

研究課題中間評価表

1. 研究課題名	SGDASの推計精度向上に関する研究
2. 提案課・室名問合せ先	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 代表担当者:地理情報解析研究室 岩橋 純子
3. 研究期間	令和3年4月～令和8年3月(5年間)
4. 予算	特別研究経費 25,882千円 (3年間の総額)
5. 分科会委員	(主査)久保 純子、若林 芳樹、山本 佳世子
6. 中間評価時点における成果の概要	<p>1)推計手法向上に向けた実施内容</p> <p>①推計結果の定量的評価手法の考案</p> <p>既往地震による地震時地盤災害の災害実績図やGISデータを収集し、様々な規格のそれらをSGDASの処理粒度(4分の1地域メッシュ:約250m)に取りまとめる手法を考案してインベントリデータを作成した。作成したデータはウェブサイトから公開作業中である。インベントリデータを用いてAUCスコア等を算出する定量的評価手法を定め、新旧推計結果の優劣の比較が容易に可能となった。主な既往地震の斜面崩壊・地すべり・液状化の推計結果について定量的評価を行い、課題と、その原因の特定、解決策の考案、解決策を実施した効果の確認を行った。</p> <p>②推計結果の定量的評価と改善の方向性</p> <p>【斜面崩壊・地すべり】</p> <p>研究着手時のSGDASでは、DEM10B(等高線ソース)による地形データセットが斜面崩壊の推計に用いられていた。本研究では、DEM5A(航空レーザ測量)を優先的に用いた日本全国の再構成DEMを作成し、それによって、より高精度な地形データセットを作成した。斜面崩壊については、地形データセットを高精度なものに差し替える事で、テストした全てのケースについて推計結果が改善する事を確認した。新しい地形データセットは令和5年度始めにSGDASに実装した。また、現在の脆弱地質マップによる危険度の補正が、一部のケースではかえって推計精度を下げていることが明らかになった。脆弱地質マップの見直しに着手し、産総研地質調査総合センターと共同研究協定を結び、現在の脆弱地質マップの代わりとなる地形・地質ゾーニングマップの作成を開始した。ゾーニングマップの作成には、DEMから作成した地形分類図、地質図の他、集水域(東京大学生産技術研究所の研究者と共同製作)、深層崩壊に関する既往研究、ボーリングデータや土壌図等についても考慮し、データ作りを進めていく。</p> <p>地すべりについては、崩壊部のインベントリとの対応としては現在の推計結果の精度が低く、斜面崩壊の推計手法を用いた方が、テストした全てのケースについてAUCスコアが高くなることが明らかとなった。現SGDASのレポートの図では地すべりの発生可能性を斜面崩壊と合成しており、また現在のアルゴリズムで地すべり発生可能性が高くなる領域は既存地すべりがある地域に限られるためさほどクリティカルではないが、新SGDASでは推計段階から斜面崩壊の推計手法と統一する方針となった。斜面崩壊と地すべりの推計手法の統一が見込まれることから、推計手法については幅広く検討することとし、国土技術政策総合研究所土砂災害研究部</p>

と連携協定を結び意見交換を進めている。

斜面崩壊と地すべりに関する一般的な課題としては、まず、斜面上の未固結層(降下火山砕屑物(テフラ)の有無、土層厚)があるが、2018年北海道胆振東部地震のケースを用いて調査し、危険度をテフラ層厚線図のデータに基づいて嵩上げすると、斜面崩壊の推計結果が明確に向上する事が明らかとなった。しかし、2016年熊本地震のケースでは同様の結果は得られておらず、豪雨による既往災害が多い西南日本等では既存のテフラ層厚線図が実態と合わない可能性が考えられる。地形・地質ゾーニングマップでテフラを始め斜面上の未固結層の厚みをある程度示唆できないか、ボーリングデータと合わせて研究中である。土壌や土層厚については森林総研の研究者と連携して研究を進めていく。

事前降雨の分析については、土壌雨量指数と斜面崩壊・地すべりには明瞭な関係が見られなかったが、地すべり的な大規模な崩壊は30日雨量と関係がある可能性が示唆された。従って、大規模な崩壊が起きうる斜面の抽出(DEM地形分類図、深層崩壊に関する既往研究、地質図等から今後推測)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残っている。

地震動の入力データに関しては、現SGDASの枠に留まらない新たなチャレンジとして、既往27地震について決定木分析を行い、最大水平変位量が震度やPGAより土砂災害の多寡に寄与が大きい事を明らかにした。SGDASへの反映については、令和6年能登半島地震のデータでの検証、システム改修の予算の問題等から、将来的な方向性について今後決定する。

【液状化】

旧河道・自然堤防など液状化に脆弱な平野部の微地形の表現がより詳細な、新しい地形分類図(若松・松岡、2020)を用いて、震度-危険度と地形区分の新たなモデルを作成した。新モデルを用いた推計結果の定量的評価により、推計精度の向上が見られることを確認した。新モデルは令和5年度末に実装する予定で作業を進めている。

ただし地下水が豊富で火山砂が広く分布する火山地域では依然見落としが多い。そのため古い土地利用を含めた田や湿地の分布によって地形区分を細分する手法を考案し、2016年熊本地震・2018年北海道胆振東部地震のケースについてそれぞれ実績ベースのモデルを作成した。これらのモデルと、汎用性のある前述の新モデルを統合したモデルの開発を進めており、令和6年度に最終的な液状化推計用マップを作成する。

なお2018年北海道胆振東部地震のケースでは、札幌市清田区など大規模盛土地の液状化に起因する見落としが多い。大規模盛土のような人工地形では、地形と地盤の対応が難しく、ゆえに震度と液状化率の関係が単純増加ではない事も確認された。推計結果への反映について検討中である。

2)伝わるレポート・安定した配信に向けた実施内容

稼働中のSGDASのシステムの不安定さを解決するため、ソースプログラムの調査を行い、モニタリング機能とフェイルセーフ機能を備えた改修版SGDASを研究初年度(令和3年度末)に作成した。試験運用の後、より高精度な地形データセットの

	<p>実装と共に令和5年度始めから改修版SGDASの実運用を開始した。令和4年度末から、現在のSGDASで使用している1kmメッシュの推計震度分布図と並行して250mメッシュのデータが気象庁から配信されはじめた。対応するためシステムを改修し、令和5年度末に実装する。</p> <p>SGDASユーザの使用感やニーズを把握するため、令和4年度に地方自治体・地方整備局等にユーザアンケート及びヒアリングを行った。SGDASの活用例としては、防災ヘリのルート選定、土砂災害区域の施設点検のルート設定があった。運用については、現行のメール配信だけでなく推計結果を掲載したウェブサイトを用意して欲しい、また想定地震の地震データを用いた地盤災害の推計結果を防災訓練に使いたいといった要望が複数あった。なお過大評価は問題とせず見落としを問題とする意見、空振りがあっても良いのですぐ傾向を見たいとの意見があった。マップの解像度に関しては、全体として、即時性が重要でメッシュの細かさは現状でも良いとの意見が強かった。</p> <p>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のウェブサイト構築に着手し、R5年度末に完成予定である。依頼があれば精度や使い方に関する注意を連絡の上、シミュレータ利用することとし、R4年度以降、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している。地域特性データやデータ処理の解像度に関しては、現状のまま(≧250mメッシュ)とすることとした。</p>
<p>7. 中間評価時点における当初目標の達成度</p>	<p>【当初目標】</p> <p>課題提案時点では、SGDAS試験運用期間中の12地震(2016年熊本地震・2018年北海道胆振東部地震のケースを除けば災害発生報告が希少)で評価を行ったため、良否の評価は災害報告地点と推計結果の目視での比較により定性的に行われていた。目標としては、現システム(旧SGDAS)の定性的な推計精度(最大震度6弱以上の地震を対象に調査すると「適当」が斜面災害で33%、液状化で25%。残りは「概ね適当」「過大/過小評価」)を、新システム(新SGDAS)では「適当」のみで70%以上。しかし別途、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こととしていた。</p> <p>【定量的評価の指標】</p> <p>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こと、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く原因の特定や改善の確認ができないことから、定量的評価を取り入れることとした。</p> <p>まず、主要な既往地震地盤災害について、規格を統一した4分の1地域メッシュインベントリを作成し、評価対象はインベントリと比較可能な地震とする。作成したインベントリと推計結果のデータを用い、機械学習で一般的なAUCスコア等の統計的指標により評価する。メッシュ毎の発生可能性計算値(レポート用にランク分けする前の生データ)の大小に着目した主要な指標として、PR-AUC、ROC-AUC、Sporemanの順位相関係数を設定した。目安として、PR-AUCはベースラインとの差分0.15以上(旧SGDASでの斜面崩壊に於ける基準超えが定性的評価同様3割程度にな</p>

	<p>る数値);ROC-AUCは、一般的に精度が高いとされる0.8以上とした。順位相関係数は、SGDASの確率論的マップの性質からイベント密度を個々のメッシュで当てるほどの精度は出ないと考えられるが、少なくとも検定が1%水準で有意であることと考えた。なお液状化については、インベントリの大半がイベント発生密度を含まないデータであることから、PR-AUCとROC-AUCのみ用いる。</p> <p>発生可能性ランクの見落とし率や的中率等については、生データと異なりランク分けの閾値によって良否が変動する指標であることから、来年度以降、アルゴリズムの確定、最適な閾値の設定、ランク分けを行った後に調査を行うこととする。</p> <p>【達成度】</p> <p>中間評価時点では、発生可能性の生データのAUCスコア等を用い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を行った。改修版SGDAS(高精度な地形データを実装)で既に目安を超えている指標としては、順位相関係数の他、斜面崩壊のPR-AUCがある(検証7地震中5地震で達成)。斜面崩壊については、ROC-AUCも3地震中2地震で目安を超えている。問題は地すべりであり、現在の推計手法では未達である。しかし斜面崩壊の手法に統合することによって大幅な改善が期待される。液状化についても、火山地域を考慮したモデルによって改善を確認していることから、最終的に7割のケース(地震)で適当と判断できるようになる可能性は高いと考えられる。</p>										
8. 成果公表状況	<table border="0"> <tr> <td>研究報告書</td> <td>2編</td> </tr> <tr> <td>発表論文(査読付)</td> <td>4編(和文1、英文3)</td> </tr> <tr> <td>発表論文(査読なし)</td> <td>2編(和文2)</td> </tr> <tr> <td>口頭発表</td> <td>8件(日本語4、英語4)</td> </tr> <tr> <td>特許等</td> <td>なし</td> </tr> </table>	研究報告書	2編	発表論文(査読付)	4編(和文1、英文3)	発表論文(査読なし)	2編(和文2)	口頭発表	8件(日本語4、英語4)	特許等	なし
研究報告書	2編										
発表論文(査読付)	4編(和文1、英文3)										
発表論文(査読なし)	2編(和文2)										
口頭発表	8件(日本語4、英語4)										
特許等	なし										
9. 中間評価時点における成果活用の見込み	<p>SGDASは現時点で地理院内、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)等多数の機関・部局に配信されており、精度向上が確認された新機能は随時実装を進めている。防災訓練でのシミュレーション結果の利用も行われている。既に点検ルート決め等で利用されている通り、大地震発生後のごく初期段階における、よりの確な初動対応方針の策定への成果の活用が見込まれる。</p>										
10. 中間評価時点における達成度の分析	<p>(1)必要性の観点からの分析</p> <p>SGDASは令和元年(2019年)6月に正式に運用開始し、国土交通省内のみならず、防衛省・地方自治体まで配信範囲が拡大している。しかし、本システムは開発年次が2012年頃と古く、システムの安定性や推計精度に課題があり、よりの確な初動対応に寄与するためには改良が急務であった。</p> <p>本研究により、まず初年度に作成した改修版SGDASから安定した配信が行われている(令和6年能登半島地震では本震周辺の15分間で3地震のべ5件の推計処理に自動対応)。令和4年度・5年度は1月6日時点までの計30地震について、推計震度</p>										

	<p>分布図の配信を受けて起動しているが、そのうち26地震は夜間・休日に地震が発生しており、夜間等でも迅速な推計をというSGDASの趣旨に沿った運用となっている。推計精度向上等の課題解決についても前進しており、研究終了時には、より適切な発生可能性推計結果を配信できると考えられる。従って本研究の必要性は妥当と考えられる。</p>
	<p>(2)効率性の観点からの分析</p>
	<p>研究着手時、本研究開発は内容を3つに分け、斜面災害を含む斜面研究や液状化に関する研究の実績を持つ研究官3名体制で分担し、さらに、必要に応じてシステム開発経験のある研究官も参画する3.5名の実施体制としていた。現在は担当者減のため2名体制となっているが、研究実施順序の変更、体制の再構築(外部との共同研究協定含め)や知識の習得を都度行いつつ研究を続けている。アンケート調査や防災訓練への対応は、研究管理課はじめ関係部署の支援を受けた。</p> <p>研究経費については、改改版SGDASの構築など主としてシステム改修関係に過半を費しており、一部は新しい地域特性データの調製のために使用しているが、効率性の観点から妥当と考えられる。データ分析は全て直営で行うことから人員的に厳しい面はあるが、令和7年度の研究終了に向けて研究を進めている。</p>
	<p>(3)有効性の観点からの分析</p>
	<p>行政利用以外での本研究の波及効果という点では、中間評価の時点で、若手中心にでき得る限りの積極的な研究発表や論文作成を行っており、一定の目標は達成できていると考えられる。</p> <p>SGDASの枠内に留まらず波及効果が期待できる成果としては、既往地震地盤災害の4分の1地域メッシュインベントリ(ウェブ公開作業中)、地形・地質ゾーニングマップ及び集水域データ(メッシュ化前のポリゴンデータを含めて公開予定)、それに合わせた推計式がある。最大水平変位等、現SGDASで使用していない地震動データと土砂災害の関係の研究も進めており、新たなブレイクスルーにつながる可能性がある。</p> <p>海外の研究者との交流も行っており、コロナ禍中の令和3年度にイタリアIRPIと合同のオンラインワークショップ(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)を開催し、SGDAS等のリアルタイム推計システムについて情報交換を行った。令和5年度にキルギスタンの地滑りリスクマネジメントプロジェクト・視察研修で来院したキルギス共和国緊急事態省関係者にもSGDASの説明を行っている。</p>
<p>11. 中間評価時点において残された課題と新たな研究開発の方向</p>	<p>現時点で残された課題は下記の4点である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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

	<p>・液状化の推計レポートに大規模盛り土をどのように取り入れるか 新たな研究開発の方向(可能性)としては次がある。</p> <p>・最大水平変位等、震度・PGA以外の地震動入力データの可能性の模索</p>
12. その他、課題内容に応じ必要な事項	
13. 総合評価 (地理分科会で記入)	<p>①. 継続 2. 修正継続 3. 大幅修正 4. 中止</p> <p>人員体制を充実させることを検討いただきたい。 推計結果について、位置関係を考慮した空間統計量を取り入れた評価や、定性的な情報を合わせた発信を検討いただきたい。 推計結果を積極的に伝達・広報するように努めていただきたい。</p>