

水文分析と深層学習を加えた全球の地形分類の高度化と構造化（第2年次）

実施期間 平成30年度～令和2年度
地理地殻活動研究センター
地理情報解析研究室 岩橋 純子

1. はじめに

地形分類図は、地表面の起伏（凹凸）の形態について、似通った形態、成り立ちの斜面（地形種）をまとめ色分けしたものである。地形の種類を知れば、どんな災害に遭いやすい土地か、ある程度わかる事が知られている。また、土壌や表層地盤のS波速度と地形種の関係はよく知られている（例えば Wakamatsu and Matsuoka, 2013）。

DEMを用いた機械的な地形分類も行われており、2007年に、DEMから算出した斜面傾斜、尾根谷密度及び凸部の分布密度を使用して全球の1kmグリッドの自動地形分類図が作成された(Iwahashi and Pike, 2007)。この分類手法については、フリーGISソフトとして最もポピュラーなQGISにてSAGAプラグイン（Terrain surface classification (Iwahashi and Pike, 2007)）が作成されて使いやすくなっており、地震による斜面の揺れやすさや土壌タイプを推定するためのプロキシを作成する目的で、海外でよく利用されている。本研究は、このような、DEMを用いた機械的な斜面型分類を対象としている。

より実用的な自動地形分類データの作成には、高解像度で高精度なDEMを使用する必要がある。しかし高解像度のDEMでは、地形量計算の際に用いられる空間フィルタリングにより人工地形やDEMソースの精度の違いなどのノイズが顕在化し、また、スケール問題（例えば、1mグリッドで求めた傾斜が斜面を代表する傾斜なのかという類の問題）も生じてくる。したがって、高解像度のDEMを使用した地形の自動分類は「ノイズとスケール問題との戦い」である。これを解決するために、MERIT DEM (Yamazaki et al., 2017) の全球の280m DEMを使用して、セルベースではなく、オブジェクトベースの領域分割によって作成した地形ユニットのポリゴンを単位として地形分類を行う手法が開発された (Iwahashi et al., 2018)。このような、セルではなく単位斜面によって地形を評価する手法は、ノイズを包摂したDEMを用いた分類に効果的だった。しかし、人口が集中している平野や緩斜面の微地形を描写するには、280mの解像度では不十分であり、用いた地形量も平野部の微地形を抽出するには不十分だった。

令和元年度は、最終的に全球の地形分類図を作成する前段階の実験的な取組として、データが揃っている日本を題材に、より高解像度のDEMを用いて、既存の地形分類図を可能な限り再現しようとする実験を行った。ただし本研究の目的は、単に手作業で作成された既存の地形分類図を模倣することではない。山地から平野までの様々な地形について、地形的・地盤工学的分類が、既存の地形分類図と大きな矛盾がなく並立する分類方法を開発することである。

2. 手法

令和元年度の本実験では、1秒メッシュDEM (山崎ほか, 2018) から投影変換・再補間した日本全国の30mメッシュDEMを利用した。DEMのソースは2017年12月にダウンロードした基盤地図情報である。分類に使用する地形量は、DEMのソースの不均一や人工地形ノイズの影響がそれほど増幅されない地形量に焦点を当て、まず、HAND (Height Above the Nearest Drainage (最寄り水路からの比高); Rennó et al., 2008) と斜面傾斜を選択した。次に、尾根谷密度・凸部の分布密度については、本

研究では、閾値以下の凹凸は計算から除外するか、ウィンドウサイズを広げてノイズをぼかす処置を取った。これらのうち HAND, 斜面傾斜, 尾根谷密度は、地盤の揺れやすさの指標である V_{s30} (表層 30m の平均 S 波速度) と弱～中程度の相関がある事が分かっている (Iwahashi et al., 2019)。

HAND と斜面傾斜のラスタデータから領域分割によりポリゴンデータを生成した。このデータにポリゴン毎の平均地形量を合成し、40 分類のクラスタリングを行った。クラスタリングに用いる地形量の組合せは、関東平野を題材に、自然堤防、低位段丘等の氾濫原の微地形が表現される組合せを試行錯誤によって選び、最終的には HAND・斜面傾斜・尾根谷密度を用いて分類した。出力された分類図、あるいは各クラスターの地形量の収束値を用い、主題図データと下記の通り比較して、グルーピングを行った。

- ・ ベクトルタイル「自然地形」(地理院地図)とのオーバーレイによる目視での比較(平野部のみ)
- ・ 7.5 秒地形・地盤デジタルマップ (Wakamatsu and Matsuoka, 2013) とのクロス集計 (全国)
- ・ 20 万分の 1 日本シームレス地質図 (産業技術総合研究所地質調査総合センター)を主要な岩相に集約したデータ (Iwahashi et al., 2018) とのクロス集計 (全国)
- ・ 地すべり地形分布図 (防災科学技術研究所) の地すべり土塊 371,732 箇所 の重心とのクロス集計 (地すべり土塊位置)
- ・ 航空レーザ測量 DEM を用いた近年の判読による表層崩壊の位置情報 (Iwahashi et al., 2012 ; 山岸ほか, 2020 ; 国土地理院, 2016-2019 ; 合計 20,003 箇所)とのクロス集計 (表層崩壊位置)

グルーピング結果には、HAND がゼロに近い領域 (湿地やかつての湖に相当する) を加え、さらに段丘と扇状地の区分を凸部の分布密度を閾値として用いて行い、最終的に、図-1 の 16 区分とした。

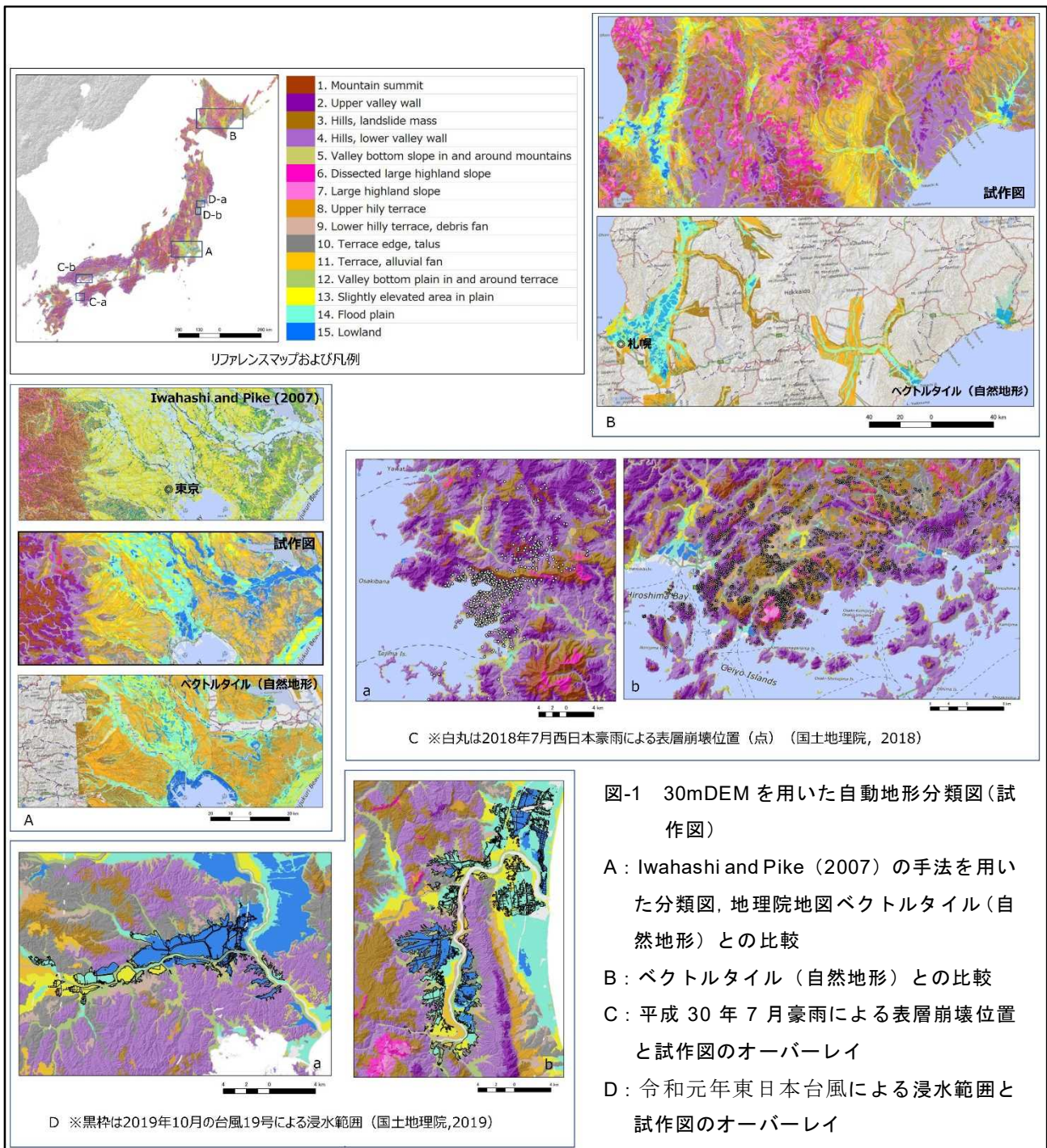
3. 結果と結論

セルベースの先行研究 (Iwahashi and Pike, 2007) の手法と比較して、本研究の手法は、同じ 30mDEM を使ったケースで、東京周辺のような人口が多く人工改変の進んだ領域においても、平野部の微地形の抽出について明らかに改善している (図-1A)。また、既存の地形分類図が無い地域について、概略の地形分類を知るのに役立つと考えられる (図-1B)。地すべり・斜面崩壊は様々な形態の山地斜面に分布する事が知られているが、表層崩壊は、主として丘陵地や下部谷壁斜面に相当する領域 (図-1 凡例の 3・4)、特に薄紫の凡例 4 で起きている (図-1C)。河川氾濫による洪水の範囲は堤防の破堤位置の状況により変わるため、必ずしも特定の地形の領域で起きるわけではないが、HAND の閾値処理によって追加した低地 (図-1 凡例の 15) は、令和元年東日本台風による洪水の領域と良く対応している (図-1D)。従って、山地から平野までの様々な地形について、地形的・地盤工学的分類が、既存の地形分類図と大きな矛盾がなく並立する分類方法を開発できたと考えられる。これらの結果については、AGU 2019 Fall Meeting でポスター発表した。

今後は、今回の経験を踏まえて、全球の地形分類図作成を進めていく。また今回の試作図は、2017 年にダウンロードされた基盤地図情報をソースとしているため、北海道・東北を中心に、航空レーザ測量ではなく地形図の等高線から作成された DEM (DEM10B) も多く含むが、最新の DEM に置き換えられれば、現在 DEM10B をソースとしている平野部の微地形分類はさらに向上すると考えられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H00769 の助成を受け、東京大学生産工学研究所の山崎大准教授、東京工業大学の松岡昌志教授との共同研究として行っているものである。研究分担者、研究協力者の皆様に感謝する。



参考文献

Iwahashi J., and R.J. Pike (2007) : Automated classification of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature, *Geomorphology*, 86, 409-440.

Iwahashi J., I. Kamiya, M. Matsuoka, and D. Yamazaki (2018) : Global terrain classification using 280 m DEMs: segmentation, clustering, and reclassification, *Progress in Earth and Planetary Science*, 5, 1, <https://doi.org/10.1186/s40645-017-0157-2>.

Iwahashi J., Matsuoka M., Yamazaki D. (2019) : Generation of segment data using 30-m DEMs as the base

material of future hazard maps, AGU 2019 Fall Meeting, EP53F-2222. (2019年12月13日, サンフランシスコ) (ポスター発表).

Iwahashi J., Kamiya I., Yamagishi H. (2020) : High-resolution DEMs in the study of rainfall- and earthquake-induced landslides: Use of a variable window size method in digital terrain analysis, *Geomorphology*, 153-154, 29-38.

国土地理院 (2016-2019) : 防災・災害対応, <https://www.gsi.go.jp/bousai.html#01> (accessed 29 May 2020).

国土地理院 (2018) : ベクトルタイトル「自然地形」-身の回りの土地の成り立ちと自然災害リスクがワンクリックで分かります-, https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lfc_index.html (accessed 29 May 2020).

Rennó C.D., A.D. Nobre, L.A. Cuartas, J.V. Soares, M.G. Hodnett, J. Tomasella and M.J. Waterloo (2008) : HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia, *Remote Sensing of Environment*, 112 (9), 3469-3481.

産業技術総合研究所地質調査総合センター (2018) : 20万分の1日本シームレス地質図.

Wakamatsu K., and Matsuoka, M. (2013) : Nationwide 7.5-Arc-Second Japan Engineering Geomorphologic Classification Map and Vs30 Zoning. *Journal of Disaster Research*, Vol.8, No.5, 904-911.

山岸宏光, 岩橋純子 (2020) : 斜面崩壊のGISを用いた地形・地質解析, 石丸聡 (編), 地震ランドスライドー2018年北海道胆振東部地震, 北海道大学出版会 (印刷中).

Yamazaki D, Ikeshima D, Tawatari R, Yamaguchi T, O'Loughlin F., Neal JC, Sampson CC, Kanae S, Bates PD (2017) : A high-accuracy map of global terrain elevations, *Geophysical Research Letters* 44:5844–5853.

山崎大, 富樫冨佳, 竹島滉, 佐山敬洋 (2018) : 日本全域高解像度の表面流向データ整備, 土木学会論文集 B1 (水工学), 75巻5号, I_163-I_168.