の各点の濃度を、その画像に属す度合いと考えることができる（図1）。

これにより、ファジィ集合を取り扱う理論を、濃淡画像を取り扱う手法として考えることができるようになる。

2 画像の位相的处理

ファジィ集合の概念を用いることにより、通常の位相空間の拡張であるファジィ位相空間が構成できることが知られている。ここでは、ある特定のファジィ集合の族を基にしたファジィ位相構造を導入する。以下における集合演算はファジィ集合の意味での集合演算を表す。ファジィ位相は以下のようにして導入する。

画像が定義されている空間全体の集合を X とする。ファジィ集合 $U_x (x \in X, U_x \neq \emptyset)$ がすべての $x \in X$ に対して定まっているとき、 (X, U) をファジィ位相とし、 U_x を x の近傍とする。

従来の位相論と同様に以下の定義が成り立つ。

[定義1] A を X 上のファジィ集合としたとき、 A に含まれる近傍全体の和集合を A の内部と呼び、 A^i であらわす。

$$A^i = \bigcup_{U_x \subset A, x \in X} U_x \quad (1)$$

[定義2] A の補集合 A^c の内部 $(A^c)^i$ を A の外部と呼び、 A^e で表す。

[定義3] A の内部でも外部でもない部分を A の境界と呼び、 A^b であらわす。

$$A^b = (A^i \cup A^e)^c \quad (2)$$

これらの定義は、1.1節で述べたように濃淡画像に対して適用することができる。つまり、濃淡画像の内部・外部・境界を抽出することが可能となる。この際、近傍としてある特定のファジィ集合を用いることができる。図2を近傍 (h =原画像の濃度の最大値の3/4) として図3を処理し内部・外部・境界を抽出した結果が図4・5・6である。

3 モルフォロジー処理

ここで導入するモルフォロジー処理は、従来のモルフォロジー処理のファジィ版と言うことができる。従来のモルフォロジーは、与えられた2値画像または濃淡画像を集合とみなし、これらの特徴抽出を目的とした理論である。原画像に対し、構成要素と呼ばれる集合を作用させる集合論的操作からなる画像の変形手法である。

2値のモルフォロジーは、2値画像を点の集合として扱う。白黒2値の画像においては、白い部分が選択された点、黒い部分が選択されない点となり、選択された点の集まりである集合を画像とみなしている。この2値のモルフォロジーを濃淡画像に拡張したものも考えられている。これは1.1節で述べたような方法で濃淡画像を3次元ユークリッド空間上の集合と考え、 $x \in \mathbb{R}^2$ で画像の空間領域を表し、 $y \in \mathbb{R}$ でその濃度値を表す。さらに、陰影変換を用いて2値のモルフォロジーの集合操作を関数に拡張することにより、濃淡画像の操作を行うものである。

本稿で導入するファジィ理論によるモルフォロジー処理は、1.1節の方法でファジィ集合のメンバーシップ関数で濃淡画像を表すことにより、2値のモルフォロジーを濃淡画像の処理に

拡張するものである。陰影変換処理が必要でない分、処理が簡単になっている。

次のようにしてモルフォロジーの基本的な演算であるdilation(膨張)、erosion(収縮)を定義できる。

[定義4] 対象とする濃淡画像をP、構成要素をQというファジィ集合とする。x,yを座標を表すベクトル、 μ_Q, μ_P をP,Qのメンバーシップ関数とする。Vは大きな方、^は小さな方の値をとる演算である。

$$\text{dilation } \mu_{P \oplus Q} = \bigvee_y \{ \mu_P(x-y) \wedge \mu_Q(y) \} \quad (3)$$

$$\text{erosion } \mu_{P \ominus Q} = \bigwedge_y \{ \mu_P(x-y) \vee \mu_Q(y) \} \quad (4)$$

これらは次のような代数的規則(交換則、結合則、分配則)を満たしている。

$$\mu_{P \oplus Q}(x) = \mu_{Q \oplus P}(x) \quad (5)$$

$$\mu_{(P \oplus Q) \oplus R}(x) = \mu_{P \oplus (Q \oplus R)}(x) \quad (6)$$

$$\mu_{(P \cup Q) \oplus R}(x) = \mu_{(P \oplus Q) \cup (P \oplus R)}(x) \quad (7)$$

erosionについても同様である。これにより、モルフォロジー演算を代数的処理とも言う。

こうして得られた膨張・収縮を組み合わせることにより、closing, openingといった演算が定義できる。closingとは、dilation処理した後にさらにerosion処理をする演算のことで、

$$\mu_{(P \oplus Q) \ominus Q}(x)$$

と表すことができる。また、openingとは、erosion処理した後さらにdilation処理をする演算のことで、

$$\mu_{(P \ominus Q) \oplus Q}(x)$$

と表すことができる。closing処理の特徴は、原画像の凹の部分埋める働きがあり、opening処理することで凸の部分を取り除く働きがある。

さらに、次のような処理を行うことにより、画像の境界を抽出することも可能となる。

$$\mu_{P - (P \ominus Q)}(x), \mu_{(P \oplus Q) - P}(x)$$

これらは濃度値において、原画像からerosion処理した画像を引いたものと、dilation処理したもののから現画像を引いたものとなっている。

実際の画像(図3)に対して構成要素(図7, h =原画像の濃度の最大値の3/4)で処理を行ったものが図8・9・10である。それぞれdilation, erosion, $P - (P \ominus Q)$ の処理を行った結果である。

4 まとめ

本稿では、濃淡画像をファジィ集合として捉え画像をファジィ集合として扱う方法により、ファジィ位相による画像の位相的处理と、ファジィ理論によるモルフォロジー処理を導入した。

ファジィ位相はある特定のファジィ集合である近傍を用いて構成され、従来の2値画像における位相的演算（内部・外部・境界）と同様な処理を、濃淡画像に対しても定義できた。

次に、2値のモルフォロジーをファジィ集合を用いて拡張し、ファジィ理論によるモルフォロジーを構成した。これにより、濃淡画像に対するdilation, erosion, opening, closingといった処理が定義できた。

従来の画像処理では個々の処理が独立しているため、まとまった処理ができるものが少なかったが、本稿で提案した濃淡画像の位相的处理とモルフォロジー処理は、背景に位相論とモルフォロジーがあり、その理論上に個々の処理が定義されている。そのため、系統だった画像処理方法が提案できたと考える。

位相的处理における近傍の選び方や、モルフォロジー処理における構成要素のパラメータの選択法等の課題は存在するが、本稿の画像処理のファジィによる定式化をさらに体系的に整理することにより、従来の画像処理を含む濃淡画像の数理的かつ体系的な手法の構築が可能になると考えられる。

参考文献

1. 「画像処理工学」村上伸一 著、東京電機大学出版局（2004）
2. 「ファジィ理論とその応用」水本雅晴 著、サイエンス社（1988）
3. 「ファジィ画像処理」日本ファジィ学会 編、日刊工業新聞社（1993）
4. 「Image analysis using mathematical morphology」R.M. Haralick, S.R. Sternberg, and X. Zhuang 著、IEEE Trans. On Pattern Anal. and Machine Intell., vol.PIMI-9, no.4, pp.532-550（1987）
5. 「ファジー集合論を用いた画像処理」河原和好、師玉康成、宮崎敬、中村八束、山浦弘夫 著、電子情報通信学会論文誌, BD-II, Vol.J80-D-II, No.1, pp.166-174（1997）

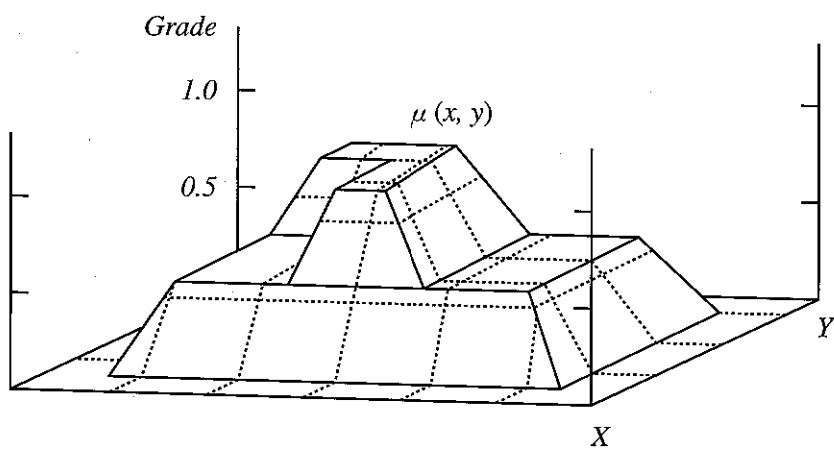


図1 濃淡画像とファジィ集合

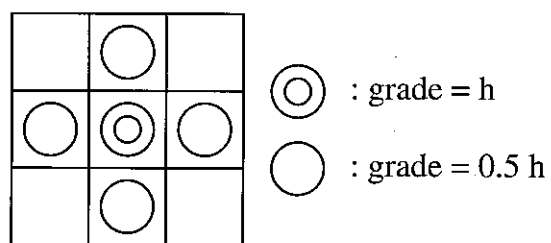


図2 近傍



図3 原画像

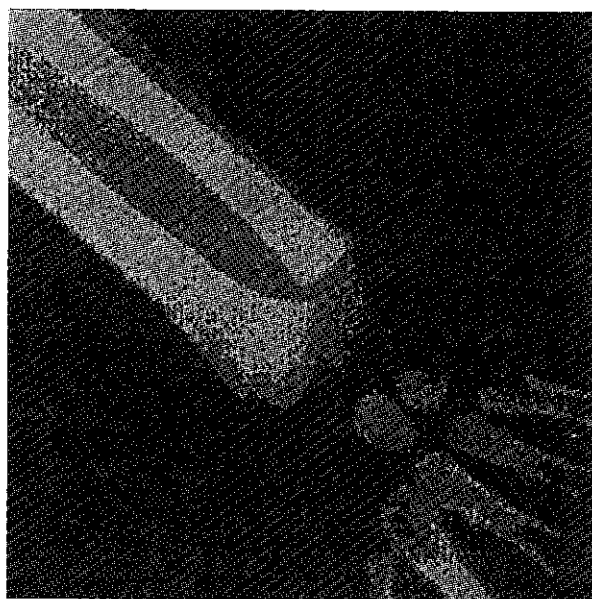


図4 内部

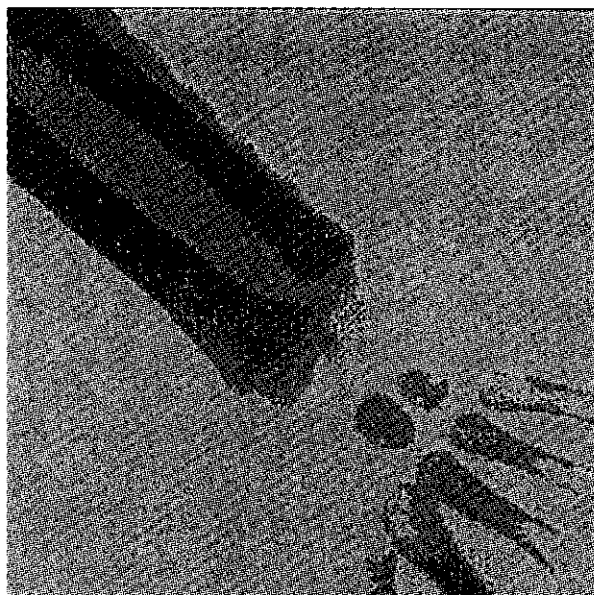


图5 外部

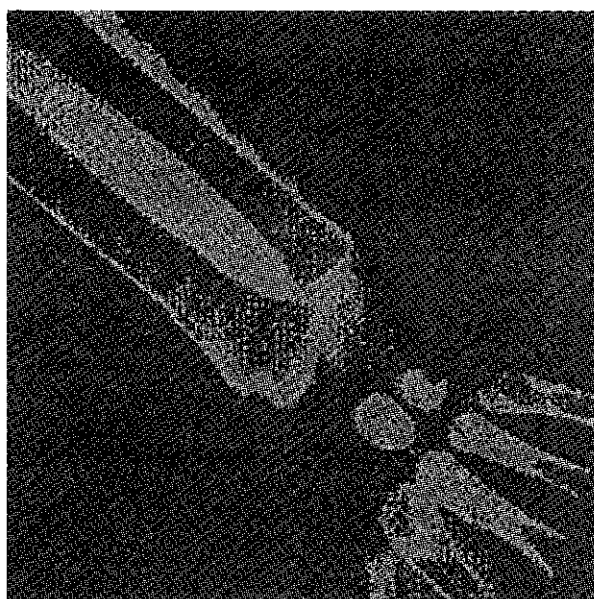


图6 境界

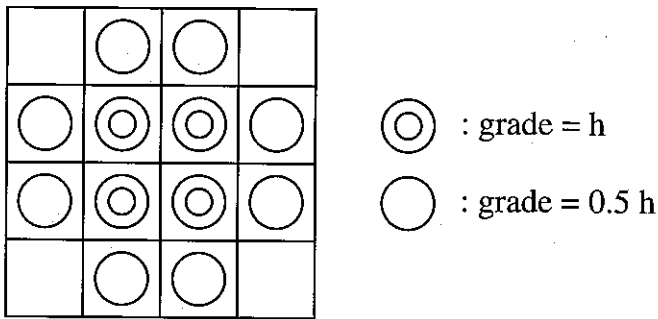


図7 構成要素

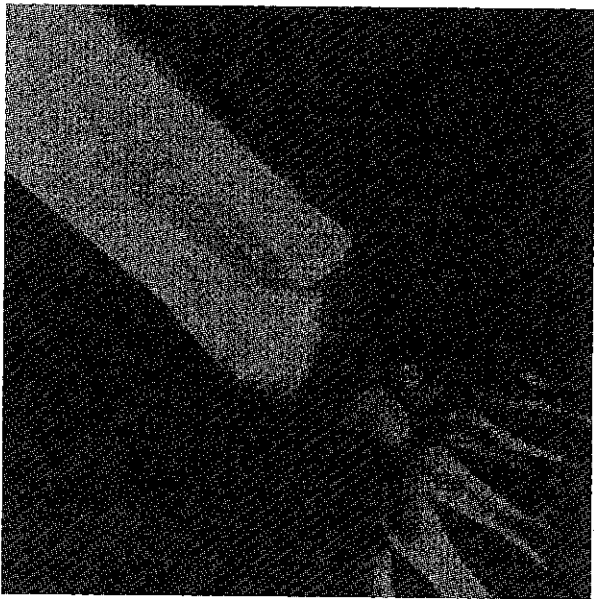


図8 dilation処理

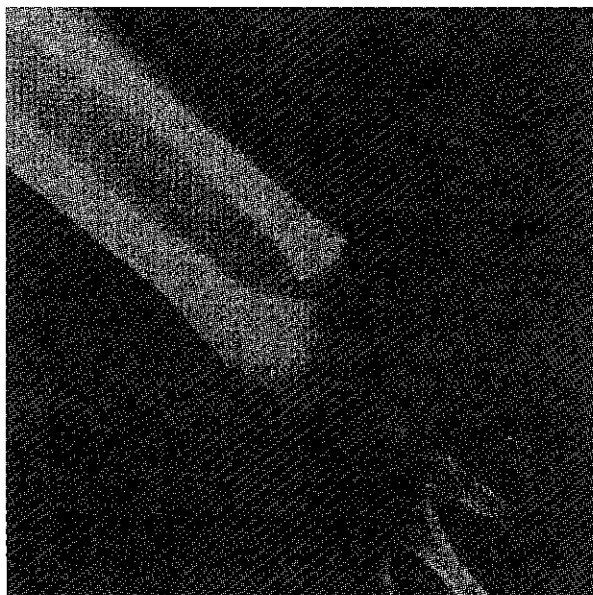


图9 erosion处理

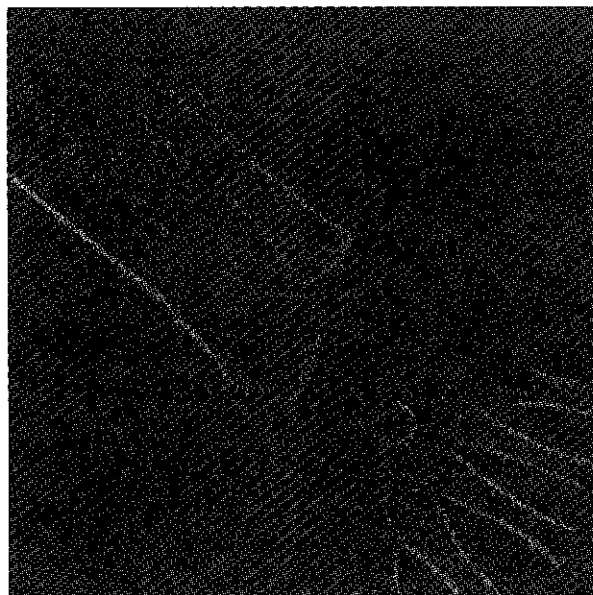


图10 $P - (P \ominus Q)$