

課題番号: jh210037-NAH

粒子法の基盤理論・技術整備 とマルチフィジックスシミュレー タへの展開

研究代表者: 荻野正雄(大同大)

研究副代表者: 浅井光輝(九大), 大島聡史(名大)

共同研究者: 井元佑介(京大), 田上大助,
渡部善隆, 小野謙二(九大),
三目直登(筑波大), 西浦泰介(JAMSTEC)

研究背景・目的

・研究背景

- ・ 粒子法(SPH法・MPS法)は大規模流体シミュレーションで高い需要
- ・ 粒子法の数学的正当化(数値解析)が十分ではない



解決すべき課題： 高安定・高精度な数値計算を行うための離散化パラメータの十分条件があいまい

・研究目的

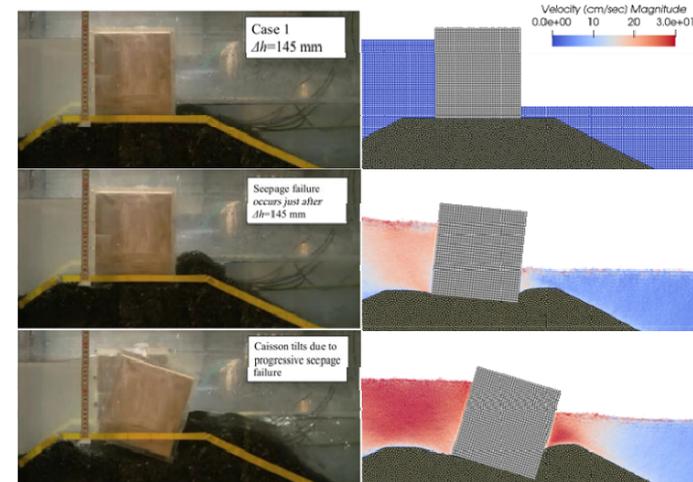
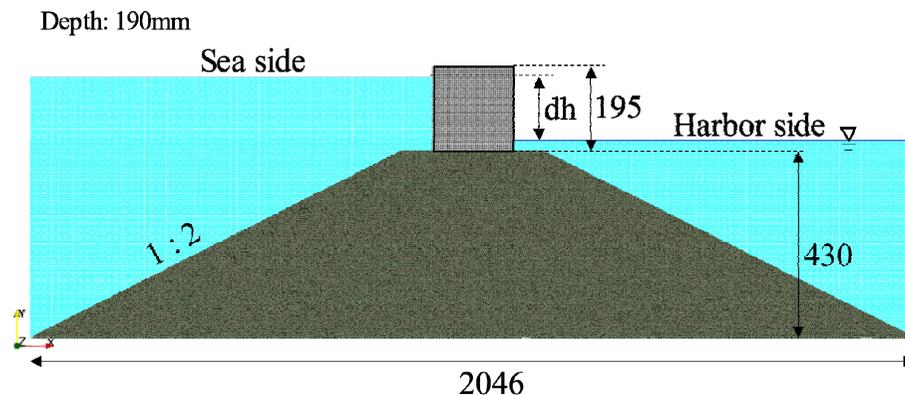
- ・ 数値解析学・計算力学双方の観点から、粒子法による大規模計算の基盤理論・技術を整備
- ・ 高性能計算の観点から、GPUを含めた大規模並列計算技術の開発



高性能な大規模マルチフィジックスシミュレータを開発

前年度成果における課題点 (1)

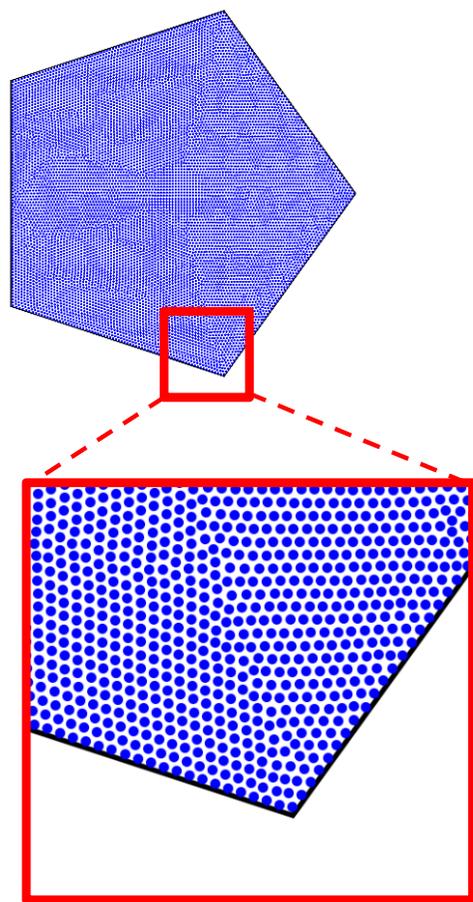
- 選択型デュアル流速ISPH(*)法の開発と検証
 - Darcy-Brinkman方程式(非圧縮性Navier-Stokes方程式とDarcy則の統一方程式)で表した浸透流に対する高精度粒子法
 - 固液混相領域において密度誤差が大幅に改善されることを確認
- 課題点
 - 粒子数が偏在する箇所では圧力振動が顕著化した
 - マルチGPUノード環境への対応の遅れ



ケーソン式防波堤のガラスビーズ実験と粒子法シミュレーション結果の比較

(*) ISPH: Incompressible Smoothed Particle Hydrodynamics

前年度成果における課題点 (2)



- 重心ボロノイ分割に基づく粒子初期分布の開発と検証
 - 2次元閉領域に対して斜面・曲面に適合した初期分布を持つ粒子生成
 - 重心ボロノイ分割探索アルゴリズムとして高速かつロバストなMomentum+法を開発
- 課題点
 - 3次元領域への展開の遅れ
 - 現在は数十万粒子数程度までは実用的な計算時間であるが、さらなる大規模粒子数に向けて重心ボロノイ分割の並列アルゴリズムが必要になる

斜面・曲面に適合した粒子初期分布

2021年度の研究計画

- 研究対象を粒子法計算に特化
 - 粒子法による大規模数値計算に限定し, 一層の研究加速を目指す
 - 解析対象は, 流体・地盤・構造の連成問題への拡張
 - 利用計算機として, マルチGPU対応を強化
- A. 数値解析学・計算力学の観点からの検証
 - Darcy-Brinkman方程式のための粒子法である選択型デュアル流速ISPH法の高速化・高精度化を継続実施
 - 特に, 粒子数が偏在した状態での高精度な微分演算子モデルの構築と大規模計算における有効性評価
 - 重心ボロノイ分割に基づく粒子初期分布について, 3次元閉領域の内部及び壁境界粒子への拡張
- B. 流体シミュレータの高性能化
 - マルチGPU計算の研究を継続実施
 - 特に, CUDA-Aware MPIやNCCLを用いたノード間通信機能の実装
 - 2方向(xy)や3方向(xyz)の領域分割の実装
 - 通信と計算のオーバーラップに関する検討
- 利用計算資源
 - 名古屋大学「不老」Type I・II, 九州大学ITOサブシステムB