

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1120

June 2020

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

松田昌之・中谷洋明

A study on the estimation method of the risk of landslide disasters
in Japan using topographic and geological thematic maps

MATSUDA Masayuki
NAKAYA Hiroaki

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

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

松田昌之* 中谷洋明**

A study on the estimation method of the risk of landslide disasters
in Japan using topographic and geological thematic maps

MATSUDA Masayuki*, NAKAYA Hiroaki**

概要

本資料は、土砂災害警戒情報の補足情報に資することを目的とし、地形・地質に関する主題図からなる素因情報と災害事例の適合性を検証し、地形・地質素因の分布から日本全国における土砂災害発生リスクの推定方法の検討結果を示すものである。

キーワード：土砂災害警戒情報、地形情報、地質情報、土砂災害リスクマップ

Synopsis

This document, for the purpose of contributing to the supplemental information of the sediment disaster warning information, verifies the suitability of the primary factors based on several thematic diagrams on the topography and geology, and disaster cases. And, it shows the results of the examination of the estimation method of the sediment disaster occurrence risk in Japan from distributions of the topographical and geological information.

Key Words: Sediment disaster warning information, Topographical Information, Geological Information, Sediment-related Disaster risk map

* 土砂災害研究室交流研究員 Guest Research Engineer, Sabo Risk-Management Division
** 土砂災害研究室長 Head, Sabo Risk-Management Division

[はじめに]

土砂災害による被害抑制のためには、砂防施設等の施設整備と合わせて、土砂災害防止法に基づく警戒避難対策等が必要である。土石流・がけ崩れ・地すべりなどの土砂災害に対する砂防施設の計画規模の設定や土砂災害警戒区域等の設定のためには、土砂災害の発生場の予測が重要であり、地形や地質等の素因に基づく発生場予測の調査・研究が進められてきた。たとえば、重力斜面の変形過程に着目した深層崩壊の危険度分類方法(千木良、2015)やLiDARで取得された高精度地形情報を用いた応用地形判読図に基づいた応用地形学的観点からの危険度評価の研究(下河、2018)、DEMを用いた地形解析による谷密度を指標とする斜面崩壊危険度の評価の研究(木下ほか、2019)など多数ある。しかし、これらは調査地域における研究成果であり、関連学会等で土砂災害予測のために一般的に用いられる地形要素・因子として、調査地域の範囲を超えて全国的に使用可能なものではない。そのため、土砂災害警戒情報等においては、全国で使用可能な地形・地質に関する素因情報が反映されていない。

また、警戒避難対策では避難指示と解除のタイミングが重要であり、土砂災害の発生時間(帯)の予測のため、誘因となる降雨指標の研究が進められてきた。誘因を表す指標については、降水量、土壌飽和度、地下水位やそれに付随する化学成分量等がある。一般的には、降水量(以下、降雨量と区別しない)として1kmメッシュ単位の6時間予測「降水短時間予報」(永田・辻村、2006;熊谷、2014)や15時間先までの降雨量を予測する「降水15時間予報」(橋口、2019)などがある。さらに、降水量を加工した土壌雨量指数や流域雨量指数(気象庁、2017)がある。土砂災害に関する誘因については、都道府県砂防部局と気象台が運用する土砂災害警戒情報(以下、「警戒情報」)の指標として短期降雨「1時間雨量」と長期降雨「土壌雨量指数」が用いられている。この警戒情報は警戒避難判断を支援する法定情報となっている。

このように素因と誘因のそれぞれで研究が進められているものの、降雨等の誘因と比較して素因情報の活用が遅れているのが現状である。そのため、土砂災害予測を目的とした地形・地質等の素因の指標化の取り組みが必要である。

本資料では、社会に提供されている土砂災害警戒情報の補足情報として活用可能な地形・地質情報に関する主題図の整備を目的とし、各種の地形・地質情報と国土交通省が所有する過去の災害資料を用いた整理・検討結果に基づき、災害発生の多寡及び有無と強い相関を有する地形・地質素因の組合せをまとめた。また、検討結果より地形・地質素因による土砂災害の発生リスク推定法を検討し、全国の土砂災害発生確率マップ(案)としてまとめた。

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

目次

1	地形・地質データ及び用いた主題図の概要	1
1.1	利用する地形・地質に関する主題図の概要	2
1.2	深層崩壊推定頻度マップ	3
1.3	地すべり地形分布図	4
1.4	土砂災害警戒区域及び特別警戒区域	5
2	検証対象とする土砂災害データの整理方法	6
2.1	近年の降雨による土砂災害事例	6
2.2	顕著な大規模土砂災害	8
3	ラスタ化手法と日本全体における地形・地質の素因の分布	10
3.1	解析単元メッシュの設定	11
3.2	地形・地質に関する主題図のラスタ化手法の概要	12
3.2.1	対象とする地形・地質に関する主題図のラスタ化項目	15
3.3	地形・地質に関する主題図のラスタ化結果	16
3.3.1	地すべり地形分布図	18
3.3.2	深層崩壊推定頻度マップ	20
3.4	日本全国における各素因情報の分布状況	23
3.4.1	土砂災害警戒区域等	23
3.4.2	地すべり地形分布図	24
3.4.3	深層崩壊推定頻度マップ	25
3.4.4	既往研究手法との比較検証	26
4	地形・地質に関する素因と災害履歴との検証	27
4.1	地形・地質情報にみられる特性と災害履歴にみられる特性整理	27
4.2	災害履歴と地形・地質の素因との該当状況整理	28
4.3	災害履歴の多いメッシュにおける地形・地質の素因の該当状況分析	31
4.4	地形・地質の素因の被覆面積率の変化と災害メッシュ率の変化	34
4.5	素因の組合せと災害適中率と捕捉率	42
4.5.1	地形・地質素因の単独評価	43
4.5.2	地形・地質素因の組合せによる適中率と捕捉率	45

4.6	災害と関係性の高い素因の整理	47
4.6.1	素因の組合せによる適中率の倍率による評価	47
4.6.2	災害と関係性の高い素因の組合せ一覧表	49
5	地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の検討.....	52
5.1	地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の基本的方針	52
5.2	素因の組合せの適中率と捕捉率に基づく発生確率区分の設定	53
5.3	地形・地質素因に基づく発生確率マップ（案）の作成.....	56
6	まとめ.....	59

資料

資料 1	地形・地質に関する素因のラスタ化手法.....	63
資料 2	素因の被覆面積率と災害事象の整理図.....	72
資料 3	土砂災害発生確率マップ（案）と検証結果.....	75
資料 4	3次メッシュによる地形・地質の素因情報の整備内容.....	93
資料 5	地すべり地形分布図 増補版の概要と補備データの説明.....	95

1 地形・地質データ及び用いた主題図の概要

地形・地質のデータとして、地質図などの直接的な1次情報に対して、土砂災害と素因の関係について長らく研究されてきた。しかし、多くは定性的な整理や地域的な特性整理にとどまっており、日本全国を共通に利用可能な直接的な災害素因の整理には至っていない。

一方で、国立研究開発法人防災科学技術研究所が公表する地すべり地形分布図などの災害地形に類する資料や国土交通省と国立研究開発法人土木研究所が公表する深層崩壊推定頻度マップなど、地形情報や地質図等の情報を用いた災害地形の判読や災害履歴に基づく検討を踏まえて作成された2次的な情報が主題図として提供されている。本研究では、これらの2次的な情報の主題図に着目し、間接的ではあるが、地形・地質等の素因情報を評価した。

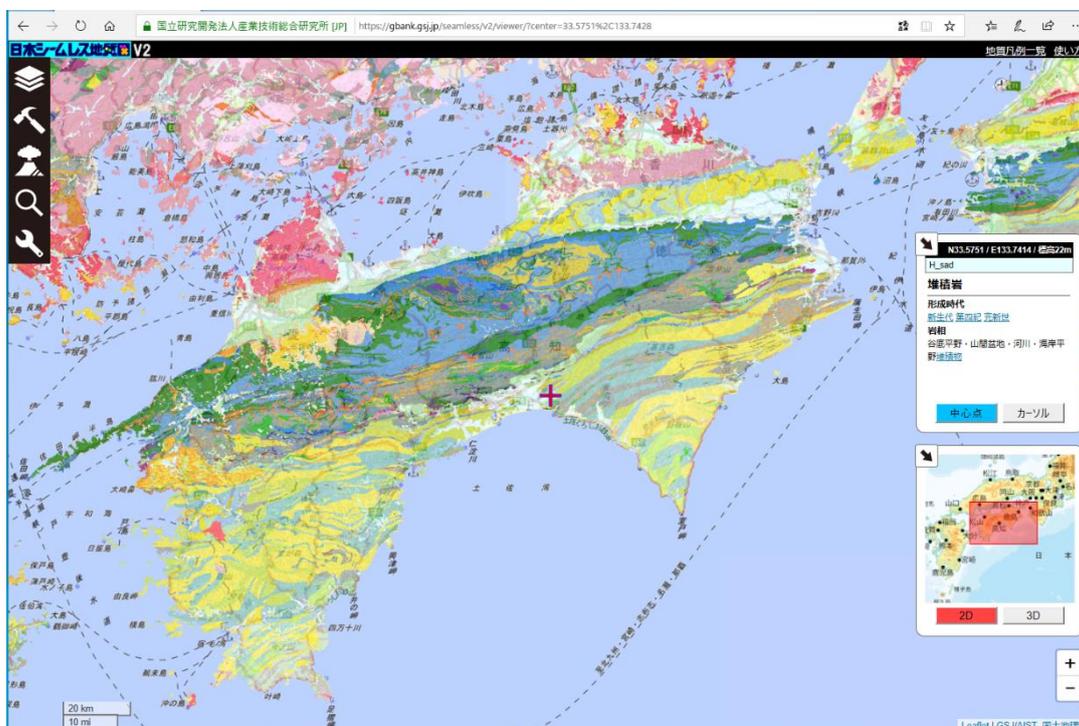
■ 主な地形・地質に関する1次情報

【地形情報】

- ・ 1/2500 地形図や地勢図などの紙図面、
- ・ レーザー計測による地盤標高データ (DEM) など

【地質情報】

- ・ 表層地質図や 1/20 万地質図幅等の紙図面
- ・ 1/20 万シームレス地質図 (図 1.1) など



「国立研究開発法人 産業技術総合研究所 HP : <https://gbank.gsj.jp/seamless/>より」

図 1.1 地質情報 (シームレス地質図) 例

1.1 利用する地形・地質に関する主題図の概要

地形情報として、地形図やレーザー計測による DEM（数値標高モデル）に加え、空中写真を用いた微地形判読図（例えば、砂防微地形判読図）などが一般的である。また、地質情報は、1/20 万分地質図やシームレス地質図、表層地質図などの各種の地質図データがある。

これらのデータの多くはアナログ形式の印刷図として作成されてきており、一部はデジタル化されているものの、単純に紙図面をトレースしてベクトル情報化したに留まるものが多い。

このように地形・地質を直接示す 1 次情報の整備は進みつつあるものの、これらを用いた土砂災害の危険性に関する日本全国の統一的な評価指標の構築には至っていない。しかし、これらの情報に検討を加えて作成された情報（2 次情報）に着目することで間接的に地形・地質等の情報を反映できると考えられる。

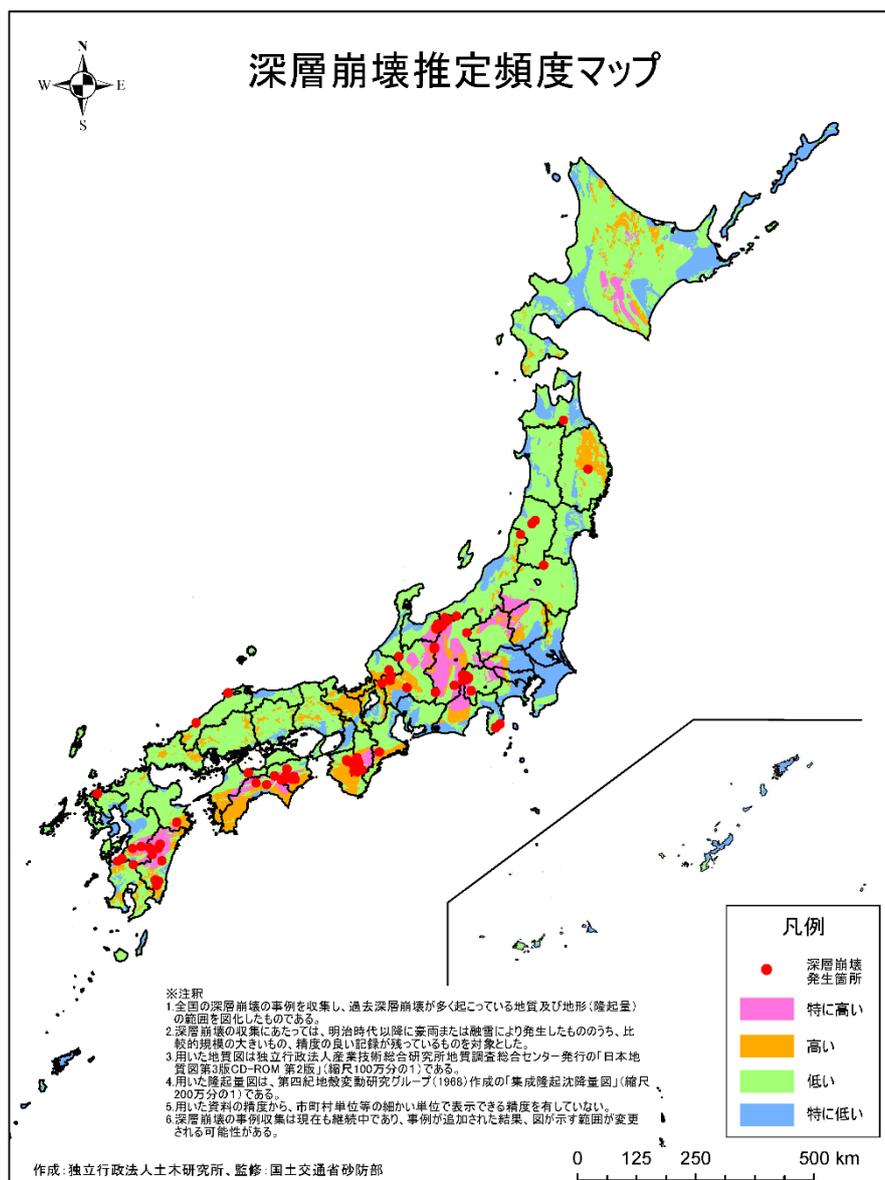
ここで、比較的容易に入手可能であり、かつ日本全国で一律に地形・地質情報を考慮し作成された主題図として、以下の 3 種類（土砂災害警戒区域等・深層崩壊推定頻度マップ・地すべり地形分布図）を用いた。表 1.1 にこれらの主題図の概要と特性を示す。また、1.2～1.4 に各主題図の詳細を述べる。

表 1.1 本資料で用いた地形・地質要因の主題図

資料名	概要	特性
土砂災害警戒区域等	過去の土砂災害事例における地形・地質の特性分析に基づく手法で設定される区域である。これらの区域は、砂防基盤図による地形情報と現地調査による地形及び地質的な情報に基づくものである。	災害が発生する可能性が高い地形条件と、土石等による力の計算に用いる土質定数として地質条件が反映されている。 地形的要因・地質的要因
深層崩壊推定頻度マップ	起伏量などの地形情報とシームレス地質図による地質情報に対して、過去の深層崩壊の事例との関係进行分析し、深層崩壊の危険性の高い領域を推定したマップである。	地すべりや大規模崩壊に対して危険性の高い地質区分と地形情報（起伏量）により抽出される。 地形的要因・地質的要因
地すべり地形分布図	写真判読による地すべり地形の分布図。過去の地すべりの痕跡を示す図もとらえることができる。日本全国を 5 万分の 1 縮尺で網羅している。	過去の地すべりの痕跡を示すものであり、地すべりの再滑動や末端部の崩壊等が生じる可能性が高い場所が抽出される。 地形的要因（災害地形）

1.2 深層崩壊推定頻度マップ

深層崩壊推定頻度マップは、国土交通省と国立研究開発法人土木研究所が深層崩壊の可能性のある地域を平成 22 年 8 月 11 日に公表したものである。この図は明治期（1868 年）以降に発生した深層崩壊の事例調査で得られた知見に基づき、起伏量や特定の地質分類の分布から、日本全国の相対的な深層崩壊発生危険度を評価したものであり、深層崩壊のポテンシャルを「特に高い」、「高い」、「低い」、「特に低い」の 4 区分で図示している。すなわち、地すべりや大規模崩壊などを含む深層崩壊に対する発生推定頻度を起伏量などの地形的要因と地質的要因から推定した素因情報と言える。



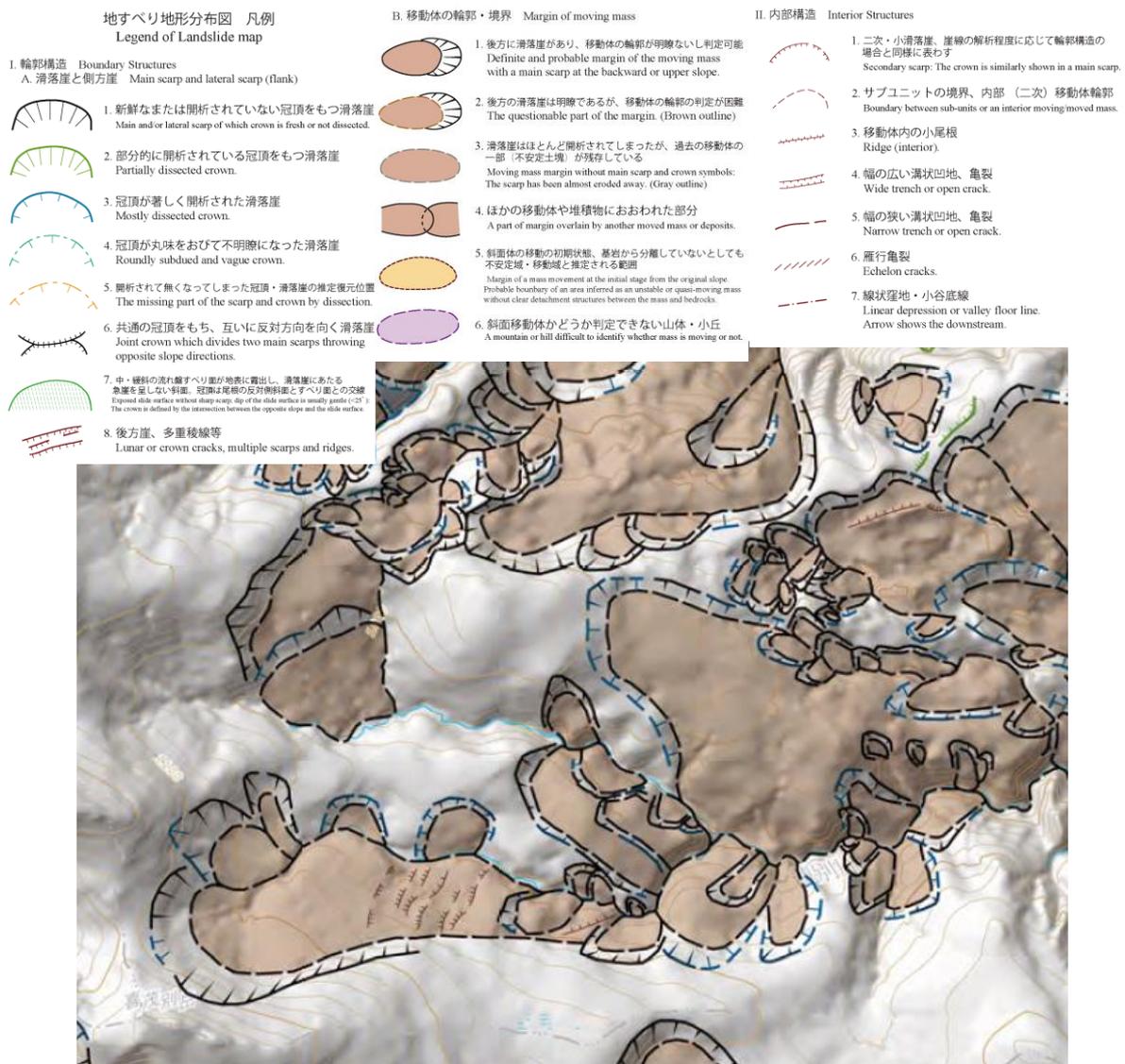
「国土交通省 HP 深層崩壊に関する全国マップについて（プレスリリース）より引用
 (http://www.mlit.go.jp/report/press/river03_hh_000252.html)」

図 1.2 深層崩壊推定頻度マップ

1.3 地すべり地形分布図

地すべり地形分布図は、国立研究開発法人防災科学技術研究所により実施された日本全国を5万分の1の縮尺の空中写真判読による地すべり地形の抽出結果を示したものである。地すべり地形として、地すべり移動体のほか、滑落崖や溝状凹地などの地すべりの内部構造が判読されている。さらに、滑落崖や地すべり移動体の輪郭については、明瞭度も区分されており、地すべりの活動性に関する要素も含んでいる。すなわち、地すべりの再滑動や末端部の崩壊などの可能性のある地形的要因（災害地形）が抽出されている。なお、本研究では、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図デジタルアーカイブ※1で公表されているGISデータを使用した。

※1：http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/index.html



「防災科学技術研究所 地すべり地形分布図デジタルアーカイブより引用」

図 1.3 地すべり地形分布図例（北海道 定山溪付近）

1.4 土砂災害警戒区域及び特別警戒区域

土砂災害警戒区域等は土石流・急傾斜地の崩壊・地滑りの3つの事象に対して人家等に危害が生じる可能性があるエリアを示すものであり、国土交通省が収集・整理した過去の土砂災害の発生状況の分析結果に基づく調査手法により設定される。これらの調査では、大縮尺の地形図(砂防基盤図)を用いた机上調査と現地により把握された地形状況及び地質に基づく調査が実施される。したがって土砂災害警戒区域等には、地形的要因および地質的要因が反映されている。ここで、土砂災害警戒区域は、土砂災害により人家等とその居住者に危害がおよぶ恐れのある範囲である。また、土砂災害特別警戒区域は、土砂災害警戒区域のうち、木造家屋が倒壊する恐れのある範囲である。なお、土砂災害警戒区域と土砂災害特別警戒区域を合わせて土砂災害警戒区域等と呼ばれる。

土砂災害防止法に基づく基礎調査は継続的に実施されており、土砂災害警戒区域等は随時追加される。本資料では、国土数値情報の2018年8月1日段階の公表データを用いた。

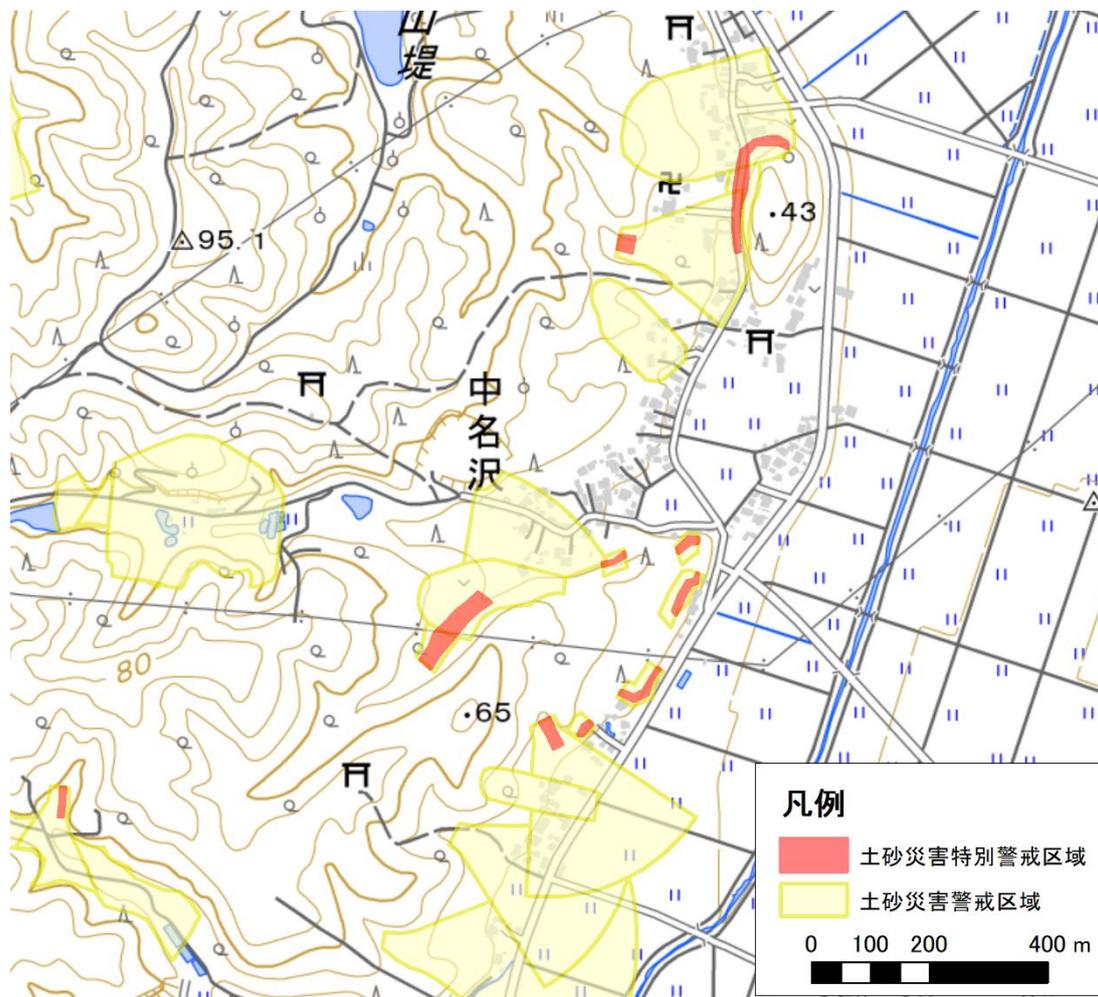


図 1.4 土砂災害防止法に基づく基礎調査による土砂災害警戒区域等の設定例

2 検証対象とする土砂災害データの整理方法

一般に地形・地質的な素因に応じて土砂災害の発生頻度が異なると考えられる。そのため、実際の土砂災害事例と比較することで、土砂災害の発生頻度が高い地形・地質の条件を整理可能と考えられる。そこで、国土交通省の保有する降雨による土砂災害の発生資料と規模の大きな顕著な大規模崩壊の発生資料を用いて、土砂災害と地形・地質に関する素因の関係性を整理した。

2.1 近年の降雨による土砂災害事例

国土交通省の砂防部の保有する土砂災害データベース（土石流・がけ崩れ・地すべり）のうち、災害位置が特定され、降雨による土砂災害としてデジタル形式で整理されている 1995 年～2018 年までの約 24 年間のデータを使用した（表 2.1）。なお、これらのデータは日本全国で約 1 万 6 千件あるが、発生位置が不明な土砂災害や国土交通省の砂防部に報告されない山間部で発生した土砂災害は含まれていない。

これらの災害実績の位置は図 2.1 のとおりである。

表 2.1 検証に用いた近年の土砂災害

災害種別	箇所数	データ集計期間
土石流	3,643	1996～2018（23年間）
がけ崩れ	11,088	1995～2018（24年間）
地すべり	1,487	1996～2018（23年間）
災害合計	16,218 箇所	

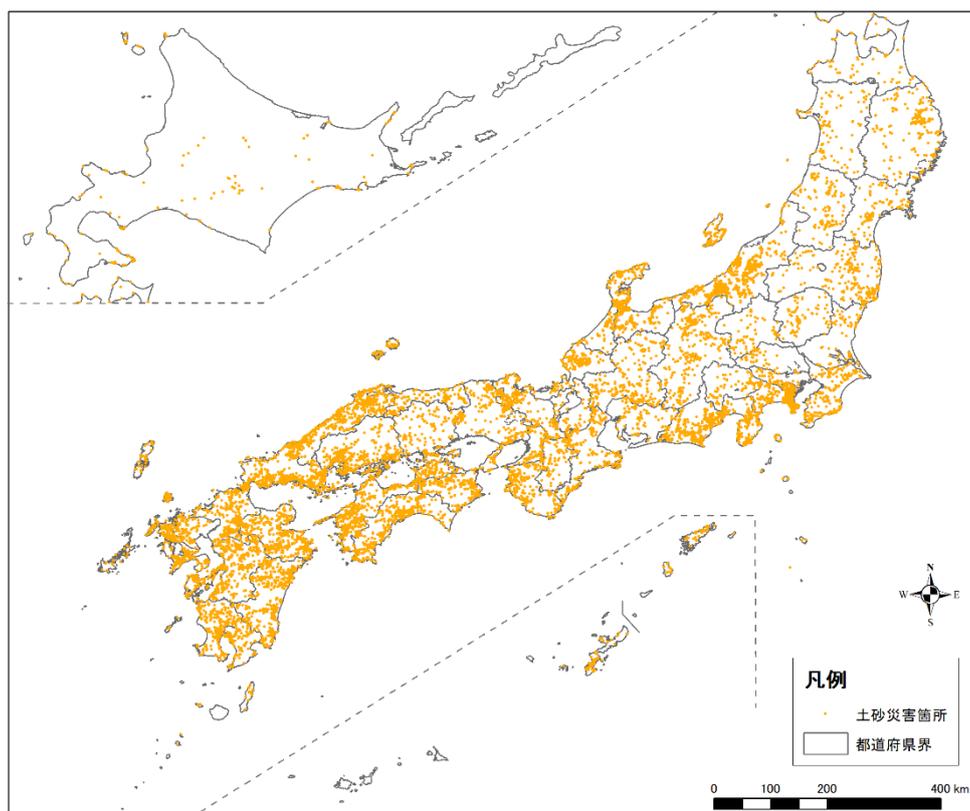


図 2.1 検証に用いた土砂災害実績の分布図

2.2 顕著な大規模土砂災害

顕著な大規模土砂災害は、明治時代以降の深層崩壊発生事例及び大規模崩壊発生事例を対象とした。深層崩壊跡地密度分析区域図（土木研究所，2010）では、明治時代以降から平成 22 年度までに降雨により発生したと考えられる 188 の深層崩壊事例が整理されており、平成 22 年度までの情報はこれを用いた。また、2011（平成 23）年度以降については、（一社）砂防・地すべり技術センターが発行する『土砂災害の実態』に掲載された規模が大きく顕著な大規模崩壊事例を収集した。さらに、国土交通省が発表した 2011（平成 23）年台風 12 号により紀伊半島で発生した深層崩壊事例を取集した（表 2.2）。ここで、複数の資料において明らかに重複する災害は除外した。さらに、収集災害の発生位置の特定が困難な場合には、災害発生の地区名から取得した。取得にあたっては政府統計ポータルサイト e-Stat（<https://www.e-stat.go.jp/>）の国勢調査の小地域（町丁・字等別）の GIS データの中心座標を災害位置とした。

これらを収集した結果、顕著な大規模崩壊事例は 223 事例となった（表 2.3）。顕著な大規模崩壊発生事例の分布を図 2.2 に示す。

表 2.2 顕著な大規模崩壊発生事例資料リスト

資料名	内容	出展
深層崩壊 188 事例 （深層崩壊跡地密度分析区域図等掲載）	明治時代以降から平成 22 年度までに降雨により発生したと考えられる深層崩壊	土木研究所 https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech_info/study/h23_fy2011/past_dscl-list20120117.pdf
土砂災害の実態 （平成 23 年度平成 30 年度）	平成 23 年度～平成 30 年度における降雨により発生したと考えられる深層崩壊及び大規模崩壊	一般社団法人砂防・地すべり技術センター
業務報告書及び 国土交通省発表資料	平成 23 年台風 12 号による紀伊半島において発生した深層崩壊事例	国土交通省

表 2.3 顕著な大規模崩壊事例箇所数

災害種別	箇所数	データ集計期間
大規模土砂災害	223	1885～2018（134 年間）

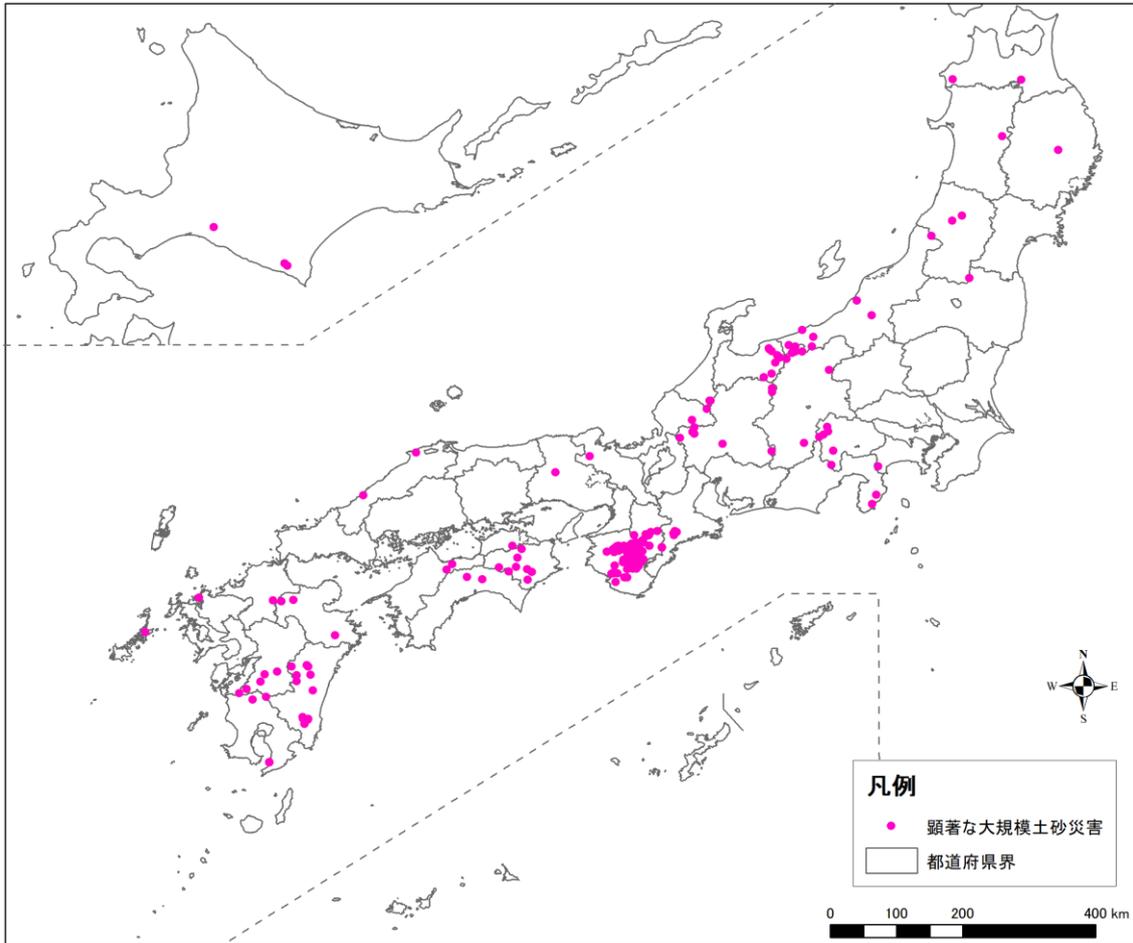


図 2.2 顕著な大規模崩壊発生事例の分布図

3 ラスタ化手法と日本全体における地形・地質の素因の分布

日本全国を網羅する地形・地質に関する2次的情報を示す主題図は、「土砂災害警戒区域等」・「深層崩壊推定頻度マップ」・「地すべり地形分布図」の3つ考えられ、それぞれデジタルデータ（ベクター形式）で整備されている。これらのベクター形式の主題図を日本全国で統一的に活用するためには、PCの性能等の問題で、データをそのまま処理することが困難な場合が多く、データのラスタ化による情報量の圧縮が求められる。

これらのラスタ化に際して、データの特長や整備状況等により資料毎に表 3.1 に示す課題が存在する。例えば、土砂災害警戒区域は基本的にデジタル形式であるが、整備縮尺が 1/2,500 である。これらは非常に緻密な曲線で描かれており、全国では数万のデータとなるためデジタル形式の情報量が膨大で扱いづらいという欠点がある。

本章ではこれらの情報の圧縮のため、地形・地質情報を被覆面積率としてラスタ化する処理方法を説明するとともに、日本全国における各情報の被覆面積率の分布状況等の整理結果を示す。

表 3.1 素因として用いる主題図ごとのラスタ化のための課題

資料名	データ整備状況および使用データ	ラスタ化に対する課題
土砂災害警戒区域等	「土石流」・「がけ崩れ」・「地すべり」に対する土砂災害警戒区域および土砂災害特別警戒区域のポリゴンデータが GIS データとして整備されている（国土数値情報ダウンロードサイト： http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/ より入手可能）。データは平成 30 年 8 月 1 日公表データを使用	縮尺 1/2500 地形図を基にする成果であり、曲線及び点数が多く、ベクター形式のままではデータ量が膨大となり扱いづらい。
深層崩壊推定頻度マップ	国土交通省のプレスリリース（深層崩壊に関する全国マップについて）にて公表されている元データ（GIS）データを活用した。 （ http://www.mlit.go.jp/common/000121614.pdf ）。 推定頻度毎のポリゴンデータ（GIS データ）は土木研究所で管理されている。	推定頻度毎のポリゴン情報として日本全国を網羅されている。一定エリア内に複数の危険度が混在するため、対象とする区分の抽出が必要。
地すべり地形分布図	防災科学技術研究所の HP で公開されている GIS データで、地すべり地形の移動体はポリゴン情報で滑落崖や後方崖・線状凹地などの内部構造はライン情報により作成されている。国立研究開発法人防災科学技術研究所の地すべり地形分布図デジタルアーカイブ（ https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html ）より入手し利用。	ライン情報とポリゴン情報が混在する。滑落崖や内部構造のケバ表現のうち、空白部も対象として考慮する必要がある。

3.1 解析単元メッシュの設定

本検討は、災害予測のための地形・地質情報に関する素因情報の整備を目的としており、土砂災害警戒情報に用いられる土壌雨量指数などの誘因情報（雨量指標）と同じく3次メッシュ（約1kmメッシュ）のラスタ情報とすべきである。これにより、土砂災害警戒情報の補足資料としても利用できるようになる。そこで解析単元メッシュには、土壌雨量指数などの降雨指標と同一の総務省標準地域メッシュの3次メッシュ（約1kmメッシュ）を用いた。

【標準地域メッシュの3次メッシュとは】

標準地域メッシュとは、統計に利用するために国土を緯度・経度に基づいてほぼ同じ大きさの格子（メッシュ）に分けたものである（昭和48年7月12日行政管理庁告示第143号）。この告示では、統計に用いる標準地域メッシュを「基準地域メッシュ」・「分割地域メッシュ」及び「統合地域メッシュ」の3種類と定めており、各地域メッシュの区分方法とメッシュコードの表示方法を規定している。また、基準地域メッシュは、第1次地域区画を基に区画される。第1次地域区画は、緯度を40分間隔、経度を1度間隔に区分した区画。これを縦横に8等分した区画が第2次地域区画、更にこれを縦横に10等分した区画が基準地域メッシュ（第3次地域区画）となる。

これらの地域メッシュは、現在では総務省統計局だけでなく国の行政機関で広く活用されている。

表 3.2 全国の地域メッシュの区分方法

画の種類	区分方法	緯度の 間隔	経度の 間隔	一辺の 長さ	地図との関係
第1次地域区画	全国の地域を偶数緯度及びその間隔（120分）を3等分した緯度における緯線並びに1度ごとの経線によって分割してできる区域	40分	1度	約 80km	20万分の1地勢図の1図葉の区画
第2次地域区画（統合地域メッシュ）	第1次地域区画を緯線方向及び経線方向に8等分してできる区域	5分	7分 30秒	約 10km	2万5千分の1地勢図の1図葉の区画
基準地域メッシュ（第3次地域区画）	第2次地域区画を緯線方向及び経線方向に10等分してできる区域	30秒	45秒	約 1km	
2分の1地域メッシュ（分割地域メッシュ）	基準地域メッシュ（第3次地域区画）を緯線方向、経線方向に2等分してできる区域	15秒	22.5秒	約 500m	
4分の1地域メッシュ（分割地域メッシュ）	2分の1地域メッシュを緯線方向、経線方向に2等分してできる区域	7.5秒	11.25秒	約 250m	

総務省統計局 HP より引用 (http://www.stat.go.jp/data/mesh/m_tuite.html)

3.2 地形・地質に関する主題図のラスター化手法の概要

地形・地質に関する 3 つの主題図について、日本全国を一律に扱うためのデータ活用性や土砂災害警戒情報の高度化を考慮し、3 次メッシュ (1km メッシュ) ごとの被覆面積率のラスター情報として整理した。図 3.1 に地形・地質情報に関するラスター化のフローチャートを、図 3.2 に被覆面積率の考え方を示す。また、地形・地質に関する主題図毎のラスター化方法を示す。以後、被覆面積率としてラスター化する要素を素因と呼ぶ。また、ラスター化された情報のことを素因情報と呼ぶ。

【地すべり地形分布図及び土砂災害警戒区域等】

地すべり地形分布図は滑落崖や内部構造等のラインデータと移動体のポリゴンデータが混在している。この 2 つは別種のオブジェクトであり、ラインに基づく面積集計はアルゴリズム上実施不能である。また、滑落崖は傾斜方向と範囲がラインで表現される図形で示され、ライン間の空白部も含めて滑落崖と判断される。そのため滑落崖の面積をラインの塗りつぶし範囲などで集計すると過小評価になりやすい。

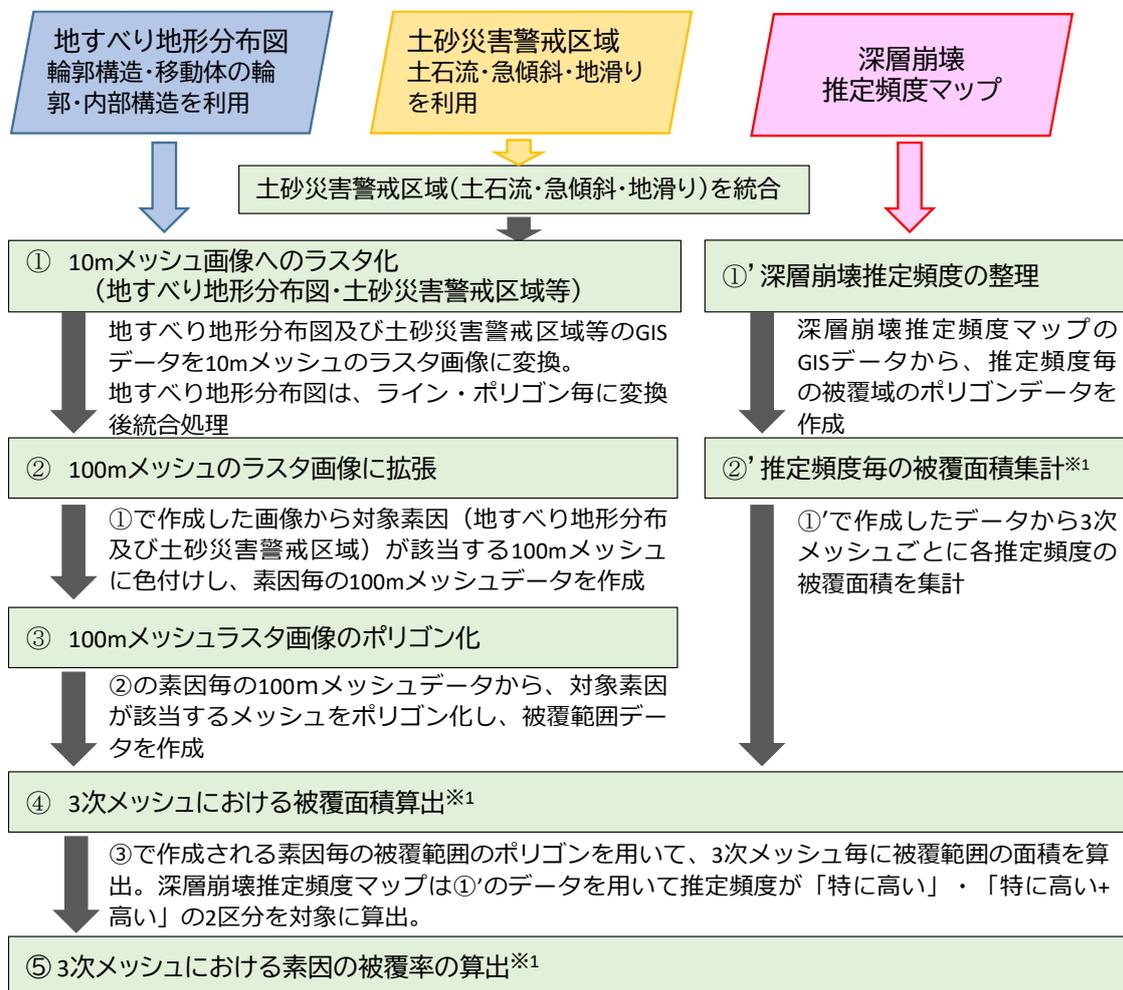
土砂災害警戒区域は、すべてがポリゴン情報であるものの、ポリゴンを構成する点情報の密度が高くかつ箇所数も多いため、日本全国ではデータ量が膨大となるという課題がある。

そこで、これらの主題図については、ライン及びポリゴンデータを 10m メッシュにラスター化したのち、100m メッシュごとに素因の有無を集計し、1km メッシュ内における素因属性のある 100m メッシュの占める割合を素因の被覆面積率とした (図 3.1、図 3.2)。実際には、1km メッシュは緯度方向と経度方向の距離が異なり、100m の正方メッシュとはズレが生じてしまうため、素因が含まれる 100m メッシュを一度ポリゴンに変換したのち、1km メッシュ毎の面積率を算出した。ここで、100m メッシュ化により算出した被覆面積率はポリゴンから直接集計した被覆面積率よりもやや高目となる傾向を示すことに留意が必要である。

【深層崩壊推定頻度マップ】

深層崩壊推定頻度マップは、比較的広い地域をひとまとめにしたポリゴンデータであり、境界線の粗密が他の素因データより小さいため、被覆面積率を 100m メッシュから算出する手法と直接ポリゴンの面積から算出する手法の差は、極めて小さいと考えられる。また、深層崩壊推定頻度マップは複数の推定頻度が混在するため、推定頻度毎のポリゴンから直接 1km メッシュ毎の被覆面積を算出し、被覆面積率を算出した (図 3.1)。

これら 1km メッシュ毎の被覆面積率を地形・地質の素因情報とした。主題図毎の具体的な被覆面積率の算出事例については、巻末資料に付した。



④および②'で算出される素因の被覆面積と3次メッシュの面積から被覆率を算出する。

※1：面積はUTM座標系に変換したのちGISにて算出した。

図 3.1 3種類の地形・地質に関する主題図ごとの素因の被覆面積率の算出手順

被覆面積率の考え方

被覆面積率は3次メッシュを基本単位として、素因を含む100mメッシュの被覆面積が占める割合で示したものである。地すべり地形分布図及び土砂災害警戒区域等の被覆面積率については、100m四方ごとに素因の該当有無を評価し、「該当あり」と評価される100mメッシュの割合で評価した。

$$\text{被覆面積率} = \frac{\text{該当3次メッシュ内の素因被覆面積}}{\text{3次メッシュの面積}}$$

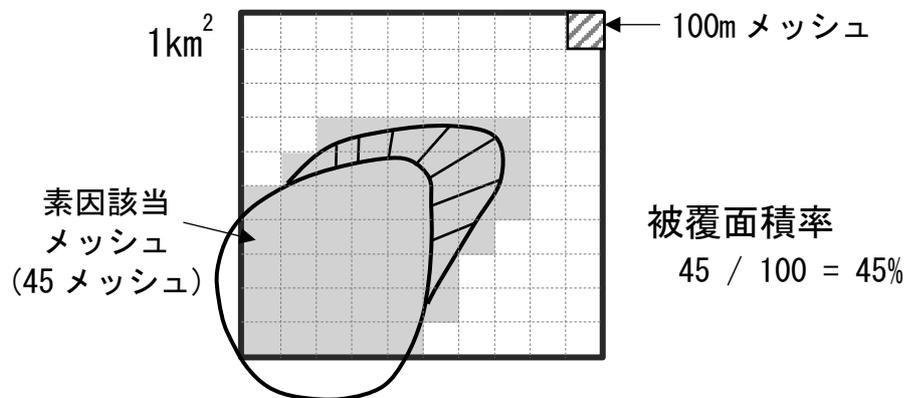


図 3.2 素因の被覆面積率の考え方

3.2.1 対象とする地形・地質に関する主題図のラスタ化項目

3種類の地形・地質に関する主題図の要素のうち、土砂災害警戒区域等については土砂災害警戒区域と土砂災害特別警戒区域の2種類、深層崩壊推定頻度マップについては推定頻度が2種類、地すべり地形分布図は本手法に加えて、既存研究による手法の2種類の合計6種類の素因についてラスタ化を行い、それぞれの素因情報を比較した。

本資料における素因のラスタ化項目

- ・土砂災害警戒区域 (Yzone) の被覆面積率 (W_Y)
 - ・土砂災害特別警戒区域 (Rzone) の被覆面積率 (W_R)
 - ・地すべり地形分布図の被覆面積率 (S)
 - ・地すべり地形分布図 (移動体のみ) の被覆面積率 (S')
- 「土志田 (2015) の手法 (参考値)」
- ・深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」領域の被覆面積率 (D_A)
 - ・深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」領域の合算被覆面積率 (D_{AB})

1) 土砂災害警戒区域等における素因のラスタ化項目

土砂災害警戒区域等については、「土砂災害警戒区域 (Yゾーン)」と「土砂災害特別警戒区域 (Rゾーン)」の被覆面積率をそれぞれ算出した。RゾーンはYゾーンに包含される。以後、前者を W_Y 、後者を W_R と表記する。

2) 地すべり地形分布図における素因のラスタ化項目

地すべり地形分布図における被覆面積率については、既存の研究事例として土志田 (2015) がある。土志田 (2015) では、地すべり地形分布図の GIS データのうち、ポリゴン情報である地すべり移動体のみを用いて被覆面積率を算出している。また、解析単元はメッシュサイズ 1km の正方メッシュであり、3次メッシュ (緯度経度単位: 約 1km のメッシュ) とは異なる。

一方、本手法による地すべり地形分布図の被覆面積率は、ライン情報である地すべり滑落崖とポリゴンデータである地すべり移動土塊のデータの両方を用いて被覆面積率を算出しているという違いがある。

本資料では参考として、本手法により算出した地すべり地形分布図の被覆面積率 (S) と土志田 (2015) の手法に準じた 3次メッシュ毎の被覆面積率 (S') について比較した。

3) 深層崩壊推定頻度マップにおける素因のラスタ化項目

深層崩壊推定頻度マップには、4つの推定頻度区分があり、高い方から「特に高い」、「高い」、「低い」、「特に低い」に分けられる。これらのうち、推定頻度区分が「高い」以上に区分される領域に着目し、「特に高い」と「特に高い OR 高い」の2区分に対して被覆面積率によるラスタ化を実施した。以後、前者を D_A 、後者を D_{AB} と表記する。

3.3 地形・地質に関する主題図のラスタ化結果

1km メッシュごとの地形・地質情報である主題図の被覆面積率（素因情報）の分布を以下に示す。

【土砂災害警戒区域等】

日本全国の土砂災害警戒区域（Y）および土砂災害特別警戒区域（R）について、被覆面積率を算出した結果を図 3.3 及び図 3.4 に示す。

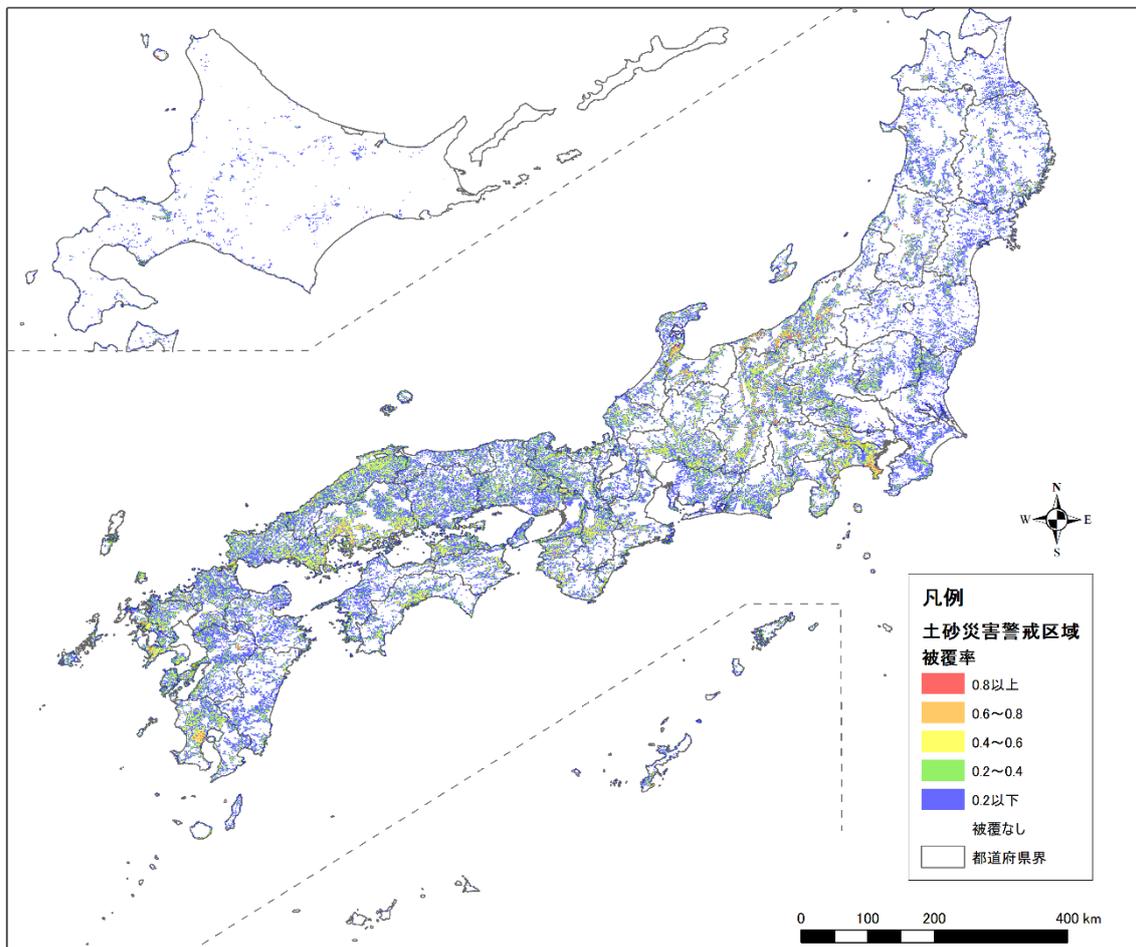


図 3.3 1km メッシュ毎の土砂災害警戒区域（Y）の被覆面積率

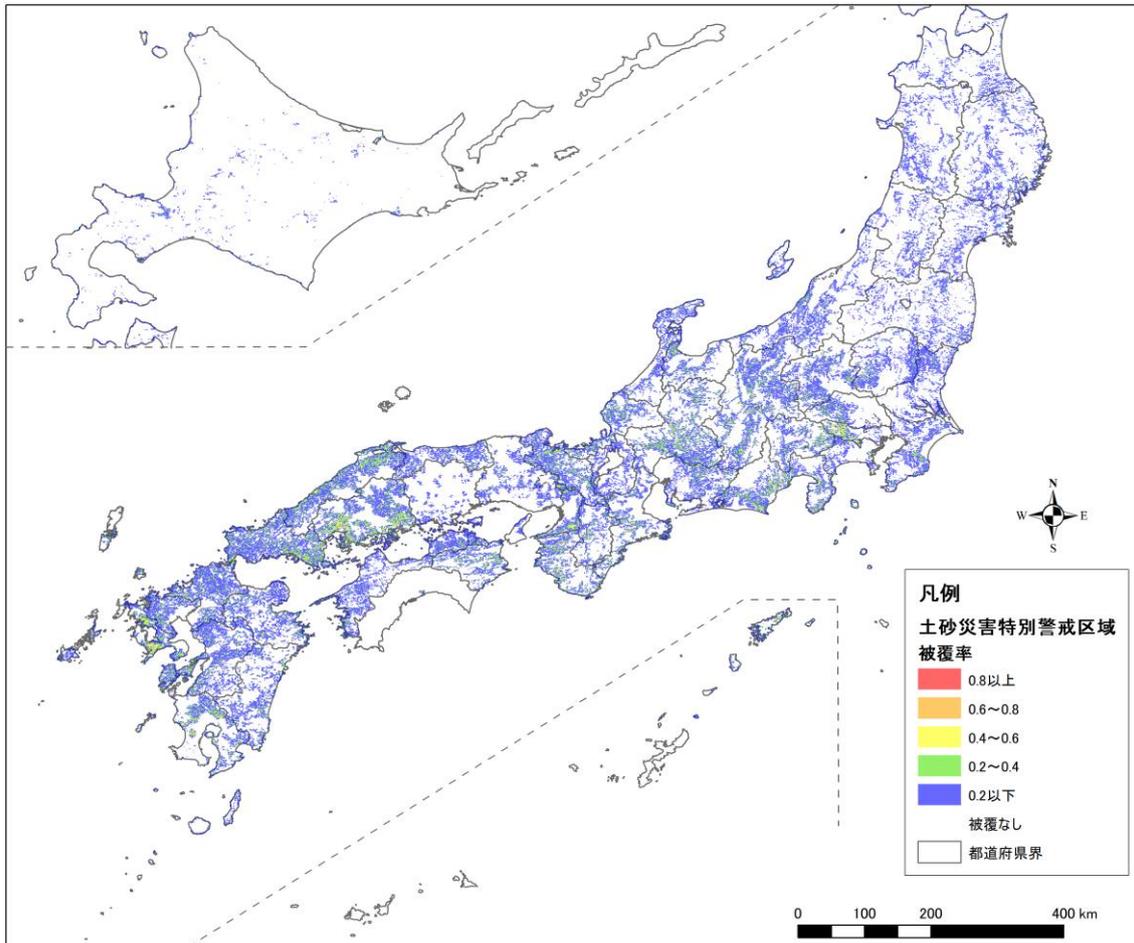


図 3.4 1km メッシュ毎の土砂災害特別警戒区域 (R) の被覆面積率

両者を比較すると、土砂災害警戒区域 (Y) の被覆面積率 (W_Y) は、関東から西において、黄色～黄緑色のやや高い値を示している。一方、土砂災害特別警戒区域 (R) の被覆面積率 (W_R) は、土砂災害警戒区域 (W_Y) よりも黄色～黄緑色の範囲が狭く、全体的に低い面積率となる傾向がみられる。

土砂災害特別警戒区域は、発生した土砂等によって木造家屋の倒壊等が想定されるエリアであり、土砂災害警戒区域に包含される区域である。そのため、 W_R は W_Y よりも被覆面積率が低くなる傾向を示す。なお、高知県については、土砂災害警戒区域が先行指定されており、平成30年8月1日までの指定状況のデータでは、多くの土砂災害特別警戒区域は未指定である。これは、今後も順次指定が行われるため、改善されていくものである。

3.3.1 地すべり地形分布図

日本全国の地すべり地形分布図における被覆面積率を算出した結果を図 3.5 と図 3.6 に示す。

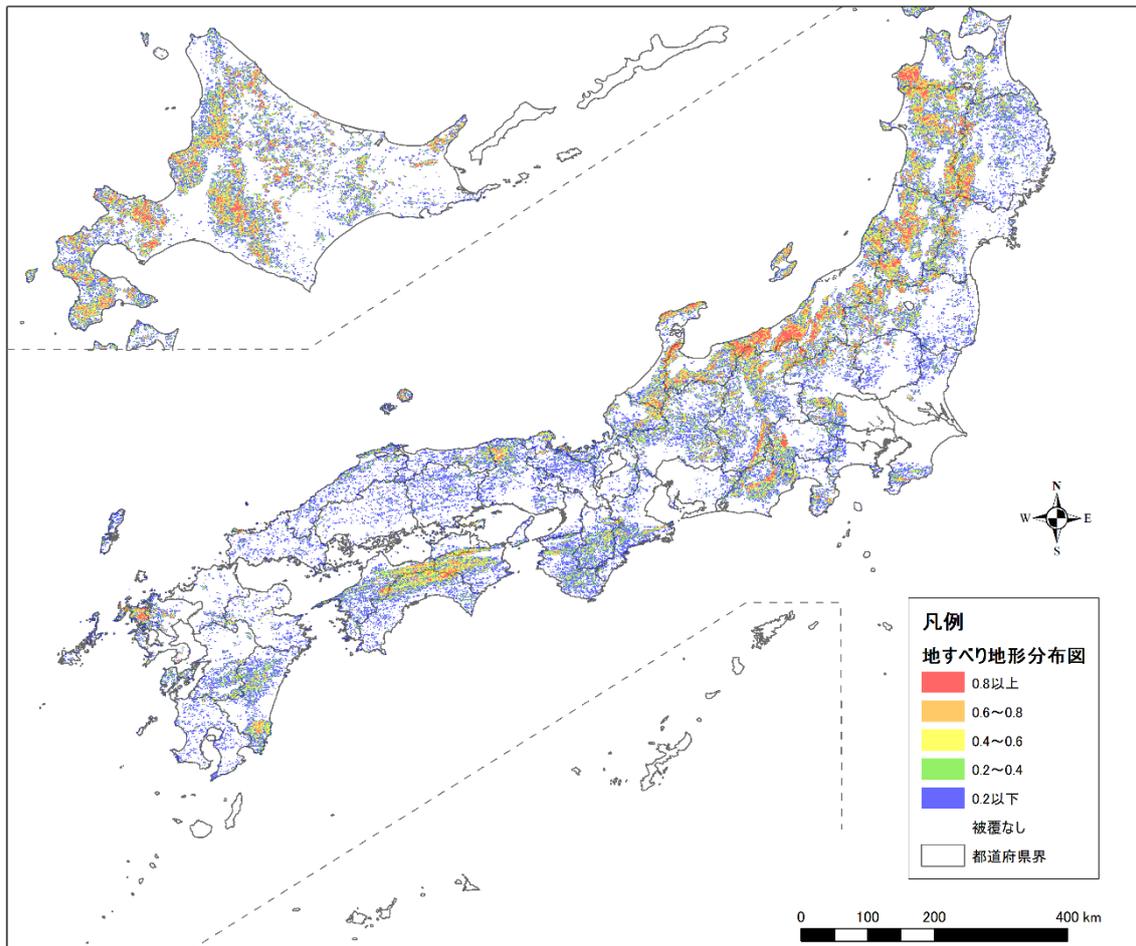


図 3.5 本手法による 1km メッシュ毎の地すべり地形分布図の被覆面積率

本手法による 1km メッシュごとの地すべり地形分布の被覆面積率 (S) では、北海道の中央部の西側～北海道南西部にかけて、被覆面積率が高い領域がみられる。また、日本海側の秋田県～石川県の山地部で被覆面積率が高いことがわかる。さらに、四国の北側にも被覆面積率が高い領域がみられる (図 3.5)。

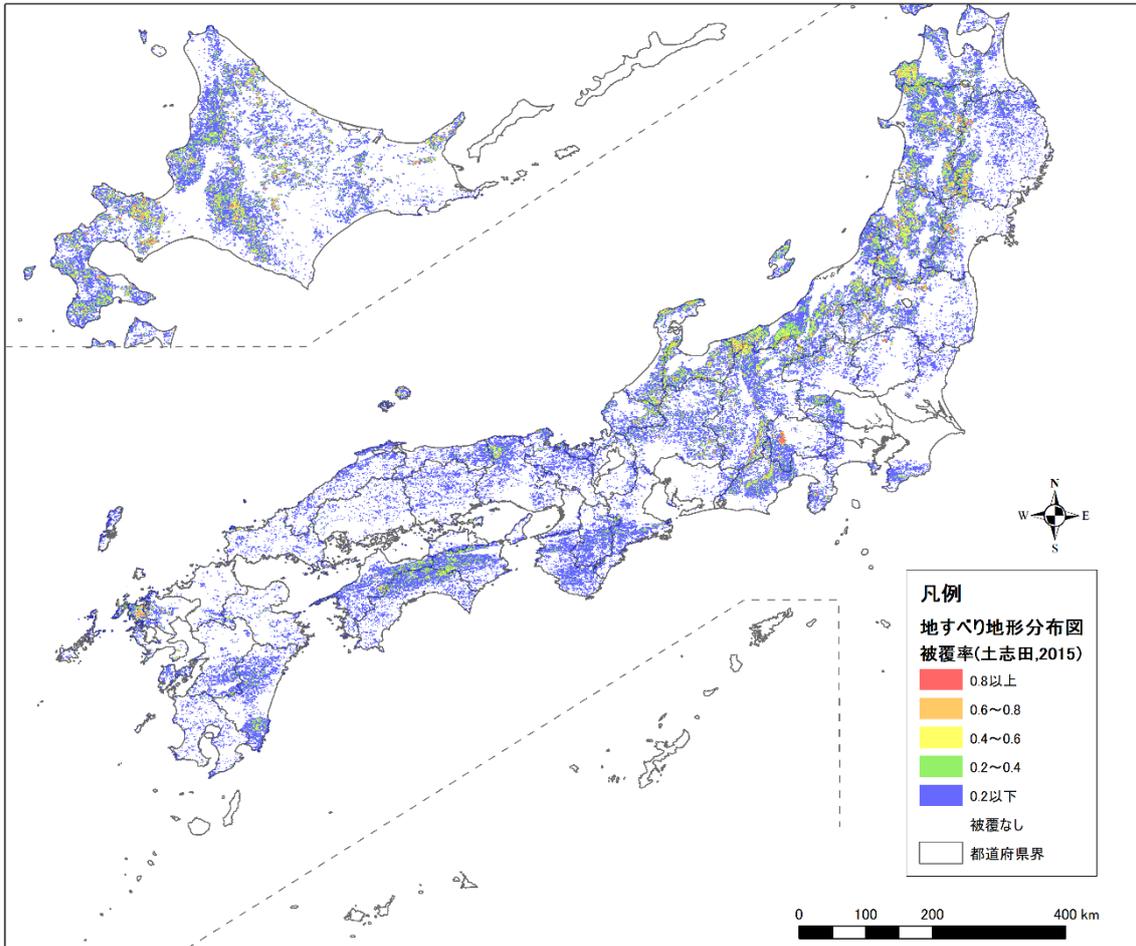


図 3.6 土志田（2015）の手法に準じた地すべり地形分布図の被覆面積率分布

土志田（2015）の手法による被覆面積率（ S' ）は、地すべり移動体による被覆面積率である。そのため、本手法による地すべり地形分布の被覆面積率（ S ）よりも小さな値を示すものの、被覆面積率の高い地域は概ね一致している（図 3.6）。

3.3.2 深層崩壊推定頻度マップ

深層崩壊推定頻度マップのうち、推定頻度が「特に高い」または「特に高い+高い」に該当する2種類について被覆面積率を算出した。

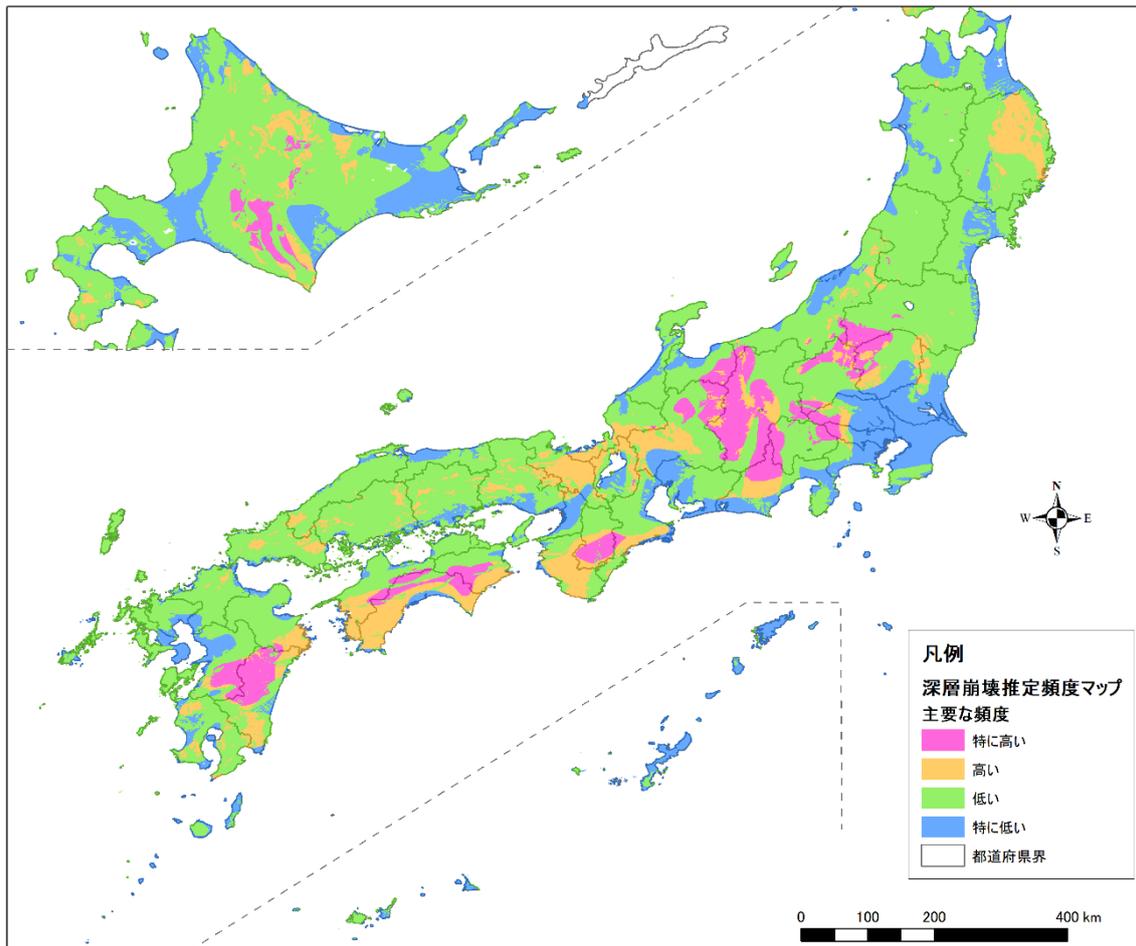


図 3.7 深層崩壊推定頻度マップ

深層崩壊推定頻度マップは、過去の災害資料を教師として地形的・地質的な検討に基づいて得られた深層崩壊の発生頻度を4区分したマップである。比較的広域に同一の推定頻度が分布する(図 3.7)。

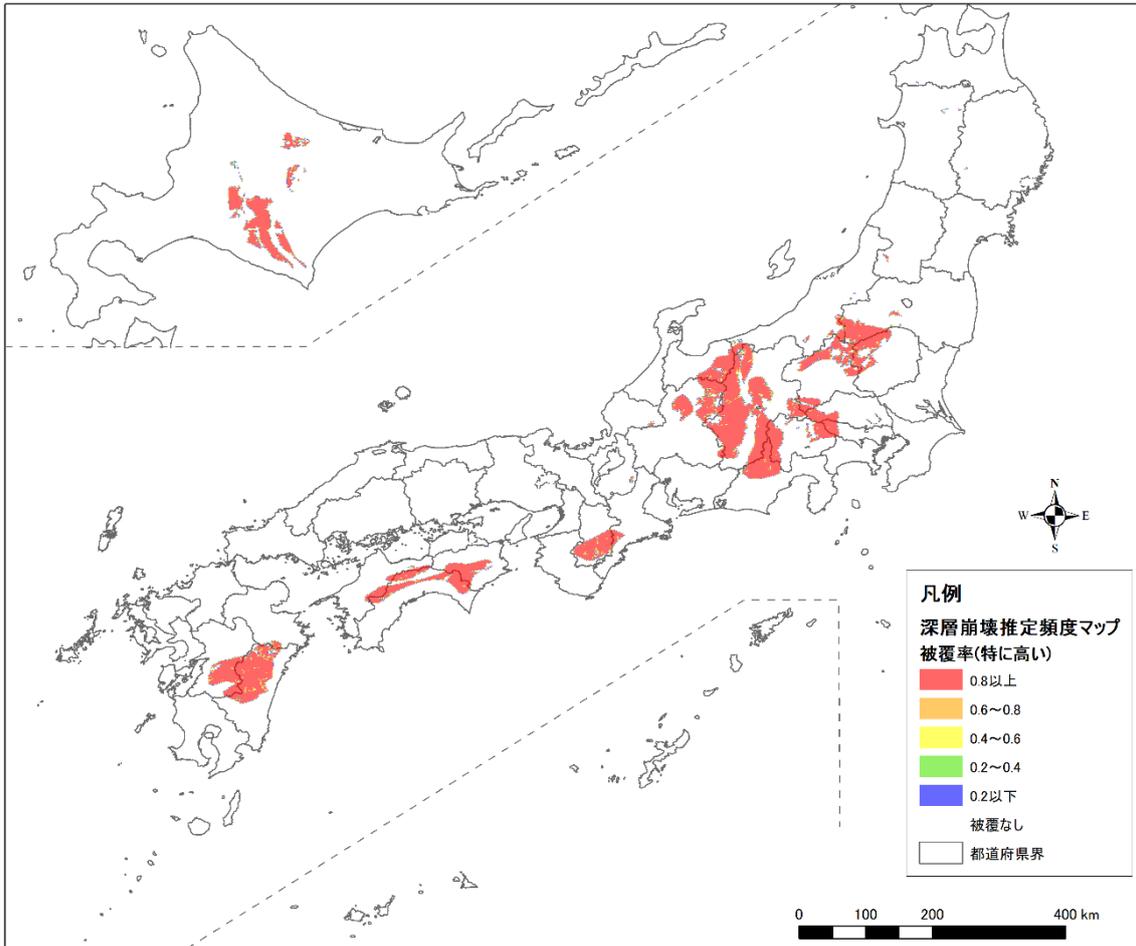


図 3.8 1km メッシュ毎の層崩壊推定頻度マップ「特に高い」の被覆面積率分布

深層崩壊推定頻度マップのうち「特に高い」に該当するエリアに対して、1km メッシュ毎に被覆面積率 (D_A) を算出した。

深層崩壊推定頻度マップの「特に高い」に該当するエリアは、北海道の中央南部の日高山脈付近、北関東の群馬・栃木・福島・新潟の県境付近、静岡から長野・富山にかけての日本アルプス、紀伊山地、四国山地、九州山地付近にみられる。該当エリアの多くが被覆面積率 0.8 以上である。エリアの境界部付近にのみ 0.8 未満のメッシュが分布しており、面積率が 0.8 未満のメッシュの数は極めて少ないことがわかる (図 3.8)。

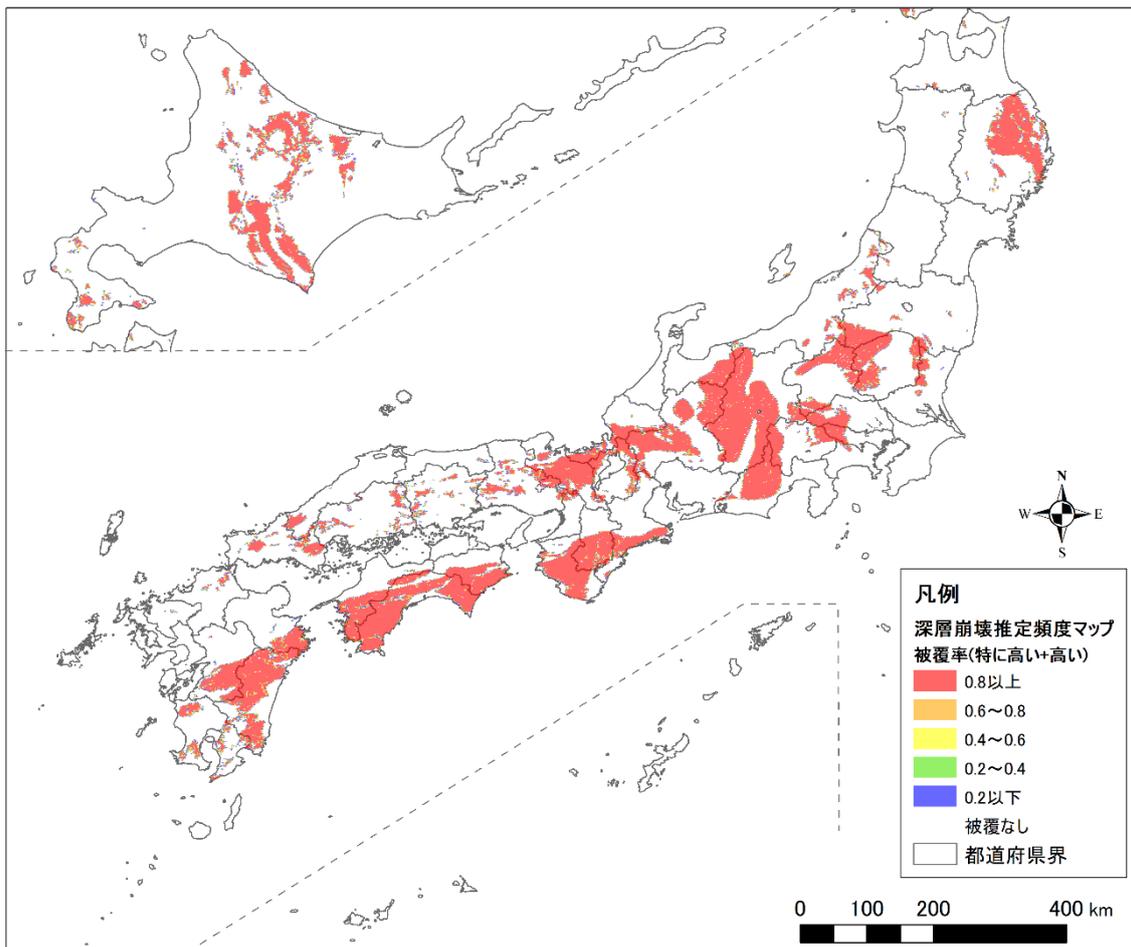


図 3.9 1km メッシュ毎の深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」の被覆面積率分布

深層崩壊推定頻度マップの「特に高い」または「高い」に該当するエリアについて、1kmメッシュ毎に被覆面積率 (D_{AB}) を算出した。

深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」に該当するエリアの分布と比較すると、紀伊山地～四国～九州南部の中央構造線以南の地域が広く該当するほか、北海道北部や岩手県北部、近畿地方から中国地方の内陸部も該当する。被覆面積率 0.8 未満のエリアの分布傾向は、深層崩壊頻度マップ「特に高い」に該当するエリアの傾向と同様に、面積率 0.8 以上のエリアの境界部に主に分布している (図 3.9)。

3.4 日本全国における各素因情報の分布状況

地形・地質に関する主題図より得られた 1km メッシュごとの被覆面積率として整理される素因情報について、被覆面積率の変化に伴う該当メッシュ数の変化等の傾向を把握した。なお、各図は、横軸に被覆面積率の区間 (0.1 ピッチ)、縦軸にその区間に含まれるメッシュ数を示す。また累積頻度を折れ線グラフで示す。

3.4.1 土砂災害警戒区域等

土砂災害警戒区域の被覆面積率 (W_Y) および土砂災害警戒区域の被覆面積率 (W_R) について、被覆面積率 0.1 間隔における該当メッシュの頻度分布と累積割合を整理した。

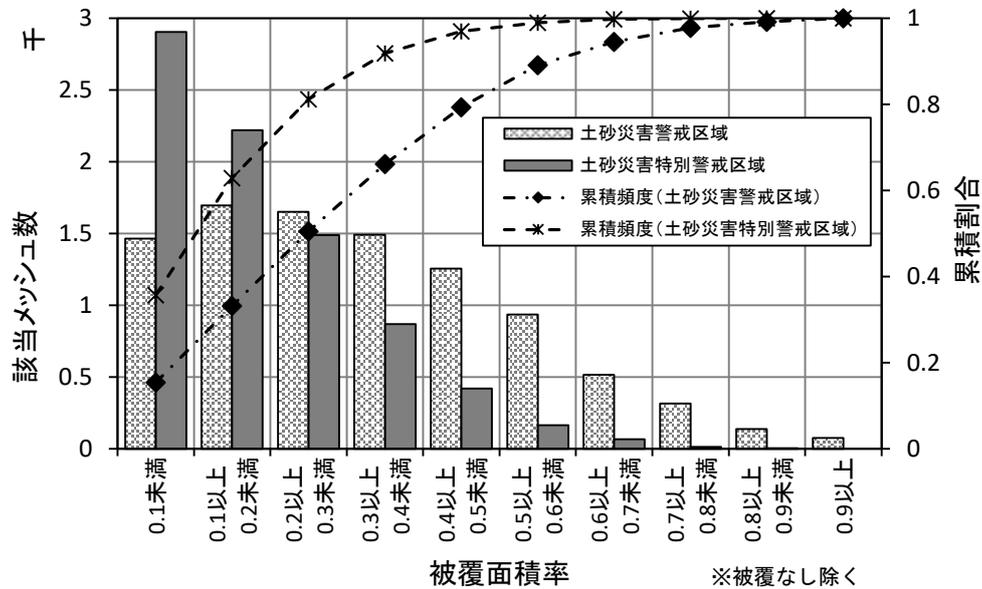


図 3.10 土砂災害警戒区域等の被覆面積率 (W_Y) 及び (W_R) の頻度分布

図 3.10 に土砂災害警戒区域の被覆面積率 (W_Y) と土砂災害特別警戒区域の被覆面積率 (W_R) の分布を示す。 W_R は 0.1 未満の被覆面積率で最も頻度が高く、徐々に減少する傾向がみられる。また、 W_Y は被覆面積率 0.1 以上 0.2 未満にピークを持ち、被覆面積率の増加に伴い緩やかに減少している。そのため、比較的高い被覆面積率では、 W_R よりも該当メッシュが多い傾向がみられる。

3.4.2 地すべり地形分布図

地すべり地形分布図における被覆面積率 (S) と土志田 (2015) の手法に基づく被覆面積率 (S') について、被覆面積率 0.1 間隔における該当メッシュの頻度分布と累積割合を以下に整理した。

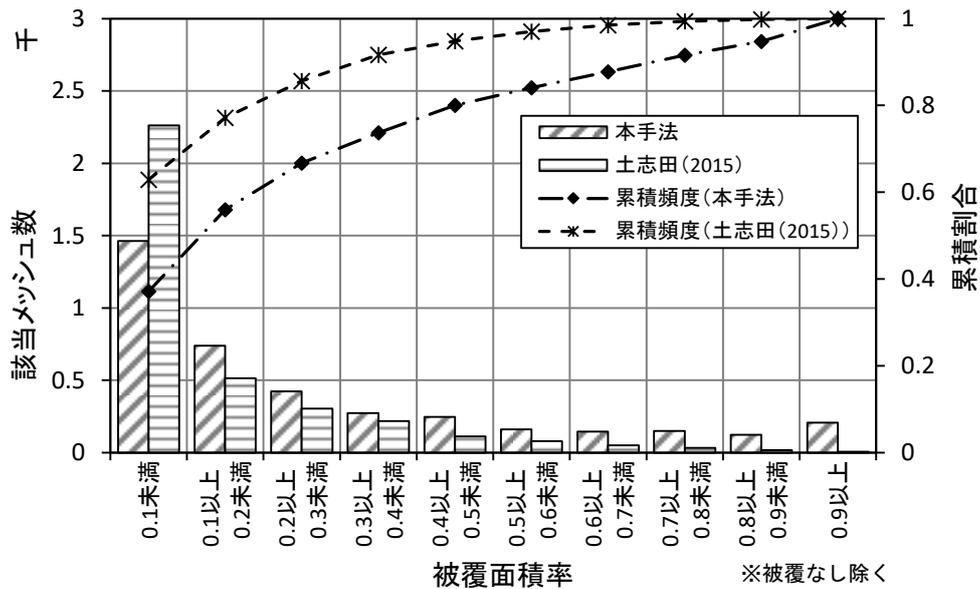


図 3.11 地すべり地形分布図の被覆面積率 (S) 及び土志田(2015)の被覆面積率 (S') 分布

本検討の手法に基づく地すべり地形分布図の被覆面積率 (S) と土志田 (2015) の手法に基づく地すべり地形分布図の被覆面積率 (S') の分布を比較すると、S と S' とともに、ほぼ同様の分布形状を示すが、被覆面積率 0.1 未満では、S' の頻度が高く、0.1 以上では逆に S の頻度が高くなる傾向がみられる (図 3.11)。これは、本手法 (S) の方が滑落崖等のライン情報を含めた被覆面積率であるうえ、素因の有無を 100m メッシュ単位でカウントするという手法によるものと考えられる。

3.4.3 深層崩壊推定頻度マップ

深層崩壊推定頻度マップでは、「特に高い」に該当するエリアの被覆面積率 (D_A) 及び「高い」以上に該当するエリア（「特に高い+高い」）の被覆面積率を (D_{AB}) について、被覆面積率 0.1 間隔ごとの該当メッシュの頻度分布と累積割合を整理した。

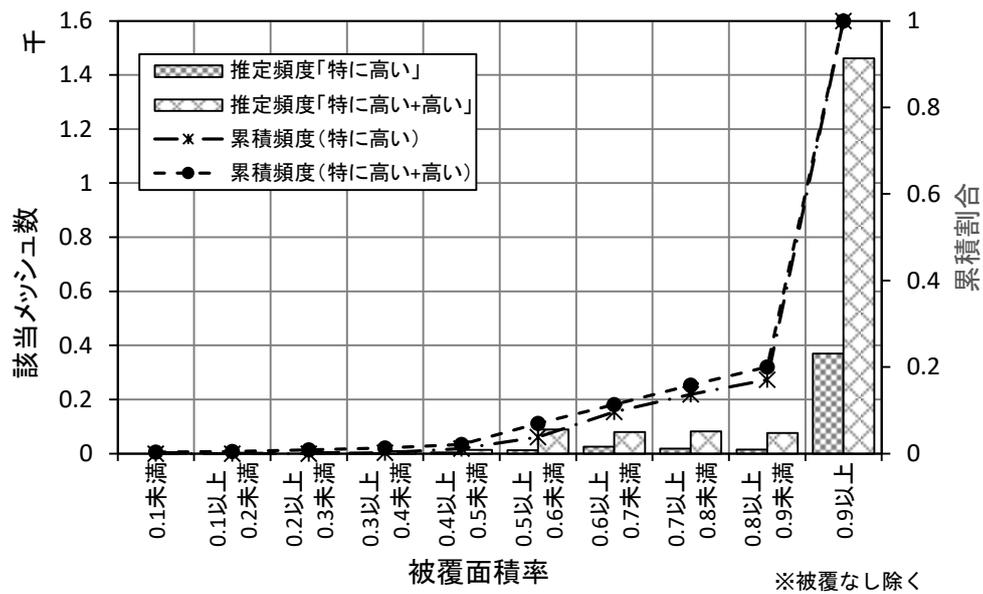
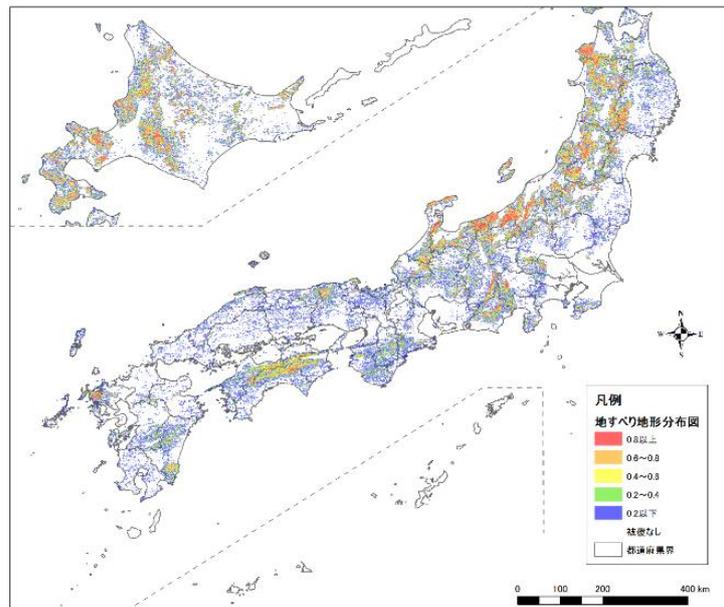


図 3.12 深層崩壊推定頻度マップの被覆面積率（「特に高い」： D_A ）及び被覆面積率（「特に高い+高い」： D_{AB} ）の分布

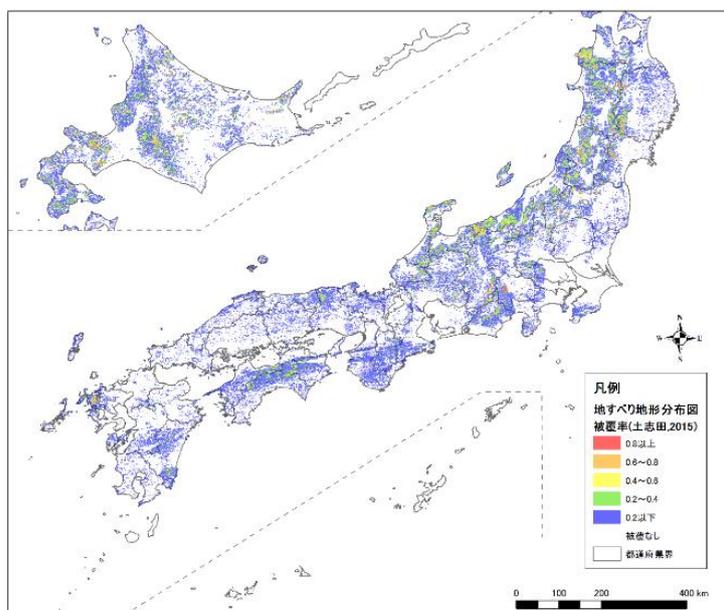
深層崩壊推定頻度マップのうち、「特に高い」に該当するエリアの被覆面積率 (D_A) と「特に高い+高い」に該当する被覆面積率 (D_{AB}) の分布形状は、ほぼ同一であり、0.9 以上の非常に高い面積率に集中していることがわかる（図 3.12）。

3.4.4 既往研究手法との比較検証

地すべり地形分布図に関して、本手法による被覆面積率 (S) と土志田 (2015) の手法による被覆面積率 (S') を比較すると、本研究による被覆面積率分布の方がやや高い値を示しているが、その集中域はほとんど変わらない。また、両者のヒストグラムからも、全体的な被覆面積率の全体の分布形状にはほとんど違いがないことが確認された (図 3.13)。



本資料の手法に基づく地すべり地形分布図の被覆面積率分布 (再掲)



土志田 (2015) に基づく地すべり地形分布図の被覆面積率分布 (再掲)

図 3.13 ラスタ化手法の違いによる地すべり地形分布図による被覆面積率の比較

4 地形・地質に関する素因と災害履歴との検証

4.1 地形・地質情報にみられる特性と災害履歴にみられる特性整理

主題図を被覆面積率によってラスター化、メッシュ化した地形・地質の素因情報の検証にあたり、地形・地質情報にみられる特性と災害履歴の特性について整理した。

■特性 1：災害種別により位置情報の性質が異なる

対象とする土石流・がけ崩れ・地すべりの 3 つの災害種別では被害範囲の広がりには違いがある。そのため、災害種別に応じて、災害位置情報が持つ特性が異なる可能性がある。例えば、がけ崩れや地すべり災害は発生場所と被害域が近接することが多いが、土石流災害は発生した土石流が流下し、下流に被害を生じる。そのため、発生場と被害域が大きく離れることによるずれが生じることがある。

■特性 2：一定の位置誤差を前提とした 3 次メッシュ処理である

土石流災害では、崩壊等の発生場と被害域が離れ、報告される災害位置と土砂移動の発生場にずれが生じることがある。さらに、報告される災害位置には座標変換時の誤差を含むなど、一定の位置誤差が生じている可能性がある。そのため、災害位置のピンポイントで地形・地質情報を分析することが不適当な場合がある。そこで、処理単位を 3 次メッシュ（1km メッシュ）とすることで、位置情報のズレや精度の影響を比較的小さくすることができる。

【地形・地質の素因と災害履歴との検証方法】

このような特性を踏まえ、各地形・地質の素因とその組合せについて、災害履歴の適中率や捕捉率を指標として検証した。また、検証対象とする災害としては、降雨による土砂災害(国土交通省保有の 16,218 箇所の災害資料)と顕著な大規模崩壊をそれぞれ用いた。

4.2 災害履歴と地形・地質の素因との該当状況整理

地形・地質の素因データと災害履歴を比較整理した。日本全体における各素因の分布状況を図 4.1 のベン図に、降雨による土砂災害が発生したメッシュにおける素因の該当状況を図 4.2 のベン図に示した。また、大規模崩壊が発生したメッシュにおける素因の該当状況を図 4.3 のベン図に示した。ここでは、土砂災害の発生の多寡や有無と強い相関を示す素因を把握するため、比較的広く該当する土砂災害警戒区域 (Y) と地すべり地形分布図、深層崩壊推定頻度マップ (特に高い+高い) の 3 つの素因に対して整理した。

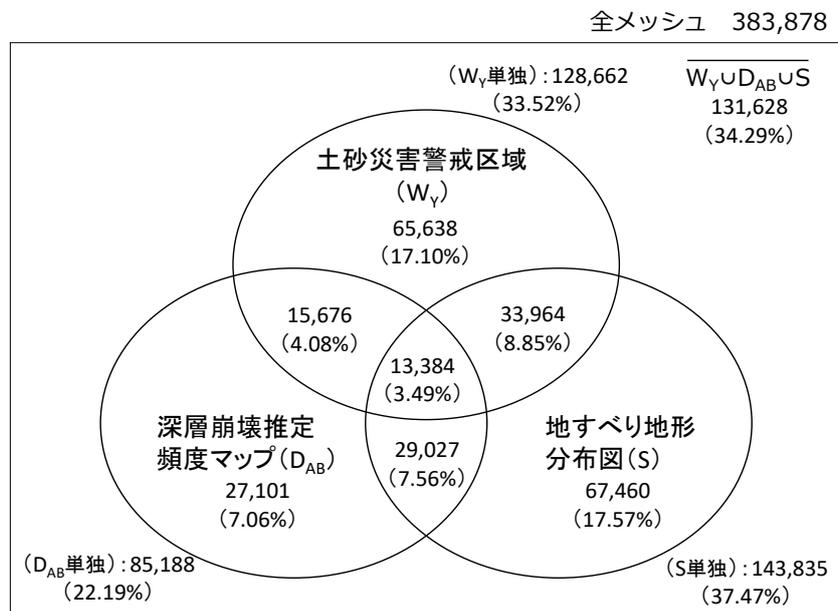


図 4.1 日本全国における素因の分布状況

対象とする日本全国の3次メッシュは、383,878メッシュあり、そのうち、土砂災害警戒区域に該当するメッシュは128,662メッシュで全体の33.52%を占める。また、地すべり地形分布図に該当するメッシュは143,835で全体の37.47%を占め、ほぼ同程度の割合となっている。一方、深層崩壊推定頻度マップ (特に高い+高い) に該当するメッシュは85,188メッシュで全体の22.19%を占め、他の素因と比べてやや少ない。さらに、そのうちの2/3が土砂災害警戒区域や地すべり地形分布図と重複し、深層崩壊推定頻度マップのみが該当するメッシュは全体の約7%と少ない (図 4.1)。

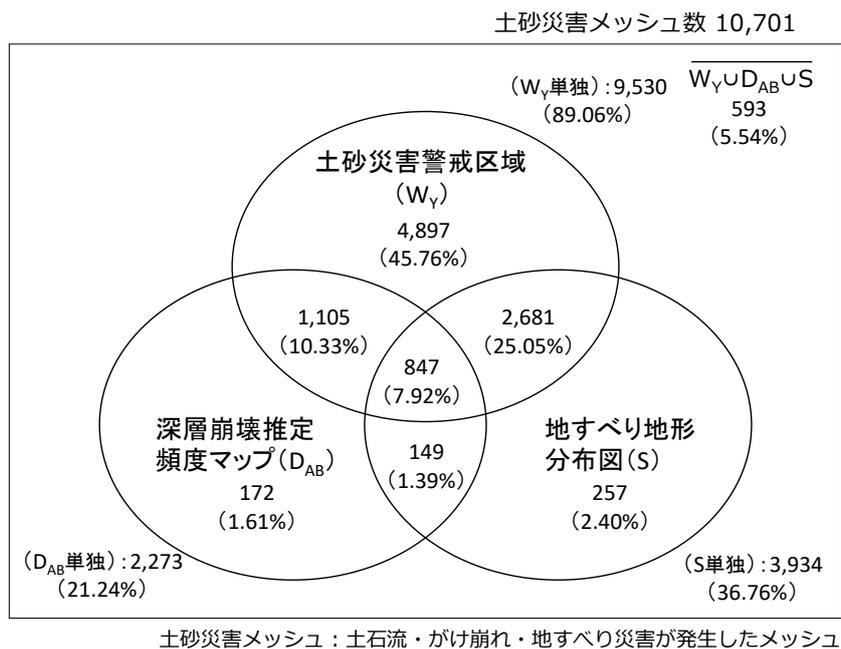


図 4.2 日本全国の土砂災害メッシュにおける素因該当状況

日本全国の降雨による土砂災害（土石流・がけ崩れ・地すべり）が発生したメッシュ（土砂災害メッシュ）は10,701メッシュある。素因の該当状況で最も多いものが、土砂災害警戒区域（9,530メッシュ）で、全体の89.06%を占める。次いで、地すべり地形分布図に該当するメッシュが多く、3,934メッシュで全体の36.79%を占める。深層崩壊推定頻度マップが最も低く、2,273メッシュで全体の21.24%を占める（図4.2）。土砂災害警戒区域に該当するメッシュは全体の90%近くを占め、図4.1に示す日本全体のメッシュにおける土砂災害警戒区域の該当率（33.52%）と比べて、約2.7倍となっており、災害発生域とよい一致を示す素因である。

顕著な大規模崩壊メッシュ：206

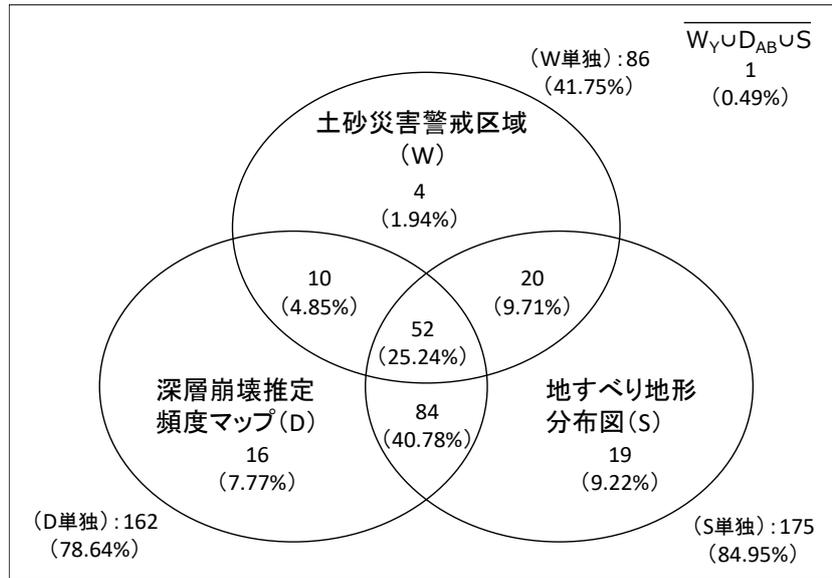


図 4.3 顕著な大規模崩壊毎の素因該当状況

顕著な大規模崩壊が該当するメッシュは全 206 メッシュである。そのうち、205 メッシュがなんらかの素因に該当（全体の 99.5%）しており、極めて高い一致を示している。また、素因を単独でみると、土砂災害警戒区域に該当するメッシュは 86 メッシュで全体の 41.75%を占める。深層崩壊推定マップは 162 メッシュで全体の 78.64%を占める。さらに、地すべり地形分布図は 175 メッシュで全体の 84.95%を占める（図 4.3）。このように、図 4.1 に示す日本全体のメッシュにおける素因の該当率と比較して、すべての素因において該当率が高くなっている。特に深層崩壊推定頻度マップは、日本全体のメッシュ率（22.19%）と比較して、3.5 倍の高い該当率を示しており、災害履歴と良い一致を示している。

4.3 災害履歴の多いメッシュにおける地形・地質の素因の該当状況分析

先の結果から、地形・地質に関する主題図に基づく素因が、単独、或いは複合して、降雨による土砂災害履歴の有無と関係していることが伺えた。素因が災害発生率に寄与しているのであれば、災害履歴の多いメッシュでは、素因がより密接に関係していると考えられる。そこで、国土交通省保有の 16,218 箇所の災害資料を用いて、標準地域メッシュの 3 次メッシュ毎に災害箇所数を集計し、土砂災害の発生確率の高い（災害履歴の多い）上位 100 メッシュ（同数の災害箇所はメッシュコード順にソート）を抽出し、メッシュ毎の素因の該当数を整理した（図 4.4）。なお、図 4.4 の棒グラフは、一つ一つが各 3 次メッシュを示しており、縦軸に該当する災害箇所数を示し、横軸に左から災害箇所数が多い順に並べ、該当する地形・地質の素因数を色分けして示したものである。ここでは該当状況の概要を把握するため、先の整理と同様に、土砂災害警戒区域（ W_Y ）と深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」（ D_{AB} ）、地すべり地形分布図（ S ）の 3 つの素因の該当状況と災害箇所数について整理した。

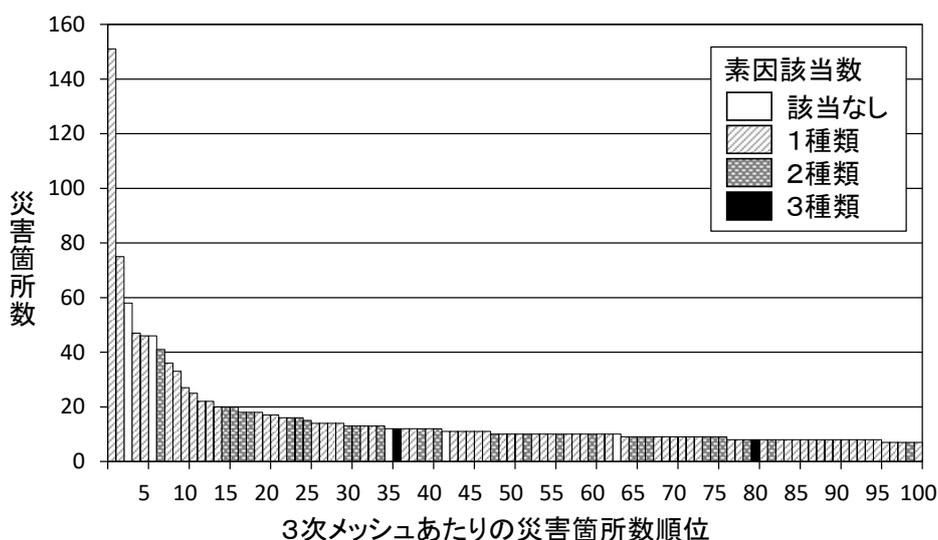


図 4.4 災害毎の素因該当状況

- ・メッシュ単位での該当災害箇所数は最大で 140 回を超えており、上位 10 位にかけて急激に減少し、その後は緩やかに減少する傾向がみられる。
- ・素因が土砂災害の発生に寄与しているのであれば、災害履歴の多いメッシュでは、素因の該当率が高いと考えられる。災害箇所数が上位 100 位までのメッシュでは、その多くが 1 つ以上の素因を有している。

また、各素因との該当状況を把握するため、災害箇所数が上位 100 位までの素因別の該当状況を図 4.5～図 4.7 整理した。これから、最も広く該当する素因は土砂災害警戒区域であり、次いで地すべり地形分布図、最後に深層崩壊推定頻度マップであることがわかる。該当する素因の多くが土砂災害警戒区域であることもわかる。

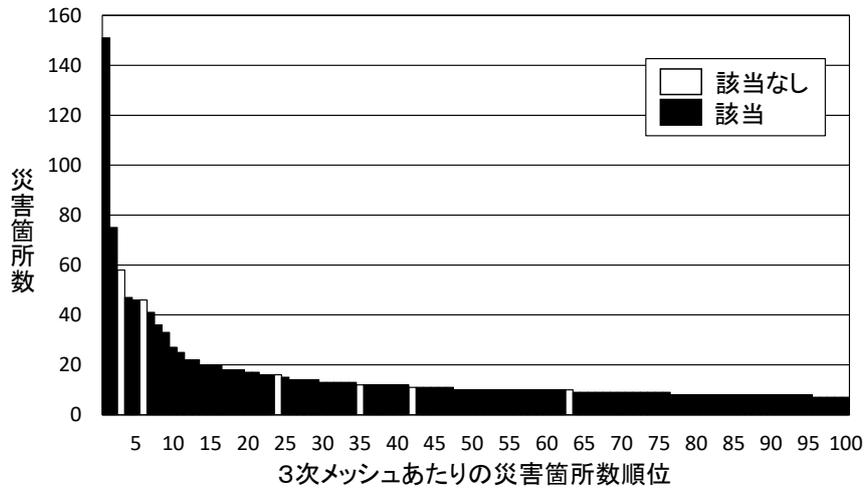


図 4.5 土砂災害警戒区域による素因該当状況

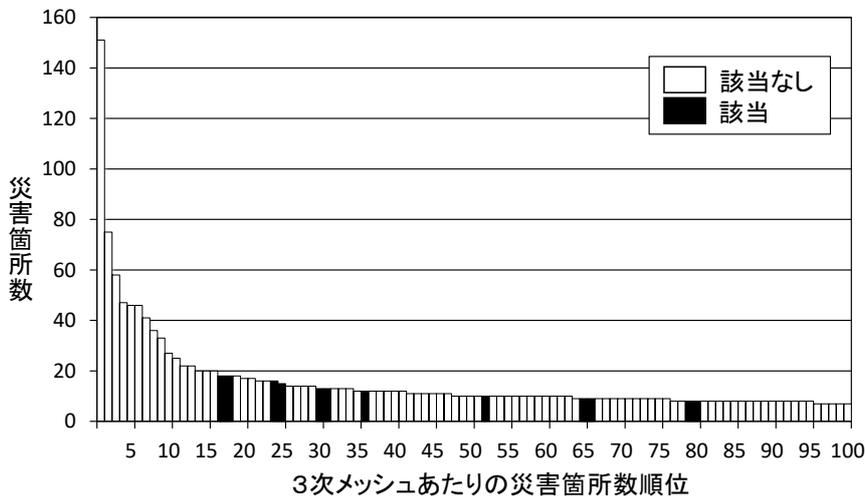


図 4.6 深層崩壊推定頻度マップによる素因該当状況

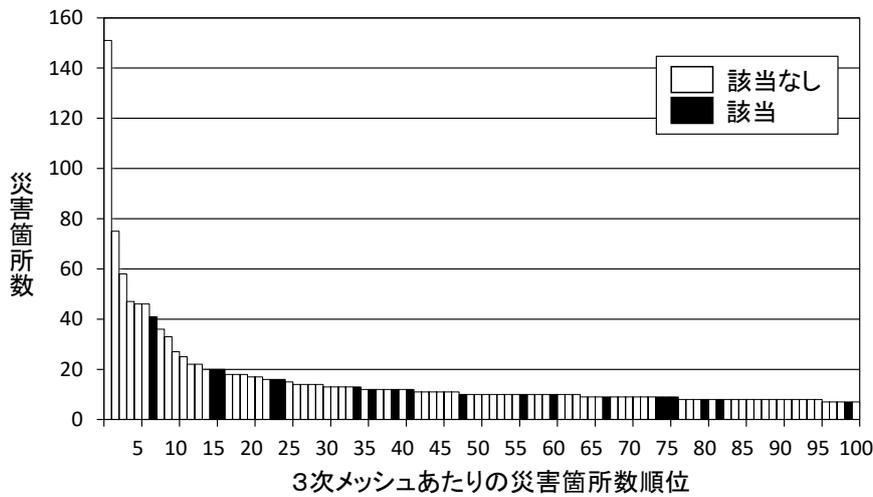


図 4.7 地すべり地形分布図による素因該当状況

ここで、災害箇所数が上位 100 位のうち、100 位と同率となるメッシュを除く 95 のデータ（災害箇所数 8 件以上）を、特に災害の多く発生しているメッシュにとらえ、素因の該当率（＝素因による災害捕捉率）を整理した結果が表 4.1 のとおりである。

表 4.1 災害履歴の多い災害メッシュ及び全メッシュにおける素因の該当状況

対象メッシュ数：95	素因いずれか	W_Y	D_{AB}	S
素因該当メッシュ数	90	89	12	18
素因による捕捉率	94.74%	93.68%	12.63%	18.95%

災害が特に多い上位 95 メッシュにおいて、素因のいずれかが該当するメッシュは 90 メッシュで全体の 94.74%である。なお集計対象のメッシュはすべて災害履歴のあるメッシュであるため、ここでの素因の該当率は、特に災害が多く発生しているメッシュにおける素因による捕捉率と言い換えることができる。この観点から見ると、土砂災害警戒区域（ W_Y ）は 89 メッシュが該当し、素因による捕捉率が 93.68%であり、素因のいずれかが該当する場合とほとんど変わらない。深層崩壊推定頻度マップ（ D_{AB} ）および地すべり地形分布図（S）は、該当数に大きな違いがなく素因による捕捉率は 12～19%であった。

ここで、図 4.2 に示される日本全体の土砂災害メッシュにおける素因による捕捉率（該当率）と、上記の結果を比較する。土砂災害メッシュにおける各素因の捕捉率（該当率）は、土砂災害警戒区域（ W_Y ）で 89.06%、深層崩壊推定頻度マップ（ D_{AB} ）で 21.24%、地すべり地形分布図（S）で 36.76%であった（図 4.2）。それに対して、災害が特に多く発生しているメッシュにおける捕捉率は、土砂災害警戒区域で 93.68%と 5%程度高いものの、深層崩壊推定頻度マップで 12.63%、また地すべり地形で 18.95%とそれぞれ 10%程度低い値となっている（表 4.1）。

これらの災害が多発しているメッシュは、火山などの荒廃域から毎年のように土石流が発生している溪流や小さな急傾斜地を多数含むメッシュが多かった。このように災害が多発する場所は土砂災害防止法に関する基礎調査が優先的に実施されているほか、地形的危険性が高い場所として土砂災害警戒区域等が多数指定されている可能性が高い。これらの要因のため土砂災害警戒区域（ W_Y ）による捕捉率が高くなりやすいためではないかと考えられる。一方、現在荒廃が進んでいるような新しい火山地域では、地すべり地形はまれであり、地すべり地形の該当状況が低くなる傾向が生じているものと考えられる。

4.4 地形・地質の素因の被覆面積率の変化と災害メッシュ率の変化

地形・地質の素因と災害との関係性を把握するため、各素因について被覆面積率毎の災害メッシュ率の変化を整理・分析した。地形・地質の素因が土砂災害の発生に寄与している場合には、素因の被覆面積率が高くなるほど、被覆面積率区間内の災害メッシュ率が高まると想定される。

ここで、災害メッシュ率はある条件におけるメッシュ数に対する災害が発生したメッシュの割合として定義すると、被覆面積率区間毎の災害メッシュ率は以下の式で示される。

$$\text{災害メッシュ率} = \frac{\text{任意の被覆面積率区間における災害メッシュ数}}{\text{任意の被覆面積率区間のメッシュ総数}}$$

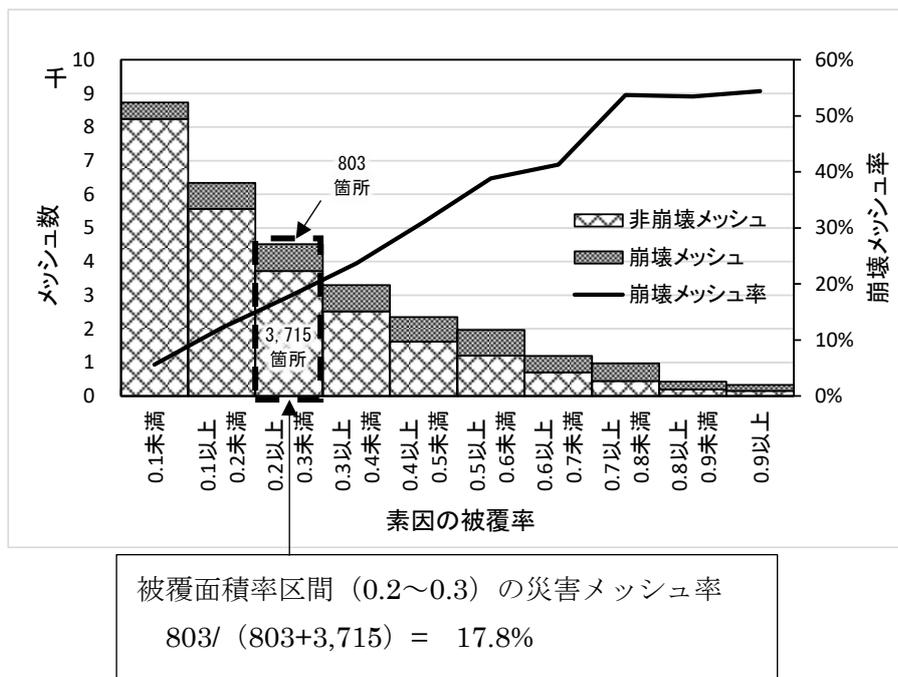
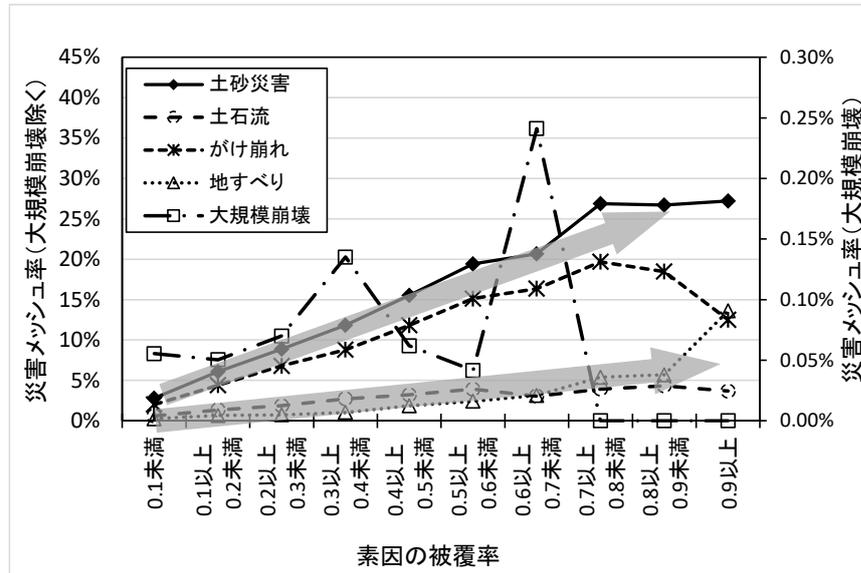


図 4.8 被覆面積率区間ごとの災害メッシュ率算出方法

1) 土砂災害警戒区域の被覆面積率 (W_T) と災害メッシュ率の関係

土砂災害警戒区域における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を散布図に示すと図 4.9 の通りである。



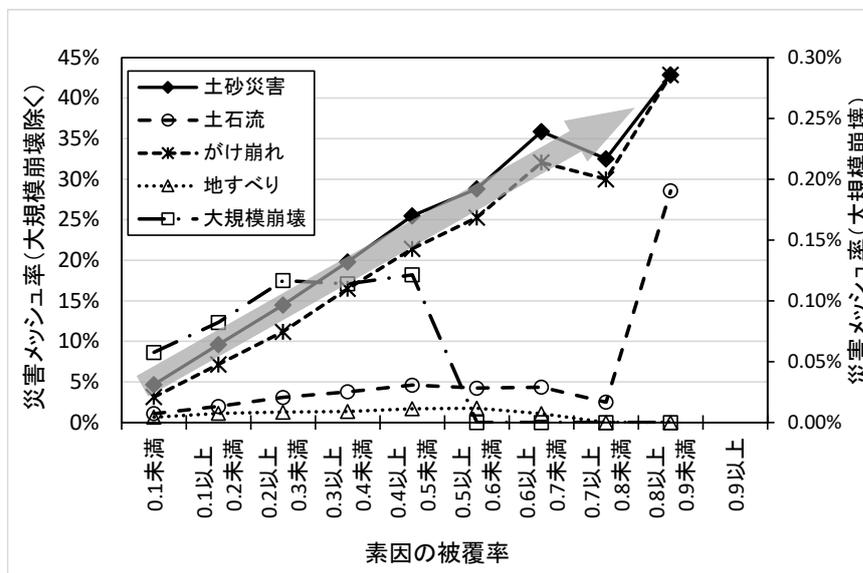
※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 4.9 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化 (土砂災害警戒区域)

ここで、土砂災害とは土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す。土砂災害では、素因の被覆面積率の増加に伴い、災害メッシュ率が増加する傾向が顕著にみられる。また、災害種別毎にみると、がけ崩れが0.8以上の高い被覆面積率の区間において、一部減少がみられるものの、全体的には被覆面積率の増加に伴い災害メッシュが顕著に増加する傾向がみられる。さらに、地すべりと土石流についても、増加の傾きが小さいものの、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュが増加する傾向がみられる。一方、大規模崩壊に関しては明瞭な傾向は確認できない。

2) 土砂災害特別警戒区域の被覆面積率 (W_R) と災害メッシュ率の関係

土砂災害特別警戒区域における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.10 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

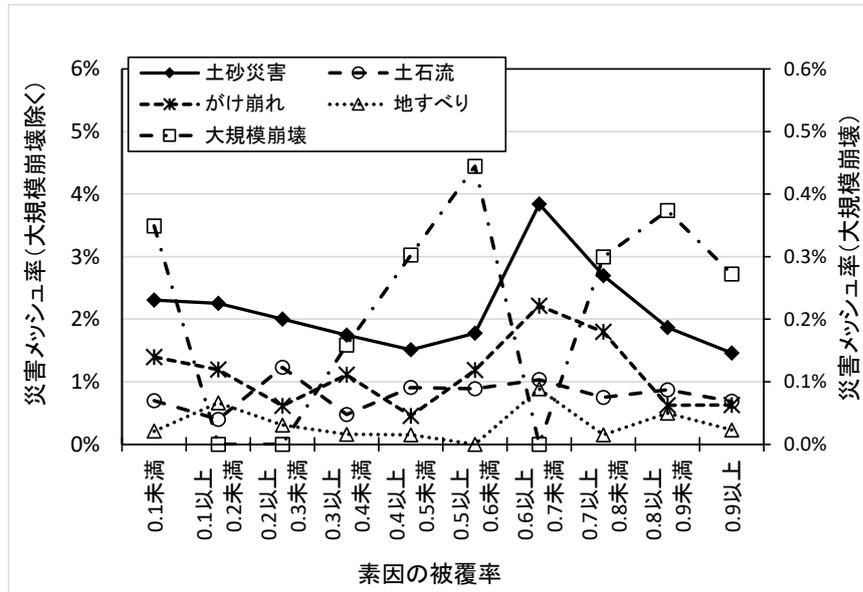
図 4.10 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化（土砂災害特別警戒区域）

土砂災害全体及びがけ崩れでは、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率の増加傾向が顕著で、その変化の傾きも大きい。また、大規模崩壊では、被覆面積率が 0.5 付近までは増加傾向がみられるものの、その後、急激に減少する。土石流については、0.5 未満の被覆面積率では緩やかな増加傾向がみられるが、0.5 以上の被覆面積率では減少傾向や急上昇などが確認される。

これは、土石流の発生場及び災害地点は主に山間地に点在する溪流であり、1km メッシュの広範囲が土砂災害特別警戒区域で占められることは極めてまれな為、高い被覆面積率のデータ数が少なく、値の信頼性が低くなっているためと考えられる。また、地すべり及び大規模崩壊では、被覆面積率の増加に伴う傾向は認められない。

3) 深層崩壊推定頻度マップの被覆面積率（「特に高い」：DA）と災害メッシュ率の関係

深層崩壊推定頻度マップ（特に高い）における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.11 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

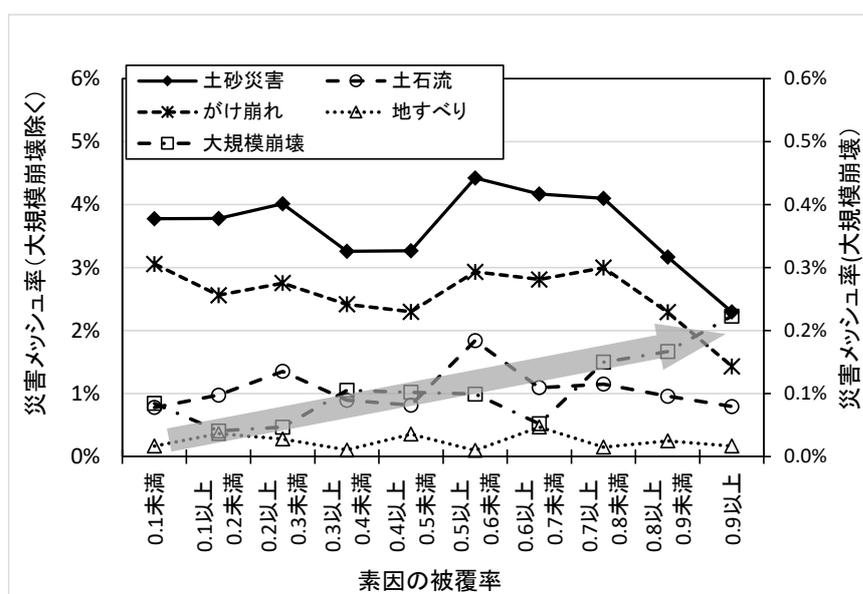
図 4.11 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化

(深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」)

すべての災害事象ではほぼ横ばいか、傾向を示さない乱高下の変化をしている。つまり、深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」に関しては、素因の被覆面積率の増加に伴う災害発生率の変化は確認されなかった。これは、当該素因が他の土砂災害警戒区域や地すべり地形分布図とは異なり、被覆面積率 0.9 以上のメッシュに集中する傾向があるため、素因の被覆面積率と崩壊との関係性が確認できなかった可能性も考えられる。

4) 深層崩壊推定頻度マップの被覆面積率（「特に高い+高い」：D_{AB}）と災害メッシュ率の関係

深層崩壊推定頻度マップ（特に高い）における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.12 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

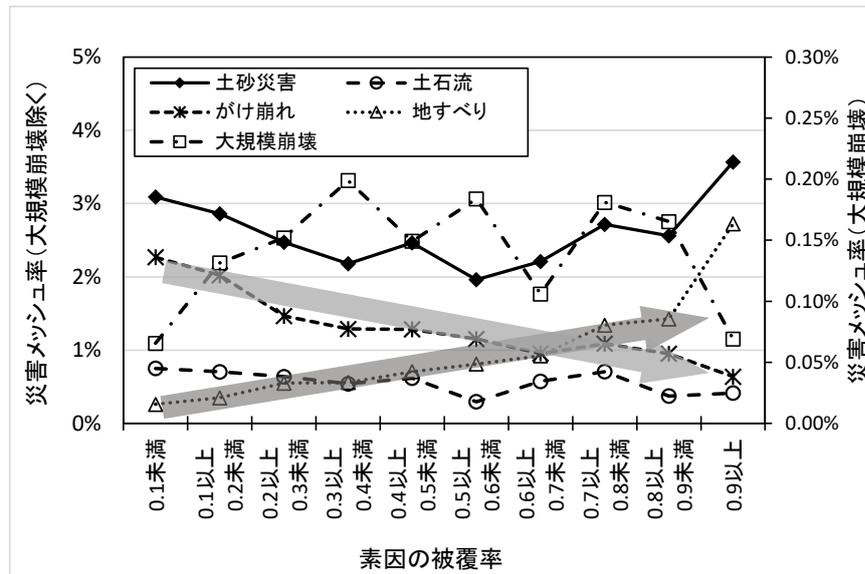
図 4.12 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化

(深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」)

当該素因は深層崩壊推定頻度マップの被覆面積率「特に高い」と同様に、ほとんどの災害事象で、ほぼ横ばいの変化となっており、関係性は確認できなかった。ただし、大規模崩壊に関しては、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュが増加する右上がりの傾向がみられ、当該素因の大規模崩壊に対する寄与が比較的高いことがわかった。

5) 地すべり地形分布図による被覆面積率 (S) と災害メッシュ率の関係

地すべり地形分布図における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.13 に示す。



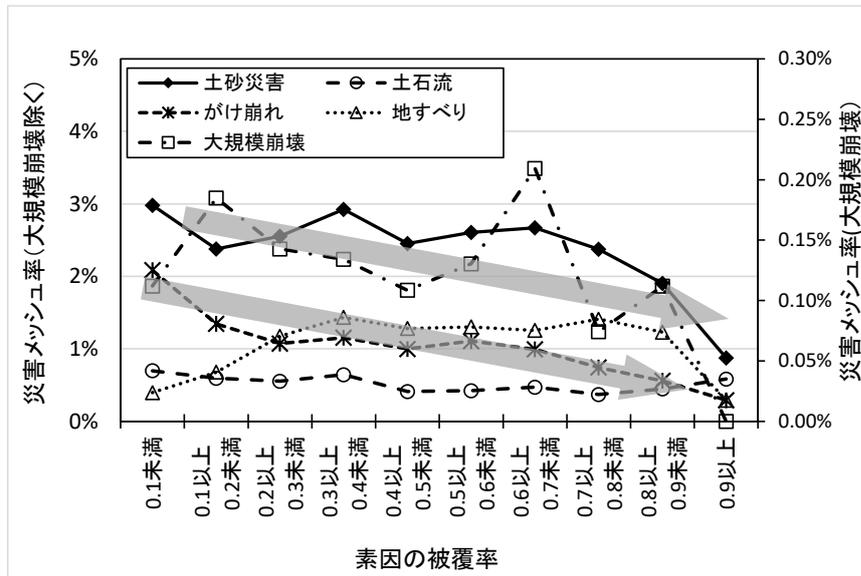
※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 4.13 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化 (地すべり地形分布図)

当該素因は、多くの災害事象において、ほぼ横ばいの変化となっているが、がけ崩れと地すべりについては傾向が確認された。がけ崩れ災害では、素因の被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が減少する傾向がみられ、素因の被覆面積率の増加が崩壊の発生率に寄与していない結果となっている。また、地すべりでは、明瞭な右上がりの傾向を示しており、素因の増加が崩壊の発生率に寄与していることがわかる。

6) 地すべり地形分布図（土志田,2015）の被覆面積率（S'）と災害メッシュ率の関係

地すべり地形分布図（土志田,2015）における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.14 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 4.14 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化

(地すべり地形分布図（土志田,2015）)

地すべり地形分布図と同様に、多くの災害種別において、ほぼ横ばいの傾向がみられる。特に、地すべりについても明瞭な右上がりの傾向がみられず当該素因は、地すべりへの寄与が比較的低いことがわかる。また、土砂災害全体およびがけ崩れでは、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が右下がりの傾向を示す。

さらに特筆すべきは、多くの災害種別において、0.7以上の高い被覆面積率区間において、災害メッシュ率が減少する傾向がみられることである。これは、当該素因が滑落崖を除く地すべり土塊のみで評価しているため、高い被覆面積率の区間において該当メッシュが極めて少なくなり、値の信頼性が低下しているものと考えられる。

これらの結果から、地形・地質の素因の被覆面積率区分と災害メッシュ率の関係について定性的に整理すると表 4.2 のとおりである。

地形・地質の素因のうち、土砂災害警戒区域（ W_Y ）または土砂災害特別警戒区域（ W_R ）は、土砂災害全体及びがけ崩れに対して大きく寄与しており適合性が高い結果が得られた。土石流は土砂災害警戒区域（ W_Y ）と、地すべり災害は土砂災害警戒区域（ W_Y ）または地すべり地形分布図（ S ）との適合性が良いことがわかった。さらに、大規模崩壊は、深層崩壊推定頻度マップ（特に高い+高い）（ D_{AB} ）と適合性が良いことがわかった。

表 4.2 地形・地質特性を示す素因の被覆面積率区分と災害メッシュ率の関係性評価結果

災害種別	地形・地質特性					
	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'
土砂災害	◎	◎	△	△	△	×
がけ崩れ	◎	◎	△	△	×	×
土石流	○	△	△	△	△	△
地すべり	○	△	△	△	◎	○
大規模崩壊	×	△	△	◎	△	△

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

- ◎：適合性「高」⇒被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率の増加が顕著（傾きが大きい）
- ：適合性「やや高い」⇒被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が増加（傾き小さい）
- △：判断つかず ⇒被覆面積率の増加に対して、災害メッシュ率が横ばいや乱高下し、適合性が判断できない
- ×：適合性「低」⇒被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が減少傾向

被覆面積率の増加に応じて災害メッシュ率が増加傾向を示す場合（特に増加率が頭打ちとなる場合など）には、素因の被覆面積率に閾値を設けることで、災害との適合性がより高くなることが期待できる。

しかし、深層崩壊推定頻度マップによる素因（ D_A や D_{AB} ）や地すべり地形分布図による素因（ S や S' ）では、ほとんどの災害種別において（土砂災害全体を対象とした場合でも）、被覆面積率と災害メッシュ率の変化について、横ばいを示すなど適合性の判断がつかない場合が多かった。また、深層崩壊推定頻度マップでは、該当するメッシュのほとんどが0.8以上（ほぼ1に近い）の被覆面積率となっており、被覆面積率の分布の歪も大きい。

4.5 素因の組合せと災害適中率と捕捉率

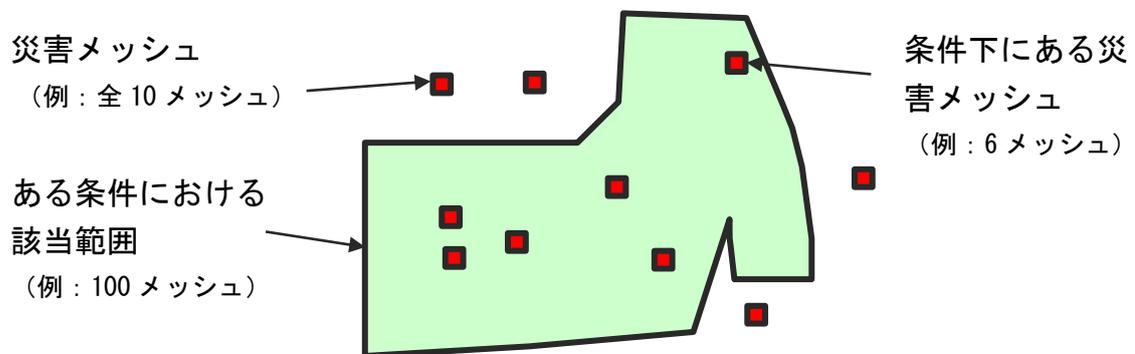
地形・地質の素因の被覆面積率区分と災害メッシュ率の関係から、災害事象ごとに地形・地質の素因との適合性が把握された。しかし、深層崩壊推定頻度マップにおいて広域に素因が分布するため、被覆面積率が高いメッシュと該当しないメッシュに二分されやすく、分布に偏りが生じている。そのため、素因の被覆面積率に着目した閾値設定により素因による適合性を飛躍的に向上することは難しいと考えられる。そこで、**1kmメッシュごとの地形・地質の素因の該当有無に着目し**、各素因の組合せと国土交通省の保有する災害情報の関係について、適中率及び捕捉率を指標として分析を行った。

ここで災害の適中率と捕捉率は以下の通り定義される。

なお、各素因別の被覆面積率を閾値とした適中率と捕捉率の変化については巻末の資料に示した。

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

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



上の例では

$$\text{適中率} = 6 \text{ メッシュ} / 100 \text{ メッシュ} = 6\%$$

$$\text{捕捉率} = 6 \text{ メッシュ} / 10 \text{ メッシュ} = 60\%$$

図 4.15 素因の有無に着目した災害の適中率と捕捉率の算出方法

4.5.1 地形・地質素因の単独評価

各素因の該当メッシュと災害メッシュの算出結果を表 4.3 に示す。また、この算出結果から、災害種別毎の素因ごとの適中率と捕捉率を算出した（表 4.4）。

表 4.3 各地形・地質素因別の該当メッシュと災害メッシュの算出結果

メッシュ数		W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'	全数
素因該当メッシュ		128,662	102,631	32,293	85,188	143,835	129,388	383,878
災害メッシュ	土砂災害	9,530	8,146	525	2,273	3,934	3,597	10,701
	土石流	1,979	1,730	229	733	919	827	2,258
	がけ崩れ	7,094	6,064	242	1,498	2,437	2,203	7,886
	地すべり	1,057	898	81	159	876	850	1,191
	大規模崩壊	86	74	85	162	175	167	206

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

表 4.4 地形・地質素因別の適中率と捕捉率

(a) 適中率	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'
土砂災害	7.41%	7.94%	1.63%	2.67%	2.74%	2.78%
土石流	1.54%	1.69%	0.71%	0.86%	0.64%	0.64%
がけ崩れ	5.51%	5.91%	0.75%	1.76%	1.69%	1.70%
地すべり	0.82%	0.87%	0.25%	0.19%	0.61%	0.66%
大規模崩壊	0.07%	0.07%	0.26%	0.19%	0.12%	0.13%

(b) 捕捉率	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'
土砂災害	89.06%	76.12%	4.91%	21.24%	36.76%	33.61%
土石流	87.64%	76.62%	10.14%	32.46%	40.70%	36.63%
がけ崩れ	89.96%	76.90%	3.07%	19.00%	30.90%	27.94%
地すべり	88.75%	75.40%	6.80%	13.35%	73.55%	71.37%
大規模崩壊	41.75%	35.92%	41.26%	78.64%	84.95%	81.07%

※赤囲みは、元資料毎の素因種別間の比較で十分大きいと考えられるもの。

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

ここで、素因毎の災害履歴に対する適中率と捕捉率により素因の適合性を確認した。

1) 土砂災害警戒区域等

土砂災害警戒区域 (W_Y) と土砂災害特別警戒区域 (W_R) の両者を比較すると、適中率は土砂災害全体・がけ崩れにおいて W_R の方がやや高い値を示すものの、その他には大きな差がみられない。それに対して捕捉率は、明らかに W_Y の方が大きいことがわかる (表 4.4)。ただし、 W_Y の捕捉率は、他の素因と比較すると高い値を示しており、両者の災害との適合性については優劣を判断しがたい。

2) 深層崩壊推定頻度マップ

深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) と「特に高い+高い」(D_{AB}) を比較すると、適中率は土砂災害全体で D_{AB} が、地すべりおよび大規模崩壊では D_A がやや高い結果が得られた。一方、捕捉率では、すべての災害事象で D_{AB} が比較的高い結果となった (表 4.4)。この指標も同様に、両者の災害との適合性について優劣をつけがたい。

3) 地すべり地形分布図

本手法による地すべり地形分布図の被覆面積率 (S) と土志田 (2015) の手法による地すべり地形分布図の被覆面積率 (S') を比較すると、適中率はほとんど差がないことがわかる。また、捕捉率は、すべての災害事象で S の方が高い結果となった (表 4.4)。そのため、本手法による地すべり地形分布図 (S) のほうが災害との関係性が高いといえる。

上記の結果の通り、土砂災害警戒区域および深層崩壊推定頻度マップの種別 (素因) については、災害種別により適合性が異なるため、一意に優劣を判断できなかった。一方、地すべり地形分布図では、適中率ではほとんど差がないが、捕捉率では本研究の手法による被覆面積率 (S) のほうが災害との適合性が比較的高かった。

4.5.2 地形・地質素因の組合せによる適中率と捕捉率

単独指標による適中率と捕捉率の検討の結果、土砂災害警戒区域および深層崩壊推定頻度マップのそれぞれの素因種別同士の比較において、土砂災害の多寡や有無との適合性には優劣がつかなかった。しかし、地すべり地形分布図では差がみられ、本手法による被覆面積率 (S) の方が土砂災害の多寡や有無と適合性の高い結果が得られた。そこで先の 6 種類の素因情報のうち、地すべり地形分布図の土志田 (2005) の手法を除いた 5 種類の素因を対象に組み合わせによる適中率と捕捉率を整理した。

ここで、5つの素因のうち土砂災害警戒区域および深層崩壊推定頻度マップの要素は、それぞれ包含関係にある (土砂災害特別警戒区域 (W_R) は土砂災害警戒区域 (W_Y) に包含され、深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) は深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」(D_{AB}) に包含される)。そのため、同一の主題図から得られる素因の組み合わせについては検討対象外とした。

深層崩壊推定頻度マップに基づく素因として、D_A を選択した場合の他の素因との組み合わせによる適中率と捕捉率の算出結果を表 4.5 に示す。また、深層崩壊推定頻度マップに基づく素因として、D_{AB} を選択した場合の適中率と捕捉率の算出結果を表 4.6 に示す。

表 4.5 素因の組み合わせによる適中率と捕捉率 (その 1)
深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) とその他の素因の組合せ事例

適中率	W _Y ND _A	W _Y NS	W _R ND _A	W _R NS	D _A NS	W _Y ND _A NS	W _R ND _A NS
土砂災害	5.55%	7.45%	5.83%	8.22%	1.76%	5.65%	5.93%
土石流	2.36%	1.70%	2.59%	1.89%	0.73%	2.25%	2.55%
がけ崩れ	2.69%	4.69%	2.77%	5.21%	0.76%	2.58%	2.55%
地すべり	0.82%	1.66%	0.83%	1.80%	0.37%	1.21%	1.28%
大規模崩壊	0.34%	0.15%	0.30%	0.16%	0.36%	0.47%	0.40%

捕捉率	W _Y ND _A	W _Y NS	W _R ND _A	W _R NS	D _A NS	W _Y ND _A NS	W _R ND _A NS
土砂災害	3.93%	32.97%	3.50%	28.66%	3.27%	2.58%	2.21%
土石流	7.93%	35.56%	7.35%	31.22%	6.47%	4.87%	4.52%
がけ崩れ	2.59%	28.14%	2.26%	24.66%	1.93%	1.60%	1.29%
地すべり	5.21%	66.08%	4.45%	56.34%	6.13%	4.95%	4.28%
大規模崩壊	12.62%	34.95%	9.22%	29.13%	34.47%	11.17%	7.77%

適中率	W _Y UD _A	W _Y US	W _R UD _A	W _R US	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土砂災害	6.28%	4.41%	6.46%	4.31%	2.63%	4.24%	4.13%	0.49%	1.00%
土石流	1.32%	0.93%	1.40%	0.93%	0.64%	0.90%	0.90%	0.10%	0.18%
がけ崩れ	4.65%	3.25%	4.77%	3.13%	1.62%	3.12%	3.00%	0.38%	0.80%
地すべり	0.70%	0.51%	0.72%	0.53%	0.57%	0.49%	0.51%	0.03%	0.05%
大規模崩壊	0.09%	0.08%	0.11%	0.09%	0.12%	0.09%	0.09%	0.00%	0.00%

捕捉率	W _Y UD _A	W _Y US	W _R UD _A	W _R US	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土砂災害	90.03%	92.85%	77.53%	84.23%	38.40%	93.13%	84.58%	6.87%	15.42%
土石流	89.86%	92.78%	79.41%	86.09%	44.38%	93.40%	86.94%	6.60%	13.06%
がけ崩れ	90.44%	92.72%	77.71%	83.13%	32.04%	92.87%	83.31%	7.13%	16.69%
地すべり	90.34%	96.22%	77.75%	92.61%	74.22%	96.64%	93.12%	3.36%	6.88%
大規模崩壊	70.39%	91.75%	67.96%	91.75%	91.75%	97.09%	97.09%	2.91%	2.91%

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

(赤が各災害事象別の適中率または捕捉率の最大値、橙が 2 位、緑が 3 位の値を示す)

深層崩壊推定頻度マップの「特に高い」(D_A) とその他の素因の組合せ事例では、適中率は W_Y∩S や W_R∩S の組合せで比較的高い値を示しており、捕捉率も約 25%～約 66%と比較的高い。また、多くの災害種別で捕捉率は W_Yの組合せの方が良い。つまり、災害全体では、土砂災害警戒区域と地すべり地形分布図との組み合わせが良いことがわかる。また、大規模崩壊は、D_A∩S など深層崩壊推定頻度マップと地すべり地形分布図の組み合わせで高い適中率となる傾向がみられる。一方、捕捉率では、W_Y∩US、W_R∩US、D_A∩US、W_Y∩D_A∩US、W_R∩D_A∩US など地すべり地形分布図 (S) との組合せで高い値となりやすいことがわかる。

表 4.6 素因の組み合わせによる適中率と捕捉率 (その 2)

深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」(D_{AB}) とその他の素因の組合せ事例

適中率	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害	6.72%	7.45%	7.07%	8.22%	2.35%	6.33%	6.77%
土石流	2.20%	1.70%	2.42%	1.89%	0.83%	2.21%	2.48%
がけ崩れ	4.47%	4.69%	4.63%	5.21%	1.33%	3.68%	3.86%
地すべり	0.44%	1.66%	0.45%	1.80%	0.32%	0.81%	0.85%
大規模崩壊	0.21%	0.15%	0.23%	0.16%	0.32%	0.39%	0.40%

捕捉率	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害	18.24%	32.97%	15.35%	28.66%	9.31%	7.92%	6.73%
土石流	28.26%	35.56%	24.93%	31.22%	15.68%	13.11%	11.69%
がけ崩れ	16.47%	28.14%	13.63%	24.66%	7.14%	6.25%	5.21%
地すべり	10.66%	66.08%	8.73%	56.34%	11.25%	9.15%	7.56%
大規模崩壊	30.10%	34.95%	25.73%	29.13%	66.02%	25.24%	20.87%

適中率	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩US	D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US
土砂災害	5.33%	4.41%	5.33%	4.31%	2.79%	4.01%	3.91%	0.45%	0.92%
土石流	1.12%	0.93%	1.15%	0.93%	0.70%	0.85%	0.85%	0.10%	0.16%
がけ崩れ	3.95%	3.25%	3.94%	3.13%	1.81%	2.95%	2.85%	0.34%	0.73%
地すべり	0.59%	0.51%	0.58%	0.53%	0.48%	0.46%	0.46%	0.03%	0.05%
大規模崩壊	0.10%	0.08%	0.11%	0.09%	0.11%	0.08%	0.09%	0.00%	0.00%

捕捉率	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩US	D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US
土砂災害	92.06%	92.85%	82.01%	84.23%	48.70%	94.46%	87.53%	5.54%	12.47%
土石流	91.85%	92.78%	84.15%	86.09%	57.48%	94.42%	89.64%	5.58%	10.36%
がけ崩れ	92.48%	92.72%	82.26%	83.13%	42.76%	94.36%	86.57%	5.64%	13.43%
地すべり	91.44%	96.22%	80.02%	92.61%	75.65%	96.64%	93.12%	3.19%	6.47%
大規模崩壊	90.29%	91.75%	88.83%	91.75%	97.57%	99.51%	99.51%	0.49%	0.49%

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

(赤が各災害事象別の適中率または捕捉率の最大値、橙が 2 位、緑が 3 位の値を示す)

深層崩壊推定頻度マップ (D_{AB}) を選択した場合の組合せにおける適中率と捕捉率を先の深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) を選択した場合の組合せと比較すると、適中率及び捕捉率が高くなる組合せの傾向はほぼ同じで、土砂災害全体では W_Y∩S や W_R∩S の組合せで適中率が高い傾向は同じである。また大規模崩壊では、D_{AB}∩S などの深層崩壊推定頻度マップと地すべり地形分布図の組合せで適中率が高くなる傾向がみられる。また、捕捉率でも同じ傾向がみられ、地すべり地形分布図 (S) との組合せで高い値となりやすいこ

とがわかる。

つまり、深層崩壊推定頻度マップは、通常の降雨による土砂災害よりも大規模崩壊の予測に有効な指標であると言える。大規模崩壊についての適中率と捕捉率に限定すれば、 $D_A \cap S$ (適中率: 0.36%、捕捉率: 34.47%) に対して、 $D_{AB} \cap S$ (適中率: 0.32%、捕捉率 66.02%) となっており、 D_{AB} では適中率がほぼ同一でありながら捕捉率が 2 倍程度大きくなることから、深層崩壊推定頻度マップにおいては、「特に高い+高い」(D_{AB}) の方が有効性の高い場合が多いと考えられる。

4.6 災害と関係性の高い素因の整理

これまでの検討の結果、土石流・がけ崩れ・地すべりの 3 現象別およびこれらを統合した土砂災害全体では、土砂災害警戒区域 (W_Y) と地すべり地形分布図 (S)、または土砂災害特別警戒区域 (W_R) と地すべり地形分布図 (S) の組み合わせが災害事例との適合性が高い傾向を示した。一方、顕著な大規模崩壊については、深層崩壊推定頻度マップ (D_{AB}) と地すべり地形分布図 (S) の組み合わせにより、適合性が高い結果が得られた。このように、降雨による土砂災害と顕著な大規模崩壊では、適合性の高い素因が異なっていることがわかった。

ここで、日本全体における災害メッシュ率は、素因を考慮しない場合の平均的な災害確率 (データ集計年間 (24 年間) で 1 回以上の災害が発生する確率) ととらえることができる。一方で、災害発生率に寄与する素因であれば、その素因を持つエリアを抽出すれば災害が集中する傾向がみられ、災害確率が高まることが想定される。つまり、災害発生に寄与する素因の組合せでは適中率が高くなると考えられる。そこで災害事象毎に素因の組合せによる適中率を求め、日本の平均的な適中率 (素因を考慮しない場合の適中率) に対する倍率として整理した。さらにそれらを 5 段階に区分して適合性を評価した。また、適中率と捕捉率はトレードオフの関係があり、条件を厳しく設定することで適中率は高まるが捕捉率が低下するケースが多い。災害事例と適合性の高い素因は、適中率が高く、かつ捕捉率も高いものと考えられる。そこで、捕捉率についても 5 段階の評価を行い、災害事象別の適合性の高い素因を整理した。

4.6.1 素因の組合せによる適中率の倍率による評価

日本全体の災害事象別の災害メッシュ率 (=素因を考慮しない場合の平均的な適中率) は、表 4.3 に示される。土砂災害全体が 2.79%、土石流が 0.59%、がけ崩れが 2.05%、地すべりが 0.31% である。また大規模崩壊は、0.05% であり、通常の土砂災害と比較して一桁小さい値である。

さらに各事象の素因の組み合わせ別の適中率について、日本全体の災害事象別の平均的な適中率に対する倍率で示した表が表 4.7 及び表 4.8 である。

表 4.7 平均的な適中率に対する素因の組合せによる適中率の倍率

(深層崩壊推定頻度マップ：D_A)

適中率(倍率)	W _Y ∩D _A	W _Y ∩S	W _R ∩D _A	W _R ∩S	D _A ∩S	W _Y ∩D _A ∩S	W _R ∩D _A ∩S
土砂災害	1.99	2.67	2.09	2.95	0.63	2.03	2.13
土石流	4.01	2.88	4.40	3.21	1.25	3.83	4.34
がけ崩れ	1.31	2.28	1.35	2.54	0.37	1.26	1.24
地すべり	2.64	5.36	2.66	5.79	1.18	3.89	4.11
大規模崩壊	6.39	2.83	5.52	3.00	6.65	8.77	7.45

適中率(倍率)	W _Y UD _A	W _Y US	W _R UD _A	W _R US	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土砂災害	2.25	1.58	2.32	1.55	0.94	1.52	1.48	0.18	0.36
土石流	2.25	1.58	2.37	1.58	1.09	1.53	1.52	0.17	0.30
がけ崩れ	2.26	1.58	2.32	1.53	0.79	1.52	1.46	0.18	0.39
地すべり	2.26	1.64	2.32	1.70	1.82	1.58	1.63	0.09	0.16
大規模崩壊	1.76	1.56	2.03	1.68	2.25	1.59	1.70	0.08	0.07

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す

表 4.8 平均的な適中率に対する素因の組合せによる適中率の倍率

(深層崩壊推定頻度マップ：D_{AB})

適中率(倍率)	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害	2.41	2.67	2.54	2.95	0.84	2.27	2.43
土石流	3.73	2.88	4.12	3.21	1.42	3.76	4.22
がけ崩れ	2.18	2.28	2.25	2.54	0.65	1.79	1.88
地すべり	1.41	5.36	1.44	5.79	1.02	2.62	2.73
大規模崩壊	3.98	2.83	4.25	3.00	5.98	7.24	7.53

適中率(倍率)	W _Y UD _{AB}	W _Y US	W _R UD _{AB}	W _R US	D _{AB} US	W _Y UD _{AB} US	W _R UD _{AB} US	W _Y UD _{AB} US	W _R UD _{AB} US
土砂災害	1.91	1.58	1.91	1.55	1.00	1.44	1.40	0.16	0.33
土石流	1.91	1.58	1.96	1.58	1.18	1.44	1.44	0.16	0.28
がけ崩れ	1.92	1.58	1.92	1.53	0.88	1.44	1.39	0.16	0.36
地すべり	1.90	1.64	1.87	1.70	1.56	1.47	1.49	0.09	0.17
大規模崩壊	1.88	1.56	2.07	1.68	2.01	1.51	1.60	0.01	0.01

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す

土石流・がけ崩れ・地すべりの合計である土砂災害全体では、各素因の組合せにおいて、「AND」の条件では概ね2～3倍程度の適中率となっており、素因による絞り込みの感度が高いことがわかる。特に土砂災害警戒区域等と地すべり地形分布図の組合せ（W_Y∩S・W_R∩S）の倍率が高く（約2.7倍～3.0倍）を示す。次いで土砂災害警戒区域等と深層崩壊推定頻度マップの組合せ（W_Y∩D_A、W_R∩D_A、W_Y∩D_{AB}、W_R∩D_{AB}）の倍率が高い（約2.0～2.5倍）。また、土石流においては、土砂災害警戒区域等と深層崩壊推定頻度マップの組合せの倍率が高く、その倍率が約3.7倍～4.4倍である。がけ崩れにおいては、土砂災害全体とほぼ同様の結果となっている。地すべりについては、土砂災害全体と適中率の高い素因の組合せは土砂災害全体と同じであるが、その倍率は5倍を超え、絞り込みの感度がより高い結果となっている。大規模崩壊については、D_AやD_{AB}を含む組合せで高い倍率となる傾向がみられる。

4.6.2 災害と関係性の高い素因の組合せ一覧表

一般的に被覆面積率の閾値を検討する際に、閾値の条件を厳しくすることにより適中率の増加が見込まれるもの、捕捉率が急激に減少する場合が多い。ここで、災害との関係性の高い素因として、被覆面積率による閾値の設定も考えられるが、先に述べた通り、データの偏りなどにより有効性の高い閾値の設定が困難であるため、本研究においては、素因の有無に着目して素因と災害の関係性を整理した。

なお、捕捉率は、素因を考慮しない場合（＝日本全体を対象とした場合）には、100%となることから、20%刻みで評価を分類した。分類基準および評価区分は図 4.16 のとおりである。また、評価した結果を表 4.9 および表 4.10 に示す。

【適中率】：素因を考慮しない場合の災害メッシュ率（＝適中率）を基準としてその倍数に着目して（0.5 倍刻み）で分類		
【捕捉率】：素因を考慮しない場合の捕捉率（＝100%）を基準として、20%刻みで分類		
適中率区分	捕捉率区分	⇒素因考慮なしの適中率
2.5 倍以上 : ◎	80～100% : ◎	➤ 災害全体 : 2.79%
2.0～2.5 倍 : ○	60～80% : ○	➤ 大規模崩壊 : 0.05%
1.5～2.0 倍 : △	40～60% : △	➤ 土石流 : 2.05%
1.0～1.5 倍 : ▲	20～40% : ▲	➤ がけ崩れ : 0.31%
1.0 倍未満 : ×	20%未満 : ×	➤ 地すべり : 0.05%
※素因を考慮しない場合の適中率からの倍率で区分		

図 4.16 適中率と捕捉率の区分について

表 4.9 素因の組合せによる適中率・捕捉率及び組合せ評価結果（土砂災害全体・大規模崩壊）

単独指標	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	条件なし平均
災害全体(適中率)	7.41%	7.94%	1.63%	2.67%	2.74%	2.79%
災害全体(捕捉率)	89.06%	76.12%	4.91%	21.24%	36.76%	-
大規模土砂災害(適中率)	0.07%	0.07%	0.26%	0.19%	0.12%	0.05%
大規模土砂災害(捕捉率)	41.75%	35.92%	41.26%	78.64%	84.95%	-

D_A との組合せ	$W_Y \cap D_A$	$W_R \cap D_A$	$D_A \cap S$	$W_Y \cap D_A \cap S$	$W_R \cap D_A \cap S$
土砂災害(適中率)	5.55%	5.83%	1.76%	5.65%	5.93%
土砂災害(捕捉率)	3.93%	3.50%	3.27%	2.58%	2.21%
大規模崩壊(適中率)	0.34%	0.30%	0.36%	0.47%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	12.62%	9.22%	34.47%	11.17%	7.77%

D_A との組合せ	$W_Y \cup D_A$	$W_R \cup D_A$	$D_A \cup S$	$W_Y \cup D_A \cup S$	$W_R \cup D_A \cup S$
土砂災害(適中率)	6.28%	6.46%	2.63%	4.24%	4.13%
土砂災害(捕捉率)	90.03%	77.53%	38.40%	93.13%	84.58%
大規模崩壊(適中率)	0.09%	0.11%	0.12%	0.09%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	70.39%	67.96%	91.75%	97.09%	97.09%

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cap D_{AB}$	$W_Y \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_Y \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土砂災害(適中率)	6.72%	7.45%	7.07%	8.22%	2.35%	6.33%	6.77%
土砂災害(捕捉率)	18.24%	32.97%	15.35%	28.66%	9.31%	7.92%	6.73%
大規模崩壊(適中率)	0.21%	0.15%	0.23%	0.16%	0.32%	0.39%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	30.10%	34.95%	25.73%	29.13%	66.02%	25.24%	20.87%

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cup D_{AB}$	$W_Y \cup S$	$W_R \cup D_{AB}$	$W_R \cup S$	$D_{AB} \cup S$	$W_Y \cup D_{AB} \cup S$	$W_R \cup D_{AB} \cup S$
土砂災害(適中率)	5.33%	4.41%	5.33%	4.31%	2.79%	4.01%	3.91%
土砂災害(捕捉率)	92.06%	92.85%	82.01%	84.23%	48.70%	94.46%	87.53%
大規模崩壊(適中率)	0.10%	0.08%	0.11%	0.09%	0.11%	0.08%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	90.29%	91.75%	88.83%	91.75%	97.57%	99.51%	99.51%



単独指標	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S
災害全体(適中率)	⊙	⊙	×	×	×
災害全体(捕捉率)	⊙	○	×	▲	▲
大規模土砂災害(適中率)	▲	▲	⊙	⊙	○
大規模土砂災害(捕捉率)	△	▲	△	○	⊙

D_A との組合せ	$W_Y \cap D_A$	$W_R \cap D_A$	$D_A \cap S$	$W_Y \cap D_A \cap S$	$W_R \cap D_A \cap S$
土砂災害(適中率)	△	○	×	○	○
土砂災害(捕捉率)	×	×	×	×	×
大規模崩壊(適中率)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
大規模崩壊(捕捉率)	×	×	▲	×	×

D_A との組合せ	$W_Y \cup D_A$	$W_R \cup D_A$	$D_A \cup S$	$W_Y \cup D_A \cup S$	$W_R \cup D_A \cup S$
土砂災害(適中率)	○	○	×	△	▲
土砂災害(捕捉率)	⊙	○	▲	⊙	⊙
大規模崩壊(適中率)	△	○	○	△	△
大規模崩壊(捕捉率)	○	○	⊙	⊙	⊙

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cap D_{AB}$	$W_Y \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_Y \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土砂災害(適中率)	○	⊙	⊙	⊙	×	○	○
土砂災害(捕捉率)	×	▲	×	▲	×	×	×
大規模崩壊(適中率)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
大規模崩壊(捕捉率)	▲	▲	▲	▲	○	▲	▲

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cup D_{AB}$	$W_Y \cup S$	$W_R \cup D_{AB}$	$W_R \cup S$	$D_{AB} \cup S$	$W_Y \cup D_{AB} \cup S$	$W_R \cup D_{AB} \cup S$
土砂災害(適中率)	△	△	△	△	▲	▲	▲
土砂災害(捕捉率)	⊙	⊙	⊙	⊙	△	⊙	⊙
大規模崩壊(適中率)	△	△	○	△	○	△	△
大規模崩壊(捕捉率)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す

表 4.10 素因の組合せによる適中率・捕捉率及び組合せ評価結果（災害事象別）

単独指標	W _Y	W _R	D _A	D _{AB}	S	条件なし平均
土石流(適中率)	1.54%	1.69%	0.71%	0.86%	0.64%	0.59%
土石流(捕捉率)	87.64%	76.62%	10.14%	32.46%	40.70%	-
がけ崩れ(適中率)	5.51%	5.91%	0.75%	1.76%	1.69%	2.05%
がけ崩れ(捕捉率)	89.96%	76.90%	3.07%	19.00%	30.90%	-
地すべり(適中率)	0.82%	0.87%	0.25%	0.19%	0.61%	0.31%
地すべり(捕捉率)	88.75%	75.40%	6.80%	13.35%	73.55%	-

D _A との組合せ	W _Y ∩D _A	W _R ∩D _A	D _A ∩S	W _Y ∩D _A ∩S	W _R ∩D _A ∩S
土石流(適中率)	2.36%	2.59%	0.73%	2.25%	2.55%
土石流(捕捉率)	7.93%	7.35%	6.47%	4.87%	4.52%
がけ崩れ(適中率)	2.69%	2.77%	0.76%	2.58%	2.55%
がけ崩れ(捕捉率)	2.59%	2.26%	1.93%	1.60%	1.29%
地すべり(適中率)	0.82%	0.83%	0.37%	1.21%	1.28%
地すべり(捕捉率)	5.21%	4.45%	6.13%	4.95%	4.28%

D _A との組合せ	W _Y UD _A	W _R UD _A	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土石流(適中率)	1.32%	1.40%	0.64%	0.90%	0.90%
土石流(捕捉率)	89.86%	79.41%	44.38%	93.40%	86.94%
がけ崩れ(適中率)	4.65%	4.77%	1.62%	3.12%	3.00%
がけ崩れ(捕捉率)	90.44%	77.71%	32.04%	92.87%	83.31%
地すべり(適中率)	0.70%	0.72%	0.57%	0.49%	0.51%
地すべり(捕捉率)	90.34%	77.75%	74.22%	96.64%	93.12%

D _{AB} との組合せ	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土石流(適中率)	2.20%	1.70%	2.42%	1.89%	0.83%	2.21%	2.48%
土石流(捕捉率)	28.26%	35.56%	24.93%	31.22%	15.68%	13.11%	11.69%
がけ崩れ(適中率)	4.47%	4.69%	4.63%	5.21%	1.33%	3.68%	3.86%
がけ崩れ(捕捉率)	16.47%	28.14%	13.63%	24.66%	7.14%	6.25%	5.21%
地すべり(適中率)	0.44%	1.66%	0.45%	1.80%	0.32%	0.81%	0.85%
地すべり(捕捉率)	10.66%	66.08%	8.73%	56.34%	11.25%	9.15%	7.56%

D _{AB} との組合せ	W _Y UD _{AB}	W _Y US	W _R UD _{AB}	W _R US	D _{AB} US	W _Y UD _{AB} US	W _R UD _{AB} US
土石流(適中率)	1.12%	0.93%	1.15%	0.93%	0.70%	0.85%	0.85%
土石流(捕捉率)	91.85%	92.78%	84.15%	86.09%	57.48%	94.42%	89.64%
がけ崩れ(適中率)	3.95%	3.25%	3.94%	3.13%	1.81%	2.95%	2.85%
がけ崩れ(捕捉率)	92.48%	92.72%	82.26%	83.13%	42.76%	94.36%	86.57%
地すべり(適中率)	0.59%	0.51%	0.58%	0.53%	0.48%	0.46%	0.46%
地すべり(捕捉率)	91.44%	96.22%	80.02%	92.61%	75.65%	96.64%	93.12%

単独指標	W _Y	W _R	D _A	D _{AB}	S
土石流(適中率)	○	○	▲	▲	▲
土石流(捕捉率)	○	○	×	▲	▲
がけ崩れ(適中率)	○	○	×	×	×
がけ崩れ(捕捉率)	○	○	×	×	▲
地すべり(適中率)	○	○	×	×	▲
地すべり(捕捉率)	○	○	×	×	○

D _A との組合せ	W _Y ∩D _A	W _R ∩D _A	D _A ∩S	W _Y ∩D _A ∩S	W _R ∩D _A ∩S
土石流(適中率)	○	○	▲	○	○
土石流(捕捉率)	×	×	×	×	×
がけ崩れ(適中率)	▲	▲	×	▲	▲
がけ崩れ(捕捉率)	×	×	×	×	×
地すべり(適中率)	○	○	▲	○	○
地すべり(捕捉率)	×	×	×	×	×

D _A との組合せ	W _Y UD _A	W _R UD _A	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土石流(適中率)	○	○	▲	△	△
土石流(捕捉率)	○	○	△	○	○
がけ崩れ(適中率)	○	○	×	△	▲
がけ崩れ(捕捉率)	○	○	▲	○	○
地すべり(適中率)	○	○	△	△	△
地すべり(捕捉率)	○	○	○	○	○

D _{AB} との組合せ	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土石流(適中率)	○	○	○	○	▲	○	○
土石流(捕捉率)	▲	▲	○	▲	×	×	×
がけ崩れ(適中率)	○	○	○	○	×	△	△
がけ崩れ(捕捉率)	×	▲	×	▲	×	×	×
地すべり(適中率)	▲	○	▲	○	▲	○	○
地すべり(捕捉率)	×	○	×	△	×	×	×

D _{AB} との組合せ	W _Y UD _{AB}	W _Y US	W _R UD _{AB}	W _R US	D _{AB} US	W _Y UD _{AB} US	W _R UD _{AB} US
土石流(適中率)	△	△	△	△	▲	▲	▲
土石流(捕捉率)	○	○	○	○	△	○	○
がけ崩れ(適中率)	△	△	△	△	×	▲	▲
がけ崩れ(捕捉率)	○	○	○	○	△	○	○
地すべり(適中率)	△	△	△	△	△	▲	▲
地すべり(捕捉率)	○	○	○	○	○	○	○



5 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の検討

先の検討において、素因の組合せにより過去 24 年程度の降雨による土砂災害事例との適中率・捕捉率等を把握した。その結果、地形・地質の素因を組み合わせることで、災害履歴との適中率を高めることができる。つまり、素因を考慮することで災害の可能性の高いエリアを絞り込むことができるといえる。

そこで、災害の適中率や捕捉率等の条件から地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）を検討した。

5.1 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の基本的方針

本研究は、国土交通省の砂防部が保有する過去 24 年の土砂災害のデータに対して、地形・地質の素因の組合せにより適中率・捕捉率等を求めたものである。つまり、素因およびその素因の組合せによる災害の適中率は、その組合せで抽出されるメッシュにおいて、過去 24 年間に於いて 1 回以上の災害が発生したメッシュの割合である。抽出されるメッシュの特性が同一と仮定すると、そのエリアにおける災害発生率と読み替えることが可能である。

本研究の結果、24 年間の平均的な災害確率（＝素因等の考慮をしない場合の災害適中率）で 2.79%（災害メッシュ数/全国メッシュ数）であるのに対して、素因の組合せを考慮すると最大で 8.22%（ $W_R \cap S$ ：土砂災害特別警戒区域に該当し、かつ、地すべり地形にも該当する組合せ）となり、素因を考慮することで災害確率が高いエリア（最大で 3 倍程度）を絞り込むことが可能であることがわかった。一方、災害捕捉率は、素因による絞り込み条件を厳しくするにしたがい、除外される災害が増加し、低下しやすくなる。そのため、適中率・捕捉率がともに高い素因の組合せに着目していくことが必要である。

本研究では地形・地質素因に基づく土砂災害の発生確率マップ（案）として以下の方針に基づいて試算した。

【基本方針】

- ・素因の組合せによる適中率と捕捉率の組合せから災害との関係性の高い組合せ（適中率を重要視しながらも災害捕捉率も比較的高い組合せ）を区分し、素因に基づくマップとする。
- ・深層崩壊における災害発生確率の高いエリアを最も上の区分に位置付ける。
- ・1km メッシュ単位で区分を算出し、色付けしたマップを作成（重複の場合は上の区分を採用）
- ・100 年間での災害確率を換算し、発生確率マップとして表現する。

5.2 素因の組合せの適中率と捕捉率に基づく発生確率区分の設定

素因の組合せに基づく適中率と捕捉率を表に整理すると表 5.1 のとおりである。ここで、降雨による土砂災害の平均的な発生率（素因考慮なしの適中率）は 2.79%、顕著な大規模崩壊の発生率は 0.05% である。

表 5.1 素因の組合せによる適中率と捕捉率

単独指標	W_V	W_R	D_A	D_{AB}	S	条件なし平均
土砂災害(適中率)	7.41%	7.94%	1.63%	2.67%	2.74%	2.79%
土砂災害(捕捉率)	89.06%	76.12%	4.91%	21.24%	36.76%	-
大規模崩壊(適中率)	0.07%	0.07%	0.26%	0.19%	0.12%	0.05%
大規模崩壊(捕捉率)	41.75%	35.92%	41.26%	78.64%	84.95%	-

的中率高く(2位)
捕捉率も高い

D_A との組合せ	$W_V \cap D_A$	$W_R \cap D_A$	$D_A \cap S$	$W_V \cap D_A \cap S$	$W_R \cap D_A \cap S$
土砂災害(適中率)	5.55%	5.83%	1.76%	5.65%	5.93%
土砂災害(捕捉率)	3.93%	3.50%	3.27%	2.58%	2.21%
大規模崩壊(適中率)	0.34%	0.30%	0.36%	0.47%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	12.62%	9.22%	34.47%	11.17%	7.77%

大規模土砂災害での中率
と捕捉率がともに高い
(発生確率区分3候補)

D_A との組合せ	$W_V \cup D_A$	$W_R \cup D_A$	$D_A \cup S$	$W_V \cup D_A \cup S$	$W_R \cup D_A \cup S$
土砂災害(適中率)	6.28%	6.46%	2.63%	4.24%	4.13%
土砂災害(捕捉率)	90.03%	77.53%	38.40%	93.13%	84.58%
大規模崩壊(適中率)	0.09%	0.11%	0.12%	0.09%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	70.39%	67.96%	91.75%	97.09%	97.09%

D_{AB} との組合せ	$W_V \cap D_{AB}$	$W_V \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_V \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土砂災害(適中率)	6.72%	7.45%	7.07%	8.22%	2.35%	6.33%	6.77%
土砂災害(捕捉率)	18.24%	32.97%	15.35%	28.66%	9.31%	7.92%	6.73%
大規模崩壊(適中率)	0.21%	0.15%	0.23%	0.16%	0.32%	0.39%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	30.10%	34.95%	25.73%	29.13%	66.02%	25.24%	20.87%

大規模土砂災害
での中率最大。
だが捕捉率低い

D_{AB} との組合せ	$W_V \cup D_{AB}$	$W_V \cup S$	$W_R \cup D_{AB}$	$W_R \cup S$	$D_{AB} \cup S$	$W_V \cup D_{AB} \cup S$	$W_R \cup D_{AB} \cup S$
土砂災害(適中率)	5.33%	4.41%	5.33%	4.31%	2.79%	4.01%	3.91%
土砂災害(捕捉率)	92.06%	92.85%	82.01%	84.23%	48.70%	94.46%	87.53%
大規模崩壊(適中率)	0.10%	0.08%	0.11%	0.09%	0.11%	0.08%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	90.29%	91.75%	88.83%	91.75%	97.57%	99.51%	99.51%

最大の補足率
(発生確率
区分1候補)

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

土石流・がけ崩れ・地すべりを合わせた土砂災害全体では、最大の適中率となる組合せは $W_R \cap S$ （土砂災害特別警戒区域かつ地すべり地形分布図に該当）で 8.22% であった。ただし、この組合せの捕捉率は、28.66% と低く、この組合せでは災害の 7 割以上を見逃す結果となるため、災害発生率を示す評価には適切でないと判断できる。

このように、適中率と捕捉率はトレードオフの関係になっていることが多く、全体を 3 つの区分となるよう以下の方針に基づき区分した。

発生確率区分の基本的な考え方

【発生確率区分 1】

エリアの概要：比較的広域が該当し、土砂災害に注意すべきエリア。

選定基準：・土砂災害全体に対して、捕捉率が最大

(ただし、適中率は素因を考慮しない場合よりも高い)

・複数の素因で構成され、どれかに該当すればリスクが高いと評価できる
組合せ (or の組合せ) が望ましい。

【発生確率区分 2】

エリアの概要：災害との関係性が特に高く、土砂災害の発生確率が高いエリア

選定基準：・適中率が高くかつ捕捉率も高い

・捕捉率よりも適中率を重視する

【発生確率区分 3】

エリアの概要：顕著な大規模崩壊の発生確率が高いエリア

選定基準：・大規模崩壊事例における適中率と捕捉率ともに高い

上記の方針に従い表 5.1 より発生確率を区分する条件となる組合せを検討した。

■ 発生確率区分 1

土砂災害全体の捕捉率のうち、最も高い組合せは $W_Y \cup D_{AB} \cup S$ で 94.46%である。その際の適中率は 4.01%と素因を考慮しない場合の条件に比べて、約 1.4 倍高い値であり、条件を満たす。そこで、発生確率区分 1 の条件は $W_Y \cup D_{AB} \cup S$ の組合せ、すなわち、土砂災害警戒区域 (W_Y)・深層崩壊推定頻度マップ (「特に高い+高い」： D_{AB})・地すべり地形分布図 (S) のいずれかに該当するメッシュとした。

■ 発生確率区分 2

当該確率区分は、土砂災害全体の適中率と捕捉率のうち、適中率を重視しながら、捕捉率も十分高い組合せを抽出するものである。土砂災害全体の捕捉率が最も高い組合せは、 $W_R \cap S$ で適中率が 8.22%である。しかし、捕捉率は 28.66%と低い値を示し、災害の 7 割を見逃してしまう結果となりうるため候補から除外した。次いで適中率の高い組合せは、 W_R (単体) で 7.94%であり、捕捉率も 76.12%と十分高いことから条件を満たす。そこで、当該区分の条件は W_R (単体) に該当するメッシュとした。

■ 発生確率区分 3

当該確率区分は、他の区分と異なり、大規模崩壊の発生確率の高いエリアを示すものである。そのため、大規模崩壊における適中率と捕捉率に着目し、適中率と捕捉率がともに高い組合せを条件とした。大規模崩壊に対する素因の組み合わせのうち、最大とな

る適中率は $W_R \cap D_{AB} \cap S$ の 0.40% であるが、捕捉率は 20.87% と低いため候補から除外した。次いで高い適中率となる組み合わせは、 $W_Y \cap D_{AB} \cap S$ (適中率: 0.39%) であるが、捕捉率が 25.24% と低い。3 番目に高い適中率の組合せは $D_{AB} \cap S$ (適中率: 0.32%) であり、捕捉率は 66.02% と比較的高い値を示す。そこで当該確率区分の条件は、深層崩壊推定頻度マップ (「特に高い+高い」: D_{AB})・地すべり地形分布図 (S) とともに該当するメッシュとした。

発生確率区分の設定結果を表 5.2 に示す。

表 5.2 発生確率区分の設定結果一覧表

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を対象)	$D_{AB} \cap S$	0.32%	66.02%

【設定された区分に該当するエリア】

■ 発生確率区分 1

土砂災害警戒区域 (W_Y)・深層崩壊推定頻度マップ (D_{AB})・地すべり地形分布図 (S) の 3 種類の地形・地質の素因のいずれかに該当するエリアが対象となる。この区分による災害捕捉率は約 94.5% と非常に高く、災害を網羅的に捕捉できるものである。なお、適中率は約 4% で素因を考慮しない場合の 1.4 倍程度高い確率をもつエリアでもある。

■ 発生確率区分 2

W_R の単独指標となり、土砂災害警戒区域よりも危険度の高い土砂災害特別警戒区域に該当し、土砂災害により直接被害が生じる可能性の高いエリアを含むメッシュが該当する結果となった。なお、適中率は 7.94%、捕捉率は 76.12% で発生確率区分 1 の 2 倍程度の災害確率を持つエリアであり、降雨による災害の 7 割以上を網羅できるエリアである。

■ 発生確率区分 3

大規模崩壊の発生確率が高く、かつ災害捕捉率も比較的高いエリアである。当該区分は、深層崩壊推定頻度マップと地すべり地形分布図がともに該当し、適中率は 0.32% (素因を考慮しない場合の 6.4 倍程度高い確率) で、捕捉率は 66% (約 7 割) の大規模崩壊を網羅するエリアである。

5.3 地形・地質素因に基づく発生確率マップ（案）の作成

得られた地形・地質の素因とその組合せに基づき土砂災害発生確率マップ（案）の作成を行った。

ここで、ある素因条件で抽出されたメッシュ集合では、素因特性および誘因特性が一樣であるほか、各メッシュにおいて各年の災害発生履歴が独立で、翌年以降に影響しない（1km メッシュの範囲における斜面の免疫性等の影響は極めて小さい）と仮定する。つまり、ある条件で抽出されたメッシュ集合では、災害発生確率（災害が1回以上発生する確率）は同一であると仮定する。

本研究の災害適中率は、素因の組合せにより抽出されるメッシュ集合のうち、土砂災害発生メッシュの占める割合として算出され、そのメッシュ集合における災害発生率（災害が1回以上発生した確率）と考えることができる。

本研究では24年間の災害データを用いていることから、上記の仮定の下、24年間で1回以上の土砂災害が発生した確率と考えられる。

但し、実際には、各メッシュにおいて発生ポテンシャルを持つ斜面や溪流の数にはばらつきがあり、さらに拡大崩壊や土砂の再移動も生じる。ある年の災害が翌年以降にどのように影響するかは別途確認が必要である。

本研究で得られた発生確率については、国土交通省土砂災害データベースを使用した試算であり、他の自然災害事象との比較できることが望ましい。そこで、形式的な試算であるが、一般的に用いられる100年間の確率値として、下記の手法により1回以上の災害が発生する確率を機械的に換算し、マップとして表現した。

ここで、N年間で1回以上の災害が発生する確率 P_N とすると、各確率は以下のように表すことができる。

N年間一度も災害が発生しない確率： $1 - P_N$

T年間で一度も災害が発生しない確率： $(1 - P_N)^{(T/N)}$

例えば、24年間のデータより、100年間で1回以上災害が発生する確率（ P_{100} ）は以下の式で求められる。

$$P_{100} = 1 - (1 - P_{24})^{(100/24)}$$

同様に、大規模崩壊における災害事例は、134年間のデータであることから、100年間における確率を換算した。

なお、本業務で災害事例は、当該期間において砂防部で把握したものであるため、山地災害などは含まれていない。また、深層崩壊事例も既存資料から得られたものだけで

ある。したがって、得られた資料から求めた災害確率であり、実際の発生確率よりも小さい可能性があることに留意が必要である。さらに、地形や地質などの違いによる災害発生確率の地域的な差については十分な検討がされていないため、今後の更なる分析が必要である。

また、発生確率区分の基本方針に従い決定した設定条件から、各発生確率区分の意味づけを整理する。

■ 発生確率区分 1

当該確率区分は、土砂災害警戒区域 (W_Y)・深層崩壊推定頻度マップ (D_{AB})・地すべり地形分布図 (S) のいずれかに該当するエリアで、地形・地質の素因を有し、土砂災害に留意が必要なエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の災害が発生する確率は約15%と考えられる。

■ 発生確率区分 2

当該確率区分は、土砂災害特別警戒区域 (W_R) に該当し、降雨による土砂災害が発生した場合、木造家屋の倒壊等の被害が生じる可能性が高いエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の災害が発生する確率は約30%と考えられる。

■ 発生確率区分 3

当該確率区分は、深層崩壊推定頻度マップ (D_{AB}) と地すべり地形分布図 (S) とともに該当し、深層崩壊等の大規模崩壊の発生確率の高いエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の大規模崩壊が発生する確率は約0.24%と考えられる。

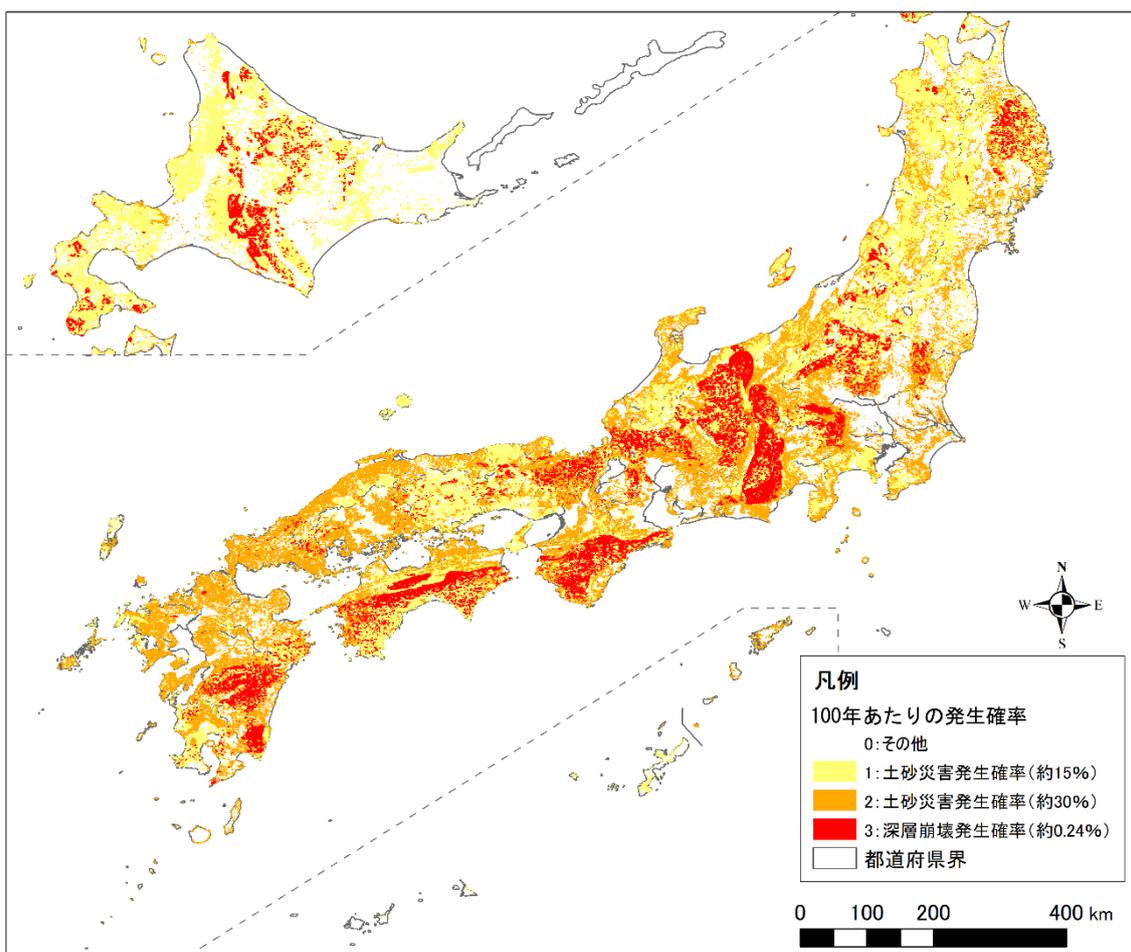


図 5.1 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）

なお、地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）に対する検証として、過去の土砂災害履歴との一致度の検証、令和元年の台風第19号災害における災害結果との検証、土砂災害発生確率分布の地域差の検証結果を巻末資料として示す。

6 まとめ

現在運用されている土砂災害警戒情報は、長期指標の土壌雨量指数と短期指標の 60 分雨量を指標とし、既存の災害履歴等から設定される評価基準（クリティカルライン：CL）に照らし合わせて評価されている。これらの設定の際には、地形や地質などの素因情報は十分考慮されていない。本資料は、日本全国で活用可能な地形・地質に関する主題図から作成された素因情報を国土交通省が所有する過去の災害資料と比較・検証し、土砂災害の捕捉情報として利用可能な地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）を検討し、その結果を報告するものである。

検討に用いた地形・地質情報は、日本全国で統一的に作成されている土砂災害警戒区域等・深層崩壊推定頻度マップ・地すべり地形分布図である。これらの地形・地質情報について、土砂災害警戒情報の補足情報として利用可能とするために、標準地域メッシュの 3 次メッシュ（1km メッシュ）毎に、各地形・地質の被覆面積率を算出し、素因情報として整備した。

また、利用した土砂災害情報は、国土交通省の砂防部が保有する土砂災害データベースのうち、災害位置が特定された降雨による土砂災害（1995～2018 の 24 年間）と、国立研究開発法人土木研究所の深層崩壊 188 事例を含む既存資料より把握した深層崩壊等の顕著な大規模崩壊事例（1885～2018 までの 134 年間）である。これらの土砂災害情報と、素因情報を整理し、土砂災害の発生に寄与する素因（災害との適合性の高い素因）及びその組合せを検討した。土砂災害と適合性の高い素因の組み合わせについては、災害履歴との適中率と捕捉率の観点から災害事象別に一覧表に整理した。降雨による土砂災害では、土砂災害警戒区域等と地すべり地形分布図の組み合わせが災害履歴との適合性が高い結果が得られた。また、顕著な大規模崩壊は、深層崩壊推定頻度マップと地すべり地形分布図の組み合わせで、適合性が高い結果が得られた。

これらを踏まえ、地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）を試算した。この地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）を土砂災害警戒情報の補足情報として活用することで、地形・地質的な観点を考慮した災害発生確率の高いエリアの絞り込みが期待される。

今後は、2018 年以降に発生した災害情報の補足や、その他の素因情報（例えば DEM 等の地形解析情報など）のほか、地形・地質の違いによる災害発生率の地域的な差の分析・検討を踏まえ、さらなる予測精度の向上と精緻化が望まれる。

さらに、本研究で用いた地すべり地形分布図は、1960 年～1970 年頃の空中写真を用いて、国立研究開発法人防災科学技術研究所が整備したものである。新潟県中越地震による東竹沢地すべりなど、その後の地震や豪雨により発生した地すべりのほか、近年の LiDAR な

どの新しい計測技術により把握された地すべり地形は含まれていない。今後、地すべり地形分布図の活用性をより高めるためにも、継続的に地すべり地形分布図を補備するデータの構築は重要である。土砂災害研究部土砂災害研究室では、既存の調査成果から地震による地すべりについて、地すべり地形分布図を補備する情報を作成したので、本資料の巻末に示した。

【参 考 資 料】

- 防災科学技術研究所（2014）：地すべり地形分布図，
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/news-20140724> （2019年8月15日アクセス）
- 千木良雅弘（2015）：深層崩壊の場所の予測と今後の研究展開について，応用地質，Vol.56，
No.5, p.200-209
- 土志田正二（2015）：地すべり地形分布図と地質との関係，地すべり学会誌，Vol.52, No.6，
p.271-281
- 橋口祥治（2019）：降水15時間予報の提供開始，天気，2019 Jan., p.83-90
- 檜垣大助・緒續英章・井良沢道也・今村隆正・山田孝・丸谷智己（2016）：土砂災害と防
災教育，朝倉書店，p.7
- 木下博久・長谷川修一・野々村敦子・山中稔（2019）：谷密度を指標とした流域スケール
における斜面崩壊危険度評価手法の検討，応用地質，Vol.59, No.6, pp.472-484
- 気象庁（2017）：気象業務はいま 2017, p.32-35
- 国土交通省（2010）：深層崩壊に関する全国マップについて，
http://www.mlit.go.jp/report/press/river03_hh_000252.html，参照 2019-08-115
- 小杉賢一郎（2015）：斜面崩壊の誘因となった降雨の評価手法，砂防学会誌，Vol.67, No.5，
p.12-23
- 熊谷小緒里（2015）：降水短時間予報の改善，平成25年度予報技術研修テキスト，p.67-
71
- 永田和彦・辻村豊（2006）：解析雨量及び降水短時間予報の特性と利用上の注意点，平成
18年度量的予報研修テキスト，p.9-24
- 太田陽子・鎮西清高・野上道男・松田時彦・町田洋・小池一之（2010）：日本列島の地形
学，東京大学出版会，p.134-137
- 小山内信智・小嶋伸一・倉本和正（2009）：降雨出現確率法（連携案）を用いた土砂災害
警戒情報の概要，砂防学会誌，Vol.62, No.4, p.56-60
- 砂防フロンティア整備推進機構（2001）：土砂災害防止に関する基礎調査の手引き，30pp.
- 砂防・地すべり技術センター（2011）～（2018）：土砂災害の実態 2011年度版～2018年
度版，
- 産業技術総合研究所（2019）：20万分の1日本シームレス地質図
<https://gbank.gsj.jp/seamless/index.html?lang=ja&p=download>，参照 2019-08-15
- 下河敏彦（2018）：高精度地形情報の活用と防災，応用地質，Vol.59, No.5, p.302-310

- 執印康裕・堀田紀文・山川陽祐・鈴木雅一（2018）：確率年を用いた単一指標による土砂災害発生危険度の評価について-東京都伊豆大島を事例として-, 砂防学会誌, Vol.71, No.1, p.28-34
- 山野井一輝・藤田正治（2017）：複合土砂災害シミュレータ SiMHiS を用いた山間地域における土砂災害の警戒避難情報の提供に関する一考察, 砂防学会誌, Vol.69, No.6, p.15-23
- 全国治水砂防協会（2016）：改訂版土砂災害防止法令の解説, p.73-75

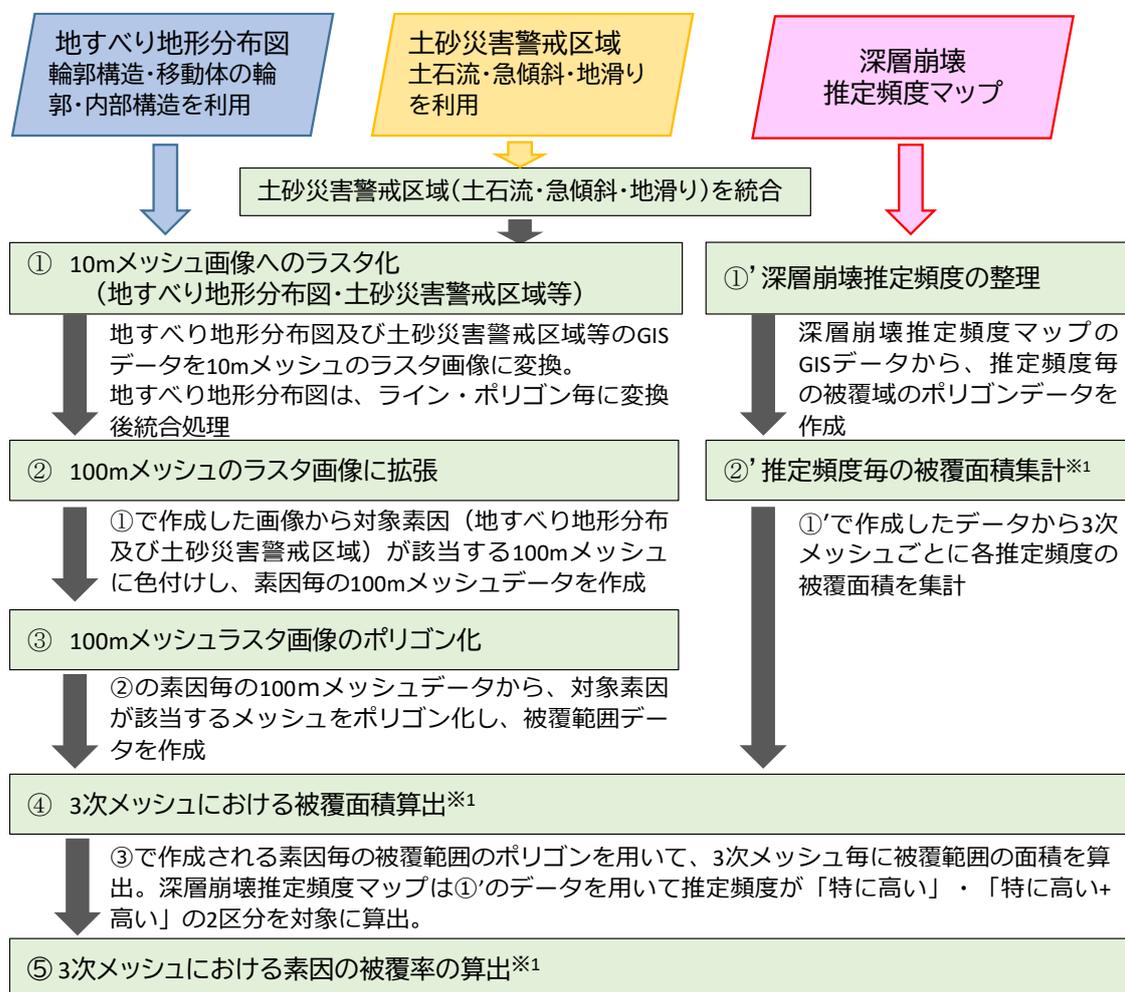
資料1 地形・地質に関する素因のラスタ化手法

ここでは、地形・地質に関する主題図の要素（素因）のラスタ化手法について詳述する。

A1.1 地形・地質の素因のラスタ化手法の流れ

本資料は、本編で述べた地形・地質の素因のラスタ化手法について、GISを用いた処理の詳細を示したものである。なお、利用したGISはESRI社のArcGISであるが、GISの一般的な機能を利用して実施しており、その他の一般的なGISにおいても同様な処理が可能なものと考えられる。

図A1.1に各地形・地質の素因のラスタ化のための被覆面積率の算出フローチャートを示す。また、A1.2以降に、地形・地質の素因ごとにラスタ化の処理の詳細を示す。



④および②'で算出される素因の被覆面積と3次メッシュの面積から被覆率を算出する。

※1：面積はUTM座標系に変換したのちGISにて算出した。

図 A1.1 地形・地質の素因の被覆面積率の算出方法のフローチャート（再掲）

また、処理における共通の留意点については以下のとおりである。

【留意点】

- ・地形・地質に関する主題図の素因のラスタ化では、今後の地形解析等の検討結果の活用性を考慮し、基盤地図情報数値標高モデルに準じた 10m メッシュを最小の処理単位(格子点間隔：0.4 秒×0.4 秒 (約 10m)) である。
- ・解析の単位とする標準地域 3 次メッシュ (1km メッシュ) は、緯度経度により定義 (緯度の間隔 30 秒, 経度の間隔 45 秒) されたものであり、長方形メッシュである。
- ・上記 2 つのメッシュの形状の基準が異なっているため、3 次メッシュ (1km メッシュ) は 10m メッシュ (又は 100m メッシュ) の整数倍とならず、端数が生じてしまう。そのため、3 次メッシュ毎の面積率の算出に際しては、100m メッシュを一旦ポリゴン化したうえで、3 次メッシュ毎にそのポリゴンが該当する面積を算出する。

A1.2 土砂災害警戒区域と特別警戒区域のラスタ化手法

土砂災害警戒区域等は、土砂災害防止法に基づく基礎調査の結果として得られる区域である。この区域は、「土砂災害警戒区域」と「土砂災害特別警戒区域」に分けられる。前者は、地形的条件等から、土砂災害により人家等に危害が生じる恐れのある区域を示す。後者は「土砂災害警戒区域」のうち、移動する土石等により木造家屋が倒壊する可能性のある区域を示したものである。

A1.2.1 使用データ

土砂災害警戒区域等のラスタ化に使用したデータの諸元は以下の通り。

表 A1.1 土砂災害警戒区域等のデータ緒元

資料名	使用データの説明
土砂災害警戒区域等	都道府県が指定する土砂災害警戒区域の範囲または位置、及び種別、名称等のデータを以下の内容の GIS データとして整備されたもの。 I.区域区分 ・ 土砂災害警戒区域（イエローゾーン） ・ 土砂災害特別警戒区域（レッドゾーン） II.現象の種類 ・ 急傾斜地の崩壊 ・ 土石流 ・ 地すべり III.データ基準日 ・ 平成 30 年 8 月 1 日 IV.データ入手先 ・ 国土数値情報ダウンロードサイト： http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/

A1.2.2 処理内容

以下に土砂災害警戒区域等を用いたラスタ化処理について詳述する。なお“データ準備”については、「土砂災害特別警戒区域」と「土砂災害警戒区域」を分けずに示すが、①以降の処理については「土砂災害警戒区域」のみを示す。「土砂災害特別警戒区域」については同様の処理を行うものとする。

■データ準備

収集した土砂災害警戒区域等のデータについて、「土砂災害警戒区域」と「土砂災害特別警戒区域」のデータに分離する。「土砂災害警戒区域」と「土砂災害特別警戒区域」のそれぞれについて、箇所毎に分離されているポリゴンを区域種別のデータに統合する。

①10m メッシュラスタ画像への変換（「土砂災害特別警戒区域」も同様）

「土砂災害警戒区域」ポリゴンデータを 10m メッシュのラスタ画像に変換する（土砂災害警戒区域に該当する 10m メッシュの値を「1」としてラスタ化）。

②100m メッシュラスタ画像への拡張（「土砂災害特別警戒区域」も同様）

10m メッシュラスタ画像を縦横 10 倍した 100m メッシュラスタ画像に拡張する。拡張の際には、設定する 100m メッシュにおいて、土砂災害警戒区域を変換して作成した 10m メッシュラスタ画像の土砂災害警戒区域を 1 つでも含んでいる場合には、その 100m メッシュの値を 1 とする（ArcGIS ではメッシュサイズの変更処理を用いて、100m メッシュ内の最大値をメッシュ値に用いる）。

③100m メッシュラスタ画像のポリゴン化（「土砂災害特別警戒区域」も同様）

②で作成した 100m メッシュのラスタ画像をポリゴンに変換する。なお、この処理は、先の留意点に述べた通り、解析単位となる標準地域 3 次メッシュ（1km メッシュ）が 100m メッシュの整数倍にならないために必要な処理である。

④3 次メッシュ単位の被覆面積の算出（「土砂災害特別警戒区域」も同様）

③で作成したポリゴンを 3 次メッシュで分割し、3 次メッシュ毎の土砂災害警戒区域の該当面積を算出する。面積の算出の際には、UTM 座標系に変換後に実施する。また、3 次メッシュ毎の面積も同じ UTM 座標系で算出する。

⑤3 次メッシュ毎の被覆面積率の算出（「土砂災害特別警戒区域」も同様）

④で算出した各面積から地形・地質素因の被覆面積率を算出する。算出式は以下の通り。

$$\text{被覆面積率} = \frac{\text{該当 3 次メッシュ内の土砂災害警戒区域の被覆面積}}{\text{3 次メッシュの面積}}$$

A1.2.3 データ整備方法

標準地域メッシュ 3 次メッシュ（1km メッシュ）のポリゴンデータ（shp ファイル形式）の属性値として、メッシュ毎に以下のデータを整備した。各面積は、UTM 座標系で求めた面積率を示す。

- ・「土砂災害警戒区域の面積」
- ・「土砂災害警戒区域の被覆面積率」
- ・「土砂災害特別警戒区域の面積」
- ・「土砂災害特別警戒区域の被覆面積率」

A1.3 深層崩壊推定頻度マップのラスタ化手法

深層崩壊推定頻度マップは、全国の深層崩壊の事例を収集し、過去に深層崩壊が多く発生している地質及び地形量（隆起量）から、日本全国に対して深層崩壊発生推定頻度を「特に高い」・「高い」・「低い」・「特に低い」の4区分に色分けした図である。

本資料では、「特に高い」及び「高い」に該当する2区分に着目する。

A1.3.1 使用データ

深層崩壊推定頻度マップのラスタ化に利用したデータの諸元は以下の通り。

表 A1.2 深層崩壊推定頻度マップのデータ緒元

資料名	使用データの説明
深層崩壊推定頻度マップ	<p>国土交通省のプレスリリース（深層崩壊に関する全国マップについて）にて公表している日本全国の深層崩壊推定頻度マップのもととなる推定頻度区分のポリゴンデータ（GISデータ）。</p> <p>I.推定頻度区分</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「特に高い」 ・「高い」 ・「低い」 ・「特に低い」の4区分 ※「特に高い」と「高い」の2区分のデータを検討に活用 <p>II.利用されているデータ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明治以降に豪雨または融雪により発生したもののうち、比較的規模の大きいもの、精度の良い記録が残っているものを対象に収集した深層崩壊事例 ・地質図：国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター発行の「日本地質図第3版」（1/100万）を利用。 ・隆起量図：第四紀地殻変動研究グループ（1968）作成の「集成隆起沈降量図」（1/200万）を利用 <p>III.データ入手先</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラスタ画像：国土交通省 HP (http://www.mlit.go.jp/common/000121614.pdf) ・ベクターデータ：国立研究開発法人土木研究所 管理

A1.3.2 処理内容

以下に深層崩壊推定頻度マップを用いたラスタ化処理について詳述する。

①' データ準備（深層崩壊推定頻度の整理）

収集した深層崩壊推定頻度マップのうち、推定頻度の区分が「特に高い」または「高い」に該当するポリゴンを抽出。推定頻度区分毎に一つのポリゴンとなるように統合処理を行う。

②' 推定頻度毎の被覆面積の集計

①' で統合したポリゴンデータのうち、推定頻度区分が「特に高い」に該当するデータを3次メッシュで分割し、3次メッシュ毎の被覆面積を算出する。また、推定頻度区分が「高い」に該当するポリゴンデータも同様に処理を行い、3次メッシュ毎の被覆面積を算出する。※面積の算出に当たっては UTM 座標系に変換したのち算出する。

④3次メッシュ単位の被覆面積の算出（「特に高い+高い」に該当する面積の算出）

②' で集計した被覆面積から、「特に高い」と「高い」それぞれの面積を合算し、「特に高い+高い」に該当する被覆面積を算出する。

⑤3次メッシュ毎の被覆面積率の算出

④で算出した面積から各被覆面積率を算出する。算出式は以下の通り。

$$\text{被覆面積率} = \frac{\text{該当3次メッシュ内の「特に高い」被覆面積}}{\text{3次メッシュの面積}}$$

※「特に高い+高い」についても同様の式で算出

A1.3.3 データ整備方法

標準地域メッシュ 3次メッシュ（1kmメッシュ）のポリゴンデータ（shpファイル形式）の属性値として、メッシュ毎に以下のデータを整備した。各面積は、UTM座標系で求めた面積率を示す。

- ・「深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」の該当面積」
- ・「深層崩壊推定頻度マップ「高い」の該当面積」
- ・「深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」の被覆面積率」
- ・「深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」の該当面積」
- ・「深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」の被覆面積率」

A1.4 地すべり地形分布図のラスタ化手法

地すべり地形分布図は、1960～1970年代に撮影された縮尺4万分の1のモノクローム空中写真を用いた写真判読により、幅150m以上の比較的規模の大きな地すべり地形を抽出し、それらの分布を5万分の1の図上に示した図（国立研究開発法人防災科学技術研究所により実施）である。この主題図は、過去の地すべりの痕跡（災害履歴）と考えられる地形を示した図である。この主題図では、地すべり移動体や滑落崖などの輪郭構造と、地すべりブロックの内部構造などのデータに区分されており、GISデータとして整備されている。

A1.4.1 使用データ

地すべり地形分布図のラスタ化に利用したデータの諸元は以下の通り。

表 A1.3 地すべり地形分布図のデータ緒元

資料名	使用データの説明
地すべり地形分布図	<p>防災科学技術研究所のHPで公開されているGISデータで、地すべり地形を移動体のポリゴンと滑落崖や後方崖・移動体はライン情報により表現されている。</p> <p>I.データフォーマット ESRI社 シェープファイル</p> <p>II.データ単位 1次メッシュ（標準地域メッシュ、20万分の1地勢図単位）</p> <p>III.データ区分</p> <p>a.輪郭構造 (ls100_~.shp)：滑落崖と側方崖（ライン） b.輪郭構造 (ls200_~.shp)：移動体の輪郭・境界（ライン） c.輪郭構造 (ls300_~.shp)：移動体の輪郭・境界（ポリゴン） d.内部構造 (ls400_~.shp)：移動体内の亀裂や溝状凹地など（ライン） e.移動体の主移動方向 (ls500_~.shp)：すべり方向など（ポイント）</p> <p>※検討にはa及びcのデータを利用。また、データごとに区分に関する属性値が付されている。</p> <p>IV.測地系 ・世界測地系（JDG2000）</p> <p>V.データ入手先 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デジタルアーカイブ (https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html)</p>

A1.4.2 処理内容

以下に地すべり地形分布図のラスタ化処理の詳細について述べる。ここでは、滑落崖を含めた地すべり地形分布図の被覆面積率の算出方法に加え、比較に用いる土志田（2015）の手法による処理方法についても述べる。以降、滑落崖を含めた被覆率の算出手法を“地すべり地形分布図（本手法）”と称し、土志田（2015）に準じた手法を“地すべり地形分布図（土志田,2015）”と称す。

■データ準備

収集した地すべり地形分布図のデータのうち、a.滑落崖と側方崖（ライン）を示す輪郭構造（ls100_~.shp）と c.移動体の輪郭・境界（ポリゴン）を示す輪郭構造（ls300_~.shp）を用いる。それぞれのデータ種別毎に、全国を一つのデータにまとめる統合処理を行う。

① 10m メッシュラスタ画像への変換

先に統合処理した a.滑落崖と側方崖（ライン）を示す輪郭構造（ls100_~.shp）と c.移動体の輪郭・境界（ポリゴン）を示す輪郭構造（ls300_~.shp）のデータをそれぞれ 10m メッシュのラスタ画像に変換する（データが該当するメッシュの値を「1」としてラスタ画像化）。

ここで、地すべり地形分布図（土志田,2015）は、地すべり移動体のみを用いる手法であるため、以後の処理は c.移動体の輪郭・境界（ポリゴン）から変換した 10m メッシュのラスタ情報を用いる。

地すべり地形分布図（本手法）では、滑落崖と側方崖及び移動体をともに用いるため、a.滑落崖と側方崖及び c.移動体の輪郭・境界から変換したそれぞれの 10m メッシュラスタ画像を一つに統合し利用する。

② 100m メッシュラスタ画像への拡張

10m メッシュラスタ画像を縦横 10 倍した 100m メッシュのラスタ画像に拡張する。拡張の際には、設定する 100m メッシュにおいて、①で作成した 10m メッシュラスタ画像の地すべり地形分布図が 1 つでも含まれる場合には、その 100m メッシュラスタ画像の値を 1 とする（ArcGIS ではメッシュサイズの変更処理を用いて、100m メッシュ内の最大値をメッシュ値に用いる）。この手法は、地すべり地形分布図（本手法）および地すべり地形分布図（土志田,2015）のそれぞれで実施する。

③ 100m メッシュラスタ画像のポリゴン化（両手法で同様に実施）

②で作成した 100m メッシュのラスタ画像を一旦ポリゴンに変換する。なお、この処理は、先の留意点に示した通り、解析単位となる 3 次メッシュ（1km メッシュ）が 100m メッシュの整数倍とならないために必要な処理である。

④ 3次メッシュ単位の被覆面積の算出（両手法で同様に実施）

③で作成したポリゴンを3次メッシュで分割し、3次メッシュ毎の面積を算出する。面積の算出の際には、UTM座標系へ変換後に実施する。また、各3次メッシュの面積にも同じUTM座標系で算出する。

⑤3次メッシュ毎の被覆面積率の算出（両手法で同様に実施）

④で算出した面積から被覆面積率を算出する。算出式は以下の通り。

$$\text{被覆面積率} = \frac{\text{該当3次メッシュ内の各手法に該当する被覆面積}}{\text{3次メッシュの面積}}$$

A1.4.3 データ整備方法

標準地域メッシュ 3次メッシュ (1kmメッシュ) のポリゴンデータ (shpファイル形式) の属性値として、メッシュ毎に以下のデータを整備した。各面積は、UTM座標系で求めた面積率を示す。

- ・「地すべり地形分布図の該当面積」
- ・「地すべり地形分布図の被覆面積率」
- ・「地すべり地形分布図（土志田,2015）の該当面積」
- ・「地すべり地形分布図（土志田,2015）の被覆面積率」

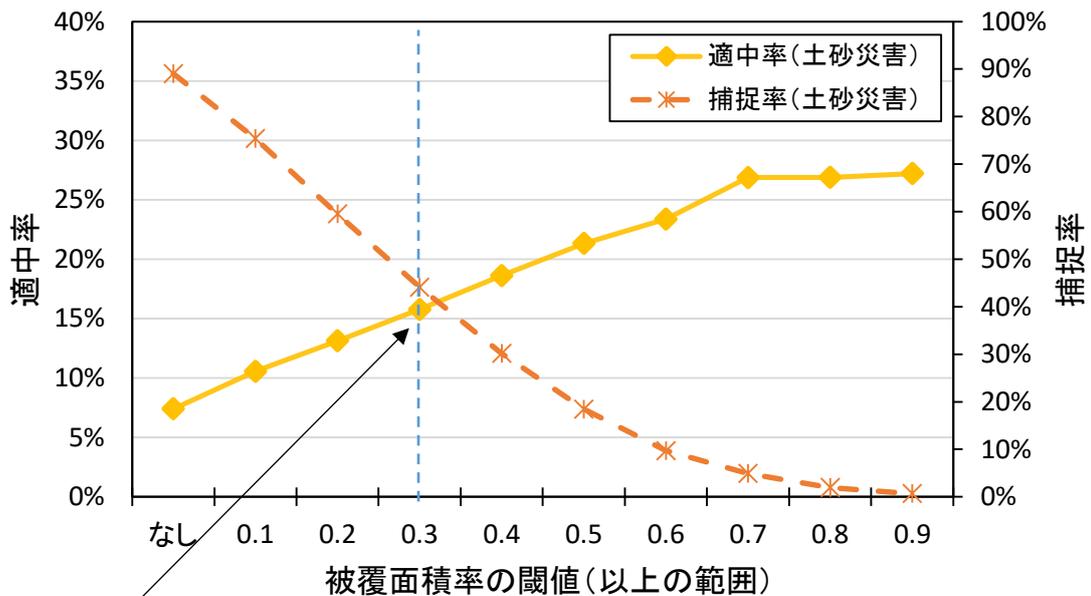
資料2 素因の被覆面積率と災害事象の整理図

以下に災害事象別の地形・地質素因の被覆面積率と適中率と捕捉率の整理図を示す。

A2.1 災害事象別の素因の被覆面積率と適中率及び捕捉率の整理図の説明

資料1の手法により、地形・地質の素因情報として、「土砂災害警戒区域」・「深層崩壊推定頻度マップ」・「地すべり地形分布図」の主題図における標準地域メッシュの3次メッシュ毎に被覆面積率を算出した。これらの素因と土砂災害との関係を整理するため、素因の被覆面積率に閾値を設けた場合の災害種別ごとの適中率と捕捉率の変化を整理した。

ここで、対象とする災害履歴の情報は、本資料で使用した国土交通省砂防部局が所有する土砂災害の情報（土石流・がけ崩れ・地すべり）および大規模崩壊履歴である。作成したグラフは、横軸に素因の被覆面積率の閾値を示しており、縦軸にその閾値における土砂災害の適中率と捕捉率を示したものである（図 A2.1）。事象別の整理結果図を図 A2.2～図 A2.3 に示す。

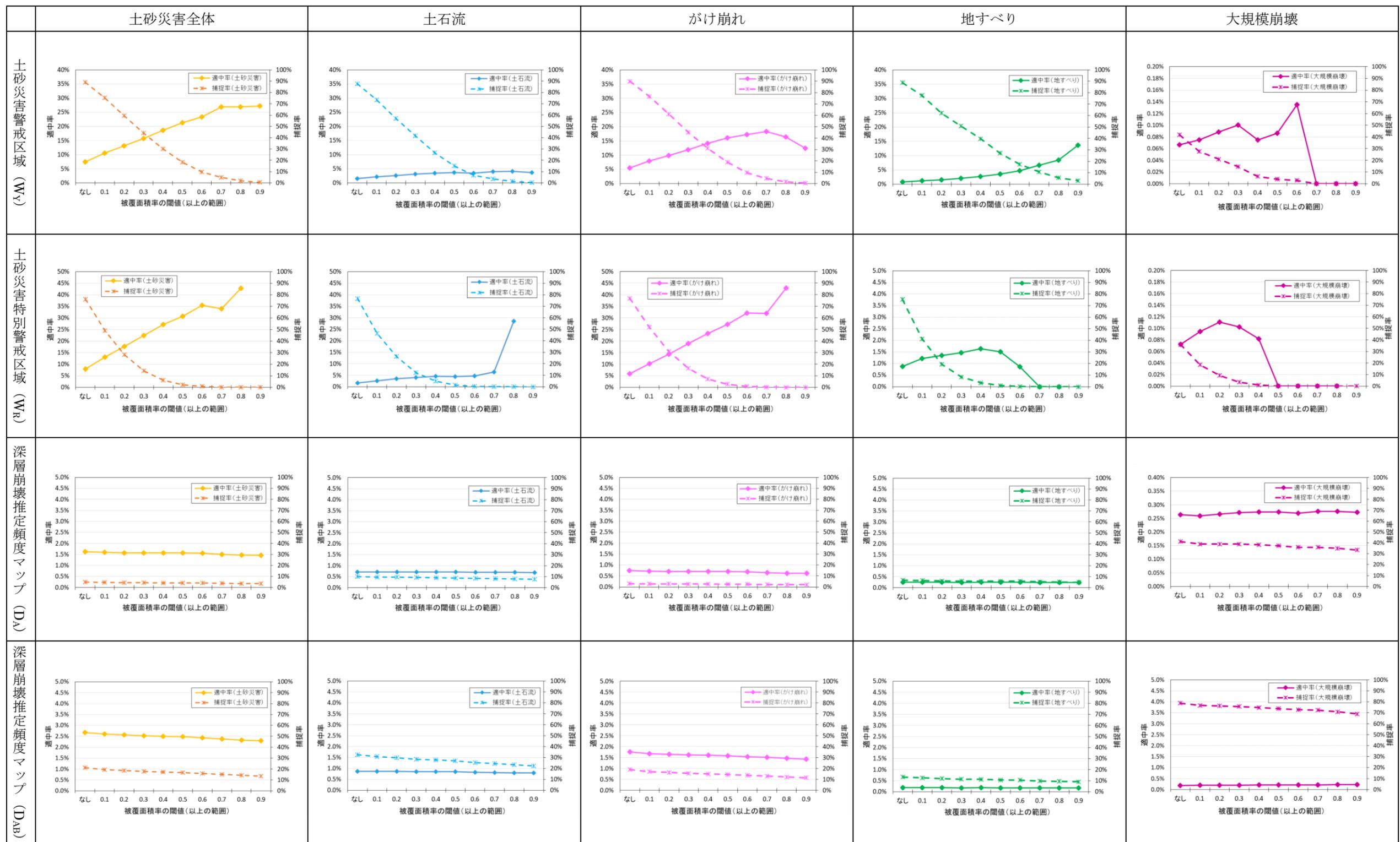


例) 被覆面積率の閾値 0.3 の場合

⇒被覆面積率 0.3 以上の 3 次メッシュを抽出した場合、災害の適中率 (15.8%) と捕捉率 (44.1%) を示している。

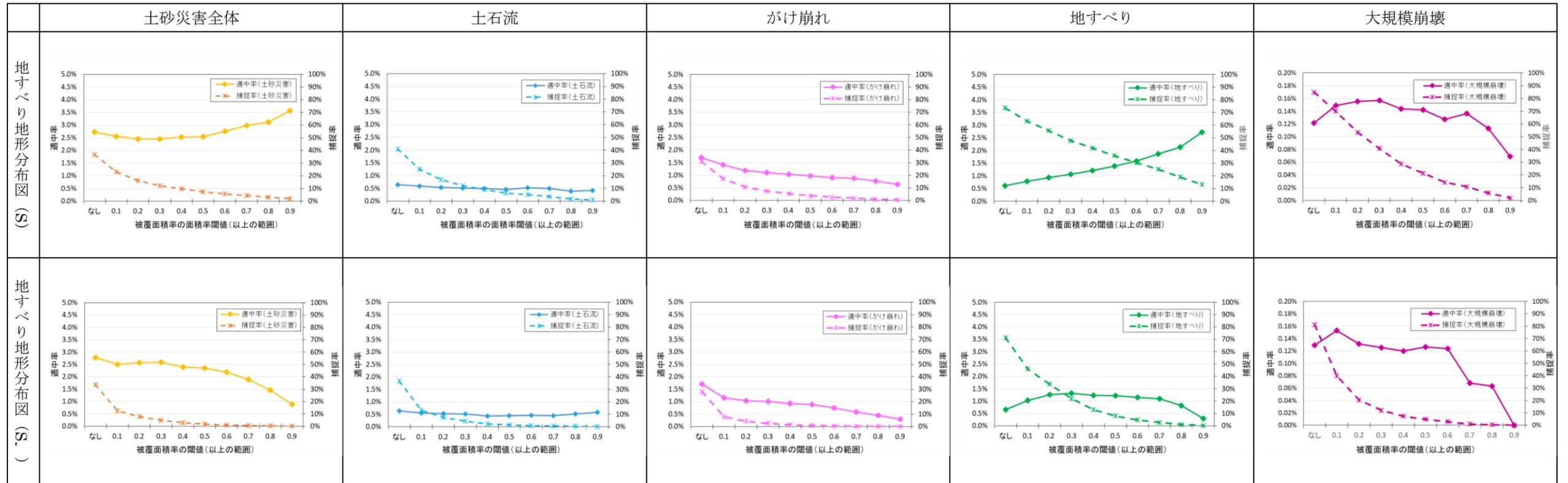
一般的に、被覆面積率の閾値の値を大きく (条件を厳しく) すれば、的率は増加するが捕捉率は減少する傾向を示す場合が多い。

図 A2.1 被覆面積率の閾値と適中率・捕捉率の整理図の概要



※土砂災害全体：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 A2.2 素因別・災害事象別の被覆面積率の閾値による土砂災害の適中率と捕捉率の整理結果図 (その1)



※土砂災害全体：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 A2.3 素因別・災害事象別の被覆面積率の閾値による土砂災害の適中率と捕捉率の整理結果図 (その2)

資料3 土砂災害発生確率マップ（案）と検証結果

本編で示した地形・地質に関する主題図で示される素因の組合せから、適中率や捕捉率の観点から3つの区分を設定し、地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）を検討した。この資料では、土砂災害の発生確率マップ（案）の拡大図を示すとともに、令和元年（東日本台風）による土砂災害箇所との比較・検証した結果を示す。さらに、土砂災害発生確率マップ（案）における発生確率区分毎の発生確率の地域差について検証した。

A3.1 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）

地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の発生確率区分は、以下の素因の組合せにより設定される。図 A3.1～図 A3.6 にこの条件から得られる地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の拡大図を示す。

表 A3.1 区分の設定結果一覧表（本編より再掲）

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を対象）	$D_{AB} \cap S$	0.32%	66.02%

ここで、表中の組合せ条件を示す文字は以下とおりである。

W_Y ：土砂災害警戒区域， W_R ：土砂災害特別警戒区域，

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

■ 発生確率区分 1

当該確率区分は、土砂災害警戒区域（ W_Y ）・深層崩壊推定頻度マップ（ D_{AB} ）・地すべり地形分布図（ S ）のいずれかに該当するエリアで、地形・地質の素因を有し、土砂災害に留意が必要なエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の災害が発生する確率は約15%と考えられる。

■ 発生確率区分 2

当該確率区分は、土砂災害特別警戒区域（ W_R ）に該当し、降雨による土砂災害が発生した場合に木造家屋の倒壊等の被害が生じる可能性が高いエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の災害が発生する確率は約30%と考えられる。

■ 発生確率区分 3

当該確率区分は、深層崩壊推定頻度マップ（ D_{AB} ）と地すべり地形分布図（ S ）がともに該当し、深層崩壊等の大規模崩壊の発生確率が高いエリアである。各メッシュにおいて、100年間で1回以上の大規模崩壊が発生する確率は約0.24%と考えられる。

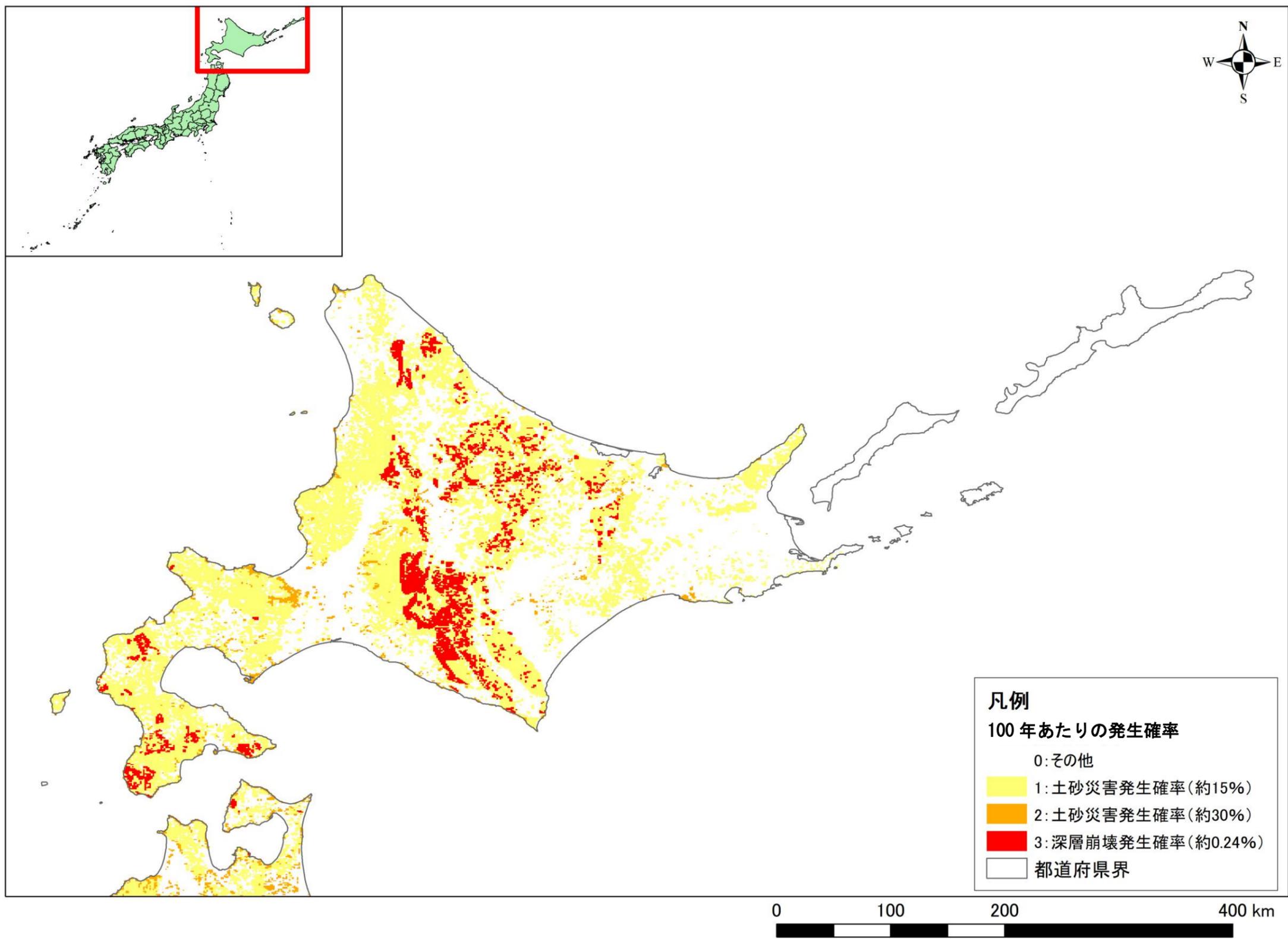


図 A3.1 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ(案) ~北海道~

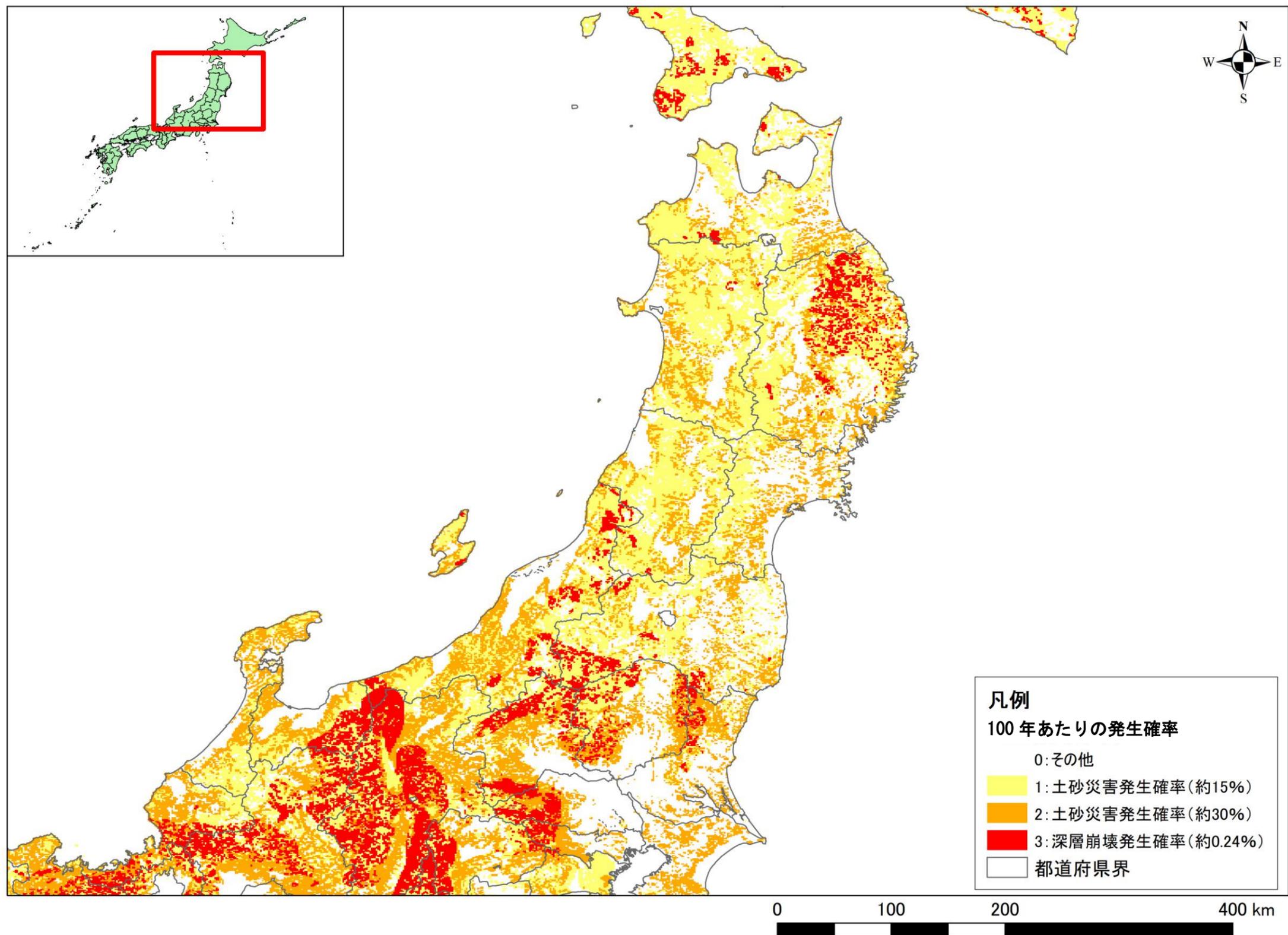


図 A3.2 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ(案) ～東北地方～

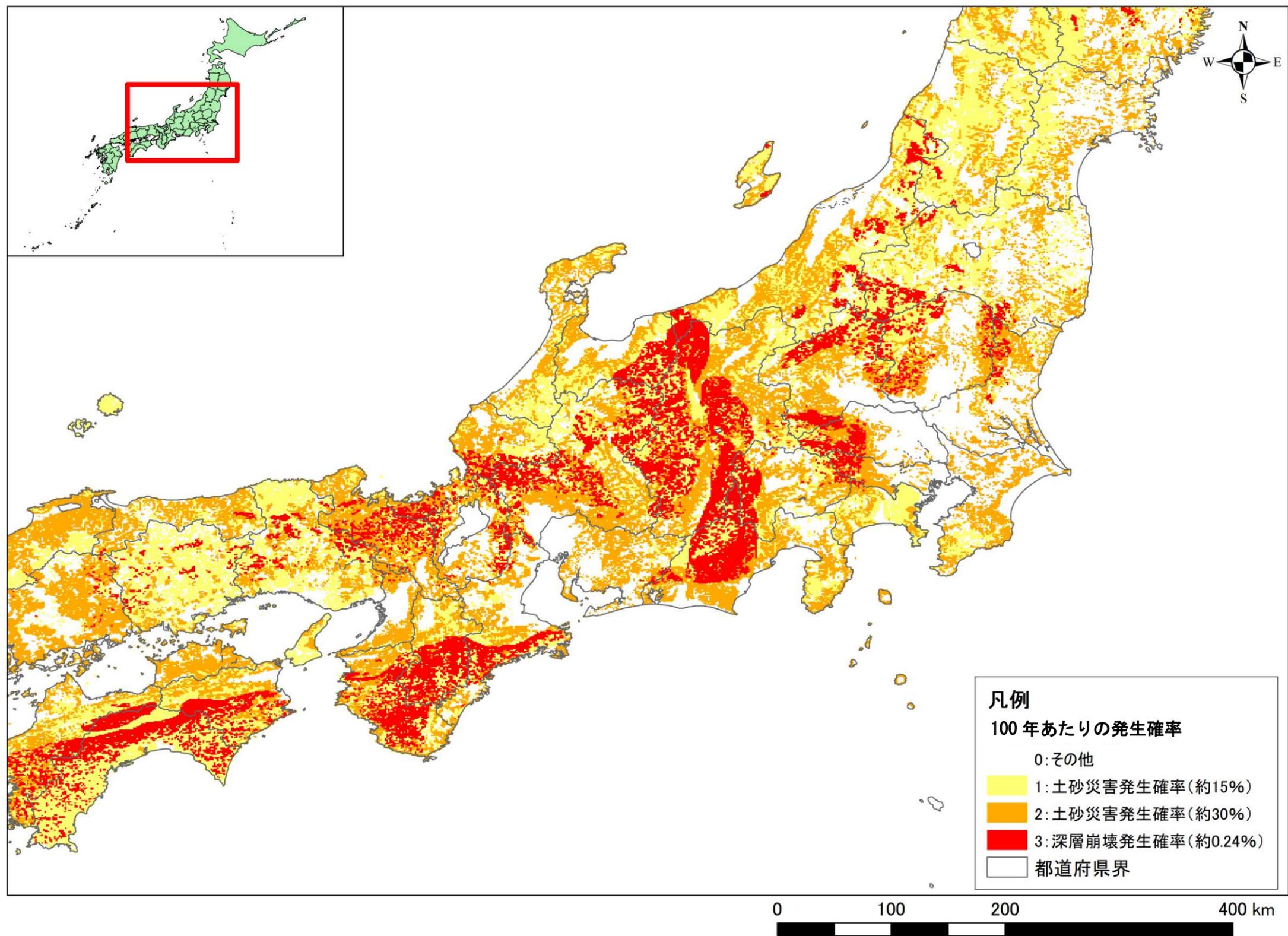


図 A3.3 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ(案) ～関東地方・中部地方・近畿地方～

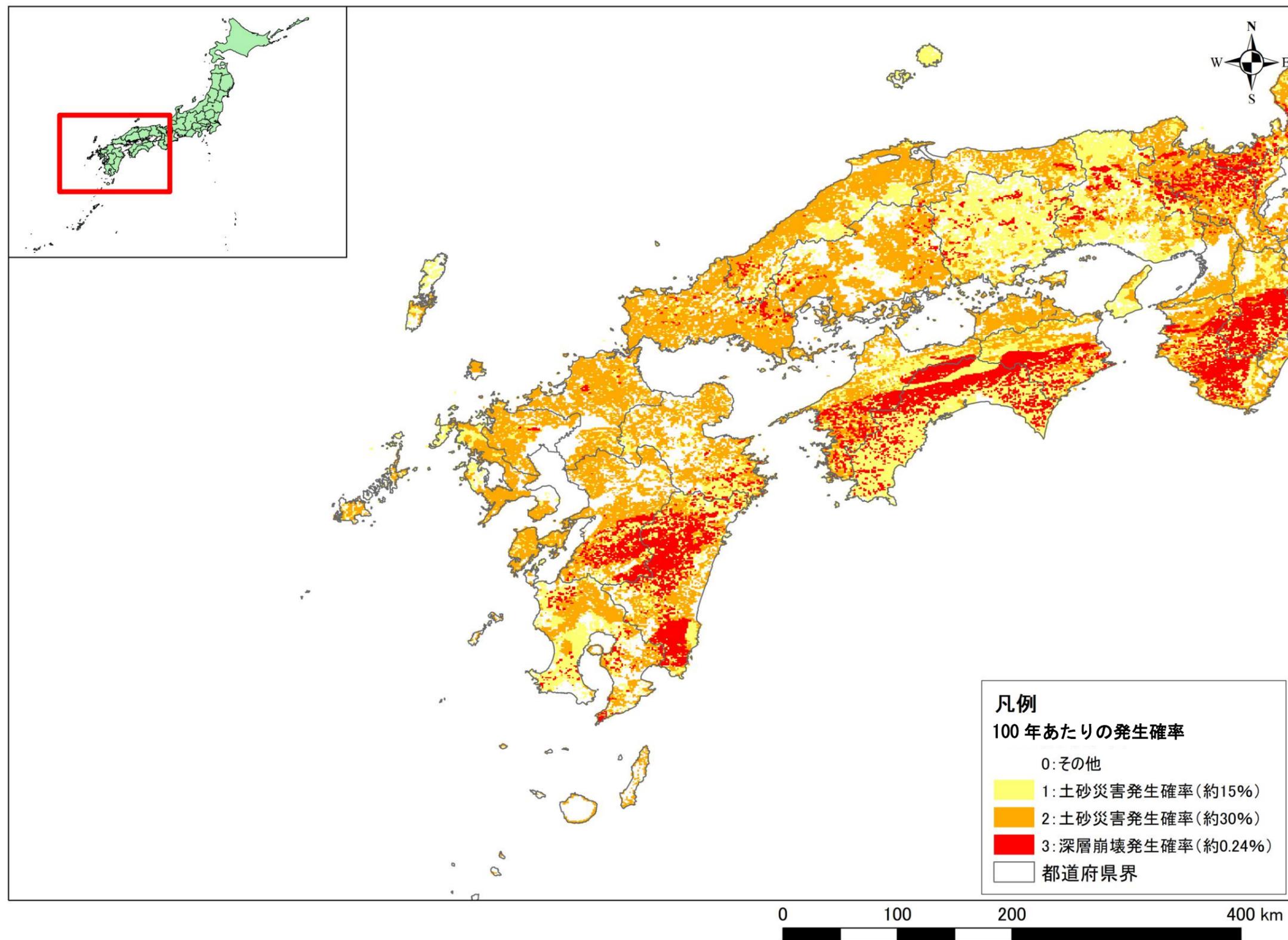


図 A3.4 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ(案) ～中国地方・四国地方・九州地方～

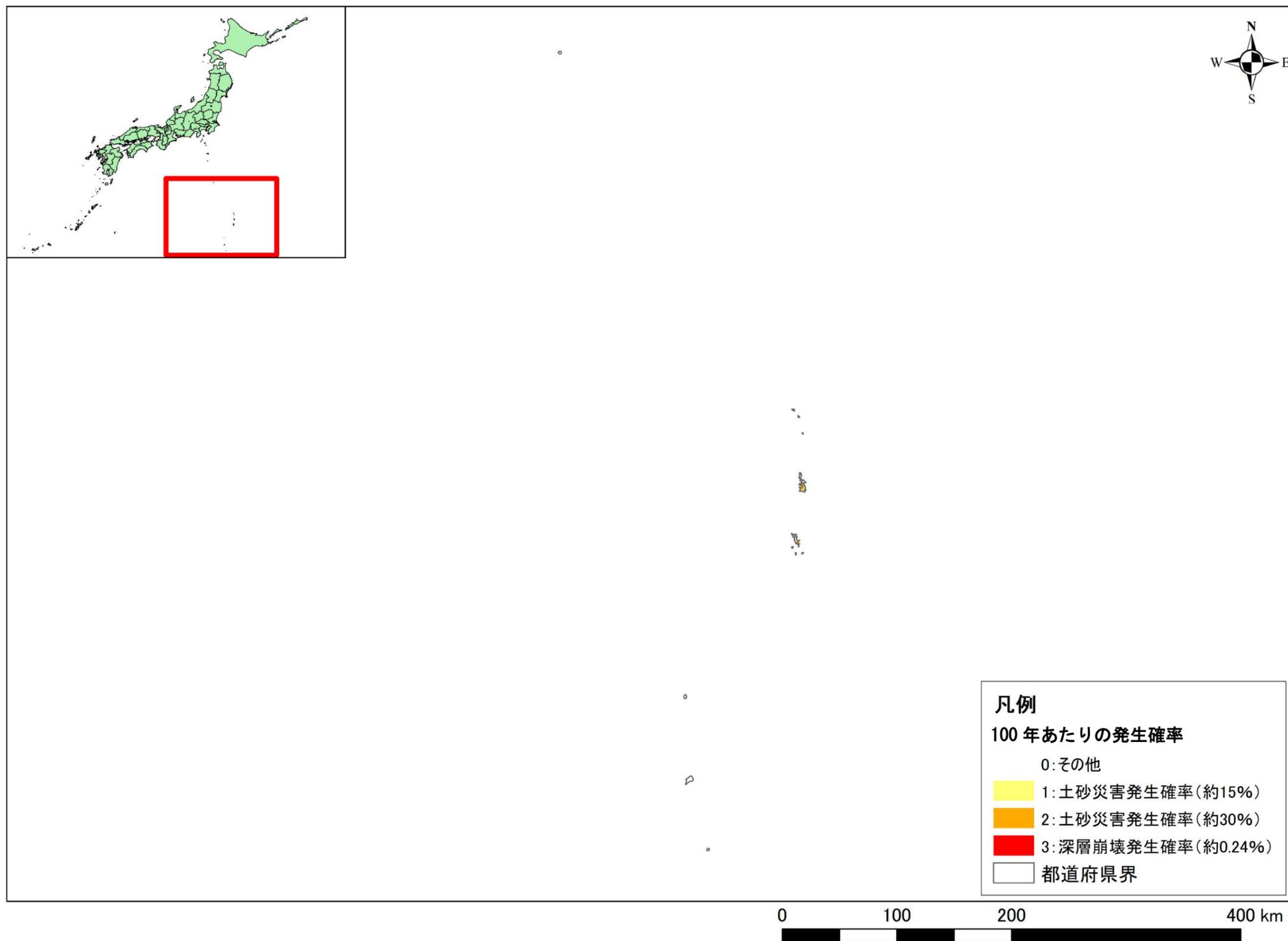


図 A3.5 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ(案) ～東京都 島しょ部～

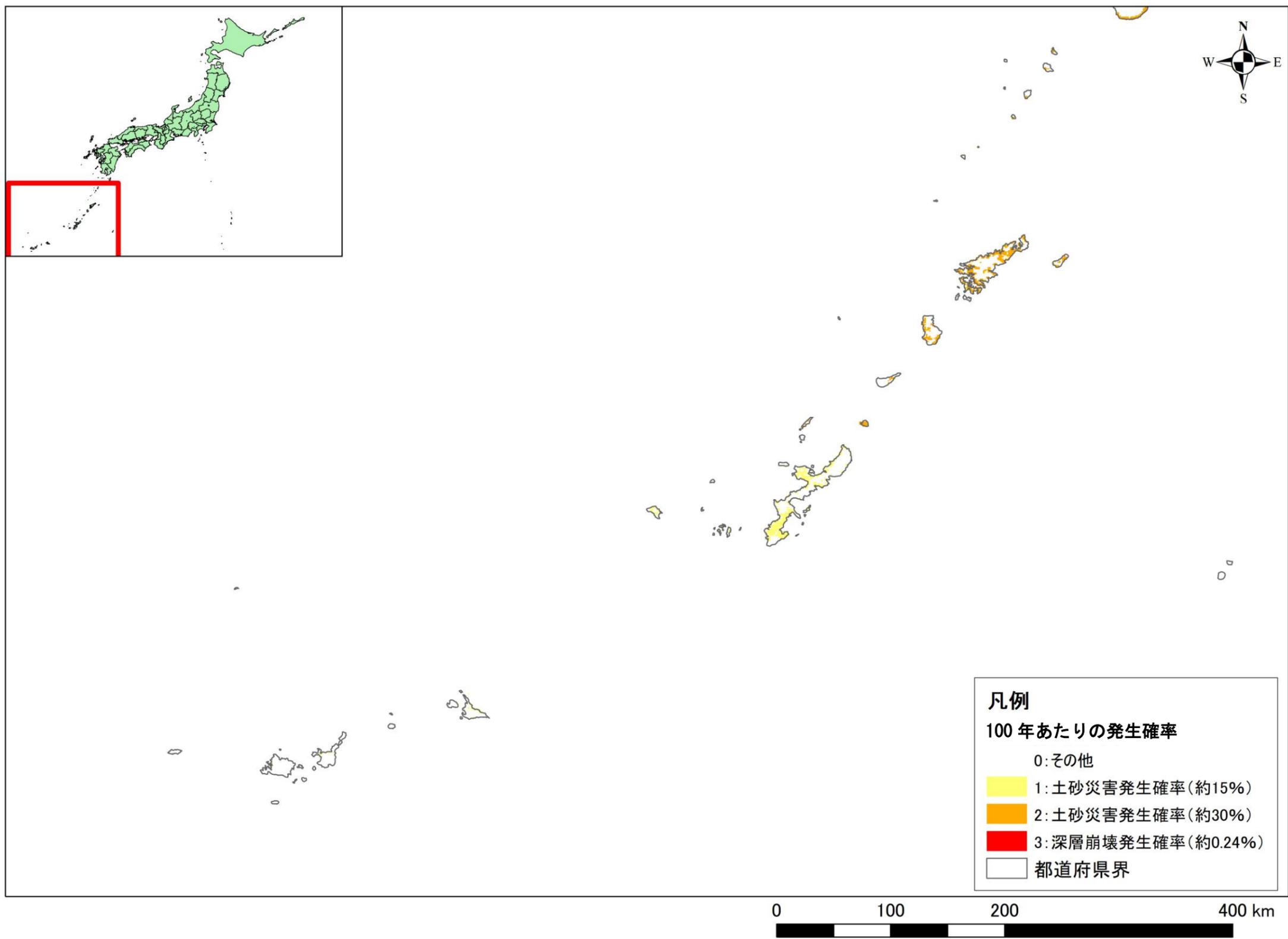


図 A3.6 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ(案) ～奄美諸島・沖縄諸島～

A3.2 地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）における検証結果

本資料で提示した地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）に対して、実際の災害事例との検証として、以下の3パターンの検証を実施した。

- ①土砂災害発生確率マップ（案）における過去の土砂災害履歴との一致度の検証
- ②実際の災害事例（令和元年東台風）に基づく災害予測検証
- ③土砂災害発生確率分布の地域差の検証

A3.2.1 土砂災害発生確率マップ（案）における過去の土砂災害履歴との一致度の検証

本資料で示した土砂災害発生確率マップ（案）は、様々な素因の組合せから、適中率と捕捉率に基づき、発生確率区分0～発生確率区分3の4つに区分した。発生確率区分1と発生確率区分2は通常の降雨による土砂災害に対する発生確率に基づく区分で、発生確率区分3は深層崩壊に対する発生確率に基づき決定された区分である。実際のマップ化にあたっては、一つのメッシュで複数の区分に該当する場合には、上位の区分（数字の大きな区分）に属するように処理をしている為、区分毎に個別に評価した際の適中率や捕捉率とは一致しない。そのために、このマップを利用する上で、このマップの数値的な特性を把握しておく必要がある。

そこで、作成した土砂災害発生確率マップ（案）と本資料で収集した降雨による土砂災害履歴及び大規模崩壊履歴と比較し、区分別の適中率および捕捉率を算出するとともに、ある基準区分以上を対象とした場合（たとえば、発生確率区分2以上など）の適中率や捕捉率を把握した。

表 A3.2 発生確率区分別の適中率等集計結果（降雨による土砂災害）

発生確率区分	個別区分別			
	メッシュ総数	土砂災害箇所数	適中率	捕捉率
区分0(その他)	131,601	593	0.45%	5.5%
区分1	117,876	1,686	1.43%	15.8%
区分2	91,990	7,426	8.07%	69.4%
区分3	42,411	996	2.35%	9.3%
総計	383,878	10,701	-	-

表 A3.3 基準区分別の適中率等集計結果（降雨による土砂災害）

基準区分	基準区分別			
	メッシュ総数	土砂災害箇所数	適中率	捕捉率
区分0(その他)	131,601	593	0.45%	5.5%
区分1以上	252,277	10,108	4.01%	94.5%
区分2以上	134,401	8,422	6.27%	78.7%
区分3以上	42,411	996	2.35%	9.3%

表 A3.2 は、降雨による土砂災害に対する発生確率区分別の適中率等の集計結果を示す。

また表 A3.3 はある基準区分を設定し、その基準区分以上のメッシュを抽出した場合の災害の適中率と捕捉率を示したものである。表 A3.2 より、区分 0 に該当するメッシュには 593 メッシュで土砂災害が発生しているが、これは、地形・地質の素因のいずれも該当しないメッシュにおいて災害が発生したものであり、このマップ（案）における見逃し災害を意味する。また、適中率は区分 1 で 1.43%、区分 2 で 8.07%と増加傾向がみられる。逆に大規模崩壊の危険性を示す区分 3 では降雨による土砂災害に対しては適中率が 2.35%と減少する。捕捉率も同様に区分 2 が最も高く、69.4%に達する。つまり、降雨による土砂災害うち 7 割近い箇所が区分 2 のエリアに該当する結果となった。ここでは、3 次メッシュ毎に最も高い区分を採用しているため、区分 3 に該当するメッシュであっても、区分 2 の要素に該当する場合も多い。そのため、地形・地質の素因に基づく災害発生の可能性の高いエリアを考える場合には、ある基準区分以上の適中率や捕捉率により評価すべきである。

さらに、図 A3.3 の結果をみると、区分 1 以上のエリアでは、災害の適中率は 4.01%であり、捕捉率は 94.5%である。また、区分 2 以上では適中率が 6.27%でありながら捕捉率が 78.7%を示しており、適中率・捕捉率とも高く、災害と適合した指標になっているといえる。ただし、区分 3 以上では、適中率も補足率も低くなるため、降雨の土砂災害においては区分 1 以上や区分 2 以上が災害発生確率の高いエリアとして抽出するなどの利用が望ましい。

同様に、大規模崩壊における各区分の適中率と捕捉率の算出結果を表 A3.4 に、ある基準区分を設定し、その区分以上の範囲における災害の適中率と捕捉率の算出結果を表 A3.5 に示す。

表 A3.4 発生確率区分別の適中率等集計結果（大規模崩壊）

発生確率 区分	個別区分別			
	メッシュ総数	大規模崩壊 箇所数	適中率	捕捉率
区分0(その他)	131,601	1	0.00%	0.5%
区分1	117,876	38	0.03%	18.4%
区分2	91,990	31	0.03%	15.0%
区分3	42,411	136	0.32%	66.0%
総計	383,878	206	-	-

表 A3.5 基準区分別の適中率等集計結果（大規模崩壊）

基準区分	基準区分別			
	メッシュ総数	大規模崩壊 箇所数	適中率	捕捉率
区分0(その他)	131,601	1	0.00%	0.5%
区分1以上	252,277	205	0.08%	99.5%
区分2以上	134,401	167	0.12%	81.1%
区分3以上	42,411	136	0.32%	66.0%

表 A3.4 では、区分 0～2 では適中率が低く、捕捉率も 20%未満でそれほど高くない。区分 3 は適中率が 0.32%、捕捉率が 66.0%と非常に高い結果となっている。これは区分 3 が大規模崩壊に特化した指標であるためである。また、基準区分以上のエリアにおける適中率と捕捉率は、区分 1 以上のエリアでは、的中率は 0.08%とやや低く、捕捉率 99.5%とほとんどの災害を網羅できる。しかし、素因を考慮しない場合の平均的的な中率は 0.05%であり、これと比較してそれほど高いものではない。一方、区分 2 以上では、適中率が 0.12%（素因の考慮しない場合の約 2.3 倍）・捕捉率は 81.1%と比較的高い結果である。区分 3 以上は、適中率が 0.32%（素因を考慮しない場合の約 6 倍）・捕捉率も 66%と比較的高く、大規模崩壊に対しては、区分 3 だけでなく区分 2 以上のエリアを大規模崩壊の発生確率の高い場所と扱うなどの利用方法が考えられる。

A3.2.2 実際の災害事例（令和元年東日本台風）に基づく災害予測検証

上記の検討結果は、長期間に発生した降雨による土砂災害データを比較し、素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の特性や感度を確認する検証である。ここでは、実際の降雨における災害事例と比較し、地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の予測精度を検証した。

【検証対象の災害】

令和元年東日本台風（台風第 19 号）による土砂災害を検証対象とした。ここでは、災害直後に国土交通省砂防部が把握した 820 箇所（図 A3.7）の土砂災害を対象に検証を行った。

【令和元年東日本台風の概要】（国土交通省 災害情報より引用）

令和元年東日本台風（台風第 19 号）は 12 日 19 時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した後、関東地方を通過し、13 日未明に東北地方の東海上に抜けた。

台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。10 日からの総雨量は神奈川県箱根町で 1000 ミリに達し、関東甲信地方と静岡県の 17 地点で 500 ミを超えた。この記録的な大雨により、12 日 15 時 30 分に静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県の 7 都県に、12 日 19 時 50 分に茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県の 5 県に、13 日 0 時 40 分に岩手県に特別警報を発表した。

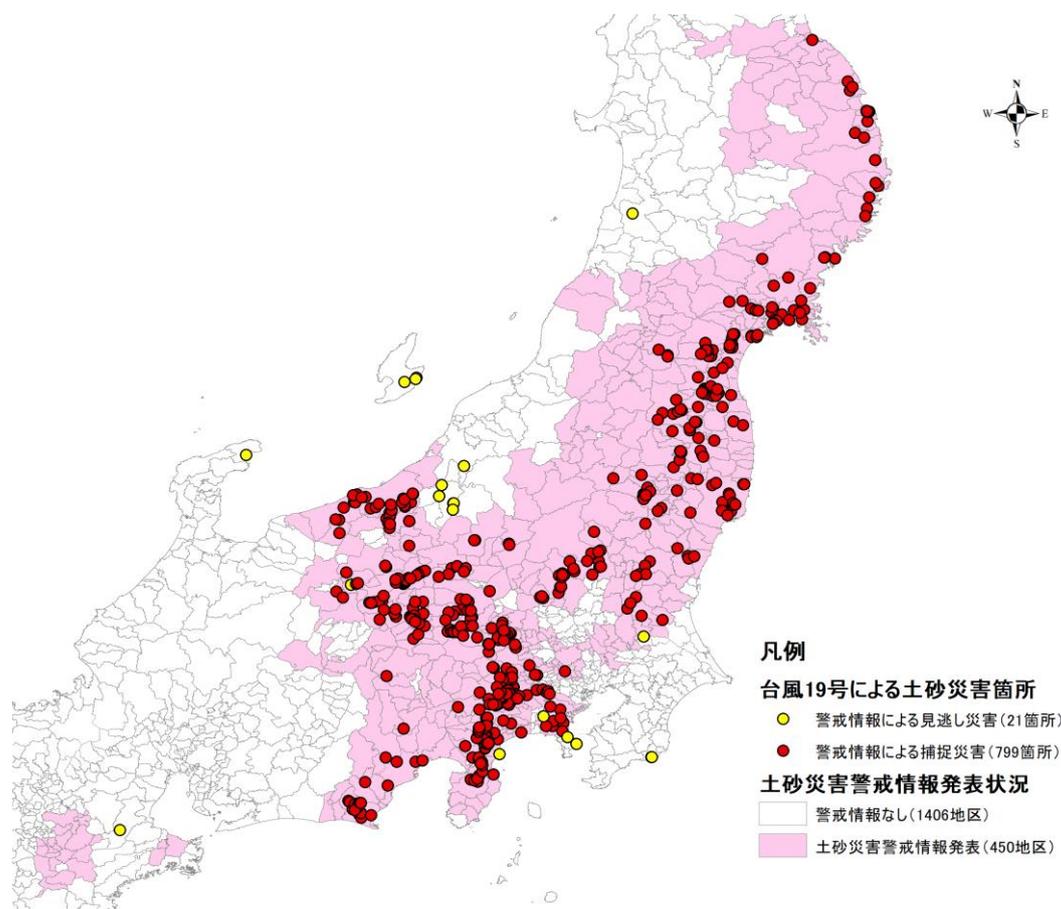


図 A3.7 令和元年東日本台風（台風第19号）における災害箇所

表 A3.6 令和元年東日本台風で人的被害が生じた災害箇所における素因の該当状況と土砂災害発生確率マップ（案）における発生確率区分該当状況

被害箇所	人的被害	人家被害	W _Y	W _R	S	D _{AB}	区分
神奈川県相模原市緑区牧野	行方不明者2名	全壊1戸	1	1	1	0	2
神奈川県相模原市緑区牧野	死者1名・負傷者2名	全壊5戸	1	1	1	0	2
群馬県富岡内匠	死者3名・負傷者5名	全壊1戸、一部損壊5戸	1	1	0	0	2
群馬県藤岡市上日野	死者1名	全壊1戸、一部損壊1戸	1	1	1	0	2
福島県白河市八竜神	死者1名	全壊1戸	1	1	0	0	2
福島県福島市佐原字松大阪	負傷者1名	半壊1戸	0	0	1	0	1
福島県二本松市百目木字下名目津	死者2名	半壊1戸	1	1	0	0	2
宮城県伊具郡丸森町字廻倉	死者3名・行方不明者1名	被害無し	0	0	1	0	1
宮城県伊具郡丸森町筆甫字下北山	死者1名	被害無し	0	0	1	0	1
福島県南相馬市原町区大原字川子迫	負傷者1名	全壊1戸	0	0	0	0	0
岩手県釜石市片岸	負傷者1名	一部損壊1戸	1	1	0	1	2
栃木県栃木市岩舟町小野寺	負傷者1名	一部損壊1戸	1	1	0	1	2
岩手県宮古市築地一丁目	死者1名	被害無し	1	1	0	0	2

図 A3.7 に示す令和元年東日本台風（台風第19号）による災害箇所のうち、人的被害が生じた箇所について素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）における発生確率区分の該当状況を表 A3.6 に示す。

人的被害のあった箇所は区分0（1箇所：7.7%）、区分1（3箇所：23.1%）、区分2（7箇所：69.2%）に該当しており、人的災害のあった箇所の多くは、区分1か区分2に該当していることがわかる。

また、令和元年東日本台風（台風19号）による820箇所の災害箇所について、土砂災害発生確率マップ（案）における災害発生確率区分を集計し、グラフにまとめた結果を図A3.8に示す。

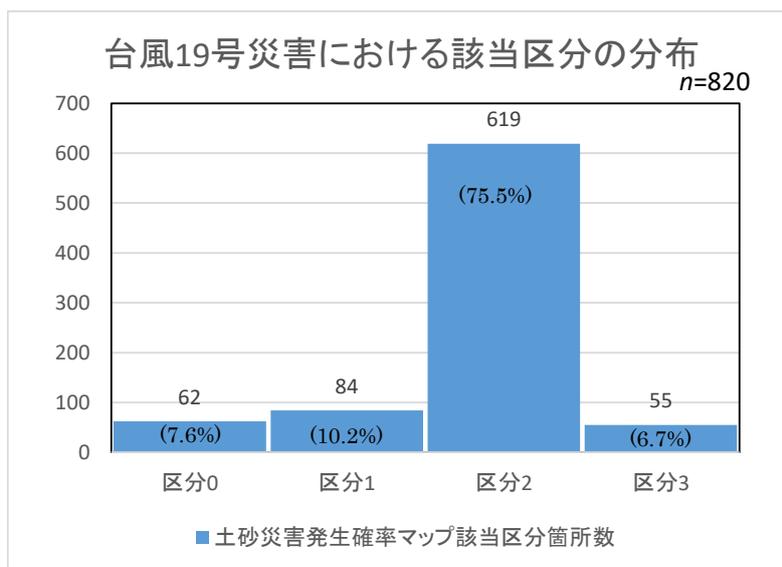


図 A3.8 令和元年東日本台風（台風第19号）における災害箇所の発生確率区分集計

この結果からわかるように、令和元年東日本台風における土砂災害は、土砂災害発生確率マップ（案）の発生確率区分2に集中（全体の土砂災害の75.5%が該当）していることがわかる。つまり、令和元年東日本台風における土砂災害は、特に降雨による土砂災害の確率が高いと考えられる発生確率区分2に集中している。

また、全災害箇所に対する各区分の該当率は、区分0（7.6%）、区分1（10.2%）、区分2（75.5%）、区分3（6.7%）であった。ここで全土砂災害箇所における各区分の該当率は、各区分での土砂災害の捕捉率である。令和元年東日本台風による土砂災害箇所の各区分での災害の該当率と、表A3.2の過去24年間の降雨による土砂災害における各区分での捕捉率を比較すると、比較的良い一致を示している。すなわち、地形・地質の素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）は、台風等の一連の降雨による災害箇所を比較的精度よく予測できているといえる。

この結果は、本資料で示した土砂災害発生確率マップ（案）と降雨条件を組み合わせることで災害の危険性の高い場所を効率的に絞りこむことができる可能性を示しており、土砂災害警戒情報の補足情報となりうることを示唆している。

A3.2.3 地域別の土砂災害発生確率分布の検証

本資料では土砂災害データベースの実績災害に基づき、全国を集約した集計値を示した。そのため、自然条件（素因による地盤の脆弱性の違いだけでなく、誘因となる降雨頻度の違い）、社会条件（人口密度の違いに伴う災害報告による土砂移動現象の網羅度の差）などの違いは考慮できていない。そのため、参考として複数の地域区分における土砂災害発生確率分布の違いについて分析・検証した。

1) 検討する地域区分

様々ある地域区分のうち、一般的に用いられる 8 地方区分と誘因となる降雨等の気象条件の違いを考慮し、気象庁の地方季節予報に用いる予報区分（11 の地域区分）の 2 種類の地域区分において、それぞれの地域における土砂災害発生確率区分毎の災害発生率の違いを分析した。また、都道府県別の災害発生率の違いについても併せて分析した。

A) 8 地方区分

8 地方区分は日本全体を 8 つの地方に区分するもので、一般的な地方区分として用いられる。8 地方区分に基づく地域区分図と都道府県対応表を図 A3.9 に示す。

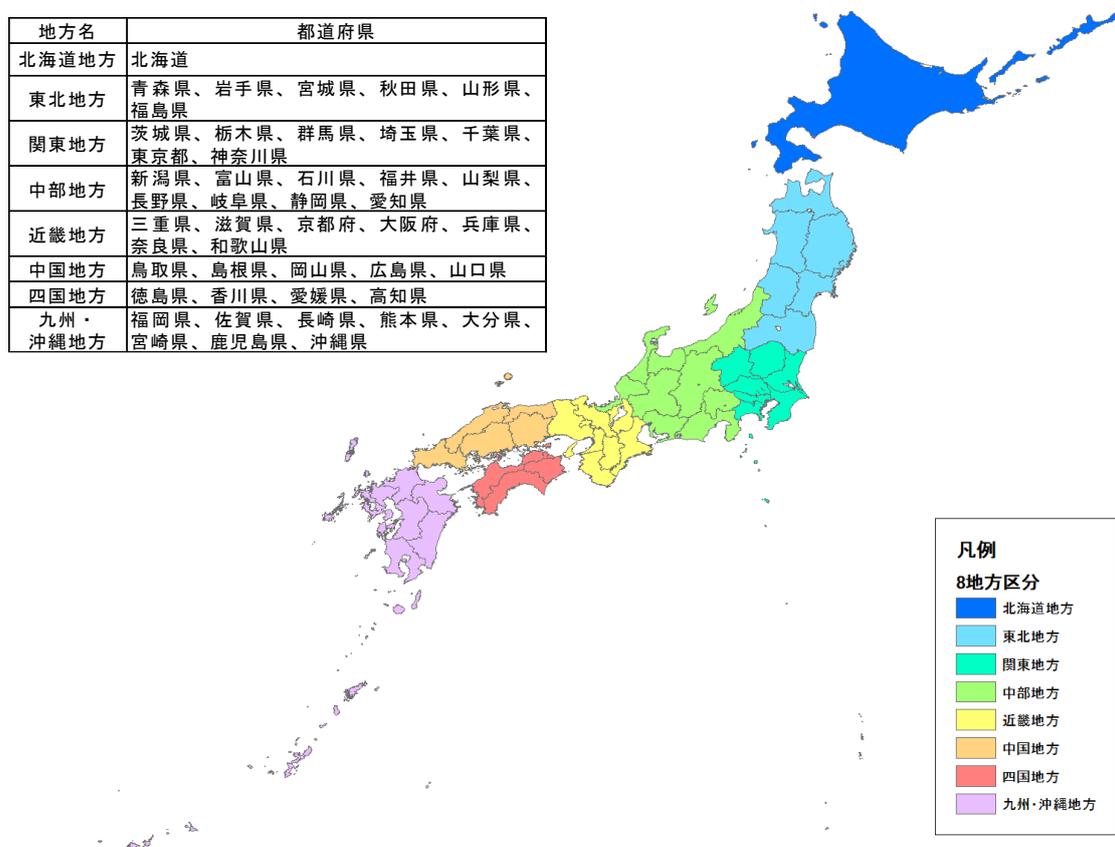


図 A3.9 8 地方区分に基づく地方区分図と都道府県対応表

B) 気象庁地方季節予報区分（11 予報区分）

気象庁の地方季節予報区分は日本全国を 11 つの予報区に分けたものである。気象庁の 11 予報区分に基づく地域区分図と都道府県対応表を図 A3.10 に示す。

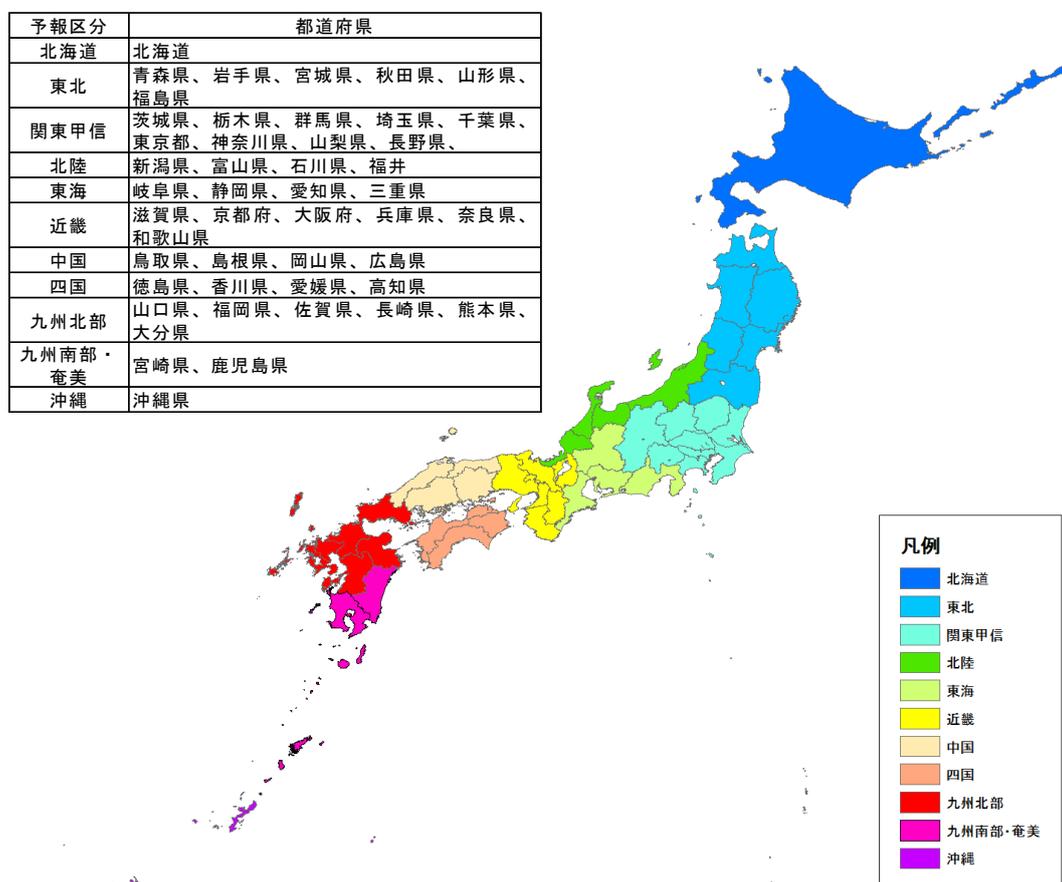


図 A3.10 気象庁 11 予報区分に基づく地域区分図と都道府県対応表

C) 都道府県別

8 地方区分及び気象庁の 11 予報区分との比較対象として、都道府県別にも発生確率区分毎の発生確率を集計した。

2) 地域別の土砂災害発生率分布の分析

先に設定した地域別の土砂災害発生率（災害メッシュ率）について、地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）の発生確率区分1～発生確率区分3のそれぞれの区分での集計した結果を示す。

A) 8地域区分における土砂災害発生確率の集計結果

	地域区分別の災害発生率（災害メッシュ率）	備考																				
発生確率区分1	<table border="1"> <caption>発生確率区分1の災害発生率</caption> <thead> <tr> <th>地域区分</th> <th>災害発生率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>北海道</td><td>0.12%</td></tr> <tr><td>東北</td><td>0.41%</td></tr> <tr><td>関東</td><td>5.07%</td></tr> <tr><td>中部</td><td>0.85%</td></tr> <tr><td>近畿</td><td>2.19%</td></tr> <tr><td>中国</td><td>2.79%</td></tr> <tr><td>四国</td><td>4.57%</td></tr> <tr><td>九州沖縄</td><td>4.26%</td></tr> <tr><td>全国合計</td><td>1.43%</td></tr> </tbody> </table>	地域区分	災害発生率 (%)	北海道	0.12%	東北	0.41%	関東	5.07%	中部	0.85%	近畿	2.19%	中国	2.79%	四国	4.57%	九州沖縄	4.26%	全国合計	1.43%	<p>発生確率区分1の全国合計の災害発生率1.43%であり、地方間の平均は2.53%である。地方間を比較すると、全体的に全国合計より高い発生確率の地方が多く、関東・四国・九州沖縄で特に高い災害発生確率を示す。なお、地方間の標準偏差は0.020である。</p>
地域区分	災害発生率 (%)																					
北海道	0.12%																					
東北	0.41%																					
関東	5.07%																					
中部	0.85%																					
近畿	2.19%																					
中国	2.79%																					
四国	4.57%																					
九州沖縄	4.26%																					
全国合計	1.43%																					
発生確率区分2	<table border="1"> <caption>発生確率区分2の災害発生率</caption> <thead> <tr> <th>地域区分</th> <th>災害発生率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>北海道</td><td>3.58%</td></tr> <tr><td>東北</td><td>4.41%</td></tr> <tr><td>関東</td><td>5.47%</td></tr> <tr><td>中部</td><td>9.04%</td></tr> <tr><td>近畿</td><td>6.45%</td></tr> <tr><td>中国</td><td>9.27%</td></tr> <tr><td>四国</td><td>11.39%</td></tr> <tr><td>九州沖縄</td><td>10.50%</td></tr> <tr><td>全国合計</td><td>8.07%</td></tr> </tbody> </table>	地域区分	災害発生率 (%)	北海道	3.58%	東北	4.41%	関東	5.47%	中部	9.04%	近畿	6.45%	中国	9.27%	四国	11.39%	九州沖縄	10.50%	全国合計	8.07%	<p>発生確率区分2の全国合計の災害発生率は8.07%で、地方間の平均は7.51%である。地方間を比較すると、中部・中国・四国・九州沖縄でやや高い災害発生率を示す。なお、地方間の標準偏差は0.029である。</p>
地域区分	災害発生率 (%)																					
北海道	3.58%																					
東北	4.41%																					
関東	5.47%																					
中部	9.04%																					
近畿	6.45%																					
中国	9.27%																					
四国	11.39%																					
九州沖縄	10.50%																					
全国合計	8.07%																					
発生確率区分3	<table border="1"> <caption>発生確率区分3の災害発生率</caption> <thead> <tr> <th>地域区分</th> <th>災害発生率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>北海道</td><td>0.16%</td></tr> <tr><td>東北</td><td>1.56%</td></tr> <tr><td>関東</td><td>1.45%</td></tr> <tr><td>中部</td><td>2.06%</td></tr> <tr><td>近畿</td><td>2.91%</td></tr> <tr><td>中国</td><td>5.42%</td></tr> <tr><td>四国</td><td>3.99%</td></tr> <tr><td>九州沖縄</td><td>4.10%</td></tr> <tr><td>全国合計</td><td>2.35%</td></tr> </tbody> </table>	地域区分	災害発生率 (%)	北海道	0.16%	東北	1.56%	関東	1.45%	中部	2.06%	近畿	2.91%	中国	5.42%	四国	3.99%	九州沖縄	4.10%	全国合計	2.35%	<p>発生確率区分3の全国合計の災害発生率は2.35%で、地方間の平均は2.71%である。地方間を比較すると、北海道は極めて小さい発生確率であり、中国・四国・九州沖縄で比較的高い災害発生確率を示す。なお、地方間の標準偏差は0.017である。</p>
地域区分	災害発生率 (%)																					
北海道	0.16%																					
東北	1.56%																					
関東	1.45%																					
中部	2.06%																					
近畿	2.91%																					
中国	5.42%																					
四国	3.99%																					
九州沖縄	4.10%																					
全国合計	2.35%																					

図 A3.11 土砂災害発生確率マップ（案）に基づく発生確率区分別の災害発生率の集計結果（8地方区分別集計）

B) 気象庁の11予報区分別の災害発生率

	予報区分別の災害発生率（災害メッシュ率）	備考																										
発生確率区分1	<p>予報区間平均: 2.96% 標準偏差: 0.028</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>予報区分</th> <th>災害発生率(災害メッシュ率)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>北海道</td><td>0.12%</td></tr> <tr><td>東北</td><td>0.41%</td></tr> <tr><td>関東甲信</td><td>2.97%</td></tr> <tr><td>北陸</td><td>0.99%</td></tr> <tr><td>東海</td><td>1.14%</td></tr> <tr><td>近畿</td><td>2.28%</td></tr> <tr><td>中国</td><td>3.01%</td></tr> <tr><td>四国</td><td>4.57%</td></tr> <tr><td>九州北部</td><td>2.09%</td></tr> <tr><td>九州南部</td><td>5.23%</td></tr> <tr><td>沖縄</td><td>9.76%</td></tr> <tr><td>全国合計</td><td>1.43%</td></tr> </tbody> </table>	予報区分	災害発生率(災害メッシュ率)	北海道	0.12%	東北	0.41%	関東甲信	2.97%	北陸	0.99%	東海	1.14%	近畿	2.28%	中国	3.01%	四国	4.57%	九州北部	2.09%	九州南部	5.23%	沖縄	9.76%	全国合計	1.43%	<p>発生確率区分1の全国合計の災害発生率1.43%、各予報区間の平均は2.96%である。予報区間では、四国・九州南部でやや高く、沖縄では特に高い災害発生確率となっている。予報区間の標準偏差は0.028と8地方区分よりも高い値を示す。</p>
予報区分	災害発生率(災害メッシュ率)																											
北海道	0.12%																											
東北	0.41%																											
関東甲信	2.97%																											
北陸	0.99%																											
東海	1.14%																											
近畿	2.28%																											
中国	3.01%																											
四国	4.57%																											
九州北部	2.09%																											
九州南部	5.23%																											
沖縄	9.76%																											
全国合計	1.43%																											
発生確率区分2	<p>予報区間平均: 7.37% 標準偏差: 0.039</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>予報区分</th> <th>災害発生率(災害メッシュ率)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>北海道</td><td>12.93%</td></tr> <tr><td>東北</td><td>3.58%</td></tr> <tr><td>関東甲信</td><td>4.41%</td></tr> <tr><td>北陸</td><td>5.19%</td></tr> <tr><td>東海</td><td>7.93%</td></tr> <tr><td>近畿</td><td>6.23%</td></tr> <tr><td>中国</td><td>8.48%</td></tr> <tr><td>四国</td><td>11.39%</td></tr> <tr><td>九州北部</td><td>10.78%</td></tr> <tr><td>九州南部</td><td>10.14%</td></tr> <tr><td>沖縄</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>全国合計</td><td>8.07%</td></tr> </tbody> </table>	予報区分	災害発生率(災害メッシュ率)	北海道	12.93%	東北	3.58%	関東甲信	4.41%	北陸	5.19%	東海	7.93%	近畿	6.23%	中国	8.48%	四国	11.39%	九州北部	10.78%	九州南部	10.14%	沖縄	0.00%	全国合計	8.07%	<p>発生確率区分2の全国合計の災害発生率は8.07%、各予報区間の平均は7.37%である。予報区間では、北陸・四国・九州北部・九州南部でやや高い。なお、沖縄には当該区分に該当するメッシュが極めて少ない(7メッシュ)。また、予報区間の標準偏差は0.039で8地方区分よりも高い値を示す。</p>
予報区分	災害発生率(災害メッシュ率)																											
北海道	12.93%																											
東北	3.58%																											
関東甲信	4.41%																											
北陸	5.19%																											
東海	7.93%																											
近畿	6.23%																											
中国	8.48%																											
四国	11.39%																											
九州北部	10.78%																											
九州南部	10.14%																											
沖縄	0.00%																											
全国合計	8.07%																											
発生確率区分3	<p>予報区間平均: 2.75% 標準偏差: 0.015</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>予報区分</th> <th>災害発生率(災害メッシュ率)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>北海道</td><td>0.16%</td></tr> <tr><td>東北</td><td>1.56%</td></tr> <tr><td>関東甲信</td><td>1.72%</td></tr> <tr><td>北陸</td><td>1.44%</td></tr> <tr><td>東海</td><td>2.51%</td></tr> <tr><td>近畿</td><td>3.09%</td></tr> <tr><td>中国</td><td>4.35%</td></tr> <tr><td>四国</td><td>3.99%</td></tr> <tr><td>九州北部</td><td>4.27%</td></tr> <tr><td>九州南部</td><td>4.37%</td></tr> <tr><td>沖縄</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>全国合計</td><td>2.35%</td></tr> </tbody> </table>	予報区分	災害発生率(災害メッシュ率)	北海道	0.16%	東北	1.56%	関東甲信	1.72%	北陸	1.44%	東海	2.51%	近畿	3.09%	中国	4.35%	四国	3.99%	九州北部	4.27%	九州南部	4.37%	沖縄	0.00%	全国合計	2.35%	<p>発生確率区分3の全国合計の災害発生率は2.35%、各予報区間の平均は2.75%である。予報区間では、中国・四国・九州北部・九州南部でやや高い確率を示す。なお、沖縄には当該区分に該当するメッシュがない。また、予報区間の標準偏差は0.015と8地方区分よりも低い値を示す。</p>
予報区分	災害発生率(災害メッシュ率)																											
北海道	0.16%																											
東北	1.56%																											
関東甲信	1.72%																											
北陸	1.44%																											
東海	2.51%																											
近畿	3.09%																											
中国	4.35%																											
四国	3.99%																											
九州北部	4.27%																											
九州南部	4.37%																											
沖縄	0.00%																											
全国合計	2.35%																											

図 A3.12 土砂災害発生確率マップ（案）に基づく発生確率区分別の災害発生率の集計結果（気象庁11予報区分別集計）

C) 都道府県別の発生確率

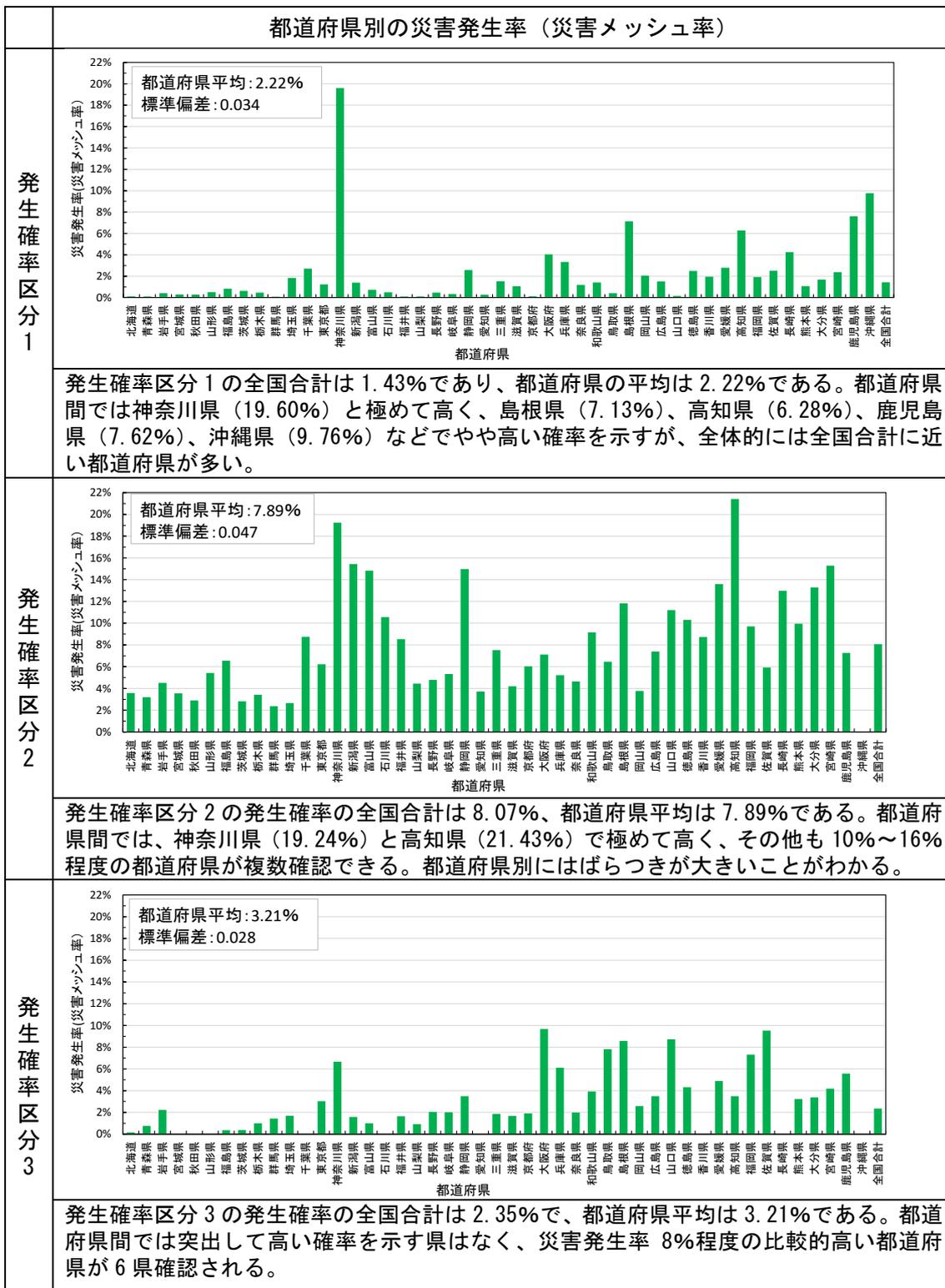


図 A3.13 土砂災害発生確率マップ(案)に基づく発生確率区分別の災害発生率の集計結果(都道府県別集計)

3) 検証と考察

本検証では、地形・地質素因に基づく土砂災害発生確率マップ（案）での発生確率区分毎の24年間の災害発生率を地域別および都道府県別に整理した。

土砂災害の生起確率は数百年オーダーであると考えられるため、本検討で用いた24年間の資料に基づく災害発生確率は、地方単位、都道府県単位で比較すると大きな違いが生じる。

災害心理学では、「今まで起きていないから今回も起きないだろう」とする傾向がよく知られている（檜垣ほか，2016 など）が、実際には「まだ起きていない」だけであることが多い。土砂災害は個別のメッシュで見れば稀な事象である。例えば、図 A3.11 の発生確率区分2の結果を見ると、北海道や東北地方は、24年間の災害サンプルにおいて発生確率の高い四国や九州沖縄の1/4～1/3程度の発生確率である。このように災害の報告の少ない地域では、100年間の確率を推定するにあたり、24年間のデータでは十分なサンプルとはならず、過小推定となりうる可能性がある。災害発生頻度の高い四国や九州（及び沖縄）では災害報告数が比較的高いことから、これらのデータと合併させて処理することで、全体として過小推定の傾向を抑えうると考えた。

そのため、本資料の本編では、地域差があることを念頭に置きつつ、集計期間の短さに起因するデータの偏りの影響を抑える必要から、全国集計値による発生確率を示した。ただし、地域差については、地形・地質などの素因の違いによる土砂災害の生起期間の差、並びに土砂災害の誘因となりうる降雨の発生頻度の影響などの面からの検討が不十分であるため、今後の更なる分析が必要である。

資料4 3次メッシュによる地形・地質の素因情報の整備内容

本資料で整備した地形・地質素因の被覆面積率による素因情報のデータ構成等について以下に示す。

なお、整備したデータについては付録の CD に収録した。

表 A4.1 地形・地質に関する素因情報のデータ構成

要素	構成
ファイル形式	シェープ形式 (ESRI 社 ArcGIS 形式)
データ形式	標準地域メッシュ 3次メッシュ 各メッシュに属性情報として、地形・地質情報を格納 (属性情報の詳細は表 A4.2 に示す)
メッシュサイズ	標準地域メッシュ 3次メッシュに準ずる (緯度方向: 0.4 秒×経度方向 0.4 秒, 約 1km メッシュ)
座標系	緯度経度 (JGD2000)
データ整備範囲	日本全国 (北方領土除く)
データ数	383,878 メッシュ

表 A4.2 地形・地質に関する素因情報の3次メッシュ属性データ一覧表

フィールド名	データ型	単位	内容	備考
ID	Long integer	-	メッシュの連番	
meshcode_1	Long integer	-	1次メッシュコード	
meshcode_3	Long integer	-	3次メッシュコード	
mcode_5k	Long integer	-	5kmメッシュコード	
mesh_Area	double	km2	3次メッシュの面積	※1
DF_Num	Long integer	件	メッシュ内で発生した土石流件数	
SF_Num	Long integer	件	メッシュ内で発生したがけ崩れ件数	
LS_Num	Long integer	件	メッシュ内で発生した地すべり件数	
saigai_All	Long integer	件	メッシュ内で発生した土砂災害総数	
DSL1885Num	Long integer	件	主要大規模崩壊発生件数(1885~)	
Y_ALL_Area	double	km2	土砂災害警戒区域全体の該当面積	※1, 各事象の重複面積なし
WY_ALL_CR	double	少数表記	土砂災害警戒区域全体の該当面積率	※2, 各事象の重複面積なし
R_ALL_Area	double	km2	土砂災害特別警戒区域全体の該当面積	※1, 各事象の重複面積なし
WR_ALL_CR	double	少数表記	土砂災害特別警戒区域の該当面積率	※2, 各事象の重複面積なし
A_area	double	km2	深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」の面積	※1
B_area	double	km2	深層崩壊推定頻度マップ「高い」の面積	※1
C_area	double	km2	深層崩壊推定頻度マップ「低い」の面積	※1
D_area	double	km2	深層崩壊推定頻度マップ「特に低い」の面積	※1
AB_Area	double	km2	深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」の合計面積	※1
DA_CR	double	少数表記	深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」の面積率	
DAB_CR	double	少数表記	深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」の面積率	
S_Area	double	km2	地すべり地形分布図の該当面積	※1
S_CR	double	少数表記	地すべり地形分布図の該当面積率	
S2_Area	double	km2	地すべり地形分布図(移動体)の該当面積(S)	※1
S2_CR	double	少数表記	地すべり地形分布図(移動体)の面積率	100mメッシュ処理なし。 土志田(2015)の手法
Rank1	Long integer	-	発生確率区分1条件該当	0:非該当 1:該当
Rank2	Long integer	-	発生確率区分2条件該当	0:非該当 2:該当
Rank3	Long integer	-	発生確率区分3条件該当	0:非該当 3:該当
Rank	Long integer	-	発生確率区分(区分1~3の最大値)	0:非該当 1~3:確率区分値
R2T19	Long integer	件	令和2年台風19号災害の災害箇所数	

※1:面積はUTM53N(2011)投影の場合の面積

※2:面積率は面積を少数4桁丸めしたのち算出

資料5 地すべり地形分布図 増補版の概要と補備データの説明

本資料は、地すべり地形分布図に関する補備データの整備状況等について示したものである。

A5.1 地すべり地形分布図の増補版データについて

地すべり地形分布図は、防災科学技術研究所により実施された日本全国を5万分の1の縮尺の空中写真判読による地すべり地形を抽出された結果を示したものである。

また、1970年代に撮影された1:40,000モノクローム空中写真の実体視による地形判読を通して、地すべり変動によって形成された地形的痕跡である「地すべり地形」について、その外形と基本構造（滑落崖・移動体）をマッピングし、1:50,000地形図にその分布を示した図面である。この地すべり地形分布図によって、過去に地すべり変動を起こした場所やその規模、変動状況などを把握することができるものである。

（防災科学技術研究所 HP より

http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/about.html）

一方、2004年10月に発生した新潟県中越沖地震により、中山間地で数多くの地すべりが発生し、甚大な人的・物的被害を生じた。これを契機として、地震地すべりに関する研究の重要性が認識され、2009年2月には（社）日本地すべり学会において、「地震地すべりプロジェクト特別委員会」が発足し、歴史地震も含めた多くの地震地すべりについて整理が進められた。

今後、地すべり地形分布図の活用性を高めるためにも、このような新しい整理の結果についても適宜反映・更新していく取り組みが必要である。そこで、国土交通省国土技術政策総合研究所では、このような取り組みの一つとして、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図では考慮されていない地震地すべりに関する増補データの作成を行ったのでここに報告する。

A5.2 増補データ作成方針

地すべり地形分布図の増補データの作成にあたり、著作権の問題等の課題や作業量等の関係から、以下の方針にて実施した。

- ・日本地すべり学会発行書籍「地震地すべり」に掲載されている地震による地すべり地形のうち、防災科学技術研究所が公開している地すべり地形分布図データに未記載の地すべり地形について、追加のGISデータとして整備を行う。
- ・補備データの作成にあたっては、地すべり地形分布図と同等の属性情報を付すとともに、既存の地すべり地形分布図の形状は変更しない。また、補備データについては、形状の明瞭度などの区分は実施しない。
- ・整理対象の地震による地すべり地形は、書籍「地震地すべり」の付属資料のうち、【歴

史地震による大規模土砂移動カルテ表（付属資料 1）】及び【地震地すべりの国内事例集（付属資料 2）】とする。

- ・【地震地すべりの国内事例集】については、3 地震の地すべり事例（10 事例）を対象に地すべり地形分布図の補足データを作成する。
- ・補備データの作成にあたっては、カルテおよび事例に示されている図面に示された地すべり地形を GIS 上で移写する。
- ・資料によっては細かなブロック区分が示されているが、周囲の地すべり地形分布図との関係性を考慮し、周囲にみられる地すべり地形と同程度の大きさになるように、ブロックをまとめた。
- ・作成した補足データについては、GIS データに属性を追加して、地震地すべりに対応するものと分かるように整備する。

データ整備のイメージは以下の通り。

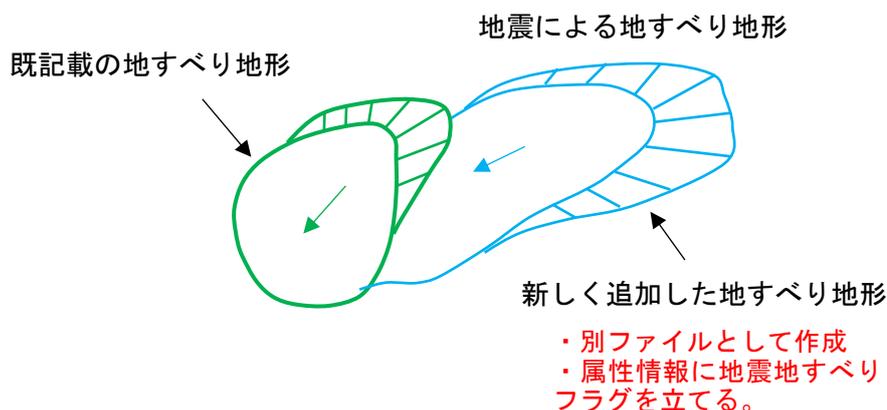


図 A5.1 地震による地すべり地形分布図のデータ整備イメージ

作成した GIS データは、添付データとして以下のとおり整理した。

表 A5.1 地すべり地形分布図補備データ構成

要素	構成
ファイル形式	シェープ形式（ESRI 社 ArcGIS 形式）
データ形式および名称	<ul style="list-style-type: none"> ・ Als100.shp : 地すべり滑落崖データ（ライン） ・ Als200.shp : 地すべり移動体データ（ライン） ・ Als300.shp : 地すべり移動体データ（ポリゴン） ※属性構成は地すべり地形分布図に準ずるが、明瞭度などの区分は実施していない。
座標系	緯度経度（JGD2000）

A5.3 使用データ

使用データは以下の通り。

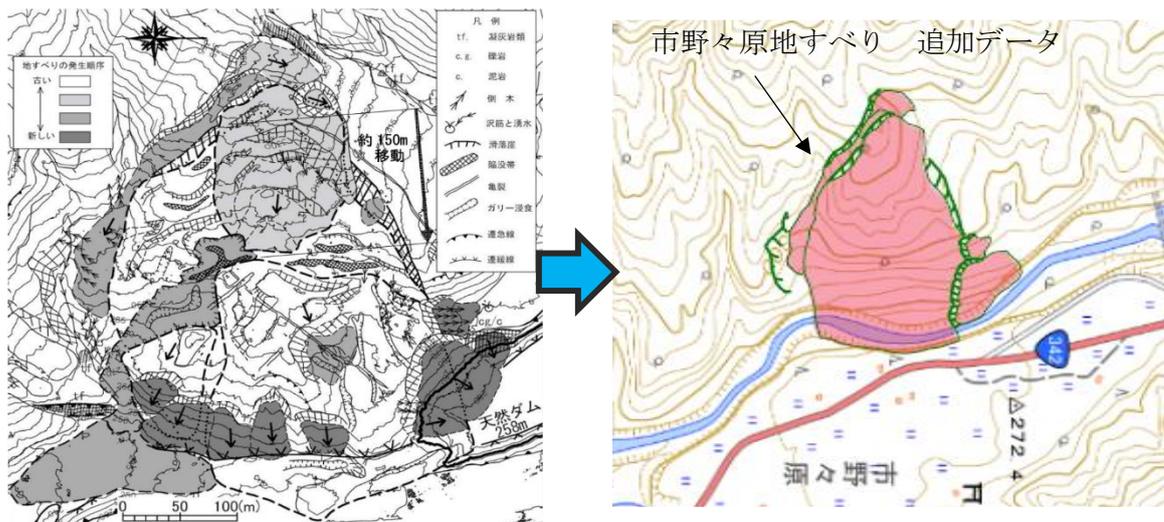
- ・地すべり地形分布図：防災科学技術研究所 HP よりダウンロードした SHP 形式のベクターデータ
- ・補備対象データ：書籍「地震地すべり」の付属資料のうち以下の資料
 - 【歴史地震による大規模土砂移動カルテ表（付属資料 1）】
 - 【地震地すべりの国内事例集（付属資料 2）】

A5.4 補備データ作成事例

作成した補足データの例は以下の通り。

【追加事例】

- ・市野々原地すべり（岩手・宮城内陸地震で発生）



市野々原地すべり位置図
(岩手・宮城内陸地震で発生)

市野々原地すべりデータ追加例

図 A5.2 地震による地すべりの情報追加例（市野々原地すべり）

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 1120

June 2020

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675