

令和 5 年 5 月 18 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20726

研究課題名（和文）地形と地史の変化シミュレーションをAIの学習用データとする地形分類手法の開発

研究課題名（英文）Development of an AI topographic classification model by the use of Landform Evolution Models with geohistorical transition AI training data

研究代表者

隈元 崇（Kumamoto, Takashi）

岡山大学・自然科学学域・教授

研究者番号：60285096

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：従来の専門家の経験と判断に基づく地形分類と地形面区分図の作成を、高解像度のデジタル標高モデルとAIの機械学習を用いて実施した。その中で、AIの学習用に大量に必要となる教師データについて計算機を用いた地形変化シミュレーションの計算結果を利用したことが独創的な点となる。シミュレーションの初期地形の課題解決のための鹿児島県・薩摩半島の入戸火砕流分布域での検討、および、鹿児島県・喜界島の海成段丘地形での検討を踏まえた本研究のAIの汎用性の確認のため、高知県室戸半島の地形区分図を作成した結果、海成段丘地形に関して従来の専門家が作成した地形区分と整合的な地形区分図を取得することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年のAI技術の実装環境の普及を受けて、画像などデジタルデータに記録されている形状の判別や分類の自動化の研究の進展は著しいが、地表面形状の分類は、画像から読み取れる形状の相違だけでは成しえない。しかし、人が地形の形成プロセスを單元ごとに教科書や野外実習で学ぶのと同様に、AIが河川の侵食・堆積のプロセス、斜面の従順化や地すべりなどのプロセス、また、海水準変動や地殻変動などの広域変化プロセスと逐次自動で地形分類を更新する履歴情報までを学習できれば、そこで得られるAIの地形分類の評価関数は、従来の専門家判断による地形分類と比較が可能なレベルに高度化できる可能性があると考え、本研究を実施した。

研究成果の概要（英文）：The traditional work of terrain classification and creation of maps based on the experience and judgment of experts is carried out using high-resolution digital elevation models and artificial intelligence (AI) machine learning in this study. One of the original aspects of this work is the use of computer simulations of landform evolution to provide the large amount of training data needed for AI. To solve the initial topography problem of the simulation, I selected the Ito pyroclastic flow distribution area in the Satsuma Peninsula, Kagoshima Prefecture, and the marine terrace topography of Kikai Island, Kagoshima Prefecture. To confirm the generality of the AI in this study, a topographic classification map of the Muroto Peninsula in Kochi Prefecture, is created. As a result, the AI could provide a topographic classification map of the marine terrace topography that is consistent with the topographic classification created by conventional experts.

研究分野：変動地形学

キーワード：AIによる地形分類 地形変化シミュレータ AIの地形区分評価関数 AIによる地形面区分図

1. 研究開始当初の背景

自然地理学・地形学では、地形の形成プロセスを明らかとしながら地形区分を行い、対象地域の地史を明らかとしてきた。こうした地形区分の主たる凡例は、山地斜面・崖（段丘崖）・地すべり地形・台地（段丘）面・崖錐・扇状地・自然堤防・低地・現河床・旧河道となる。一見すると、それぞれの凡例に対応する地形は独特の形状を示すので、その分類は容易と思われるが、実際には地史を考察しながらの総合評価であり自動化は困難であった。

しかし、近年の高精度 DEM の活用のためには、分析手法にも新しい技術の導入を積極的に検討すべきである。そこで、さまざまな分野で形状判別に用いられ始めた AI による機械学習・深層学習を、地形学においても検討することは必然であろう。両手法ともに、多量の学習データの整備が精度の向上に寄与している。しかし、本研究が対象とする高解像度の DEM の地形分類については、その精度での分類を AI が学習するために参照すべきビッグデータが存在せず、このことが AI の地形学への応用について解決すべき課題であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、学術的な進歩が著しく実務でも用いられている人工知能 (AI) の技術を地形学の分野に応用・活用することである。その計算のテーマとして、従来の経験に基づく expert judgement の成果であった地形分類を取り上げる。具体的な挑戦的課題として、地形変化シミュレーションの技術も併用することで、AI の学習用ビッグデータを作成する。この際、地形形状の計算結果に加えて、計算過程の地形形成プロセスの履歴情報も利用した (図 1)。この着眼点が本研究の新機軸である。これにより、最新の測量技術で取得される高精度な数値標高データ (DEM) の整備に対応可能な AI を用いた新たな地形分類を検討した。

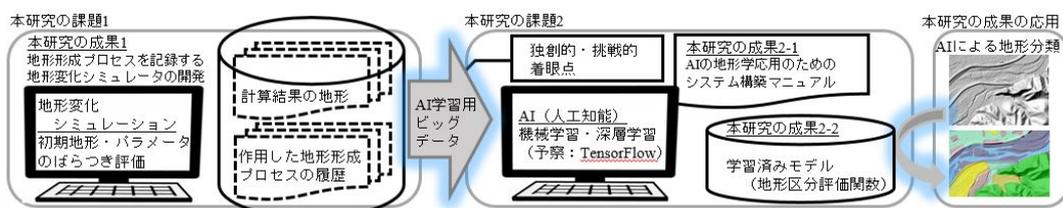


図 1 本研究の 2 つの課題の相関と流れ

3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するため、地形の形状と、本研究独自の視点として地史を考慮した地形区分を、AI と地形発達シミュレーションモデル (LEMs: Landform Elevation Models) を組み合わせることで実現した。教師あり学習手法の AI を使用して、ある地域における地形区分を行う場合、AI が地形の区分について予め学習する必要がある。しかし、本研究で対象とする DEM の解像度 (15m) に対応する地形区分図は現在整備されていない。そこで、AI の学習用データ作成のために、LEMs を活用した。LEMs は、初期地形に対して、海の侵食作用や斜面プロセスなど各地形変化プロセスを表す数式に基づいた地形変化量を各年積算することで、地形変化をシミュレーションする技術である。本研究では、各地点における地形変化量の算出と同時に、各地点の地形変化作用の履歴を地史データとして記録し、AI の学習用データとして利用した。本研究の LEMs 適用地域は、シミュレーションの初期地形の課題の解決のための鹿児島県の薩摩半島の入戸火砕流分布域と、LEMs の計算結果の妥当性の検証が比較的容易な海成段丘地形が分布する鹿児島県・喜界島を選定した。

LEMs の地形変化パラメータ設定では、先行研究を参考に各パラメータのばらつきを組み合わせ、合計 30 パターンの結果を取得した。この LEMs により取得された地形データと地史データをそれぞれ AI の学習用の特徴量と教師ラベルとすることで、合計 27208736 個の学習データセットを作成した。次に、取得したデータをニューラルネットワークモデルに読み込ませることで地形区分 AI の構築を行った。その結果、河川作用に関する地形は、LEMs で取得した喜界島の学習データセットに含まれておらず十分とは言えないが、海成段丘地形に関しては、従来の専門家が作成した地形区分と整合的であり、かつ高解像度 DEM の分解能に対応した地形区分図を取得することができた。

4. 研究成果

研究 1 年目の作業では、地形分類と地形面区分図のための AI の選択として、汎用性の高い画像生成アルゴリズムであり、問題ごとにネットワークを設計する必要がない pix2pix を用いた。しかし、計算を進める上でやや汎用性に欠くパラメータ設定が必要であったことから、AI の選択を再考して前年度の計算結果の検証を行うこととしていた。そこで、研究 2 年目では、AI 選択の前に古典的な統計区分手法である多変量解析を参照・参考結果として、AI の選択にはサガ

ートベクタマシンや多層ニューラルネットワークなど、画像としての連担性を考慮しない手法も用いて比較した。

シミュレーションの初期地形の課題の解決のための鹿児島県・薩摩半島の入戸火砕流分布域での検討で得られた知見に基づき、鹿児島県・喜界島の海成段丘地形を対象に作業を行った。この選定理由は、結果の検証が容易な海成段丘地形が発達していることと、第四紀後期における隆起速度が大きく、MIS5e・5c・5a・3・1の5段の段丘面が地形変化パラメータの変動が計算結果に対し非線形に影響するシミュレータの検討に適していると判断したからである。シミュレーションに重要な初期地形については、別途共同で研究を行った日本海・秋田県沖での海底地形の地史考察の経験と結果を活かして、現在の海底地形に対する未来13万年間の地殻変動を30パターンで計算し、その影響と不確かさを取り入れた。それをもとに、AIの学習用の特徴量と教師のラベルについて約300万通りのデータセットを作成した(図2)。取得したデータの8割を中間層1層のニューラルネットワークモデルに学習させ、残り2割のデータを使用して地形区分AIの学習精度を検証したところ、検証データに対する正解率は90%となった。

地形発達シミュレーション

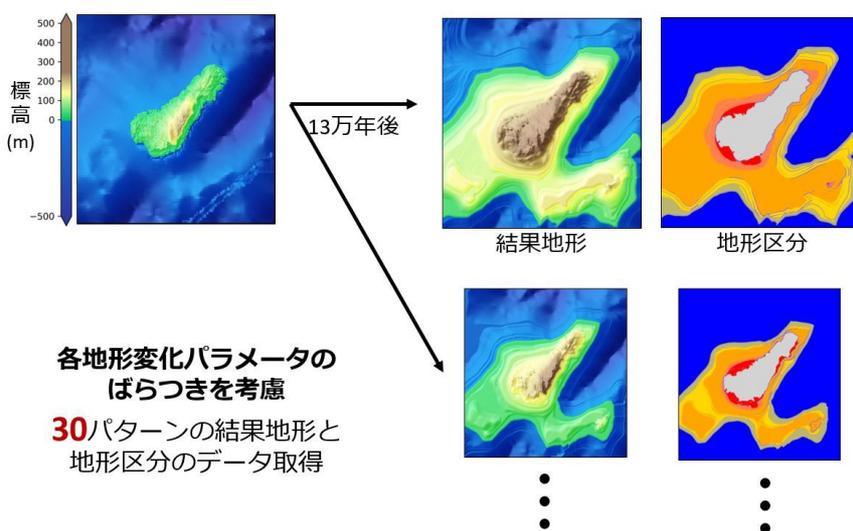


図2 地形発達シミュレーションでの地形区分結果のAI学習データへの応用

最後に、本研究のAIの汎用性の確認のため、高知県室戸半島の地形区分図を作成した結果、喜界島の学習データセットに含まれていない河川作用に関する地形の判別は十分とは言えないが、海成段丘地形に関しては従来の専門家が作成した地形区分と整合的な地形区分図を取得することができた(図3)。

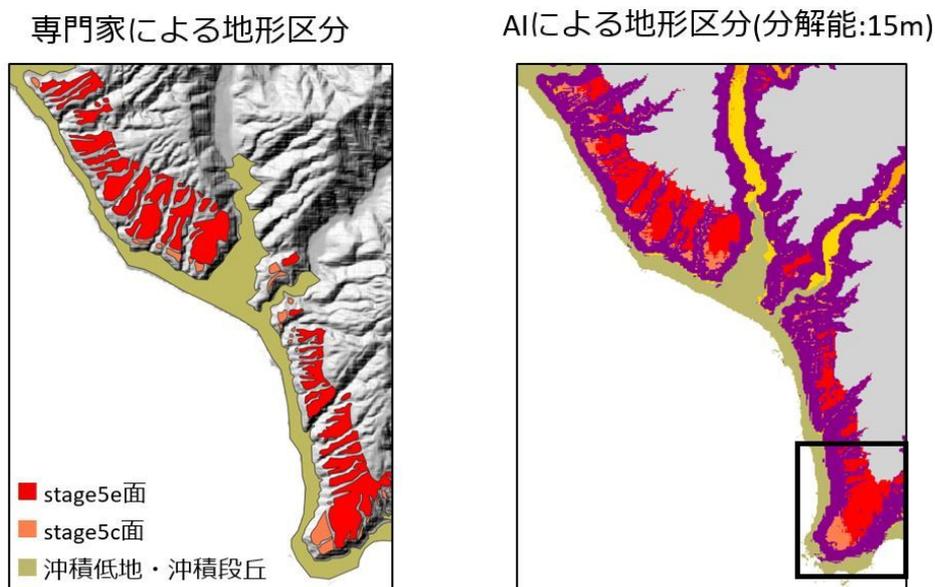


図3 室戸半島でのAI地形区分の検証結果

人工知能の研究分野の進展によりAIプログラムの計算機上の実装に関する敷居は低下し、多くの参考文献が提供されている。これらを参照すれば、地形の研究者のみでも実用的なAIを用

いて地形区分に AI を利用することは十分に可能であることを示した。現時点での関連分野の成果をレビューしても、AI 技術の地形分野への応用例は少数であり、本研究のように地形の形成プロセスまでを取り扱った例はほとんどない。逆に、このテーマは、計算機科学の専門家が容易に取り組める課題ではなく、申請者らのような地理学・地形学をベースとする研究者が、機械学習に関する知識や技術を習得して初めて取り組むことができる研究課題であると言える。今後も整備が進む高解像度 DEM の地形学的観点での新たな活用手法について、地形変化シミュレーションの高度化と AI 技術の導入をあわせて検討するという本研究の研究テーマに引き続き取り組みたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Goto, H., Moriki, H., Kumamoto, T. and Nakata, T.	4. 巻 418
2. 論文標題 Revealing the distribution of active submarine faults off the coast of Oga Peninsula using high-resolution stereoscopic topographic images	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geomorphology	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.geomorph.2022.108465	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 隈元 崇・竹竝大士	4. 巻 1
2. 論文標題 VOXEL型段丘形成シミュレータを用いた相模トラフ巨大地震に関する変動地形の考察	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 岡山大学創立70周年記念地理学論文集	6. 最初と最後の頁 51-60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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1件

国際研究集会	開催年 null年
--------	--------------

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
---------	---------