

地盤振動を利用した土石流の検知警報

DETECTING AND WARNING SYSTEMS ON DEBRIS FLOW BY MONITORING GROUND TREMOR

疋田誠¹・森山聡之²・会田和義³・石塚浩一³

Makoto HIKIDA, Toshiyuki MORIYAMA, Kazuyoshi AIDA and Kouichi ISHITUKA

¹ 鹿児島工業高等専門学校 土木工学科 (〒899-5193 鹿児島県始良郡隼人町真孝 1460-1)

² 崇城大学 工学部・環境建設工学科 (〒860-0082 熊本市池田 4-22-1)

³ (株) アイエムティ (〒899-5116 鹿児島県始良郡隼人町内熊元 932-5)

1. はじめに

桜島をシンボルとする鹿児島県では、台風や集中豪雨の時期になると、多くの土砂災害が頻発し、尊い人命が失われ、多大な社会的損失が発生している。土石流警報のあり方には色々な問題点が指摘されている。例えば、气象台や県の提供する雨量情報のみでは土石流に対する住民避難に間にあわず、各種災害情報が円滑に伝達されないこと、人為的ミス等の防災システム自体にも欠陥が散見されること、電話回線が錯綜し、各家庭の電話が利用不可になる状況の発生などである。本研究は、これらの諸問題に対して、避難情報を1つ(従来:雨量)から3つ(①雨量, ②監視カメラ, ③振動センサー)へ増やすように改善し、災害を最小限に食い止め、住民に安心してもらえるような土石流検知警報システムを開発し、過去の研究^{1)~4)}を踏まえ、抜本的な改善策を提起するものである。

2. 土石流の検知警報システム

(1) システム構成図

図-1は、土石流の検知警報のシステム構成図である。土石流の発生が予想される危険渓流地域に土石流検知用の地盤振動ロボットを設置。IT技術を導入し、無線LANをシステムに組み込み、データを収集する。更に、中継所を経て、携帯電話等を使用し、土石流の発生状況(兆候)を早期に危険渓流地域に住む住民へ伝達、被害を最小限に食い止める。

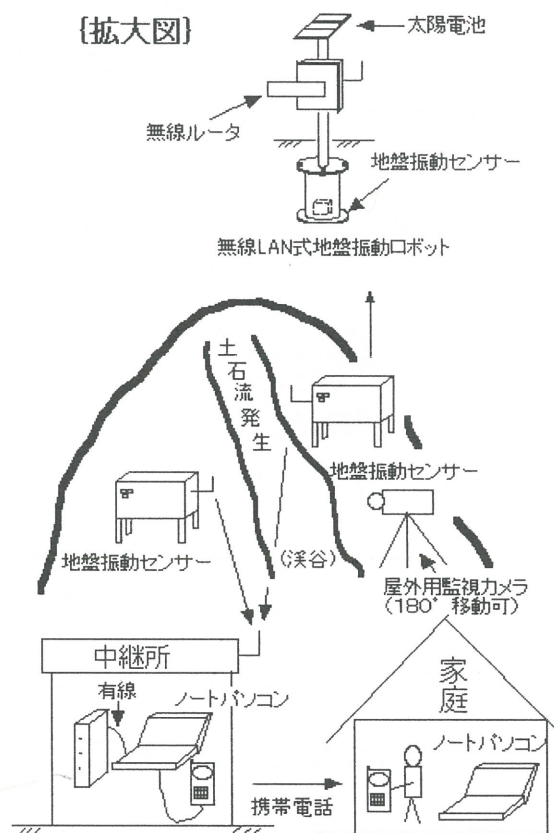


図-1 土石流の検知警報のシステム構成図

(2) システムの考え方

危険渓流地域に土石流検知警報の地盤振動ロボットを、例えば5台設置する。その結果、土石流がどこで発生するか分からない問題を解消できる。即ち、

図-2のように、土石流によって検知装置（1カ所）が流失しても、他の4つの検知装置で補完できる。このようなシステムであれば下流の住民に確実な警戒避難警報を流すことができる。

(3) 無線 LAN の特徴

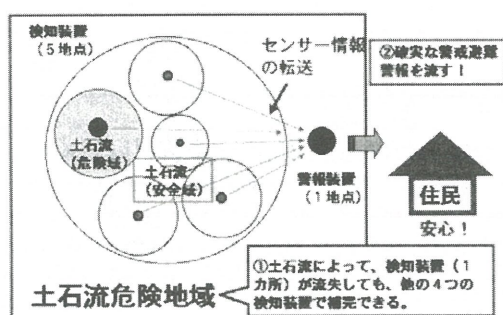


図-2 土石流の検知警報システムの考え方

無線 LAN には、膨大なデータ転送能力がある。従来の会社などで用いられている無線 LAN は、全方向型であり、無線 LAN 区域内に情報を配信できるが、通信距離が短い。一方、指向性無線 LAN は1方向に情報を絞るため、伝達距離が数 km に達する。

(4) システムの特徴

- 1) 3つのセンサー（①監視カメラ、②雨量計、③地盤振動センサー）からの情報を収集・活用する。
- 2) 指向性無線 LAN を採用している。
- 3) 土砂災害危険地域に住む人々にとって、緊急時に必要とする最適な災害情報を入手することが可能となる。

3. 警報システムの現状と改善

現在の土石流警報は、雨量センサー情報を気象台・鹿児島県・市町村・公民館・住民へと順次配信し、災害情報として伝達される。このような手順を踏むと、土石流の早期検知が実現しても、住民は避難する余裕時間が無くなってしまふ。このためには、

【提案①】住民に直接警報を流す経路が不可欠である。住民に直接、警報を流す手段として、現在普及率の高い携帯電話やパソコンを用いて直接伝達する。携帯電話は常時持ち運び可能で、災害の軽減向上が期待できる。気象台や県の雨量情報だけでは、土石流に対する住民避難に間にあわない。これは、警報システムとしては重大な欠陥である。そこで、【提案②】避難情報を、雨量だけでなく、雨量・監視カメラ・地盤振動センサーの3段階とする。その結果、住民への確実な情報伝達が可能になる。本報で

は、監視カメラによる画像情報と地盤振動センサー情報の転送実験及び動作検証を行った。今後、雨量情報の情報伝達を加え、総合的な警報システムとして実現していきたい。

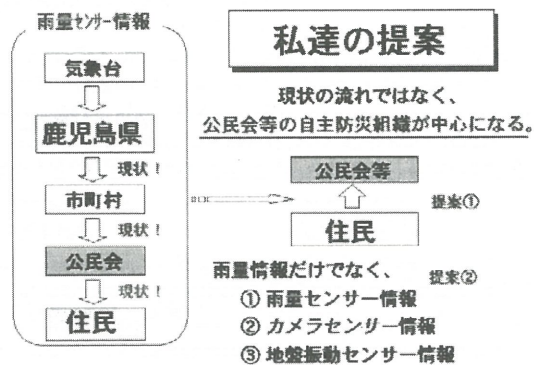


図-3 自主防災に対する考え方

4. 監視カメラによる画像のモニタリング



写真-1 監視カメラの設置状況

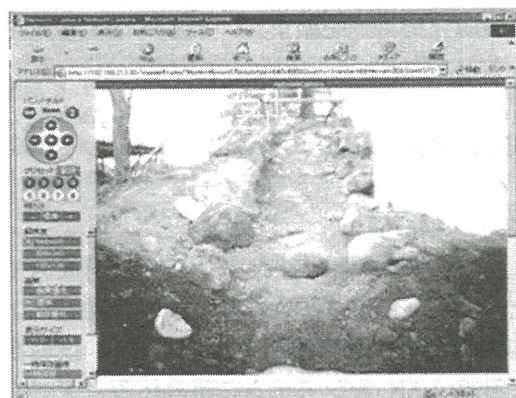


写真-2 パソコン端末での画像のモニタリング

ネットワークカメラ（例、KX-HCM170）を用いると、パソコンからカメラのIPアドレスにアクセスすることで、簡単に現場画像を監視することができる。パソコンからカメラを直接コントロールし、上下・右左に首振り操作することもできる。本製品は、パソコンだけでなく携帯電話からもカメラコントロールを、直接行えるようにしている。写真-1は、土石流実験の様子を監視用のネットワークカメラで撮影している様子である。写真-2は、その画像情報を無線LAN経由で、パソコン端末を用いてモニタリングしている映像である。この原理を利用すれば、土石流発生時の様子を早期に土石流危険地域の住民に知らせることが可能である。

5. 土石流による地盤振動のモニタリング

図-4は、1997年9月16日に発生した桜島野尻川における土石流の地盤振動の時系列データである。センサー1は流れ方向（X軸）の振動データである。データは合計7個（A～G）のデータとして区分され、各々10分間づつ連続した記録である。これらのデータは膨大であるため、データにソーティングをかける。即ち、3万個のデータを大きい順に並べ、1/10個を抽出し、移動平均値を求める。その後、時系列データとして、一定間隔で振動レベルを動的に表示すると、土石流の検知警報情報として活用できる。図-5は、振動レベル(gal)と振動周波数(Hz)を一定間隔(3秒間隔)で示したもので、無線LAN経由後の時間的推移となっている。

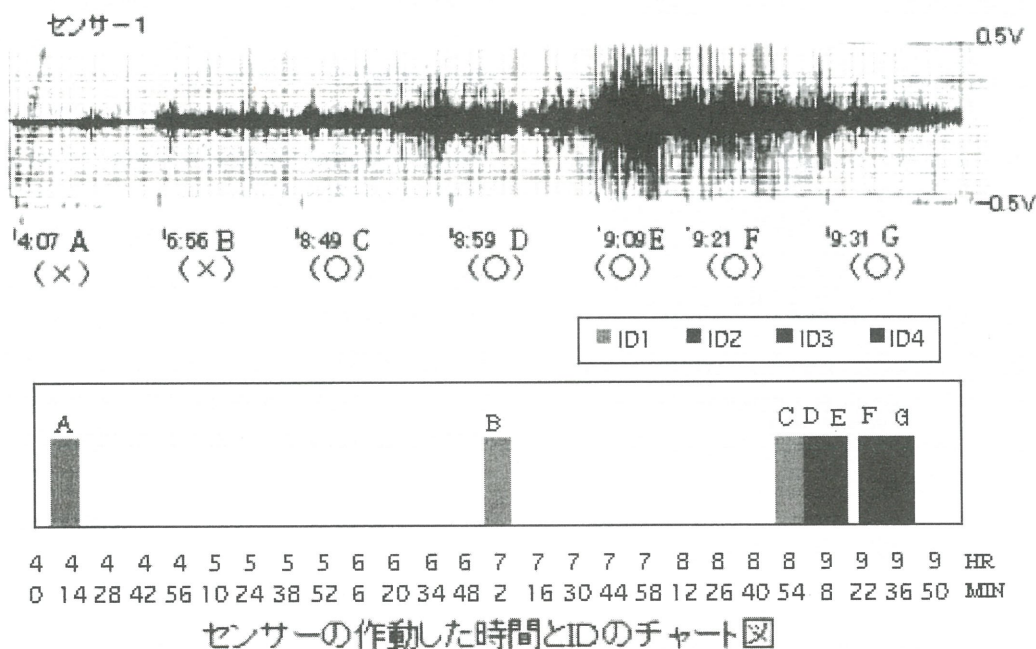


図-4 土石流による地盤振動の DAT テープの一連の記録波形、及び、その記録時刻の確認(7個:A～G)

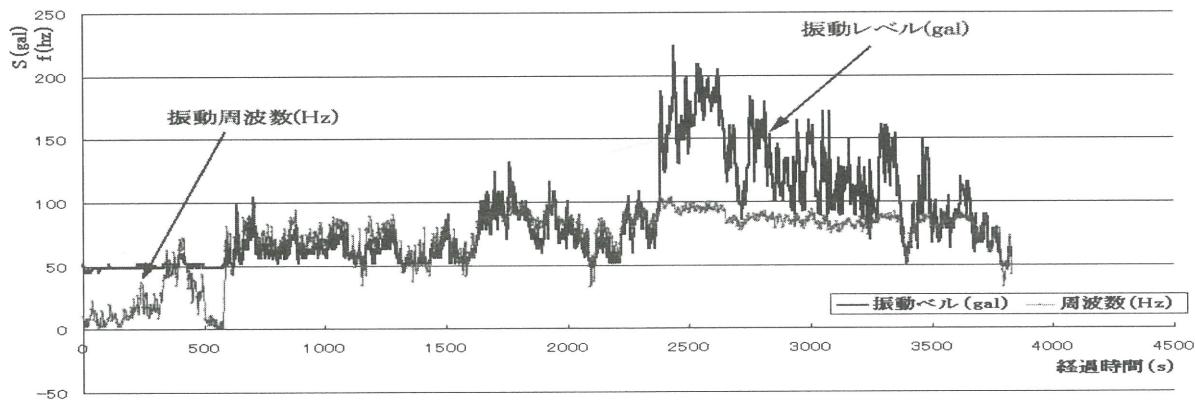


図-5 地盤振動のレベルと周波数の時間的推移 (野尻川 1997.9.16)

図-5の土石流検知警報用の振動センサーの情報は、無線 LAN 経由で中継所に容易に送信できる。Java 等のプログラム言語を使用すれば、携帯電話を利用して災害情報として活用できる。自主防災組織の要である公民会等に送信すれば、住民閲覧も可能となる。

6. まとめ

本研究で、土石流検知警報システムの改善策を検討し、監視カメラ等のデータ通信実験・モニタリングを試みた結果、災害地域に住む住民が、自主防災の視点から安心できる警報システムの構築が可能であることを示した。今後、データ通信実験だけでなく、雨量・監視カメラ及び振動センサーの3種類のデータ収集方法、防塵防湿対策を考慮した土石流検知のための小型地盤振動ロボットの製作を検討中である。

1997年7月鹿児島県出水市針原川、2003年7月熊本県水俣市集川にて、似たような大規模土石流災害が発生し、尊い人命が失われた。災害後、現地調査を行ってみると、治山砂防用のダム建設と比較して、住民サイドに立った予防措置、警報・避難等の設備が、十分ではなかったと痛感する。土石流災害直後のハード的な投資だけでなく、公民会等を中心にした地域住民自身による自主防災力の強化、経費的に容易で人命重視のソフト的対応重視が望まれる。今後、国内で最も活動中の桜島火山の野尻川や土石流災害の発生した水俣市集川に、開発中の土石流の

検知警報システムを設置し、動作検証を進める予定である。関係各位のご指導、ご援助を仰ぎたいと願いつつ、忌憚のないご意見を心からお待ち申し上げる次第である。

謝辞：本研究をすすめるに際して、九州大学の橋本晴行助教授よりご助言を、国土交通省大隅河川国道事務所より、ご協力を頂きました。鹿児島高専の鎌田清孝講師・榎並利征氏、及び卒業研究生であった八反田周吾・橋口孝行・水流彰太郎・徳田浩史の諸氏から多くのご協力を頂いた。また、文部科学省科学研究費補助金（平成15年度、課題番号15510143）及び鹿児島高専の校内研究助成金を頂いた。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) 山田孝・南哲行・水野秀明：土石流災害防止のためのセンサー開発の現状と今後の課題，砂防学会誌，Vol.50-5，60-64，1998
- 2) 疋田誠・吉田美幸・前村洋作：振動センサーを利用した火山性土石流の現地観測，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，共通，4-5，1998
- 3) 諏訪浩・山越隆雄・佐藤一幸：地盤計測による土石流の規模推定，砂防学会誌，Vol.52-2，5-13，1999
- 4) 疋田誠・榎並利征・酒谷幸彦・山根史郎・大山勉・会田和義・石塚浩一：地盤振動を利用した土石流のハイドログラフの推算，平成14年度土砂災害に関するシンポジウム講演論文集，土木学会西部支部，5-8，2002。

(2004. 6. 18 受付)