

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23701028

研究課題名（和文）

岩盤河川縦断面形における気候変化の痕跡の抽出

研究課題名（英文）

Extraction of climate change signals from bedrock river longitudinal profiles

研究代表者

早川 裕弐 (YUICHI S. HAYAKAWA)

東京大学・空間情報科学研究センター・助教

研究者番号：70549443

研究成果の概要（和文）：岩盤河川地形は地質、地殻変動、気候変動等さまざまな環境要因により形成される。本研究は、とくに気候変動と岩盤河川の侵食との関係について、その縦断面形と遷急区間に着目し、地形定量分析・空間解析のアプローチから解明を試みた。山地流域の岩盤河川における遷急区間の定量抽出手法を開発し、その空間分布を現地から広域までのスケールで解析すると、遷急区間の形成には水理的要素の経年的変化、すなわち気候変動が影響していることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：Morphology of bedrock rivers is often affected by various environmental factors including geologic, tectonic and climatic conditions. In this study the relationships between climate changes and bedrock river erosion, particularly focusing on the longitudinal profiles and knickzones, are examined by means of quantitative morphological and geospatial analyses. The results suggest that knickzones and related bedrock river morphological features are often affected by spatiotemporal changes in hydraulic forces and climate changes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：地理学

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：岩盤河川，遷急点，遷急区間，滝，GIS

1. 研究開始当初の背景

地球表層におけるさまざまな地形変化プロセスのなかで、岩盤河川による基盤岩の侵食は、山地や台地などの削剥過程における先駆的なプロセスであり(Schmidt and DePloey, 1992; Tinkler and Wohl, 1998), 谷壁斜面における崩壊や地すべり、あるいは大規模崩壊を誘発する要因ともなる(Korup and Schlunegger, 2007)。岩盤河川の侵食様式はその縦断面形状などに強く反映されており、これは地殻変動や気候変動などに対応して動的に変化している(Whipple, 2004; Seidl et al., 1994)。このため、岩盤河川地形の現状や形成史を明らかにすることは、地球表層における地殻変動・気候変動の歴史を理解する上で重要な課題である。

沖積河川については、人類の主要な生活の場であることもあり、長く研究が続けられてきた。一方、山地や台地における岩盤河川地形の研究は相対的に遅れており、最近 20 年の間ようやく発展してきたといえる。たとえば岩盤河川の下刻作用を河流の侵食力で説明するモデルが提唱され、隆起速度との対応が広く議論されている(Whipple, Kirby & Brocklehurst, 1999; Willet et al., 2006)。また、次に述べるように、異なる気候条件下での岩盤河川地形の相違といった研究も進められている。

岩盤河川の地形は複雑かつ長大であり、その 3 次元的形状を上流から下流までそのままに扱うことは難しい。そのため、下刻量・下刻速度といった 1 次元の量での議論や、2 次

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

元的には大きく3つの要素、すなわち平面・縦断面・横断面という視点から研究が進められてきた。具体的には、平面としては穿入蛇行の蛇行度、縦断面として急勾配度 (steepness) や凹度 (convexity) などがある。これらの2次元的な形状の研究の発展はデジタル標高データ (DEM) などの計算機技術が進展してきたことによるところも大きく、地形の定量化や、その空間的な解析が行われてきている。たとえば岩盤河川の平面的な形状に関して Stark et al. (2010) では、西太平洋地域における穿入蛇行の蛇行度を DEM から数値化し、地質の影響を除去した上で、岩盤河川の平面形状が台風襲来頻度や豪雨頻度と密接に関係することを明らかにした (図1)。すなわち、岩盤河川地形を空間的に定量化することで、気候、地質、テクトニクスといった環境要因と、地形および地形プロセスとの相互的な作用が存在することを見出すことができる。

ここで、縦断面形や特に遷急区間 (局所的な急勾配区間) に着目すると、地殻変動の履歴や、気候の急激な変化の影響を見出せる可能性がある。河川の下刻作用の決定要因や、遷急区間の成因には、地質、地殻変動 (隆起速度の急変や間欠的な隆起、活断層の変位など)、あるいは気候・水理 (海面変動にともなう侵食基準面の低下や豪雨の急増など) があると考えられており、縦断面的な地形的特徴を精査することで、各流域・地域における気候変動や地殻変動の履歴、またそれらと地形との相互作用を浮き彫りにすることができると思われる。ところが、地質的あるいは地殻変動的な視点から縦断面形や遷急区間の動態が調査されることは多いが、気候的もしくは水理的な遷急区間の形成、分布、侵食について調査されたことは一部の事例 (Hayakawa and Oguchi, 2009) を除きほとんどない。とくに水理的に形成される遷急区間の存在は、過去の大規模な気候変化の痕跡である可能性が示唆されており、更なる調査が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究は、岩盤河川の侵食と気候変動との関係について、とくに岩盤河川の縦断面形とそこに包含される遷急区間に着目して、地形定量分析・空間解析のアプローチから、これらの空間定量化から岩盤河川地形における気候変動の痕跡を見出すことを目的とする。

3. 研究の方法

- (1) GIS 解析：高精細・広範囲地形データ (SRTM, ASTER GDEM, ALOS PRISM-DSM や航空

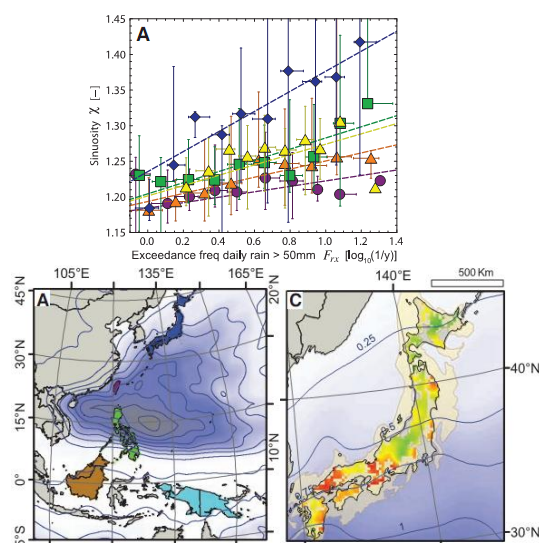


図1. 岩盤河川の穿入蛇行度と台風襲来頻度、豪雨頻度との相関関係 (Stark et al., 2010). 豪雨が多い場所ほど岩盤河川の蛇行度は高い。

レーザ測量データ) を用いて岩盤河川縦断面形状の地形解析および遷急区間の位置情報を取得する。地形情報に関しては、GISソフトウェアを用いた基本的なデータ処理 (水系網の抽出等) を行い、その後は独自プログラミングにより岩盤河川の縦断面形を取得するとともに、既存の遷急区間の自動抽出法を適用する。これにより、岩盤河川縦断面形の定量化、および遷急区間の空間分布が広範囲に渡って明らかにする。

(2) 現地調査：遷急区間の位置や形状に関して各地における現地調査 (TLS/GNSSによる地形測量等) により確認するとともに、得られた超高精細データを広域データに還元・統合する。調査地の選定は、GISデータや既存研究の成果も検討して行う。具体的には、地殻変動や気候条件の程度の異なる地域・地点をGIS上で精査・選択し、各所の遷急区間においてGNSSとレーザ距離計による高速・高精度地形測量法、地上レーザスキャン、地上写真測量によりスケラブルな詳細地形データを取得する。これにより、航空レーザデータでも判別できないほどの小流域における岩盤河川の全体や、崖面等も含む遷急区間の地形情報を得ることで、広域で行っている地形分析のフィールドスケールでの検証とする。また、このようにして得られた岩盤河川縦断面形および遷急区間の位置や形状に関する現地データはGISデータベースに還元し、DEMから抽出された縦断面形の形状や遷急区間の位置・形状データと照合する。

- (3) 空間統合解析：地質・気候等各種空間

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

データを入力し、地質・地殻変動条件を除去した上で、地形データと気候・水理データとの空間解析から、岩盤河川の縦断面形・遷急区間と気候・気候変動との対応を精査する。大まかな手順としては以下の通りである。まず、広域にわたる空間分析から抽出された縦断面形の形状パラメータや、遷急区間の分布頻度を GIS データベース上で数値化し、異なる地質ごとに区分する。これに対して、勾配-集水面積関係式から流域内における岩盤河川の急勾配指標 (steepness index) を算出し、隆起速度・活断層変位量などテクトニクスデータをあわせることで、地域・流域ごとにおける岩盤河川に影響する地殻変動要素を推定する。こうして地質・テクトニクスの影響を可能な限り消去した上で、気候データとの対応を空間解析により検討する。たとえば豪雨頻度が高く岩盤河川の侵食が活発な場所においては、水理的要因による遷急区間の出現頻度も高いことが予想されるため、水理型遷急区間の分布頻度と豪雨頻度を流域単位で集計することで、その空間的相関関係を分析する。

4. 研究成果

まず基礎的なデータとして、全球地形モデル (SRTM および ASTER GDEM) 等の空間データを入力し、GIS を用いた空間解析の準備としてのデータ処理を実施するとともに、岩盤河川縦断面形状の分析手法を、従来の手法 (Hayakawa and Oguchi, 2006, 2009) の改良を通して、効率的でより正確な遷急区間の抽出手法の開発を試みた。これらの解析結果により、遷急区間の分布に対する河川の水理的な作用の影響が明らかとなり、過去の気候変動がそうした遷急区間の形成の一因となっていることが示唆された (Hayakawa and Oguchi, under review) (図 2)。一方、現地調査対象として典型的な岩盤河川侵食が生じている複数の地点を選定し、高精度測位機器 (GNSS) やレーザ距離計 (LRF)、地上写真測量、および地上型 3D レーザスキャナ (TLS) を用いた高精細な地形データを取得し、遷急区間の形状解析と岩盤強度との対応

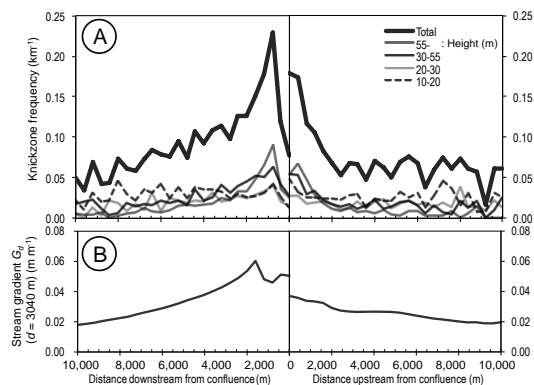


図2. 主流河川の合流点からの距離に依存する遷急区間の頻度の変化。大きい遷急区間はとくに合流点付近に多いことが示された (Hayakawa and Oguchi, under review)。

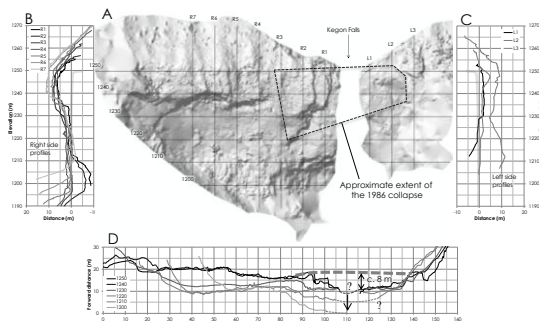


図3. TLSにより得られた華嚴滝における滝崖面の詳細地形データとその縦横断面図。

を調査した。これらの現地調査による詳細な地表面形状データは、広域的な分析の参照点として、遷急区間の侵食モデルの要素に入力され、気候変動にともなう流量変化が遷急区間の侵食速度に与える影響をオーダーレベルで評価した。さらに、スケールアップした岩盤河川侵食の挙動解明に向けて、高精細地表面形状データの空間データ共有システムにおけるアーカイブ化を進めた。

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 7 件)

1. Komatsu, G., Goto, K., Baker, V.R., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Saito, H., Pelletier, J.D., Mcguire, L., Iijima, Y., 2013 (in press). Effects of tsunami wave erosion on natural landscapes: Examples from the 2011 Tohoku-oki Tsunami. In: Y. Kontar, V. Santiago-Fandino, T. Takahashi (eds.), *Tsunami Events and Lessons Learned: Environmental and Societal Significance*. Springer.
2. 早川裕式・松多信尚・前門 晃・松倉公憲, 2013. 集集地震により生じた台湾中西部における滝の地震後 10 年間の後退速度と その変化. *地形*, 34, 21-26.
3. Hattanji, T., Wasklewicz, T.A., Hayakawa, Y.S., Wester, T., Hegi, Y., 2013. Hydrogeomorphic effects of basin lithology on development of channel steps in first-order basins of the Ashio Mountains, Japan. *Physical Geography*, 33, 536-560.
4. Hayakawa, Y.S., 2011. Postglacial recession rates of waterfalls in alpine glacial valleys. *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 32, 179-184.

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

5. 柴田健一・鈴木洋佑・今泉文寿・早川裕式, 2011. ティンタルカメラと簡易レーザー距離計による山腹崩壊地の計測手法. 砂防学会誌:新砂防, 64, 27-30.

6. Korup, O., Görüm, T., Hayakawa, Y.S., 2011. Without power? Landslide inventories in the face of climate change. Earth Surface Processes and Landforms, 37, 92-99.

〔学会発表〕（計 8 件）

1. Hayakawa, Y.S., Matsuta, N., Maekado, A., Matsukura, Y., 2012. Fault-scarp knickpoint recession in 10 years after Chi-Chi Earthquake in central Taiwan. AGU Fall Meeting 2012 Abstract EP13A-0811, San Francisco, California, USA.

2. 早川裕式, 2012. 華巖滝における滝面上部崩落後の地形変化と後退メカニズム. 日本地形学連合 2012 秋季大会, 大阪教育大学.

3. Hayakawa, Y.S., 2012. Terrestrial laser scanning of cliff face at Kegon Falls. Abstracts, Japan Geosciences Union International Meeting, HGM02-10, Makuhari Messe.

4. Hayakawa, Y.S., 2012. Morphological analysis of waterfall cliff face by terrestrial laser scanning. Geophysical Research Abstracts, 14, EGU2012-2578-1, Vienna, Austria.

5. Hayakawa, Y.S., 2011. Fault-scarp knickpoint recession and subsequent riverbank widening in central Taiwan: Changes in bedrock morphology from field and satellite observations. Japan Geosciences Union International Meeting, Makuhari, Chiba.

6. Hayakawa, Y.S., Kontani, R., Sudo, H., Yamaguchi, Y., Kulakoglu, F., 2011. Geospatial analysis on topography and archaeological sites in Kayseri, Turkey: A preliminary result. Japan Geosciences Union International Meeting, Chiba.

7. 早川裕式, 2011. 断層崖にかかる滝の後退速度の変化:台湾,集集地震からの 10 年間. 日本地形学連合 2011 秋季大会, 金沢大学.

8. Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., 2011. Scale dependency of stream gradient calculation and its use to quantify bedrock river morphology, Geomorphometry 2011, Redlands, CA, USA.

〔図書〕（計 4 件）

1. Oguchi, T., Wasklewicz, T., Hayakawa, Y.S., 2013 (in press). Remote data in fluvial geomorphology: characteristics and applications. In: Shroder, J. (ed.) Treatise in Geomorphology. Academic Press, Elsevier.

2. 早川裕式, 2013 (in press). 「河川プロセス・河床縦断面形の発達—遷急点・岩屑の運搬・堆積」「山間部の河成地形—峡谷・早瀬・滝・谷底平野」In: 小池一之・山下脩二・岩田修二・漆原和子・小泉武栄・田瀬則雄・松倉公憲・松本 淳・山川修治(編)「自然地理学事典」, 朝倉書店.

3. 早川裕式, 2013 (in press). 「河川縦断形異常」「遷急点」「滝」「オンライン地形表示ツール」他. In: 鈴木隆介・野上道男・砂村継夫(編)「地形の辞典」, 朝倉書店.

4. Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Wasklewicz, T., 2011. Data sources. In: Smith, M., Paron, P., Griffiths, J. (eds.) Geomorphological Mapping: Methods and Applications: A Professional Handbook of Techniques and Applications. Developments in Earth Surface Processes 15, 189-224. Elsevier.

〔産業財産権〕

○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）

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

早川裕式（東京大学・空間情報科学研究センター・助教）
研究者番号：70549443

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし