



宇宙科学研究所

1999.6 No.219



大型放球装置を用いた大気球実験（本文記事参照）

〈研究紹介〉

The NASA Rover for MUSES-C

Stephen F. Peters

Jet Propulsion Laboratory,
California Institute of Technology

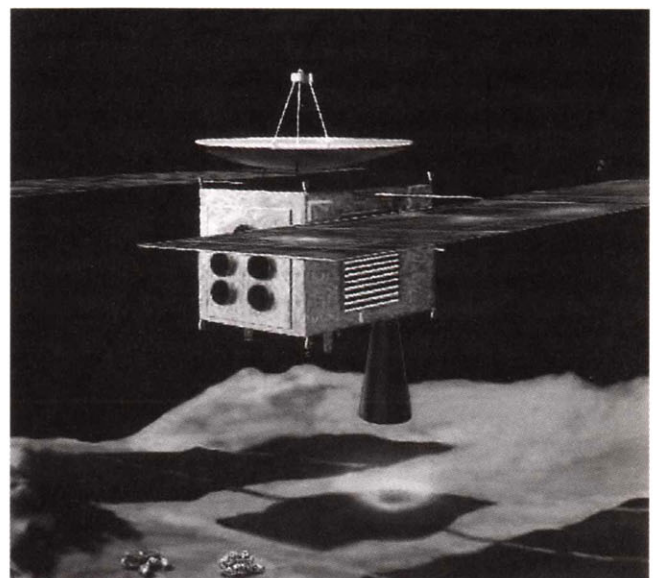
Introduction

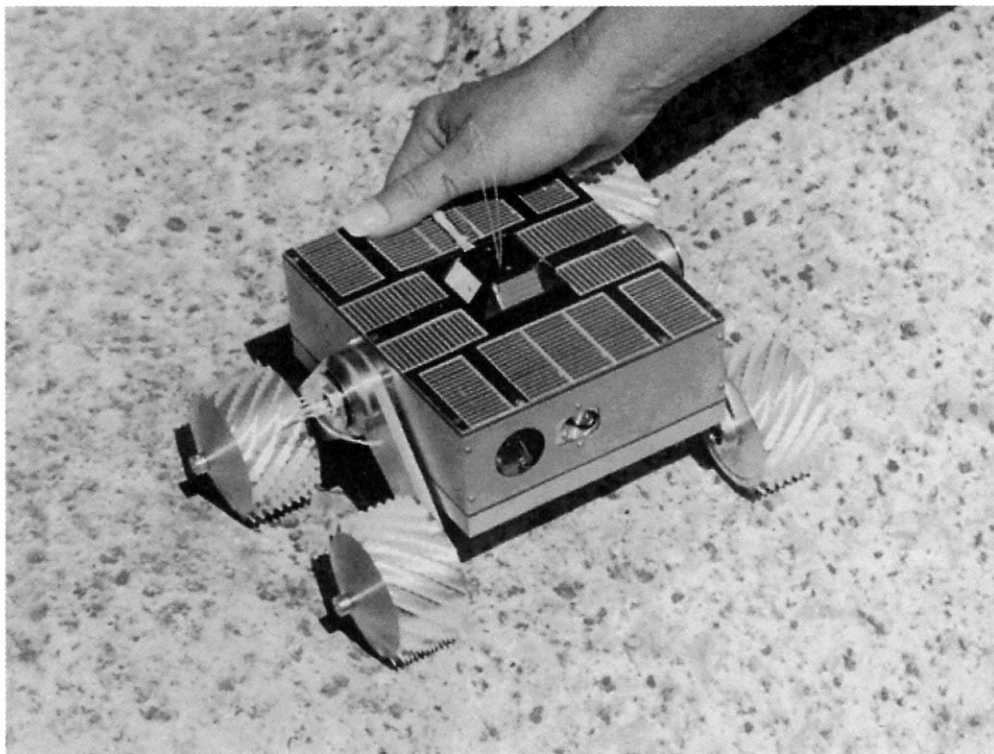
The ISAS MUSES-C spacecraft, to be launched in 2002, will execute the first asteroid sample return mission. It is also planned that the spacecraft will carry a NASA-built rover to the asteroid.

International Cooperation

ISAS and NASA are planning to cooperate on the mission in several areas.

NASA is providing a rover capable of *in-situ* scientific observations of the asteroid, Deep Space Network tracking, navigation support, testing of the ISAS return capsule heat shield at NASA's Ames Research Center, reentry targetting, and retrieval of the sample return capsule in the US.





An engineering model of the NASA rover.

ISAS is providing transportation of the NASA rover to the asteroid and command and telemetry communications through the MUSES-C spacecraft and ground system to the JPL Rover Control Workstation on site at ISAS. ISAS also will transfer a portion of the returned asteroid sample to NASA.

Both sides are providing science investigators for the MUSES-C and NASA rover instruments and for analysis of the returned sample.

The Rover

The four-wheeled rover will have a mass of approximately 1.3kg, with a body approximately 14cm x 14cm x 6cm high. The 6.5cm diameter wheels have sensors to infer contact with the asteroid surface. The rover has solar cells on all sides providing 2.9W of power at normal sun incidence angles and has no battery. It has a radio on top for command and telemetry communications with the Orbiter-Mounted Rover Equipment (OMRE) on board the MUSES-C spacecraft above the asteroid.

Release

As the MUSES-C spacecraft approaches the asteroid to take its first sample, the NASA rover will be pushed

away from the spacecraft by a mechanism in the OMRE at an angle of 10 degrees downward from the solar panels overhead. The rover will take several minutes to fall to the asteroid.

Mobility and Articulation

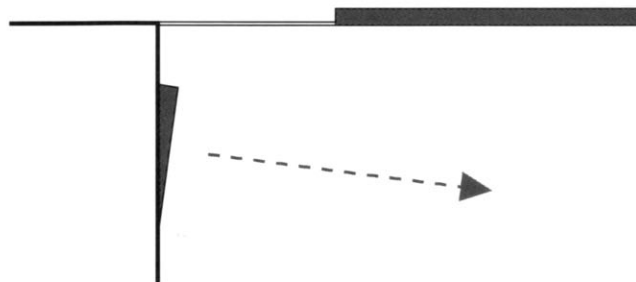
The rover wheels are mounted on struts which can rotate relative to the rover body, giving the rover the ability to orient its body in any direction relative to the surface for pointing and placement of its science instruments,

or for righting itself if it lands on its back. The struts also give the rover the ability to hop.

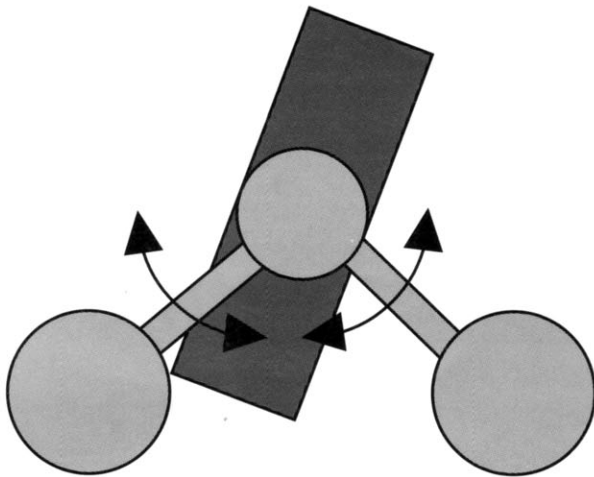
The rover uses skid-steering to turn.

Science Instruments

The rover has three science instruments: an active pixel sensor camera with actuated mirror and focussing mechanism capable of taking close-up and panoramic images, an infrared point spectrometer with a 0.9 to 1.7mm spectral range, and a spectrometer capable of determining elemental composition of the asteroid surface. The rover itself can also be used as an instrument for soil mechanics investigations.



Release of the rover below the MUSES-C solar panel.



Struts move for righting, hopping, and instrument pointing and placement.

Orbiter Mounted Rover Equipment

During launch and flight to the asteroid, the rover is held to the MUSES-C spacecraft by the OMRE. The OMRE also contains the rover release mechanism and a radio for communications with the rover when on the asteroid surface. While the OMRE is on the side of the spacecraft, the OMRE radio antenna is mounted on the bottom of the spacecraft, where the asteroid is within its field of view. The OMRE forwards rover commands and telemetry between the rover and the MUSES-C on-board data handling system.

Operations

Since the rover has no battery, it can only operate when the sun is shining directly on its solar cells during the asteroid day. The rover wakes up in the morning, communicates with the operations team at the Rover Control Workstation at ISAS through the OMRE and MUSES-C spacecraft and ground data systems, performs commanded operations and scientific observations, and falls asleep at the end of the asteroid day. Acquired data

must be transmitted to the OMRE before each asteroid night.

To plan the rover's asteroid day of activities, rover instrument scientists and the rover operations team will make extensive use of images and models of the asteroid derived from observations made by science instruments on board the MUSES-C spacecraft.

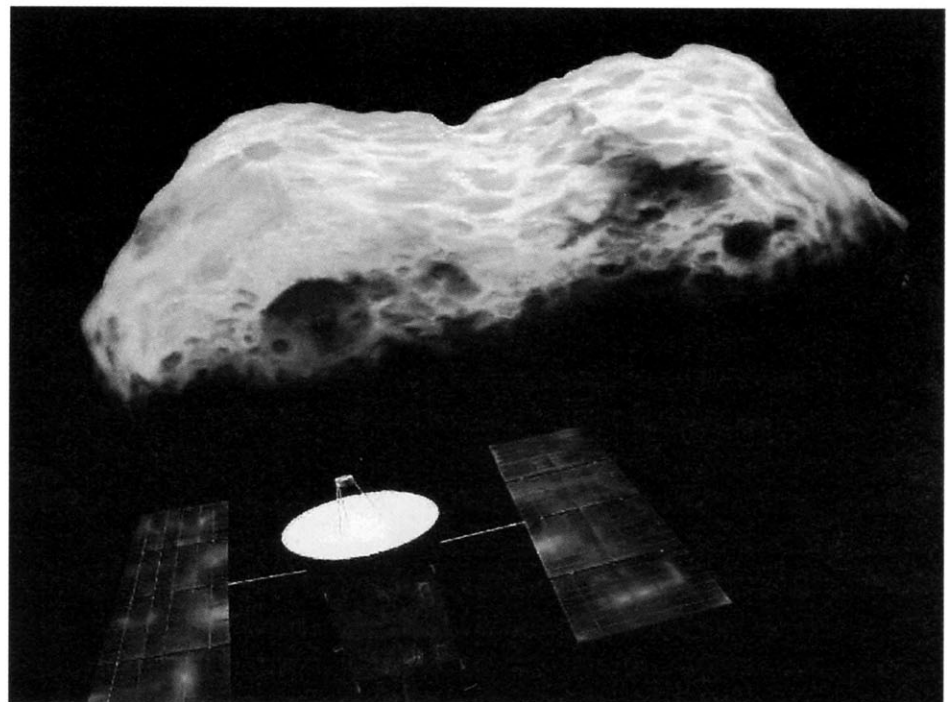
Acknowledgment

The research described in this article is being performed by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, and is sponsored by the National Aeronautics and Space Administration, Office of Space Science.

Reference

R. Jones, et al., "NASA ISAS Collaboration on the ISAS MUSES-C Asteroid Sample Return Mission," 98 IAA-L98-0506, Third IAA International Conference on Low Cost Planetary Missions, April 27-May 1, 1998, California Institute of Technology, Pasadena, California.

(スティーヴン・ピーターズ)



お知らせ



★宇宙科学研究所一般公開

日 時：平成11年7月31日（土）午前10時～午後4時30分
 場 所：宇宙科学研究所相模原キャンパス 神奈川県相模原市由野台3-1-1
 公 開：衛星模型展示・各研究プロジェクトの紹介
 ミニミニ宇宙学校・映画上映、水ロケット作成・実演、他
 問合せ先：宇宙科学研究所庶務課企画・広報係
 TEL：042-759-8008（ダイヤルイン） 内線8008, 6002

★人事異動（教官）

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現（旧）職等
		（採 用）	
11. 5.16	や の 矢 野 はじめ 創	惑星研究系助手	

★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	1 5 10 15 20 25 30
M-V-4 M-24TVCシステム試験 (日産)	計器噛合せ (ISAS)
ASTRO-E 電気I/F試験 (ISAS)	熱真空試験準備 (ISAS)
EOB伸展試験準備 (ISAS)	熱真空試験 (ISAS)
DASH 第1次計器噛合せ (ISAS)	
カプセル単体評価試験 (ISAS)	
MT-135-70,71 噛合せ (ISAS)	パラシュート組込 (ISAS)
	第2次大気球実験 (SBC)

★「はるか」の現状



「はるか」は、6月17日現在で、打ち上げから855日経過し、約280あまりの観測を消化しています。現在、ほぼ、1日1観測のペースで観測を行っています。「はるか」の場合、観測してから観測結果が画像として出てくるまでには、数ヵ月から1年近くの時間がかかりますので、ちょうど現在が、続々と新しい画像がでてきており、ミッションとしては一番楽しい時期です。

「はるか」を使ったVSOP観測は、世界中の協力者によって支えられています。現在、観測に参加してもらっている国は、相関処理施設を持っている米国、カナダをはじめ、豪州、欧州8カ国、中国、南アフリカ

の国々で、それぞれの望遠鏡を使わせてもらっています。観測データも世界を飛び回り、豪州で観測したデータを、国立天文台三鷹、宇宙研臼田でデータの媒体変換、相関処理を米国で行い、相関結果を欧州のPIが画像にするというような観測もあります。1つの観測を遂行するのに世界中の人々が苦勞して運用を続けます。それらの苦勞の成果の一部として、<http://www.vsop.isas.ac.jp/>から[Images]を選択していただければ、20あまりの「はるか」によって観測した天体画像を見ることができます。これらは、結果が出ている画像のうち、観測提案者のご好意により、掲載しているものです。このページが今後、どんどん増えて行くことになると思います。（村田泰宏）

★ASTRO-E総合試験

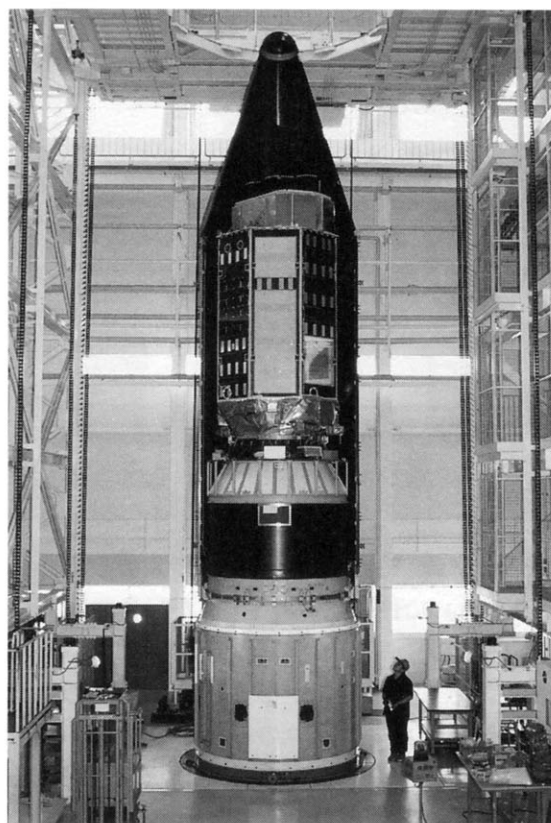
今年3月初めから始まったASTRO-EのFM総合試験がC棟クリーンルームで進行中である。現在のところ大きな問題は出ておらず、順調に試験は進められている。C棟での試験と並行して、5月12日より24日にかけて、日産・富岡工場において、ロケット頭胴部への衛星仮組立試験が行なわれた。この試験には、下部構造とEOB（伸展光学ベンチ）がフライト品、側面パネルが構造モデルからなる、機械的に実衛星と同等なモデルが使用された。試験の主な目的は、衛星とロケットとのインターフェースおよび組み付け手順の確認、衛星とノーズフェアリングとの干渉のチェック、および組み付け後に行なう作業の作業性の確認である。ASTRO-E衛星は宇宙研の他衛星と比べても特に大型で、フェアリングとの干渉に関しても、ぎりぎりの設計がなされている。特に、EOB最上面に取り付けられたサンシェード部の形はmm単位で入念に設計されたものであるため、確認作業は慎重に行なわれた。現在詳細な解析が行なわれているが、ほぼ設計通りのクリアランスが確保できていることが確認された。頭胴部仮組立に使われた衛星フライト品は5月末には宇宙研C棟に戻され、その後の試験に参加する。総合試験は11月末まで続く。期待される科学的成果に熱い思いを馳せながら、来年1月の打ち上げの成功に向け、チーム全員が一丸となって努力を続けている。（上田佳宏）



★M-V型ロケット4号機の仮組立作業順調に進行中

来年1月にX線天文衛星を打ち上げるM-V型ロケット4号機の仮組立が終わりに近づいている。仮組立は、推進薬を充填する以前のモータケース、段間接手部、計器搭載部、ノズル、姿勢制御部、搭載機器、ノーズフェアリング等々を仮組立して、問題なく組み立てることができることを確認すると共に、計装配線ルートやケーブル長さを決定、確認する等の作業を行うものである。仮組立は、作業場所の高さの制約などから、第1段部分、第2段部分、頭胴部分に分けて行っている。第1段部分の仮組立は、本年1月から2月にかけて行い、第2段部分は4月に終了している。現在進行中の頭胴部仮組立は4月19日から行ってきたが、作業は順調に進み、5月17日にはASTRO-E衛星を搭載した上でノーズフェアリングを被せ、問題のないことを確認している。今後頭胴部は再分解されるが、予定通り5月25日にすべての作業が終了する見込みである。仮組立は毎号機日産自動車(株)の工場で行っているが、M-V-4号機は昨年移転した群馬県富岡市の新工場で行われている。従来の荻窪工場と比べ交通事情が大きく変わり、当初はとまどう様子も見られたが、関係者各自の覚悟と工夫が行き届いたかに見える昨今である。

（小野田淳次郎）



★平成11年度第1次大気球実験始まる

平成11年度第1次大気球実験は、平成11年5月10日より約20日間の予定でB3-1、B100-6、B150-4の3機の大気球および測風用小型気球3機程度を三陸大気球観測所から放球する予定である。平成11年度の1号機として、B3-1号機が5月15日7時14分に放球された。この実験の目的は、新たな気球の形状設計に基づいて製作した排気口を持たないスーパープレッシャー気球の飛翔性能試験であった。気球は高度19kmにおいて水平浮遊状態に入り、日本で初めてのスーパープレッシャー気球となり、初期の目的を果たすとともに将来の大型スーパープレッシャー気球を実現するために、この形状設計方式が有効であることが実証された。

三陸大気球観測所は昨年度、放球場の拡張および気球組立室の増設が行われた。気球組立室は、床面積が約114m²、高さが約14mであり、室内には揚程10m、最大荷重2トンのクレーン2機が備えられている。この気球組立室の完成により、超軽量気球BT5型まで室内でガス注入が可能となった。また、放球場は先端部分が長さ20m、幅18mの拡張が行われ、その中心部に直径6mの回転テーブルが設置されている。回転テーブルの上に総浮力2トンまでの気球が放球可能な昇降機付き放球装置が備え付けられている。この後計画されている2機の大気球実験中に、気球を用いて新たな放球放置の放球試験を行う。この放球場の拡張によって、B500型気球（容積50万立米）まで安全に放球できるでしょう。（山上隆正）



★Coronal Mass Ejection の発生は予測できるか？

「ようこう」の最新成果でNASAが記者発表

1989年5月13日、カナダのケベック州で大規模な停電が発生、数10万の市民が影響を受けた。太陽コロナから噴き出されたプラズマの塊が地球磁気圏に衝突、激しい磁気嵐が引き起こされたことが引き金となって、送電線網の変圧器が破壊されたのだ。

太陽からのプラズマの塊の噴出現象“Coronal Mass Ejection”（CME）は平均して毎日1回程度起きているが、大停電を引き起こすほど激しいものは、幸い滅多には起こらない。それでも、CMEに起因すると見られる人工衛星の故障はたびたび起きているし、将来的にはCMEに伴ってやってくる超高エネルギー粒子が火星に旅する宇宙飛行士の命を脅かすことも心配しくはならない。

「ようこう」の軟X線望遠鏡（SXT）により、このCMEの予測につながる成果が得られ、3月9日、NASAが記者会見をして発表した。SXTでは直接的にはCMEを観測できない。他方、米・欧共同のSOHO衛星にはCMEを観測するための装置LASCOが搭載されているが、SOHOは高温コロナの観測が不得手である。そこで、「ようこう」の宇宙研駐在の研究員のスターリングとハドソンは、両衛星の観測結果を比較して、CMEを起こすコロナの特徴的な形状を探し、S字形をした活動領域上空のコロナが「とんがり帽子」のような三角形（カスプ形状）に変わるときに、CMEが起ることを突き止めた。モンタナ州立大学のキャンフィールドらは、この研究を引き継ぎ、(i) S字形の領域はカスプ形状へと形を変えることが多い、(ii) 非S字形領域ではカスプ形状に変わることは少ない、(iii) 領域面積が大きいほどカスプ形状を作る割合が大きくなる、ことを見つけた。これらの研究により、カスプ形状の生成はCME発生と直結しており、CME発生はS字形をした活動領域コロナから予測できるという予備的な結論が得られた。

サインは「S」——これは今回の記者発表を報じた『朝日新聞』（3月10日夕刊）の見出しだが、今後の研究の発展によっては、CMEが発生数日前に予測できるようになるかもしれない。

（Alphonse Sterling & Yokkoh Team）

★「内之浦」「相模原」が小惑星に

さる4月2日づけの“Minor Planets Circular”によれば、このたび小惑星に「内之浦」「相模原」という名前がつけられたとのこと。いずれの小惑星も、小惑星発見の名コンビである北海道・北見の円館金さんと渡辺和郎さんが見つけたものです。「内之浦」と命名されたのは7342番の小惑星で、1992FB1と呼ばれていたもの、「相模原」と命名されたのは7435番で、1994CZ1と呼ばれていたものです。夜空に宇宙科学研究所ゆかりの地名の星が飛んでいるなんて楽しいですね。

（的川泰宣）

宇宙を 第4回 探る

宇宙からのX線をとらえる検出器

田原 譲

今回は宇宙からのX線を検出するセンサーについてどんなものが使われているかを概観してみることにしましょう。大気圏外に出て宇宙を眺めると、もし我々の目がX線に感じるなら、天空は全体にぼーっと光っているのが見えるでしょう。しかしそのX線の明るさは、例えばX線衛星「あすか」の一つの望遠鏡でX線を集めたとして、X線の光子は3秒に1個の割合で検出できるほどです。したがって宇宙X線の観測には、X線の光子一つ一つを確実に捕まえられるような光子計数型検出器が必要になります。

光子計数型検出器にはアルゴンなどの希ガスを用いるもの、シリコンなどの半導体を用いるもの、などいろいろな種類がありますが、X線がこれらの検出器に入ってきて最初に起こすのは、主として光電効果という現象です。これによってX線はそのエネルギーをいったん電子に与えその電子が検出器の中で起こす現象を通じて最終的に電気パルスとして取り出すのが光子計数型検出器の基本原理です。

このような検出器の中で、X線天文学の歴史上最もよく使われた検出器はガス比例計数管です。これは金属の容器の中に容器と電氣的に絶縁された数十ミクロンの非常に細い金属の線を張り、ここに千ボルト程度の高電圧をかけ、容器内に希ガスを封入したもので、比較的簡単な構造のため大型化が容易です。本格的なX線望遠鏡が使われるようになってきた現在では、衛星の搭載装置としてはほとんど使われなくなってきてしまいましたが、実験室ではまだまだ活躍しています。日本で最初に打ち上げられたX線天文衛星「はくちょう」では、最もオーソドックスな比例計数管が搭載されました。また日本で3番目のX線衛星「ぎんが」では1台の入射窓の大きさが20cm×60cmという大型の比例計数管が搭載され、その高い感度を活かし遠方の活動的銀河核の観測などに活躍しました。

通常の比例計数管のエネルギー分解能は鉄原子のK X線（6-7keV）で1keV程度ですがこれは検出器ガス中に最初に生じたイオン・電子対の数のゆらぎと芯線の周りで起こすガス増幅に伴う揺らぎで決まっています。このうち後者のプロセスを、揺らぎの生じない光増幅に変えたガス蛍光比例計数管は約2倍の優れたエネルギー分解能を持っています。X線衛星「てんま」ではこのガス蛍光比例計数管が搭載され、世界に先駆け様々な天体からの鉄KX線の観測に威力を発揮しました。さらに「あすか」衛星ではこのガス蛍光比例計数管を位置検出の出来るタイプに改良したものが、4台のX線望遠鏡の内2台の焦点面検出器として搭載されています。次に述べるCCDに比べるとエネルギー分解能

では劣りますが、ほぼ2倍の大きな視野と10keV迄の高いX線検出感度を持っているため、特に銀河団など広がっていて鉄のKX線を示す様な天体の観測で活躍しています。

半導体検出器はガスの検出器に比べると、X線から信号となる電子への変換の効率が非常に高いため優れたエネルギー分解能が期待されます。従来からX線も含めた放射線の検出器として実験室ではよく使われてきましたが、雑音となる電子を減らすためには低温で使う必要があること、素子の製作には専用の高額な装置と技術が必要であること、などのために衛星搭載用の検出器としての実用化には時間がかかりました。最初のX線望遠鏡を搭載したアメリカのアインシュタイン衛星は単素子のリチウム・ドリフト型シリコン半導体検出器が使われましたが、単素子のためイメージング機能はありませんでした。

本格的イメージング機能と高いエネルギー分解能を兼ね備えた半導体検出器は、家庭用ビデオカメラなどでよく知られているCCDをX線観測用に特別に開発したX線CCDカメラで、衛星搭載用として最初の検出器は「あすか」に2台搭載されたSIS（固体撮像型X線分光装置）です。鉄KX線でのエネルギー分解能は130eVで通常の比例計数管の約10倍の性能に相当します。この検出器を用いて「あすか」では、超新星残骸における重元素の分布やガスの運動の様子を詳しく調べるのに役立っています。この実績をもとに2000年に打ち上げ予定のASTRO-EではX線CCDが4台搭載される予定です。

このほか、さらに高いエネルギー分解能を目指したX線検出器にはX線マイクロ・カロリメータがあります。この検出器は超低温（絶対温度0.1K程度）に冷却された素子にX線が入射したとき、X線のエネルギーの吸収によって生じた素子の温度上昇を電気抵抗の変化として読み出すものです。ASTRO-E衛星に搭載予定のXRS（X線分光検出器システム）ではこれまでの地上試験で「あすか」CCDのほぼ10倍のエネルギー分解能（鉄KX線で約10eV）が達成されています。

このタイプのX線検出器では、さらに素子を超電導状態において、X線の入射に伴って超電導が崩れる事を検出することにより、さらに高いエネルギー分解能が期待されるTES（トランジション・エッジ・センサ）と呼ばれる検出器の開発が進んでいます。これが実現すると可視光の高分散分光並の分解能（ E/dE ＝数千）が得られることになり、X線放射プラズマの精密分光が進むと期待されます。（たわら・ゆずる）

私は今、文部省在外研究員として99年8月までの予定でカリフォルニア工科大学（Caltech）/米国航空宇宙局（NASA）ジェット推進研究所（JPL）に滞在しています。JPLは、その正式名称が示すように、大学の研究所でありながら主にNASAの予算で運営されているという組織となっています。そのため、基本的には大学と同様な学問の自由を確保しながらNASAの要求する機密情報管理をどうするかという問題をかかえており、そのしわよせが私のような外国人研究者に来ているように思います。すなわち、私がJPLに滞在して研究をするためには非常にたくさんの手続きが必要で、多くの方々のご尽力のもと、やっと実現いたしました。また外国人訪問者がJPL内に入るためには、常勤の職員が常にエスコートする必要がある、私にはその資格が無いので、「JPLを見学したい」と言ってきた学生さん等はお断りせざるを得ませんでした。

私の滞在しているHadaegh博士の研究グループは、主に探査機の姿勢軌道制御に関する基礎的な研究を行っていたので、比較的自由に大変有益な議論をすることはできましたが、そこで知り得た情報はJPLのSecurity Officeの許可無く国外に伝えることはできません。従って本稿でも、研究内容に関する話は触れないことにします。

宇宙研から在外研究員としてJPLに滞在した人は多く、本欄でも多くのことが書かれていますので、私は先人とは違った側面について書きましょう。

私の滞在期間は、日本は不況のどん底だったのに対してアメリカは史上最高とも言える好景気、とうとう日米の失業率まで逆転しました。おかげで日本人＝お金持ちと見られることもなく、治安も比較的良くて安心して生活できる反面、なんとなく肩身の狭い思いを感じました。車にしても、高級車に見られるといけなからわざと洗車はしないのだと聞いていましたが、実際は、週末など洗車場は列をなし、みな愛車をびかびかに磨き上げています。

1999年という年も特殊な年です。一般的な世紀末感とは別としても、Y2K（コンピュータの2000年問題）で街中大騒ぎです。1月1日には多くの都市機能が麻痺すると想定して、数日間は生活できるサバイバルグッズが売られているようです。JPLでも、所内に存在するすべてのコンピュータについて2000年問題に対応して

いるかチェックし、対策を講じています。宇宙研でも衛星運用に使う主要な計算機は既に対応済みですが、秘書さんが使うワープロまでは徹底してはいないのが実状ではないでしょうか。JPLでは担当の専門職員が大勢いるからこそこのような徹底した管理ができるわけで、情報解析関係の研究者等が併任で計算機管理をしている宇宙研とは層の厚さの違いを感じます。

天候も今年は異常です。ここロスアンゼルス近郊は滅多に雨が降らず、一年中暖かいことで知られているのですが、今年は晴れる日は週の半分程度。この原稿を書いている5月末現在、雨季はとくに終わっているはずなのに、未だに時々雨が降ります。気温も東京よりも低く、過ごしやすいのは良いのですが、ちょっとカリフォルニアという雰囲気では無くなっています。

もう一つの私の特殊事情は、1才の子供連れだった点です。学校の心配等はいらないのですが、異国での子育てには気を使いました。一般にはベビー用品はアメリカの方が先進国と見られがちですが、確かに日本ではあまり見たことがない優れものがある反面、日本にあるものが手に入らず、日本から送ってもらっているものもあります。この話は長くなるので下記のwebページを参照下さい。

総じてみると、カリフォルニアでの生活は現在の日本と大差は無くなっており、日本の製品、食品等も手に入る物が多いですが、微妙なところに違いがあります。そこが苦勞する点でもあり、興味深い点でもあります。これはJPLでの研究についても言えることで、彼らの考えていることは我々と驚くほどそっくりです。つまり宇宙研の将来計画の方向は間違っていないと言う自信を持ちました。しかしそれを実現する体制、合理的な考え方には大きな違いがあり、大いに参考になります。

生活の立上げに予想以上に時間がかかり、気がつくくと滞在期間はあと3ヶ月しかありません。これから毎週末旅行やテーマパークに出かけても限りがあり、γが動かさないだけに衛星開発以上の綿密なスケジュールリングおよびその実行が必要になっています。

なお、限られた紙面で書ききれなかったことは<http://web.nnl.isas.ac.jp/~hasimoto/ISASnews9906/CAreport.html>に載せておきますので、ご興味のある方はアクセスしてみてください。（はしもと・たつあき）

再突入物体まわりの熱い流れ

東京大学大学院新領域創成科学研究科 鈴木 宏二郎

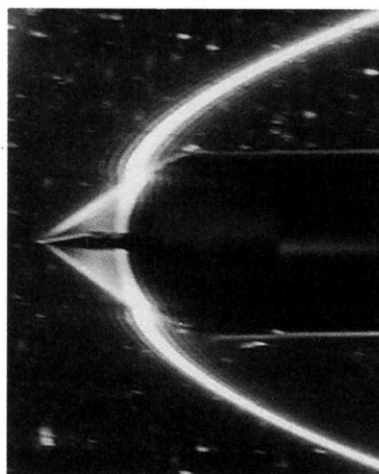
空力関係のシリーズの2回目と言うことで、今回はホットな流れのはなしをしたいと思います。地上に帰還してきた再突入機の表面が黒焦げになっているのは、写真や博物館の展示などでおなじみだと思います。これは、宇宙機が極超音速（ハイパーソニック）と呼ばれるたいへん速い速度で大気を駆け抜けていった証です。大気への再突入速度は、地球周回衛星で秒速約8キロ、MUSES-Cの回収カプセルのように惑星間軌道から直接入ってくる場合は実に秒速10キロ以上になります。このような非日常的な流れを、風洞（写真）を含め様々な特殊実験装置とコンピューター、それに少々の想像力を補って研究していくのが極超音速熱空気力学と呼ばれる分野です。

衛星が猛スピードで大気中を飛行するかわりに、静止した衛星に空気が猛スピードでぶつかっていくと考えましょう。空気は機体前方で堰止められ大変強い衝撃波を作ります。その後方では持て余したエネルギーで超高温の空気が作られます。秒速12キロでは1万度を越えるでしょう。衛星はこの高温ガスに包まれることになります。この熱が伝わり「空力加熱」として衛星表面を黒焦げにするわけです。さらに、空気は高温になるとまるで電気ストーブのように光り出し表面をあぶることになります。再突入機の熱防御システムの点から、空力加熱は極超音速空気力学の再重要テーマのひとつです。

極超音速流とはどんな流れか、私なりの印象をひとことで言うと「たいへん雑然とした流れである」となるのでしょうか。その場の状況に応じて様々な現象が絡み合い、たとえば理想気体の流体力学が持つ整然とした美しさに欠けると言う意味です。具体的に説明しましょう。機体は超高温のガスで包まれると言いましたが、そこでは当然化学反応が起こります。分子は原子に解離し、あるいは電子が飛び出してイオンとなったりしてガスの成分が変わります。この電子によって通信に障害が出るのが有名なブラックアウトです。一方、高温では分子が伸び縮みなど様々な運動を始めるため（内部エネルギーモードの励起）気体の性質が変わってしまいます。しかも、流速が大変速いのでこれらの現象は完結せず中途半端のまま流れ去ってしまうことになります。これは非平衡と言って流れているからこ

そ起こる動的な現象です。さらに、機体表面の状態も重要です。高温でばらばらにされた気体原子が表面の作用で分子に再び戻ったとします。このとき大量の反応熱を出しますから空力加熱は一気に上昇することになります。これは、壁の触媒性効果と言って空力加熱の予測を難しくする要因です。空力加熱防御の鎧としてアブレタと呼ばれる樹脂を使えば、その熱分解で生じるガスの噴出による効果も考えなければならいでしょう。しかも、機体表面の問題は材料のことですから、流体力学の枠組みだけでは解決できず統合的なアプローチが必要です。一方、熱でやられた表面はボロボロなっていますからそれによって流れが乱されることも考えなければなりません。乱流になると空力加熱が飛躍的にアップしてしまいます。これは、熱いお風呂にそおーっと入るのと、そばで誰かにお湯をかき混ぜられるのたとえを想像して頂ければわかると思います。さらに、流れているのはガスだけではなく。機体表面が損傷し千切れてダストとなって飛んでいくかも知れません。火星では砂嵐の砂も飛び込んで来でしょう。

このように再突入機まわりの超高速流れは、美しさには欠けますが、そのプロセスの綾をひとつひとつ解いていく楽しみを与えてくれます。厄介物、空力加熱の産みの親とも言える極超音速流れですが、サンプルリターンや再使用型ロケットなど近未来の宇宙活動において避けては通れない研究分野として、しばらくは目が離せそうにありません。（すずき・こうじろう）



スパイクによる鈍頭物体の空気抵抗軽減
（駒場極超音速風洞、マッハ数7、シュリーレン法）



スピンオフのフィットネス

名古屋大学大学院工学研究科 藤原 俊 隆

早いもので、宇宙研運営協議員に任じられて8年間が過ぎ、その間宇宙研の諸先生方や事務の方に親切にして頂いて、宇宙研訪問を大変楽しく過し、且つ宇宙研の運営が少し分る様になった。8年前には僕も52才で随分若く体力も有ったのだが、その後の体重増加とスタミナ減少問題に対処する為に、3年半前から始めたのがフィットネスである。

宇宙飛行士が数日間も宇宙の無重量状態に晒されている間、特別のマシンで筋肉やカルシウムの脱落や筋力低下を防いでいる事は、既に良く知られている事実だが、この筋肉トレーニングがスピンオフして、現在日本でも運動不足の都会人間の間に大流行しているフィットネスになった事が、一般人には意外に知られていないのでは無かろうか。宇宙研の方々はそれを知識として御存知でも、時間が無くて仲々プレー出来ない、と言うのが現状だろう。そんな訳で、フィットネスについて、ここで僕の多少の経験を披露させて頂く。

フィットネスクラブに入ると、西も東も分らない新入会員に対して、担当インストラクターが、まるでホームドクターの様に各会員に対して割当てられる。この担当インストラクターは会員の目的、体力、年齢、性別等に応じて、フィットネスメニューの作成を手伝って呉れるのだが、ここでも熱心に自分の考えを述べたり、絶えざるコミュニケーションに勤めれば、紆余曲折の後に自分に合った良いメニューが出来上がる。最大筋力値を色々なマシンについて測定し、その8割程度の荷重で10回繰返すのを1セットとし、1日に3セット位繰返すのが良いと教えられたにもかかわらず、これは相当厳しく、1日1-2セットに減らす事も頻繁に有るが、その日の体調によって増減するのはむしろ望ましいとの事だった。クラブで貰えるカルテ上に毎回のプレー内容を詳細に記録すると、徐々に体力が向上し、体重や体脂肪率が減少して行くのが見えて仲々楽しく、プレー中の辛さを忘れさせて呉れる。余り激しく辛いレベルの運動は無酸素運動になってしまい、長

期的に見るとむしろ有害なので、避けるべきとの事だった。その点エアロビクスは理想的だ。

僕のクラブでは、各種器具を用いるマシンジム、60分間体を動かし続ける各種エアロビクス、水泳と水中エアロと水中歩行のプール種目、バスケットやスカッシュ等の球技、ジャクージやサウナでの発汗と、多種多様の運動が準備されて居り、至れり尽せりのサービス競争を感じる。サウナでも温度が正確に92-98℃に維持され、街のサウナよりも清潔低温で、僕は7分間と決めている。僕が推奨したいジム種目はステップマシンで、走行よりも激しくてカロリー消費と発汗が多いにも拘わらず、膝を痛めずに脚や腹筋を鍛え、呼吸器や循環器の鍛錬になる運動で、僕はレベル6-8で30分以上費している。

ストレッチの重要性を知ったのも、このクラブが最初であった。始めに何回かストレッチを省略して帰宅した事が有ったが、翌日の筋肉痛がひどかった。どんなに厳しいプレーをしても、クールダウン・ストレッチをきちんと行えば、体に疲労感が残っても決して筋肉痛は残らず、筋肉に柔軟性が残っている。翌日のテニスにも準備運動は全く要らない。

行きつけのトンカツ屋の主人が、僕に会う度に質問は「何時になったら宇宙旅行に連れてって貰えるかね、私はその為に1千万円以上使っても全然惜しく無いんだよ。死ぬ前に一度軌道から地球を見てみたいものだ」なのだ。「宇宙旅行へは近い中に行けるだろうけど、今の宇宙技術レベルでは、体力の弱い人には無理だろうから、せめてフィットネスにでも行って、五体を丈夫にして置くんだね」としか返事出来ない。そんな事よりも、フィットネスで体力と智力(怪しい)を鍛えて置けば、高年齢者の宇宙飛行士に、僕自身がなれるかも知れないではないか。こんな夢を持ちながら、週3回はフィットネスに行く。

(ふじわら・としたか)

ISASニュース

No.219 1999.6

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 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>)。