

## 令和6年能登半島地震における土砂移動マグニチュード算出の試み

中部地方整備局静岡河川事務所 ○西脇彩人\*

国土交通省砂防部砂防計画課 山越隆雄\*

(\* 執筆時：国土技術政策総合研究所)

## 1 背景

近年、頻発している土砂災害に対して、迅速に被害の程度を把握し、適切な応援体制を整えることが被災地の早期の復旧・復興のために重要である。土砂災害の程度を示す指標として、被災者数や被災家屋数、崩壊土砂量などがあり、これらの指標を組み合わせて公表することで、人々に災害の規模を伝えている。

一般に防災分野では、自然現象の物理的な規模(地震のマグニチュード等)や社会状況の影響を受けて決まる被害の程度(被災者数等)について、それぞれ指標が用いられているが、土砂移動現象の物理的な規模を評価する指標は、検討されていなかった。

そこで、国土技術政策総合研究所砂防研究室では、がけ崩れや土石流といった土砂災害の種類、地震や降雨といった発生要因の違いによらない?土砂移動現象の大きさのみを客観的に表現する指標に関する研究を行っている。研究の結果として、内田ら,2005および内田・林,2019では、1つの豪雨や地震で崩壊や土石流が同時多発する現象に対して、個別の土砂移動現象を積算することで算出される指標のことであり、地震や降雨等により発生した移動土塊(移動土砂量)が斜面崩壊によって流下する際に失う位置エネルギーを表現する「土砂移動マグニチュード」(以下 SMMevent)を提案している(図-1を参照)。

特に、内田・林,2019では、既往災害における SMMevent の算出結果を整理しており、過去の土砂災害の規模や被害と比較することが可能となる。

そのため、本研究は、令和6年能登半島地震における SMMevent を算出することで、既往災害との比較検討を実施し、能登半島地震によって発生した土砂災害の規模を把握することを試みた。

$$SMMevent = \log_{10} \left( \sum_{i=1}^n HiVi \right)$$

ここで、

n:1イベントで発生した土砂移動現象数  
Hi, Vi:1イベントで発生した土砂移動現象のうちSMMeventが大きい方からi番目の土砂移動現象の移動比高、移動土砂量

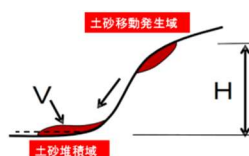


図-1 SMMevent の算出方法

## 2 検討手法

SMMevent の算出に当たっては、内田・林,2019を参考に実施した。

算出対象範囲は能登半島全域(輪島市全域・珠洲市全域・能登町全域・志賀町全域・中能登町の一部)で発生した土砂災害(道路被災、地すべり災害等を含むすべての土砂移動現象)を対象とした。算出対象となった土砂移動現象数は国土地理院が公開した2072か所の斜面崩壊・堆積範囲ポリゴン(1月15日時点、以下、斜面崩壊ポリゴンという)である。本研究は、早期に算出結果を公表する指標としての検討を行うため、この箇所数をもとに SMMevent の算出を行った。

以下、算出方法を示す。

- ① 対象とした斜面崩壊ポリゴンのうち、人的被害が発生した箇所の土砂移動現象を優先的に、土砂移動面積が大きくかつ単一(複合していない)の斜面崩壊ポリゴンを10か所選別した(図-2)。
- ② 選別した土砂移動現象について、発生域を災害後の空中写真データより判読し、作成した。なお、空中写真で判読できない場合は、基盤地図情報よりダウンロードした災害前の5mもしくは10mDEMを参考に判読し、発生域を作成した。
- ③ 判読した発生域と斜面崩壊ポリゴンの面積から、発生域ポリゴンの作成対象となる斜面崩壊ポリゴンを抽出する。

まず、代表10箇所における発生域の面積/斜面崩壊ポリゴンの面積の割合は0.2~0.75となった。

次に人的被害が起こった中で最も小さい土砂移動斜面の発生域の面積は2759.73㎡となったこ

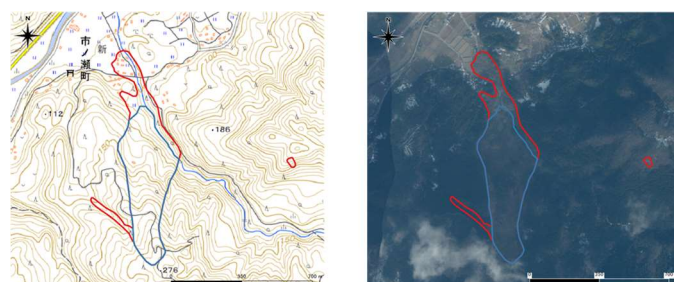


図-2 斜面崩壊ポリゴンと発生域の判読例  
(赤枠：斜面崩壊ポリゴン、青枠：発生域ポリゴン)

とから、人的被害が起こる規模の崩壊を引き起こす可能性がある斜面崩壊ポリゴンの閾値を、土砂移動面積が 3679.54 m<sup>2</sup> (レンジ最大 0.75 で換算) 以上のものと設定した。設定した閾値をもとに、斜面崩壊ポリゴンを面積の大きい順に整理した結果、上位から 354 箇所を発生域ポリゴンの作成対象となった。

最後に、抽出した斜面崩壊ポリゴンについて、②と同様に、発生域を空中写真および災害前 DEM を用いて判読し推定した。

- ④ 作成した 354 個の発生域ポリゴンを面積の大きい順に並び変えたうえで、内田・林,2019 に基づき、全体の斜面崩壊ポリゴン数の概ね上位 10% にあたる 210 か所を SMM の算出対象とした。
- ⑤ ④にて算出対象とした斜面崩壊ポリゴンおよび発生域をもとに移動土砂量および移動比高を算出する。移動土砂量は経験式(グゼッティ式)より算出した。また、移動比高の算出に当たっては、災害前 DEM のデータを使用して、発生域ポリゴン内で最も標高が高い地点を最高標高点、斜面崩壊ポリゴン内で最も標高が低い地点を最低標高点として設定し、その差分を移動比高とした。

### 3 結果

算出結果より、能登半島地震の SMMevent (暫定値)は 9.5 となった。この結果に対して、内田・林,2019 において整理された結果と比較を行うと、西日本豪雨と同程度の規模の土砂災害が発生したことおよび熊本地震よりも規模の大きい土砂災害が発生したことが判明した(表-1)。

### 4 考察とまとめ

内田・林,2019 では、の算出結果をもとに土砂災害の特徴を整理しており、SMMevent が 9 程度となる

土砂災害は、広範囲で斜面崩壊・土石流が多発する現象であり、土砂災害により、数 100 戸以上の家屋被害や数 10 人の人的被害が生じている。家屋被害や人的被害については、今後の調査により変動する可能性があるが、本研究の対象とした令和 6 年能登半島地震における、現時点での土砂移動現象発生数、家屋被害の発生件数に概ね一致した(国土交通省砂防部,2024)。このことから、SMMevent を算出することで、過去の土砂災害と相対的に規模や被害を比較することが可能となり、過去の災害と照らし合わせた効率的な応援体制の構築等の対策を迅速に実施することが可能になると考えられる。

一方で、今回の検討で用いたデータは発災後 2 週間が経過してから公表されたデータであった。この点については、SAR 等の衛星による地形観測や崩壊地の画像解析技術等を組み合わせることで、災害発生直後に算出が可能となるように、技術開発を行っていく必要があると考える。

今後に向けて、災害前後の LP データを取得し、より詳細なデータで再検討することで、SMMevent の確定値を算出することを検討している。

最後に、本検討を行うにあたり、発生域の設定方法および発生域の特定等の崩壊地判読作業は、高橋源貴氏、山村康介氏、吉田拓海氏、中島奈桜氏にご協力いただいで実施することができた。この場をお借りして感謝申し上げます。

### 5 参考・引用文献

- 内田太郎・林真一郎：土砂移動マグニチュードと土砂災害の特徴の関連性及び早期算出方法、土木技術資料、第 61 巻、第 5 号、pp.30-33、2019
- 内田太郎ほか：土砂災害の規模の表現方法に関する一考察、砂防学会誌、57(6)、pp51-55、2005
- 国土交通省砂防部：石川県能登地方を震源とする地震による土砂災害発生状況(2024 年 3 月 15 日 13:00 時点)、2024

表一1 SMMevent の算出結果 (内田・林,2019 に加筆)

発生年	災害名	原因	SMMevent	移動土砂量の算出		計測方法	移動比高の算出対象事例	人的被害(人)	家屋被害(戸)
				土砂量(×10 <sup>2</sup> m <sup>3</sup> )	対象現象				
2011	紀伊半島大水害	豪雨	10.5	10000	概ね全域	LP差分+崩壊地判読	代表事例(大規模)	62	190
2008	岩手・宮城内陸地震	地震	10.4	13000	全域	LP差分	代表事例(大規模)	18	3
2004	新潟県中越地震	地震	9.9	10000	全域	崩壊面積から推定	代表事例(大規模)	4	93
2005	台風14号(九州地方)	豪雨	9.9	2300	大規模のみ	現地調査+崩壊地判読	代表事例(大規模)	11	76
2024	能登半島地震(能登地方)	地震	9.5	不明	抽出事例のみ	崩壊面積から推定	抽出事例のみ	不明	不明(3県で115戸)
2018	西日本豪雨(広島県)	豪雨	9.4	800	概ね全域	LP差分+崩壊地判読	代表事例(被害集中)	87	711
2017	九州北部豪雨(筑後川右岸)	豪雨	9.3	1100	概ね全域	LP差分	代表事例(被害集中)	41	1134
2016	熊本地震	地震	8.8	440	全域	LP差分	全数	10	35
2015	関東・東北豪雨(日光芹沢地域)	豪雨	8.3	80	全域	LP差分	代表事例(被害集中)	0	7
2014	長野県南木曾土石流	豪雨	8.1	10	全域	LP差分	全数	1	13
2014	広島豪雨	豪雨	8	50	全域	LP差分	全数	74	429
2009	山口県防府市	豪雨	8	240	被害集中範囲	LP差分+崩壊地判読	代表事例(被害集中)	14	91
2013	伊豆大島豪雨	豪雨	7.9	18	被害集中範囲	現地調査+崩壊地判読	代表事例(被害集中)	39	203
2014	京都府丹波市	豪雨	7.8	100	全域	LP差分	全数	1	43
2006	長野県岡谷市	豪雨	7.4	10	被害集中範囲	現地調査+崩壊地判読	代表事例(被害集中)	8	27
2003	熊本県水俣市集川	豪雨	7.5	9	全域	現地調査+崩壊地判読	全数	19	16
2003	福岡県太宰府市	豪雨	6.7	1.5	全域	現地調査+崩壊地判読	全数	1	40
2013	秋田県仙北市	豪雨	6.4	1.5	全域	LP差分	全数	6	6