

MELOS火星大気散逸観測オービターの 検討報告

松岡彩子、阿部琢美、石坂圭吾、熊本篤志、栗原純一、関華奈子、
田口真、寺田直樹、二穴喜文、八木谷聡、山崎敦、横田勝一郎、
MELOS火星大気散逸観測オービター検討グループ

History and Japanese Future Plan of Martian Atmospheric Escape Study

| | | |
|------|---------------------------------|--|
| 1976 | Arrival of Viking 1 & 2 landers | Vertical profile of upper atmosphere Pressure imbalance problem : Ionospheric plasma pressure < Solar wind dynamic pressure |
| 1989 | Arrival of Phobos 2 | Ion escape in the nightside |
| 1997 | Arrival of MGS | Discovery of localized crustal magnetic field |
| 1998 | Launch of NOZOMI | Failed to orbit the s/c around Mars |
| 2003 | Arrival of MEX | Lots of plasma observations But no magnetometer |

| | | |
|------|------------------|--|
| 2012 | Launch of EXCEED | |
| 2014 | Launch of MAVEN | |

| | | |
|---------------|---|--|
| 2022 ? | Launch of MELOS Atmospheric Escape Study | |
|---------------|---|--|

Scientific instruments onboard Planet-B



NOZOMI (Planet-B)
1998~

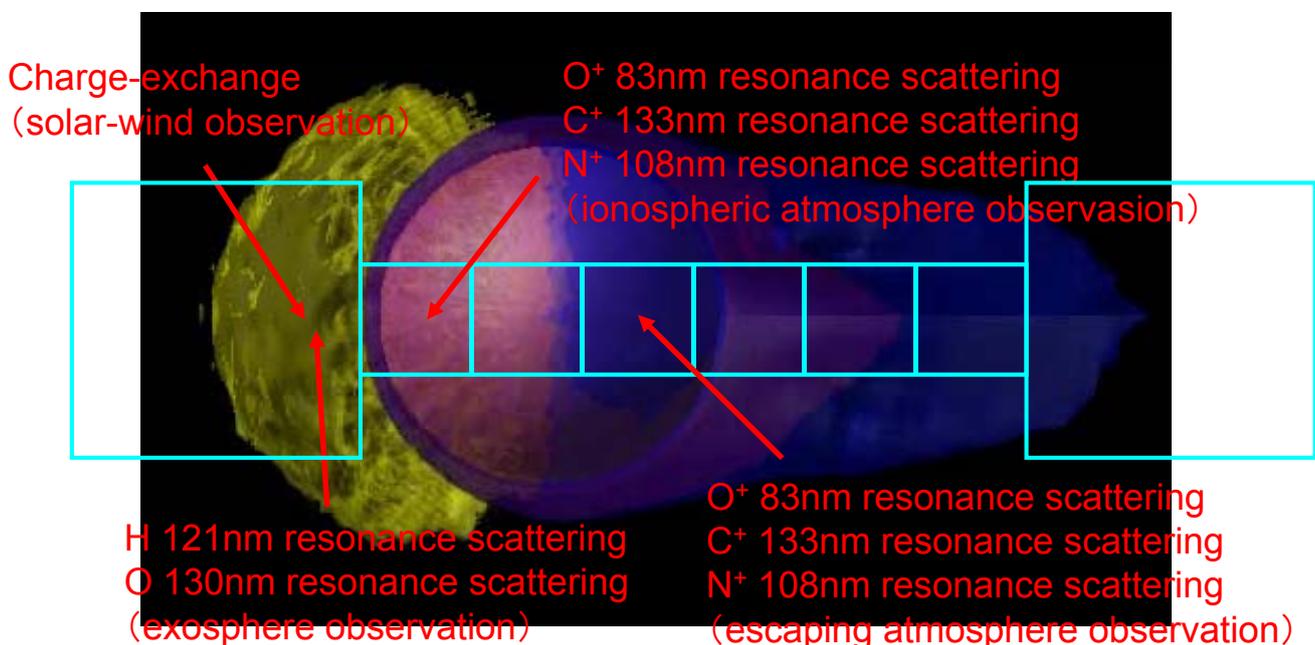
MASS

dry mass 255.9 kg
 (incl. sci. payloads 34 kg)
fuel 279.5 kg

| | |
|-----------------------------|----------|
| Magnetic Field (MGF) | |
| Energetic Electron (ESA) | |
| Energetic Ions (ISA) | |
| Energetic Ion Mass (IMI) | Sweeden |
| High Energy Particles (EIS) | |
| Thermal Ion Analyzer (TPA) | Canada |
| Electron Temperature (PET) | |
| Plasma wave (LFA) | |
| UV spectra imager (UVS) | |
| EUV spectrometer (XUV) | |
| HF sounder receiver (PWS) | |
| Visible Camera (MIC) | (France) |
| Dust counter (MDC) | Germany |
| Neutral Gas mass (NMS) | USA |
| USO(10^{-14}) | USA |

Imaging of atmospheric escape by EXCEED(2012-)

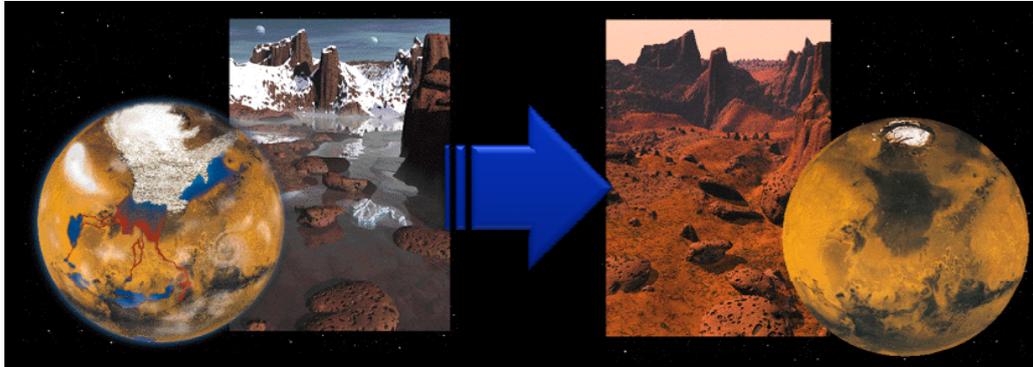
- Global imaging of atmospheric escape of Mars and Venus by EUV spectrometer from the upstream to downstream at a glance



Mars Exploration with a Lander and Orbiters (MELOS)

common question :

Did Mars really have a warm and wet environment in its early days ?



To answer the above question:

Need to fully understand **the evolution of Martian atmosphere, the water, and its climate**. The atmosphere to solid-body interactions are significant also.

Sub-groups in MELOS WG:

| Target | Method |
|------------------------------|---|
| Atmospheric escape | Two orbiters |
| Meteorology | An orbiter |
| Gas exhaust from the surface | Rover |
| Interior | Network observation by two or more landers with seismometers and heat-flux meters |
| Dust | Sample and return |
| Geomorphology | Airplane |
| Biological probe | Pinpoint lander |

Two or three targets will be selected and combined into a project.

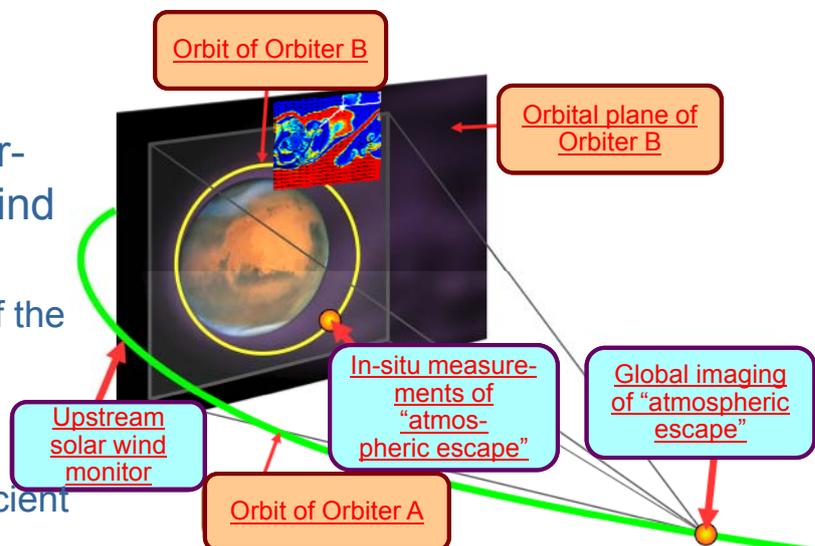
MELOS 大気散逸オービターの 主要観測項目と目標

- 太陽風－電離層 相互作用のlarge-scale構造撮像と局所的な物理プロセス観測を同時に行うことによって、cold ion の火星からの流出過程と役割を明らかにする
- 太陽風・太陽放射を同時にモニターし、流出の応答を観測することによって、散逸を起こすそれぞれの物理プロセスの寄与を明らかにする
- C, N, O で成る各々の成分を正確に分別することにより、水と二酸化炭素の流出量を定量的に明らかにする

Advantages by two-satellites observation

- Simultaneous observation of atmospheric escape by
 - Imaging of the global structure
 - Measurement of in-situ process

- Monitoring of the upstream by the solar-radiation and solar-wind instruments
 - Essential recognize of the escaping process
 - Improvement of the estimation about the escape-rate at the ancient Mars



リモートセンシングオービター搭載観測機器候補

| 機器名称 | 観測対象 | 担当 | 実績等 |
|-----------|--|----|----------|
| 流出大気撮像カメラ | 流出する大気・プラズマの全体像の撮像 (EUV: O+, N+, C+, H, O; UV: C, CO, CO+, CO2+) | 山崎 | |
| 紫外光吸光セル | 流出する大気の D/H比測定 | 田口 | 「のぞみ」UVS |
| 太陽風モニター | 太陽風フラックス・惑星間空間磁場 | 二穴 | 従来型と同程度 |
| 太陽放射モニター | EUV/UV領域での太陽放射 | 二穴 | |

その場観測オービターへの搭載科学機器候補(1/2)

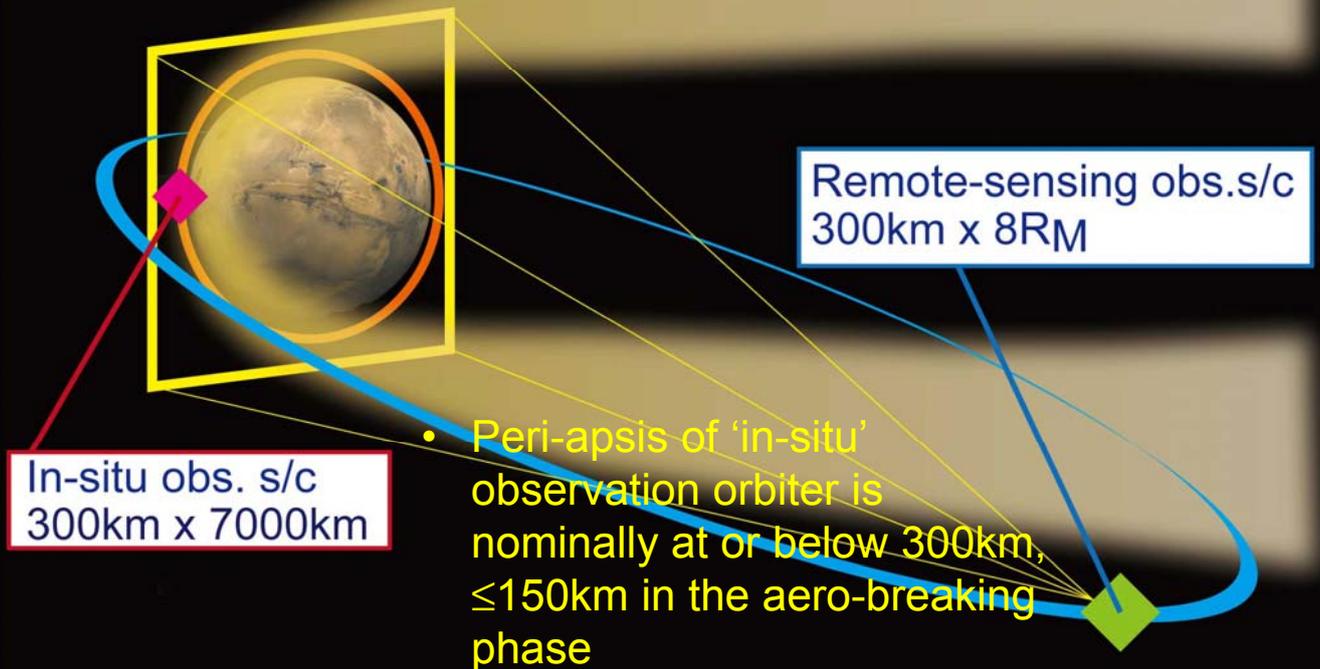
| 機器名称 | 観測対象 | 担当 | 実績等 |
|-----------------------|--|------|--------------|
| 超熱的イオン質量分析器(STIMS) | 流出イオンC,N,Oの分離 (C,N,O,N2+CO,NO,O2,CO2、1eV-100eV) | 平原 | |
| 低エネルギーイオン観測器(MSA) | 流出イオンC,N,Oの分離 (C,N,O,N2+CO,NO,O2,CO2、~40keV) | 横田 | |
| 熱的イオン質量・速度分布測定器(IMVS) | 低エネルギーイオン速度分布(0.01eV-100eV) | 栗原 | |
| イオン質量分析器(IMS) | 電離圏イオンC,N,Oの分離 (C,N,O,N2+CO,NO,O2,CO2、0.3eV-数eV, 速度分布なし) | (横田) | 大阪大学と協力 |
| 中性ガス質量分析器 | 超高層の中性大気の高質量分解観測(測定検討項目:H, H2, He, C, N, O, Ne, CO, N2, NO, O2, Ar, CO2と同位体) | | 海外と協力 |
| ラングミュアプローブ | 電子温度、密度測定 | 阿部 | 「のぞみ」PETと同程度 |

その場観測オービターへの搭載科学機器候補(2/2)

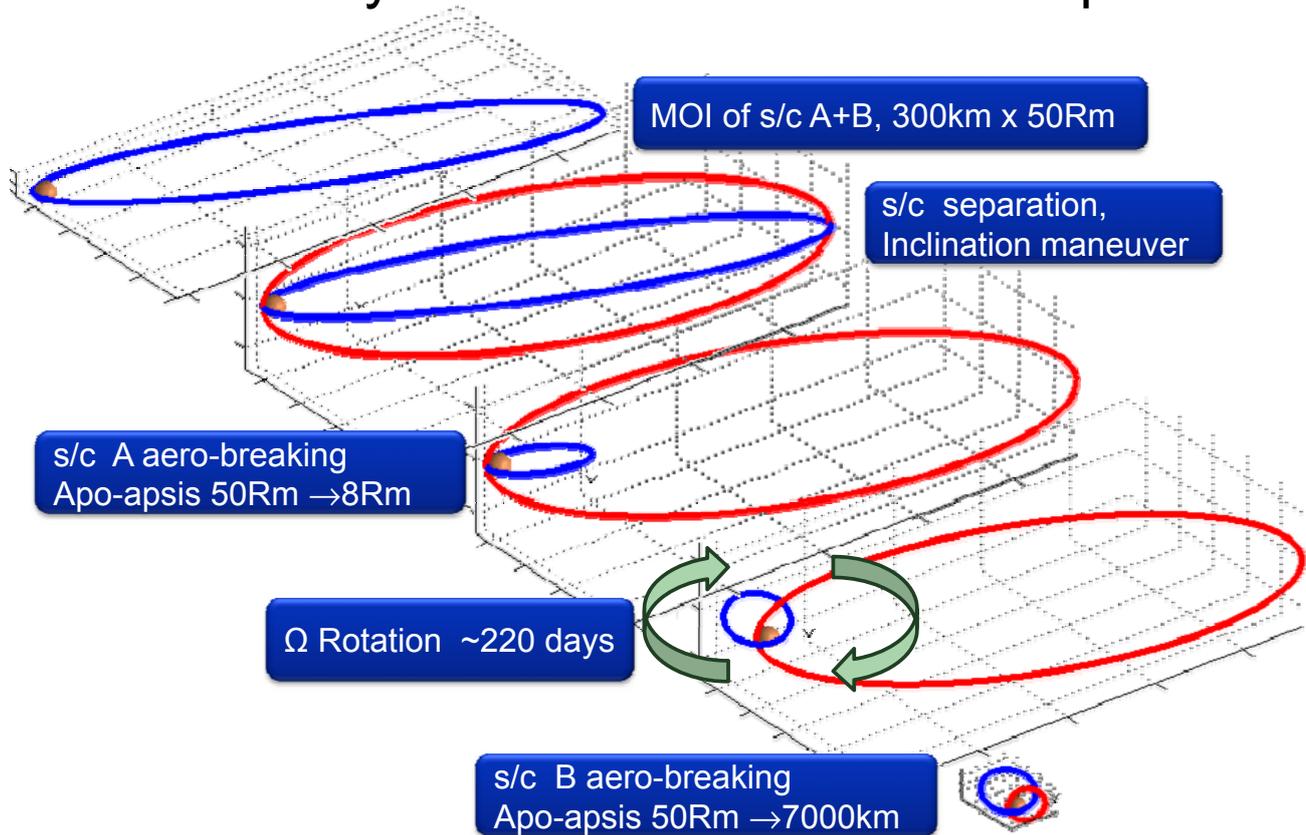
| 機器名称 | 観測対象 | 担当 | 実績等 |
|----------------|-----------------------------|-------|----------------------------------|
| 磁場計測器 | 電磁圏境界層観測、地殻起源磁場の詳細観測 | 松岡 | 「のぞみ」MGFと同程度 |
| 電場、プラズマ波動計測器 | 波動による粒子加速、上部電離圏加熱、静電加速、静電加速 | 石坂、熊本 | 「のぞみ」PWS, LFAと同程度 MMO SC と同程度 |
| 中性・イオンドリフトメーター | | | |
| ポテンシャルコントロール | | | ESTEC 製 field emission ? |

Orbit plan • The orbit planes of 'in-situ' and 'remote-sensing' observation orbiters are required to be perpendicular to each other

- The 'in-situ' observation orbiter searches in the views of the imagers onboard 'remote' orbiter



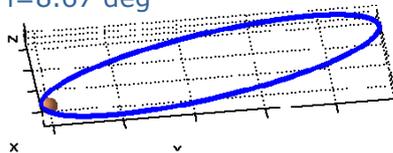
Preliminary Plan of the Maneuver Sequence



マヌーバシーケンス例

| Events | Delta-V | Notes |
|--|----------|--|
| MOI | 888.9m/s | 50Rm x 300km, $i=8.67\text{deg}$ |
| Orbiter Separation | | |
| Inclination Maneuver | 150.9m/s | $8.67\text{deg} \rightarrow 102\text{deg}$ |
| Ω Rotation | | ~220 days |
| Orbiter-B Aerobrake (walk-in/walk-out) | 16.8m/s | 50Rm → 8Rm, at 120km altitude |
| Orbiter-A Aerobrake (walk-in/walk-out) | 31.2m/s | 50Rm → 7,000km, at 120km altitude |

50Rm x 300km (216hrs)
 $i=8.67\text{ deg}$

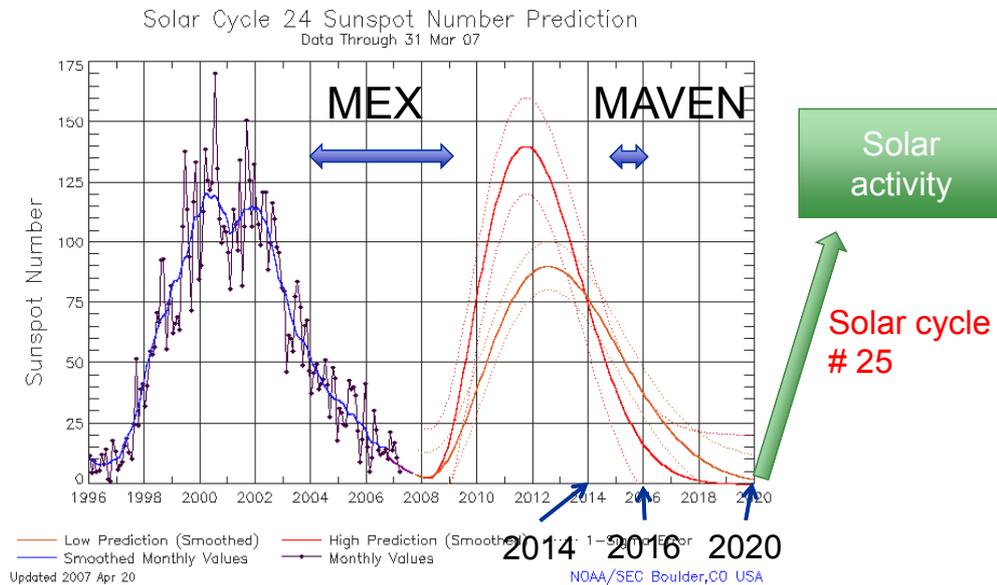


$$\frac{d\Omega_B}{dt} + \frac{d\omega'_B}{dt} = \frac{d\Omega_A}{dt} = 0.4142\text{deg/day}$$



Requirement to the launch year

- Observation at the high solar activity is important to estimate the ancient atmospheric escape.
- The solar-maximum of about 2024 should be aimed.



Summary

- 火星からの大気流出の物理過程は、惑星の環境変遷を知るためにも解明しなければならない課題である。
- 次世代の火星大気散逸研究は、
 - 太陽風と太陽放射を同時モニタリングしながらの散逸過程観測
 - Large-scale撮像とその場の散逸過程の同時観測が必須である。
- JAXA における MELOS火星探査ワーキンググループのサブグループとして、観測機器、ミッションシナリオ、衛星システムを検討している。