

地形・地質素因に着目した土砂災害発生確率マップの作成の試み

松田昌之・中谷洋明

1. はじめに

土砂災害の被害軽減のためには、砂防施設等の施設整備及び土砂災害防止法に基づく警戒避難対策等、総合的に取り組むことが必要である。これらの取り組みを効率的に行うためには、土砂災害の発生場所と発生タイミングの予測が重要である。

土砂災害の発生場所の予測を目的として、降雨などの誘因と地形・地質的な素因の両面から多くの研究が行われてきた。

誘因に関する研究成果として、全国的に運用されている土砂災害警戒情報がある。これは、解析雨量（60分間積算雨量）と土壤雨量指数（降雨で蓄積された土壤中の水分量の指標）と過去の災害実績から設定されたCL（Critical Line）を基準にして発表される情報である。

一方、素因に関する研究については、地域毎の研究成果は多数あるものの、日本における地形・地質の特性が多岐に渡り、日本全国を統一的な指標で評価するには至っていない。

そこで、国土交通省国土技術政策総合研究所では、日本全国を対象に統一的な手法に基づいて調査・作成された土砂災害警戒区域などの地形・地質に関する主題図に着目し、素因としての活用を検討し、地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップを検討した。本稿では、土砂災害発生確率マップの概要と災害事例への適用性について紹介する。

2. 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップの検討

2.1 着目した地形・地質素因に関する主題図

地形・地質に関する多くの主題図の中から、日本全国で統一的な手法により整備されているものとして、以下の3つの主題図に着目した。

- (1) 土砂災害警戒区域（Y及びR）
- (2) 地すべり地形分布図

(3) 深層崩壊推定頻度マップ

2.2 検証に用いた災害実績データ

国土交通省の砂防部の所有する土砂災害データベースのうち、位置が特定されている約24年間の降雨による土砂災害データを活用した。なお、国土交通省に報告されない山間地の土砂移動等は含まれていない。

さらに、深層崩壊等の大規模な土砂災害との関係性を検討するために、1885年以降の降雨による深層崩壊や近年の災害のうち特に規模の大きい災害を抽出・整理した。

2.3 整理方法

主題図に含まれる情報のうち、以下の5種類について、3次メッシュ毎に素因の該当の有無を特定し、素因情報とした。

W_Y：土砂災害警戒区域（Y+R）

W_R：土砂災害特別警戒区域（R）

D_A：深層崩壊推定頻度マップ（特に高い）

D_{AB}：深層崩壊推定頻度マップ（特に高い+高い）

S：地すべり地形分布図（移動体+滑落崖）

これらの3次メッシュ（1kmメッシュ）毎の素因情報に対して、災害実績との適合性を適中率と捕捉率を指標にして検証した。

$$\text{適中率} = \frac{\text{任意条件下の災害メッシュ数}}{\text{任意条件による該当メッシュ数}}$$

$$\text{捕捉率} = \frac{\text{任意条件下の災害メッシュ数}}{\text{全災害メッシュ数}}$$

これらの素因とその組合せによる適中率と捕捉率を算出したうえで、以下の条件に基づき区分し、土砂災害発生確率マップを作成した。設定した区分の概要を表-1に示す。

- A) 区分1：災害のリスクが高まる素因を有する領域として、素因を考慮しない場合よりも高い適中率で、かつ捕捉率が最大となる区分。
- B) 区分2：降雨による災害リスクが特に高い領域として、適中率・捕捉率ともに高い（適中率

表-1 土砂災害発生確率マップ（案）の区分概要

設定区分	組合せ条件	適中率	捕捉率
発生確率区分1	$W_Y \cup D_{AB} \cup S$	4.01%	94.46%
発生確率区分2	W_R (単独)	7.94%	76.12%
発生確率区分3 (大規模崩壊の発生確率)	$D_{AB} \cap S$	0.32%	66.02%

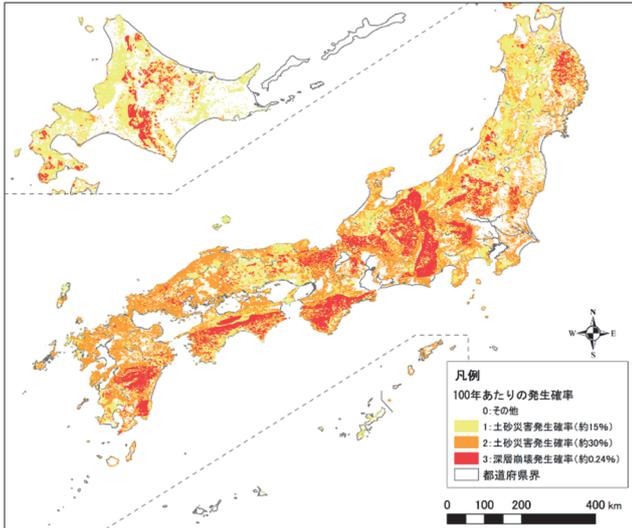


図-1 土砂災害発生確率マップ（案）

を優先) 区分

C) 区分3：大規模崩壊のリスクが高い領域として大規模崩壊事例との適中率と捕捉率がともに高い区分。

ここで、適中率はある条件における災害メッシュの割合であり、災害の発生率と考えることができる（ただし、素因を有する領域の災害発生率は一定と仮定）。そこで、土砂災害発生確率マップでは、適中率から100年あたりの発生確率を逆算して示した（図-1）。なお、土砂災害発生確率マップの検討の詳細は、国土技術政策総合研究所資料（以下「国総研資料」という。）第1120号「地形・地質に関する主題図を用いた全国における土砂災害発生リスク推定法に関する考察」（2020年6月）を参照されたい。

3. 災害事例との検証

3.1 検証対象災害の概要と対象地域

検証対象は、令和元年台風第19号災害と令和2年の7月豪雨災害とした。

(1) 令和元年台風第19号（東日本台風）災害

令和元年（2019年）東日本台風は、非常に強い勢力のまま10月12日に静岡県に上陸し、関東

甲信越地方と東北地方を通過した。この台風により東日本と東北地方を中心に記録的な大雨となり、東日本を中心に多数の土砂災害が発生した（国土交通省、2019）。東日本台風で多くの土砂災害が発生した宮城県を対象に検討した。降雨整理期間は2019年10月10日～10月13日である。

(2) 令和2年7月豪雨災害

2020年7月3日から7月31日にかけて日本付近に停滞した前線の影響で、各地で大雨となった。特に、九州では4日～7日、岐阜県周辺では6日～8日に記録的な大雨となった。また、13日～14日は中国地方を、27日～28日は東北地方を中心に大雨となった。この豪雨により球磨川などの大河川での氾濫が相次ぎ、多数の土砂災害が発生した。

本検証は、多くの土砂災害が発生した熊本県と長野県を対象として実施した。降雨の整理期間は2020年7月3日～7月31日である。

3.2 土砂災害発生確率マップの適用性の検証方法

土砂災害発生確率マップの適用性の検証のために、以下の2つの観点から評価した。

(1) 素因に基づく適中率と捕捉率の比較

土砂災害発生確率マップと災害事例から素因に基づく適中率と捕捉率を算出し、誘因に基づく適中率と捕捉率を比較した。

(2) 素因の組合せによる適中率と捕捉率の変化

誘因と素因の組み合わせによる効果を適中率と捕捉率の変化から検証した。これによって、土砂災害発生確率マップの捕捉情報としての有用性を確認した。

誘因としては降雨のCLの超過を用い、降雨期間中において、1回以上CLを超過した3次メッシュを誘因あり（CL超過メッシュ）とした。また、実際の災害における土砂災害発生確率マップの有用性の検証の際には、以下方法で求めた適中率と捕捉率を用いた。

$$\text{適中率} = \frac{\text{該当する災害メッシュ数}}{\text{該当するメッシュ総数}} \quad (\text{メッシュベース})$$

$$\text{捕捉率} = \frac{\text{該当する災害箇所数}}{\text{全災害箇所数}} \quad (\text{箇所ベース})$$

3.3 検証に用いた災害情報

(1) 令和元年台風第19号（東日本台風）災害

災害直後に国土交通省砂防部が把握した820箇所の災害箇所データのうち、宮城県に該当する250箇所のデータを利用した。

(2) 令和2年7月豪雨災害

国土交通省砂防部が所有する令和2年の土砂災害データベースのうち、位置が特定できた災害を利用した。ただし熊本県については、熊本県から提供された追加情報により位置を修正した上で利用した。表-2に使用した災害箇所データの数を示す。

3.4 検証結果

各災害事例について、土砂災害発生確率マップとCLの超過メッシュの分布および災害箇所の重ね図を作成した(図-2)。災害発生確率区分をメッシュの塗りつぶしで示すとともに、CLを超過したメッシュを紫枠で示した。誘因・素因別、両者の組合せそれぞれの適中率と捕捉率の集計結果を表-3に示す。

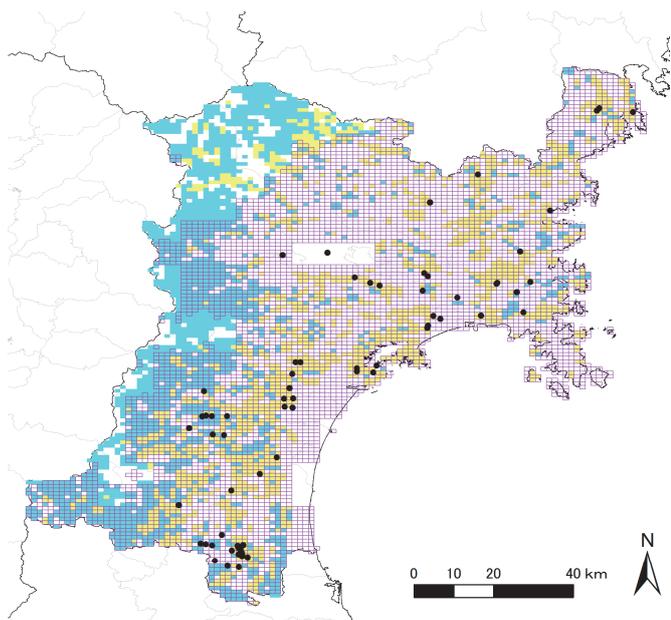
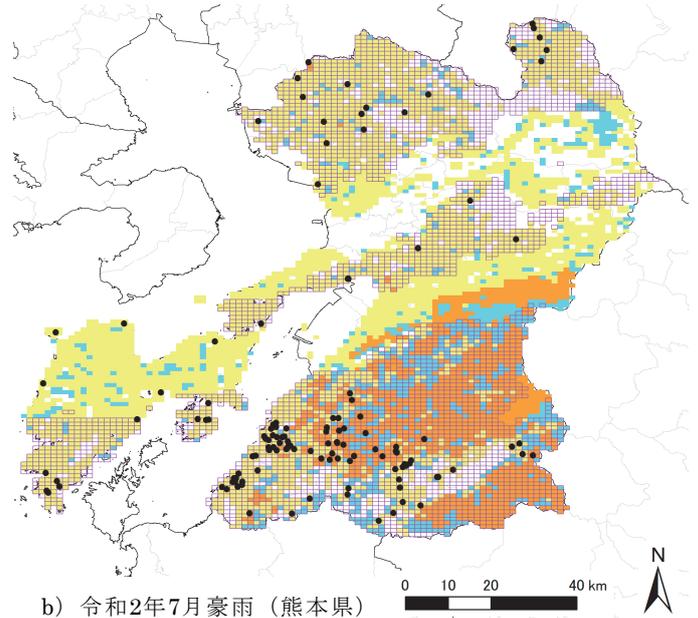
(1) 令和元年台風第19号(東日本台風)災害

宮城県では令和元年の東日本台風災害の際に、CL超過かつ発生確率区分2の領域に災害箇所が集中していた(図-2a)。誘因に基づく適中率は

表-2 検証に用いた災害データ

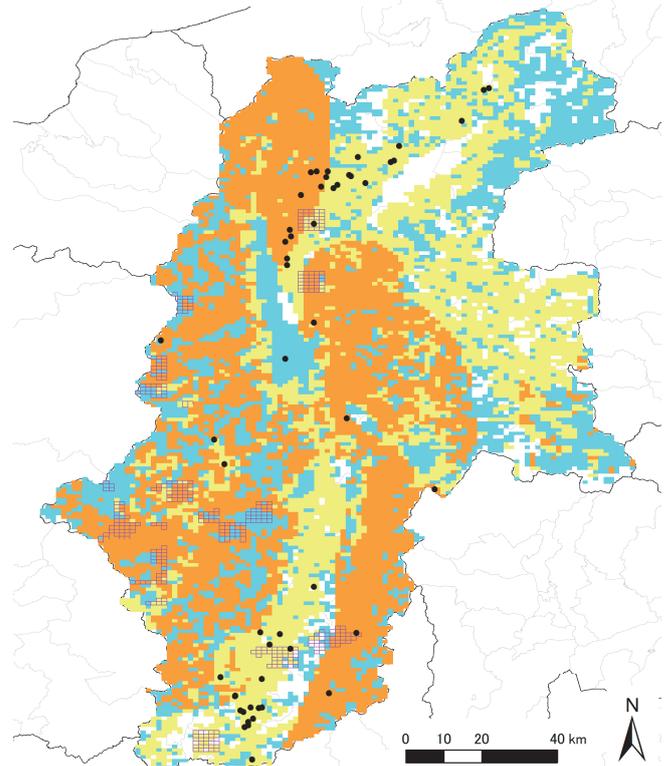
災害事象	R2年7月豪雨		
	R1年台風19号 宮城県	熊本県	長野県
がけ崩れ	76	93	9
地すべり	0	1	28
土石流	174	42	15
合計	250	136	52

1.0%、捕捉率は99.2%であった。土砂災害発生確率マップで表した素因(以下「素因」という。)との組合せでは適中率2.6%、捕捉率84.4%(土砂災害の確率の高い発生確率区分2の場合)となった(表3-a)。すなわち、両者を組み合わせることで災害の捕捉率を比較的高く保つと共に、適中率も2.6倍に向上しており、危険度の高い領域が絞り込まれる結果であった。具体的にはCL超過した6,126メッシュのうち、素因との組合せで1,592メッシュに絞り込まれた。



凡例
 都道府県境界
 発生確率区分1
 発生確率区分2
 発生確率区分3
 CL超過メッシュ
 災害箇所

a) 令和元年台風第19号災害(宮城県)



c) 令和2年7月豪雨(長野県)

図-2 素因と誘因による適中率と捕捉率

(2) 令和2年7月豪雨災害

熊本県ではCLを超過したメッシュのうち、発生確率区分2及び3に該当する領域に災害が集中している傾向があった(図2-b)。誘因(CL超過)のみの適中率は2.5%、捕捉率95.6%である。誘因と素因を組み合わせることで、土砂災害の確率の高い区分2において捕捉率を80.9%と比較的高く保ちつつ、適中率も4.3%(1.7倍)へと向上し(表-3b)、危険度の高い領域を絞り込むことが出来た。具体的にはCL超過4,377メッシュのうち、素因と組み合わせで2,143メッシュに絞り込まれた。

長野県ではCL超過メッシュが限定的であり、災害との適合性は不十分であった。しかし、素因に着目すると区分2及び区分3のエリアに災害が集中する傾向があった(図-2c)。誘因(CL超過)のみの適中率は0.8%、捕捉率5.4%であり、捕捉率は低い値を示した。一方、素因では発生確率区分2で適中率が最大を示し(適中率:0.9%、捕捉率:67.9%)、誘因による適中率とほぼ同じであるが、捕捉率が高い値を示す。このように、誘因(CL超過)の適合性が不十分な場合であっても、素因に基づく危険領域の絞り込みは可能であった。

表-3 素因と誘因の組合せによる適中率と捕捉率の変化

a) 令和元年 台風19号災害(宮城県)

発生確率 区分	誘因		素因		組合せ	
	適中率	捕捉率	適中率	捕捉率	適中率	捕捉率
区分0	1.0%	99.2%	0.5%	13.2%	0.5%	12.4%
区分1			0.3%	2.4%	0.4%	2.4%
区分2			2.4%	84.4%	2.6%	84.4%
区分3			-	0.0%	-	0.0%

b) 令和2年 7月豪雨(熊本県)

発生確率 区分	誘因		素因		組合せ	
	適中率	捕捉率	適中率	捕捉率	適中率	捕捉率
区分0	2.5%	95.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
区分1			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
区分2			2.7%	85.3%	4.3%	80.9%
区分3			1.8%	14.0%	2.2%	14.7%

c) 令和2年 7月豪雨(長野県)

発生確率 区分	誘因		素因		組合せ	
	適中率	捕捉率	適中率	捕捉率	適中率	捕捉率
区分0	0.8%	5.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
区分1			0.1%	5.4%	0.0%	0.0%
区分2			0.9%	67.9%	2.7%	5.4%
区分3			0.3%	26.8%	0.0%	0.0%

4. まとめ

本稿では、国総研資料で公表されている地形・地質の素因情報から作成した土砂災害発生確率マップの紹介と実際の災害事例への適用性について検討した事例を示した。土砂災害発生確率マップによる素因情報のみでも実際の災害事例に一定の適用性が確認された。さらに、CLの超過による誘因情報と素因情報を組み合わせることで、災害の適中率を大きく高めつつ、捕捉率を保ち、危険な領域を絞り込むことができた。今後も事例検証を重ねると共に、本マップの更新、改良に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人防災科学技術研究所：地すべり地形分布図、2014
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/news-20140724>、参照2019.08.15
- 2) 国土交通省：深層崩壊に関する全国マップについて、2010
http://www.mlit.go.jp/report/press/river03_hh_000252.html、参照2019.08.15
- 3) 国土交通省：令和元年台風19号に伴う土砂災害の概要、2019
https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r1dosha/r1_typhoon19.html、参照2021.01.29
- 4) 国土交通省気象庁：災害をもたらした気象事例 令和2年7月豪雨、2020
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2020/20200811/20200811.html>、参照2021.01.29
- 5) 松田昌之、中谷洋明：地形・地質に関する主題図を用いた全国における土砂災害発生リスク推定法に関する考察、国土技術政策総合研究所資料、No.1120、2020

松田昌之



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部土砂災害研究室 交流研究員、現アジア航測株式会社
MATSUDA Masayuki

中谷洋明



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部土砂災害研究室長
NAKAYA Hiroaki