

小型ダイポール磁場構造と太陽風の相互作用に関する プラズマ粒子シミュレーション

臼井英之^{1,3}, 森高外征雄²

JST/CREST マルチスケール粒子シミュレーションチーム

¹神戸大学大学院システム情報学研究科

²大阪大学レーザー科学研究センター

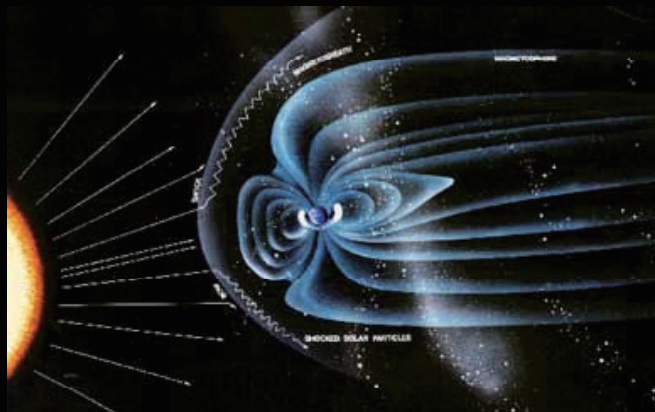
³JST/CREST



第8回宇宙環境シンポジウム

1

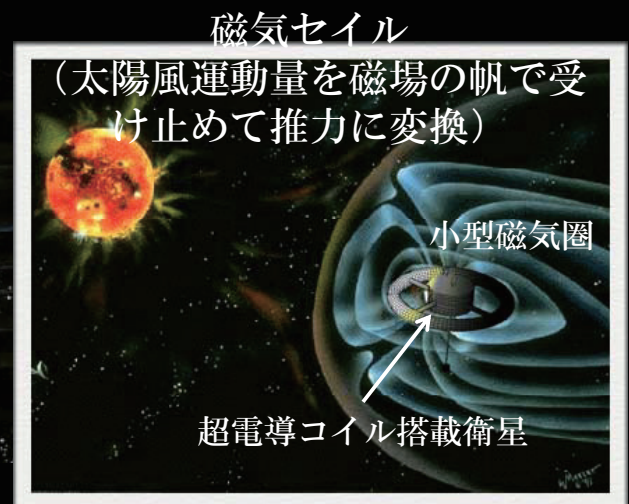
小規模ダイポール場と太陽風の相互作用



地球の磁気圏：
昼間側マグネトポーズは地球半径
の約10倍の位置。

太陽風中のイオン慣性長：約100km

地球磁気圏はイオン慣性長 λ_i に対して
十分大きい（MHD的扱いが可能）



磁気セイル

（太陽風運動量を磁場の帆で受
け止めて推力に変換）

小型磁気圏

超電導コイル搭載衛星

超電導コイルによる磁場構造はせい
ぜい数十キロ

磁場構造のスケールがイオ
ン慣性長 λ_i よりも小さい

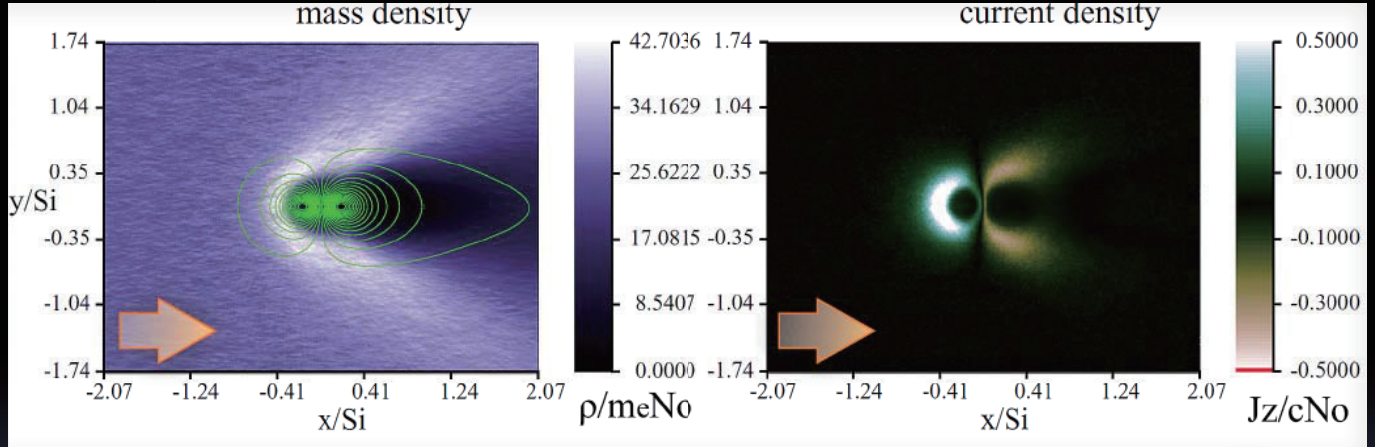
第8回宇宙環境シンポジウム

2

ミニ磁気圏の形成

弱いダイポール磁場が太陽風中にある場合、有限ラーマ半径効果によりイオンはほとんど素通りすると思われる。しかし、

$L/S_i=0.4$, $L/S_e=2$: L は磁場構造の代表長、 S_i はイオン慣性長、 S_e は電子のジャイロ半径



↔
イオンスケール

↔
-10 0 10 x/S_e

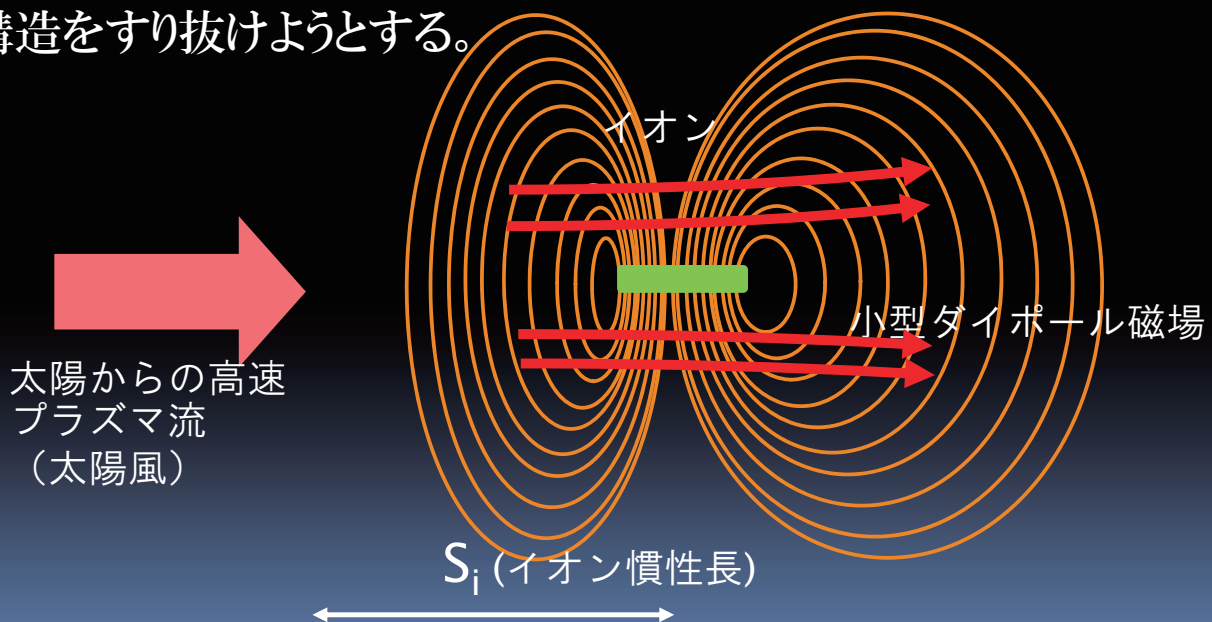
- 電子スケールのミニ磁気圏形成
- 磁気圏境界Cross-field電流層

第8回宇宙環境シンポジウム

3

イオンと電子 - 水素イオンは電子より1000倍以上重い-

- 現象が、イオン特性長 S_i より大きい場合(地球磁気圏)は、イオンと磁場が一体となって動く電磁流体的に扱える
- 今回、小型磁場構造が S_i が小さいため、イオン流はその磁場構造をすり抜けようとする。

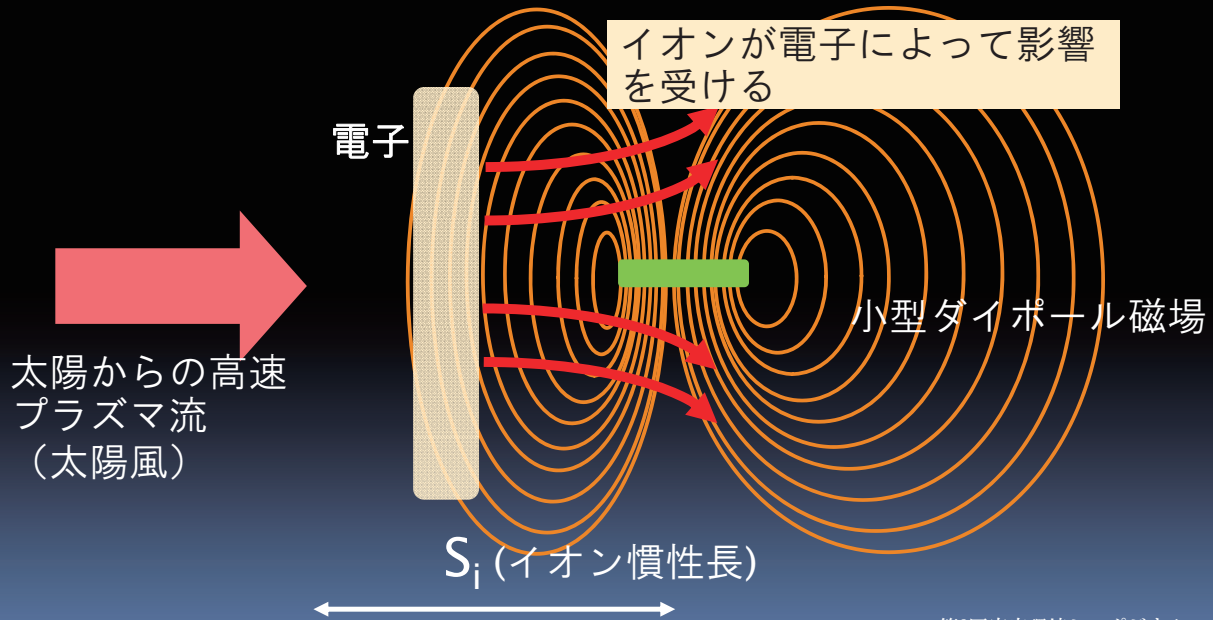


第8回宇宙環境シンポジウム

4

電子は小粒でピリリと辛い

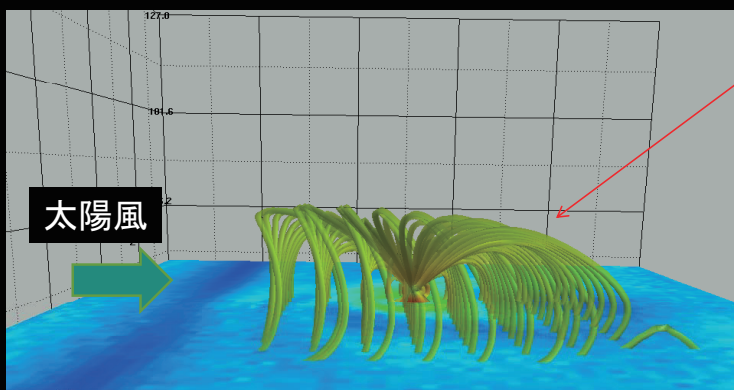
- 軽い電子は磁場に捕捉され、すり抜けようとするイオンを静電的な力で引き留めようとする。
- イオンも間接的に弱い磁力線によって影響を受ける。



第8回宇宙環境シンポジウム

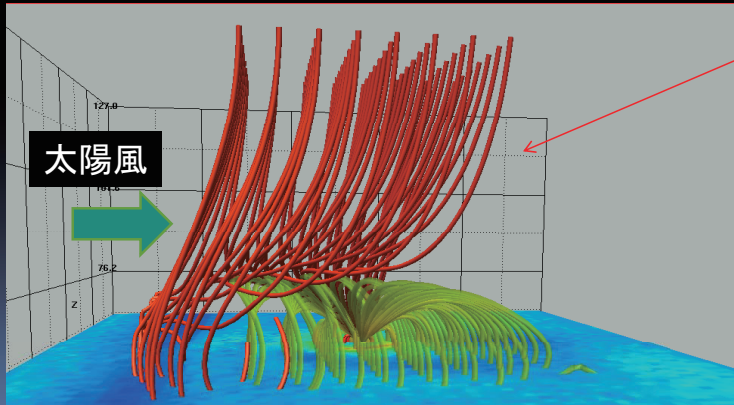
5

(3次元計算例) 太陽風による磁気圏の変形



磁気圏の相当する閉じた磁力線

太陽風により磁気圏前面が圧縮される。
この磁場勾配の変化に対応した電流とコイルとの相互作用が推進力の主要な要因となる。



惑星間磁場の由来する開いた磁力線

惑星間磁場 (IMF) が南向きの場合、磁気圏前面で磁気圏の磁力線とのつなぎ換えが生じ、磁力線の3次元構造は非常に複雑になる

第8回宇宙環境シンポジウム

6

まとめ

- ・ 小規模ダイポール磁場と太陽風の相互作用をPICシミュレーションで解析(mag sailがモデル。)
- ・ 電子スケールのミニ磁気圏の形成。前面圧縮磁場領域は、たとえ有限ラーマ効果領域であっても、プラズマ流動圧とダイポール磁場圧力が等しくなる位置で形成。
- ・ 磁場圧縮領域の幅はローカルの電子サイクロロン半径に等しい。境界層電流値の理論的評価が可能。
- ・ 磁気リコネクションにより小規模磁気圏の形状は大きく影響を受ける。詳細は3次元シミュレーションによる解析が必要(現在、適合格子細分化法(AMR)を導入したマルチスケール対応プラズマ流シミュレーション実施中。)

第8回宇宙環境シンポジウム 7