

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H03028

研究課題名（和文）地中レーダを用いた樹木根系の最大深さと構造の非破壊推定手法の提案

研究課題名（英文）Development of estimation methods for maximum depth and structure of tree roots using ground penetrating radar

研究代表者

平野 恭弘（Hirano, Yasuhiro）

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：60353827

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：気候変動に伴う豪雨や強風などから樹木の根返りを防ぐため、根系の最大深さを評価する必要がある。根系評価はこれまで破壊的掘り取りが主であるが、本研究では地中レーダを用いて非破壊で根系最大深さを推定すること、根系深さと関連する樹木地上部や土壌特性との関連を明らかにすることを目的とした。その結果、スギの根系構造を地中レーダを用いて推定可能であった。一方で周辺樹木の根も地中レーダが検出するため根系構造を過大評価する傾向があった。またクロマツの樹高は根系の最大深さをよく現わしていることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動に伴う豪雨や強風により樹木の根返りや流木化を防ぐ必要がある。樹木の根返りには根の最大深さや根の健全な発達状態を評価する必要がある。またこれまで根系評価では土壌を掘り取る破壊的な調査が主流であった。本研究では土壌を掘らずに根系を推定する方法として地中レーダ探査を用いて非破壊的に明らかにすること、また樹木の地上部や土壌特性から根系最大深さを推定できるかについて明らかにすることを目的とした。その結果、地中レーダを用いてスギ根系構造の推定は可能であったが、幹直下の根の評価が困難なことや根の広がりや過大評価することが示唆された。またクロマツでは樹高が根の最大深さ指標となる可能性を指摘した。

研究成果の概要（英文）：To prevent tree overturning from heavy rainfall and strong winds under a changing climate, it is necessary to evaluate the maximum depth of the root system. While destructive excavation has been the main method for root system evaluation, this study aimed to estimate the maximum root system depth nondestructively using ground penetrating radar and to clarify the relationship between the root system depth and related tree above-ground and soil characteristics. The results showed that the root system structure of *Cryptomeria japonica* could be estimated using ground-penetrating radar. On the other hand, the ground-penetrating radar tended to overestimate the root system structure because it also detected the roots of surrounding trees. We also found that the height of *Pinus thunbergii* trees well represented the maximum depth of the root system.

研究分野：森林科学

キーワード：樹木根 根系深さ 地中レーダ 森林土壌 人工林

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動に伴う局所的豪雨や台風の強靱化により、森林管理不足の人工林などで樹木が根返りや流木化し、生態系サービスだけでなく国民の生活基盤の低下が危惧されつつある。生態系サービスの低下や樹木の根返りを防ぐため、根系は健全に発達しているか？ 根の最大深さはどのくらいか？ その影響要因は何か？ という問いに対し、定量的な評価手法を確立し答える必要がある。

樹木の深い根は根返りに対して樹木の抵抗性を高めるため、減災の観点から深い根の評価は必須である。しかし、現状では労力と時間の要する破壊的な掘り取り調査を行う必要がある。この問題に対して、研究代表者らは土を掘らずに非破壊で樹木の根を検出する手法として地中レーダ法を提案し、実験的に根の検出を成功させた (Dannoura et al. 2008)。さらにレーダ反射波形を用いた根直径の推定 (Hirano et al. 2009) や森林での根の分布推定 (Hirano et al. 2012) を行った。また個体根系構造 (Ohashi et al. 2019) や根の崩壊防止力 (Yamase et al. 2019) の推定手法を国際的に発展させてきた (平野ら 2015)。

地中レーダ法の未解決な課題として、深い根の検出について技術的な困難さがある。1500 MHz など単一高周波数のレーダを根の検出に使用すると、土壌深層における深い根の検出精度が土壌表層の根よりも低く、浅い根系構造の再現に留まった。本研究ではこの解決手法として、近年実用化された深い根の検出が示唆された (Cui et al. 2020)、土壌深層と浅層を同時に探査可能な高低二周波のアンテナをもつ最新式レーダを導入することとした。

地中レーダを用いた樹木の個体根系構造の推定では、これまで根のレーダ反射波指標のみから評価することに依存してきた。本研究では樹木の根の最大深さ成長に影響を与える要因として考慮すべき地下水位、土壌硬度、土壌水分と酸素環境、さらに樹木の地上部特性など根系を取り巻く周辺指標を整理し、これらの指標を地中レーダの根の反射波指標と同時に勘案することで、樹木の根の最大深さについて土を掘らずに推定する手法の確立をめざすこととした。

2. 研究の目的

上記の背景から、本研究は、

1. 土壌深層で検出率の高い二周波同時探査の最新地中レーダを用いて樹木の深い根の検出を試み、深い根に着目した樹木の個体根系構造の推定精度を向上させること
 2. 樹木の根の最大深さについて、地中レーダだけでなく土壌環境や樹木地上部指標を同時に勘案することで、土を掘らずに推定する手法を提案すること
- の2点の達成を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 二周波同時探査地中レーダを用いたスギ林根系の検出と根系構造推定

目的1の達成のため、名古屋大学生命農学研究科稲武フィールドに生育する44年生程度のスギ4個体について、300 MHz と 800 MHz の二周波アンテナを用いた地中レーダ探査を行った。各個体の幹を中心として、幹から 50 cm, 100 cm, 150 cm の距離において同心円探査を行った。レーダ探査で得られたレーダ反射波画像を用いて、根の検出波形と推測される双曲線波形の抽出を行った。また根直径を推定するため、レーダ反射波指標である反射振幅ゼロ時の時間間隔の総和 (T) を抽出した。

これらスギ4個体について、レーダ反射波検出精度の検証のため全根系の掘り取り調査を行った。スギ地上部を伐倒後、エアースコップを用いて根系を地表面から少しずつ丁寧に露出させた。深さ 20 cm, 50 cm, 100 cm 程度まで掘り進めながら、同心円探査測線下に存在した根の深さ、直径、角度、つながり情報などを現場で取得した。また深さ 50 cm, 100 cm, 150 cm で存在する根も同様に測定を行った。また途中で直径 10 cm 以上の礫が存在した場合には位置と礫の大きさを記録した。各個体根系の最大深さまで測定を行った。これらの根の位置と上記で抽出されたレーダ反射波の位置を比較し、地中レーダを用いた根の検出精度について、(抽出された反射波に存在した根数/掘り取りされた根の数) × 100% と定義し、算出した。

また土壌環境を評価するため、掘り取り地点で土壌断面を根の最大深さ程度まで各個体4断面作成し、土壌層や土壌硬度、土壌水分状況を評価した。

レーダ反射波指標の T と掘り取りされた根直径との関係式を構築し、レーダ反射波のみから根の位置と大きさを推定した。それらの根の推定位置と直径の情報を用いて、スギ個体根系構造推定モデル (Ohashi et al. 2019) により、レーダ反射波情報のみから根系構造を推定した。推定された根系構造は、掘り取り時に同心円探査測線下で測定された根の直径と位置、つながり情報から構築された根系構造と比較し、精度検証を行った。

(2) 樹木地上部や土壌環境特性指標を用いたクロマツ根系の最大深さ推定

目的2の達成のため、これまで研究代表者らが海岸で掘り取りを行ってきたクロマツ根系について、胸高直径 DBH、樹高 H、地上部全重量などの地上部特性や、土壌貫入計を用いた土壌硬度

など土壌環境特性を整理し、根系最大深さとの関係性の検証を行った。

また樹木の根系最大深さ、根系分布や構造を表現するために、クロマツやヒサカキの個体全根系掘り取り後に、三次元スキャナを用いたり、デジタルカメラで撮影された数百枚の画像に SfM-MVS 法を用いたりして、根系構造再現とデジタルデータ化に挑戦した。これらの根系構造特性についても、地上部特性や土壌環境との関連性を検討した。

4. 研究成果

(1) 二周波同時探査地中レーダを用いたスギ林根系の検出と根系構造推定

二周波地中レーダを用いてスギ根系を探索した結果、300 MHz、800 MHz とともに根と推測される双曲線状の反射波形が認められた。800 MHz では深さ 1 m 程度まで、300 MHz では深さ 1.5 m 程度まで双曲線状の反射波が存在した。レーダ探査された 4 個体のスギについて全根系の掘り取り調査を行った結果、スギの最大根系深さは 110 cm から 170 cm 程度であった。またスギ 2 個体の土壌からは直径 25.6 cm 以上の巨礫が複数個観察された。スギ個体の全根系掘り取りの後、根の存在位置と反射波形の存在位置を比較し、根の検出精度を算出した。その結果、スギ 4 個体ともに 800 MHz における根の検出精度が 300 MHz における根の検出精度よりも高かった。また巨礫の観察された土壌に生育するスギ 2 個体では、巨礫のない土壌に生育する 2 個体よりも根の検出精度が低下した。また反射画像上の巨礫の位置には強い振幅を示しかつ崩れた双曲線の反射波形が認められた。これらの結果から、本研究で対象とされた最大深さ程度のスギ個体では、800 MHz を用いた地中レーダ探査が適しており、土壌中の巨礫の存在は、スギの根の検出を制限する要因となることが示唆された。本研究では二周波同時探査の利点が対象とした個体の浅い根系最大深さから活かされなかったものの、巨礫のような強い振幅を持つ波形の再現性は二周波同時探査により確保されることが示唆された。

上記で探査されたスギ個体の根系について、レーダ反射波のみから根系構造の推定を試みた(図1)。その結果、幹直下の深い根系の再現が制限されていること、また対象としたスギの周辺個体の根が地中レーダにより検出され、その根を対象個体の根として構造内に含めてしまい、根系構造が過大評価となることが示唆された。

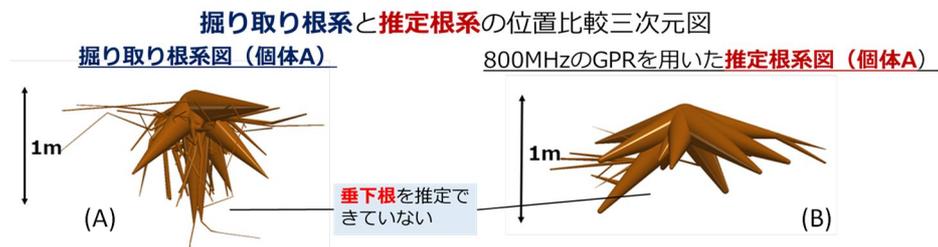


図1 (A)掘り取り後に手動計測された根特性から再現されたスギ根系構造再現図と(B)掘り取り前に探査された地中レーダの反射波から推定されたスギ根系構造再現図

(2) 樹木地上部や土壌環境特性指標を用いたクロマツ根系の最大深さ推定

三次元スキャナまたはデジタルカメラ画像から SfM-MVS 法によりクロマツ根系構造は、よく再現することができた(図2)。また調査地で手動計測された根直径とも比較した結果、画像から再現された根の特性も十分に推定可能であった。一方で、土壌から掘り出した後に吊り下げて画像撮影されたことから幹から遠い位置にある根については十分に再現されていない場合があった。掘り取られたクロマツの最大根系深さについて、地上部特性や土壌特性との関係性を検証したところ、樹高が DBH や材積指標 $DBH^2 \times H$ などより強い関係性が認められた。また樹高については土壌の硬さとの関連性も認められた。

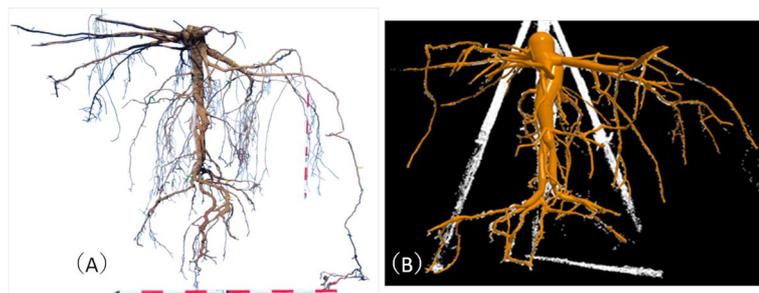


図2 (A)掘り出されたクロマツ根系と(B)SfM-MVS法により再現された根系構造

<引用文献>

Cui et al. (2020) Eur J Soil Sci. 71, 236-251. Dannoura et al. (2008) Plant Biosystems 142, 375-380. Hirano et al. (2009) Plant Soil 319, 15-24. Hirano et al. (2012) Plant Soil 360, 363-340. 平野ら(2015) 緑化工学会誌 41, 319-325. Ohashi et al. (2019) Panta 249, 445-455. Yamase et al. (2019) Catena 183, 104227.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Keitaro Yamase, Hidetoshi Ikeno, Norifumi Hotta, Mai Imawaka, Mizue Ohashi, Toko Tanikawa, Chikage Todo, Masako Dannoura, Yasuhiro Hirano	4. 巻 238
2. 論文標題 Effect of sprouting and corresponding root distribution of the shrub species <i>Eurya japonica</i> on slope stability	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 CATENA	6. 最初と最後の頁 107869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.catena.2024.107869	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Okamoto Y, Ikeno H, Hirano Y, Tanikawa T, Yamase K, Todo C, Dannoura M, Ohashi M	4. 巻 477
2. 論文標題 3D reconstruction using Structure-from-Motion: a new technique for morphological measurement of tree root systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Soil	6. 最初と最後の頁 829-841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-022-05448-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Todo C, Yamase K, Ikeno H, Tanikawa T, Ohashi M, Hirano Y	4. 巻 13
2. 論文標題 Maximum rooting depth of <i>Pinus thunbergii</i> Parl. estimated with depth at the center point of rotation in a tree-pulling experiment in a coastal forest in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 1506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f13091506	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tanikawa T, Ikeno H, Todo C, Yamase K, Ohashi M, Okamoto T, Mizoguchi T, Nakao K, Kaneko S, Torii A, Inagaki Y, Nakanishi A, Hirano Y	4. 巻 35
2. 論文標題 A quantitative evaluation of soil mass held by tree roots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 527-541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00468-020-02054-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Todo C, Ikeno H, Yamase K, Tanikawa T, Ohashi M, Dannoura M, Kimura T, Hirano Y.	4. 巻 12
2. 論文標題 Reconstruction of Conifer Root Systems Mapped with Point Cloud Data Obtained by 3D Laser Scanning Compared with Manual Measurement 査読有り	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 1117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f12081117	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山瀬敬太郎・大橋瑞江・池野英利・谷川東子・藤堂千景・檀浦正子・堀田紀文・平野恭弘	4. 巻 98
2. 論文標題 応用森林学会大会公開講演会「持続可能な都市山管理－六甲山の減災を考える－」	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 森林科学	6. 最初と最後の頁 38-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平野恭弘・南光一樹・土居龍成・西村澗・杵山哲矢・谷川東子	4. 巻 30
2. 論文標題 2020年7月に倒木化した岐阜県大湫町神明大杉の根系状況	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 根の研究	6. 最初と最後の頁 65-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3117/rootres.30.65	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 谷川東子, 山瀬敬太郎, 藤堂千景, 池野英利, 大橋瑞江, 檀浦正子, 金澤洋一, 平野恭弘	4. 巻 374
2. 論文標題 地中レーダがもつ樹木の根系可視力を減災に活かす試み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 水利科学	6. 最初と最後の頁 87-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20820/suirikagaku.64.3_87	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 平野恭弘	4. 巻 47
2. 論文標題 樹木の根を知るニーズ ~ 根の広がりや強度の評価 ~	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 グリーンページ	6. 最初と最後の頁 20-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 平野恭弘
2. 発表標題 地中レーダ探査技術を利用した樹木根構造の非破壊解析に関する研究
3. 学会等名 第58回根研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平野恭弘
2. 発表標題 Eco-DRRと森林根系に着目した減災効果の定量的評価に向けた最新知見
3. 学会等名 第61回治山シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 金子祥也・谷川東子・藤堂千景・池野英利・山瀬敬太郎・大橋瑞江・檀浦正子・杵山哲矢・黒見信輔・柳瀬亮太・平野恭弘
2. 発表標題 スギ林土壌の巨礫の有無に着目した二周波地中レーダによる推定根系の比較
3. 学会等名 第135回日本森林学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 藤堂千景・山瀬敬太郎・池野英利・谷川東子・大橋瑞江・檀浦正子・平野恭弘
2. 発表標題 スギ林における根の土壤補強強度を推定する
3. 学会等名 第135回日本森林学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 金子祥也、谷川東子、藤堂千景、池野英利、山瀬敬太郎、大橋瑞江、檀浦正子、杵山哲矢、黒見信輔、柳瀬亮太、平野恭弘
2. 発表標題 巨礫のある土壌・無い土壌に生育するスギの根に地中レーダを探查した際の検出精度
3. 学会等名 第58回根研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 遠山諒人、平野恭弘、谷川東子、大橋瑞江、山瀬敬太郎、藤堂千景、檀浦正子、池野英利
2. 発表標題 深層学習モデルによる地中レーダBスキャン画像からの樹木根の自動抽出
3. 学会等名 第58回根研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森林生態系における樹木根の発達と機能の最近の理解の進展
2. 発表標題 牧田直樹・福澤加里部・檀浦正子・平野恭弘
3. 学会等名 第135回日本森林学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 金子祥也・谷川東子・藤堂千景・池野英利・山瀬敬太郎・大橋瑞江・檀浦正子・杵山哲矢・黒見信輔・平野恭弘
2. 発表標題 巨礫を含む土壌に生育するスギ林根系の地中レーダを用いた検出精度
3. 学会等名 第134回日本森林学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 金子祥也・谷川 東子・藤堂 千景・池野英利・山瀬敬太郎・大橋瑞江・檀浦正子・杵山哲矢・黒見信輔・平野恭弘
2. 発表標題 二周波地中レーダを用いたスギ林の根系と石礫の検出精度の検証
3. 学会等名 第12回中部森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yamase K, Tanikawa T, Dannoura M, Todo C, Yamamoto T, Ikeno H, Ohashi M, Aono K, Doi R, Hirano Y
2. 発表標題 Ground penetrating radar can nondestructively estimate soil reinforcement by roots in managed forests
3. 学会等名 8th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Okamoto Y, Ikeno H, Hirano Y, Tanikawa T, Yamase K, Todo C, Dannoura M, Ohashi M
2. 発表標題 Acquisition of the 3D morphological data from 2D images using SfM-MVS
3. 学会等名 8th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金子祥也・谷川東子・藤堂千景・池野英利・山瀬敬太郎・大橋瑞江・檀浦正子・杵山哲矢・黒見信輔・平野恭弘
2. 発表標題 二周波地中レーダを用いたスギ根系と石礫の同時検出
3. 学会等名 第55回根研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本祐樹, 池野英利, 平野恭弘, 谷川東子, 山瀬敬太郎, 藤堂千景, 檀浦正子, 大橋瑞江
2. 発表標題 SfMを使用した樹木根の直径区分による形態解析
3. 学会等名 第53回根研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本祐樹, 池野英利, 平野恭弘, 谷川東子, 山瀬敬太郎, 藤堂千景, 檀浦正子, 大橋瑞江
2. 発表標題 SfMを用いた樹木根の分岐角度の計測
3. 学会等名 第54回根研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y Okamoto, H Ikeno, Y Hirano, T Tanikawa, K Yamase, C Todo, M Dannoura, M Ohashi
2. 発表標題 An efficient method for estimating tree root structure using SfM
3. 学会等名 第69回日本生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金子祥也・谷川東子・藤堂千景・池野英利・山瀬敬太郎・大橋瑞江・檀浦正子・杵山哲矢・黒見信輔・平野恭弘
2. 発表標題 巨礫を多く含む土壌に生育するスギ根系の二周波地中レーダを用いた検出
3. 学会等名 第 133 回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤堂千景、池野英利、山瀬敬太郎、谷川東子、大橋瑞江、檀浦正子、木村敏文、平野恭弘
2. 発表標題 3Dレーザスキャナを使って再構築したクロマツ根系と手動計測による再構築を比較する
3. 学会等名 第 133 回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本祐樹，池野英利，平野恭弘，谷川東子，山瀬敬太郎，藤堂千景，檀浦正子，大橋瑞江
2. 発表標題 SfMによる樹木根系の三次元再構成におけるノイズ処理の検討
3. 学会等名 第 133 回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平野恭弘，南光一樹，土居龍成，西村漣，杵山哲矢，谷川東子
2. 発表標題 岐阜県大湫町神明神社の大杉倒木の根系状況
3. 学会等名 第 52 回根研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本祐樹, 大橋瑞江, 平野恭弘, 谷川東子, 山瀬敬太郎, 藤堂千景, 檀浦正子, 池野英利
2. 発表標題 VisualSfM による根系三次元構造の再構築
3. 学会等名 第 52 回根研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中路達郎, 小林 真, 野口享太郎, 平野恭弘
2. 発表標題 環境変動と樹木根
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池野英利, 澤志萌, 平野恭弘, 藤堂千景, 山瀬敬太郎, 谷川東子, 檀浦正子, 大橋瑞江
2. 発表標題 二周波地中レーダを用いた高深度解析による海岸林クロマツの根系構造推定
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本祐樹, 大橋瑞江, 平野恭弘, 谷川東子, 山瀬敬太郎, 藤堂千景, 檀浦正子, 池野英利
2. 発表標題 SfMを使用した樹木根系構造の三次元再構成と形態計測
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋瑞江, 平野恭弘, 檀浦正子
2. 発表標題 樹木の根系と分布
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本祐樹, 池野英利, 平野恭弘, 谷川東子, 山瀬敬太郎, 藤堂千景, 檀浦正子, 大橋瑞江
2. 発表標題 SfMを使用した樹木根の直径区分による形態解析
3. 学会等名 第53回根研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野恭弘
2. 発表標題 樹木根の担う生態系サービスと持続可能な社会への貢献
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 中野明正 平野恭弘 小泉文久	4. 発行年 2023年
2. 出版社 文研出版	5. 総ページ数 47
3. 書名 根っこのふしぎな世界 くらしと根っことはつながっている	

1. 著者名 平野恭弘・野口享太郎・大橋瑞江	4. 発行年 2020年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 376
3. 書名 森の根の生態学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>岐阜県瑞浪市大湫町の大杉の倒木化は、根系の発達制限が原因だった https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2021/09/post-57.html</p> <p>伝統的な里山管理は根っこから斜面を安定させる！ https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2024/02/post-630.html</p> <p>-地中の根を視るために～地中レーダーで根系を探る～ https://www.youtube.com/watch?v=3QBF1m-xCGc</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	藤堂 千景 (Todo Chikage) (00463414)	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・上席・主任研究員 (84508)	
研究分担者	池野 英利 (Ikeno Hidetoshi) (80176114)	福知山公立大学・情報学部・教授 (24304)	
研究分担者	檀浦 正子 (Dannoura Masako) (90444570)	京都大学・農学研究科・准教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------