

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16284

研究課題名(和文)河床礫と三次元流路形状にもとづく河川遷急点に着目した河床縦断形変化の速度論的解明

研究課題名(英文)Dynamic changes of longitudinal river profiles based on geomorphological and sedimentological analysis

研究代表者

大上 隆史(OGAMI, Takashi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員

研究者番号：30573191

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文):本研究では、河床縦断面形の時間変化の解明と、その形状から長期的な隆起と侵食に関する情報を抽出する手法開発を目的として、事例研究を実施した。三陸海岸の河川群には河床勾配が不連続に大きくなる河川遷急点が認められるが、それらの移動様式をモデル化することによって、過去の河川遷急点の後退速度および河川の下刻速度を見積もる手法を提示した。養老山地の河川群からは河川の「急さ」を表すパラメータを抽出し、山地の長期的な隆起速度、山麓の扇状地の堆積勾配、河川の「急さ」、および河川の集水域面積の相互関係を定量的かつ合理的に説明することに成功した。派生的に、津波の遡上様式が河川勾配に強く規定されたことを明らかにした。

研究成果の概要(英文): This study focused on dynamic changes of transient landscapes controlled by bedrock river incision. From case study about rivers of Sanriku coast, northeast Japan, I developed regression model of river knickpoints based on stream power incision model. Constrained by geological and geomorphological data, I calculated horizontal migration rates of river knickpoints and vertical incision rates of bedrock rivers. From case study about rivers of Yoro mountains, central Japan, I demonstrated relationship among tectonic uplift-rate, river steepness of bedrock river-channel and dip of depositional surface. Owing to obtained data set of rivers, I compared tsunami inundation area and run-up heights with river profiles. I demonstrated that the onshore topography, especially longitudinal river-profile, strongly controlled tsunami run-up heights and inundation distances.

研究分野：地理学

キーワード：河床縦断面形 河川遷急点 地形解析 堆積勾配 隆起速度 侵食速度 津波遡上 ストリームパワー 侵食モデル

1. 研究開始当初の背景

隆起域における河川地形は、岩盤の隆起と流水による侵食、および碎屑物による堆積によって変化している。河川地形の変化に代表される地形変化の定量化は、地球表層プロセスの理解し検証する上で基礎的な情報を与えるものとして重要である。しかし、山地における岩盤河川の下刻速度は直接的に求めることが一般に困難である。そのため、その速度については海洋底や堆積平野の堆積速度などの堆積盆において取得されたデータから間接的に論じられる場合が多いのが現状である。近年、河床縦断面形の解析手法が進展し、3次元的地形情報を集約して有用なパラメータを定量的に求められるようになった。さらに、河床縦断面形の“異常”に着目して、岩盤河川による山地の開析プロセスを速度論的に捉える試みも進められている。具体的には、河床縦断面形における遷急点(河川遷急点)を記述し、その後退速度をモデル化する研究が成果を挙げってきた。しかし、これらの研究で提示されたモデルを検証するための定量的なデータは少ないため、具体的な事例研究を蓄積していくことが必要な段階にある。

申請者は湿潤変動帯に位置する日本国内における河川地形の研究に取り組んできた。河川遷急点を含んだ河川地形の研究を進めつつあり、海成段丘が発達した三陸海岸北部において顕著な河川遷急点が発達していることを示し、その後退速度を見積もる手法を提示してきた。この研究は、前述した岩盤河川の下刻速度を求めるための鍵になると期待される。岩盤河川における速度論的な研究を発展させることができれば、長期的な地形変化のモデル化および地球表層における土砂移動プロセスの動的かつ定量的な理解に繋がる。すなわち、これらの研究は土砂災害が頻発する湿潤変動帯における自然災害リスク評価を高度化するための基礎研究としての意義を持ち、社会的にも重要性が高い。

2. 研究の目的

本研究における目標は、最新の研究手法を導入した地形解析をベースとして、地形・水文条件を取り入れて河川遷急点の後退速度および河川の下刻を評価することである。三陸海岸における河川群をケースサイトとして、地形・地質学的情報にもとづいて求めた河川遷急点の後退速度が、現在の河川地形および河床物質等から得られるパラメータによって合理的に説明可能であるか検証するとともに、定量的な侵食モデルの構築を目指す。侵食モデルの構築および検証のために、日本国内の河川群を対象とした比較研究を実施する。さらに、これらを発展させる形で、日本列島における河川が、いわゆる“平衡状態”を獲得するまでの時間スケールを算出し、広域的な地殻変動に対する地表プロセスの応答に関するパラメータ提示を目指す。

3. 研究の方法

地形解析においては、ストリームパワー侵食モデルをベースとした地形解析を実施する。数値標高モデルとしては国土地理院が提供する5m~10mメッシュデータを使用し、地形解析用プログラムには申請者が継続的に開発しているオリジナルのアプリケーションを用いる。フィールドワークにおいては、河床物質の粒径(礫径)を計測するとともに、可能であれば地形測量を実施して河床横断面形状のデータを取得する。三陸海岸の河川群をケースサイトとして進めつつある地形・地質学的情報から推定した侵食速度を指標として、地形解析およびフィールドワークで取得したデータから岩盤河川の侵食速度を説明可能であるか検討し、その結果にもとづいてモデル化を行う。

4. 研究成果

(1) 三陸海岸の河川群を対象とした研究を推進して、地形・地質学的情報と河床縦断面形の解析結果にもとづいて、河川遷急点の後退速度を合理的に推定する手法を考案した。この研究においては、中期更新世以降に形成された海岸段丘群の段丘崖に着目し、それらの段丘崖が河川遷急点の初生的な位置であると仮定した。さらに、ストリームパワーモデルにもとづいて、岩盤河川において河床勾配に応じた下刻が進行する場合には、遷急点が移動する経路を見積もり(図1)、その経路上に存在する段丘崖を抽出した。

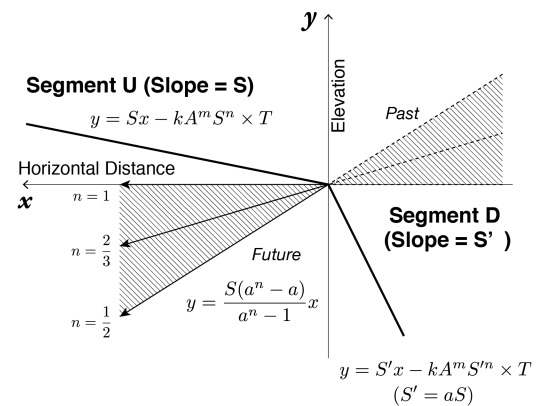


図1 岩盤河川の下刻に伴う河川遷急点の移動モデル(大上, 2015, 第四紀研究)

抽出されたそれらの段丘崖が河川遷急点の初生的な位置であるとすれば、テフクロロジーによって決定された段丘面編年にもとづいて、遷急点が最初に形成された年代と、その平均的な後退速度を求めることができる。その成果は学術論文において公表した(大上, 2015, 第四紀研究)。さらに、遷急点の後退速度と同時に、それを規定する岩盤河川の下刻速度が求められた。岩盤河川の侵食速度はストリームパワー侵食モデルによって説明できる可能性があるが、そのためには河川流量および河床勾配を組み合わせる際のパラメータ

(指数)を適切に設定する必要がある。そのパラメータを帰納的に最適化する手法を考案した。その内容については国際学会において発表した(Ogami, 2015, International Union for Quaternary Research XIX Congress)。

(2) 上記の研究と並行して、日本国内の他地域における河川群における事例研究を進めた。具体的には、佐渡島大佐渡、津軽半島西部、鈴鹿山地、養老山地における各河川群について、地形解析とフィールドワークを実施した。佐渡島大佐渡および津軽海岸の河川群には、三陸海岸に類似した河川遷急点が認識できる。佐渡島大佐渡における河川遷急点の特色については、学会発表において報告した(大上, 2015, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会)。また、鈴鹿山地、養老山地における河川群について、河川遷急点は存在する場合もあるが、全体としては一連の河床縦断面形を持つ場合が多いことを解明した。特に養老山地は山麓が完新世の河川デルタに面する等、非常にユニークな地形条件を持っており、隆起・侵食・堆積の相互作用の検証を可能なケースサイトであると考えた。養老山地に発達する河川群の河床縦断面形を、申請者が作成したアプリケーション上で χ プロット(Perron and Royden, 2013)に変換すると、それぞれの河川は異なる傾きを持つ直線状のプロットになる。 χ プロットにおける傾きはストリームパワー侵食モデルにおける Steepness (例えば Wobus et al., 2006) を反映したものである。すなわち、 χ プロットの傾きから河川流量のバイアスを取り除いた河川の「急さ」を抽出可能である。養老山地において、山頂付近の小起伏面の標高を長期的な隆起速度と見なして比較すると、各河川の Steepness は各河川の流域界の最高点の標高と相関が認められた(図 2)。このことは、長期的な隆起速度が大きいほど河川が「急」になることを定量的に示す。

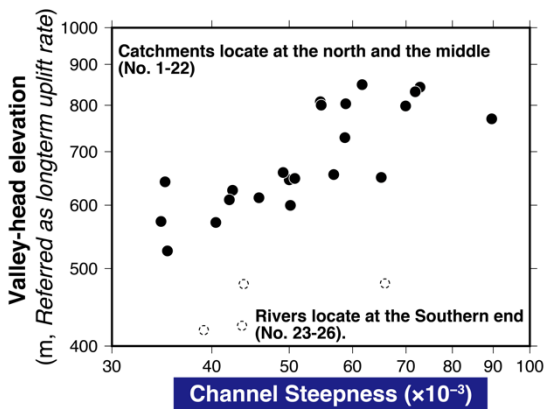


図 2. 養老山地の河川群における「急さ」[横軸]と流域界の最高点の標高[縦軸](Ogami, 2016, AGU)。

さらに、各河川の岩盤流路と完新世河川デルタの境界に発達した小～中規模扇状地群の地形解析およびフィールドワークを実施し、

扇状地の堆積勾配と扇状地をつくる礫のサイズを計測した。従来、扇状地の堆積勾配は集水域面積(≒河川流量)に強く支配されてきたことが示されてきた一方で、河川の「急さ」については集水域面積のバイアスを含むために十分な検討がなされていなかった。申請者は、① χ プロットから求めた河川の「急さ」、②集水域面積、③扇状地の堆積勾配、の3者の関係を初めて定量的に検討した(図 3)。これによって、②の集水域面積が同程度の河川システムにおいても、①の河川の「急さ」が大きいほど、③の堆積勾配が大きくなることを実証的に示すことに成功した。この研究成果は国内の学会(大上, 2016, 日本地理学会; 大上, 2016, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会)および国際学会(Ogami, 2016, AGU 2016 Fall meeting)において発表した。この研究は国際誌への投稿を目指して取りまとめを推進した。

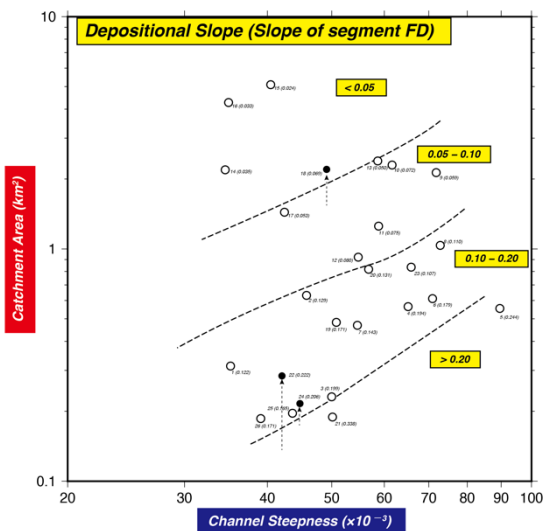


図 3. 養老山地の河川群における「急さ」[横軸]、集水域面積[縦軸]と扇状地の堆積勾配[黄色で示した値毎のコンターマップ]の関係(Ogami, 2016, AGU)

(3) 三陸海岸をケースサイトとした研究における地形解析によって、上流から河口までの河川地形のデータセットを作成した。申請者は、三陸海岸を含んだ 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地震津波の浸水域マップにもとづいて、各河川に沿った津波浸水域を比較してみた。その結果、河川毎に津波遡上距離および遡上高が大きく異なっていること、それらは地域的なばらつきよりも、各河川の特徴に支配されている傾向を見いだした。共同研究者と議論しながら 67 河川について詳細な検討を進め、津波遡上距離および遡上高は、津波が遡上する河川の河床勾配によって強く規定されていることを明らかにした(図 4)。海岸線付近における津波高や、リアス海岸の海岸線の形状との比較を実施し、三陸海岸においてはそれらの津波遡上への影響が相対的に小さいことを示した。この成果は、三陸海岸のようなリアス海岸においては、津波遡上高の河川毎のばらつきが津波高の空間的なば

らつきを示すものではないこと、津波が相対的に小さい場合であっても陸上の地形によっては津波遡上によって大きな被害が発生しうることを示している。また、それぞれの河川において堤外地における津波遡上は堤内地よりも遡上距離が長く、遡上高が高かったことを示した。これらの知見はM9クラスの海溝型地震に伴う地震津波に対する防災・減災をデザインする上で、重要な枠組みを与えると考えられる。この研究成果は国内学会において発表し(大上・須貝, 2017, JpGU-AGU Joint Meeting 2017), 国際誌に公表した(Ogami and Sugai, 2018, Quaternary International)。

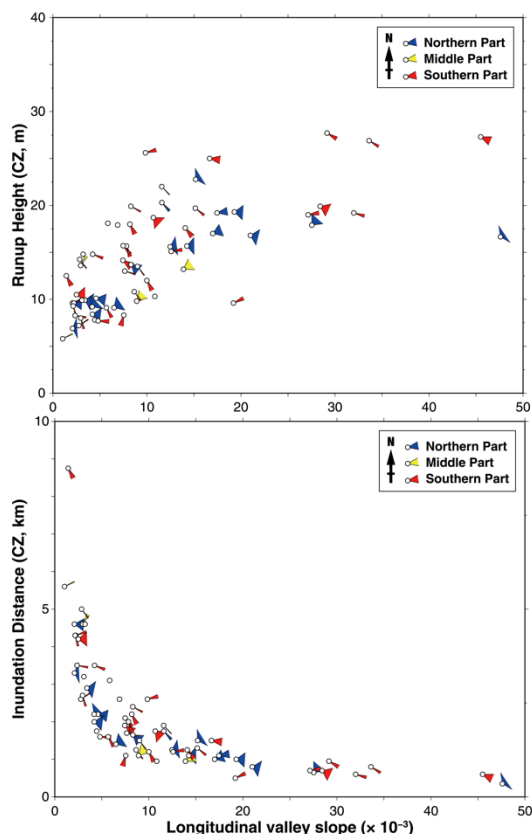


図 4. 三陸海岸の河川群に沿った津波遡上の高さ[上]と遡上距離[下]と河床勾配[横軸]の関係。(Ogami and Sugai, 2018, Quaternary International)

<引用文献>

- ① Perron, J. T. and Royden, L. An integral approach to bedrock river profile analysis, *Earth Surface Processes and Landform*, 2013, vol.38, 570-576.
- ② Wobus, C. et al., Tectonics from topography: procedures, promise, and pitfalls, *Geological Society of America Special Paper* 398, 2006, 55-74

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2件)

- ① 大上隆史, 三陸海岸北部における遷急点を伴う河床縦断形の中期更新世以降の変化, 第四紀研究, 査読有, 54, 2015, 113-128.
- ② Takashi OGAMI and Toshihiko SUGAI, Effects of longitudinal valley slopes on runup of the 2011 Tohoku tsunami on the Sanriku coast, northeastern Japan, *Quaternary International*, 査読有, 471B, 2018, 253-266.

[学会発表] (計6件)

- ① 大上隆史, 佐渡島大佐渡西岸北部における海成段丘を横断する河川群の河床縦断形. 日本地球惑星科学連合同大会 2015 年大会(幕張メッセ), 2015, HQR23-09.
- ② Takashi OGAMI, Topographic control on recession of river knickpoints since the Middle Pleistocene at the northern Sanriku coast, NE Japan. International Union for Quaternary Research XIX Congress, Nagoya, Japan, 2015.
- ③ 大上隆史, 養老山地および鈴鹿山地の東斜面における河床勾配の比較. 日本地理学会 2016 年春季学術大会(早稲田大学), 2016.
- ④ 大上隆史, 河床縦断形の解析からみた養老山地東斜面における削剥と堆積. 日本地球惑星科学連合同大会 2016 年大会(幕張メッセ), 2016, HGM14-10.
- ⑤ Takashi OGAMI Erosional and Sedimentary Fluvial-Topography Related with Oblique Uplift of Yoro Mountains, central Japan. AGU 2016 Fall meeting, San Francisco, USA, 2016.
- ⑥ 大上隆史・須貝俊彦, 三陸海岸における谷底低地の津波遡上と河川地形—2011年東北地方太平洋沖地震津波の浸水範囲にもとづく検討—. JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017, HQR05-P03.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大上 隆史 (OGAMI, Takashi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員

研究者番号: 30573191