



## 〈研究紹介〉

# 影で宇宙を診断する

大阪大学理学部 池内 了

ビッグバン宇宙がガモフによって提案されたとき、直ちに二つの難問が指摘された。一つは、有限年齢の宇宙なら、当然、いかにして宇宙が誕生したかの説明がなされねばならないこと。もう一つは、一様で等方であるはずの宇宙に、どのようにして構造が生まれたかの問題である。時刻ゼロと現在という、宇宙時間の両端における物質の状態についての難問といえる。前者は素粒子の宇宙論、後者は観測的宇宙論と呼ばれ、現在もなお宇宙論の中心課題である。典型的には、ホーキングのベビーユニバースが前者の、マーガレット・ゲラーの泡構造が後者の、1980年代に大きな話題となった研究成果である。

観測的宇宙論は、現在の宇宙の姿から過去へと観測を通じてたどりつつ、理論的には、銀河やクエーサーのモデルを設定して必然的な宇宙進化の

シナリオを確立しようという立場で、観測量が飛躍的に増加した80年代から多くの研究が出始めた。私も、爆発が引き金となった銀河誕生のモデルを1981年に出して以来、遠宇宙の数少ない観測を手がかりにして、銀河形成やその初期進化を調べる研究を続けている。

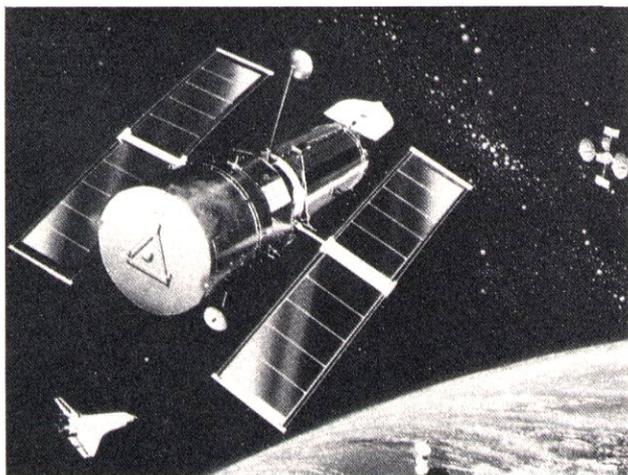
主たるテーマは、クエーサーのスペクトル中に見られる吸収線の解析を通じて、遠方の銀河や銀河間雲・銀河間のガスの物理状態を明らかにする問題である。吸収線は、クエーサーの光がクエーサーと私たちの間に分布する銀河や銀河間のガスや雲の吸収によって生ずる。いわば、「影」である。影の濃さ(吸収体の密度)、影の幅(吸収体の温度)、影の数の時間変化(吸収体の進化)などから、銀河や銀河間物質の物理状態を探ることができる。

「影を利用して遠宇宙を診断する」のだ。実際、

それらの天体が発する光は弱すぎて像は撮れないが、影なら捕らえられるというわけである。

主として、クエーサーの水素原子(HI)からのライマン・アルファ輝線の短波長側に多数見つかった「ライマン・アルファの森」と呼ばれる吸収線の起源について調べてきた。そのHIガスの柱密度やドップラー幅から求めた吸収体のガスの密度や温度から、これは質量が $10^{5-8}M_{\odot}$ の天体であることがわかる(球対称を仮定している)。典型的な銀河の質量の $10^{10-11}M_{\odot}$ と比べると圧倒的に小さく、これらは銀河間の雲であろうと推測される。観測されている吸収線の数から、銀河の1000倍以上もの個数密度であることがわかる。多数の銀河間の雲が宇宙空間に漂っているのだ。

この雲の温度は1万度以上で、自らの重力では閉じ込めることができない。従って、何らかの力でこれを閉じ込めないと自由膨張してしまい、観測できないはずである。そこで、(1)雲を取り巻く銀河間のガスの圧力で閉じ込めるモデル(これは我が銀河系ハローに存在する雲のモデルとして1950年代に提案されている)、(2)冷たいダークマターが雲に付随しており、その重力で閉じ込めるモデル(ミニハローと呼ばれている)、の二つを提案した。その各々で雲を1万度にまで暖めているのは、クエーサーから放出された紫外線を重ね合わせた背景紫外光である。



NASAのハッブル宇宙望遠鏡(HST)。これまでよりずっと遠方の銀河が詳細に観測できるので、宇宙の昔の姿が少しずつ解明されてきている。

(編集委員会挿入、写真：NASA提供)

ところで、静止系のライマン・アルファ輝線の波長は1216オングストロームで紫外線域であり、宇宙膨張によって可視光の波長にまで赤方偏移したものが地上望遠鏡で観測できる。従って、宇宙の赤方偏移 $z$ が2以上の宇宙を調べることになる。近くは見えずに遠くが見えるのだ。また、重元素イオンの吸収線もCIVやMgIIのタブレットで観測されていて、それらも紫外線域にあって $z$ の大きい領域を観測している。

1990年にハッブル宇宙望遠鏡(HST)が打ち上げられて、 $z$ が2以下の近傍の宇宙が観測できるようになった。HSTのキー・プロジェクトとしてクエーサーの吸収線系の系統的観測が取り上げられ、観測時間が優先的に割り当てられている。その重要な結果として、次の二つがある。

その一つは、 $z$ が0から2までの近傍宇宙のライマン・アルファの森の数が、 $z$ が2以上の遠宇宙から延長した数と比べて10倍以上も多く存在しているという結果である。銀河間の雲が多数漂っており、「宇宙は、なお曇っている」のである。その理由は、雲の進化が何らかの理由で変化したか、遠宇宙と近傍の宇宙で異なった雲に入れ換わったか、のいずれかであろうと考えられる。私の解釈は、背景紫外光が $z \sim 2$ を境にして急速に減少したというものである。このため雲の温度が下がり寿命が伸びたと考えるのである。実際、クエーサーの空間密度も $z \sim 2$ で急速に減少しており、背景紫外光もそれに比例して減少したとすると自然である。むろん、この解釈だけが唯一ではない。近傍のライマン・アルファの森が銀河と関連があるという観測も出されており、まだモデルが確立しているとは言い難いからである。

もう一つのHSTによる重要な結果は、ヘリウムが1回電離したイオン(HeII)による連続吸収の観測である。これは通常ガン-ピーターソン・テストと呼ばれている観測で、銀河間空間に一樣に分布するガスが存在している場合、そのガス中の原子の吸収線が重なり合って連続吸収として検出できるだろうという予想であった。初めは、水素原子(HI)のライマン・アルファ線について提案

されたが、これまで上限値しか得られていなかった。そのため銀河間ガス1万度以上に加熱されて、ほぼ完全電離の状態にあると考えられていた。

HSTは、クエーサーからのHe IIのライマン・アルファ線にあたる304オングストロームの輝線の短波長側に連続吸収が起こっていることを検出したのだ。初めて銀河間ガスの存在が確認されたことになる。この結果とHIのガンピーターソン・テストの上限値、およびCOBEによって得られている宇宙背景輻射の黒体分布からのズレ ( $\gamma$ パラメーター)の上限値を用いると、銀河間ガスの温度や密度の値の幅をかなり厳しく制限できる。

しかし、新たな問題が生じてきた。HSTの観測から、銀河間ガス中のヘリウムがほとんど1回電離の状態にあり、2回電離までイオン化が進んでいないことが明らかになったことである(2回電離までイオン化が進んでいると、He IIの連続吸収がHSTによって検出されたほど強く生じないから)。ところで、銀河間ガスの加熱源は、やはりクエーサーからの紫外線放射の重ね合わせである背景紫外光と考えるのが自然である。とすると、そのスペクトルはクエーサーと同じソフトなスペクトル(強度が振動数について $-1$ のべきで表される)と予想される。ところが、このスペクトルだとヘリウムのほとんどは2回電離されてしまう。He IIのままイオン化が止まるためには、背景紫外光のスペクトルのべきは $-2$ より小さくしなければならない。それではクエーサーからの紫外線の重ね合わせで説明することができない。クエーサー以外のハードなスペクトルを持つ紫外線源が存在するのか、何らかの吸収があってスペクトルが急になっているのか、今後の課題である。

以上は、銀河間の雲がガスを起源とする場合の影だが、遠方の銀河そのものの影は、炭素やマグネシウムの吸収線と考えられている。これらの重元素は星によって作られるから、既に星の進化が進んだ結果、銀河内の星間ガスに重元素がかなり(太陽組成の10分の1程度)含まれているからである。これらの吸収線系を時間系列で見ると、銀河の進化を追跡することができる。

特に興味深いのはC IVの吸収線系で、宇宙の赤方偏移  $z$  が2以上では  $z$  の減少(宇宙時間)と共に吸収体の数が増加し、2以下では減少する(これもHSTの成果である)という奇妙な振る舞いを示す。他のすべての吸収体が、宇宙時間と共に数が減少する(宇宙膨張によって空間密度が下がり検出率が下がる)ことを考えれば、銀河進化の何らかの特徴を表していると思われる。このC IVの吸収は、若い銀河のハローに広がるガスによって生じていると考えられており、ハローの運動を反映しているとするモデルを計算している。ハローのガスは銀河円盤の星生成の活動と強く関連しているから、若い銀河の進化過程が予測できるのではと考えている。

これらの観測的宇宙論の研究は外国のデータをもとにした理論的解析だが、それから一步踏み出して、自らデータを得てそれを解析する方向を進めている。アメリカのグループと共同で進めているDSS(デジタル・スカイ・サーベイ)計画である。口径2.5mの専用望遠鏡にCCDモザイクカメラを取り付け、北の天域の $\pi$ ラジアン範囲で5年間かけて19等までの銀河やクエーサーをサーベイする。さらに、それらのスペクトルを撮って、800メガパーセクまでの銀河の大局分布や、クエーサーの吸収線データをこれまでの10倍以上に増やす計画である。現在、科研費の特別推進研究でCCDカメラを作っており、秋からの試験観測に向けての準備を進めている。おそらく21世紀の天文学は、このDSSデータをもとに「すばる」やHSTを駆使した観測的宇宙論が花を咲かせるだろう。それらの研究の基礎付けができればと考えてい。

(いけうち・さとる)

—◇—◇—◇—◇—◇—◇—◇—◇—◇—  
編集委員会より——いつもISASニュースを愛読していただきありがとうございます。4月号からA4判で発行いたします。

これを機により一層の紙面充実を目指しますのでご期待下さい。執筆者の皆様、ご協力お願いいたします。

# お知らせ



## ★研究会・シンポジウム

### 大気圏シンポジウム

開催日 平成7年3月6日(月)～7日(火)  
 場所 宇宙科学研究所本館2階会議場

### 宇宙エネルギーシンポジウム

開催日 平成7年3月8日(水)～9日(木)  
 場所 宇宙科学研究所本館2階会議場

### 宇宙圏研究会

開催日 平成7年3月8日(水)～10日(金)  
 場所 富士箱根ランド(中小企業研修センター)  
 (0559) 85-2111

### 宇宙科学企画情報解析シンポジウム

開催日 平成7年3月16日(木)  
 場所 宇宙科学研究所本館1階入札室

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)

## ★教官人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
7. 1. 1	峯杉 賢治	(所内昇任) 宇宙輸送研究系 助教授	宇宙輸送研究系 助手
"	橋本 樹明	宇宙探査工学研 究系助教授	宇宙探査工学研 究系助手
"	横山 幸嗣	鹿児島宇宙空間 観測所助教授	宇宙探査工学研 究系助手
7. 2. 1	八田 博志	宇宙推進研究系 教授	宇宙推進研究系 助教授

### 衝撃波シンポジウム

開催日 平成7年3月16日(木)～18日(土)  
 場所 横浜国立大学工学部大学院工学  
 研究棟及び講義棟B, C棟  
 (横浜市保土ヶ谷区常盤台156)

## ★ロケット・衛星関係のスケジュール(3月・4月)

3 月							4 月						
1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	25	30
PLANET-B PM総合試験 (宇宙研)							M-V M-34-2TVC地上燃焼試験 (NTC)						



### ★S-520-17号機の打ち上げ

宇宙空間には宇宙塵(ダスト)と呼ばれる細かい固体微粒子が存在し星の形成、ひいては太陽系や惑星の形成に大きな関わりを持っていると考えられている。これらのダストはかつては、星の光をすかして影絵のように見える暗黒星雲として観測されてきたものである。それがこの頃はダスト自らが出す熱放射を赤外線で見ることができるようになり明るい赤外線星雲として直接見ることができるようになった。放射される熱放射はダストの温度で決まり、IRASなどでは観測波長が遠赤外線(100ミクロン以下)で行われたので、得られた情報は比較的温度的の高い(それでも絶対温度の50~60K)ダスト

に限られている。最近、宇宙背景放射の観測のため打ち上げられたCOBE衛星はさらに低温(5~10K)のダストがあるらしいことを示した。COBEの観測では視野が7度と広く詳しいことは解らない。今回の実験は国立天文台のグループが、空間分解能を0.2度まで高め、また、<sup>3</sup>He冷凍機を使って絶対温度0.3Kまで冷却されたボロメーターによって検出感度を改善してオリオン星雲の中での冷たい宇宙塵の分布と特性を精密に観測しようとするものである。オリオン星雲は濃いガス雲に取り囲まれていて、赤外線の観測などで多くの原始星が見つまっている場所である。宇宙塵はこれらのガス雲の冷却、収縮に深い関わりを持っていると考えられており、その結果である星の形成過程の



研究に欠かせない観測対象であり、観測には大きな期待がかけられていた。この実験は昨年度行われる予定であったが、打ち上げ前の噛み合わせ試験の段階で、振動、衝撃による<sup>3</sup>He冷凍機の温度上昇が懸念されたためやむなく実験の延期を決めたもので、昨年一年間改良を加え、今年度再挑戦したものである。

打ち上げは、予定より1日遅れの1月23日21時30分に行われ、ロケット、観測器ともに正常に動作し、目的の観測に成功した。打ち上げられたサブミリ波望遠鏡はオリオン星雲を取り囲む $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ の領域を姿勢制御系の助けを借りて正確なサーベイ観測を実行し、オリオン星雲内の宇宙塵の分布と温度に関する貴重なデータを取得することができた。尚、実験終了後、共通計器部はパラシュートによる緩降下を行い、ビーコン電波の受信、セスナ機による搜索、視認、ヘリコプターによる回収（写真）などすべてが順調に行われ成功裡に実験を終えることができた。（奥田治之）

#### ★S-520-19号機の打ち上げ

S-520-19号機は、地上からでは観測できない紫外線と極端紫外線（紫外線と軟X線の間の領域）での天体観測、PLANET-B衛星に搭載するヘリウムイオンおよび中性水素の輝線観測器の性能試験、微小重力下での合金の相分離現象の実験、といろいろ欲張った目的をもち、更に搭載装置の一部（姿勢制御系・共通系・合金実験装置）を回収する計画であった。

特に、銀河紫外線と極端紫外線の観測は、上空の希薄なガスによる太陽や月の反射光などの散乱

がじゃまになるので、太陽が丁度地球の反対側にあり、しかも月が望遠鏡の視野から遠いときでないといけない。そのため、打ち上げ時刻はこの時期数日間の午前1時という条件がついている。

打ち上げ準備作業は予定通り順調に進んだが、当初予定した1月28日の午前1時打ち上げの約1時間前に、突然地上系の一部に部品の劣化から不調が生じ、打ち上げは翌日の同時刻に延期された。担当者の徹夜の努力で、翌朝には完全に修復され、十分な調整もおこなわれて再び打ち上げ準備は整った。幸い翌日も前日に劣らぬ快晴に恵まれ、ロケットは定刻に発射され、観測は全て成功した。

同時にセスナ機による、深夜の海上での回収体の探索もはじまったが、発見できず、セスナ機は給油のため一時空港に帰った。

1月29日午前10時現在まだ回収体が発見されていないのは心残りであるが、今年度最後のロケット観測が全観測項目とも完全な成功で終了したことは誠に喜ばしいことである。関係各位のご協力に深く感謝する次第である。（小川原嘉明）

#### ★冥土への広き門 —宇宙学校の記—

##### ～表紙写真～ 撮影：杉山吉昭

宇宙研の活動を相模原市の市民に理解して頂くために、「宇宙学校」という催しが始められて3年目になります。今年は1月29日に、相模原市産業会館で行われました。宇宙科学研究所と銀河連邦サガミハラ共和国の共催です。

3時限構成、各時限に2人の講師で、映画付き、それぞれ入れ替え制です。各時限のタイトルと講師陣は、以下のとおりでした。

1時限 躍進するX線天文学

井上 一、坂尾太郎

2時限 惑星の世界

小原隆博、鶴田浩一郎

3時限 宇宙への旅立ち

的川泰宣、成尾芳博

「校長」役を平林がおおせつかりました。総合司会役です。初代小山孝一郎、次期的川泰宣という絢爛たる名校長の後ですから、三期校長はたいへんな役不足です。「余人をもって替え難い」と強要、

慰められましたが、「余塵をもって替わった」と思っています。もっと用心深く要人を選ぶべきです。

講師の20分ずつの話の後の50分で、たっぷりと宇宙談義という構想でした。「僕は10分もあればいい」とおっしゃる割には、講師陣、しっかり気が入って30分もの熱弁、質問談義の時間は30分になってしまいます。

6人の講師の話は個性があって、率直な科学の対話姿勢がありあり。的川さんは、おならの話からロケットの本質にわけ入り、わが身をもって重いロケットの悲しい宿命をたとえ、入浴剤利用の簡易ロケットを飛ばし、地球への愛へとたかまる素晴らしいエンディング。成尾さんは半生を演劇に（余生を宇宙研に？）いれこんでいたというだけあって、感動的な熱弁。

下手な事をしゃべったら生きては帰れないと思ったら、折角の科学対話もできません。リラックスしてもらう必要があります。不得手な駄洒落や冗談も言わなければなりません。親近感をもってもらうために、講師の趣味やご家庭の紹介をしました。北海道でオーロラがみえた日に生まれた小原さんの光博君は、突然の指名にも、会場のお母さんの横でチョコと会釈してくれました。やさしく生真面目な小原先生までも、「公私（講師）混同」と、切り返してきます。

人は、なんとか努力して言葉で真（まこと）を伝えあうもの。大切な考えや普遍的なことを伝えようとするもの。それは、科学でもなんでも大切なこと。

事務方の努力、講師陣のみごとな頑張りによって、聴衆のうれしそうな反応を感じました。「どうしたら、宇宙研で働けるの」とも、聴かれました。「冥土の土産にいい話が聴けた」といって帰ったお婆さんがいました。宇宙学校記念の「修了証書」は冥土までもっていってもらえそうです。

（平林 久）

#### ★ TOPEX/POSEIDONの追跡にNASAから感謝状

NASA/ESAの海洋観測衛星TOPEX/POSEIDONの精密軌道を決定する上で大きな役割を果たしたとの理由で、

白田宇宙空間観測所（高野忠教授、加藤隆二助教授あて）に対し、写真のような感謝状がNASAのダニエル・ゴールディン長官から届きました。（的川泰宣）



#### ★ M-3SII-8号機(EXPRESS)の実験報告

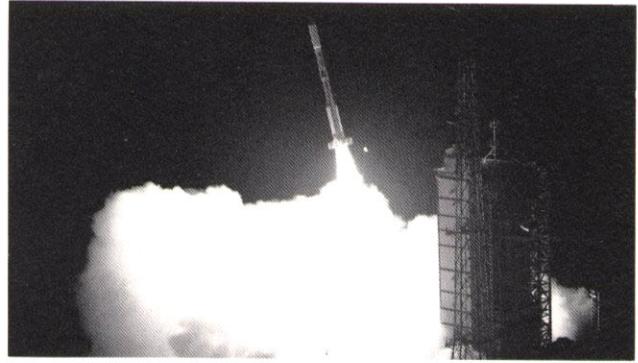
正月もそこそこに4日からフライトオペレーションを始めた。クリスマスと新年を家族と過ごすため帰国していたドイツチーム(15名)、ロシアチーム(10名)もKSCに戻りEXPRESS衛星の作業を同日再開した。ロケット、衛星とも予定の作業を順調に消化し、9日、衛星がロケット側に引き渡された。同日、日独間でFRR (Flight Readiness Review) 会議をもち、全てが予定通り整っていることを確認した。15日いよいよ最終段階に入った。午後2時、EXPRESS衛星へ最終作業である高圧の窒素ガス充填も無事終え、午後6時、予定発射時刻午後10時45分を目指して打ち上げタイムスケジュールに入った。作業は淡々と順調に進められ、発射1時間20分前、外気温5℃で外気温条件(0℃以上)を満たしており、ランチャー出しに進ん



だ。その後もスケジュール通りに進み、発射20分前から、いよいよ大詰めとなった。搭載機器チェック、内部電源へ切替え、発射4分前着脱コネクタ外し、1分前点火系コントローラスタート、30秒前タイマ作動正常確認、発射と進んだ。この間、M管制室でのベテランの手際よさにいつもながら感服する。

発射時の天候は晴れ、外気温5℃、地上風南の風1m/s、ランチャー修正角も僅かで、定刻にM台地に轟音を残して8号機は飛び立った。残念な結果となったが、その後の飛翔状況については下記「M-3S II-8号機の飛翔結果について」(平成7年1月25日 宇宙科学研究所)に記された通りである。

EXPRESS計画の検討が始まってから早4年が経過している。当初設定された平成5年冬期打ち上げも結局1年延期となり、やっと今回の打ち上



げにこぎつけた。この間幾多の困難があったが、国内およびDARAをはじめとするドイツ側関係者の信念と情熱でこれらを乗り越えてきた。

このような経過をよく承知していながら、実験主任としてご期待に添えず、関係者の方々に多大のご迷惑をお掛けしましたことを陳謝致します。

(雛田元紀)

## M-3S II-8号機の飛翔状況

M-3S II-8号機は、日本標準時の平成7年1月15日22時45分に鹿児島県内之浦の発射場(鹿児島宇宙空間観測所)から打ち上げられました。搭載のEXPRESS衛星はドイツの製作で、軌道上の微小重力環境下で日本側の触媒精製実験を実施した後オーストラリアで回収、この際日独共同の再突入実験が行われる予定でした。

第1段ロケットと第2段ロケットの途中までの飛翔は正常でしたが、第2段ロケットの燃焼中期になってロケットが横振動(上下、左右方向)を始めました。

ロケット燃焼中の姿勢安定はノズル壁から液体を適宜噴射するタイプの姿勢制御装置によって維持されます。

上記のようにロケットの機体が振動を始めたために、振幅自体は0.1°程度と微小でしたが、それを修正すべく姿勢制御装置が高頻度で作動し続けたため、制御に使う噴射液を第2段の途中で使い果してしまいました。

噴射液がなくなったので、制御不能の状態となりロケットの姿勢の誤差は急速に増加しました。誤差がロケットの頭上げの向きであったため、予定の軌道を外れ、ロケットは高めの経路に乗りました。第2段ロケット燃焼終了後予定のスケジュールに従って第3段のための姿勢制御装置に切り替えてからは、この姿勢の誤差は除かれ、ロケットの機軸を水平に向け、ロケット全体にスピン回転を与えて姿勢を安定させ、第3段ロケット、次

平成7年1月25日 宇宙科学研究所

いで第4段ロケット(キックモータ)に点火しました。しかし第3段点火と同時に、レーダによる追尾が不能になり第3段と第4段の点火は確認できませんでした。

宇宙科学研究所鹿児島宇宙空間観測所では、日本標準時の1月16日0時19分から26分まで、第1周回目の衛星からの電波を受信し、またサンチャゴ地上局においても、日本標準時の1月16日1時02分から30秒間、EXPRESS衛星からの電波を受信しました。これにより第3段ロケット、第4段ロケットが正常に燃焼したことは確認されましたが、その後地上局では、衛星からの電波を受信することができなくなりました。

計画では、衛星を打ち出す高度が地表から約210km(近地点)、その場合地球の裏側における衛星高度が地表から最も遠く約400km(遠地点)でしたが、衛星が予定より高めの高度(約250km)から打ち出されたために、地球の裏側での高度が予定よりも低くなり、逆に裏側が近地点、打ち出した点が遠地点になってしまいました。推定によれば、近地点高度は120km以下になった可能性が十分あります。そのため低高度での過度の空気抵抗により軌道寿命は2~3周回であったと考えられます。

ドイツ宇宙オペレーション・センター(GSOC)は、打ち上げの約9時間後における衛星電波受信の試みを最後として、EXPRESSミッションの遂行を断念しました。

以上



## カイパーベルト天体

北海道大学 山本哲生

カイパーベルト天体は新種の太陽系の小天体である。カイパーベルトと言う名称は、1951年にアメリカの天文学者カイパーが最遠の惑星、冥王星の外側に、太陽を中心としたベルト状の彗星の巣があることを提唱したことに由来している。カイパーベルト天体は惑星と比べてたいへん小さいうえ、地球からの距離が遠くて、観測が困難なため、最近まで仮説的な天体にすぎなかった。

2年半前にハワイ大学のジェウィットとカリフォルニア大学バークレー校のルーによって、冥王星の外側にはじめてカイパーベルト天体と思われる新天体が発見された。1992年8月30日に、彼らは冥王星の外側を公転している太陽系の果ての新天体を初めて見つけたのである。この新天体は1992QB1と名付けられた。その後、現在まで太陽系の外域に10個を越す同種の天体が発見されている。

これらの天体のサイズは直径数百キロメートルで、もっとも小さい惑星である冥王星と比べても、その10分の1程度にすぎない。大きさという点では、カイパーベルト天体は惑星というよりむしろ、大彗星または小惑星に近い。

一方、その軌道は惑星の軌道の特徴を兼ね備えている。すなわち、カイパーベルト天体は、惑星の軌道面とほぼ同じ軌道面内を、太陽を中心とする円に近い楕円軌道を描いて周回している。

カイパーベルト天体はどのような「氏素性」の天体なのだろうか？

現在の太陽系形成論のシナリオによると、われわれの太陽系は次のような過程を経て形成されたと考えられている：46億年前、銀河系内の暗黒星雲の一部から、われわれの太陽系を生む母体となったガスと塵からなる円盤、原始太陽系星雲が形成された。原始太陽系星雲内の塵は、やがて円盤の中心面に向かって沈澱してゆく。その結果、太陽系星雲の中心面付近に塵の集中した層が形成さ

れる。沈澱が進行し塵密度が高くなると、塵の層は重力的に不安定となり、多数の塵塊に分裂する。これが惑星のたまごとも言うべき微惑星である。微惑星は互いに衝突・合体し、惑星へと成長した。微惑星は塵から惑星への成長過程で鍵になる天体である。

一方、原始太陽から十分離れた領域では、惑星原料である塵の量が少なかったため、微惑星は惑星サイズまで成長できない。太陽系が形成されて間もないころには、現在の冥王星より外側の領域に、このような微惑星-未熟惑星-が多数あったと考えられる。カイパーベルトから太陽系の最果てオールトの雲に至る広大な太陽系空間に、現在でも莫大な数の小天体が未発見のまま多く残されている可能性は大きい。そして、これらの天体は、46億年前に太陽系が形成されたころ、惑星に集積しきれなかった微惑星の化石である可能性が高い。

われわれのモデル (ISAS ニュース1993年8月号参照) によると、このような残存微惑星は現在でも多数存在し、現在までに観測されている微惑星は、微惑星雲の内端の少数群落に属する微惑星に過ぎない。もっとも残存微惑星が集中している群落は太陽から100~200AU (1AUは太陽と地球の平均距離で約1.5億キロメートル) の距離付近にある。

来年打ち上げが予定されている宇宙赤外線望遠鏡ISOや現在建設中の「すばる」のような大望遠鏡で、微惑星雲の全貌が明らかになることを楽しみにしたい。太陽系形成において重要な役割を演じるものの、これまで理論的な概念にすぎなかった微惑星の存在が、これらの観測によって、初めて直接実証されることになるだろう。

カイパーベルト天体は最近発見された「太陽系ローカル線」の新駅であるとともに、太陽系誕生の記録を保存している貴重な最古の駅でもある。

(やまもと・てつお)

## 無線エネルギー伝送に寄せられた熱き眼差

成尾 芳博

マダガスカルとモーリシャスの間にあるフランスの海外県レユニオン。亜熱帯に位置するこの島の主産業はサトウキビとバナナ、そして観光である。島の大きさは65km×50km、人口は60万人。日本で言えば神奈川県の高さに鳥取県の人口が住んでいる、と思ってもらえばよいだろう。この島は二つの大きな火山からなっていて、高い方は標高3,070mもある。このため、島にはほとんど平野はない。海岸端から眺めるときれいなスロープが山の頂上へと連なっている。しかし、実際には、山間部はスコール等により激しく浸食され、至る所に標高差1,000m以上の谷が存在する。島の面積の半分以上がリトル・グランドキャニオンとも言える地形なのだ。昨年12月上旬、この島に2週間ほど滞在する機会を得た。用務は太陽発電衛星SPS 2000システム機能モデルの展示指導と、WPT（無線電力伝送）ワークショップへの参加。宇宙研の一般公開で展示したあのモデルにフランス・レユニオンの国立博物館から声がかかったのである。もう一つの用務であるWPTのワークショップでは、フランス、ロシア、イタリアの研究者と、レユニオンにおけるWPT実験の可能性を論ずる事になっていた。少なくとも事前の了解では、私の用務はそれだけであった。

香港、モーリシャスと乗り継いで約20時間をかけレユニオンに到着。果たして私を待ち受けていたのは、政・官・産・学界の人々とのWPTに関する食事毎のディスカッション、記者会見、新聞・テレビのインタビュー、非電化地域（谷底の村）への現地調査、住民との対話集会、フランス本土ツールーズのCNES（フランス宇宙局）職員とのテレビ会議、と実に多岐に渡る仕事の山であった。中でも閉口したのが最低2時間に及ぶ毎度の食事、こちらは一向に進まない展示準備にやきもきするが、そんなことはお構いなしに時が過ぎていく。従って必然的にSPS2000システム機能モデルの組

立作業は深夜の仕事となった。

ディスカッションの度に活躍したのが、SPS2000システム機能モデルのために作ったレクテナの一要素（以後ミニレクテナと呼ぶ）である。このミニレクテナは、一対のダイポールアンテナと整流用ダイオード、コンデンサ、発光ダイオードからなる簡単なものだが、電子レンジから漏れ出る微弱な電波にも反応して発光ダイオードを点灯させることができる。WPTの説明にはもってこいだと言うことで、CNESのピニョーレ氏が宇宙研に招聘研究員として滞在されたときに、彼の発案で持ち運びに便利のようにアレンジし直したものである。

モデルの準備で頭がいっぱいの私にとっては、ミニレクテナを手にしながらか大真面目にディスカッションしているフランス人の姿は、最初、滑稽ですらあった。しかし、ピニョーレ氏のあまりの熱心さに、「どうやら連日の馬鹿騒ぎは、単にワークショップの宣伝ではなさそうだ。WPTの実験をレユニオンでやるために、人々のコンセンサスを本気で得ようとしているようだ」と気がついたのは到着してから4日目のことであった。日本ではケーススタディを論じると言っても単に技術的な話に止まることが多いと思う。しかしレユニオンでは全く違った。実現に向けて、ありとあらゆる機会を利用して説明して歩くのである。私には一種のカルチャーショックであった。彼と寝食を共にしていた（否、せざるを得なかった）私は、かくしてWPT実験の実現に向けて、日夜を問わず飛び回ることになった。平均睡眠時間4時間あまりと言う強行軍ではあったが、何物にも代え難い経験をさせてくれたピニョーレ氏に、この紙面を借りて心から感謝したい。レユニオンの人々の熱き眼差を感じ続けた2週間であった。

（なるお・よしひろ）

# — 宇宙構造物の話 その6 —

## 適応構造とインフレータブル構造 名取通弘

1957年のスプートニクの初飛行から、宇宙開発の歴史はまだ40年を経過したにすぎない。今まで話題になってきた宇宙構造物のうち多くは未だ実現していない。そして十分な経験の蓄積がないうちに次の新たなステップが始まりつつある。ひとつは続発する軌道上での機構の不具合への対応であり、もうひとつは衛星システムの高機能化やコンパクト化への対応である。前者には、環境適応性や自己修復機能を備えた構造物の開発があり、後者にはインフレータブル構造のような高収納効率の展開型構造物やマイクロメカニズムの開発があげられる。

周辺環境に適応する機能を持った構造物を適応構造物という。打ち上げ時に畳み込まれる展開構造物も広い意味でそれらの一種である。センサー

やアクチュエータ機能の他に、コンピュータ機能、特に記憶機能を有する構造物などが考えられている。それらの機能には形状や振動制御など各種の制御機能、また構造物建造時の構造体の制御などが含まれる。図1に平面形状適応トラスの一例を示す。斜材にエンコーダ付きのボールスクリュー・アクチュエータを装備して、放物面などのさまざまな二次曲面に形状を変化できる。この写真は米国機械学会誌の適応構造物研究の紹介記事(1990年11月)の冒頭に引用されて、新しい構造物の可能性をアピールした。図2は適応トラスビームの一例(可変形状トラス, VGT)で、スペースクレーンなどへの応用が考えられている。

インフレータブル構造のような膜面構造は小さく畳めて軌道上や月面上で容易に展開できるので、1960年代から測地衛星(エコラ)や月面でのシェルターとして検討された。1980年代にはESAがQuasatミッションのために図3のようなアンテナ構造を検討したが、財政事情のため残念ながら実現は見送られた。周辺のトラス部材をまず膨らませ、次いで鏡面部分を形づくる。テプリリによる貫通があっても形状を維持できるように、鏡面部分は宇宙空間で熱あるいは紫外線により硬化させる。内圧力により高い鏡面精度を実現できるわけである。われわれもモジュラー化したインフレータブル構造の開発をてがけた(図4)。その後最近になって、再び米国(JPL)はインフレータブル構造を取り上げ、スパルタンを使って図5のようなアンテナ構造物の展開実験を計画している。直径は14m、1996年に実施の方針である。(なとり・みちひろ)

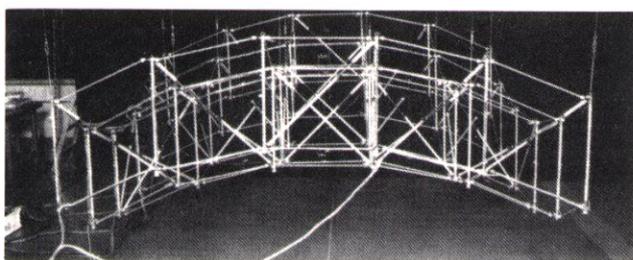


図1 平面状適応トラス構造

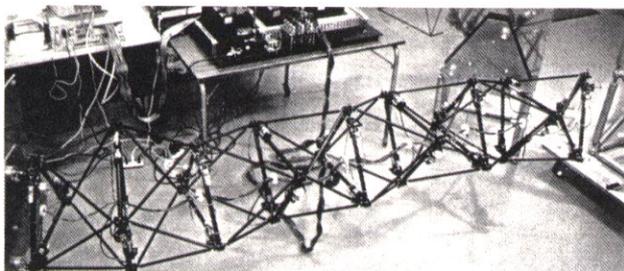


図2 適応トラスビーム(VGT)

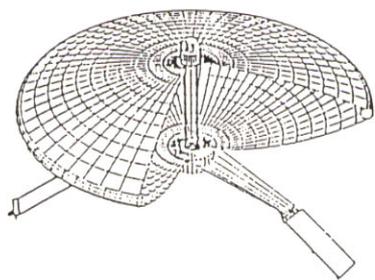


図3 インフレータブル・アンテナ(ESA)

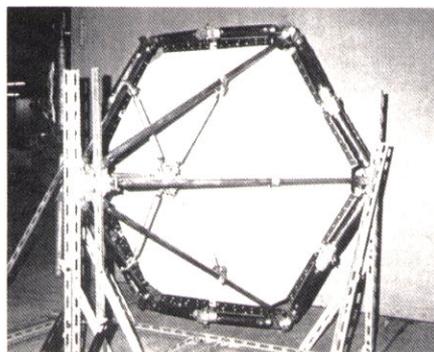


図4 モジュラーリフレクタ構造

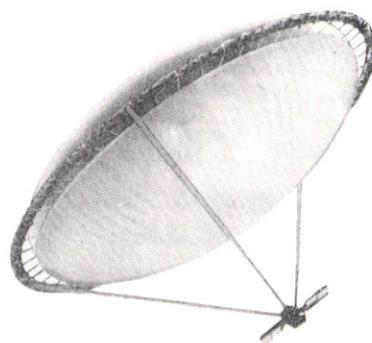


図5 IN-STEP実験用リフレクタ(JPL)



## 「出会いと別れ」 — 研究所生活40年 —

酒 卷 正 守

「<sup>あめ</sup>天が下のすべての事には季節があり、  
すべてのわざには時がある。

-----  
神のなされることは皆その時にかなって美しい。  
(伝道の書3章 1・11a節)

今までに幾人かの人に送る言葉を書いてきたが  
到頭自分の番がまわってきた。年末に原稿の依頼  
——編集委員長曰く「遺言状をよろしく」——を  
受けて、まあ年を越してからとっているうちに  
締切が迫りあわてて筆をとる。

研究所生活40年余りを振り返ると沢山のシーン  
が浮かんで消え、月並みな表現だが“走馬灯”  
のように流れて感無量の思いである。これもキザ  
だが一言で言えば「出会いと別れの40年」とでも  
言うべきか。沢山の人々との出会いがあり別れが  
あったし、また携わってきた仕事でもあった。

小学生の頃、国語の教科書で知った「航研機」  
の模型に出会ったのは確か理工学研究所の所長室  
の一隅だったと思う。かつての飛行少年（非行に  
あらず）にとっては鮮烈な印象であった。

宇宙、その頃は主としてロケットの研究に手を  
染めたのは航空研究所が復活した1958年池田 健  
先生の研究室に所属したときからである。推葉が  
ダブルベースからコンポジット系へ、そして内面  
燃焼方式に変わった頃である。機体のデザインや  
ノズルの設計、強度計算や性能計算などロケット  
の初歩から指導を受けた。駒場のテストスタンド  
での燃焼実験、爆燃して吹っ飛んだノズルを土嚢  
の中から何度掘り出したことか。

KSCにもしばしば通った。小型の試験ロケット  
や観測ロケットが多かったが、K-10S-1は初めての  
球形ロケットの飛翔試験ということで特に印象  
に残っている。NTCでの初期の頃の実験も懐かし  
い。特にあのケーブル敷設と撤収作業。SBCでは  
西村 純先生に実験場の案内をして頂いたことを  
覚えている。UDSCにはアンテナ建設の初めから  
関わってきた。車で林道を上って行くときカーブ

を曲がってアンテナの美しい姿が視界に飛び込ん  
でくる時の風景は忘れられない。

三浦研究室では宇宙構造物の研究のお手伝いを  
した。まだ誰も手がけていなかった分野で、いろ  
いろな構造概念を提案したが文章や図面では理解  
していただけない。そこで概念模型を作って説明  
する。伸展マストを作った初期の頃中庭で写真を  
撮っていた時、一時退院をされていた森 大吉郎  
先生がたまたま通りかかってご覧になり「なかな  
か面白いですね。実現できるといいですね」と言  
われた言葉が耳に残る。2Dを理解してもらうた  
めに「三浦折り」の地図。テンション・ケーブル・  
トラス構造を説明する概念モデルはアンテナへの  
応用を考えていたので、ナイロンストッキングを  
生協で購入（校費？）鏡面を模擬した。学会やシ  
ンポジウムで説明するにはマストもそうだが携帯  
に便利なほうが良い。小さく畳んで大きく伸ばす、  
広げる。小田 稔先生曰く「今度はどんな手品を  
見せてくれますか」。

研究所生活でやはり忘れられないのはスポーツ  
である。凝り性の三浦先生が相手となれば、つい  
こちらもむきになる。その典型——現在まで40年  
続いているテニスはそのお陰である。冬のスキー  
四季を通じての山登り、一つ一つに思い出がある。  
出張を利用しての山行も北海道から屋久島にまで  
及んだ。悪天候に阻まれ3日間待機したがついに  
諦めた飛驒の笠ヶ岳は今でもトライしたいと思う。

駒場から淵野辺まで直接、間接にご指導頂いた  
諸先生、先輩・同僚の諸姉姉にときにはご迷惑を  
おかけしたかもしれないが暖かく受容し交わって  
くださり、さまざまな機会を与えてくださったこ  
と、お一人お一人に心から感謝申し上げたい。

40年間日々同じことの繰り返しだったかもしれ  
ない。しかしその同じこともよく考えて見れば実  
は全く別の新しいことに出会っていたとも思う。

これからいつまで与えられるか、残された人生  
へまた思いを新たにして旅立ちたい。ありがとう  
ございました。（さかまき・まさもり）



## テニスと私

阿部 美和子

私が軟式テニスに出会ったのは、今から10年前の1985年の事であった。

それから遡ること4年前。現研究所が発足した日の数日前、私はガンを宣告された。辞令の翌日から1週間の間に試験切開、入院、手術。

転移する可能性があると言われた。

あれや、これやあったが、制ガン剤から解放され人心地がついて気づいたことは、なんとも体力が無いこと。特に腕の力がまったく無い。重い荷物は持てないし、電車の吊革に捕まっても振動に堪え切れずよろけたり、人に寄りかかると倒れたり。だがそれもそのはず、胸筋が切除されているのだから無理はない。そこでせめて、腕の力だけでも付けようと、健康な時していた卓球を始めた。ところが腕の振りの瞬発力が強すぎて、腕にむくみが出、丸太棒状になりドクターストップがかかってしまった。

丁度その頃、卓球人気は下火になり、テニスに移行する人が増えつつあった。幸いな事に、初心者が増え、1週間に何日か初心者練習日が設けられていた。なにしろ生まれてこの方、テニスのラケットを持ったことも無かったが、思案をしても仕方がない。まず始めた。指導者が手を出したボールを、一列に並び順番に受けるのだが私の番になるとあの大きいラケットで空振りばかり。

些か腐って、落ち込んでいた矢先、対外試合があるが女性が足りないのでコートに立っているだけで良いから出て欲しいとの話。日頃お世話になっている先生の頼み、我儘も言いづらくついOKしてしまった。ルールもさること、カウントの取方も知らず、今考えると厚顔無恥もいいたく、赤面の至り。だがテニスの面白味を垣間見る思いがした。

初めて出場した良正杯での優勝（これはテニス部の人を一番上手な人と一番下手な人を二列に並べ、ペアを作り試合をして優勝チームに杯が送ら

れるのである。誰の力かは言わずもがなである。

合宿では、初参加者はミーティングの時、車座に座った皆の前で、ラケットを持ち素振りをするという洗礼も受けた。

ある時、阿部さん普段のままと言われその通りしていたら、その結果が石橋さん・的川教授共著〔軟式テニス上達の科学〕の悪い見本のモデルになって登場していた。本に載る等生まれてこの方初めて終わりであるから、ちょっぴりてれくさいやら恥ずかしいやら複雑な気持ちであった。

大学対抗や共済などの対外試合にも女性が少ないので出場出来た。といっても最初は無我夢中のうちに終わってしまったが。

試合中ばしっとボールが当たった様な感じがしたが、試合を続けようとして注意され、慌てて帰り医者に行ったところ、重傷の筋肉の断絶を起こしていると診断され、その後半年以上テニスが出来なかった事もある。

今だに満足のいくフォームも出来ないが、一昨年の夏頃ふっと力が抜けた。考えてみれば、それは最初から言われていた事で8年目にしてやっと出来たのである。意識しないと力が入ってしまうが、力が抜けた時は振り切る瞬発力が出て良いボールが打てたと実感できるのである。随分無駄な、無い腕力を使っていたと思うが、運動神経の鈍い私には頭より運動量で体得する事しか出来なかったのかも知れない。教える先生がたの忍耐力に全くもって感謝する。

後から初心者の方が入って来ても、気が付くと私より上手に成っている。落ち込みそうになるのを、健康の為、健康の為と自分に言い聞かせ、今も風が吹こうが少々の雨でも毎日昼休みコートに出ている。先生はじめ毎日相手になって下さる方々。良い人達に恵まれてとても幸せである。

(あべ・みわこ)

ISASニュース

No.167 1995.2.

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。