

国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」で実施中の結晶成長実験で観察された氷結晶  
上段：振幅変調顕微鏡画像 下段：干渉計画像

## 新年のごあいさつ

井上 一

宇宙科学研究本部 本部長

皆さま、明けましておめでとうございます。

今年、「あけぼの」が打上げ20年を迎えます。この「あけぼの」を筆頭に、GEOTAIL、「はやぶさ」、「れいめい」、「すざく」、「あかり」、「ひので」、「かぐや」と並ぶ8つの軌道上の衛星・探査機の観測・運用、および国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」の与圧部実験により、今年も新しい成果が生み出されることが期待されます。今年にはさらに、「きぼう」の曝露部に科学観測装置 MAXI、SMILES が設置され、科学観測が開始されます。また、ノルウェー・アンドーヤでの実験を皮切りとする観測ロケット事業、大樹町での本格的実験が始まる大気球事業、打上げ前年の大事な年となる金星探査機 PLANET-C や、小型ソーラー電力セイル技術実証機 Ikaros をはじめとする各種計画の開発・開発準備などが進められます。宇宙科学にとって、今年も実り多い年となることでしょう。

さて、周知のように、昨年、宇宙基本法が成立・施行されて、日本の宇宙開発利用の方針・体制の見直しが行

われつつあります。国の安全保障や産業振興の視点を強め、国としての宇宙開発利用の基本計画・体制をつくっていこうとする中において、宇宙科学は、宇宙・地球・生命といった我々を取り巻くこの世界の基本的理解を深め、宇宙空間利用の新しい可能性を生み出していくものとして、重要な位置付けを与えられるべきものです。同時に、環境・エネルギー・資源といった全人類の課題を克服していくためにも、宇宙空間を利用したさまざまな基礎研究がますます重要性を増すものと思われます。次の世代を担う研究者・技術者を育てる点からも、宇宙科学の活動は大変重要なものです。国内外の大学などの研究者と JAXA 内研究者・技術者が一体となって、自由な発想に基づき、かつ公開の原則のもとで、宇宙科学のさまざまな研究を主体的・自律的に遂行できる体制が確保・強化される必要があります。宇宙科学の研究推進体制が、これを機にさらに強化されますよう、皆さまのご協力を、どうぞよろしくお願い申し上げます。(いのうえ・はじめ)

# 衛星構造の高精度化

小松敬治

宇宙構造・材料工学研究系 教授

衛星のミッション要求は、とどまるところを  
知りません。その中で、観測に使われるアンテナや望遠鏡の口径を大きくしたいのは、観測屋さんの共通の望み。アンテナの口径が大きければ大きいほど分解能、感度において有利であり、アンテナ直径を大きくすることの効果はほかの手法では代替できません。しかし、アンテナを大きくしても形状誤差が大きくては困るわけで、アンテナの鏡面精度要求が観測屋から構造屋に突き付けられます(被害者意識過剰ですが)。

## 大きなアンテナを使う衛星の場合

許容できる鏡面の誤差(理論的なパラボラ面からの誤差)は、使われている観測波長の約1/20から1/50程度。技術試験衛星「きく8号」(ETS-VIII, 2006年打上げ)の大型アンテナ(展開型メッシュ鏡面アンテナ)ではSバンド(周

波数2~4GHz, 波長150~75mm)を使っていたので、鏡面誤差は2乗平均値で2.4mm以下でした。17m×19mの展開アンテナなので、とてもきつい設計条件でした。その大型アンテナの技術を継承したASTRO-G(2012年度打上げ予定)のアンテナでは、1桁短い波長の周波数帯Kaバンド(周波数27~40GHz, 波長11.1~7.5mm)を使うので、鏡面精度は「きく8号」より1桁小さい0.4mm以下を考えています。

実際の鏡面精度の誤差は製造・組み立て誤差以外にもたくさんの要因がありますが、その中で大きいのが太陽光や地球赤外線・アルベドによって熱せられて生じる熱歪誤差です。宇宙での放射線環境によって劣化する材料の寸法変化(弾性率が変化することも考慮)もあります。

## 光学望遠鏡を使う衛星の場合

電波のアンテナであれば鏡面誤差は0.1mmから数mmですが、波長の短い赤外線(波長800nm~1mm)や可視光(波長380~780nm)を使う望遠鏡であれば、鏡面精度要求は一気にマイクロメートルオーダー、ナノメートルオーダーとなります。材料にはガラスが使われて、鏡面誤差が波長の1/20以下となるよう研磨されます。口径を大きくしたいのは観測者の共通の希望であることを最初に書きましたが、この鏡を大きくすると地上では鏡自身の重量により変形してしまいます。地上の大型望遠鏡では、望遠鏡の向きによって異なる変形を補正しながら運用しています。一方、宇宙で使う望遠鏡であれば重力変形はなくなるので、地上で製造・研磨するときに無重力環境で使うことを考慮しなければなりません。赤外線観測衛星SPICA(2017年ごろ打上げ予定)には、ロケットのフェアリングに入るぎりぎりの大きさである3.5m径の望遠鏡を搭載しています(衛星が望遠鏡に搭載されているといった方が実感)。

SPICAの赤外線望遠鏡は遠くの星を赤外線  
で観測するので、望遠鏡自身が赤外線を出してはなりません。そのため、望遠鏡を極低温

図1 17m×19mのアンテナを持つ技術試験衛星「きく8号」(ETS-VIII)

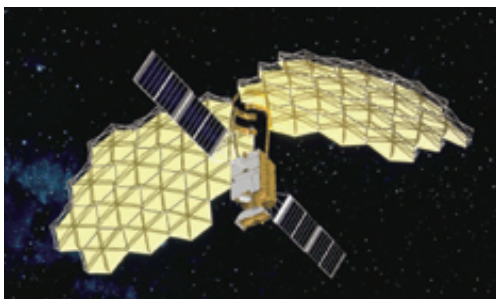


図2 口径9mのアンテナを持つASTRO-G

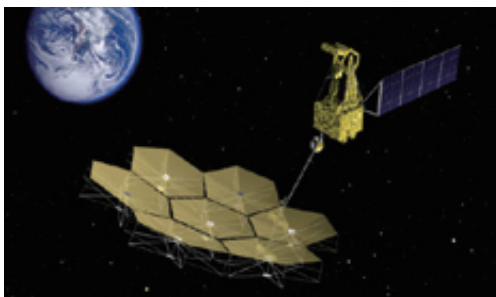
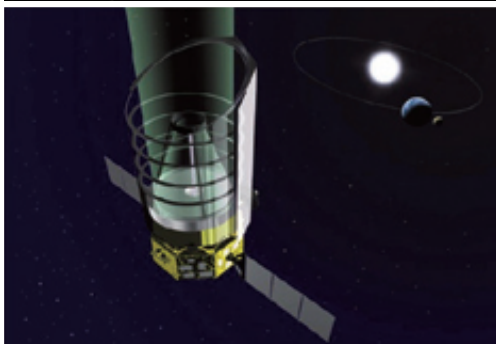


図3 赤外線観測衛星SPICA



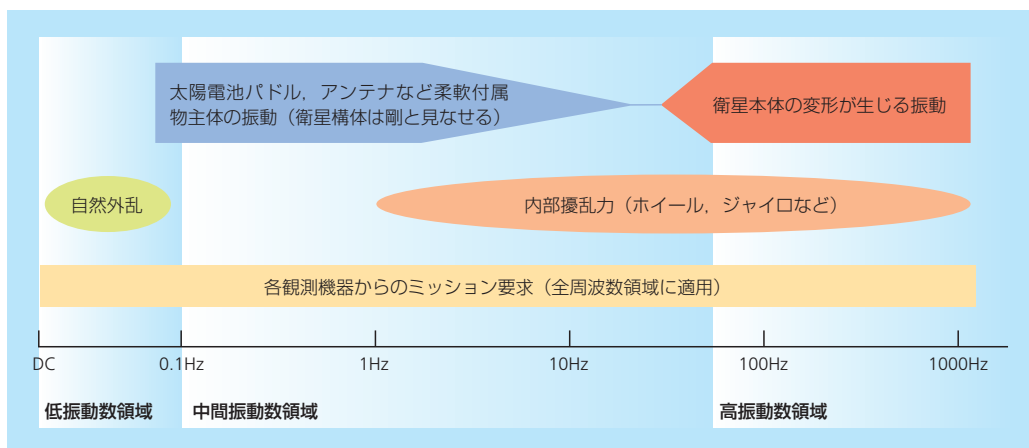


図4 軌道上の衛星の固有振動数と擾乱力との関係

(4.5K) に冷却する必要があります。望遠鏡の製造と研磨は常温で行い、常温で打ち上げて宇宙空間で時間をかけて複数の機械式冷凍機で絶対0度近くに冷やすという使い方をします。その結果、300度近い温度変化でも構造破壊はおろか、熱歪で変形しないような鏡をつくらなければならないという過酷な製造・運用条件となります。材料には熱膨張率の小さいSiC（炭化ケイ素）などが考えられていますが、材料だけでなく、鏡の支持方法も開発課題です。

## 打ち上がったから

さて、このような課題を克服し、ロケット打ち上げ環境にも耐えて、めでたく宇宙空間に行っても、軌道上の衛星は何らかの微小振動（擾乱という）環境にあります。擾乱源としてはジャイロ、制御用ホイール、冷凍機、地球を1周するとき太陽電池パドルを太陽方向に追従させるモーター、それに観測機器自身を動かすモーターなどがあります。このような擾乱力・擾乱トルクが衛星構造を伝わり、ミッション機器の指向性能に影響を及ぼします。特に構造部分を伝達するとき、振動の大きさが構造共振により増幅されるのですが、この正確な予測と抑制が困難です。

指向管理は、ミッションの成否そのものにかかわる重要なシステム技術です。指向精度・姿勢精度というのはあいまいな用語で、指向制御精度、指向安定度、指向決定精度などを定義しなければ数値化できませんが、例えばSPICAでの一番厳しい要求は次のようになります。

まず、目標の恒星に照準を合わせるため検知部の絶対指向制御精度は1秒角以内です。その恒星を隠してまわりの惑星を探して撮影するために、露光時間内に像が動かずボケない条件としての指向安定度が片振幅で1分間

に0.03秒角以内です。1°が60分角なので、1秒角は1/3600°。これは、4km先の1円玉（視直径が2cm）を含む角度ということになります。どうやってこの小さな角度を計測するのかという素朴な疑問もありますが、そもそも機械式冷凍機が複数台動いている振動環境でどうやってこれらの指向精度を実現するのかという課題があります。

一方、ASTRO-Gではやむを得ない擾乱環境にあるにもかかわらず、さらに自分自身で積極的に動いてしまいます。観測上必要な高速スイッチングマニューバといって、大型アンテナを衛星本体と一緒に15秒間で3°回転させ、30秒間計測のために静止して、また15秒かけて3°元に戻すという運動を、頻繁に繰り返します。大型アンテナは剛体ではないのでぶらぶら振動するおそれがありますが、これをピタリピタリと0.005°程度の姿勢角精度で決めてやらなければなりません。この現象は、自転車のハンドルにスイカをぶら下げて、スイカ（アンテナ）を揺らさずにS字カーブを走ることをイメージしてください。

これらの動的問題を図示すると図4のようになります。図で中間振動数領域がASTRO-Gで述べた柔軟付属物と姿勢制御系との干渉領域、高振動数領域がSPICAで述べた擾乱問題の領域です。

## おわりに

衛星ミッションの高度（ハイテク）化に伴い、ローテクの代表である構造も精密機械と同じような役割を担わなければならなくなってきています。これらの課題をどのように解決していくかについては誌面の都合（言い訳には便利な言葉です）で書けませんでした。ともかく一筋縄では解決できないことばかりです（これらの課題を克服して打ち上げるのはもちろんのことです）。（こまつ・けいじ）

## 「あかり」全天サーベイ赤外線天体カタログ初版の完成

赤外線天文衛星「あかり」全天サーベイの成果として、赤外線天体カタログの初版が完成しました。カタログとは、天体の住所録のようなものです。「あかり」カタログは、これまで天文学者に広く使われてきたIRAS<sup>アイラス</sup>カタログに対し、同等のデータクオリティを持つ天体数で約3倍の情報を含み、今後の天文学研究を導いていく基礎資料になると期待されています。

「あかり」赤外線天体カタログは、波長9, 18マイクロメートルの中間赤外線で検出した約70万天体のカタログと、65, 90, 140, 160マイクロメートルの遠赤外線4波長の情報を持つ約6万3000天体のカタログ、二つのパートからなります。

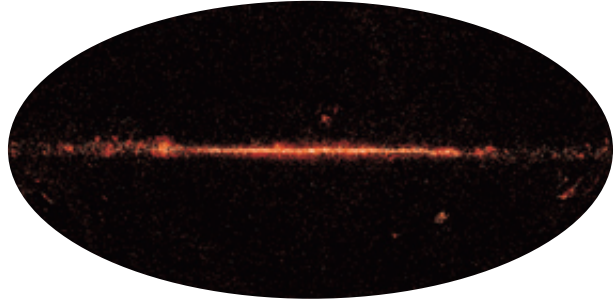
カタログにリストアップされた天体を、天球図上にプロットしたものを図に示します。中ほどで真横に明るく伸びているのが天の川です。画面中央が我々の銀河系の中心方向です。遠赤外線のデータでは、星が現在活発に生まれていて、赤外線天体が密集している領域が明瞭に見えています。天の川から上下に離れたところにある天体は、星生成活動が盛んな遠方の銀河だと考えられています。一方、中間赤外線では、銀河系内の成熟した星の分布が、天の川に沿ってより太い帯となって見えています。

これらのカタログをもとに科学的な解析が進められています。

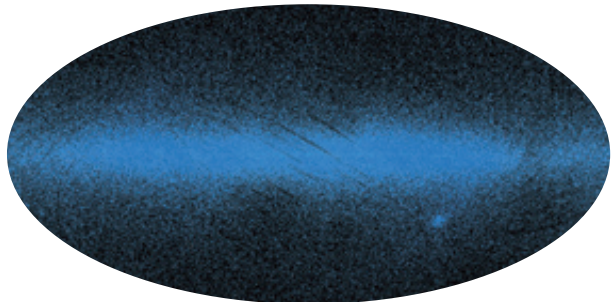
す。並行してカタログの内容の評価・改良作業が進められ、1年後に世界中の天文学者に公開される予定です。

(山村一誠)

遠赤外線カタログ(波長90マイクロメートル)



中間赤外線カタログ(波長9マイクロメートル)



「あかり」赤外線天体カタログに登録された天体の分布

## 小型科学衛星、プロジェクトへ移行

小型科学衛星計画は2008年11月18日、JAXA東京事務所にて行われたプロジェクト移行審査などを経て、1月1日に晴れてプロジェクト化されました。

宇宙科学研究本部では数年来、的を絞ったトップサイエンスを安く早く実現するための枠組みとして、小型科学衛星計画を検討してきました。近年、科学衛星計画は、「世界レベルでトップランナーの成果を」という強いプレッシャーを受け、大型化する傾向にあります。しかし、その方向性は打上げ頻度が落ちる危険性を併せ持ち、打上げ頻度が落ちて成果を得られる機会が減ることは、科学コミュニティとしては若手研究者の経験の場を失わせることにもなりかねません。このような状況の中、科学目的を絞り込み、特徴的な観測・研究に特化することで、安く早く成果を生み出す衛星開発ができないかという議論が高まり、従来の科学衛星を補完するものとして、小型科学衛星シリーズ構想が固まってきました。

小型科学衛星1号機は、1年半ほど前に宇宙科学研究本部(理工学委員会)でゴーが掛かり、東京事務所でのプロジェクト準備審査を経て、プリプロジェクト化されました。その後、プリ

プロジェクトの優先順位付けの議論や、技術審査であるシステム定義審査、さらに、いくつかの観点で開かれた各種ヒアリングや説明会をこなし、プロジェクト移行審査、そのほかの段階を踏んできました。こういった流れの中で、小型科学衛星シリーズ(SPRINTシリーズ)全体としての経営判断をこれから新たに受けることになったものの、1号機の開発そのものについては、審査を完了することができました。関係者一同、審査会対応に慣れていないこともあり苦勞しましたが、とにかく無事に次のステップに進むことができ、安堵しています。

小型科学衛星シリーズは、「小型」とはいいますが、総重量は最大で400kg程度です。この数字は一昔前(M-3S IIロケット時代)の宇宙研の主力科学衛星並みであり、一点豪華主義的に狙いを定めた科学で世界トップレベルの成果を出すことは、決して夢物語ではありません。そのことを1号機(惑星極端紫外線望遠鏡衛星)の開発・運用を通して、惑星大気流出メカニズムの解明や木星プラズマ圏の発光エネルギー収支の解明などの科学的成果を得ることで、証明していきたいと考えています。

(澤井秀次郎)

## 全天X線監視装置(MAXI)の打上げ準備実施中

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載される実験装置の最終準備作業が、米国NASAケネディ宇宙センター(KSC)で行われています。宇宙科学研究本部が有人宇宙環境利用ミッション本部と協力して開発を進めてきた「全天X線監視装置(MAXI: Monitor of All-sky X-ray Image)」も、2008年11月18日より現地にて最終的な機能試験が行われ、

すべての機器が正常であることが確認されました。「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載されるもう一つの実験装置である宇宙環境計測装置(SEDA: Space Environment Data Acquisition Equipment)とともに、スペースシャトル・エンデバー号により2009年5月に打ち上げられる予定です。

KSCでは一連の機能試験のほかに、実際に船外活動によりMAXIの組み立てを行う宇宙飛行士(クルー)による確認試験も行われました。この試験はCEIT(Crew Equipment Interface Test: クルー使用機器インタフェース試験)と呼ばれるもので、有人宇宙機に搭載される機器に特有の試験です。特に安全性の観点から、船外活動への作業上の問題はないか、宇宙服に穴を開けるような鋭利な突起物がないかなどを確認するため、MAXIを直接ベタベタと触って確認して



CEIT終了後、STS-127フライトクルーとの記念撮影。宇宙飛行士用の青い作業服を着ているのが船外活動を行うクルー。左からWolf飛行士、Marshburn飛行士、Cassidy飛行士。Marshburn飛行士の後ろが筆者。

いきます。MAXIの開発担当としては「やめてくれ〜」と言いたくなるような試験ですが、どうしても触ってもらっては困るような個所(カメラやラジエータなど)は触らないよう、事前をお願いしておきます。

また、MAXIは、打上げ時にほこりやごみからカメラを守るための「コンタミカバー」と、熱保護のためのカバーを着けたまま打ち上げられます。これらのカバーは船外活動でク

ルーが取り外す計画なので、この試験で実際に取り外し作業を行い、その作業性を評価していただきました。このうちコンタミカバーについては、センサーへの影響を少なくするためなるべく軽くて、かつ船外活動でクルーが簡単に外せて、さらに回収時にかさばらないようにする必要がありました。いろいろ検討した結果、最終的にはテント専門メーカーである(株)小川テックの協力を得て、ゴアテックス製のカバーを開発しました。このカバーは片手で引っ張れば簡単に外れる優れもので、クルーの評価も上々でした。試験を行ったWolf飛行士から、「これまでさまざまな実験装置を見てきたが、これほど素晴らしいものはない」との最大級の評価を頂きました(半分お世辞かもしれませんが)。写真は試験後のクルーとの記念写真です。(川崎一義)

## 「文化事業等協力協定」の締結について

相模原市と宇宙航空研究開発機構、東京国立近代美術館は、2008年12月4日、相模原市役所において、連携して文化事業を進める協力協定を締結しました。

相模原市立博物館とJAXA相模原キャンパス、東京国立近代美術館フィルムセンター相模原分館は、それぞれ米軍キャンプ淵野辺跡地に拠点を置いており、今後、それぞれの「資源」を有効活用したイベントや施設の相互利用などを進めていきます。その一環として、相模原キャンパスの一般公開に併せて開催される博物館での宇宙関連イ



右から、加茂川幸夫 東京国立近代美術館長、加山俊夫 相模原市長、井上一 JAXA 理事。

ベントやフィルムセンター相模原分館での映画鑑賞の実施、淵野辺公園で行われる市主催事業への協力などを行う予定です。

協定書には宇宙航空研究開発機構を代表して井上一理事が署名し、「理科離れを指摘される中、宇宙のこと、自然科学のことを子どもたちにもっと知ってもらうために学校教育などで貢献していきたい」との考えを示しました。

今後は協定書に基づき発足した「文化事業等連絡協議会」を通じて、詳細な協力内容を検討していくこととなります。(鈴木保志)

## RVTターボポンプ式エンジン第3次地上燃焼試験(RVT-13)

宇宙科学研究本部では、再使用型宇宙輸送システムの実現に向けた基礎研究の一環として、垂直離着陸型の「再使用ロケット実験機」を使った運用実験、RVTを続けています。2004年度以降、システムの中核をなす液体酸素/液体水素推進系の技術課題に、基礎研究として構築・運用できる範囲で本格的に取り組むため、推力8kN級ターボポンプ式エンジンの開発を進めています。既存の構成部品を上手に活用するなど工夫を凝らし、限られたリソースで垂直離着陸飛行実験にかなうシステムをつくり上げることは、従来のエンジン開発の常識からかけ離れた冒険的な試みとなっています。



機体に搭載された液体酸素/液体水素エキスパンダーサイクルエンジンの地上燃焼試験

試作エンジンと推進剤供給系を実験機の構体に組み込んで行うシステム燃焼試験は、今回が3シリーズ目となります。2007年度実施の前回シリーズ以降、液体水素ターボポンプ(FTP)が性能と信頼性の面で改良されてきました。そして2008年10月に、角田宇宙センターにおいてその単体試験を行い、良好な運転特性を確認しました。

実験班は、12月初旬の能代多目的実験場で、冬の日本海沿岸の厳しい気象条件の合間を縫って9回の燃焼試験を行い、エンジンの限界特性や機体システムへの適合性を見極める飛躍的な成果を挙げることができました。まずは起動運転が成功して関係者一同胸をなで下ろし、準静的、動的な推力制御(周波数応答、ステップ応答)に加えて低推力の限界を調べる挑戦的なディープスロットリング試験も成功させています。この3年間連続して実施した燃焼試験を通して実験班の若返りも進み、20代、30代が中心になって革新的なシステム開発に挑む体制が出来上がりつつあることも、忘れてはならない成果でしょう。

角田宇宙センターでのFTP単体試験に始まる約3ヶ月間の実験に参加された皆さん、本当にお疲れさまでした。また、実験の実施にご協力いただいた各方面の方々に感謝致します。次の燃焼実験へ向けてすでに準備が始まっております。また、よろしくお祈りします。(徳留真一郎)

## 平成20年度日本-ブラジル共同気球実験

平成20年度日本-ブラジル共同気球実験は、11月17日から、ブラジル連邦共和国国立宇宙研究所(INPE)との共同でサンパウロ州カシュエラパウリスタにおいて実施されました。6年計画の第4年次となる今年度は、気球搭載遠赤外線干渉計による観測実験(FITE)を計画しました。しかし、日本からブラジルへの測定器の輸送中に干渉計の光軸にずれが生じ、現地での再調整を試みましたが、連夜の激しい雷雨など天候不順に準備を阻まれました。気球飛翔が可能な期間中に準備を整えられる見

込みがないと判断して、残念ながら今季の実験実施を見送り、12月11日に日本-ブラジル共同気球実験を終了しました。

今年度は飛翔実験実施には至りませんでした。現地でしか行えない放球当日作業のリハーサルなどを通じて、来年度以降のFITE実験の礎となるさまざまな知見を得ることができました。今後、日本に必要な機材を持ち帰り、測定器の調整、改良を行い、次の機会に向けて万全を期す所存です。(吉田哲也)

### ロケット・衛星関係の作業スケジュール(1月・2月)

|       | 1月 | 2月                     |
|-------|----|------------------------|
| ノルウェー | ●  | ●                      |
|       |    | S-310-39号機 フライトオペレーション |

第6回

# きぼうの科学

## PADLES 宇宙放射線計測実験がスタート！

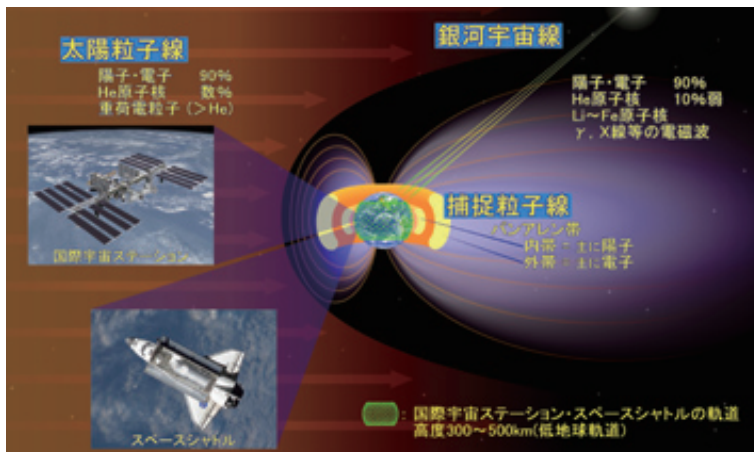
宇宙環境利用センター 開発員

永松愛子

スペースシャトルやミール宇宙ステーション、国際宇宙ステーション (ISS) の飛行高度は約300～550kmです。このような低地球軌道 (LEO: low earth orbit) での宇宙放射線被ばくの最も重要な原因は、銀河宇宙線、地球磁場に捕捉された陽子線、太陽粒子線です。LEOを飛行する宇宙船内の線量率は、飛行高度、飛行傾斜角、遮蔽条件、11年周期で変動する太陽活動に依存して、常に変化します (図1)。長期宇宙滞在のリスク評価や遮蔽設計、飛行計画策定のために、被ばく線量測定データの蓄積が求められています。宇宙飛行士のフライト当たりの滞在日数や生涯搭乗日数は被ばく量で制限されるため、宇宙放射線計測には高い精度が必要です。

宇宙放射線環境特有の広い線エネルギー付与 (LET) 領域 (0.2～1000mm/keV) の高精度の被ばく線量計測をするために、熱蛍光線量計とプラスチック飛跡検出器を組み合わせた線量計測原理を採用した受動・積算型宇宙放射線計測システム (PADLES: Passive Dosimeter for Life Science Experiments in Space) の技術開発と、ISSへの搭載準備を進めてきました。開発したPADLES線量計は2.5cm角、厚さ5mm程度と小型なので、生物試料のごく近傍に設置が可能であり、人体への装着も容易です。また、複数のソフトウェアを組み込んだ解析プログラムを構築したことで、帰還後2週間以内に

図1 低地球軌道(LEO)宇宙放射線環境



線量計の解析が可能となりました。

日本実験棟「きぼう」の打上げと同時に、PADLESによる3つの宇宙放射線計測実験 (Area PADLES, Bio PADLES, Crew PADLES) がISSで実施されています。

Area PADLESは、「きぼう」運用期間中の継続的な定点環境モニタリングを行う実験です。2008年6月、STS-124/1Jミッションで「きぼう」船内にArea PADLES線量計が搭載され、環境モニタリングが開始されました。今後は、約6～8ヶ月ごと(年1～2回)に線量計が回収・交換される予定です。

Bio PADLESは、国際公募テーマや1次選定テーマ公募で採択されたライフサイエンス実験の研究者からの依頼を受けて線量計を搭載し、生物試料の被ばく線量計測を行う実験です。生物試料のごく近傍で測定するために、生物試料とともに幅広い温度環境 (冷凍庫の-80℃から細胞培養装置の37℃まで) での運用が要求されます。

Crew PADLESは、ISS搭乗宇宙飛行士の被ばく管理を行うための個人被ばく線量計測実験です。Crew PADLES線量計は、ポリカーボネート製のケースにストラップが付いた、軌道上で宇宙飛行士が携帯しやすい形状になっています。宇宙飛行士は、船内・船外活動を通してフライト期間中は、この線量計を常時携帯します。「きぼう」の搭載と同時に、土井隆雄・星出彰彦宇宙飛行士の個人被ばく線量計として利用されました。

Area PADLES, Bio PADLESの測定結果は、ISS船内宇宙放射線環境データベース (PADLESデータベース [http://idb.exst.jaxa.jp/db\\_data/padles/NI005.html](http://idb.exst.jaxa.jp/db_data/padles/NI005.html)) で一般に公開されます。「きぼう」船内で行う宇宙実験テーマの提案者に実験計画立案のための放射線環境情報を提供するとともに、宇宙飛行士の長期滞在における宇宙放射線のリスク評価に役立つと期待されています。(ながまつ・あいこ)

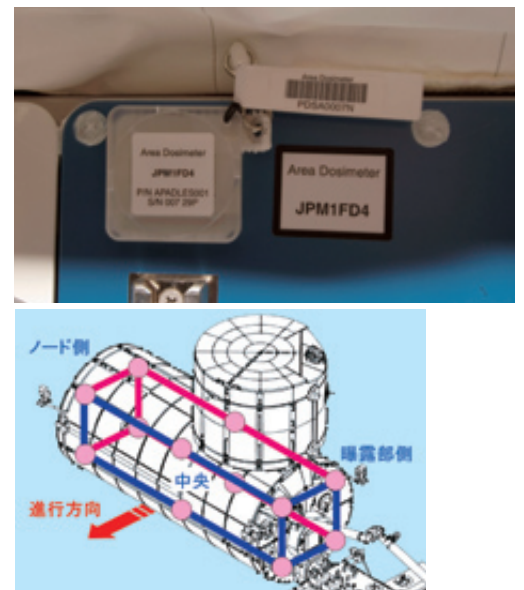


図2 上: Area PADLES線量計の「きぼう」船壁への設置例 下: Area PADLES線量計の「きぼう」内での設置箇所 (丸印)

ハロン湾、水ロケット子どもたち、そしてフォー

APRSAF-15とベトナムの思い出

APRSAF-15 (第15回アジア・太平洋地域宇宙機関会議、開催国を替えて毎年開催)が2008年12月9日から12日まで、ベトナムのハノイ市、およびハロン湾で開催された。また関連の宇宙教育イベントとして、ポスターコンテストと国際水ロケット大会が行われた。APRSAFについては、詳しくは公式のホームページ (<http://www.aprsaf.org>) を見ていただくとして、今回はベトナムの思い出を中心に語ってみたい。

動の(活気あふれる)町ハノイ市と、静かさと美しさを誇る世界自然遺産ハロン湾を会場に組み合わせるあたりに、ホスト国の粋な計らいを感じる。

ハノイの朝夕は相変わらず、といっても訪れるのは2回目だが、ほとんど交通ルール無視の通勤・通学のバイク、車、歩行者でごった返し、自己存在をアピールするいろいろな音色のクラクションが鳴り響いている。ベトナムの仲間に聞くと、交通事故があまりにも多いので、1年前からバイク搭乗者へのヘルメット着用が義務

付けられたとのこと。そういえば、運転者も同乗者もほとんどが着用している。罰金がかかなり高いという。そうはいつでも、見ている範囲ではぶつかるとは少なく、暗黙の譲り合いがあるようにも思える。いずれにしても、自分の進行方向を守るためには一瞬の躊躇も許されない感じで、とてもレンタカーを運転する気にはなれない。

会議3日目午後のハロン湾への移動は、大型バスで3時間半の長旅であった。目的のホテルに着いたころにはすでに辺りは暗く、いにしへの世に中国がベトナムに侵攻してきたとき龍の親子が現れて敵を破り、その際に口から吐き出した宝石が姿を変えた、と伝えられる数千の奇岩や島々を見ることはできない。歓迎レセプションで総議長のソン・ベトナム科学技術院副院長から、今日はもう無理だが、明朝はぜひ早起きして美しい日の出を見て、素晴らしい気分になったところでお互いの親交を深めてもらい

たい、とのあいさつがあった。

翌朝5時半に起きて東の方を見ると、うっすらとオレンジ色の空が、まだ霞んでいる島々の上に広がっている。少し雲もあるし太陽を拝むにはもう少し時間がかかりそうである。6時を少し過ぎたころ、ついにオレンジ色の太陽が昇った(写真)。グレーの空、オレンジの太陽、悠然と連なる島々と手前の海に映る朝日が、写真で確認できるだろうか。写真撮影にはとんと疎いので、言い訳になるが、M-VやH-II A ロケットが吐き出すオレンジの炎もそうだが、ここまで進んだカメラ技術でも、この微妙なオレンジ色の輝きは再現できないのではないかと。

この日の正午までにAPRSAF-15の公式行事はすべて終了し、その後には、ハロン湾クルーズが企画されていた。ほとんどの参加者はそちらに向かったが、私を含め宇宙教育関係者は、土曜日からの国際水ロケット大会の準備のためにハノイに帰るの必要があり、残念ながら奇岩や島々を近くで見た感想を伝えることは今回できない。

最後の行事となるAPRSAF国際水ロケット大会は、12月14日、ハノイ市内の教育大学のグラウンドで行われた。アジア各国の予選を通過した9ヶ国20人の子どもたちが、日ごろ工夫・研究した水ロケットで定着地を争った。1位はシンガポール代表、2位日本代表、3位は同得点で5ヶ国5人の代表という結果になった。この大会のもう一つの目的は、子どもたちの国際交流である。ベトナムとの調整を含め、これだけのいろいろな国の子どもたちに集まってもらうには相当の苦勞もあったが、2日間、子どもたちは言葉の壁を超え、すぐに仲良くなって本当に素晴らしい笑顔を見せてくれた。それを見ると、来年への意欲がまたあらためてわいてくる。

帰国の日の日本へのフライトは、深夜23:55。タクシー半日ハノイ市内コースは安く(1人15US\$)、場所指定でもお任せでもOKで、大変便利。途中でフォー(Pho)が食べたいと運転手に言うと、すぐに、ほとんど目立たない小さな店に降りしてくれた。店内に座ると、特にオーダーしなくても勝手にフォーが出される。これが大変な美味。後で知ったのだが、ガイドブックにも出ている有名店(レストランMai Anh)であった。フォーは1杯約15万ドン(約105円)で、ベトナム滞在を締めくくる素晴らしい思い出をつくってくれた。(ひろはま・えいじろう)



ハロン湾から昇る太陽

宇宙教育推進室室長

広浜栄次郎





# 「フォッサマグナ」と再保険

ロケットの打上げ、巨大タンカー、航空機から地震、火山噴火、火災、水害などに至るまで、あらゆるところで保険がかけられているのが現代社会である。

21世紀に入ってからマグニチュード6以上の地震が日本近傍で起きる回数が増えているといわれている。この機会に地球規模の災害観測を人工衛星で行うことが増え、関連するデータを調べるうちに奇妙な表に出会った。それが世界の「大都市の災害危険度指数」である。しかも、ミュンヘン再保険会社によってつくられたものである。この指数は災害性、脆弱性、経済性などを表示している。都市として代表的なものを挙げると、ニューヨーク42、ロサンゼルス100、サンフランシスコ167、大阪・神戸・京都が92、そして東京・横浜が710となっている。いったい何を根拠にして決められたのか分からない。そこで関係するところに問い合わせしたが、やはり分からない。もちろん日本の保険会社もミュンヘンまで行って調べたが、こう決まっているという返事だったという。確かに日本は地震を中心に災害が多いが、あまりにも差があり過ぎる。

疑問の解けないまま「再保険」とは何かと調べたら、我々の知らないことがずいぶんとあることに気が付いた。保険会社は大きな保険を受けるときは、共同でグループ保険をかけている。これを引き受ける世界的な大手が、ロイズ保険組合やミュンヘン再保険会社などである。その調査能力と優れたシステムは、権威ある船舶のロイド級にもその一例が見ら

## 坂田俊文

(財)地球科学技術総合推進機構 会長

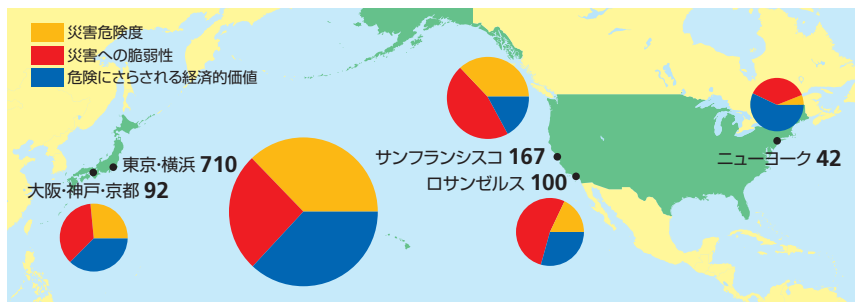
れるようだ。しばらく住んでいたミュンヘンにこんな会社があることなど知らなかった。

ところで、ドイツのバイエルン地方は、かつて中世の香りのする王国があったことで知られている。このバイエルン王国から日本に派遣された学者がいる。欧米に後れを取った日本は、明治維新によってヨーロッパの国々から学者を招き、大学や政府の研究機関を整備した。いわゆるお雇い外人である。ハインリッヒ・エドムンド・ナウマン博士は1875年に東京大学地質学教室の初代教授として着任し、後に地質調査所(現 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)の設立に尽力し、調査責任者として日本の本格的な地質図を完成した。この調査を通じて行われた日本のゾウの研究における功績を記念して、野尻湖で発掘されたゾウにナウマンの名が付けられた。ナウマンの日本滞在中に報告された論文は十数編もあり、東北日本と西南日本を分ける地溝帯を「フォッサマグナ」と名付けた重要な発見と調査の報告もある。この報告は「日本の地質と地理への貢献」第2論文

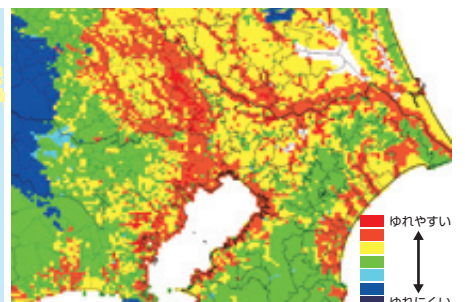
「フォッサマグナ」であり、ドイツ語で『ペーターマン地理学報告集』別巻18号(1893年)に記載されている。また一方でナウマンは、古文書や文献による調査から、歴史的災害の詳細な研究も行っている。1885年にはドイツに帰国し、ミュンヘン大学に戻っている。ナウマン博士がいたと思われる地質学研究所の隣には薬剤の研究者バイエルン博士が出た生化学研究所がある。その隣にある物理化学研究所に、小生は2年ほど滞在していた。そんな関係で興味を持って調べているうちに、シーボルトの墓もミュンヘンにあることに気が付いた。

そこで、ミュンヘン再保険会社の創立は1880年であることから、次のようなことが推定される。江戸時代の末期からアジアの国々の植民地化をうかがっていたヨーロッパ諸国は、新興国日本の動きを監視してさまざまな調査を進めていた。ドイツも同様で、オランダの医務官としてドイツ人シーボルトを長崎に派遣していた。シーボルトは江戸に行くことになり、評価の高かった伊能忠敬の日本地図を入手することになる。これは間宮林蔵によって告発され、有名な疑獄になる。関係者は死罪になるが、シーボルトは国外追放を言い渡される。後に浦賀にやって来たペリー率いるアメリカ艦隊は、この「伊能忠敬の日本地図」を持っていたといわれている。

いろいろな歴史的事実から推論すると、ミュンヘン再保険会社の「大都市の災害危険度指数」は、長期にわたる日本調査の結果であろうかと思われる。(さかた・としぶみ)



ミュンヘン再保険会社による大都市の災害危険度指数 ("Annual Review: Natural Catastrophes 2002" Münchener Rück Munich Re Group を改変)



表層地盤のゆれやすさマップ(関東地方)

# “宇宙研の職人”を育てたい

宇宙科学技術センター ミッション機器開発グループ グループ長

徳永好志

## ——人工衛星の熱真空試験を担当されているとのことですが、どのような試験ですか。

徳永：宇宙環境をチャンバーという大きな容器の中につくり出し、人工衛星をその中に入れ、本体や搭載機器の温度が想定された範囲内に収まっているかどうかを調べる試験です。宇宙の環境は高真空・極低温で、衛星の太陽に面している側は加熱され、反対側は冷やされます。そのような環境をつくるため、チャンバー内を高真空にし、液体窒素を使って-190℃に冷却します。太陽による加熱は普通、太陽と同じ明るさの平行光線を当てることで模擬しますが、その装置はとても大掛かりで電気代もかさみます。宇宙研では、人工衛星の表面にヒーターパネルをはり、それを加熱する方式を採っています。宇宙研の熱真空試験装置は、最先端ではありませんが、小回りが利く優れものなんです。

熱真空試験に合格しなければ、人工衛星・探査機は打ち上げることができません。宇宙研が打ち上げた衛星・探査機すべてに私の指紋が付いている。それは私の誇りです。

## ——現在使用している熱真空試験装置の設計・建設も担当されたそうですね。

徳永：宇宙科学研究本部の前々身に当たる東京大学宇宙航空研究所では、直径2.4mの熱真空試験装置を駒場キャンパスに持っていました。しかし、当時計画していたハレー彗星探査機は直径2.5mと大きくて入らないため、新たに直径4mの装置を駒場に建設しようとしていました。ところが同じころ、宇宙科学研究所への改組と相模原キャンパスへの移転が決まり、熱真空試験装置とその建屋が一番乗りで相模原に建設されることになったのです。木を伐採し、道をつくることから始めたんですよ。1985年に完成。ハレー彗星探査機の熱真空試験が終了して合格となったとき、宇宙研の大事なプロジェクトの一端を担ったんだという実感がわいてくるとともに、心からほっとしました。

## ——なぜこの仕事に？

徳永：歯科医になろうと東京の大学をいくつか受験したものの、受かったのは滑り止めの工学院大学電子工学科だけでした。アルバイトを探しているとき、東大宇宙航空研究所の非常勤技官の募集を目にしたのが、この仕事にかかわることになったきっかけです。入ってみると、研究室の先生や学生の実験の手伝いが主な仕事で、それがとても面白かった。それは今でも同じです。

大学卒業後、技官職員として採用されました。熱真空試験に携



とくなが・よしゆき。1949年、兵庫県生まれ。工学院大学電子工学科卒業。1970年、東京大学宇宙航空研究所小口研究室非常勤技官。1975年、同大島研究室技官。宇宙科学研究本部技術開発部基礎開発グループ副グループ長、グループ長を経て、2008年から現職。各種衛星の熱真空試験に携わってきた。

わるようになったのは、たまたま配属先の研究室が担当していたからです。私は、「こうなりたい」と目標を持って歩んできたわけではありません。私の人生は、偶然の出会いによってどんどん変わっているのです。

## ——一番の難産だった人工衛星・探査機は？

徳永：ASTRO-Eです。装置に入るぎりぎりのサイズで、無理やり入れて試験しました。しかし、打上げ失敗。とても悔しかった。打上げのとき、私はクリスマス島の受信局にいました。予定時刻になってもASTRO-Eからの電波が来ない。アンテナを動かして探し、ASTRO-Eが北の地平線ぎりぎりにパッと現れ、落ちていく様子をとらえました。そのデータは打上げ失敗の原因解明に役立ちました。

## ——受信の仕事をすることもあるのですか。

徳永：熱真空試験がないときには、内之浦宇宙空間観測所や能代多目的実験場、あきる野実験施設などで行う実験にも参加します。能代では、スタンド班やガス供給班として、旋盤やボール盤を使った試験設備の製作、試験装置を設置するためのクレーンやフォークリフトの運転、高圧ガス設備の管理など、いろいろな仕事をしています。宇宙研の職員は一人ひとりが専門を持った職人でありながら、広く深い知識を持っています。だから縦系列はもちろん、横にも動くことができます。それが、数々のプロジェクトを成功に導いたのです。

## ——特に注目しているプロジェクトはありますか。

徳永：再使用ロケット実験機（RVT）は特に面白いですね。自分たちでロケットをつくる、しかも配管を曲げるところからやるなんて、宇宙研でしかできません。でも、冬の能代での実験は、私にとって一番つらい仕事です。日本海から冷たい吹雪が吹き付け、耳や手が凍りそうです。もう格好なんて気にしてられないと、目出し帽をかぶった怪しい姿で作業をしています。

## ——最後に、夢を聞かせてください。

徳永：後継者を立派に育てることです。JAXAでは現在、若手職員は数年で配置替えになるため、後継者をじっくり育てることができません。現場の仕事はアウトソーシングするという方針ですが、それをしていたらJAXAに技術は残りません。今すぐにも手を打たないと手遅れになってしまうと危惧しています。

ISAS ニュース No.334 2009.1 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部  
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL: 042-759-8008

本ニュースは、インターネット (<http://www.isas.jaxa.jp/>) でもご覧になれます。

デザイン／株式会社デザインコンピビア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記

明けましておめでとうございます……と言いたところですが、あっという間の年越し。積まれた仕事にアゼンとじています。そんな忙しい日々から生まれる宇宙科学の成果を、今年も楽しくお伝えしたい。  
(紀伊恒男)

\*本誌は再生紙(古紙100%)、大豆インキを使用しています。

R100  
古紙配合率100%再生紙を使用しています

PRINTED WITH  
SOYINK  
Trademark of American Soybean Association