

樹木根地下分布調査における地中レーダー法の適用性について

神戸大学大学院 自然科学研究科 金澤 洋一
 神戸大学大学院 自然科学研究科 檀浦 正子
 (独) 森林総合研究所 関西支所 平野 恭弘
 兵庫県立農林水産技術総合センター 山瀬敬太郎
 (株)環境総合テクノス 五十嵐 鉄朗
 (株)環境総合テクノス 石井 政博
 ○(株)環境総合テクノス 正会員 青野 健治

1. はじめに

地球温暖化問題において、CO₂ の削減が最も大きな課題となっている。人類の様々な活動によって発生する CO₂ については各国で排出規制が行われ、CO₂ を削減する様々な活動が行われている。一方、人類以外の活動では、これまで地球で存在しているあらゆる生態系の中で排出と吸収が行われて、バランスがとれていた。とくに森林資源は、CO₂ の排出と吸収の双方を行いながら、樹木という形で、CO₂ のうちの炭素固定に大きく寄与している。森林資源における炭素固定がどの程度かについて、これまで、多くの研究がなされており、地表面に現れる樹木については、比較的詳細に炭素固定量が推定されているが、地中部に存在する根系については、これまでは掘り取りによる直接的な確認調査以外に方法がないことから、森林に対するダメージが大きく、十分な検討が行われていないのが実情である。

そこで著者らは、掘り取りによる直接的な確認以外の方法として、地表面上から非破壊に探査することが可能な地中レーダー法による検討を行っている。地中レーダー法による検討は、海外で数件の研究報告があるが、日本ではほとんど行われていない。ここでは、樹木根の地下分布を非破壊的に探査する方法として地中レーダー法による適用性を検討するために実施した、実験ヤードでの探査実験結果について報告するものである。

2. 地中レーダー法について

地中レーダー法の探査原理を図-1に示す。地中レーダー探査は、アンテナから送信された電磁波が、送信先に存在する様々な電気的特性（誘電率）の異なる物質から散乱する反射波を受信アンテナで捉えることにより、反射時間、反射振幅の大きさ、反射パターンなどから、散乱した部分の物質境界について推定を行う方法である。

この方法はすでに従来から、地中部の埋設物や路面下の空洞あるいはトンネル覆工背面の空洞や覆工厚を推定する方法として、多くの探査実績がある方法である。本件では、地中部に存在する樹木根の位置、大きさ、分布状況について地中レーダー法による推定を試みるものである。

3. 探査実験条件

探査実験では、できるだけ、樹木根による配置や埋設の変化によるレーダー探査性能について確認したいことから、埋設に使用した土質や土の粒径等をできるだけ揃えて、他の影響因子をできるだけ排除した。

したがって、実験ヤードで使用した土は、まさ土を使用し、土の含水率等はできるだけ一定とした。また、実験に使用した樹木根は全てスギの根を使用し、植樹状態における根と同じ状態のものを使用したいことから、実験直前に切り取ったものを使用した。また、レーダー探査機器は GSSI 社製 SIR-10H システムを使用し、使用アンテナは 400MHz と 900MHz の 2 種類使用した。

4. 実験ケース

実験では、できるだけ実際の樹木根が分布している状況を想定し、根径深さ、方向、含水率、上下幅輻などをパラメータとした実験ケースを設定した。このうち樹木根径と深さをパラメータとした実験ケースについて報告する。実験ケースを図-4に示す。

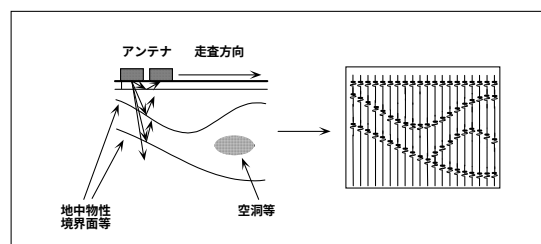


図-1 探査原理



図-2 実験ヤード掘削状況



図-3 実験ヤード製作状況

キーワード 地中レーダー、樹木根、実験ヤード、重回帰分析、非破壊調査

連絡先 〒541-0052 大阪市中央区安土町1丁目3-5 (株)環境総合テクノス 土木部 TEL06-6263-7371

5. 実験結果

実験ケース1および2におけるレーダー探査結果を図-5に示す。

実験ケース1では、 $\phi 35\text{mm} \sim 68\text{mm}$ の根が埋設されている。

図より深さ50cmまでは樹木根径からの反射波形が明瞭であることがわかる。深さ1m程度になると、不明瞭となる。図中の左から2つ目の白○部は、根径35mmのもっとも径の小さい樹木根が埋設されており、反射波形が特に不明瞭であった。また、図中の最も左に位置する樹木根(距離0.5m位置)は直径68mmの樹木根であるが、レーダー探査の結果、埋設物からの反射波形が十分確認できない。

このことから、この実験条件(土、樹木根、アンテナ)では、埋設深さが1mになると樹木根からの反射波形が不明瞭になることがわかった。

一方、実験ケース2では、 $\phi 10\text{mm} \sim \phi 78\text{mm}$ の樹木根が埋設されている。最も右側に埋設されている2つの樹木根からの反射波が不明瞭であったが、それ以外の樹木根からの反射波形は明瞭に確認できた。埋設された樹木根は、最も右側に埋設されたものが最も小さく、左側の埋設位置に向って、径の大きな樹木根が埋設されている。最も右側の埋設位置(測定方向3m)では直径10mmの根が埋設されているが、樹木根からの反射波形が捉えられておらず、レーダー探査による確認はできなかった。一方、右側から2つめの埋設位置

(測定方向2.5m)では、径20mmの樹木根が埋設されている。探査の結果、さらに左側に位置する径の大きな根が埋設されている箇所と比べて、反射振幅は小さいが、樹木根からの反射波形は捉えられている。今回のような最適な実験条件における探査実験では、埋設深さ30cmでは樹木根径20mm程度までが探査限界であることがわかった。

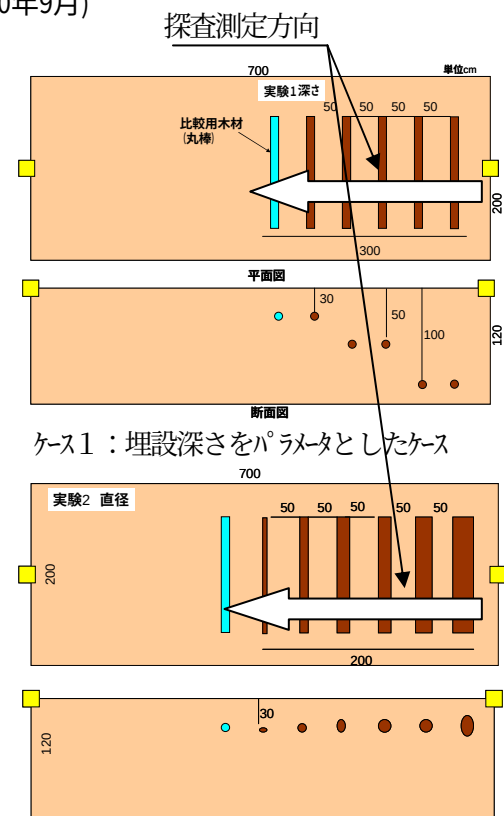
6. 考察

(1) レーダー探査性能について

レーダーにおける探査性能については、目標となっている埋設物と周辺土壌との電気的特性(誘電率)に左右される。一般にある物質と物質との境界面に電磁波が透過した場合、各々の物質における誘電率の差異が大きい程、反射が大きくなる。このような土壌中の埋設物探査において、もっとも誘電率に影響を与える物質は水分である。実験では、レーダー探査以外に実験ヤードと樹木根の含水率を測定しており、本報告以外で樹木根の含水率の変化をパラメータとした実験では、周辺土壌とより含水率の近い樹木根ほど反射波形における検出は困難になる。

(2) 樹木根径と反射波形や土、樹木根の含水率との関係

レーダー探査によって得られる反射波形の特徴として、誘電率のコントラストや対象物の大きさに大きな影響を受ける。今回の探査実験から得られた反射振幅、土や樹木根の含水率と樹木根径との関係について重回帰分析を行った。重回帰分析による予測と実測値との関係を図-6に示す。図より実測値と予測値は、良く一致しており、同一環境条件下における樹木根径の推定が可能であることがわかった。



ケース1：埋設深さをパラメータとしたケース

ケース2：樹木根径をパラメータとしたケース

図-4 実験ケース

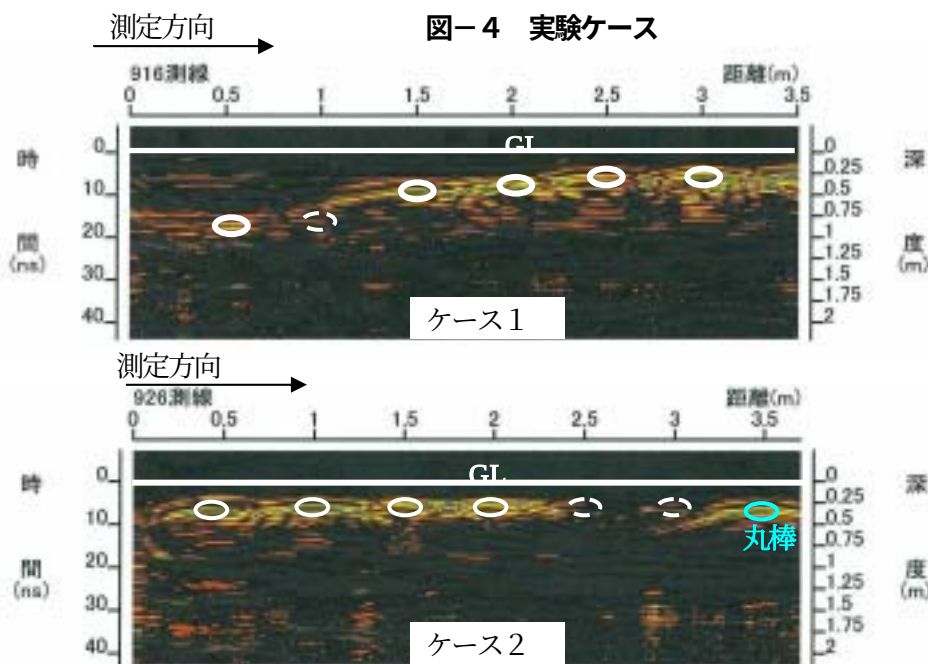


図-5 レーダー探査出力データ

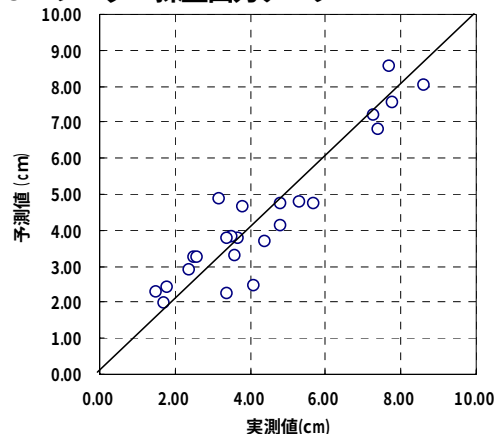


図-6 重回帰分析による予測値と実測値