

第4回 宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会 資料

NECにおける宇宙天気関連の取り組み

2022年2月18日 NEC宇宙システム事業部 大島武

\Orchestrating a brighter world

NECは、安全・安心・公平・効率という社会価値を創造し、
誰もが人間性を十分に発揮できる持続可能な社会の実現を目指します。

NECの取り組み

1. 宇宙天気の衛星/探査機への影響と対策
2. ジオスペース探査衛星「あらせ」による宇宙天気
その場観測
3. 深宇宙探査機からの要望

1.宇宙天気の衛星/探査機への影響と対策

宇宙天気の衛星/探査機への影響と対策(1/3)

◆ 外部帯電

- 影響：衛星/探査機表面が帯電し放電。ノイズ源となり、故障に繋がる可能性も。
- 対策：衛星/探査機表面を導電性として接地。
 - 表面に(帯電しやすい)絶縁物を残さない。全て導電性とする。特に、
 - MLI(Multi Layer Insulator)：表面を導電性(ブラックカプトンの使用など)とし接地。
 - OSR(Optical Solar Reflector)：表面を導電性コーティングし接地。
 - 太陽電池セル：表面を導電性コーティングし接地。

◆ 内部帯電

- 影響：衛星内部の導電性部分が帯電し放電。ノイズ源となり、故障に繋がる可能性も有り。
- 対策：衛星内部の(一定面積以上の)導電性部分は全て接地する。
 - 浮いた金属を残さないようにする。特に、
 - 半導体パッケージの金属部分も接地。

宇宙天気の衛星/探査機への影響と対策(2/3)

◆ シングルイベントアップセット

- 影響：デジタル回路のフリップフロップが反転する。メモリのbitが反転する。
- 対策：
 - 3重多数決回路の採用
 - メモリにエラー検出やエラー訂正機能を付加
 - ソフト暴走時の対策としてWDT(Watch Dog Timer)回路を用意し、タイムアップ時に必要な対応(CPUのリセットなど)を取る。

◆ シングルイベントラッチアップ等

- 影響：半導体がラッチアップし、消費電力増加/機能不全となる。
- 対策：
 - LET(Linear Energy Transfer)スレシヨルドの高い(ラッチアップしにくい)部品の採用
 - 電流制限
 - 異常を検出して電源OFF/ON

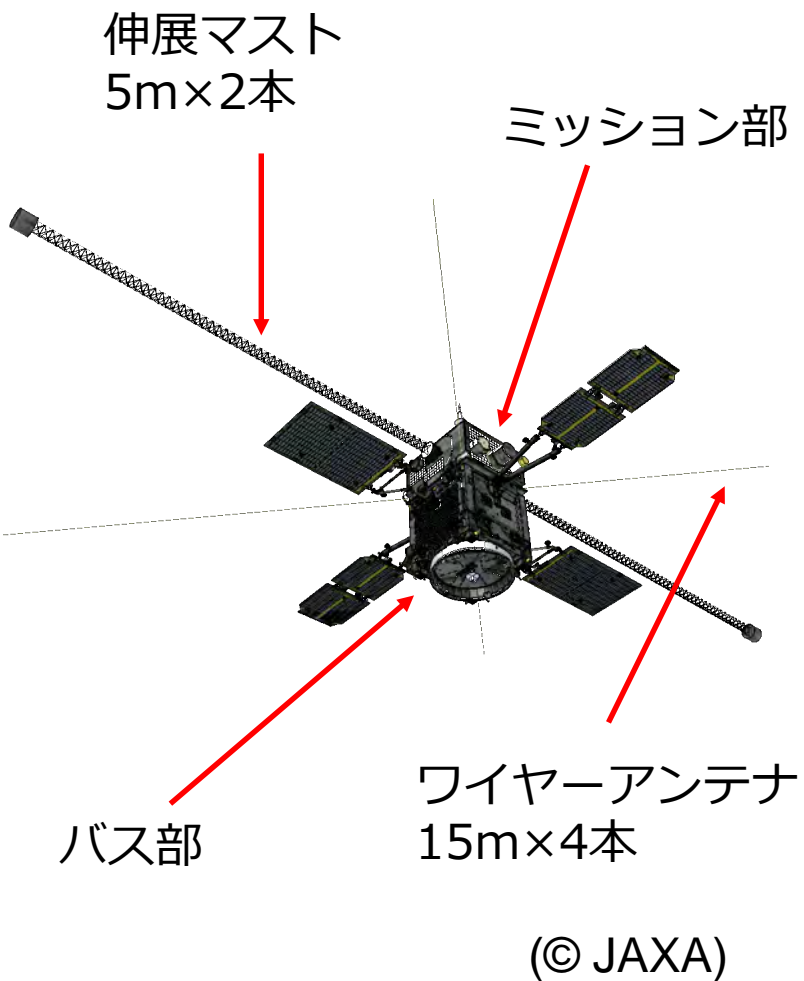
宇宙天気の衛星/探査機への影響と対策(3/3)

◆ トータルドーズ

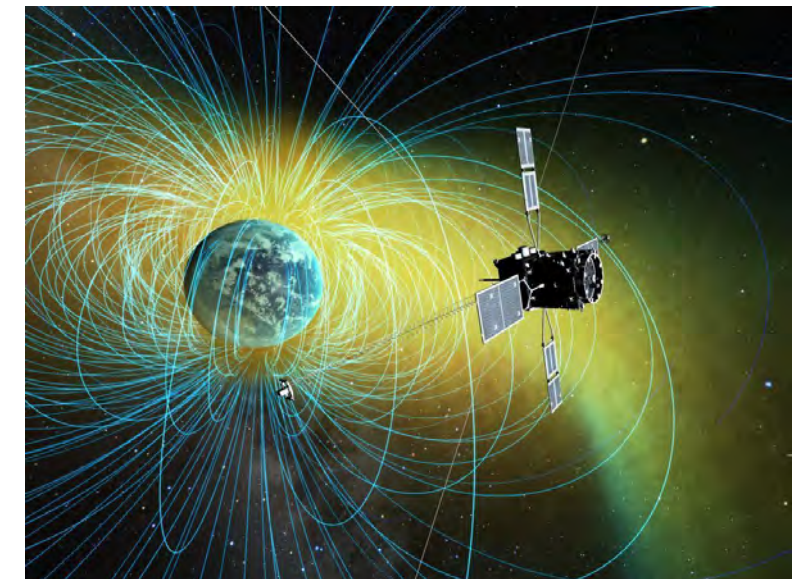
- 影響：大規模太陽フレアの発生等により、トータルドーズ量が短期間で増え、半導体デバイスの劣化や、太陽電池セルの劣化に繋がる。
- 対策：全て事前の(設計段階での)対応
 - 耐放射線性の高いデバイスの採用
 - 放射線シールドの採用
 - 太陽電池セルカバーガラスを厚くする

2. ジオスペース探査衛星「あらせ」による 宇宙天気その場観測

ジオスペース探査衛星「あらせ」システム概要



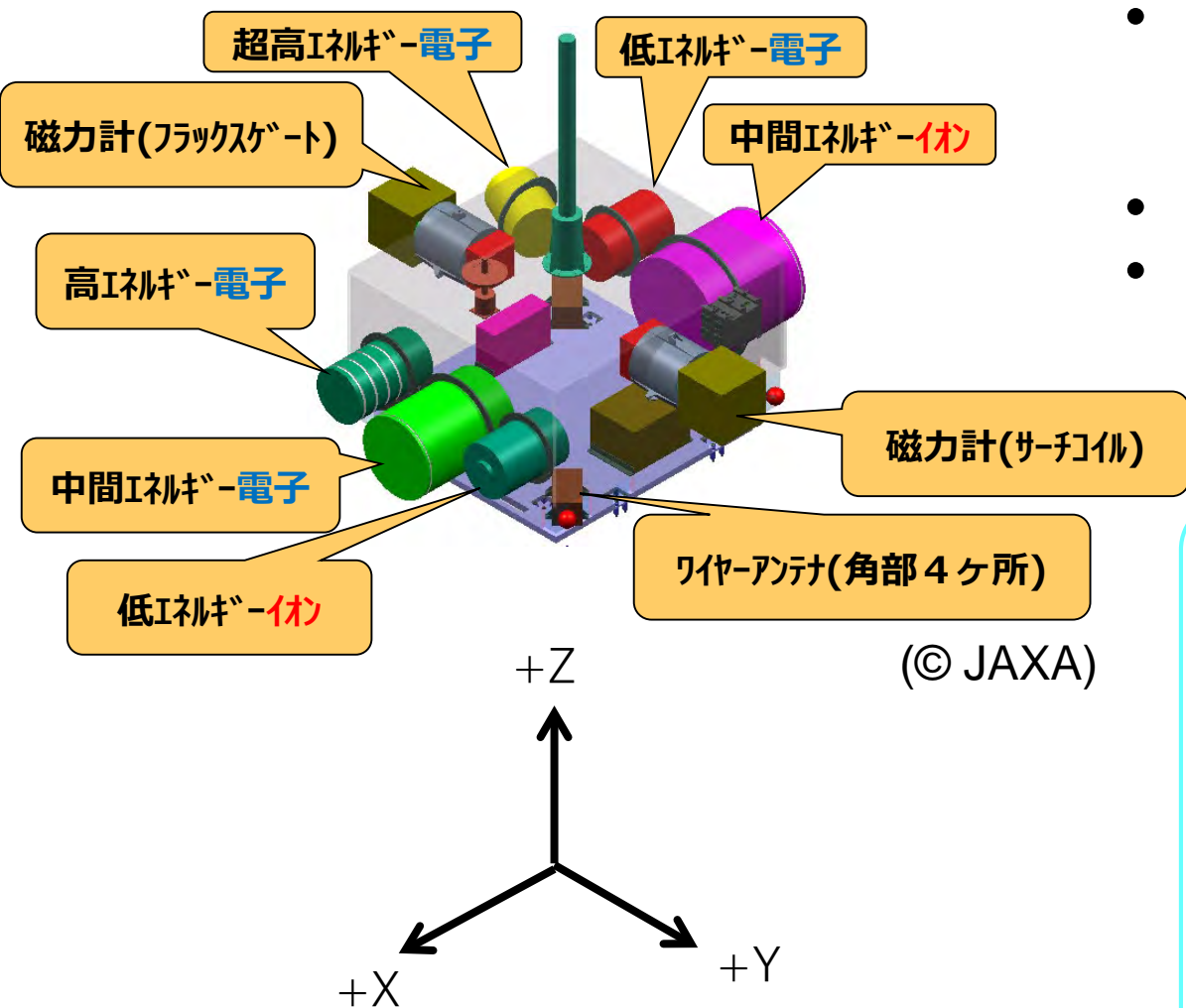
項目	諸元
質量	365kg以下
電力	太陽電池パドル4翼 発生電力計700W以上
サイズ	打上げ時： 約1.5 m x 1.5 m x H2.8 m 軌道上： 約31.2 m x 31.3 m x H2.8 m
姿勢	スピン安定
通信	Sバンド 4k/64k/0.5M/1Mbps(downlink) 4k/256kbps(uplink)
運用軌道	長楕円軌道：軌道傾斜角約31° 近地点高度約300 km 遠地点高度約30,000 km
推進系	4Nスラスタ×4本（ヒドラジン）



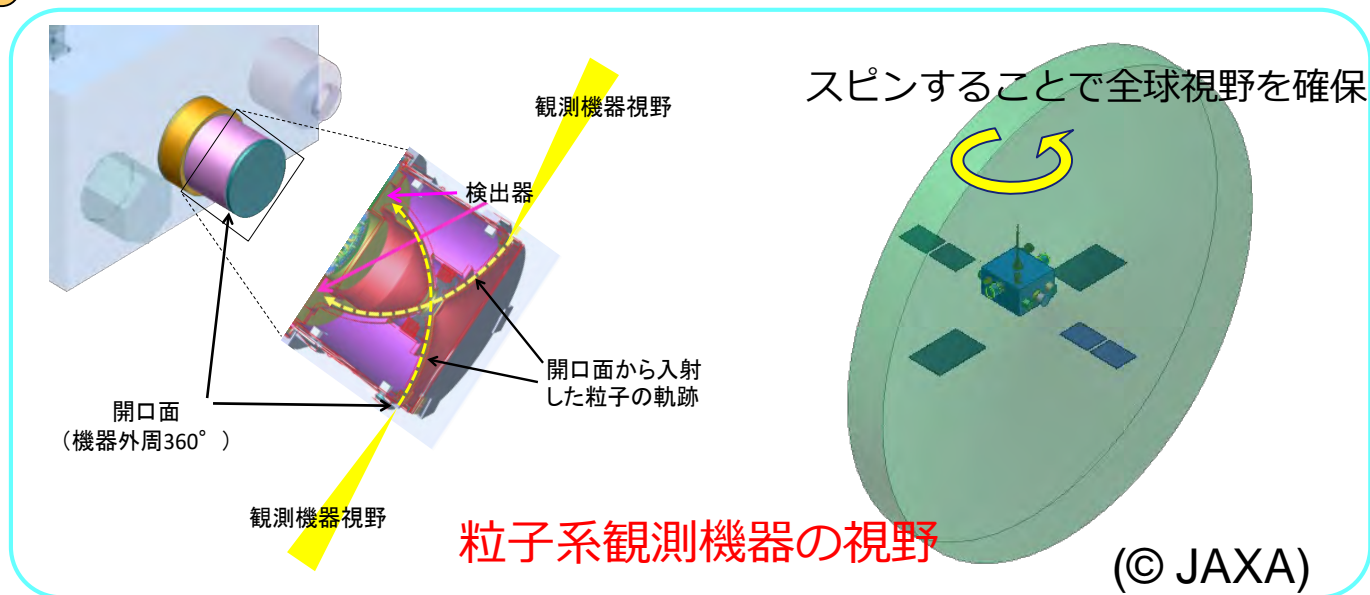
(© JAXA)

- ◆ NECは、全体システムの取りまとめと、バスを担当。「衛星システム及びバス部の運用支援」を実施中。

ジオスペース探査衛星「あらせ」搭載ミッション機器



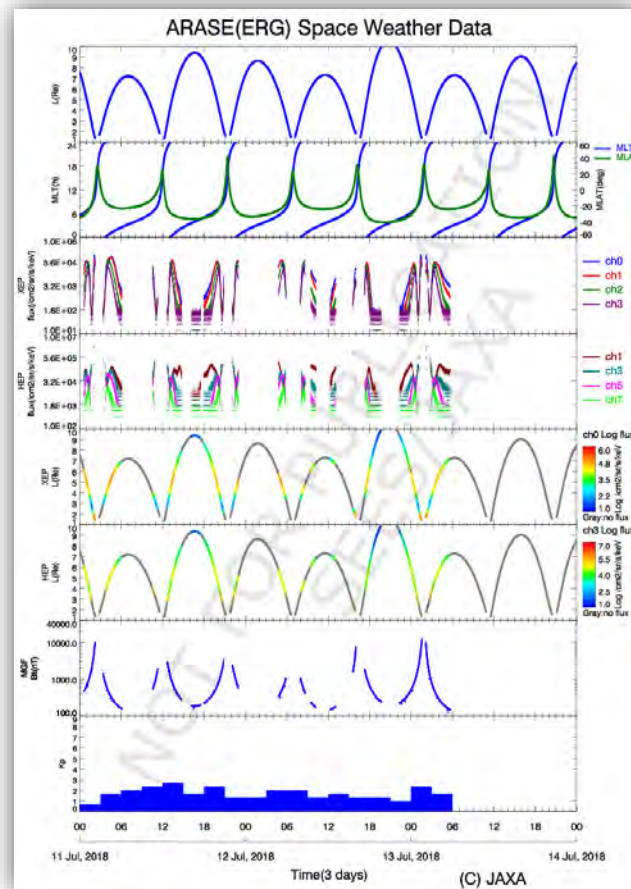
- 粒子系（電子・イオン）観測装置：主に±X面に配置
 - ・電子： 19eV~2MeV
 - ・イオン： 10eV~180keV
- 磁力計/伸展マスト（磁場計測）：±Y面に配置
- ワイヤアンテナ（電場計測）：角部4方向に配置



「あらせ」観測データの宇宙天気予報への応用

- ◆ 観測データ（高エネルギー電子および磁場）の一部が、準リアルタイムデータとして、JAXA殿のウェブページから閲覧可能となっている。
- ◆ 準リアルタイムデータは、NICT殿など国内外の研究機関にて宇宙天気予報に利用されている。

JAXA/SEES

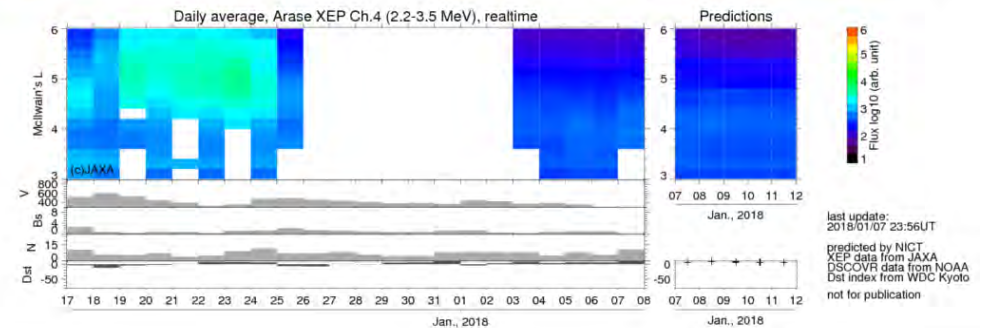


Space Radiation Model at NICT ERG space WX data has been used.

Radiation Belts High-Energy Electrons

Prediction & ARASE satellite XEP space weather realtime data from JAXA

This page provides forecast of MeV electron flux variations in the outer radiation belt as a function of L values. Time resolution is 1 day (sample average along the Arase orbit). Predictions are calculated by multivariate autoregressive models and Kalman filter based on realtime observation data of Arase/XEP. Details of prediction methods are described in Sakaguchi et al., 2018, 2019. Update is every one hour. Plots can be used for quick look only. Realtime data of high-energy electrons observed by ARASE/XEP data is distributed from JAXA/SEES, realtime solar wind data observed by DSCOVR is provided from NOAA/SDP, and realtime Dst index is provided by WDC for Geomagnetism, Kyoto.



<http://seg-web.nict.go.jp/ERG-spaceweather/forecast.html>

「あらせ」準リアルタイムデータの宇宙天気予報への活用

- ◆ あらせ宇宙天気データとGFZが運用する放射線帯シミュレーションを融合、宇宙放射線の現況と宇宙天気予報に活用
(<https://isdc.gfz-potsdam.de/data-assimilative-radiation-belt-forecast/>)

あらせ宇宙天気データの利用 [ドイツ地球科学研究センター (GFZ)]

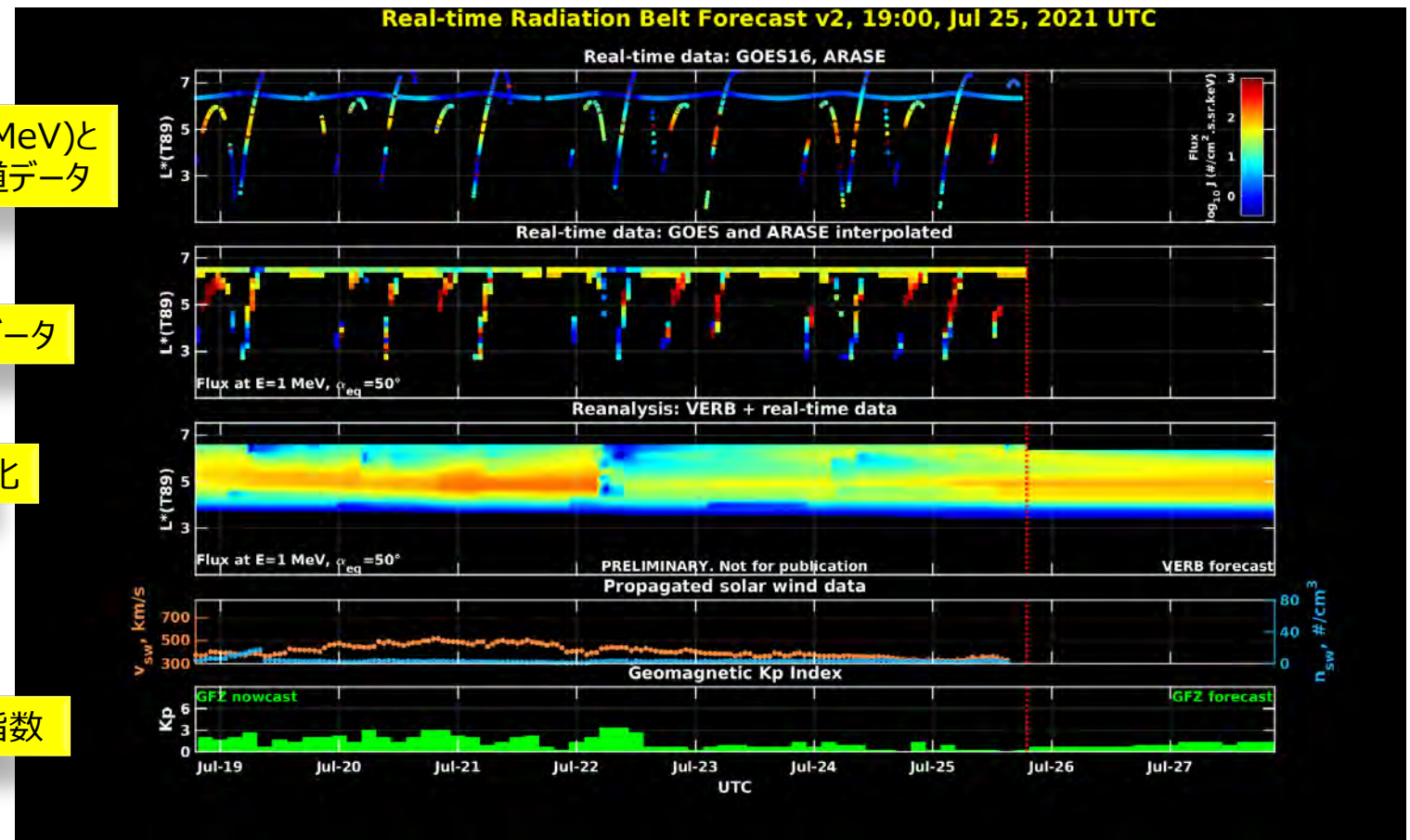
あらせ(1MeV)と
静止軌道データ

同補間データ

データ同化

太陽風

地磁気指数



← 現況 (nowcast) | 予測 (forecast) →

3. 深宇宙探査機からの要望

深宇宙探査機からの要望

◆ 探査機位置での宇宙天気予報が知りたい

- 事前に環境悪化が予測できれば、事前の対応が可能
 - クリティカル運用を避ける。
 - セーフホールド姿勢(例えばスピンモード)に入れる。
 - 姿勢系センサをよりシンプルなものに切り替える(Star Tracker→Coarse Sun Sensor)、等。

◆ 探査機位置での宇宙天気履歴が知りたい

- 過去に起きた異常事象の原因調査の一環として、宇宙天気を押さえておきたい。
- 太陽電池セル劣化解析のインプットとして、宇宙天気(電子、プロトン)を使用できると良い。

◆ 現在のシステムの活用

■ 水星磁気圏探査機「みお」

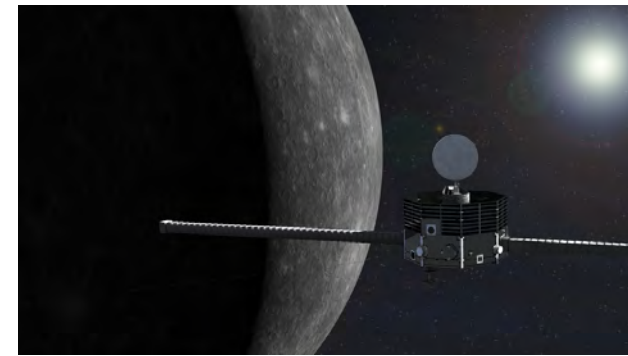
- 太陽風数値シミュレーション(SUSANOO)でBC(Bepi Colombo)の位置の状況を確認
- 水星周回軌道投入(2025年12月)後は、SUSANOOでMercuryの位置の状況を確認

■ 金星探査機「あかつき」

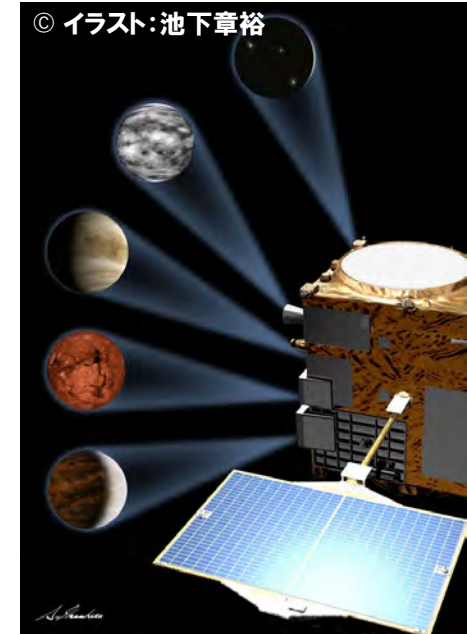
- SUSANOOでVenusの位置の状況を確認

■ 小惑星探査機「はやぶさ2」

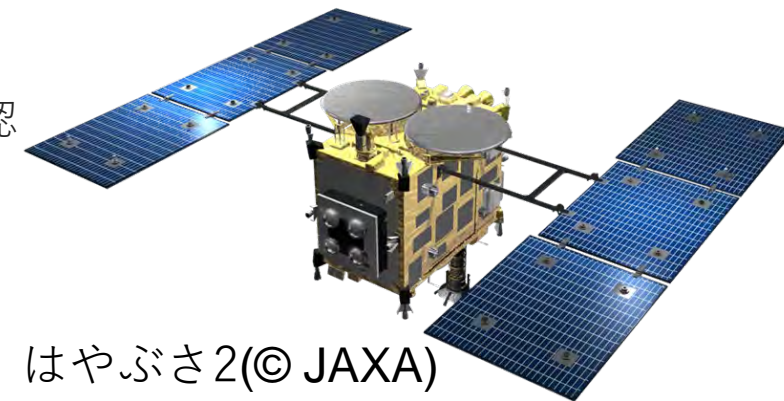
- 「はやぶさ2」の太陽地球固定座標系での位置を事前に用意し、SUSANOOでその場所の状況を確認



みお(© JAXA)



あかつき(© JAXA)



はやぶさ2(© JAXA)

\ Orchestrating a brighter world

NEC