

### 災害の概要

- ・大金沢、八重沢、八重南沢、長沢の4溪流で集中して発生。
- ・表層崩壊に起因した土石流は、火山灰質の細粒分を多く含み、崩壊発生・土石流流下の過程で大量の流木を伴って流下。
- ・神達地区では、建物が基礎を残して全部流出する被害が発生。
- ・下流の元町2丁目、3丁目でも、1m以上土砂が堆積する被害が発生。

**死者・行方不明者 39名**  
**家屋被害: 全壊50棟**  
**半壊26棟**  
**一部損壊77棟**  
(平成26年1月29日時点、大島町調べ)

- ・大島観測所で24時間雨量800mmを超える豪雨。
- ・やや北の「北の山」ではその半分程度。
- 特定の地域に集中して多量の降雨

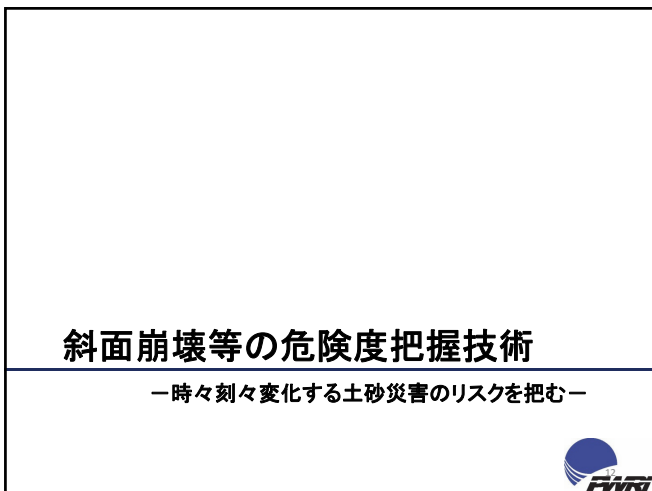
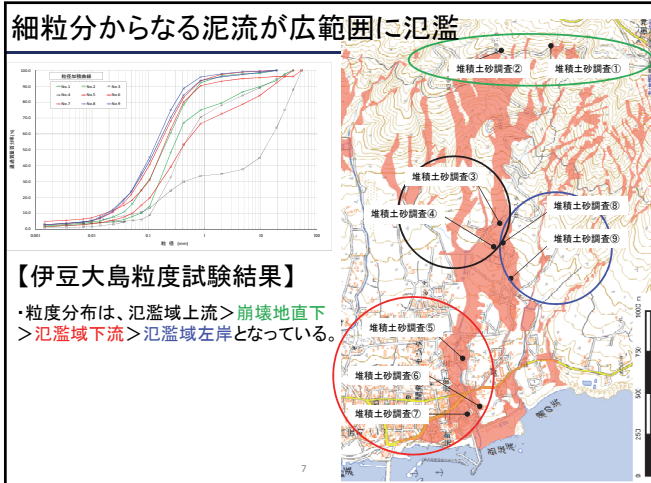
### 崩壊の特徴(1)

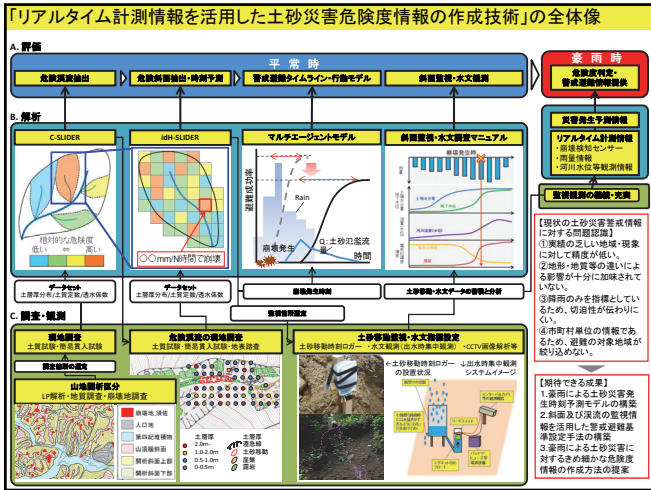
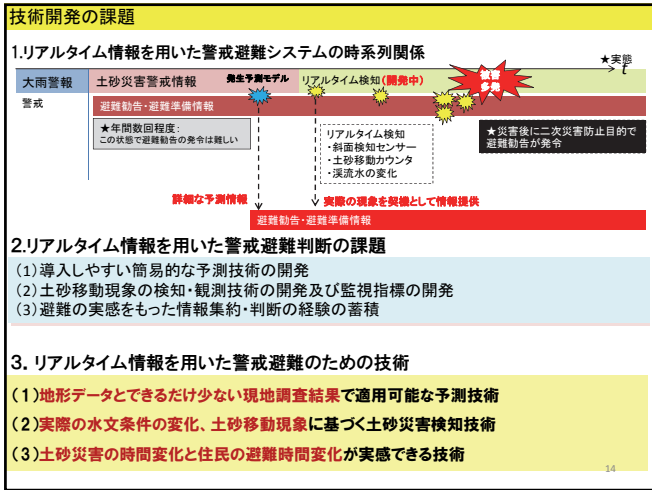
- ・総崩壊面積: 約20万m<sup>2</sup>
- ・ほとんどの崩壊は、崩壊深が1mの浅い崩壊。

### 崩壊の特徴(2)

- ・大金沢の土層構造  
 溶岩層(1~3m)  
 スコリア層(1~3m)  
 火山灰と褐色のレスの互層(1~5m)
- ・谷部では溶岩およびスコリア層が厚い
- ・崩壊のほとんどは、火山灰とレスの互層部において、レス層上面がすべり面となり発生。
- ・多くの崩壊地において、パイピング孔が認められた。

### 火山地域特有の未発達な地形を泥流が流下





### 土砂災害の発生時刻を予測する

## IDH-SLIDER

【期待できる成果】

1. 雨量による土砂災害発生予測モデルの構築
2. 斜面及び漂流の監視情報を活用した警戒避難体制構築手法の開発
3. 雨量による土砂災害に対する的確な危険度情報の作成方法の開発

### 崩壊発生時刻予測モデル

H-slidaerにおける無限長斜面安定の式(内田ら、2009)

$$F_s = \frac{C + (\gamma h \cos^2 \theta - u(t)) \tan \phi}{\gamma D \cos \theta \cdot \sin \theta}$$

不飽和へ拡張した地下水位の式 (Rosso et al, 2006)

$$h(t) = \frac{ArD}{K_s \sin \theta} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{1+e}{e} \frac{K_s \sin \theta}{A} t\right) \right] + h_0 \exp\left(-\frac{1+e}{e} \frac{K_s \sin \theta}{A} t\right)$$

採用した土質定数

等価透水係数	0.05 cm/s	観測結果
土の粘着力	6.00 kN/m <sup>2</sup>	崩壊実績より逆算
土の内部摩擦角	35°	土質試験結果
飽和単位体積重量	18.1 kN/m <sup>3</sup>	同上
湿潤単位体積重量	15.2 kN/m <sup>3</sup>	同上
飽和度	0.3714	同上
間隙比	0.8893	同上
水の単位体積重量	9.8 kN/m <sup>3</sup>	一般値
土層厚	簡易貫入試験結果より逆算	17

NGの領域

### 崩壊発生予測手順

- ① 各斜面の崩壊発生限界 (R(t)-t) を作成
- ② 時刻Tの時間雨量 (r(T, t)) を計算
- ③ r(T, t) と崩壊発生限界雨量を比較
- ④ r(T, t) > R(t) となったら崩壊発生と判定

① 各斜面の崩壊発生限界 (R(t)-t) を作成

- ・ 斜面勾配 (θ)
- ・ 流域面積 (A)
- ・ 土質定数 (C, φ, K<sub>s</sub>)
- ・ 土層厚 (D)
- ・ 土の単位体積重量 (飽和時・湿潤時)

② 時刻Tの時間雨量 (r(T, t)) を計算

③ r(T, t) と崩壊発生限界雨量を比較

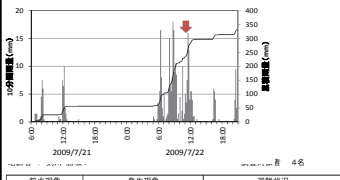
④ r(T, t) > R(t) となったら崩壊発生と判定

## 検証事例の概要

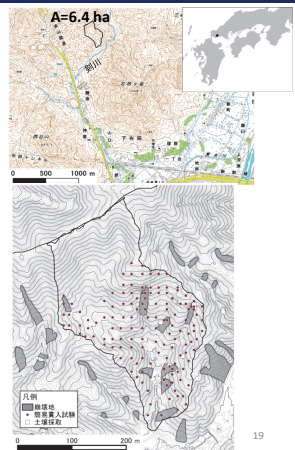
### 山口県防府市剣川

- ・パラメータの不確か性をできるだけ排除するためにHslider実施箇所
- ・簡易貫入試験: 140地点
- ・土質試験: 7地点
- ・崩壊箇所: 8箇所/137箇所(剣川全体)

### 災害発生事例: 2009年7月21日

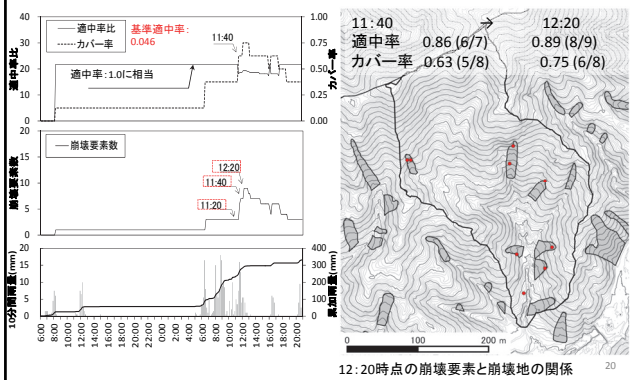


前兆現象	発生現象	崩壊状況
午前10時頃、ブービーが覆れていたが、それが泥水にならぬまま右に滑った。	8時10分頃、崩壊2分前くらいに泥水が覆れていたが、それが泥水にならぬまま右に滑った。	10時前後、ハローを走っている人から避難するよう指示
11時頃、剣川から土石流が流れ出し、崩壊箇所より1.0m程度の高さまで流れていく。	11時頃、崩壊箇所より1.0m程度の高さまで流れていく。	10時頃、崩壊箇所より1.0m程度の高さまで流れていく。
崩壊箇所より1.0m程度の高さまで流れていく。	崩壊箇所より1.0m程度の高さまで流れていく。	崩壊箇所より1.0m程度の高さまで流れていく。



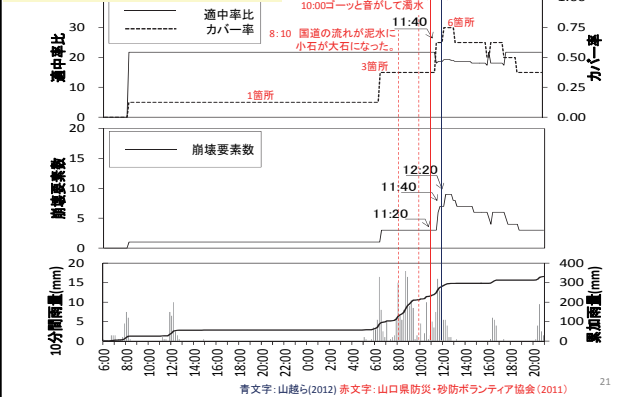
## 再現性の検証(1)位置の検証及び時刻の検証

- ・ハイトと比較するため適中率などが時系列的に変化する。
- ・崩壊箇所の増加率が大きい時刻はヒアリング調査結果と一致していた。
- ・従来のHslider等で指摘されるカバー率の増加に伴う空振り率の上昇はみられない。



## 再現性の検証(2)発生時刻の検証

### 剣川一帯の土石流の目撃時刻と崩壊要素が増加する時刻が一致



**災害の発生を検知・観測する**

**斜面崩壊検知センサー**

**震動検知式土石流センサー**

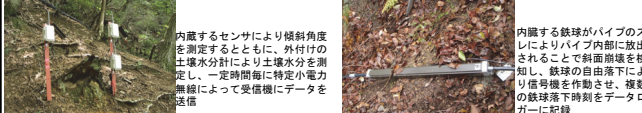
**渓流流量の観測**

## 斜面崩壊検知センサー

- 転倒検知タイプ…斜面崩壊によって、センサーが倒れる際に、検知信号を発する形式→構造が単純、消費電力が少ない



- 傾斜角測定タイプ…崩壊検知だけでなく、傾斜角を常時測定する形式→崩壊の前兆をとらえることが可能
- 斜面変位測定タイプ…斜面の変位から崩壊を検知する形式→センサー部への電源がまったく必要ない



## 振動検知式土石流センサー

**振動検知式土石流センサーの概念図**

土石流の落下下にもなると発生する地盤振動をセンサーで検知する

**土石流検知特化型**

特徴: 傾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

間値: 振幅値・波形形状

実績: 福島で運用中

**現場汎用型**

特徴: 傾値に継続時間を組み込んだセンサー。要報値を段階設置でき、要報の経時状況から、発生規模の推定が可能

価格: 約100万

間値: 振幅値・継続時間

状況: 福島・霧島で運用中(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送

価格: 10~20万を想定

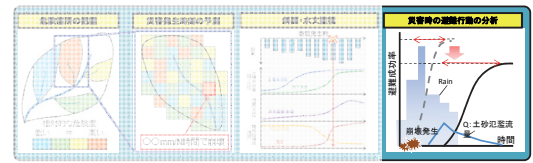
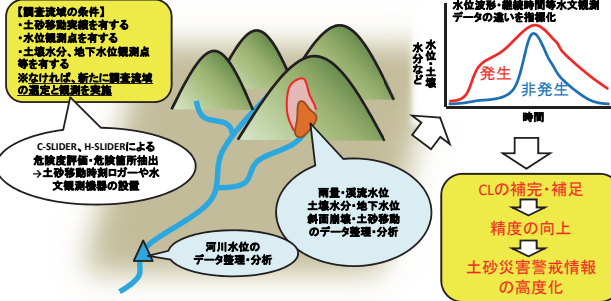
間値: 振幅値

状況: 福島で試験運用中(土石流の検知実績はなし)

## 渓流流量の観測(災害発生の切迫性の把握)

■土砂災害発生の危険度を判断する指標として、雨量以外に河川流量(水位)や土壌水分・地下水位等を導入し、斜面崩壊(表層崩壊)発生の危険度を適切に判断することを目指す。

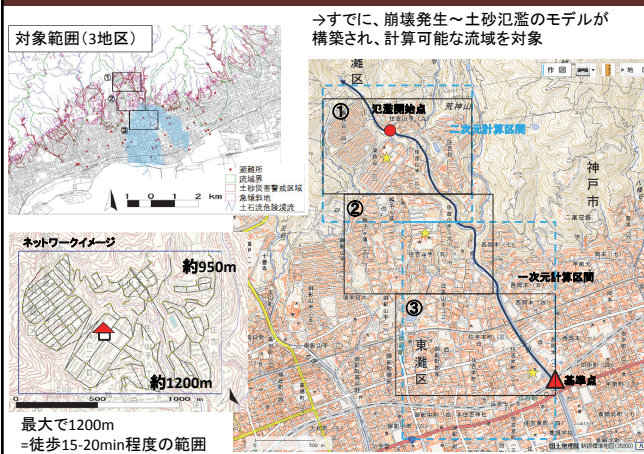
■斜面崩壊の発生と非発生で、斜面の水分状態(土壌水分・地下水位)は異なり、それに応じて河川水位波形や水質も異なることが想定される。



## 災害時の避難行動を考える マルチエージェント・モデルを用いた検証



## 検討対象範囲 六甲山系住吉川流域の3地区



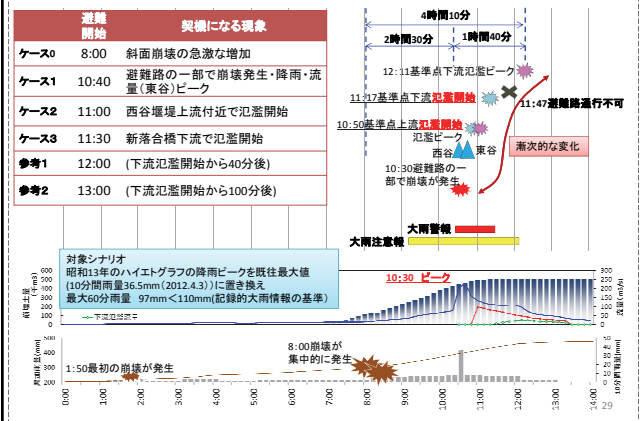
## 避難時の住民の諸条件

✓ 簡易的な避難計算を実施する計算条件

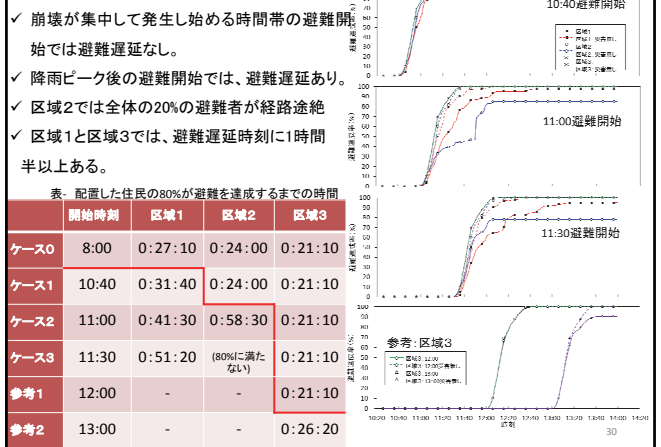
項目	設定方法の概要	出典・根拠
初期条件	避難者の配置 配置位置: 2500数値基礎図の建築物からランダム 配置数: 住民基本台帳の対象町丁目人口と避難率から設計	数値基礎地図情報2500 住民基本台帳(神戸市)
	属性の設定 年齢構成: 住民基本台帳より7歳以下、8歳～64歳、64歳以上の構成比	住民基本台帳(神戸市) 障害者白書など
避難経路	避難率 国文省調査による平均値57%を採用	土砂災害防止法に基づき組み検討会資料、国文省、2013
	最短経路探索 エージェントから避難所までの最短経路を単純計算で算出する。 経路探索はワーシャル・フロイド法	例えば 武田他: 高瀬ハザードマップと避難対策に関する二・三の検討、京大防災研年報、1995
避難速度	迂回時条件 避難経路にかかる斜面安定解析メッシュが崩壊と判定された場合は、通行不可能とする。 浸水深が0.5mを超えた経路は、通行不能とする。	須賀他: 避難時の水中歩行に関する実験、水工学論文集、1994
	平常時 速度の基本値として、以下を設定。 ・健康者成人: 1.0m/s ・歩行困難者、身体障害者など: 0.5m/s ・7歳以下、65歳以上 ・浸水深や流速による速度低下を考慮する。(避難者密度で設定) 登坂時: 実測データに基づく勾配による速度変化率を設定	避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン(水害・土砂災害編)、2012、兵庫県 津波避難ビルに係るガイドライン、2005、内閣府他
浸水時 豪雨時	水深50cmで移動速度を0とし、50cm以下は線形に低下。	須賀他: 避難時の水中歩行に関する実験、水工学論文集、1994

## 既存の数値計算システムにより作成した土砂災害の時系列シナリオ

✓ 崩壊が集中して発生し始めるタイミングと氾濫被害の生じるタイミングは2時間以上の差



## 計算結果



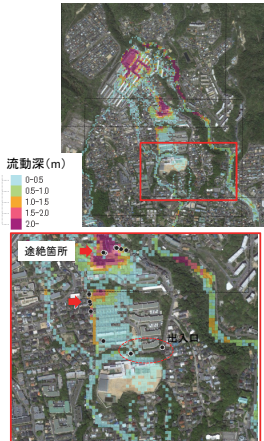
## 期待される成果と今後の課題

### 期待される成果

- ✓ 精緻な数値計算モデルを活用することで、土砂災害に関わる時間進展を把握することが可能。
- ✓ 二次元氾濫計算とマルチエージェントの組み合わせにより経路上のクリティカルパスが把握。
- ✓ 経路を考慮した避難時間と、避難開始タイミングによる時間の変化幅について把握が可能。
- ✓ 数値計算を持ちこたえて、異なる複数のシナリオで比較することが可能。

### 今後の課題

- ✓ クリティカルパスの時系列的な変化の分析
- ✓ 避難事例に基づく検証が必要
- ✓ 入力条件による感度分析の実施



## 土砂災害の危険度把握技術の活用に向けて



## 実際の降雨への適用と土砂災害シナリオの作成

### 1.対象地の概要

岐阜県揖斐川町(坂内村)・本巣市(根尾村)

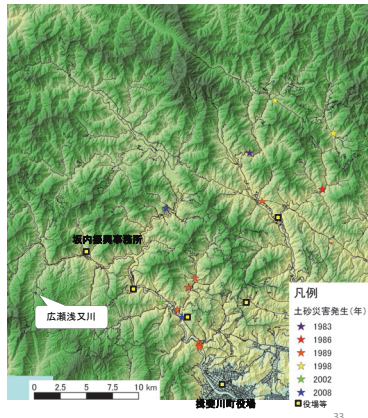
### 2.主な地質

大部分は美濃帯(堆積岩)  
 南西部の一部に花崗岩  
 北部の一部に花崗せん緑岩

### 3.近年の災害

年	日	被災地
1983	6/16-18	根尾村黒津・越波・大河原
1986	8/21-22	根尾村松田
1989	9/1-7	久瀬村東津汲
1998	7/27-29	根尾村越波・下大須
2002	7/9-10	藤橋村東横山
2008	9/2-3	久瀬村東津汲

H21越美山系砂防崩壊地調査業務)



## 土砂災害危険度の高い降雨の抽出 広瀬浅又川の事例(流域面積:約24,800m<sup>2</sup>)

### ①1976～2013.12の時間雨量データを収集

参考:最大日雨量:1位 2002年7月10日354mm  
 2位 1986年6月17日330mm  
 3位 2000年9月11日258mm

全降雨データに対して崩壊発生予測計算を実施

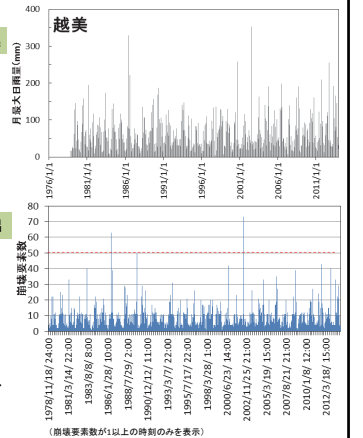
### ②土砂災害発生危険度の高い降雨の抽出

崩壊要素数が特に多い3降雨を抽出

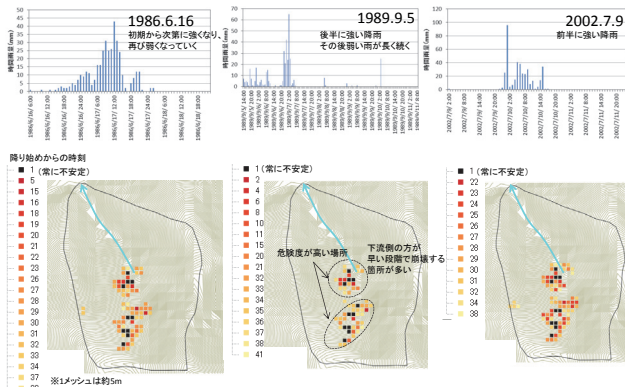
- 1986年6月17日
- 1989年9月7日
- 2002年7月10日

### 特徴:

- 連続する雨量データで計算する。
- 比較する雨量の期間(日雨量、時間雨量、など)に寄らず、一度の計算で抽出可能。

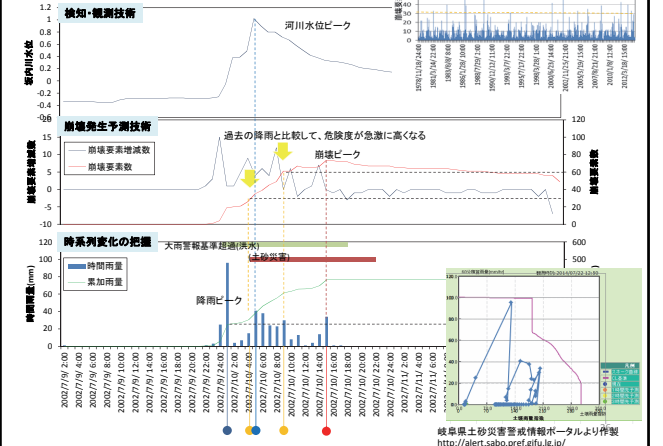


## 崩壊発生予測計算例:土砂災害危険度の高い3降雨



降雨のパターンが異なっても、崩壊の危険度が高まる場所、順序はほとんど変化しない。→ 監視上の「危険度の高い斜面」が抽出可能

## 2002年7月降雨による災害シナリオ作成例



岐阜県土砂災害警戒情報ポータルより複製  
<http://alert.sabo.pref.gifu.lg.jp/>