MAUEN

Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) Mission

# <u>Ionopause-like density gradients in the Martian</u> <u>ionosphere: A first look with MAVEN</u>

Marissa F. Vogt, Paul Withers, Paul R. Mahaffy, Mehdi Benna, Meredith K. Elrod, Jasper S. Halekas, John E. P. Connerney, Jared R. Espley, David L. Mitchell, Christian Mazelle, and Bruce M. Jakosky

2015-12/23-24第47回火星勉強会 担当者:松永 和成 (名大·ISEE)

イントロ:問題点とモチベーション

- 電離圏上部には電子密度、その他のプラズマ諸量が変わる ionopauseと呼ばれる境界がある。
  - ✓ 太陽風状況や残留磁場の影響による火星のionopauseの有 無や高度の変化はどうなっているか?
  - ✓ ionopauseを通った前後でのプラズマ諸量の変化はどう なっているか?
- MAVEN・NGIMSの全イオン密度観測データから、昼側におけるionopause-likeな密度勾配を自動的に判別し、統計解析した。
- ➤ MAVENのイオン・電子・磁場の観測データを使って、境界 前後でのプラズマ諸量の変化、ionopauseに影響を及ぼす 要素を調べた。

#### Neutral Gas and Ion Mass Spectrometer (NGIMS)

- Quadrupole Mass Spectrometer
- Open source: 中性粒子 とイオン
- Closed source:中性粒子
  - 小さな開口部を持ち、衛
    星周囲の大気を採取する
    球状のチャンバー
- Mass Range: 2 150 Da
- Mass Resolution: 1 Da
- 観測対象:He, N, O, CO, N2, NO, O2, Ar, CO2, O2+, CO2+, NO+, O+, CO+, C+, N2+, OH+, N+



#### Neutral Gas and Ion Mass Spectrometer (NGIMS)

- Quadrupole Mass Spectrometer
- Open source: 中性粒子 とイオン
- Closed source:中性粒子
  - 小さな開口部を持ち、衛
    星周囲の大気を採取する
    球状のチャンバー
- Mass Range: 2 150 Da
- Mass Resolution: 1 Da
- 観測対象:He,N,O,CO, N2,NO,O2,Ar,CO2, O2+,CO2+,NO+,O+, CO+,C+,N2+,OH+,N+



## 先行研究:金星でのlonopauseと太陽風動圧



DENSITIES

[Mahajan and Mayr, 1989]

- 金星では、lonopauseの高度に太陽風動圧が関係している ことが示唆されている[e.g. Zhang et al., 1990; Luhmann et al., 2004]。
- 火星では、太陽風動圧+残留磁場の影響があることが示唆 されている[e.g. Ma et al., 2014; Mitchell et al., 2001]。

## 火星でのlonopause-likeな密度勾配の判別



#### NGIMS Ion Density (/cm<sup>3</sup>)

NGIMSで観測された全イオン密度を電子密度のproxyとして使用。
 84軌道(SZA<70°,400km以下、2014年10月、2015年4月、2015年</li>
 5月)に対して、自動判定。

- 45軌道(54%)でionopause-likeなシャープな密度勾配を発見。

- 本研究270-464km(平均344km)
  - 380km[Mitchell et al., 2001], 450-500km[Duru et al., 2009]

## 判別における問題点

- プラズマフローによってNGIMSのFOV外にイオンが流されても、ionopause-likeな密度勾配としてしまう[Mahaffy et al., 2014]。
- NGIMSがprotonを観測していないことが重要な問題点
  - 高高度でNGIMSが観測する全イオン密度は、電子密度より低くなる。
  - Proton密度が高度に伴って急激に増加しないと、モデル[e.g., Chenet al., 1978; Fox, 2015]と一致しない。
  - Protonを観測していなくても、自動判別手法が非常にシャープな密 度勾配を判別しているので、間違った判別は起こりにくい。
- 判別したシャープな密度勾配に伴って、プラズマ諸量や磁 場が変化しているので、ionopauseを判別したといえるだ ろう。
- LPWの観測する電子密度も使いたいが、undergoing validation。

#### Ionopauseを判別したときの時系列とプラズマ諸量



# プラズマ諸量の高度プロファイル



黒:全軌道、赤: ionopauseありの軌道、青: ionopauseなしの軌道

- Ionopauseが観測されると、
  - ✓ 高高度では高いイオンエネルギーフラックスと電子エネルギーフ
    ラックスが観測された。
  - ✓ Ionopauseより下では残留磁場の影響で強い磁場強度が観測された。



- 残留磁場の有無はionopauseの存在に影響を与えるが、その 高度には影響しなかった。
- Ionopauseが存在するときの平均太陽風動圧プロキシ-:
  1.81nT、ないとき: 1.07nT

→太陽風動圧が高いとionopauseがある。IMBの高度も低い。

- Solar zenith angle (SZA)ととionopauseの高度には顕著な特徴 がなかった。Duru et al. [2009] (SZA<60°)の結果と一致。</li>
- 太陽風速度、密度もionopauseの高度と関係性があまりない。

# 重イオン組成の高度プロファイル



- ~300km以下では02+が、
  ~300km以上では0+が多い。
  - 300-400kmにおける全イオン密度が10<sup>2</sup> cm<sup>-3</sup>であると、02+は数%で、0+が支配的である。 10<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>であると、02+は20-30パーセントで、0+は約50%ぐらいである。
- Ionopauseがあるときは、300km 以上で0+/02+の比率が高い。
   Ionopauseがあるときは、02+が よく散逸していることが示唆さ れる。

#### まとめ

- NGIMSの全イオン密度を使った自動判別でionopause-likeな密度 勾配を調べた。 (SZA<70°,400km以下、2014年10月、 2015年4月、 2015年5月)
- 昼側のionopause-likeな特徴は54%の確率で起きていた。
- Ionopauseの観測と同時に、高高度でのプロトンと電子の高いエネルギーフラックス、低高度での強い磁場強度を観測した。
- IonopauseはIMB/MPBから数十km以内の高度で起こりやすい。
- Ionopauseは残留磁場の上空で起こりやすい。
- 太陽風動圧の高い軌道では、ionopauseをよく観測した。
  →残留磁場と太陽風動圧の強さはionopauseの高度には影響せず、
  その存在の有無に影響していた。
- O+ とO2+の観測は、ionopauseがion composition boundary または、electron density boundaryであるかもしれないことを示唆している。