MAUEN

Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) Mission

Dubinin+ [2017], The Effect of Solar Wind Variations on the Escape of Oxygen Ions From Mars Through Different Channels: MAVEN Observations J. Geophys. Res. Space Physics, 122, 11285-11301. https://doi.org/10.1002/2017JA024741

原 拓也 (UCB-SSL)





- o MAVEN観測データに基づいて、宇宙空間へ散逸する酸素イ オンの上流の太陽風に対する応答特性を統計的に調べた。
- o散逸する酸素イオンについては、プラズマシート・磁気圏 ローブ・境界層の3つの領域に大別して調べる。
- ○上流の太陽風条件については、フラックス・動圧・太陽風 電場の3つの項目に大別して調べる。
- o高エネルギー(>30 eV)の酸素イオンは、上流太陽風のフラックス(動圧)に対して、正の相関が見られる。
- o低エネルギー(<30 eV)の酸素イオンは、上流太陽風のフラックスが大きくなると、散逸するフラックスが小さくなる、という反相関の傾向が確認される。
- ○正味の酸素イオンの散逸量の平均は、上流の太陽風条件によって、あまり大きくは変動していない。

### 1. Introduction



CU/LRSP • GSFC • UCB/SSL • LM • JPL



- o 火星の酸素イオンは、約30%は太陽風電場によって加速されたプリュームの形態で、約20%は磁気圏尾部から散逸する
   [e.g., Y. Dong+, 2015]。
- ・磁気圏尾部からのイオン流出の形態としては、
   ・両極性電場 [e.g., Collinson+, 2015] や、
   磁気張力(jxB) [e.g., Dubinin+, 1993] が考えられる。

### 1. Introduction



#### 宇宙空間へと散逸する酸素イオンの太陽風依存性について、 MEX/ASPERA-3の観測実績:



- o 太陽風動圧と正の相関、しかし変動幅については差あり。 [Lundin+, 2008; Nilsson+, 2010, 2011]
- o 太陽風電場半球の方が約2-3倍流出量が多い。 [Nilsson+, 2010]
- o太陽風密度と流出量は逆相関。 [Ramstad+, 2015]

### 2. Observations / Figure 1





※※※ パネル毎にカラーバーの スケールが異なることに 注意

- o 太陽風電場(+E)半球でプリュームが観測される [Y. Dong+, 2015]。
- o 磁気圏尾部から流出する酸素イオンは、反電場(-E)半球でより多くの フラックスが観測されている。

### 2. Observations / Figure 2





- o Bx~0の領域に、プラズマシートのjxBによって加速された成分が分布 している (a, b)。
- o磁気圏ローブ領域には、低エネルギーの0⁺が分布している(c)。
- o 境界層では、E>30eVの0⁺が主に反電場半球に分布している(b)。

### 2. Observations / Figure 3





- o IMF +Byと-Byの期間で分けると、プラズマシートがやや傾いている [DiBraccio+, 2018] (b, c)。
- o IMF -Byの時、PSで加速されたO⁺の構造がより顕著に見られる(f)。
- o 反電場半球で、より多くのE>30eVのO+が観測されている(d, e, f)。

## 3. 各領域における散逸するO<sup>+</sup>の太陽風依存性: 3.1 Plasma Sheet / Figure 5





- ・太陽風のフラックス・動圧が高くなると、プラズマシートの0<sup>+</sup>の

   フラックスも増加する傾向にある。
- o 太陽風電場との明瞭な相関は確認されない。

## 3. 各領域における散逸するO⁺の太陽風依存性: 3.1 Plasma Sheet / Figure 6 (E > 30 eV)





— -2.0 < X < -1.0 Rm — -3.0 < X < -2.2 Rm

- ・太陽風のフラックス・動圧と、プラズマシートの0⁺のフラックスは べき乗関係で記述が可能である (a, b)。
- o 太陽風電場、IMFのcone angleには明瞭な関係はなし (c, d)。
- o 火星から遠い領域では、太陽風電場と相関あるかも (c)
   → 反電場半球の0<sup>+</sup>がPSに供給されている可能性あり。

## 各領域における散逸するO⁺の太陽風依存性: 1 Plasma Sheet / Figure 7 (E > 30 eV)





— -10 < Bx < +10 nT

--5 < Bx < +5 nT

- -2 < Bx < +2 nT

- ・プラズマシートの領域選択条件を厳しくする(Bxの許容範囲を狭める)と、
   太陽風フラックスと0⁺の流出フラックスの相関のべきの値が大きくな
   る (左図)。
- o太陽風電場との相関が徐々に顕在する(右図)。

## 3. 各領域における散逸するO⁺の太陽風依存性: 3.2 Tail Lobes / Figure 8





 太陽風のフラックス・ 動圧が高くなると、高 エネルギーの(プラズマ シートの)0⁺のフラック スが増加するが、低エ ネルギーは減少する。

 太陽風のフラックス・ 動圧が低いとき、プラ ズマシート中でも低エ ネルギーの0⁺が観測さ れる。

## 3. 各領域における散逸するO<sup>+</sup>の太陽風依存性: 3.2 Tail Lobes / Figure 9





ローブ中の低エネルギーの0<sup>+</sup>フラックスは、太陽風のフラックス・動圧が極端に低い場合を除いて、反相関の傾向にある。

## 3. 各領域における散逸するO<sup>+</sup>の太陽風依存性: 3.3 Boundary Layer / Figure 10

MAUEN Mars Atmosphere and Volatile Evolution Mission CU/LASP + 65FC + UCB/SSL + LM + JPL

5.5

og Fo+ , cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>

5.0

I۲



 ・境界層での高エネルギーの0<sup>+</sup>フラックスも、太陽風のフラックス・動圧に対して、正の相関を持っている。

 ・反電場半球だけの場合は、フラックスは約7倍増加する。

#### 3. 各領域における散逸するO<sup>+</sup>の太陽風依存性: 3.4 Upstream and Magnetosheath / Figure 11





- o 太陽風電場で加速された0<sup>+</sup>フラックスは、太陽風のフラック スに対して、正の相関を持っている。
- o 太陽風フラックスが小さい場合、+E半球ではO⁺のフラックス はほぼ一定だが、-E半球では、O⁺のフラックスは増加する。
- o太陽風電場に対しては、明瞭な依存性は確認できない。

#### 4. Discussion / Figure 12



5



- o PS中のO⁺フラックスと太陽風との正の相関は、運動量輸送で説明することができる。
- o 太陽風電場とあまり明瞭な相関が確認されない
   → jxBによる加速が主要な機構である可能性が高い。

#### 4. Discussion / Figure 13





- o (正味の)大気流出量はあまり上流の太陽風に依存していない。
- o 大気流出率の概算は、6.2-7.35 x 10<sup>24</sup> s<sup>-1</sup>
- o 高動圧時に流出量がむしろ減少傾向にあるのは、Ramstad+[2015] の結果と一致している。

#### 4. Discussion / Figure 14





o本結果に基づいて、過去の大気流出量を外挿すると、
 O<sup>+</sup>の流出フラックスはおよそ10<sup>9</sup> cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> になる。



- o MAVEN観測データに基づいて、宇宙空間へ散逸する酸素イ オンの上流の太陽風に対する応答特性を統計的に調べた。
- o散逸する酸素イオンについては、プラズマシート・磁気圏 ローブ・境界層の3つの領域に大別して調べる。
- o上流の太陽風条件については、フラックス・動圧・太陽風 電場の3つの項目に大別して調べる。
- o高エネルギー(>30 eV)の酸素イオンは、上流太陽風のフラックス(動圧)に対して、正の相関が見られる。
- o低エネルギー(<30 eV)の酸素イオンは、上流太陽風のフラックスが大きくなると、散逸するフラックスが小さくなる、という反相関の傾向が確認される。
- ○正味の酸素イオンの散逸量の平均は、上流の太陽風条件によって、あまり大きくは変動していない。



# Backup & Appendix

### 3. 各領域における散逸するO<sup>+</sup>の太陽風依存性: 3.1 プラズマシート / Figure 4





#### O<sup>+</sup>とO<sub>2</sub><sup>+</sup>の間で明瞭な違いは 見られない。

o 以降の解析は、0+についてのみ実施する。