

格子ボルツマン法に基づく 数値解析手法とコード開発



大学院理工学研究部(工学)
准教授 瀬田 剛

研究分野

Research area

数値流体力学

研究のキーワード > 格子ボルツマン法, 混相流解析, 熱流動解析

研究内容

Research content

数値計算手法の一つである格子ボルツマン法について研究をしています。格子ボルツマン法は、質量の保存性と並列計算効率に優れ、大規模高速計算が可能ですが、単純な手法であるが故問題点もあります。例えば下図①に示すように、緩和時間が大きくなると、壁面近傍で流速の滑りが発生し、計算精度が悪しく低下します。我々は複数の緩和時間を用いることで、流速の滑りの除去に成功しています(下図②)。格子ボルツマン法による実用的な計算を目指し、問題点の克服に取り組んでいます。

研究のポイント

Research point

格子ボルツマン法により、以下のような計算が可能です。

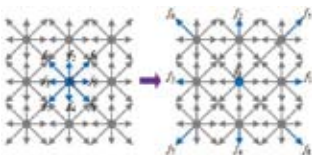
- 自由曲面に対する濡れ性解析(下図③)。
- 液滴が合体する複雑な界面現象の計算(下図④)。
- 計算負荷が高い多粒子沈降の高速計算(下図⑤)。
- 自由曲面を含む高精度な熱流動解析(下図⑥)。
- 困難であった乱流解析も、近年可能になっています。

産学連携への取組、期待

- 次世代シミュレーション手法の安全性解析モデルへの適用性評価(通商産業省、エネルギー総合工学研究所)等に参画しました。
- 近年、熱流動解析のための格子ボルツマン法による超大規模高速 GPU コードの開発と複雑固相界面乱流熱伝達の大規模数値解析(H29年度 HPCI-JHPCN システム利用課題)等に参画しています。
- 科学研究費助成金では、多孔質体、懸濁液、超撥水現象等の解析を行いました。

研究 REPORT

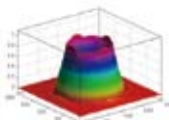
格子ボルツマン法の粒子運動



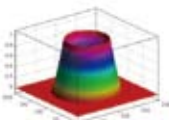
マルチスケール展開

流体の運動方程式

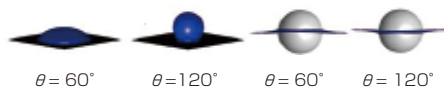
$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \times \nabla) \mathbf{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u}$$



①滑りの発生



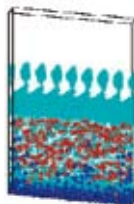
②滑りの除去



③濡れ性の計算



④表面張力による微小液滴の合体の計算



⑤固気二相流の計算



⑥円筒周りの自然対流の計算