

# 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3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

本研究は、地形学的分類と地質工学的分類を大きな矛盾なく両立させ、沖積平野から山地に至る多様な斜面について地盤脆弱性を反映した地形分類を実現することを目指し、数値標高モデル（DEM）を用いた地形分類を行おうとするものである。令和元年度は、最終的に全球の90mメッシュ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、30mメッシュのDEMを用いて、水文分析によるパラメータも加えた作成実験を行った。今年度は日本のデータの検証と結果の取りまとめ、データ公開サイトの作成を行った（Iwahashi et al., 2021）。併せて、先行研究で作成した全球の280mメッシュDEMによる地形分類図（Iwahashi et al., 2018）をプロキシに用いた米国でのVs30（表層30mのS波速度；地盤の揺れやすさの指標として使われる）の検証に参加した（Mital et al., 2021）。一方、本研究にもコロナ禍の影響があり、ライセンスサーバーを必要とするソフトウェアが在宅で使えない期間が長かったことから、研究に遅れを生じた。

最終的な成果となる全球の90mメッシュDEMを用いた地形分類データは、令和3年度前半のデータ公開を目指して作業中である。本報告では、令和3年3月初め時点での進捗状況を報告する。

## 2. 手法

### 2.1. DEMの準備

MERIT DEM（Yamazaki et al., 2017）のカスタマイズ版（3秒メッシュ；東京大学生産技術研究所の山崎大准教授による）を利用した。MERIT DEMは洪水シミュレーションへの用途であるため、元データであるSRTM等のノイズを除去する際に、河川沿いについては堤防を残すためのフィルタが弱められており、ノイズが大きくなっている。MERIT DEMを用いた先行研究（Iwahashi et al., 2018）では、川沿いの分類結果にその影響が見られた。一般にノイズの影響はDEMの解像度が高くなるほど大きくなる事がよく知られている。90m解像度の分類図作成を目指す本研究では、均一なフィルタで処理されたカスタマイズ版を利用することとした。

### 2.2. 区割りの作成

全球の地形分類図を作成するにあたって、先行研究の1kmメッシュ（Iwahashi and Pike, 2007）、280mメッシュ（Iwahashi et al., 2018）分類図では、全球のデータを1ファイルで計算していた。しかし今回、90mメッシュの解像度で全球のデータを取り扱うにあたり、システムの的に全球の処理が難しかったため、区割りのポリゴンデータを作成し、地形量計算の領域と定義した。この区割りは、土砂移動の範囲を考慮して大分水域が適当と考えた。そこで、MERIT-Basins（Lin et al., 2019）を大分水域に結合・編集して利用し、尾根筋または海を境界とし、全球を67の領域に分割した。それぞれの領域内のDEMを接合し、陸域の中心に近い座標を中央子午線としたランベルト正積方位図法に投影変換し、90mDEMを作成した。リサンプリング法はNearest Neighbor法とBilinear法を用い、2種類のDEMを作成した。

この区割りについては、当初は先行した全球の分水域データであるHydroBASINS（Lehner and Grill,

2013) の利用を考慮したが、ポリゴンを単純化しているせいか尾根線や海岸線に 90m メッシュでは看過できない位置ずれが見られる他、湖池にも位置ずれが見られた。そのため MERIT-Basins を利用することとした。

### 2.3. マスクデータの作成

傾斜が急変する水際の地域（例えば山岳と湖が接しているような場所）で地形量が過小な値となる事を防ぐため、陸水部のマスクデータを作成し、地形量計算時に DEM のマスク (NoData) として使用する必要がある。先行研究 (Iwahashi et al., 2018) では GlobCover2009 (Bontemps et al., 2013) の土地被覆分類の水部を用いたが、解像度が約 300m と粗いほか、離島の独立峰等に雲による誤分類が見られる。しかし、どこが水部であるかという基本的な情報について、全球レベルの、90m の解像度に見合うオーソライズされたデータは現段階では見つからなかった。本研究では、湖沼については HydroLAKES (Messenger et al., 2016) の Lake polygons を利用した。HydroLAKES は 10ha 以上の湖沼の全球ポリゴンデータであるが、日本では琵琶湖の島の水涯線や有明海等が欠落しており、手修正を行った。さらに、HydroLAKES には汽水湖が含まれない他、マスクする必要がある大河川も含まれないため、補足データが必要であった。当初は衛星画像による土地被覆分類の利用を検討したが、浅海部の誤分類により島嶼部や干拓地が消えている等が多く見られた。そこで OpenStreetMap の Code2 大河川・水部 (東京大学生産技術研究所のウェブサイトからダウンロード可能: [http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/OSM\\_water/](http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/OSM_water/)) を用いた。

このマスクデータは、傾斜が急変する地域の誤差を最小限にするためのマスクとして用いたもので、実際の陸水部の範囲を必ずしも反映しない。その理由として、OpenStreetMap の水部は、原データに地図作成機関のデータを使用している地域以外は精度がオーソライズされていないほか、地域によって取得の有無に大きな差があること、潮間帯についての扱いはおそらく一定していない事がある。

### 2.4. 地形量データの作成

地形量については、Iwahashi et al. (2021) で用いたもの (傾斜, HAND (Height Above the Nearest Drainage; Rennó et al., 2008), 尾根谷密度と凸部の分布密度 (岩橋・神谷, 1995)) を踏襲し、マスクデータ以外の部分について求めた。ノイズが増幅されやすい尾根谷密度では尾根谷抽出の閾値を 5m とした。なお砂漠地域を中心に、特に、凸部の分布密度等で軌道縞ノイズの顕在化が見られるが、この問題はノイズ領域を明示して提供することとした。計算コストの大きい HAND は、共同研究者の東京大学生産技術研究所山崎大准教授が独自アルゴリズムでカスタマイズ版 MERIT DEM から作成したものを採用することとし、低湿地の補足データは GIS の水文分析で Sink (流水の出口のない窪み) を埋める機能を活用して作成した。

### 2.5. 斜面の領域分割

傾斜と HAND のデータを用い、eCognition v.10 (Trimble) の multiresolution segmentation によって似た形の斜面を領域分割し、ポリゴンデータを作成した (図-1)。この時、主題図レイヤとして、MERIT-Basins の集水域データを重畳し、似た形の斜面が集水域の尾根筋で分割されるように設計した。これは、先行研究における領域分割の問題の軽減と、MERIT-Basins に含まれる集水域 ID と上流・下流集水域の ID を、ポリゴン属性として結合するためである。このような処理によって、集水域ごとのデータの切り出しや、水文分析への地形分類データの取り込みが容易になると考えられる。

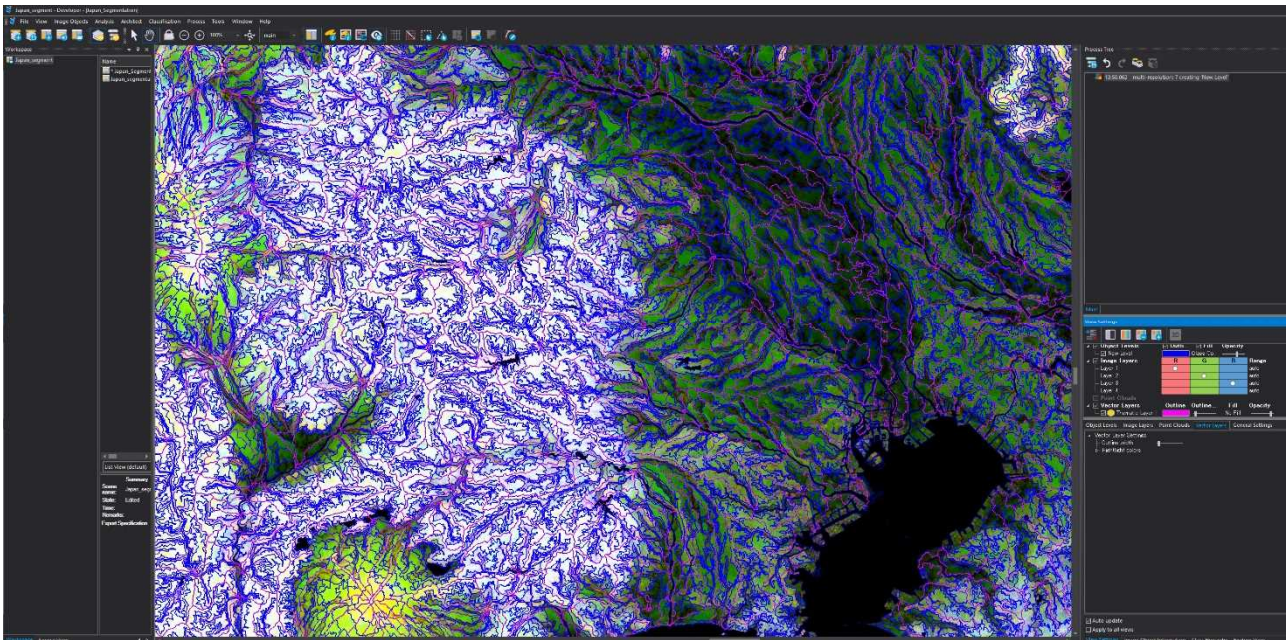


図-1 東京湾付近の MERIT DEM カスタマイズ版の 90m メッシュ地形量を基にした領域分割の様子。領域分割には eCognition (Trimble) を用いた。濃ピンクの線が MERIT-Basins の集水域。

## 2.6. 地形分類

地形分類手法は令和元年度の研究を踏襲し、k-means クラスタリングによる分類と、補助的な分類を用いた。なお先行研究 (Iwahashi et al., 2018) では、各地形量のデータも格納されたポリゴンデータを公開したが、それらの生データを用いて、海外の現場の事情に応じてカスタマイズする様子が見られた (Mori et al., 2020)。そこで分類サンプルの他に、地形量の数値データ (ポリゴン内の平均値) を格納したデータを公開する予定で準備を進めている。

## 3. 今後の予定

作成した地形量のデータと MERIT-Basins を用いてポリゴンデータ作成を進める。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H00769 の助成を受け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厚く感謝する。

## 参考文献

- Bontemps, S., Defourny, P., Radoux, J., Van Bogaert, E., Lamarche, C., et al. (2013) : Consistent Global Land Cover Maps for Climate Modeling Communities: Current Achievements of the ESA's Land Cover CCI, ESA Living Planet Symposium 9 - 13 September 2013, Edinburgh, United Kingdom.
- 岩橋純子, 神谷泉 (1995) : 標高データを用いた画像処理手法による地形分類 — 国土数値情報を用いた例を中心として —, 情報地質, 6(2), 97-108.
- Iwahashi, J., Pike, R.J. (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., Kamiya, Matsuoka, M., Yamazaki, D. (2018) : Global terrain classification using 280 m DEMs: segmentation, clustering, and reclassification, *Progress in Earth and Planetary Science*, 5, 1,

doi:10.1186/s40645-017-0157-2.

- Iwahashi, J., Yamazaki, D., Nakano, T., Endo, R. (2021) : Classification of topography for ground vulnerability assessment of alluvial plains and mountains of Japan using 30 m DEM, *Progress in Earth and Planetary Science*, 8:3, doi: 10.1186/s40645-020-00398-0.
- Lehner, B., Grill G. (2013) : Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems, *Hydrological Processes*, 27(15), 2171–2186.
- Lin, P., Pan, M., Beck, H.E., Yang, Y., Yamazaki, D., Frasson, R., David, C.H., Durand, M., Pavelsky, T.M., Allen, G.H., Gleason, C.J., Wood, E.F. (2019) Global reconstruction of naturalized river flows at 2.94 million reaches. *Water Resources Research* <https://doi.org/10.1029/2019WR025287>
- Messenger, M.L., Lehner, B., Grill, G., Nedeva, I., Schmitt, O. (2016) : Estimating the volume and age of water stored in global lakes using a geo-statistical approach, *Nature Communications*, 13603, doi: 10.1038/ncomms13603.
- Mital U., Ahdi S., Herrick J., Iwahashi J., Savvaidis A., Yong A. (2021) : A probabilistic framework to model distributions  $V_{s30}$ , *Bulletin of Seismological Society of America*. (in print)
- Mori, F., Mendicelli, A., Moscatelli, M., Romagnoli, G., Peronace, E., Naso G. (2020) : A new  $V_{s30}$  map for Italy based on the seismic microzonation dataset, *Engineering Geology*, 275, 105745.
- Rennó C.D., A.D. Nobre, L.A. Cuartas, J.V. Soares, M.G. Hodnett, J. et al. (2008) : HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia, *Remote Sensing of Environment*, 112 (9), 3469-3481.
- Yamazaki D, Ikeshima D, Tawatari R, Yamaguchi T, O'Loughlin F., et al. (2017) : A high-accuracy map of global terrain elevations, *Geophysical Research Letters*, 44, 5844–5853.