

令和元年5月30日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06511

研究課題名(和文) 戦略的河道管理のための河床動態・植生動態予測モデルの改良と現地への適用

研究課題名(英文) Improvement of riverbed and vegetation dynamics prediction model for strategic river management and its application to the field

研究代表者

前野 詩朗 (Maeno, Shiro)

岡山大学・環境生命科学研究所・教授

研究者番号：20157150

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)：本研究では、戦略的河道管理のための河床動態・植生動態予測モデルの改良と現地適用のための基礎実験、シミュレーションモデルの構築などを実施した。

グリーンレーザを用いた水面下も計測可能な航空レーザ測深(ALB)の結果を用いて、同洪水のシミュレーションを実施した結果、観測水位と大変よく一致することが示された。また、水際付近の植生の流失の精度向上を図るために、側岸浸食部における樹木の流失・倒伏状況と解析より得られる河床せん断力との関係を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、ALB測量を用いることで、近年河道管理上問題となっている植生の影響を面的に定量的に捉えることが可能となることを示した。また、側岸浸食箇所に対して自動的にサブメッシュを作成して側岸浸食部の移動を精度良く再現するモデルのためにメッシュの自動分割プログラムを作成しており、今後のシミュレーション精度の向上とシミュレーション時間を節約出来るものであり、本研究の成果は現地の河道管理技術の向上に大いに貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, improvement of riverbed dynamics and vegetation dynamics prediction model for strategic river management and basic experiments for on-site application and construction of simulation model were carried out.

Simulations of floods were carried out using the riverbed topography of airborne laser bathymetry (ALB), which can measure under water bed surface using a green laser. Simulation results show in excellent agreement with the observed water level.

In addition, in order to improve the accuracy of the flow out of vegetation near the edge of sand bar, we clarified the relationship between the condition of lodging of riparian trees at the eroded bank and the shear stress of the river bed obtained by the numerical analysis.

研究分野：水工学

キーワード：河床変動 植生動態 河岸侵食 動的メッシュ 河道管理

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

高度経済成長期に全国の河川でダム建設や護岸整備などの河道整備が急速に進められた。その結果、多くの河川でダムに土砂がトラップされ、ダム下流の洪水規模が制御されたため、動的であるべき砂州が固定化され、砂州上の樹林繁茂や、零筋の河床低下などを引き起こし、河川の治水能力の低下や環境の劣化が進んだ。現在多くの河川で動的砂州を再生するために対処療法的に砂州の切り下げが実施されているが、殆どの箇所ですり下げ効果が短期間で失われているのが現状である。河床動態や植生動態をあらかじめ把握し、自律的に動的な砂州が維持されやすい箇所と、人工的な維持管理が必要な箇所を選別し、戦略的に河道管理を進めることが重要である。

このような背景のもと、河道の切り下げ効果を検討した研究が盛んに国内外で実施されるようになってきた。しかし、これらの研究は、切り下げた時の河床せん断力が検討されているだけで、切り下げ後の数年以上にわたる砂州地形の変化や、植生の入植状況を同時に予測し、それらを総合的に評価して砂州切り下げ効果の検討をした事例は見当たらない。

申請者らは、旭川の大原地区と祇園地区の樹林が繁茂していた砂州を切り下げて礫河原を再生した効果を過去数年にわたって調査してきた。その結果、樹木の成長速度や草本類の拡大の様子をある程度明らかにしてきた。また、3000m<sup>3</sup>/s 規模の洪水で河岸沿いの樹木が流失することや、年平均最大流量規模の 1000m<sup>3</sup>~2000m<sup>3</sup>/s 規模では自律的に礫河原が維持される箇所と維持出来ない箇所があること等を明らかにしてきた。加えて、植生動態シミュレーションモデルを構築し河床動態シミュレーションと合わせて数年後の植生の繁茂状況を推定出来るモデルを構築している。しかし、これらのモデルでは現地の植生の繁茂状況や河床形状を十分再現できていない部分もあり、以下に示す課題が抽出された。

課題1：平面2次元河床変動解析で得られる流況や砂州上の河床変動は定性的には再現できているが観測値よりも変動量が少なく現地の現象を十分再現出来ない。特に、写真1のような側岸浸食は数百メートルの川幅の川を十数メートル程度のメッシュサイズで解析しているので現地で発生している側岸浸食の再現が出来ていない。その影響で掃流砂が少なくなることが河床変動が定量的に再現出来ない原因の一つと考えられる。

課題2：過去の植生の流失状況や再繁茂の状況の観測結果を用いて、植生の流失、倒伏、繁茂条件を設定し、洪水時の植生の倒伏の有無を解析による河床変動量と河床せん断力の関係から設定しているが、写真2のように植生が倒伏した場合の河床変動の抑制が適切に評価できるモデルを構築する必要がある。

課題3：課題1に関連して、側岸浸食が十分再現出来ないため砂州水際付近の植生の流失状況が十分再現出来ない。また、植生消長モデルに関して、洪水時に倒伏した樹木の再生については事例となる洪水少なくモデルに十分反映出来ていないため、今後も継続した現地調査が必要である。さらに、平水位と砂州の比高差が2m以上あるかどうかで植生の入植条件を定めているが、水際の植生繁茂について現地の状況を必ずしも十分再現できていないため、改良の必要性がある。



写真1 側岸浸食の状況



写真2 植生による河床変動の抑制

### 2. 研究の目的

本研究では、課題1については、十数メートルの格子サイズにおいても砂州の河岸侵食が解析可能なモデルとして、写真1のような側岸浸食が存在する解析メッシュについて、側岸浸食を再現可能なサブメッシュを作成して解析を進める方法を提案する。側岸浸食の浸食度合いは長谷川らの研究成果を適用する。側岸浸食箇所が移動して、メッシュから外れると、新たに側岸浸食を含むメッシュにサブメッシュを作成する方法を提案する。また、課題2については、どの程度の流況の時に写真2のような状況が発生するかは、植生が倒伏した状況における河床粗度を適切に見積もる必要がある。本研究では、研究分担者の吉田が開発した洪水期間中の河床粗度を観測水位から逆推定する方法を援用し、洪水時の河床粗度の大きさとその時間的変化を逆解析により求めることで、植生の倒伏状況と河床せん断力を推定する方法を開発し、モデルに組み込む。課題3については、課題1の研究で側岸浸食モデルを開発することで水際付近の植生の流失の精度向上を図ると共に、引き続き現地観測を進め、植生の入植条件を変化させた解析を実施して、植生の繁茂状況を最も再現出来る植生の流失、繁茂条件を確立する。以上の課題を解決することで、戦略的河道管理のための河床動態・植生動態予測モデルを構築し、

現地の将来予測を実施することで実際の河道管理に役立てることを目的とする。なお、戦略的河道管理のための方策として、砂州上に積極的に洪水時の流れを誘導する構造物として水制の設置や、低水路の深掘箇所の埋め戻しなども合わせて検討する。

### 3. 研究の方法

#### 現地調査

本研究の課題を解決するために、申請者らがこれまで継続してきた現地調査を更に進める。調査では、植生の繁茂状況、成長度合い、河床材料、洪水前後の河床変動、植生の倒伏・流失状況調査、低水路の河床形状、流速分布調査を実施する。現地調査により得られるデータは、本研究の解析の妥当性の確認と精度向上に不可欠である。洪水時には、河川管理者と協力してADCPを用いた流量観測を実施する予定である。

#### 課題1

実河川の流況解析を実施する際には、計算の効率や計算メモリの関係から河川形状を10~20m程度のメッシュで再現する場合が一般的である。図2の実線で示すような側岸浸食部の河床形状をモデル化すると、図の破線で示すように河床形状となるため、解析で側岸浸食部が再現されず、側岸部を含むメッシュの河床せん断力が小さく見積もられることとなる。また、図2の河床は、計算上、図3で示すような斜面をモデル化したものと同じ河床形状となってしまうため、側岸浸食を解析で再現するためには相当小さな解析メッシュを作成する必要がある。解析領域全体に小さな解析メッシュを適用すると膨大な計算時間を要するため現実的でないため、本研究では、湾曲部や分合流を含む場合にも柔軟に河道形状を再現可能な非構造三角形メッシュを基本として、図4の太い実線に示すように、側岸浸食部が関係するメ4. 研究成果メッシュをサブメッシュで分割して側岸浸食部の河床形状の再現性を高める。図では、簡単のために元のメッシュを4分割としている。8分割も可能であるが初年度は4分割について解析を実施する。河岸侵食については既往の長谷川らの研究をもとにモデル化する。側岸浸食部が図5のように移動すると、それに伴いサブメッシュで分割する箇所が移動するため、計算の効率化を図ることが可能となる。

#### 課題2(吉田)

流況解析による河床せん断力が大きく河床変動が活発になる力学的条件であっても、写真2に示すように、植生が倒伏して河床変動を抑制する現象が現地で見られている。これを再現するためには、植生が倒伏した状況における河床粗度を適切に見積もる必要がある。研究分担者の吉田は洪水期間中の河床粗度を観測水位から逆推定する方法を提案し、旭川を対象として解析により洪水時の河床粗度の大きさとその時間的変化を明らかにしており、本研究では逆解析により得られる粗度を用いて植生の倒伏状況と河床せん断力を推定する方法を解析モデルに取り込み、写真2で示したような洪水時の状況の再現を試みる。

#### 課題3(前野・吉田)

課題1で作成する側岸浸食モデルを用いて、水際付近の植生の流失の精度向上を図る。その際、平水位と砂州の比高差が2m以上あるかどうかで植生の入植条件を定めていたが、水際の植生繁茂について現地の状況を十分再現できていないため、引き続き現地観測を行い、その結果を考慮して、植生の入植条件を変化させた解析を実施して、植生の繁茂状況を最も再現出来る植生の流失、繁茂条件を確立する。

### 4. 研究成果

現地調査に関しては、申請者らがこれまで継続してきた現地調査を更に進め、植生の繁茂状況、成長度合い、砂州上の地形調査をそれぞれ年3回調査し、3年間で合計12回調査を実施した。また、調査対象地区で春と秋に河床材料を調査した。加えて春夏秋冬の年4回ドローンを用いて空撮して植生の拡大状況なども調査した。平成30年7月豪雨の際には、旭川の調査対象区域で4000m<sup>3</sup>/sを上回る平成10年以來の出水があったため、ドローンによる直生倒伏、流失状況調査に加えて、河床変動、低水路の形状変化調査を行った。

2年度目を実施したグリーンレーザを用いた水面下も計測可能な航空レーザー測深(ALB)の結果を用いて、同洪水のシミュレーションを実施した結果、痕跡水位と大変よく一致することが示された。また、水際付近の植生の流失の精度向上を図るために、側岸浸食部における樹木の流失・倒伏状況と解析より得られる河床せん断力との関係を明らかにした。また、側岸浸食に自動的にサブメッシュを作成して側岸浸食部の移動を精度良く再現するモデルの提案のためにメッシュの自動分割プログラムを作成した。この解析の妥当性を検討するために、模型実験を実施した。模型実験では、砂州が冠水する条件と冠水しない条件で実験を行い、砂州前縁部での側岸浸食の進行度合いのデータをビデオ撮影や写真解析により得ることが出来た。

以上の研究の結果を基に、メッシュの自動分割プログラムを河床変動解析に導入した結果と実験結果との比較により、提案したモデルの妥当性と精度向上効果を検討した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計11件)

K. Yoshida, S. Maeno, S. Nigo, K. Mano, S. Takahashi, and R. Akoh (2018): Remote sensing

of morphodynamics and habitats in rivers using airborne LiDAR bathymetry, Proc. 12th Int. Symp. on Ecohydraulics 2018, Tokyo, Japan. 査読有

K. Yoshida, S. Maeno, K. Mano, S. Ogawa, and R. Akoh (2018): Estimating flow resistance by vegetation in rivers using high-resolution airborne laser bathymetry, Proc. 12th Int. Symp. on Ecohydraulics 2018, Tokyo, Japan. 査読有

吉田圭介, 前野詩朗, 高橋幸生, 児子真也, 小川修平, 赤穂良輔(2018): ALB 計測データを用いた流況解析に基づく旭川下流部におけるアユの産卵場の物理環境評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.5, I\_421-I\_426. 査読有

山口華穂, 吉田圭介, 前野詩朗, 間野耕司, 赤穂良輔, 西山哲(2018): ALB による河道地形の再現性向上に伴う 河床変動解析の改善効果の検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 74, No. 2 (応用力学論文集 Vol. 21), I\_465-I\_474. 査読有

吉田圭介・前野詩朗・小川修平・井関禎之・赤穂良輔: ALB 点群を用いた樹木群の密生度算定法の検討, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.4, I\_547-I\_552, 2018. 査読有

吉田圭介, 前野詩朗, 間野耕司, 岩城智大, 小川修平, 赤穂良輔: 航空レーザ測深を用いた河道の植生種分布の判定手法の検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), 73 巻, 2 号, pp.I\_607-I\_618, 2018. 査読有

K. Yoshida, S. Maeno, K. Mano, K. Yamaguchi, and R. Akoh: Application of high-resolution ALB data of shallow water to river flow analysis, Proc. 3rd Int. Symp. on Shallow Flows, Eindhoven, NL., 2017. 査読有

平井康隆・前野詩朗・吉田圭介・岩城智大・小川修平・赤穂良輔: 適正な分流量を維持するための百間川分流部の固定堰周辺における植生管理方策の検討, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, pp.I\_1081-I\_1086, 2017. 査読有

吉田圭介・前野詩朗・間野耕司・山口華穂・赤穂良輔: ALB を用いた河道地形計測の精度検証と流況解析の改善効果の検討, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, pp.I\_565-I\_570, 2017. 査読有

K. Yoshida, S. Maeno, K. Yamaguchi, T. Iwaki, S. Fujita, Y. Hirai: Forestation control works: secular change at the Gion area in the Asahi River, Proc. 20th IAHR-APD Congress, Sri Lanka, 2016. 査読有

K. Yoshida, S. Maeno: Sequential data assimilation for estimating bed roughness of vegetated flooded rivers, Proc. 20th IAHR-APD Congress, Sri Lanka, 2016. 査読有

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔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:  
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：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等 なし

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：吉田 圭介  
ローマ字氏名：Keisuke Yoshida  
所属研究機関名：岡山大学  
部局名：環境生命科学研究科  
職名：准教授  
研究者番号(8桁)：50436721

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：赤穂 良輔  
ローマ字氏名：Ryosuke Akoh

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。