

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01546

研究課題名（和文）底面流速解析法に基づく開水路三次元流解析法の体系化と非平衡流砂力学の新展開

研究課題名（英文）Systematization of calculation methods of three dimensional open channel flows based on the bottom velocity computation method and new developments of non-equilibrium sediment dynamics

研究代表者

内田 龍彦（Uchida, Tatsuhiko）

広島大学・先進理工系科学研究科（工）・准教授

研究者番号：00379900

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では水深積分過度方程式を連立させることにより、三次元流れを2DC法の枠組で解析することを可能とした底面流速解析法に基づいて、開水路の流れと流砂運動の解析法を検討した。本手法によって計算される乱れエネルギーが大きくなる箇所では河岸浸食被害が発生しやすいことを見出した。また、湾曲水路における流れの解析において、三次元流れによる流速鉛直分布による運動量交換を表す分散項についての新たな手法を種々のBVC解析に取り入れ、壁面付近の流れを精度よく安定的に解けることを示した。そして急勾配蛇行水路における流砂量の特徴について、非平衡流砂量式を用いて検討し、水路の蛇行が流砂量に及ぼす影響を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大きなスケールの流れの解析に適用できる二次元解析法の枠組みの中で、流れの三次元性が考慮できる準三次元解析法の開発は洪水流、河床変動解析において重要である。さらに、一般に境界が変化する流れは境界近傍で薄い流れになることから、本研究で期待される成果の応用は広い分野にわたる。流れによる地形変化解析は治水だけでなく、河川の地形形成、海岸地形や氷河の融解過程の解明などの幅広い応用例がある。このため、本研究成果は、既往の解析法の見直しや新しい解析法の開発などの洪水流と河床変動解析研究だけでなく、必要な観測技術など関連する技術、研究分野の発展にも大きく寄与する波及効果の高い研究であると言える。

研究成果の概要（英文）：In this study, several methods for analyzing the flow and sediment transport in rivers were investigated based on the Bottom Velocity Calculation (BVC) method, which enables the analysis of three-dimensional flow in the framework of the two-dimensional calculation (2DC) method by coupling the depth-integrated vorticity equation. It was found that riverbank erosion damage was more likely to occur where the turbulence energy calculated by this method was large. In the analysis of the flow in a curved channel, a new method for the dispersion term, which represents the momentum exchange due to the vertical distribution of velocity by three-dimensional flow, was incorporated into various BVC analyses, and it was shown that the flow near the wall could be solved accurately and stably. The characteristics of sediment transport in a steep meandering channel were investigated using the non-equilibrium sediment transport equation, and the effect of meandering on the sediment transport was shown.

研究分野：水工学

キーワード：底面流速 渦度 分散項 乱れエネルギー 二次流 洪水流解析 土砂輸送 段波

1. 研究開始当初の背景

気候変化などにより想定される洪水外力の増大に適應するため、大規模洪水外力に対する河川施設の治水機能を適切に評価することが喫緊の課題となっており、これを支える洪水流と河床変動の予測手法の確立は水工学分野の最も重要なテーマのひとつである。時空間的に大きなスケールかつ複雑な境界条件下の河道内で洪水時に生じる現象は図-1 に示すように様々なスケール構造をもつ多重スケール現象である。これまで、解析法は対象とする個別の水理現象において、流れの三次元性がどの程度重要かという視点で、主として単純化された水理実験の知見をもとに分類されてきたように思われる。しかし、複合的な河川システムで生じる洪水流現象は種々の基礎現象の相互作用を含んでおり、現象に応じた完全な分類は容易ではないと考えられる。一方、近年の計算能力と解析技術の発達により、LES などの複雑な三次元乱流の解析法(3DC 法)が水工学分野においても応用できるようになってきている。高性能計算機と 3DC 法は水理実験と併せて現象を理解するツールとして有効であることは疑う余地はないが、上記の複雑な洪水流現象を理解するのにそれだけで十分なのであろうか？

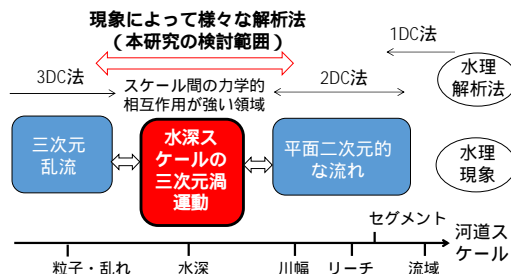


図-1 洪水流の現象スケールと解析法

まず、3DC 法の解析スケールと対象とする現象スケールに比べて小さい問題がある。河川の洪水現象は、河床と水面に境界を持つ全体として浅い流れであるために二次元乱流によるエネルギーの逆力スケードにより、水深スケールを介して異なるスケールの現象間の相互作用が生じる。大規模平面渦などは典型的な例であり、これによる運動量交換は河道抵抗に関係するため、重要な課題である。このような二次元流れによる逆力スケードに加え、土砂輸送を伴う地形変化は、土砂粒子の局所・瞬間的な影響が断面形状や河床粗度などの時空間的に大きな変化を生じさせるため、水深スケール以下の三次元流れが水位や流量ハイドログラフの伝播などの大スケール運動に影響すると考えられる。しかし、3DC 法は本質的に水深よりもずっと小さいスケール現象を対象とした計算法であるために、水深よりもかなり大きなスケールを対象とする洪水流・河床変動解析には計算量が膨大となり、適切でないと云える。

また、3DC 法により複雑な現象の再現ができることは必ずしも現象の理解とは一致しないと考える。3DC 法により膨大な解析結果のデータから情報を引き出し、現象を理解するにはいくつものデータ処理と考察が必要となる。さらに、このようにして導かれた現象の支配要因と考えられるものが、その現象を引き起こしているものかどうかは定かではない。これに加え、入力データや各種モデルに含まれる不確実性は、多重スケール現象の強い非線形相互作用により、現象の本質部分の理解を難しくする。これらから、3DC 法は得られた結果から対象とする流れの理解をしようとするが、どのようなメカニズムが対象とする流れを支配しているかを知るためには、そのメカニズムが現象を引き起こすのかどうかの逆のアプローチも必要である。

地形変化解析における流れ系と流砂系のモデル精度のアンバランスにも課題がある。地形変化を生じさせる土砂運動は水流と土砂運動の運動量交換によって生じる。このため、流れを 3DC 法を用いて高精度で解いても、底面で平衡状態の流れを仮定する壁法則を用い、平衡流砂運動に基づく土砂運動モデルとカップリングすると解析精度は全体として高くない。即ち、両者が解析できるスケールの間には大きなギャップがあり、これが非平衡流砂力学の進展の妨げになっていると考えられる。

2. 研究の目的

このような学術的問いに答えるために、本研究では洪水時の多重スケール構造の一体解析法を構築し、それに基づき、種々の洪水流解析法の特徴を整理し、洪水流の三次元流特性と非平衡性の強い底面流速と流砂運動を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

スケール間の相互作用は水深スケールで主に生じると考えられることから、大きなスケールの解析が可能な平面二次元解析法(2DC)の枠組で、水深スケールの三次元流れの解析法を底面流速解析法(BVC 法、図-2、表-1)に基づいて開発する。BVC 法は申請者が独自に開発してきた解析法であり、湾曲二次流などの特定の三次元

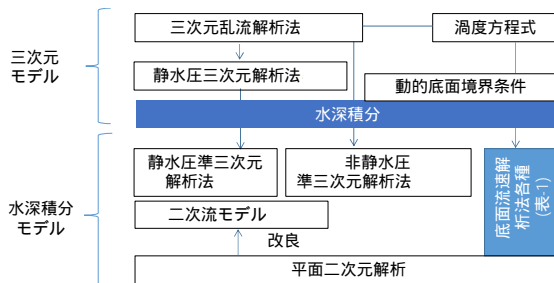


図-2 底面流速解析法と既存解析法

流れをモデル化しようとした従来の水深積分モデルの改良(図-2 参照)と異なり、水深スケールの三次元渦運動の支配方程式を導き、用いているために、様々の三次元流れを統一的に解析できる可能性がある。さらに、本手法は申請者の知る限り、底面の動的境界条件を採用して三次元流れを解析した唯一の水深積分モデルであり、水深スケールの三次元流れに起因する河床変動について、流れと土砂運動の相互作用を力学的に考慮した底面流速場と流砂の非平衡性の検討に適している。3DC 法に比べて BVC 法を用いる利点は、計算負荷が低減するために、高解像度の計算メッシュを用いて時空間的に広い領域で洪水流解析が行える点だけでなく、二次元性の強い流れでは表-1 に示すより単純な解析法や実用的に広く用いられている 2DC 法と同一の解となることから、2DC 法との解析結果の差が流れの三次元性を抽出できる点である。そこで、種々の BVC 法や 2DC 法を比較し、各種解析法の適用範囲と課題をまとめるとともに、流れの三次元性などが重要となる具体の現象を抽出し、現地洪水流や湾曲・蛇行水路における流れや波に対して、表-1 に示す 2DC、HSBVC2、SBVC3、GBVC3、GBVC4-DWL、ゼロ方程式 BVC 法、および三次元解析を含む、種々の解析法の適用範囲などを検討する。さらに、洪水流解析、土砂輸送解析で重要となる流体力、せん断応力、乱れエネルギーの解析とその応用を検討する。

表-1 底面流速解析法に基づく種々の解析法

方程式	解析法				
	2DC	HSBVC2	SBVC3	GBVC3	GBVC4-DWL
水深平均流速場	○	○	○	○	○
流速 分布	水深平均渦度		○	○	○
	水面流速		○	○	○
鉛直流速と圧力分布				○	○
抵抗則領域の流れ場					○

4. 研究成果

底面流速解析法では、水深積分渦度方程式を連立させることにより、湾曲・蛇行部、合流部、急縮・急拡部、水没する構造物、や巨石群、非水没構造物などを有する三次元流れを 2DC 法の枠組で解析することを可能とした。これらは河床底面から生産される渦度が回転することによって生じる水深スケールの三次元流れである。このことから、2DC 法の解析結果から、三次元性の強い箇所を抽出することを可能とした。ゼロ方程式 BVC 法を用いて、実河川洪水流において流れの三次元性が強い箇所を抽出し、それを用いたゼロ方程式 BVC 法の高度化を検討した。また、開水路流の三次元流れは河床底面から生産される渦度が回転することによって生じ、これが乱れエネルギーを生産する。

BVC 法の三次元流れから計算できる乱れエネルギーが大きくなる箇所で河岸浸食被害が発生しやすい(図-3 参照)ことを見出し、三次元流れ推定から乱れエネルギーが大きくなる箇所を推定できることを示した。

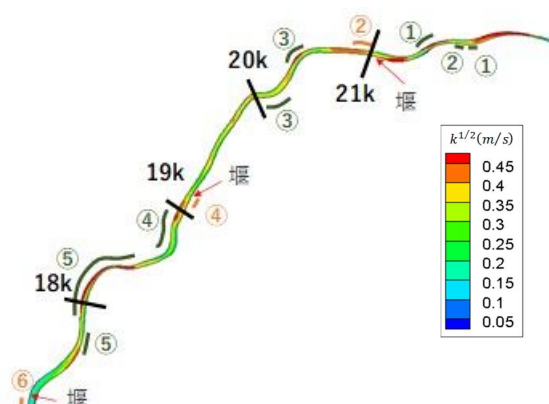


図-3 洪水時の三篠川の乱れエネルギー平面分布の解析結果と河岸浸食箇所(H30.7 洪水)

河道内の抵抗体が流れと河床変動に及ぼす影響を明らかにした。洪水時の不等流性の強い流れでの抗力係数の特性に着目し、円柱群と複雑形状の透過型抵抗体を用いて検討し、開水路流中の物体に作用する流体力は水面変化の影響を受け、抗力係数は Fr 数の関数になることを理論的、実験的に示した。さらに、等流の場合の抗力係数を用いた水面形の計算では、減速流の場合は実測を再現するが、加速流の場合は抵抗を過小評価する傾向があることを明らかにし、加速流においては圧力勾配による非水没抵抗体の背面の剥離領域の圧力低下(図-4 参照)を考慮に入れた流体力の評価方法を提案した。本手法により、異なる二つの非水没抵抗体の加速流れの

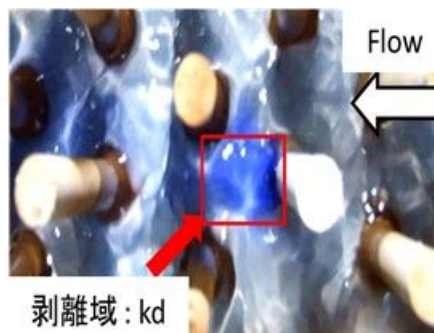


図-4 開水路流中における円柱背後の剥離域

水面形の計算結果を改善できることを示した。また、移動床実験を行い、河岸抵抗が砂州に与える影響を調べた。河岸抵抗の存在によって、河岸方向に河床波の波高、波長ともに減衰し、河岸粗度が大きくなるほど、減衰する範囲と程度は大きくなることを示した。実験では、波高の減衰範囲は側壁粗度の約10倍程度であり、波高の横断分布は主流部の波高と側壁粗度を用いて概ね規格化できた(図-5)。

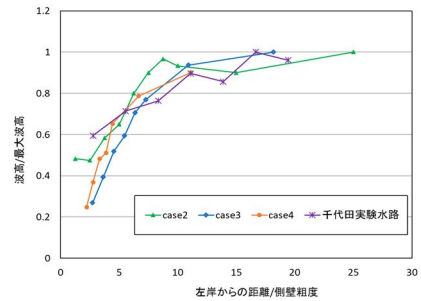


図-5 河岸抵抗による砂州波高の横断変化

河道抵抗評価と既存モデルの体系化のために高次元解析モデルの結果を洪水予測などのために低次元解析に活用する方法を検討した。表面流フラックスベクトルの修正と河道樹木抵抗の評価法を導入した流出解析モデルを用いて洪水時の河道の水位計算精度を向上させる手法を開発した。二次元解析結果から河道樹木を考慮した断面平均流速に対する粗度係数は、水深の関数として簡易的に表現できることを明らかにした。この粗度係数関数を用いた流出解析モデルの一次元洪水流解析結果は、二次元解析結果の水位ハイドログラフや縦断水面形の時間変化を概ね再現できることを示した。さらに、水面勾配からエネルギー勾配を考慮することでさらに水面形の精度が向上することを示した。あらかじめ比較的大きな規模の流量で精度の高い

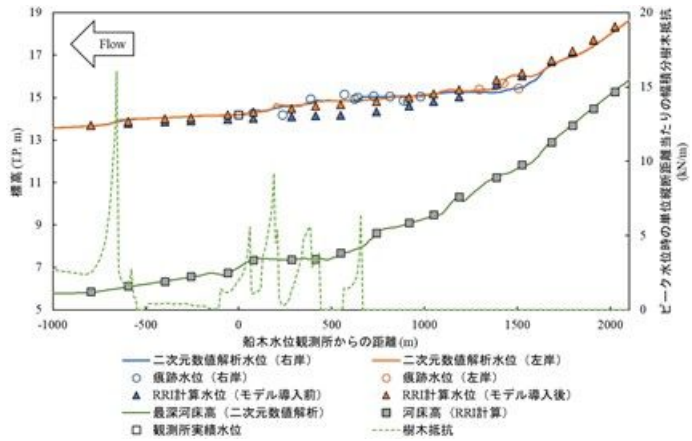


図-6 流出解析モデルにおける改良した一次元洪水流解析結果と二次元解析結果の比較

二次元解析数値を行うことができているならば、任意の降雨に対して RRI モデルを用いて洪水水位解析が精度よく行えるため、本手法は洪水予測に有用であると考えられる(図-6)。

湾曲水路における流れの解析において、三次元流れによる流速鉛直分布による運動量交換を表す分散項についての風上化手法を種々のBVC解析に取り入れ、壁面付近の流れを精度よく解けることを示した。また、洪水流解析の安定した解析を可能とした。そして急勾配蛇行流路における流砂量の特徴について、非平衡流砂量式を用いて検討し、水路の蛇行が流砂量に及ぼす影響を示した。蛇行水路の勾配を水路に沿って計測した場合においても、蛇行水路は直線水路と比較して通砂能力が低いことが明らかとなり、蛇行水路の通砂能力を検討するには底面流速に非平衡性を考慮に入れる必要があることを明らかにした。非静水圧準三次元解析法を用いて、底面流速を解析し、横断積分流砂量を計算した(図-7)。勾配の比較から蛇行水路流砂量は直線水路の場合よりも小さいが、蛇行水路においては直線部(最大偏角断面)で流砂量は最も小さくなる。非平衡流砂量式から流速分布を用いても通砂能力は評価できず、流れの三次元性を考慮した土砂輸送解析が必要であることを示した。蛇行流路では流砂は摩擦速度が高いところを通過することによって流砂量が増加する。このため、流砂量を適切に評価するには流れの三次元性による底面流速場と流砂の非平衡性を考慮する必要がある。

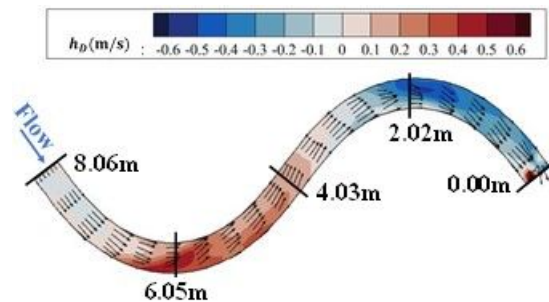


図-7 蛇行流路における底面流速ベクトルと二次流強度の分布

蛇行流路における段波の進行過程を実験により調べ、その特徴を明らかにするとともに水深積分モデルにおける再現性を検討した。砕波段波では、断面平均した実験波高の時間変化は一次元浅水方程式から得られた解析解と良好に一致した。さらに、時間平均した横断方向の水面形も、一樣湾曲水路の定常流における横断水面形の解で概ね説明できた。最大波高の縦断分布は、衝撃波の影響分の差異はあるが段波波高と比べて大きくなく、各測定点における波高の時間変化はこれらの解析解の重ね合わせで概ね表現でき、平面二次元解析によって再現できることを確認した。波状段波では、断面平均波高は解析解と概ね一致するものの、ソリトン分裂波が流下に伴って増幅することに加え外岸際への衝突により増幅するため、流下とともに最大波高は解

蛇行流路における段波の進行過程を実験により調べ、その特徴を明らかにするとともに水深積分モデルにおける再現性を検討した。砕波段波では、断面平均した実験波高の時間変化は一次元浅水方程式から得られた解析解と良好に一致した。さらに、時間平均した横断方向の水面形も、一樣湾曲水路の定常流における横断水面形の解で概ね説明できた。最大波高の縦断分布は、衝撃波の影響分の差異はあるが段波波高と比べて大きくなく、各測定点における波高の時間変化はこれらの解析解の重ね合わせで概ね表現でき、平面二次元解析によって再現できることを確認した。波状段波では、断面平均波高は解析解と概ね一致するものの、ソリトン分裂波が流下に伴って増幅することに加え外岸際への衝突により増幅するため、流下とともに最大波高は解

析解の重ね合わせよりかなり大きくなることを示した。これらの特徴は三次元数値解析によって再現できることを示し、ソリトン分裂波の河岸際増幅は波先端の傾きによる、壁面垂直方向の波成分の衝突によるものであることを示した。

このような段波による土砂輸送解析を行うには、底面流速と土砂輸送の非平衡性を考慮することが重要である。本研究では、非平衡粗面抵抗則を適用した準三次元非静水圧解析法(GBVC4-DWL)を流れと土砂の二相流モデルに拡張し、三次元流れを伴う段波による土砂輸送の解析を可能とした(図-8)。そして、モデルの構成要素が解析結果に与える影響を明らかにした。

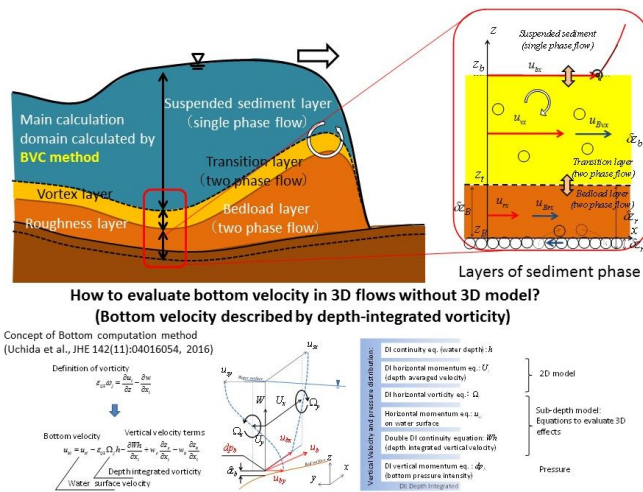


図-8 非平衡粗面抵抗則と非静水圧準三次元解析(GBVC4-DWL)を応用した二相流モデルによる段波解析法

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 阿戸理樹, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 74
2. 論文標題 不等流における非水没抵抗体の流体力の評価法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 I_751-756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.74.5_I_751	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 中島奈桜, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 74
2. 論文標題 河岸抵抗による砂堆の横断変化特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 I_1111-1116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.74.5_I_1111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 立石彩乃, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 23
2. 論文標題 礫床河川における広い粒度分布をもつ河床材料の空隙率と土砂堆積高の解析法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 95-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Uchida, T	4. 巻 RiverFlow 2018
2. 論文標題 An Enhanced Depth-integrated Model for Flows over a Negative Step with Hydraulic Jump	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RiverFlow 2018 - Ninth international conference on fluvial hydraulics conference	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/e3sconf/20184005017	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 八木郁哉, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 25
2. 論文標題 大規模洪水時における河岸浸食危険個所の検出法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 729-734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小林大祐, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 25
2. 論文標題 蛇行水路における段波の伝播特性に関する実験的研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 249-254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 清水里都季, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 75 (1)
2. 論文標題 平成30年7月豪雨時の沼田川流域における洪水について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 291-298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.75.1_291	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 八木郁哉, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 76(1)
2. 論文標題 大規模洪水時における河岸侵食箇所の三次元流況と乱れエネルギー分布の数値解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 404-413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.76.1_404	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 永井秀和, 内田龍彦, 河原能久, 八木郁哉, 中野光隆	4. 巻 26
2. 論文標題 礫床河川における河川改修後の流況改善効果の評価法-根谷川を対象にして-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 169-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中島奈桜, 田丸雄大, 内田龍彦, 河原能久	4. 巻 26
2. 論文標題 流れによる砂防堰堤からの流出土砂量の評価に関する基礎的研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 615-620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計38件(うち招待講演 4件/うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Uchida, T. and Kawahara, Y.
2. 発表標題 Depth integrated model for calculating non-equilibrium velocity distribution of flow through a submerged vegetation zone
3. 学会等名 the 12th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ato, T., Uchida, T. and Kawahara, Y.
2. 発表標題 Drag force acting on emergent resistance for non-uniform open channel flows
3. 学会等名 the 12th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島 奈桜 ・ 内田 龍彦 ・ 河原 能久
2. 発表標題 河岸抵抗による砂堆の横断変化と流れの解析
3. 学会等名 第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八木 郁哉 ・ 内田 龍彦 ・ 河原 能久
2. 発表標題 礫河床におけるオオカナダモの流下特性に関する研究
3. 学会等名 第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿戸 理樹 ・ 内田 龍彦 ・ 河原 能久
2. 発表標題 不等流における非水没植生群の抗力係数の評価と水面形の解析
3. 学会等名 第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林 大祐 ・ 内田 龍彦 ・ 河原 能久
2. 発表標題 蛇行水路における段波の伝播特性に関する研究
3. 学会等名 第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mamuro, K., Uchida, T., Kawahara, Y.
2. 発表標題 Effects of the artificial channel on flow in the meandering, CS2-023
3. 学会等名 第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 間室 かおり・内田 龍彦・河原 能久・フリーオ マシス
2. 発表標題 Sixaola 川蛇行部における人工水路が流れに及ぼす影響
3. 学会等名 第70回 平成30年度土木学会中国支部研究発表会 II-2
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八木 郁哉・内田 龍彦・河原 能久
2. 発表標題 礫河床におけるオオカナダモの流下特性に関する研究
3. 学会等名 第70回 平成30年度土木学会中国支部研究発表会 II-11
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林 大祐・内田 龍彦・河原 能久
2. 発表標題 蛇行水路における段波の伝播特性
3. 学会等名 第70回 平成30年度土木学会中国支部研究発表会 II-15
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八尾 航洋・内田 龍彦・河原 能久
2. 発表標題 Cバンド MPレーダーによる地上雨量の観測特性に関する研究
3. 学会等名 第70回 平成30年度土木学会中国支部研究発表会 II-23
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 立石 彩乃・内田 龍彦・河原 能久
2. 発表標題 Cバンド MPレーダーによる地上雨量の観測特性に関する研究
3. 学会等名 第70回 平成30年度土木学会中国支部研究発表会 II-41
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島 奈桜・内田 龍彦・河原 能久
2. 発表標題 河岸抵抗による砂堆の横断変化とその解析法に関する研究
3. 学会等名 第70回 平成30年度土木学会中国支部研究発表会 II-43
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八尾 航洋, 内田 龍彦, 河原 能久
2. 発表標題 急拡部を有する段落ち部の流況特性
3. 学会等名 第 21回応用力学シンポジウム, C000103
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林 大祐, 内田 龍彦, 河原 能久
2. 発表標題 蛇行水路における段波の伝播特性
3. 学会等名 第 21回応用力学シンポジウム, C000119
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原 能久, 内田 龍彦, 石原 将太郎
2. 発表標題 水没植生の傾斜や高さの不均一が開水路流れに及ぼす影響
3. 学会等名 第 21回応用力学シンポジウム, C000153
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内田龍彦
2. 発表標題 開水路流中の樹木に作用する流体力の評価方法と流れの解析法
3. 学会等名 第3回流砂・河床変動の勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuhiko Uchida
2. 発表標題 Bottom Velocity Calculation method for multi-scale simulation of flood flows and sediment transport in rivers
3. 学会等名 The 4th International Conference on Water Resource and Environment (WRE 2018), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shimizu, R, Uchida, T. and Kawahara, Y.
2 . 発表標題 Flood analysis in the Nuta River basin during the western Japan heavy rain in July 2018
3 . 学会等名 38th IAHR World Congress 2019, Panama City (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yagi, F ,Uchida, T. and Kawahara, Y.
2 . 発表標題 A detection method for vulnerable points of river bank erosion against large flood
3 . 学会等名 38th IAHR World Congress 2019, Panama City (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kobayashi, D, Uchida, T. and Kawahara, Y.
2 . 発表標題 The Characteristics of Dam Break Flows in a Meandering Channel
3 . 学会等名 38th IAHR World Congress 2019, Panama City (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Lugina,F., Uchida, T. and Kawahara, Y.
2 . 発表標題 Study on Numerical Analysis Methods of Water Surface and Velocity Profile in a Curved Open Channel
3 . 学会等名 The 18th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE), Busan (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Thavixay, K., Uchida, T. and Kawahara, Y.
2. 発表標題 Investigation of The Flood Caused by a Dam Break in The Southern Part of Lao PDR
3. 学会等名 The 18th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE), Busan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shimizu, R., Uchida, T. and Kawahara, Y.
2. 発表標題 Flood Flow Analysis in The Nuta River Basin during The Western Japan Heavy Rain in July 2018
3. 学会等名 The 18th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE), Busan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿戸 理樹、内田 龍彦、河原 能久、小林 大祐
2. 発表標題 不等流における非水没円柱群の流体力特性とその評価法
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会in四国
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河村 省吾、中島 奈桜、内田 龍彦、河原 能久
2. 発表標題 河床波と橋脚周りの局所洗掘の相互作用に関する研究
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会in四国
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八幡 拓馬、内田 龍彦、河原 能久
2. 発表標題 急拡段落ち部背後の跳水形態の移行限界の考察
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会in四国
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Uchida, T
2. 発表標題 A powerful tool calculate open channel flows for sediment transport analysis: Bottom Velocity Computation method
3. 学会等名 The 18th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE), Busan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fikry Purwa Lugina, Tatsuhiko Uchida, Yoshihisa Kawahara
2. 発表標題 Study on numerical simulation of flow structures in a curved open channel
3. 学会等名 22nd IAHR-APD congress 2020 in Sapporo (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fumiya Yagi, Tatsuhiko Uchida, Yoshihisa Kawahara
2. 発表標題 Detection method for vulnerable points of riverbank erosion against large floods
3. 学会等名 22nd IAHR-APD congress 2020 in Sapporo (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daisuke Kobayashi, Tatsuhiko Uchida, Yoshihisa Kawahara
2. 発表標題 Measurement and calculation of bore propagation in meandering river
3. 学会等名 22nd IAHR-APD congress 2020 in Sapporo (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林大祐, 内田龍彦, 太田一行
2. 発表標題 蛇行水路を伝播する段波の2次元・3次元数値計算
3. 学会等名 第34回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林 大祐, 内田 龍彦, 河原 能久
2. 発表標題 蛇行河川における碎波段波の伝播に関する実験と数値解析
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八木郁哉, 内田 龍彦, 河原 能久
2. 発表標題 水深積分モデルを用いた開水路流の三次元構造
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永井秀和, 内田龍彦, 河原能久, 八木郁哉, 中野光隆
2. 発表標題 根谷川を対象にした礫床河川における河川改修後の流況改善効果の評価法
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水里都季, 海田絢斗, 松田瑞生, 内田 龍彦, 河原 能久, 佐山敬洋
2. 発表標題 二次元数値解析結果を用いた河道の粗度係数と勾配方向地表面フラックスを導入したRRIモデルによる降雨流出・洪水解析の高度化
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fikry Purwa Lugina, Tatsuhiko Uchida, Yoshihisa Kawahara
2. 発表標題 Study on Numerical analysis methods of secondary flow profile in a curved open channel
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内田龍彦
2. 発表標題 礫床河川における洪水時の河床付近の流れと土砂輸送の解析法の開発と実河川への適用
3. 学会等名 中国地方建設技術開発交流会（招待講演）
4. 発表年 2020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	河原 能久 (Yoshihisa Kawahara) (70143823)	広島大学・学術・社会連携室・特任教授 (15401)	

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
---------	---------