

堤体の越流破堤をシミュレーションで予測

Prediction for embankment breaches due to overflow via
a numerical simulation

岡山大学記者発表資料

2016年12月16日

珠玖 隆行（大学院環境生命科学研究科）

背景：越流による破堤

【豪雨による災害】

✓ 斜面崩壊, 土石流

✓ 堤防の破堤

【破堤の原因 (Foster et al. 2000)】

✓ パイピング

✓ すべり破壊

✓ 越流破堤



図 2.15 決壊区間航空写真 (平成 27 年 9 月 11 日撮影)
(決壊区間の上流側から下流側を撮影)

鬼怒川堤防調査委員会報告書(平成28年3月,
国土交通省関東地方整備局)より引用

越流破堤

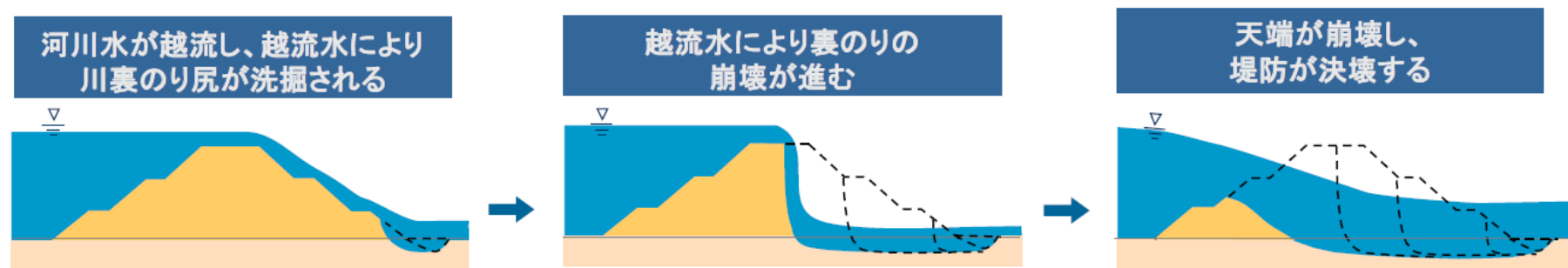


図 3.1 越水による堤防決壊のイメージ図

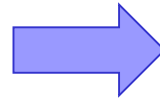
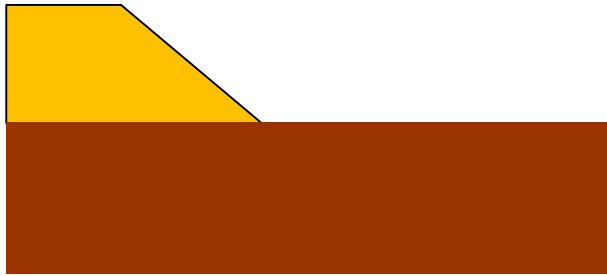
〔 鬼怒川堤防調査委員会報告書(平成28年3月, 国土交通省関東地方整備局)より引用 〕

越流により堤防が削られ, 最終的には無くなる

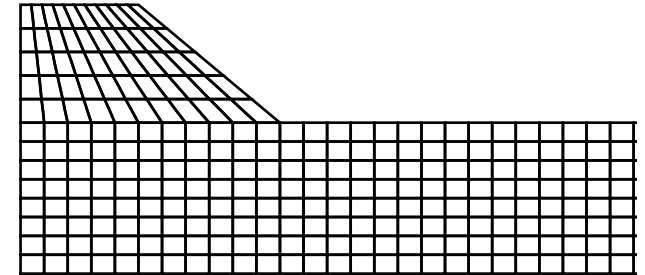
➡ 単に河川水が乗り越えてくるだけではない！！

シミュレーション手法

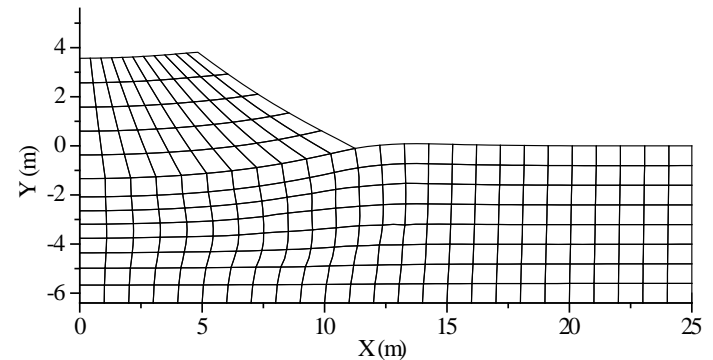
➤有限要素法 (Finite Element Method, FEM)



格子(メッシュ)
に分割

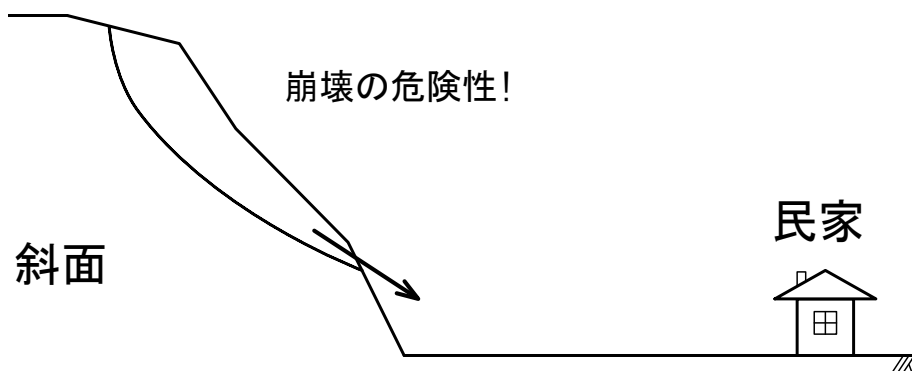


計算



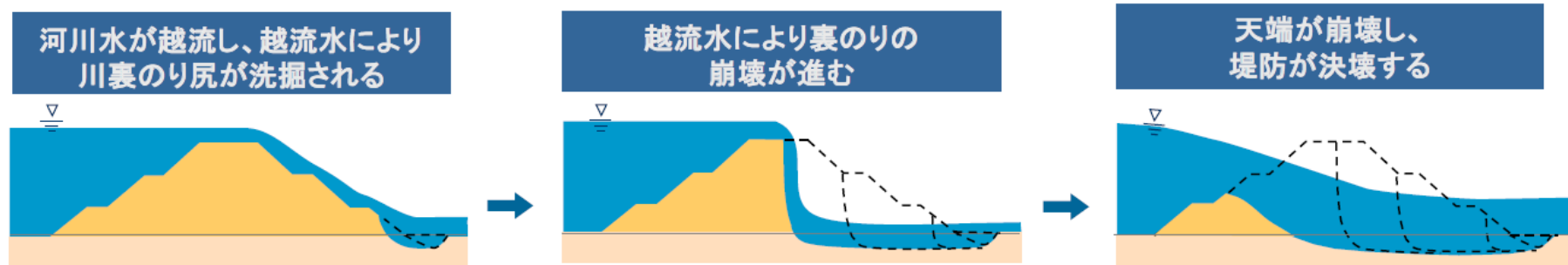
格子同士はつねに結合している
格子は離れたり、壊れたりしない

既存の方法の問題点



FEMでは不十分な状況1

- 土砂が流れる様子を再現したい
- 大きな変形や破壊をシミュレートしたい

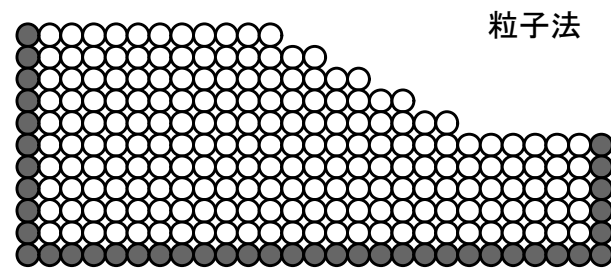
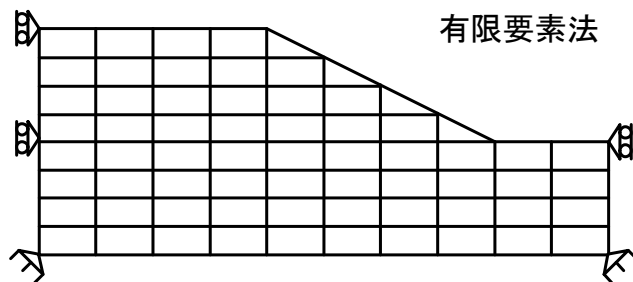


FEMでは不十分な状況2

〔 鬼怒川堤防調査委員会報告書(平成28年3月, 国土交通省関東地方整備局)より引用 〕

粒子法の適用

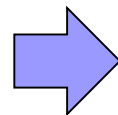
➤ Moving particle semi-implicit (MPS) method (Koshizuka and Oka 1996)



FEMと粒子法のモデル化の違い

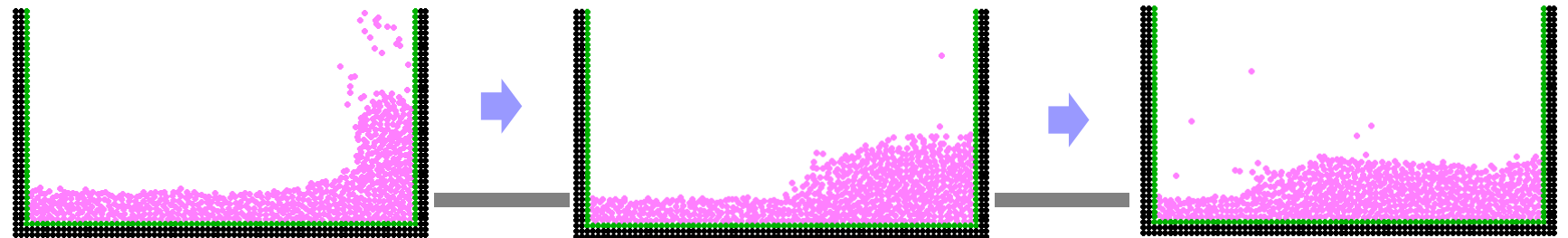
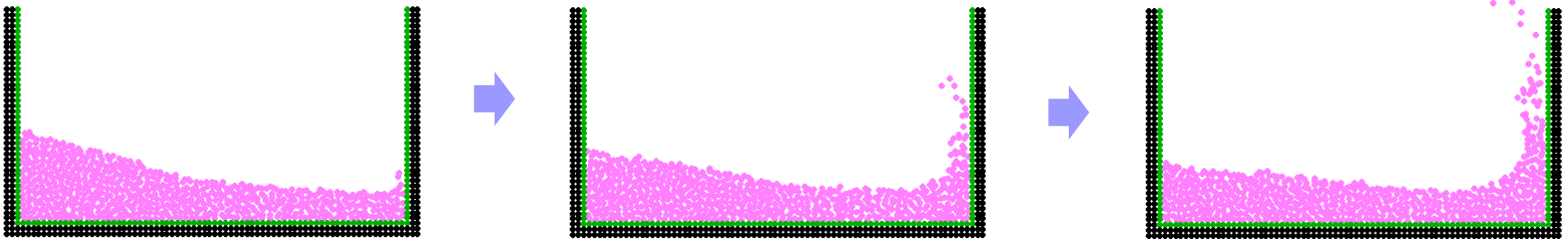
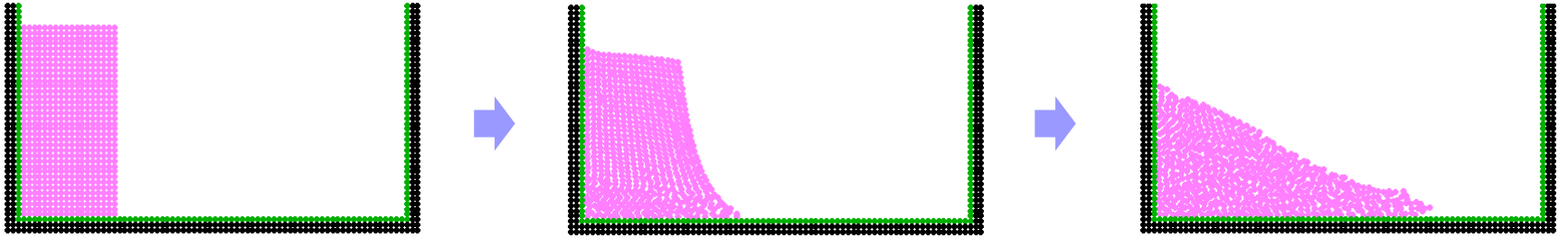
粒子同士は結合したり離れたりできる

粒子の動きによって、物質の破壊を表現する



FEMの問題点を克服できる

計算例



堤防の越流破堤解析手法の開発 (Shuku et al. 2016)

➤ Navier-Stokes 方程式

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{D\mathbf{u}}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{g} \\ \frac{D\rho}{Dt} = 0 \end{array} \right.$$



水の挙動をシミュレート



「水と土の相互作用」をシミュレート



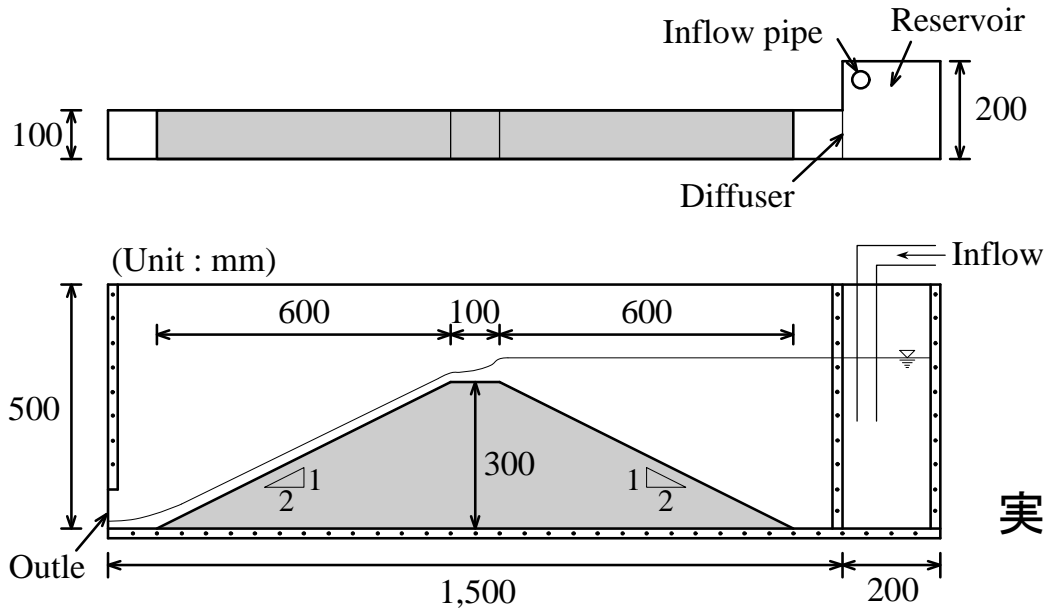
➤ 土 (地盤材料) の侵食モデル

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{E}{1-\lambda} \\ E = \begin{cases} \alpha(\tau - \tau_c)^\gamma & \tau > \tau_c \\ 0 & \tau \leq \tau_c \end{cases} \end{array} \right.$$



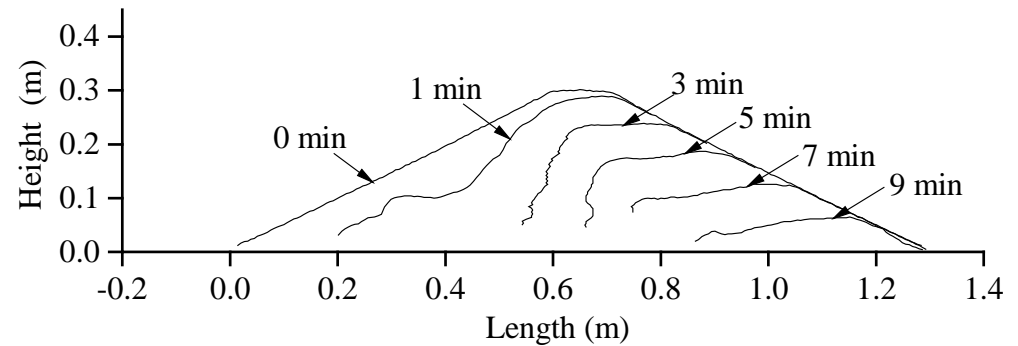
土の挙動をシミュレート

精度検証：実験との比較（藤澤ほか 2012）



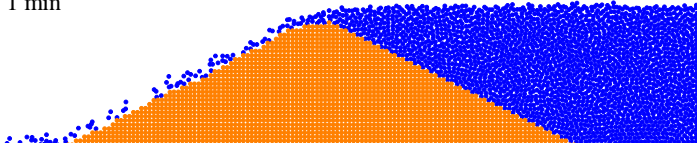
実験装置の概略図

堤体の越流破堤のプロセス

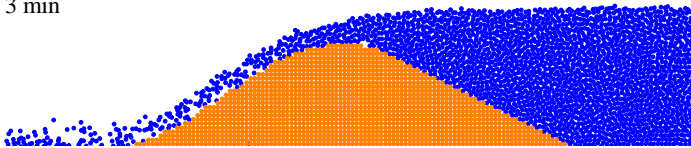


解析結果

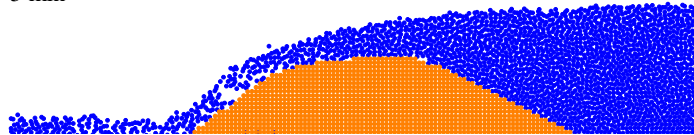
1 min



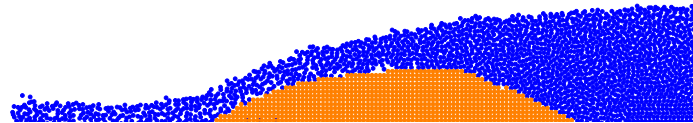
3 min



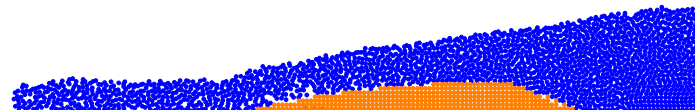
5 min



7 min

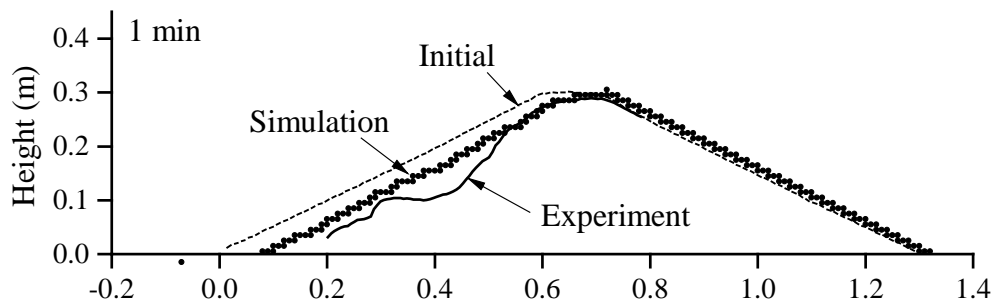


9 min

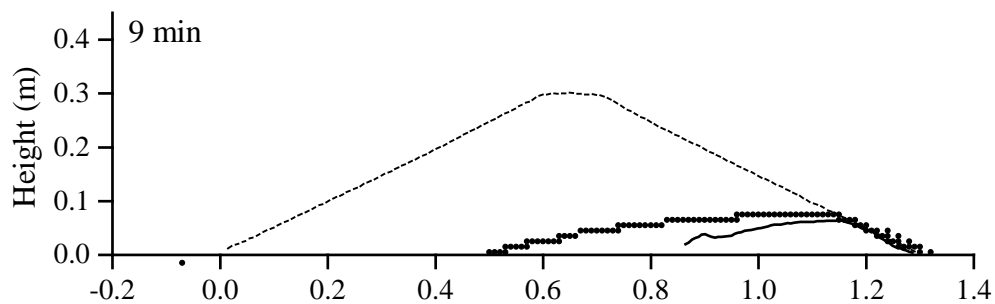
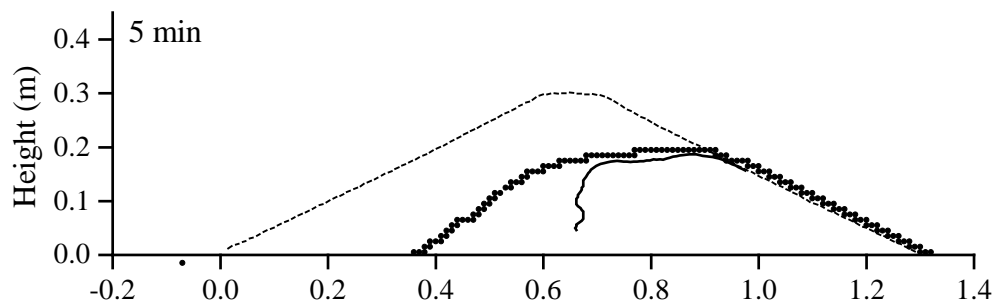


越流し破堤に至るプロセスを再現

実験結果との比較



実現象を精度良く
シミュレート



まとめ・今後の予定

- 越流による堤体の侵食～破堤に至るまでのプロセスを精度良くシミュレートできる計算手法を開発した.
 - 計算手法の改良により, 堤体の越流だけでなく, 津波による堤体や構造物の破壊, 土石流もシミュレート可能
 - ➡ 土砂の到達距離, 洪水範囲, 津波の遡上範囲の予測, ハザードマップの作成
 - ➡ 災害につよい街づくりに貢献
-