

土砂災害監視システムの現況と課題

国土防災技術株式会社
齊藤 雅志

1. はじめに

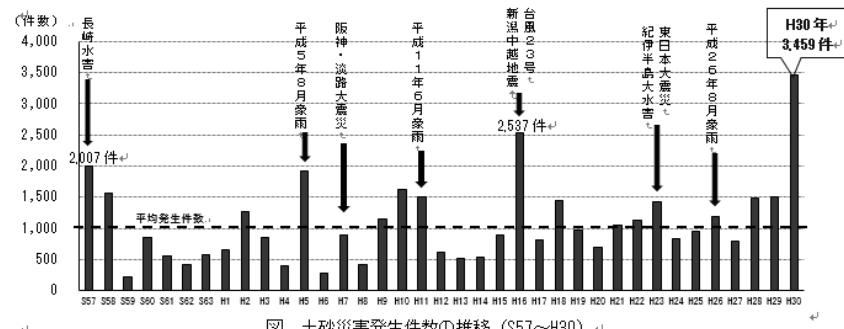
目次

- はじめに
- 土砂災害監視システムとは
- 斜面災害の監視体制
- 今後の課題
- おわりに

参考図書:地すべり観測便覧(斜面防災対策技術協会, H24)

日本における斜面災害発生状況

- 斜面災害は毎年平均1,000件近く発生
- 平成30年度は西日本豪雨や胆振東部地震などで甚大な被害

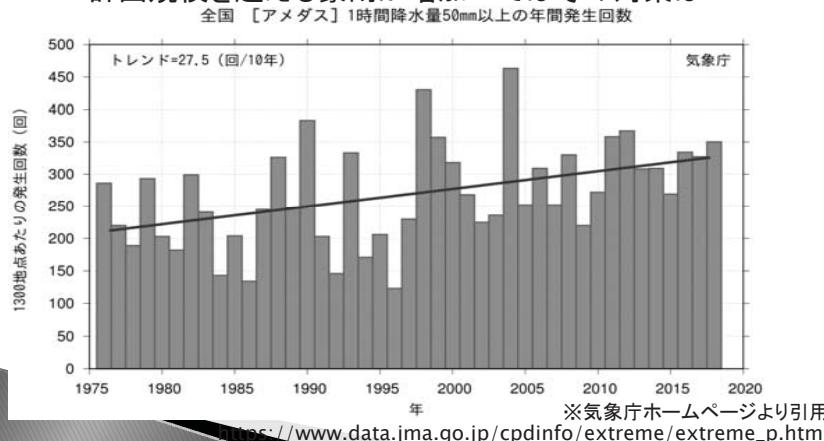


- 近年、災害発生件数は増加傾向にあるといわれている。
- その原因は?

※国土交通省 報道・広報ホームページより引用
https://www.mlit.go.jp/report/press/saboo2_hh_000068.html

気象条件の変化

- ・1時間50mm以上の豪雨の年間発生回数は増加傾向。
- ・40年前は年200回強、最近は年300回以上。
- ・計画規模を超える豪雨が増加→ではその対策は？



頻発化、激甚化する災害への対策

- ▶ ハード対策(施設による対策)の限界
 - 整備効果は高いが、時間とお金がかかる。
 - ▶ ソフト対策(警戒避難の併用)の併用
 - 人命を守るのが目的。
 - 財産までは守れない分、お金と時間が(ハードほど)かかりず、迅速な対応が可能。
- ↓
- ▶ 災害対策方針
ハード・ソフト一体となった対策。

近年のソフト対策1

- ▶ 観測技術の向上:豪雨レーダー(XRAIN)など
 - 観測インターバルが細かい=1分
 - 分解能が高い=250mメッシュ
 - 観測範囲が広い=全国



※画像は「国交省 川の防災情報」より引用

近年のソフト対策2

- ▶ 避難行動の補助:ハザードマップの整備、情報提供の多様化(TV、ラジオの他、HPやSNSなど)など



- 土砂災害の危険箇所の他、
 - 事前に準備しておくこと
 - 避難時の注意事項
 - 要配慮者の避難について
 - 緊急時の情報の入手方法
 - 非常持ち出し品
- 等の情報が記載されている。

※画像は「箱根町ホームページ」より引用

本日の主題

- ▶ 斜面災害発生個所を監視し、関係者に情報を提供する監視システムもソフト対策の一つ。
- ▶ 本日の主題「斜面災害における初動調査から監視・メンテナンスまで」に沿って、斜面災害現場（危険箇所が特定できている斜面）において二次被害を防止するうえで重要な役割を果たす土砂災害監視システムについて現況と課題について述べる。

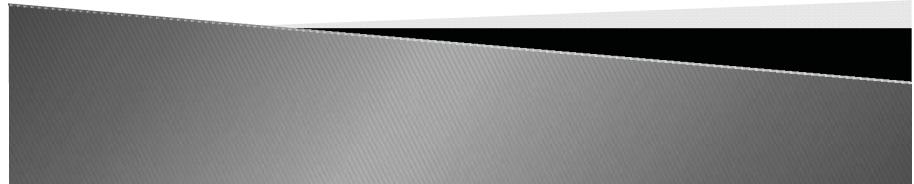


監視システムの定義

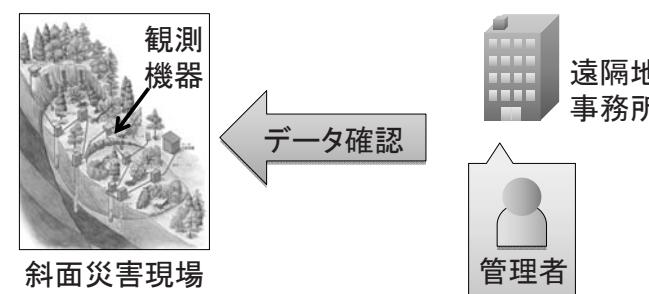
- ▶ 自動観測、全自動などとも呼ばれる。
- ▶ 「地すべり観測便覧」における特徴
 - 必要なときに必要な測定データが得られる。
 - 現地に行くことなく測定データが得られる。
 - 気象条件に左右されることなく測定を行うことができる。
 - 測定頻度を密にすることが容易である。



2. 土砂災害監視システムとは



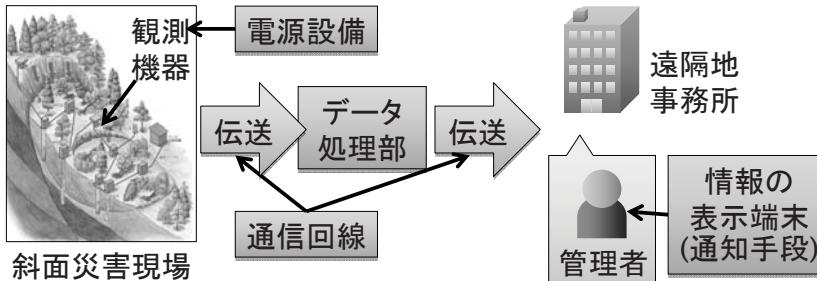
監視システムの仕組み



- ▶ 斜面災害現場に観測機器を設置した。
- ▶ 遠隔地でデータを常時監視したい。
- ▶ 必要な施設は？



監視システムに必要な設備



- ▶ 監視システム導入時の検討事項
 - 通信回線(通信機器を含む)
 - 電源設備(観測機器, 通信機器用)
 - データ処理部
 - 情報の表示端末 など
- ▶ 上記を現場条件に合わせて検討する必要がある。

システムの紹介

- ▶ 検討項目が多数。
- ▶ それぞれの特徴を把握して、現場条件に沿った構成とする必要がある。
- ▶ 今回は以下に分けて事例を紹介
 - 災害発生直後に緊急で整備するシステム
 - 重要現場にお金と時間をかけて整備するシステム

緊急災害向けの監視システム

- ▶ 災害発生直後に二次災害防止目的で設置する監視システム
- ▶ 現場の安全管理 → 迅速な対応が必要

【災害対応事例】

時刻	対応
12/27 17:00	監視システム設置依頼
12/28 16:00	伸縮計3基+通信機設置完了 監視システム運用開始
12/29 00:00過ぎ	関係者にメール通報
12/29 未明	崩壊発生

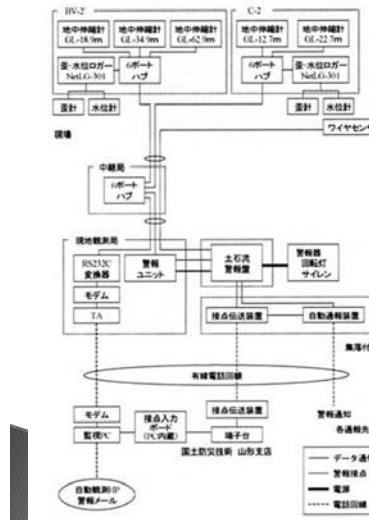
上記は極端な事例だが、緊急対応を求められることは多い

緊急災害向けの監視システム(例)

早期に運用を開始するための工夫が必要

通信方法	携帯電話回線
電源	太陽電池
データ処理	監視サーバ、もしくは、専用サービス
データ配信	警報器、ホームページ
警報通知	電子メール
留意点	<ul style="list-style-type: none">• 商用電源、電話回線など引込が必要なものは不可。• 消費電力、回線速度に限度があるため、使用可能な機器に制限がある。

古い事例紹介：鰐淵沢地すべり



- 平成17年度(携帯電話+太陽電池以前)の事例
- 伸縮計、水位計、ワイヤセンサのデータを電話回線でデータ伝送
- 10月下旬着手～11月上旬運用開始、今より時間を要していた

東北地質業協会ホームページより引用

重要現場向けの監視システム

- 大規模な現場、特に保全対象が大きな現場などは専用のシステムを作りこむ
- 詳細設計を経てシステムを整備：時間、経費 大
- 機能重視：監視効果が高い機器を優先



観測機器の設置状況

出典: 中部地方整備局
富士砂防事務所ホームページ
ふじあざみNo.104

重要現場向けの監視システム(例)

通信方法	有線回線、専用無線回線など
電源	商用電源、太陽電池、ほか
データ処理	監視サーバ
データ配信	ホームページ
警報通知	電子メール、防災無線、ほか
コメント	<ul style="list-style-type: none">時間をかけて、監視効果が大きな機器を整備する国や都道府県のネットワークに組み込まれることも

回線(有線)

- 有線回線
 - 公営の光回線やケーブルテレビなど
 - 自営の回線を使用する場合も
 - 高速で安定、輻輳に強いが断線トラブルも
 - データ量が大きい機器を使用可能
 - 引込に数週間～数か月、自営の場合はより長期化する恐れ

【観測機器のデータ量の目安】



※使用条件により各機器のデータ量は大きく変わってきます。

回線(無線)

▶ 専用無線

- テレメータなどの専用無線
- 無線LANなどを使用する場合も
- 通信速度は使用機器による
- 機器によっては免許(許認可)が必要
- 断線事故がない
- 使用周波数帯次第では混信の恐れ
- 送信点と受信点で見通しが必要



テレメータ



無線LAN

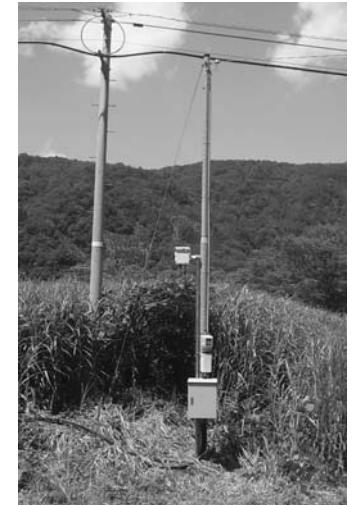
商用電源

▶ 商用電源から観測機器の電源を確保する

- 消費電力が大きい機器を使用可能
 - 監視カメラ、無線LANなど
- 停電の影響を受ける
- 引き込むまでに時間がかかる

▶ 先の台風15号、19号 →関東を中心に大規模停電発生

▶ 無停電電源装置＝停電対策 → バッテリの状態により動作時間が変化



監視サーバ

▶ 専用サーバでデータを配信する

- 現場毎に作りこむため使い勝手が良い
- 使用料は不要
- 整備に初期費用と時間がかかる
- 専門の知識が必要



▶ セキュリティの確保が重要

- H25には国が管理する地すべり自動観測システムのメールサーバが外部から不正アクセスを受け、大量のスパムメールが送信される事故が発生

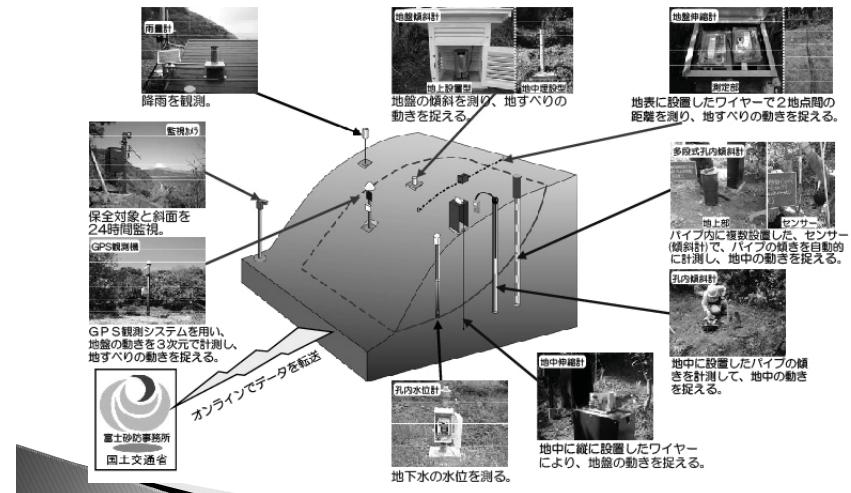
システムイメージ

▶ 伸縮計ほか、多様な機器を使用可能

▶ 監視カメラや地震計、光ファイバなどを設ける事例も

▶ 大規模なシステムになることが多い

由比地すべりの事例



出典：中部地方整備局富士砂防事務所ホームページ 由比地すべり対策「オンライン観測」

事例紹介:七五三掛地すべり



► 觀測設備

- 太陽電池で給電
 - 各観測地点から携帯電話回線で伝送
 - 庄内あさひ事務所にて監視サーバを自営運用
 - データはホームページから取得
 - 警報はメール通知

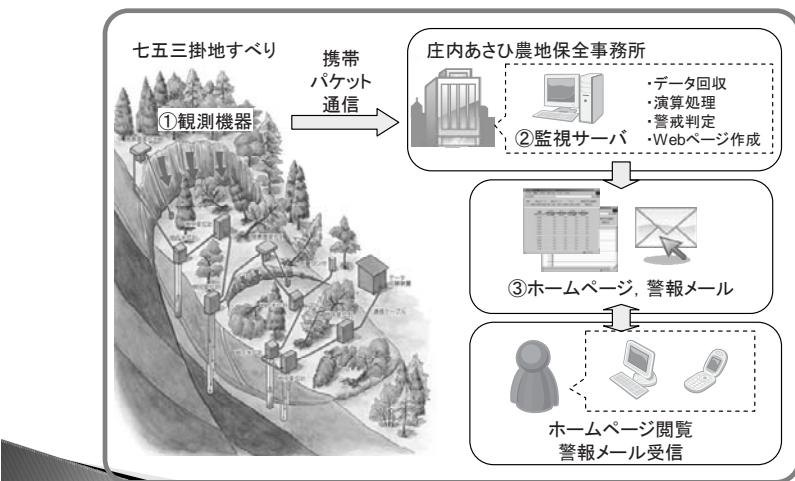
※山形県七五三樹地すべりにおける自動観測システムの構築と改良(齊藤ら, 日本地すべり学会誌50巻(2013)4号)を引用

由比地すべりの例



出典：中部地方整備局富士砂防事務所ホームページ 由比地すべり対策「オンライン観測」

七五三掛地すべり



※山形県七五三掛地すべりにおける自動観測システムの構築と改良(齊藤ら, 日本地すべり学会誌50巻(2013)4号)参考用

まとめ

- ▶ 一言に監視システムといつてもその構成は様々
- ▶ 現場毎に最適なシステムを検討して導入する必要がある。

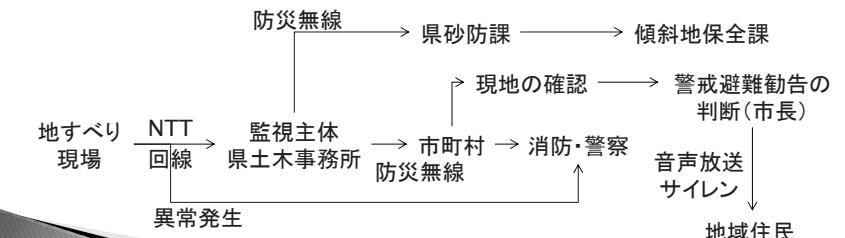
4. 斜面災害の監視体制

被害を防止するために必要なこと

- ▶ 監視斜面が再活動する前に危険区域から避難すること→システムの整備だけでは不十分
- ▶ 避難するために必要なこととは何か
→斜面の活動状況に応じて、管理基準と対応区分を定めることが重要
 - 管理基準
斜面の危険度に応じた段階と、それを定義するための基準値など
 - 対応区分
各管理基準の際に、関係者が実施すべき対応
- ▶ 対応区分が設定されない事例が多いので注意

管理基準と対応区分の設定(例)

管理基準	要注意	警戒	避難	立入禁止
管理基準値	1日1mm以上	1日10mm以上	1時間4mm以上を2時間継続	1時間10mm以上を目安に専門家判断
基本的な対応	情報提供の開始 1日1回の監視	監視の強化 避難の準備	避難開始	地すべり地周辺の住民を立入禁止



※地すべり観測便覧(岐阜防災対策技術協会, H24)より引用

「要注意」段階の主な処理事項

- ▶ 市町村への情報提供
- ▶ 現地巡視
- ▶ 監視システムのチェック
- ▶ システムによるチェック(1回/日)
- ▶ 観測器の移設・増設の検討
- ▶ 情報伝達方法の確認



「警戒」段階の主な処理事項

- ▶ 要注意段階の処理事項を継続し、体制強化
- ▶ 巡視の回数増加
- ▶ 24時間監視体制
- ▶ 移動ブロックの確認
- ▶ 被害想定区域の再検討



「避難」段階の主な処理事項

- ▶ 警戒段階の処理事項を継続し体制強化



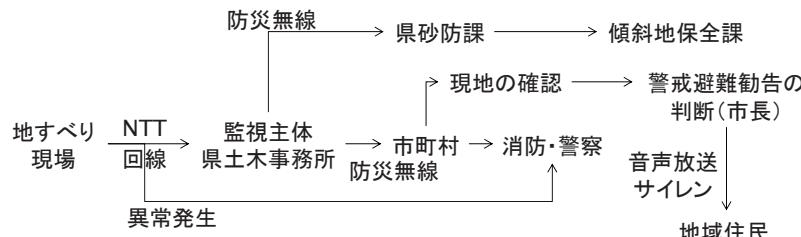
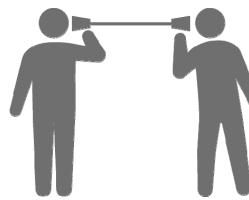
「立入禁止」段階の主な処理事項

- ▶ 避難段階の処理事項を継続し体制強化
- ▶ 立入禁止
- ▶ 人命の保護を優先



連絡網の重要性

- 連絡網は誤報を防ぐ効果を有する。
 - 重要現場には連絡網の整備が必要。
- 一斉送信通報
現場が混乱する恐れあり、要注意。
 - メール一斉送信の利便性があだとなることも



警報器



- 光で周囲に危険を周知する。
 - 分かりやすい(老若男女問わず)
 - 情報量が少ない
 - 伝達範囲が狭い
 - 通知の記録が残らない
- 長時間の連続稼働には商用電源が必要。
- サイレンの場合は、一定時間で停止させることが多い。

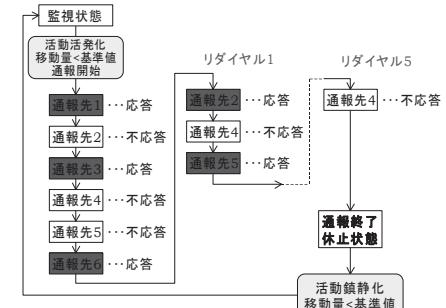
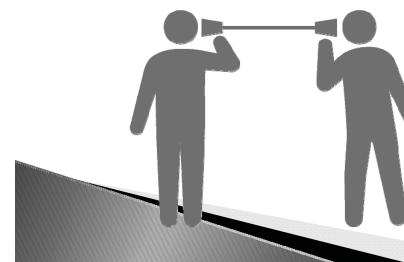
情報の伝達方法

- 現地の危険性を関係者に通知する。
 - 観測結果を通知する手段が必要。
- 手段としては以下が挙げられる。
 - 警報器
 - 電話通報
 - メール通報
 - ホームページ



電話通報

- 電話回線を通じて、遠隔地に音声情報を通知する。
 - 警報器より情報量が多い(現在のデータの通知も可能)
 - 世代間の習熟度の差がない
 - 通知に時間がかかる(順次通報)
 - (通報先によっては)通報した記録が残らない
 - 輻輳の影響を受けやすい



FAX

- ▶ 電話回線を通じて文字情報を送信する。
 - 伝達できる情報量が多い
 - 送信記録が残る
 - 通知先にいなければ伝わらない
 - 輻輳の影響を受けやすい
- ▶ 最近はメールをFAXに切り替えて送信するサービスも。

電子メール

- ▶ 電子メールによりインターネット経由で文字情報を伝達する。
 - 送信できる文字情報が多い
 - 一斉送信のため時間がかかるない
 - (携帯電話の場合)場所を問わず伝達可能
 - 輻輳に強い
 - 遅延する恐れがある
 - 世代間で習熟度に差がみられる

警戒レベル=3(上昇)

詳細
[1] S-1H =4
1時間移動量
警戒レベル 3 に上昇
----- 1件
--

ホームページ

- ▶ インターネット経由で情報を伝達する。
 - 多様な情報を伝達可能
 - 世代間の習熟度の差が大きい
 - 使用環境によって得られる情報に差がみられる
 - セキュリティの確保が重要

管理基準値の設定

- ▶ 管理基準値の設定方法
 - 文献等で使用、あるいは提案されている管理基準値を参考にして設定する。
 - 観測データを基に個々の現場で検討する。
- ▶ 斜面災害発生直後は観測データがないため、既往の文献等の数値を引用することが多い。
- ▶ 観測種によっても、基準値適用の適・不適があるため注意。

良く用いられる管理基準値(例1)

- ▶ 平成5年3月24日、総合土砂対策検討会が建設省河川局長あてに提言した管理基準値
※引用:地すべり対策事業の手引き(H11、全国治水砂防協会)

	要注意	警戒	避難	立入禁止
伸縮計等	1日1mm以上	1日10mm以上	時間2mm以上を2時間継続 1時間4mm以上	1時間10mmを概ねの目安とし専門家の意見により判断

伸縮計以外の管理基準値

観測機器	基準値	備考
地盤傾斜計	10秒/7日	
パイプ歪計	50~100μ/7日	
地中伸縮計	0.5mm/日	伸縮計に準ずる値を設定
孔内傾斜計 (挿入型)	1mm/10mm/回	

- ▶ 高速道路調査会で定めた管理基準値
(いずれも調査・設計段階)
- ▶ 非常に小さな数値が定められている。
- ▶ 観測機器の性能を超えないように注意が必要。

良く用いられる管理基準値(例2)

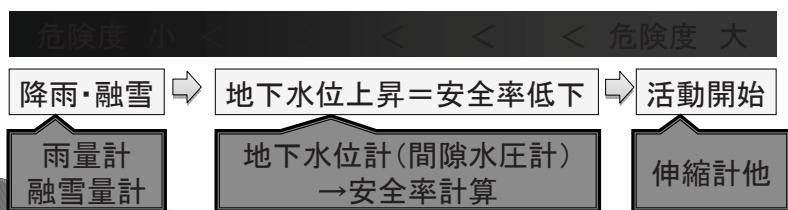
- ▶ 昭和63年2月、高速道路調査会が定めた基準値
※引用:地すべり観測便覧(H24、斜面協会)

	点検・要注意 又は観測強化	対策の検討	警戒・応急対策・通行止め検討	厳重警戒・通行止め
調査段階	0.5mm/日			
施工段階	5mm 以上/10日	5~50mm 以上/5日	10~ 100mm 以上/1日	100mm 以上/1日
維持管理段階	10mm 以上/10日	5~50mm 以上/5日	10~ 100mm 以上/1日	100mm 以上/1日

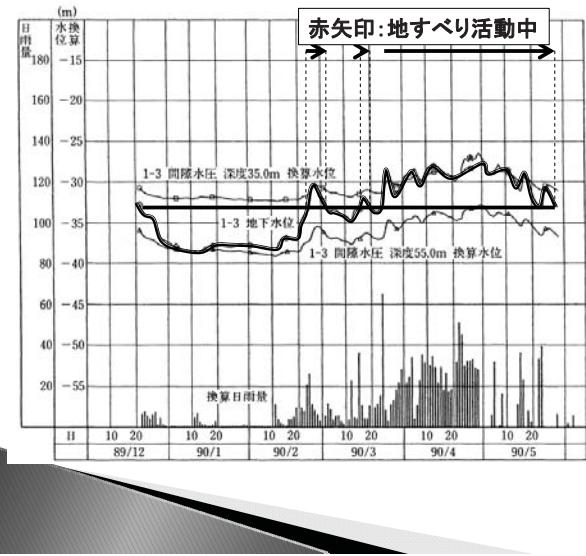
移動量以外の管理基準値

- ▶ 地すべりの場合、降雨や融雪により地下水位が上昇すると活動を開始する。
- ▶ 降雨や融雪、地下水位(安全率)を観測できれば早期に危険を感知可能

【地すべり活動のフロー】

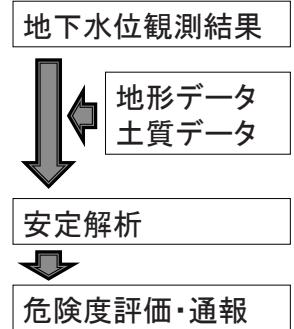
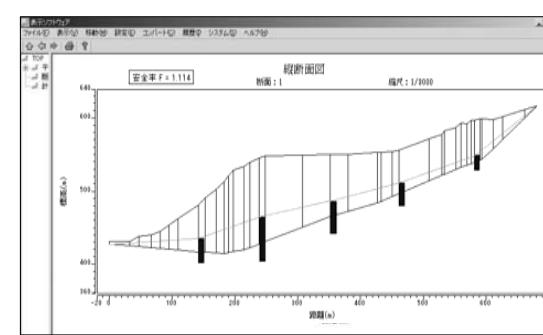


臨界水位による管理基準値例



- ▶ 地下水位が上昇すると地すべりが活動を開始する
- ▶ 活動を開始する限界の水位
→ 臨界水位
- ▶ 現場毎、地点ごとに異なる→検証が必要

安全率による管理基準値例



- ▶ 地下水位データを基に、1回の観測ごとに安定解析を実施し、安全率を算出する。
- ▶ 現場毎に安全率の自動計算プログラムの作り込みが必要
→ 重要現場向け

まとめ

- ▶ 必要な対応は現場毎に異なる。
- ▶ 監視開始時に管理基準と対応区分を設定しておくことが重要。

4. 今後の課題

1. システムの冗長化

- ▶ 北海道胆振東部地震でブラックアウト発生
- ▶ 監視システムも広域にわたり停止
- ▶ 災害時に停止しない災害態勢に強いシステムへの改良が必要

停電対策

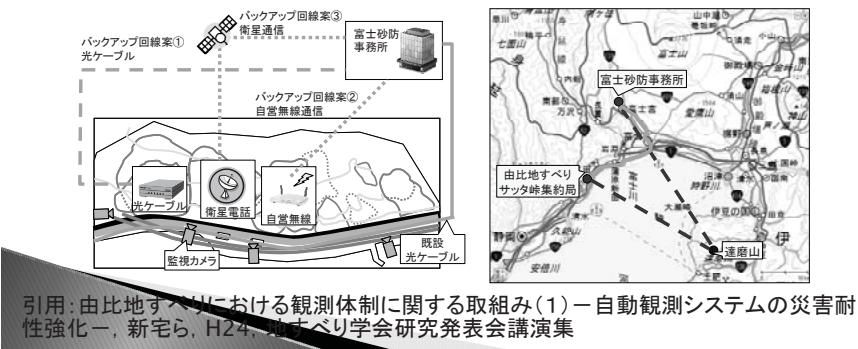
- ▶ 省電力化
 - 消費電力が小さい機器のみを使用
→ 太陽電池などで独立電源化
- ▶ バックアップ電源の整備
 - 消費電力が大きい機器には補助電源を整備
→ 大規模なUPS, 自動で動く発動発電機など



引用:由比地すべりにおける観測体制に関する取組み(1)ー自動観測システムの災害耐性強化ー, 新宅ら, H24, 地すべり学会研究発表会講演集

通信トラブル対策

- ▶ 有線、無線ともに運用上の課題を有する
→ どちらが優れるということはない
- ▶ 現場条件に合わせて欠測が発生しないシステムに改良する必要がある。
- ▶ 富士砂防事務所の取り組みが参考



2. 通信技術の進歩

- ▶ 通信環境が大きな過渡期を迎えている
 - 第三世代の新規契約停止, 第四世代への切替, 世間は既に第五世代の話題が。
 - LPWA (Low Power Wide Area) の拡大
 - LoRa, SIGFOXなど
 - 少ない電力で長距離伝送可能な無線通信
 - 送信可能なデータ量は少ない
- ▶ 高速化一辺倒の時代から変化
 - より手軽に, より便利に

例)SIGFOXの仕様

項目	仕様
通信速度	100bps
データ容量	12バイト/回
通信回数	140回/日
周波数帯	920MHz帯
伝送距離	数十km

5. おわりに

- ▶ 土砂災害現場の安全を確保するうえで監視システムは非常に重要な役割を果たす
- ▶ 監視システムを整備する際は合わせて管理体制(連絡網, 管理基準等)を構築することが重要
- ▶ 通信技術の発展とともに時代のニーズに合わせてシステムも変化する
→ 情報収集が大事

