

## 格子ボルツマン法に関する研究

報告書番号：R19JTET17

利用分野：技術習得方式

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11502/>

### ● 責任者

青山剛史, 航空技術部門数値解析技術研究ユニット

### ● 問い合わせ先

石田 崇, 航空技術部門, 数値解析技術研究ユニット (ishida.takashi@jaxa.jp)

### ● メンバ

浅岡 大知, 藤井 千樹

### ● 事業概要

本研究の目的は、衝突項モデルに Geier によって提案された Cumulant LBM を実装し、高 Re 数流れ解析における精度・安定性・コストを検証するとともに、コードの高速化を実施することである。

### ● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

LBM による非圧縮性流体解析ソルバを用いた非定常計算は計算コストが大きく、高並列化によって処理を高速化するために JSS2 を利用している。

### ● 今年度の成果

2次元及び3次元の Cumulant LBM を衝突項に実装し、SRT, Cascaded LBM と精度, 安定性, コストを比較した。また、Cascaded LBM や Cumulant LBM といった行列演算を用いる多緩和モデルに対して行列の書き下しや SIMD 化を促進する書き方に修正することで、SRT の 1.7 倍程度のコストにまで高速化することが出来た。

```

before
for (int n = 0; n < Q; ++n) {
    ftmp[l][n] = 0;
    for (int m = 0; m < Q; ++m) {
        ftmp[l][n] += rho[l] * (Minv[m][n] * (CM[m] * (1 * omg[m]) + CMeq[m] * omg[m]));
    }
}

after
T ftmp_Q;
for (int n = 0; n < Q; ++n) {
    ftmp_n = 0;
}
for (int m = 0; m < Q; ++m) {
    for (int n = 0; n < Q; ++n) {
        ftmp_n += rho[l] * (Minv[m][n] * (CM[m] * (1 * omg[m]) + CMeq[m] * omg[m]));
    }
}
for (int n = 0; n < Q; ++n) {
    ftmp[l][n] = ftmp_n;
}
    
```

図 1: 衝突項の SIMD 化の例

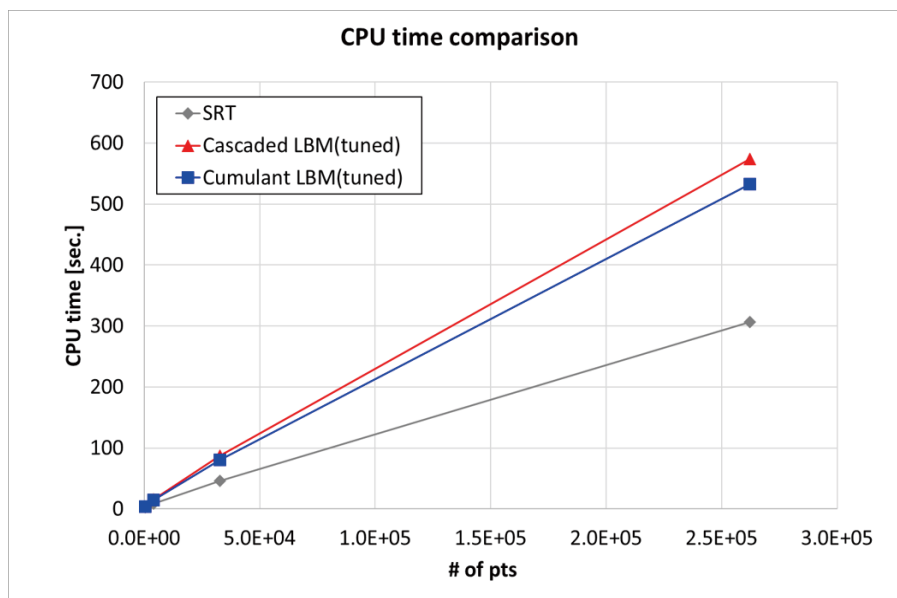


図 2: チューニング後の時間比較

● 成果の公表

-査読なし論文

- 1) 石田崇, 浅岡大知, 亀田正治, LBM を用いた低速高迎角時における翼周りの非定常流体解析, 第 33 回数値流体力学シンポジウム

## ● JSS2 利用状況

## ● 計算情報

プロセス並列手法	非該当
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	1
1 ケースあたりの経過時間	1000 秒

## ● 利用量

総資源に占める利用割合<sup>※1</sup> (%) : 1.28

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合 <sup>※2</sup> (%)
SORA-MA	11,348,171.01	1.38
SORA-PP	15,318.40	0.10
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合 <sup>※2</sup> (%)
/home	495.91	0.41
/data	49,018.88	0.84
/tmp	5,859.38	0.50

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合 <sup>※2</sup> (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合 : 3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合 : 対象資源一年間の総利用量に対する利用割合