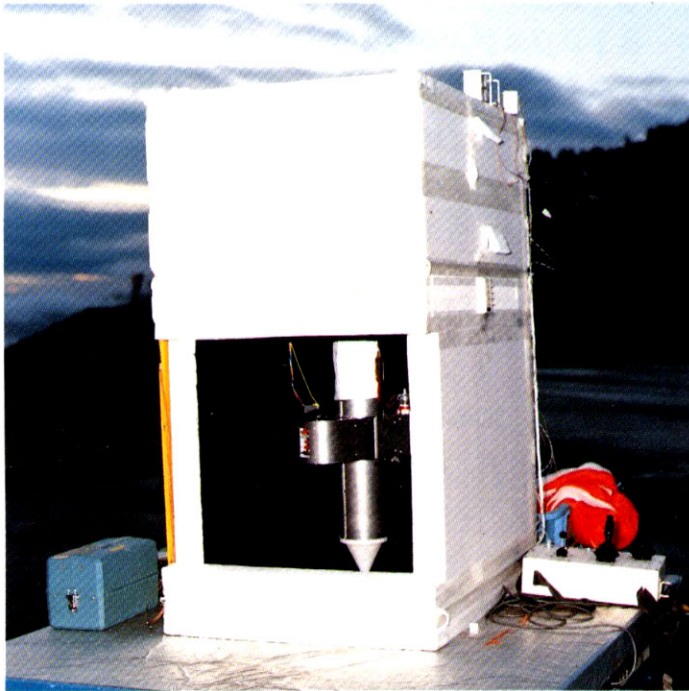




宇宙科学研究所
ニュース 1993.10 No. 151

〈研究紹介〉

深宇宙ミッションにおける追跡管制

宇宙科学研究所 西村 敏 充

1962年（昭和37年）7月、筆者ははじめてロサンゼルス郊外にあるジェット推進研究所（JPL）の門をくぐった。その頃カリフォルニア大学大学院の博士（Ph.D）課程を終えて、そのまま帰国してもよいが、折角だから少し実務体験を積んで帰国しようと思い、当時カリフォルニア工科大学（Cal Tech）の助教授をしていた先輩の紹介でJPLを訪れた。そこが歴史的にはCal Techの研究所であるが、実質的には当時設立されたばかりのNASAの研究所で、遠い宇宙つまり深宇宙計画を担当している組織であることを全く知らなかった。アメリカ西海岸であり、いつでも一飛びで日本に帰れるから位の気楽な考えで入所したが、その途端周りの研究者から当時アポロ計画のさきがけとして、月硬着陸（衝突）を目指すレインジャー・シリーズが5回も続けて失敗して、間もなくJPL

は閉鎖されるだろうと脅かされてびっくりした事を覚えている。

幸いにしてその年の秋、JPLは世界ではじめての深宇宙ミッションであるマリナー2号が金星の観測を行い、レインジャー・シリーズもその後成功して一息ついた訳であった。このマリナー2号は金星の数万キロの上空を飛びすぎて、軌道決定精度も数千キロであったと思う。さらにその2年後マリナー4号を、今度は火星に向けて発射して、その表面の撮影に成功して送ってきた。これも世界ではじめてで、その伝送レートは何と8ビット／秒で、画像の1点を送るのに1秒かかるから、全体では数時間を要するので、画家がその情報を絵に描いて、われわれ研究者は行列をつくって見に行き、どうも火星人のつくったといわれる運河はないらしい等と首をひねったことを覚えている。

ちなみに、1996年に予定している宇宙研のMuses-B (VSOP) の伝送レートは、128Mビット／秒である。この絵は今もJPL本館の最上階に飾ってある筈だ。

ここで本題である追跡管制について一寸説明すると、探査機は打ち上げられて後、宇宙研の鹿児島局あるいは臼田局の可視範囲に入ると、探査機からの電波信号はたとえば臼田局（長野県）ではその64Mφのアンテナでキャッチされ、低雑音増幅器などの受信装置で増幅検波され、公社回線経由で神奈川県相模原にある宇宙研のコントロールセンターに伝送される（図1）。さらに地上局からは、探査機に指令コマンドや測距信号などがやはりこのアンテナを通して送られ、これらのオペレーションを総括して追跡管制とっている。その中でも重要な作業である軌道決定は、探査機が広い深宇宙の中で現在どこにいるかを、探査機からデータを基にして計算する作業である。

このための情報としてはレンジ・アンド・レンジレート (RARR) データが主力で、レンジは探査機までの距離を示し、レンジレートはその速度を現している。ただここで注意しなければならないのは、これらはいずれも地上局と探査機を結ぶ視線方向の距離及び速度を示す一次元情報である点である。そこで図2にみるように、仮に探査機までの距離が1億キロで、測距データの検出回路の誤差といわれる $\Delta x = 10$ メートルが加わるとすると視線方向と垂直なy方向には、何と $\Delta y = 1400$ キロメートルの不確定さを生ずるのである。これは簡単なピタゴラスの定理の応用で各人計算

して御覧になればすぐ判ることである。この様に、レンジ・データは、低高度の周回衛星などをのぞいては、あまり役に立たないが、このことはなかなか理解して頂けないことである。

そこでどんな情報が役に立つかというと、探査機のドプラー情報 $\dot{r}(t)$ であって、次式で近似される。

$$\dot{r}(t) = \dot{r}(t) + r_s \omega \cos \delta \sin (\omega t - \alpha)$$

ここで $\dot{r}(t)$ は地上から探査機までの距離 $r(t)$ の変化率、 r_s ：地軸より地上局までの距離、 ω ：地球の回転角速度、 δ, α ：探査機の仰角及び方位角（赤道系）である。

地上局にある水素メーザーのような極めて正確な時計によって、この位相差が精密に計測される。これらの角度 δ, α には探査機の位置情報が含まれているので、逆に探査機の位置を推定することが可能になる訳である。ただ誤解のないように付け加えておけば、上式は視線方向の距離 $r(t)$ の情報は全くない訳で（速度情報であるから当然であるが）そのバイアス補正的な意味で、レンジデータはやはり重要である。

このRARR情報によって得られる位置精度はほぼ地上局からの距離に反比例して、つまり遠くなるほど悪くなる訳で、経験的に1マイクロラジアン位と思っている。これはプラネット-Bミッションでは、探査機の最接近時における火星の距離2億キロに対しては200キロ程度ということになる。現在Sバンドにおける臼田64mアンテナのビーム半値幅を0.06度とすると、これはミリラジアンで、推定値は遥かにせまくて遠距離において探査機を逃したことは一度もない。臼田局はプログラム追尾といって軌道決定に基づく角度予報値によって、そのアンテナを動かしているので軌道決定の精度の向上は、搬送波の高周波化に備えて極めて重要

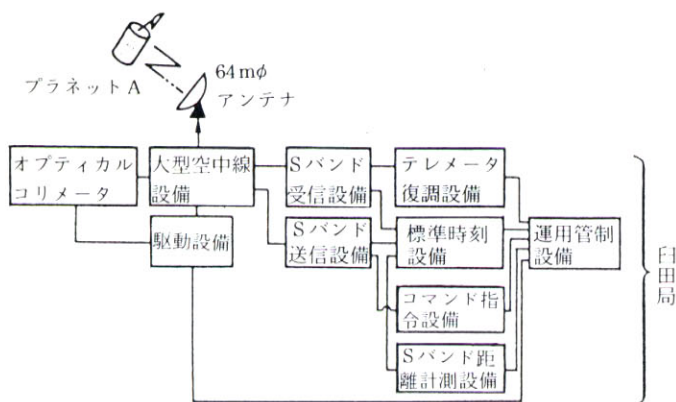


図1 臼田局の送受信装置

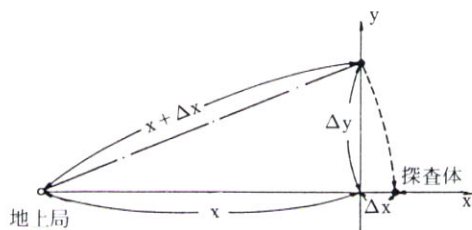


図2 レンジデータの測位誤差

である。しかしJPLでは世界中に70mアンテナを3局持ち、取得データも直ちにJPLに送られて来るので、現在、0.25マイクロラジアン程度といて居り、臼田局1局の宇宙研とは一寸比較すべくもない。

その後筆者は帰国して暫くして林友直先生（現千葉工大教授）からお声がかかって宇宙研に入り、日本では最初の深宇宙計画であるハレー彗星計画に参加することとなった。当時5年の歳月をかけて現在の宇宙研の加藤助教授及びその部下の方々と、軌道計算及び軌道決定プログラムISSOP (ISAS Orbit Determination Program) を開発した。これは太陽、惑星の重力をはじめ地球の重力分布、地軸の運動、一般相対論効果など、すべてを網羅した大規模ソフトウェアで、これなくしては深宇宙における追跡管制は成り立たない。たとえば太陽にそれ程近くない遭遇時のハレー彗星近くの探査機からの電波の、太陽による一般相対論効果の遅れは数キロメートルで、先の測距精度10メートルを遥かに超えており、この効果を入れずには軌道決定は不可能である。

1984年秋に臼田の大型アンテナも完成して準備万端整えて、翌年1月8日早朝、日本最初の深宇宙ミッションであるハレー彗星観測用のさきがけの打ち上げを筆者は当時の駒場の深宇宙コントロール・センターで待ち構えていた。そして最初に鹿児島局の受信の報が入り、ついで臼田局も受信した時は肩の荷が下りたようにほっとしたことを今もはっきりと覚えている。

その後1989年夏には、筆者が打ち上げ前まで参加していたJPLのボエジャー2号が、海王星の反対側を回る時の電波の海王星大気による遅れを

観測するいわゆるOccultation（掩蔽）実験に参加して、同機からの電波を受信した時は12年前に太平洋の向こう側で打ち上げた探査機の電波を、今度はこちら側で受けることになった、いわば運命の不思議さに感動していた。

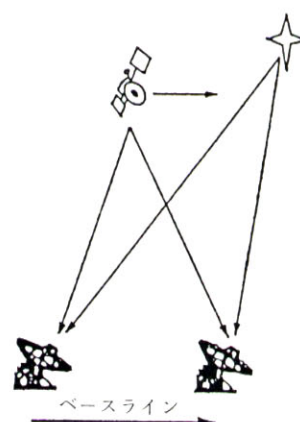


図3 ΔVLBI技術

将来の航法としては画像を用いる光学航法（オプティカル・ナビゲーション）がある。またΔVLBI（差分超長基線干渉技術）といて、図3にみるように地上でかなり離れた2局ではほぼ同時にクエーサーと探査機からの電波を受信し、両局のデータの相関値のさらに差を取って、測距に致命的な悪影響を及ぼす電離層あるいは大気層の影響（ノイズ）を除去し高精度軌道決定を行う手法がある。宇宙研にとっては探査機の重量制限が厳しいので後者の方が有力で、旨く行けばナノ・ラジアン（ 10^{-9} rad）の精度が得られるといわれ、将来のプラネットB（火星）や小惑星ミッションでは有力なツールとなるに違いない。ただ、こうした精度の向上のためにはハードウェアの面はもちろんのこと、ソフトウェアの面でも人的、予算的パワーの投入が常時必要であることを強調しておきたい。

以上、半分は自分史めいた記事になって申し訳ないが、深宇宙における追跡管制技術の過去及び将来と、はからずも偶然から始まった宇宙開発との30年のかかわりを記させて頂いた。

（にしむら・としみつ）

お知らせ

★人事異動

発令年月日	氏 名	異動事項	現(旧)職等	発令年月日	氏 名	異動事項	現(旧)職等
5. 10. 1	安部 隆士	(所内昇任) 宇宙輸送研究系教授	宇宙輸送研究系助教授	5. 10. 1	星野 真弘	(採用) 宇宙科学企画情報解析 センター助教授	
"	長瀬 文昭	宇宙科学企画情報解析 センター教授	宇宙圏研究系助教授	"	松崎 章好	(転出) 三重大学工学部助教授	惑星研究系助手
"	早川 基	太陽系プラズマ研究 系助教授	太陽系プラズマ研究系 助手	"	知久 建美	(辞職)	対外協力室助手
"	橋本 正之	宇宙科学企画情報解析 センター助教授	宇宙探査工学研究系助 手	5. 10. 3			

★所外講演会(仙台)

宇宙科学講演と映画の会

日 時 平成5年11月7日(日) 13:30~17:30
 場 所 仙台市科学館(仙台市営地下鉄南北線
 「旭ヶ丘駅」徒歩5分)
 講 演 宇宙科学観測の歩みー我国のロケット
 開発とともに
 大家 寛(東北大学理学部教授)
 ペンシルからM-V型まで
 高野雅弘(宇宙科学研究所教授)
 映 画 「Welcome to ISAS」
 「M-3S II-7/あすか」

★シンポジウム

太陽系科学シンポジウム

日 時 平成5年11月15日(月)・16日(火)
 場 所 宇宙科学研究所本館2階会議場

宇宙空間原子分子過程研究会

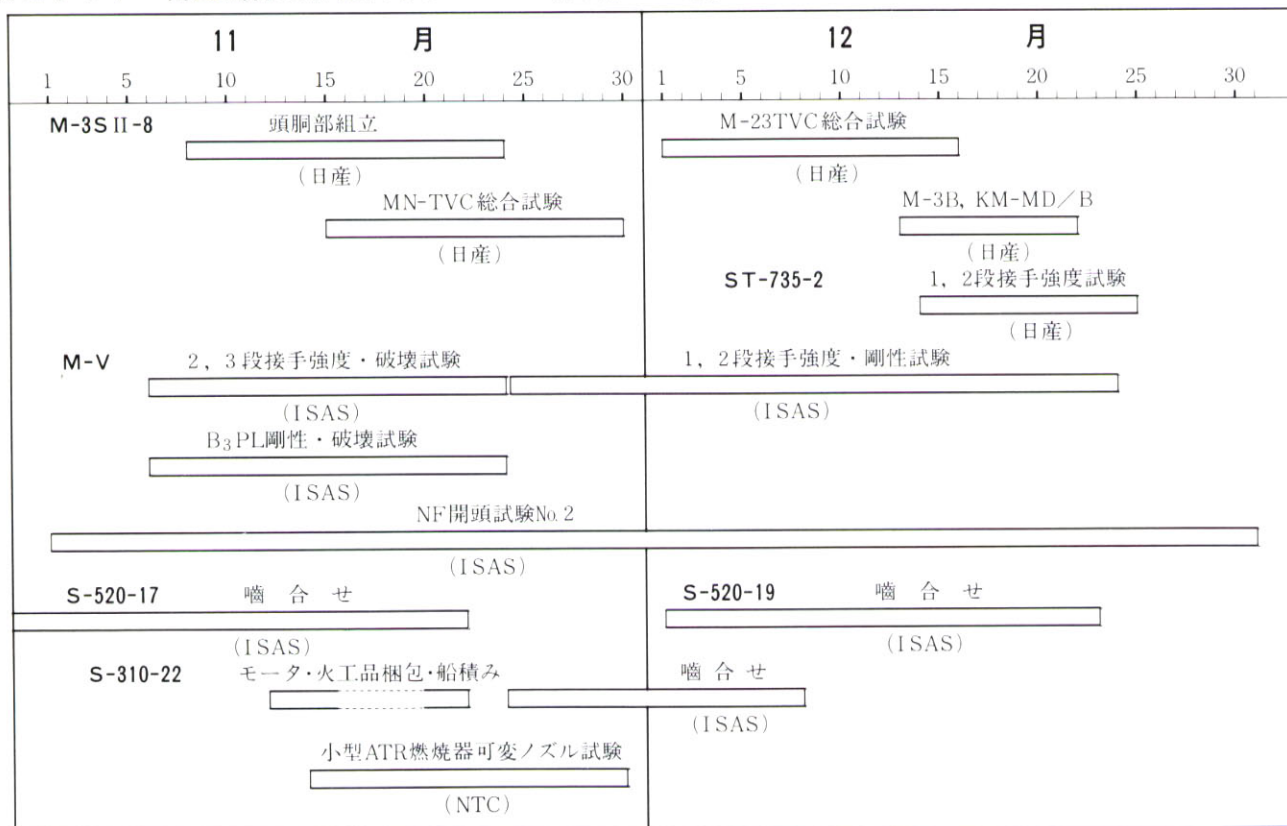
日 時 平成5年11月17日(水)・18日(木)
 場 所 宇宙科学研究所本館2階会議場

宇宙航行の力学シンポジウム

日 時 平成5年11月25日(木)・26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 0427-51-3911(内線 2234, 2235)

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(11月・12月)



★平成5年度第2次大気球実験

平成5年度第2次大気球実験は、8月下旬から9月上旬まで、三陸大気球観測所で実施された。打ち上げた大気球は4機で、内2機は科学観測(宇宙線観測と遠赤外線観測)、1機は工学実験(ペネトレータ落下実験)、1機は気球工学上の飛翔実験であり、いずれも成功裡に実施できている。

気球実験の報告では毎回のよう天候の不順を言い訳にしているようで恐縮であるが、今期の実

験も春の第1次実験に続き悪い天候に悩まされ続けた。20日程の実験期間の中で2回も台風の襲撃を受けるとは、あまり前例のないことであった。激しく窓を打つ雨の中、目まぐるしく変わるジェット気流のデータを眺めながら、実験が延びた場合に責められるであろう出張費の超過に頭を痛めた。結果的には当初計画の中にぴたりと納まり、しかも予定した2機の観測器を海上より回収したのであるから、ほめられてもよいのではないかと自画自賛しているのであるが、いかがであろうか。
 (矢島信之)

放球日	気球名	観 測 項 目	高度 (km)	観測時間 (時間)	備考
8月29日	B50-42	シンチファイバーによる一次電子観測	35	7	回収
9月3日	B30-63	気球工学飛翔実験	32	7（飛翔時間）	
9月6日	B50-41	遠赤外線の観測	36	2	回収
9月10日	B30-64	ペネトレータ落下実験	37	3（飛翔時間）	
	B50-39	一次電子観測／衛星通信実験	放球作業上の問題で中止		

★ペネトレータ姿勢制御気球実験

月震計と熱流計により月の起源とその進化を探る事を目指すLUNAR-A計画では、それ等のセンサーを搭載したペネトレータを月周回軌道上の母船より分離し月面に貫入させるが、分離から貫入までの間に、ラムライン制御則に則りその姿勢を90度変更する。スピンしているペネトレータを月面平行から月面垂直姿勢に変更するために、搭載した太陽センサーにより太陽方向を検知してから一定時間の後にガスジェットを噴射する必要がある。

上記方式では、太陽センサー、ガスジェット、制御エレクトロニクスそれぞれの特性について十分に把握し、制御パラメータを決定する必要がある、個々については地上試験を実施しそれ等を計測してきた。システム確認試験として、地上試験装置の利用を検討して来たが種々の制約により実施不可能と判断するに到り、ここに気球利用の実験を計画し、1993年9月10日、三陸大気球観測所に於て実施した。

ゴンドラに搭載されたペネトレータ実験機（表紙写真参照、撮影：新倉克比古）は、高度37kmにて2rpsのスピンを与えられ、地表に垂直状態で分離された。分離後、太陽センサーによる太陽方向計測信号に基くラムライン制御実験が実施され、姿勢が地表平行方向へと変更された。

今回の実験では、大気の影響により姿勢を90度迄変更できなかったが、システム試験として十分有益なデータが得られたと考えており、今後の開発に有効に反映されると確信している。

（中島 俊）

★GEOTAILの日陰オペレーション

9月1日深夜の相模原管制センターは一種異様な雰囲気包まれていた。臼田、内之浦にもGE

OTAIL衛星や地上系システムを熟知した宇宙研およびメーカーのベテランが駆けつけ、万全の体制である。衛星はまもなく、初めての日陰（但し、近地球周回衛星と違って月の陰）に入るが、異様な雰囲気はそれが理由ではない。本影最後の所でバッテリーを切り離すことによって衛星電源を瞬断させるという特別オペをこれから真にやらんとしているためである。約一年前の初期観測ですばらしいデータを出した直後にラッチアップを起こしたままになっているプラズマ観測装置を復帰させるには、これが唯一の可能な方法であるというのがその検討ワーキング・グループの結論であった。この一年間できる限りの検討をしてきたとはいえ、未経験のオペレーションである。

23時35分半影開始、23時43分いよいよ本影に突入。コマンド送信、チェック・シートによる衛星状態の監視は予め決められた手順にしたがって順調に進んでいる。0時17分、バッテリー切り離し、ついに電波が途絶える。臼田に管制権をわたし、内之浦からの経過時間のアナウンスが指令電話を通して聞こえてくるだけである。約10分後、太陽電池からの出力上昇に伴って電波が復帰、更に数分おいて安定してきたところでコマンドを送信、PCMテレメーターがロック。衛星の状態をチェック、目的としていたラッチアップ解消ができたことを確認。「ほっ」。直ちに予定の衛星再立上げ手順に入る。

翌日から本格的に搭載機器の再立上げ作業が始まり、プログラムの再ロード等のために約2週間を要したが、その最後として9月14日、プラズマ観測装置の一年ぶりのデータを再び目にした途端に一挙に疲労の極に達してしまった。GEOTAILは、昨年7月24日に打ち上げられて以来、順調に

飛行を続けており磁気圏尾部領域のプラズマと構造に関して新しい知見を得てきた。プラズマ観測装置は日・米双方のものが2セット搭載されているために衛星全体のミッション目的は達成されつつあったとはいえ、これで本当に全観測装置が出そろったこととなった。翌15日、予定通りの軌道制御を終えて、管制室は再びもとの静けさを取り戻しつつある。

最後に、9月1日のオペレーションのためにご協力頂いた関係各方面の方々にあらためて感謝する次第である。(向井利典)

★MT-135-58, 59号機によるオゾン観測

9月21, 22日、九州上空には東西に前線が停滞し、時に激しい雨を伴った。特に、22日は前線の活動が活発となり、海上は波の高さ2.5m~3mのしけとなった。この後、中国大陆から東シナ海への高気圧の張り出しに伴い、この前線は九州南方海上に押しやられ、天候は極めてゆっくりと回復に向かった。23日昼には、ようやく厚い雲の中にも晴れ間がのぞきだした。従って、当初9月21日に予定したオゾン観測用ロケットMT-135-58号機は、9月23日の午前11時に、続いて、MT-135-59号機が24日の同時刻に発射された。両機共に高度56kmにおいて脱頭して、パラシュートは緩降下を開始し、5km~56kmの高度領域にわたってオゾンの密度、上層の風向、風速及び気温を観測した。

観測担当は筑波技術短期大学、東京大学で、今回は、これまで1つの紫外線センサーの前で4つのフィルターを回転する方式を改め、それぞれのフィルターに紫外線センサーを付けることにより、時間分解能を上げ、観測精度の向上をねらった。

米国のSAGE-II(成層圏のエアロゾルと微量ガス観測のための衛星)は、両実験日共に内之浦から400~500kmの距離でのオゾンを観測する位置にあって、ロケットとの比較観測ができた模様である。また今回のロケット実験期間中、1990年のダイアナ計画で作られた地上観測網に協力いただき、名古屋大学のミリ波望遠鏡、気象研究所、及び国立環境研究所のライダーによるオゾン観測も行われた。

平成2年8月に始まったMT-135-52号機による内之浦でのオゾン観測も今夏の実験で9回目となり、これまでの地上観測網の結果と合わせてその成果の公表が待たれる。

台風13号は、鹿児島県各地に大きな被害をもたらしたが、内之浦町もその例外ではなく、実験班がいつもお世話になっている旅館のいくつかは損傷が激しく、宿泊不可能であった。このような大きな災害の中、ロケット実験に直接間接に協力していただいた内之浦町、鹿児島県他関係諸機関に、深く感謝致します。(小山孝一郎)

★ATR燃焼器試験

昭和63年から進めて来ましたエアターボラムジェット(ATR)エンジンの開発研究は平成4年度に行いました地上・静止状態におけるエンジンシステムの燃焼試験の結果からほぼ当初に計画した性能および機能が達成されたことを確認しました。平成5年度から高空・高速状態におけるATRエンジンシステムの性能および機能を確認する段階に進みました。今回の試験では新たに設備しました空気供給装置を用いて、小型燃焼器で高空・高速状態においてATRエンジン燃焼器内の空気と水素の混合および燃焼状態を調査し、エンジンを設計する上で必要なデータを得ることが主な目的です。

試験は2つの部分から成り、最初は混合器で水素/空気を旋回流(スワール)として燃焼器に噴射し、混合の促進と燃焼効率の改善を調査しました。次は2次元形状の混合器で水素/空気を平行に噴射し、混合状態と燃焼特性を調査する基礎試験を行いました。スワール燃焼試験では旋回流の旋回角度を変え、燃焼器の長を徐々に長くし、燃焼効率の改善を評価しました。2次元平行流燃焼試験では主に可視化(シュリーレン、紫外線写真)によって混合および保炎等の燃焼状態を観測しました。

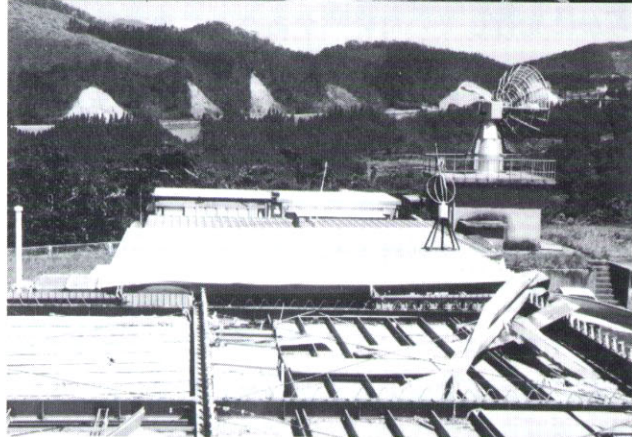
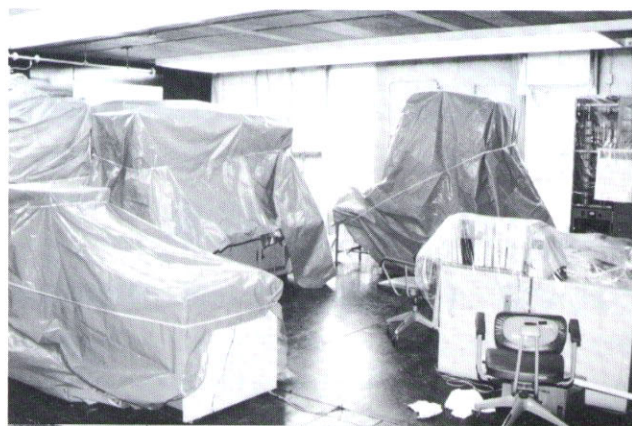
試験は9月4日から18日の日程で能代ロケット実験場において行いました。前回までの燃焼器試験ではターボチャージャーを利用した空気供給装置を用いていましたが、今回から貯器槽に圧縮空

気を貯め、ブローダウンする方式に変更しましたので、作業の効率化と安全性が大きく改善され、48回の燃焼試験を含めて総計112回の試験を行うことが出来ました。

今回の試験でスワール混合器が短い距離で燃焼を完結させるのに有効であることが判明し、この成果をATREXエンジンに反映して性能改善が計れることが判りました。また、2次元平行流混合器を用いた燃焼試験では水素／空気の混合、燃焼、保炎に関する基礎的な現象を解明する上で有効なデータが得られました。(棚次亘弘)

★台風13号鹿児島宇宙空間観測所(KSC)直撃

9月3日16時台風13号は薩摩半島に上陸。ほぼ同時刻に内之浦町でも瞬間最大風速70mを記録し、KSC全職員はその脅威に啞然としながらも状況調査、応急措置、連絡等に追われた。観測所ではほぼ全域で建屋や屋外設備に被害を受けた。特に、コントロールセンタとテレメータセンタでは建屋の一部側壁と床下が破損し、宮原レーダセンタでは屋根の3%が剥取られた。このために、RS装置、RG装置、テレメータ装置、精測レーダ装置等の全



電子機器が塩分を含んだ風雨により長時間にわたって冠水した。これらの設備は平成5年度冬期のS-520型ロケット、平成6年度夏期のM-3S II型ロケットの打上げ実験に不可欠の主要設備で被害の影響が心配されており、これを避けるため総力で復旧対策に取り組んでいる。尚、平成5年度夏期のMT-135-58, 59号機の打ち上げは、幸いにも発射ドームと3.6mレーダが被害を免れたため、9月23, 24日無事に行われた。(籾田元紀)

★M-V地燃モータケースの開発と水圧試験

去る9月20日、三菱重工(株)高砂研究所において、M-Vロケット地上燃焼試験用第2段モータケースM24の水圧試験を実施した。宇宙研からは、松尾、小野田、高野(雅)、峯杉と筆者が立合った。試験方法は63kg/cm²までの加圧、保持とした。これは、燃焼圧よりも5%高い圧力を加えることにより、燃焼時のモータケースの安全性を保証しようというものである。試験中は、ひずみ測定に加えて、き裂進展の検出を目的としたアコースティックエミッションの計測を行ったが、ひずみともども特に異常は認められなかった。

M-Vロケットでは、軽量化を図る目的で、新しい超高張力鋼の開発を行ってきた。目標とする鋼種は、現用のHT-210よりも強度レベルを20kg/mm²向上させたHT-230である。一般に材料の開発において、強度レベルの上昇は靱性の低下をもたらすことが多い。これは構造材料の宿命であり、超高張力鋼とても例外ではない。開発されたHT-230は、HT-210に比べて強度上昇は著しいものの、30%程度の靱性の低下を招いた。したがってモータケー



スの安全性の確保には、欠陥、特に溶接欠陥の十分な管理を必要とすることになる。今回の水圧試験に当っては、欠陥検出感度の優れた超音波探傷技術の採用と併せて、強度レベルを若干低下させることによる靱性の確保と、昨年試験で明らかになった環境から侵入した水素によるき裂進展、いわゆる「遅れ破壊」の防止を図るため、熱処理行程の変更を行った鋼種HT-230Nを使用した。実機モータケースでは、さらに、遅れ破壊感受性に敏感な合金元素であるTiを低減させた鋼種HT-230Mの使用を予定している。HT-230Mは、HT-230Nよりも強度レベルを低下させたため、ケース重量の増加は免れない。しかしながら、HT-230Nと比べてみても遅れ破壊感受性が約2桁改善される等、極めて信頼性の高い材料である。

(栗林一彦)

★第24回国際電波科学連合総会への出展

8月30日から9月1日までの3日間第24回国際電波科学連合総会(URSI)の展示会が国立京都国際会館のイベントホールで開催された。このホールの約半分の面積をポスターセッションに、残りの半分が展示、ミニシアター、談話コーナーに区切られており、当研究所からは『あけぼの』、『ようこう』、『GEOTAIL』衛星などの小型模型とそ

れらのデータに関わるパネルが出品された。

全出展数は24、そのうち外国の機関はNASAだけ、国内はNHKや関係会社などで、国立大学、研究所は当研究所を入れて5展をしめた。

他に出品された模型も少なかったためかアジアを始め、外国のかたも熱心に見学していた。研究所のパンフレットや衛星の写真など印刷物も用意して臨んだが、打ち上げてから時の経っている衛星の3枚組写真が当初から品切れの物もあり残念に思った。

また、この総会の会期が8月25日から9月3日までで展示期間が後半ということもあって、総会への参加人数の割には見学者の数は少なかったように感じた。

(三宅多美子)



DISCOVERY-NASAが考える近い将来の惑星探査計画について (最終回)

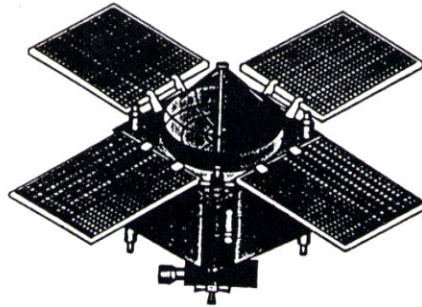
川口 淳一郎

DISCOVERY計画のもうひとつの探査機として、NEARがあります。このNEARの科学的な意義については全く疑問の余地がなく、支持する声が多いようです。計画の実施は事実上ジョンズホプキンス大学の応用力学研究所に委ねられています。探査対象は目下のところNEREUSという小惑星で、ランデブーにいたるまでにメインベルト小惑星とのフライバイというおまけつきのうまい計画です。ただ、これに関しては宇宙研での検討が明

らかに先行していた経緯があり、当事者の一人としてはこの計画が日本で先に実現できなくて大変残念なところです。

DISCOVERY計画全体の予算規模は、米国が乗り出すにしてはこれまでに例がないほど小さなもので、結局、宇宙研との競合の可能性が極めて高いということになります。昨年の11月にDISCOVERYワークショップが開催され、さきの2つの計画の候補を選定する作業が行われました。Geo

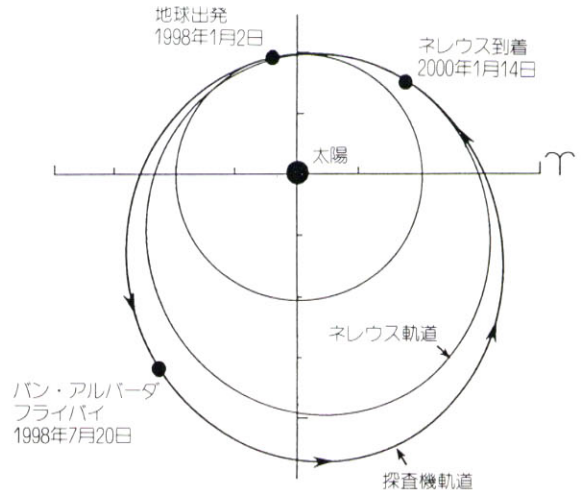
- ・三軸制御
- ・総重量 750kg
(燃料含)
- ・ ΔV 能力 1850m/s
- ・太陽電池出力
300W (2.0AU地点)
- ・伝送能力 83.2kbps
(地球から1 AUの距離)
- ・レコーダ容量 5×10^8 bits



(NASA/ISAS JOINT WS HANDOUT より)

ffrey Briggsが委員長を務めた評価委員会は73の候補・提案の中から11個の検討すべき計画案を選定し、スタディにも予算が充当されることになっています。NASAが将来計画の選定にあたって広く提案を受け付けたという点でこのワークショップは画期的だったといえます。73の候補の中にはいろいろなものがあり、彗星のコマのサンプルリターン (SOCCER) など日本が積極的に計画をリードしているものもありました。結局、選抜された11件は、Mercury Polar Orbiter,

Hermes Mercury Orbiter, Venus Multiprobe, Venus Composition Probe, Mars Upper Atmosphere, Comet Nucleus Tour (CONTOUR), Small Mission to Asteroids/Comets (SMAC S), Comet Coma Chemical Composition (C4), NEA Returned Sample (NEARS), Earth-Orbiter UV Jovian Observer, Solar Wind Sample Return でした。このうち水星極フライバイ、彗星核の複数回フライバイ、小惑星のサンプルリターン、彗星核ペネトレータなどは、宇宙研でも想定されているものであり、全く手ごわいかぎりです。評価委員会が強く提案者に求めている点で特に印象が強かった点は、既存技術の裏付けがあるかということと、得られた観測データの利用体制への配慮だったように思います。各提案の発表の後の討論では、過去のどのような技術の利用・転用が可能かという点と、いかに広い範囲でデータの利用・アクセスが可能になっているかが問いただされていたように思います。日本では既存技術を求められても小型・軽量の探査機の開発はむずかしく、陳腐な計画になっ



(NASA/ISAS JOINT WS HANDOUT より)

てしまいがちなのです。しかし米国においてはこのように、SDI技術の転用が可能なことやDelta-IIクラスまでのビークルの利用が許されているために、既存技術の転用といえども、新規の探査機的设计が可能となっている点で極めて優位にあります。ちょうど予算規模も宇宙研と同程度であり、DISCOVERYとしてできそうな提案は宇宙研の中でもこれまで何度も検討されてきたものと重複していて、DISCOVERYは大きな脅威であるといえます。科学的な意義は認められながらも、現在はNASAも手をだしかねている小惑星や彗星からのサンプルリターンなどを行うことにより積極的に挑戦していくことも肝要であると考えています。工学的にみても電気推進など我々が先陣を切って実用化していける機会も多いと思います。

宇宙研が自らの独自性を打ち出していくためには、小型・軽量の探査機技術や新鮮な計画をDISCOVERY計画よりも早く評価・選定できる体制作りが必要となるのではないのでしょうか。

(かわぐち・じゅんいちろう)

—シリーズ—

銀河の仲間たち(4)



衝突銀河

中川 貴雄

小さな小さな人間の立場から見ると、宇宙は無
限と感じられるほどの大きさを持っています。し
かし、巨大な銀河の立場から見ると、状況は変わ
ります。典型的な渦巻き銀河は、差し渡し数万光
年もの大きさを持っていますが、銀河と銀河の間
は、この大きさに比べるとわずかに数百倍の距離し
かありません。したがって、銀河の立場からすれ
ば、宇宙というものは随分と混んでいるものなの
です。このように、混みあっている宇宙を、銀河
は勝手気ままに走り回っているのですから、たま
には、銀河同志が衝突してしまうことだってあり
えます。そのような銀河が、衝突銀河です。

カリフォルニア工科大学のアープは、このよう
な衝突銀河の姿を、当時（1960年代）世界最大を
誇ったパロマー山の5 m望遠鏡を駆使して精力的
に撮影し、一冊の写真集にまとめました。この写
真集には、美しい尾をひく銀河や（上記の写真参
照）、フィラメント状の橋でつながれている銀河な
ど、実に多種多様な銀河の姿が収められています。
これほど様々な銀河を作った神様は、よほどの凝

り性ではないかと思われるほどです。

では、衝突銀河の多様な形は何によって作られ
たのでしょうか。銀河同志が衝突すると言っても、
銀河を構成する星の立場からすれば、銀河は極め
て「すかすか」の状態であり、星同志が衝突する
ことはまずありえません。星同志は、ただ静かに
通りすぎていくだけです。しかし、星同志は重力
の影響を与え合うことにより道筋を変えあい、や
がては銀河全体の形を大きく変えてしまうことが
できるはずです。この重力相互作用が衝突銀河の
多様な形の源になっているのではないかと、天文
学者は仮説をたてました。

しかし、この仮説を実証することは、困難でし
た。仮説を実証する最も有効な方法は、実験です。
しかし、実際に銀河をつくって衝突させることな
ぞ人間にはできるはずがありません。そこで、天
文学者は、銀河の模型を作って、それを衝突させ
ることを思い付きました。しかも、その模型を、
現実の世界にではなく、計算機の中に構築するこ
とを思い付いたのです。現実の世界では、様々な
制約がありますが、計算機の中ならば、どんな大
きな銀河の模型も作ることができますし、どんな
に長い時間の経過であろうと、速回しすることが
できるのです。1970年代以降、天文学者は、でき
る限り現実に近い模型を、計算機の中に構築しよ
うと努力を重ね、ついに衝突銀河の多様な形の源
が重力相互作用であることを突き止めました。

さらに1980年代以降、銀河の衝突は、単に銀河
の形を変えるのみならず、銀河全体の活動性に大
きな影響を与えることが明らかになってきます。
この展開については、このシリーズの赤外線銀河
の項で詳しい説明があることでしょう。

（中かがわ・たかお）

オーストリア・グラーツ先兵隊

橋 本 正 之

10月に開催予定のIAF国際学会に先立って、8月23日より27日までオーストリアのグラーツで開かれたヨーロッパ宇宙電源会議に出席の機会を得た。この会議はヨーロッパ宇宙機関(ESA)とオーストリア宇宙機関(ASA)がスポンサーとなり、グラーツ工科大学がホスト役で開催された。参加国は18ヵ国に及び130件ほどの発表が5日間に渡って行われ、日本からの発表も6件あった。参加者の総勢が300名ほどの比較的こじんまりとした学会で、一件当りの割当て時間も比較的長く、しかも参加者の多くが宇宙電源についての専門家であるためか、極めて活発な質疑応答が交わされ、私の聞いていた発表の中で質問の出なかったものは皆無であった。適正規模の学会の有効性を強く感じた。ISASから出席された田島先生も大変積極的に質疑応答に参加されていたのが印象的で、学会出席の態度を教えられた。

グラーツ市はオーストリア第2の都市であるが、ノーベル賞受賞者を6名も出していると聞いていたせいか、古い伝統を大切に、学術的雰囲気の漂う落ち着いた町に感じられた。オーストリアは安全な国と聞いていたので、滞在中の宿もいわゆるペンション(日本で当てはめればペンションより民宿と言った方がピッタリの感じ)の安宿を現地の学会担当旅行業者に紹介して貰った。往きの飛行機の中で知合ったウィーンに住む若いカップルが、そのペンションは知っているが英語は絶対に通じる筈だと保証してくれていたにもかかわらず、宿のおかみさんは一言も英語を話さず、到着直後からドイツ語の辞書の世話になった。支払方法等を確認しようと思ったが、彼女はそんなことは一向に気にせず、部屋と建物の入口の鍵を渡され、宿のレストランの閉店時間と翌日の朝食の時間を言渡された。一休み後夕食をとり、辞書を片手にそのレストラン(食堂と言った方がピッタリ)に行ったら、例のおかみさんが出てきて再び珍会話。しかし当てずっぽうで頼んだメニューはとても美味しく、おまけに安い。部屋の方も最初は少々うさん臭い感じがしたが、よく見るとオーストリア人はとても綺麗好きと聞いていた通り、非常に清潔で良く管理されている事に気付いた。

この学会で印象的だったことの一つに参加費の中身の濃さがある。6万円弱の参加費には2冊の持帰るのがいやになるほど重い上質紙に印刷された論文誌、各自の発表論文の別刷り、学会期間中の毎日のフルコースの昼食、休憩時間中の飲み物、それに2回の歓迎およびディナーパーティーの費用が全て含まれていた。これには関係機関や会社の強力なバックアップがあるものと推測されるが、オーストリアの物価の安さもその大きな要因に違いない。一方、節約出来るところは徹底しているらしく、滞在した民宿や会場の大学の大学はもとより、市内の5つ星印の一流ホテルのトイレでもかなり黒い再製紙のみが使われていた。またこの国では何処へ行っても良く食べられている、りんごも適度に酸味のある野性的で如何にも無駄な費用を省いた感じのする不揃いのりんごであった。

ところで、上記のディナーパーティーはグラーツ市から高速道路経由で1時間ほどの山中にある、普段は閉められたままのFrauheimと言う名の古い城で開かれた。電気は全く無いらしく、全ての照明はろうそくだけの、正に中世に逆戻りした雰囲気の中で行われた。城の名は直訳すれば女の館と言う事になろうが、これが女帝の支配する世界であったのか、それとも大奥ヨーロッパ版であったのかの解明はIAFで行かれる方への宿題としたい。

何処へ行っても、列車の窓から外を見るとアルプスの写真で良く見るハイジの舞台に出くわすこの国に来て、小さい頃育った田舎の自然の素晴らしさを再認識した。(はしもと・まさし)



ウィーンからグラーツへの車窓風景の1コマ



スケジュール管理

五代 富文

宇宙研も事業団も、宇宙開発にからむと、どうしてこんなに忙しいのかと思う日々であります。そこでまた、スケジュール管理の話となつては、「いも焼酎」という雑文欄（失礼！）でも読もうかという諸公も、いやいや事業団というのはいつも仕事仕事で余裕がなく、こんな時になつても、プロジェクトのスケジュール管理の話か、ゆとりのない連中だと呆れられるのではないのでしょうか。

スケジュール管理といっても、全く個人的なものでありまして、要は日記帳的なもののことなのです。私はこれに凝っていて、それに対する執念、愛着、遍歴をご紹介しようということです。もともと私は、人と日時についての記憶力がからっきし駄目で（みんな駄目ではないかとの声もありましたが）、この点に関しては、頭の中がいつも真っ白か、混沌のいずれかになっています。

一昔前には、年末になると方々から頂く手帳の中から、好みのものを愛用していました。好みは毎年変わって、小さくなったり、複雑になったり、また簡単型へ戻ったりと節操がありません。このような遍歴を辿っている方は今でも多いでしょう。スケジュール管理の近代化を目指して走り続けた私からの忠告としては、このあたりの手帳派に留まっているのが、まあ無難なところだということです。

しかし、私はここに留まらず、先へ進みました。手帳に付属している住所録を毎年書き換えるのは不合理である、手間がかかるという理屈で、決まったスタイルの日記帳を買うようになりました。この変換期は、高度成長で余裕が出てきた時期と一致します。ひところはやったシステム手帳に手を出したのもこの頃でしょうか。だからといって、日程や住所録などの書き写しなどの手間が減るはずもありません。かえって手間が増え、重いものを持ち歩く羽目になりました。システム手帳のスケジュール転記ほど馬鹿げた作業はありません。

何とか転記のないシステムはないものかと考え

めぐんだ末、出始めたばかりの電子手帳に手を出しました。なんだ、結局は新し物好きに過ぎないではないか、との声も聞こえそうですが、それは35年以上も前に、当時海のものとも山のものとも分からなかったロケットに、好き好んで飛び込んだことからお分かりでしょう。電子手帳も何台も買い換えましたが、入力性、一覧性の悪さはとても許し難く、また、パラパラめくりができないなど、とても満足のいくものではありません。PC 98とつなげて入力改善はしましたが、データ伝送の信頼性の低さも問題でした。スケジュールが狂ってしまうのでは、どうにもなりません。やはり、宇宙分野のほうかはるかに進んでいるな（！）と思ったのもこの頃です。

スケジュール管理は手帳に限ると確信したのは、電子手帳というかパソコンを鞆から道路にぶちまけて、猛烈な衝撃試験をした結果、スケジュールデータが一瞬のうちにゼロになった時です。大事な用件も放り出して、メーカーに飛び込んで助けを求めました。これが手帳であったならば、パッと汚れを拭いてポケットに入れるだけで、何の問題もありません。スケジュール管理は、歴史のある手帳に限るとというのが私の結論です。

しかしそれ位で、進歩した情報化社会に対応を諦める私ではありません。今は、もう4台目になったマック（最近ぐっと評判が高いのは先見の明として良いのですが、安くなったのには複雑な心境です）に最新のスケジュール管理ソフトを入れて、どこへでも持ち歩いている毎日です。趣味と言ってよい電子的スケジュール管理と、秘書嬢の昔ながらの実用的帳簿方式という二重システムで、全体から見ればまことに能率が悪く、本来の目的から外れていますが、これもスケジュール管理への執念、愛着のせいと諦めているのは私だけではなさそうです。

（ごだい・とみふみ、宇宙開発事業団）

ISASニュース

No.151 1993.10.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所（文部省） ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆ISASニュースに関するお問合わせは、庶務課法規・出版係（内線2211）までお願いいたします。