




宇宙科学研究所 1994.12 No. 165

〈研究紹介〉

超流動ヘリウムとIRTS

筑波大学構造工学系 村上正秀

私達の大学では、今でも宇宙とか超流動とかの言葉は学生たちを熱くさせる様で、毎年これらに関わりのある卒論のテーマに意欲のある実験好きの学生が集まってきます。かく言う私もNRC AssociateとしてNASA Ames研究所に居た時、それまでの仕事が一段落して次の仕事の担当を決める際、ボスの口にした「超流動ヘリウムによる冷却」という言葉にひかれ、熱い思いで赤外線望遠鏡 (IRAS, SIRTf) の担当を申し出たのでした。20年前に始められたSIRTfが未だに具体化しないうちに、我々のIRTSがまさに打ち上げられようとしています。この間ずっと、超流動と赤外線望遠鏡は私にとって研究の柱です。

超流動ヘリウムとの付き合いかた

後で述べる特異な振舞いこそが超流動ヘリウム

の特徴ですが、実際の使用に際してはこれが3T液体 (高い、冷たい、飛び易い) であることを認識しましょう。値段は高級ウイスキー並、冷たさは最高、だが潜熱が小さいのですぐ蒸発して飛んでしまいます。余分な熱が侵入しない様に注意して扱う必要があります、蒸発して飛んだ部分は回収して資源の無駄使い (全量輸入です) を避ける必要があります。図1にあるヘリウムの相図を見てみましょう。絶対零度でも液体で存在し固体は加圧状態でしか存在しない、2種類の液体He IとHe IIが存在する、といった他の物質と違う点に気付かれるでしょう。このHe IIこそが超流動性を示す液体であり、単なる冷たい液体であるHe Iとは根本的に異なります。この超流動液体の流れは、ランダウの提唱した2流体モデルでうまく説明できます。

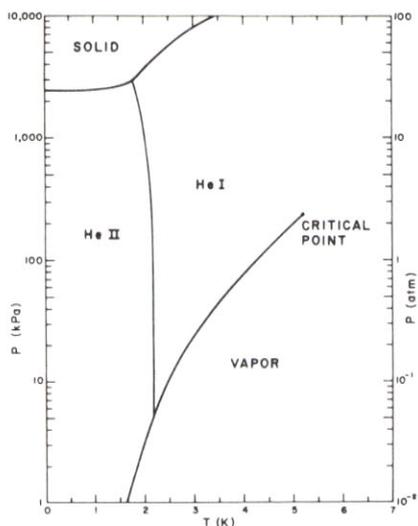


図1 ヘリウムの相図

これによればその運動は、粘性を示すいわば普通の液体＝常流動成分と、粘性を示さず、エントロピがゼロである超流動成分、との混合流体の振舞いとして考えられます。だから良く知られた性質「超流動ヘリウム中では摩擦抵抗が働かない」は、その特異性の半分を言っているに過ぎないのです。もう半分はゼロエントロピ性に由来しており、僅かの温度差でもあると温かい方へ流れる、熱の波である第2音波が存在する、極端に熱を伝え易い＝超熱伝導性が現れる、とかいった面白い性質が現れます。このモデルにより超流動ヘリウムの振舞いの大方は説明がつきますが、この様な理想的超流動状態は、大きな熱流が存在したりして両成分間の相対速度が大きくなると壊れる（超流動崩壊）ことが分かってきました。このとき超流体中には量子化された循環をもつ渦糸が発生し、それが高密度にまで発達すると渦を媒介とした散逸効果が現れ、いわゆる超流動乱流状態になります。ただ、この様な状態でも超流動現象は消失してしまうのではなく、超流動状態に散逸効果が現れると解釈するべきです。これこそが今日の課題です。

IRTSの冷却への応用

宇宙軌道上の無重力状態で液体冷媒を用いる為には、克服すべき困難がありました。この状態では、液体はふわふわ浮いていたり、タンク壁にべったりとへばり付いたりしています。一方、冷媒のタンクへは必ず熱侵入があるので、冷媒を蒸発

させそれを排気することにより熱を取り去ってやる必要があります。しかしこの状態では、蒸気に伴って液体も容易に出口から排出されてしまい、冷媒は短時間でタンクから失われてしまうので、蒸気のみを弁別的に排気する装置が必要です。我々の開発した技術は、多孔質物質を用い、超流動性をうまく利用して気液分離するポラスプラグといわれるものであり、幾つかのロケット実験での使用を経てIRTSでも利用されます。

超流動ヘリウム流れの計測への可視化法とレーザー流速計の応用

宇宙研時代、指導教官であった大島先生から「狭いクライオスタット内での実験だけでなく、たらいの様な大きな入れ物で目に見える実験をしては」とのお言葉を頂いたことがありました。当時私は、「たらいは高価な液体を入れるには大き過ぎるし、熱侵入も大きくて使えない」と玄人としての返事をしたつもりですが、今の私の実験の特徴となっている超流動現象の可視化は、あの時の先生の言葉に沿ったものとなっています。トレー

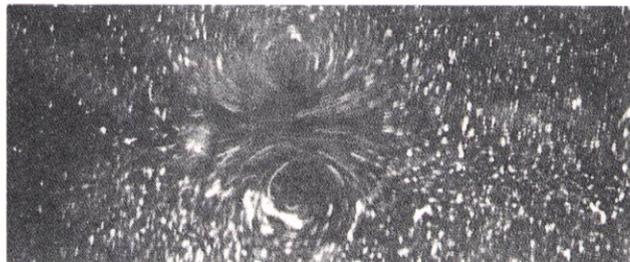


図2 ピストンから打ち出されHe II中を伝播する巨視的渦輪（直径約1cm）。T = 1.95 K。

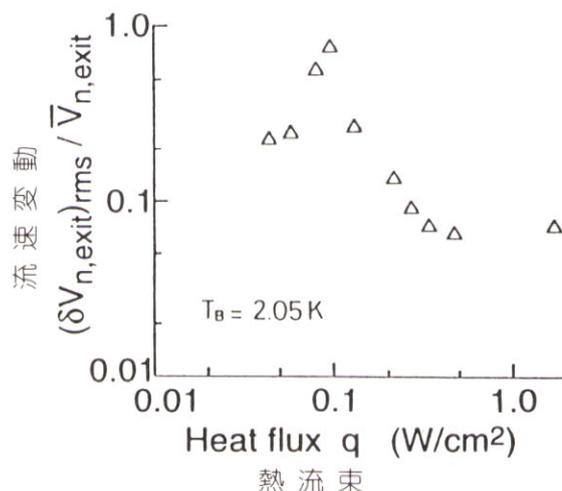


図3 熱カウンター流ジェットにおける常流動成分の流速変動の熱流束に対するプロット。

サーを使った可視化が頭に浮かびますが、あらゆる液体が凍る温度ですし、密度が水の1/4という小ささですからトレーサーの選択には苦勞しました。結局、水素と重水素の混合固体微粒子がHe II中で中立安定状態で浮遊することが分かり、これを利用しました。図2には、こうして可視化したHe II中を伝播する巨視的渦輪を示します。また気体力学の実験では常套手段である、シュリーレン法やシャドウグラフ法、あるいはレーザーホログラフィー干渉計等を超流動現象の可視化に応用することにも成功しました。この為には、超流動ヘリウムも漏らさないガラス窓付きのクライオスタットを作る技術も開発しました。

現在シュリーレン法を応用して、極めて大きな圧力温度振動を伴う不安定現象である、いわゆるノイジー膜沸騰の実相を明らかにしつつあります。さらに、可視化法と同じ固体微粒子（ただし粒径はずっと小さく1 μm オーダ）をトレーサーとして利用したレーザードップラ流速計を用いて、時間空間分解能の高い（常流動）流速計測をなすこともできました。図3には、熱カウンター流ジェットという熱を加えるだけで発生する超流動に特有のジェットの常流動流速の変動成分を加えた熱流束に対してプロットして示しました。熱流束が0.1 W/cm²弱のところまで変動にピークが現れますが、これはこの値を境として起こる量子化渦の分布状態の遷移、何らかの非一様分布から一様分布への遷移に伴って現れるいわゆるT1超流動乱流状態からT2状態への遷移を流速計測から捕らえたものと

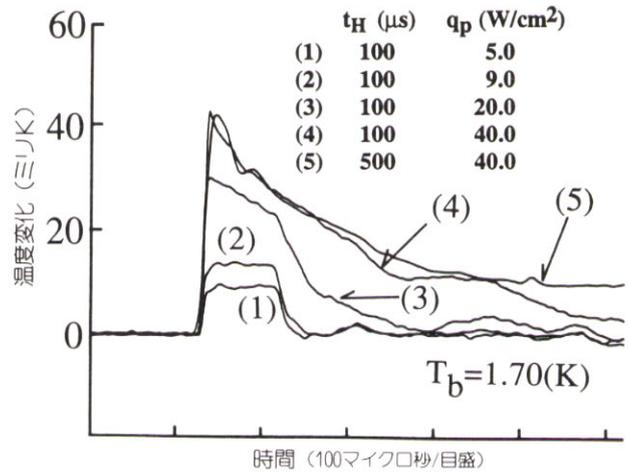


図5 いろいろな条件下で発生させた熱衝撃波/パルスの超伝導温度計による計測結果

考えております。

He II中の熱衝撃波と非定常伝熱

He II中には、熱が波として伝わる第2音波が存在します。大きなパルスの加熱をしますと大振幅の第2音波が発生し、やがて非線形的に変形して温度の不連続、つまり熱衝撃波へと発展します。図4は、これをレーザーホログラフィー干渉計によって可視化したものです。a)は加熱開始直後で、第1音波起源の圧縮波が先行し、それより1桁遅い第2音波起源熱パルス(伝播速度は約20m/s)は、ほぼ同時に形成されたもののまだヒータの近傍にあります。b)とc)には熱パルスのみを示しますが、衝撃波の位置が温度によって異なります。b)は温度が低い時で、衝撃波面が伝播の前方に形成されます。これに対してc)は衝撃波面が後方に形成される背面衝撃波で、これは気体

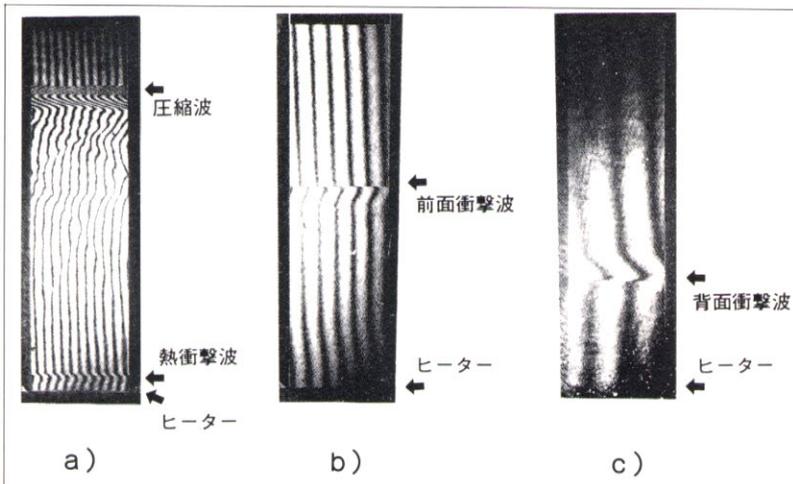


図4 レーザーホログラフィー干渉計によって有限干渉縞モードで可視化した熱衝撃波。

- a) 加熱開始直後の第1音波起源の圧縮波と第2音波起源熱パルス。T=2.08 K, Q=60 W/cm², 加熱時間 $t_H=50 \mu\text{s}$, 撮影時間(加熱開始後) $t_D=140 \mu\text{s}$ 。
- b) 前方衝撃波。T=1.74 K, Q=30 W/cm², $t_H=80 \mu\text{s}$, $t_D=1 \text{ms}$ 。
- c) 背面衝撃波。T=2.08 K, Q=20 W/cm², $t_H=200 \mu\text{s}$, $t_D=1 \text{ms}$ 。

中には存在が許されない形態です。この様な非線形的波形変形に加え、渦によっても波形は大変形を受けます。これを加熱量や加熱時間を変えた幾つかの例について、超伝導温度計で計測した温度波形で図5に示します。弱い加熱のとき、波形は加熱波形通り（波形(1)と(2)）ですが、少し大きな加熱（波形(3)）では、ヒータ近傍に誘起された渦により波形の後方が減衰を受ける様になり、さらに大きな場合（波形(4)と(5)）では、非常に渦の影

響が大きく、波形は加熱時間に無関係にほぼ同一になる程です。最後の場合は残りの熱は沸騰に費やされます。

これまでの研究の経緯と最近の実験結果を簡単に紹介致しました。これからも当分は宇宙赤外線望遠鏡とか超流動とかで、意欲ある学生たちと研究をエンジョイしたいと思っております。

(むらかみ・まさひで)

お知らせ



★(財)宇宙科学振興会研究助成対象者決定

(財)宇宙科学振興会(関本忠弘理事長)では、事業の一つである宇宙科学に関する研究の助成について、平成6年度の研究助成候補者を公募していたが、11月29日開催の研究助成審査会において神戸大学理学部助教授・三澤啓司氏の「惑星の初期分化のタイムスケールに関する研究」並びに東京工業大学理学部助教授・坂本尚義氏の「星間物質の分布と同位体研究に基づく太陽系起源論」の2件に対し研究助成金として各150万円を贈呈することを決定した。

★研究会・シンポジウム

宇宙放射線シンポジウム

開催日 平成7年1月6日(金)

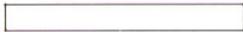
場所 国民生活センター

問合せ先：宇宙科学研究所研究協力課

共同利用係 0427 (51) 3911

(内線 2234, 2235)

★ロケット・衛星関係のスケジュール(1月・2月)

1 月						2 月						
1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	25
M-3S II-8 フライトオペレーション  (KSC)												
SFU 組立及びフライトオペレーション 												
(TNSC) S-520-17 フライトオペレーション  (KSC)												
S-520-19 フライトオペレーション  (KSC)												

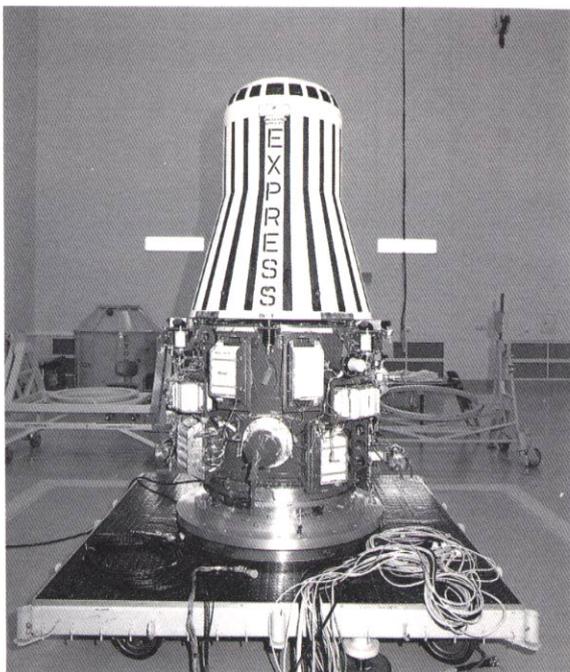


〈表紙写真〉今月号には、着々と進むM-V 2段目の試験(M-24燃焼試験：上)および初号機(MUSES-B：右下)、2号機(LUNAR-A：左下)の衛星の記事が揃ったので、3枚の写真を組み合わせました。

★EXPRESSのKSC作業始まる

ドイツ側の軌道運用ソフト開発の遅れで、M-3S II-8号機によるEXPRESSの9月打ち上げは中止となったが、再度明年1月打ち上げを目指してその後も作業が続けられ、10月末までに本体、ソフトともにドイツにおける準備を終えた。

待ちに待ったEXPRESSはプレーメンから空輸され11月11日KSCに無事到着した。ドイツチームは直ちに最終組立調整作業に取りかかり、14日からはロシアチームも加わり本格的な作業に入っている。写真は新衛星整備室内のEXPRESSで、黑白縞模様の部分がオーストラリアで回収される。宇宙研の科学衛星とは趣を異にするが、実用的で参考になる点も多い。現在ドイツチーム14名、ロシアチーム11名が作業し、進捗状況は極めて順調である。20日まで作業を続け、クリスマス休暇をはさんで、明年1月3日から再開する。8号機のフライトオペレーションはEXPRESSの作業再開に合わせて開始され、1月15日22時45分打ち上げ予定となっている。



EXPRESSの作業と平行して、11月16日から12月7日にかけて8号機の組立オペレーションが行われている。11月21日からは整備塔内で第1段セグメント結合に入った。もう後戻りは困難である。宇宙開発委員会からも正式に打ち上げ承認を頂いた。8号機の打ち上げを無事済ませ、M-V打ち上げへの好スタートとしたい。(籾田元紀)

★アンドーヤにおけるロケット実験成功

11月24日11時20分(現地時間)ノルウェー・アンドーヤロケット実験場においてS-310-23号機が打ち上げられました。ロケットの飛翔、タイマーシーケンス、そして観測装置の作動はすべて正常でした。本実験の主目的は、前回の22号機(平成6年2月)と同様、極域熱圏下部で大量に生成される酸化窒素が下方に輸送され、中間圏・成層圏のオゾン化学に及ぼす影響について調べることです。前回は2月で、しかも磁気嵐の最中に行われたので、今回は季節を変えて11月に、できれば地磁気活動度の静穏時に打ち上げたいというのが当事者の希望でしたが、正にその条件下で実験を行うことができたのはラッキーでした。

今回は、もう1機、オーロラアーク生成機構を調べることを目的とするS-520-21号機の打ち上げにも成功しました。定常的な悪天候の中で、幸運なことに星空の中にオーロラのブレイクアップが起こり、平成6年12月1日22時39分(現地時間)発射され、また全ての観測装置が正常に動作し、オーロラアーク通過に伴う大変興味ある観測データが得られました。この間、ヨーロッパのレーダー(EISCAT)や各種地上観測装置によるオーロラ同時観測にも成功しました。(向井利典)

★羽をやすめたMUSES-B

(表紙写真参照、撮影：前山勝則)

MUSES-Bの「第一次噛み合わせ試験」が、11月11日に無事終了しました。ながい5ヵ月間の奮闘でした。この間、M-Vロケット開発の、1段目燃焼試験(6月)・段間分離試験(6月)・キックモーター燃焼試験(9月)・二段目真空燃焼試験(10月)の成功のニュースが、次々と初号機MUSES-Bを側面から勇気づけました。

秋にふさわしいハーベストで賑やかに反省会をおこないました。噛み合わせ試験が始まった春の6月13日は、チームの生産技術研以来の猛者井上浩三郎さんの結婚記念日との事。筆者がばらすとチームが沸きました。

MUSES-Bが打ち上がって、軌道上で電波天文衛星としての各種性能が満たされると、国際的なスペースVLBI観測（VSOP観測計画）に入ります。宇宙研とNASAジェット推進研究所とアメリカ国立電波天文台（NRAO）との5局のVLBIテレメトリー局の運用、地上の観測アンテナの組織、相関局、科学運用、これらの方針を決めていく国際科学運用委員会VISC（VSOP International Science Council）を、1992年11月に発足させました。また、この方針に乗っ取って宇宙研で複雑な仕事をこなしていくグループVSOG（VSOP Science Operations Group）が準備を進めています。

10月26、27日に、第5回VISC会合を開きました。また、前後に、VSOG会合とテレメトリー会合をおこない、この間一週間、国外から16人が出席しました。ちょうどMUSES-Bの全モジュール

が合体していた頃で、8mアンテナの部分的伸展の視察会も行いました。それは飛翔前のMUSES-Bが、羽をふっとふるわせたようでした。

MUSES-Bが宇宙研に戻ってくるのはちょうど一年後、飛翔前の総合試験開始の時です。MUSES-Bはそれまでに、姿勢系評価試験、8mアンテナ調整・展開試験、単体環境試験等に入ります。さらに美しくなって戻ってきて欲しいと思います。（平林 久）

★LUNAR-A構造モデル試験

（表紙写真参照、撮影：杉山吉昭）

今年9月の母船構体の静荷重試験から始まったLUNAR-A構造モデル試験は、母船構体に推進系構造、3個の外部機器ボックス、3枚の太陽電池パドル、3本の月ペネトレータ等を取付けて、動釣合試験、3方向のランダム加振振動試験、音響加振試験、衝撃試験、およびこれらの荷重による月ペネトレータのアラインメント計測、さらにACM試験、火工品作動時衝撃計測へと進んできている。LUNAR-Aは母船構体に対する機械的付属部分が多いのが構造上での特徴であり、機械的な荷重試験は重要な意味を持つ。今回の一連の構造

M-V事情

★M-24モーター地上燃焼試験

（表紙写真参照、撮影：新倉克比古・杉山吉昭）

M-V型ロケットの第2段、M-24モーターの真空地上燃焼試験M-24-1TVCは平成6年10月27日、無事終了した。フルサイズモーターの地上燃焼試験はこれで全段1回ずつ行われたことになり、間もなくM-V型ロケットの性能がほぼ確定するはこびである。他のモーターは後1回ずつの地上燃焼試験を残しているが、本モーターは、今回の結果がそのまま飛翔型モーターの設計に反映される。そういう意味では決して失敗の許されない試験であった。

モーターは全長6.76m、重量34.47トンと第1段M-14モーターの約半分といったところだが、やはりその取扱いは大変であった。しかし実験班員全員の創意工夫、奮闘努力によって作業は何とか予

定通りに進み、10月27日の燃焼試験日を迎えることができた。

点火は午前11時30分、懸念された風向きも北北西の微風と絶好で、M-14の地上燃焼試験で若干慣れたとはいえやはり迫力満点の轟音と建物全体を揺るがす振動に肝を冷やしつつ、全員がモニターを注視した100秒間であった。途中、拡散筒の壁が破れ、槽内ITVカメラの映像が見えなくなって一瞬ひやっとさせられたが、圧力カーブが淡々と予想カーブ上を進んでいるのを見て胸をなでおろすというハプニングもあった。また、長年多くの試験に耐えてきた真空試験棟の壁が一部ぬけたのもご愛嬌であった。

得られた結果はほぼ予想通りで、飛翔型のM-24モーターの最終設計は既に進行中である。今年度の能代実験場でのM-V型関連の試験は今回で終了し、実験場は久しぶりの静けさを取り戻す。

（堀 恵一）

モデル試験では、フライトモデル設計や機械的環境条件設定およびフライトモデル試験方法の検討に向けて多くの貴重なデータを取得しているところである。

現在は環境試験棟や構造試験棟で各種観測ロケットや他の衛星の試験も複数並行して進んでいるため、LUNAR-A構造モデル試験作業場所探しおよび移動をこれらのプロジェクトと調整しながら進めているが、幸いに他プロジェクトからも好意的に対処して頂いており、ほぼ試験スケジュールを守ることができている。ロケットがM-Vに大型化したことにともない、衛星もMUSES-B以降はこれまでより大型化できたが、このため音響試験も課することが必要となっている。現在は宇宙開発事業団筑波宇宙センターの音響試験設備を借用しているが、宇宙科学研究所においても音響試験設備の早期設置が望まれる。

今後は制振材を付与した振動試験を行い、11月末には一連の構造モデル試験作業を終えることにしている。(樋口 健)

★宇宙科学講演と映画の会(北九州)開催される

11月23日(水)午前9時から北九州市立児童文化科学館で「宇宙教室」、午後2時から北九州国際会議場で「宇宙科学講演と映画の会」が開催された。「講演と映画の会」は国際宇宙年(ISY)にあたった1992年より地方においても開催されることになり、一昨年大阪、昨年仙台につづいて本年は3回目で、九州地区において宇宙科学研究について広く一般の理解を求めるため開催されたものであ

る。当日は、雲一つない晴天のなか、午前中行われた「宇宙教室」には小学5年生と親たち約120人が参加した。満田助教授が「天体・宇宙について」をテーマに講義し、宇宙のはじまりや星の一生などを解説した後、子供たちが宇宙についての質問をする場をもうけた。

「講演と映画の会」は、中・高校生を中心に330人の来場者があった。司会者としてキャリア十分の川教授の快活かつ明朗、ユーモアたっぷりの司会から幕が開き、秋葉所長の挨拶に続き、講演は秋葉所長による「日本のロケット開発の歩みと今後の課題」及び満田助教授による「X線天文衛星『あすか』のひらく宇宙像」を講演した後、聴衆から熱心な質問が寄せられ、映画「X線天文衛星あすか」を上映し盛況裡のうち午後6時無事終了した。(高橋義昭)

★平成6年度ISAS/NASDA連絡会

標記連絡会が、11月28日宇宙科学研究所相模原キャンパスにおいて開催された。NASDAからは松井副理事長、石沢、下平、立野各理事以下、本所からは秋葉所長、西田企画調整主幹、松尾対外協力室長以下が出席した。両機関の活動状況、将来計画について報告があった後、月探査に関する両機関の協力関係について意見が交換され、今後の進め方について合意がなされた。事後の懇親会が盛り上がるのは毎度のことである。(松尾弘毅)

★「あすか」の観測計画立案作業

「あすか」は、順調に観測を続けています。現在の「あすか」は、世界の研究者からの観測提案の中から審査を経て選ばれた観測対象を、およそ平均して1日1個の割合で、次々と観測して行っています。いつ、どのX線源を観測するかは、いくつかの条件で決められます。まず、そのX線源を観測するとき、衛星の太陽電池が太陽から25度以内の方向を向けられるかを判断します。衛星の太陽電池に太陽光があたらないと電力の供給がなくなって死んでしまいますから、これは、絶対の必要条件です。次に、この条件内で姿勢制御用の星姿勢系に月が入らないこと、X線観測用CCDカメラに太陽光の大気反射光が入らないこと、そ



秋葉所長による開会のあいさつ

の冷却系が良好に作動すること、さらに観測するX線源の観測効率の良いこと等を考慮して、観測時期が決められます。衛星は1日およそ15回地球をまわりますが、あいてのX線源が衛星から見て地球の陰に入ってしまう時間は、当然ながら観測になりません。また、南米の上空を通過しているときは、高エネルギーの粒子が多くてニセ物の信号がふえ、やはり、観測になりません。それやこれやの観測できない時間帯をなるべくかさねあわせて観測効率をあげるわけです。そのほか、特別の時期のイベントをねらった観測や、ほかの天文衛星や地上の天文台との同時観測の約束があったりもします。そのような種々の条件を考慮して、まず半年から1年分の長期観測計画が作成されます。そして、さらに、この長期計画に基づいて詳細な観測計画が10日ごとくらいにつくられ、それをもとに毎日の運用がおこなわれています。この観測計画の立案はそれなりの手間と時間がかかるわけですが、それにおかまいなしに、時々、それらの急な変更をせまる事態が発生します。台風の影響や地上受信装置の故障で余儀なく計画変更をせまられることもありますし、急に発生したどこかの天体の変化に緊急の観測をせまられることもあります。どこかの銀河に超新星がでたり、X線で新しい星があらわれたり、ある天体がめずらしいふるまいをみせたりすると、ほかの衛星のチームや地上の天文台から、「あすか」で見ることはいかという要請がくるわけです。そのたびに、「あすか」での観測の意義と可能性を吟味し、ことわりのE-mailを打ったり、観測計画を急遽変更することになります。観測計画の変更はかなりの労力をとまうわけですが、緊急観測の場合には、おもしろい結果が得られることも多く、いくつも国際天文連合の速報ニュースに通報する成果にもなっています。(長瀬文昭・井上 一)

★EXPRESSクリスマス・イン・KSC

EXPRESSカプセル計画は1月の打ち上げに向けて、日独露の混成チームで11月11日からKSCにおける準備作業が始まりました。12月20日にかけての40日間と、1月のフライトオペの全部で50



日以上に渡るロングランの作業は漸くその半ばにさしかかったところでした。宇宙開発の経験のみならず文化の異なるグループの共同作業は英語も含めて4つの言葉が飛び交う混沌の極みかとの心配もありましたが、同時に行われているロケット組オペ参加各班の積極的な支援もあってなんとかスケジュールをキープしています。

11月末のある日、衛星班控室に突如天井まで届くクリスマスツリーが出現しみんなを驚かせました。ドイツのクリスマスは日本のように2~3日のイベントではなく年期が入っていて、アドベントと言って11月の末から25日まで続きます。どこからこの木を持ってきたのかとの質問に毎日KSCに通う道の途中で間伐材を拾ってきたとの返事で、本当にこんなに都合のいいのが転がっていたのか多少の疑問もありましたが追及もほどほどにしました。次の日は3時の休憩にドイツ側がロシアと日本を招いてのティーパーティーを催してくれました。ブレーメンから持ってきたちょっとしたお菓子と、ギター演奏付きのクリスマスソングで盛り上げてくれました。このあたりの用意がいいのも余裕のなせる業でしょうか。途中からはロシアの民謡も加わってさらに雰囲気盛り上げました。こちらにも歴史というか年期を感じさせます。最後にはランチャー班からの飛び入りもありましたが、これが歴史を感じさせたか、ただ品位を下げただけだったかはよく分かりません。

(稲谷芳文)



リング

東京工業大学 榎 森 啓 元

地球以外の惑星に見られる天体現象で多くの人に親しまれているもの、それは土星のリングではないだろうか。天体望遠鏡を買った時に美しいリングを纏った土星の姿を観てみようと思った人も少なくないだろう。この「太陽系ローカル線の旅」で出会う駅の中でも、リングは利用客の多いローカル駅である。

土星のリングは極めて大きく、その幅は土星本体の半径約6万キロにほぼ等しい。この巨大なリングは、実は小さな粒子の集合体である。惑星探査機ボイジャーによる精密な観測は、土星のリングが数メートルから数ミリという、リングのスケールに比較すると桁違いに小さい粒子の集合体であることを我々に示した。さらにこの粒子集団の数密度はリング全体で一様ではなく、その濃淡が作り出す美しい縞模様が我々の目を楽しませてくれる。よく知られた「カッシーニの間隙」は粒子数密度が極端に薄い部分であり、開発初期の望遠鏡でも容易に見つかるほど大きなスケールを持っている。その後同様の隙間が地上からの観測で次々と発見され、その成因も土星に存在する幾つかの衛星からの影響として理解されていた。しかし土星のリングには、ボイジャーが土星リングの観測を行うまで誰もその存在を予想出来なかった、複雑な構造が存在していたのである。

土星のリングの中央部分に観測された無数の同心円状の縞模様はボイジャーのもたらした大きな発見であった。その縞は、数キロから場所によっては数百メートルという細い幅を持ち、まるでリングというレコード盤に刻まれた無数の溝である。こうした粒子数密度の濃淡は単純に考えると、高密度部分からの拡散現象によりすぐに失われてしまうものであると予想される。では土星リングでこの密度構造を保持しているのはどんな仕組みなのか、これはボイジャーの観測以来多くの研究者が説明を試みながら、未だに解決していない問題

である。

土星リングにはこの他にも幾つもの新しい発見があった。リング面上を半径方向に伸びた模様が早い速度で、まるで自転車のスポークのように移動する現象は、土星の磁場がミクロンサイズの粒子に働くことで起こると考えられている。また土星の一番外側には、非常に細い2本のリングが、互いにもつれて絡み合っている部分も見つかっている。このように土星のリングだけを見ても、そこには不思議な現象が多い。

土星以外の惑星に目を向けると、そこにもやはりリングは存在する。火星よりも外側に存在する木星、土星、天王星そして海王星は全て、それぞれに個性的な姿をした惑星リングを持っている。例えば天王星のリングは楕円形をしているし、木星のリングは、木星自身は太陽系最大の大きさであるにも拘わらず、まるで細くて貧弱である。ひょっとして、現在は立派な姿を見せている土星のリングも何百万年という時間を過ぎると、まるで人間が年をとるように、細くなってしまうのだろうか。こうした疑問に答えるには現在は全く分かっていない「リングの進化」の研究がどうしても必要であろう。

一方火星より内側の4つの惑星には、めだったリングは存在しない。これらの惑星は「地球型惑星」と呼ばれ、リングを持つ4つの「木星型惑星」とは惑星本体の特徴にも大きな違いがある。その違いはこの2種類の惑星の形成過程の違いに起因する。個々のリングの特徴は、こうした惑星形成のシナリオとも密接に関係している。

最初に土星のリングを多くの人が利用するローカル駅と例えたが、同時にリングは惑星形成という「太陽系本線」との接続駅としても使える興味の尽きない現象である。（えもり・ひろゆき）

聖地エルサレムへ

橋 本 樹 明

今年のIAF（国際宇宙航行連盟）会議はイスラエルの首都エルサレムで行われた。イスラエルへ行くと言うと、多くの日本人からは「大丈夫ですか。危険はないですか」と聞かれ、イスラエルに行ったことのあるアメリカ人によれば「かえって治安がしっかりしているので安全」とのこと。実態はいかにとの不安な気持ちで出発した。

イスラエルへの直行便はないので、ロンドン経由で行くこととなった。その行き機内の隣の席はうら若き女性、これはラッキーと思い（註：筆者は独身です）、隣をちらっと見ると、あちらも学会発表の原稿のようなものを見ている。どうやら今流行のGA（遺伝的アルゴリズム）の研究のようである。ロンドンでの学会に参加するのかわかったら、なんと彼女もエルサレムへ行くとのこと。どうもイスラエルは宣伝の意味もあって、国際会議の誘致に熱心らしい。

エルサレムには日曜日の早朝に無事到着、学会の受け付けを済ませて、市内をちょっと観光に出かけた。イスラエル＝ユダヤ人の国と思っていたが、エルサレムはいろいろな宗教の聖地だけあって、アラブ人なども多く住んでいる。タクシーはほとんどアラブ人が運転しており、乗る前にまずは値段交渉から始まる。乗った後も、「あそこへ行かないか」「いいみやげ物屋を紹介しよう」と勧誘がうるさく、なかなかつかれるものである。旧市街にはアラブ人の経営するみやげ物屋が多く、T教授の説によれば、3分の1の値段まで値切れるとのこと。ちなみに私は半額までしかできなかった。やはり関西出身者でないとダメか。

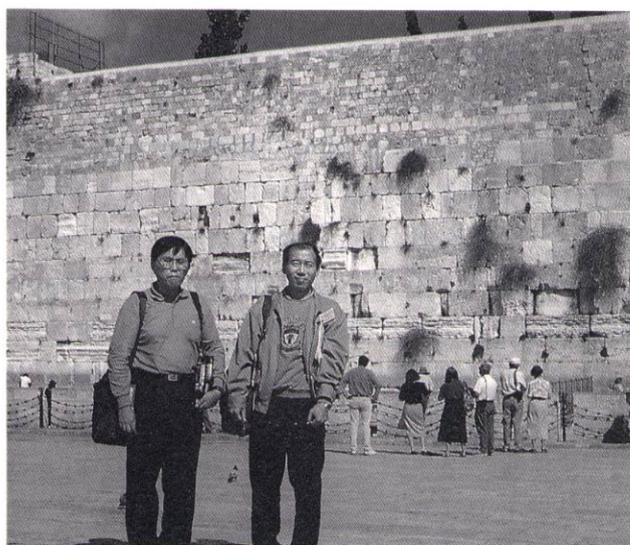
空気は乾燥しており、外出にミネラルウォーターは欠かせないが、特に危険な様子もなく安心していて、その晩テロが発生したとのこと。翌日以降の行動を自粛せざるを得なくなった。（実際は皆、勇敢に行動していたが）

今回の私の発表は2件で、1つは宇宙研で検討

中の「小惑星サンプルリターンミッション計画」の話、もう1つは全く毛色が違って「インターネットを利用した多ヶ国語宇宙用語辞書編纂作業」についてのもので、どちらも大きな反響があり、大変有意義だったと思っている。発表も無事終わり、いよいよ出国。出国時の検査が厳しいのは有名で、各人10分程度は係官から、「どこに滞在したか、どこへ行ったか、荷物は自分で詰めたか」等の質問がある。私の場合、質問されたら丁寧に説明してしまうのが教育職の悲しい性、どんな学会発表をしたかを熱弁をふるっていると、係官より「私が質問するから、少し黙っていてくれ」と制止されてしまった。

旅はこれで終わってはいなかった。帰りは飛行機の便の都合でロンドンに1泊したのだが、夕食の帰りに地下鉄に乗っていると、突然、列車から降りて駅の外に避難せよとのこと。爆弾を仕掛けた予告でもあったのだろう。我々も一目散に現場から待避、やむなくタクシーでホテルまで帰った。同行のM社の方曰く、「これじゃイスラエルよりよっぽど危険だ」。日本がいかに安全なところかを再認識した。

（はしもと・たつあき）



エルサレム旧市街「嘆きの壁」の前にて。
写真左が筆者。

— 宇宙構造物の話 その5 —

展開アンテナ

名取通弘

現在あるいは将来の宇宙利用にとって、アンテナは観測や通信に必須の構造体である。無人ミッションの大型アンテナでは、組立型よりも展開型が有利である。それらでは、収納効率、展開の信頼性、そして展開後の構造精度の検討が大切になる。剛な鏡面は非常に高い精度を実現することができるが、収納効率は悪い。現在のところ、パラボラアンテナで直径4.5 m、パドル形式の合成開口レーダーで長さ10m程度のアンテナが実用化されている。それよりも大型のアンテナになると収納効率のよいメッシュなどの膜面を使わざるを得ない。膜面は張力を受けてはじめて安定化する構造要素なので、それに対応する圧縮部材が必要となる。圧縮部材を半径方向に配置したのがラディアルリブアンテナ、外側円周(フープ)方向と中央部に配置したのが、フープカラムアンテナである。前者ではガリレオに使われた普通の雨傘タイプや、図のように周方向に巻き取るタイプ(ラップリブ)のアンテナが考案された。スペースシャトルで輸送するとすれば、直径数10mのアンテナが実現可

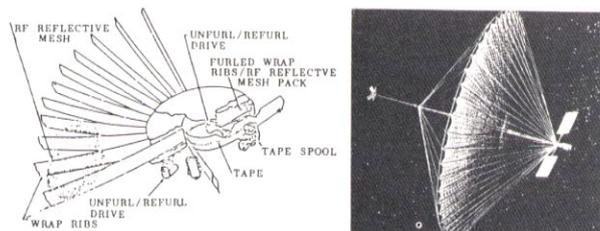


図1 ラップリブ(左)とフープカラム(右)



図2 MUSES-Bアンテナ鏡面

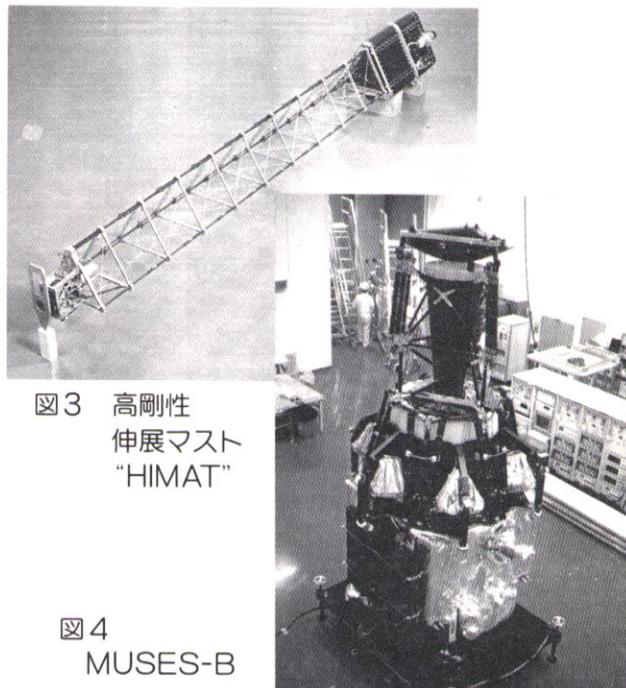


図3 高剛性
伸展マスト
"HIMAT"

図4
MUSES-B

能であるといわれている。

1996年打ち上げ予定のMUSES-Bには、電波天文観測のために、本格的な高精度展開アンテナが搭載される。図2にあるようにメッシュの鏡面を6本の半径方向リブで支える。中央部には副鏡のタワーが装着される。リブの対角線長は10m、アンテナ有効径は8 mである。アンテナ鏡面には、使用する電波の波長の数10分の1の精度が要求される。MUSES-Bでは0.5mm以下というメッシュアンテナではほぼ限界に近い値の実現に挑戦することになった。そのため膜表面に見える三角形をさらに9分割して、それらの頂点を下方に引っ張っている。半径方向のリブにはSFUの二次元展開アレイと同様の高剛性伸展マストを使用した。マストキャニスターに装着したモーター(図3の右端)でマストを伸展後、マスト先端のテンショナー(左端のモーター)により、膜面全体の外周ワイヤーをしっかりと張って、鏡面を完成させる。アンテナ収納時のMUSES-B全体の形態を図4に示す。上部の副鏡もリンク機構により伸展される。

(なとり・みちひろ)



財団半世紀

上原 昇

2年半前の7月中旬、悠々自適中?のところ突然宇宙研の風間庶務課長補佐より電話をいただきました。その用向きは、財団法人宇宙科学振興会で事務局長を置くことになったので、希望するならば常務理事代行(山木管理部長)が面接されるからお出でいただきたいとのことでした。その前年3月に定年退職し一旦就職したのですが、訳あって6月より浪々の身となり少々退屈していたところでありまして、また、妻より粗大ごみ扱いにされかかっていたところでもありましたので、宇宙研なら通勤至便でもありますので二つ返事で伺うことにしました。

私は、昭和43年夏まで駒場キャンパスに東大理工研時代から宇宙研時代に至るまで通っていたことから、今の宇宙研(古い人だけ)にいくらかは顔が通じることと、通勤費がかからないところ(財団財政にとっては極めて重要なこと)が、お眼鏡にかなった要素ではないかと思っています。

このような次第で、緑濃き環境抜群の研究所の一角に所在する事務局に勤めさせていただくことになり、財団の事業活動に情熱を燃やすYさん・Kさん二人の素敵な異性に囲まれ、また久しぶりにISAS略語の乱れ飛ぶ研究所の斬新な空気にも触れて、日々心豊かに過ごしております。

さて、この宇宙科学振興会は西村所長時代の平成2年6月19日に関係各位のご努力とご支援により発足したもので、設立経緯についてはISASニュースNo.112の本欄に当時の余米管理部長が詳しく紹介されていますので、いまさら申し上げることはないのですが、勤め始めて気になったことは、財団の設立日が昭和20年4月19日という数か月後に終戦を迎える戦争末期の極めて厳しい時期になっている点です。そこで沿革を調べたくなり、古い文書綴を捜していたところ、文部大臣の設立許可書と共に設立趣意書が出てきました。粗悪な半紙に薄い青インクで印書された(勿論縦書きの)次のような内容のものであります。

財団法人航空研究所奨學會設立趣意書

航空研究所ハ本邦ニ於ケル航空學術研究ノ最モ有力ナル機關トシテ多大ノ業績ヲ擧ケ、航空機ノ発達ニ寄與シタル効績頗ル大ナルモノアリ、而シテ今ヤ戦局益急ヲ告ケ航空戦力ノ増強愈切ナルニ當リ、其ノ使命ハ更ニ重キヲ加ヘ、全力ヲ傾注シテ研究ノ躍進ヲ促シ、以テ航空機ノ威力發揮ニ一段ノ貢獻ヲ期待スル秋ニ際會セリ。

航空研究所ハ官立ニシテ之カ施設、研究等ニ要スル諸費ハ政府ノ負擔ニヨルコト勿論ナリト雖モ、此ノ研究機關ノ外廓団体トモ謂フヘキ法人ヲ設立シテ、研究費ノ補足、資材ノ調辨等ニヨリ研究ヲ助成シ、研究成果ノ實用化ニ適宜ノ斡旋ヲ為シ、職員ノ練成厚生等ヲ援助シテ能率向上ニ資スル等ノ方途ヲ講スルトキハ、研究ノ機能ヲ増大シ、研究ノ成果ヲ昂揚シ、時局ノ要請即應ヲ一層擴充セシムルコトハ斯種法人ノ幾多ノ實例ニ徴スルモ明ナリ。玆上ノ事由ニヨリ……………(以下略)

このような厳しい時代に産声を上げた財団が、今日の財団につながっていることに深い感銘を受けたのは昭和一桁人間のつまらない郷愁であるかもしれませんが、当時の国内研究機関の様態なども窺い知れますので、趣意書をご紹介いたしたくなり、敢えてこの長文を掲げました。

しかし、この航空研究所奨學會は僅か9か月の寿命でした。終戦に伴い、航空に関する目的を有する法人は認めないことにしたので、目的・名称等を変更するか、さもなくば解散せよ。との文部省の御達しにより、21年1月理工學奨學會と改称して継続しました。その後講和条約締結により航空研究の再開が可能になるに伴い、34年10月再び航空學奨學會に改称し、そして宇宙科学振興会へ結びつくことになったのであります。

来年は宇宙科学振興会になって5年、設立からは50年になります。この節目の年を迎えるに当たり、財団の半世紀(反省記)を記録させていただきましたことを感謝いたします。

(財団法人宇宙科学振興会事務局長、

うへはら・のぼる)

ISASニュース

No.165 1994.12.

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い合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)までお願いいたします。