

## 1000以上の切片画像群から3次元復元する画像位置合わせ

病理診断や発生学研究において、細胞レベルの構造を詳細に観察可能な組織切片は重要である。しかし、多数の切片画像から元の組織の立体構造を正確に理解するのは困難である。画像位置合わせによる3次元復元が有効であるが、切片を作製する過程で組織が収縮や伸展といった物理的な歪みを受けるため、歪みを考慮せずに単純な剛体位置合わせを行うと元の構造を精密に再現できない。また、歪みを補正可能な非剛体位置合わせ技術を用いても、順番に1枚ずつ画像を位置合わせすると、誤差が積み重なって最終的な復元結果が大きく歪んでしまう問題がある。そこで本研究では、多数の画像をまとめて扱い、歪みを効果的に抑制しつつ高精度な3次元構造を復元できる技術を開発した。

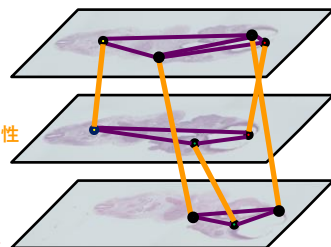
### 研究内容

#### 歪みの蓄積を抑えた3次元復元を実現

本研究では、多数の連続組織切片画像から3次元構造を正確に復元することを目的として、切片の特徴的な構造を用いて近接した2枚の切片画像間で自動的に対応関係を推定した。構造に着目した対応推定により、疎ではあるが信頼性の高い対応関係を得ることができる。また、近接した画像間で自動的に推定された対応関係をもとに構築したグラフ構造を作成し、個々の切片画像での歪みの補正を最小限に抑えつつ位置合わせを実現できるよう、全ての切片画像を同時に考慮して最適化する手法を開発した。これにより、高精度かつ安定的に3次元形状を復元できるようになった。

#### 位置合わせグラフの構成

- ・ 節点：特徴点クラスタ
- ・ 枝：相対的な幾何変換
  - ・ 画像間の枝：位置合わせへの忠実性
  - ・ 画像内の枝：各切片の剛体性
  - ・ 巡回路：位置合わせの整合性
- ・ 上記指標の重み付き和を最小化するように幾何変換を最適化

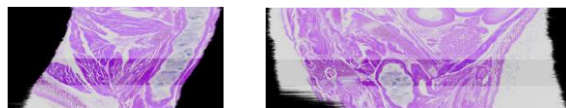


近接した画像間での対応点をもとに構築したグラフ構造

### 成果

#### 多数の切片から歪みを抑えた3次元復元を実現

本研究では、染色されたパラフィン切片を対象とし、1000枚以上の連続した切片画像を用いて提案手法を評価した。その結果、従来の逐次的な位置合わせに比べて、変形の蓄積を大幅に抑制できることを確認した。細胞レベルの構造を忠実に保持しながら、歪みの少ない高精度な3次元復元が可能であることを実証した。大量の連続切片画像を用いた病理診断や発生学研究において、より精度の高い解析が可能となると期待される。（試料は順天堂大学医学部 表原准教授の提供による）



1200枚の連続組織切片から復元された  
3次元ボリュームの横断面



1594枚の連続組織切片から復元された  
3次元ボリュームの横断面

多数の連続組織切片から復元された3次元ボリュームの横断面

### 未来像

- ▶ 切片標本から復元した3次元データに基づく病理組織の3D解析
- ▶ 凍結切片や非染色切片などへの適用範囲の拡大と多様な組織解析への応用

#### Keywords

3次元復元、パラフィン切片、病理診断支援

担当者：船富卓哉

連絡先：メディルクス研究センター

medilux@ml.naist.ac.jp