

II-112 可視化手法による粒子の浮遊様式について

大同工業大学大学院 学生員 O森中 雄大
大同工業大学 正員 久保田 稔

1. はじめに 今回著者らは、粒子の浮遊様式を詳細に検討するためにCCDビデオカメラ2台を用いて可視化実験を行い、画像解析より得た粒子の座標値に各種の補正をほどこし、粒子の軌跡について分類を行った。

2. 実験方法 全長24mの変勾配式実験水路(勾配1/500)内に、砂堆形状をモデル化したアクリル製の模型(全長6m)を設置して、流量を3種類($Q=25, 30, 35 \text{ l/s}$)に変化させ、砂堆形状模型の1河床波上を直径5mmのプロペラ流速計で流速を測定するとともにCCDビデオカメラ2台を用いて粒子の軌跡を可視化した。

可視化については、図-1に示すように砂堆形状模型の上流側先端部より4.73m下流の峰の中央部から直径6mm、比重1.17のアクリル製の球をトレーサ粒子として放出し、粒子放出口を含む水路上方側と側方側の2ヶ所にそれぞれCCDビデオカメラを設置して同時刻における粒子運動を撮影した。なお、2台のCCDビデオカメラによる画像(撮影時刻も含む)を、1つの画面上に表示した。粒子の軌跡については画像解析装置(PIAS, LA-555)を用いて粒子が放出口を離れる瞬間から、粒子の動きが停止するまで時間間隔 $\Delta T (=0.03 \text{ 秒})$ ごとに粒子の移動座標値を読み取った。

3. 粒子の移動座標値の補正および補正結果

画像解析によって得られた粒子の移動座標値には、以下の3種類の誤差が含まれている。つまり、①カメラの回転による軸のずれ、②2画面のスケールの違い、③各画面での奥行き方向の座標値の歪。そこで、粒子の正確な軌跡を得るために、1河床波の峰と谷の各部分に合計21個の既知点を設置した後、その既知点を用いて、まずカメラの回転による軸のずれを補正し、次に2画面の統一したスケールとして1画素あたり1mmにした。最後に、座標値の精度に大きく関与している各画面での奥行き方向の歪の補正を行った。

図-2 aは補正前の粒子の軌跡である。同図よ

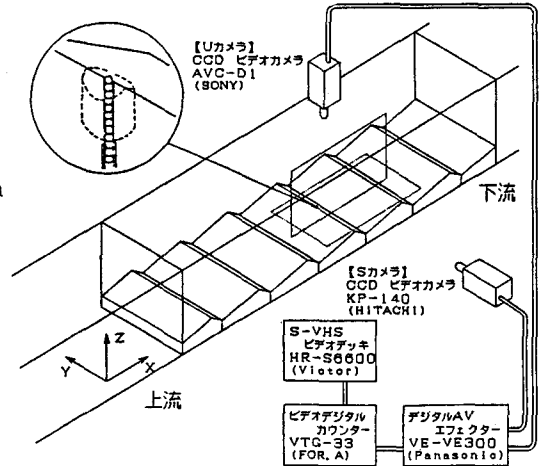


図-1 可視化実験図

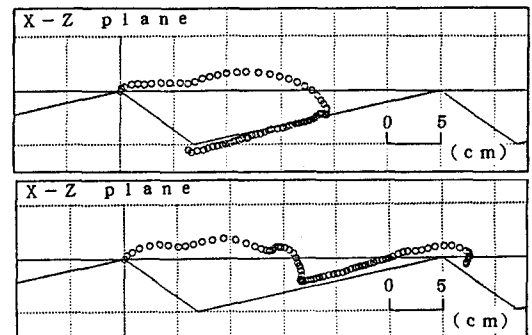


図-2 a 補正前の粒子の軌跡

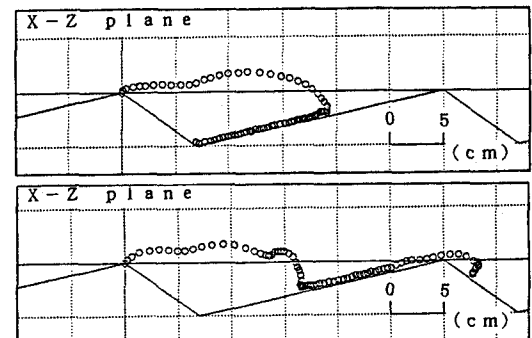


図-2 b 補正後の粒子の軌跡

り、粒子が水路幅方向で奥から手前に向かって移動している場合は、路床に入り込んでるように観察され、また、粒子が手前から奥に向かって移動している場合は、路床近くを浮遊しているように観察される。一方、図-2bは補正後の粒子の軌跡であり、浮遊が終了した粒子はそれぞれ路床に接して移動しており、極めて良い精度で補正されたと考えられる。なお、補正前の粒子の座標値の誤差は最大7mmであった。

表-1 画像解析で対象とした浮遊粒子数

流量 (ℓ/s)	25	30	35
浮遊した粒子数	793	1716	1314
浮遊しなかった粒子数	407	159	32
可視化実験での粒子数	1200	1875	1346

4. 粒子の浮遊様式について

表-1は、画像解析で対象とした浮遊粒子と流量との関係であり、同表中には浮遊しなかった粒子の個数も記入してある。同表より、流量が増加するとともに浮遊する粒子の割合が高くなっている。

図-3は、粒子の浮遊様式について分類した模式図である。ここで、NSは弧を描いて落下する浮遊軌跡、USは落下している途中で再び上昇した後に弧を描いて落下する浮遊軌跡、DSは、落下している途中で下流方向に引っ張られるように再び弧を描く浮遊軌跡とした。

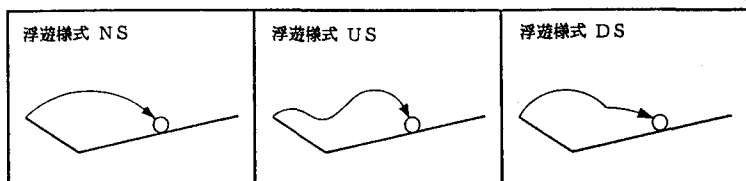


図-3 浮遊様式の模式図

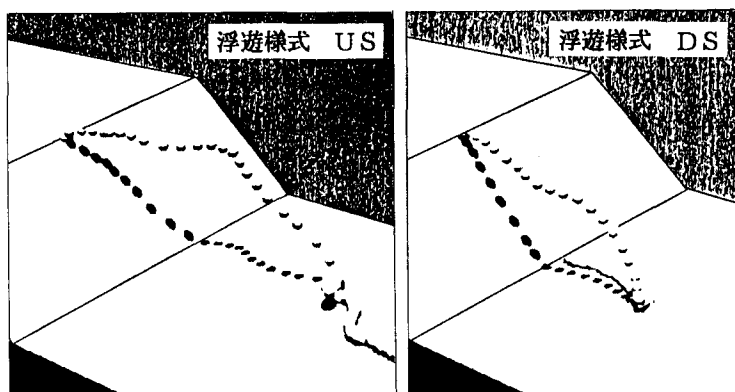


図-4 レイトレーシング手法で表示した浮遊様式

粒子の浮遊様式を検討するため

に、レイトレーシング手法を用いて、各粒子の軌跡を図-4のように表示した。同図より、粒子の浮遊軌跡が現実的に再現されていると考えている。

図-5は、浮遊様式NS、US、DS、と流量との関係である。同図から、浮遊粒子の軌跡は、流量が増加するとともにNSの浮遊様式の割合が減少するのに対し、USとDSの浮遊様式の割合が多くなり、さらにDSの割合は流量が増加するとUSの割合と同様になっている。流量の増加による浮遊様式の変化に関しては、無論、流れ場構造の詳細な検討が必要ではあるが、少なくとも図-5の結果より、流量の増加とともに流れ場の構造が大きく異なり、USやDSのような複雑な挙動を示す粒子の割合が多くなるものと考えている。

5. おわりに 粒子の浮遊様式を定性的に分類した。現在水素気泡法および離散渦法などの手法で流れ場構造を詳細に検討している最中である。なお、講演時には、浮遊粒子に作用する時々刻々の揚力係数および抗力係数について述べる予定である。

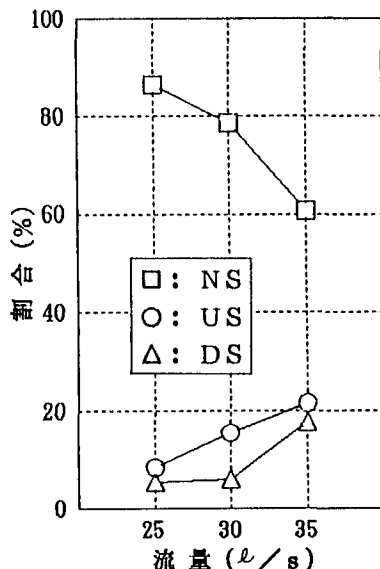


図-5 浮遊様式と流量との関係