

モルフォロジイ理論のファジィ化に関する研究 —ファジィモルフォロジイ基本演算—

古川万寿夫*・梅澤昌大**

(平成8年10月31日 受理)

A study of Fuzzy Mathematical morphology

Masuo Furukawa and Masahiro Umezawa

Mathematical morphology provides an effective tool for image analysis. This paper develops fuzzy mathematical morphologies. The mathematical morphologies are extended to fuzzy dilation, fuzzy erosion, fuzzy opening and fuzzy closing.

1. ま え が き

モルフォロジイ理論は、フランスの国立高等鉱山学校の研究者 G. Matheron と J. Serra が鉱石の幾何学的特性と物理的特性との間の関係を研究中に得た着想から生まれ、1975年 G. Matheron が数学的基礎を完成させた形で紹介した。モルフォロジイ理論は与えられた二値画像または濃淡画像から特徴抽出をすることができ、集合論的操作演算からなる対象画像の変換の手法の理論である。この理論の基礎となるモルフォロジイ演算は対象画像から特定の形を特徴として抽出したり、分離をすることのできる一種のフィルタ演算であるといえる。モルフォロジイ演算は集合論を基礎にしており、単純な二値演算を基本としている。

モルフォロジイ理論は画像処理の分野で多く応用されている。その応用として画像中の特徴抽出をはじめとし、画像中の特定の形状の存在を認識する形状認識、特定の形状を画像から分離する形状分解などが挙げられる¹⁾²⁾³⁾。

従来のモルフォロジイは二値演算が基本であった。しかし、少し形状が歪んでいたり、崩れていたりもしくは汚れていたりする画像の場合、特徴抽出、特徴認識や形状分解などがうまく行われない可能性がある。本研究では、ファジィ理論の考え方をモルフォロジイ理論にとりいれることにより、少し形状が歪んでいたり、崩れていたりもしくは汚れてい

本研究は平成7年度科学研究費補助金・奨励研究(A)の助成を受けて行われた

* 電気工学科 講師

** 平成7年度電気工学科卒業

たりする画像に対して、歪み、崩れ、汚れなどに影響されずに処理できることをめざし、モルフォロジー理論をファジィ化したファジィモルフォロジー理論を確立することが研究目的である。本稿ではファジィモルフォロジー理論の基礎となるファジィモルフォロジー基本演算を提案し、簡単な文字画像に対してファジィモルフォロジー基本演算を適用を試みた。

2. モルフォロジー理論

2-1 モルフォロジー基本演算

モルフォロジー基本演算には、4種類の基本演算がある。以下に、二つの集合 X , B に対するモルフォロジー基本演算を示す。画像処理に応用する場合、 X は原画像、 B は特徴を示す構成要素となる。

$$(1) \text{Dilation} : X \oplus B = \{x + b : x \in X, b \in B\}$$

Dilation は、 X を B について平行移動したものの和であり、画像を拡張させる効果がある。

$$(2) \text{Erosion} : X \ominus B = \{x : x + b \in X, b \in B\}$$

Erosion は、 X を B について平行移動したものの積であり、画像を収縮させる効果がある。

$$(3) \text{Opening} : (X \oplus B) \ominus B$$

Opening は、 X を B について Erosion したものに対して、さらに B について Dilation したものであり、画像の境界面を滑らかにし、狭い地峡形状、小島、及び鋭くとがった出っ張り等を除去する効果がある。

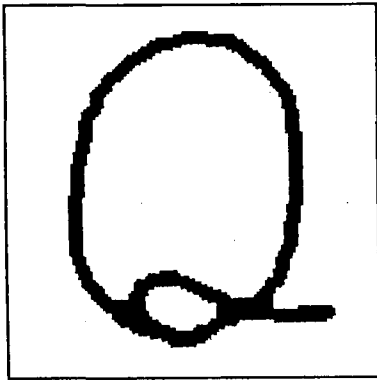
$$(4) \text{Closing} : (X \ominus B) \oplus B$$

Closing は、 X を B について Dilation したものに対して、さらに B について Erosion したものであり、画像の境界面を滑らかにし、狭い間隙及び小さな穴等を除去する効果がある。

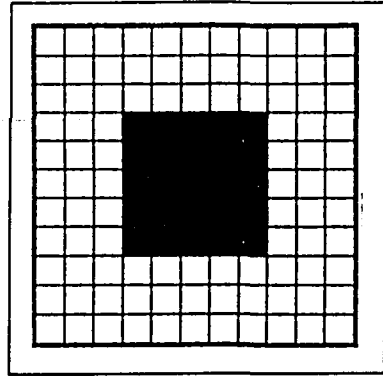
2-2 モルフォロジー基本演算の適用例

手書きアルファベット「Q」の文字画像に対してモルフォロジー演算を施した結果を第1図に示す。第1図において(a)は演算対象とした原画像、(b)は演算に用いた構成要素である。

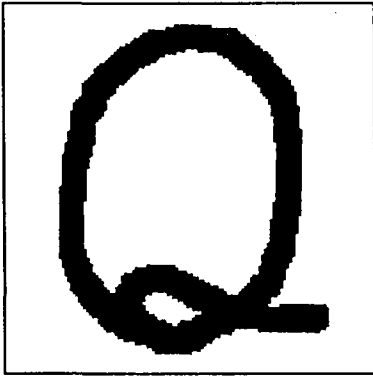
第1図(c)は Dilation 演算の結果を示す。原画像に比べ、画像が拡張されている。第1図(d)は Erosion 演算の結果を示す。原画像に比べ、画像が収縮されている。また第1図(e)は Opening 演算の結果を示す。原画像に比べ、閉じた「輪」を開く効果が現れている。第1図(f)は Closing 演算の結果を示す。原画像に比べ、文字の「谷間」が埋まっている。いずれの結果も演算後は二値画像となる。



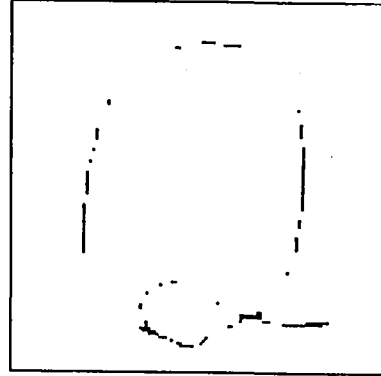
(a)原画像X



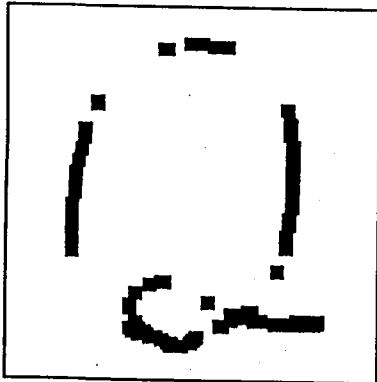
(b)構成要素B



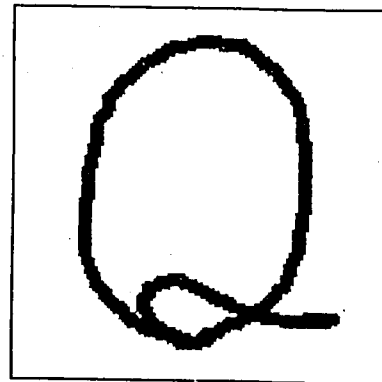
(c)Dilation



(d)Erosion



(e)Opening



(f)Closing

第1図 モルフォロジ基本演算の適用例

3. モルフォロジー理論のファジィ化

3-1 ファジィモルフォロジー基本演算

本研究で提案するファジィモルフォロジー基本演算を以下に示す。ここで X は二値の原画像、 B は 0 から 1 の間の値をもつ多値の構成要素、 \vee は MAX 演算子、 \wedge は MIN 演算子である。

$$(1) \text{Fuzzy Dilation} : X \odot B = \bigvee_{b \in B} \mu_b X_b$$

Fuzzy Dilation は、 X を B について平行移動し、重ね合わせたものを MAX 演算したもので、画像を拡張させる効果がある。また、構成要素の値によってはエッジを滲ますこともあり得る。

$$(2) \text{Fuzzy Erosion} : X \otimes B = \bigwedge_{b \in B} \mu_b X_b$$

Fuzzy Erosion 演算は、 X を B について平行移動し、重ね合わせたものを MIN 演算したもので、画像を収縮させる効果がある。また、MIN 演算なので演算結果のグレードは小さくなる。

$$(3) \text{Fuzzy Opening} : (X \otimes B) \odot X$$

Fuzzy Opening 演算は、Fuzzy Erosion 演算の結果に対し、さらに B について Fuzzy Dilation 演算したもので画像の境界面を滑らかにし、囲まれた部分を広げる効果があり、構成要素によってはエッジが滲んで表示される。

$$(4) \text{Fuzzy Closing} : (X \odot B) \otimes X$$

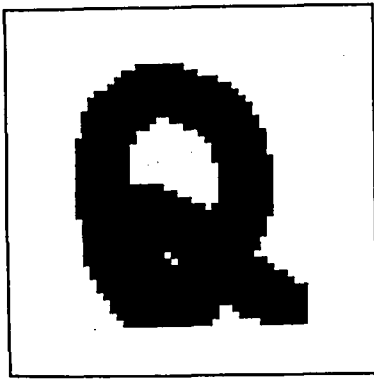
Fuzzy Closing 演算は、Fuzzy Dilation 演算の結果を、さらに B について Fuzzy Erosion 演算したもので画像の境界面を滑らかにし、狭い間隙や小さな穴等を除去する効果があり、構成要素によってはエッジが滲んで表示される。

3-2 ファジィモルフォロジー基本演算の適用例

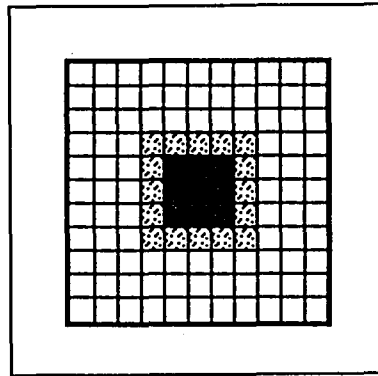
第2図(a)および(b)に演算に用いた原画像 X と構成要素 B を示す。原画像は二値画像である。構成要素は、サイズが 5×5 の 25 ドットで、グレードは中心が 1.0 で、中心の近傍 8 ドットが 0.5、さらにその外側近傍 16 ドットが 0.2 とした。

第2図(c)～(f)にファジィモルフォロジー基本演算の適用結果を示す。第3図(c)は Fuzzy Dilation の結果を示し、画像が拡張され、画像のエッジが滲んでいることがわかる。第3図(d)は Fuzzy Erosion の結果を示し、画像が収縮されている。また、この画像のグレードは 0.2 である。第3図(e)は Fuzzy Opening の結果を示し、囲まれた部分が拡張され、エッジが滲んで表示されている。第3図(f)は Fuzzy Closing の結果を示し、穴が埋まるように滲んで表示されている。

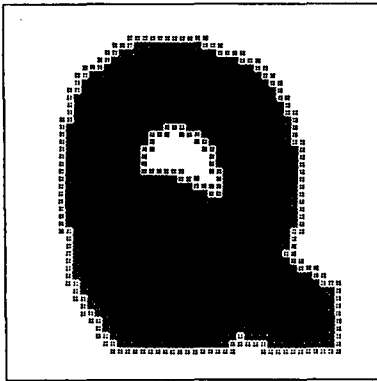
Fuzzy Opening と Fuzzy Closing が演算結果がグレードの低い画像になる理由は、両演算とも MIN 演算を含んでいるからである。



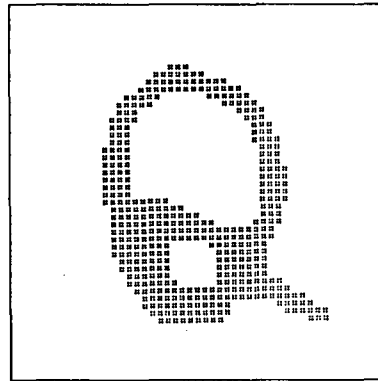
(a)原画像X



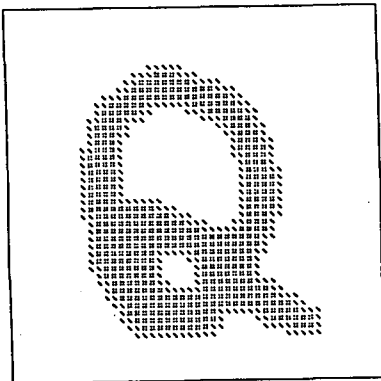
(b)構成要素B



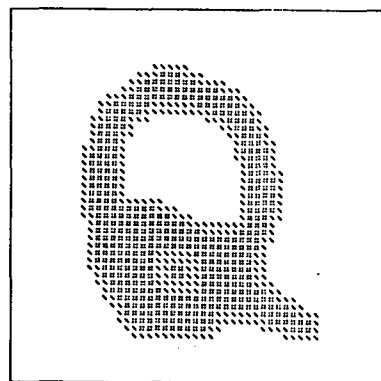
(c)Fuzzy Dilation



(d)Fuzzy Erosion



(e)Fuzzy Opening



(f)Fuzzy Closing

第2図 ファジィモルフォロジ基本演算の適用例

4. まとめ

本研究では、少し形状が歪んでいたたり、崩れていたりもしくは汚れていたりする画像に対し、歪み、崩れや汚れなどに影響されずにモルフォロジ理論によって画像処理ができることをめざしている。本稿ではモルフォロジ理論をファジィ化したファジィモルフォロジ理論を確立することを目的とし、ファジィモルフォロジ理論の基礎となるファジィモルフォロジ演算を提案し、簡単な文字画像に対してファジィモルフォロジ演算を適用した。

今後は、本稿で提案したファジィモルフォロジ基本演算を、実際に画像処理に適用し、その効果を検討していくことが望まれる。

参考文献

- 1) 間瀬 茂, 上田 修功 : モルフォロジーと画像解析 [I] , 電子情報通信学会誌, Vol. 74, No. 2, pp. 166-174(1991)
- 2) 間瀬 茂, 上田 修功 : モルフォロジーと画像解析 [II] , 電子情報通信学会誌, Vol. 74, No. 3, pp. 271-279(1991)
- 3) Robert M. Haralick, Stanley R. Sternberg and Xinhua Zhuang : Image Analysis Using Mathematical Morphology, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. pami-9, No. 4, pp. 532-550(1987)