改良型格子ボルツマン法による密度比が大きい場合の気液二相流シミュレーション

An improved two-phase lattice Boltzmann method with large density ratios

*佐藤 兼太[1]，酒井 幹夫[1]
[1]東京大学大学院 工学系研究科

炉心に発生した気泡の成長過程を数値シミュレーションにより解析・予測することは，原子炉の設計や安全な運転において必要とされる技術である．本研究では，改良型格子ボルツマン法により，これまで完全陽解法では実行困難であった密度比 1000 の上昇気泡流れのシミュレーションを安定して実行できることを示す．

キーワード：格子ボルツマン法，気液二相流，上昇気泡流れ

1. 緒言

近年，陽解法であり並列化効率の高い二相流れのシミュレーション手法として，格子ボルツマン法が注目されている．しかし，従来の格子ボルツマン法は，気体と液体のような二種類の流体の密度比が 1000 程度となる気液二相流れのシミュレーションでは，計算が不安定となりやすいことが知られている．そこで，本研究では Cahn-Hilliard 方程式に基づくフェーズフィールド法と，密度比が 1000 となる気液二相流れにおいても安定した計算が可能な改良型格子ボルツマン法[1]を連成した気液二相シミュレーション手法を開発し，これまで実行困難であった密度比 1000 の場合の上昇気泡流れのシミュレーションを安定して実行できることを示す．さらに，気泡の変形および気泡両端の渦の再現について妥当な結果が得られることを示す．

2. 上昇気泡流れのシミュレーション

改良型格子ボルツマン法[1]を用いて，密度比が 1000 の場合の上昇気泡流れのシミュレーションを行った．計算結果の検証は，気泡の変形過程および上昇速さを，従来のフェーズフィールド法と Navier-Stokes 方程式の直接解法を連成した気液二相流シミュレーション手法との比較を通じて行う．

改良型格子ボルツマン法による計算結果は，フェーズフィールド法を用いた Navier-Stokes 方程式の直接計算による結果とよく一致し，従来法と同等の計算精度で上昇気泡流れのシミュレーションを実行できることが示された．また，圧力計算の反復回数についての検証を行ったところ，改良型格子ボルツマン法は，高々2 回の反復回数で密度比 1000 の場合の気液二相シミュレーションを，安定して実行できることが明らかとなった．さらに，反復計算が 5 回の場合と比較したところ，同等の圧力分布が得られることが明らかとなった．

3. 結論

本研究では，改良型格子ボルツマン法の原子力分野への応用に向け，上昇気泡流れのシミュレーションを行った．その結果，改良型格子ボルツマン法は，これまで完全陽解法では実行困難であった密度比 1000 の場合の気泡上昇流れのシミュレーションを，安定して実行できることが明らかとなった．さらに，Navier-Stokes 方程式に基づく従来法との比較検証を通じて，改良型格子ボルツマン法の妥当性を確認することができた．

参考文献

[1] Inamuro T., Yokoyama T., Tanaka K. and Taniguchi M. An improved lattice Boltzmann method for incompressible two-phase flows with large density differences. *Comput. Fluids* (2016) **137**:55-69.

*Kenta Sato[1] and Mikio Sakai[1]
[1]The university of Tokyo.