

### 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

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○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。画像計測法では、例えば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遊砂濃度分布の特定を行う<sup>2)</sup>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遊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。

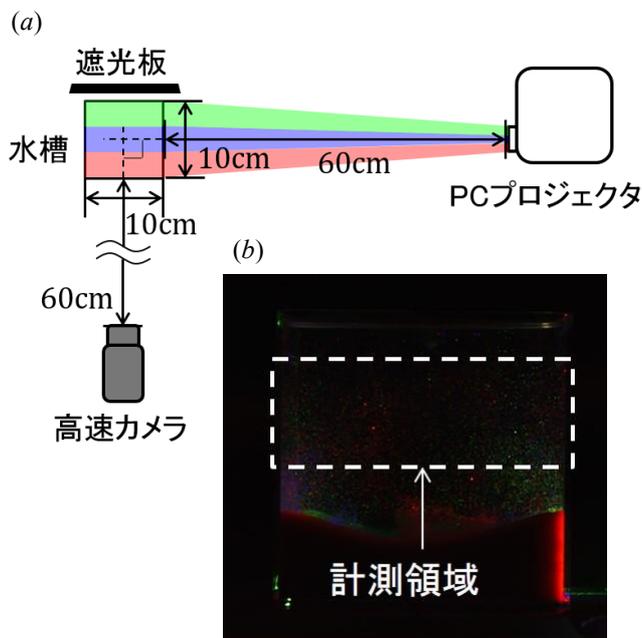


図-1 実験装置配置(a)と撮影画像(b)

#### 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を取得する。

なお、高浮遊砂濃度の領域をはさんで高速カメラまたはプロジェクタの反対側の領域については、それぞれカメラ撮影とプロジェクタからの照明の陰となることが原因で浮遊砂濃度を過小評価してしまうため、画像上で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. 計測方法

本計測法の実用性を評価するため、1辺10cmの透明アクリル製の水槽を用いて試験計測を行った。粒径0.34mmの珪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照明を照射し、その散乱光を高速カメラにより撮影周波数500fpsで連続撮影した(図-1)。

また、本計測方法の精度を評価するため、中立粒子を用いて精度検証実験を行った。珪砂の代わりに、予め定めた個数の粒径2mmの中立粒子を水槽に投入し、画像内での大きさが砂粒子の場合と同じになるように撮

キーワード 浮遊砂, 画像計測, 3次元濃度分布

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科 TEL 022-795-4916

影を行った。画像解析より得られた浮遊砂数密度分布から算出した水槽内の粒子総数と、実際の投入個数とを比較することで、浮遊砂濃度分布計測の精度検証を行った。

4. 結果と考察

図-2 および図-3 はカメラ手前から赤・青・緑の3色のカラーパターンを用いて得られた撮影画像と、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。図-2 は計測開始時点のデータであり、図-3 は計測開始から2.00秒後のデータを表している。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瞬時の浮遊砂数密度分布を取得できる。

図-4 は中立粒子の連続撮影画像について、各画像上での粒子の個数を画像解析により算出したものである。投入個数20個の場合、500フレームでの平均値は真値に近い値を取っており、個々の画像での検出結果における粒子数の誤差は真値の±30%以内に収まっている。一方で、投入個数100個の場合、計測を行った全フレームにおいて真値に対しての過小評価が生じている。その原因として画像内で隣接する粒子による輝度ピークを1個の粒子として検出することが考えられ、粒子の検出プロセスにおいて課題があることが判明した。

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

- 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
- 3) 今田遙介・三戸部佑太・田中仁： 3次元浮遊砂濃度分布の可視化計測法の開発，日本流体力学会年会2014，099，pp.1-5，2014

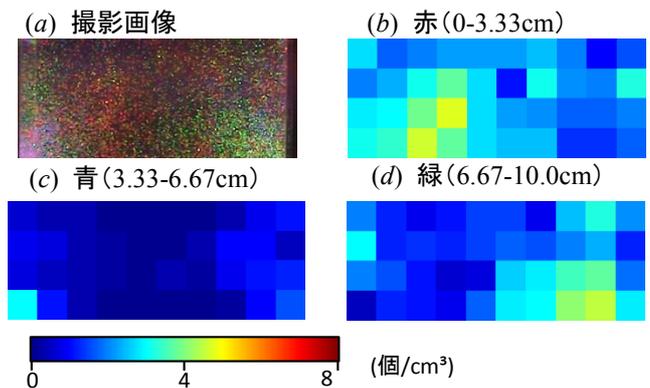


図-2 計測開始時点の撮影画像(a)と数密度分布(b)~(d). 括弧内の数字はカメラ側の水槽壁面からの距離を表す。

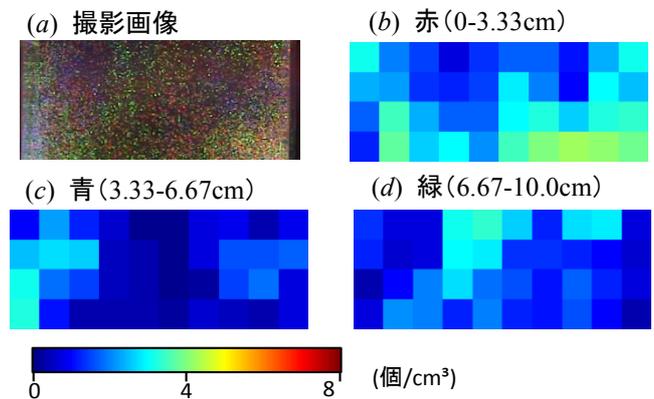
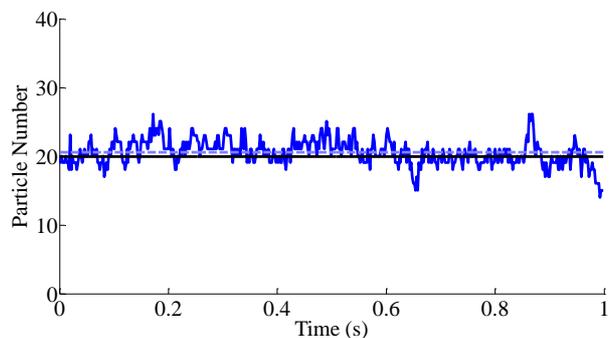


図-3 計測開始から2.00秒後の撮影画像(a)と数密度分布(b)~(d). 括弧内の数字はカメラ側の水槽壁面からの距離を表す。

(a) 20個 (硅砂の場合の 9.3 個/cm³ に相当)



(b) 100個 (硅砂の場合の 47 個/cm³ に相当)

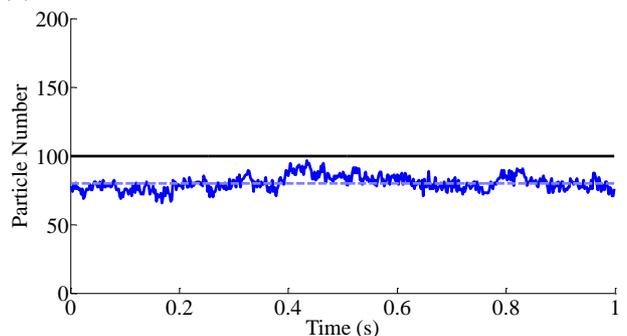


図-4 中立粒子検出結果(青色の実線は各フレームにおける計測値，青色の破線は平均値，黒色の実線は真値を表す)