# SGDAS の推計精度向上に関する研究（第 1 年次）

実施期間　　令和 3 年度～令和 7 年度
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　遠藤　涼
中埜　貴元　大野　裕幸

## 1. はじめに

SGDAS（地震時地盤災害推計システム）は，地盤災害（斜面崩壊，地すべり，液状化）の発生地域と発生可能性を，震度と地形等の地理的特性から自動的に推計するシステムである（神谷，2013；神谷ほか，2014）．具体的には，気象庁の推計震度分布図をトリガー情報として利用し，地震発生から概ね 15 分以内に推計を行い，レポートを災害対応関係者に配信している．国土地理院は，令和元年（2019 年）6 月に正式に SGDAS の運用を開始し，配信先は，国土交通省内のみならず他省庁・地方自治体を含む．令和 3 年度は，3 月 22 日時点までで，震度 5 強以上の地震が 8 回発生したが，推計震度分布図が気象庁から配信されなかった 1 ケースを除き，いずれのケースについても災害対応関係者に推計結果を配信している．その他，配信訓練が 2 回行われた．

しかし，本システムは開発年次が平成 24 年と古く，斜面崩壊の推計結果が全体的に過大傾向・液状化の推計精度が低い（中埜・大野，2018），地盤災害に関する最新の知見が反映されていないといった課題があり，より的確な初動対応に寄与するためには推計精度の向上が必要である．そこで，本研究は，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不可欠な情報をさらに高精度化することを目的とする．

令和 3 年度は，次の事柄を実施した．①地盤災害と地形・地質に関する素因の関係性の調査研究，及び分析に必要なデータ作成．②システムの安定性の向上と冗長化のため，モニタリング機能を追加するシステム改良．

## 2. 研究内容及び得られた成果

### 2.1 インベントリの作成と斜面崩壊の分析

SGDAS の推計精度を定量的に調べるためには，様々な地震で起きた斜面崩壊・地すべり・液状化について，正解データとなるインベントリ（inventory map）が必要である．地震による地盤災害のインベントリである災害状況図には，規格・判読手法・対応する地図縮尺について，様々なデータが存在する．一方，トリガー情報である気象庁推計震度分布図の解像度は，現段階で，基準地域メッシュ（3 次メッシュ；約 1km 四方の区画）であり，地震計の配置もさほど密ではないことから，SGDAS の推計結果の調査に用いるデータとしては，インベントリの詳細さよりむしろ，データの規格の統一が重要と考えられる．そこで図-1 のように規格を統一し，SGDAS の推計処理の粒度に合わせ，地域メッシュの 5 次メッシュ（約 250m）区画で集計したデータを作成することとした．データは Shapefile とし，5 次メッシュ内の集計用の点の数，集計用の点の有無，1 平方キロメートル当たりの点数等を属性として格納した．

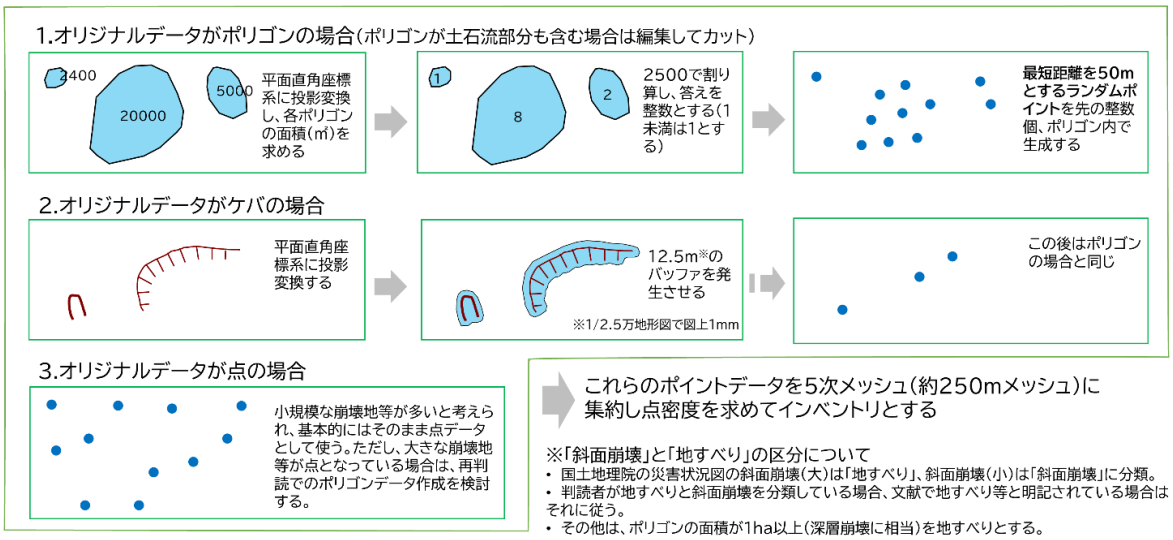


**図-1　SGDAS 推計結果検証用のインベントリデータの作成手法.**

2018 年北海道胆振東部地震，2016 年熊本地震の斜面崩壊について，SGDAS の推計段階ごとにインベントリデータと比較し， PR 曲線・ROC 曲線・ゾーン統計グラフを作成し，検証を試行した．結果，次の事が明らかになった．

・従来言われているとおり，斜面崩壊への傾斜の寄与は核心的である．

・地質フラグ（地質図の凡例のどれを脆弱地質とするか及びその倍率）を修正六甲式の推計結果（神谷，2013；傾斜・曲率と最大加速度のみから推計）に加える工程によって，地域によっては修正六甲式そのままよりも推計精度が下がっており，見直しが必要．

・地質フラグの代替として，山地の地形分類（Iwahashi et al., 2021）を用い，そのうち斜面崩壊の集中発生が分かっている凡例を地形分類フラグとして加えた場合，推計結果が少し向上する．しかし大きく改善させるほどではなく，修正六甲式と効果が重なっている可能性がある．地形境界の付近で起きる崩壊への取り組みや第四紀火山地域の扱いなど更に検討が必要．

・斜面上に堆積したテフラ（降下火砕物）の寄与は非常に大きい．しかし地域性があり，効果の見積もりは単純ではない．

・阿蘇の中岳・根子岳・益城山地等，地形・地質データではなかなか説明できない，「あまり崩壊が起きなかった地域」があり，地面の動きの大きさ，ひずみ等についても，考慮が必要．

テフラに関して補足すると，山地の同じ地形種の範囲でテフラ等層厚線図の層厚と斜面崩壊カテゴリの土砂崩れの密度を比較したところ，2018 年北海道胆振東部地震では，廣瀬（2020）で指摘されているように，Ta-d（樽前山の降下軽石・スコリア；約 9 千年前）及び En-a（恵庭岳の降下軽石；約 2 万年前）の層厚と明瞭な関係が見られることがわかった．しかし，2016 年熊本地震では，最近のテフラの層厚と斜面崩壊の崩壊密度にはあまり関係が無く，また，一般的に斜面崩壊が多い地形種では 2018 年北海道胆振東部地震のケースと異なりテフラの寄与自体が統計的に見られなかった．従って，豪雨による崩壊の多い西日本では，木村ほか（2019）で知られるように地形によりテフラの残存率に差があり，地形種によって，テフラ等層厚線図の層厚の解釈を変える必要があると考えられる．

### 2.2 地震情報と土砂崩れの発生件数に関する分析

地震情報と土砂崩れの発生件数の関係について，データマイニングの手法の一つである決定木を用いて分析した．その結果，最大水平変位と最大震度を用いることで，土砂崩れの発生件数の規模を概

ね推計することができることがわかった．詳細については遠藤ほか（2022）で述べる．

### 2.3 液状化推計に関する分析

液状化関係では，2009 年駿河湾沖の地震や 2011 年長野県北部の地震など，液状化発生地点のデータセットが作成されていない地震について，液状化発生地点のインベントリデータを作成した．また，現 SGDAS で液状化発生可能性の推計に用いている，震度と微地形区分との関係に基づく液状化危険度に関するマトリックス表について，平成 30 年度～令和 2 年度にかけて実施された国土交通省総合技術開発プロジェクト「リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成手法の開発」（以下「液状化総プロ」という．）の成果である微地形区分に基づく液状化発生傾向の評価区分（国土交通省都市局都市安全課，2021）と比較し，改善の必要性と改善案を検討した．その他，2022 年 1 月 22 日に発生した日向灘を震源とする地震（最大震度 5 強）について，推計結果と実際に発生した液状化発生地点の分布を比較し，定性的に考察した．

得られた成果としては，過去の地震における液状化発生地点のインベントリデータは，対象となる 18 地震のうち，9 地震について概ね作成を完了した．現 SGDAS の液状化発生可能性推計に用いている推計マトリックス表と液状化総プロの成果である液状化発生傾向の評価区分とを比較・検討した結果，いくつかの微地形区分については危険度カテゴリを変更する必要があることが分かった．まず，現 SGDAS の推計マトリックス表は 7 つの危険度カテゴリに分かれている（図-2 上段）のに対し，液状化総プロの評価区分は 5 段階のカテゴリに分けられている（図-2 下段右）．そのため，現 SGDAS の推計マトリックス表において，液状化総プロの評価区分の複数のカテゴリに分類された微地形区分が混在するカテゴリは，2 つのカテゴリの中間カテゴリ（1.5 及び 2.5）とした（図-2 上段最下部）．そのうえで両者を比較するとともに，若松・先名（2014）の解析結果なども考慮した結果，図-2 下段左に示すように，山麓地，火山山麓地，ローム台地，砂丘，谷底低地，谷底低地（勾配 1/100 未満），河原の危険度カテゴリを変更したマトリクス表改善案のようになった．ローム台地は危険度が上る方向へ，それ以外は危険度が下がる方向へのカテゴリ変更となった．

▼現SGDASで液状化の発生可能性推計に用いているマトリックス表

| 微地形区分 / 震度 | 山地<br>丘陵<br>火山地<br>火山性丘陵<br>礫・岩礫<br>水域＊1 | 山麓地<br>火山山麓地<br>岩石台地<br>ローム台地 | 扇状地<br>砂礫質台地 | 扇状地＊2<br>砂丘 | 自然堤防＊3<br>砂州・砂礫洲<br>後背湿地<br>谷底低地 | 干拓地<br>三角州・海岸低地<br>自然堤防<br>谷底低地＊2 | 砂丘＊4<br>砂州・砂丘間低地<br>埋立地<br>旧河道<br>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 |
| カテゴリ➡ | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 |

（発生可能性大）
（発生可能性中）
（発生可能性小）

＊1　河道、湖沼、沿岸海域
＊2　傾斜が緩い場合（勾配1/100未満）
＊3　比高が高い場合（5m以上）
＊4　低地に接する砂丘のへりの場合

▼液状化総プロの成果等を考慮したマトリックス表改善案

| 微地形区分 / 震度 | 山地<br>丘陵<br>火山地<br>火山性丘陵<br>山麓地<br>火山山麓地<br>礫・岩礫<br>水域＊1 | 岩石台地 | 扇状地<br>砂礫質台地<br>ローム台地<br>砂丘<br>谷底低地 | 扇状地＊2 | 自然堤防＊3<br>砂州・砂礫洲<br>後背湿地<br>谷底低地＊2<br>河原 | 干拓地<br>三角州・海岸低地<br>自然堤防 | 砂丘＊4<br>砂州・砂丘間低地<br>埋立地<br>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 |

▼液状化総プロの液状化発生傾向の評価区分

| 液状化発生傾向の評価区分 | | 微地形（自然地形）及び人工改変地 | |
|---|---|---|---|
| 高い high 強 | 5 | 微地形(自然地形) | 旧河道、砂丘縁辺部、砂丘間低地・砂州間低地 |
| | | 人工改変地 | 埋立地※1、砂利(砂鉄)採取後の埋戻し地、低地(湿地)上の盛土造成地※2 |
| | 4 | 微地形(自然地形) | 三角州・海岸低地、自然堤防、砂州上・砂丘上の凹地 |
| | | 人工改変地 | 干拓地※3、浅い谷や凹地の盛土地、谷埋め盛土造成地 |
| | 3 | 微地形(自然地形) | 砂州・砂礫洲、氾濫低地、後背低地 |
| | 2 | 微地形(自然地形) | 砂丘(砂丘縁辺部、砂丘間低地を除く)、扇状地※4、谷底低地 |
| 低い low 弱 | 1 | 微地形(自然地形) | 山地・丘陵、山麓堆積地形、台地※5 |

※1 微地形分類（自然地形）における「旧水部（埋立地）」を含む．
※2 谷底低地を除く、後背低地や氾濫低地、三角州・海岸低地、砂丘間低地・砂州間低地の低地面や干拓地上に盛土した造成地．
※3 微地形分類（自然地形）における「旧水部（干拓地）」を含む．
※4 盛土造成されていない「扇状地上の旧河道」を含む．
※5 盛土造成されていない「台地上の浅い谷・凹地」を含む．

図-2　現 SGDAS で用いている液状化発生可能性推計マトリックス表（上段），液状化総プロによる液状化発生傾向評価区分（下段右）及び液状化総プロの成果等を考慮した推計マトリックス表改善案（下段左）．

## 3. 結論

現 SGDAS で地盤災害の推計手法に用いられている各種パラメータについて検討を行った．斜面崩壊については，まだ検討事項が多いものの，改善すべき項目を概ね把握することができた．具体的な事項としては，斜面崩壊の推計に重要なデータである傾斜についての高度化（現在の DEM10B を用いた傾斜から DEM5A も加えた傾斜の利用への変更），地質フラグの見直しが効果的と考えられる．テフラの影響については大きなテーマであり，引き続き，テフラ等層厚線図以外のリソースによる土層厚の間接的な指標や地域性についての検討が必要である．液状化について，液状化総プロの成果も踏まえ，推計マトリックス表の改善案を作成できた．

謝辞

液状化発生地点のインベントリデータの作成においては，2021 年度国土地理院職場体験実習の一環として，東京大学の中條那歩氏にご協力頂いた．

参考文献

遠藤涼，岩橋純子，中埜貴元（2022）：災害の現象解明と将来のリスク把握に向けた研究（第 3 年次），国土地理院令和 3 年度調査研究年報，218-221.

廣瀬亘（2020）：地形概要と表層地質・テフラ層序，in 地震による地すべり災害 ― 2018 年北海道胆振東部地震，「地震による地すべり災害」刊行委員会編，北海道大学出版会，370p.

Iwahashi, J., Yamazaki, D., Nakano, T., Endo, R. (2021): Classification of topography for ground vulnerability assessment of alluvial plains and mountains of Japan using 30 m DEM. Progress in Earth and Planetary Science, 8(3) . DOI: 10.1186/s40645-020-00398-0.

神谷泉（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講演要旨・発表資料，https://www.gsi.go.jp/common/000081580.pdf (accessed 8 Mar. 2021).

神谷泉，小荒井衛，乙井康成，中埜貴元（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.

木村誇，後藤聡，佐藤剛，若井明彦，林信太郎，檜垣大助（2019）：テフラ層厚分布を考慮した斜面安定解析による崩壊危険地の抽出 :－阿蘇カルデラ北東部地域における検討事例－，日本地すべり学会誌，56，240-249.

国土交通省都市局都市安全課（2021）：リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き，https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_tk_000044.html (accessed 09 Mar. 2022).

中埜貴元，大野裕幸（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.

若松加寿江，先名重樹（2014）：2011 年東北地方太平洋沖地震による東北地方の液状化発生と土地条件，日本地震工学会論文集，14(2)，124-143.