

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

洪水時の水位予測の高度化のための
水理解析及び観測技術の融合に関する基礎的研究

研究代表者氏名 岡田 将治¹⁾
研究分担者氏名 安田 浩保²⁾
研究分担者氏名 萬矢 敦啓, 小関 博司³⁾

1) 高知工業高等専門学校 2) 新潟大学 3) 国立研究開発法人 土木研究所

研究要旨

洪水時の河床面には大小様々な河床波と呼ばれる周期的な起伏が形成され、このうち砂堆と称される小規模河床波は流れを阻害する形状抵抗として作用し、水位上昇による洪水リスクを高める。本研究では、小規模河床波に由来した形状抵抗が水理量の変動に伴い増減することによって正確な洪水時の水位予測を困難にさせていることに着目し、実験水路において流水と流砂の相互作用を理解するための 2 種類の新しい計測技術の確立を試みた。その結果、動的な光切断法によって水面と河床面の同時計測技術を確立した。さらに、ADCP で計測できるボトムトラック速度を用いて掃流砂量を計測する手法の有用性を確認した。

A. 研究目的

洪水時の河床面には大小様々な河床波と呼ばれる周期的な起伏が形成され、このうち砂堆と称される小規模河床波は流れを阻害する形状抵抗として作用し、水位上昇による洪水リスクを高める。本研究では、小規模河床波に由来した形状抵抗が水理量の変動に伴い増減することによって正確な洪水時の水位予測を困難にさせていることに着目し、近年、技術革新が著しい実河川及び模型実験における計測技術と水理解析の融合を図り、洪水時の流水と流砂の相互作用の理解に立脚した水位と流量の予測技術の高度化を行う。

B. 研究方法

はじめに、図-1 に示す動的な光切断法によって水面と河床面の同時計測技術を確立する。この方法では、三次元座標を持つ 2 台のカメラで得られた画像に解析と幾何学計算を行うことで交点を算出し、水面位と水底位の三次元座標を取得することができる。その技術により、交互砂州の発生から発達に伴い、抵抗が変化していく現象を明らか

にする。

さらに、実河川の洪水流観測に用いられる ADCP(超音波ドップラー流速計)で計測されるボトムトラック速度を用いた掃流砂量の計測技術を確立する。図-2 に示す移動床水路を用いて下流端のトレイに堆積する土砂量を複数のカメラを用いて SfM(Structure from Motion)により連続的に計測する手法の精度を検証し、その時間変化量と著者らが提案する ADCP のボトムトラック速度から算出した掃流砂量と比較した。

C. 研究結果 および D. 考察

(1) 水面と河床面の同時計測技術

図-3 に水路底位からの水面位と水底位の計測結果を示す。通水開始から 120 分以降の平均的な砂州波高は 1cm 前後、砂州の先端部から上流側の次の砂州の先端部を波長とするその波長は 160cm 程度、流下速度は 0.05cm/s 程度であった。

(2) ADCP のボトムトラック速度を用いた掃流砂量の計測技術

5 台のカメラを用いた SfM を行い、下流に堆積

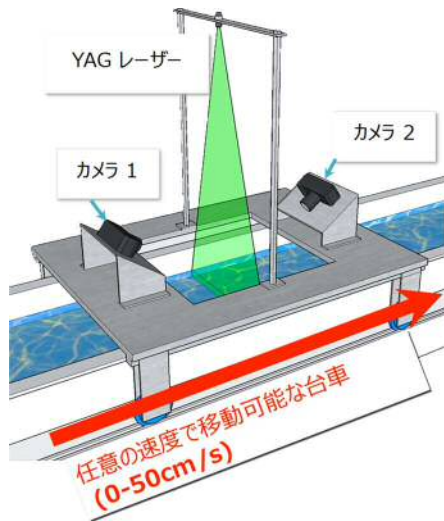


図-1 光切断法による水面と河床面の同時計測手法

した土砂量を算定した結果、レーザー変位計の結果と比較してもその差は5%以下であった。

図-4 にボトムトラック速度から求めた掃流砂層厚 h_s の時間変化を示す。水深とボトムトラック速度との関係から、河床波のクレストが ADCP の計測範囲に到達した際に速度が大きくなっており、河床材料の代表粒径 0.7mm に対して、ボトムトラック速度が 40cm/s で h_s が 0.16cm 、最大の 160cm/s 程度で h_s が 0.37cm であった。図-5 にトレイ②に堆積した SfM による実測値とボトムトラック速度から推定した掃流砂量の時間変化を示す。小関らは同様な比較結果において、 α の値を 0.5 から 0.65 の間であることを示しており、本研究でも比較した結果、 α の値は 0.65 とした場合の時間変化と近い傾向を示すことがわかった。

E. 結論

(1) 水面と河床面の同時計測技術

固定床の水理条件において、流水と流砂の相互作用の結果として形成される周期的な底面の曲面形状を水面を通してにもかかわらず計測可能であることを示した。つぎに、交互砂州が形成される移動床の水理条件とした模型実験を行い、初期に平坦とした底面形状は直ちに周期的な起伏を自律的に発生し、次第に交互砂州の形状を明瞭する過程において、それぞれの発達過程での水底面と水底位の曲面形状を同時に定量化できることを示した。従来までに測定が困難だった流水中の水底面の曲面形状の計測精度は、交互砂州の波高の10% 以内で計測できることがわかった。

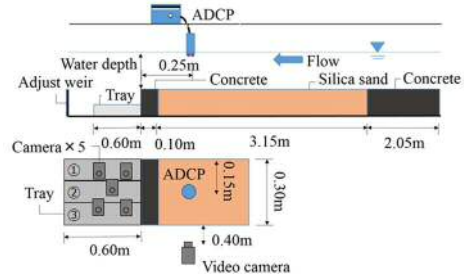


図-2 ADCP を用いた掃流砂量の連続計測手法

(2) ADCP のボトムトラック速度を用いた掃流砂量の計測技術

SfM を用いて実験水路において土砂の堆積量を連続的に、かつ5%以内の精度で計測できる手法を構築した。ADCPで計測できるボトムトラック速度および水深を用いて、江頭らの提案する掃流砂量式から算出された掃流砂量とSfMで得られた実測結果を比較したところ、 α を 0.65 とした場合の時間変化と同様な傾向を示した。これより、提案する掃流砂量算定手法の有用性が示された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 星野剛, 安田浩保, 倉橋将幸: 交互砂州の形成機構の解明に向けた水面と底面の同時計測手法の開発, 土木学会論文集 A2(応用力学), 74 巻(2018)1 号, pp.63-74, 2018.

2. 学会発表

- 2) 武藤裕則, 岡田将治, 張浩, 萬矢敦啓, 工藤俊, 原田強: 吉野川岩津狭窄部におけるサブボトムプロファイラーを用いた堆積砂層厚の面的把握と洪水時の流況・河床変動特性, 2017 年度河川技術に関するシンポジウム, 2017 年 6 月, 東京大学.
- 3) 工藤俊, 萬矢敦啓, 原田大輔, 笛田俊治: 小本川における洪水時の流水抵抗変化がハイドログラフに及ぼす影響, 2017 年度河川技術に関するシンポジウム, 2017 年 6 月, 東京大学.
- 4) 須田光千野, 安田浩保, 星野剛: 同化付き洪水予測におけるペクレ数による観測精度および

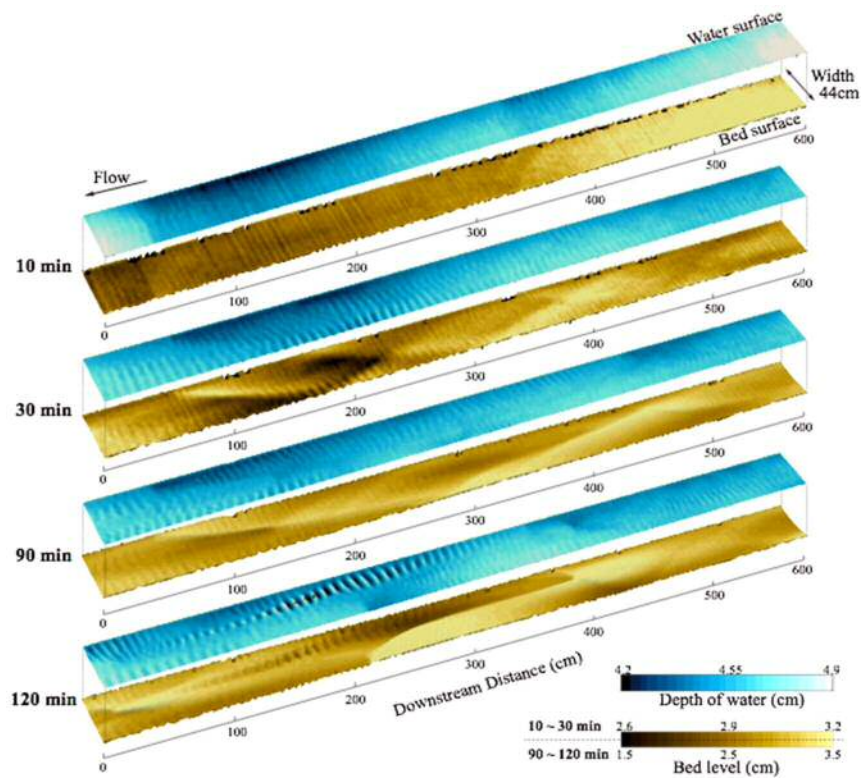


図-3 交互砂州の発達過程における水面と水底面の計測結果例

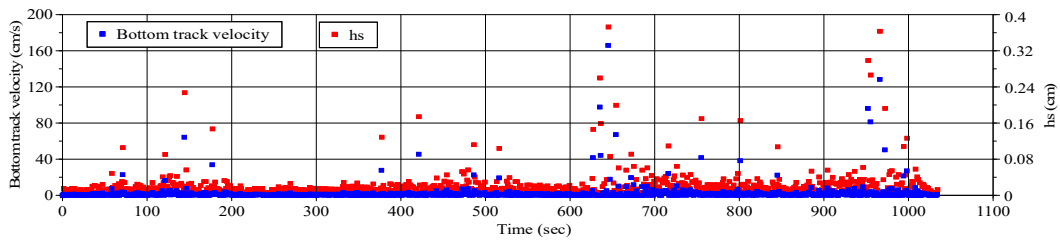


図-4 ボトムトラック流速から推定された移動層厚 h_s の時間変化

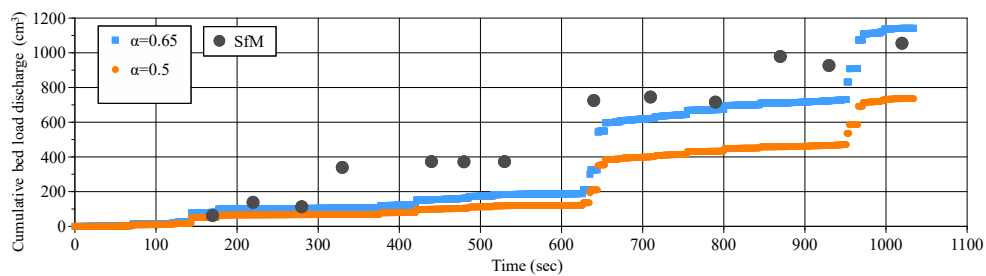


図-5 ボトムトラック流速から推定した掃流砂量と SfM による実測値の時間変化(トレイ②)

間隔の決定法の提案, 第 62 回水工学講演会, 2018 年 3 月. 岡山大学.

技術研究発表会, 2018 年 5 月, 徳島大学.

- 5) 田村誠悟, 上原有稀, 岡田将治: 複数台の水中カメラによる移動床実験水路の掃流砂量の連続計測, 平成 30 年度土木学会四国支部第 24 回技術研究発表会, 2018 年 5 月, 徳島大学.
- 6) 上原有稀, 岡田将治: 移動床水路における ADCP のボトムトラック流速と掃流砂速度の関係, 平成 30 年度土木学会四国支部第 24 回

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)
なし.