ISSN 0285-2861

M-V-1号機の第1段モータの推薬充塡を終え，
中子を引き抜いた瞬間（日本油脂武豊工場）

〈研究紹介〉

最高の分解能を求めて～スペースVLBI観測～

国立天文台　川口則幸

VLBI（超長基線干渉計）は，天文観測装置の中で最も高い角度分解能が得られます。これまでは，世界中にある地上の電波望遠鏡を結んで，１万分の１秒角という角度分解能を達成してきました。しかし，このような高い分解能でも分解できない天体が多数発見されて，更に分解能をあげる必要がでてきました。そこで，電波望遠鏡の１台をM-V型ロケットで宇宙に打ち上げ，これまでに人類が達成できなかった最高の分解能で宇宙を観測しようとするMUSES-B計画がスタートし，1996年９月の打ち上げを目指していよいよ最終段階を迎えています。ここでは，この観測の概要と，私が目指している科学的目標の一端を紹介します。

★スペースVLBI観測

通常のVLBI観測では，電波望遠鏡と原子時計，高速磁気記録装置が「３点セット」として，各観測局に必要でした。MUSES-B計画の場合，電波望遠鏡としては「小型」ですが，宇宙での高度な鏡面展開技術に支えられて，宇宙望遠鏡としては最大の直径８ｍのアンテナを高性能の受信機とともに，衛星に搭載することができました。しかし，原子時計や高速磁気記録装置は搭載することができなかったので，時計の基準になる標準周波数を地上の水素メーザ原子時計から供給し，観測データは広帯域通信回線で地上に伝送してから高速磁気記録を行うようにしています。衛星に生命を吹き込むこの大事な作業は，臼田観測所をはじめ，NASAの深宇宙探査局で行われます。また，宇宙局と協力して観測を行う地上の電波望遠鏡も国立天文台野辺山宇宙電波観測所の45m望遠鏡をはじめ，米国，欧州，豪州の大型望遠鏡が多数参加し，小型な宇宙望遠鏡の感度を補う強力な支援体制がとられます（図１）。また，宇宙局の観測データと地上電波望遠鏡の観測データは，日本と米国の相関処理装置で合成され，天体写真が画像として出力されます。

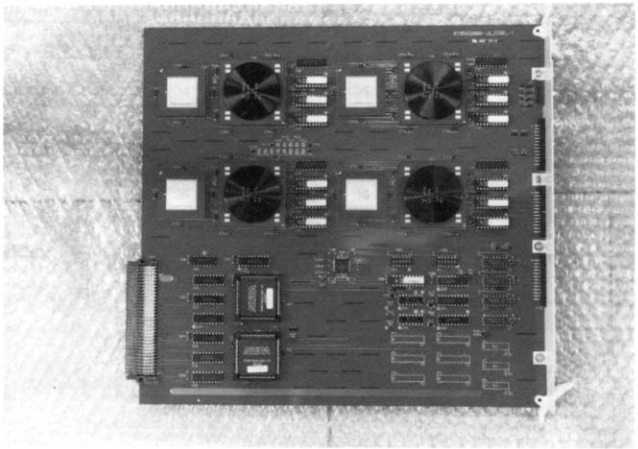
このように，スペースVLBI観測は，これまでの宇宙科学研究所のミッションによる観測とはだいぶイメージが異なることがお分かりいただけると思います。

▲図1

また，これまでに我々が行ってきたVLBI観測とも違っていることが多々あって，戸惑いながらも新しい研究課題に取り組んでいます。

★スペースVLBIを支える観測技術

先にも述べたように，臼田観測所は衛星をVLBI観測局にする重要なミッションを担っています。衛星に基準信号を供給し，観測データを受信して磁気記録を行います。衛星に供給する基準周波数は，衛星上で一定にならなければならないので，地上から送信するときには衛星の軌道運動にともなう「ドプラ周波数偏移」を補正しておかなければなりません。観測時にこのような精密周波数制御を必要とするのもスペースVLBI観測に特有なもので，宇宙科学研究所の軌道解析グループと協力しながら「いかに衛星上の周波数を一定に保つか」の研究を進めています。また，臼田観測所には，深宇宙探査衛星からの信号を受信する直径64mという大型アンテナがあって，ハレー探査ミッションの他，GEOTAILミッションなどに活躍しています。このアンテナは，MUSES-B計画で大集光力の大型電波望遠鏡としても活躍することが期待されています。このアンテナが衛星VLBI局と同時に天体観測に使用できると，2万km以上離れて取得された長距離基線の観測データ



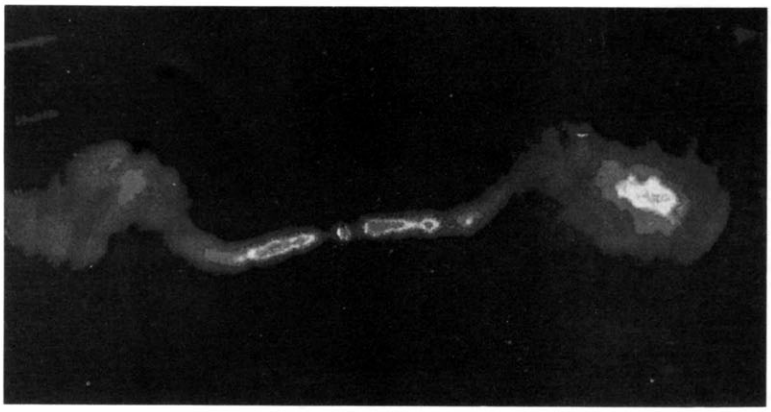
▲写真2

写真1▶

が「1カ所」で磁気記録されることになります。これまでは，大陸間などの長距離基線の観測では，航空便で磁気テープを輸送して2～3週間以上たってからでないと信号の合成処理をできなかったことを考えると画期的なことで，観測後ただちに結果を確認することができます。観測中に実時間で監視することさえ可能です。この実時間処理が可能なスペースVLBI観測の特性を活かすために，国立天文台では「実時間相関処理装置」の開発を進めています（写真1）。この相関処理には衛星の軌道運動が不確定で，どのような干渉縞が得られるか予測できなくても信号が検出できるようにデータ処理機能が大幅に強化されています。これまでの同型機に比べると80倍の処理能力を持っています。この心臓部には，相関処理専用の高集積度ICが開発されて使用されています（写真2）。VLBI観測ではまったく初めてといっても良い実時間処理を行うためには，相関処理装置だけでなく，処理ソフトウェアにも工夫が必要です。これまでの処理では，データは磁気テープ上に残っているので，処理に失敗しても何度でも再生を繰り返してやり直すことができたのですが，実時間処理では「まったなし」で処理をしなければなりません。衛星から処理装置までデータを伝送する時間とその変動も衛星の軌道運動を考慮して補正しなければなりません。これらの問題点を，宇宙科学研究所の先生方のアドバイスを得て解決しながら開発を進めています。

★点波源の「点の内部」を分解する

写真3は，世界最大の電波干渉計で撮影された楕円銀河3C449の電波像です。銀河の中心から南北に，銀



▲写真3

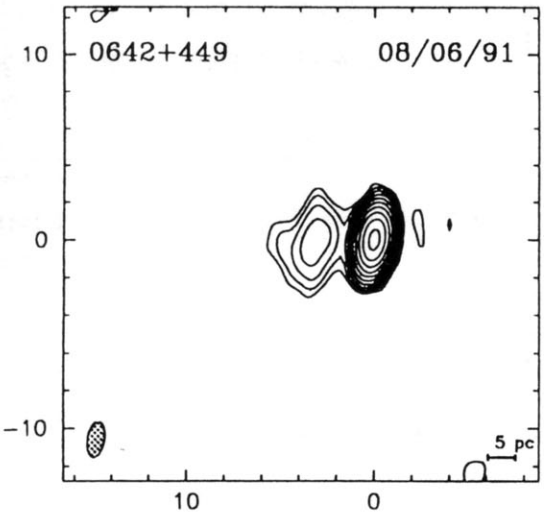


図2▶

河直径の3倍以上の距離まで電波ジェットが延びています。このジェットを発生させている源は，写真中央の銀河中心核ですが，この写真では中心核は「点」になってしまって，その内部をうかがい知ることは不可能です。そこで，VLBI観測で中心部が拡大され，銀河の中心でどういうことが起こっているのかだいぶ明らかになってきました。しかし，この天体は我々から約20億光年の距離にあって比較的「近い」天体ですが，距離がどんどん遠くなると，中心部の大きさはますます小さくなって，100億光年以上の距離になると地上のVLBIでも分解できなくなってしまいます。図2は，地上のVLBI望遠鏡で観測されたOH471という我々から約120億光年離れた天体ですが，東側に延びたジェットの源である中心核は，分解されていません。間接的な証拠から推測すると，波長1.3cmで中心部の大きさは50マイクロ秒角以下になります。スペースVLBI観測でなければその内部構造を明らかにすることはできません。

机の上のノートに記した「点」で単純に比較すると，その大きさは10^{-10}m，すなわち原子1個分の大きさに相当します。まさしく数学的な定義「点は面積を持たない」に近い「点」の内部構造を，私たちはスペースVLBIというまったく新しい観測装置で見ようとしています。

★おわりに

私は，これまで長い間，観測装置の開発を行いながら地上のVLBI観測を行ってきました。そして，分解能を極限にまで高めて安定に観測する困難さを身近に感じてきました。衛星に直接関係するのは今回が初めてですが，宇宙科学研究所の先生方と衛星VLBI局の開発を地上観測装置の開発も含めてご一緒させていただいて，これまでの困難さが「なんとたわいないものであったか」を痛感させられています。地上観測装置は，不具合があってもすぐ修理できるので，開発段階でどうしても「観測を始めてから何とかすればいいや」という甘い考え（今でもこの体質が抜けていないので困っています）が残ってしまいます。MUSES-Bの開発を通して，衛星ミッション開発の困難さと大切なポイントの一端を学ばせていただきました。

現在，世界中から150件以上の観測プロポーザルが宇宙研に寄せられています。なんとか打ち上げに成功してすばらしいデータが得られることを夢にみておわりとします。

（かわぐち・のりゆき）

お知らせ

★シンポジウム・研究会

宇宙輸送シンポジウム

開催日　平成7年12月18日(月)～19日(火)
場　所　宇宙科学研究所本館2F会議場及び1F入札室

磁気圏・電離圏シンポジウム

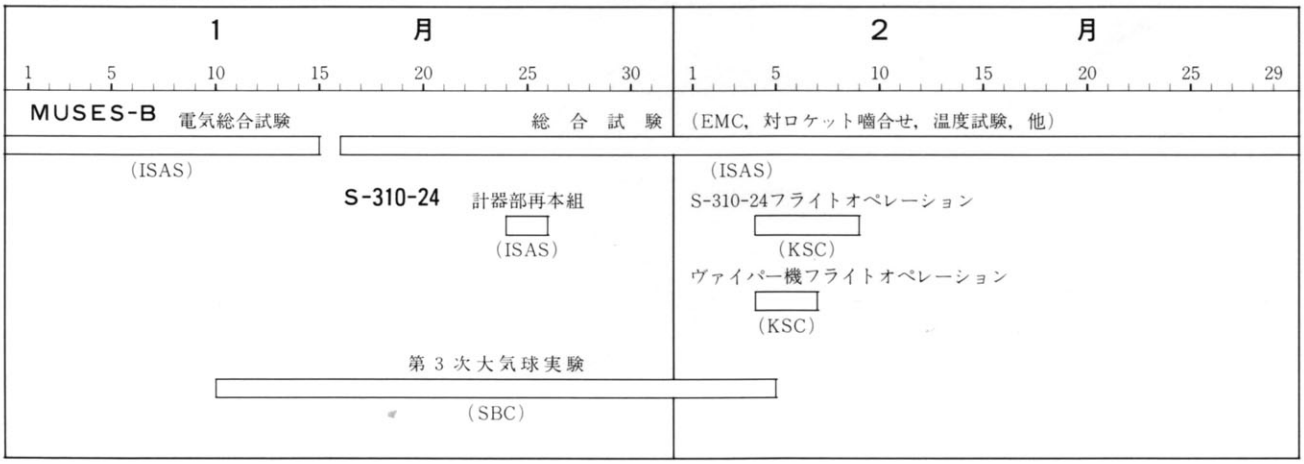
開催日　平成7年12月21日(木)～22日(金)
場　所　宇宙科学研究所本館2F会議場

システム計画研究会

開催日　平成7年12月25日(月)
場　所　宇宙科学研究所本館2F会議場

問い合せ先：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（1月・2月）



★宇宙科学講演と映画の会

11月３日文化の日に札幌市で「こども宇宙教室」と「宇宙科学講演と映画の会」が開催された。

みぞれ混じりの生憎の天候であったが，「こども宇宙教室」の会場となった札幌市青少年科学館には，先生に引率されたグループや親子連れなど，240人の熱心なファンがつめかけた。

的川教授（校長先生）による進行のもと，平林教授，黒谷助手，的川教授の３人の講師からそれぞれ「宇宙をさぐる科学衛星たち」，「地球の生き物と重力」，「ロケットの話」と題して15分ずつの講義が行われた。質疑の時間に寄せられた質問の多くは，ブラックホールに関するもので，関心の高さを伺わせた。

午後には，会場を京王プラザホテルに移し，「宇宙科学講演と映画の会」が行われ，中・高校生を中心に260人の参加者があった。

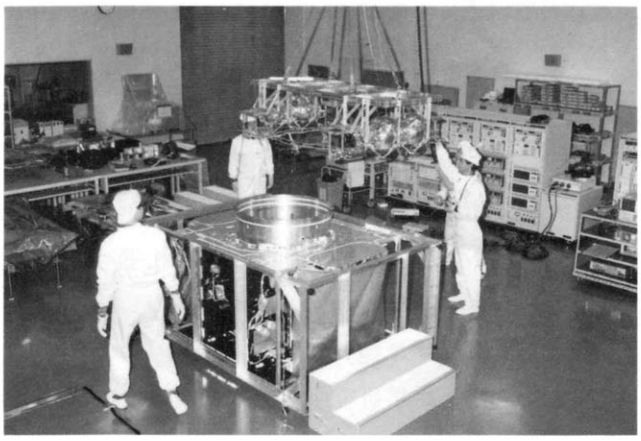
秋葉所長の講演「ペンシル，M-V，H-II，そして……－宇宙推進技術の潮流－」に続いて，北海道大学山本教授による「惑星の素顔と生い立ち」と題した講演が行われた。参加者から素朴な疑問が次々に飛び出し，応援に駆けつけた講師も説明に窮する場面もあり，会場は熱気に包まれた。

質疑応答の後，映画「Welcome to ISAS」を上映し，会は盛況裡に終了した。（丸山謙一）

★MUSES-B　FM総合試験始まる

11月１日より，飛翔体環境試験棟のクリーンルームにおいて，MUSES-BのＦＭ総合試験が行われている。機器の最終組み付けと動作確認を行いながら衛星を完成させていくもので，来年７月まで続く。約９ヵ月にわたる長い試験である。まず一連の電気総合試験が行われ，年を越して，１月末から温度試験に入る。２月後半には大型展開アンテナが衛星に組み付く。その後，機械環境試験，等々と続く。一次嚙み合わせ試験などで検出しきれなかった問題を，ハードウェア，ソフトウェアの両面にわたって全て出し切り，打ち上げに向けて万全の状態にもっていくよう，関係者一同，全力で試験に取り組んでいる。

また，MUSES-B衛星運用のための地上系の一環として，臼田にKuバンドのリンク局を整備してきたが，10月から11月にかけて総合的な試験を行い，システム全体の機能・性能等を確認した。ここに併せて報告させて頂く。（廣澤春任）



M-V事情

★M-34TVCシステム試験

M-V型ロケット1号機第3段用TVC(推力方向制御)装置のシステム試験が11月1日～17日の期間，日産自動車研究開発センタ（川越）において行われました。本TVC装置は可動ノズル方式であり，アクチュエータが電動式となっていることを除けば，1段ステージの可動ノズル装置とサーボ系の構成はほぼ同等のものとなっています。

試験は，サーボアンプやノズル偏向角補正用ポテンショメータの調整に始まり，ノズルの動特性試験（ステップ応答)，そして，周波数特性の同定まで順調に行われ，間近に控えている制御系モーションテーブル試験に向けて良好なデータが取得されました。

開発過程を振り返ると，度重なる電動モータの不具合や1回目の地燃におけるアクチュエータハウジングの破損など，決してその道のりは平坦ではありませんでした。その意味では，まだまだ油断はできませんが，宇宙研のロケットとしては初めて第3段ステージに導入されたこの姿勢制御装置も，ようやく完成の域に近づいたわけであります。（森田泰弘）

★SFUの訓練演習

SFUの回収に関わるNASAとの共同模擬演習が11月21日夜9時から翌22日昼の12時まで2チームの訓練演習として行われました。この演習はJIS#7（ジョイント・インテグレーテッド・シミュレーション）と名付けられ，シャトルの飛行やSFUの回収手順を実際の運用時さながらに行う訓練です。この演習は，SFUの相模原オペレーションセンタ(SOC)，（こちらヒューストン，ピー，で有名な）シャトルを運用するミッション・コントロール・センタ(MCC)，米国でSFU代表者が駐在するカスタマ・サポート・ルーム(CSR)，若田さんなど宇宙飛行士が詰めるシャトル・シミュレータ，そして演習問題を出す日米両国スタッフ室を多元同時運用する大掛かりなものです。訓練参加者も，シャトルに乗り込む宇宙飛行士，ジョンソン側のフライト・ディレクタ／各担当スタッフ，日本側のフライト・ディレクタ／各担当スタッフ全てが実際のシフト通りに参加しました。訓練は通常のシャトルとSFUとの回収運用を行いながら，訓練出題チームから色々な難問が出題されますが，運用中の限られた時間の中で的確に対応できる様に運用タイムラインの習熟と不具合に対する判断力を高める事や日米間の言葉の障壁を取り払う事を目的としています。

最初のチームへの出題は，地球センサが次々と壊れた(SFUへの出題)，シャトルのロボットアームに不具合が生じた(宇宙飛行士への出題)，命令の実行検証ができなかった，SOCからMCC，MCCからNASA地上局，地上局からリレー衛星，衛星からスペースシャトル，シャトルからSFUへ送信される指令系統が途中で切れた，というものでした。出題チームが予定していない本当の不具合も発生しましたが，最良と思われる対処がされました。二番目のチームへは，リアクション・ホイールの不具合，バッテリの不具合，SFUの太陽電池パドルが二つの異なった理由で収納出来ない，という想定問題が出題されました。太陽電池パドルの問題

ではSFUを回収することを第一目的とすることから両パドルを切り離すという決断が行われました。今後，訓練の評価が行われ次の共同模擬演習や実際の回収運用に反映されます。年内にあと2回の訓練があり，年明け早々に最後の訓練が行われた後，いよいよ実際の回収が行われます。写真は，SOCの訓練の様子です。（清水幸夫）

★プリクーラー付ATREXエンジン地上燃焼試験

宇宙研で開発研究を進めていますエアーターボ・ラムジェット(ATR)エンジンは大気中から吸込んだ空気を燃料の液体水素で冷却し，推力と比推力を飛躍的に改善する空気吸込式推進エンジンです。これまでに空気を冷却するプリクーラーの熱交換特性を調査する基礎実験を行い，これらのデーターに基づいてATREX-500エンジンに組み込むプリクーラーを設計･試作しました。今年度はプリクーラーをATREX-500エンジンに組み込んで，プリクーラーの性能とエンジンの総合性能を調査することになりました。また，水素と空気の混合を促進し燃焼効率を改善するため，燃焼室内に噴射する水素と空気に旋回流を形成するスワールミキサーも併せて試験します。

9月に実施しました試験（ATREX-7）では，液体窒素を用いてプリクーラーの耐圧試験および空気および水素側の圧力損失を調査しました。

今回の11月実験（ATREX-8）で，液体水素を用いて

プリクーラー付ATRエンジンの試験を行っています。11月21日に世界で最初のプリクーラー付ATRエンジンの試験が行われ，ほぼ計画値に近い性能が確認されました。プリクーラーは直径３㎜の6720本のチューブから構成されており，試験中は超小型ビデオカメラで内部の状態を観察していますが，チューブ表面が白色になる程度で着氷は予想外に少なく，着氷による空気流の圧力損失は認められませんでした。エンジンの推力および比推力はプリクーラーのない場合に比較してそれぞれ2.3倍および2.0倍に向上しました。また，スワールミキサーによって燃焼効率が88％に改善されたことも推力および比推力の向上に寄与しています。

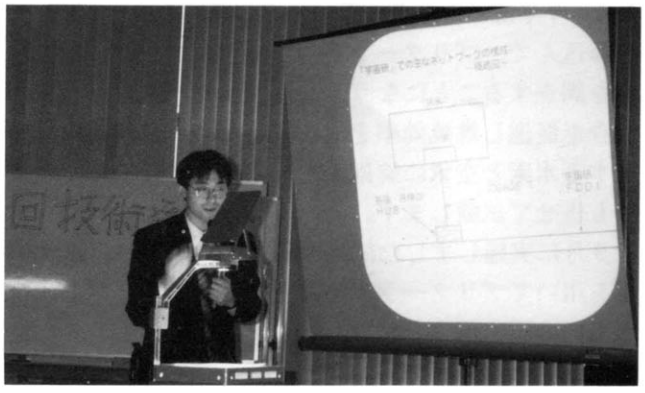
11月25日から今回の試験の最終目標でありますエキスパンダーサイクルにして更に３回の試験を行う計画です。（棚次亘弘）

★第二回技術発表会開催される

さる11月22日，技術職員（技官）による第２回技術発表会が開かれました。この発表会は，公務員の研修制度の一環として技官の資質向上を目的に設けられた技官研修検討会（小川原座長）により立案されたものである。すでに気づかれた方もあろうが，一昨年の第１回は，やはり秋に所内教官によるロケット工学および宇宙科学の諸講演とマッキントッシュの初級講座との連続３日間にわたる初の技官集合研修の最終日があてられた。

さて，今年度の特徴は，５人の技官の検討委員を中心としたワーキンググループが主体となって進めたことと，はじめて都内の大学と文部省直轄研に案内状を送り内輪の催しから一歩踏み出しだことである。

東大工，生産研，東工大工，資源研と天文台からの５人の出席者を迎え９時30分，所長挨拶に続いて始まった発表会は，午前４人，午後６人が各25分を時には大幅に延長し，所長の言われた“自然体”で発表，討論し，最後に第４回ノルウェー実験（94年）のビデオで締めくくる内容の濃いもので，小川原座長の講評を戴いて終了した。今年度の集合研修は既に終了した日産自動車見学会と今後に予定されるパソコン，機械工作等の小規模に別れた研修により完了する予定である。この研修のもう一つの狙いは，技術の専門性を高め専門行政職への移行を実現し併せて待遇改善を目指すことにある。会終了後の二十数名による懇親会は，日頃の仲間や実験班同士の会とも違ったあったかで新鮮なものとなった。なお今回の参加者は45名の技官をはじめ60名を越えた。研究と技術を考える上でもっと教官の出席があったらと思う。（横田力男）



★スペース赤外線天文台（ISO）の打上成功

ESAは，12年間の開発期間と総額1000億円近い巨費をかけて準備してきた赤外線衛星（ISO）を11月17日２時20分に南米，フランス領ギアナにあるアリアン発射場から打ち上げた。当初打上げは11月11日が予定されており，文部省の根本氏，主計課長の佐々木氏とともに招待されて出かけた。ところが，発射10時間前に搭載コンピューターのボードの一枚に不具合のある可能性があるということでその点検に数日かかると言うことになり，200名近い見学者は打上げを見ずに引き上げた一週間後の打上げであった。これでＩＳＯは，IRAS，COBE，IRTSに続いて第４番目の赤外線衛星になった。ISOには，赤外線カメラ，測光器，分光器など４種類の観測器が搭載されており，様々な観測ができる多目的，汎用の天文台形式を採用した初めての赤外線衛星である。そのため，世界中の1000人を越える研究者から，太陽系天体を初め，原始銀河の探索まであらゆる種類の観測の提案がされている。ＩＳＯの軌道は近地点1000㎞，遠地点70000㎞の長円軌道に設定され一周24時間で地球回転と同期して回る。しかしながら，長円軌道であるため対地球の角速度が大幅に変わり，当初ESAが用意した一局の受信局（マドリド近郊のヴィラフランカ局）だけでは全周回期間の観測は出来なかった。それを，日米共同で第２受信局（ゴールドストン局）を追加して運用することによって24時間体制の観測を可能にした。これで，短寿命の液体ヘリウムを積んだ赤外線衛星にとってかけがえのない観測時間を100％活用できることになった。その見返りに，我が国の研究者にも専有の観測時間が与えられ，また，公募観測にも応募できる権利が与えられ，数十人を越える研究者が観測に参加することになっている。ISOは今世紀中に上げられる最大にして最後の赤外線衛星であり，これによって新しい赤外線天文学が開かれるものとして世界中の研究者から大きな期待がかけられている。打ち上後，すべての計器は正常に働いており，観測開始に夢が膨らんでいる。（奥田治之）

★平尾邦雄名誉教授に勲三等旭日中綬章

本研究所平尾邦雄名誉教授がこの度の秋の叙勲で勲三等旭日中綬章を受章されました。わが国の宇宙科学の発展に尽力されたご功績につきましては今更申し上げるまでもありませんが先生はISASニュースの生みの親でもいらっしゃいます。産みっぱなしではなく初代編集委員長として今日の基盤を築かれました。近くはお祝いを兼ねた忘年会を，中期的には1998年に日本で開催される宇宙科学の分野における最大の国際集会COSPARを楽しみにしていらっしゃいます。

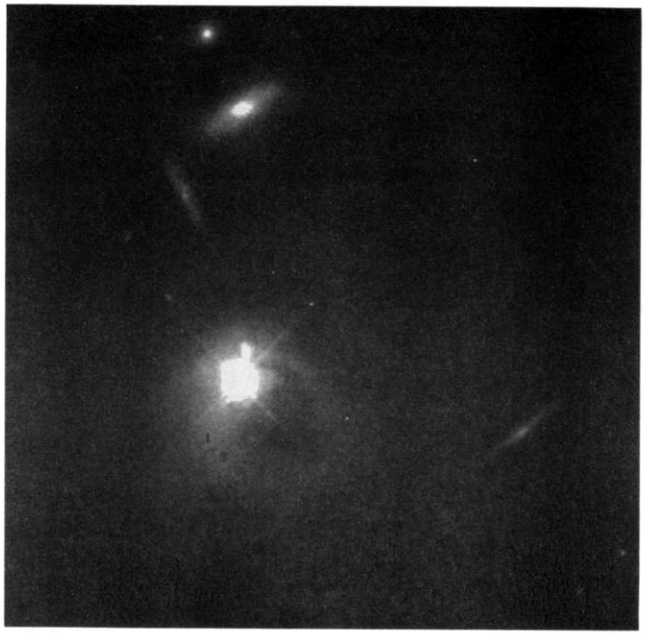
（松尾弘毅）

クェーサー(QSO)のはじまり(その2/2)

東北大学理学部　谷口義明

前月号で，クェーサー（QSO）の実体は遠方の銀河で，しかも銀河中心核に巨大（大質量）ブラックホールをもっているものであること，したがってクェーサーの誕生の謎を解くことは大質量ブラックホールの生因を解明することであると書いた。そして，この謎を解くにあたっては，クェーサーの共通の特徴，すなわち，周辺の電離ガスが炭素，酸素，窒素，鉄などの重元素をたっぷり含んでいる（重元素汚染）ことが説明できる必要がある。このような重元素は，星の一生の最後に起こる超新星爆発によってしか作れないというのが定説である。クェーサーは宇宙誕生後10億年あたりという宇宙初期にも見つかっているので，このころまでに大量の星が生まれてさらに超新星爆発を起こすことを説明しなければならない。

重元素汚染を伴った大質量ブラックホールの形成。重元素汚染を星起源だとすれば，結局「激しい星生成を伴った大質量ブラックホールの形成」を説明しなければならない。しかも，100億光年彼方のクェーサーも近傍のクェーサーもほとんど同じように作る必要がある。これは結構厳しい制約条件である。宇宙論屋さんが考えるような宇宙初期のブラックホール形成では説明がつきそうにないと考えるのは私が天文屋のせいかもしれない。現在のところ，皆がすぐ納得するようなクェーサー形成機構はまだないと言ったところだろう。ちなみに近傍の宇宙の観測から言われているのは「銀河の合体説」である。銀河にガスが含まれていれば，合体によって激しい星生成が起こることは知られている。そして，銀河の合体は銀河中心核の合体も意味する。銀河中心核に太陽の100万倍程度のブラックホールがあれば10個程度の銀河が合体すれば大質量ブラックホールを作ることが可能になる。何故10個でよいかと言うと，ブラックホールは合体する途中でガスを食べて太れるからである。クェーサーは銀河群や小さな銀河団に属していることが多いことも合体説を支持しているように思える。宇宙誕生後10億年しか経っていない状況では銀河はまだその形を整えていないだろう。銀河中心核はこの時既にできていたのだろうか。もしできていれば，合体説は有望になる。



銀河と合体しつつあるクェーサーPKS2349（もっとも明るい部分)。銀河はクェーサーとの相互作用で大きく変形している。(NASA提供)

天文屋はどうしても現実に起こっている現象を手がかりに発想を広げていく。近傍の宇宙を見ただけで100億年を理解できるとは限らないし，我々はこれからも新しい観測事実に出くわして一喜一憂するのが常である。それでも，今日のところはとりあえずこんな感じでよいかな，などと納得してしまう。天文屋は本当に楽観的である。おつきあいされる方々の苦労が身にしみて分かる今日この頃である。

余談になるが，私は現在考えられているクェーサーのエンジン（ブラックホール＋降着円盤）はひょっとしたら間違っているのではないかと考えている。この標準モデルは非常にシンプルで美しい。しかし，それ故にクェーサーなどの活動銀河核の観測を上手く説明できないことが思った以上に多いのである。厳しく言えば，説明できているのはクェーサーの放射する光度だけかも知れない。クェーサー発見の当時はこの光度を説明するだけで一定の満足を得られただろう。そして，自然はシンプルであるという理念はそれに拍車をかけたに違いない。しかし……。実は我々はブラックホールを使った別のエンジンがあることに気がついた。このエンジンを採用すると美しく伸びる電波ジェットも，最近のコンプトン・ガンマ線天文台が検出しているガンマ線も，光度の低い各種のセイファート銀河もまさに統一的に理解できるのである。時代が変わるかも知れない。　　（たにぐち・よしあき）

東奔西走

南米フランス領ギアナ宇宙センターを訪れて

佐々木和彦

ESA（欧州宇宙機関）より招待を受けISO衛星打上げのため，奥田先生に文部省担当官と共に随行し，日本の裏側に近い南米大西洋岸にあるフランス領ギアナを訪れることとなった。

ISO衛星は，世界で今世紀最大のしかもヨーロッパとしては初めての赤外線天文衛星であり，星の誕生，銀河の中心，あるいは宇宙論に関わる精密赤外線観測を行うことができる学術的に極めて貴重な機会として，世界の天文学者から大きく期待されているものである。

ESAが中心となって衛星をとりまとめ，ロケット打上げは，アリアンスペース社がギアナ宇宙センターで実施するもので，ISO全体経費は約1000億円である。日米両国も共同観測に参加しており，このうちISASは，ISO観測支援に要する経費約８億円を負担することとなった。ESAとの国際共同研究でISASが経費負担するのは初めてである。

出発に先立ち黄熱病の予防接種を受け，直前にはISO衛星（V80）打上げ予定日がV79の打上げ遅れにより11月７日から10日に変更される慌しさであった。

フランス領ギアナには，パリからの直行便があり，今回は各国からの研究者，ジャーナリスト及び関係者を含め招待者が200人近いため，パリ～ギアナ・カイエンヌ間をチャーター便で大西洋を横断し，約８時間の飛行で到着した。（日本との時差は12時間）

ギアナ入国審査では，ビザの必要の有無をめぐって私達３人足止めを食うというハプニングはあったが，ISO衛星一行ということでパスすることができた。

空港から出るといきなり汗だくになる暑さである。ギアナは赤道地帯に位置し，一年中30度を超える熱帯気候であり，また，北海道より大きい面積ではあるが，人口は約10万人と極めて少ないところである。

いよいよ打上げ当日の11月10日を迎えた。首都カイエンヌから約65km離れたクールーギアナ宇宙センターへ専用バスで約１時間かけて移動する。

基地の会見場にて，各担当局長よりフライト80とその衛星に関するプレゼンテーションがあった。

博物館へ移動し，初めて一同が会した。奥田先生に各国の参加者が次々と語りかけ握手を求め，それににこやかに対応される御姿がとても印象的であった。

やがて，昼食中くつろいでいるとESA担当者から突然，重大発表がなされた。「打上げ延期」の決定である。場内は悲鳴に近いどよめきが起り，騒然となった。延期の原因は，ISO衛星自体ではなくロケット側の搭載コンピュータのボードの１枚に不具合の生ずる可能性があるためということが後にわかった。

滞在中の打上げがなくなり参加者の落胆は大きかった。日本であれば大変な事態になるものがESA担当者は意外にも平然としていたのには驚かされた。年に10回もの打上げを経験しているからであろうか。

遥か遠い南米の地でアリアンロケットの勇姿と閃光轟然として迫力ある打上げを自身の眼で見，成功の感激を共有したかった。しかし，ISO衛星に愛想（アイソ）を尽かされてしまったのである。

暫くしてロケット射場を案内されたが，ISO衛星を搭載したアリアンV80は燃料が注入されており危険なため，近づくことができず遠くから眺めるしかなかった。

したがって，私達は来年に初飛行が予定されているアリアン５型の組立て棟，射点，固体ブースタの燃焼試験施設（能代ロケット実験場のような横型ではなく縦型）を中心に見学することとなった。アリアン５型はアリアン４型の1.5倍の打上げ能力を持つ大型ロケットで，直径5.45m（M-Vは2.5m），全長51.37m（同30.8m），２つの固体ブースタがM-Vとほぼ同じ大きさであり，下から見上げると首が痛くなる程でその迫力に圧倒された。

ロケット打上げ基地の面積は約９万ha（鹿児島宇宙空間観測所の1250倍）と途方もない広大さで海岸沿いに約50kmの長さになっている。

最終日には，クールーの北方数海里沖にあるサリュ諸島への小旅行となった。今から約40年前まで100年程続いた政治犯専用の徒刑場跡を見て歩き，有名な徒刑囚パピヨン等が住んでいた暗くて狭い部屋に入り，古傷のあるコンクリート壁，頑丈な厚い扉に胸痛む思いであった。現在サリュ諸島は，ギアナ宇宙センターの所有地となっており，色取り取りの花が咲き誇る椰子の緑に覆われた美しい島々である。また，追跡ステーションとして使用されている島もある。

島での昼食後，ＥＳＡルトン長官より「ISO衛星は責任をもって打上げる。打上げだけがすべてのミッションではない。各国の研究者同志のコミュニケーションが大切である」との挨拶があり万雷の拍手となった。

船上より望んだ燦々と降り注ぐ太陽，キラキラと輝く大西洋は，困難を克服し絶えず宇宙への探究にチャレンジしている科学者達の未来を祝福しているようでとても眩しかった。（ささき・かずひこ）

〈追記〉

帰国後，１週間遅れの11月17日打上げは成功し，ISO衛星の軌道投入も確認された。多大な観測成果を期待して止まない。

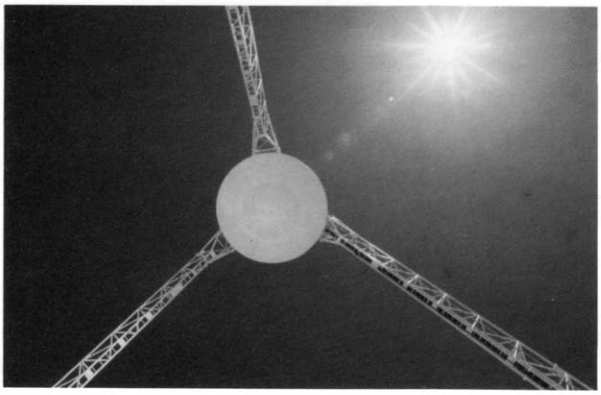
小宇宙

宇宙通信工学（1）
科学衛星やロケットのための通信

廣澤春任

現在，宇宙研では，６つの衛星を追跡しています。高度およそ500kmから700kmの間の円軌道を回る衛星「あすか」と「ようこう」，遠地点高度１万kmの楕円軌道をとる「あけぼの」，長い間，月以遠まで飛行し，最近はより近いところを廻っている「ジオテイル」，ハレー彗星を目指して飛び，その後太陽の向こう側を廻ってきた深宇宙探査機「さきがけ」，それに，スペースシャトルによる回収を待つSFU，の６つです。これらの衛星の追跡，衛星との交信は，マイクロ波帯の電波を用いて行われ，通信工学技術活躍の場となっています。

衛星やロケットなどの飛翔体から，観測データや計測データを電波を用いて地上に送ることをテレメトリと言います。一方，衛星やロケットに向けて，指令を電波で送ることをコマンド（丁寧に言うときにはテレコマンド）と言います。衛星の軌道を決めるために，衛星までの距離と衛星の視線方向の速度をやはり電波を用いて測りますが，距離の測定をレンジング，速度を測ることをレンジレートの測定，あるいはドップラー測定と言います。



衛星打ち上げロケットや観測ロケットの追跡では，レーダが重要です。レーダは，高速度で飛翔していくロケットを追いかけ，距離と方向を高い精度で測定します。

宇宙通信工学は，このような衛星やロケットの追跡，観測データおよび指令の伝送，さらには通信衛星で行われるデータ中継など，宇宙に関わる通信技術を研究の対象とする工学分野の総称です。

衛星やロケットとの間の通信は，衛星やロケットに搭載される機器と地上局との間で行われます。搭載機器は，重量，消費電力，寸法などの厳しい制限のもとで，必要な機能を満たすように製作されなければなりません。高い信頼性は絶対条件です。一方，地上装置の方は，搭載装置の負担を軽くするということも一つの理由となって，一般に，相当に大がかりなものとなります。

科学衛星を対象とする通信の中で特徴あるものに，深宇宙通信があります。深宇宙探査機までの距離は天文単位（AU，１AUは１億5000万km）を用いるのが適切なほど大きくなります。電波のパワーは距離の２乗に逆比例して弱くなりますが，例えば距離1000kmと１AUの比の２乗を計算すると，225億分の1（通信の分野でよく使うデシベルを用いて表すと，－103dB）という小ささです。宇宙研では，「さきがけ」，「すいせい」のミッションにおいて，深宇宙通信のための基本システムを確立しました。臼田の直径64ｍのアンテナがその中核をなしています。

科学衛星やロケットのための通信はミッションを支える重要部分であり，日々確実に働くことがまず第一に要請されますが，それとともに，宇宙研のプロジェクトの今後の新たな展開へ向けて，新しい課題への取り組みがいろいろとなされています。現状から，幾つか例を挙げてみます。

（イ）M-Vロケットに向けて開発してきたKSCの新精測レーダが，このほど完成しました。最新技術を駆使した追跡レーダです。（ロ）MUSES-Bでは，位相安定度の高い基準信号を地上局から衛星に向けて送り，衛星搭載の電波天文観測機器に供給します。フェーズトランスファーといい，スペースVLBI衛星に必須の新しい技術です。（ハ）天文観測衛星ではテレメトリの高速化が緊急の課題で，ASTRO-Eでは伝送データレートを，一挙に，従来の10倍にします。そのための搭載系，地上系の設計を開始しています。（ニ）KSCに新しい衛星追跡管制システムを整備することを計画しています。目下概算要求中で，96年度から着手できることを期待しています。製作には３年かかりますが，実現すると，KSCの衛星追跡は２局体制になります。

ISASニュースの編集部では，宇宙通信工学という連載を企画されました。今回はその導入部に当たります。次回以降，基本的な事柄から応用まで，順次，内容のある解説・紹介がなされていくことと思います。

（ひろさわ・はるとう）

風洞実験事始め

佐藤　清

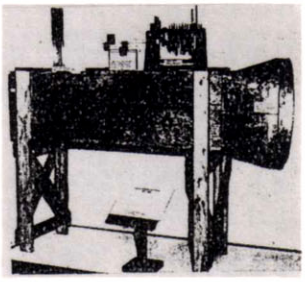
「いも焼酎」の原稿依頼を受けた時,「自分は長い間,宇宙研の禄を食んで来て,一体何をしたのか」と言う事が脳裏をかすめ,自問自答の末,胸を張って人様に言える程の事が,何も無い事に改めて気付き,困惑した次第です。

私が子供の頃には,冬に良く焚火をして暖をとったものですが,一人の時は,何処に移動しても自分の立つ方向に煙が来る現象を,大変不思議に感じた記憶があります。今思えば,この事が「物体周りの空気の流れ」に就いて,疑問をもって意識した最初で,この体験が,私の風洞に対する興味と,思い入れに少なからず影響を与えたものと思います。

私が初めて風洞を見たのは,1957年,理工学研究所駒場キャンパスの2メートル低速風洞でした。時代は,戦後暫く停止されて居た,航空関係の活動が再開されて数年が経過した頃でした。当時,卒業間際だった学校の掲示板で「風洞実験補助員アルバイト募集」の貼紙を見て,風洞に対する興味から訪ねたのが,河村龍馬先生の研究室でした。仕事は,翼型の風洞実験で,失速に依る空気力の変化や,剥離の可視化に初めて触れ感動しました。同じ頃,国内航空機メーカの共同生産による,中型輸送機（YS-11）の研究開発が始まり,戦争の被害を免れた研究所の風洞に試験の依頼が集中し,連日実験に明け暮れしている内に,とうとう研究所に居着いてしまいました。

その後,変圧風洞や遷音速風洞での試験を手掛ける内に,1962年には「超音速気流総合実験室」が駒場キャンパスに建設されました。風洞装置の完成と共に,調整並びに検定試験に携わり,特に当時の国産第1号であった極超音速風洞の調整試験では,高温・高圧・高マッハに対する技術的な経験不足から,正常な計測データの取得にかなり苦労しました。この試験で辛島先生のお手伝いをし,高速空気力学の指導を受けたのが縁で辛島研究室に所属する様になりました。

風洞装置もハード部分は,昔も今も余り変わっていませんが,データ計測に関しては日進月歩で,初期には,空気力を台秤型式の天秤で,圧力をマノメータで,データ処理を手回しのタイガー計算機で行っていたものが,コンピュータによるデータ収録処理システムに変わった時期には,計測技術の修得に,古い頭で悪戦苦闘した記憶があります。その後,駒場・相模原両キャンパスを通じて,主に飛翔物体の空力特性や空力加熱に関する試験研究に携わってきました。



一方,風洞の起源を遡ると1871年,イギリスのフランシス・ウェンハムによって,世界初の風洞が作られ,1900年代に入ると,アメリカのライト兄弟がグライダーによる滑空の試験段階で,測定断面が40cm角,全長1.8mの風洞(写真)を作り,翼の揚抗特性や機体の安定性を実験的に調べました。この実験データが,後の,1903年12月17日「キティーホーク・フライヤー号」による,人類初の有人動力飛行の成功に重要な役割を果たしました。その後,今日に至る迄の航空機やロケットの目ざましい発達は,風洞を抜きにしては語る事は出来ませんが,身近な処での,風洞実験による効用の一端を御紹介致します。

管制センター棟横には,此れ迄数々の科学衛星を打ち上げて来た,M-3SII型ロケットの模型が展示されていますが,補助ブースタの先端に半球形状の物体が突き出ているのを,皆さん不思議に思われた事と思います。これは,超音速では先端衝撃波の背後に機体を入れると空気抵抗の低減がはかられる,空力スパイクと言われる方法で,雛田先生と行った風洞実験の結果では,マッハ数：2.0,動圧：0.716kg／㎠の実験条件において,抵抗係数で約0.2の低減が確認されました。この数値はロケット全抵抗係数の約11%強に相当し,スパイク装着の重量増加を差し引いても約2kgの搭載観測機器の増量が可能となり,ハレー彗星探査機「さきがけ」の成功に大きく貢献しました。

宇宙研の長い歴史での一時期でしたが,所の一員として,皆様方の御指導とお力添えに依り,何とか軟着陸を果たせた事を感謝すると共に,宇宙研の尚一層の発展と,皆様方の御活躍を願いつつ筆を置きます。

（さとう・きよし）

ISASニュース　No.177　1995.12.　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。