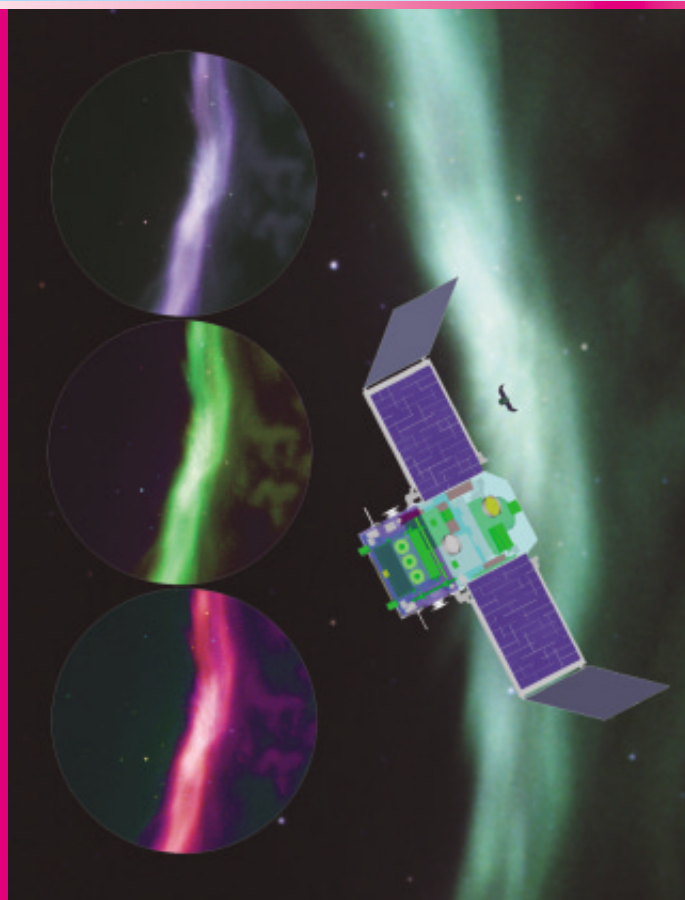




INDEX衛星の軌道上イメージとインハウス開発風景

宇宙科学最前線

小型高機能科学衛星INDEXの開発

齋藤宏文

宇宙情報・エネルギー工学研究系教授

福田盛介

宇宙情報・エネルギー工学研究系助手

宇宙科学研究本部(ISAS/JAXA)の科学衛星は、7～12年以上の開発期間がかかり、衛星の価格も120億円、打上げコストは60億円程度かかる規模となってきました。加えて、近年の予算難から、従来のように1年1機の衛星打上げができない厳しい状況に陥っています。

宇宙理学の立場からは、大型ミッションではカバーできない小規模の科学ミッションに対応する手段が欠如してしまい、健全な宇宙科学活動が維持できない危険性が指摘されています。ISASではこのような問題に対し、100～500kg程度の小型衛星を比較的低価格で開発して打ち上げるという提案が出され始めています。

一方、衛星技術の観点からは、10年単位の開発期間がかかる衛星計画では、技術革新のサイクルが長期化し、また高額な衛星の信頼性確保のため

に、新規衛星技術の採用に対して保守的にならざるを得なくなる弊害を内在しています。逆に、低価格化だけを狙った衛星でも、コスト重視のため、新規衛星技術の採用に消極的になってしまうという同様の危険性があります。

このような厳しい状況への打開策として有効な方策は、新規衛星技術を積極的に取り入れた小型／中型衛星をタイムリーに開発し、打ち上げていくことであると考えられます。そのようなアプローチの一つとして、ピギーバック衛星INDEX(INnovative-technology Demonstration EXperiment)の開発が行われ、2004年7月の段階でFM(フライトモデル)試験を実施中です。INDEXが狙うのは、低コストの標準的なバス(衛星を運用するために必要な機器群)を開発することではなく、新規技術を積極的に取り入れた小型科学衛星の開発です。

表1 INDEX衛星の開発担当

○：主担当、△：一部担当

項目	システム		姿勢系				通信系			電源系				データ処理系			構造系		熱系		ミッション	
	システム設計	電気環境試験	システム設計	搭載ソフト	姿勢試験	搭載機器	システム設計	通信機器	地上局	システム設計	電力制御器	太陽バドル	バッテリー	システム設計	CPU／CMD	IOボード	構造解析	パネル	熱解析	熱計装	理学観測機器	GPS受信機
担当																						
宇宙研	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	△	△	○		○	○				○	○
共同研究	△									○	△		△	△	○						○	
ベンチャー／ 新規メーカー		△						○	△		○					○	○		○	○	○	△
衛星メーカー						○						○	○		○		○					

インハウスで開発する先進的小型衛星

INDEX衛星計画は上で述べたように、先進的な衛星技術を軌道上で実証するという工学的な目的とともに、優れた小型宇宙理学観測を同時に行うという狙いを持っています。50～70kg級の小型衛星を3年程度で開発し、低コストの打上げ手段として、(H-IIAロケットなどの)ピギーバック衛星として打ち上げるものです。ロケットの打上げ能力の余剰を活用し、主衛星と同時に打ち上げられる小型衛星をピギーバック衛星と呼びます。

INDEX衛星の開発においては、以下の方針を設定しています。

- (1) 限られたリソースの中で、科学観測のために最適化された衛星設計を行う。
- (2) 衛星の設計や試験、搭載ソフトウェアやミッション機器の製作、地上局の整備などは、衛星メーカーに委託せず、インハウスで行う。
- (3) 先進技術搭載機器は、我々が開発したものを特色ある衛星メーカーに発注する。
- (4) その他の従来的な搭載コンポーネントは、ベ

ンチャー企業や新規参入メーカーに発注し、宇宙独自の技術についてはINDEXチームが指導する。

衛星の各サブシステムの開発担当をまとめた表1から、インハウスの開発の体制がよく分かります。

上の(3)で挙げた先進的な衛星機器の多くは、ISAS内で筆者らが中心となって進めてきたSTRAIGHT (STudy on the Reduction of Advanced Instrument weiGHT) プログラムで開発されたものです(表2)。

ISASでは、科学ミッションを行うグループと衛星技術開発を行うグループが密接な関係を持って活動しており、その中で将来衛星計画に必要な高性能な搭載機器を、衛星計画が本格化する以前に開発していく体制をとっています。これをSTRAIGHTプログラムと呼び、将来衛星計画の特徴からどのような性能の機器が必要とされるかを調査検討し、開発リスクが多少あるものでも時間をかけて開発してきました。その範囲は、光学姿勢センサ、プロセッサ、宇宙用デバイス、バッテリー、熱制御素子、ハニカムパネル、GPS受信機など、衛星サブシステムのほとんどすべてに及んでいます。

このような将来を見据えた衛星技術開発の成果が、INDEXという小型ながら高性能な科学衛星の実現を支えています。逆に、STRAIGHTプログラムの側から見れば、新規開発した機器を大型科学衛星にいきなり実戦投入するリスクを軽減できるという点で、INDEXは好適なミッションであるといえます。

INDEXの衛星システム

INDEX衛星では、オーロラの微細構造の撮像を行う理学ミッションの要求から、撮像に適する3軸姿勢安定方式を採用しました。INDEXの包絡領域は60×60×70cm、重量は約60kgです。この限られたリソースの中で、スタートラッカ(STT)やスピン／ノンスピン型太陽センサ(SSAS/NSAS)、地磁気センサ(GAS)、3軸の光ファイバジャイロ(FOG)と

表2 INDEXに搭載される先進衛星機器

機器	特徴／性能	適用ミッション
スタートラッカ	惑星探査用 中精度広視野 1.3kg, 30°×40°, 0.02精度	INDEX はやぶさ SOLAR-B
SH-3プロセッサ	60MHz 三重多数決プロセッサ	INDEX はやぶさ SELENE
Mn-Li-Ion バッテリー	高エネルギー密度 100Wh/kg ラミネートタイプ	INDEX
太陽集光パネル	薄膜反射器つき太陽集光型パネル	INDEX
フレキシブル 可変放射素子	熱放射率が温度で変化 可動部のないサーマルルーバ	INDEX
GPS受信機	車載GPS受信機を宇宙用に改造 重量35g	INDEX WEOS μ-Lab 2号機
ディンプルレス ハニカムパネル	CFRPスキンにへこみ(えくぼ)のない高剛性・高強度パネル	INDEX
βチタンネジ	クリープしない高強度のチタンネジ	INDEX

いった各種センサ、およびアクチュエータとしてリアクションホイール(RW)と磁気トルカ(MTQ)を搭載しています(1)。RWはミッション要求と搭載スペースを勘案して1軸分のみを搭載し、バイアスモーメント方式の3軸姿勢制御を行います。姿勢制御精度は0.5度、姿勢決定精度0.05度が目標です。

ロケットから分離した直後の初期姿勢捕捉モードでは、約10時間以内に衛星にスピン角運動量を与え、かつ太陽電池パドルを太陽方向に向けるための制御を行う必要があります。分離擾乱を抑えるライブレーションダンピング制御、スピン角運動量を獲得するためのスピニングアップ制御、太陽方向を捕捉するための太陽捕捉制御から成るこの初期姿勢捕捉の結果は、約半日後の第一可視運用で確認されます。打上げ後にいきなりやってくるINDEX衛星運用の最初のハイライトです。

INDEXのバスシステムは、姿勢制御の演算をはじめとする衛星制御に関する大部分のタスクを単一の計算機がつかさどる、統合化制御方式となっています。通常の科学衛星では、例えば誘導制御用やデータハンドリング用などに専用の計算機が用意されるのに対して、INDEXの統合化制御装置ICU(Integrated Controller Unit)は、姿勢制御、コマンドハンドリング、テレメトリ作成、ハウスキーピング(HK)データの取得、電力管理、観測データ圧縮などをすべて行います。CPUにはゲーム機などでおなじみの民生品のRISCプロセッサ(SH-3)を用い、三重冗長の多数決論理により放射線に対する耐性を高めています。

通信リンクはアップ／ダウンリンクともSバンドとし、測距機能を持たないノンコヒーレント通信システムをとっています。軌道決定は、北米航空宇宙防衛司令部(NORAD)がWeb上で公開しているTwo Line Elementデータ、および搭載する車載用民生GPSによるデータを用いて行います。最近の携帯通信機器の発展においては、デジタル信号処理技術や新しい電子部品の実用化が目覚ましいですが、このような新規技術を衛星搭載通信機器に取り入れるために、Sバンド受信機(SRX)と送信機(STX)を新規に開発しました。また、地上局に関しては、ISAS相模原キャンパスの研究棟の屋上に、内之浦(USC)に設置されていた風レーダ駆動装置と3mパラボラアンテナ主鏡を移設しました(図1)。通常の衛星運用はこのアンテナを用いて、相模原キャンパスに整備しているINDEX専用の運用室から同様にを行うことができます(PCベース1)。

そのほか、電源系では、太陽光を太陽パドルに集光する薄膜反射パネル(約1.2倍の発生電力増加)やマンガン酸リチウムイオン電池の搭載、熱制御系では、低温になると熱輻射率が小さくなる物

質を用いた熱制御デバイス(可動部分のないサーマルルーバ)の軌道上での性能評価など、特徴的なシステムを構成しています。

高機能な小型衛星の設計においては、必要な機器を限られたスペースにいかにもうま収納できるかが、第一の関門になります。INDEXでは、この機器配置にプロユースの3D-CADを導入し、機器干渉のチェックや質量特性の調整、光学センサの視野の確保などを効率的に進めました。また、小型衛星では、計装ケーブルの重量も衛星の質量特性に大きな影響を与えるため、その効果も取り入れて質量特性の調整を行っています。

小型衛星で行う特色ある理学観測

INDEXの理学観測ミッションは、ISASの理学委員会により公募選定されたオーロラの微細構造の観測ミッションです。多波長オーロラカメラ(MAC; Multi-spectral Auroral Camera)、プラズマ粒子観測器(ESA/ISA; Electron/Ion energy Spectrum Analyzer)、電流モニタ(CRM; CuRrent Monitor)が搭載され、理学データ処理装置(SHU; Science data Handling Unit)を合わせたミッション機器の総重量は約11kgです。同じ場所からオーロラ発光とプラズマ粒子の分布を観測し、従来困難であったそれらの間の微細構造の対応付けを試みるものです。このような理学観測の目的にかなうよう3軸姿勢の安定性はもとより、観測中は粒子計測に影響を与える磁気トルカ(MTQ)の使用を禁止するなど、衛星姿勢制御を最適化しています。

打上げに向けて!

INDEX衛星の開発の初期には、衛星メーカーを退職されたOBの方の支援を受けて衛星設計を行っていましたが、2003年ごろからは、ISAS主体で開発を進められる体制になっています。衛星の電気試験や環境試験もISAS内部で実施し、必要に応じて随時衛星開発の経験者に個別の技術的指摘を受けるような体制になっています。現在、来るべき打上げに向けて、チーム一同、日々気を引き締めてFM試験を行っているところです。衛星開発の過程で、陰にご協力いただいたISAS内外の関係の方々にお礼申し上げます。今後ともよろしくお願い致します。

(さいとう・ひろぶみ、ふくだ・せいすけ)



図1 相模原キャンパス屋上に設置された3mアンテナ

2種類のソーラーセイル展開実験

クローバー型と扇子型

ソーラーセイルは、太陽光を反射し、それを推力として利用する推進機関です。太陽光の力は微弱で、地球近傍で1m²当たりだいたい0.46mgです。そのためソーラーセイルで十分な推力を得るためには、薄くて軽い膜面を、非常に大きな面積に広げる必要があります。このような展開実験を行うには、地上では重力や大気の影響が邪魔となります。そのため、観測ロケットS-310-34号機を用いて、弾道軌道上でクローバー型と扇子型という2種類の膜面の展開実験を計画しています。なお、この膜面展開の技術は、ソーラーセイルだけでなく、大型の太陽電池パドルやサンシェードなどにも応用可能と考えています。

クローバー型セイル

クローバー型セイルは、観測ロケット実験で最初に展開されるセイルです。膜はポリイミド製で、厚さ7.5μm、直径10m、学生たちの力で3週間かけて完成させました。クローバー型セイルの特徴は、その名の通り4つ葉のクローバーの形状をしていることで、すべての折り目が遠心力の作用する方向に対して大きな角度を成すように工夫されています。

S-310観測ロケットによる展開実験では、この4つ葉のクローバーを、ロケットのスピンのような遠心力を利用して2



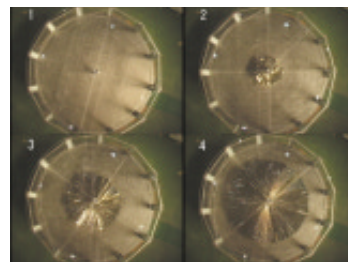
クローバー型セイル

段階で展開します。第1段階でまず十字形状に展開し、第2段階で最終形状になります。機構上の特徴としては、膜の展開がきれいに進むように、ロケットの本体に対して膜の根元がスピン方向のみに空転する

機構が付いています。また一次・二次展開の動作をフライト中自動で行わせるために、展開まで膜を押さえておく保持機構と、それらを順次解放するシーケンス回路と独立電源を装備しました。今回の展開実験では、このクローバー型セイルの無重力高真空下での展開挙動を観察して、ソーラーセイル探査機のセイル膜設計に役立てようとしています。

扇子型セイル

扇子型セイルは、観測ロケット実験で後に展開されるセイルです。基本的にはほぼ円形をしたセイルで、セイルを回転させて遠心力を利用



扇子型セイル

して展開する構造になっています。セイルは、ベタルと呼ばれる扇形をした数個のパーツから構成されており、その扇形をちょうど扇子のように周方向に折り畳み、棒状になった膜面を円筒に巻き付けながら、隣り合うベタル同士を何箇所かでつなげていくことで収納します。展開はこれとまったく逆の手順で行うことができ、観測ロケット実験では特に制御などなく一度に連続的に展開しますが、将来は展開速度を制御する機構を装備する予定です。

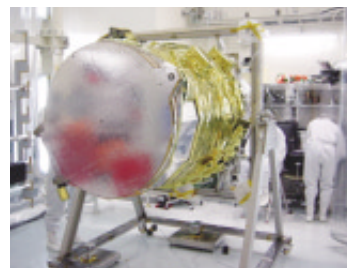
写真は、地上実験で直径2mのセイルを空気中で展開したときの様子です。観測ロケットでは、これよりさらに大きい直径10mのセイルの展開実験を行い、より大型の膜面の展開挙動や、真空中での膜面振動の減衰の様子などを観察し、将来のセイルの設計に役立てる予定です。

(津田雄一、竹内伸介)

可視光磁場望遠鏡完成、回折限界性能達成

太陽観測衛星SOLAR-Bは、可視光～X線にわたる広い波長範囲の観測により、太陽の光球面からコロナに至る磁場の活動現象を探るミッションです。2006年にM-Vロケットでの打上げが予定されています。その中心に置かれる可視光磁場望遠鏡(SOT)は、有効径50cmのグレゴリアン式反射望遠鏡で、吸収線の偏光観測から光球面の磁場強度を3次元で測定します。可視光では望遠鏡の空間分解能がその有効径で決まり、SOTでは最大0.2秒となります。これは

太陽表面上の距離に焼き直すと140kmに相当します。SOLAR-Bでは、この望遠鏡を太陽同期極軌道に上げることで、空気のゆらぎに邪魔されることなく、望遠鏡の持



完成したSOTの望遠鏡部分(OTA)。国立天文台高度環境試験棟にて。

つ最大限の性能での連続観測を行います。日本はSOTの望遠鏡部分(OTA)の製作を担当しており、これまで国立天文台にて日夜、組立、性能評価が続けられてきました。

写真は、ついに完成したOTAです。真空チャンバを用いた熱“光”学試験における重力の影響をキャンセルした測定から、目標とする回折限界に到達していることが確認され

ました。現在、米国製の焦点面パッケージ(FPP)と組み合わせ、実太陽光による観測試験が行われています。このISASニュースが届くころ、SOTは宇宙研のC棟にて進行中の衛星一次噛合せ試験に合流し、他の2つの望遠鏡とともにSOLAR-B衛星全体が姿を現す予定です。

(松崎恵一)

田中靖郎 宇宙科学研究所名誉教授, マッセイ賞受賞

7月18日からパリで開かれた第35回コスパー科学総会において、宇宙科学研究所名誉教授の田中靖郎先生が、マッセイ賞を受賞されました。マッセイ賞は、コスパー(COSPAR; 宇宙空間研究委員会)とイギリス王立協会(Royal Society)が合同で、宇宙空間研究の発展に顕著な貢献を果たした研究者に、特にその指導的役割を重視して贈られるもので、コスパーの最高の賞の一つです。

今回の田中先生の受賞理由としては、3つの功績が挙げられています。第一は、実験物理学者としてのX線検出器の開発と、それらを用いた数々のロケット・衛星実験です。特に、1970年代に開発したガス蛍光比例計数管は、「ひのとり」「てんま」に搭載され(その後、撮像型に発展したものは「あすか」にも搭載されました)、X線観測における分光観測の重要性を示しました。第二は、それらのロケット・衛星実験を通じて切り開いてきた宇宙の高温ガスの研究です。太陽系を取り巻く熱いガスの存在や、ブラックホールを取り巻く円盤の存在の観測的証拠の発見が、特に顕著な業績として指摘されています。そして第三は、国際協力への貢献です。田中先生は、「ぎんが」「ようこう」「あすか」といった日本の天文衛星

にその時々の世界最先端のX線観測装置を国際協力により導入し、それらの衛星の世界的な大活躍に大きな貢献をされました。

今回の受賞は、田中先生のご指導を受けてきた日本のX線天文学グループの一員として、大変うれしいニュースでした。

(井上 一, 満田和久)



7月19日、コスパーの授賞式にてパーミンガム大学のウィルモア教授からマッセイメダルを授与される宇宙科学研究所名誉教授・田中靖郎先生。



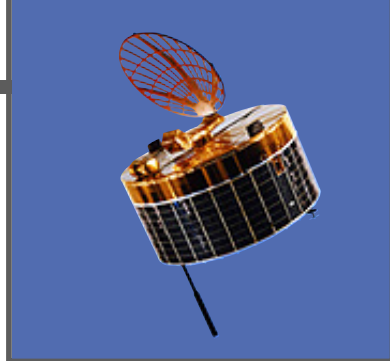
マッセイメダル

ロケット・衛星関係の作業スケジュール (8月・9月)

	8月			9月		
	頭		ASTRO-EII FM総合試験			末
相模原	頭		SOLAR-B FM一次噛合せ			末
				頭	INDEX FM総合試験	末
	頭	上旬	M-V-6号機 再噛合せ試験 (IA富岡)	頭	M-V-8号機 B1仮組	下旬
三 陸		8月20日	大気球 第2次気球実験	9月13日		
内之浦	頭	中旬	S-310-34号機フライトオペレーション			
筑 波	頭		SELENE FM単体環境試験			末

(FM : Flight Model)

浩三郎の 科学衛星秘話



「すいせい」



井上浩三郎

76年ぶりに太陽に接近してきたハレー彗星の探査を目的とする探査機PLANET-Aは、予定より2日遅れて1985年8月19日8時33分、小雨交じりの中、一瞬の晴れ間を見つけてM-3SIIロケット2号機によって打ち上げられました。非常にスリリングな打上げでした。ロケットの完ぺきな飛行によって予定された惑星間軌道に乗ったPLANET-Aは、「すいせい」と命名されました。

NASAをはじめ、我が国の追跡局(勝浦、内之浦、臼田)も次々に第1パスの電波を受信しました。受信したテレメトリデータから、「すいせい」の動作状態は正常で、スピン数25.35rpm、太陽方向とスピン軸の成す角は89度であることが確認されました。そして、宇宙研で算出したハレー彗星への最接近日時は1986年3月8日22時(日本標準時)で、その核(彗星の本体)からの距離は21万kmでした。

その後、国際的な協議機関であるIACG(Inter-Agency Consultative Group;ハレー探査関係機関連絡協議会)において、ハレー彗星のダストの広がりから従来考えられていたよりも小さいことが示され、太陽風観測装置にとっても核に近いほどより良い結果が得られることが予想されるため、11月14日にハレー彗星に近づける軌道修正を行いました。その結果、ハレー彗星との最接近距離は14.5万kmとなりました。

探査機「すいせい」の概要

「すいせい」には2個の観測装置が搭載されました。一つは真空紫外撮像装置(UVI)で、水素ライマンアルファ線(波長1216Å)という紫外線によってハレー彗星の水素コマを撮像します。もう一つは太陽風観測器(ESP)で、太陽風中の荷電粒子(イオンと電子)を観測します。

彗星の核は、太陽系始原物質から成る微粒子(ダスト)と氷で形成された直径数kmの塊と考えられています。これが太陽に近づくにつれ、氷が昇華し、ダストも引きずりだされます。それらは核のまわりに巨大な臨時の大気(コマ)を形成します。

ハレー彗星の軌道上の各点でこの水素コマを撮像

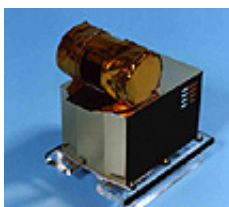


図1 真空紫外撮像装置(UVI)

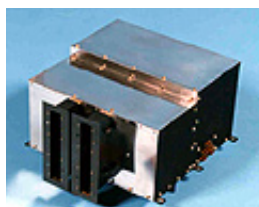


図2 太陽風観測器(ESP)

ハレー彗星探査機「すいせい」その1

することにより、コマの生成・消滅の機構を解明しようというのが、UVIの観測目的です。一方ESPは、太陽風と彗星の電離大気との相互作用の研究を行うもので、相互作用によって形成される衝撃波面の存在などを解明しようとするものです。

打上げ後の運用

惑星間軌道に乗った「すいせい」の動作は極めて正常で、各内部機器の温度もほぼ予想通りの値を示しました。打上げ後、14時45分には主管制権を駒場および臼田局に移した後、40日間にわたりレンジング、自動太陽捕捉、スピン制御、軌道決定、姿勢決定、スラスターのチェック/較正、準黄道面垂直、スピン調整、デスパン制御チェック、そして観測機器(UVI, ESP)のチェックと高圧電源投入チェックなど、一連の作業を成功裏に実施しました。そして、紫外線撮像と太陽風の観測を行いながら、ハレー彗星に向け惑星間空間を飛行していったわけです。

国際協力

数々の思い出を作ったこのミッションは、国際協力の点でも新しい進歩がありました。

先述したIACGもその一つです。1986年3月10日に、ハレー彗星が黄道面を通過(降交点通過)しましたが、この日の前後に「さきがけ」、「すいせい」、ヨーロッパのジオット、ソ連のヴェガ1とヴェガ2、アメリカのアイスという6つの探査機がハレー彗星に接近し、さまざまな観測を行いました。

これらの観測結果はIACGを通じて各国に通報され、共同研究の成果を上げるために貢献しました。次号では、その中から生まれた観測の結果と、さまざまなエピソードを紹介しましょう。

(いのうえ・こうざぶろう)

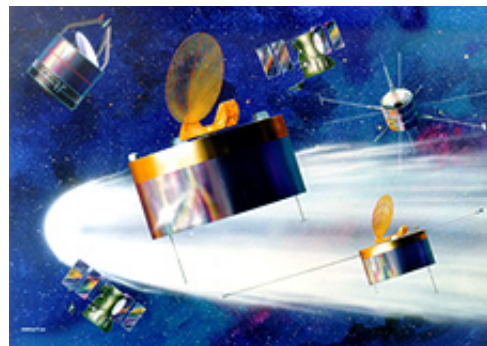


図3 各国の探査機がハレー彗星に接近し、さまざまな観測を行いました。

京都大学生存圏研究所助教授

小嶋浩嗣

水星とプラズマ波動

水星とその周辺の宇宙環境について直接的な観測に基づく情報を得るには、マリナー10号による観測結果に頼らざるを得ません。その他、地球上からの観測によってもたらされる情報もありますが、ことプラズマ波動に関する情報は、この両者からはほとんどないといえます。宇宙空間においてプラズマ波動は、エネルギーを伝える媒体としての役割を担っています。これは、宇宙空間中では、そのプラズマ粒子そのものが衝突して直接エネルギーを交換することは、非常にまれであるからです。これを無衝突プラズマといいます。この物理的概念が宇宙空間に普遍なものであるならば、水星周辺でもプラズマ波動の成す役割は、同じであるといえます。

ベールの向こう側

さて、そのようなプラズマ波動ですが、マリナー10号にはそれを観測する装置は搭載していませんでした。また、水星のように固有磁場強度が弱い惑星から放射されるプラズマ波動は、周波数が低過ぎて水星外へ伝搬できないと考えられるので、地球からは観測できません(例えば、固有磁場が強い地球や木星などの惑星から放射される電波は、その惑星外からでも観測できます)。従って、水星付近で発生しているプラズマ波動については、まったくベールに隠された状態であるといえます。もちろん、ベールに隠されているからといって、そのプラズマ波動発生に関して、「まったく予想もつかない」というわけではありません。

図1を見てください。これは、水星周辺の環境とそれに基づいて予想されるプラズマ波動について、代表的なものをまとめたものです。例えば、水星の昼間側から太陽風などにより「たたき出され

たイオン」が、太陽風にPickupされると、そこに大振幅のプラズマ波動(アルフヴェン波)が励起されるでしょう。また、やはり昼間側表面にたまった光電子の雲が、太陽風と相互作用すると、そこに電流が流れてやはり大振幅の静電波が励起されるかもしれません。夜側では、期待されているサブストームに関連した高エネルギー粒子により、非線形領域にまで十分発展したプラズマ波動が励起される可能性があります。また、その高エネルギー粒子が水星極域に注ぎ込むと、そこでまた強いプラズマ波動(電波)が放射されるかもしれません。その他、さまざまな水星固有のプラズマ波動現象を期待することができます。

工学部出身の私としては、このあたり「物理」というのはすごいな、と思うしまうのです。つまり、「条件を変えてやって」、「宇宙に普遍的な法則」を当てはめることで、「遠い世界の結果」が予想できてしまう。

“初めて”の醍醐味

でも、「きつとそれだけではない」ことも、やはり私たちは知っています。それは、今までの宇宙観測の歴史を見ても明らかのように、実際に「その場」へ行って観測することで、「予想もしていなかった事実」、「ちょっとすぐには説明がつかない現象」を、目の当たりにするということがよくあることですし、また、それを期待して未知の領域へ科学衛星を送って探査するのでしょう。その意味で、水星周辺でのプラズマ波動は、「いまだ人類の誰もが目にすることがない」現象です。

その現象を明らかにすべく、私たちは水星探査計画BepiColomboに、プラズマ波動観測器を日欧の共同チームで提案しました。BepiColomboより先行していく米国のMessenger衛星にもプラズマ波動観測器は搭載されていませんので、うまくいけばBepiColomboは初めて水星周辺のプラズマ波動現象をとらえる衛星となります。「誰も見たことがない、調べたことがない」ものを初めて調べるといふ醍醐味は、研究者にとっては非常に大きなmotivationの一つであると思います。

水星に相当するHermesの神は、ギリシャ神話では非常に利口ですばしこい神様のようです。BepiColomboが水星に到着するのはまだまだ先ですが、この利発な神様のしっぽを何とかつかんで、そのベールの中の素顔を垣間見るくらいのことはしてみたいものです。

(こじま・ひろつぐ)

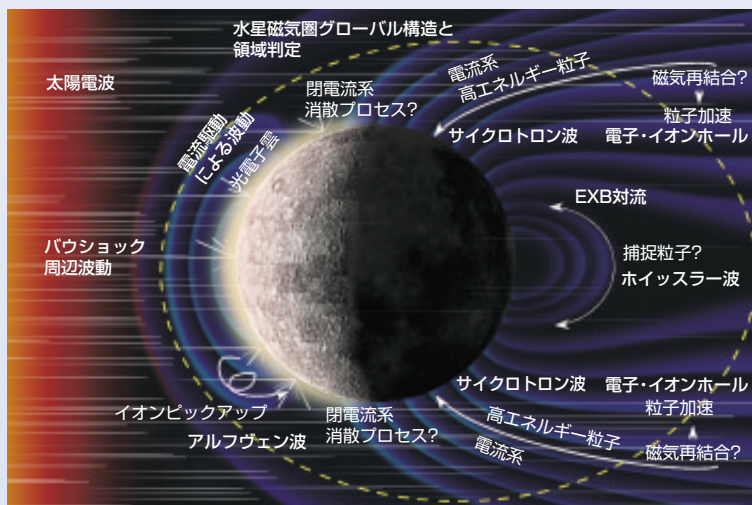


図1 水星磁気圏とプラズマ波動
(Illustration by C. Noshi/RISH, Kyoto Univ.)

アンダルシアの フライパン

6月28日から7月1日にかけて、世界自動化国際会議(WAC)に出席するため、スペインのセビーリヤに行ってきました。セビーリヤは、首都マドリードの西南に位置し、高速列車AVEで2時間30分のところにあります。スペインといえば、灼熱の太陽・闘牛・フラメンコ・白壁の家・情熱の国などをイメージしますが、ここアンダルシア地方は、まさにそのイメージが現実のものになる所です。

夏の熱い会議

WACは自動化に関する国際会議で、ヨーロッパを中心に隔年で開催されています。国際自動制御連盟学術会議(IFAC)や電気電子学会(IEEE)でも自動化に関する会議がありますが、本会議は6つのシンポジウムから構成されており、ロボティクス、知的自動制御、マルチメディア、ソフトコンピューティング、製造工場の自動化など、日ごろ交流の少ない分野の研究者が一堂に集まり、自動化をテーマに意見交換を行うユニークな会議です。

今回は、惑星探査ロボティクスに関する特別セッションでの講演を頼まれ、出席しました。NASAの火星探査ローバをはじめ、空中を移動するAerial Robot、自動プログラミング、自律検証アルゴリズムなどの講演があり、さまざまな研究者

と交流を持つことができました。ヨーロッパでの開催でしたが、欧米以外にアジア各国、メキシコ、ブラジル、イラン、イスラエル、エジプト、オーストラリアなど世界40カ国以上からの参加がありました。

また、パネルディスカッションでは、「人間は火星に行くべきか」というテーマで、さまざまな意見が熱く語られました。有人探査について、大航海時代、バスブッチがここセビーリヤ港から出帆し、コロンブスが到達したのはインドではなく新世界であることを証明したという例を挙げながら、その意義の是非について議論をする人もいて、討論が盛り上がりました。

さて、午後のキーノートスピーチでセビーリヤ大学のAracil教授が非線形制御の講演をしているときに、突然停電になりました。ところが、会場がざわめく中、教授は何事も起きなかったかのようにそのまま話を続けています。真っ暗な会場で、この式を変形するなどとと言われても分からないのですが、中断する気配はありません。そうこうするうちに、大きな

紙が持ち込まれ、マジックで数式を書き始めました。懐中電灯で照らしながらの講演を聴くのは初めてです。

停電は2時間以上も続きました。停電の原因は、あまりの暑さで冷房の稼働率が上がり、会場地区の電力が不足したとのこと。その日の最高気温はなんと摂氏49度に達したそうです。自家発電で廊下の非常灯はつきましたが、エレベータは動かず、みんな階段で移動しました。すれ違う人同士が「Good Exerciseね」と笑顔で言葉を交わし、停電を楽しんでいるかのようで、とても印象的でした。

シエスタ

セビーリヤは、福島県の会津若松と同じ緯度ですが、夏には40度以上の暑さになることがあり、「アンダルシアのフライパン」と呼ばれているそうです。湿度は低いのですが、こうなるとやはり暑く、昼食を食べに外に出たときは熱した空気に包まれ、まるでオープンの中にいるような感じでした。日影にいても太陽の照り返しが強く、熱射病になりそうでした。かっつない猛暑を体験し、輻射の威力を肌で感じました。熱設計の重要さを身をもって痛感した次第です。学会会期中は、天候に恵まれたというか、夕方9時でも気温は40度以上でした。セビーリヤの人は、日差しの強い日中に休息をとり、午前中と夕方に活動するそうです。シエスタがスペイン人に重要であることがよく分かりました。暑さのため体が欲するのでしょう、冷たいスープのガスパチョがおいしいこと!

スペインの夕食が遅いことは有名で、レストランも午後8時からオープンします。学会のバンケットも遅くから始まりました。午後7時集合、バスに揺られること1時間。途中、ひまわり畑のきれいなこと。写真で見たようなひまわり畑が延々と続き、スペインらしい風景を満喫しながら、Arenales Bull Ranchに到着しました。ここは闘牛用の牛を養成するところで、早速、闘牛のデモンストレーションを見せてくれました。そして歓迎のフラメンコ。いつになったら食事にありつけるのだろうかと思いつつ、スペイン音楽の陽気さに空腹を忘れました。2時間たっぷりの食事を堪能した後は、スピーチ、そしてフラメンコショー、まだまだ会議が続きます。最後は参加者も踊りに加わり、ホテルに戻ったのは夜中の1時すぎでした。翌日も予定通り午前8時30分から午後7時まで講演がありましたが、会議にもシエスタが欲しいところです。

1年中好天に恵まれた気候、アンダルシア地方の風景、そして明るく陽気なセビーリヤでの会議は、流れる時間がいつもと違い、ゆったりと時を過ごすことができました。日本でもこのような時間を持ちたいものです。

(くぼた・たかし)



歓迎のフラメンコ

久保田 孝

宇宙探査工学研究系助教授



初見参

松尾弘毅
宇宙開発委員

いまISASニュースの2004年5月号を手にしていますが、健在ですね。体裁についての違和感もなくなりました。発刊以来所長就任まで、ISASニュースには深くかかわってきました。どういうわけか編集委員は工学の年寄りと理学の若手の組み合わせで、交流の場でもありました。「東奔西走」と「ISAS事情」をホームグラウンドにして、各欄に執筆しましたが、「いも焼酎」は初めてです。何となく、所外の然るべき方という感じでお願いしていたと思いますが、それに該当するようになったということでしょうか。自由題の随想というのも、私にとっては難題でした。もともと思弁的な性質でないことはともかく、事実についてはISAS事情に書いてしまう、意見や好みについては否応なく平衡感覚が要求されるので面倒くさい、趣味ならば無難ですが私の場合には俗過ぎて書きようがない、等々です。

宇宙開発委員として

さて、宇宙研所長を辞任して、引き続き宇宙開発委員に就任しました。宇宙開発委員会は文部科学省に属し、私を含めて3名の常勤委員と2名の非常勤委員から成っています。法令上の主たる所掌は

- ・JAXAの中期計画の元になる長期計画の策定(委員会の議決を経て大臣が定める)
- ・JAXA理事長人事への同意

ですが、JAXAとの普段のかかわりは長期計画の実施状況の追跡ということになります。特に、プロジェクト評価、安全対策、重大な不具合調査は、長期計画の「業務運営に関する重要事項」の中に根拠規定があって、委員会の役目になっています。身分は特別職公務員で、その点だけでは、大臣や国会議員の方々と同じです。国家公務員法を読んでいくと、総則の最後に「国家公務員には一般職と特別職とがあって、この法律は特別職には適用しない」ということが書いてあります。要するに読み損ですね。

就任してからしばらくは、長期計画策定の時期に当たっていました。それにしても所長時代に比べて、また3機関統合目前の現場の慌だしさ比べて、嘘のように穏やかな日々を送っておりました。しかし、「みどりII」の運用停止、H-IIAロケット6号機の指令破壊、「のぞみ」の火星周回軌道投入断念と続いて、ただいまは調査部会長として寧日のないあります(この件については先般稲谷君から、

それが仕事ではないのかと諭されましたが)。この辺の様子は進行中のことではあり、またoral presentationの方が適当かとも思いますので、ここまでにします。ただ、ピンチを大ピンチとせぬよう、また紙を増やさぬよう、微力は尽くしているつもりです。

太陽系探査の動機

先日、米国戦略国際問題研究所のインタビューを受けました。ブッシュ大統領の新方針“A Renewed Spirit of Discovery”に関連した質問事項「太陽系探査の動機を科学、探査、国家威信、商業的価値のいずれに求めるか」という質問に対する、ほかに答えようもない私の返事は、私見と断った上で、以下のようなだったと思います。

当面の動機は科学と探査であろうが、この



「みどりII」の実地視察のひとコマ
(筆者は向かって左)

両者は密接にかかわり合っている。あえて狭義に後者を人類の活動領域の拡大(無人を含む)の側面だけに限定すれば、当面直接的な成果が期待できるのは科学であり、この認識のもとに我が国においても数々の計画が現実に企画され実行されている。

必ずしも具体的な成果を伴わない狭義の探査は、我が国では実施に至る支持を得難いが、一般の人々あるいは当局者が立場を離れて宇宙に夢を見ると、それは探査の側面にはないのか(現在は科学的探査の形でしか実現していないが)。この両者が結び付くとき、人類にとって最も根源的な謎の解明への期待と新たな可能性に対する挑戦姿勢への共感から、大きな流れとなって人々を魅了するのではないのか。その意味で今回の大統領提案は、自然なものといえよう。

1994年宇宙開発委員会の長期ビジョン懇談会は、有人月面天文台までも視野に入れた段階的な月探査計画を提案した。これは全体として包括的な承認が得られるような性格のものではなかったが、その開始部分に当たるのが現在進行中のSELENE計画である。これは、当時の宇宙科学研究所が科学的な関心から、また、宇宙開発事業団が探査に対する関心から共同で取り組んだ計画で、間もなく打上げ機会を得ようとしている。このように、我が国においても科学と探査の結び付きにはすでに前例があり、原案に沿っての継続を含め新しい芽生えの素地は十分にある。

科学についていえば、1986年のハレー彗星探査に始まり、「ひてん」による月スイングバイ実験、残念ながら失敗に終わったが「のぞみ」による火星探査、小惑星に向けて航行中の「はやぶさ」と、我が国は自在の惑星間空間航行能力を有する数少ない国の一つとして実力を蓄えてきた。重点目標については比較的新しい分野である惑星科学すなわち太陽系の科学的探査を、確実に推し進めていくことになろう。

NASAではシフトが進んでいるようで、4月に来日したアスラー地球科学局長が「局の方向は、ブッシュ提案に非常によく適合している」と強調していたのが印象的でした。

それでは「はやぶさ」の無事を願いつつ。これで5日間メールの着信がありません。外界には見放されたかな。(まつお・ひろぎ)

世界最小の飛行機を飛ばしたい

宇宙科学情報解析センター助教授

高木亮治

——小型飛行機を飛ばす研究を始めたそうですね。

高木：飛行機は空気の流れを利用して空を飛んでいます。スーパーコンピュータを使って、機体のまわりの空気の流れを計算機上で再現する数値流体力学が私の専門です。飛行機まわりの空気の流れを精度よく再現して、翼や機体の形状によって機体にどのような力が働くのか、機体がどのように加熱されるのかを調べ、設計に役立てるのです。旧・航空宇宙技術研究所で宇宙往還機や次世代超音速旅客機まわりの流れの研究を行っていました。昨年10月に宇宙研に来てから、小型飛行機についての研究を始めました。数年前から、アメリカをはじめとしていろいろなところで、主に偵察や災害時の調査を目的として、数十センチメートルサイズの飛行機の研究が盛んに行われています。私が現在考えているのはそれよりももっと小さい、数センチメートルサイズの飛行機です。

——小型飛行機は、普通のものと違うのですか。

高木：普通、空気には粘性があります。普段私たちはあまり空気の粘性を気にしていませんが、数センチメートル程度の飛行機になると通常の大きさの飛行機に比べ、相対的に空気の粘性の影響が大きくなります。そのため、通常の飛行機を設計するときの知識や常識、これまでの経験が当てはまらないことが多いはずで。現在の飛行機の形状は、どれも同じような形をしていますよね。現在の旅客機の飛行速度で、あいったサイズの機体を飛ばすには、あの形状が最適だからです。しかし条件が違えば、まったく別の形状が最適になるかもしれません。私たちのまわりを見回してみると、数センチメートルから数十センチメートル程度の大きさでは昆虫や鳥がいます。昆虫や鳥は普通の飛行機と違って、羽ばたくことで空を飛びます。昆虫や鳥が羽ばたくのは、彼らのサイズでは、羽ばたく方法が飛ぶのに一番効率が良いからだという説があります。サイズや飛行する環境の違いによって、飛ぶために最適な方法や形状が変わるのです。数値計算は、いろいろと条件を変えて調べることができます。小型飛行機を飛ばすにはどのような方法や形状が最適なのかは、まだ十分には分かっていません。いろいろな形状や飛び方のアイデアが出せるので、とても楽しいですね。

——小型飛行機の魅力は何ですか。

高木：今までにない形状や飛行方法をいろいろと考えられるという点



たかき・りょうじ。1966年、岡山県生まれ。京都大学大学院工学研究科航空工学専攻修了。専門は数値流体力学。1991年、航空宇宙技術研究所研究員。2003年、宇宙科学研究所本部助教授。航空宇宙における流体の数値解析技術に関する研究を行っている。

です。昆虫、特にトンボを観察すると、空中に静止したり、急に反転したりと自由自在に空を飛んでいます。あんな飛び方は普通の飛行機にはまねができない。例えば、羽ばたき飛行機なら、あいった飛び方が可能になるかもしれません。

小型飛行機は災害時の調査や環境観測など、いろいろな用途に使えたいと思います。特に小型飛行機ならではのメリットとして、一度にたくさんの場所を観測できる、たとえ1機か2機がトラブルに巻き込まれても、たくさんあればカバーできる、といったことが考えられます。大量生産でコストが下がれば、もっとさまざまな可能性が広がると思います。小さな飛行機がたくさん群れを成して飛ぶところを想像すると面白いですね。ひょっとすると、惑星探査に最適かもしれません。

——小さいころから飛行機が好きだったのですか。

高木：飛行機やロボットなどのメカ、SFアニメが好きでした。ただし、SFアニメを見ていても、パイロットやロボットの操縦士になって敵を倒したいと思うのではなく、飛行機やロボットを作りたいと考える方でした。

大学では航空工学科に進み、最初は制御を学びました。数値流体力学に出会ったのは大学院のときです。きちんと空気の流れが再現できること、形状などのわずかな違いが正直に結果として現れるところが面白かったですね。

かつては、模型を使った風洞実験の測定と数値計算の結果が食い違えば、数値計算が間違っていると言われ、たいへん信用されませんでした。しかし最近では、計算機と計算技術が非常に進歩したことで、数値計算の信頼性も高くなりました。大規模な剥離がないなど比較的きれいな流れでは、もし結果が食い違えば風洞実験の測定の仕方もおかしかったかもしれないと、風洞の実験屋さんにも私たちの計算結果を真剣に見てくれるまでに信頼性が上がりました。現在でも数値計算は実際の飛行機づくりに役立てられています。今後ますますその範囲を広げていくことが課題だと考えています。

休日には、最近少し大きくなった息子と紙飛行機を飛ばして遊んでいます。紙飛行機も、思わず数値計算してみたくになりますね(笑)。

ISASニュース No.281 2004.8 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所本部
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL: 042-759-8008

本ニュースに関するお問い合わせは、下記のメールアドレスまでお願いいたします。

E-Mail: newsedit@adm.isas.jaxa.jp

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。

*本誌は再生紙(古紙100%)を使用しています。

編集後記 校正刷りのチェックをしているときに、S-310観測ロケットによるソーラーセイル実験(「ISAS事情」参照)成功の報が入ってきました。一般のマスコミも、大型ミッションだけでなく、このような基礎実験をもっと取り上げていただきたいものです。

(松岡彩子)

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