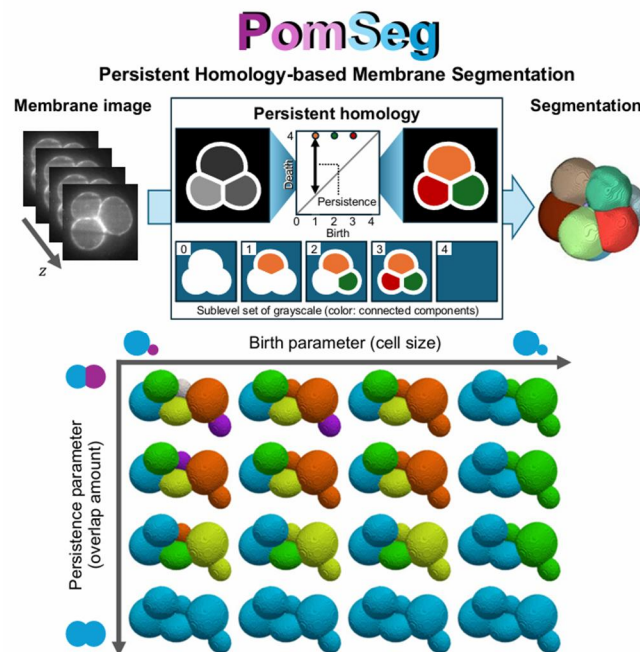


東京大学
京都大学
科学技術振興機構（JST）

トポロジカルデータ解析で 柔軟な細胞セグメンテーションを実現

発表のポイント

- ◆トポロジカルデータ解析に基づく細胞膜画像のセグメンテーションツール「PomSeg」を開発
- ◆数理構造と生物学的な対応を明らかにすることで、細胞サイズや重なり具合など、明確な意味を持つパラメータで細胞のセグメンテーションを実現
- ◆発生学をはじめ、細胞膜画像を扱う多様な生命科学分野の研究を推進



トポロジカルデータ解析に基づく細胞膜画像セグメンテーションツール「PomSeg」
(論文グラフィカルアブストラクトより)

概要

東京大学大学院医学系研究科の織田遥向氏と、京都大学高等研究院ヒト生物学高等研究拠点の井元佑介特定准教授による研究グループは、トポロジカルデータ解析（注1）技術であるパーシステントホモロジー（注2）を用いた細胞膜画像のセグメンテーション（注3）ツール「PomSeg」を開発しました。機械学習ベースの従来手法と比較して、細胞サイズや重なり具合など、明確な意味を持つパラメータで細胞のセグメンテーション（ラベル付け）ができる柔軟性を持つ点で新規性があり、この研究成果は今後、細胞膜画像に基づく多様な生命科学分野の研究を推進することが期待されます。

発表内容

近年、細胞画像解析技術の発展により、細胞の形態や動態を通して生命の基本原則を理解しようとする研究が進んでいます。これに伴い、多様な細胞画像を対象としたセグメンテーションツールの開発が強く求められています。とりわけ機械学習技術の導入が急速に進み、大量の細胞画像を事前学習することで自動的にセグメンテーションを行うツールが数多く開発されてきました。一方で、こうした手法で十分な結果が得られない場合に、ユーザーの専門知識を生かして結果を柔軟に調整できるツールは限られていることが課題でした。

この度、本研究チームはトポロジカルデータ解析に基づく細胞膜画像セグメンテーションツール「PomSeg」を開発しました。PomSeg は、代表的なトポロジカルデータ解析手法であるパーシステントホモロジーを基盤とし、データの「つながり」や「穴」といった形状の特徴を定量的に捉えることで、細胞膜画像中の個々の細胞を構造として識別します。細胞サイズや細胞同士の重なり具合など、明確な意味を持つパラメータによってセグメンテーションを行うことができるため、ユーザーは自身の細胞の定義に応じて柔軟に出力結果を調整できます。また、さまざまな画像条件や解像度に適用可能で、ノイズを含む画像にも安定して柔軟に対応できるほか、既存の機械学習手法と組み合わせることで、より柔軟な画像解析を実現します。

本研究により、発生学をはじめとする細胞膜画像を扱う多様な生命科学分野の研究がさらに推進されることが期待されます。これにより、生物種間の違いや病態の理解が進み、医学研究や創薬、疾患解明など将来的な社会的価値の創出につながると考えられます。

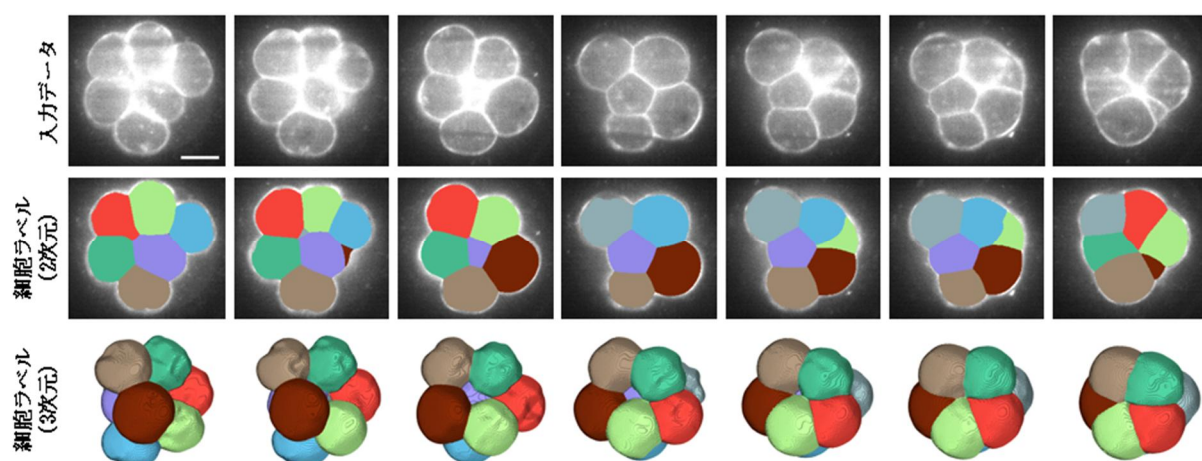


図 1 : PomSeg を細胞運動の時系列データに適用した結果

PomSeg による細胞膜画像のセグメンテーションの一例。上から入力データ、PomSeg の出力である 2 次元の細胞ラベルおよび 3 次元の細胞ラベルを表示。時系列データに適用し、細胞の運動の様子が捉えられている。論文 Figure3A より、一部改変。

発表者・研究者等情報

東京大学

大学院医学系研究科

織田 遥向 医学博士課程

京都大学

高等研究院ヒト生物学高等研究拠点

井元 佑介 特定准教授



論文情報

雑誌名 : Cell Reports Methods

題 名 : Persistent homology-based segmentation tool for membrane images

著者名 : Haruhisa Oda, Yusuke Imoto

DOI:10.1016/j.crmeth.2026.101366

URL:<https://doi.org/10.1016/j.crmeth.2026.101366>

研究助成

本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST「1 細胞データ科学を介した融合数理の革新 (JPMJCR24Q1)」の支援により実施されました。

用語解説

(注1) トポロジカルデータ解析

データのトポロジー (形状などの幾何学的構造) 情報を活用する数理データ解析分野。

(注2) パーシステントホモロジー

データの「つながり (連結成分)」や「穴」といったトポロジー情報を定量化する数学的枠組み。

(注3) セグメンテーション

画像のピクセルやボクセルを意味のあるまとまりごとにラベル付けする操作。細胞画像であれば、それぞれの細胞ごとにラベル付けを行う。

問合せ先

<研究内容について>

東京大学大学院医学系研究科

医学博士課程 織田 遥向 (おだ はるひさ)

Tel : 03-5841-3434 E-mail : haruhisa-oda0722@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

CC に指導教員である、同研究科教授 石川 俊平 (いしかわ しゅんぺい) ishum-prm@m.u-tokyo.ac.jp を入れてください。

<機関窓口>

東京大学大学院医学系研究科 総務チーム

Tel : 03-5841-3304 E-mail : ishomu@m.u-tokyo.ac.jp

京都大学高等研究院ヒト生物学高等研究拠点 リサーチアクセレーションユニット

Tel : 075-753-9879 E-mail : ashbi-pt@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

科学技術振興機構 広報課

Tel : 03-5214-8404 E-mail : jstkoho@jst.go.jp

〈JST 事業について〉

科学技術振興機構 戦略研究推進部 ICT グループ

櫻間 宣行（さくらま のりゆき）

Tel : 03-3512-3526 E-mail : crest@jst.go.jp