

気液二相流動リアルタイムシミュレータの開発

Development of a gas-liquid two-phase flow real-time simulator

*斎藤 海希¹, 金井 大造¹

¹電中研

気泡の合体・分裂・変形は非常に複雑な現象であり、さらにこれらが高い頻度で起こる気泡群体系では、数値解析による流動場の予測が難しく、解析には多大な時間が必要とされる。本研究では、機械学習を用いてナビエストークス方程式を高速に解くことで、リアルタイムでの気液二相流動シミュレーションを可能とする手法の開発を進めている。本報では、その開発状況について報告する。

キーワード：気液二相流動，機械学習，リアルタイムシミュレーション

1. 緒言

本研究では、粒子法に機械学習を用いて物理計算を高速化するシミュレータエンジンを軸に、気液二相流動モデルの開発及び実験データとのデータ同化を行うフレームワークの構築を実施してきた[1]。この中で、抽出された諸課題について改良を進めている。特に、境界条件となる気泡の流入と流出のアルゴリズムの改良により計算の安定性が大幅に向上した。さらに、条件設定機能を拡充させ、柔軟性・汎用性を高めた。

2. シミュレータの改良

2-1. 気泡発生・消滅アルゴリズム

気泡の流入と流出は、気相粒子の発生と消滅により計算される。以前のモデルでは、これに関して計算の安定性に課題があった。そこで、容器下部から流入させる気相について、一定のボイド率を持つ領域で粒子をランダムに生成するとともに、水面近くの領域に達した際に各粒子には寿命を割り当てることで、ノズル直後及び液面から出た後の気相粒子挙動の安定性

も向上した。発生した気相粒子には初期速度 (v_{assign}) を与え、必要に応じて周囲の液相粒子にも重みづけ (w) をした速度 $v_{new} = w v_{old} + (1 - w)v_{assign}$ を与えた。

2-2. セットアップ機能の拡充

浮力、張力などに関する液相と気相に関するパラメータや気相流入条件(入口径、速度など)に加えて、初期水位や容器の形状、サイズ、気相流入口の位置をインタラクティブに変更できるようにした (図1)。

3. 結論

いくつかの改良により、シミュレータの

安定性と汎用性が大幅に改善し、ワイヤメッ

シュセンサ (WMS) 計測との整合性も向上した (図2)。今後、データ同化の活用によるさらなる精度向上および実際の計測データとの比較による妥当性確認を進める。

参考文献

[1] 斎藤 海希, 金井 大造, 日本原子力学会 2023 年秋の大会 2G14 (2023).

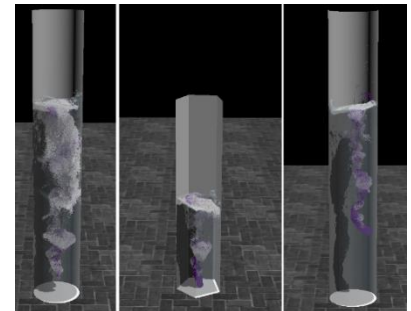


図1 シミュレーション例

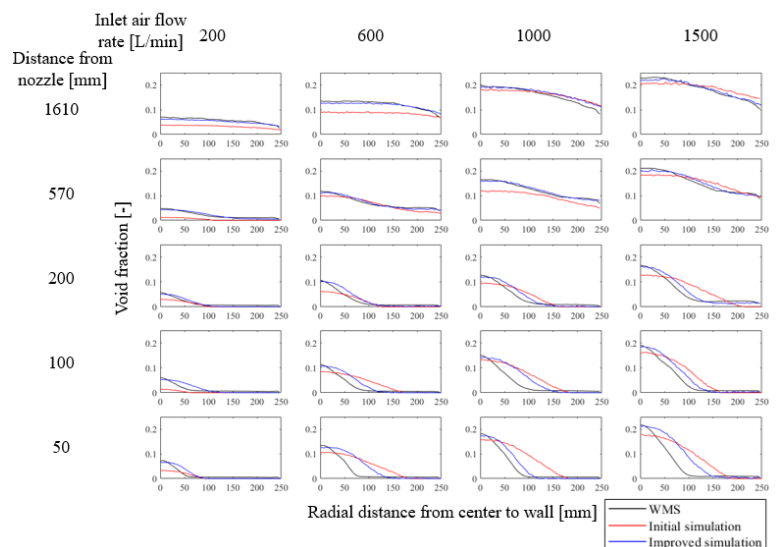


図2 実験データと改良前後のボイド率分布の比較

*Miki Saito¹ and Taizo Kanai¹

¹CRIEPI