

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350429

研究課題名(和文)高精度DEMの地形プロセス解析による河川上流域からの土砂供給の定量的評価・予測

研究課題名(英文) Quantitative evaluation and prediction for sediment supply from mountainous catchments using a geomorphic process-based model with detail DEM

研究代表者

池見 洋明 (Ikemi, Hiro)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：90380576

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：北部九州花こう岩地域を対象として、地形プロセスモデルを用いて、山地流域における土砂生産量を定量的に把握する手法について検討した。河川の土砂移動履歴を把握する目的で、水文調査およびBe同位体測定を実施した。また、土砂供給源となる土砂の分布を求めるために、貫入試験による土層厚さ調査および斜面安定解析を実施した。最後に、これらの結果について、地形プロセスモデルによる地形解析により検討した。その結果、地形プロセス解析が、山地流域からどのくらいの土砂量が見込まれるのかということについて、有用な知見が得られることを示せた。

研究成果の概要(英文)：In the granitic rocks area of the northern part of Kyushu, as a study area, a method to quantitatively determine production rates of sediment in the mountainous catchments with a geomorphic process-based model have been evaluated in the mountainous catchments. At first, hydrological surveys and Be isotope measurements have been carried out for understanding a sediment transport history of the catchments. Moreover, penetration tests obtaining soil layer thickness in hillslopes and slope stability analysis have been done in order to determine the distribution of sediment sources in the catchments. Then, these investigation results have been discussed with the geomorphic process-process modeling. As results, it has been clear that the process-based modeling is a useful method to know how much sediment come through the mountainous catchments.

研究分野：応用地質

キーワード：地形プロセス デジタル標高モデル 地形変化 地理情報システム ベリリウム同位体

1. 研究開始当初の背景

申請者らは、これまで地形のプロセスモデルを用いた高精度 DEM (デジタル標高モデル) の解析手法について研究し、同手法が河川上流域の土砂動態を評価できることを明らかにした (池見ほか, 2012)。近年の河川流域では様々な人為的インパクトによって、流域の土砂動態が変化し、治水安全度、水資源利用、環境・生物多様性の保全の視点から、流域の総合的な土砂管理の重要性が認識されている (辻本・藤田, 2004)。その中で、台風などの出水時に河川上流域からどの程度の土砂量が流出するのかといった土砂供給量の評価・予測技術が求められている。

申請者らが提案する地形のプロセスモデルとは、地形変化を、地殻変動、風化、斜面変動、河川の浸食の各地形プロセスの土砂フラックスで表現した物理モデルのことである。この様なモデルは、一般に数千年～数万年以上の地形変化に適用される場合が多かった。しかし、最近、J. W. Deitrichらのグループが、高精度 DEM を地形プロセスモデルにより解析して、尾根・谷の出現周期と年間降雨量との関係を見出した (Perron et al., 2009)。申請者らは、この研究からヒントを得て、地形プロセスモデルと河川の土砂動態との定量的な関係を見出せば、河川上流域からの合理的な土砂供給量の評価・予測技術へと展開できると考えられる。

2. 研究の目的

地質が均質な北部九州花こう岩地域を対象として、(1) 河川の土砂移動の履歴、(2) 土砂供給源となる土砂の分布を求め、流域の土砂供給能力を定量的に評価し、地形プロセスモデルによる地形解析結果との関係を定量的に明らかにする。その結果として、山地流域において生産される土砂量を定量的に把握する手法を確立する。

3. 研究の方法

(1) 研究対象地域を適切なサブ流域に分割して、申請者らが提案した高精度 DEM の地形プロセスモデルによる解析を行い、各サブ流域の地形的特徴であるパラメータを求める。また、これをもとに、調査流域を選定する。

(2) 流域の土砂移動履歴を以下の方法で定量化する。

- (a) 砂防ダムの堆砂量の 3 次元計測
- (b) 水質・水文・地質調査による溪流堆積物量の算出
- (c) 時系列地理空間情報からの地形変化量の分析

(3) 流域の土砂供給源となる土砂の分布を以下の方法で定量的に求める。

(a) 典型的な斜面の土層厚さの面的な現地計測

(b) Be 同位体による土層の生成速度算出

(c) 3 D 安定解析による不安定斜面の分布と規模の抽出

(4) 土砂移動履歴、供給源となる土砂の 3 次元分布を GIS により空間的に補間・統合し、流域の土砂供給能力を定量的に評価する。その結果と地形プロセス解析結果を相関分析し、通常時に加え、大規模な出水時にどのくらいの土砂量が見込まれるのかということについて、地形プロセスモデルから定量的に評価する手法を開発する。

4. 研究成果

4.1 2013 年度

(1) 各種情報の調査・収集を行った。現在、入手した情報として、航空機レーザ測量データ (入手先: 自治体)、時系列の空中写真 (国土地理院) や大縮尺地形図 (自治体)、砂防ダムの堆砂情報 (自治体ほか) である。航空機レーザ測量データからは 5m グリッドの高精度 DEM を作成した。

(2) 高精度 DEM を用いて、対象地域を適切なサブ流域に分割し、地形プロセス解析を行い、その結果をもとに調査流域を選定した。地形プロセス解析では、まず申請者らが提案したプロセスモデル式を (池見ほか, 2012) 地形の勾配、曲率、集水面積の関係式に変形した。次に、高精度 DEM から求まる各サブ流域の勾配・曲率、集水面積の散布図からフィッティングによる逆解析でモデルパラメータ (地形プロセス比、地形の起伏、侵食に対する抵抗) を求めた。このパラメータをもとにサブ流域をいくつかグループに分け、代表的な流域を調査流域として選定した。

(3) 「時系列地理空間情報による地形変化量の算定」時系列の空中写真や地形図からサブ流域の土砂移動に関する特徴を明らかにした。空中写真は 1960 年頃以降のものを使用し、表層崩壊など地形プロセスの履歴の抽出を行った。また写真測量ソフトを用いて旧 DEM を作成して、高精度 DEM との差分などから地形変化量の見積を試みたが、植生の多いなどの問題から良好な結果は得られなかった。

4.2 2014 年度

(4) 溪流堆積物の量や粒度と表層水の状況を把握するため、水文地質調査を行った。堆積物は GPS とレーザ計測計により面的に評価した。また溪流堆積物の分布は、表層水の水質や流量にも影響するため、河川水の流量、電気伝導度、pH の測定を継続的に行った。その結果、昨年度、実施したプロセスモデルによる地形の解析結果である D/K 値、現地を確認できた相対的な土砂量、河川の流量との間に概ね相関関係が確認できた。

(5) 砂防ダムの堆砂は、上流からの土砂供給の相対量を示していると考え、砂防ダムの堆砂状況の調査を実施した。しかし、対象地域の砂防ダムは、満砂状態の場合が多く、この手法により、土砂の時間的な供給量の情報は得るのは困難であると判断された。

(6) 3次元斜面安定解析により、不安定な斜面の分布を評価するため、2つの調査流域から斜面を選定して、土層厚さの測定を行った。斜面の選定は、過去の斜面崩壊実績や地形勾配、植生などから地理情報システムを用いて行った。土層厚さ分布の計測は、斜面を数mのメッシュに区切り、簡易コーン貫入試験機を用いて面的に実施した。およそ地形の傾斜、曲率との相関が確認できた。

(7) 堆積物中からの石英の抽出と放射性起源のベリリウム同位体 ^{10}Be の測定を行った。堆積物サンプルは斜面および河床より採取した。採取したサンプルは、粒度ごとに選別し、フッ酸を用いて化学的に処理して、雲母や長石等を取り除き、石英のみを抽出した。石英は、フッ酸と硝酸の混合液で溶解、蒸発乾固させて、塩酸で再度溶解させる。この溶液からイオン交換で、ベリリウムを抽出して、加熱し酸化させた。今年度は、この酸化ベリリウムの ^{10}Be 組成について、日本原子力開発研究機構のペレトロン年代測定装置を用いて測定を行った。その結果、崩壊土砂が多く分布すると考えられる櫛谷 (No. 205) 流域の石英の ^{10}Be 含有量は相対的に低い値を示した。一般に、土石流が頻発する流域では、より深部の土砂が混入しやすいため ^{10}Be 含有量が低くなるとされる。崩壊土砂の分布は、土砂生産量が多いと考えられれば、 ^{10}Be 含有量の低い櫛谷は土砂生産量が多いことが想定された。

4.2 2015年度

(8) 2014年度から継続して水文調査を実施した。4流域に水位計を設置して、連続流量の計測を行った。得られたハイドログラフはTOPMODEL (Beven et al., 1995) で水文解析を行った。TOPMODELとは、水文モデルの一つであるが、流量の計算に地形の傾斜や流路長といった地形量を考慮している点で特徴がある。このTOPMODELの基本式と2013年度で提案した地形のプロセスモデル式を連成させ、地形の曲率と流量との関係式を誘導した。さらに、TOPMODELによる水文解析結果とプロセスモデルによる地形の解析結果は、地形の曲率と流量との関係式で予測される結果となった。

以上の結果から、本研究の実施によって、地形プロセス解析が、山地流域からどのくらいの土砂量が見込まれるのかということについて、有用な知見が得られることを示した。

<引用文献>

(1) 池見洋明・三谷泰浩・鮫島康之・吉武宏晃 (2012): プロセスモデルを用いた地形分析による山地流域の土砂流出特性の検討, 第6回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.83-88

(2) Perron, J.T., Kirchner, J.W., and Dietrich, W. E. (2009): Formation of evenly spaced ridges and valleys, *Nature*, Vol.460, pp.502-505.

(3) Beven, K J, Lamb, R, Quinn, P F, Romanowicz, R and Freer, J, 1995 b, TOPMODEL, in V P Singh (Ed). *Computer Models of Watershed Hydrology*, Water Resources Publications, 1995, 627-668.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

(1) Relationships between Sediment Concentrations from ^{10}Be Analysis and Morphometric Aspect in Sangun Catchment Area, Fukuoka Prefecture, Japan, *J. Geological Resource and Engineering*, H. Pachri, Y. Mitani, H. Ikemi, R. Nakanishi and Y. Saito-Kokubu, DOI:10.17265/2328-2193/2015.04.001

(2) Process-based Topographic Analysis and Hydrological Properties in Temperate Mountainous Catchments", H. Ikemi, P. Hendra, Y. Mitani, *Engineering Geology for Society and Territory*, 3, 331-334, 2014.

(3) GIS-based three-dimensional slope stability analysis considering rainfall infiltration", N. Jia, Z. Yang, M. Xie, Y. Mitani, J. Tong, *Bull. Eng. Geol. Environ.*, DOI: 10.1007/s10064-014-0661-1.

(4) Topographic analysis of sediment movements in mountainous catchments", H. Ikemi, Y. Mitani, H. Yshitake, H. Matsuki, 第13回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, 781-786, 2013.

(5) GIS Analysis for Topography and Vegetation Cover in Mountainous Catchments", H. Ikemi, Y. Mitani, H. Yoshitake, Y. Sameshima, *Proc. International Symposium on Earth Science and Technology 2012*, 21-26, 2012.

[学会発表](計 7 件)

(1) 3D Slope Stability Analysis for Slope Failure Probability in Sangu mountainous, Fukuoka Prefecture, Japan", Hendra PACHRI, Y. Mitani, H. Ikemi, and W. Jiang, *Proceedings of Asian Regional Conference of IAEG, CDROM*, 2015

(2) A study on the relevance of geology and

sediment discharge in mountain watershed of Shimanto accretionary complex", R. Nakanishi, Y. Mitani, H. Ikemi, and H. Pachri, Proceedings of Asian Regional Conference of IAEG, CDROM, 2015

(3) ベリリウム同位体を用いた山地流域の土砂動態に関する検討, 池見洋明, H. Pachri, 國分(斎藤)陽子, 三谷泰浩, 黒木貴一, 日本応用地質学会講演論文集, CDROM, 2015.9.

(4) 報告されている河川堆積物の 10Be 濃度と流域の地形プロセス解析, 池見洋明, 山崎絢生, ヘンドラパチリ, 中西隆之介, 三谷泰浩, 黒木貴一, 日本応用地質学会講演論文集, CDROM, 2014.10.

(5) 山地流域における土砂動態把握を目的とした河道形状と河床堆積物に関する研究, 中西隆之介, 三谷泰浩, 池見洋明, ヘンドラパチリ, 日本応用地質学会講演論文集, CDROM, 2014.10.

(6) 地形プロセスモデルによる山地流域の分類手法の検討, 池見洋明, 地理情報システム学会講演論文集, 22, CDROM, 2013.10.

(7) 山地流域における斜面崩壊現象と地形プロセスモデルに関する研究, 池見洋明, 日本応用地質学会講演論文集, CDROM, 2013.10.

〔図書〕(計 0 件)
該当なし

〔産業財産権〕
該当なし

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)
該当なし

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
該当なし

6. 研究組織
(1) 研究代表者

池見 洋明 (IKEMI, Hiro)
九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号 90380576

(2) 研究分担者
三谷康浩 (MITANI, Yasuhiro)
九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号 20301343

黒木貴一 (KUROKI, Takahito)
福岡教育大学・教育学部・教授
研究者番号 40325436

(3) 連携研究者
該当なし

()

研究者番号：