

令和 3 年 8 月 26 日現在

機関番号：82116

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H00769

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Advanced and Structured Global Terrain Classification with Hydrological Analysis and Deep Learning

研究代表者

岩橋 純子（IWAHASHI, Junko）

国土地理院（地理地殻活動研究センター）・その他部局等・主任研究官

研究者番号：90391698

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 7,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、数値標高モデル（DEM）を用いて計算した地形量（傾斜などの物理量）を使って、同じような形、すなわち似た性質を持つ斜面をゾーニングした地図データを作成した。水文分析を用いた新たなパラメータを導入して、従来の先行研究では捉えられなかった平野部の微高地の抽出に成功した他、集水域の既存データベースとの結合を行い上流下流の情報を追加できるデータを作成した。パラメータの導入には至らなかったものの深層学習を用いた実験的な取り組みを行った。データは日本全国（30mメッシュDEMを利用）と、全球（90mメッシュDEMを利用）について作成し、ウェブサイトで公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

同様の先行研究の成果は、地形と関係がある事が分かっている様々な事柄、例えば土壌タイプの推定、Vs30（表層30mのS波速度；地震による地盤脆弱性の目安となる）の推計や地震ハザードマップの作成等に使われてきた。今回、全球スケールでは最小280mメッシュであった先行研究と比較して、3×3倍の細かさのDEMを用いてデータを作成し、また新しいパラメータによって平野部の微地形の把握が大きく向上した事により、推計がさらに正確になると期待される。加えて、本研究のデータは、山地についてもゾーニングされていることから、山地での災害、例えば斜面崩壊や地すべりの危険性等のモデリングと推計にも貢献すると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we used topographic measurements (physical quantities such as slope) calculated using digital elevation model (DEM) to create map data zoning slopes with similar shapes, i.e., similar properties. By introducing a new parameter using hydrological analysis, we succeeded in extracting micro-elevations in the plains that were not captured in previous studies, and also created data that can be combined with existing databases of catchment areas to add upstream and downstream information. Although we were not able to introduce parameters, we made experimental efforts using deep learning. Data was created for all of Japan (using a 30m mesh DEM) and for the entire globe (using a 90m mesh DEM), and made available on the website.

研究分野：地形、GIS、自然地理

キーワード：地形分類 DEM 数値地形解析 地盤分類 土壌 水文分析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 地形分類図は、各国で Geomorphological Map (地形学図)として作成され、地盤強度の推計、洪水災害・土砂災害の防災計画、地域開発計画等に利用されてきた。地形分類図の作成は、通常、人間が空中写真等を用いて地形を区分し、現地調査や資料で成因・構成物質・形成時期の違いを加味して行う。しかし、このような労働集約型の作業は、グローバルに実行可能なものではない。そこで 1990 年代から、格子点の標高データ (Digital Elevation Model: DEM) から計算される傾斜等の地表面の特徴量 (以下、「地形量」という。)を用い、コンピュータ上で機械的に地形区分を行う手法が提案されてきた。

(2) そのような背景から、研究代表者は過去に、解像度 1km と 280m の DEM から、セルベースとポリゴンの 2 種類の全球地形分類図を作成している (Iwahashi and Pike, 2007 ; Iwahashi et al., 2018. 後者は科研費 15K01176 の助成を受けた)。被引用文献から、それらは、土壌タイプを推定する材料 (European Commission - DG JRC, 2008)、Vs30 (表層 30m の S 波速度; 地震による地盤脆弱性の目安となる) の推計 (Yong et al., 2012 ; Mori et al., 2020 等)、地震ハザードマップの作成 (Irsyam et al., 2017) 等に利用されており、地盤の強さや土壌を推定する材料としてのニーズが高い。

(3) しかし、これらの先行研究のデータでは、使用した DEM の解像度の関係から、幅の狭い谷底平野や平野内の微高地を識別することはできず、人口が多い沖積平野において満足できるものではなかった。さらに、人工改変の激しい平野については、DEM に含まれるノイズ的な凹凸の影響で、分類自体が十分にできなかった。また、先行研究を含む既存の全球地形分類は、いずれも類似した定量的特徴を示す局所範囲の線引きに留まっていて、上流部の地形とのつながりを意識しておらず、また、内的・外的営力の地域差を加味した俯瞰的な視点は用いられていなかった。そこで平成 30 年度から、後続研究として本研究を開始した。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、全球の地形分類の高度化と構造化である。当初は、科研費 15K01176 で作成した全球の 280m メッシュ DEM による地形分類ポリゴンをベースに、平野部を中心に新たに水文分析と深層学習を加え、地盤強度や災害脆弱性の推定に役立つ詳細な地形区を構築することを考えたが、研究開始後の試行錯誤から、実用的なより高解像度の DEM を用いて、山地を含め全面的に新しく地形分類図を構築することとした。

(2) 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し、ネットワーク化されたポリゴンデータに取りまとめることを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 当初は、特に山地については科研費 15K01176 で作成した全球の地形分類ポリゴンの利用を考えたが、研究期間中に豪雨や地震による土砂災害が頻発し、山地でも災害との紐づけの概念を加えたより高精細な分類のニーズが明らかになったことや、国内のデータ作成の必要が生じたこともあり、まず 30m 解像度での分類手法を開発し、それを全球に広げることとした。

(2) その過程で DEM の高解像度化に伴う地形のスケール問題やノイズの顕在化の問題に直面したが、米国カリフォルニア州の National Elevation Dataset (NED ; USGS) から内挿補間した 30mDEM、関東地方の基盤地図情報 (国土地理院) から内挿した 30mDEM を用い、平野部の自動地形分類手法の改善方法を検討した。DEM を用いた水文分析によって算出される HAND (Height Above Nearest Drainage ; Rennó et al., 2008 ; 最寄り水路からの比高) を新しいパラメータとして加えると共に、地形要素抽出の手法や閾値変更などノイズ回避のためのチューニングの検討を行い、自動分類手法の改良を行った。

(3) 改良結果を日本全国に当てはめ、1 秒メッシュ DEM から投影変換・再補間した日本全国の 30mDEM を利用し、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。作成した地形量のデータセットから、領域分割と 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、関東平野とカリフォルニア州を題材に、Vs30 の分散や、自然堤防・低位段丘等の氾濫原の微地形の表現に優れた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の地形量の収束値を用い、地質・地形・地すべり・斜面崩壊に関するデータと比較して、グルーピングを行った。

(4) これらの試みと平行して、全球の地形分類用 3 秒メッシュ DEM (MERIT DEM (Yamazaki

et al., 2017) のカスタマイズ版) やそれを用いた全球の HAND データの作成、Vs30 と地形分類の関係についての研究、山地の新しいパラメータの模索として傾斜量図(地理院地図タイル)を用いた深層学習(畳み込みニューラルネットワーク: CNN)による重力変形地形の確率マップの作成、タイのチェンマイ地方での Vs30 プロキシとしての DEM 地形分類図の作成等が行われた。

(5) その後、新型コロナの蔓延による自宅待機期間や変則勤務があり、ライセンス認証が必要なソフトウェアが使用できない等の問題を生じ、データ解析作業が遅延したが、ソフトウェアについてはフリーウェアの利用に置き換え可能な部分は置き換えを進め、研究を継続した。コロナ禍の影響が続き解析ソフトやグラフィックカード付高性能 PC へのアクセス時間が限られた最終年度前半は、30mDEM を用いた日本の地形分類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。他、科研費 15K01176 で作成した全球の 280mDEM による地形分類図を Vs30 のプロキシに用いた米国の研究者による検証に参加した。

(6) テレワークの環境が整って以降、日本での実験による手法確立を基に、全球の 90mDEM を用いたデータ作成に着手した。区割りの検討を行い、MERIT-Basins (Lin et al., 2019) の大分水域を利用し、全球を 67 の領域に分割したポリゴンデータセットを作成した。地形量の計算・領域分割・クラスタリングについては基本的に日本での実験結果を踏襲したが、DEM の解像度が異なる事からノイズ回避のチューニングや分割スケール等を再検討した他、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可能とし、ネットワーク化を可能とするためである。作成したポリゴンデータセットは、地形量の値等の中間成果を含めて公開サイトに掲載した。

4. 研究成果

(1) DEM の高解像度化に伴う地形のスケール問題やノイズの顕在化の問題に対処し、沖積平野を含む高精度な (= 時にノイズ的な凹凸を表現しすぎる) DEM を用いても、地形学的・地盤工学的な分類が大きな齟齬なく両立する自動分類手法を開発した。既存の地形・地質に関する日本の主題図との比較から、本研究で作成したデータは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していることが示唆された。このような自動地形分類手法やその成果データは、既存の地形分類図が無い地域での地形の概要把握の他、山地の土砂災害頻発域や低湿地の把握、地震による揺れやすさの推定、土壌の推定等に役立つと考えられる。

本研究で作成したデータは、日本の 30mDEM を用いた地形分類図及びポリゴンデータ (図-1) 全球の 90mDEM を用いた地形分類用ポリゴンデータ (図-2) として、下記の 2 つの Web サイトから公開している。

Classification of Topography using 30 m DEM of Japan

https://gisstar.gsi.go.jp/Japan_terrain/

Global polygons for terrain classification divided into uniform slope and basins

<https://gisstar.gsi.go.jp/terrain2021/>

のデータは、ユーザーがカスタマイズして使用することを想定し、中間成果や、クラスタリングに使用した地形量を格納した shape ファイルをダウンロードできるようにしている。特に、クラスタリング結果を直接地形分類図として用いる他、ユーザー自身がクラスタリング結果のグルーピングを各地域の地勢に合わせてできるように、大分水界ごとのクラスタリングの収束値や、各地形量の標準化後の値も提供している。

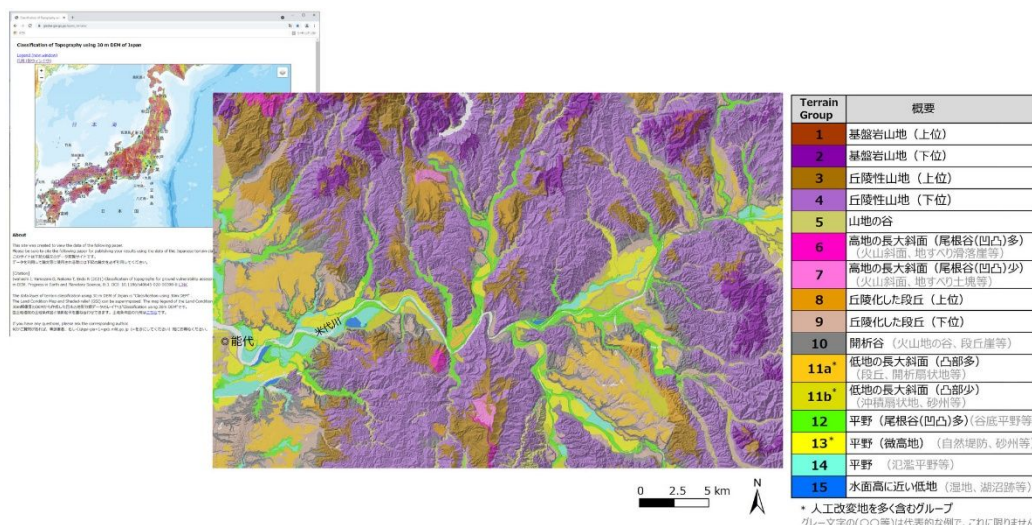


図-1 のウェブサイト (左、一部) 及び地形分類データの拡大図 (右)

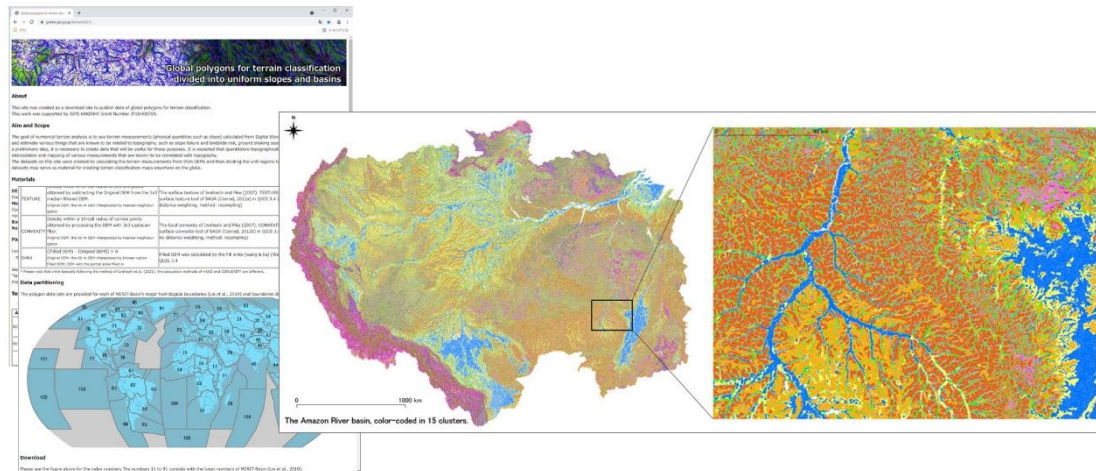


図-2 ウェブサイト（左、一部）及びアマゾン川流域の地形分類データ（右）

(2) 米国の USGS を始めとする研究者グループとの一連の共同研究によって、日本と同じような地震多発地域であるカリフォルニア州を中心に、DEM 地形分類と Vs30 の関連性が検証された。さらに、タイの留学生を中心としたチェンマイ地方における DEM 地形分類と Vs30 の関連性の調査によって、大陸地域の内陸についても地震の揺れと地盤の関係の推計に地形分類を利用できる可能性が示唆された。なお Vs30 のプロキシとしての DEM 地形分類の利用という観点では、本研究で得られた DEM 地形分類の結果に、人工改変地や脆弱地質など補足的な情報を加味して細分することによって、より実効的な土地のアセスメントが行えると考えられる。このような地盤エンジニアリングの分野で役立つ地形・地質のハイブリッドなマップデータ作成は、おそらく山地の自動分類が容易な DEM 地形分類からスタートする事が効率的であり、将来的な方向性を確認できた。

(3) 水文分析のパラメータである HAND が沖積平野の微高地、低位段丘、低湿地等の抽出に有効であることを明らかにした。さらに、山地でも、土砂崩れの多発域である下部谷壁斜面等の分離に有効であることを示唆した。付加体の斜面のような硬岩山地と、第四紀火山の斜面のような透水性の高い脆い山地では、上流から下流へつながるクラスタ（地形種）の並び方が全く異なること、さらに前者と後者の谷底平野の地形は定量的に見て明確な違いがあることなど、地形学的に意義のある知見も得ることができた。

(4) 新しいパラメータの作出までは至らなかったが、山地において、深層崩壊や大規模な地すべりと密接に関係があるとされる山体重力変形地形について、地図タイル画像を用いて効率的に深層学習を行い、それらが含まれる確率の分布図を作成する手法を開発できた。畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いて、傾斜量図タイル画像中に山体重力変形地形が含まれているか推定する画像分類器を作成し、九州地方において、地形・地質や地すべり地形との比較検討を行った。その結果、分類器によって山体重力変形地形が含まれる確率が高いと推定された地域の分布は、既存の地すべり地形分布、地形・地質と一定程度関係があることがわかった。

(5) 本研究に関連して、MERIT DEM、日本域表面流向マップのデータサイトの更新が行われたほか、HAND を取り入れた日本全国の液状化危険度の推定等、様々な研究が行われた。これらの波及的な研究成果は、上記(1)～(4)と併せて、AGU Fall Meeting 2018・2019 はじめ国内外の学会で発表された。

< 引用文献 >

European Commission – DG JRC (2008) : Global Landform classification.
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/landform-classification> (Accessed 18 June 2021)

Irsyam M., Asrurifak, M., Mikhali, R., Wahdiny, I.I., Rustuani, S., Munirwansyah (2017) : Development of nationwide Vs30 map and calibrated conversion table for Indonesia using automated topographical classification, Journal of Engineering and Technological Sciences, 49(4) , 457-471.

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, I., 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.

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>

Mori, F., Mendicelli, A., Moscatelli, M., Romagnoli, G., Peronace, E., Naso G. (2020) : A new Vs30 map for Italy based on the seismic microzonation dataset, *Engineering Geology*, 275, 105745.

Rennó C.D., Nobre, A.D., Cuartas, L.A., Soares, J.V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M.J. (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.

Yong, A., Hough, S.E., Iwahashi, J., Braverman, A. (2012) : A terrain based site conditions map of California with implications for the contiguous United States, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102(1) , 114-128.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Thamarux Patcharavadee, Matsuoka Masashi, Poovarodom Nakhorn, Iwahashi Junko	4. 巻 8
2. 論文標題 VS30 Seismic Microzoning Based on a Geomorphology Map: Experimental Case Study of Chiang Mai, Chiang Rai, and Lamphun, Thailand	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISPRS International Journal of Geo-Information	6. 最初と最後の頁 309 ~ 309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijgi8070309	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 岩橋 純子	4. 巻 72
2. 論文標題 DEM (数値標高モデル) を用いた地形量・浸水量の計測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 砂防学会誌	6. 最初と最後の頁 43 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11475/sabo.72.2_43	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山崎 大, 富樫 冨佳, 竹島 滉, 佐山 敬洋	4. 巻 74
2. 論文標題 日本全域高解像度の表面流向データ整備	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 I_163 ~ I_168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.74.5_I_163	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Mital Utkarsh, Ahdi Sean, Herrick Julie, Iwahashi Junko, Savvaidis Alexandros, Yong Alan	4. 巻 -
2. 論文標題 A Probabilistic Framework to Model Distributions of VS30	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Seismological Society of America	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0120200281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Iwahashi Junko, Yamazaki Dai, Nakano Takayuki, Endo Ryo	4. 巻 8
2. 論文標題 Classification of topography for ground vulnerability assessment of alluvial plains and mountains of Japan using 30m DEM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-020-00398-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 桑原 光平, 松岡 昌志	4. 巻 21
2. 論文標題 機械学習を用いた日本全国の液状化危険度の推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 2_70 ~ 2_89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5610/jaee.21.2_70	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Mital U, Yong A, Iwahashi J, Herrick J, Savvaidis A
2. 発表標題 A probabilistic framework for Vs30
3. 学会等名 2019 SSA Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iwahashi J, Nakano T, Yamazaki D
2. 発表標題 Automated classification of topography from 30 m DEMs of Japan by segmentation and machine learning
3. 学会等名 日本地形学連合秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iwahashi J, Matsuoka M, Yamazaki D
2. 発表標題 Generation of segment data using 30-m DEMs as the base material of future hazard maps
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Endo R, Iwahashi J, Ohno H, Nakano T
2. 発表標題 Effective estimation of gravitational deformation zone in wide mountainous area in Japan using DEM and convolutional neural network (CNN)
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamazaki D
2. 発表標題 MERIT Hydro: a new global hydrography map based on multiple satellite observations, and its application to model-satellite integration in global river hydrodynamic simulations
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎大
2. 発表標題 全球高解像度水文地理データの開発と陸域水循環研究への応用
3. 学会等名 (水文・水資源学 / 流出予測研究所) 講演会「水文・水資源学に関するデータとモデルの社会実装に向けて」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junko Iwahashi, Dai Yamazaki, Julie Herrick, Alan Yong, Masashi Matsuoka, Takayuki Nakano, Utkarsh Mital, Alexandros Savvaidis
2. 発表標題 Development of terrain classifications as a proxy to estimate VS30
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩橋純子・中埜貴元・山崎大
2. 発表標題 沖積平野の浸水脆弱性・地盤脆弱性を反映したDEM地形分類の可能性について
3. 学会等名 日本地形学連合秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junko Iwahashi, Takayuki Nakano, Dai Yamazaki
2. 発表標題 Classification of topography in artificially modified alluvial plains using DEMs
3. 学会等名 5th International Conference on Geomorphometry (Geomorphometry2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩橋純子・中埜貴元
2. 発表標題 濃尾平野の基盤地図情報を用いた数値地形解析
3. 学会等名 日本地球惑星連合 (JpGU) 2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Utkarsh Mital, Alan Yong, Junko Iwahashi, Julie Herrick, Alexandros Savvaidis
2. 発表標題 A probabilistic framework for Vs30
3. 学会等名 2019 SSA Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keishiro TAKAMIYA, Masashi MATSUOKA, Saburoh MIDORIKAWA
2. 発表標題 Estimation Model on Average Shear-Wave Velocity of Ground to Upper 30m Using PS-logging Data in Japan
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Patcharavadee THAMARUX, Natt LEELAWAT, Masashi MATSUOKA
2. 発表標題 Seismic Hazard Evaluation System Development for BCP Assessment of Thai Tourist Startups
3. 学会等名 7th Asia Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Dai Yamazaki
2. 発表標題 MERIT DEM: a high-accuracy global elevation map by multi-component error removal
3. 学会等名 5th International Conference on Geomorphometry (Geomorphometry2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩橋純子、山崎大、中埜貴元、遠藤涼
2. 発表標題 数値地形解析による30mDEMを用いた地盤脆弱性アセスメントに資する地形分類データの作成
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>【研究成果（地形分類データ）公開サイト】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Classification of Topography using 30 m DEM https://gisstar.gsi.go.jp/Japan_terrain/ ・Global Polygons for terrain classification divided into uniform slopes and basins https://gisstar.gsi.go.jp/terrain2021/ <p>【関連する参考サイト】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・J-FlwDir: Japan Flow Direction Map / 日本域表面流向マップ http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/JapanDir/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山崎 大 (Yamazaki Dai) (70736040)	東京大学・生産技術研究所・准教授 (12601)	
研究分担者	松岡 昌志 (Matsuoka Masashi) (80242311)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授 (12608)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	中埜 貴元 (Nakano Takayuki) (60511962)	国土地理院・地理地殻活動研究センター・地理情報解析研究室 (82116)	

6. 研究組織 (つづき)

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	遠藤 涼 (Endo Ryo) (10865067)	国土地理院・地理地殻活動研究センター・地理情報解析研究室 (82116)	
研究協力者	大野 裕幸 (Ohno Hiroyuki)	国土地理院・地理地殻活動研究センター・地理情報解析研究室 (82116)	
研究協力者	ヨン アラン (Yong Alan)	米国地質調査所・Earthquake Science Center	
研究協力者	マイタル ウトカルシ (Mital Utkarsh)	ローレンス・バークレー国立研究所	前職はカリフォルニア工科大学
研究協力者	ヘリック ジュリー (Julie Herrick)	米国地質調査所・Office of Communications and Publishing	
研究協力者	サブバイデス アレクサンドロス (Savvaidis Alexandros)	テキサス大学・Bureau of Economic Geology	
研究協力者	アーディ シーン (Ahdhi Sean)	米国地質調査所・Geologic Hazards Science Center	前職はカリフォルニア大学ロサンゼルス校
研究協力者	タマラックス パットチャラバディ (Thamarux Patcharavadee)	東京工業大学 (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	高宮 奎志朗 (Takamiya Keishiro)	東京工業大学(当時)	
研究協力者	桑原 光平 (Kuwabara Kohei)	東京工業大学(当時)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	米国地質調査所	ローレンス・バークレー国立研究所	テキサス大学