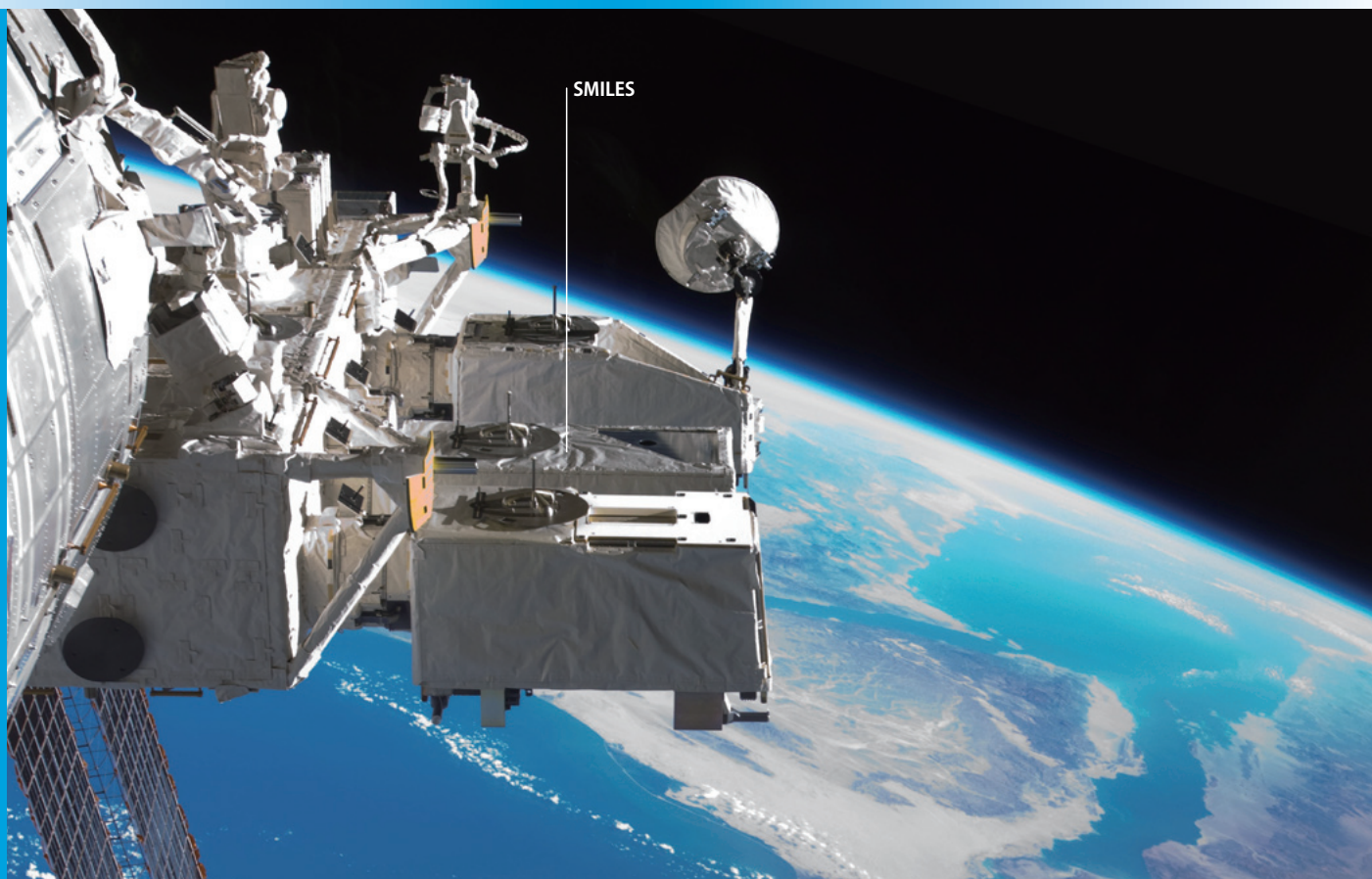




宇宙科学最前線

国際宇宙ステーション (ISS) の日本実験棟「きぼう」
船外実験プラットフォームに設置されている SMILES

SMILESがもたらした 科学成果と課題

JAXAプロジェクト研究員
今井弘二

初めてずくめのSMILES

SMILES (超伝導サブミリ波リム放射サウンダ)をご存知でしょうか? 台風や雷などの気象現象が起こる対流圏 (高度0~15km) の上空に、オゾン層のある成層圏 (高度15~50km) が広がっています。オゾン層は地上の生物にとって有害な紫外線を吸収してくれる役割を果たしていますが、かつて人為起源の物質 (一般にフロンと呼ばれているクロロフルオロカーボン類) によって大規模に破壊されました。その後、オゾン層を破壊する物質の排出を規制する国際条約 (1987年のモントリオール議定書とその修正条項) が採択され、その効果は徐々に表れているように見えます。しかしながら、さまざまな研究機関によるオゾン層の回復予測には大き

なばらつきがあり、また地球温暖化がオゾン濃度に及ぼす影響についても懸念されています。これらの状況を正確に把握し、来るべき将来を評価するためには、成層圏のオゾンと微量成分 (窒素分子と酸素分子以外のわずかな分子) の高精度なデータを地球全域にわたって得ることが必要です。そして、その役目を担うのがSMILESでした (図1)。

SMILESは、2009年9月11日にH-IIBロケット試験機 (初号機) によって打ち上げられた宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV) 技術実証機 (初号機) に搭載されて同月25日に国際宇宙ステーション (ISS) に運ばれ、日本実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォームに取り付けられました。大気中の微量成分の放つ微弱なサブミリ波 (波長1mm以下の電波) を捉えるための高感度

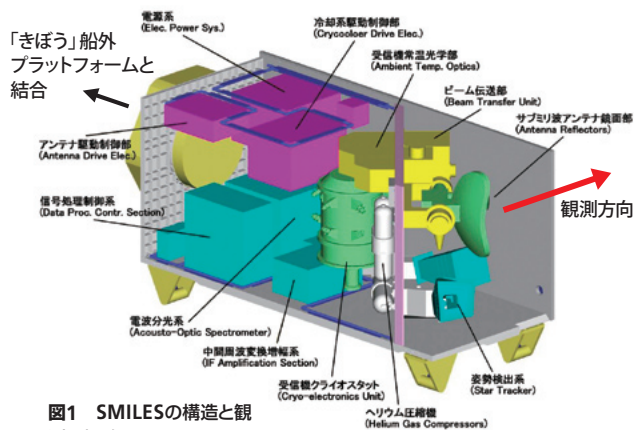


図1 SMILESの構造と観測の概略図

SMILESは、アンテナを地球の縁に向けて、成層圏のオゾンと微量成分が放射するサブミリ波を高精度で観測する。

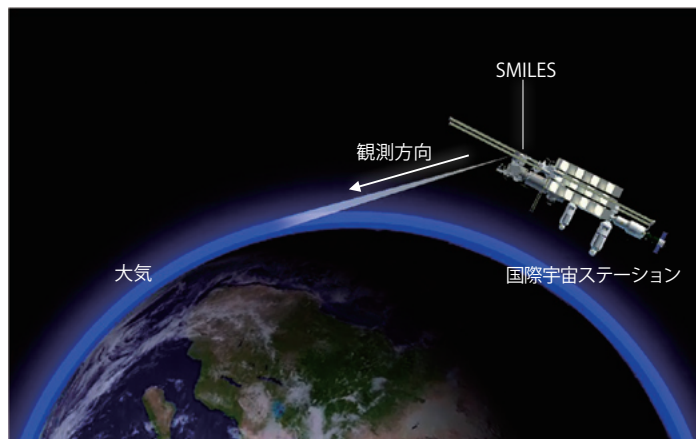
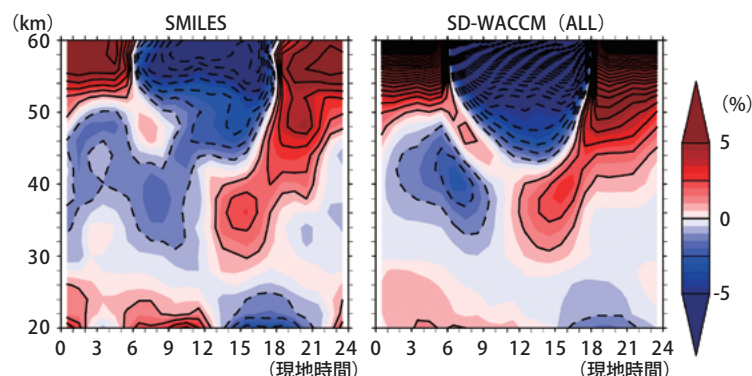
な検出器と、その検出器の雑音を理論限界近くまで抑えるための4K機械式冷凍機（絶対温度4K＝－269℃）の世界初の宇宙技術実証も兼ねていました（→6ページ「今月のキーワード」宇宙用冷凍機）。さすがにこうも“初”が続くと実際に観測まで至るのか不安でしたが、2009年10月から約半年間にわたって、それまでの大気観測を凌駕する最高精度の観測を実現し、大気科学にさまざまな新知見をもたらしています。本稿では、そのSMILESによる成果のうち二つの研究と次期観測計画の概要を紹介します。

日周変動が明らかになった成層圏のオゾン

上述したように、成層圏のオゾンは地上の生き物を有害な紫外線から守っていますが、それだけでなく地球の熱収支などに影響を与え、気候の形成に極めて重要な役割を果たしています。そのため、これまでにさまざまな観測手法によってオゾンのモニタリングが行われてきました。

その一方で、京都大学生存圏研究所 日本学術振興会特別研究員 (PD) の坂崎貴俊氏は、SMILESの特徴である高精度かつ太陽“非同期”の観測データ^{*1}を利用して、成層圏のオゾンが日周変動していることを示しました（図2）。さらに、化学輸送モデル（大気中に存在する化学物質の分布や、その変動を計算する数値モデルの一種）の解析により、成層

図2 熱帯（南緯10°～北緯10°）におけるオゾン量の日周変動の時刻-高度断面図
左はSMILESの観測結果、右図は化学輸送モデル (SD-WACCM) のシミュレーション結果。単位は日平均値に対する割合を示している。(Sakazaki et al., 2013から引用)



圏オゾンの日周変動は、それまで考えられていた光化学変化（太陽光の日周変動による影響）だけでなく、力学効果（大気の潮汐に伴う上昇流／下降流の鉛直輸送効果）も重要であることを突き止めました。

さて、なぜこの結果が重要であるのかというと、その日周変動の平均値からの振幅は最大で8%にも達し、オゾン量のトレンド解析を推定するに当たって決して無視できない大きさだからです。これまでのほとんどの太陽同期軌道にある衛星や定刻に実施している地上や気球の観測データを用いたトレンド解析の結果は、観測時刻に偏りがあるため、日周変動を考慮した補正を行う必要があるのです。本成果は、地球物理学の専門誌『Journal of Geophysical Research (JGR)』に掲載されました。また、オゾン量の変動に関する新知見として、国連環境計画 (UNEP) と世界気象機関 (WMO) が3、4年ごとに発行しているオゾン層破壊の現状や見通しについて記述された報告書『オゾンアセスメントレポート2014』にも取り上げられました。

日食を利用したオゾン光化学の検証

成層圏オゾンの将来予測のために構築されている化学輸送モデルは、精度を向上させるために、さらに上層の中間圏（高度50～80km）までを取り扱うのが一般的になっています。しかしながら、その中間圏のオゾン量は、下層に比べて単純なメカニズムで決まっていると考えられているにもかかわらず、長年にわたって観測と化学輸送モデルの不一致^{*2}が指摘されています。これはモデルが不完全であるからというの言うまでもないことですが、その原因が、我々のまだ知らない化学反応や現象によるものなのか、それとも化学反応係数などの地上実験の結果がモデルに正しく取り込まれていないためなのか、よく分かっていません。そのため、オゾン量を決める要因を確認する必要性が高まっています。

そんな折、SMILESの観測期間中の2010年1月15日に今千年紀で最長の金環日食が起きました。そして、その日食のときに、月によって太陽光

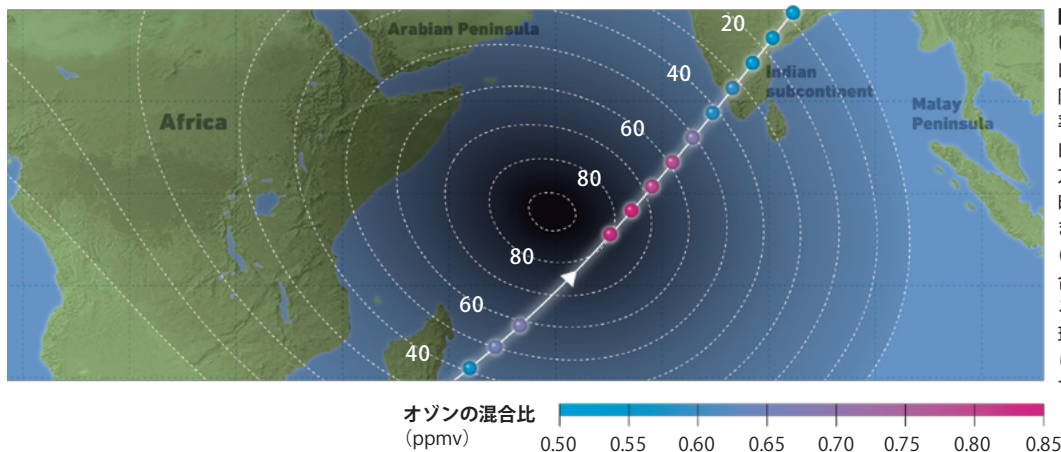


図3 日食時にSMILESが観測した中間圏オゾンの様子
白破線の等高線は食分率（太陽の直径と月に隠された幅の比率）で10%置きに示している。白矢印はSMILESの観測が進む方向を示しており、白線上の丸印はSMILESの観測点である。また、それらの色は高度64 km（中間圏）におけるオゾンの混合比（空気1モル当たり含まれるある気体Xのモル数であり、理想気体の場合は単位体積当たりのある気体Xの体積）を示している。

が遮られ影となった領域をSMILESは偶然にも観測したのです（図3）。ご存知の通り日食は太陽光量が短時間で変化する自然の現象ですが、筆者と共同研究チームは、地球規模の摂動実験であると考え、オゾン光化学に関する既存の理論を検証すべく、SMILESが観測したデータの解析に着手しました。

図4はSMILESの観測値と理論式を比較した結果です。ものすごく大まかに説明すると、日食時の減光（x軸方向）に伴うオゾンの増加量（y軸方向）を示しています。主となる化学反応の違いから、中間圏の上部と下部で理論から導出された関係式は異なりますが、SMILESの観測値はいずれともよく合っていることが分かります。これはすなわち、中間圏のオゾン光化学に関しては我々の考えが妥当であることが確認されたことを意味しています。

本研究は日食という非常にまれな現象を利用したオゾン光化学の検証であり、天文学と大気科学を合わせた分野横断型の複合研究です。その成果は、地球物理学の専門誌『Geophysical Research Letters (GRL)』に掲載され、2015年6月に三つの研究機関（宇宙航空研究開発機構、国立環境研究所、京都大学生存圏研究所）の合同でプレスリリース^{*3}も行いました。

筆者らの研究チームは、オゾン以外の微量成分についても日食時に変動する様子を捉えることに成功しており、それらのデータ解析を進めています。

次期観測計画に向けて

大気観測衛星の常識を超える最高精度の観測によって、大気科学にさまざまな新知見をもたらしているSMILESですが、2010年4月21日にサブミリ波受信系の一部の機器に不具合が発生し、残念ながら観測の停止を余儀なくされました。その高精度観測を継続すべく、次の観測計画が立案されています。

その測定機器の仕様では、微量成分と同時に温度の高精度な測定が優先されています。それは、地球大気を理解する上で熱構造を知る必要があり、

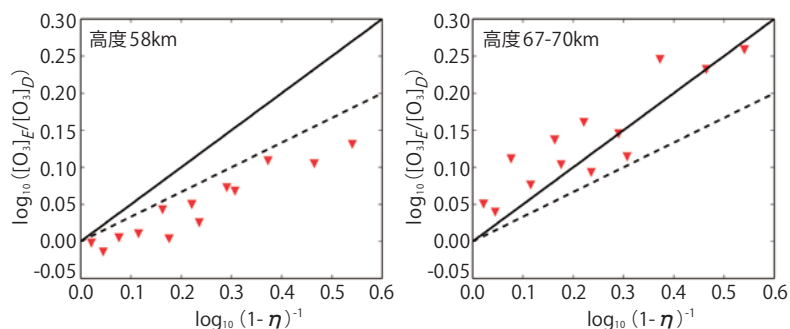


図4 日食時の減光に伴うオゾンの変化量

左右の図はそれぞれ高度58 km（下部中間圏）と高度67～70 km（上部中間圏）の結果である。縦軸は日食時と通常の昼間のオゾンの濃度比（つまりオゾンの変化量）を、横軸は減光率の逆数をそれぞれ対数で表している。また、破線と実線は、それぞれ下部中間圏と上部中間圏の理論から求めた関係である。（Imai et al., 2015から引用）

また観測された放射強度を処理して微量成分の高度分布を導出するためにも、温度の情報が必要となるからです^{*4}。当初、SMILESは、観測した放射強度をもとに、オゾンの高度分布を下部成層圏（高度15 km）から上部中間圏（高度80 km）まで導出することを目標としていましたが、我々の想像を超えるSMILESの高精度な観測は、より高高度（SMILES Level 2^{*4}のver.3.0では高度100 km）まで導出することを可能としました。しかしながら、その高度での温度情報がなかったため、データ処理に多大な労力を費やした経緯があります。微量成分と温度の同時測定は、高精度な観測データを十分に引き出すための必須の要件なのです。

SMILESですでに実証された技術を基盤とした、より高精度な観測データは、宇宙から私たちの大気を見守るだけでなく、対流圏起源物質の成層圏への流入過程、中層大気の諸過程が気候変動に及ぼす影響、太陽活動と超高層大気との相互作用などの科学研究に用いられ、オゾン層の将来予測のために化学輸送モデルが参照する基礎データとしても広く活用されることが期待されています。

（いまい・こうじ）

→ 6ページ
「今月のキーワード」
もご覧ください。

^{*1} 太陽非同期の観測データ：衛星が太陽非同期の軌道である場合、異なる地方時間の観測を行えるため、日周変動の現象を調査することができる。

^{*2} 中間圏オゾン量の観測と化学輸送モデルの不一致：中間圏のオゾンは、主にHO_x（HとOH、HO₂の総称）との連鎖反応によって消失すると考えられており、そのHO_xの存在量について観測とモデルの不一致が指摘されている（HO_xシレンマ）。したがって、オゾン量の観測とモデルの不一致は、HO_xに関する化学反応過程であると推測されているが、未解決の問題である。

^{*3} プレスリリース：http://www.jaxa.jp/press/2015/06/20150612_smiles_j.html

^{*4} 放射強度からの高度分布の導出：SMILESが観測した放射強度は、地上のデータ処理システムによって較正された後、さらに高次のデータ処理システムによって微量成分の高度分布（Level 2データ）が導出される。

X線天文衛星 ASTRO-H 正弦波振動試験

8月29日から10月2日にかけて、X線天文衛星ASTRO-Hの正弦波振動試験が、筑波宇宙センター大型振動試験設備で実施されました。正弦波振動試験は、衛星構造の動特性評価と、打上げ時相当の振動荷重を負荷することによる強度評価という二つの大きな目的があります。

動特性評価のために衛星構造の各部に加速度計を取り付けますが、その数は100を優に超えます。そのため加速度計の配線の数も膨大となり、それらの合理的な引き回し、適切な結線が必要になります。これらの作業はすべて人の手によって行われるため、間違いが発生しないように細心の注意をもって実施されました。こういった一つ一つの正確な作業の積み重ねによって、システムの試験は成り立っています。

打上げ時にはいろいろな方向に振動が加わるのですが、試験は1軸ずつ合計三つの軸方向に対して振動を加えていきます。各軸の振動試験時には、構造の動特性を評価しながら、入力レベルを段階的に上げていきます。



振動試験室の水平加振台上に載せられたASTRO-H

最大レベルの印加時には、衛星の電気系を立ち上げた状態（打上げ時と同じ）で行うため、機械系のメンバーだけでなく電気系のメンバーも含めた大所帯での試験となります。試験時にはメンバーの所在場所も、衛星状態をモニタするチェックアウト室、制御コマンドを送信する組み立て準備室、加振制御を行う振動制御室、衛星がある振動試験室など複数箇所に分かれていましたが、音声と映像をつなぐシステムを整え、お互い情報を共有しつつ試験を円滑に進めることができました。

10月2日に最後の軸の正弦波振動試験を終えて、予定通り動特性評価のためのデータの

取得と、打上げ時相当の振動荷重に対する衛星主構造の強度検証ができました。これで、ASTRO-Hとしては一つの山を越えたことになります。機械的な試験としては、振動試験前後のアライメント変動の評価試験と伸展位の伸展機能確認試験を残すのみとなりました。現在はその評価試験に向け、着々と準備が進められています。（佐藤理江，石村康生）

手づくり観測器宇宙へ

5月下旬の某日、同僚の福島洋介さんから「次の観測ロケットで搭載質量に余裕ができたからHOS^{ホス}をつくりませんか」と言われました。HOSは水平線センサ（Horizon Sensor）とも呼ばれ、宇宙と地球との境目（水平線）を検出し、ロケット（あるいは衛星）の姿勢を知るための装置です。観測ロケットの打上げに間に合わせるには約1ヶ月で製作しなければならないという時間的に厳しいものでしたが、自分で搭載装置をつくるという機会はあまりないことなので、その話に飛び付いたのでした。

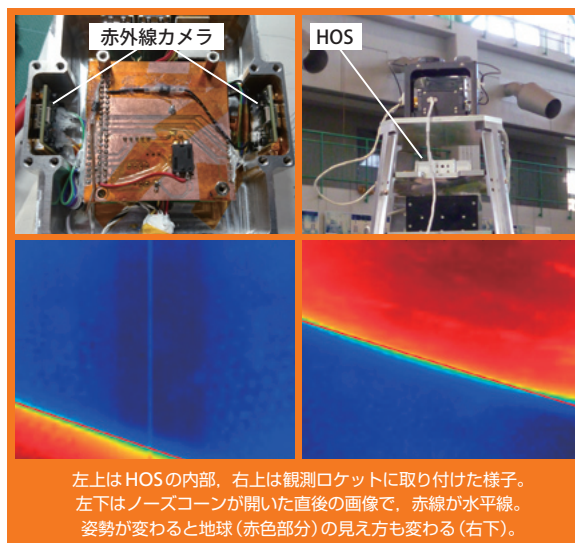
お金もなかったもので、手づくりすることになりました。HOSの原理は、カメラで地球を撮影し画像処理して水平線を見つけるというだけのものです。しかし、搭

載予定の観測ロケットS-520の30号機は夜打上げのため、普通の可視光用カメラでは撮影できない可能性がありました。そこで、FLIR leptonという廉価な長波長赤外線カメラを使用することにしました。ケースは、卓上の工作機械（CNC）を使ってアルミのブロックから4日間ほどかけて削り出しました。プリント基板も同じくCNCで削り出しました。そして、試行錯誤を繰り返しながら何とか噛み合せ試験までにHOSが完成したのでした。左上の写真が、できたHOSの中身です。試行錯誤の跡が生々しいことになっています。右上は、ロケットに取り付けたときの写真です。

幾多の試験を経て、打上げ当日の9月11日がやって来ました。手づくりのHOSが旅立っていきます。ロケッ

トが打ち上がると温度が上がったノーズコーンの画像が送られてきました。ノーズコーンが開けば地球の映像が送られてくるはずですが、カメラが地球とはまったく違う方向を向いていたらHOSとしての役目を果たすことができません。しかしノーズコーンが開くと、送られてきた画像（左下）には運よく地球が入っていました！水平線も検出しています（赤線）。その後ロケットの動きに合わせて地球の像は移動していき、姿勢が変わると地球の見え方も変わりました（右下）。HOSとしてきちんと機能したのです。成功してもしなくても泣いてしまうかと思いましたが、実際は感動というよりは安堵でした。

最後に、このような楽しく有意義な機会を与えていただきました観測ロケットの関係者の皆さまに深く感謝致します。（三田 信）



左上はHOSの内部、右上は観測ロケットに取り付けた様子。
左下はノーズコーンが開いた直後の画像で、赤線が水平線。
姿勢が変わると地球（赤色部分）の見え方も変わる（右下）。

第9回「ひので科学会議」開催

第9回「ひので科学会議」(Hinode 9) が9月14日から17日にかけて行われました。開催地は豪華客船タイタニックを建造した造船所を持つ、イギリス北アイルランドのベルファスト。口頭発表72件、ポスター発表84件、参加者約200名に及んだ今回の会議は、ベルファスト郊外のクイーンズ大学Riddleホールで開催されました。少々手狭であった部屋が逆に参加者の一体感を高める中、松浦博司 在英国日本国大使館経済公使による祝辞が述べられ会議がスタートしました。

太陽観測衛星「ひので」は2006年に観測を開始して以来、成果を挙げ続けています。「ひので」の観測データを用いて出版された査読論文は、今では950件を超えています。2013年には100件、2014年には97件の論文が出版されており、「ひので」の科学的な重要性は、いまだに衰えを見せていません。また、これまで国内外を含め多くの博士論文において用いられてきた「ひので」のデータは、人材育成の観点からも科学の進展に貢献し続けています。

今回の科学会議では、地上望遠鏡やほかの衛星と「ひので」のデータを組み合わせて太陽フレアを解析した発表が増してきたように感じました。太陽極小期に打ち上げられた「ひので」は、異常に長い極小期を経て最近ようやく極大期を迎えたことから、太陽研究の醍醐味ともいえるフレア活動を頻繁に観測できるようになりました。また、SDOやIRISといった衛星観測、SSTやNSTといった地上望遠鏡との共同観測は、もはや必須のものとなっています。そしてロケット観測により完璧なデータを届けてくれたCLASPが、彩層磁

場観測への期待を高めてくれたことも印象的でした。

「ひので科学会議」に引き続き、9月18日には次期太陽観測衛星SOLAR-Cの科学会議が開催され、SOLAR-Cの目指すサイエンスおよび搭載機器の先鋭化について議論が交わされました。特に、偏光観測を行い彩層磁場の測定を目指すSOLAR-C/SUVITと地上の大口径望遠鏡DKISTの共働について、目指すべきサイエンスの観点から活発な意見交換がありました。戦略的中型2号機へ向けて、SOLAR-Cの目指すべきサイエンスをよりいっそう明確にしていける必要があるように感じました。（松本琢磨）



9月15日にタイタニック・ベルファストで行われたバンケットでの集合写真

セ オ ド ア フォン カ ル マ ン 松尾弘毅 宇宙研元所長「Theodore von Karman賞」受賞

10月中旬にイスラエルで開催された第66回国際宇宙会議（IAC 2015）で宇宙研の元所長である松尾弘毅名誉教授がTheodore von Karman賞を授与されました。

同賞は選挙による1200名の会員を擁する国際宇宙航行アカデミー（IAA）が贈る、アカデミー創設者であり航空工学の父と称される von Karmanの名を冠した最高位の賞で、宇宙分野における生涯を通じた貢献に対して授けられます。



授賞式での松尾弘毅名誉教授
（左から3人目）と賞状

これまでArthur C. Clarke博士、Raimar Luest 元ESA（欧州宇宙機関）長官、Edward C. Stone元NASA JPL（米航空宇宙局ジェット推進研究所）所長など著名な研究者、指導者が受賞者に名を連ね、日本からは小田稔、秋葉鏖二郎両宇宙研元所長が受賞されています。

帰国後間もない松尾先生に感想を伺いました。

「名誉なことです。ある程度の年齢に達すると半自動的にもらえるのと違って、コミュニティから認知されたのですから……。受賞理由などは面はゆい限りですが、日本初の人工衛星である『おおすみ』のときに現役で、まだウロウロしているのですから、『生涯を通じて』というところだけは当たっているかもしれません。

授賞式でのあいさつは以下のように締めくくり、不遜かもしれませんが、受けました。——Years ago, I received von Braun Award from National Space Society because of “HAYABUSA”, and now von Karman Award. If there is any other award named after von Someone, I will be happy to apply for it.」（稲谷芳文）

今月のキーワード

宇宙用冷凍機

人工衛星からの天文・地球観測において高精度・高感度の観測を行うためには、検出器を極低温（ここでは絶対温度で80K以下をいう）まで冷却することが不可欠である。かつては、その冷却のために液体ヘリウムのような寒剤を用いていたため、それを保持するタンクや真空容器が衛星の質量・体積の大きな部分を占めた。さらに、寒剤が蒸発してなくなることがミッションの終了を意味した。これらの問題を解決し、ロケットの打上げ能力の制限の中で最大限の性能を得るため、日本では1990年代から戦略的に冷凍機の開発を進めてきた。

80Kから20Kという比較的高温の温度域については、スターリング冷凍機がある。これは、容器内でガスの膨張と圧縮を繰り返すことにより熱を低温から高温に移送し、冷却能力を得るものである。常温から冷却を開始することができるのがメリットである。このタイプの冷凍機は、すでに月周回衛星「かぐや」、X線天文衛星「すざく」、赤外線天文衛星「あかり」、金星探査機「あかつき」、次期X線天文衛星ASTRO-Hなどの科学衛星・探査機や、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」船外プラットフォームに取り付けられたSMILES（超伝導サブミリ波リム放射サウンダ）に搭載されている。

より低温への冷却は、ジュール・トムソン冷凍機を用いる。高圧のガスを小さなバルブから吹き出し、現実の気体が理想気体の振る舞いから外れることを利用して冷却効果を得るも

のである。スターリング冷凍機などであらかじめガスを冷却しておく必要がある。ジュール・トムソン冷凍機の到達温度は、用いるガスの作動圧力での沸点に依存している。通常のヘリウム（ ^4He ）を用いた場合には4.5Kまで冷却できる。 ^4He の代わりに同じ圧力ではより沸点の低い同位体 ^3He （大変高価!）を用いると、1.7K程度まで到達することができる。 ^4He を用いるタイプはSMILES、ASTRO-Hに搭載されている。 ^3He を用いるものは、次世代赤外線天文衛星SPICAや宇宙背景放射偏光観測小型衛星LiteBIRDなどの将来ミッションへの搭載が検討されている。

80Kクラスから1.7Kクラスまでの広い温度範囲にわたって高い効率の冷凍機をそろえているのは日本だけであり、今後の宇宙科学にとって大きな武器になると期待される。

さらに低温を実現するため、動作原理の異なる冷凍機の開発が世界的に進められている。その最初の例が、日本初の宇宙赤外線望遠鏡IRTSに搭載された ^3He 吸着冷凍機で、宇宙において世界で初めて1K以下（300mK）の温度を達成した。より低温にまで達成する方式として断熱磁気冷凍機があり、日本では「すざく」やASTRO-Hに搭載されている。また、 ^4He と ^3He の両者を利用する希釈冷凍機というものがあり、日本とフランスとの共同で開発が進められている。

（中川貴雄）



地上系の開発方針と将来計画

山田隆弘

宇宙機応用工学研究所 教授

連載最終回では、地上系の開発方針と将来計画の話をしします。

宇宙研の地上系は、いくつかの方針のもとで開発を行ってきました。その方針の中で最大のものは、統一的な構成原理（アーキテクチャーとも言います）に従ってシステム全体を構成するというものです。この構成原理は、システムを多くの衛星・探査機プロジェクトで共有でき、しかもプロジェクトによる違いを簡単に吸収できるようにするために考案しました。

我々が編み出したシステム構成原理を図1に示します。この図は、本連載第1回『『地上系』のあらまし』の図1「大まかな『地上系』の概要図」をシステム構成原理の観点から描き直したものです。地上系システムは、地上局を頂点としてタコ足配線のように装置を接続して構成されます。図の桃色の箱はデータ分配・蓄積装置と呼ばれる装置で、これは全プロジェクトで共通に使えるようになっています。水色の箱は、ほかのさまざまな衛星運用のための装置で、衛星管制装置、各種QL（Quick Lookの略、データ表示の意味）装置、テレメトリデータベース「SIRIUS」（本連載第4回「衛星データの行方」参照）などが含まれます。水色の装置のほとんどは、衛星情報ベースと呼ばれるデータベースを取り換えるだけでさまざまなプロジェクトに使用できるようになっています（図2）。また、水色の装置の一部（観測系QL装置など）はプロジェクト固有の装置であり、プロジェクトごとにつくられます。また、ほとんどの装置（桃色も水色も）は全プロジェクト共通の通信方式を使用して接続されます。

この構成原理に従うと、新しいプロジェクトは、そのプロジェクトの衛星情報ベースをつくり、そのプロジェクト固有で必要となる装置を新規に開発するだけでよく、それ以外の装置は既存のものを改修なしで使用できるのです。新規の装置はタコ足の末端に接続されるので、新規の装置に万一問題が発生してもシステムのほかの部分に影響が及ぶことはありません。この構成原理は、地上系の開発の効率化と信頼性の向上に大いに貢献しました。

もう一つの開発方針は、システム全体に関わる技術の開発は職員が自ら行うということです。個々の装置の開発はメーカーさんをお願いすることが多いのですが、いろいろなメーカーさんの装

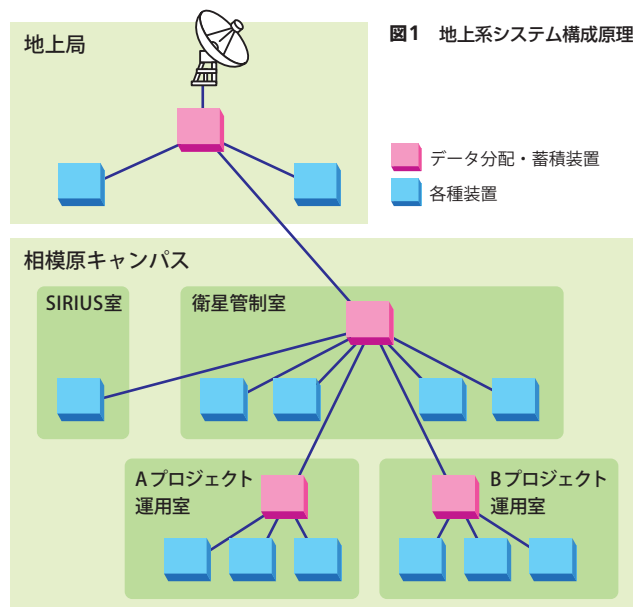


図1 地上系システム構成原理

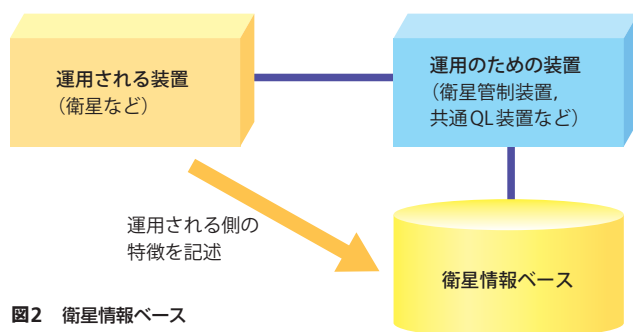


図2 衛星情報ベース

置を自由に組み合わせて使用できるようにするには、中核の技術は中立の立場で開発する必要があります。そのために、自分で設計のできる職員を集めて中核技術の開発を行いました。また、メーカーさんの設計結果についても設計の経験のある職員が評価を行い、設計者の目線でメーカーさんと調整を行ってきました。

最後に、地上系の将来計画についての話をします。図2に示したように、すべての衛星を共通の装置で運用できるようにするために、個々の衛星の特徴はデータベースに格納し、データベースの内容に従って個々の衛星に対応できるような汎用のシステムを構築しました。このシステムは、実際に多くの衛星で使用されているのですが、実は衛星以外のものの運用にも使えるようになっています。例えば、地上局の設備（アンテナや送受信機など）も同じシステムで運用できます。それには、地上局設備の特徴を記述したデータベースをつくれればよいのです。現在は、地上局の運用には地上局専用の運用装置を使っているのですが、将来は一つの装置で衛星も地上局も運用できるようにしたいと思います。例えば、衛星と地上局との間の通信回線の状態（通信速度など）を運用中に変えたい場合があります。この場合、衛星の状態と地上局の状態を同時に変える必要があるのですが、このような操作は一つの装置で行う方が確実に行えます。また、衛星を打ち上げる前に衛星の試験を行います。試験中の衛星も試験用の治具も一つの装置で制御できるようにしたいと思います。

将来の夢はまだまだあるのですが、ページの終わりに達したので、筆をおくことにします。

（やまだ・たかひろ）



研究生生活と専門書

小松敬治 宇宙航空研究開発機構 名誉教授

退職して半年になる。残暑の中、愛犬と散歩をしていて、ふとユパンキの『牛車にゆられて』の歌詞を思い出した。

車軸に油を塗らぬから／無精者だと人は言う／おれは車のきしむ音が好き／どうして油など塗るものか(2番略)おれは静けさなど要らない／もう考えることもない／考えごとがあったのもずっと昔のはなし／今はもう何も考えない／決して油は塗らないぞ(高場将美 訳、ビクター SWG-7265)

「牛」は犬、「車軸のきしむ音」はセミの鳴き声、そして「考えごと」とは宇宙探査機のプロジェクト、と言ったらこじつけ過ぎだろうか。

「ずっと昔」はまだ半年なので、記憶があるうちに研究生生活と切っても切れない専門書について書いてみたい。退職に際して、処分困ったのが学生時代から買い集めた専門書であった。後輩にあげたり、捨てたりした本もかなりあるが、最終的に300冊ほど研究室の書架に残っていた。研究分野によって所蔵量は異なるが、人と比べてかなり多い方だと思う。これはひとえに私の本の読み方によるもので、なにせ中学生のときから本に書き込みをしないと頭に入らない。図書館の本では書き込めないので、必要な本はほとんど個人的に購入した。

私の専門は構造工学であり、最初の32年間の勤務先である航空宇宙技術研究所(航技研)には、その分野の研究者が50人くらいいた。研究業務がほかの人と重ならないよう狭い分野に研究対象を絞り込んだため、構造振動学を中心とする基礎的な本が書架に並んだ。この分野では、大抵の大学の図書館の蔵書を凌駕していたと思う。

50歳過ぎてから宇宙研に移り、衛星と探査機開発の機械構造分野を担当した。航技研では狭い分野で深い知識を持っていることが必要であったが、宇宙研に移ってからは幅広い実践的な知恵と知識が必要とされた。いちいち同僚に質問するわけにもいかず、大急ぎで宇宙工学の設計関係の本(ほとんど洋書)を買い集め、にわか勉強を始めた。五十の手習いである。実践的な場面で本が直接役立つことはそう多くはないし、そもそも年をとってからの勉強はなかなか身に付かない。苦労した最後の12年であった。

若いときに手にした本は、記憶にしっかりとどまっており、内容に関してもランダムアクセスが利く。どんな名著でも誤植は避けられないし誤記もあるが、若いとき読んだ本はそれらも自分できちんと修正確認しているので安心して引用できる。一方、40歳ぐらいから手にした本は書き込みも少ないし、宇宙研に移ってから購入した本はどこを読んだかささえも記憶が定かでない。

最近の若い人は本を買わないようである。必要なことはインターネットで調べるので当面のことは大抵間に合う。しかし、そういう知識のつまみ食いだけでは、学問的な知識とはならない。体系化された基本的知識と考え方は、本を精読することによって獲得するのが最も近道である。もちろん、本に書いてあることは既知ではあるが、既知を知ってこそ未知の領域にも踏み込める。記憶が脳にしっかりと定着する若いときに、無理をしてでも本を購入して座右に置いておくことをお勧めする。私の場合、本を買ったといっても給料の10分の1も使ってはいなかった。若いときは給



最後に残した10冊

料が低いので高価な専門書を購入することはハードルが高いが、後から考えると、本代は生涯賃金に比べて低過ぎる投資で、もっと若いときに買っておくべきだったと思っている。

ちなみに私の蔵書の退職時での処理であるが、研究室には直接の後継者がおらず、試験計測機器も含めてまとめて残すことができなかった。計測機器は複数の研究室に引き取ってもらった。蔵書にはビンテージ本が多く、インターネットなどで中古本価格を調べるとかなりの価値があった。しかし、専門の古本屋に買い取り価格を見積もってもらおうと、ネットで売られている価格の10分の1程度であり、ばからしいので売り払うことはやめた。書き込みのないものは宇宙研の図書館に引き取ってもらい、また若い人たちに希望があればもらってもらうことにした。愛着のあるどうしても手放せない10冊程度は狭い自宅に持ち帰ってきた。これらは、最近出版した3冊の本(『機械構造振動学』『機械構造弾性力学』『スロッシング』。スミマセン、宣伝です)の増刷時(多分ない)の誤記確認の際の参考書も兼ねている。しかし、考えごとともなくなって牛車に揺られているので、持ち帰った本は一度も開いていない。

(こまつ・けいじ)

ISAS ニュース No.416 2015.11 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/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ピニア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト

編集後記

高く澄み渡った秋空を見上げて、すがすがしい気分になる今日このごろです。南日本ではまだ夏の名残が、一方、北日本では早くも冬の訪れが、というニュースを聞くと、日本は南北に長い国だなとあらためて実感しますね。

(竹前俊昭)

*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

