カラーパターン照明を用いた3次元浮遊砂濃度分布計測法の開発

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

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. 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 究では浮遊砂の3次元的な濃度分布を計測する新たな 画像計測法を開発する.

2. 計測アルゴリズム

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.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(図-1参照).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2次元的な浮遊砂濃度分 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次元的な浮遊砂濃度を取得する.

3. 計測実験

本計測法の実用性を評価するため、1辺10cmの透明

キーワード;浮遊砂,画像計測,3次元計測

 ア遊砂
 カラーパターン

 ア遊砂
 水槽

 アゴジェクタ

 放乱光の撮影





図-2 実験装置配置(a)と撮影画像例(b)

アクリル製の水槽を用いて試験計測を行った. 粒径 0.34mmの硅砂および水を水槽に投入し, マグネチック スターラーを用いて水槽中央を攪拌した. その際巻き 上がった浮遊砂にプロジェクタからカラーパターンを 照射し, その散乱光をカメラにより撮影した(図-2).

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

4. 画像処理

通常, デジタルカメラで撮影したカラー画像の各画 素の色は RGB (赤・緑・青)の3 成分の値によって記 録される.撮影画像の RGB 値[$V_R V_G V_B$]と投影する カラーパターン中の各色[$R_0^i G_0^i B_0^i$] (*i*=1,2,…*N*: *N* は色の数)に対して次式の色相関 r^i を定義する.

$$r^{i} = \frac{R_{0}^{i} V_{R} + G_{0}^{i} V_{G} + B_{0}^{i} V_{B}}{\sqrt{(R_{0}^{i^{2}} + G_{0}^{i^{2}} + B_{0}^{i^{2}})(V_{R}^{2} + V_{G}^{2} + V_{B}^{2})}}$$
(1)

これと元画像の輝度の積をとることで各色の輝度分布 L^i を決定する.

$$L^{i} = r^{i} \sqrt{\left(V_{R}^{2} + V_{G}^{2} + V_{B}^{2}\right)}$$
(2)

各色の輝度分布*Lⁱ*から輝度ピークとして砂粒子を検出 し,その撮影画像座標を求める.実験時に予め実座標 が既知の格子点を描いたグリッドボードを撮影し,そ の実座標と撮影画像座標の関係に基づき,浮遊砂画像 座標を実座標へ変換する.任意に設定した実座標格子 内における砂粒子個数をカウントすることで,各色の 浮遊砂数密度分布を決定できる.

5. 結果と考察

図-3 はカメラ手前から赤・黄色・緑・シアン・青の5 色のカラーパターンを用いた場合の撮影画像と,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-4は図-3と同じ条件で撮影した10枚の画像から求 めた数密度分布の平均を算出したものである.本論の 実験での攪拌では,水槽中央に関して対称な水の流れ が発生しているため,浮遊砂濃度分布が水槽中心に対 称となる傾向がある.画像解析結果についても,各色 の層における数密度分布が水槽中央を中心とした円上 で高くなっていることが分かる.しかしながら,具体 的な数密度の数値については対称でなく,色ごとに異 なっており,特に図-3,4ともに緑の層で数密度分布が小 さくなっていることから,数密度分布の補正や輝点検 出方法に改善を行う必要があることが分かる.

6. 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 発した.この画像計測法を動画像に適用することで,3 次元浮遊砂濃度分布の時間変化をとらえることができ る.ただし,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,今後補正を行う必要 がある.

参考文献

- 1) 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,第 34 回海岸工学講演会論文集,pp.21-25,1987
- 2) 佐藤槇司・久保田洋次: ビデオ画像を用いた砕 波点付近の浮遊砂現象の解析,第38回海岸工学 論文集, pp.251-255, 1991







図-4 数密度分布の10回分の平均