jh130005-NA03

Joint Usage / Research Center for Interdisciplinary Large-scale Information Infrastructures

梅田隆行(名古屋大学)

第一原理プラズマ運動論シミュレーションによるスケール間結合の研究





グローバル磁気圏構造(マクロ)ー境界層における流 体的不安定性現象(メソ)ー運動論的波動粒子相互作 用による粒子加速・加熱(ミクロ)のスケール間結合過 程を、大規模な第一原理プラズマ運動論シミュレーショ ンにより理解する。

目的

- ①境界層(シア層・電流層・不連続面)のロー カルブラソフシミュレーション
- ②イオンジャイロ半径スケールの半径と磁気 圏を持つ小天体のグローバルブラソフシ ミュレーション

イオン慣性 プラズマ振動 イオンジャイロ

>数百万km

~数万km

数百km~数十m

マクロ:

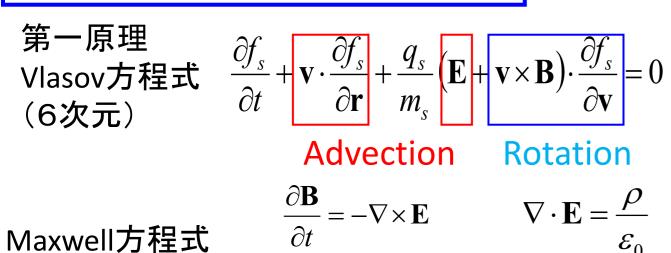
メソ: 境界層

ミクロ: 粒子性

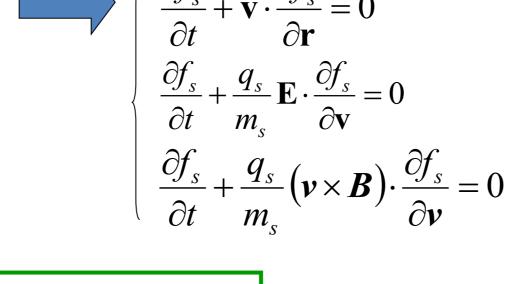
グローバル磁気圏

- 補間: [Umeda EPS 2008; Umeda et al. CPC 2012] 保存性・正値性・無振動性を保証するリミッタ
 - 移流: [Umeda et al. CPC 2009] Multi-dimensional unsplitting advection scheme
 - 回転: [Schmitz & Grauer CPC 2006] Back-substitution scheme
 - **電磁場**: 陰的FDTD法
 - 並列化: [Umeda et al. IEEE 2012] MPI_sendrecvによる"実空間"領域分割 5次精度のため、袖領域は3点

基礎方程式と手法

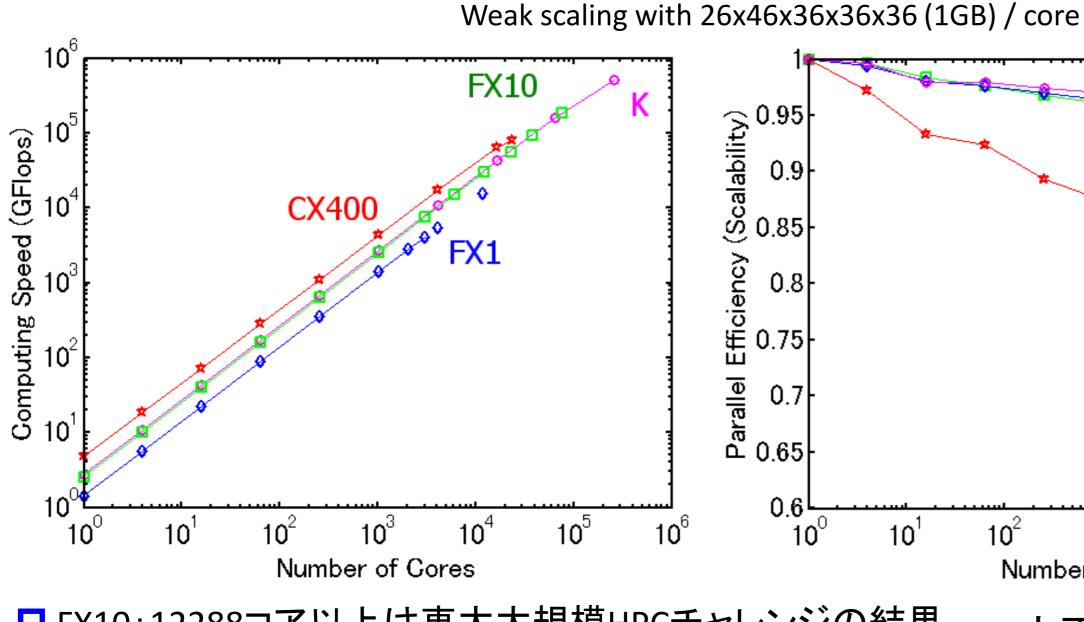


 $\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\nabla \times \mathbf{E}$ $\frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \nabla \times \mathbf{B} - \mu_0 \mathbf{J}$

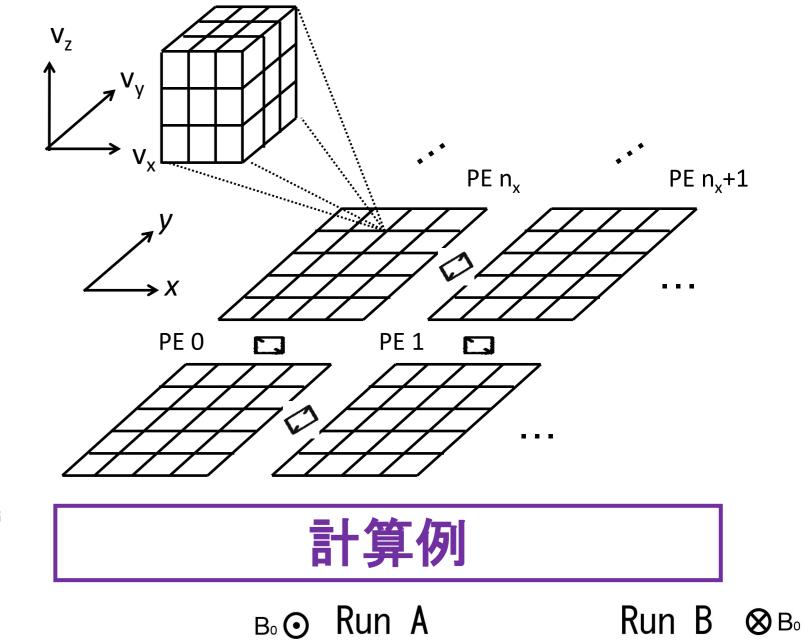


演算子分離

並列コードのベンチマークテスト



FX10 (Scalability) 6.0 68.0 85.0 FX1 0.8 0.75 0.75 CX400 0.7 aralle 0.7 10¹ 10⁵ 10⁴ 10³ Number of Cores 小天体のグローバル



 $T/(L/V_0) = 68.0$

 $T/(L/V_0) = 73.0$

- □ FX10:12288コア以上は東大大規模HPCチャレンジの結果
- □ 京はHPCI「京」若手人材育成利用 (hp120092)の結果
- □ FX1:3072コア以上はJAXAの結果
- □ FX10 (& K): 実効効率~17%
 - 2 or 4スレッドのハイブリッド並列が速い
- □ FX1: 実効効率~15% Flat MPIが若干ハイブリッド並列よりも速い FX1でのチューニングはFX10/京では裏目に出ることが多い
- □ CX400 : 実効効率~20% Flat MPI+インテルコンパイラが速い
- □速度比:

FX1: FX10: CX400+ifort = 0.5: 1: 2

- □ FX10/京/FX1 は基本的には95%以上の実効並列効率
- □ CX400 (FDR Infiniband) は基本的には85%以上の実効並列効率

ブラソフシミュレーション

1.5 0.5

ブラソフシミュレーション

 $T/(L/V_0) = 80.0$ KH不安定性の

 $T/(L/V_0) = 73.0$ $T/(L/V_0) = 80.0$

 $T/(L/V_0) = 68.0$

JHPCN

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第5回シンポジウム