



令和7年5月8日

報道機関 各位

熊本大学
山口大学

見落としていた細胞の変化に気づく、新しい観察のかたち
～深層学習による画像復元で細胞質分裂のはじまりを明らかに～

(ポイント)

- 植物細胞が分裂するとき形成される「細胞板」の初期形成部位に、アクチン繊維が局在することを明らかにしました。
- 顕微鏡で捉えた映像の画質を深層学習を用いて復元することで、従来の観察では見逃されてきた細胞内の変化を高精度に観察できるようになりました。
- 画像復元によって得られたアクチン繊維の新たな局在パターンの発見は、従来の観察手法や薬剤処理による検証実験でも確認され、深層学習による画像処理に依存しない実在の構造であることが裏付けられました。

(概要説明)

熊本大学大学院先端科学研究部の菊池涼夏特別研究員（当時）（現・山口大学大学院創成科学研究科・助教）、同大学理学部4年生の神鷹卓己大学生（当時）、同大学院先端科学研究部の檜垣匠教授らからなる研究グループは、深層学習による顕微鏡画像の画質復元技術を活用して、植物細胞の分裂における初期の細胞板形成過程を可視化し、アクチン繊維の新たな局在パターンを明らかにしました。

細胞内の繊細な構造を観察するには、顕微鏡を使って鮮明な画像を撮影する必要がありますが、強い光を長時間当てることで細胞が傷んでしまう「光毒性」や「退色」という問題があります。そのため、できるだけ弱い光で撮影する必要

がありますが、そのぶん画像が暗くなり、微細な構造が見えにくくなるというジレンマがありました。

本研究では、この問題を解決するために、短時間の露光で撮影した画像を深層学習で明瞭に復元する技術を活用し、細胞分裂のごく初期段階でのアクチン繊維の挙動を高精度に捉えることに成功しました。その結果、アクチン繊維が細胞板の形成が始まる部位に集まる様子が確認されました。これは、アクチン繊維が細胞板の初期構築に関与していることを示唆する新たな証拠と考えられます。

本研究成果は令和7年5月8日、科学雑誌「Plant Cell Reports」に掲載されました。本研究はJST CREST (JPMJCR2121) の支援を受けて実施されました。

(説明)

[背景]

植物細胞が分裂する際には、「細胞板」と呼ばれる構造が新たに形成され、これが細胞を仕切って2つの娘細胞へと分かれます。この過程において、細胞の骨組みの一種である微小管が主要な役割を担っています。一方、もうひとつの細胞の骨組みであるアクチン繊維は、細胞板の広がりや安定化に寄与していると考えられていますが、細胞板ができ始める初期段階においてどのように配置され、どのようにはたらくしているのかについては、これまで詳しくわかっていませんでした。

その主な理由は、観察対象となる細胞板形成の初期段階はごく短時間しかなく、リアルタイムで正確に捉えることが技術的に難しい点にあります。細胞内部を詳細に観察するには、強いレーザー光を当てて顕微鏡画像を撮影する必要がありますが、強い光を長時間照射すると、細胞がダメージを受けて正常に分裂しなくなる「光毒性」や、蛍光が薄れて観察が続けられなくなる「退色」といった問題が起こります。そのため、短い露光時間で撮影して細胞への負担を減らすことが望ましいのですが、その場合は画像が暗くなり、重要な構造がノイズに埋もれて見えなくなるという新たな課題が生じます。この“鮮明に見たいが、強い光は使えない”というジレンマが、これまで細胞分裂初期のアクチン繊維の詳細な観察を難しくしてきました。

[研究の内容と成果]

本研究グループは、この課題を解決するために、深層学習を用いた顕微鏡画像の復元技術を導入しました。具体的には、短時間の露光で取得した暗くてノイズの多い画像から、長時間露光で得られるような明瞭な画像を再現する画質復元モデルを構築しました。これにより、細胞へのダメージを最小限に抑えながら、生きたままの細胞内でのアクチン繊維の動きを連続的かつ高精度に観察

することが可能になりました (図1)。

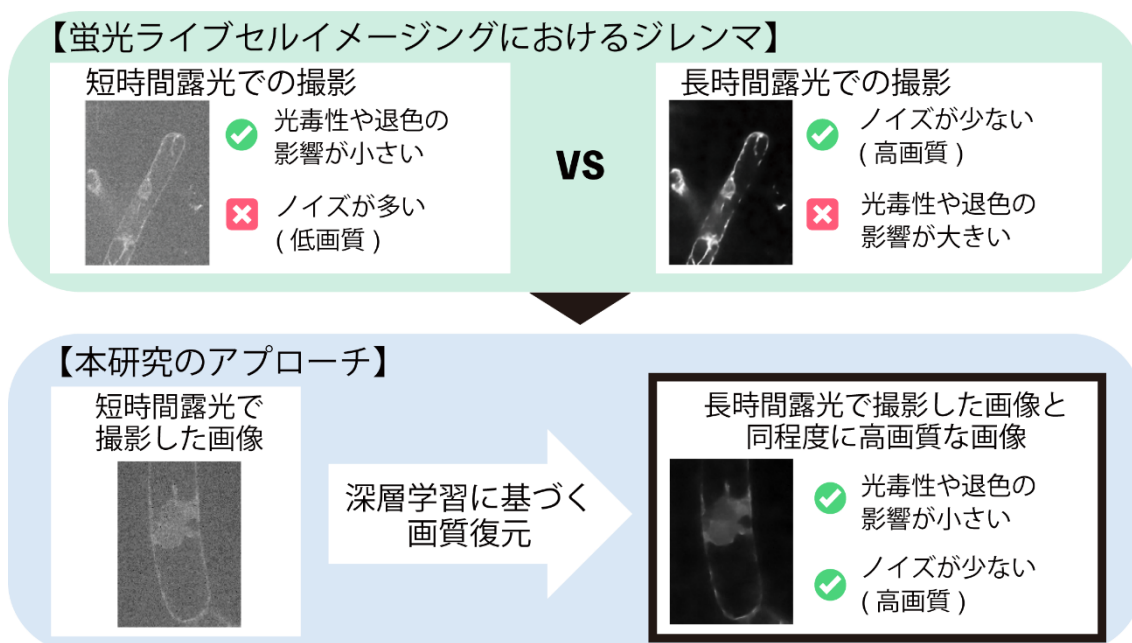


図1. 本研究のアプローチ

復元された細胞の立体画像の動画を研究グループが注意深く観察した結果、細胞分裂のごく初期段階でアクチン繊維が細胞板の形成位置に集まる特徴的な局在パターンを見出しました。これは従来の観察手法ではノイズに埋もれて捉えることが難しかった微細な変化です (図2)。

復元画像で見出されたアクチン繊維の局在パターンについては、深層学習による画像処理の結果として生じたアーティファクト (人工的な像) である可能性を排除するため、複数の検証を行いました。まず、復元処理を施さない画像についても、細胞板の形成初期を狙って高感度・長時間露光で直接観察を行った結果、同様のアクチン局在が確認されました。また、アクチン重合を阻害する薬剤を用いた処理により、この局在シグナルが消失することも確認されました。これらの結果は、復元画像で観察された構造が実際のアクチン繊維に由来するものである可能性を支持しています。

このように、本研究で用いた顕微鏡画像の復元技術は、専門家による観察の補助として有効であり、そこから得られた知見については従来の実験手法による裏付けが行われていることが、本研究の技術的な信頼性を担保する一要素となっています。

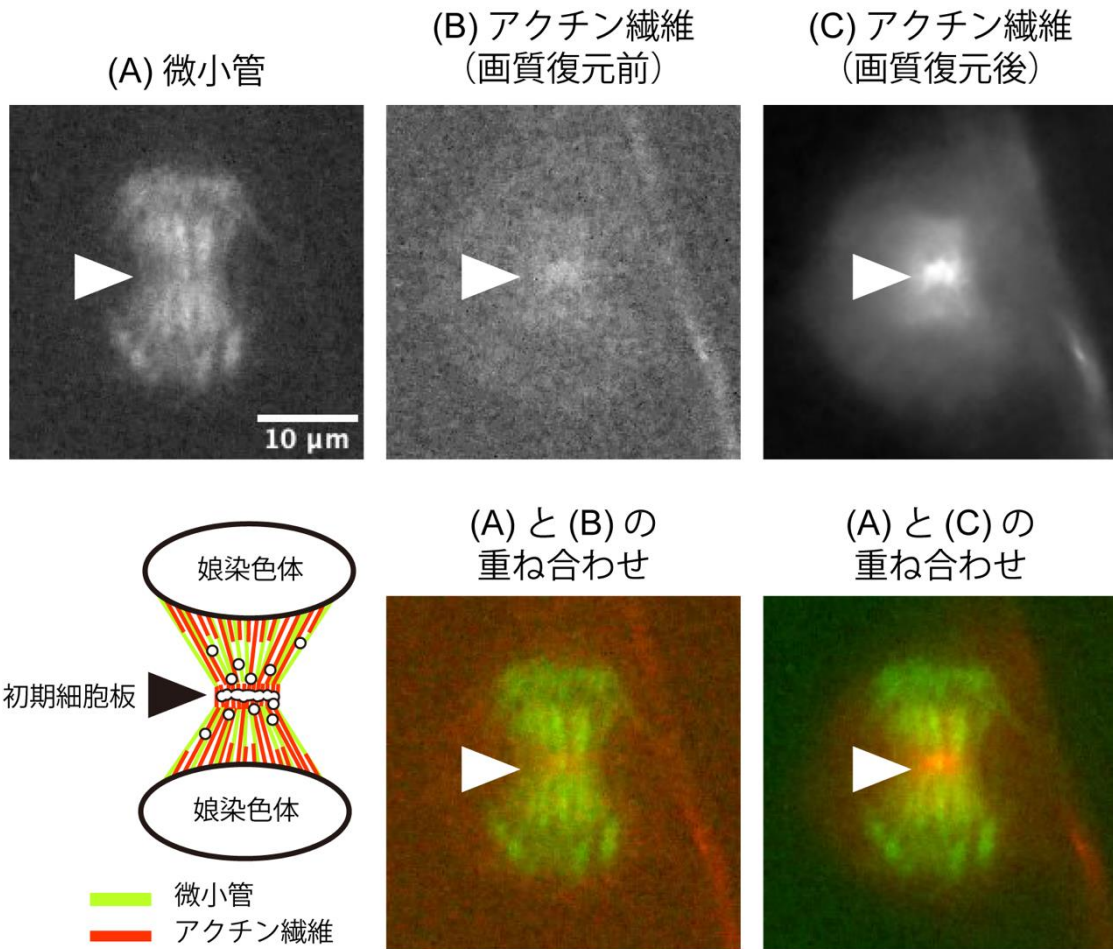


図2. 顕微鏡画像の復元

[今後の展開]

本研究で活用した画像復元技術は、細胞へのダメージを抑えながら、これまで見えにくかった細胞内の変化を鮮明にとらえる新しい観察手法として注目されます。細胞分裂のごく初期に起こるアクチン繊維の動きを明確に捉えられたことにより、植物がどのようにして新しい細胞をつくるのか、その仕組みをより深く理解する手がかりが得られました。

今後は、この技術を他の植物や細胞にも応用することで、細胞分裂だけでなく、成長や形づくりといったさまざまな生命現象の可視化が進むと期待されます。また、画像の“見えにくさ”を補い、研究者が細胞のふるまいに気づくためのサポートとして、将来的には幅広い生物学研究や薬剤評価などへの応用が期待されます。

(論文情報)

論文名 : Distinct actin microfilament localization during early cell plate formation

through deep learning-based image restoration

著者 : Suzuka Kikuchi, Takumi Kotaka, Yuga Hanaki, Minako Ueda, and Takumi Higaki* (責任著者)

掲載誌 : Plant Cell Reports

DOI : 10.1007/s00299-025-03498-7

URL : <https://doi.org/10.1007/s00299-025-03498-7>

【研究に関するお問い合わせ先】

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

山口大学大学院創成科学研究科

担当 : 助教 菊池涼夏

電話 : 083-933-5968

e-mail : suzuka-k@yamaguchi-u.ac.jp

【報道に関するお問い合わせ先】

熊本大学総務部総務課広報戦略室

電話番号 : 096-342-3271

E メール : sos-koho@jimu.kumamoto-u.ac.jp

山口大学総務企画部総務課広報室

電話番号 : 083-933-5007

E メール : sh011@yamaguchi-u.ac.jp