

## 格子ボルツマン法を用いた物質拡散計算の高速化

Acceleration of air flow simulation using lattice Boltzmann method

\*小野寺 直幸<sup>1</sup>, 井戸村 泰宏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>日本原子力研究開発機構

格子ボルツマン法(LBM)によるラージエディ・シミュレーション(LES)手法を構築することで、汚染物質等の実時間拡散解析の確立を目指す。本発表では適合格子細分化法(AMR)法を適用した LBM での最適なデータ構造および計算アルゴリズムを提案すると共に、検証計算例を示す。

**キーワード:** 格子ボルツマン法、ラージエディ・シミュレーション、適合細分化格子法、高性能計算

### 1. 緒言

放射性物質の拡散予測シミュレーションは社会的関心が非常に高く、迅速性および正確性が求められている。数 10km 以上の広域拡散予測システムとして、緊急時環境線量情報予測システム(SPEEDI)やその世界版(WSPEEDI)が開発されているが、これらに加えて数 km 以下の局地拡散予測システムの開発が進められている[1]。局地拡散予測システムではメソ気象モデル WRF の解析結果を境界条件とする LES を実施するが、現在の差分法に基づく LES では数 m 解像度の実時間解析は困難であり、より高速な解析手法の構築が必須となる。本研究では、これまでにメニーコア・プロセッサに適している LBM に基づく LES を構築し、都市気流を対象とする高解像度の実時間解析を実現した[2]。さらに、AMR 法[3]を用いて格子解像度を最適化することにより、局所解析からメソスケール解析までの解像度の変化に対応し、より現実的な境界条件の設定を可能とする。本稿では、以上の解析手法に適したデータ構造および計算アルゴリズムを提案する。

### 2. AMR 法を適用した LBM での検証計算

AMR 法を適用した LBM での検証計算を実施する。計算条件として、Cavity flow テストの条件を設定し、固体壁面近傍に対して細分化格子を配置した。AMR 法で配置されるノード内には  $8^3$  の格子点を設定し、最も密な格子で水平方向に 192 格子、疎な格子で 48 格子が配置される条件にて、ノードの生成を行なった。図 1 に 2 次元断面内のノード配置および格子点上の速度ベクトルを示す。速度勾配の大きい壁面近傍に対して、密にノードが配置されていることが確認できる。以上の結果より、AMR 法を用いない結果と比較して、2 次元断面内において、格子点数を 60%削減しつつ、同様の結果を再現した。

### 3. 結論

AMR 法を適用した LBM での検証計算を行なった。AMR 法の適用により、メソスケール解析と局所解析を繋いだマルチスケールの実時間解析が可能となる。本発表では、詳細な実効性能および拡散解析例を示すことで、本解析手法の有効性を示す。

### 参考文献

- [1] Nakayama, H., T. Takemi, and H. Nagai: Large-eddy simulation of turbulent winds during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident by coupling with a meso-scale meteorological simulation model. *Adv. Science and Research*, 12, 2015, 127-133
- [2] Inagaki A, Kanda M, Huda AN, Yagi A, Onodera N, Aoki T: A numerical study of turbulence statistics and the structure of a spatially developing boundary layer over a realistic urban geometry, *Boundary-Layer Meteorol*, Vol. 164, Issue 2, August 2017
- [3] Kuwata Y and Suga K: Imbalance-correction grid-refinement method for lattice Boltzmann flow simulations, *J. Comp. Phys.*, Vol 311, 15 April 2016

\*Naoyuki Onodera<sup>1</sup> and Yasuhiro Idomura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency

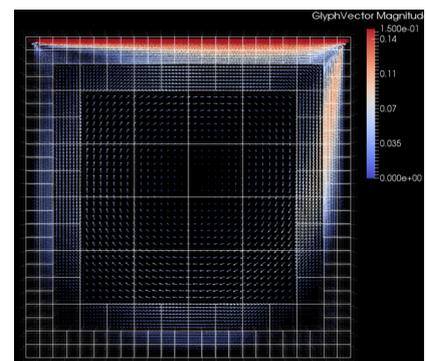


図 1 格子点配置および速度ベクトル