

# SGDASの推計精度向上に関する研究

## 【研究期間】

令和3年4月～令和8年3月（5年間）

## 【予算】

特別研究経費 25,882千円（令和3年～令和5年の総額）

国土地理院 地理地殻活動研究センター

地理情報解析研究室

岩橋 純子

# 研究の背景

# SGDAS開発のきっかけ (2010年頃)

平成7年(1995年)兵庫県南部地震に伴う大規模な液状化



(写真:神戸市)

平成16年(2004年)新潟県中越地震(夜間に発生)に伴う多数の斜面崩壊・地すべり



(写真:国土交通省ウェブサイトより)

どこでどれくらいの被害が  
起こっていきそうなんだ？  
おおまかでもいいから  
教えてくれ。

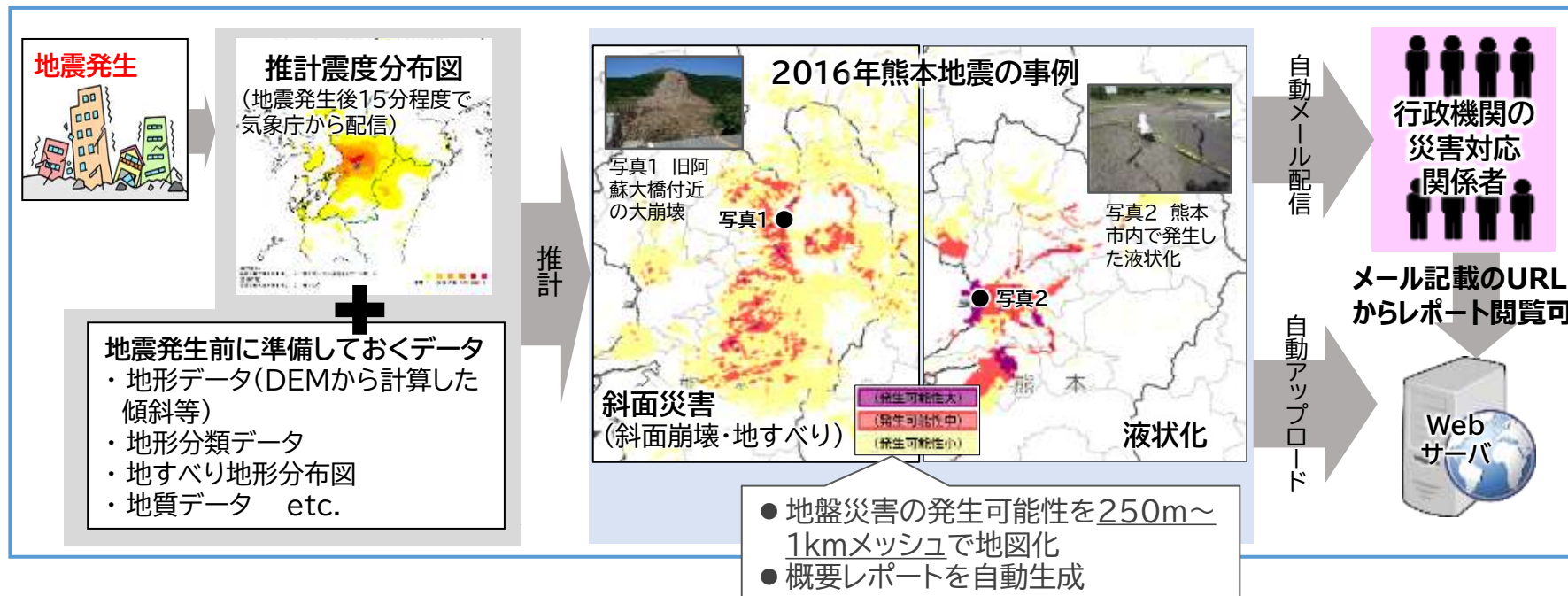
そう言われても…  
夜だと特に山間部  
は情報がない…

地盤災害だけでもいいから、地震後  
すぐに発生範囲と規模を推計する仕  
組みを作ろう！

行政の災害対策本部

地理情報解析研究室

地理情報解析研究室は、最大震度5弱以上の地震発生後15分程で**斜面崩壊・地すべり**、**液状化**の概略発生位置と規模を推計・配信する「地震時地盤災害推計システム (SGDAS:スグダス)」を2010年度～2012年度の特別研究で開発。



現SGDASのアルゴリズム作成の参考にされた地震・研究成果

【斜面崩壊】1995年兵庫県南部地震に関する既往研究成果(2008年頃までの7つの地震で検証例)

【地すべり】2004年新潟県中越地震、2008年岩手・宮城内陸地震、2011年東北地方太平洋沖地震

【液状化】2011年頃までの既往研究成果

試験運用を経て、2019年6月から正式運用開始

## R4・R5年度の稼働・配信状況

下線は震度5強以上(メール配信) \* 夜間・休日

R4年度

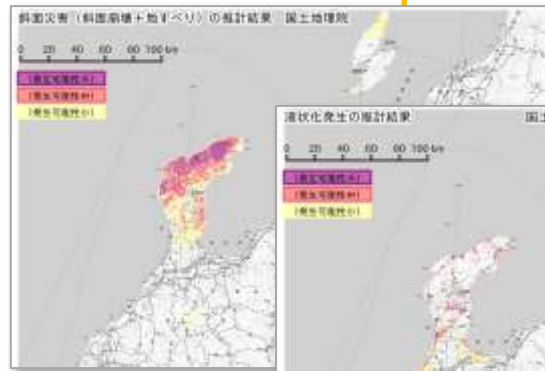
- 2022年4月19日8時16分 福島県中通り
- \* 2022年5月22日12時24分 茨城県沖
- \* 2022年6月19日15時8分 石川県能登地方
- 2022年6月20日10時31分 石川県能登地方
- \* 2022年6月26日21時44分 熊本県熊本地方
- \* 2022年8月11日0時35分 宗谷地方北部
- \* 2022年8月11日0時53分 宗谷地方北部
- \* 2022年10月2日0時2分 大隅地方東方沖
- 2022年10月21日15時19分 福島県沖
- 2022年11月9日17時40分 茨城県南部
- \* 2023年2月25日22時27分 釧路沖

R5年度

- \* 2023年5月5日14時42分 石川県能登地方
- \* 2023年5月5日21時58分 石川県能登地方
- \* 2023年5月11日4時16分 千葉県南部
- \* 2023年5月13日16時10分 トカラ列島近海
- \* 2023年5月26日19時03分 千葉県東方沖
- \* 2023年6月11日18時55分 浦河沖
- \* 2024年1月1日16時06分 石川県能登地方
- \* 2024年1月1日16時10分 石川県能登地方
- \* 2024年1月1日16時18分 石川県能登地方
- \* 2024年1月1日16時56分 石川県能登地方
- \* 2024年1月1日18時08分 能登半島沖
- \* 2024年1月1日18時40分 能登半島沖
- \* 2024年1月1日20時35分 石川県能登地方
- \* 2024年1月2日10時17分 石川県能登地方
- \* 2024年1月2日17時13分 能登半島沖
- \* 2024年1月3日2時21分 石川県能登地方
- \* 2024年1月3日10時54分 石川県能登地方
- \* 2024年1月6日5時26分 石川県能登地方
- \* 2024年1月6日23時20分 能登半島沖

### 【2024年1月現在の配信先】

国交省内(地方整備局、地方運輸局、気象庁、海上保安庁含む)、防衛省、内閣府、地方自治体(39都県1政令指定都市)等



自治体コード	自治体名称	配信面積 (km <sup>2</sup> )	配信面積 (km <sup>2</sup> )
13100	能登半島地方	47	47
16094	能登半島地方	8	8
13295	能登半島地方	23	23
13006	能登半島地方	8.1	8.1
16071	能登半島地方	3	3
13292	能登半島地方	23	23
13077	能登半島地方	22	22
13023	能登半島地方	44	44
13024	能登半島地方	150	150
13026	能登半島地方	9	9
13035	能登半島地方	4.8	4.8
13034	能登半島地方	4	4
13021	能登半島地方	3	3
13002	能登半島地方	9	9
13005	能登半島地方	120	120
13037	能登半島地方	8.7	8.7
13009	能登半島地方	1	1
16202	能登半島地方	44	44
16222	能登半島地方	8.8	8.8
13003	能登半島地方	7	7
17020	能登半島地方	880	880
17235	能登半島地方	1	1
17024	能登半島地方	420	420
17020	能登半島地方	230	230
17004	能登半島地方	8.8	8.8
17007	能登半島地方	88	88
17011	能登半島地方	1	1
17064	能登半島地方	130	130
17066	能登半島地方	23	23

令和6年能登半島地震(2024年1月1日16時10分)のレポート(令和5年5月から運用開始の改修版SGDASによる)

## 広域をカバーしている、迅速・簡易的な推計手法による地盤災害推計システム

### ◆ 既往研究による知見を元にした確率論的なマップ

標高を元にした浸水マップ等、実測値がダイレクトに反映されるマップとは根本的に性質が異なる。

### ◆ 日本全国をカバー

DEMを用いた傾斜等と、地質図と地形分類図をゾーニングに使っている。土層厚や岩盤の構造のような、クリティカルだが全国揃わないデータは使っていない。

### ◆ 4分の1地域メッシュ(約250mメッシュ)の粒度で推計

傾斜等の原データは10mDEMで計算したものをを用いているが、システムへの入力データとしては震度4以上の範囲に応じて250mメッシュ以上に畳み込んでいる。

### ◆ 計算時間が短い

1kmメッシュの推計震度分布図(IXAC40)を受信した際に稼働。実動は1～2分。

### ◆ 維持コストがあまりかからない

汎用のサーバで稼働。動的データは、気象業務支援センターが有償でネット配信している汎用データを購入。

## ◆ 斜面崩壊と地すべり（英語ではどちらもlandslide）



2018年北海道胆振東部地震による小型のlandslide

（写真及び3Dモデル：地理院地図）



2008年岩手・宮城内陸地震による大型のlandslide

### 一般的な斜面崩壊と地すべりのイメージ

斜面崩壊： 小型。破壊後に急速に土砂移動。傾斜の寄与が大きい

地すべり： 大型。既往の地すべりの再活動や、特定の地質、地質構造の寄与が大きい

※ただし、地震時には高速移動する大型の地すべりが生じることが知られ(佐々ほか,2007)、また、2011年の紀伊半島豪雨以降「深層崩壊」が提唱され始め、境界は曖昧

現在のSGDASでは、斜面崩壊と地すべりでは発生機構が違うと考え、別々のアルゴリズムで推計されている

### ◆ 斜面崩壊(小型のlandslide)の推計手法 (詳しくはスライド48)

傾斜・曲率を用いる修正六甲式※(神谷ほか、2012)を利用して発生可能性を推計。 ※国総研の六甲式(内田ほか、2004)の修正版

急勾配(特に凸型斜面)なら発生可能性が高くなる。脆弱地質とされる領域ならさらに高くなる。

### ◆ 地すべり(大型のlandslide) (詳しくはスライド49)

地すべりの分布密度と地質図を用いた独自手法(神谷ほか、2014)により発生可能性を推計。

近隣に既存地すべりがあって1つながりの地質なら発生可能性が高くなる。(※傾斜等、微地形のデータは使わない)

レポートの図では発生可能性をランク分け後、メッシュごとに高い値を採用し合成して「斜面災害」と称している

(一般に斜面崩壊の結果の方を強く反映した図になる)



## 地形区分と震度の関係の表から液状化の発生可能性を診断

震度	山地 丘陵 火山地 火山性丘陵 礫・岩礁 水域※1	山麓地 火山山麓地 岩石台地 ローム台地	扇状地 砂礫質台地	扇状地※2 砂丘	自然堤防※3 砂州・砂礫洲 後背湿地 谷底低地	干拓地 三角州・海岸低地 自然堤防 谷底低地※2	砂丘※4 砂州・砂丘間低地 埋立地 旧河道 河原
7	0	1	2	3	4	4	4
6強	0	0	1	2	3	4	4
6弱	0	0	0	1	2	3	4
5強	0	0	0	0	1	2	3
5弱	0	0	0	0	0	1	2

地形分類図はJ-SHIS Map(防災科学技術研究所)の微地形区分2009年版として公開されている4分の1地域メッシュの地形分類図(若松・松岡, 2009)を, DEMから求めた比高や傾向面傾斜, 砂丘の縁との関係を用いて一部細分したもの

※1河道, 湖沼, 沿岸海域

※2傾向面勾配1/100未満(付かない同じ凡例は1/100以上)

※3比高5m以上

※4低地に接する砂丘のへりの場合

(神谷ほか, 2014)

### ◆ 強い地震の際に、液状化が発生しやすいとされる条件

- ・粒径がそろった細粒・中粒の緩い砂地盤 (細粒すぎても液状化しない)
- ・地下水水位が高く、地下水面が地表に近い

### ◆ 液状化の発生可能性推計の主な手法

- ・ボーリングデータを用いる手法(道路橋示方書, 2002 etc.)  
→ピンポイントでの高度な判定に向いている
- ・地形分類図を用いる手法(国土交通省都市局 etc.)  
→広域のカバーが可能 ⇒SGDASではこちらを採用

### ◆ なぜ地形分類図？

日本の平野の大部分を占める沖積平野は、河川が運んだ堆積物によって形成された平野であり、地盤の特徴がある程度微地形に反映されていると考えられるため。

## 2012～2019年(試験運用期間)の12地震の定性的な評価(マップを見比べての印象)

斜面災害



液状化



- 斜面災害※1は過大評価※2傾向

※1 SGDASのレポートでは斜面崩壊+地すべりを斜面災害と称している

※2 ユーザからは過大評価より見落としの方が問題という声(スライド44)

- 液状化は被害の大きい場所を外しているケースあり

- この時点では定性的評価であり、原因特定まで至っていない

- 2016年熊本地震、2018年北海道胆振東部地震など、2012年以降の地震時地盤災害の知見が考慮されていない
- システムが不安定、モニタリング機能が無いのでメンテナンスが大変
- 推計結果の表現、提供方法がこのままで良いのか



## SGDASの推計精度向上に関する研究(本研究)

【研究期間】令和3年(2021年)4月～令和8年(2026年)3月

【研究目的】SGDASの推計精度向上のための研究開発を行うことで、大地震発生時における初動対応に必要な不可欠な情報をさらに高精度化する

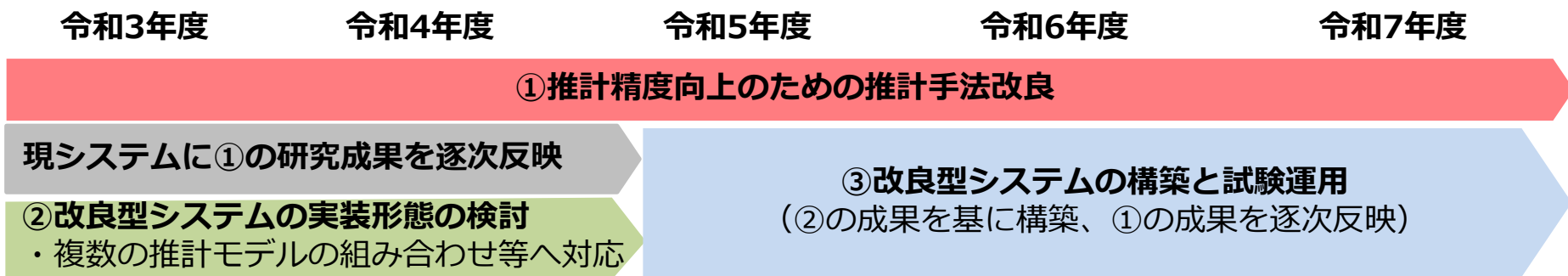
- ◆ 旧SGDAS開発時(2012)以降の地震の情報や最新の知見・データも踏まえた新SGDASの開発 (定量的な評価に基づいた推計精度の向上の裏付け)
- ◆ ユーザのニーズに合わせた伝わる・使えるアウトプット

# 現時点までの実施内容

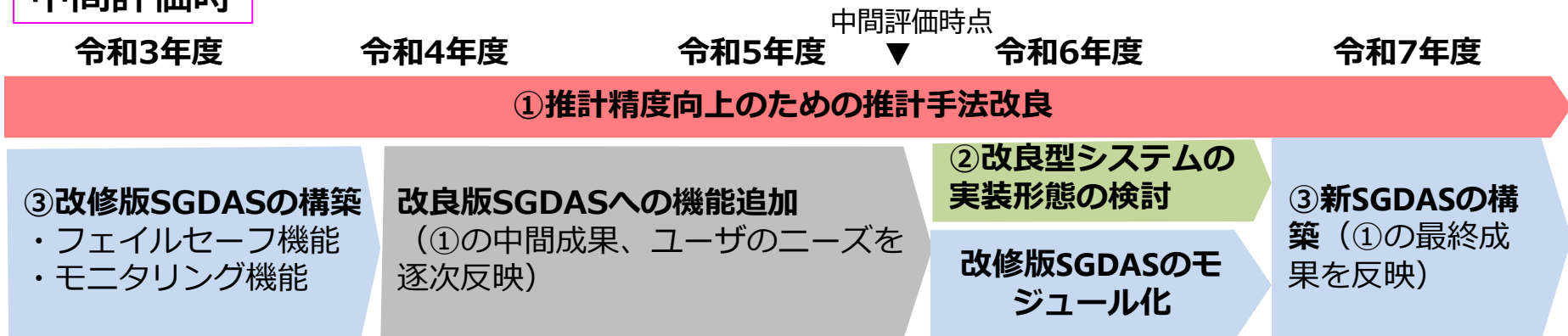
# 研究開発計画の変更点

- ✓ 安定配信確保の切迫性やコスト削減のため安定運用可能な改修版SGDASを初年度に構築
- ✓ 中間的な研究成果を逐次反映しつつ、今後、令和6年度にモジュール化して新SGDASの器を作り、最終的な研究成果を実装し令和7年度末に新SGDASを完成させる
- ✓ 担当者減に伴う研究実施順序の変更あり
- ✓ 他機関との共同研究(スライド50)を開始

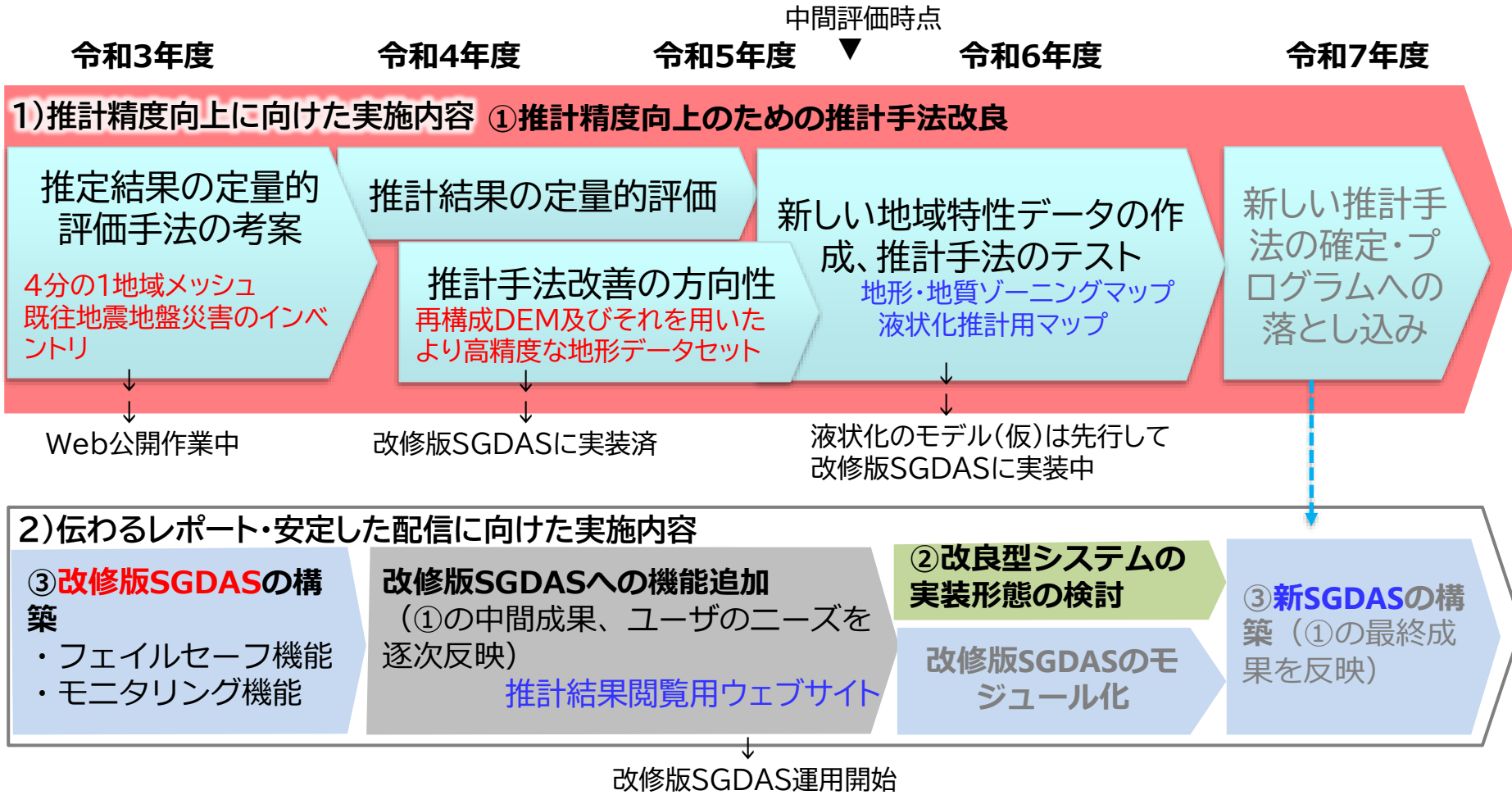
## 研究着手時



## 中間評価時



# 主な成果・進捗



## 研究発表(現時点)

論文 6 (うち査読付き4, 英文3)  
 学会等発表 8 (うち英語4)  
 研究報告書 2

赤字: 作成したプロダクト

青字: 作成中あるいは今後作成するプロダクト

灰字: 未着手

## 1) 推計精度向上に向けた実施内容

1. 規格を統一したインベントリマップ(災害実績マップ)データセットの作成と定量的評価手法の考案
2. 定量的評価によって課題とその原因を特定、原因を解消する解決策の考案、解決策を実施した効果の確認
  - 斜面崩壊・地すべり
  - 液状化

## 2) 伝わるレポート・安定した配信に向けた実施内容

1. 安定した運用が可能な改修版SGDASの構築
2. ユーザアンケート及びヒアリング、結果を受けた推計結果閲覧用Webサイト構築

## 1) 推計精度向上に向けた実施内容

1. 規格を統一したインベントリマップ(災害実績マップ)データセットの作成と定量的評価手法の考案
2. 定量的評価によって課題とその原因を特定、原因を解消する解決策の考案、解決策を実施した効果の確認
  - 斜面崩壊・地すべり
  - 液状化

## 2) 伝わるレポート・安定した配信に向けた実施内容

1. 安定した運用が可能な改修版SGDASの構築
2. ユーザアンケート及びヒアリング、結果を受けた推計結果閲覧用Webサイト構築

マップを見比べての評価は・・・

- ◆ 目視比較での印象であるため個人差が出る
- ◆ 推計手法を改良した時の改善の度合いが、客観的に測りづらいため原因の特定や改善の確認ができない



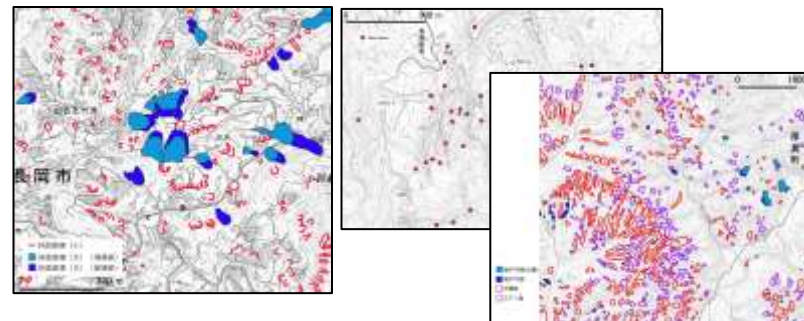
(課題提案時)「事例を収集し、中間評価までに定量的な評価手法の確立を図る」



定量的評価を取り入れるため、地震時地盤災害のインベントリ(災害実績図)を作成する必要あり

様々な様式のマップデータ→

**規格の統一が必要**



(本研究に利用した各地震の諸元および災害実績図のソース情報はスライド51)



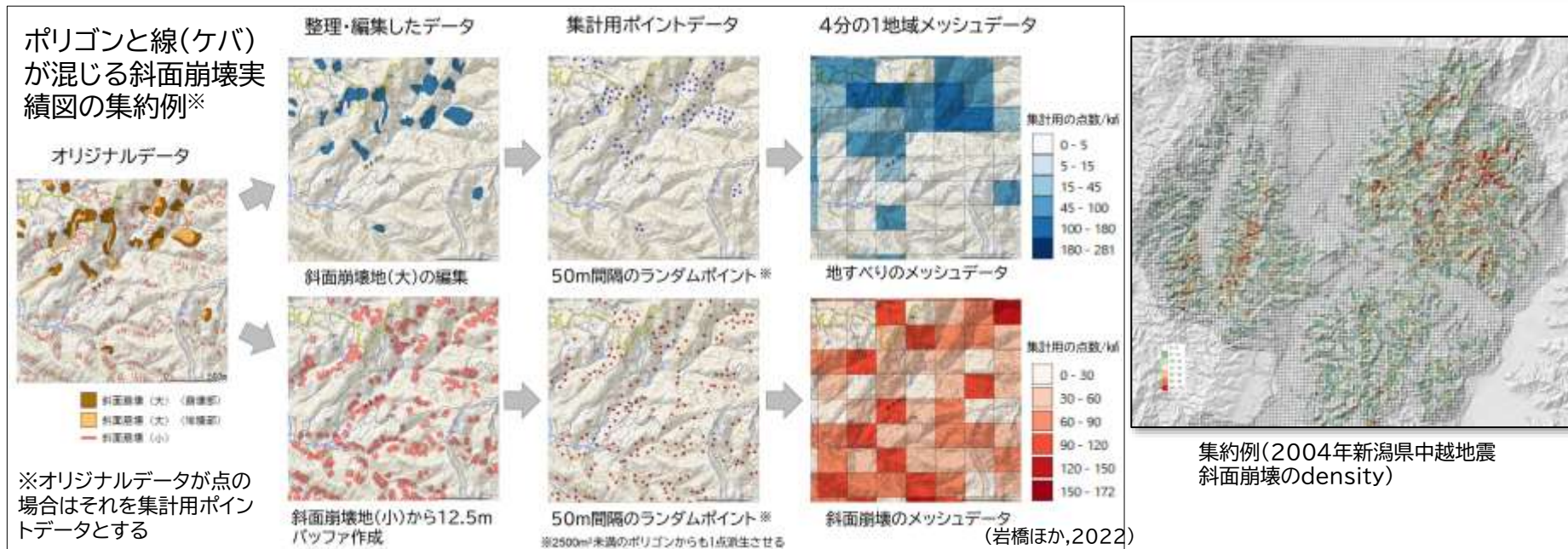
# 4分の1地域メッシュ 既往地震地盤災害のインベントリ

地震時の斜面崩壊・地すべりと液状化に関する様々な地図、GISデータ



規格の統一

4分の1地域メッシュ(約250mグリッド、SGDASの処理粒度)に調製したインベントリデータ ⇒メッシュ内でイベントが発生した/しない(existence)、集計用ポイントの密度(density)を格納、検証に利用

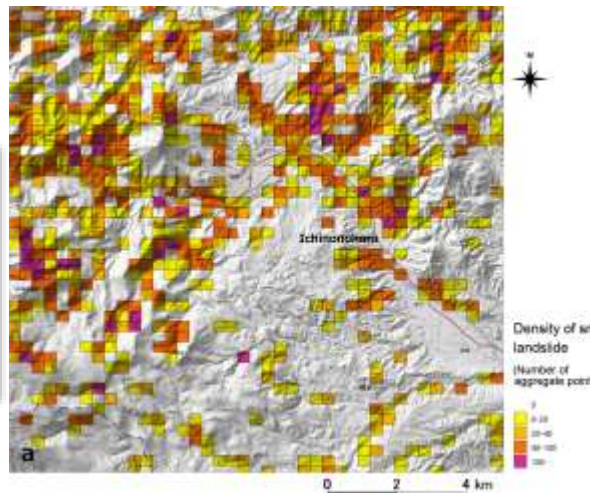


規格を統一したインベントリを作成したことで、新旧推計結果の定量的評価が可能に

→公開可能なデータについては地理研HPから公開

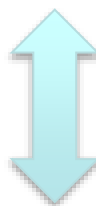
画像分類の評価について一般的に用いられるAUCスコア等を用いて検証

250mメッシュ  
(SGDASの処理粒度)  
に調製したインベ  
ンタリデータ



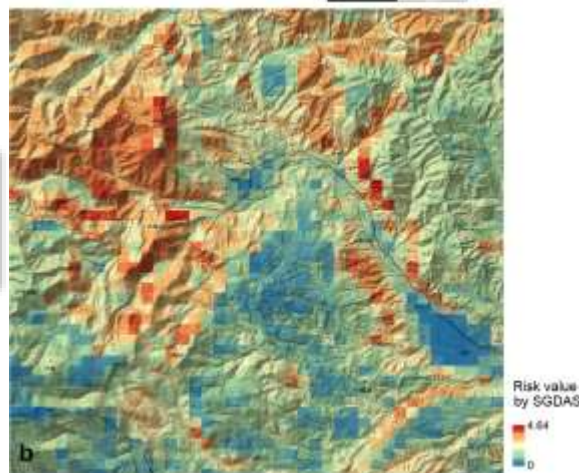
メッシュ毎のイベント発生有無と危険度の大小の比較(existence-危険度計算値)

- ◆ PR-AUC
- ◆ ROC-AUC



メッシュ毎に  
対比

SGDASによる推計結果(発生可能性)



メッシュ毎のイベント発生密度と危険度の大小の比較(density-危険度計算値)

- ◆ Sparemanの順位相関係数

→ランク分け前の生データの向上が本質で重要

(Iwahashi et al., 2024 in print)

この連続値の画像を閾値処理してレポートの画像が作られる

アルゴリズムの設計段階では発生可能性の生データ(連続値)を評価対象とする

# 補足: PR(適合率/再現率)曲線、ROC曲線について

- ① 正解の二値画像(True/False)と、確からしさ(崩壊危険度のような)を表す変数(A)を用意
- ② 閾値を変えながら次々Aを二値化して、都度のPrecision等を求めてプロットしていく
- ③ 曲線の下面積(AUC)を求める

Precision(適合率、精度) =  $TP / (TP + FP)$

→発生と推計したメッシュのうち実際に発生メッシュであった割合

Recall(再現率、感度、真陽性率) =  $TP / (TP + FN)$

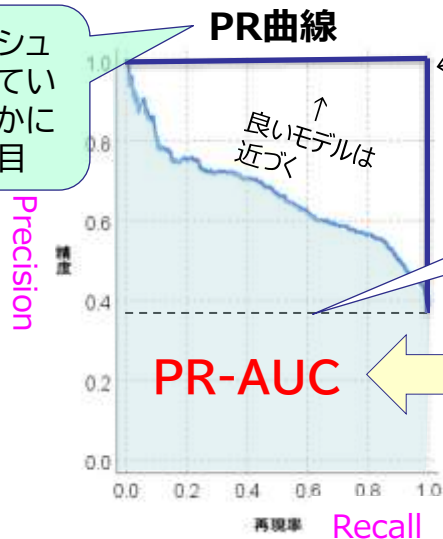
→発生メッシュのうち正しく発生と推計した割合

False Positive Rate(1-特異度、偽陽性率) =  $FP / (TN + FP)$

→非発生メッシュのうち間違えて発生と推計した割合

推計 \ 正解	発生と推計	非発生と推計
イベント発生	True Positive (TP)	False Negative (FN)
イベント非発生	False Positive (FP)	True Negative (TN)

発生メッシュが当たっているかどうか主に着目



PR曲線

←完璧なモデル

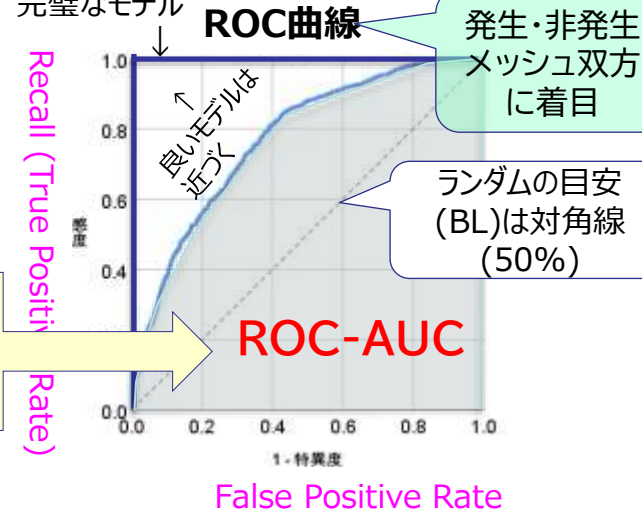
↑良いモデルは近づく

ランダムが目安(BL)は Recall=1の時の Precision値(Trueの%)

PR-AUC

曲線の下面積AUC(Area Under Curve)が1に近いほど良いモデル

完璧なモデル



ROC曲線

発生・非発生メッシュ双方に着目

ランダムが目安(BL)は対角線(50%)

ROC-AUC

- 非発生メッシュの数が非常に大きく、偏りがあるとき (つまり地盤災害に一般的なケースでもOK)

- 発生/非発生の数に偏りが無いとき

※本研究ではROC-AUCはイベント非発生のメッシュをイベント発生メッシュ(1000メッシュ以上)と同数ランダムサンプリングして計算

(参考文献:

Davis and Goadrich, 2006; Saito & Rehmsmeier, 2015等)

# どうなれば推計結果が「適当」と言えるか

- ◆ **より高いPR-AUC: イベント発生メッシュの発生可能性を高く推計**  
 ベースライン(BL)との差分が0.15以上のケース(地震)が研究着手時のSGDASで3割程度(定性的な「適当」の比率と合う) → BLとの差分0.15を目安
- ◆ **より高いROC-AUC: イベント発生/非発生メッシュの推計が共に良好**  
 一般的に精度が高い範疇に入るのが0.8以上 → 0.8以上を目安
- ◆ **有意な順位相関係数: メッシュ毎イベント発生密度と危険度に相関関係あり**  
 少なくとも相関が(ほぼ)確実に優位であること → 検定が1%水準で有意を目安

(現段階では参考情報)

発生可能性ランク/イベント発生率のグラフ



課題とその原因を特定、

原因を解消する解決策の考案、  
 解決策を実施した効果の確認

中間評価時点

アルゴリズムの確定

最適な閾値の設定、ランク分け

## 1) 推計精度向上に向けた実施内容

1. 規格を統一したインベントリマップ(災害実績マップ)データセットの作成と定量的評価手法の考案
2. 定量的評価によって課題とその原因を特定、原因を解消する解決策の考案、解決策を実施した効果の確認
  - 斜面崩壊・地すべり
  - 液状化

## 2) 伝わるレポート・安定した配信に向けた実施内容

1. 安定した運用が可能な改修版SGDASの構築
2. ユーザアンケート及びヒアリング、結果を受けた推計結果閲覧用Webサイト構築

※インベントリの「地すべり」「斜面崩壊」の区分は、原データに種別の記載がある5以外は主にサイズで分類。

## 1. IJSGDASの評価

### 地すべりの推計手法による地すべりインベントリの検証結果

地震の発生年と名称	イベントメッシュ数(A)	総メッシュ数(B)	A/B(PR-AUCのBL)	PR-AUC	ROC-AUC	順位相関係数
1) 2007年 新潟県中越沖地震	22	3892	0.006	0.008	—	0.017
2) 2008年 岩手・宮城内陸地震	333	7070	0.047	0.059	—	0.093*
3) 2011年 長野県北部地震	14	1111	0.013	0.019	—	0.063
4) 2016年 熊本地震	98	80541	0.001	0.007	—	0.037*
5) 2018年 北海道胆振東部地震	1472	11903	0.124	0.175	0.594	0.134*

推計精度が悪い

## 2. 課題とその原因

崩落まで至らないケースが多い or インベントリの「地すべり」が実は斜面崩壊的な現象である

PR-AUC $\geq$ BL+0.15	0地震/5地震
ROC-AUC $\geq$ 0.8	0地震/1地震
順位相関係数が1%水準で有意(*)	3地震/5地震 → (下表) 5地震/5地震

## 3. 解決策・効果

### 斜面崩壊の推計手法による地すべりインベントリの検証結果

地震の発生年と名称	イベントメッシュ数(A)	総メッシュ数(B)	A/B(PR-AUCのBL)	PR-AUC	ROC-AUC	順位相関係数
1) 2007年 新潟県中越沖地震	22	3892	0.006	0.033	—	0.055*
2) 2008年 岩手・宮城内陸地震	333	7070	0.047	0.105	—	0.170*
3) 2011年 長野県北部地震	14	1111	0.013	0.024	—	0.095*
4) 2016年 熊本地震	98	80541	0.001	0.014	—	0.051*
5) 2018年 北海道胆振東部地震	1472	11903	0.124	0.209	0.715	0.235*

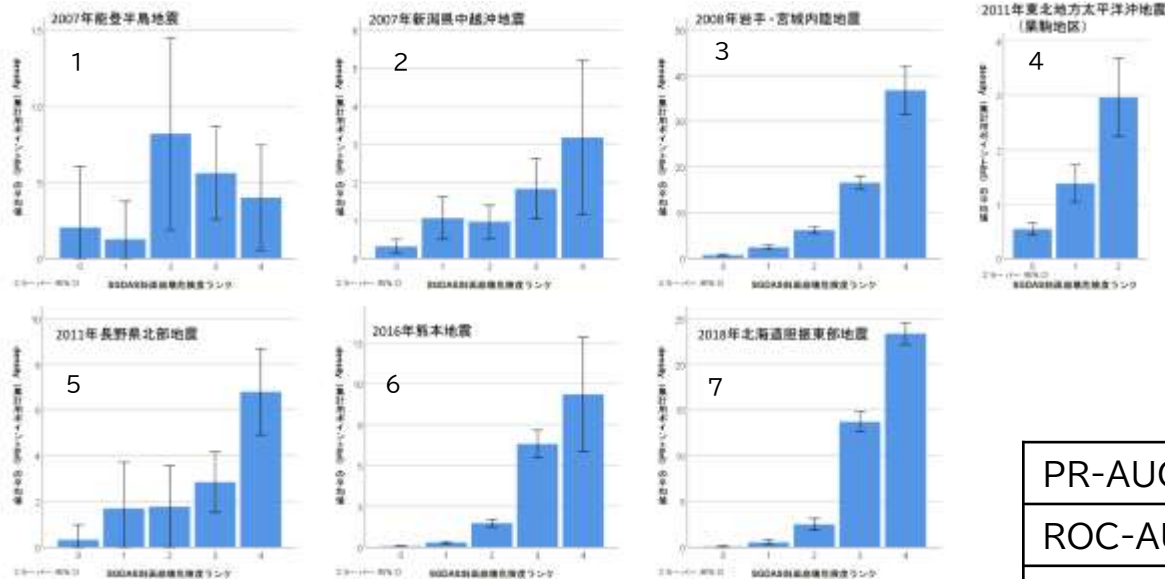
地すべりは、レポートの段階で合成(現SGDAS)ではなく、新SGDASでは推計の段階から斜面崩壊の推計手法に統一する

(岩橋・遠藤, 2023)

推計震度分布図(IXAC40)が保存されている地震について、SGDASのシミュレーション結果を4分の1地域メッシュ(250mメッシュ)既往地震地盤災害のインベントリと比較して求めた統計値。PR-AUCのベースラインBLはA÷B。ROC-AUCはAが1000以上のケースにおいて、BをAと同数ランダムサンプリングして求めた。(ROC-AUCのベースラインBLは0.5)

地震の発生年と名称	イベントメッシュ数(A)	総メッシュ数(B)	A/B(PR-AUCのBL)	PR-AUC	ROC-AUC	順位相関係数
1) 2007年 能登半島地震	66	4713	0.014	0.016	—	-0.022
2) 2007年 新潟県中越沖地震	122	3892	0.031	0.180	—	0.113*
3) 2008年 岩手・宮城内陸地震	1273	7070	0.180	0.510	0.814	0.420*
4) 2011年 東北地方太平洋沖地震 (栗駒地区のみ)	266	6159	0.043	0.102	—	0.157*
5) 2011年 長野県北部地震	113	1111	0.102	0.158	—	0.186*
6) 2016年 熊本地震	1238	80541	0.015	0.101	0.844	0.152*
7) 2018年 北海道胆振東部地震	2753	11903	0.231	0.360	0.752	0.362*

(岩橋・遠藤,2023)



◆ グリッド毎に崩壊密度を当てるほどの精度はないが統計的には有意なケースが大部分

◆ しかし中には、発生可能性推計が適切でないケースがある

斜面崩壊の危険度ランクごとのdensity平均

PR-AUC $\geq$ BL+0.15	2地震/7地震
ROC-AUC $\geq$ 0.8	2地震/3地震
順位相関係数が1%水準で有意(*)	6地震/7地震

◆ 現在の推計手法に内包された課題

課題A: 地形データ

傾斜・曲率の元になっているDEMがDEM10B(等高線ソース)。国土の7割程度の領域では、もっと高精度なDEM(DEM5A)が公開されている。

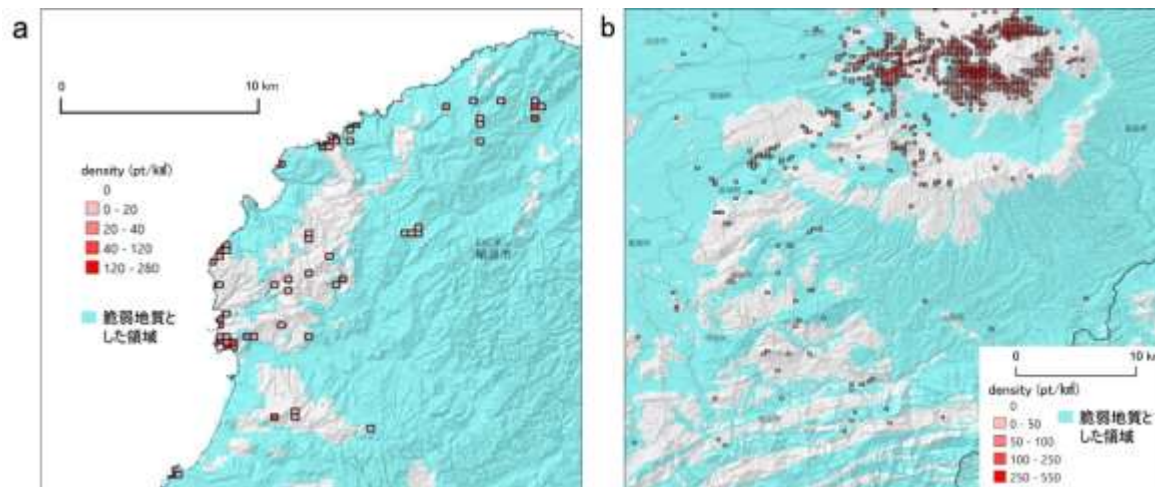
10mDEMによる陰影段彩図の例



LiDARソースのDEM

DEM10B

課題B: 脆弱地質マップ



いくつかの地震では脆弱地質補正によりかえって精度が低下(スライド52)



脆弱地質としなかった領域で多く崩壊が発生したことが、低相関や補正による精度悪化の原因。

2007年能登半島地震(a)※および2016年熊本地震(b)による斜面崩壊の4分の1メッシュインベントリ(一部)と現SGDASにおける「脆弱地質」領域の位置関係

※令和6年能登半島地震については分析中 (輪島西地区については似た傾向、しかし被災範囲が広く崩壊多発域の大半が脆弱地質領域であったことから、脆弱地質マップの影響は全体としては少ない見込み)



## ◆ その他の一般的な課題

### 課題C: 斜面上の未固結層—降下火山碎屑物(テフラ)の有無、土層厚

表層崩壊に於いては大きな素因、しかし広域の調査は不可能でマップは無い。

### 課題D: 事前降雨

間隙水圧が影響する斜面崩壊・地すべりに於いて、事前降雨の影響が「ある」とする仮定は合理的(既往研究あり)。しかし降雨と地震による斜面崩壊の地理空間情報をオーバーレイ分析できる事例は非常に少なく、モデル化が難しい。

### 課題E: 地震動の入力データ

インベントリの領域が半分以上重なっている2008年岩手・宮城内陸地震と2011年東北地方太平洋沖地震(栗駒地区)でSGDASの推計精度にかなり違いがある



地震のタイプの違いによる揺れ方の違いを、震度分布がとらえていない可能性がある。

### 課題A: 地形データ

⇒ より高精度なDEMを利用 (実装済、次頁に効果)

### 課題B: 脆弱地質マップ

⇒ 新たな脆弱地質マップを構築

### 課題C: 斜面上の未固結層—降下火山碎屑物(テフラ)の有無、土層厚

⇒ プロキシ的に利用可能なデータの探索、テフラについての調査と検討

### 課題D: 事前降雨

⇒ 土壌雨量指数、3日～30日間雨量について調査

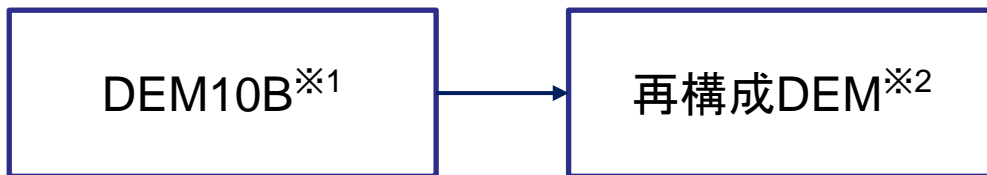
### 課題E: 地震動の入力データ

⇒ 震度・PGA※以外を入力データについて幅広く調査

(※SGDASでは震度をPGAに換算して斜面崩壊の推計に利用している)

## 課題A 地形データ: より高精度なDEMの利用効果

- ◆ 修正六甲式のベースとなる傾斜・曲率を求めるDEMを、より高精度なものに置き換える実験



※1 基盤地図情報標高モデルDEM10B、2.5万分1地形図の等高線がソース。

※2 本研究にてR4年度作成。基盤地図情報標高モデルのDEM5Aを最優先に標高点を再構成し、TIN補間によりDEMを作成した。全体の7割程度がLiDARソースに。

### DEMの差し替え効果 DEM10B→再構成DEM (改修版SGDASに実装)

地震の発生年と名称	PR-AUC	ROC-AUC	順位相関係数
1) 2007年 能登半島地震	0.010 → 0.022	—	-0.022 → -0.032
2) 2007年 新潟県中越沖地震	0.180 → 0.185	—	0.113* → 0.105*
3) 2008年 岩手・宮城内陸地震	0.510 → 0.763	0.782 → 0.806	0.420* → 0.423*
4) 2011年 東北地方太平洋沖地震 (栗駒地区のみ)	0.102 → 0.121	—	0.157* → 0.159*
5) 2011年 長野県北部地震	0.158 → 0.330	—	0.186* → 0.197*
6) 2016年 熊本地震	0.101 → 0.213	0.854 → 0.864	0.152* → 0.150*
7) 2018年 北海道胆振東部地震	0.360 → 0.486	0.746 → 0.756	0.362* → 0.371*

(岩橋・遠藤,2023)

高精度なDEMの利用により全ケースでAUCスコアが改善

R5年5月、改修版SGDASの本運用開始に合わせ、再構成DEMを素材とした地形データに差し替え

PR-AUC $\geq$ BL+0.15	5地震/7地震
ROC-AUC $\geq$ 0.8	2地震/3地震
順位相関係数が1%水準で有意(*)	6地震/7地震

## 現SGDAS

- ◆ 斜面崩壊のみ、20万分の1シームレス地質図v1(産総研)等から設定した脆弱地質マップ(2値のデータ、0/1)で発生可能性にウェイトをかける

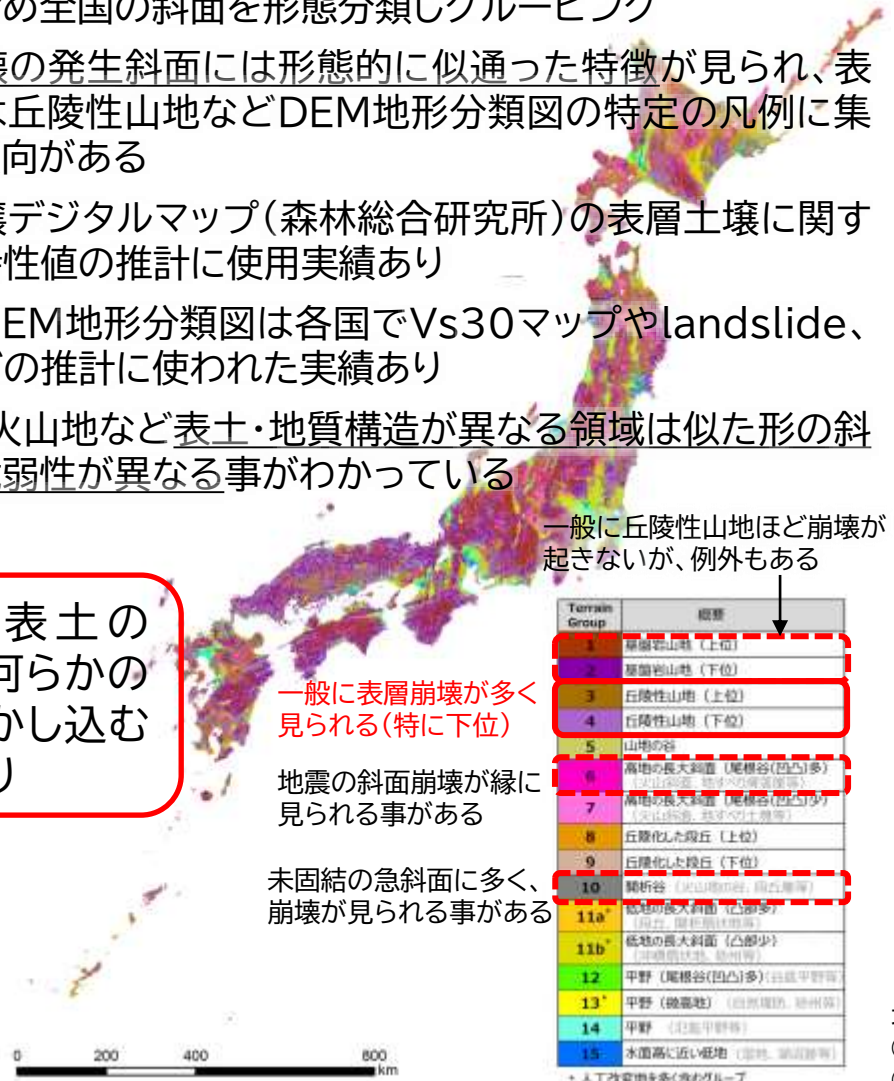
## 新SGDASで想定される手法

- ◆ 斜面崩壊・地すべりを統合した推計手法へ
- ◆ 脆弱地質マップ(0/1) ⇒ 地形・地質ゾーニングマップ(5~6段階を想定)へ
- ◆ 地すべりを統合するため、推計式については幅広く検討する  
国総研土砂災害研究部と連携
- ◆ インベントリデータを用いた統計分析を行い、ゾーン毎に推計式の定数を設定

## 想定される地形・地質ゾーニングマップのフレーム: 30mDEMを用いた地形分類

- ▶ 山地も含め全国の斜面を形態分類しグルーピング
- ▶ 斜面崩壊の発生斜面には形態的に似通った特徴が見られ、表層崩壊は丘陵性山地などDEM地形分類図の特定の凡例に集中する傾向がある
- ▶ 森林土壌デジタルマップ(森林総合研究所)の表層土壌に関する土壌特性値の推計に使用実績あり
- ▶ 同種のDEM地形分類図は各国でVs30マップやlandslide、土壌などの推計に使われた実績あり
- ▶ ただし、火山地など表土・地質構造が異なる領域は似た形の斜面でも脆弱性が異なる事がわかっている

地質や表土の情報を何らかの形で溶かし込む必要あり

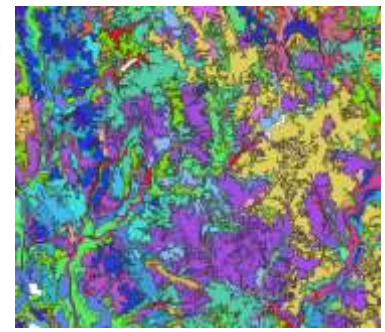
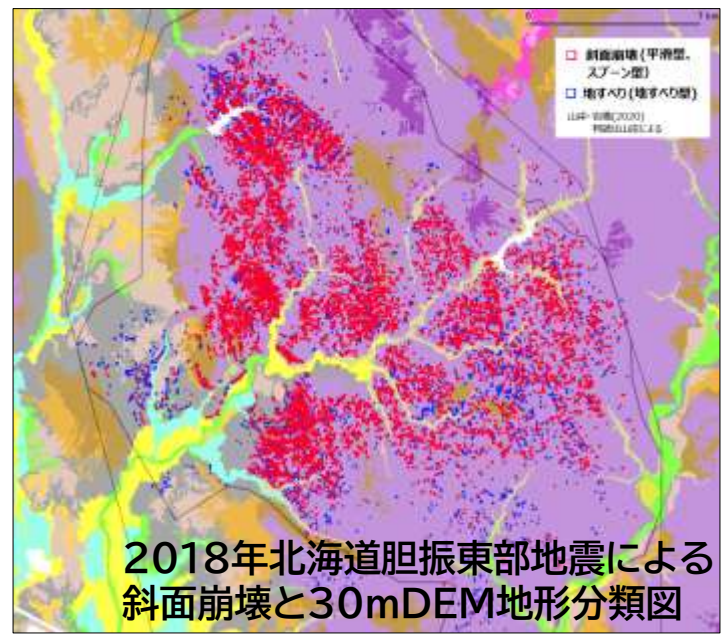


一般に丘陵性山地ほど崩壊が起きないが、例外もある

一般に表層崩壊が多く見られる(特に下位)

地震の斜面崩壊が縁に見られる事がある

未固結の急斜面に多く、崩壊が見られる事がある



原データ(クラスタリング結果)

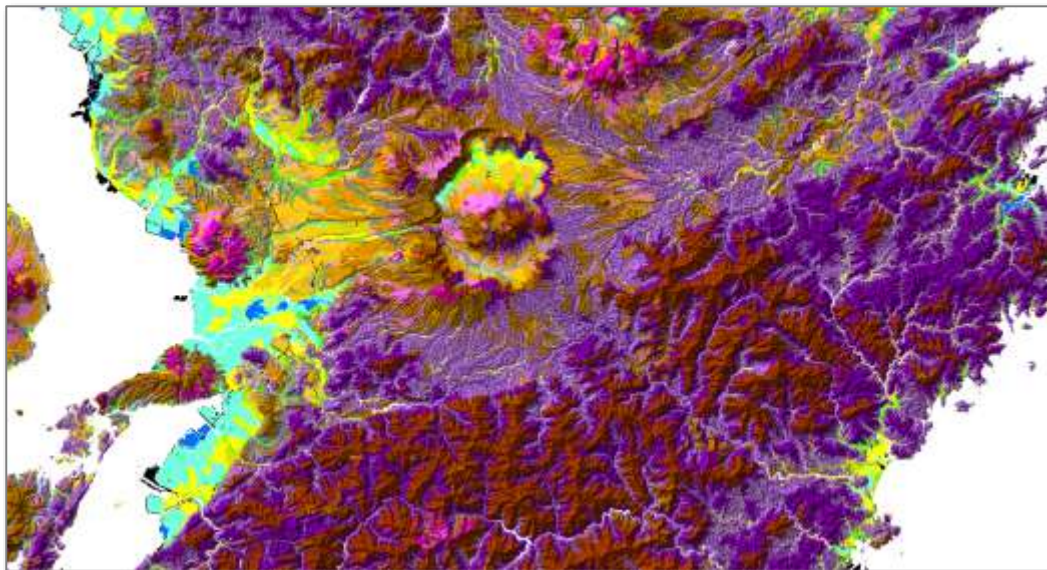
- 地形分類データの作成法(概要)
- ①傾斜とHAND(落水線からの比高)のラスター画像を用いて領域分割
  - ②傾斜・HAND・Texture(尾根谷密度)による40クラスタを作成
  - ③既存の地形分類図・地質図等を参照して整理(グルーピング)
  - ④Convexity(凸部の分布密度)とHANDで一部細分

(Iwahashi et al., 2021: 本データの作成は科研費JP18H00769の助成を受けた)

## 地形・地質ゾーニングマップの作成フロー(計画)

### 30mDEM 地形分類データ

作成済



(例) Iwahashi et al. (2021)の手法で、再構成DEM(本研究にて基盤地図情報からR4年度作成)を用いて作成した地形分類データ

**+** 再分類・整理

産総研 1:200,000シームレス地質図V2、気候や岩盤の節理の状況等による風化の違い、表面の降下火山砕屑物(テフラ)、深層崩壊に関する既往研究等

岩相分類的に凡例を取りまとめた地質図、又は地形分類を細分すべき凡列表  
産総研地質調査総合センターとの共同研究

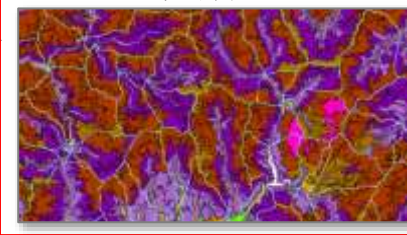
4分の1地域メッシュ  
既往地震地盤災害の  
インベントリ  
作成済

1km単位の集水域(東大生研 山崎大准教授から提供)



国土数値情報の流域界データを修正、取りまとめ(現在のデータは20万分1地勢図から目視で境界が引かれたもの) 作業中

流域界で単位斜面に  
整理した分類データ



公開

4分の1地域メッシュのデータ

クロス集計・AUC      グループ分け・凡例の統合

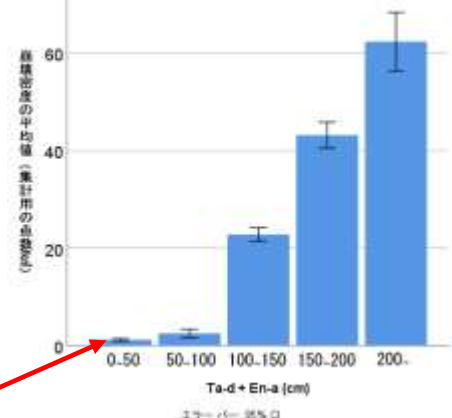
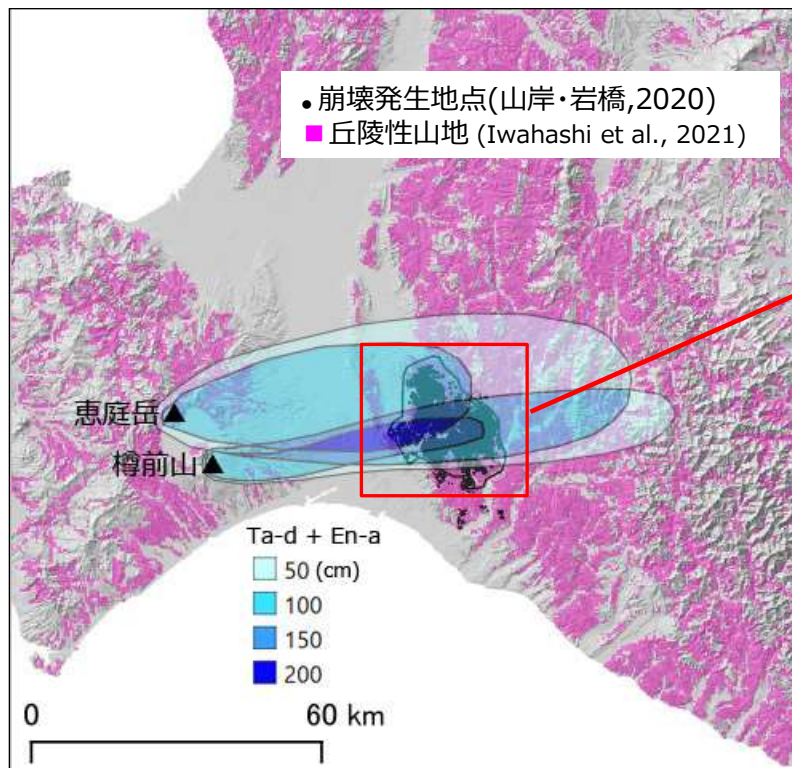
最終成果:4分の1地域メッシュの地形・地質ゾーニングマップ ※5~6段階を想定

SGDASでゾーニングマップとして利用

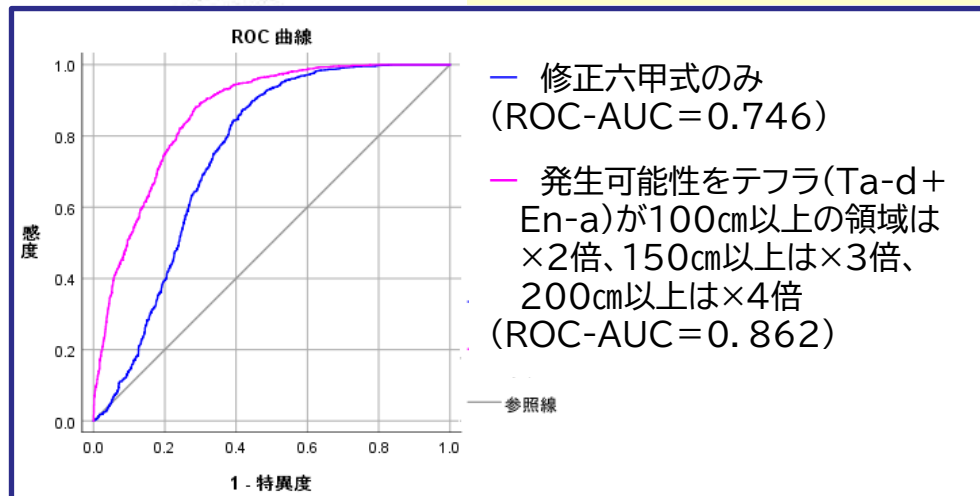
# 斜面崩壊・地すべり—試行中の解決策(課題C:テフラ)

(岩橋ほか,JPGU2022の内容に加筆)

## 2018年北海道胆振東部地震の斜面崩壊とテフラの分布



テフラ層すべりが多く発生した北海道胆振東部地震のケースでは、等層厚線図に基づくテフラ層厚と斜面崩壊の発生密度に明瞭な関係が見られ、重みづけに取り入れるると推計精度が向上する(下図)



等層厚線図(isopach)は町田・新井(2003) ; 古川・中川(2010)による

Ta-d (樽前山の降下軽石・スコリア; 約9千年前) とEn-a (惠庭岳の降下軽石; 約2万年前) がそれぞれ100cm以上で分布する地域、および重複して分布する地域で崩壊が多発 (廣瀬,2020)

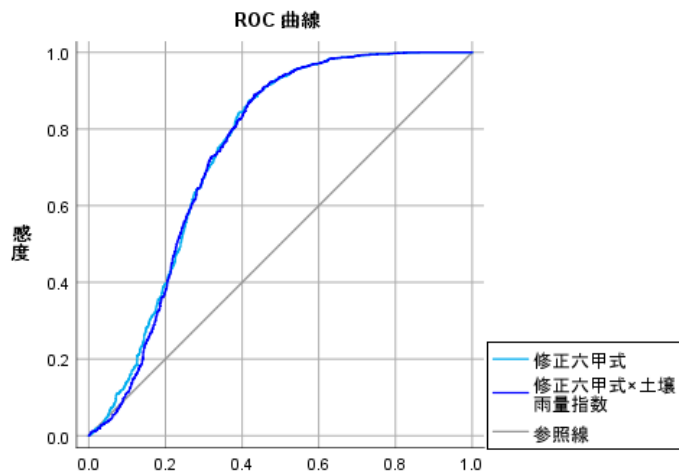
地形・地質ゾーニングマップの中で未固結層の厚みをある程度示唆できないか、土壌図やボーリングデータと合わせて検討中 (森林総研の研究者と連携予定)

しかし、熊本地震のケースでは、個別のテフラ等層厚線と崩壊密度の関係は明瞭でない(テフラがある/無いで地形により異なる程度)

⇒ 既往研究で知られる通り、おそらく西南日本など侵食が激しい地域では等層厚線図が実態と異なり、資料不足

## 土壌雨量指数※と斜面崩壊・地すべりの関係

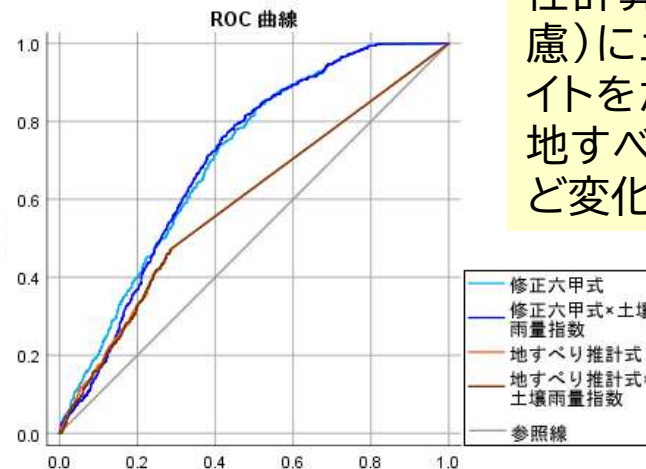
## 2018北海道胆振東部地震



## 斜面崩壊

1 - 特異度

2018年 北海道胆振東部地震	ROC-AUC
修正六甲式	0.742
修正六甲式×土壌雨量指数	0.746



## 地すべり

1 - 特異度

2018年 北海道胆振東部地震	ROC-AUC
修正六甲式	0.706
修正六甲式×土壌雨量指数	0.701
地すべり推計式	0.594
地すべり推計式×土壌雨量指数	0.593

修正六甲式による発生可能性計算値(傾斜・曲率を考慮)に土壌雨量指数でウェイトをかけても、斜面崩壊・地すべり共、AUCにほとんど変化無し

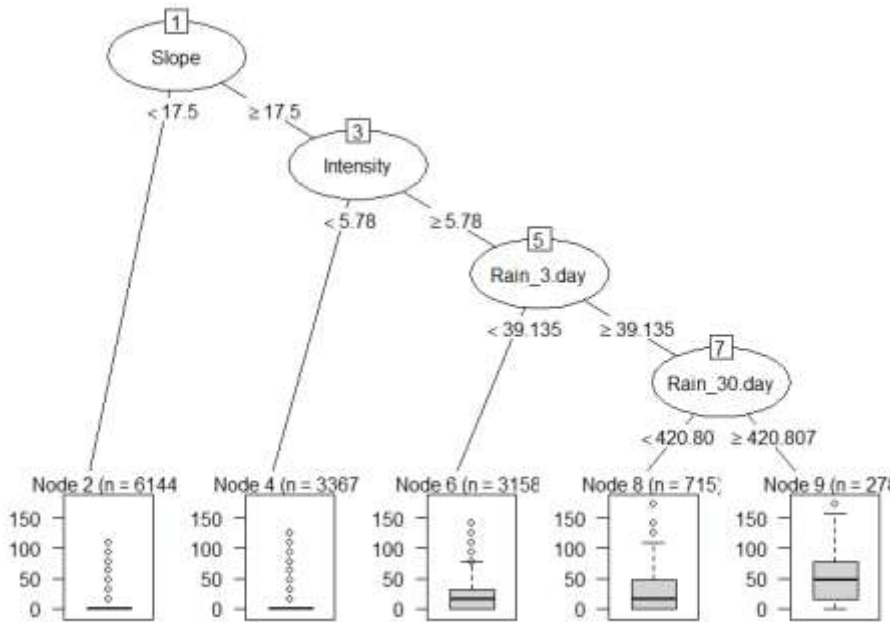
※気象庁において大雨の際の斜面災害の発生推定に用いられている。SGDASでは2012年3月から受信開始(5kmメッシュ)、現状ではサーバの死活監視に利用し推計には使っていない



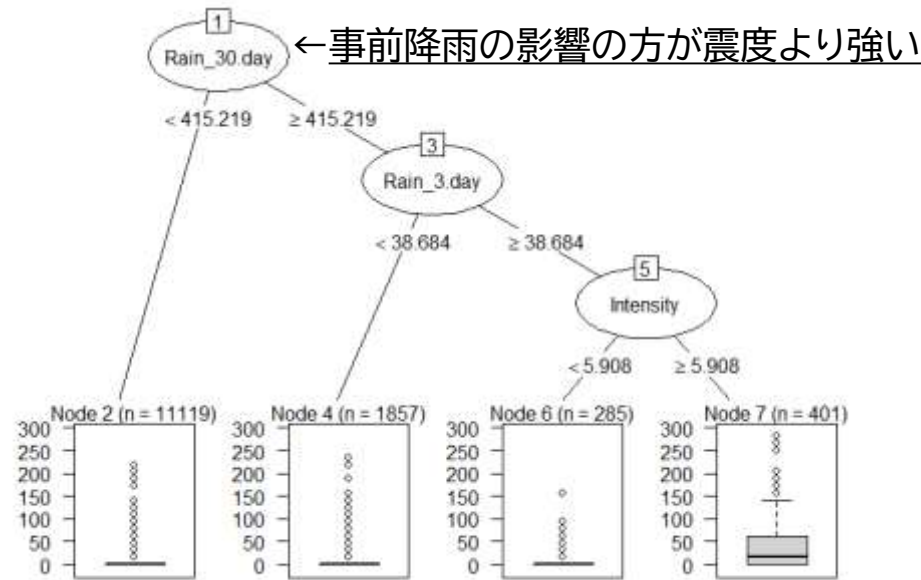
## 2004年中越地震※を対象として、機械学習により3~60日間事前降雨量との関係を調査

※事前降雨が崩壊に寄与した事例が現地調査により発見されている(亀谷ほか,2010)

決定木を用いた地形(傾斜Slope)、地震動(震度Intensity)、先行降雨量(1kmメッシュ、3日間雨量Rain\_3.day、30日間雨量Rain\_30.day)の分析 (Endo and Iwahashi,2024 in press)



斜面崩壊「小」(インベントリでは斜面崩壊に整理)



斜面崩壊「大」(インベントリでは地すべりに整理)

大型のlandslideの方が、事前降雨特に比較的長時間の降雨が影響する可能性

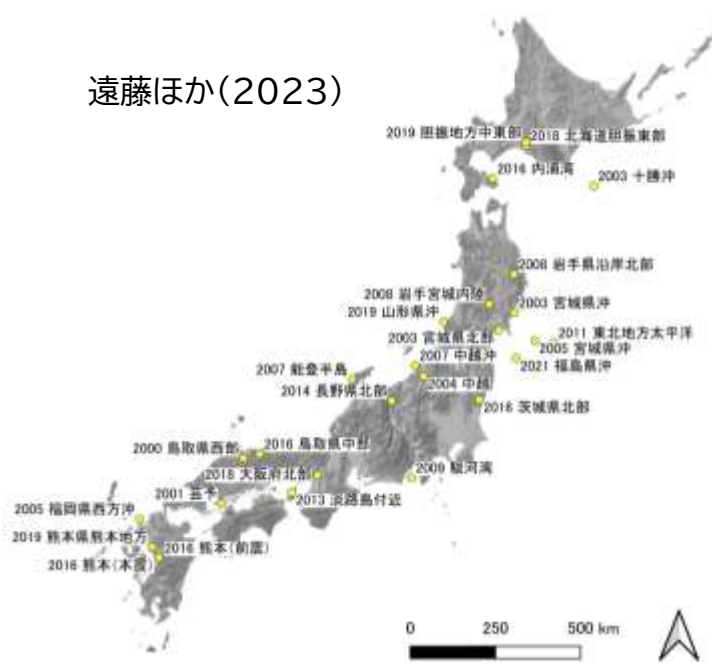
大規模な崩壊が起きうる斜面(ゾーニングマップの作成と合わせて今後推測)については、斜面崩壊の推計手法を基本としつつ、事前降雨による嵩上げを別途考慮する可能性もあり?

引き続き研究中

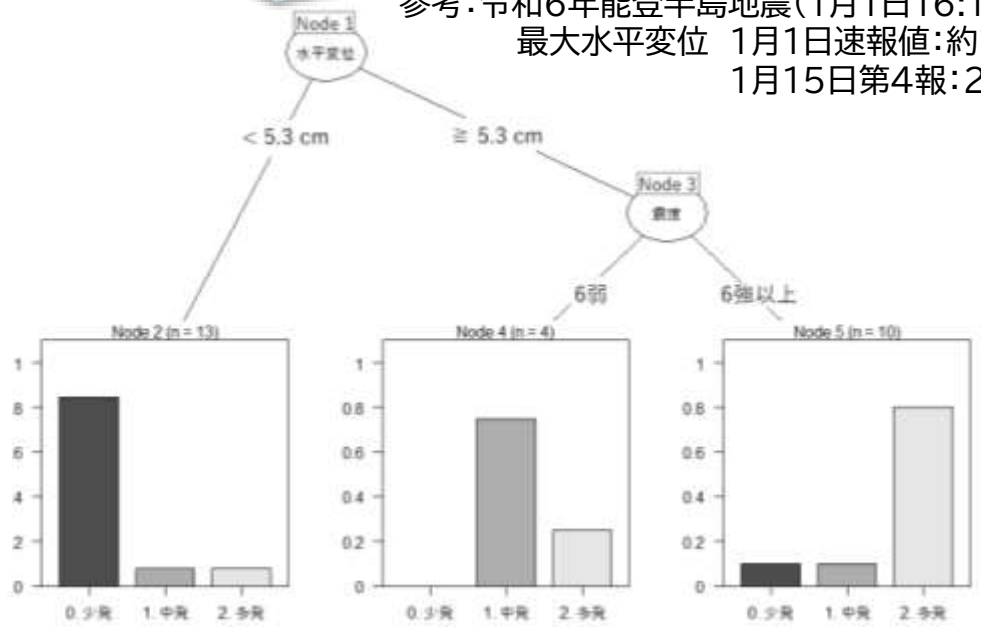
- ◆ 現SGDASで使用している地震動データは推計震度分布。
- ◆ 面的な斜面災害との関係に用いられるのは、震度のほか、最大加速度(PGA)・速度(PGV)が一般的
- ◆ このほか、地殻変動とも相関があることが示唆(遠藤ほか, 2023など)

27の既往地震の土砂災害報告の多寡について、決定木を用いた分析では、最大水平変位、震度、(加速度)の順に寄与が大きい(遠藤ほか, 2023)

遠藤ほか(2023)



参考: 令和6年能登半島地震(1月1日16:10、震度7)  
 最大水平変位 1月1日速報値:約1.3m  
 1月15日第4報:202.0cm



・REGARDの最大水平変位+震度の情報から、土砂災害の多寡を推定できる可能性  
 ・地震直後に、GEONETあるいはK-net/Kik-netから水平変位量を即時に求めることができれば、それを斜面崩壊の入力データとして利用できる可能性

引き続き研究中

## 1) 推計精度向上に向けた実施内容

1. 規格を統一したインベントリマップ(災害実績マップ)データセットの作成と定量的評価手法の考案
2. 定量的評価によって課題とその原因を特定、原因を解消する解決策の考案、解決策を実施した効果の確認
  - 斜面崩壊・地すべり
  - 液状化

## 2) 伝わるレポート・安定した配信に向けた実施内容

1. 安定した運用が可能な改修版SGDASの構築
2. ユーザアンケート及びヒアリング、結果を受けた推計結果閲覧用Webサイト構築

推計震度分布図(IXAC40)が保存されている地震について、SGDASのシミュレーション結果を4分の1地域メッシュ(250mメッシュ)既往地震地盤災害のインベントリと比較して求めた統計値。

※2~4の原データが地域メッシュのためdensityは分析に用いない。そのため相関係数は省略。

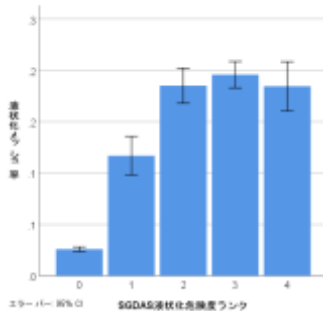
※一部の凡例の細分に傾向面傾斜と比高が使われているが、DEMの差し替え効果はほとんどない。

(岩橋・遠藤,2023)

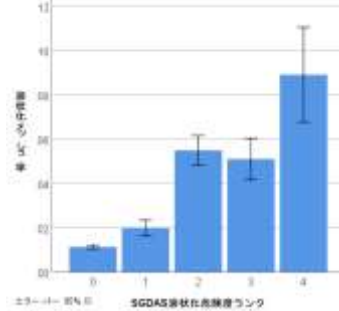
地震の発生年と名称	イベントメッシュ数(A)	総メッシュ数(B)	A/B(PR-AUCのBL)	PR-AUC	ROC-AUC
1) 2007年 新潟県中越沖地震	134	3892	0.034	0.113	—
2) 2016年 熊本地震	1898	27442	0.069	0.107	0.751
3) 2016年 鳥取県中部地震	78	5460	0.014	0.053	—
4) 2018年 北海道胆振東部地震	1171	68836	0.017	0.028	0.644

↑  
斜面崩壊と比べて低い

2016年熊本地震



2018年北海道胆振東部地震



液状化の発生可能性ランクごとのexistence平均

$PR-AUC \geq BL+0.15$	0地震/4地震
$ROC-AUC \geq 0.8$	0地震/2地震

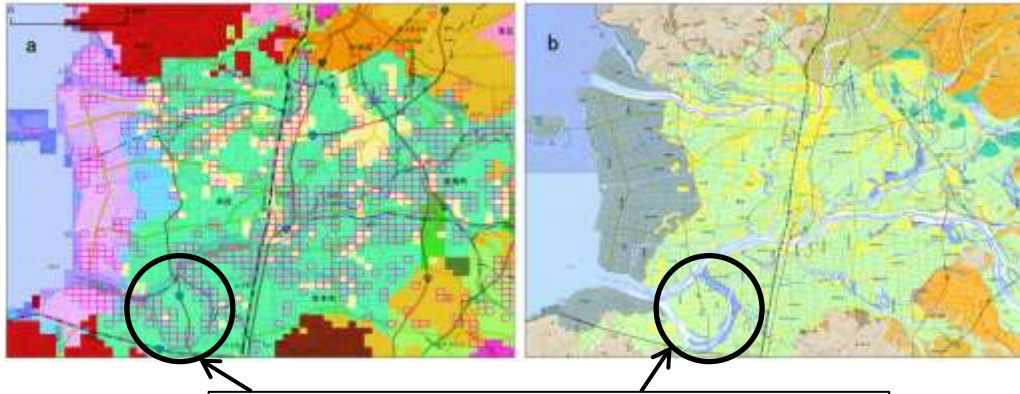
全体に、推計精度が斜面崩壊より低い

※令和6年能登半島地震については分析中

## ◆ 一般的な課題

## 課題A: 地形分類図

震度-危険度対応表のベースとなる地形分類図に改善の余地(旧河道の表現など)



熊本平野の2016年熊本地震による液状化発生メッシュ(ピンクの矩形;若松ほか, 2017)とSGDASで利用されている地形分類図(若松・松岡, 2009)(a), ベクトルタイル「地形分類(自然地形)」(地理院地図)(b).

(a)の薄黄色:自然堤防, 灰色:旧河道.  
(b)の黄色:自然堤防, 青色:旧河道.

(岩橋・遠藤, 2023)

液状化が起きたメッシュが旧河道に沿っているが現在使っている地形分類図には描画されていない

## ◆ 特定の地域に関する課題

## 課題B: 地下水位の高い火山地

火山斜面はすべて発生可能性0となっているが、2016年熊本地震では比較的勾配のある火山斜面でも多くの液状化が発生

## 課題C: 大規模盛土地

特に火山灰質砂質土を素材とした谷埋め盛土での被害が目立つことが報告されている(中村ほか, 2012;山下ほか, 2019)

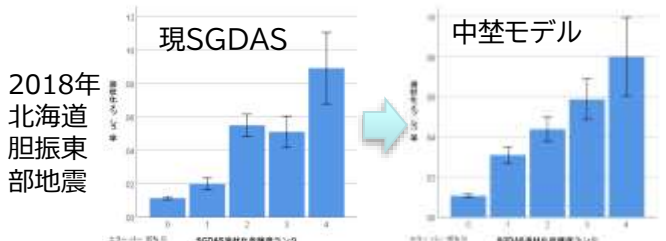
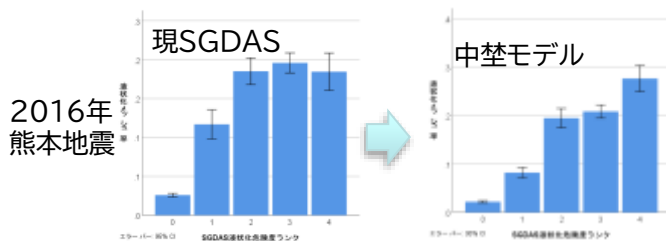
課題A: 地形分類図 ⇒ (解決策)地形区分の描画がより正確な地形分類図を利用

J-SHIS map微地形区分2020年版(若松・松岡,2020)の利用を想定した案 (中埜モデル)

(国土地理院令和3年度調査研究年報)

震度	山地 丘陵 火山地 火山性丘陵 山麓地 火山山麓地 礫・岩礁 水域※1	岩石台地	扇状地 砂礫質台地 ローム台地 砂丘 谷底低地	扇状地※2	自然堤防※3 砂州・砂礫洲 後背湿地 谷底低地※2 河原	干拓地 三角州・海岸低地 自然堤防	砂丘※4 砂州・砂丘間低地 埋立地 旧河道
7	0	1	2	3	4	4	4
6強	0	0	1	2	3	4	4
6弱	0	0	0	1	2	3	4
5強	0	0	0	0	1	2	3
5弱	0	0	0	0	0	1	2

※1河道, 湖沼, 沿岸海域 ※2傾向面勾配1/100未満(付かない同じ凡例は1/100以上) ※3比高5m以上 ※4低地に接する砂丘のへりの場合



液状化の発生可能性ランクごとのexistence平均

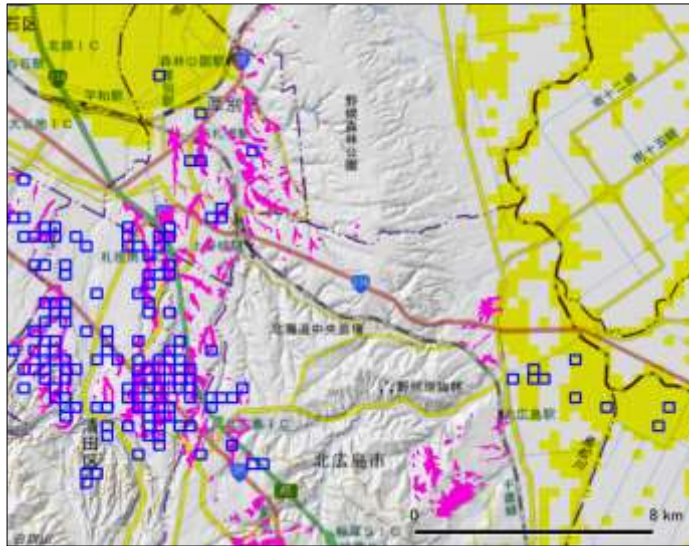
差し替え効果 現SGDAS→中埜モデル

地震の発生年と名称	PR-AUC	ROC-AUC
2016年 熊本地震	0.107 → 0.216	0.751 → 0.780
2018年 北海道胆振 東部地震	0.028 → 0.044	0.644 → 0.653

(Iwahashi et al., 2024 in print)

R5年度中に中埜モデルに差し替え

# 液状化一試行中の解決策(課題C:大規模盛土地)

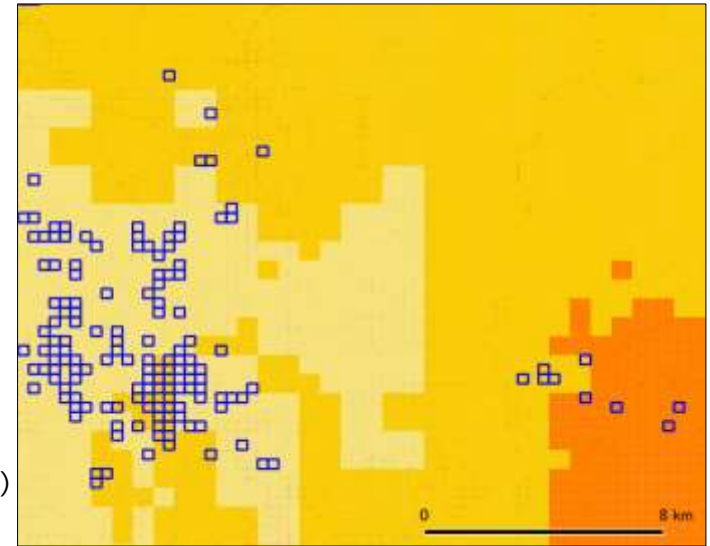


大規模盛土造成地  
(国土交通省・国土地理院)

液状化が発生したメッシュ  
(先名・小澤,2019; 先名ほか,2021)

液状化危険度(胆振モデル)  
1

(2018年北海道胆振東部地震、札幌市清田区付近)



震度分布

4 5弱 5強

- ◆ 2018年北海道胆振東部地震における大規模盛土を含むメッシュの液状化率は、谷埋め盛土で12%と高く中埜モデルの最も脆弱なグループ(5.7%)より高い。
- ◆ 盛土の液状化が多発した札幌市清田区の震度は4~5弱であり、しかも震度4の領域の方が液状化率が高い。
- ◆ 人工地形の脆弱性は素材に依る所が大きく、振れ幅が大きいですが、微地形から素材を推測することはできない

レポートでの表現について検討中



大規模盛土が面積の過半を占めるメッシュ

## 1) 推計精度向上に向けた実施内容

1. 規格を統一したインベントリマップ(災害実績マップ)データセットの作成と定量的評価手法の考案
2. 定量的評価によって課題とその原因を特定、原因を解消する解決策の考案、解決策を実施した効果の確認
  - 斜面崩壊・地すべり
  - 液状化

## 2) 伝わるレポート・安定した配信に向けた実施内容

1. 安定した運用が可能な改修版SGDASの構築 →スライド12・13
2. ユーザアンケート及びヒアリング、結果を受けた推計結果閲覧用Webサイト構築



## 1) 推計精度向上に向けた実施内容

1. 規格を統一したインベントリマップ(災害実績マップ)データセットの作成と定量的評価手法の考案
2. 定量的評価によって課題とその原因を特定、原因を解消する解決策の考案、解決策を実施した効果の確認
  - 斜面崩壊・地すべり
  - 液状化

## 2) 伝わるレポート・安定した配信に向けた実施内容

1. 安定した運用が可能な改修版SGDASの構築
2. ユーザアンケート及びヒアリング、結果を受けた推計結果閲覧用Webサイト構築

## 概要

【実施時期】 令和4年10月～11月

【調査対象】 SGDASの配信先である地方自治体、地方整備局等

### 【調査内容】

- 災害時におけるSGDASの活用について
- 被害想定図や防災訓練におけるSGDASの活用について(※地方自治体のみ)
- SGDASへの意見・要望等

### 【回答件数】

- 22都県1政令市(29部署)
- 6地方整備局等(7部署)

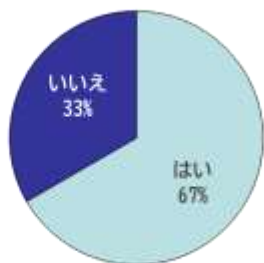
【ヒアリング】 2県、1地方整備局

(※アンケート調査・防災訓練への対応は、研究管理課、地方測量部の支援を受けた)

(回答例)

【実施時期】令和4年10月～11月

2019年6月以降に、地震による災害対応を行いましたか？



(N = 29)

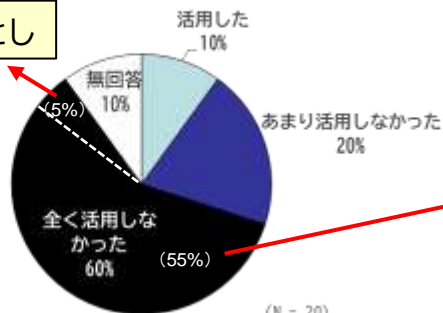
※同一の都道府県または地整の複数部署からの回答は、1部署でも対応を行ってれば、「はい」にカウントした。

6～7割が  
災害対応を実施

災害対応を行った際に、SGDASの推計結果を使いましたか？

※質問1-1で「はい」と回答した都道府県/地整等を対象

メールの見落とし



(N = 20)

※同一の都道府県または地整の複数部署からの回答は別々にカウントした。

- ・SGDAS配信されず(最大震度5弱以下)
- ・小規模地震で、具体的な対応が無し

## 実際の活用例

地方整備局：SGDASのレポートを防災当番で災害対応職員に周知。SGDASの推計結果を防災ハリのルート設定に利用。

県：土砂災害警戒区域の点検のルート設定に利用。

→確率論的マップであるSGDASレポートの性質に沿った俯瞰的な使い方がされている

【実施時期】令和4年10月～11月

## 自由記述欄やヒアリングでの主な意見

- ◆ ウェブサイトに過去の推計結果を含めてマップ掲載して欲しい(複数)
- ◆ GISデータを提供して欲しい(複数。ベクトルデータの希望も)
- ◆ 過大評価より見落としが問題 (ヒアリングの2県、1地方整備局から)
  - ・一般的に地方自治体では震度5弱以上での全施設点検がルーチンとなっており(基準は各自治体による)、過大評価より見落としが問題との意見
  - ・地方整備局から、空振りがあっても良いのですぐ傾向を見たいとの意見
- ◆ 高解像度にはこだわらない  
高解像度に越したことはないが、地図の見やすさ、配信の迅速性の方を重視
- ◆ 防災訓練に使いたい  
想定地震の地震データを用いた地盤災害の推計結果を活用する必要性を3割の回答者が言及

## アンケート・ヒアリング結果を受けて:

- ◆ 推計結果を閲覧・ダウンロードできる固定URLのウェブサイト整備の必要性  
⇒R5着手済(作成中)



(イメージ)

ID	名称	想定被害総額(億円)	想定被害総額(千円)	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作
00000000000000000000	山形県山形市	100	10000000000	操作

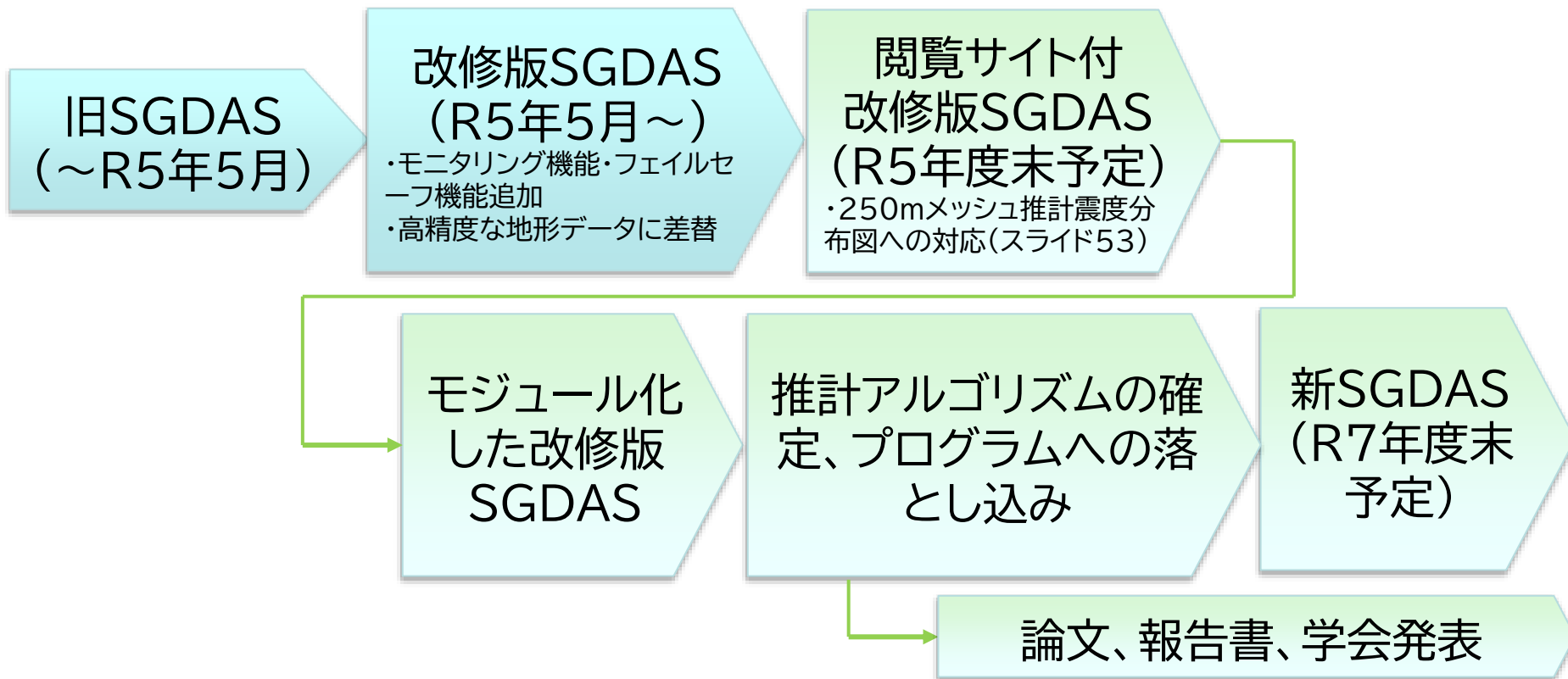
- ◆ 依頼があれば精度や使い方に関する注意を連絡の上シミュレータ利用  
⇒R4年以降、SGDASのシミュレーション結果を国土交通省や地方整備局の防災訓練に提供



SGDASによる情報伝達訓練  
(令和5年大規模津波防災総合訓練(令和5年11月11日、於 愛知県名古屋市))

- ◆ 解像度は? ⇒即時性が重要であること、確率論的マップであること、ユーザから強い要望が無いことから、現状のまま(≧250mメッシュ)とする

# 今後の実施内容(概要)・残された課題



## 【現時点で残された課題】

- ◆ 地形・地質ゾーニングマップの完成とそれに合わせた斜面崩壊の新しい推計式
- ◆ 地すべりの推計は斜面崩壊の推計と完全に統合する(地形・地質ゾーニングマップによって小型の斜面崩壊と式の定数を分けるにとどめる)か、それとも事前降雨を加えて分岐させるか
- ◆ 地下水の豊富な火山地域を考慮し、かつ普遍性を持つ液状化の推計モデル
- ◆ 液状化の推計レポートに大規模盛土地をどのように取り入れるか

# 補足資料

# 本発表時点での斜面崩壊の推計手法(小型のlandslide)

急勾配(特に凸型斜面)なら発生可能性ランクが高くなる。脆弱地質とされる領域ならさらに高くなる。

- 多くの地震で検証されている六甲式(内田ほか 2004; 1995年兵庫県南部地震における経験式)を採用。
- 実効上は、六甲式のトゥルースデータの範囲等を考慮しながら、「震度6強以上では常に崩壊」、「傾斜43度以上では常に崩壊」という短所をなくす式を使用(修正六甲式)。
- 脆弱な地質の場合は、20万分の1シームレスV1(産総研)等を素材にした脆弱地質マップを利用し、危険度計算値を2倍(最終的に発生可能性ランクが1段階up)

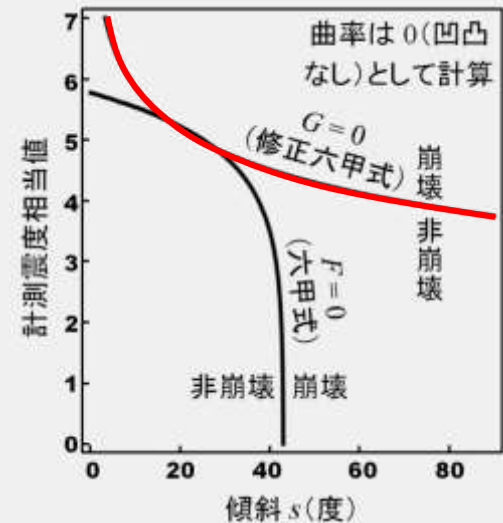
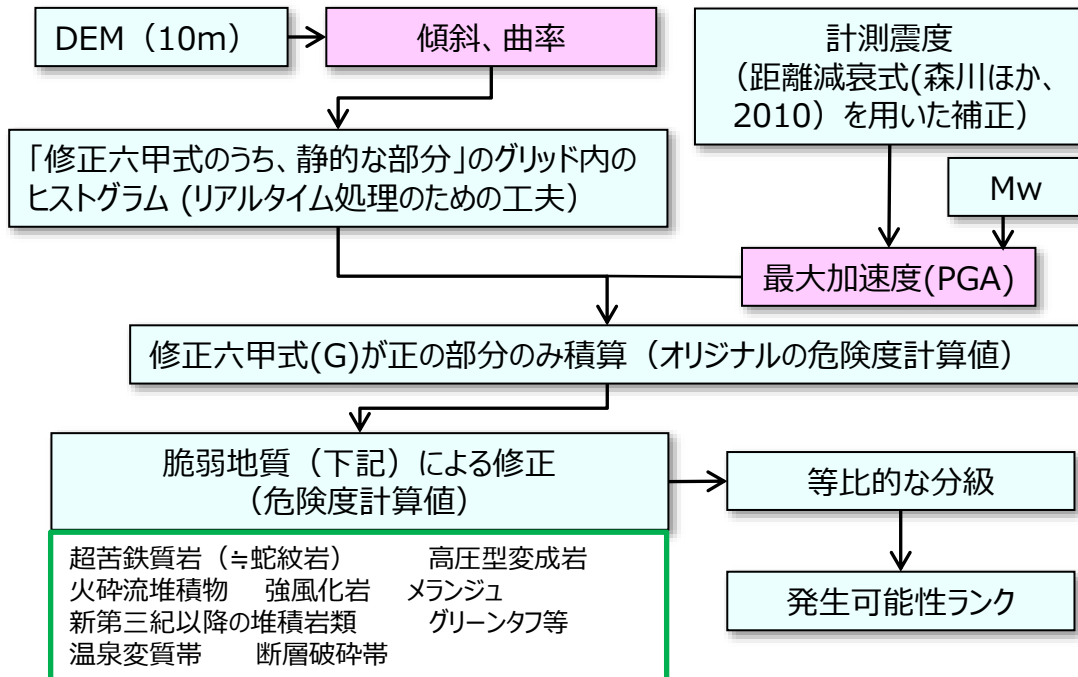
**修正六甲式 (神谷ほか, 2012)**

$$G = 3.93 \log a + \frac{4.38 \log(s - 119c) - 15.27}{}$$

静的な部分(地震前に計算可能)

s 地表面の傾斜 (度)  
c 地表面の平均曲率 (m<sup>-1</sup>)  
a 最大加速度 (gal)

判別分析では  
正 : 崩壊  
負 : 非崩壊



- 兵庫県南部地震の斜面崩壊は、湧水時の冬季に、花崗岩質の山地で発生
- 六甲式は10mDEMを用いて作成された



# 本発表時点での地すべりの推計手法(大型のlandslide)

近隣に既存地すべりがあって1つながりの地質なら発生可能性が高くなる。(※傾斜等、微地形のデータは使わない)

- 地質や、岩盤の構造(受け盤・流れ盤、節理等;全国的なデータは無い)の影響が強く難解な、大型のlandslideを推計しようとする独自の取り組み。
- 元々地すべりが多い地域で、地すべりが発生しやすい地質かつ、震度6弱以上の領域で発生、という既存の知見に基づいている。
- 地質図は20万分の1シームレス地質図V1(産総研)を集約したデータを利用。
- 地すべり地形分布図(防災科学技術研究所)の地すべり土塊のポリゴンデータから、地すべりの確からしさのウェイトをかけた上で下記のアルゴリズムで推計。

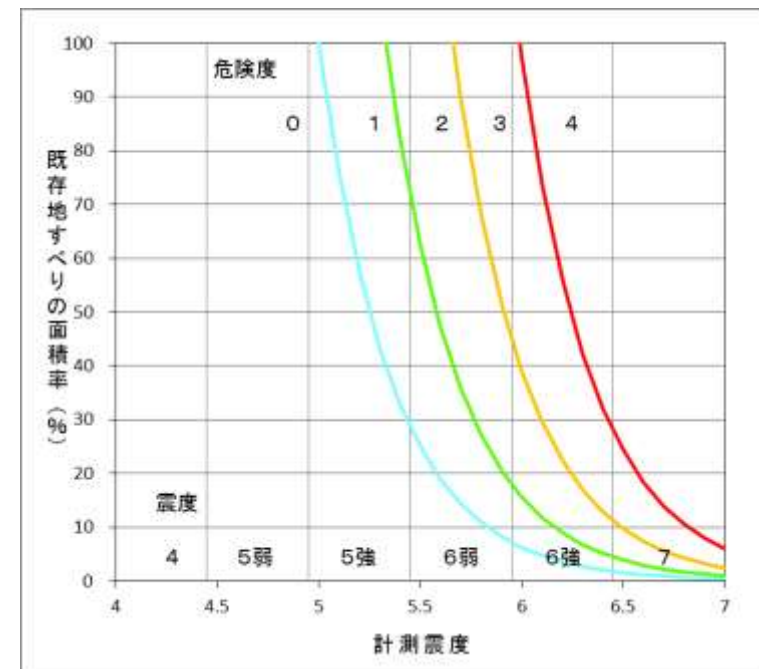
神谷(2013), 神谷ほか(2014)

ガウスフィルタを用いて地すべりの面積率を計算  
(同一地質の場合はフィルタの大きさを1km、異なる場合は500m)

地すべりの危険度計算値  $R = \frac{\log(\text{面積率})}{\log(2.5)} + \frac{(\text{震度} - 5.0)}{0.33} + 1$

※Rの定数項は2008年岩手・宮城内陸地震による経験値

Rの整数部分をとって0~4に分級(発生可能性ランク)



- ◆ 「地震時地盤災害推計システム(SGDAS)改良にあたっての斜面災害の判定方法の改良のための連携関係構築に関する協定書(令和3年2月～)」に基づき国土政策総合研究所土砂災害研究部と定期的に情報共有会議を実施、斜面崩壊の推計式改良に向けて連携中
- ◆ 共同研究「斜面災害リスク評価のためのマップ作成に関する研究」(令和5年度～8年度)に基づき産総研地質調査総合センターと地形・地質ゾーニングマップ作成に向けて共同研究中
- ◆ 東京大学生産技術研究所の研究者と共同で全国集水域データ作成中(令和5年度～)
- ◆ 森林総研の研究者と土壌・土層厚に関して連携を予定
- ◆ リアルタイム推計システムを保有するイタリアIRPIとウェブワークショップ開催(イタリア、ベトナム、インド、カナダなど10か国50名の研究者が参加)(令和3年度)
- ◆ キルギス共和国緊急事態省関係者にSGDAS紹介(令和5年度)

# 本研究に利用した各地震の諸元および災害実績図のソース情報

(「-」はデータ無し又は現時点で研究に利用せず)

発生日月	地震名または気象庁による震央地名※1	地震の規模(最大震度/マグニチュード)	地震のタイプ	斜面崩壊・地すべりの災害実績図	液状化の災害実績図
1995.1.17	平成7年兵庫県南部地震	7/Mj7.3	内陸断層型・逆断層	-	若松(2011)
2004.10.23	平成16年新潟県中越地震	7/Mj6.8	内陸断層型・逆断層	国土地理院(2005)	-
2007.3.25	平成19年能登半島地震	6強/Mj6.9	内陸断層型・逆断層	国土技術政策総合研究所土砂災害研究部より提供	-
2007.7.16	平成19年新潟県中越沖地震	6強/Mj6.8	内陸断層型・逆断層	国土地理院(2007)	国土地理院(2007)
2008.6.14	平成20年岩手・宮城内陸地震	6強/Mj7.2	内陸断層型・逆断層	国土地理院(2009)	-
2011.3.11	平成23年東北地方太平洋沖地震	7/Mj9	海溝型・逆断層	国土技術政策総合研究所土砂災害研究部より提供(栗駒山麓のみ)	-
2011.3.12	長野県北部	6強/Mj6.7	内陸断層型・逆断層	国土技術政策総合研究所土砂災害研究部より提供	-
2016.4.16	平成28年熊本地震	7/Mj7.3	内陸断層型・横ずれ断層	Sakai et al. (2022)(カルデラ内) <sup>※2</sup> , 防災科学技術研究所(2016)(カルデラ外)	若松ほか(2017) <sup>※4</sup>
2016.10.21	鳥取県中部	6弱/Mj6.6	内陸断層型・横ずれ断層	-	先名・小澤(2019), 先名ほか(2021) <sup>※4</sup>
2018.9.6	平成30年北海道胆振東部地震	7/Mj6.7	内陸断層型・逆断層	山岸・岩橋(2020) <sup>※3</sup>	先名・小澤(2019), 先名ほか(2021) <sup>※4</sup>

※1 簡易表記として以後、西暦で揃えて2007年能登半島地震、2016年鳥取県中部地震等と記す。

(岩橋・遠藤, 2023に加筆)




※2 オルソ空中写真と解像度1mの航空レーザ測量DEMの画像処理図が判読に利用された。

※3 判読は山岸による。空中写真(地理院地図)の他、北海道水産林務部による発災後の解像度2mの航空レーザ測量DEMを基にした地貌図(CBZ(株)シン技術コンサル変換・作成)の判読により作成された。なお、※2※3以外の斜面崩壊・地すべりの災害実績図は、基本的に空中写真判読によって作成されたと考えられる。

※4 防災科学技術研究所からJ-SHIS Labsにて公開されている液状化履歴地図(<https://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/liqmap/>)として4分の1地域メッシュ単位で取りまとめられたGISデータを利用した。判読範囲については、判読に使用された地理院地図のオルソ画像等の範囲や、地域メッシュの領域から推測した。

・災害実績図はいずれも岩橋ほか(2022)の手法により4分の1地域メッシュ(約250m四方)インベントリに集約して使用した。

脆弱地質マップの利用効果 脆弱地質補正あり→無し(カッコ内はDEM差し替え後)

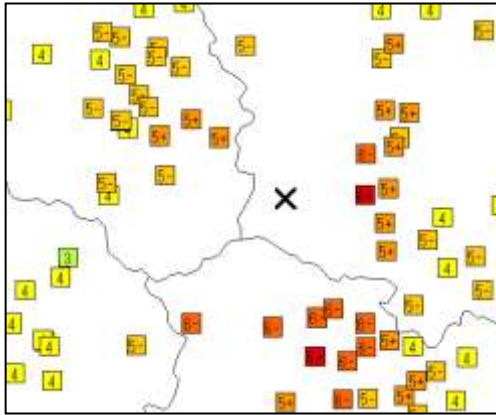
地震の発生年と名称	PR-AUC	ROC-AUC	順位相関係数
1) 2007年 能登半島地震 	0.016 → <b>0.037</b> (0.022 → 0.130)	—	-0.022 → <b>0.064</b> (-0.032 → 0.071)
2) 2007年 新潟県中越沖地震 	<b>0.180</b> → 0.147 (0.185 → 0.195)	—	<b>0.113</b> → 0.095 (0.105 → 0.116)
3) 2008年 岩手・宮城内陸地震	<b>0.510</b> → 0.439 (0.763 → 0.736)	<b>0.814</b> → 0.782 (0.815 → 0.806)	<b>0.420</b> → 0.374 (0.423 → 0.405)
4) 2011年 東北地方太平洋沖地震 (栗駒地区のみ)	<b>0.102</b> → 0.094 (0.121 → 0.123)	—	<b>0.157</b> → 0.137 (0.159 → 0.158)
5) 2011年 長野県北部地震	<b>0.158</b> → 0.142 (0.330 → 0.269)	—	<b>0.186</b> → 0.065 (0.197 → 0.088)
6) 2016年 熊本地震 	0.101 → <b>0.187</b> (0.213 → 0.365)	0.844 → <b>0.854</b> (0.839 → 0.864)	0.152 → <b>0.156</b> (0.150 → 0.159)
7) 2018年 北海道胆振東部地震	<b>0.360</b> → 0.353 (0.486 → 0.486)	<b>0.752</b> → 0.746 (0.757 → 0.756)	<b>0.362</b> → 0.351 (0.371 → 0.370)

×明らかに脆弱地質補正が逆効果になっているケース  
 △使用するDEMによっては脆弱地質補正が逆効果になるケース

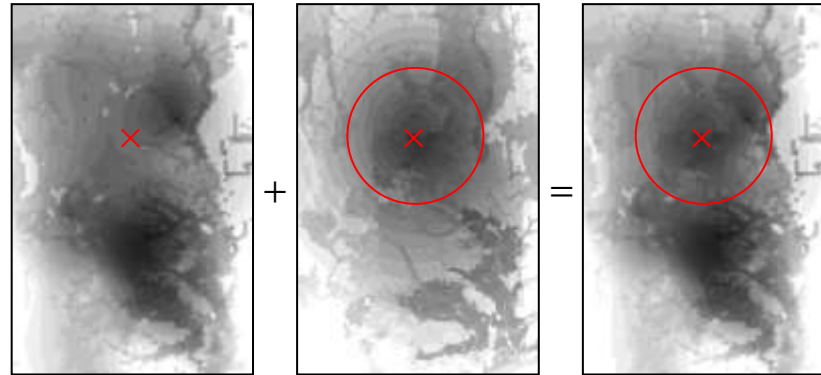
(岩橋・遠藤,2023)

# 250mメッシュ推計震度分布図への対応

SGDASで使用していた1kmメッシュ推計震度分布図は、地震計の分布によっては震央付近の震度が過小に評価されるため、距離減衰式を用いて補正している。

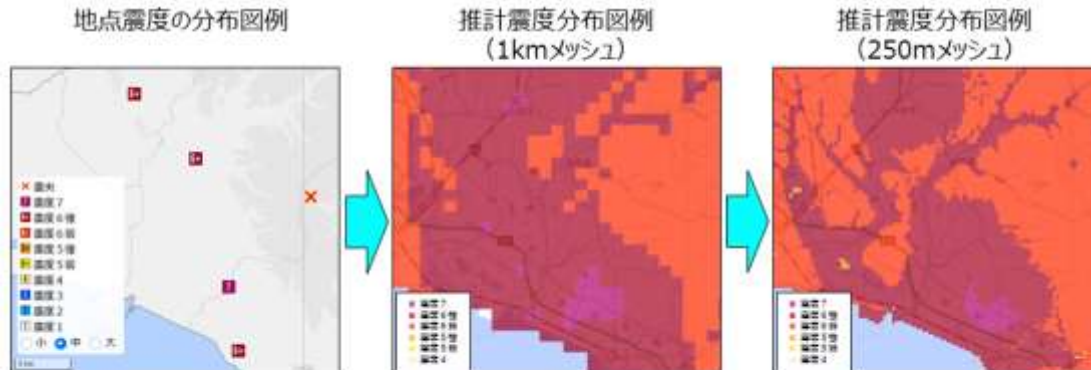


岩手・宮城内陸地震の例



推計震度分布図 + 距離減衰式 = 計測震度の補正結果  
震源付近(赤丸)の震度のみが補正される

2023年2月より距離減衰式を取り入れて計算した250mメッシュ推計震度分布図の提供が開始されたため、対応し(2月半ば完了予定)、距離減衰式の補正工程は省略



平成16年3月1日～  
令和5年1月31日

令和5年2月1日～

(気象庁HP)

神谷ほか(2012):地震による斜面崩壊危険度評価判別式「六甲式」の改良と実時間運用. 写真測量とリモートセンシング, 51(6), 381-386.

神谷(2013):地震時の地盤災害のリアルタイムの予想. 第42回国土地理院報告会, <https://www.gsi.go.jp/common/000081660.pdf>

神谷ほか(2014):地震時地盤被害予想システムの構築. 国土地理院時報, 126集, 61-66.

中埜・大野(2018):地震時地盤災害推計システム(SGDAS)の妥当性の検証. 国土地理院時報, 130集, 51-68.

岩橋・遠藤(2022):地震時地盤災害推計装置(SGDAS)の推計結果の定量的検証について. 国土地理院時報, 136集, 33-43.