

大規模崩壊リスク評価マップ作成マニュアル (案)

平成 26 年 3 月

林 野 庁

目次

1. 本マニュアルについて	1
1.1 背景と目的	1
1.2 大規模崩壊調査体系及び本マニュアルの位置づけ	1
1.3 適用範囲	3
1.4 マニュアルの概要	4
1.5 本マニュアル実施に必要な知識	4
2. 大規模崩壊リスク評価全国マップ	エラー! ブックマークが定義されていません。
2.1 崩壊履歴資料の収集	7
2.2 基本単位ポリゴン	10
2.2.1 2km メッシュポリゴン	10
2.2.2 地質タイプポリゴン	10
2.2.3 基本単位ポリゴンの作成	12
2.3 危険度評価項目	13
2.3.1 傾斜角	13
2.3.2 地すべり面積率	15
2.3.3 活断層からの距離	17
2.3.4 第四紀隆起量	19
2.4 評価項目ごとの階級区分設定と影響度算出	21
3. 必要なデータと入手方法	22
3.1 収集データ	22
3.2 崩壊履歴資料	23
3.3 大規模崩壊リスク評価全国マップで収集済みのマップデータ	24
3.4 個別に準備が必要なマップデータ	25
3.4.1 シームレス地質図	26
3.4.2 10m-DEM	27
3.4.3 走向・傾斜の記載された地質図	28
4. 解析作業	32
4.1 評価項目基図の計算	32
4.1.1 傾斜角	32
4.1.2 起伏量	34
4.1.3 地質構造	36
4.2 評価項目の集計	43
4.2.1 地質ごとの集計項目	43

4.2.2.	斜面単元ポリゴンによる集計.....	44
4.2.3.	斜面単元ポイントによる集計.....	46
5.	影響度の算出	49
5.1	影響度分析法.....	49
5.2	階級区分と影響度の算出	51
6.	リスク評価マップの作成	52
6.1	基本単位ポリゴンへの集計.....	52
6.2	色区分、表現方法	52
7.	リスク評価マップの利用	54

1. 本マニュアルについて

1.1 背景と目的

林野庁では、大規模崩壊の発生機構等に関する知見を整理し、大規模崩壊に対する治山対策の検討を行うことを目的として、「山地保全調査（大規模な崩壊に対する治山対策検討調査）（平成 23～25 年度）」¹を実施した。

本調査においては、既存の地形・地質・崩壊履歴等のデータから、大規模崩壊の全国の危険度の概略評価と県域レベルの危険度の評価手法（第 1 段階調査）、及び危険度が相対的に高いと評価された地域における大規模崩壊潜在斜面の判定手法（第 2 段階調査）等についてまとめるとともに、現場技術者向けの手引きとして「大規模崩壊対策現場対応ハンドブック（素案）」を作成した。

本マニュアルは、同ハンドブックの付属資料としての活用を想定し、県域レベルの危険度評価を実施し、リスク評価マップを作成するための具体的な手順書として作成したものである。

本マニュアルにおける「大規模崩壊」の定義は、上記林野庁（2014）の事業で扱った大規模崩壊を指す。

1.2 大規模崩壊調査体系及び本マニュアルの位置づけ

大規模崩壊調査体系を図 1.2.1 に示した。

大規模崩壊の第 1 段階調査では、全国で入手可能な既存の地形・地質のデータを用いて、影響度分析により危険度評価を行い、大規模崩壊発生高危険度地域を抽出する。

第 2 段階調査では、第 1 段階調査で「高危険度」と評価された地域において、必要に応じて航空レーザ計測データから作成した地形表現手法を用いて微地形の判読、単元斜面の設定を行う。設定した単元斜面を対象に、大規模崩壊潜在斜面危険度判定手法を用いて危険度判定を行い、大規模崩壊潜在斜面を判定する。

第 3 段階の調査では、必要に応じて「大規模崩壊潜在斜面」を対象に、初期点検（現地確認、簡易計測、渓流水調査）と大雨・地震後等の非常時点検（現地確認、計測、渓流水調査）を実施し、変状がある場合は地表伸縮計、GPS 等による計測を実施する。

本マニュアルは、第 1 段階調査において作成した大規模崩壊リスク評価全国マップの概要を示すとともに、既存の地形・地質データから大規模崩壊リスク評価都道府県域マップを作成するまでの、第 1 段階調査の手順を具体的に記載したものである。

¹ 林野庁（2014）：平成 25 年度 山地保全調査（大規模な崩壊に対する治山対策検討調査）報告書

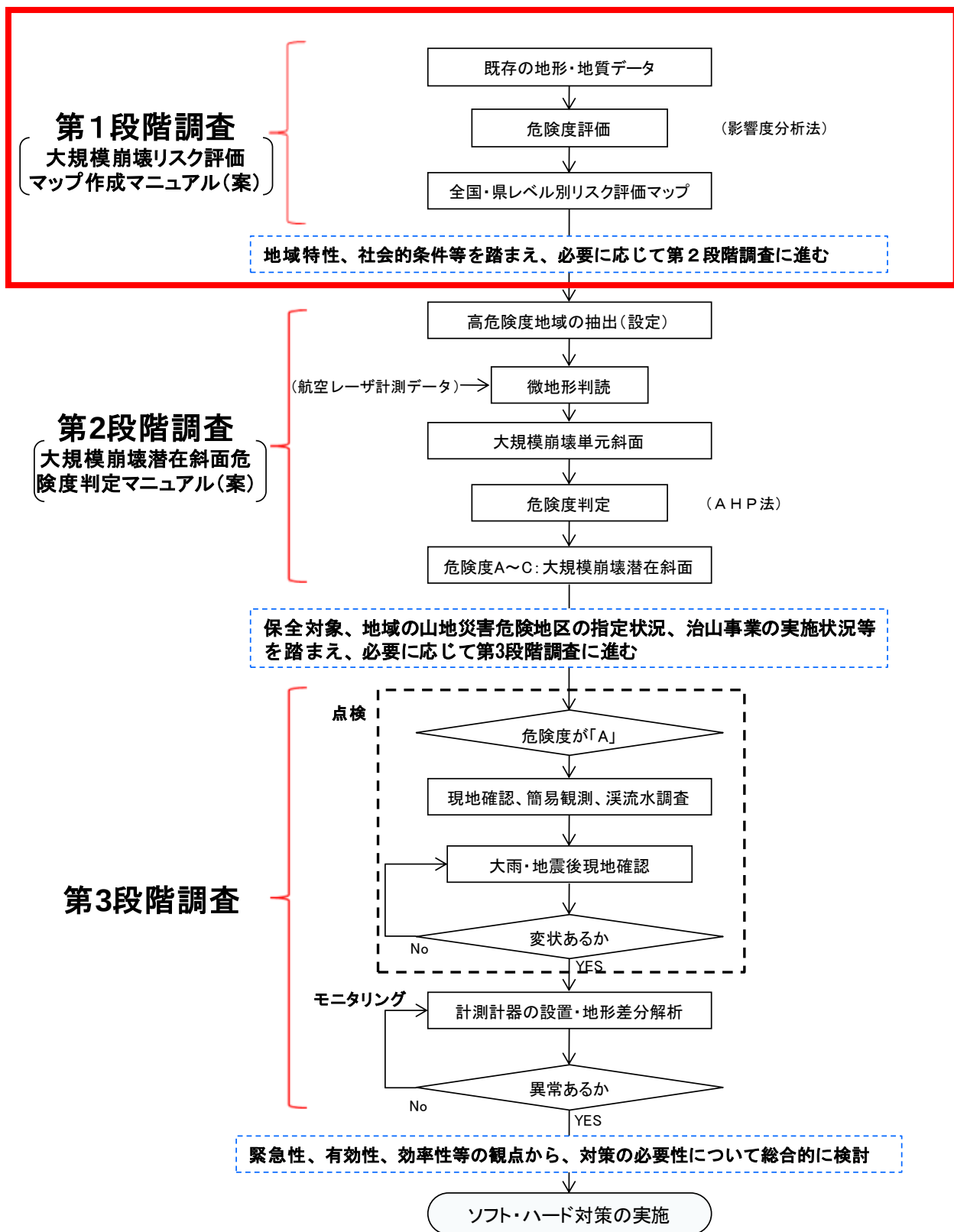


図 1.2.1 大規模崩壊に対する調査体系

1.3 適用範囲

評価は概ね 2km 四方を単位とし、地形データは 2.5 万分の 1 地形図精度（基盤地図情報数値標高モデル※10m メッシュ）、地質データは 20 万分の 1 地質図精度である。

また、本マニュアルを適用する「大規模崩壊」とは、林野庁（2012²）で定義された、“大規模かつ急激に滑動もしくは急激に滑動する恐れのある斜面移動現象”を指す。以下に林野庁（2012）より概念図（図 1.3.1）と説明を引用する。

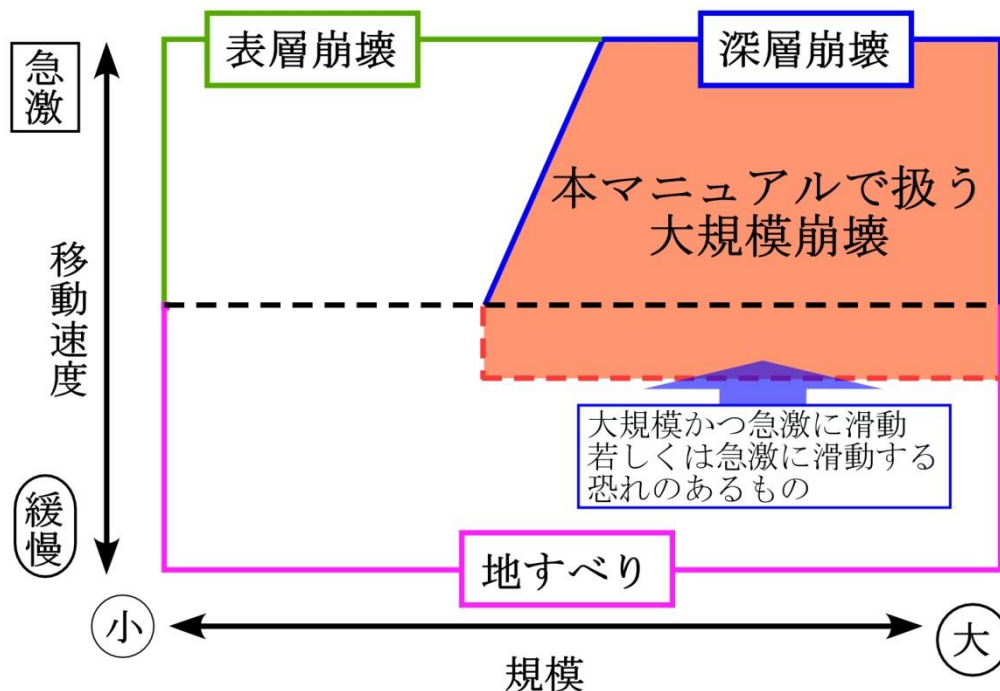


図 1.3.1 本マニュアルで扱う大規模崩壊の範囲

（前略）斜面移動現象としての崩壊と地すべりは重なる部分が存在することからその境界を点線にした。上述のように、樹木根系の影響を考慮した場合、表層崩壊と深層崩壊は分けられるので、その境界は実線で示した。その際、表層崩壊にも規模が大きなものは存在するため、規模の境界は斜線として幅をもたせた。本事業では治山対策を考慮し、これまでに対策が出来なかった深層崩壊や、地すべりの中でも規模が大きく移動速度が速いものを検討対象とした。なお、表層崩壊の中にも大規模なものは含まれるものの、本事業ではこれまでに対策が出来なかった根系の影響が及ばない崩壊を対象としたため、表層崩壊は対象外とした。

²⁾ 林野庁（2012）：平成 23 度 山地保全調査（大規模な崩壊に対する治山対策検討調査）報告書

※【数値標高モデル】

数値標高モデル（Digital Elevation Model：以下 DEM）とは、平面位置座標および標高値を用いて地形を面的に表現したデジタルデータである。ここでは特に、建築物などの地物や樹木を除いた地表面のみの標高を対象とし、縦横等間隔の格子状に並んだ形式のデータ（メッシュデータ）を指す。

1.4 マニュアルの概要

本マニュアルは、次の 3 つの部分から構成される。

- 1) 整備済みの大規模崩壊リスク評価全国マップの説明。その集計の基本単位となる基本単位ポリゴン、危険度評価項目、大規模崩壊リスク評価全国マップの影響度テーブルの説明（P.5 ～P.21）。
- 2) 大規模崩壊リスク評価都道府県域マップの作成に必要なデータと、その入手方法の説明（P.22 ～P.31）。
- 3) 大規模崩壊リスク評価都道府県域マップの作成に際して、新たに追加する危険度評価項目を算出するための解析作業の説明（P.32 ～P.48）。
- 4) 影響度分析法による影響度の算出方法の説明（P.49 ～P.51）。
- 5) 算出した影響度を用いたリスク評価マップの作成方法（色区分・表現方法）の説明（P.52 ～P.53）。
- 6) 作成した大規模崩壊リスク評価都道府県域マップを、第 2 段階調査の対象範囲絞り込みに利用することの説明（P. 54）。

1.5 本マニュアル実施に必要な知識

本マニュアルは、治山技術者または関係者が大規模崩壊のリスク評価マップを作成できるように作成したものである。本マニュアルを用いてリスク評価マップを作成するにあたり、次の知識が必要となる。このため、必要に応じて講習会等を受講することが望ましい。

- 1) 山地災害に関する知識
- 2) 地形解析に関する知識
- 3) 表示・編集ソフトウェア（GIS 等）に関する知識

2. 大規模崩壊リスク評価全国マップ

林野庁において作成した、全国を対象としたリスク評価マップ（以下、大規模崩壊リスク評価全国マップ）を図 1.5.2 に示す。大規模崩壊リスク評価全国マップは、大規模崩壊が発生する可能性の大きい地域について、地形・地質条件等を評価項目として相対的に評価・表示したものである。図 1.5.1 に示す評価項目のうち「傾斜角」「地すべり面積率」「活断層からの距離」「第四紀隆起量」の 4 項目を使用して評価を行った。

本マニュアルでは、さらに絞り込みを行うため、対象とする地域を都道府県単位などの県域レベルに特定し、危険度評価項目として「起伏量」「地質構造」を追加することで、より詳細に危険度の大きさを評価したマップ（以下、大規模崩壊リスク評価都道府県域マップ）を作成する方法を記載する。ここでは、大規模崩壊リスク評価都道府県域マップの評価項目と重複する大規模崩壊リスク評価全国マップの評価項目について説明する。

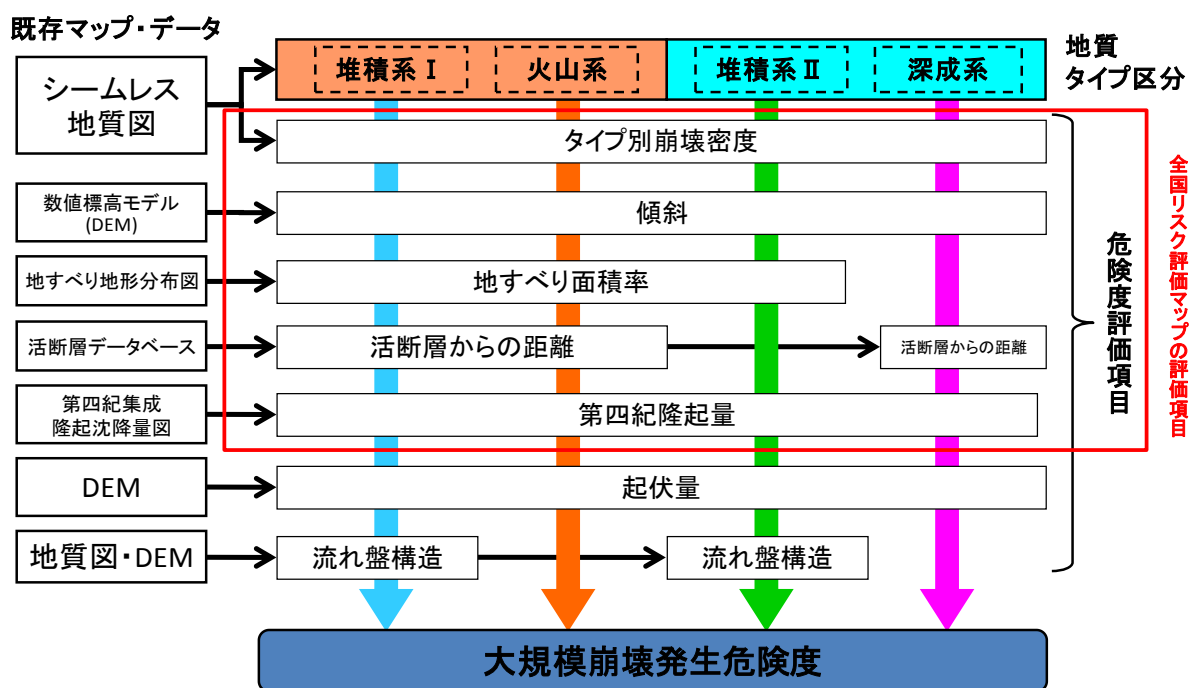


図 1.5.1 評価項目一覧

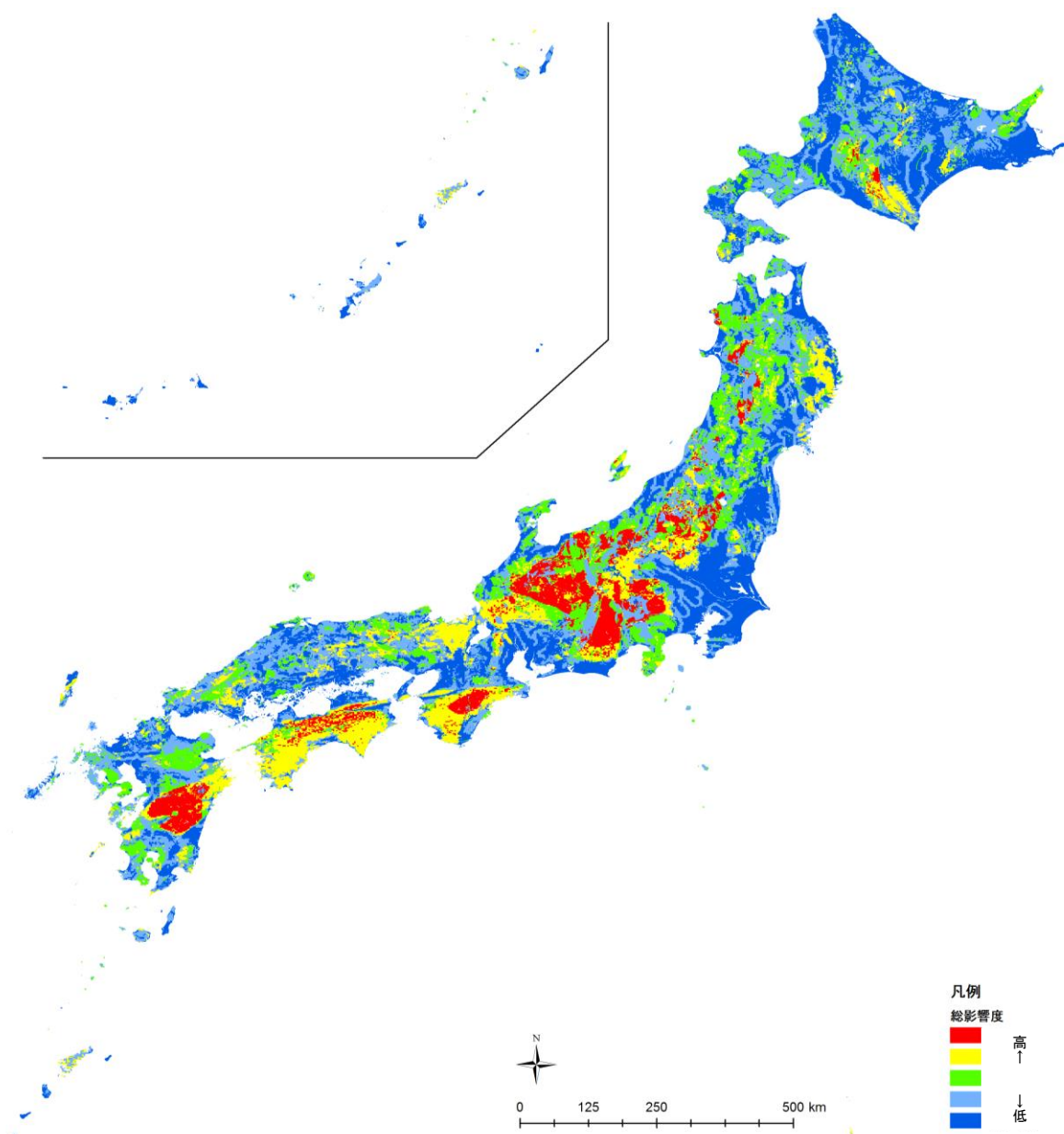


図 1.5.2 大規模崩壊リスク評価全国マップ

2.1 崩壊履歴資料の収集

学会誌、研究資料、報告書（ホームページを含む）等の既存文献を活用して、我が国で発生した主な大規模崩壊を抽出した。抽出対象は、過去に発生した崩壊のうち、大規模かつ急速に滑動したと考えられる斜面移動現象で発生箇所が特定できるものとし、直近で発生した崩壊については、2011年10月31日までに公表されたものとした。

大規模崩壊の抽出に用いた文献の一覧を表 2.1.1 に示す。このうち、下記の2文献において、2008年以前の他文献の内容を網羅的に掲載している。

- ① **土木研究所(2008)**：土木研究所資料 4115 号『深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案）』
- ② **土木研究所(2010)**：土木研究所資料 4169 号『歴史的な大規模崩壊の実態』

この結果、全国で合計 242 箇所の大規模崩壊が抽出された。分布図を図 2.1.1 に示す。青色が①土木研究所（2008）によるもの、緑色が②土木研究所（2010）によるものであり、赤色が上記二つの資料公表後に発生した主な崩壊である。①土木研究所（2008）と②土木研究所（2010）とで重複する崩壊については、前者を基準とした。

なお、新たに発生した崩壊や、今回の調査対象以外の災害資料、および地形資料などから、必要に応じて追加して解析を行うことで、精度の向上を図ることができる。

収集した大規模崩壊はポリゴン（面）データとして整備した。

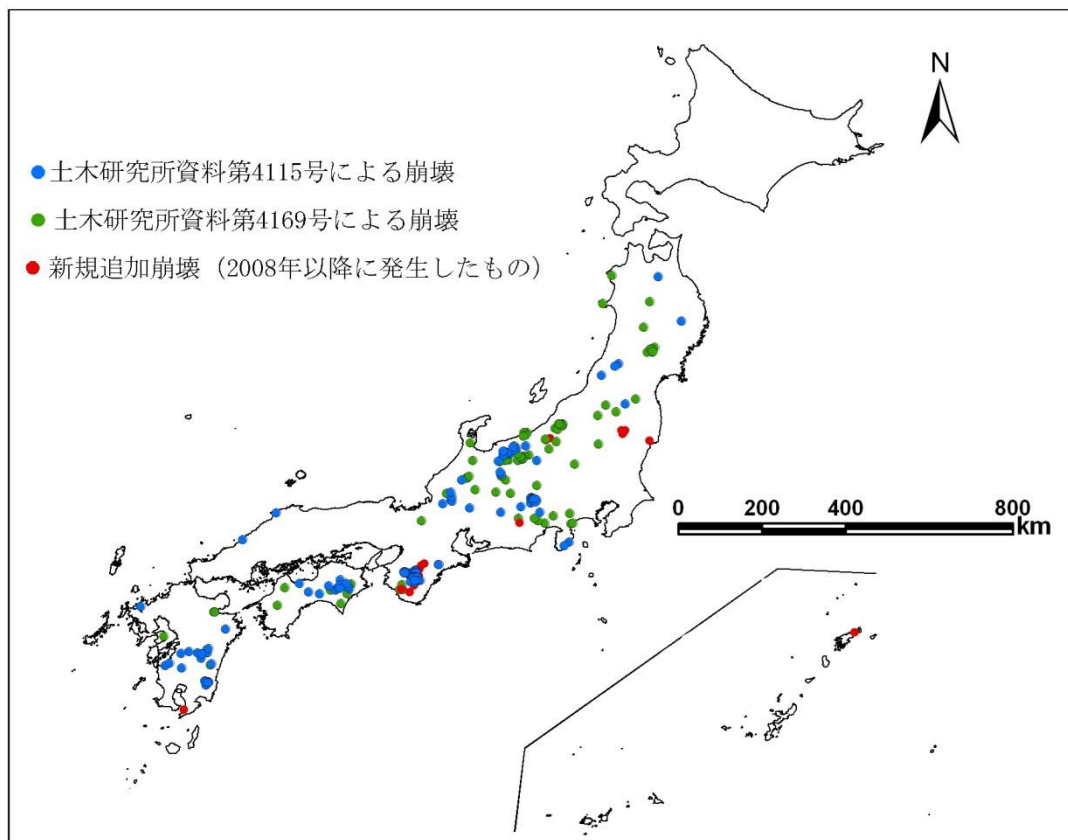


図 2.1.1 大規模崩壊の分布図

表 2.1.1 (1) 調査した文献一覧 (1/2)

番号	出 典
*	土木研究所（2008）：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案），土木研究所資料第4115号，21p.
*	土木研究所（2010）：歴史的大規模崩壊の実態、土木研究所資料4169号，218p.
1	御法川信樹・川上伸一・小原正明・江坂文寿（2005）：自然環境に配慮した地すべり対策事例，日本地すべり学会誌，Vol. 42，No. 3，p. 42-46.
2	防災科学技術研究所ホームページ：http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/jisuberi/disaster/index.htm
3	関口辰夫・佐藤信夫（2003）：月山火山・立谷沢川流域の地すべり地形，日本地すべり学会誌，Vol. 40，No. 1，p. 63-67.
4	国土交通省東北地方整備局：砂防事業再評価，最上川水系直轄砂防事業説明資料，2010年
5	国土交通省東北地方整備局：砂防事業再評価，赤川水系直轄砂防事業説明資料，2011年
6	国土交通省東北地方整備局：阿武隈川水系直轄火山砂防事業（松川流域），2007年
7	砂防調査報告書 昭和34年度 大武川，小武川，尾白川，濁川，流川，早川流域，関東地方建設局
8	建設省関東地方建設局富士川砂防工事事務所（2000）：H11年度 釜無川・早川流域微地形調査業務報告書
9	堀内成郎・赤沼準一・水山高久・横田 浩（2007）：荒川流域における大規模崩壊とその後の土砂流出について，平成19年度砂防学会研究発表会概要集，p. 94-95.
10	建設省北陸地方建設局黒部工事事務所（1996）：平成7年7月黒部川流域豪雨災害状況，砂防学会誌，Vol. 48，No. 5，p. 33-38.
11	国土交通省北陸地方整備局：砂防事業の再評価説明資料（黒部川水系直轄砂防事業），2005年
12	西川 一（1988）：別当谷の崩壊，砂防学会誌，Vol. 40，No. 6，p. 33-35.
13	川上浩・斉藤 豊・荒川正夫・寒川典昭・小林 詢・阿部広史（1982）：昭和56年台風15号による宇原川土石流の発生原因と流下形態，新砂防，124，p. 53-60.
14	建設省土木研究所砂防部（1995）：平成7年7月11～12日長野県・新潟県豪雨による土砂災害（速報），砂防学会誌，Vol. 48，No. 3，p. 42-47.
15	田畑茂清・水山高久・井上公夫（2002）：『天然ダムと災害』，古今書院，205p.
16	建設省北陸地方建設局立山砂防工事事務所（1997）：立山砂防70年のあゆみ，373p.
17	建設省北陸地方建設局神通川水系砂防工事事務所（2000）：奥飛騨の砂防80年にまなぶ，453p.
18	井良沢道也（1986）：大西山の大崩壊，砂防学会誌，Vol. 39，No. 1，p. 30-32.
19	安江朝光・桑原啓三・元田良孝・反町雄二（1976）：昭和51年7月の伊豆災害における被害調査速報，土木技術資料，Vol. 18，No. 10，p. 45-49.
20	中村良光・杉原忠弘・寺田秀樹・井良沢道也・笹原克夫（1992）：平成3年に伊豆半島南部で発生した土砂災害について，砂防学会誌，Vol. 44，No. 6，p. 63-67.
21	反町雄二・南 哲行・山田 孝・笹原克夫・金子正則・小島伸一（1999）：1999年6～7月に全国で発生した土砂災害について（速報），砂防学会誌，Vol. 52，No. 3，p. 50-54.
22	山内修（1986）：徳山白谷大崩壊，砂防学会誌，Vol. 39，No. 4，p. 32-34.
23	植野利康・原 義文・伊藤 明・小野秀樹・佐藤敏明・井戸清雄・若林栄一（2001）：平成12年9月豪雨により発生した中津川支川一ノ沢崩壊についての検討，平成13年度砂防学会研究発表概要集，p. 160-161.
24	辺見泰造・平賀 税・山口 茂（2000）：東海北陸自動車道の降雨災害，ハイウェイ技術，Vol. 16，p. 110-116.
25	二次災害防止研究会編（1989）：二次災害の予知と対策，No. 3，p. 17-18，431pp. 全国防災協会
26	永田秀尚・柏木健司・飯沼達夫・萩原陽一郎（2010）：2004年台風21号豪雨により三重県宮川村で発生した岩盤崩壊の地質要因，日本地すべり学会誌，Vol. 47，No. 2，p. 98-106.
27	田畑茂清・井上公夫・早川智也・佐野史織（2001）：降雨により発生した天然ダムの形成と決壊に関する事例研究—土津川災害（1889）と有田川災害（1953年）—，砂防学会誌，Vol. 53，No. 6，p. 66-76.
28	土木研究所（1984）：昭和58年7月豪雨による島根県の地すべり災害現地調査報告書，土木研究所資料2077号，54p.
29	（財）砂防・地すべり技術センター（1997）：平成9年7月島根県平田市の布勢川で発生した土石流災害と警戒避難の実態，土砂災害の実態，No. 1997年，p. 43-44.

表 2.1.1 (2) 調査した文献一覧 (2/2)

30	井上公夫・森 俊男・伊藤達平・我部山佳久 (2005) : 1892年に四国東部で発生した高磯山と保勢の天然ダムの決壊と災害, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 4, p. 3-12.
31	寺戸恒夫 (1977) : 大規模崩壊による山地地形の変化, 地理科学, No. 28, p. 17-27.
32	橋本英俊・佐藤威臣・山田正雄・小島 健・久積崇広 (2006) : 阿津江地すべりの地すべり機構, 日本地すべり学会誌, Vol. 42, No. 6, p. 37-42.
33	日浦啓全・海堀正博・末峰 章・里深好文・堤 大三 (2004) : 2004年台風10号豪雨による徳島県木沢村と上那賀町における土砂災害緊急調査報告 (速報), 砂防学会誌, Vol. 57, No. 4, p. 39-47.
34	矢田部隆一・長谷川修一 (2004) : 2004年 (平成16年) 年台風10, 15, 21号による四国の土砂災害, 日本地すべり学会誌, Vol. 41, No. 4, p. 94-96.
35	中川 鮮・奥西一夫 (1977) : 高知県繁藤地区の大規模崩壊について (その1) - 崩壊地の地盤構造の特徴 -, 京都大学防災研究所年報, No. 20B-1, p. 209-222.
36	岡崎好伸 (1986) : 土佐有間山の崩壊, 砂防学会誌, Vol. 39, No. 2, p. 32-35.
37	国土交通省四国山地砂防事務所 (2004) : 四国山地の土砂災害, 68p.
38	笹原克夫・日浦啓全・末峰 章 (2006) : 平成17年台風14号により四国で発生した土砂災害の特徴, 平成18年度砂防学会研究発表会概要集, p. 38-39.
39	下川悦郎・岩松暉 (1985) : 九州山地におけるクリープ性崩壊について, 昭和60年度砂防学会研究発表会概要集, p. 194-197.
40	大田原幸亘 (1998) : 九州自動車道は千代地区の溪流防災対策とその効果ー1997年7月15日熊本県坂本村河内谷川で発生した山腹崩壊, ハイウェイ技術, Vol. 10, p. 70-75.
41	水野秀明・杉浦信男・寺田秀樹・内田太郎・原慎利幸・曾我部匡敏・桜井 亘・西本晴男・小山内信智・武澤永純・土井康弘 (2003) : 2003年7月の梅雨前線豪雨によって発生した九州地方の土石流災害 (速報), 砂防学会誌, Vol. 56, No. 3, p. 36-43.
42	岩松暉・下川悦郎 (1986) : 片状岩のクリープ性大規模崩壊, 地質学論集, Vol. 28, p. 24-31.
43	高橋正佑 (1974) : えびの市西内堅地区に発生した山腹崩壊に関する研究, 新砂防, Vol. 91, p. 24-31.
44	岡田義美 (1986) : 県道上椎葉湯の前線道路災害, 季刊防災, No. 79, p. 56-67.
45	北村泰一・高口敬子 (1992) : 九州山地南部における大規模崩壊の発生と斜面对策に関する考察, 日本緑化工学会誌, Vol. 18, No. 1, p. 12-18.
46	高谷精二・鈴木恵三 (2007) : 2005年台風14号による宮崎県内に発生した巨大崩壊, 日本地すべり学会誌, Vol. 44, No. 2, p. 20-26
47	古閑美津久・堀川毅信・宇城 輝・谷内正博 (2006) : 2005年台風14号による宮崎県鰐塚山北麓および北郷町広渡川上流の崩壊・土石流, 応用地質, Vol. 47, No. 4, p. 232-241.
48	岩尾雄四郎・玉田文吾・山崎孝成 (1999) : 鹿児島県出水市針原川地域における扇状地災害の発生プロセス, 地すべり, Vol. 36, No. 3, p. 85-90.
49	小山内信智・竹澤永純 (2010) : 南大隈町土石流災害調査概要, 土木研究所火山土石流チームHP: http://www.pwri.go.jp/team/volcano/minamiosumi/minamiosumi.pdf
50	竹林洋史 (2010) : 2010年10月奄美大島豪雨災害調査速報, 京都大学防災研究所HP: http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/contents/event_text/20110221.pdf
51	土木研究所地すべりチーム (2011) : 平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震による地すべり・斜面崩壊調査 (速報), 土木研究所地すべりチームHP: http://www.pwri.go.jp/team/landslide/topics/tohokujishin2011-1/h23.3.31.pdf
52	丸山清輝・中村明・野呂智之・ハスパートル (2011) : 平成23年3月12日長野県北部を震源とする地震により発生した斜面災害, 砂防学会誌, Vol. 64, No. 2, p. 39-44.
53	Toyohiko Miyagi, Daisuke Higaki, Hiroshi Yagi, Shoji Doshida, Noriyuki Chiba, Jun Umemura, Go Satoh (2011): Reconnaissance report on landslide disasters in northeast Japan following M9 Tohoku earthquake, Landslides, 8, p. 339-342.
54	奈良県 (2011) : 河道閉塞形成箇所の調査結果, 奈良県HP: http://www.pref.nara.jp/dd_aspx_menuid-25587.htm
55	国土交通省 (2011) : 台風12号の豪雨に伴う河道閉塞箇所数について, 国土交通省HP: http://www.mlit.go.jp/common/000166229.pdf
56	平成23年台風12号による紀伊半島における地盤災害合同調査団 (2011) : 奈良班調査報告 (9月28日), http://www.geosociety.jp/uploads/fckeditor/hazard/2011/Ty12/nara20110928.pdf
57	京都大学防災研究所 (2011) : 2011年台風12号による深層崩壊の地質・地形的特徴
58	土木研究所地質チーム (2011) : 平成23年台風第12号災害 道路斜面災害調査速報 (和歌山県班), 土木研究所地質チームHP: http://www.pwri.go.jp/jpn/news/2011/0920/h23_typhoo_no12.pdf
59	土屋 智 (2011) : 台風12号による水窪ダム上流の四万十帯における大規模崩壊, 最近の土石流・地すべり災害調査報告会, 日本地すべり学会, 2011年12月2日

2.2 基本単位ポリゴン

定義：危険度評価項目を集計する基本単位となるポリゴン

出典：2km メッシュポリゴン（国土数値情報：国土交通省）、地質タイプポリゴン（シームレス地質図：産業技術総合研究所, 2007）

危険度評価項目を集計し総影響度を算出する基本単位として、基本単位ポリゴンを作成した。基本単位ポリゴンは、2km メッシュポリゴンをもとに、地質タイプポリゴンの境界で切断（インターセクト）して算出した。

2.2.1. 2km メッシュポリゴン

算出の基本単位としたメッシュ状のポリゴンデータである。国土数値情報の『谷密度メッシュデータ』から属性情報を削除して利用した。2km メッシュポリゴンの例を図 2.2.1 に示す。

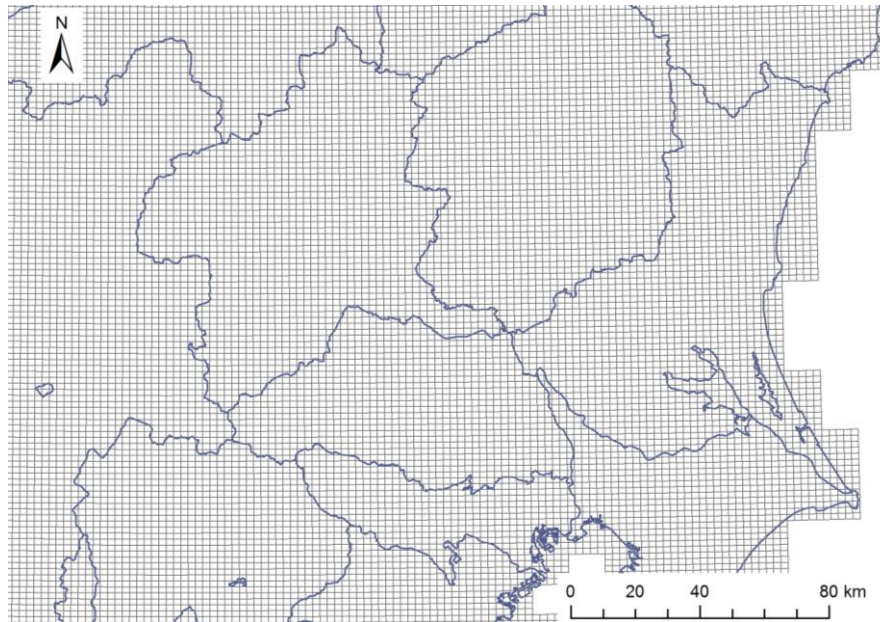


図 2.2.1 2km メッシュポリゴンの例

2.2.2. 地質タイプポリゴン

シームレス地質図をもとに、地質年代・岩種・構造から4種類にタイプ区分を行い、属性データとして与えた。地質タイプ区分の方法を下記に示す。

① 堆積系、火山系、深成系に大別

地質の形成過程により、堆積系、火山系、深成系に大別した。

② 堆積系を固結度に基づき分類

- i) 固結度が比較的低い新第三紀より新しいものは「**堆積系Ⅰ**」とした。
- ii) 固結度が比較的高い古第三紀以前の付加体を含む堆積岩を「**堆積系Ⅱ**」とした。
- iii) 変成岩は、崩壊の発生誘因、形態が②と類似することから「**堆積系Ⅱ**」とした。

なお、地質タイプはシームレス地質図の凡例に基づいて区分した。地質図の凡例と本マニュアルで示した地質タイプの対応表を附属資料に整理した。

図 2.2.2 に地質タイプ区分とその概要を、図 2.2.3 に地質タイプ区分図を示す。

タイプ区分	定義(概要)	誘因
堆積系 I	第四紀と新第三紀の堆積岩からなる 既存の岩石が風化・侵食されてできた礫、砂、泥や火山灰が堆積し続成作用を受けて形成された比較的新しい時代の岩石で、固結度が低い。層理面が発達し、地震により流れ盤で崩壊が多く発生する。	地震 / 豪雨
火山系	火山岩類からなる マグマが地表で急激に冷えて固まったもので、深成岩と区別される。主に新第三紀、第四紀に分布し、凝灰岩や溶岩が多い。地震により多く発生するが、豪雨によっても発生している。	
堆積系 II	付加体等と変成岩類からなる 付加体は、海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に、その上の堆積物が剥ぎとられて陸側に付加したもので、断層や褶曲運動による変動が激しい。変成岩類は主に結晶片岩からなり、片理構造を持つペラペラ剥がれる特徴により付加体と同じ分類とした。古代三紀以前の堆積岩もその岩相を考慮し、このタイプに分類した。	
深成系	深成岩類からなる マグマが地下でゆっくり冷えて固まって形成され、火山岩と区別される。主に花崗岩からなり、表層崩壊が多いが、地域によって大規模なものも発生する。	

図 2.2.2 大規模崩壊の地質タイプ (林野庁, 2012)

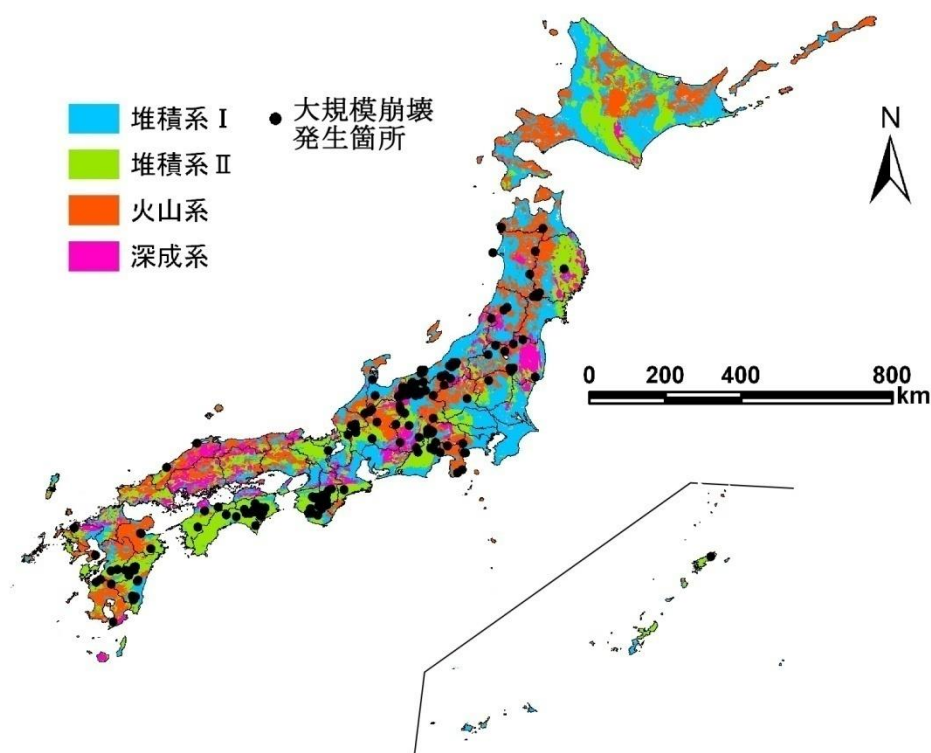


図 2.2.3 全国の地質タイプ区分と大規模崩壊発生箇所 (林野庁, 2012)

2.2.3. 基本単位ポリゴンの作成

2km メッシュポリゴンを地質タイプポリゴンの境界で切断（インターセクト）し、基本単位ポリゴンとした（図 2.2.4）。

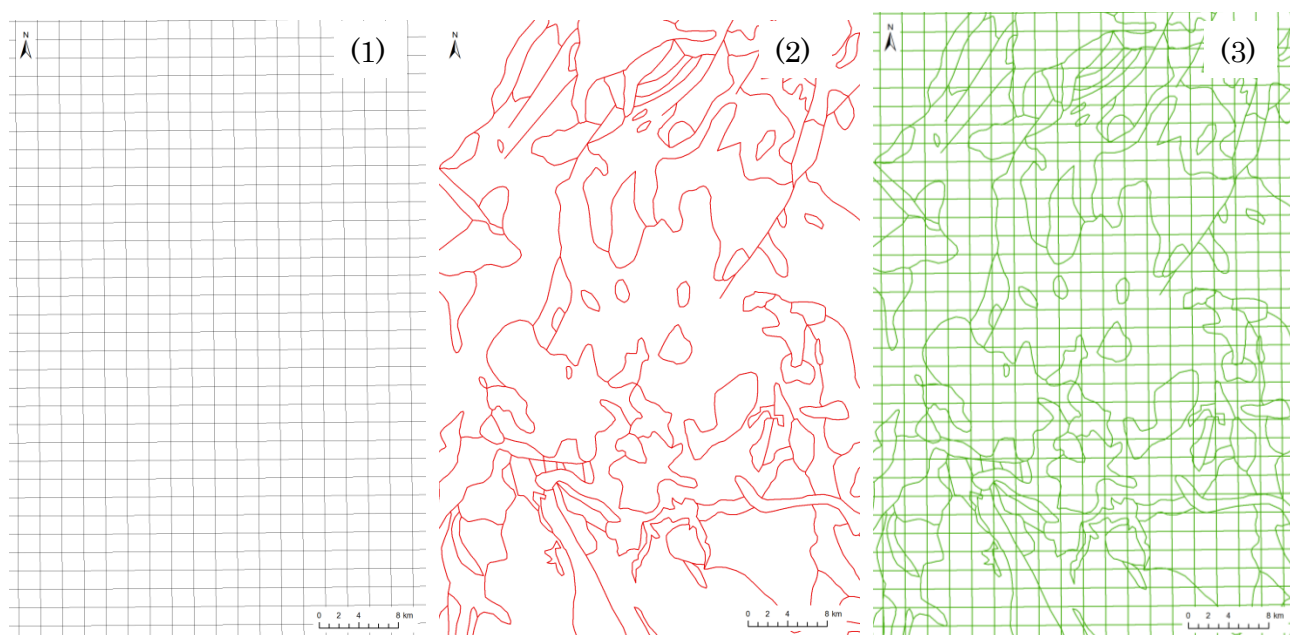


図 2.2.4 基本単位ポリゴンの作成例

(1)2km メッシュポリゴン、(2)地質タイプポリゴン、(3)基本単位ポリゴン

2.3 危険度評価項目

評価項目である傾斜角、地すべり面積率、活断層からの距離、第四紀隆起量（図 1.5.1）について、算出方法を下記に述べる。

2.3.1. 傾斜角

定義：DEM から傾斜角を算出しカテゴリ分けのうえ求めた、基本単位ポリゴン内における傾斜角カテゴリの最頻値

出典：基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ（国土地理院）

DEM から傾斜角を算出し、表 2.3.1 に示すようにカテゴリ分けを行った。基本単位ポリゴンごとにカテゴリの最頻値を求め、傾斜角とした（図 2.3.1）。

表 2.3.1 傾斜角カテゴリ区分

傾斜角範囲	カテゴリ
0° 以上 20° 未満	1
20° 以上 25° 未満	2
25° 以上 30° 未満	3
30° 以上 35° 未満	4
35 度以上	5

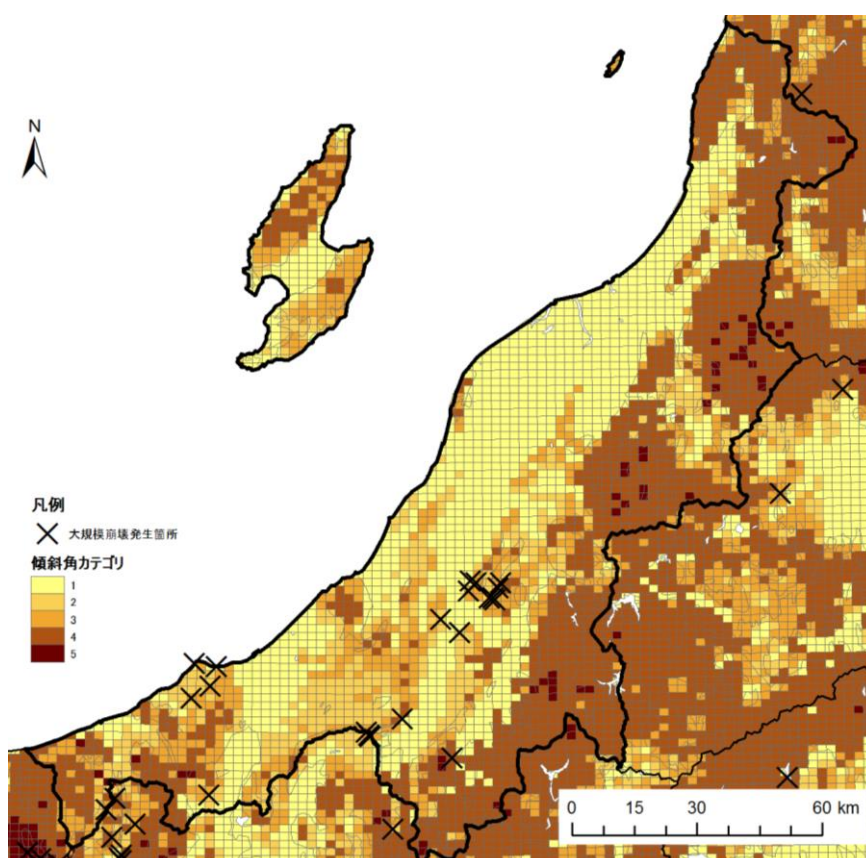


図 2.3.1 基本単位ポリゴンごとに集計した傾斜角分布図

傾斜角と大規模崩壊の発生基本単位ポリゴン数、および発生割合を整理した（図 2.3.2）。発生基本単位ポリゴン数は傾斜角が 30～40° で最も多く、発生割合は傾斜が急になるほど高くなる傾向が認められる。

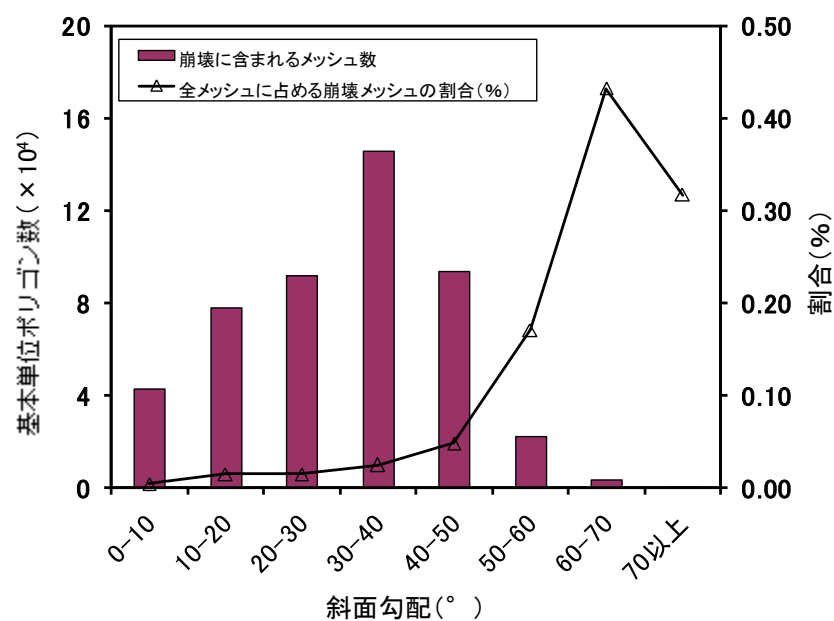


図 2.3.2 傾斜角と大規模崩壊の発生状況

2.3.2. 地すべり面積率

定義：地すべり地形分布図の地すべり移動体ポリゴンが、基本単位ポリゴン内で占める面積百分率

出典：地すべり地形分布図（防災科学技術研究所）

地すべりの位置図として、地すべり地形分布図を使用した。地すべり移動体ポリゴン（図 2.3.3）がそれぞれの基本単位ポリゴン内で占める面積を算出し、基本単位ポリゴンの面積で除した百分率を地すべり面積率とした（図 2.3.4）。

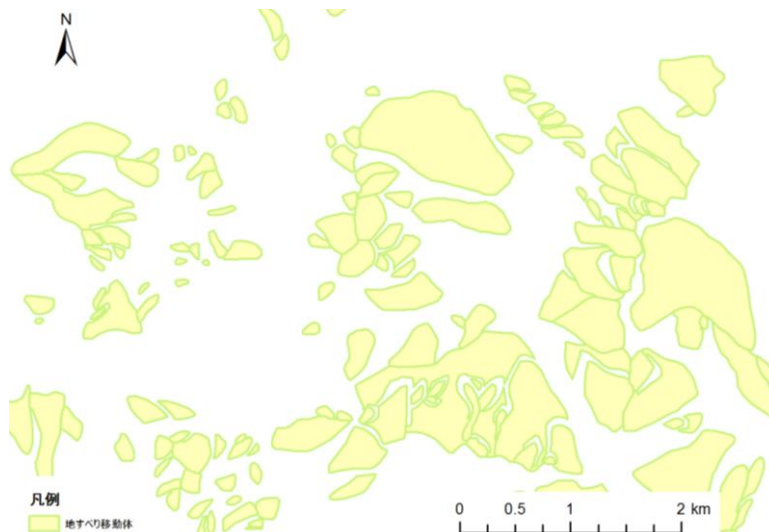


図 2.3.3 地すべり移動体ポリゴンの例

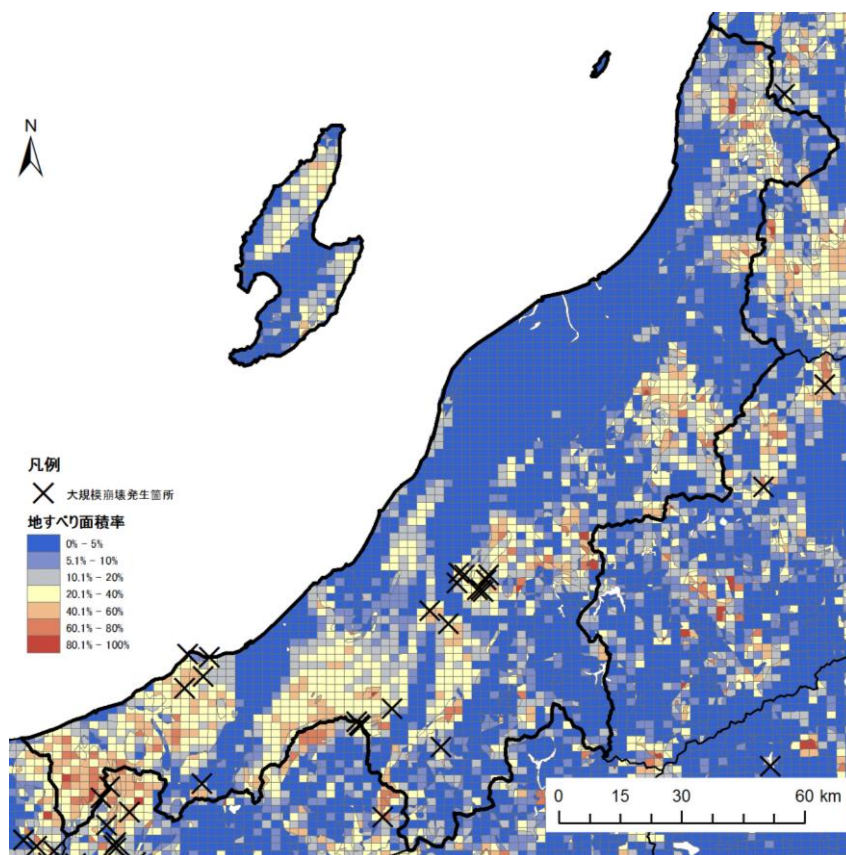


図 2.3.4 基本単位ポリゴンごとの地すべり面積率分布図

地すべり地形内外における大規模崩壊の発生状況を図 2.3.5 に示す。地すべり地形内で発生した大規模崩壊は、地すべり地形外で発生したものより多い。地質タイプ別では、堆積系Ⅰ、火山系が地すべり地形内で比較的多く発生し、深成系は地すべり地形外で比較的多く発生している。堆積系Ⅱは、地すべり地形内外で同程度発生している。

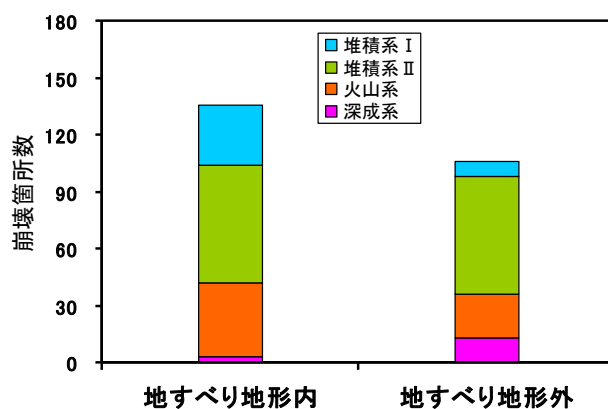


図 2.3.5 地すべり地形内外における大規模崩壊の発生状況

2.3.3. 活断層からの距離

定義：基本単位ポリゴンの中心点における最も近い活断層までの距離

出典：活断層データベース（産業技術総合研究所, 2009）

活断層の位置データとして、活断層データベースより取得した「震源断層」ラインデータを使用した（図 2.3.6）。ラインデータをもとに、0km~30km まで 5km ごとに区分し、活断層からの距離とした（図 2.3.7）。

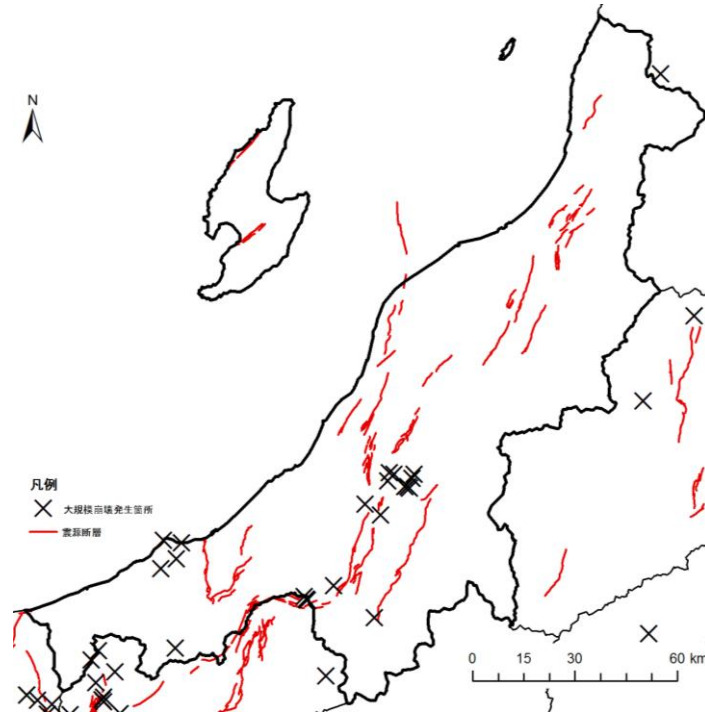


図 2.3.6 震源断層分布図

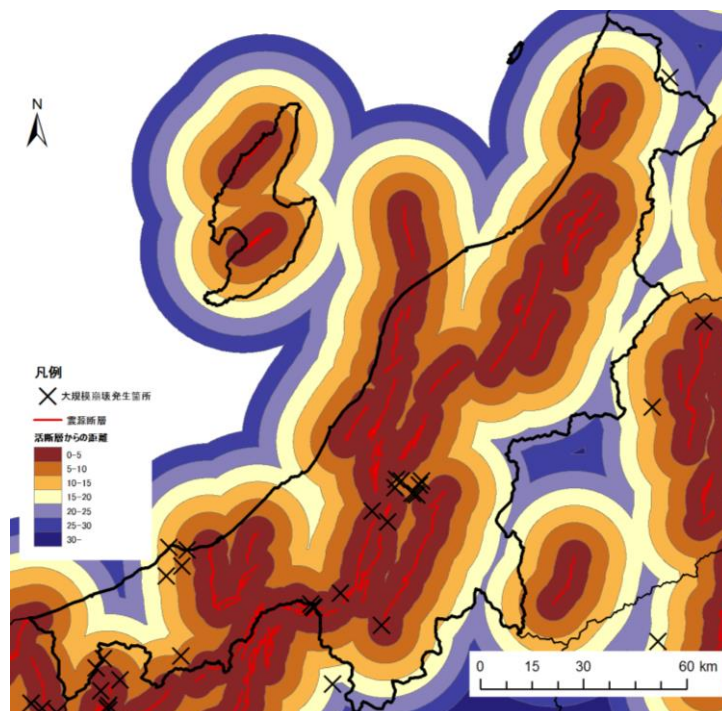


図 2.3.7 活断層からの距離分布図

活断層からの距離と崩壊発生数の関係を地質タイプ別に整理した（図 2.3.8）。

堆積系Ⅱ以外は、活断層から近いほど崩壊発生数が多い傾向がみられる。この特徴は特に活断層から 10 km 以内で顕著であった。このことから、堆積系Ⅱ以外では、活断層からの距離を崩壊発生の評価項目として用いた。

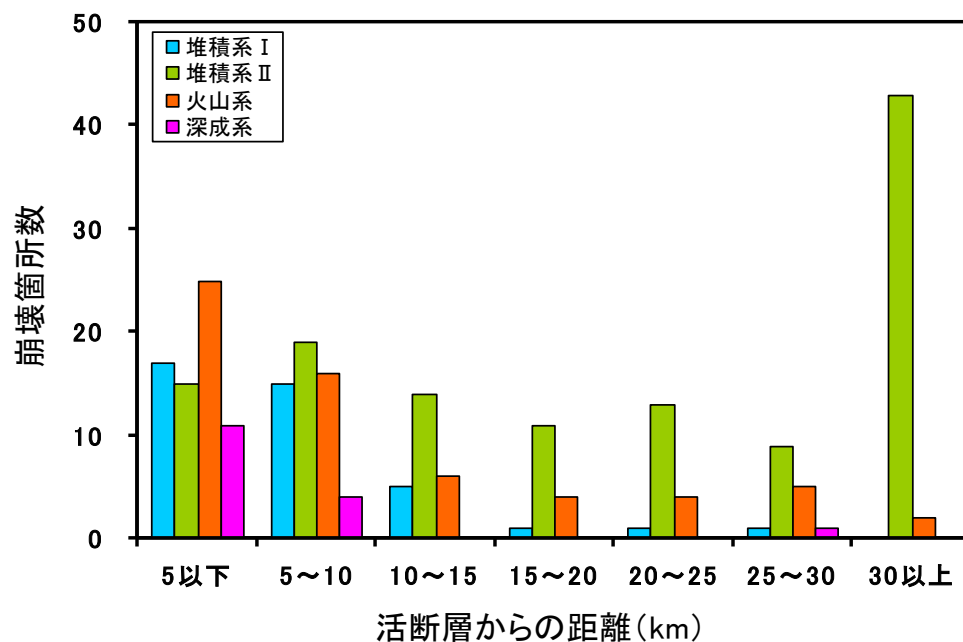


図 2.3.8 活断層からの距離と大規模崩壊

2.3.4. 第四紀隆起量

定義：基本単位ポリゴンの中心点における第四紀隆起量の値

出典：第四紀集成隆起沈降量図（第四紀地殻変動研究グループ, 1968）

第四紀集成隆起沈降量図(図 2.3.9)を基に作成した第四紀隆起量ポリゴンデータを使用し、基本単位ポリゴンごとの第四紀隆起量を算出した。

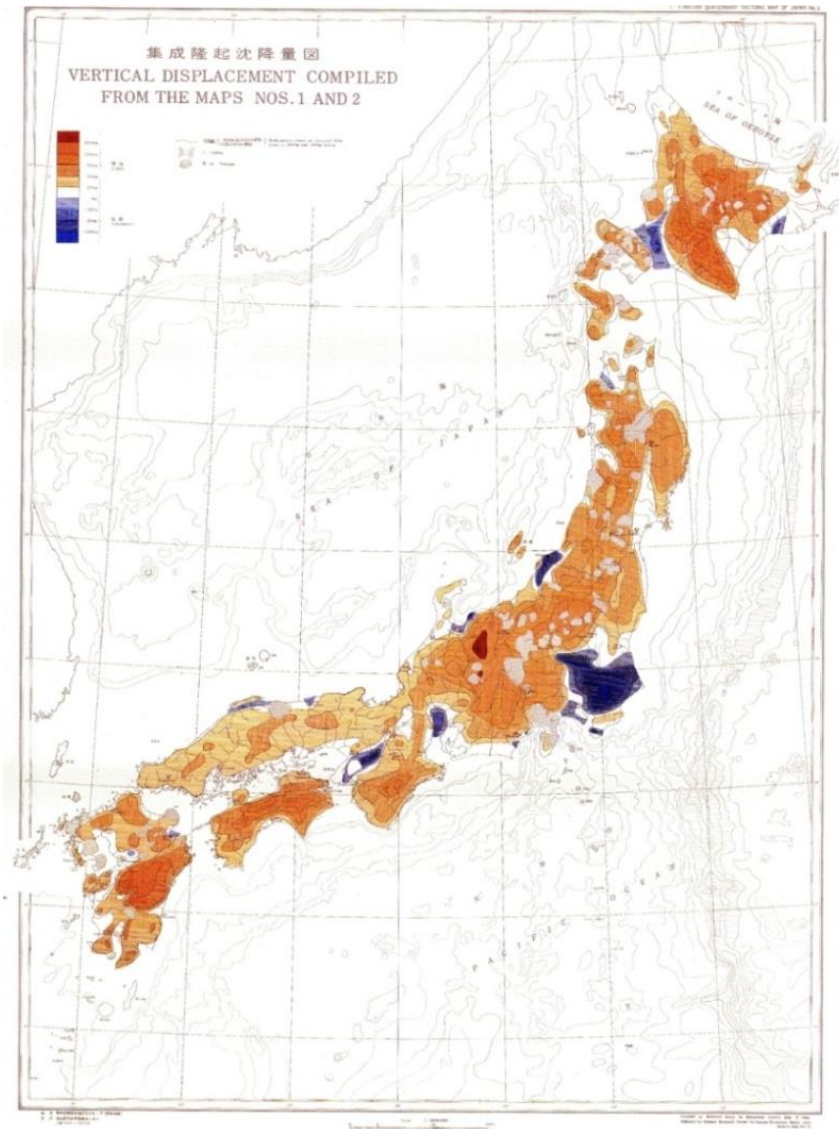


図 2.3.9 第四紀集成隆起沈降量図（出典：第四紀地殻変動研究グループ, 1968）

図 2.3.10 に第四紀隆起量と大規模崩壊の発生頻度を示した。大まかにみて隆起量が 500m 以上では、隆起量の増加に伴い崩壊発生密度が増加する傾向がみられる。

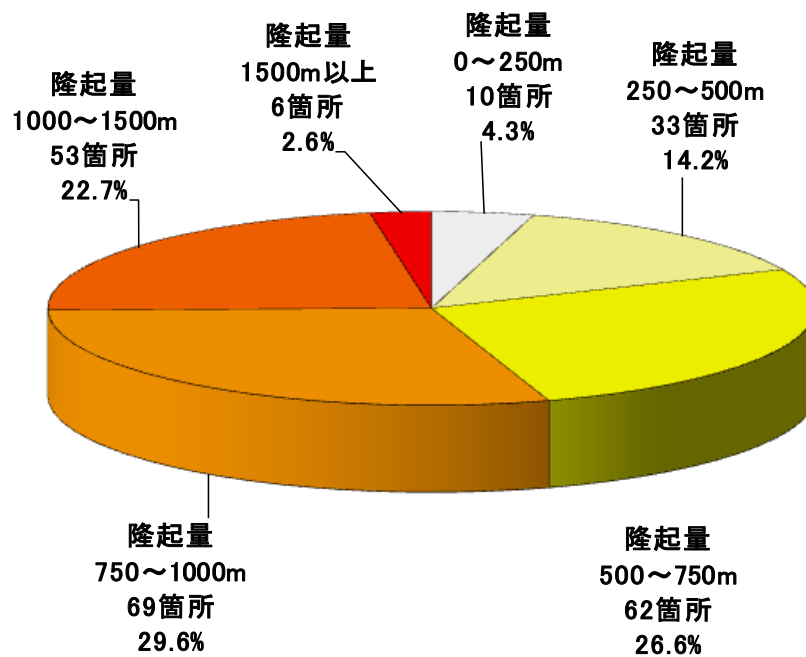


図 2.3.10 第四紀隆起量と大規模崩壊の発生状況

2.4 評価項目ごとの階級区分設定と影響度算出

大規模崩壊リスク評価全国マップでは、ここまでで算出した「傾斜角」「地すべり面積率」「活断層からの距離」「第四紀隆起量」の4つの評価項目を使用した。各評価項目について、地質タイプごとに階級を設定のうえ、階級ごとに影響度（Frequency Ratio：*Fr*）を設定し、影響度テーブルを作成した（表 2.4.1）。影響度の具体的な設定方法は 5. のべる。

影響度テーブルを基にして、2.2 で作成した基本単位ポリゴンごとに、各項目の値から影響度を算出した。さらに、基本単位ポリゴンごとにすべての評価項目の影響度を合計した値が総影響度（Landslide Hazard Index：*LHI*）である。総影響度を色分け表示した主題図が図 1.5.2 に示した大規模崩壊リスク評価全国マップとなる。

表 2.4.1 全国危険度マップ 影響度テーブル

項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
傾斜角 (°)	0 ~ 20	0.02	0.00	0.05	0.00	0.07
	20.1 ~ 25	0.13	0.03	0.15	0.02	0.33
	25.1 ~ 30	0.23	0.04	0.25	0.00	0.51
	30.1 ~ 35	0.44	0.21	0.30	0.02	0.98
	35.1 ~	0.13	1.28	0.38	0.18	1.97
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
地すべり 面積率 (%)	0~5	0.03	0.30	0.13	0.40	0.54
	5.1~10	0.00	0.62	0.19		0.90
	5.1~15	0.23	0.91	0.37		1.65
	15.1~30	0.47	0.73	0.47		1.72
	30.1~	0.71	0.29	0.61		1.79
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
活断層 からの 距離 (km)	0 ~ 5	0.21	0.21	0.66	0.11	1.25
	5.1 ~ 10	0.46		0.80	0.06	1.68
	10.1 ~ 15	0.06		0.34	0.00	0.76
	15.1 ~ 20	0.00		0.14	0.01	0.39
	20.1 ~	0.02		0.21	0.00	0.62
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
第四紀 隆起量 (m)	-1000~250	0.02	0.00	0.33	0.00	0.36
	250~500	0.10	0.09	0.10	0.00	0.29
	500~750	0.20	0.35	0.16	0.00	0.73
	750~1000	0.44	1.02	1.80	0.01	3.29
	1000~	0.36	1.64	1.38	0.59	3.97

3. 必要なデータと入手方法

3.1 収集データ

大規模崩壊リスク評価都道府県域マップの作成のために収集するデータは表 3.1.1 のとおりである。使用するデータには、国土数値情報などのオープンデータを活用する。

このうち、「整備」欄が○の項目については大規模崩壊リスク評価全国マップの作成にあたり全国分を収集済みである。「整備」欄が△の項目については、大規模崩壊リスク評価都道府県域マップ作成時に個別に収集する必要がある。

なお、崩壊履歴資料は全国を対象に収集済みではあるが、新たに発生した崩壊など詳しいデータを必要に応じて追加することにより、精度の向上を図ることができる。

各資料について次項から述べる。

表 3.1.1 リスク評価マップ作成で収集するデータ一覧

データ	出典	算出項目	整備
崩壊履歴資料	土木研究所資料4115号 深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案）（土木研究所，2008）、 土木研究所資料4169号 歴史的大規模崩壊の実態（土木研究所，2010）、 天然ダムと災害（田畑ほか，2002）、ほか	崩壊履歴	○ 必要に応じ追加可
2kmメッシュポリゴン	国土数値情報（国土交通省）	基本単位ポリゴン	○
シームレス地質図	シームレス地質図（産業技術総合研究所，2007）	基本単位ポリゴン、 地質タイプ、地質構造	△
10mメッシュDEM	基盤地図情報（国土地理院）	傾斜角、起伏量、地質構造	△
地すべり地形分布図	地すべり地形分布図（防災科学技術研究所）	地すべり面積率	○
活断層分布図	活断層データベース（産業技術総合研究所，2009）	活断層からの距離	○
地殻変動量	第四紀集成隆起沈降量図（第四紀地殻変動研究グループ，1968）	第四紀隆起量	○
地質構造	20万分の1土地分類基本調査 表層地質図（国土交通省）、 5万分の1都道府県土地分類基本調査 表層地質図（国土交通省）、 20万分の1土地地質図（各地方土地地質図編纂委員会）、 7万5千分の1・5万分の1地質図幅（産業技術総合研究所）	地質構造	△

3.2 崩壊履歴資料

大規模崩壊リスク評価全国マップでは、学会誌、研究資料、報告書（ホームページを含む）等の既存文献（表 2.1.1）より、我が国で発生した主な大規模崩壊 242 事例（林野庁,2014）を整理している。

本マニュアルでは、大規模崩壊履歴をもとに危険度評価を行うため、大規模崩壊履歴の数が評価対象範囲内にある程度存在しないと、精度の良い評価を行うことができない。

そのため可能であれば、大規模崩壊リスク評価全国マップで整理した崩壊履歴に加え、大規模崩壊リスク評価都道府県域マップの作成範囲について大規模崩壊履歴を追加することが望まれる。大規模崩壊履歴の追加手法には大きく、次の2つが考えられる。

① 既存文献による方法

表 2.1.1 に示した以外の文献により、災害履歴を追加する。

例えば、森林管理局における災害報告や、各都道府県でとりまとめられている災害史などがある。

その際、図 1.3.1 に示す「大規模崩壊」に該当するかを、吟味する必要がある。

② 地形判読による方法

空中写真や地形図、地形データにより、大規模崩壊履歴と推定される地形を抽出する。この場合、災害の発生が資料から確認できないため、より慎重に大規模崩壊履歴に該当するかを判定する必要がある。

十分な数の大規模崩壊履歴がない場合は、地質タイプごとに大規模崩壊履歴が出現するまで、隣接する都道府県まで範囲を広げ、解析を行う。

3.3 大規模崩壊リスク評価全国マップで収集済みのマップデータ

表 3.1.1 で「整備」欄が○の項目については、大規模崩壊リスク評価全国マップの作成にあたり全国のデータを収集済みである。これらは、基本単位ポリゴン（2.2 参照）に属性として付与されているので、これを利用する。

大規模崩壊リスク評価全国マップにおける基本単位ポリゴンの属性情報は以下のとおり（2.3 参照）。

- | | | |
|---|-------------|--|
| ① | メッシュコード | : 数字 8 桁のコード |
| ② | 地質タイプ区分 | : 堆積系Ⅰ、堆積系Ⅱ、火山系、深成系 |
| ③ | 都道府県名、行政コード | |
| ④ | ポリゴン面積 | : 基本単位ポリゴンの面積（㎡） |
| ⑤ | 崩壊履歴の有無 | : 崩壊履歴（全国の 242 件） あり＝1、なし＝0 |
| ⑥ | 傾斜角 | : カテゴリの最頻値 ※大規模崩壊リスク評価都道府県域
マップでは再度算出 |
| ⑦ | 地すべり面積率 | : 基本単位ポリゴンに占める移動体の面積率 |
| ⑧ | 活断層からの距離 | : 活断層から 30km まで 5km 単位で算出 |
| ⑨ | 第四紀隆起量 | : ポリゴン重心位置の第四紀隆起量 |

3.4 個別に準備が必要なマップデータ

大規模崩壊リスク評価全国マップでは、データ収集や解析に要する作業量を考慮して、評価項目のうち、傾斜角については基本単位ポリゴンごとに要約した値（最頻値）を使用し、起伏量・地質構造については用いなかった。大規模崩壊リスク評価都道府県域マップを作成する場合は、これらを加えることでより高い精度の評価結果が得られる。なお、評価の対象地域は崩壊履歴がある程度数存在する範囲で設定する必要がある。

このため、大規模崩壊リスク評価都道府県域マップでは、表 3.1.1 の「整備」欄が△となっているデータについては、地域ごとに個別に入手する必要がある。ここでは入手方法などについて述べる。

表 3.1.1 リスク評価マップ作成で収集するデータ一覧（再掲）

データ	出典	算出項目	整備
崩壊履歴資料	土木研究所資料4115号 深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案）（土木研究所，2008）、 土木研究所資料4169号 歴史的な大規模崩壊の実態（土木研究所，2010）、 天然ダムと災害（田畑ほか，2002）、ほか	崩壊履歴	○ 必要に応じ追加可
2kmメッシュポリゴン	国土数値情報（国土交通省）	基本単位ポリゴン	○
シームレス地質図	シームレス地質図（産業技術総合研究所，2007）	基本単位ポリゴン、 地質タイプ、地質構造	△
10mメッシュDEM	基盤地図情報（国土地理院）	傾斜角、起伏量、地質構造	△
地すべり地形分布図	地すべり地形分布図（防災科学技術研究所）	地すべり面積率	○
活断層分布図	活断層データベース（産業技術総合研究所，2009）	活断層からの距離	○
地殻変動量	第四紀集成隆起沈降量図（第四紀地殻変動研究グループ，1968）	第四紀隆起量	○
地質構造	20万分の1土地分類基本調査 表層地質図（国土交通省）、 5万分の1都道府県土地分類基本調査 表層地質図（国土交通省）、 20万分の1土地地質図（各地方土地地質図編集委員会）、 7万5千分の1・5万分の1地質図幅（産業技術総合研究所）	地質構造	△

3.4.1. シームレス地質図

シームレス地質図は、産業技術総合研究所の『20 万分の 1 日本シームレス地質図』のサイト（図 3.4.1）からダウンロードする。ホームページ（<https://gbank.gsj.jp/seamless/>）の「ダウンロード」リンクから、1 次メッシュの必要図郭ごとにダウンロードできる。ファイルフォーマットは複数から選択可能であるが、詳細版のベクターデータを選択する。

ダウンロードしたデータから、断層のラインデータ (shape ファイルであれば、「Legend_J」フィールドが「実在断層」「推定断層」「伏在断層」であるレコード) を抽出して使用する。



図 3.4.1 20 万分の 1 日本シームレス地質図 ホームページ（平成 26 年 3 月時点）

3.4.2. 10m-DEM

10m-DEM は、国土地理院の『基盤地図情報サイト』（図 3.4.2）からダウンロードする。ダウンロードには、あらかじめ国土地理院のシングルサインオン・システムへのユーザ登録が必要となる。

ホームページ（<http://www.gsi.go.jp/kiban/>）の「基盤地図情報のダウンロード」バナーから上記登録ユーザとしてログインし、「基盤地図情報 数値方向モデル」から 10m-DEM を 1 次メッシュの必要図郭ごとにダウンロードできる。ファイルフォーマットは JPGIS 形式であるため、任意のラスタ形式に変換して使用する。



図 3.4.2 基盤地図情報サイト ホームページ（平成 26 年 3 月時点）

3.4.3. 走向・傾斜の記載された地質図

地質構造の推定には、走向・傾斜の記載された地質図を収集し使用する。

ここで、地質図は対象とする都道府県により整備状況が異なる問題がある。例えば、産業技術総合研究所の5万分の1地質図幅だけでは全国をカバーしていない(図 3.4.3)一方で、全国が概ねカバーされ比較的精度も揃っている20万分の1土地分類基本調査の表層地質図では、図葉によって走向・傾斜の記載自体がない場合がある。また、既往の地質図についてはいずれも紙または画像ベースであるため、デジタイズが必要となるが、基本的に大縮尺の図ほど入力対象となる走向・傾斜等の分布密度が高く、図郭数も多いため、多くの労力がかかる。

これらのことから、地質図は表 3.1.1 に示した収集資料のうち、下記に示す優先順位で使い、上位の地質図が使用できない場合に下位の地質図の使用を検討する。

- 1) 20 万分の 1 土地分類基本調査 表層地質図 (国土交通省)
- 2) 20 万分の 1 土木地質図 (各地方土木地質図編纂委員会)
- 3) 7 万 5 千分の 1 地質図幅 (産業技術総合研究所)
- 4) 5 万分の 1 地質図幅 (産業技術総合研究所)
- 5) 5 万分の 1 都道府県土地分類基本調査 表層地質図 (国土交通省)

それぞれの地質図の入手先を次に述べる。

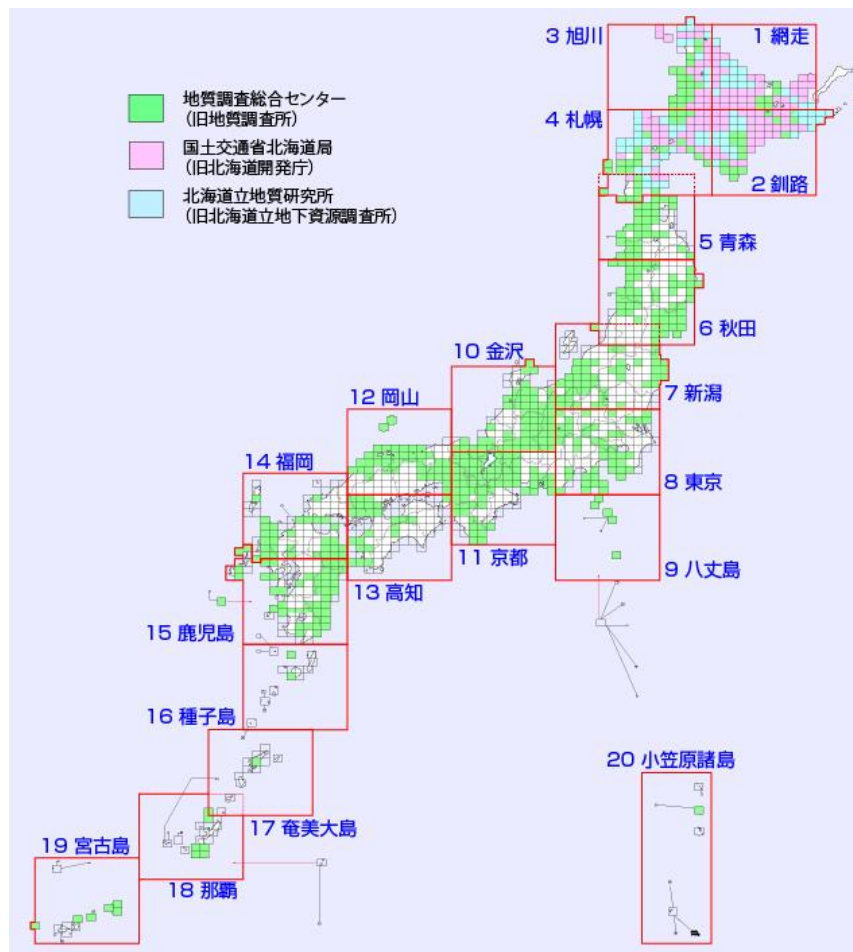


図 3.4.3 地質図の整備状況 (例：産業技術総合研究所 5 万分の 1 地質図幅)

- (1) 20 万分の 1 土地分類基本調査・5 万分の 1 都道府県土地分類基本調査 表層地質図
各県の紙ベースの土地分類図を入手または国土交通省国土政策局国土情報課サイト
(<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html>) より画像データをダウンロードする。なお、復刻版が（財）日本地図センターより購入可能である。

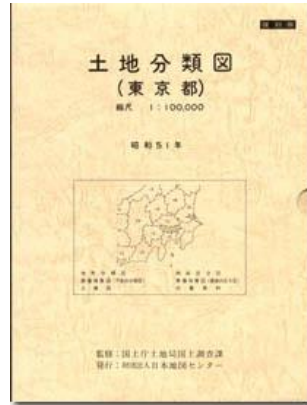


図 3.4.4 紙ベース土地分類図の例



図 3.4.5 国土交通省国土政策局国土情報課サイト

ホームページ（平成 26 年 3 月時点）

(2) 20 万分の 1 土木地質図

各地方の紙ベースの土木地質図を入手する。（発行：国土開発技術研究センター
(<http://jice.or.jp/tosho/index.html>)



図 3.4.6 紙ベース土木地質図の例

(3) 7 万 5 千分の 1・5 万分の 1 地質図幅

産業技術総合研究所から発行されている紙ベースの地質図幅を入手または 20 万分の 1 数値地質図幅集を入手し、収録されている画像データを使用する。

地質図幅の整備状況は、産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質図カタログサイト (<https://www.gsj.jp/Map/index.html>) から確認できる。

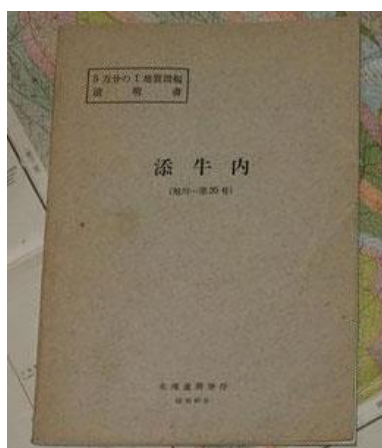


図 3.4.7 (左) 紙ベース地質図幅の例



(右) 20 万分の 1 数値地質図幅集の例

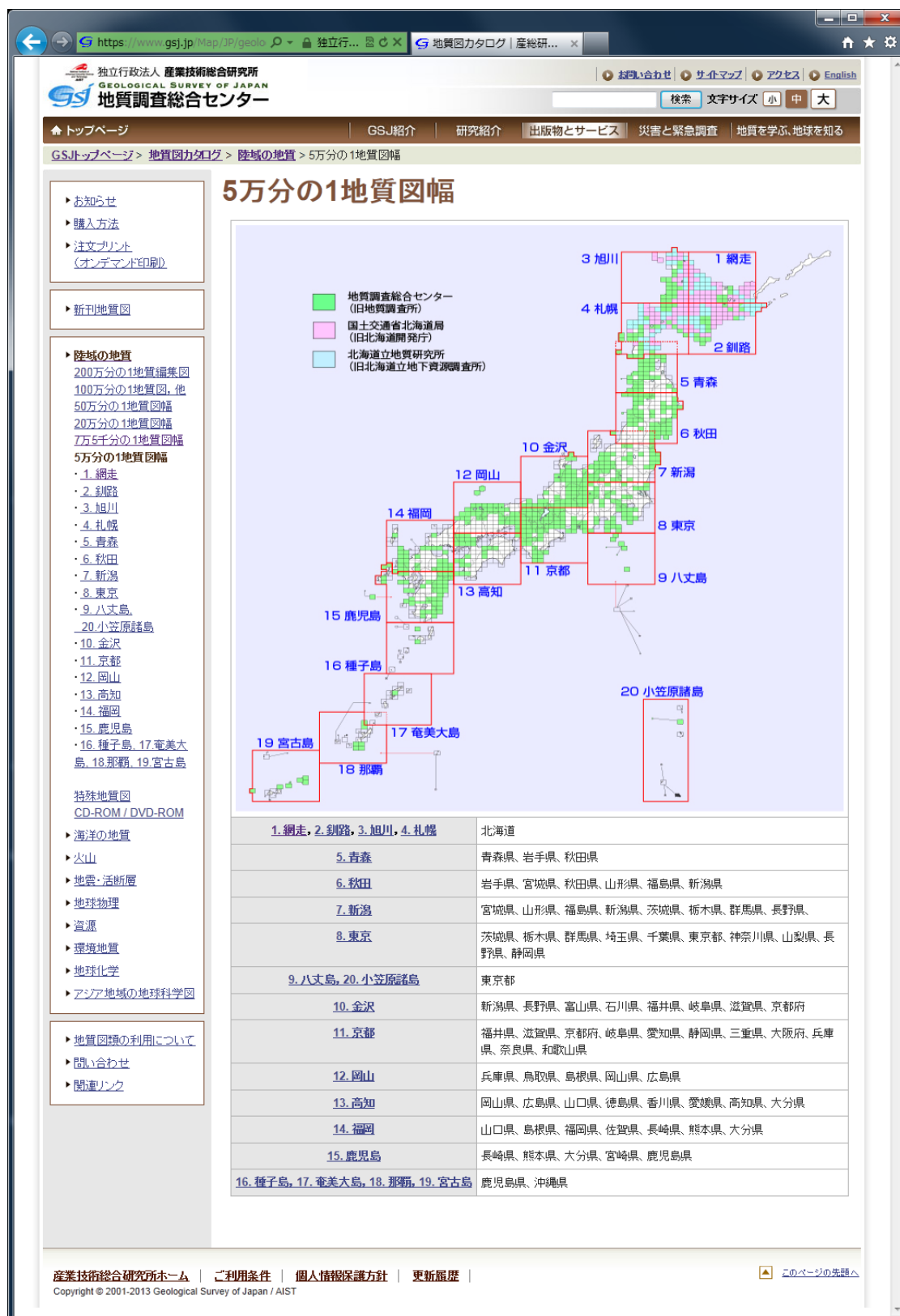


図 3.4.8 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質図カタログサイト
(平成 26 年 3 月時点)

4. 解析作業

4.1 評価項目基図の計算

3.4 で地域ごとに収集したデータをもとに、傾斜角・起伏量・地質構造を算出する。その具体的な方法を以下に示す。

なお、各項目の計算は、既成の GIS ソフトウェア（たとえば ESRI 社 ArcGIS）を使用することで実施することができる。ただしソフトウェアにより算出のアルゴリズムが異なることがあるため、大きな違いがないことを確認した上で使用する。

4.1.1. 傾斜角

10mDEM（数値地図 10m メッシュ標高）をもとに傾斜角（°）を算出する。

傾斜角の算出方法は Burrough and McDonell(1998)³を参考とした。この方法は、対象セルと 8 つの近隣セルの標高値を使用し、X 方向の変化率と Y 方向の変化率により傾斜角を決定するアルゴリズムである。算出方法の概略を図 4.1.1 に示す。

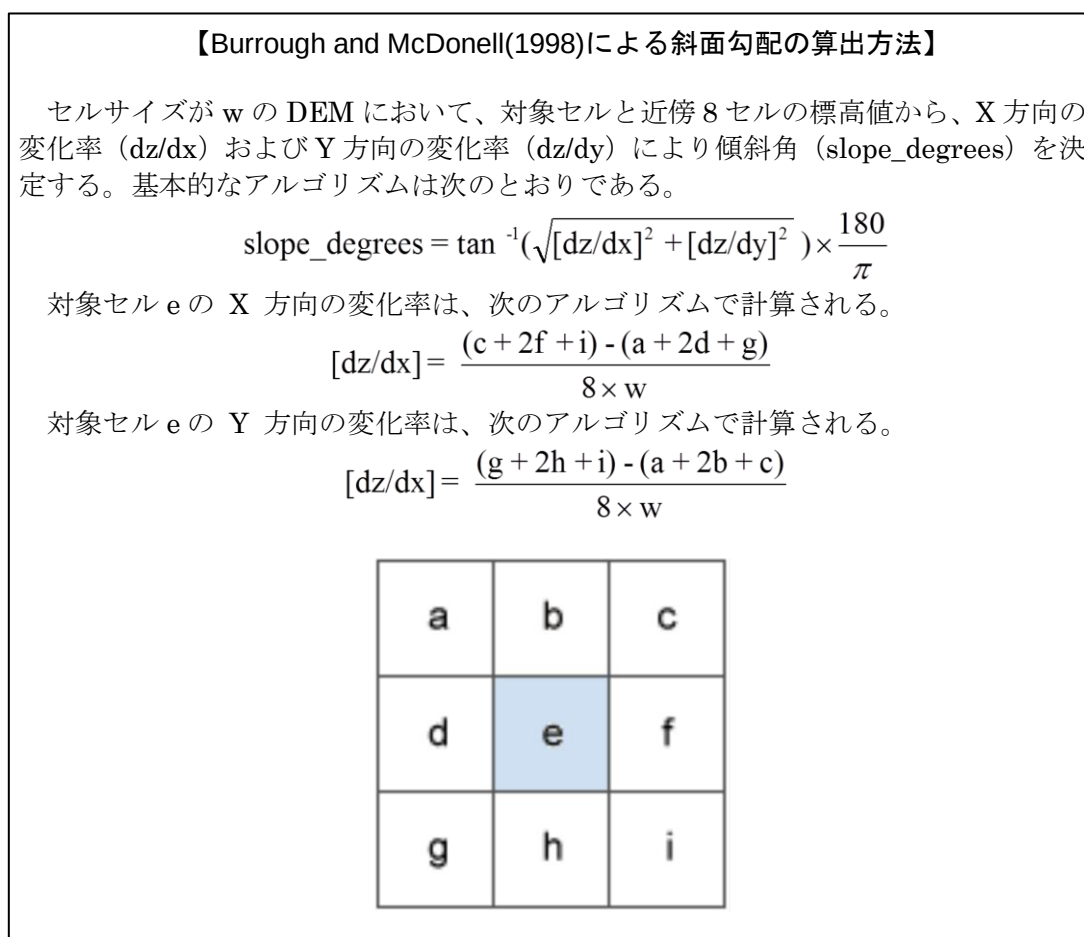


図 4.1.1 傾斜角算出方法

³⁾ Burrough, P. A., and McDonell, R. A.,(1998) : Principles of Geographical Information Systems (Oxford University Press, New York), 190p.

傾斜角の分布図を例として図 4.1.2 に示す。

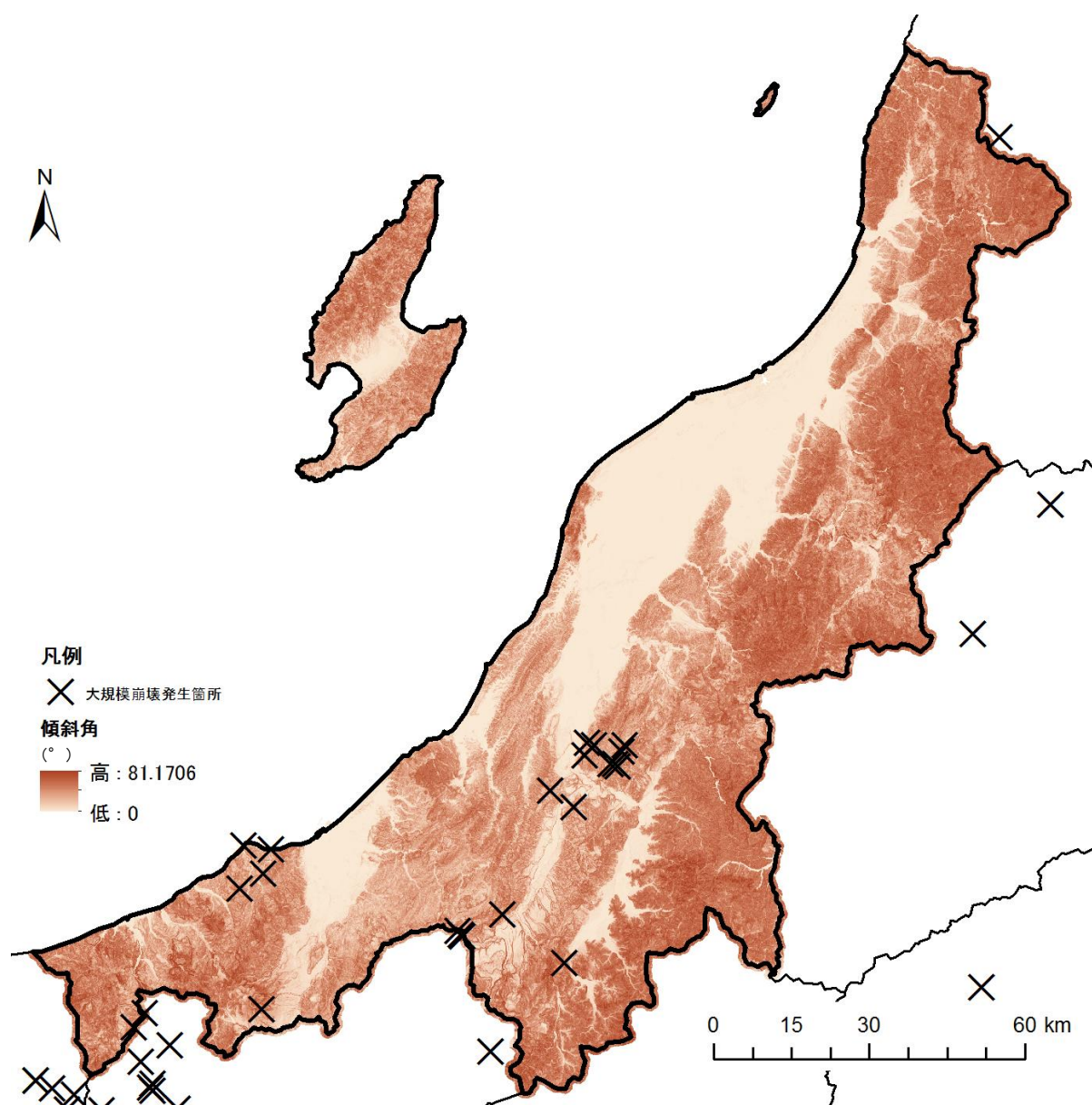


図 4.1.2 傾斜角分布図の例

4.1.2. 起伏量

崩壊は最大のものでも一連の斜面内に限定されている。すなわち、"斜面の大きさ"が崩壊の大きさの上限を規制している（羽田野,1968）⁴とされる。そこで、斜面の大きさの指標として起伏量（比高）を評価項目として使用する。

(1) 起伏量の算出方法

起伏量は 10m-DEM を用いて算出する。算出フローを図 4.1.3 に示す。なお、傾斜角が 20°未満のセルは起伏量の算出対象から除く。

具体的な算出手順は以下のとおりである。

- ① DEM 上に存在する孤立した窪地を除去するため、平滑化処理を行う
- ② ①の結果から斜面方位を 8 方位で算出する
- ③ ②の結果で、同一の斜面方位のセルが連続する場合、一連のブロックを斜面単位として統合する
- ④ ③で得られた斜面単位内で、標高の最大値と最小値の差を算出する
- ⑤ ④の値をその斜面単位の起伏量とする

起伏量の分布図を例として図 4.1.4 に示す。

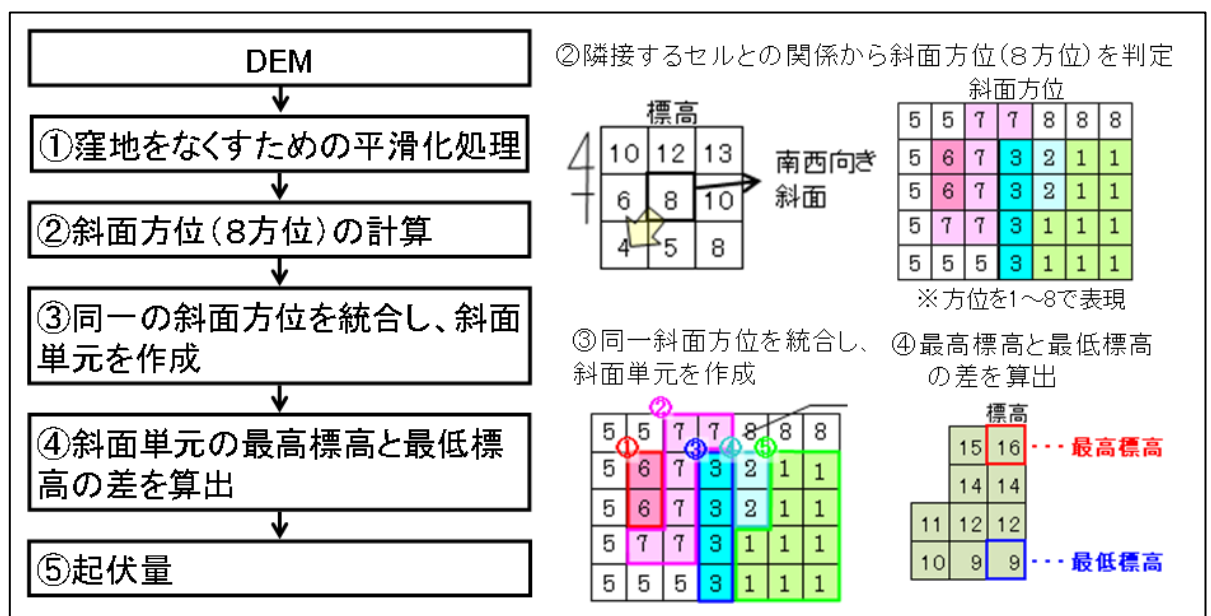


図 4.1.3 起伏量の算出フロー

⁴ 羽田野（1968）：地すべり性大規模崩壊と地形条件—和歌山県有田川上流の事例—,第5回災害科学総合シンポジウム論文集, pp.209-210.

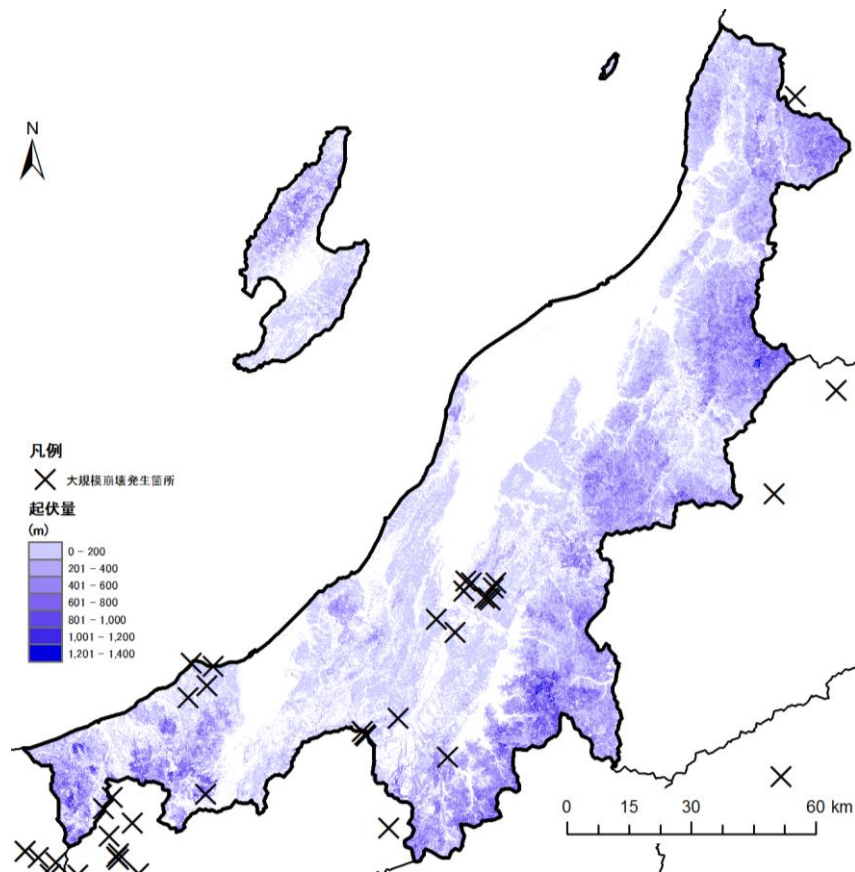


図 4.1.4 起伏量図の例

(2) 斜面单元ポリゴン・斜面单元ポイントの利用

起伏量の算出過程で得られた斜面单元は一連の斜面とみなせることから、評価項目の集計単位として利用する。ラスタデータとして得られた斜面单元分布をポリゴンに変換し「斜面单元ポリゴン」とした。また、斜面单元ポリゴンの代表位置として重心を算出し「斜面单元ポイント」とした。斜面单元ポリゴン・斜面单元ポイントはいずれも 4.2 以降で扱う。例を図 4.1.5 に示す。

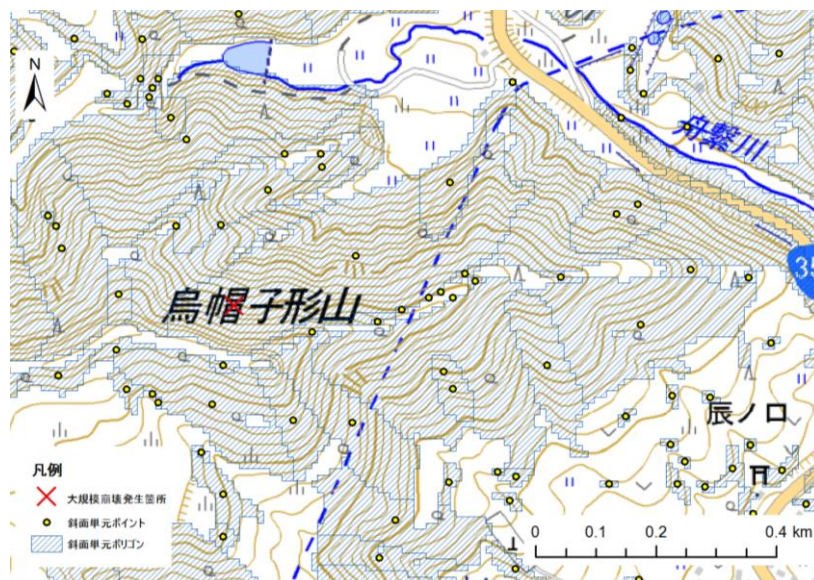


図 4.1.5 斜面单元ポリゴン・斜面单元ポイントの例

4.1.3. 地質構造

堆積系の地質においては、流れ盤斜面が大規模崩壊の素因となっていると考えられる。そこで、流れ盤・受け盤といった地質構造を面的に算出し、評価項目として使用する。

地質構造は既存の地質図、シームレス地質図に含まれるデータのうち断層のポリライン、および 4.1.2 起伏量において算出した斜面单元ポリゴンデータを使用する。地質構造の算出フローを図 4.1.6 に示す⁵⁾。

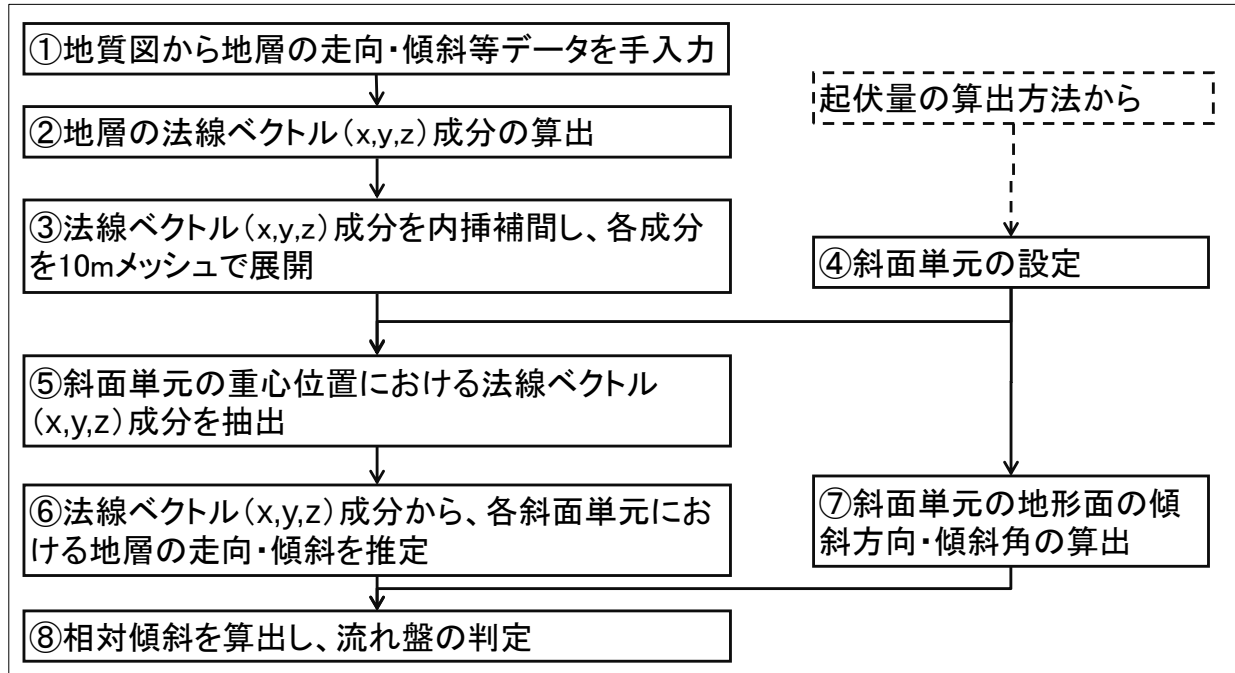


図 4.1.6 地質構造の算出フロー

⁵⁾ 国土技術政策総合研究所, (独) 土木研究所(2006): 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告, 国総研研究報告第 27 号・土木研究所報告第 203 号, pp.12-20

下記に算出方法の詳細を記載する。

- ① 既往の地質図から地層の走向・傾斜、および向斜・背斜をデジタイズする(図 4.1.8)。走向・傾斜はそれぞれの値を属性として持つポイントデータとして入力する。向斜・背斜はポリラインデータとして入力したうえで任意の間隔で分割してポイントデータに変換し、走向はポイント位置での延長方向、傾斜は 90 度として扱う。
- ② デジタイズした走向・傾斜データから、ポイントごとに法線ベクトル (x, y, z) 成分を算出する。法線ベクトル (x, y, z) 成分の算出方法は塩野(2008)⁶を参照した。
 - i) 走向と傾斜の方向をもとに、北から時計回りに計測した傾斜方位 ϕ を算出する。また、傾斜の値を傾斜角 θ とする(図 4.1.7(a))
 - ii) 傾斜方位 ϕ 傾斜角 θ から、数式(1)で法線ベクトル (x, y, z) 成分を算出する(図 4.1.7(b)~(d))

$$\left. \begin{aligned} x &= \cos\phi \cdot \sin\theta \\ y &= -\sin\phi \cdot \sin\theta \\ z &= \cos\theta \end{aligned} \right\} \quad \dots(1)$$

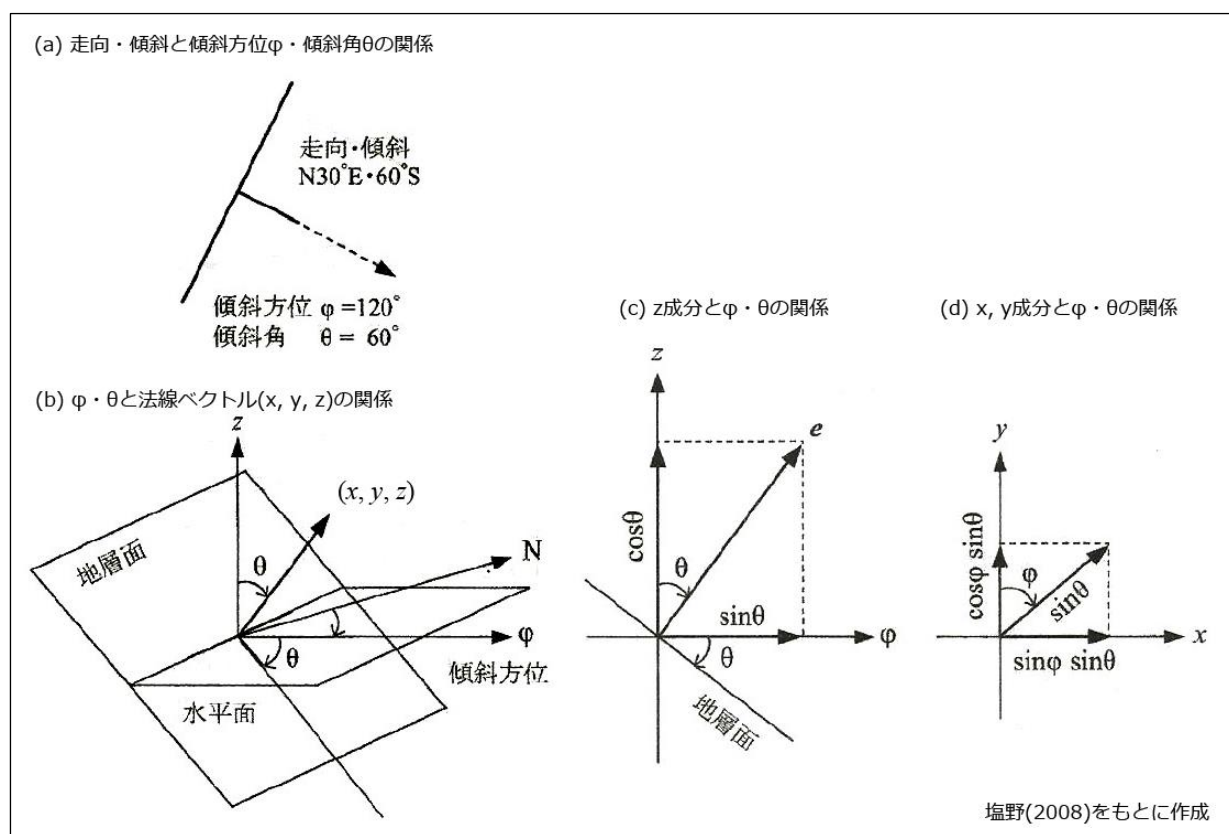


図 4.1.7 走向・傾斜と傾斜方位 ϕ ・傾斜角 θ 、法線ベクトル(x,y,z)成分の関係

⁶ 塩野清治(2008)：地質図学のためのベクトル入門—方向情報の数値解析—，情報地質，第 19，第 1 号，pp.13-46.

- ③ 法線ベクトル (x,y,z) 成分それぞれについて、ポイントデータから IDW 法※により内挿補間を行い、10m 間隔のラスタデータへ展開する。

地質構造は断層によって区切られる範囲内でのみ連続すると考えられるため、シームレス地質図に含まれるデータのうち断層のポリラインを抽出し、内挿補間のバリアラインとして使用する。

ここで、バリアラインによって囲まれた内部に走向傾斜ポイントが存在せず、内挿計算ができない範囲が現れるケースがある。このような場合、地質構造が同様とみなせる範囲を残すように、バリアラインを除去する。

※【IDW 法】

Inverse Distance Weighted（逆距離加重）法。任意の位置の値を、周辺のサンプルの値から推定する内挿方法の一つ。IDW 法ではサンプルの位置からの距離の逆数を重みとした加重平均で値を求める。

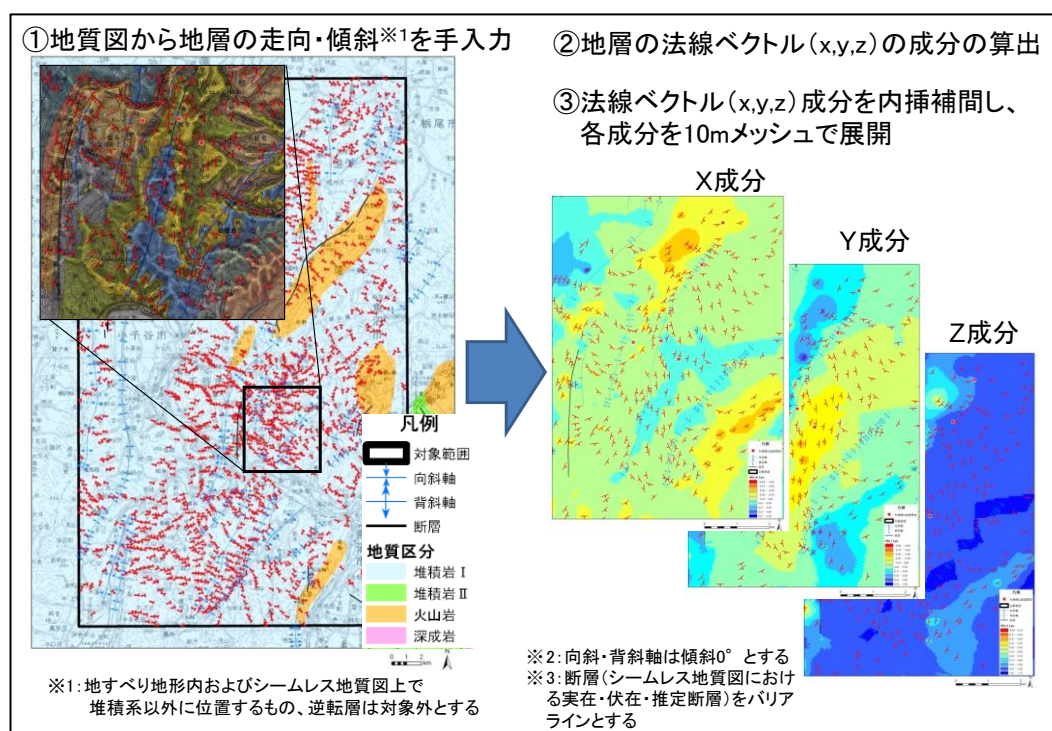


図 4.1.8 地質構造の算出方法 ①～③

- ④ ③で内挿した法線ベクトル (x,y,z) 成分を抽出する斜面单元として、4.1.2(2) で作成した斜面单元ポイントを使用する。
- ⑤ 斜面单元ポイント位置で③で算出した法線ベクトル (x,y,z) 成分の値を抽出する。
- ⑥ 斜面单元ポイント抽出した法線ベクトル (x,y,z) 成分から、地層の走向・傾斜を逆算する。算出方法は前出の塩野(2008)⁴を参照した。
- i) 法線ベクトル (x,y,z) 成分から、数式(2)で傾斜角 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$) を、数式(3)で傾斜方位 ϕ ($0^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$) を算出する。

$$\cos \theta = z \quad \dots(2)$$

$$\left. \begin{aligned} \sin \phi &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \\ \cos \phi &= \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{aligned} \right\} \quad \dots(3)$$

- ii) 傾斜方位 ϕ 、傾斜角 θ から、数式(4)で走向 ξ ($0^\circ \leq \xi \leq 180^\circ$)、傾斜 η ($0^\circ \leq \eta \leq 90^\circ$) を算出する。

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \phi - 90 \\ \eta &= \theta \end{aligned} \right\} \quad \dots(4)$$

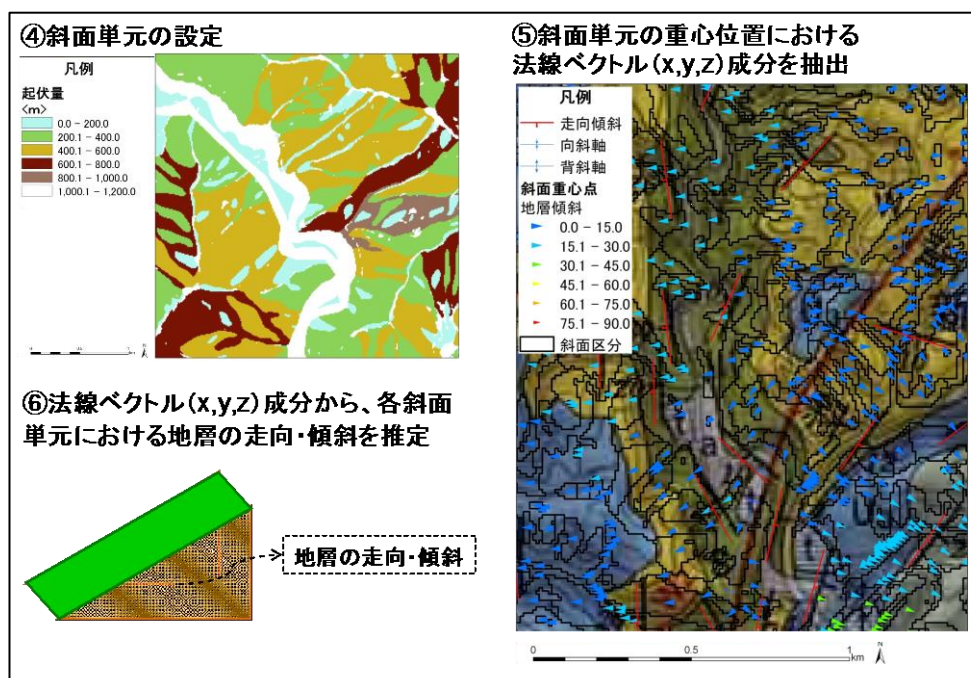


図 4.1.9 地質構造の算出方法 ④～⑥

- ⑦ 4.1.1 で算出した斜面傾斜から、斜面単位ポリゴン内部の勾配平均値を取得する。また、同じ DEM から斜面方位を算出し、同様にポリゴン内部の平均値を取得する。得られた値を、対応する斜面ポイントに付与する。

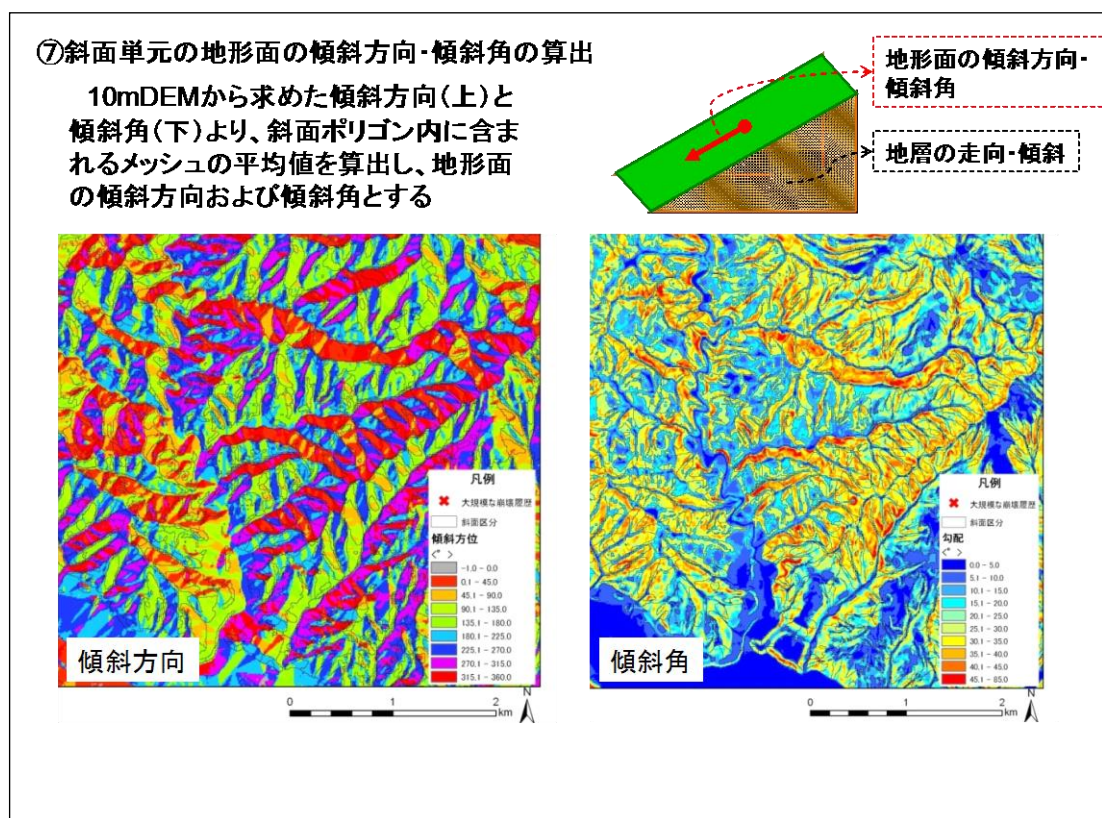


図 4.1.10 地質構造の算出方法 ⑦

⑧ 斜面单元ごとに、⑥で算出した地層の走向 ξ ・傾斜 η 、⑦で算出した地形の傾斜角 s 、傾斜方位 a から、相対傾斜 γ を算出し、流れ盤／受け盤の判定を行う⁷⁾。

i) 地層の走向 ξ と地形の傾斜方位 a の差 α を算出する。

$$\alpha = \xi - a \quad \dots(5)$$

ii) α と地層の傾斜 η から見かけの傾斜角 $\beta(^{\circ})$ を算出する

$$\beta = -\tan^{-1}(\tan \eta \cdot \sin \alpha) \quad \dots(6)$$

iii) 見かけの傾斜角 β から相対傾斜 γ を算出する。

$$\left. \begin{array}{ll} \beta \geq 0 \text{ のとき} & \gamma = \beta \\ \beta < 0 \text{ のとき} & \gamma = 180 + \beta \end{array} \right\} \dots(7)$$

iv) γ の値によって流れ盤・受け盤を判定する。

$$\left. \begin{array}{ll} \gamma = 0^{\circ} \text{ のとき} & \text{水平盤} \\ 0^{\circ} < \gamma < 90^{\circ} \text{ のとき} & \text{流れ盤} \\ \gamma = 90^{\circ} \text{ のとき} & \text{垂直盤} \\ 90^{\circ} < \gamma < 180^{\circ} \text{ のとき} & \text{受け盤} \end{array} \right\} \dots(8)$$

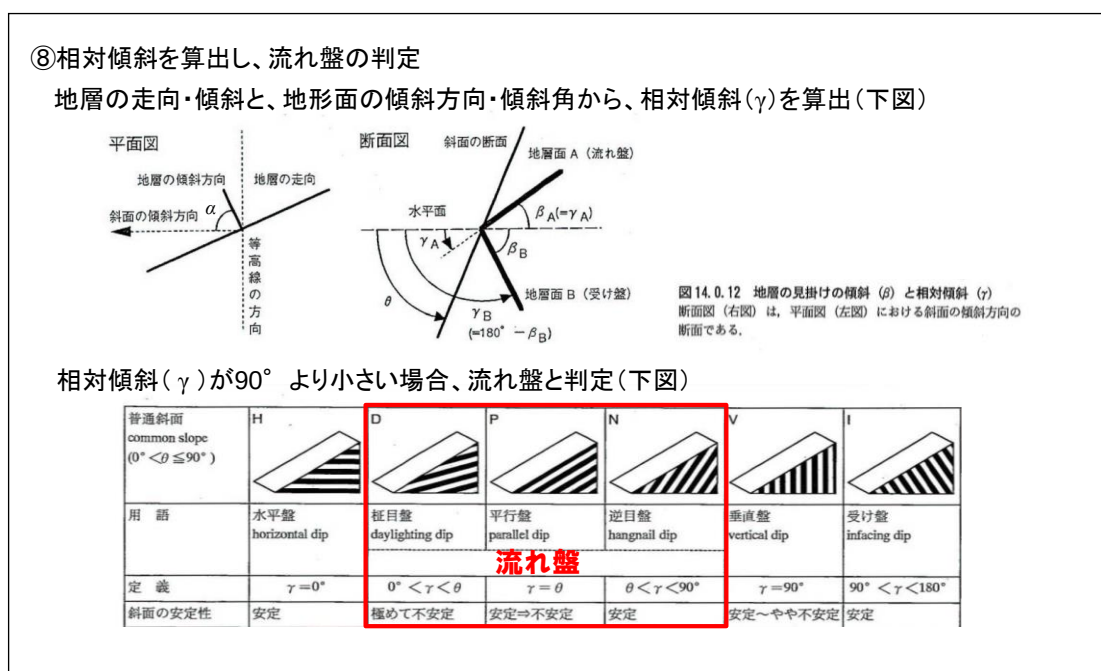


図 4.1.11 地質構造の算出方法 ⑧

⁷⁾ 鈴木隆介(2000)：建設技術者のための地形図読図入門，第3巻 段丘・丘陵・山地，古今書院，942p.

地質構造の分布図を例として図 4.1.12 に示す。

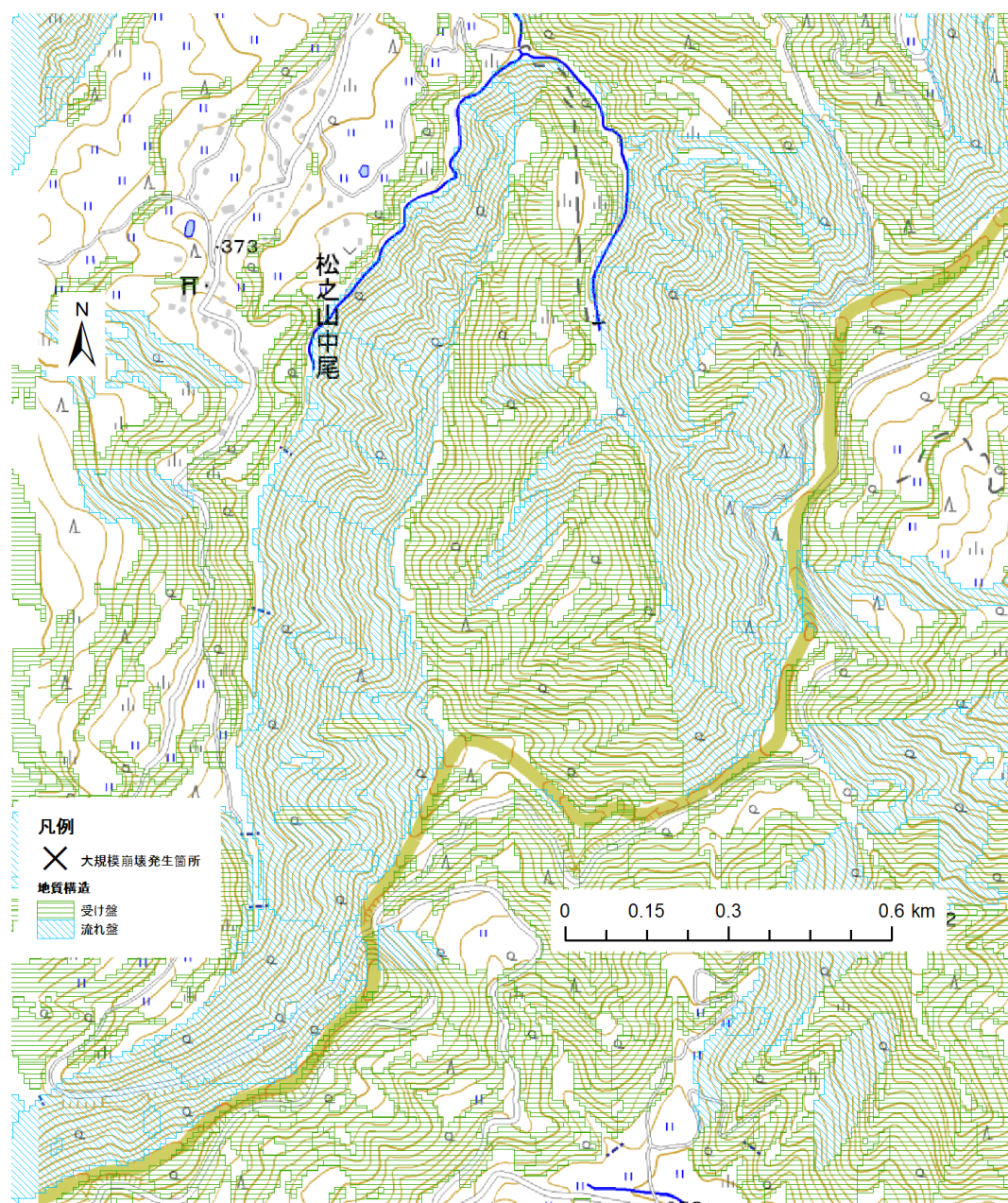


図 4.1.12 地質構造分布図の例

4.2 評価項目の集計

評価項目の集計は、一連の斜面とみなせる単位で実施する。ここでは、4.1.2(2)で算出した斜面単元ポリゴン・斜面単元ポイントを使用する。

4.2.1. 地質ごとの集計項目

既に述べてきたように、地質タイプによって適用可能な評価項目が異なる。6 種類の評価項目

- ① 傾斜角
- ② 地すべり面積率
- ③ 活断層からの距離
- ④ 第四紀隆起量
- ⑤ 起伏量
- ⑥ 地質構造

のうち、地質タイプごとの適用項目は以下のとおりである。

堆積系Ⅰ	: ①、②、③、④、⑤、⑥	計 6 項目
火山系	: ①、②、③、④、⑤	計 5 項目
深成系	: ①、③、④、⑤	計 4 項目
堆積系Ⅱ	: ①、②、④、⑤、⑥	計 5 項目

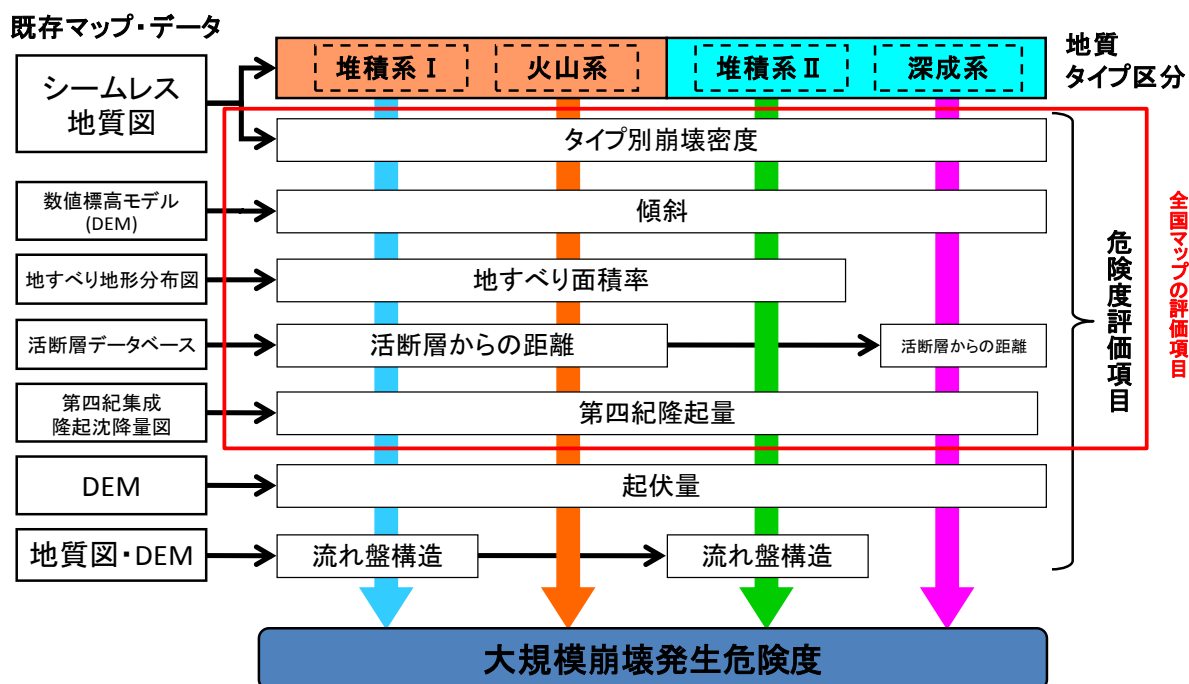


図 1.5.1 評価項目一覧（再掲）

4.2.2. 斜面单元ポリゴンによる集計

(1) 大規模崩壊位置の集計

斜面单元ポリゴンごとに、大規模崩壊発生位置（存在の有無）を集計する。

3.2 で整備した大規模崩壊ポリゴンデータの重心位置を大規模崩壊の代表ポイントとみなし、斜面单元ポリゴンごとに内部に代表ポイントが位置するか否かを判定する（図 4.2.1）。

ここで、斜面单元ポリゴンの作成時に傾斜角が 20° 未満の部分を除いていることから、代表ポイントがどの斜面单元ポリゴンにも属さない場合がある。この場合は、代表ポイントの最近傍の斜面单元ポリゴン、または地形的にみて大規模崩壊を代表するのに適した斜面单元ポリゴンに大規模崩壊発生情報を入力する。このようにして、対象地域内のすべての大規模崩壊がいずれかの斜面单元ポリゴンに属するようにする。

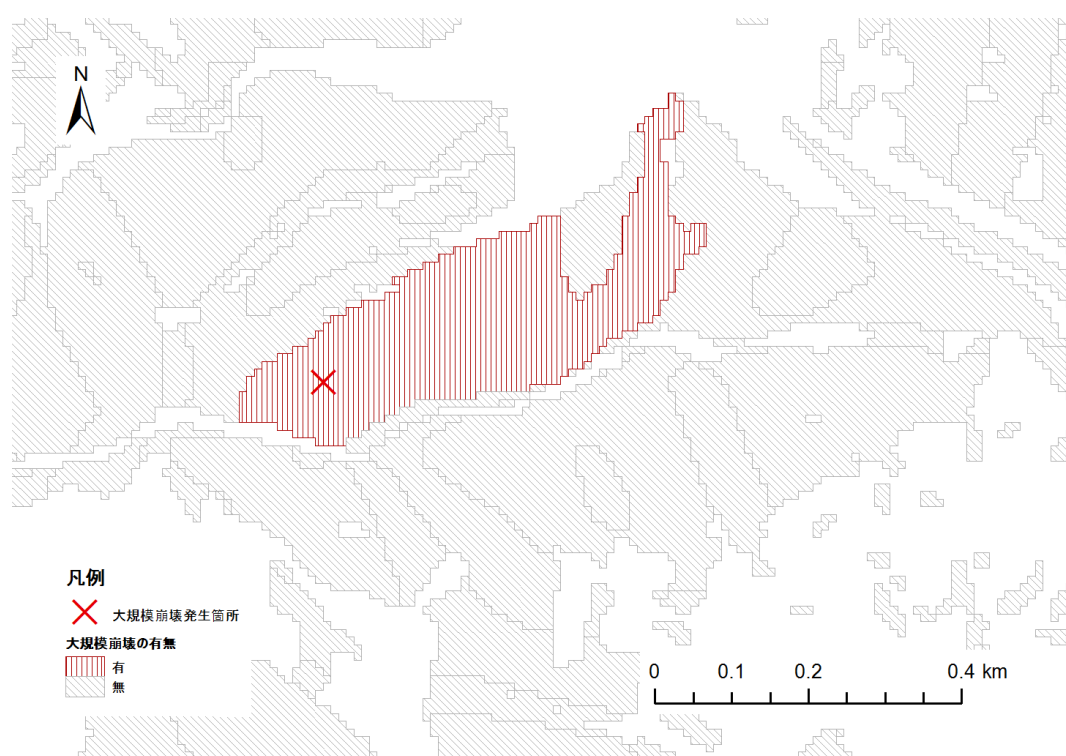


図 4.2.1 斜面单元ポリゴンへの大規模崩壊位置の集計例

(2) 傾斜角の集計

斜面単元ポリゴンごとに、ポリゴン内部における傾斜角の平均値を集計する。
集計結果の例を図 4.2.2 に示す。

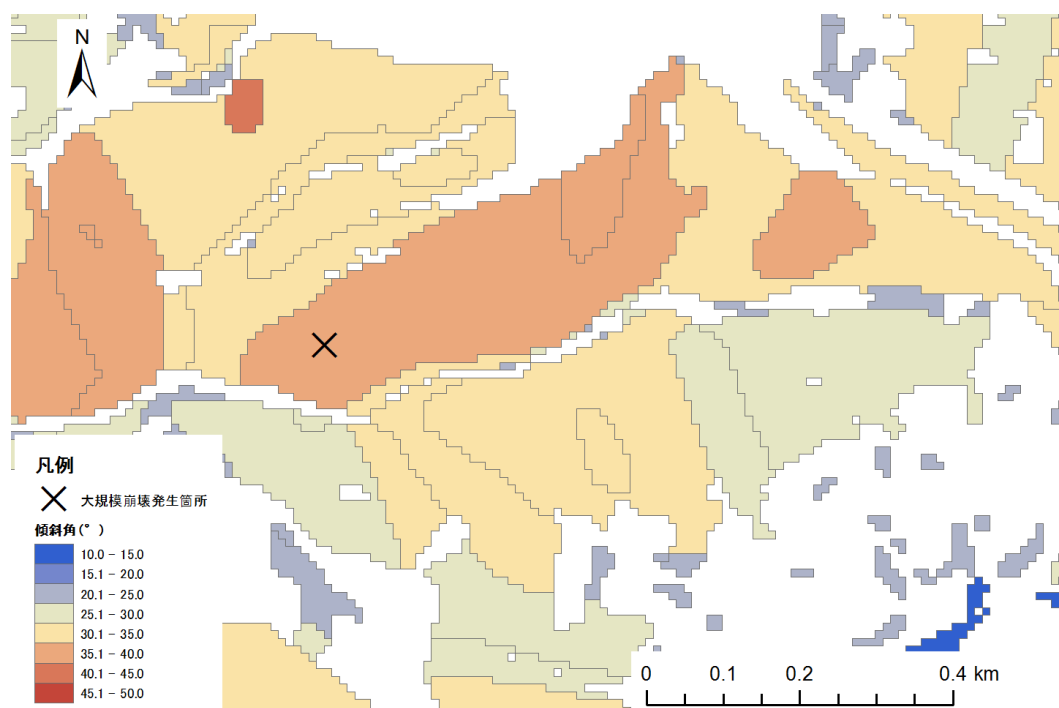


図 4.2.2 斜面単元ポリゴンへの傾斜角の集計例

(3) 起伏量の集計

斜面単元ポリゴンごとに、ポリゴン内部における起伏量の平均値を集計する。
集計結果の例を図 4.2.3 に示す。

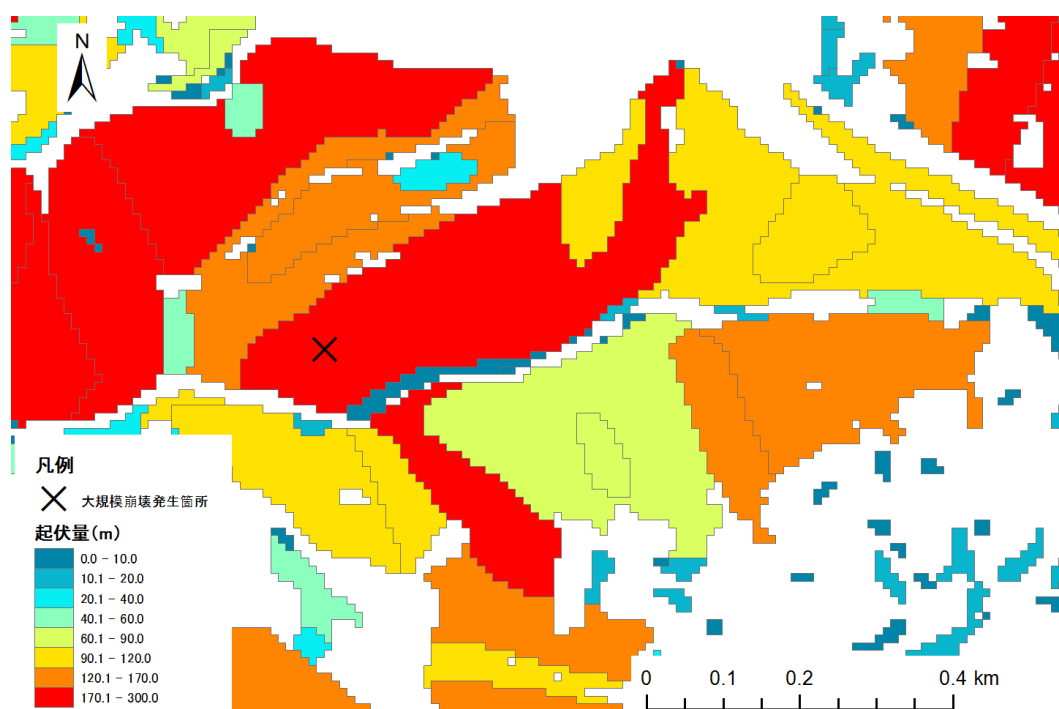


図 4.2.3 斜面単元ポリゴンへの起伏量の集計例

4.2.3. 斜面单元ポイントによる集計

(1) 地すべり面積率の集計

斜面单元ポイントごとに、ポイント位置における地すべり面積率の値を抽出する。抽出対象とする活断層からの距離は、基本単位ポリゴンに集計した整備済みデータを使用する。

集計結果の例を図 4.2.4 に示す。

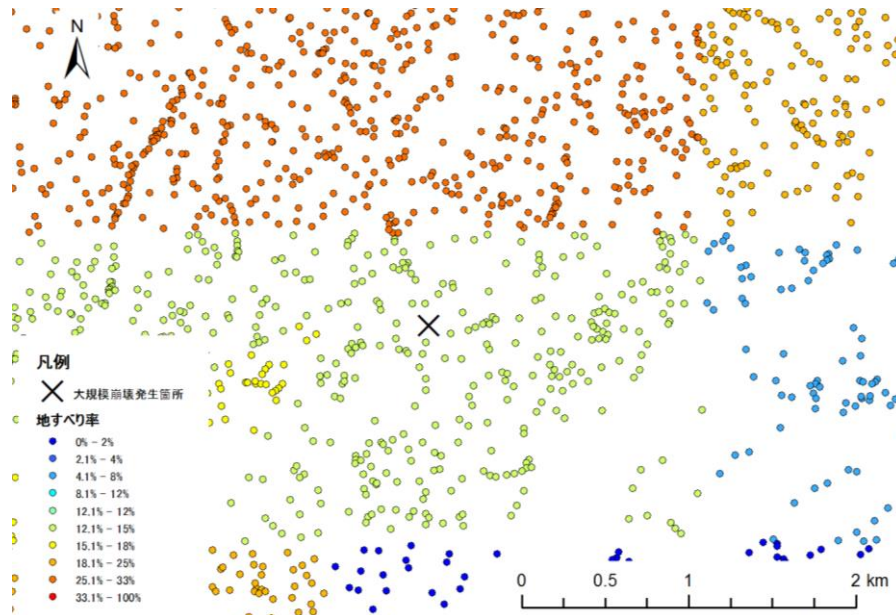


図 4.2.4 斜面单元ポイントへの地すべり面積率の集計例

(2) 活断層からの距離の集計

斜面单元ポイントごとに、ポイント位置における活断層からの距離の値を抽出する。抽出対象とする活断層からの距離分布図は、整備済みデータを使用する。

集計結果の例を図 4.2.5 に示す。

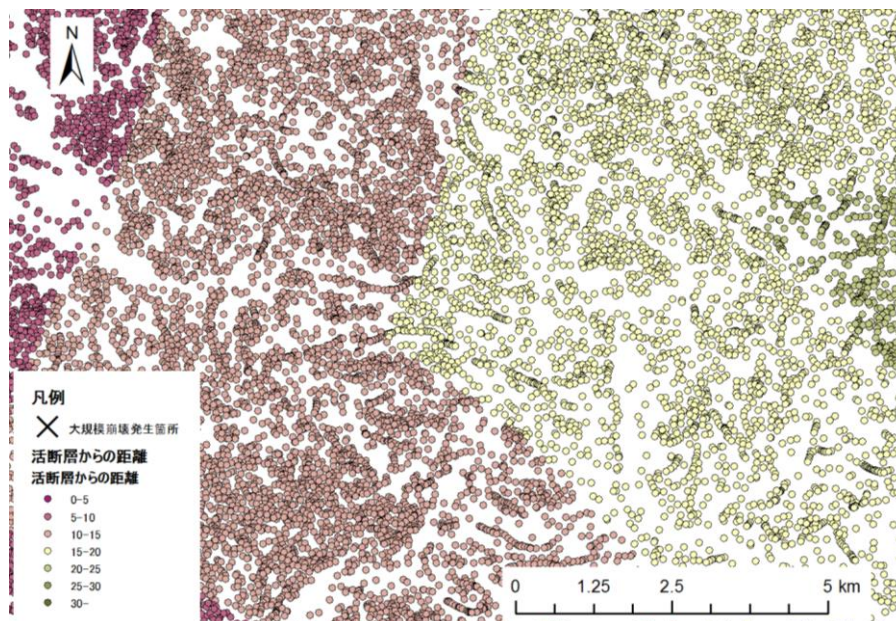


図 4.2.5 斜面单元ポイントへの活断層からの距離の集計例

(3) 第四紀隆起量

斜面単元ポイントごとに、ポイント位置における第四紀隆起量の値を抽出する。抽出対象とする第四紀隆起量分布図は、整備済みデータを使用する。

集計結果の例を図 4.2.6 に示す。

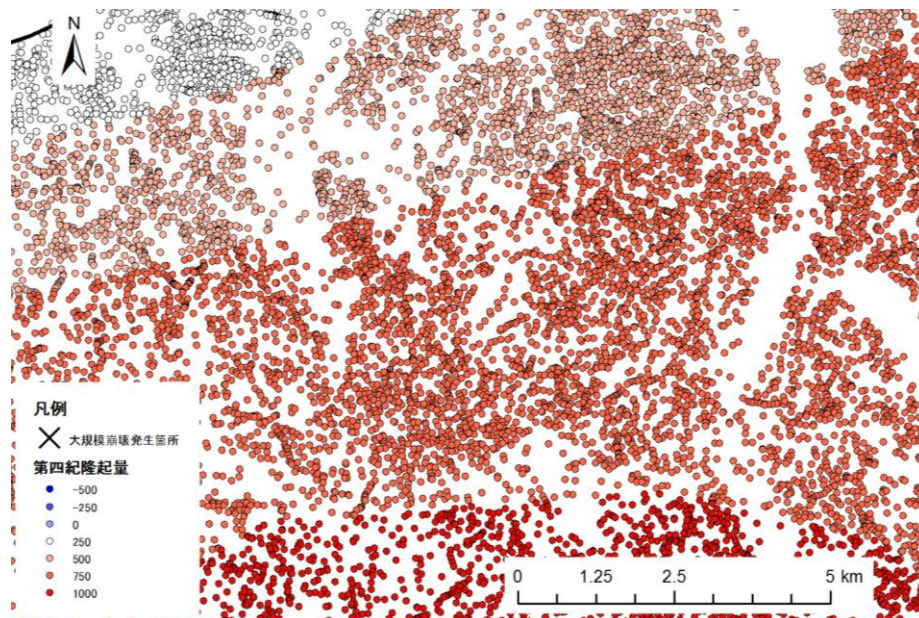


図 4.2.6 斜面単元ポイントへの第四紀隆起量の集計例

(4) 地質構造

4.1.3 において、斜面単元ポイントに地質構造は入力済みである。

集計結果の例を図 4.2.7 に示す。

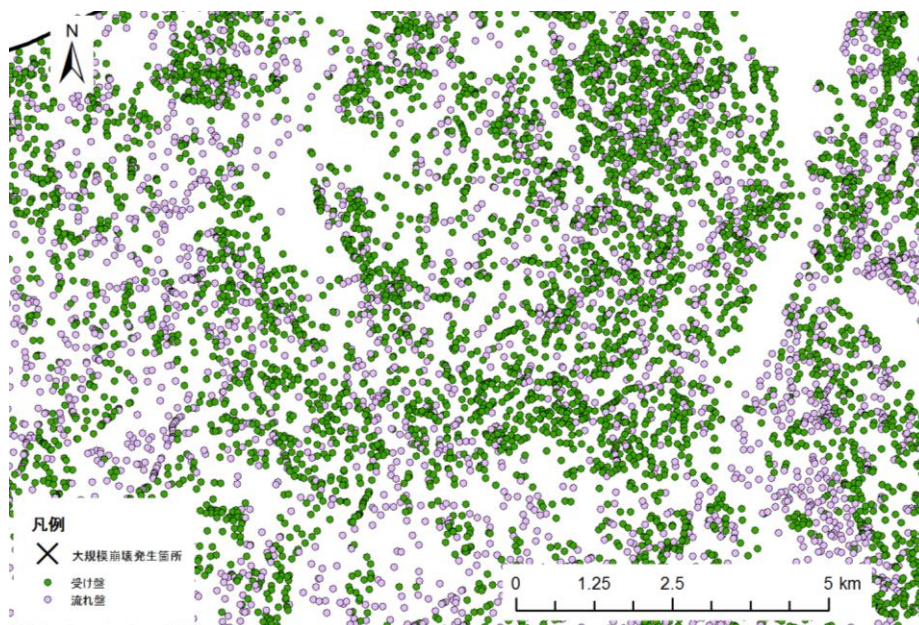


図 4.2.7 斜面単元ポイントへの地質構造の集計例

ここまでの手順により、対象範囲におけるすべての斜面単元について、必要な評価項目の全ての値が集計された状態となる。集計結果のイメージを図 4.2.8 に示す。

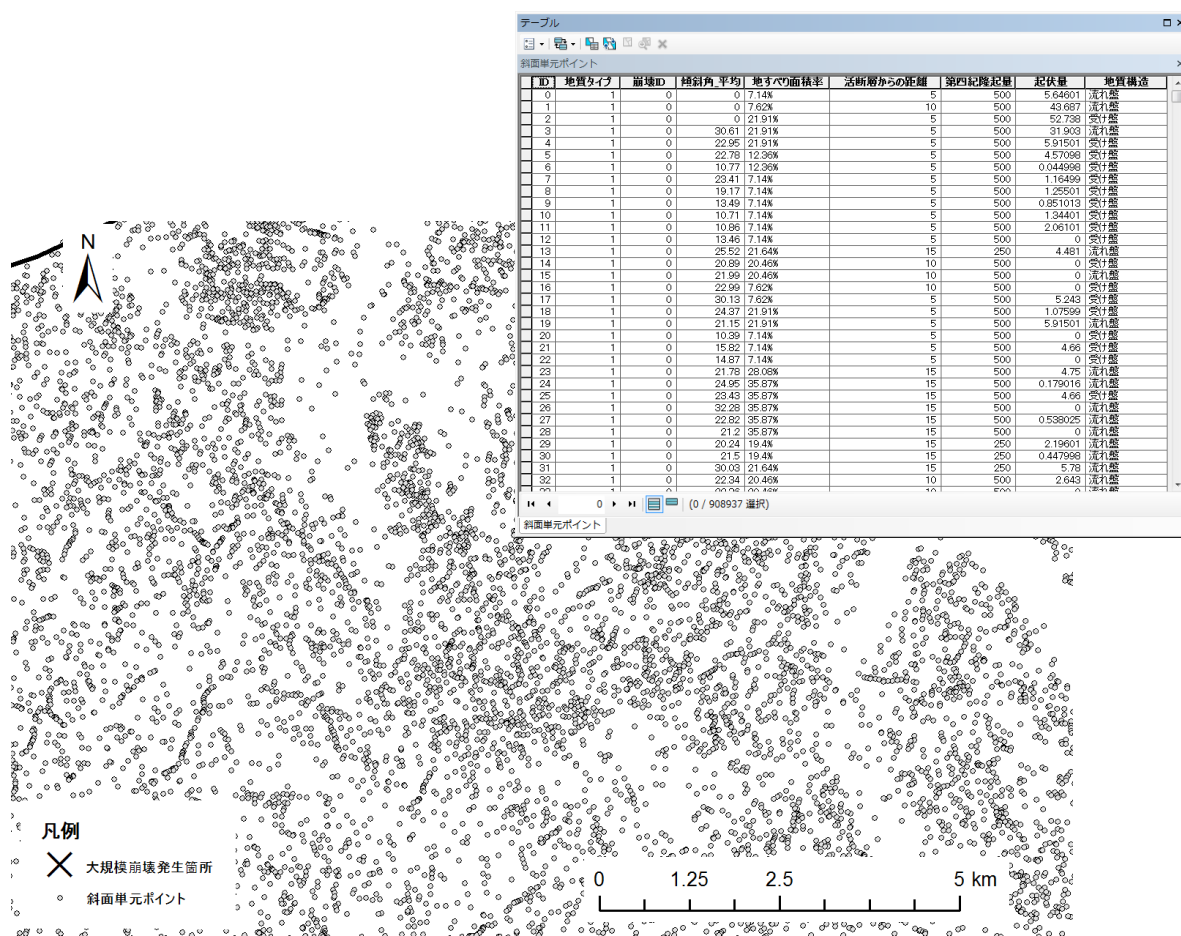


図 4.2.8 斜面単元ポイントへの評価項目の集計結果イメージ

5. 影響度の算出

必要な評価項目の全ての値が集計された斜面単元ポイントの属性テーブルを使用し、統計情報から評価項目ごとの階級区分を行い、階級ごとの影響度を算出する。

5.1 影響度分析法

影響度分析手法は、崩壊発生危険度分析手法としてしばしば使われている手法である (Lee *et al.*, 2007⁸⁾; Karim *et al.*, 2011⁹⁾)。算出方法のフローを図 5.1.1 に示す。これによって得られる影響度テーブルの算出例を図 5.1.2 に示す。

なお、図 5.1.2 に灰色で示すように、地質タイプにより適用外となる評価項目は、影響度=0 とする。また、地域内に地質タイプそのものが分布しない場合、地質タイプが分布しても崩壊履歴が存在しない場合がある。この場合も影響度=0 とするが、崩壊履歴のデータの追加、近隣の地域を評価範囲へ追加するなどに対応することもできる。

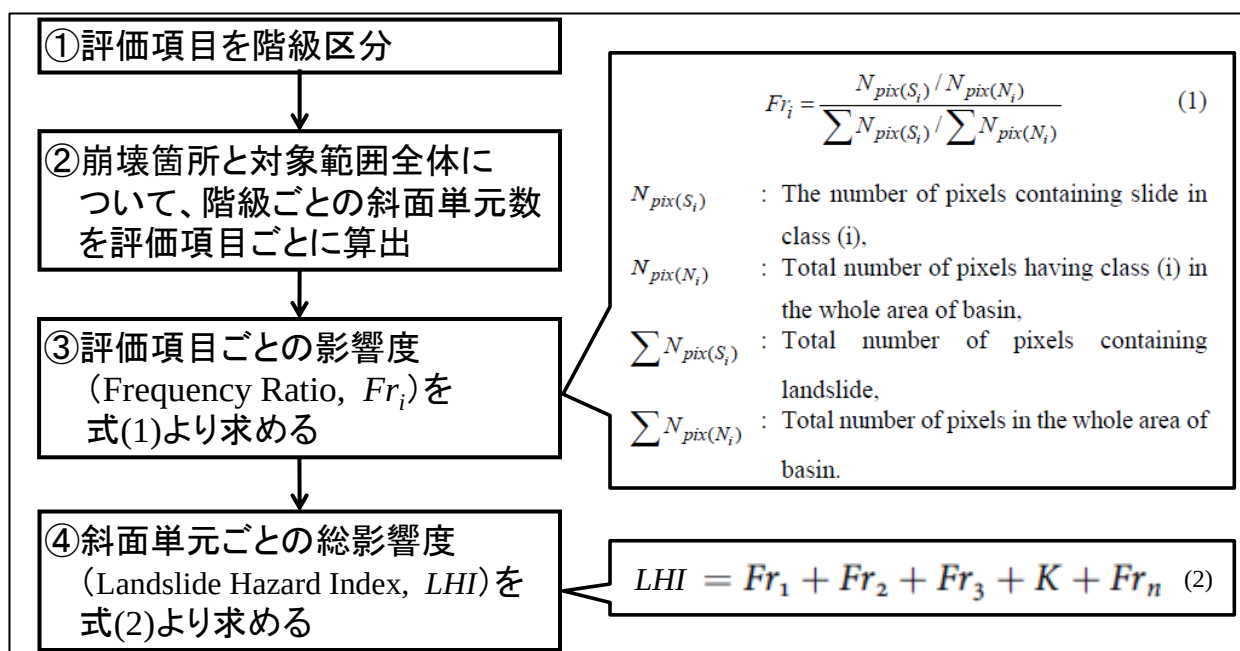


図 5.1.1 影響度の算出フロー

⁸⁾ Saro Lee . Biswajeet Pradhan(2007) : Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models, Landslides 4, pp.33–41.

⁹⁾ Shabanzadeh Karim, Suroor Jalileddin and Mohammadi Torkashvand Ali(2011) : Zoning Landslide by Use of Frequency Ratio Method (Case Study: Deylaman Region), Middle-East Journal of Scientific Research 9 (5), pp.578-583.

A 県

項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
傾斜角 (°)	0 ~ 20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	20.1 ~ 30	0.28	0.00	0.11	0.00	0.39
	30.1 ~	0.75	0.54	0.97	0.11	2.36
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
地質構造	受け盤	0.15	0.29	0.00	0.00	0.95
	流れ盤	0.65	0.07			1.04
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
地すべり 面積率 (%)	0~10	0.00	0.09	0.23	0.00	0.36
	10.1~20	0.86	0.29	0.57		1.71
	20.1~30	3.23	0.00	0.65		3.88
	30.1~	1.98	0.99	1.48		4.45
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
活断層から の距離(km)	0 ~ 5	0.32	0.00	0.38	0.06	1.01
	5.1 ~	0.53		0.38	0.00	0.99
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
第四紀 隆起量 (m)	~500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	501~750	0.57	0.07	0.43	0.00	1.08
	751~	0.27	0.27	0.34	0.07	0.96
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
起伏量 (m)	0~50	0.05	0.00	0.10	0.00	0.15
	50~100	0.49	0.00	0.25	0.00	0.74
	100~150	1.92	0.00	0.48	0.00	2.40
	150~	1.56	1.56	2.18	0.31	5.61
		堆積系Ⅰ	堆積系Ⅱ	火山系	深成系	全体
地質別崩壊率		0.0071%	0.0029%	0.0048%	0.0005%	0.0038%
項目別最大値の合計		7.660	3.653	5.445	0.551	15.559

B 県

項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
傾斜角 (°)	0 ~ 20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	20.1 ~ 30	0.00	0.45	0.00	0.00	0.45
	30.1 ~	0.00	2.88	0.00	0.00	2.88
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
地質構造	受け盤	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80
	流れ盤	0.00	1.18	0.00	0.00	1.18
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
地すべり 面積率 (%)	0~5	0.00	0.79	0.00	0.00	0.79
	5~10	0.00	2.69	0.00	0.00	2.68
	10~15	0.00	1.74	0.00	0.00	1.74
	15~	0.00	0.37	0.00	0.00	0.37
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
活断層 からの 距離	0 ~ 5	0.00	0.24	0.00	0.00	0.24
	5.1 ~ 10	0.00	1.32	0.00	0.00	1.32
	10.1 ~	0.00	1.37	0.00	0.00	1.37
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
第四紀 隆起量	~250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250~	0.00	1.37	0.00	0.00	1.37
項目	階級	Fr堆積系Ⅰ	Fr堆積系Ⅱ	Fr火山系	Fr深成系	Fr全体
起伏量 (m)	0~150	0.00	0.35	0.00	0.00	0.35
	150~300	0.00	2.89	0.00	0.00	2.89
	300~	0.00	15.46	0.00	0.00	15.46

■地質タイプで適用外の指標 ■当該県に崩壊履歴が存在しない地質タイプ ■当該県に分布しない地質タイプ

図 5.1.2 影響度の算出例

5.2 階級区分と影響度の算出

- ① 評価項目を階級区分する。
- ② 崩壊箇所と斜面全体で、各評価項目について、地質タイプ・階級ごとの斜面単元数を集計する。また、地質タイプ全体の合計も集計する。
- ③ 地質タイプ・階級ごとに、影響度（Frequency Ratio：Fr）を求める。影響度は、地質タイプ全体の平均崩壊率と、特定の階級の崩壊率の比を取って算出する。算出方法を図 5.2.1 に示す。

崩壊	堆積系Ⅰ	堆積系Ⅱ	火山系	深成系	全体
0 ～ 10	1,389,700	315,800	2,569,100	1,000	4,275,600
10.1 ～ 20	2,098,500	1,202,800	4,490,200	8,600	7,800,100
20.1 ～ 30	1,490,000	3,069,900	4,496,800	124,300	9,181,000
30.1 ～ 40	1,256,200	7,063,600	5,786,800	496,700	14,603,300
40.1 ～	674,100	5,409,300	4,385,500	1,414,500	11,883,400
総計	6,908,500	17,061,400	21,728,400	2,045,100	47,743,400
全体	堆積系Ⅰ	堆積系Ⅱ	火山系	深成系	全体
0 ～ 10	57,263,123,900	10,624,759,900	17,385,280,000	6,521,611,800	93,465,753,600
10.1 ～ 20	11,390,441,500	14,032,001,400	18,263,319,600	9,106,914,300	52,916,651,800
20.1 ～ 30	9,147,060,300	22,618,041,100	19,796,851,100	10,911,208,600	62,596,408,300
30.1 ～ 40	6,365,209,800	28,067,386,400	17,903,903,100	9,757,027,200	62,215,789,300
40.1 ～	1,793,757,300	11,415,083,800	5,525,408,200	3,353,013,400	22,139,859,000
総計	85,959,592,800	86,757,272,600	78,874,762,000	39,649,775,300	293,334,462,000

$$Fr_i = \frac{N_{pix(S_i)} / N_{pix(N_i)}}{\sum N_{pix(S_i)} / \sum N_{pix(N_i)}}$$

…堆積系Ⅰ・△階級の崩壊率
 …全体の平均崩壊率
 =全体の中の堆積系Ⅰ・△階級の影響度 Fr

図 5.2.1 任意の地質タイプ・階級における影響度の算出方法

ここで、各地質タイプにおける影響度が階級と正の相関となり、かつ各地質タイプ・階級における斜面単元数に大きなバラつきがないことを確認する。

条件を満たさない場合、①の階級区分から試行を繰り返し、適切な階級区分を行う。

- ④ 決定した階級区分による影響度テーブルをもとに、斜面単元ごとに各評価項目の影響度を算出する。すべての評価項目の影響度の合計値が、その斜面単元における総影響度（Landslide Hazard Index：LHI）となる。

6. リスク評価マップの作成

6.1 基本単位ポリゴンへの集計

4.で総影響度を算出した斜面単元ポイントを、基本単位ポリゴンで集計する。基本単位ポリゴンに含まれる斜面単元ポイントの総影響度の平均値を、その基本単位ポリゴンの総影響度とする。

6.2 色区分、表現方法

基本単位ポリゴンの総影響度を色分け表示して主題図を作る。例を図 6.2.1 に示す。

例えば、実務での利用では図 6.2.1 上のように、コントラストの高い色付けで一見して分かりやすく、目的に応じて区分を細かく設定することが考えられる。一方で、一般的な利用では図 6.2.1 下のように、同系色の色合いとし、区分数を少なくした「高い」「低い」などの簡素な表現で理解しやすくする工夫をすることも考えられる。

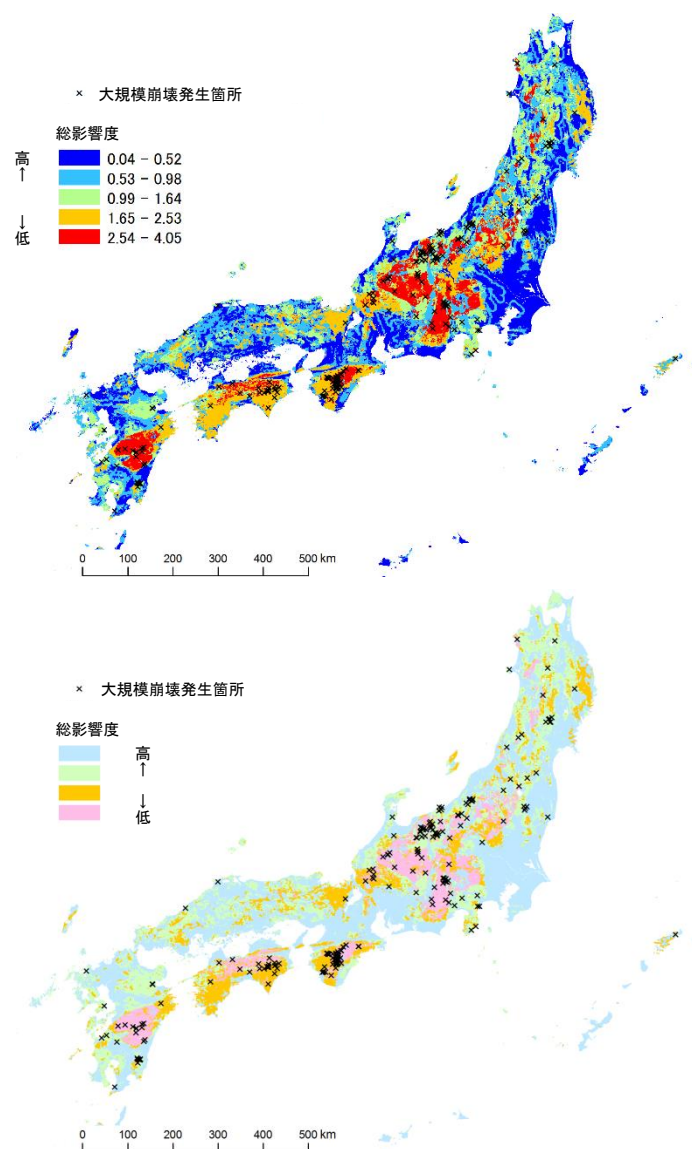


図 6.2.1 色区分・表現方法の例

上：実務での利用をイメージした例
下：一般的な利用をイメージした例

また、総影響度の区分閾値の設定方法は、図 6.2.2 上に示すように大規模崩壊のカバー率で設定する方法や、図 6.2.2 下のように平均崩壊率の何倍にあたるかで設定する方法が考えられる。

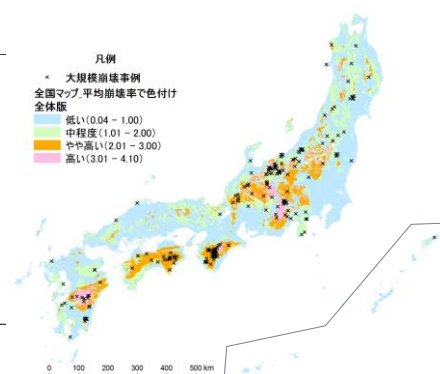
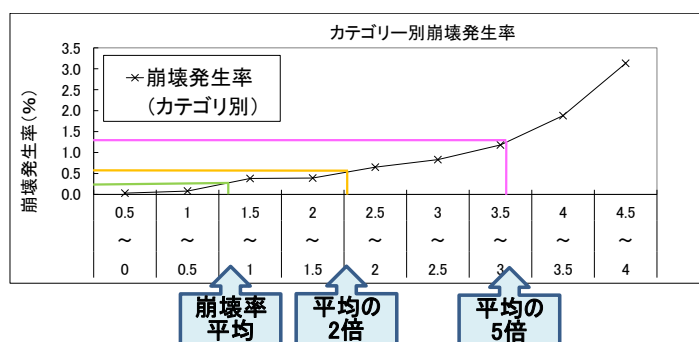
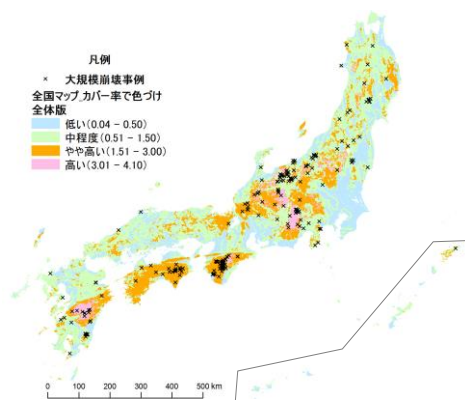
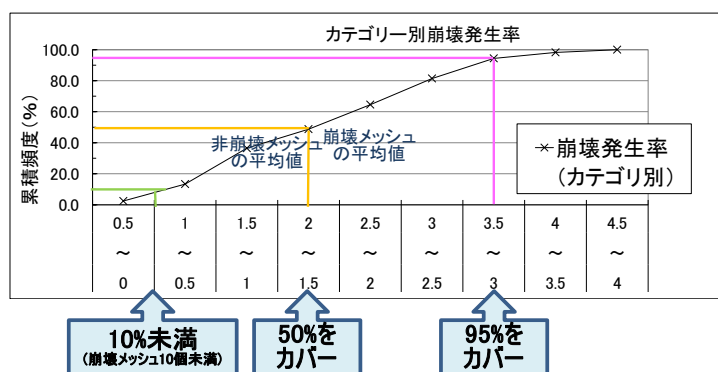


図 6.2.2 閾値の設定方法の例

上：大規模崩壊のカバー率で設定
下：平均崩壊率の倍数で設定

7. リスク評価マップの利用

大規模崩壊リスク評価都道府県域マップの作成によって、その地域の中で相対的に危険度が高い箇所を判別することができる。このような範囲を流域単位程度で抽出することで、第二段階調査（航空レーザ計測、微地形判読、AHP 法による斜面危険度判定）の対象とする範囲の絞り込みに利用できる（図 6.2.1）。

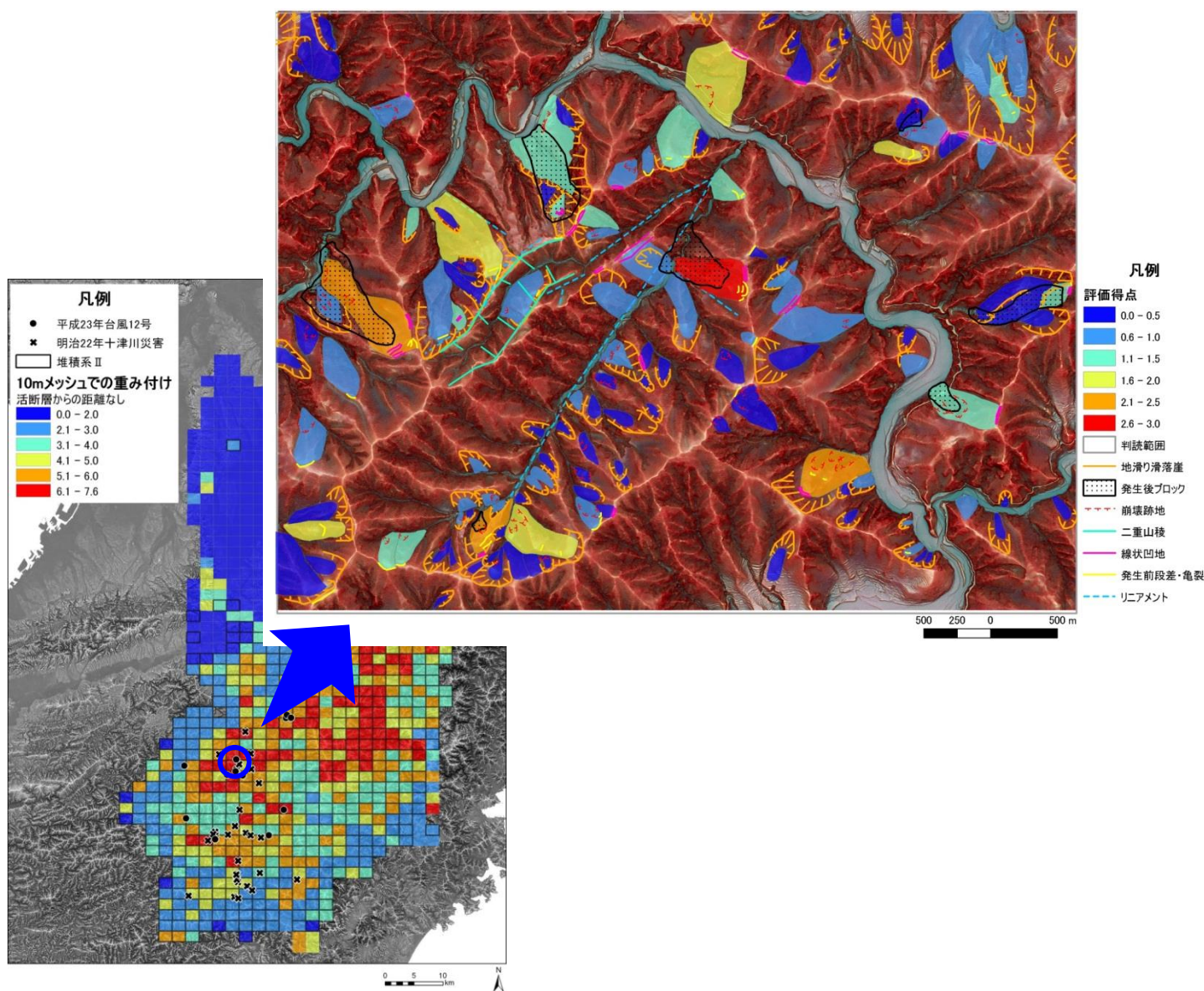


図 6.2.1 大規模崩壊リスク評価都道府県域マップからの第二段階調査対象範囲の絞り込み例