


**【防災・減災対応技術】**

振動検知式土石流センサー



## 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

1

### 技術開発の背景

<p><b>水害</b> 外水氾濫 内水氾濫</p> 	<p><b>土砂災害</b> がけ崩れ 土石流 地すべり</p> 
<p><b>災害の特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○比較的<b>広域</b>に渡って被害が拡大</li> <li>○河川の水位上昇に伴い、<b>徐々に</b>浸水域、浸水深が増加</li> <li>○破壊による外水氾濫の場合は<b>家屋の破壊</b>を生じるが、内水氾濫の場合は<b>家屋の浸水</b>が大半</li> <li>○豪雨のたびに同じ地域で<b>繰り返し起こる</b></li> </ul>	<p><b>災害の特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○<b>局所的</b>に被害が発生</li> <li>○降雨を起因として発生し、<b>突発的</b>に被害が発生</li> <li>○土砂と石礫が高速で移動するため、<b>家屋の破壊</b>を生じ、<b>人的被害</b>が発生しやすい</li> <li>○豪雨のたびに同じ箇所<b>繰り返し起こることは少ない</b>(火山地域を除く)</li> </ul>
<p><b>避難行動に関する特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○川の水位等から<b>危険性を判断しやすい</b></li> <li>○水位を目標にて確認できるため、<b>危険性を認識しやすい</b></li> <li>○流域内の降雨状況から水位を<b>精度よく想定することが可能</b></li> </ul>	<p><b>避難行動に関する特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○降雨と地形、地質状況に起因するため、<b>危険性を判断しにくい</b></li> <li>○目視による確認が比較的困難であるため、<b>危険性を認識しにくい</b></li> <li>○降雨や地形、地質等の複数の要因が影響するため、<b>精度の高い発生予測が困難</b></li> </ul>
<p><b>住民の避難</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○危険性を認識しやすいため、<b>比較的避難する</b></li> </ul>	<p><b>住民の避難</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○危険性を認識しにくいため、<b>避難しない</b></li> </ul>

### 技術開発の背景

**被害多発**

大雨警報	土砂災害警戒情報	土砂移動現象の発生	★実態
警戒	避難勧告の発令準備 災害時要援者の避難	避難勧告・避難準備情報	
★年間数回程度、この状態で避難勧告の発令は難しい		★災害後に二次災害防止目的で避難勧告が発令	
<p>実際の現象を契機として発令</p> <p>避難勧告・避難準備情報</p>			

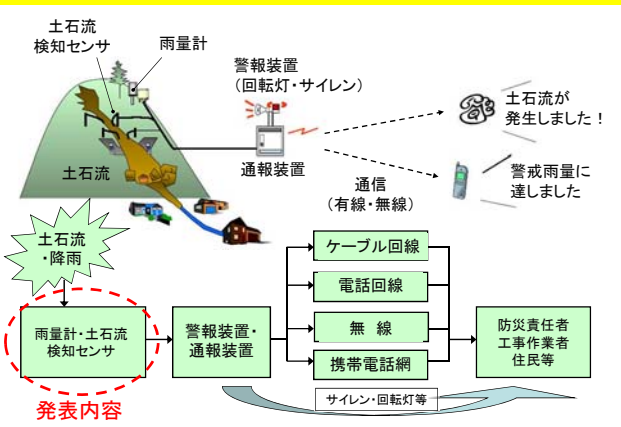
【従来】雨量によって警戒避難体制を行っていた。  
→雨だけでは土砂災害の発生を予測できない。  
(範囲(場所)、時間、質の情報が得られない)

<p><b>危険度評価(ハザードマップ)</b></p>  <p>雨量だけでは地域の特性が分からない → 地形・地質等を踏まえた評価を実施 ～土砂災害の範囲、現象を予測～</p>	<p><b>発生監視(検知センサー)</b></p>  <p>雨量だけでは発生の事実がわからない → 土砂移動を検知できるセンサーを設置 ～土砂災害の場所、時間、現象を監視～</p>
--	--

危険度評価: 広域だが発生時間が不明 ⇔ 発生監視: 発生時間も分かるが、範囲は狭い  
・それぞれの短所を改善した手法を開発し、**両者を組み合わせ**て、警戒避難体制を構築

3

### 土石流検知センサーを用いた警戒避難体制の概念図



土石流検知センサー、雨量計、通報装置、警報装置(回転灯・サイレン)、通信(有線・無線)、携帯電話網、サイレン・回転灯等

発表内容: 雨量計・土石流検知センサー

土石流発生しました! 警戒雨量に達しました

防災責任者 工事業者 住民等

### センサーの設置目的

<p><b>住民の警戒避難</b></p> 	<p><b>工事の安全管理</b></p> 
<p><b>土砂移動の監視</b></p> 	<p><b>道路の通行止等</b></p> 

5

### ワイヤーセンサー



渓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。

6

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

7

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

8

ワイヤーセンサーの課題



9

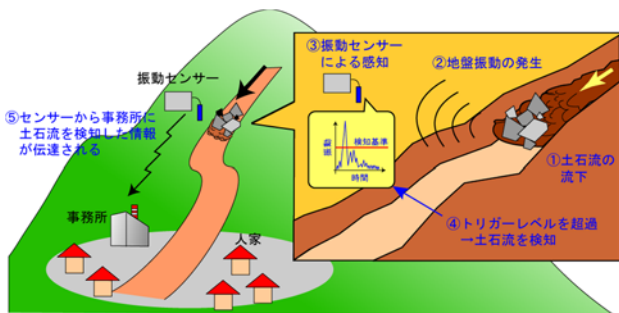
ワイヤーセンサーの課題



出水等により河床の高さが激変することがある

10

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って発生する地盤振動を地中に埋設したセンサで検知する。

11

振動センサーの設置事例



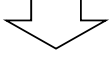
溪岸に振動を観測できるセンサーを設置する。土石流が発生する地盤振動をとらえて検知する。

12

**振動センサーに対する問題意識**

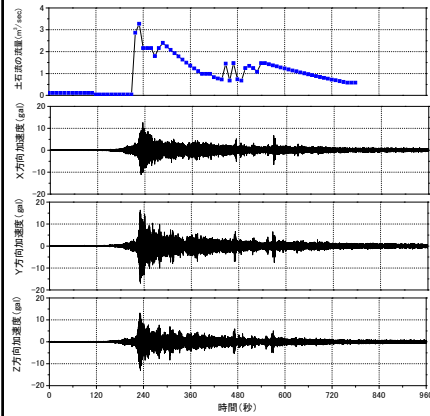
土石流検知センサーとして必要な性能

- 土石流を確実に検知する
- 土石流以外の事象を確実に棄却(無視)する



- 振動センサーを普及させるための課題 その1  
 →土石流以外の現象による誤検知(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: 土石流以外の現象による誤検知とは?**



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。

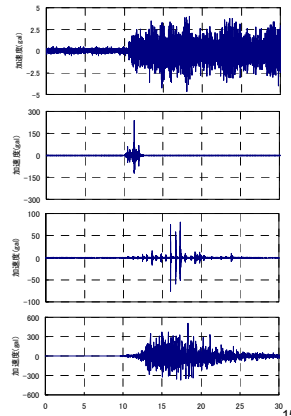
ただし、土石流のピーク流量は急激に増加するが、振動波形は土石流の到達前より徐々に増幅する

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: 土石流以外の現象による誤検知とは?**



施工機械  
 落石  
 人の歩行  
 地震動



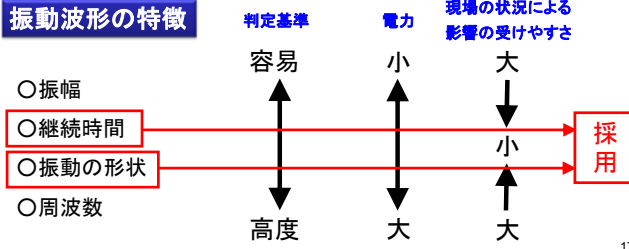
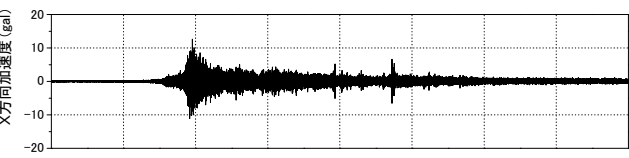
**振動センサの開発テーマ**

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(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。

**振動センサーの技術的課題**



**開発した振動センサー**

<p><b>既存の振動センサー</b></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。                  価格: 約230万(A社)                  関値: 振幅値                  状況: 全国で100基以上が設置・運用</p>	<p><b>土石流検知特化型</b></p> <p>特徴: 関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                  価格: 約150万を想定                  関値: 振幅値+波形状                  実績: 桜島で運用中</p>
<p><b>現場汎用型</b></p> <p>特徴: 関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、警報の経時状況から、発生規模の推定が可能                  価格: 約100万                  関値: 振幅値+継続時間                  状況: 桜島・霧島で運用中(土石流の検知実績あり)</p>	<p><b>無線運用型</b></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。センサーから受信部までは無線で伝送                  価格: 10~20万を想定                  関値: 振幅値                  状況: 桜島で試験運用中(土石流の検知実績はなし)</p>

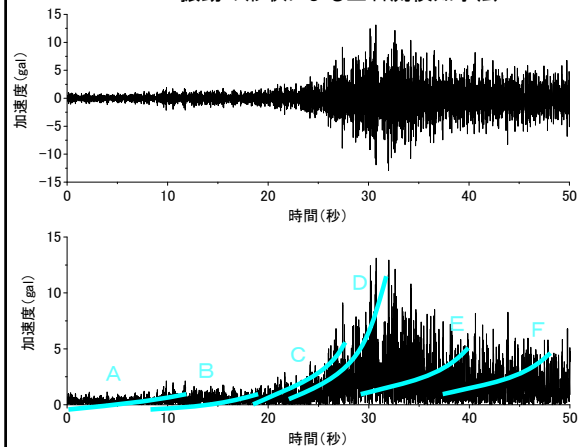
### 土石流検知特化型



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)

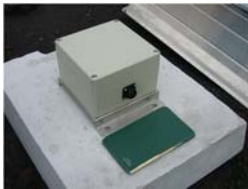
19

### 振動の形状による土石流検知手法



20

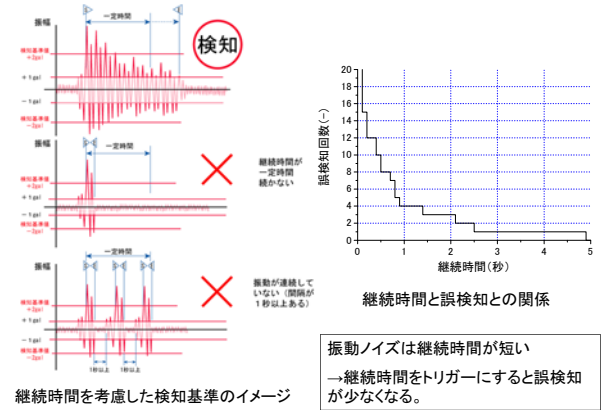
### 現場汎用型



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

21

### 継続時間を考慮した土石流検知手法



22

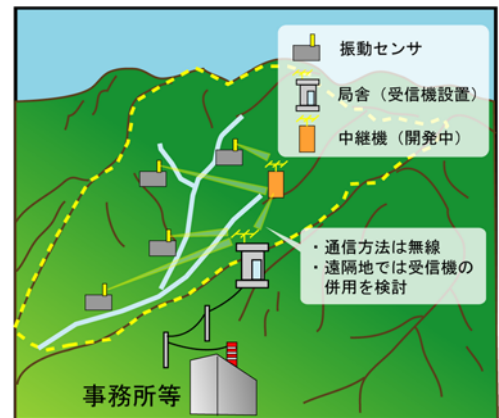
### 無線運用型



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)

23

### 無線運用型



24

まとめ

○ワイヤーセンサーの課題

- ・一度切れると張り替えるまで検知できない
- ・検知事象がわからない(土石流以外でも切れるため)

○振動センサーの開発

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

開発会社等

○土石流検知特化型

日本工営株式会社 <http://www.n-koei.co.jp/>  
029-871-2037

★現場汎用型

株式会社拓和 <http://www.takuwa.co.jp/>  
03-3291-5874

★無線運用型

坂田電機株式会社 <http://www.sakatadenki.co.jp/>  
042-464-3281

★: 技術相談会場にて機器展示

斜面崩壊検知センサー

土砂災害に対する警戒避難は、降雨量を指標として運用が進んでいるが、思うように避難に結びついていないのが実態

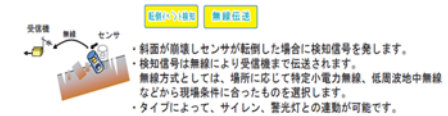
降雨量を指標とした場合、切迫性を感じにくいという背景がある。  
逆に、その地域周辺で土砂災害が発生し始めているという危険情報を入手できれば、避難行動につながりやすいことが考えられる。

土砂災害が発生していることを知る具体的手法のひとつを提案  
→ 崩壊を検知できるセンサー開発

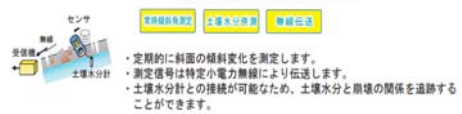


斜面崩壊検知センサーの種類

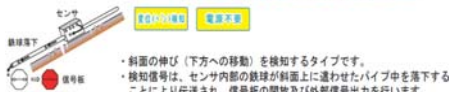
転倒検知センサー



傾斜角測定センサー

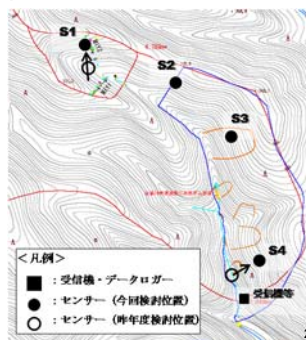


斜面変位検知センサー



斜面崩壊検知センサーの設置事例

管内：国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所  
場所：荒谷地区・宮内地区  
目的：土砂災害警戒避難体制の強化



開発会社等

★転倒検知センサー

★坂田電機株式会社 <http://www.sakatadenki.co.jp/>  
042(464)3281  
★株式会社拓和 <http://www.takuwa.co.jp/>  
03-3291-5874  
○日本工営株式会社 <http://www.n-koei.co.jp/>  
029-871-2037

★傾斜角測定センサー

中央開発(株) <http://www.cknet.co.jp/>  
03(3208)3111

○斜面変位検知センサー

秋山調査設計  
087(723)0580

★: 技術相談会場にて機器展示