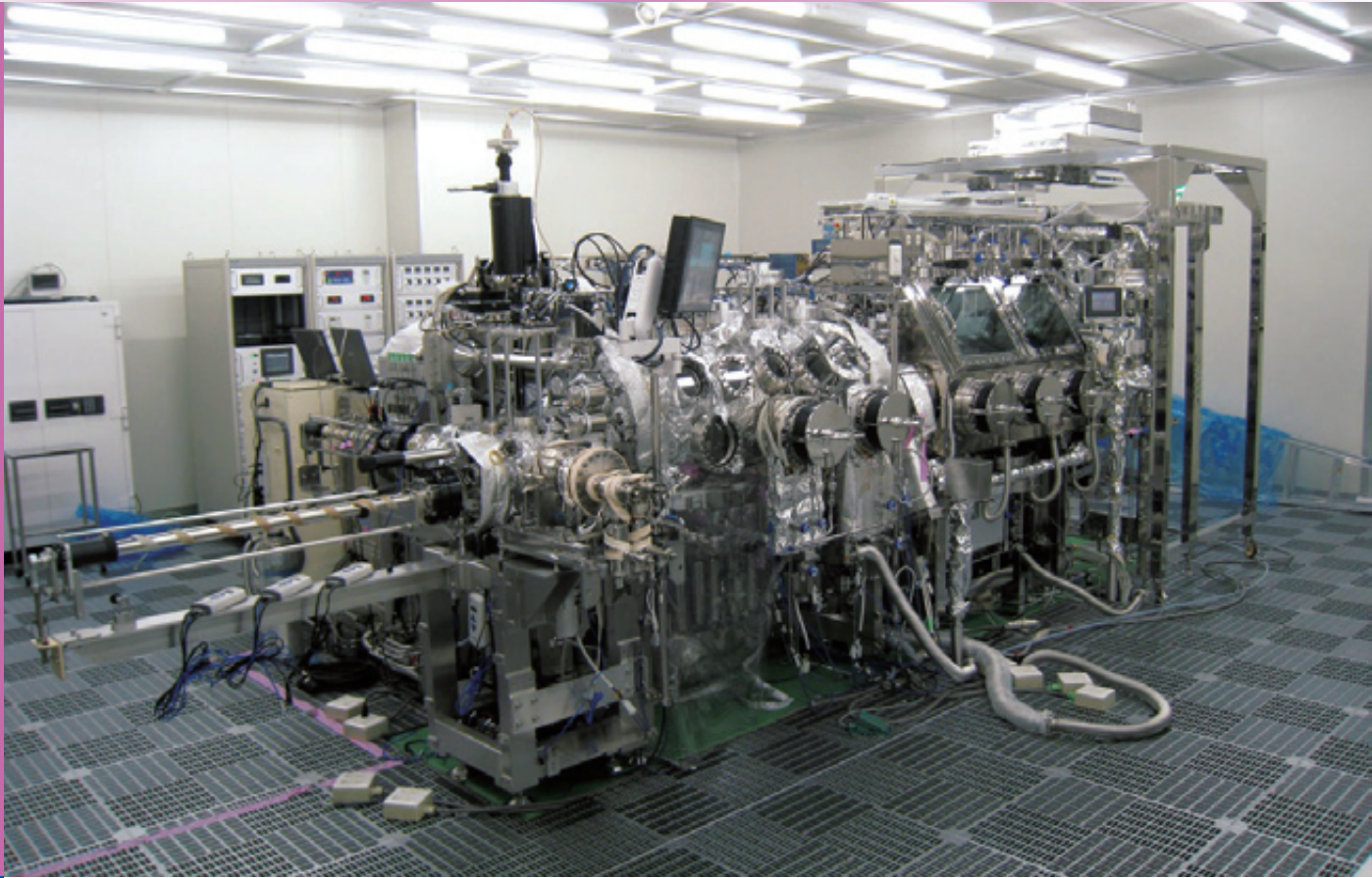




惑星物質試料受け入れ設備のクリーンチャンバー

宇宙科学最前線

割れても割れないセラミックス 繊維強化セラミックス，繊維強化炭素複合材料

後藤 健

宇宙構造・材料工学研究系 准教授

はじめに

硬くてろいという認識が一般的なセラミックスや炭（炭素）を、くぎを打っても壊れないようにした、信頼性のある繊維強化複合材料の研究を実施しています。くぎを打てるということは、材料の内部の損傷を許容できることを意味します。セラミックスや炭素はもろく、材料の内部の損傷を許容することができません。セラミックスやガラスのような脆性破壊を起こす材料で構成される構造体では、大きな亀裂を含んでいるものや表面に傷のあるものは、低い強度になってしまうのです。一方、金属材料のような損傷許容性のある材料では、一定の大きさまでの表面の傷や内部の欠陥は、構造体の強度には影響しません。

以下では、セラミックスや炭素に損傷許容性を持たせる手法について解説します。

損傷許容性を付与する方法

セラミックスや炭素は、金属材料では実現不可能な耐熱性、耐薬品性などの優れた特性を持ちます。また、これらの優れた特性は、材料の原子レベルでの微細構造や原子の結合状態などに起因しています。しかし、原子の結合力が強く、変形しにくいということは、破壊様式は脆性的になります。では、炭化ケイ素(SiC)の複合材料を例に取り、セラミックスに損傷許容性を付与する手法について解説します。

SiCは、ダイヤモンド、炭化ホウ素に次ぐ硬さを持つ共有結合性の結晶であり、常温では塑性変形

しません。SiC単体のいわゆるセラミックスでは、1500℃以上でも安定であり、切削工具などに広く使用されています。SiCの安定性を用いて損傷許容性を持たせるためには、セラミックスの内部や表面に破壊が発生しても全体が破壊しないようにしなければなりません。そのためには、破壊する単位を小さくして、束ねたもので構造を形成することが有効です。その結果、強度ばらつきが大きいセラミックスでも、全体では強度ばらつきの小さい信頼性のある材料になります。また、それぞれの破壊ユニットを小さくすることにより、それぞれの内部、表面に存在する亀裂や欠陥が小さくなり、セラミックスの強度が大きくなる効果も併せ持ちます。これまでに、日本独自の技術により、直径数 μm から数十 μm の高強度で破断伸びの大きいSiCや炭素の繊維が開発されています。これらの繊維を利用することで、繊維の一本一本は脆性的に破壊するものの、繊維を数千本から数万本束ねた繊維束は脆性的な破壊をしなくなります。

しかし繊維では、ロープや織物をつくれますが、構造体を形成することはできません。構造体とするためには織物をセラミックスで固めて、複合材料にする必要があります。繊維の織物をセラミックスで固める方法には、(1)ガスからの反応による方法、(2)SiやCを骨格に持つ樹脂を高温で分解する方法、(3)金属(Si)を溶融して、内部の炭素と反応させる手法があります。これらの手法および組み合わせを用いて複合材料にすることにより、損傷許容性を持つセラミックスになります。

図1は、繊維強化セラミックスとセラミックスの変形、破壊様式について示したものです。図の縦軸は単位面積当たりに作用する引張り力(応力)で、横軸は無次元化した変形量(ひずみ)です。二つの材料を比較すると、セラミックスは弾性率、強度は大きいですが、破壊は脆性的であり、破壊ひずみも小さくなります。繊維強化セラミックスでは、弾性率、強度はセラミックスには及びませんが、破壊ひずみが大きく、破壊までに小さな亀裂が材料内部に

累積する破壊様式となります。繊維強化セラミックスでは、繊維を固めているセラミックス(マトリックス)はセラミックスと同様の脆性的な破壊挙動を示しますが、その亀裂が繊維を切らないように材料を設計し、損傷許容性を確保します。その結果、破断面は図2に示すように、ほうきの先のような繊維が突き出した状態になります。材料設計ができていない場合は、セラミックス繊維が周囲のセラミックスと一緒に破壊してしまい、破断面が平坦なものになり、破壊が脆性的になります。繊維を破壊しないようにマトリックスとの接着性を弱める、繊維—マトリックスの界面の設計が、セラミックス複合材料の性能を決定します。最も損傷許容性を持つセラミックス複合材料では、切り欠きを入れた試験片の強度が、切り欠きのない部分のみで考えた強度と同等になるという、切り欠き敏感性がまったくない材料を作製することも可能です。

繊維—マトリックス界面

では、どのような繊維—マトリックス界面にすればよいのでしょうか。最も必要な特性は、マトリックス(繊維を固めているセラミックス)が破壊しても繊維を切らないことです。そのための目安は、マトリックスと繊維の壊れにくさの指標の比で表されます。壊れにくさの指標として、エネルギー開放率と呼ばれる破壊力学で使用する数値を用います。エネルギー開放率という値は、単位面積当たりの亀裂をつくるのに費やされるエネルギーのことです。エネルギー開放率の大きい材料は、壊れるために大きなエネルギーが必要であることを表します。

では、繊維にマトリックスからの亀裂が進んできたと想定します。損傷許容性を持つためには、繊維を切断しないことが必要です。繊維に進展する際に必要なエネルギー開放率と、繊維に沿って進む場合のエネルギー開放率の比を適切に設定する必要があります。この二つのエネルギー開放率の比は数値解析により求めることができ、繊維とマトリックスの弾性率により決定されます。材料の組

図1 セラミックスおよび繊維強化セラミックスの破壊様式概念図

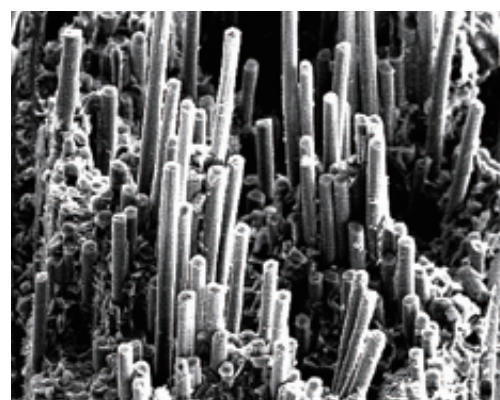
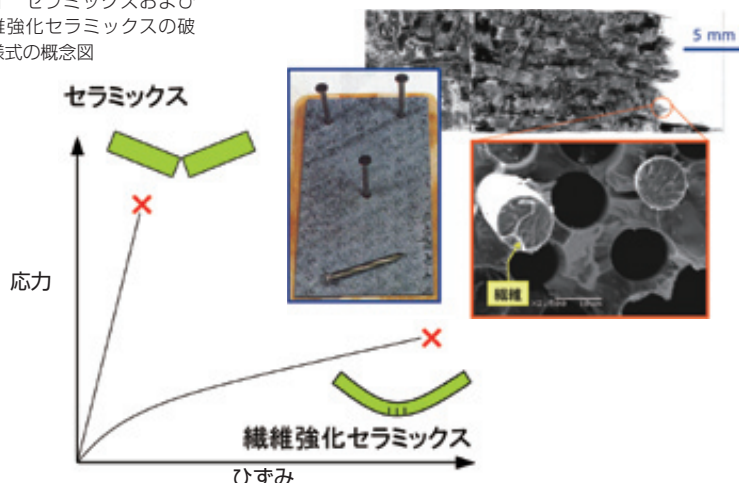


図2 2000℃で破壊した炭素繊維強化炭素の破断面
繊維が突き出ているのが分かる。

み合わせにより値は変化しますが、一つの目安となるのは、その最低値です。最低値は、二つの半無限板が接着している場合で、繊維とマトリックスの弾性率が同一の場合に与えられ、繊維に沿って進む場合のエネルギー開放率が、繊維を切断するエネルギー開放率の約1/4以下の場合に、繊維を切断せずに亀裂の進展方向が変化します。以上から、目安としてマトリックスのエネルギー開放率の1/4以下に、繊維—マトリックス界面のエネルギー開放率を設定することになります。

そのままセラミックス同士を接合した場合は、界面はマトリックスと同様の強度となり、セラミックスの1/4のエネルギー開放率を有するという条件を満たすことができません。そこで、繊維強化セラミックスでは、繊維とマトリックスの界面に弱い界面層を設けて、上記の条件を満たせるように設計します。では、弱い結合力の界面層にはどのような材料を選べばよいでしょう。最初に触れたように、セラミックス自身もエネルギー開放率は大きくありません。界面層はさらに1/4以下の小さなエネルギー開放率を持ち、セラミックスのような耐熱性を有する材料でなければなりません。そこで、炭素や窒化ホウ素など結晶構造に弱い方向を持つ耐熱材料を、繊維に沿って弱い方向を並べることで、理想的な条件を持つ界面層を実現します。

一方、炭素繊維強化炭素 (C/C) と呼ばれる複合材料では、マトリックスの炭素や炭素繊維自身がそのような界面の特性を持つような炭素の結晶 (黒鉛結晶) からできているため、SiC などの複合材料とは異なり、損傷許容性を持たせるために界面層を意識する必要はありません。しかし、界面の接着状況により、C/C の機械特性が変化するので、繊維—マトリックス界面の制御が重要であることに変わりはありません。繊維強化セラミックス、炭素ともに界面の制御が大変重要であり、現在も各種研究開発が進められています。

現在の応用事例と今後の展開

損傷許容性のある各種耐熱複合材料ですが、応用事例は残念ながらそれほど多くありません。いずれも高温での酸素との反応による強度劣化の問題があるからです。宇宙航空用途で比較的使用されている C/C でも、M-V、S-520 や SRB-A などの固体ロケットのノズル (図3)、スペースシャトルのノーズコーンやリーディングエッジ、航空機のブレーキディスクなどにとどまっています。これらは、炭素の持つ、ほかに代えることのできない高い耐熱性を利用する用途です。炭素繊維を使用する繊維強化セラミックス (C/SiC など) や C/C は、高温の酸素との反応による CO や CO₂ ガスの生成に

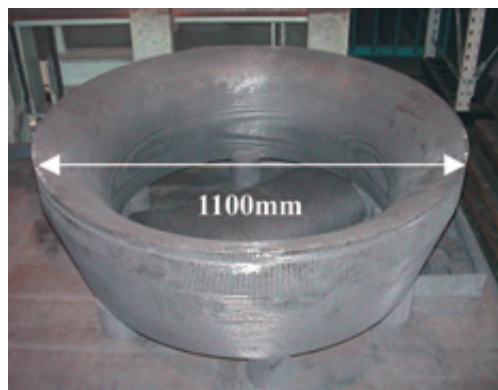


図3 M-14 ロケットモータのノズルに使用されていた大型 C/C 部品

より炭素繊維自体が劣化してしまいます。自身を消耗する使用であれば成り立ちますが、再利用するためにはスペースシャトルでの使用と同様にセラミックスの表面コーティングによる耐酸化処理が必要で、信頼性のあるコーティング手法の開発はいまだに存在する課題です。

一方、SiC などの非酸化物セラミックスでは、SiC 自身は1700℃まで安定ですが、界面層を構成する炭素や窒化ホウ素が酸化劣化します。つまり、酸素との反応により繊維—マトリックス界面に SiO₂ を主成分とする繊維およびマトリックスと強固に接合するガラス層ができ、界面層に必要な特性を満たせなくなります。この界面層の酸化劣化の問題や冷却技術の進歩による耐熱金属の使用可能温度範囲の拡大により、炭素より耐熱性に劣る SiC 系の繊維強化セラミックスはほとんど実用化されておらず、一部の軍用ジェットエンジンの静止部品に適用されているにすぎません。しかし、SiC 系複合材料で現在得られている1000時間程度の寿命は民間航空機用エンジンでは十分とはいえませんが、宇宙機用エンジンであれば成立する寿命です。

そこで、JAXA では最新の繊維強化セラミックスの設計、製造技術を用いて、世界的に実用化事例のない大型の繊維強化セラミックス製燃焼チャンバー (図4) の開発を進めています。新規材料である繊維強化セラミックスに最も足りないのは、使用実績がないことです。世界に例を見ない軽量の耐熱複合材料を用いた高性能ロケットエンジンを実現して、繊維強化セラミックスの用途拡大の突破口にしたいと考えています。いろいろと失敗を繰り返しており、道のりは平坦ではなさそうですね。

(ごとう・けん)

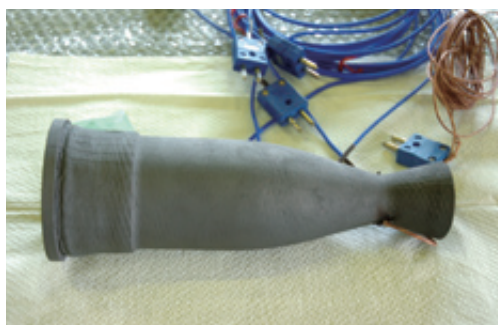


図4 開発中の SiC/SiC 製ロケットエンジン燃焼チャンバー

「かぐや」ティコクレータ広報画像の公開裏話

月周回衛星「かぐや」(SELENE)に搭載されている地形カメラのステレオペア画像からつくった静止画と動画を、「かぐや」画像ギャラリーにて公開しています(<http://wms.selene.jaxa.jp/>)。ティコクレータは月の表側にある直径85kmほどの大きなクレータで、そこから四方に広がる明るい筋(光条)が、とても美しいです。

ティコクレータの名は、16世紀の天文学者ティコ・ブラーエにちなんでいます。ティコ・ブラーエは、正確な天体の観測記録を大量に残し、その記録は後にその弟子であるケプラーによって見直され、結果、天体運動の基礎法則であるケプラーの法則の発見へとつながりました。それを考えると、正確な観測がいかに重要なことか、また、科学者とは先達からの知恵や知識を受け継ぎ、それらを自分が一歩でも正しく深めて後代に渡していく者だ、と感じます。

翻って、科学を担う者の一歩が誤った方向だとすると、後代にそのリカバリーのための大きな負担をかけることになります。ここに、我々科学者がデータ公開に携わるときに大きなストレスが生じる原因があります。

データの一般公開には時間がかかります。自分たちでじっくり解析したいのは、探査にかかわってきた研究者チームの偽らざる心情です。それこそ休みも関係なく試験を行い、打上げ後も運用、処理、解析と身をていしてきた(いる)のですから。しかし、データ公開に時間がかかる要因は、実はそんな自己中心的な要素だけではありません。実際、データ処理・校正補正作業が大変なのです。校正補正を誤ると、我々のデータを使って誤った結果が導かれてしまう、そんなプレッシャーがあります。

そう言う、「科学者だけのための解析に耐えるデータではなく、もっと一般の人が分かるようなことでいいから、早く公表せよ」とも言われます。特にカメラを担当していると、分かりやすいということで、きつい催促が来ます。

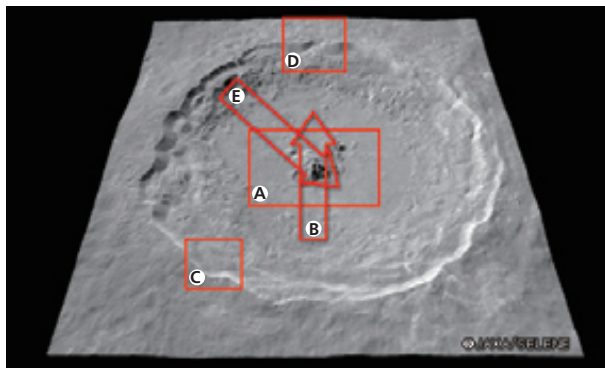
そこでSELENEカメラチームでは、メンバーの中から、特に武田弘先生(東京大学名誉教授、千葉工業大学フォーラム研究員)と白尾元理さんに、地形カメラの広報に尽力いただけないかと依頼しました。広報なので、研究業績になりませんし、高額な謝金などもなし、です。しかしお二人は、成果を一般の人に知ってもらうのはとても大切だから、ということで快く引き受けてくださいました。これで何とかなると、そのときは思ったのですが……。事はそんなに甘くありませんでした。

お二人は、広報のためのスタンスが基本的に(それぞれ良い意味で)違うのです。武田先生は、世界を舞台に

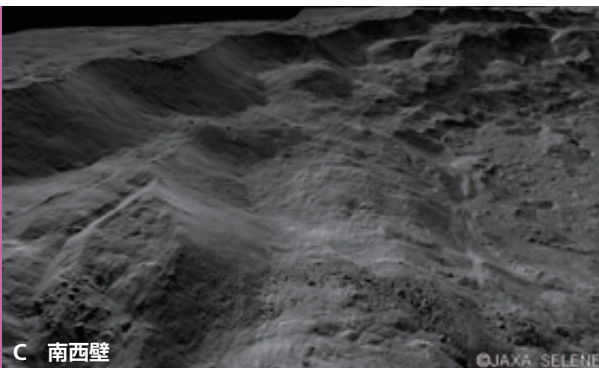
研究の一線でご活躍されている方であり、科学については大変厳しい。一方で、白尾さんは地質研究者であると同時に、写真家という面もあり、どのようなデータの見せ方、説明が一般の人に分かりやすいのかを常に念頭に置かれます。お二人の違いは、いろいろなところで現れます。例えば、ある説明文の中で、有力な説はあるものの諸説がいろいろあるところ。こんなとき、武田先生は諸説があることを述べるよう主張されますし、私なども「～という説が有力だ」などと言いたくなるわけです。ところが白尾さんは、「くどい、一般読者にとっては分かりにくくなるだけ」ということで、ずばっと切ってしまう。これで、もめるわけです。

例えば、ティコクレータの図Dの説明文に「このような地形の概観は、衝突後数日でできました」とありますが、この一文など、数日を費やしました。最初の文案は、白尾さんから「このような地形は衝突後すぐにできました」というものでした。しかし、「すぐに」というのは分かりにくいと武田先生の指摘。クレータは形状としては、理論的には数分もあればできます。一方、画像に見られる平らなところは、衝突のときにできた溶けたものが張り付いたと思われますが、これが本当に「すぐに」固まるかどうか、私は疑問に思いました。厚さの見積もりなどにもよりますが、数百年かかって中では溶けている可能性があるわけです。そうなると、クレータができた後しばらくして、まだ固まっていないものが流れ出た可能性もあります。武田先生も、論文などを持ち出して、溶けていたものが固まるのに時間がかかることを論じます。白尾さんはそれでも、「こうした大規模な構造がすぐにできた、ということが、一般の人に衝突のイメージをしやすくさせる」と譲りません。結局、「概観は数日でできた」としました。数日なら、まあうそでない……かな? それに「概観」だからいいだろう……ということなのです。武田先生も白尾さんも私も、少しずつ不満なところはあるにしても、これでいくことにしました。

ティコクレータができた年代なども大変でした。説明文では「約1億年前」としています。ティコクレータが約1億年前にできたというのは、ほぼ常識だと思っていました。しかし武田先生は、「その論文を確かめましょう」とおっしゃる。私は、ある論文でぱっと目に入った「～100My」(100×100万年＝1億年)という数字から、「これでどうですか?」と言いました。しかし、この論文をまじめに読むと、結構根拠があいまいで、さらに参考文献をたどると、そこにはあまり正確なことが書いていない。そこで、論文を調べ3人で議論した結果、「約

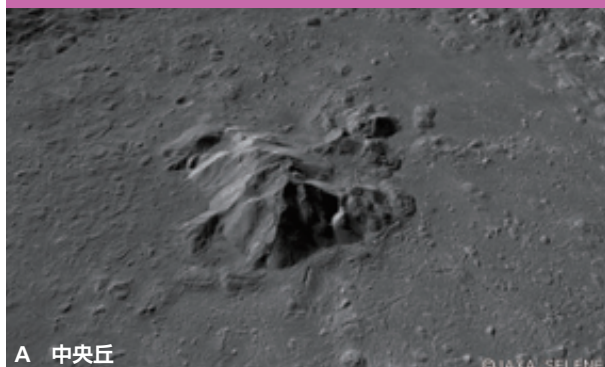


「かぐや」の地形カメラがとらえたティコクレータ



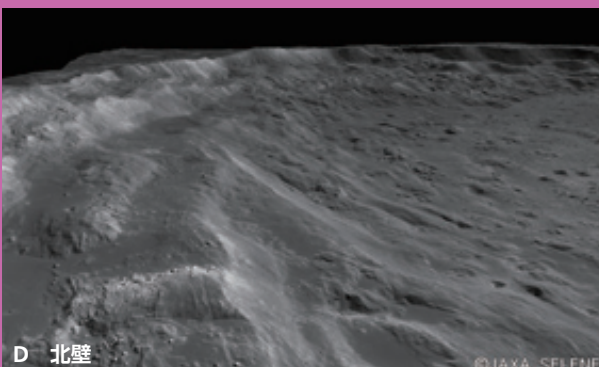
C 南西壁

直径30 km以上のクレータでは、このように階段状に内壁が崩れ落ちていることが多いです。手前には直径数十mの巨大岩塊が散らばっています。



A 中央丘

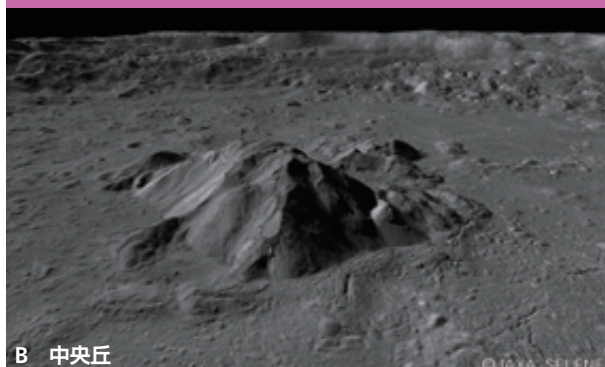
ティコの中央丘。中央丘は、衝突時の反動で地下深所が盛り上がってできます。高さ方向に強調をしていないこの画像を見ると、中央丘が急傾斜であることが分かります。この中央丘の頂上はクレータ底から2480 mの高さとなります。



D 北壁

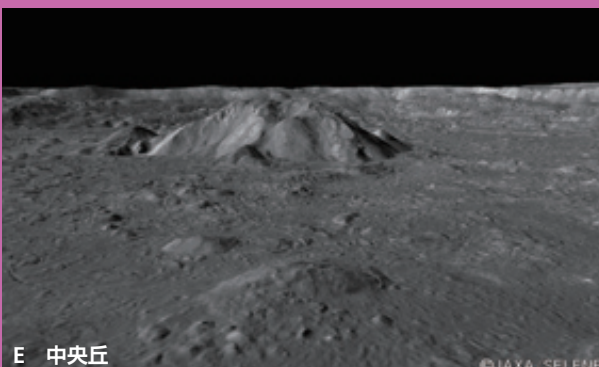
階段状の内壁上の平面は、衝突時の高温によって溶かされたインパクトメルト*が堆積したものです。このような地形の概観は、衝突後数日でできました。

*インパクトメルト：隕石の衝突現象により融解し、急に冷やされて固結したものです。



B 中央丘

Aよりもさらに高度を下げた場所から見た画像です。南側の内壁が階段状に崩れ落ちている様子が分かります。中央丘の高さは、外壁の高さよりも低くなっています。



E 中央丘

クレータ底の北西上空から中央丘を臨んだ画像。クレータ底は、巨大岩塊やインパクトメルトが降り積もってきたもので、複雑な地形をつくっています。

1億年前」でいいだろう、ということになりました。

武田先生も白尾さんも、かぐや画像ギャラリーに載せる解説文には、本当に真摯に向き合ってくださいしています。結果として出される一文にも、深い洞察と議論があることを知っていただければと思います。とはいえ、書いた本人たちですら実際は満足していないことも多いのです。広報での解説内容については、ほかにも説はある、言い切っていることも本当は言い切れない、ということが多いことを覚えておいていただければと思います。

研究者にとって、自分の成果を人に知ってもらうことは、やりがいでもあり、喜びでもあります。広報は、科学者としての義務ではなく権利であると思っています。しかし今回、あらためて、広報とはかようにも疲れるものかと思いました。武田先生、白尾さんとの議論を収

束させるだけで終わらず、ここに3人目、4人目……の意見が入ってきます。軽い気持ちでの意見に対しても、その証拠立てあるいは反論に、結構まじめに論文を探して読んだりするので、時間がかかります。これが、一般の方々への広報といえども時間がかかる、ということの理由です。まじめ過ぎるといえばまじめ過ぎますかね(苦笑)。

ティコクレータのムービーを公開した後、「ほかにもたくさん出して」と言われています。なるべくそうしていく予定です。ただそれはさておき、これを機に、探査機が間近で取ったデータだけでなく、ティコクレータを、そして月を、ぜひ自分の目で、見ていただきたいと思います。科学は科学者だけのものではありません。そして、観測は科学の基本です。そして気付かれると思います。月は美しいです。本当に美しいです。(春山純一)

観測ロケットS-520-24号機噛合せ試験終了，そして打上げへ

2008年7月末に打上げ予定であった観測ロケットS-520-24号機の噛合せ試験が6月23日から7月7日まで相模原キャンパスにおいて行われました。

今回の観測ロケット実験は、ロケットの弾道飛行で得られる数分間の低重力環境を利用して、対流のない環境での結晶成長の過程を

リアルタイムで調べることを目的としました。そのため、以下の二つの実験の実施を目指しました。

(1) 最先端材料などに使われるファセット結晶（平らな面で囲まれた結晶）の成長過程のその場観察（FCT）：結晶の形とその周りの融液の温度分布が変化していく画像をレーザー干渉法により取得します。試料は高純度のサリチル酸フェニル（通称：ザロール、融点は約42℃）であり、その結晶、融液がともに透明であるために、ファセット結晶成長研究ではモデル結晶として多用されている物質です。主な搭載装置は、共通光路型顕微干涉計および結晶成長制御・温度測定装置です。



観測ロケットS-520-24号機噛合せ試験の様子

(2) 新しいダイヤモンド合成法（グラファイト通電加熱法）に関する基礎実験（DIA）：反応ガス中でグラファイトを通電加熱してダイヤモンドが合成される過程を、ガスの成分変化に注目して分光法により計測します。主な搭載装置は、通電加熱式ダイヤモンド合成装置および超小型分光器です。

噛合せ試験は6月20日の構造機能試験棟への搬入に始まり、搭載装置の机上噛合せおよびロケット頭胴部への組み込み、動作チェックを経た後に、飛翔体環境試験棟にて頭胴部のダイナミックバランス、振動・衝撃試験が進められました。なお、一連の試験途中でPI搭載装置に不具合が発生しましたが関係各位の尽力により解決され、スケジュール通り7月7日に噛合せ試験が終了し、翌日に頭胴部が木製コンテナに納められました。その後、頭胴部、モータ、尾翼部などのフライト品は内之浦まで運ばれ、結果として8月2日にフライトオペレーションを迎えました。その経緯は、後日紹介致します。（稲富裕光）

惑星物質試料受け入れ設備、「はやぶさ」の帰還に備える

2010年6月、「はやぶさ」が小惑星イトカワの試料を携えて地球に帰還する予定である。地球外物質のサンプルリターンは、月試料についてのアポロ計画やユナ計画以降、ジェネシスやスターダスト計画で実施されたが、これらは宇宙空間の試料を採取するもので、天体表層からの直接サンプリングという意味では長らく実施されていなかった。「はやぶさ」試料が宇宙の始原的な天体である小惑星からのものであり、制御された環境に封じ込めて持ち帰られ、隕石などのように地球環境にさらされたものとは違うことから、試料への期待は非常に高いものとなっている。

「はやぶさ」試料は、惑星物質試料受け入れ設備が提供する地球環境による汚染を極力防止する環境下で、秤量、分類、記載といった情報が取得され、その後の研究に役立てられる。この情報と試料本体は設備で長期にわたって保管・管理され、必要に応じて世界中の研究者に配布

される。「はやぶさ」ミッションのようなサンプルリターン計画が実施できるようになったので、このような設備が整備されることとなった。今後の惑星サンプルリターン計画では、立案段階からこの設備を有効利用できるように考えられている。

惑星物質受け入れ設備は、2007年度に出来上がった。その主体は、相模原キャンパスの総合研究棟1階のクリーンルームと、その中のクリーンチャンバーである（表紙参照）。ほかに地下機械室と2階の研究室がある。クリーンルームには、探査機が持ち帰るサンプルカプセルの外側を清浄化して試料回収に向けて準備する部分や、試料回収時に用いる機器や入れ物を精密洗浄する部分、走査電子顕微鏡などの測定機器が設置された部分などがある。クリーンチャンバーは、清浄化されたサンプルカプセルを開封し試料を回収するための仕組みや、試料の秤量、保管

や配布のための封入などの仕組みを備え、大気とは隔離された清浄な高純度窒素雰囲気は大気圧から真空までの圧力範囲で提供する。また、微小試料のハンドリング用にマニピュレータを備えている。粉状試料の除電用の紫外線照射装置やアルファ線源（密閉線源）も備えているため、

放射線管理区域が設定されている。

惑星物質試料受け入れ設備は共同利用設備として運営されるが、当面は総合的性能確認試験と「はやぶさ」試料受け入れリハーサル運用を実施しつつ、試料を携えた「はやぶさ」の帰還に備える。

（藤村彰夫）

亜酸化窒素（ N_2O ）/エタノール推進系の第4次地上燃焼実験

宇宙科学研究本部では、JAXA内で研究が進められている次期固体ロケットシステムの最終段PBS（Post Boost Stage）への搭載を第一の目標として、無毒の N_2O （酸化剤）とエタノール（燃料）を推進剤とする液体ロケットエンジンの実証研究を進めています。これらの推進剤は、燃焼性能は控えめながら食品添加物として使われるほどに人体に対する毒性が低く、また常温での貯蔵が可能な上に凝固点が低いことから、固体ロケットシステムの即応性を損なわずに運用性を向上できる可能性を秘めています。さらに広く一般に流通しているため、ほかの推進剤に比べて入手性が良好で低廉なことも際立った特長です。

4シリーズ目となる今回の地上燃焼試験では、昨年度宇宙研で内作された軌道制御用推進系BBM（推進系としての基本的な機能を実証するための試作モデル）を用いて、炭化ケイ素の基材を炭化ケイ素の繊維で強化した繊維強化セラミックス（SiC/SiC）で製作された燃焼器の耐久性を調べるのが主な目的でした。さらに、今年3月下旬に同BBMを用いて行った第3次試験では、ケイ素繊維強化プラスチック（SFRP）製の燃焼器を用いてエンジンシステムとしてほぼ正常に機能することを実証しましたが、推進剤を燃焼器内部に噴射する部品（噴射器）が部分的に損傷する不具合があったため、今回は設計を見直した改良品を用いています。巻頭の宇宙科学最前線「割れても割れないセラミックス」（後藤健 准教授）でも触れられているSiC/SiCは、従来ロケットの燃焼器などに用いられてきた耐熱合金に比べて耐熱温度が高く、低

密度で、熱伝導率が小さいという特性があるため、エンジンの高性能化や軽量化による輸送性能の向上に効果があります。

最初の8回の燃焼試験では、金属製の水冷式燃焼器を用いて燃焼器の長さ、推進剤の供給条件を変えて改良型噴射器の機能とエンジンの燃焼性能を調べました。またエンジンを正常に起動、停止させるための運転手順を確立することも重要な目的です。そして、いよいよSiC/SiC製の燃焼器を用いた着火試験。かたずをのんで見守る中……、3, 2, 1, 0, ドン！……あまりにも見事にバラバラに壊れて飛散してしまいました（写真）。想定していなかったことだけに、しばらくぼうぜんとなり、ロケットエンジンの分野で実用化例のないSiC/SiCを私たちのエンジンに応用するには、まだ課題があることを実感させられました。早急に破壊の原因を究明して再チャレンジしたいと思います。

ところで今回の燃焼試験では、地元秋田県能代市の能代高校の学生さん（2年生）が6名、体験学習のため3日間作業に参加しました。ちょうど初日に格好悪い燃焼器破裂のシーンを披露する結果になってしまいましたが、「エンジンの燃焼試験は成功ばかりではない」ことを強く印象づける良い機会になったと思います。次は生で成功のシーンを。

最後に、本実験に参加された皆さん、長期間お疲れさまでした。また試験実施に当たりご協力いただいた各方面の皆さまに感謝致します。使いやすく機動性に優れる液体推進系の飛行実証へ向けて、引き続き活動を推進していきます。（徳留真一郎）



SiC/SiCの燃焼器がエンジン起動と同時に破裂した瞬間

第7回「君が作る宇宙ミッション」開催

宇宙に興味を持つ高校生たちの熱い夏が今年もやってきました。宇宙教育センターと宇宙科学研究本部が共催する高校生向け体験学習プログラム、第7回「君が作る宇宙ミッション」(通称「きみっしょん」)が、7月28日(月)～8月1日(金)に開催されました。今回の参加者は20名。4班に分かれてミッション検討を行いました。

その名の通り、「きみっしょん」は高校生が自分たちでミッションを立案していくというものです。教科書も教材もありません。何をやるか、どうやるか、すべて自分たちで考えていきます。大学院生のスタッフは、高校生たちに答えを教えません。どう考えるか、何を調べるべきかをアドバイスして、彼らを導いていきます。専門書を調べたり、宇宙研の先生に相談したり、自分で計算したり、アイデアを出し合って議論したり。初めは戸惑っていた高校生も、次から次へと出てくる課題に追われ、必死になって作業を進めます。

31日の夕方に行われた研究発表会では、JAXAの教職員を前に堂々とミッションの発表。わずか3日足らずの時間ですから、検討し尽くされた提案とはいえないこともあります。しかし発表も質疑応答も、みんな本当に堂々としています。自分たちで一生懸命考えた自信の表れなのでしょう。高校生



画面を見つめながら、あーでもないこーでもない検討中。

たちは、異口同音に「これまでこんなに深く物事を考えたことはなかった。楽しかった!」と感想を述べていました。そして、まだまだ物足りないと感じて、来年3月の日本天文学会ジュニアセッションでの発表を目指し、さらに検討を深めていくようです。

「きみっしょん」の運営は、宇宙研で学ぶ大学院生が主体となって行っています。睡眠時間をぎりぎりまで削って、より良い「きみっしょん」実現のために努力した彼らスタッフが

いなければ、ほかに類を見ないユニークな体験学習プログラムの成功はあり得ません。本当に素晴らしいプロジェクトチームです。そのスタッフに代わりまして私から、宇宙科学振興会、富士通さん、ハーベストの皆さん、あらゆる面で協力・支援いただいた教職員の皆さんに厚くお礼申し上げます。(山村一誠)



「きみっしょん」成功。スタッフも高校生もばんざーい!

SPICA, 再使用観測ロケット技術実証がプリプロジェクト化へ

宇宙科学研究本部では、宇宙理学・工学委員会でワーキンググループを構成して、次のプロジェクト化に向けた研究活動を実行しています。今年度は、理学委員会からは「次期赤外線天文衛星SPICA」が、工学委員会からは「再使用観測ロケット」が、それぞれ委員会でプロジェクトへの移行に相当すると結論され、プロジェクト化に向けた

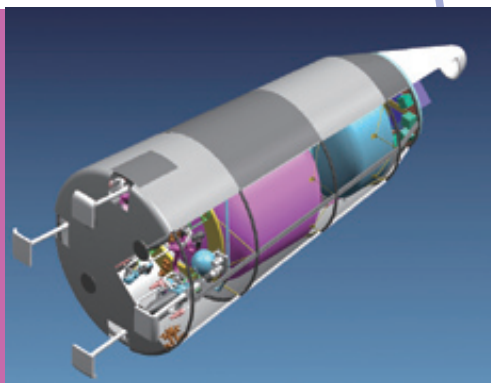
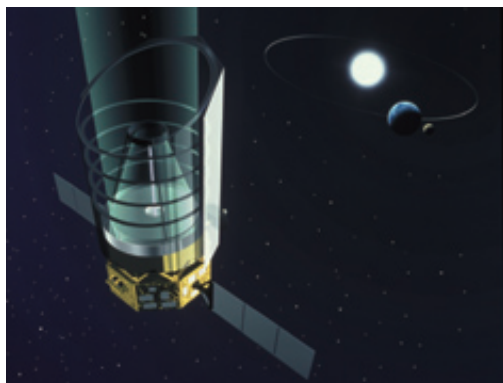
JAXAによる準備審査を受けました。理学・工学委員会で評価されたミッションの定義とシステム要求の策定および開発計画などの意義と妥当性が、この準備審査の対象です。この審査を経てフェーズAへの移行が妥当と判断されると、以後プリプロジェクトとして開発計画が開始されます。

SPICAは、(1) 銀河の形成と進化史の解明、(2) 星と惑

星系の形成過程の解明, (3) 宇宙の化学進化の解明, という天体物理学の重要課題に挑む, 次世代の赤外線天文衛星プロジェクトです。これらの課題を解明するためには, 従来の赤外

線望遠鏡をはるかに超える高感度で高解像度の観測装置が必要となります。そこで, SPICAには大口径 (3.5m) の望遠鏡を極低温 (4.5 K) にまで冷却して搭載することを目指しています。SPICAは国際的にも大きな注目を集めており, 特にヨーロッパにおいてはESAのコスミックビジョンの枠組みの中で, SPICAへの参加が将来ミッションの候補の一つとして認められました。国際協力も活用することにより, 従来の中型衛星の規模を超えるミッションの実現を目指しています。

再使用観測ロケットは, 現状の使い捨て型観測ロケットで直面するいろいろな困難を払拭し, 発射点への帰還と高頻度な繰り返し飛行によって飛行機のように運用できるロケットをつくって, 観測ロケットの飛翔機会とユーザーの利用方法を革新しようというものです。飛躍的な利用機会



プリプロジェクト化が決定した次期赤外線天文衛星SPICAと再使用観測ロケット

の増加と質的に異なる実験成果の創出, および最終的な常運用段階では飛行にかかる費用を1桁下げることを目指しています。また, 将来の宇宙輸送に向けた工学研究の加速も期待されるプロジェクトです。審査の結果, 「再使用」という技術革新に伴うリスク低減のための「技術実証計画」として承認され, 原開発計画のフェーズAに相当する部分を実証プロジェクトとして実行することになりました。

両者とも従来のプロジェクトの枠を破るものでしたが, 宇宙科学の新しい計画を前に進めることができました。ご支援いただいた内外の皆さまにお礼を申し上げます。関係者の努力は今後も続きます。また, これらに続く新しいプロジェクトの創出も, 理学・工学委員会を中心に加速されるものと期待しています。今後も応援をよろしくお願いします。

(中川貴雄, 稲谷芳文)

再使用ロケット燃料挙動の研究, AIAA ベストペーパーアワード受賞

アメリカ航空宇宙学会 (AIAA) から, 昨年発表した液体ロケットのタンク内の燃料や酸化剤の運動解析に関する研究 “Numerical and Experimental Investigation on Sloshing in Rocket Tanks with Damping Devices” (姫野武洋・渡辺紀徳・野中聡・成尾芳博・稲谷芳文・青木宏) が最優秀論文に選出され, 2008年7月20~23日に米国ハートフォードで開催された The 44th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference (第44回航空宇宙推進連合講演会) にて表彰されました。昨年度に発表された液体推進分野の論文の中から, 優れた1件に対して与えられたものです。

この研究は東京大学航空学科の姫野, 渡辺先生との共同研究で, 宇宙研側は再使用ロケットの打上げや帰還飛行の際に考慮すべきタンク内の燃料や酸化剤の大規模運動を正しく予測するために, RVT実験機の研究の過程で始めたものです。この5年くらい, 姫野先生の大変形自由表面流体解析と我々の実験機の飛行とモデル実験などを組み合わせて行っています。これは宇宙工学委員会のワーキンググループの戦略研究として大学共同利用の枠組みで実行され, 今後とも継続的に発展させ再使用ロケットの研究開発に大いに貢献するものと考えています。研究の実行における宇宙研と大学の良い関係を, 今後とも継続したいと思っています。

受賞理由は, 「再使用」という新しい土俵で課題を見つけて解析と実験で解決する, というストーリーがよかったのだそうです。まあ, じみ〜にしぶとくやっていると, たまにはエエこともありますね。

(稲谷芳文)



AIAA Joint Propulsion Conferenceで表彰される成尾, 姫野, 野中 (左から)。

ガンマ線衛星 GLAST 打上げ報告・体験記

「……スリー，ツー，ワン，ゼロ!!」。GLASTチームによる大合唱を合図に，GLAST衛星は日本時間6月12日午前1時05分，アメリカ合衆国フロリダ州ケネディ宇宙センター・ケープカナベラル基地から，Delta IIロケットにより打ち上げられました。私たちが打上げを見学したのは射場から5kmほど離れた海岸でしたが，初めて現地で打上げを見る私にとっては，それでも非常に迫力のあるものでした。

GLAST衛星は，宇宙からやって来る高エネルギーガンマ線を観測することを目的とする衛星です。搭載しているガンマ線望遠鏡（Large Area Telescope：LAT）は，高エネルギーガンマ線が電子と陽電子に変わる電子陽電子対生成反応を利用することで，ガンマ線の到来方向とエネルギーを測定します。GLAST衛星は，20MeVから300GeVという非常に広いエネルギー領域において従来の数十倍の感度で全天をサーベイし，数千もの天体を検出するとともに，明るい天体をほぼ毎日モニターできる画期的なガンマ線衛星です。観測目標天体は，高エネルギー現象を伴う天体で，ブラックホールや中性子星，活動銀河核，超新星残骸やガンマ線バーストなどです。

GLAST衛星は，アメリカ，日本，イタリア，フランス，スウェーデン，ドイツの6ヶ国が参加する国際協力プロジェクトです。LATの心臓部ともいえる半導体検出器（シリコンストリップ検出器）を開発したのが広島大学のグループで（浜松ホトニクスと共同開発），日本は重要な貢献を果たしてきました。日本からはほかにもJAXA宇宙科学研究本部，



見学場からとらえた，ロケットが打ち上がった直後の様子。



打上げ見学場に集まったGLASTチームメンバー。ある人は双眼鏡で，ある人はカメラ片手に，ロケットが空に消えるまでその姿を追い続けた。

東京工業大学，東京大学，名古屋大学が参加しています。

さて，再び打上げの様子を振り返ってみます。ロケットは順調に飛行を続け，最後に空に消えるまで見送ると，一斉に拍手が起こり，打上げの成功を互いにたたえ合いました。それもそのはず，GLAST衛星の打上げは延期に延期を重ねており，打上げの最終日程が決まってからも，整備の万全を期すためにおよそ1週間，現地でじりじりと延期されて，ようやく打ち上がったのですから。この最後の1週間の延期のために，現地で打上げを見学できず，泣く泣く帰国した人は数知れません。結局，日本人で最後まで残って打上げを見学できたのは，私も含めてたった3人だけでした。そのためか，見学場に着いてから

でさえも，何か突然のトラブルがあるのではないかと，とても不安でした。それだけに打上げを見届けたときは，感動とともにほっとしたものです。

打上げ後，衛星は順調に立ち上がり，LATも問題なく動作を開始しました。現在，初期のキャリブレーション観測およびファーストライト観測が行われています。この記事が掲載されるころには，ファーストライト観測の成果が全世界に公開されていると思います。

最後になりましたが，GLAST衛星にかかわったすべての皆さんに感謝致します。打上げは無事成功しましたが，我々科学者にとってはこれからの観測がむしろ本番です。今後も良い観測成果が出るように頑張りたいと思いますので，よろしくご支援お願い致します。（大野雅功）

ロケット・衛星関係の作業スケジュール(8月・9月)

	8月	9月
相模原	ASTRO-G 設計確認会その1	
内之浦	● S-520-24 号機 打上げ (8/2)	
大樹町	平成20年度第2次気球実験	

第1回

きぼうの科学

国際宇宙ステーションを 利用した科学実験 この夏より本格的に開始！

宇宙環境利用科学研究系 教授

依田眞一

2008年3月と6月に分割して打ち上げ、組み立てられた、国際宇宙ステーションの日本のモジュール「きぼう」は、現在システムのチェックアウトが順調に行われています。完成は、来年5月の第3便で打ち上げられる船外プラットフォームの取り付けを待たなければなりません、すでに取り付けられた船内実験室内では8月から本格的な科学実験が行われる予定です。

「きぼう」は、多目的の実験室として設計製作されており、多種多様な科学利用が可能です。大まかには、船外プラットフォームでは高々度を利用した天体観測や地球観測、船内実験室では微小重力環境を利用した物質科学実験やライフサイエンス実験が行われます。私が専門とする物質科学分野では、1997年にスペースシャトルを利用したMSL-1ミッション以来10年ぶりに訪れた本格的な微小重力実験機会であり、多くの科学的な成果が今後得られることを期待しています。

今後行われる実験については、次号以降に詳述されますのでそれをご覧ください。ここでは船内実験室を利用した実験に共通する特徴について解説したいと思います。

国際宇宙ステーションの船内で使用される装置は、写真のように「国際標準ラック」と呼ばれる筐体に搭載されて打ち上げられます。このラック単位で装置は入れ替えられ、多様な実験に対応するわけです。一つの実験ラックは3年程度の運用を想定して設計されています。写真は流体物理実験ラックで、4つの装置が混載されています。地上の実験室でこの実験ラックに収納されている装置を普通に配置すると、たぶん4畳半程度の

地上試験中の流体物理実験ラック。4つの装置が混載されている。左上の突き出し部分に最初の実験用供試体が格納される。



スペースを取るでしょう。これを小型化・軽量化して婚禮たんすサイズのラックに収納します。

実験装置は、各実験に共通な機能を持つ部分と、個々の実験のユニークな要求に対応した部分に分けられます。前者が「共通実験装置」としてラックに搭載され、後者は「実験用供試体」として実験テーマごとに製作されて、別途「きぼう」に運ばれます。そして、実験用供試体と共通実験装置が軌道上で結合され、実験が開始されます。このようにして、個別の実験要求に対応するとともに、一つの実験装置で多様な実験に対応するわけです。

宇宙ステーションには宇宙飛行士が滞在するので、壊れた装置の簡単な修理や部品の交換などが期待できます。一方、宇宙飛行士の命にかかわるような危険の回避は最優先事項なので、「きぼう」内の機器には厳しい安全性が求められます。実験装置の多くの機能には、故障が二つ同時に発生しても飛行士の安全に影響を及ぼさない「二重故障許容」の措置を施すことが求められます。飛行士の安全を確保しつつ小型化し、さらに最先端の実験要求に応える実験装置・実験用供試体には、参画した研究者およびメーカーの英知と努力が結集しています。

これまで微小重力実験は、スペースシャトルでの2週間が最長でした。この短い期間に多くの実験を行うため、個々のテーマについての実験回数は非常に限定されていました。また、通常地上で行われているように、一つの実験結果をもとに次の実験条件を設定するという時間的余裕はありませんでした。さらに、ひとたび装置が故障すると、修理して再実験することは非常に困難でした。「きぼう」では、年単位の実験時間が提供されます。ここでは、パラメータを振った体系的なデータ取得実験、実験結果を反映した実験条件設定、装置の修理や修理後の再チャレンジ実験も可能となり、より地上の実験室に近い環境が研究者に提供されます。

物質科学の分野では微小重力環境で顕著となる表面張力対流の詳細観察を皮切りに、結晶成長中の固液界面の不安定性に関する観察実験が続いていきます。これらの実験を通じて、結晶成長を構成する多くの素過程が、重力の影響を排除した環境で詳細に解明されます。こうして得られる知見は、引き続き行われる微小重力環境下での高品質材料製造実験だけでなく、地上の材料プロセスの高度化にも寄与します。ライフサイエンス実験では、将来の有人宇宙活動に向けた基礎データの取得が大きなターゲットになります。今後の「きぼう」利用を通じて、より多くの科学的成果を挙げて、人類の未来のために貢献したいと思います。

(よだ・しんいち)

アラ汁よりもおいしいか？ ブイヤベースは

あ〜今日も遅くなった……。のんびりとした夕食を終えて、深夜のマルセイユの街を急ぎ足でホテルへと向かいます。石畳の歩道は至る所ゴミが散乱し、よく分からないオジサンが座ってじっとこっちを見るし、酔っぱらっていないと少々怖かったかもしれません。メインストリートから外れた狭い路地を入ったところに私の安ホテルはあるため、ケバケバしく化粧をして胸を大きく強調した服を着た女性が道の両側にたむろしているところを通らざるを得ず、緊張してやり過ごします。

南フランスのマルセイユは、紀元前600年ごろに興ったとされる、とても古くから交易で栄えた港町です。ローマ帝国時代はガリア属州として徐々にローマ化して、今も残る有名な水道橋などが建設されました。港町ということで、海産物が大好きな私は、今回のマルセイユ出張をとても楽しみにしていました。チャンスは、6月のSPIE (The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers) の Astronomical Instrumentation 2008という国際会議への出席として、初めて私に巡ってきました。

SPIEは非常に大きい国際会議で、スペースおよび地上からの天文学に関する会議がいくつも並行して開かれるので、いろいろな波長を専門とする天文学者や技術者に会えるのが魅力です。日本からの参加者も非常に多く、マルセイユ空港の到着ゲートが会議に出席する日本人だらけになりました。私の所属する研究系からも、約10名もが参加しました。知り合いばかりだったらつまらないなあと思っていたら、それはまったくの杞憂で、全体で2000人も参加者の中では日本人は微々たるものでした。

少々不満なのは、あまりにポスター発表が多いためか、約1週間の会議期間のわずか1日だけしかポスターを掲示して説明する時間を与えられなかったことです。ポスターセッションの時間用にドリンク券があるのは、国際交流を滑らかに進行さ

せる上で大変よかったのですが……。

日本よりもずいぶんと高緯度かつ夏時間のマルセイユでは、なかなか日が沈みません。夜の10時になってようやく空が暗くなってきます。そのおかげで会議終了後、街をさまよったり海辺を散歩する時間が十分取れますし、まだ明るい中でゆっくりと夕食を取ることもできます。会議場 (Parc Chanot) は、海辺まで歩いて30分ぐらいのところにあります。ある日の会議後、イギリスの共同研究者と、ただむやみに歩いて海辺のレストランで夕日を見ながら白ワインと海の幸に舌鼓を打ったりしました。たいていの晩は港 (Vieux Port) 付近のレストランで食事を楽しみました。

国立天文台ハワイ観測所の副所長さんや学生たちを連れて、かなり高級なレストランで私が食したのが、これだけで50ユーロもとられたブイヤベース (写真) でした。日本でいうところのアラ汁のようなものです (味噌は入りませんが)。もとは漁師の食事だった海産物のごった煮が、いつの間にか高級名物料理として観光客に人気のメニューになったらしいのですが、最初にまずスープだけが出てきます。これはすごくおいしい！ たぶん、かなり煮込んだのでしょう。煮込むのに使われた魚介はだしガラになっていて、きっと食べてもおいしくない。この店ではあらためて別の材料 (ロブスターを入れるかと聞かれる) をスープで煮たものを出してくれるのです。これに、アイオリ (ソースの一種) を塗ったパンや、ガリガリと直接ニンニクをすり付けたフランスパンを浮かべて食べるのですが、これがいくらでも食べられるぐらいおいしい。あと、これに合うワインは、やはり地元のプロヴァンス産 (Cotes de Provence) の白でしょう。1人1本ぐらい空けてしまいました。というわけで、日本のアラ汁よりは、おいしくいただきました。値段はともかくとして。

国際会議は人を引き付ける、魅力ある場所で開催されることが必要ですが、それにしてもSPIEは大き過ぎるかもしれません。一番よいのはテーマも限定し、呼びたい人を厳選し、さらに出席人数も絞った研究会だと思います。そういう研究会は自分で企画するのは大変ですから、それに呼ばれるような立派な業績をまず挙げなければいけませんね。 (まつはら・ひでお)



ブイヤベースに舌鼓を打つSPIEへの参加者 (左から度会 [JAXA]、高見 [国立天文台]、友野 [国立天文台] の各氏)

松原英雄

赤外・サブミリ波天文学研究系教授



ある旅の記憶。そして……

中村浩美

科学ジャーナリスト・航空評論家

ロンドン・ヒースロー空港から、エア・エッコッセというコミュタ航空で、カンブリア州のカーライルへ向かった。イングランド北端の町カーライルの、クロスビー・オン・イーデン空港までは1時間半ほどの飛行だった。イングランドとスコットランドの国境の町だ。その起源はローマ時代にさかのぼるそうで、郊外にはハドリアヌス帝が築いたという城壁が残っている。

そのカーライルから車で40分ほど南下した、ペンリスが旅の目的地だ。なだらかな丘陵に、牧草地が広がっているだけの田舎の村だった。雨雲の下で牛と羊が草を食んでいるという風景が、見渡す限り続いている。ホテルはその丘陵にボツンと建った、古い石造りの館だった。一晩中、ヒューヒューと風の音だけが聞こえていた。宿泊客は、僕たちTBSの取材チームだけだった。1984年11月のことである。

TBSテレビは、1983年から86年まで4年間にわたって、「宇宙と人間・ハレー彗星のすべて」という特別科学番組のシリーズを制作した。回帰するハレー彗星に探査機を飛ばし、宇宙空間で出迎えて彗星の謎を解明しようという、人類史上初の挑戦の全貌を描く特番だった。これはISASの全面協力で制作された。小田稔所長時代のことで、コーディネーターを的川泰宣先生が務められた。

僕はこの番組のキャスター兼リポーターとして、世界をかけ巡った。ハレー彗星の回帰を最初に検出したジェウィット、ダニエルソン両氏を、83年にパロマー天文台に訪ねたのに始まり、彗星が最接近した86年にオーストラリア・バサーストで地上観測するまで、取材は続いた。

取材と番組のハイライトは、ハレー彗星探査機だった。「さきかけ」の取材では、85年1月8

日の打上げまで年末年始の2週間、「すいせい」では85年8月19日の打上げまでの2週間、鹿児島宇宙空間観測所で密着取材した。秋葉鐔二郎、平尾邦雄、松尾弘毅、伊藤富造、林友直、上杉邦憲の諸先生はもちろん、ロケット班、ランチャー班にも（夜は「ニューロケット」にまで！）密着して取材を続け、打上げ成功の感激を共有させていた。だいた。「すいせい」のときには、所用のため一時帰京した8月12日に、あの日航ジャンボ機墜落事故が起きた。それからの2日間、航空評論家としてテレビ局やマスコミ各社の取材に対応し、ほとんど徹夜で内之浦に戻ったものだった。彗星の核に突っ込むESAの「ジオット」の取材では、フランス領ギアナのクールーに1週間滞在し、85年7月2日の打上げを見守った。これは平尾先生とご一緒の、パリ経由の旅だった。そのほかにも、西独（当時）リンダウのマッ

クス・プランク研究所、ダルムシュタットのESOCも取材したし、かつてハレーが台長を務めた旧グリニッジ天文台も訪れた。

ペンリスへの旅も、この番組取材の一環だった。牧草地の間をくねくねと続く道を行き、いくつか丘を越えたところに目的の屋敷はあった。サー・フレッド・ホイルの屋敷である。ビッグバンを否定し定常宇宙論を唱えた天文学者として、またSF作家としても著名な、あのホイル卿である。地球上の生命は原始地球で誕生したものではなく、宇宙から彗星に乗って地球にやって来たとする仮説で、センセーションを巻き起こしていた。「ジオット」のカミカゼ・ミッションによって、卿の仮説、ひいては古くからあるパンスペルミア説は実証されるのか。番組としても、それは興味深いテーマだった。インタビューは屋敷2階の書斎で行われた。整頓された書斎の窓から、美しく色づいた林が見渡せたことを想い出す。壁面の書棚には、おびただしい数の蔵書と著書がきちんと並んでいた。机はなかった。草稿はソファに座って、ひざの上で書くのだそう。論争好きで知られた卿だが、その表情は穏やかで、語り口は冷静だったのが印象的だ。もちろん彗星の核に冷凍保存されたバクテリアが地球に飛来したというその仮説は、大胆極まりないものだったが。

2001年8月、ホイル卿の訃報を新聞で知った。ペンリスへの旅が懐かしく想い出されたが、それとともに、ボストン美術館にある、ゴーギャンの有名な絵のタイトルが浮かんできた。『我々はどこから来たのか？ 我々は何者か？ 我々はどこへ行くのか？』である。

絵のモチーフとは無関係に、『宇宙』に思いをはせるときにはいつも、僕の脳裏にはこの絵のタイトルが浮かんでくる。

（なかもら・ひろみ）



1984年、ホイル卿にインタビューする筆者

Rocket Girls 奮闘中

熱グループ 開発員
福吉英由子

——『Rocket Girls』の一人として『ISAS ニュース』2007年11月号の表紙を飾っています。

福吉：JAXAに入ってから2年目、角田宇宙センターで行われた再使用ロケット実験機（RVT）のターボポンプ性能試験のときに撮影した写真です。作業着にヘルメット、皮手袋、安全靴、手にはスパナ。何枚か撮って稲谷芳文先生に送ったら、「女には見えん」とダメ出し。髪を横に結び直し、これ以上できないというくらいの笑顔で撮ってもらいました。

——RVTの試験では、どういう仕事を？

福吉：RVTの試験にはJAXAに入った1年目から参加させてもらっていますが、最初は何をしているのか、よく分かりませんでした。初めて製作した配管が点火系のとても重要な部分だったことを後で知り、怖くなったくらいです。燃焼試験では、「このモニタの前に座って、何度以上になったら“エマスト”（緊急停止の意）と言え」といきなり指示されたことも。間違えて“エマスト”と言ってしまったら、今までの準備が台無しになる。しかし、重要な問題を見逃してしまったり、取り返しのつかないことになる。最初は数値の意味も分からないまま、とにかくドキドキしながら画面を見つめていました。

——現場は、男性、しかも大先輩たちばかりですね。

福吉：はい。でも気になりません。大学院の研究室でも女性はいませんでしたから。父親と同年代の方もいますが、皆さんとても親切に教えてくださいます。尊敬できる方が多いですよ。

私のような新人にも現場で実物に触れる機会を頂けるのは、とてもありがたいと思っています。最初は、皆さんの足を引っ張らないように、とにかく毎日元気であることだけを考えていました。現場でしか覚えられないことは必死に覚え、言われたことは必死にやり、少しでも役に立とうと一生懸命でした。目の前のことだけで、周りにはまったく見えていません。でも、皆さんは見ていたんですね（笑）。試験終了後、いろいろな人が「楽しそうにやっていたね」と声を掛けてくださいました。

——なぜこの世界に？

福吉：子どものころから宇宙に対してあこがれがあり、探査機から送られてきた木星の画像などを見てワクワクしていました。家庭科と技術の選択では技術を選び、国語と英語はまったく駄目で、理科だけは少し分かる、そんな子でした。物をつくるのが好きだったので、大学は工学部へ。ロケットと人工衛星の区別もつい



ふくよし・ふゆこ。1980年、東京都生まれ。工学修士。2006年、武蔵工業大学大学院工学研究科機械システム工学専攻修士課程修了。同年、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部技術開発部探査機機器開発グループ開発員。2008年より現職、宇宙科学技術センターミッション機器系グループ併任。ASTRO-Gや小型科学衛星のプロジェクトに参加し、衛星の熱設計や熱制御デバイスの要素試験を担当。

ていませんでしたが、工学部には宇宙航空分野があり宇宙につながっていることは何となく分かっていましたから。

——そしてJAXAへ。

福吉：武蔵工業大学からJAXAに入った人が少ないことは、知っていました。でも、駄目だと決め付けてあきらめたくはなかった。面接では、大学院でやっていた高分子材料の帯電についてひたすら話しました。どんな話題もそこに結び付けて、これからの宇宙開発で必ず役に立つと。後から聞いたのですが、出身大学よりも、本当にやりたいという熱意が伝わるかどうかの方が、選考には重要だと。どの大学で学んでも、宇宙への夢をあきらめる必要はないと思います。

——JAXA3年目。主にどのような仕事をされているのですか。

福吉：人工衛星の熱設計を行っています。温度環境の厳しい宇宙で衛星内部の機器の温度がどう変化するかを予測し、許容温度の範囲に収めるには機器をどう配置したらよいか、衛星表面をどの材料にしたらよいかなどを考えます。ソーラーシミュレーターという装置を使って新しい材料に太陽光を模擬したランプを当て、何度まで耐えられるか、特性の変化などを調べる試験も行っています。

——熱設計の苦労は？

福吉：熱設計は衛星に限らず、何にでも関係してくる非常に重要な仕事です。衛星の場合、機器配置が決まった後でないと、最終的な解析・設計はできません。衛星開発のスケジュールが遅れるのは常ですが、最後にしわ寄せがくるのが熱設計。それなのに、急いでやれ！と言われるんです。

——RVTの試験には、今年も参加するのですか。

福吉：秋から冬にかけて、角田と能代多目的実験場に行きます。今年で3回目。RVTの推進系は、液体酸素・液体水素という極低温流体を使用しながら、エンジンは高温で燃焼するので、断熱や耐熱を含め熱的な課題もたくさんあります。次の試験でもこのような課題を改善できるよう、多くのことを学んでいきたいです。私は、RVTが飛んでいる姿をまだ見たことがないんです。ぜひ見たいですね。それが、当面の夢かな。

ISAS ニュース No.329 2008.8 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台 3-1-1 TEL: 042-759-8008

本ニュースは、インターネット (<http://www.isas.jaxa.jp/>) でもご覧になれます。

デザイン／株式会社デザインコンビニア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記

年1回のペースで回ってくる編集担当。今年は夏休みやJEM運用管制のシフト勤務の時期に重なり、帰省先や管制卓での作業となりました。「きぼう」での実験も始まり、『ISASニュース』の話題も増えました。

(石川毅彦)

* 本誌は再生紙（古紙100%）、大豆インキを使用しています。

R100
古紙配合率100%再生紙を使用しています

PRINTED WITH
SOYINK
Trademark of American Soybean Association