

# 空と宙

2009 MAY/JUN  
<http://www.ard.jaxa.jp/>

隔月刊発行 ISSN 1349-5577

## 研究開発

宇宙環境と衛星故障の関係を  
解明し解決する

宇宙の状態を解き明かす

## 設備紹介

宇宙環境計測実験設備

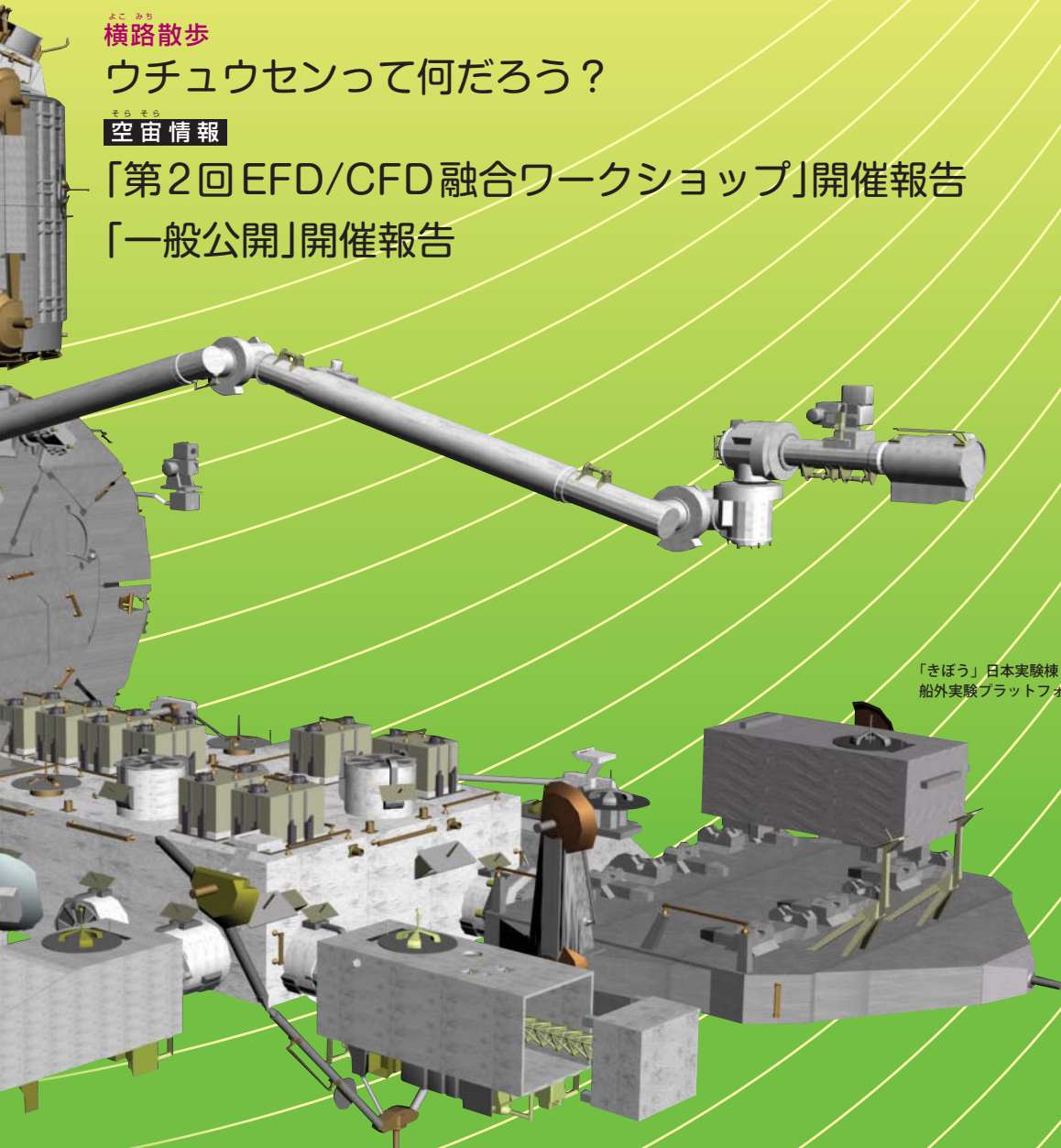
## 横路散歩

ウチュウセンって何だろう？

## 空宙情報

「第2回EFD/CFD融合ワークショップ」開催報告

「一般公開」開催報告



「きぼう」日本実験棟  
船外実験プラットフォーム

No. **30**

研究開発本部

Aerospace Research and Development Directorate

## 宇宙環境と衛星故障の関係を解明し解決する

### 宇宙は苛酷な環境

人工衛星の職場である宇宙空間は、地上とは環境がまったく異なります。そのため、その環境が人工衛星の不具合の原因となることも少なくありません。その割合は、全体の20～25%程度だと算出されています。特に問題となるのは、「宇宙放射線（P.7参照）」と「プラズマ」による影響です（図1）。

宇宙環境は人工衛星だけではなく、宇宙飛行士にも影響を及ぼします。2010年に完成予定の国際宇宙ステーション（ISS）には、実験や観測などを行うため、常時2～3名の宇宙飛行士が滞在しています。近い将来には定常的に6名の宇宙飛行士が滞在することも決まっており、その安全を守るためにもより詳しく宇宙環境を把握することが重要な課題となっています。

### 宇宙環境を計測する

宇宙の状態を知るためには、宇宙環境を計測する装置（センサー）を人工衛星に搭載し、直接計測す

ることが有効です。JAXAの衛星には、1989年に打ち上げられた技術試験衛星V型「きく5号」以降、宇宙環境を調べる種々の装置が搭載されています。2008年にはフランスの衛星にも装置を搭載しました。2009年6月にはISSにも搭載する予定です（P.4参照）。計測装置をつくるのは、宇宙環境グループの仕事です。

宇宙環境グループでは、宇宙放射線を計測する「放射線計測装置」を中心に、種々の装置を開発しています。

また、衛星に搭載したセンサーから送られてくるデータを利用した宇宙環境モデルの構築を進めると共に（図2）、リアルタイム宇宙環境データベースとして国内外に公開しています。

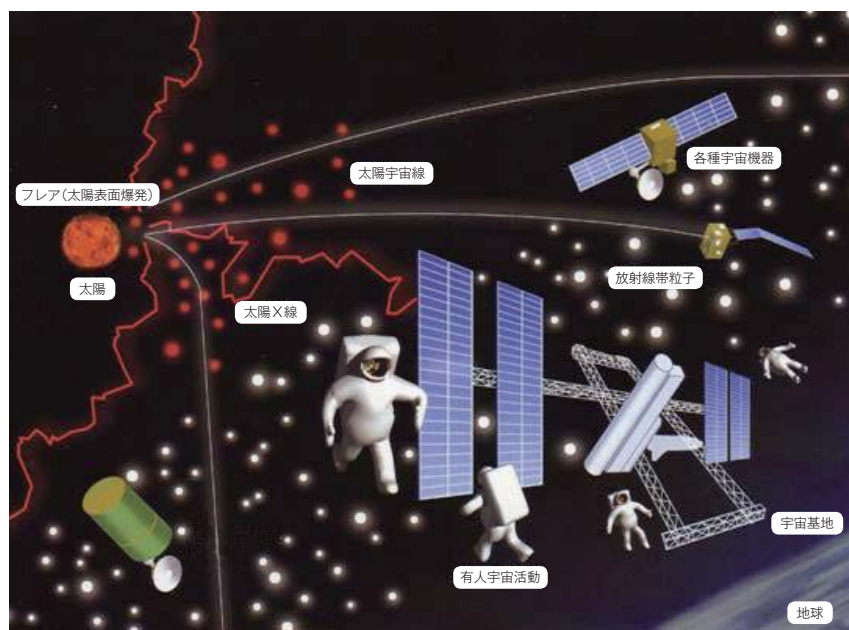
### 宇宙環境に強い衛星をつくる

地球近傍の宇宙環境は太陽の活動に大きく影響されます。フレア（太陽表面爆発）などの太陽活動が起こると、太陽から大量の高エネルギーの放射線（太陽宇宙線）が放出されます。人工衛星は放射線から

逃げることはできません。そのため、宇宙環境の定常的な様子を捉えることができれば、次のステップとして、太陽フレアや磁気嵐<sup>\*</sup>のような突発的な現象を捉え、それにより誘発される大量の宇宙放射線の飛来やプラズマの増加などの危機を回避する方

放射線帯や太陽、更に遠い宇宙からやってくる宇宙放射線は、地球大気に遮られ地上へはほとんど届きません。しかし、高度80km以上の宇宙空間では、地上と比べて大気はだいぶ薄く、プラスとマイナスに電離したプラズマ状態になっています。そのため、宇宙空間で働く人工衛星などの宇宙機には様々な電氣的な障害が起こることが懸念されています。宇宙飛行士に対する放射線被曝も無視できません。

図 宇宙は過酷な環境



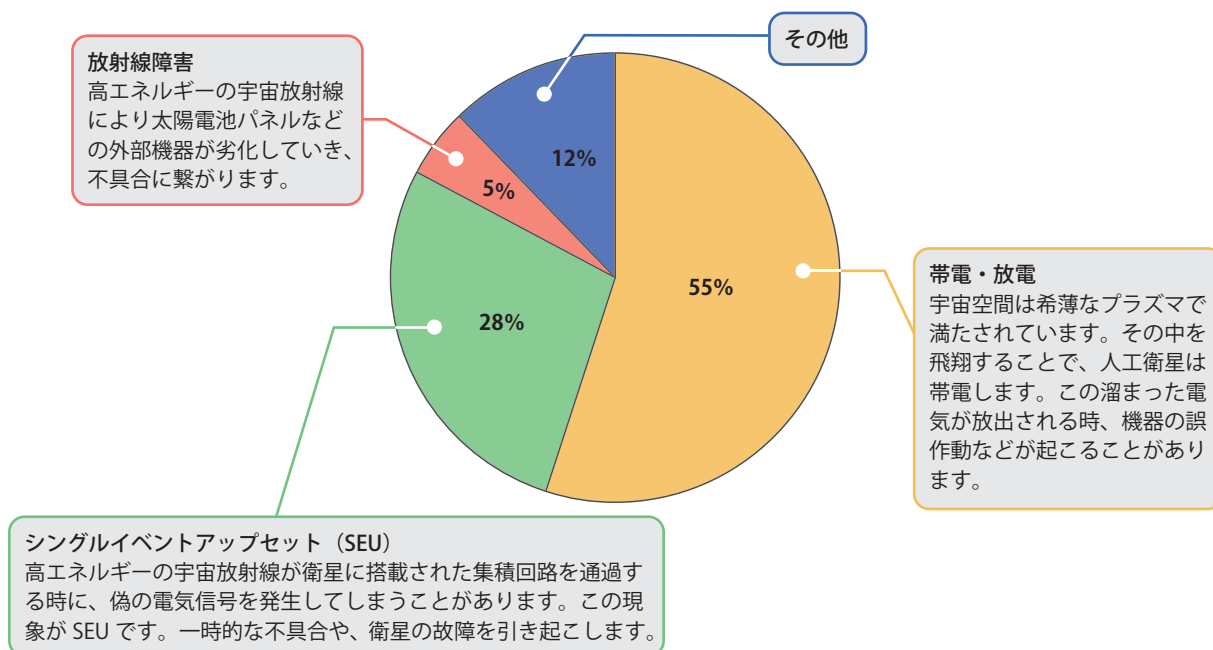
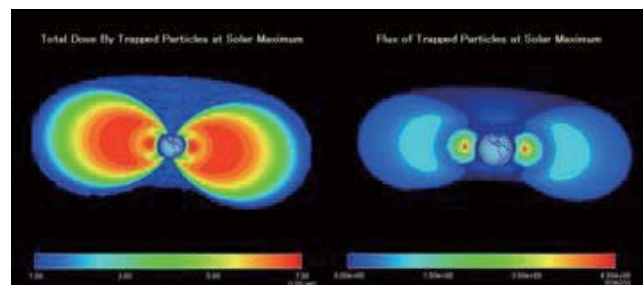


図1 宇宙環境が引き起こす人工衛星の不具合

法を確立することが重要になってきます。突発的な環境の変化なども考慮に入れた実宇宙環境に即した衛星基準の作成が大切です。

衛星基準の作成で重要なのは、詳細なデータの取得です。そのため、計測装置の高度化およびデータ収集を精力的に進めています。

※ 磁気嵐：地球は大きな磁石です。そのため、地球の周りには磁場が形成されています。磁気嵐とは、その磁場が全体的に減少する現象のことです。地球磁場は、太陽風と呼ばれる太陽から絶えず放出されているプラズマの流れから地球を守っています。磁気嵐によって地球磁場が減少すると、地球周りのプラズマが増加し、人工衛星などに影響を及ぼす恐れがあります。



これまでの計測データをもとに作成した、放射線帯（バンアレン帯）のモデルです。左が総トータルドーズ（総吸収線量）<sup>◆1</sup>、右がフラックス<sup>◆2</sup>です。どちらも、赤い方が強度が強いことを現しています。

- ◆1 トータルドーズ：単位質量の物質に放射線が与えるエネルギー量。
- ◆2 フラックス：放射線の強度。

図2 宇宙環境モデルの一例



【宇宙環境グループ】

(左より) 東尾 奈々、寺沢 和洋、古賀 清一、小原 隆博、松本 晴久、越石 英樹、込山 立人

もっと詳しく知りたくなったら **アクセス!** 宇宙環境データベース「SEES (Space Environment & Effects System)」  
<http://seeslocal.p.tksc.in-jaxa/index.html>

JAXAでは、JAXA衛星が計測・収集したプラズマ、宇宙線、原子状酸素などの宇宙環境と、それらにより誘発される宇宙機への影響をモデル化し、HP上にて公開しています。  
 日本語はもちろん、英語およびフランス語でも提供することで、世界中の衛星の設計に役立つことを目指しています。

## 宇宙の状態を解き明かす

### 最近の計測装置の活躍

2008年6月に打ち上げられたフランスの人工衛星「Jason-2（『空と宙』27号参照）」や2009年2月に打ち上げられたJAXAの温室効果ガス観測衛星「いぶき（『空と宙』16号参照）」には、従来よりも大幅

に小型軽量化された放射線計測装置が搭載されています。

また、放射線の種類やエネルギーの範囲によって人工衛星が受ける影響が異なるため、これまでよりも広範囲のエネルギーの放射線を捕らえられるよう高性能化も図っています。例えば、従来の計測装置

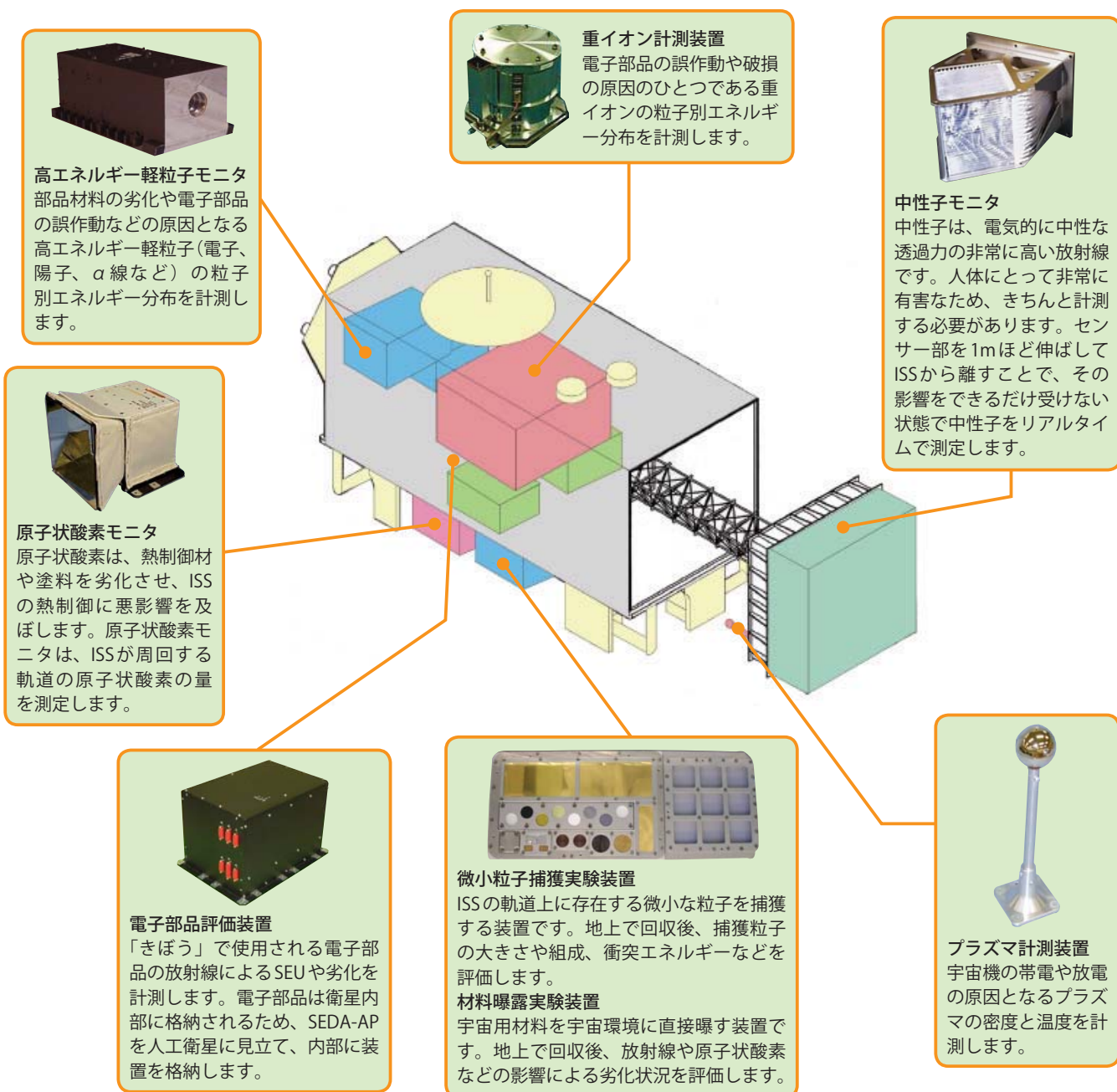


図1 宇宙環境計測ミッション装置「SEDA-AP」

ではエネルギーの高低に拘らず、ひとつのセンサーで計測していました。しかし、それでは計測できるエネルギー範囲が十分ではありません。そこで、センサーを複数にし、各放射線に適した計測方法をとることで、更に広いエネルギー範囲を計測できるようにしました。

### 宇宙の状態を調べる道具「宇宙環境計測ミッション装置」とは？

2009年3月、ISSへの長期滞在のため、若田宇宙飛行士が宇宙空間へ飛び立ちました。同年6月には、ISSの一部である「きぼう」日本実験棟の最後のパーツとなる船外実験プラットフォームが、若田宇宙飛行士の手によって組み立てられます。船外実験プラットフォームには8種の計測器を収めた「宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP)」が搭載されます (図1)。

SEDA-APでは、これまでJAXAの衛星には搭載していなかった中性子モニタ、プラズマ計測装置、原子状酸素モニタによる計測も行います。これらの装置により新たな計測データを追加できれば、より詳細な宇宙環境モデルの構築に繋がります。

また、太陽からやってくる中性子が計測できれば、太陽フレアの加速機構を解明できる世界初の快挙にもなります。

### 手のひらに宇宙を

宇宙環境はどんな姿をしているのか、宇宙環境に

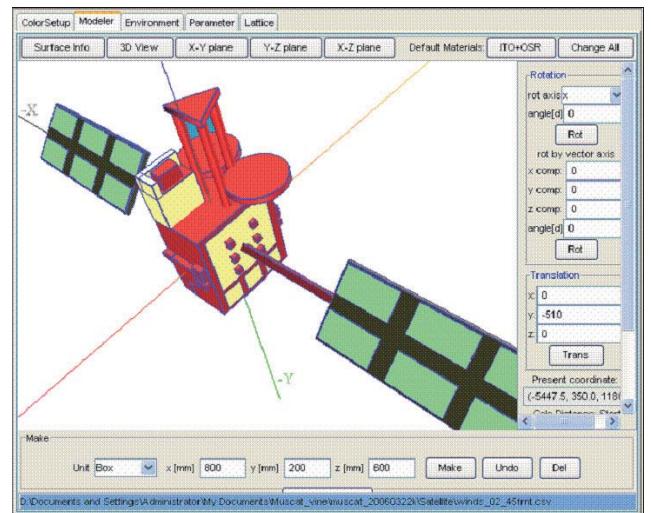


図2 衛星帯電解析シミュレーション

よって人工衛星のどの部分がどの様に影響を受けるのか。それらを解明するためには、シミュレーションによる検証が有効です (図2)。この結果をもとに、実衛星の開発が行われています。

しかし、宇宙環境に強い人工衛星をつくるには、宇宙環境の全容を把握しなければなりません。Jason-2、いぶき、2006年に打ち上げられた陸域観測技術衛星「だいち」と、高性能な計測装置によるデータ収集が始まっています。SEDA-APによるデータの収集も始まります。今後は、これら全ての計測データも活用し、コンピュータにて実際の宇宙環境を模擬する「宇宙環境総合シミュレータ」の構築を進めていきたいと考えています。



【SEDA-APチーム】

(左より) 市川 正一、木本 雄吾、松本 晴久、五家 建夫、小原 隆博、古賀 清一

## 設備紹介

## 宇宙環境計測実験設備

宇宙環境計測実験設備は、人工衛星などに搭載される「宇宙環境を計測するための装置（センサー）」を開発および研究するための設備です。

図はJAXA所有の宇宙環境計測実験設備です。人工衛星搭載用放射線計測装置の計測方式、計測精度向上の研究などのため、これらの装置の性能評価、校正試験に使用しています。先のページで紹介して

いるいぶきやJason-2などに搭載されている計測装置の開発でも活躍しました。

宇宙開発が進むほど、問題視しなければいけない宇宙環境は増えてきます。それらに対処するためには、装置の高性能化や新たな装置の開発が欠かせません。そこで現在は、次の世代の衛星に搭載するための更に高性能な装置の開発を進めています。

## 真空チャンバ

6軸方向に円筒を組み合わせたチャンバにターボ分子ポンプおよびクライオポンプが接続されており、10のマイナス8乗トールという高真空<sup>\*</sup>をつくり出します。また、チャンバに紫外線ランプを内蔵しており、内部の汚染を除去するのに役立ちます。

※ 地上の気圧：760トール

## ステージ

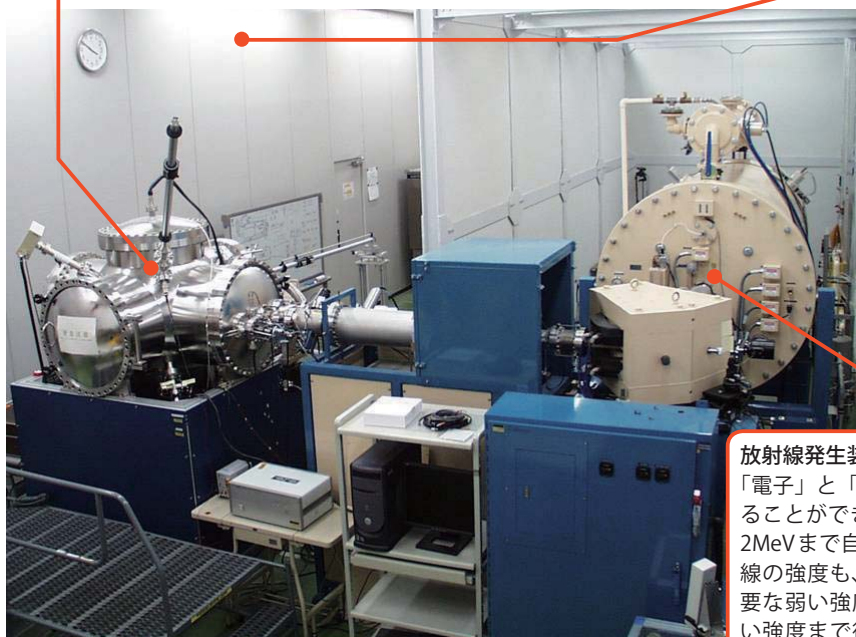
真空チャンバの中には、供試体を載せるステージがあります。ステージは回転および左右上下方向へ移動させることができます。それにより、放射線がセンサーに適切に当たるように調整できます。写真は、Jason-2に搭載されているセンサーの研究開発モデルです。



放射線は装置の外にはほとんど漏れません。更に安全性を高めるため、実験装置と計測場は放射線を防ぐ壁で隔てられています。



壁の一部には小さな窓が付いており、この窓からレーザーを発することで、試験中に供試体がビーム中心にあることを確認することが可能です。写真は、窓からのぞいた真空チャンバ内の供試体の様子です。



## 放射線発生装置

「電子」と「陽子」、2種類の放射線を発生させることができます。エネルギーは400keVから2MeVまで自由に変えることができ、また放射線の強度も、放射線計測装置の性能評価に必要な弱い強度から、帯電試験などに有効な強い強度まで得ることができます。宇宙環境計測の実験のためには、非常に汎用性の高い装置です。

図 宇宙環境計測研究設備 放射線発生装置と真空チャンバを組み合わせ、宇宙環境を模擬する実験を行います。

## ウチュウセンって何だろう？

宇宙空間を飛び交っているウチュウセン。実は2種類あるって知ってますか？

“ウチュウセン”と聞いたとき、大多数の人は宇宙“船”を思い浮かべるのではないのでしょうか。人を乗せて宇宙空間を飛び交う、SF小説などでもお馴染みの宇宙の乗り物です。もうひとつのウチュウセンは、普段遭遇しているのにまったく体感できない宇宙“線”です。

宇宙線（宇宙放射線）とは、宇宙空間を満たしている高エネルギーの粒子です。宇宙の一部である地球にも、もちろんやって来ます。ただし、地球は大気のベールで守られているため、宇宙線が地上に大量に降り注ぐことはありません。それでも、非常にエネルギーの強い粒子は、大気をすり抜けて地上まで到達しています。8ページで紹介している筑波宇宙センターの一般公開では、この宇宙線を視覚的に体感できる展示を行いました。

地球近傍の宇宙放射線はその発生場所により3種に分類することができます（図）。

### ・放射線帯（ヴァンアレン帯）粒子

地球の周りには、自身が作り出す磁場によって高エネルギーの荷電粒子が高度1000kmから数万kmの広い領域に定常的に捕捉されています。この領域は地上3000km付近を中心に分布する内帯と、約20000kmを中心に分布する外帯の二重の帯状構造で構成されており、この領域で捕捉された粒子を「放射線帯粒

子」と呼びます。放射線帯粒子は磁力線に沿って南北に移動しながら、地球を周回しています。放射線帯は1958年にヴァン・アレン博士により発見されたため、ヴァンアレン帯とも呼ばれています。

### ・銀河宇宙線

超新星爆発などにより、非常に高エネルギーの粒子が太陽系より更に遠い宇宙から、光速に近い速度で飛来してきます。この粒子を「銀河宇宙線」と呼びます。銀河宇宙線は非常に高いエネルギーを有しているものも多く、地球大気に遮られたり、磁場に捕らわれたりすることなく地上へ達するものもあります。

### ・太陽宇宙線（太陽高エネルギー粒子）

太陽表面の黒点（群）に蓄えられた磁場のエネルギーがフレア（太陽表面爆発）やコロナ質量放出（CME）※によって解放されることで太陽周りの荷電粒子は加速され、地球へ向かって放出されます。太陽からやってくるこの粒子を「太陽宇宙線（太陽高エネルギー粒子）」と呼んでいます。

人工衛星などの宇宙機はこれらの宇宙放射線の影響を大きく受けるため、JAXAでは宇宙放射線に関する研究を進めています。

※ コロナ質量放出（CME）：コロナは太陽外縁の大気のことです。コロナはプラズマで構成されており、フレアが起こるとこのプラズマが放出されることがあります。この現象をコロナ質量放出と呼んでいます。

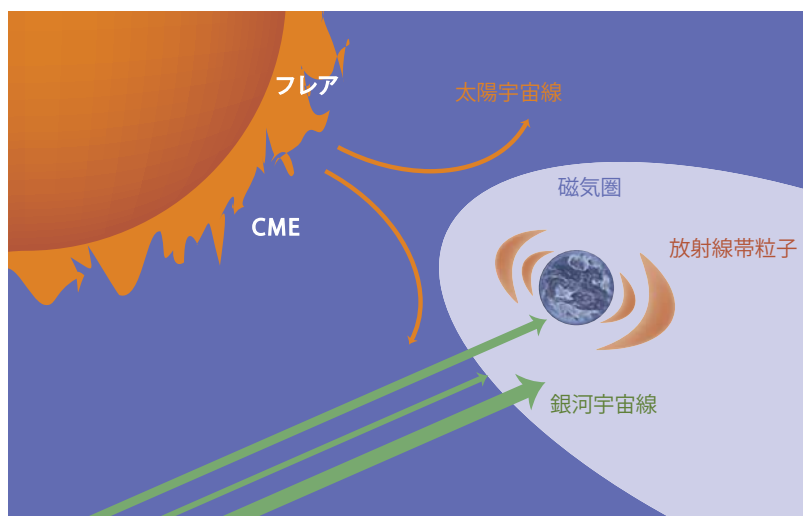


図 地球近傍の宇宙放射線環境

# 空 宙 情 報

## 【開催報告】 第2回EFD/CFD融合ワークショップ

2009年2月23、24日に、JAXA調布航空宇宙センターにおいて、「第2回EFD/CFD融合ワークショップ」を開催いたしました。「EFD/CFD融合」とは、EFD (Experimental Fluid Dynamics、実験流体力学) とCFD (Computational Fluid Dynamics、数値流体力学) という流体力学 (空気の流れ) 現象を解明するふたつの手法をうまく組み合わせることにより、今まで得られなかった流れの情報を精度よく効率的に得ようという試みです。

当日は研究者や技術者を中心に2日間で計80名の参加者を迎え、米国Rice大学およびBoeing社からの海外特別講演や、国内の大学や研究機関などで先駆的な研究活動を行ってこられた研究者による招待講演、パネルディスカッションなどが行われ、いずれも活発な意見交換がなされて盛況裡に終了いたしました。本ワークショップは今後も毎年開催して行く予定です。

(流体グループ 口石 茂)



## 【開催報告】 一般公開

「科学技術週間 (4月18日の発明の日を含む1週間)」に合わせ、施設を公開しました。お越しくださったみなさま、どうもありがとうございます。

### ● 筑波宇宙センター (茨城県つくば市) 2009年4月18日 (土) 来場者数 18,011人



宇宙放射線見えるかな?



中華なべてBS受信中



宇宙機の姿勢制御や軌道修正に使う「スラスト」

### ● 調布航空宇宙センター (東京都調布市) 2009年4月19日 (日) 来場者数 7,815人



シミュレータで宇宙飛行士体験!



風洞の中の様子をじっくりと



様々な機器が詰まった「実験用航空機」たち

空と宙 2009年5月発行 No.30

【発行】 宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1

電話: 0422-40-3000 (代表) FAX: 0422-40-3281

ホームページ <http://www.ard.jaxa.jp/>

【禁無断複写転載】 『空と宙』からの複写もしくは転載を希望される場合は、研究推進部広報までご連絡ください。



リサイクル適正への表示: 紙ヘリサイクル可