

# 地震時地盤災害発生可能性の迅速な推計に向けた研究（第1年次）

実施期間

令和元年度～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

中埜 貴元

大野 裕幸

岩橋 純子

## 1. はじめに

本研究は、地震をトリガーとする地盤災害（斜面崩壊、深層崩壊、地すべり、液状化）について、先行研究を踏まえて素因・誘因を精査し、その発生可能性の推計に必要な要素とそれを用いた全国的な推計手法及びその実現性を検討するものである。また、検討した推計手法が現実的であると判断された場合、推計に必要な要素と推計手法を全国展開し、地震後に迅速な地盤災害の発生可能性を推計する仕組み（地震時地盤災害推計システム（SGDAS）の改良版）を構築することを目標とする。

## 2. 研究内容

令和元年度は、令和元年6月18日22時22分頃の山形県沖の地震（以下「山形県沖の地震」という。）に伴う地盤災害を対象として、現行の地震時地盤災害推計システム（以下「SGDAS」という。）による推計結果の妥当性評価を実施した。また、先行研究を踏まえてSGDASによる推計手法の改良方法についてブレインストーミングにより検討した。

山形県沖の地震のマグニチュード（Mj）は6.7、震源は山形県沖（酒田市の南西50km付近）の深さ14kmで、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の地震と推定されている。最大震度は新潟県村上市の6強で、山形県鶴岡市で震度6弱、北海道から中部地方にかけて震度5強～1が観測された（いずれも気象庁HPより）。SGDASの推計に利用される推計震度分布情報は2019年6月18日22時26分に配信され、SGDASは同日22時28分に推計結果を配信した。なお、それまでのSGDASによる推計結果では、地盤災害の発生可能性を0～4の5段階（0は無色）で表現していたが、同年6月20日のSGDASの報道発表を機に、発生可能性を大・中・小・無しの4段階（無しは無色）での表現に変更しており、山形県沖の地震では両方の表現で配信された。

## 3. 得られた成果

推計結果の妥当性評価結果について、斜面災害（斜面崩壊及び地すべり）と液状化とに分けて報告する。また、推計手法の改良方法に関する検討結果も併せて報告する。

### 3.1 斜面災害推計の妥当性評価結果

SGDASによる斜面災害の推計結果と現地からの報告やマスコミ情報等による実際の斜面災害（土砂崩れ、盛土崩壊、落石）発生箇所を重ね合わせたものを図-1に示す。これを見ると、実際の斜面災害発生数はわずかであったのに対し、SGDASでは比較的広い範囲で「発生可能性大」や「発生可能性中」と推計されていた。これは、それまでの地震における最大震度6弱以下では過大評価という傾向と同様の傾向である。推計結果と推計震度分布を比較すると、発生可能性大・中と推計された範囲は概ね震度6強及び6弱の範囲に分布する。一方で、斜面災害（斜面崩壊）の推計で利用されるパラメータの一つである傾斜量と比較すると、発生可能性大・中と推計された範囲は必ずしも傾斜量が大きいとは言えなかった。また、斜面災害（斜面崩壊）の推計において付加情報として扱われる地質（一

一般的な脆弱地質の地域は発生可能性を1段階上げる)について確認すると、発生可能性大・中と推計された範囲では古い時代の深成岩類及び比較的新しい時代の火山岩類と比較的新しい時代の堆積岩類が分布しており、崩壊に対して比較的頑健な地質(深成岩類, 火山岩類)と脆弱地質な地質(比較的新しい時代の堆積岩類)が混在する状況であった。以上のことから、今回の斜面災害推計結果には、震度と一部の脆弱地質の影響が大きく効いており、また、崩壊に対して比較的頑健な地質が分布することで震度の大きさに対して実際の崩壊の発生が抑制されたことにより、推計結果が過大評価となったと推測される。

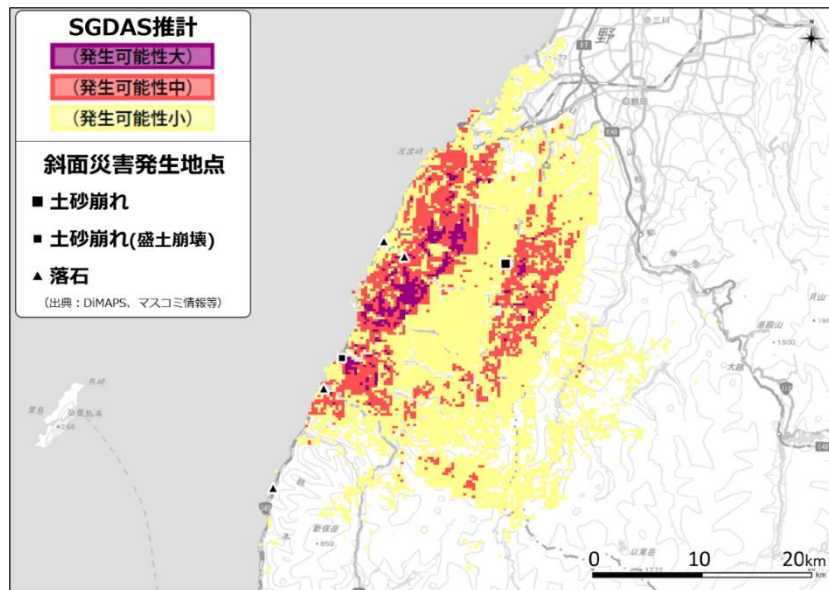


図-1 SGDAS による斜面災害推計結果と実際の斜面災害発生箇所の重ね合わせ図

### 3.2 液状化推計の妥当性評価結果

SGDAS による液状化の推計結果と現地からの報告やマスコミ情報等による実際の液状化発生箇所を重ね合わせたものを図-2に示す。これを見ると、実際の液状化の発生数はわずかであったのに対し、SGDAS の推計は発生可能性小の範囲が主体であり、やや過大評価ではあるものの、概ね妥当と考えられた。なお、推計結果の一部に発生可能性中の領域が見られるが、この場所は震度5強の砂丘(低地隣接砂丘縁)または砂丘間低地に該当し、過去の事例と照らし合わせて液状化が発生してもおかしくない条件といえる。また、顕著な液状化が報告された鶴岡駅前には推計結果では発生可能性は無しとなっているが、この液状化発生地点は1980年代の大型商業施設解体時の基礎掘削に伴う砂による埋戻地(鶴岡市からの情報)であり、この液状化は地形分類情報では把握できない局所的な人工改変を主因とするもので、既存の地理空間情報を用いて推計するSGDASで抽出することは困難な事例である。

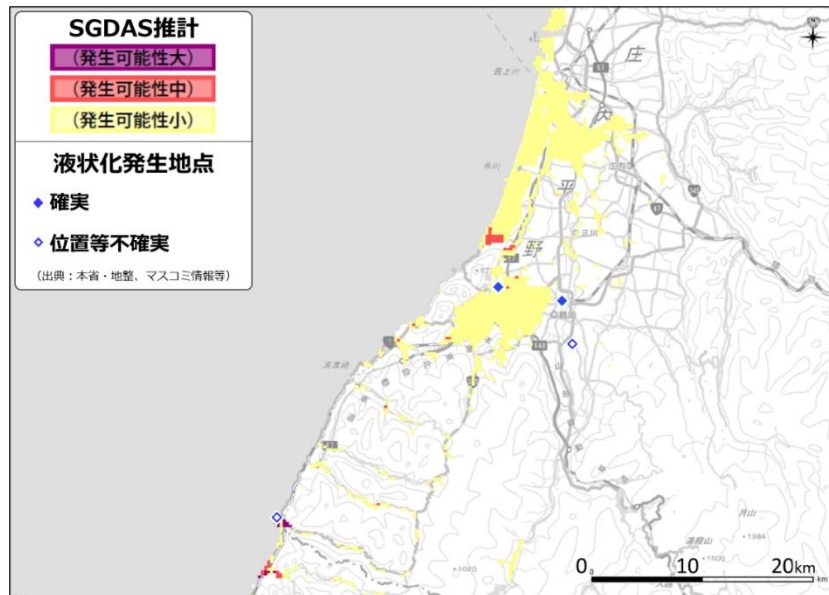


図-2 SGDAS による液状化推計結果と実際の液状化発生箇所の重ね合わせ図

### 3.3 推計手法の改良方法に関する検討

2013年のSGDAS試験運用後に発生した最大震度6弱以上の主な地震における推計結果の定性的な評価結果を表-1に示す。この表を見ると、推計結果が“適当”または“概ね適当”と判断できる地震が半数程度を占める一方で、特に震度が小さい地震（震度6弱以下、表-1に含まないものも含む）においては斜面災害も液状化も過大評価となる傾向がある。表-1においては“概ね適当”としつつも、やや過大評価となった2016年熊本地震における詳細な妥当性の検証結果については中埜・大野(2018)に示しているが、斜面災害については推計に使用している修正六甲式のアルゴリズム（特に傾斜度の寄与度）や脆弱な地質の寄与度について改良の必要性を指摘している。修正六甲式のアルゴリズム改良においては最近の地震での事例の組み込みが必要であるが、少なくとも震度がより小さいケースにおいて発生可能性が小さくなるような係数の変更等が必要と考えられる。また、現状では修正六甲式による崩壊予測（崩壊の発生・非発生の判別得点、非発生はすべて0に置き換え）を10mメッシュ単位で行い、その予測値を250mメッシュ内で平均し、崩壊の可能性無し（予測値0）のメッシュを除いて等比的に設定された閾値に基づき推計値1~4に4区分し、それをさらに3区分（発生可能性大・中・小）に集約しているが、この方法では閾値の設定時に考慮された過去の地震事例では適当な推計ができて、それ以降の地震事例（特に現状では震度が相対的に小さい地震）では適当な推計ができるとは限らず、過大な傾向となる問題がある。この閾値を、2013年以降の地震も考慮して検討するとともに、例えば震度によって可変とすることで、過大評価が解消される可能性がある。脆弱な地質の寄与度については、現状では脆弱地質領域の場合は発生可能性を相対的に1段階上げる処理を行っているが、地質ごとに寄与係数を変更することも考えられる。あるいは、現状で使用可能な20万分の1シームレス地質情報は表層崩壊が発生する表層の地質状況を必ずしも反映していないことから、表層堆積物の特性や地盤特性等の土木地質的な特徴を反映していると考えられるIwahashi et al. (2019)に基づく30mメッシュ自動地形分類情報を用いたフィルタリング処理の方が有効である可能性もある。

液状化の推計は、過去の地震事例に基づく震度と地形分類情報（250mメッシュサイズ）との関係から実施しているため、250mメッシュより空間スケールの小さい地形領域や地形分類情報の区分に含まれない人工改変地（埋戻地等）については予測することが困難であり、過小評価の要因となる。また、同一地形区分内においても液状化の発生しやすさには差があるとともに、液状化しやすい地形区

分でも全域で液状化が発生するわけではないため、地形分類情報で面的に推計した際にはどうしても過大評価となってしまう。これらの過大・過小評価の課題については、例えば国土地理院の土地条件データのように縮尺 1/25,000 レベルの地形分類情報が存在する地域においてはその地形分類情報を用いてより小さいメッシュサイズで推計し、情報が存在しない地域は従来の 250m メッシュサイズのデータを使うなどのハイブリッド型の推計を採用したり、中埜ほか（2020）の成果なども考慮して震度と地形分類情報との関係に割り当てる推計値を若干下方修正することで過大評価を低減したりする方法が考えられる。ただし、ある程度の過大評価は安全側に見れば有効であり、その低減方法は空振り率と見逃し率のトレードオフ関係も見据えて慎重に検討する必要がある。

表-1 2013年以降の主な地震（最大震度6弱以上）におけるSGDAS推計結果の評価

地震名（最大震度）	災害発生報告の有無		SGDAS推計の評価		備考
	斜面災害	液状化	斜面災害	液状化	
2013年4月 淡路島の地震(6弱)	無	有	適当	適当	・斜面災害の発生報告はなく、推計も限定的 ・液状化の発生報告のあった沿岸部で発生可能性を推計
2014年11月 長野県北部の地震(6弱)	有	無	過大評価	過大評価	・実際の斜面災害発生箇所よりも、より広域で発生と推計 ・液状化の発生報告はないものの、平野部の一部で発生と推計
2016年4月 熊本地震(本震)(7)	有	有	概ね適当 (やや過大)	概ね適当 (やや過大またはやや過小)	・斜面災害は阿蘇カルデラ周辺では適当、崩壊の発生報告のない山地部で斜面崩壊の発生可能性大と推計 ・液状化は阿蘇谷などでやや過小評価、大分県などでは過大評価
2016年6月 内浦湾（北海道）の地震(6弱)	無	無	過大評価	適当	・斜面災害の報告事例がないにもかかわらず、やや広域で斜面崩壊の発生可能性大と推計 ・液状化の発生報告はなく、SGDASもほとんど推計せず
2016年10月 鳥取県中部地震(6弱)	僅少	無	過大評価	過大評価	・斜面災害、液状化ともほとんど報告事例がないにもかかわらず、比較的広域で発生可能性大と推計
2016年12月 茨城県北部の地震(6弱)	僅少	無	適当	過大評価	・斜面災害の発生報告は僅少で、SGDASもほとんど推計せず ・液状化の報告事例がないにもかかわらず、やや広域で発生可能性を推計
2018年4月 島根県西部の地震(6弱)	無	無	過大評価	概ね適当 (やや過大)	・斜面災害、液状化ともほとんど報告事例がないにもかかわらず、やや広域で発生可能性大と推計
2018年6月 大阪府北部の地震(6弱)	無	無	概ね適当 (やや過大)	概ね適当 (やや過大)	・斜面災害、液状化ともほとんど報告事例がないのに対し、やや広域で発生可能性小と推計
2018年9月 北海道胆振東部地震(7)	有	有	適当	概ね適当 (やや過大またはやや過小)	・実際の斜面災害の発生箇所を中心に発生可能性大と推計 ・液状化は札幌市清田区のような人工改変地では推計できず。その他は全体的に過大評価。
2019年1月 熊本地方の地震(6弱)	無	無	適当	適当	・斜面災害、液状化ともほとんど発生せず、推計も限定的
2019年2月 北海道胆振中東部の地震(6弱)	無	無	過大評価	過大評価	・斜面災害、液状化ともほとんど報告事例がないにもかかわらず、比較的広域で発生可能性大と推計
2019年6月 山形県沖の地震(6強)	僅少	僅少	過大評価	概ね適当 (やや過大)	・斜面災害の発生はわずかであったが、広域で発生可能性大または中と推計 ・液状化の発生はわずかであったのに対し、発生可能性小の推計が主体

#### 4. 結論

2019年の山形県沖の地震を対象に、SGDASによる地盤災害の推計結果の妥当性を評価し、斜面災害は過大評価、液状化は概ね適当であるものの、やや過大評価という結果となった。今後は、推計手法の改良方法についてさらに検討を進めるとともに、新たな地震が発生した場合には推計結果の評価を実施し、推計手法の改良にフィードバックしていく予定である。

#### 参考文献

- Iwahasi, J., M. Matsuoka and D. Yamazaki (2019): Generation of segment data using 30 m DEMs as the base material of future hazard maps, AGU Fall Meeting 2019 Abstract, EP53F-2222.
- 気象庁：令和元年6月18日22時22分頃の山形県沖の地震について、<https://www.jma.go.jp/jma/press/1906/19a/201906190030.html> (accessed 17 Mar. 2020).
- 中埜貴元, 遠藤涼, 大野裕幸 (2020)：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（第2年次）, 令和元年度調査研究年報, 190-193.
- 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, 51-68.