

Mathematical Morphologyを用いた 画像処理とAI技術への活用

■研究者のプロフィール

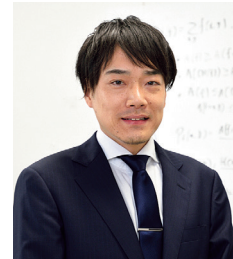
福井工業大学 環境情報学部
経営情報学科 教授 博士(情報工学)

き も り よ し た か
木森 義隆

TEL : 0776-29-2754

E-mail : kimori@fukui-ut.ac.jp

URL : <https://www.fukui-ut.ac.jp/laboratories/management/entry-5999.html>



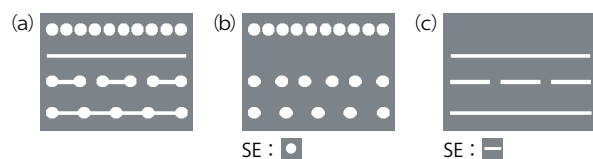
研究シーズの概要

筆者はこれまでに「Mathematical Morphology (数理形態学)」とよばれる数理理論に基づく画像処理・解析研究を行ってきた。主な解析対象としてきたのは、顕微鏡で撮影された生物試料の画像や、さまざまな医療機器によって取得された医用画像などである。最近では、AI (人工知能) 技術の一つである深層学習を用いた画像認識手法の開発研究も行っている。本稿では、本研究シーズの核となる画像処理手法と、それを応用した画像認識手法について説明し、産業界における利用の可能性を示す。

Mathematical Morphologyを用いた画像処理

Mathematical Morphologyは、画像処理のための数理理論であり、とりわけ画像中の幾何学形状の解析に用いられている。鉱物学をはじめとして、生物・医学、工学、天文学など、画像データの取得・解析を基盤とするさまざまな科学分野において、有用な画像処理理論として利用されてきた。この中心概念は、画像を構成するさまざまな大きさや形状の幾何学構造を、SE: Structuring Element (構造要素) とよばれる「構造パターン画像」を用いて分析する、ということである。実際には、画像中においてSEを走査させ、SEが「あてはまる」部分があればその領域を保存し、それ以外の領域は除去する、というような処理を実施する。

図1に具体例を示す。図1(a)には、「丸」と「直

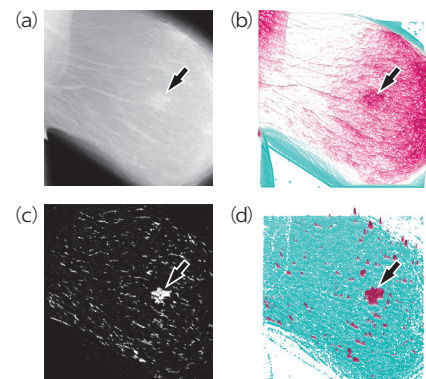


(a) 原画像
(b) 丸い形のSEを用いた結果
(c) 直線のSEを用いた結果
いずれも opening 演算を実施したもの

図1 Mathematical Morphologyによるパターン抽出

線」のパターンが含まれており、その画像からそれぞれのパターンを抽出する処理を考える。通常の画像処理では、抽出すべき対象である「丸」や「直線」のパターンを計算機で取り扱うことができるように、定式的に記述することからはじめる。しかし、私たちが考える形の知識をそのように表現することは、一般的には困難であるといえる。Mathematical Morphologyにおいては、形の知識を、SEとして直接的に表現することができる。つまり、画像中から、丸のパターンを抽出したければ丸の形のSEを、直線を抽出したければ直線のSEを用いた演算を実施する。その結果を図1(b)および(c)に示す。これは、それぞれのSEを用いたopeningという基本的演算を実施した結果である。

Mathematical Morphologyは、より複雑な構造の抽出にも利用できる。図2(a)は、マンモグラフィ



(a) 原画像(Mammographic Image Analysis Society (MIAS) data base
<https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/250394>より取得)
(b) (a)の3D表現画像
(c) Mathematical morphologyによる病変領域の強調画像
(d) (c)の3D表現画像

図2 マンモグラフィ画像における病変領域の強調

考える。図2

(a)のような画像は、濃淡画像（グレースケール画像）とよばれ、さまざまな値の濃淡値をもったピクセル（画像の最小単位）で構成されたものである。濃淡値を高さと考えると、濃淡画像は、図2 (b)のように、3D画像として表現することができる（赤色が高い領域、青色が低い領域を表す）。マンモグラフィにおける病変領域は、周囲より高くなった「山」のような構造であると考えられる。そこで、この構造パターンを抽出する処理を実行する。その結果を図2 (c)に示す。病変領域が特異的に強調され、明瞭に表現されていることがわかる。

Mathematical Morphologyを用いた画像処理においては、「丸」「直線」あるいは「病変」といった、抽出したい対象の構造に関する私たちの知識を直接的に、画像処理過程の中に導入することができる。これは、他の画像処理理論にはない、きわめて重要な性質であるといえる。

深層学習とMathematical Morphologyを組み合わせた新たな画像認識手法

近年、深層学習は、画像分類、物体検出などの画像認識のタスクにおいて大きな役割を果たしている。医療分野においては、医用画像中の病変の分類や検出、領域の自動切り出しなどに関する臨床研究の報告がなされている。しかし、深層学習を行うニューラルネットワークの判断過程はブラックボックス化されているため、得られた結果に対する判断根拠を理解することが困難である。ニューラルネットワークが判断するために着目した領域を強調して表示するといった、XAI（Explainable AI、説明可能AI）技術の開発も行われているが、問題解決にはまだ不十分な状況である。また、入力画像の状態によっては、ニューラルネットワークが対象以外の領域（対象の周辺や背景構造など）を誤認識するため、認識精度が低下する、という問題も知られている。

一般的な深層学習に基づく病変認識のプロセスは、図3 (a)のようになる。画像データとしては、

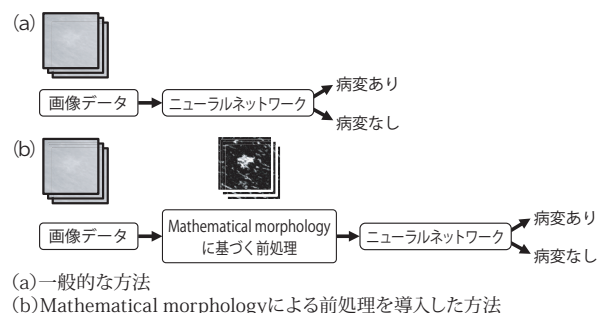


図3 深層学習に基づく病変認識プロセス

例えば、図2 (a)のような、装置で取得されたままの画像（原画像）を用いる。画像をニューラルネットワークに入力したら、対象の学習はニューラルネットワークまかせになる。一方、筆者が開発している手法は、Mathematical Morphologyに基づく「画像前処理」の過程を付け加えた図3 (b)となる。原画像を図2 (c)のような病変を強調した画像に変換し、それを入力画像として用いる。この前処理過程においては、ニューラルネットワークによる判断根拠を明確にするため、それが認識すべき領域（この場合は病変領域）を抽出し、判断に用いる領域をあらかじめ限定できる。また、認識対象以外の構造は可能な限り除去される。このため、ニューラルネットワークが背景構造などを誤認識する可能性は低減される。この手法は、従来の深層学習による画像認識プロセスの問題点を、部分的にはあるが解決しうるものであり、認識対象のもつ構造特徴の知識を、深層学習による画像認識プロセスに導入した新しい手法であるといえる。実際に、医用画像における病変部位の分類実験では、従来の方法に比べ、分類精度の向上を実現する結果が得られている^{*1}。

*1 Y. Kimori, "A Morphological Image Preprocessing Method Based on the Geometrical Shape of Lesions to Improve the Lesion Recognition Performance of Convolutional Neural Networks," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 70919-70936, 2022.

研究キーワード

- 画像処理・解析
- 物体認識
- 深層学習
- Mathematical Morphology

産業界へのメッセージ

本研究シーズは、対象の形の情報を取り扱うことが可能な画像処理技術であり、これにより、対象の強調、背景からの分離、特徴の計測などを効果的に行うことができます。また、AIによる画像認識プロセスにおいては、解析対象を明確化する画像前処理手法としても利用でき、画像分類や領域抽出の高精度化が望めます。医療分野における画像診断補助や、製造業分野における外観検査、工業、農業分野などにおける画像計測など、カメラやセンサによって画像を取得し、そこから得られる情報を活用しようとするさまざまな分野において適用可能であると考えられます。

産学連携をお考えの方は上記または次の担当部署までお問い合わせください。

- 北陸経済研究所 米屋 TEL: 076-433-1134
- 北陸銀行 地域創生部 山上 TEL: 076-423-7180