

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01216

研究課題名(和文) 気候・地殻変動への流域の多重尺度応答性：室内実験と年代測定による地形発達史解読

研究課題名(英文) Response of river networks in reach and basin scales to climate change and tectonics: physical model experiments and field study

研究代表者

遠藤 徳孝 (Endo, Noritaka)

金沢大学・地球社会基盤学系・准教授

研究者番号：60314358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：山地河川の流域地形は、河川が地殻変動に応答して、隆起と侵食がせめぎあった結果として生じた景観である。しかし、隆起は一般に一律でも一定でもなく、現在の地形だけから過去の地殻変動を読み解く方法はまだ確立していない。上流側の隆起速度が速い場合と異なり、下流側の隆起速度が速い場合、河川の縦断形は中流域に凸状地形持つ傾向にあることが、室内アナログ実験により分かった。このことは、屋久島の東西に流れる2つの河川の比較結果と調和的であった。また、流路スケールで見ると河川の形状は、岩盤の硬さとも関係することが先行研究で指摘されているが、室内モデル実験および手取川の調査で、同様の結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

山岳地形の特徴はそこを流れる河川によって形成される。しかし、河川は専ら侵食するだけであるから、河川侵食だけが地表で起きるならば、長い年月ののち山自体がなくなってしまう。そうならないのは、地殻変動によって山が絶えず隆起しているからである。川の侵食速度は雨量などに依存するため気候変動の影響を受けて変動する。一方、隆起の方も長いタイムスケールで見れば地殻変動も一定でないため変化する。気候変動は土砂災害と、地殻変動は地震の発生と関連していて、過去の変遷や各地域の特性を解明できれば防災にも貢献する。本研究は現存する地形から過去及び未来の変動を推定するモデルに必要な基礎データを提供する。

研究成果の概要(英文)：Geomorphological characteristics of mountainous river basins are results from the response of rivers to orogenic activities, i.e. tectonics. Uplift rate, however, is generally neither uniform nor constant. It is not easy to reconstruct the history of tectonics from river basin topographies. We found, through laboratory model experiments, that a longitudinal profile of river tends to have a convex shape at the middle reach, if the uplift rate increases spatially from upstream to downstream. This explains the difference of river longitudinal profiles of the east and west basins in Yakushima. We also performed model experiments targeting the reach-scale transition of channels, and observed that lateral migration of channels was suppressed during uplift activities. Additionally, we conducted field research of the Tedori river, and found correlation between the channel shape and hardness of bedrocks, if the hardness is evaluated using coefficient of restitution.

研究分野：地形学

キーワード：河川地形 岩盤河川 山岳河川 モデル実験 アナログ実験 傾動隆起

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

山岳河川は、平野を流れる沖積河川とは異なり、河床は砂礫などの堆積物で構成されているのではなく、岩盤が露出しており、岩盤そのものが桶状に侵食された流路を流れる。山岳河川は侵食作用のみを持ち、それだけならば山は消滅しまうはずだが、地殻変動による造山運動が働くため、長い間川も山も存在する。しかし、両者の相互作用が継続するため、地形は固定されず絶えず変化している。河川が山の隆起にどのように応答するかは、非常にゆっくりした変化であり、かつ、数千から数百万年という長い時間スケールの現象であるため、ダイナミクスの詳細については不明な点が多い。

2. 研究の目的

主に室内モデル実験（模擬地形発達実験）の手法を用いて、山岳地形発達のメカニズムを理解する。特に、隆起速度が空間的に一律でない場合の河川の応答に着目する。また、実験結果を屋久島の東西の2つの流域と比較する。屋久島のこの2つの流域は、実験条件と似た隆起速度空間分布を持つことがわかっている。加えて、侵食や岩盤河川の発達の素過程について、野外調査を通じた考察も行う。

3. 研究の方法

室内モデル実験は、砂と粘土の混合物を静置し、これを模擬岩盤とする。流域全体をシミュレートする実験では、人工的に流路を予め作ることはせずに、自然地形と同様に、降雨によって自発的に発生させる。降雨はミストノズルを用いて噴霧し、雨滴によるクレータリングを起こさないようにする。地形計測は写真測量により DEM を得て、GIS による解析を行う。流路スケールを対象にした実験では、予め直線的な流路を作り、降雨は与えずに、上流から流れを供給する。

野外調査は、手取川中流域などを対象に、岩盤の物性をシュミットハンマーで評価し、地形との関連を検討する。

4. 研究成果

(1)

流域スケールの実験では、2つのタイプの異なる傾動隆起に対して、河川は異なる応答を示すことが分かった。上流側より下流側の隆起速度が速い場合、中流付近に突部を持つ河川縦断形を持つ。これは、与えられた隆起速度分布に対して動的平衡となる地形に達するまでの時間が、上流と下流とで異なるからである。

次に、屋久島の東西の流域について河川縦断形を調べた。屋久島は、形成年代が同じ海成段丘の高さから、島全体が傾動していることが知られており、東ほど隆起速度が速い。そのため、島中央より東側の流域では、下流が速い隆起を受ける傾動になっており、逆に、西側の流域では、上流が速い隆起を受ける傾動になっている。東の流域の本流は中流に凸部を持つのに対して、西側の流域は典型的な下に凸の縦断形となっている（図1）。これは、実験結果に基づくと、2つの異なるタイプの傾動によるためであると説明できる。

この凸部は、2つの異なるタイプの knickpoint (遷急点) に挟まれた区間となっている。2つの種類の knickpoint とは、一つは階段状 (step-like knickpoint) (図2a) であり、もう一つは規模の大きな傾斜変換点 (slope break) (図2b) である。Step-like knickpoint は、河川の下方侵食により動的平衡状態へと推移でき、比較的短い時間で移行可能である。一方、slope break は隆起による河床の標高上昇を待たねばならず、動的平衡を実現するまでの時間が長くなる。後者のケースは、下流側の隆起速度が速いとき、すなわち、上流側の隆起速度が相対的に遅い場合に顕著となる。

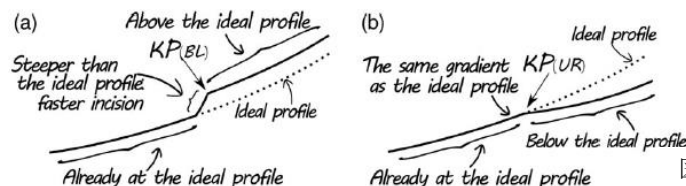


図2 異なるタイプの knickpoint (遷急点)

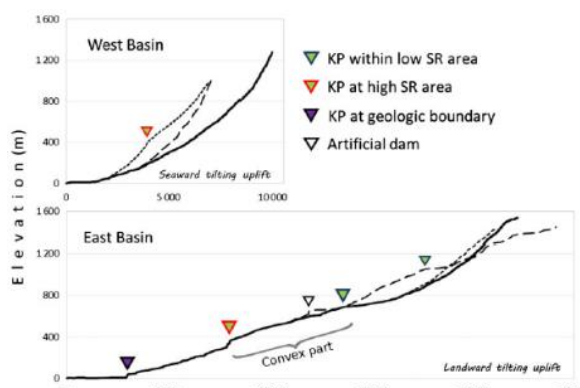


図1 屋久島の東西の流域の河川縦断形。実線は本流、他は支流。色のついた三角は遷急点の位置、白黒の三角は人工ダムの位置。

(2)

流路スケールの実験では、断続的な隆起が続く最中よりも、隆起活動が終了した後のほうが蛇行度が高い傾向が見られた。隆起が継続している間は下刻が側刻より卓越することが、蛇行度の上昇を抑制していると考えられる。また、岩盤強度が高い方が蛇行度が大きい傾向にあった。隆起に伴って遷急点が生じるが、岩盤強度が高い方が大きな遷急点ができる傾向にあった。なお、海外のフィールドでの先行研究では、やわらかい岩盤を流れる河川の方が、すぐ近くの（したがって同じ気候帯に属する）硬い岩盤を流れる河川より蛇行度が大きいという報告があり、この点だけ見ると調和的でない。今後さらに詳しい研究が必要である。

(3)

四万十川の中流域で基盤岩の強度と蛇行度について検討したところ、直接的な強い相関は見られなかった。よって、梶原川との合流点より下流で四万十川が大きく蛇行するのはほかの原因によると考えられる。梶原川は、四万十川本流の上流部より勾配が大きく、増水時には礫運搬が活発になると考えられる。実際、礫洲がよく発達している（図3）。礫洲は流れの偏極を引き起こし、蛇行を促進させることが先行研究で指摘されており、四万十川中流域でも梶原川から供給される礫により同様のことが生じていると推測される。

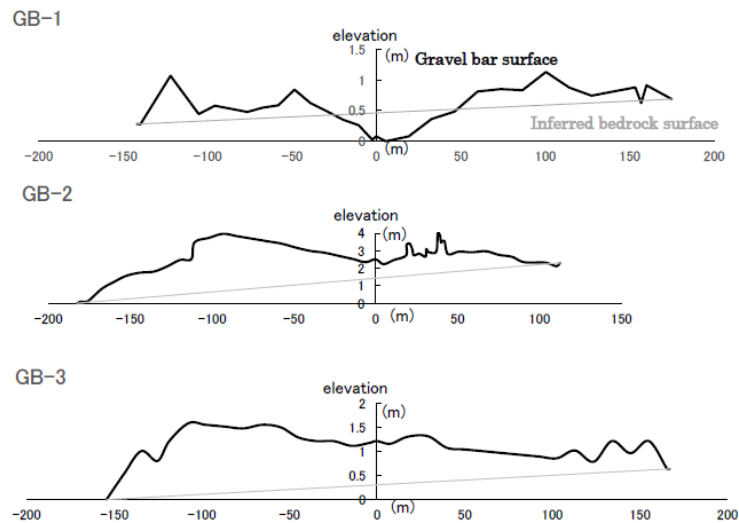


図3 礫洲の断面図

(4)

手取川では、河床勾配と流域面積の関係を見る A-S プロットの結果とシュミットハンマーで得られた反発係数とは相関が確認できた。しかし、谷壁の高さと反発係数との相関は見られなかった。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Genno Reiko, Endo Noritaka	4. 巻 28
2. 論文標題 Adjustment processes of mountainous rivers affected by tilting uplift: Laboratory experiments and a case study of Yakushima Island, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12278 ~ e12278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iar.12278	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 Matsumura Yusuke, Endo Noritaka, Hasebe Noriko, Davaasuren Davaadorj	4. 巻 28
2. 論文標題 Paleolake reconstruction and estimation of paleo inflow in the Olgoi Basin, Mongolia, based on GIS and hydraulic analyses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12299 ~ e12299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iar.12299	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 5件）

1. 発表者名 Imamura, A. and Endo, N.
2. 発表標題 Incision rate, riverbed slope and contributing area of an experimental drainage basin
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsumura Y., Endo N., Hasebe N., Davaasuren D.
2. 発表標題 Paleohydrology of Olgoi Basin, headwater of Valley of the Gobi lakes, Mongolia
3. 学会等名 14th International Workshop Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia (@ Novosibirsk, Russia) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sota Iijima, Noritaka Endo
2. 発表標題 Relationship between bedrock strength and change in shape of bedrock channel due to base level lowering: Laboratory experiments
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Miki Yamamura, Noritaka Endo
2. 発表標題 Temporal change of incision rate in relation with development of river terraces: model experiment
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Miki Yamamura, Noritaka Endo
2. 発表標題 Laboratory experiment of river terraces formation under tilting uplift
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Matsumura, Noritaka Endo, Noriko Hasebe, Davaasuren Davaadorj
2. 発表標題 Consideration of paleolake and paleo-inflow in Olgoi basin, upstream of Valley of the Gobi Lakes, Mongolia
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠藤徳孝
2. 発表標題 河川地形の地殻変動への応答に関するモデル実験
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

〔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
研究分担者	水上 知行 (Mizukami Tomoyuki) (80396811)	金沢大学・地球社会基盤学系・助教 (13301)	
研究分担者	松四 雄騎 (Matsushi Yuki) (90596438)	京都大学・防災研究所・准教授 (14301)	