

粒子画像抽出による浮遊砂濃度推定に関する研究

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、近年発展の著しい画像解析を用いた手法がみられる。これは可視化画像の輝度分布をもとに浮遊砂濃度を算定するものであるが、こうして得られた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、画像輝度の濃淡から浮遊砂濃度を推定するのでは無く、浮遊砂粒子の個数を直接、粒子マスク相関法³⁾を用いて抽出し、浮遊砂濃度を推定することを試みた。

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。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。

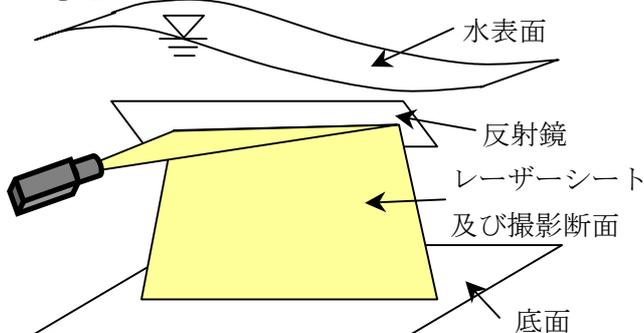


図1 可視化実験の概況

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は、粒子マスク相関法³⁾を用いた。

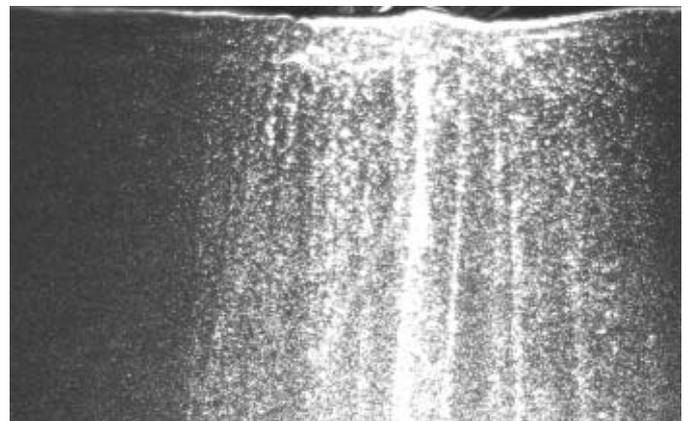


写真1 可視化画像の一例

2.3 実験ケース

実験は2次元造波水路内に粒子径0.28mmの砂を用いた移動床部分を設け、周期1秒・波高12cmの規則波を入射した。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、カメラのしぼりを変えながら実験を行った。

キーワード 画像解析, 粒子画像抽出, 浮遊砂濃度, 計測手法

連絡先 〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町8-3 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 TEL078-795-3270

3. 画像解析結果

図2は可視化実験の結果得られた画像で、図の上下方向が実空間の鉛直方向を示し、図の左右方向が水平方向である。波は図の右から左に向かって入射しており、この画像の波の位相はトラフ付近である。各座標軸の値は pixel 表示であるが、このとき 1 pixel は実空間の 0.15mm に対応している。従ってこの画像全体は鉛直方向 67.5mm、水平方向 105mm の空間を表している。また、鉛直方向軸のゼロは移動床の底面であり、この付近に見られる小さな山は砂漣である。また、この実験により得られた可視化画像をそのまま掲載すると見づらいため、色を反転させるなど、図2は若干画像の調整をしている。この図を見ると、砂漣上に見える黒い部分は浮遊砂群を表している。このとき波の位相はトラフ付近であったが、ゼロアップからクレスト通過時に巻き上げられた浮遊砂が沖方向に移送される状態を示すものとなっている。

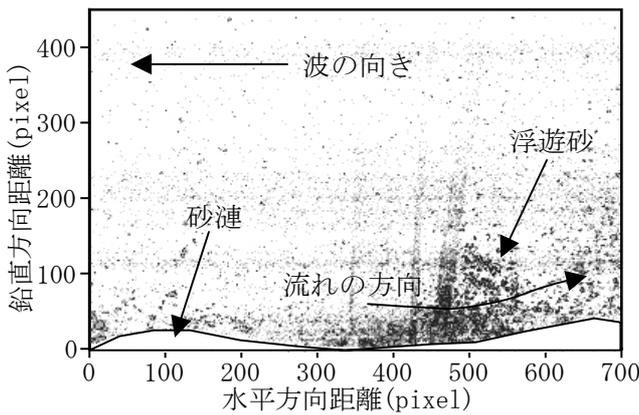


図2 可視化画像

図3は図2の可視化画像を画像解析した結果である。座標軸の属性は図2と同様である。図中の黒点は画像解析により抽出された砂粒子である。これより図2の可視化画像と粒子の空間分布が近似しており、粒子の抽出過程が適切に行われているのが分かる。

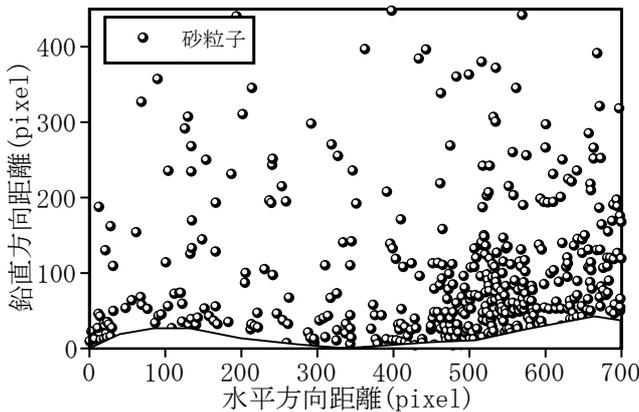


図3 抽出された粒子の空間分布(画像解析結果)

図4は図3の結果を基にして得られた粒子数濃度の鉛直分布を表す。ここでいう粒子数濃度は、ある一定面積当りの抽出された粒子数と定義する。また、今回は一定面積を 25×25pixel とした。つまり、画像空間内の 1 pixel は実空間内の 0.15mm であったことから、3.75mm×3.75mm≒14mm² 当りの粒子数ということになる。また、図4は図3中の特定4断面(水平方向位置 200, 350, 500, 650pixel)の粒子数濃度の鉛直分布を示しており、図の横軸は粒子数濃度、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。これを見ると水面から底面方向に砂粒子数が指数的に増加しており、底面の極近傍まで評価できているのが分かる。また、断面の位置で鉛直分布に違いがあり、砂漣の谷(350,500pixel)に位置する断面の底面から 3cm までの層で濃度が高いことが分かる。

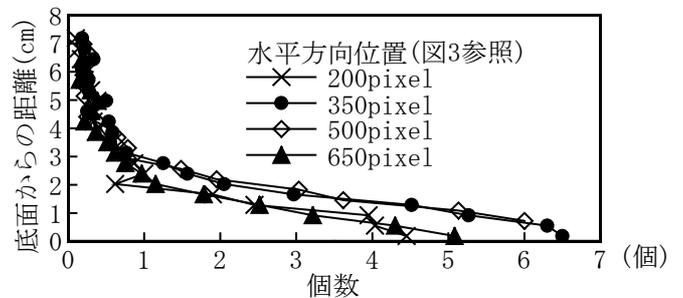


図4 粒子数濃度の鉛直分布 (画像解析結果)

4. 結論

本研究により得られた主要な結論をまとめると、1) 本手法を用いることで浮遊砂濃度を推定できることが分かった。2) 底面のごく近傍まで濃度の評価をできることがわかった。その他詳細は講演時に述べる。

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、ここに謝意を表す。

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—粒子マスク相関法について—,水工学論文集,第40巻,pp.1051-1058