

インデックスマッチング法を用いた砂層内部の可視化に関する基礎的研究

神戸高専専攻科 都市工学専攻 学生会員 ○岩佐 勇毅 神戸高専 都市工学科 正会員 柿木 哲哉
 神戸高専 都市工学科 フェロー 辻本 剛三 神戸高専 都市工学科 正会員 宇野 宏司

1.研究の目的

砂浜は外力に応じて堆積と侵食を生じ、また底質の分級を伴いながら地形変化する。海浜における底質の分級作用が粒度の空間分布を生じさせることも古くから知られている。しかし、流体運動のどのような作用によって分級が進行しているかについて、実験的にその内部機構を直接的に明らかにした例はあまりない。その理由は、当然ながら、砂が不透明だからである。写真1は砂の斜面上の遡上波先端の可視化画像である。これは水槽のガラス側面ごく近傍に鉛直2次元の可視化断面を作成し、撮影したものである。この画像にFFTやMeanshiftなどのフィルタを施し、砂とそれ以外を閾値によって切り分けた2値化画像が図1である。それでも精々、底面下数mm～5mmが粒子解析できる程度で、高濃度浮遊砂も粒子解析不能である。そこで、本研究では固液の屈折率を一致させるインデックスマッチング法を用いて底面内部を可視化し、底質粒度の変化を直接観察し、流体運動と分級作用の仕組みを明らかにするのが目的である。

2.研究内容

(1)実験装置 実験は小型の2次元造波水路（長さ200cm、幅5cm、高さ20cm）を用い、造波はプランジャー式とした（図2）。造波装置反対側の水路長さの半分を斜面とし、勾配は1/10程度である。斜面材料はパイレックス7740(比重2.32, 屈折率1.474,)を粉砕したものをを用いた。粉砕ガラスはふるい目0.6mm～0.2mmに残留したものを使用し、中央粒径は0.40mmである。空中や真水中では白色不透明であるため、斜面内部を透明化するには、パイレックスと屈折率の等しい流体を使う必要がある。また屈折率は入射光の波長により変化するため、可視化レーザー（Nd-YAG, 波長532nm）に合わせて屈折率を調整する必要がある。これは既往の研究（松井ら, 1998）を参考に、NaI水溶液を重量濃度56.4wt%（動粘性係数 $0.0165\text{cm}^2/\text{s}$ （ウベローデ式で実測）、比重1.71）として粉砕ガラスと屈折率をマッチングした。斜面を全てパイレックスで作成すると全体が透明になり、可視化できないため、トレーサーとして普通の砂（比重2.62, 中央粒径0.36mm）を投入前のドライの状態に混入した。砂の混入率は重量比3%, 5%, 10%～50%で試験したが、5%を超えると可視化画像に砂が映り過ぎ、画像の粒子解析が困難であった。また、砂が均等に散らばっている限り、5%程度で問題ないが、分級が進行すると砂の存在率が変化するため、やや低い3%とした。実験中は粉砕ガラスと砂の両方が浮遊するが、ガラスは殆ど見えないため、まばらな砂が可視化されるだけである。従って、高濃度の浮遊砂雲の内部も観察できる。さらに、NaI水溶液に少量混じった細粒分がトレーサーとなり、こうした高濃度の浮遊砂雲中の流動も観察できるため、可視化されている砂の粒子解析とPIV解析を同時に行った。鉛直2次元の可視化断面は水槽のガラス側壁から1cm奥に設けているため水槽側壁の影響は少ない。

(2)実験ケース (i)堆積型, (ii)中間型, (iii)侵食型の地形を形成する条件で行い、順に、(i)沖波波高=2.0cm, 周期=2.0s, (ii)沖波波高=2.5cm, 周期=1.8s, (iii)沖波波高=3.0cm, 周期=1.6s, 水深は9.8cmとした。

3.主要な結論

(1)インデックスマッチング法により底面内部を透明化し、斜面内の断層撮影ができた。(2)図3a～図3fは造波装置から120cmの解析領域に形成された砂漣の様子を撮影し、画像解析（粒子解析, PIV解析）した結果で、2分ごとの結果である。図中の赤丸は砂粒子の位置とサイズを表す。また、図中のベクトルは1周期平均の流速ベクトルを表し、スケールは各図の右上に示す。造波初期には均等に分布していた砂粒子が底面に作用する流動により分級され、砂漣頂部に粒径の大きい砂が集合する様子を捉えることができた。また、砂漣近傍の浮遊砂濃度の高い領域のPIV解析も容易であった。その他、詳細は講演時に述べる。

キーワード：インデックスマッチング、漂砂、可視化

連絡先：kakinoki@kobe-kosen.ac.jp

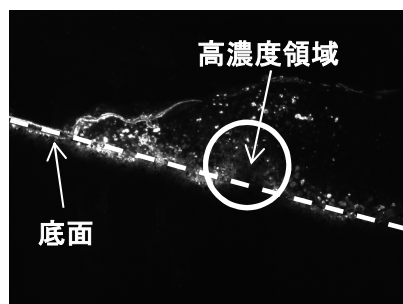


写真1 遡上波先端部の可視化画像

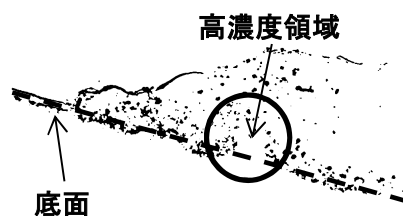


図1 写真1の2値化画像

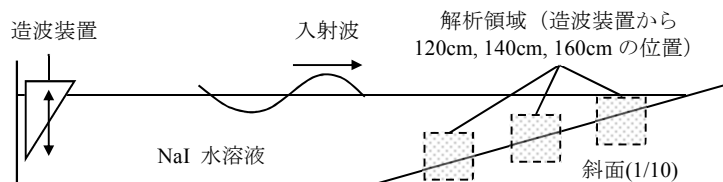


図2 実験装置

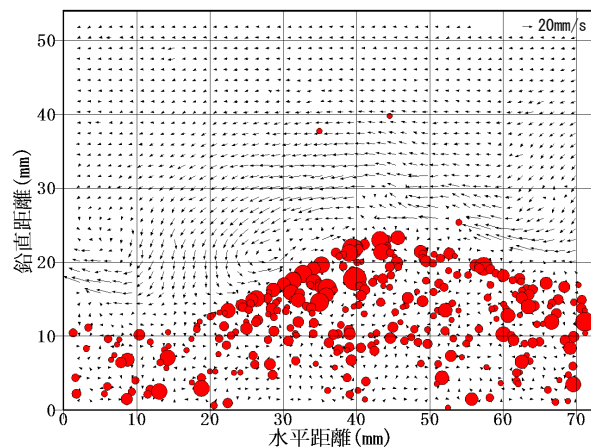


図3c 画像解析結果(造波開始4分後)

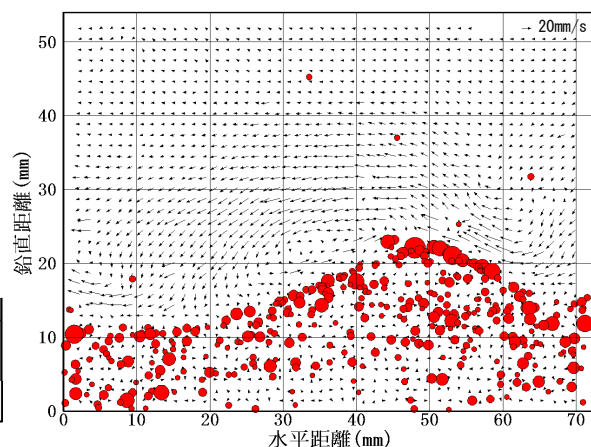


図3d 画像解析結果(造波開始6分後)

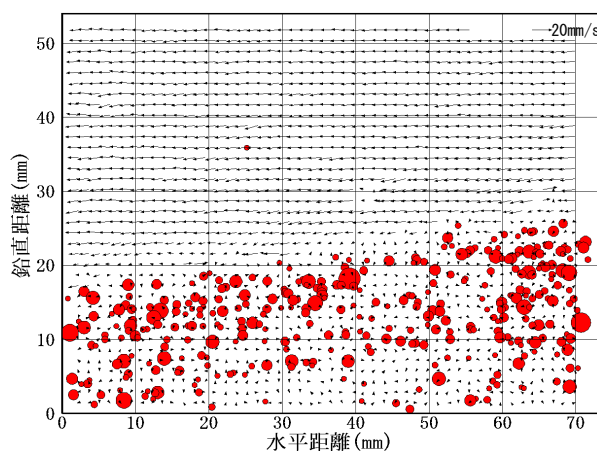


図3a 画像解析結果(造波開始直後)

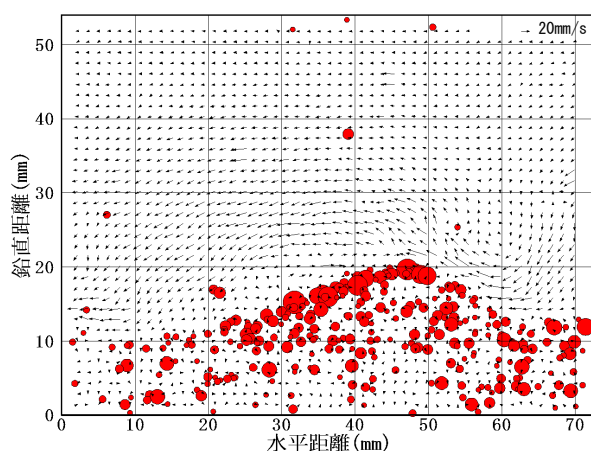


図3e 画像解析結果(造波開始8分後)

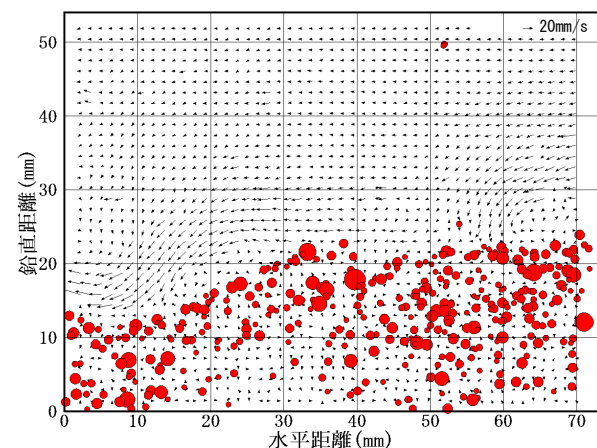


図3b 画像解析結果(造波開始2分後)

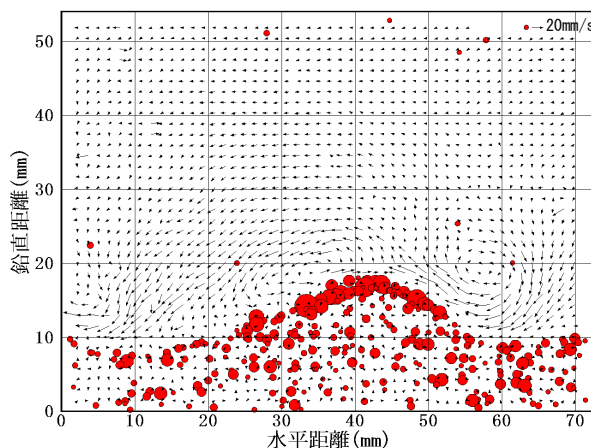


図3f 画像解析結果(造波開始10分後)