

平成 28 年（2016 年）熊本地震後の降雨による土砂移動の多発に影響した地震及び地形の特徴に関する分析事例

株式会社エイト日本技術開発 ○後根裕樹 海原荘一
国土交通省国土技術政策総合研究所 中谷洋明 松田昌之
国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 木下篤彦
紀伊山系砂防事務所 山田拓 柴田俊 小竹利明

1. はじめに

一般に、大規模地震後は崩壊や土石流が発生しやすくなるため、土砂災害警戒情報の雨量基準（CL）を一時的に引き下げて運用される^{例えば 1)}。(以下、通常時の CL を通常 CL、通常時より引き下げた CL を暫定 CL という)。平成 28 年（2016 年）熊本地震では、国内で発生した他の大規模地震の中でも特に強い揺れ（震度 7）が観測され、阿蘇外輪周辺では、多数の亀裂の形成とともに多くの崩壊・土石流が多発した。また、さらにその 2 箇月後の 2016 年 6 月豪雨時にも、新規の拡大崩壊や土石流等が発生している²⁾。

2016 年 6 月豪雨時の土砂移動に関して、熊本地震前に比べて少ない降雨で発生したことが報告されているが³⁾、暫定 CL による捕捉率の調査事例や、2016 年 6 月豪雨時の土砂移動発生に影響した熊本地震の地震動の諸元や地形的特徴などを分析した事例は少ない。

そこで、本稿では、阿蘇外輪エリアで 2012 年 7 月と 2016 年 6 月の豪雨時にそれぞれ発生した土砂移動を対象として、通常 CL および暫定 CL での捕捉率⁴⁾を調査し、熊本地震前後の各 CL における捕捉率の比較検討を行った。また、熊本地震時と 2016 年 6 月豪雨時に発生した土砂移動について、それぞれ勾配、平均曲率、最大加速度からなる内田ら（2004）⁵⁾地震時の崩壊危険度 F（以下、「F 値」という）との関係性を調査し、両者の特徴の比較を行った。

2. 調査手法

2.1 土砂移動データ

今回の検討では、図-1 の阿蘇外輪周辺の 3 次メッシュ内において、熊本地震前後、熊本地震時の 3 つの期間にそれぞれ発生した土砂移動を対象とした。

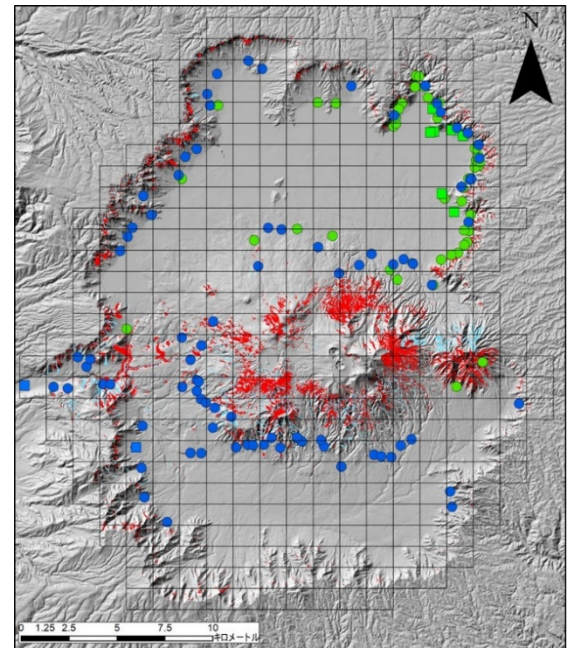
土砂移動データは、災害報告ベースの土石流・がけ崩れの災害データに加え、熊本地震時と 2016 年 6 月豪雨時は、LP データに基づき判読された土砂移動箇所を使用した。具体的には、熊本地震時の土砂移動データは、図-2 に示される①の時期の LP の判読結果に基づき土砂移動箇所を特定した。また、①の時期と②の時期の LP による判読結果の差分から得られた熊本地震以降の新規・拡大崩壊箇所・新規の土石流箇所を 6 月豪雨時に発生した土砂移動データとした。なお、検討は 3 次メッシュ（1 km メッシュ）単位で行った。

2.2 調査方法

2.2.1 熊本地震前後の捕捉率の調査

2012 年 7 月豪雨と 2016 年 6 月豪雨時に発生した土砂移動を対象として、各メッシュでの実況雨量からスネークラインを作成し、それぞれ通常 CL および暫定 CL における捕捉率を求めた。

暫定 CL は、熊本地震後に運用された通常 CL に対する 7 割、8 割の基準を使用した。また、2016 年 6 月豪雨時は、熊本地震時の各メッシュにおける推計震度毎の捕捉率を確認した。LP の判読結果に基づき追加した土砂移動データなど、詳細な発生時刻が不明な土砂移動については、一連の豪雨の中で RBFN 値 (Radial Basis Function Network) が最低となった日時を土砂移動発生のタイミングと推定し、捕捉率を算定した。



対象期間	土砂移動データ		
	がけ崩れ	土石流	LP判読による崩壊など
熊本地震前 2012/7/10~2012/7/15 2012年7月豪雨(九州北部豪雨)	■	●	
熊本地震時 2016/4/16 (熊本地震本震)			■
熊本地震後 2016/6/18~2016/6/25 2016年6月豪雨(梅雨前線による豪雨)	■	●	■

図-1 調査エリアと土砂移動箇所

※陰影図は基盤地図情報の 10mDEM データを基に作成

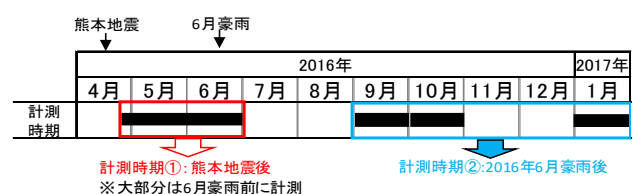


図-2 LP の計測時期

2.2.2 F 値と土砂移動の発生率との関係の調査

熊本地震時と 2016 年 6 月豪雨時を対象として、土砂移動の発生率%（土砂移動発生メッシュ数/メッシュ全数）を F 値のカテゴリ別に算出し、比較検討を行った。なお、F 値は下式で表される。

$$F = 0.075I - 8.9c + 0.0056a - 3.2^5)$$

I : 勾配 (°) c : 平均曲率 a : 最大加速度(cm/s²)

地形条件は、基盤地図情報の 10mDEM データ、最大加速度は QuakeMap⁶⁾ の 250m メッシュの値 (2016.4.16 熊本地震の本震のもの) から 3 次メッシュ内の最大値を採用した。F 値は 10m 四方で算出したものを 3 次メッシュ単位で平均化して代表値とした。

3. 結果

3.1 熊本地震前後の捕捉率

図-3 に示すように 2012 年 7 月豪雨時は、通常 CL での捕捉率 90%以上である。2016 年豪雨時は、主に土砂移動の発生時刻を RBFN 値の最低値とした推定である点に留意する必要があるが、通常 CL での捕捉率は 66%程度と 2012 年 7 月豪雨時より低く、震度エリア別みると震度が大きかったエリアほど捕捉率が低くなっている。また、2016 年豪雨時は、通常 CL と比べて暫定 CL の捕捉率は大幅に向上しており、震度 6 弱エリアは、暫定 CL (8 割) の捕捉率が通常 CL より 40%も向上している。また、すべての震度エリアにおいて、暫定 CL (7 割) での捕捉率が 100%となっている。

3.2 F 値と土砂移動の発生率との関係

図-4 に示すように、熊本地震時には F 値が大きいメッシュほど土砂移動の発生率が高い傾向が認められる。

2016 年 6 月豪雨時は、熊本地震時に比べると全般に発生率%は低いものの、熊本地震時と同様に、F 値が大きいメッシュのほうが発生率が高い傾向となっている。

4. まとめ

熊本地震より 2 箇月後の 2016 年 6 月豪雨では、熊本地震時に震度が大きかったエリアほど、地震による影響が大きく、地震前よりも少ない降雨規模で発生した可能性があり、震度が大きいエリアほど暫定 CL を用いることの有効性が示唆される結果となった。また、2016 年 6 月豪雨で新規・拡大崩壊した箇所は、内田ら (2004)⁵⁾による地震時崩壊危険度 F の高い箇所が多く含まれており、熊本地震による地震動の影響が大きい箇所で発生した可能性が高いと考えられる。このため、地震後の降雨による土砂災害への影響も地震時の影響評価の適用や応用が可能である可能性も考えられる。

熊本地震後の阿蘇外輪周辺にて確認された多数の亀裂の存在は、地表からは不可視の地盤内部に亀裂が存在する可能性も示唆しており、本稿の結果はこのような地表面の変状等から推察できる地盤影響の大きさを反映したものと考えられる。そのため、大規模地震後に警戒すべき地域の抽出は、震度のみならず UAV 等による地表面調査の結果が参考となる可能性が考えられる。

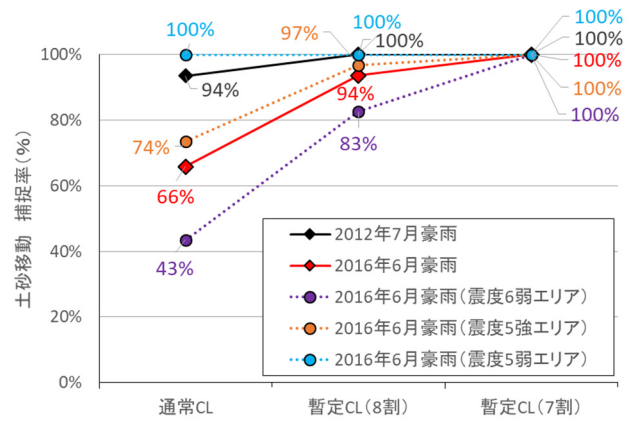


図-3 各 CL での土砂移動の捕捉率

※捕捉率は降雨数に基づいた算出法に基づく⁴⁾

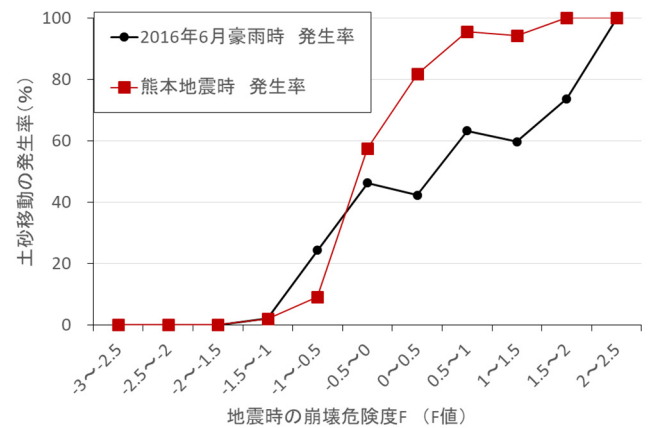


図-4 土砂移動の発生率と F 値との関係

【参考文献】

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局砂防部 気象庁：平成 28 年 4 月 16 日 1 次 25 分頃の熊本県熊本地方の地震に伴う土砂災害警戒情報発表基準の暫定的な運用について、<https://www.mlit.go.jp/common/001127915.pdf>, 2016.
- 2) 熊本県土木部砂防課：平成 28 年熊本地震土砂災害の被害状況について 地震後の大雨被害, <https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/24487.pdf>. 2016.
- 3) 渡邊輝嗣・桂真也・林真一郎・梅谷涼太・齋藤はるか・野呂智之・村田郁央：平成 28 年熊本地震前後の阿蘇地域における土砂移動現象発生の際各種降雨指標値の比較, 土木学会西部支部 第 9 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp151-156, 2018.
- 4) 国土交通省砂防部 気象庁予報部 国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室, 土砂災害警戒情報検証手法, p9, 2008.
- 5) 内田太郎・片岡正次郎・岩男忠明・松尾修・寺田秀樹・中野泰雄・杉浦信男・小山内信智：地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究, 国総研資料 第 204 号, 2004.
- 6) 産業総合技術研究所, QuiQuake—地震動マップ即時推定システム—<https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/QuakeMap/>. 2021.