

氾濫原での粒径別の土砂堆積 を考慮した洪水氾濫の解析

- | | | |
|-------|-------|--------------|
| ○脇谷 新 | (株式会社 | ハイドロ総合技術研究所) |
| 中谷 鷹 | (株式会社 | ハイドロ総合技術研究所) |
| 小柴孝太 | (京都大学 | 防災研究所) |
| 和田桂子 | (京都大学 | 防災研究所) |
| 川池健司 | (京都大学 | 防災研究所) |

背景と目的：洪水浸水想定区域図と土砂堆積リスク

洪水浸水想定区域図

洪水リスクとして全国で公開されているが、土砂は考慮されていない

土砂堆積リスク

大量の土砂を含む災害が発生しているが、土砂堆積リスクの表示はされていない

氾濫計算の精度向上

住民にリスク情報の提供

土砂を考慮した浸水計算の高度化の必要がある

しかし、氾濫原を対象とした土砂・洪水の知見は多くない

例：単一粒径で解析している

氾濫原を対象とした土砂の堆積実験が実施されている

目的

先行して実施された実験の再現解析を通して、粒径別の土砂を考慮した洪水氾濫解析の課題を検討する

流れ

① 実験概要



② 解析モデル



③ 解析と実験の比較

①実験概要：実験条件

出典：脇谷ほか：建物配置と粒径が洪水氾濫時の土砂堆積に与える影響に関する実験的研究

実験目的 氾濫原において**粒径**の違いが土砂堆積分布に及ぼす影響

実験概要

- ①水路に水を供給
- ②切り欠き中央で土砂を供給（供給された土砂は氾濫台に堆積）
- ③氾濫水を氾濫台の外に排出

表 実験条件

項目	条件
流量	5 L/s 一定
土砂供給量	0.0026 L/s 一定
土砂粒径	0.4mm、0.2mm、0.1mm
初期河床	土砂なし
実験時間	13 分（土砂供給時間）

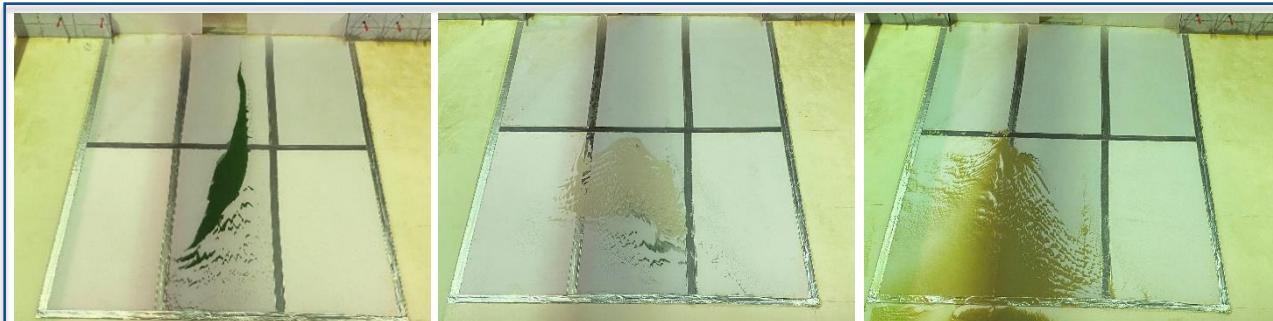


図 実験終了後の堆積分布例（左から0.4、0.2、0.1mm）

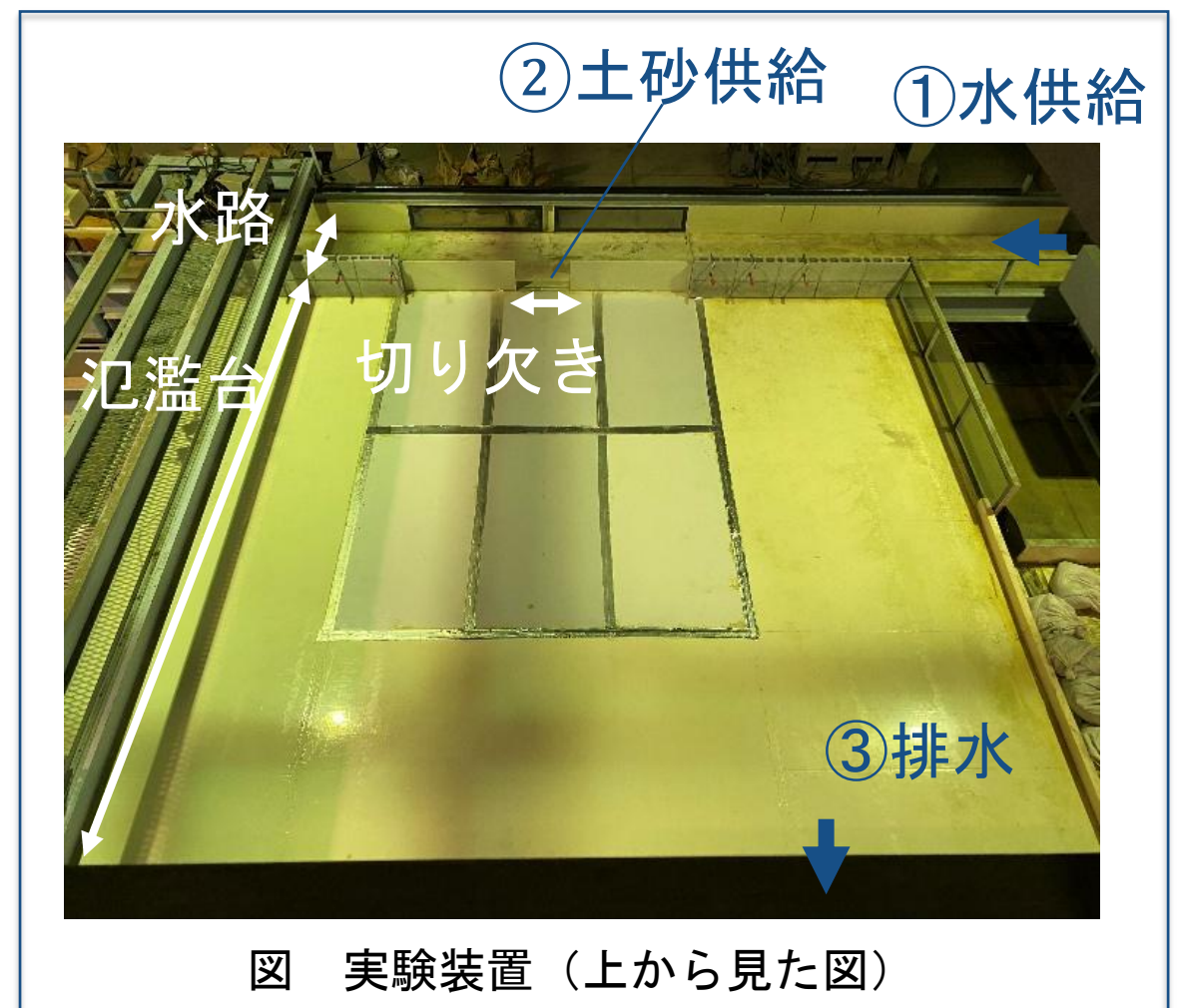


図 実験装置（上から見た図）

②解析モデル：解析モデル

方程式

- ・ 水の流れは平面二次元不定流方程式を使用
- ・ 土砂堆積は河床変動の式を使用
- ・ 掃流砂と浮遊砂を考慮

河床変動

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial \sum q_{bkx}}{\partial x} + \frac{\partial \sum q_{bky}}{\partial y} + q_{suk} - q_{sdk} \right) = 0$$

掃流砂
芦田・道上

$$\frac{q_{bk}}{\sqrt{sgd_k^3}} = P_{bk} \times 17\tau_{*ek}^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*k}} \right) \left(1 - \frac{u_{*ck}}{u_*} \right)$$

浮遊砂
岸・板倉

$$q_{suk} = K \left\{ \alpha_* \frac{\rho_s - \rho}{\rho_s} \frac{gd_k}{u_*} \left(\frac{\tau_*}{\beta_*} \frac{\int_{\alpha'}^{\infty} \xi \frac{d\xi}{\sqrt{\pi}} e^{\xi^2}}{\int_{\alpha'}^{\infty} \frac{d\xi}{\sqrt{\pi}} e^{\xi^2}} + \frac{\tau_{*k}}{\beta_* \eta_0} - 1 \right) - w_{fk} \right\}$$

②解析モデル：解析条件と解析ケース

解析条件

- ・ 実験条件と同じ（流量 5L/s等）
- ・ 5cmの構造メッシュ
- ・ 水路と氾濫台を一体でモデル化
- ・ 実験装置の標高を使用

解析ケース

- ・ 単一粒径3ケース
 - ・ 混合粒径3ケース
- ※混合粒径は2粒径の組み合わせ

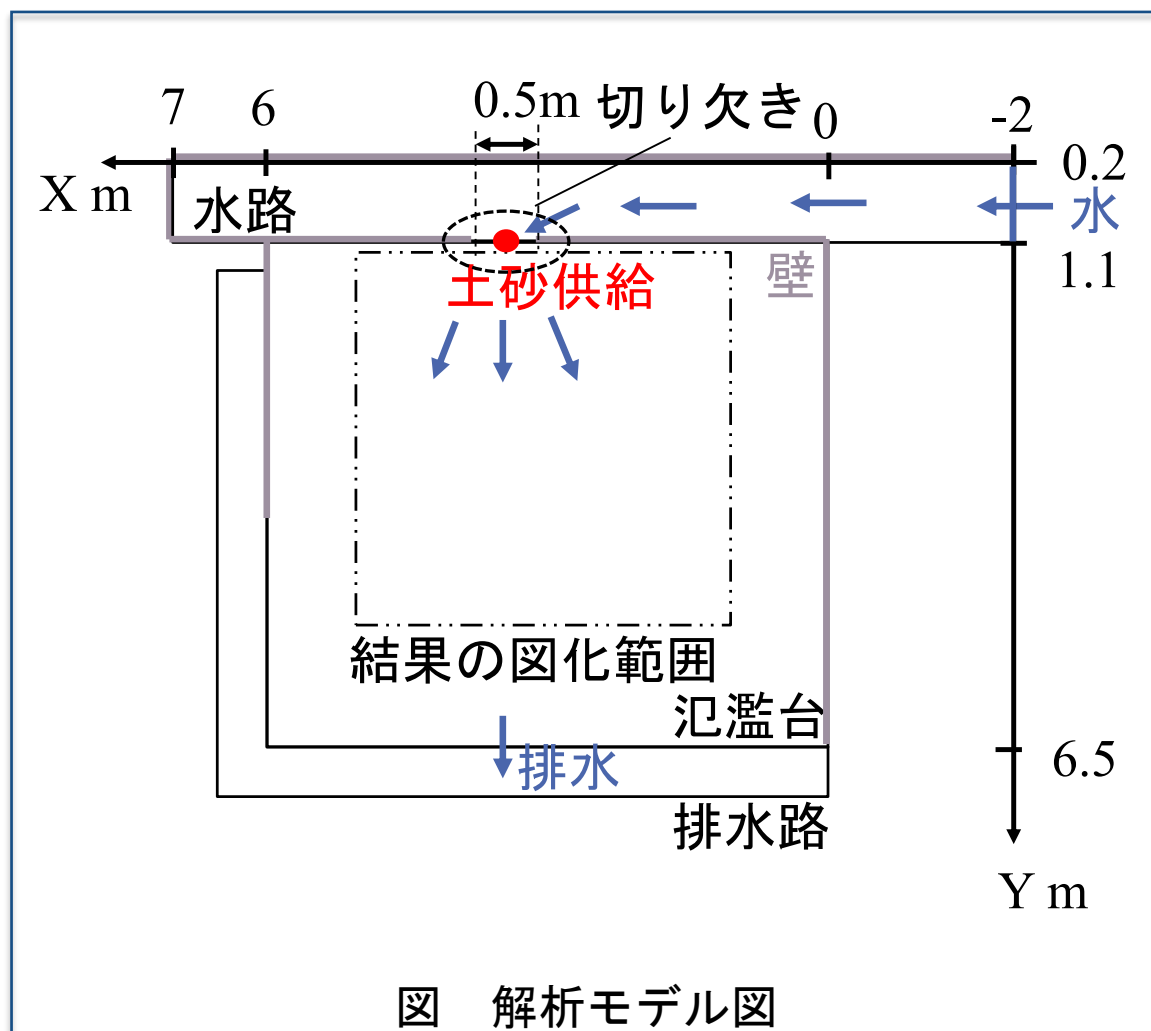


図 解析モデル図

表 解析ケース

ケース	土砂粒径と供給量
1	0.4mm : 0.0026 L/s
2	0.2mm : 0.0026 L/s
3	0.1mm : 0.0026 L/s
4	0.4mm : 0.0013 L/s 0.2mm : 0.0013 L/s
5	0.4mm : 0.0013 L/s 0.1mm : 0.0013 L/s
6	0.2mm : 0.0013 L/s 0.1mm : 0.0013 L/s

③解析と実験の比較：水深と流速

水深

- ・ 概ね1cm程度で分布
- ・ 土砂供給前後での水深変化は小さい
- ・ ケース間の差は小さい

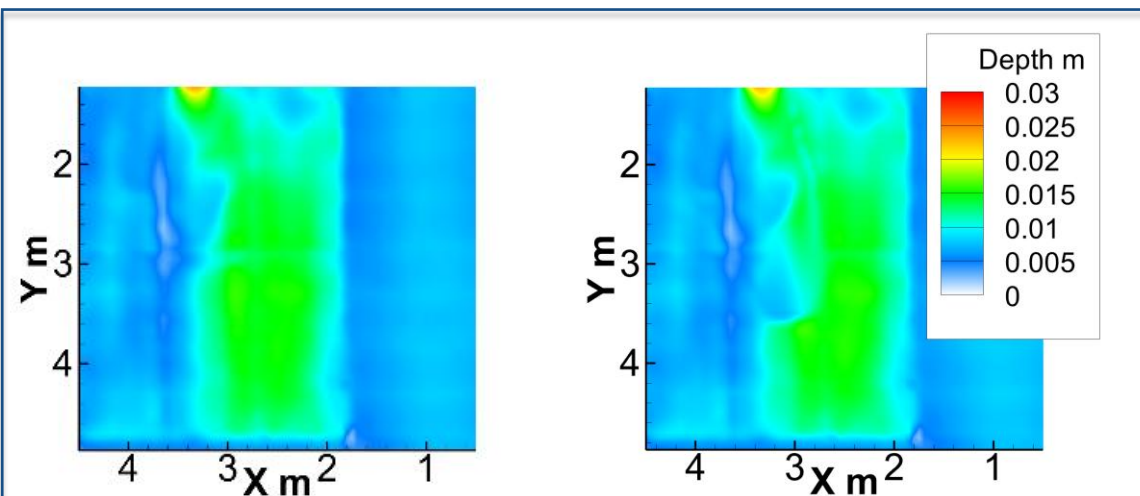


図 ケース1の水深分布
(左：土砂供給直前、右：土砂供給終了直後)

流速

- ・ 切り欠きから離れるにつれて、流速が低下する
- ・ ケース間の差は小さい

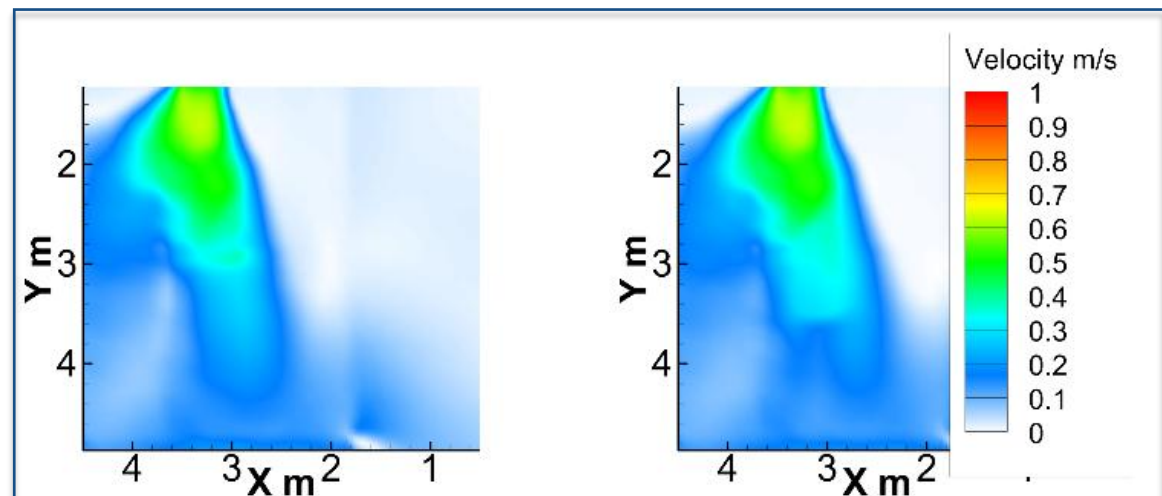


図 ケース1の流速分布
(左：土砂供給直前、右：土砂供給終了直後)

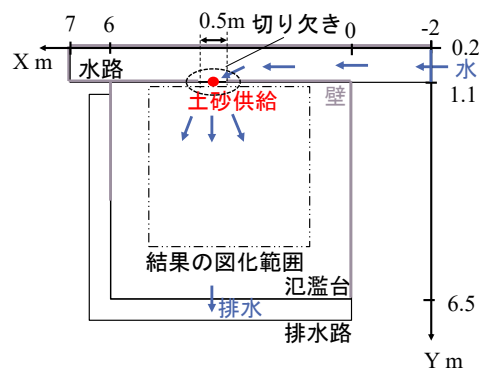


図 解析モデル図 (再掲)

③解析と実験の比較：単一粒径の堆積分布

実験結果と解析結果を比較

- ・ 実験では粒径により堆積分布や堆積面積が異なる
- ・ 解析では実験ほど堆積分布の差が見られなかった

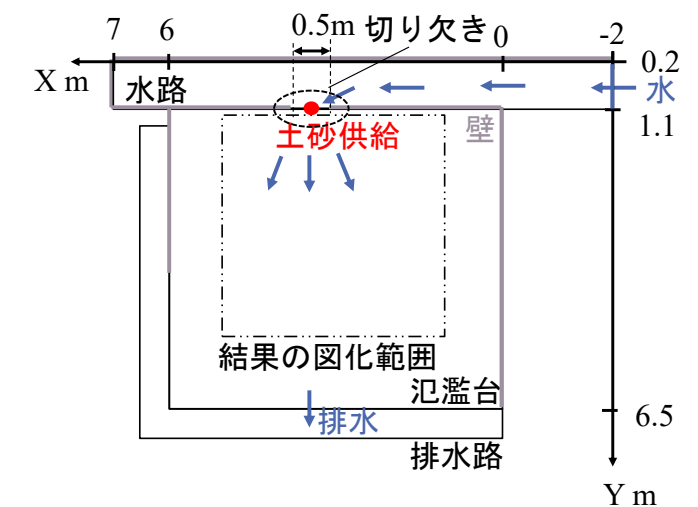
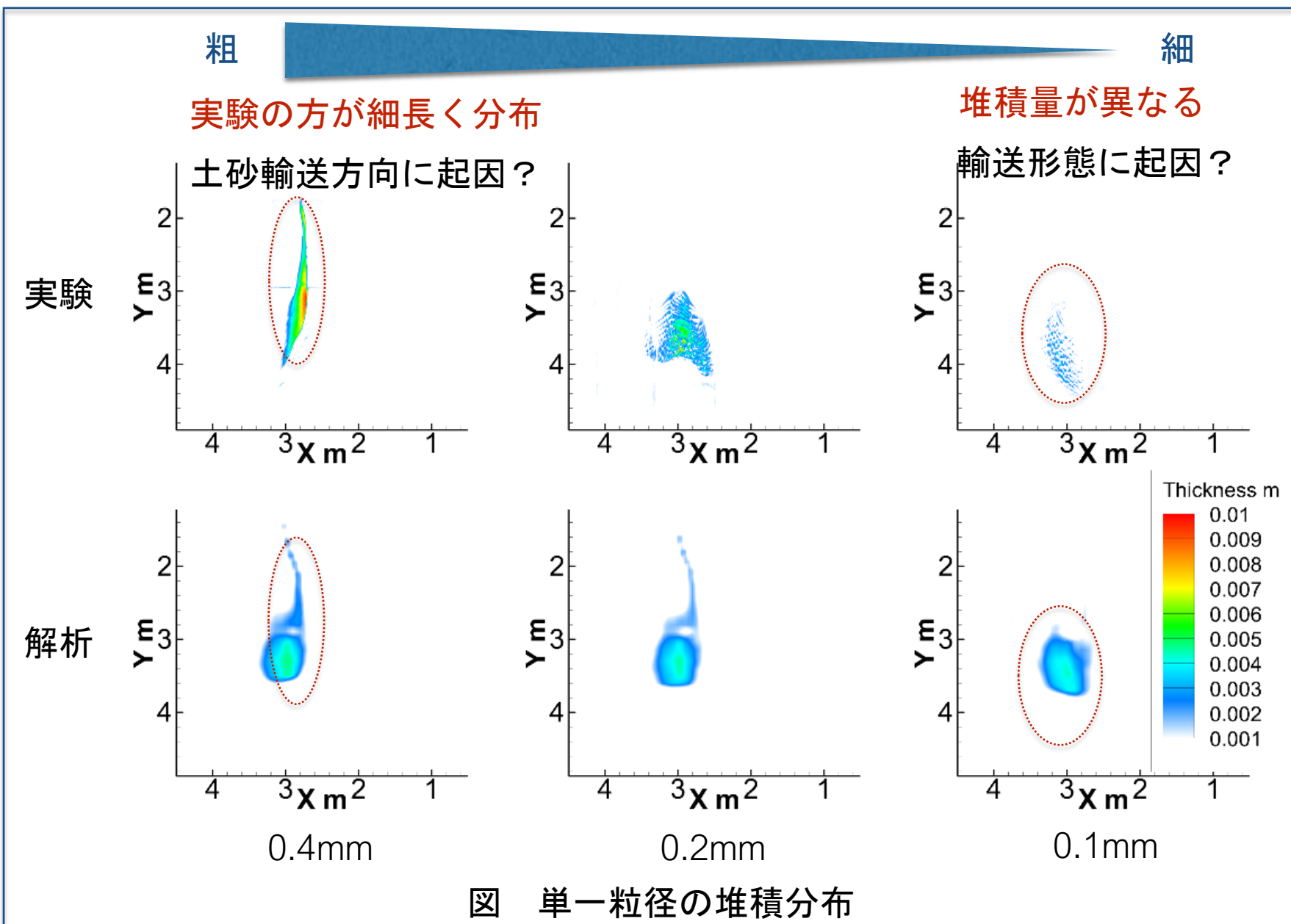


図 解析モデル図（再掲）

表 実験と解析結果の堆積面積

粒径	実験 m ²	解析 m ²
0.4	0.35	0.65
0.2	0.57	0.69
0.1	0.19	0.66

③解析と実験の比較：混合粒径の堆積分布

実験結果と解析結果を比較

- ・ 実験と解析ともに単一粒径の堆積分布を重ね合わせた結果に近い

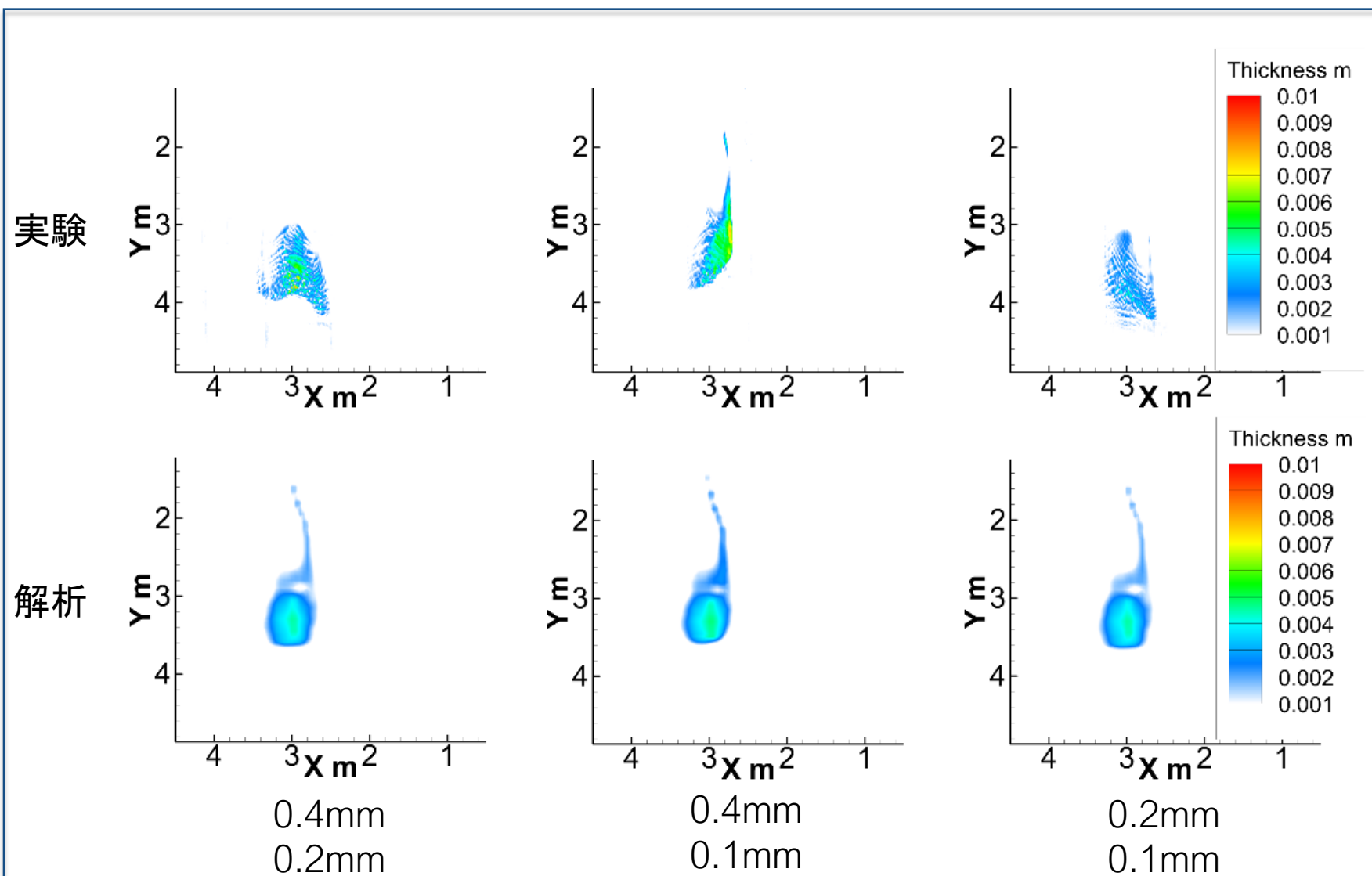


図 混合粒径の堆積分布

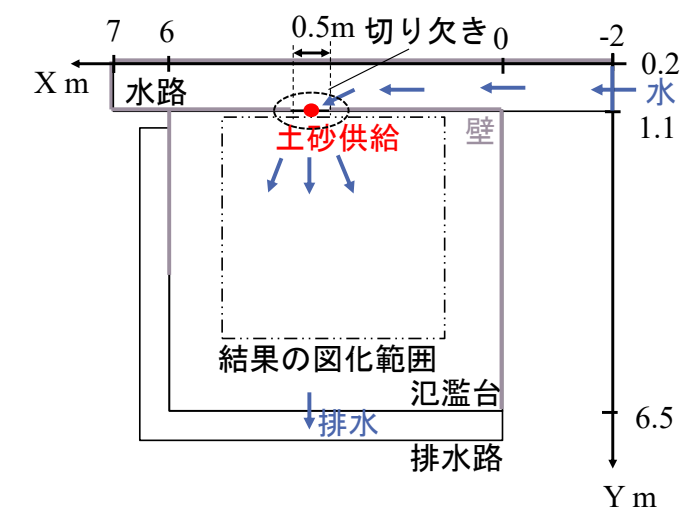


図 解析モデル図（再掲）

単一粒径・混合粒径とも、土砂堆積分布が異なるため、

- ・ 土砂輸送の流向
- ・ 土砂輸送の形態（掃流砂か浮遊砂）

の分析を行う

③解析と実験の比較：土砂輸送の方向

実験と解析の流向

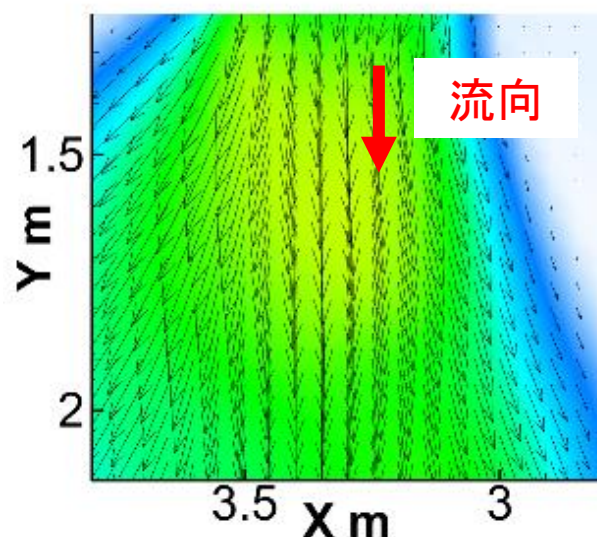
- 0.4mmのケースでは、実験と解析で土砂輸送の方向が異なる
- 0.4mmと0.1mmを混合したケースでは、実験は土砂輸送の方向が異なるが、解析では1方向の流れしか表現できない

0.4mmの流向



X成分
の流れ

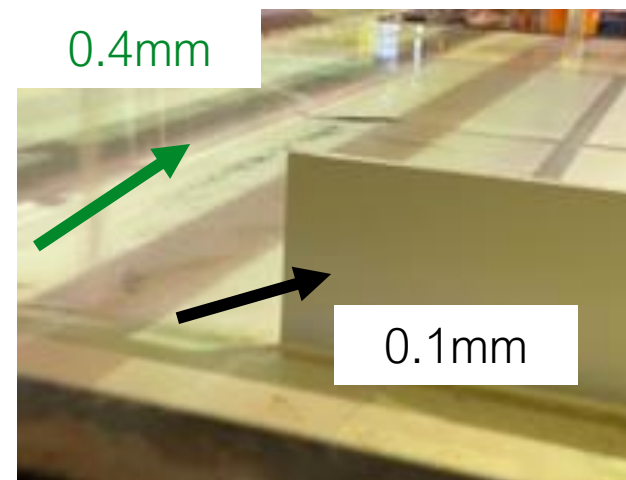
図 実験の土砂輸送



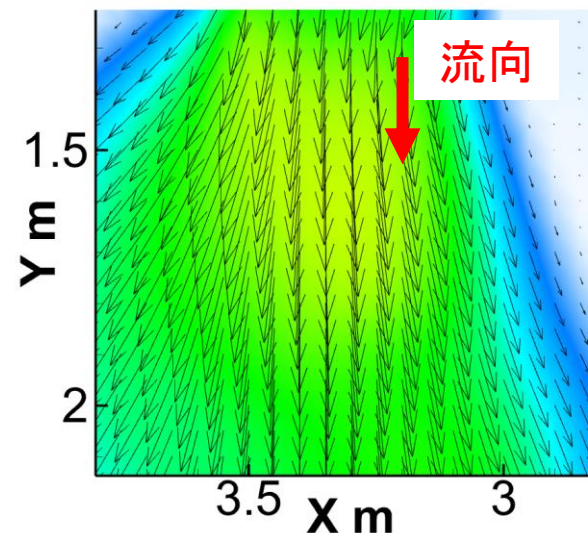
Y方向

図 解析の流向

0.4mmと0.1mmの流向



2方向
で輸送



1方向
で輸送

図 解析の流向

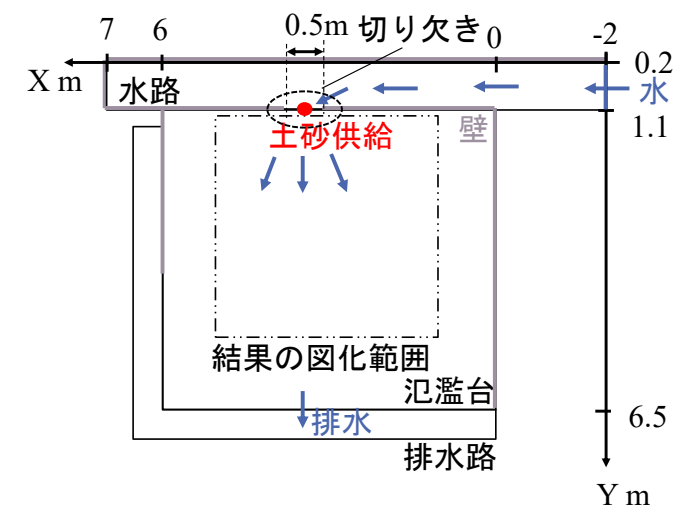


図 解析モデル図（再掲）

③解析と実験の比較：掃流砂と浮遊砂

掃流砂と浮遊砂の判定

- 判定式（摩擦速度 u_* /沈降速度 w_f ）から輸送形態を粒径別に判定
- 土砂供給開始時点と終了時点では判定式の結果に大きな差はない

判定式

$$\begin{aligned} \text{掃流砂} & \quad u_*/w_f < 1 \\ \text{掃流砂と浮遊砂の混在} & \quad 1 \leq u_*/w_f < 1.7 \\ \text{浮遊砂} & \quad 1.7 \leq u_*/w_f \end{aligned}$$

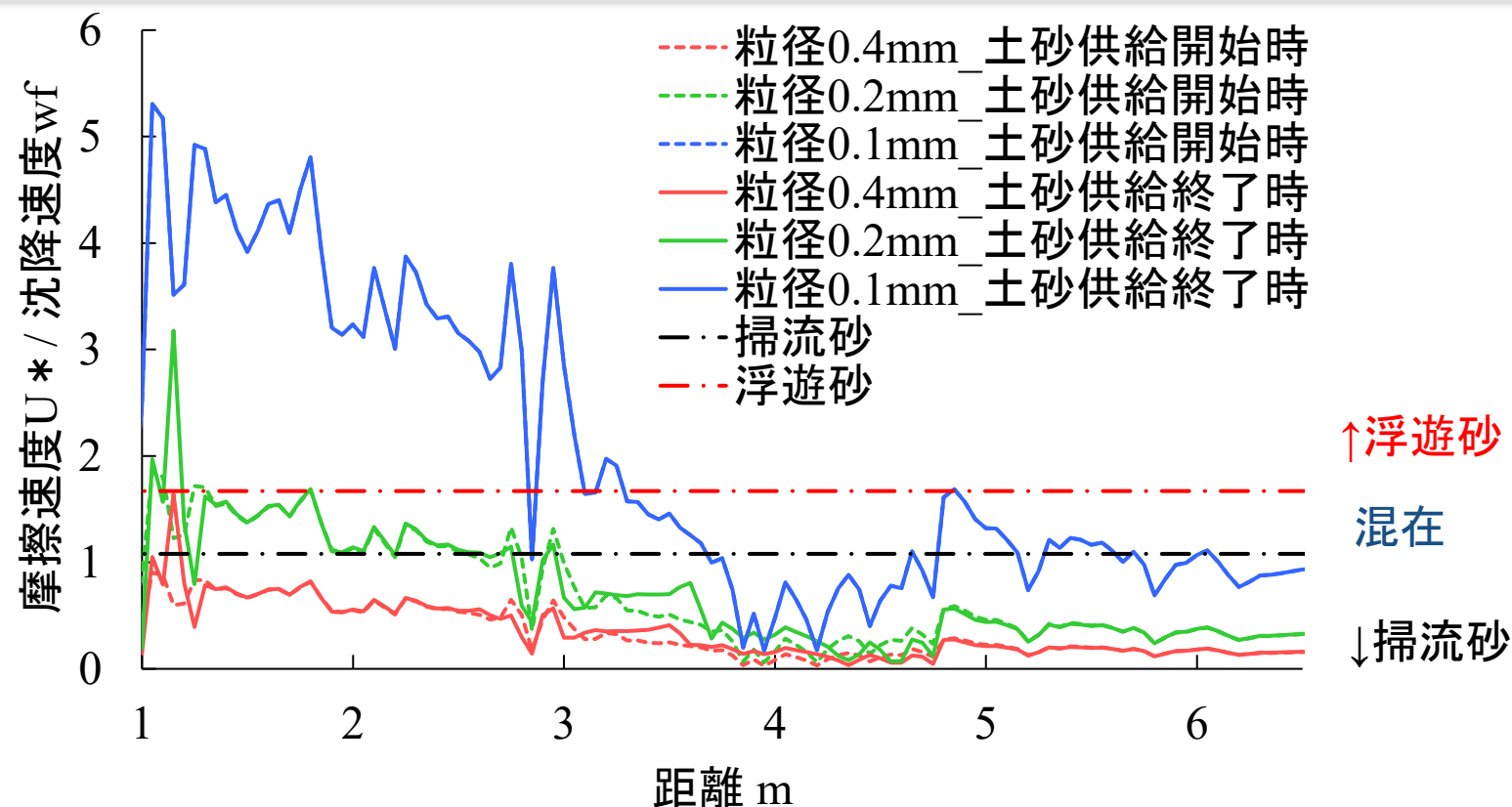


図 氾濫台中心（ $X=3.3$ m）におけるY方向の摩擦速度 U^* と沈降速度 w_f 比

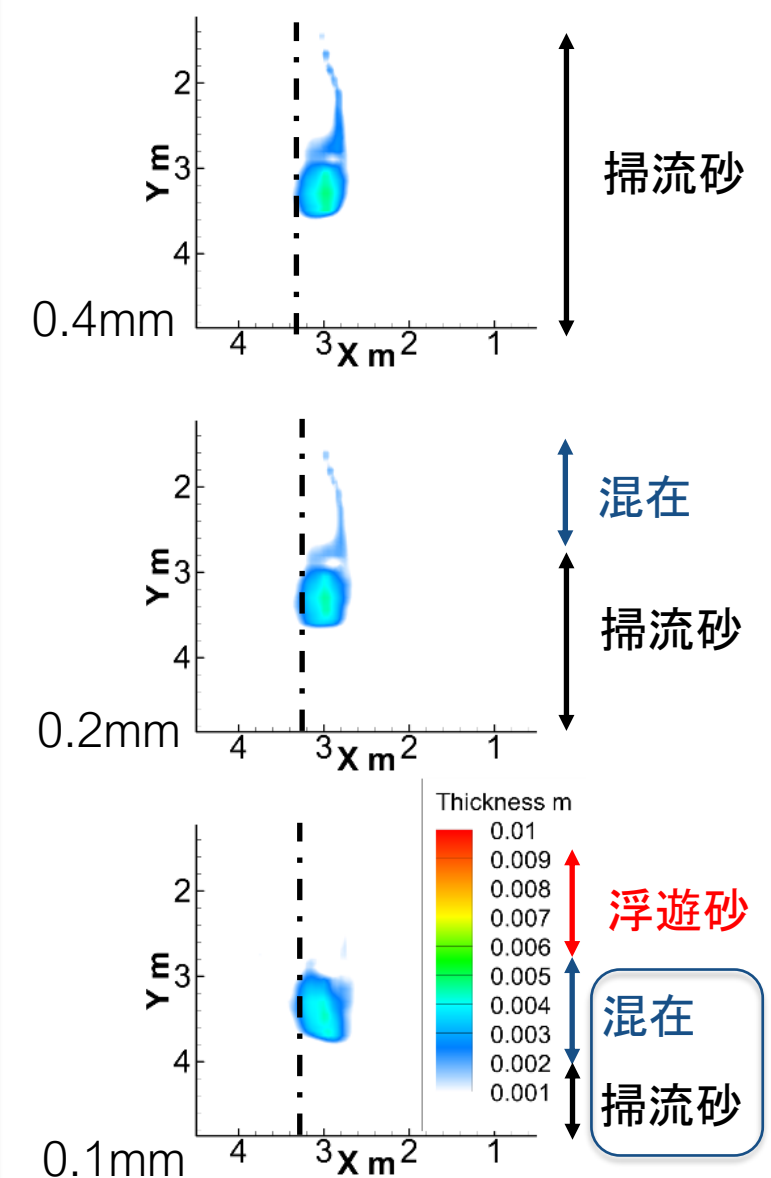


図 単一粒径の堆積分布（再掲）

実験より
多く堆積

まとめと今後の課題

まとめ

- ・実験では同一地点において粒径毎に流向が異なることがあるが、平面二次元不定流計算では同一メッシュでは流向は変わらない
- ・浮遊砂（0.01mm）の土砂は実験より解析の方が多く堆積したのは、「 u_*/w_f が1近傍では精度が悪くなる※」ためと考えられる。

※芦田和男、江頭進治、中川一：21世紀の河川学-安全で自然豊かな河川を目指して、2008

今後の課題

- ・粒径や建物間隔の関係性の評価
- ・数値解析への適用

展望（河川技術への発展）

- ・浸水想定区域図作成と連携した土砂堆積範囲の推定
- ・堤防沿川の土地利用、既に立地している施設・工場などの水防活動の参考情報として活用が可能