

6. 航空レーザースキャナによる高精度 DEM から得られた地形量と 斜面崩壊発生箇所との対応関係

Relationship between geomorphologic values obtained from high resolution DEM by aerial laser scanner and locations of the occurrences of past slope failures

花井 健太・横田 修一郎

Kenta HANAI and Shuichiro YOKOTA (Shimane Univ.)

1. はじめに

斜面崩壊が頻発するわが国では、斜面ハザードマップによってあらかじめ危険斜面が予測できれば、災害軽減に効果的であるが、そのような予測手法ははまだ確立された段階ではない¹⁾。

広域にわたる多数の斜面の場合、不安定性予測には過去に崩壊が発生した箇所と地形・地質要素などとの対応関係を利用する“経験的手法”が有効である²⁾。この場合、発生にかかわる地形・地質要素は一種の“説明変数”となるが、これは、ある程度機械的に得ることができ、かつ崩壊発生との相関性が高いものが必要であることから、地形から得られる様々な地形量を活用することが有効である。

地形量の基本となる DEM (数値地形標高データ) は地形図から容易に得られ、筆者らは過去にこれを利用して斜面ハザードマップの構築を試みた³⁾。しかし今日では航空レーザースキャナによる高精度の DEM も入手できるようになりつつある。これを有効利用することでより効果的な説明変数、ならびに崩壊発生との関係を得ることができ、役に立つ斜面ハザードマップ構築が可能となるであろう。

このような考えで、高精度 DEM から得られる地形量と斜面崩壊発生箇所との対応関係を明らかにし、斜面ハザードマップの一種である susceptibility map の構築を試みた。

2. DEM から得られる地形量

斜面崩壊発生に対する“説明変数”として、ここでは一般に斜面崩壊との相関が高い以下のような地形量を使用した。斜面傾斜角、斜面凹凸度、平坦面からの深度である。それぞれ以下のような点で有効と考えられる。

(a) 斜面傾斜角 : 斜面は傾斜角が急であるほど不安定化しやすい。

は標高の微分値であり、DEM で隣接するメッシュの大きさと最大標高差から算出した。

(b) 斜面凹凸度 c (curvature) : 凹地形では降雨時に集水がおこるため、不安定化しやすい。

ここでは c は標高の 2 階微分 (ラプラシアン) の値であり、ラプラシアンフィルタを適用することによって算出した。

(c) 平坦面からの深度 d : 斜面は風化部ほど不安定化しやすい。

対象地域の一部では地形的な平坦面が特徴的にみられ、その直下はよく風化していると考えられる。 d は判読した平坦面からの標高差である。

任意の地域内にてこれらの地形量を説明変数とした崩壊発生との関係を確立することで、同様の地形・地質特性をもつ周辺の地域においても崩壊発生確率を介して崩壊発生を予測できる。一連のデータの流れを図 1 に示す。

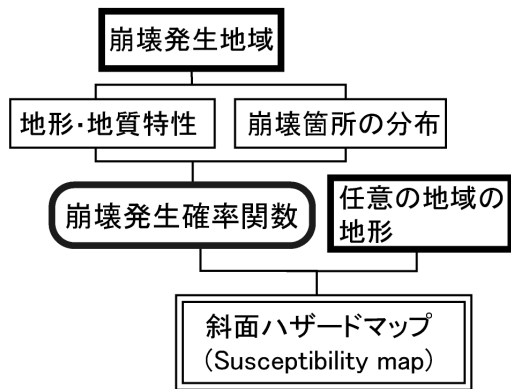


図 1 データのフローチャート

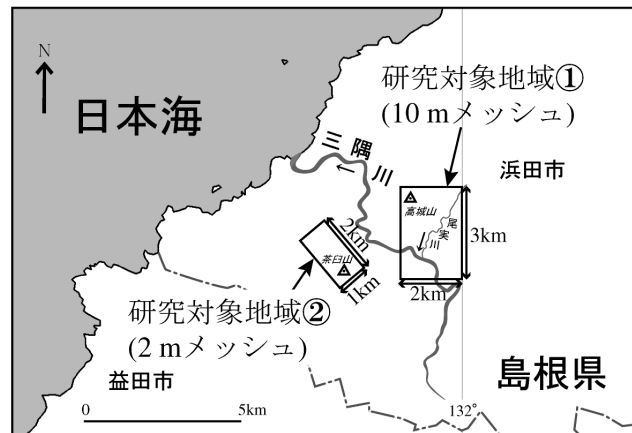


図 2 研究対象地域の位置図

3. 対象地域の概要

対象としたのは、1983年山陰豪雨災害の最大の被災地域である島根県浜田市三隅地区(図2)の一部である。降水を誘因とした斜面崩壊が多発し、その記録も多く残っている⁴⁾。この地域の中で、図2中の地域①では市販の1/25,000地形図を基に、STRIPE法⁵⁾を用いて10mメッシュのDEMを作成した。一方地域②では、航空レーザーキャナによる2mメッシュのより高精度なDEMを得た。なお、これらのデータは国土地理院(2003)⁶⁾の試作によるものを使用させていただいた。これらのDEMから算出したそれぞれの地形量を図-3に示す。

一方地域②および両方で過去の資料、ここでは崩壊発生直後の空中写真を基に崩壊発生箇所分布図を得た。なお地域①のものについては、国土地理院(2003)⁶⁾の空中写真判読による微地形判読図を基にした。

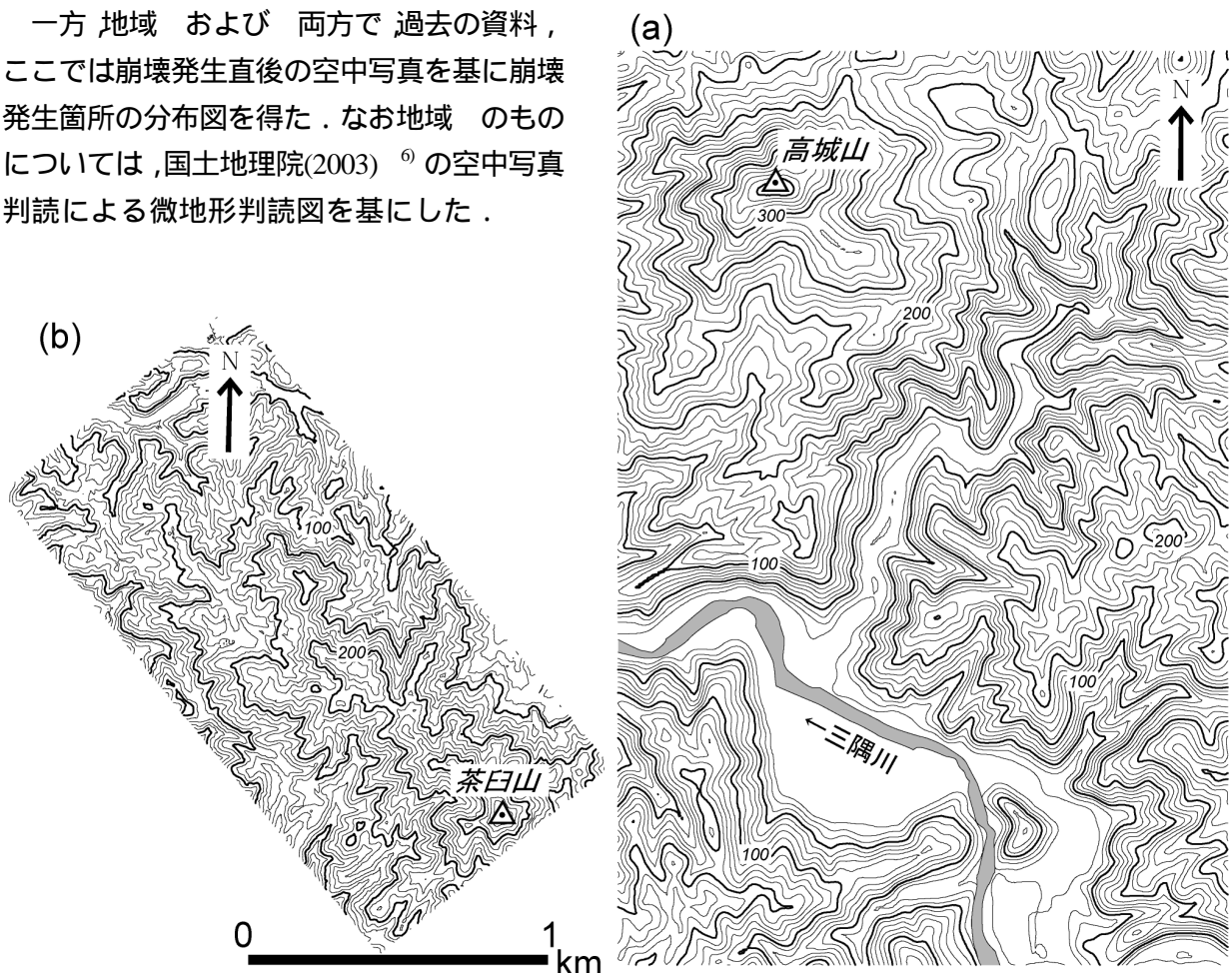


図 3 DEM から算出した研究対象地域の地形

(a) 地域① 10mメッシュDEMから算出

(b) 地域② 2mメッシュDEMから算出

4. 地域 (10m メッシュ)における説明変数と崩壊発生との関係

以上のデータを基に，説明変数 V とそれに伴う崩壊発生確率 $r(V)$ との関係調べた。

地域での斜面傾斜角 θ ごとの，全体のメッシュ数 n_t および崩壊発生箇所のメッシュ数 n_f の推移を図-4(a)に示す。ピークは n_t では $\approx 30^\circ$ 前後にあるが， n_f では θ がより大きな方にシフトしている。ここで， θ の各区分における n_t と n_f の比を崩壊発生確率 $r(\theta)$ とみなした場合の θ ごとの確率分布を図-4(b)に示す。すると， $r(\theta)$ と θ の関係には， $\theta = 40^\circ$ 前後までは，ややバラつきはあるものの単調増加の傾向がみられ， $r(\theta)$ は最大で約 2% になる。

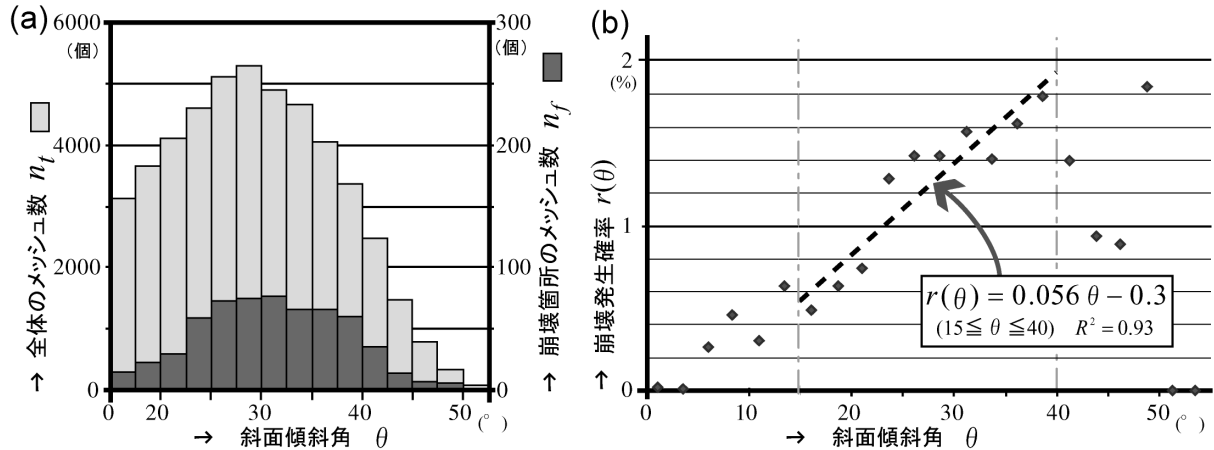


図 4 斜面傾斜角 θ と崩壊発生確率 $r(\theta)$ との関係

- (a) n_t と全体のメッシュ数 n_t 及び崩壊箇所のメッシュ数 n_f
- (b) $r(\theta)$ と崩壊発生確率 $r(\theta)$

同様に斜面凹凸度 c に対する $r(c)$ の確率分布は，バラつきはみられるものの， $c=0.3$ 前後のわずかな凹地形にピークをもつ傾向を示した(図-5)。また，平坦面からの深度 d に対する $r(d)$ の確率分布を求めると，平坦面直下で最も高く，深度とともに指数関数的に低下する傾向がみられた(図-6)。

$r(d)$ は $r(\theta)$ や $r(c)$ と比べても説明変数に対する変化が顕著な関数であるから，この地域では d を説明変数とすることは特に効果的であると考えられる。

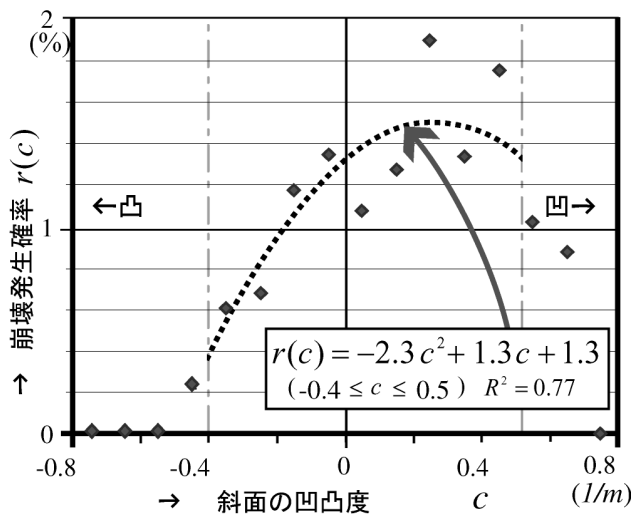


図 5 斜面凹凸度 c と崩壊発生確率 $r(c)$ との関係

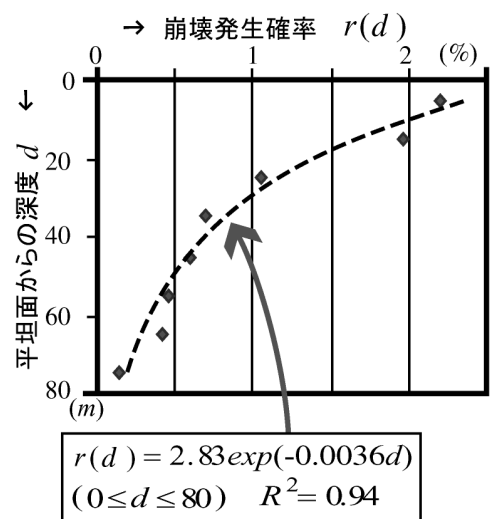


図 6 平坦面からの深度 d と崩壊発生確率 $r(d)$ との関係

5. 地域 (2mメッシュ)における説明変数と崩壊発生との関係

地域でも同様に、説明変数と崩壊発生との関係を明らかにすることを試みた。ここではDEMの精度が高いため、より詳細な地形の変化が捉えられ、崩壊箇所と地形の変化との関係がより明確になると考えられる。

地域にて得た $r2(\theta)$ の関係 (図7) を地域のもの (図-4 (b)) と比較すると、 $15^\circ \sim 50^\circ$ の範囲では同様に単調増加ではあるが、バラつきが少ないことがわかる。また、急勾配であり、 $\theta=50^\circ$ で約3%と高いピークを示す。さらに、 $\theta=15^\circ$ 程度までは緩やかな勾配で、これを境界にして急勾配に変化するなど、変化トレンドは地域以上に明確になった。これはより有効な確率分布が得られたことになる。

同様に図8の c と $r2(c)$ の関係も、地域 (図-5) と比較すれば、バラツキの少ないトレンドが得られた。 $c=0.3$ 程度のわずかな凹地形に $r2(c)$ のピークがみられることは同様であるが、ピークの値はおよそ2.5%と高い。

なおラプラシアンフィルタに関しては、斜面傾斜方向を横断する方向に限った凹凸の方が集水地形をより適確に反映できると考えられるため、そのようなラプラシアンに対する確率分布 $r3(c)$ を求め、図-9に示す。これでは、 $c=0.5$ 前後で約3%と、さらに高いピークが得られるとともに、凸地形では緩やかに変化し、凹地形に入ってから急激に変化するといったトレンドが明らかになった。なお、地域では地形的に明瞭な平坦面が見られなかったため、平坦面からの深度 d は考慮していない。

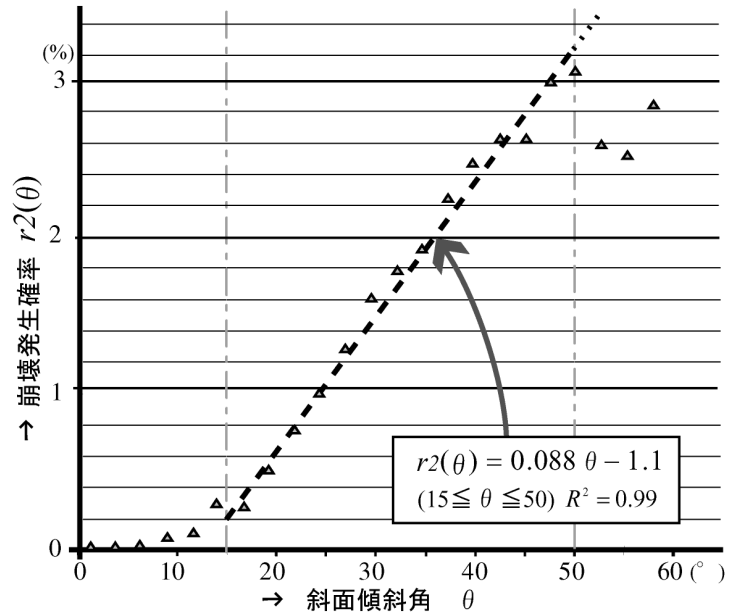


図7 地域における θ と崩壊発生確率 $r2(\theta)$ との関係

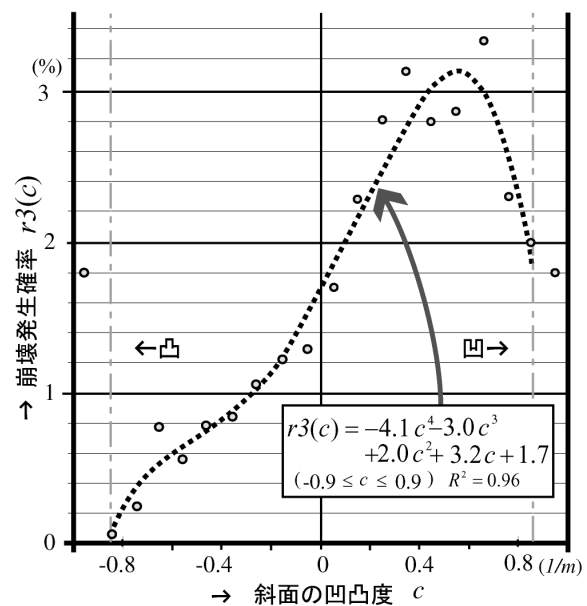
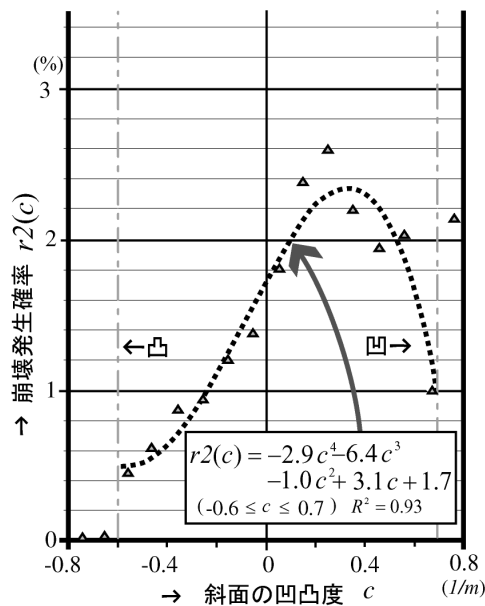


図8 地域における c と崩壊発生確率 $r2(c)$ との関係

図9 地域における斜面方向と直交方向のラプラシアン c と崩壊発生確率 $r3(c)$ との関係

6. susceptibility map の作成と表現方法

今回対象とした地域 A にて得られたデータから、各説明変数と崩壊発生確率の対応表をそれぞれ作成した。これは、研究対象地域と同様の地形・地質特性をもつであろう地域において同等の降雨があった場合の、斜面崩壊の発生確率と地形量との関係を表現した一般的な関数であるとみなすことができる。したがって任意の地域において DEM からあるメッシュの地形量を得て、関数に入力すれば、そのメッシュの崩壊発生確率が出力され、範囲全体に関数を適用して得られる値の分布図は susceptibility map とみなすことができる。このようにして、それぞれの地域から得られた対応表を同じ地域に適用して試作した susceptibility map を図 10 に示す。

得られた susceptibility map は、高い崩壊発生確率が予測されたエリアによって、急傾斜、凹地形、平坦面の直下と、斜面崩壊との相関が高いと考えた地形の特徴をうまく捉えている。またそのようなエリアは、実際に崩壊が発生した箇所とほぼ対応していることが明らかになった。さらに地域 A のほうが、より高い確率の予測ができ、なおかつ崩壊発生箇所を限定できる

なお、ここまでで得られる susceptibility map のメッシュサイズは、当然ながら基となったデータと同じになる。しかしながら実用の際には、数 m 単位の情報ではむしろ細かすぎるといえるから、得られた susceptibility map を適切なメッシュサイズで再計算する必要があるであろう。

7. まとめ

島根県浜田市三隅地区で、地形の 10m メッシュ DEM (地域 A) と、2m メッシュ DEM (地域 B) を用いて、地形量と崩壊発生との関係を明らかにすることを試み、得られた関係を基に susceptibility map を試作した。

- 1) 地形量として用いた斜面傾斜角 α 、斜面凹凸度 c 、平坦面からの深度 d をいずれも効果的な説明変数として使用できることを確認した。
- 2) α, c に関しては、2m メッシュ DEM を基にした場合の方が効果的であった。
- 3) 10m メッシュ DEM をもとにした場合は、平坦面からの深度 d を用いると、より効果的な崩壊発生確率の分布が得られた。ただし、これは地形の地域性ともかかわっている。
- 4) 結果として、汎用性が高くかつ地域の地形・地質特性を反映した値を説明変数とすることで、ある程度効果的な susceptibility map が得られることを確認した。

文 献

- 1) 藤田 崇・横田修一郎・中筋章人, 2001, 斜面ハザードマップの作成とその課題, 応用地質, vol.41, No.6, p.351-362.
- 2) 横田修一郎・Edgar Pimiento, 2002, 過去の崩壊分布に基づく斜面ハザードマップ作成の試み, 都市域斜面防災の世紀, p.291-300.
- 3) 花井健太・横田修一郎, 2006, 過去の斜面崩壊発生場所の地形・地質特性に基づく斜面ハザードマップ作成の試み, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会予稿集 CD-ROM, Y153-003.
- 4) 島根大学地質学教室調査団, 1984, 58・7 山陰豪雨による斜面崩壊の地質学的特性, 島根大学地質学研究報告第 3 号別刷集 58・7 山陰豪雨災害における斜面崩壊, p.3-20.
- 5) 能美洋介・塩野清治・升本眞二・Venkatesh Raghavan, 1999, 地形図を基にした DEM の作成法—等高線間に分布する標高情報の活用—, 情報地質, vol.10, No.4, p.235-246.
- 6) 国土地理院, 2003, 航空レーザーキャナ測量による斜面地形計測・崩壊箇所自動抽出に関する検討作業 (山陰地区) 作業実施報告書, p1-122.

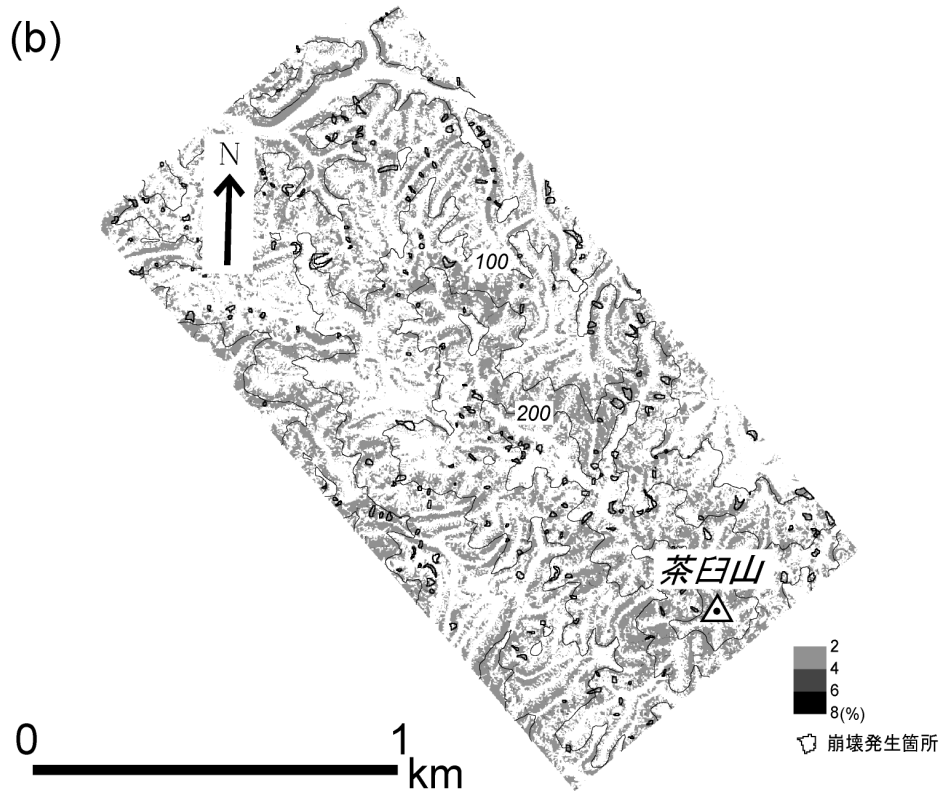
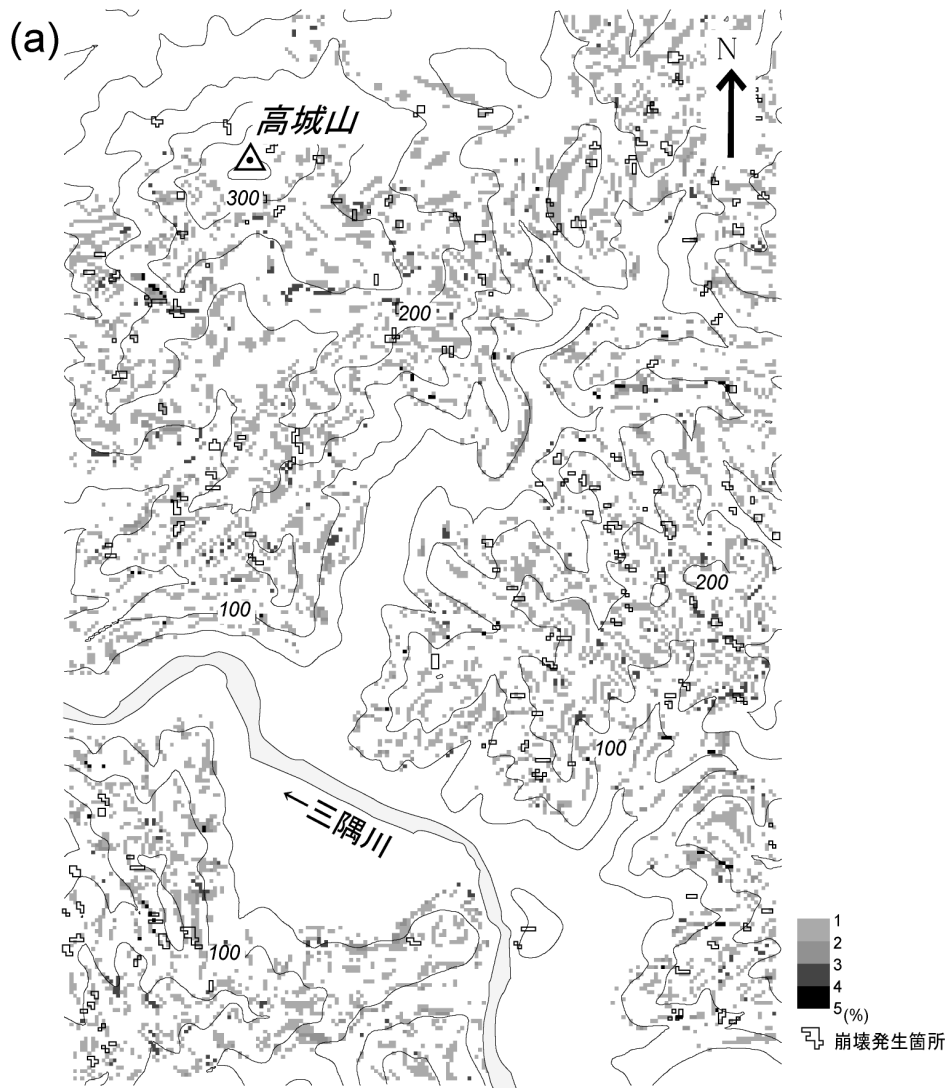


図-10 試作した susceptibility map

(a) 地域 (10m メッシュ) (b) 地域 (2m メッシュ)