

固体粒子-流体の大規模連成および マルチスケール解析手法の防災・減災への応用

JHPCN

研究拠点: 京都大学, 研究分野: 超大規模数値計算系応用分野

構成メンバー: 九大(浅井), 京都大(牛島, 鳥生), 東北大(寺田, 森口), 八戸工大(高瀬)

研究目的

豪雨災害は毎年のように発生しており, これまでは豪雨被害の少なかった地域での被害も目立つようになってきた。それに伴い流体現象が関与する地盤崩壊災害が各地で多発している。たとえば, 河川堤防の決壊や斜面災害は, 地盤の浸透破壊と密接に関係している。また, 豪雨災害以外にも津波襲来時の防波堤周辺地盤の洗掘など, 流体現象が関与する地盤災害は数多く存在する。そのため, 地盤の浸透破壊や洗掘の詳細なメカニズムを解明し, それらの予測を可能とするモデルを構築することは今後の防災や減災を考える上で極めて重要な意味を持つ。近年の計算機能力の著しい発展により, 粒子・流体連成解析による直接的な現象の表現が可能となりつつあり, その有用性は学術レベルで確認されている。しかし, 先の防災・減災に重要な知見を提供する道具の域には達しているとは言い難い。浸透・洗掘現象の予測シミュレーションの難しさの主な原因としては, 異なるスケールの現象が密接に関連していることが挙げられる。

本研究では, 地盤の浸透破壊や地盤の浸透破壊や洗掘を予測可能とする解析の枠組み構築を行う。このために, 精緻なマクロモデルの構築が必要不可欠であり, ①両スケールを連成した粒子・流体連成解析問題における新たなマルチスケールモデルを構築する。また, ②提案するマルチスケールモデルの信頼性確保のため, ミクロモデルのまま超大規模問題を単スケールで解くことまでを実施する予定である。

研究概要

スケールの定義

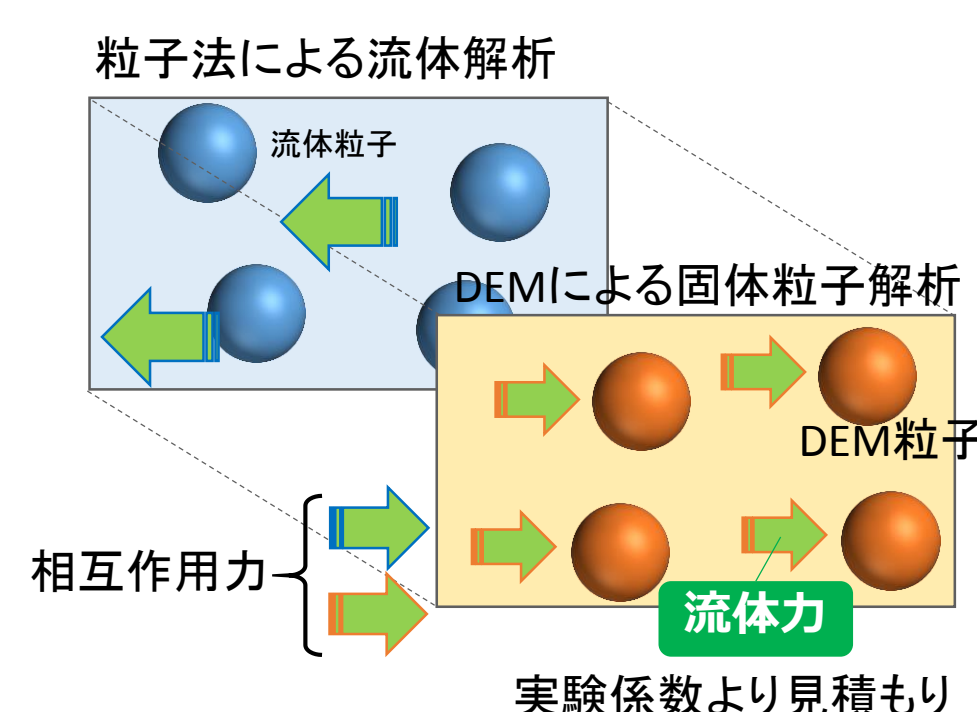
ミクロモデル

各土粒子の形状までを忠実にモデル化し, 各土粒子は粒子間の接触力に加えて周辺の流体から受ける力を受けて, 個別に運動することを表現する素過程モデル。

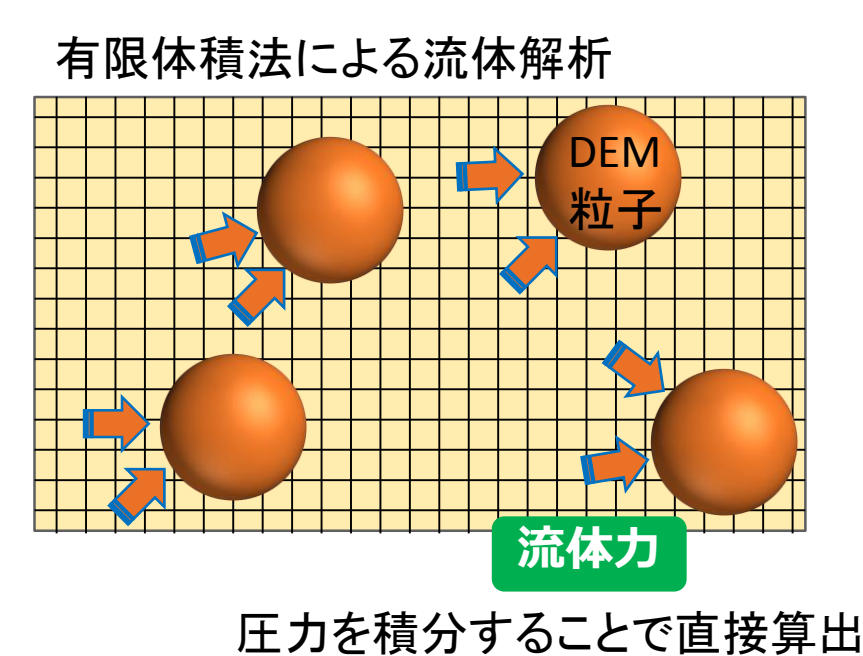
マクロモデル

堤防全体の崩壊を再現するために, 粒子の集合体のある代表粒子で置き換えてマクロ的な浸透・洗掘現象の表現に特化した疎視化モデル。(流体現象は透水係数を用いてマクロ的な表現し, また土粒子の運動は抗力モデルなどを用いてマクロ的な力を概算したモデルを採用することが多い。)

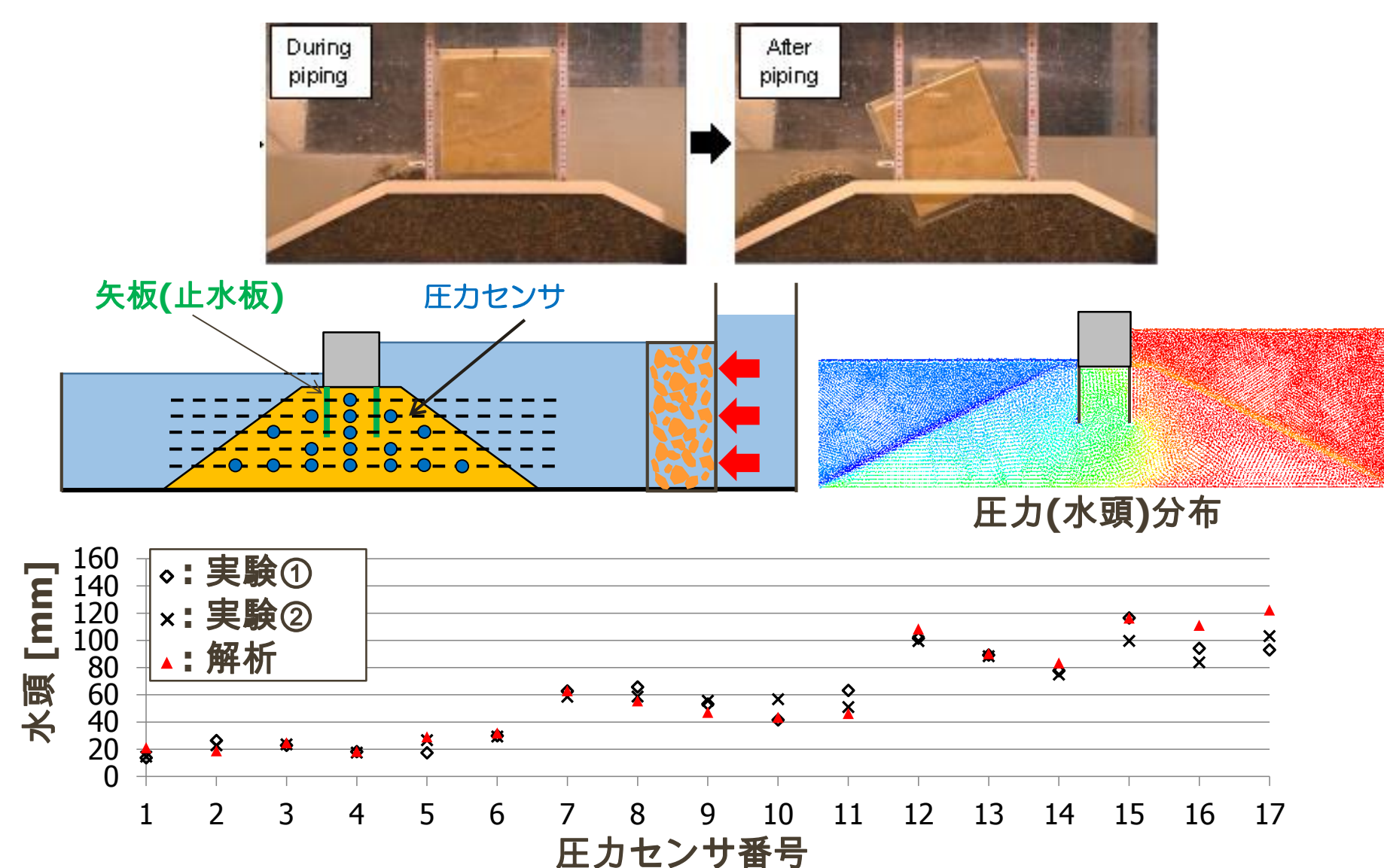
(マクロモデル)



(ミクロモデル)

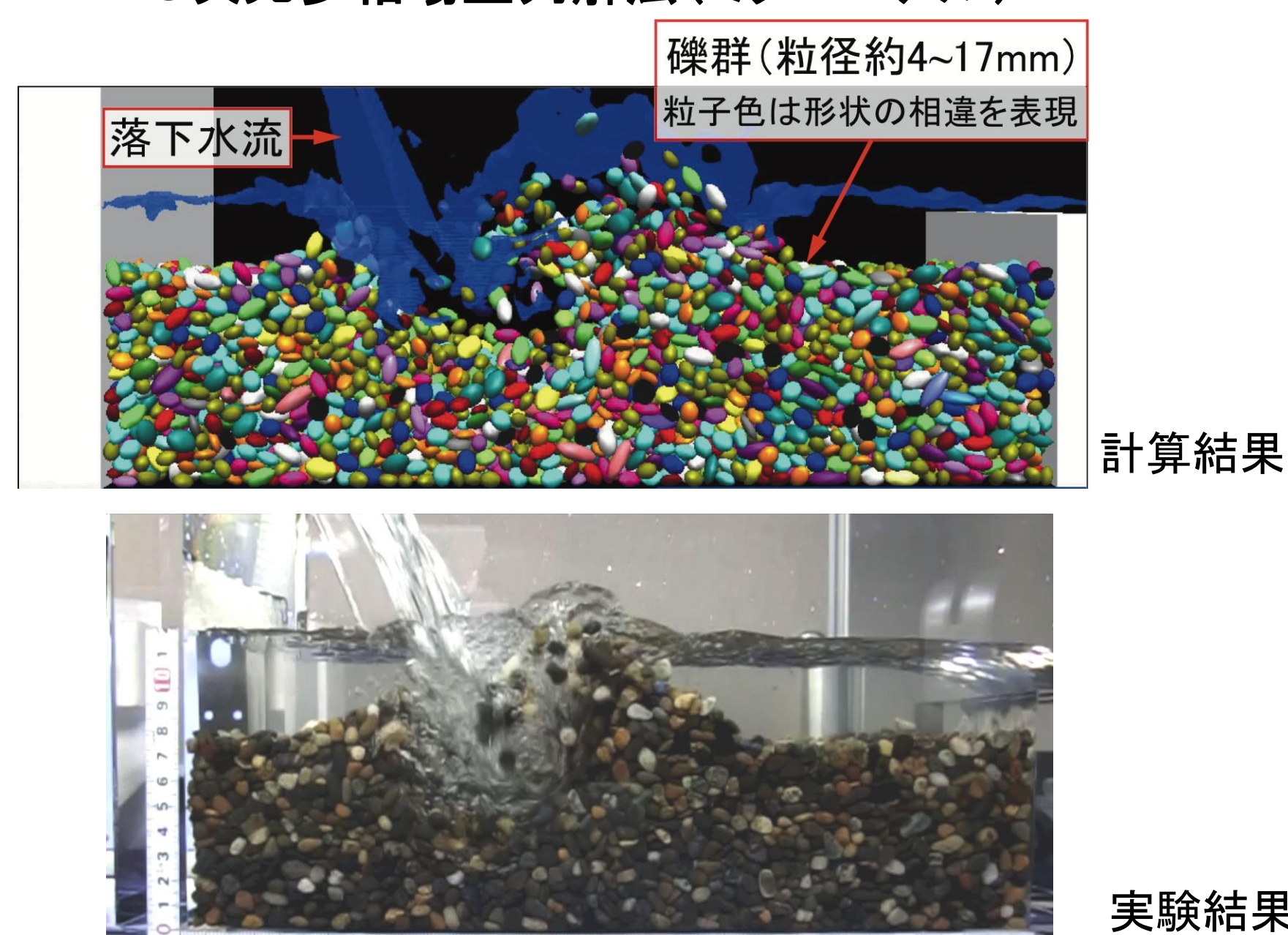


①流体中の個体群の輸送現象を疎視化した3次元粒子法(マクロモデル)



地盤の浸透崩壊を模擬した実験との比較により粒子法による浸透流解析ツールの妥当性確認を実施してきた。上図に示すように実験により得られたピエゾ水頭(圧力)分布と計算結果はほぼ同一の値を示しており, 多孔質体を流れる流体現象をマクロモデル(実験係数である透水係数を用いて浸透流としてモデル化)により再現できることを確認した。

②流体中の礫粒子群の輸送を直接計算する3次元多相場並列解法(ミクロモデル)



3次元固気液多相場の並列計算手法を, 上図に示されるような落下水流による局所洗掘現象に適用し, 計算結果を実験と比較している。この計算では, 実験で使用した礫粒子(粒径約4~17mm)を測定して, 四面体要素で表された形状の異なる26種類の礫モデルを約16,000個使用している。上図の計算結果における固体粒子の色の違いは, 礫形状の違いを表している。