# 3次元浮遊砂濃度分布可視化計測法の浮遊砂巻き上げ過程への適用

## 1. はじめに

海岸において発生する砕波は、多くの土砂を巻き上 げ輸送することで沿岸域における地形変化を支配する 1). しかしながら、砕波下において発生する複雑かつ3 次元的な乱流下における土砂の挙動を調べることは困 難であり、その輸送メカニズムはいまだ明らかにされ ていない. そこで, この数十年間, 輸送メカニズム解 明のため水理実験における浮遊砂濃度の画像計測がい くつか行われてきている. 画像計測法は, 水中におけ る浮遊砂濃度に依存する散乱光強度分布によって決定 される撮影画像の輝度分布に基づいて浮游砂濃度分布 を特定する計測法である 2)が,従来の画像計測法は水 槽側壁近傍の2次元的な濃度分布を計測するものであ り、3次元かつ複雑な砕波下の流れ場における浮游砂 輸送過程を十分に説明することができていない. そこ で本研究では浮游砂の3次元的な濃度分布を計測する 新たな画像計測法を開発し,矩形管路内での実験への 適用を行った.

# 2. 計測アルゴリズム・画像処理

本研究ではデジタルカメラおよびプロジェクタを用 いて浮遊砂濃度を計測する<sup>3)</sup>.カメラに対する奥行き方 向に色合いを変化させた照明(カラーパターン照明)を プロジェクタから照射し,浮遊砂による散乱光をデジ タルカメラで撮影する.これにより撮影される浮遊砂 の散乱光の色はカメラとの距離に応じて変化するため, 撮影画像から抽出した各色の輝度分布からそれぞれの 色の層内での輝度ピークを砂粒子として検出し,その 個数と位置から2次元的な浮遊砂数密度分布を決定で きる.各色に対応する奥行き方向座標を予め取得し,そ れをもとに合成することで1枚のカラー画像から瞬時 の3次元的な数密度分布分布を取得する. 東北大学工学部 学生会員 〇今田 遥介東北大学大学院工学研究科 正会員 三戸部 佑太東北大学大学院工学研究科 フェロー会員 田中 仁

なお,高浮遊砂濃度の領域の背後ではカメラ撮影ま たはプロジェクタからのカラー照明の陰となり,濃度 を過小評価してしまうため,カウントされた浮遊砂の 個数から計測不可能な領域の体積を算出し数密度の補 正を行う.

#### 3. 計測実験

本計測法の精度を評価するため、一辺 10cm の正方形 断面を持つ透明アクリル製の水路を用いて試験計測を 行った(図-1).上流部のヘッドタンクでの水位と下流 端の放水口との高度差 H により流速を発生させる.管 路内には移動床区間を設け、東北硅砂 6 号(平均粒径 0.34mm)を敷き詰めた.移動床区間の流下断面は z 軸 方向において最大で 10mm まで狭まれており、局所的 に流速を強めることで浮遊砂を発生させる.上流端に は仕切り板が設置されており、その高さを上回る分の 水は管路外へ越流する.止水板で下流端の放水口をふ さいだ状態でヘッドタンクに貯水を開始し、越流が始 まってから放水口を開放して流速を発生させる.その 後も下流端での流量以上でヘッドタンクに水を供給し 続けることにより絶えず越流を発生させ,高度差 H を



キーワード;浮遊砂,画像計測,3次元計測

連絡先〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 環境水理学研究室 Tel 022-795-7453 Fax 022-795-7453

実験中一定に保った.発生した浮遊砂にプロジェクタ からカラーパターン(カメラ手前から青・マゼンタ・赤・ 黄色・緑の5色)を照射し,その散乱光を高速カメラに より,フレームレート50fps,シャッタースピード1/250 秒,解像度 0.0174~0.0180 cm/pixel の条件で撮影した.

下流端には円形断面の鉄管が高さ・幅方向に各 5 本 ずつ,計 25 本格子状に配置されており,計測領域を通 過した水および浮遊砂を分岐させて大気に放出させる. 管路放水口から放出された硅砂を含む水を採取し,各 鉄管内を通過した流れにおける浮遊砂の質量濃度を計 測した.あらかじめ求めた砂粒子 1 個あたりの平均質 量(7.85×10<sup>-5</sup> g/個)を用いて画像計測結果を数密度か ら質量濃度に変換し,採水結果と比較することで画像 計測の精度検証を行う.

## 4. 結果と考察

図-2 は H=60cm の条件下における, 流速発生から 30 秒後における撮影画像と, 格子間隔を 1cm 間隔に設定 して求めた浮遊砂の数密度分布を示している.本研究 で開発する計測法ではこのように 1 枚の撮影画像から 各色の輝度分布に対応する各層での浮遊砂数密度分布 を取得できる.

図-3 は、流速発生から 63 秒から 65 秒における鉄管 入口における数密度分布の時間平均と 65 秒から 67 秒 の 2 秒間に採取された水に含まれる硅砂の濃度分布を 表している. 画像計測結果は採取結果に比べ過大評価 になっているが、底面付近や 6cm < y < 8cm の地点にお いて高浮遊砂濃度が発生している傾向が一致し、空間 的な分布の特徴は捕らえることができた.

### 5. まとめ

本研究では,カラーパターン照明を用いて瞬時の3次 元的な浮遊砂濃度分布を得る新たな画像計測法を開発 し,矩形断面の管路に適用を行った.将来的には,本計 測法を造波水槽での計測に適用させていく.

# 参考文献

- 2) 灘岡和夫・上野成三・五十嵐竜行: 砕波帯内の 三次元的大規模渦構造と浮遊砂の現地観測,海岸 工学講演会論文集, Vol.34, pp.21-25, 1987
- 2) 佐藤槇司・久保田洋次: ビデオ画像を用いた砕



図-3 画像計測より得られた分岐部前方における浮遊砂 濃度分布の時間平均(a)と下流端で採取された水に 含まれる浮遊砂濃度分布(b) 波点付近の浮遊砂現象の解析,海岸工学論文集,

波点付近の浮遊砂現象の解析, 海岸上字論文集, Vol.38, pp.251-255, 1991

3) 今田遥介・三戸部佑太・田中仁: カラーパターン照明を用いた 3 次元浮遊砂濃度分布の可視化計測法の開発,土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, II-218, 2016