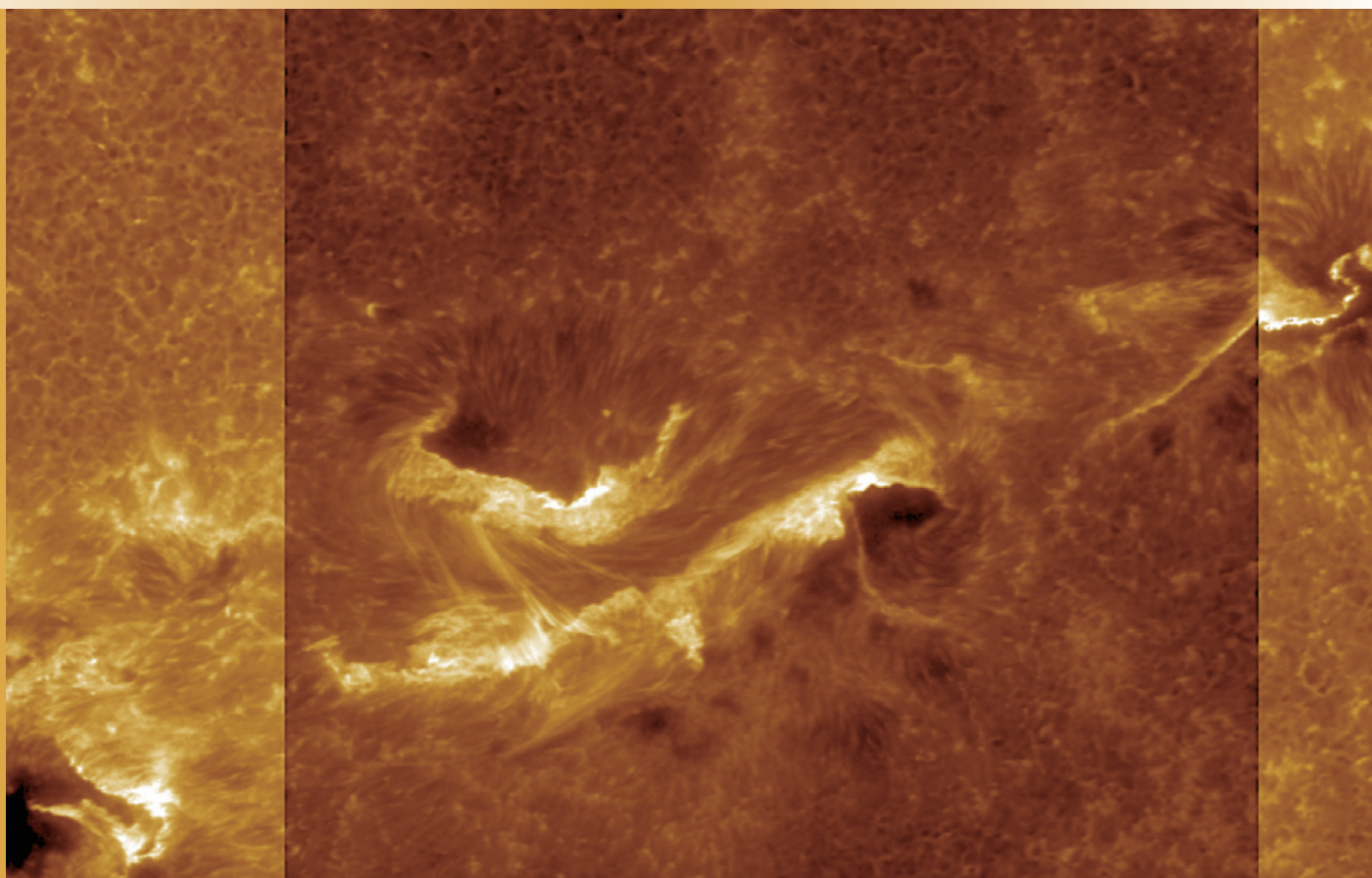




太陽観測衛星「ひので」の可視光磁場望遠鏡が捉えた今サイクル初の巨大フレア。2枚の画像を合成。

宇宙科学最前線

電気ロケット技術 Game Changing Technology

國中 均

宇宙輸送工学研究系 教授

はじめに

『ISAS ニュース』巻頭に寄稿する機会を得たのは今回が3度目である。初回はNo. 230(2000年5月号)の「電気推進・イオンエンジン」であり、後に「はやぶさ」と名付けられることになるMUSES-Cをつくっていたころであった。2回目はNo. 276(2004年3月号)の「宇宙大航海時代への予感～小惑星探査機『はやぶさ』とイオンエンジン技術～」で、小惑星イトカワに向けてイオンエンジンを全力運転中のときであったと思う。

これらを踏まえた上で、地球—小惑星間往復航海を終えた2011年5月現在、電気ロケット技術に関して雑感を述べたい。

深宇宙往復航海を終えて

非力なロケットであってもその射程を延ばし、さらには復路を確保する、あるいは衛星寿命を延ばすための電気ロケットに関して、日本は大変熱心に研究開発を続けてきた。1990年代、イオンエンジンによる静止衛星の南北制御への挑戦は、世界に先駆け好機を捉えていた。しかし力及ばず、世界の覇権を握るには至らなかった。当時の日本の宇宙開発の枠組みでは、宇宙開発事業団(NASDA)が実用衛星、宇宙科学研究所(ISAS)が科学衛星を所掌していた。後者に属していた私は、電気ロケットの応用現場に直接寄与することができずに、ただ指をくわえて見ただけであった。次に登場する応

用場面は深宇宙動力航行であり、確信を持って小惑星／彗星へのミッションへ照準を合わせ、独自のイオンエンジンを投入して果敢に挑戦した。着想から実証まで20年を要してしまったが、小惑星から試料を持ち帰り、欧米露に後れを取ることなくこの分野に先鞭をつけることができたであろう。

「はやぶさ」の往復航海のために、電波を用いて無電極でプラズマ生成するISAS独自の方式、マイクロ波放電式イオンエンジンを開発した。各1万4000時間、3台合計のべ4万時間の宇宙作動要求に対して、スラストBが1万時間、スラストCが1万2000時間、スラストDが1万5000時間、さらに中和器A＋イオン源Bによるクロス運転3000時間にて、これを満たした。地上の管理された環境では単体2万時間の耐久性が認められていたものの、スペックを超える運転を強いられたとはいえ、実践的宇宙では中和器に少し耐久性不足があったことは否めない。実証を介して独特の性能劣化機構を知るに至り、電気ロケット技術上の大いなる知見を得た。この反省と並行し、3台にて往復航行する計画に対して4台で適応する冗長設計が有効に機能し、当初目標を達成できたことは、宇宙技術の観点において適切で必要十分

な危機管理がなされていたと主張したい。

従来より、電気ロケットは推力が小さいために連続運転を必要とし、長期作動が衛星運用に負荷をかけるとされてきた。しかし、低推力・連続加速であるだけに、目的地に至るルートは一つに限られず複数存在し、昨日の加速ノルマ未達成を明日取り戻すということができた。帰還を3年延長したものの、幾多の問題を解決し地球—小惑星間往復航行を成就できたのは、電気ロケットを用いた軌道設計の自由度あってこそであり、それを証明したことは宇宙工学上の成果である。また、推力可変・電力スロットリング・組み合わせ運転・推力方向制御・冷ガスジェット・他サブシステムとの連携動作、着陸点への精密誘導など、器用さ・多芸性も存分に示せたと思う。

熱電子放出を利用する型式の従前のイオンエンジンは、地球の大気に曝露されると酸素や湿気によって途端に性能劣化する。ところがマイクロ波放電式イオンエンジンは、そのような短所を持ち合わせていない。事実、打上げの2年も前に「はやぶさ」に取り付けられ保管されていたけれど、それは宇宙で十分に機能した。先日、このイオンエンジンの利用拡大を目指すために、機材を米国に持ち込んで運転公開を行った。環境保持や密封などの特殊な手当てをすることもなく3月初めに輸出し、月末に現地で受け取るや開梱を始め、真空タンクに設置、イオンエンジン加速成功までをたった1日で達成した。マイクロ波放電式イオンエンジンは、このような強健性および操作容易性をも備えている。

電気ロケットの応用展開

20年を経て時代は変わり、NASDAとISASは統合し宇宙航空研究開発機構（JAXA）へと組織は衣替えをしている。さらに宇宙基本法が制定され、宇宙に関わる広範な活動が可能となった。この機を捉え、深宇宙のみならず、国内外の静止衛星や地球周回衛星へもイオンエンジンをはじめとする各種電気ロケット技術を応用展開していきたい。そのためには、さらにもっとたくさんの挑戦や工夫を行わなくてはならないだろう。ここでは、その一端をご紹介します。

イオンエンジンの開発手法で最も手間がかかるのは、耐久性証明である。これまでは実時間による地上耐久試験を行っており、1回当たり2年もの時間を要した。新しい手法として、数万時間級耐久試験でなく、数千時間級耐久試験と数値解析を組み合わせた寿命認定を志

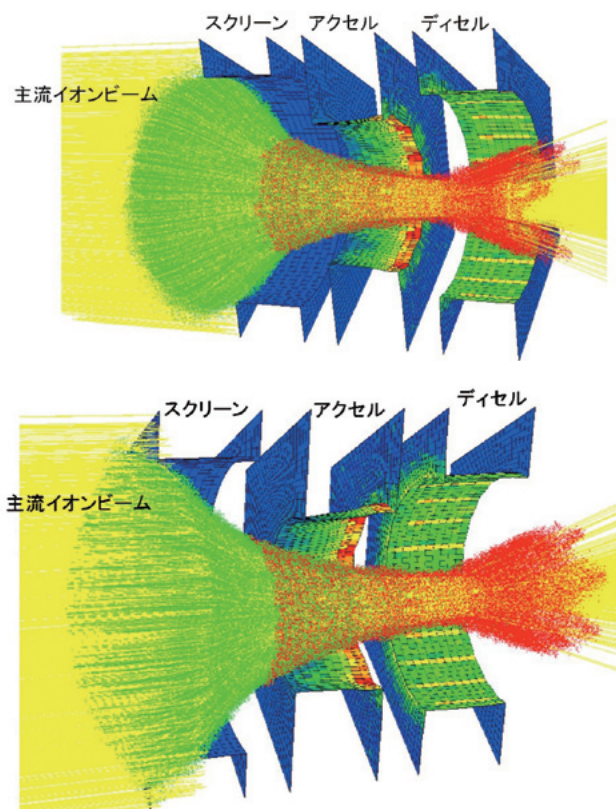


図1 JIEDIツールによるイオン加速とグリッド損耗の3次元計算例
(協力：東京都立産業技術高等専門学校 中野正勝氏)

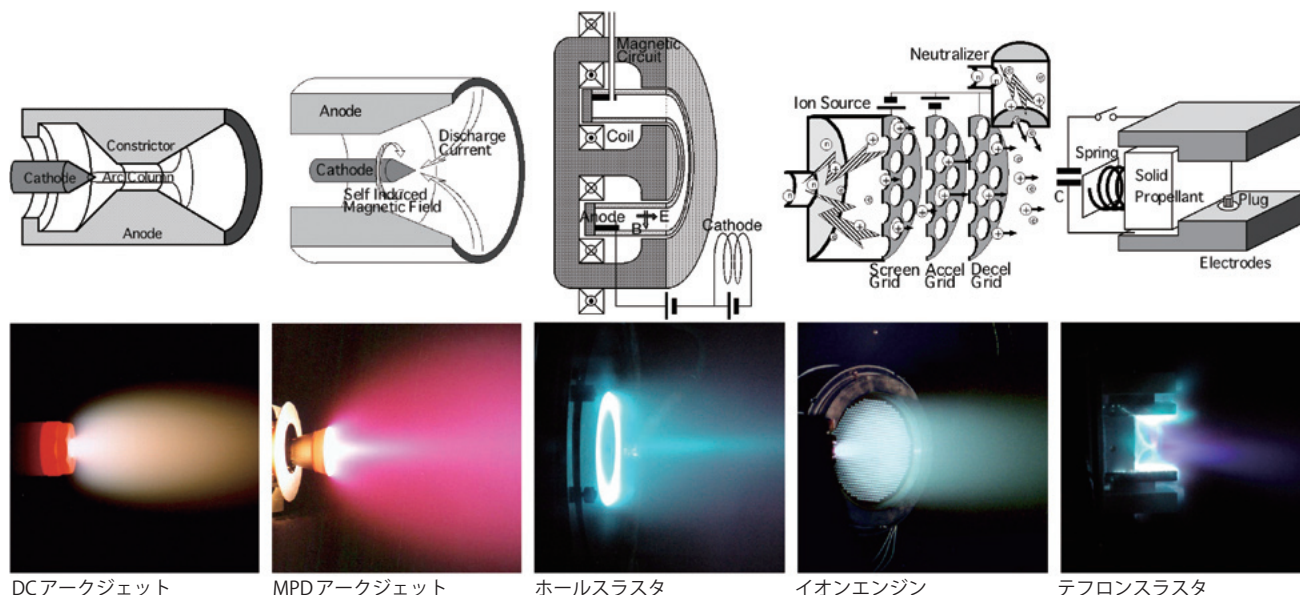


図2 各種電気ロケット

向している。イオン加速グリッドの3次元数値解析 JIEDI (JAXA Ion Engine Development Initiative) ツールが準備を整えている。

図1には、スクリーン／アクセル／ディセルグリッド孔間（孔径2mm程度、グリッド間隔0.5mm程度）において、左から右へ加速噴射されるイオンの軌跡群を示す。イオン源にて生成されたイオン（黄線はイオンの軌跡を示す）はスクリーングリッド孔から進入し、スクリーン／アクセル間の強電界により静電加速されていったん収束し、アクセル／ディセル間の減速電界にてやや発散しながら噴射される。領域に存在する中性粒子とまれに衝突し、弾性散乱（緑点は発生場所を示す）や電荷交換（赤点）を起こし、本来の軌道からそれ、または引き戻されてアクセルやディセルグリッド孔側面に衝撃し、スパッタリング損耗を引き起こす。各グリッド表面の青～赤のグラデーションは、粒子付着を考慮した損耗率の強弱を意味し、2万時間後の孔形状が描画されている。このような計算が可能になっており、『ISAS ニュース』No. 230（2000年5月号）の図3と比較していただければ、その緻密さと進歩の状況が理解されるだろう。

「はやぶさ」の帰還に活気づけられて、「はやぶさ2」の開発が始まっている。「はやぶさ2」には、これまでの8mNから10mNへ推力向上したマイクロ波放電式イオンエンジンが投入される計画であり、2014年の打上げを目指す。宇宙輸送工学研究系では、イオンエンジンのみならず、図2に掲げるようにほかの電気ロケット技術、DCアーケジェット、MPDアーケジェット、ホールスラスタ、テフロンスラスタの研究開発を進めている。これらのラインナップで宇

宙研究開発を先導していく。

終わりに

アカデミアは行政から「2番ではいけないか？」という命題を突き付けられた。研究開発コミュニティから外向きには、毅然と反論すべきだ。1番を狙ってこそ1番になれるかもしれないのであって、初めから2番狙いでは馬群に沈むのがせいぜいだ。一方、内向きには、自己を律する意味も含め、世界最先端を極め、その技術を完成させ、実証／実用までをなるべく短時間でこなして、社会福祉に貢献・還元することを目指すことを肝に銘じなくてはならない。研究開発という自己陶醉に陥り、我田引水で独りよがりの目標を設定し、実現から逃避する方向で活動を進めることは絶対にあってはならない。これまでの宇宙開発は、押し付けがましいSEED型であって、ユーザーを鑑みたNEED型という概念が欠落していたと反省すべきと思う。

日本は閉塞的社会風潮にさいなまれ、人口減少に転じ、国内総生産（GDP）は世界第3位に後退、国家的「後退局面」にあるとの指摘がある。さらに追い打ちを掛けるように大きな震災に見舞われた。この厭世感を払拭し、日本を元に戻し、さらに前進させなくてはならない。それには、従前概念にとらわれず、新機軸・発明的・刷新的新手法でしか未来は開けないと信ずる。「はやぶさ」がカプセルを送り届けるために、立ち足るいくつかの課題にひるむことなく立ち向かい、創意工夫を駆使して克服し、地球にたどり着いたように。Let's make Game-change. (既成の流れを変えよう)

(くになか・ひとし)

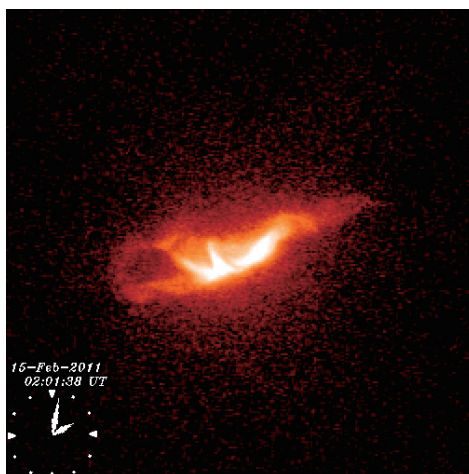
「ひので」が今サイクル初の巨大フレアを観測

「やっと長い冬眠から目を覚ました。まだまだ眠そうだが」。これは、私たちの母なる星、太陽の活動性について、我々が現在抱いている印象です。ここ数年の太陽活動は、約100年ぶりの低水準にありました。2009年に新たな活動サイクル（第24活動周期）に入りましたが、今までより活動の立ち上がりが遅く、大きなフレアが起きていない状況が長く続いていました。

2011年2月15日に巨大フレア（爆発現象）が太陽表面で発生

し、これを太陽観測衛星「ひので」が観測しました。今サイクルで最初のXクラス（大規模）フレアです。前回のXクラスフレアの発生（2006年12月）から4年以上たっていました。

14日朝、中規模フレアが太陽面上で発生しフレア注意報が出たため、その日の夕方の衛星運用で急遽、フレア観測に特化した観測プログラムに組み替え、大フレアの発生に備えました。「ひので」は、X帯での科学データダウン



「ひので」X線望遠鏡で見た今サイクル初の巨大フレア

リンクが不安定になって以降、S帯を用いてダウンリンクを行っています。そのため取得できるデータ量に大きな制限が課されており、いつ突発的に発生するか分からないフレアについて高い分解能で世界一級の観測データを取得することは容易ではありません。しかし、X線望遠鏡が持つフレア発生を検知し場所を特定する機能（搭載コンピュータによるX線画像の解析）でフレアを特定し、可視光磁場望遠鏡はその情報をもとに視野をフレア領域

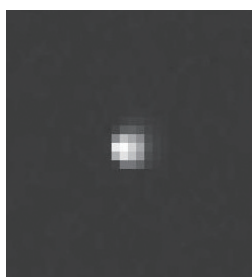
に絞って短い露光時間でさまざまな画像を高頻度に撮影し（表紙写真）、今まで得たことがない貴重なデータを取得しました。

今後、2013年と予想される極大期に向けて太陽活動はより活発になり、今回を上回る大規模フレアの発生頻度が高くなることが予想されます。「ひので」の観測は、フレアや活動領域など、太陽の活動性により重点を置いて今後も続けられます。（清水敏文）

「あかつき」は眠らない

金星探査機「あかつき」は再び金星に会合する6年後を目指して太陽のまわりを公転していますが、この半年間、ただ息を潜めていたわけではありません。

今年3月、「あかつき」と金星の間の距離が一時的に縮まりました。「あかつき」は太陽と金星の間を通過しつつあり、地球からでは太陽が邪魔で見ることができない“満金星”を「あかつき」から見るチャンスでもありました。そこで、紫外線から赤外線にわたる5つの波長で、途切れ途切れではありますが3週間にわたって金星を観測しました。距離が縮まったとはいえ、金星までは千数百万kmで、金星の直径の1万倍以上です。「あかつき」のカメラで4画素程度にしかありません。それでも特別仕様のカメラで、大気中の1万kmスケールの波動や雲の時間変化を捉えられる可能性があります。現在、画像データを少しずつ地上に送ってきているところ



2011年3月9日に「あかつき」から赤外線撮影した金星（波長2.02μm：IR2カメラによる）

で、データがそろって本格的な解析が始められるのを心待ちにしているところです。

4月17日、「あかつき」は太陽まで最も近づく場所（近日点）を通過しました。打上げ前の想定とは違い、金星の公転軌道より内側を飛行するため、機体の温度が上がり過ぎることを心配しました。今のところ探査機の状態に問題はないようです。

6月の1ヶ月間は、地球から見て太陽の向こう側を通過する「あかつき」から地球に向

けて電波を送信し、太陽から吹き出す高温のガス「太陽風」を調べます。電波は、太陽のすぐそばを通るとき太陽風によって乱されます。この電波を地上で受信することで、太陽風の密度の揺らぎや流速などが分かるのです。このような観測は探査機がちょうど太陽の反対側を通るときしかできないので、宇宙科学の歴史の中でも貴重な機会です。今回、電波の経路から太陽表面までの距離は太陽の直径

のわずか4分の1。太陽から放たれた直後の太陽風の性質を探る、あまり例のない試みとなります。ちなみに、金星周回軌道投入に成功していたら、これほど太陽に近いところを調べることはできませんでした。

長い巡航フェーズとなりましたが、一息つく間もなく新たな課題に挑戦する日々が続いています。

(今村 剛)

能代ロケット実験場が宇宙科学研究所の所管に

能代多目的実験場は、2011年4月1日をもって宇宙科学研究所の所管となり、名称が能代ロケット実験場に変更されました。能代ロケット実験場は、1962年(昭和37年)の開設以来、観測機や科学衛星・宇宙探査機の打上げに供した固体燃料系ロケットモータや、液体水素／液体酸素をはじめとする液体燃料系ロケットエンジンの開発の場として使用されてきました。

所管については、1962年の開設当初から宇宙科学研究所(当時は東京大学生産技術研究所)であったものが、2003年10月の3機関統合により、各施設の運営の効率化を目指して角田宇宙センターに移管されました。以降、現在までの7年6ヶ月の間、実験場全体の管理は角田宇宙センターが行い、各種実験設備・機器の管理・運用は宇宙科学研究所との連携により運営してきました。その間、角田宇宙センターをはじめとする宇宙輸送ミッション本部や施設部ほかの方々のご尽力により施設の整備は進み、実験に際しても多大なご配慮をいただきました。しかし、実際の運用を振り返ると、実験の大半が宇宙科学研究所のものであって、そういう中における複数機関による運営は非効率な面が否めず、特に角田宇宙センターの負担は多大なものであったと推察しております。

以上の経緯から、このたびの移管となり、運営の効率化については改善されるものと考えております。しかし、これまで角田宇宙センターが担っていた管理業務全体が宇宙科学研究所に代わることで、体制の整備が急務となっています。整備に向けては、科学推進部、相模原契約、施



移管後、最初の燃焼試験となった、高頻度再使用ロケット実験機(FRV-1)の燃焼試験の様子。

設整備4課、宇宙科学プログラム・オフィスほかのご協力をいただきながら、能代ロケット実験場の職員も日々、奮闘しております。この体制を一日も早く安定させ、これから実施されるであろう高頻度再使用ロケット実験機、イブシロンロケット、そのほか将来型輸送系の試験や大学共同利用のための施設として貢献できるよう努めてまいります。幸い、新たな職員も採用され、実験場の皆も活気を持って取り組んでおりますので、皆さまにおかれましてもご支援くださるようお願い申し上げます。(安田誠一)

お知らせ

第10回「君が作る宇宙ミッション」参加者募集

期間：2011年8月1日(月)～8月5日(金)

会場：JAXA 相模原キャンパス

詳しくは <http://www.isas.jaxa.jp/kimission/> をご覧ください。

対象：高校生あるいは相当年齢の方(高専は3年次まで)

締切：6月6日(月) 必着

ロケット・衛星関係の作業スケジュール(5月・6月)

	5月			6月		
S-520-26号機				噴台試験(相模原)		
大気球	平成23年度第1次気球実験(大樹町)					

春の新作ビデオ『The Rover』『小惑星イトカワの姿』

4月9日、宇宙研の伝統的なイベント「宇宙科学講演と映画の会」が開催されましたが、そこでお披露目されたのが、『The Rover 今、宇宙は、探査ロボットの時代へ』です。これは、「宇宙へ飛び出せ」シリーズの第14巻として製作されました。試写の段階で、関係者から“力作”との評価が出た秀逸な作品です。

「宇宙科学講演と映画の会」のアンケート結果も上々でした。冒頭では、宇宙研の探査ロボット「ミネルバ」の美しい姿が紹介されます。ちなみに、ホップしながら移動する「ミネルバ」が“ローバー”（うろつくもの）かどうかは意見が分かれるようですが、開発担当者の思い入れ的にはローバーとのこと（ISASメールマガジン第20号を参照）。遠く離れた惑星の上で働くローバー開発の難しさが端的にまとめられており、子どもにも楽しめる内容だと思います。また、火星飛行



春の新作ビデオの2本

機を含む将来ミッションのCG映像には、誰もが期待を抱いてしまうでしょう。

この春には、ビデオ作品がもう1本リリースされました。『小惑星イトカワの姿 2011年改訂版』です。この作品は、もともと「はやぶさ」帰還前の2009年に製作されたものです。カプセル内に見事イトカワの

サンプルが見つかったので、このビデオも晴れて改訂の運びとなりました。「はやぶさ」の理学的な成果をまとめた必見のビデオです。個人的には、英語のナレーション録りの立ち会いで、初めて本格的な録音スタジオに入り、貴重な経験をさせていただきました。

両作品ともウェブで公開されていますので、ご覧になりたい方は、ぜひ宇宙研ホームページのTV@ISAS (http://www.isas.jaxa.jp/tv_isas/) にアクセスしてください。（高木俊暢）

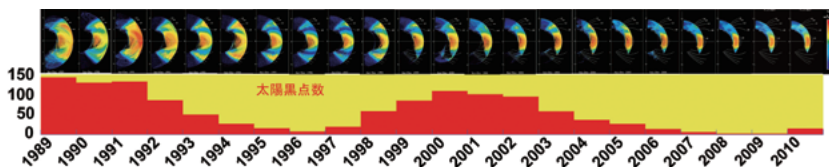
「あけぼの」「ひので」運用延長審査報告

すべての人工衛星には目的があります。宇宙研の科学衛星の目的は、究極的には宇宙の真理の探究ですが、その管制運用には多額の経費が掛かるので、無条件にいつまでも続けるわけにはいきません。例えば、JAXAの技術試験衛星などの場合は、試験が完了してその目的を達することができたら、比較的短期間で運用を終了してしまうこともあります。科学衛星に関しても、当初の想定寿命が経過し最低限の成功基準を達成したものについては、その後の運用延長の妥当性を科学的な観点から審査しています。審査を担当するのは、宇宙研の諮問委員会の一つである宇宙理学委員会です。その委員が中心となって審査小委員会を立ち上げ、各科学衛星についてほぼ3年ごとに、運用延長の科学的妥当性を審査しています。

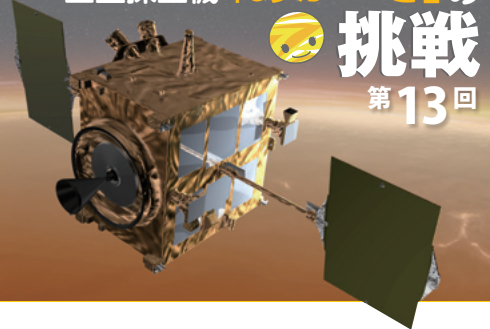
新年度を迎えるにあたって、今回審査の対象となったのは、磁気圏観測衛星「あけぼの」と太陽観測衛星「ひので」です（赤外線天文衛星「あかり」も審査の時期なのですが、冷凍機の性能劣化の技術的な見極めが先、ということで今回は見送ら

れました）。「あけぼの」は1989年に打ち上げられた長寿の科学衛星で、2007年度末の審査に引き続き、今回が2度目の運用延長審査になります。「ひので」は2006年に打ち上げられ、これが初めての審査です。今回の審査に関連した科学的な背景として、2011年に予測されていた太陽活動極大期が意外に穏やかで、これから2013年にかけてさらに太陽活動が激しくなっていくと予想される、ということがあります。「ひので」は、その優れた観測性能を生かして、これからは多くの太陽フレアなどより激しい太陽活動の様子を捉えることが期待され、2011年度から3年間の運用延長が問題なく認められました。「あけぼの」についても、地球磁気圏と太陽活動の関連性の長期的モニターなどの重要性が認められ、データアーカイブの整備を条件として、同じく3年間の延長が認められました。

このようにして、科学的成果とデータの公開性、費用対効果のバランスを厳しくチェックした上で、科学衛星の運用は実施されているのです。（海老沢 研）



「あけぼの」による地球放射線帯強度（上図、 $>2.5\text{MeV}$ 電子）と太陽黒点数（下図）の長期的な相関



紫外線で金星の雲を追跡する

宇宙プラズマ研究系 助教
山崎 敦

金星探査機「あかつき」が打ち上げられて約1年が経過します。金星周回軌道投入には失敗しましたが、今も元気に太陽系内を飛翔しています。この記事が発行されるころには、地球から見て太陽の向こう側を飛翔していることでしょう。今回は、そんな「あかつき」に搭載された紫外イメージャ (UltraViolet Imager : UVI) を紹介します。

紫外線の特徴

紫外線というと、あまり仲良くなりたくないと感じる方も多いと思います。紫外線は、可視光線で最も波長が短い紫色よりさらに短波長の光です。太陽光線に含まれていますが、地球大気にほとんどが吸収され、地上には数%しか降り注ぎません。しかし、近年ではオゾン層の減少などの影響で地上まで降り注ぎ、健康に悪影響を及ぼすと危惧されています。その一方で、殺菌消毒や蛍光灯での利用など、有用な特徴も持っています。科学観測においては重要な観測波長帯の光で、大気に吸収されやすいという特徴を逆に考えると、宇宙空間においてこそ観測できる光であるため、多くの科学衛星に紫外線観測機器が搭載されています。特に、紫外線画像の濃淡からの大気分布の導出や、観測光の波長からの大気成分調査を目的として、これまでも多くの地球・惑星大気観測がなされています。

金星大気の最初の紫外線観測は、地球上から行われています。この地上観測によって、秒速約100mものスピードで雲が金星上空を動いていることが確認されました。1973年に打ち上げられた「マリナー 10号」は、水星に向かう途中、搭載カメラの紫外線撮像用フィルターを使い金星を2次元撮像しました。可視光で観測すると一様に見える金星の雲ですが、紫外線で観測すると非常に高コントラストの濃淡模様が存在することが発見され、当時の研究者を驚かせました。現在でも、雲の運動を捉える鍵となる観測は、高コントラストの紫外線観測であると考えられています。

UVIによる金星の紫外線観測

これまでの金星雲の紫外線観測は、観測しやすい波長である365nm (ナノメートル、1nm=1mmの100万分の1) で実施されてきました。この波長帯の光の濃淡模様は大気成分による吸収に起因するものだと考えられていますが、その化学物質は未同定です。そこでUVIは、別の波長283nmでの観測も同時に実施できるように設計されています。この波長帯の光は二酸化硫黄 (SO₂) によって吸収されやすく、その濃淡はSO₂の密度分布を反映する



図1 打上げ直後にUVIが撮像した地球 (露出時間128ミリ秒)

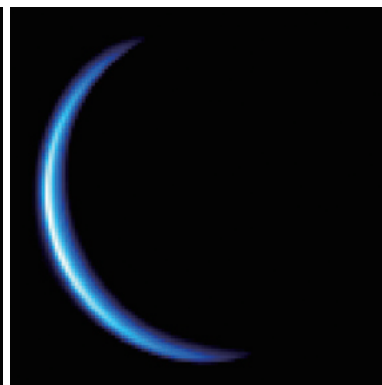


図2 UVIが撮像した金星 (露出時間46ミリ秒)

ことになります。SO₂は金星の雲の主成分である硫酸から光化学的に生成される材料物質であり、雲形成過程の理解の鍵を握る計測ができると期待しています。

UVIが観測する光は太陽光が金星雲で反射した紫外線で、金星昼側面の雲分布を2次元画像として測定します。連続観測を行った画像をつなぎ合わせることで動画を作成し、散乱光の濃淡模様を大気運動のトレーサーとして利用することで、雲頂高度での水平方向の風速場を導出することができます。また、283nm画像のSO₂と365nm画像の未同定吸収物質の空間分布との関連性は、雲物質同定や雲粒子の理解につながり、さらには大気の鉛直運動を導出するためにも有効な観測データとなります。

UVIは打上げ直後に地球の、金星離脱直後に金星の撮像を行いました。図1と図2に、それぞれ地球と金星の画像を実際の大きさの比で示します。地球画像は約25万km、金星画像は約60万km離れた場所から撮像したものです。このように並べると、大きさ・質量・公転軌道など非常によく似た特質を持つ二つの惑星の違いが分かるのでしょうか？ 露出時間の差 (雲での紫外線反射率の差が一因)、リム (惑星の外縁) の大気の広がり方、反射光強度の緯度変化など、細かな違いが見て取れます。UVIの観測できる昼面が小さいので画期的な結論を得るのはこれからですが、金星周回軌道投入に成功してさらに接近した連続写真で雲の運動を捉える日が楽しみです。

「あかつき」も、プロジェクト外のたくさんの方々にも応援いただいていること大変感謝しているようです。運用に携わるプロジェクトメンバーにできるのは、決して諦めないこと。金星周回軌道から金星撮像ができるその日まで。
(やまざき・あつし)

ギアナ 宇宙センター探訪

BepiColombo計画は、JAXAが開発するMMO（Mercury Magnetospheric Orbiter：水星磁気圏探査機）と、ESAが開発するMPO（Mercury Planetary Orbiter：水星表面探査機）の2つの探査機を水星周回軌道に投入、同期観測することにより、水星の起源と進化を明らかにすることを目指す国際協力ミッションです。2014年のアリアン5ロケットによる打上げを目標に、JAXAとESAが協力して開発を進めているところです。今般、双方のプロジェクト関係者総勢11名からなる調査団が、アリアン5の打上げを行うギアナ宇宙センターを訪ね、使用する設備の確認およびアリアンス

スペース社の担当者とインターフェース調整を実施してきました。

「ギアナ」という未知の土地に行くには事前の情報収集が肝心、と、出張前にJAXAパリ駐在員事務所より資料を送っていただきました。以下はその抜粋です。「ギアナ宇宙センター Centre Spatial GUIANA (CSG) は、フランスCNES所有のロケット射場。面積は約9000km²（海岸沿いに約50kmの長さ）。ギアナはフランスの海外県の一つであり、人口は18万2000人。北緯2〜6度、熱帯雨林気候。平均気温27℃、高湿度。日本との時差は12時間。公用語はフランス語で、英語はホテル、CSG内

以外ほとんど通じない。黄熱病の予防接種が必要。マラリア予防のため、虫よけスプレー携帯などの策を講じる」（2007年時点）

ギアナへは、パリから8時間のフライト。機内を見回すと、意外に家族連れが多く、どうやらフランスの人々にとってギアナは家族旅行で訪れる場所のようです。

カイエンヌ空港に到着。小規模な空港内につくりは、種子島空港に似ています。熱帯の高温多湿な空気の中、我々日本人一行は事前調査に基づき、虫刺されを警戒して長袖長ズボン。が、ESA一行を含め周囲の人々は皆、Tシャツに短パンでした。

空港から車で1時間ほどでギアナ宇宙センターに

到着。広大な敷地内に多くの施設が点在しており、施設間の移動は車が必須です。衛星を搬入した後、コンテナ開梱、組み立て、機能性能確認試験、推進剤充填などの打上げ準備作業を実施することになるのですが、それらの一連の施設を見学し、使用可能なエリア、クレーン、窒素供給系などが我々の要求に適合しているかどうか確認しました。同時に3衛星の打上げ準備作業を行うことができるそうです。また、ロケットに衛星を搭載する施設では、実際に衛星が搭載される高さまでエレベーターで昇り、フェアリングをかぶせる直前の衛星への最終アクセス方法を確認しました。

現在建設中の、ソユーズロケットの射点も間近で見学させてもらいました。ロケット打上げ時に開花するように倒れるトラスのシンプルな支持構造、テレビで何度も見た光景が目の前にありました。単純なデザインは美しいものです。射点近くの格納庫にはソユーズロケットが横倒しで置いてありました。

昼食はセンター外のレストランへ。アリアンススペース社の方によれば、センター内にもレストランはあるがあまりお勧めしない、とのことでした。では外のレストランはおいしいのか、といえ、少々残念な結果でした。フランス領ということで料理には期待していたのですが……。同行したNECのSさんがオーダーした巨大なポーク塊のボイルなど、フランス料理の繊細さの片鱗も感じさせない代物もありました。また、料理が出てくるまでは実に気長に待つ必要があり、ミーティング予定表で昼休みを2時間取っていた理由が分かりました。

今回、ギアナ宇宙センターを訪れ、あらためて欧州宇宙産業の巨大さを感じることができました。2014年の夏には、4ヶ月の長い射場作業が待っています。

追記：パリに戻る帰路の機内で私の隣の席に座られたのは、たくましい体格の車いすの方でした。話をしてみると、何と北京パラリンピック水泳競技の金メダリスト。ギアナでの競技会に参加した帰りとのことでした。話が弾み、あっという間の8時間でした。ロンドンパラリンピックにも出場するそうなので、David Smetanineさんに注目してください。なかなかのイケメンです。

（まえじま・ひろのり）



建設中のソユーズ射点。ギアナ宇宙センターの北端にある。すべての表示がフランス語/ロシア語併記だった。

前島弘則
BepiColombo
サブマネージャ
プロジェクト



ISTSで得たもの

久保田弘敏

帝京大学 理工学部 教授・
大学院 理工学研究科長

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震は津波、原発事故を誘発して、日本中に未曾有の被害を与えました。被災地では今なお多くの人の行方が分からず、避難所で生活している方も大勢おられます。小学生のころ、紀州大水害(1953年)に遭遇し、数週間の避難所生活を送ったことのある私にとって、そのつらさは痛いほど分かります。一方、この震災の影響でどうなるかと案じられた沖縄での第28回ISTS(宇宙技術および科学の国際シンポジウム)は予定通り開催(6月5～12日)と聞いて、安堵しています。このことも日本を元気づけるきっかけの一つとなることを願っています。

ISTSは、糸川英夫先生が海外の学会に行けない若い研究者のために英語での発表を行う場をつくろうと、1959年から開催を始めたものと聞いていますが、今では参加者が約800名にも上る大会となり、外国からの参加者も大変楽しみにしています。私にとっても、ISTSは重要な意味を持ちます。第12回(1977年)のころ、当時、航空宇宙技術研究所(NAL)空力1部に勤めていた私は、参加登録委員長だった上司の和田勇部長(故人)に連れられて、ISASにあったISTS事務局に行き、事務局長の桜井洋子さんに紹介され、その後いろいろな委員を務めることになりました。私は1978年にNALから東京大学に移ったのですが、ISTSの会期が迫ると、それこそ毎日のようにISASに向かったものでした。

毎回のISTSごとに思い出がありますが、最も印象深いものは組織委員長を務めた第23回(2002年)の松江大会です。島根県松江は小泉八雲も住んだことがある山陰の水の都です。松江城は今年、開府400年を数える由緒のある名城で、城主松平不昧公が茶をたしなんだことから、お茶請けの和菓子が名物です。私は、それまで山陰地方には行ったことがありませんでしたので、初めてのことばかりでした。松江側の窓口は市の教育委員会が担当したので、代表者は市長であり、教育長でした。そ

れまでISTSが地方で開催されるときは相手先は県であることが多かったのですが、市が受け皿になるのは珍しいことでした。

松江には宇宙関連の機関や企業がありません。しかし、島根県には出雲大社があり神さまが大勢集まってくるのだから宇宙と関係があるのだろう、と当時の西武徳事務局長(故人)と勝手に理屈を付けて準備が始まりました。確かに遺跡も多いし、夜は星もよく見えます。近隣の岡山にはスペースデブリ観測に使われる美星天文台もあります。講演会場の県民会館と展示会場の「くにびきメッセ」が地理的に離れているという不評はありましたが、宍道湖と堀川の景観としっかりと落ち着いた町の風情、厚い人情と、国際会議の雰囲気がよく調和して、参加者、特に外国からの参加者には好評でした。

このときのISTSで得たものは、実は、その後もっと大きくなりました。松江でISTSを開催するに当たり、宇宙にあまり関連がなく首都圏から遠い地方で開催した、という利点を生かす方法がないかと考えました。地方で会議を開催しても、たいていは一回限りのもので、



第27回松江市民レガッタ(2010年7月)。これからラストスパートにかかるところ。左から2番目が筆者。

あそこは良かったね、で終わってしまいます。そういう一過性のシンポジウムではなく、将来まで残るものにするべきです。その一つが、子どもたちの水 Rocket 打上げ大会でした。幸いなことに、松江は公民館活動が盛んです。市内の各公民館単位で予選が行われ、本選が市営陸上競技場で行われるようになりました。今年で10回目です。私はこの大会の名誉会長で、毎回優勝チームに「久保田杯」を手渡しに行きます。個人の部の入賞者はJAXAつくば宇宙センターに派遣されるので、子どもたちも一生懸命です。

さらに、松江市民レガッタへの参加も大きな収穫です。私はボート競技には素人ですが、東大の学内レガッタなどに参加していた「下手の横好き」なので、これに飛び付かないはずはありません。このレガッタは7月末の2日間にわたって行われ、約300チームの参加がある国内最大級の大会です(使用艇はナックルフォアですが)。私は松江市役所チーム「ジャンプ」の飛び入りメンバーで、今年で10回目の出場です。いつも1回戦と敗者復活戦で撃退されていますが、昨年は準決勝進出を果たし、大いに氣勢が上がりました。

このようにして、ISTS開催以来、毎年ほぼ3回は松江に足を運ぶようになりました。ISTS開催の前に就任された松浦正敬市長は、もう3期目に入っています。松江側責任者だった山本弘正教育長は、その後収入役を経て定年になりましたが、今また県の教育委員と松江市総合文化センター館長として活躍中です。そのほか多くの人々が温かく迎えてくれますので、自称「准市民」気分です。そのおかげもあり、昨年から「松江市観光大使」に任命されました。友人的の川泰宣君に話したら、「それはタイシたもんだ」と褒められました。ダジャレ名人にしては、これはイマイチでしたね。しかし、まあ、これもすべてISTSのおかげです。ISTSで得たものは測り知れません。

(くぼた・ひろとし)

失敗を恐れず独創的な挑戦を

宇宙航空研究開発機構 執行役

須田秀志

—— 行政官として宇宙分野を担当されたのは、いつからですか。

須田：2004年7月に宇宙政策課長になってからです。2006年まで担当しました。当時はロケットの打上げ失敗や人工衛星の故障などが続き、宇宙開発に対する世間の風当たりが強かった時期です。関係者の雰囲気がとても暗かった。

それが昨年「はやぶさ」のフィーバーが起きて、宇宙研のキャンパスでは今、「はやぶさ」を題材とした映画の撮影が行われています。隔世の感がありますね。

—— なぜ、あれほどのフィーバーになったのでしょうか。

須田：日本は今、多くの人たちが将来への希望を抱きにくい困難な状況にあります。そのような中、小惑星から試料を持ち帰るという世界初のプロジェクトに挑戦し、数々の困難を克服した「はやぶさ」の姿に、多くの人たちが感動したのでしょう。子どもからお年寄りまで、これほど広範な人々に共感を持っていた宇宙プロジェクトは、初めてではないでしょうか。

—— 地震調査研究課長も務められましたが、東北地方太平洋沖地震について、どう感じられましたか。

須田：誰も予測していなかった規模の地震です。私たちは地球のことについてすら、ほとんど分かっていなかった。自然に対してより謙虚にならなければいけないと思いました。まして宇宙となると、まったくの未知の世界が広がっています。

地震の予測が難しいのは、地震の起きる現場が地下深くにあって、直接観測ができないからです。宇宙科学においても、現場に行って直接観測することが大切です。宇宙研はまさにそれを担う機関です。

宇宙開発においては、ロケットを使って宇宙に行くことが重要な課題でした。しかし現在、H II-Aロケットの打上げ業務のほとんどが三菱重工業に移管されたように、宇宙へ行くこと自体は、民間が主体となって担っていくでしょう。今後の宇宙開発では、宇宙での観測や惑星探査などがますます重要になります。これからは、宇宙科学の時代です。

—— 日本の宇宙科学は何を目指すべきですか。

須田：米国・欧州と並ぶ3極の一つとして世界に貢献してい



すだ・ひでし。1957年、岐阜市生まれ。東京大学法学部卒業。1980年、文部省入省。学術、教育関係の行政に携わる。宇宙政策課長、参事官（宇宙航空政策担当）、海洋地球課長、地震調査研究課長などを経て、2011年2月より現職。

くべきです。宇宙研がトップランナーとして走ることができるように、私も基盤づくりに努めていきたいと思っています。

ただし、日本の宇宙開発の予算は

NASAの10分の1、宇宙科学に限れば20分の1の規模です。そのような中、予算を増やす努力をする一方で、ほかの国がやらない独創的・挑戦的なプロジェクト、すなわち、きらりと光るプロジェクトを主導することが重要です。「はやぶさ」が良い手本を示してくれました。失敗を恐れては、新しいことはできません。もちろん単純なミスによる失敗は駄目ですが、挑戦的なプロジェクトでの失敗は許されると思います。特に惑星探査では、成功するかどうか分からないような挑戦的なプロジェクトを、もっと積極的に進めていくべきです。

—— 未知の世界に挑んでいく人材を育成するには、何が必要ですか。

須田：ハングリー精神がなければ、挑戦する心は育ちません。教育行政にも携わってきた立場として反省を込めて思うのですが、インドや中国の学生の必死さに比べて、日本の学生には危機感が足りない。世界の現実を直視して、競い合っていく気概が必要です。そのような意味でも、宇宙研が挑戦的なプロジェクトを進め、困難な状況を乗り越えていく姿を若い世代に示すことに意義があると思います。

—— 若いころ、宇宙に興味はありましたか。

須田：宇宙の果てについて、素朴に考えたことはあります。学生のころから囲碁に興味がありました。囲碁は中国が起源で、「天元」「星」といった用語があるように、天文と関係しているといわれています。

—— 宇宙研の職員との対局は？

須田：まだないですね。今は家で、インターネットによる対局を楽しんでいます。物理や数学の研究者には囲碁が好きな人も多いと思うので、ぜひ今度、一局お願いしたいですね。

ISAS ニュース No.362 2011.5 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ピニア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記

本号の編集作業のピークはGWにちょうど重なりました。お休み中に対応いただいた執筆者や編集関係の皆さま、ありがとうございました。さらに24時間休みなしに働いている衛星や探査機には、あらためてお疲れさまと伝えたいです。（山村一誠）

* 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