

JAXA宇宙科学研究所

2019 4No.457



リュウグウ表面に 形成された イジェクタカーテン

2019年4月5日に行われた「はやぶさ2」の衝突装置 (SCI)運用で、SCIから発射された銅の塊が、リュウグウ表面に衝突して形成されたイジェクタカーテン。SCI分離3秒後に分離カメラ(DCAM3)に搭載されたデジタルカメラで撮影された。

(© JAXA、神戸大学、千葉工業 大学、高知大学、産業医科大学)

宇宙科学最前線

超巨大な膜を宇宙で広げる

宇宙飛翔工学研究系 助教 佐藤 泰貴 (さとう やすたか)

1Gに囚われない膜構造物

宇宙の構造物と地上の構造物の違いを考えたときに、真っ先に思いつくのは重力の有無による影響ではないでしょうか。地上では実現不可能な構造物であっても、宇宙では重力が無い(微小である)ために可能になってしまう場合があります。膜構造物はその一例であり、例えば食品を包むラップのような薄い膜を用いて、大きいもので数キロメートルにわたる構造物を実現します。地上でそのようなものを(地面に置かずに)建造しようとすると、重力によって垂れ下がり形が保てないため、それに負けないようなゴツい支持構造が必要となりますが、宇宙では重力がないため、広げておくだけで形状を保持することができます(太陽光圧のような微小な外乱があるため、それに打ち勝つようなテンションをかけるための力が必要にはなりますが)。

このような膜構造物はロケット内に小さく折り畳んで収納し、宇宙で広げて巨大な構造物を構成することができるため、少ない打上げコストで大型の構造物を建設できるという大きなメリットがあります。このような背景で、1960年にNASAが打ち上げた Echo Balloon (イ

ンフレータブル=風船のように膨らむ構造による直径 30mの球形の通信衛星)による直径 30mの球形の通信衛星)による直径 30mの球形の通信衛星)をきっかけとして、膜面アンテナ、ソーラーセイル、インフレータブル居住区に代表される研究開発が盛んに行われてきました。日本では、1995年に打ち上げられた SFUの太陽電池アレイ(片翼伸展長 9.7 m)、2010年の小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS(一辺が 14mの正方形膜の展開に成功)、2012年のインフレータブル実験 SIMPLE(マスト伸展長 1.3 m)などが挙げられます。また、将来のミッションとしては、JAXAのソーラー電力セイル探査機 OKEANOS(一辺が約 40 mの正方形膜)、JPLの Starshade(直径数十~百メートル)などが検討されています。

折り紙を通した膜構造物の課題発見

筆者が学部4年で研究室配属になったのは2007年でした。当時、まさに宇宙用膜構造物が世界的に研究開発の真っただ中にありました。構造概念の提案や試作といった研究開発の早期の段階を通り越し、大型化や高精度化をキーワードとして、いかにして信頼性のある膜構

造物を実現するかが問われていました。 おれていまのではいまではいる。 をはずいではがでいる。 をはずいではがいる。 とはが進んでおり、 でおりがしたがある。 はいまのできながある。 はいまのできないかと思うはできないました。

そこで筆者は、正方 形の一辺が 14 mもあ る IKAROS の膜面がど のようにロケットに収

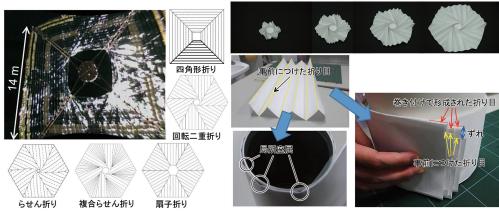


図 1 展開したIKAROS セイル膜と候補となった折り畳みパターン (左)。折り紙で作成した回転二重折り (右上)。蛇腹状に折り畳んだ膜を巻きつけて生じる局所座屈と折り目線のずれ (右下)。

納されて、いかにして展開するのかが気になり、まずは 当時候補になっていた折り畳みパターンを折り紙で作っ てみることにしました。候補だった折り畳みパターンと しては、図1のような四角形折り、扇子折り、回転二重 折り、らせん折り、複合らせん折り等がありました。こ のうち、らせん折りおよび複合らせん折り以外の折り畳 みパターンは、基本的には直線の折り目線で蛇腹状に折 り畳んだ膜を円柱の衛星構体に巻きつけるというもので した(ちなみに複合らせん折りは機械で自動的に折り畳 むために特化したパターンで、筆者が提案したものでし たが、実績がないために早々に却下となりました)。こ のことから、紙を蛇腹状に折り、円柱に巻きつけてみ ることもしました。このように折り紙で遊んでいる中 で、様々な現象を発見しました。例えば、巻きつけた面 が周期的に凸凹になったり (=局所座屈と言うことにし ます)、折り目線がだんだんずれていき、うまく巻きつ けることができないといった現象でした。そこで何故こ のような現象が起こるのか解明したいと思ったわけです が、これらに代表される膜の微細な変形が実は膜構造の 大型化や高精度化にとって重要な課題であることに研究 を進める過程で気づかされることになりました。

力学を取り入れた収納効率の高い膜の折り畳み

図1のような局所座屈や折り目線のずれは、言い換えるときれいに収納できないという現象であり、体積制約がシビアなロケットの中に入らないといった要因になり得ます。この写真のようにちょっと紙を巻きつけただけで目で見てわかる程なので、数十メートルもの巨大な膜を収納する際にどれ程酷いことになるのか想像を絶します。従って、このような現象ができるだけ生じないように膜を折り畳むことが求められます。

このような局所座屈や折り目線のずれは、どのような 折り目線で折り畳むか、という折り畳みの幾何学と、巻 きつけ折り畳みによって折り目がどのように変形するの か、という力学によって支配される現象です。幾何学に 影響を受けるというのはわかりやすいかもしれませんが、 力学に影響を受けるというのはピンと来ないかもしれま せん。例えば、図1に示される局所座屈や折り目線のず れをなくそうとするには、巻きつける際にピンと引っ張 りながら(張力を与えながら)巻きつければいいのでは、 と直感的にわかるかと思います。このように、力によって 収納状態が変わるということは、すなわち力学に依存しているということです。これまでは、図1に示した折り畳みパターンのように、幾何学に関しては検討が重ねられてきましたが、この力学に対しては十分な検討が行われてきませんでした。そこで、このような折り目の微細な力学特性を考慮することによって、きれいに収納できるようになったというのが本研究の新しい発見になります。

まず、理想的に折り目がつけられるときにどのような変形形状になるのかを検討しました。折り目をつけるという動作は、膜をある直線に沿って180°曲げ、その曲げられた部分に力をかけて潰し、もとに戻らなくなるという動作になります。ただ、潰したときに完全に潰れて厚さがなくなるわけではなく、膜の厚さ×2に加えて潰れきれなかったプラスアルファ分の厚みが残ります。この潰された厚みと潰す力の関係を理論解析で明らかにするとともに、それが正しいことを数値シミュレーションおよび実験を通して検証しました。

次に、上記の折り目がつけられた状態から図1のように巻きつけられた場合の局所座屈と折り目線のずれが生じる条件を明らかにしました。まず、局所座屈に関しては、巻きつけ時のモデル化および力学状態の定式化により、どの物理量が局所座屈の発生に効いてくるのかを検討したところ、張力や膜の剛性などによって記述される2つのパラメータによって現象が支配されることを発見しました。それらのパラメータを用いて局所座屈が生じない条件を理論的に求め、それが実験とほぼ一致したため、この条件を用いれば、局所座屈が生じることなく収納できるようになることがわかりました。次に、折り目線がずれる現象に対しては、まずはずれる量を予測する

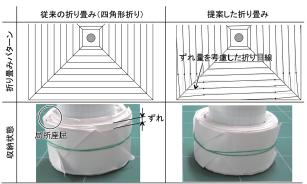


図2 従来の折り畳み(四角形折り)と提案した折り畳みの比較。

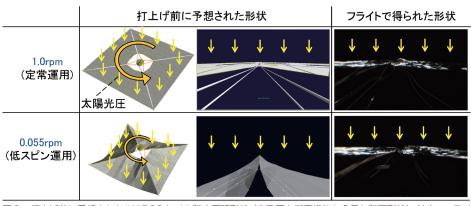


図3 打上げ前に予想されたIKAROSセイル膜の展張形状(鳥瞰図と衛星構体から見た膜面形状)(左)。フライトで得られた展張形状(右)。

方法を検討しました。このずれる現象は、膜に厚みがあることによって、内側に巻きつけられる膜と外側に巻きつけられる膜に、巻きつける方向の周の長さに差が生じてしまうことが原因です。周の長さの差というのは、例えばぐるぐる巻きにしたカレンダーの端が内側に巻きつけられる紙と外側の紙で(巻きつけの周方向に)そろわない現象です。図1で紹介したらせん折りは、これを回避するために意図的に折り目線を直線からずらした、すなわち折り目が曲線になっている折り畳みパターンです。一方で、このらせん折りの曲線は、折り目がつけられた膜の厚みによって決まりますが、既往研究ではこの値を仮定していました。そこで、この曲線の式と前述した折り目の変形特性、すなわち幾何学に力学を組み込むことにより、ずれる量を予測することができました。

最後に、これらの局所座屈や折り目線のずれが少ない折り畳み方法を検討しました。まず、折り目線がずれないように、はじめから折り目をつけるべき直線をずらすことを考えました。図2はその一例ですが、左側はIKAROSに用いられた四角形折り、右側は四角形折りの折り目線を、前述の予測式に基づいてちょっとだけずらした折り畳みパターンです。この提案した折り畳みパターンで収納した結果、図のようにずれることなくきれいに収納することができました。また、図2右側では局所座屈が生じない条件で収納したものになりますが、右側の収納状態では、左図で見られるような局所座屈が生じることなく収納できていることがわかります。以上より、大型の膜の収納にとって有害な折り

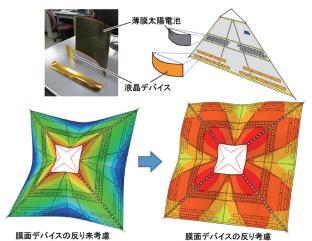


図4 初期形状が反っている膜面デバイス(上)。反りを考慮した場合と しない場合の膜面形状(下)。

目線のずれや局所座屈が生じることなく収納可能な方法を 提案することができました。

IKAROS での想定外事象

収納時には折り目のような微細な変形が収納特性に影響を与えることを述べてきましたが、展開した後の形状も膜の微細な変形に依存することがあります。2010年に打上げ、展開に成功したIKAROSは、一辺が14mの正方形膜でした。

膜の展開および展張形状の維持は遠心力によって行われるため、その形状は遠心力に依存して変わると予測されていました。図3は、打上げ前に予想された形状と実際にフライトで得られた形状との比較です。膜には半径方向に張力を与える遠心力と、面外方向から加わる太陽光圧が負荷されるため、そのつり合いで形状が決まります。定常運用時の1.0 rpm(1分間に1回転)では、遠心力が大きく張力が大きいため、太陽光圧が負荷されてもたわみの小さい形状でした。これはフライトデータとも一致しています。一方、0.055 rpm となる低スピン運用時は、遠心力が小さく張力が小さくなるため、太陽光圧により膜が大きくたわむと予想されていました。しかし、フライトデータを見ると定常運用時同様に膜はほとんどたわんでいませんでした。

筆者はこの原因を解明すべく、有限要素解析(構造解析に用いられる数値シミュレーションの一種)を用いてこの形状を計算しました。当時、解析に凝り性だったこともあり、細かい部分までモデル化しました。解析の結果、図4のように薄膜太陽電池セルや液晶デバイス等の膜面デバイスは初期形状が反っており、その影響で膜面上に無数のしわが成長し、それによって見かけ上の剛性が向上することによって、たわみにくくなることを発見しました。見かけ上の剛性向上というのは例えば、平坦な板よりも波板の方が曲がりにくくなる現象です。これによって、デバイスの反りやしわのような微細な変形であっても、14 mの膜面全体の形状を変え得るということがわかってきました。

最後に

これまで述べてきたように、大きな膜を宇宙で広げることは、少ない打上げコストで大型の構造物を建設できるという大きなメリットがある一方、折り目や反り等の微細な変形を考えながら設計する必要があります。今回の研究で得られた成果を設計論まで発展させ、OKEANOSをはじめとする将来の膜構造物の実現に貢献していきたいと思います。

辞態

本稿は第11回宇宙科学奨励賞受賞にともない執筆させていただきました。研究を進めるうえで、ソーラーセイルWG構造部会の先生方に大変貴重なご意見を賜りました。この場をお借りして感謝申し上げます。

第11回宇宙科学奨励賞 笠原 慧氏と佐藤 泰貴氏に授与

公益財団法人宇宙科学振興会では、毎年、宇宙科学分野で優れた研究業績を挙げ、宇宙科学の発展に寄与した若手研究者に宇宙科学奨励賞を授与しています。創設以来 11 回目となる今年度は、東京大学大学院理学系研究科 准教授の笠原 慧氏(理学分野)と宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 助教の佐藤 泰貴氏(工学分野)に授与されました。

笠原氏への授賞の対象となった研究業績は「ERG 衛星の観測による波動粒子相互作用の実証と脈動オーロラの機序解明」でした。笠原氏は新たなプラズマ粒子観測技術の考案から設計、実験、製作、較正、衛星搭載までを行うとともに、第一級の科学的成果も生み出してきていることが評価されました。

佐藤氏への授賞の対象となった研究業績は「宇宙用大型膜の微細な変形特性を考慮した収納・展張に関する研究」でした。佐藤氏は膜面の折り目の変形特性や残留変形を考慮した巻き付け折り畳み方法の提案、ソーラー電力セイル実証機 IKAROS の展張形状特性の解明、という優れた研究成果が評価されました。

表彰式は、3月8日に霞が関ビル内東海大学校友会館



今回受賞された佐藤 泰貴氏(前列左側)と笠原 慧氏(前列右側)。

で、多数のご来賓、関係者列席のもと開催されました(写真)。当振興会は今回受賞された笠原氏と佐藤氏に心からお祝い申し上げるとともに、今後の宇宙科学を牽引しさらに大きな成果を挙げられることを期待しております。なお、本授賞の対象となった佐藤氏の研究内容は本誌4月号で、笠原氏の研究内容については本誌5月号で紹介する予定です。 (佐々木 進)

超小型衛星打上げ機開発チームがスペースフロンティア賞を受賞

このたび、超小型衛星打上げ機(SS-520-5 号機)開発チームが、日本機械学会宇宙工学部門のスペースフロンティア賞を受賞しました。民生部品を多用するなど、最新技術を投入した世界最小人工衛星打上げ機の開発および超小型衛星の軌道投入の成果*が、日本の宇宙工学の発展に貢献したことが評価されました。

SS-520-5 号機の実験は、2017年に打ち上げた4号機の再実験になります。4号機は、打上げ後約20秒で通信が途絶え、第2段モータへの点火を断念した結果、衛星軌道投入に至りませんでした。原因究明の結果を受け、幸運にも5号機は同じ実験目的で再打上げのチャンスを得ました。その後1年足らずの開発では、不具合対策を軸にさらなる機体システムの信頼性向上が大きな課題でした。開発チーム一丸となって進めた課題解決の工程は、今後のロケット・衛星開発にも有益な基盤強化につながったと思います。現場では、所属機関の垣根を越えて思いや考えをぶつけ合うことで一体感が醸成されました。プロジェクト立ち上げ当初、私は現場経験が浅い新人でしたが、4号機実験の不具合原因究明やその後の技術対策検討の議論、5号機実験再立上げと実行に現場で携わるなど、得難い経験をしたことは大変勉強になりました。

多くの困難を乗り越えて進んだプロジェクトは、2017年の暮れには内之浦宇宙空間観測所に機材を集結することができました。組立てや打上げ前試験でもいくつか苦労がありましたが、無事発射装置に載せることができました。そして、関係者の様々な思いを乗せた5号機は、2018年2月3日に打ち上げられました。4号機

で面20 し号果思げ段分の不しかとのしが無ケさのしが無ケさを雪たこ事ッれにの離後に、写さるのとのはが無ケさをできまります。 実直後過4をの上1がそ施



授賞式当日の様子とトロフィー (著者は残念ながら 欠席でしたが想いはひとつです)。

されるラムライン制御のシーケンスでは、姿勢変更の状態を示すデータの美しさに息を呑みました。

いよいよ実験成否が分かれる緊迫の第2段ロケットへの点火の時、管制室でボタン押下の瞬間を目の当たりにすると、これまでの思いもあり感極まってしまいました。着実に進んでいくシーケンスを、固唾を飲んで見守った後に、衛星の分離信号を得て軌道投入が確認されたとき、管制室でチームメンバと喜びを分かち合うことができた瞬間は、今でも鮮明に思い出せます。

この度、日本機械学会宇宙工学部門から、表彰という形でこの実験成果を評価いただけたことを、関係者一同大変嬉しく光栄に思います。4号機と5号機の実験で得られた技術や開発手法を基に、将来の超小型衛星の高頻度打上げや、基幹ロケット等の宇宙輸送システムの低コスト化・短納期化・高信頼性化などがさらに加速されることを願っています。 (戸部 裕史)

國中所長、平成30年度(第59回)東レ科学技術賞を受賞

國中 均 宇宙科学研究所所長が平成30年度(第59回) 東レ科学技術賞を授与されました。

東レ科学技術賞は、公益財団法人東レ科学振興会が理学・工学・農学・薬学・医学(除・臨床医学)の分野で優れた業績をあげた方に対し、毎年2件前後授与しているものです。國中所長の受賞は「マイクロ波放電式イオンエンジンの研究開発と太陽系探査の推進」の業績が認められたものです。

「マイクロ波放電式イオンエンジン」は、マイクロ波で電子を加熱してキセノンのプラズマを生成する方式のイオンエンジンです。他の方式では一般的に熱電子放出源を用いますが、マイクロ波放電式イオンエンジンではそのような熱電子放出源が不要です。これにより、宇宙探査ミッションで不可欠な長寿命性・堅牢性を備えたイオンエンジンを製造できます。

國中所長はこの点に着目し、1980年代後半から主導的に研究開発を行い、世界で初めて宇宙用推進システムとして完成させることに成功しました。マイクロ波放電式イオンエンジンを主推進とする小惑星探査機「はやぶさ」は2003年に打ち上げられ、2005年に小惑星イトカワに到達し、2010年には地球帰還を果たしました。國中所長がリードして開発したイオンエンジンによって、地球~小惑星間往復航行を世界に先駆けて実現したのです。さらにこの成功によってサンプルリターンという新



受賞会場で。右から3人目が國中所長、その左手側が栗木 恭一宇宙研名 誉教授。左から2人目は山川 宏 JAXA 理事長、その左手側が筆者。

たな探査手法が確立されました。このように國中所長の 研究は太陽系宇宙科学研究の進歩に貢献しました。

このイオンエンジンは、2014年に打ち上げられ2018年に小惑星リュウグウに到達した「はやぶさ2」にも採用され、さらに複数の将来宇宙計画への応用が検討されており、今後の日本の太陽系宇宙探査の根幹を支える技術となっています。

贈呈式には國中所長の他、イオンエンジンを開発した研究室の関係者が出席しました。受賞者挨拶で國中所長は宇宙研の「深宇宙船団」(本誌1月号「所長年頭ご挨拶」参照)への意気込みを表明するだけでなく、3日後(2019年3月17日)に自身が出演する「はやぶさ2」のテレビ番組の宣伝も欠かさず会場を沸かせていました。(西山 和孝)

前宇宙科学研究所長 常田 佐久先生が日本学士院賞を受賞

常田 佐久先生が、太陽観測衛星による太陽電磁流体現象の研究により、日本学士院賞を受賞されることが決まりました。日本学士院賞は、日本学士院が授与する歴史ある賞で、日本の学術賞としては最も権威ある賞です。私が学生の時より師と仰ぎまた一緒に装置開発や研究を行ってきたものとして、常田先生の受賞を大変嬉しく思います。

日本における太陽研究は、「ひのとり」(1981年打上 げ)、「ようこう」(1991年打上げ)、「ひので」(2006 年打上げ)と一連の科学衛星を実現させることによって、 世界の第一線で発展し、太陽電磁流体現象の理解に寄与 してきました。その中で、常田先生は、これらの科学衛 星の実現で主導的な役割を担い、優れた学術的成果をも たらされました。日米協力のもとで開発され「ようこう」 に搭載された軟X線望遠鏡は、当時としては珍しかった CCD 検出器を使用し、搭載計算機が露出時間や観測視野 の選択を自動的に行うことで、約 10 年間にわたり軟X 線で太陽コロナの多様でダイナミックな変化をとらえま した。また、「ひので」では、軌道上の太陽望遠鏡として は世界最大の口径(50 cm)を持つ可視光磁場望遠鏡の 開発を主導されました。この望遠鏡は、地球の大気揺ら ぎの影響がない安定した軌道上から 0.2 秒角(地球から 見て太陽表面 150 km を分解できる性能) の解像度に より光球磁場や彩層ダイナミックスを世界で初めて観測



前宇宙科学研究所長 常田 佐久先生。

することに成功しました。これらの観測データから、太陽フレアにおける磁気エネルギーの変換過程が磁気リコネクションである証拠が得られ、太陽の極域磁場や短寿命の水平磁場などコロナ加熱や太陽活動の周期的活動性を理解する上で重要な観測結果がもたらされました。また、常田先生はこれら衛星計画の合間に、次の衛星計画につながる観測ロケット等を用いた観測装置の開発や飛翔実験を推進して、装置開発ができる科学者の育成にも尽力されました。

また、このように学術の発展に寄与されただけでなく、2013年4月から2018年3月までの5年間、宇宙科学研究所長の職に就かれ、研究所の組織運営において優れた成果を残すと共に、宇宙科学全体の発展に尽力されました。 (清水 敏文)

「はやぶさ2」SCI分離運用成功!

「はやぶさ2」がついに新たな領域に踏み込みました。 2019年4月5日、「はやぶさ2」に搭載された衝突装置(SCI: Small Carry-on Impactor)によって、小惑星リュウグウ表面への衝突実験に成功したのです。小惑星への衝突実験は世界初ですし、ランデブーしている探査機がこのような実験を行うことは知られている限り太陽系探査史上初めてです。

「はやぶさ2」提案の初期の頃、2機の探査機を同時に打ち上げて、片方(「衝突機」と呼ばれた)が小惑星に衝突して人エクレーターを作るというアイディアがありました。この提案はリソースの観点で却下され、その代わりに規模を非常に縮小して実行されることになりました。それがSCIです。SCIの目的は、小惑星の表面物性や内部構造を調べることですが、さらに可能ならば露出された地下物質の採取も試みることになります。

SCIの運用は非常に複雑なのに加えて、大きなリスクがあります。衝突装置は爆薬が作動することで2kgの銅の塊を秒速2kmに加速してリュウグウ表面に衝突させます。作動するときにSCI本体がバラバラになって破片が高速で飛び散ります。また、リュウグウ表面から砂礫が放出されます。これらが探査機に衝突したら大変なことになります。SCIを切り離したら、探査機は大急ぎでリュウグウの背後に移動しなければなりません。移動の猶予は40分です。

探査機がリュウグウの背後に隠れてしまうと、SCIの作動やリュウグウ表面への衝突の様子を見ることはできません。後で衝突の跡を観測すればよいのですが、これではせっかくの世界初の実験の魅力が半減してしまいます。そこで、探査機が隠れる前に小さなカメラ(DCAM3)*を分離して、そのカメラで衝突の様子を撮影し、データを探査機に送るというアクロバット的なことも行うことになりました。

4月4日の13時(日本時間、以下同様)、探査機は高度20kmのホームポジションから降下を開始しました。最初は秒速40cmで、同日23:20には秒速10cmに減速して降下しました。4月5日9:57、SCI分離運用を実行する最終判断である「GO判断」がなされました。11時前には探査機は高度500mに到達し、11:13にはSCIが探査機から分離されたことが確認されました(実際の分離時刻は、電波伝搬時間だけ遡る約17分前になります)。

11:32、DCAM3が分離されたことが確認されました。11:50頃にはDCAM3との通信が確認され、管制室内に拍手が起こりました。そして、いよいよ緊張の瞬間が11:53です。ちょうど40分前に切り離しが確認されたSCIの作動時刻です。SCIの作動時刻から3分間は探査機の様子を静観しようということで、カウントアップをしながら探査機の状況を皆で見守ります。3分経って、探査機には特に変化はありません。探査機が正常であることを確認し、津田プロマネからここまでの運

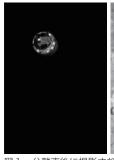




図1 分離直後に撮影されたSCI。(左)光学航法カメラ(ONC-W1)で撮影。(右)中間赤外カメラ(TIR)で撮影。SCIは1周約5秒でスピンすることで、姿勢の向きをほぼ一定に保っている。(©JAXA、足利大学など)





図2 SCIからの金属の塊がリュウグウ表面に衝突して形成されたイジェクタカーテン。左がSCI作動から約2秒後、右が約25秒後の画像である。これらの画像はDCAMのアナログカメラで撮影された。(©JAXA、神戸大学、千葉工業大学、産業医科大学、高知大学、愛知東邦大学、会津大学、東京理科大学)

用の成功宣言があり、管制室には大きな拍手が響き渡りました。

その後、まず広角の光学航法カメラ(ONC-W1)で撮影された分離直後の SCI の画像が探査機から届きました(図1、左)。その画像を表示した管制室内の端末の前には、プロジェクトメンバーが集まって歓声が上がりました。ONC-W1 による画像はフラッシュをたいて短時間露出で撮影されたものなので背景の小惑星は写っていませんが、後日、中間赤外カメラ(TIR)の画像を探査機から降ろしてみると、背景の小惑星表面もはっきり写っている画像が取得できました(図1、右)。

さらに、驚きの画像が降りてきました。DCAM3が撮影した画像です(図2、左)。これは DCAM3に搭載したアナログカメラが SCI 作動の約2秒後に撮影した画像を拡大したものですが、リュウグウ表面から砂礫が放出している様子(イジェクタカーテン)が写っているではありませんか。管制室および「はやぶさ2」運用室にいたメンバーは大興奮状態になりました。SCI はきちんとリュウグウに衝突していることが分かり、SCI 運用としては成功したことになります。ここまでの結果は、当日の16:30から行われた記者会見で発表されました。(後日、さらに画像が探査機から伝送され、約25秒後の撮影(図2、右)でイジェクタカーテンがより遠方まで伸びていることも確認されています。)

これで緊張の1日も終わりかと思っていたところ、24時近くになって DCAM3 搭載のデジタルカメラの画像も見ることができました(表紙)。その時間帯には管制室や運用室に残っていた人はわずかでしたが、最後までいた人へのご褒美となりました。そして、本当に長かった1日が終了しました。 (吉川 真)

SLIM 詳細設計フェーズへ!(ホームページもリニューアル)

小型月着陸実証機 SLIM は、月面上の狙った所に降りるための「ピンポイント着陸技術」を開発・実証すること、併せて小型軽量化技術を開発・適用すること、この2つを大きな目的としたプロジェクトです。これまでの各国の月面着陸機は、予定された着陸地点の周囲数キロメートル~10数キロメートルの範囲内のどこかに降りられればよいように設計されていましたが、今は既に、「このクレータの隣にある岩石を調べたら月の起源が分かる」「月南極にあるこの狭い台地の上に降りたら水資源の探査ができる」といった時代になっています。すなわち、狙った地点に正確に、しかも地形によらず安全に降りるための、新しい技術が必要です。このような技術を「ピンポイント着陸技術」と呼んでおり、SLIM は 100 m級の精度での着陸を目指しています。

さて、打上げロケットの変更という大きな決断を経て、本年度は探査機システムの基本的な設計を確定させる作業に注力し、2018年5月下旬からは、専門家のレビューを受けるための基本設計審査会を順次開催してきました。丁寧な審査プロセスとなったことなどもあり時間を要しましたが、その分、各種試験で得られた知見等もきちんと設計に反映することができたと思います。最終的には今年3月に、総括として次フェーズへ移行可能と判断されました。ひとえに、プロジェクト関係者の努力と、

真がさ員審をく皆でこりををしている。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。これではいる。



月に着陸後のSLIM想像図。

りて感謝したいと思います。

SLIMの源流は、2003年頃の「SELENE-B」検討にまで遡ることができますが、それは新しい技術への挑戦と実証を目指した、いわゆるボトムアップの活動でした。一方で最近、国際的にも、また民間企業まで含めて、月探査を巡る動きは大変活発です。これに伴い、SLIMで実証する技術は、これらの計画でも必須となる重要な技術であると位置づけられるようにもなってきました。引き続き、気を引き締めて進めていきます。

なお、SLIM ホームページ*がリニューアルされました。 上図のような着陸後の SLIM 想像図など、新しいコンテンツもありますし、雰囲気もだいぶ変わりますので、ぜひご参照ください! (坂井 真一郎)

* http://www.isas.jaxa.jp/home/slim/SLIM/index.html

「はやぶさ2」運用メンバーの、運用メンバーによる、運用メンバーのための憩いの場所、**「スナック乙姫」**

「はやぶさ2」(以下「はや2」)の運用が行われているフロアには、休憩所があります。オレンジ色の長方形ソファ2脚と低いテーブルが設置されている、10畳程度のシンプルなスペースです。そんな小さな空間が、「はや2」の特殊運用期間中は「スナック乙姫」という、昭和歌謡が似合いそうな艶やかな響きの憩いの場所へと変身します。「宇宙研にスナック?」と連想された方、ご安心ください。「スナック乙姫」にはお酒もカラオケもありませんし、職場の愚痴に耳を傾けてくれる優しいママさんもいません。高額請求の心配もありません。「乙姫」と名付けられたその場所は、実は長時間シフトに従事する「はや2」運用者たちのためにスナック菓子や軽食を提供する、至極健全(でも内容は少し不健康)なスナックバーなのです。

「スナック乙姫」は、「はや2」の小惑星リュウグウ到着 後に津田 雄一PM、姿勢制御系担当の三桝 裕也主任開発 研究員、大野 剛開発研究員の3名が、「緊張が続く近傍運 用の合間に、少しでもリラックスしてもらえる憩いの場所 をつくりたい」と発案・企画をして開業しました。都度の 特殊運用の前に、この3人が当番制でスナック菓子を調達 するのですが、予算内で何を買うべきかと真剣に考える姿 は、まるで遠足のおやつを買いに行く小学生のようです。 そんな乙姫の品揃えは、当番のセンスに大きく影響されま す。粉ものが多い回、こだわりのカップ麺が並ぶ回、ひた すらジャンクな回…と様々です。時折、運用者が手作りの 焼き菓子を持ってきてくれることもあります。また、関係 者や応援者の皆様から贈られた季節の果物や、お茶菓子の 差し入れも乙姫で有難く頂戴しております。このように、 大勢のご厚意で「スナック乙姫」は成り立っています。(ち なみに、乙姫の経費は先述の3名が以前受賞した際の副賞



とプロジェクトの懇親会会費の余剰金で賄っています。)

さて、昨年の夏に乙姫の看板を掲げてからこの春で出店も10回を超えました。正直、開始前は「皆、大人だしそんなにお菓子ばっかり減らないだろう」と、予測していたのですが…その読みは大きく外れて、器いっぱいのお菓子は毎度小一時間程で空になります。深夜シフト用に山盛りに補充したお菓子も翌朝には盗賊が入ったかの如く見事に消費されています。それもそのはず、「はや2」の特殊運用は、毎回24時間切れ目なく行われます。その間の運用担当者の緊張と疲労は相当ですから、甘いお菓子や小腹を満たす軽食は、運用を続けていくための重要なエネルギー源であり、よい気分転換にもなります。時にはとれたての画像を見ながら真剣なサイエンス談義も…長時間の緊張が続く特殊運用中でも食欲旺盛なのは良いことですが、乙姫に通いだしてから体重が増えたという声もチラホラと聞こえてきますので、常連の皆様、糖分摂取はほどほどに…。(小山 恵理)



平成元年のこと

JAXA 名誉教授 元 ISAS ニュース編集委員長 **村 上 浩** (むらかみ ひろし)

平成もいよいよ最後の月になりました。JAXAのプロジェクトを進める上では、もはや元号を意識することも少ないと思いますが、昭和から平成への移行期は私にとっては生活が大きく変わった思い出深い時期ですので、この機会に平成の始まりを振り返ってみたいと思います。

私が文部省宇宙科学研究所(以下、宇宙研)に赴任した のは、昭和63年(西暦1988年)も終わりに近づいた11 月のことでした。名古屋大学では、早川 幸男先生や松本 敏雄先生の下で、天体が放射する赤外線の観測をしていま した。大気球や観測ロケットに望遠鏡を搭載し、観測の邪 魔をする地球大気の外に出て、赤外線で天体観測をする研 究です。ただ、観測ロケットや大気球では大気の外に出て いる時間が短いため、赤外線観測用の望遠鏡を人工衛星に 搭載して、長く地球大気の外にとどまって観測する道がな いか、検討が続けられていました。どのようにこれを実現 するか紆余曲折はあったのですが、最後には栗木 恭一先 生が主導しておられた宇宙実験・観測フリーフライヤー (SFU) 衛星に、観測装置の一つとして赤外線望遠鏡を載 せていただけることになりました。望遠鏡の名前は IRTS (Infrared Telescope in Space) といいます。この計画 を進める働き手として私が宇宙研に雇っていただけるこ とになり、「お前はIRTS計画の人柱だ」という意味不明 の激励?を受けて奥田 治之先生の研究室に赴任したのが、 昭和63年の終わり頃だったというわけです。

そして年が明け、赴任からまだ2カ月のときに昭和天皇が崩御され「平成」が始まりました。このとき宇宙研でIRTS計画の検討会があり、集まったメンバーで昼食に行くことになったのですが、昭和天皇の喪に服すために飲食店の多くが休業しており、国道16号線沿いの飲食店を探して車でさまよったのを覚えています。確か車の中では、耳慣れない新元号の悪口を言っていたような気がします。

さらに3カ月経った平成元年4月に、宇宙研の公式な相 模原移転という節目もありました。私の宇宙研勤務の最初 の数カ月は、形式的には駒場勤務になっていると聞いた記 憶があります。もちろんすでに宇宙研業務のほとんどは駒 場から相模原に移転ずみで、私も最初から相模原勤務でし たから、これは書類上だけのことです。何れにせよ私の宇 宙研生活、あるいは相模原生活はほぼ平成とともに始まっ たことになります。

平成元年頃に私の生活を変えたもう一つのことがありま

す移間長に造しめいていいる。まるが県が見から、きたかはたからなりである。かれる。かれる。がれるが、はからがありたをできる。できないがは、は方をまじてっとば



IRTS計画の検討や技術開発の経過を示す報告書や研究会集録(昭和56年から平成元年)。 IRTSは当初スペースシャトルへの搭載が検討されていた(左端の報告書表紙)。

大きなプラモデルです。建設を手伝ってくれた人はいつで も勝手に泊まりに来ていいという約束で、名古屋大学や宇 宙研の同僚・後輩の人たちが面白がって手伝ってくれまし た。まだ全部は出来上がっていない屋根にブルーシートを かけて、初めて自作の家に泊まったのが平成元年の9月の こと。このころはバブル経済の絶頂期でしたから、こんな 馬鹿な遊びを始めたのには時代の雰囲気も影響していたか もしれません。一つ良かったことは、この大きな日曜大工 のために、週末にちゃんと仕事を休むようになったことで す。大学勤務時代は週末も祝日も無しで、ほとんど大学に 住み込んでいました。私も若かったですし、高度成長期の モーレツ社員や企業戦士がまだ生き残っていた時代でした から、そのときはなんとも思っていませんでした。働き方 が見直されている現在から考えると、仕事と私生活のけじ めをつけてくれたログハウスの効用は大きかったかもしれ ません。ちなみに、この家は最近友人に譲ってしまいまし たが、約30年経った今でもちゃんと住めているようです。

宇宙研の衛星プロジェクトでいうと、平成元年は長寿衛星となった磁気圏観測衛星「あけぼの」の打上げ年ですね(観測運用は実に26年以上!)。これらの衛星打上げを横目で見ながら開発に奮闘していたIRTSは、私の宇宙研赴任から約6年半後の平成7年3月、SFU衛星に搭載されて打ち上げられました。幸い観測はうまくいって、多くのデータをもたらしてくれました。

私は平成のうちに退職し、また時代が移ります。新元号「令和」の下ではどのような時代を見られるのでしょう。 JAXA宇宙科学研究所のミッションは、要求がますます 高度化して行くと思いますが、楽しくてわくわくするミッ ションが実現することを楽しみにしています。

メメA ISASニュース No.457 2019年4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 担境原本中内区 中野台 2-1-1 TEI

〒 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。 デザイン制作協力/株式会社アドマス 編集後記

「はやぶさ2」のSCI分離運用成功はすごかったですが、この忙しい最中、編集担当でもあったため、随分ご迷惑をおかけしました。最前線の記事では読者の皆様も是非折り紙して実験して見てください。なるほど〜と実感できますよ。 (田中 智)

*本誌は再生紙(古70%)、 植物油インキを使用して います。



