



## 〈研究紹介〉

# 人工衛星によるサテライト線の観測

核融合科学研究所 加藤 隆子

### サテライト線とは

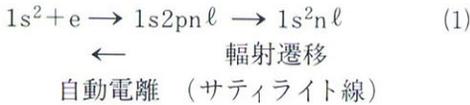
私が「サテライト線(satellite line)」と言う言葉を初めて見たのは、名古屋大学理学部物理のX線天文学のグループにいた頃で、早川先生を始め、現在宇宙科学研で活躍してみえる田中靖郎、榎野、山下、長瀬先生等がおられた時代です。(余談になりますが最近宇宙科学研を訪れてこれらの先生方を始め名古屋にいらっしゃった方々にお会いして昔の研究室に戻ったような妙な気分になりました)。その頃X線スペクトルの解析のために高温プラズマからのスペクトル線の計算をしました。その結果を雑誌Astrophysical Journalに投稿したところ、レフェリーのコメントの中にsatellite lineは考慮したかとありました。satellite lineとはなんだろうと思った記憶があります。satellite lineとは日本語に訳せば従者線または衛星線となります。何故衛星などという変な名前をスペクトル線につけるのだろうか考えたものです。サテ

ィライト線というのは、強い共鳴線の近くに現れるこまごまとしたスペクトル線の総称で、あたかも地球のまわりを回っている小さな人工衛星のようなものという意味あいを感じます。従ってサテライト線の発生機構は何であっても構わないわけですが、主に二電子性結合によるもの、内殻励起によるもの、プラズマ中の電場によるシュタルク効果により禁制遷移線が現れるもの等に使われています。

その後X線天文学を離れプラズマ研究所(現在の核融合科学研究所)で仕事をするようになり、再びサテライト線について見聞きするようになりました。最初にサテライト線をはっきりと見たのは、アルミニウム箔にレーザーを照射して出来たプラズマからのアルミニウムのヘリウム様イオンからのX線スペクトルでした。高温プラズマから発生するサテライト線は二電子性再結合によるものか内殻励起によるものです。二電子性再

結合とはプラズマ中の自由電子(e)がイオン(例えば $1s^2$ )と衝突した際に、相手のイオンの電子を励起しかつ入射電子自身も励起状態に捕獲され、二個の電子が励起状態にある二電子励起状態( $1s2pn\ell$ )をつくり、この状態からより安定な状態( $1s^2n\ell$ )へ輻射遷移で移る過程の事をいいます。ここでnは主量子数、 $\ell$ は方位量子数を表します。一般に二電子励起状態はエネルギー的には電子が一個とれた次の電離状態( $1s^2$ )よりも上の状態にあり、このような状態を自動電離状態ともいいます。電離エネルギーよりも高いエネルギー状態にありますから電離しやすくこの状態を経て電離する過程を自動電離といいます。基底状態に二個電子を持つヘリウム様イオンからの二電子性再結合の例は次の様に表されます。

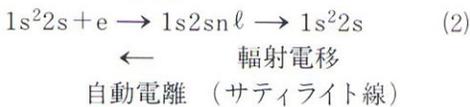
二電子性捕獲



サテライト線は式(1)で表したように自動電離と輻射遷移の競争で発生します。同じ電子数のイオンに対して原子番号が大きいほど輻射遷移確率が自動電離係数に較べて大きくなり、サテライト線は発生し易くなります。二電子性再結合によるサテライト線と共鳴線( $1s^2-1s2p$ )の強度はイオン密度、電子密度が共通であるため、強度比は電子温度だけの関数になり強度比より電子温度を知ることが出来ます。

又内殻電離によるサテライト線は、基底状態から内殻の電子が励起され、やはり二電子性励起状態をつくり、安定化するときに発生します。リチウム様イオンを例にとると次のようになります。

内殻電離



二電子性再結合によるものと内殻励起によるものは上の式でも解るようにもとのイオンが異なります。内殻励起によるサテライト線( $1s^22s-1s2s2p$ )と共鳴線( $1s^2-1s2p$ )は励起エネルギーが同じ程度であるため強度比の温度依存性は弱く、強度比からヘリウム様イオンとリチウム様イオンとのイオン比を知る事が出来ます。この様にサテライト線はプラズマ診断に重要な役割を果たし

ています。

太陽フレアからのX線スペクトル

太陽フレアが発生すると1keV以上の高温プラズマが生成されX線が発生します。人工衛星「ひのとり」は高分解の結晶分光器により鉄の水素様(FeXXVI)、ヘリウム様イオン(FeXXV)からのスペクトル線を観測しました。これは亡き田中捷雄先生達がなされた仕事です。主なスペクトル線は水素様の場合はライマン $\alpha$ 線( $1s-2p$ )、ヘリウム様の場合は $1s^2(^1S)-1s2p(^1P)$ の共鳴線ですがその長波長側にサテライト線が観測されています。図1にヘリウム様イオン FeXXV の観測の例を示します。斜線で示した部分がサテライト線によるものですが、共鳴線wのすぐ近くの部分(~1.852A)は百本以上のサテライト線が寄与しています。図1でjと印のあるのは二電子性再結合によるものでqの印は内殻励起によるものです。wとjの強度比から電子温度が、wとqの強度比からヘリウム様イオンとリチウム様イオンとのイオン比が得られます。又禁制線z( $1s^2(^1S)-1s2s(^3S)$ )は水素様イオンからの再結合の寄与を受け易くwとzの強度比から水素様イオンとヘリウム様イオンとのイオン比を求めることができます。この様にして求めたイオン比を電子温度に対してプ

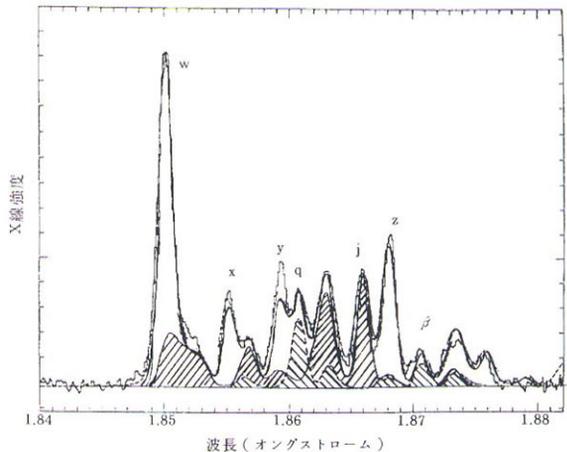


図1 人工衛星「ひのとり」により測定された太陽フレア時の鉄のヘリウム様イオンからの高分解X線スペクトル。ヒストグラムは測定値、実線はモデル計算による総和値、左斜線は二電子性再結合によるサテライト線、右斜線は内殻励起によるサテライト線強度を示す。

ロットして見ると水素様イオンとヘリウム様イオンのイオン比が常に一桁近く電離平衡値より大きいという結果が得られました。これは田中捷雄先生達が「ひのとり」のデータ解析から見いだされたものです。プラズマが急に高温になり電離されたとしても低電離状態からその電子温度の平衡値に近づいていくのみでその平衡値よりも大きくなるのは理解できません。

### 超熱的電子の寄与

まず疑いが持たれたのは電離平衡値を決める電離速度係数と再結合速度係数の値です。しかし水素様、ヘリウム様イオンの原子データはかなりの精度で得られていて、ファクター2の違いはあるとしても一桁の違いは無いと考えられます。そこで太陽フレアで生成される超熱的電子の寄与を考慮してみました。太陽フレアで生成された高温プラズマ中に超熱的電子が流れ込んで来たとするればイオン化が急激に進みます。超熱的電子は一部のプラズマのみを効率よく電離します。そこで生成された水素様イオン又は裸のイオンの様な高電離イオンはまわりのプラズマと交わります。ここでは高電離イオンの電離度に比較して温度が低

いために再結合スペクトルを発生します。超熱的電子は共鳴線の強度を増加させますが、サティライト線の強度には影響を与えません。このようなモデルから時間的に電離度の変化を追ってスペクトルを計算すると8keV程度の超熱的電子が約3%あればヘリウム様イオンと水素様イオンのスペクトルを説明できることが解りました。超熱的電子の存在の傍証としてX線の連続スペクトル(30~300keV)を見てみますと、このフレアの場合高エネルギー領域のべきスペクトルを低エネルギーに伸ばした値よりも低エネルギー(30~40keV)でスペクトルが盛り上がっているのが見られます。この現象が関係があるのかは硬X線との関連を量的に調べる必要があります。

今年の8月に人工衛星SOLAR-Aが打ち上げられますが、SOLAR-Aでは鉄のスペクトルのみでなく、カルシウム、硫黄のヘリウム様イオンのX線高分解スペクトルも観測されます。超熱的電子の寄与がこれらのイオンにどの様に影響するかも面白い課題だと思います。

太陽以外の天体から人工衛星によりサティライト線が観測されるのはあと何年後でしょうか。

(かとう・たかこ)

## お知らせ



### ★教官人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
3. 7. 1	松方 純	(転任) 宇宙科学資料解析センター助教授	国文学研究資料館 研究情報部助教授
"	三浦公亮	(配置換) 宇宙輸送研究系教授	宇宙探査工学研究系教授

### ★(財)宇宙科学振興会研究助成候補者を募集

(財)宇宙科学振興会(関本忠弘理事長)は、宇宙科学に関する研究の助成等を目的に昨年6月設立され、諸事業を開始しているが、このたび、次のとおり平成3年度の研究助成募集要領を定め、候補者の募集をする。

1. 研究助成対象：宇宙理学(地上観測を除く)及び宇宙工学(宇宙航空工学を含む)に関する独創的・先駆的な研究活動を行う若手研究者(昭和26年4月2日以降生れの者に限る)
2. 申請方法：
  - (1)申請者は、個人、共同研究の場合はその代表者とする。
  - (2)申請にあたっては、別紙様式に記入のうえ、

提出するものとする。

- (3)申請書提出先 〒229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 宇宙科学研究所内 (財)宇宙科学振興会事務局(電話)0427-51-3911
3. 申請書受付期間：平成3年9月1日~平成3年10月31日(事務局必着のこと)
4. 選考方法：審査会において書類選考(必要があれば申請者と面接を行う)のうえ決定する。
5. 研究助成の決定通知：助成対象者への決定通知は、平成3年12月上旬に行う。
6. 助成件数及び助成金額：1件 300万円
7. 研究の成果及び会計の報告：助成金の受領者には、研究成果及び会計についての報告を後日求める。

付記

- (1)研究成果について刊行する場合は、本財団の援助による旨書き添え、その別刷を1部提出すること。
- (2)申請書用紙は財団事務局に請求すること。  
なお、提出された申請書は返却しない。



★平成3年度「宇宙科学研究所一般公開」開催される

8回目を迎えた今年的一般公開は、7月27日(土)に相模原キャンパスと国民生活センターで開催されました。

今年は、宇宙科学研究所創設10周年に当たるため、また、1992年の国際宇宙年(ISY)の記念事業と位置付けられたこともあって、その企画と実施に所員の力が一段と入った様子。

朝10時から間断なく続いた入場者は、6千人を超え、どこの展示会場も大変な盛況振りでした。

野外に展示された、相模原初公開のM-3S II ロケットの実物大模型、本年8月26日(月)に打上予定のSOLAR-Aと次年度打上予定のGEOTAILの実物展示、太陽発電衛星や、LUNAR-A、SFU等々、大きく広がる宇宙への夢に誰もが圧倒される様子でした。今年一般公開等のメインテーマは「宇宙への招待」、その概要は次のとおりです。

講演と映画の会(国民生活センター)

講演『工学実験衛星「ひてん」』上杉邦憲教授、  
『月の謎をさぐる「LUNAR-A」計画』水谷仁教授、映画「M-3S II-5号機・月スウィングバイ衛星ひてん」

第1会場：太陽発電衛星SPS2000、太陽観測衛星「SOLAR-A」、磁気圏観測衛星「GEOTAIL」

第2会場：月探査計画「LUNAR-A」、宇宙科学の将来計画、液体水素エンジン、バルートシステム、宇宙ガエル、天文観測衛星「ぎんが&ASTOR-D」、工学実験衛星「MUSES-B」、CFD、あけぼの・GEOTAIL、気球、赤外線、SFU、観測ロケット、Mシリーズ、工学実験衛星「ひてん」、有翼飛翔体、風洞試験

第3会場：レールガンFire等実演、レーザー干涉計等装置見学、FEL、人工オーロラの実演

(古賀信夫)

★田中靖郎教授、日本天文学会理事長

5月16日の日本天文学会総会で、新理事長として田中靖郎教授が選出された。任期は平成5年5月まで。(紀伊恒男)

★宇宙開発委員会一行組立オペ直後のKSCを視察(表紙撮影：白坂友三)

久良知宇宙開発委員長代理以下、野村、曾山、田島各宇宙開発委員、沖村科学技術庁官房審議官、千原同宇宙企画調整係長が、7月4日鹿児島宇宙空間観測所を視察された。本所ならびに文部省からは、籾田KSC所長、二宮教授、余米管理部長、松尾科学官、竹下学術国際局研究機関課課長補佐他が対応した。従前よりお願いしていたところ、M-3S II-6号機の組立終了直後という絶好の折に実現したわけで、今後とも折に触れてこのような機会を設けて下さるよう切望するものである。

なお、組立オペは、これに先立つ7月2日に終

了した。当日は天候不安定のためロケットを整備塔から出すことができなかったが、8月26日に予定されているSOLAR-Aの打上げに向けて作業は順調に進んでいる。(松尾弘毅)

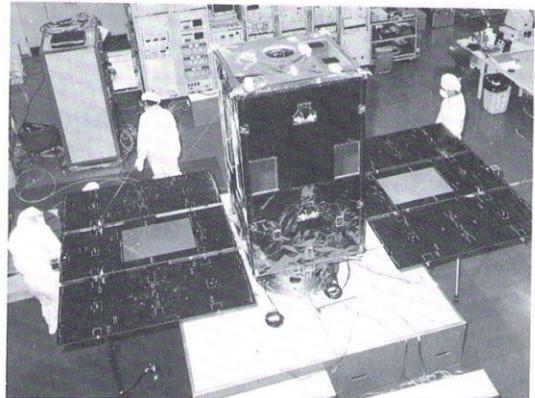
★SOLAR-A総合試験終了

昨年11月初めに開始したSOLAR-A総合試験は予定の試験期間を3週間ほどオーバーして7月24日に無事終了した。9ヵ月の長きに亘る試験であった!

衛星機材搬入、全打ち(試験関係者全員による打ち合せ会)より始まった総合試験。クリーンルーム専用のつなぎ服に帽子、マスク、手袋着用という出で立ちで衛星組み立て作業、そして試験に立ち向かう。クリーンルーム内の人数制限は15名以下と厳しい(その後クリーンルーム内の清浄度の測定の結果この人数制限は、やや緩和される)。クリーンルーム内の空気中の埃は0.5ミクロン以上の粒子が1リットル当たり50以下(普通きれいと思われる部屋の千分の一)という清浄度に維持されている。これも、軟X線望遠鏡に使用されているX線反射鏡やCCD撮像素子が汚染に対し極端に弱いためである。もちろん他の機器も、よごれに付着には十分注意する必要がある。この様に気を使いながらの試験が最後まで続く。機器の単体試験に始まり総合動作チェックを経て温度試験、振動・衝撃試験、熱真空試験と過酷な試験が続く。これらの一連の試験で数々の不具合が発見される。毎日行われている夕会が夜遅くまで続く。時には、連休前に発見できて良かったと云うこともある

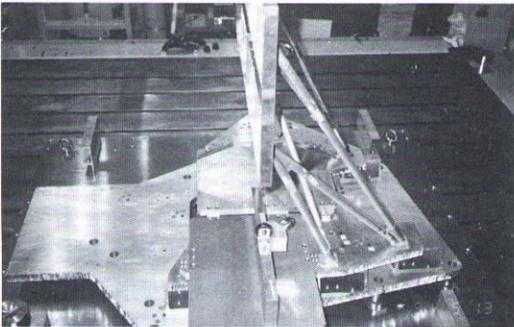
(担当の方ご苦勞様でした)。兎にも角にも関係者の並々ならぬ努力により無事試験を終了することができた。

硬X線望遠鏡、ブラグ結晶分光計、広帯域X線ガンマ線分光計そして軟X線望遠鏡の各観測機器の調整も十分であり、打ち上げを待つばかりである。日、米、英の英知の結晶であるこの衛星をぜひ成功へ導きたい。(加藤輝雄)



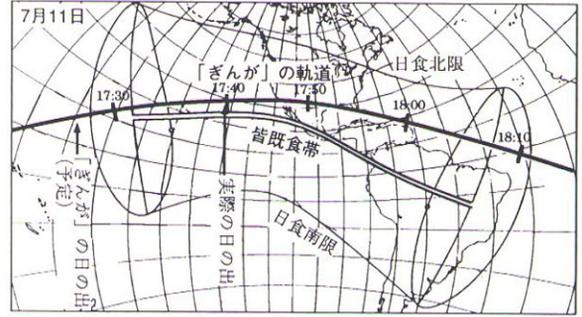
## ★SFU搭載二次元展開実験 静荷重試験

二次元展開高電圧ソーラーアレイ実験の主要なハードウェアである二次元展開部の静荷重試験が5月10日に東芝京浜事業所にて実施された。SFU 1号機のペイロードとして、展開部はSFU外部に、制御器はペイロードボックス内に搭載される。展開部は“三浦折り”により畳み込まれた膜面構造物を収納、展開、再収納、さらにコンティンジェンシー時には分離放出する機能を有する。H-IIロケット打ち上げ及びスペースシャトルによる地球帰還の両機械環境に遭遇するために、SFU搭載機器はかなり多くの環境ケースに対して構造健全性を要請される。また展開部はその特異な機器形態により荷重作用方向と機器軸が一致していないので、静荷重試験にはいくつかの工夫が必要であった。試験日程に多少の遅延が発生したものの展開部ハードは無事静荷重試験をパスした(写真参照)。SFUシステムよりの厳しいリソース制限により、当初計画されていた実験機器形態は白紙還元(ゼロ)を余儀なくされた経緯がある。図面(二次元)からリアルハード(三次元)へと進捗し、担当者としては一定の感慨がある。今後各コンポーネント単位の機能試験を経て、9月には懸垂装置を用いた“三浦折り”展開機能試験を実施する予定である。(國中 均)



## ★「ぎんが」日食帯を通過

7月12日いつもより早く8時半頃出勤すると、すぐに鹿児島県の運用当番の林田君(阪大)から電話がかかってきた。「ぎんが」がセーフホールドの状態になっているがどうすればよいかという非常連絡であった。直ちにB棟2階の衛星運用室へ行き、衛星の状態を調べてみたが電源系、姿勢制御系に異常はなく、原因をつきとめかねていると、鹿児島からエクリップスタイマーがオーバーフローしているという知らせがあった。これを聞いた途端に昨夜の皆既日食のせいではないかと考えた。海上保安庁水路部へ電話をかけた後、図書



室へかけ込んだりして、日食帯の地図を見つけ、まさかと思いつつ「ぎんが」の軌道を重ねて画いてみると、ぴったり一致した。「ぎんが」は約37分の夜間帯を通過した後、予定では日の出となるところで日食帯に突入し、ほぼ皆既食帯に沿って飛翔を続けた。このため、「ぎんが」の夜は54分と予定より18分程長くなった。衛星の夜の時間を測るのがエクリップスタイマーで、これが50分を越えると異常事態と判断し、衛星は自動的に安全状態(セーフホールド)に入る。ホイールの回転を停止して発電量が最大となるように姿勢を変更するようになっている。「ぎんが」は偶然、夜に引き続いて日食帯に入ったためにこの安全装置が作動したことがわかった。直ちに復旧作業にとりかかったが、日食のせいで予定がすっかり狂った一日となった。不思議に衛星のトラブルは週末に起こることが多い。(槇野文命)

## ★「さきがけ」目覚める

1988年12月23日、送信機の高出力側にパワー低下が生じたためテレメトリー送信を止めた探査機「さきがけ」は、それから2年半の間、ビーコン信号のみを発しつつ惑星間空間の飛行を続けてきた。その間機体の姿勢保持は全て「さきがけ」に任せっきりで、太陽輻射圧により姿勢が倒れてくれば自分でガス・ジェットを噴いて元に戻す仕組となっていた。一方レンジングもできないため、臼田でのビーコン受信にはテレメトリー停止直前に得られた軌道決定に基づくアンテナ予報値を用いざるを得ない状況ながら、幸いにもこの間「さきがけ」が行方不明になることはなかった。これは探査機が太陽の向う側にあり地球との距離が約3億キロになった時には、臼田のアンテナのポインティングが $0.1^\circ$ 違っただけで約50万キロも離れたところを狙うことになるということを考えれば、軌道予測はかなり精確に行われてきたことを意味する。

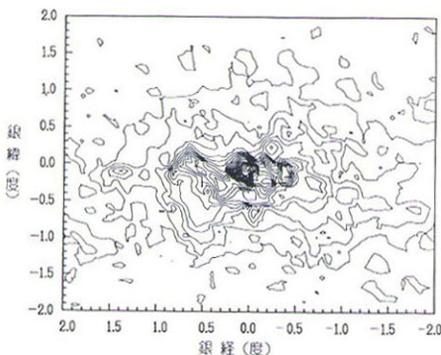
そして7月9日、地球との距離が4千万キロを切るまでに近付いて来た「さきがけ」に送信機低出力状態でテレメトリーを送信させるためのコマンドが送られた。「さきがけ」は見事にこのラブコールに答え、送信機高出力を除き全機器正常とのデータを送り返してきた。太陽風、惑星間磁場、プラズマ波動の搭載観測器も全て異常なく、ここに「さきがけ」は2年半に及ぶ長い眠りから目覚め、活動を再開した。姿勢もガス・ジェットを多数回噴射したためスピンの大分早くなっていたものの、ほぼ黄道面垂直状態を維持しており、自律機能が正常に動作してきたことが判明した。

続く7月10日、11日にわたり、さすがに1985年1月8日打ち上げ以来6年半に及ぶ長旅で疲れの見えるガス・ジェット装置を労りつつ、正規の状態へとスピン・ダウンを実施、「さきがけ」は定常運用状態へと復帰した。(以下次号)(上杉邦憲)

#### ★日米共同気球実験

5月中頃から1ヵ月余りにわたって米国、テキサス州パレスティンにあるNASA、大気球実験場(NSBF)に遠征して行われていた日米共同気球実験が成功裡に終わった。

この実験はアリゾナ大学ステュアート天文台との共同研究として行われたもので、電離した炭素の持つ遠赤外スペクトル線([CII]158 $\mu$ m)を使って銀河系の未知の領域構造を探ろうとするものであった。第一回目の飛翔は5月25日に、第二回目は、6月11日に行われたが、いずれも1100万立方フィート(B<sub>300</sub>=30万立米相当)の大きな気球で打ち上げられ、40kmに近い高々度の好条件下で観測することが出来た。2回の観測とも観測器は完全に作動し銀河中心を含む、北点の銀河面の主要部分、銀経-10°から85°、銀経±2~3°の領域における[CII]線の観測をすることが出来た。従来、星間空間研究は、中性水素の21cm線、一酸化炭素



炭素イオンの遠赤外線でのみた天の川中心部

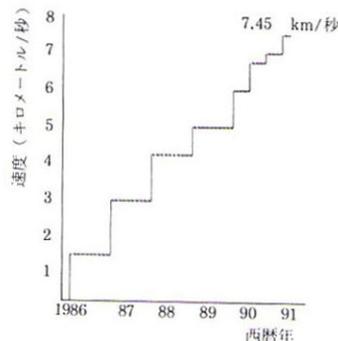
の2.6mm線による低温度のガス成分、電離水素の出す連続電波による高温ガス成分について行われてきたが、今回行った[CII]線の観測は両者の中間に位置するいわば暖かいガス成分の検出に有効で、それによって銀河系の新しい顔を見ることが出来るかも知れないと関係者一同、磁気テープに収まった大量のデータを前に期待に胸をふくらませている。(奥田治之)

#### ★レールガン7.45km/秒の速度を達成

惑星表面での隕石の衝突現象のシミュレーションや、宇宙ステーションに対するスペースデブリ(宇宙ゴミ)の対策などで活用されるレールガン装置(HYPAC)は、特殊実験棟スペースプラズマ実験設備の一つとして開発が進められている。これまで最高速度を順調に伸ばしてきたが、この程、7.45km/秒を記録した。これまで、レールガンは過去に10km/秒以上の速度がでたという報告はあるが、その再現性の確認と実際の実験に運用された例はなかった。そのため最近では、レールガンの速度の確認は1) X線吸収と2) 磁気探針によるタイムオブフライトと3) フラッシュX線瞬間写真による飛しょう体の画像の確認がされてはじめて認められる。その意味では、この速度はこれまでレールガンで確認された最高の速度であり、レールガンのライバル2段ガス銃の記録を抜くのも目前に迫ってきた。

さらに、宇宙研のレールガンの特色は、6km/秒以上の速度を+/-5%の精度で設定が可能で、安定で確実に運用できるところにあり、東大、静岡大、山口大、都立大、電通大などの全国の共同研究者の行う衝突実験に広く活用され成果をあげている。

今後さらに速度を上げる努力を行うとともに、レールガンと同じ原理で、将来の宇宙推進手段としても可能性のあるコイルガンの開発も併せて行う。(矢守 章、河島信樹)



レールガン速度向上の軌跡

### ★ATRエンジン燃焼器予備試験

ATR (Air Turbo Ramjet) エンジンは、ターボファンを用いて大気中の空気を酸化剤として吸い込み、これに水素を噴射して燃焼させ、その燃焼ガスジェットによって推力を得る推進機関です。このエンジンは将来のスペースプレーン等の高性能な宇宙輸送システムの推進機関に応用することが期待されています。

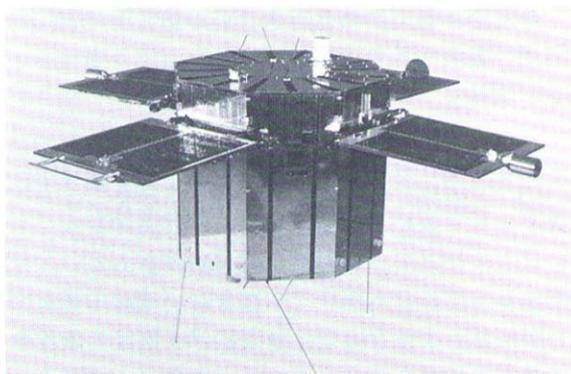
今回の試験は燃焼器の中で高速の空気流と水素を混合し、効率良く燃焼させることを目的に実施しました。今回は保炎器を用いない3種類の混合器の特性を重点的に調査しました。燃焼器には円

筒形と矩形の2種類を用い、矩形の燃焼器の側面にはガラス製の観測窓を設け、燃焼状態を光学的に観察および計測しました。

試験は石川島播磨重工との共同研究として6月29日から7月14日に能代ロケット実験場において実施しました。今回の試験によって保炎器を用いなくとも良好な燃焼状態が維持できることが解明でき、今後のこの種の空気吸込式エンジンの開発に反映される貴重なデータが得られました。

(棚次亘弘)

## 「ひのとり」の落下



さる7月11日、1か月後にひかえた後継機SOLAR-Aの打ち上げを待ちきれず、第7号科学衛星「ひのとり」(ASTRO-A)が大気圏に再突入した。前回の太陽活動極大期に合わせて1981年2月21日にM-3S-2号機で打ち上げられて以来、10年5か月の生涯であった。

「ひのとり」はSXT, SOX, FLM, HXM, SGRなど、X線・ガンマ線を用いた太陽フレア観測装置とともに、PXM, TEL, IMPなど電離層計測装置もあわせて搭載した。プロジェクト参加機関は宇宙研、東京天文台(現・国立天文台)、東京大学(宇宙線研, 理学部)、立教大学、東北大学、理化学研究所、大阪大学などを含み、とくに宇宙研と天文台が本格的に協力した最初の衛星として意義が大きい。衛星マネジャーは、宇宙研へ着任後まもない田中靖郎教授が務められた。

「ひのとり」は惜しくも1982年6月にデータレコーダに故障をきたし実質的なミッションライフを閉じたが、この間に実に約1000個にも及ぶフレアを検出し、同時代のアメリカのSMM衛星と並んで太陽物理学に新時代を開拓した。ブラッグ結

晶を用いたSOXや蛍光比例計数管を用いたFLMはフレアに伴う温度2千万度のプラズマの診断に活躍し、また小田稔前所長の発明になる「すだれコリメータ」技術を駆使したSXTは、フレアの精密撮像や分類に威力を発揮した。展開式太陽電池パドル、Sバンド送信機、精密磁気姿勢制御など、「たんせい4号」で確立された多くの新技術を受け継いだ「ひのとり」は、本格的な天文観測衛星の時代の幕開けでもあった。搭載装置についてもSXT, SOX, HXMの技術はそれぞれSOLAR-AのHXT, BCS, WBSへ、またFLMは「てんま」GSPCを経てASTRO-D GISへと着実に発展しつつある。

後継機SOLAR-Aは「ひのとり」の科学的・技術的財産を全面的に受け継ぎ、また世界の太陽研究者の熱い期待を担って、再び巡ってきた極大期の太陽観測に挑む。しかしこの間にわが国は2名のかけがえのない太陽研究者を失った。「ひのとり」科学チームで中心的な役割を果たし、SOLAR-Aの実現にも大きな貢献をされた田中捷雄教授と、日本の太陽電波観測のリーダーとしてSOLAR-A HXT装置のPIを務めてこられた甲斐敬造教授である。病のため惜しくも業半ばで他界されたご両名の志を生かすためにも、何としてもSOLAR-Aを成功させたいと思う。

参考文献としては、ISASニュース初代編集委員長の平尾邦雄名誉教授が中心となって書かれた『翔べ科学衛星「ひのとり」』(三省堂選書No.115, 1985)、および田中捷雄著『「ひのとり」がみた太陽フレア』(日経サイエンス1983年5月号:別冊69にも収録)を挙げたい。

(牧島一夫, 東京大学理学部)

## 永田先生のご逝去を悼む

西村 純



宇宙科学研究所の評議員会の副会長を長くお勤めいただき、私達が敬愛して止まなかった永田先生がご逝去になったのは6月3日のことでした。こんなにも早くご逝去になられたことは、私達にとって誠に痛惜の念に堪えません。

先生には若い時代からの岩石磁気のご研究を初め、南極観測、また地球物理学全般に亘っての数多くのご業績による学士院賞、文化勲章等、国際的にも著名な優れた科学者であることは良く知られている所です。同時に日本の宇宙科学の進展に初めからたづさわれ、今日の発展にまで導いて下さった恩人でもあります。

糸川先生のペンシルロケットが始まった1950年代の後半に、早くもIGYの期間にわが国のロケット観測実現に尽力された事。1960年代に入って、宇宙科学研究の為に共同利用の研究所の必要性が高まった時、東京大学の宇宙航空研究所の設立に中心的な役割を果たして来られた事。研究所設立後は自ら理学委員長として、宇宙科学の進め方について道筋を立てて下さった事。そしてその後、現在の宇宙科学研究所が発足して以来評議員として又10年近くに亘って会長の吉識先生を補佐して副会長の任に当たられ、今日の研究所を軌道に乗せ発展させることに全力を尽くして下さった事。この間、現在の宇宙科学研究所の設立の元となった文部省の学術審議会の昭和50年答申とこの実現に尽力して下さった事。現在の日本の宇宙科学の進展は先生の大変なご努力の賜物であった事が思い出されます。

先生との個人的なお付き合いについて書く事を許して頂けるならば、私が先生に初めてお目にか

かったのは戦後間もない、現在の超高層大気研究班の前身にあたる電離層委員会の事でした。会議では、天文の萩原雄祐先生を座長に永田先生が幹事として取り仕切っておられました。今考えて見ると先生は30才半ばのお年でしたが、すでに国際的に著名な学者で、各研究者からの色々な報告に対してきびきびと的確なコメントをされておられるのが印象的でした。

それから長い間のお付き合いがあって、数年前、『君、南極での良い気球のプロジェクトを何か考えてくれよ』というご依頼がありました。暫くして『ポーラーパトロール気球』のアイデアをお話したところ、翌年には早くもこの予算を極地研に用意して下さいました。今年、昭和基地から『ポーラー・パトロール気球』成功の報がとどいた時、先生はすでにご入院中でしたが、『成功の報を聞いて病状もよくなった。3月の学士院での講演会で是非この事を紹介したい』と大変喜んで下さったことを昨日の事のように思い出します。病軀を推して準備され、これが先生のご最後のご講演となってしまいました。病床からこまごまと学問の事、今後の南極観測のこと、先生の学問に対する若々しい情熱に満ちたお話やお手紙を頂いて深い感銘を受けずにはおられませんでした。

先生のご逝去は日本の最も優れた科学者の一人を失ったという事の他に、私達にとっては戦後から現在に至るまでの掛け替えのない先達を失ったという意味で大きな損失となってしまいました。

先生の長年に亘る宇宙科学発展に尽くされたご恩とご指導に感謝すると共に、今は只先生のご冥福をお祈りするのみであります。

(にしむら・じゅん)

## 有り難う御座いました永田先生

平尾 邦雄

永田先生は「火成岩の熱残留磁気の研究」という当時としてはまったく新しい手法によって地球物理学界に第一歩を踏み出された。勿論地球磁場は19世紀から研究されており、岩石が帯磁していることや岩石によっては現在の磁場とは逆に帯磁している事なども既に知られていたがそのメカニズムを物理的に解明しようとされたのである。

東京帝国大学の地球物理学教室に地球電磁気部門が設けられその助教授として赴任されたのが昭和16年であり、私は昭和17年入学したが先生の第三回目の学生となった。そうして1年生の時から先生の研究室にご厄介になった。その頃先生は既に水成岩の磁気の研究もされており、力武さんや原田さん等の先輩のお供をして印旛沼近くの成田層の崖からサンプルを採りその帯磁を測定するお手伝いをした。この様な時先生は私たちに鰻を御馳走して下さったことも忘れられない。1年上には亡くなられた中田さんがいて電波伝搬の研究をしていた。

この様にして先生は地球物理の中の電磁気学的現象に次々と研究の分野を広げて行かれた。私を京都大学の雷の観測に出したり、卒業研究で空中電気の観測をさせて頂いたのもその一貫であったのであろう。戦後京都大学の長谷川万吉先生、東北大学の加藤先生、電波物理研究所の前田先生、名古屋大学の関戸先生等およそ電気磁気と名の付くものに縁のある先生方が永田先生と話し合っておられたのをはたから拝見していたがそれが日本地球電気磁気学会の発足に繋がったのである。先生は地震や火山の電磁気学的研究も大変精力的に進められていた。戦後私が復員して来た時、地球物理学教室に籍を置くことを許して頂いたが地電流をやらせて下さいとお願いした時にはどうも些か御機嫌が悪かった様であった。しかし南海地震、福井地震の余震観測の時、余震の前には電流の方向が変わるらしいという結果を出した時に少しは物理的になったと褒めて頂いた事を覚えている。私は昭和25年には先生のお勧めによって電波気象学の研究をする事で中央電波観測所（現在の通信総合研究所）に移った。10年程して電離層プラズマの直接測定法の研究からロケット観測を始めて

暫くした昭和38年永田先生に呼び出され東京大学にできる宇宙航空研究所に移らないかと言うお誘いを受けた。昭和32~33年の国際地球観測年に始まった我が国のロケット観測は実は永田先生等が国際会議で日本独自でやると主張されて始まったのである。先生は同時に始まった南極観測の責任者として多忙な活躍をされながら、一方で我が国の宇宙研究の本格的な体制作りにも専心されていた。私にこれからは「宇宙馬鹿」がいなければ宇宙研究を推進する事は出来ないのだと言われ私をその一人と考えられたわけである。宇宙航空研究所の設立準備委員会のメンバーとして先生は現在の宇宙科学研究所の基礎を築いて下さり、その後も亡くなられるまで評議員として我が国の宇宙科学の発展のために尽くして下さいました。本年病の中でも必ず出席されていた学士院の例会で南極の周回気球による磁場観測の結果の発表をされたのが恐らく最後のお仕事であったと思うが、南極と宇宙を結び付けた研究としてさぞ御満足であつたらう。

一昨年末頃からあの美食家であった先生が余り食欲がないと言っておられた。昨年7月、久しぶりにお宅をお訪ねした時、丁度先生はよく行かれる築地の寿司屋に出掛けておられた。直ぐ帰るでしょうと言う奥様のお話でお待ちしていたら帰ってこられた先生は「うん、うまかった」と御機嫌ではあったが何となく疲れておられた。先生、余り無理をされないほうがいいですよと申し上げると、そうだなと苦笑いをされていたのが大変印象的であった。それから数か月後に入院されることになった。年明けて一度お見舞いに伺ったがやはりお元気でではなかった。あの元気な先生が。先生は日本のいや世界の地球物理学、宇宙科学のために本当に一生を捧げて下さいました。私も公私に亘って色々とお世話になりました。戦後、先生が疎開先の岩村田からお帰りの頃のご家族共々のお付き合い等々思い出すことは尽きぬ程あります。私事に亘る事も多く失礼致しましたが、編集委員会のご意向にも沿うことに致しました。

永田先生、本当に有り難う御座いました。

(ひらお・くにお)



## 空飛ぶサッカーボール：C<sub>60</sub>の話

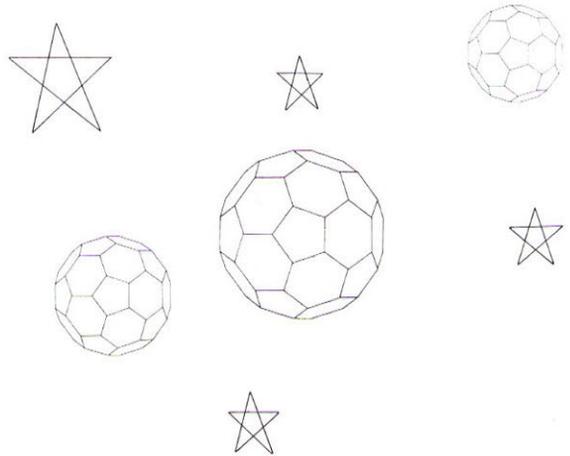
東京大学理学部 尾中 敬

天高く蹴り上げられたサッカーボールが空を飛ぶように見えても不思議はないが、こんな格好のものがふわふわと宇宙空間を漂っているという話は、奇異に聞こえるかも知れない。

最近のクラスタービームの実験から、60個の炭素からなるクラスターがやけに安定であることがわかり、実はちょうどサッカーボールの様な構造のクラスターがこのC<sub>60</sub>にぴったりで、至上の対称性から、無類の安定性も説明できると、めでたしめでたしの話が広まっている。状況証拠の積み上げも、サッカーボール構造の信憑性を高めるばかりである。

新しいものにすぐに飛びつくのはなにも天文学者に限られたわけではないだろうが、サッカーボールC<sub>60</sub>が宇宙空間にもたくさんあり、これまで未解決の星間現象をすべて説明できるという噂が最近では広まりつつある。例えば、紫外域の220nm吸収バンドとか、可視域にあるいくつかの星間吸収バンド（例えば440nmにある）がC<sub>60</sub><sup>+</sup>によるものだという。実際の中性のC<sub>60</sub>の紫外・可視のスペクトルは観測とはあわないのだが、電離エネルギーが6.4から7.9eVと見積られることから、星間空間ではC<sub>60</sub><sup>+</sup>となっているはずである。幸運なことにC<sub>60</sub><sup>+</sup>のスペクトルは実験が難しくまだ計算以外では得られていないので、この話はしばらくは楽しめる。

と言うと、昔の事を覚えておられる方は、10年くらい前の、あのカーバイン（カルビンと発音した人もいたが、お菓子の名前ではない）の話をだぶらせるかもしれない。カーバインは当時新たに見つかった炭素の高温相で、隕石中にも同定されたことから、宇宙空間にもいっぱいあって、同じように、当時から未解決だった星間現象をすべて説明できるという期待の星であったように記憶している。あの話はどうなったのだろう。



C<sub>60</sub>の推定される構造

話の混乱の元は星間空間で炭素がどのような形で存在しているのかも一つ定かでないことに依る。最近の宇宙研の気球による遠赤外線観測から炭素イオンが銀河面に広く存在していることがわかってきているが、どのくらいの炭素がクラスターとなり、また固相に取り込まれているのかは、HSTを含めた今後の衛星観測で明らかになるものと期待される（C<sub>60</sub>の赤外バンドは、幸か不幸か紫外域の大気の窓の外にあるので地上からの探査は難しい）。

炭素のクラスターが形成されるような条件が宇宙空間でも実現していれば、空飛ぶサッカーボールC<sub>60</sub>の存在は不思議なことではない。我々は、自然がこんなサッカーボールの様な構造の物質を安定に選んだ事を不思議がるが、自然の方からみれば、この構造が安定でC<sub>60</sub>の存在の普遍性はむしろ当然で、人間などという生物がC<sub>60</sub>と同じ構造のものを作り出して、足で蹴って遊んでいる姿の方がよっぽど不思議に映るのではないか。

（おなか・たかし）

## オーストラリアでの国際会議に出席して

宇宙科学研究所 市 村 淳

7月に二週間程オーストラリアへ行って来た。ICPEACという原子衝突物理学の国際会議に出席するためである。

会議が行われたのは、沖縄と同じ緯度に位置する、東海岸のブリスベンという街。大きく蛇行する川のほとりに、近代的な超高層ビルが、ルネッサンス様式の公会堂や議事堂とともに建ち並ぶ。日差しがまぶしく、静かでのんびりした街に冬の長い影がくっきりと伸びる。

地理的条件のためか過去数回の会議に比べれば人数が少ないのだが、それでも30箇国から約500人の研究者がここに集まった。週末を挟んだ一週間の会期に、招待講演がのべ70件。最終日には用意してきたノートが切れて、ホテルの便箋でしのぐ。

国際会議の醍醐味は、何と言っても、関心を共有する人と知り合って深く交流することだ。ポスター発表がそのための絶好の場となる。幅1.8m・高さ1.2mの掲示板が講演会場に隣接するロビーにズラリと並ぶ。発表者は、割り当てられた掲示板を自由に使ってよい。毎日100件を越すポスターが朝から張り出され、午後のポスターセッションの時間を待たずに、午前中の休憩時間から議論が始まる。

ポスターの前では、納得の行くまで質問をぶつけて議論ができる。そのなかで、新しい観点を与えられたり、注目していなかった問題の重要性に気が付かされることが多い。

逆に発表する側に立つと、様々な見地から質問を受ける。だから、語学力以前に、相手の立場を知っていないとうまく答えられない。ドイツの理論屋から、中身ではなく、表題の言葉使いにケチを付けられる。20分かかって、ようやく、相手が何を気にしているのかが判る。基本的な概念をめぐる理解が一致していないのだ。

本会議に引き続いて、もう少し細かい専門分野に別れて「衛星会議」がいくつか開かれる。筆者

も、その一つに出席する。会場は、リゾート地として有名なゴールドコースト。きめの細かい真っ白な砂浜がはるか彼方まで続いている。

この会議には、約80名の研究者が出席。二日間の会期中、朝8時から夕方7時まで、口頭発表が46件、更にポスター発表も30件行われた。本会議よりもずっと親密で自由な雰囲気を感じる。

口頭発表の持ち時間は、全員一律に、講演10分プラス討論5分。プログラムに余裕がないし、言いたいことの多い人ばかりだから、時間通りに進行させることが各セッションの座長の至上命令となる。講演時間が切れる2分前になると、座長はボールペンでグラスを叩いて合図をする。そして続けて2回叩かれたら、NHKの喉自慢と同じで、話を止めなければいけない。

この10分間に自分の言いたいことを伝えられるかどうか、わかりやすく興味を引く話ができるかどうか勝負だ。だから、思い切ってポイントを絞る。そのように準備したはずだったが、やはり、思ってもいなかったところで鐘の音を聞いてしまう。「最後に」と言って座長を安心させてから、まとめのOHPシートを示して読み上げる。

中には、鐘が鳴っても強引に突っ走る人が居るが、それは顰蹙を買う。むしろ潔く話を止めて討論の時間を充実させる方が結局は効果的なのだ。オランダの実験屋は、「面白い問題を議論せずにここで終わります」と言って残念そうな顔をする。座長が質問を求めると、すかさず「面白い問題とは何か」と声がかかる。彼は、聴衆の支持のもとに大威張りで予定していた話を続けることができるのだ。

この二週間は、収穫の多い興奮に満ちたものであった。ポスターの表題にケチを付けたドイツ人も、最後は、お互いの何がしかを理解し仲良くなって別れた。

(いちむら・あつし)



## アリこそは星の海を想う

松本零士

ハレー彗星大接近の年、東京駅の階段を三段跳びしてアキレス腱を切った。

結局見にも行けず、屋上にはいずり登って地平線の彼方を双眼鏡で探索したが後の祭り。

生涯の大不覚であった。

次に来るまでの寿命は持ち合わせがない。

楽しみにしていたのに情けない。

なにやら彼方で大爆発を起こして消えたとかいう記事もあって、そうならそうで子孫を羨む事もあるまいと自分に言い聞かせている。

あちこちで火山も大噴火するし、そうになると、活発化した活動は地球上にだけ留どまらず、太陽系全体が騒々しくなっているのではあるまいかと妄想したくなる。

物語を考える場合、たいていこうした外部の刺激からなにやら骨格が出来上がって、大ボラスペクタクルがデッチあがるのだ。

我々にとって平穏は墮落につながり、唐突な刺激は創作に転化して生き甲斐となる。

戦後、新しいタイプの漫画作品が多数出現したのも、敗戦という空前絶後の刺激がその駆動力になったのだ。

なぜかは知らないが、そういった創作物の中で、やたらに宇宙を舞台とする物語が多かったのは、今になって考えると不思議な現象だった。

少年達は、トンボの羽をむしり、頭を引っこ抜きながら、空腹のさなかに、しかし宇宙を夢見ていた。

その中では、当時から既に太陽系はとっくの昔に征服しつつ、飛び出し、アンドロメダ、オリオンの彼方に人類は旅していたのだ。

自然の摂理が、人間の目が宇宙へ向くようにと誘ったのかもしれない。

進化の当然の結果として、人は宇宙へ否応なく飛び出して行く運命を授けられているのかもしれない。

地球は、天駆ける人類の繭だったという楽しい。

繭の中は今、長く続いた戦国時代の最後の瞬間に違いない。

宇宙に出ても少しはケンカをするだろう。

火星や金星の独立戦争などというのが起こるかもしれない。

しかし、未知の彼方から、いわゆるエイリアンが飛来して遭遇しても、よくあったクラシックSFのように、やたらめったら殺し合をするような事はあるまい。

大体において、我々が創作物で描いた『宇宙戦争』は間違いであったと、この頃では子供達までそう言う。

反省してみれば、物語の中で高度に発達した科学構造物や兵器を操る宇宙人が、多くの場合醜い裸体であるのも、宇宙で『物事』を考える能力に対する冒瀆ではなかったのか。

その宇宙人を、日本人に当てはめてみれば良く判る。

戦争中の欧米のジャーナリストや、幕末以前に帆船で来訪した宣教師達の一部が本国へ書き送ったレポートを読んでもみれば気が付く。

『良心の無い動物』、醜悪な異教徒として書かれた日本人。

つまりは当時は我々がエイリアンの役を担っていたのだ。

もしかすると、現在もその役を強要されているのかもしれないではないか。

我々にもかって、近隣諸国の人々にその役を押し付けた汚点がある。

しかしそれでもなお腹立たしい、おのれクレソソメが、アリだとぬかしおって。

そんな事を土台にして、過去のエイリアン像を払拭して宇宙を想わなければ、誤った形の宇宙への夢が惨禍を引き起こすかもしれない。

何万年も先の遭遇になるのか、明日になるのか知る術もないが、そんな事を考えてみるだけでも自分自身、宇宙時代に片足をかけた世代だと自覚できて雄大な気分になれる。

現実には厳しく、自分が宇宙を飛ぶ日は、可能性にして零に等しい。

今はただ、我が国自前の宇宙船に自前の同胞が搭乗して宇宙へ乗り出す日の、なるべく早からん事を祈るのみだ。

(まつもと・れいじ)

ISAS ニュース No.125 1991.8.

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2210)までお願いいたします。