

## II-364 ビデオ画像解析による浮遊砂濃度の推定

横浜国立大学大学院 学生員 高橋 彰俊  
 横浜国立大学工学部 正 員 佐藤 慎司

## 1. 序論

不規則波砕波帯では、砕波による乱れによって多量の底質が巻き上げられ、それらが波や流れによって輸送されるために漂砂現象が生じる。この底質の巻き上げ現象に関しては、砕波に伴う流体運動の複雑さや、浮遊砂濃度の測定が困難であるため、定量的な説明が遅れている。砕波による巻き上げは三次元性が強いいため、点計測のみでなく、画像記録などの付加的な計測を用いることが重要である。本研究では、佐藤・島谷・志村（1993）が不規則波条件に対して行った実験でのビデオ画像を用いて浮遊砂濃度分布の推定を行う。そして、その推定結果を実験結果と比較し、ビデオ画像解析の適用性を検討する。

## 2. 画像解析の適用性

2. 1 ビデオ画像取り込みシステムの概要：解析には、ビデオ信号から1画面分の画像データを取り込むハードウェアを用いた。入力した画面は $256 \times 200$ の画素で構成され、各画素毎に、RGBそれぞれ64段階の整数値で明るさが表される。以後、この数値を輝度と呼ぶことにし、 $k$ で表す。

2. 2 画像データの概要：本研究で用いたビデオ映像は、ビデオカメラを設置した水槽の側面の反対側に、アクリル板を通して白熱灯で光を当てることにより、砂の浮遊が画面に暗く写し出されている。ビデオ番号を、ケース番号、測点番号の順に並べて表すことにする。ここで、代表的な巻き上げの様子がわかる画像の、画像データを輝度の大きさ別に表したものを写真-1に示す。写真は砕波が通過した直後のもので、左下の底面付近で砂の巻き上げが開始している。

2. 3 輝度と濃度の関係：実験で光学式濃度計により計測した平均濃度 $\bar{C}$ と、その測点における平均輝度 $\bar{k}$ の比較をした。その結果を、図-1に示す。図から、輝度と濃度はほぼ比例関係にあることがわかり、両者の回帰式を求めた。

## 3. 解析結果と考察

3. 1 輝度と濃度の時系列データの比較：岸沖方向に同一地点で、底面からの高さが異なる測点での、輝度から求める濃度の時系列データと、実験において光学式濃度計により得られた濃度の時系列データを比較した。図-2より、画像データから得られる濃度は、濃度計の出力によるものと比べると、変化の仕方はほぼ一致しているが、極端に大きい濃度は評価できないことがわかる。これは、ビデオ画像において輝度に下限値があることや、ビデオ画像では、水槽の奥行き方向については重ね合ったものとなっていることが原因である。

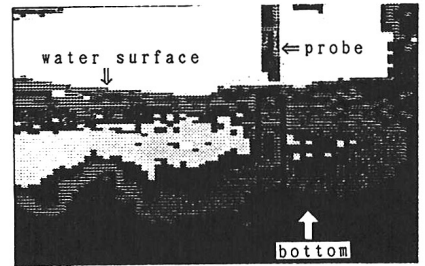


写真-1 輝度別の塗り分け

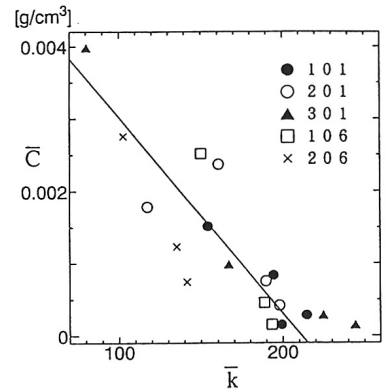


図-1 輝度と濃度の関係

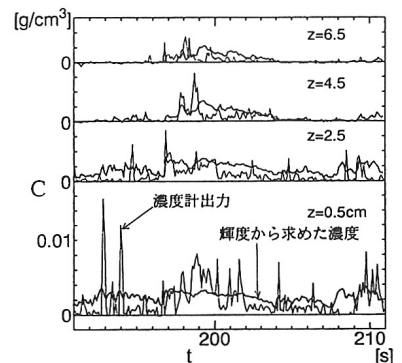


図-2 時系列データの比較

3. 2 砂の巻き上げ量の推定：画面上の一定領域内の輝度の積分値  $\Sigma k$  を、巻き上げ開始の瞬間から1/10秒毎に求めた。 $\Sigma k$  に、図-1から求めた回帰式を用いることにより、単位幅当たりの巻き上げ量  $M$  (g/cm) を推定した。これが図-3である。また、巻き上げ量が時間変化しながら最大になったときの巻き上げ量を、巻き上げ総量  $M_{max}$  と呼ぶことにするが、巻き上げ総量は波高と周期に密接に関係することが確認された。砕波による乱れは複雑な現象であり、また、用いたサンプルも少ないので、定式化するには至らなかったが、このように、従来の濃度計測ではなし得なかった評価を、ビデオ画像解析により行なうことができた。

3. 3 巻き上げの拡散速度：ビデオ画像を見ると、砕波による巻き上げは砂澁からのものとは拡散状況が異なると考えられ、画像の輝度解析では、輝度の小さい部分の変化量の違いとして表れてくると予想できる。図-4は、前項で用いた長方形の範囲内で、輝度がある一定値以下の画素数を調べ、実際の面積  $A$  に換算し、その時間変化を求めたものである。図で見比べると、砕波による巻き上げ (Type B) は、砂澁からの巻き上げ (Type R) に比して、巻き上げ後の広がり方にばらつきがあるように見える。

二次元の拡散現象に関する拡散方程式における拡散係数は、前項で用いた面積部分の等価値を考慮して、

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi} \frac{dA}{dt} \quad \dots (1)$$

と表せる。即ち図-4における傾きを、 $2\pi$  で除したものが拡散係数  $\varepsilon$  とみなすことができる。Type Rではほぼ一定で  $\varepsilon \approx 4$  (cm<sup>2</sup>/s) であるが、Type BではType Rのものとは比べるとばらつきが大きく、 $\varepsilon \approx 1 \sim 6$  (cm<sup>2</sup>/s) となった。佐藤・島谷・志村が用いたものは  $10^1$  (cm<sup>2</sup>/s) オーダーであったが、それよりは1桁小さいオーダーの結果が得られた。

#### 4. 結論

本研究では、不規則波条件に対して行った実験のビデオ画像を用いた解析の結果、次のような結論を得た。

- 1) 平均輝度と平均濃度の間には、ある範囲では比例関係が認められる。そのため、ビデオ画像解析から浮遊砂濃度を推定することができるが、極端に大きい濃度は評価できない。
- 2) 輝度の時間変動と浮遊砂濃度の時間変動を比較した結果、両者には高い相関が認められた。
- 3) ビデオ画像解析を用いると、砂の巻き上げ機構全体の把握が可能であり、一回の巻き上げによる巻き上げ総量が推定できる。
- 4) 波高と周期は巻き上げ総量の大きさに寄与する要因である。
- 5) 巻き上げ後の浮遊砂の拡散係数は  $10^0$  (cm<sup>2</sup>/s) 程度である。

参考文献：佐藤・島谷・志村 (1993)：不規則砕波帯における浮遊砂輸送量の解析法、海岸工学論文集、第40巻 (1)、pp. 321-325。

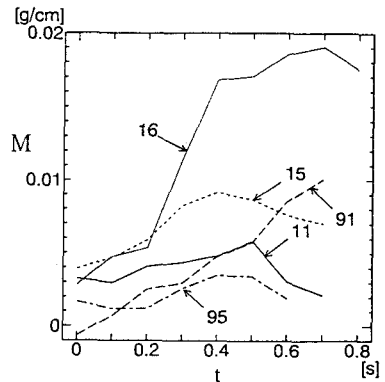


図-3 巻き上げ量の時間変化

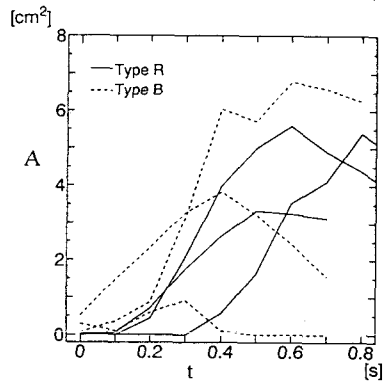


図-4 輝度一定値以下の面積の時間変化