配布先：文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会、兵庫県教育委員会記者クラブ、兵庫県中播磨県民センター記者クラブ、福知山市政記者クラブ

2026 年 7 月 22 日

報道機関 各位

森の根の動きを改良 AI モデルで見える化
～ヒノキ林で夏に多い落ち根と秋の根成長を解明～

【本研究のポイント】

・森の細い根は葉と同じように「落ち根」[注 1)]として毎年枯れ落ち、その動きは土壌中で撮影された画像から根を目視で手動抽出することにより評価されてきた。
・近年提案された機械学習を用いた細根自動抽出モデルについて、評価したい調査地の画像をさらに学習させた改良モデルを新たに構築することで、画像中の根が高精度で自動抽出されることを明らかにした。
・2 年間にわたるヒノキの根の撮影画像について、改良モデルを用いることで、夏に落ち根が多く、秋に成長が盛んなことを明らかにした。
・本改良法を用いた細根自動抽出モデルの広範な適用により、森の炭素循環を駆動する細い根の成長や落ち根について、効率的な長期間評価が期待される。

【研究概要】

名古屋大学大学院環境学研究科の吉田 陽向 博士前期課程学生、平野 恭弘 教授、林 亮太 助教らは、同大学生命農学研究科の谷川 東子 准教授、兵庫県立大学、福知山公立大学、兵庫県立農林水産技術総合センター（森林林業技術センター）との共同研究で、スキャナで撮影された土壌断面画像からヒノキの細根を、独自に改良した機械学習モデルで自動抽出することで、落ち根の２年間の季節変化を効率的に明らかにしました。

森の根は落ち葉と同じように「落ち根」として土壌中で毎年枯れ落ちます。落ち根の年間量は落ち葉に相当するといわれていますが、そのプロセスや、いつ枯れ落ちるかといった季節変動とその要因はあまり知られていません。また落ち根の観測は、土壌中で撮影された画像から根を目視で手動抽出することで評価されてきました。

本研究では、スキャナで撮影された土壌断面画像から細根を自動抽出する機械学習モデルをベースに、対象とする調査地の画像をさらに学習させることにより調査地特有の改良モデルを構築することで、高い精度で根の自動抽出が可能であることを定量的に明らかにしました。

この改良モデルを 2 年間にわたり撮影されたヒノキの根の画像に適用することで、落ち根は夏に多く、秋には根の成長が盛んになること、またその要因として気温が最も影響することを明らかにしました。

本研究で提案された改良法を用いて、それぞれ調査地特有の細根抽出の改良モデルを構築することで、さまざまな調査地への応用が可能となり、森の炭素循環を駆動する細い根の成長や落ち根について、効率的な長期間の評価が期待されます。

本研究成果は、2026 年 5 月 29 日付で Elsevier の国際誌『Rhizosphere』にオンライン公開されました。

【研究背景と内容】

（研究の背景）

森の細い根は、落ち葉と同じように「落ち根」として毎年土壌中に枯れ落ちます。落ち根の年間量は落ち葉に相当すると言われていますが、そのプロセス、すなわち、いつ、どのような要因で枯れ落ちるのか？などの科学的知見は、国内外ともに少ないのが現状です。このような落ち根の野外観測は、撮影された土壌断面の画像から根を目視で手動抽出することにより評価されてきました。近年、撮影画像から根を自動抽出するいくつかの機械学習モデルが開発されてきました。ただしそれらを新たに対象とする森の根の画像に適用する方法については、これまで明らかにされていませんでした。

そこで本研究では、近年国内で樹木の根を対象として機械学習により開発された細根自動抽出モデル ARATA（A Root Auto Tracing and Analysis）[文献1)]について、①対象とする森で撮影された画像を用いて転移学習[注 2)]を行い、調査地特有の改良モデルを構築することで、根の抽出精度および汎用性が向上するか？ ②改良モデルを 2 年間にわたり撮影されたヒノキの根の土壌断面画像に適用することで、細い根の成長や落ち根の季節変動を評価できるか？について明らかにすることを目的としました。

（調査方法）

①愛知県岡崎市の幸田モニタリングサイトヒノキ林で市販のスキャナを用いて撮影された土壌断面画像を、ARATA モデルに転移学習させ、本調査地特有の Kota モデルを構築しました。Kota モデルと本調査地画像を学習させていない ARATA モデルについて、幸田モニタリングサイトで撮影された土壌断面画像から根の自動抽出をおこない、それらの精度評価を行いました。

②本研究で改良された Kota モデルを用いて、2 年間にわたりスキャナで撮影された 115 枚の土壌断面画像から根を自動抽出し、ヒノキの根の成長と落ち根の季節変化を評価しました。また環境要因との関連性を解析しました。

（研究成果）

① 対象とする森の画像を転移学習させた改良モデルで根の抽出精度は向上する

対象とする森の画像を転移学習させた改良モデル、Kota モデルを用いて抽出された根では、元の ARATA モデルよりも、モデル検証で用いられる評価指標 Dice 係数[注 3)]が向上し、精度高く抽出されることが定量的に明らかとなりました（図 1）。すなわち、対象とする森の土壌断面画像を学習させた改良モデルを構築することで、ARATA モデルのさまざまな森への高い汎用性が明らかとなりました。

② 本調査地のヒノキでは、夏に落ち根が多く、秋に根の成長が盛ん

2 年間にわたる土壌断面画像から Kota モデルにより自動抽出された根の量的変化から、本調査地のヒノキは、夏に落ち根が多く、秋に根の成長が盛んになることが明らかになりました（図 2）。またこの根の季節変化は、調査地の平均気温の変化と最も負の関連性が高く、暑い時に枯れ落ち、気温が低下すると根が成長することが示唆されました。

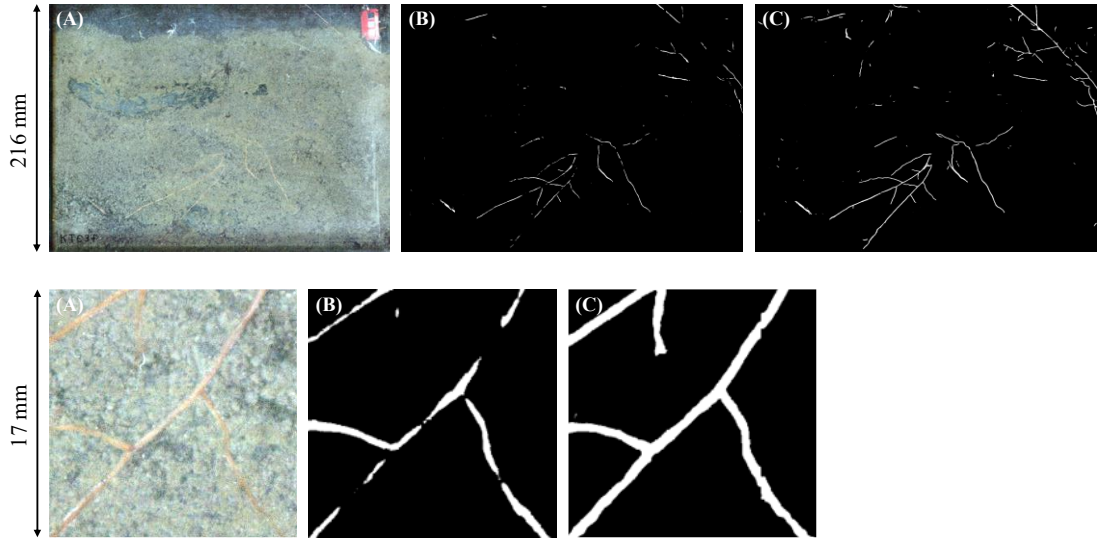

図 1 (A)スキャナで撮影された幸田ヒノキ林の土壌断面画像、(B)機械学習により開発された ARATA モデルを用いて自動抽出されたヒノキの根、(C)調査地特有の画像を転移学習させて改良した Kota モデルを用いて自動抽出されたヒノキの根。いずれも上の画像が A4 サイズのスキャナ撮影画像、下の画像はそれらの一部を拡大した画像。
改良された Kota モデル(C)ではヒノキの根が ARATA モデル(B)よりも、鮮明に精度高く抽出されている。

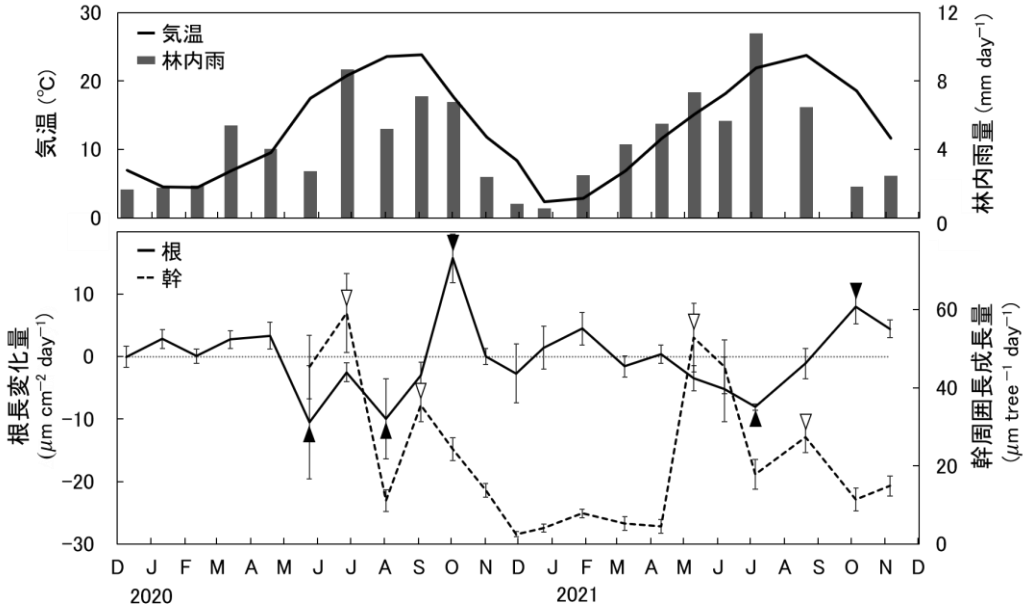

図 2 幸田ヒノキ林の気温と林内雨量(上図)および改良された Kota モデルで自動抽出されたヒノキの根長(下図)の 2 年間の月変化。夏には根が枯れ落ちるため根長は減少し、秋には根が成長するため増加している。

【成果の意義】

本研究は、土壌断面画像から樹木の根の抽出のために機械学習により開発された ARATA モデルに対して、対象とする森の画像を転移学習させて、調査地特有の改良モデルを構築することで、根の自動抽出精度が高くなることを初めて定量的に明らかにしました。すなわち画像から細根を自動抽出する ARATA モデルの実用的な利用方法を示すことができました。さまざまな森の調査地で現在も継続して撮影されている土壌断面の数多くの画像について、本研究の改良法を適用することにより、根を効率的に自動抽出し、その変化を評価することが可能となります。

森の細い根には、光合成により１年間に樹木に固定された炭素の２割程度が配分され、成長や養分吸収などに利用されます。また根は落ち葉と同じように落ち根として土壌に炭素を供給します。炭素固定・貯留機能が期待される森林について、炭素循環の最後のブラックボックスとされる細い根の成長や落ち根のプロセスの解明を通し、その森林の発揮する炭素固定・貯留機能を、これまで以上に精度高く評価されることが期待されます。

本研究は、文部科学省研究費補助金「根リターがもたらす炭素蓄積過程の環境応答モデルの構築（JP24K03067）」、「樹木細根のフェノロジー：枯死プロセスの解明とその定量評価（JP18H02243）」の助成を受けて実施しました。

【引用文献】

1. Yabuki, A., Ikeno, H., Dannoura, M., 2022. A root auto tracing and analysis (ARATA): an automatic analysis software for detecting fine roots in images from flatbed optical scanners. Methods Ecol. Evol. 13, 2372–2378. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13972

【用語説明】

注 1）落ち根：

直径 2mm 以下の細い根は、成長開始後約 1 年から数年で枯死し脱落する。脱落した根は、土壌中で微生物の分解を受け、大気中や土壌へと還元されていく。本研究では、撮影された画像から消失（枯死・脱落し分解を受けて変色や消失）した根を「落ち根」と定義した。

注2）転移学習：

機械学習法の一つで、既に学習済みのモデルについて、別の新しい目的で少ないデータを用いて適応させ、精度の向上を図る方法。

注3）Dice 係数：

機械学習の精度評価指標の一つで、二つの集団の類似性を評価する指標。係数は 0 から 1 の範囲で、1 は完全一致していることを示す。

【論文情報】

雑誌名：Rhizosphere

論文タイトル：Improving automated root image analysis and its

application in fine-root dynamics in a 120-year-old *Chamaecyparis obtusa* forest using a scanner method（スキャナ法を用いた根の画像自動抽出モデルの改良と 120 年生ヒノキ林における細根動態評価への適用）

著者：Hinata Yoshida[1], Ryota Yanase[1], Takuto Yamagata[2], Rimpei Yoshie[1], Toko Tanikawa[3], Mizue Ohashi[2], Hidetoshi Ikeno[4], Chikage Todo[5], Ryota Hayashi[1], Yasuhiro Hirano[1]
（吉田陽向[1]、柳瀬亮太[1]、山形拓人[2]、吉江凛平[1]、谷川東子[3]、大橋瑞江[2]、池野英利[4]、藤堂千景[5]、林亮太[1]、平野恭弘[1]）
1名古屋大学大学院環境学研究科、2兵庫県立大学環境人間学部、3名古屋大学大学院生命農学研究科、4福知山公立大学情報学部、5兵庫県立農林水産技術総合センター

DOI：10.1016/j.rhisph.2026.101380
URL：https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2026.101380