

平成 25 年（2013 年）台風第 26 号に伴い伊豆大島で発生した 大規模土砂災害に関連した地形解析

Analysis of Topography Related to Large Scale Landslides Disaster Triggered by Typhoon Wipha (1326) in Izu-Oshima Island, Tokyo

地理地殻活動研究センター 中埜貴元・岩橋純子・小荒井 衛

Geography and Crustal Dynamics Research Center

Takayuki NAKANO, Junko IWAHASHI and Mamoru KOARAI

要 旨

伊豆大島では、平成 25 年（2013 年）10 月 16 日に、台風第 26 号に伴う豪雨によって大規模な土砂災害が発生し、多くの死者・行方不明者が出た。その数日後、台風第 27 号の襲来が予報されたため、基盤地図情報の 5m メッシュ標高データや火山地質図データ、火山土地条件図データ等を用い、台風第 26 号に伴い発生した斜面崩壊の源頭部と類似した形態をもつ斜面や、崩壊が集中したスコリア丘及びそこから水が流下する谷筋の経路を GIS 解析により抽出し、それらをまとめた危険斜面分類図を作成して、10 月 25 日に災害対策部局に送付した。

1. はじめに

平成 25 年（2013 年）10 月に発生した台風第 26 号（以下、「台風 26 号」という。）は、伊豆大島を中心に大きな被害をもたらした。伊豆大島では、10 月 16 日に島の西斜面を中心に大規模な土砂災害が発生し、多くの死者・行方不明者が出た。発災後の 10 月 16、17 日に、国土地理院が上空から撮影した斜め写真や空中写真を判読し、1:25,000 火山土地条件図「伊豆大島」（国土地理院、2006）や伊豆大島火山地質図（川辺、1998）と比較した結果、大規模な崩壊を起こした箇所は主にスコリア丘（多孔質の黒色の火山砕屑物であるスコリアが火口の周りに降り積もってできた円錐形の丘状の地形）の範囲であると推定された。

この土砂災害が発生した数日後、台風第 27 号（以下、「台風 27 号」という。）の襲来が予報され、再び土砂災害が発生することが懸念されたため、基盤地図情報の 5m メッシュ標高データ（以下、「5mDEM」という。）を用いて ArcGIS で地形解析を行い、台風 26 号に伴い発生した斜面崩壊の源頭部と類似した形態をもつ斜面（すなわち、斜面崩壊を起こす可能性のある危険斜面）や、斜面を水が流下する谷筋の経路（以下、「流路データ」という。）を抽出することとした。併せて、火山地質図データや火山土地条件図データと重ね合わせることで、斜面崩壊が集中したスコリア丘の範囲とそこを通過する流路データも抽出することとした。これらの情報から、斜面崩

壊の危険性が高いと推定される斜面を図示した斜面分類図（以下、「危険斜面分類図」という。）を作成し、台風 27 号が伊豆大島に襲来する前に、注意喚起の参考情報として災害対応部局に提供することを目指した。なお、台風 27 号による新たな土砂災害は発生しなかった。

2. 使用したデータと危険斜面分類図の作成手法

2.1 使用したデータ

地形データは、基盤地図情報の航空レーザ測量による 5mDEM（H24 年計測）を、地図データは基盤地図情報の縮尺レベル 2500 データを利用した。5mDEM データから陰影起伏図を作成し、地図データと合わせて背景図とした。スコリア丘の分布については、主に伊豆大島火山地質図のポリゴンデータ（産業技術総合研究所提供）を利用し、火山土地条件図の GIS データも併用した。また、国土地理院が空中写真判読により作成した、土砂流出箇所データを利用した。なお、5mDEM は発災前のデータであり、後述の解析においては、流路の埋没や地形の変化は考慮していない。また、対策工の有無も考慮していない。

2.2 危険斜面分類の作成手法

斜面崩壊の危険性が高いと推定される斜面分類の作成方法と分類結果の解釈を図-1 に示す。斜面分類は、5mDEM を用い、ArcGIS により傾斜度、湿潤指数（地表流水の溜まりやすさを指標化したもの；Topographic Wetness Index; Moore et al., 1993）、テクスチャ（地形の平滑度；Iwahashi and Pike, 2007）の 3 つの地形量を求め、それらの閾値処理で行った。具体的にはまず、斜面傾斜度と湿潤指数をそれぞれ計算し、それらを 5×5 メッシュの範囲で平均化した後、[斜面傾斜度 \geq 27 度]かつ[5 \leq 湿潤指数 \leq 8]の斜面（本ケースでは急斜面の集水地形に相当）を抽出し、そのうち、テクスチャがその平均値より小さい斜面を「急斜面 1」、大きい斜面を「急斜面 2」とした。傾斜度の閾値は、当初、「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」（急傾斜地法）で急傾斜地崩壊危険区域を指定する際の基準である 30 度以上

としたが、10月16日の土砂流出範囲と比較したところ、過少評価となったため、実際の土砂流出範囲を概ねカバーする条件で設定し直した。湿潤指数の閾値は、湿潤指数の正規分布のヒストグラムから、概ね $\pm 1\sigma$ の範囲で設定したもので、陰影起伏図上で概ね谷頭部に相当していることを確認した。テクスチャは尾根と谷の密度であり、半径50mの範囲で計算されており、平均値より大きい箇所は凹凸が多い地形であり、平均値より小さい箇所は平滑な地形であることを示している。すなわち、「急斜面1」は平滑な急斜面で、一般にまだ浸食されていない（堆積したばかりの）斜面、「急斜面2」は凹凸の多い急斜

面で、一般に浸食が盛んに進んでいる斜面に該当する。これらの地域で起こる斜面崩壊は、前者では「頻度は低いが規模（面積）が大きい」、後者では「頻度は高いが規模（面積）が小さい」と予想される。

2.3 流路データの作成手法

流路データは、5mDEMを用いて、ArcGISの水文解析ツールを利用して作成した。水文解析の流れを図-2に示す。この解析では、5mDEMを平滑化した後、各セルから最も急な降下傾斜となる近接セルへの流れ方向を示す「流向ラスタ」を作成し、それらを累積することで各セルに流れ込むすべてのセルの数を示す「累積流量ラスタ」を求め、そこから今回の斜面崩壊の源頭部付近において谷筋が認識される累積流量（ ≥ 500 セル）のセルのみを抽出し、そのセルを繋いだベクトルデータを生成した。今回は、スコリア丘での斜面崩壊が懸念されたことから、生成した流路データのうち、伊豆大島火山地質図に表示されているスコリア丘を横切るデータのみを抽出することとした。

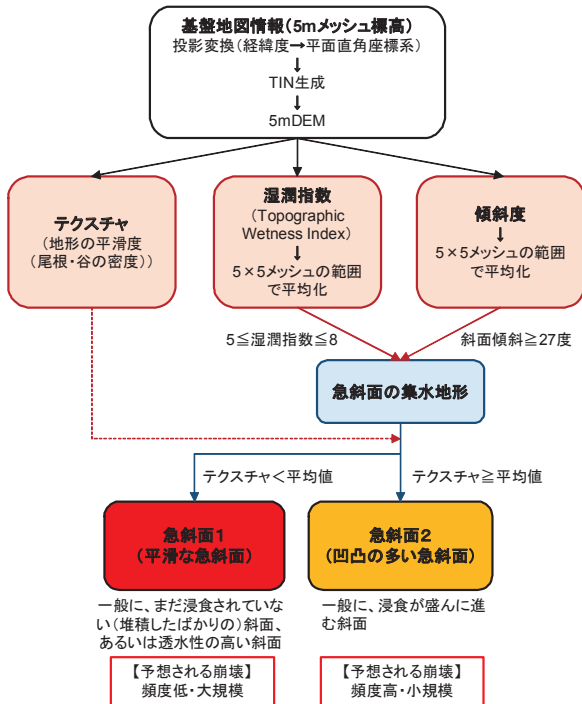


図-1 斜面分類の方法と分類結果の解釈

3. 危険斜面分類図とその解釈

上記2.の手順に基づき作成した危険斜面分類図を図-3に示す。この図を、台風27号襲来前の10月25日に国土交通省災害対策室に提供した。この図では、台風26号に伴い発生した斜面崩壊の源頭部と形態が類似しており、斜面崩壊を起こす可能性のある危険斜面（「急斜面1」、「急斜面2」）のほか、伊豆大島火山地質図に表示されているスコリア丘の範囲、スコリア丘を横切る経路データ、基盤地図情報の水涯線（河川）データ・道路縁データ・建築物データ・町字名等を、陰影起伏図を背景にして表示した。また、被害の大きかった大島町元町地区周辺を拡大したものを図-4に示す。この図では、国土地理院が判読した10月16日の土砂流出箇所も表示している。

結果として、「急斜面1」は、大島町元町地区で広範囲に流下した崩壊の源頭部（図-5(a)）などに相当する比較的新しいスコリア丘上の急斜面に、「急斜面2」はその他の崩壊地（図-5(b)）に該当する斜面に多く現れた。これらは、先述2.2節で予想した斜面崩壊の規模と調和的であり、この分類は概ね妥当と考えられた。したがって、図の凡例においては、専門家でもなくても理解しやすいように、「急斜面1」には「主として元町地区に流下した崩壊地と似た形態を示すもの」、「急斜面2」には「一般的な崩壊地の形態を示すもの」という説明を付した。なお、現地調査に基づく報告（例えば、櫻井, 2014; 稲垣, 2014など）によれば、元町地区の広範囲にわたる崩壊は、谷地形が未発達な比較的平滑な斜面地形が素因のひとつであり（すなわち、谷が浅いことで土砂

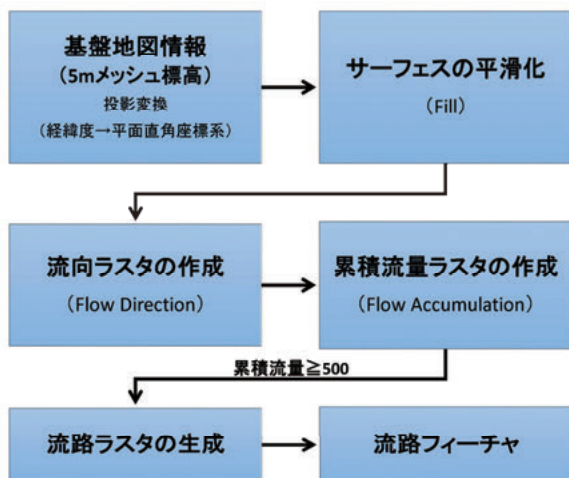


図-2 水文解析のフロー図



基盤地図情報(5mDEM)を用いた伊豆大島の斜面分類図

国土地理院 地理情報解析研究室 2013.10.25

推定崩壊危険斜面(崩壊部)

- 急斜面1 (主として元町地区に流下した崩壊地と似た形態を示すもの)
- 急斜面2 (一般的な崩壊地の形態を示すもの)

スコリア丘の分布および水の流出経路(推定含む)

- スコリア丘(伊豆大島火山地質図(川辺,1998)から転載)
- 河川等(基盤地図情報)
- スコリア丘周辺を通る推定流路(DEMの水文分析による)



※DEMは災害前のものであることに注意(流路の埋積や地形の変化は考慮していない)
※対策工の有無は考慮していない

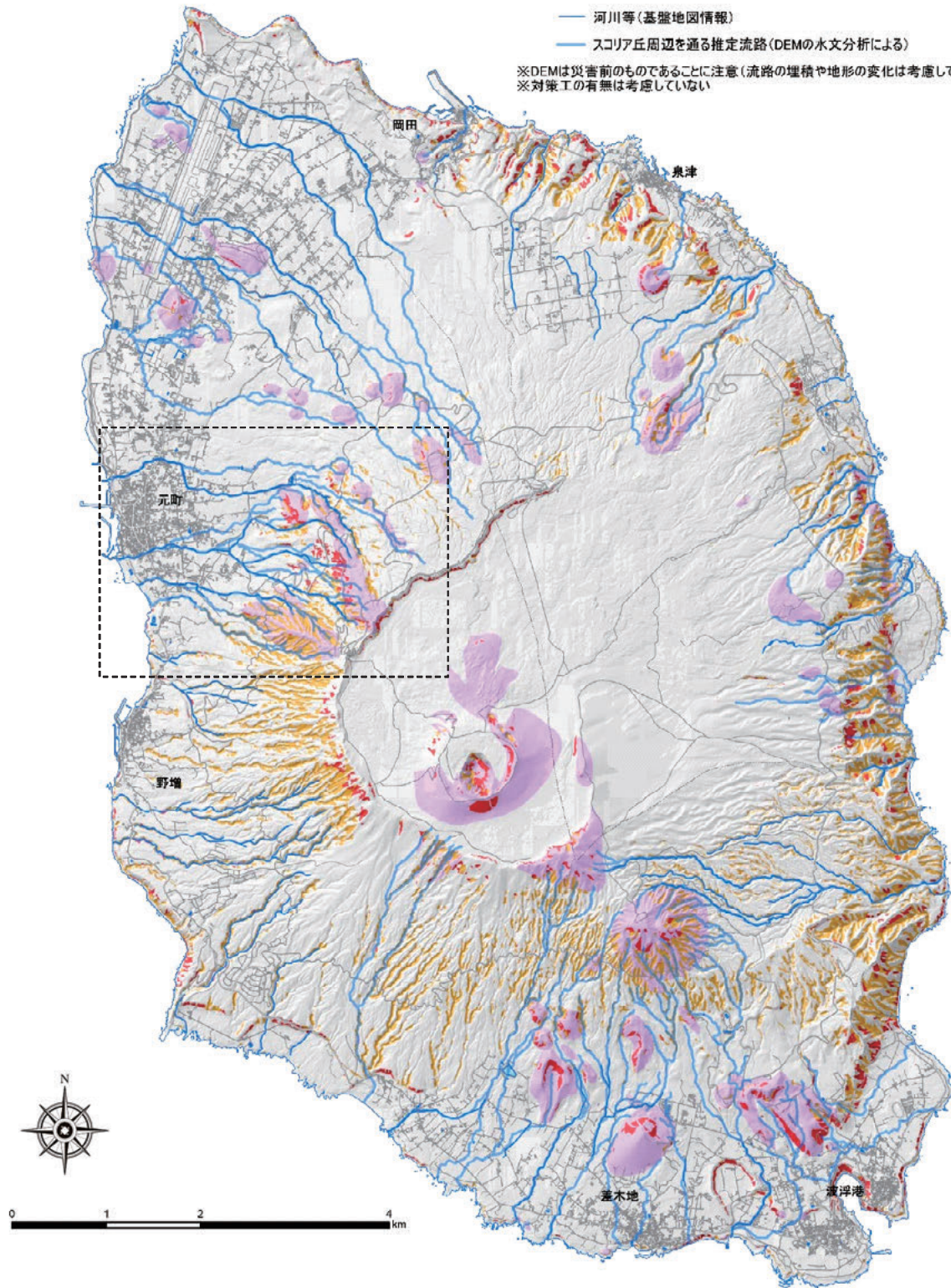


図-3 伊豆大島の危険斜面分類図. 国土交通省災害対策室に提供した図に図-4 の範囲(黒破線枠)を加筆.

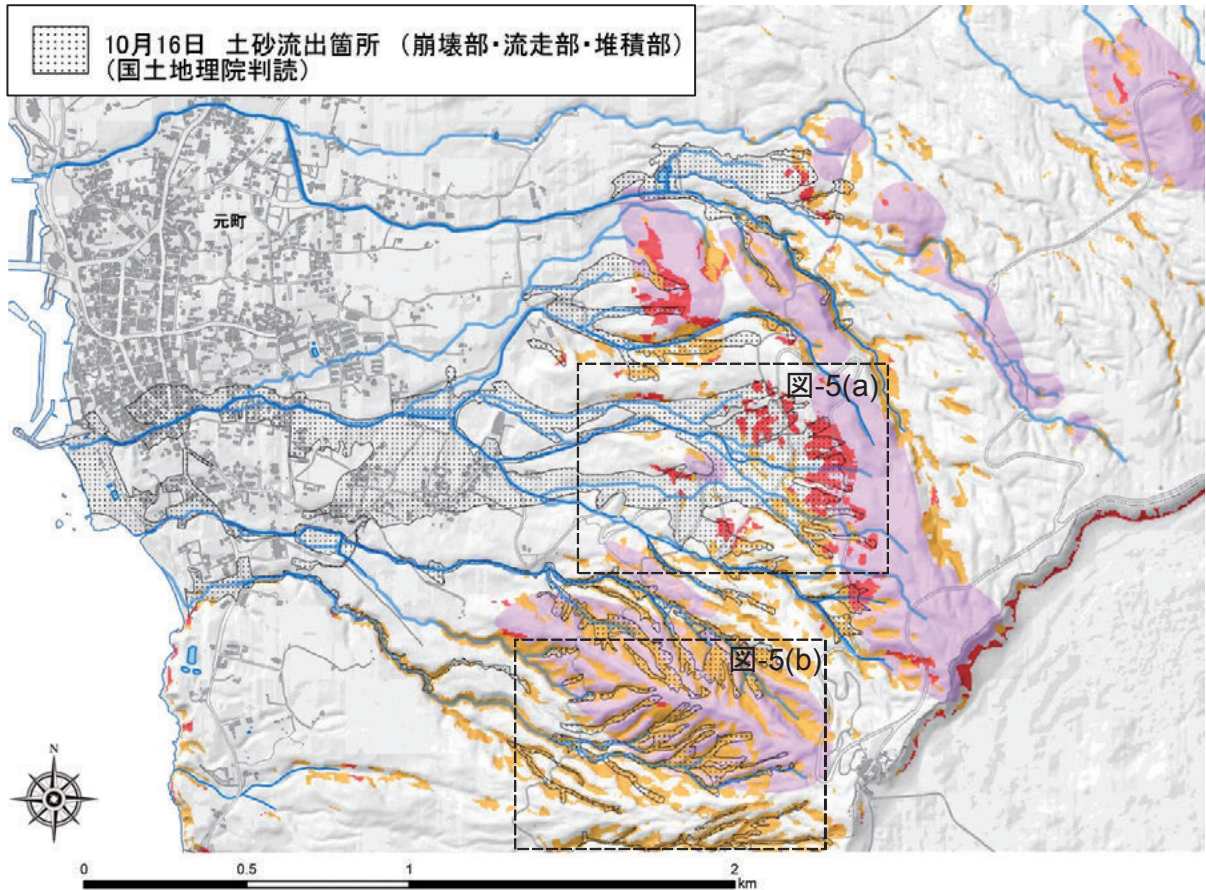


図-4 大島町元町地区付近の危険斜面分類図及び10月16日の土砂流出箇所。土砂流出箇所以外の凡例は図-3を参照。黒破線枠は図-5の範囲。

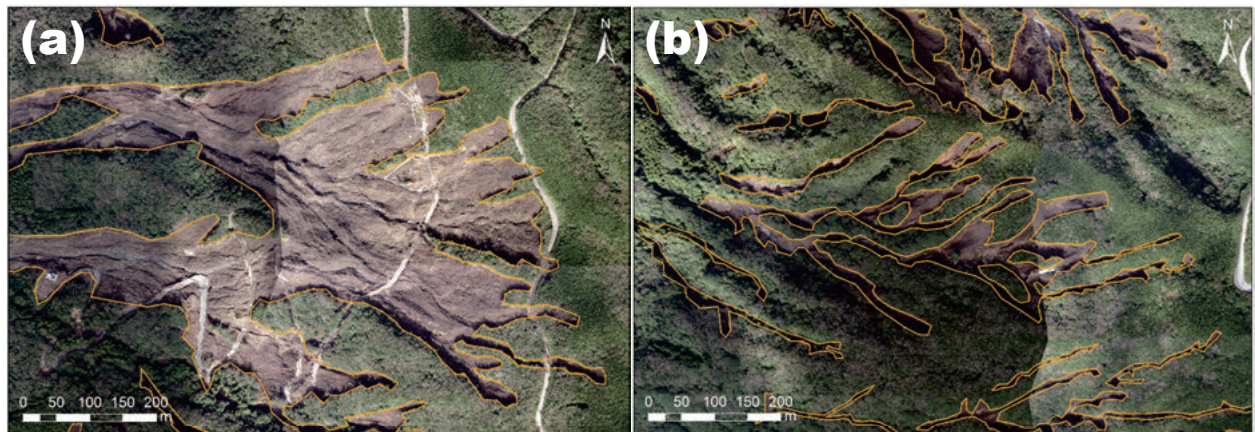


図-5 抽出した危険斜面における実際の崩壊例。(a)「急斜面1」を源頭部として発生した大規模斜面崩壊、(b)「急斜面2」で発生した一般的な斜面崩壊。国土地理院が2013年10月17日撮影した空中写真から作成されたオルソ画像を使用。橙色線は国土地理院が作成した土砂流出範囲。

が溢れ出し、土砂の流路が定まらなかった)、「急斜面1」の地形的解釈と一致する。また、図-3を見ると、今回大規模な斜面崩壊が発生した島の西側斜面以外にも、南側斜面などで危険性が高いと推定される箇所(「急斜面1」に該当するスコリア丘)が分布することが分かった。一方、流路データでは、地形から推定される水の流路は示すことができたが、谷

筋から溢れ出す流れは表現できないことから、元町地区で発生した谷筋以外の平滑斜面への土砂流路は表現することができなかった。

図-4の範囲において、伊豆大島火山地質図のスコリア丘の代わりに、火山土地条件図の火砕丘の範囲を示したものを図-6に示す。火山土地条件図「伊豆大島」では、スコリア丘やマールに相当する地形が

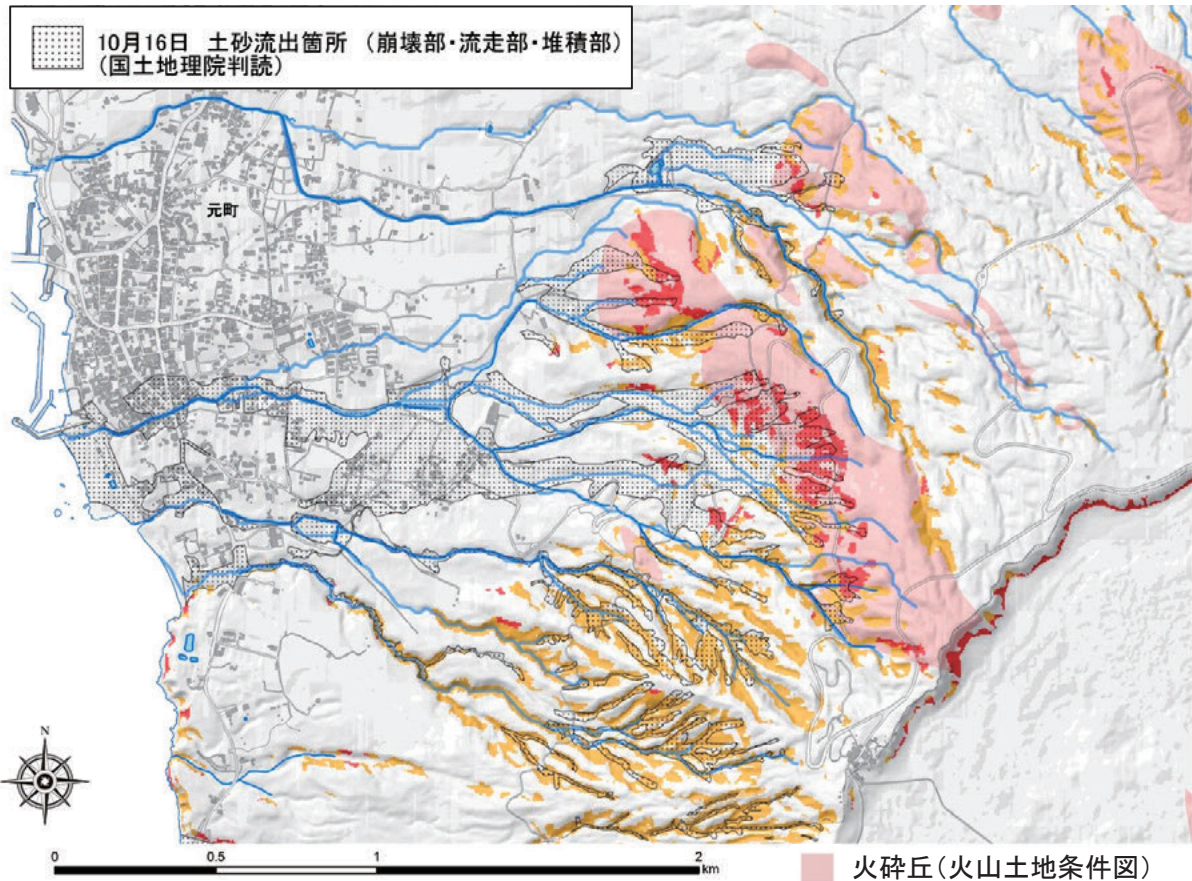


図-6 火山土地条件図の火砕丘の範囲を示した大島町元町地区付近の危険斜面分類図及び 10 月 16 日の土砂流出箇所。火砕丘以外の凡例は図-3 を参照。

「火砕丘」としてまとめられているが、開析が進んで地形的に明瞭でない古いスコリア丘は含まれていない。図-4 と比較すると、図-5 の南側のスコリア丘（火砕丘）が表示されていないことが分かる。これは、この範囲が、地質的にはスコリア丘として分類されるが、地形的にはスコリア丘と認識されないことを示している。大規模崩壊の可能性のある「急斜面 1」だけを見ると、火山土地条件図の火砕丘の範囲を中心に分布しており、今回の大規模土砂流出の源頭部は、比較的新しいスコリア丘（火砕丘）に分布していることが分かる。

4. まとめと課題

台風 26 号に伴い大規模な土砂災害が発生した伊豆大島において、5mDEM や火山地質図、火山土地条件図等のデータを用いて、10 月 16 日に発生した斜面崩壊と形態が類似した危険斜面を抽出した危険斜面分類図を作成し、台風 27 号襲来前に災害対策部局に注意喚起情報として提供した。今回は、航空レーザー測量による 5mDEM が存在したため、高精度な地形データによる解析が比較的短時間で行うことができたが、作業期間がほぼ 1 日に限られたため、危険斜面分類は時間のかかる多変量解析等を行わず、

閾値処理とした。また、斜面崩壊危険箇所を推定する研究では、崩壊源頭部の斜面抽出が一般的であるが、防災という観点では、崩土の流出範囲の推定情報や被災する可能性のある地区を町字レベルで推定した情報が求められる。今回は水文解析を併用することで、土砂の流路データも表示したが、土石流堆積物はしばしば沖積錐状に広がって堆積するため、谷筋の流路だけでは不十分である。これを解決するためには、土石流シミュレーション等を簡便に行う必要があり、今後の課題である。最後に、被害に遭われた方々に心からお見舞い申し上げますとともに、一日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。

謝 辞

危険斜面分類図を作成するにあたって使用した伊豆大島火山地質図のポリゴンデータは、産業技術総合研究所地質情報研究部門シームレス地質情報研究グループの斎藤眞グループ長及び情報地質研究グループの川畑大作主任研究員にご提供頂いた。また、危険斜面分類図の表現方法については、国土地理院企画部防災推進室の方々から有益なご意見を賜った。ここに記して御礼申し上げます。

（公開日：平成 26 年 3 月 3 日）

参 考 文 献

- 稲垣秀輝 (2014) : 土砂災害の軽減に向けて一斜面崩壊一, 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会 平成 25 年 10 月台風 26 号による伊豆大島豪雨災害緊急調査団報告会資料, 81-86.
- Iwahashi, J. and Pike, R. J. (2007): Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature, *Geomorphology*, 86, 409-440.
- 川辺禎久 (1998) : 伊豆大島火山地質図, 地質調査所.
- 国土地理院 (2006) : 1:25,000 火山土地条件図「伊豆大島」.
- Moore, I. D., Gessler, P. E., Nielsen, G. A., and Peterson, G. A. (1993): Soil attribute prediction using terrain analysis, *SSSAJ*, 57, 443-452.0.
- 櫻井正明 (2014) : 表層崩壊の発生状況, 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会 平成 25 年 10 月台風 26 号による伊豆大島豪雨災害緊急調査団報告会資料, 24-29.