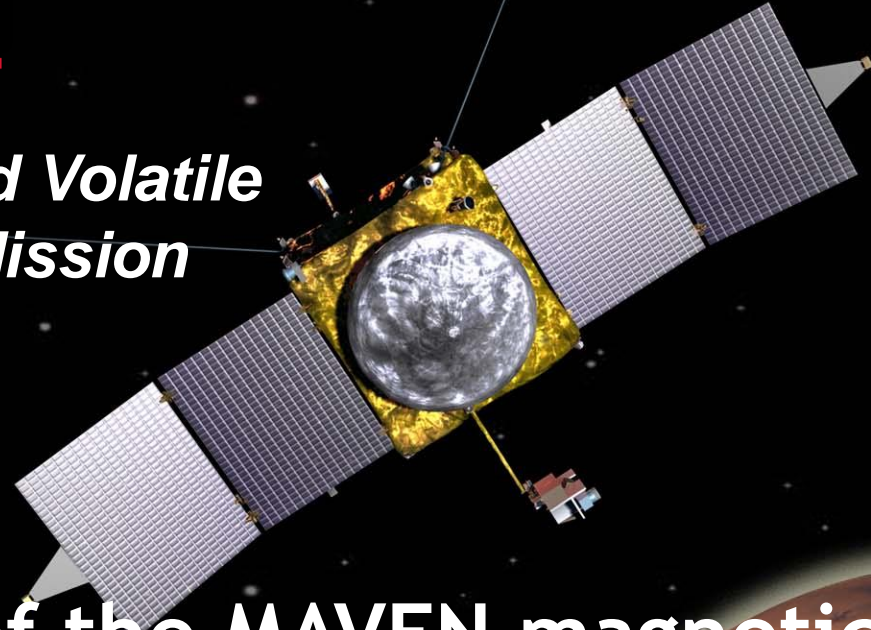




*Mars Atmosphere and Volatile
Evolution (MAVEN) Mission*



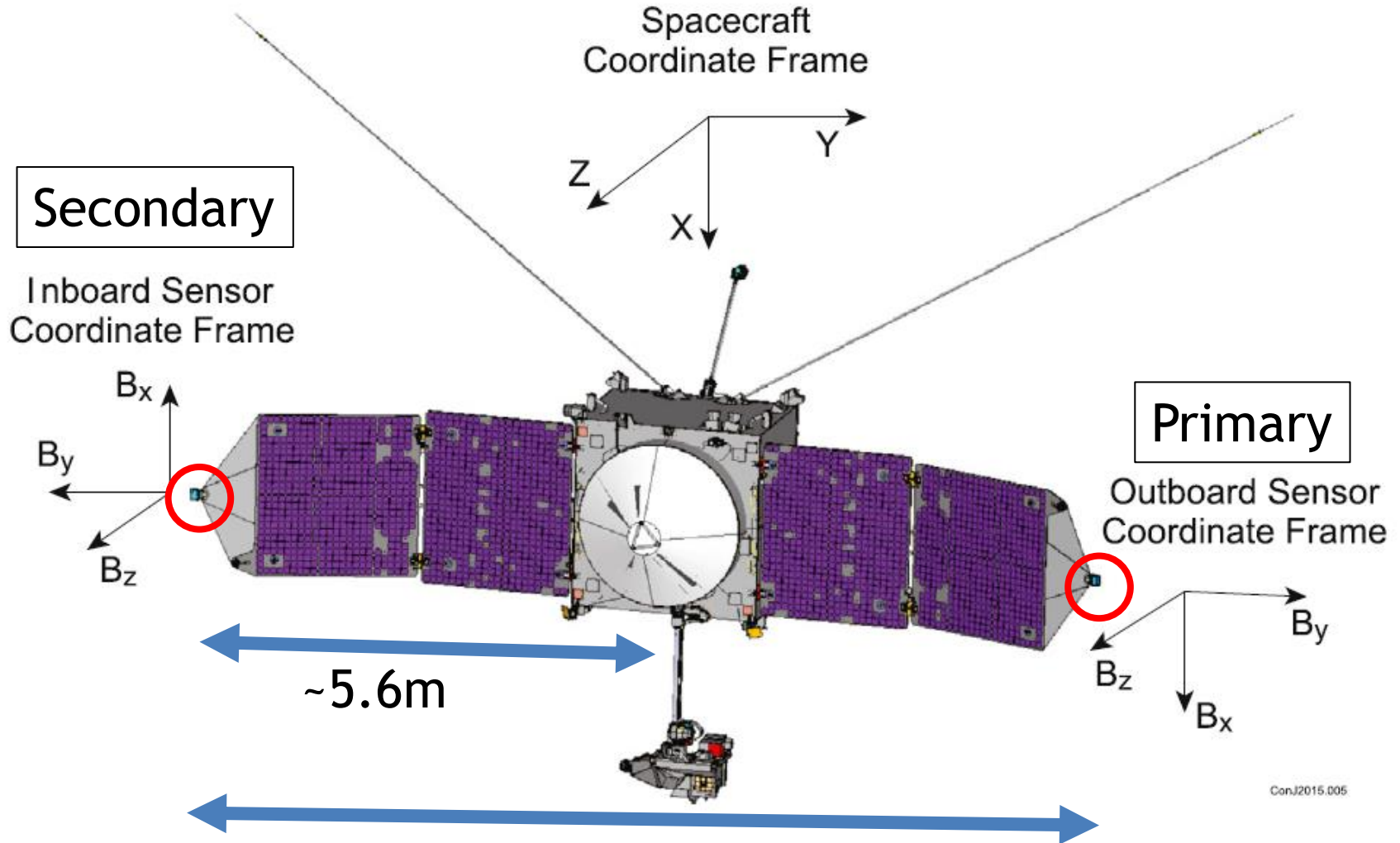
First results of the MAVEN magnetic field
investigation

J. E. P. Connerney, J. R. Espley, G. A. DiBraccio, J. R. Gruesbeck,
R. J. Oliverson, D. L. Mitchell, J. Halekas, C. Mazelle, D. Brain,
and B. M. Jakosky

MAVENによる磁場観測の目的と初期成果

- 火星周辺の磁場観測
 - 上層大気、電離圏、大気散逸、太陽風と相互作用、火星気候変動
 - 磁場ベクトルを32 samples/sで観測する。
 - 探査機本体の磁場の見積り
 - 磁場コントロール、地上でのテスト、運用中のテスト
 - MAVENの磁力計設置場所での静磁場は、2nT (0.25nTの変動)未満
1. 飛行中の探査機本体の磁場の評価、コントロール
 2. 太陽風電子(Strahl電子)の角度分布を用いた観測磁場の評価
 3. 火星磁気圏の相互作用領域の観測
 - $V \times B$ 対流電場の定量評価など
 4. Foreshockでの波
 5. Magnetotailでの観測

MAVEN MAGの座標系



ConJ2015.005

[Connerney et al., 2015, SSR, Figure 21]

$\sim 11.43\text{m}$

静的な探査機の磁場

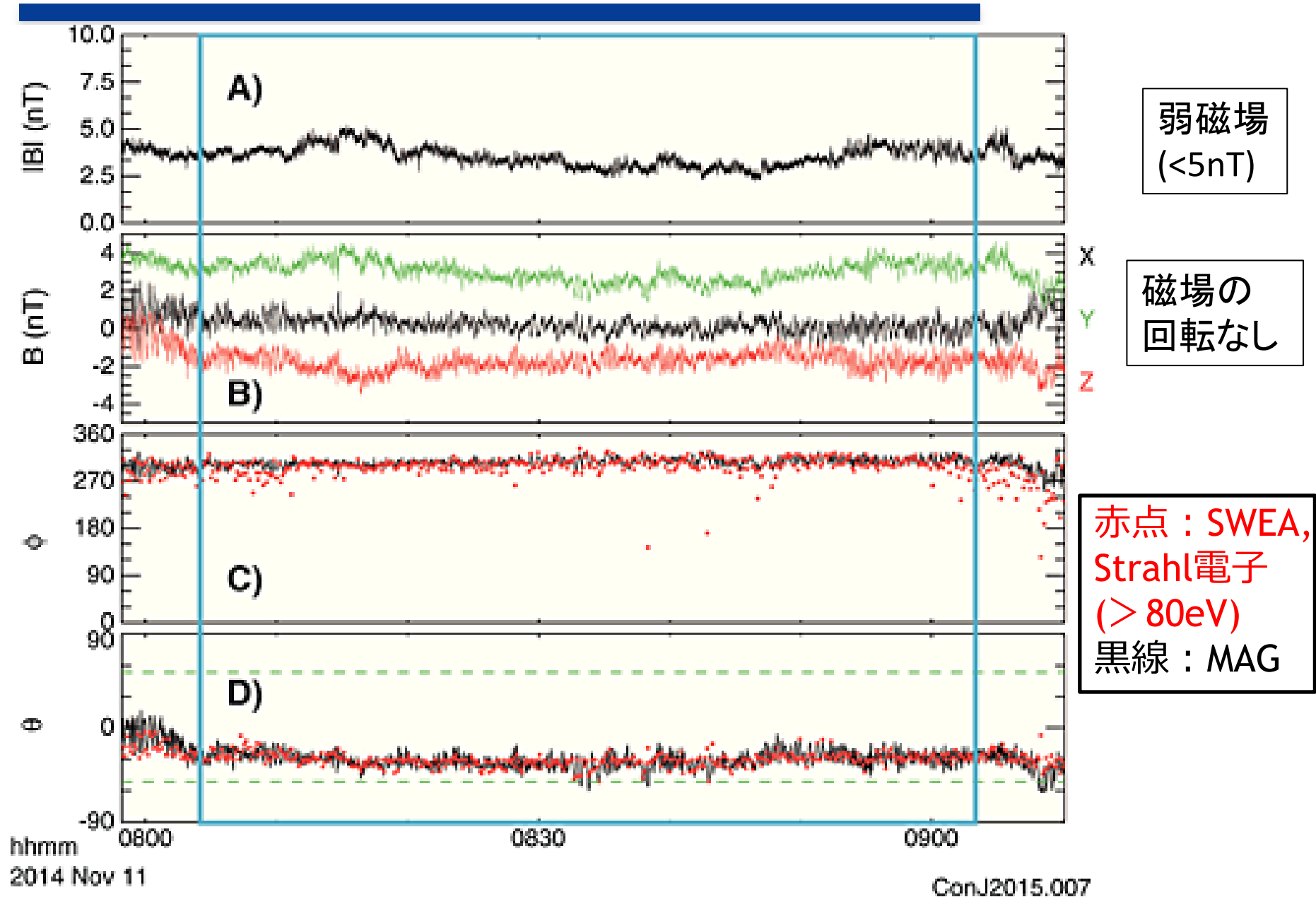
Event	Year - DOY	Environment	O_x	O_y	O_z	Comments
1	2014 - 311	Solar wind	-0.388	-2.125	-0.743	Few rotations used; environmental noise
2	2014 - 353	Solar wind	-0.376	-1.950	-1.010	Environmentally benign; entire sequence used
3	2015 - 115	Magnetotail	-0.204	-2.178	-0.945	Environmentally benign; ~10 nT ambient
4	2015 - 116	Magnetotail	-0.045	-1.939	-0.741	Relatively disturbed conditions; ~8 nT ambient
5	2015: 115/116	Magnetotail	-0.147	-2.057	-0.945	Combined set 115/116 for robust estimate

- 数か月ごとに探査機を回転させて(MAGROLL)、それぞれの磁力計周囲の磁場を測る。
 - 10回のz軸ロール、その後10回のx軸ロール、10回~40分
 - Magnetosheathではしない。
 - 太陽風パネルは電源を切る。
- オフセットの平均静磁場： $[0.242 \pm 0.134, 2.061 \pm 0.110, 0.966 \pm 0.04]$ (+Y方向のセンサー)

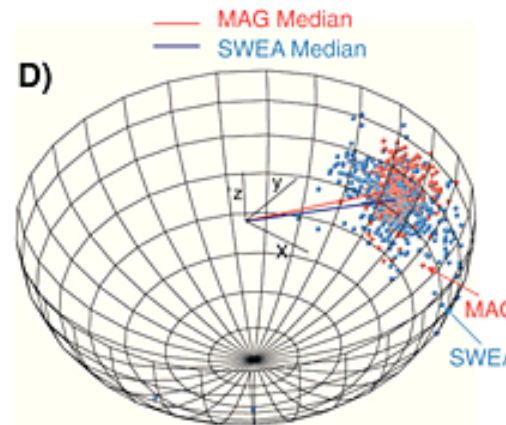
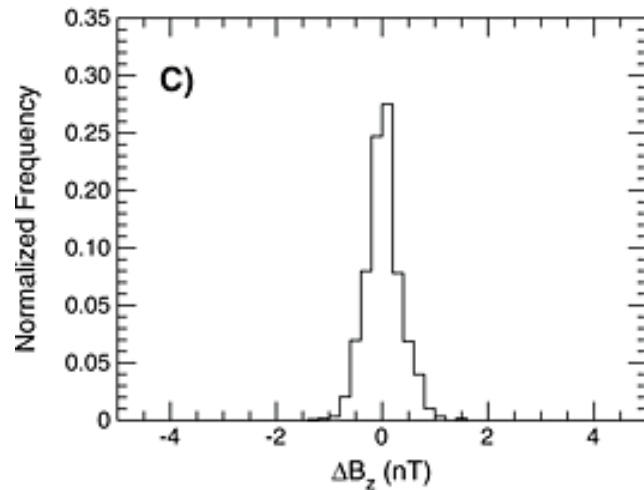
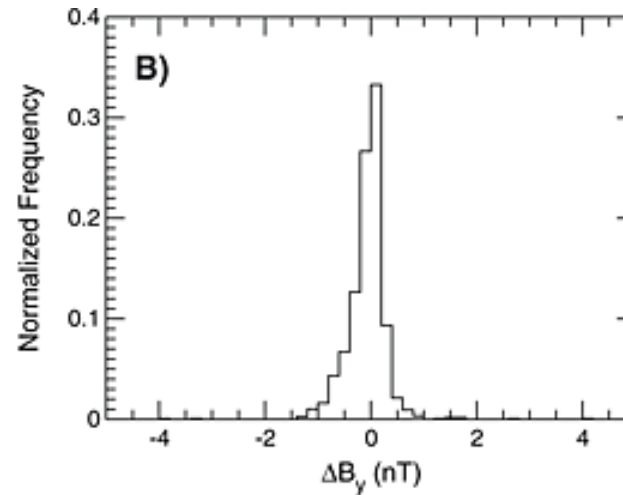
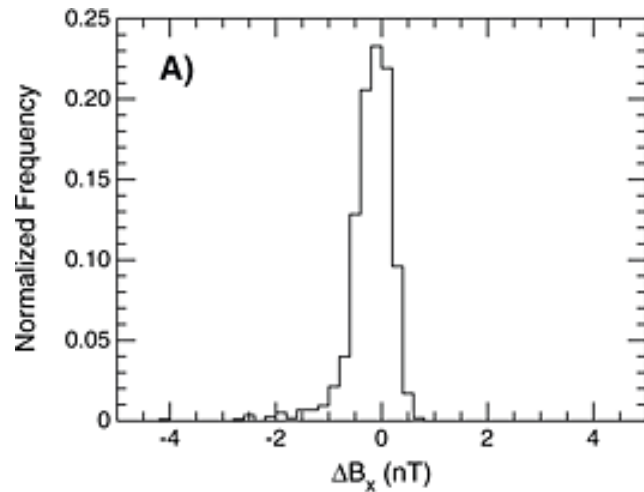
動的な探査機の磁場

- 2つの磁力計の間の違いによってできる磁場を宇宙機座標で測る。
 - スラスター、リアクションホイール、太陽風パネル
- 1. スラスター
 - スラスター燃焼中に簡単に判別できる磁場が発生
- 2. リアクションホイール (RWAs : reaction wheel assemblies)
 - 大抵は低いが(0.1-0.2nT)、低速度のRWAs(<0.1Hz)で上昇する
- 3. 太陽風パネル
 - -Y センサーでは~1 nTで、+Y~センサーでは0.5 nTであった(巡航中)
 - 太陽風パネル回路をオン・オフして、太陽風パネルの外側についている各々の回路から発生する磁場を測る。
- 測定で使用したスイッチの状態や測定値は2.5Hzの高サンプルレートで取得している。
- これらの動的な探査機の磁場を修正したデータがL2に入っている。

磁場とStrahl電子(SWEA)の観測データの比較



磁場とStrahl電子(SWEA)の観測データの比較



磁場(MAG)と
Strahl電子
(SWEA)には良い
相関がある。
→磁場観測はう
まくいっている

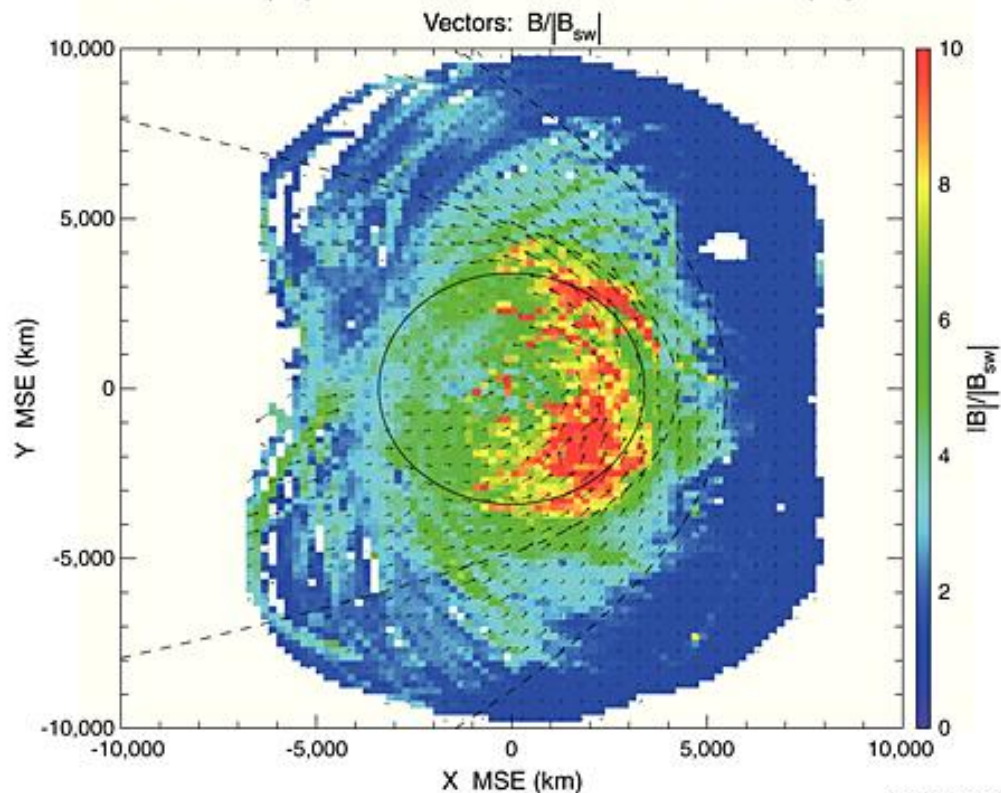
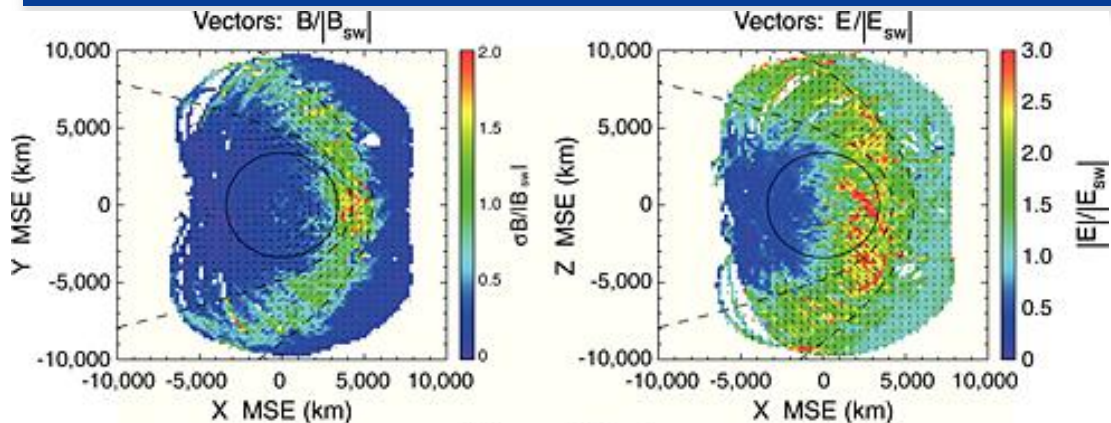
DonJ2015.008

- 各成分の差の中央値は、 -0.137nT , -0.019nT , 0.019nT
- MAGとSWEAのベクトルは同方向を向いており、分布も似ている。

磁場観測でできること

- 磁場のdraping pattern
- Bow shock下流で偏光・圧縮された磁場
- 火星近傍で強くdrapeした誘導磁場
- 火星下流で引き伸ばされたtwo-lobe draped magnetotail
 - カレントシート、リコネクションの発生場所
- 上流のIMFによる磁気圏のdraped fields
- 上流の弱いIMFベクトルの正確な測定
- 磁場の乱流変動
 - Bow shock、magnetic pileup boundaries (MPB)の判別
- SWIAの観測から求められるplasma flowの速度から $V \times B$ 対流電場が導出
 - イオンの散逸速度までの加速、昼側での“polar plume”やピックアップイオン

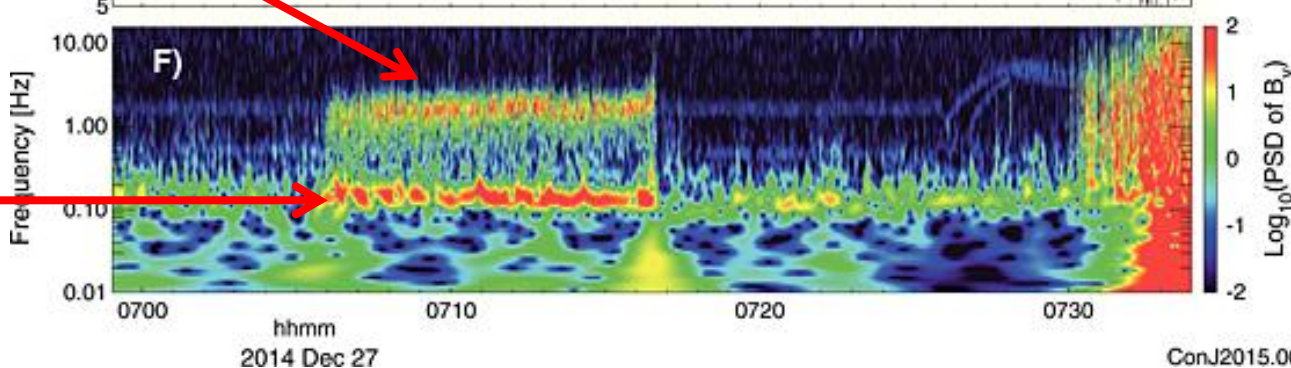
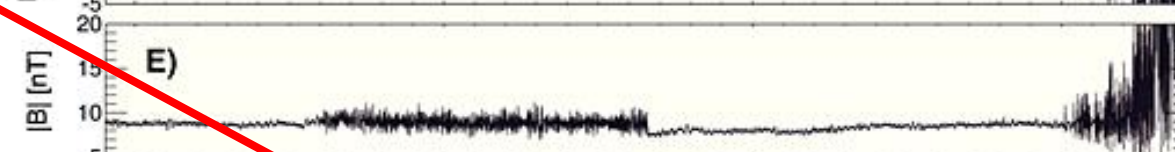
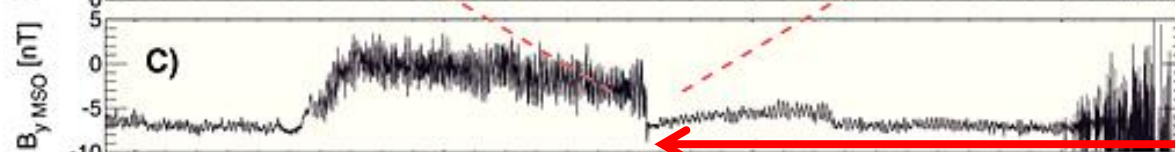
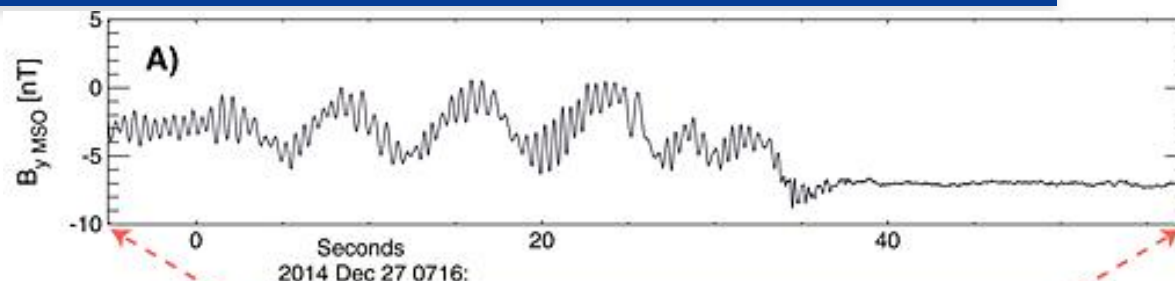
火星磁気圏 (2014年11月から2015年3月)



- 最大振幅の変動は、Bow shockとMPBの間の磁気圏に閉じ込められている(左上)。
- この期間の誘導電場(右上)は残留磁場の影響があまり見られない(北半球が近火点)。
- 最も強い対流電場はマグネトシースの中で観測された。

Foreshockでの波

SZA~60°、
bow shock
上流



“1Hz
waves”
(強い右
偏波)

~0.1Hz
での波,
proton
cyclotro
n waves
(~9nT)

背景磁場の
回転
→波の消失

Foreshockでの波

- 今回の1Hz wavesの特性は火星で以前に観察された1Hzの波のものと一致している[Brain et al., 2002]。太陽系の別の惑星でも観測されている[Heppner, 1967; Orłowski and Russell, 1995; Halekas et al., 2013b; Le et al., 2013]。
- 狭い範囲の周波数（常に ~ 1 Hz）と同じような場所（bow shockの上流）で観測された
 - ローカル太陽風の条件に影響されない共通の物理的機構を示唆
 - Upstream whistlers [Fairfield, 1974]
- 1Hz wavesは数nTの振幅を持っている($\Delta B / |B| > 0.2$)。
 - 非常に非線形
- 全区間にわたって ~ 0.5 Hzと ~ 1.5 Hzにかすかな信号がある。
 - RWAによるもの。自然的なものと似ているので気を付けること。
 - RWAの回転速度はMAVENのparticles and fields dataに格納されている。

Magnetotail

- IMFが火星でdrapeしてmagnetotailを形成する。
 - 2つ逆平行のlobe、cross-tailなカレントシート
- Tailの向きはIMF clock angleに影響される。
- 火星でのsubstorm-likeな現象 [DiBraccio et al., 2015]
- Tailでの磁場フラックスのloadingとunloadingは、tailでのリコネクションを示唆している。
- MAVENで観測された最も遠いtail(~2.6RM、反太陽方向)で、高エネルギーの惑星起源のイオンがtailのカレントシートに閉じ込められ、tail方向にイオンが逃げていることを観測した[DiBraccio et al., 2015]。
 - これらのbursty plasma flowsはMEXでも観測されている[Dubinin et al., 2012]。
 - この流出とcross-tailなカレントシートの関係は明確にわからなかった。
 - DiBraccio et al. [2015]では、cross-tailなカレントシートの横断に関連したフラックスロープを観測しており、そのリコネクションイベントはイオンのtail方向への加速の原因であることを示唆されている。
- 単一の軌道中に観測されたtailカレントシートの横断は、太陽風の変動に応じたプラズマシートの変動や波状運動を明らかにした。

まとめ

- MAVENの磁場観測は正確な磁場ベクトルを測るために、探査機本体の磁場の見積もりを行っている。
- 静的と動的、どちらの探査機本体の磁場もうまく見積もれている。
- 磁場観測の正確さは、SWEAが観測したstrahl電子との比較が証明した。
- 磁気圏のbow shock、MPB、 $V \times B$ 対流電場、上流での波、tailでのイオン散逸、リコネクションなど観測されている。