

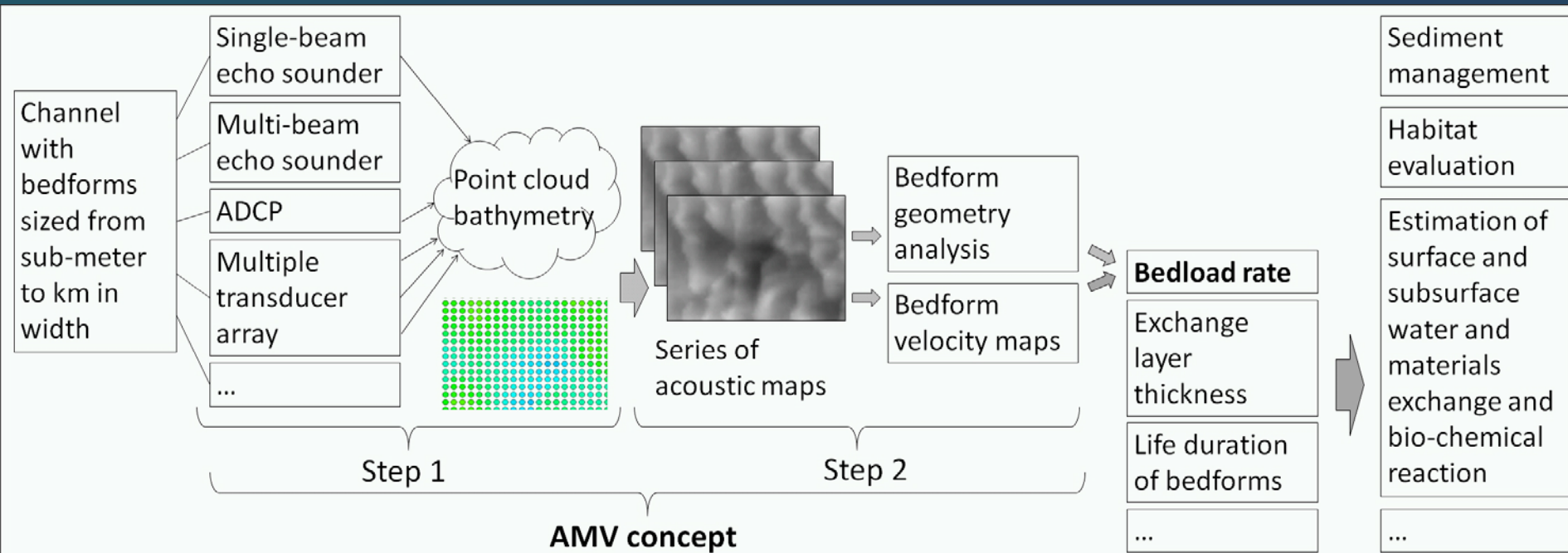
砂堆上の粒子計測 の試み

椿 涼太

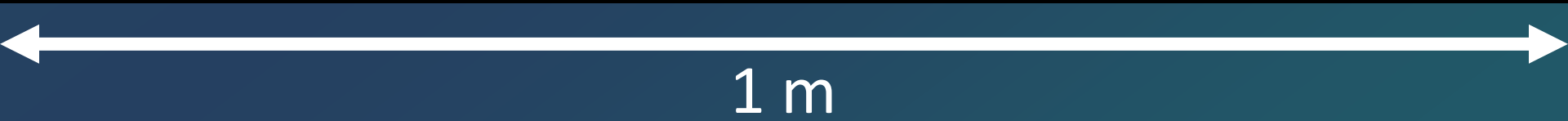
@北海道河川財団

2017/7/11

河床波と土砂輸送量



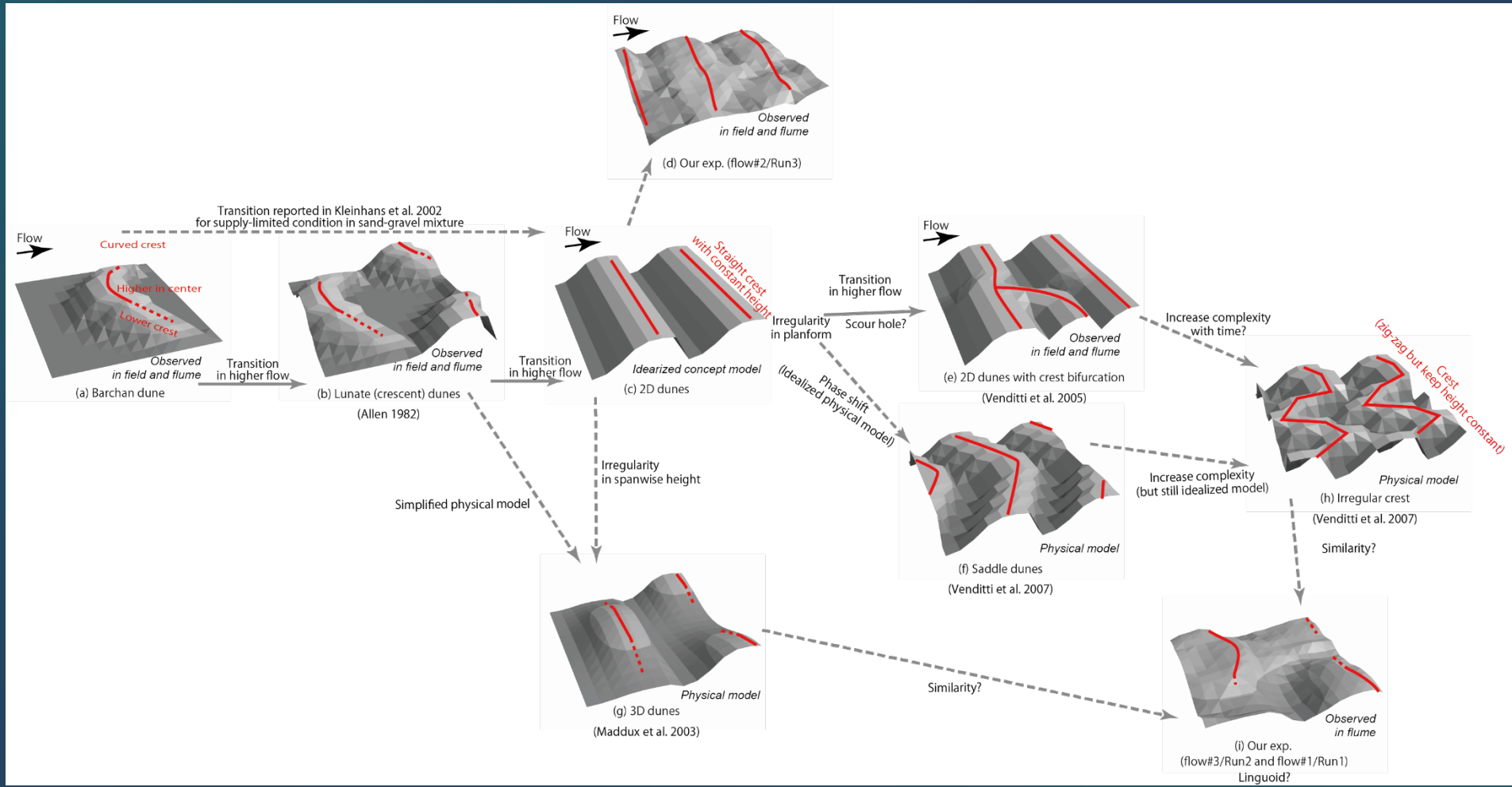
2次元の高精細・高頻度河床データを前提→PIV的に伝搬速度の空間分布を評価→流砂量の空間分布



1 m

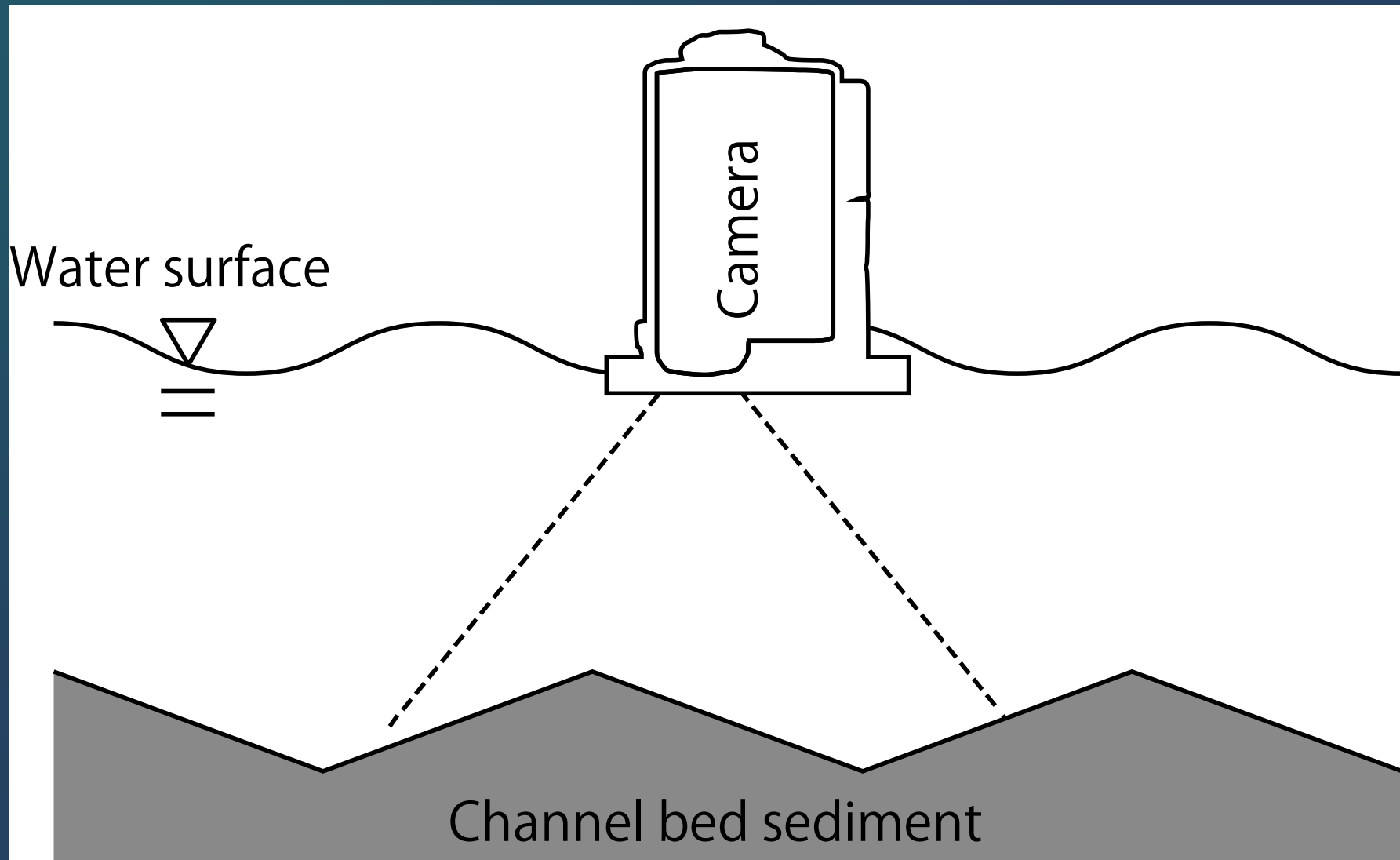


2次元と3次元砂堆



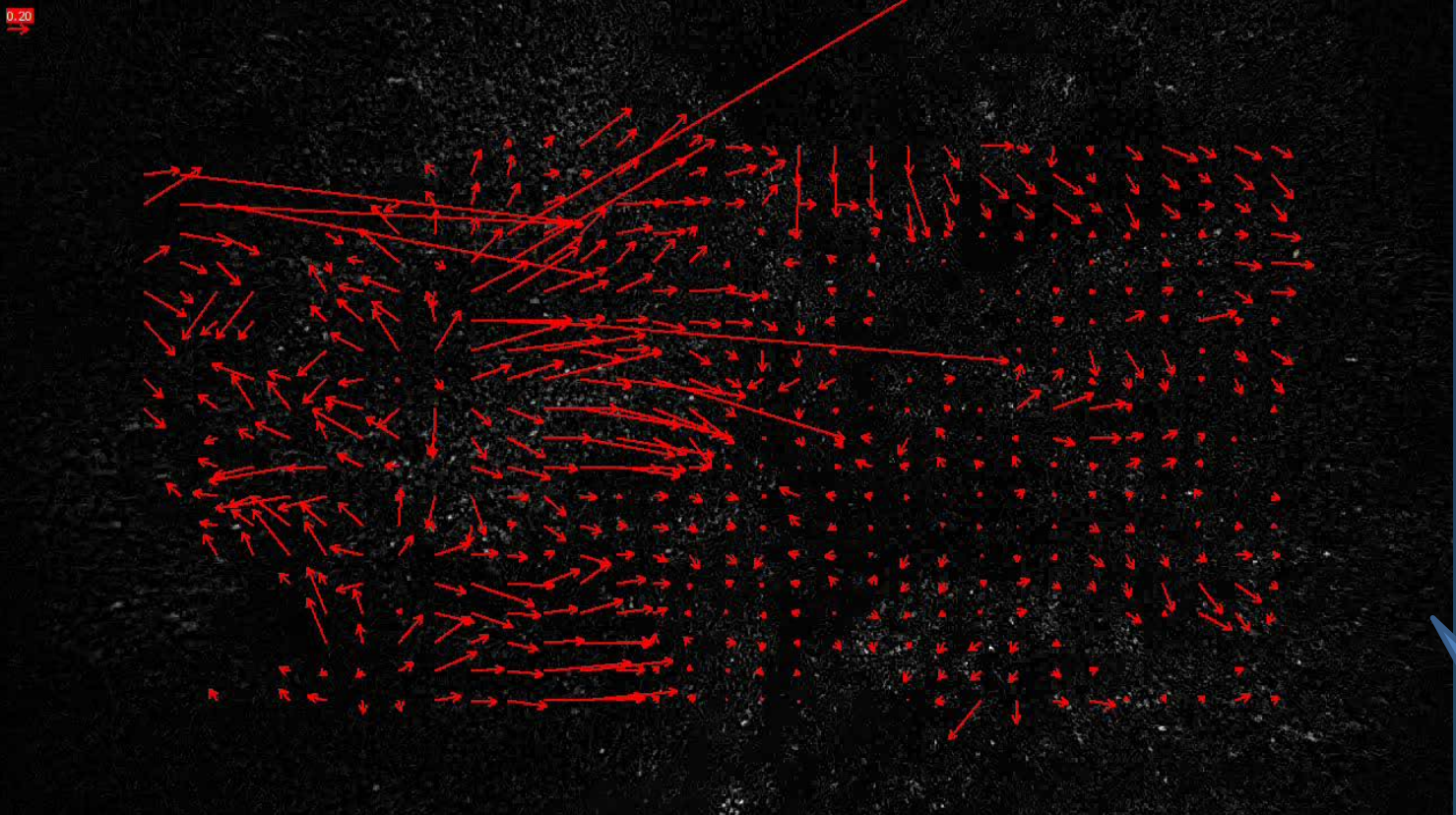
2次元と3次元砂堆

- 3次元砂堆については比較的知見が限られる
- 河床形状, 水理量, 粒径などの関係は検討されている
- 粒子運動と砂堆の生成・移動・変遷については実験はほとんどない (清水らが2次元砂堆の粒子運動について実験あり)
 - 砂堆を固定した実験などが多い
 - 3次元砂堆についても数値計算で計算されるようになってきたが, 実験は見当たらない

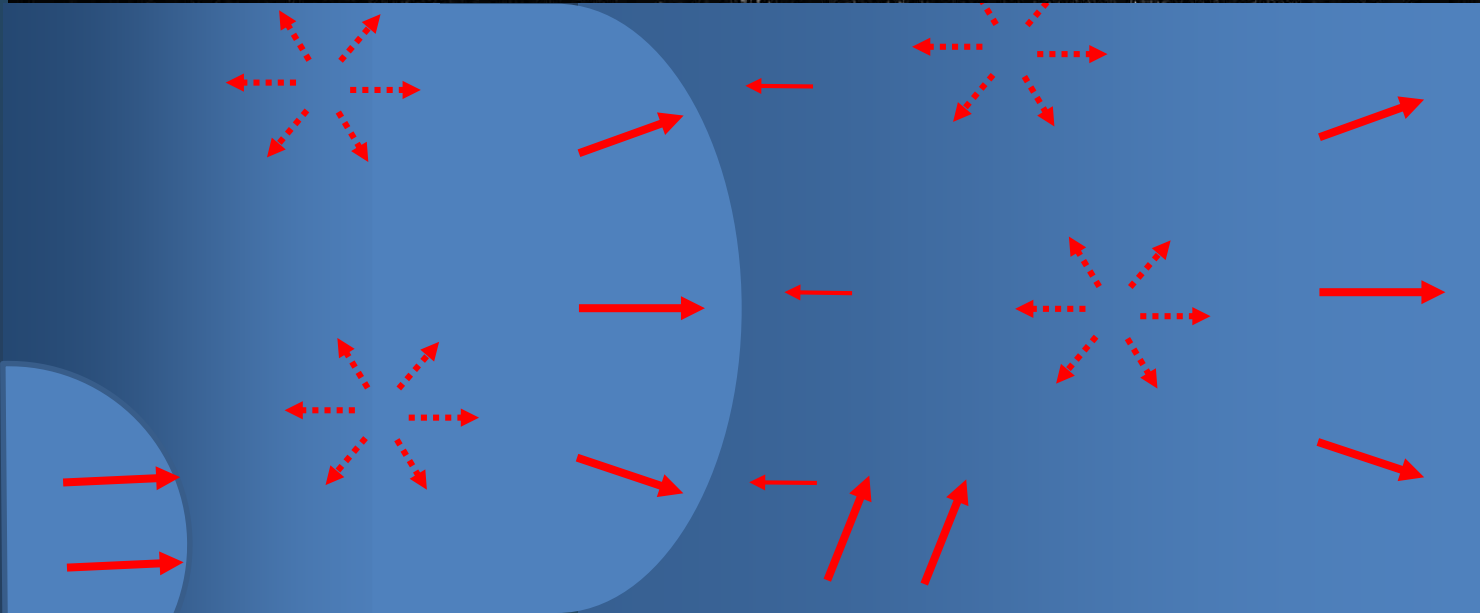




¼倍速



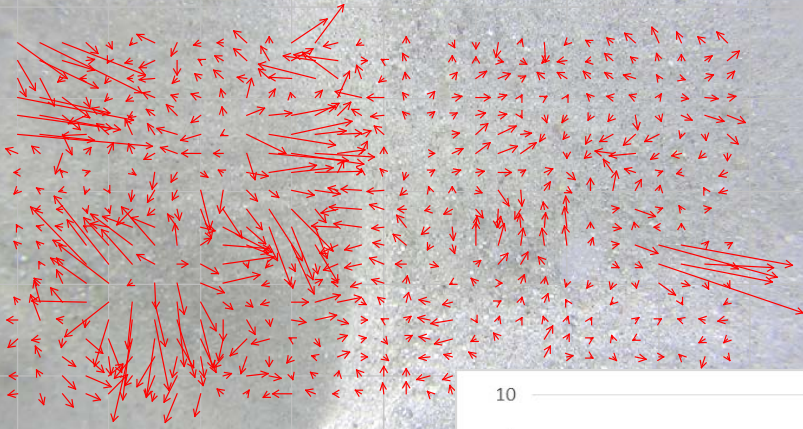
¼倍速



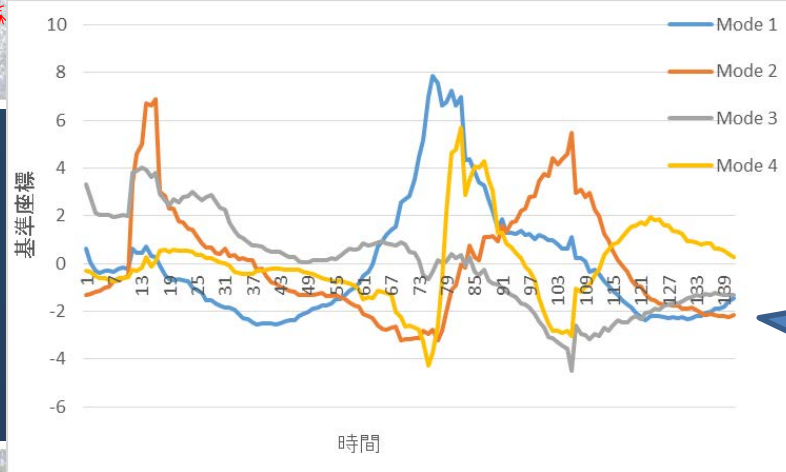
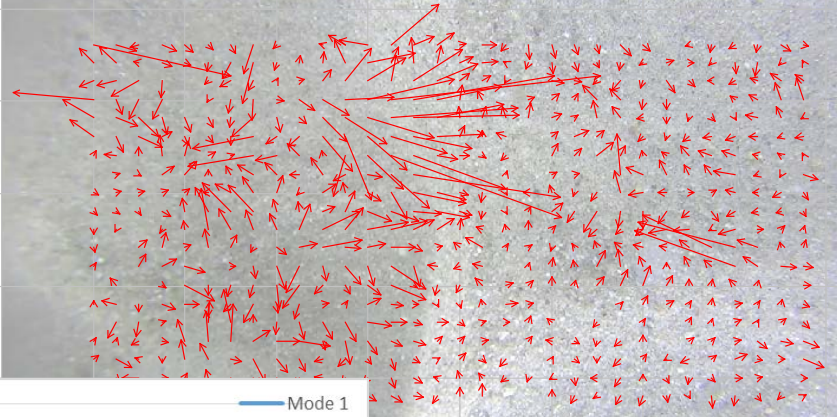
Proper Orthogonal Decomposition

- 時空間データを、空間データ×時系列変化として表現する（空間パターンと時間変化を分離する）
- 一般的に、一つの組み合わせでは表現できないので、複数の組み合わせ（モード）で表現する
- 全体の変動に対する各モードの寄与率を計算できる
- 円運動（渦）などは複数のモードの組み合わせにより表現される

Mode 1

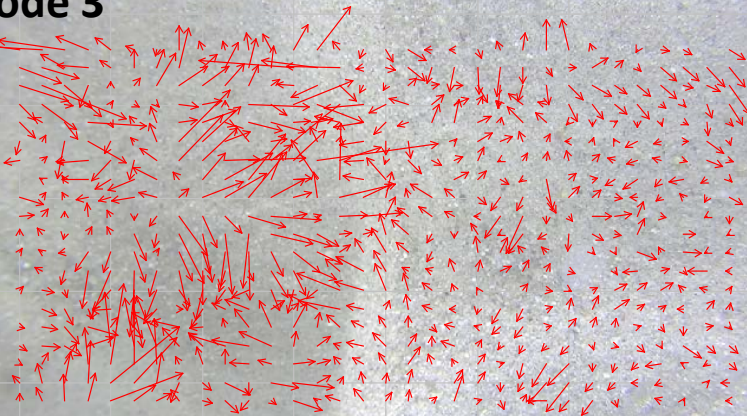


Mode 2

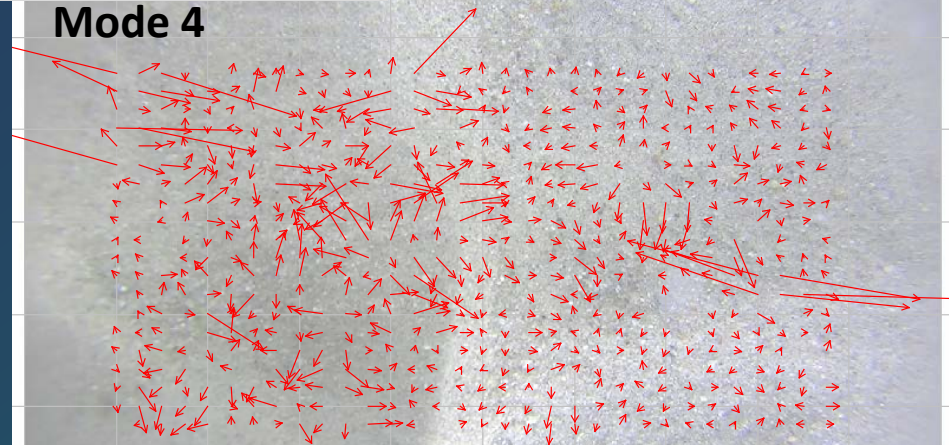


1秒弱の周期の
間欠的運動

Mode 3



Mode 4



ここまでのまとめ

間欠的な下向きの衝突により土砂が発散するプロセスが土砂移動量や形を規定している。

PIV的に分析すると、土砂の空間平均移動速度はわかるが、土砂移動量がよくわからない。

PTV的に個別粒子を追跡すれば、よりプロセスに踏み込んだ議論ができる？（できれば3次元的に）

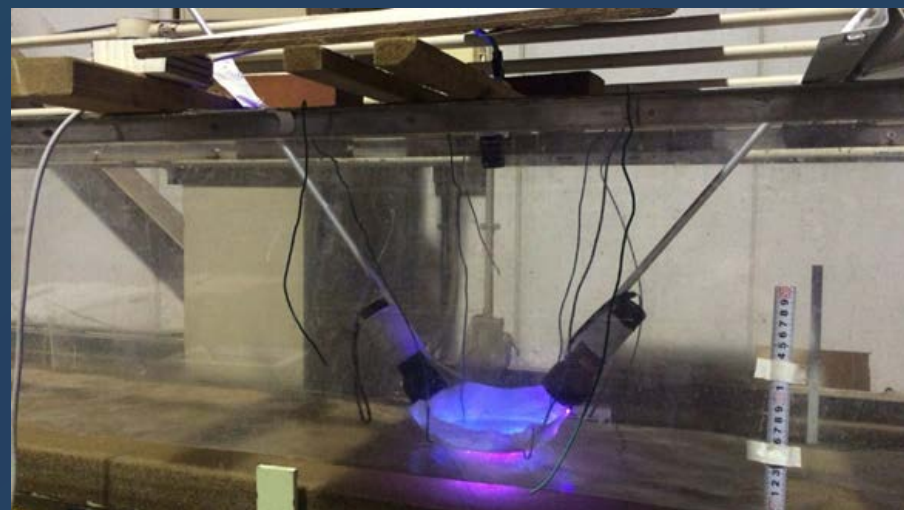
実験方法



砂粒子



着色した砂粒子



動画撮影時の様子

1000:1で混ぜ合わせる

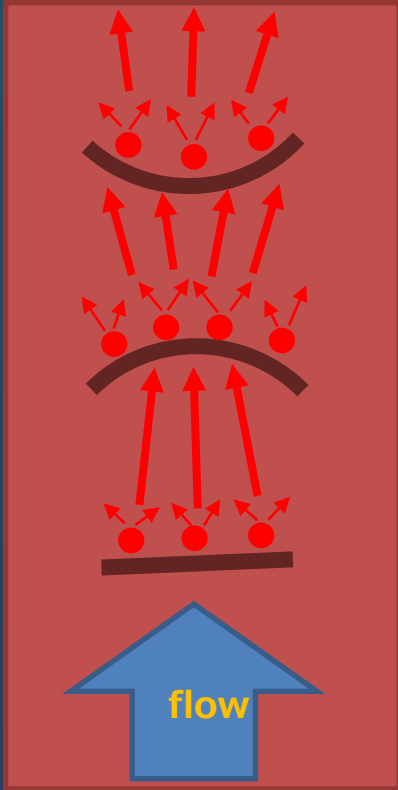
ブラックライトを当てる

着色粒子のみを蛍光により
画像的に区別する

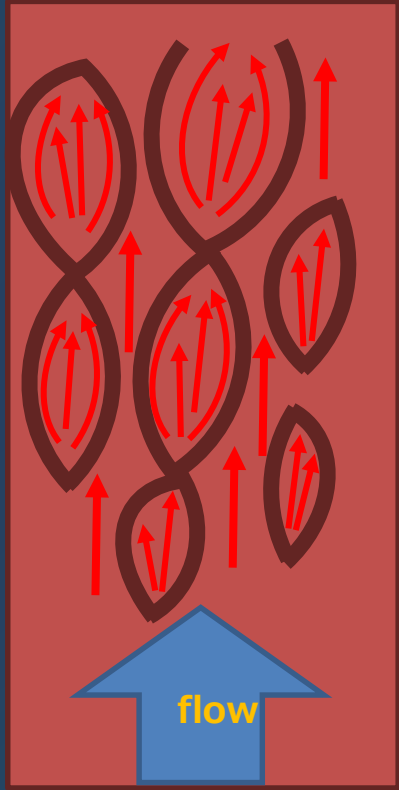
目視による軌道の概略図

クレスト前方
留まるか、
横断方向へ動く

クレスト背後
流下方向へ動く



CaseA



CaseB

クレストに囲われ窪んだ部分
中央は流下方向へ移動
クレスト近くではクレストに沿う

クレストの部分
流下方向へ動く

マクロな河床波の伝搬速度

| Case | τ (N/m ²) | U ₀ (m/s) | 河床の移動速度 (cm/s) | 波高(cm) | Q _b (g/s) | 実測値 Q _b (g/s) |
|------|----------------------------|-------------------------|-------------------|--------|----------------------|-----------------------------|
| A | 261 | 47 | 0.92 | 1 | 26.1 | 4.1 |
| B | 392 | 59 | 0.77 | 1 | 21.8 | 34 |

底面せん断応力が大きく、土砂移動量が多いCase Bのほうが、マクロな河床波の伝搬速度が小さい

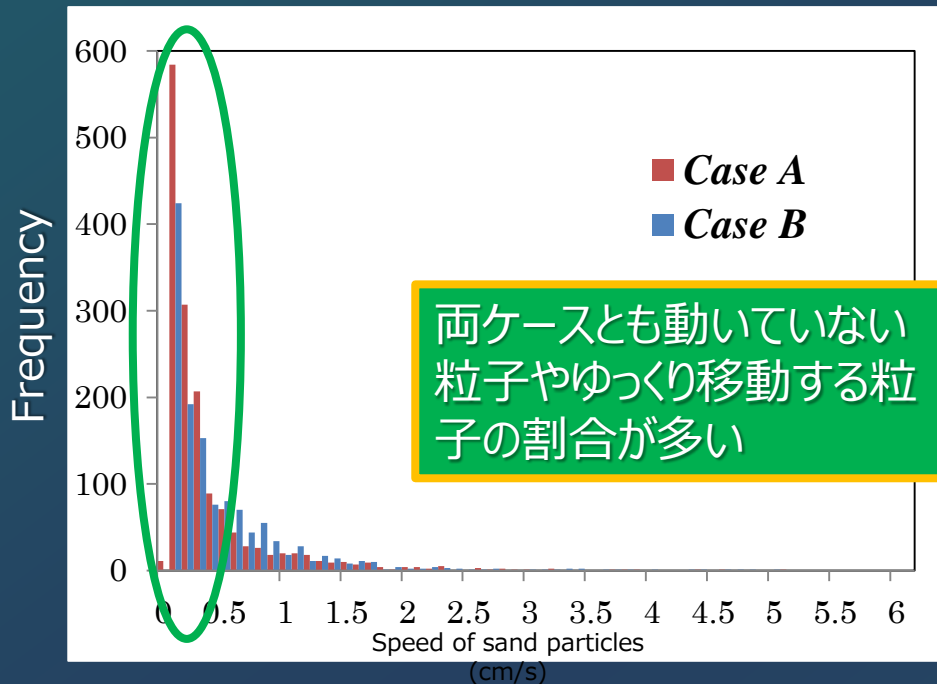
→河床波の移動速度から土砂移動量を推定するとCase Bでは大幅に過小評価しそう

←前半で行ったMusteらの三次元砂堆では、そうでもなかった

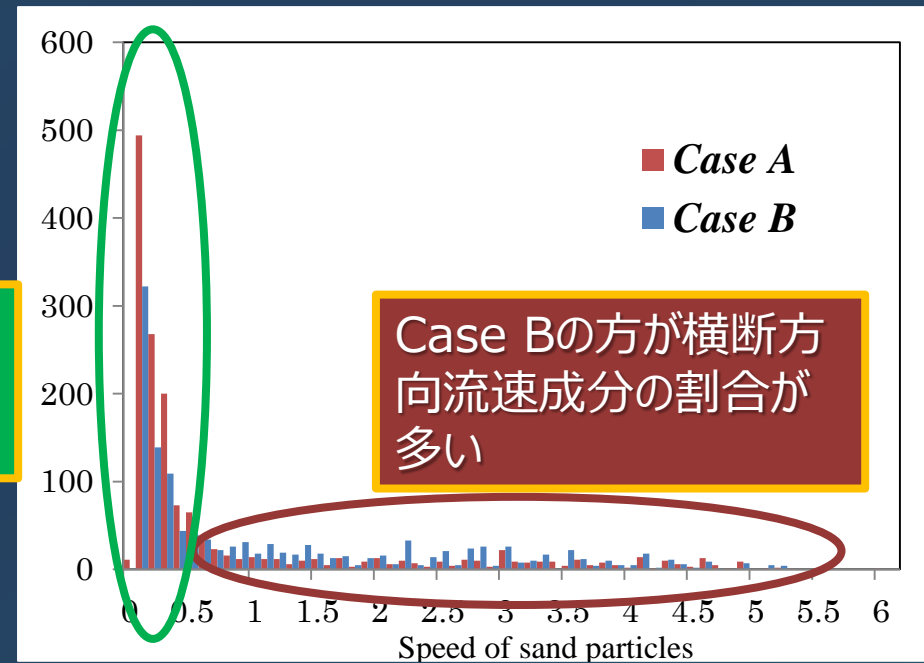
実測値はサンプリング時間が短く量は正確でない

(給砂を行っていないので、画像を取りながらサンプリングするのがむずかしい・・・)

粒子の移動速度のヒストグラム



粒子の流下方向速度成分



粒子の横断方向速度成分

まとめ

- マクロな河床波の伝搬速度の分析により流砂量の算定はできるが、条件により過小評価する場合がある
- 移動粒子だけを抽出した画像を利用して、PIV的に移動パターンを分析した
 - 間欠的な下降流で粒子が二次元的に発散する様子をとらえた
- 蛍光塗料をつかった粒子追跡により、平面的な粒子の移動状況の時間変化を計測できた
 - 統計分析により、河床形状の三次元性の影響は横断方向成分に表れ、河床波の形成については、流下方向の頻度分布、とくに粒子遡上に表れていた。

謝辞

- 前半のPIV実験については, Marian MUSTE@University of Iowa Sandor BARANYA@Budapest University of Technology and Economicsとの共同研究の成果です.
- 後半のPTV実験については, 広島大学 河原能久教授, 北村 旭君との共同研究の成果です.
- 実験等で他にも多数の方に協力いただきました.
- ここに記して謝意を表します.

出典

- Muste, M., Baranya, S., Tsubaki, R., Kim, D., Ho, H., Tsai, H. and Law, D.: Acoustic mapping velocimetry, Water Resources Research, Vol. 52, Issue 5, doi: 10.1002/2015WR018354, 2016.5.
- 北村 旭, 河原 能久, 椿 涼太 : 砂堆上の個別砂粒子の移動計測の試み, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.73, No.4, I_529-I_534, 2017.3.