

非構造格子に基づく数値流体計算のGPU化

A GPU on CFD with Non-structural Grids

ファム バン フック¹⁾

Pham Van Phuc

1) 清水建設(株) 技術研究所 (〒113-8656 東京都江東区越中島3-4-17, email: p_phuc@shimz.co.jp)

Key Words : CUDA, GPU, Fermi, CFD, Non-structural Grids

1. はじめに

建築物などのような構造物は形状が複雑であり、その数値流体計算(CFD)を行う際には非構造格子を用いることが多い。本研究では、OpenFOAMオープンソースに基づいてその運動方程式及び圧力方程式をGPU化し、非構造格子によるGPUの計算性能の評価を行った。

2. GPU化の基本的な考え方

GPUの高い計算性能を引き出すためにはGPUアーキテクチャを考慮して、計算アルゴリズムの再構築や計算順序の工夫及びメモリアクセスの再整理が必要となる。本研究では、大きい容量を持つグローバルメモリに着目してそのメモリへアクセスする際に、よりコアレスシングが生じやすいように計算データを1次元に並び替えた。

3. 解析モデルとその性能評価

CFDでは圧力方程式を解く部分が計算時間の大部分を占めており、その解析ソルバのGPU化を行い、計算性能を確認した^{1,2)}。その残りは運動方程式や圧力方程式などの構築時間の短縮も必要となる。次式はCFDの運動方程式を示す。

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 v$$

ここで、左辺の第1項は非定常項、第2項は移流項、右辺の第1項は圧力項、第2項は拡散項である。

本文では、移動屋根面を持つ三次元キャビレイ流れ問題(図-1)を対象にして、非構造格子によるGPUの計算性能を調べた。図-2には利用している直交構造格子(A)と(B)及び非構造格子(1層非構造、多層非構造)を示す。図-3(a)は運動方程式のそれぞれの項についてCPU及びGPUの計算時間の比を示す。図-3(b)はそれぞれの計算格子においてGPUの計算時間は直交構造格子(A)のGPU計算時間に無次元化された結果を示す。図-3(b)より計算格子の多層非構造化により計算時間が大きい規模の直交構造格子(B)の計算時間に漸近するが、少ない層の非構造格子ではGPUの良い計算性能を確認できた。

4. まとめ

非構造格子に基づく数値流体コードのGPU化を行い、計算格子によるGPUの計算性能を調べた。適切な非構造格子の利用によりGPUの良い計算性能が得られることを確認した。

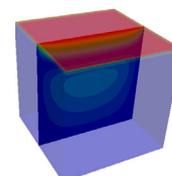
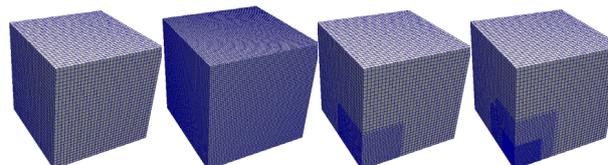


図-1 キャビティ問題



(a)直交構造(A) (b)直交構造(B) (c)1層非構造 (d)多層非構造

図-2 計算格子

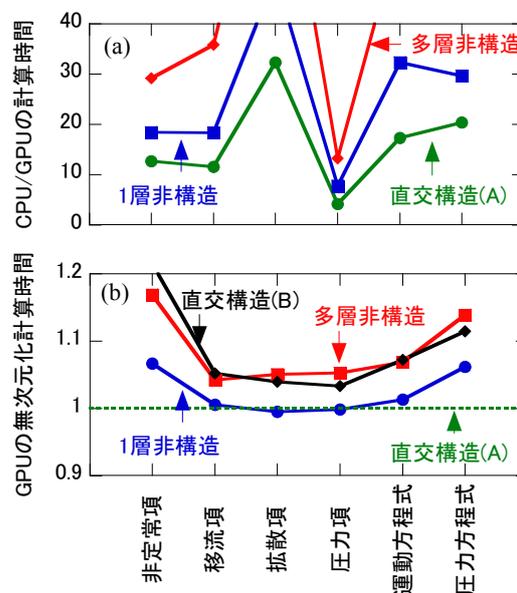


図-3 計算格子によるGPU計算性能の変化

参考文献

- [1] ファムバンフック: GPUによるポアソン方程式の数値解法の性能評価, 計算工学講演会論文集, Vol.5, 2010.
- [2] ファムバンフック, その他: 数値流体解析の大規模並列計算及びGPU化の試み, HPCS2011, 2011.