

捕えろ粒子・感じろ電磁波 ジオスペース探査衛星“あらせ”ミッション部の開発

Catch plasma/particle and feel plasma waves
Development of the Exploration of Energization and Radiation in Geospace
“Arase” Mission Module



防衛・宇宙セグメント
宇宙事業部 宇宙機器技術部
宇宙機設計課

ジオスペース探査衛星“あらせ”は、太陽表面の爆発現象などによって生じる、太陽系空間を伝わる擾乱(じょうらん)によって発生する宇宙嵐の発達の仕組み、中でも、地球周辺に存在する放射線帯(ヴァン・アレン帯)において、宇宙嵐に伴って激しく変動する高エネルギー粒子の生成・消失過程を明らかにするため、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)にて開発された探査衛星である(図1)。

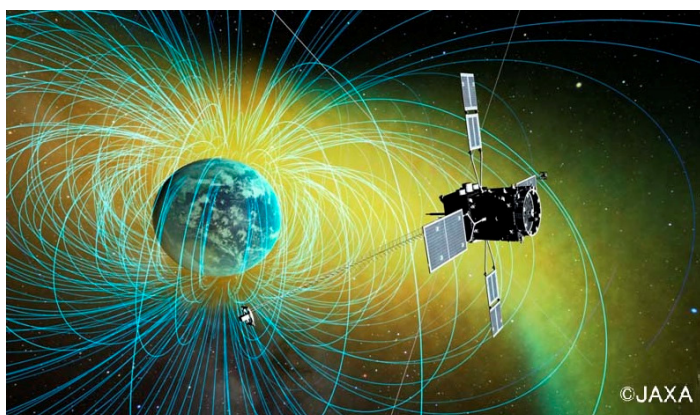


図1 ジオスペース(地球周辺の宇宙空間)を観測する“あらせ”

当社は、ミッション部のシステム・インテグレータとしてミッション部のシステム設計、製造、試験を取りまとめるとともに、観測機器の約半数を JAXA 宇宙科学研究所 (ISAS) 及び関連大学と一体となり開発した。

ジオスペース探査衛星“あらせ”は、2016年12月20日に打ち上げ、現在も良好な観測が進められており、大きな科学成果が期待されている。

1. 特徴

ジオスペース探査衛星“あらせ”のミッション部は、以下の特徴を有する。

- (1) 世界最高性能を持つ9種の観測機器を小型衛星に搭載
- (2) 観測要求を実現するミッション・データ・プロセッサ及び 32GB データ・レコーダの開発
- (3) SpaceWire^(注)による信頼性の高いミッション・ネットワーク構築

(注)宇宙環境に適応する高い信頼性を有する通信方法。JAXAや欧州宇宙機関等で広く採用されている。

1.1 世界最高性能を持つ9種の観測機器

“あらせ”は、小型衛星でありながら9種もの観測機器を搭載した(図2)。

- ① 低エネルギー電子分析器(LEP-e)
- ② 低エネルギーイオン質量分析器(LEP-i)
- ③ 中間エネルギー電子分析器(MEP-e)
- ④ 中間エネルギーイオン質量分析器(MEP-i)
- ⑤ 高エネルギー電子分析器(HEP)
- ⑥ 超高エネルギー電子分析器(XEP)
- ⑦ 磁場観測器(MGF)
- ⑧ プラズマ波動・電場観測器(PWE)
- ⑨ ソフトウェア型波動粒子相互作用解析装置(S-WPIA)

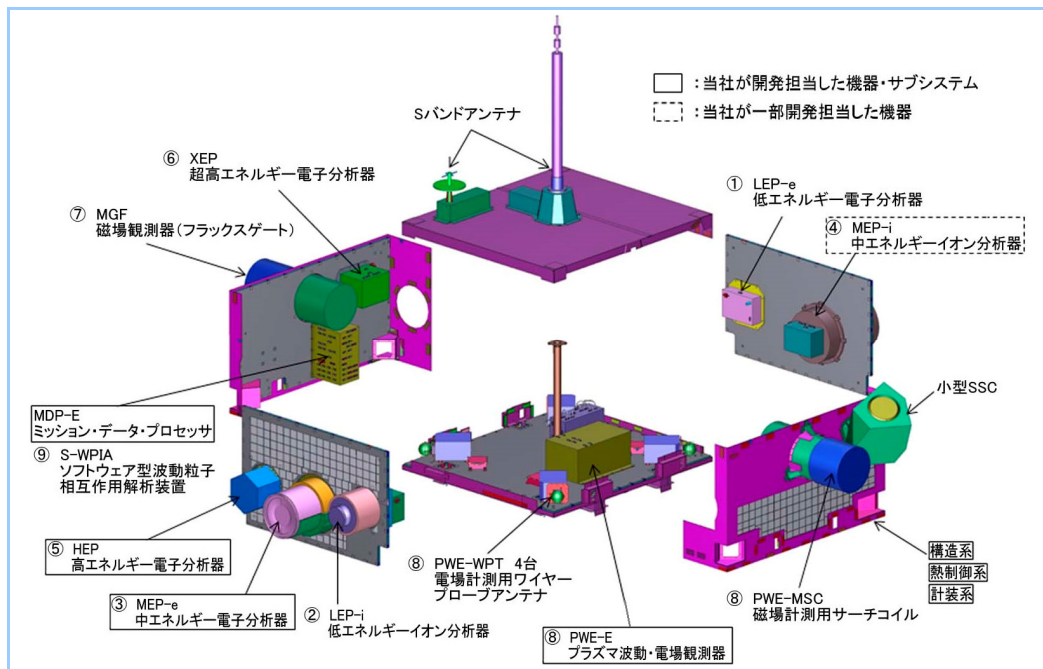


図2 “あらせ”ミッション部

①～⑥は、各エネルギー帯に分けて粒子(電子やイオン)の飛しょう方向、粒子数、エネルギーなどを観測する機器で、粒子系観測機器と呼ばれる。当社では、③MEP-e、④MEP-i センサ部、⑤HEP を開発した。ミッション部のシステム・インテグレーションでは、観測機器の視野範囲に留意した最適な配置設計を行い、衛星全体をスピンさせることで、全方位から飛来する宇宙粒子を効率良く観測できるシステムとしている。

⑧PWEは、磁場と電場の変動成分を観測する観測装置一式である。図2の中に示す磁場計測用サーチコイル(PWE-MSG)及び電場計測用ワイヤープローブアンテナ(PWE-WPT)と、これらセンサからのアナログデータを処理するプラズマ波動・電場観測器(PWE-E)から構成され、当社はPWE-Eを開発した。ミッション部のシステム・インテグレーションでは、観測要求とミッション部質量中心要求を両立させる機器配置を設計し実現した。

⑨S-WPIA は、当社開発のミッション・データ・プロセッサ(MDP-E)に搭載したソフトウェアにて実現する解析機能である。S-WPIA は、波動と粒子の相互作用を衛星機上で解析する世界初の試みである。プラズマ波動(電磁場)を観測する PWE-E と粒子系観測機器間を専用の同期信号で接続することで、0.00001 秒の精度で粒子と磁場と電場の変動成分を同時観測し探査衛星上での解析を実現した。

これら観測機器の制御及びデータ処理や電源分配、バス部データ処理装置とのデータインタフェースを司るミッション・データ・プロセッサ、打上げ時機械環境に耐性のある構造系、搭載機器

を許容温度範囲内に温度制御するための熱制御系，機器間の電氣的接続のための計装系も含めたミッション部システム・インテグレーションを当社は実施した。

1.2 観測要求を実現するミッション・データ・プロセッサ及び 32GB データ・レコーダの開発

観測機器が最大性能を発揮できるよう，観測機器の制御及び観測データ処理を実施する専用装置として，ミッション・データ・プロセッサ (MDP-E)を開発した(図3)。MDP-E はミッション部の中枢を担う装置であり，MDP-E の故障＝全ミッション喪失につながることから，MDP-1 及び MDP-2 として完全冗長となるシステム設計とした。

また，大量に発生する観測データを蓄積するためのデータ・レコーダ機能として，日本の科学衛星の搭載メモリ容量としては最大となる 32GB の不揮発性メモリを MDP-E に装備した。

なお，小型衛星として機器の小型・軽量化が最重要設計事項の1つであり，MDP 機能とデータ・レコーダ機能を1つの筐体の中に集約することで，冗長系による適切な信頼性確保とともに小型・軽量化を実現し，1台の MDP-E として開発した。

1.3 SpaceWire による信頼性の高いミッション・ネットワーク構築

“あらせ”ミッション部には9種の観測機器が搭載される。これら観測機器を MDP-E だけで制御することは困難なため，当社で開発した宇宙環境に適応する高速 CPU を搭載し，SpaceWire インタフェースを装備した共通の CPU 基板を各観測機器に配布し，ミッション・ネットワークを構築した。なお，万一，観測機器の1つが故障した，もしくはネットワークの一部が切断したとしても，全てのネットワーク機能を喪失しない構成とし，信頼性を確保した(図4)。



図3 “あらせ”
ミッション・データ・プロセッサ/
データ・レコーダ (MDP-E)

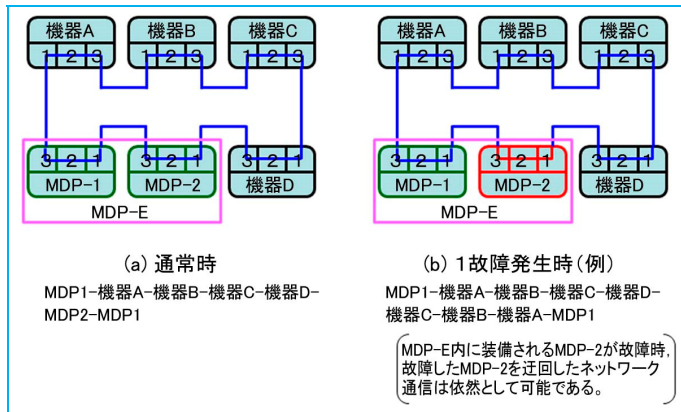


図4 “あらせ”ミッション・ネットワーク

2. 仕様

表1にジオスペース探査衛星“あらせ”ミッション部の主要諸元を示す。

本稿先頭ページの写真に示す通り，ミッション部は衛星バス部の上部に搭載される。

表1 “あらせ”ミッション部 主要諸元

項目	諸元
寸法	1050mm×950mm×600mm(突出部除く)
質量	約 109kg
消費電力	約 175W(全観測機器動作時)
ネットワーク通信方式・速度	SpaceWire 20Mbps
データレコーダ容量	64GB(MDP-1/MDP-2 それぞれに 32GB 搭載)

3. 今後の展開

当社は，これまでに培ってきた，システム・インテグレーション技術，小型・軽量化技術，信頼性技術の活用及び新規技術を取り入れ，適切な信頼性を持つ衛星の開発・製造に取り組むことで，日本の宇宙科学・宇宙工学の発展に貢献していく。