

ウェーブレット解析を用いた地中音に関する研究

長岡技術科学大学 大学院

学生会員 ○馬郡 正規

第一建設株式会社

正会員 山田 圭介

長岡技術科学大学 環境・建設系

正会員 宮木 康幸

1. はじめに

日本は国土の約 8 割近くが山地で占められており、昔から多くの自然災害の中でも山地に由来する災害の比率が高い。特に、近年は二次災害として、土砂災害が著しく目立つようになり、日本全国の各地に危険箇所が数多く存在するため、斜面監視体制の開発や強化が推進されている。

そこで、本研究室では、平成 12 年度から音響的手法を用いた地すべり予測システムの確立に取り組んでいる。

2. 研究概要

昨年度の研究では地中音の一つとして、草の根が斜面の微弱な変動によって切れる時に発生すると考えられる根切れ音について注目した。その結果、それを判別できるセンサの有効範囲は 2m という結論に至った。しかし実際の地すべり現場の規模を考えると、この有効範囲では実用性が低いと考えられる。そこで、このセンサの有効範囲の拡大を研究目標として取り上げた。その改善点として、大きく分けて 3 つの項目に着目し、実験、解析結果からその有効性を確認し、有効だと考えられる項目を取り入れて再度実験を行い、有効範囲拡大の確認を行った。

大きな改善点としては、根切れ音の判別手段として昨年度まで用いられてきた FFT 解析（高速フーリエ変換）をウェーブレット解析に変えることである。これは根切れ音の性質が時刻によりその性質が変化することが多いので、その着目している時刻に窓関数を設定できるウェーブレット解析が好ましいと考えられるためである。このような理由からウェーブレット解析を用いて、根切れ音などの地すべり時の現象を特定し、さらに有効範囲拡大につながるかどうかを検討した。その他の 2 つの改善点として、センサの地中に設置する時の深さ、そして根切れ音とノイズとの判別方法の改善について検討を行った。

3. 使用する測定機器、解析ソフト

測定方法は、振動センサからのアナログ信号をアンプにより増幅し、A/D コンバータによってデジタル信号に変換し、ハードディスクに記録する方法を用いた。

ウェーブレット解析ツールとしては「Time2Wave」という市販のソフトを用いた。ウェーブレット解析は大きく分けて連続ウェーブレットと離散ウェーブレットの 2 種類がある。本研究では、時間経過による変化を視覚的に解析するのに適している連続ウェーブレットを用いた。

4. 改善点について

4.1 ウェーブレット解析の導入

昨年度、有効範囲が 2m と判定された同じ実験データについて、改めてウェーブレット解析を行い、ウェーブレット解析の有効性を調べた。当時の実験条件を図 1 に示す。センサと植物の距離を 0.5~4m に変化させ、根切れ音がノイズに埋もれることなく検出できる距離を調査したものである。

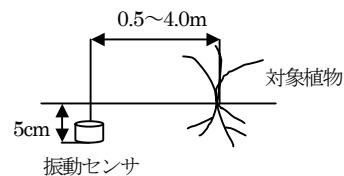


図 1 実験条件

昨年度はそれぞれの距離のデータ全体について FFT 解析を行い、卓越周波数の電圧値と距離の関係を調べた結果、3m 以上にセンサと植物の距離が離れると、ノイズに根切れ音が埋もれてしまい検出できないと判定された。しかし、ウェーブレット解析を用いた結果、図 2 に示すように、4m のデータからも、ノイズに埋もれることなく、根切れ音を検出することができた。

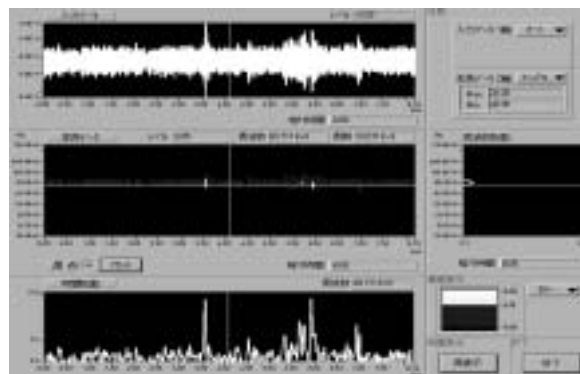


図 2 4m時のウェーブレット解析結果

キーワード：地すべり検知、音響的手法、地中音、根切れ音

連絡先：〒940-2142 新潟県長岡市長峰町 5 1 3 - 2 4 8 ペガサス長峰 2 号室 TEL 0258-47-4911

4.2 センサの深さについて

センサの有効範囲を拡大するには、ノイズと根切れ音の区別をはっきりさせる必要がある。よって、センサを地中に埋める際の深さの影響について検討した。

実験条件を図3に示す。

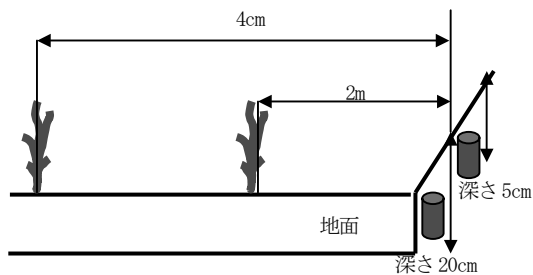


図3 実験状況

2mの解析結果では、センサの深さによらず、根切れ音の判別が容易に行えた。しかし4mの距離になると、センサを深く埋めた方が、根切れ音の判別が正確に行えることがわかった。これは、センサを深く埋めた場合、周囲のノイズを抑えることができることによるものだと考えられる。

4.3 判別方法の改善

昨年度は根切れ音検知の判定基準として、ノイズ、根切れ音それぞれのFFT解析値の最大電圧値を比較し、判別可能かを決定していた。今年度はノイズと根切れ音それぞれの周波数特性を調査し、より根切れ音とノイズとの差がでる周波数帯に着目し判別することで、センサの判別距離が伸びるかを実験により調べた。センサから2, 4, 6mとセンサを中心に円心状に離れた地点でそれぞれ10個ずつ根切れ音のデータを測定した。解析結果から根切れ音の発生時刻に着目し、根切れ音の卓越周波数帯の上限周波数、下限周波数をそれぞれ求め、距離との関係をまとめたものを図4に示す。

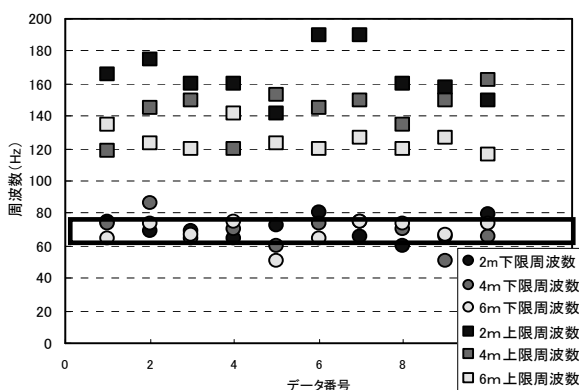


図4 根切れ音の卓越周波数分布

大学構内で今まで確認できたノイズに共通しているのは

100Hz 付近以上の周波数帯にノイズが集中していることである。このためノイズが最も卓越している 100Hz 付近を避け、それより下の周波数の根切れ音に着目することで、さらにセンサの判別距離、精度を伸ばすことができると考えた。具体的にその着目すべき周波数は図4より、根切れ音の周波数特性から 60Hz～80Hz 付近が妥当だと考えた。

4.4 改善後の判別距離について

解析手法の変更、センサを埋める深さ、判別方法の改善を踏まえて、4mよりもさらに距離を伸ばして、去年の有効範囲 2m の 4 倍以上の距離での根切れ音の観測を想定し、実験を行った。9m時の実験結果を図5に示す。

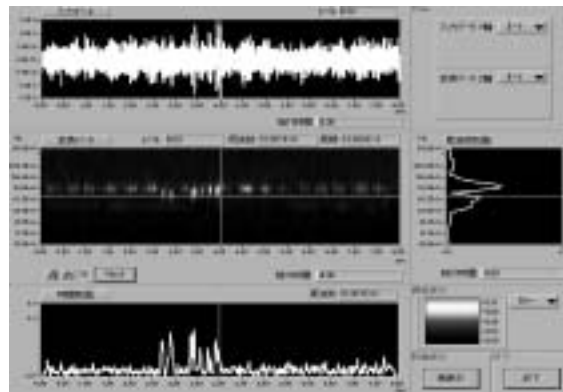


図5 9m時の根切れ音

図5の70Hz付近に着目した時間断面を見てわかるように、すべての改善点を考慮した実験において、9mでも十分に根切れ音を判別できた。

5. 結論

以上より、センサの有効範囲は草のような細い根の根切れ音に注目した場合、9mでも十分に根切れ音を判別できることが確認された。またこれは木の根のような太い根の根切れ音に着目することで、更なる有効範囲の拡大が期待できる。

また、ウェーブレット解析を用いることで時間周波数解析が可能となり、これにより時刻による変化パターンからも根切れ音の現象を確認できる可能性が出た。

参考文献

- ・ 榊原 進：ウェーブレットビギナーズガイド（1995）東京電気大出版局
- ・ E. クライツィグ：フーリエ解析と偏微分方程式（1987）培風館