

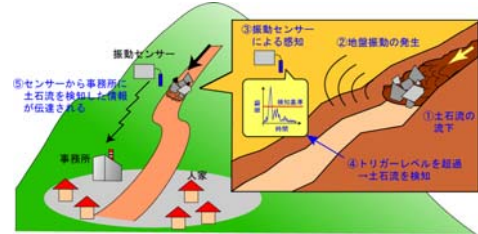


# 振動検知式土石流センサー

- 独立行政法人土木研究所  
土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム
- 日本工営株式会社
- 株式会社拓和
- 坂田電機株式会社

## 1. 振動検知式土石流センサーとは (振動センサー)

土石流の流下にともなって発生する地盤の振動を振動センサーで計測し、土石流の発生を検知するセンサーです。



## 2. 主な振動センサーの設置・観測目的

住民の警戒避難



工事の安全管理



土砂移動の監視



道路の通行止等



## 3. 土石流検知センサーの現状と問題点

土石流検知センサーとしてワイヤーセンサーが最も多く使われている。ワイヤーセンサーは、渓流を横断する形でワイヤーを張りそのワイヤーが土石流の流下により切断されることで検知する。

しかし、

- 一度切れると再び張り直さなければならない張り直すまで欠測となってしまう。
- 落石・動物等により切断・誤報の可能性がある。
- 出水等により河床高が変化すると設置・計測が困難になる場合がある

そこで、

非接触で繰り返し検知可能な**振動検知式土石流センサー**が開発されたが、ワイヤーセンサーに変わるほど普及には至っていない。

## 振動センサーに対する課題と開発テーマ

### ■振動センサーを普及させるための課題①

- 土石流以外の現象で誤検知する(誤発報)

開発テーマ

土石流検知センサーとして必要な性能  
→土石流を確実に検知し、土石流以外の事象を可能な限り棄却する検知手法を搭載した振動センサー

### ■振動センサーを普及させるための課題②

- ワイヤーセンサーに変えて、あえて振動センサーを使う理由・メリットがない
- (ワイヤーセンサーと比べて)価格が高い  
→さらなる付加価値が必要

開発テーマ

振動検知式土石流センサーとして重要な性能  
→振動センサーを活用することの付加価値を分析し、それに対する追加機能を搭載した振動センサー

## 4. 開発した振動センサー

### 既存の振動センサー



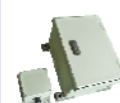
特徴：土石流等の振動を検知して信号を発するセンサー。  
価格：約230万(A社)  
構造：振幅値  
実績：全日本で100基以上が設置・運用

### 土石流検知特化型



特徴：閾値に波形の形状を判別するアルゴリズムを組み込んだセンサ。インターネットを介して振動データをダウンロードできるため、現地に行かなくても波形記録を取得できる  
価格：約150万を想定  
構造：振幅値+波形形状  
実績：福島で運用中

### 現場汎用型



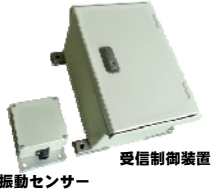
特徴：閾値に継続時間を組み込んだセンサ。警報値を5段階設定可能。警報の継続状況から、発生規模の推定が可能。  
価格：約100万  
構造：振幅値+継続時間  
実績：福島・群馬・和歌山で運用中(土石流の検知実績あり)

### 無線運用型

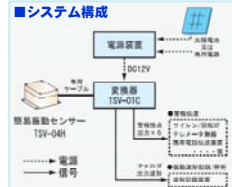
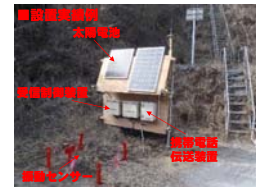


特徴：ヘリ等で空中から投下・設置できることを目的に開発。センサーから受信部までは無線で伝達  
価格：10~20万を想定  
構造：振幅値  
実績：福島で試験運用中(土石流の検知実績はない)

## 4.1 現場汎用型の詳細



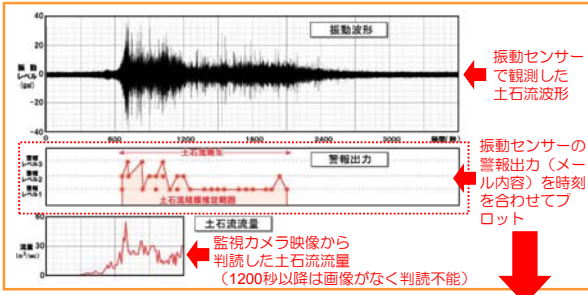
項目	内容
検知手法	振幅値+継続時間
検知信号レベル	5段階の警報値
波形記録	別途記録装置追加で可能
振動波形記録の回収方法	別途記録・伝送装置による
センサーと受信制御装置間の信号伝送方法	有線
電源	太陽電池・バッテリー



## ①現場汎用型（簡易振動センサー）の特徴

	開発した簡易振動センサー	従来製品
設置	小型・軽量なため、容易に持ち運べ 迅速に設置・観測が可能 >設置は山間地域が多く運搬・設置が困難	高重量かつ精密機器で 取扱には注意が必要 容易には設置困難
価格	センサー部を土石流検知に必要な精度に限定し、 MEMS 振動センサーを使用し、機器の価格の 低廉化を実現した >高精度地震計の精度で価格が高い	従来の半値以下
精度	振動の強さおよび振動の継続時間の2種類の検 知基準により判定し、検知精度の向上を行った >高精度化	振動の強さ設定のみ
機能	段階の検知レベル設定で、概略の土石流規模 の推定を可能とした >機能の高度化	1段階の設定で 検知の有無のみ
拡張	国土交通省で使用されているデータ伝送装置で あるテレメータ伝送装置に直接接続可能とした >システムの整合性	別途制御装置が必要

## ②警報出力活用例



警報出力から、土石流の検知および概略の流出規模（上図の赤で塗られた面積）が想定可能と考えられる

## ③簡易施工方法

- ①溪流沿いの最適な場所にセンサーを設置するコンクリート枡程度の穴を掘る
- ②安定した計測を行うため穴を開け固める
- ③コンクリート枡にセンサーを水平に設置し、ボルト等で固定する
- ④配線・防水保護等を行い蓋を開める
- ⑤機器や配線等傷付けないように埋め戻す
- ⑥埋め戻し、メンテナンス時の目印の為、容易に入がれないように囲い等をもうける

## ④設置調整試験

※試験調整を行い、検知基準値を設定します。

ランマーによる連続振動発生



ボウリング球によるインパルス振動発生



振動記録・設定値解析

## ⑤活用設置実績

■平成20年度10月～22年度末まで  
土木研究所と共同研究「振動検知式土石流センサーを活用した土石流監視手法に関する共同研究」を開始

■平成22年7月～現在継続中  
九州地方整備局大隅河川国道事務所管内桜島野尻川の試験フィールドにて試験機の実証試験開始

■平成23年2月  
九州地方整備局宮崎河川国道事務所霧島新燃岳土石流監視システムとして、3式設置

■平成23年9月  
近畿地方整備局台風12号で発生した河道閉塞の土砂災害発生検知センサーとして、1式設置



【桜島】システム設置状況



検知センサー



【霧島】システム設置状況



検知センサー

### 土石流検知特化型

**システム構成**

太陽電池パネル+バッテリー → センサー → 無線発信機 → 無線受信機 → データ管理・回収用PC → LANや光ケーブルによる遠隔伝送

項目	内容
検知手法	波形の形状
検知信号レベル	1段階の警報値
波形記録	記録装置をつければ可
振動波形記録の回収方法	遠隔地からダウンロード可能
センサーと受信機間の信号送信方法	無線
電源	ソーラーパネル+バッテリー(波形記録の場合、商用電源が必要)

### 土石流検知特化型 振動センサーの特徴とポイント

①センサーにて、リアルタイムに加速度波形の演算処理を行い、土石流発生の有無を判定。

**ポイント**

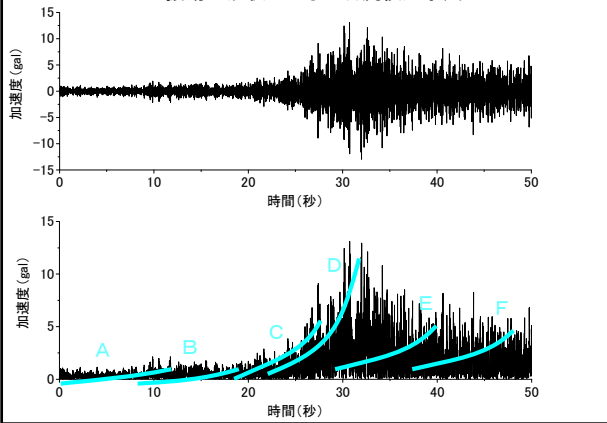
⇒『振動の形状による土石流検知手法』を実装

②無線通信にて情報を伝達。

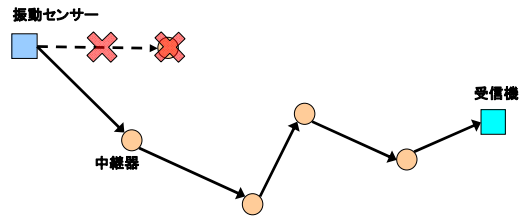
**ポイント**

⇒『自律的なセンサーネットワーク』構築が可能

### 振動の形状による土石流検知手法



### 自律的なセンサーネットワーク (マルチホップ機能)



Zigbee (無線周波数帯 2.4GHz) を搭載

### 室内振動台試験による動作検証

制御PC 開発センサー 振動台

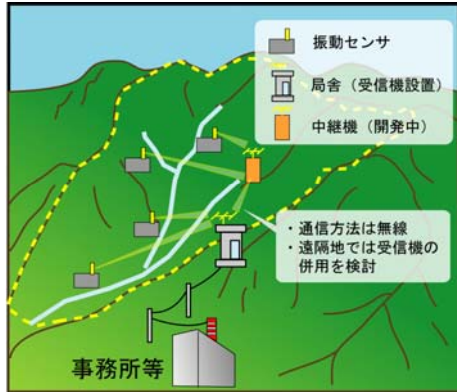
- ・観測土石流振動波形を振動台に入力
- ・波形の立ち上がりとともに、相関係数の増加を確認

### 無線運用型

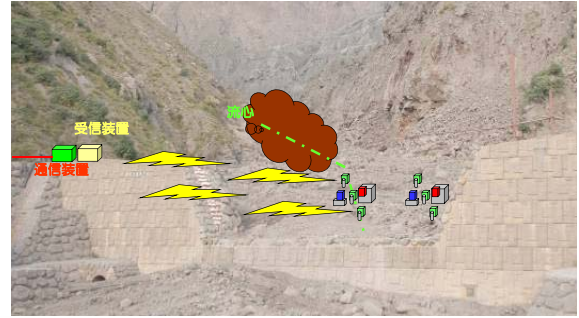


項目	内容
検知手法	振幅値
検知信号レベル	1段階の警報値
波形記録	波形は記録できない
振動波形記録の回収方法	波形は記録できない
センサーと受信機間の信号送信方法	無線
電源	電池(受信機側は商用電源が必要)

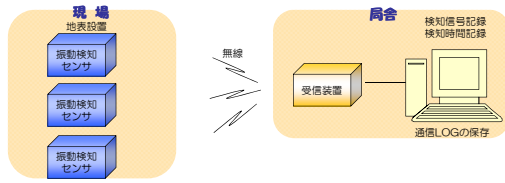
## 無線運用型



## 【無線運用型土石流センサイメージ】



## 【検知システムイメージ図】



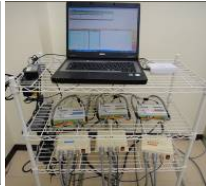
### 【センサ外観】



### 【受信装置外観】



### 【局舎内システム】



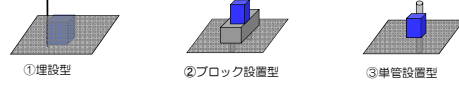
## 現地実験内容

### 土石流検知確認

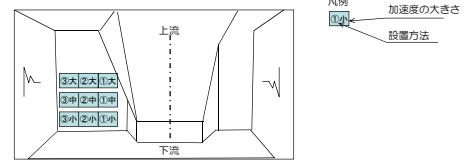
- ① 検知加速度の大きさの違いによる検知差 (大中小の3パターン: 10、20、50gal)
- ② 設置方法の違いによる検知差 (埋設型、単管設置型、ブロック設置型)
- ③ 検知可能期間確認 (電池寿命10ヶ月程度)

センサ台数: 9台

## 【センサ設置パターン イメージ図】



## 【センサ設置 配置図】



## 【センサ設置状況】



- ① 土中にセンサを設置
  - ② 単管を土中に打込み単管にセンサを設置
  - ③ 鉄筋棒等のアンカを打込み、ブロックを固定。ブロックにセンサを設置
- 大: 50gal 中: 20gal 小: 10gal



## 5. まとめ

■現状の問題・課題を踏まえ、新しく3種類の振動センサーの開発を行った。

- ①現場汎用型 → リアルタイムで事象検知
- ②土石流検知特化型 → 新しい検知手法
- ③無線運用型 → 無線伝送

■桜島の実証試験や霧島火山噴火監視対応、和歌山河道閉塞監視対応等実際に活用されている。