



「かぐや」搭載
 ハイビジョンカメラで
 撮影した月と地球

月の北極を通過中に撮影。手前はバスケットクレーター。ハイビジョンカメラの映像も科学データとして活用可能に（GP参照）。

宇宙科学最前線

小型惑星プローブと 着地衝撃エネルギー吸収機構

宇宙飛行工学研究系 准教授

山田 哲哉（やまだ てつや）

パラシュートレスカプセルへの期待

「パラシュートは愛で開くんだよ」とは、『宇宙兄弟』のどこかの巻にありました。たしかに、サイズや仕組みを設計した方々、製造して下さった方々、組み立てて下さった方々の大きな愛で開くのは間違いないでしょう。「はやぶさ」初号機（そしてそのうち、「はやぶさ」2号機）では、蓋が開かずにビーコンが出なかった場合もミッションを喪失しないように、再突入時の大火球光跡から着地点を予測するとか、いろいろ考えました。それでも、パラシュートが開傘しなかった場合の着地衝撃からは搭載機器を守るすべはありません。比較的柔らかな地面に落ちることを祈るだけ。ならいっそのこと、（別に愛や技術力を信じないわけではありませんが）パラシュートが開かなくても何とかできるように設計開発するのも研究者であります。

惑星探査ミッションはますます遠方の天体をターゲットとする傾向にあり、往復の道のりは10年を超えるものも少なくありません。ですから、設計・製造から実際のパラシュート開傘までの全ての機能を長期にわたって保証することの難しさは言うまでもありません。厳しい信頼性が求められます。

「はやぶさ」カプセルの帰還の際、やれ電池容量は十分にあるか？ 演算回路は狂っていないか？ タイマーは正しい時間を刻むか？ 事前に試験をして送り出していたとはいえ、壊れていては、「試験したのに」と言っても何もなりませんから、当時のドキドキは何物にも例えようがありません。

そこで考えたのが、長期ミッションの最終フェーズでのパラシュートに期待しない着地ができたなら？ トリガー回路・点火回路、開傘のための電力等、緩降下サブシステムに頼らない着地が実現されれば、それは、サンプル回収機のみならず、様々な宇宙探査ミッションの自在な着陸の可能性を拡大するはずですし、先刻の火星着陸実証機スキアパレリのように火星表面激突によるミッション喪失も防げたかもしれません。

3年くらい前でしょうか。パラシュートを用いずドカンと着地しても、その衝撃エネルギーを吸収して、内部の搭載機器を守る（図1）。そんな発想から研究が始まりました。

着地衝撃エネルギー吸収機構によって拡大される宇宙ミッション

着地衝撃を吸収することによって拡大される宇宙ミッ

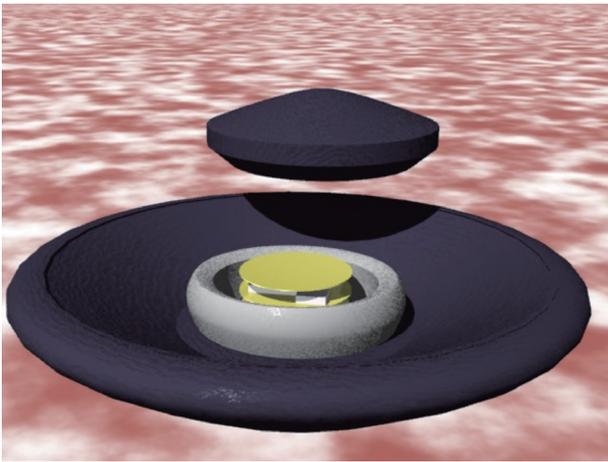


図1 衝撃吸収材を内包したパラシュートレスカプセル

シヨンの例を表1に示します。40m/s程度の速度での着地衝撃エネルギーを吸収して内部を守ることができれば、種々のミッションへの利用の可能性が広がると考えます。例えば、

- 1) 地球や金星など、重力が中程度で十分大気が濃い惑星に降下する場合は、パラシュートレスで6m/s(金星)～40m/s(地球)の着地速度となるので、電力供給、開傘ロジック、状態センサー、点火回路を含めた緩降下システム全体を簡素化/省略することができます。
- 2) 重力が中程度で大気密度が比較的薄い火星に着地する場合には、パラシュートレスでは300m/s程度の着地速度となりますが、パラシュート開傘後の40m/sの比較的速い着地速度での着地衝撃緩和に利用可能です。
- 3) 土星の第2衛星エンケラドス、木星の第一衛星イオなどの、重力が小さく、大気がない、もしくは微量の天体に対しては、いったん周回軌道に入った後、適切な ΔV (デルタ・ヴィ=減速や増速など)を与えることでほぼ軌道速度をキャンセルして、所定の低高度からの自由落下をさせることで40m/s程度の着地速度を実現することができ、本研究の適用範囲となります。

衝撃吸収材料とその開発

世の中には、たくさんの衝撃吸収材が使われています。

自動車に使われているエアバッグは60km/hの衝突から人体を守ろうというものです。お年寄りが転倒した時に膝や腰の骨折から守るためのパッド材料もあります。衝突(速度)のレベル、そして守ろうとするもの/人への衝撃度のレベルがそれぞれ異なりますので、適した衝撃吸収/緩和を行う必要があります。宇宙用に目を向けると、古くはアポロ帰還船が陸上着地を目指していた時代は、パラシュート着地の最後の数m/sでの着地衝撃を吸収する研究がありましたが、私たちが宇宙用に目指すのは、先述のとおり、それらよりずっと速い、数十m/s(100km/h～300km/hくらい)です。昨今の欧州でも、ある小天体探査計画でのサンプル回収カプセル(重量30～50kg)において、地球突入後にパラシュートを利用せず衝撃吸収構造での着地が検討されていました。なぜか、世界的にみてもちょっとしたブームになっている感がありますが、数十m/sの比較的高速着地というのは実ミッションでは未だ利用されてはいません。

衝撃吸収の材料としてどのようなものがふさわしいかということ、宇宙用に利用するということから、宇宙環境(真空、温度、放射線)下における性能劣化が極めて小さいことや、アウトガス、固体粉が発生しない構造/材質からなることは言うまでもありませんし、場合によっては電波透過材であることも求められるでしょう。ですが、当然ながら一番大切なことは、中にある搭載機器が耐えられる荷重しか伝達しないような材料特性を持つという点です。図2に、材料の応力・ひずみ曲線を示します。これは、どのくらい縮んだ時にどのくらい反力を発生しますか? という特性を示した図です。理想的な衝撃吸収材は「プラトー応力値(ひずみに対して平らな応力の部分)」を持ちます。このプラトーがあると、その領域では、いくら縮んでも反力が一定というわけですから、その反力により生じる加速度を搭載装置の制約荷重とちょうど同じになるように設計すれば、ギリギリの最大力を受けつつ、最も効率よく減速されるはずですが、雪道で、滑らないギリギリのブレーキ力で減速するのが一番減速距離を短くできるのと似ています。そして、この最大減速G(地球重力を単位とした値)は、基板ごと樹脂で固めて硬くした、「はやぶさ」初号機の着陸実績から3,000Gと定め

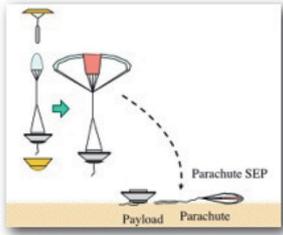
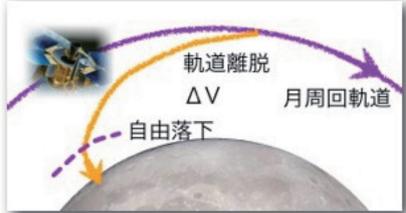
	地球・金星	火星	月・イオ・エンケラドス
天体の特徴	・重力が中程度 ・大気が十分濃い	・重力が中程度(0.38G) ・大気が薄い(0.01kg/m ³)	・重力が小さい(<0.18G) ・大気なし/非常に薄い
方法	パラシュートレス 	パラシュート +最終降着衝撃緩和 	軌道速度ゼロ自由落下 +最終降着衝撃緩和 
着地速度	40 m/s (地球) 6 m/s (金星)	272 m/s (シュートレス) 42 m/s (シュート)	～100 m/s 月 (H=3 km) < 40 m/s イオ (H=3 km) < 40 m/s エンケラドス (H=10 km)

表1 衝撃吸収構造により拡大される着地ミッション

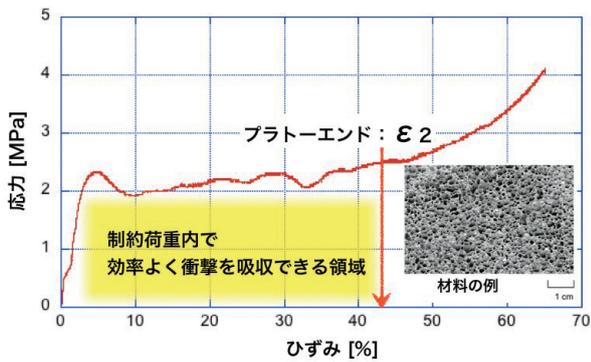


図2 衝撃吸収材の応力-ひずみ特性
※平らな応力部分(プラトー応力)をもつ

て、設計をすることになっています。

セル構造を持つ材料、ポーラス材なら先述のプラトー応力値を持ちます。巨視的にみると、縮む際にマイクロなセル構造の座屈破壊が連続して多数起こることから、応力値が一定のまま潰れていくのです。そこで、速度レベルは数十 cm/s と遅いですが、SLIM ミッションでの利用が検討されていた「ポーラスメタル」が最初の候補になりました。今は、電波透過性や、大きなものが容易に製作出来るという利点から発泡樹脂も精力的に研究しています。いったん搭載機器の加速度制約が決まると、単位面積当たりの重さに比例して、衝撃吸収材料に求められるプラトー応力値が決まります。重いものには硬く強く、軽いものには柔らかく。それは、平面面積が同じでも、平屋建てより2階建て、3階建てとなるにつれて強固な土台が求められるのとちょうど同じです。3,000G くらいの環境下での耐性を期待して、平均的な小型惑星探査機の搭載機器に対して設計しますと、数 MPa くらいの応力が材料に求められます。この値は、ポーラスアルミ～ポーラスチタン程度の値になり、ポーラス炭素や各種発泡樹脂よりはやや大きめの位置付けになります。材料とマイクロな構造(セル、ポアのサイズや平均密度)をうまくコントロールすることで目指す応力値の材料の製作が可能になるはずで、このパラメータを求めることが研究の一部でもあり、技術者たちの腕の見せどころです。

さて一方、平らな部分がずっと長く続く特性も重要です。同じ反力を発生しながら、最後まで潰れ切ってくれば、体積、もしくは質量当たりのエネルギー吸収率が大きくなり、効率的です。厚くしなくても、十分に減速距離がとれると言い換えてもいいです。通常は数十%くらいまでしか潰れず、あとは急激に応力が増大してしまいます。こうなるとは、制約荷重以上の負荷が搭載機器にかけられ、重大なダメージを与えることは明白で、宇宙へ持ち出せる重量制約の観点からも、この平らな部分の長さ(プラトーエンドひずみ)範囲内での利用が理想的なのです。

以上のような観点から材料を選択し、実験室における材料計測値から動的な応答を予想する技術の確立を目指して実験データの取得を行っています。

バリスティックレンジによる衝突模擬試験

圧縮空気ので実際に小型の飛行体を飛行させ、空気がかかる自由飛行中の運動を計測する、バリスティックレンジと呼ばれる風洞が角田宇宙センターにあります。この風洞を利用して小型供試体をターゲットに衝突

させて、着地衝突模擬試験を行うことを考えました(図3)。候補となる材料を内蔵した鉄球(Crushable Ball)を高頻度でターゲットに衝突させて、まずは材料のスクリーニングを行っています(感想としては、あまり気持ちの良い実験ではないですね。どっかんどっかんと、鉄球がターゲットに100km/hで衝突するわけですから)。内部に搭載した加速度センサーによって、衝撃の度合いを計測しますが、これまでのところ、高速で衝突させた場合の衝撃特性は、実験室で準静的に計測した応力・ひずみ特性から解析したものと異なり、応力波の伝搬、定在波によって、実効的には加速度ピークは平均値を上回ることもわかっています。このあたりのメカニズムの把握も課題で、実験・解析を行いながら、鋭意開発を進めている最中です。

おわりに ～おもてなし

最後になりましたが、自称“色物/変り玉”担当技術者としては、自在な着地を実現する衝撃吸収材構造が宇宙ミッションで使われていくのを願ってやみません。将来のカプセル、高エネルギーミッションを念頭に始めた研究ではありますが、そんな折、良い機会がありました。2018年、NASAのSLS(Space Launch System)の探査実験機体が打ち上げられる予定です。ここに公募の結果選ばれた13の国際パートナーのキューブサットが搭載され、月往復までの軌道で放出してもらえることになりました。「OMOTENASHI」はその一つ、月面セミハードランディングミッションです。月面までの軌道飛行中に科学観測を行った後、月アプローチ速度をキャンセルするための逆噴射を行い、分離された表面プローブが鉛直成分・30～40m/sの自由落下速度で月面に衝突着地します。小型プローブの革新的な着陸技術!をデモンストレーションするのも目的の一つで、この際の衝撃からプローブを守るため、本研究の衝撃吸収材の利用を提案しています。そして、明日、まさに、さらに上を狙う100m/sで真空中に置かれた月面模擬砂への打込み実験(図3上)等を行うところなのです!

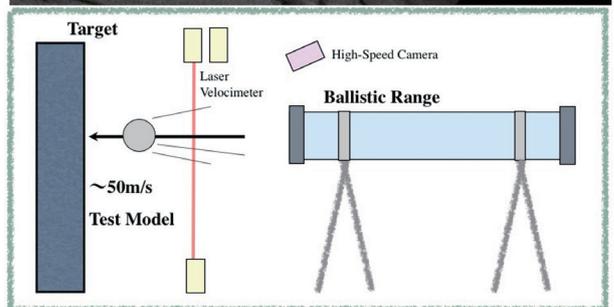
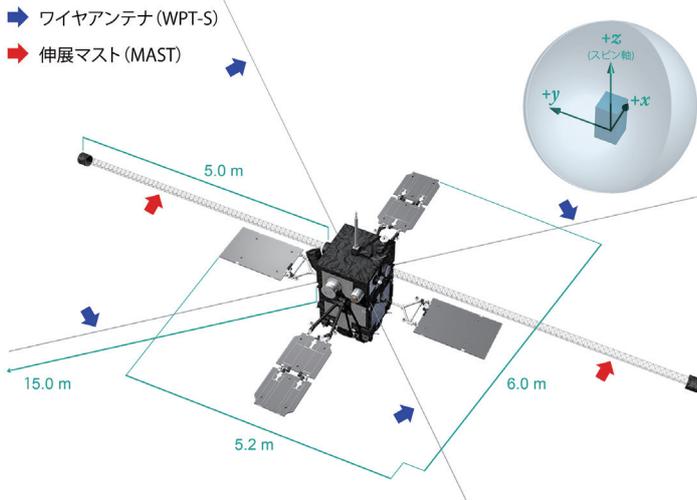


図3 バリスティックレンジ(@角田宇宙センター)を用いた高速衝突模擬試験
(上:月面模擬砂への衝突の様子 下:試験装置概略)

「あらせ」最新事情(伸展運用)



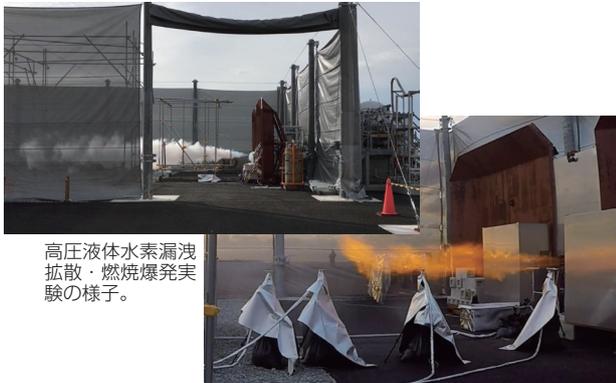
「あらせ」伸展完了状態の外観。

昨年12月20日に打ち上げられたジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)の1カ月にわたるクリティカル運用の終盤、衛星に搭載された4本のワイヤアンテナ(WPT-S)と2本の伸展マスト(MAST)の伸展運用が行われました。WPT-Sは宇宙空間の電界を、MASTは磁界を高精度で観測するための装置で、いずれも「あらせ」の科学目的である高エネルギー電子生成機構を解明する

上で極めて重要な機器です。質量は大変小さいものの、WPT-Sは各々15m、MASTは各5mの長さを持ち、大きく揺れたり長さがアンバランスになったりすると衛星の姿勢が不安定になる危険性があります。WPT-S伸展を8つのステップ、MAST伸展を2つのステップで刻み、衛星を挟んで対となる伸展物を同時に、長さが同じになるように慎重に制御しながら伸ばしました。また、伸展によって衛星のスピンの遅くなる効果を考慮した上で、必要な衛星のスピンの制御も行いました。伸展のためにモーターが駆動する実質的な時間はただだか累計25分程度ですが、伸展を開始してから終了するまでには5日かかりました。

伸展中は増えていく伸展長を監視し、また姿勢センサで示される衛星の揺れをかたずをのんで見守る緊張の時間が流れました。結果的には伸展運用は順調に進み、準備した異常時手順を一つも使うことなく終了しました。これで、プラズマ波動・電場観測器(PWE)と磁場観測器(MGF)の観測環境は整いました。今後、プラズマを観測する機器群を立ち上げていき、「あらせ」の観測体制の確立、本格観測の開始を目指します。(松岡 彩子)

水素社会に向けて



高圧液体水素漏洩拡散・燃焼爆発実験の様子。



高圧液体水素漏洩拡散・燃焼爆発実験設備。

水素は、エネルギー効率がが高く、利用段階で温室効果ガスの排出がないことから、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うものとして期待されています。我が国においても東日本大震災を契機としてエネルギー政策の大幅な見直しが行われ、水素を日常の生活や産業活動で利活用する社会、いわゆる「水素社会」の実現に向けて大きく一歩を踏み出しました。そんな中、昨年9月から12月にかけて

能代ロケット実験場で3つの試験(実験)が行われました。その内の1つは、以前ISASニュースで紹介(2013年8月号)した液体水素を冷媒とする超電導に関する試験ですが、今回はそれに加えて、「高圧液体水素漏洩拡散・燃焼爆発実験」と「液体水素ローディングシステム試験」を実施しました。前者はNEDO*1/岩谷産業から委託を受けたもので、「液体水素ポンプ昇圧型水素ステーションの設置に関する安全基準作りのための実験」であり、後者はSIP-JST*2から委託された「液体水素の海上輸送に必要な荷役システムの開発に関する試験」でした。

再使用ロケットの研究チームは、水素を燃料として安全にかつ航空機のような運航ができるシステムを目指していますから、水素社会実現に向けた社会の動きとは、切っても切り離せない関係にあります。今回の試験も、再使用ロケットの研究チームが主体となって実施しました。

実験の様子を詳しく紹介するにはちょっと紙面が足りませんが、高圧液体水素漏洩拡散・燃焼爆発実験では、液体水素を84MPaまで圧縮し、それをピンホールから噴出させ、濃度分布や爆風圧分布、火炎長などを計測しました。防風ネットを用意したものの初冬の能代では極めて困難な実験でしたが、現地職員の献身的な協力を得て、良質な実験データを取得できました。

日本では液体水素を自在に扱える場所は殆どありません。水素社会実現に向け、能代ロケット実験場は、今後、ますます熱い視線を浴びることになるでしょう。(成尾 芳博)

*1 NEDO: 新エネルギー・産業技術総合開発機構

*2 SIP-JST: 戦略的イノベーション創造プログラム - 科学技術振興機構

「第17回宇宙科学シンポジウム」開催



パネルディスカッションの様子。

毎年年初に行われている宇宙科学研究コミュニティの会合である「第17回宇宙科学シンポジウム」が、宇宙工学委員会および宇宙理学委員会の主催で2017年1月5～6日に相模原キャンパスで開催されました。相模原キャンパスで開催されるシンポジウムとしては最大規模であり、宇宙科学のプロジェクト推進、研究開発を行っている研究者をはじめとして、宇宙科学に興味をお持ちの各方面の方々が相模原キャンパスに集まり、宇宙科学について広く議論が行われました。今回は2日間で延べ約520人の参加者があり、講演数は、口頭で41件、ポスターで194件でした。

初日は、宇宙科学関係の最新の報告として2016年12月20日に打ち上げられたジオスペース探査計画ERG（「あらせ」）の状況の報告があり、さらに現在開発が進められている計画として、小型月着陸実証機SLIM、火星衛星探査計画MMXについて報告されました。企画セッションとしては、2016年3月のASTRO-H（「ひとみ」）の事故に関する検討およびそこから得られた教訓について、また、それを受けて今後宇宙科学プログラムにおいて行うべきアクションプランおよび高エネルギー天文学コミュニティで行われた今回の事故の総括と高エネルギー天文学の今後の方向性についての議論が報告されました。

午後には、現在の状況の中で、今後の新しい宇宙科学ミッションを創生していくにはどのような方法が良いかをテーマに、これまでに議論されてきた、小規模プロジェク

ト、キー技術開発、大学やメーカーとの連携、人材育成などについて、さらに、宇宙科学コミュニティから入力された工程表の検討の結果およびそれを受けて将来のミッションを検討する「20年委員会」について報告されました。

今後の将来像に関しては、宇宙研外の方々の講演を受け、引き続き行われたパネルディスカッション（写真）では、パネラーおよび会場を交えて、失敗と人材育成、資金や人的なリソースと体験機会

の確保、アクションプランをいかに有効なものにするか、JAXA全体や、大学、メーカーとの協力のあり方、など多くのトピックスについて積極的な意見やコメントが寄せられました。これらの議論は今後各種委員会等での議論にも取り込まれ、来年のシンポジウムでは将来がより明確になることが期待されます。

2日目には一般セッションとして、現在活躍中の各プロジェクトの報告や、プログラム化を目指す各計画の検討状況などについて、それぞれのチームから発表がありました。現在運用中、解析中の「はやぶさ2」、CALET、「ひさき」、「あかつき」、「ひので」、たんぼぼ、観測ロケットによる実験などの現状、成果について報告があり、さらに今後打上げ、実験をめざしている開発、検討中の多くの計画が報告されました。そのほか、ポスターセッションにおいても多くの講演が行われ、会場で議論がされました。また、今回のシンポジウムでは第3回「宇宙科学研究賞」の表彰式があり、木村勇氣（北海道大学）、笠原禎也（金沢大学）のお二人が受賞されました。シンポジウムの講演資料については、JAXA リポジトリ（<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/>）で公開予定です。

最後に本シンポジウムの開催にご尽力いただきました関係者の皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。

（第17回宇宙科学シンポジウム世話人 村田 泰宏、安部 正真、大山 聖、橋本 博文、田中 孝治）

SS-520-4号機実験について

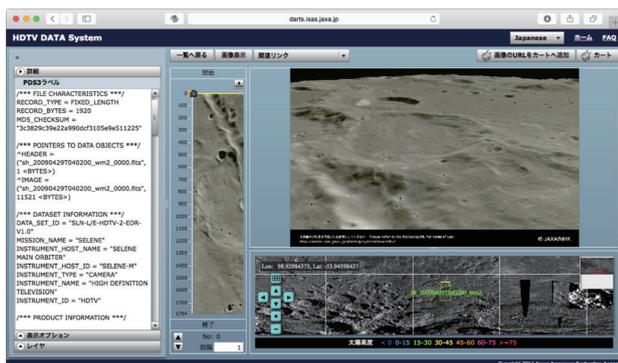
超小型衛星打上げ実証を目的としたSS-520-4号機実験は、2017年1月15日8時33分に打ち上げられましたが、飛行中にテレメトリの受信ができなくなったため、第2段モータの点火を中止し、ロケットは内之浦南東海上の予定区域内に落下しました。本実験の結果については、次号以降に改めて詳しくお伝えします。

（ISAS ニュース編集委員会）

SS-520-4号機の
打上げ。



「かぐや」搭載ハイビジョンカメラのデータ整備



データと同時に公開したHDTVデータ公開システム。データの検索や地図上へのフットプリントの表示、コントラスト変更が行える。

月周回衛星「かぐや」(SELENE)は2007年9月に打ち上げられ、2009年6月に月面に制御落下させた、日本の月探査衛星です。14種類の科学観測機器とともに、広報用の映像を撮像するために15番目の機器として搭載されたのがハイビジョンカメラ(HDTV)です。

HDTVの開発はNHKが行いました。月から見た丸い地球(満地球)を撮像するのが開発の狙いでしたが、探査機が月面に衝突する数十分前まで正常に動作し、最終的に600以上の動画を撮像することに成功しました。これらの素晴らしい映像を科学データとして活用できないかという要求があり、データ整備の検討が始まりました。

科学データとして公開する以上、映像以外の詳細な観測情報を付与することになります。HDTVの開発チームからすでに情報の提供はありましたが、最も正確な情報をデータに付与したいと考え、全期間のコマンド送信ログ、衛星テレメトリ、更新された重力場を用いた最新の軌道データなど、様々な情報を収集し見直すことにしました。単に収集したデータを使うだけではなく、衛星高度や撮像範囲を表すフットプリントなどの幾何学情報の計算を行いました。動画の1コマ1コマを静止画として扱い、実に100万枚以上の画像全てにこれらの情報を埋め込んでいます。

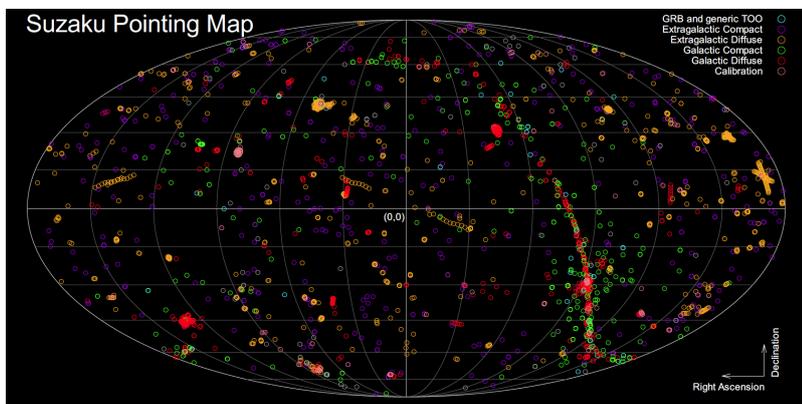
データフォーマットには天文分野でよく利用されるFITS*1を採用しました。惑星科学分野の標準フォーマット(Planetary Data System; PDS*2)でも読めるようPDSラベルを付与しています。こうして科学データとしてのHDTVデータアーカイブが完成しました。HDTVデータから科学成果が得られることを待ち望んでいます。

公開に尽力いただいた皆様方にこの場を借りてお礼申し上げます。

「かぐや」HDTVのデータ公開サイト

<http://darts.isas.jaxa.jp/planet/project/selene/hdtv/>
(大嶽久志、山本幸生)

「すざく」データアーカイブス最終バージョンの公開



「すざく」全観測点マップ。色は天体の種別を表す。

宇宙研はロケットと人工衛星を作って飛ばして運用するわけですが、その成果を還元するという意味で得られたデータの配布もまた大切な仕事です。2005年に上げた「すざく」のデータは、プロジェクトによって随時較正と一般研究者が使いやすい形への加工がなされ、C-SODAとNASA/GSFCから並行公開されてきました。「すざく」の科学観測が2015年に終了したのに伴い、今まで得られたデータを全て最新のキャリブレーションパラメータで再処理し、最終バージョンとして2016年10月に日米で公開しました。これでデータ配布関連の仕事は全て完了になります。処理した観測データ量はテレメトリ換算で600GB程度と、今となっては1台のHDDに納まってしまいます。

ですが、これらを後から誰でも検証と再現ができるよう一貫性を保った自動処理システムを、各検出器の開発者たちと共同で構築するのは大変な仕事でした。当初は上げと共に稼働させることを目論んでいたシステムで、まっとうにデータ配布を始めるのに、そういうわけで10カ月ほどかかっています。稼働してからも、時に発覚するバグやどうしても生じる例外的な運用のため時々判断が必要で、心休まる時がない10年間でした。そうやって時間をかけて育てたシステムは、最後の全データ再処理を、その直前に行った地上設備設計の補償をふくめ無事にこなしてくれました。これで完全に手が離れたと思うと感慨深いものがあります。あとは、処理されたデータが事故などで失われないこと、できれば遠い将来にでも過去の版や中間処理データを含めた全データが科学的観点で役に立つことを祈るばかりです。

最後に、各検出器でソフトウェアやキャリブレーションを担当して下さった皆様、計算機環境とSIRIUSデータベースをホストして下さったC-SODAの皆様、そしてなにより処理開始から最後のデータ配布まで長い間一緒に頑張ってく下さったC-SODAの山岸泉さんにお礼申し上げます。(尾崎 正伸)

*1 FITS: Flexible Image Transport Systemの略称。天文学分野で最もよく使われるファイル形式。https://fits.gsfc.nasa.gov/
*2 PDS: 惑星探査データの長期保管を目的としたNASAが開発した仕組み。フォーマット・ディレクトリ構造・命名規約など細かく規定している。https://pds.jpl.nasa.gov/

第3回 驚きに満ちた3年間

●プロジェクトサブマネージャ 中村 揚介

日本時間2017年1月18日午前8時、長さ15mのワイヤアンテナ4本の伸展と、長さ5mのマスト2本の伸展を完了、その後のスピンレートを約7.5rpmに調節し、「あらせ」は軌道上での最終形態となりました。近地点高度約440km、遠地点高度約32,250kmという長楕円軌道に投入された「あらせ」はこの後、搭載された九頭龍こと9つの観測機器・装置の初期機能を確認するフェーズへと移行します。

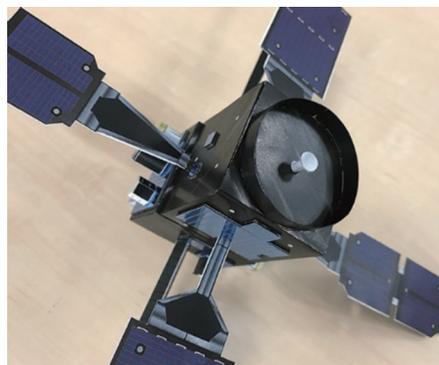
「ヴァン・アレン帯のど真ん中に突入する衛星？なんて無謀なことを！」

ERGプロジェクトへ配属されることを知ったのは、2014年の初春、留学先の米国NASAから日本に帰国する前日のことでした。日本に戻り、ERGプロジェクトのことを調べて真っ先に思ったことがこれ。今から思えばこれはこれから始まる驚きの連続の序章に過ぎませんでした。

私が着任した当時、ERGプロジェクトは詳細設計確認会（CDR）の真っ最中でした。通常、CDRを終えるとフライト品の製作に集中できるのですが、今回は開発スケジュール上の課題や経費を整理し、プロジェクト計画を一部見直すための説明・審査にも時間を費やすことになりました。

「あらせ」は小型科学衛星シリーズのバス機器を引き継いでいますが、初号機の「ひさき」は推進系を持たずにリアクションホイールで三軸姿勢制御を行っています。一方で「あらせ」は化学推進系を持ち、ワイヤアンテナ・マストといった柔軟構造物を有するスピン安定姿勢となっており、両者のシステム設計は大きく異なっています。そのためか、CDRの後もバス部・ミッション部問わず新たな開発課題が浮き彫りになり、着任の半年後には、打上げ時期が半年延び、その1年後にはさらに半年延び、関係各所に多大なるご迷惑をおかけする結果となってしまいました。そのような状況が続くと「また半年延びるのではないか？」と不安になりもしましたが、その都度、課題に正面から立ち向かい解決していくチームメンバーを見て勇気づけられ、「もうこの際、時間がかかっても、しっかり地上で課題を洗い出して解決してしまった方が良い」と開き直れました。それにしてもCDR以降の課題の多さと、それに動じないチームメンバーのタフさには驚かされました。

開発の最終段階、2016年の7月から9月にかけても、とても大きな山場がやってきました。運用模擬試験などの衛星システム試験の最終仕上げと、開発完了審査（PQR）、射場作業準備、打上げ・運用準備と、「ひとみ」の軌道上事故を受けたプロジェクト総点検、というどれ



息抜きの結晶：私が設計したペーパークラフトが「ファン！ファン！JAXA！」に掲載されています。

一つをとっても大きなイベントを同時並行で進めなければならなかったのです。遅滞無くこれらのイベントを完了させることはとても不可能に思えました。しかしながらチームメンバー・メーカー丸となって、また宇宙研としても一体となって、この困難な局面をスケジュール遅延無く乗り越えることができました。普段は各自が独立して別々の研究を行っていても、ここぞというところでチーム力・組織力を発揮できるところに、宇宙研がこれまでに築いてきた輝かしい業績の数々の理由を垣間見た気がしました。

ERGプロジェクトで驚いたこと、としてまだいくつか挙げる事ができます。まず衛星のシステム試験や衛星運用を実現するための検討がラフな状態でモノづくりが進んでいたこと。これは教科書的な衛星開発プロセスとしては本来望ましくないことなのですが、私にとっては幸いなことでした。プロジェクト管理をする傍ら、軌道計算や電力収支・通信リンク・スピンバランス等の解析をしたり、時には治具の図面を描いたりといった息抜き(?)をすることができたからです。また、衛星ミッションデータのエンドユーザが目の前に（チームメンバー内に）いる、という点も宇宙研ならではの新鮮な驚きでした。開発者＝エンドユーザであるが故に、ミッション要求がダイレクトに衛星設計に反映されるため、検討がラフな状態であっても構わないのかもしれませんが、良い驚きとしては、プロジェクトに参加している女性やイクメンが多く、皆さん大活躍していることが挙げられます。プロジェクトの中核で家庭と仕事を苦勞しながらも両立する方々を見て、これまでの自分の見識の狭さを思い知ることができました。

さて衛星はようやく産声を上げたところですが、今度は新しい科学的発見という驚きをもたらしてくれることを期待しています。

（中村から小川恵美子さんへ）

開発中の衛星と一緒にいる時間が非常に長く、愛着も人一倍だと思います。一方で苦勞も多かったと思いますが、そこまで小川さんを突き動かす原動力を教えてください。

《次号に続く》

まだ見えない宇宙の始まり。 特に130億年前から先の8億年を、 宇宙研を拠点に観測したい



宇宙科学国際調整主幹
宇宙物理学研究系教授

山田 亨 (やまだ とおる)

1965年大阪府生まれ。94年、京都大学大学院理学研究科博士後期課程修了。理化学研究所基礎科学特別研究員。96年、東北大学大学院理学研究科天文学専攻助手。2000年、国立天文台助教授。07年、東北大学大学院理学研究科天文学専攻教授。16年から現職。東北大学大学院理学研究科名誉教授。

▶▶ 宇宙・銀河の始まりを観測するために ——東北大学から昨年1月にJAXAに着任されました。 なぜ宇宙研に来られたのですか。

一言でいうのは難しいですが、やはり自分が地上で進めてきた天文学の研究、すなわち「銀河の誕生と進化についての観測的研究」をさらに前へ進めるには、スペースから観測することが本質的に重要だと考えたからです。考古学は発掘されたものを手がかりに何があったかを推測しますが、観測天文学のすごいところは、巨大望遠鏡をのぞくことで10億年、20億年前、いや100億年以上前の銀河の実際の姿形や、そこで何が起こっていたかが「直接」見えることです。宇宙が始まって138億年と言われています。ハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡など現在の装置では、130億年くらい前までの宇宙の姿を見通せます。しかしその先の8億年、宇宙で最初にできる銀河の姿や、あるいは、100億年前でも、多量のガスや塵に包まれた銀河誕生の真の姿がまだ観測できていない。そこを私は観てみたい。それには地上ではなく、スペース観測に軸足を置かなければと考えたわけです。

国立天文台時代には巨大なすばる望遠鏡計画に携わり、これを使って銀河の誕生と進化についての研究を行い、また、TMT（口径30mの光学赤外線・次世代超大型天体望遠鏡）計画の立上げにも関わってきました。一方、NASAではジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)を2018年に打上予定で、また、2025年打上を目指すWFIRST計画も進んでいます。こうした宇宙の最初の天体の姿に迫る一連の計画に、JAXAを通じて日本も参加したいし、もちろん自分も一人の研究者としてその中でやってみたいと考えています。研究が実現する時系列ではさらに先ですが、塵に包まれた銀河誕生時の姿を調べるためには、JAXAでは、ESAとの協力で2020年代の後半の実現を目指すSPICA計画がすすめられています。

その推進にもぜひ力を尽くしたいと考えています。

▶▶ WISH計画を通じて10年近い交流 ——JAXAとの接点はかなり前からあったと聞いています。

初めて関わったのは2008年ごろ、ちょうど国立天文台から東北大学大学院に異動したころでした。口径1.5m級の鏡と直径30分角の視野を持つ近赤外線カメラを搭載した宇宙機により、地上では到達不可能な深さでの広い天域の探査を目指す、超広視野初期宇宙探査衛星WISH計画を提案しまして、この計画を立ち上げるためのグループを宇宙研の理学委員会の下につくってもらいました。残念ながらWISH計画は2015年度の公募では採択されませんでした。宇宙研の方々とも色々検討を重ねてきました。スペース計画を進めていくにはいろんな人の力が必要で、宇宙研を舞台に活動することは非常に重要な意味を持つのです。

宇宙研では、宇宙物理学研究系の教員であることに加えて、国際調整主幹という役割も与えられています。宇宙研として、JAXAとして、海外の宇宙機関あるいは研究機関と協力を進める際に、プロジェクトが円滑に進んでいくよう調整する仕事です。この1年でいえば、SPICA計画における日欧研究機関の協力関係構築であるとか、昨年6月に失われたX線天文衛星「ひとみ」にかわるX線天文衛星代替機の推進に向けての国際協力の構築、太陽系科学や工学ミッション、小規模計画も含め、様々な計画にも関連する仕事がありました。

▶▶ 大山・蒜山高原で仰ぎ見た“満天の星” ——天文学に興味を持ったのはいつごろですか。

私はこういう仕事をしていますが、両親も学者肌かという、必ずしもそうではなかったですかね。生まれは大阪。高校生のとき母に「将来は天文学をやりたい」というと、「あんた、上向いて口開けてたかて、お金降ってけえへんで」と言っていました(笑)。ただ、子供のころには、バージニア・リー・パルトンの「せいめいのれきし」という絵本などで、地球や宇宙の歴史に目を向けてくれたのは両親だと思います。小学5年のとき、大山の蒜山高原にキャンプに行きました。そこで初めて、自分の足元くらいの目線からぐるっと夜空の全体が青白い宇宙、という、いわゆる“満天の星空”を体験しました。それが原体験としてあるように思います。現在は単身赴任のようなもので、休日は仙台の家に帰って家族と過ごすことも多いです。学生時代は軽音楽サークルに入っていたので、本当はギターでも思い切り弾きたいのですが、家族からうるさいといわれるので、ハワイ観測所時代に手に入れたウクレレで我慢しています。研究者は体力も大事ですから、週にせめて1時間くらいは「体育の時間」を作って、ジョギングやエアロビクスで健康の維持に努めるようにしています。



ISASニュース No.431 2017年2月号
ISSN 0285-2861

発行/国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
発行責任者/宇宙科学広報・普及主幹 生田 ちさと
編集責任者/ISAS ニュース編集委員長 山村 一誠

〒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/>)でもご覧いただけます。
デザイン制作協力/株式会社アドマス

編集後記

最近、ピーマンもうまい、と思うようになりました。動物除けに毒を持った植物に対抗して動物は進化したのだそうですが、この場合は違うのかもしれない。今の寒さや、ドキドキの実験も、この類でしょうか? (齋藤 芳隆)

*本誌は再生紙(古70%)、
植物油インキを使用しています。



古紙/ハルバ配合率70%再生紙を使用

