

▲再使用ロケット離着陸実験（本文記事参照）

〈研究紹介〉

軌道の無いミッションは無い？！

宇宙科学研究所 山川 宏

惑星探査ミッションへの参加という希望を持って、新築の相模原キャンパスに修士の学生としてやってきて11年が経ちました。軌道工学を研究する者にとって非常に良い時代で、修士の時は二重月スウィングバイミッション「ひてん」、博士の時代は地球磁気圏観測衛星GEOTAILの軌道計画を手伝っておりました。「ひてん」は月衝突によってその生涯を閉じましたが、「数m/sの軌道修正で地球周回軌道に戻せるのにもったいない」と主張していたことが懐かしく感じられます。また、博士論文のテーマは「重力キャプチャーを用いた地球-月遷移軌道に関する研究」で、月ペネトレータミッションLUNAR-Aで用いられる予定の軌道です。重力キャプチャーとは、大気抵抗などを使わずに重力のみによって、天体の影響圏外から接近する物体が、天体に対して通常の実曲線軌道で予想されるよりも低い相対速度を最接近点で達成する軌道です。条件によっては天体のまわりを一時的に周回する場合が

あり、惑星の衛星の起源を説明する1つの説と考えられています。月到達時には重力キャプチャーを、そして地球から月に遷移する間では太陽重力を積極的に応用することで、より少ない減速用燃料で同じ月周回軌道を実現できるというメリットがあります。アポロ宇宙船のように直接月に向かう場合と比較して、LUNAR-Aでは150m/s程度の減速量の節約になります(図1)。

この月スウィングバイを利用するという宇宙研の伝統は、火星オービタ「のぞみ」にも引き継がれました。当初、2回の月スウィングバイと1回のパワード地球スウィングバイを行って、1999年10月に火星周回軌道に投入される予定でした。1998年12月に地球脱出マヌバを行った際に燃料を使い過ぎたために、火星到着が2004年1月に変更されたことは記憶に新しいと思います。この時、軌道計画グループの一員として私は火星スウィングバイの利用の可能性を模索していたのですが、タイムリミット直前に提案された「2回の地球ス

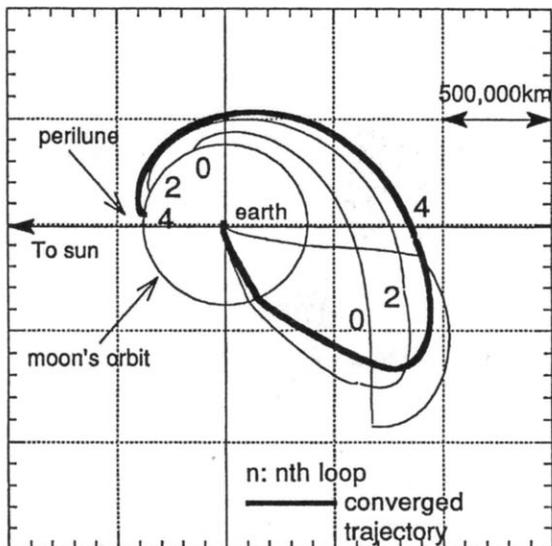


図1 重力キャプチャーを用いた地球-月遷移軌道（設計時の収束の様子）

ウィングバイによって2003年6月の地球発火星行きの絶好のウィンドウにつなげることで燃料不足が解消される」という案が決定打となりました。

イオンエンジンを主推進機関とする小惑星サンプルリターン計画「MUSES-C」は各分野の方に多くの研究テーマを与えていますが、軌道計画も例外ではありません。イオンエンジンの諸元に起因するやっかいな制約条件を取り込めるシンプルな設計法が必要となったため、低推力軌道をパラメタ最適化問題と捉えて非線形計画法によって解く方法を用いました。この方法は後述する水星探査計画やロケット軌道の最適化にも役立っています。

将来ミッションの検討の一環としては水星ミッションがあり、3つの範疇に分かれます。1つは、水星-水星遷移フェーズにおいて電気推進を用いる多数回水星フライバイミッションで、計6回の水星フライバイを打ち上げ後3年という短い飛行時間で行い、磁気圏観測、撮像の観点から多様なフライバイジオメトリを実現するものです（図2）。2つ目は、電気推進の使用を想定した水星ランデブーミッションであり、打ち上げ後に金星スイングバイを経て、さらに太陽を5.5周回して2.3年という短い飛行時間で水星に到着します（図3）。この軌道はスイングバイ、低推力、多周回という設計しにくい要因がすべてそろって厄介な軌道でした。3つ目は、化学推進の使用を想定した水星ランデブーミッションで、打ち上げ後に金星と水星の多数回のスイングバイを経て水星に到着します。これらの3種類の水星ミッションは、それぞれに異なる軌道設計法が要求され、学生の頃に考えたボタンを

押すとポンと答えが出てくる汎用性のある軌道設計ツールの完成はほど遠いのではないかと考えています。他にも、メインベルト小惑星ランデブー、多数回小惑星フライバイ、彗星コマ/核サンプルリターン等も模索中です（図4）。このように無数にある可能性から次の時代にふさわしい惑星探査ミッションを見つけるのは軌道工学者(?)の醍醐味でしょう。

目を実験に転じると、助手時代の前半はペネトレータ関連の実証試験に明け暮れていたと言えます。気球により高度40kmからペネトレータを投下して、スピン型サンセンサの情報をもとにガスジェットによるラムライン制御の性能を確認する試験に参加しました。

Multiple-Mercury Flyby Trajectory (E-V)+MMMMMM
M1:2006.9.12. / M6:2009.2.22.

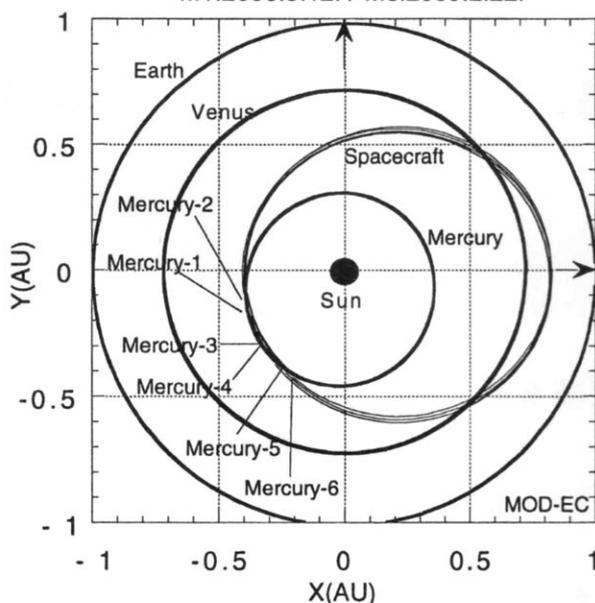


図2 電気推進による多数回水星フライバイ軌道

Earth-Venus-Mercury Rendezvous SEP Trajectory
Earth 2005.11.7. Venus 2006.4.21. Mercury 2008.1.19.

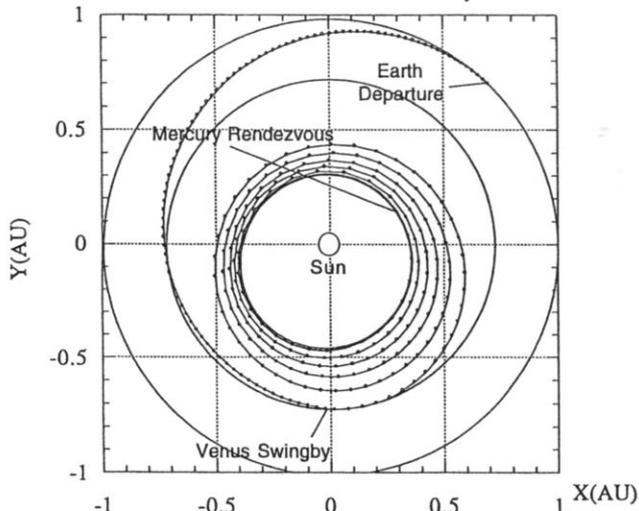


図3 電気推進による水星ランデブー軌道

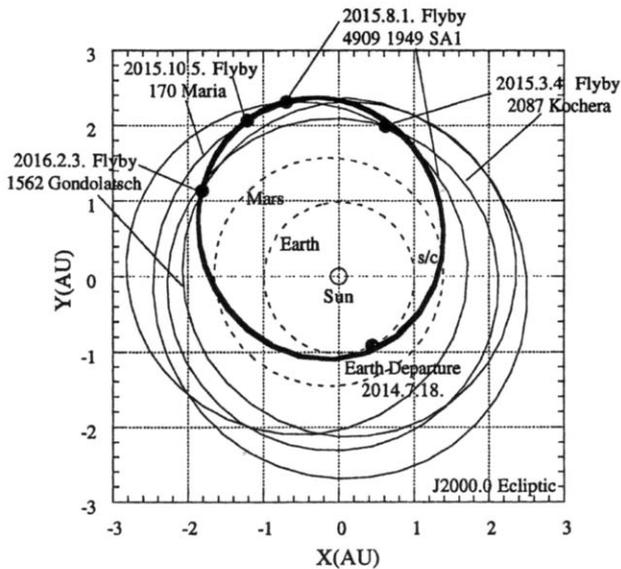


図4 多数回小惑星フライバイ軌道

実験が何たるか全くわかっていない時代で、試験コンフィギュレーションの検討、オペレーション手順の立案で頭を悩ませていたことを記憶しています。また、ヘリコプタを使用したペネトレータ機能確認試験も行いました。高度500mからペネトレータを落下、加速させ、月面表面に近い砂浜に貫入させることで、その機能確認を行うことが目的でした。風、ミスアライメント等を考慮したペネトレータの挙動のシミュレーションを行ったり、気圧計、GPSデータをテレメータで受けてヘリコプタの位置をリアルタイムで求めるシステムを担当しました。

ロケットではいつも風に悩まされています。観測ロケットの風補正はいつも緊張の連続です。風補正の主目的は落下点位置分散の低減であり、ある秒時での速度方向がノミナルと一致するように、ランチャー角の方位角/上下角を設定しています。

M-Vロケットでは風はもっと厄介です。M-Vではオペレーション上の制約から打上げ時の高層風を予測して、約1日前に姿勢プログラム（軌道）を設計する必要があります。そこで、高度16km以下は気象庁の予報データを、高度16kmから50kmまではイギリスの気象局の観測データを時間的空間的に補間して鹿児島における高層風を予報するシステムを構築しました（図5）。また、予測した風プロファイルを考慮して姿勢プログラムの最適化を行う方法も研究対象です。M-Vロケットの第1段の上昇軌道は、空力荷重制約の観点より平均風モデルを想定したときの迎角ゼロのパスを標準としています。しかし、打ち上げ当日の風は平均風とは異なります。そこで、姿勢プログラムを変更する

ことで迎角を一定の値以下に保ったまま、1段燃焼終了時の状態量を当初予定していたものと合わせることができれば、空力荷重制約を満たしつつ軌道分散量を低減できることになります。実際のM-Vロケット1号機、3号機のフライトでは、姿勢プログラムを制御変数としたパラメタ最適化問題として扱う方法を適用しました。また、各種誤差に起因してずれていく軌道をリアルタイムで補正するいわゆる電波誘導の誘導則の検討も行っています。M-Vロケット各号機の各段に対応した誘導論理では、ロケット姿勢制御系の制御誤差、推進性能の誤差、投入後の衛星に課せられる軌道制御量等が考慮されています。

最近、小型垂直離着陸式再使用ロケット実験機の航法誘導制御系の検討を行っています。慣性航法装置(IMU)および高度計を用いた航法、消費燃料が最小となる最適制御に基づいた誘導則、エンジン推力制御、スラスタによる姿勢制御系と課題は盛り沢山です。一見、シンプルなシステムでも実際にフライトに供するのは大変であることを1999年3月のフライト試験で実感しました。

軌道の無いミッションは無く、このように11年間にさまざまな計画に参加することができました。今後とも、この宇宙研の雑用係りをよろしくお願い致します。

(やまかわ・ひろし)

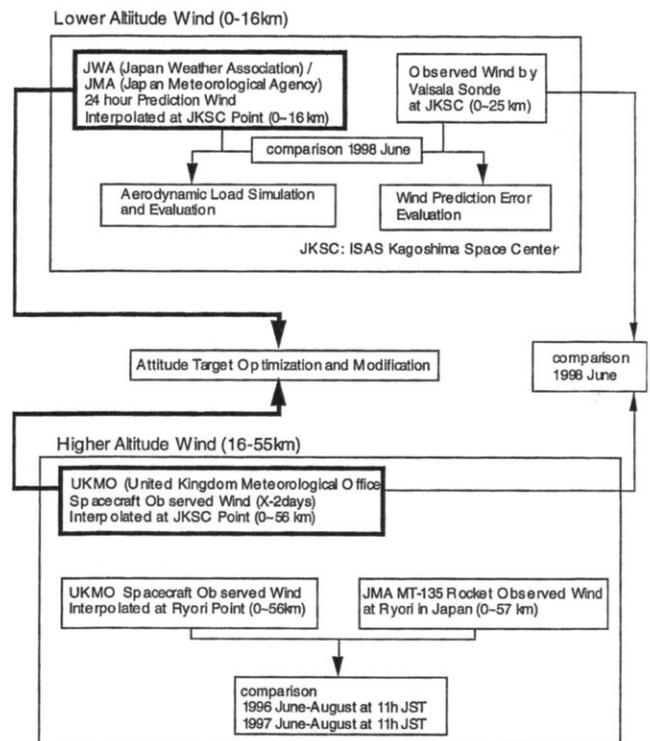


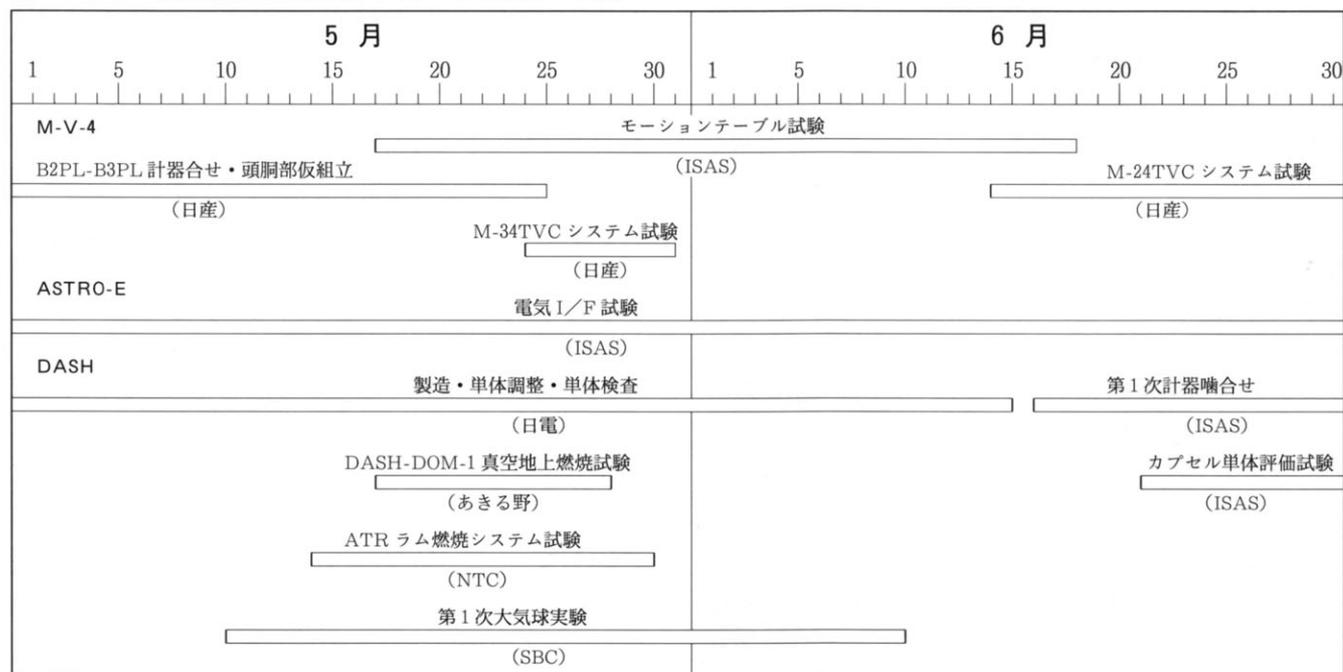
図5 KSC高層風予測システム



★人事異動（教官）

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
		(採用)	
11. 4. 1	浅村和史	太陽系プラズマ研究系助手	
"	戸田知朗	宇宙探査工学研究系助手	
"	田中孝治	衛星応用工学研究系助手	
		(昇任)	
11. 4. 1	齋藤宏文	宇宙探査工学研究系教授	次世代探査機研究センター助教授
"	山川宏	宇宙探査工学研究系助教授	システム研究系助手
"	市川満	鹿児島宇宙空間観測所助教授	システム研究系助手
		(配置換)	
11. 4. 1	村上浩	宇宙圏研究系教授	共通基礎研究系教授
"	紀伊恒男	宇宙圏研究系助教授	共通基礎研究系助教授
"	小杉健郎	共通基礎研究系教授	惑星研究系教授
		(停年退職)	
11. 3.31	槇野文命	平成11年3月31日限り停年により退職	宇宙圏研究系教授
"	奥田治之	"	宇宙圏研究系教授
"	栗木恭一	"	宇宙推進研究系教授
"	横山幸嗣	"	鹿児島宇宙空間観測所助教授
"	船曳勝之	"	宇宙輸送研究系助手

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール（5月・6月）





★ASTRO-E総合試験始まる

ASTRO-E衛星の総合試験が来年1月末の打ち上げをめざして、宇宙科学研究所C棟クリーンルームにて、3月1日からスタートした。この原稿を書いている4月20日現在、電気試験が順調に行われているが、高さ約7m、重量約1.6トンの巨大な(?)衛星の姿をクリーンルーム内に見ることはできない。電子機器が全て衛星の側面に内向きに取り付けられているため、各機器の詳細な試験は衛星の側面パネルを机上に展開した形で行われているからである。一方、3種類のX線検出器やX線望遠鏡の骨格をなす伸展型光学ベンチ(EOB)が取り付けられる衛星ベースプレートの機械的な組み立ても順調に進んでいる。7月初めには、側面パネルが組み付けられ衛星としての姿を現す予定である。この衛星の総合試験にはこれまでの衛星に比べていくつかの重要な違いがある。扱う信号のチャンネル数や装置の動作モードが飛躍的に増大している。このため信号や動作モードの全ての組み合わせについて衛星上で試験を行うのが困難になっている。またノイズに対する要求も大変厳しい。このため各装置、特に観測装置は、衛星搭載前のサブシステムでの試験をこれまで以上に十分に行うことが要求される。また、X線天文衛星としては世界で初めて搭載される固体ネオン(17K)と液体ヘリウム(1.3K)の寒剤を総合試験の間、維持管理する。これには、大変な神経と労力を要するであろう。

試験開始からまだ2ヶ月であるが、すでに、朝早くから夜遅くまで作業をされている方々、特に関係メーカ各位には、”これからも9ヶ月よろしくお願ひします”，とこの場を借りてお礼を申し上げたい。(満田和久)

★科学論説委員等との懇談会・現役記者との懇談会

標記懇談会が、それぞれさる3月5日(金)、12日(金)に、霞が関ビルの東海大学校友会館において開催された。出席者は、前者が40名、後者が44名(所内外合計)だった。プログラムは同一で以下のように行われた。

- ・宇宙研の現況(所長)
- ・「のぞみ」(鶴田)
- ・「はるか」(平林)
- ・「あけぼの」と「GEOTAIL」(西田)
- ・月探査(LUNAR-A, SELENE)(水谷、佐々木)

「のぞみ」は、すでに昨年くわしく説明済みとあって、今回は地球スウィングバイにおける燃料の使い過ぎと火星到着延期についての解説を主とし、延着して

も観測には支障のないことが強調された。「はるか」は、先程成果報告会を行ったばかりであり、クエーサーから噴き出るジェットの本元の歪みや史上最高温度の天体について、重点的に述べられた。「あけぼの」「GEOTAIL」は所長自らの出馬で、要点をおさえた分かりやすい説明が好評だった。「LUNAR-A」「SELENE」は現在の計画の進捗状況が話された。

単なるニュース的な事項の解説にとどまらないで、原理的な解説と関連づけながら説明してもらおうと有り難い、という意見が多く出された。

行政改革進行中とあって、最後に所長から行政改革についての宇宙研の基本的態度について話があり、いずれの懇談会においても行革についての議論が活発に行われた。(的川泰宣)

★新型マイクロローバ

宇宙研、明治大学、中央大学で構成されるローバ研究グループは、共同で小型軽量な月・惑星探査ローバを開発しました。このローバの特長は、5個の車輪で構成される新走行システムによって、重量約5kgと小型軽量でありながら米国NASAのソジャーナと同等の走破能力を実現できた点です。これによって本ローバは月や惑星などの凸凹した表面でも柔軟に移動可能です。また、小型軽量化が実現されたことにより、本ローバをベースにして大型化は勿論、複数システム化なども可能となり、さまざまなミッションの可能性を広げることが期待できます。本ローバをさらに改良し、将来の月・惑星探査に役立てたいと考えています。なお今夏の宇宙研一般公開にてマイクロローバの走行実験を披露する予定です。(久保田孝)



★国立天文台・宇宙科学研究所連絡会議

4月13日、国立天文台において標記会議が開催された。この会議は、宇宙科学・天文学に関わる2つの大学共同利用機関の連携を深めることを目的とし、両者が交互に協議の場を提供する形で年1回の頻度で開催される。今年度の協議には、天文台側から小平台長ほか10名、宇宙研から西田所長ほか11名が出席した。

今回の協議では、SOLAR-Bに関しては、天文台側から、プロジェクト室設置による体制の確立、衛星搭載機器の試験設備の準備状況と概算要求による本格的な整備予定が説明された。VSOP、SELENEに関しては、国立天文台側から、VLBI三鷹相関局の運用実績、関連研究者の取り組みが紹介され、更に各々の後継衛星の実現に向けての意欲が表明された。近い将来の重大な課題として「すばる」とASTRO-Fにより多量のデータが産みだされる時代に対応する天文学のデータセンターを確立すべく、協力・共同の進め方が議論された。

これらの課題はいずれも一度の会合で結論が得られるようなものではないが、日常的な研究者の交流のなかで今後具体化を図っていくことが肝要であるという点で、両者の認識は一致した。有意義な会合を準備していただいた国立天文台の関係者に感謝する。

(小杉健郎)

★第18回講演と映画の会

前日から降り続けている雨の中、4月24日（土）に千駄ヶ谷にある津田ホールで講演と映画の会が開催された。的川教授の「雨にも負けず風にも負けず、この難しい講演に聞きに来るといふ人達に日本の宇宙の未来がかかっているのです」という司会の言葉に会場からの笑いで始まりました。所長の挨拶で今日の講師と司会者の仕事を例にとって宇宙研の紹介をし、「第一に飛び道具としてロケット及びそれにつながる様々な輸送推進システム（たとえばの川）。第2に衛星、探査機を働かせる為の技術の開発（中谷）。第3にその衛星や探査機上から宇宙を観測する仕事（小杉）。この3つがあってそれぞれの専門家が宇宙研をつくっているのです。」この所長の説明の判り易いこと。（広報も見学者の案内時用にいただき！）

そしていよいよ講演が始まり、小杉教授「太陽コロナ・フレア爆発の謎に迫る」。次に中谷教授「火星の探査をめざして」。続いて質疑応答では今回はすごい質問が多かったようである。最後の質問者で小学校高学年の子が「のぞみは低価格と聞いたのだが、コストはどれくらいか」との問いにどっと客席からの笑い

声。（とうとう子供も予算のことを聞く時代なのか。カッカカッ）回答者も「外国の探査機はこれくらいの金額です」と比較するなど一般者の首を上下小さく動かすことになったところで質問を打ち切った。

今回上映した「M-V宇宙（そら）へ」がすごい反響で「売ってほしい」「何年かぶりに良い映画を見せてもらった」等、ある程度は予想していたがこれほどとは思っていなかった。映像の杉山さんはカメラを手に休むことなくホール内を動き回ってシャッターをきっていた。相原さんは宇宙研グッズを1つでも多く売ってあげようと「新製品です。いかがですか」とお客さんに声をかけている。お二人には頭が下がる思いである。こんな雰囲気の中、宇宙に寄せる関心がより一層に大きく感じ、357名という参加者で行われ幕をとじた。

月曜日に出勤したら、さっそく宇宙研を見学したいとの問い合わせに追われてしまった。（渡邊遊喜枝）

★SOLAR-B搭載機器国際会議、開催される

第22号科学衛星SOLAR-Bは平成11年度に開発研究の予算が認められ、いよいよ衛星プロジェクトとして正式にスタートした。同衛星は「ようこう」の成果を踏まえ、コロナ観測と光球面磁場観測を結合して太陽電磁流体現象を総合的に解明することを目指しており、可視光・磁場望遠鏡、X線望遠鏡、極紫外撮像分光装置の3つの観測機器を搭載する。これらの観測機器はいずれも国際協力により実現するもので、米国ではNASA、英国ではPPARC（素粒子天体物理学研究評議会）が昨年末までに予算措置を講じるとともに参加研究者チームの選抜を終えている。

『SOLAR-B観測機器キックオフ国際会議』が3月8日より1週間の日程で宇宙研で開催された。この会議には米国より27名、英国より9名が参加、国内からの研究者・技術者と熱心な議論を交わした。会議では全体会においてSOLAR-B衛星の科学目的及び共同設計・分担製作の方針が確認された後に、3つの機器毎の分科会において各機器の設計指針、インタフェース条件、開発・試験スケジュール等が具体的かつ詳細に議論された。ときには激しい議論となることもあったが、いずれの国からの参加者も「ようこう」の経験を良く学んでおり、全般的にはスムーズに相互理解が進み、まずは幸先の良いスタートだったと言えよう。今後は2～3ヶ月毎に各機器毎に小規模なミーティングを繰り返し、プロトモデルの製作と試験、フライトモデルの製作と噛み合わせ試験・総合試験を経て、平成16年度の打ち上げを目指すことになる。（小杉健郎）

再使用ロケット実験機・離着陸実験

稲谷 芳文

3, 2, 1, 0, 「離陸」。スーッと機体は上昇し SJ をシュッシュッと吹いて姿勢を維持しながら5秒ほど空中で静止。またスーッと降下して着地。2月末、相模原構造試験棟での最終動作試験で速度をあわせるためのウインチを使って機体の離着陸運動の模擬試験。航法誘導制御系やエンジン推力制御コマンドのチェックなど全機の機能確認を行いました。この試験に参加した関係者全員の感想；「とてもこれがロケットでできるとは思えないよナー・・・」

かくして3月13日から能代実験場で再使用ロケット実験機・離着陸実験は始まりました。22日までに地上でのエンジン燃焼試験を終え、24日、第1回離着陸実験を実施。高度0.7m、水平移動0.5mの後、計画通り着陸。機体の点検と飛行データの解析を行い、翌25日に第2回離着陸実験を実施。離陸後高度4mまで上昇、水平移動3.5mの後、降下着陸を行いました。離陸、上昇、水平移動、降下および着陸、エンジン停止までのモード遷移は正常に行われ、機体の航法誘導制御システムの機能およびエンジンの性能、着陸時の挙動など殆ど計画通りにうまく行きました。着陸までの時間は約11.5秒でした。「ヨッシャー！」宇宙に行くにはほど遠い高さでしたが、実験班の緊張と着陸後の安堵と歓声はロケットの大きさや高度とは無関係であることがよく分かりました。

この実験は将来の宇宙輸送システム研究の一環として、小型の実験機による再使用型ロケットの離着陸と繰り返し運用を行うことを目的として行われました。次の時代の宇宙輸送システムの形態はその推進システムの選択、離陸や着陸などの飛行方式についてどの方法が有利であるかの結論を得るまでには多くの工学的課題に見通しをつける必要があるとされています。ただし輸送コストを大幅に下げ宇宙の利用を質的にも量的にも変えていくためには、現在のロケットのように一回打ったら使い捨ててしまうのではなく、再使用型の輸送機を繰り返し用いることが必要で、この再使用性と言うことを次の時代のゴールにすべきだと言うところまでは合意がなされています。

現在工学委員会の元にワーキンググループを作って、ロケットエンジンを使った完全再使用型飛行体の工学技術実証のために、観測ロケットの規模で繰り返し飛

行ができるシステムの提案を行っています。科学観測や微小重力環境などの利用に供する事で繰り返し飛行を行う図式を作り、将来の輸送システムに向けた研究を加速することが目的です。しかしながら提案はあくまで紙の上の話であって、これを補強すべく先進的な要素技術の勉強はしていても、再使用を標榜するならばやはり本当に何回も飛ばすロケットを作ってみないか、あるいは本当に着陸したり繰り返し使ったりと言うことを実際に経験してみないと提案にも迫力がないではないか、と始めたのがこの実験機です。

この意味で今回の実験で我々がやりたかったことは離着陸の機能確認もさることながら「同じロケットを何回も飛ばす」ことで、「再使用とは単に飛ばしたものが帰ってくるだけでなく繰り返し初めて意味がある」ことを示すことでした。用意した機体の機能や、最低限の仕立てで作った地上の支援系や、着陸後もう一回飛ばす準備をする、などと言った運用は大体うまく行きました。天候の都合もあって最後の4日程は、実験、機体点検、データ検討、次のパラメータ決定、翌日スケジュール入りの連続で、実験班が先にへばるか機体やエンジンがへばるか競争のようになりました。普段のロケット実験では実験期間の最後に一発打ち上げてうまく行ったら終わり、という運用でペース配分も心得ていますが「再使用」とはまさに繰り返しです。実験の最後の方ではこのサイクルから解放されるには次の実験で離陸後上下角75度に固定、推力最大、そのまま海へ捨てるように誘導系をセット、という魅力的な作戦も出たくらいです。

実際にロケットの繰り返し運用をして、ロケットの「着陸」とか「再使用」とか「クイックターンアラウンド」などというこれまでにない場面を頭の中だけでなく「からだ」で経験してみるという目的は達せられたと思います。実験とは正に「実際に体験してみること」と知りました。目論見どおりに行ったこと、行かなかったこと、新たに気づいたこと等々ここには書ききれない数多くの貴重な経験を積むことができました。ともあれ、無事に実験を終え機体は再び相模原に帰ってきました。実験班の皆さんご苦労様でした。

(いなたに・よしふみ)

「人間の大地」と「砂漠の民」

森田 泰弘

草原ではライオンがシマウマを追い、ジャングルではチンパンジーの聲がこだまする。ああ、ここは本当にアフリカだ。だけど、大切なカプセルがもしもライオンに噛まれたらどうしよう。それより、サルが隠してしまったら大変だ。

皆さんはDASHと言う計画をご存知でしょうか。これは、MUSES-Cと同じカプセルを使って大気圏再突入の実験をする計画ですが、カプセルの回収候補地としてサハラ砂漠の西の端にあるモーリタニア・イスラム共和国を検討中です。

モーリタニアには、乗客4人乗りの小さなプロペラ機に乗ってセネガルから入国した。胸踊るアフリカの国境越えである。けどこの飛行機はどうみてもオンボロだ。計器盤は半分くらいは何もついていなくて、ただ穴だけがあいている。ドアもなかなか閉まらず、最後は蹴飛ばしていたっけなあ。パイロットは二人いるが、一人はどうみても見習いらしい。おいおい、お客様の前で操縦かんを片手にメモをとるのはやめてくれ。それでも何とか離陸には成功したみたいだ。彼もよほど緊張していたのだろう、ようやくこちらの方を振り向いた。「サバビアン？(元気かい?)」あいにく、こっちはぜんぜん元気なんかじゃないよ。それにしても、砂漠をオンボロのプロペラ機で飛ぶなんて、何ともマンチックな旅の始まりだ。

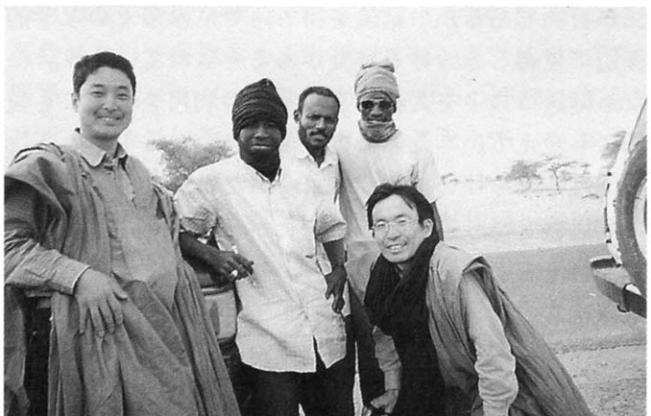
これは良く言われるそうだが、東アフリカでは動物を、そして、西アフリカでは人を見よとのことである。なるほど、彼らは人懐っこく陽気である。そして、挨拶が長い。日本なら「こんにちは」で済むところを、「あなたは元気か?」「あなたの奥さんは?」「子供たちは?」「お父さん、お母さんは?」「おじいさん、おばあさんは?」、(中略)「親戚のおじさん、おばさんは?」、あげくは、「隣の家の人?」と延々続く。聞かれた方はその度に何やら答えている。交通検問でも、たいてい1分くらいはこうしているのだから、万が一国際電話をかけるときなど、一体どうするのかと心配だ。もっとも、お辞儀しても返事もしてくれない宇宙研の偉い先生の方が、ぼくにはずっと恐いですけど。まあ、要するに、砂漠の中の町というのは人口も少ないし、隣の町に行くのも容易ではないので、人と話すことが貴重なエンターテインメントになっているとい

うことらしい。

さて、彼らの何人かに助けを頼み、いよいよサハラへと向かう。その砂漠の探検について少し話そう。サハラ砂漠を車で超えることは、季節と装備によっては必ずしも危険ではないらしい。事実、ヨーロッパの観光客がクリスマスの時期になると大挙して押し寄せるそうだ。ただし、それはあくまでサハラ越えの正規ルートを通る場合の話であって、しかも、そのようなルートですら、砂嵐に巻き込まれるとわずか10kmを進むのに何日もかかることがあると言う。カプセルの回収のように道なき道に行く場合はなおさらである。少しは硬い砂地を探しながら進むと、歩くのと大してスピードは変わらない。いっそのこと、本当にラクダに乗って探したほうが楽かもしれない。

砂漠の中にひとたび足を踏み入れると、目の前に広がるのは、どこまでも続く砂の海と灼熱の太陽、そして、わずかの草木だけだ。このような過酷な環境で暮らす砂漠の民の生活はとてもシンプルである。たまたま、砂漠の中でラクダに乗った一人の遊牧民の男と出会った。同行のモーリタニア人がフランスパンを差し出したところ、豆があるから要らないと言う。何か欲しいものはないかと聞いても何もないと言う。それでいて彼は満ち足りたように笑っている。まるで中国の昔話みたいだ。こんな風に生きることができたらどんなに幸せだろう。

ああ、のん気なことばかり言っていたら叱られてしまいますよね。実験はもうすぐです。そして、次回は回収の報告が楽しく書けますように。(この項、運が良ければつづく) (もりた・やすひろ)



モーリタニアの仲間を囲むモーリタニアンとスミタニアン

エアロブレーキ技術

安部 隆 士

今回から6回ほど空力関連の話題をこのシリーズでご紹介します。皮きりとして、今回は、惑星大気を利用した軌道制御について紹介することにします。

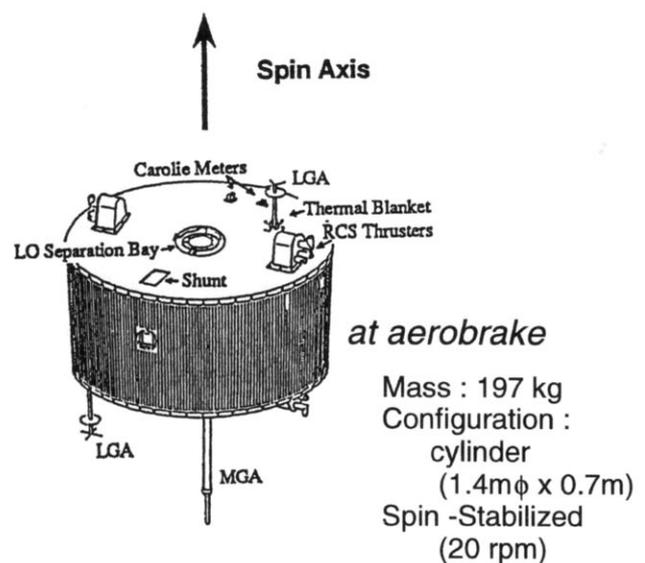
一般に惑星探査において、探査機に搭載する計測器の重量をいかに確保するかが探査器の設計において重要なポイントとなります。探査器の重量のうち大きなウェイトを占めるのは、軌道制御用のエンジンおよびその燃料となるため、目標の惑星に到着後に軌道制御用エンジンを用いずに軌道制御が可能であれば、観測機器の重量を確保する上で大変に効果的であることは自明です。ところで、目標の惑星が大気を有していれば、その大気に探査機を突入させその際に生じる抵抗力を利用して軌道変更するアイデアは惑星探査が始まった当初から提案されてきました。しかしながら、大気に突入させる軌道の精度が十分でなく高度が低すぎると抵抗力が大きすぎる結果として、再度大気から脱出することなく（惑星表面に至る軌道となるため）、探査機を失う恐れが高いこと、また、抵抗力や、空力過熱量の予測についての理解が十分でなく、つい近年まで夢のままで終わっていた技術の一つでした。

この技術を世界に先駆けて実証したのは、わが国の科学衛星「ひてん」でした（図参照）。「ひてん」は、当初、月の引力を利用したスウィングバイの技術を実証するために計画された科学衛星で1990年に打ち上げられたものです。打ち上げ前1年くらいの時期にピギーバックのミッションとしてエアロブレーキの実証実験の可能性が検討されました。その当時は、あくまで理論として高高度の希薄な気体中での抵抗力や、空力加熱量が分かっているだけでしたので、それに基づき、飛行させる高度を選定し、受けるであろう空力加熱量の予測に基づいて探査機の防御を設計した訳です。その結果、チタンの薄板と耐熱高分子フィルムを積層した特別性のブランケットで探査機の正面を覆い、計測として減速量の測定、探査機各部の温度上昇、空力加熱量センサーを搭載した訳です。

実験は、一連のスウィングバイ実験が終了した1990年3月に行われました。遠地点はほぼ月の位置である36万キロから、地表高度125キロを狙い、遠地点近くでこの地表高度をねらった軌道制御を行った結果、実

測高度124キロを達成し、そこでの減速量、加熱量の計測に成功し、世界で初めてエアロブレーキの実証に成功した訳です。続けて、高度120キロの高度でのエアロブレーキ飛行にも成功し、エアロブレーキ技術実証の目的を達成することができました。高度120キロ付近の大気は非常に薄く、いわゆる分子の平均自由行程は数mと衛星とほぼ同程度となるため、その空気力学的効果の予測には、大気分子の分子運動を考慮するような観点から行わなければならないほどですが、減速量としては十分であり（「ひてん」の場合、1回の大气パスでアポジ点での距離に換算して約1.4万キロメートルの減速に相当）、これを複数回繰り返すことにより、有意な軌道制御が可能となります。この実験により得られた計測データは、ほぼ理論と一致しており、希薄な流れの効果を予測する技術においても貴重なデータとなりました。

エアロブレーキの技術が「ひてん」により実証されたことは、その後の金星探査でのマジェラン衛星でのエアロブレーキの採用につながり、さらに、火星探査におけるMGSでの採用につながっています。このようにして、エアロブレーキは、本格的な利用が始まっています。現在火星に向かって飛行中の「のぞみ」でも、火星到着後にこの技術を使って軌道制御が行われることとなります。（あべ・たかし）





いも焼酎を嗜んだころ

安田 靖彦

私は大学院時代猪瀬博先生のご指導の下、デジタル通信に関する研究を行ったが、昭和38年博士課程修了と同時に、東大生産技術研究所に就職し、野村民也先生の下で助教として、右も左も分からないまま観測ロケットグループに仲間入りした。昭和30年頃の国際宇宙観測年 (IGY) に関連して、故糸川英夫先生の主導で始められた観測ロケットの研究開発も、カップ型からラムダ型へと大型化し、打ち上げ場所を秋田県道川海岸から鹿児島県内之浦町へと移したばかりであった。私はラムダ2型の1号機の打ち上げにテレメータ班の主任として初参加した。現在の主力ロケットM-V型の直径2.5メートルに比べると僅か73.5cmのスリムなロケットであったが、発射台地を見おろすテレメータ台地の観測室内からかいた発射の瞬間は今でも鮮明に記憶している。はらわたを揺るがす轟音と振動、初めての経験に深く感動した。その後より大型のロケットを含めて何度も打ち上げを見てきたが、この初回の経験が最も印象深いものであった。もっとも、このL-2-1号機は2段目に点火せず、53km沖の太平洋に着水し、実験そのものは失敗に終わった。

当時テレメータ班の定宿は中俣旅館で、横山幸嗣、鈴木康夫、坂本義行、横山茂士、井上浩三郎、村田悠紀夫ほかの諸氏と寝食をともにし、いも焼酎を嗜み、五右衛門風呂で汗を流した。一旦内之浦入りすると、小型機の実験を含めて数機の打ち上げがあるのが普通で、メインイベントの打ち上げ日には午前2時頃宿を後にして実験場へ向かうという状況であった。こうした苦労も今にして思い返せば、懐かしい思い出である。

ところで、私が生研に奉職した頃、観測ロケットグループは大きな転機に直面していた。翌年には観測ロケットの研究はグループごと生研を離れ、航空研究所を改組して設立される宇宙航空研究所に移管されるこ

とになった。私は研究をしっかりとすようにとの齋藤成文先生のお言葉に従って生研に残留した。まだ二十歳台の若さで実質的に上司がいないまま、以後一人で研究室を運営することとなった。少々育ちが悪いのはそのせいでもあるが、半面、複数の先生方に直接間接に目を掛けて頂くことが出来た。その後暫くはロケット実験に参加し、科学衛星のテレメータやコマンド系の設計のお手伝いをしていたが、漸次間遠になり、研究は天上から地上へ舞い降りていった。結局私が直接ロケットや科学衛星の仕事に携わったのは4、5年間のことに過ぎなかったが、社会人として最初に取り組んだ仕事であり、その後の私に大きな影響を与えたように思う。本当の専門家とは言えないにも拘わらず、衛星通信や移動体通信等の各種委員会等に出席してもあまり違和感なく務められるのは、この時代に培った無線通信に関する土地感が生きているためのようだ。

宇宙科学研究所の最近の華々しい成果を見ると、昔日の感がある。私は終始宇宙研究・開発のシンパであったし、これからもあり続けるだろう。

(やすだ・やすひこ)



新年度になり新しい職員や学生が入ってきました。私もこのISASニュース編集委員に新しく仲間入りしました。今まで楽しく読ませていただき、時には良き(?)執筆者であったと思っておりますが、一転編集する側となりました。もちろん今後もしどしどし書かせて頂ければと思いますが、早速、今月号の割り付けが初仕事です。いろいろな方に助けられ、教えられながらなんとか完成しました。どうもありがとうございました。お忙しい中、急の原稿依頼にもかかわらず、快く引き受けてくださった方々に感謝、感謝。
(久保田)

ISASニュース

No.218 1999.5

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 042-759-8009

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>)