二相系格子ボルツマン法による液体噴流微粒化過程の詳細数値解析

Numerical analysis of liquid jet fragmentation with a two-phase lattice Boltzmann method

阿部豊
筑波大学システム情報系

1. 研究目的 : 本研究は、原子炉過酷事故時において生じうる炉心溶融物の冷却過程を構成する素過程である液液二相噴流の微粒化および生成滴周りの相変化伝熱を対象とし、その動的挙動を実験的・数値的に明らかにするものである。実験・数値解析により得られた知見を統合し、溶融物冷却性予測手法の構築までを一貫して行う。本研究の目的は、原子炉過酷事故における炉心溶融物の微粒化および相変化伝熱機構の解明であり、現象素過程に着目した実験と数値解析を実施するものである。本申請は、研究全体の構成において、数値解析に関連するものである。
2. 研究成果の内容 : 本研究の解析対象に対して，従来の格子ボルツマン法は数値的に不安定であるため，申請者らは衝突項を改良した独自の数値アルゴリズムを提案した．これにより，従来実施困難であった溶融物－冷却材の体系における解析が可能となった（図1）．さらに，実機条件に相当する大規模体系において数値解析を行うことが可能となり，実機相当条件での流動様相を明らかにした．さらに，本手法を拡張し，相変化を伴う二相流数値解析に適用した．これにより，溶融粒子まわりの沸騰二相流挙動を，2 次元体系において解析し，既存相関式の定量評価を可能とした．

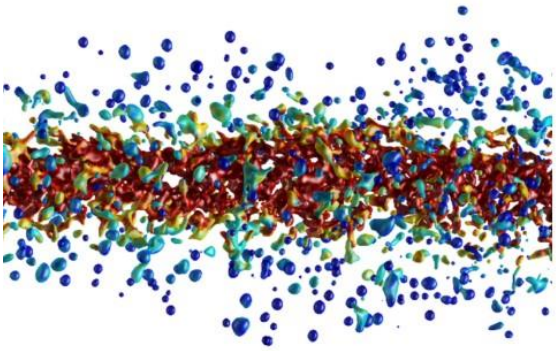

図 1 噴流界面および速度分布 [Reproduced from Saito et al., Phys Rev E **98**, 013305 (2018)].

3. 学際共同利用として実施した意義：単一ノードでは実行できない大規模計算を実行することができ，本研究で相当する実機相当の体系におけるシミュレーションが可能となった．
4. 今後の展望：本研究を通して開発した，相変化を伴う二相流シミュレーションに関する物理モデルおよびその計算コードを 3 次元体系へと拡張する．また，さらなる大規模化を見据えて，計算コードをＧＰＵ向けに修正する．

5. 成果発表

(1) 学術論文

・ S. Saito, A. De Rosis, A. Festuccia, A. Kaneko, Y. Abe, K. Koyama, Color-gradient lattice Boltzmann model with nonorthogonal central moments: Hydrodynamic melt jet breakup simulations, Physical Review E, Vol. 98, Iss. 1, p. 013305, 2018.

(2) 学会発表

・ S. Saito, K. Ebihara, A. De Rosis, K. Kawasaki, A. Kaneko, Y. Abe, K. Koyama, A numerical study on convective boiling heat transfer simulating a melt particle in a coolant, 11st Korea-Japan Seminar on Nuclear Thermal Hydraulics and Safety (NTHAS11), Busan, Korea, 2018.

・ S. Saito, Y. Abe, K. Ebihara, A. De Rosis, A. Kaneko and K. Koyama, A coupled lattice Boltzmann-finite difference approach for boiling two-phase flow with high density ratios, Proceedings of the 16th International Heat Transfer Conference (IHTC16), No. 22464, Beijing, China, 10-16 August 2018.

・ S. Saito, Y. Abe, A. Kaneko, A. Festuccia, A. De Rosis, and K. Koyama, Numerical simulations of hydrodynamic process of melt jet breakup with two-phase lattice Boltzmann method, Proceedings of the 26th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE26), ICONE26-81663, London, England, July 2018.

・ 齋藤慎平，川崎皓太，海老原健一，金子暁子，阿部豊，小山和也，格子ボルツマン法による相変化伝熱の数値解析，日本原子力学会 2018 年秋の大会，岡山大学津島キャンパス，1I04, 2018.

(3) その他

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
COMA			
Oakforest-PACS	○	25,600	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			