

令和6年12月19日

報道機関 各位

熊本大学

深層学習を用いた細胞骨格の高精度・高効率な密度解析法を確立

(ポイント)

- 深層学習に基づくセグメンテーション手法を用いて、細胞骨格の密度を高精度かつ高効率に解析する技術を確立しました。
- 本手法は、従来の解析法では難しかった細胞骨格の密度測定の精度を向上させました。
- 本手法を植物の気孔開閉や受精卵の極性化などの生命現象に応用し、細胞骨格密度の変化を定量的に評価することに成功しました。

(概要説明)

熊本大学大学院自然科学教育部修士課程2年の堀内凌太大学院生と同大学大学院先端科学研究部の檜垣匠教授を中心とした研究グループは、深層学習を用いた細胞骨格のセグメンテーション法を開発し、細胞骨格密度を高精度かつ高効率に測定する手法を確立しました。

本研究では、タバコ培養細胞の微小管を対象に、従来の方法と深層学習法の解析精度を比較しました。その結果、従来法では角度や並行度の測定には十分であったものの、密度測定の精度には限界があることが明らかになりました。一方、深層学習に基づく手法では、密度の定量精度が顕著に向上することが示されました。さらに、本手法の有用性を検証するため、植物の気孔開閉運動および受精卵の極性化に応用を試みました。その結果、両現象において細胞骨格密度の変化を正確に捉えることに成功し、本技術の汎用性の高さが実証されました。本研究は、深層学習が大規模な画像データセットの解析を自動化・高効率化することで、

細胞骨格の機能解明や関連分子機構の研究に貢献する可能性を示しています。

本研究成果は令和6年12月18日、科学雑誌「Protoplasma」オンライン版のカテゴリー New Methods in Cell Biology に掲載されました。本研究は日本学術振興会科研費、科学技術振興機構 CREST、および熊本大学国際先端科学技術研究機構 Research Cluster Digital Plant Cell Biology の支援を受けて実施されました。

## (説明)

### [背景]

細胞の中には「細胞骨格」というタンパク質で構成される構造があり、細胞分裂を進めたり、環境ストレスに対応したりする上で重要な役割を果たしています。例えば、細胞分裂が終わった後には、細胞をふたつに分けるための特別な細胞骨格の構造が一時的に作られ、すぐに消えるといった変化が観られます。このように、細胞骨格がどのようににはたらき、それがどのように制御されるかの仕組みを解明することは、細胞生物学の研究において大切な研究課題の一つです。

これまでは、顕微鏡で撮影した細胞骨格の画像を目で見て評価する方法が一般的でしたが、この方法では多くの時間がかかり、正確性にも限界がありました。最近では、コンピュータを使って顕微鏡画像を定量的に解析する技術が普及し始めています。この解析では、細胞骨格などの特定の構造を画像の中から識別する「セグメンテーション」という工程が重要です。しかし、従来のセグメンテーションには、手作業で設定を行う必要があったり、使うアルゴリズムによって精度にばらつきが出たりする課題がありました。これらの課題を解決するためには、効率的かつ正確な新しいセグメンテーションの技術が求められていました。

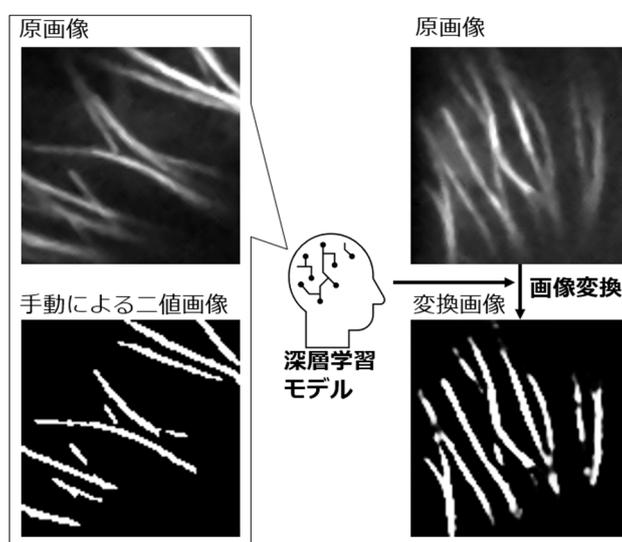
### [研究の内容と成果]

今回、同研究グループは、深層学習を用いた新しい細胞骨格のセグメンテーション手法を確立しました。この研究では、タバコの培養細胞を用いて、細胞骨格の画像を深層学習という AI 技術で解析し、これまでの手法とどれほど精度や効率が異なるかを比較しました。細胞骨格の「角度」「並行度」「密度」という3つの指標を使って解析を行った結果、角度と並行度については従来の方法でも十分な精度が得られる一方で、密度の測定においては深層学習を活用した手法が大幅に精度を向上させることが分かりました。

さらに、この新しい技術を使って、植物の気孔閉鎖運動と受精卵の極性化というふたつの異なる生命現象に応用を試みました。気孔閉鎖運動では、植物ホルモンの一種であるアブシジン酸を使って気孔を閉じさせる実験を行い、その際の

細胞骨格であるアクチン繊維の密度変化を調べました。この結果、新しい手法を使うことで、アクチン繊維の密度増加をより正確に測定できることが確認されました。従来の方法では、画像によって密度を過小評価する傾向がありましたが、深層学習を用いることでそのような課題を克服することができました。

これらの結果から、新しい手法は、タバコの細胞だけでなく、植物の気孔や受精卵など、多様な細胞や現象に適用できる汎用性の高い技術であることが示されました。特に、従来の方法では対応が難しかった細胞骨格の密度解析を正確かつ効率的に行える点が大きな特徴です。この技術は、植物細胞の研究だけでなく、他の生物の細胞解析にも応用できる可能性が期待されています。



#### [今後の展開]

本研究により、深層学習を活用した細胞骨格のセグメンテーション手法が、植物細胞生物学における定量顕微鏡解析を大きく進展させる可能性が示されました。今後、異なる細胞種や条件への適用を目指し、深層学習モデルの汎用性向上を図ることで、より幅広い生物学的課題への対応が期待されます。さらに、本手法は細胞骨格に限らず、他の繊維状構造の解析にも応用可能であり、細胞生物学分野における新たな知見の創出に貢献すると考えられます。

#### (論文情報)

論文名 : Deep learning-based cytoskeleton segmentation for accurate high-throughput measurement of cytoskeleton density.

著者 : Ryota Horiuchi, Asuka Kamimura, Yuga Hanaki, Hikari Matsumoto, Minako Ueda, and Takumi Higaki\* (\*責任著者)

掲載誌 : Protoplasma

doi : <https://doi.org/10.1007/s00709-024-02019-9>

**【お問い合わせ先】**

熊本大学大学院先端科学研究部

担当：教授 檜垣 匠

電話：096-342-3975

e-mail : [thigaki@kumamoto-u.ac.jp](mailto:thigaki@kumamoto-u.ac.jp)