

# 非線形光学とAI解析を融合した 乳腺腫瘍の高精度鑑別診断システムの開発

愛媛大学 大学院理工学研究科 准教授 齋藤 卓

乳腺腫瘍における線維腺腫（FA）と葉状腫瘍（PT）の鑑別、特に臨床的に重要な良性PTと境界悪性PTを客観的に診断可能とするシステムの構築を目的とした。非線形光学顕微鏡による無染色・高解像度イメージングと、深層学習を用いた自動特徴抽出技術を統合し、診断精度の向上と定量的評価指標の確立を目指した。

乳腺腫瘍・・・上皮成分と間質性分から構成される  
・一般的に良性と悪性に分類されるが、  
中間的性質を示す境界病変も存在する

| 腫瘍名            | 特徴           |
|----------------|--------------|
| FA(線維腺腫)       | 代表的な良性乳腺腫瘍   |
| BPT(良性葉状腫瘍)    | 良性だが再発の可能性あり |
| BLPT(境界悪性葉状腫瘍) | 良性と悪性の中間的性質  |
| 悪性葉状腫瘍         | 間質性分が悪性の葉状腫瘍 |

## 非線形光学顕微鏡

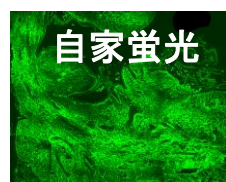
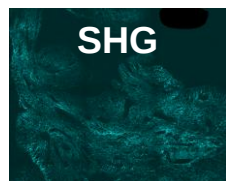
- ・組織染色が不要
- ・組織構造・機能情報が可視化可能

SHG(第二高調波発生画像)

：コラーゲン繊維構造

自家蛍光画像

：細胞の代謝・機能情報



非線形光学顕微鏡を用いた無染色・高解像度イメージングによって  
乳腺腫瘍画像を撮像し、深層学習を用いて特徴量の自動抽出を行う手法を開発

## 深層学習による画像分類精度<BLPT・BPT>

|          | SHG   | 自家蛍光  | SHG・自家蛍光 |
|----------|-------|-------|----------|
| AlexNet  | 68.9% | 70.9% | 65.0%    |
| ResNet   | 61.6% | 62.4% | 60.3%    |
| DenseNet | 65.3% | 66.3% | 60.2%    |
| ViT      | 63.0% | 54.0% | 50.6%    |

乳腺腫瘍画像を深層学習モデルに入力し、  
画像の特徴を自動抽出して分類を行った

AlexNet

- ・比較的単純な深層CNN
- ・5つの畳み込み層、3つのプーリング層と全結合層群から構成される

Vision Transformer (ViT)

- ・入力画像を分割して、自己注意機構により特徴抽出する

DenseNet

- ・各層がそれ以前のすべての層の特徴マップを結合して入力する

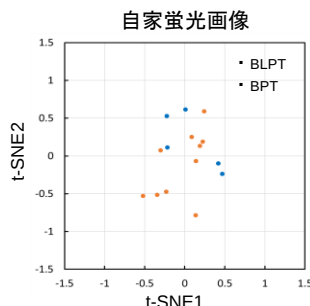
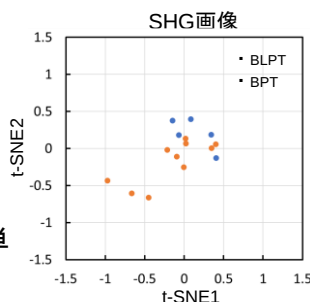
ResNet

- ・勾配消失が緩和し、深いネットワークでも安定した学習が可能

## t-SNEを用いた特徴可視化

t-SNE：高次元特徴を2次元に写像し、  
特徴分布の類似性を可視化する

各患者の特徴量の重心を算出し、患者単位で分布を評価



BLPTとBPTで  
異なる分類傾向  
を示した

本研究では、非線形光学顕微鏡で取得した SHG 画像および自家蛍光画像を対象に、深層学習による乳腺腫瘍の分類と特徴可視化を行った。深層学習により画像内の判別情報を抽出できる可能性が示唆されたが、症例数が限られているため、高表現力モデルの性能を十分に引き出せなかった可能性がある。今後は分類精度のさらなる向上が求められる。

本研究は、大学発起業化シーズ育成支援補助事業により実施しました。