

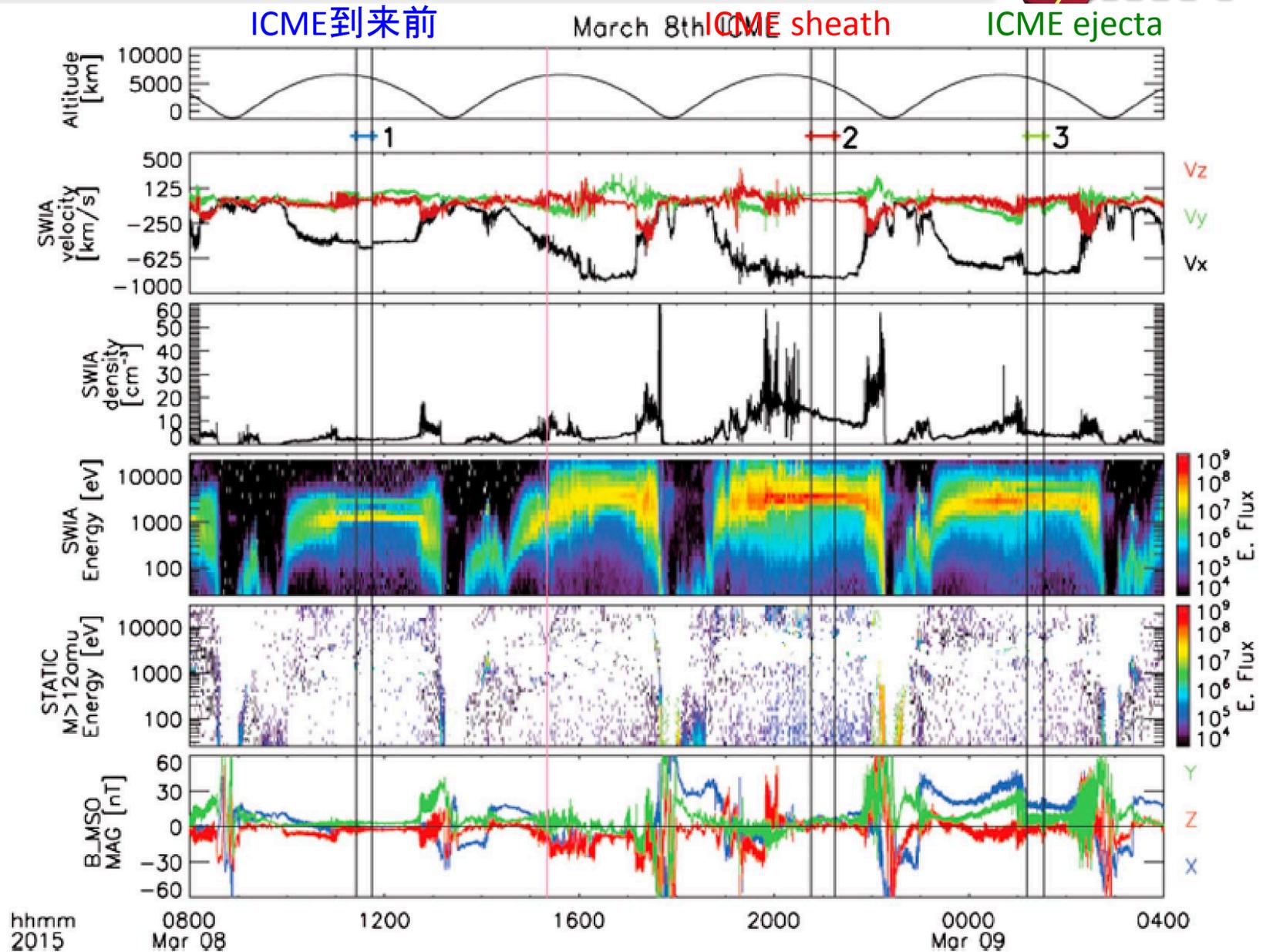


Response of Mars O^+ pickup ions to the 8 March 2015 ICME: Inferences from MAVEN data-based models

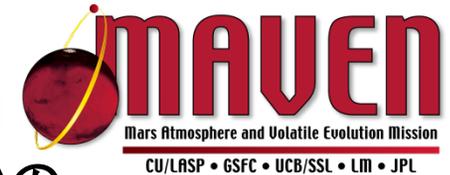
Shannon Curry et al., GRL, 2015.

火星勉強会拡大版 (12/24/2015)
レジュメ担当：関 (東大理)

2015年3月8日のICMEイベントの概要



シミュレーション設定



ICME通過前(Case 1)、sheath 通過時(3)、ejecta通過時(3)の3つの太陽風条件下でグローバル多成分MHDシミュレーション[Ma et al., 2004; 2015]を実施。用いた太陽風条件は以下の通り。

Table 1. The Three Snapshots of the 8 March 2015 ICME That Are Compared With MHD and Test Particle Simulation Results^a

Case	Time Period	N_{SW} (cm^{-3})	U_{SW} (km/s)	B_{IMF} (nT)
1	3/8/2015 11:30–11:40	1.8	(−505, 15, −10)	(−2.5, 2.8, −1.0)
2	3/8/2015 20:45–21:15	11	(−825, 63, −6)	(5.2, 5.4, 1.7)
3	3/9/2015 01:10–01:30	4.5	(−780, −45, −10)	(19.1, 7.6, −0.8)

^aCase 1 corresponds to the pre-ICME conditions, Case 2 corresponds to the sheath phase, and Case 3 corresponds to the ejecta phase. From left to right: the time period in UTC, the solar wind proton density (cm^{-3}), the solar wind velocity in MSO coordinates (km/s), the ion temperature (eV), the IMF field components in MSO coordinate (nT), and the O^+ precipitation and escape rates (s^{-1}). Dates are formatted as month/day/year.

多成分MHDシミュレーションの結果を、MAVEN観測と比較。多成分MHD計算結果が観測とほどよく一致することを確認後、準定常状態のMHD電磁場構造の中で、テスト粒子計算[Curry et al., 2013; 2015]を実施。

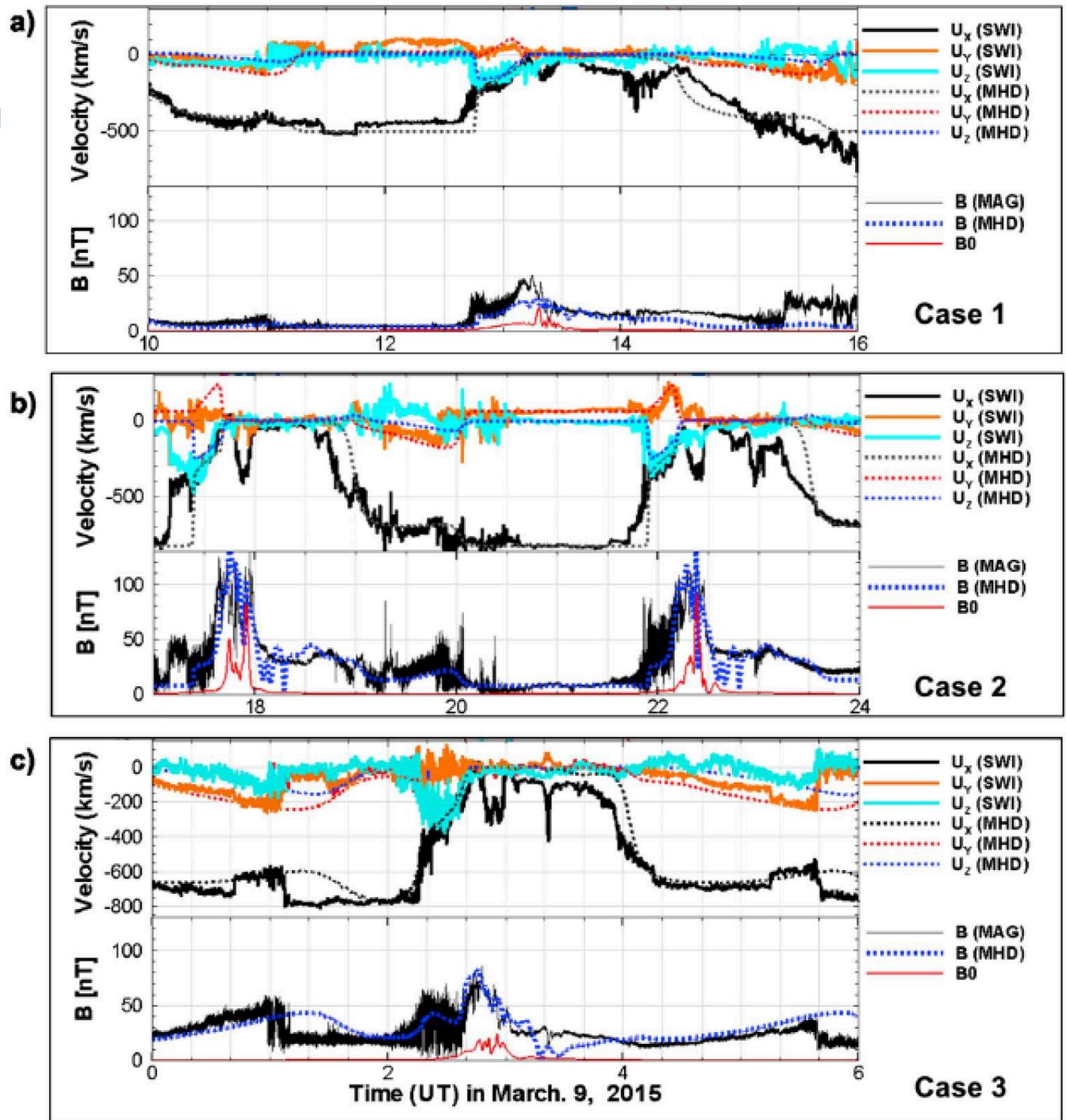
多成分MHDと MAVEN観測と の比較

実線が観測、
点線がシミュレーション結果。

基本的な大規模構造はよく再現している。



ここで得られた電磁
場構造をテスト粒子
計算で用いる



MHD場中のテスト粒子計算(MTP)結果

高度300kmへの降り込みO⁺フラックス(上段)と
平均エネルギー(下段)

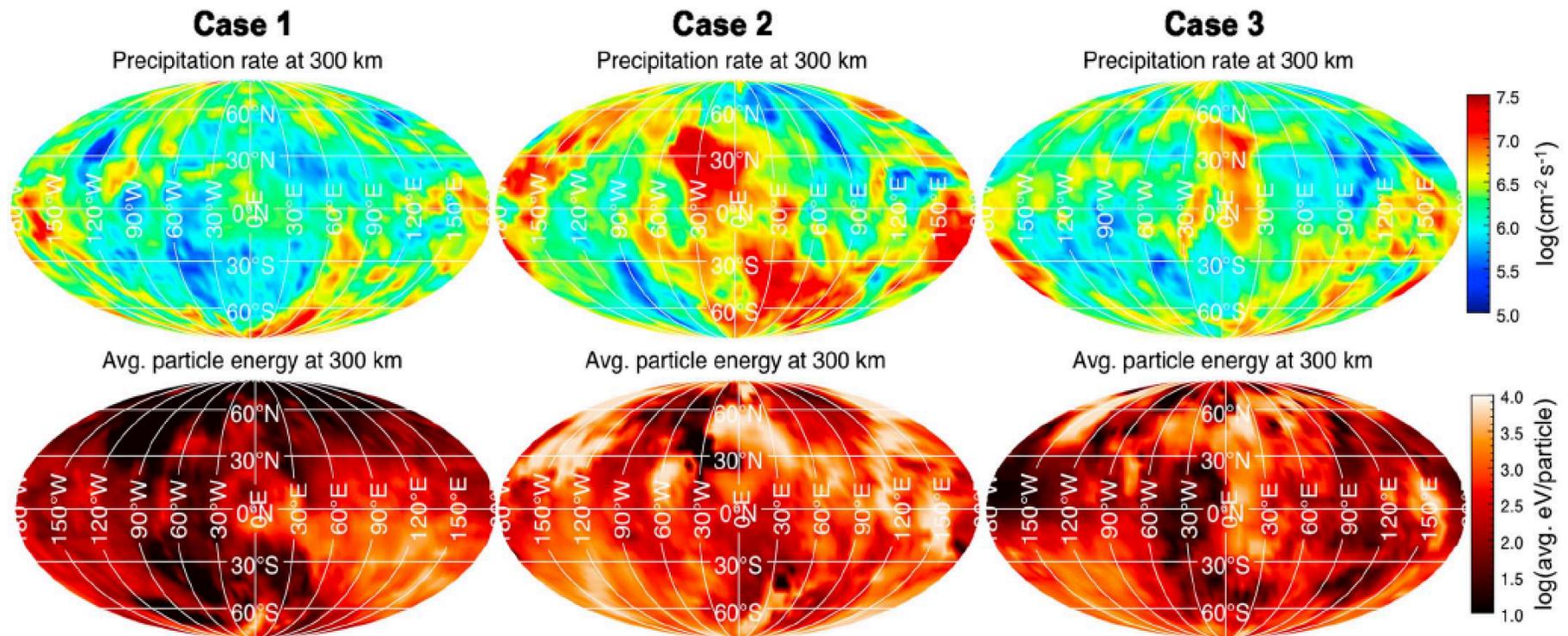
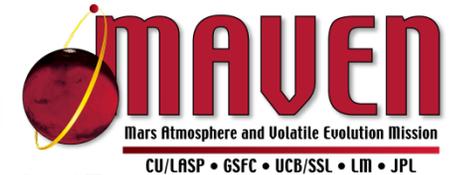


Figure 3. Pickup ion maps of O⁺ precipitation on a 300 km shell around Mars modeled by the MTP simulation. (top row) Mollweide projections (MSO) of precipitation flux ($\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, log scale) for Cases 1–3 (left to right). (bottom row) Mollweide projections (MSO) of the average energy per particle flux (log scale, average eV/particle) for Cases 1–3 (left to right). 0°N/S, 0°E/W represents downtail, where 90° west is duskward and 90° east is dawnward.

MHD場中のテスト粒子計算(MTP)結果



火星中心からの距離 $4R_M$ で計算した O^+ の流出フラックス(上段)と平均エネルギー(下段)

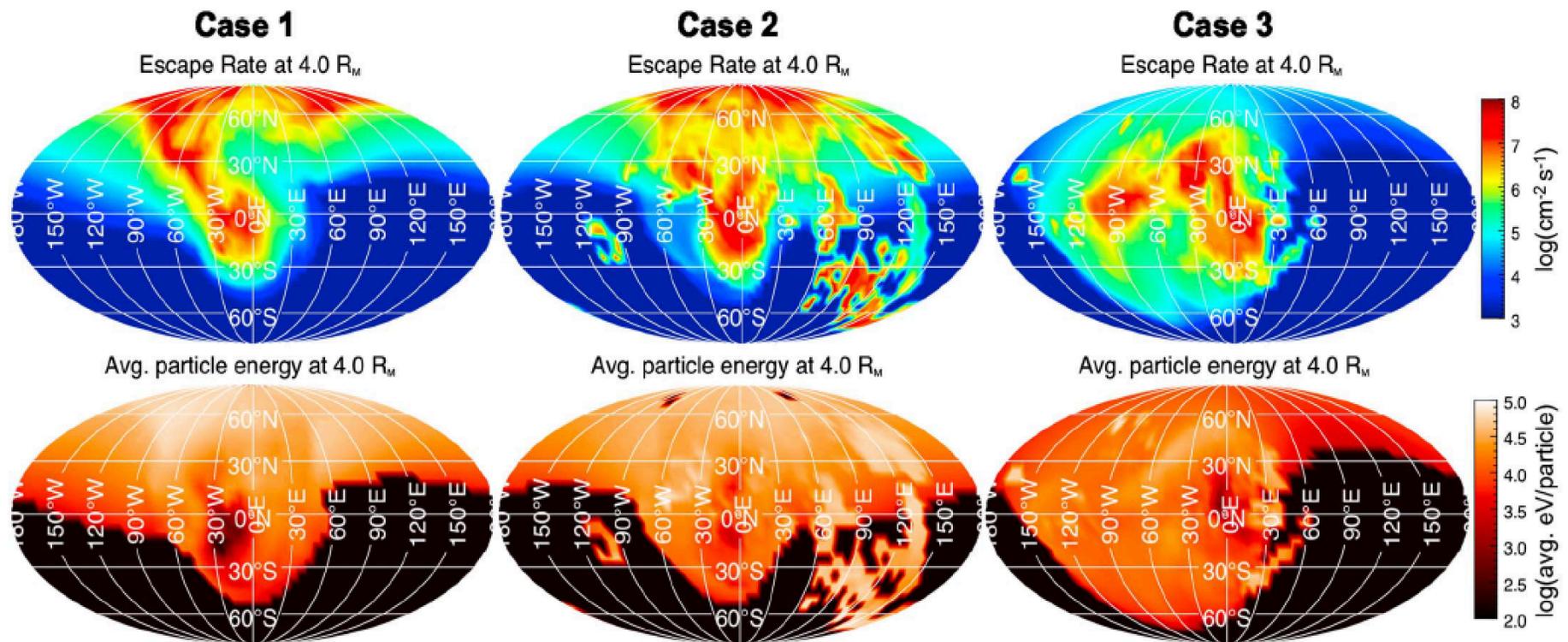
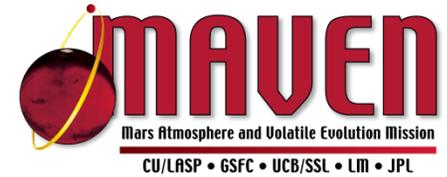


Figure 4. Pickup ion maps of O^+ escape from a $4R_M$ shell around Mars modeled by the MTP simulation. (top row) Mollweide projections (MSO) of O^+ precipitation flux ($\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, log scale) for Cases 1–3 (left to right). (bottom row) Mollweide projections (MSO) of the average energy per particle flux (log scale, average eV/particle) for Cases 1–3 (left to right). 0°N/S , 0°E/W represents downtail, where 90° west is duskward and 90° east is dawnward.

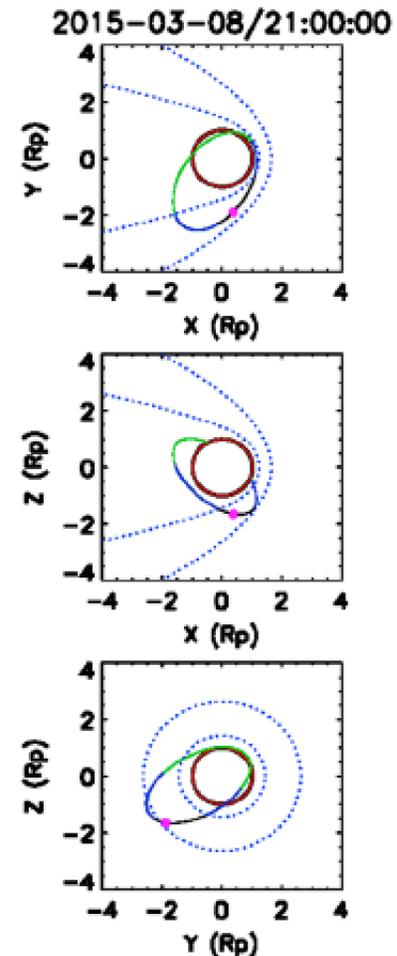
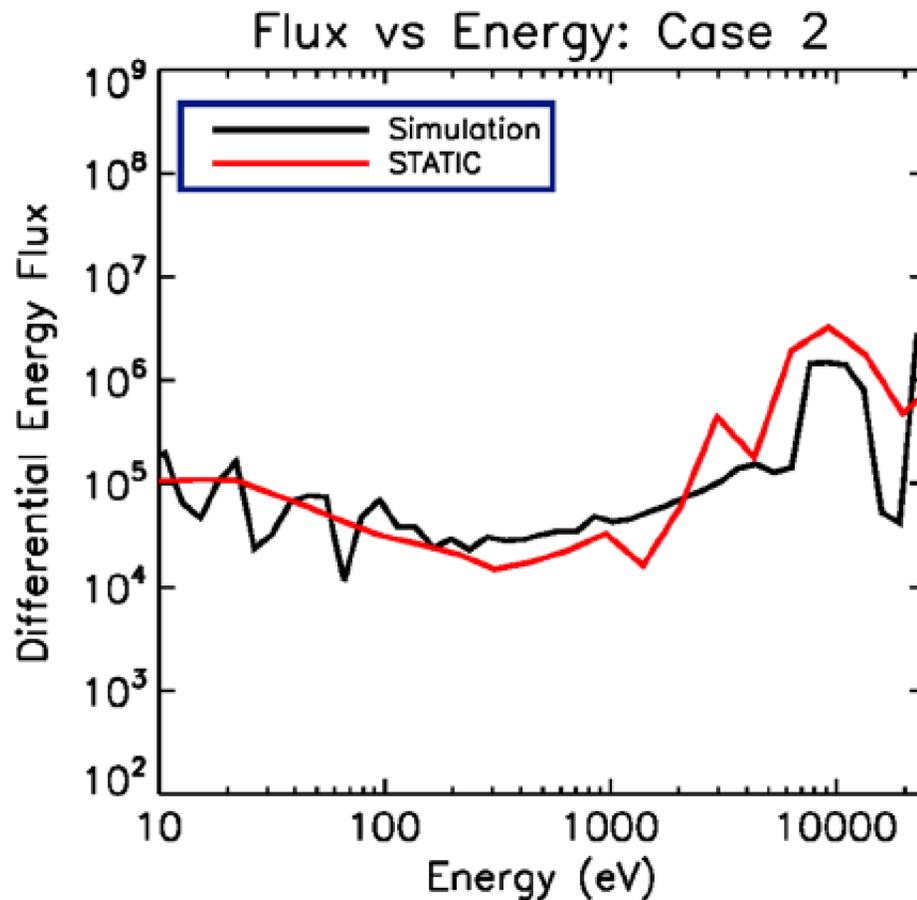
テスト粒子計算(MTP)結果と観測の比較



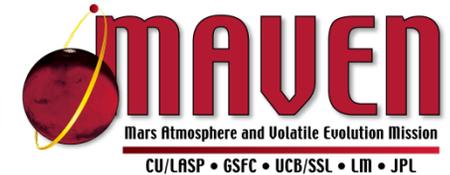
エネルギースペクトルの比較

→ 定性的によい一致。

10keV以上の高エネルギーO⁺の生成を示唆。



まとめと論点



2015年3月8日のICME時の火星へのO⁺イオン降り込みフラックスおよび流出フラックスを、MAVENの太陽風観測を境界条件として与えたグローバル多成分MHDシミュレーションとテスト粒子計算(MTP)を組み合わせ推定。結果は以下の通りで、ICMEのsheath通過時にO⁺の降り込み、流出とも最も増加した。

Table 1. The Three Snapshots of the 8 March 2015 ICME That Are Compared With MHD and Test Particle Simulation Results^a

Case	Time Period	N_{SW} (cm ⁻³)	U_{SW} (km/s)	B_{IMF} (nT)	Precipitation (s ⁻¹)	Escape (s ⁻¹)
1	3/8/2015 11:30–11:40	1.8	(-505, 15, -10)	(-2.5, 2.8, -1.0)	1.2e25	3.7e24
2	3/8/2015 20:45–21:15	11	(-825, 63, -6)	(5.2, 5.4, 1.7)	9.5e25	4.1e25
3	3/9/2015 01:10–01:30	4.5	(-780, -45, -10)	(19.1, 7.6, -0.8)	3.2e25	1.3e25

^aCase 1 corresponds to the pre-ICME conditions, Case 2 corresponds to the sheath phase, and Case 3 corresponds to the ejecta phase. From left to right: the time period in UTC, the solar wind proton density (cm⁻³), the solar wind velocity in MSO coordinates (km/s), the ion temperature (eV), the IMF field components in MSO coordinate (nT), and the O⁺ precipitation and escape rates (s⁻¹). Dates are formatted as month/day/year.

MTPで計算したエネルギー分布とSTATICの観測もよい一致を示した。



こうしたシミュレーション手法の妥当性を示す結果で、過去の太陽風条件に適用することで、過去への演繹が可能となることを示唆している。