

一様等方性乱流計算による各種流体計算法の比較と、新型計算機アーキテクチャによる計算スピード向上の検討

筑波技術大学 産業技術学部 産業情報学科¹⁾

丹野 格¹⁾

キーワード：流体シミュレーション，擬似圧縮性法，フラクショナルステップ法，格子ボルツマン法

1. 背景

流体のシミュレーションは計算負荷が非常に高く，常に高性能なコンピュータを必要としている。長い間，コンピュータの速度は順調に上がってきた。従来，コンピュータの計算コアの数は1つであったが，こうしたコンピュータの速度上昇は既に飽和状態にある。

最近では計算速度の向上を目指し，複数の計算コアを搭載したコンピュータが一般的になった。とくに，最近話題となっているグラフィックプロセッシングユニット(GPU)やIntel社のXeonPhiは，数百個の計算コアを搭載することで，圧倒的な計算速度を発揮している。これらは並列コンピュータと見なされる。しかし並列コンピュータは，条件によってはその性能が発揮できない場合もあり，使いこなしが難しい。

これまで，多くの流体解析手法が提案されたが，精度とともに重要になるのが計算速度である。現状では，並列コンピュータに向く手法は計算速度の点では有利になると考えられる。本課題では，いくつかの非圧縮性流体解析を通常のコンピュータ，GPU，XeonPhi上で行い，その計算速度について比較を行う。

2. 計算手法と条件

比較した非圧縮性流体解析の手法は，擬似圧縮性法(ACM)，フラクショナルステップ法(FSM)，格子ボルツマン法(LBM)である。ACM，FSMは空間微分項を4次精度中心差分で離散化し，実時間微分項の積分は4段階ルンゲクッタ法を用いた。格子はスタッガード格子を使用した。LBMはD2Q9 LBGKモデルを使用した。

計算対象は周期境界の二次元一様等方性乱流であり，

格子点数は1024 x 1024である。無次元時刻が1になるまでの計算時間を比較した。

3. 使用したコンピュータ

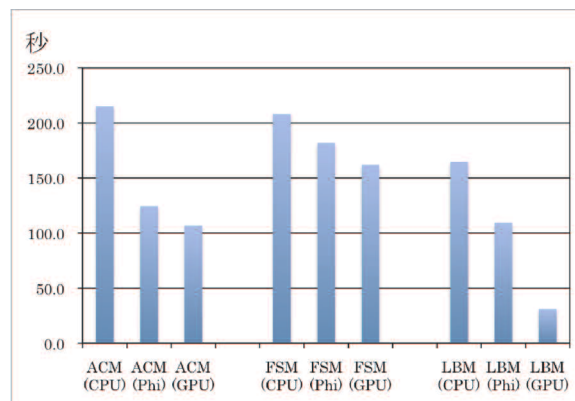
計算に使用したコンピュータは，下記の通りである。

1. Intel Xeon E5-2620 (CPU) スレッド数 6
2. NVIDIA Tesla C2050 (GPU)
3. Intel Xeon Phi 7120P スレッド数 244

CPUとXeonPhi用の実行ファイルは，intel C compiler 13.1.2を使用して作成した。並列化のためOpenMPを使用した。実行時のスレッド数は上記の通りである。XeonPhiの計算はネイティブモードを使用した。GPU用の実行ファイルはnvccとCUDA library 3.2を用いて作成した。

4. 結果

下図に各計算手法の計算時間の比較を示す。



ACMではGPUとXeonPhiによる計算時間が，CPUのそれに対して大きく減少している。一方，FSMによる

結果はそれほど顕著な差が見られなかった。一方、LBM による結果では、GPU による計算が非常に高速であった。LBM は精度の点でも非常に有利であり[1]、非常に有望な手法であることが改めて示された。一方、ACM 以外では Xeon Phi を用いた場合の計算時間が、CPU と比較してそれほど早くならなかった。Xeon Phi に対する計算プログラムのさらなるチューニングが必要であると思われる。

5. 参考文献

- [1] Tanno, I., Hashimoto, T., Yasuda, T., Tanaka, Y., Morinishi, K., Satofuka, N., Simulation of turbulent flow by lattice Boltzmann method and conventional method on a GPU, Computers & Fluids, volume 80, issue 1, 2013, pp. 453 - 458