

	M-V (参考)	試験機 EX	最終形態 (検討例)		
			例 1	例 2	例 3
形態					
打上げ能力	3段: 11トン 2段: 33トン 1段: 72トン	3段: 2.5トン 2段: 11トン 1段: 66トン	3段: 2.5トン 2段: 14トン 1段: 66トン	3段: 14トン 2段: 50トン 1段: 80トン	3段: 14トン 1~2段: 50トン
太陽同期軌道 (SSO) 500 km	—	450 kg	600 kg	800 kg	1000 kg ~
低軌道 (LEO) 250 × 500 km	1850 kg	1200 kg	1350 kg	2200 kg	2500 kg ~
「はやぶさ」軌道	510 kg	200 kg	200 kg	410 kg	800 kg ~

検討されるイプシロンロケットのさまざまな最終形態案。背景は、次期イプシロンの打上げ能力要求値を検討する定例会の様子。

宇宙科学最前線

イプシロンロケットを使った 探査の検討

太陽系科学研究系 准教授
尾崎正伸

科学研究は本来、それぞれの目的がまずあってそれを何とかして実現していく、というのが王道だろう。しかし、宇宙科学のように巨額の予算とたくさんの資源を必要とする場合、世界の宇宙科学をリードするためにも、まず諸目的と実現手段をさまざまな方向から整理検討し、現実に合わせて目的を段階的にしたり実現優先順位をつけたりといったやり方が要求される。

この整理検討として、新たな「宇宙科学・探査ロードマップ」が2013年に策定された。それにより宇宙研は、この先10年ほどは「機動性の高い小型ミッションによる工学課題克服・技術獲得と先鋭化したミッション目的」を持った太陽系探査を、行動の柱の一つとすることになった。そしてその先の10年で、獲得した知見を使って自在な探査活動を

展開することになる。

宇宙科学・探査ロードマップと イプシロンロケット

「機動性の高い小型ミッション」の鍵は、イプシロンロケットの活用である。しかし、探査すなわち惑星間空間への飛翔体の投入は地球周回軌道への投入よりはるかに大きなエネルギーが必要であり、現在のイプシロンの能力では肝心の観測機器が載せられないということになりかねない。そこで、イプシロンの能力向上をまず求めることになる。

イプシロンは、宇宙研のロケット開発の流れをくむ固体ロケットである。維持・改良・増強などの活動は、宇宙研と宇宙輸送ミッション本部が協力して進めている。さまざまな検討が進められている現在、

宇宙研として打上げ能力の増強が必要なら、この時期を逃すことはできない。また、増強には追加の予算が必要であり、日本のロケットラインアップを考えれば青天井の要求は通じるはずもない。

科学衛星群が長期計画を考える基盤としてイプシロンの活用を前提とするなら、能力増強型の開発以前に、宇宙科学の打上げ能力要求値を明らかにしておかなければならない。一方で、イプシロンは基幹ロケットと位置づけられていることから国が維持していくためにも産業競争力を向上させることが求められ、小型衛星市場のニーズに対しても適正な打上げ能力を付与することも想定する必要がある。そして科学衛星プロジェクト群は継続的需要の大口枠であり、宇宙研は「勝手の分かる輸送機」「ロケット開発の基盤」として、このロケットを上手に使っていくことを考えている。

イプシロンへの性能要求

このような訳で、イプシロン側と科学衛星側で、互いに必要な／実現できる能力や打上げ頻度の検討がなされている。ここではまず、科学衛星（宇宙研）側で2013年度末に行われたこの検討作業について紹介する。

日本の探査機は、（少なくとも今までは）少ないチャンスになるべくたくさんの機器を詰め込んでミッションをつくってきた。従って、今までのやり方を踏襲して探査機を見積もると、自然とM-Vに近い打上げ能力要求となる。一方で、イプシロンに高過ぎる要求をするとH-II Aやその後継機より高くなってしまいかもしれず、そこまでいなくても「費用対効果が悪い」と増強を認めてもらえないかもしれない。だがそれに代わり、半年に1機程度の頻度なら無理なく対応できるという特性を持つ。

そこで宇宙研側では考え方を変え、探査機として機能するために譲れない最低限を見極め、従来に

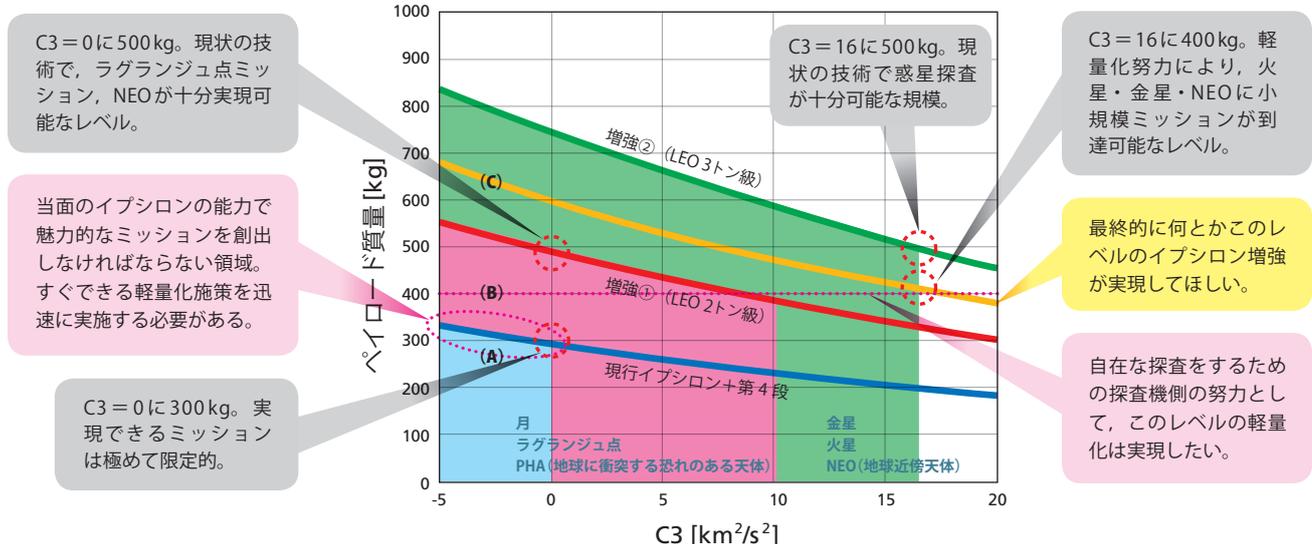
比べてコンパクトなミッションを高頻度で行うという前提で要求能力を見積もることにした。現在の技術で探査機をつくと、観測装置も含めて質量はおよそ500～600kgになるが、この技術は実は10年前と本質的には同じで、観測装置も多数詰め込んでいるが、今も続く電子回路実装の小型化や材料の進歩を精いっぱい取り入れ、観測装置も複数の機体に分けるなどで最低限の個数とすることを前提条件として、目標を400kgとした。2割から3割の軽量化は宇宙分野ではとてつもない冒険だが、探査装置の本質である電子装置が軽くなれば、それを保持する構造系はより軽量で済み、それらを運ぶ推進系質量はもっと軽量化できるかもしれない。その結果として全体でこの削減量を目指す。

軽くした質量をどこまで運ぶかが、要求のもう一つの焦点になる。探査の目的地は大ざっぱに言うと太陽系全域だが、ある程度より遠くに行くには、普通は引力の強い惑星・衛星でスイングバイを行う。ただし、スイングバイは直接の航行に比べて普通は時間がかかるので、現実的な時間で探査をしたければ地球の最寄りの惑星までは直接たどり着く力が欲しい。火星や金星まで持って行ければ、その先はスイングバイを使ってさらに進むことができる。

一方で、月の裏へのアプローチや日本が「はやぶさ」の実現で強みを持つ小惑星へのサンプルリターンを効率的に行うには、探査機を地球＝月ラグランジュ点（EML）や太陽＝地球ラグランジュ点（SEL）近傍にいったん滞留させて適切なタイミングで惑星間空間に送り出すのが、都合が良い。この場合は、滞留領域から目的地に向かうのに推進剤が必要となるのとラグランジュ点でのさまざまな運用のため、航法的に高度なミッションになるので、600kg程度の質量があるのが望ましい。

こうして、ひとまずイプシロンへの能力増強要求として「火星や金星の公転軌道へ400kg程度の質

図1 さまざまな形態でのイプシロンの打上げ能力横軸のC3は、地球から打ち上げて無限遠の彼方まで持っていったときにペイロードがなお保持している速度の2乗の値で、マイナスだとそこまで届かず再び地球に戻ってくることを意味する。



量を送り込める、SELへ600kg程度の質量を送り込める」を仮定して、探査機側のさらなる検討をすることになった。さまざまに検討されているイプシロンの形態がどのくらいの質量をどのくらいの軌道に送り込めるかは、図1を参照していただきたい。

要求した能力で何ができるか

仮定した能力がイプシロンで実現されたとして、その枠で探査機側に科学的に意味のあるミッションが出てこなければ要求する意味がない。そこで、次にすべきは「できそうなこと」の大枠を見積もることで、要求の意義を示すとともに科学コミュニティからのプロジェクト提案を促すことになる。現在、イプシロンへの能力要求を導出した集まりを引き継ぐ形で、この大枠見積もりの検討を行っている。

ところで、検討を待つまでもなく国内コミュニティでは複数の探査ミッション提案が練られている。そうすると、本検討はひとまずそれらがカバーしていない領域から補っていくのが妥当だろう。これを航法技術と目的地という観点から分析したのが表1である。これにより、まずは重力天体探査と小惑星探査の実現性から検討することになった。

検討に当たり、以下の3点を指針とした。①チャレンジングでも限界をあぶり出すこと。限界を少し超えたあたりでもよい。②太陽系の一定領域を網羅できることを示唆できること。③現在の宇宙研の知見を活かせ、育てられ、できれば20年後につなげられるコンセプトであること。

これらはいずれも、まずは近未来の探査機本体の技術としてどこまで行けてそこで何ができるかの考察から始めなければならない。その結果、以下の知見が整理された。A)火星・金星が守備範囲内なら軌道力学的には木星にもたどり着ける。ただし、電力・通信などの観点で実用的な探査機がつかれるかどうかは自明ではない。B)探査機をいったんSELに送り込み、これらを含む等ポテンシャル領域の適切な位置まで移動してから目的地へ射出すれば、より大質量を目的天体へ届けられる。C)複雑なことをする探査機には打上げ能力が足りない可能性がある。これを補うためには、複数の探査機を複数のロケットで打ち上げ、協調動作により一級の成果を挙げる戦略も視野に入れるべきである。

複数探査機でのミッションについては、少し説明が必要だろう。同様のことを実現するには、イプシロンに頼らずともH-IIAでの2機打ちや大型衛星化という方法もある。しかし、比較的安価なロケットを使って打上げから別々にすると、打上げ時期や軌道をまったく別にできたりミッションを段階的に組み立てていけるという利点が生じる。そして、それはイプシロンの高打上げ頻度と簡素な射場オペレー

表1 現在提案されている諸ミッションの分類

深宇宙探査機の技術構成を大きく変えるのは「加速」手段なので、縦軸はその技術形態で分類した。横軸は太陽系の地球近隣の天体までで分類している。○△をなるべく多くカバーするミッションを「パイロットミッション」として検討する。

目的地 探査機形態	重力天体 (火星・金星)	小重力天体 (小惑星)	地球近傍 (月・ラグランジュ点)
大推力化学推進	△	—	●
電気推進	—	△	●
編隊飛行・ランデブードッキング	○	○	○
着陸機	○	△	●
エアロキャブチャ	●	—	—

●意義がありかつ一定のレベルの提案がすでにある
○意義があり未踏の領域
△中型ミッションで実施経験あり(イプシロン級ではなし)
—意義のない領域

ションが可能という特性と相性が良い。イプシロンの成功は、さまざまなセンサや機能を一つの探査機に詰め込んできたこれまでの手法から、複数の機体に分割する方向への分化を誘っているともいえる。

これらを実現させる探査機のつくり方の具体的検討は、これからである。しかし、すでに以下のような課題が見えてきている。まず、惑星分光観測衛星「ひさき」などの現在の小型科学衛星の基盤であるSPRINTバスは、まだ重過ぎてそのままでは使えない。これは、設計が標準化や柔軟性の確保に振り向けられていることによる。従って、ここから地道に各部の軽量化を追求し、また工学系において不断の研究活動として行われている新たな試作や実験に基づき設計の技術革新を起こさなければならない。加えて、それらを探査機設計としてまとめ上げるときには、ミッション要求に真に必要な機器構成を精選して、全体をゼロから再構築する覚悟も必要になる。そして探査ミッション群が継続的に維持されるためには、科学や探査以外のミッションで使われる技術ともできるだけ共通要素を持たせなければならないだろう。

この先の動き

乗り物としての探査機にできそうなことが見えてきたので、大枠を具体例の形で考えられる段階になってきた。ここから先はさまざまな学術分野の希望と密接に絡んでくるので、宇宙研という狭い範囲・視点だけでうかつに検討を進めるわけにはいなくなる。また、ミッションには工学的・理学的な先進性が求められることになる。そこで、検討会議ではさまざまな目的に適用し得ると思われるサンプルをいくつか想定し、その実行規模を見極めることで現実のミッションを提案・評価する際の助けとなる情報を抽出しようとしている。一つのミッションをつくるのに数年かかることや、イプシロンの増強仕様を決めるのにもうあまり時間がなさそうなことを考えると、そう遠くない先にまとまったイメージを皆さんにお見せできるのではないかと思う。

(おざき・まさのぶ)

400号特別企画

編集委員の心に残る記事

『ISASニュース』は、今月号で400号を迎えます。創刊以来33年の長きにわたって支えていただいた読者の皆さま、歴代編集委員の皆さまに、あらためてお礼申し上げます。これからの『ISASニュース』を創っていく現編集委員が、バックナンバーの中からお薦めの記事を選びました。自己紹介と一緒に楽しみください。それぞれの記事は、ウェブページで読むことができます (<http://www.isas.jaxa.jp/j/isasnews/>)。

石川毅彦

印象に残っている記事は、「ISAS事情：気球からの落下式無重力実験の動作試験に成功」（2006年6月号，No.303）です。私は2003年、JAXA設立時に所属が宇宙研となりましたが、統合後最初の現場作業がこの気球実験です。宇宙研の方と急速に仲良くなれたイベントです。現在もこの微小重力実験は継続していて、記事にある初号機開発のメンバーや気球グループの方と苦楽を共にしています。今後も事業所横断的なミッションが盛んになることを希望しています。

大川拓也

広報としてイベントに出向くと、地域の皆さまが応援してくださりがたく思います。この関係は一朝一夕に成り立つものではなく、これまでの積み重ねのおかげです。宇宙研に来て丸1年。駆け出しの私にとって『ISASニュース』のバックナンバーは貴重な情報源です。「機関誌を時系列に沿ってたどるとその組織の沿革を系統的に追うことができるようにしておくことが大切」と的川泰宣先生が30周年特集号(2011年7月号，No.364)の「むかしむかしむかし」で述べておられ、なるほど過去の経緯を知る資料にもなっています。

小川博之

当時は編集委員ではありませんでしたが、一読者として心に残る記事は「特

集 性能計算書とMの衛星たち」(2007年1月号，No.310)です。性能計算書の実物を、飛行安全班として内之浦コントロールセンターにいたときに頂きました。数々のエピソードが書かれており、忘れたくない何かを感じさせる記事です。私は、今は飛行安全の仕事から離れ、BepiColomboと再使用ロケットでいい勉強をさせていただいています。

笠原 慧

30周年特集号(2011年7月号，No.364)、中でも「宇宙科学最前線：『ISASニュース』から見た宇宙科学研究30年」や「東奔西走：東へ西へ世界を駆け巡る」が記憶に残っています。私が編集委員会の末席を汚す身になってすぐの発行でした。それぞれ本業で多忙なはずの編集委員の方々が、時間を惜しまず、議論を重ねて、クオリティの高い記事をつくっていく様子に大変感動しました。

久保田 孝

編集委員歴15年。M-Vロケットや「はやぶさ」、探査ロボットの知能化に携わってきました。思い出深いのは、やはり「はやぶさ」です。提案から地球帰還まで、幸運にもすべてに携わることができました。心に残る記事は「はやぶさ近況：前人未踏の挑戦 タッチダウンに成功！」(2005年12月号，No.297)。ミネルバ分離失敗もありましたが、イトカワの表面に「はやぶさ」の影を見

たときの感動は今でも忘れません。「挑戦」、まさに宇宙研スピリッツです。

斎藤芳隆

これまでは記事のタイトルをざっと眺めてから「いも焼酎」だとか「宇宙・夢・人」あたりから楽しむ読者だったのですが、この春から編集委員に入れていただきました。今、読み返してみても楽しいのは、「はやぶさ」帰還直後に発行された2010年7月号(No.352)の「はやぶさ近況」です。成果そのものばかりでなく、その過程や担っている方々にスポットを当てることができるのも、本誌の強みですね。ぜひ、そういった記事をお届けしていきたいと思います。

阪本成一

専門の電波天文学からいったん離れて広報・普及・地域連携の推進のために宇宙研に移って、はや7年以上がたちました。今月号が編集委員としては最後となります。大変お世話になりました。印象に残っているのは2011年2月号(No.359)のペンシルロケットの実機の発見に関する顛末記(いも焼酎：ペンシルロケット26号機と嘆きの一言)。前を見て進み続ける宇宙研の中で、過去の史料を残すという地道な仕事にも関わることになり、それに誇りを持って取り組んだことの成果だと思っています。

清水敏文

「ひので」飛翔後、しばらくしての的川泰



創刊号
1981年4月号 (No.1)



100号記念号
1989年7月号 (No.100)



200号記念号
1997年11月号 (No.200)



30周年特集号
2011年7月号 (No.364)

宣先生(当時の編集委員長)から直々のお電話を頂き編集委員になりました。最初に手掛けた「特集号 太陽観測衛星『ひので』」(2008年2月号, No.323)が、最も思い出があるでしょうか。この数年、特集号の発行がないのが残念です。ある意味で衝撃だったのは、2014年1月号(No.394)の常田佐久所長の「2026年の宇宙科学研究所—2014年の初夢—」です。新しいミッションの立ち上げに苦悩する昨今、未来のわくわくする宇宙科学ビジョンを語り、それに向けて邁進する情熱を持ち続けることの大切さを再認識させてくれました。

竹前俊昭

私が宇宙研に入所したのはM-Vロケット1号機打上げ前年の1996年で、そのときから編集委員に加えていただいています。思い出の中心はやはりM-Vロケットなのですが、4号機/ASTRO-Eの失敗と、その後の一連の地上燃焼試験、そして6号機/ASTRO-E2(すざく)の成功が忘れられません。一方で、最後の7号機打上げに來られた秋葉鎌二郎先生の「いも焼酎:M-Vロケットの最期」(2006年12月号, No.309)を、何度も読み返さずにはいられません。

田中 智

時には華やかに、時にはアカデミックに、そして時には哀愁を漂わせて本誌のスタートを切るのが、表紙写真。毎々号どれにするか議論になり何を掲載す

るか困ることもあります。見返してみると、宇宙研のこれまでの発展を象徴するがごとく驚くほど多彩なのに気がきます。「この1枚!」をあえて選ぶとすれば、2013年8月号(No.389)の「夜空に向けた打上げを待つS-520-27号機とS-310-42号機」。打上げシーンでないとところが実に渋い!

橋本樹明

20数年間、人工衛星・探査機の姿勢と軌道の制御を担当してきました。編集委員も同期間やっています。探査機を天体に接近・着陸させるためには、カメラで天体の写真を撮ることが必要です。「はやぶさ」では搭載カメラONCの担当もしました。まだ地球帰還できる見通しが立たず不安と失意の中、世界初の小惑星詳細観測は成し遂げたという自信を持って、その写真集を特集号にしました。「『はやぶさ』がとらえたイトカワ画像特集」(2007年6月号, No.315)を見ると、そのときの複雑な気持ちを思い出します。

羽生宏人

幼稚園の卒園アルバムにロケットの絵を描いていた自分が、本当にロケットの仕事に携わるとは思ってもみないことでした。私は「おおすみ」成功で湧いていた時代に生まれました。「特集 性能計算書とMの衛星たち」(2007年1月号, No.310)では、そのころの出来事やその後の時代の流れをひとつかみで

知ることができます。また、連続と続く研究の歴史を知る上でも貴重です。最後に松尾弘毅先生が述べてくださっている「遊び心」。ふと、大切なことを思い出したような……。

前田良知

自分の専門になってしまいますが、「特集号 X線天文衛星『すざく』」(2008年3月号, No.324)が思い出が一番強いです。2000年に内之浦から飛び出したASTRO-Eはうまく軌道に乗らなくて観測ができませんでした。再挑戦機の「すざく」(ASTRO-E2)も、3つある観測機器の1つが軌道上でうまく動作しませんでした。いろいろあった中、多くの人に支えられて、2つの機器のデータが取れ始めました。このデータをみんなで必死に解析して始まった成果を特集号としてまとめました。

山村一誠

バックナンバーをたどると、私が編集委員になったのは2003年のようです。最初の編集担当が、現在のスタイルになる直前の号でした。毎月の編集委員会での諸先輩方の議論は刺激的で、私自身の専門領域(赤外線天文学)を超えて、宇宙科学研究を切り拓くスピリットを学んだ気がします。さて、イチオシの記事ですが、すみません手前味噌で。やはり個人的に気合が入った「特集号 赤外線天文衛星『あかり』」(2009年4月号, No.337)でしょうか。

ASTRO-H 一次噛合せ試験

X線天文衛星ASTRO-Hの開発状況については2013年6月号に続いて3回目の報告となります。2013年6月に機械環境試験を終え、8月からはFM (Flight Model: フライトモデル) の機械的、電気的I/F (インターフェース) や機器間の干渉確認を目的とした一次噛合せ試験 (以下、一噛み試験) が始まりました。

ASTRO-Hのバス構体は、八角形のベースパネルと8枚の側面パネルから成る八角柱の形状をしており、多くの機器はその内側面に取り付けられています。従って、衛星を組み上げてしまうとほとんどの機器にアクセスすることができなくなります。一方、電気的I/Fの確認のためには各信号波形を確認する必要があるため、一噛み試験の前半では側面パネルを開いた状態で試験を行いました。2013年11月には前半の山場として、バス機器と一部の観測機器を参加させて昼夜連続のネットワーク総合試験を実施し、データ処理系の性能を確認しました。

2014年1月からは科学観測用センサ (以下、センサ機器) を含めた衛星全系を組み上げた後、電源系/姿勢系/通信系/セ



FNC-D試験の様子。高発熱機器を冷やすために多くの送風機を使っている。

ンサ機器などの各種総合試験を行いました。先述の通り、ASTRO-Hは組み上げ後は内部機器にアクセスできません。しかもセンサ機器のほとんどは衛星の内部に搭載されます。センサ機器のI/F不整合による手戻りリスクを低減するために、ASTRO-Hでは各センサ機器を筑波に搬入した後、End-to-End試験を実施することを徹底しました。センサ機器ごとの試験で電気的I/Fや試験手順を十分に確認することができたため、センサ機器の総合試験では大きな手戻りはほとんど発生しませんでした。

2014年5月には一噛み試験の総仕上げとして、全機器を動作させて機器間の干渉

を調べるFunction Detail試験 (FNC-D) を丸2日かけて実施しました。干渉の有無を確認するにはリアルタイムにノイズ評価を実施する必要があるため、センサ機器チームごとに解析用端末を持ち込み、シフトを組んで常時監視をする体制を取りました。

本稿作成時点では一噛み試験が終了し、単体環境試験フェーズに入りました。その後、11月から総合試験を開始する予定です。

(夏莉 権)

遠くて近いマランゴニ対流

国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」でマランゴニ対流実験が開始されてからはや6年が経過し、多くの科学的知見が得られています。定常流から振動流への流れの遷移は無重量環境下でもマランゴニ数という無次元数で整理できること、無重量状態で支配的な表面張力差を駆動力とした独特の流れと地上でよく見られる圧力差や浮力に起因する流れとの類似や相違などが、明らかにされてきています。しかしながら、「マランゴニ対流」は地味で、まだ一般の方々に浸透していないようです。

マランゴニ対流は、実は身近な現象です。最も有名なのは「ワインの涙」でしょうか。ワインの液面とグラスが接触する付近で液体が壁を上り、やがて滴となってしたり落ちる現象です。これは接触面付近のアルコール水溶液の濃度差がもたらすマランゴニ対流によるものです。もう一例。コーヒー滴を机にこぼしたときにできる輪染み (コーヒーステイン) は、水分が蒸発する過程で表面にマランゴニ対流が起きて外周部にコーヒーの粒子が



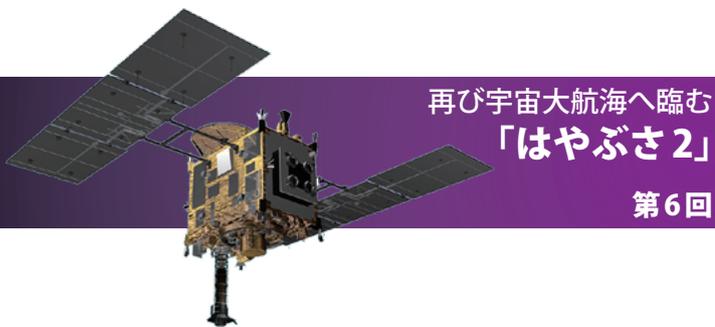
集まり乾燥してしまう現象です。工業的には、DNAチップや微細金属配線作製のインクジェット塗布においてムラを発生させるので、マランゴニ対流をいかに制御しながらプロセッシングができるかが品質の鍵となっています。

このように実は身近なマランゴニ対流を、「きぼう」での実験の成果を通して知ってもらう活動も始めています。この研究の歴史的ひもときから「きぼう」での実験に至る過程、宇宙実験の成果をまとめたレビュー記事が、日本マイクログラビティ応用学会の発行

する雑誌『International Journal of Microgravity Science and Application』に掲載されました*。また、この記事をもとにマランゴニ対流実験について易しく解説した冊子も、JAXA有人宇宙ミッション本部によって作製されました(図)。

今後も続く「きぼう」マランゴニ対流実験。その成果をしっかりと見てもらえるよう奮闘したいと思います。もっと一般の方に近い存在になれるように。(松本 聡)

* <http://www.jasma.info/journal/> から、特別号 Vol.31, Supplement 2014の特集「MEIS実験」をフリーダウンロードできます。



再び宇宙大航海へ臨む 「はやぶさ2」 第6回

2010年は、小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」の打上げに始まって、セイルの展開成功、分離カメラによるIKAROS自分撮り、自分撮りの前日には小惑星探査機「はやぶさ」の地球帰還と、私にとって一生忘れることのできない出来事がいくつも重なった年でした。IKAROSも無事にフルサクセスを達成し、運用もだいぶ落ち着いてきたその年の秋ごろだったでしょうか。『「はやぶさ2」のサンブラ開発を担当してくれないか?』と声を掛けられ、「はやぶさ2」の開発に参加することになりました。

サンプルを採取するサンブラは初号機の設計を引き継ぐことになっており、開発担当といっても設計をやり直すわけではありません。でも、「はやぶさ2」の理学目標を達成するために、改良できるところは改良したい。サンブラ担当になって最初に頭を悩ませたのは、そこでした。

3回タッチダウンできる能力があるならサンプル格納部屋は3つに増やそう。もし初号機と同じように弾丸が発射されなくてもサンプルを引っ掛けて持ち上げられる仕組みを追加しよう。サンプルから発生したガスも採取できるようにしよう。このあたりのアイデアは、比較的楽に設計変更することができました。

最大の難関は、いかにきれいな状態を維持したままサンプルを持って帰るかでした。

「はやぶさ」は人類史上初めて月より遠い天体からサンプルを持ち帰った探査機であり、「はやぶさ」のサンブラは世界をリードしている技術の一つです。このリードを保ったまま、さらには将来構想しているより遠くの天体からのサンプルリターンミッションにも使えるように、サンプルをよりきれいなまま、希ガスすら密閉して持ち帰ることができる装置が必要でした。

サンプルを密閉するシール機構を金属のみでつくりたいと決め、PIの先生方と一緒に開発を始めました。特に難しかったのは、地球帰還の大気圏再突入時にカプセル内で発生する衝撃でした。シール機構の形状や材料を改良してはハンマーで思い切りたたかすというシール試験を、延々と繰り返しました。コレという形が決まっても、試験条件を変えながらたたき続け……、結果、シール試験で消費した使い捨て部品は軽く100を超え、ハンマーでたたいた回数は1000以上いきました。いずれ、役目を終えたその部品たちをお披露目できる機会があるといのですが。

さまざまな苦労をして開発を続けてきた「はやぶさ2」のサンブラですが、新シール機構も何とか開発を終えることができ、現在は打上げに向けて総合試験を実施しています。

実際にサンブラの出番が来るのは打ち上がってから約4年後、私たちの手元に再び戻ってくるのは2020年の予定です。設計通りにシールして1999 JU3のサンプルをきれいなまま持つ

サンプル採取装置と 分離カメラ

澤田弘崇 「はやぶさ2」プロジェクト
サンブラ・光学航法カメラ・分離カメラ担当



図1 試験中のサンブラホーン

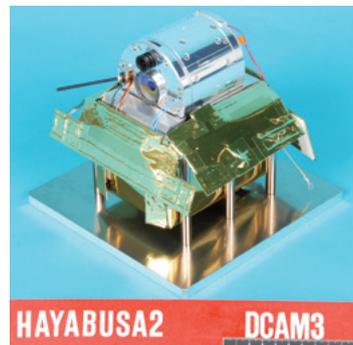


図2 「はやぶさ2」に搭載される
分離カメラ (DCAM3)

て帰ってこられるのか、今からドキドキですが、きれいなままのサンプルから新発見がもたらされるよう期待したいと思います。

ちょっと話題を変えて、私が担当しているカメラたちも紹介したいと思います。いろいろな経緯があって、光学航法カメラ (ONC) と分離カメラ (DCAM3) の開発も担当しています。ONCについては対象の小惑星がC型に変わったことから、より有機物を発見しやすいようにフィルタのセットを変えるなどの改良を加えました。ONCについての詳しい紹介は別の機会に譲るとして、ここではDCAM3について少し紹介します。

私のわがままでDCAM3と名付けた分離カメラは、IKAROSで開発したDCAM1/2の後継機として同じ技術を使い、衝突装置 (SCI) の動作確認をすることが当初の目的でした。ただし、搭載が現実味を帯びてくるにつれ、より高解像度の画像を撮りたい、ライナ (衝突体) の衝突地点を特定できるような画像を撮りたいと、どんどん要望が膨れ上がっていきました。結局DCAM3は、IKAROSのDCAM1/2とは中身がまったく違うものになり、高画質カメラとリアルタイム性を重視した低画質カメラを2台、無理やり詰め込み、分離方式もIKAROSとは変えました。サイズも姿形もかわいくないものになってしまい、開発中は本当に本当に苦労の絶えない機器でした。

DCAM3は、どのような写真を撮ってくれるのでしょうか? かなりチャレンジングなミッションになりますが、誰も予想していなかったような画像を撮ってくれるとうれしいですね。

小惑星に到着してからの分光観測、その後のタッチダウン & サンプル採取、衝突実験中の分離カメラによる撮像。要所所で担当した機器の出番が来ますので、「はやぶさ2」の運用中はものすごいプレッシャーを受けそうですが、今はとにかく無事に打ち上げられるよう、残りの試験を確実に進めたいと思います。

2020年、この記事を笑顔で読み返せるといいですね。

(さわだ・ひろたか)

