

着水点直下の底質の巻き上げに関する実験的研究

(Experiment study on rolling up process of sediments under a plunging point)

北海道大学工学部 ○学生員 秀島 賢保(Yoshiyasu Hideshima)
 北海道大学工学研究科 正員 渡部 靖憲(Yasunori watanabe)
 北海道大学工学研究科 正員 佐伯 浩(Hiroshi Saiki)

1. はじめに

海底砂の巻き上げは漂砂量の予想さらには海岸線の変動に大きく寄与するパラメータであると考えられ、pick-up function等巻き上げ砂量に関するモデルが提案されている。一方、砕波帯は強い乱れが定常的に存在するため、この巻き上げ現象は顕著となり、浮遊砂の重要なソースと考えられる。さらに海浜流の卓越するこの領域では浮遊砂が容易に輸送されるため漂砂量の予想の観点では非常に重要な領域といえる。砕波後、流体運動は三次的な大規模渦を含む複雑な乱流へと遷移し、結果として大規模な空間的変動を伴う乱流せん断力によって海底砂が駆動される。しかしながら、この大規模渦構造中の固液混相乱流はその計測手法が存在しないため、固液間の速度あるいは乱れ相関等の相関相互作用に関する統計量や浮遊過程についてはほとんど未解明である。また、浮遊固体粒子が渦に巻き込まれると長時間に渡って沈降せず渦内で回転し続けるトラッピング(Tobby, 1977)が起こるため、砕波下の底質の挙動は極めて複雑なものとなる。

共著者ら(2001)は、三次元空間内を移動する粒子を三台のカメラで撮影し、ステレオグラムの原理からそれらは位置、速度を計測するDSPTV法を拡張し、容易かつ低コストで広領域計測を行うことができるPTVシステムを開発した。本研究では、このシステムを応用し、砕波帯内の個々の底粒子を追跡し、その速度分布を計測する。さらに波の位相、渦構造そして三次元的粒子輸送との関係が調べられた。粒子速度の統計について考察される。

2. 実験方法

3DSPTVによる可視化実験は、延長8m、幅0.25cm、高さ0.6m全面透明アクリル張りの可変勾配可視化造波水路で行われた。水路底部には着脱可能な砂層ポッドが配置され、砂留め等の障害のない流れを乱さない状態で移動床実験が可能である(図1参照)。砕波点から岸に向かって等間隔で計測が行われ、各計測領域の側方から三台のデジタルビデオカメラ(レコーディング周波数30Hz)で同時に底粒子の移動が撮影される。海水砂のシンプルなモデルとして粒径1mmの球型ガラスビーズが8cm厚で砂層ポッド内に敷設される。図2は砂層ポッド内のガラスビーズの敷設状況とビデオカメラの配置を表している。

粒子移動の初期位置を把握し、特定の粒子をトラックするために、蛍光着色された同一ガラスビーズが計測領域内の表層に配置される(図2参照)。粒子を蛍光発色させるため、UVライトが水槽側方から照射される。

撮影された画像はインターレース処理が、ガウシアンフィルターによるノイズ除去、トップハットフィルターによる背景色処理を経て、適当なしきい値による二値化

と重心の特定が画像中の全ての粒子に対して行われる。同時刻の三台のカメラで撮影された画像は奥村ら(2001)の方法に従って合成され、各粒子座標及び粒子速度が決定される。

入射波浪は周波数0.40Hz、初期波高40cm、砕波水深13.8cmであった。

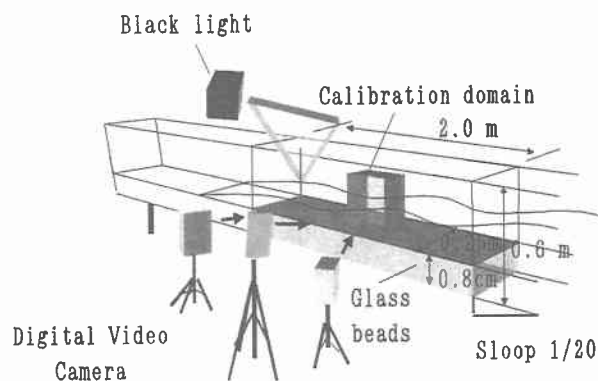


図-1 実験装置

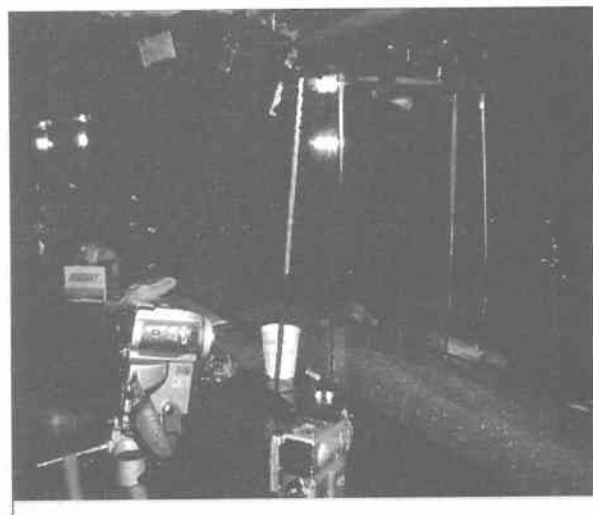


図-2 蛍光粒子飛散状況

3. 結果

図3は、砕波通過後、底面表層の蛍光粒子群が巻き上がっている状態のスナップショットである。連続する波に対してこのような巻き上がりは砕波フロント通過後数百msec後に発生するものもあれば、ほとんど巻き上がらない波もあり、非常に間欠性の高い現象であることが確認された。また微細混入気泡が長時間流体内に滞留し、

砕波下の大規模渦内で固体粒子と共に運動している様子も確認された。これは粒子の巻き上がり時に気泡が何らかの影響を与えていることを示唆するものである。

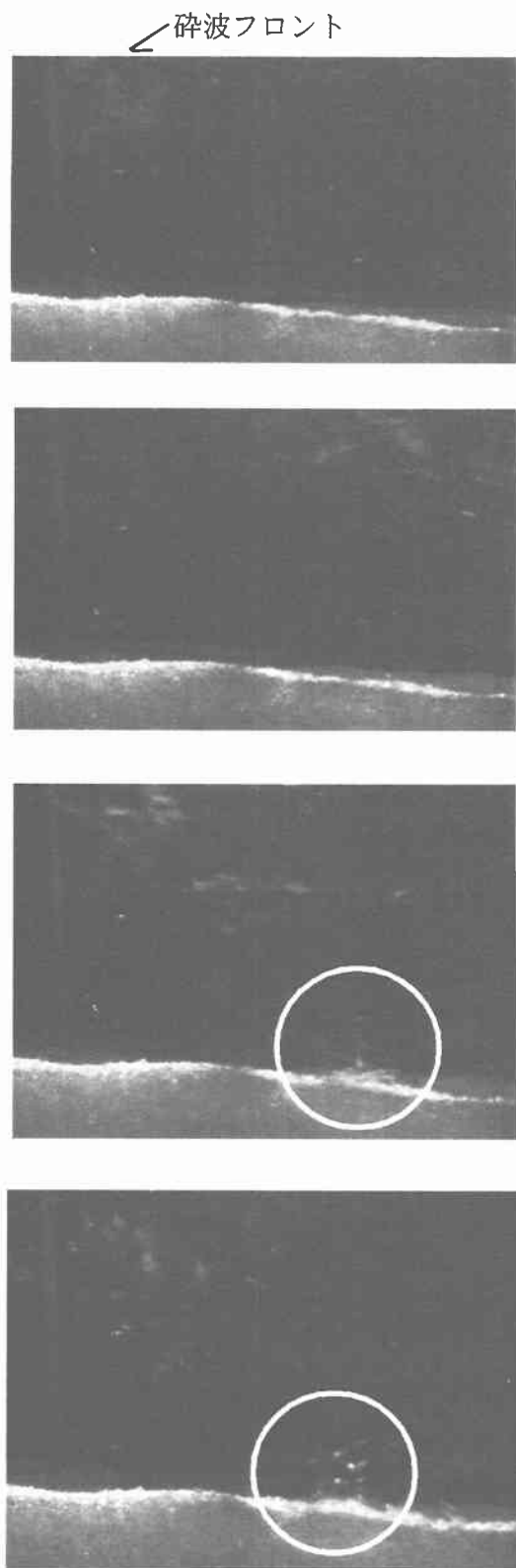


図-3 砕波フロント通過後の底粒子浮遊過程
(瞬間間隔0.2秒)

図-4は、水面波位置周期にわたる検出された蛍光粒子の位置とその速度ベクトルの一例を示したものである。底面表層の粒子が底面に沿って層流状に移動し、また完全にはないが浮遊粒子の軌道が計測されているのが分かる。しかしながら、検出粒子の数ならびに混入気泡との粒子の判別にさらなる改善の余地があり、砕波による水平渦とに対応した粒子軌道は得ることができなかった。

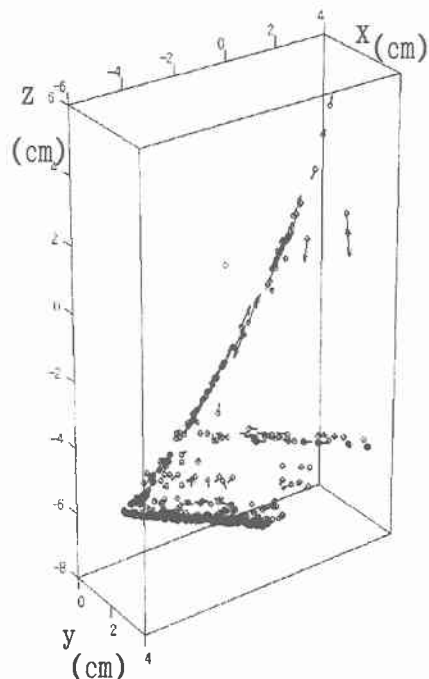


図-4 粒子速度と速度分布

4. 結論

三次元 PTV 法を砕波帯下の海底砂の移動と浮遊砂現象に応用した。ジェットの着水及びボアの到達時刻とを貞操粒子の巻き上げにはある程度のラグが存在する。これは浮遊が生成された水平渦の底面に到達する時間に依存するためと考えられる。

本 PTV 法により、底面表層の掃流粒子の移動及び鉛直方向に変位する粒子の軌道をおおよそとらえることができた。しかしながら、高速移動する大規模渦に巻き上げられた粒子軌道を得ることができなかった。本手法の更なる高精度化が必要である。微粒子を動画像処理により検出するためには、ライティングと画像のフィルタリングが重要な作業となるが、この領域の計測には、混入気泡と粒子の区別をするために特別な処理が必要となる。本 PTV 法においても、この処理が改善すべき問題であり、今後新たな処理方法を考える必要がある。

参考文献

- 奥村悠樹・渡部靖憲・加藤雅也・佐伯浩 (2001): 砕波帯内の 3 次元流速の実験的評価、海岸工学論文集、第 48 巻、pp.96-100.
- Tobby F. Paul, Wick L. Gerald, and Isaacs D. John (1977): The Motion of a Small Sphere in a Rotating Velocity Field:, Journal of georical reserch vol.82,no15