

医用画像における病変領域の強調処理。(a) 胸部X線画像。(b) マンモグラフィ画像。いずれも、左側が原画像、右側が強調処理画像。病変領域を矢印で示す。コントラストの低い病変領域を特異的に強調することにより、診断の際の視認性を向上させる。

Mathematical morphology に基づく新しい画像処理・解析手法の開発

Mathematical Morphology(以下モルフォロジ)の体系は、処理対象画像と構造要素とよばれる小図形との集合演算によって成り立っており、それに基づく非線形画像処理フィルタは科学の諸分野と工学分野等で広く使用されてきた。通常モルフォロジフィルタを生物・医学画像に適用した場合、構造要素の作用方向の制限により対象の微細かつ複雑な構造が変形、破壊されるという問題が知られている。本研究では、この問題を解決すべく、より頑健かつ汎用的な新規の演算手法を考案した。これは、画像を任意の角度に回転させ、そのつど演算を繰り返すというものである。現在、本手法を医学・生物学分野における様々な対象に適用し、形態情報の定量解析を行っている。とりわけ、医用画像の定量解析は、病変領域の早期発見や病理診断の正確さの向上のために必須な要素技術となっている [1]。

生物画像における形態情報の抽出と定量化

本研究では、シロイヌナズナの根毛細胞における細胞骨格(アクチンフィラメント)形態の解析手法を開発し、*rhd3* 変異体における細胞骨格の形態異常を野生型と比較することにより、その差を定量的に記述した [2]。図 1a に野生型(WT)および変異体(*rhd3*)の細胞骨格(アクチンフィラメント)像をそれぞれ3例示す。野生型のフィラメントは、フィラメント径が細く、複雑なネットワーク構造をもっていることに対し、変異体では、個々のフィラメントがバンドル化し太く、ネットワーク構造のような複雑さはないことが見て取れる。本研究では、これらの表現型を定量化した。まず、画像中から解析対象をセグメンテーションし、その特徴量の抽出手法を開発した。特徴量として、フィラメントの太さ(T : thickness)、方向性(MOI : multi-orientation index)および、二次元ネットワークパターンの複雑さ(C : complexity)の3つを抽出し、計測した。最終的には、 MOI と C を統合してひとつの特徴量($BFPF$: binarized filament pattern feature

多種・大量な画像データから有用な情報を抽出するためには、画像が内包する構造特徴を探索し、それに基づき、論理的な手順で処理・解析を実行できるような数理的な方法論の構築が必須である。本研究では、画像を、Primitive 構造(対象の存在定義領域の2Dサイズ、凹凸形状等)の集合と捉えることにより、集合論の枠組みで、画像情報の取り扱いを可能とする「Mathematical morphology」を用いて、様々な画像処理・解析アルゴリズムを開発している。

と表す)にした。

解析の結果、野生型と変異体の細胞骨格フィラメントの形態特徴量は有意差をもって異なることがわかった。特徴量 T および $BFPF$ で張られる2次元特徴空間に解析結果をプロットしてみると、変異体のフィラメント形態は2つのクラスに分かれることが分かった(図 1b)。Class-2 ではフィラメントの太さの平均値は小さくかつ構造複雑性は比較的大きい(野生型に近い形態特徴を呈す)。これに対し、Class-1 では、フィラメントが太く、構造複雑性が小さい。ふたつのクラス間の差は細胞の週齢を反映しているということが示唆されている。本手法により、目視では検出できないような微妙な構造的差異を抽出し、定量化することができた。

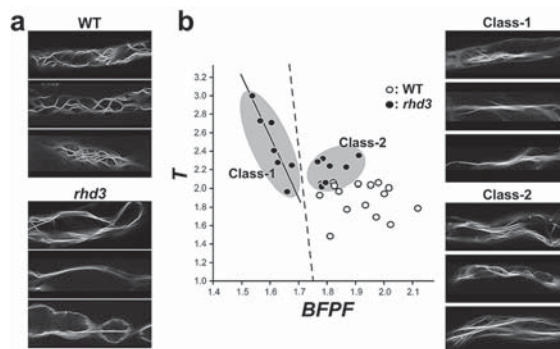


図 1. シロイヌナズナの根毛細胞における細胞骨格の解析 (a) 原画像 (Bar: 20 μ m)。 (b) 形態解析結果。太さ T および統合量 $BFPF$ の2次元特徴空間に、野生型および変異体の特徴の計測値をプロットした。野生型および変異体のフィラメント形態は有意な差をもって区分できた。さらに変異体のフィラメント形態は2つのパターンに分類することができた。

参考文献

- Kimori, Y., Hikino, K., Nishimura, M., and Mano, S. (2016). Quantifying Morphological Features of Actin Cytoskeletal Filaments in Plant Cells Based on Mathematical Morphology. *J. Theor. Biol.* 389:123-131.
- Kimori, Y. (2011). Mathematical morphology-based approach to the enhancement of morphological features in medical images. *J. Clin. Bioinforma.* 1:33.

特任助教
木森 義隆



自然科学研究機構
新分野創成センター
イメージングサイエンス研究分野