

神戸市立高専都市工学科 正会員 ○柿木 哲哉 辻本 剛三
 神戸市立高専都市工学科 学生会員 山田 浩之 衣本 准

1. はじめに

浮遊砂濃度を測る方法として、サイフォンを用いた採水による方法や光学式濁度計を用いた方法などが一般的であるが、これらの手法では、水中に挿入した測定部が流れを乱すため浮遊砂濃度の正確な測定が困難であり、かつ点計測であるため面的情報が得られないなどの問題がある。また、近年発展の著しい画像解析を用いた手法においても、浮遊砂濃度はビデオ画像の質（輝度分布）に左右され、また、画像の輝度は照明の照度やカメラの絞り、浮遊物質の濃度・粒径・形状などの相違による光の減衰・散乱などの影響を受けやすいことが知られている^{1),2)}。

そこで本研究では、なるべくこのような条件に拘束されることのない計測手法を開発することを目的として、画像の輝度情報から浮遊砂粒子を直接、粒子マスク相関法³⁾を用い抽出し、これにより得られた情報と実際の濃度との関係を調べ、その適用性を吟味した。

2. 可視化実験および画像解析の概要

2. 1 実験装置

図1は可視化実験の様子を模式的に表したものである。可視化実験では、撮影断面をレーザーシートにより可視化した、ここでレーザーの当て方に幾つか工夫をしている。これは波動下の実験であるため水面形状が複雑であり、屈折や反射といった光学的問題をできるだけ回避したいことから、水面を透過させないようにするためである。そこでまずレーザーを水槽側面からガラス越しに水平に照射し、撮影断面の直上まで入射させる。そして撮影断面の直上に予め設置しておいた長方形の反射鏡によりレーザーの進路を鉛直下方に変え、鉛直2次元の可視化断面を作成し、これを水槽側面からガラス越しにビデオカメラで撮影した。このとき反射鏡は水中に設置することになり、流れを若干乱すことにはなるが、本研究で対象としているのは底面近傍であるため特に問題はないとした。これにより自由水面の影響を受けることなく安定した可視化断面を作成することができた。

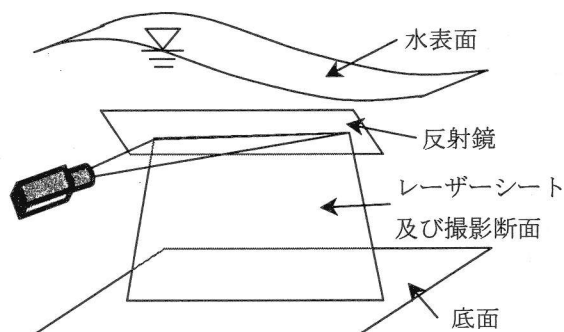


図1 可視化実験の概況

2. 2 画像解析

写真1は可視化実験で得られた可視化画像の一例である。これは浮遊砂濃度が一樣になるように設定したもので、造波水路ではなく小さい水槽にて行ったものである。この写真1内の白く写っている部分が可視化された砂粒子で、暗く写っているところはレーザーシートが弱い部分もしくは十分に当たっていない部分である。従来の手法では輝度と浮遊砂濃度に線形関係を仮定し、濃度を算定するが、実際はこの様に可視化画像の輝度分布にはかなりばらつきが見られ、厳密には線形関係は保たれていないことがわかる。一樣濃度場であってもこの様に扱いにくく、一樣な濃度場でない場合についてはさらに扱いにくい。そこで本研究では、なるべくこのような条件に拘束されることのない手法として、画像輝度分布から浮遊砂を粒子として直接判読し、濃度を算定する手法を採用した。また、輝度情報から粒子を判別する方法として、粒子マスク相関法³⁾を用いた。

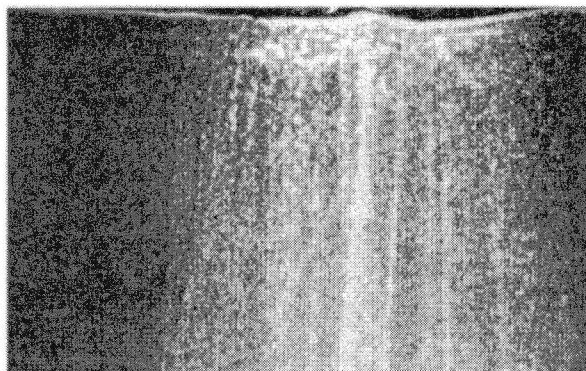


写真1 可視化画像の一例

2. 3 実験ケース

実験は大きく分けて2通り行った。1つは本手法の基本的なパフォーマンスを調べるため、ガラスピーカー内に一様濃度の浮遊砂を作成し行ったもので、もう1つは2次元造波水路内に移動床部分を設け、周期1秒・波高12cmの規則波を入射したものの2通りである。また、前述のようにビデオ画像の輝度は、照明の照度やカメラの絞り、浮遊物質の濃度・粒径・形状などの相違による光の減衰・散乱などの影響を受けやすい。そこで、本手法ではこれらの影響をどの程度受けるのかを調べるため、ピーカーを用いた基礎実験ではさらに下記の様に条件を変えた実験を行った。

(1)水量、浮遊砂濃度

水の量は2(L)とし、浮遊砂の濃度は0 ppm, 100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 5000 ppm, 10000ppmと段階的に変えた。

(2)砂粒子の粒径

粒子の大きさによる違いを調べるため、砂粒子の粒径を0.28mm, 0.5mmの二種類使用した。

(3)ビデオカメラのしぼり

ビデオカメラのしぼりを変えることで得られる画像の輝度が変わるが、この効果を調べるため、カメラのしぼりをF11.F16.F22と変えた三種類の実験を行った。また、しぼりFは次式(1)で表される。

$$F = \frac{f}{d} \quad (1)$$

ここで、F：Fナンバー、f：焦点距離、d：絞りの開口径である。

3. 画像解析結果

図2はピーカーを用いた実験の結果である。これは浮遊砂濃度と抽出された砂粒子個数の関係を表したグラフで、ビデオカメラのしぼりをF11, F16, F22と変えた場合の三種類の比較を表している。ただし縦軸は最大値で正規化した値で表している。このグラフから2000ppmまで、F11.F16.F22と三種類ともほぼ重なっていることが分かる。このことからビデオカメラのしぼりを変えても検定曲線は変化しないということが分かる。これは検出される砂粒子の個数が得られた画像の輝度に依存しないということを示しており、さらに写真1のような一枚の画像中でも場所によって輝度のばらつきも影響しないということがわかる。

図3は造波水路を用いた移動床上の実験である。こ

れは画像解析により抽出された砂粒子個数の鉛直分布を表すもので、横軸は砂粒子個数、縦軸は画像空間内の底面からの距離を表し、単位はpixelである。画像空間内の1pixelは実空間内の約0.15mmに相当する。また、ここでのいう砂粒子個数とは25×25pixel内の個数である。これを見ると底面から水面方向に砂粒子数が指数的に減少しているのがわかる。

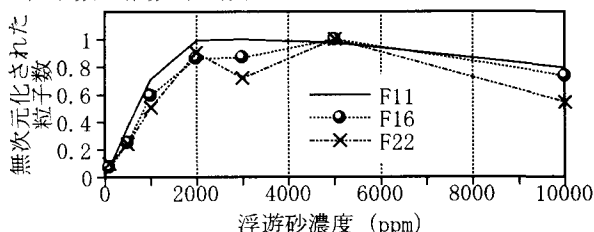


図2 浮遊砂濃度と抽出された粒子数の関係

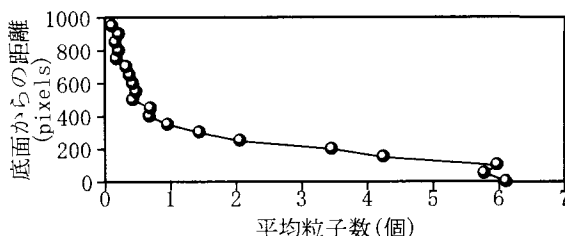


図3 浮遊砂濃度の鉛直分布(画像解析結果)

4. 結論

本研究により得られた主要な結論をまとめると次の通りである。その他詳細は講演時に述べる。

- (1) 砂の粒径を変えた実験の結果、砂粒子の粒径が大きい程、高い濃度まで推定可能であることがわかった。
- (2) しぼりを変えた実験の結果、濃度算定における輝度のばらつきの影響を軽減できることが分かった。

謝辞

本研究で用いた画像解析のプログラムは近畿大学竹原幸生先生が作成されたものを使用しており、また同先生には折に触れ御助言頂きましたことを深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1)神田ら(1998):画像の輝度情報を用いた浮遊泥濃度計測手法の開発.建設工学研究所論文報告集,第40巻,pp.67-80
- 2)灘岡ら(1999):現地連続計測型多成分濃度計開発のための基礎的研究.海岸工学論文集,第46巻,pp.1316-1320
- 3)江藤ら(1996):PTVのための粒子画像抽出法に関する検討ー粒子マスク相関法についてー.水工学論文集,第40巻,pp.1051-1058