

海岸クロマツは樹高が高いほど根は深い ～津波・強風への減災機能の高い海岸林再生への応用に期待～

【本研究のポイント】

- ・国内の海岸には津波や強風から災害を減じる目的でクロマツが植栽されてきた。
- ・根系の掘り取りと根系構造の三次元解析から、海岸クロマツの根の最大深さは、樹高が高くなるほど深くなることを明らかにした。
- ・クロマツの根の深さを樹高から推定することで、根の深いすなわち減災機能^{注1)}の高い海岸林再生への応用が期待される。

【研究概要】

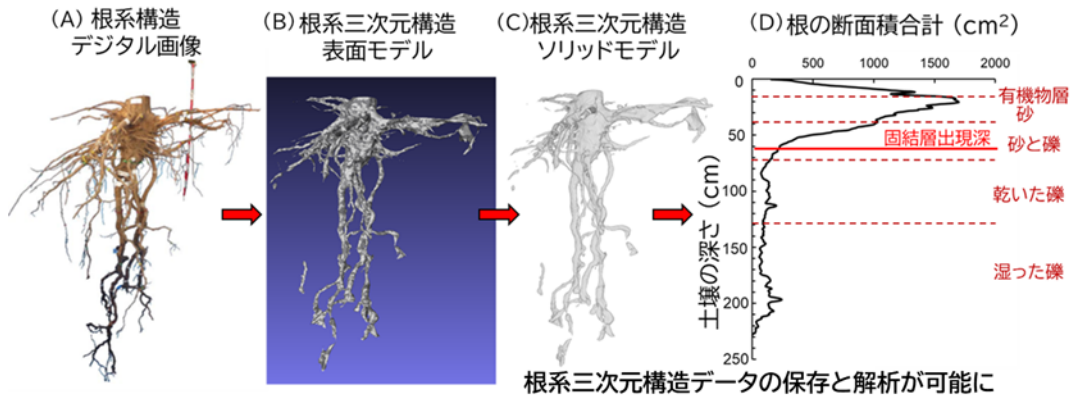
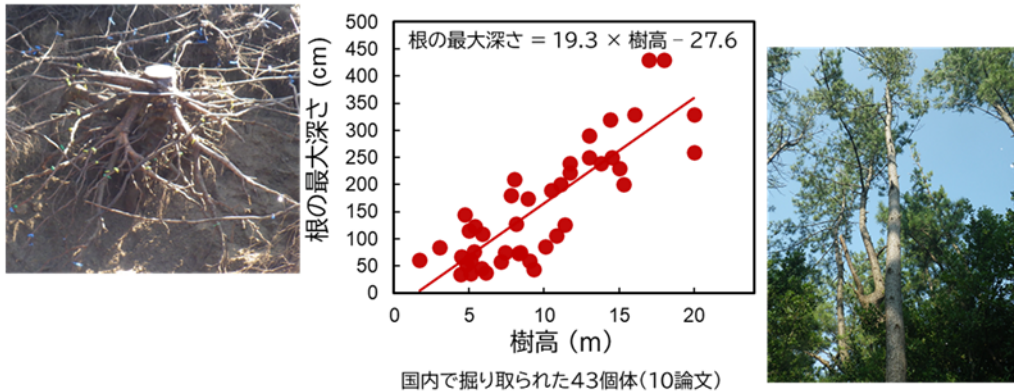
名古屋大学大学院環境学研究科の平野 恭弘 准教授、生命農学研究科の谷川 東子 准教授らの研究グループは、福知山公立大学、兵庫県立農林水産技術総合センター(森林林業技術センター)、兵庫県立大学、京都大学との共同研究で、海岸に生育するクロマツの根系は土壤環境に適応して成長し、樹高が高くなるほど根が深くなることを新たに明らかにしました。

国内の海岸には、強風や海塩、津波に対する強さからクロマツが植栽されてきました。根が深いほど樹木は倒れにくく、津波や強風に対する減災機能も向上します。海岸林の減災機能を評価する指標として、根の最大深さを推定することが必要となります。

本研究では、海岸に生育するクロマツ根系を掘り取り、土壤環境と根の最大深さを測定しました。また掘り取り直後のデジタル画像から根系三次元構造の再現を可能としました。その結果、根の最大深さは、土壤環境に適応し、樹高が高くなるほど深くなることを明らかにしました。この結果は国内で掘り取られたクロマツの根の最大深さと樹高との関係性でも確認されました。本結果の応用として、樹高成長の悪いクロマツについて、根を深く誘導する森林管理を行うことで、減災機能の高い海岸林再生への応用が期待されます。

本研究成果は、2024年11月27日付で日本森林学会国際誌『Journal of Forest Research』にオンライン公開されました。

クロマツの根が深い減災機能の高い海岸林再生には樹高を高くする！
クロマツの根は、樹高が高いほど深い



【研究背景と内容】

(研究の背景)

国内の海岸には、強風や飛砂、海塩、津波からの被害を減じる目的で、これらに耐性の高いクロマツが植栽されてきました。樹木は根が深くなるほど、倒れにくくなるため、強風や津波に対する減災機能が向上します。しかし根の深さは、土壤中に生育しているため掘り取りをせずに知ることができません。根の深さを樹木地上部の指標などから土壌を掘ることなく推定できれば、深い根を持つ減災機能の高い海岸林の再生が可能となります。

クロマツは種の特長として、まっすぐ太い根を深く伸ばす根を持つことが知られています。しかし、海岸林の中でどれくらい根の成長が変わりうるかについては明らかにされていませんでした。さらに樹木の大きな根系は実験室に持ち帰ることができないため、掘り取り直後に現場でのデータ取得に限られ、大きく複雑な根系構造の再現やデータの取得と保存、再解析が制限されていました。

そこで海岸に生育するクロマツについて、①根の深さを樹木地上部や土壌特性から推定することは可能か？ ②根系構造のデータ取得を掘り取り直後にデジタル画像で行い、根系三次元構造を再現し、土壌特性解析などともに再解析することは可能か？について明らかにすることを本研究の目的としました。

(調査方法)

愛知県田原市の海岸に生育するクロマツ根系を掘り取り、地上部特性および土壌特性とともに根の最大深さを測定しました。掘り取り直後に現場でデジタル画像のデータを取得し、実験室で根系構造の再現を試み、地上部や土壌特性との関係性を評価しました。さらに根の最大深さに関する関係性について国内で掘り取られたクロマツ研究結果も組み入れて解析しました。

(研究成果)

① クロマツは樹高が高くなるほど根は深くなる-樹高から根の最大深さを推定可能に

愛知県田原市の海岸林で掘り取られたクロマツの根の最大深さは、クロマツ地上部や土壌特性に関して、樹高との間に最も強い関係性があることを明らかにしました。この関係性は、国内で掘り取られたクロマツ 43 個体についても成立することが明らかとなりました(図1)。すなわち、クロマツでは樹高から根の最大深さを推定可能であることを示しました。

② デジタル画像から根系三次元構造を再現-構造再解析が可能に

掘り取り直後に撮影された根系のデジタル画像から根系構造の表面モデルおよびソリッドモデル^{注2)}を作成することで根系三次元構造の再現が可能となりました。これを用いて実験室に大きな根系試料を持ち帰ることなく、デジタルデータ画像を現場で保存することで、大きく複雑な根系構造の再解析とデータ保存が可能となりました。

一例として、解析された土壌の深さに伴う根の断面積合計の変化(図2)は、砂や礫などの土壌層とよく対応していることがわかり、土壌環境に適応しながら根が成長する様子が明らかになりました。

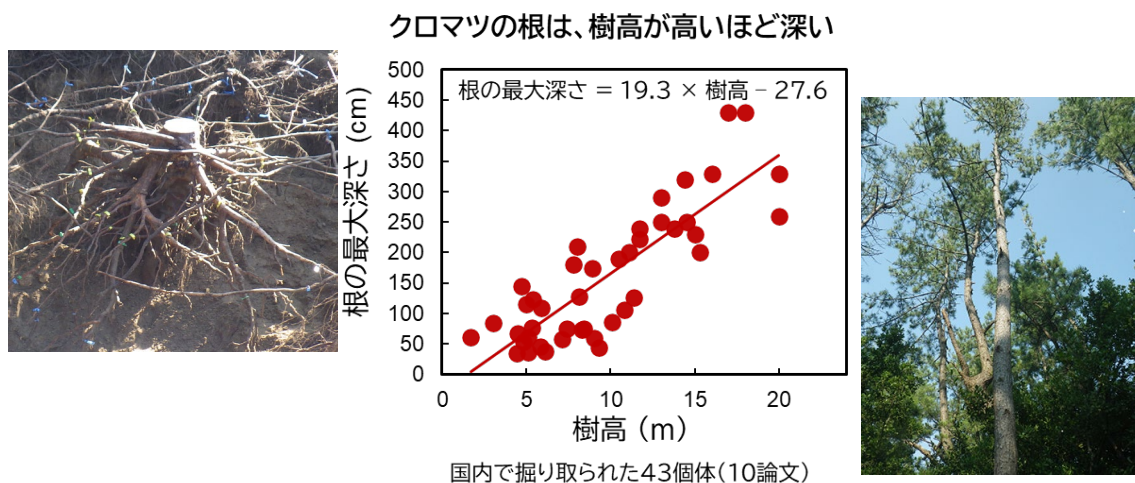


図1 国内で掘り取られたクロマツの根の最大深さと樹高の関係。

データは本調査地を含めた 10 論文から 43 個体クロマツを用いた。

この関係性はクロマツ根系の最大深さが樹高から推定できる可能性を示している。

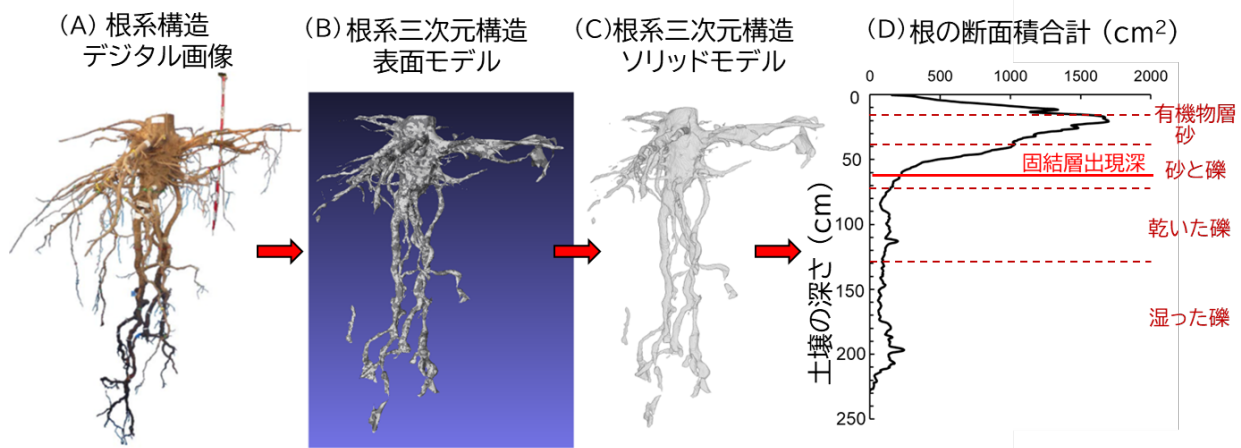


図2 掘り取られた海岸クロマツ根系構造の(A)デジタル画像、(B)三次元構造表面モデル、(C)三次元構造ソリッドモデル、(D)土壌深さに伴う根断面積合計。
根系のデジタル画像から三次元構造の表面(点群)モデル、ソリッドモデルを作成し、土壌深さに伴う根断面積合計など根系特性値の再解析が可能となった。

【成果の意義】

本研究の結果から、国内の海岸に生育するクロマツの根系最大深さは、その樹高から推定できる可能性が高まりました。本結果を海岸クロマツ林へ応用する意義として、津波や強風に対する減災機能の高いクロマツ海岸林を再生するためには、樹高成長の悪いすなわち樹高の低いクロマツを対象として、根を深く誘導することで樹高を高くすること(図3)が有効であることが示唆されました。

東日本大震災に伴う津波で大きな被害を受けた海岸林では浅い根系のクロマツが広範囲で倒れてしまいました^{文献1)}。そのため海岸林の再生には、根の深さを確保するために盛り土された生育基盤にクロマツが植栽されました。しかし一部の地域では、盛り土の硬さや地下水位の高さにより、植栽後のクロマツの樹高成長が悪く、根の深さが制限されています^{文献2)}。根の深さを制限する要因として、土壌の硬さや地下水位の高さが指摘されてきました(図3^{文献3)})。このような地域では、減災機能を高めるため樹高の低い根の浅いクロマツに対して、今後、土壌を軟らかくしたり、水はけをよくしたりして根を深く誘導する具体的な管理方法を確立する必要があります。

本結果の海岸林への応用には、本研究で可能とした掘り取り直後の現場のデジタル画像から大きく複雑な根系構造を再現し再解析する方法を利用して、さらに海岸林の他の樹種などにも検証していく必要があります。また、これまで蓄積されていない樹木根系の三次元構造データについて、デジタル画像を取得しデータ保存が可能なこと、またそれらが再解析可能という観点からも、本法はこれまで未知な樹木根系の新たな理解への応用について、意義深いことが示されました。

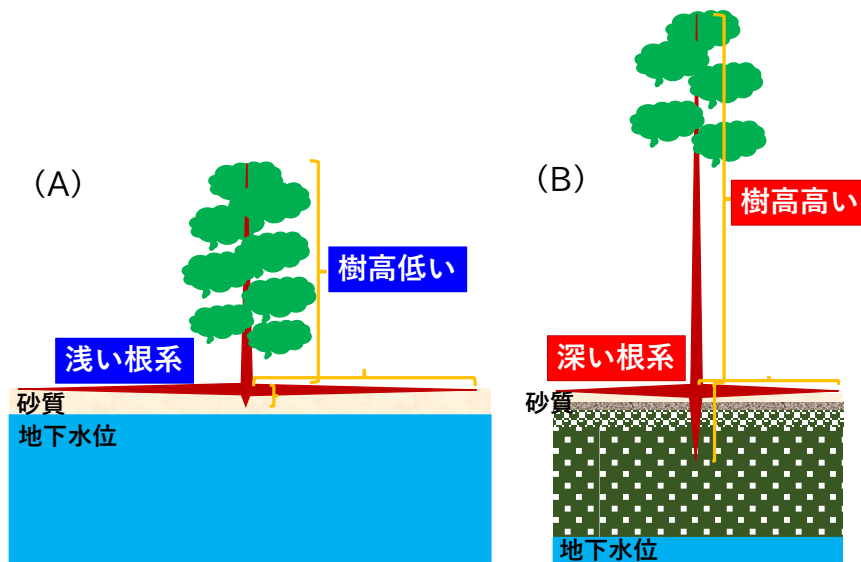


図3 (A)高い地下水位のため浅い根系を持つクロマツは樹高が低い。(B)地下水位が低くなるとクロマツは深い根系をもち樹高が高い^{文献3)}。減災機能を高めるため、樹高の低いクロマツ(A)では、土壌環境を改善し、樹高の高い根の深いクロマツ(B)に誘導する必要がある。樹高の高いクロマツでは波の高い津波に対する抵抗力が高い^{文献4)}。

本研究は、市村清新技術財団第 29 回第 30 回植物研究助成「海岸林におけるクロマツ根系の最大深さ評価手法の開発」、文部科学省研究費補助金「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(20H03028)」、「根系構造と根返り耐性特性に基づく海岸林の防災効果向上のための管理手法の提案(21H01600)」、「森林斜面地に生育する樹木根系構造の非破壊評価手法の確立(24K01811)」の助成を受けて実施しました。

【引用文献】

1. 林野庁. 2012. 平成23年度森林・林業白書. 188pp.
2. Ono K, Noguchi H, Noguchi K, Imaya A, Ugawa U, Komoriya A, Tachibana R, Murakami H, Kida K, Kawahigashi M. 2021. Soil hardness regulates the root penetration by trees planted on anthropogenic growing bases in coastal forests in Japan: new endeavors to reforest the coastal disaster prevention forests with high resilience for tsunami. *Journal of Soils and Sediments*. 21:2035–2048. doi:10.1007/s11368-020-02788-9
3. Hirano Y, Todo C, Yamase K, Tanikawa, Dannoura M, Ohashi M, Doi R, Wada R, Ikeno H. 2018. Quantification of the contrasting root systems of *Pinus thunbergii* in soils with different groundwater levels in a coastal forest in Japan. *Plant Soil*. 426:327–337. doi: 10.1007/s11104-018-3630-9
4. Todo C, Tokoro C, Yamase K, Tanikawa T, Ohashi M, Ikeno H, Dannoura M, Miyatani K, Doi R, Hirano Y. 2019. Stability of *Pinus thunbergii* between two contrasting stands at differing distances from the coastline. *Forest Ecology and Management*. 431:44–53. doi: 10.1016/j.foreco.2018.05.040

【用語説明】

注1)減災機能

自然災害の程度を減ずる役割を減災機能と呼んでいます。海岸林の場合、容易に倒れない樹木として、津波や強風からの被害を減じる役割すなわち減災機能が期待されています。

注2)根系構造表面モデルおよびソリッドモデル

デジタル画像から再現された根系構造は、その表面のみをたくさんの点で表現される点群で示していることから、表面モデルと呼ばれます。表面モデルの中を埋めるソリッドモデルを作成することで、根の断面積や体積が推定可能となります。

【論文情報】

雑誌名: Journal of Forest Research

論文タイトル: Intraspecific variation in root system structure in a *Pinus thunbergii* stand grown in a gravelly spit coast(礫質砂嘴海岸に生育するクロマツ林根系構造の種内変動)

著者: Yasuhiro Hirano¹, Chikage Todo^{1, 2}, Toko Tanikawa³, Keitaro Yamase², Mizue Ohashi⁴, Masako Dannoura⁵, Yuki Okamoto⁴, Ryuusei Doi¹, Gen Yoshida¹, Hidetoshi Ikeno⁶

(平野恭弘¹、藤堂千景^{1, 2}、谷川東子³、山瀬敬太郎²、大橋瑞江⁴、檀浦正子⁵、岡本祐樹⁴、土居龍成¹、吉田巖¹、池野英利⁶)

1名古屋大学大学院環境学研究科、2兵庫県立農林水産技術総合センター、3名古屋大学大学院生命農学研究科、4兵庫県立大学環境人間学部、5京都大学農学研究科、6福知山公立大学情報学部

DOI: doi.org/10.1080/13416979.2024.2431756

URL:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13416979.2024.2431756>