惑星分光観測衛星
SPRINT-A
プレスキット

惑星分光観測衛星（SPRINT-A）

◎SPRINT-Aは地球を回る人工衛星軌道から金星や火星、木星などを遠隔観測する世界で最初の惑星観測用の宇宙望遠鏡です。

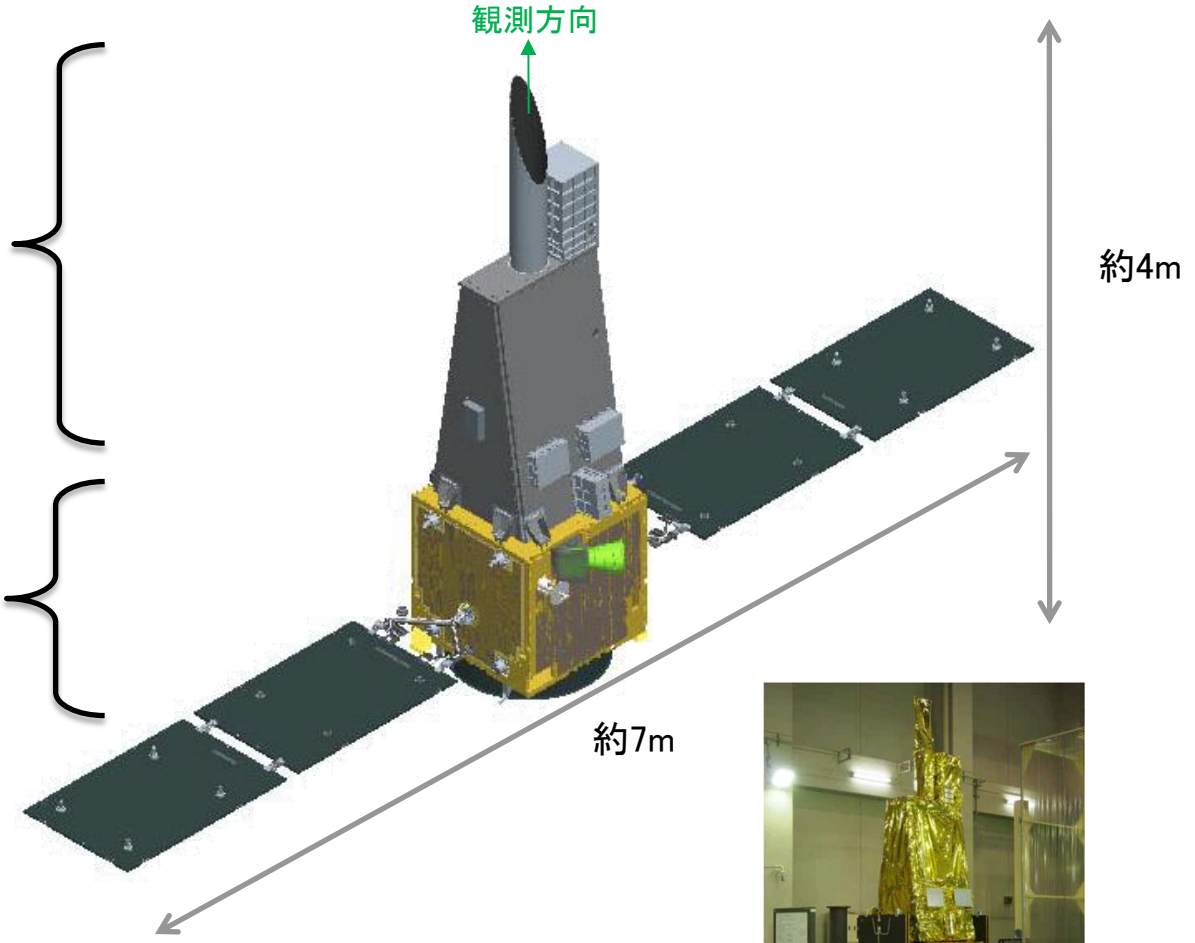
◎SPRINT-Aは、地上からでは観測できない極端紫外線の波長に特化した望遠鏡と分光装置、そして小型科学衛星標準バス部からなります。

◎極端紫外線の波長による観測から、金星・火星などの地球型惑星の大気が太陽のエネルギーにより宇宙空間にどのように剥ぎ取られているかを調べ、太陽系46億年の歴史の中で惑星大気がどのような変貌を遂げたのかを理解します。

惑星分光観測衛星(SPRINT-A)構成

【ミッション部】
　極端紫外線望遠鏡(EXCEED)
⇒地球大気の外から、金星や火星の流出する希薄な大気や木星のプラズマ領域からの極端紫外線発光にあるスペクトル線を分光観測

【バス部】
　小型科学衛星標準バス
⇒セミオーダメイド型の柔軟性を目指すとともに、今後の宇宙科学ミッションに適用可能なコンポーネントの共通性を考慮した開発



◎　惑星分光観測衛星 諸元
- 衛星質量: 348kg
- 発生電力: 約900W
- 観測軌道: 高度約950～1150km(楕円軌道)
- 姿勢制御: 三軸姿勢制御(指向精度5秒角)
- 目標寿命: ミッション期間1年

極端紫外線望遠鏡(EXCEED)で行う科学観測

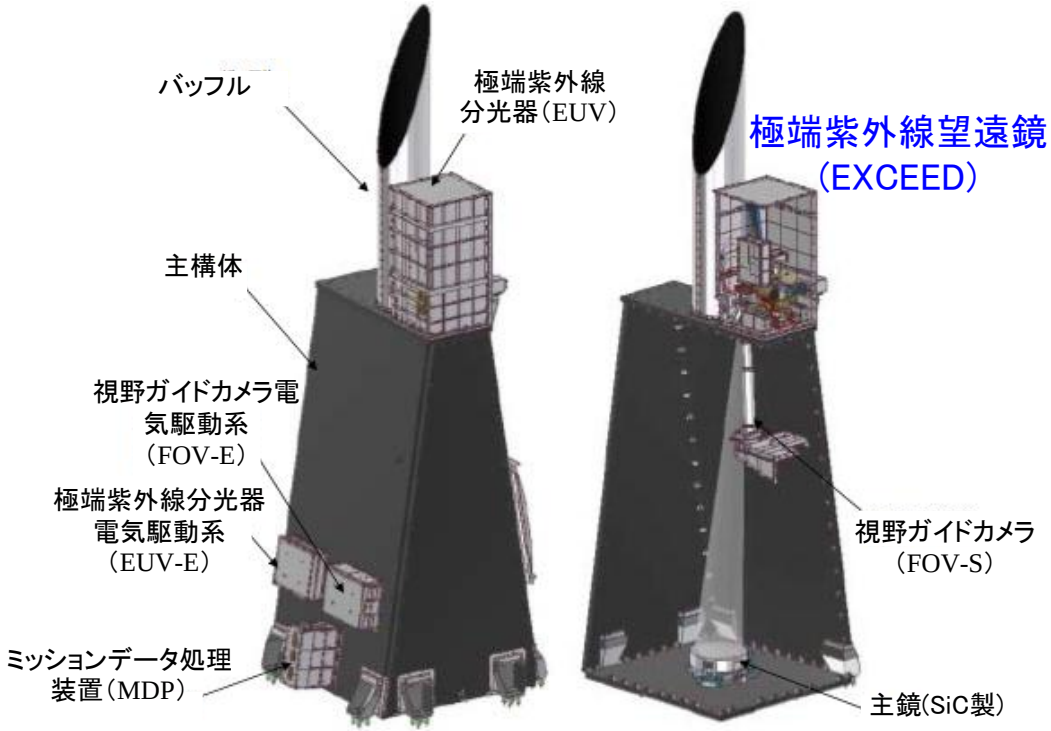
◎科学目的

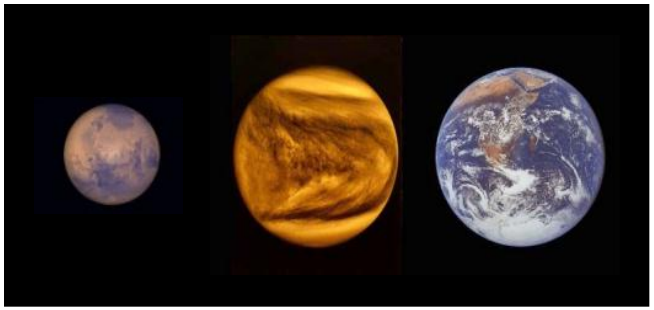
金星、火星、木星の観測を通じ、世界で初めて
以下の2つの現象と太陽風の相関関係に関する観測を行う。

1)磁気圏内部と太陽風の相互作用の研究

「木星や地球などの磁場を持つ惑星は、その磁気圏によって外界からの高エネルギー現象から守られているという現在の科学的な理解は正しいのか？」

SPRINT-A の観測により、太陽から届く高エネルギー粒子の流量(太陽風の強度)の変化と磁気圏内部と外部の物質・エネルギー輸送の変化の関係を調べ、これまでの磁気圏物理の常識に挑戦する。

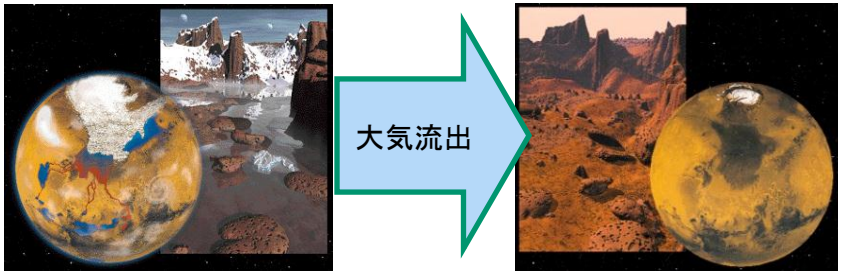




火星
大気喪失

金星
厚い雲

地球
水惑星

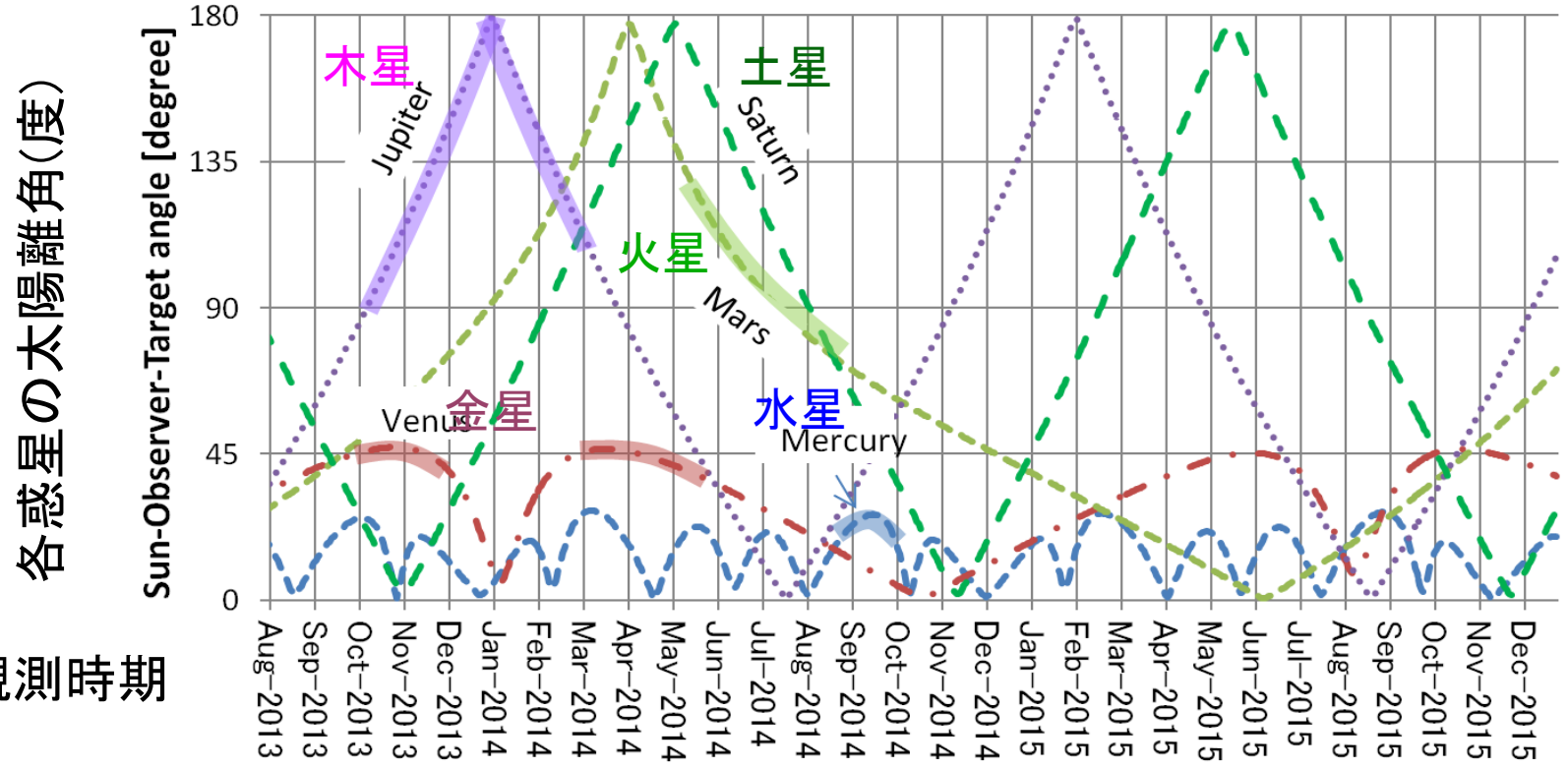


2)惑星大気の流出に関わるメカニズム

火星では惑星大気の大半が失われ、大気による温暖化効果が働かないため非常に寒冷化した状態となった。金星では水蒸気が流出した結果、炭酸ガスが大気の主成分となり、惑星の温暖化が究極的な形で進行している。SPRINT-Aの観測により、太陽系が形成された初期には相互に類似した環境であった3つの惑星（火星・地球・金星）の大気の時間的な変化の多様性の解明を目指す。

惑星分光観測衛星（SPRINT-A）の観測計画

- SPRINT-Aは、打ち上げ後2ヶ月程度の初期チェックアウトを経て科学観測運用を開始する計画です。
- 2014年の初頭から4月にかけて、ハッブル宇宙望遠鏡やX線天文観測衛星「すざく」、Chandra X-ray Observatory（NASA）、XMM Newton（ESA)との協調観測と言う、3大X線望遠鏡による初の同時観測を行い、木星磁気圏におけるプラズマ加速・加熱を12日間集中的にモニター観測します。 X線による観測では、高エネルギープラズマの可視化・診断を実施します。 これに加えて20を超える地上望遠鏡との協調観測も計画しており、世界規模でのキャンペーン観測により木星磁気圏の総合的な理解を目指します。
- SPRINT-A は望遠鏡に搭載された光学バッフルにより、観測対象と太陽との離角が比較的小さな領域までの観測が可能です、打ち上げ後の1年間で下のグラフで示した太線部分の時期にそれぞれの惑星の観測を計画しています。

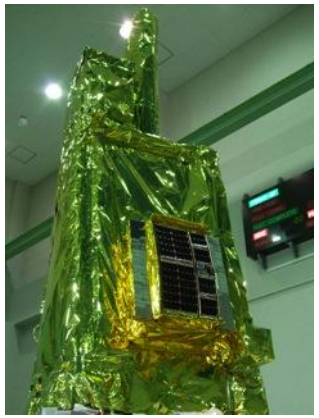


オプション実験(NESSIE)の概要

・NESSIEは、次世代の高性能小型衛星用電源の実現に向けて、キー技術の実証を目指したオプション実験で、以下の2つの先端的技術を、実際の宇宙環境で試験し、その有効性を実証予定。

1）高効率薄膜太陽電池セル

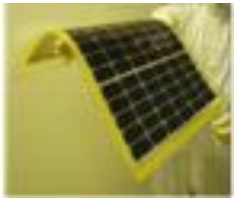
従来の太陽電池と比べて、発生電力質量比が一桁良い新しい太陽電池セルで、また、薄いフレキシブルなシート状であるため、搭載の自由度が高まると期待される。

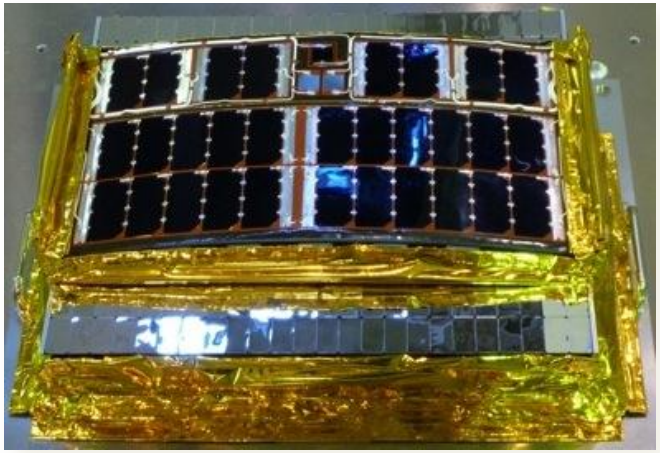


2）リチウムイオン・キャパシタ

・従来のリチウムイオン電池に比べて、熱暴走の危険性がない非常に安全な蓄電装置

・高い安全性に加え、広い温度範囲で使用できること、深い放電深度まで使用できること、長寿命であること、などから、使い勝手の良い蓄電装置として、利用が拡がることが期待される。





惑星分光観測衛星(SPRINT-A)開発の流れ

概念検討

基本設計

詳細設計

製作・試験

2005頃～2008/12
バス仕様やミッションなどを決定

2009/1～2009/夏
バス仕様の調整を含む衛星システム設計等の実施

2009/夏～2011/初頭
構造試験、熱真空試験を実施（各機器の構造強度条件や温度条件を決定）

2011/初頭～6月
単体での試験（単体試験）、フライトモデル（FM）機器を組み合わせたシステム試験、衛星と地上局との整合性を確認する適合性試験等を実施

2013/6月～　射場オペレーション
2013/8月～　打上、運用開始

打上げ当日の主なイベント

ノミナル時刻 X±	主要イベント
−0:00:00	リフトオフ
	（この間のイベントについては「イプシロンロケット試験機プレスキット」をご参照ください）
1:01:40	惑星分光観測衛星（SPRINT−A）分離
1:05:51	太陽電池パドル展開
約130分	日本国内局　第1可視
約135分	打上げ経過記者会見 【第一部打上結果報告（約30分】 【第二部技術説明（約30分】
約4時間	日本国内局　第2可視
約6時間	日本国内局　第3可視
約7.5時間	軌道決定

(参考)惑星分光観測衛星(SPRINT-A)による極端紫外線観測

ガンマ線から電波にいたるさまざまな波長帯の中でも、極端紫外線(Extreme ultraviolet: EUV)は惑星大気やプラズマが発する輝線の多くが集中する重要な領域です。原子やイオンのEUVにおける輝線は、太陽光による共鳴散乱による発光、周辺電子による衝突による励起による発光の2通りの過程が存在します。どちらの場合においても様々な原子やイオンから複数の波長の輝線が発せられ、これらのスペクトルの輝線の強度は、原子やイオンの密度に比例します。
このことから、

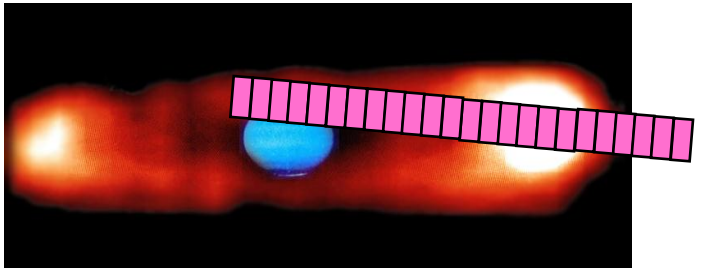
1.観測したスペクトルから大気やプラズマの組成比が導出できる。
2.太陽光の共鳴散乱によって発光している場合は、太陽の光量を推定する事で大気やプラズマ密度の絶対値を決定できる。
3.電子の衝突によって励起される発光の場合、スペクトル線の強度からイオン密度だけでにとどまらず、周辺電子の温度や密度も推定できる(この手法をスペクトル診断と呼びます)。
が観測可能であり、磁気圏領域を空間的に分解しつつスペクトル観測することで、電子の温度分布の時間と空間変動を同時に把握することが可能となります。

極端紫外線の波長では地球大気が完全に不透明であり、宇宙からの観測が必要です。また極端紫外線を透過させられる材料が無く、可視光で用いるような金属をコートしたガラスの反射鏡を用いる事もできないため、光学系の設計が可視光や赤外線の波長とは全く異なります。さらにこの波長の検出には特別なタイプの受光素子が必要です。
SPRINT-A には反射鏡・分光用の回折格子に製膜タイプのSiC(シリコンカーバイド)を表面コート無しで用いており、観測波長全域に渡って良好な反射特性を得ることに成功しました。これは極めて高い製膜技術と超高精度研磨技術により実現されており、これらの技術の結晶により極めて高感度の観測装置を実現したものです。

（参考）SPRINT-A による木星磁気圏の観測

SPRINT-Aは、木星極域のオーロラとプラズマ領域の極端紫外線の発光強度を、1分程度の高い時間分解能で連続的に同時観測します。地球軌道の観測データから推定される木星軌道における太陽風の強度変化と極端紫外線の強度変化を比較することにより、太陽風からの衝撃波の到来に対する、オーロラ、プラズマ領域の応答の時間差を検出し、エネルギー輸送のプロセスを判別します。

また、プラズマ領域の輝線分布からプラズマの密度や温度の分布を計測し、本来は磁気圏で守られており外部からの影響を受けないと考えられている内部磁気圏の変動に対する太陽風の影響を世界で初めて観測します。

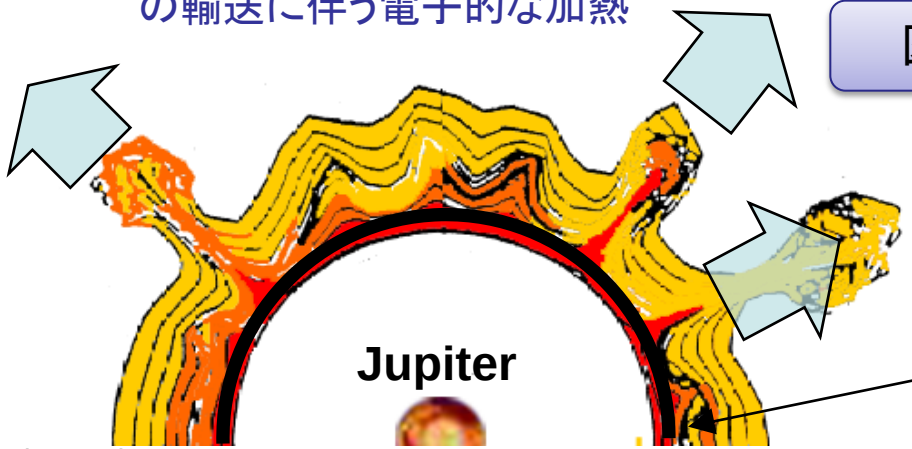


木星とトーラス状に発光するプラズマ領域。SPRINT-Aは分光器のスリットをピンクのように観測対象に向ける事で、プラズマ領域と木星極域オーロラを同時観測します。

電子加熱過程の2つの候補の検証

電子温度の動径方向の空間分布変動を調べ高温電子の加熱機構の検証を初めて可能とする

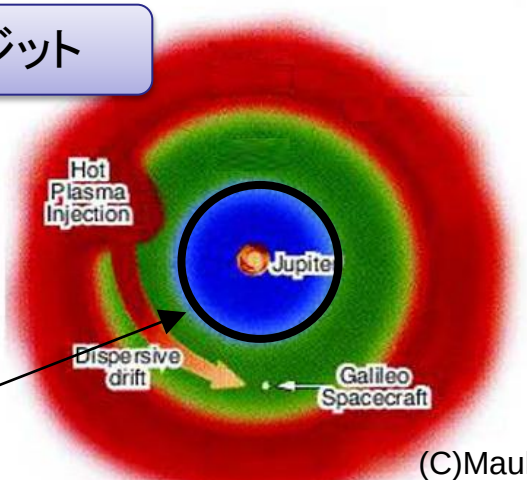
1. 内側から外側へのプラズマの輸送に伴う電子的な加熱



(C)Pontius et al. 1998

2. 外部からの高温プラズマの注入による加熱

図2つのクレジット



衛星イオ軌道

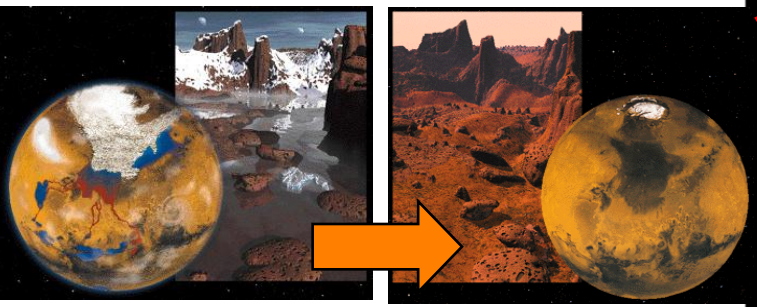
(C)Mauk et al. 1998

（参考）SPRINT-A による大気流出の観測

様々な太陽風強度の際に、惑星の外圏大気がどう変化し、電離圏大気の流出率がどう変化するか」を世界で初めて同時に捉えます

⇒ミクロなプロセスを捉えることができる惑星周回機の「その場観測」に対して、マクロな量としての大気流出プロセスを理解することができます

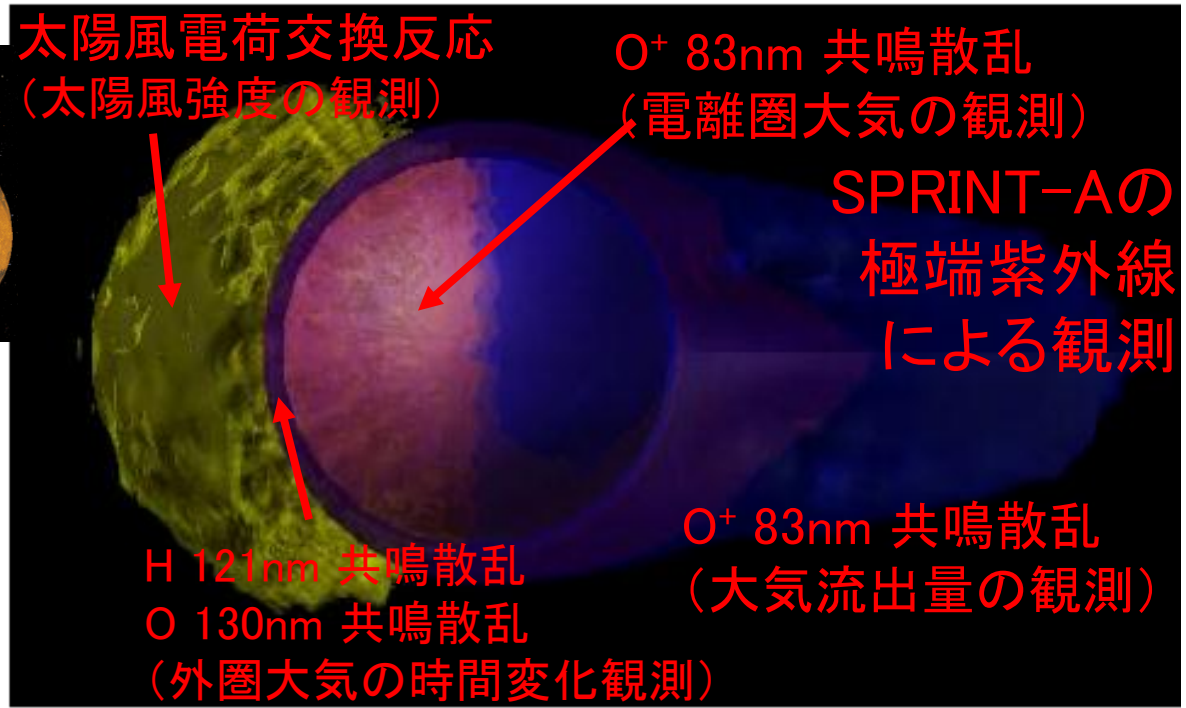
太陽風強度が顕著だったと考えられる 太陽系の初期における大気散逸を推定できる最初の観測になります。太陽系が形成された際には、相互に類似した環境を持っていたと考えられる金星・地球・火星の歴史的な変化の違いを理解する事を目指しており、この結果は、系外惑星系においてどのような惑星が生命を育む事ができるかと言う情報の基盤となることが期待されます。



温室化ガス（CO_2）と水（H_2O）
はどこに失われた？

惑星が大気を保有する条件は何か？

生命を育む惑星の成立条件は何か？



(参考)SPRINT-Aによる観測で共通するキーワード”磁気圏”について

磁気圏とは、プラズマ状態にあるガスで満たされた惑星周辺の宇宙空間のことです。惑星の固有磁場に対して太陽から吹き出す太陽風が衝突することで、磁気圏は形成されます。磁気圏ではダイナミックな現象が展開しますが、その主要なエネルギー源の一つが太陽風です。惑星が地球のような磁場を持たない場合には、惑星の上層大気と太陽風が相互作用する状態になります。

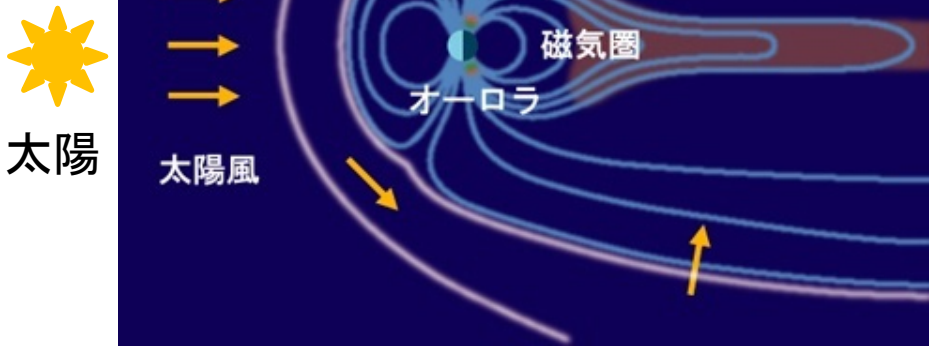
● **磁気圏物理学が目指す三大目標**

1. 太陽活動の下にある惑星周辺宇宙環境の変動の機構を理解すること
2. 太陽系での詳細観測を通じて、複雑なふるまいを示す宇宙プラズマ・ガスの物理の理解に貢献すること
3. 将来の人類が宇宙に本格進出する際に活用するための知識体系の基盤となること

● **磁気圏物理における観測手段**

①探査機・磁気圏観測衛星

現象が起きている「その場」の詳細情報を取得すること、あるいは、現場のすぐ近くでズーム・インしてプラズマ現象撮像することが可能です。探査機に搭載される粒子観測機器や電磁場計測機器は、プラズマ粒子の情報(どれだけの粒子が、どういう速さでどの方向に飛んでいるか)や電磁場のデータを取得することができ”ミクロなプロセスの情報”を得る事ができます。

②プラズマ撮像観測(SPRINT-Aなど)

プラズマ・ガスの様相をさまざまな波長の光を使うことでマクロ情報を得る事ができます。SPRINT-A はこの手法で木星や金星のプラズマ領域の遠隔観測を行います。