



JAS ニュース
宇宙科学研究所
2001.11 No.248



▲ ロボフェスタ神奈川2001相模原大会（本文記事参照）

〈研究紹介〉

探査衛星による宇宙・惑星プラズマの直接観測

立教大学理学部物理学科 平 原 聖 文

最近の大学生(物理学科)は「スプートニク」(1957年)は勿論のこと、「ガガーリン」(ウォストーク1号, 1961年)の名前も知らないのかと驚いたのは最近のことです。さすがに「アポロ計画」(11号月面着陸, 1969年)は知っているようですが, 自分が現役大学生より少しだけ年上だというのは勝手の思い込みの様です。さて, 超高層大気物理学, 磁気圏物理学, 宇宙空間(プラズマ)物理学などと呼ばれる我々の研究分野が大きく前進したのも, 米ソを中心として始まった宇宙「開拓」時代でした。

太陽コロナから常に流れ出している超音速電離ガス流(太陽風プラズマ)や, 地球磁場との相互作用に関する理論的研究は, スプートニクの成功や国際地球観測年と頃を同じくして, 短期間で多くの論文で発表されました。1960年代前半になり米ソの初期の探査機により太陽風の存在自体が明らかとなりましたが, この時, 太陽風に関する理論的予測が極めて正確であることが分かり驚嘆された, というのは有名な話です。これよ

り少し前の1958年に, 米国の衛星観測により地球近傍の宇宙空間で放射線帯が発見されましたが, この時期が宇宙・惑星プラズマ研究を大きく進展させる「飛翔体による直接観測」の始まりと言えます。

宇宙に存在する物質の質量の99%は電離ガスの集合体, つまりプラズマ状態にあると言われています。宇宙空間物理学では, 単にプラズマ状態のガスだけを考えるのではなく, 電磁場や時には重力場中でのプラズマダイナミクスが重要で, 太陽風, 地球・惑星の放射線帯, そして電離圏・磁気圏でも磁化プラズマを支配する基本方程式は電磁流体力学によって与えられます。

我々の研究の独自性は, この宇宙・惑星プラズマを非常に精密に「直接」観測できる点にあります。直接観測とはin-situ observation, つまり「その場」で生の物理量を観測することです。これが可能であるのは, 自然現象の現場に, 例え大型の人工衛星を送り出しても, 観測対象の自然界のスケールに比べれば影響を及ぼさないほど小さな存在でしかないので, 観測対象を

乱すことなく測定できる為です。この探査衛星による直接観測というのは比較的珍しい手法と言えます。地球観測衛星や天文衛星では、様々な波長(エネルギー)に渡り「光」を測定するリモートセンシング(遠隔探査)が殆どで、そのスペクトルなどを解析することで物理現象を間接的に調べるのが普通です。

これまで日本が行った宇宙・惑星プラズマの直接観測は、「さきがけ」・「すいせい」による惑星間空間や彗星近傍でのものと、地球電離圏・磁気圏とその近傍でのものがあります。私が最初に携わった「あけぼの」とそれに続く「Geotail」による成果は欧米の探査機のそれに匹敵するばかりでなく、この分野全体の牽引役となってきました。

地球はご存じの通り地球型惑星の中で最も強い固有磁場を持ち適度な大気が存在しています。他の地球型惑星を見てみますと、「のぞみ」が目指している火星では、最近の米国の探査計画によるとかなり局所的な固有磁場があり、大気も地球の1/100程度存在します。最も太陽に近い惑星・水星の大気も大変薄く、太陽風により固体表面から叩き出された比較的重い元素のものが少量見つかったに過ぎません。その反面、小型惑星の割にりっぱな双極子型磁場を持っていることは研究者を驚かせました。金星の固有磁場は極めて弱い反面、地表での大気圧は90気圧もあり電離圏でのイオン・電子密度も地球より2~3桁大きいのが特徴です。こう考えると、それぞれに特徴を持った惑星が地球軌道内外の比較的近い領域に存在していて、太陽風と惑星固有磁場・大気との相互作用を研究する上では、変化に富んだ直接観測の探査対象群と言えます。また、太陽風自体もプラズマ密度や磁場強度が太陽からの距離によって異なります。従って、これらの宇宙・惑星プラズマを直接観測により調べることは、宇宙に普遍的に存在するプラズマの挙動を理解する上で極めて貴重であると言えるでしょう。以下では直接観測で調べられてきた地球近傍宇宙空間でのプラズマ現象を中心に紹介します。

図1は太陽風プラズマ(右向きの赤色の矢印)とそれに運ばれる惑星間空間磁場(左端の赤色の直線)と地球磁気圏磁場(「マグネトポーズ」内側)の相互作用の模式図です。超音速の流体(太陽風)中に障害物(地球磁場)があることとなりますから、地球を遠く取り囲む様に「弓型衝撃波」が生成されます。この衝撃波通過時に太陽風は減速され、流れの方向も地球磁気圏を迂回する様になります。無衝突プラズマ中の衝撃波を研究する上で、この領域は天然の実験室として格好の

舞台です。プラズマ衝撃波の物理は、昨今の高エネルギー天文学でも重要視され始め、広く理論的・観測的研究が進んでいます。プラズマダイナミクスを直接観測できる地球・惑星近傍での衛星観測は、唯一無比の研究手段と言えます。

衝撃波を通過した太陽風の一部は地球磁気圏の外側境界面(マグネトポーズ)へと吹き付けますが、地球磁場により進路を阻まれます。マグネトポーズでは、吹き付ける太陽風の圧力(動圧)と地球磁場の磁気圧がせめぎ合い、それらが釣り合うことで磁気圏の形がほぼ決定されます。太陽風の殆どは地球磁気圏の周りを取り囲む様にして流れ去っていきますが、その一部は地球磁場と相互作用します。ここで「磁力線再結合」という機構が大きな役割を果たします。マグネトポーズで太陽風と地球磁場が圧力でせめぎ合いを続けるよりは、お互いの磁力線がつなぎ変わり、拮抗している領域からプラズマと磁力線を一緒に押し出す方が、円滑な輸送という観点からは都合が良いことになります。つまり、磁力線再結合を伴う磁化プラズマの輸送機構では「太陽風・磁気圏の系全体でエネルギー準位がより低い」状態が実現されているはずですが、この状況は惑星間空間磁場と地球磁場が反平行になる状況で起こりやすく、最近では太陽フレアでも同じ機構が働いていると考えられる様になってきました。

この様に、磁気圏境界面で太陽風磁場と地球磁場がいったん再結合されてしまうと、太陽風はその磁力線に沿って地球磁気圏の昼間側から夜側の磁気圏尾部へと容易に侵入できる様になります。これは、小川に置かれた小石周辺の水の流れに例えられます。こうして太陽風は磁気圏尾部へ侵入し、そこで再び磁力線再結合を経て「プラズマシート」という熱いプラズマの貯蔵庫に貯め込まれます(図1の中央部分)。そして、その蓄積エネルギーの解放過程で、地上100kmでは壮麗なオーロラ発光が引き起こされたりします。

この磁力線再結合が実際に起こっていることを示す直接観測データがGeotailで数多く得られています。図1にある磁気圏前面での再結合はもとより、磁気圏尾部の側面でも頻繁に磁力線の「再・再結合」が起こっている様子がGeotail 観測により明らかになってきました。図2はその模式図です。

磁気圏内の磁力線が2回、惑星間空間磁場とつながり変わるならば、その磁力線上には2回の太陽風プラズマの侵入があるはずですが、これを実際のGeotailデータで見てみましょう。

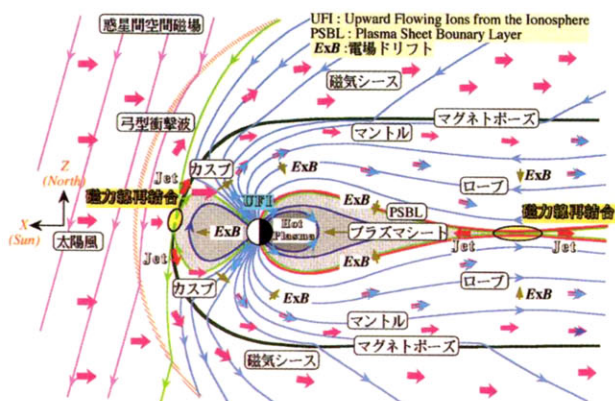


図1 太陽風と磁気圏の相互作用の概念図
(惑星間空間磁場が南向きの場合)

図3は少し複雑ですが、我々が一般的に使用しているデータプロットです。一番上のパネルは磁場強度(B)、その下は磁場方向(赤・青色)ですが、これらが所々で大きく変化しているのが分かります。この領域が太陽風領域(磁気シース)と磁気圏境界面(マグネトポーズ)で、図の下部に示されています。それ以外の領域で、磁場が比較的安定している領域が「ローブ／マントル」領域です。下の2つのパネルは高・低感度の2つイオンセンサーによるデータです。この図では縦軸がイオンエネルギーを示していますので、例えば矢印Aの時刻では異なるエネルギーに水素イオンが2成分存在しますし、矢印Bの時刻では水素イオンだけでなく酸素イオンがあることが分かっています。

太陽風イオンの殆ど(約96%)は水素イオンであり、これらの水素イオンは太陽風の磁気圏への侵入の結果であると考えるのが妥当です。しかし、酸素イオンの存在は、地球大気が驚くべきことに地球・月間の距離の3倍以上遠い宇宙空間にも流れ出ていることを示しています(図1中の太い矢印)。これは誰もが予想もしなかったことです。この様な大気流出機構は、特に火星などの磁場が弱い惑星では惑星大気進化の視点から一層重要になると考えられています。

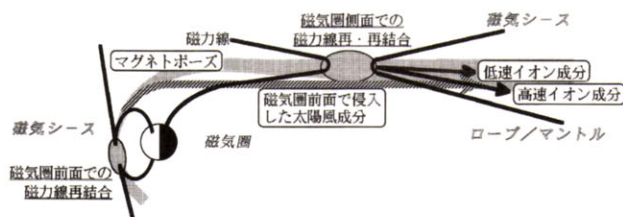


図2 2カ所の磁力線再結合により磁気圏に進入した太陽風イオン

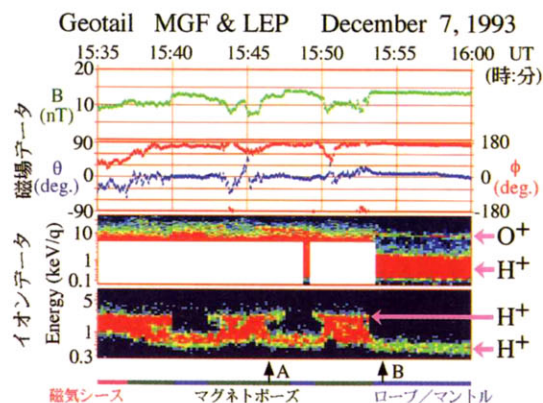


図3 Geotail衛星による磁場・プラズマの時系列データの列
(上2パネル) 磁場(球座標3成分)
(下2パネル) 違うエネルギー帯に多成分の存在を示す
イオンデータ
2つのパネルはそれぞれ高感度・低感度のセンサーのも
ので、縦軸はイオンエネルギーを示しイオンカウント数
が表示されている

図4には2次元(地球軌道面内)の速度分布が表示されています。右方向が太陽や地球から遠ざかる方向ですので、ほぼその方向に2成分の太陽風起源の水素イオン(左図)や地球大気起源の酸素イオン(右図)が流れていることが分かります。

直接観測の最大の利点はその場その場でこの様な詳しい速度分布が分かることです。理想的な状況では、再結合した磁力線に沿って磁気圏内に侵入したプラズマは、磁化プラズマ中での音速に対応する「アルフベン速度」の2倍の速度だけ加速されるはずですが、これは図4を詳しく解析することで確認されています。以上でご紹介した様な地球近傍の観測だけでなく、より広範囲な惑星間空間や他の惑星の電離圏・磁気圏を直接観測で探査することは、宇宙・惑星プラズマの本質を知る上で今後益々重要になるでしょう。我々は、現在飛翔中の火星探査機「のぞみ」に加え、欧州宇宙機関(ESA)と共同で、30年前に1度だけ探査された水星を直接観測する計画を立案しつつあります。更に、将来は地球型惑星だけでなく、木星型惑星の強大な磁場と惑星自体を構成するガスがどの様に太陽風と相互作用しているかを実際に探査機を送り込むことで探っていきたいと考えています。(ひらはら・まさふみ)

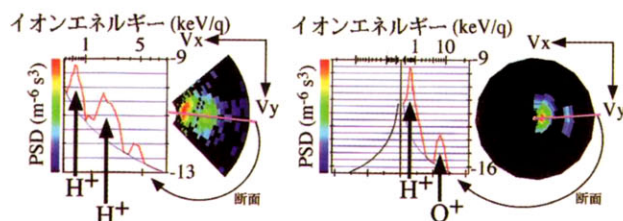


図 4 磁気圏尾部での多成分イオンの速度分布関数データ
 (左) 磁気圏前面と側面での 2 度の磁力線再結合を示唆する 2 成分の太陽風起源 H^+ (時刻は図 3 の矢印 A)
 (右) 月軌道をはるかに越えて地球大気が流出していることを示唆する地球大気起源の O^+ と太陽風起源の H^+ (時刻は図 3 の矢印 B)

お知らせ



★ロケット・衛星関係の作業スケジュール（12月・1月）

	12 月	1 月
相模原	S-310-30 噛合せ試験 12 → 26 MUSES-C 総合試験 28 DASH 射場オペレーション 13 (TNSC) → 24	M-V-5 計器合せ(第2・第3段計器部, 頭胴部, 衛星) 上旬 (IA 富岡事業所) S-310-30 フライトオペレーション 27 (KSC) DASH フライト・回収オペレーション (TNSC, KSC, モーリタニア)
能代	M-14-3 TVC 地上燃焼試験 13	

(TNSC : 種子島宇宙センター)



★ロボフェスタ「ローバ大集合」

10月6日から10月14日にかけて、淵野辺公園周辺を会場にロボフェスタ神奈川2001相模原大会が開催されました。ロボフェスタは、ロボットをテーマとした世界初の総合的な科学技術の祭典で、横須賀会場をスタートに、川崎、相模原、横浜の順にリレー開催されています。相模原大会では、「宇宙～新しいフロンティアへ」をテーマに宇宙やロボットなど最新の科学技術が紹介され、宇宙科学研究所は特別協賛として参加しました。

「宇宙」「ロボット」となると、宇宙探査ローバの出番です。将来の月・惑星探査をめざして、宇宙科学研究所で研究中の4輪ローバ、6脚歩行ロボット、ホッピングロボットを展示しました。また、中央大学、明治大学と共同で研究しているMicro5という小型ローバの実演を行いました。着陸船からスロープを使ってMicro5が降りて、砂や岩でできた月面模擬地形を自由に動き回り、探査をする様子を披露しました。搭載カメラでの映像は、まさに月面探査をしているかのような印象を観衆に与えたようです。

ロボフェスタ最終日には、「ローバ大集合」と題して、宇宙科学研究所をはじめ、東北大学、東京工業大学、中央大学、明治大学、宇宙開発事業団のローバが一堂に集まり、その特技を披露しました。子供たちにいろいろなタイプのローバを紹介することができ、また研究者同士の交流も行うことができました。

また、日本惑星協会、日本宇宙少年団のご協力を得て、一般公開で行ったように、子供たちにレッドローバの操縦を体験してもらいました。模擬火星表面上に

置かれたレッドローバには、カメラが搭載されていて、その画像をみながら、コンピュータを介して操縦することができます。目を輝かせて熱心に火星探検を行っている子供たちが印象的でした。(久保田孝)



★「夢・ふれあいモール」での展示も大にぎわい

主会場である銀河アリーナに隣接した仮設テント、相模原「夢・ふれあいモール」では、宇宙研をはじめ、相模原市内の大学、工業高校、メーカーなど7つのブースによる展示が行われました。学校関係からは学生たちが製作したロボットやパソコンソフトが展示され、小型ながらアイデアいっぱいの手作りロボットたちが来場者の人気を呼んでいました。

宇宙研からはロケット開発のあゆみや「のぞみ」、MUSES-C、ASTRO-Fなどの科学衛星模型、再使用型ロケット、ATRエンジンの模型など、宇宙研ロビーの展示物総動員の展示となりました。宇宙研ブース入口壁面は昨年の日経2000「夢テク」の装飾を活用。会

場に華やかな雰囲気を作り出していました。

ロケット開発のあゆみの写真パネルをじっくり読む方、「ようこう」の太陽X線画像のプリント出力で自分の生まれた日の太陽画像に大喜びの子どもたち、熱心に質問する年配者、なかには2時間近くも質問攻めにあった説明員もいました。「ようこう」画像出力用のプリンタが壊れて、慌てて生協から運んでもらったり、太陽発電衛星のジオラマを修理に持ち帰ったり、プリンタ用インクやリーフレットを運んだり、近くならではの対応に走り回ることもありました。

土日休日は親子連れで、平日は小中学生の見学で大にぎわいで、相模原会場の9日間の来場者数は15万5,000人にのぼったそうです。宇宙研ブースを出ながら、「宇宙ってすごいんだね」と親に語りかけていた子どもの声が耳に残りました。(周東三和子)

★ロボフェスタ水ロケット教室

水ロケット教室は、初日の6日(土)と最終日の14日(日)の2日間行われました。運営は(財)日本宇宙少年団(YAC: ヤック)横浜・相模原・厚木・藤沢の各分団の全面的協力を得て、相模原市民ボランティア及び相模原市役所の方々と共に行いました。

内容や運営方法は宇宙研の一般公開と同じでしたが、打上げは相模原球場内で行えるとあって、思い切り飛ばす事ができました。もっとも、飛ばし過ぎると拾いに行くのが大変なので、水の量・空気圧・ランチャ上下角は一定にしました。しかし工作の丁寧さに原因があるのか、飛距離にも差が出るのは面白いところです。印象的だったのは、やはりと言うか、女の子の方が工作が丁寧で、最長飛距離を出すのは毎回女の子の水ロケットだった事です。14日の最後には、YAC横浜分団の子供達で作った「バルーン水ロケット」(表紙写真)がデモで打上げられ、水ロケットの多彩なバリエーションを披露しました。(バルーン水ロケットは本体のペットボトルの上にバット風船を載せた物で、真上に打上げると機体は水平状態でゆっくり落下するので安全です。)

整理券がすぐに無くなる程人気があった教室でしたが、宇宙輸送系に携わる女性が増えてくれればいいと感じた2日間でした。

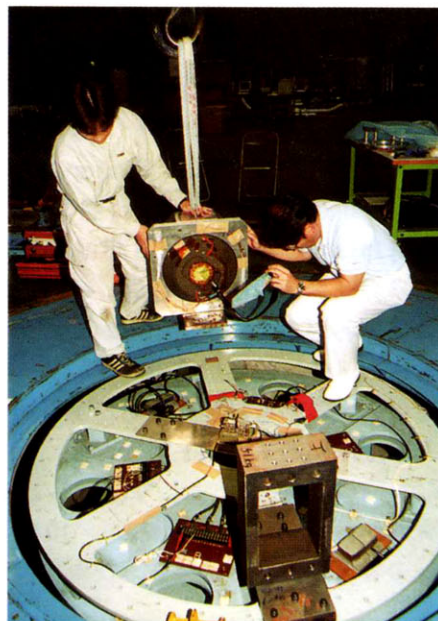
スタッフのみな様、どうもお疲れ様でした。

(竹前俊昭)

★MUSES-C再突入カプセル総合試験実施

探査機本体の総合試験(12月～)に先立って再突入カプセル単独の総合試験を実施しました。このカプセルは小惑星で採取した表面サンプルを地球に持ち帰るためのもので、直径40cm、高さ20cm、重量約16kgの「中華なべ型カプセル」です。ガラは小さいけれど一

人前の「衛星」で、その総合機能を確認するために、通常の衛星と同様の各種環境試験はもとより、写真のような通称「100G試験」と呼んでいるカプセル特有の試験も必要になります。これはミッションの最後、小惑星サンプルを抱いて地球大気圏に突入した時の「空気抵抗による減速」を想定した試験で、実際に大気中に高速で突入させる事はできませんから、その代わりにスピニングテーブルにカプセルを取付け遠心力により減速を作り出しました。カプセルにはこの減速度(G)を検知してパラシュートを開くという非常に重要な機能がありますが、それも含めすべての機能が正常に動作しました。来年の今頃はロケットの最上部にあって、打上げの秒読みを聞いている事でしょう。小惑星到着まで2年、さらに地球帰還まで2年もの長い間このカプセルは母船の側壁でじっと出番を待ちます。長旅の後、蒼い惑星が眼前に大きく迫った時カプセルは母船から分離されます。そして夜空に閃光を刻み、パラシュートを開き地上にふわり。そんな光景を思い浮かべながらスピニングテーブルの上でくるくると回るカプセルを見ていました。(石井信明)



★再使用ロケットの複合材料製極低温推進剤タンク試験

将来の本格的な再使用型ロケットを実現するためには機体重量の大幅な軽量化が必須条件とされている。極低温推進剤タンクを複合材料で製作し、それが繰り返し使用できることは、機体重量軽減に大きく寄与する。そこで、宇宙科学研究所の再使用ロケット実験機に載せ替えできることを前提とした液体水素タンクと液体酸素タンクを複合材料で試作し、10月半ばに能代ロケット実験場にて実液充填加圧試験を実施した。極めて軽量に試作された複合材液体水素タンクと複合材

液体酸素タンクにそれぞれ実液を充填することは今回が初めてであり、それだけでも極低温状態の厳しい環境に曝されるという技術的意味があるが、さらにこれを加圧することによりタンク設計が実証される。いずれも高圧タンクであるがゆえの試験上の難しさはあったが、液体水素タンクについては最高使用圧力まで、液体酸素タンクについては保証圧力まで、実液を充填した状態で加圧できた。単なるデータ取得に留まらず、明確な使用目的のもとに試作され試験されたことで、実用に耐える複合材極低温推進剤タンク開発に少なからぬ貢献ができたものと考ええる。この液体水素タンクはまだ開発途上ではあるが、再使用ロケット実験機への載せ替えに見通しを得ることができた。

能代に行く前の準備期間も含め試験遂行上現れる大小さまざまな問題を解決しながら進めるために実験班の人たちに無理を強いたところもあったが、実験班の人たちがそれぞれの仕事を確実に成し遂げる責任感と技術とチームワークが成果に大きく貢献した。また、この季節にしては天候に恵まれたことも幸いした。

(樋口 健)

★IAFの展示会で日本ブースが展示部門最優秀賞受賞！

毎年、各国持ち回りで行われる世界最大規模の宇宙学会であるIAF（国際宇宙航行連盟）総会は今年で52回目を迎え、フランス・トゥールーズ市で行われました。会場となったPlace de l'Europe Centre de Congrès Pierre Baudis に設置された特設会場（テント）で、10月1日から5日までの5日間展示会が開催されました。学会はテロ対策警備の厳しい中を実施され、展示会には世界各国から51のブースが出展、お年寄りから子どもまで、約2100人が来場しました。

日本からは恒例の宇宙科学研究所と宇宙開発事業団に加え、今年度は初めて航空宇宙技術研究所も参加し、3機関合同で「日本ブース」として出展しました。宇宙科学研究所からはM-Vロケットの1/10模型や将来ミッションの各衛星模型を出展し、技術部の徳永好志

技官が展示要員として参加しました。

最終日に展示会実行委員会主催のコンペティションの審査発表があり、日本ブースは展示部門で最優秀賞に輝き、副賞のカップと芸術性の高い楯（下の写真）を獲得しました。（周東三和子）



★武市昇さんにIAFのNapolitano賞

さる10月にフランス・トゥールーズで行われたIAF総会において、本研究所の名取研究室の大学院生である武市昇さん（博士課程3年）が、栄えあるLuigi G. Napolitano賞を授与されました。この賞は、かつてIAF会長を長期にわたって勤めたイタリアの科学者に因んで1993年に設けられた賞で、30歳未満の若手研究者一人に毎年授与されているものです。表彰された武市昇さんの論文は“Fundamental Strategy for Deployment and Libration Control of a Tethered System in Elliptical Orbits（楕円軌道上におけるテザー・システムの展開と制御についての基本的考え方）”でした。嬉しいニュースですね。おめでとうございます。（的川泰宣）

宇宙三機関統合準備会議

標記の第1回会議が9月26日に開かれました。趣旨は「宇宙開発が人類の知的資産の形成や社会経済基盤への貢献、宇宙産業の活性化につながる重要な分野であることから、我が国の宇宙開発を担う宇宙開発事業団、宇宙科学研究所及び航空宇宙技術研究所を統合し、その力を結集し、宇宙の研究開発を一段と効率よく効果的に行う体制を構築するため、我が国の宇宙開発の在り方を踏まえ、宇宙の研究開発機関の在り方について検討する。」ことです。

青山文部科学副大臣を座長とし、三機関の長ならびに有識者から構成される会議は、統合後の新機関の機能等について、平成13年度末までに取りまとめることになっています。今回は「我が国の宇宙開発の目的と方向」をテーマとし、産業化と国の役割、人類の知的資産の拡大の観点の重要性、航空研究等について意見交換が行われました。今後は月1回のペースで論議を深める予定です。

(松尾弘毅)

宇宙を 第26回 探る

「宇宙粒子線と人工ダイヤモンド検出器」

名古屋大学大学院理学研究科 高島 健
神奈川大学経営工学科 柏木 利介

宇宙粒子線に残された大きな問題は何か？細かく議論すればいろいろあるだろうが、以下の2つが今世紀前半の課題であろう。1つ目は、宇宙粒子線の最高エネルギーはどこまでいくのか？ 2つ目は、宇宙線はいつ・どこで・どのように加速されるのか？である。

面白いところは、2番目の問題は粒子線のエネルギーによらずいまだに謎が多い点である。遠い銀河で観測されるX・ γ 線の発生源は、間違いなく高エネルギー粒子であるが、その高エネルギー粒子がどのように生成されるかは、わかっていない。我々に一番近い恒星である太陽において、フレアによる大規模なエネルギー解放がある。この現象に伴い、時には数GeVに達するような高エネルギー粒子が観測されているが、その生成過程もいまだにベールに包まれている。我々の地球近傍でも、高エネルギー粒子の生成は観測されている。地球周辺を取り巻く放射線帯において数十MeVの電子を生成する過程、サブストームに伴う高エネルギー粒子の観測が報告されており、比較的短時間で生成される高エネルギー粒子の研究は地球から宇宙の果てまで共通の研究テーマとして大変興味深い。これらの現象を理解するためには、現象の外からの観測と現象のおきている場所（内側）での同時観測が謎を解くための大きな鍵となる。太陽系内での高エネルギー現象を解明することによって、遠い銀河で起こる現象の理解につながればと考える。

高エネルギー現象の観測は、検出器開発の面から見ると、実はそれほど簡単な話ではない。高エネルギー粒子の生成する環境は、往々にして検出器にとって過酷である。粒子フラックスは3~4桁増加し温度環境も高い。高効率に耐え、放射線耐久性が強い検出器でなければならない。そこで、我々が目をつけたのが、現在使用されているSi検出器にかわる新しい半導体検出器“人工ダイヤモンド半導体検出器”の開発である。

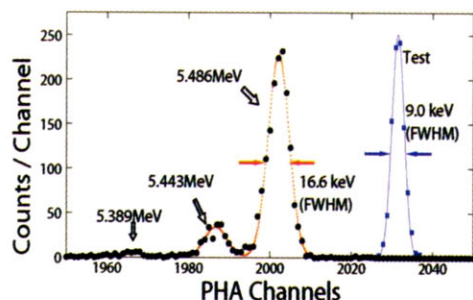


Fig.1 人工ダイヤモンド検出器のアルファ線入射による分解能

ダイヤモンドを素材とした検出器は50年ほど前から粒子線検出器として有効であると言われていた。なぜなら(1)300℃の高温下でも使用できる、(2)ガンマ線によるバックグラウンドが無い、(3)可視光に感じない、(4)放射線損傷に強い、という利点が考えられたからである。しかし天然ダイヤモンドを用いた検出器開発は長年行なわれたにもかかわらず、1970年代を過ぎると途絶えてしまっている。この原因はダイヤモンドが高価であると共に大面積の素材が手に入らなかったことにもよるが、主な原因は放射線を照射していると波高値が徐々に減衰してしまう、というポーラリゼーション効果があるという決定的な欠点があったからである。20年以上を経過した今、天然の物よりも純度が高く、また大面積の素材が手に入るようになった人工ダイヤモンドを用いて粒子線検出器の開発を我々は再スタートさせている。そして大問題であったポーラリゼーション効果の無い、粒子線検出器の開発に成功している。Fig.1を見て解る様にエネルギー分解能はシリコン検出器に匹敵した結果が得られ、またFig.2に示す様にエネルギーを変化させた鉄粒子を入射させた場合には、 $dE \times E$ 法によって鉄のラインを見ることができるという結果が放医研のビーム実験から明らかになり、宇宙重粒子線検出器として十分な性能を持っていることが解った。近い将来、さらに性能を向上させ、また宇宙でも安定に働く検出器という観点でも人工ダイヤモンド粒子線検出器を研究開発していきたいと考えている。

(たかしま・たけし／かしわぎ・としすけ)

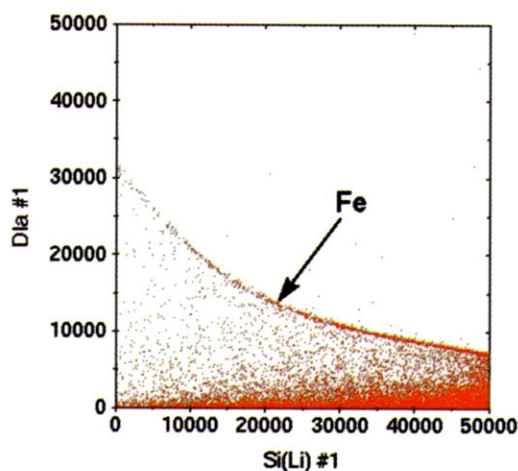


Fig.2 鉄入射によるスクアッタープロット
(dE:ダイヤモンド検出器, rE:Si検出器)

去る8月19-30日、ベトナムの首都ハノイでIAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomyの略) という地球電磁気学・上層大気科学に関する国際会議が開催された。IAGAはIUGG

(International Union of Geophysics and Geodesy : 国際地球物理・測地学連合) 傘下の7分野のひとつで、全体会議は4年毎に開催される。今年はその中間の年で、普通は分野毎に違う場所、時期に開かれるが、今回はIAGAとIASPEI(地球内部物理学関係)と一緒にハノイで開かれることになった。なお、2003年のIUGG全体会議は札幌で開催される予定である。

2年ほど前のIUGGの後、メールでの依頼に惑星圏・磁気圏セッションのコンビーナーを安易に請け負ったのが事の発端だった。そんな先の予定を聞かれても断る理由がなく、別のセッションでの講演依頼も安請けをして結局、講演を4つも引き受けてしまった。国際研究集会派遣旅費もいただくことになり、いよいよ飛行機の切符を予約する時になってプログラムを見ると、なんと、最初の講演が初日、コンビーナーを務めるセッションが最後。12日間はちょっと長いと思ったが、後の祭りである。ただ、どこに行ってもメールが使えるのが昔とは大違いで、文書のやりとりで済む仕事は問題ない。逆にいえば、外国に行ってもゆっくりできないのは困ったものだが。

8月19日、日本は既に秋の気配がするぐらい涼しかったが、ハノイはやはり暑かった。でも、30度ぐらいで、日本の真夏と思えば、たいしたことはない。入国審査に差し掛かると、「IAGA&IASPEIへの参加者用の列はこちらに」とガイドがいる。ベトナムとしては国を挙げての力の入れようで、2日目の夜にあったレセプションで副首相が歓迎の挨拶をしたほどである。入国審査の特別列もその一環のようで、列の進み具合は他に比べると早い。並んでいると、ビザの無い人はいるかと聞いてまわっている。無いと答えるとどうするつもりだったのか？ 外に出ると、ホテルまでの迎えのバスが待ち構えていた。

バスが空港の外に出たとたん、バスの運転手がいきなりクラクションを鳴らす。しかし、これは序の口だ。日本でいえば自動車専用道路に相当する道であるが、バイクや自転車も仲間のようなのである。しかも、バイクには2人乗りどころか、3人乗り、4人乗りまである。

バスは前方を走るバイクや自転車に「そこどけ、そこどけ」と言わんばかりにクラクションを鳴らしながら駆け抜けていくのである。バイクも同じようにして自転車を追い抜いていくので、四方八方からクラクションの嵐である。ハノイの町に入ると、バイクや自転車がぎっしり詰まっていた、結局、全部が同じスピードになってしまう。クラクションを鳴らす回数は減ったが、交差点では再び音の嵐である。どうも早く鳴らした方が勝ちのようで、ここではクラクションの鳴らした方が運転技術の重要な要素になっているらしい。この調子では道路を渡るのは大変だなと思ったが、歩行者はゆっくりと一定の速度で渡るのがコツらしく、車の方が避けてくれるようになっている。後日、実際に街中で試してみると正にその通りで、バイクや自転車を避けようとこちらが止まると運転手が戸惑うので、却って危ない。ともかく、バスは1時間ほどで宿泊予定のGovernment Guesthouseに到着、正直なところホッとした。チェックイン後、隣接した国際会議センターでレジストレーションの確認をして、アブストラクト集などの会議資料を受け取る。翌日に招待講演があるので、準備をしようとしたが、OHPが揃っていないのを確認した途端に眠気に襲われて、そのままベッドに転がり込む。

ハノイでの12日間、講演やセッション座長、メールによる種々の用件などのために時間的余裕がなく、街中を見物したわけではないが、印象は昭和20年代後半の日本という感じである。年が知れるが、鍛冶屋で赤い鉄を叩いている様子や天秤棒の両端に棒がたわむぐらの野菜を乗せて運んでいる姿は、子供の頃に田舎でよく見た光景だった。全体的に平均年齢が若く、皆、一生懸命に働いている感じがする。日曜日早朝にもたくさんさんのバイクが街中を走っていたが、仕事に出かけているのだとのこと。ベトナム人は頭がいいと言われているので、この労働力が有効に働けば、この国は大発展間違いないだろう。

出かける前に生水を飲んではいけないと言われていて、実際、会議参加者の中には体調を崩した人もいたようだ。一方で好奇心旺盛なN君は現地人だけの食堂で昼食をとったが、値段も安く味もまずまずだと言っていた。私はそこまでの勇氣はなく、一応気を付けるという程度で「快腸」だった。(むかい・としふみ)



「高温融液の過冷却状態」

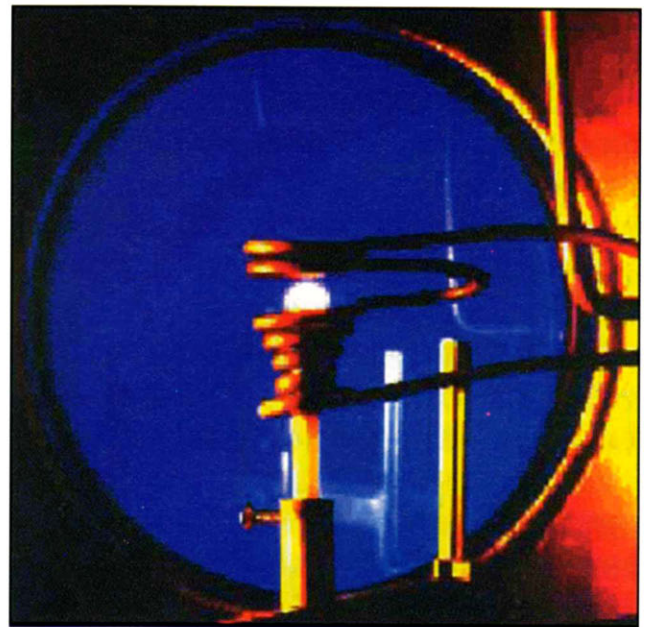
学習院大学理学部 渡辺 匡人

高温融液の物性に関しては、金属生産加工分野でのキャストニングや半導体デバイス用途の半導体結晶成長プロセスの高精度制御を目指した数値シミュレーションの為の物性値整備としての興味から多くの研究成果をあげてきている。近年、高温融液の物性値測定のために開発された溶融浮遊技術の進歩により、高温融液の物性値が得られるようになったのみならず、液体物性研究に新しい情報を与えている。この一つが、高温融液の過冷却状態での構造と物性測定である。過冷却液体物性の興味は、新材料探索のため非平衡プロセスからの注目と、物性物理学や統計物理学などの基礎分野においても、未だに解明されていない研究対象として注目され続けている。このため、高温融液の過冷却状態の物性測定がおこなえるようになったことは、非常に興味深く液体物性を書き換える新しい成果が期待される。

溶融浮遊技術には、電磁浮遊、静電浮遊、ガス音波浮遊などの方法があるが、無容器のためのつぼとの接触点での核発生が無く、容易に過冷却液体状態を作り出せ、過冷却液体物性の研究ツールとして最適である。これらの方法を用いることにより、密度、表面張力、粘性、電気伝導度、比熱などの物性値の測定が現在おこなわれている。これら全ての物性値に対する測定手法が確立しているとは言い難いが、データは蓄積されつつある。また物性値の測定のみでなく、我々を含めた日、独、米の各研究グループでは、半導体、酸化物、金属・合金の過冷却液体の構造解析を溶融浮遊法と放射光X線（我々は、SPRING-8を使用している）を組み合わせおこなっている。独のグループでは、さらに中性子線も用いて合金の過冷却液体の構造解析をおこなっている。現在までのところまだ浮遊状態で構造解析がおこなえたという段階ではあるが、今後測定データが蓄積されてくると密度などの物性値の測定データとの検討から過冷却液体の構造と物性が明らかになってくるはずである。さらに、過冷却液体の粘性、拡散などの動的性質は最も興味のある物性であり、今後この手法を用いた研究が活発化すると思われる。しかし、拡散係数は現在のところ溶融浮遊法での測定が不可能であり、シアセル法やロングキャピラリー法により微

小重力下で測定しなければならない。仮に微小重力下で正確な拡散係数が得られたとしても、過冷却状態での測定は無理であり、新たな測定手段を考えなければならない。また、溶融浮遊法でも地上においては所望の位置に液体を保持するのみでなく重力に打ち勝って浮遊させなければならない、過冷却度を十分大きくすることは難しい。このため、過冷却度の限界を決めている要因は明らかではない。そこで、微小重力下において浮遊させることによりより大きな過冷却を達成させることが期待される。これには宇宙ステーションでの実験が必要であり、早急に宇宙ステーションの運用が望まれる。しかし、溶融浮遊法による物性値の測定は宇宙ステーションでおこなえるが、構造解析は難しい。しかし、仮に微小重力下で液体の構造解析がおこなえるようになれば、過冷却度の限界で物性値と構造が明らかになり、過冷却液体の物性が解明されるに違いない。この結果は、液体から固定へ相転移する際の原子配置の変化を明らかにする情報としても大いに期待される。

(わたなべ・まさひと)



電磁浮遊装置内で浮遊しているSi融液



来し方行く末

秋葉 鐐二郎

宇宙研は素晴らしい研究所である。我が国が初めて、観測ロケットで地球観測年に参加して以来、同じ流れの中で、組織の変革を経て、1970年には我が国初の人工衛星「おおすみ」を打ち上げ、1985年にはハレーすい星探査機を惑星間に投入し、国際共同観測に貢献した。そして、今日に至るまで、地球周辺から太陽系の直接探査、更には宇宙の涯までも観測する天文衛星により、我が国の宇宙科学が世界に誇る成果を挙げているのは遍く知られている。理工が一体となった取り組みがそれを可能にしたのは、まさにその通りであるが、私の立場として活動の下部構造を担った工学の成果を更に補足しておきたい。というのは、それらが下部構造であるが故に、余りに言葉少なに語られてきたからである。まず、これが固体ロケット技術の洗練によって、遂行されたことである。固体は液体にくらべ劣っているという迷信が世間の常識化してしまっている中、高い軌道精度を要する惑星間探査をも成し遂げた実績をなぜ自他共に黙殺し続けるのだろうか。それだけではない。SEPECATやSFUで、スペースシャトル利用の先鞭をつけたのは、宇宙研工学の大きな貢献である。これらによって、軌道からの回収がいかにも多くの情報をもたらすかを思い知ったのは筆者のみではなかろう。我が国の宇宙開発と言う観点から、液水エンジンの開発はまた、特記さるべきである。今では、風化してしまった、かの三者協力で実現したH-IのLE-5は元を質せば宇宙研で細々と水素の液化から自前で取りかかった基礎研究がその発端であった。それに次ぐ、H-II計画は最近まで殆ど直接の関わりを持たなかったと言ってもいいが、奇しくも、H-II-8の事故に際しては、事故解析とH-IIAの設計見直しに大きな役割を担った。衛星計画における地道な努力は高い信頼性によって報われている。「ようこう」が太陽活動の1周期に亘って観測を続けたのは工学グループの誇りでもある。新規技術と言うならば、「はるか」の大型アンテナは

高精度の大型展開構造として特筆される。また、少し以前の話となるが、「ひてん」に取り付けられ、月の周回軌道に投入された「はごろも」は、今でもマイクロサットの先駆けとして、世界的な声価を得ている。これからの宇宙計画との関連においてみれば、将来の宇宙輸送において、重要な役割を担うと見られるATRエンジンの開発研究は、次の発展段階を迎える機が熟している。また、発電衛星については、宇宙研が主体となり、長年にわたり全日本的組織で忍耐強い研究に取り組んだ結果、今では、電力エネルギー長期展望の下で位置付けられ、宇宙実証実験の段階を視野に入れるまでになっている。強調したいのは、これら工学的成果のかんりのものが、科学衛星計画とは直接の関係が無いことである。これら研究の一つ一つはそれに精魂を傾けた創造力豊かな先生方が牽引してなされたことにも注目して貰いたい。一方決して大きくはない研究所が大計画遂行の傍らで、集団として、このように多く萌芽的研究を育て得たのは、ひとえに研究所としての優れたバランス感覚の賜物である。しかも、その陰には、幾多の不首尾に終わった研究の残骸が累々としているのである。それらは、滋養として研究所の体質を強化しているのであるが、成果一点張りの研究所では、とても及びもつくまい。ともかく、時代は動いている。宇宙研も、このままではいけない。その優れた特質をわが国の宇宙開発全般に敷衍していく姿勢が、今望まれる。その為に、研究、人事の面で真に開かれた研究所として再スタートを切る時が訪れている。

(元宇宙科学研究所所長 あきば・りょうじろう)



宇宙3機関の統合にむけて、宇宙開発組織の在り方、日本の宇宙開発のめざすべき方向などについての議論が、所内外で活発になっています。ISASニュースでも適宜関連の情報をお伝えしていきます。
(橋本樹)

ISASニュース

No.248 2001.11

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部科学省) ☎229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 042-759-8008

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(庶務課企画・広報係)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>)。