

Maven and the Mars initial Reference Ionosphere Model

Michael Mendillo, Clara Narvaez, Majd Matta, Marissa Vogt,
Paul Mahaffy, Mehdi Benna, Bruce Jakosky
Geophys.Res.Lett.,42, doi:10.1002/2015GL065732

Sae Aizawa (Tohoku Univ.)

2015/12/23-24

MAVEN Workshop @Tokyo Univ.

Introduction

- ✓ MIRIモデル: 光化学平衡方程式を用いた半経験モデル。
最大電子密度 $\leftrightarrow$ SZAおよび太陽フラックスの関係 [Mendillo et al., 2013]

2005 – 2012年の間にMEX/MARSISによって得られた112,718個の最大電子密度値

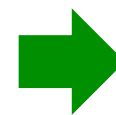
- ✓ MIRI-mark-1 : Viking landerと電波掩蔽観測によって得られた最大電子密度を用いて計算
あるSZAとある太陽フラックス時の最大電子密度を出力する
→ $\pm 3\%$ (Viking lander) 、 $\pm 8\text{-}10\%$ (電波掩蔽観測) 程度の誤差で一致
- ✓ MAVEN/NGIMS : 電離圏界面を通過／軌道に沿った方向に観測する
→ 水平方向や鉛直方向に移動しながらサンプリングする
→ よりグローバルな電離圏状態を見る(電子密度の高度分布を得る)ことが可能

電波掩蔽観測

空間一様を仮定し、電子密度の高度プロファイルを求める
(SZA $> \sim 70^\circ$ 、緯度 $> \sim 60^\circ$)

Viking lander [Hanson et al., 1977]

1400LTでSZA $\sim 45^\circ$ において電子密度の高度プロファイルを与える



MIRI-mark-1を拡張し、
電子密度の高度分布を
得られるようにしたい

Model

MIRI-mark-2's goal

0°～90°の太陽天頂角において、10°刻みの電離圏プロファイルを出力すること

高度方向のプロファイルの決定: Matta et al., 2013のモデルを使用

高度方向: 17 height levels between 80 - 400km (1 height level = 20km)

緯度方向: 37 latitudes (90°S - 90°N in 5° steps)

分解能: 緯度方向に5°、ローカルタイムで1時間

Matta et al., 2013 モデル: Mendillo et al., 2011 をアップデート

✓イオンの化学反応

→さらに2つの反応式(COとCO₂のイオン化)とH, H₂中性粒子を追加

→11のイオン化反応、52の化学反応、18の再結合反応(Table 2)

✓中性粒子の化学反応

→さらにHとAr中性粒子を追加(CO₂, CO, H₂, O, N₂, H₂O(ice&vapor)+H, Ar)

→O₂, NO, Heは近年のモデルでは影響が小さいとして無視

✓プラズマ拡散

→数種類のイオン種の追加に伴って、イオン-イオン衝突を考慮

→鉛直(高度)方向の運動方程式に衝突の項をいれた

Observations

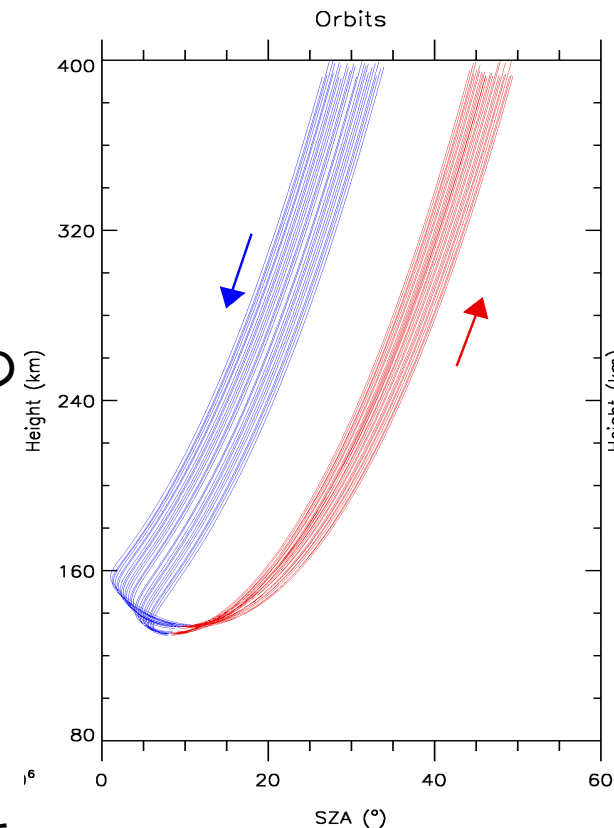
NGIMS (the Neutral Gass and Ion Mass Spectrometer) onboard MAVEN

- ✓データ期間 : Deep-dip campaign #2 -- 2015/4/17-22
- ✓使用した軌道 : 27軌道
近火点: subsolar付近
中程度地殻磁場
- ✓計測するもの : 2-150amuのイオンの存在量と質量
- ✓初期校正 : ミッションの最初の2週間で行われたもの
[Benna et al.,2015]を使用
- ✓密度への変換 : 準中性を仮定
→イオンの密度 = 電子の密度

カウントレート → イオンの密度 の変換

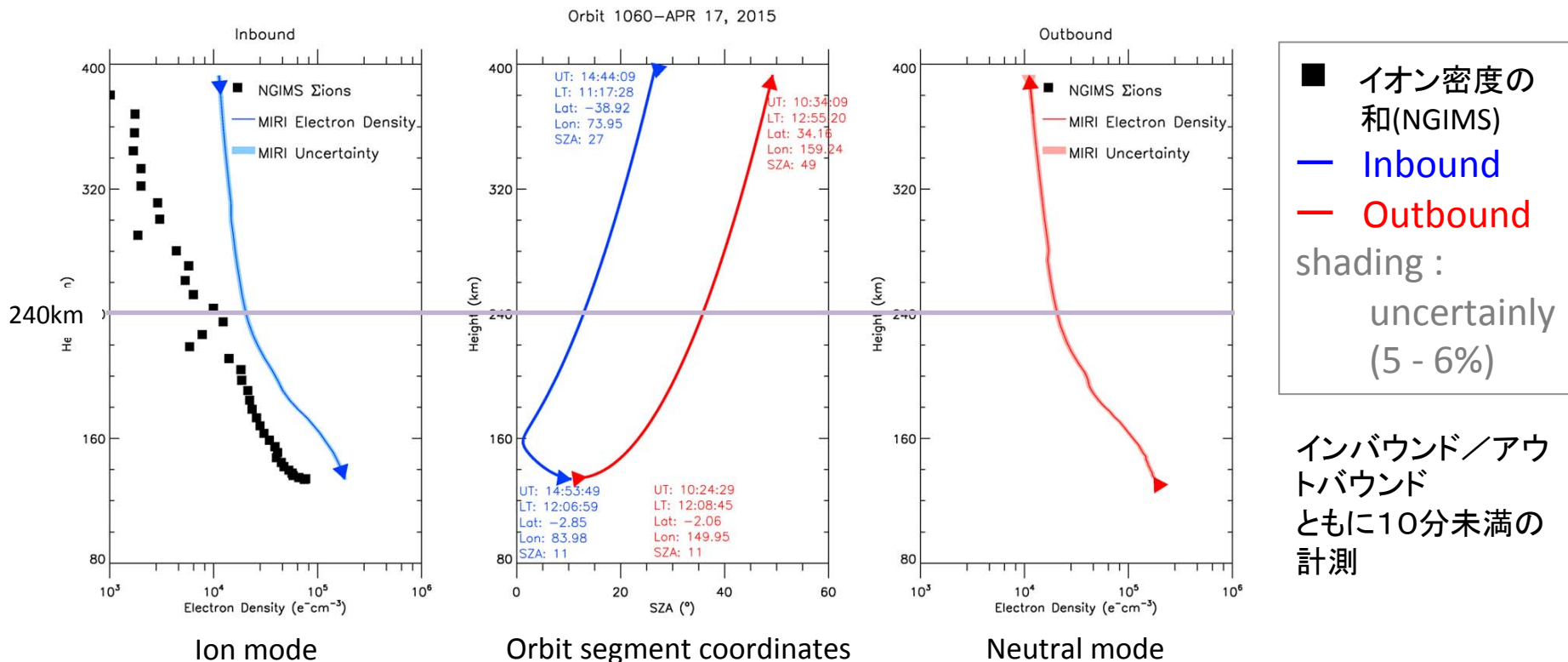
LPW(the Langmuir probe and waves)によって計測された
電子密度を用いて、全イオンの和を規格化することによって
行われる

[Andersson et al.,2015]



今回使用した27軌道

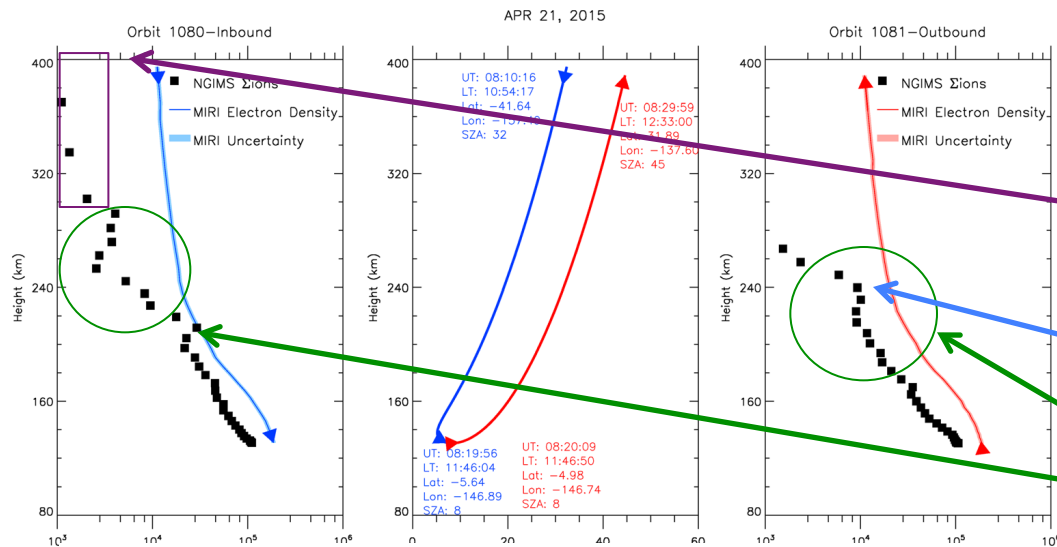
Data-Model comparisons



MAVEN/NGIMSとMIRI-mark-2との比較で注意すべき点

- 1) モデル値はデータより常に高い値をとる
- 2) 高度の高いところ(200~400km)での変動がある
- 3) 240km以上の高度での勾配がモデルとかなり乖離している

Data – Model comparisons



■ イオン密度の和(NGIMS)

— Inbound

— Outbound

shading : uncertainty
(5 - 6%)

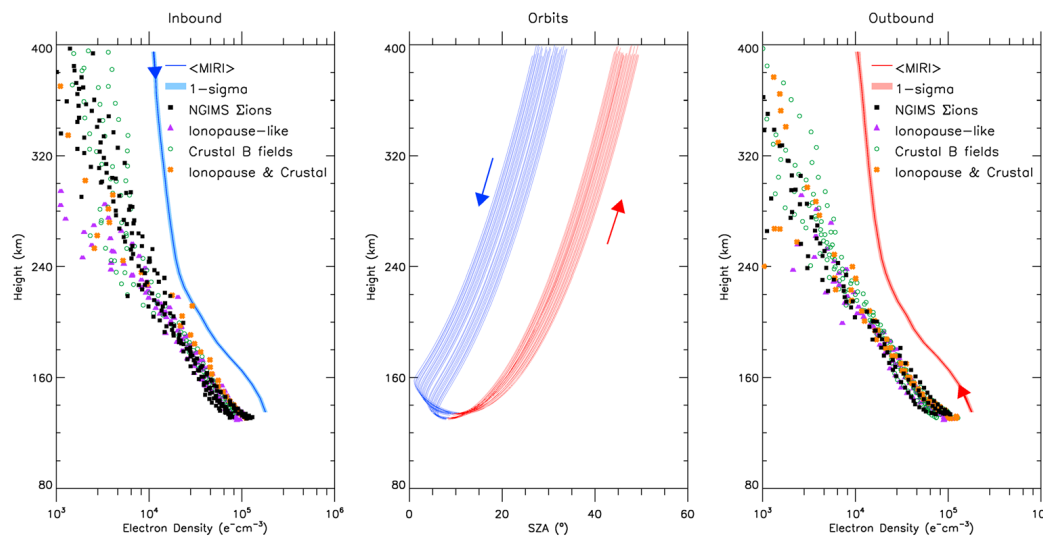
急な高度勾配

($2 \times 10^3 \rightarrow 1 \times 10^3 \text{ e-/cm}^3$)

急な密度勾配

Ionopause - like profile
(27軌道のうち10)

Orbit segment #1080 inbound, #1081 outbound



○ : 9 data above crustal B

▲ : 7 data ionopause like

✱ : 3 ionopause & crustal B

■ : 8 no specific

○と■ :

地殻磁場上空のほうがばらつきがあるが、平均値は同程度

▲と✱ :

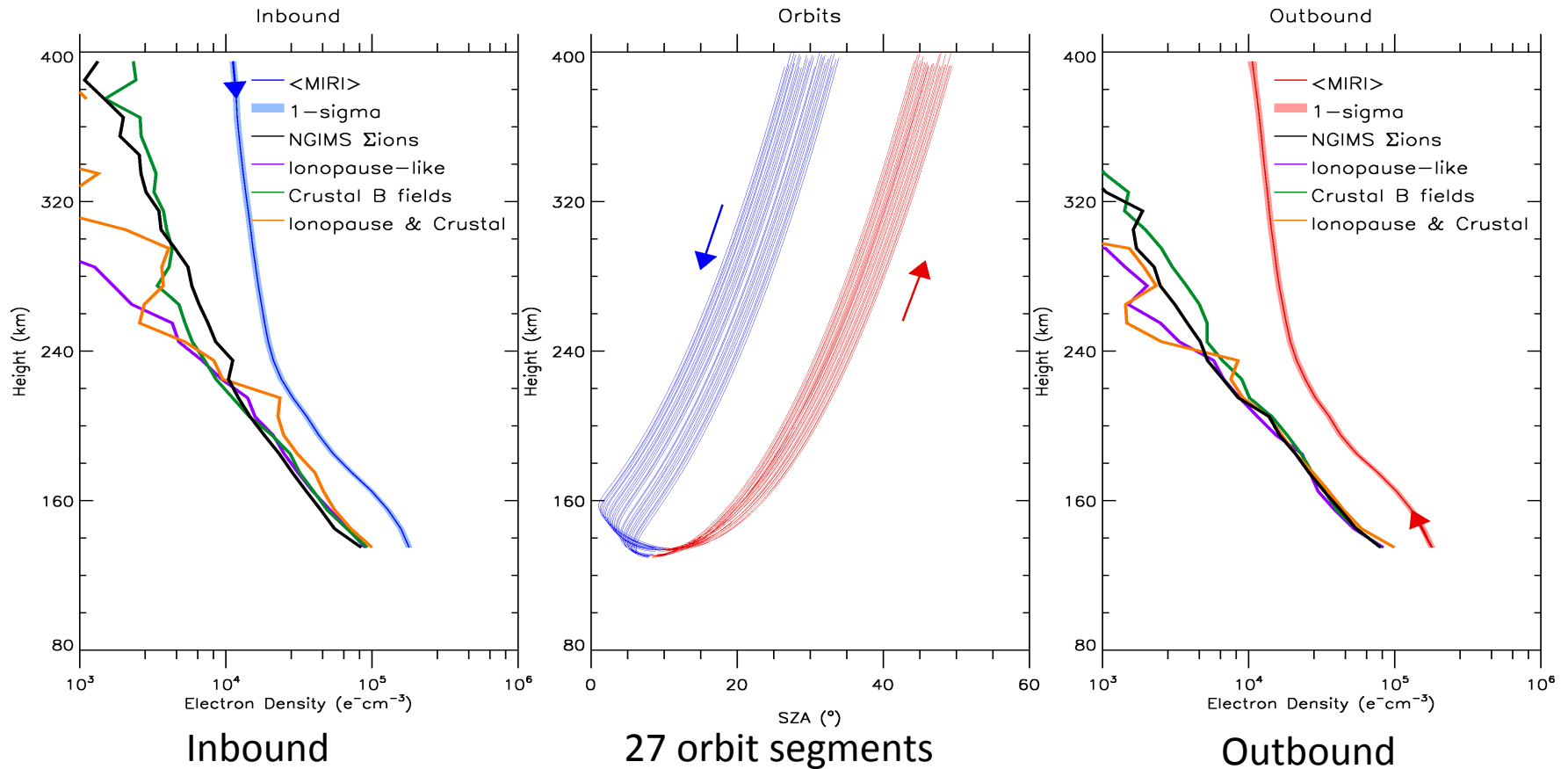
同程度の勾配で、MIRI予測と乖離

Total NGIMS data set in comparison to MIRI's average of all predictions

Interpretation and conclusions

- ✓ 2015年4月17日～22日のDeep-Dipキャンペーンを用いて、MIRI-mark-2とNGIMSデータとの電子密度を比較を行った。NGIMSの観測自体は鉛直プロファイルを与えないが、130～400km高度を水平に、両半球にわたって広く横断し、SZAは 0° ～ 50° をカバーした。
- ✓ MIRI-mark-2モデルは次の初期結果を導いた。
 - 1) 今回扱った全電離圏高度において、NGIMSのデータはモデルよりも低い値をとった。130～200kmの高度範囲において、プロファイルの形は一致した。
→この違いは、NGIMSのデータセットの初期校正の不確かさによるかもしれない
 - 2) 200kmより上では、モデルから予測されるプロファイルと観測とではかなり乖離した結果となった。
→ 昼間側からの水平方向の輸送はモデルに含まれておらず、また、モデルは電離圏界面様な境界を設定していないことも原因としてあげられる。
 - 3) MIRIモデルは、地殻磁場による電子密度の偏差を考慮にいれていないが、観測では、地殻磁場上の3つの軌道でionopause-likeなプロファイルを示した。

support information

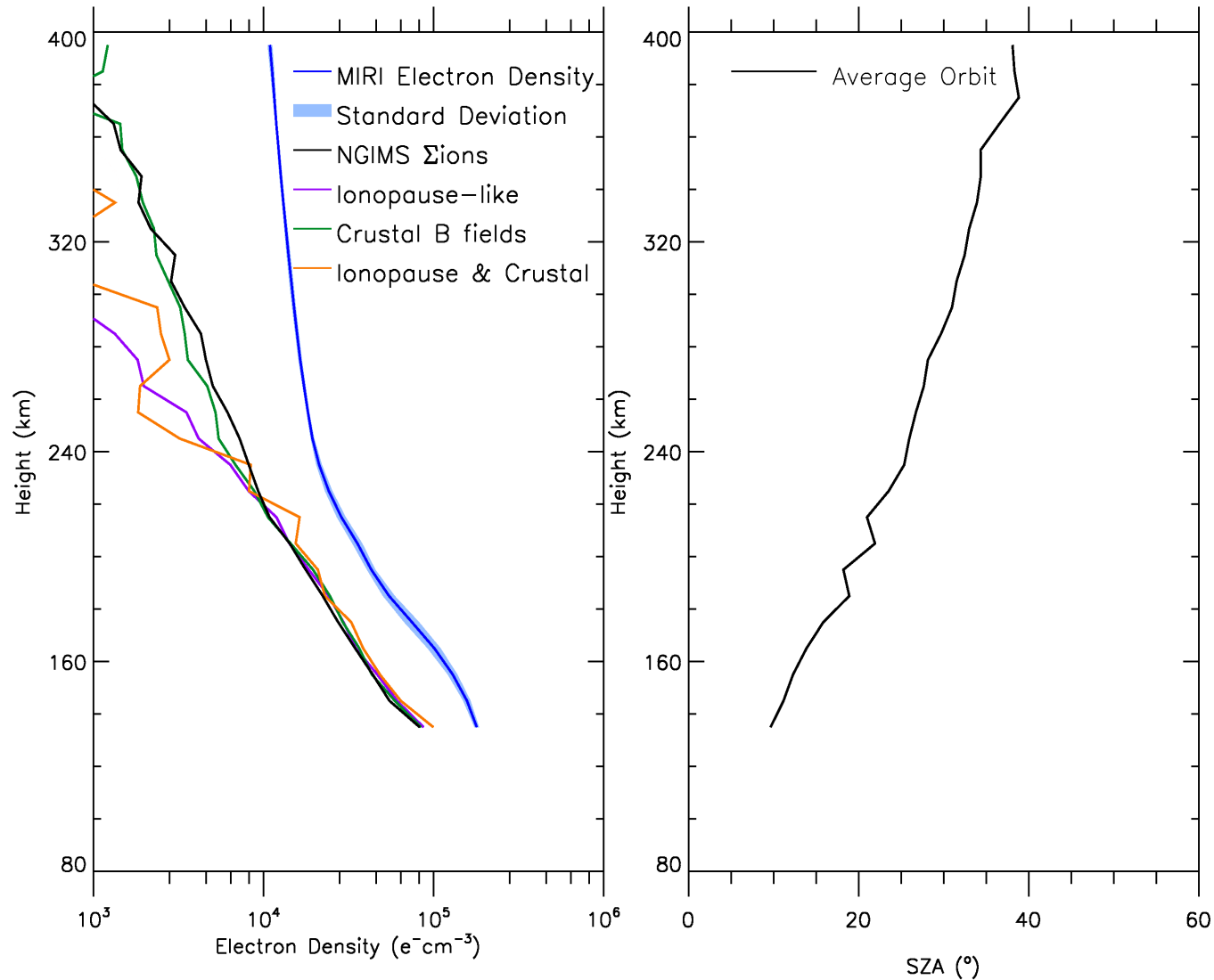


- : 9 data above crustal B
- ▲ : 7 data ionopause like
- * : 3 ionopause & crustal B
- : 8 no specific

○と■ :
地殻磁場上空のほうがばらつきがあるが、平均値は同程度

▲と* :
同程度の勾配で、MIRI予測と乖離

Support information



Inbound + Outbound

Abstract

- ✓ 2015年4月17日～22日のDeep-Dip期間のうち、昼間の条件下で、MAVENに搭載されているNGIMS (the Neutral Gas and Ion Mass Spectrometer) は電離圏高度130～400kmにおいて2～150amuのthermal ionの分布を観測した。
- ✓ 電気的中性を仮定して、NGIMSで計測されたイオンの合計を電子密度の代わりとして用い、MIRI-mark-2(MIRI : the Mars Initial Reference Ionosphere) モデルと結果を比較した。
- ✓ 130～200kmの光化学プロセスと力学的プロセスの遷移領域では、電子密度のプロファイルの形状は同様のものとなったが、値の大きさはファクターで2ほどモデルの方が大きかった。
- ✓ 200kmより高高度では、NGIMSによって得られた勾配とモデルの勾配は乖離する。
その理由として、モデルに挿入されていない地殻磁場の効果や、電離圏界面のような境界、そして昼間側からの水平方向のプラズマ輸送などの効果が考えられる。