

SAS ニュース

宇宙科学研究所

1999.3 No.216



▲34mアンテナの雪景色（撮影：豊留 法文）

〈研究紹介〉

50 μ 秒間覗く超軌道速度大気圏突入流れ

東北大学流体科学研究所衝撃波研究センター 佐 宗 章 弘

日本の宇宙航行計画に対して「流体」の研究が実質的に必要とされてきたのは、これまで化学ロケットや電気推進など、推進機関の内部の流れが中心だった。ところが、MUSES-C計画において超軌道速度大気圏再突入をクリアしなければサンプルを地球に持ち帰れないという状況が発生し、日本でも「高エンタルピー流れ」（後述）実用研究の重要性に対する認識が飛躍的に高まった。MUSES-Cで現れるような流れを地上で模擬して、再突入カプセルへの輻射・対流熱伝達量を定量的に予測し、耐熱材の厚さを安全率1.3(!?)で設計可能にすることが、高エンタルピー流研究の目指す一つのハイライトである。

一般に、飛行する物体周りの流れを地上で模擬する手段として最良の方法は、実物と同じ大きさ、形状の物を同じ速度で飛ばすことである。しかし、現技術レベルでは、ballistic range（高速飛行体発射装置）を用いて直径40cmのモデルを12.5km/sで飛ばすことは不可能と言ってよい。たとえば実寸法で飛ばすのを諦め、

何らかの相似則を拠所に小さなモデルで実験することに甘んじたとしても、直径がmmオーダー以上のモデルを12.5km/sで飛ばすこと自体未踏技術である。次善策になるが、小型モデルを試験部に置いてそこに速い流れを作り出すことであれば、今の段階でも工夫すればかなりのことが出来る。しかし、それでも、このような超高速流れを作り出すことは大変なことである。

上述した高エンタルピー流れとは、MUSES-Cの大気圏再突入に出てくるようなエネルギーのものすごく高い流れであると考えて良い。因みに、現在私が所属する研究部にもこの用語が使われている。例えば、上記速度の空気流れを完全に堰き止め、中の分子の状態が変化しないとしたら、温度が78,000度にもなってしまう。本当にこんな高温になったら、どんな材料であっても、とても再突入に耐えられない。しかし、現実の空気（地球の場合）はもう少しfriendlyで、分子が解離、電離を起こしたり、内部のエネルギー状態を変えることによって、ある程度エネルギーを内部で吸収し

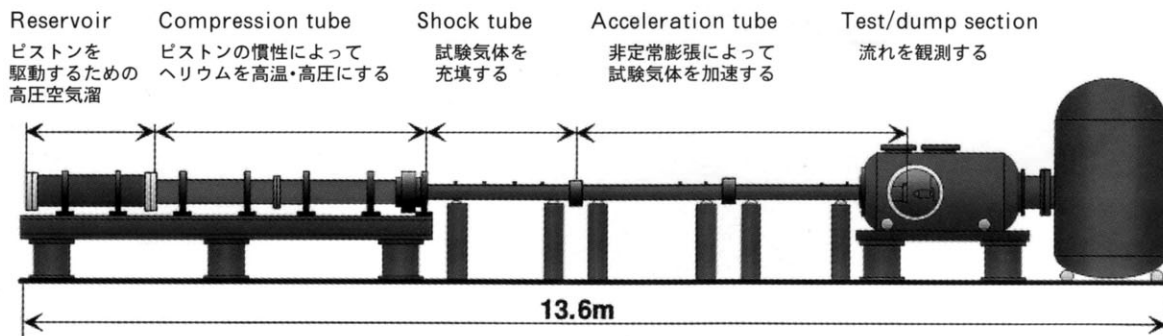


図1 イクスパンションチューブ (東北大学)

てくれ、再突入カプセルへの熱伝達を和らげてくれる。それが、「どの程度」なのかを知ることが流体研究の課題であり、その結果から壁面材の耐熱試験条件を決めるデータが提供される。現存する技術を駆使すれば、これらの実験は努力次第で実現可能である。後者の耐熱試験には、宇宙研にあるようなアーク風洞が最適と考える。電気の消費量の制約は無視できないものの、原理的に長時間作動が可能で、壁面熱伝達量を与えればその「実時間」の試験ができる。また、ドイツのシュツツガルト大学のように電気推進機の研究開発ノウハウをその目的のために直接/間接的に転用できる素地があることも、好材料である。

さて、問題の高速流れを作り出すために、我々は「イクスパンションチューブ」と呼ばれる装置を試作し、作動実験を行っている。この装置は、通常の衝撃波管の試験部に更に加速管を取り付け、衝撃波によっていったんエネルギーが高められた試験気体に対して、非定常流体力学の原理を利用して、その運動エネルギーを更に高めてやることのできるものである。作動の原理は既に1950年代に公表されているが、過去において高エンタルピー風洞として実際に稼動されたのは、アメリカ (NASA Langley R.C., 後に General Applied Science Laboratories Inc.に移管され現在に至る) とオーストラリア (クイーンズランド大学) の二例を知るのみである。この装置では、非定常加速によって試験気体の全エネルギーを高める際、運動エネルギーの上昇に伴って内部エネルギー (正確には静エンタルピー) は逆に低下し、試験気体の最高到達温度を低く抑えることができる。衝撃波層において気体の内部状態がどの程度変化するかを調べる実験であるので、上流の流れが出来るだけ実際の飛行環境に近いことが重要であり、この特長が本装置の存在意義そのものであるといっても過言ではない。現在、衝撃波研究センターでは、イクスパンションチューブの実応用に向けた基礎研究を行っている (図1)。また、クイーンズランド大学極

超音速研究センターとの実質的な共同研究も進めている。管の中に10km/sの速さの流れを作り出すことができたとしても、実験室で作り出せる試験状態の気体の長さは0.5m程度であるから、試験時間は50 μ sとなる。日常の感覚からすると、この試験時間は非常に短く、これで何が分かるのか疑問に思われるかも知れない。しかし、実験の目的を上で述べたようなことがらに限定すれば、必要な時間はモデル周りに目的の流れが形成される時間程度となり、上記試験時間はその10倍以上になる。図2は、ホログラフィー干渉計法で可視化した鈍頭物体周りの衝撃波層の可視化写真である。この実験では、波長が異なる二つのレーザー光線を同時に用いて干渉縞写真を撮影し (図はその中の一つの波長に対応するもの)、衝撃波層内の重粒子密度、電子密度の二次元分布を同時測定した。レーザーのパルス幅20nsの間に撮影されたものであり、試験時間全体

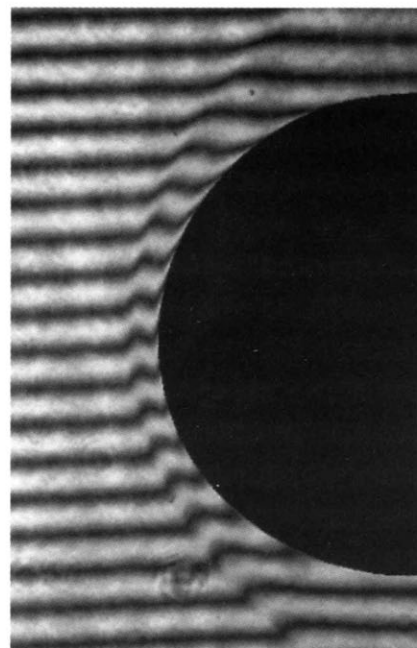


図2 淀み点エンタルピー60MJ/kgの流れに置かれた円柱周りの衝撃波層のホログラフィー干渉計写真。流れは、左から右に向かう。実験はクイーンズランド大学で行われた。

の1/1,000オーダーの短時間だけ現象を垣間見たことになる。この可視化された画像を解析することによって、淀み線上で電子密度が $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ にも達していることも分かった。これは、まだ取りかかりの実験結果の一例である。極く最近では、MUSES-C再突入カプセルの1/10モデルから水素を噴射し、衝撃波層との干渉を調べる実験も開始されており、近い将来にはアブレーションの模擬や能動冷却の可能性を探ることを計画している。また、電離気体に対する壁でのシース

を考慮した境界条件についても、定量的な解明が必要となっている。

色々な非理想因子を除去してこのオーダーの試験時間を確保すること、また分光測定、干渉計による光学計測、熱伝達測定などをこの短時間で精度よく行うことは、非常にchallengingな研究課題である。これは、MUSES-Cを契機に我々に与えられた絶好の機会であり、近い将来基礎研究の立場から実用ミッションを支援できればと願っている。（さそう・あきひろ）

お知らせ



★宇宙科学講演と映画の会

日 時 平成11年4月24日（土） 13:30（開場）～17:30

場 所 津田ホール（JR千駄ヶ谷駅前）

13:30	開 場
14:00	開会 司会 宇宙科学研究所教授 的川泰宣 挨拶 宇宙科学研究所長 西田篤弘
14:10	講 演 演題 太陽コロナ・フレア爆発の謎に迫る—「ようこう」SOHOからSOLAR-B— 宇宙科学研究所教授 小 杉 健 郎
15:15	演題 火星の探査をめざして —探査機「のぞみ」の技術— 宇宙科学研究所教授 中 谷 一 郎
16:10	質疑応答 休憩
16:40	映 画 「M-V 宇宙へ」
17:30	閉 会

主 催 文部省宇宙科学研究所

〒229-8510 相模原市由野台3-1-1 TEL 042-751-3911

後 援 財宇宙科学振興会

★訂 正

99年2月号（No. 215）において10ページ＜いも焼酎＞の著者のお名前に一部誤りがありましたので、お詫びして訂正致します。

【誤】（おくだ・ひろゆき） ⇒ 【正】（おくだ・はるゆき）



★宇宙学校・相模原開催される

さる2月7日（日）、相模原市立産業会館において、恒例の宇宙学校が開かれた。構成は、1時限（宇宙の謎を探る）が、「大きいブラックホールと小さいブラックホール（藤本龍一）」と「天体の距離をはかる（村田泰宏）」、2時限（惑星と生命）が、「小惑星へ行こう（藤原顕）」と「地球の生き物と重力」（惑星と生命）で、3時限（ロケットと人工衛星）は「ロケットの世界（竹前俊昭）」と「ロケットとの交信（橋本正之）」ということで、それぞれの時限の初めに各講師が導入的な話を10～15分行い、つづいて一時間くらいQ & A、そしてビデオが上映された。面白い質問としては、

- ・超新星爆発によって、すべての物質が飛び去らないのか？
 - ・ブラックホールが他の星のガスを吸い込んでマンタになることはないのか？
 - ・地球の元素以外のものが宇宙で見つかるか？
 - ・地球の無重量でも、卵は宇宙の無重量と同じになるか？
 - ・スペースシャトルの帰還が不可能になった時、不時着の危険はないか？
 - ・S-310ロケットのパーツの数はどれくらいか？
- というものが挙げられる。参加者は延べ542人だった。（的川泰宣）

★「のぞみ」火星投入延期と外国の反応

既にご承知のとおり、去る12月末の地球軌道離脱時、推進系バルブの不調により「のぞみ」の火星軌道投入は当初計画から4年遅れの2004年1月とせざるをえなくなった。「のぞみ」はわれわれにとって初めての惑星探査機でありこの躓きは大きな衝撃であった。「のぞみ」には外国の研究者も数多く参加しており外国の火星探査機との共同研究も計画されていたため、延期の事情説明と今後の協力の継続をお願いする目的で1月28日から約2週間かけて共同研究を行っている外国の諸機関を歴訪してきた。協力の度合い、影響の度合いによって「延期」に対処する方法はさまざまであることは当然であったが、私が驚いたことは、訪れた機関全てで「おまえたちは良く危機を乗り越えた」という

誉め言葉で迎えられたことだった。いささか憂鬱な旅立ちで出発した今回のいわば釈明の旅は結果的に「これで『のぞみ』の価値が下がるわけではないのだから火星投入を是非成功させてくれ」とかえって元気付けられる結果となった。しかし、これは暮れから新年にかけての軌道グループの壮絶ともいえる奮闘の賜物である。もし、現在の代替え軌道が見つかっていなければ世間は決してこのように優しく理解に満ちた対応をしてはくれなかったはずである。海外の理解の根拠は我が軌道設計グループの偉業に対する賞賛と信頼の表われである。あらためて、危機回避に尽力された諸兄に感謝を込めて出張の報告にかえます。今後の長丁場を無事乗り越えて本当の成功の喜びを分かち合えることを楽しみにしております。（鶴田浩一郎）

★「はるか」成果報告会

「はるか」の打ち上げから2年が過ぎた2月18日、報道関係者を対象として、「はるか」の成果報告会が開かれました。場所は霞ヶ関ビル東海大学校友会館で、20名を越す報道関係者が集まりました。西田所長、国立天文台の小平台長の挨拶があり、続いて、「はるか」チームから、まず工学的成果と観測成果についてそれぞれ要約した報告を行い、次いで、二つの観測成果に関する詳しい発表を行いました。

一つは、M87という巨大な銀河の中心から噴き出るジェットについてで、その付け根の部分に不可解な螺旋状の模様を見出したというものです。説明者は平林さんでした。もう一つは、1921-293という名前のクエーサーが、10兆度という、これまでに観測されたことのない明るさで輝いているのを発見した、というものでした。この現象は相対論的効果によるもので、観測された輝度は逆コンプトン効果の理論限界を10倍以上超えています。2月1日に宇宙研の助手になられたフィル・エドワーズさんが、日本語で説明されました。質疑も活発で、新しい成果を少しでも正確に伝えたいという報道の方々の熱意が現れているように感じられました。会には、ジェット推進研究所、オーストラリア国立天文台、アメリカ国立天文台などの、「はるか」国際チームの主要メンバーも参加しました。

報告会後の懇親会では、初めに小田稔先生が「はるか」の意義を改めて強調して下さり、和やかな中、参加者の間で実のある意見交換が行われました。

（廣澤春任）

★ASCAが見つけた宇宙で一番強い磁場

星が持っている磁場はどの程度の強さだろうか。地

球が表面でほぼ1ガウスの磁場を持っていることは皆が知っている。太陽で一番強い磁場がおおよそ1000ガウスである知っている人も多いだろう。では宇宙において最も強い磁場はどこにあり、どの程度の強さだろうか？いままでは半径がたった10キロメートルなのに、太陽と同じ重さをもった中性子星にあり、その強さは1兆ガウス程度と知られていた。ところが最近になって、ASCA衛星がその1000倍も強い磁場を中性子星から発見した。磁場の強さの世界記録となる。

ASCAは軟ガンマ線バースト活動を行なう天体を観測中に、それがX線パルサーでもあることを発見した。アメリカの衛星との協同観測による複数回の観測結果から、そのパルサーのパルス周期が短時間に長くなっていくことも見つけた。磁石が回転すると発電機となり、エネルギーや角運動量を外に失う。こんなに回転周期が速く変化することは、強い磁場を持っている証拠と解釈された。その磁場の強さからマグネター(magnetar)と呼ばれ始めている。一つ見つかり、なぜか次は簡単に見つかるもので、ASCA衛星は2番目も見つけた。

この異常に強い磁場で教科書を塗り変えることになったマグネターだが、もう一つ我々を驚かす現象を起こした。昨年8月27日に、普通は静かな夜側の電離層が突然電離をし、無線通信が乱れたり、複数の人工衛星が何かを感じて安全モードに移行する事件があった。この原因が、この軟ガンマ線バースト源だったのである。我々の銀河の中心に位置する遠い天体の、一発のガンマ線バースト活動が地球の人間の活動に影響を与えたことで、NASAからも特別の発表があった。

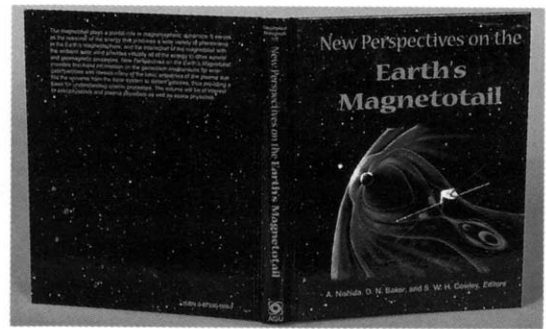
宇宙には、まだまだ奇妙な天体がいる。この天体は

磁場のエネルギーで輝いているらしい。

(村上敏夫)

★西田所長他（編）の宇宙科学書が米国で受賞

米国出版社協会の専門書・学術書部門が選ぶ優秀図書と言えば、大変権威ある賞として有名だが、このたび宇宙科学研究所の西田篤弘所長他が編集し、米国地球物理学会から刊行した“New Perspectives on the Earth's Magnetotail”（磁気圏尾部研究の新たな展望）が、その1998年の物理学・天体物理学における最優秀図書に選ばれた。GEOTAIL衛星の成果を中心として



磁気圏尾部研究の最先端の研究が集大成してある。

(的川泰宣)

まとめてお送りいたします

編集委員長 松尾弘毅

今年度は7人の方が定年を迎えられました。折しも糸川先生の訃報に接しました。“おおすみ”打ち上げの現場にいた世代が、ここ数年の間に第一線を去ろうとしているということの象徴的な出来事です。奥田先生の思い出はS-520による赤外観測に始まります。宇宙理学委員長として我が国の宇宙科学のあり方の舵取りをなさいました。温厚なお人柄ではありますが、私などは何度となく襟を正させられたものです。槇野先生とは“ぎんが”で一緒にいたしました。衛星主任、実験主任としてともに初陣の勢いで初日に強風下で打ち上げ、後からヒヤッとしたことを憶えています。原理・原則に加えて現実的な視点から貴重なご指導を頂きました。栗木先生は、少し離れたところからスマートさに憧れておりましたが、SFUの最後の段階で共に修羅場をくぐらせていただきました。先生の研究テ-

マであった電気推進は間もなくMUSES-Cで第一線に躍り出します。横山先生は、電気系の実行部隊の文字通り要として活躍してこられました。穴の大きさをすぐ実感することになるでしょう。船曳さんは実験装置の自製を含め稀薄流体分野での研究を支えてこられました。軟式テニス仲間ですが、バックハンドしか打てない、私とは逆のプレーヤーでした。高成さんには、車庫長として近年よくお世話になりました。大変陽気なお人柄で車中退屈することはありませんでした。東さんは、そのお人柄でロケット班いや実験班の名物でした。何度送別会をしたかわかりませんのでこれ以上は書きません。

皆様のご健康と今後のご活躍を心からお祈りいたします。

サムライ学者とともに

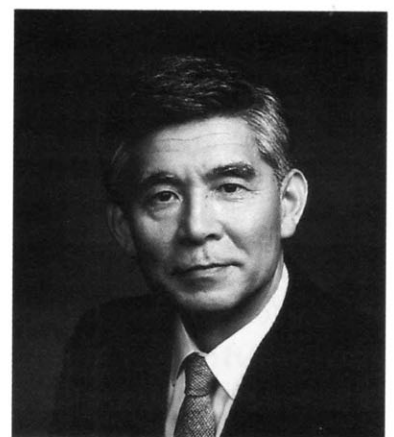
長 友 信 人

栗木恭一教授とは電気推進の研究がご縁で、SEPACとSFUといういずれも前例のなかった難プロジェクトに挑戦する中で、親しくも荒っぽいお付き合いをしてきました。そこで感じたことは、栗木先生は優れた学者である以上に立派な紳士だということです。先生が退官されるにあたり、そのサムライぶりを物語る思い出話を紹介させていただきます。

栗木先生は若い頃からMPDアークジェットの世界の権威で、スペースシャトルのミッションスタディにオーロラ実験を大林先生が提案した時、アメリカは電子ビームが得意だから、日本は栗木先生のMPDアー

クジェットで対抗しよう決めました。

話は進んで、1976年、スペースラブ1号搭載実験に応募しました。宇宙でのこのような高エネルギー実験は初めてとあって、NASAはジョンソン宇宙センターの世界最大のスペース



チェンバーと電子ビーム装置を提供し、日本は栗木教授のMPDアークジェットを持ち込んで共同実験をすることになりました。

1週間の実験計画でしたが、リーダーのB博士は横柄で全然他人の言うことを聞こうとしない人でした。実験初日、ついに業を煮やした栗木教授は、「アイ・アム・ノット・ハッピー・ウィズ・ユー！」と啖呵を切ったそうですが、この一言が相手を追い出してしまい、チーム全体はハッピーに残りの実験を続けることが出来たというわけです。結局、大林先生をPI（主任研究者）とする日米合同チームのSEPACが優先度2位

のNASAの実験に採用され、日本は電子ビーム装置も開発したのであります。栗木先生ご自身は人の言うことに良く耳を傾け、後輩の私に対しても少しも先輩風を吹かしたことがありません。いつも嵐のようなプロジェクトの渦中ではそれどころではなかったかも知れませんが、何よりも栗木先生が、他人を尊敬することが出来る気高さを備えておられたからだと思います。今後ともご健康に気を付けて、世界を舞台にサムライ精神を発揮していただきたいと思います。

（ながとも・まこと）

送 る 言 葉

佐藤 俊逸

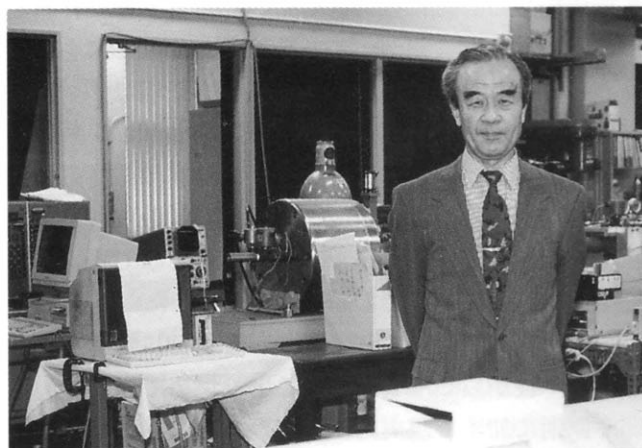
船曳さんは駒場キャンパス時代に宇宙研の前身である東大航空研究所に奉職され、現在の相模原キャンパスへと研究所の看板は何度か変わりはしましたが、その間一貫して気体力学の実験的研究に従事されると共に数多くの大学院生、研究生の指導に尽くされました。

今日では、その薫陶を受けた方々が卒業後、大学、研究所、会社等で広範に活躍されております。

当時の実験状況は、船曳さんがISASニュースNo.214のコラム、いも焼酎に「真空管と私」と題して、記しておられるごとく、パソコン全盛の現在とは大きく異なり、また機器や装置を外注に頼ることも非常に少なく、写真技術、製図、機械工作、電気配線、実験結果の作図と、なにごとによらず自ら手を汚さなければ物事が進まなく、実験技術に「ノウハウ」が必要な時代でした。

船曳さんはいずれに関しても、まさに職人芸でこれらをたやすくこなし、機械加工、配線はプロ並、最近ならプリンター出力になるでしょうが、手書きのロットリングによる文字入れ原稿は絶品で、印刷物のような仕上がりでした。

当時入所したての私は、年齢も院生と殆ど同じ年代で、全てにおいて手とり足とり反復して、その業を伝授してもらったものでした。それ以来、公私にわたり



数々の有益な示唆、教示を頂き大変感謝しております。

その一方、多趣味な方で、若い頃は8mmカメラをよく扱っていた記憶があり、現在ではビデオカメラでしょうか、軟式テニスは当時から現在でも続けておられ、所内外で楽しまれております。オーディオに関しては一家言あり、私も船曳さんと同じく昔はラジオ少年でしたので、よく議論したことを思い出します。

送る言葉のはずが、つつい往時の思い出話になりがちですので、これで送別の辞とします。

これからもご健康に留意されて、お元気でお過ごし下さい。船曳さん長い年月ご苦労さまでした。

（さとう・しゅんいち）

奥田先生を送る

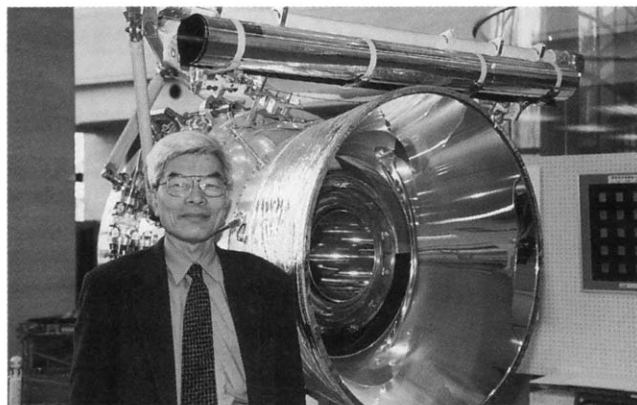
松本 敏雄

私が大学院に進学した頃、名古屋大学では早川幸男先生が電磁波の広い波長域での天文観測を始めようと

しておられた。宇宙線研究室の助手であった奥田先生と私が赤外線観測を任され、それが日本の赤外線天文

学の始まりとなった。当時はろくな検出器もなく、明るい月の観測から始めたものであるが、ちょっとした観測とはいえ今から思えば懐かしい。

奥田先生はその後オランダ遊学を経て、京都大学に助教授として移られた。京都大学では上松に日本で初の赤外線望遠鏡を建設し、一方で気球実験を精力的に進められ、わが国の赤外線天文学の基礎を作られた。奥田先生は当時から赤外線天文学の本命はスペースであると言っておられ、興望を担って1981年には宇宙科学研究所に教授として移られた。宇宙研では当初気球による遠赤外[CII]線の観測に大きな成果をあげられ、1995年には我が国初の軌道赤外線望遠鏡IRTSを成功させるとともに、ESAの宇宙赤外線天文台ISOで多大な業績をあげられた。これらの成果をもとに、奥田先生は赤外線天文衛星ASTRO-F(IRIS)計画を軌道にのせられ、日本のスペース赤外線天文学の確固たる基盤を作られた。また、奥田先生は沢山のお弟子さんを送りだされるとともに、天文学会理事長等を勤められる



など、わが国の天文学の発展に大きな貢献をされた。

私は3年前宇宙研に移り、奥田先生の赤外線天文学研究の始めと終わりを御一緒することになった。思い返せば私は奥田先生の傘の下で仕事ができたと感じる。「長い間御苦労様でした」と改めて感謝するとともに、奥田先生にASTRO-Fのデータで楽しんで頂けるよう、これから頑張らねばと思っている。

(まつもと・としお)

若かりし日の幸ちゃんと！

市川 満

千葉の生研で君の一年先輩の横山君だよと幸ちゃんを紹介されて、あれから39年あつという間であつた。幸ちゃんが所属されていた斉藤研はアカデミックな雰囲気活気にあふれていた。今日は旨い酒があるよ、と度々研究室に招かれ、これは本物のジョニ黒だよと、外国土産の貴重なウイスキーをごちそうになった。当時から、幸ちゃんは先生方の信頼が厚く研究室での仕事ばかりでなく、ロケットの実験ではテレメータ班員として活躍されていた。昭和30～40年代のレーダやテレメータは真空管だったので、特性が一時も落ち着かず打上当日ともなるとテレメータ班員は四六時中オペアンプのつまみに触っていた。そんな事からかテレメータには繊細で几帳面な人が揃っていた。人品骨柄がよろしくなかった我々レーダ班はいつも比較され、「お前らは！」とお叱りの言葉を度々頂戴していた。

若かりし頃の幸ちゃんは、スポーツが万能で野球も上手だったが、特にスキーの技量はプロの指導員並であつた。幸ちゃんがゲレンデにシュプールを描いていると、多くのギャル達もしばしば滑降を止めて眺めるほどであつた。夏には、きたるスキーシーズンの為にとよく夏山にも出掛けた。計画は、いつも幸ちゃんが綿密にまとめ、自分たちは買い物の一部を手伝う程度で良かった。



黒部ダムから立山、剣岳への3泊4日登山だった。ちょっと躊躇したが「上の小屋に行けば何か売っているよ」という幸ちゃんの一言で、3日分の食料が初日の酒のつまみとなった。ところが、9月末の冬支度を前にした山小屋には缶詰などの食料品は一切無くアザミの葉のみそ汁とタクワン2切れの生活を2日間余儀なくされた。この元凶も自分の飲食時の大食らいにあり、幸ちゃんには色々ご迷惑をかけました。この場を借りてお詫びします。ここ数年は仕事に追われ何も出来なかったがまた御退官後は、計画の程よろしく御願致します。

(いちかわ・みつる)

東さん（トンちゃん）宇宙研を去る

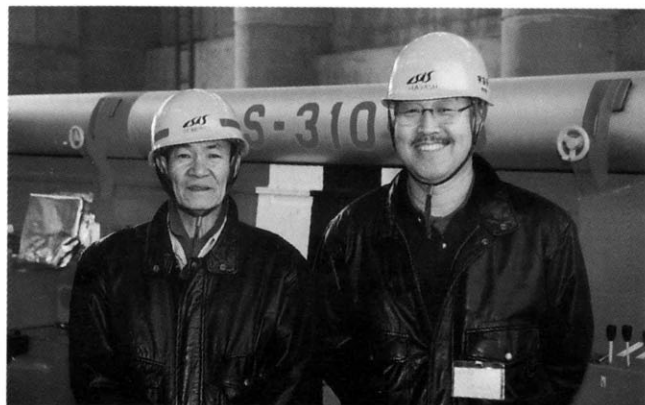
林 紀 幸

「良き友は人生最高の宝である」日本の宇宙開発の父糸川英夫先生が、私に書いて下さった色紙である。

東さんとの出会いは35年前で、体は小さく色黒（本人は色白だと思っている）で、少し恐顔（こわも）てのする人物だった。身に付けている着衣は良質でセンス良く、キザにさえ見えた。今の東さんだけを知る人達は、ボン・ボンと出て来るシャレ等想像も付かない世界に住んでいたのだ。その東さんも定年を迎える。昨年6月目出たく60歳になられた。「定年とは、規則により退職しなければならない一定の年齢」のことを言うそうだが、今でも若い女性達に人気のある東さんが、一定の年齢に達したと思えない。東さん本人も全くそれに気が付いていない。

人生には様々な出会いと別れがあると言う。この35年間の東さんの毎日は、ISASニュースに本人が書いているように出張の連続で、年に200日を越えた年も、とのこと。もしかすると家族と過ごした時間より東・林で過ごした時間の方が断然多いのでは？ 出張に行くとはほとんど昼も夜も、どこに行くのも一諸で（本当はお互いに邪魔だと思っていたのではないか）この短い文章とISASニュースと言う制限の中では表現できないのが残念である。

宇宙研では我々技官は、教官が医者だとすると、看護婦のような存在だと思う。先生達はそれぞれ専門分



東さん（左）と筆者

野に精通し、ロケットのデザインを決定し、設計して行く、製造は勿論メーカーであるがそれらを希望の日に飛翔出来るよう、組立・検査し成功に導く、時には手術も立ち会い判断をする。異分野をまとめる力こそ技官の本領で生き甲斐である。東さんも多くの場面でその本領を発揮してきた。人生には、結果も大切であるが、そこに行きつく道中が魅力的であるとか？ その人東照久氏と出会ったことは私達の財産となって心に残るだろう。それは心地よい懐かしさを持って。

東さん本当のところ女房と別れるよりつらいよ。

この原稿の締め切りの前日2月21日糸川先生が死去された。巨星落つ！そして巨星去る。

（はやし・のりゆき）

くまさん故郷へ

横 田 力 男

車庫長の高成定好さんが3月で定年退官される。A棟裏や正面ロビーのあたりでドングリまなこを光らせ東北弁まるだしの大きな声で立ち話をしている堂々たる体格のひとを心当りの方は多いと思う。その話っぷりが語るように高成さんは岩手県出身で昭和46年から三陸大気球観測所の技官として気球放球作業に従事し観測実験を支えた主要人物の一人である。私も年1回ぐらいイワナ釣りに惹かれて実験に参加し高成さんと仕事をする機会があったが、あの体格が白いつなぎの作業着に身をつつんで放球車を自在にあやつり号令をかける姿に接すると放球時の緊張からくる不安感が消えていったことを思い出す。このように気球ランチャー



車や大型フォークなどの運転が極めてうまく、車両の保守、整備や作業員への重車両の運転指導は高成さんにまかせておけば安心していられたという。そんなことから気球が打ち上げられるたびに鳥海山の受信点に配置された大型移動観測車は高成さんしか運転できなかったし、観測器の山中での回収では道なき道をジープを巧みにあやつって抜群の地理感で突進したという。観測器の荷姿処理にあたってはロープの縛りやゴム気球の端末処理などに“万力の手”をもつ高成さんのほんとの“ちから”が大いに発揮されたという。妙に納得できる話である。

さて気球グループによる高成メモの最後には「松茸のある場所がわかる人」と書かれている。放球班としての高成さんのたぐい希な特性の出どころはここにあ

ろうか。松茸に象徴されるように山は道を歩くものと思っている都会人とはまったく違って高成さんの山は‘さわぐ’ものであるし、鹿や熊は動物ではなくて‘けもの’である。相模原勤務となって所長車を担当するようになったのもこのような生活体験からくる不思議な安定感の故であろうか。科学が基礎におく論理的思考方法を自らの人生やこころの問題に敷衍することには多くの人が躊躇するように、相模原にいても春はタケノコやうどを、秋になればじねん薯を探してみんなに振る舞う高成さんのような人の感性こそ求められているものである。酒でも飲みながら岩手に帰った高成さんの話を伺いたいものである。ほんとの熊よ逃げろ。
(よこた・りきお)

「泰然自若」・「ぎんが」・「みさきめぐり」－槇野先生を送る－

井 上 一

私が、槇野先生を親しく存じ上げるようになったのは、わが国初のX線天文衛星になるはずだったCORSAの打ち上げ前の大騒ぎからだ。当時、私は、田中研の助手に採用されたばかりだった。宇宙研田中研と名古屋大学とで開発中の観測装置はいかに準備不足で、たびたびの徹夜騒ぎとなったが、槇野先生の精神的・体力的なタフさはきわめて印象的だった。そして、打ち上げを迎え、半地下ではじめて打ち上げの瞬間を経験した。しかし、槇野先生とともに半地下から飛び出して見ると、「3段目点火中止」のアナウンス。何のことかすぐにわからずにいると、槇野先生がぼそっと「打ち上げ失敗だ。上がって笑わず、落ちて騒がず。」とおっしゃった。この槇野先生のひとは、失敗を知った大きなショックとともに、鮮明な記憶として残っている。

その後、槇野先生は名古屋大学から宇宙研に移られ、日常的にいっしょに仕事をさせて頂くようになった。苦勞をともにさせて頂いた中で特に印象深いのは、槇野マネージャーのもと、皆でかちとった「ぎんが」の成功である。「ぎんが」は、数々の新しい発見を行ない、日本のX線天文学を世界の最前線に押し上げた。これには、槇野先生のお力によるところが大きい。

先生は、ごきげんでいらっしゃる、自然と鼻歌が出る。長年の趣味でいらっしゃる合唱で鍛えられたのである。槇野先生のとなりの部屋に居をかまえさせて頂いたことがあったが、先生の歌声をおおいに楽し



ませて頂いたものだった。現在も、若い連中とつれ立ってカラオケに出かけ、おはこの「みさきめぐり」を聞かせて下さる。また、その雰囲気からは想像しにくいですが、先生はジュークの名手でもいらっしゃる。ロケットや衛星の準備でてんでご舞いの時に、ぼそっとしゃれたジョークを飛ばされる。それで、皆に元気が蘇ったものだった。

その若いお見かけにもかかわらず、先生もこの3月で停年を迎えられることとなった。どうか、これからは、ゆっくりと学問や趣味をお楽しみ頂きたいと思います。同時に、実験のきびしさをつい忘れがちな私たちに、これからも変わらず、きびしいお言葉を下さいますようお願い申し上げます。

(いのうえ・はじめ)

宇宙を 探る

第3回

宇宙観測用「遠赤外線センサー」

名古屋大学理学部 芝井 広

暖房器具や健康器具で一般になじみ深い言葉になった「遠赤外線」だが、これが宇宙の遠方からやってくるものを検出するとなると大変である。何せ波長が0.1ミリメートルのオーダーと長い、つまり光子1個あたりのエネルギーが小さいので、1個1個の遠赤外線光子を個別の事象として捕らえることがX線や可視光より各段に難しい。他方、電波よりはずっと振動数が高い（数テラヘルツ）ので、高周波技術が簡単に適用できる範囲ではない。したがって光子を扱う技術と電波を扱う技術の両方ともがカバーできない、いわば技術上の未開発波長帯であった。おまけにどんな遠赤外線センサーも極低温に冷却しないと高い感度が得られないことも、開発ペースが遅かった原因であろう。

このような状況で初期（1960年代）からずっと用いられてきたセンサーが、「ボロメータ（熱量計）」と呼ばれるものである。これは熱容量が既知の受光部に精密な温度計を取付けたもので、赤外線の光量変化を受光部の温度変化として計測する。原理が単純であり波長による感度特性の変化がないことから、標準センサーとして重宝である。しかも0.1K程度の極低温に冷却すると受光部熱容量が小さくなり、温度計の感度も向上するので、後で述べる量子型センサーに迫る高感度が得られる。たとえばSFU搭載赤外線望遠鏡IRTS（1995年）に搭載されたボロメータは毎秒10-16ワットの遠赤外線が検出できた。量子型検出器のない波長200ミクロン以上の遠赤外線（サブミリ波）帯では今でも最高のセンサーである。実際、ハワイ・マウナケア山頂にあるサブミリ波望遠鏡JCMTではSCUBA（スキューバ）と呼ばれるボロメータ・アレイが赤外線銀河探査に威力を発揮している。

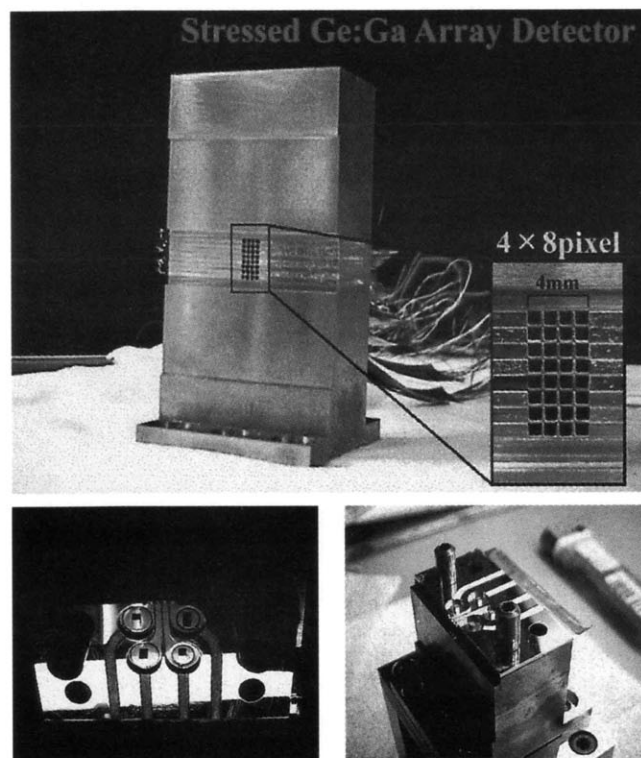
波長200ミクロン以下の遠赤外線ではGe:Gaとよばれる半導体センサーの独壇場である。これは高純度ゲルマニウムにガリウムを少量（10-10）混入した単結晶である。この結晶を極低温に冷却すると不純物準位によってできるバンドギャップのエネルギーがちょうど遠赤外線光子のエネルギー（0.01電子ボルト）程度になるので、この遠赤外線光子による光導電効果を電流変化として取り出す。理想的には遠赤外線光子1個あたり電子1個分の信号が得られる。実際に使われるものもこれに近い性能レベルに到達しつつあり、理想的な量子型センサーといえる。通常のGe:Gaでは波長50ミクロンから120ミクロン、結晶に圧力をかけると（圧縮型）200ミクロンまで高い感度が得られる。このセンサーの感度はプリアンプの性能に依存するが、例

えば前述のIRTSで用いられたものは10-17ワット以下の遠赤外線が検出できた。

現在でも遠赤外線観測の一層の発展を目指して、地道な基礎開発が活発に展開されている。Ge:Ga高密度アレイ化（通信総研・宇宙研・名大）、圧縮型Ge:Ga高密度アレイ化（東大、名大、宇宙研）、GaAs（宇宙研）、超電導ボロメータ（天文台野辺山）などであり、いずれも世界的に最先端にいるのではないだろうか。

このような狭義のセンサーの開発に加えて、「高度に実用化する」ために解決すべき課題も多数ある。より高速の応答、より高い効率、軌道上での耐放射線性、コンパクト化、低消費電力（＝低発熱）などである。なかでも重要なのが極低温環境化での信号読み出し回路である。名大・宇宙研グループではSi-MOSFETをベースに2Kで動作する高ゲインアンプの開発を、また通信総研ではGaAsトランジスタを用いた回路の基礎開発を行っており、夢にまで見た「ある程度複雑な極低温IC」が近い将来できるのではないかと期待される。

以上、遠赤外線センサーにまつわる話題を駆け足で網羅した。このうちいくつかの話題については別の号で詳述される予定である。（しばい・ひろし）



圧縮型Ge:Gaの32素子アレイセンサーと内部構造



ロケット・衛星の電波の今昔

横山 幸嗣

私と宇宙通信電波の関わりは、東大生研のカッパーロケット時代からですから39年になります。

生研の頃、道川でのK-8-5ロケット実験のテレメータ班に参加したのが最初ですが、当時のテレメータ送信機は、真空管（ミニチュア管）で構成されたVHF帯（225MHz）を主搬送波とした5チャンネルのFM-FM方式でした。その後、観測ロケットの発展と共に多目的の観測が行われるようになりチャンネル数の増大の希望から、新たに300MHz帯で4波のテレメータ電波の割り当てを受け（現用）、送信機も水晶制御方式で全トランジスタ化されましたが、初期の頃はまだ安定度に問題があって夜遅くまで残業の常連であったことも懐かしい思い出です。その後ロケットにテレビジョン送信機をのせ地上に情報をおくとか、多数の観測量を誤りなく処理するためPCMテレメータ方式などが開発されて、S帯（2GHz）、K帯（15GHz）のより高い周波数を用いるようになっていきます。

科学衛星の通信は、VHF帯（136MHz）、UHF帯（400MHz）の送信機とVHF帯（148MHz）帯の受信機が最初の衛星から1984年（おおぞら）に至るまで使用されました。また（おおぞら）ではS帯（2GHz帯）の受信機を初めて搭載しましたが、1985年のハレー彗星探査機（さきがけ）（すいせい）ではコマンドもS帯（2GHz帯）を用いると共に、距離及び距離変化率計測方式と併せて衛星追跡が高精度高感度化されました。この時期、長野県臼田に建設された64mアンテナと深宇宙追跡管制設備の開発に参加し、地球から1億km以上はなれた深宇宙の軌道上の探査機との間に通信が確保され大変高性能であったのも嬉しい経験の一つです。その後、衛星は長寿命化し、ミッションの長期間化する傾向にあって複数の衛星を追跡運用するようになり、1987年（ひてん）以降の衛星では宇宙研究周波数のS帯（2GHz帯）とX帯（8GHz帯）で3波の送受信周波数の割り当てを受け、科学衛星のミッション毎に調整して用いるようになりました。地上局では、1989年の秋に新しいS/X帯周波数に対応した20mφアンテナと科学衛星追跡設備がKSCに建設され、現在も（ようこう）（あすか）（GEOTAIL）（はるか）衛星の運用に供されています。また昨年11月には34mφ大型アンテナのS/X/K帯衛星追跡設備が新たに完成

し、20mφと34mφアンテナで衛星の分担、追跡の重複の解消が可能になり、2局体制で運用が出来るようになりました。

私もこの3月で退官となりますが、これまでロケット、衛星観測の発展にそって新しい通信周波数帯の開発とお付き合いできたことを大変幸せに感じています。宇宙研究の通信の世界においても、最近の大変賑わしております移動体衛星携帯電話など、S帯が商用として需要の多い帯域であることから限られた周波数の有効使用を考え（郵政省の立場？）将来の科学衛星の通信としてより高い周波数帯のKu帯さらにKa（20-40GHz帯）の開拓を是非進めてほしいものです。

ところで34mφパラボラアンテナは、三菱電機Y氏の算出によると349万リッター、約194万本分の容量の“いも焼酎”が入るそうです。（20mφアンテナは78万リッター、10mφアンテナは5.7万リッターの容量）。この34mφアンテナ盃の“いも焼酎”を飲み干すには、ミューロケット実験の祝い酒も何年いや何十年と続けられそうですね。それにしても凄い量が入るものです。

最後にこのところ20mφアンテナは4衛星の追跡管制で休む暇もない運用となっています。高い稼働率で休肝日（運休日）のないデータの飲み過ぎは体調（機能、性能）低下による2日酔い（運用中止）のもととなりますので、長期に働けるように定期的に健康診断（保守、点検）が必要であることを関係の方々、是非考えて頂きたいと思います。（よこやま・こうじ）





気球実験と三陸の四季

高 成 定 好

私は昭和46年に民間会社より、東京大学宇宙航空研究所附属三陸大気球観測所にお世話になり、現在の宇宙科学研究所まで、27年間余り勤務した事になります。

3月31日で定年を迎えるにあたり、ISASニュースに一言書くように言われたので、気球実験と三陸の四季について、書かせて頂きます。

私が三陸大気球観測所で働いている頃は、早朝より夜は遅くまで大変でした。気球グループは少人数で、観測器の組立てから、放球追跡回収まで分担して行います。

第一次実験は5-6月、第二次実験は8-9月、第三次実験は1-2月、年間に30機程放球や回収の仕事をしておりました。

北は青森県深浦町で気球実験を行ったり、南は鹿児島県内之浦町にある宇宙空間観測所で、中国と共同実験をした事もあります。

三陸の四季

三陸町は岩手県の沿岸南部に位置し、東北では温暖な所です。

三陸町、大船渡市、釜石市、住田町、二市二町にまたがる標高1341mの五葉山は、岩手県立公園にも指定され、山頂からの景観は絵画のようです。

春は山菜で始まり、夏は色々な山野草をながめながら、溪流では岩魚やうなぎが捕れます。

秋は昔の王様松茸や舞茸、その他山ぶどう、またたび、さるなしなど、木の実もたくさん捕れます。

私は冬になると、月の輪熊、日本鹿、キジヤマドリなどの猟を、楽しんで居りました。

定年後は田舎で、第二の人生を過ごしたいと思います。

27年間お世話になり、ありがとうございました。

最後に宇宙研の更なる発展を祈ります。

(たかなり・さだよし)

糸川英夫先生を悼む

編集委員長 松尾弘毅



平成11年2月21日、かねて療養中の長野県丸子町で糸川英夫先生が逝去されました。享年86才でした。先生のご功績はあまりに多彩ですが、東京大学生産技術研究所における有名なペンシルロケットの実験に始まり、観測ロケット研究グループを育成され、これが今日の宇宙科学研究所の源流になっています。数々の科学衛星の打ち上げに成功し宇宙科学研究所が今日あることの基盤となったMロケットの開発は、先生が路線を敷かれたものです。心からご冥福をお祈りいたします。なお、本ニュースでは次号を糸川先生を偲ぶ特集号とする予定です。

ISASニュース

No.216 1999.3

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>)。