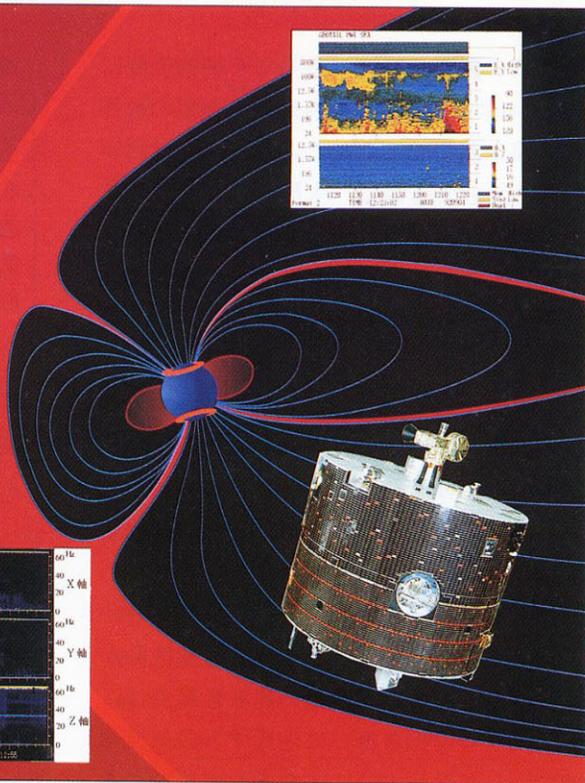
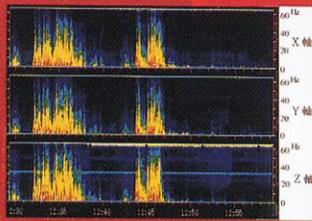
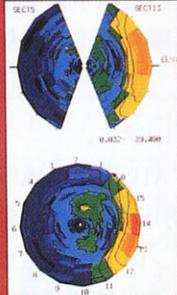


ISTP



宇宙科学研究所
1992.10 No.139

INTERNATIONAL SOLAR-TERRESTRIAL PHYSICS



〈研究紹介〉

宇宙空間で測る — 衛星からの電磁干渉との戦い —

宇宙科学研究所 山本 達人

宇宙空間で物理量を測定する。これが科学衛星の基本使命である。飛翔体による測定方法は、間接的計測であるリモートセンシングの手法と飛翔体の位置での物理量の直接計測に大別される。我々は目的に応じその手法を選択するわけである。観測対象・測定手法を検討した後、搭載用の測定機器を製作する中では、機器の信頼性の向上に努める（打ち上げ後に生じた故障は一般に修復不可能である）と共に機器性能の向上の為機器自身のノイズレベルの軽減に多くの労力を費やしていく。

リモートセンシングの手法では、通常電波と呼ばれる数kHzの周波数領域からX線領域までの広範囲の電磁波が観測対象となり、主に自然界が発生する電磁波を計測し発生領域或いは伝搬してくる空間の媒質情報を間接的に取得する方法である。

この手法では発生領域・伝搬領域が一般に非常に遠方であるため、「測定をする」という行為自体が発生・伝搬領域を乱す事は無視しうる。しかし、測定対象となる電磁波の周波数領域に飛翔体からのノイズが存在すると大きな問題となりうる。

直接計測の対象となる物理量としては、飛翔体位置での磁場・電場・電磁波動・荷電粒子・中性粒子等がある。これらの物理量を測定する時は、「そこに人工衛星が存在する」事自体が測定量に対し大きな影響を与える事となる。その1つは一般にContamination Control（不純物規制）として規制されているもので、衛星自身が「汚れている」為に計測機器のセンサー部分を汚しその表面特性を変える或いは偽のデータを出してしまう事である。不純物の影響を軽減する為に不純物規制に

ある。不純物の影響を軽減する為に不純物規制に基づく厳しい環境条件下で搭載機器・衛星の製作がなされる事が義務づけられている。また飛翔体が宇宙空間に存在する時は、太陽光により飛翔体表面より光電子が放出され一般に正電位に帯電する事となる。この事実は回りの空間と飛翔体の間に電位差を生じさせ電場計測・低エネルギー荷電粒子の計測の大きな障害となる。局所的な帯電により周囲の電位分布の歪を大きくしない為、電場荷電粒子の計測を目的とした衛星では衛星外壁の導電処理が義務づけられている。さらにGEOTAIL衛星ではイオン源を積極的に搭載し衛星自体の帯電を能動的にコントロールする事が試みられる。

直接計測の対象となる物理量で飛翔体の存在が大きく影響するものとして、静磁場・電磁波動がある。観測対象となる電磁波動の周波数範囲は、プラズマのマクロな振る舞いに起因する磁気流体波（周波数としては殆ど0、すなわち直流的である）から、媒質のプラズマ周波数で規格化出来る程度（領域によるが一般には10MHz程度）までと非常に広域にわたる。一方、飛翔体内には電子回路・バルブ等多数の制御素子が存在し、電子回路はアナログ・デジタル共多様性に富む電流・電圧制御を行っている。むき出しにされた電極は小さくてもアンテナとして働き周囲にノイズとしての電磁波を放出しうる。電流ループが形成された場合はコイルとして静磁界を発生すると共に、ループアンテナとして電磁波も放出する。多くのバルブ・リレー等には磁石を用いた制御がなされている。これらは静磁界を発生する。磁石等の強磁性体でなくとも、純粋に非磁性の物質を使わない限り飛翔体の構成要素は帯磁しうる。これらのノイズの要素は、ミッションの目的として弱磁場・弱い自然界の電磁波動を計測する事がある場合、観測上大きな問題となってくる。本年7月に打ち上げられたGEOTAIL衛星では、静磁界・電磁波動ノイズの軽減を目的としてEMC(ElectroMagnetic Compatibility：電磁適合性設計基準)が設けられ、宇宙科学研究所としては初めての本格的な試験が実施された。GEOTAIL衛星の電磁適合性設計基

表1 GEOTAILでの電磁適合性設計基準

項目	規制値
伝導性ノイズ	CE01/03 (図1参照)
放射性電界ノイズ	RE02 (図2参照)
放射性磁界ノイズ	RE04 (図3参照)
低周波磁界ノイズ	1mの距離で0.03nT以下
静磁場ノイズ	1mの距離で5nT以下

準を表1に示す。

GEOTAIL衛星は地球磁気圏尾部領域（地球の夜側100万km）の探査を目的として計画された総重量約1トンの大型衛星である。探査領域での静磁場は約10nT（地球磁場の1/4000程度）と微弱であると予想され、関連する電磁波動現象の振幅も微弱と考えられる。総合試験の開始（91年秋）より搭載機器が表1に示した基準に合致している事を地上試験にて確認する作業が行われた。試験形態は、機器単体の非動作状態に於ける残留磁場の測定、動作状態に於ける放出磁場・放射ノイズの測定を宇宙科学研究所・飛翔体環境試験棟・磁気遮蔽室にて実施された。同様の試験は衛星組立後も衛星を磁気遮蔽室に入れて実施された。

ここで最初に問題となった事は、バックグラウンドとしての試験環境である。すなわち、被測定機器が入っていない状態での磁気遮蔽室の環境が設計基準を満たしていない事がままあった訳である。電磁波動の高周波成分については宇宙研内の他の試験装置からの擾乱、低周波成分については道路を通る車の振動・磁気遮蔽室自身の固有振動空調装置の振動までが問題となり、試験の形態のみならず計測をする時間帯まで考慮せざるを得ない事もあった。こうした中で衛星システムEMC試験（衛星本体を磁気遮蔽室に入れての試験）が1次噛合・総合試験を通し計5回、その前後での機器単体の試験は総計100回程度は実施された。

初めての本格的な電磁適合性試験であった事もあり、関係研究者・メーカーの多大なる努力を頂く事となった。試験・計測は、GEOTAILの磁場計測グループ(MGF)・波動計測グループ(PWI)により進められたが、電磁適合性設計基準を満たす為のノウハウは必ずしも確立していない状態であり、

計測評価をする実験グループ側も初めての経験であるが為、計測方法・評価方法も必ずしも事前の打ち合わせ通りではうまく行かず、被測定機器担当研究者・メーカーと議論をしながら深夜までの試験が続く毎日であった。(実際、深夜になると先に述べた周囲の影響が軽減するため、意味のあるデータが取得出来る面もあったが……)

機器単体試験で規制値以上のノイズが発見されると、その対処方法の検討がその場で開始された。電界ノイズの場合にはノイズ源を探す為にアルミホイルで部分的にシールドを試み、その結果ある機器はミイラの如くアルミホイルでぐるぐる巻きにされた物もある。磁界ノイズでは機器内部の電流ループ以外に、I/Fケーブルのシールド線のグラウンド点の違いによる効果も無視しえない事が確認された。静磁場の場合、対処はさらに困難を極めた。その原因が電流ループの場合はそのループ面積を小さくする事で対処可能であるが、永久磁石電磁石の場合にはかなり大がかりな対処が必要となった。漏れ磁場が弱い場合は高磁気能率の磁気シールド板で遮蔽をしたが、強い場合は殆ど効果が無く(シールド板が磁氣的に飽和してしまう為)、焼鈍した純鉄のシールドケースを新たに付加する機器もあった。これも機器の設計段階であれば、漏れ磁場を打ち消すように磁石を配位する事が可能ではあったのである。

こうして機器単体レベルでのノイズ源を退治しながら、システム総合としての電磁干渉の測定を迎えると新たな難問が続出した。多くは単体レベルではクリアされた問題が、衛星内部の電気計装を通して別の側面からノイズの放射をする事に起因している事が分かってきた。これらの問題に対しては改めて各機器のグラウンドの取り方、さらには衛星内部電気計装の見直し(伝送ラインが衛星サイズの大きな電流ループを形成していた事による)がなされる事となった。詳しくは、小嶋他(1991年)を参照されたい。

本年7月24日に打ち上げられたGEOTAIL衛星は、8月末から9月にかけて波動・磁場計測用のセンサーを取り付けたアンテナ・マストが伸展された。図4に静磁場計測用のマスト伸展後に取得された静磁場データの例を示す。詳細なデータの検

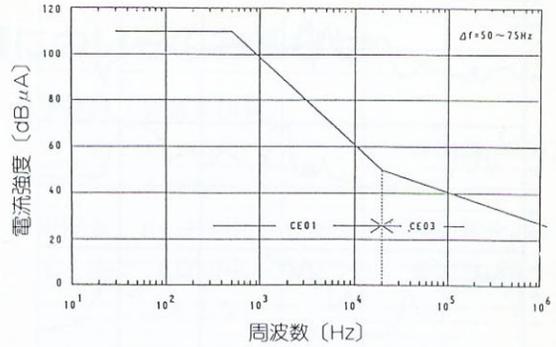


図1 GEOTAIL伝導性ノイズ規制値 (CE01/03)

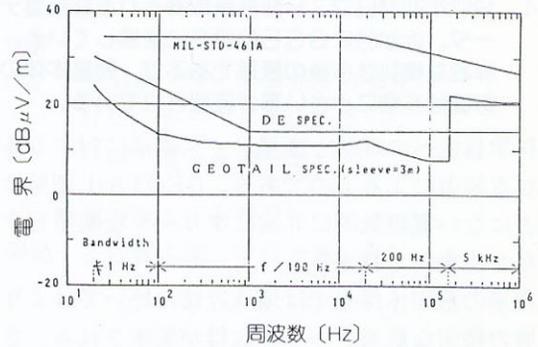


図2 GEOTAIL放射電界ノイズ規制値 (RE02)

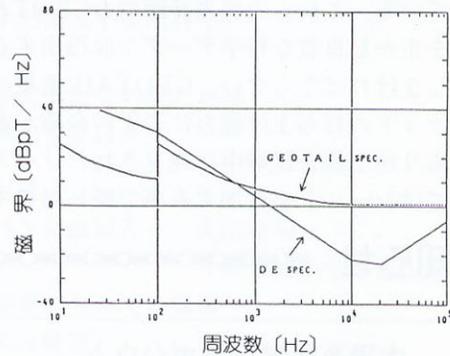


図3 GEOTAIL放射磁界ノイズ規制値 (RE04)

討は今後の課題であるが、初期テストの結果では衛星本体、各搭載機器の静磁場への影響は非常に小さい(1nT以下)事が確認された。表紙図中には波動計測用マスト伸展後に観測された64Hz以下の低周波磁場変動のダイナミックスペクトラムを示す。Z軸の32Hzに衛星内部からのノイズ放射が見られるが、観測に支障の無いレベルに押えられている。この周波数領域の観測は衛星ノイズのため過去殆ど実施されてなく今後の成果が期待される。これら取得されつつあるデータが良質である事は、ひとえに関係研究者・メーカーの本衛星計画

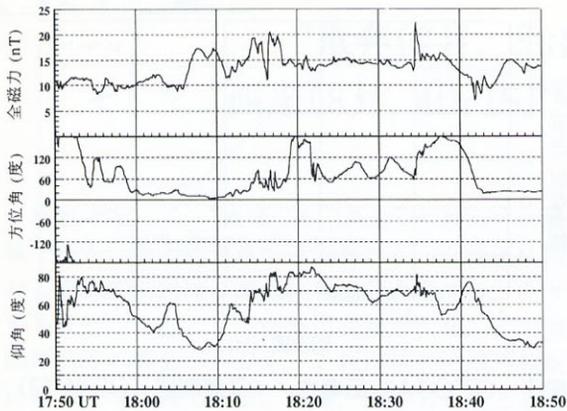


図4 1992年9月4日マスト伸展後取得された静磁場データ。近似的にGSE座標系に変換している。詳細な検討は今後の課題であるが、衛星本体の影響は非常に小さい事が確認されている。

の科学目的への理解と衛星ノイズ退治に対する多大なる努力によるものである。GEOTAIL衛星は過去にない電磁氣的に非常にクリーンな衛星とする事が出来たと言える。

将来の飛翔体探査では地球近傍に於いてはより一層の精密な観測データの取得が要求される。さらに探査機は深宇宙・惑星へと投入される事が計画されている。これらの将来計画でもGEOTAILの経験を生かし良質な科学データを取得出来る様努力をしなければならない。GEOTAIL衛星の場合、ロケットの打ち上げ能力に若干の余裕があった事も地上総合試験中に発見されたノイズ源に対してはシールドを付加する事で概ね対処する

事が可能であった。この対処方法は例外的であり、一般にはロケット能力の限界から来る厳しい重量制限の中で衛星システム・観測機器の設計・製作を行い、さらにノイズ源の対処を施していかねばならない。地上総合試験で発見されたノイズ源は、重量的な制限より対処不可能となる事が多いと考えられる。その為にも、衛星システム・搭載機器の設計段階から重量・消費電力の軽減と共に、いかにノイズを減らすかという事にも充分考慮をする必要がある。今年度より、1996年に火星周回軌道に向けての打ち上げを目指し、PLANET-B計画が設計段階に入っている。主たる目的は、火星上層大気、電離層・火星周辺のプラズマ・電磁場の基本データの取得と理解である。重量的に非常に厳しい状況で立ち上がり始めたこの計画が成功する為にも、内外の関係者の協力が必要となる。

最後に、GEOTAIL衛星での数度にわたる電磁適合性試験、ノイズ機器に対する措置に多大なる協力を頂いた所内・所外関係研究者、機器担当メーカーに深く感謝すると共に、PLANET-B計画を初めとする将来の衛星計画でGEOTAIL経験を生かせるようあらためてお願いする次第である。

(やまもと・たつんど)

【参考文献】

小嶋, 向井, 川口, 他PWI班, 「GEOTAILにおける波動観測のためのEMI対策」科学衛星シンポジウム, 宇宙科学研究所, P4-10, 1991年

お知らせ



太陽系科学シンポジウム

日時 11月30日(月)~12月1日(火)
場所 宇宙科学研究所会議場

宇宙構造物シンポジウム

日時 12月3日(木)~12月4日(金)
場所 宇宙科学研究所会議場

原子分子過程研究会

日時 12月14日(木)~12月15日(金)
場所 宇宙科学研究所会議場

宇宙輸送シンポジウム

日時 12月17日(木)~12月18日(金)
場所 宇宙科学研究所会議場

大気球シンポジウム

日時 12月21日(月)~12月22日(火)
場所 宇宙科学研究所会議場

◆問い合わせ先：宇宙科学研究所研究協力課共同
利用係 0427(51)3911 内線(2234, 2235)

★人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
4.10.1	齋藤 義文	(採用) 太陽系プラズマ研究系助手 (昇任)	
"	藤原 顯	惑星研究系助教授	京大大学院学部助手
"	田島 道夫	衛星応用工学研究系教授 (配置換)	衛星応用工学研究系助教授
"	鶴田浩一郎	惑星研究系教授 (転出)	太陽系プラズマ研究系教授
"	山下 廣順	名古屋大理学部教授	共通基礎研究系教授

アジア太平洋ISY会議についてのお知らせ

アジア太平洋国際宇宙年（ISY）会議が以下の要領で開催されます。ふるって御参加下さい。

☆期日：平成4年11月16日(月)～20日(金)

☆会場：東京・都ホテル東京及び八芳園

☆主催：科学技術庁，文部省宇宙科学研究所，
宇宙開発事業団，日本国際宇宙年協議会

☆登録料（会議参加費）

一般：30,000円(レセプション参加費，報告書を含む)

同伴者：10,000円(レセプション参加費を含む)

学 生：3,000円(レセプション参加費，報告書は含まない)

☆主要プログラム

- 16日(月) 11:00～ レジストレーション
14:00～14:30 開会式 主催者挨拶，来賓挨拶
15:00～16:00 特別講演「宇宙・物質・生命」 小田稔（理化学研究所理事長）
16:00～17:00 特別講演「宇宙と平和」 ワレンチーナ・テレシコワ（旧ソ連宇宙飛行士）
- 17日(火) セッション1 「惑星地球へのミッション」（地球環境と宇宙開発）
9:30～10:00 基調講演「地球環境と宇宙開発」 近藤次郎（学会協議会長）
10:00～19:30 講演，映画
- 18日(水) セッション2 「人類は宇宙へ」
9:30～10:00 基調講演「人類は宇宙へ」 有馬朗人（東大総長）
10:00～11:00 ふわっと'92報告 毛利衛（宇宙飛行士）
11:00～16:00 講演，映画
16:30～18:30 パネルディスカッション 「宇宙飛行士の見た地球」（秋山豊寛ほか）
- 19日(木) 午前：セッション3 「アジア太平洋の宇宙開発」
9:00～ 9:30 基調講演「プレアジア太平洋ISY会議報告」 丸山剛司（科学技術庁宇宙国際課長）
9:30～11:30 アジア太平洋地域各国の宇宙開発についての講演
午後：セッション4 「遙かなる宇宙」（将来の展望）
13:00～13:30 基調講演「未来の宇宙開発」 山野登（NASDA理事長）
13:30～14:30 NASA, ESAの将来計画についての講演
14:30～15:00 講演「宇宙科学の将来」 田中靖郎（ISAS教授）
15:00～15:30 講演「月と惑星の探査」 水谷仁（ISAS教授）
15:30～16:30 講演
17:15～21:00 パネルディスカッション 「21世紀の宇宙開発への夢を語る」
- 20日(金) 9:30～12:00 パネルディスカッション「アジア太平洋地域における宇宙開発」
14:00～16:00 パネルディスカッション「宇宙開発への期待」
16:00～17:00 閉会式

なお，同時並行で「アジア太平洋地域における宇宙科学」その他のワークショップも開かれるとともに，展示会も開催されます。



★平成4年度第2次大気球実験

平成4年度第2次大気球実験は、三陸大気球観測所で8月26日から9月8日まで行われた。当初の計画では4機を放球する予定であったが、1機は観測器の準備の都合で延期され、他の1機は準備は整ったものの上層風の条件が悪かったため打ち上げを延期し、結局2機の気球を放球した。

8月29日の朝に放球したB15-80気球は、FRPで製作した箱型の防水ゴンドラの機能テストであった。このゴンドラは海上に着水すると同時に通気孔を閉じ、以後気密を保って内部に搭載した機器を海水による損傷から保護する。ゴンドラは大船渡湾沖合15kmにパラシュートで降下させたが、その様子は回収のため待機していた船上からも目視で確認できた。着水したゴンドラは、着水時の衝撃による損傷もなく、防水性を完全に保って浮遊しており、回収後の点検でも内部機器は全て再使用可能であった。気球実験の長所である実験機器の回収・再利用をより確実なものとするため、こうした防水ゴンドラを今後の気球実験で積極的に活用してゆきたいと考えている。

9月2日の朝に放球したB30-62気球では、超音速パラシュートの実験が行われた。気球高度31kmよりパラシュートを収納したロケット型のカプセルを切り離し、51秒間自由落下させて速度がマッハ1.3に達した時点で超音速パラシュートを開傘させた。こうしたパラシュート技術は、地球周回軌道からの再突入カプセルや惑星（大気）突入プローブを手がける際に不可欠なものである。今回の実験の成功によって超音速パラシュートの空力特性などの貴重なデータを取得することができた。

(矢島信之)

★MT-135-57号機によるオゾン観測

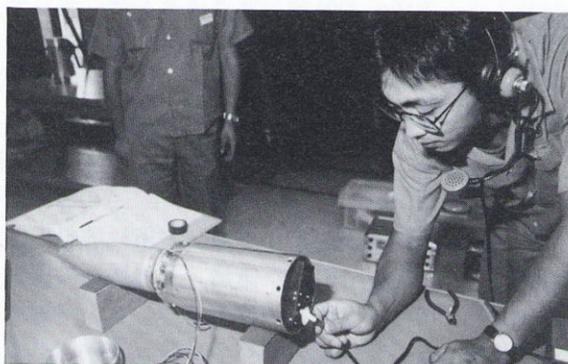
ワールドウェザーデーにあたる水曜日の9月9日に約100人の見学者が見守る中、ロケットは秋晴れの空に白煙を残して消えた。その後予定通り脱頭、パラシュートの放出が行われ、オゾンの観測が行われた。

観測を側面より支援するため内之浦実験場より

2個のオゾンゾンデを放球した。また、1990年冬に行われたダイアナキャンペーン時に協力をいただいた国立公害研究所、気象庁、名古屋大学及び京都大学のライダー、ミリメートル波アンテナ及びMUレーダに再び登場願ひ、地上観測網をしいた。本実験に先立ち、定例の全員打ち合わせの席上、担当者の渡辺筑波技術短期大学助教授にオゾン観測の成果を披露してもらい、実験班一同オゾン観測の意義を納得して打ち上げに望んだ。

ロケットによるオゾン観測は、東京大学、筑波技術短期大学が担当しており、平成2年MT-135-52号機以来今回で6回目であるが、これまでジェット気流の影響と思われるオゾン層の乱れの検出を行い、米国のSAGE II (Stratospheric aerosol and gas experiments) 衛星との同時観測を遂行した。前者はオゾンと大気力学との関連を追求する良いテーマであり、後者は衛星に搭載されている観測の経年変化をチェックするのに重要である。毎年連続してデータを取得する効果が少しづつ表われているのではないかと思う。なお、この測定器のシステムについては韓国、パキスタンから問い合わせがきており、小さいながらも優秀な測定器をもって、将来、国際貢献の一翼を担う事も大事であると考えてほしいである。

(小山孝一郎)



オゾン観測用ゾンデの動作チェック

★M-3S II-7号機噛み合わせ試験

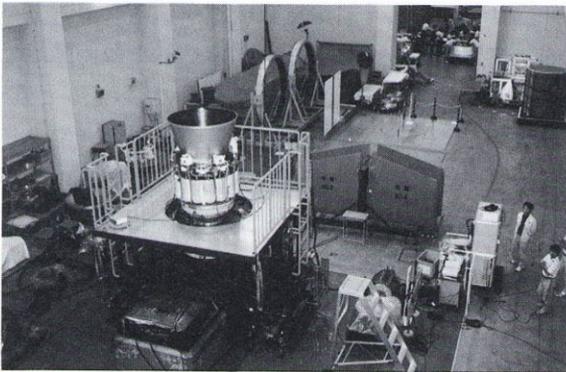
8月25日関係者全員での打合せ会で、「7号機があるいは最後の機体になるかも知れない。有終の美で飾れるよう努力してほしい」と鹿児島宇宙空間観測所長の籾田教授から檄にも近い挨拶があり

ました。

現在飛翔体環境試験棟では、平成5年2月内之浦の観測所から科学衛星ASTRO-Dを搭載して打ち上げが計画されているM-3S II-7号機の噛み合わせ試験の最中です。

この試験は飛翔前試験の一環として実施されるもので、機体の構造や機器が電気および機械的にも性能を満足しているかを確認する大事な領収試験でもあります。普段は広い試験フロアが、M13TVC/SMRC, M23TVC/SJ, B2PL, SBPL(L, R), MNTVC(L, R)といった機体で占拠され、それらの周辺を数名足らずの担当職員と共にメーカーの技術者30数名が、各自の作業責任を果すべく慎重に動き回っています。8月18日の搬入・開梱から10月5日の梱包・搬出までの間に前述機体および機器の組立て動作チェック、配線チェック、気密、振動、衝撃、動釣合、スピン・タイマ、そして衛星との組付け干渉チェック等の各種試験が一連に行われます。

今日まで幾つか発生した不具合は担当者の懸命な努力で健全性が確認されています。(平田安弘)

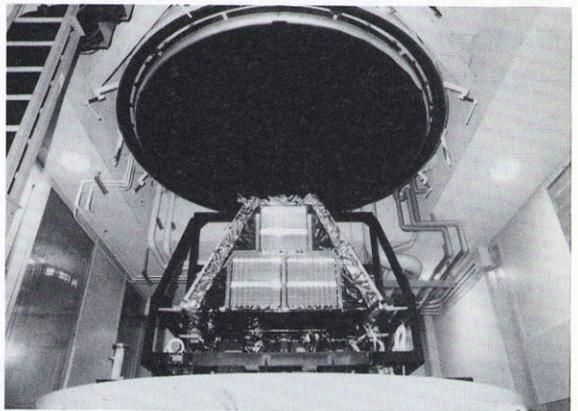
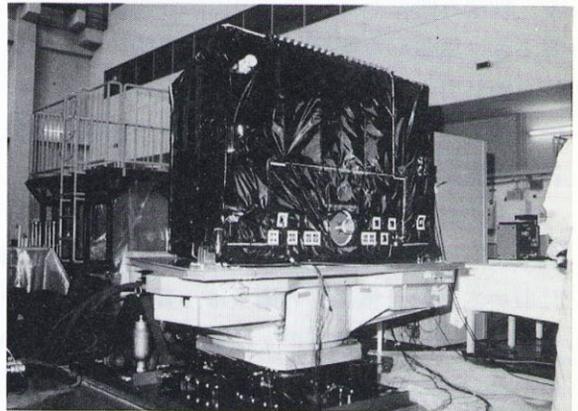


M-13TVC/SMRCの振動試験

★SFU搭載実験機器環境試験を終える

SFU1号機に搭載予定の各実験機器は、SFU本体への組み込みを前に各種受入試験を終えた。一部の実験機器は宇宙研の環境試験設備を使い振動試験、熱真空試験、温度試験、電磁干渉適合性試験などフライトモデルの認定に必要な試験を着実に終えた。宇宙研における試験は11種類の実験機器のうち、二次元展開実験/高電圧ソーラーアレイ実験の展開部の熱真空試験を皮切りに複合加熱

炉実験の振動試験まで8実験が参加し、その期間は6月から8月までの3ヵ月に及んだ。その間、非常に苦しいスケジュールにもかかわらず惜しめない協力をいただいた方々に対し、この紙面をお借りしてお礼を申し上げます。各実験は9月に入り、SFU本体に組み込まれ簡単なチェックを終えたあと、いよいよ筑波宇宙センターでの本格的な総合試験に供される。写真は電気推進実験(EP EX)などが収納されているPLU-2と呼ばれる箱の振動試験(写真上)と熱真空試験(写真下)の実施状況である。(清水幸夫)



★ASTRO-D総合試験夏の陣

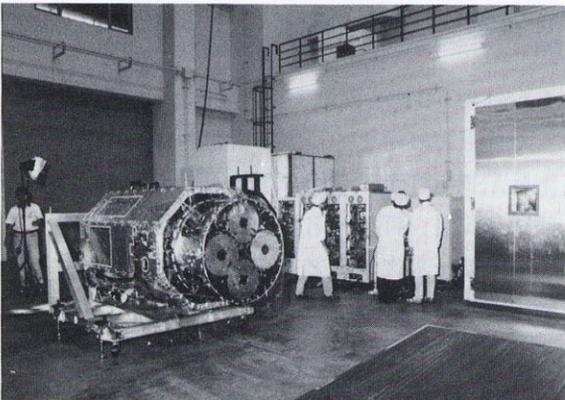
4月上旬に始まった宇宙研第四番目のX線天文衛星ASTRO-Dの総合試験も夏から秋を迎え、各種試験が目白押しである。大きな試験だけでも、7月は第一次ダイナミックバランス、システム振動・衝撃試験、お盆休み後の8月下旬に温度試験、9月上旬にシステムベーキング、そして原稿を書いている今、対ロケット噛み合せ試験の最中であ

る。この間にも色々な試験が詰まっている。衛星にしてみれば、総合試験のこの時期、振られたり、冷やされたり、温められたり、側から見ていても大変なのだが、関係者としては、出るべき問題点はこの時期に全て出し尽くしてくれないと困る(苛めているつもりは決してない)。

振動試験は、ASTRO-Dがこれまでにない背高ノッポの衛星であるため、ちょっと迫力があつた。振動音圧はクリーンブース越しであつたため、弱められているとはいえ、目の前で自分達が大事にしてきた衛星を振られるのは肝が冷える思いがする。秒読み開始から、最後の振動音が消えるまで、関係者は緊張した面持である。結果的には、構造担当の努力もあり、衛星の振動レベルは、意外に低く押えられており、振動・衝撃試験前後の各機器の電気試験も順調に終わった。

衛星の高さの問題から温度試験では、衛星を横倒しにして飛翔体環境試験棟(C棟)の温度試験槽に収められた。横倒しの衛星は、普段見なれない姿であり、いつも見るのとは異なつた視点で眺められるので、なかなか興味深かつた。試験はほぼ順調であり、一部の機器に見られた問題も、既に解決がついたようである。

衛星のベーキングはSOLAR-Aで初めて行われたが、ASTRO-Dも搭載するX線反射望遠鏡に、搭載機器の脱ガスが付着し性能が劣化しないように、あらかじめ搭載機器のガスを吐き出させることを目的とする。観測機器が高度化するに従い、衛星をどれだけクリーンにするかが重要になってくるのだ。ベーキングでの汚れが問題ある機器を



除き組み上げられた衛星は、約2週間C棟スペースチェンバーで+60℃の真空状態に放置される。この間、TQCM、低温に冷やしたサンプルミラー等でモニターを行い、軌道環境での付着物質の定量的な評価をする。結果は、現在解析中だが、衛星の素肌に研ぎがかかつたのではないだろうか。

対ロケット噛み合せ試験が終れば、熱真空試験の準備が始まり、いよいよ総合試験も最終段階に入る。残すところ、約3ヵ月。ここまでのところ、関係者の努力もあり、大きな問題もなく、ほぼ日程通り作業が進んでいるが、衛星を成功に導くため、関係者一同いよいよ気を引き締めて、試験を続ける毎日である。(紀伊恒男)

★「磁尾艇留」(GEOTAIL) 磁気圏尾部観測

GEOTAILは和名をつけないの?時々尋ねられる。プロジェクト計画の当初から日米協力で進んできたこの衛星名は、打ち上がった後もそのまま使うことになった。標記の漢字はチームの某有力者の考案によるものであるが、NASAをはじめアメリカの研究者の間でもすこぶる好評である。ともかく9月16日深夜、ついに衛星外観形状がまさに絵に描いたように整つた(別項「スウィングバイ」参照)。これからいよいよ本格的な観測開始である。それまでの初期運用期間中の「ちょっと見」の観測でも、思った以上に躍動するプラズマシートを見て担当者を興奮させるデータがいくつかあり、例えば、プラズマの流速方向が3次的に回転するどいう不思議な現象が見つかつて観測担当者の頭を悩まして、等々。

9月17日、衛星の姿勢は前日の余韻をまだ少し残していたが、観測装置のセットアップが始まつた。まず、磁場(MGF)と波動(PWI)観測データから、6mの伸展マスト先端に取り付けられたセンサーがきちんと働いていることが確認されて一安心。ひじょうにきれいな(静かな)データである。苦労した電磁干渉対策のおかげで、今までにないクリーンな衛星に仕上がつた。地球の下流77万km、但し、少し脇腹で磁気圏尾部の中に入るかどうかわつとどその境界付近に在るのではと予想していたが、もう既に磁気圏の中に入っている

らしい。静かな領域はローブと呼ばれるプラズマのきわめて希薄なところのようである。MGFのデータが奇妙な変化を示し始めた。時々、超低周波の振動が磁場のDC成分に重畳して見えていたが、そうこうするうちに磁場強度がどんどん小さくなっていく。磁気中性面の通過である。同時に低周波の強烈な波動バーストが伸展マストに取り付けられているサーチコイルのデータに見えている。一同、思わずデータのクイック・ルックの前で釘付けになってしまった。いきなり、新発見か??? このバーストは磁力線再結合問題の鍵となる等価抵抗に関係しているか??? 観測はまだ始まったばかりで、ほんの触りであろう。今後、どんな新しいデータが出てくるか、そして磁気圏物理学にどんなインパクトを与えることができるか、これからの観測に期待したい。(向井利典)

★GEOTAIL WANTS PANTS

「修正量たった8cm/sですがどうしますか？」

「修正しないと結果は？」

「月最接近距離と時刻の計画値との差、それぞれ9km、15秒。将来、軌道修正可能です！」

かくして第1回月スウィングバイに向けて9月2日と5日の2回にわたって予定された軌道修正はキャンセルとなり、GEOTAILは9月9日0時27分45秒、月から13,657kmに最接近、弟分に敬意を表して送信機をオフとしておいた月周回中の「ひてん」に数千kmの距離からエールを送りつつ、磁気圏の尻尾へと突入を開始した。

「尻尾に入るのにPANTSなしでは失礼では？」という訳でスウィングバイに先立つ8月27日、それぞれ50mの長さを持ち、先端に球のついた2本のプローブ・アンテナ(PANT)と、やはり50mの長さのワイヤー・アンテナ(WANT)2本が衛星本体からスルスルと伸展された。途中PANTSの片方がひっかかったのではとヒヤリとする場面もあったが、慎重な操作で無事終了。次いで9月4日磁場センサーの載った6mのマスト2本の伸展が行われた。一本は問題なく終了したが、もう一本の動きが悪い。重量軽減の制約からギリギリの設計を余儀なくされた伸展用モータへの負荷を軽

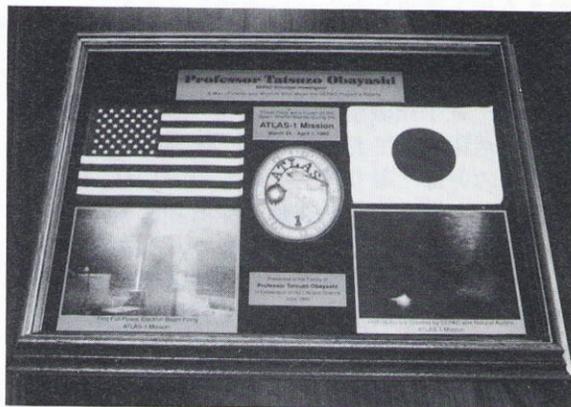
くするため、衛星のスピンを下げた後再度挑戦。無事完全伸展を確認した9月16日深夜、管制センター棟3階は時ならぬビアパーティー会場と化した。矛軟伸展物を持った衛星の姿勢制御実験という思わぬ副産物を生んだGEOTAILは、かくて本格観測体制が整ったことになる。この時衛星は地球から約74万km、月までの距離の2倍のところを飛行中であつた。(GEOTAIL追跡・運用班)

★田島道夫教授「SSDM Award」を受賞

8月下旬、つくば市で開催された1992年「固体素子・材料コンファレンス(SSDM)」において、衛星応用工学研究系の田島道夫教授は、1979年の同会議で発表された論文「フォトルミネッセンス法による高純度シリコン結晶中の残留不純物の評価」に対して、この分野で学術あるいは産業の発展に寄与し、傑出した業績を上げた研究者に与えられる「SSDM Award」を授与された。この会議は、我が国における半導体デバイス・材料の分野で最も伝統と権威のある国際会議のひとつである。(荒木哲夫)

★故大林辰蔵名誉教授にNASAから感謝状

今年2月に亡くなられた故大林辰蔵名誉教授に、NASAマーシャル宇宙センターから、スペースシャトルを用いた人工オーロラ実験「SEPAC計画」におけるご貢献を顕彰して、感謝状と写真のような額が送られてきた。なお、額のなかの日章旗は、3月のAtlantisでの実験に搭載されたものである。(河島信樹)



齋藤 敏さんを悼む

今澤 茂夫

齋藤敏さんが亡くられました。6月に不調を訴え入院してから僅か三ヵ月、あの元気な齋藤さんが疾風のように逝ってしまったなんて……信じられないことです。最近、運動不足の解消にと求めたばかりのマウンテンバイクが主を失い、寂しく眠っているのを見ると悲しみを新たにします。M-Vロケットの開発が進行する中で、昨年は中田篤君を奪われ、また貴重な人材を奪われました。こんなに毎年信じられないことが起こって良いのでしょうか。

齋藤さんは金属材料を専門とされた堀内研究室の出身ですが、ロケット実験では計測班として活躍されました。

齋藤さんと計測班の出会い、材料の非破壊検査で用いられるAEを応用した、機体制御系配管の漏洩検出器を依頼したことに始まります。次いで温度計測、圧力計測、そしてデータ処理と範囲は広がり、ついに計測班どっぶりに引き込む結果となりましたが、それが齋藤さんの人柄のままに負担を懸け過ぎ、北へ南への出張と相まって、過労に結びついたのではと悔やまれます。

仕事中の齋藤さんは、緻密で妥協を許さない厳しさがあり近寄り難いものでした。結果は一流の職人芸を見るようで、齋藤美学に支えられたこだわり、その仕事は計測精度の向上に多大の貢献を



能代実験場で計測作業中の在りし日の齋藤さん

されました。

反面、仕事を離れた齋藤さんは明朗闊達、昼は釣り、山菜採りに、夜は“ハワイ航路から陽水”までカラオケに興じ、酒量のわりに乗るところがありました。後日、奥様から重い病床の中でもご家族に心遣いを寄せられたお話を伺い、あの時々も齋藤さんらしい気遣いではなかったかと、いま、思われます。

一見気難しいように見え万事に気遣いの多かった、それが病状を早めたように思われてなりません。ご家族のこと、仕事のこと、どれほど心残りであったでしょう。でも大勢の仲間がおります。安らかにお眠りください。

齋藤 敏さん(びんちゃん)の思い出 栗林 一彦

「齋藤さんが内臓の検査のために虎ノ門病院へ入院した」と知ったのが6月、「梶ヶ谷分院へ転院した」と聞いたのが8月末、それからいくらか経たないうちに他界してしまうとは、人間の生命の脆さを何と表現したらいいのでしょうか。

筆者が旧宇宙航空研究所に就職した時、齋藤さんは当時研究室の課題であった金属材料の強度について、電子顕微鏡のエキスパートとして既に多方面で活躍されておりました。仕事に対する彼の取り組み方は「凝り性」そのものでした。凝り性が高じて、研究室の共有財産である電子顕微鏡を他人に使わせないという事も多々ありましたが、これも無理からぬことで、当時の電子顕微鏡は今日と比べると自動機構が備っておらず、光軸の調整、合焦、非点補正等にはかなりの熟練を要しておりました。最近では装置の自動化により、誰にでもそこそこの写真が撮れるようになっておりますが、職人芸と言える代物は滅多にお目にかかれ

ません。齋藤さんの電顕写真は、その点玄人受けし、彼が撮ったアルミニウム合金中の転位構造写真は、昭和47年に日本金属学会の金属組織写真賞を受賞し、金属材料の高温強度に対する従来の仮説の妥当性を裏付ける決定的な証拠として、その後の論文への引用はもとより、金属学の教科書等に、今に至るも広く使われております。現在、筆者の研究室において、年代物の電子顕微鏡であっても何とか使えているのは、齋藤さんからの伝授の賜物であることは明らかです。「何故、もっと早くに検査しなかったのか」と思うと、何とも残念でたまりませんが、筆者以上に本人はどれ程無念であったかと思うと声がつまります。旧宇宙航空研究所時代に駒場の中庭で行われた球技大会で、我々26号館が初優勝した時のエースが齋藤さんであり、その時の捕手が筆者であったことは、「びんちゃん」という愛称とともに今では懐かしい思い出となっております。ご冥福を御祈り致します。



ブラックホール

井上 一

「ブラックホールとは何か？」

物がみな、たがいに引き合う力を持っていることは、万有引力の法則としてよく知られていることです。わたしたちが、地面に立って無事生活できているのも地球による引力（重力）のおかげです。しかし、わたしたちが、ひとたび、この地球の重力をのがれて宇宙に出ようとすると、およそ秒速11キロメートルの速度を持って地表から飛び出さねばなりません。そのため、ロケットなどというものをつくって大変な苦勞をしているわけです。

さて、もし、何らかの力で地球をどんどん押し縮めることができたとしましょう。すると、地球が縮むにつれて、地表での重力はどんどん強くなり、それにつれてその重力圏からのがれるために必要な飛び出し速度はどんどん大きくなります。そして、もしも地球が1センチほどにまで小さくつぶれると、光の速さで飛び出さない限り、その重力の強さからのがれることができなくなります。ところが、物はみな光の速さを越えては走れませんから、地球が1センチよりもっと小さく縮んでしまうと、もはや何物もそこから脱出することができなくなります。このように、物が非常に小さくつぶれてしまった結果、脱出に必要な速度が光の速さをも越えてしまって、光さえも外へ出てこれなくなってしまったものが、ブラックホールです。

「ブラックホールをどのようにして探すか？」

地球を1センチ以下にまで縮めればブラックホールになると言いましたが、現実には地球をそんなに押しつぶすことは不可能です。ところが、太陽の数倍以上も重い星は、その一生の最後に、星の中心が自分自身の重みに耐えかねてつぶれ、まわりの大部分の物質が飛び散る大爆発を起こします。この爆発を超新星爆発と言いますが、その爆発の中心には、ふつう小さくつぶれた天体が残ります。

そして、そのつぶれた天体の重さが太陽の3倍以上あると、その天体は、もはや自分自身がつぶれていくのをくい止めるすべがなく、どんどんつぶれてブラックホールになってしまうと考えられています。

星の重さは、その星のまわりをまわる別の星があると、その運動をしらべることで知ることができますから、太陽の3倍以上の重さを持った星を見つけることはできます。しかし、太陽の3倍以上の重さのふつうの星も宇宙にはたくさんありますから、重さだけでブラックホールを捜し出すことはできません。しかも、ブラックホールは、光も外には出てこれないわけですから、直接見えるわけありません。そこで、重い星の中からブラックホールらしい天体を見分けるには、その天体の表面近くでの重力が異常に強い天体を捜す方法をとります。

もし、小さくつぶれた天体に、まわりから物が落ちて行くようなことがあると、その天体の表面近くでは強い重力のために物の落下速度は非常に大きいものとなり、落ちる物同士がぶつかったりこすれたりして、物は非常に高温になります。そして、ブラックホールの近くでは、落ちて行く物の温度は数千万度にもなって強いX線を出すようになります。したがって、太陽より3倍以上も重い星で、強いX線を出している天体があると、ブラックホールの可能性の強い天体であるということになります。そのようにして、ブラックホールらしいと考えられている我々の銀河系の中の天体は、これまでに6つ知られています。

また、宇宙にはたくさんの星の集団である銀河系がたくさんありますが、その中には、中心から非常に強いX線を出しているものがあって、そこにも太陽の1億倍もの重さを持った超重量級のブラックホールがいるのだろうと考えられています。

(いのうえ・はじめ)

“東奔(7月, 28th AIAA, 米ナッシュビル)” そして“西走(8月, 4th ISFS, 露ノボシビルスク, トムスク)”

高野 雅 弘

筆者にとって、“東奔”も“西走”も初めての経験である。筆者の専攻する固体ロケット推進に関わる先端的知識は、東西冷戦構造の中では、ミサイル技術の一部として諸外国共秘中の秘。この為国際交流の機会が少なく、これが筆者の海外渡航経験不足の主因である。勿論、語学力不足と家庭料理偏重に起因する消極性がこれを助長して来たことは否めない。

ゴルバチョフによる冷戦終結により、筆者の専攻分野にも遅まきながら国際化の波が寄せてきた。昨年4月のEC(イタリア)からの客員共同研究員、A・ボルピー博士の受け入れがその先鞭で、8月には、秋葉教授(当時)から“西走”の指令が下った。ISFSはInternational Seminar on Flame Structureの略で、旧ソ連科学アカデミー・シベリア支部の主催で3年に1度づつ開催されている国際セミナーであると、この時初めて知った。参加の目的は、ボルピー博士との共同研究の成果発表を表向きに、同国の固体推進薬および固体ロケットに関する研究現状の調査にあった。その後、同国の混乱状況から半信半疑ながらも、陽気なイタリア人パートナーを師に、付け刃の英会話と国際人たるマナーの習得に努めながら“西走”準備を進めて1991年は暮れた。

明けて1992年1月下旬、秋葉所長から加えて“東奔”の指令が下った。AIAA Joint Propulsion Conferenceにおける“An Overview of International Solid Rocket Programs”と銘打った特別セッションでの我国の現況報告がその責務である。事業団の計画も網羅しなければならず、これは重い。しかも“西走”より語順からしても当然先だ。当時、5月のISTS向け論文作製の苦闘中でもあり、筆者は突然襲来した国際化の重なる大波に揉まれて自失寸前、酒、煙草の摂取量が激増した。こんな折、不安な筆者に助っ人が現れた。“東奔”には久方振りの提携企業訪問を兼ねてNMの村上部長が、“西走”には露国固体ロケット技術の現状調査を名目に同丸泉課長が帯同して下さると言う。

“東奔”は、実に「失せ物」に呪われた旅であった。先ず、7月5日、ナッシュビル空港に着い

たものの、筆者のバゲージだけ届かない。その晩、徒歩10分の距離を酔い醒ましに歩いて帰ると言っ別れた部長が1時間余に亘って行方不明。そんなこんなで翌朝寝坊、プリーフィングに出席不能。会場のホテルが巨大過ぎて、セッション・ルームがなかなか見つからない。開催30分前にやっとたどり着き、事なきを得たが。義務を果たした翌7日、「ジャックダニエル」の醸造所見学に繰り出したが、これがドライ・カウンティーとかで利き酒不可。その後15日まで、部長に連れられて米国内を転々したが、この間も「失せ物」事件は続発した。

帰国後、神戸、長崎、能代、北海道と国内を東奔西走した挙げ句、8月16日、いよいよ“西走”に出発。ボルピー博士、丸泉課長と道連れが多く心強いが、ノボシビルスクはシベリアのど真ん中、漠然たる不安が念頭を去らない。しかし、ボルピー博士による発表も無事終えた数日後には、いつの間にか不安は解消。白樺林と赤松林、なかなかの赤い実が北海道の自然を想わせ、澄冷な空気と相俟って極めて快適。夜毎の歓待でウォッカにも慣れ、落ち着いてみれば、スラブ女性の美しさがことさら目にしみる。白夜の中、オビ河畔までの往復1時間の食後の散歩は、快適ながら下半身に持病を持つ筆者には苦痛でもあった。5日間のセミナー打ち上げ後、300km北方のトムスクに移動、固体推進薬の燃焼に関する研究分野でのトピックスを論じ合うワークショップに参加。

ここでも、市内観光、サウナ、ピクニックと歓待攻めで、人懐っこいシベリア人情に感激させられた。その後、北方四島の代わりにオビ河畔で拾った四個の小石をポケットにトムスクを後にしたのが26日、モスクワ国際空港から帰途に着いたのが28日である。JALの機内食を前にして、ボルピー博士が小声で呟いた「シビリゼーション」の言葉から、読者は何を想像されるだろうか。

米ではダークスーツに包まれた洗練された外交辞令とマナーに圧倒され気味であったが、露では素朴で感情豊かな個性ある人間像に多く逢った。

(この・まさひろ)

宇宙生命シリーズへの序章

VoyagerやHalley Armada, 炭素質隕石の分析などの結果から、太陽系の外側の天体は有機物を大量に含むことが判ってきた。ミリ波での星間分子雲観測は、それが銀河系全体に亘っていることを教える。宇宙文明迄捉えようとSETIに結集する人々も居る。幸いなことに、我が地球は生命に満ちみちており、それを分子レベル迄探らずに引き裂き、集成し、細胞を人工的に作ると迄はいかないが、生命の本質の理解、発生時の生命分子の製作くらいは望めそうな状況になってきた。

地球型生命の素材は核酸と蛋白質である。核酸は酵素(蛋白質触媒)によって作られ、一方、我々が使う蛋白質は、主として核酸(RNA)で構成される蛋白合成系を用いて、核酸(DNA)の遺伝情報通りに作られる。どちらが先かという鶏と卵の難問は、RNAが酵素の働きをするという発見によって一応解決した。しかし核酸の基本要素である芳香族型環状分子の核酸塩基は、蛋白質の要素であるアミノ酸に比べて作り難い。また星間分子中にも芳香族分子はなかなか見つからなかった。ところが赤外観測で見つかり初めたPAH(polyaromatic hydrocarbon)は、GiottoやVegaの観測によると彗星の塵の中のCHON粒子の主成分らしい。やはりアミノ酸も核酸塩基も宇宙のガラクダであったのか。

核酸酵素が見つかった当時は、他の核酸を切ったり貼ったりする程度だった。蛋白質はさまざまな生命分子をすべて合成し、酸化還元反応も司どる。核酸の方はこれに匹敵する能力を持つのか。塩基を多少修飾した分子が或る種の酸化還元反応を触媒するという結果が出だした。その内にもっと決定的な話が生まれる。蛋白合成はリボソームというRNAと蛋白質・複雑な複合体上で実現している。その蛋白質を破壊しても、いぜん合成が起っていた。地球上の全生命の根底にある過程の一つでRNA世界そのものが実現していたのである。

さらに核酸触媒の1つが、RNAについてアミノ酸を切り落とすことが示された。これもアミノ酸をつなげて蛋白質を作る一段階である。それでは蛋白質合成系そのものがRNA世界として動かせるのかどうか。核酸は蛋白質を必然的に呼びこみ、現在の多彩な生命を具現する運命を持っているのであろうか。30年代の核物理、50年代の分子生物学、70年代の天体物理などと並ぶ強力な流れが今起っている。90年代はRNAの時代、21世紀は生命科学の時代と呼ばれる由縁である。

生物進化は環境の変化にフォローする生命体の知恵である(小天体の衝突は恐竜を死滅させ、哺乳類の発展をうながした)。46億年の地球の歴史の流れが生命情報として、種特異的に、DNAの中に塩基シーケンスとして書きこまれている。原始太陽が現在の70%の光度で冷たく暗かったという経緯や、高温な海底火山の生命へのかかわりもその中に秘められていよう。生命分子の最重要な性質である反応特異性は前者に、バクテリアのような原核生物が、細胞核を持った真核生物に発展したのが後者に結びつけられている。酸素の発生がこの飛躍にからむ可能性も指摘されている。

RNAは不安定であり、よほど良い条件で凍結されてでもないといすぐ分解し、分子化石として用いることが難かしい(RNAの遺伝・代謝機能の内、前者が安定なDNAに後代移し替えられたのもこのせいだとされる)。だが将来彗星や木星型惑星の衛星といった黒い冷たい天体(それに運良ければ火星の凍土)のサンプル中で何ほどの核酸が検出されれば、化学進化と初期生命進化の接点が捉えられることになる。

この“小宇宙”の宇宙生命シリーズ中では、こういった問題点がいろいろの観点から述べられることになる。

—宇宙研— 清水幹夫



大学と研究所

山下 広順

名古屋を振り出しに大阪、横浜と渡り歩き再び名古屋に帰ることになったが、ある人曰くブーメランのようですね。その間に13年の歳月が流れた。最初の転勤は長年住み慣れた土地を離れて、全く知らない土地に移り住むということで果してうまく仕事出来るのだろうかと不安も大きかった。しかし、今は“住めば都”という言葉が実感としてよく理解できる心境になった。一つ所に20年、30年と住み着いて仕事をするのもよし、次々と新天地を求めて渡り歩いて仕事をするのもよし、その人の人生に対する満足度によって決められる。新しい所には新しい出会いがあり、そこで展開される人間模様を見るのも一つの楽しみである。

大阪にきて感じたことは同じ物理学教室でも教室運営や雰囲気名古屋と比べて正反対であったことである。教室運営には教授会議（宇宙研と違って教授のみで構成）の意向が強く反映され、雑用とおぼしき委員会は少なく、助教授以下は教育・研究に専念できる。常に研究の活性化が図られ、人事交流も活発的に進められている。しかし、それに伴う歪もまた内在している。片や教室運営は教室構成員（DC以上の大学院生を含む）の総意にもとずいて行われ、多くの委員会があり、若手研究者もそれに巻き込まれ研究する時間が犠牲になる。しかし、平等の精神が貫かれており、常にとどのような問題に対しても意見を述べる場が与えられている。このような運営方法の違いはともかくとして、大学の抱える大きな問題は大学の危機として言われているように、多くの学生を抱えて部屋もなく、研究費も少なく、研究設備も貧弱であることである。特に最近では産業界の需要も多く大学院生を多くとる傾向にあり、より問題は深刻化している。

大学共同利用機関である大研究所はプロジェクトを遂行することが第一の使命であるが、その一方で大学との共同研究や施設の共同利用がしやす

い体制を整えておかねばならない。大学は研究所の要請に応じて多くの学生を送り込み、互いに奉仕の精神を持つことが必要である。これまでに高エ研、分子研、核融合研とも関わりあってきたが、共同利用のあり方は様々である。

研究所の抱える大きな問題は衛星を製作する予算を確保することで精一杯であり、将来に向けて衛星に搭載する観測機器の開発研究には十分な予算が取れないし、研究所だけでは時間的・人的余裕もないことである。この問題を解決するには長期的展望に立って大学が中心となって科研費重点領域研究として巨大科学を支える基礎的・基盤的研究を推進することを考える。その中で産学共同研究を通して、産業界のニーズも組み入れていく。即ち、“世のため人のためになる研究は学問の最先端を押し進める、また逆も真なりや”。我々はその一つの試みとして宇宙科学、放射光科学、核融合科学等の発展に必要な共通した基礎研究である「X線結像光学」の研究を進めてきた。これには広汎な分野の研究者が一つの目的研究のために結集し、大研究所の施設を有効利用しながら、give and takeをベースに活発な研究活動を行ってきた。これによって大学も潤い、プロジェクトの推進にも寄与することができるならば望むところである。また、若手研究者の育成のために大学では聞くことのできないテーマについて基礎から最先端まで知ることが出来るワークショップも企画してきた。

大学と研究所が互いに協力しあって問題点を解決しながら研究を進めていくことは将来の発展にとって重要であり、両者の立場を理解できる者の役割ではないかと感じている。いも焼酎の話としては硬くなりすぎたかも知れないが日頃考えていることの一端を述べさせて頂いた。

(やました・こうじゅん)

ISASニュース

No.139 1992.10.

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。