

Wavelet 解析を用いた斜面崩壊場における微弱兆候の検証

群馬大学	学生会員	○岡田	崇
群馬大学	正会員	松本	健作
群馬大学	非会員	鈴木	将弘
群馬大学	正会員	小葉竹	重機

1. 目的

近年の集中豪雨の多発により、土砂崩壊による災害が頻発している昨今、その対策として実用的な警報装置の開発・運用が急がれている。現在の一般的な崩壊の警報装置としては、傾斜計やワイヤーセンサーなどが多く使われている。しかし、本研究では、静電容量型で静的な感度を有している加速度センサーを使用することで、傾斜計の効果を期待でき、また計測された波形データの FFT 解析と、新たに Wavelet 解析を用いて土砂崩壊の微弱兆候の検出を試みる。

2. 実験概要

加速度センサーについては、外観を写真-1、諸元を表-1 に示す。そして、防災科学研究所と消防研究センターとの共同研究として行われた大型降雨実験施設における土砂崩壊実験にこのセンサーを設置した。設置状況は、写真-2 のように斜面下端から 1.5m の位置に左から Ch1、Ch4、5.5m の位置に左から Ch2、Ch3 となるように 4 器設置した。センサーの設置方向は、斜面横断方向が X 軸、接線方向が Y 軸、法線方向が Z 軸である。崩壊実験は、表-2 に示す斜面に天井の散水器により散水強度 50mm/h の連続降雨によって発生させ、崩壊までのデータを計測した。上記でも述べたようにこの加速度センサーは静的な感度を有しているため、センサーの姿勢変化を捉えることができる。この利点を最大に生かすため埋設の際には 2 本の 20cm ボトルで固定し、センサーと土砂が一体になるようにした。

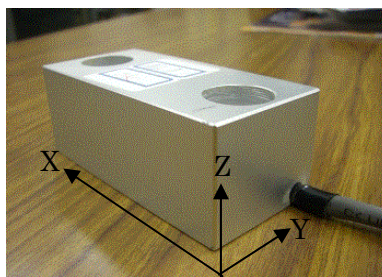


写真-1 センサー外観

表-1 センサー諸元

計測原理	静電圧型
計測軸	3軸
SAMPLING	100Hz
計測範囲	±1.5G
A/D変換	12bit
レンジ	64dB
サイズ	3×3×8
価格	¥48,000

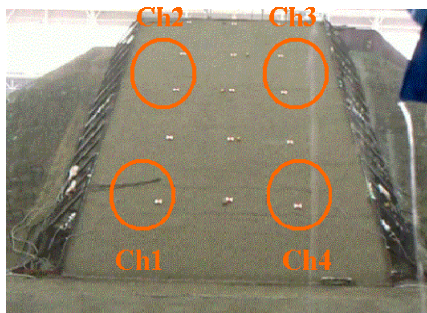


写真-2 土砂崩壊実験の様子

表-2 実験諸元

斜面幅	4m
方面長	10m
斜面厚	1m
土砂堆積	40m ³
乾燥密度	1.44g/cm ³
含水比	0.084
傾斜角	30度
散水強度	50mm/h
給水強度	15mm/h

3. Wavelet 解析

3-1 概要

本研究で Wavelet 解析を使用する主な狙いは次の 2 点である。

- ・ 土砂崩壊のような短時間ダイナミクスが非定常であるものについて有効である点。
- ・ 周波数領域で信号を表現する FFT 解析の機能に加えて、さらに「時間」の情報も有しており、時間-周波数解析が可能である点。

キーワード Wavelet 解析、加速度センサー、FFT 解析、崩壊実験、微弱兆候

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部社会環境デザイン

TEL 0277-30-1640 E-Mail:matsu@ce.gunma-u.ac.jp

3-2 解析手法

連続 Wavelet 解析で用いる基礎式として式 (1) を用いる。この式はトランスレート b 、スケール a の2つのパラメーターにより様々な時間および周波数に対する解析が可能となる。また、離散 Wavelet 解析を用いるためには、基本式の $(b, 1/a = 2^{-k}, 2^j)$ と置き離散化した式 (2) を用いる。

$$(W_{\psi} f)(b, a) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx \quad (1)$$

$$d_k^{(j)} = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\psi(2^j x - k)} f(x) dx \quad (2)$$

b : トランスレート a : スケールパラメータ $\psi(x)$: マザーウェーブレット $f(x)$: 原信号

4. 解析結果

図-1 は、崩壊前の原信号に Wavelet 解析と FFT 解析を行った結果である。各解析ともに○で示したように変化点があり、崩壊のおよそ2分30秒前に微弱兆候があることが分かった。しかし、先ほどにも述べたが、FFT 解析には時間の情報がないため、その兆候がいつ起きたのか分からない。時間の情報を持たないことは、災害警報に関する手法として大きな欠点と言わざるを得ない。そこで、今回のように Wavelet 解析を使用すれば、微弱兆候の検出もでき、尚且つその兆候時間も分かるため大変有効である。

図-2 は崩壊時における連続 Wavelet 図と離散 Wavelet 図を表したものである。まず、離散 Wavelet 図は1段目が原信号であり、2～5段目と順次低周波から高周波へと離散化していく。また、当然ながら、逆に2～5段目の周波数を全て合わせると原信号の形になる。次に、連続 Wavelet 図は離散 Wavelet 図をより視覚的に分かりやすくしたので、赤色に近づくほど、その時間および周波数における相関性の強さであるウェーブレット係数の値が強いことを表している。今回のような室内の土砂斜面ではなく、自然の土砂斜面の内部はさらに複雑であり、車や地震などの他の外力も受けている。その場合の土砂斜面は複数の振動を有している可能性は高いため、この離散 Wavelet 解析から得られた周波数成分により、土砂内部の挙動を捉えられる可能性は高いのではないかと

思う。

最後に、Wavelet 解析は時間の情報を取り入れ、複数の周波数を持つ波形データを離散化するだけでなく、微弱兆候時や崩壊時における加速度センサーの姿勢変化から土砂の挙動を推定するといった有意義な能力を持った手法といえることが分かった。

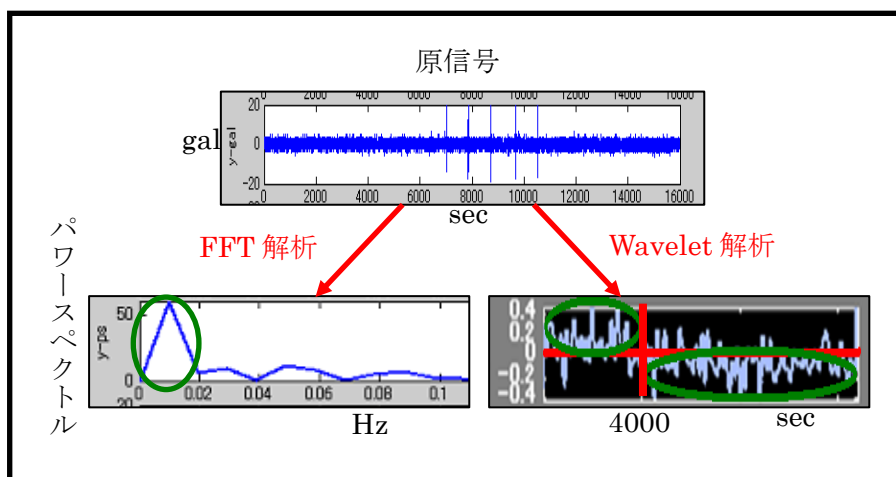


図-1 FFT 解析 (左) と Wavelet 解析 (右) との比

