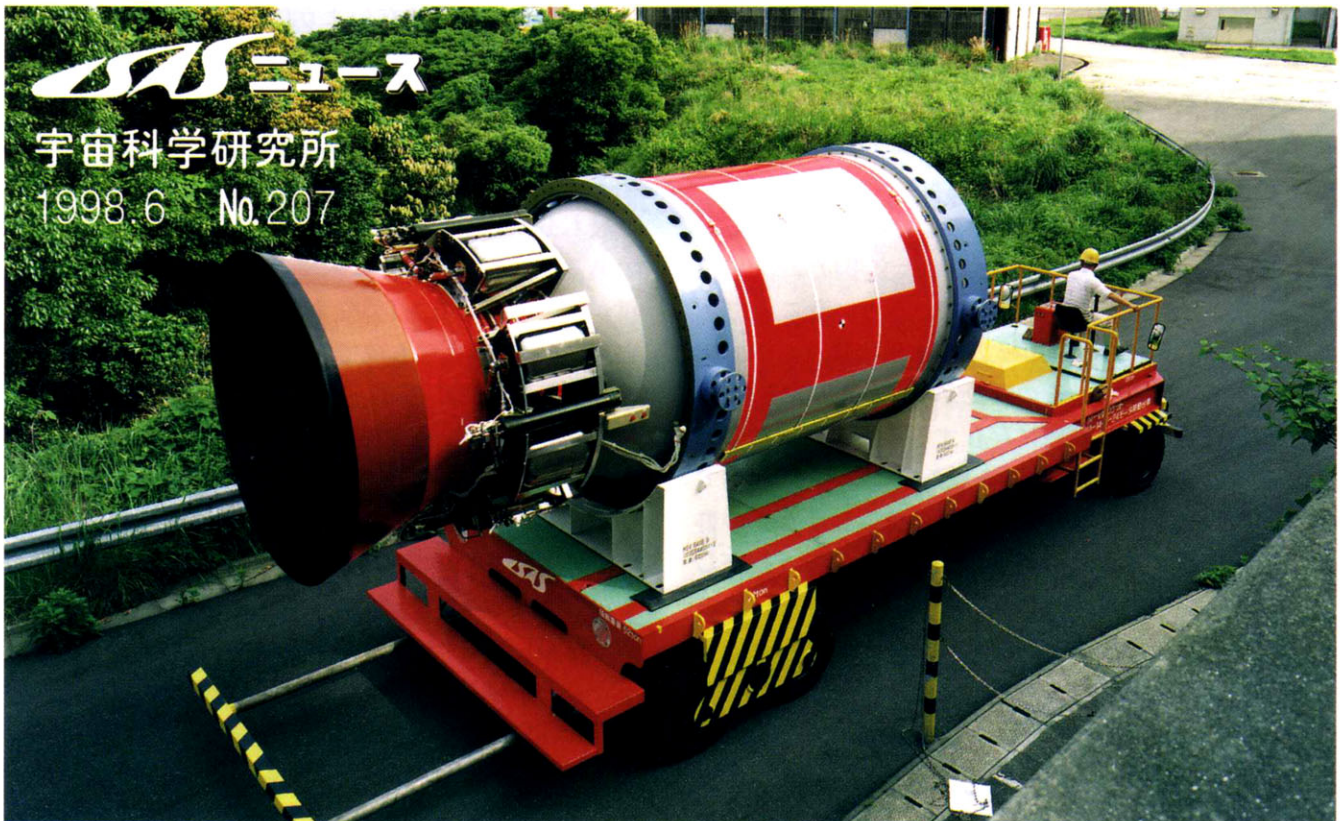




▲M-V-3号機第2段モータ移動中（撮影：杉山吉昭）

〈研究紹介〉

小惑星の分布とダイナミックス

宇宙科学研究所 吉川 真

◆注目され始めた小惑星

小惑星というと、「火星と木星の軌道の間にある小さな天体」で、あまり目立たない“脇役”的なイメージが強かった。確かに、肉眼では普通見ることができないし、望遠鏡を通して撮影しても小惑星は点像（あるいは線状）にしか写らない。惑星や彗星などとは違って、地味な存在である。

しかし、こここのところ、小惑星についての状況が大きく変わりつつある。まず、発見される数が非常に多くなった。最初の小惑星であるCeres（ケレス）が発見されたのが1801年の1月1日のことであるが、それから約200年が経とうとしている現在、軌道が正確に求められている小惑星の数は9,000個にも達する勢いである。さらに、精度はよくないが一応軌道が求められているものを含めると、その数は4万個にもものぼる。

もう1つ最近の特徴としては、レーダーによる観測や探査機による写真撮影によって、小惑星の“素顔”を見ることができるようになったということがあげられる。今までは小惑星が星を隠す現象（掩蔽）の観測

を行うことで、小惑星の形（ある方向から見た投影）を求めるのがやっとであった。ところが、レーダー観測や探査機による観測が行われ始めたことによって、小惑星の正確な形状や表面の様子が分かるようになってきたのである。想像されたように、小惑星は宇宙に浮かぶ巨大な岩の塊であった。

筆者は今まで、小惑星の軌道の力学的進化を調べるということを行ってきたが、ここでは小惑星の力学について主要な点について紹介することとしたい。

◆小惑星の分布

発見される小惑星の数が増大するにしたがって、小惑星が存在する領域もどんどん広がってきている。確かに大部分の小惑星は火星と木星軌道の間の小惑星帯に存在しているのだが、現在では、水星軌道の内側に入り込むような小惑星から、冥王星軌道付近にあるもの、そしてさらにはるか遠方にまで達するようなものまでが発見されているのである。

図1に、木星軌道付近までの小惑星の分布を示す。この図を見ると、小惑星が太陽および内側の惑星を取

り囲んだ巨大な“ドーナツ状”に分布していることがわかる。ただし、この図では天体の大きさが非常に誇張されていることに注意しなければならない。実際の小惑星帯は、この図から受ける印象とは逆に、非常に“すかすか”である。

図1に示されている小惑星帯について特徴的なことは、木星軌道から約1.5AU (AU: 天文単位)、火星軌道から約0.5AUほど距離をおいているということである。これは、仮に小惑星が火星や木星に接近しやすい軌道にあるとすると、その運動がかなり不安定となり、長期にわたって同じ軌道に存在することができないということによる。ただし図1を見ると、木星軌道上で木星の前後や太陽を挟んで正反対の位置に小惑星の群がある。一見すると、これらの小惑星は木星と衝突しそうであるが、実はそうはならない。その理由は、これらの小惑星の運動が木星と共鳴関係(後述)という特別な関係になっているためである。つまり、小惑星帯は力学的には安定な領域と考えてよいのである。

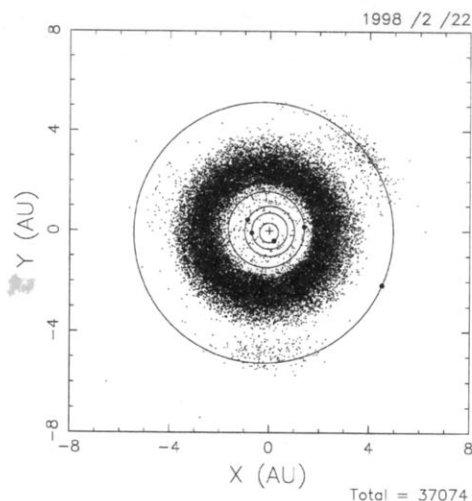


図1 小惑星の分布(黄道面に投影)
ここでは約37,000個の小惑星がプロットしてある。軌道は惑星軌道で、水星軌道から木星軌道が描いてある。

◆運動の特徴

前述したように、小惑星が発見されてから200年にもなろうとしているので、その運動についても数多くの研究がある。ここでは、「共鳴」と「カオス」をキーワードとして小惑星の運動を紹介することにする。

<共鳴現象>

小惑星は、太陽のまわりをケプラー運動している。小惑星間の引力は小惑星同士が非常に接近しない限りは無視できるので、小惑星は太陽と惑星の引力を受けて運動していることになる。惑星からの引力もかなり接近しない限りはその影響は小さいので、通常は小惑星の軌道の変化も小さい。それでは、小惑星の運動を

調べても何ら面白くないように思われるかもしれないが、実はそうではないということが比較的最近分かってきた。小惑星の運動には、各種の「共鳴(レゾナンス)」と呼ばれる現象が起こって、軌道が大きく変化することがあるのである。

最も分かりやすい共鳴は、「公転運動における共鳴」である。これは、例えば木星との共鳴を考えると、木星が太陽のまわりを1公転するときに小惑星がちょうど3公転するようなものである。この場合、平均の角速度を考えると小惑星:木星が3:1になっているので3:1の共鳴という。このように角速度の比が簡単な整数比となる共鳴が重要なものである。

このことは、小惑星の軌道長半径(楕円軌道の長径の半分の長さ)の分布を見ると明らかである。図2にその分布を示すが、小惑星帯(軌道長半径で2AUから3.5AU)では4:1, 3:1, 5:2, 7:3, 2:1の共鳴が起こるところには小惑星がほとんど存在していない。この分布の間隙のことを発見者の名前をとって「カークウッド・ギャップ」と呼んでいる。また、小惑星帯の外側から木星軌道(5.2AU)にかけては、小惑星の数が非常に少なくなるが、今度は小惑星が存在しているところが3:2, 4:3, 1:1の共鳴に一致しているのである。これらの共鳴にある小惑星を、「ヒルダ群」、「チューレ群」、「トロヤ群」と呼んでいる。

共鳴が起こる領域が小惑星帯ではギャップとなって小惑星が存在していないのに、小惑星帯の外側では群として集中しているのは不思議である。これは、それぞれのレゾナンスにおいて小惑星の軌道進化が異なることによる。ギャップとなっているレゾナンスでは、もともとの軌道が円形に近いものであっても細長い楕円形にまで変化する。そのときには、内側の惑星と軌道が交差するものになるため、惑星と衝突したり惑星に非常に接近したりすることで元の軌道から除かれてしまうのである。これに対して、群のところでは、最初の軌道の形が円形に近いものであれば軌道の形があまり変化せず、かつ木星との接近もうまく避けること

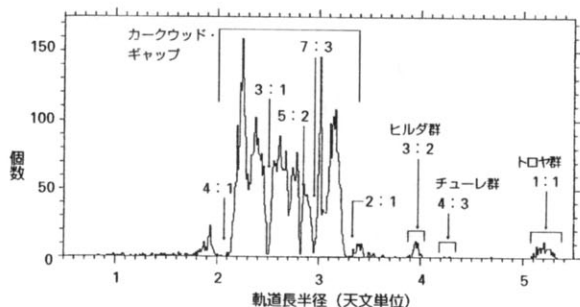


図2 小惑星の軌道長半径の分布
公転運動において木星と共鳴が起こる位置が示してある。

ができるため安定に存在しているのである。

実際は、同じ共鳴でも軌道条件の違いによって小惑星の軌道進化は非常に異なることになる。共鳴状態にあると、小惑星の軌道進化は非常に複雑になるのである。なお、この公転における共鳴現象にともなう軌道の変化のタイムスケールは数千年から数万年である。

この公転周期の共鳴に加えて重要なものに「永年共鳴」というものがある。これは、簡単に言うと、例えば惑星軌道の近日点の動きと小惑星軌道の近日点の動きが一致するような時に起こる共鳴である。同様に軌道の昇交点の動きについても永年共鳴が起こる。小惑星帯で重要な永年共鳴として、永年共鳴 ν_6 というものがある。これは小惑星の近日点の動きが土星の近日点の動きと一致するとき起こるものであるが、この共鳴にあると小惑星の軌道の形が大きく変化することが知られている。また、永年共鳴 ν_{16} というものがあるが、これは小惑星の昇交点の動きが木星と土星の昇交点の動きと一致するものである。この場合には、小惑星の軌道傾斜角が大きく変化することが知られている。

この永年共鳴も小惑星の分布には影響を与えている。永年共鳴の位置は軌道長半径、軌道離心率、軌道傾斜角の3つの関数として決まるのであるが、例えば軌道長半径と軌道傾斜角の平面上にそのおよその位置を描いてみると図3のようになる。永年共鳴が小惑星分布に大きく影響しているようすが分かる。永年共鳴の場合、軌道変化のタイムスケールは数十万年から百万年くらいである。(図3には「族」というものも描かれているが、ここでは説明を省略する。)

さらに、「古在共鳴」と最近になって呼ばれるようになった共鳴がある。これは、小惑星軌道の近日点の位置が惑星の軌道面から最も離れたところ付近に固定されるものである。この共鳴は、小惑星を惑星にあま

り接近しないようにするものであり、小惑星軌道の安定化につながるものである。

このように、小惑星帯には各種の共鳴が存在しており、これらは小惑星の軌道進化に大きな影響を与えている。もちろん、共鳴は小惑星帯でのみ起こるものではない。小惑星帯には多数の小惑星が存在しているために共鳴の影響が目立つが、太陽系の至る所にこのような共鳴が存在する。小惑星が太陽系中に発見されてきているので、小惑星帯以外にある共鳴も今後注目されてくるものと思われる。

<カオス>

小惑星の軌道進化を考える場合、「カオス」という現象も重要である。ここで言うカオスとは、初期条件の小さな違いによって将来の軌道進化が大きく異なってしまう現象のことである。

小惑星の力学においては、カオスの原因としては2種類存在する。1つは、上記の各種の共鳴に伴うもので、特に小惑星が共鳴領域の境界付近にあると運動がカオスになる場合が多い。この場合、共鳴状態になかったものが突然共鳴状況に入って軌道が大きく変化するというような現象が見られる。

もう1つのカオスの原因は、小惑星が惑星に非常に接近するような場合である。このようなクロースエンカウンターが頻繁に起こるような小惑星については、軌道進化を予測するのが難しい。一般に彗星についてはこのような性質を持っているものが多いのであるが、小惑星でも火星軌道の内側まで入り込むようなものについては惑星に頻繁に接近するものが多く、そのために運動がカオスになっている。つまり、地球に接近するような小惑星の軌道進化は、長期的に正確に予測することが難しいのである。

◆今後の発展

以上、簡単に述べてきたように小惑星については、様々な力学的な特徴がある。最近の計算機の発達によって、小惑星の軌道進化はかなり理解されてきたが、まだ解かれていない問題も多い。特に今後の大きなテーマの1つは、太陽系の年齢に匹敵するようなタイムスケールで軌道進化を調べるということであろう。

周知のように小惑星や彗星のような小天体は、それらが形成されてからあまり大きくは進化していない。つまり、太陽系の起源を探る上で、その鍵を握った天体なのである。MUSES-Cによるサンプルリターンのような小天体探査も計画されており、小惑星についての理解が今後ますます深まることを期待したい。

(よしかわ・まこと)

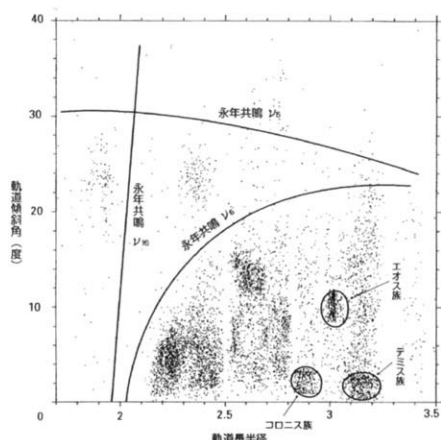


図3 小惑星の軌道分布と永年共鳴
小惑星の軌道長半径 (AU) と軌道傾斜角の分布と、永年共鳴の位置および代表的な「族」が示してある。

お知らせ



★人事異動

(教 官)

発令年月日	氏 名	異動事項	現 (旧) 職等
		(転 任)	
10. 6. 1	こ すぎ たけ お 小 杉 健 郎	惑星研究系教授	国立天文台電波天文学研究系教授

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール (7月・8月)

7 月	8 月
1 5 10 15 20 25 30 M-V-3 フライトオペレーション (KSC) M-V-2 KSC搬入 (KSC) ASTRO-E MT-135-68, 69 囀合せ (ISAS) MT-25SIM-2大気燃焼試験 (NTC)	1 5 10 15 20 25 30 第一次囀合せ (ISAS) 第2次大気球実験 (SBC)



★第2組立オペレーション

M-V型ロケットの各種のオペレーションは、今回の第3号機からは簡略化を行うことになり、この第2組立オペレーションは、ロケット機体の組立てはもとより、搭載機器についても、1, 2月に相模原で行われた囀合せ後、はじめて「灯」が入れられる試験となった。

作業は、連休前の4月23日から開始され、5月17日までの、25日間という長いものとなった。折しも、鹿児島大隅地方は、なたね梅雨がそのまま梅雨に突入したかのように、雨また雨、雨の連続で、ほとんど青空をのぞめない日々の連続だった。考えてみると、この時期にロケットの組立てなどのオペレーションを行ったことは、ほとんどなかったことということで、作業の進行には神経を使った。

特に、時折現れる雷雲には手を焼き、雷検知器の指示にしたがって、しばしば作業の中断を余儀なくされるしまつだった。宮原への落雷で火災報知器が構内全域にわたって不通となったのが、唯一被害らしい被害

だったが、落雷火災の発生に火災報知器は機能しないという、奇妙なシステム的な欠陥が見いだされた事例でもあった。当然のごとく雨となった消火訓練では、宇宙研側が「雨なので…」と訓練の延期を示唆したのに対し、地元消防署員は、「Proは雨でもやります」との弁で、老練のロケット担当者もPro意識を新たにしたところだった。

動物も春から夏へと気温の上昇にともなって、活動を切り替える時期でもあり、へびの出現もまた実験班を驚かせた。あろうことか、M組立室のクリーンブースにへびが雨宿りしていたという珍事までおこり、H課長をして「(組オペで)一番大事なのはへびです」と全打で言わせしめる一大事件となった。

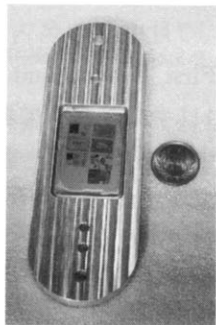
雨にもかかわらず、ロケットのProの作業は予定より1日短縮され、ほとんどトラブルもなく無事に終了した。数々のエピソードを残しつつも、第3号機の打上げに向けて、心ならずも緊張感がつのるオペレーションだった。

(川口淳一郎)

★「あなたの名前を火星に」

アルミ板PLANET-Bに取付け

「あなたの名前を火星に」キャンペーンに応募された27万人余の名前を焼き付けたアルミ板20枚が、5月12日、探査機のバランスをとるための重りの一部として、アルミ板のサイズにくりぬかれた金属板の中に1枚1枚丁寧に組み込まれ、宇宙飛行中に剥がれたりすることのないよう接着剤で固定されました。その後揮発成分を飛ばす処理をし、5月23日、いよいよPLANET-Bへの組付けです。探査機のバランスを計測した後、アルミ板の取付け場所が決定。多くの関係者が見守る中、火星への夢とさまざまな思いを載せた27万人の「名前」が探査機下面の枠組みにしっかりと取付けられました。



PLANET-Bは最終チェックのあとコンテナに詰められ、5月30日相模原キャンパスを出発、陸路鹿児島に向かい、6月1日鹿児島宇宙空間観測所に到着、いよいよ打上げに向けての作業が始まります。PLANET-Bは、再度入念なチェックを受けてから、M-V-3号機の頭胴部に組み付けられます。PLANET-Bを載せたM-V-3号機の打上げは、7月4日(土)午前3時26分。真っ暗な宇宙へ、オレンジの炎を引いて飛び立っていく姿が見られるのももうすぐです。(周東三和子)

★平成10年度第1次大気球実験

平成10年度第1次大気球実験は、平成10年5月7日から5月27日まで三陸大気球観測所において実施された。放球した気球は、B150型2機、EV1型1機の計3機であった。尚、当初予定していたB120-1号機は観測者の要望により第2次大気球実験を行うことになった。

B150-1号機は、青山学院大学、山形工科大学短期大学、神奈川大学、神奈川県立衛生短大、東大宇宙線研究所が開発したエマルジョンチェンバーを用いて高エネルギー一次電子のスペクトルを測定することにより宇宙線の銀河内伝播の情報および宇宙線電子の源を調べる目的で観測が行われた。気球の全飛行時間

は25時間35分であり、その間エネルギー100GeV領域の質の良いデータの取得に成功した。

EV1-2号機は、宇宙科学研究所気球工学部門が長時間飛行用気球開発の一環として開発を進めている新素材エバールフィルム(エチレン・ビニルアルコールフィルム)で製作した排気口を持った容積1,000m³気球の飛行性能試験であった。エバールフィルムを用いた気球が水平浮遊飛行に成功したのは、今回が初めてである。この実験により上昇速度変化、日没降下等の貴重なデータが得られ、今後の長時間飛行用気球の開発に新たな発展をもたらすことになった。

B150-3号機は、神奈川大学、宇宙科学研究所、立教大学、芝浦工業大学、東大宇宙線研究所、山形工科大学短期大学が開発したシンチレーションファイバーを用いた観測器によって10GeVから数百GeV領域の宇宙一次電子の観測を行うことであった。全飛行中、観測器は正常に動作し約13.6万個の宇宙線によるシャワーが観測された。そのうち、一次電子は10GeV以上で約3,000個程度であった。(山上隆正)

★あきる野宇宙推進研究施設(仮称)の現状

あきる野宇宙推進研究施設(仮称)は、駒場キャンパス48号館の代替施設として、あきる野市菅生の丘陵地を流れる鯉川のほとりに開設された。

駒場48号館は、推進系の基礎研究、開発研究の場として、また研究所職員や学生のための実践的な教育の場として有効活用されてきた。本施設は、その役割を引き継ぎ、従来型推進系の開発実験や将来型推進系の基礎研究および推進工学教育のための拠点として利用されることになる。



研究室5部屋と大実験室が一体となった研究実験棟は3月末に完成し、駒場からの移転作業は4月中に完了した。現在、6月下旬の完成を目標に高々度高空性能試験システム(High Altitude Test System)の設置工事が進められている。これは、実験室レベルで小規模ロケットの高空性能試験を行うための試験設備で、上段推進系開発における様々な研究課題に取り組む際に

大いに活躍するであろう。目下、本年度中に実行予定の開発実験は4件（S-310改設計データ取得試験2件、LPM-DOM領収試験、DASH-DOM高空性能試験）で、その他に高性能、低公害推進薬や将来型推進システムの基礎実験が計画されている。（徳留真一郎）

★34mアンテナの現状

内之浦のテレメータ台地、記念碑的な18mアンテナが立っていた場所で、現在、新しい大型アンテナの建設工事が進んでいます。KSCの科学衛星の追跡を2局体制のもとに行いたいと1993年頃から検討を行っていたものですが、1996年度に予算が認められ、1996、97、98の3年をかけて製作、建設することとなりました。正式の名称は「KSC科学衛星追跡管制設備」で、直径34mの大型アンテナとS/X帯の追跡受信管制設備からなります。完成しますと、現在の20mアンテナとともに地球周回の科学衛星を追跡しますが、さらに、臼田の64m局に対するバックアップともなるように、深宇宙対応の機能も持たせてあります。



テレメータ台地では、1997年7月、18mアンテナを解体撤去し、8月から、ペDESTルの工事を始めました。アンテナは瞬間最大風速90m/sの風が吹いても壊れないという堅固な仕様で、今年3月に工事を終えたペDESTルも、外見は大きな建物の形を取っていますが、大変堅固な造りです。アンテナ本体の組立て工事は6月から本格的になります。6月後半からはS/X帯追跡管制設備の機器も順次搬入されます。全設備は今年11月末に完成する予定で、地球を遠ざかっていくPLANET-Bは恰好の試し運用の対象となります。

（廣澤春任）

★VSOPこの頃

「はるか」が最高観測周波数の22GHz帯で、Orion KL天体の水メーザー線のフレアーを利用して干渉実験に成功したことは、この春一番の喜ばしい事でした。先月号に、Phil Edwards博士の流暢な日本語で報じら

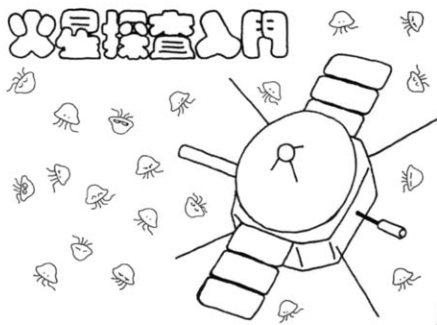
れたとおりです。現在、サーベイ観測とAO1に基づいての科学観測とを、1.5GHzと5GHz帯とで行っています。いくつかのイメージをセットにした論文もそろそろ目に止まるはずです。1999年観測のAO2について95の観測提案が集まりました。この採用順位付けを7月21～23日のVSOP国際科学審査委員会で決めます。

7月中旬の名古屋COSPAR総会の折には、「VSOP First Results and the Future」というシンポジウムを1日半にわたって開きます。また、COSPARで、会期中の4日間の朝一番の8時半から4人が、全員の前での講演をする事になりましたが、平林が7月17日の講演者として選ばれました。VSOPを意識した電波天文学の講演になる予定です。

今、「はるか」を中心に据えた世界初のスペースVLBI観測計画(VSOP)をすすめていて、一番気になる事は、研究規模の大きさに較べて、人手の少ない事です。チームの研究者達はさまざまの創意工夫で必死で頑張っています。何とか頑張りとおして、素晴らしい成果の出始めたVSOPの美酒に酔いたいと思っています。（平林 久）

★第21回ISTS開催される

さる5月25日(月)から30日(土)まで埼玉県大宮市のソニック・シティホールを会場にして、第21回宇宙技術と科学の国際シンポジウム(ISTS)が開催された。ISTSは、日本の宇宙開発に携わる人々が手づくりで準備・運営する特色ある国際学会である。国内外から789名(うち海外の15カ国から116名)の参加を得た。初日は、開会式につづいて、(1)再利用宇宙輸送システム、(2)宇宙ステーション、(3)月惑星ミッション、(4)宇宙計画のコスト低減、という4つの基調講演が行われ、次いで各国の宇宙プログラムが紹介された。2日目からはテクニカル・セッションに入り、推進・材料構造・誘導制御・流体力学・地上支援・宇宙輸送・宇宙環境利用・衛星通信・月惑星探査・宇宙科学・地球観測・ライフサイエンス・国際協力の分科会に分かれて4日間にわたり発表・討論が展開された。27日(水)には学生セッションが開かれた。フィルム・イブニングに加え新能が開かれて好評を博したほか、吉田町の龍勢ロケット見学(30日)には参加者が530名を越し、大宮からパトカー先導で吉田町へ突っ走るなど印象深い学会となった。セッション最終日の29日(金)には、フェアウェル・パーティが開かれ、次回の第22回は岩手県盛岡市で松尾弘毅教授(宇宙科学研究所)を組織委員長として開催される旨発表があった。(的川泰宣)



第5回 PLANET-Bで解き明かされる 火星大気のエスケープ

早川 基

今回から4回程度かけてPLANET-B

での観測でどのような事が明らかになるのかについて火星の表面から遠いところから順にお話ししていきます。ということで、今回は火星の上層大気についてのお話です。(因に、PLANET-Bの主目的は火星の大気と太陽風との相互作用を調べることです。)

火星では地球とは異なり固有の磁場と呼べる程の強い磁場はなく、表面のところどころに残留磁場の強い所があるだけである事が去年の MGS (Mars Global Surveyor) の観測で分かってきました。このため、太陽風(太陽から流れ出ている高速のプラズマ流)は火星大気上層部に直接吹きつけている事となり、大気中のイオン(電離層)は太陽風との間に強い相互作用を持つ事になります。この太陽風との相互作用の結果電離層の一部がはぎ取られて太陽風と一緒に流れ去っていく事が予想されます。旧ソ連の Phobos2 衛星が火星の夜側で大量の酸素イオンが流失している(ざっと計算すると一億年で現在の火星大気中の酸素がすべて流れ出る勘定)事を観測した事で、火星大気の変化に対しての太陽風の効果が一層注目されることになって来ています。

火星の大気が逃げ出す機構としては大雑把に言って、次に挙げる三つが考えられます。1. 電離層上部から直接太陽風によって剥ぎ取られていく。2. 中性の粒子のまま太陽風の中にしみ出した大気が太陽の紫外線により電離し、太陽風に捕えられて流される。3. 太陽風とは別の何らかの原因で電離層のイオンが加速・加熱され脱出速度を超え火星重力を振り切って流れ出す。このうち2番の原因で太陽風に捉えられたイオンの事をピックアップイオンと呼びます。ピックアップイオンは最大で太陽風のエネルギーの2倍にまで加速されたり、減速されたりしながら太陽風と共に流れていきます。このピックアップイオンは特徴的な分布を示すために元からの太陽風のイオンとは簡単に区別を付ける事ができます。

PLANET-Bでは、これらの機構によってどのようなイオンがどのような場所でどの位の量が流れ出しているのかを測定するために様々な観測器を搭載しています。

流れ出す(剥ぎ取られる)前の中性の大気の組成・密度の情報は中性ガス質量分析器(NMS)を使って測られます。それと同時にその時の電離層のプラズマがどのような状態にあったかを調べるのには熱的プラズマ計測器(TPA)、電子温度計(PET)、プラズマ波動計測器(PWS)が使われます。イオンの加速・加熱には低周波の波動が関与する事が多くありますが、このような波動粒子相互作用による加速・加熱が存在しているかどうかは低周波波動観測器(LFA)が観測を行います。もう一方の太陽風の状態に関してはイオン質量分析器(IMI)、イオンエネルギー分析器(ISA)、電子エネルギー分析器(ESA)及び磁場計測器(MGF)が測定を行います。流れ出している側のプラズマの加速・加熱状態については、電離層のごく近傍のエネルギーが低い所(1eV以下)から脱出速度に達する付近(数eV)はTPAで観測を行います。ある程度以上の加速を受けた後(十数eV以上数百eV以下)にはTPAに加えて、IMI, ISA, ESAでも観測が行なわれます。さらに加速を受けた後や、太陽風と共に流れている様な高いエネルギーの所(数keV)ではIMS, ISA, ESAが観測を受け持ちます。また、ピックアップイオンのようにイオンの種類によってはエネルギーが数十keVにも達する所では高エネルギー粒子計測器(EIS)の出番となります。

この様にPLANET-Bでは、多くの観測器のデータを合わせる事で、火星の上層大気の散逸に関してどのような条件の時にはどのような場所でどの機構が支配的になるのか、火星全体としてはどの程度の量の大気が散逸をしていっているのか等を明らかにして行く事が出来ると期待しています。また、これらの事が明らかになると過去に遡って大気の変化を推定できるようになると期待できます。すなわち、過去には大量にあったとされながら今現在は地表面付近では全くといってよいほど観測されなくなってしまった水が一体どこに行ってしまったのかという問題に関しても回答を与えることが出来るかもしれません。(はやかわ・はじめ)

<PLANET-B打上げまであと半月>

ニューメキシコ州の砂漠にて

樋 口 健

貫入プローブシステムの強度確認試験のために、アメリカ合衆国ニューメキシコ州の田舎町に来了。リオグランデ川に接しているとはいえ、草木が自然に生えていると言えるのは川から数十m程度までであって、あとは乾燥した赤土と砂と岩ばかりが延々と続いている砂漠地帯である。山には、あたかも大仏頭のようにぼつぽつと、灌木かサボテンしか生えていない荒れ地である。段丘で見張っているインディアンが馬にまたがっていまにも駆け降りて来そうな、いかにも西部劇映画に出て来そうな雰囲気である。確かに、地図を見るとインディアンの保護区があちこちにある。日差しは強く気温は30℃ほどもあるが湿度が10%程度しかないため体感的にはそれほど暑さを感じない。比較的平らな地であるが標高が1500mもあるため、むしろ夜の寒さは想像以上であり、寒さに対する準備が手薄で困ったのは、砂漠は暑いだろうという私の先入観のせいであつた。

だだっ広く空気の澄んだこういう土地を利用して、パラボラアンテナを多数並べた米国立電波天文台(NRAO)のアンテナ群(VLA)があり、宇宙科学研究所の衛星「はるか」とも連携してVLBI(超長基線電波干渉計)天文観測をしているそうである。

土地柄と宇宙との関係という意味では、こちらに来てもうひとつ思ったことがある。ニューメキシコ州にある宇宙博物館には、アポロ計画の月面車が走行試験をしたという場所の説明があつた。日本の海岸の砂浜よりもっと細かい砂で覆いつくされた土地であるホワイトサンズを見ていると、きっと月面もこのような風景であろうと想像できた。つまり、砂漠を見慣れている人にとっては、月面の風景は行く前から想像できていたのかもしれない。また、この宇宙博物館には火星ローバーの走行を見せるための箱庭があつた。こしらえた火星の模擬表面はマーズパスファインダーが送ってきた火星の表面と似ていて良く出来ているなど思ったが、ふと窓の外を見たらその風景と変わりなかった。つまり、この荒れ地を見慣れている人にとっては、火星の風景は行く前から想像できていたのかもしれない。日本人にとっては月面や火星の風景は別世界であるから、そこへ人間が行くということには抵抗と非常に大

きな冒険心を抱くが、荒れ地の人にとっては月面や火星に行くことは多少の冒険心で済むのかもしれない、と。

砂漠は日本人には合わないと思つづく。最初は空気が乾燥していてすがすがしいと感じた。しかし、爽快に過ごせたのは最初の2~3日だけであつた。昼間は屋外でかなり体力を使う作業をしなければならないことが多かったが、私の鼻が低いせいから鼻の穴が乾燥し始めた。乾燥し切ったところで、今度は鼻水が止めどもなく流れ出るようになった。鼻風邪状態である。そうこうしているうちに、呼吸器系がバランスを失い、本当の風邪状態になった。風邪薬を飲むと鼻水は止まったが、風邪薬はついでに喉も一緒に乾かしてしまうため、今度は屋外で喉が渇いて渇いてしょうがない。宿舎の部屋でシャワーを使って湿度を上げたらかなり楽になった。どうやら、湿度が高い所に適した呼吸器系を持っていたのは砂漠では適応できないらしい。普段は日本の湿度が高くジメジメしていることを非難していたが、このジメジメが潤いに感じられむしろ気持ち良い。日本人は外国に行くと国粋主義者になる、といわれるが、これもその一形態であるのかもしれないと思う。

荒れ地だの砂漠だのと言つたが、とにかく広い。広いことは良いことだと思う。ちょっと小高い所から見る風景は1000km程も先まで見渡せるのではないかなと思う。東京から見る富士山の10倍は遠くまで見えていると思う。そして人工物は殆ど見えない。これは雄大な気持ちになる。日常の瑣末事などどうでも良いと思えてしまう。気持ちの洗濯をして、そして試験場に戻って瑣末事に頭を悩ますその落差は大きかつた。試験場に通う度にこの両者の気持ちを行き来することは、しかし日本では味わえないある種不思議な快感でもある。

本欄の原稿は帰国してから書くのが常である。しかし、私の場合はまだ試験期間であるので、「東奔」はしたがまだ「西走」はしていない。早く試験を終えてジメジメするほど潤いのある国に「西走」としよう。(ひぐち・けん)

スペースプレーンによる宇宙への道

棚次 亘弘

地上から地球軌道に飛行する場合、異なった二つの道が考えられる。一つは弾道軌道で、チオルコフスキー、オーベルト、ゴダード等によって提案され、この方法が実現している。もう一つは空力軌道で、ゼンガー、バリアー等によって提案され、航空機のような形態で軌道に行く方法であるが未だ実現していない。この二つの道が大きく異なる点は「地球の大気（空気）を積極的に利用するか否か」にある。前者は大気の影響が出来るだけ少ない道を選んでいるのに対して、後者は大気を機体の揚力に利用し、更に推進機関の酸化剤として利用している。前者は「ロケット」と呼ばれ、後者は「スペースプレーン」と呼ばれている。

宇宙輸送機開発の初期にはこの2つの方法が平行して試みられたが、1957年にソ連が弾道軌道によって人工衛星の打上げに成功して以来空力軌道による宇宙への道が下火になった。空力軌道の方が技術的に多くの困難な問題を抱えていたことによる。しかし、最近になって空力軌道による宇宙への道が見直されるようになった。それは民間による宇宙開発を促進する場合、コストの低減、安全性、信頼性、乗り心地の向上および環境の保全に重点を置かなければならないからである。これらの要求に応えるにはスペースプレーンによる空力軌道の方が優れた点が多い。

「スペースプレーン」と「ロケット」の大きな違いは離着陸の方法にある。ロケットはほぼ垂直に打ち上げられるが、スペースプレーンは飛行機と同様に滑走路から水平に離陸し、ロケットより小さい加速度で上昇でき、乗り心地が改善できる。また、水平離陸方式では離陸や上昇中の故障に対して回避が容易になる。更に、スペースプレーンは宇宙から帰還する場合も滑走路に水平に着陸し、機体を全て再使用することが容易になる。これによって輸送コストを低減でき、貴重な資源と労力を浪費することがなくなる。

従来のロケットの飛行状態を見ると、高度50kmまでの大気圏内で全推進剤の約60～80%を消費している。スペースシャトルの場合、全重量の約67%が液体酸素で占められている。このことから飛行中に大気中から空気を吸い込み、酸化剤として用いることによって宇宙輸送機の重量を大幅に軽減できることが分かる。このような空気吸い込み推進方式はロケットよりスペースプレーンの方が容易に利用できる。

以上のようにスペースプレーンはロケットに比べて

有利な点が多いが、現在のところ実用化には到っていない。これは空気中を高速で飛行することに伴ういくつかの困難な問題によるものである。それは空力加熱や空力抵抗の低減および大気中から空気を効率よく取り込む方法である。また、吸い込んだ空気を有効に推進力に変換する推進エンジンにも困難な問題がある。

宇宙科学研究所ではスペースプレーンに用いる推進エンジンの基礎開発研究を進めている。スペースプレーンに应用可能な空気吸い込み式推進エンジンとして多くの形式のものが提案されているが、宇宙研では比較検討の結果エアターボラムジェット（ATR）エンジンを選択した。ATRエンジンは低速飛行ではファンを用いて空気を吸い込み、高速飛行ではエンジンに飛び込む空気圧（ラム圧力）を利用して空気を吸い込む形式の複合エンジンである。宇宙研のATRエンジンは燃料の水素を空力加熱や自らの燃焼ガスを利用した再生加熱によって加熱し、その熱膨張エネルギーでタービンを駆動し、ファンを用いて大気中から空気を吸込むエキスパンダーサイクルである。このようなエンジン形式から宇宙研のATRエンジンは「ATREX」と称している。

ATREXエンジンでは燃料の水素は燃焼器内に設けた熱交換器と空気吸い込み部に設けたプリクーラーによって加熱される。特にプリクーラーは重要な役目を持ち、吸い込む空気の温度を下げることによって空気流量を増し、推力を増大し、ファンの駆動力を下げ、圧縮行程における中間冷却効果によってサイクルの熱効率を改善できる。ATREXエンジンではタービンをファンの周上に配置したチップタービン構造を採用することによって従来にない軽量コンパクトなターボ機械系になっている。

宇宙研では昭和61年からATREXエンジンの開発研究を開始し、ファン入口径が30cmのサブスケールエンジンを試作して、現在までに45回の地上・静止状態における燃焼試験によってその性能を確認した。

ATREXエンジンは離陸から高度30kmでマッハ6程度までスペースプレーンを加速することができ、その比推力は従来のロケットに比べて5～10倍程度向上できる。ATREXエンジンは2段式スペースプレーンの1段目の推進機関に应用できるものとして期待されている。

（たなつぐ・のぶひろ）



菖蒲月の一 日 — 臼田宇宙空間観測所をたずねて —

佐々木 都

「ねえ、久しぶりにアンテナにいったらいいかい？」昨日の雨もあがってすばらしいお天気、本音はアッシーがほしくて友人をさそった。

通称“アンテナ”，正確にいうと「臼田宇宙空間観測所」が出来たのは1984年，早いものでもう15年になる。当時，空気がきれいで飛行機の通過みちでないことなど，いくつかの条件があって全国には3つの候補地があったそうだが，わが町臼田が選ばれたのはうれしいことである。

このアンテナをつくる時，住民の迷惑にならないよう，登り下りの時間帯を限ったとのこと，そうした配慮が何ひとつトラブルのない工事となったことなど，当時のあれこれを思い出しながら山道をすすんだ。

アンテナまで我が家から15キロ，道はずいぶん整備されて快調に走る車を，さわやかな風が迎えてくれる。胸いっぱい吸いこむ空気のおいしいこと!!うす紅い春の色をして芽ぶくヌルデの木，白樺は光る緑にカラ松はさみどりになって，山吹と山桜はいまをさかりの花を咲かせている。山ボウシの白，ボケの紅，よもぎの青，自然は何とおしゃれなのだろう。

ツッピイツッピイと四十雀，山鳩に鶯が耳近くに啼いていた。今年は雪が多くこの道も1メートルを越える程の積雪に何度も悩まされたとのこと，あちらこちらに雪折れの樹が目についた。

あっ井戸！車を止めてもらった。古びた小屋もポンプも昔のままだが，こいでみるときしむ音がするだけで一滴の水も出てこなかった。建設工事当初は電気も水もなくて，毎日この井戸からポリ容器6つの水を持ちあげることが一日の仕事はじめだったとのこと，科学の粋を尽くすアンテナもごく原始的なことからはじまった。手を洗う水も大切に大切に扱ったことが出発点であったことに不思議な感慨をもった日のことを友人たちにはなしたことがあった。

走る車をつつむ風が急にさわやかさからひんやりとしたものになった。と，いきなり緑の合間から巨大なアンテナがみえた。何度登ってもこの山あいになくと立つアンテナをみた瞬間は感激である。さらにいく曲がりかをして現地につく。

標高1450メートル。そこに東洋一のパラボラアンテナは，まるで五月の青空にはなしかけるようにしてた

ていた。宇宙からささやきかける星の声を捉え，内之浦で，アメリカで，ロシアで衛星が打ち上がるたびに大きな役をになってきたアンテナは，いかにも誇らかな顔をしていた。

現在二棟となった観測所。初代の所長さんは太陽のような面ざしの林先生で，折り紙細工の上手な方だった。丸っこい指先を器用に動かして雀やカモメなどをいとも簡単に折ってみせた。歴代所長さんの中の西村（敏）先生はお酒がつよい方，岡本太郎先生がいらしたとき，革靴をはいたままアンテナの先端まで階段をかけのぼっていったヤンチャな岡本先生に，その夜スライドをつかってびっしりと講義をしていらした。座布団を高く積みあげた上に，どっかと坐ってグラス片手の岡本先生はその時一種の宇宙人的存在だった。おだやかな物腰に遠い深宇宙の話をしてくださった西村（純）先生，みななつかしい先生方である。

あれはいつだったか，外国のお客様との会食に地元のものをとということで鯉料理をお出しした。鯉をさばくところをみていただくのも一興かと，頃合いを見計らって厨房にご案内した。大きな包丁で手に余る鯉の背を押さえつけて頭を叩くとびっくり「ミヤコサン，フィッシュ，トン」そして続けての言葉が「オオ」だったのか「ノオ」だったのかさだかではないが，その後アメリカを往復された先生たちから「フィッシュトン，よろしく」とおことづけをいただいたりもした。

おとなしい広沢先生はじめいろいろの先生方からそれぞれにたくさんの思い出をいただいた。旅館のおかみならではの特権？にあらためて感謝をしている。

この日も研究棟の方にご案内をいただいた。屋上にのぼるとさながらパノラマのような山脈，荒船山は雲海のむこうにどっしりと静かに浮かんでいた。室内には各社の科学の最先端の器材が並んでいるのがみえる。そこに面白い（？）といっちは失礼だが，何とそれぞれの神棚が祀ってありお神酒が供えられてあった。深宇宙と神様のとり合わせに妙に心打たれた私たちだった。

外に出るとアンテナの足先には一斉に咲くたんぽぽのじゅうたん，この地にしっかりと根をおろしたパラボラアンテナを象徴しているかのように陽に輝いていた。（臼田清集館女将 ささき・みやこ）

ISASニュース

No.207 1998.6

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 0427-59-8009

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>）。