



10月17日に行われた国体の採火式（本文記事参照）

〈研究紹介〉

実験惑星学の展望

北海道大学大学院理学研究科 橋元明彦

◆それはなに？

Experimental Planetology—初耳でしょうか。宇宙・星雲・太陽系・惑星といった様々の階層で生じた現象とその過程を実験的に解明すること、を目標とする野心家の看板です。

宇宙と太陽系の起源と進化の問題を究明するのに、{イ} 理論，{ロ} 望遠鏡や探査機による観測，{ハ} 地球・月・隕石等の惑星物質の分析，の従来の方法があります。しかし科学の発展に重要な「実験的アプローチ」が、惑星科学には欠乏しています。

物理学においては、現象の本質を理解するのに、条件の制御し易い単純系を実験対象に選ぶことができます。惑星科学では、対象を単純化しすぎると本来の興味から遠ざかってしまいます。即ちある程度の複雑系を相手にせざるを得ないのですが、皮肉にもここに実験惑星学の活路があります。

以下では、私の実践する実験惑星学を紹介します。

◆原始太陽系星雲

私達の太陽系もまた、近年ハッブル宇宙望遠鏡や赤外天文衛星等により観測が可能となり始めた「原始星とそれを被うガスと塵の雲」、即ち原始星雲から生じたと考えられます（図1）。

惑星と衛星、小惑星や彗星は46億年の昔、数百万～数千万年の短期間に原始太陽系星雲から形成されたと推定されます。なぜならば、観測によるとこの期間の後に星雲は払拭されてしまうからです。

太陽系の諸天体は、大気も表面も、恐らく内部もその物質構成において一つとして同じではありません。また、惑星には集積しなかった小天体のかけらが、各地の研究所や博物館に収集されています。隕石です。それらは、岩石質から金属質のもの、有機物に富むもの、堆積性から火山岩・変成岩のタイプまで様々です。コンドライトと呼ばれる、恐らく他の惑星物質の祖先となった始原的な隕石では、構成する小粒子の一つ一



図1 原始太陽系星雲 (Paint by J.A.Wood)

つが、鉱物・化学・又は同位体組成において隣り合う粒子と異なることがわかります(図2)。では何故太陽系物質にこのような多様性が存在するのでしょうか?

太陽系は他の恒星系同様、過去に様々の星から空間に放出された多様な星間物質をその原材料としたはずです。実際プレソーラー粒子という、太陽系形成以前から存在した $1\mu\text{m}$ 以下の大きさの物質が隕石中に発見され、最近話題となっています。

しかし $1\mu\text{m}$ 以下の星間塵物質は、十億個集まらなければコンドライト隕石中の一個のコンドリュール(直径 $0.1\sim 1\text{mm}$ の岩石質の液滴)になりません。それだけの数が集まれば、鉱物も組成も同位体も全て平均化してしまうはずですが、個々のコンドリュールは明瞭に異なります。巨大な惑星では、そのコンドリュールが 10^{27} 個集まる必要がありますが、地球型惑星の全体組成は同じではありません。従ってコンドリュールから惑星レベルまで、その多様性の原因を太陽系前駆物質に求めることは不可能です。

かくして、原始太陽系において大規模な“元素の分別過程”(特定の元素を他から選別する過程と、選別

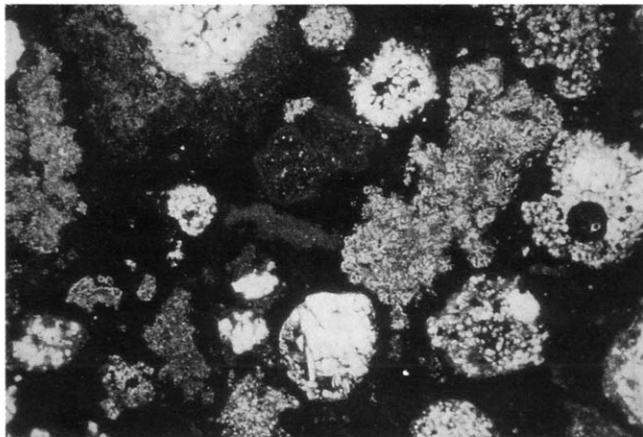


図2 アレンデ隕石の薄片写真(ヨコ2mm)

後に空間的に分離する過程の両方)が生じなければならなかったのです。これは太陽系の起源に関わる大問題であり、実験惑星学の最大の標的ですが。

◆元素の蒸発と凝縮

海洋の水は蒸発して気体となる。しかし塩分は蒸発せず海洋に残る。もし大気がどこかに吹き飛んでしまえば、海洋の塩分濃度は次第に上昇するでしょう。

基本的に似た現象が、原始太陽系でも生じました。ただし、地球型惑星や岩石質の隕石の生成した環境は、岩をも蒸発させる高温に一時期あったと考えられます。

月と地球は構成元素の種類こそ変わりませんが、月では、Al, Ca, Ti, U, 希土類元素など岩石から蒸発しにくい耐火性の元素が、地球にくらべて約2倍も多く含まれます。一方、比較的蒸発しやすいNa, K, Rb, Csなどのアルカリ元素は、地球の1/3以下しか含まれません。

図3には、個々のコンドライト隕石の全岩組成を元素存在比のペアで示します。岩石にあっては、AlはMgとSiよりも難揮発性の元素です。従って、両軸共に隕石の難揮発性成分の濃集度の違いを表します。一方MgとSiの相対的な揮発性は条件次第で微妙に変わると予想されますが、元素分別の傾向(Si/Mg存在比)は隕石のタイプ毎に明瞭に異なります。

では如何なる物理環境が調べば、太陽系で生じた化学分別を説明できるのでしょうか?そのためには、蒸発と凝縮という相反する物理過程を根本的に理解することが必要です。

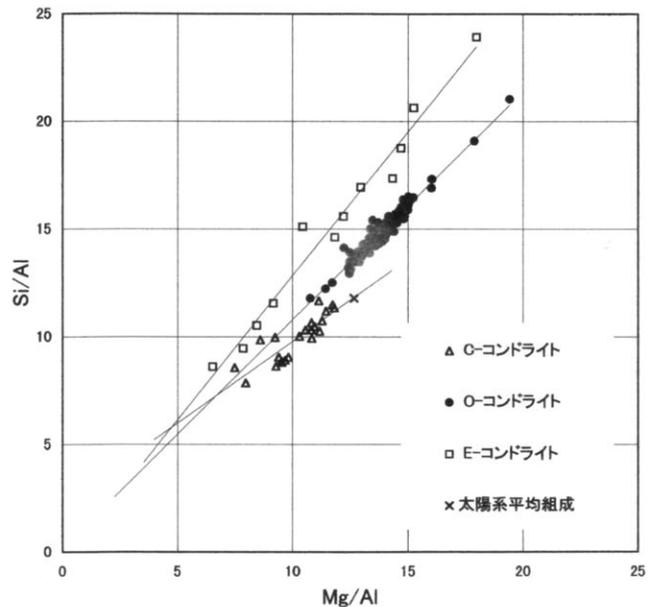


図3 コンドライトの全岩組成(C, O, Eはタイプ)

表1 惑星主成分の凝縮係数

Oxide	Solid	Liquid
CaO	0.9	—
Al ₂ O ₃	0.35-0.38	0.38-0.40
MgO	0.12-0.22	—
SiO ₂	0.01-0.02	0.03-0.05
FeO	—	~ 1
TiO ₂	0.39	0.41

◆蒸発と凝縮の速度論的研究

真空蒸発という技術があります。熱分解によって固体又は液体表面から離脱した分子を、高真空ポンプで強制的に排気することにより、それら分子が元の表面に再衝突して凝縮するのを阻止します。単位時間当りの蒸発量を測定することで、温度の関数として熱分解による絶対蒸発速度を正確に求めることができます。

一方、自由エネルギー関数を用いると当該の固体物質の平衡蒸気圧を計算できます。これから、気相と固相が平衡にある場合に単位表面積に単位時間当り衝突する蒸気分子の数が分子運動論から導かれます。平衡下では、蒸発と凝縮の分子数は等しいはずですから、分子の凝縮速度は上記の絶対蒸発速度と等しくあるべきです。従って、表面に衝突する分子の内、実際に凝縮して再び固体の一部となる分子の割合（凝縮係数）は真空蒸発速度を衝突数で割った値となります。平衡に限らず任意の蒸気圧について、この係数を衝突数に掛けたものが、蒸気分子の凝縮速度となります。

この原理を用いて、惑星を構成するほぼ全ての元素について、その酸化物と主な化合物（鉱物）の熱的絶対蒸発速度と凝縮係数を求めました（例：表1）。それらの数値は言わば物性値であり、原始太陽系で生じた化学分別を定量的に理解する基礎データとなります。

◆星雲ガスと固体惑星物質の反応

さて、星雲は真空ではありません。円盤状の原始太陽系星雲の太陽に向う動径方向と、星雲の鉛直下向きに、当然ながら圧力勾配は正となっていたでしょう。高い所では、0.05気圧近くにも達したと推定されます。

星雲ガスの主成分は分子水素です。水素は還元剤ですから、基本的に酸化物の惑星物質と良く反応すると予想されました。問題は、真空蒸発の時と同様に蒸発と凝縮の絶対速度を分離して測定する方法があるか、です。これは、一見困難でした。何故ならば、反応ガス（水素）を固体に衝突させると同時に、反応で生じ

た生成ガスだけを固体表面近傍から分離することは相矛盾するからです。しかし、簡単なテクニックによりこの問題は解決されました。特殊形状の反応容器（図4）を真空炉で用いればよいのです。詳細は省略しますが、気体—固体間（液体でも良い）で生ずる正逆両反応の絶対値を求める方法が確立したのです。

水素と橄欖石（Mg₂SiO₄；岩石質惑星の代表的鉱物）の反応実験により、固体と反応するガスは、反応温度において分子水素の1/1000しか存在しない原子水素であると判明しました。一方、逆反応即ち凝縮では、水酸基ガス（OH）が反応を律速することが解りました。さらに真空蒸発との比較から、星雲の全圧10⁻⁸気圧以下では熱分解蒸発が、それ以上では原子水素との反応が支配的になるという重要な結論が得られました。

◆同位体質量分別—蒸発過程

元素が蒸発又は凝縮する際、同位体分別が起こります。気相と凝縮相を往来する分子に含まれる元素に幾つかの同位体が存在する時、分子の移動速度の違いが原因となって一般に分子の質量差に比例した程度の同位体分離が生じます。これを、質量依存同位体分別と

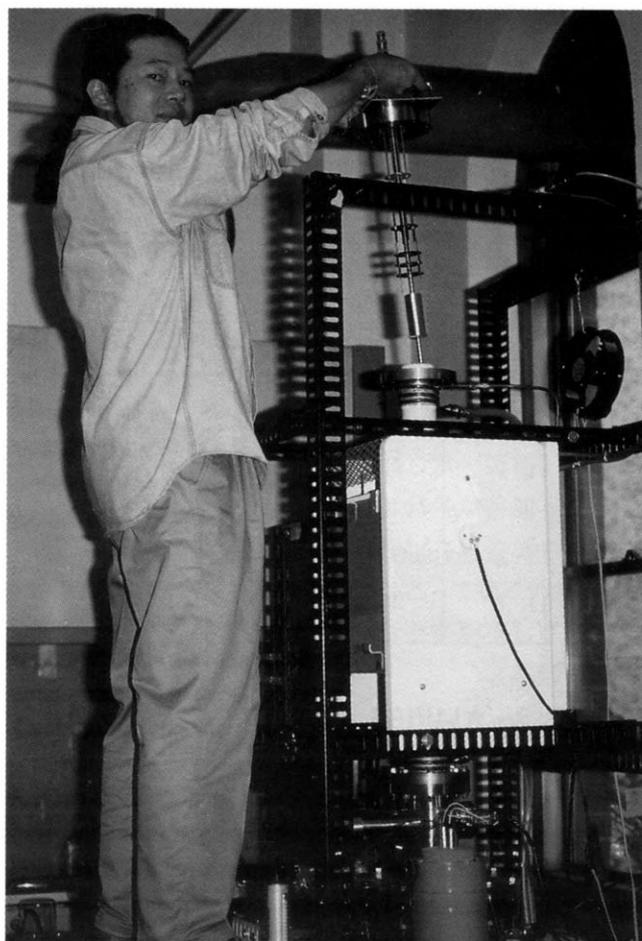


図4 水素反応装置（反応容器を挿入中）

言います。隕石中の粒子には、他に比べて4%近くも重い方の同位体に富むものがあります。その効果は、酸素、マグネシウム、シリコンに顕著に現れています。

実験により、真空蒸発でも水素との反応蒸発でも、元素の量が元々の10%になるまで蒸発を続けると、残った元素には重い同位体が約4%余分に濃縮することが解りました。このことは、原始太陽系内に著しい高温の環境があったことを示唆します。

◆空間分離—原始太陽系のダイナミクス

最後に、元素・同位体の分別過程は、ガスと固体(液体)に別れた部分を、再び元に戻らないうちに分

離しなければ完結しません。もし急冷すれば、ガスは独立の固体微粒子として凝縮し、共存する固体粒子と一緒に、異なる鉱物・組成・同位体比をもつ固体粒子の集合体、即ちコンドライト隕石を構成できるでしょう。

しかし、隕石毎に、また惑星毎に異なる鉱物・組成・同位体比を説明するには、ガスと固体を空間的に分離するダイナミクスが原始太陽系で大規模に働いていなければなりません。原始星近傍の円盤状星雲から両極方向に高速で吹き上げる巨大ガス流の観測は、恐らくこれを解決する鍵でしょう。

(はしもと・あきひこ)

お知らせ



★シンポジウム

大気球シンポジウム

日時：平成10年12月3日(木)～4日(金)
場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

宇宙航行の力学シンポジウム

日時：平成10年12月9日(水)～10日(木)
場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

太陽系科学シンポジウム

日時：平成10年12月7日(月)～8日(火)
場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

宇宙空間原子分子過程研究会

日時：平成10年12月14日(月)～15日(火)
場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

問合せ先：宇宙科学研究所研究協力課共同利用係 TEL：042-759-8019

★人事異動(教官)

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
		(採用)	
10. 11. 1	和田 武彦	次世代探査機研究センター (宇宙探査センター分野) 助手	
		(転出)	
10. 11. 1	川田 光伸	名古屋大学大学院理学研究科講師	宇宙圏研究系助手



★LUNAR-A 総合試験

LUNAR-Aの総合試験が10月5日から始まりました。推進系取り付けのためラストチューブは担当メーカーにあり、クリーンルームの中には4台の機器ボックスしかありません。隣りで一次噛合中のASTRO-Eと比べると震ってしまうかもしれませんが、C棟のいろいろな所で

ペネトレータ関連の試験が実施されており、ようやく最終段階に入ったとの感を受けています。LUNAR-Aは非常にチャレンジングな計画でありこれまで多くの難関を乗り越え、又これからも乗り越えなければならぬと計画担当者は覚悟していますが、来年度の仕上げを目指して最後の頑張りどころといったところです。今後の予定としては、今年11月末から12月上旬にかけ

て米国でペネトレータの貫入試験（QT：認定試験）を実施する予定で、これがペネトレータシステムの最終確認試験となります。又、11月には、月周回軌道で母船から分離されたペネトレータモジュールの減速に適用される軌道離脱モータ（DOM）のフライトタイプの地上燃焼実験があきる野の施設で実施される予定です。これ等の試験と併行して総合試験は実施されますが関係者一同（メーカーの方々も含めて）来年度に是非打上げる決意で取り組んでいます。今後とも皆様の御支援、御協力を御願いたします。（中島 俊）

★1998年IACG報告

1998年のIACG（国際宇宙科学研究機関協議会）はESAの担当により10月6日から8日までスイスのベルンで開催された。

各機関の報告では、宇宙科学研究所が従来からのX線天文学や太陽地球系科学の着実な成果に加えて、電波天文衛星「はるか」や火星探査機「のぞみ」によって研究領域を拡大していることが評価された。他機関の中ではNASAの活躍がめざましく、超大型ミッション偏重から中小型ミッション活用に方針を転換し、またオリジン計画という新しい重点目標を樹立したことの効果が早くも現れている。1986年のチャレンジャー事故のあとNASAの科学はハッブル望遠鏡だけで保っているといっても過言でないような状態が10年以上も続いたが、Mars Pathfinderの成功を皮切りに続々と新しいミッションが登場しはじめ、今回の発表には圧倒的な迫力を感じた。特に火星の研究については今後数年間に数機の探査機を集中的に投入して飛躍的に研究を進め、有人探査につなごうとしている。火星探査計画においてNASAは他国の機関の力をも結集してプロジェクトを充実しようとする姿勢を積極的に示しており、宇宙科学の将来計画に世界的な規模で影響を与



えるのは必至である。

個々のワーキンググループの報告の骨子は次の通りである。（1）昨年よりIACGの中心課題は太陽系科学であり、火星探査を対象とすることが昨年度に一度決められていたが、今後小天体の研究を対象として連携協力を進めることになった。小天体の探査は重要な課題であり、また宇宙研のMUSES-CをはじめIACGを構成するすべての機関によって計画されていることが理由である。（2）一昨年までIACGの中心課題でありGEOTAIL衛星等によってめざましい成果があげられている太陽地球系科学については、太陽活動極大期に向かって共同研究を拡大継続することになった。（3）地上系に関わる新設のWorking Group 4では、地上局間のコマンドの伝送をSpace Link Extension (SLE)によって共通化する方針を決め、副委員長に山田隆弘助教授を選んだ。

なお、今年よりV. MannoがExecutive Secretaryになり、今回は宇宙研が担当して1999年11月15日の週に沖縄で開催することが決定された。（西田篤弘）

★レオニード流星群観測小研究会開かれる

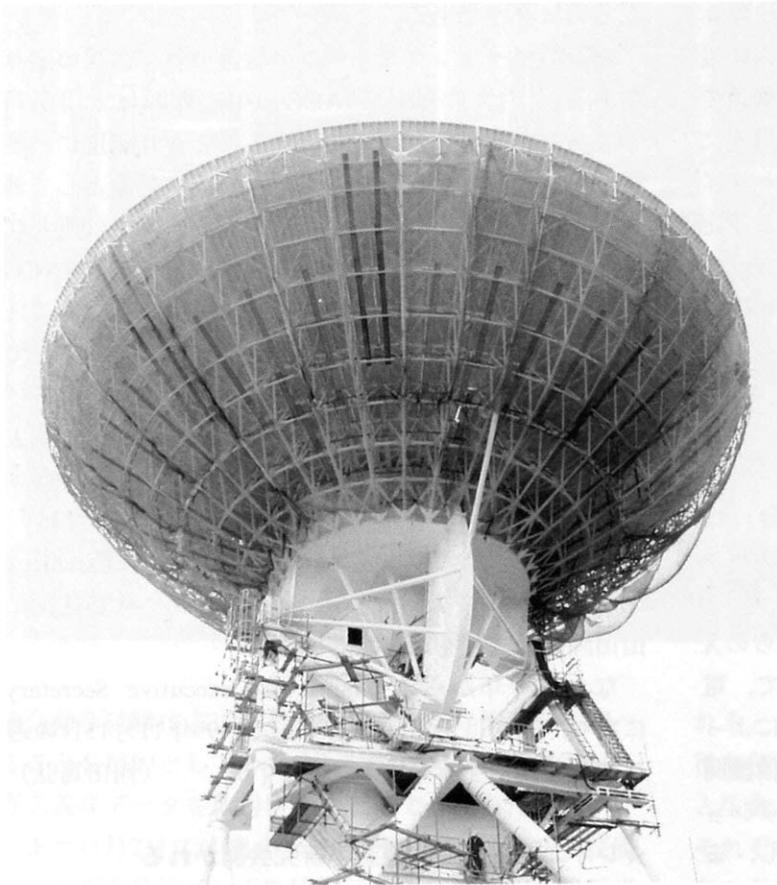
レオニード（しし座）流星群が本年11月17～18日に、地球に襲来する見込みで、1時間当りの流れ星数（ZHR）は1万以上になると言う人も居る。レオニードは地球との相対速度が70km/secにもなり、発生プラズマによる破壊力が強く、宇宙飛翔体への影響が心配されている。流星の基である小隕石は彗星からばらまかれるが、流星群の発生時間や密度については精度良い予測はできないとされている。スペースデブリ宇宙機関会議（IADC）では、注意喚起と共同観測を呼びかけている。

これを受け、天文学者、アマチュア流星観測者、宇宙関係者等で表記の研究会を開催した。第1回（3月24日）は40名、第2回（9月14日）は56名が参加した。異分野間の意見交換が活発に行われ、共同観測や情報交換の計画も作成された。宇宙研にとってはこの結果が、人工衛星等の運用計画に役立つことを期待している。

（高野 忠）

★34mφアンテナ工事の進捗状況

今年は例年になく大きな台風に見舞われることなく順調に進み、10月9日には主鏡のパネル342枚が張付けを終了した（写真）。まだ骨組みの至る所に工事用ネットが付けられているが10月末にはきれいな姿でテレメータ台地を飾り、雄姿が先任の18mφアンテナにかわっ



(EL角)と電波の放射ビーム軸に誤差が生じるために行われる。このデータはパソコンに入力されアンテナ運用時にEL角の器差補正データとして用いられる。続いてアンテナはEL角に対する雑音温度特性の測定を行い、この雑音温度特性とアンテナの利得でアンテナ特性の評価を行う。また、テレメータ受信機の総合特性もこのアンテナの雑音温度特性をもとに評価試験が行われる。

その他、アンテナとしては自動追尾特性、機械共振周波数測定、最大角速度、角加速特性等の試験が行われISASに引き渡される。竣工期日・11月30日。(豊留法文)

★国体の採火式及び炬火リレーについて

去る10月17日(土)、宇宙研の中庭において「かながわ・ゆめ国体相模原市炬火リレー採火式・出発式」が行われました。この式典は、第53回国民体育大会及び第34回全国身体障害者スポーツ大会の開催に向け、オリンピックの聖火にあたる炬火を採火するとともに、この炬火を県内の他の10箇所で採火された炬

火とあわせ、各大会の開会式当日に炬火台に点火するという一連のイベントの第一歩となるものです。

宇宙研での採火方法は、テレビ電話により銀河連邦各国からのメッセージを受信し、キーワードがそろったところで、電気熱によりロケット推進薬に点火させ、その火から採火するもので、「銀河の火」と命名されました。

て内之浦町からも眺められる。アンテナの高さ約39m、総質量約820ton。

今年の6月号で紹介されたアンテナのペDESTAL部にはアンテナの駆動制御機器の他、科学衛星や惑星探査機の追跡運用機器が据え付けられ、機器の特性調整試験が重ねられている。アンテナではEL構造支持部への日照による熱変形を防ぐ防熱カバーの取り付けと、主鏡面の調整作業が昼夜を通じて行われている。夜間は、光学機器を用いた鏡面の測定、昼間は鏡面の調整作業がアンテナのEL角90度、45度、30度でそれぞれ繰り返し行われている。このパネルの調整は、最終的にKSCでの使用頻度が高いEL角30度でアンテナの特性が最良になるように調整が行われる。因みに、主鏡の光学測定ポイントは1300点、パネル取付調整部は2052カ所で作業日数は20日が予定されている。

この作業終了を待ってラジオスター(数個)を対象にしたアンテナ指向ビームの測定がEL5°~80°~5°で連続して行われる。これはアンテナの自重による構造変形でアンテナが所有する機械軸角



この銀河の火は、相模原市内では走者リレー区間16区間、自動車リレー区間12区間の計28区間リレーされ、次の座間市へと引き継がれました。リレー走者は市民の中から192名が選ばれ、うち、第一区間の走者として私と主計課の前佛さん外10名が参加しました。

当日は、M-Vロケットならば打上げが延期されるであろうと思われるような悪天候でしたが、モデルロケットの打上げは見事に成功し、無事採火が行われました。その後、会場や沿道の市民の方々の声援をいただきながら、パトカーの先導により中継地点の鹿沼公園まで走り終えることができました。

この式典が宇宙研で催されたことは、市民の方々に宇宙研をより身近に感じてもらうという意味において大変意義深いものであると確信するとともに、私も一走者として参加できたことに大変感謝しております。
(穴沢一夫)

★ISAS-NAL連絡会の開催

宇宙研と航空宇宙技術研究所（NAL）の定期連絡会が設立され、その第1回目が、10月22日に行われた。

今回の開催場所はNALで、宇宙研からは、松尾企画調整主幹以下10名、NALからは、戸田研究総務官以下13名が出席した。

両研究所の概要の相互の紹介に続き、主な研究プロジェクトの現状の報告や、研究協力、施設利用の当面の課題、共同研究の進め方などにつき、熱心な討論を行った。地理的にも、そして、研究分野的にも近い関係にありながら、意外に、相互に知らない情報があり、今後もより緊密な関係を築いていこうということが、出席者の共通の認識であった。
(中谷一郎)

★斎藤成文先生、文化功労者に

この度、東大名誉教授斎藤成文先生は、マイクロ波工学とレーザー光工学の研究におけるご業績と、ロケット追跡レーダーや電波誘導システムなど、宇宙通信関連技術の研究開発における多年のご功績により、文化功労者に選ばれました。わが国の宇宙開発において、その草創の時から今日に至るまで斎藤先生が果たされた役割の大きさと多面にわたるご功績については、今さら申し上げるまでもありません。宇宙科学研究所の私ども一同、先生のこの度のご受賞を、心からお喜び申し上げます。
(廣澤春任)

★西村純元所長、名誉教授に勲二等瑞宝章授章

去る11月3日の文化の日に、元宇宙研所長西村純名

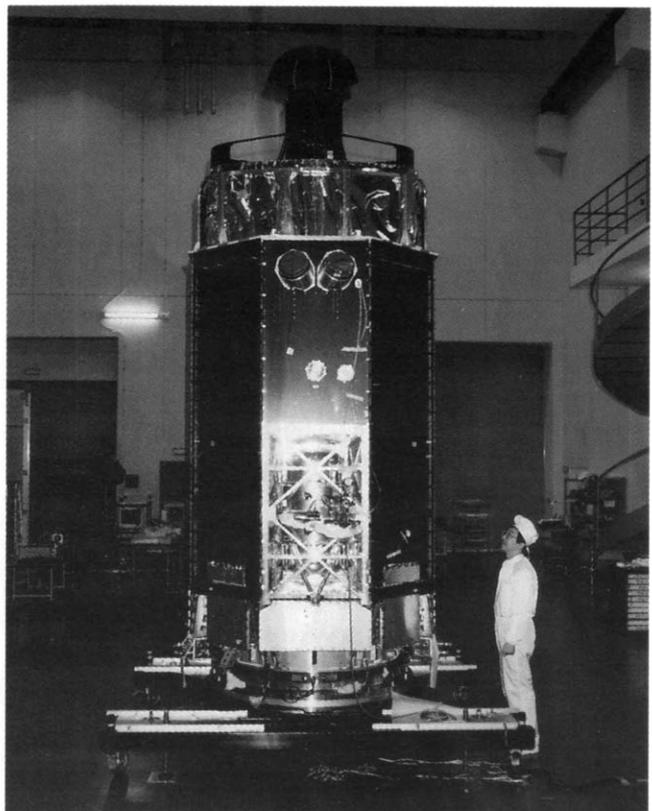
誉教授が勲二等瑞宝章を受章された。西村先生はご専門の宇宙線物理学において、空気シャワーの理論、宇宙線の相互作用の研究で顕著な業績を挙げられた他、エマルジョンチェンバーの考案者としてもよく知られている。宇宙研では気球部門の指導に情熱を傾けて、あたられた。気球実験場の建設、気球技術の改良に取り組み、日本独自の飛揚技術を築き上げた。この度の受章はこのような業績にふさわしいもので、心からお喜びを申し上げます。
(槇野文命)

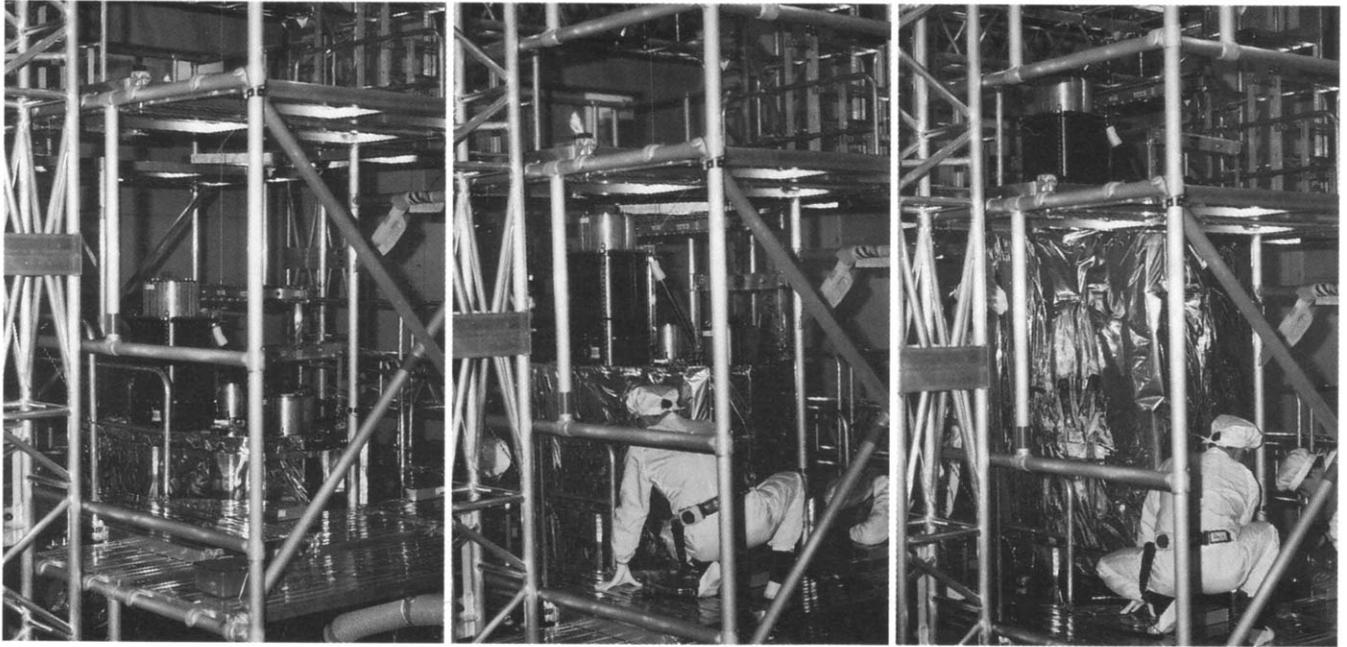
★高柳和夫名誉教授に勲二等瑞宝章

本研究所名誉教授高柳和夫先生が、この度の秋の叙勲で勲二等瑞宝章を受章されました。高柳先生は我が国の原子分子物理学、特に原子衝突研究の育ての親ともいべき方であり、またその研究を広く宇宙科学の分野に応用して世界的にも注目される数々の成果を挙げられました。先生の蒔かれた種は成長し、来年（1999年）仙台で開かれる「原子衝突物理学国際会議」で大きく花開くのを待っています。
(市川行和)

★ASTRO-E衛星一次囀合せ試験

ASTRO-E衛星の一次囀合せ試験は10月に入って山場を迎え、16日、17日に衛星上での観測機器の動作試験、これに引続き19日から21日、30日と11月2日に有線、無線での衛星の総合動作試験が行なわれました。





総合動作試験は主に搭載機器相互の電氣的干渉を調べることを目的としています。試験は大禍なく終了し、有意義なデータを取得することができました。

また11月2日には噛合せ試験を通じて最大の呼び物(?)である光学ベンチの伸展試験が実施され、関係者の心配をよそに大勢の見学者で賑わいました。写真は伸展前、伸展中、伸展後の光学ベンチの様子です。ASTRO-EのX線望遠鏡は、写真中に見える黒い筒の上に乗っているものを含めて全部で5台あります。いずれも焦点距離が4~5mと長いため、打上げ時には光学ベンチを縮めておいて衛星をロケットのフェアリング内に収め、打上げ後に伸展して焦点距離を確保します。試験では、ほぼ予定通りの約4分で1.5mの伸展をすることができました。

7月に始まったASTRO-E衛星の一次噛合せ試験は11月10日ようやく終了し、その後は各機器を持ち帰って問題点の検討を行なうこととなります。気の抜けない日々が続きますが、1999年度の打上げに向けて、そしてその後のScientific Paradiseを夢に見つつ、関係者は一丸となって奮闘を続けています。(石田 學)

★出雲で宇宙学校開催

さる11月1日(日)、島根県出雲市で恒例の宇宙学校が開催されました。事前の往復葉書による参加者の応募は好調でしたが、初めて人口8万人の小都市で開か

れるとあって、どんな質問が飛び出すか、興味津々で待ち望んでいました。例によって「天文学」「太陽系と生命」「ロケット・人工衛星」の3時限編成で行い、それぞれに2人ずつの講師をお願いしました。延べ888名の参加を得、素朴な質問が続出しました。たとえば「ブラックホールはずいぶん小さいみただけど、どうしてそんなに重力が強いですか?」とか「イモリは宇宙で無重力に慣れたら、地上に帰ってきた時にとまどうのではないですか?」とか「化学燃料以外のロケットの開発の現状はどうなっているのですか?」など、日頃考えていて分からない事柄に関する素直な質問が多かったようです。都会の子どもたちに見られがちな「こましゃくれた」質問が一つもなかったのが印象的で、実に爽やかな宇宙教室でした。

(的川泰宣)



宇宙を 第1回 探子

宇宙からの赤外線をとらえる

村上 浩

ISASニュースではガンマ線から電波まで、電磁波を捕らえるセンサーについて、御紹介して行くことになりました。今月は赤外線センサーのお話です。

赤外線センサーと一口に言っても、化学分析、軍事用や消防用、あるいは最近では遺跡からの出土物の分析など、いろいろな種類のセンサーが様々な用途に使われています。宇宙科学研究所では人工衛星や気球に積んだ赤外線センサーで天体観測を行っています。ここでは天文学用途のセンサーについてお話することにしてしましましょう。天文学は、おそらく最も高感度の赤外線センサーを必要とする分野です。

天文学における赤外線観測は、比較的低温の天体を見ることを得意としています。星で言えば赤色巨星や、褐色矮星（小さすぎて核融合反応を起こすことができず冷えてゆく一方の星です）などが得意分野です。また星間ガス中の様々な原子や分子も特定の波長の赤外線を放射しますし、ガス中の微粒子（宇宙塵）も赤外線を放射します。このような放射の観測から、暗黒星雲の中で星が生まれている現場を観測したり、惑星の元になった塵が星の周りを取り巻いているのを観測したりすることができます。また大量のガスの中で多くの星が作られている、生まれたての銀河を見つけることもできるのでは、と期待されています。

赤外線は、可視光と電波の中間の波長（1ミクロンから1ミリ付近まで）の電磁波で、可視光や紫外線と比べるとエネルギーが小さく、化学反応を起こすような力はありません。赤外線を浴びても日焼けもしませんし、大部分の赤外線はフィルムを感光させることも出来ません。ですから赤外線写真を撮るには別の手を考える必要があります。

赤外線ヒーターや、備長炭でお馴染みの「遠赤外線」を思い出していただければわかるように、赤外線はものを暖める力は持っています。そこで温度計があれば赤外線がやって来ていることを知ることが出来ます。これが赤外線の発見以来用いられてきた最も伝統的な方法です。天体観測でもボロメータと呼ばれる熱センサーが使われています。マイクロマシニングと呼ばれる技術を使って、小さな温度計が沢山並んだセンサーなども作られようとしています。このタイプのセンサーは低温になるほど感度が高いため、天体観測用の高感度ボロメータは絶対温度で0.1度付近に冷却して用い

られます。天文学の分野では、このような熱センサーは、波長が1ミリに近い非常にエネルギーの小さな赤外線に対して用いられています。

もう少しエネルギーの高い、200ミクロン以下の波長域では、高感度で使い易い半導体センサーを使うことが出来ます。普通のビデオカメラにはCCDと呼ばれるセンサーが使われていることは御存知だと思います。シリコンで作られたこのセンサーは、残念ながら波長1ミクロン以上の赤外線には感度がありません。この種の半導体センサーでは、電子は光のエネルギーをもらって、“バンドギャップ”を飛び越え、自由に動けるようになって電流を流します。シリコンの場合には、波長1ミクロン以上の赤外線ではエネルギーが小さすぎて、電子は自由になれません。そこで赤外線に対しては別の半導体が使われます。5ミクロン以下の波長で天体観測に最も良く使われるのがインジウムとアンチモンの化合物です。この化合物半導体を使ったセンサーでは、可視光のCCDセンサーと同じように、画素数が100万を超えるような素子が作られるようになりました。

5ミクロンを超えて40ミクロン付近までの赤外線には、シリコンに様々な不純物を混ぜたものが使われます。不純物原子が持つ電子は、小さなエネルギーで自由に動けるようになるため、長い波長の赤外線にも使うことが出来ます。現在天体観測用に最もよく使われるのは、シリコンに砒素を混ぜたもので、28ミクロンよりも短い波長に感度があります。

波長50～200ミクロンでは、今度はゲルマニウムに不純物を混ぜた材料が使われます。天体観測に最もよく使われるのはガリウムを不純物として用いたセンサーで、国産のセンサーが大変高い感度を持っています。

さて、波長が200ミクロンを超えると、もうシリコンもゲルマニウムも使えません。そこで最初に説明したように熱センサーが使われる、というわけです。

最近半導体技術はすばらしい勢いで発展しており、このような技術から新しいタイプのセンサーが作られる可能性も残っています。将来は可視光のCCDセンサーのような画素数の多いセンサーがどの波長でも使えるようになって、天文学の研究もずっとやり易くなるでしょう。

(むらかみ・ひろし)

備えあれば憂いなし

山本善一

9月26日から10日間かけて、ノルウェーのスピッツベルゲン島、アンドーヤ、スウェーデンのキルナを調査してきた。目的は2000年11月にスピッツベルゲン島からSS-520-2号機を打ち上げるべくそのための地上設備の現地調査であり、実験主任の向井先生に日程のお膳立てをして頂き、それに稲谷先生、ロケット班の吉田さん、私の3名が同行した。行きの飛行機の中で、吉田さんが「東奔西走の原稿頼まれませんでした？俺行く前に頼まれたんだけど、絶対嫌だと言って断ってきましたよ。そのうち山本さんのところにも依頼が来ると思いますよ。」と妙な予言をしておられた。まあ4人もいるんだし、確率は1/4か。飛行機が落ちる確率よりは高そうだが、大丈夫だろう、と高をくくっていた。それにしても北へ行くのに東奔西走とは何か滑稽な感じである。でも結局野田さんに泣きつかれ、結局私が書くはめに。こうなったらみんなの秘密をばらすしかなさそうである（覚悟して下さいよ）。

さて成田から飛行機で11時間半かけてコペンハーゲンに。その間全席禁煙の機内では、タバコ中毒の残り3人はとても辛そう。吉田さんはスチュワーデスにニコチンガム（実際には禁煙パイポみたいなもの）を貰い何とか凌いでいたが、後の2人は無理して熟睡作戦の様子。コペンハーゲン空港に着くと3人は一目散に喫煙コーナーへ（このパターンは成田に戻るまで延々と繰り返された）。1時間後今度はノルウェーのオスロへ。オスロの空港で円をクローネに替えようとするが、機械が故障中。銀行はもう閉まっており、聞けば2日後まで開かないとか。クレジットカードをもっていたので全員助かったが（備えあれば憂いなしその1）、これでも本当に国際空港なんでしょうか？外へ出るとさすがに涼しい。でもこのくらいの涼しさは私にとってはむしろ快適。女房曰く“あなたは脂肪の服をもう1枚着ているから寒くないのね”，今回もその典型的なパターンか。まあ北欧に来てても寒くないんだからと，“服”の高性能ぶりに自信を深める。

オスロに1泊し、翌日はいよいよスピッツベルゲン島の玄関口ロングヤーベンへ。さすがにセーターを着るが、それほど寒くない（気温0度）。ホテルでチェックインを済ませて早速仕事開始。車で30分ほど急な斜面を登り、近くの山の頂上へ。ここにはNASAが建てたSVALSATと言う地上局があり、その調査が目的。実験の時はここでロケットからのテレメータ電波を受信してくれることになっている。長旅の疲れや時差ボケが抜けないうちにいきなり仕事とは・・・、向井先生も人使いが荒い。私以外の3人は分野が違うのでつまらなそう（しっかり証拠写真撮らせて頂きました）。

一応仕事をしたふりをして外に出ると思ったより涼しい。仕方ないのでジャンパーも着る（備えあれば憂いなしその2）。ところがである。仕事のために持ってきたGPSレシーバを使うには、建物の外に出て、しかも手にかざして持っていないといけないと言う事実、ここではたと気づく。しまった手袋持ってくれば良かった。風はビュービュー吹きさすび体感温度はマイナス10度くらい。自慢の脂肪の服も手には何の役にも立たない。ふと隣を見ると、稲谷先生は準備万端（手袋、コート、マフラー、帽子までしっかりかぶって、ニヤニヤしている。備えあれば憂いなしその3）。何なんだこの準備の良さは。人は本当に見かけによらないものである（残り3名の意見一致）。翌日訪れた射場のニューオルソンはこれぞ北極圏という寒さ。自慢の“服”も役立たず。GPSのせいで凍傷気味。何だか体中の筋肉が痛くなる。誰だこんな寒いところでしかも冬にロケットを打とうなどと言い出したのは（M先生ゴメンナサイ）。でも翌日はからりと晴れ本当に絵葉書になりそうな美しさ。やっぱり来て良かった・・・？仕事も無事済ませ、夜はオーロラ見物にチャレンジ。らしきものは見えたが期待外れ。緯度が高すぎて（北緯78度）オーロラのリングの中に入ってしまうため、すごいオーロラは見えないのだとか。でも北極星が真上にあってその周りをカシオペヤと北斗七星が回っている。しかもよく見ると春夏秋冬の星座が同時に見える（但し北半球の星座だけ）。そうかさそり座はいつまで待っても見えないのか、などと考えている時、頭上を1等星くらいの明るい人工衛星が通過。日本で見るのと違い、途中でスーと消えずいつまでも明るいままである。なるほどこれが太陽同期軌道というやつか、と納得。

ニューオルソンの後は、アンドーヤのロケット実験場を調査し、1泊。飛行機で飛んではすぐ調査し1泊、というきついスケジュールは向井先生の陰謀か、はたまた早く日本に帰らせてあげようと言う優しい心遣いか。そのせいかどうか知らないが、M先生ナルビックの駅の側で遂にドブにはまってしまったとか。でも何と言っても話題の豊富さでは吉田さんでしょう。次の空港で降りるのに乗り継ぎかと美人スチュワーデスに聞かれて思わずイエスと答えてしまい、着陸後降りようと思ったら彼女に「機内で座って待ってなさい。」と何度も引き留められたり、キルナでは飛行場に向かう車に荷物を詰め込むのを忘れ、「あの中にパスポートも航空券も入っているのにどうしよう。」と青ざめてみたり。おかげでみんな疲れも忘れ、楽しい旅の思い出ができました。（やまもと・ぜんいち）

化学推進を超えて

都木 恭一郎

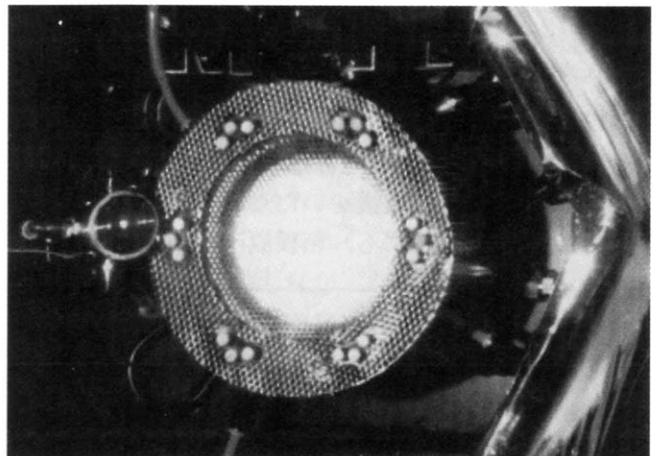
という実に大それたお題を頂戴いたしました。電気推進を専門にしている人々にとっては昔から「化学推進を超えて」という意識を持つことが当たり前でした。宇宙輸送と言えども反動推進原理に頼るこの数十年なり数百年にあっては推進エネルギーをどうやって調達し、推進剤をどうやって高速で噴出するかというテクニックこそが研究開発の真骨頂だからです。しかし今日のように、電気推進が使えるかもしれないなどという一つの見識を多くの人が持つに至るには「幸山の百四目の猿」未満の状態が延々と続いて来た訳で、同時多発性の啓蒙などは望むべくもありませんでした。もとより輸送系は大量輸送や高速輸送といった運ぶという物流それ自体が第一目的の事もあれば、何をいつまでにどこまで運べるからなんぼと言う「一步前へ！」式の発想が功を奏する事もあります。化学推進はこれまで大手物流の考えでやってきていますから、積み荷に対しては「乗れるように造って来い」でした。それで誰も文句は言えません。電気推進はどうしても後発だったので化学推進ができることに一つ一つ対抗していたのでは商売上がったり、「重量が思いっきり節約できますよ」という一所懸命さでようやくミッションを獲得させていただいた次第です。似たような事がこれからの輸送系なり推進系を考える出発点のようにも思えます。

我々が今、最も力を入れている電気推進の一つはマイクロ波放電型イオンエンジンです。イオンエンジンというのは古くはイオンロケットと称され、A・スツリンガーなどが描いた火星探査船の想像図が少年少女本に掲載されておりましてご覧になった方も多いのではないかと思います。MUSES-C小惑星探査ミッションで採用予定のイオンエンジンは決して巨大なものではなく直径約10センチ、1台当たりの電力が最大350ワット、推力が7ミリニュートン程度のものでこれが複数台搭載される予定です。推進剤としては希ガスの仲間であるXeを用い、比推力は3,000秒近く化学推進のほぼ一桁上を行きます。ただし、イオンエンジンというだけなら日本の静止衛星の南北制御や米国が先頃打ち上げたDS-1等にも既に搭載されています。がそれらはグロー放電型であってマイクロ波放電型ではありません。これまでイオンエンジンでは電極を用いたグロー放電でイオンを生成するのが主流でした。これに対し

無電極であるマイクロ波放電を利用したイオン生成では耐久性を律する電極部品が存在しないため寿命を伸ばすことが容易になります。昨年2月以来マイクロ波放電型イオンエンジンの地上での耐久試験が継続されていますが、性能劣化も無く年内には1万3,000時間の長寿命を立証する見込みです。

さてここ5年ばかりはISSが象徴するように目先が忙しいのと世相や景気に今一つの感が有ります。しかし、宇宙輸送のその先は百花繚乱の時代であれと思います。より安く、より安全に、より遠くまで、より良い環境を提供する輸送系が次々と考案され濫立可能になるのではないのでしょうか。化学推進は更に多くのバリエーションが登場するに違いありませんが、非化学推進を考えただけでも電気推進を初め、既に昨年デモンストレーションを終えた米国ライトクラフトのレーザー推進直接打ち上げ、原子力ロケット、レーザー核融合ロケット辺りまでが大学や研究機関で実験を伴うに十分な射程距離に捕えられています。また机上の概念検討ではありますが昨今ではスカイジェット、マグセイル、対消滅型反物質ロケット、空間歪み推進に至るまで次世代推進系検討会の議題に上っておかしくない雰囲気を整いつつあるようです。やがて惑星間探査が可能になるに連れその次には恒星間探査が視野に入ってくるというのは実に自然な成り行きと思います。宇宙輸送の来し方行く末を考えると化学推進を超えてというよりは推進系はその是非はともかくも遠からず濫立の一時期に突入するような気がしています。

(とき・きょういちろう)



実験室で作動中のマイクロ波放電型イオンエンジン。



宇宙科学研究所が結ぶ銀河連邦

小川 勇 夫

今年7月4日、鹿児島宇宙空間観測所から、我が国初の火星探査機「のぞみ」(プラネットB)が打ち上げられました。早朝にもかかわらず、打上げを一目見ようとする約2千の方々が内之浦に集まったと聞いています。

この探査機には、相模原市民を初めとして、27万人の直筆の名前が焼き付けられたアルミ板が搭載されましたが、実は私の名も探査機とともに宇宙へ飛び立ちました。我々の様々な思いや夢を乗せて、半永久の旅に出た「のぞみ」から送られてきた、地球や月の写真を拝見すると、宇宙へのロマンを感じずにはられません。

さて、相模原市は昭和62年に人口50万人を突破しましたが、その記念事業の1つとして、宇宙科学研究所の施設が所在する全国の2市3町(秋田県能代市、岩手県三陸町、長野県白田町、鹿児島県内之浦町、神奈川県相模原市)が手を結び、ユーモアとパロディ精神のもと、5つの共和国から構成される銀河連邦が誕生しました。

日本列島の北から南まで幅広く位置する各共和国は、自然環境や社会的条件は異なりますが、様々な交流を通じて、心のふれあい、コミュニティの醸成、地域の活性化などを図っています。例えば、海も山もない相模原に住む子どもたちが、自然豊かな他の共和国で、日頃できない体験をしたり、また、各地特産品を集めた物産展を通じて、新鮮な味に出会うことができました。銀河連邦を建国するまでは、同じ日本国内にあっても知らなかった者同士が、日に日に互いに引力を強めあって、小宇宙を形成しようとしています。

銀河連邦は、今年で建国11年目を迎えましたが、この間、宇宙科学研究所の関係者の方々には、研究施設への視察受入れを初め、毎年実施している宇宙科学啓発事業に研究者の先生方を派遣していただくなど、数々の温かいご理解とご支援をいただいております。

銀河連邦事業以外にも、相模原市内で開催されてい

る「宇宙学校」や、市教育委員会が協力をいただきながら実施している公開講座は、市民が最先端の宇宙科学知識に触れる絶好の機会となっております。誠に感謝しております。

ところで、今年、神奈川県では、かながわ・ゆめ国体を開催しましたが、その会場市として相模原市も多くの選手団をお迎えしました。

10月17日には、秋季大会開催を前に、宇宙科学研究所相模原キャンパスで採火式が行われました。採火地の選定にあたっては、かながわ・ゆめ国体神奈川県実行委員会が一般公募を行い、県内11か所に決定しましたが、公募の中には、宇宙科学研究所の名が多かったと聞いています。これは、県内の特色ある場所として、宇宙科学研究所が広く認識されているということでしょう。

昨今、日本人宇宙飛行士の誕生や惑星探査が進む中で、人々の宇宙に馳せる夢はますます膨み、興味は限りなく広がっています。宇宙科学研究所が結んだ銀河連邦も、人々の夢や希望を育みながら、今後も心ふれあう生き生きした交流を続けてまいります。

(相模原市長 おがわ・いさお)



東奔西走の文中“野田さんに泣きつかれ…”とあるのは何かの間違いか。

ISASニュースに名誉ある執筆を依頼されてこのように感じる人間が宇宙研に居るとは思えません。

(編集委員長)

ISASニュース

No.212 1998.11

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>)