

海王星衛星ツアーの例。左：海王星の北極方向から見た図。右上：海王星近傍の拡大図。右下：フェーズIとIIIにおけるトリトン・フライバイの拡大図。

## 宇宙科学最前線

# 衛星ツアーの「ミッションデザイン」

インターナショナルトップヤングフェロー  
Stefano Campagnola

天体の運動を支配する原理を追究する天体力学は、科学史の中でも特に重要な役割を果たしてきた学問分野です。コペルニクスの著書『天球の回転について』（1543年）と、ガリレオによる木星衛星の観測（1610年）は、科学的手法の基礎を与えると同時に、17世紀の科学革命を先導しました。「革命」に当たる英単語「revolution」は、ラテン語の「revolvere（回転する、運行する）」に由来し、もともとは太陽のまわりを公転する惑星の運動を表す単語でした。天体の運動を例に物体の運動法則を論じたニュートンの『プリンキピア（自然哲学の数学的諸原理）』は、言うまでもなく科学史上最も重要な著作の一つです。19世紀末にはポアンカレが著書『天体力学の新しい方法』（1893年）にてカオス理論の基礎を与え、1915年にはアインシュタインが一般相対性理論の最初の検証例とし

て水星の近日点の移動を説明しました。

20世紀の後半に入り、天体力学を応用する新しい分野が生まれました。人工天体（宇宙機）の運動を扱う軌道工学、あるいはミッションデザインと呼ばれる分野です。宇宙工学の一分野であるミッションデザインでは、ミッションの成果を最大にすべく、時にコストやリスクにも目を配りながら、宇宙機の軌道を設計します。物理、数学、工学の専門知識を用いて、ミッション要求を満たす軌道の形状・配置を探究し、そこに至るまでの最適な経路と合わせて、宇宙機を設計する技術者や観測を計画する科学者に提示します。すべてのミッションには異なる目的があり、異なる制約が課されるので、ミッションデザインでは毎回、新しく創造的な作品が求められます。そのため我々ミッションデザイナーは、自身を芸術家に例えることを好

みます。もっとも、より適切な例えとしては、お客さんの要望を聞きながら宇宙探査ツアーを企画する旅行代理店というところでしょうか。

軌道設計をこのように捉えれば、「衛星ツアー」と呼ばれる特別なタイプの軌道がある、と言われても驚かないでしょう。衛星ツアーでは、宇宙機は惑星のまわりを何周回もしながら、その惑星の衛星に何度も接近（フライバイ）します。フライバイは衛星に接近・観測する機会として重要なだけではありません。フライバイ時の衛星重力による宇宙機の軌道変化は精密に予測できるので、惑星を周回する宇宙機の軌道を燃料消費なしに変更する手段として、フライバイは利用されます。軌道工学の分野において、「惑星」フライバイは特に新しい技術ではありません。1970～80年代にボイジャー探査機が成し遂げた太陽系グランドツアーでは、木星、土星、天王星、海王星のフライバイが使われました。しかし、軌道運動の時間スケールが短い衛星ツアーでは\*1、フライバイはより大々的に使用され、ツアーの間に数十回もの衛星フライバイが設定されることもあります。この記事では、衛星ツアーのミッションデザインについて、例を用いながら、その典型的な要求、制約、設計手法を紹介したいと思います。しかし本題に入る前に、そもそも、なぜ惑星系の衛星を探査しようと思うのでしょうか？

太陽系探査において、惑星系の衛星が興味深い探査対象として取り上げられるようになったのは、ここ20～30年のことです。木星系ではNASA（アメリカ航空宇宙局）によるガリレオ探査機（1989年打上げ）が、土星系ではNASAとESA（欧州宇宙機関）とASI（イタリア宇宙機関）によるカッシーニ／ホイヘンス探査機（1997年打上げ）が、初めての衛星ツアーを実現し、数々の画期的な発見をもたらしました。木星の衛星イオでは火山が荷電粒子を放出し、それが木星磁場により加速されて巨大なプラズマトール

を形成しています。土星の衛星タイタンの表面には液体メタンの川と海が広がり、エンケラドゥスの表面からは水蒸気が噴出しています。木星の衛星エウロパ、ガニメデ、カリスト、土星の衛星エンケラドゥスでは、地下に液体の海が存在する証拠が発見され、もし原始的な地球外生命が我が太陽系に存在するとすれば、それは、おそらくこのような氷衛星の地下だろうと考えられるようになりました。

ガリレオとカッシーニの成功を受け、米国、欧州、日本の宇宙機関では、惑星系の衛星を再訪し、その地質、化学、組成、そしてより広く生物の居住可能性を調べるべく、数多くの探査計画が検討されました。その中でも最も野心的な計画の一つが「エウロパ・木星系探査ミッション」であり、欧州（ガニメデ周回探査）、米国（エウロパ周回探査）、日本（木星磁気圏探査）が参加する巨大な国際協力ミッション構想でした。その後、米国と日本の構想は資金面の課題から断念されましたが、欧州の構想はJUICE計画として再構成され、2020年代の打上げが予定されています。

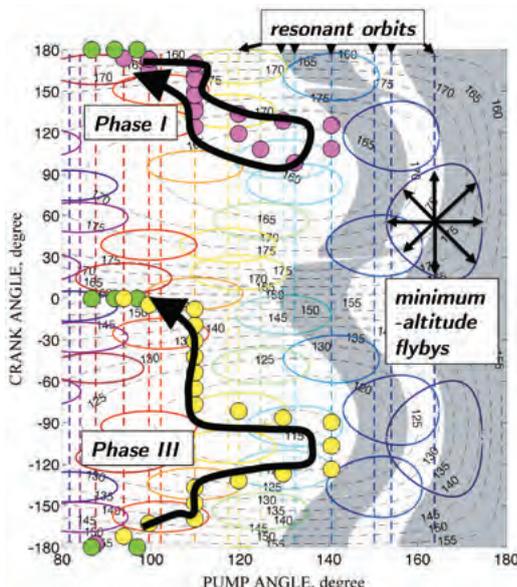
初期に検討されたエウロパ探査計画から最新のJUICE計画まで、これまでに提案されてきたどの衛星探査計画でも、旅の始まりは共通です。ロケットで打ち上げられた宇宙機は、まず目標の惑星に向かう長い道のりに就き、数年後、惑星に到着した宇宙機は、主エンジンを逆噴射して減速し、惑星を周回する軌道に入ります。このときの減速量は、惑星の重力に捕らえられるために必要最小限の量なので、宇宙機が最初に投入される軌道は、惑星を半年かけて周回するような大きな楕円軌道になります。ここを起点として、ミッションごとに異なる注文を満足するように、数多くの衛星フライバイを組み合わせたさまざまなバリエーションの衛星ツアーが始まります。

ここでは、衛星ツアーの一例として、海王星探査の軌道を取り上げましょう（表紙）。この軌道は、海王星探査ミッションが目指すべき科学テーマを明らかにするために、JAXAが主導し、世界中の150人もの科学者が検討したミッション構想の中で設計されたものです\*2。海王星を理解するためのさまざまな科学テーマの観点から、軌道計画に示されたリクエストは以下のようなものでした。

- ① 海王星の極域を遠隔観測し、幅広い緯度帯の磁場、その太陽風との相互作用を計測するため、大きな軌道傾斜角を持つこと。
- ② 太陽との位置関係による磁場の変化を観測し、また海王星や衛星による太陽掩蔽の機会を得るため、さまざまな太陽地方時（太陽と海王星を結ぶ方向から測った経度）を通過すること。
- ③ 異なる条件下で潮汐効果を計測するため、衛星トリトンとフライバイする位置は、その公転軌道上

図1 海王星衛星ツアーの設計に用いたポンプ角-クランク角グラフ

グラフ上の各点が、海王星を周回する軌道に対応する。



に広く分布すること。

- ④トリトンの全球を観測するため(重力場・磁場の計測、表面・地下の遠隔観測)フライバイ時にはトリトン表面のさまざまな領域上空を通過すること。
- ⑤トリトン大気その場観測のため、低い高度でトリトンをフライバイする機会があること。

表紙に示す海王星の衛星ツアーは、この多様で複雑な要求のすべてを満足するもので、3つのフェーズから成り(赤、緑、黄の軌道)、2年間に55回、トリトンをフライバイします。海王星最大の衛星トリトンは、それ自身が重要な科学的研究の対象(この衛星はおそらく海王星に捕獲されたカイパーベルト天体であり、地下には液体の水の海があると考えられている)であるだけでなく、厳しいミッション要求を満足する衛星ツアーを実現させるために、我々が使用できる強力な軌道変換エンジンでもあるということがよく分かります。

衛星ツアーのミッションデザインでは、ミッションの制約を満足しつつ、その成果が最大になるように、数多くの設計変数を調整し、選んでいきます。図1に示すグラフは、海王星衛星ツアーの設計に使用したツールの一例です。見るからに複雑なもので、それでも衛星ツアーにおける軌道の推移を単純化したもので、複雑なプロファイルの設計では、とても重宝します。グラフの縦軸・横軸には、最も自由度が高い設計変数である、フライバイ後のトリトンとの相対速度の方向を定義する2つの角度(ポンプ角、クランク角)を取ります。ほかの設計変数が指定されていれば、グラフ上の点と海王星を周回する軌道が1対1に対応することになります。表紙に示すような、さまざまな軌道を渡り歩く衛星ツアーは、このグラフ中では点列(フェーズによって赤、緑、黄色)として表現され、点間の移動、すなわち軌道間の移行は、トリトンとのフライバイで実現されます。グラフにはさまざまな情報が書き込まれていて設計を助けます。灰色に塗られた領域の軌道は、海王星やそのリングと衝突するため、選択できません。たくさんある楕円は、1回のフライバイで飛び移ることができる軌道の範囲を表しており、点列状の隣り合う点を配置するとき参照されます。垂直の破線は、トリトンとの共鳴軌道(軌道周期が整数比になっている軌道)を表し、短い間隔でフライバイを重ねるために、この線上の軌道を選択します。最後に、灰色の破線は、海王星赤道面に対する軌道傾斜角の等高線を表し、各軌道が①の条件をどれだけ満足しているかの情報を与えます。

衛星を周回することが最終目標となるミッションの場合、衛星ツアーの設計の難度がさらに上がります。この場合、宇宙機が主エンジンを逆噴射して減速し、衛星の重力に捕らえられたところでツアーが終わります。衛星表面全域を高解像度で観測するため

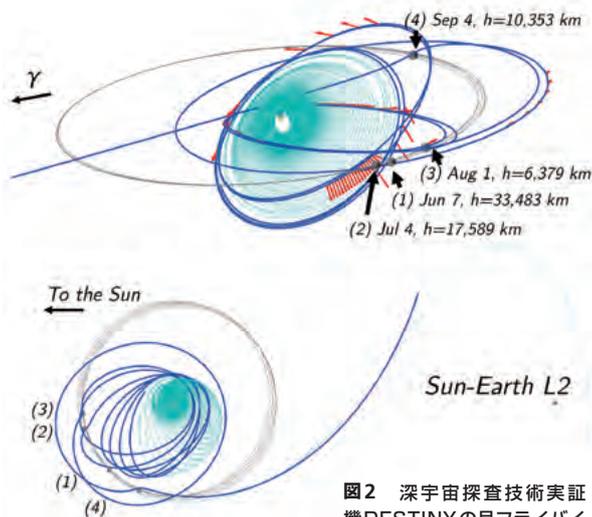


図2 深宇宙探査技術実証機DESTINYの月フライバイフェーズ

に、衛星を周回する軌道としては、低高度の極軌道がよく選ばれます。そして衛星ツアーの設計には、より多くの条件が課されます。例えば、宇宙機から見える衛星の日照条件が撮像や赤外線計測にとって最適になることを求められたり、衛星の周回軌道投入時や観測期間中に地球と通信できるように太陽や惑星で地球が隠されることがないように求められたりすることがあります。また、衛星を周回する軌道に投入する際に必要な燃料の量は、宇宙機が惑星の重力に捕らえられるためのそれよりも、いくぶん多くなります。これらの理由から、衛星を周回するミッションは格段に難しく、地球の月を除けば、いまだ実現されたことはありません。しかし最近になって、軌道工学の分野で、宇宙機を衛星の周回軌道に投入するために必要な燃料の量を大きく削減できるような新しい技術がいくつも開発されました。三体問題モデルのもとで、衛星に対するエネルギーを効率よく削減するTisserand Leveraging法を用いることで、世界初の衛星周回ミッションとなるJUICE計画が可能になりました。また、土星の衛星エンケラドゥスのように、巨大惑星の深い重力井戸の中にある小さな衛星を周回するミッションは特に難しいのですが、それを可能にする技術(Non-tangent Leveraging法)も開発されました。

これらの新しい技術は、提案中、あるいは飛行中の宇宙研のミッションでも使用されています。Tisserand Leveraging技術は、深宇宙探査技術実証機DESTINYの4回の月フライバイの設計に用いられました(図2)。DESTINYは、将来の深宇宙探査の鍵となる先端技術の実験を行う工学実験機として提案中のイプシロン級小型計画です。Non-tangent Leveraging法は、金星探査機「あかつき」のリカバリ軌道の設計で用いられました。この手法により、金星と再会合するまでの期間を1年以上短縮しつつ、必要となる燃料の量を削減することができました。

(ステファノ・カンパニョーラ/

日本語訳: 宇宙飛翔工学研究系 准教授 川勝康弘)

※1 惑星の軌道周期が数ヶ月～数百年であるのに対し、典型的な衛星の軌道周期は数日～1ヶ月である。

※2 海王星探査ミッションは、資金面・技術面の課題のため、近い将来に実現できるわけではないが、今後の宇宙探査において優先すべき科学テーマを抽出し、研究と技術開発の焦点を絞ることを目的として、実施された。

## MAXIの論文が日本天文学会の欧文研究報告論文賞を受賞

国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟「きぼう」に搭載した全天X線監視装置MAXI(マキシ)<sup>※1</sup>で目指す成果と装置設計を説明した論文<sup>※2</sup>が、日本天文学会の第18回欧文研究報告論文賞を受賞しました。授賞式は3月20日に日本天文学会春季年会で執り行われ、櫻井隆 日本天文学会会長から論文筆頭著者の松岡勝MAXIチームリーダーに賞状が授与されました。



賞状を授与される松岡勝MAXIチームリーダー(右)。日本天文学会春季年会にて。

この賞は、天文・宇宙物理学分野で世界を代表する学術誌である『Publications of the Astronomical Society of Japan』に過去5年以内に掲載された論文の中から、独創的で天文分野に寄与の大きい優れた論文に授与されます。受賞論文は2009年の出版以降、120件の研究論文で引用されています。

授賞理由<sup>※3</sup>は次の通りです。①地球周回に同期したISSの自転を逆手に取って利用することで、可動部なしで全天走査の機能を実現し、天体観測には適さないとされていたISSの常識を覆すなどの設計の独自性が高く評価されて

いること。②結果として、多数のX線天体の変動を記録するとともにX線新星の出現を検知し、突発現象を世界に通報するなど「広く浅く」見る機能を実現したこと。③同じX線でも「深く狭く」観測する「すざく」衛星と相補的であり、日本のX線天文学が持つ国際的地位を堅持する上で大きく貢献していること。④こうした活躍によりMAXIは、ISSに搭載された最もコスト

パフォーマンスの良い観測装置として、国内だけでなくNASAでも高く評価されていること。

2009年7月にスペースシャトル「エンデバー」によりISSの「きぼう」に搭載されたMAXIは、現在も全天の高エネルギー天体を常時監視し、論文で予測した成果を挙げつつあります。現在、X線新星発見の半数以上はMAXIによるものです。今後もMAXIの活躍にご期待ください。

(上野史郎)

※1 MAXI ホームページ <http://maxi.riken.jp>

※2 論文 <http://ads.nao.ac.jp/abs/2009PASJ...61..999M>

※3 授賞理由 [http://www.asj.or.jp/asj/prize2013\\_reason.pdf](http://www.asj.or.jp/asj/prize2013_reason.pdf)

## 「第33回 宇宙科学講演と映画の会」の開催

4月12日(土)、JAXA宇宙科学研究所主催の「第33回 宇宙科学講演と映画の会」を東京都の四谷区民ホールにて開催しました。510名超の皆さまに会場いただき大盛況となりました。

初めに常田佐久 宇宙研所長が「宇宙科学の目指す方向性」と題して講演しました。地球に生命はどうやって誕生したのか? 宇宙はどのように始まったのか? など、世界の宇宙科学者がその解明に挑んでいるBig Questionsを紹介した上で、JAXAのこれまでの取り組みと今後の方向性を総括しました。非常に広範かつ専門的な内容を分かりやすく伝えようとする説明ぶりに、アンケートによれば、ほとんどの来場者の皆さまに宇宙科学の取り組みへのご理解を深めてい



熱気あふれる会場内の様子

ただけたようです。

続いて「はやぶさ2」の國中均プロジェクトマネージャーが「再び宇宙大航海に挑む小惑星探査機『はやぶさ2』」と題して講演しました。世界に先んじ日本独自の方式のイオンエンジンの開発への挑戦、そのイオンエンジンを搭載した「はやぶさ」の地球帰還

を達成するまでの困難とその克服、技術の進歩を反映した「はやぶさ2」の開発などを紹介しました。アンケートでは、日本が世界に誇る小惑星サンプル回収ミッションに第一線で取り組む國中教授の熱い情熱が伝わってきたとの感想が多く見られました。

最後に宇宙研で製作した映画『躍動する磁気圏 磁場から宇宙の謎にせまる』を上映しました。目に見えない磁

場のダイナミックな流れを映像としてどのように表現できるか、宇宙研にとっても大きなチャレンジでした。CGを駆使して編集を重ねた20分余りの作品ですが、来場者からはおおむね好評を得られたようで、これからさまざま

な機会で上映していきたいと考えています。

今回も大勢の方々においでいただきましたが、会場混雑のため十分な対応ができなかったことを、深くおわび申し上げます。  
(小坂 明)

## 「大樹町宇宙交流センター SORA」オープン

北海道大樹町多目的航空公園内に、航空宇宙関連の展示施設「大樹町宇宙交流センター SORA」が完成しました。オープンに先立ち4月30日に、JAXAの皆さまをはじめ、展示品の提供にご協力いただいた方々、地域住民にも出席いただき、オープニングセレモニーを開催しました。

大樹町では30年ほど前から「宇宙の町づくり」を進めています。1995年に美成地区に多目的航空公園が完成、1998年に滑走路が全面舗装化され、航空宇宙の実験場としての幅広い利用が可能となりました。2008年にはJAXAと連携協力協定を締結し、現在ではJAXAの実験を中心に、民間企業や大学などの各種実験が行われており、着実に宇宙の町づくりへの取り組みが進められています。

これまでに数多くの視察を受け入れ、その都度、施設や実験の概要を説明してきましたが、町で行われたさまざまな実験や取り組みをより多くの方に、もっと気軽に知っていただくため、本施設を建設しました。

SORAは、大樹町で実験を実施している関係者の皆さんにご支援いただいたことで完成した施設で、展示品の多くは関係団体から提供いただいております。過去に打ち上げ



大樹町宇宙交流センター SORAの  
オープニングセレモニー



展示室の様子

られた小型ロケットの実物をはじめ、実験の概要をまとめたパネルのほか、実験の様子を視聴できる映像システムを設置しており、JAXAの実験や町で実施された実験をご覧いただけます。

今年度は、10月31日まで開館（無休、10時から16時まで開館）しています。入館料は無料で自由に見学することができますので、大樹町を訪れた際には当施設にお立ち寄りいただき、「宇宙の町 大樹」の取り組みをご理解いただければと思います。

また、町内3ヶ所の施設を巡る周遊スタンプラリーをSORAのオープンに合わせて開始しましたので、SORAのみならず町内の施設を巡っていただき、大樹町を満喫していた

だければ幸いです。

最後に、当施設オープンに当たり展示品の提供や運営に関わる助言を頂いたJAXAの皆さまに対し、この場を借りて厚くお礼申し上げます。今後も当町において、JAXAをはじめ多くの航空宇宙関連の実験が実施され、ますます航空宇宙産業が発展していくことを願うとともに、これからも「宇宙の町 大樹」として実験者の皆さんと共に取り組みを進めてまいります。  
(大樹町役場/大門英人)

### ロケット・衛星・大気球関係の作業スケジュール(5月・6月)

	5月	6月
ASTRO-H	一次啗合せ試験(筑波)	
BepiColombo		フライトモデル総合試験(相模原)
はやぶさ2		フライトモデル総合試験(相模原)
大気球		平成26年度第一次気球実験(大樹町)
S-310-43号機	啗合せ試験(相模原)	
S-520-29号機		啗合せ試験(相模原)



再び宇宙大航海へ臨む  
「はやぶさ2」  
第4回

# 衝突装置

佐伯孝尚 「はやぶさ2」プロジェクト 衝突装置担当

「はやぶさ2」はその名の通り、あの感動的な地球帰還を果たした「はやぶさ」の後継機であり、大きさや形状を含め、その多くの部分が「はやぶさ」と類似の設計となっています。これは、「はやぶさ」を成功させた諸先輩方から、「はやぶさ2」を開発する我々が多くの技術を引き継いでいることを示しています。一方で、「はやぶさ」から変更・改良された部分も多々あります。また、「はやぶさ」にはなかった新規機器もいくつか搭載されています。その一つが、搭載型小型衝突装置 (SCI: Small Carry-on Impactor) です。

SCIは小惑星表面に人工のクレータをつくるための機器です。「はやぶさ」は小惑星イトカワを詳細に観測し、イトカワがラブルパイル天体 (破碎集積体) であることを突き止めたのですが、その構造を調べる直接的な観測が行われたわけではありません。そこで「はやぶさ2」では、SCIを使用した宇宙衝突実験を行うことで、小惑星の内部の構造の直接的な観測や内部物質のサンプリングなど、より踏み込んだサイエンスを行うことを重要なミッションの一つとしています。

衝突によって大規模な人工クレータをつくるためには、大きな衝突速度が必要になります。NASAのDeep Impactミッションは、惑星間を飛行する速度をそのまま衝突を利用して巨大な衝突速度を実現しています。しかし、観測機自体は天体をすぐに通過 (フライバイ) してしまうため、観測は限定的なものになっていました。一方「はやぶさ2」は、小惑星を詳細に観測するランデブーミッションです。そのため、人工クレータをつくるためには、衝突体を相対速度ゼロの状態から高速に加速する必要があります。Deep Impactと比べてこの加速の手間が増えますが、クレータやその生成過程を詳細観測することができるのが大きな利点となっています。

前述の通り「はやぶさ2」のSCIは、衝突体を高速に加速するための機器ですが、どのように加速するかが高い技術的ハードルでした。通常、宇宙機の加速には、固体モーターや液

体推進系のように燃料を噴射して加速する方法が取られません。この方法では加速時間がかかり加速距離も大きくなるため、小惑星に衝突させるには誘導装置や姿勢制御が必要になり、システムが大規模になってしまいます。そこで、爆薬を使用して衝突体の加速を行うことにしました。SCIには爆薬部といわれる特殊な成形炸薬が搭載されています (図1左)。円すい状の金属ケースの中に爆薬が充填され、ケース前面にはライナと呼ばれる皿状の金属が装着されています。この部分が爆薬によって加速され、衝突体となって飛翔します。図1右は爆薬部の実スケールモデル試験において実際に飛翔したライナの様子を示しています。ライナは速度はおよそ2km/sですが、その速度になるのに1/1000秒ほどしか要しません。これにより、長い加速距離が不要となり、シンプルなシステムでも小惑星に衝突させることができるようになっています。図2は爆薬部実スケールモデルの試験の様子を示しています。衝突体が真っすぐ飛翔している様子が分かります。

試験が派手な爆薬部に目が行きがちになりますが、SCIにはそれ以外にも重要な技術が多く含まれています。その中でも特に、正確な分離は、ミッションの成否を握る大事な部分です。どんなに衝突体が真っすぐ飛翔しても、衝突体の方向を正確に小惑星に向けないと意味がありません。また、分離時の速度誤差もとても小さく抑えた分離を実施しないと、小惑星には命中しません。そのため、数多くの分離試験を実施してきました。これ以外にも多くの試験を実施し、苦労しながらも何とか開発を進めてきました。厳しいスケジュールの中、現在ほぼ開発が完了する状態までに至ったのも、関係メンバーおよび関連メーカーの皆さまのおかげです。この場を借りてお礼申し上げます。2019年のSCI運用はまだ先ですが、自信を持って臨めるよう今後も準備を進めていきます。

(さいき・たかなお)

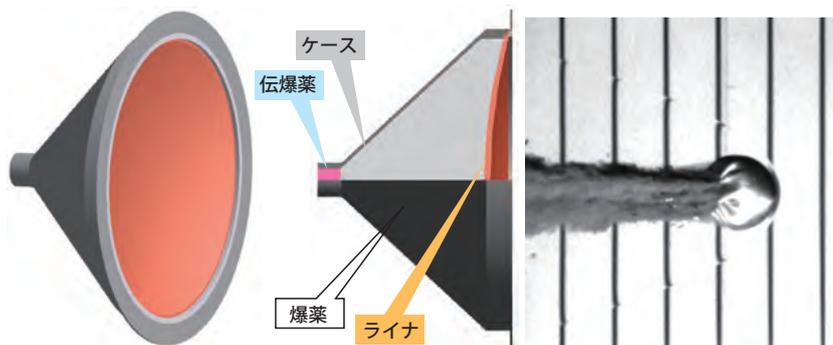


図1 衝突装置爆薬部

左: 円すい形の構造体の中に爆薬が充填されている。爆薬の力によってライナを前方に高速で射出する。右: 飛翔するライナの様子。速度はおよそ2km/s。



図2 爆薬部試験の様子



# 届け、あかつきの星へ

## 小笠原雅弘

日本電気株式会社  
宇宙システム事業部

### プロローグ

『ISAS ニュース』編集委員会よりこの原稿の依頼を受けたときに、「まったくアルコールを口にしない私が、よりによってアルコール度数36度以上のこの欄に記事を書くとは……」とぼやいてしまった。

しばらくして、ふとした機会に、酒をこよなく愛した一人の技術者の顔が浮かんできた。彼は旅先で“焼酎”を片手によく鉛筆画を描いていた……。

そんな絵の一枚に、私は毎朝声を掛ける。「おはよう、あと1年半だね!」

長崎の大浦天主堂の風景を写した、この鉛筆画。彼はいつごろ描いたのだろうか? 自宅に残された小さなスケッチ帳にこの絵を見つけてからもう4年。

彼と宇宙への旅を始めて30年にもなる。

### モノローグ

約30年前の4月。彼、木村雅文がNEC航空宇宙システムに入社してきた。ちょうどそのころ、日本初のハレー彗星探査機、MS-T5(さきがけ)とPLANET-A(すいせい)の打上げを1985年に控え、作業が佳境に入っていた。衛星との通信に往復何分もかかる数億kmも彼方の衛星をコントロールするのは初めてで、必要な地上系システムもゼロからつくらなくてはいけない。スターキャナと呼ばれる星センサから姿勢を決め姿勢を制御するシステムも、新たに必要とした。そんなとき彼は、持ち前の絵心を活かしてさまざまなソフトウェアをつくり上げていった。

「ひてん」。これほど今につながるスイングバイ軌道制御技術の習熟に役立った衛星はなかった。二重月スイングバイ、ラグランジュ点通過、エアロブレーキ、月周回軌道投入、そして月面衝突。この成功に力を得て、月へ、火星へ、スイングバイ技術を使って太陽系を探る旅が、まさに始まる

うとしていた。

1998年に火星に向かって打ち上げられた「のぞみ」。火星への最短軌道での到着が絶望的になったときの巧妙なスイングバイ軌道設計での活躍、そして最後まで力を振り絞った火星接近までの物語は、今でも語り草となっている。彼の親友でもあった松浦晋也は、自書『恐るべき旅路』に「最後のロープを投げようとした救援隊であり、ミッション全体を締めくくる最後の勇者だった」と当時の彼を回想し、その長い物語を締めくくった。

2000年代には、月周回衛星「かぐや」のアンテナ制御系を取りまとめ、月周回軌道から膨大なデータの伝送に成功。後に「はやぶさ」と命名されるMUSES-Cの軌道計画/制御での寄与も大きかった。こうして、ずっと宙(そら)の高みを目指し続けた彼の30年近い月日が流れた。

2009年9月、学会論文の集録をめくっていたとき、「あっ!」と私は思わず声を上げた。「PLANET-Cにおける金星飛行計

画と運用シナリオ」に、彼の名を見つけたのだ。

その年の8月、彼は旅立った。帰らぬところへ。彼の名を見つけたのは亡くなってちょうど一月たった日だった。そう、彼は、最後までPLANET-Cを金星まで送り届ける仕事に没頭していた。その集大成がこんな形で発表されるとは……。

「かぐや」のミッションエンドとなる月衝突(2009年6月)を待ち望み、翌年に近づいたPLANET-Cの打上げや「はやぶさ」の地球帰還を、誰よりも楽しみに待っていたのは、ほかならぬ彼だったのに。

その年の10月、PLANET-Cは「あかつき」と命名。「お届けします! あなたのメッセージ、暁の金星へ」と題したキャンペーンが開始された。「そうだ! 彼のつくった道筋をたどってみんなで金星へ行こう!」。社内の有志が集まり、団体でメッセージを金星へ送るために寄せ書きを始めた。みんなの想いを、彼がつくった道筋(軌道)に沿って金星へ届けるべく。

彼と太陽系の長旅を共にした仲間は、彼へのメッセージを「あかつき」へ乗せ、2010年5月、一路金星へと送り出した。半年で金星へ届けられると信じて。まさかその旅が5年半にも及ぼうとは知る由もなく。

### エピローグ

2015年末、「あかつき」は金星に近づいていた、運用チームの懸命の軌道投入準備が進む、あと1日。彼の描いた絵は、私たちの想いを詰めたメッセージと一緒に「あかつき」に乗って一路、金星を目指している。

「ようやく金星の雲の流れを見下ろしながら焼酎が飲めるな……。今度こそ届けよ、あかつきの星へ!」。そのとき、私は彼にそう呼び掛けるのだろうか。

(おがさわら・まさひろ)



「金星まであと1年半……。木村雅文の描いた鉛筆画。」

## 特別企画



# 『ISAS ニュース』 新旧編集委員長 対談

『ISASニュース』の編集委員長が、2014年4月号から交代しました。2012年から編集委員長を務めた森田泰弘 教授（写真右）からバトンを受け取るのは、山村一誠 准教授（写真左）です。新旧委員長に『ISASニュース』への思いや今後の課題などについて語っていただきました。

山村 ● イプシロンロケット2号機の開発も山場ですね。

森田 ● そちらに専念するため、今年度から編集委員長を山村先生にバトンタッチすることになりました。

山村 ● これまで編集委員として10年以上関わってきましたが、編集委員長に、という今回のお話には驚きました。歴代編集委員長にはそうそうたる先輩方が名前を連ねていらっしゃいます。森田先生は編集委員を経ることなく、いきなり編集委員長。さぞやプレッシャーがあったのでは？

森田 ● ずっと昔から一読者ではありましたが、編集委員長に指名されるとは。まさに青天の霹靂でした。『ISASニュース』は宇宙科学の熱気を発信する場の草分け的存在ですからね。肩の荷が重かったけれど、この2年間、皆さんに支えられました。毎月の編集委員会も話に聞いていた通り、侃侃諤諤。自由闊達な雰囲気は、まさに宇宙研を凝縮しているようでした。膝を突き合わせて議論をしていると、アイデアがどんどん膨らんでくる。そんな現象を何度も垣間見て、『ISASニュース』は紛れもなく人の力で作られていることを実感しました。ようやく編集委員長の仕事楽しくなってきたところでの交代は、ちょっと残念です。

山村 ● 個人的には、編集委員に加わって以来、他分野の方々と話す機会が増えたり、過去や現在進行中のさまざまなプロジェクトの話の聞けたりしたことは、宇宙科学に対する視野を広げてくれました。自ら道を切り開いていく「宇宙研スピリット」のようなものを学んだと思います。ところで、森田先生が初めて『ISASニュース』に執筆されたのは？

森田 ● 1997年4月号の「研究紹介」でした。M-Vロケットの姿勢制御についての研究成果を自分なりに苦労したところと併せて書いたのですが、まったく分野の違う方から「私も同じことで悩んでいたんですよ。とても参考になりました」と言われたときには、うれしかったですね。

山村 ● 研究者が自ら執筆する『ISASニュース』ならではのことでですね。

森田 ● 同じ研究内容を紹介するのにも、研究者自らの思いがこもっていれば、熱意の伝わり方が違います。面白いと思ってやっ

ていることは、自分たちの言葉で届けなければ。それを実現しているところが『ISASニュース』の特色ではないでしょうか。それに、宇宙工学、宇宙物理学の屋台骨を支えている人たちにも焦点を当てていこうという姿勢も、変わらずに持ち続けてほしい部分です。

山村 ● 実際、届いた記事を読んで、「宇宙」というキーワードでこんな研究もあるんだ、と視野が広がることがありますからね。ロケットや人工衛星だけではない、一般的に注目されていること以外にも、宇宙科学の面白いところを紹介できれば……。

森田 ● 若い人たちに「宇宙に関わる仕事に就くには何を勉強したらいいですか？」とよく聞かれますが、そんなときには「何でもいいから好きなことを一生懸命勉強しましょう」と答えるようにしています。宇宙への関わり方にはいろいろなアプローチがあるということです。

山村 ● 今後の『ISASニュース』ですが、予算削減のため、規模縮小の感が否めません。しかし、これを好機と捉え、より密度の濃い記事をお届けできればと考えています。アンケートなどで読者の皆さんからの意見を伺うのもその一環です。創刊号で初代平尾邦雄編集委員長がお書きになっている通り、この誌面が日本の宇宙科学コミュニティのより良い情報交換の場になるように、また活動報告を高い意識を持って読者の皆さまにお届けできるように、その意志を受け継いでいきたいと思います。今後の『ISASニュース』に対してリクエストはありますか？

森田 ● 『ISASニュース』も変革の時期ですね。宇宙研を取り巻く環境は今まで以上に厳しくなることでしょう。その中で情報発信をしていくことは大変ですが、新編集委員長の新機軸の下、伝統と革新の融合を目指して頑張ってください。『ISASニュース』は宇宙研の映し鏡ですから、『ISASニュース』が良く変わっていくことが宇宙研を良い方向に変えていくことにつながると信じています。今後も陰ながらの応援は惜しみません。

山村 ● 陰ながらなんっておっしゃらず、いろいろな角度から応援をお願いします。イプシロンが一段落したらぜひ復帰してください。編集委員一同、その日を待っています。

ISAS ニュース No.398 2014.5 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

発行責任者/ISASニュース編集委員会 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/>) でもご覧になれます。

デザイン/株式会社デザインコンビピア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト

### 編集後記

経費削減のためページ削減することとなりましたが、これを前向きに捉えて、より厳選した記事内容にしたいと思います。読者アンケートを実施中ですので、ぜひご協力ください。(橋本樹明)

\*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

