

粒子法の基盤理論整備と大規模流体シミュレータへの展開

共同研究者： 田上大助，浅井光輝，渡部善隆，小野謙二，大島聡史 (九大)，荻野正雄 (名大)，三目直登 (東大)，西浦泰介 (JAMSTEC)，野中文士 (理研)



背景

粒子法 (SPH・MPSなど) は大規模流体シミュレーションなどで幅広く利用。一方で，手法の**数学的正当化 (数値解析) が不十分**

問題点：高安定・高精度な数値計算を行うための**離散化パラメーターの十分条件があいまい**
パラメーター選択による**時間の浪費**，非実験規模でも**高精度な離散化パラメーターが不明**

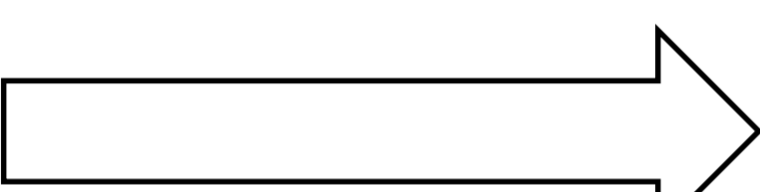
本研究

数値解析学・計算力学双方の観点から

- 離散化パラメーターの条件を明確化
- 高精度・実用的な離散化パラメーターの導出

大規模流体シミュレータへ応用

+ チューニングと可視化システムの開発



平成30年度

- 解析対象の拡大
- 計算環境の充実

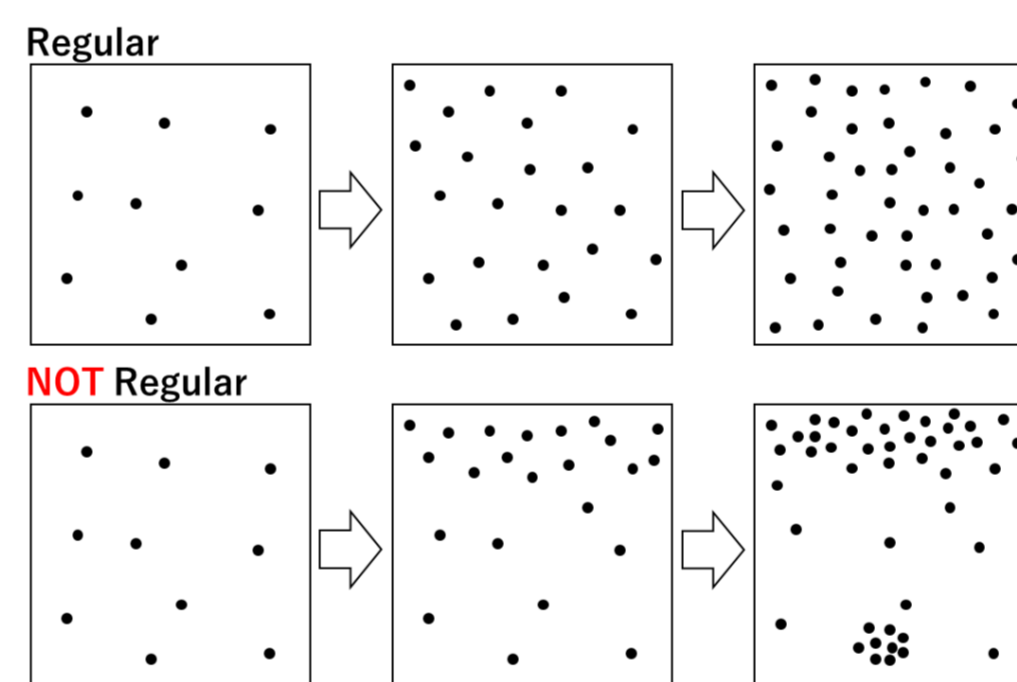
- **大規模流体シミュレーション向けの陰的粒子法の開発・検証・高速化**
- **大規模流体シミュレータおよび可視化機能のGPU実装**

これまでの成果 (平成29年度)

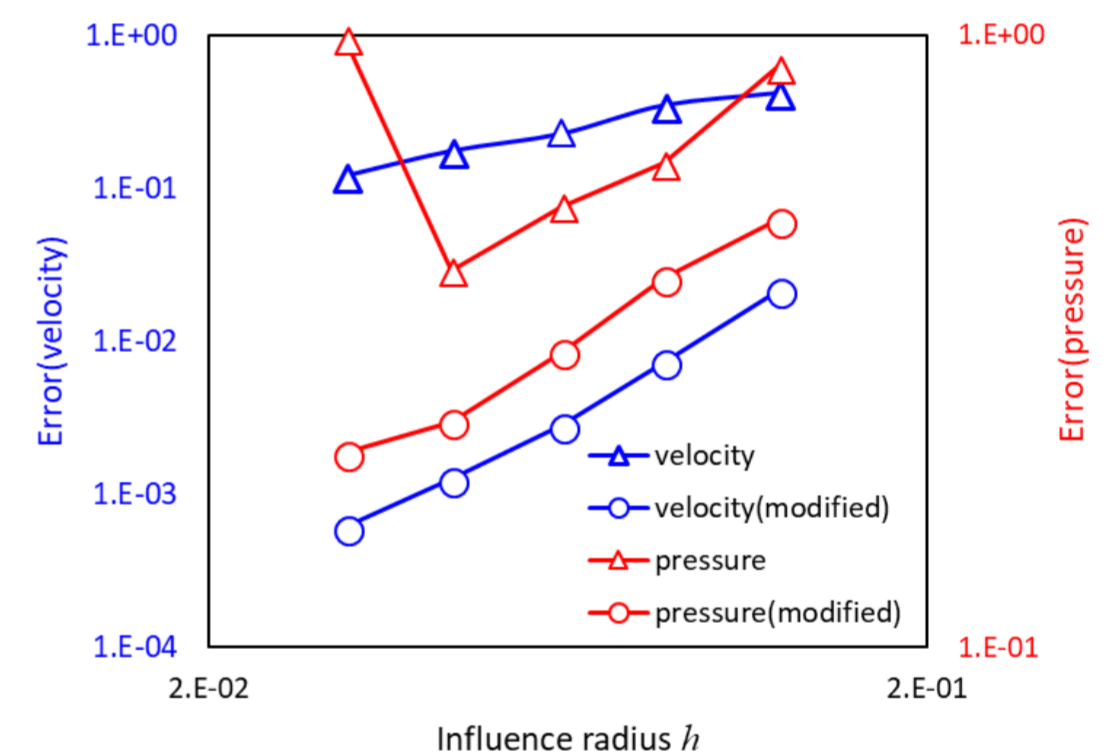
- 数値解析学・計算力学の知見を用いた**陽的粒子法**の開発
離散化パラメーターの**正則性**，数値的収束性，圧力平均化
- 大規模流体シミュレータの検証と妥当性確認
大型水槽HYTOFUの津波実験との比較，高知県の津波遡上計算
- 大規模並列計算の**高速化**と**オフライン可視化**の実装
スライスグリッド法，HIVE，粒子データ管理ライブラリ

Step 1: 流れ問題に対する陰的粒子法の開発と検証

- 離散化パラメーターに関する条件の明確化
- 高精度・高安定な陰的粒子法の開発
粒子法の誤差評価の知見，数値計算の経験則の知見，安定化ISPH法



粒子分布の正則性(熱方程式)



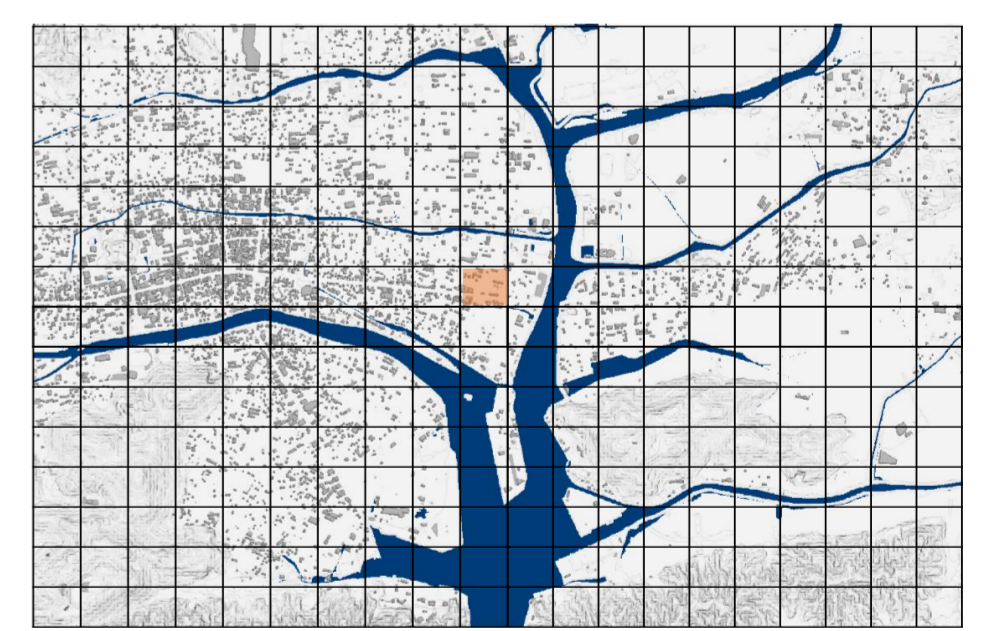
影響半径に対する誤差のグラフ(陽解法)

Step 2: 大規模流体シミュレータへの追加実装および妥当性確認

- 陰的粒子法の追加実装および妥当性確認
解析解との比較，コイリング現象
- 並列化効率の向上
拡張スライスグリッド法による動的負荷分散



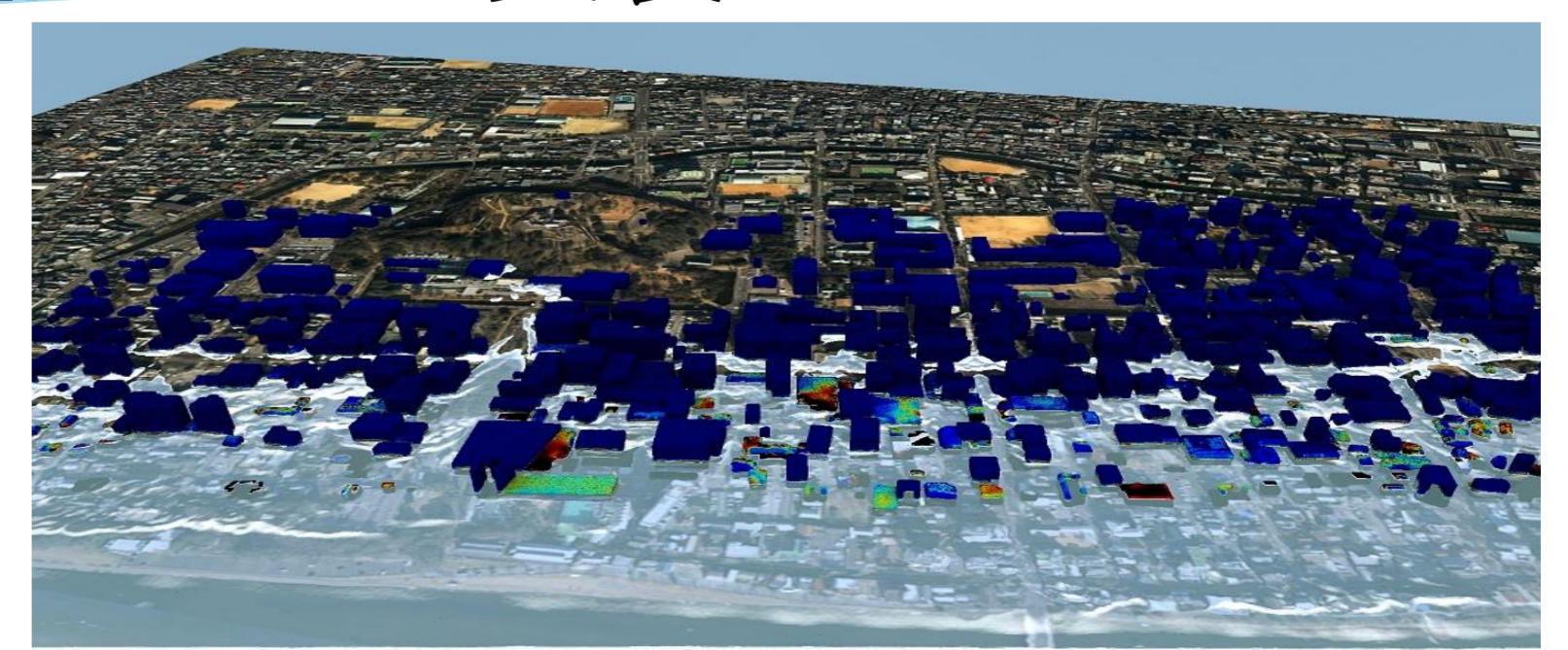
コイリング現象のシミュレーション



拡張スライスグリッド法による計算効率化

Step 3: 大規模流体シミュレータおよび可視化機能のGPU実装

- 粒子法による災害シミュレーションのGPUスパコン対応
九大ITOシステムBのマルチGPU環境を活用，津波・土石流などの災害を想定した流体シミュレーション



高知県の津波遡上シミュレーション(HIVEによる可視化)

共同研究大学；名古屋大学 九州大学
共同研究分野；超大規模数値計算系応用分野