

|                     |                                                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Title</b>        | 格子ボルツマン法による二成分熱流体解析アルゴリズムの開発                                                    |
| <b>Author(s)</b>    | 廣川, 雄一                                                                          |
| <b>Citation</b>     |                                                                                 |
| <b>Issue Date</b>   | 2002-03                                                                         |
| <b>Type</b>         | Thesis or Dissertation                                                          |
| <b>Text version</b> | author                                                                          |
| <b>URL</b>          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/1579">http://hdl.handle.net/10119/1579</a> |
| <b>Rights</b>       |                                                                                 |
| <b>Description</b>  | Supervisor:松澤 照男, 情報科学研究科, 修士                                                   |

# 格子ボルツマン法による二成分熱流体 解析アルゴリズムの開発

廣川 雄一

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2002年2月15日

**キーワード:** 格子ボルツマン, 二成分流体, 熱流体, 境界相, 自然対流.

## 1 背景と目的

数値流体解析にはナビアストークス方程式及びポアソン方程式を離散化する有限差分法や有限要素法が良く用いられるが、これらの手法では2成分流体の解析に境界相をあらかじめ設定しなければならず混和2成分流体を解析する事は難しい.

一方、粒子法に基づく解析手法では粒子の運動により流れ場を解析するために従来の有限差分法のように流れ場全体を記述する必要がない. その為、有限差分法で扱う事が困難な混和2成分流体の解析や自律的な2成分流体の境界相形成が行えるという利点がある.

粒子法には粒子の運動を詳細に追跡する分子動力学法やモンテカルロ法があるが、粒子に作用する力を1タイムステップ毎に解かなければならない為計算資源の制約から計算可能な粒子の個数がある程度限られてしまう.

粒子の詳細な運動の情報が不要な場合には粒子の統計情報を用いた格子ボルツマン法が有用である. 格子ボルツマン法は粒子の運動を格子に当てはめあらかじめ衝突則を規定した格子ガス法が基になっている.

格子ガス法は粒子の速度を制限し、あらかじめ衝突則を規定した事で計算効率が向上したが、衝突判定の為に1格子点上に同じ速度を持つ粒子が2つ以上存在出来ないという計算上の制約がある為に観測した物理量にノイズが発生する.

格子ボルツマン法は粒子の速度制限を設けるという事に関しては格子ガス法と同様であるが、粒子運動の記述にボルツマンの輸送方程式を用いる. この為格子ガス法のような粒子の排他則は存在せず観測した物理量のノイズを除去する事が可能である.

格子ボルツマン法では非熱流体による2成分流体の解析、熱流体による1成分気液2相

流の解析等が行われてきたが、2成分熱流体を扱った論文は少ない。本研究では従来の1成分熱流体を多成分熱流体へ拡張する手法を提案し重力下における自然対流の解析を行った。

## 2 方法

本研究では様々な非熱／熱流体ボルツマンモデルに適用可能な手法を提案し、非熱流体および熱流体への適用可能性を検討する。まず、拡張手法の妥当性を検討するため S.Hou らによる 2D9V 非熱流体モデルを 2 成分非熱流体モデルに拡張し、2 成分の差異をなくした時に 1 成分非熱流体モデルと同じ振る舞いをするかどうかを検証する。次に 蔦原、高田らによる 2D21V 熱流体モデルを 2 成分熱流体モデルに同様の手法で拡張し、2 成分の差異がない時に 1 成分熱流体モデルと同じ振る舞いをするかどうかを検証した。

本研究で提案した拡張法を適用した熱流体モデルを用いて、粒子に仮想的な質量差を持たせ重力下における自然対流の解析を行った。

## 3 結果

1. S.Hou らによる 2D9V 非熱流体モデルを 2 成分非熱流体に拡張し、2 次元キャビティ流れの解析を行った。2 成分の差異を考慮しない場合 1 成分非熱流体モデルと同様の結果が得られた。
2. 蔦原らによる 2D21V 熱流体モデルを 2 成分非熱流体モデルに拡張し、2 次元ベナール対流の解析を行った。2 成分の差異を考慮しない場合 1 成分熱流体モデルと同様の結果が得られた。但し、外力計算時の誤差により多少の誤差が生じた。
3. 蔦原らによる 2D21V 熱流体モデルを 2 成分非熱流体モデルに拡張し、2 次元ベナール対流の解析を行った。粒子に仮想的な質量差を持たせた場合に、自律的に相分離を起し、質量の小さい粒子の相が冷却壁によって冷却され、局所的な密度が増大した為に質量の大きい粒子の相に沈み込む逆転相の解析が行えた。