

SGDAS の推計精度向上に関する研究（第 2 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

1. はじめに

SGDAS（地震時地盤災害推計装置）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装置である（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、レポートをサーバーにアップロードしてリンク先 URL を災害対応関係者にメール配信している。国土院は、令和元年（2019 年）6 月に 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、地方公共団体（令和 5 年 3 月現在で 39 都県及び 1 政令指定都市）を含む。令和 4 年度は、3 月 10 日時点まで、震度 5 強以上の地震が 4 回発生したが、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、よりの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な情報をさらに高精度化することを目的としている。

令和 4 年度は、次の事柄を実施した。①現 SGDAS の推計結果の定量的検証と、推計精度向上に向けた要件の整理。②SGDAS ユーザーのアンケート調査及びヒアリング。②は、現在配信先が 50 機関以上に増加していることから、より「使える・伝わる」提供方法に関する検討が必要と考え行ったものである。

2. 研究内容及び得られた成果

2.1 推計結果の定量的検証と精度向上に向けた要件の整理

SGDAS の推計結果は、稀な巨大地震を除き概ね 250～500m 程度の地域メッシュ（「統計に用いる標準地域メッシュ及び標準地域メッシュ・コード（昭和 48 年行政管理庁告示第 143 号）」で定められた基準地域メッシュ）に対応したグリッドサイズで作成されている（神谷ほか，2012）。SGDAS 運用前を含む様々な地震で起きた斜面崩壊・地すべり・液状化について、それらの位置を記載した正解データとなる Inventory Map（以下「インベントリ」という。）を、SGDAS の推計グリッドサイズに合わせて 4 分の 1 地域メッシュ（約 250m グリッド）で取りまとめる手法を開発し（岩橋ほか，2022）、正解データの収集を進めた。そしてグリッド単位で SGDAS 推計結果の定量的な検証を行い、結果を取りまとめ、改善手法について要件を整理した。

検証には、推計震度分布図を入力して SGDAS でシミュレーション出力したオリジナルな危険度計算値を用いた。インベントリのイベント発生/非発生グリッドが True/False を表す二値画像であり、危険度計算値は確からしさを表す指標であることから、True/False の予測手法の評価に一般的に使われる PR-AUC（PR 曲線（Precision-Recall Curve）の下の面積）および ROC-AUC（ROC 曲線（Receiver Operating Characteristic Curve）の下の面積）（Davis and Goadrich，2006）を検証に用いることとした。

他に、インベントリのグリッド毎の密度と危険度計算値の相関分析を行った。相関分析では、データが正規分布ではないため Spearman の順位相関係数 R_s (Spearman,1904) を求めた。PR-AUC を用いて斜面崩壊・地すべり・液状化の発生箇所の推計の可否を調査し、ROC-AUC を用いて斜面崩壊・液状化の発生/非発生箇所の推計の可否を調査し、順位相関係数 R_s を用いて危険度の強弱の可否を調査した。結果は岩橋・遠藤 (2023) に取りまとめたため、本稿では概略を述べる。

斜面崩壊については、まず、オリジナルの危険度計算値と、脆弱地質マップを用いた補正後の危険度計算値 (現 SGDAS のレポートに使用) の比較から、現在の脆弱地質マップが一部の地域 (2007 年能登半島地震, 2016 年熊本地震の被災域) では適切でなかったことが明らかとなった。テクニク的な要因も影響しているかもしれないが、一義的には述べられないが、大きな理由としては、脆弱地質としなかった範囲で崩壊が多発したことがある。斜面崩壊については、さらに多くのケースで、現在の DEM10B を用いた地形データより、DEM5A 等より精度の高い DEM を用いた地形データへの差し替えによって推計精度の向上が見込まれる事が明らかとなった。注意点としては、全国均一な品質を有する DEM10B と異なり、DEM5A 等も取り入れ再構成した DEM では、二次微分に相当し微細な凹凸の増幅効果が高い曲率 (斜面崩壊の推計に傾斜と共に利用) で、DEM ソースの品質の違いが顕在化する現象が見られ、危険度計算手法について将来的な課題は残る。地すべりについては全般に推計精度が悪く、また、斜面崩壊の推計スキームを用いた方の結果が良くなることから、現在の地すべりの推計スキームを独立して用いる意義は、おそらく無いと考えられる。液状化の危険度の推計にはベースとなる地形分類図が重要であるが、現在使用しているマップ (若松, 松岡, 2008) では平野部の微高地や旧河道の表現が不十分である。その後より詳しいマップも各種公表されており、改善の余地がある。

2.2 ユーザーのアンケート調査及びヒアリング

アンケート及びヒアリングの概要は下記の通りである。

実施時期：令和 4 年 10 月～11 月

調査対象：SGDAS の配信先である都道府県、地方整備局等

調査内容：災害時における SGDAS の活用、被害想定図や防災訓練における SGDAS の活用、その他意見・要望等

回答件数：22 都道府県 1 政令指定都市 (29 部署)、6 地方整備局等 (7 部署)

ヒアリング：2 県、1 地整

アンケート及びヒアリングの結果について下記に概要を述べる。

まず 2019 年 6 月以降に地震による災害対応を行った機関は 6～7 割あるが、8 割が SGDAS をあまり活用していない又は全く活用していなかった。その理由としては、最大震度 5 弱であったためそもそも SGDAS が配信されなかった、小規模地震で災害対応が (ほぼ) 無かった、という理由が多い。ただし、災害時には多数のメールが受信されることから、メール確認・共有の不十分も理由として見られた。中には、本アンケートによって SGDAS を知ったので講習会等を開いてほしいという意見も見られた。一方具体的な活用例として、SGDAS を防災ヘリのルート設定に利用した例 (地方整備局)、土砂災害警戒区域の点検のルート設定に利用した例 (県) があつた。

活用に向けた意見としては、メッシュが細くなると活用する可能性があるかと答えた機関が 37%と多かったものの、即時性の方が重要・むしろ市町村単位に粗くしてはどうかとの意見もあつた。推計結果の配信方法については、(現在のメールでリンク先の PDF を見る方式だけでなく) GIS データとして提供してほしいという意見が複数挙げられていた。ウェブサイト過去の推計結果を含めてマップ掲載して欲しいという意見も複数から寄せられた。

100%の自治体が地震の防災訓練を何らかの形で定期的実施しており、8割強の自治体が特定の地震を想定して被害想定図等を作成し、5割強が地震防災訓練時に被害想定図等を活用している。想定地震の面的な地震動データを用いた地盤災害の推計結果の利用ニーズは3割程度から挙げられたが、防災訓練にSGDASの出力図を使いたい（のでそのような機能を付けて公開して欲しい）という意見が複数自治体から出された。

3. 結論

現SGDASの推計手法を基本的に踏襲するという想定の下では、下記の方法で推計精度の向上が見込まれる。

- ・高精度なDEMから計算した地形量を用いる。ただし、現状では精度が均一なDEMが得られないため、将来的には、曲率を使う現在の修正六甲式の手法は再考が望ましい。
- ・現在の地すべりの推計スキームは、精度が低いと見られる。代替としては、斜面崩壊の推計スキームとの統合が考えられる。
- ・脆弱地質マップをより適切なものに変更する。
- ・液状化のための地形分類図をより適切なものに変更する。

また、ユーザーのアンケート調査及びヒアリングから収集した様々なご意見・要望について、対応可能な部分については、今後の全面改修に向けて取り入れを検討していく。

参考文献

- Davis, J., Goadrich, M. (2006) : The relationship between Precision-Recall and ROC curves, Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning, June 2006, 233-240. DOI 10.1145/1143844.1143874.
- 岩橋純子, 遠藤涼, 中埜貴元 (2022) : 過去の地震時地盤災害発生箇所の4分の1地域メッシュデータ化, 国土地理院時報, 135, 印刷中.
- 岩橋純子・遠藤涼 (2023) : 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, 印刷中.
- 神谷泉, 乙井康成, 中埜貴元, 小荒井衛 (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 6 Mar. 2023).
- 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.
- 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.
- Spearman, C. (1904) : The proof and measurement of association between two things, The American Journal of Psychology, 15(1), 72-101. DOI 10.2307/1412159.
- 若松加寿江, 松岡昌志 (2008) : 地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版の構築, 日本地震工学会大会-2008 梗概集, 222-223.