

粒子法の基盤理論整備とマルチフィジックスシミュレータへの展開

共同研究者: 井元佑介(京大)、浅井光輝、田上大助、渡部善隆、小野謙二、大島聡史(九大)、三目直登(筑波大)、西浦泰介(JAMSTEC)、野中丈士(理研)



✓ 研究背景

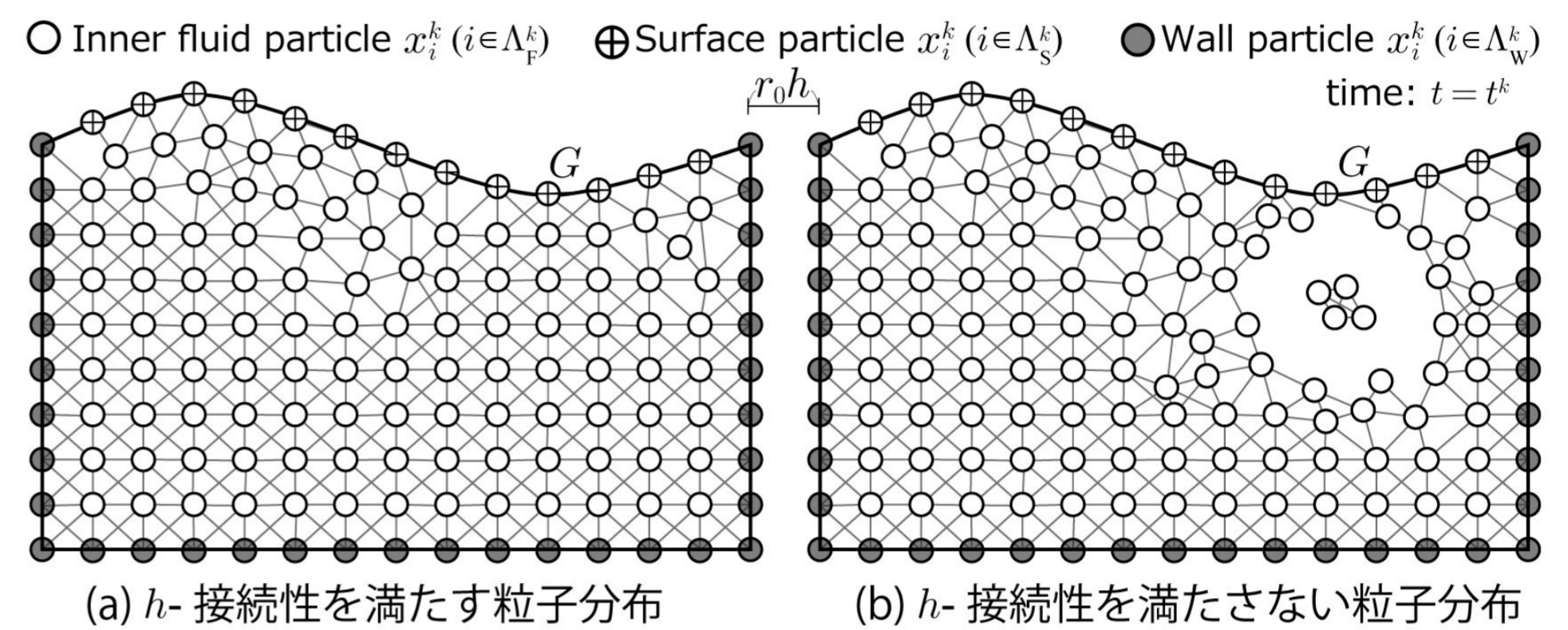
- 粒子法(SPH法やMPS法など)は大規模流体シミュレーションなどで高い需要
- 粒子法の数学的正当化(数値解析)が十分ではない
 - **解決すべき課題: 高安定・高精度な数値計算を行うための離散化パラメータの十分条件があいまい**

✓ 本研究の目的

- 数値解析学・計算力学双方の観点から
 - 離散化パラメータの条件を明確化
 - 高精度・実用的な離散化パラメータの導出
- 高性能計算の観点から
 - GPUを含め効率的な並列計算・可視化技術の開発



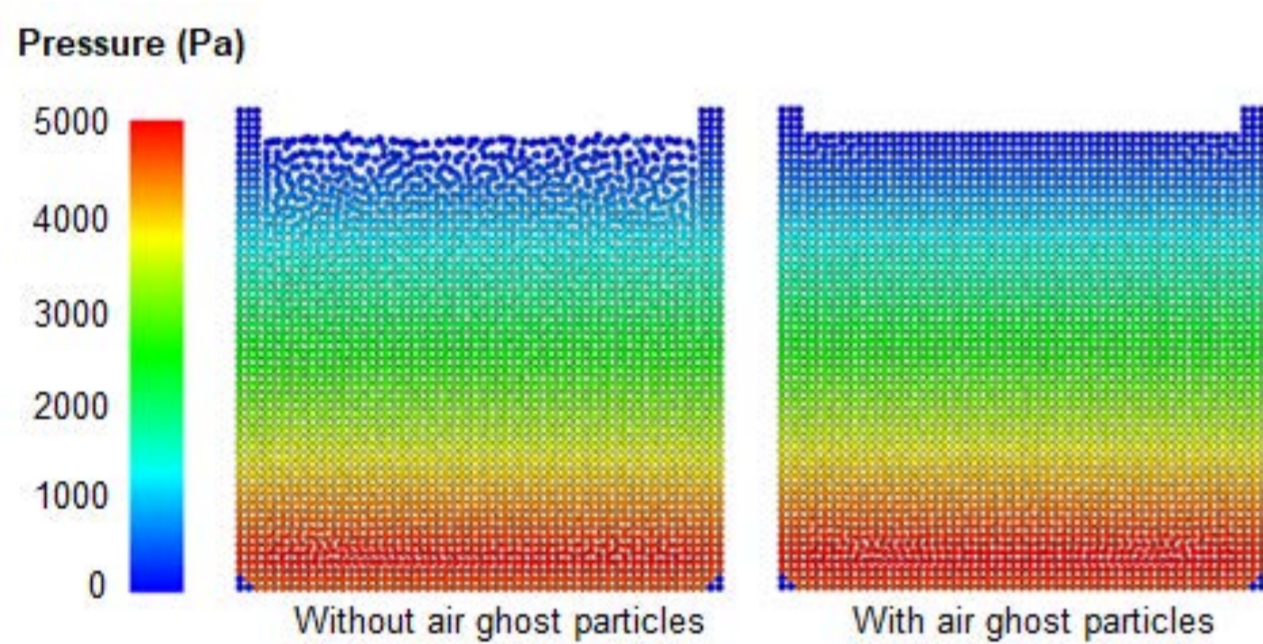
高性能な大規模マルチフィジックスシミュレータを開発



SPH法の一意可解性に現れる接続性の条件を満たす粒子分布(左)と満たさない粒子分布(右)

✓ 2018年度の主な成果

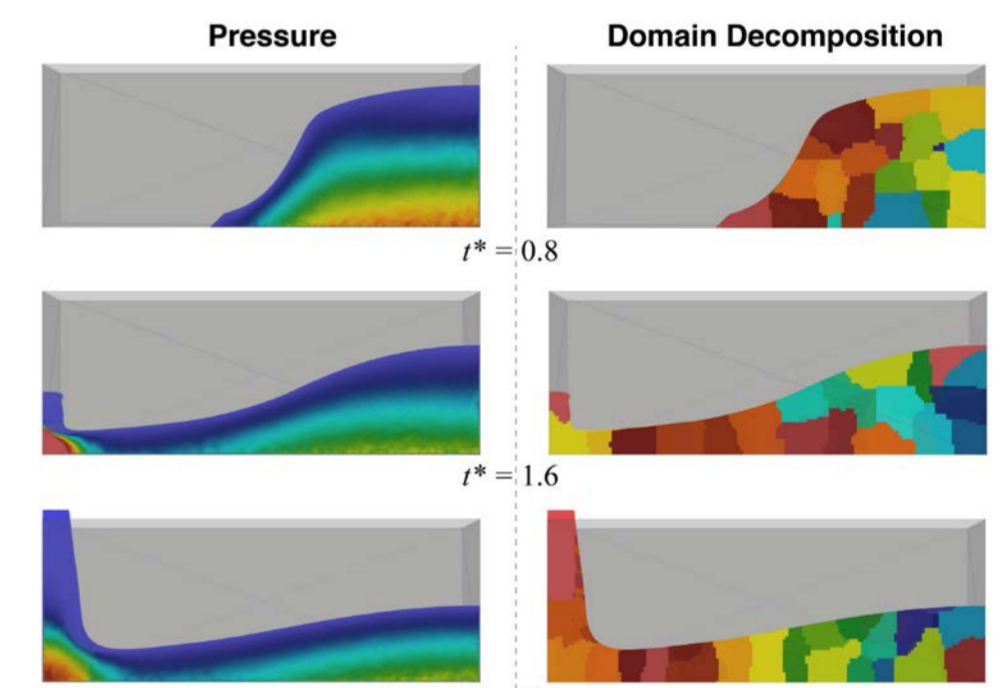
- 半陰的SPH法ならびに完全陰解法のSPH法に対して、一意可解性と安定性を示すことに成功
- Air Ghost Particleモデルによる自由表面周りの精度改善
- 非ニュートン流体にも対応できる陰的スキームの開発
- マルチフィジックスシミュレータ展開に向けて、有限要素法と粒子法の連成計算技術の開発
- シェーディング言語GLSLの出力対応によるHIVE可視化プラットフォームのGPU対応



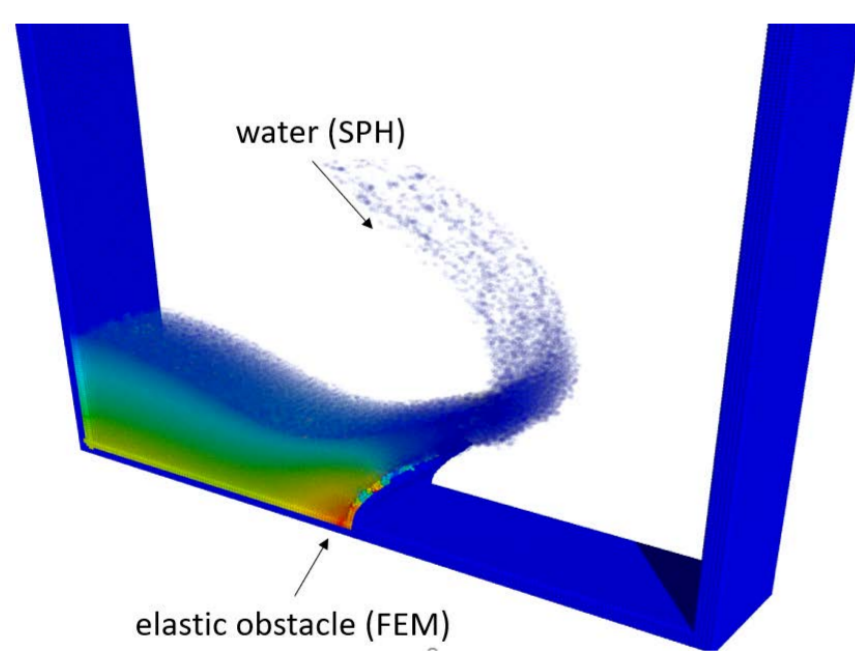
AGPモデルを用いた静水圧の数値実験
AGPモデルなし(左)、AGPモデルあり(右)



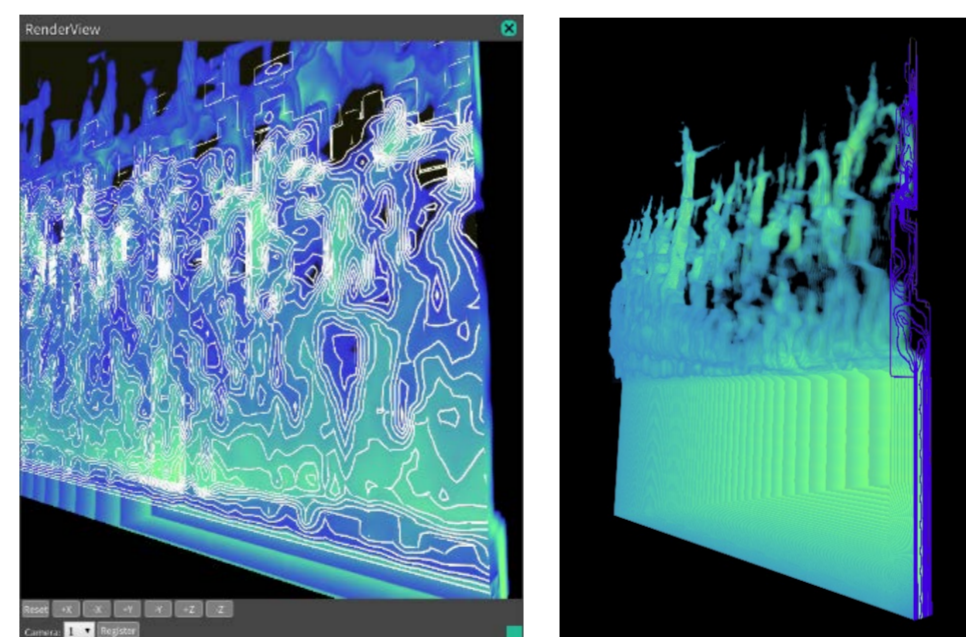
高粘性流体への対応による
コイルング現象の数値実験



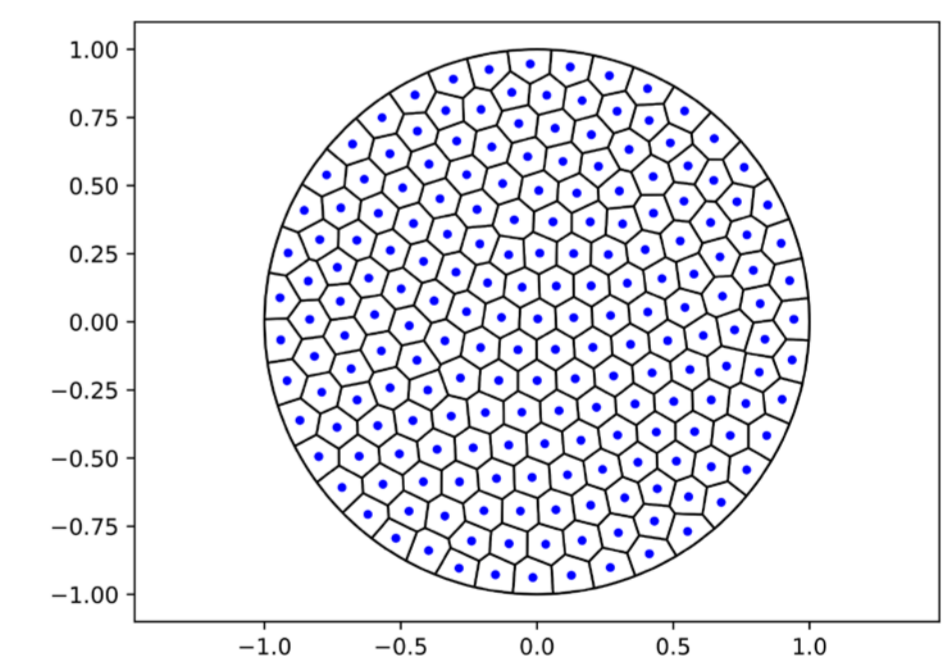
ポリゴン壁モデル導入時における動的負荷分散



流体をSPH法、構造をFEMで解く流体構造連成計算



等高線を表現するシェーダの例



重心ボロノイ分割による新しい粒子初期配置の決定

✓ 2019年度の研究計画

項目A [数値解析学・計算力学の観点からの検証III] 浸透流に対する粒子法および流体構造連成手法の開発と検証

これまでの成果を非圧縮性N-S方程式とDarcy則の統一方程式へ拡張、粒子法・有限要素法によるFSIの精度・妥当性検証、など

項目B [流体構造連成シミュレータへの展開] 大規模流体シミュレータへの追加実装および可視化システムの拡張

FSI計算時における壁境界の動的負荷分散の効率化、Expanding Slice Grid法の導入、など

項目C [流体シミュレータの高性能化] 大規模流体シミュレータのマルチGPU実装

マルチGPU環境における数千万粒子の流体計算、陽的粒子法のGPU移植と最適化、など

✓ 利用計算資源: 名古屋大学FX100、九州大学ITOサブシステムB (マルチGPU搭載)