



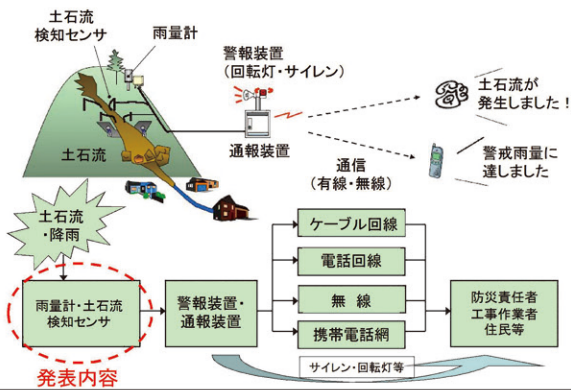
振動検知式土石流センサー

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

土砂災害(H23長野県北部を震源とする地震)



土石流検知センサを用いた警戒避難体制の概念図



センサの設置目的



ワイヤーセンサ



溪流を横断する形でワイヤーを張る。土石流がワイヤーを切断することで検知する。

ワイヤーセンサーの課題



ワイヤーが切れると、張り直さなければならない

ワイヤーセンサーの課題



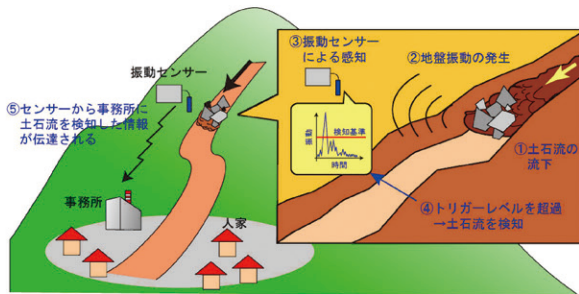
土石流の現場は急峻。また電源設備があるとは限らない

ワイヤーセンサーの課題



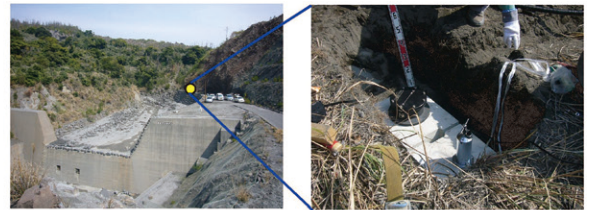
出水等により河床の高さが激変することがある

振動検知式土石流センサー(振動センサー)



土石流の流下にもなると発生する地盤振動を地中に埋設したセンサーで検知する。

振動センサ



溪岸に振動を観測できるセンサーを設置する。土石流が発生する地盤振動をとらえて検知する。

振動センサに対する問題意識

土石流検知センサとして必要な性能

- 土石流を確実に検知する
- 土石流以外の事象を確実に無視する

振動センサーを普及させるための課題 その1

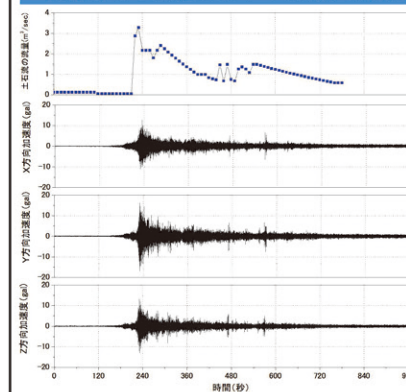
→土石流以外の現象で誤検知する(誤発報)

振動センサーを普及させるための課題 その2

→(ワイヤーセンサーと比べて)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

課題: 土石流以外の現象で誤検知するとは?

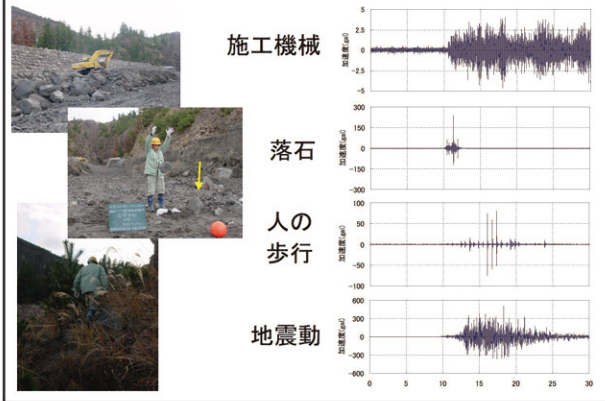


土石流のピーク流量が大きい箇所では、振動波形も大きくなる。土石流のピーク流量が漸減している箇所では振動波形の振幅も小さくなる。

ただし、土石流のピーク流量は急激に増加するが、振動波形は土石流の到達前より徐々に増幅する

3方向の振幅・形状は概ね同じ。土石流の流下中において、振動波形は継続している。

課題: 土石流以外の現象で誤検知するとは?



振動センサの開発テーマ

以下の2点に着目した

土石流検知センサとして必要な性能

土石流を確実に検知し、土石流以外の事象を確実に無視する検知手法を搭載した振動センサー

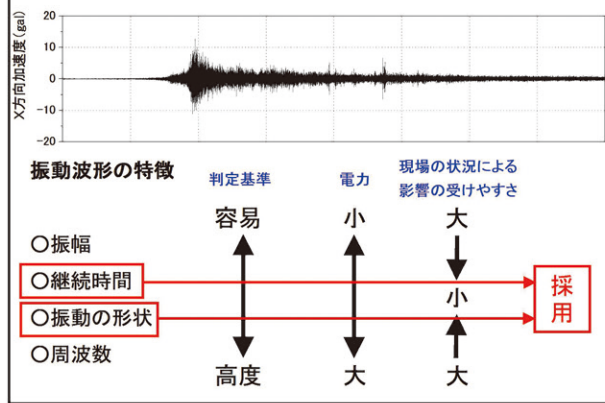
振動検知式土石流センサとして重要な性能

→振動センサーを活用することの付加価値を分析し、それを活用できるシステムをとりいれた。

開発した振動センサー

<p>既存の振動センサー</p> <p>特徴: 土石流等の振動を検知して信号を発するセンサー。</p> <p>価格: 約230万(A社)</p> <p>閾値: 振幅値</p> <p>状況: 全周で100基以上が設置・運用</p>	<p>土石流検知特化型</p> <p>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ー。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</p> <p>価格: 約150万を想定</p> <p>閾値: 振幅値+波形形状</p> <p>実績: 採島で運用中</p>
<p>現場汎用型</p> <p>特徴: 閾値に継続時間を組み込んだセンサー。警報値を5段階設置でき、警報の継続状況から、発生規模の推定が可能</p> <p>価格: 約100万</p> <p>閾値: 振幅値+継続時間</p> <p>状況: 採島・霧島で運用中(土石流の検知実績あり)</p>	<p>無線運用型</p> <p>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。センサーから受信機部までは無線で伝達</p> <p>価格: 10~20万を想定</p> <p>閾値: 無閾値</p> <p>状況: 採島で試験運用中(土石流の検知実績はなし)</p>

振動センサの技術的課題

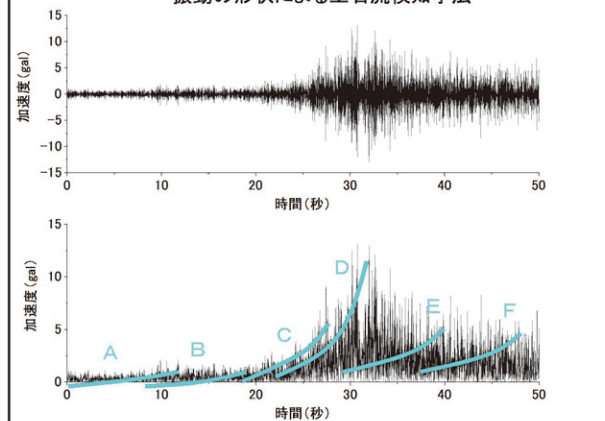


土石流検知特化型

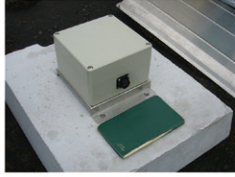


項目	内容
検知手法	波形の形状
検知信号レベル	1段階の警報値
波形記録	記録装置をつければ可
振動波形記録の回収方法	遠隔地からダウンロード可能
センサーと受信機間の信号送信方法	無線
電源	ソーラーパネル+バッテリー(波形記録の場合、商用電源が必要)

振動の形状による土石流検知手法

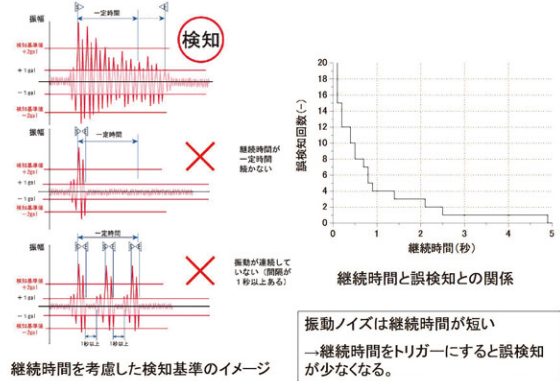


現場汎用型

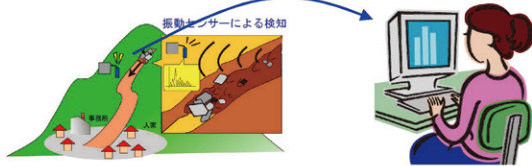


項目	内容
検知手法	振幅値+継続時間
検知信号レベル	5段階の警報値
波形記録	記録装置をつければ可
振動波形記録の回収方法	現地で回収
センサーと受信機間の信号送信方法	有線
電源	ソーラーパネル+バッテリー

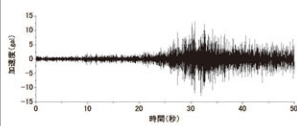
継続時間を考慮した土石流検知手法



振動センサーの付加価値(現象の確認)



土石流検知特化型 → 振動波形の確認



現場汎用型 → 警報メールの状況

ID	名称	検知日時	検知時刻
12	土石流検知特化型	2019/07/24 15:19	2019/07/24 15:19
13	土石流検知特化型	2019/07/24 15:22	2019/07/24 15:22
14	土石流検知特化型	2019/07/24 15:27	2019/07/24 15:27
15	土石流検知特化型	2019/07/24 15:32	2019/07/24 15:32
16	土石流検知特化型	2019/07/24 15:39	2019/07/24 15:39
17	土石流検知特化型	2019/07/24 15:44	2019/07/24 15:44
18	土石流検知特化型	2019/07/24 15:49	2019/07/24 15:49
19	土石流検知特化型	2019/07/24 15:54	2019/07/24 15:54
20	土石流検知特化型	2019/07/24 16:00	2019/07/24 16:00
21	土石流検知特化型	2019/07/24 16:06	2019/07/24 16:06
22	土石流検知特化型	2019/07/24 16:12	2019/07/24 16:12
23	土石流検知特化型	2019/07/24 16:18	2019/07/24 16:18
24	土石流検知特化型	2019/07/24 16:24	2019/07/24 16:24
25	土石流検知特化型	2019/07/24 16:30	2019/07/24 16:30
26	土石流検知特化型	2019/07/24 16:36	2019/07/24 16:36
27	土石流検知特化型	2019/07/24 16:42	2019/07/24 16:42
28	土石流検知特化型	2019/07/24 16:48	2019/07/24 16:48
29	土石流検知特化型	2019/07/24 16:54	2019/07/24 16:54
30	土石流検知特化型	2019/07/24 17:00	2019/07/24 17:00
31	土石流検知特化型	2019/07/24 17:06	2019/07/24 17:06
32	土石流検知特化型	2019/07/24 17:12	2019/07/24 17:12

ワイヤーセンサーと振動センサーの違い

土石流検知センサーの反応

- 土石流発生
- 物理的なトラブル(落石など誤検知)
- 機械的なトラブル(故障等)

振動センサー

- 振動波形から現象を概ね推定できる
- すぐに工事を再開できる

ワイヤーセンサー

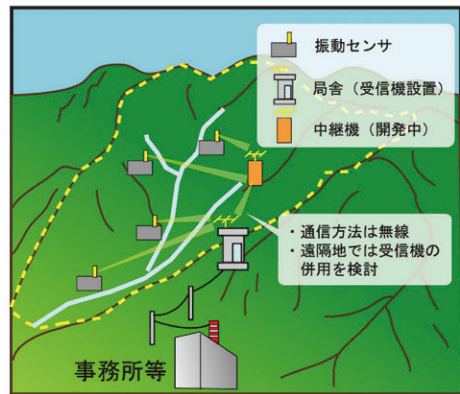
- ワイヤーが切断された情報しかとどかない
- 現象を確認する必要がある。
- ワイヤーを張り替えなければならない

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



まとめ

○振動センサーの開発

- ・新しい検知手法をとりいれた
- ・リアルタイムで検知状況を確認できるシステムをとりいれた
- ・無線を取り入れた