



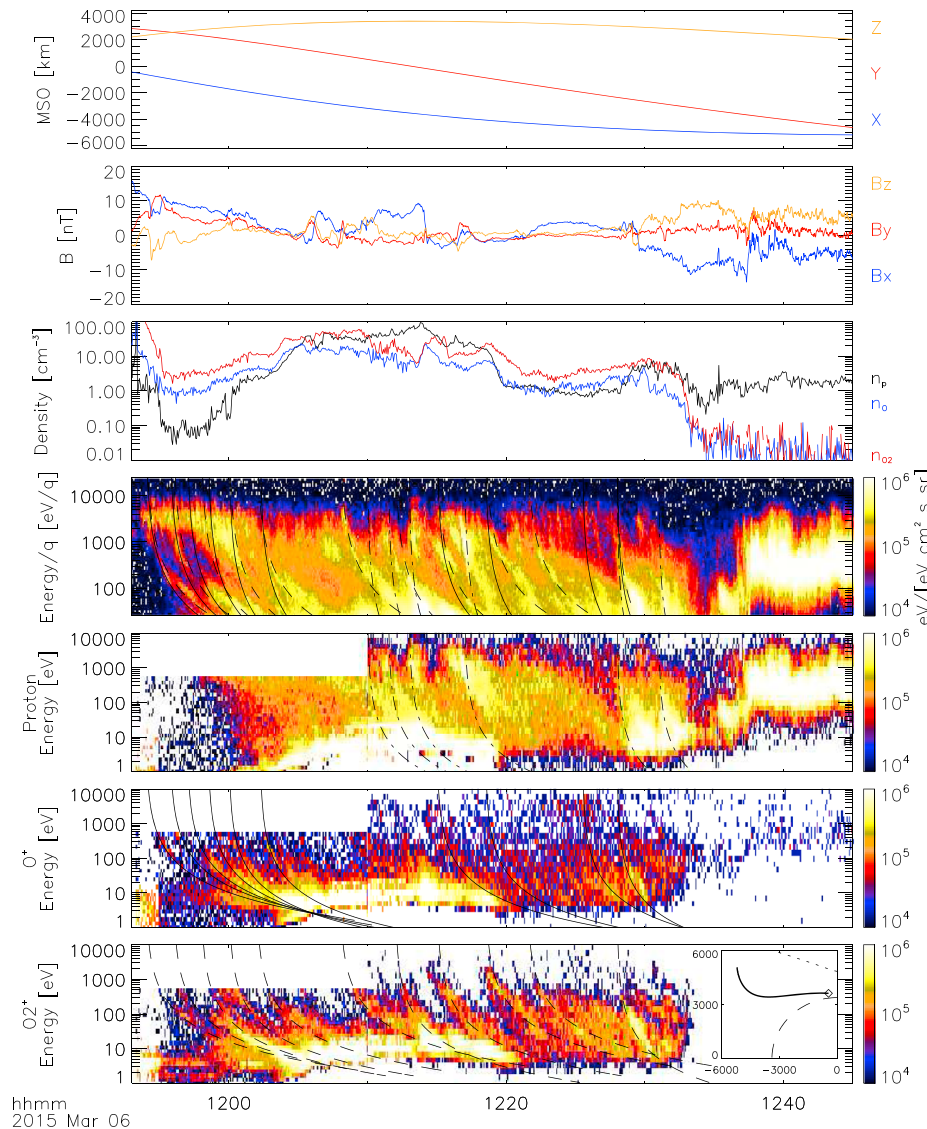
Mars Atmosphere and Volatile Evolution (MAVEN) Mission

Halekas+ [2015],
Time-dispersed ion signatures observed
in the Martian magnetosphere by MAVEN
Geophys. Res. Lett., 42, 8910-8916,
doi:10.1002/2015GL064781.

原 拓也 (UCB-SSL)

- MAVENに搭載された高時間分解能(4sec)のイオン計測器によって、これまでに報告されたことがないtime-dispersedな特徴をもつイオンが火星誘導磁気圏で頻繁に発見された。
- 観測されたイオンの特徴から、空間変動というより、むしろ時間変動に起因したものであり、観測位置から数千km程度離れたある程度広がった場所から到来した可能性が高い。
- このようなtime-dispersedな特徴を説明できる物理機構として、時間的に変動に富む対流電場による惑星起源イオンの加速(ピックアップ)が考えうる。
- Time-dispersedなイオンの観測周期がしばしばプロトンジャイロ周波数に一致するため、低周波波動がこのようなイオンの生成に寄与した可能性がある。

MAVEN観測例(1): 誘導磁気圏尾部

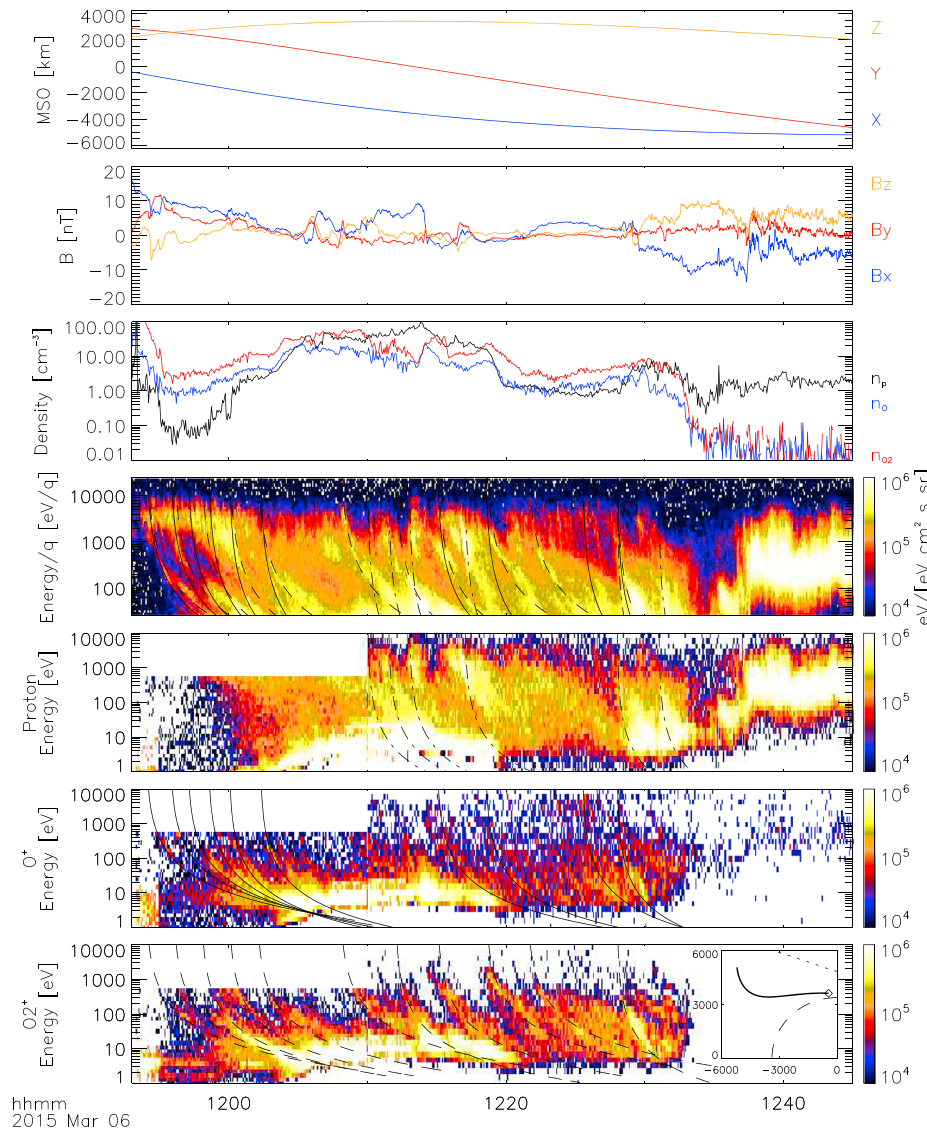


- Dispersedな特徴をもつイオンが頻繁に観測される。
- このようなイオンは概ね半太陽方向(=tailward)に移動する。
- 観測されたDispersed Ionはすべてfalling tone型(=時間経過とともにエネルギーが低くなる)である。
- Dispersionが空間変動に依るものであれば, rising toneとfalling toneが平均的には同じ割合で観測されるはず。



このようなイオンは時間変動に依るものである。

MAVEN観測例(1): 誘導磁気圏尾部



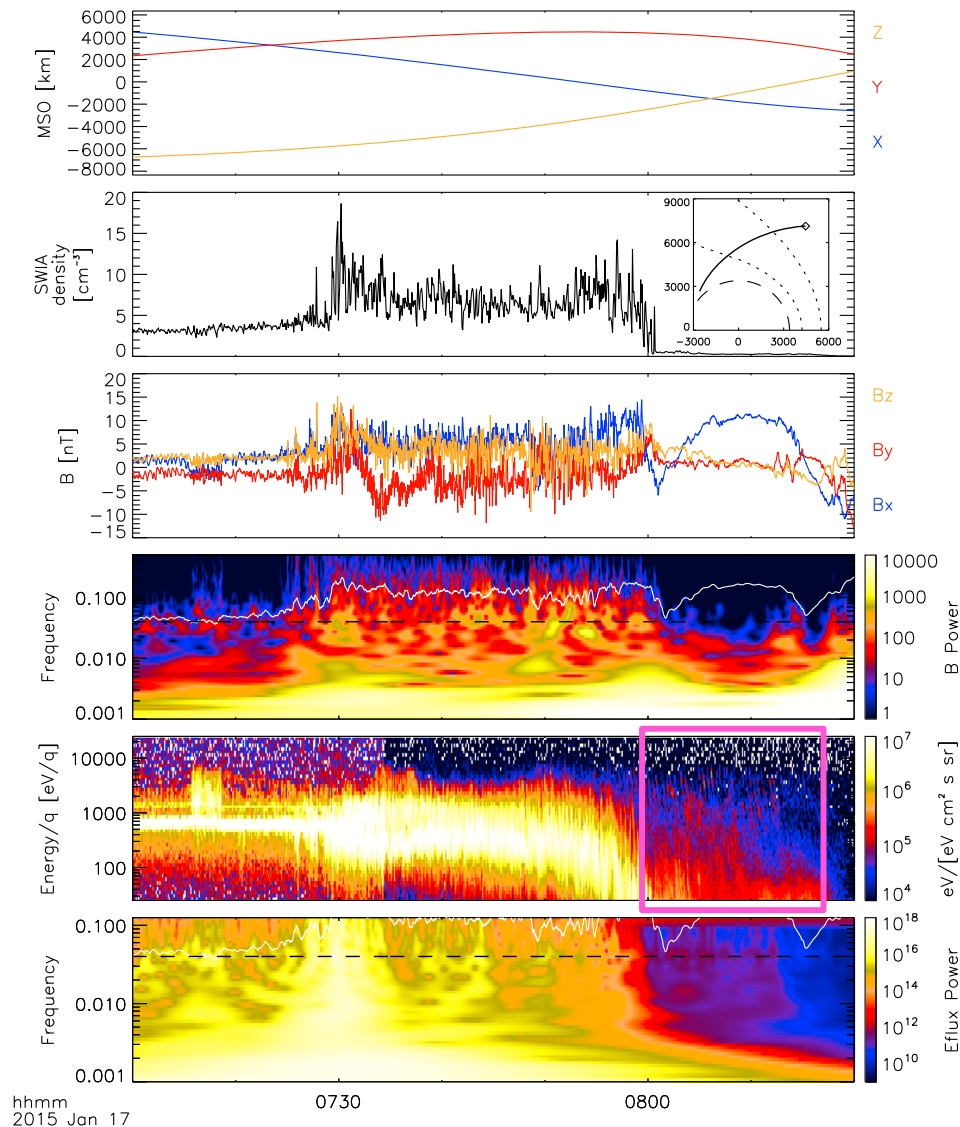
- 質量 M の小さいイオンの方が Dispersionの傾きが急峻になる。



1/ M 依存性をもつ。

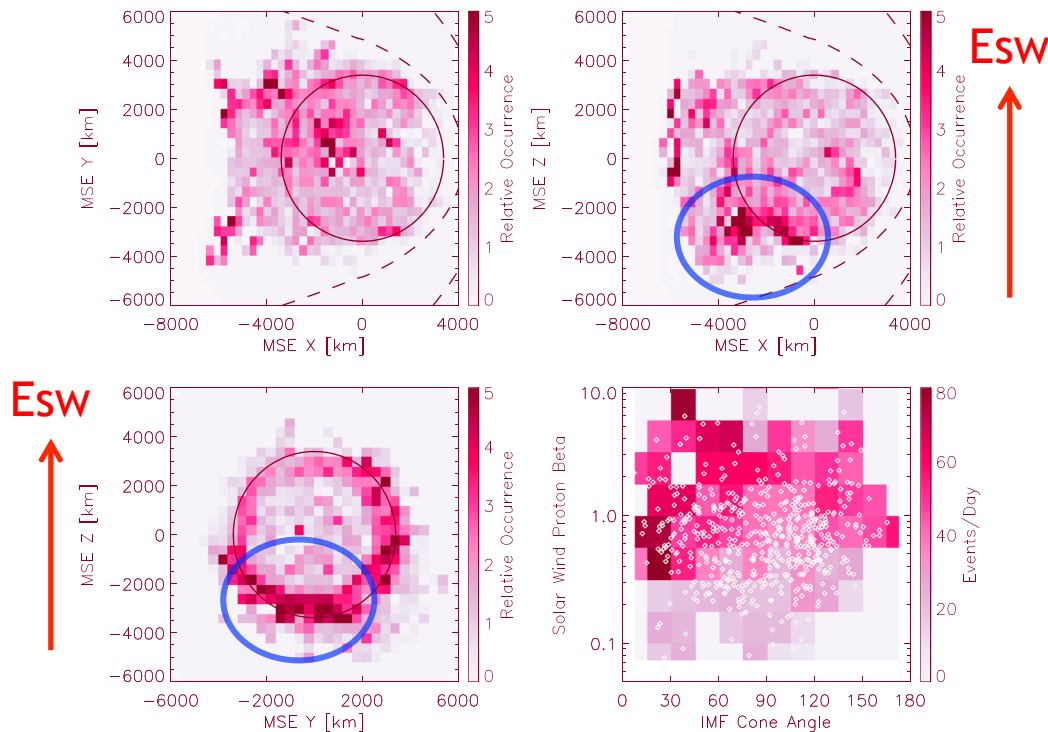
- プロトンより重イオンの方が フィッティングの曲線が観測に一致する傾向にある。
- 数千km離れた場所から観測位置まで移動する間に、プロトンの有限ジャイロ半径効果で、重イオンに比べて、プロトンの軌跡(飛行距離)が変わるため、結果的に観測されうるエネルギーがフィッティングからずれる可能性がある。

MAVEN観測例(2): 誘導磁気圏ローブ



- 衛星がシースから誘導磁気圏に入った直後に、準周期的な ($\sim 0.05\text{Hz}$) Dispersed Ionを観測した。
- これらも基本的にtailwardに運動しているため、時間変動に由来した現象である。
- 観測周期は上流のシースや太陽風で見られるような擾乱周期とだいたい一致している。
- **上流**のプロトンジャイロ周波数に近い周期をもった事例はしばしばあるが、すべてではない。
- 上流の低周波波動が何らかの役割を果たした可能性があるが、詳細な伝播機構等はいまだ不明である。

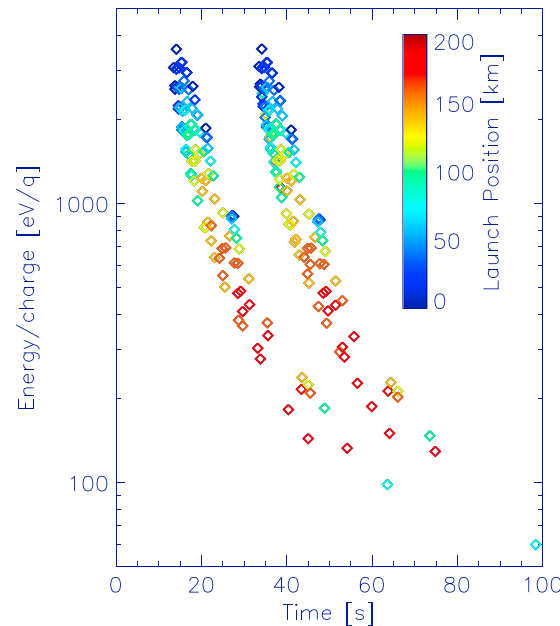
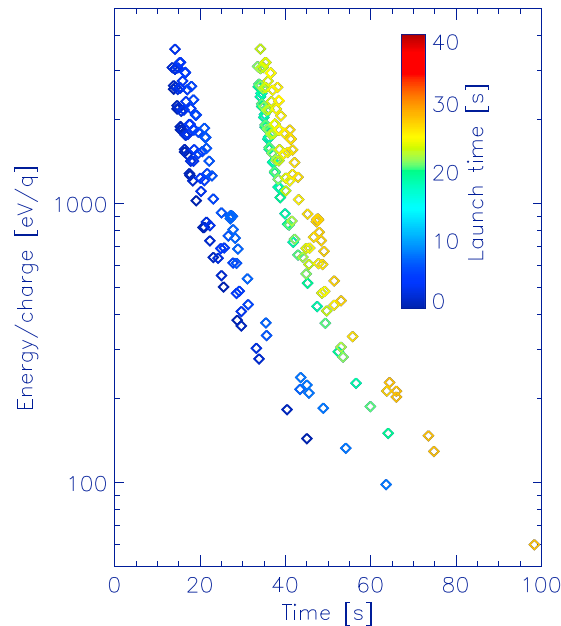
Dispersed Ionの統計解析



- 2014年11月27日~2015年3月16日までに発見された4391例の空間分布(MSE座標系).

- 半暗部境界付近の反電場半球で最も頻繁に観測された.
- 反電場半球では、電場は惑星に向かう方向であるため、Disperse Ionは、誘導磁気圏境界付近から、惑星に向かって到来してきた.
- 上流の太陽風密度・磁場に対する依存性は顕著ではない.
- **プロトンベータが高い**時によく観測される傾向にある.
→ イオンが駆動する波の寄与.
- IMF cone angleが 0° 付近(+Bx)でも観測頻度が高くなる傾向にある.

仮説: 周期変動する電場によるDispersed Ionの生成



- 振幅: 18mV/m,
周波数: 0.05Hzで
正弦波的に変動する
電場を与えた場合,
1800km離れた地点で
観測される O^+ の
エネルギーの
時間的变化.

- MAVENで実際に観測されたようなDispersion Ionを再現することに成功した.
- イオンの質量に応じてDispersionの傾きが変わることも確認された.
- シミュレーションの空間スケールでは、すべてのイオンは磁化していないが、プロトンについては前述したように有限ジャイロ半径効果で軌跡(飛行距離)が変わるため、理論的なDispersion曲線からずれる可能性がある.

- MAVENの高時間分解能(4sec)のイオン観測によって、これまでにはない新しい火星誘導磁気圏の現象が明らかになった。
- 地球磁気圏でも、このようなDispersion Ionは、過去に報告されていたが、火星での物理機構は異なる。
- 観測位置から数千km程度離れたある程度広がった場所から、**準周期的に変動する対流電場**によって、惑星起源イオンが加速された(ピックアップ)ことがメカニズムの候補の1つとして考えられる。
- このような準周期的に変動する対流電場を駆動する機構としては、上流の低周波波動(プロトンサイクロトロン波)の寄与が考えられる。