

令和 6 年 6 月 15 日現在

機関番号：37501

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18407

研究課題名（和文）地域の土砂災害ハザードを検出する地形形成の数値解析技術の創出

研究課題名（英文）Development of numerical analysis for topographic processes to detect local geo-hazards

研究代表者

池見 洋明（Ikemi, Hiro）

日本文理大学・工学部・教授

研究者番号：90380576

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、対象地域の数値地形情報から適切な地形量を抽出してデータベースを構築し、地形変動シミュレーション技術を用いて地形形成過程を評価し、地形量と空間・時間の関係を一般化する。そして、対象地域の計算された変動域と災害履歴を比較検討し、斜面崩壊などの地域の土砂災害ハザードの規模や頻度を予測する研究分野を開拓することを目的としている。これまでに、Landlabパッケージを用いてコード開発を行い、桜島火山や中生代花崗岩分布域における地形シミュレーションを実施した。その結果、地域の土砂災害ハザードの検出には至らなかったが、気候と地形の関係、共進化に関わるパラメータとして尾根の曲率を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球規模では、地球温暖化による気候変動が予測され、自然災害の頻発化、激甚化そして長期化が危惧されている。一方、国内では、都市の過密化、地方での過疎化、少子高齢化によって、地域の自然に対する知識、知恵、経験が減少し、災害への予防力、対応力が低下しつつある。本研究結果及び目指すゴールは、このような課題に対して、科学技術的観点から自然災害の予測精度を向上させ、地域課題の解決を支援することである。また、災害の状況や教訓を伝承する機能が低下した地域コミュニティの防災活動もサポートする。このように、本研究の成果は、災害に対するレジリエンスを備えた社会の実現を支援するものであり、意義深いと考えている。

研究成果の概要（英文）：This study aims to extract appropriate topographic quantities from numerical terrain information of the target area, build a database, and evaluate the terrain formation process using terrain change simulation technology to generalize the relationship between topographic quantities and space-time. The purpose is to develop a research field that predicts the scale and frequency of local sediment disaster hazards, such as landslides, by comparing the calculated fluctuation range of the target area with disaster history. So far, code development has been carried out using the Landlab package, and terrain simulations have been conducted in areas such as Sakurajima volcano and Mesozoic granite distribution areas. As a result, although the detection of regional sediment disaster hazards has not been achieved, the curvature of ridges was identified as a parameter related to the relationship and coevolution of climate and terrain.

研究分野：応用地質学

キーワード：土砂災害ハザード 地形シミュレーション 第四紀火山 中生代花こう岩

1. 研究開始当初の背景

19 世紀に W.M. デービスが「The Geographical Cycle (地形輪廻)」(Geograph J, 14, 481-504, 1899) として地形に時間軸を導入した。このコンセプトモデルから、地形の逆解析により、地形形成、地形プロセスに関わる自然現象を網羅的に評価できることが示唆される。Chorley ほか著「現代地形学」(古今書店, 1995) は地形の空間スケールと時間スケールを 45 度の傾斜で表現し、地形の空間的広がりとその形成時間は比例することを指摘している。例えば、図 1 では地表への露出年代が古くて、広域に分布する地質ほど、数値地形情報から算出される地形量のひとつである平均集水寄与域が大きい値を示す。つまり、空間・時間に比例して流域地形が発達していることを示している。

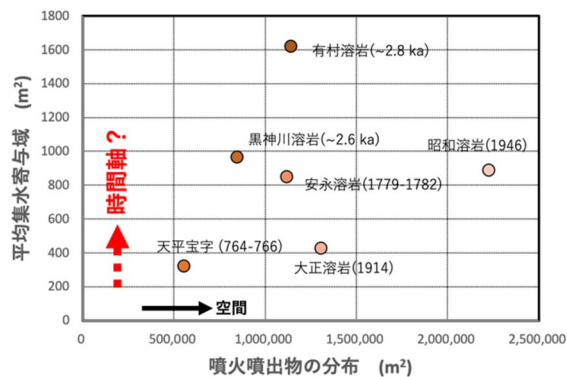


図 1 桜島の噴出物の年代と集水面積を示す地形量の関係：広域なもの、古いものほど集水寄与域は大きくなる。つまり、**地形と空間と時間の相関が確認**できる (ka: 千年前)

申請者らは、これまでに次の結果を得て

おり、地形の数値解析から地域の斜面崩壊などの土砂災害ハザードを検出する本研究課題の着想に至った。

- (1) 自然斜面を傾斜方向と傾斜角で区分する単位斜面の作成手法と 3 次元での斜面安定解析手法を開発した(Pachri, **Ikemi et al.**, Proc. Asian Reg. Conf. IAEG, CDRM, 2015.10)。
- (2) 地形形成過程を斜面プロセスと河川プロセスで定義し、2 つの土砂フラックスで構成する地形形成の数値モデルを提案した(**Ikemi et al.**, 13th Proc JSRM, 781-786, 2013)。
- (3) 航空機レーザ測量データから森林域において、詳細なデジタル標高モデル(DEM)を作成する手法を開発した(**Ikemi et al.**, Proc. Inter. Symp. Earth Sci. Tech, 21-26, 2012)。また提案する数値モデルによる解析結果は、流域の植生被覆率、河川流量と相関を示すことを明らかにした(**Ikemi et al.**, Eng. Geol. Soc. Terr., 3, 331-334, 2014)。
- (4) 河床堆積物の ¹⁰Be 含有量は、人為的影響など比較的短期間の土砂移動を検知していることを明らかにした(Pachri, **Ikemi et al.**, DOI: 10.17265/2328-2193 /2015.04.001)。
- (5) H28 九州北部豪雨で被災した乙石川において、山地流域の河川のシリカフラックスと地斜面の土層分布や流域における土砂動態において定量的な関係性を見出した (Nakanishi, **Ikemi et al.**, Geosciences, 9, 75-86, 2019.3)。
- (6) 1950 年以降の土地利用とくに市街地拡大と地質、地形との空間的な関係性を見出した (**Ikemi**, Appl. Geography, 87, 115-126, 2017.10.)。

挑戦的研究の意義と可能性

近年、航空機レーザ測量技術により地形は数十センチの精度で 3 次元の点群となり数値化され始めた。同時期に、数値地形情報から地形プロセスを定量的に評価するイノベティブな論文が Nature 誌などから発表されはじめている (例えば Perron *et al.*, Nature, 460, 502-504, 2009)。地形は、基本的に、気候やテクトニクスといった自然の営力で変化する。また、A. C. Whittaker (Lithosphere, 4, 160-164, 2012) は、地形はテーブルコードのように自然の営力を記録し続けていると指摘する。つまり、高精度な 3 次元の地形情報を逆解析できれば、地形形成過程において発生したであろう斜面崩壊などの自然現象を空間的かつ時間的に読み取ることができると考えられる (池見, 応用地質, 60, 184-186, 2019)。しかし国内では、このような研究事例はほとんどない。本研究計画は、国際的にも先駆的な研究成果をもとに、国内サイトで、この分野を開拓する先進的な試みである。この技術が確立されれば、現状、困難である斜面崩壊などの土砂災害ハザードやリスクの評価を容易にする技術となりえる。

地球規模では、地球温暖化による気候変動が予測され、自然災害の頻発化、激甚化そして長期化が危惧されている。一方、国内では、都市の過密化やスプロール化、地方での過疎化、少子高齢化によって、地域の自然に対する知識、知恵、経験が少なくなり、災害への予防力、対応力の低下が現実的なものになりつつある。本研究計画は、このような課題に対して、科学技術的面から、自然災害の予測精度の向上を図り、地域課題の解決を目指す挑戦的な研究である。また、本研究計画で構築する災害履歴データセットは、災害の状況や教訓を伝承する機能が低下した地域コミュニティの防災活動もサポートする。このように本研究計画は、災害への韌性を備えた社会の実現を支援するものであり、意義深いと考えている。

2. 研究の目的

本研究計画では、数値地形情報から図 1 で示すような適切な地形量を抽出して、その時空情報

をデータベース化する。次に地形変動シミュレーション技術を用いて地形形成過程を評価し、地形量と空間・時間の関係を一般化する。そして対象地域の計算される変動域と災害履歴を比較検討して、斜面崩壊などの地域の土砂災害ハザードの規模や頻度を予測する研究分野を開拓する。なお対象地域は、地質の露出年代が明確であり、詳細な数値地形が入手可能であることから九州の第四紀火山岩の分布域とする。

3. 研究の方法

本研究計画は、研究代表者に日本文理大学 准教授 池見洋明、研究分担者に関西大学 教授 黒木貴一、日本文理大学 教授 池畑義人、研究協力者に株式会社西日本技術開発 博士(工学) 大石博之、日本文理大学の大学院生をメンバーとして、以下の4つを実施する。

(1) 対象地域の選定

九州の第四紀火山岩分布域から、地質分布、地表への露出年代、測量データの整備状況から、時系列に地形データを取得できる対象地域を選定する。九州の第四紀火山岩分布域として、170万～120万年前に活動した両子山火山群、100万～60万年前の耶馬溪、80万年～50万年前の万年山、40万～30万年前の日出、15万年以降は雲仙、桜島などを想定している。

(2) 地形量の算出・選定と時空情報のデータベース化

地質の地表への露出年代(溶岩なら噴出年代)と適切な地形量の抽出を行い、地形量と時間・空間の関係の示すデータベースを構築する。地形量は申請者らの手法(Ikemi *et al.* [15])により高精度デジタル標高モデルを作成し、図1で示すような露出年代と相関する集水面積など適切な地形量を抽出する。

(3) シミュレーションによる地形形成の評価と一般化

地形変動シミュレーションを実施して地形量と時間・空間との関係を評価し、一般化する。シミュレーションでは複数の地形モデルの Python パッケージである Terrainbento (Barnhart *et al.*, Geo. Model. Dev, 12, 1267-1297, 2019) や iRIC 等を用いる。

(4) 対象地域の土砂災害ハザードの検出と災害履歴との比較

シミュレーション結果から地形の変動域を検出し、地域の災害履歴と比較検討する。災害履歴は災害史、自然災害伝承碑の有・無など地理的調査に基づき、対象地域における長期的な災害履歴(時代、位置、規模)データを可能な限り調査・収集する。

以上のことにより地形の数値的解析から地域の斜面崩壊などの土砂災害ハザードの規模や頻度を予測する技術へと展開する。なお本研究計画の遂行において、適切なデータ、資料が入手できないという場合は想定できる。そうした場合は、(a) GIS と地球統計学的手法を用いてデータを空間的に補間する、(b) 調査域の再選定など前段階に戻る、(c) 可能な研究項目から先行して行うなど柔軟に進める。

4. 研究成果

令和3年度では、(1) 対象地域の選定について、九州の第四紀火山岩分布域として、活動年代から両子山火山群、耶馬溪、万年山、日出、桜島、九重山を検討した。

(2) については、桜島、九重山についてデータベース化を行った。

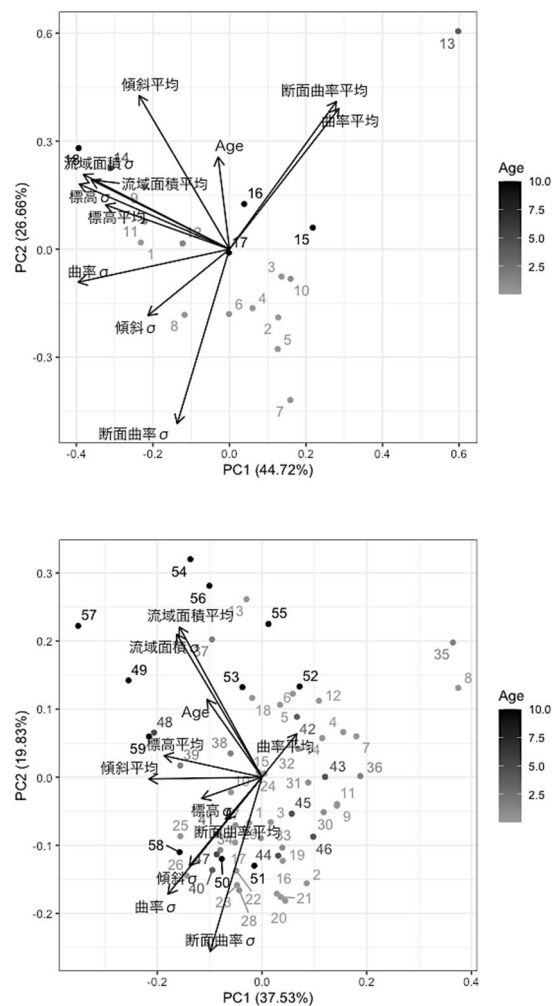


図2 桜島火山地形の主成分分析のバイプロット(上図: 標高450m以上のエリア, 下図: 標高450m以下のエリア)

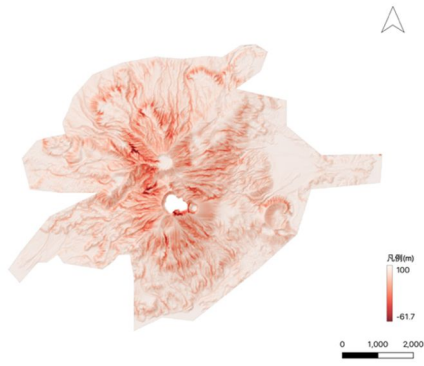


図3 桜島火山地形のシミュレーション前後の標高差分

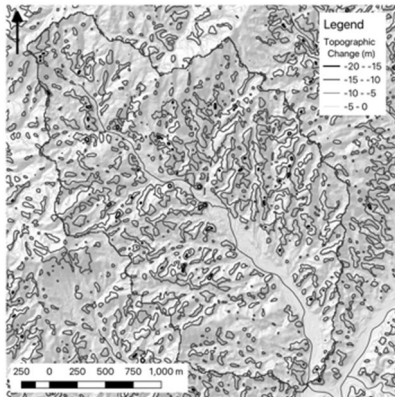


図4 乙石川流域のシミュレーション結果: 10万年後と現在の標高差分

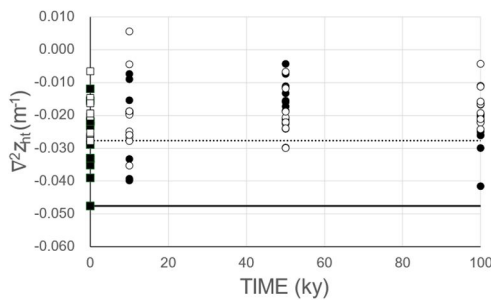


図5 計算期間と尾根頂部の曲率の関係
 $U \approx E = 1.99 \times 10^{-4} \text{m/y}$
 $D/K=74$

令和4年度では(3)に関して、図2では桜島火山地形の1m-DEM地形分析を行いLandlabパッケージを用いてコード開発を行い、桜島火山における地形シミュレーションを実施した。これにより将来的な地形変化予測、地域のハザード情報の抽出に向けた骨組みを得たが、モデルパラメータの時間的な評価や空間的な比較が難しいことなど、一般化に向けた課題を確認した。図2から主成分分析の結果、標高の違いによって、時間と相関のある地形量に変化があることを確認できた。図3では桜島地形の10万年間のシミュレーション結果、450m以上で侵食のプロセスが優勢となることを確認した。これは現在の傾向と調和的である。

令和5年度では、当初、対象地域は第四紀火山としていたが、侵食年代など時間に関わるパラメータの得やすい中生代の花こう岩地域においても地形の露出年代が一律と考えられる流域も対象流域として分析を実施した。その結果として、本研究期間内では地域の土砂災害ハザードの検出までには至らなかったが、気候と地形の関係、共進化に関わるパラメータとして尾根の曲率を見出した。

図4は中生代花こう岩体の分布する乙石川流域の10万年後の標高差分である。北東(左岸)の侵食傾向が著しく、これは現在の傾向と調和的である。図5は地形シミュレーションのモデルパラメータを変化させて、尾根頂部の曲率の変化を時間軸で確認した図である。D/K比が小さくなるほど、尾根頂部の曲率の分布幅が大きくなる、つまり降水量の増大など気候の変化により、より凸な尾根地形が生じる結果となっている。

以上

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 池見洋明, 高橋美桜	4. 巻 11
2. 論文標題 シミュレーションによる乙石川流域の長期的な地形変化に関する検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 107-112
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 黒木貴一	4. 巻 42(3)
2. 論文標題 神社研究での地理的な見方・考え方と課題 - 奉納物の時空間情報 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関西大学文学論集	6. 最初と最後の頁 1-16
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 無
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 -

1. 著者名 黒木貴一	4. 巻 11
2. 論文標題 令和2年7月豪雨による球磨川の洪水と神社の立地条件	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 1-6
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高橋美緒, 林田千聖, 山口拓美, 池見洋明, 黒木貴一	4. 巻 43
2. 論文標題 1m-DEMを用いた桜島火山の地形と時間に関するGIS分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 GET九州	6. 最初と最後の頁 13-17
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 -

1. 著者名 池見洋明	4. 巻 49
2. 論文標題 Sentinel-1衛星画像による斜面崩壊箇所抽出の可能性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本文理大学紀要	6. 最初と最後の頁 79-85
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 無
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7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 高橋美桜, 北川涼華, 佐々木航志, 福本颯太, 黒木貴一, 池見洋明
2. 発表標題 桜島火山における地形シミュレーションと現地地形との比較
3. 学会等名 令和4年度九州応用地質学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本海斗, 米田波瑠人, 池見洋明
2. 発表標題 大分県の災害伝承碑に関する調査報告
3. 学会等名 令和4年度九州応用地質学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 九州地方の事例-自然災害伝承碑-
2. 発表標題 池見洋明, 梅崎基考, 矢野健二, 新谷俊一, 矢田純, 山田好之助, 松崎達二
3. 学会等名 令和4年度日本応用地質学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永田秀尚, 坂本省吾, 池見洋明, 三田明寛, 佐藤達樹
2. 発表標題 球磨地域の土砂災害 2
3. 学会等名 令和3年度日本応用地質学会研究発表会「特別セッション 令和2年7月九州豪雨災害調査報告」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池見洋明
2. 発表標題 令和2年7月九州豪雨災害からの気づき
3. 学会等名 令和3年度日本応用地質学会研究発表会「特別セッション 令和2年7月九州豪雨災害調査報告」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池見洋明
2. 発表標題 大分県内の災害被害
3. 学会等名 令和3年度日本応用地質学会研究発表会「特別セッション 令和2年7月九州豪雨災害調査報告」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Kuroki, H. Ikemi, K.Goto, T. Soh
2. 発表標題 Landorm Development Process of a Volcanic Fan at the Eastern Foot of Mt. Sakurajima
3. 学会等名 Proc. 5th Inter. Work. Rock Mech. Eng. Geol. Volc. Fields (RMEGV2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本応用地質学会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 成山堂書店	5. 総ページ数 212
3. 書名 みんなが知りたいシリーズ17 土砂災害の疑問55	

〔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
研究 分担者	池畑 義人 (Ikehata Yoshihito) (30343718)	日本文理大学・工学部・教授 (37501)	
研究 分担者	黒木 貴一 (Kuroki Takahito) (40325436)	関西大学・文学部・教授 (34416)	

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