



▲MUSES-Cフライトモデル。手前に見える4つ穴の箱が主推進装置のイオンエンジン。(撮影：新倉克比古)

〈研究紹介〉

セレーネ・プロジェクト

宇宙エネルギー工学部門 田中孝治

1. はじめに

月は太古より語り継がれ、詩に詠われてきたように天文学だけではなく、文学、人類学、美術の面からも関心もたれてきた人類にもっとも身近な天体であり、また、人類がその足跡を残した唯一の天体でもあります。しかし、月の起源や進化は未だ謎であり、この謎の解明は地球の起源・進化の解明に止まらず、太陽系科学全体の研究に大きな展開をもたらすと期待できます。この月の起源に迫るべく、アポロ計画以来最大規模の月探査計画“SELENE(SELEnological and ENgineering Explorer)”計画が2005年の打上げを目指して進められています。SELENEは月を周回する周回衛星と2機の副衛星(リレー衛星、VRAD衛星)から構成されます。この計画は宇宙科学研究所と宇宙開発事業団の共同ミッションとしてスタートし、国立天文台および大学、研究機関の科学者、技術者を加えたSELENEプロジェクトチームが推進しています。以下、SELENE計画の概要を説明いたします。

2. ミッションの目的

SELENE計画には3つの科学目的があります。一つは月の起源と進化を解明する“月の科学”，もう一つは月面環境の解明を目指す“月での科学”，三つめは月からの太陽地球系環境の観測を行う“月からの科学”です。一方、工学面からは“月の利用の可能性の調査と月探査技術の開発”を目的としています。

月はこれまでに多くの観測が行われ、多くの知見が得られましたが、月の起源と進化という根源的な問題はまだまだ深いなぞとして残されています。月の起源には大きく分けると4つのモデルが提案されています。

“双子集積説”，“分裂説”，“捕獲説”，“巨大衝突説”です。これら4つの説はいずれも異なる描像を与えています。月の科学として、従来の月探査とくらべ、より高精度、高分解能の表面の元素組成、鉱物組成、地形、表面付近の地下構造、磁気異常、重力場の観測を全球にわたって行い、これら観測により総合的に月の起源・進化の解明にせまることが期待されます。

また、本探査計画では周回衛星に搭載された観測機

器により、月面へ流れ込む太陽風プラズマ、高エネルギー粒子(宇宙放射線)、月電離層などの環境計測を行います。高エネルギー粒子の観測は銀河の研究だけではなく、将来人類が月面活動を行う場合の安全性の評価に必要な情報となります。また、月の電離層の存在は旧ソ連のルナ19の観測により示唆されていますが、未だ確認はされていません。本計画では、遠隔探査の手法で月電離層の存在に関して結論を得ることを目指しています。

月からの科学観測としては、月軌道からの地球電離圏・磁気圏の光学観測と木星や土星からの惑星電波の観測を予定しています。月軌道からの地球電離圏・磁気圏の観測は極端紫外光による酸素イオンの観測と可視光によるオーロラ観測です。また、木星や土星からの惑星電波は地球近傍では非常に微弱ですが、SELENEでは地球や太陽からのノイズが月に遮蔽される好条件を利用して惑星電波の高感度観測を行います。

月は地球にもっとも近い天体であり、将来月面天文台や惑星探査の前進基地として宇宙探査の可能性を大きく広げる足場となるとともに、月の資源利用を始めとした、人類文明飛躍のためのフロンティアとして期待できます。本計画では、月利用の可能性を探るために、鉱物資源や地形、月環境を科学探査により明らかにするとともに、月利用のための基盤的技術開発を行います。

3. 探査計画概要

SELENE計画のミッションの概要を図1に示します。探査機は宇宙開発事業団の種子島宇宙センターから打ち上げられ、直ちに月遷移軌道に投入されます。打ち上げから約5日後に38万km離れた月近傍に到達します。月楕円軌道に投入された後、段階的に遠月点高度が下げられ、最終的に高度100kmの極周回円軌道に投入されます。リレー衛星はその途中、遠月点高度2400kmの楕円軌道に投入され、VRAD衛星は遠月点高度800kmで切り離されます。リレー衛星は、月の裏側の重力場計測のため、地上局と周回衛星間のレンジング信号を中継します。VRAD(VLBI Radio Source)衛星はリレー衛星とともに地上からの相対(VLBI)観測の電波源となります。

高度100kmで周回する周回衛星は約2時間で月を一周します。赤道線上における隣接軌道間距離は約35kmであり、約1ヵ月で元の軌道に回帰します。周回衛星は約1年運用され、このような軌道を利用して月の全球マッピング等を行います。

図2に周回衛星の概観図を示します。周回衛星は月面観測機器の視野方向を月面方向に向けるために、リアクションホイールを用い3軸姿勢制御を行います。太陽電池パドルの発生電力は約3.5kWです。高利得アンテナは地球からの可視の時間帯では地球を指向して

地上局との通信リンクを維持します。高利得アンテナは10Mbpsという高伝送レートで観測データを地上局に送信します。周回衛星が月の裏側に隠れて地上とのリンクが途絶えているときは100ギガビットのデータレコーダに観測データを記録し、地球から可視になる時間帯にデータを再生して地上に送ります。

周回衛星、副衛星のシステムの概要を表1に示します。

表1. SELENEシステム概要

●打ち上げ	2005年夏期
●衛星寸法	周回衛星 2.1×2.1×4.8m
	副衛星 1m径×0.65m (高さ)(八角柱形状) 2機
●軌道	打ち上げ後直接月遷移軌道に投入
	ミッション軌道 周回衛星 高度100km極円軌道
	リレー衛星 遠月点2400km 近月点100km
	VRAD衛星 遠月点800km 近月点100km
●姿勢制御	
周回衛星	3軸姿勢制御
	アクチュエータ: 20Nmsリアクションホイール4台
	センサ: スターセンサ2台, IMU2台, サンセンサ2台
	姿勢制御精度±0.1°(3σ), 姿勢決定精度±0.025°(3σ)
	姿勢安定性±0.003° s(3σ)
副衛星	スピン安定(10rpm以上)
●推進システム	
周回衛星	スラスタ500N×1台, 20N×12台, 1N×8台
●電力システム	
周回衛星	GaAs太陽電池3.5kW, バッテリNiCd35AH50V 4台
副衛星	高効率シリコン太陽電池70W, バッテリNiMH13AH26V
●通信システム	
周回衛星	高利得アンテナ1台(s, x帯), オムニアンテナ4台(s帯)
	10Mbps(X帯ダウンリンク)
	40または2kbps(S帯ダウンリンク), 1kbps(アップリンク)
副衛星	オムニアンテナ(S帯)
	128kbps(ダウンリンク), 125bps(アップリンク)
●データレコーダ	
周回衛星	容量100ギガビット
●重量	
打ち上げ重量	2885kg
周回衛星ドライ	約1850kg
観測機器重量	約300kg
副衛星重量	約50kg(各衛星)

SELENE衛星のコマンドやテレメトリデータは宇宙開発事業団の新地上ネットワーク局及び宇宙科学研究所の白田局、内之浦局を使用します。衛星の管制と科学データの取得は相模原の宇宙科学研究所に設置される月ミッション運用解析センター(SELENE Operation and Analysis Center: SOAC)で一元的に行われます。このセンターは衛星の状態監視とコマンドの発行、衛星運用計画の立案、科学データの取得と実時間表示、データの保管と情報の発信機能を持ちます。

4. 搭載観測機器

月の科学に関する探査項目は、月面の元素分布、鉍

物組成、表層地形・構造、磁場の全球マッピング及び重力場計測に関して、全部で15項目の観測を行います。

4-1 元素組成成分の全球マッピング

元素組成の計測は、蛍光X線分光計とガンマ線分光計で行われます。太陽X線によって励起された元素固有の蛍光X線を計測することで月面の元素組成を知ることができます。SELENEの蛍光X線分光計は大面積の固体素子CCDを利用した方法により、Si, Mg, Alなどの主要元素を20kmの空間分解能で月の全表面にわたり計測します。

月表面の天然放射線核種や宇宙線誘導生成核種はガンマ崩壊により核種固有のガンマ線を放射します。このことを利用して、月面からのガンマ線のエネルギースペクトルを測定し、元素の同定を行うことが可能です。月面のガンマ線計測はアポロ計画やルナプロスペクタ計画でも行われましたが、SELENEでは250cm³という大容量の高純度ゲルマニウム結晶をスターリング冷凍機で80K程度まで冷却することにより、これまでよりはるかに高いエネルギー分解能を実現します。これによりU, Th, Kなどの放射性元素やH, O, Mg, Al, Si, Ca, Ti, Feなどの元素の存在度を約120kmの空間分解能で計測することができます。ルナプロスペクタの中性子分光計では極域に氷の存在を示唆する観測結果が得られていますが、いまだ結論は出ていません。表面に存在比1%以上の氷があればSELENE搭載のガンマ線分光計でその存在が確認できます。

4-2 鉱物組成の全球マッピング

鉱物の組成は2種類の分光計で計測されます。地質の区分は20km幅の領域を20m(可視)及び60m(近赤外)の空間分解能で複数の波長範囲をもつマルチバンドイメージャで撮像されます。クレメンタイン計画に搭載された機器よりも一桁高い空間分解能を実現します。鉱物の同定には幅500mの観測領域を連続分光が可能なスペクトルプロファイラで行います。カンラン石、斜方輝石、単斜輝石、斜長石などの鉱物の同定が可能です。スペクトルプロファイラによる鉱物分布の同定とマルチバンドイメージャによる全球の地質分布の組み合わせにより、月全球の鉱物分布図を描くことができます。

4-3 月面地形の全球マッピング

月面地形は、地形カメラ、レーザ高度計、レーダサウンダにより観測されます。地形カメラは幅35kmの領域を10mの空間分解能でステレオ撮影します。アポロ計画では赤道付近を限られた地域で観測が行われましたが、全球にわたり10mの分解能で地形を立体的に観測するのは今回が初めてです。レーザ高度計は出力100mJ、パルス幅15nsのNd:YAGレーザを用い、軌道に沿って1,600mごとに高度分解能5mで全球をマッピングします。

地下5kmまでの内部構造はレーダサウンダを用いて分解能100mで探査します。周回衛星の30mの双極子アンテナから周波数5MHz、出力800Wの電波を放射し、地下の連続面からの反射波を検出して地下構造を探査します。

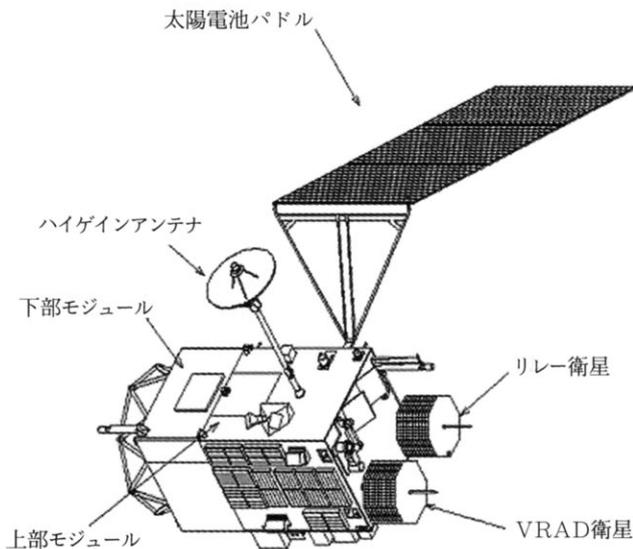
4-4 重力場探査

周回衛星の軌道は局所的な重力場の影響を受けます。月裏側の主衛星からの電波をリレー衛星を経由して地上で受信し、ドップラー信号を受信することで月裏側の重力場の情報を得ることができます。2つの衛星を用いた重力場計測は初めての試みで、100km以下の高空間分解能で月裏側の局所的な重力異常に関するデータを取得できます。重力場の情報とレーザ高度計のデータを組み合わせ、月裏側の地殻の構造や厚さに関して正確な情報が得られます。

リレー衛星とVRAD衛星に搭載される電波源からの電波を地上の3局以上の局から相対VLBIの手法で観測することで、副衛星の位置が正確にもとまり、月の内部構造を反映する低次の月重力場多重極係数を従来より1桁以上精度良く推定できます。

4-5 月磁場の全球マッピング

月磁場の計測は磁力計と電子計測器で行います。磁力計には3軸フラックスゲート型が使用され、12mのマストの先端に搭載されます。月面に流入する太陽風電子は月表面磁場により反射され、それを計測することで表面磁場の情報を取得することが可能です。この2つの観測機器を組み合わせることで、ルナプロスペ



クタ計画よりも高い空間分解能での月磁場の観測を行います。

4-6 月環境計測

銀河宇宙粒子線や太陽フレア粒子は複数のシリコン半導体検出器で観測されます。プラズマ環境計測にはイオンエネルギー計測器と電子エネルギー計測器が搭載されます。また、レーダサウンダに組み込まれる受信機は20kHz~30MHzの広い帯域で電磁環境の観測が可能です。

VRAD衛星に搭載されたコヒーレントなS, Xバンドの2波の位相変化の差から、月電離層の情報を得ることができます。

4-7 月からの科学観測

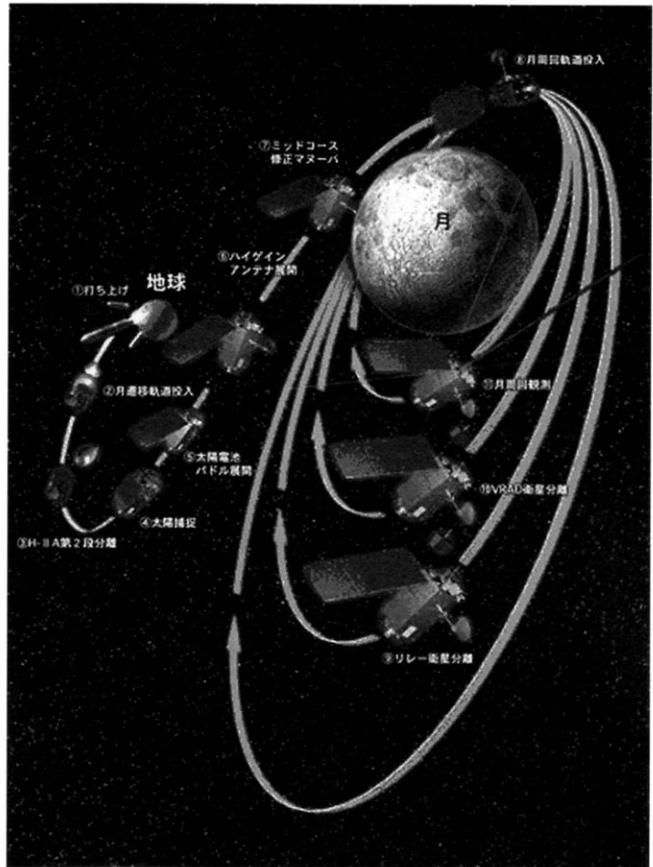
SELENEでは月軌道からの科学観測として、地球周辺のプラズマ環境の撮像と惑星電波の観測を行います。地球プラズマは極端紫外光と可視光の2つの望遠鏡が用いられます。酸素イオン流を二次元的に撮像し、電離圏から磁気圏へのプラズマ輸送のメカニズムを解明するとともに、オーロラの発生、発達の過程をグローバルにとらえオーロラ現象解明に大きく寄与することが期待できます。

5. おわりに

SELENE計画では、2002年春に構造モデルを用いた試験が完了し、2003年度にはフライトモデルを用いた電気試験が始まります。2004年度には総合試験が予定されています。また、月ミッション運用解析センターや地上局の整備も徐々に整えられつつあります。

SELENEで得られる科学データは原則としてミッション終了後1年で世界の科学者に公開する方針となっています。ミッション終了後も月ミッション運用解析セ

ンターが世界の月科学の研究センターとして中心的役割を果たすことを目指しており、SELENEのデータはアポロのデータと同じくミッション終了後も長期にわたり月科学のデータベースという人類の知的共有財産となるでしょう。
(たなか・こうじ)



お知らせ



★ロケット・衛星関係の作業スケジュール（3月・4月）

	3 月	4 月
相模原	M-V-6 頭胴部仮組立 (IA富岡)	M-V-6 M-34 システム試験 初旬 (IA川越) 中旬
		ASTRO-F 総合試験 初旬
	LUNAR-A 母船-ペネトレータ嚙合せ試験	
内之浦	MUSES-C 射場オペレーション 11	M-V-5 フライトオペレーション 下旬
能代	KM-V1 SIM 大気燃料試験 4 12	再使用型ロケット地上燃焼試験 14 30



★M-V-5号機第2組立オペレーション行われる

2月4日から鹿児島県内之浦町の鹿児島宇宙空間観測所(KSC)で、M-V-5号機の第2組立オペレーションが行われました。昨年12月のTVCオペでノズル周りの制御装置の動作確認を行い、本年1月の第1組オペでノズルをモータケースに取り付け、2月の第2組オペでロケットを整備塔に組立てました。第2組オペは1ヵ月近く続きますが、その間、大物の移動および組立作業が3回あります。組み立て順にM-14セグメント2(第1段ロケットの下半分、約45トン)、M-14セグメント1(第1段ロケットの上半分、約42トン)、M-25(第2段ロケットと1/2段接手、約40トン)と、いずれも40トンを越える重量物で、門型クレーンによってM組立室から整備塔まで運ばれ、整備塔内にゆっくりと吊り込まれる姿はさすがに圧巻です。

これら3つのロケットが積み上げられると全長約20mとなり、いよいよロケットの完成した姿に近づきます。今回のオペではまだ衛星(ミューゼスC小惑星探査機)は登場しませんので、3段ロケットから上はM組立室にあります。今回のオペによってロケット側の準備が整い、続いて3月に衛星が内之浦入りし、最終整備を開始します。4月にロケット上部に衛星を搭載すれば打上げに向けてすべての準備が整うことになります。新緑の頃、内之浦町には小惑星に向かって飛び立つM-V-5号機のごう音が響くことでしょう。

(石井信明)

★第9回技術発表会

1月28日研究・管理棟2階A会議室において、宇宙科学研究所の技術職員による第9回技術発表会が開催されました。発表件数は口頭発表7件、ビデオ2件、ポスターセッション1件でした。内容は午前が振動試験の運用、技官の特許申請、高野研修委員長挨拶、飛翔体搭載用アンテナの特性測定技術、シンプルなホームページの作り方、午後からはカプセル回収(ビデオ映写)、発射管制、乗鞍からLUNAR-Aまで、衛星分離時におけるモーター燃焼終了後の残留ガスによる衛星汚染の実験室的シュミレーション、バイコヌール宇宙基地(ビデオ上映)が行われました。ポスターセッションはロケットモータ大気燃焼試験に関して行われ多岐にわたる興味深いものでした。参加者が60人近くあり、好評を得ることができました。今後も技術職員の積極的な参加を期待しています。(技術職員研修委員会)



骨折治療中にも関わらず松葉ついで発表した伊藤技官

MUSES-C 月報-3

★熱真空試験を終えて

MUSES-Cは、1月から2月のはじめにかけて、打上げ前の最後の大きな関門である飛翔型モデルによる熱真空試験を実施しました。試験は2回に分けて行いました。この探査機の最大の特徴はイオンエンジンの運転にあるため、試験では実際にこの運転に必要な大電力機器を用いました。前半には、イオンエンジンの加速電源に擬似負荷を接続しつつ、搭載各機器の温度と熱制御の妥当性を確認しました。小惑星表面の温度は摂氏でおおよそ100℃と推定されているため、接近・着陸のシーケンスを模擬して、探査機下面搭載機器の温度上昇を確認することも大きな目的の1つでしたが、これも無事終了しました。

後半の試験では、飛翔型探査機で実際にイオンエンジンを駆動しイオン加速までを行ってみるといふ、これまで世界でも類をみない試験を実施しました。加速電源の負荷がエンジンそのものであることが前半の試験との違いです。MUSES-Cはクラスタ型のイオンエンジン構成を採用していますが、幸いにして各エンジンヘッドの運転も正常であることを確認

することができました。

あまり注目されていませんが、MUSES-Cで採用されている新技術の1つに、消費電力拘束つきの熱制御装置があります。従来の衛星、探査機では、所定の下限温度を下回ると個々のヒータにスイッチが入り、最悪のタイミングで同時に全ヒータがオンとなるとヒータ部の電力消費が極端に大きくなってしまいます。MUSES-C探査機では、常時イオンエンジンを駆動する電力を一定量確保しておく必要があるため、このヒータ電力消費の上限を拘束しておく必要があります。新しい制御論理を導入してコンピュータ化しています。化学推進機関の電磁弁が駆動されて短時間ながらもピーク電力が高くなる際は、ごく短時間ですがヒータ電力をオフにするという細かい芸当もできるよう工夫されています。重点の実証技術には掲げられていませんが、こんなところにも新しい技術が採用されています。2月後半は打上げ前のアライメントや慣性量の測定を行い、最終の機能試験を行って3月中旬に内之浦射場に搬入される予定です。(川口淳一郎)

★宇宙学校・相模原が盛況裡に開催

さる1月25日(土)、相模原市立産業会館において、宇宙学校・相模原が開催され、延べ615名の方々の参加を得ました。今年の特徴は、例年に比べて子どもたちの参加が多かったことで、非常に嬉しいかぎりです。1時限目の「星の王子さまに会いに行こう」では、澤井秀次郎さんがMUSES-Cの話を、黒谷明美さんが宇宙と生き物の話をしてからQ&Aには入りました。最初に質問に立ったのは74歳の方で、「あまり来たくなかったのだが、近くに住んでいるのでつい来てしまった。あまりに世の中に夢がないので、何かの足しになるかもしれないと思ってね」と発言して、会場の笑いを誘いました。「MUSES-Cが持って帰ったかけらはどのように分析して、どんなことが分かるのか」とか「2種類のアミノ酸は見た目は変わらないのか」などの専門的な質問が出ました。

2時限目は「近未来のロケット(成尾芳博さん)」と「超小型衛星の魅力(大西晃さん)」で、やはり「一般の人が宇宙へ行けるのはいつごろか」という質問はもちろん、「超小型衛星の実装技術は？」などの疑問も飛び出して盛り上がりました。

3時限目は「ブラックホールはX線で輝く(中澤知洋さん)」と「宇宙望遠鏡による天文学(和田武彦さん)」でした。この天文学の時限はいつもブラックホールの質問で9割くらいが占められるのですが、今回は和田さんが赤外線カメラという新兵器を準備して対抗したので、赤外線天文学に関する質問もたくさん出てきました。こういった簡単な演示実験を含むのも一計と感じさせられた和田さんの試みでした。

相模原市の方々にもお世話になりました。統合後もこうした連携が末永く発展するといいなと考えながら家路につきました。(的川泰宣)

★宇宙学校・東京(2/1)報告

東大駒場キャンパスで行われた宇宙学校には総勢675人のみなさんに集まって頂きました。会場では、名古屋からの小学4年生も含め1/3程を子どもたちが埋め、活発に質問をしてくれました。中には、惑星探査では「どんな波長で観測するのですか？ 赤外線ですか、紫外線ですか、X線ですか？」という専門家顔負けの鋭い質問があったりしました。講師の先生も待ってましたとばかり、熱心に答えて頂きました。しかし、恒例の「ビッグバンの前には何があったの？」という質問がでてきたりもし、校長も含めて“知ることができないことは分からないとしか答えられない”とコンニャク問答のようなやり取りもありました。でも、一般的な聴衆のみなさんの関心は、「本当に宇宙に行けるのか」と「ブラックホールとは」「宇宙の最初は？」にもっぱら集中していました。丁度、この講演会の翌日、スペースシャトル“コロンビア”の事故があり、

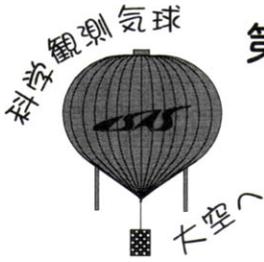
第22回宇宙科学講演と映画の会 実施要領

1. 実施日時
平成15年4月12日(土)
午後2時～5時30分(開場：午後1時30分)
2. 実施場所
安田生命ホール(東京都新宿区西新宿1-9-1)
JR新宿駅・西口正面
3. 実施内容
司会 的川 泰宣 教授
講演
工学：「星にロボットを送る」中谷一郎 教授
－惑星表面の探査技術－
理学：「第2の地球を求めて」村上 浩 教授
－赤外線で探る宇宙－
映画 ビデオ「X線で輝く灼熱の宇宙」
4. 対象者
中学生以上の一般市民(先着順) 定員340名
5. 参加費 無料
6. 問い合わせ先
宇宙科学研究所 管理部庶務課企画・広報係
TEL 042-759-8008



もしこの講演会と時期的に入れ替わっていたら、とても私の校長ではつとまらない宇宙学校になっていたかもしれないと、ヒヤリとしました。ただ、この事故の後だったら、安全性、将来の方向などの質問にどう答えたか、私も含め日本の宇宙計画に携わる者全員が、自らの問題として答えを用意しておく必要があると思います。(國枝秀世)





第6回

大気球による宇宙線の観測

神奈川大学 鳥居 祥二

宇宙から降り注ぐ宇宙線は、まさに「天啓」として多くの宇宙の情報を伝えてくれる。そこには、星が進化の最終段階で爆発する超新星からの電子、陽子、原子核やニュートリノ、宇宙の初期に創られた未知の粒子やブラックホールからの反粒子といった、まだまだ宇宙に残された謎を解く貴重な情報が満載されている。これらはすべて地球上では実現できない極限的な環境でのみ生み出される。この意味で、宇宙は物理学の壮大な実験室でもあるといえる。しかし、この情報を確実に受け取り、正確に解釈することは極めて困難なことである。ガリレオがはじめて望遠鏡で星を観測して以来、人類はさまざまな装置を考案してこの困難な課題に挑戦し、それに成功したものは時には新発見の栄誉に恵まれている。

宇宙線は、地球に到来すると大気に阻まれて、極めて高いエネルギーのものやニュートリノのようなほとんど反応しない粒子を除いて、地上に到達することができない。つまり、大気は宇宙線の遮蔽物として人類を保護しているが、逆に宇宙線の観測には邪魔者となる。このため、宇宙線観測では装置を製作するだけでは意味がなく、それを大気上空へ運ぶ「乗り物」が不可欠である。この意味で、気球と宇宙線観測は不可分の関係にあり、装置は重量やサイズといった気球搭載の条件を満たさなければならないが、逆に気球技術が進歩すれば更に高精度な装置の利用が可能になる。

我々が、超新星爆発で創られる極めて高いエネルギーの電子の観測を行なうために開発した装置は、気球に搭載するために、軽量かつ大きな面積を持つという矛盾した要求を満たす必要があった。そのため、これまで世界のどこでも用いられていない技術を採用した。

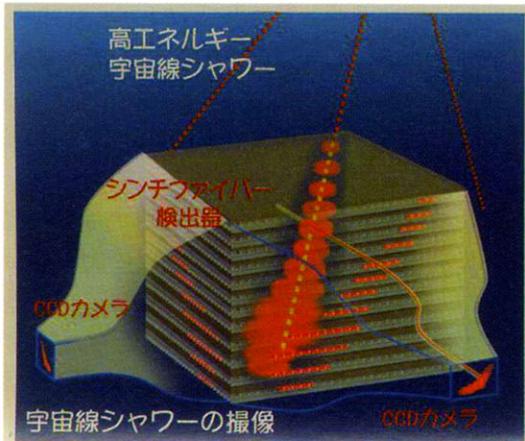


図1 気球搭載用電子観測装置(BETS)の模式図。

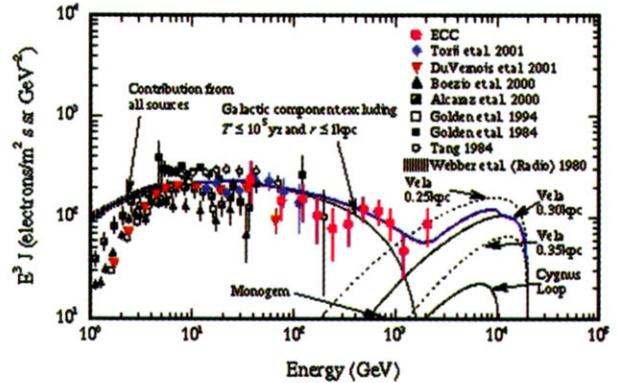


図2 これまでの気球による電子のエネルギースペクトルの観測データと理論的予測値。1TeV (=1012eV) 以上にはまだ観測データがないが、Vela超新星からの電子の存在が予言されている。

それは、シンチレーション・ファイバーと呼ばれる、電荷をもつ粒子が通過すると光を出すファイバー(直径1mm)を約1万本用いて宇宙線を捕らえるというものである。ファイバーからの微弱な光を、約100万倍に増光して特殊なCCDカメラで撮像するために、イメージ・インテンシファイヤーと呼ばれる装置を用いる。図1にその模式図を示すが、宇宙線が装置に入ると鉛板と衝突して多くの粒子を発生し、その粒子をシンチレーション・ファイバーで検出するという原理である。エネルギーが低い場合には電子はただ吸収されるだけであるが、高エネルギーになると逆に粒子の数がネズミ算的に増加し、エネルギーが下がると増殖は終わる。この現象は、滝から落ちる水が飛び散る様子に譬えてカスケード・シャワーと呼ばれている。この装置の特徴は、このカスケード・シャワーの様子から、宇宙線中の電子のみを選びだしかつその到来方向とエネルギーを同時に測ることができる点にある。このために、軽量かつ大面積な装置が実現できている。

我々が、宇宙線の中でも高いエネルギーの電子に注目しているのは、そのような電子は超新星爆発の情報を直接的にもたらすからである。図2に、これまでの観測結果と理論的計算の予測値を示す。気球による観測は、エネルギーで1TeVまで来ている。しかし、その少し先にVelaと呼ばれる超新星で加速された電子が存在する可能性が極めて高い。この電子の観測のため、従来の観測時間(約1日)を飛躍的に増大する必要があり、南極周回気球(約20日)や国際宇宙ステーション(約3年)での観測に挑戦している。

(とりい・しょうじ)

ウオッカの一気飲み

阿部 琢美

2月初旬、私は極寒のモスクワを訪れた。IKIで開催されるGalperin Memorial Conferenceへ出席するためである。

午後5時半、飛行機がモスクワに到着。暗いので有名なシュレメチェボ空港である。出発前に「前より明るくなったよ」との噂に仄かな期待を抱いていたが、やはり暗い。アエロフロートの機内誌に「日本からのフライトが夕方到着する関係からか空港内が暗いと感じられるようですが、回数を重ねると再びモスクワに来たという懐旧が感じられて良いとの評判」との記述があった。ものは言い様だが、こういう表現も出来るのかと感心した。

入国審査と税関では係員の厳しい表情。そう言えば機内の乗務員にも笑顔や愛想が無かった(後で知ったが工作中に笑うのは不謹慎、との考えに基づくとの事)。不安だった空港からホテルまでの道程は、幸いIKIの研究者が車を用意してくれたため、心配していた地下鉄にも乗らずに済んだ。窓外の街並みはライトアップされたショウウインドなど意外に明るい雰囲気。車中では日本に関する話題で会話が弾む。話してみると案外人懐っこい、素朴さが滲み出てくる等、次第にロシアに対する印象が変わり始める。

翌日から4日間シンポジウムが開催された。Galperinさんはロシアの著名な宇宙科学者で宇宙研にも何度か来所されていたが、2001年末に急逝なされた。この会議は氏の多大な功績を讃えて開催されたものである。プログラムが電離圏、オーロラ、磁気圏、地上観測、宇宙天気など多岐に亘るセッションで構成されている事が示す様に、彼の興味の対象は極めて広範囲に及んでいた。しかも深い洞察力に基づいた夥しい論文が書かれている。彼の偉大な業績と幅広い交際範囲に直結するように、2月のロシアという条件にも拘らず200名を越す参加者が集まったとの事だ。

会議初日の夕方、ロシア人とローカルなレストランで食事をする機会があった。乾杯は当然ウオッカで。言うまでもなくアルコール度40%の強いお酒である。周りのロシア人からグラスは一気に飲み干すのだぞと念を押される。まずは会議の成功を祈って乾杯。腹の中でウオッカが燃えるのを感じつつ何とかクリア。物の10分も経つと今度は「宇宙科学の発展のために」と2杯目の乾杯、これも周囲を横目で睨みつつ何とかクリア。何だか日本での一気飲みの雰囲気似てきた。

さらに10分程でまた乾杯するからとグラスに注いでくる。隣の米国人は「俺はワインだからウオッカとミックスにはしたくない」と体よく断りの弁。この手を使うのだった、と思っても後の祭り。遂に3杯目の乾杯。このペースは堪らんと半分飲んでグラスを置くと、すかさず「It's worse.」と言ってくる。彼曰く「少しずつ飲むのは体に良くない」そうだ。内心、この手は学生との飲み会にも使えるぞ、とほくそ笑むが、そんな事を考えている場合ではない。もうどうにでもなれ、と飲み続けた。が、驚いた事に一気飲みは思った程に酔いが回らなかったのである。ザクスカと呼ばれる前菜についてあれこれ説明を受ける。日本の料理に似ている、いや違う等々話が弾む。アルコールの量が増すに連れ、ロシア人との距離が縮まるのを感じた。

ワークショップ期間中の昼食は研究所内のカフェテリアで。ロシアでは昼食が正餐でゆっくり時間をかけて食べるとか。スープ、サラダ、メインディッシュとパン。これで150円程度。黒パンを食べながら、ドストエフスキーに出てくるあれか、と納得したりもする。ビーフストロガノフを食すが意外と淡泊で素朴な味。食事時に若い研究者の実情を聞くことが出来た。正直に研究環境について話してくれた。ワークショップ会場では日本語を勉強しています、という女性にも会った。機会を見つけては話をしに来る。意外にも生活の事など正直に話してくれる。

今回の訪問でロシア人の素朴で温和な人柄に接した事が多かった。それは、ロシア=気難しく融通の利かない、という私自身の先入観とは反対の印象だった。それは実は日本人の民族性と多少の共通性をもつものではなかろうか。少なくとも日本人-欧米人の間よりロシア人との距離がより近い事を感じた。

ロシアに来て6日目、ついにモスクワを去る日。完璧に近かった会議の運営を締めくくるようにIKI研究者の丁寧な見送りを受け空港に向かう。6日間の滞中で私のロシア人に対する印象は大きく変わった。それはロシア人が真摯な態度で、壁をもたずに接してくれたからであろう。私は間違いなく、以前よりもロシア人最良になった。将来、再びモスクワの暗い空港に降り立つ日があったら間違いなく、「またこの国である人たちと会うことが出来るのだ」という懐旧を感じられるに違いない。

(あべ・たくみ)



ハイブリッド計算機／ロケット／衛星とともに40年

井上 浩三郎

退官(定年)にあたり「いも焼酎」に一筆をとることで、勤続40年を振り返ってみたいと思います。

昭和38年大学の電子工学科を出て4月から勤務したのが、当時麻布の竜土町にありました東京大学生産技術研究所(東大生研)でした。前身は東京大学第二工学部で、西千葉から移転して間もないころでした。

配属されたのは野村教授の研究室で、アナログ計算機(アナコンと呼ぶ)やロケットに搭載するテレメータ送信機などの研究を行っていました。アナログ計算機は並列演算ができるのが特長で、今日のようにデジタル計算機が普及する前までは、それを使ったシミュレーションが盛んで、研究室での初仕事もロケット飛翔シミュレーションの手伝いでした。初期のカップヤラムダロケットの飛翔性能計算もこのアナコンが使われました。しかし実際に使用してみると、誤差が多いため精度が上がらず、先輩たちは苦労していました。

ロケットとの関わりは、翌5月で、汽車、船、バスを乗り継ぎ(約30時間かけて連れていかれました)建設後間もない鹿児島の内之浦ロケット実験場で、K-9 M-2号機の打上げが最初でした。初めての経験で、野村先生に「震えていたよ」と言われるほど、非常に緊張したことを覚えています。

昭和40年、研究室ともども新しく駒場に出来た東京大学宇宙航空研究所へ移ってからは、研究室にアナコンとデジタル計算機を繋いだハイブリッド計算機が入り、私はこの計算機のお守(も)りとなり、ハイブリッド計算機で生じる誤差を補償する研究を行いました。日本初の人工衛星「おおすみ」を誕生させたラムダ4Sロケットの性能計算もこの計算機で行われました。当時、糸川研究室の大学院生だった松尾、的川、上杉の各先生方と、亡くなられた佐伯さんたちは、徹夜で計算されていました。

観測ロケットの打上げ機数も、国際地球観測年(IGY, 1957~59)後、どんどん増えて、昭和40年頃には年間20機以上打ち上げることもあり、1年の半分位実験に参加するようになりました。ロケットもラムダ型が登場し高度をどんどん更新しました。そしてこのラムダロケットを4段式にしたラムダ4Sロケットで、人工衛星軌道投入の実験がはじまり、5度目の挑戦で、昭和45年2月、見事初の人工衛星「おおすみ」を誕生させました。地球を一周してきた「おおすみ」からの電波を受けたとき、実験主任の野村先生に、「おめでとうございます」と握手したことが思い出されます。

初の人工衛星「おおすみ」誕生後、Muロケットによる一連の科学衛星プロジェクトが始まり、私もそれらの衛星プロジェクトに深く関わることになり、研究

所での仕事も一変しました。一個の衛星は、およそ7年かけて開発して打ち上げるわけで、私も片手間では出来なくなり、ほとんどの時間をそれらに当てて、無我夢中でやってきました。気がつくと宇宙研の衛星すべてに携わってしまいました。昭和46年「たんせい(淡青)」から数えて22個になります。「おおすみ」、「GEOTAIL」、「SFU」を含めると実に25個になります。

打上げに失敗した「MS-F1」、「CORSA」、最近では平成12年2月の「ASTRO-E」と平成14年2月の「DASH」(これはH-IIA打上げ)等々、成功した衛星と失敗した衛星、そのひとつひとつに思い出があり、一緒に仕事をした方々の顔が今なつかしく浮かんできます。

①「たんせい」衛星に、祈る思いで送信した初めてのコマンド、②「でんぱ」衛星の高圧電源の放電事故、③「じきけん」衛星の難航した60mアンテナ伸展作業、④「たんせい4号」衛星の「ひやり」とさせられた太陽電池パドル展開、⑤2億キロ以上離れた探査機「すいせい」、「さきがけ」からの電波受信、最近では⑥「はるか」衛星の直径8mアンテナ伸展などなどで、これらの中でも、特に「CORSA」衛星については、開発当初から日本初のX線天文衛星「はくちょう」の誕生まで、小田先生とご一緒に仕事をさせていただいた当時のことが、今も深く心に残っています。「CORSA」打上げ失敗から「はくちょう」衛星成功までの3年間は私にとって貴重な体験でした。

東大生研、東大宇宙研、文部科学省宇宙科学研究所を通じて、諸先生方をはじめ多くの方々大変お世話になりました。研究分野では、私の怠慢で不満足に終わりましたが、身近にすばらしいお手本になる先生方が多数おられ、いろいろなことを教えていただき、学ばせていただきました。特に、日本初の人工衛星「おおすみ」の成功と、初めての惑星探査機によるハレー彗星ミッションの成功の喜びは、深く心に残る忘れられない出来事でした。また、数多くのロケットや衛星の打上げを通じて、それらを成功させるためには、チームワークがいかに大切であるかも学ばせていただきました。ここに紙面をお借りして皆様方に厚く御礼申し上げます。

今、宇宙研では、5月打上げのMUSES-Cをはじめ、進行中のミッションがタイトなスケジュールで進んでいます。また、10月には新しい組織に生まれ変わろうとしています。各ミッションは、今後厳しい状況も予想されますが、宇宙研のすばらしい伝統を生かしつつ、ぜひ成功に向け順調に推移するようお願い申し上げます。

(いのうえ・こうさぶろう)



宇宙一族も「変わらなくちゃ」

小林 康徳

顧みれば、私達は気の遠くなるような長い年月を自然界と向かい合い、思索を繰り返し、今日の姿に辿り着いた。その過程で蓄積された知識と知恵が他の生物種より多少とも上回ったとすれば、それは数知れない突発的な異変現象が、たまたま私達に幸いした結果に過ぎない、と無神論者の私は思う。そして、このように蓄積し継承された知識と知恵(知的財産)の深淺に差はあれ、昔の人はみな等しく自然と調和して生き延びてきた自然科学者であった。しかし、この知的財産の蓄積を図ることは真理を極めようと努める人間活動の重要な一面ではあるが全部ではないことも事実である。宇宙空間にまで手を延ばすようになった私達の活動が必ずしも合理的に運ばれていないことはその証左であろう。宇宙一族とでも呼べるような特殊な集団が出来上がった。「知恵出でて大偽有り」という2500年前の老子の嘆きは今も変わらない。

当然のことながら、現代の「科学技術」社会では知的財産に高い価値が認められ、宇宙開発活動の目標の一つにも掲げられている。そして、当研究所は宇宙科学の分野でその貢献が顕著であるとの賞賛を受けてきたが、自他ともに「理学と工学の絶妙の協調関係が特徴的、云々」の解釈が常套化されてきた。このような当研究所の研究環境は新機関に移っても維持できるのか、あるいはその必然性はあるのか。所内では、輸送系の一部移動を除けば従来とほとんど変わらない、と楽観視している人が多いようだが、本当にそうか。特に気掛かりなことは、理学ミッション支援以外の宇宙工学者独自の研究が大幅に制限あるいは縮小されることはないか、という心配である。工学とは本来人間の数で勝負する部分があると私は思っているが、新機関ではその自由度があまり期待できそうにない。われわれが新機関で「教育と学術」を専任することを選んだ代償かもしれない。ともかく工学者は窮屈である。

もっと遡れば、宇宙開発のあり方そのものが今問われているような気がする。国民の大多数はわが国の宇宙開発の実体をほとんど知らないし、関心も持ってい

ないことを宇宙一族はまず認識する必要がある。街に出れば、宇宙三機関の名前をちゃんと言える人なぞ百人に一人もいないのではないか。それでも「宇宙」という言葉に惹かれる人が多いのは、TVや携帯のためではなく、それが彼らの実生活と直接的な利害関係をもたらさないからであろう。しかし、ブラックホールや宇宙の謎解きだけで宇宙開発を推進できるほど国民は寛容ではなくなっていることも事実ではないか。これからは、宇宙開発から何がしかの具体的なリターンを約束しなければ国民は納得しなくなるのではないか。それが知的財産であればそれ以上ないであろうが、国民が期待するのはより実利的で広く共有できる何かであろう。すなわち、国民と共に歩む宇宙開発の手法を考えなければ宇宙の産業化はおろか、一部を除いて宇宙開発そのものが衰亡していく危険性さえはらんでいるように思う。私達は限られた国家予算のパイの取り合いを離れて、国民を巻き込んだ計画を真面目に考えるときである。工学者の知恵の出どころであり、国民に対する義務でもあろう。

過去の成功体験は容易にルーチン化し時を経ていつのまにか自縛する既成概念が変わる、という警告は宇宙開発の分野に限らず多くの人間活動に当てはまる。当研究所にももちろん当てはまる。世界の宇宙開発競争で遅れをとるわが国が本気でこれに参加する積りなら、大胆な政策もさることながら、何よりもまず宇宙開発に携わる「宇宙一族」一人ひとりが自己の意識改革を果たすことであろう。当研究所の現役諸兄は「初心」で新しい職場に移られるよう、そして真の宇宙科学研究所の発展的解消につながるご活躍をされるよう祈念している。(こばやし・やすのり)



初鯉とともに、花粉症の季節がやってきた。なんとも辛い、季節の一大行事である。今後の宇宙開発をどうすすめるか、, などと偉そうなことを、私のような若造でも考えなくてはならない時代になりつつある。よくよく考えなくては。(中澤)

ISASニュース

No.264 2003.3

ISSN 0285-2862

発行：宇宙科学研究所(文部科学省) ☎229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 042-759-8008

The Institute of Space and Astronautical Science

◆本ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話(庶務課企画・広報係)までお願いいたします。(無断転載不可)

*なお、本ニュースは、インターネットでもご覧になれます (<http://www.isas.ac.jp>)