

研究課題名：乗法群スパースモデリングによる幾何変換場のモデル化

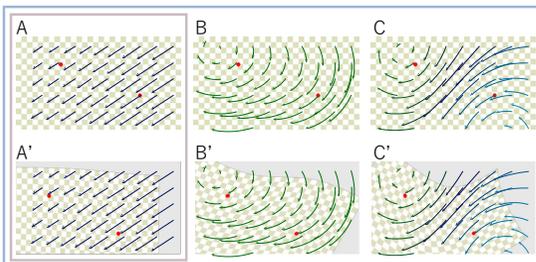
研究者氏名 船富 卓哉（奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 准教授）

研究領域「数理構造活用」
（研究総括：坂上貴之、R1年度発足）

研究概要 少ない情報から形態変化の全体像を理解することができる新しい解析手法を開発し、生体画像から気象データまで幅広い対象への有効性を示した。

確立した理論

「点から点」で見ていた変化を「領域から領域」で捉えることで少ない情報からでも多様な変形を表現できる解析手法



従来の「点から点」の変化を捉える解析ではAの変形しか表現することができなかった。

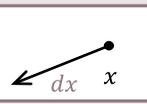
「領域から領域」の変化を捉えて解析する手法により、A~C全ての変形を個別の現象として表現することが可能になった。

動画



【従来の手法】ベクトル場

「点から点」=変形を足し算で解析

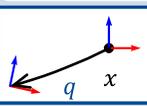


変位：並進のみ
 $x + dx$ ：演算体系は **加法**

BやCは表現不可能

【新しい手法】幾何変換場

「領域から領域」=変形を掛け算で解析



幾何変換：剛体/相似変換（回転/拡大縮小なども）
 qxq^* ：演算体系は **乗法**

A・B・Cのすべての場合を表現可能

導き出した解析手法

- 幾何変換場の回帰分析
- 幾何変換場のグラフ最適化
- 幾何変換場のスペクトル解析

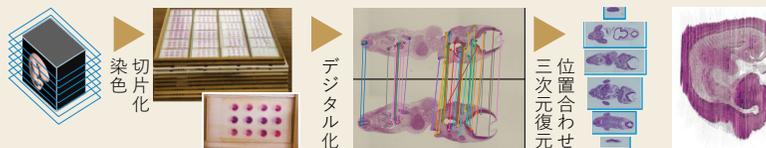
成果

新しく開発した解析手法により、50年以上前に製作されたヒト胚子の連続切片標本から元の3次元形状を復元

目標 「点から点」で見ていた形の変化を「領域から領域」で捉えることで少ない情報からでも全体像を記述できる新しい解析手法を開発する。

解析の対象：ヒト胚子標本群 [Kyoto collection]

1標本から数百枚以上の切片／切片制作時に物理的な歪みが発生／3次元的な形態の把握が困難



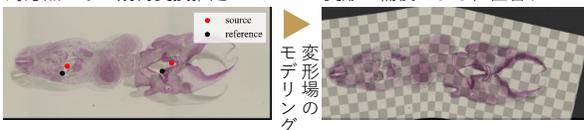
▶ 連続切片からの3次元再構成

課題 連続切片を逐次的に位置合わせすると変形が蓄積し大きな歪みを招く
位置合わせの全体最適化によって3次元復元における変形の蓄積を解消

成果1 切片画像の位置合わせ

連続する2枚の切片間の変形をモデル化し位置合わせを行う

対応点からの幾何変換推定 変形の補償による位置合わせ



幾何変換場の回帰分析

2次元剛体変換

成果2 切片画像の3次元復元

数百枚の切片の位置合わせについて全体最適化を行い、各々の歪みを抑えながら積層することで3次元化する

位置合わせ前 位置合わせ後



幾何変換場のグラフ最適化

2次元剛体変換

3Dモデル



幾何変換場のスペクトル解析

成果3 胚子発生における変形の分解

異なる発生段階にある胚子の変形の成分分解と可視化

応用

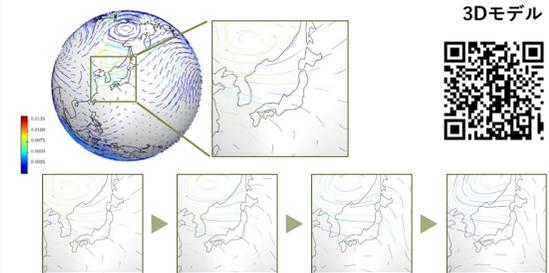
生体画像から気象データまで幅広い対象の変形の解析への有効性を示した

幾何変換場の回帰分析

3次元回転変換

応用1 全球での移流のモデル化

静止衛星で観測された画像に写った雲の動きから地球全体における大気の流れを推定



3Dモデル

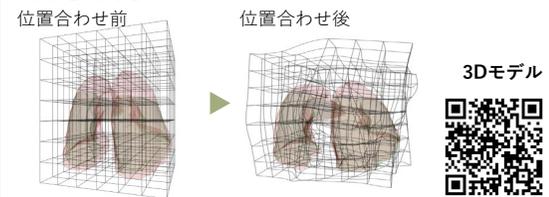


幾何変換場の回帰分析

3次元相似変換

応用2 3次元CT画像の位置合わせ

肺が膨らんだ状態（吸気）⇔縮まった状態（呼気）の変形を捉える



3Dモデル



今後の展望

- ・ 深層学習技術や他の統計解析・信号処理技術への展開
- ・ 解析対象に応じた幾何変換の種類（剛体/相似変換）の選択指針の確立
- ・ 他の応用先の開拓