

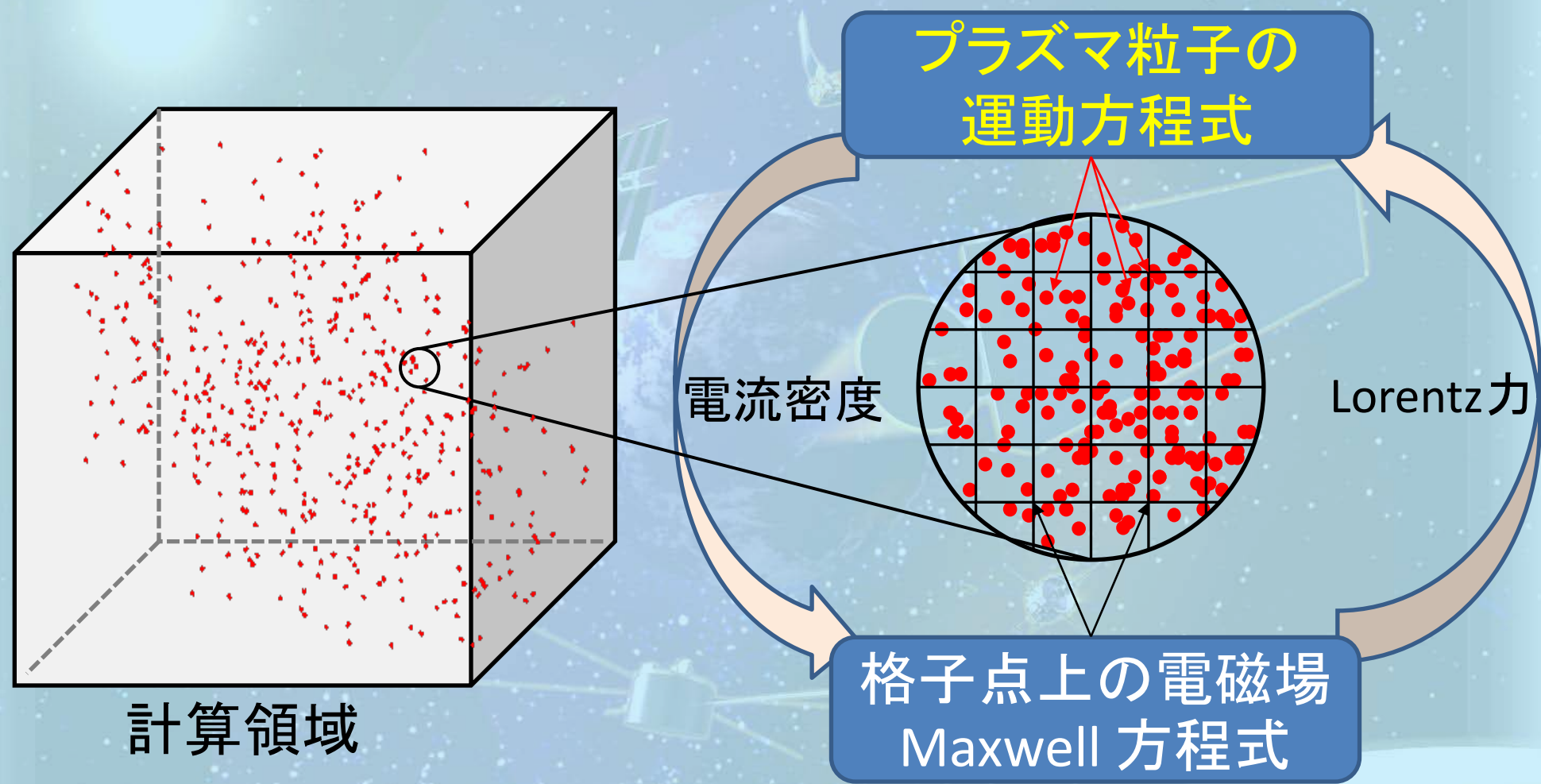
11-NA26

大村善治(京都大学、研究代表者)、三宅洋平(神戸大学)、小路真史(京都大学)、
 臼井英之(神戸大学)、中島浩(京都大学)、岩下武史(京都大学)
超並列宇宙プラズマ粒子シミュレーションの研究



宇宙プラズマ粒子シミュレーション

- ダイナミックに変動する宇宙プラズマ環境の真理解明
- 人類の宇宙利用に向けた衛星工学シミュレーション



“Particle-in-Cell 宇宙プラズマシミュレーション”

一辺数100 gridの3次元空間 + 10^{10} 個の荷電粒子

超並列(分散メモリ型並列計算)環境への対応が不可欠

- 超並列化のための要件1. 粒子計算と格子(電磁場)計算、**双方の計算負荷を分散**
- 超並列化のための要件2. **粒子の分布に依らず負荷を均衡化**

新動的負荷分散アルゴリズムOhHelpを開発し
 代表的な粒子コードである全粒子・ハイブリッドコードに適用

宇宙プラズマの理工学両方の問題に応用

全粒子シミュレーション(工学)

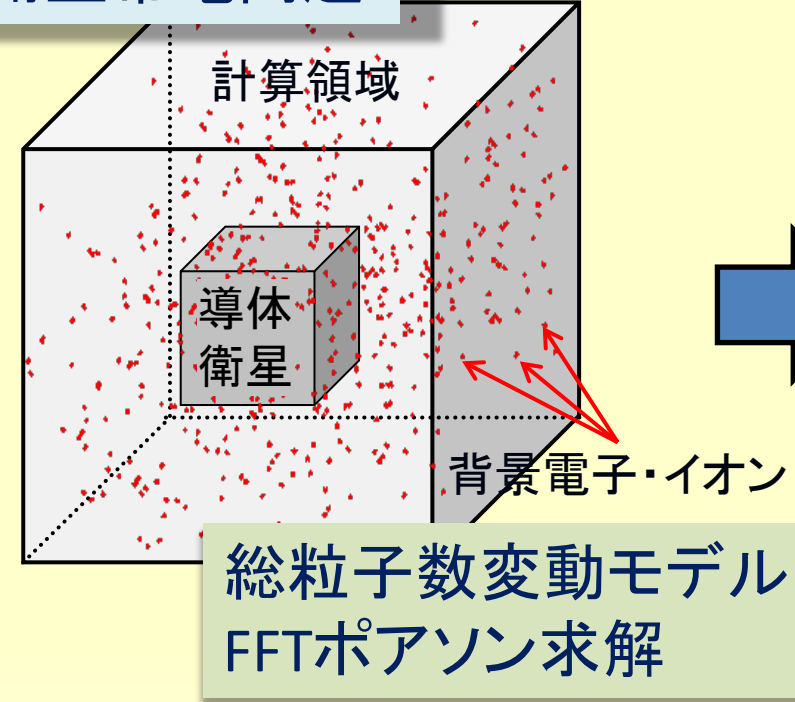
→衛星プラズマ環境シミュレータ(EMSES)の並列化

(三宅洋平、臼井英之)

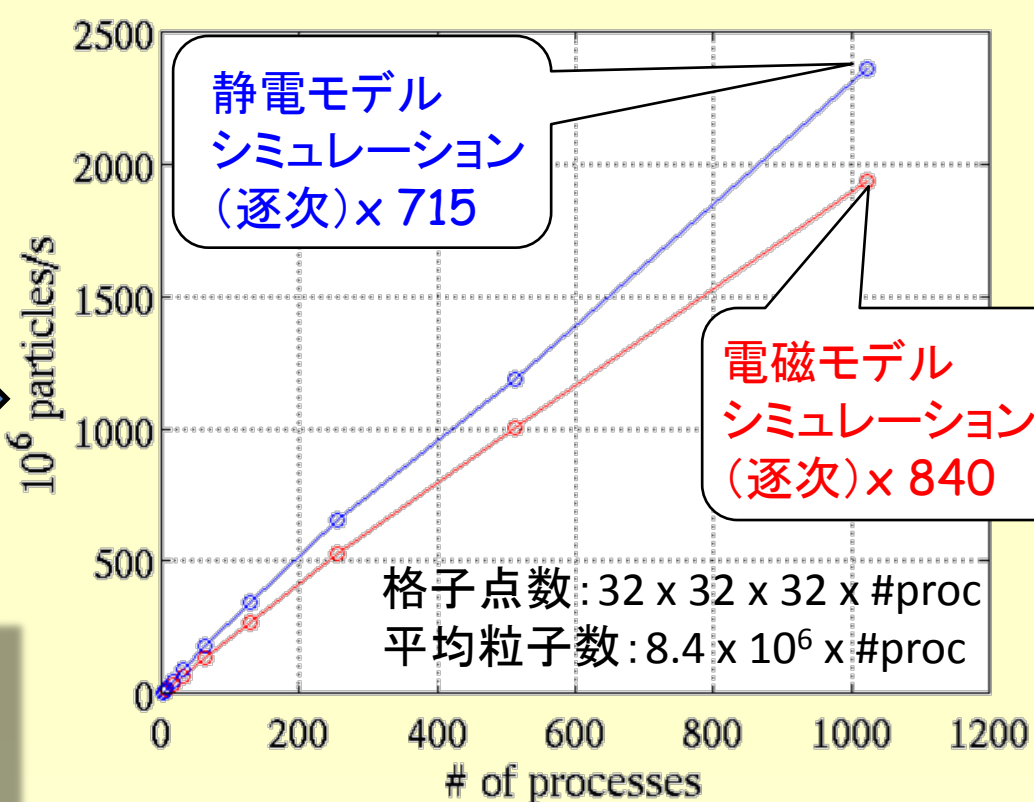
人工衛星システムと宇宙プラズマ間の相互干渉過程の解明
 →専用シミュレータ(EMSES)のOhHelp化および実問題への応用

OhHelp化EMSESの性能評価(Weak Scaling) @京大T2Kスパコン

衛星帯電問題

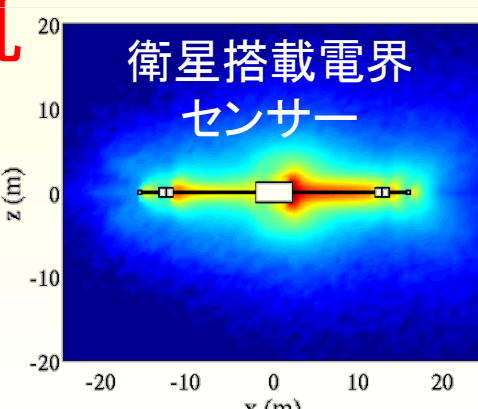


総粒子数変動モデル
 FFTポアソン求解

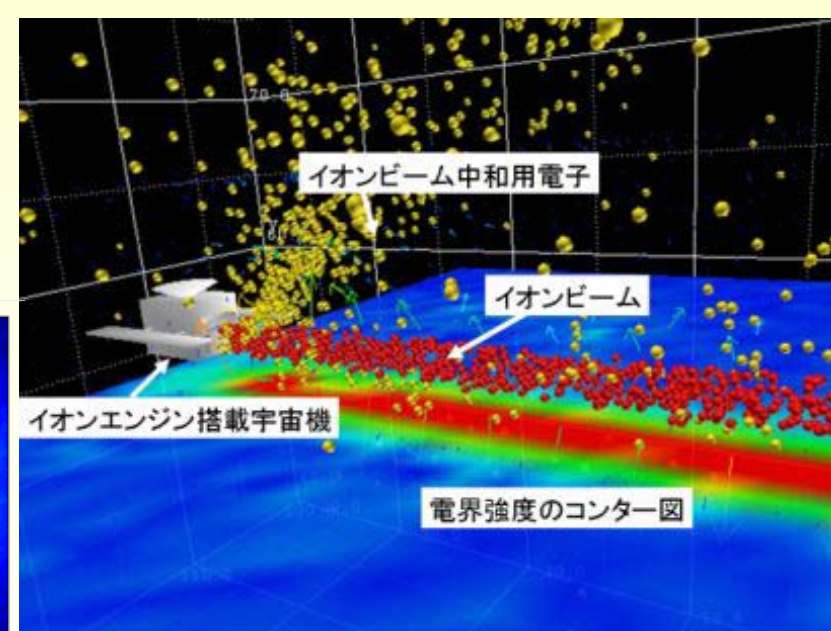


今年度の課題

- マルチグリッド並列ポアソンソルバーの開発および性能評価
- 衛星プラズマ環境擾乱の大規模シミュレーション解析



イオン推進エンジンビーム

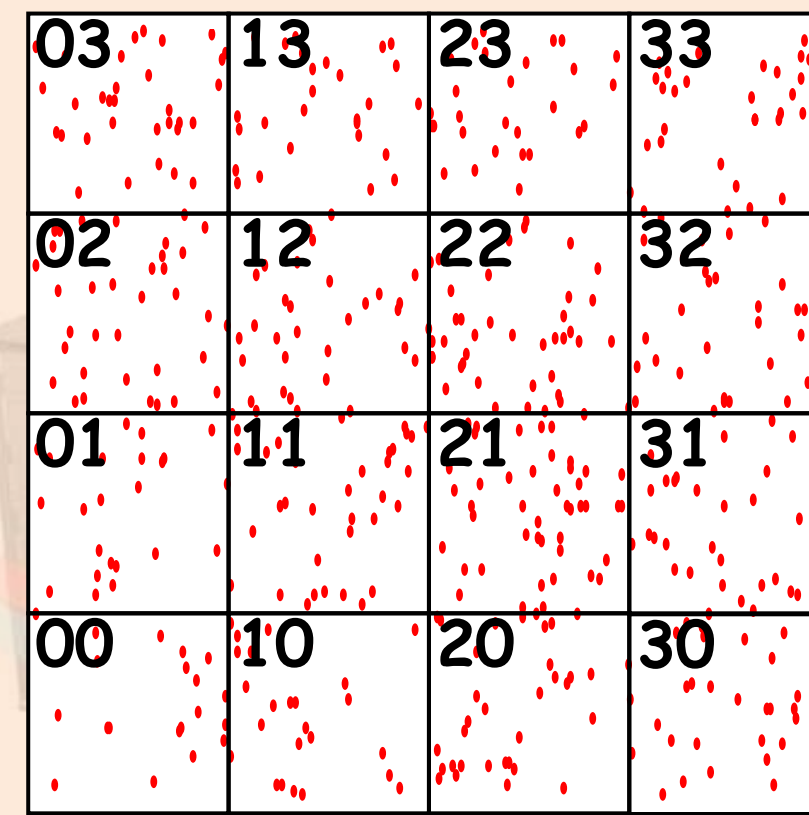


並列化手法:動的負荷分散技法 OhHelp

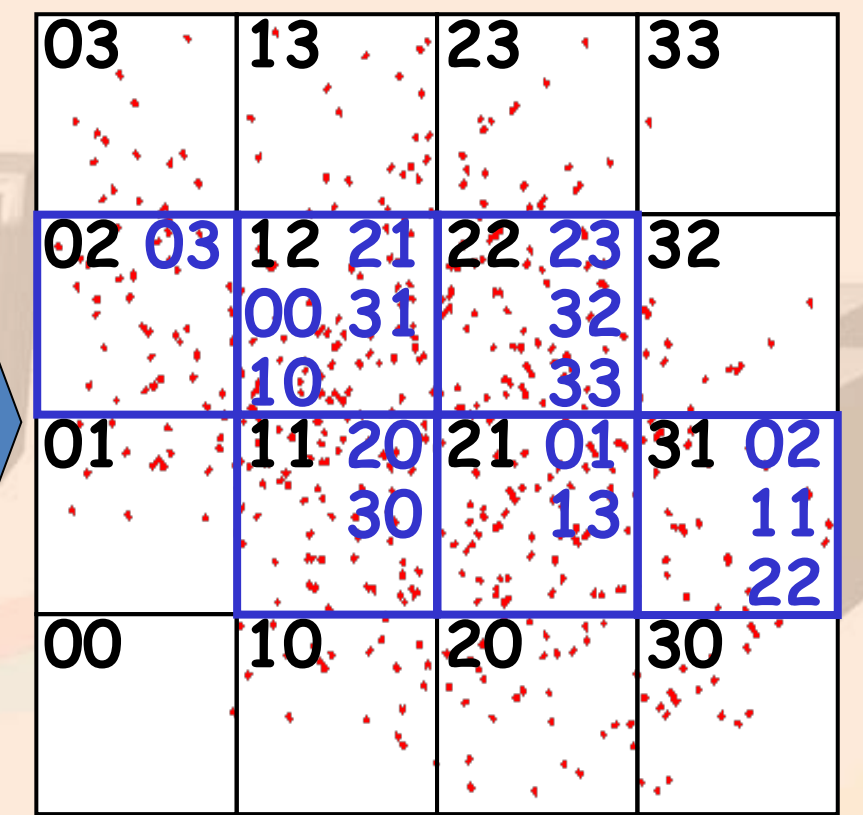
(中島浩、三宅洋平、臼井英之、大村善治、小路真史)

京都大学学術情報メディアセンター中島浩教授との共同開発
 →計算科学的な発想・視点を取り込んだアルゴリズム

“計算科学と計算機科学の分野間連携の一事例”



一次モード(粒子均衡時)
 →一次担当(黒数字)のみ



二次モード(粒子不均衡時)
 →一次担当(黒)と二次担当(青)

- 均一な多次元ブロック分割
- 均衡状態のチェック:
 \forall 担当粒子数 \leq
 $\text{全粒子数} / \text{ノード数} \times (1 + \alpha)$
 均衡→一次担当だけで実行
 →近接通信のみ

OhHelp:
 One-handed Help

- 高々1つだけ他ノードの一次担当領域を「手助け」
 →二次担当領域
- 初期的には完全に**負荷均衡**
- 担当領域サイズも**ほぼ均衡**
- 一次・二次間の粒子の融通で均衡が維持できないときの**のみ**二次担当割当を更新

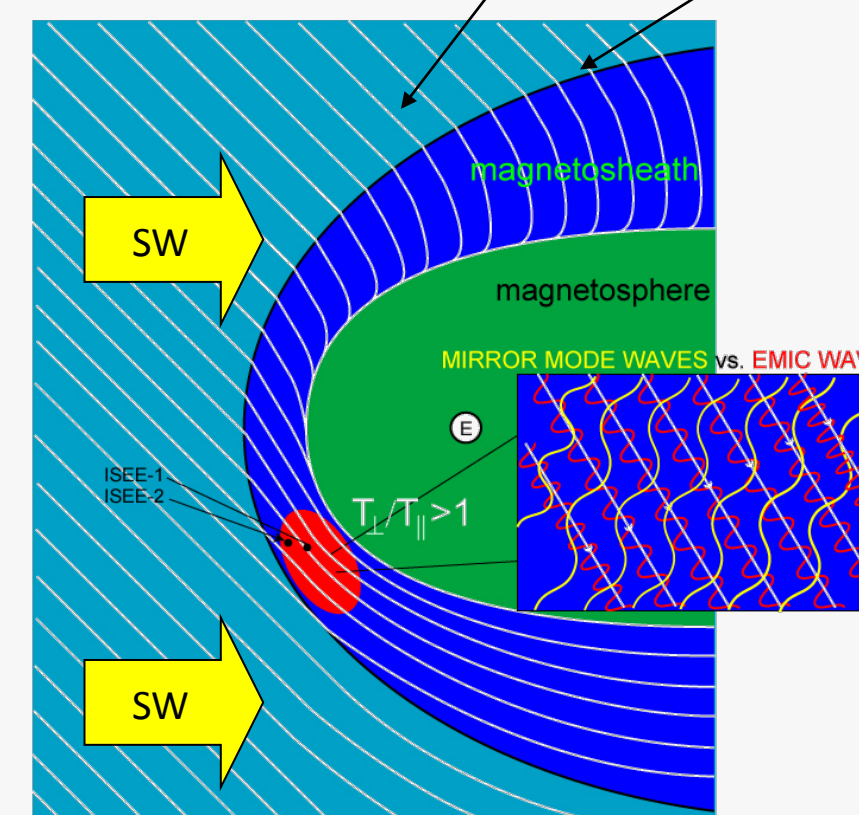
粒子・流体ハイブリッドシミュレーション(理学)

→ミラー不安定性の非線形発展の研究

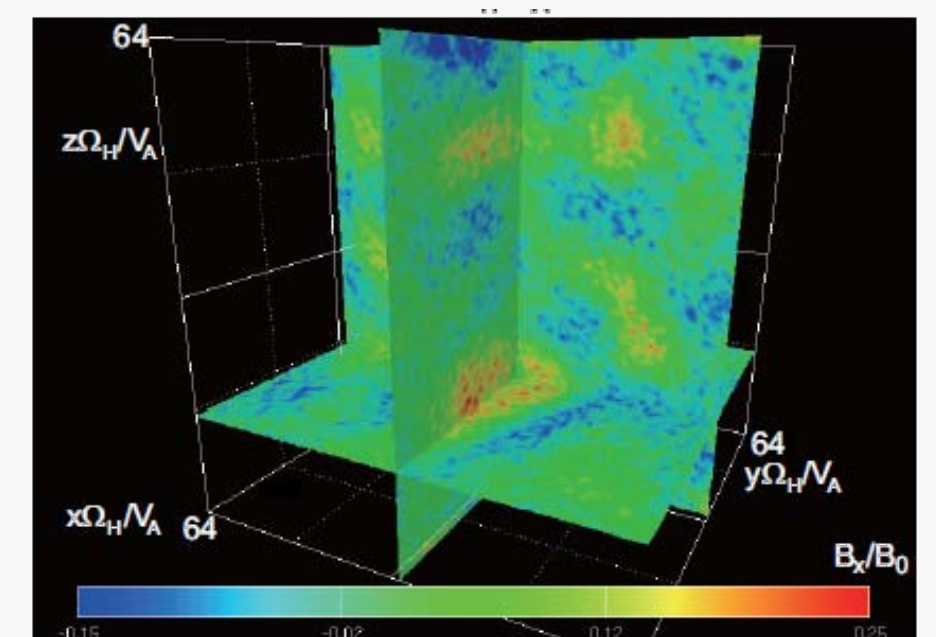
(小路真史、大村善治)

イオンスケールで起きる、大振幅の磁場構造(magnetic peaks, dips)の空間構造とミラー不安定性の関係を調べる

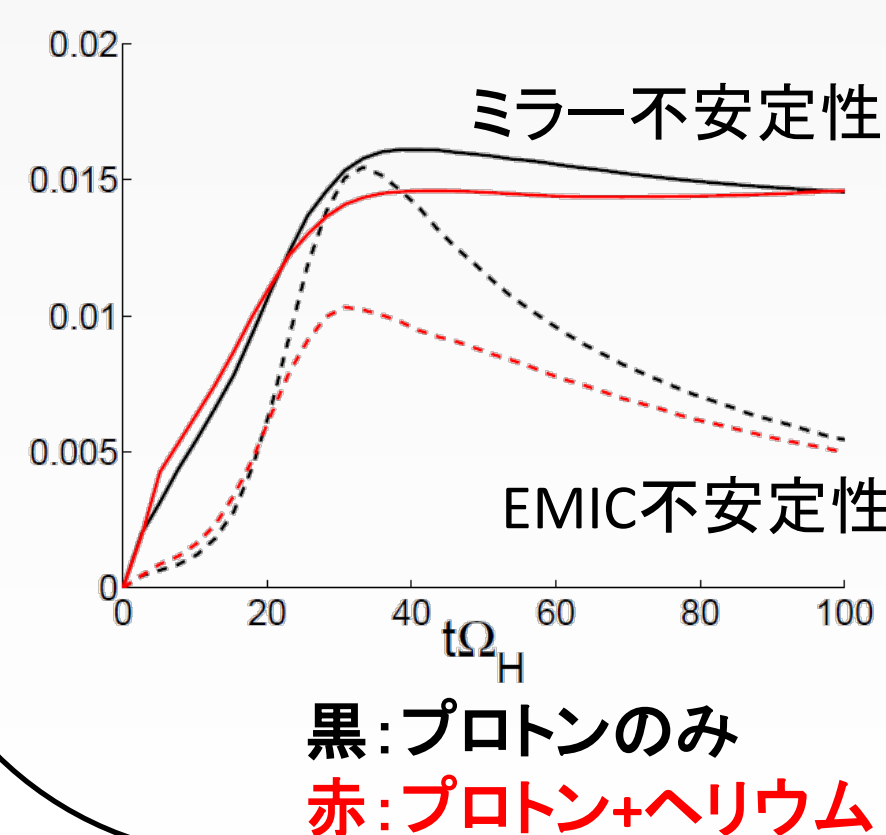
惑星間磁場 バウショック



3次元一様モデルによる空間構造再現



複数のプラズマ波動モードの競合過程の定量解析



グローバルモデルへの発展

各方向512 grid, 粒子数86億個の大規模シミュレーション

OhHelpコードで
 64ノード, 1.3TByte必要
 大規模磁場構造を介した
 粒子の輸送過程の理解