

2026年6月19日

報道機関 各位

ジベレリン合成と細胞分裂が連動する 茎伸長制御の新たな分子メカニズムを解明 ～従来説を更新するモデル提案、作物収量向上への応用に期待～

【本研究のポイント】

- ・モデル植物のシロイヌナズナを用いて植物ホルモン「ジベレリン(GA)^{注1)}」による茎伸長の制御機構を解明。
- ・茎伸長の開始時に先端部で GA 合成遺伝子 *GA20ox1*^{注2)} の発現が上昇し、活性型ジベレリン GA₄^{注3)} が蓄積することを発見。
- ・これにより、茎内部の細胞分裂が活性化し、その後の表皮細胞の伸長を誘導する新たな仕組みを明らかにした。
- ・本成果は、作物の草丈制御や収量性向上への応用が期待される。

【研究概要】

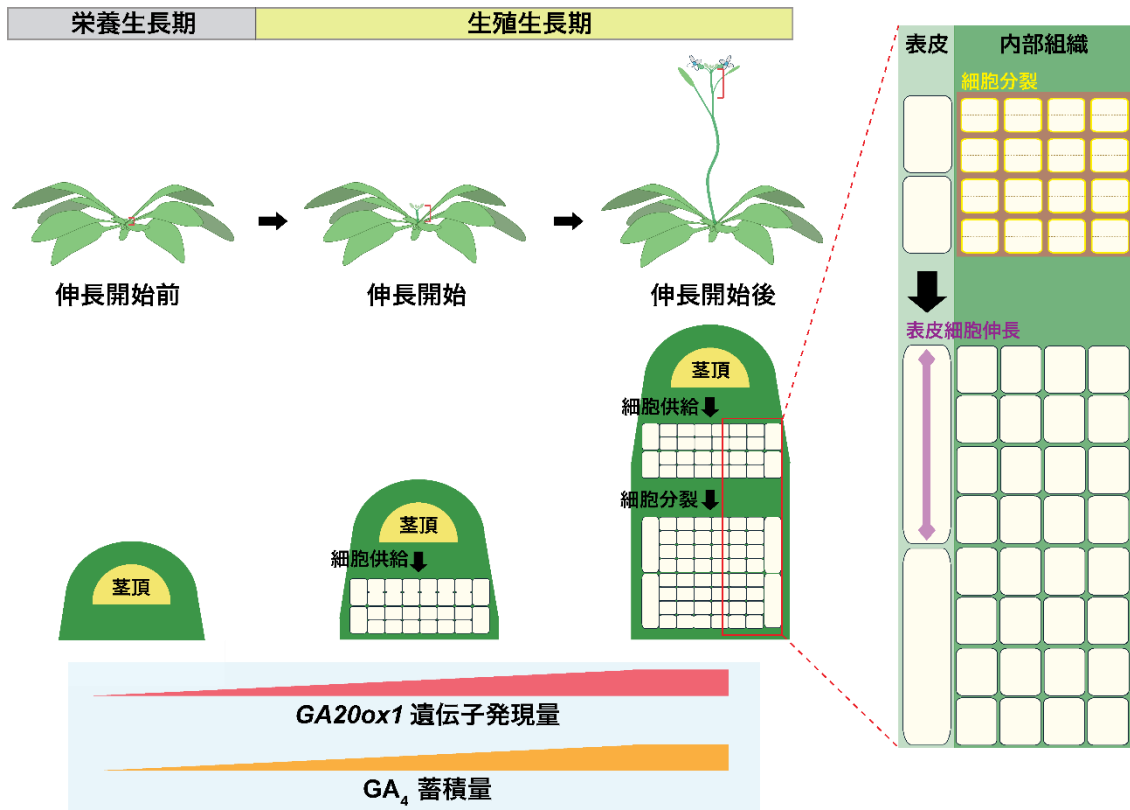
名古屋大学大学院生命農学研究科の水嶋 滯 博士後期課程学生、同大学生物機能開発利用研究センターの芦苺 基行 教授、高木 紘 YLC 特任助教(兼 高等研究院)らの研究グループは、同大学院生命農学研究科の榊原 均 教授、遺伝子実験施設の打田 直行 教授、トランスフォーマティブ生命分子研究所の佐藤 良勝 特任准教授、生物機能開発利用研究センターの永野 惇 教授らグループと共同で、**植物の茎伸長を導くホルモン制御の仕組みを明らかにしました。**

植物は生殖成長期になると花茎^{注4)}を伸ばし、花や種子を高い位置に配置します。本研究では、モデル植物のシロイヌナズナを用いて、花茎伸長の分子メカニズムを解析しました。その結果、従来考えられていたよりも茎上部の幅広い領域で伸長が活発であり、それには内部組織の細胞分裂が重要であることを見出しました。また、ジベレリン生合成変異体ではこの細胞分裂活性が低下し、茎伸長が強く抑制されることを確認しました。

さらに、茎伸長開始に伴い活性型ジベレリン GA₄ が茎上部に蓄積し、その合成に関わる *GA20ox1* の発現が上昇・維持されることを明らかにしました。これらの結果から、植物は茎伸長の開始に合わせてジベレリン合成を活性化し、内部組織の細胞分裂を促進することで茎伸長を制御していると考えられます。

本研究は、茎伸長の制御機構に関する従来理解を更新するものであり、植物が成長のタイミングと場所をどのように調節しているかの理解を深める重要な知見です。また今後、作物の草丈や倒伏抵抗性、収量性の改善につながる新たな技術基盤としての応用が期待されます。

本研究成果は、2026年6月13日付で国際学術誌『Plant and Cell Physiology』に掲載されました。



【研究背景と内容】

植物にとって茎は、葉や花を支えるだけでなく、水や栄養を体全体に運ぶための重要な器官です。また花を咲かせる植物では、茎を伸ばすことで、花や種子を適切な位置に配置します。若い時期には低い草型を保つことで倒伏や踏み倒されるリスクを抑え、生殖期には茎を伸ばして、受粉や種子散布に有利な形をつくります。

一方で、茎伸長の仕組みは、その重要性に比べて十分には解明されていません。根や葉、花の発生・生長に関する研究が進んできた一方で、茎においてはいつ、どこで、どのような分子メカニズムによって伸長が起きるのかについては、詳しい解析例が限られていました。

そのような中で、半世紀以上前から、植物ホルモンの一種であるジベレリン(GA)が茎伸長に重要な役割を果たすことは知られていました。また、茎の先端の未分化な組織で新しい細胞がつくられ、その後、下側の領域で細胞が大きくなることで茎が伸びる、という考え方が提案されてきました。しかし、この考え方が実際の茎伸長をどこまで正確に説明できるのかは、十分に検証されていませんでした。さらに、茎が伸び始める際に、どのような遺伝子発現の変化やジベレリン量の変化が起こるのか、またジベレリンが茎のどの場所で細胞の伸長もしくは分裂を制御しているのかは、よく分かっていませんでした。

そこで本研究では、モデル植物であるシロイヌナズナを用いて、まず花茎が伸びる過程を細かく解析し、細胞分裂と細胞伸長がどのように茎伸長に関わるのかを調査しました。その結果、従来のモデルと異なり、すでに茎組織に分化した細胞も分裂を活発に続けていることが分かりました。具体的には、茎の先端から約1 cmほど下の領域においても細胞分裂活性が維持されていること、またその活性が、茎の内側の組織において顕著であることが分かりました(図 1)。さらに、ジベレリンをほとんど合成できず、茎が短くなる変異体を用いて細胞分裂活性を観察・定量を行いました。その結果、この変異体では茎の細胞分裂活性が野生型と比べて大きく低下していることが分かりました。

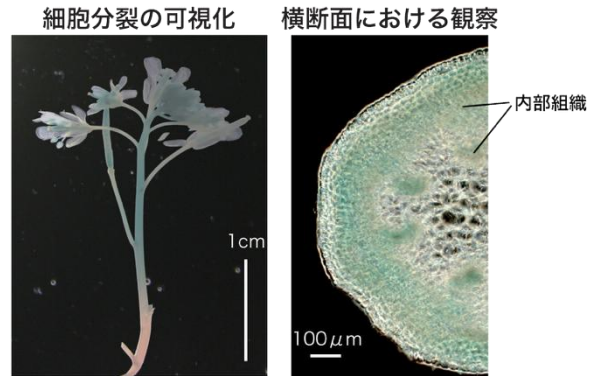


図 1 茎の細胞分裂活性の観察
細胞分裂マーカーである CYCB1;1 遺伝子を発現する細胞を染色により可視化した。

一方、茎の最外層にある表皮細胞において、ジベレリンを十分につくれない変異体では、茎上部では明確な違いが見られないものの、下位の成熟した表皮細胞の長さが短くなっていました(図 2)。このことから、ジベレリンは内側の組織では細胞分裂を促し、それによって生じる張力によって表皮細胞が引っ張られて伸長している可能性が示唆されました(図 6)。

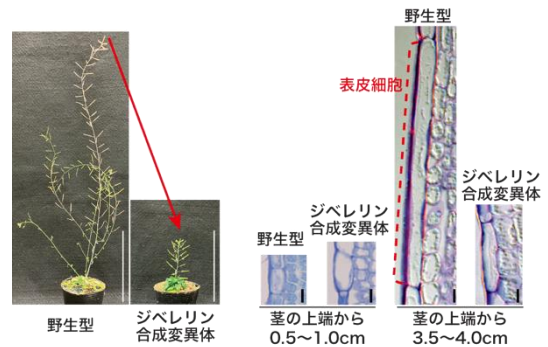


図 2 ジベレリン合成変異体を用いた観察
(左)ジベレリン合成変異体は、野生型と比べ茎が著しく短縮する。(右)茎上部では野生型とジベレリン合成変異体の表皮細胞長に違いは見られない。一方、下部では野生型の表皮は大きく伸長し、ジベレリン合成変異体とは大きな違いが生じている。

次に研究チームは、ジベレリンがいつ、どこで蓄積されるのかを調べました。具体的には、茎伸長の開始前、開始直後、伸長中の植物体からサンプルを採取し、遺伝子発現の変化と植物ホルモン量を詳しく解析しました。その結果、茎が伸び始める時期に、前駆体である GA_{24} の減少とともに活性型ジベレリンである GA_4 の合成が高まり、さらに GA_4 は伸長開始後の茎の上部に合成・蓄積が維持されることが分かりました(図3)。

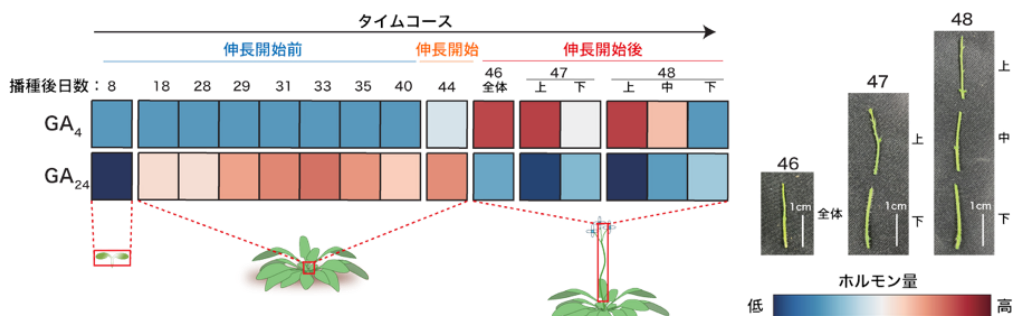


図 3 茎伸長前～開始～開始後の活性型ジベレリン量の変化
活性型ジベレリンである GA_4 は茎の伸長開始時期に蓄積し、伸長中の茎上部において高い蓄積を維持していた。一方、 GA_4 の生合成前駆体である GA_{24} は、対照的な減少をしており、茎伸長過程において GA_4 生合成経路が活性化していることが示唆された。

さらに、前駆体である GA_{24} を代謝し、活性型 GA_4 合成に寄与する酵素遺伝子 *GIBBERELLIN 20 OXIDASE 1 (GA20ox1)* の発現が、茎伸長の開始に伴って上昇し、伸長中の茎上部で高く維持されることを見出しました(図4)。

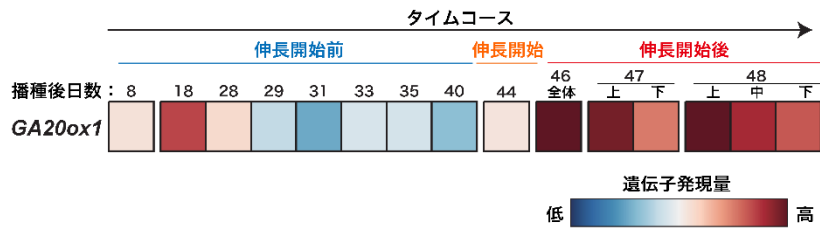


図4 *GA20ox1*の遺伝子発現量の変化
活性型 GA の合成に関わる酵素 *GA20ox1* の遺伝子発現は、上記の GA_1, GA_4 の蓄積量のトレンドと一致している。

GA20ox1 の発現パターンは、茎上部における GA_4 の蓄積とよく一致していたことから、*GA20ox1* は茎伸長時のジベレリン合成量を左右する鍵となる酵素であると考えられます。また *GA20ox1* 発現を可視化する実験を行うと、前述の細胞分裂可視化実験と似た遺伝子発現パターンが見られました(図5)。つまり、シロイヌナズナでは茎が伸び始めるタイミングに合わせて *GA20ox1* の発現が高まり、活性型ジベレリンの合成が促進されると考えられます。さらに、茎の上部では *GA20ox1* の発現が維持されることで、局所的な GA 供給が保たれ、細胞分裂活性の維持を介して茎伸長が進行している可能性があります。

以上の結果から、本研究では、茎伸長を導く新しいモデルを提案しました(図6)。従来は、茎の先端の未分化な組織で新しい細胞が供給され、その後に茎に分化した細胞が伸長することで茎が伸びると考えられてきました。一方、本研究の結果は、分化が完了した茎の上位部も GA_4 依存的に細胞分裂を続けていることが示されました。特に、この細胞分裂は茎の内側の組織で活発であり、*GA20ox1* の発現上昇に伴う GA_4 の合成・蓄積によって促進されると考えられます。

GA20ox1 発現の可視化



図5 *GA20ox1*の発現部位
*GA20ox1*は、細胞分裂活性の高い花茎上部で発現する。

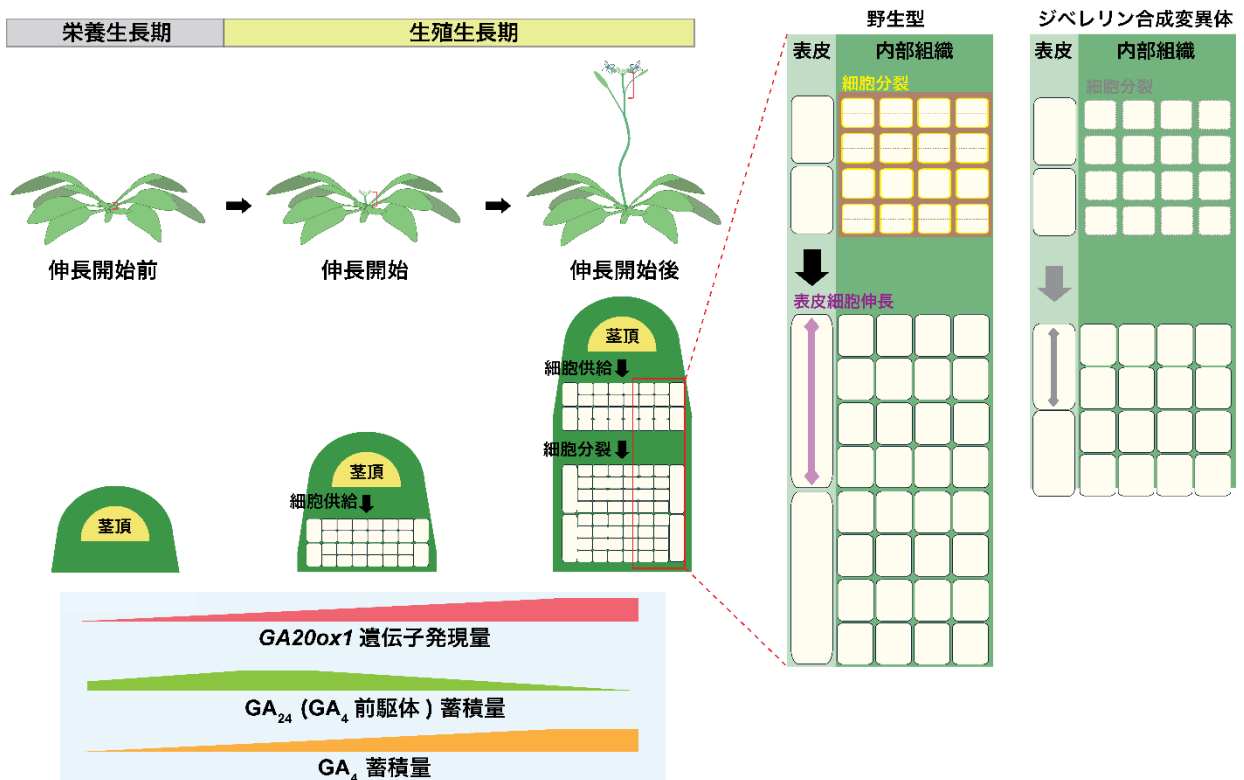


図6 茎伸長に関する新しいモデル

【成果の意義】

本研究は、植物の茎が伸びる仕組みについて、従来の理解を更新する成果と言えます。花茎伸長は、茎の先端付近でつくられた細胞がその後が大きくなることで進むと考えられてきましたが、本研究では、茎組織へと分化した後の細胞も茎上部で分裂を続け、さらにその細胞分裂がジベレリンによって促進されることを明らかにしました。これにより、茎伸長をホルモン合成と細胞分裂制御の両面から理解する新たな基盤が得られました。

また農業において、茎の長さは農作物の草丈、倒伏抵抗性、収量性、収穫作業の効率に深く関わります。また、レタスなどのロゼット型植物では、花茎が伸びる抽台・とう立ちが商品価値の低下につながります。本研究で明らかになった花茎におけるジベレリン合成と細胞分裂制御の仕組みは、今後、作物の茎伸長制御の理解や、栽培しやすく収量性・品質に優れた品種開発への応用につながることを期待されます。

【支援・謝辞】

本研究は、日本学術振興会 科学研究費助成事業 学術変革領域研究(A) [JP20H05912: 芦荻基行、JP25H01340: 芦荻基行]、基盤研究(S) [JP22H04978: 芦荻基行]、基盤研究(B) [JP23K23575: 永井啓祐]、若手研究 [JP24K18139: 高木紘] および東海国立大学機構「融合フロンティア次世代リサーチャー」の支援を受けて行われました。

【用語説明】

注 1)ジベレリン(GA):

植物の成長を調節する植物ホルモンの一つ。茎や葉の伸長、種子の発芽、開花など、植物のさまざまな成長過程に関わる。GAはGibberellinの略称。

注 2) *GA20ox1*:

GIBBERELLIN 20 OXIDASE 1の略称。活性型ジベレリンがつくられる過程で働く酵素の一つ。

注 3)GA₄:

Gibberellin A4の略称。活性型ジベレリン。

注 4)花茎(かけい):

花をつけるために伸びる茎のこと。シロイヌナズナのようなロゼット型植物では、通常は地表近くに葉を広げて成長し、花を咲かせる時期になると花茎を伸ばす。

【論文情報】

雑誌名: Plant and Cell Physiology

論文タイトル: *GA20ox1*-mediated GA₄ production promotes inflorescence stem growth in *Arabidopsis* via inner-layer cell proliferation

著者: *水嶋滯、*松本皐佑、小嶋美紀子、竹林裕美子、黒谷賢一、*水谷未耶、Xiaosa Xu、*佐藤良勝、深澤壽太郎、*打田直行、*永井啓祐、*永野惇、*榊原均、*芦苺基行、*高木紘(*本学関係者)

DOI:10.1093/pcp/pcag077



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

