

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18397

研究課題名（和文）源流から河口に至る河道の縦断形・平面形態に着目した流域特性の解明

研究課題名（英文）Elucidation of drainage basin characteristics by focusing on the longitudinal and planar morphology of river channel from the headwaters to the mouth

研究代表者

堀 和明（Hori, Kazuaki）

東北大学・理学研究科・教授

研究者番号：70373074

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：一級水系の源流から河口までを対象に、河道の縦断形と流域特性との関係を検討した。河川中心線と国内全域で整備済の10mDEMとを重ね合わせることで、従来よりも詳細な河川縦断形の作成が可能になった。多くの河川の下流部において勾配の急変（遷緩点）がみられ、その標高は10 mあるいは5 m付近に集中していた。縦断形と河床堆積物の粒径との関係を検討した結果、遷緩点付近で代表粒径の急減が認められた。勾配や粒径の急減は海進にともなうバックウォーター効果を反映している可能性がある。縦断方向の連結性に影響を与える人為的構造物（橋、ダムなど）の分布を調査した。構造物総数は約13000で、1 km当り1.12となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

河川や流域を扱う様々な学問分野において、河相・河川景観や水、土砂などの連結性への関心が高まっているなか、一級河川本流の源流から河口までを対象とした、詳細な河床縦断形を作成できた。また、下流部における縦断勾配や河床堆積物の粒径の急減は、古くから知られ、現在も議論が続いているgravel-sand transition（GST）と関連しており、本課題においては、海進にともなうバックウォーター効果がこの現象に反映されている可能性を指摘した。河相・河川景観や水、土砂などの連結性（コネクティビティ）を検討する上での基礎的データ（とくに人為的影響に関する指標）を提示することができた。

研究成果の概要（英文）：The study examined the relationship between the characteristics of a river system and its longitudinal profile from its source to its mouth in Japan, specifically for "Class A" rivers. A more detailed longitudinal profile of the river was created by overlaying the river's centerline with the 10m DEM. In their downstream portions, many rivers showed sudden changes in gradient, known as transition points, with elevations concentrated around 10m or 5m. The study also found that the representative grain size of the riverbed sediments decreased sharply near the transition point. This could be attributed to backwater effects associated with the Holocene transgression. The research also investigated the impact of anthropogenic structures such as bridges and dams on the longitudinal connectivity of rivers. The total number of these structures was approximately 13,000, or 1.12 per km.

研究分野：地理学

キーワード：流域 河道 河相 DEM 連結性

1. 研究開始当初の背景

地理学や河川工学、生態学といった多くの学問分野において、流域における河相・河川景観や水・土砂・生物群集の連結性 (connectivity) を扱った研究が進展している (Fryirs et al. 2007, Bracken et al. 2015, Kondolf et al. 2006, Grill et al. 2019, Belletti et al. 2020)。日本では、沖積河川の河床形や河道幅、河床堆積物の粒径について、古くから研究が進められてきた (谷津 1954, Ohmori 1991 など)。とくに山本 (1994) は一級河川の調査にもとづき、河床勾配が同一で、粒径や水路幅などが類似する区間 (セグメント) ごとに沖積河川を区分した。一方、山地河川では、地形プロセスを考慮したリーチスケール (流下方向で $10^1 \sim 10^2$ m) の山地河川分類 (Montgomery and Buffington 1997)、溪床の縦断形の成因 (小玉・中村 1997)、礫径変化にもとづく流路区分 (島津 1990)、DEM を用いた山地河川の遷急点 (Hayakawa and Oguchi 2006 2009) に関する研究などがおこなわれてきたが、沖積河川に比べて河道形態に関する情報蓄積は十分でない。また、山地河川と沖積河川とが個別に扱われてきたため、源流から河口までを対象とした研究が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究では日本の一級水系を対象に、流域の特性を反映する河道の縦断形や平面形態に着目し、これらを DEM (数値標高モデル) や空中写真などの解析・判読によって詳細に明らかにする。さらに、河道の縦断形・平面形態と流域の地形や地質、人工建造物の分布との関係を、GIS (地理情報システム) を用いた空間解析や現地調査にもとづいて検討し、河道形態の特徴や流下方向への変化、それらを規定する要因を総体的に議論する。河川や流域の捉え方に関する新たな視点や流域治水などを考える上での基礎的知見を提示し、「流域学」の構築につなげる。



図1 日本の一級水系

3. 研究の方法

(1) 源流から河口までの河床縦断形の作成

全国の一級水系 (109 河川) (図 1) すべてを対象に国土地理院が整備・公開している本流の河川中心線を河口から源流付近までトレースすることにした。また、GIS アプリケーションを用いて、作成した河川中心線と国内全域で整備されている基盤地図情報の DEM10B (空間解像度約 10m) とを重ね合わせ、距離・標高データを取得した。取得した数値データに対して、簡便なプログラムを用いて、いくつかの処理をおこない、従来よりも詳細に各河川の縦断形を作成した。作成した河川縦断形がどのような関数 (一次関数、べき関数、指数関数) で近似できるかについて検討を進めた。また、作成した縦断形データをもとに、いくつかの河川 (鶴見川、太田川、吉野川、土器川など) において現地観察をおこなった。

(2) 河道形態と地形・地質などとの関係の検討

縦断形と、流域の地形 (起伏)・地質、河床堆積物などとの関係を検討するため、北陸、東北、中部地方の河川について、直轄管理区間の河床材料調査のデータを収集した。これらのデータをもとに縦断勾配と河床材料との関係を調べた。

(3) 河川横断工作物の分布

縦断方向の連結性に影響を与える、もしくは影響を与える可能性がある構造物がどの程度分布しているかを検討するため、地理院地図の zoom17 または 18 で表示される橋 (道路含む)、鉄橋、送電線、堰、ダム、水門、水制といった構造物と河川中心線との交点を、河口から源流に向かって取得していき、それぞれの構造物の数や分布位置を集計した。

4. 研究成果

河川中心線と国内全域で整備済の 10mDEM とを重ね合わせることで、従来よりも詳細な河川縦断形の作成が可能になった (図 2)。この縦断形データは、定量的に扱うことが可能で、細かな河床勾配の変化を検知できる利点がある。また、縦断形データにはダムなどの人工構造物の影響も反映されている。

作成した河川縦断形は、古くから指摘されてきた通り、基本的には下に凸となる形態を示した。縦断形を指数関数やべき関数で近似すると、縦断形の近似曲線からのずれが標高約 100 m 以下で目立つようになることが多い。

河川下流部に注目したところ、多くの河川において勾配の急変(遷緩点)がみられ、その標高は10 mあるいは5 m付近に集中していた。勾配変化点の上流側は、ほとんどの河川で勾配1%を超えることが確認されたが、盆地を流れ下る一部の河川(石狩川、北上川、雄物川など)では1%未満であった。変化点の下流側の勾配は1%を下回る場合が多いものの、勾配が1%を超える河川も2割程度存在していた。勾配の急変は、山地の出口(例:宮川、千代川)や扇状地の末端(九頭竜川、木曽川)、山地の中(阿武隈川、仁淀川、江の川)、平地から山地への入口(北上川、高梁川、菊池川)などさまざまなタイプの地形で生じている。その一方で、河口にかけて勾配が大きく変化しない河川(黒部川、大井川)も認められた。

一部の河川について河床材料調査のデータと河川縦断面形との関係を検討したところ、勾配の急減がみられる河川では、遷緩点付近で代表粒径の急減が認められた(図3)。勾配の急変がみられる標高と合わせて考えると、勾配や粒径の急減は海進にともなうバックウォーターエフェクトを反映している可能性がある。一方、勾配が大きく変化しない河川においては、代表粒径の急減は認められなかった。

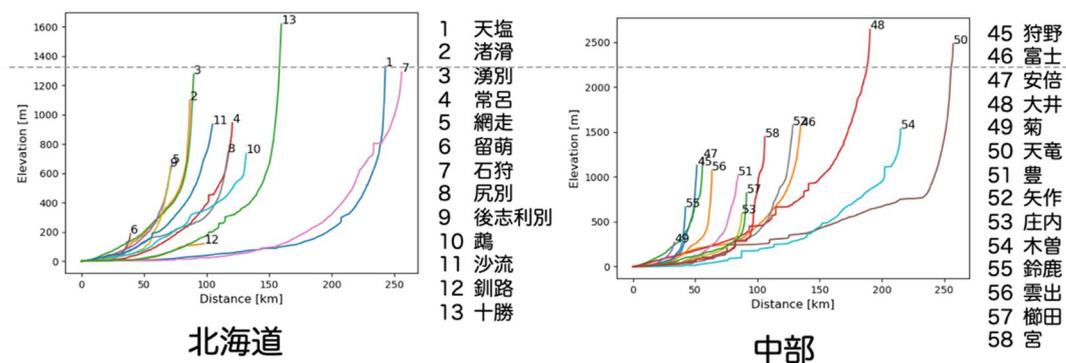


図2 作成した縦断面形の例. 左:北海道地方, 右:中部地方

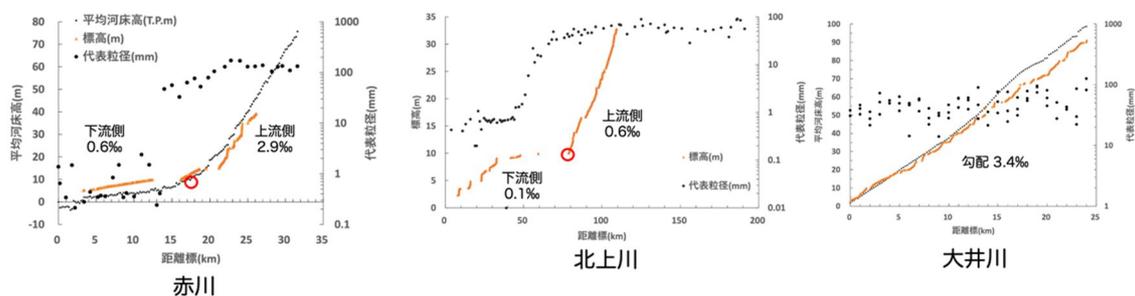


図3 縦断面形と代表粒径の変化

河川を横断する構造物(図4)のうち最多のものは、橋(道路含む)で7376、次いで堰2626、送電線2051、鉄橋670であった。構造物の総数は約13000で、河川中心線の長さ(以下、流路長とする)の総計約11614 kmを考慮すると、1 kmあたり1.12となる。構造物の数は計数の際の誤認・見落としや地図の更新などがあるため、概数である。

河川間で比較すると、流路長が長い河川のほうが流路長の短い河川に比べて、構造物の数は多くなる傾向にある。一方、構造物の数/流路長としたときには、流路長140 km程度までは流路長当たりの構造物の数は減少していく傾向にあるが、140 km以上になると1 kmあたり0.4-1.2の範囲に収まり、流路長の増加による影響は不明瞭になる(図5)。一般的に、流路長の短い河川のほうが流路長の長い河川に比べて川幅が小さいため、横断物の設置が比較的容易であるためと考えられる。

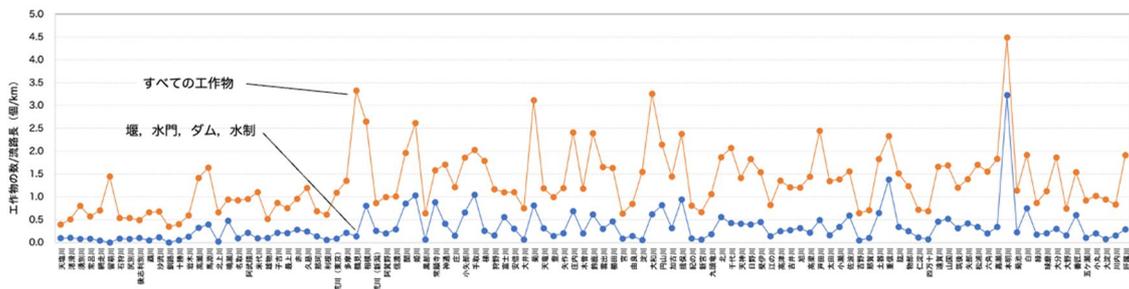


図4 各河川における流路長1 km 当たりの構造物の数

北海道や東北地方を流下する河川は、1 km 当たりの構造物の数が1以下となっているものが多い。一方、鶴見川や菊川、大和川、本明川といった流路長が比較的短い河川においては、1 km 当たりの構造物の数が3を超えている。また、土砂の縦断方向の連結性に強く影響すると考えられる構造物（堰やダム、水門）は、姫川、手取川、重信川、本明川で1個/km以上となっているが（図4）、これには堰の数が強く反映されている。

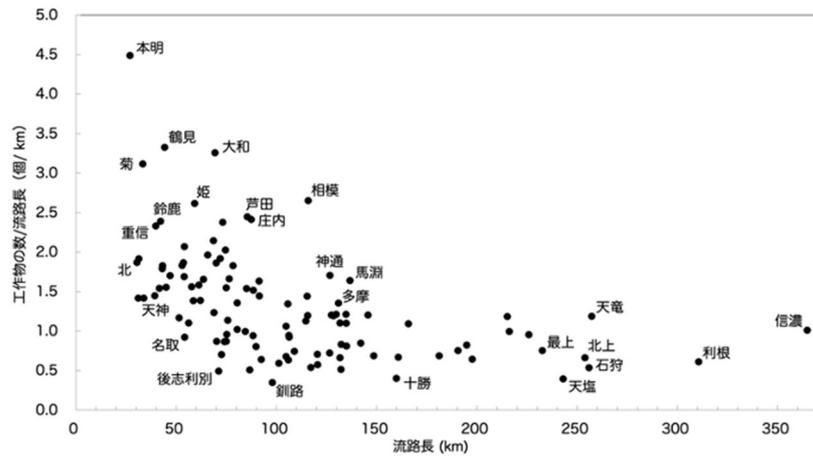


図5 流路長と流路長1 km 当たりの構造物の数

平面形態について、流路長と源流・河口間の距離の比、河川の屈曲度、フラクタル次元などを検討してみたが、十分な成果が得られなかった。こうした問題はあったものの、本課題の遂行により、縦断形と河川下に分布する沖積層との関係、砂州と河畔砂丘との間にみられるような河床と河岸の（横断方向の）連結性について新たな課題が見えてきた（図6）。

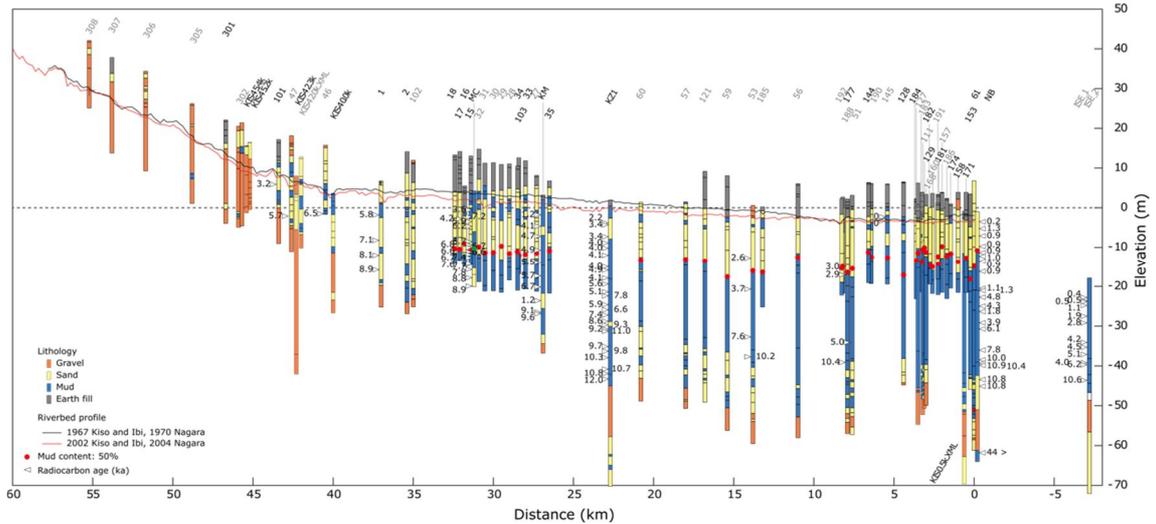


図6 木曾川下流部における河床高と沖積層との関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Tanabe, S., Komatsubara, T., Hori, K.	4. 巻 243
2. 論文標題 Grain-size variability and formation process of lowstand river sediments in the Japanese Islands: A review and outlook	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth-Science Reviews	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.earscirev.2023.104504	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 Ohata, K., Hori, K., Ishii, Y., Tamura, T.	4. 巻 426
2. 論文標題 Sedimentary characteristics and formation of riverine source bordering dunes in a humid region: An example from the lower reaches of Kiso River, Central Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geomorphology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geomorph.2023.108602	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 堀 和明・佐野修一・高橋直也・田中 靖
2. 発表標題 源流から河口に至る河川縦断形の作成
3. 学会等名 2023年日本地理学会春季学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀 和明・中村倫太郎・若杉拓弥
2. 発表標題 木曾川デルタの前進とデルタフロント堆積物の粒度
3. 学会等名 2022年日本地理学会秋季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀 和明・田中 靖
2. 発表標題 縦断方向の河川の連結性と河川横断工作物
3. 学会等名 2023年度日本地理学会秋季学術大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 公益社団法人日本地理学会編 (堀 和明)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 842
3. 書名 地理学事典 (第四紀の海面変動 (海水準変動))	

1. 著者名 Avijit Gupta (Editor) (Hori, K. and Saito, Y.)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 1040
3. 書名 Large Rivers: Geomorphology and Management, 2nd Edition (Classification, architecture, and evolution of large-river deltas)	

1. 著者名 J.J.F. Shroder, ed.(Hori, K.)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Elsevier, Academic Press	5. 総ページ数 7464
3. 書名 Treatise on Geomorphology, vol. 9 (8.17 Deltas)	

〔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	田中 靖 (Tanaka Yasushi) (80348888)	駒澤大学・文学部・教授 (32617)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関