

# 土石流検知警報システムの開発・第2報

鹿児島工業高等専門学校 学生員 原田雄二・森田圭亮・橋口孝行  
 鹿児島工業高等専門学校 正員 足田 誠・内田一平

## 1. はじめに

近年、人口増加に伴って人々は平地での生活はもとより山間部など急傾斜地での生活を余儀なくされてきた。このため、豪雨の際、人命が奪われるケースが頻発している。鹿児島県では、桜島火山において土石流が毎年数十回発生している。1993年夏の鹿児島県内の豪雨及災害、1997年7月の出水市針原川の大規模土石流、2003年7月の水俣市集川の土石流、2004年の新潟県中越地震で全員避難した山古志村における土石流災害など、大きな社会問題となっている。

これまで、桜島野尻川下流の流路工で振動(加速度センサーを使用した土石流の検知・流量規模の推定に成功している。その後の解析により、土石流による地盤の振動周波数に注目すると、水流と土石流を識別することが可能であることを示した。この手法を用いると、土石流の早期検知に優れたシステム構築の可能性を示す結論を得た[1][2][3]。これら土石流の発生を検知して、下流住民の避難に有用な、検知警報システムの開発をすすめており、本報では、検知センサーの特性の把握と優劣に関する考察、警報情報のあり方に関する検討結果について述べる。

## 2. 土石流検知センサーの選択

実用的で普及し易い土石流検知センサーの選択肢として、音響センサー(CTI サイエンス製音圧センサー)、超高感度3軸加速度計(TEAC製710Z, 0.271V/G, 1G=980gal)、高感度1軸加速度計(TEAC製707LF, 0.1046V/G)、Geophone(Geospace Technology製GS-11D)の4種類を検討した。まず、音響センサーは、信号ケーブルが複雑で延長が容易でなく除外した。桜島火山の地震観測で使用されているのは高価で普及に難点があり、比較的安価な1軸高感度加速度計とGeophoneの比較検討を行った。Geophoneは現場設置が容易である。

## 3. 実験方法とその結果

1軸高感度加速度計とGeophoneの両特性の違いをみることにする。土石流の発生・通過を再現する方法として、パイプロートをを用いた。これは、走行速度25~27m/min、振動周波数91.7Hzで、平坦な地面を走行させることにより、地盤振動を移動方向に与えて行き、擬似的に土石流通過に伴う地盤振動を再現させるものである。図-1aと図-1bは、走行方向(X軸)に1m離して設置した2つのセンサー(Geophoneと1軸加速度計)



図-1 a. 地盤振動の波形 (Geophone, X=0m)

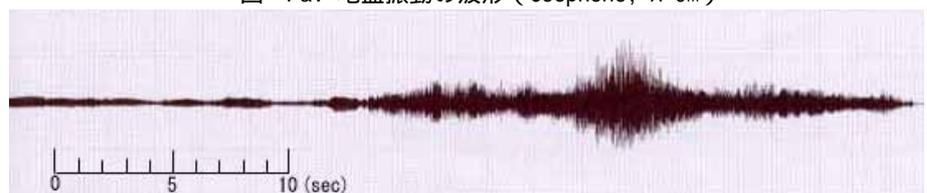


図-1 b. 地盤振動の波形 (一軸加速度計, X=1m)

による地盤振動の時系列波形である。

いずれも、桜島野尻川における地盤振動の波形に似ている。両者のピーク時刻のずれ(X=0m及び1m地点に設置)から、土石流の移動速度をおおよそ推定可能であることがわかる。なお、両センサーはパイプロートの進行軸に対して直角(Y軸)に1m離れて地表に埋設している。

両センサーと警報措置間の信号ケーブル長は20mで、ローノイズケーブルを使用、信号増幅のために専用アンプと直結した。地盤振動の信号は演算回路を経た後、無線LAN経由で、4秒毎に監視用端末へ送信される。

## 4. 土石流による地盤振動の監視

図-2は、振動センサーに有線で接続された検知装置と監視装置(パソコン端末)の間を無線LANで接続し、土石流の屋外実験による地盤振動をオンライン表示させたものである。Visual Basicでグラフ化しているが、縦軸に地盤振動の大きさ振幅(V)と周波数(Hz)を4秒おきに受信している。

図-3は、1軸加速度計(V)とGeophone(V)の地盤振動応答の関係を示したものである。1軸加速度計

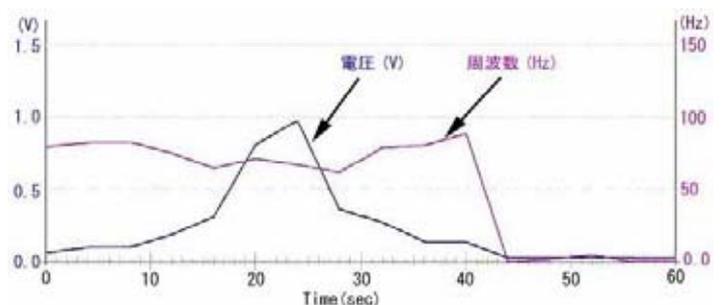


図-2 地盤振動の監視プログラムの実行例

については、電圧(V)と加速度(gal)の関係式が与えられるため、Geophone における加速度相当値を推定することが可能となる。また、パイロプレート の走行実験を行った結果、出力電圧は行きと帰りで相違すること、周波数は帰りの値が行きの値よりも若干小さくなった。これは Geophone を完全に地中に埋設せず、地表付近に単純に刺したため、Geophone と地盤との緩みの影響と考えられる。更に、Geophone は基本的に速度計で、1軸加速度計には電圧の履歴効果があるなどの影響も考えられる。今後、更に実験を追加し、振動センサーの的確な設置位置・方法を検討する必要がある。

図-4 は、Geophone について、地盤振動の応答を周波数に着目して時間的推移を表示させたものである。パイロプレート の走行線(Y=0m)から離れるにつれ、Y = 1, 2, 4 m地点で、土石流の特徴を示す周波数 50~100Hz ([3])が顕著でなくなり、余計なノイズを拾う様子が理解できる。距離を離して設置するためには、検知装置から送る感度を上げるか、なるべく土石流の通過地点に近い位置に、振動センサーを設置することが望ましいということが理解できる。更に、3軸超高感度加速度計や1軸加速度計に比べると、Geophone の周波数の変化は土石流の検出に顕著に有用であることが示された。

図-5 は、3軸超高感度加速度計を野尻川の流路工の堤内地に設置して得られた地盤振動データ(1997.3.29)を DAT 装置のテープから読み取って時系列表示したものである。得られた加速度(gal)には、ノイズと思われる値(50gal 程度)を検出し、図-3の横軸と同様に、土石流の規模の推定には機械的誤差として校正する必要があることが分かった。また、振動周波数に着目すると、50~100Hz の領域範囲で土石流が顕著に出現した、と推察できる。

5. まとめ

本研究では無線 LAN による雨量センサーのデータ収集は実現したが、携帯電話が山地部では限られた機種しか電波が届かない問題が発生し、監視モニターを開発する上での問題となっている。今後、桜島の野尻川及び水俣川流域に本システムを完成・設置し、動作検証をすすめる予定である。

謝辞：崇城大学の森山聡之助教授、(株)アイエムティの会田和義・石塚浩一氏には開発に際して大変お世話に

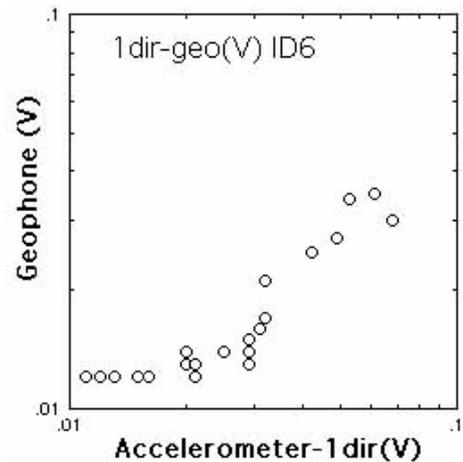


図-3 地盤振動の応答 (1軸加速度計&Geophone の関係)

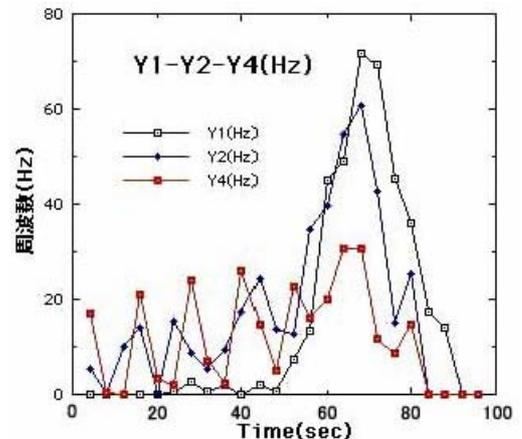


図-4 . 地盤振動の応答の距離による影響

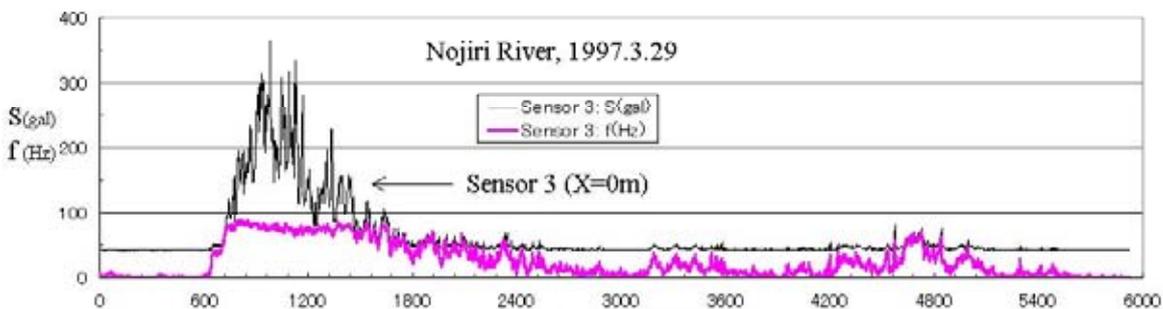


図-5 . 野尻川の土石流による地盤振動 (Y=15m, 1997.3.29)

なりました。鹿児島高専卒研究生の逆瀬川志郎・上木原舞美君には実験等に多大な協力を頂いた。文部科学省科学研究費(15510143, 16360248)を受けた。ここに関係各位に心から厚く謝意を表します。

参考文献：

[1] 水流・徳田・榎並・疋田：渓谷河川における土石流シミュレーション実験、平成 15 年度土木学会西講、第 2 分冊、pp.B196-B197、2004、[2] 八反田・橋口・疋田・榎並・森山・会田・石塚：土石流検知警報システムの開発、平成 15 年度土木学会西講、第 2 分冊、pp.B198-B199、2004、[3] 橋口・疋田・森山・会田・石塚：土石流の検知警報システムに関する研究、第 23 回日本自然災害学会学術講演概要集、pp.135-136、2004。