



ISSニュース

宇宙科学研究所

1998.9 No.210

◀通算10万人目の入場者

▼「あなたの名前を火星へ」ネームプレート
拡大して張り出されたもの（左）
「のぞみ」に搭載されたプレートの複製（右）



8月29日に行われた宇宙研一般公開（本文記事参照） 撮影：前山勝則

〈研究紹介〉

スペースデブリ問題

航空宇宙技術研究所 戸田 勸

1. はじめに

スプートニク1号以来これまでに4,000回以上の打ち上げが行われ、20,000ton以上の人工物体が宇宙空間に打ち上げられてきた。多くは大気圏に再突入して燃え尽きているが、現在でも約4,500tonが人工物体として軌道上に存在している。内訳を見ると、運用中の衛星は僅か約5%であり、残りはミッション終了後の衛星、ロケットの上段、それらが破壊して生じた破片や塗料欠片等からなる宇宙のごみ「スペースデブリ」となっており、デブリとの超高速衝突の防御と回避は人工衛星、特に国際宇宙ステーション（ISS）及びスペースシャトルの設計と運用上の大きな技術課題となっている。

デブリ問題の本質的な解決には1) 環境計測とモデル化、2) 衝突からの防御、3) 発生防止、の三つのアプローチが必要である。航空宇宙技術研究所では平成2年以来宇宙科学研究所をはじめ、国内外の関連機関との密接な連携のもとに超高速衝突防御技術に関する

研究を進めてきたが、デブリ問題の解決に総合的に取り組むために、平成10年度から7年間の予定で、特別研究「宇宙環境安全・利用技術に関する総合的研究」を実施している。ここでは、最近のデブリ環境とこれまでの研究成果の一部を紹介する。

2. 地上観測によるデブリ環境の現状

人工物体を定常的に観測しているのは米国の宇宙監視網（SSN: Space Surveillance Network）とロシアの宇宙監視システム（SSS: Space Surveillance System）である。両者共ほぼ同等の観測の能力を持ち、レーダーと光学望遠鏡により10cm以上の大きさの物体を観測可能である。観測した人工物体について、打ち上げ国、軌道要素データ等が完全に同定できたものについては、番号をつけてカタログ化しており、1998年8月6日現在、米国宇宙監視網で追跡されているカタログ化人工物体の個数は8,805個（運用中の衛星約500個を含む）である。この他に観測はされているがカタログ化されていない人工物体が約1,000個あり、米国はそれらのカタ

ログ化を重点課題としている。

シャトルとISSの安全運用のためには1mm～10cm領域の環境を明らかにする必要があり、NASAは1990年以来Haystackレーダーによる観測を継続して実施している。これは周波数10GHz（波長3cm）のレーダーで北緯42°に位置し、高度1000kmで1cmオーダーのデブリを観測可能である。観測の結果、高度850kmから1000kmの領域に新しいデブリ生成源が存在することが明らかになったが、検討の結果、ロシアの海洋偵察衛星(RORSAT)の原子炉から漏洩したNaK液滴であると推定されている。また、NASAは観測精度を更に上げるために1994年からHaystack補助レーダ（HAX）で観測を実施している。

現在のところ、1cm～10cmのデブリは10万個、1mm～1cmのものは3,500万個程度存在すると推定されている。空間密度は高度によって異なっており、850km、1,000km、1,500km近傍にピークがある。1,500km以上になると、高度とともに密度は減少するが、準同期軌道と静止軌道付近に鋭いピークが存在する。

観測によるデブリ環境の正確な理解は、デブリ問題を考える上で出発点となる最も基本的な事項ではあるが、米露の防衛予算の縮小で観測施設の閉鎖が予定されていることもあり、世界の研究者間で低軌道のレーダ観測と静止軌道の光学観測を国際共同キャンペーンとして実施する計画が進められている。この様な状況に鑑みて、我が国でも2003年までに光学望遠鏡、レーダーからなるデブリ観測専用施設を岡山県に建設する計画であり、現在、技術仕様を検討中である。

3. SFUの衝突痕

地上からは観測できない1mm以下の微小デブリの環境は回収衛星やシャトルの表面に残された衝突痕を詳細に分析することによって推定されている。これまでSolar Max衛星、LDEF、ハッブル望遠鏡の太陽電池パネル、EuReCa等の分析結果が微小デブリ環境の推定に大きく寄与してきた。現在、SFUの衝突痕検査が関連機関の協力の下に航空宇宙技術研究所で行われている。直径200μm以上の衝突痕が約500個検出され

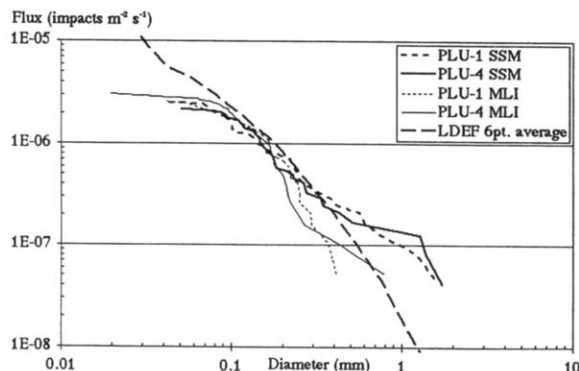


図1 SFU及びLDEFの衝突フラックス

ており、各衝突痕に付着した残留物の化学分析によって、衝突粒子がデブリであるかメテオロイドであるかを同定し、地上校正試験により衝突粒子と衝突痕の相関データを求めることによって、SFU軌道での微小デブリ環境を推定することができる。SFUの軌道はLDEFやEuReCa、ハッブル望遠鏡の軌道と類似しているため、SFUの分析結果はデブリ環境の時間的変化の検討に有用である。図1はSFUの二つのペイロードユニット表面の多層断熱材（MLI）と銀蒸着テフロン（SSM）における衝突フラックスとLDEFの衝突フラックスであり、SFUとLDEFのフラックスはほぼ同様の傾向を示していることが分かる。

4. 超高速衝突破壊と防御設計

デブリが衝突するときの相対速度は低軌道では最大16km/s、平均で10km/sとなる。この様な超高速衝突から宇宙船を防護するために、宇宙船を2重壁構造にして外壁で衝突物体を破碎して衝突エネルギーの一部を吸収するとともに、残留衝突エネルギーを分散させて後壁を防護する考え方は1940年代にWhippleによって提案されたものであり、Whippleバンパーと呼ばれている。防御効果のあるバンパーを設計するためには、まず超高速衝突による構造要素の破壊様式の解明が必要になる。図2に、デブリを模擬した円柱状のプラスチック飛翔体をアルミ合金2024-T351ターゲット板（板厚38.9mm、22.2mm）に衝突させた時のX線CT画像と2次元衝撃解析コードによる数値解析結果を示す。図の上段はレールガン（宇宙科学研究所）で約1gの飛翔体を7.5km/s、中段は2段軽ガス銃（東北大学）で約3.5gの飛翔体を4km/s、下段は1段火薬銃（京都大学）で約14gの飛翔体を2km/sに加速して打ち込んだ実験結果である。板厚22.2mmのターゲット板の貫通孔、及び38.9mmのターゲット板前面に生成されたのはクレーターの形状及び大きさとも3つの実験ケースでほぼ同一であることが分かる。これは3つの実験で飛翔体の運動エネルギーがほぼ同一であるためであり、運動エネルギーは破壊様式を支配する主要な因子であることを示している。一方、38.9mmのターゲットの後面を見ると衝突速度7.5km/sのときのみ反射引張応力によるスポール破壊が生じて2次デブリを生成している。これは、衝突速度もまた重要な支配因子であることを意味している。超高速衝撃破壊現象を支配するその他の因子として、ターゲットの材質、飛翔体の材質と形状等があり継続して研究を行っているところである。更に、低軌道におけるデブリの平均衝突速度10km/s以上の速度領域における衝突実験を行うために、インヒビター付き成型爆薬法も研究開発中であり（図3）、現在、アルミニウム・ライナーを用いて真空中で

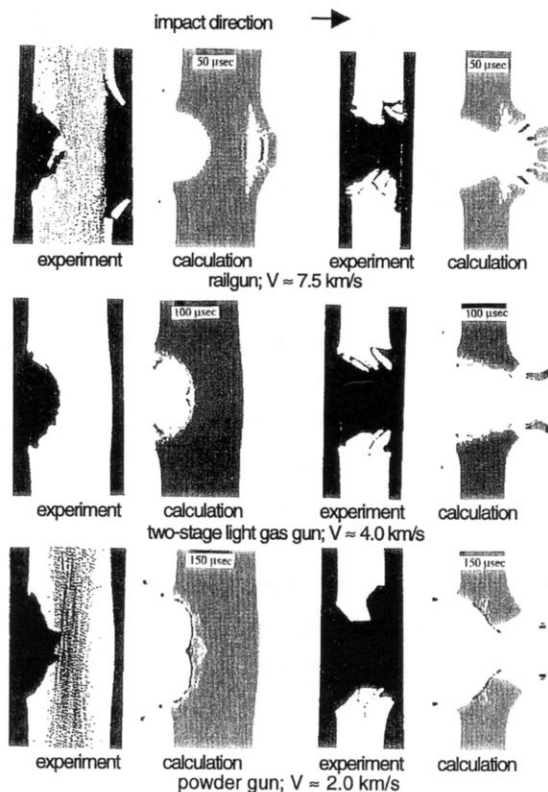


図2 超高速衝突実験と数値解析

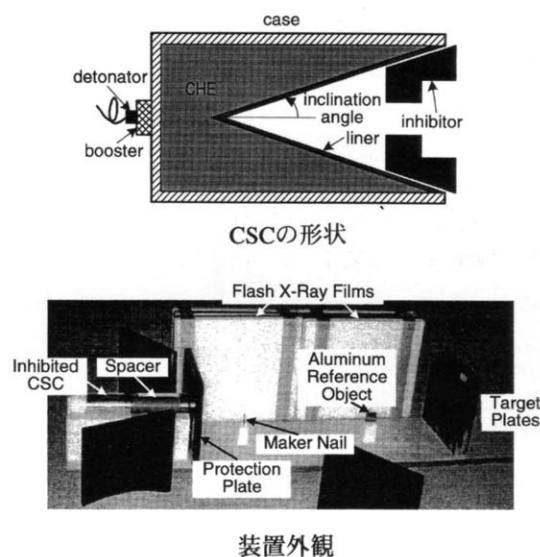


図3 成型爆薬試験装置

推定質量が約2gの先端ジェットを約11km/sで射出することが可能になっている。図4は先端ジェットのX線画像と数値解析結果である。数値解析結果はジェットが中空状態であるという実験事実を明確に裏付けている。

この様な各速度領域における衝突破壊データを利用して防御バンパーを設計することになる。ISSでは1cm以下のデブリとメテオロイドの衝突はバンパーで防御する方針であり、居住モジュール、JEMの圧力モジュールには補強Whippleバンパーが採用されてい

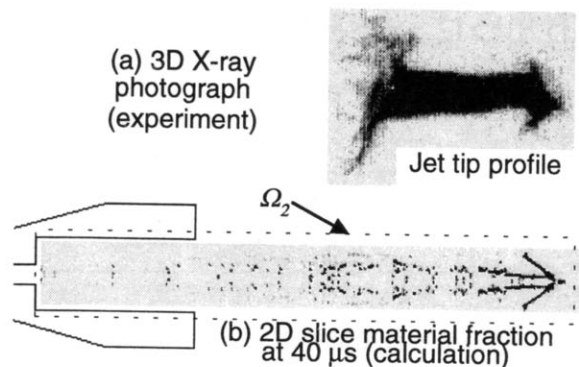


図4 先端ジェットの形状

る。一方、直径10cm以上の大型デブリとの衝突は、シャトルと同様に、SSNからの警報を受けて軌道変換によって回避する計画であり、スラストによって1m/s以下の速度で高度を上げてデブリとの衝突を避けることとしている。また、その際に生ずる微小な加速度はISSで実施される実験の擾乱となるため、デブリ回避軌道変換は1年に6回以下とする方針であり、更にデブリ回避作業が必要な時は出来るだけ定常的な軌道保持作業を早めて実施して代替する方針である。10cm以上のデブリ衝突は軌道変換で回避し、1cm以下のデブリ衝突はバンパーで防御するとして、この間のデブリ衝突防御戦略の確立が急務であると考えられている。

5. おわりに

日米欧の宇宙開発機関はデブリの新たな発生を可能な限り抑制するよう努力してきた。ミッション終了後の静止軌道衛星は300km位上方の廃棄軌道にリオービットすることに努め、使用済み上段ロケット及びミッション終了後衛星の自発的爆発防止のために残留燃料の排出、不活性化等の技術を確認し実施してきた。また、衛星分離後の上段ロケットを出来るだけ早く（25年以内に）大気圏に再突入消滅させる技術対策も試みられているが、1997年1月にはDeltaロケット2段の燃料タンク（250kg）と気蓄器（30kg）がほぼ完全な姿でテキサス州ジョージタウンに落下した例もあり、大型デブリを大気圏に再突入させて燃焼消滅させる方法や、安全な場所に誘導落下させる方法等は今後の重要な研究課題である。また、Iridium、Teledesicといった衛星コンステレーションのデブリ防止対策も緊急な課題として浮上してきている。

関係各位の努力によりデブリ問題に対する関心と重要性の認識は高まりを見せているのは確かであるが、以上述べたように、まだまだ未解決の技術課題が山積しており、本問題の抜本的解決への道は遥かに遠いというのが実感である。本小文が読者の興味を喚起し、研究基盤の拡充に何許かでも寄与できることを願っている。（とだ・すすむ）



★シンポジウム

宇宙構造・材料シンポジウム

日時：平成10年10月29日（木）～30日（金）

場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

問合せ先：宇宙科学研究所研究協力課共同利用係

TEL 0427-59-8019



★一般公開開催

宇宙科学研究所相模原キャンパスの一般公開が、8月29日（土曜）に行われました。今年は火星探査機「のぞみ」の打ち上げの都合で、例年よりも遅く夏休み最後の土曜日が一般公開日となりました。東北地方を中心に各地に大雨被害をもたらした前線と台風が居座る中、当日朝には地震というおまけまで付いて、波乱を予感させました。しかし実際は、時々雨はぱらついたものの青空も見えて日も射すという、期待以上の一日となりました。開場直後こそ出足が悪くて心配しましたが、昼前にはいつもどおり大勢の見学者がキャンパスに溢れました。入場者数は通算10万人を突破し、今年の一般公開もまずは大成功となりました。



当日宇宙研に来ていただいた読者の皆さん、宇宙研はイメージどおりの所でしたでしょうか。会場の一角には「あなたの名前を火星へ」キャンペーンに寄せられた27万人分のサインが張り出され、10人程度の方が自分の名前を探し出されたようです。根性に拍手！

水ロケット指導、駐車場の交通整理等、一日中屋外で奮闘された方々、思いがけない好天で日焼けされたことと思います。お肌のアフターケアをお忘れなく。裏方に徹して一般公開をスムーズに運営していただいた管理部の皆さん、様々なアイデアで展示を準備していただいた各ブースの皆さん、この場を借りてお礼を申し上げます。（実行委員長・村上 浩）



★平成10年度第2次大気球実験

平成10年度第2次大気球実験は、8月24日から三陸大気球観測所で始まった。約3週間の実験期間中にB30型1機、B50型1機、B120型1機の大型気球3機と、BT1型1機、BT5型1機の小型気球2機及び上層風を観測するための小型測風気球3機の放球を予定している。

B30型は、液体ヘリウムを用いたクライオサンプル法で成層圏大気を採取し、それに含まれるCO₂、CH₄、NO₂及び大気微量成分の高度分布及び経年変化を観測する。この観測により、地球大気環境の現状及び将来の動向について貴重な情報を得られることが期待される。

B50型は、MUSES-Cに搭載予定の鈍頭形状カプセルの遷音速領域における動的不安定性の検証と定量化、

カプセル単独での空力性能、トラス状に収納されたパラシュートの放出機構の機能確認、パラシュート放出及び展張時の衝撃荷重及びパラシュート開傘後の空力特性と動的安定性の確認を目的に実験を行う。

B120型は、口径50cmの新規開発遠赤外線気球望遠鏡に、新たに開発した遠赤外カメラ（波長：150ミクロン）を搭載して、銀河系円盤部及び銀河系以外の赤外線銀河の広帯域測光観測を行う。これまでこの波長帯データとしては空間分解能15分角程度のデータしかなく、今回2分角分解能のデータが広い領域で得られ、銀河系星間空間の物理的構造が詳細に解明され、系外銀河については銀河構造が分解できるようになると期待される。

BT1型は、オゾン破壊の元凶となっている塩素化合物の働きを抑制する二酸化窒素の動態を調べることを目的に実験を行う。今回は、軽量の太陽光の吸光法測定装置を用い、成層圏NO₂高度分布を測定する。

BT5型は、光学オゾンゾンデを高高度気球に搭載し、上部成層圏オゾンの経年変化及びオゾン高度分布の微細構造の原因を明らかにすることを目的に実験を行う。（山上隆正）

★小惑星サンプル採取装置の無重力試験行われる

6月15日から26日にかけて、小惑星探査で使われるサンプル採取装置の無重力下での試験が航空機（ダイヤモンドエアサービス社、MU-300機）による放物線飛行を利用して行われた。採取はホーンと呼ばれる全長1m程度のろうとの広口側を小惑星の表面に被せ、その中で小弾丸を小惑星表面に打ち出して衝突させることによって行う。舞い上がった破片は、ホーンの内面で反射しながら出口に向かい、先に付いているサンプル収納用の容器に入る。実験では装置一式と疑似小惑星表面（煉瓦や砂ターゲット）を真空チェンバーに入れ、無重力状態に入った時に弾丸を発射する。破片の舞い上がる様子やサンプルケースに入ってくる破片の状況を高速カメラなどで観察できた。さらにホー



ンの形状によるサンプルの収率に関するデータが得られた。サンプル収納容器に付随する分別収納部やホーンの引き抜きなどの回転、しゅう動などの機構部分の、砂塵環境下での正常動作が確認された。またこの実験の空き時間を利用して、小惑星表面に投下する人工目標物の低重力下での弾性度測定試験も行われた。実験のためのフライトは梅雨時ではあったがほぼ予定通り5回行われ、搭乗者全員エアーシックもなくフライトを楽しみ実験は無事完了した。これらの実験結果はMUSES-C計画に十分反映させたい。（藤原 顕）

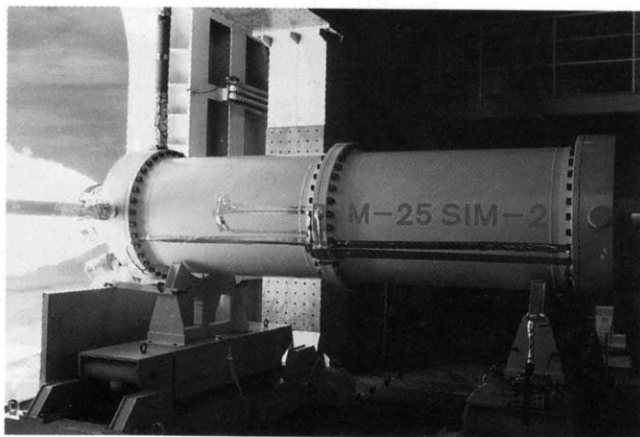
★M-25SIM-2大気燃焼試験結果

先月号でご紹介した本燃焼試験は、能代ロケット実験場真空燃焼試験棟において、予定通り7月29日10時30分点火で行われました。モータの着火・燃焼は正常で、すべての計測項目について良好な試験データを取得することができました。

サークリップ方式によるノズル結合法については、実際の燃焼条件下においても問題なく機能することを確認し、実機M-25モータに適用するにあたって何ら問題のないことを確認しました。また、新しい着火内圧上昇率抑制手法については、実験室レベルの小規模モータを利用した試験とほぼ同じ効果が得られ、寸法依存性が小さく扱いやすい技術であることが分かりました。

この試験を以て、M-25モータ推進系開発における基礎データの取得を終え、実機サイズの試作1号機の設計が確定する運びとなっています。その地上燃焼試験は、再来年度初頭に計画されています。

（徳留真一郎）



★「のぞみ」搭載MICによる試験撮像

MIC（Mars Imaging Camera）は、その名の通り、火星を撮像するために火星探査機「のぞみ」に搭載された観測装置です。Red, Green, Blue各色用の1次元CCDを使用して、探査機のスピンを利用して走査することにより2次元画像の撮像を行います。

「のぞみ」が地球のまわりをまわっている間に、地球、月等の撮像を行って、カメラの性能の確認を行っています。写真1は、地球から約17万km、月から約53万kmの地点から撮像したものです。Red, Green, Blueの各色画像を合成してカラーにしたもので、その他見やすいように若干の画像の補正を行っています。写真2は「のぞみ」が近地点を通過した直後に、高度約3000kmからオーストラリアを撮像したものです。写真3も地球に接近した際に撮像したのですが、斜めの角度から撮像したため、カラー合成が難しくまだ

できていませんので、Red用CCDの画像のみ掲載しました。写真4は一般公開当日に撮像した地球です。東日本に大雨を降らせた台風4号と前線も写っています。この画像は視野端の歪特性を調べるために撮像されたので、地球の端が切れてしまっていますが、ご容赦下さい。

写真5が最新のオーストラリア南西部の画像です。

MICは今後も引き続き試験撮像を行っていきますので、また良い写真が撮れたらご報告いたします。

(橋本樹明)



写真1 7月18日撮影 地球と月



写真3 8月15日撮影 南太平洋



写真2 7月19日撮影 オーストラリア



写真4 8月29日撮影 地球

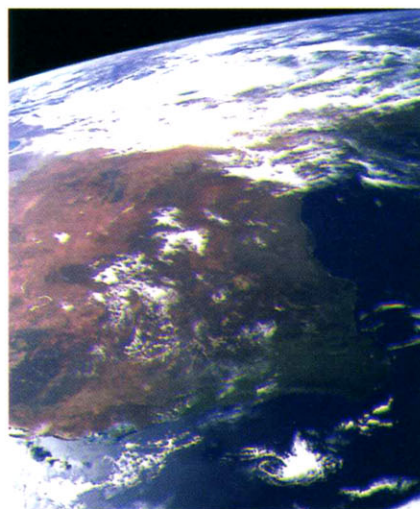
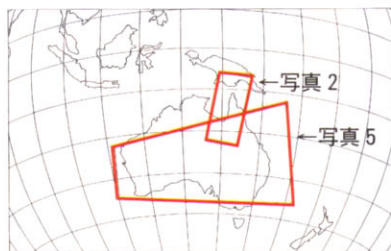
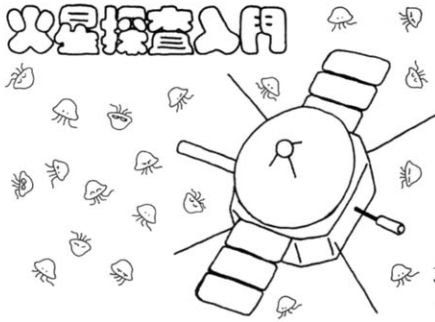


写真5 9月9日撮影 オーストラリア

第8回 火星の磁場・古磁場

松岡 彩子・綱川 秀夫



方位磁石はなぜ北を向くのでしょうか。それは、地球が南北方向の大きな

磁石と同じような磁場（磁気）を持っていて、方位磁石の針を引き付けるからです。では、火星でも方位磁石を使って方角を知ることができるのでしょうか。

1989年のアメリカのPhobos 2衛星や、最近のMars Global Surveyor(MGS)の観測によって、火星には地球のような強い磁場はないことがわかっています。その正確な磁場の強さまではまだわかっていないのですが、「のぞみ」が火星に最も近づいた時（表面から150 km）に観測される磁場は、地球表面における磁場の千分の1から一万分の1くらいであろうと予想しています。このように微弱な磁場を測る技術は、日本ではハレー彗星探査機「さきがけ」等から用いられ、最近ではGEOTAILに搭載された磁力計が弱磁場を精度良く測定しています。「のぞみ」に搭載されている磁力計(MGF)の精度は大変高く、地球表面における磁場の数十万分の1まで測定できるほどです。

人工衛星で弱磁場を測定する場合には、磁力計を衛星本体から離すことが不可欠です。それは、衛星本体の部品に使われている磁石や、衛星を流れる電流によって生じる磁場の影響を、出来るだけ小さくするためです。火星に到着後、「のぞみ」からは5mのマストが伸びます。その先端に磁力計が取り付けられています。

本シリーズでたびたび述べられてきたように、火星が強い磁場を持たないために、太陽風（太陽から出るプラズマの風）は火星大気の電離圏を直撃します。太陽風中の磁場（やはり微弱なもの）と電離圏のプラズマが直接出会う火星の電離圏境界では、地球には無い未知の物理現象が起こっているはずですが。そもそも火星電離圏境界面は、地球磁気圏境界面のようにシャープなものなのか、まだわかっていません。太陽風磁場が電離層に染み込み、電離層プラズマの圧力との総和で太陽風の圧力とバランスをとるので、境界ははっきりしないという説があります。太陽の活動度によって太陽風の圧力が変わるので、バランスの取り方は季節変動するという説もあります。

また、太陽風は約400km/sの高速の風なので、吹きつけられる火星の電離層の上層にも100km/sくらいの風が吹いていると考えられています。地球の電離層では高々100m/sです。このように、磁場のあるところでプラズマが動くと、起電力が生じ電流が流れます。その電流によって、電離層内に二次的な磁場が発生しているかもしれません。すると、火星の内部で発生す

る磁場、太陽風の磁場に加えて3番目の磁場の成分があることとなり、実はそれが火星の電離層を理解する上で重要な役割を果たしているのかもしれません。

（まつおか・あやこ）

電離層より下に「のぞみ」が入ると、また別の磁場の世界が見えてきます。それは、火星表面岩石に由来する磁場を観測できることです。火星探査入門第2回で話がありましたように、火星にはとても大きな火山があり、多くの溶岩が見られます。溶岩の中には微小な磁性粒子がたくさん含まれており、それらは磁石としての性質を溶岩に与えます。どのような磁石になるかという、噴出して冷え固まるときに周りの磁場方向に磁化するのです。ですから、その溶岩は、噴出時の周囲の磁場を記録しています。

現在の火星には大規模な磁場はありませんが、地表に近いところで磁場を観測すると、溶岩の磁化がもたれて作る磁場が所々で見られるかもしれません。このような局所的磁場を磁気異常と言い、実際に、Mars Global Surveyor (MGS)は高度約130kmの軌道で、400ナノテスラという磁気異常を観測しました。太陽風磁場は数十ナノテスラですから、それより一桁大きい磁場が観測されたわけです。

火星の磁気異常探査は、その46億年の歴史を解明する上で、とても大切な情報をもたらすと期待されています。というのは、このような磁気異常探査は、数十億年前という太古の火星磁場の記録を見ていると考えられるからです。もし、大昔の火星に大規模な磁場があり、そこに溶岩が噴出したならば、その古火星磁場を記録するでしょう。したがって、磁気異常があるということは、火星には大昔、大規模な磁場があったかもしれないことを意味しています。

あるモデル計算によると、火星最深部の中心核（主に融けた鉄）では創世当初の10億年間くらいまで活発な熱対流があり、そのダイナモ（発電）作用による大規模磁場があったかもしれないこと、その後は冷却して不活発になり大規模磁場が消滅したことが示されています。地球の場合は、火星と同じように熱対流が不活発になったものの、引き続き内核の成長が始まってエネルギーが供給されているために今でも大規模磁場があるとも言われています。このように、火星の磁場変動史の情報が入れれば、地球深部のこともよりわかることになるでしょう。火星磁場探査は、現在だけでなく過去のいろいろな情報をも与えてくれるのです。

（東京工業大学理学部 つなかわ・ひでお）

<火星到着まで1年2ヶ月>

エルサレム紀行

稲 富 裕 光

【行ってくるぞと勇ましく！】 第12回結晶成長国際会議に参加するため、7月26日から8月31日の間、イスラエルのエルサレム（イスラエル人の都の意）に滞在した。エルサレムに最寄りのベングリオン空港への日本からの直行便は無いため、ドイツのフランクフルト経由で往復した。イスラエルは一般には危険な国とされ、実際、テロ活動に関する報道をよく耳にする。そういう経緯からか、出国前に多くの知人から“くれぐれも無事で帰ってくるように”と激励（同情？）された。

【異邦人】 ベングリオン空港からエルサレム市内のホテルへと高低の有る荒れ地をタクシーで走り抜けていくと、目にした建物の殆どは白い直方体であり、風土の違いを早速感じ始めた。ホテルでの朝食、昼食は主に野菜、果物、魚の酢漬け、卵、乳製品であった。さすがに夕食ぐらゐは肉やビールを味わおうと思い、ドイツの友人達と共に繁華街へ繰り出した。そこでも銃を手にした軍人は見受けられたが、予想に反して穏やかな雰囲気包まれていた。学会主催の半日の遠足では、エルサレムから死海、マサダ（要塞の意）遺跡へと観光バスで行った。死海は、その名前の由来がヨルダン川から水をため込むがその出口が無いためとも、その高い塩濃度のため魚が住めないためとも言われている。炎天下のもと、死海のような飽和濃度に近い食塩水中にいては、まるで鍋でダシを取られているような気分になった。平泳ぎをしてみようと思ったが、腰が丸ごと水面上に出てしまい、全く泳げない。水が目や口に入ると大変で、結局ラッコのような格好でじっと浮いているしかないのだろう。マサダ遺跡は死海のすぐそばにあり、ここは紀元70年にローマ軍により追いつめられた900人余りのユダヤ人が籠城し自決した所として知られている。ロープウェイで大きな岩山へと登る訳だが、頂上に到達するとここにかつて人が生活していたとは思えないような崩れた建物跡と瓦礫があるのみ。異邦人の私は歩きながら自然とPeter, Paul and Maryの“花は何処へ行ったの？”を口ずさんでいた。マサダ遺跡からエルサレムに戻る途中、ベドウィン（アラブ系遊牧民）の集落で夕食となった。大きな

テントの中で族長（？）が昔の生活はああった、こうだった、と身振り手振りを交え語り、聞き手である我々はアラファト議長の写真等でお馴染の大きな手ぬぐいと鉢巻きの様なセットを頭に載せて話に耳を傾ける、そんな演出もあった。その一方で、砂漠には不釣り合いな程の近代的なトイレ設備があり、用を足しながら、ここはイスラエルの日光江戸村みたいな所かと得心した。やがて夜が更けゆくと、地上ではきらびやかなベリーダンスがつるし電球の薄明かりの下で繰り広げられ、空を見上げると、昔のユダヤ人やローマ軍も見たであろう綺羅星が全天に広がっていた。笑われるかもしれないが、この地には儚い地上の生の空間と悠久の無機的空間との境界が頭上すぐそばに存在するような感覚にとらわれた。思えば遠くへ来たもんだ。

【帰国はつらいよ？】 さて、帰国の段。多くの旅行ガイドブックに、イスラエル入国は簡単だが、出国は空港での手続きが難しいと書かれている。例えば、1) 宿泊ホテルの窓から何が見えたか等、滞在での見聞を詳細に説明させられる、2) 同じ質問を2, 3人の係官が入れ替わり立ち替わりで行い、話のつじつまが揃っているかを確認される、3) 荷物の中身を全て取り出される、4) ホテルの領収書などを提示させられる、等々。私の場合、女性の係官が1名、簡単な質問を5分程度、マニュアル通りに質問したのみである。但し、気持ちに余裕を持つため、搭乗3時間前にはチェックインしておくのが良いだろう。人によっては再チェックのため何処かへ連れて行かれたようである。迅速にチェックを済ませるためのコツは、1) 英語で書かれた旅行スケジュール表を帰国前に用意しておく、2) 学会で発表した場合は、プログラムをすぐに鞆から取り出せるようにしておく、ことだろう。特に、1) 宿泊ホテル名、行動範囲とその時刻をも書き込んでおくのが良い。学会で何を発表したのかと質問された同業者のアメリカ人は、いきなり鞆からOHPシートの束を取り出して片っ端から説明を始めていた。仕事上の成り行きとはいえ気の毒に、とその係官を横目に見ながら私は出発ゲートへと向かった。こうしてまた私は日常生活に戻って行った訳である。（いなとみ・ゆうこう）

スペースシャトルの再使用

稲谷 芳文

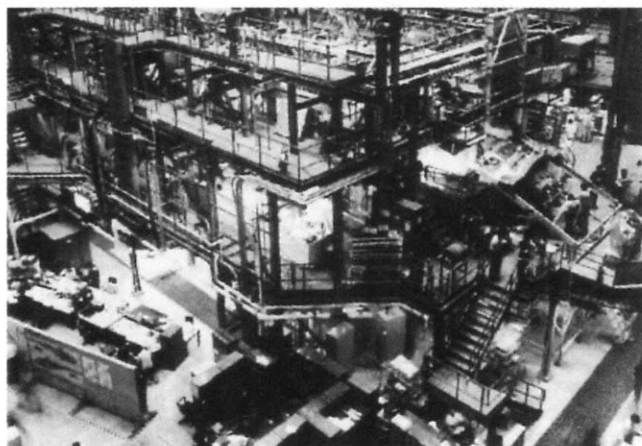
スペースシャトルはご承知のようにオービタと呼ばれる着陸する部分が飛行機のように繰り返し使用され、打ち上げの時に使われる外部タンクは使い捨て、固体ブースタはパラシュート降下による海上回収の後整備して再使用という全体としては部分的な再使用のシステムで、それまでのアポロのカプセルのようにして帰還させる使い捨てのシステムを革新して新しい輸送の形態をもたらすと期待されました。この連載で議論するような将来のシステムの立場でこれを見ると、下の絵を見ると明らかになるのですが、元々の計画では10日程度の打ち上げ間隔で運用することが考えられていました。この時の地上に帰ってから次の飛行に至るまでの整備作業は、飛行機のそれに近いイメージで考えられていましたが、実際にやってみるとこれは右の図のようで、重傷患者が集中治療室に入っているというイメージになってしまいました。このために1機当たりの飛行間隔は平均すると150日から200日の間というのが最近の実績です。これは主として機体の表面に取り付けた耐熱タイルの点検や交換、エンジンの整備に時間がかかることが主な理由と言われ（エンジンの交換も結構頻繁に行われていて平均の飛行間隔はもっと長い）、整備が終わった機体に対する検査は新品に対するのと同じくらいのレベルで行われているということです。飛んでいるときはなかなかかっこよいのですが地上ではこのような情けないことだったということです。このことが部分的な再使用という輸送コスト低減のポテンシャルを食いつぶしてしまって、シャトルの運用コストは結局高いものになっていると批判されるものとなっています。

将来の輸送システムとして提案されているスペースプレーンでもロケットSSTOでも、完全な再使用という意味では目指すところは同じです。今の技術レベルでは一段で軌道速度に達してそのまま帰ってくるという、飛行機のような運用ができる機体を作るには技術

的な課題が色々挙げられていますが、これまでこの連載で紹介してきた技術的な課題に加えて、上のスペースシャトルの例のように、性能の意味で宇宙との往復ができるシステムを構築したとしても、経済性の要求されない実験機はよいとして、実用の機体では使いやすいかいつでも行けるとかの本来の意味での再使用のメリットが生かせるシステムを構築しないとなかなか世の中の批判に耐えられないでしょうし、宇宙輸送を質的に変革するという意味の将来の輸送系という看板も色あせてしまいます。1回飛ぶと次は100日後などというスペースプレーンはたぶん世の中には受け入れられないでしょう。

アメリカでは今「ACCESS TO SPACE STUDY」という名の下にシャトルの後継の輸送システムとしてロケットエンジンを使った完全再使用SSTOの開発研究が行われています。実際に実用になるのはしばらく先ですが、ここでもやはり機体のターンアラウンド時間は1週間ということが要求として設定されています。はじめに述べたスペースシャトルを運用してみた経験が強く反映されていることは言うまでもないでしょう。ただ既に触れたようにシャトルもはじめの目標は同じくらいだったのに余りこれと変わっていないのは、シャトルが飛んでから20年近くにもなるのにちょっとしょぼいと思うか、技術的に難しいんだからと思うかは各人の意識の問題です。本当の最終的な目標はどの辺りに置くべきかは、議論の分かれるところですし、どこまでの未来のことを視野に入れて話をするかで要求が違います。技術的に可能かどうかということもさることながら、例えば飛行機のように毎日飛ぶあるいは1時間のターンアラウンドで次の飛行ができる、というのは行き過ぎかどうか、今の衛星需要ではこんな要求にはなりませんから、この辺りは何を運ぶのかという議論とセットでないと結論ができません。

(いなたに・よしふみ)





Impression from the launch of Nozomi on July 4, 1998

Rickard Lundin

July is an unfavorable month to invite a Swede "away from home". Many foreigners trying to get hold of a Swede in July have probably experienced the flat answer by receptionists "unreachable - on vacation". The short Swedish summer peaking in July induces an almost sacred holiness about the month of July. Only matters of extreme importance can move that - such as a launch of Japan's first mission to Mars with a strong Swedish participation. I decided to leave my summer residency for a short while to visit a part of Japan I had not seen before, the beautiful volcanic home island of our Japanese colleague at IRF in Kiruna, Masatoshi Yamauchi, and where the Kagoshima Space Centre, KGC, is located.

Admittedly, I don't particularly fancy satellite launches. Why? Because as a spectator I can do nothing but helplessly see many years of hard work roar into the sky - hoping for no drama! Also knowing that even if everything goes smoothly with the launch - it is still not over yet. This is particularly true when it comes to deep space missions where the launch only marks the beginning of a series of complicated events that we hope to be crowned by successful measurements in the final target region. Anything may happen. At best a number of nail-biting events with instrument commissioning tests, surprises along the cruise phase and the long waiting before the final encounter. At worse the brilliance of debris coming down to the Earth after a short flight. 1996 was such a hair-raising experience when both Cluster and Mars-96, seven years of hard work, hope and expectations, were lost.

Standing there, a warm starry night at 03.10 in the morning at the Kagoshima tracking station a few kilometers from the launch pad and with perfect view of the launcher, I was not exactly in a cheering mode. An unruly and impatient, yet controlled, excitement characterized the crowd of scientists and technicians. The feeling of - nothing has been overlooked, yet anything may happen ran through my mind when the huge solid propellant rocket thundered into the sky. I

looked around quickly and felt relieved - thank God no one applauded! Even after seeing all stages fire and burn out in perfect timing (the sky was really unusually clear) did the crowd take it for granted that the difficulties were over. I was so thankful for that - the cautious temperament of all my Japanese colleagues.

Before departing from Kagoshima in the late night I could not resist visiting the launch pad that the return bus brought us to. I jumped off the bus and went to the blackened pad where the M-V-3-rocket left just an hour ago. To visit the launch pad gives you the strange feeling of emptiness, farewell, of no return, yet a confirmation that we are now definitively on our way. The long journey has started.

In the taxi to the hotel along a winding mountain road with good view of the night sky and the sea, we (Masatoshi Yamauchi and myself) saw the last visible reminiscences of the Nozomi journey to Mars: A colorful display of noctilucent clouds induced by the second stage motor ejecta in the upper stratosphere/mesosphere, illuminated by the rising sun. It was a beautiful display, yet familiar for us who lives in the far north where stratospheric clouds are part of the many attractions of the polar sky. We nodded in recognition and said - this must be a good omen.

Rickard Lundin was born in Lycksele, Sweden, in 1944. He is presently Director of IRF, a space research institute in Sweden. His scientific interest is space plasma physics. Throughout the years He have been Project Investigator for some ten satellite instruments, more recently the Ion Mass Imager on the Japanese Nozomi mission to Mars.



今月号は編集担当の立場を利用して、MIC (火星撮像カメラ) の画像を特別カラーページで紹介させていただきました。残念ながらまだ火星は写りません。来年までお待ち下さい。日本列島の近接撮像も軌道の関係でできませんでした。あしからず。
(橋本)

ISASニュース

No.210 1998.9

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-59-8009

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(庶務課法規・出版係)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>)