



観測ロケットS-520-28号機打上げの瞬間。  
2012年12月17日16時、内之浦宇宙空間観測所。

## 明けましておめでとうございます

小野田淳次郎  
宇宙科学研究所長

ご存じのように、宇宙基本法に沿って国としての宇宙政策を一体的に推進する体制が整備され、昨年7月には内閣府に宇宙政策委員会と宇宙戦略室が新たに設置されました。この新体制のもと、宇宙基本計画の改定が行われつつあり、現在はその最終段階にあります。昨年末時点の案では、「宇宙科学等のフロンティア」が重点3分野の一つとして掲げられ、宇宙科学については、今後も学術コミュニティの英知を集結して世界最先端の成果を目指すべきことや、大型プロジェクトをほかの目的と連携して実現する仕組みを検討すべきことなどが述べられています。我々としてはこれに十分にこたえていきたいと思ひます。この基本計画に沿って2013年度から5年間の次期JAXA中期目標が示され、その目標に対して次期JAXA中期計画を策定することになります。

JAXA内、宇宙研内では上記の議論を踏まえつつ、次期中期計画の議論が行われています。宇宙科学については、

宇宙研がノードになり大学などと連携してトップサイエンスセンターを構築するとともに、プロジェクトについては、従来の中型科学衛星を中心としながらも大型科学衛星から小規模プロジェクトまでを視野に入れ、あらゆる機会を活用して成果の創出を目指すことを考えています。

言うまでもなく、立ち上げた宇宙科学プロジェクトは確実に実行して、世界最先端の成果を創出する必要があります。今年は小型科学衛星の初号機である「惑星分光観測衛星」(SPRINT-A)が新開発のイプシロンロケットで内之浦から打ち上げられます。この衛星にはセミオーダーメイド型の標準バスという新しい試みが織り込まれています。イプシロンロケットはMロケットの血筋を引く全段固体ロケットで、プロジェクトマネージャーをはじめ宇宙研の多くの方々がその開発に携わってきたものです。久々の科学衛星打上げをはじめ、さまざまな意味で今年が良い年になるよう、力を合わせていきたいと思ひます。(おのだ・じゅんじろう)

# 化合物半導体を用いた 高機能集積回路の開発と宇宙応用

川崎繁男

宇宙機応用工学研究系 教授

宇宙用を含むワイヤレス通信機器では、ハードウェアの低コスト化は重要な研究開発の一項目です。その解決策の一つに集積回路による省面積化・高機能化が挙げられます。特に要となる高出力や低雑音の増幅回路には、高機能集積回路技術の適用が必須となります。

我々の研究グループでは、化合物半導体モノリシックマイクロ波集積回路 (MMIC) 技術を用いて小型モジュールの高機能化を達成しました。これらについて小さな規模のデバイスからそれらを用いた電子機器まで、宇宙用も含めて解説し、その成果を述べたいと思います。

## 化合物半導体とマイクロ波集積回路

スマートフォンやコンピュータの中で電波やケーブルを使ってデータ通信するための重要な部品として、コンデンサや抵抗、コイルのほかにトランジスタというものがあります。これらを小さなサイズでまとめたものを集積回路 (Integrated Circuit: IC) と呼んでいます。これまでトランジスタやICの材料には、シリコン (Si) が多く用いられてきました。しかし、動画や多量のデータを送るには高速の素子 (デバイス) やそれを用いたICが必要です。これらに用いられる材料が化合物半導体で、ガリウムヒ素 (GaAs)、インジウムリン (InP)、窒化ガリウム (GaN) が有名です。

これら化合物半導体を用いたデバイスは、その内部で動く電子のスピードが非常に速く、高速・高周波で回路を動作させることができ、高性能デバイスや回路が実現できます。ただ、それらの半導体はSiのように単分子ではなく、異種の分子の結合でつくられるため、そのデバイスの製法や抵抗などの素子との集積化には高度な技術が必要と

なります。

Siや化合物半導体の上に、抵抗やコンデンサ、コイルなどの素子を作製し信号を伝えられる線路で結ぶと、非常に高い周波数の電波や超高速通信ができる小型のICが出来上がります。これをモノリシックマイクロ波集積回路 (MMIC) と呼んでいます。MMICの構造は、純粋なSiや不純物が極力少ない化合物半導体でつくられる半絶縁性基板 (完全な絶縁体ではないが、金属に比べて抵抗率は高い) の上に、エピタキシャル層と呼ばれる不純物を含んだ電子が走行 (伝導) する領域やこの電子が伝導するために必要な電子を供給する層、さらに電極のための金属パッドおよび薄い絶縁膜層が積み重なってできています。

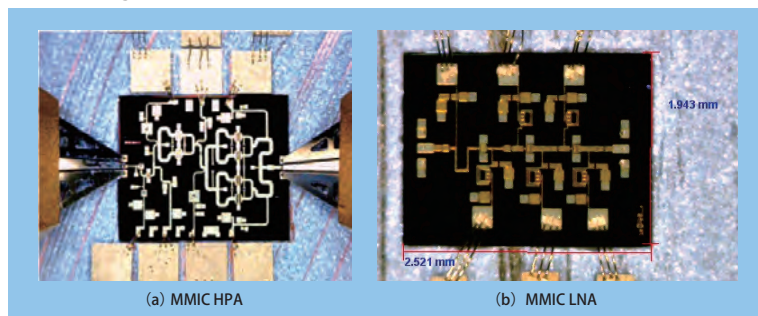
また、このエピタキシャル層には電子露光技術を使って、回路パターンが  $0.1\ \mu\text{m}$  程度の線幅から、 $100\ \mu\text{m}$  程度の四角い金属パッドまでを形成し、低周波の抵抗やコンデンサ、コイルに当たる素子を集積化していきます。これらの技術を使って  $1\text{mm}$  四方以下の電界効果トランジスタ (FET) から、 $5\text{mm}$  四方のマイクロ波の増幅回路などをつくっています。最近では、非常に小さいアンテナ (例えばパッチアンテナ) も、このMMICに集積化しようとしているのですが、これがいわゆるワンチップ送受信機です。

## 高機能MMICの開発

MMIC技術を使って省面積化が実現すると低コスト化が実現しますが、実はこれに加えて高機能化も実現できるようになります。それは、小さな回路の中では、情報や電力を効率よく伝えることができるようになるからです。我々の研究グループは、化合物半導体MMIC技術を用いて高機能小型モジュールを実現してきました。さらに、応用として移動体通信や宇宙通信において、電波の領域の人工媒質 (結晶) であるメタマテリアルを含む能動回路や高性能小型通信機の試作を行い、化合物集積回路の応用展開を広く行っています。

通信機器において、一般の増幅回路としては高出力増幅器 (HPA) と低雑音増幅器 (LNA) があります。ここ10年ほどの世界的傾向として、アプリケーションレスの回路モジュール開発が盛ん

図1 Ku帯 GaAs MMIC  
HPAとMMIC LNA



になってきており、マイクロ波分野でもデバイスや回路を外部の企業に委託して試作するファンダリーサービスが行われるようになってきています。しかし、ファンダリーサービスは設計法やできたICの性能まで保証するものではなく、我々研究グループが持っている独自の高精度な設計法とその検証技術を用いなければ、世界トップクラスのMMICをつくり出すことはできません。図1に示したMMICは、試作したKu帯（12GHzから18GHzの周波数帯）で動作するMMIC HPAとMMIC LNA（サイズは2つともほぼ同じで、2.5mm×3.0mm程度）です。モノリシック化しない場合と比較すると性能は同等かそれ以上で、大きさ・重量は大ざっぱに言って100分の1以下です。HPAはこの大きさで出力400mW程度、LNAは10～14GHzで雑音指数1.7dB（0.96dB@10GHz・113K）を達成しました。これらの性能は、世界トップクラスです。

さらに新高機能増幅器として、信号を後ろ向きに伝搬させることができる特徴を持つメタマテリアルと、半導体増幅回路を多段に組み合わせた分布型増幅器と結合した周波数変換器（ミキサ）を、GaAs MMIC技術を用いて試作しました。これを図2に示します。上部はメタマテリアル伝送線路、下部は多段のFET増幅機能付きミキサで、両方のインピーダンスをうまく調整して構成されており、非常にコンパクトな構成で、効率よく増幅器として、またミキサとして動作します。

## 宇宙応用への展開

これまでに紹介した技術は、民生用として発展してきたものですが、宇宙用としても展開できる技術です。現在の民生用高機能集積回路としては、Siを用いたデジタル信号処理の超大規模集積回路（超LSI）が主流となっていますが、近年、マイクロ波帯でもSiを用いたRF-CMOSと呼ばれるマイクロ波アナログ集積回路ができるようになってきました。その性能はまだ化合物半導体のMMICには及びませんが、これら3者を組み込んだHySiC・RF-Mixed Signal ICと呼ぶ高機能集積回路を筆者らは提案しています。HySiCとはHybrid Semiconductor Integrated Circuitのことで、Siベースのアナログ・デジタル混成IC上に、化合物のMMICを融合させたシステムオンチップです。

モジュールレベルでは、前記高性能デバイスやMMIC増幅器と小型アンテナを集積化したアクティブ集積アンテナ（Active Integrated Antenna：AIA）の試作を行ってきました。さらに、機械的な操作ではなく、制御電気信号によりアンテナビームの方向を変化させる電子ビーム走査型

アクティブ集積アレーアンテナ（Active Integrated Phased Array Antenna：AIPAA）を実現しようとしています。これらはHySiCと組み合わせて、衛星搭載用電子機器の集積化による小型軽量化や、衛星内のワイヤハーネスをなくしてペイロードの課題を低減する衛星内ワイヤレス通信化を実現するために必要な技術だと考えています。

MMICではありませんが、高性能デバイスを用いた高出力増幅器（HPA）では、周波数帯が2から4GHzのS帯、および、8から12GHzのX帯で動作する、GaNの半導体デバイスを用いた場合で100W級、これを並列合成させた回路の場合で200W級固体高出力増幅器を設計・試作し、その高効率化に成功しました。この増幅器では、デバイスを動作させる直流電力を効率よくマイクロ波で出力させるように高い変換効率が要求されますが、我々の場合63%という値を達成しました。これは、従来の電子管より優れた性能を実現できています。これらを固体冷却器（ペルチェ素子）と組み合わせたコンパクトな固体電子高出力増幅器（SSPA）を試作し、1kW出力を達成できました。図3にそれを示します。放送用の基地局や宇宙通信用のグラウンドステーションに装備することができます。地上の宇宙通信基地局用として、20kW級のSSPAの試作も検討されています。これらの固体増幅回路は宇宙エレクトロニクス技術の一つとして、電波衛星追跡用大型アンテナに適用され、各種科学衛星や地球観測衛星との交信への利用が期待されています。

近年ではこれらの技術を結集させ、グリーン・エコ技術による環境エネルギー問題の解決に対して、電波技術を用いる研究開発に取り組んでいます。これは原理的に、変調されていない電波で電力を無線で送ること（ワイヤレス電源）を利用しています。それにより、ロボットへのマイクロ波電力伝送を世界に先駆けて実施し、成功しました。さらに、宇宙船などの重量を軽くし安全性を高めるため、宇宙機内部に張り付けられたセンサへの無線電力伝送の研究も行っています。これら技術は、早期に民生用や宇宙用に適用されることが望まれています。

## 受賞に当たって

化合物半導体を用いた集積回路とシステム応用に関して、このたび電子情報通信学会より、エレクトロニクスソサイエティ賞という名誉ある賞を頂きました。これは、電子情報通信学会の中のエ

図2 メタマテリアル機能を持つ分布型増幅器・ミキサ

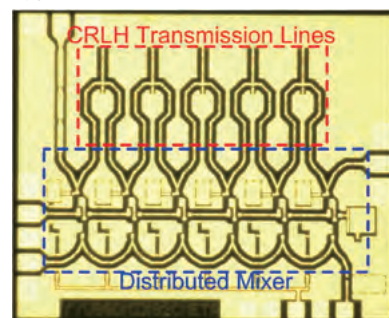
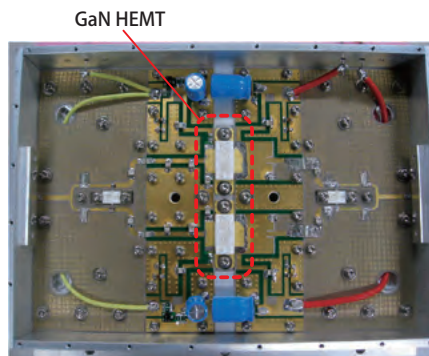
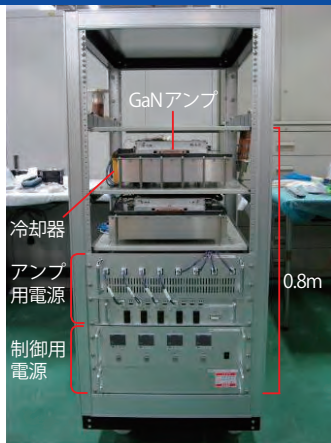




図3 S帯1kW級固体増幅装置



(a) 2.1 GHz 200 W 級高出力アンプユニット



(b) コンパクト1kW固体増幅装置

レクトロニクスサイエティ、化合物半導体および光エレクトロニクス分野において本寄稿と深くつながる題目である「高機能化合物集積回路の開発と宇宙応用への展開」について、受賞したもの

です。

ここ20年間の私の研究は、エレクトロニクス技術の中で、マイクロ波・ミリ波ものづくり技術を、化合物半導体デバイスと高周波集積回路技術を中心とし、素子としてのアンテナと融合することでした。実物を試作することにより設計、製作、評価の各ステップでの新規性を主張してきました。宇宙研およびJAXAはもちろん、大学や企業の研究者でエレクトロニクスソサイエティでご支援いただいた皆さまに、心より感謝致します。エレクトロニクスソサイエティ賞受賞を機に、この分野でさらなる貢献を行っていくつもりです。今後とも、ご支援よろしくお願い致します。

(かわさき・しげお)

## ISAS 事情

### 観測ロケットS-520-28号機の打上げ成功

微小重力環境利用実験を目的とした観測ロケットS-520-28号機が2012年12月17日16時に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられました。ロケットの飛翔および搭載機器の動作は正常で、283秒に最高高度312kmに達した後、内之浦南東海上に落下して実験が計画通り終了しました。その弾道飛行中に約7分間の微小重力環境が得られました。

本実験では、微小重力環境を利用して結晶化の最初の段階である核形成に関する以下の二つの実験を実施しました。①宇宙ダストの核形成再現実験（研究責任者 [PI]：東北大学 木村勇気助教）。宇宙空間を模した3つの小型チャンバー内でそれぞれ鉄と酸化タングステンの蒸気を噴出し、そこからナノサイズの固体微粒子が形成される過程を2波長干渉計などにより測定しました。核生成理論を用いて宇宙ダストの種類、数密度、サイズを推定する際に最も大きな不定性を与えている吸着係数と表面自由エネルギーの二つの物理定数を精度よく決定することを目指します。②炭酸カルシ

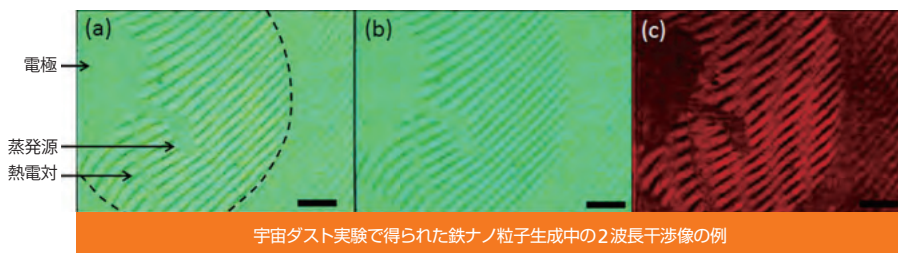
ウム結晶の均質核形成メカニズムの研究（PI：東北大学 塚本勝男教授）。炭酸イオンとカルシウムイオンを含む11種類の異なる濃度の水溶液から生成した結晶核による光散乱強度と溶液インピーダンスの連続測定を行うことで、広範囲な濃度範囲での核形成メカニズムを決定します。この実験は、空気中の二酸化炭素を削減するため地中に炭酸カルシウム結晶として効率よく固定・貯留する技術に関する研究につなげていきます。

今回実施されたこれらの実験は、宇宙環境利用科学委員会が支援するワーキンググループ（WG）・研究チーム（RT）の活動の一環として計画、推進され、研究メンバーは東北大学、JAXA、そしてほかの研究機関や大学から参加しています。

なお、関係者各位のご尽力に加え長坪観音様の靈験もあってか、打上げ当日の天候にも恵まれてフライトオペレーションが無事終了しました。皆さまに深く感謝致します。

(稲富裕光)

(a) “その場” 観察したオリジナル画像  
(b) (c) 画像処理により分離した2つの波長での干渉縞。干渉縞変化の屈折率依存性は波長により異なるため、(b) と (c) から温度と濃度の分布を同時に求めることができる。スケールバーは2mm。



宇宙ダスト実験で得られた鉄ナノ粒子生成中の2波長干渉像の例

## 「宇宙学校・みずなみ」開催

2012年12月2日、岐阜県瑞浪市にある岐阜県先端科学技術体験センター（サイエンスワールド）で「宇宙学校・みずなみ」が開催されました

一昨年に行われたサイエンスワールド来館者100万人達成記念イベントで阪本成一先生にご講演いただき、大変好評でした。今回の「宇宙学校・みずなみ」も事前予約制の参加募集開始からすぐに定員150名がいっぱいとなりました。

当日、校長の阪本先生からの開校あいさつの後、1時限目の授業は津村耕司研究員の「宇宙望遠鏡でさぐる現在の宇宙のすがた」、2時限目は富木敦史助教の「宇宙科学を支える無線通信」です。語り口調も丁寧で親しみやすい授業に、子どもたちも保護者の方々も話に入り込んでいました。授業の後は、いよいよ質問タイム。宇宙学校の盛り上がり（成功）のカギはこの質問タイムにかかっていた。正直、子どもたちから質問が出るのかと心配でした。が……、阪本校長の「質問ある人!!」の声とともに「はい!はい!」「はい!はい!」と声が響きます。「星の温度は何ケルビンですか?」「天王星が



子どもたちは宇宙の授業に夢中

どれくらい圧縮されたらブラックホールになるのですか?」。白色矮星、褐色矮星、赤色矮星……、近赤外線、中間赤外線……。そんな単語が飛び交いました。私は聞いたこともない単語ばかりで、何がなんだか分からないほどでした。会場が盛り上がったことにほっとするとともに、子どもたちのすごさにもうびっくりでした。

子どもたちの質問にも分かりやすく答えていただき、あっという間の2時間半でした。アンケートからも宇宙についてさらに興味が深くなったこと、授業に大変満足したことがうかがえ、参加した子どもたちにとって充実した時間となったようです。

子どもたちが喜んでいる姿を見ることができてうれしかったのはもちろんですが、JAXAの方々が授業が終わった後でも子どもたちの質問、サイン、写真撮影に親切丁寧に対応している姿がまぶしく、うらやましく感じました。今回の「宇宙学校・みずなみ」が開催できたことを、尽力いただいた阪本先生、津村先生、富木先生、広報・添野さんに感謝致します。ありがとうございました。

(サイエンスワールド／水谷幸次)

## 「宇宙学校・ののいち」開催

2012年12月15日（土）、石川県野々市市情報交流館カメラシアにおいて野々市市市制施行1周年記念「宇宙学校・ののいち」が開催され、202名の親子連れや若者たちで会場のホール椿はいっぱいになりました。

1時限目は塩谷圭吾先生による「赤外線天文衛星で狙う太陽系外惑星」。「系外惑星はどのくらい見つかるかと予想されているのですか」など、素朴ながらも鋭い質問が続出。講師の皆さんには「素晴らしい質問ですね!」の言葉とともに大変丁寧に答えていただき、



会場には子どもたちの好奇心があふれていた

子どもたちと講師の皆さんとの真剣勝負のやりとりは見応えがありました。2時限目は清水幸夫先生による「小惑星探査機『はやぶさ』が目指したもの」。本では得られない、開発担当者からしか聞けないお得情報とともに、「はやぶさ」の本当の目的についてお話いただきました。「はや

ぶさ」本体を覆っていた熱制御のための素材(アルミ蒸着ポリイミドフィルム)と同じ素材にも触らせてもらい、目をキラキラさせた子どもたちの表情が印象的でした。

専門的な内容も身近な例え話や笑いを交えて解説い

ただ、2時間半強たっぷりあったはずの時間はあっという間に過ぎ去ってしまいました。閉校後も大勢の質問に真摯に答えていただき、会場は子どもたちの「もっと知りたい!」というあふれんばかりの好奇心で満たされていました。アンケートで多かったのが「また来年もやってほしい」という声で、いかに有意義な時間だったかを裏打ちしています。最後に阪本成一校長から頂いた、『『はやぶさ』の成功が教えてくれたもの、それは“挑戦しないと大きな成功は決してあり得ない、たとえ失敗しても何かかけがえのないものが残る”ということ』という、人生の示唆に富んだメッセージは、子どもの

みならず大人にとっても心に深く響きました。

21世紀最先端の科学者たちの挑戦し続ける姿と熱意は、必ずや参加者に伝わっていることと思います。そして、講師の先生方に続き、今回の参加者の中から、まだ誰も知らない宇宙や科学の謎を解き明かす科学者が誕生することを心待ちにしたいと思います。最後に、遠方よりお越しいただきました講師の皆さまに心よりお礼申し上げるとともに、全国の子どもの夢や憧れにつながる機会、「宇宙学校」を今後も継続していただきたいと切に願います。

(野々市市情報文化振興財団／松田尚子)

## 田島道夫 JAXA 名誉教授、「山崎貞一賞」受賞

田島道夫 JAXA 名誉教授は、「フォトルミネッセンスによる半導体結晶計測評価法の開発と標準化」に貢献したことを高く評価され、「山崎貞一賞」(計測評価分野)を受賞しました。山崎貞一賞は、材料、半導体および半導体装置、計測評価、バイオサイエンス・バイオテクノロジーの4分野において、実用化につながる優れた創造的業績を挙げている研究者に授与されます。材料科学技術振興財団によって毎年、各分野1件が選考され、今回は第12回です。2012年11月16日に東京・上野の日本学士院にて賞状とメダルの贈呈式が行われました。

田島名誉教授は1978年、レーザー光を用いたフォトルミネッセンス法によって、シリコン(Si)結晶におい



田島道夫 JAXA 名誉教授。  
山崎貞一賞の賞状とメダルと共に。

てSi固有の発光に対する結晶中の不純物に起因する発光の強度比が、不純物濃度にほぼ比例して増大することを見だし、これに基づく不純物定量分析法を発明しました。この手法は、それまで一般に用いられていた赤外線吸収法と比較して、検出感度、空間分解能ともに2桁以上高い画期的なものでした。この評価法は、国内のJIS規格(JIS H0615)やSEMI国際規格(MF 1389-0704)として採用され、世界中

で広く半導体製造における評価基準として使用されています。また、この手法はSiのほか、ヒ化ガリウム(GaAs)さらにはパワーデバイス用として注目されている炭化ケイ素(SiC)などの化合物半導体結晶中の欠陥評価にも拡張されています。(ISAS ニュース編集委員会)

## イプシロンロケット発射装置改修工事の進捗状況

「イプシロンロケットでは、歴代Mシリーズで使用したM型ロケット発射装置を改修流用します」ということは、本誌2012年12月号でご説明しました。本稿では、その改修工事の進捗状況をお話したいと思います。

発射装置の改修は2011年7月に基本設計を開始し、2012年6月に詳細設計を終了しました。その後、11月13日に現地工事着工(写真は着工前、最後の発射装置をバックに内之浦宇宙空間観測所職員と記念撮影したもの)、現在、内之浦の現場では、重機の姿を見掛けない日はないような状況です。

工程としては、初めに既存ランチャのシュラウドリング(ロケット後端部とインターフェースする座の部分)とその下の部材を撤去しました。それにより、現在のランチャは足回りがまるっきりなくなり、ブームだけの状態です。

これら足回りの大物部材の撤去後、地上側煙道のコンクリート打設に取り掛かりました。地上側煙道は、打上げ時の音響を低減することを目的に新規整備する設備で、イプシロンの発射装置の大きな特徴の一つです。完成後は幅6m×高さ4.5mの内形状を有する長さ8m



のトンネル構造となりますが、今はまだ底部の構造が出来上がったところです。今後、底部の乾燥工程を経て、2月の壁・天井のコンクリートの打設と続きます。

次に、大物設備の輸送のお話です。イプシロンでは、頭胴部と第1段の空調装置として、種子島で休止保管中のフェアリング空調移動車No.2（以下、空調車）を使用します。種子島の車庫に保管中の空調車を輸送できる大きさに分割し、陸上はトレーラー、海上は船で輸送しました。途中、種子島では荒天のため船が大きく揺られ、空調車を船積みできない日がありましたが、輸送業者の手際の良さや関係皆さまのご協力のおかげで、不具合なく、12月21日にM台地に参上しました。

発射装置改修は、今後、新規のシュラウドリング・ロケット支持台の据え付けや整備塔天井クレーンの換装（50トンから100トンへ）を行い、2013年5月に完成します。皆さまも機会がありましたら、内之浦の現場で着々と進む現地工事をぜひご覧ください。

（小野哲也）



現地工事着工前の集合写真。もう見ることはない  
“斜め発射”にセットしたランチャをバックに。

## 「はやぶさ2」機械環境サーベイ試験

小惑星探査機「はやぶさ2」では、2011年度にCDR（詳細設計審査）フェーズを終了し、2012年度に入って構体パネルの製造を行い、2012年11月中旬から2013年1月下旬にかけて「機械環境サーベイ試験」を実施しています。

「はやぶさ2」の構造系は、「はやぶさ」初号機を踏襲しており、構体の強度や剛性は実証済みという前提で開発が進められています。打上げロケットがM-VからH-IIAに変更され、機械環境条件も緩和されます。そのため、通常の衛星や探査機に対して行われる構造モデル試験のうち、構体の強度検証のための静荷重試験や正弦波振動試験は行わず、搭載機器の機械環境条件計測のための音響試験と衝撃試験、構体の基本的な構造特性を確認するための低レベルのモーダル振動試験を実施します。ただし、ロケットの変更だけでなく、搭載機器の追加や配置変更などもあり、初号機と同じだから大丈夫というわけには、なかなかいきません。なお、今回の試験と構造モデル試験との違いを表すた



衝撃試験準備作業中の「はやぶさ2」構体

め、「機械環境サーベイ試験」という言葉が新たにつくられました。

一連の試験ではまず、相模原キャンパスにおいて構体の組み立てを行った後、サンプルの弾丸を発射するプロジェクタ衝撃試験、「はやぶさ2」で新たに搭載され小惑星表面にクレーターを形成する衝突装置の分離衝撃試験、探査機とロケットを結合するPAFの分離衝撃試験、それに構体のモーダル振動試験を、12月末までに実施しました。年明けには場所を筑波宇宙センターに移し、H-IIAの打上げ時のランダム振動環境を計測する音響試験、太陽電池パドル展開時の衝撃を計測するSAP保持解放衝撃試験を行います。これらの試

験スケジュールは、ほかのプロジェクトとの試験設備の調整、試験に供する部材の入手状況、「はやぶさ2」特有の火工品を使った試験の安全性などのさまざまな検討の結果、組まれたものです。ご尽力いただいた関係各位に感謝します。機械環境サーベイ試験終了後、直ちに一次噛合せ試験に移行する予定です。（奥泉信克）

## 小型科学衛星の進め方の見直しについて

近年、宇宙科学ミッションが高度化するにつれて、衛星が大型化して開発期間が長くなる、コストが高くなる、したがって実施頻度が低くなる、という問題が生じてきました。そこで、「小型ながら特徴あるミッション」を、迅速かつ高い頻度で実現するために、「小型科学衛星」計画を進めています。

衛星を短期間、低コストで開発するためには、各衛星の設計をできる限り共通にすることが有効です。しかし、科学衛星に求められる要求は多様です。そこで、少ない変更で多くの科学衛星で対応できるよう、セミオーダーメイドの「小型科学衛星標準バス部」という考え方を導入しました。

さらに、平成21年度からは、「小型科学衛星シリーズ」としてプロジェクトを進めてきました。これは、複数のミッションを「シリーズ」としてまとめて進めることにより、衛星の開発をより効率化しようとする試みでした。この枠組みの中で、1号機はすでにフライトモデルの製作が進み、2号機ミッションも選定されました。

しかし、2号機の設計を進めていくと、少ないと考えていたバス部に対する変更が、コストに換算するとかなり大きくなることが分かってきました。2号機は、コストに見合った科学的成果が挙げられることは期待されています。

しかし、コスト増のため、「シリーズ」という考え方を維持することは難しくなっていました。

そこで、今後は「シリーズ」というまとまりでプロジェクトを運営することは取りやめ、小型科学衛星1号機は「惑星分光観測衛星プロジェクト」、2号機は「ジオスペース探査衛星プロジェクト」という個別のプロジェクトとして進めることとなりました。また、これらにおいて「小型科学衛星標準バス」を用いることに変わりはありませんので、バス部の技術をプロジェクト横断的に担当する「小型科学衛星バスシステム技術チーム」がつくられました。

今回、小型科学衛星の進め方がこのように見直しに至った事実は真摯に受け止め、今後のミッションの選定方法、プロジェクトの実行方法は改善を図る必要があります。

小型科学衛星の次号機に向けて、現在も10を超えるワーキンググループが活発な検討・技術開発を進めています。これは、「小型科学衛星」に対しての期待が極めて高いことをうかがわせるものです。この期待に応えるべく、今後も小型科学衛星計画は発展させていきたいと考えます。

ただし、「小型ながら特徴ある宇宙科学ミッション」を創出するのは、決して容易なことではありません。小型科学衛星という新しい機会をフルに活用する、優れたミッション提案をぜひお寄せください。(中川貴雄)

## 「はやぶさ」フレーム切手贈呈式

昨年の特別公開の際に宇宙機のイラストをあしらったフレーム切手が発売されて話題になったところですが、そのときにも予告した新作が2012年11月1日に日本郵便(株)南関東支社から発売されました。新作には池下章裕さんの「はやぶさ」のイラストがふんだんに使われています。今回もJAXA側はイラストの選定や監修の形で間接的にお手伝いしました。

今回のセットは80円切手10枚組みになっており、売価は1400円。私も5シートほどまとめ買いしました。前回のフレーム切手は銀河連邦25周年を記念したものであったことから相模原市内の郵便局での2000セットの限定販売でしたが、今回は神奈川県・山梨県内の郵便局(951局)をはじめ、「郵便局のネットショップ」などを通



「はやぶさ」フレーム切手

じて1万7000セットの販売を予定しているとのこと。11月24日と25日に在日米陸軍相模総合補給廠で行われた「潤水都市さがみはらフェスタ」にもJAXAブースに隣接して郵便局の臨時出張所が置かれ、販売が行われました。

11月21日にはJAXA相模原キャンパスでこのフレーム切手の贈呈式が行われました。

頂いた切手は先日のフレーム切手と共に展示室に展示してあります。

宇宙研生協でも販売してほしいところですが、記念フレーム切手は位置付けが通常の切手と異なるため、郵便局以外での委託販売ができないそうです。お求めの際には郵便局へ足をお運びください。

これで、日本天文学会創立100周年の際の記念切手な



ど、宇宙機関係の切手がいくつか出そろいましたので、「切手になった宇宙機」のようなミニ企画展を企画したいと考えています。ギニアやギニアビサウ、ガイアナ、モザン

ビークなどの外国の切手をネット通販で取り寄せたところです。日本の切手と違って外国の切手は突っ込みどころ満載。ご期待ください。（阪本成一）

## 南西フォーラム分科会「モノづくり企業のための宇宙科学研究会」開催

南西フォーラム（首都圏南西地域産業活性化フォーラム）は、相模原市や町田市を中心として、八王子市、大和市、座間市、海老名市、厚木市などを含めた首都圏南西地域の産学連携・企業連携による新ビジネスの創出や技術の高度化を目指した交流会で、2004年6月から活動しています。



大山聖准教授による講演の様子

フォーラム自体は年3回開催され、過去にも久保田孝教授や東大阪宇宙開発協同組合の竹内修理事長らが話題提供をしています。2012年9月5日に開催された第23回南西フォーラムでも『はやぶさ』のふるさと・南西地域で、宇宙産業へのビジネス参入を考える」がテーマに設定され、野中聡准教授による「再使用ロケットの研究と研究現場でのニーズについて」という講演や、NEC東芝スペースシステム品質保証部の岡本公一部長による「宇宙のものづくりと信頼性品質保証」という講演があったところです。

宇宙航空分野を地域の産業のさらなる活性化につなげるためには、このような取り組みを持続的かつ系統的に行うことが大切です。そのような背景から、南西フォーラム

の運営メンバーである相模原市産業振興財団とさがみはら産業創造センターから相談があり、「モノづくり企業のための宇宙科学研究会」を分科会として組織することになりました。テーマを変えながら年数回程度開催することを目指しています。JAXAの中でも宇宙研は研究室での小規模な試作・開発が特に盛んですか

ら、中小企業との連携を進めやすい状況にあり、品質と価格と納期において折り合いがつけば、地元の中小企業が参入する余地も多分にあります。

第1回の分科会は2012年11月29日の夜に相模原市産業会館で行われ、大山聖准教授が「火星飛行機の研究と研究現場でのニーズについて」というテーマで講演しました。予想を上回る約60名の参加者があり、活発な意見交換が行われました。

次回は2013年1月22日の予定で、丸祐介助教と清水成人開発員が宇宙科学研究における工学分野の役割について、特に小規模実験における電気系と機械系の連携事例について紹介し、参加企業からの技術の紹介も同時に行われることになっています。（阪本成一）

## 無重力を利用して液滴群の燃焼メカニズム解明に迫る

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」での宇宙実験に向けて準備が進められているGroup Combustion実験についてご紹介します。これまでに「きぼう」では流体物理、結晶成長などの分野におけるさまざまな実験が行われていますが、Group Combustion実験は、「きぼう」で行われる初めての燃焼科学分野の実験となります。

この実験では、直径1mm程度の液体燃料の滴（液滴）を2次元平面上の規定された（碁盤の目のように張り巡らした系の交点）位置に生成・配置し、無重力下でその液滴群を火炎が燃え広がる様子を、詳しく調べます。エンジ

ンなどでは液体燃料を微粒化し、非常に小さな液滴の状態で燃焼させる、噴霧燃焼と呼ばれる方式が広く用いられています。液滴径は数十～数百 $\mu\text{m}$ と小さい上、燃焼時間も短く、噴霧燃焼の精緻な実験・観察を行うには空間および時間スケールが非常に小さいのが問題となります。空間スケールを拡大するために直径1mm程度の液滴で実験を行うと、地上では寸法の3乗に比例して大きくなる自然対流の影響が強くなり、実際の現象と比較することができなくなってしまいます。

無重力下では液滴直径を大きくしても自然対流が抑制

されるため、元の現象と相似則を保つことができ、高精度な観察・実験を行うことが可能になります。実験では、まず液滴間の燃え広がり限界距離およびその方向依存性を、比較的少数の液滴群により明らかにします。次にその結果を反映した燃え広がりモデルを、100個以上の液滴をランダムに分散した液滴群の燃焼により検証します。これらにより、液滴群の燃え広がりメカニズムの解明が進むとともに、噴霧燃焼に関する数値シミュレーションの高度化が期待されます。

現在は、実験に使用する装置の詳細設計およびエンジンアリングモデルによる各種の試験を実施中です。今年

度内に詳細設計審査などを行った後、いよいよ来年度は実際に打ち上げるプロトフライトモデルの製作に着手する予定です。現在のところ、「きぼう」での宇宙実験は2014年度となる予定です。無重力での美しい炎を見るのが今から楽しみです！

(菊池政雄)



航空機実験で観察された、無重力下で液滴群を燃え広げる火炎の様子(火炎近傍で発光しているのは液滴群を支持するためのSiCファイバー格子)。

## 「かぐや」に貢献した飯島祐一氏を悼む

太陽系科学研究系助教の飯島祐一氏が2012年12月7日に逝去されました。44歳という若さでした。飯島氏は月周回衛星「かぐや」の成功に関し、「縁の下の力持ち」的存在で多大なる貢献をされました。世界に誇る超一級のデータをほぼすべての搭載機器で取得できたのは、彼のおかげと言っても過言ではありません。

病氣療養中においても、治療を続けながら新たなプロジェクト、「SELENE-2」および「はやぶさ2」の立ち上げに大きく貢献されました。

特にSELENE-2プリプロジェクト活動が本格化し、「かぐや」に劣らないほどの大きなシステムであることを踏まえ、「かぐや」で実績を積まれた飯島氏は不可欠の存在でした。あまり無理なことはお願いできませんでしたが、「かぐや」の実績に倣って搭載機器の取りまとめとしての「ミッション系」を立ち上げ、中核的な立場として参入していただきました。サイエンスを達成するための妥協を許さない態度と開発を大きく進展させる機知に満ちた、さらには実現可能なアイデア、先を見越したシステムティック

な開発シナリオの提案などは、ミッション系メンバーのみならず、搭載機器開発者全員の脳裏に大きく焼き付いており、今後の開発の大きな指針を築いていただきました。私自身もこの数年間に多くのことを彼から学ばせていただきました。

彼との間でやりとりした個人的なメールをいま一度読み直してみました。飯島氏は比較的私と年齢が近いこともあって、フランクに話せる同僚でした(大学の同じ研究室の後輩でもあります)。かなり好き放題なことを言い合っていますが、どうやってプロジェクトを成功させようか、次にどう手を打とうか、というものばかりです。あの時々のやりとりがとても懐かしく、かつ今でも新鮮に思われます。その熱意は飯島氏の病状が悪化するほど強く感じられるのです。このことは、飯島氏は決してあきらめることなく最期まで闘われたことを確信させます。

飯島氏の月惑星探査への熱意と実績に敬意を表するとともに、飯島氏に笑われないプロジェクトの創成と確実な遂行を誓うことをあらためて思う次第です。(田中 智)

## ロケット・衛星・大気球関係の作業スケジュール(1月・2月)

|             | 1月                   | 2月           |
|-------------|----------------------|--------------|
| ASTRO-H     | システム振動試験(筑波)         |              |
| 惑星分光観測衛星    | フライトモデル総合試験(相模原)     |              |
| BepiColombo | フライトモデル総合試験(相模原)     |              |
| はやぶさ2       | 機械環境サーベイ(構造機能)試験(筑波) | 一次噛合せ試験(相模原) |
| イプシロンロケット   | モーションテーブル試験(相模原)     |              |



## 運用と施設設備

### ⑤イプシロン管制センター (ECC)

餅原義孝

基盤技術グループ 副グループ長/主任開発員

イプシロンロケットプロジェクトチーム

内之浦宇宙空間観測所 (USC) において、これまで科学衛星を打ち上げてきたM型ロケットでは、発射点と同じ台地にあるブロックハウス構造のM管制室にてロケット打上げまでの射場作業の全体進捗をつかさどる運用をしてきました。イプシロンロケット打上げに向けて、よりいっそうの安全性・運用性の向上を目指し、新たな運用拠点としてイプシロン管制センター (Epsilon Control Center: ECC) を宮原地区のシュミット望遠鏡跡地に建設中です。

ECCには、ロケットの作業をつかさどる発射管制室、衛星の作業をつかさどる衛星管制室、気象に関する情報が集約される気象室、事務系の各種業務を行う企画調整室、打上げ実施責任者室、会議室などが設けられます。M台地、レーダテレメータセンター、34mφアンテナなどUSCの各センターとは、光ケーブルのネットワークにてつながれます。また、ハンズフリーで会議通話ができる指令電話を配備し、USC各センターのほか、相模原、種子島、つくばの各サイトと作業に係る相互通話を行います。

今回は、このECCの概要を紹介します。

#### 発射管制室

ロケット打上げまでの全体作業の進捗をつかさどる指揮所となる部屋です。主な役割は以下の通りです。

- 発射管制設備 (LCS) による、ロケットシステムの健全性確認および発射データ設定
- M型ロケット発射装置の遠隔操作によるロケットの射座セット
- 打上げ時刻の設定
- 作業監視用カメラシステム (ITV) による、ロケット・衛星の整備組立て・点検作業や打上げ作業の監視
- 打上げ管制担当者による打上げ作業の全体指揮

#### 衛星管制室

M-VまでのMチェックアウト室と34mφアンテナ、衛星テレメータセンターで行っていた機能を集約し、衛星の整備組立て・点検作業や打上げ作業、ならびに打上げ後の初期運用をつかさどる指揮所となる部屋です。主な役割は以下の通りです。

- 衛星管制設備による、衛星システムの健全性確認 (状態監視) および打上げデータ設定、ならびに軌道上衛星の追跡運用
- 電源設備の遠隔操作による衛星への外部電源供給、搭載バッテリーの補充電、有線ラインでの各種衛星監視制御

なお、衛星管制設備には、衛星運用・データ利用センターが衛星搭載のデータ処理系アーキテクチャ更新に対応する地上システムとして開発した、汎用衛星試験運用ソフトウェア (GSTOS) を新たに適用する計画です。



#### 気象室

USCの気象観測システムは、

- 既設の風向風速計の活用
  - 既設の雨雲観測気象レーダの設置場所見直しによる最適化
  - 雷観測システムの更新
  - 発射点近傍に雨量計、温湿度計、気圧計、雲底高度計、地震計など各種センサを新たに整備
- 等々を実施してさらなる充実化を図り、予報の精度向上を目指します。イプシロン打上げにおいては、これらの情報を気象室に集約して気象予報を行います。

また、ロケット打上げ時のプログラム再設定 (最適な姿勢プログラムへの修正) を行うためのゴム気球を用いた高層風観測データも、気象室に集約します。 (もちはら・よしとか)



図1 完成間近のイプシロン管制センター (ECC)



図2 発射管制室のイメージ

# 珊瑚海の太陽

太陽系科学研究系 准教授 清水敏文

「Here we go!」.....「Wow!」「Wonderfull!」。その瞬間、歓声がビーチで沸き起こった。黒い太陽、そして白く輝くコロナ。2012年11月14日にオーストラリア北部から珊瑚海、そしてチリ沖の南太平洋まで、約110km幅の細い帯状の地域でしか見ることができなかった皆既日食。この貴重な機会に居合わせる事ができた。

オーストラリア・ケアンズ近郊のパームコーヴで開催される国際会議GONG 2012 - LWS/SDO-5-SOHO 27「Eclipse on the Coral Sea : Cycle 24 Ascending」の科学組織委員会から、「ひので」に関する講演を依頼するメールが6月に舞い込んだ。即刻、二つ返事で引き受けた。この会議の冠にあるGONGは日震学研究の地上太陽観測網、LWS/SDOはNASAがLiving With a Starプログラムで2010年に打ち上げたSolar Dynamics Observatory衛星、SOHOはESA/NASAが1995年の打上げ以降運用を続けている太陽観測衛星である。SDOにとって第5回目、SOHOにとって第27回目の科学会議という位置付けで開催される国際会議である。地元のMonash大学が、確保が難しい宿泊場所をうまくアレンジしてくれ、世界各地から多くの太陽研究関連の研究者が集まった。時節柄、安価でアクセスしにくく、シンガポールや香港などで飛行機を乗り継いで、何十時間もかけてたどり着く研究者も多かった。SDOやSOHOという欧米の衛星に関わる研究者が多く参加していて、「ひので」の科学会議ではお目にかからない研究者を多く知ることができた貴重な機会となった。

会議初日に「新しい観測装置からの最新成果」というセッションにて、「ひので」の最新研究について講演をした。上昇途中にある第24期太陽サイクルにおける太陽活動が中心テーマとのことで、「ひので」が

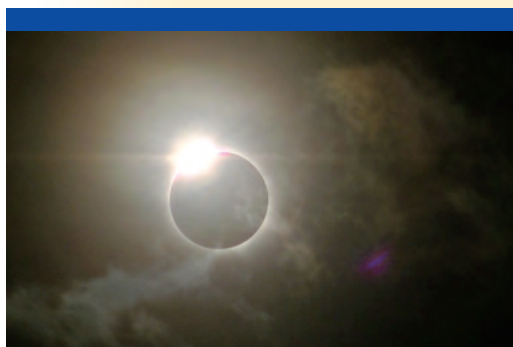
2012年に入って観測に成功し現在解析が進められている特徴的な2つの大フレアと、2009年末に観測に成功した浮上磁場領域を取り上げた。浮上磁場領域はフレアやマイクロフレアなど太陽活動が激しく起きる場所であり、黒点構造の形成や上空コロナの高温プラズマの形成の過程を探る格好の場所である。講演の後にさまざまな質問を受け、「ひので」の観測や研究に対して高い関心が続いていることを再認識した。

会議は、日震学による太陽内部診断、昨今の太陽サイクルの異常性、皆既日食観測の歴史や意義など、「ひので」の科学会議ではほとんど聞けない内容に関するよい講演がいくつもあって、内容が濃い会議だった。また2割近い講演は、「ひので」観測・研究が含まれた研究発表であり、欧米衛星を主体とした会議で「ひので」が異彩を放っていた。ある夕食の席にて、「大成功したといえる衛星・観測装置はどれか?」ということが話題となった。欧米研究者の何人もの方が、「ひので」の可視光磁場望遠鏡(SOT)の偏光分光装置(SP)と極端紫外線分光装置(EIS)を挙げたことには、正直うれしかった。いずれも、広報などで見慣れた「ひので」の高解像度画像・動画ではなく、磁場や大気プラズマの物理診断のための(偏光)分光データを取得している装置である。

さて、皆既日食当日の朝の話に戻る。ネットで調べた天気予報は「晴れ時々雨」だった。現地に来てから毎日、亜熱帯地方特有のスコールに朝昼晩と何度も遭遇していた。スコールの合間には夏空が広がり、日食が見られる確率は運任せのようだ。当日の朝3時に目が覚めてしまい外に出て空を見ると、満点の星空が広がっていた。空高くにオリオン座が見え、「ひので」のスタートラッカーがいつも世話になっているカノープスも高い位置に輝いていた。居ても立ってもいられず、日の出前からビーチに向かった。ビーチにはすでに多くの人が来ていて、その瞬間を心待ちにしていた。ファイアダンスをする若者などもいて、お祭りのようでもあった。

空が白々して、そして珊瑚海から真っ赤な太陽が昇ってきた。初めて見た魅惑的な風景だった。その後、太陽は長い間雲に隠れてしまった。少し諦めの気を持ち始めたが、皆既の10分ほど前から幸運にも急に晴れ間が広がった。皆既の時間が迫ると、周囲の風景が「金色の世界」に変わってきて、高揚感が高まる。そして皆既。コロナを研究する太陽研究者にとっても、自分の目で直接見る機会はほぼ皆無なので、この瞬間は貴重な体験である。金環食の10倍、いや100倍はすごい。肉眼で見たコロナは、写真とはまったく異なり、ダイナミックレンジと視野が広い肉眼でないと分からない世界だった。そして約2分のショーはあっという間に終わり、いつもの風景に戻っていった。

(しみず・としふみ)



ダイヤモンドリング



# 椅子の脚は3本あればよい

川口淳一郎

JAXA シニアフェロー  
宇宙飛翔工学研究系 教授

年末、テレビでボクシングの元チャンピオンの内藤大助さんのお話を聞いて共感しました。日本人は教えられた型にはめようとしがち。自分は変則的だ、と言われた。しかし、個性があってよいし、得意な面を伸ばしていけばいいじゃないか。型にはまらないことと、良い面を伸ばすべきだ。言葉は少なく、そして何の飾り気もないのですが、まさにその通りだと感じました。チャンピオンになれたゆえんだと思います。

「はやぶさ」が帰還して、当時就任された直後の菅直人総理大臣から問われました。何がよかったのですかと。私は、技術より根性だとお答えし、それ以来しばらくの間は講演で、技術より根性だと話すことにしていました。根性とは、意地と忍耐、意気込みと、あきらめない心です。しかし、東日本大震災の後、私はこの言葉、特に「あきらめない心」の部分に封印するようになりました。被災された方に、忍耐だ、あきらめないで、と語り掛けることくらい非情なことはないと気付いたからです。

明るい展望、この国はできる国だ、そして私たちはできるという自信を持ってよい。それこそが、被災された方々そして、閉塞に悩む日本に示さなくてはならないことです。それ以来、「やれる理由を探すこと」が大事だとお話しています。これこれだからできない、ではありません。こうすればできる、という文化が育まれてほしいのです。かつての宇宙研は、変人たちの巣窟でした。私も相当変人ですが、私などまったく目立たないほど、飛び込んだ宇宙研には超変人が多かったと思います。

その変人たちの文化を、講演では踏み台をつくることに例えてお話しています。椅子を積み重ねて高い踏み台をつ

くる。そうして今まで届かなかったもの、独創に基づいて見定めた目標に手を伸ばすことを考えるとします。椅子の脚は、最低、何本あればよいのか。答えは3本です。しかし日本人は、ちゃんとやろうと、4本目の脚を付けます。いや、もっとしっかりとしなくてはと、5本目の脚を付ける。完璧にしようとして、さらに6本目の脚を付けようとする。ところが、6本目の脚を付ける場所がない。付けられなくなると、日本人は本来の目的を忘れて、それがたとえかなわなくなっても、逆にどんどん後退していくことになります。6本目の脚が付かないような椅子は不完全だ、不十分だ。リスクがあるからやらない方がよいのではないのか。いや、やるべきではない、やってはいけない、と撤退していくのです。石橋をたたいた末、渡らない。やれない理由、やらない理由を見つけようとし、やれない理由があって安心しようとさえする文化。それが私たち日本人の考え方なのだと思います。



しかし、超変人の集団から生まれた、そして私が出会って驚愕した宇宙研の文化は、こうすればできると、やれる理由を捜す考え方でした。たぶん、楽観的だとか、いい加減だと聞こえてしまうかもしれませんが、それは一言で言えば、「椅子の脚は3本でよい」という文化です。自分たちが自信を持つことができる3本脚の椅子は、何段でも何十段でも重ねられるはずだ。どんな高いところにも、どんな新しいことにも手が届くはずだ。自信さえ持てれば。そんな文化だったのです。宇宙研には、模範や手本が存在する必要はありませんでした。自分たちが自信を持てれば何でもできるはず。それが私たちの文化だったのです。

全段固体ロケットで惑星探査機を飛ばし、それを運用する。1970年代、「おおすみ」から10年もたたないうちにそんな夢を描いた集団は、本当にそれができるはずということに何の疑いも持たなかったし、持つ必要もなかったのです。自らがプレーヤーであり、また、誰かが教えてくれるのではない、自らの創意で固有の目標を見定めることができた。言ってみれば、1代目の文化とでもいうのでしょうか。糸川英夫先生以来の宇宙研を支えた根本はここにあるのだと思うところです。目標が、第三者的に提案されなくてはとか、型やプロセスにとらわれ提案のどこに難点があるかを探るような文化ではなかったと思います。宇宙研文化が、日本的な思考方法に埋没していくことを心配しています。

日本が閉塞すればするほど、かつての宇宙研の文化の貴重さに気付かなくなりはしません。やれる理由を探して挑戦しない限り成果は得られない。最近、若い方々にこうお話をさせていただいています。(かわぐち・じゅんいちろう)



## 「びっくりするコンピュータ」の楽屋裏

宇宙機応用工学研究系 助教

小林大輔

—— 昨年10月、NHKラジオに出演されました。

小林：本誌2012年5月号に寄稿した「びっくりするコンピュータ」(宇宙科学最前線)を読んだNHKの人から声が掛かり、その研究の話をしました。修正ができない生放送だったので大変でした。

—— 「びっくりするコンピュータ」とは何ですか。

小林：宇宙では、宇宙線と呼ばれる高エネルギー放射線が飛び交っています。衛星やロケットを動かすコンピュータチップに宇宙線が当たると、ドキッとびっくりしたような大きな電気信号が出ます。それが「びっくりするコンピュータ」と、私が呼んでいる問題です。コンピュータチップは、たくさんの小さな素子が迷路のように組み合わさってできています。これらの素子は宇宙線に弱く、それを受けるとびっくりして計算を間違えてしまいます。

このことは古くから知られていたのですが、21世紀に入ると様子が変わってきました。それまでは宇宙線に当たった素子がびっくりするだけで済んだのですが、これからは一つの素子がびっくりすると、その隣の素子もびっくりしてその隣もびっくりしてと、瞬く間に連鎖するようになるぞ、と言われていたのです。コンピュータチップをつくる技術が進んだことの弊害です。

私が宇宙研に入った2005年は、その問題について本格的な対策を検討すべき時期に入っていました。そこで私は、宇宙線の強さと素子が出すびっくり信号の大きさがどういう関係にあるのか、それを簡単な数式で説明してやろうと研究を始めました。びっくり信号が大きいほど隣に伝わりやすいので、対策を考える上で、その大きさがどういう理屈で決まっているかを知りたかったのです。A4ノートを20冊くらい使い、2009年にその数式をようやく完成させることができました。過剰な対策はチップの重さやコストの増加につながります。その式を使うことで、適切な対策を検討できるようになるでしょう。

—— 子どものころから数学が得意だったのですか。

小林：理科は好きでした。基本的な知識を組み合わせでパズルを解いていくような面白さがあったからです。でも、数学は苦手です。

—— 意外ですね。

小林：具体的な物理現象を数式に当てはめることは頭の中にイメージができて好きですが、抽象的な純粋の数学になると、何をイメージして考えればいいのかわからなくなります。コンピュータチップの動作の仕組みは、チップの材料の物理に関係しています。私は、



こばやし・だいすけ。1976年、長野県生まれ。博士(科学)。2005年、東京大学大学院新領域創成科学研究科基盤情報学専攻博士課程修了。同年、宇宙科学研究本部宇宙探査工学研究系助手。2012年より現職。公益財団法人宇宙科学振興会第4回宇宙科学奨励賞受賞。

そのような物理と結び付いた、電子部品の中で起きている現象に興味があります。

—— 今後の夢は？

小林：今はまだ将来の夢や目標を定めずに、目の前の課題、面白いことに取り組んでいきたいですね。宇宙で使う電子部品の研究には、地上用では

味わえない面白さがあります。例えば、宇宙線以外にも、宇宙独自の熱問題があります。チップが動作すると熱が発生するのですが、地上では空気が熱を外へ捨ててくれるものの、宇宙では空気がないので特別の対策が必要です。消費電力が少ないチップほど発熱を抑えることができます。宇宙研では、チップの中に絶縁体シートを挟み込む省電力技術を駆使して発熱を抑えた“クールな”宇宙用チップをつくりました。このシート技術はSOI技術と呼ばれるものです。熱だけでなく宇宙線への対策としても有効とよくいわれるのですが、私たちの研究ではそう単純ではないことが分かっています。先ほどご紹介したようなびっくり信号にまつわる研究を積み重ねて宇宙でも「びっくりしないコンピュータ」に仕上げました。

最近、地上用チップでも大気を通り抜けて届く宇宙線が問題になり始めました。以前は、「びっくりするコンピュータ」を扱う学会の参加者のほとんどが宇宙用チップの研究者でした。ところがここ数年、地上用チップを開発している人たちとの交流が急速に広がっています。宇宙独自の問題に取り組むことで、地上用チップの開発にも貢献することができると期待しています。

—— ところで今日は、大きな楽器を持ってきたいただきました。

小林：チューバという管楽器です(写真)。中学に入学したとき同級生に吹奏楽部へ誘われて始めました。高校でも続け、大学では派手なトランペットに浮気しましたが、やっぱり渋い低音がよいと、今でも市民バンドでチューバを演奏しています。

—— 音楽と研究に共通点はありますか。

小林：考えたこともありませんが、楽器の演奏は、最初はうまくいかないものの、少しずつ思い通りに吹けるようになっていきます。研究も最初は何も分からないような状態から、少しずつ謎が解けていきます。その過程が似ていて、どちらも面白くて続けていられるのかもしれない。

ISAS ニュース No.382 2013.1 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 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ビニア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

## 編集後記

1月号の編集担当は初めてでしたが、年越しなのでね。原稿が1月2日に届いたのにはびっくりしました。ともあれ、年末の忙しい中、執筆いただいた皆さまに感謝致します。今年もよろしくお願ひ致します。

(石川毅彦)

\* 本誌は再生紙(古紙100%)、植物油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

VEGETABLE OIL INK