

令和元年6月4日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K12452

研究課題名（和文）現代社会において扇状地の土砂災害を防止し土地利用を最適化するための地理学的研究

研究課題名（英文）Geographical research on sediment hazards and land use on alluvial fans

研究代表者

小口 高（Oguchi, Takashi）

東京大学・空間情報科学研究センター・教授

研究者番号：80221852

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：扇状地とその上流域の地形学的な特徴を土砂流出のプロセスと関連付けて分析し、斜面崩壊に起因する土砂の供給や、土石流による土砂の運搬にともなう土砂災害の防止と、土地利用の適正化に関する知見を得た。日本国内の調査対象地域は、最近豪雨災害があった地域などを対象とし、日本とは環境が異なる台湾、中国、オマーンなどの海外の地域も対象とした。また、全球規模で侵食速度と土砂流出の傾向を把握し、その規定要因を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の地理学の研究では、上流域からの土砂と水の供給による土砂災害や水害の可能性を考慮しつつ、扇状地の土地利用を検討した事例は少なかったが、本研究では多様な地域と空間スケールに関する研究を、地理情報システムの活用を含めて実現した。本研究では扇状地に関する研究の成果を紹介する一般人向けのパンフレットを作成するとともに、ESDと関連した研究の社会へのアウトリーチについて検討するなど、社会的意義を重視した取り組みを行った。

研究成果の概要（英文）：We investigated geomorphological characteristics of alluvial fans and source areas in terms of the topography and processes of sediment delivery. The results have provided insights into sediment supply caused by landslides, prevention of sediment disasters caused by debris flows, and optimization of land use. The study areas in Japan include those experienced recent sediment disasters induced by heavy rainfall. In addition, alluvial fans and source areas in foreign countries including Taiwan, China, and Oman were investigated. We also analyzed data on erosion rates and sediment yields at global scale, and inferred their controlling factors. Some knowledge obtained from this research was summarized for common people in the form of pamphlet. Methodology for the outreach of this research in relation to ESD was also discussed.

研究分野：地理学

キーワード：扇状地 上流域 斜面崩壊 土石流 土砂災害 土地利用 空間スケール ESD

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 扇状地は日本の広域で見られる地形であり、上流域から供給された土砂が堆積して形成される。このため、扇状地には土砂災害の危険性が高いものがあるが、現在では居住や産業活動の場として利用されていることも多い。扇状地の土地利用については地理学の古典的な概念があり、水田が多い平野とは異なり畑地や果樹園が多いといった傾向が知られている。しかし、現代社会では水利条件の克服などにより、扇状地の利用が高度かつ複雑なものになっている。また、上流域からの土砂と水の供給と、それにとまなう扇状地での土砂災害や水害の可能性を考慮しつつ、扇状地の土地利用を検討した事例は少ない。これらの点を考慮した研究を行う必要が生じている。

(2) デジタル標高モデル (DEM) や地理情報システム (GIS) の地形学への応用が普及した結果、地形の定量的な解析が頻繁に行われており、特に解像度の高い DEM を分析した研究が近年急増している。その一方で、地表の形態を土砂流出量、降水量分布、土地利用といった他の地理情報と関連付けて分析した研究は相対的に少ない。扇状地とその上流域を、土砂災害と関連づけて研究する際には、後者のような研究を積極的に行う必要がある。

(3) 扇状地は多様な気候環境で形成され、日本のような湿潤地域のみならず、乾燥地域や極地などにも分布する。しかし、このような多様な環境にある扇状地を上流域の特性と関連付けて比較検討した研究は限られている。このような研究を通じて、扇状地に関する一般論を世界的な視野で構築していく必要がある。これと関連する課題として、流域の侵食速度や土砂流出に関する全球的な傾向の把握も必要である。

(4) 近年、科学者の社会に対する貢献が求められており、地理学者は ESD (持続可能な開発のための教育) の発展などに寄与することが期待されている。災害と関連した地形学の研究は、このような動向と強く関連すると考えられるが、地形学の成果を ESD と結びつけた事例はまだ限られており、積極的に試行する必要がある。

2. 研究の目的

扇状地とその上流域の地形学的な特徴を形態やプロセスの観点から調査し、斜面崩壊に起因する土砂の供給、土石流による土砂の運搬にとまなう土砂災害の防止、および土地利用の適正化について検討する。日本国内の調査対象地域は、最近豪雨災害があった広島市周辺や、中部山岳地域などを対象とする。また、日本とは気候環境などが異なる海外の地域も適宜対象とし、国際的な比較を行って深い知識を得る。さらに、全球規模で侵食速度と土砂流出の傾向を把握し、その規定要因を検討する。本研究の社会へのアウトリーチとして、扇状地に関する成果の一部を紹介する一般人向けのパンフレットを作成するとともに、ESD と関連した社会への働きかけの方法論を検討する。

3. 研究の方法

(1) 本研究の目的と関連する既存研究のレビューを行い、これまでの研究の動向と、現時点での問題点を明らかにする。これを踏まえて、本研究の具体的な内容と対象地域を決定する。

(2) 既存の文献やオンラインデータベースに収録されている各種の地理空間情報を収集し、適宜フォーマットや座標変換を行って GIS に収納する。データは DEM、土地利用、侵食速度、降水量、過去の土砂災害や洪水の分布などを含む。次に、これらのデータを活用し、各種の分布図の作成、定量的な空間解析、要素間の相関解析、機械学習などによる現象のモデル化を行う。

(3) 研究の対象地域の空間スケールや、データや調査の解像度に多様性を持たせることにより、現象を階層的かつ深く理解できるようにする。本研究では、侵食速度に関する検討を全球スケールで行う。一方、個別の地域に関する検討を行う際には、微地形や堆積物の個々の地層を検討のスケールに設定した。

(4) いくつかの場所で扇状地もしくは同様の山麓の地形に堆積した堆積物の詳しい調査を行い、地層の特徴、堆積している土砂の量、および堆積の年代などを把握し、侵食速度や環境変遷との関連を検討する。必要に応じて重機を用いた掘削も行う。この際には、ドローンの写真や地上写真を用いた写真測量なども導入し、地形についても高解像度のデータを得る。

(5) 地域の自然および社会環境に関する情報を ESD の観点から収集し、ジオパークなどの世界的な動向とも関連づけながら、社会に資する地形学や防災研究のアウトリーチの方法論を検討する。その結果を踏まえて、扇状地の特徴や防災に関して注意すべき点を一般人に伝えるパンフレットを作成する。

4. 研究成果

(1) 本研究の主要な課題である山地から山麓にかけての地形変化と土砂移動について、既存研究のレビューを行った。このレビューは日本で行われてきた研究を主な対象とし、土砂の生産とその規定要因を検討する際の問題点を学説史的に明らかにした。成果の一部は日本の地形学史に関する国際誌のレビュー論文や、国際学会での講演 (複数の招待講演を含む) を通じて公表した。

(2) 本研究のもう一つの主要な課題である扇状地の土地利用についてもレビューを行った。このレビューは世界各地を対象とし、国際誌に比較的最近掲載された論文を調査した。事例は米国、南米、中国、ヨーロッパ諸国(スペイン、イタリア、英国など)、中東など多様な地域から収集された。最近の水利や政策との関連を論じた研究とともに、第四紀学的なアプローチにより、過去数千年といった長期の土地利用を論じた研究などの内容が把握された。得られた知識の一部は学会での研究発表や講演の際に活用した。

(3) 全球の流域における侵食速度の特徴と、その規定要因を分析した。文献や国際的なデータベースを用いて、土砂流出量の実測値や宇宙線照射生成核種などに基づく侵食速度のデータを、世界の二千五百箇所以上について収集した。次に、そのデータを傾斜などの地形量、プレート境界からの距離や表面最大加速度といった地殻変動の指標、気候のパラメータなどと合わせて分析した。その結果、第一次近似的には侵食速度は地殻変動との対応が強いことが判明し、日本のような変動帯で土砂流出が多いことを、全球のデータから裏付けることができた。本研究の成果は国際誌の論文や国際学会で発表した。

(4) 扇状地が発達している地域を複数取り上げて、上流域からの土砂の流出や、土砂の堆積域における水害・土砂災害について詳しい検討を行った。特に台湾と日本の中部山岳地域の流域を対象とした。上流域の地形特性、降雨イベント、斜面崩壊、土石流、および扇状地などの低地における土砂の堆積について、気象観測データやDEMなどを用いて分析した。この際には土壌雨量指数を台湾の流域に初めて適用したり、先行降雨を考慮した検討を行ったりした。これと関連して、解像度が異なるデジタル標高モデルを用いた際に把握される流域特性がどう変化するかといった技術的な検討も行った。同様の検討を、中国貴州省のカルスト地域の盆地と周囲の斜面における土壌侵食についても行った。この際には、DEM、土壌、植生といったデータの分析とGISを用いたモデル化、および盆地に堆積した堆積物の量に基づくモデルの検証を行い、農業的な土地利用の影響などを明らかにした。これらの研究の成果は、複数の国際誌の論文と国際学会での発表を通じて公表した。

(5) 2014年と2018年に斜面崩壊や土石流による扇状地の土砂災害が顕著であった広島市とその周辺を対象に、災害の発生と地形や気象条件との関係を、GISを活用して分析した。その結果、災害の発生に対する局所的な降水量の影響が顕著であり、地形が急峻で過去に崩壊や土石流の発生が多かった場所とは必ずしも対応しないことが判明した。これは近年の温暖化と関連した豪雨の異常性を反映している可能性があり、さらなる検討が必要である。現段階までの成果は国際学会で発表した。

(6) 日本の扇状地とその上流域の詳細な土地利用変化を調べるために、国土地理院が三大都市圏周辺について発行している数値地図5000(土地利用)および細密数値情報(10mメッシュ土地利用)が利用可能な扇状地を抽出し、1981年以降の土地利用変化を分析した。面積2平方km以上の32個の扇状地について上記の高解像度の土地利用データが存在し、24個については上流域の全域についてもデータが存在する。分析の結果、農業的土地利用の減少と都市化の進展が概して明瞭だが、その速度は時代によって異なり、扇状地と上流域の変化は同じ河川沿いであっても必ずしも対応していないことが判明した。また、より山間部である長野県の扇状地と上流域の土地利用を新旧の地形図などを用いて調査し、灌漑、治水治山、人口増加、高速道路の開通の影響などを検討した。成果の一部は国内・国際学会での発表で活用し、全体像に関する論文を現在執筆中である。

(7) オマーンの内陸部のパート遺跡群に位置するワジ(涸れ川)に合流する小規模な扇状地とその上流域を考古学者と連携して調査した。デジタル写真測量などの技法を用いて、全域の高解像度のDEMを作成した。それを用いて扇状地とその周辺の微地形を含む地形解析を行った。また、扇状地を掘削して堆積物の詳細な記載と、石英および長石のOSL年代測定を行った。その結果によると、扇状地は約1万2千年前に乾燥環境下で、まれに発生する降雨起源の布状洪水により形成されたと考えられる。その後、ワジに恒常的な河川が存在する湿潤期が約1万年前~8千5百年前にあった。その後、ワジの河谷は約6千年前頃までに乾燥化し、堆積物の表層が土壌化した。パート遺跡群の集落が約5千年前頃に成立したことを考えると、乾燥化の直後に灌漑農牧への転換が生じたことになる。このように乾燥地域の扇状地とその周辺域の土地利用の成立について、地考古学の視点から新たな知見を提供した。同様の長期にわたる山麓や低地の地形形成について、研究代表者らがシリアで過去に行った調査の成果をまとめた。本研究の結果の一部は考古学の学術誌の論文で活用した。現在、最終年度に追加で行った炭素14法による堆積物の年代測定の成果を含む論文を執筆中である。また、予察的ではあるが、北極圏のスバルバル諸島においても小扇状地の調査を行い、凍土が発達している上流域からの土砂供給の特徴や、草本や地衣類による土地被覆との関係を検討した。

(8) 東京都の開析扇状地を含む地域について、ゲリラ豪雨などに起因する洪水の発生を、高解像度のDEM、道路データ、および人工知能に基づく機会学習の一手法であるランダムフォレストを用いて解析し、地形と道路網から洪水の発生を予測するモデルを作成した。成果は国内誌で公表した。

(9) 扇状地とその上流域の地形と人文社会的な特徴を、土砂の生産と移動、土地利用、防災、および地域振興の観点から検討し、社会への働きかけを意識したパンフレットを作成した。この際には、地域の特徴を生かして社会の未来をつくる考え方が伝わるように、観光、ジオパーク、博物館、ESD 等に関する地域の取り組みや、学生の地域観を参考にして内容や表現を工夫した。

(10) 扇状地などを含む自然と人文の要素をともに扱うことにより、地球科学の魅力や山村を中心とする地域の価値を広く社会に伝える方法論を検討した。この際には、ソーシャルメディアの活用にも注目した。成果は国際・国内学会での発表や国内誌の論文として公表した。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 18 件)

Oguchi Takashi, Geomorphological debates in Japan related to surface processes, tectonics, climate, research principles, and international geomorphology, *Geomorphology*, 査読有、印刷中、2019

Chen Chi-Wen, Tung Yu-Shiang, Liou Jun-Jih, Li Hsin-Chi, Cheng Chao-Tzuen, Chen Yung-Ming, Oguchi Takashi, Assessing landslide characteristics in a changing climate in northern Taiwan, *Catena*, 査読有、175 巻、2019、263-227

DOI: 10.1016/j.catena.2018.12.023

Ito Yuka, Oguchi Takashi, Masuda Fujio, Late Quaternary depositional sequences and landforms in relation to sea-level changes in the Osaka intra-arc basin, Japan: A borehole database analysis, *Quaternary International*, 査読有、471 巻、2018、298-317

DOI: 10.1016/j.quaint.2017.09.031

Nakata Yasutaka, Hioki Yoshiyuki, Oguchi Takashi, Evaluation of beach vegetation for conservation/rehabilitation in Tottori Prefecture, Southwest Japan, *Landscape and Ecological Engineering*, 査読有、14 巻、2018、231-243

DOI: 10.1007/s11355-017-0344-8

Chen Chi-Wen, Oguchi Takashi, Hayakawa Yuichi S., Saito Hitoshi, Chen Hongey, Lin Guan-Wei, Wei Lun-Wei, Chao Yi-Chiung, Sediment yield during typhoon events in relation to landslides, rainfall, and catchment areas in Taiwan, *Geomorphology*, 査読有、303 巻、2018、540-548

DOI: 10.1016/j.geomorph.2017.11.007

Hecht Hagar, Oguchi Takashi, Global evaluation of erosion rates in relation to tectonics, *Progress in Earth and Planetary Science*, 査読有、4 巻、2017、4:40

DOI: 10.1186/s40645-017-0156-3

Zahra, T., Paudel, U., Hayakawa, Y.S., Oguchi Takashi, Knickzone Extraction Tool (KET) - A new ArcGIS toolset for automatic extraction of knickzones from a DEM based on multi-scale stream gradients, *Open Geosciences*, 査読有、9 巻、2017、73-88

DOI: 10.1515/geo-2017-0006

Chen, H., Oguchi Takashi, Wu, P., Assessment for soil loss by using a scheme of alternative sub-models based on the RUSLE in a Karst Basin of Southwest China, *Journal of Integrative Agriculture*, 査読有、16 巻、2017、377-388

DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61507-1

Chen, C.W., Oguchi Takashi, Hayakawa, Y.S., Saito, H., Chen, H., Relationship between landslide size and rainfall conditions in Taiwan, *Landslides*, 査読有、14 巻、2017、1235-1240

DOI: 10.1007/s10346-016-0790-7

Chen, C.W., Saito, H., Oguchi Takashi, Analyzing rainfall-induced mass movements in Taiwan using the soil water index, *Landslides*, 査読有、14 巻、2017、1031-1041

DOI: 10.1007/s10346-016-0788-1

Chen, C.W., Chen, H., Oguchi Takashi, Distributions of landslides, vegetation, and related sediment yields during typhoon events in northwestern Taiwan, *Geomorphology*, 査読有、273 巻、2016、1-17

DOI: 10.1016/j.geomorph.2016.08.012

Kondo, Y., Miki, T., Kuronuma, T., Hayakawa, Y.S., Kataoka, K., Oguchi Takashi, Concurrent and sustainable development of a local-scale digital heritage inventory through action research at Bat, Oman, *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 査読有、9 巻、2016、195-212

DOI: 10.1108/JCHMSD-01-2016-0005

河本大地, ESD (持続可能な開発のための教育) とジオパークの教育、*地学雑誌*、査読有、125 巻、2016、893-909

DOI: 10.5026/jgeography.125.893

河本大地、井上恵太、越尾裕介、中窪寿弥、山方貴順、二階堂泰樹、豊田大介、高翔、池辺優輔、峰重勇海、壁阿紀、奈良盆地の小学4年生を対象とした奈良県南部の山村地域に関する授業の提案と実践 地域多様性の理解を深めるために、*奈良教育大学紀要*、査読有、65 巻、2016、61-75

- Chen, C.-W., Saito, H., Oguchi Takashi, Rainfall intensity-duration conditions for mass movements in Taiwan, Progress in Earth and Planetary Science, 査読有、2 巻、2015、2:14
DOI: 10.1186/s40645-015-0049-2
- Kondo, Y., Miki, T., Kuronuma, T., Oguchi Takashi, On-site digital heritage inventory development at Bat, Oman, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., 査読有、II-5/W3、2015、145-152
DOI: 10.5194/isprsannals-II-5-W3-145-2015
- 河本大地、ESD における「地域」とは？ - 2014 年に開かれた「持続可能な開発のための教育 (ESD) に関するユネスコ世界会議」の宣言・提言・約束から -、奈良教育大学紀要、査読有、64 巻、2015、79-84
- 佐藤李菜、小口 高、道路ネットワークデータと機械学習を用いた内水氾濫による浸水リスク評価の可能性、土木学会論文集 F6 (安全問題)、査読有、71 巻、2015、25-31
DOI: 10.2208/jscejsp.71.25

〔学会発表〕(計 21 件)

- Song, J., Oguchi Takashi, Yamauchi, H., Ogura, T., Applications of WebGIS to educating disaster risk reduction for Chinese and Japanese students, JpGU International Symposium 2019, 2019
- Fukuba, T., Oguchi Takashi, Analysis of morphometric parameters for mountains ranges and landslides due to the July 2018 heavy rain in Western Japan using GIS data, JpGU International Symposium 2019, 2019
- Lee, J., Oguchi Takashi, Topographic surveys in Ny-Alesund, Svalbard, and improvement of mapping methods, JpGU International Symposium 2019, 2019
- Wang, Y., Oguchi Takashi, Ogura, T., Relationships between the locations of historical/archaeological monuments and topographic factors in Japan and China in relation to human perception of natural hazards, 2019 International Conference on Earth Observations and Societal Impacts, 2019
- Oguchi Takashi, Geographical education in Japan in relation to natural hazards and GIS, Vietnamese Institute of Geography 25th Anniversary Conference, 2018
- Kohmoto Daichi, Educational system for rural small schools in Japan: For realizing a promising future for rural areas, ICLEE (International Consortium of Landscape and Ecological Engineering) 9th Conference, 2018
- 河本大地、小口 高、扇状地に関するパンフレットの作成 地理的知識を防災や地域づくりに活かすために、日本地球惑星科学連合 2018 年大会、2018
- Oguchi Takashi, Applications of geospatial technology in geomorphology: historical review and future perspectives, 9th International Conference on Geomorphology, 2017
- Oguchi Takashi, History and recent trends of landslide susceptibility analysis using geospatial data, 2017 International Conference on Earth Observations and Societal Impacts, 2017
- Chen, C.W., Oguchi Takashi, Hayakawa, Y.S., Saito, H., Chen, H., Lin, G.-W., Wei, L.-W., Sediment yields during typhoon events in Taiwan, JpGU International Symposium 2017, 2017
- Hecht, H., Oguchi Takashi, Tectonics and global erosion rates, JpGU International Symposium 2017, 2017
- Kohmoto Daichi, Tourism students' attitudes toward rural areas in Japan, 25th Colloquium of the IGU Commission on the Sustainability of Rural Systems, 2017
- Oguchi Takashi, Kohmoto Daichi, Natural hazards in mountainous regions in relation to abundant sediment supply and resultant depositional landforms, The 33rd International Geographical Congress, 2016
- Kohmoto Daichi, ESD (Education for Sustainable Development) and Geoparks, The 33rd International Geographical Congress, 2016
- Chen, C.W., Oguchi Takashi, Wei, L.W., Estimation of the antecedent rainfall period for mass movements in Taiwan, JpGU International Symposium 2016, 2016
- Mori, H., Oguchi Takashi, Hayakawa, Y.S., Imaizumi, F., Statistical analysis on topography of mountain watersheds with frequent debris flows using multi-temporal high-resolution DEMs. JpGU International Symposium 2016, 2016
- Hecht, H., Oguchi Takashi, Evaluation of erosion rates on a global scale. JpGU International Symposium 2015, 2015
- Chen, C.-W., Oguchi Takashi, Rainfall conditions and magnitude of landslides in Taiwan, JpGU International Symposium 2015, 2015
- Oguchi Takashi, Kobayashi, H., Hayakawa, Y.S., Seto, Y., Kondo, Y., Mendoza, R. Developing a system of geospatial data sharing and visualization for disaster management in the Philippines, JpGU International Symposium 2015, 2015
- 小口 高、測量、地形学、GIS の相互関係に関する歴史的考察、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015

②1 小口 高、広く流布している地球科学に関連した誤解を解くためのソーシャルメディアの活用、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015

〔図書〕(計 1 件)

Oguchi Takashi, Hayakawa Yuichi S., Oguchi Chiaki T., Cambridge University Press, Enzel, Y, Bar-Yosef, O. (eds.) Quaternary of the Levant: Environments, Climate Change, and Humans, 2017, 417-422, DOI: 10.1017/9781316106754.048

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

本研究の成果を含む研究代表者・分担者の研究実績は、researchmap 等で適宜公表している。

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：河本 大地

ローマ字氏名：KOHMOTO, Daichi

所属研究機関名：奈良教育大学

部局名：教育学部

職名：准教授

研究者番号(8桁): 10454787

(2)研究協力者

研究協力者氏名：陳 麒文

ローマ字氏名：CHEN Chi-Wen

※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、研究者個人に帰属されます。