

GPUによるOpenFOAM流体計算の高速化

清水建設(株) 技術研究所
PHAM VAN PHUC
(ファム バン フック)

内容

- GPUの概要
 - 性能
 - 課題
- OpenFOAM流体計算のGPU化
 - 解析ソルバのGPU化
 - 運動・圧力方程式のGPU化

※GPUの詳細なチューニング等を省略

GPUハードウェア

- GPU:
 - 英名: Graphic Processing Unit
 - コンピュータの画像処理を担当する主要な部品のひとつ (1999年~誕生)
 - 主な利用先:



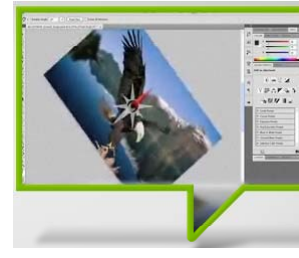
ゲーム



3Dステレオ



映像処理



画像処理



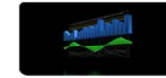
バイオインフォマティクスと生命科学



計算化学



コンピュータによる電磁気学および電気力学



計算ファイナンス



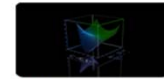
計算流体力学



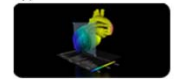
データマイニング、アナリティクス、データベース



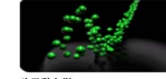
イメージングとコンピュータビジョン



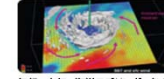
MATLAB加速



医用画像



分子動力学

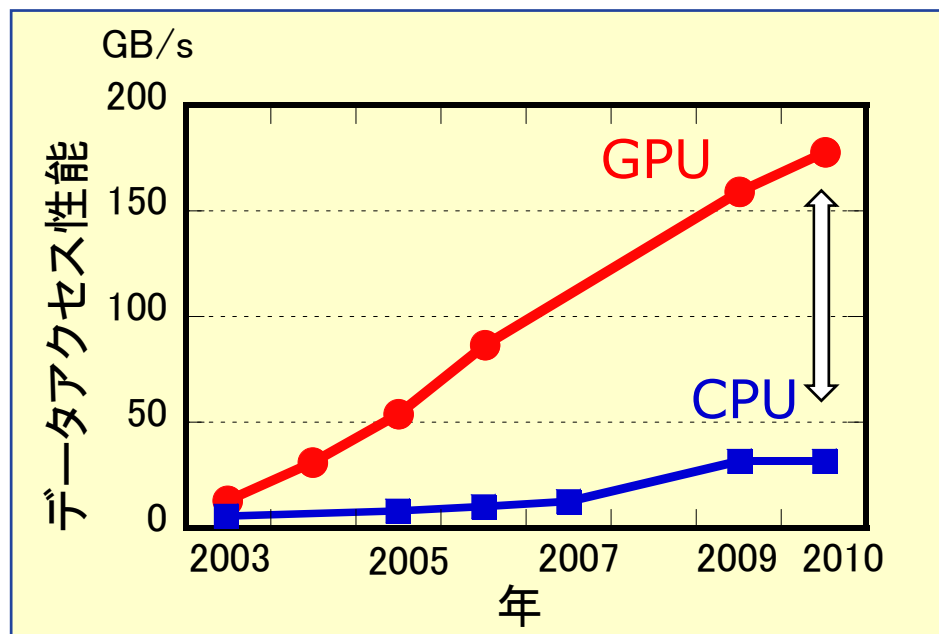
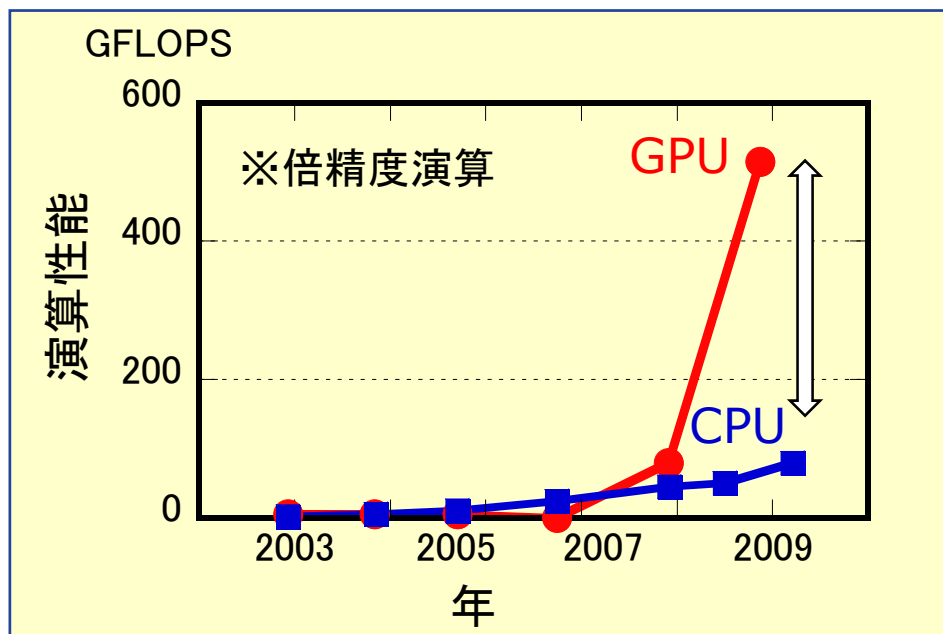


気候、大気、海洋モデリング、および宇宙科学

科学計算
(2007年: CUDA言語)

GPUの基本性能

<http://www.nvidia.co.jp/>



■ 搭載のメモリ容量

- メモリ容量: 少ない。

→ 2008年: G1060(4GB)・2010年: G2070(6GB)・2012年?:? (12GB)

大規模計算にも対応になってくる。

■ GPU間の通信方法

- CPU経由通信: CPU上の不要なオーバーヘッドが発生

→ GPU間の直接通信(Cuda4.0: GPUDirect対応)

HPC分野の変貌

- GPUスーパーコンピューター(2010)
 - 中国の「天河一号」 (78%)
 - 中国の「Nebulae(星雲)」 (80%)
 - 東工大の「TSUBAME2.0」 (91%)

- GPUのHPC



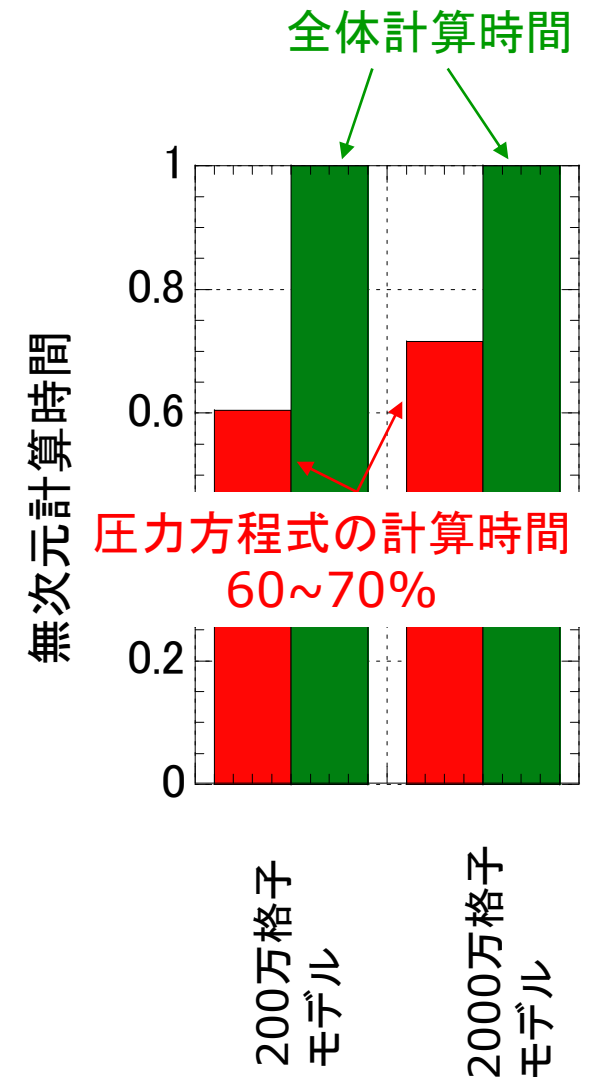
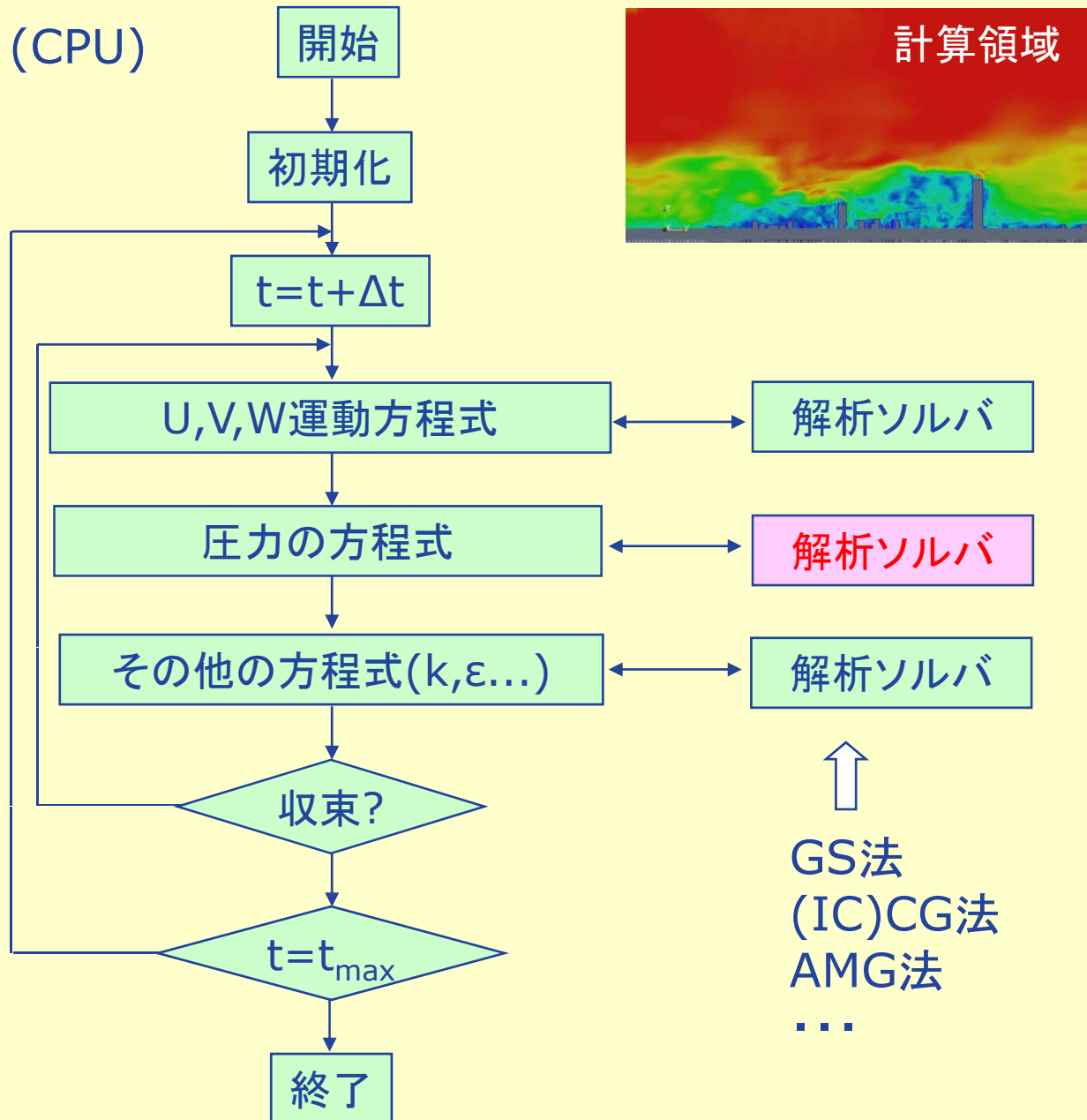
日本SGIのHPC製品「Asterism」

GPUはHPCハードウェアの基盤のひとつである

研究開発の狙い

- GPU用流体計算コードの構築。
 - 問題対象の限定
 - 計算格子の工夫などでGPUの性能を発揮
- 対象計算コード
 - OpenFOAMコード
 - C++言語 → CUDA言語に移植しやすい
 - OpenFOAMコードの優位性を活用

OpenFOAM・流体計算コードの概要

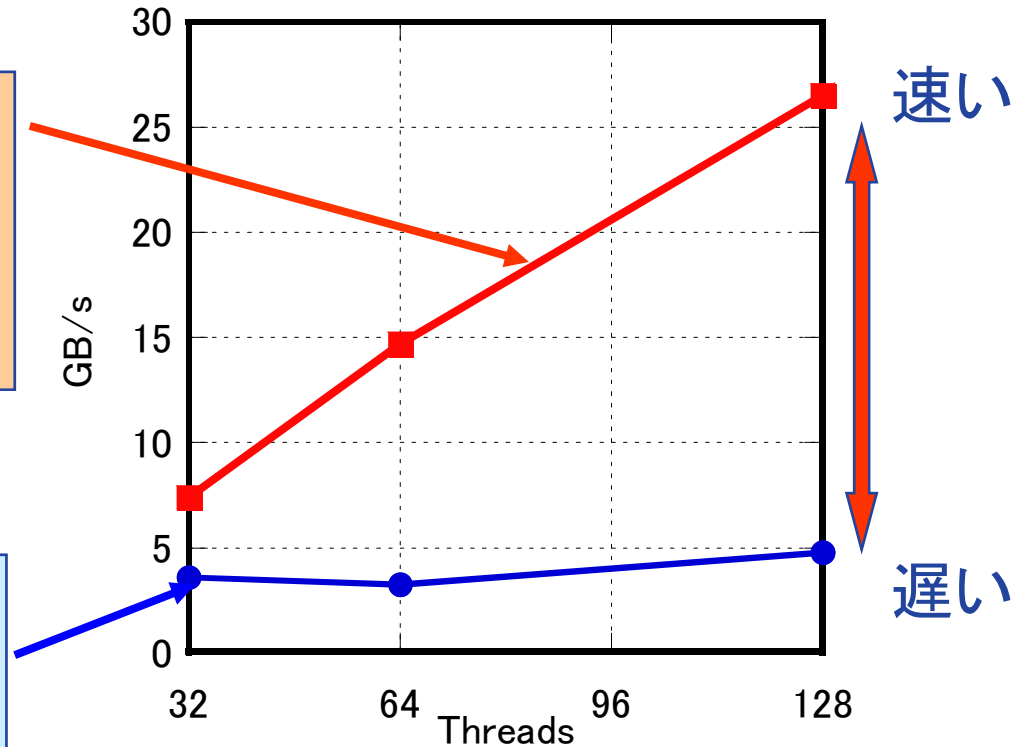
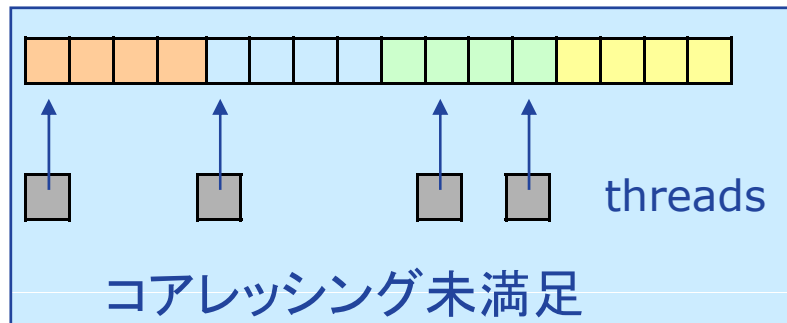


GPU化の基本的な考え方

連続データアクセス



ランダムデータアクセス



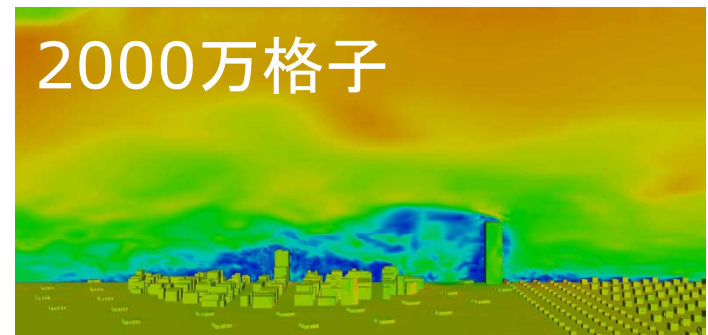
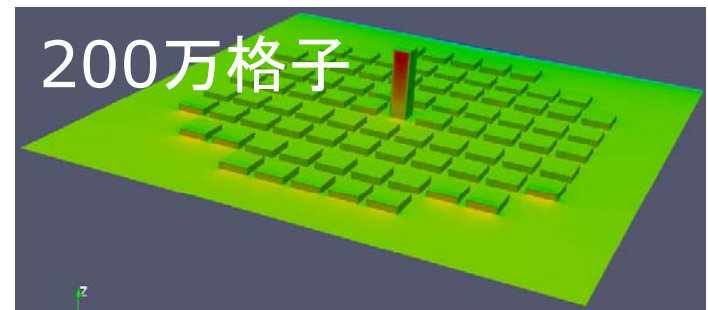
データの順序アクセスは重要！

GPUの前処理、OpenFOAMデータ構造を並べ替える

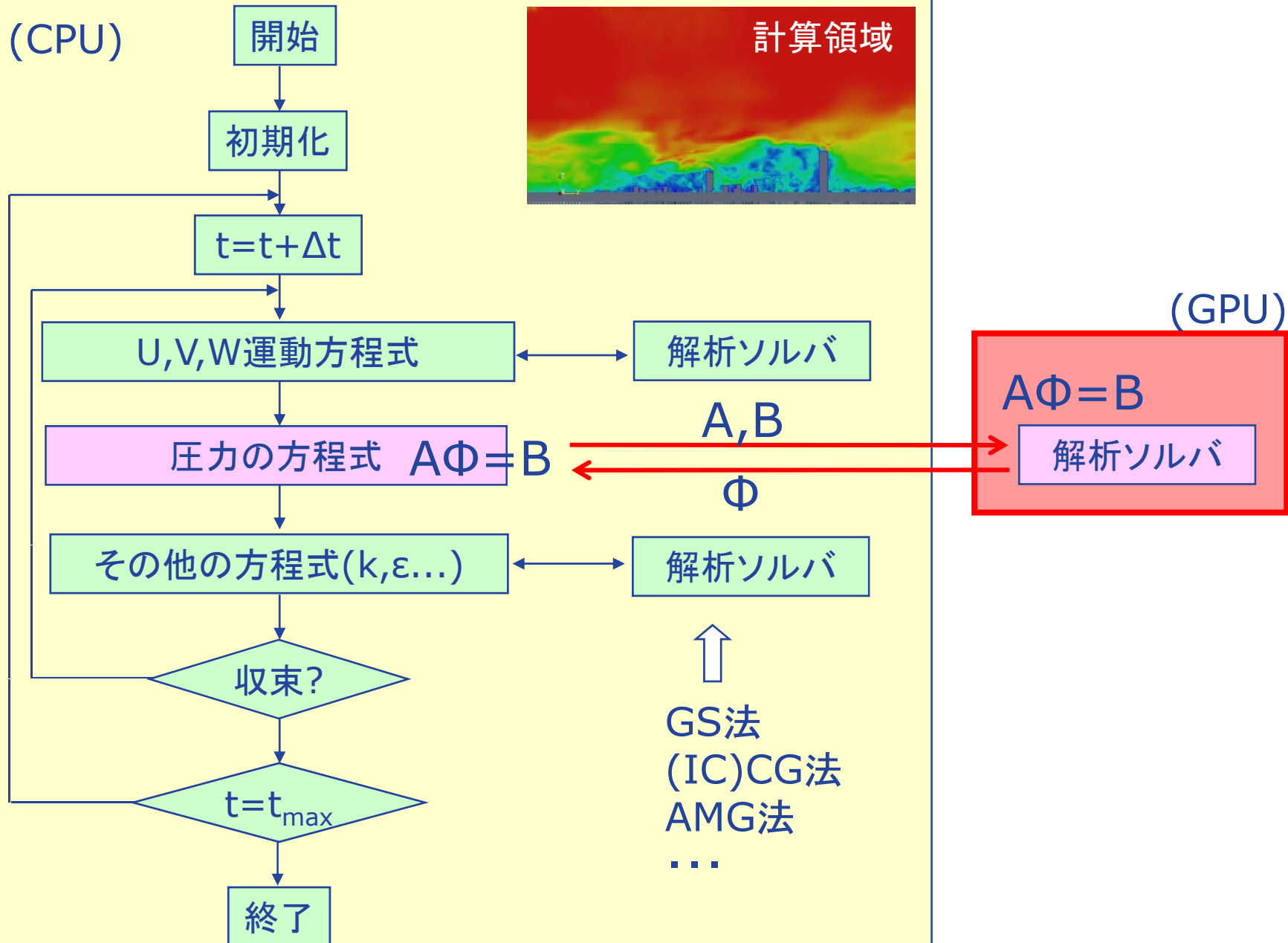
OpenFOAM流体計算のGPU化

- 解析ソルバのGPU化
 - GS法、CG法、AMG法
 - ※SpeedIT GPUソルバ
(CG,BiCGStab)を使用しない。

- 運動・圧力方程式のGPU化
 - icoFoamコード



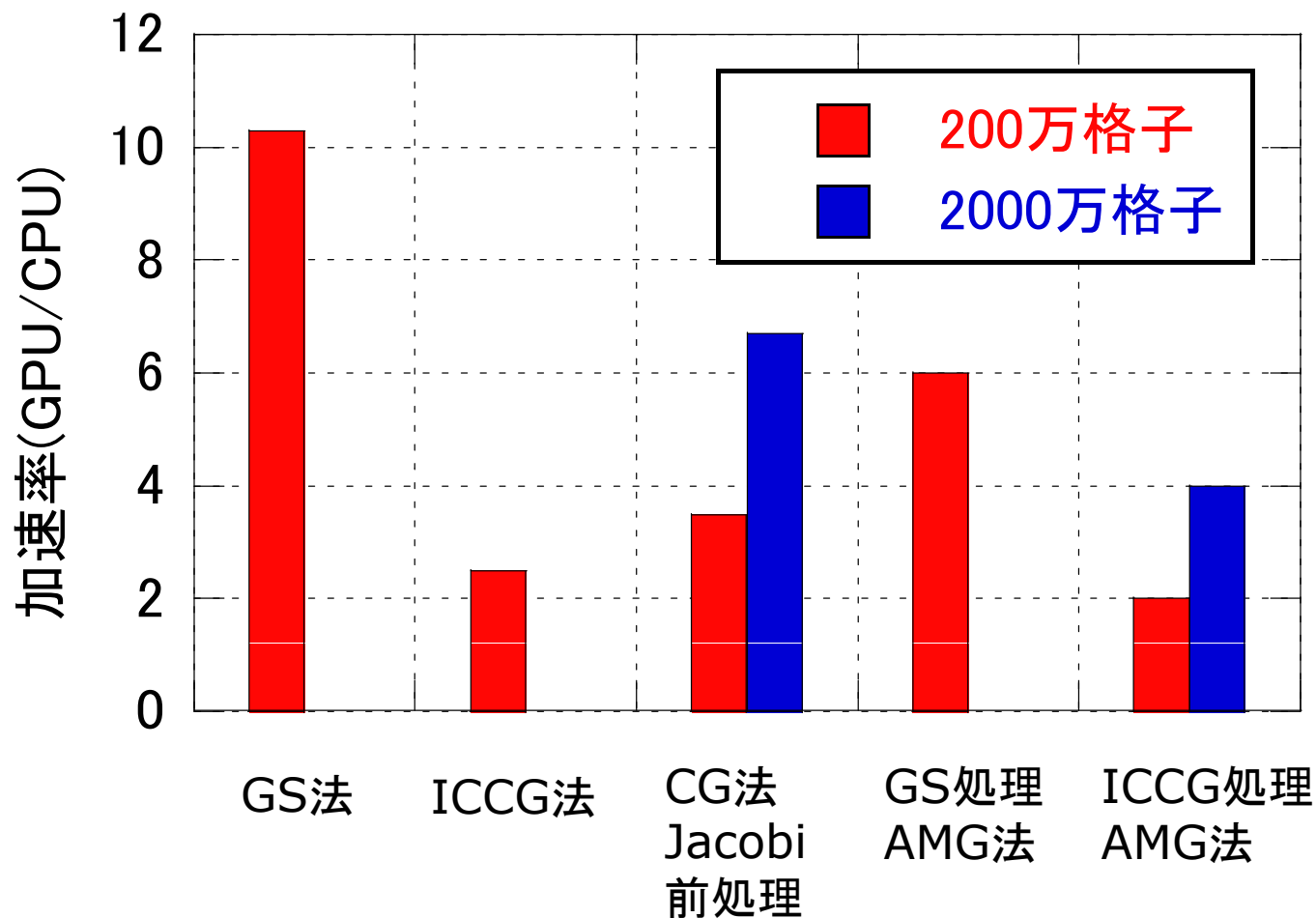
解析ソルバのGPU化



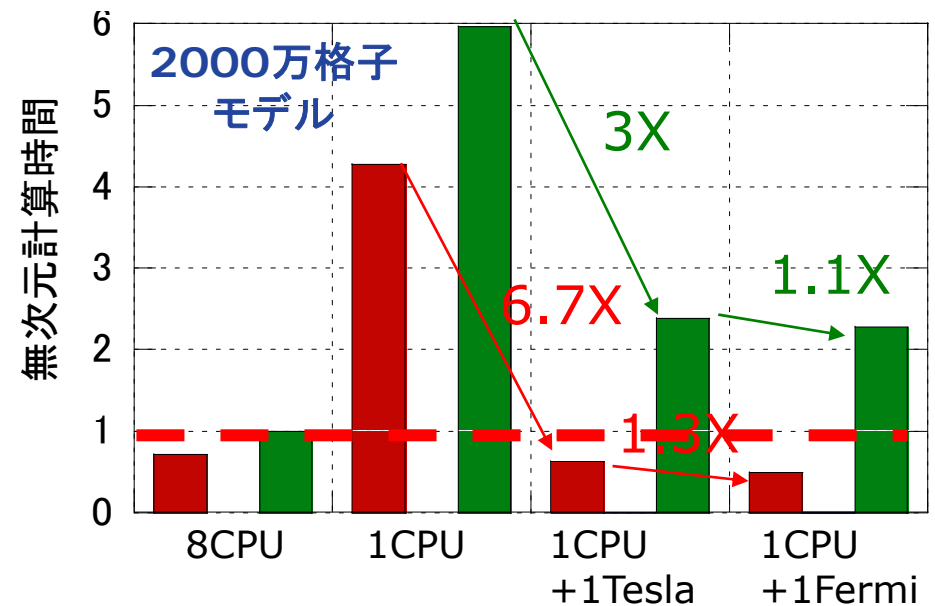
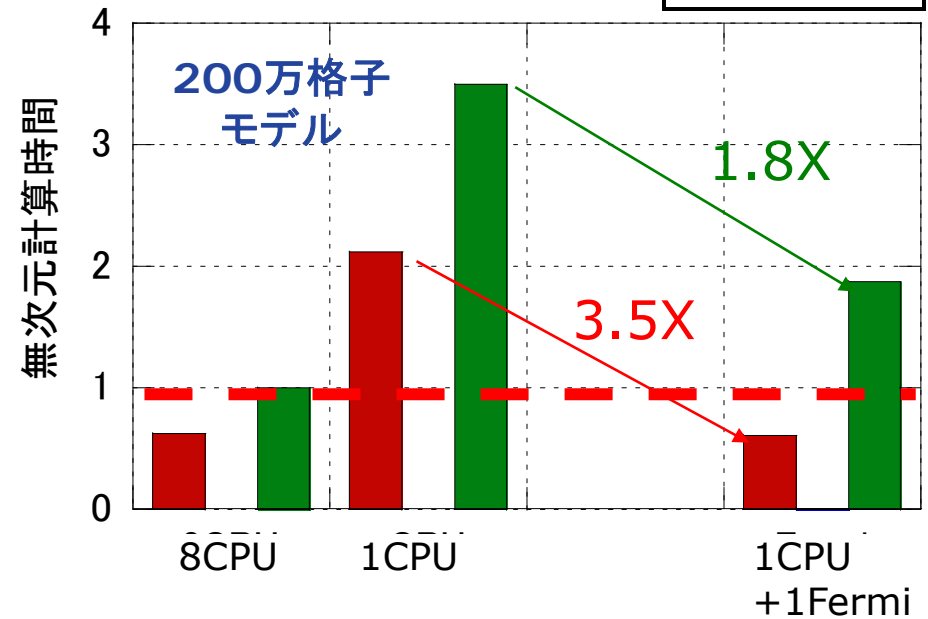
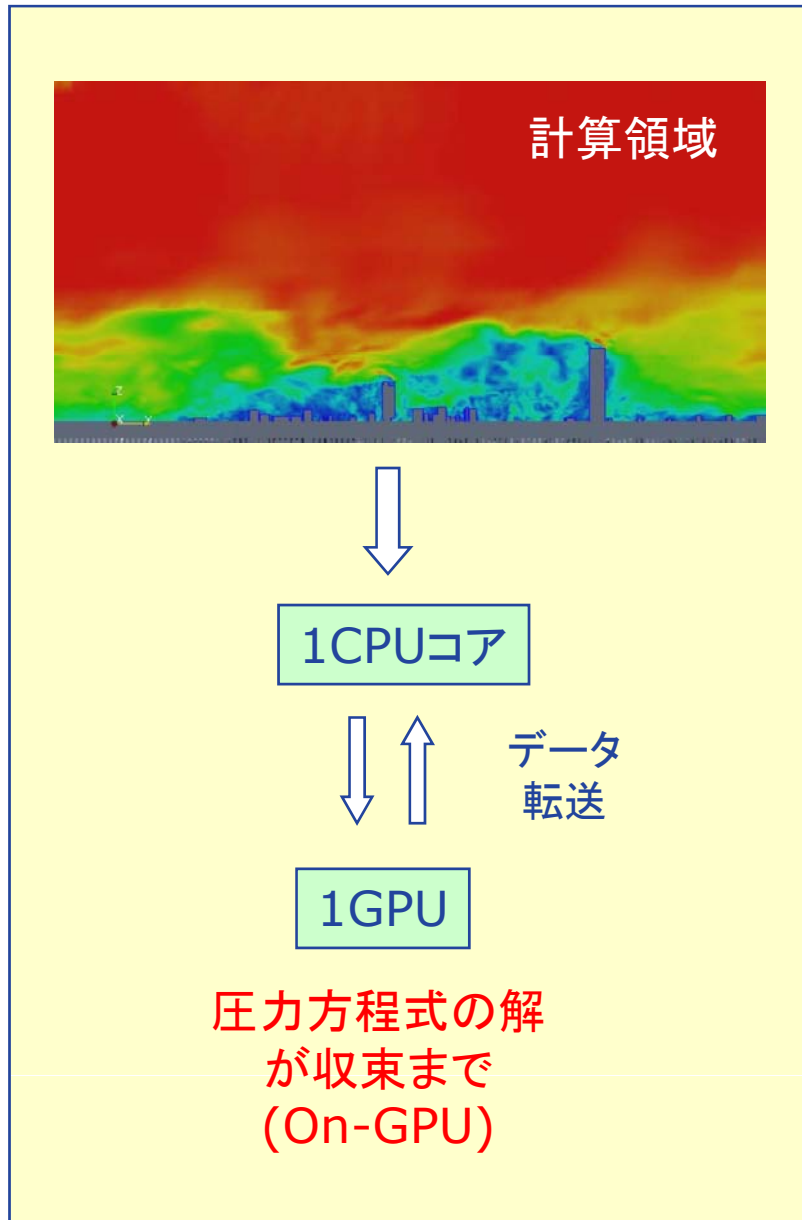
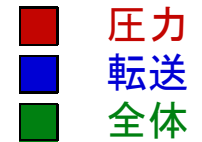
単GPUによる解析ソルバの加速率

CPU: Intel Xeon(3.33Hz)

GPU: Nvidia C1060

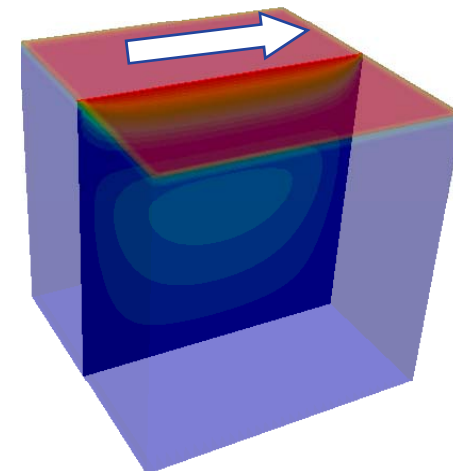


単GPUによる流体計算の高速化



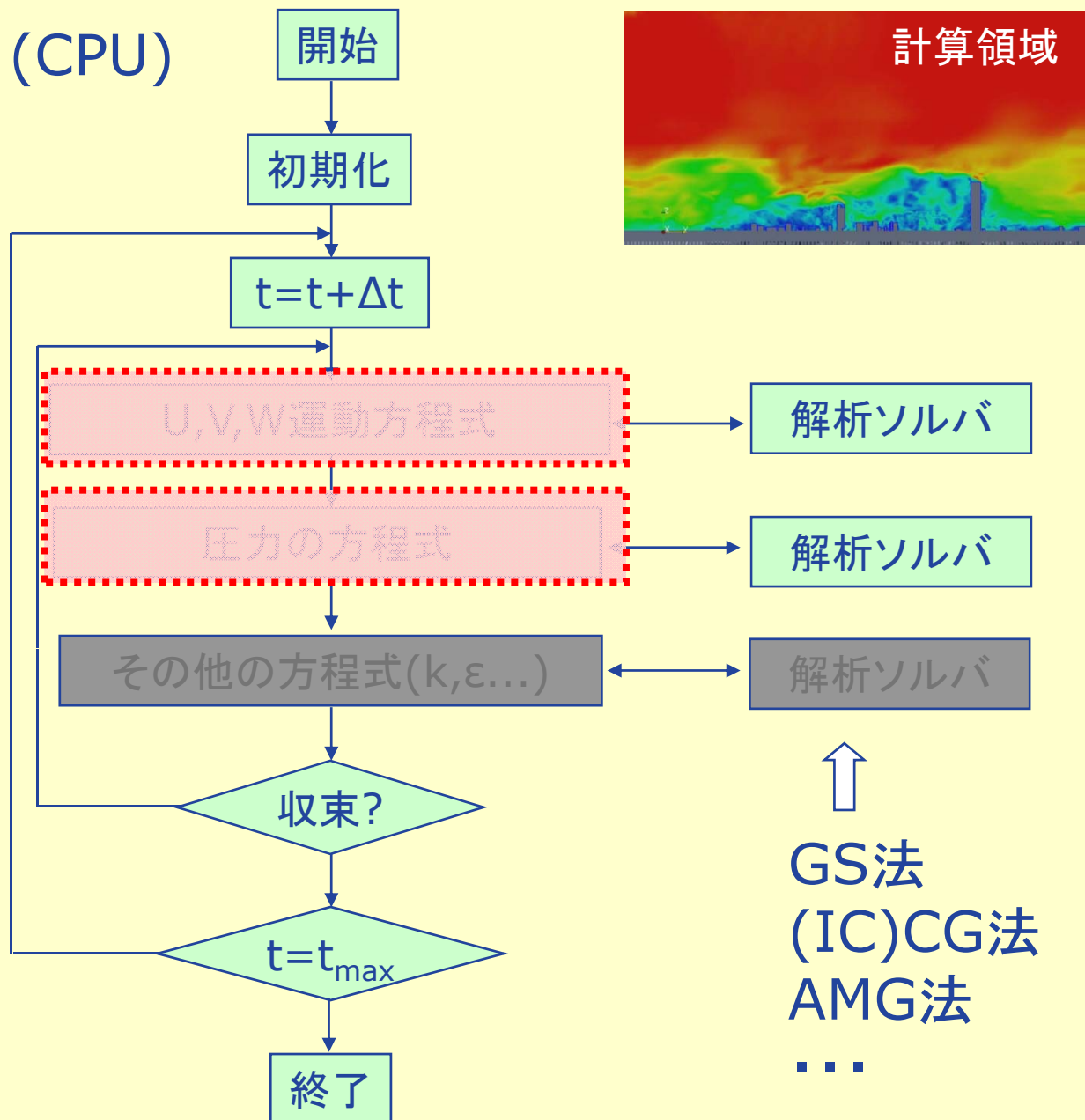
OpenFOAM流体計算のGPU化

- 解析ソルバのGPU化
 - GS法、CG法、AMG法
 - ※SpeedIT GPUソルバ
(CG, BiCGStab)を使用しない。
- 運動・圧力方程式のGPU化
 - icoFoamコード

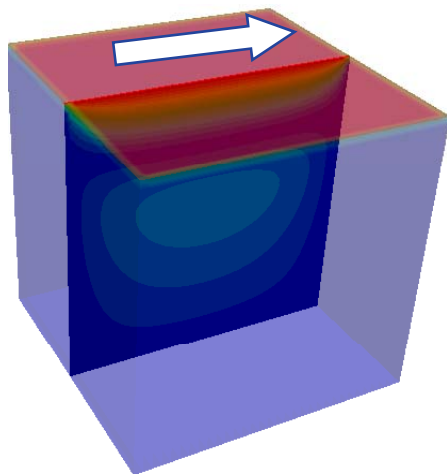


3Dキャビティ流れ問題

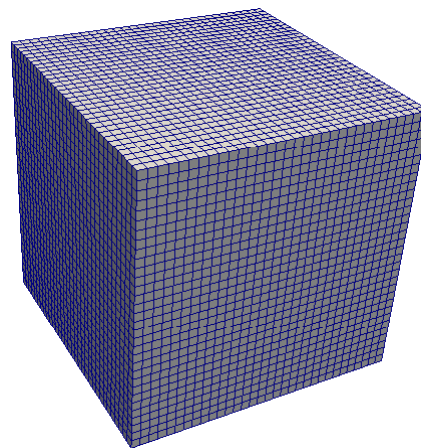
OpenFOAMのGPU化



計算格子とその非構造成性

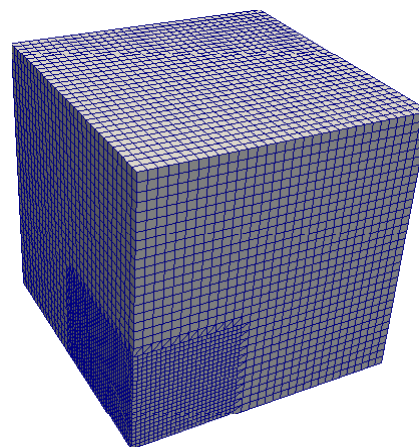


キャビティ流れ問題

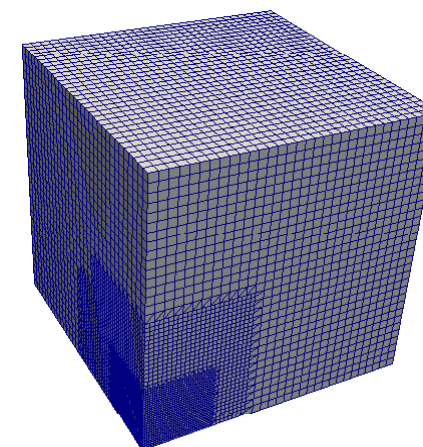


(32,768 cells)

直交構造(A)



1層非構造
(48,896 cells)



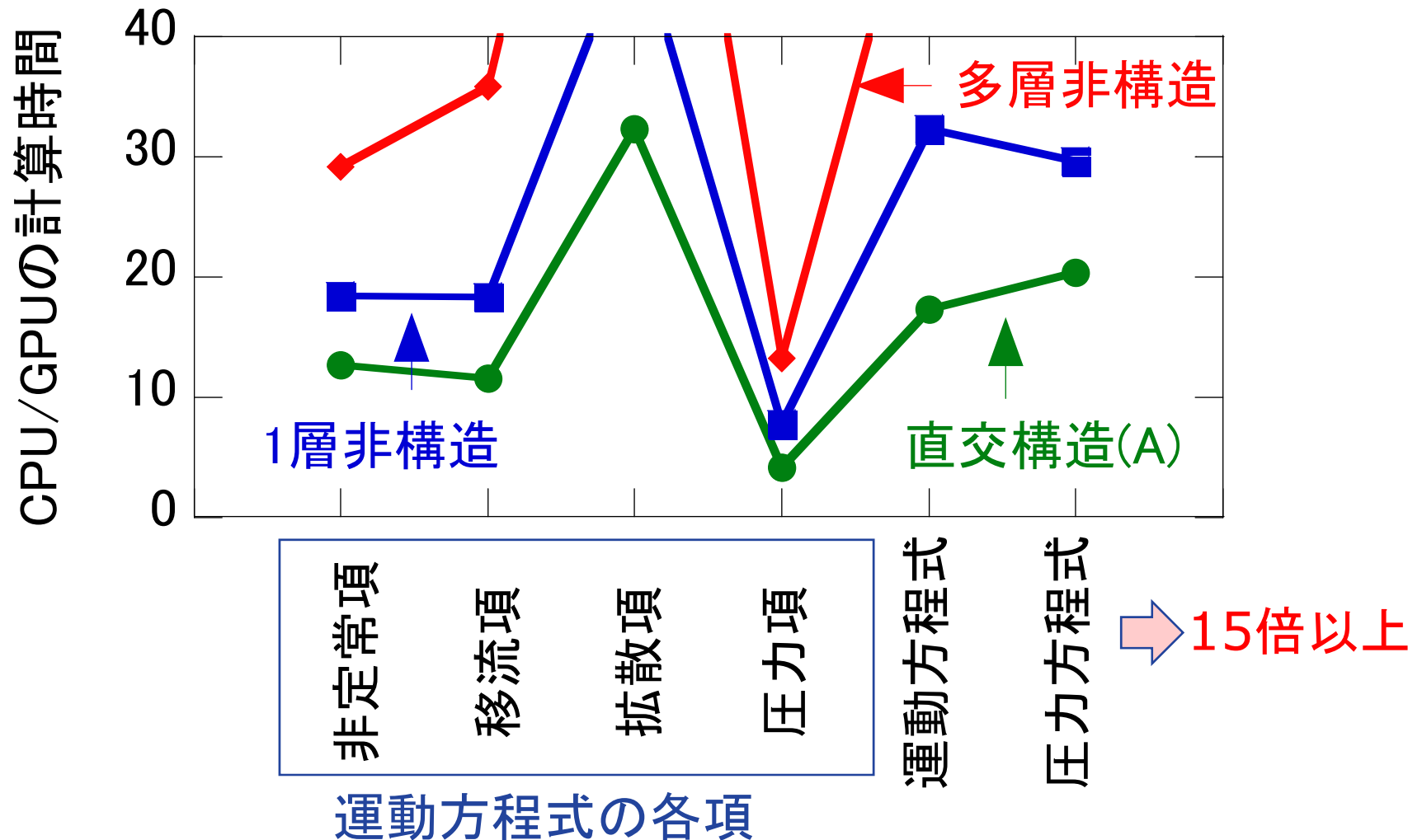
多層非構造
(52,928 cells)

SnappyHexMesh
非構造格子(?)

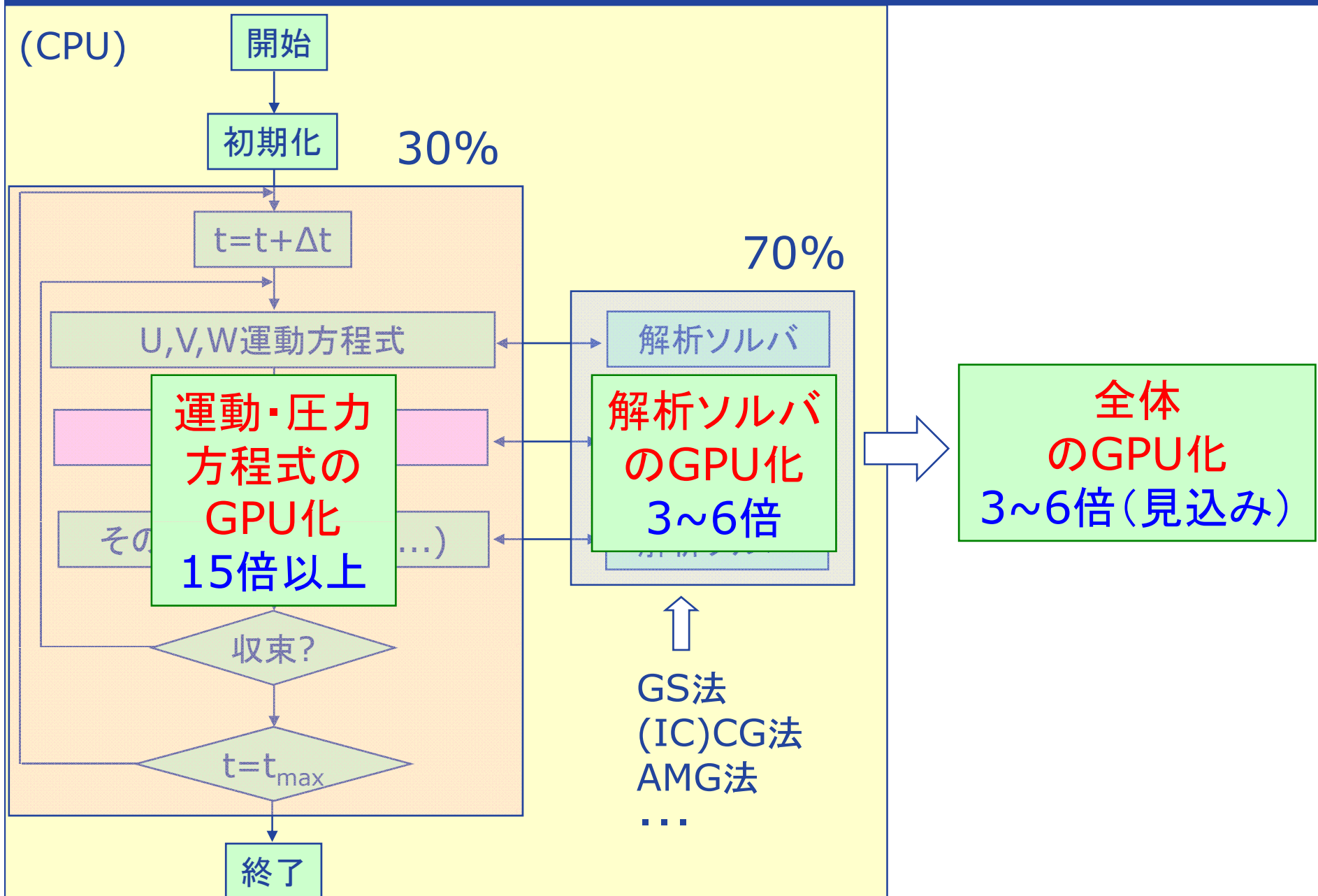
GPUによる運動・圧力方程式の高速化

CPU: Intel Xeon(2.96Hz)

GPU: Nvidia C2050



OpenFOAMの単GPU化のまとめ



ご清聴ありがとうございました。