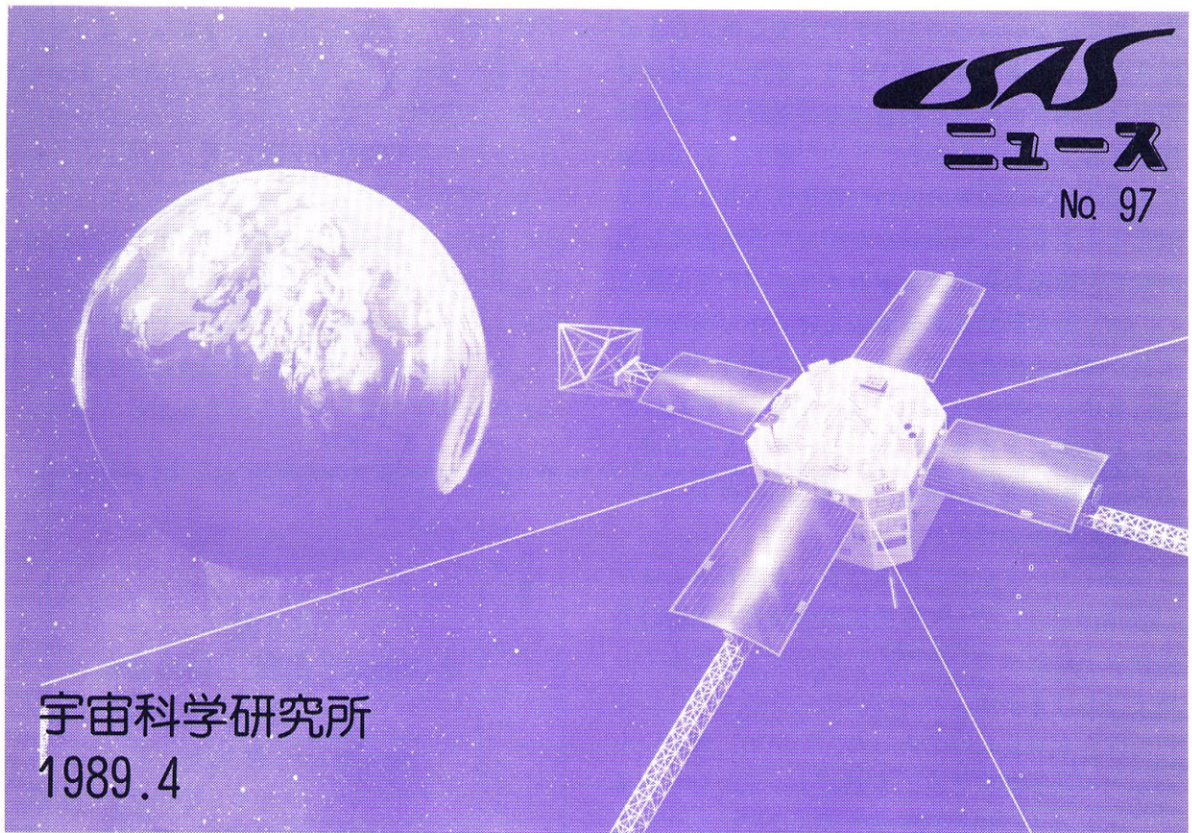




〈研究紹介〉

多価イオン科学

宇宙科学研究所 市川行和

誰がはじめに言い出したのか定かではないが、「宇宙にある物質のほとんど(90%以上)はプラズマ状態にある」と言われている。ところでプラズマというのは、正の電荷をもつイオンと負の電荷をもつ電子とが混じり合った気体で全体として電氣的に中性になっているもののことである。とすると、宇宙の物質の半分はイオンであるということになる。もちろんそのイオンの大部分は水素原子のイオン(陽子)であるが、束縛電子をもつイオンも多数存在する。なかでも中性原子から2個以上の電子を剥ぎとった「多価イオン」がいろいろなところで重要な役割を演じている。

宇宙に多価イオンがあることはかなり昔からわかっていたが、その証拠の一つを見せよう。図1は人工衛星「ひのとり」が観測した太陽フレアからやってくるX線のスペクトルである。図のピー

クは、鉄の原子から多数の電子がはぎとられた多価イオン(Fe^{25+} , Fe^{24+} など)から放出されたX線を表している。また星間空間にも多価イオンはうようよしており、たとえば太陽系の周辺にも、 O^{5+} などの存在が確認されている。

ところで多価イオンが普通の原子と違うところは何であろうか。一番の特徴は、強いクーロン・ポテンシャルをもつことである。近くに他の原子や分子があると、多価イオンはそれらの原子・分子から多数の電子を一度に引き抜いて自分のまわりに捕えてしまう。その結果、相手が分子ならたちどころにばらばらになる。ここで注意が必要なのは、イオンは電子をただ引き寄せるだけではなく、量子力学的に許される特定の軌道に電子を捕獲することである。すなわち、電子の捕獲にあたってはある種の選択則が働き、相手に及ぼす効果

も一様ではない。このことを利用すると、たとえば多価イオンを固体表面に当てて表面の改質、ひいては新物質の生成に役立てることができる可能性がある。

多価イオン内に残っている電子は大きな束縛エネルギーをもっている。したがって多価イオン内の電子を励起するには大きなエネルギーを必要とし、逆に励起状態にある多価イオンから出る光は波長が短い。そこで何らかの方法で特定の励起状態に集中して電子を持ち上げ反転分布を作れば、それを利用して短波長（真空紫外からX線領域）のレーザーを実現出来る。この方向の研究は現在世界中で競争で行われている。

多価イオンをかなりの量作ることは容易ではない。作れたとしてもすぐに周囲の物質と反応して中性原子に戻ってしまう。したがって最近まで、地上における多価イオンは高温プラズマ中にごく短時間存在するだけであった。しかし、最近いくつかの手法が開発され、多価イオンをかなり大量にしかも安定に作ることができるになりつつある。その性質から多価イオンは「新しい原子」と言ってもよく、地上のわれわれは今ようやくその新しい原子を手にいれ自由に使うことが出来るようになってきたのである。多価イオンの構造や、他の原子分子あるいは固体物質との相互作用の機構を調べ、その結果を基に様々な応用の可能性を探る、あるいは多価イオン生成の機構を調べ、新しい強力な多価イオン源を開発する、これらの研究を総称して「多価イオン科学」と呼んでいる。もっともこの名前はまだ広く認められているものではなく、一部の研究者が使っているにすぎない。しかし今後のこの分野の研究の発展を予想して今から看板を掲げているわけである。

さてそれではわれわれの研究室では何をやっているか紹介しよう。多価イオンが豊富に存在するのは高温プラズマ中であるが、そこでは電子と多価イオンとの衝突が基本的な素過程である。多価イオンは電子との衝突によってさらに電子を剥ぎとられたり、励起状態に上げられたりする。この電子と多価イオンの衝突を理論的に調べるこ

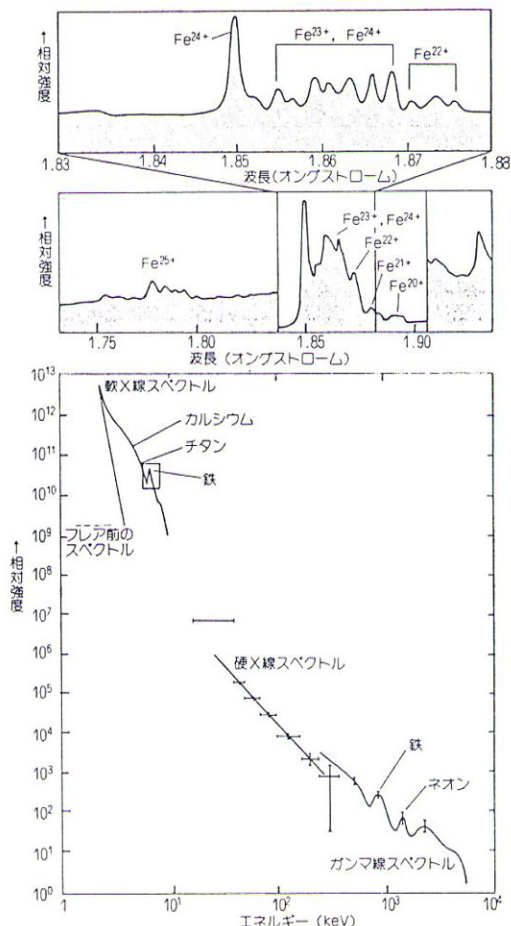


図1 超高温プラズマの存在を示す鉄輝線スペクトル(上)と軟X線からガンマ線までのスペクトル(下)

がわれわれの研究室の最近のテーマである。電子・イオン衝突、特にイオンの励起を個々の素過程として実験的に調べることは非常に困難である。いろいろな事情で中性原子の場合の技術が使えない。また、安定で強度の強い多価イオンビームが必要で、これはやっと実現しかけているところである。一方理論の方も、強いクーロン力が問題を厄介なものにし、精度の高い計算が困難である。しかしこのことは逆に、多価イオン固有の新しい問題があることを意味し、理論物理の興味ある対象となる。たとえば、強いクーロン力のために運動エネルギーをもって衝突してきた電子も一時的にイオンに捕まってしまい、その結果励起やイオン化の確率が増大する。これは共鳴衝突といわれるものであるが、多価イオンでは非常に顕著に起こる。

多価イオンに電子が衝突すると多くの場合光(紫

外線やX線）が放出される。たとえば、図1のX線は太陽フレア中の鉄の多価イオンが電子と衝突した結果放出されたものである。したがって電子と鉄の多価イオンとの衝突の詳細がわかっているならば、観測されたスペクトルからその鉄多価イオンを含むプラズマの性質（温度や密度）を知ることができる。実はこのようにして、「ひのと」の観測から太陽フレアの温度が高い時には3000万度以上にもなることが初めてわかったのである。

本格的な多価イオンの研究、特に実験的研究が

始まってからまだ10年程度しか経っていない。やっと多価イオンらしきとは何かがわかってきた段階である。組織的な研究はこれからであり、その結果如何では意外なところに応用の道が開けるかもしれない。一方、宇宙観測が精密化すればするほど多価イオンに関する知識が必要になるに違いない。「多価イオン科学」の発展に読者の皆様のご理解・ご支援をお願いする次第です。

（いちかわ・ゆきかず）

お知らせ



第8回 宇宙科学—講演と映画の会

日時 平成元年5月27日(土)
午後1時(開場)～4時20分
場所 有楽町朝日ホール
千代田区有楽町2の5の1
有楽町センタービル11階
講演
1. オーロラの謎をさぐる
宇宙科学研究所教授 鶴田浩一郎
2. 日・中大洋横断気球実験
宇宙科学研究所助教授 矢島信之
映画 M-3S II-4
「あけぼの」

★人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)官職等
元. 3. 16	伊藤 真之	(採用) 宇宙圏研究系助手	
元. 3. 20	石井 信明	システム研究系助手	
3. 17	田島 道夫	(転任) 衛星応用工学研究系助教授	電子技術総合研究所
4. 1	松本 敏雄	(客員部門) 宇宙圏研究系教授	名古屋大学教授理学部
"	小山 勝二	宇宙圏研究系助教授	名古屋大学助教授理学部
"	木村 磐根	太陽系プラズマ研究系教授	京都大学教授工学部
"	賀谷 信幸	太陽系プラズマ研究系助教授	神戸大学助教授工学部

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)官職等
元. 4. 1	大家 寛	(客員部門) 惑星研究系教授	東北大学教授理学部
"	藤井 直之	惑星研究系教授	神戸大学教授理学部
"	沢本 紘	惑星研究系助教授	名古屋大学助教授理学部
"	蓬茨 霊運	共通基礎研究系講師(客員教授)	立教大学教授理学部
"	中崎 忍	共通基礎研究系助教授	宮崎大学助教授工学部
"	三浦 謹一郎	共通基礎研究系教授	東京大学教授工学部
"	吉田 賢右	共通基礎研究系助教授	東京工業大学助教授理学部
"	中村 尚司	宇宙推進研究系教授	東北大学教授サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター
"	荒川 義博	宇宙推進研究系助教授	東京大学助教授工学部
"	梅谷 陽二	宇宙探査工学研究系教授	東京工業大学教授工学部
"	村上 正秀	宇宙探査工学研究系助教授	筑波大学助教授構造工学系
"	近藤 恭平	衛星応用工学研究系教授	東京大学教授工学部
"	鈴木 俊夫	衛星応用工学研究系助教授	東京大学助教授工学部
"	高木 幹雄	衛星応用工学研究系教授	東京大学教授生産技術研究所附属機能エレクトロニクス研究センター
"	末益 博志	衛星応用工学研究系講師(客員部門)	上智大学助教授理学部
"	國分 征	宇宙科学資料解析センター教授	東京大学教授理学部附属地球物理研究施設
"	寺澤 敏夫	宇宙科学資料解析センター助教授	京都大学助教授理学部

就任のごあいさつ

管理部長 余 米 賢 三

就任のごあいさつを申し上げます。

4月1日付けで、信州大学から赴任してまいりました。

ごあいさつに廻りましたが、宇宙科学研究所が、我が国における宇宙飛翔体を用いる宇宙研究の中心機関で、自主技術により、世界的な最先端の研究を行っている機関であることを実感している所であります。

前任地の大学は、教育、研究、診療を行っている総合大学ではありましたが、日本全国に類似の大学があります。しかし、当研究所は、全国の研究者に開放された、唯一の宇宙科学研究の共同利用機関であることを考えますと、一層、最先端の研究が行われていることを強く感じている次第です。

私は、昭和39年の秋に文部省に転勤となつてから、地方へ転出するまでの約15年間の大半を、予算関係の仕事にたづさわってきましたが、その間、直接的にも、間接的にも、研究所関係の予算には、たづさわったことはございません。

このたび、まったく経験のない、学術国際局に所属する当研究所への人事異動の内示を拝命しました時は、正直いって驚きと不安がありました。

お話を伺って、感銘を受けたことは、所長をはじめ、研究所全体に、時代の最先端の研究に向けて努力されていることです。

現在は、財政再建、行政改革と厳しい状況の中にあり、最先端の宇宙科学の研究とはいえ、その計画は、容易に達成できるものとは思っていませんが、管理部長として、努力いたしたい所存です。

管理部長の責務は、所長を補佐し、管理部の職員を総括して、研究所における研究の成果が上がるように、管理運営の仕事に当るといふことと思いますが、宗形前管理部長と同様に、所内の研究者と事務職員との間、当研究所と文部省等関係機関の間の良きパイプ役になれば幸いと考えています。

宇宙科学研究所の発展のために、これから努力いたしたいと思っていますので、何卒、皆様の御指導と御協力をお願いする次第です。

(よごめ・けんぞう)



★EXOS-D順調に飛翔中

去る2月22日、日本時間午前8時30分に鹿児島県内之浦から打ち上げられた第12号科学衛星EXOS-D(あけぼの)は、現在順調に飛翔を続けている(表紙イラスト参照)。ここでは、打ち上げ後から今に至るまでを主なイベントを中心にして報告する。

◆アンテナ等伸展オペレーション

3月4日、打ち上げてから、10日目。「あけぼの」はこの間太陽を指向して毎分20回転以上のハイスピン状態に耐えていた。搭載されている、テレメータ用のSアンテナ、Uアンテナもこのハイスピンに耐えている。打ち上げ後の初期動作チェックを終了して相模原に一旦引き上げていた「あ



管制室での運用の様子

けぼの」の観測チームは、目前に迫ったアンテナ伸展のオペレーションの為に、再び内之浦入りをしていた。「あけぼの」には、オーロラから発射される非常に強い電磁波を観測する目的で、差渡し60メートルにも及ぶワイヤーアンテナが搭載さ



リアルタイムで1次処理された「あけぼの」の観測データされている。いよいよその時がきた。コマンドが打たれ、アンテナ伸展「ON」のステータスがかえってきた。伸展長モニターは刻々とその長さを伝えてくる。一度に四方向にアンテナは延びていく。非常に安定して皆同じ長さだ。20分は、あっという間だった。アンテナを介して受信機は電磁波を受けだしていた。オーロラからのメッセージが早速届いた。実験は見事に成功した。

引き続き3月6日には磁界成分をピックアップするためのループアンテナが、7日にはサーチコイルを搭載したVマストが伸展された。一連の伸展物はわが国のハイテクの粋を結集しての、初めてのチャレンジである。

3月8日、いよいよ最後の伸展物である磁力計を搭載したMマストの伸展である。地球の磁場の微妙な変化を通じてオーロラのメカニズムを、この磁力計は探ろうとしている。衛星から離すのは、衛星の帯磁の影響を極力少なくするためだ。万が一に備えマスト先端のセンサー部への給電は止めである。11分かかって無事マストは伸びきった。緊張した中で磁力計の電源を投入。思った通りのデータが目の前に現れた。今までの緊張が、喜びに変わる。この日の為にと、幾度と無く辛い曲面を乗り切った観測グループの面々に熱い感動が走る。

◆相模原からの衛星運用

「あけぼの」衛星が初めて経験した中の一つに、衛星の相模原からの運用がある。それまでの衛星は、交代で内之浦に出かけて、現地で支援のメーカーの方々と一緒に追跡をしていたが、今回からは相模原で衛星運用ができるようになった。これは宇宙研から内之浦に引かれた高速デジタル回線で、コマンドが送れて、又テレメータのQ L (ク

イックルック) ができるようになった為である。B棟の3階にある管制室(前頁写真参照)では、今日も「あけぼの」の追跡が行われている。「あけぼの」の共同研究者の多くは近郊に住んでいるので、運用当番にあたっても帰宅が可能になり、従来に比べて評判も上々(?)である。回線の事故等の対応として、内之浦でも運用出来るように、システムは構築されているが、その様な事故が発生していない事も特筆されるべき事である。

「あけぼの」は内之浦の他に、南極の昭和基地、カナダのプリンスアルバート衛星追跡局、そしてスウェーデンのエスレンジ局の合計4ヶ所で受信している。これらを上手く組み合わせて、またデータレコーダの運用も工夫すると60%以上のデータカバーレッジを実現できる。このことは、特に地球物理の分野では大切な事で、「あけぼの」はこの点、将来的にデータをリリースする上での基本条件を運用的に満たしたと言える。観測計画作成に当たっては大型計算機的能力を駆使した会話型のプログラムが用意されており、研究者の要請に広く応えている。

◆「あけぼの」データ処理室の毎日

「あけぼの」のデータ量は膨大である。1日に約200MBのデータが得られる。“あとでゆっくり”と思えない現実がひしひしと迫ってくる。「あけぼの」データ処理ワーキンググループでは、リアルタイムでデータが相模原の大型計算機に取り込まれる事に注目して、データの1次処理をリアルタイムで行いイメージ的に表示する事にした。Q Lプロット(写真左上参照)と呼ばれるこの処理データは、機器の動作の確認に留まらず、新現象の早期発見につながる。解析グループは確定軌道情報、確定姿勢情報を基に観測データの本格的処



「あけぼの」データ処理室

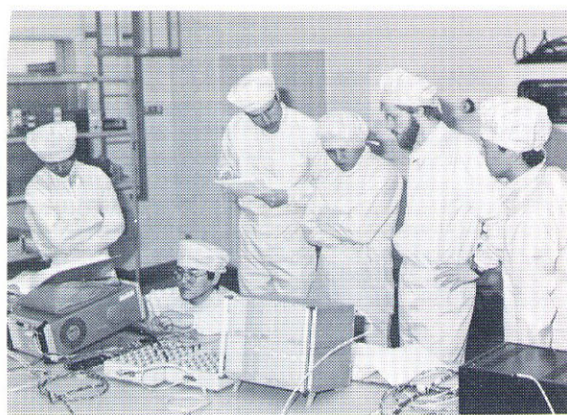
理に進んでいる。B棟2階の「あけぼの」データ処理室（前頁写真参照）には、イメージディスプレイ、3次元ディスプレイ、専用のレーザープリンタ等が用意されており、今後UNIX対応のミニコンから、パソコンへの出力をサポートするシステムを導入する予定である。

◆おわりに

「あけぼの」は今後、最後の難関である高压投入オペレーションに入る。おりしも、有史上最大の太陽爆発が起きた直後である。早く荒れ狂うオーロラを見たいと気はやるが、「ここは一番じっくりと着実に！」との、マネージャーの一言が心に残る。（小原隆博）

★GEOTAIL (EM) 試験

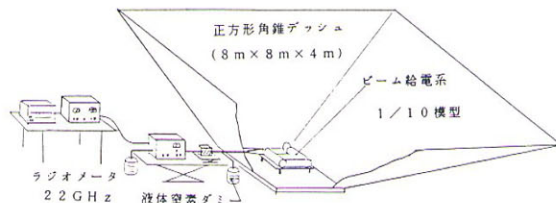
1992年に打上げ予定の磁気圏観測衛星GEOTAILのEM（エンジニアリングモデル）試験が2月27日より宇宙研、飛翔体環境試験棟で行われている。この計画は衛星の設計・製作を宇宙研が、打ち上げをNASAが責任担当する本格的な日米共同プロジェクトで、双方の設計思想の相違や言葉の障壁からこれまでの衛星とはやや違った問題も起っている。しかし担当者一同は設計、製作および試験の考え方に対する視野を広げる良い機会ととらえ張切っている。試験は新規に製作された地上支援装置から始って、まず日本側担当機器、続いて米国側観測機器のテストへと進んでいる。途中、多数の問題が発生、これを克服するためにかなりの深夜作業も行われて関係者一同、今回のEM試験の意義をひしひしと感じている。（橋本正之）



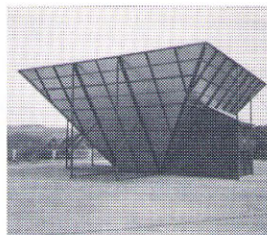
GEOTAIL (EM) 試験

★大型アンテナ雑音温度測定モデル試験

科学衛星「あけぼの」の打上げ後、2月27～28日の両日にかけてKSC、PI地上広場に架設の正方形角錐デッシュ（下図に示す）を用いて、大型アンテナビーム給電系の雑音温度測定実験を行った。この実験は客員研究員リチャード・デキンソン氏（JPL）との共同研究「低雑音大型アンテナ」の一環として行ったものである。一般にアンテナの性能は、アンテナの利得（G）と、そのアンテナが持つ雑音温度（T）との比（ G/T ）によって示される。従って、高性能の大型アンテナでは、この雑音温度を極力低くおさえる必要がある。ちなみに臼田の64mφ大型アンテナは、この雑音温度が約11～12度Kである。この値は諸外国の大型アンテナに比較してもかなり低い値であるが、この内の約4～5度Kがビーム給電系で発生していると推定されている。実験には現在KSCで設置工事が進められている20mφアンテナビーム給電系の1/10模型を使用した。この種の実験では何時も気象条件が問題になる。特に今回の実験では、22GHzの周波数を用いたので湿度と上空の雲の状態が実験を左右することになった。27日（夜）は、最初の実験となったが雲が多く、雲の流れを測る一夜となった。幸いにも28日（夜）は、KSC上空に雲のない状態が約5時間ほど続き、かなり良質のデータ取得ができた。これらの実験で、ビーム給電系内で発生する雑音発生メカニズムが明らかになれば今後は、さらに低雑音温度の給電系が期待できる。（市川 満）



(図(上))
実験の設備構成



(写真(左))
実験に用いられた大型
アンテナ模型



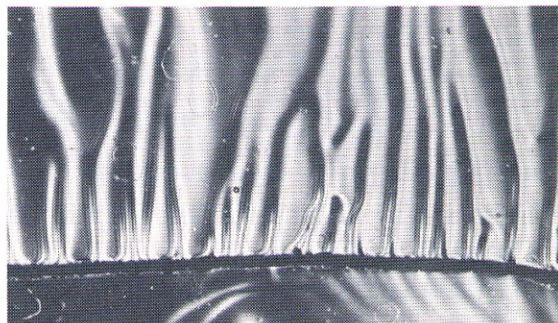
微小重力下の流動現象—マランゴニ対流

早稲田大学理工学部 平田 彰, 西澤伸一

微小重力下のマランゴニ対流の研究は、近年益々その重要性を増し、極めて盛んに行われている。この中で特に注目すべきことは、宇宙空間における無対流を否定し、新材料創製に重大な悪影響をもたらす悪玉としてのマランゴニ対流の研究のみでなく、マランゴニ対流の微細機構を解明し、制御することにより、微小重力下における実験に積極的に活用しようとする研究が見受けられるようになったことである。

マランゴニ対流は自由界面上の温度差／濃度差に起因する界面張力差によって界面上に誘起される流れであり、重力の有無に関わらず、界面張力の不均衡が存在する場合に必ず発生する。“酒の涙”や“樟脳の舟”など、日常生活でも容易に接することのできる現象である。界面流動の促進により、熱・物質の移動速度が著しく増加することから、化学工学の分野では、古く1950年代より、善玉であるマランゴニ効果あるいは界面攪乱現象（写真・図参照）として研究が行われている。

この特徴を活用して、合金融液成分、ドーピング物質の均一分散化や合金融液中の脱ガスを行うことは、微小重力下においては特に重要と考えられる。すなわち、多成分系の均一化を分子拡散のみで行う場合には、かなりの日数が必要であり、短時間の実験ではマクロ的偏析の原因ともなる。したがってマランゴニ効果による均一分散化は極めて有効な手段として今後注目すべきであろう。また、微小重力下における液中気泡／液中液滴の



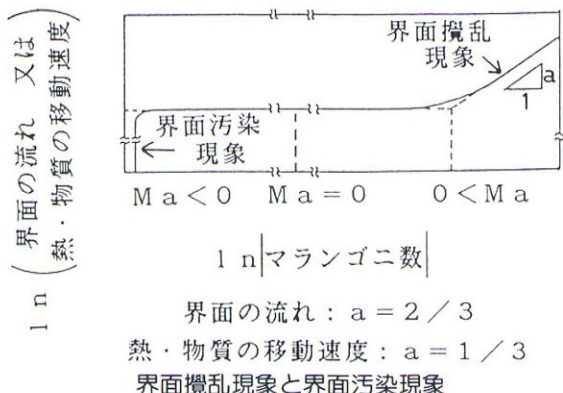
静止液液界面における界面攪乱現象のシュリーレン写真
ベンゼン層(上層)から水槽(下層)へ酢酸が拡散して移動するとき、ベンゼン層に界面攪乱、すなわちマランゴニ対流が生ずる。

挙動解明は宇宙空間における成分分離・脱ガス等の基礎として極めて重要である。1985年にスペースシャトルを用いておこなわれたドイツのスペースラブ実験(D1)においてSiekmannらはシリコンオイル中の気泡が温度勾配 $14.5^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ のとき、 1.33mm/s で低温側より高温側に移動する結果を得ている。宇宙空間では浮力による気泡の移動は生じないので、気液界面に温度勾配を与えマランゴニ効果を利用する脱ガス操作も極めて有効な手段となるだろう。

しかし、マランゴニ対流実験の難しさは、物性値に何らの変化も及ぼさない程度の極微量の不純物の混入でも影響を受けることである。例えば、家庭用の浴槽内に界面活性剤を1滴添加する程度の不純物濃度でも、界面の流れは抑制され、界面が剛体化してしまう（界面汚染現象・図参照）。前述のSiekmannの論文でも液中を移動せず静止のままの気泡が観察されたり、また他の多くの実験でも互いに異なる実験結果が観察されたり、一種の混乱が生じている。これらは、マランゴニ対流が極めて複雑な現象であることに一因があるかも知れない。その意味で、マランゴニ対流が関与する実験では、特に界面の洗浄化に十分な注意を促したい。

微小重力環境は、自然対流が抑制される利点の他に、無容器実験が可能で、容器よりの不純物混入が防止できるので、マランゴニ対流解明の実験には最適である。今後、さらに地上実験・微小重力環境利用実験を重ね、マランゴニ対流の微細機構の解明・制御手法の確立が行われ、新材料創製に十分に活用し得ることが期待される。

(ひらた・あきら、にしざわ・しんいち)



界面張力勾配が正のとき、界面の流れは促進され、熱・物質の移動速度が増大し、界面攪乱現象を呈する。

界面張力勾配が負のとき、ある臨界値で界面の流れは抑制され、熱・物質の移動速度が減少し、界面汚染現象を呈する。

アメリカ右往左往

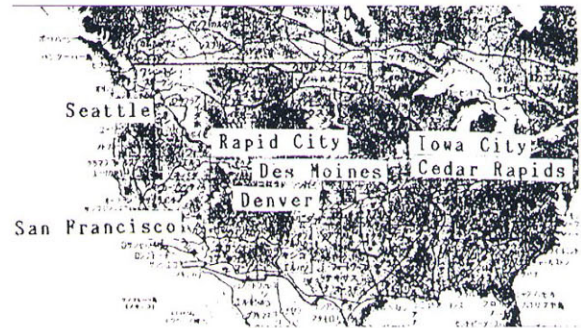
早 川 基

1月22日から1週間の予定でカリフォルニア大学バークレー校とアイオワ大学に行ってきました。今回の旅行は減多に出来ない経験をいろいろとした忘れられない旅となりました。それらの経験を順を追って述べて行きたいと思います。

まず小手調べは行きの移動の時の事です。日曜日の朝San Francisco空港の税関で入国審査を終えるのに2時間以上もかかってしまいました。これには一度に飛行機が4機ほど着いたということもあるのですが、最大の理由はビザにあります。ビザ無しの入国の場合には書類の審査に時間がかかるということです。時間のある人はビザを取ってからきた方がよいそうです。

次は水曜日にIowaへ移動するときの事です。朝6時25分の飛行機でDenverへ行きそこで飛行機を乗り換えて13時35分にCedar RapidsというIowa Cityから車で30分ほどのところに着く予定でした。5時40分にチェックインカウンターの前に行ったにもかかわらず、順番が回ってきたときには6時5分になっており係の人に「おまえは来るのが遅すぎる」と怒られてしまいました。チェックインを済ませ飛行機に乗り込んだら、なんとDenver空港が雪で閉鎖されているので1時間ほど離陸が遅れるとのこと、乗継ぎ便も遅れたためCedar Rapidsの上空に着いたのは3時過ぎでした。ところが「視界が0/0（雲底高度0、視程0。つまり霧で何も見えない！）なのでしばらく上空待機をする」との事。1時間ほどしても霧の晴れる気配がなく、「どこかには降りなければならない」というわけで160キロ程離れたDes Moinesに連れて行かれてしまいました。チャーターしたバスでCedar Rapidsに着いたときにはもう7時半になっており、アイオワ大学の人影も形も見あらずおまけにメッセージもありません、リムジンで宿までたどりつく羽目になりました。後でわかったのですが、迎えの人はDes Moinesにメッセージを送ってくれていたそうです。

冬とは思えない暖かさの中で気持ち良く打ち合せを済ませました。例年は最低気温が氷点下20度ぐらいになるのに、私がいた間は0度になるかな



らないかで「まるで春の陽気だ」と言われました。もっともこの暖かさのせいで霧が出たのですが……。

さていよいよ帰り道、最大の災厄に遭遇しました。土曜日の朝7時の飛行機でCedar Rapidsを発ち、Denverへ向かいしました。またもやDenverが雪で上空待機を1時間程したのち、「燃料を補給しなくてはならない」と言うことでなんと500キロも離れた南ダコタ州のRapid cityに連れていかれてしまいました。結局Denverにたどり着いたのは、6時間遅れの午後2時でその時にはもう成田までいける飛行機はありませんでした。そこで、翌日の同じ便に変更をしてその日は空港のそばのホテルに泊まることになりました。トランクは航空会社に預け、手荷物だけを持ってホテルに行きチェックインを済ませ部屋の中に入ったところ中から「ここは私の部屋ですよ」と人の声、声の方を見ると初老の御婦人が立っているではないですか。「部屋を間違えた？そんな馬鹿な」と思いつつ鍵を見ると確かにその部屋の番号。受付の人にダブルブッキングされてしまったのです。受付に戻り新しい部屋の鍵をもらい、やっと落ち着きました。翌日、朝食を取る前に部屋のテレビで飛行機の発着状況を見てみたら乗るはずの便が欠航になっていました。慌てて飛行場にいきなんとかSeattle経由の飛行機で帰ってきました。

最後におまけ、成田に着いたら待てどくらせど荷物が出てこない。乗る便の変更に荷物が着いて来れずにまだDenverにあるとのこと。はじめから終わりまでトラブル続きの旅でした。

（はやかわ・はじめ）

宇宙環境 (5) 放射線環境

1952年にロケットによる宇宙観測が始まって最初の大きな成果は放射帯（バンアレン帯）の発見である。もっとも、ロケットに搭載したガイガーカウンターは強い放射線のために2回共窒息してしまい、正確な強度は求まらなかった。放射線帯の拡がりや粒子のエネルギーなどが詳しく測定されるようになったのは人工衛星時代に入ってからである。通信衛星をはじめとする複雑な実用衛星の出現や、人間の宇宙での生活が行われるようになって共にこのような宇宙放射線による機器や人体への影響が問題となってきた。特に最近では衛星の長い寿命が要求されるので、放射線の被曝予測と対策は衛星設計の検討項目となっている。

ここでは、実用的な立場から、宇宙放射線をエネルギーの高い荷電粒子としておこう。つまり、光速に近い速さで飛んでいる電子や陽子その他の原子核である。粒子の運動エネルギーを表すのにeV（電子ボルト）という単位を用いる。これは1ボルトの電圧で加速した時の電子または陽子のエネルギーという意味であり、その4倍をkeV、百万倍をMeVと呼ぶ。宇宙に存在する放射線はその発生源から次の3種類に分けることができる。

(1) 一次宇宙線

陽子を主成分として、宇宙の元素組成に似た分布ですべての元素の原子核が含まれている。エネルギーはMeV程度から 10^{20} eV位まで、ほぼエネルギーの自乗に逆比例するような分布で続いている。電子は陽子の1%程で実用上無視してもよい。地球の近くでの強度は地磁気によって侵入が妨げられるので、緯度（正確には地磁気緯度）によって異なり、赤道で最小となり極へ向うに従って増加する。強度は放射線帯粒子などに比べると小さいので、線量としては無

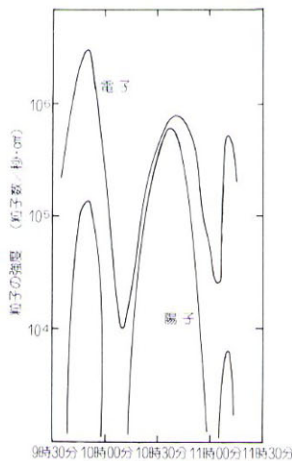


図2 「あけぼの」で観測された放射線帯粒子。第1図の軌道に沿って（下から上へ）観測された粒子の強度を示す。

視できることが多い。太陽活動期によって数GeV以下の粒子は変動するがそれ以上は安定している。一次宇宙線が問題となるのは、半導体のシングレイメントと呼ばれる現象である。これは宇宙線のうち鉄の原子核などの重粒子が半導体を貫通することによって論理回路を反転させたり、過電流を発生したりするものである。最近、実験室での測定に基いて、宇宙での誤動作の発生予測が行われるようになっている。

(2) 太陽宇宙線 (フレア粒子)

太陽の表面では時に、フレアと呼ばれる爆発現象が発生する。瞬間的に大量の粒子が加速され、宇宙空間へ放出される。爆発の規模や頻度は不定で予測は困難である。フルエンス（積分粒子数） 10^7 以上のフレアは平均年3回位であるが、太陽活動期によって異なる。エネルギーは100MeV以下であるので、低高度では極域以外に侵入することはない。爆発後1～2日で地球の近くへ到達し1～2日継続する。静止軌道やそれ以遠の衛星では大線量の被曝を受ける。宇宙船外での被曝量は1回のフレアで100ラドを超えることもある。人の致死量が1000ラド程度であるといわれているので、いかに強いかわかるであろう。

(3) 放射線帯粒子

放射線帯は図に示すように地球の赤道上、空を中心になツ状に分布している粒子群である。高度は約1000km以上数万kmにわたって広がっている。成分は電子と陽子であるが電子の強度が大きい。分布は電子と陽子およびエネルギーで異っている。0.5MeV以上の電子では最大強度は 10^8 個/s・cmに達する。電子は内帯と外帯の2個所に分布している。エネルギー分布はエネルギーの4～5乗に逆比例するような急峻な形で、keVから100MeV位の粒子が存在する。静止軌道での年間被曝量は 5×10^6 ラド位である。また30MeV以上の陽子は核反応によってシングレイメントの原因となり、この量は一次宇宙線中の重粒子によるものより多い。宇宙研の衛星では「あけぼの」が放射帯の中心部を通過することから、その対策に関係者が苦労したことは記憶に新しい。

— 宇宙研 — 榎野文命

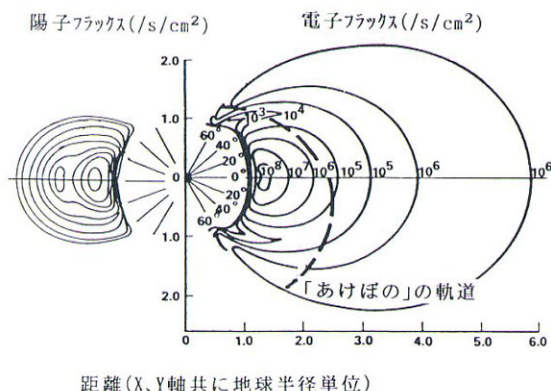


図1 放射線帯の模型。陽子は34MeV以上、電子は0.5MeV以上である。「あけぼの」の軌道の一部を子午面に投影したものを示した。



短かったけれど素晴しかった宇宙研

堀 品 美

3月5日の日曜日、前夜過ぎたアルコールのせいでまだ頭の中が暗黒の世界。その時、電話機のベルがけたたましく鳴った。頭の芯に應える。

ですがもっと応えたのは電話の内容でした。

“部長さんから電話”と妻が伝える。一瞬ドキンとした、不安が過ぎる。ハイ、ホリデス、応待も自然にぎこちない。すると、低音ではあるが人情味がありかつ誠実な言葉が耳を打つ、“内示がありました”……不安が現実……もう頭の中は空洞……辛じて転勤先を聞きとめる。京都大学の管財課と聞き、再び驚く、管財の仕事は今まで一度も経験がない。その上、京都大学へは一度も訪問したことがなかった。……不安が募る……部長の言葉が続く、仕事も種々経験することは良い事です。その言葉に励まされました。京都に行かせていただく、自分の知らない分野が又一つ勉強できる、気持ちが決まった。

でも短かった、数多くの期待と夢をもって、宇宙研にお世話になってわずか二年、宇宙科学に関して、全く知識がなかった私にとって、初年は聞くものすべてがクエッション???の連続、日常とりかわされている基本用語ですらその意味がわからない。仕事で回ってくる書類の中ですら理解できない言葉や略語が多く相当とまどった。会議においてもわからない言葉があり、それを考えていると話題がどんどん進んでいく、後でそっと調べやっとなんか意味がわかり、話の内容が理解できるといった状況でした。こんな私が、はたして勤まるかと悩んでもみた。だが、私が宇宙科学の専門家である必要はない(とても、とてもなれるわけはありません)。ただし、仕事に必要とされる言葉のおおその意味は理解しようと必死でした。そして、自分に与えられた会計マンとしての仕事においてエキスパートとなり、先生方が行う研究がよりスムーズに行え得よう、煩わしい?国の会計諸手続の中で、会計関係法令等に抵触することのない範囲で、法の適用とその運用に努めようと考

えるようになりました。

ところが、自分の宇宙科学に対する無学さから諸先生方との十分なコミュニケーションもはかれなないまま、期限に追われ、安易に処理せざるを得ないものもあり、もっと話し合っていたら、もっと、もっと良い方法があったのではと、反省、反省の連続でした。

今年の2月22日は、私にとって初めての、科学衛星の打上げが行われました。その時の感慨は一生忘れないものでしょう。ロケット及び衛星の製作に係る、契約の一端に携わった者として、打上がるまでの間は、うまくいってほしい、契約したものが不具合をおこさないでほしいと、不安な気分一杯。それだけに成功したと聞いた時には喜びがひとしおでした。この科学衛星「あけぼの」が、オーロラの諸現象の解明に活躍されることを祈っております。素晴らしい研究の成果が発表されることを期待しております。その時は「万才」を叫びたい。

ただ残念と思う気持ちがあります。製作契約を担当した契約課の職員が、誰一人として、打上げの現場を見たものがないことです。「百聞は一見にしかず」とか、打上げを目の当りにした者でないと、その迫力については、いくら説明されても納得できないものと思います。ぜひ見せて上げてほしいと思う気持ちがします。次回の契約に対する励みにもなると思います。

「先端を行く素晴らしい研究所で」「未知の分野の解明にたゆまぬ努力をされている諸先生方」や「契約課を初めとして管理部の皆様」との出会いは、私にとって何ものにも変えがたい財産となりました。勇気とたゆまない努力をモットーに、頑張っていきたいと思っております。最後になりましたが、なにもお役に立てなかった私を御指導下さった先生方をはじめ職員の皆様方に深く感謝するとともに、すばらしい宇宙科学の研究成果を挙げられますよう祈念いたします。(ほり・ただよし)

ISAS ニュース No.97 1989.4.

発行：宇宙科学研究所(文部省)

〒229 神奈川県相模原市山手台3-1-1 TEL 0427-51-3911



宇宙の彼方から「あけぼの」が見守るなかで新年を迎え、編者の意気は益々盛んである。(荒木)