

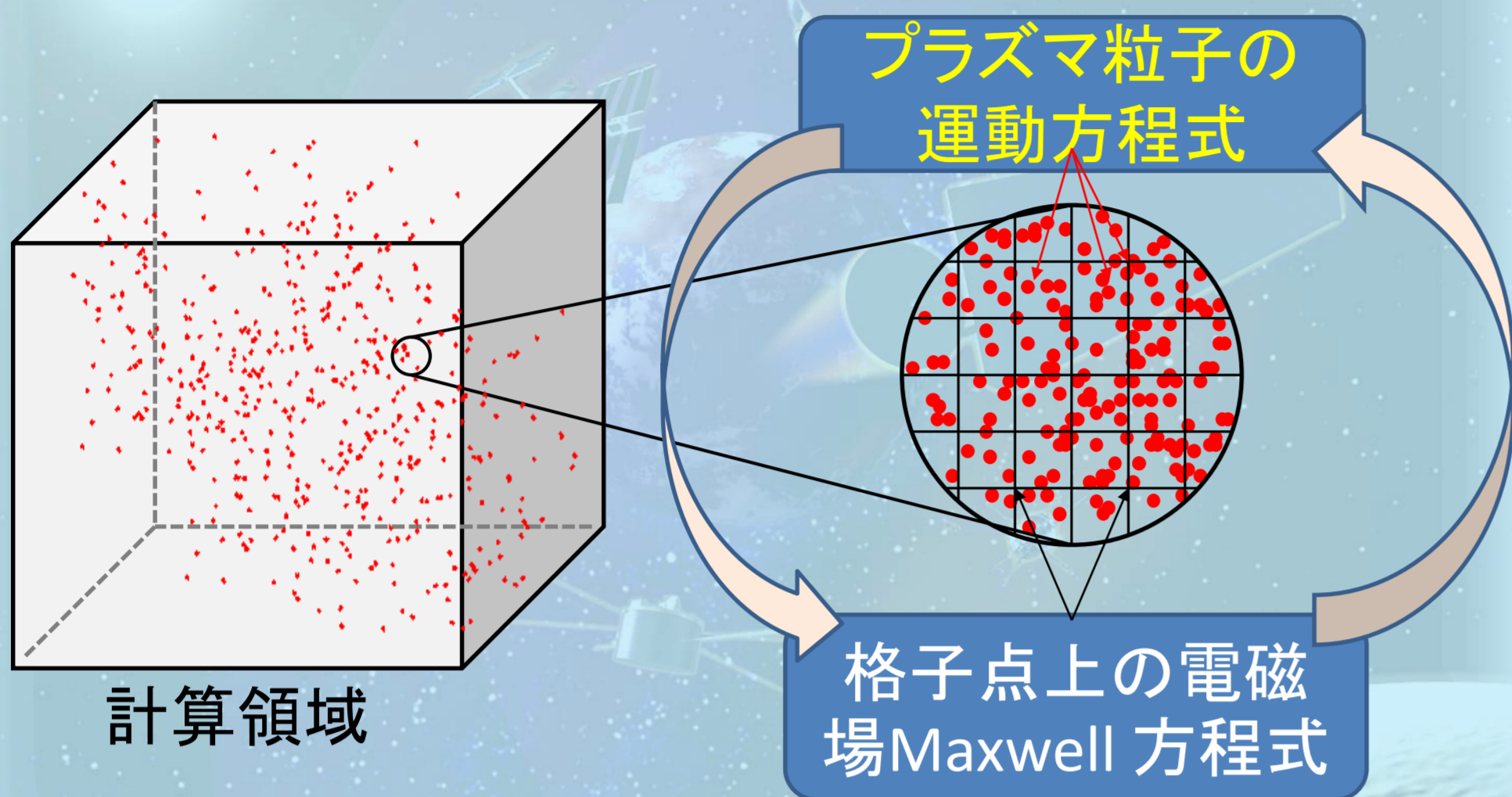
三宅 洋平(神戸大学・代表)、中島 浩(京都大学)、加藤 雄人(東北大学)、小路 真史(名古屋大学)  
臼井 英之(神戸大学)、大村 善治(京都大学)、岩下 武史(北海道大学)、深沢 圭一郎(京都大学)  
佐伯 拓哉(神戸大学)



# 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



一辺1000 gridの3次元空間 +  $10^{11}$  個の荷電粒子

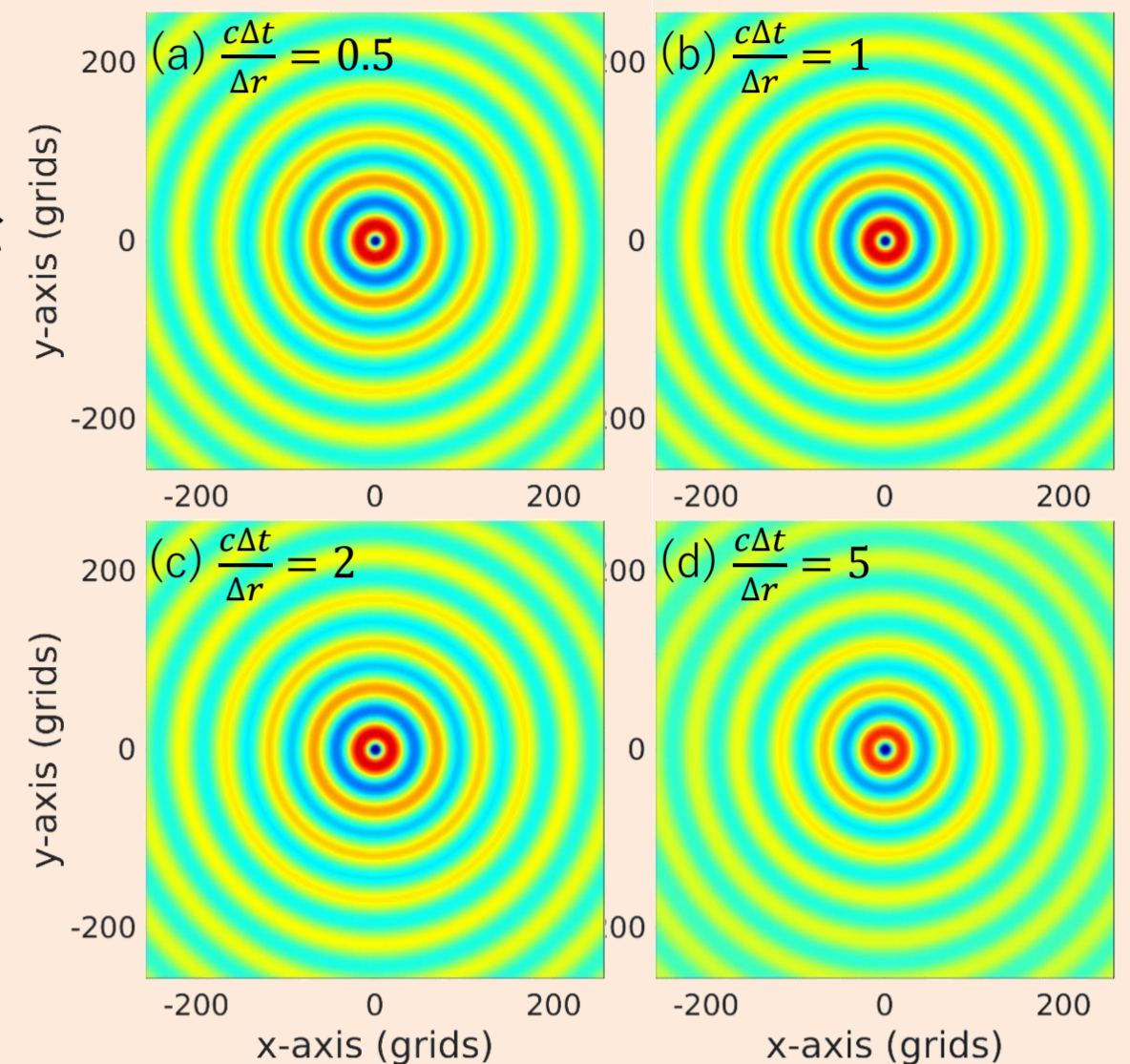
超並列(分散メモリ×メニーコア)環境への対応が不可欠

- ハイブリッド実装 ~H30年度
- ノード間並列: 均等領域分割 + 動的負荷分散 OhHelp
  - ノード内並列: マルチカラースケジューリング
  - SIMDベクトル処理: 粒子所属セルを基準にしたループ構造への改変
- H31年度:
- 計算高効率化のため陰解法電磁界ソルバーを導入
  - マクロ-マイクロ連成計算の実現

## 全粒子プラズマ粒子シミュレーションの数値解法の再検討

✓ プラズマ粒子シミュレーションの電磁界ソルバー

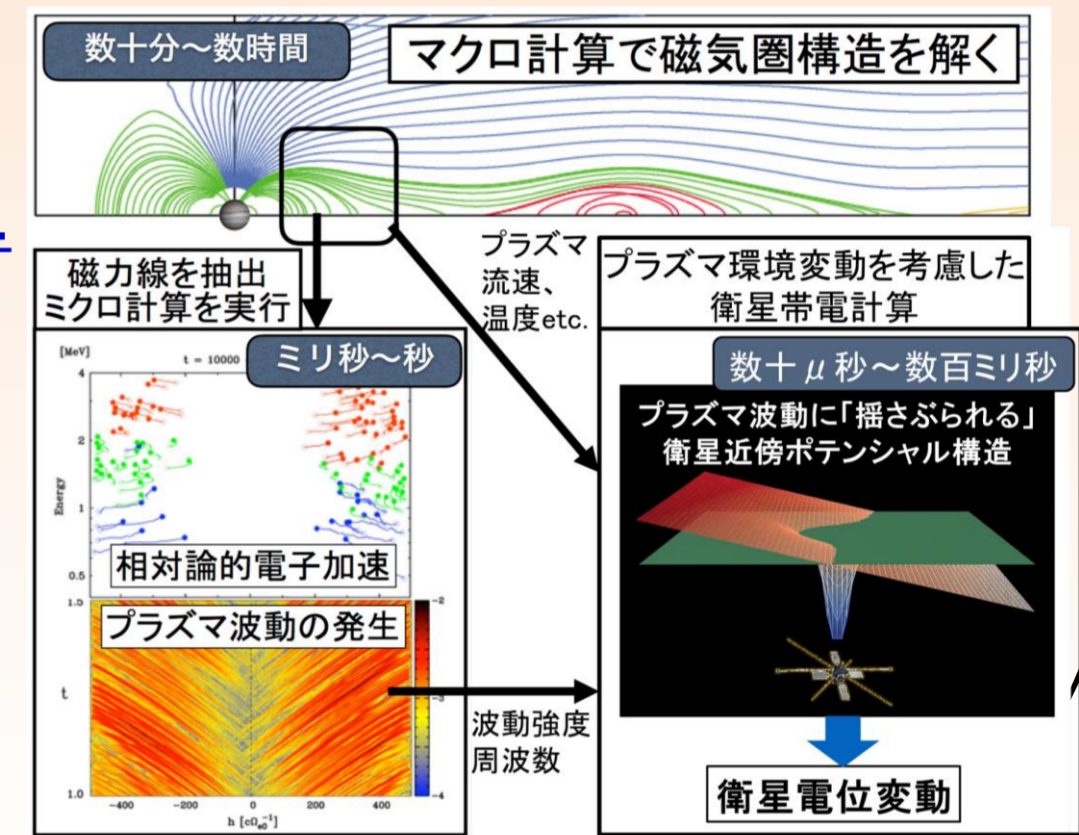
- 陽解法(現状): 時間刻み幅が光速に対するクーラン条件に拘束  
⇒ 興味あるプラズマ現象の時間スケールに対し、過剰に細かい時間刻み幅
- 陰解法(テスト中): 時間刻み幅を必要な時間分解能に合わせて設定可能  
⇒ 月環境シミュレーション(下記)で約10倍のゲイン



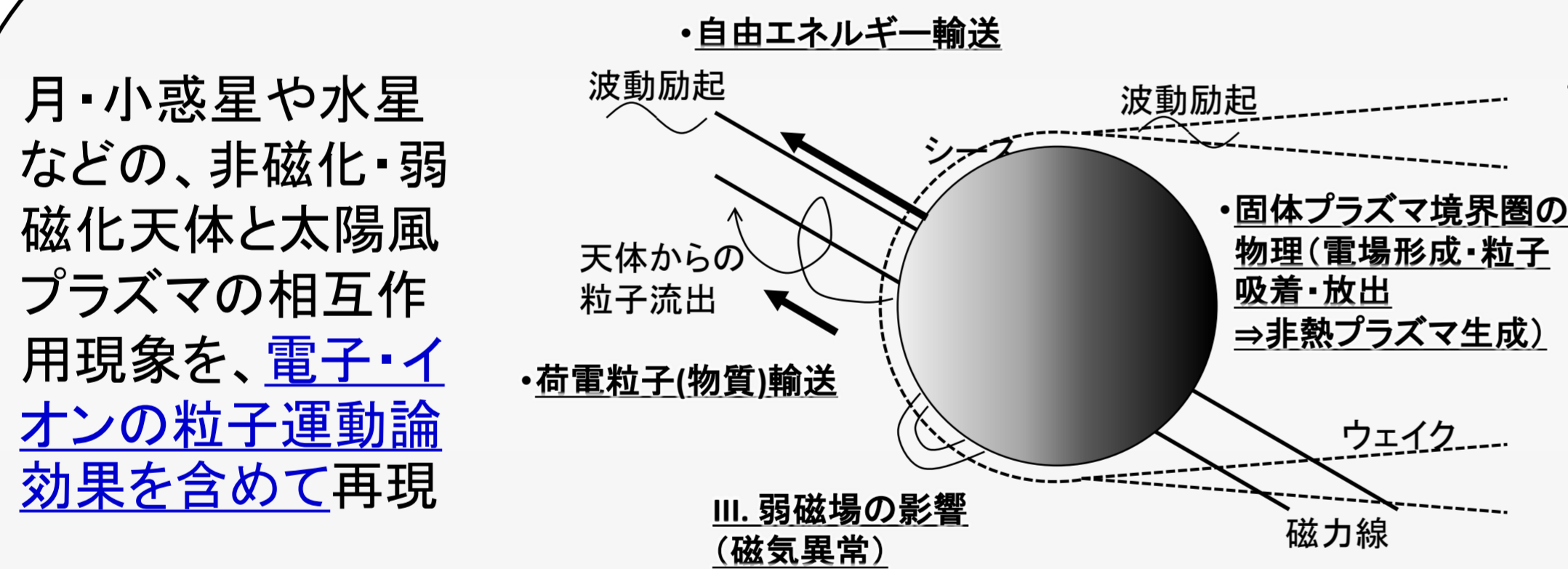
陰解法ソルバーによる電磁波伝搬

### 今年度の課題

- EMSES-OhHelpのマルチノード性能のさらなる向上
- 陰解法ソルバーの導入
- 磁気圏マクロスケール / 人工衛星近傍ミクロスケールの連成計算の実現 (右図)

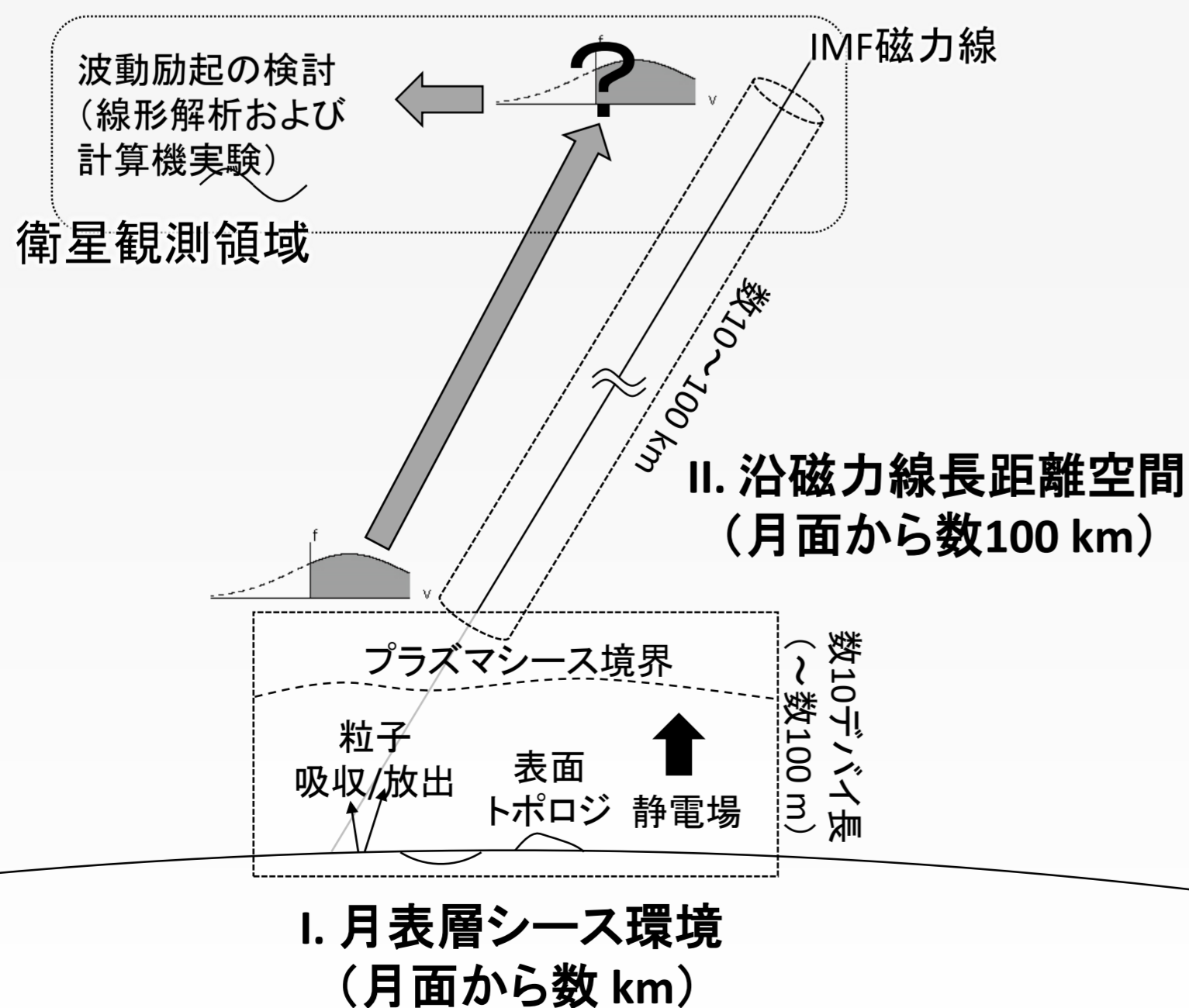


## 小型天体・太陽風プラズマ相互作用: 月表層環境シミュレーション

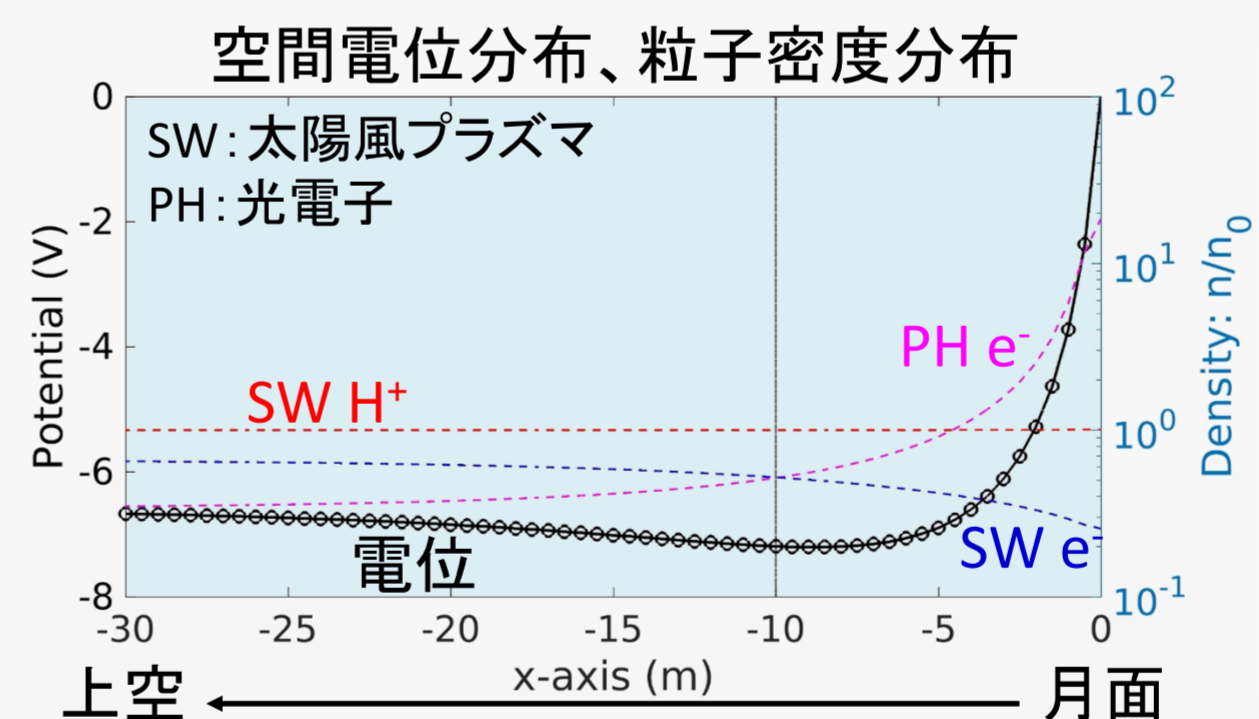


月・小惑星や水星などの、非磁化・弱磁化天体と太陽風プラズマの相互作用現象を、電子・イオンの粒子運動論効果を含めて再現

解析モデル: 月表層 → 月上空の2段階解析

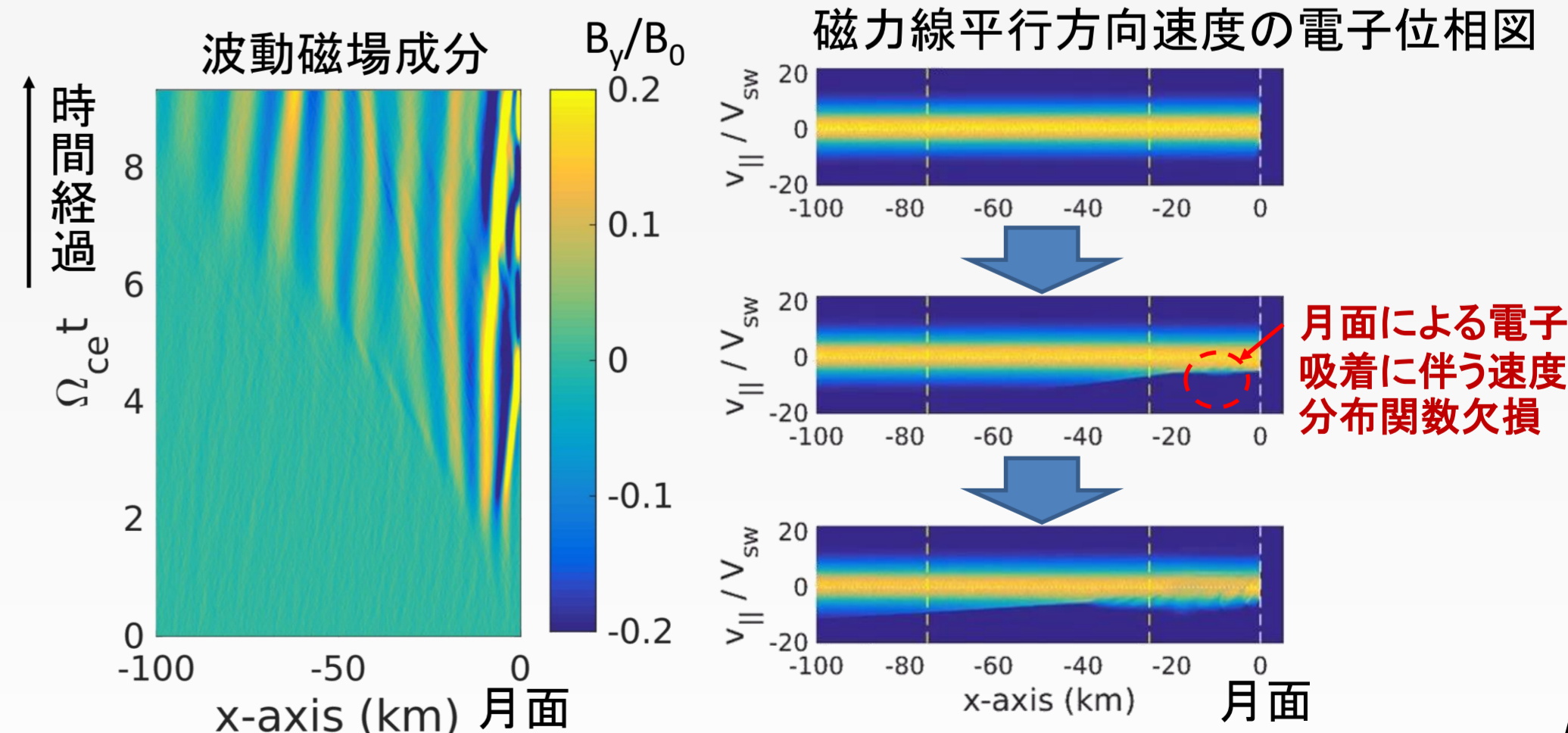


### I. 月表層の静電シース形成シミュレーション解析



月面近傍に光電子シース = 電位障壁が形成される。⇒ シース境界での電子の反射・透過条件を数値モデル化し、月面上空シミュレーションの外部境界として利用

### II. 月面上空 (~100 km) での波動シミュレーション解析



月面での電子損失に伴う、温度異方性が磁力線方向に長距離波及し、上空で波動(ホイッスラーモードと考えられる)を励起する。⇒ 今後、科学衛星観測結果との対応関係を検討する。