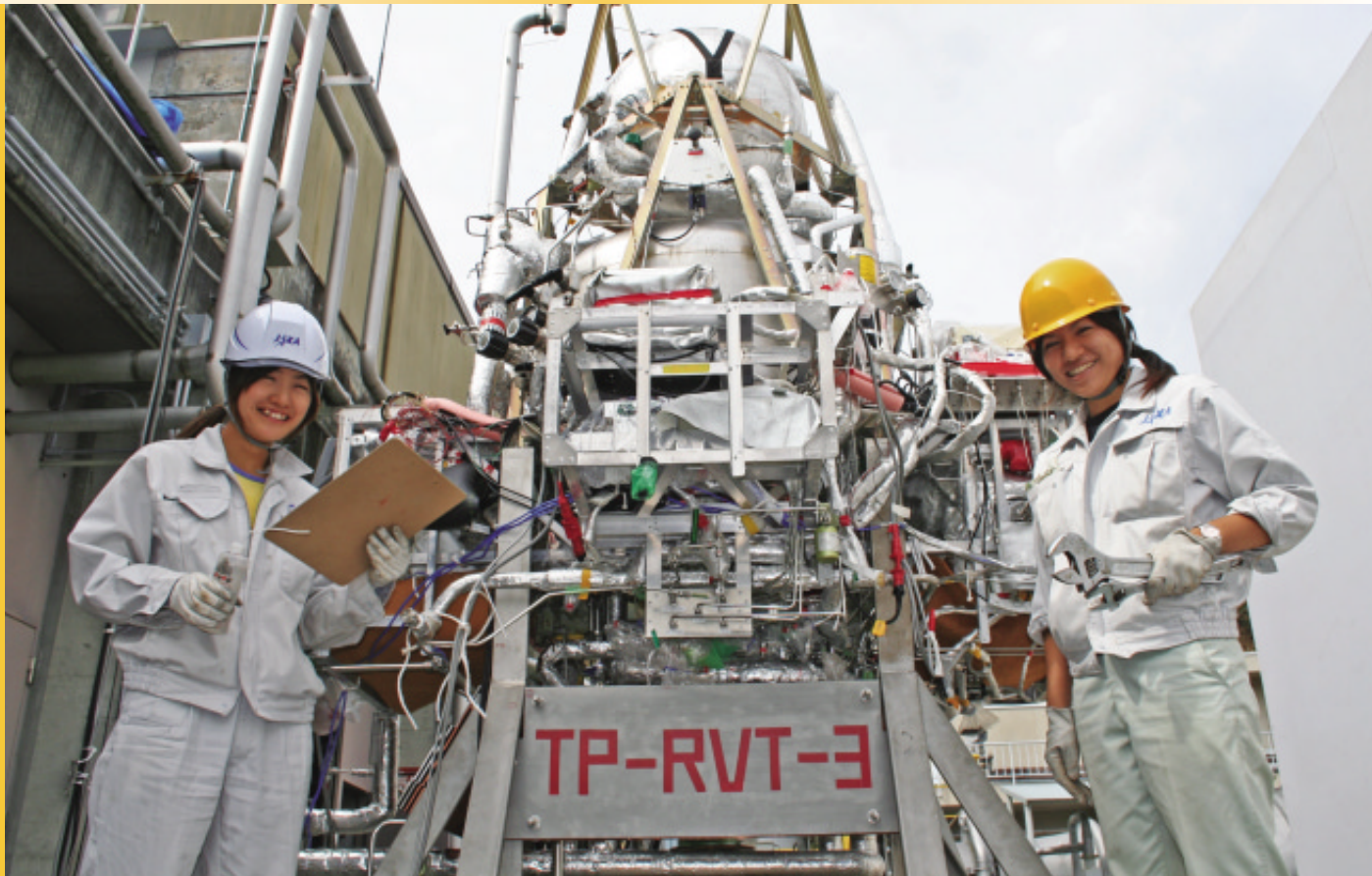




「Rocket Girls」。現場は楽し、再使用ロケット実験機ターボポンプ性能試験（2007年9月27日）。（6ページ参照）

宇宙科学最前線

地球の風，金星の風

今村 剛

宇宙科学共通基礎研究系 准教授

流体圏に生きる

私は今、気象衛星が赤外線撮影した地球全体の雲の動画を眺めています。これは、まさに神の視点です。——まず目に付くのは、雲が現れる場所が赤道地方と中緯度・高緯度地方に偏っています。亜熱帯は穴が開いたように晴れていることです。赤道地方では数百kmから数千kmの巨大な雲の塊が東西に連なり、その中ではたくさんの小さな雲が生成消滅しながら東から西へ移動していきます。日本が位置する中緯度や高緯度での雲の振る舞いはそれとはまったく違って、一言で言えば墨流しです。長さ数千kmの繊細な筋状の雲の帯が、身をよじらせながら、ときに渦巻きながら、西から東へと流れていきます。個々の

雲を追いかけると、低緯度側から濃くなりつつ雲の帯に合流し、速度を速めて蛇行しながら高緯度側へ消えていきます。

このような大気の流れ、すなわち風は、地球という惑星の気候の特徴を端的に映し出していて、生命の誕生や文明の発展と切っても切り離せません。例えば、惑星の表面温度は太陽光を跳ね返す雲の量に左右されますが、その雲は上述のように風によって分布しています。温室効果の主役である水蒸気も同じです。温室効果が働かなければ地球の平均温度はマイナス18℃になるところが、温室効果のおかげでプラス15℃という快適な温度に保たれています。また、もしも大気や海の流れによる熱輸送がなければ、日射の強い低緯度では海が安定に存在できずに蒸発してし

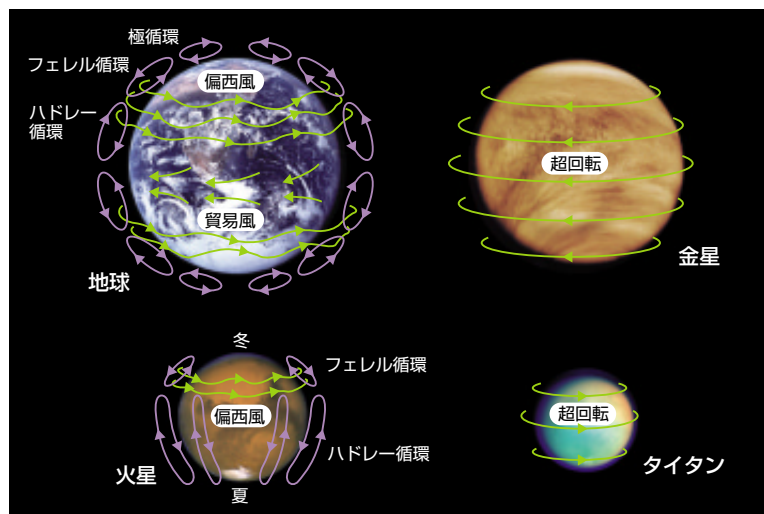


図1 地球型惑星の大気循環のイメージ。地球では偏西風や貿易風などの東西風とともに、緯度帯ごとに南北・上下方向の弱い流れがある。火星は地球に似ているが、偏西風は冬半球にのみ存在し、それとともに夏半球から冬半球に向かう流れがある。金星では超回転という高速東西流があるが、南北・上下方向の流れは分かっていない。土星の衛星タイタンにも金星に似た流れがあると思われる。(惑星画像はNASAによる)

まい(暴走温室)、一方で高緯度は凍り付くことでしょう。世界に水を行き渡らせるのも風の役割です。

2007年4月、生命存在の可能性のある地球型惑星が太陽系外の20.5光年彼方で見つかったという報道が、世界を駆け巡りました。チリにある欧州南天天文台での観測によって中心星の明るさと中心星からの距離が分かり、そこから推定すると惑星の表面温度は0～40℃くらい。これなら液体の海が存在できるというわけです。しかし、先ほどのような地球気象を眺めている立場からすると、複雑極まる惑星の流体圏の事情が気になって、ちょっと待てよ、と考え込んでしまいます(もちろん、すごい発見なのですが)。地球より一つ内側の太陽系惑星、金星に目を移すと、その思いはさらに強くなります。

灼熱の星

JAXA宇宙科学研究本部がある神奈川県には、金星に由来する^{あかほし}明星神社というのがあります。何せ太陽と月を除くと全天で最も明るい星ですから、金星は世界中でさまざまな伝説に彩られています。人類に最も親しまれてきた惑星といえるでしょうが、その環境は地球とはかなり違っていま

す。大きさと密度は地球と同じくらいですが、地球大気が窒素と酸素からなるのに対して、金星大気はほとんどが二酸化炭素です。その量はとても多く、その重さのために地表気圧は90気圧(水深900m相当)になります。地表温度は460℃に達し、海はありません。かつて金星に降り立ったロシアの金星探査機は、高温のために2時間しか持ちこたえられませんでした。高度60kmあたりには濃硫酸の雲が浮かび、地球と違って、雲は惑星全体を覆っています。よく誤解されますが、金星に硫酸の雨は降りません。地表付近は高温であるため、硫酸は地表に到達する前に蒸発し、さらに分子そのものが分解してしまいます。

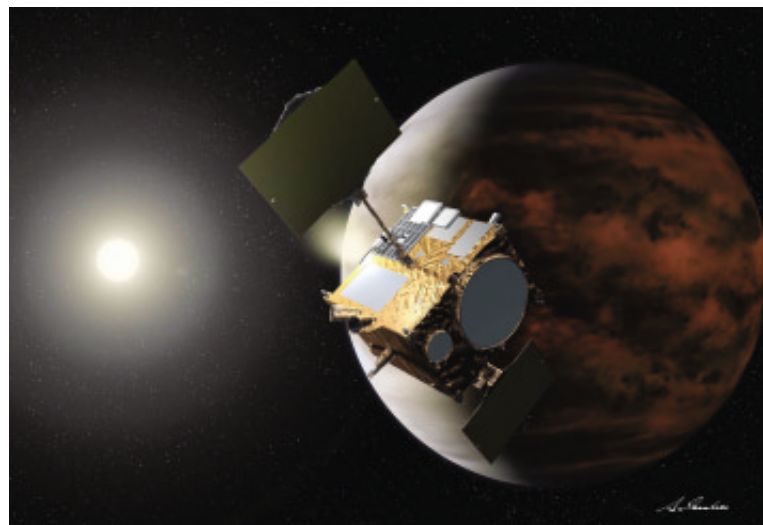
さて、金星がこんなに暑いのは、少なくとも直接的には、太陽に近いせいではありません。太陽光はほとんど雲で反射されて、地表まで届く量は地球の10分の1です。にもかかわらず、膨大な二酸化炭素による温室効果のために、わずかなエネルギーをもとにして効率よく暖まっているのです。温室効果を考えなければ、金星はマイナス50℃という極寒の世界になります。地球より太陽に近いのに太陽から受け取るエネルギーは地球よりも小さく、それにもかかわらず濃い大気のために灼熱地獄になっている金星を見ると、惑星の気候形成がいかに一筋縄でいかないかが分かります。ちなみに地球では、二酸化炭素は海に溶け込んだ後、炭酸カルシウムとなって地殻に取り込まれるため、大気中の二酸化炭素の量は小さく抑えられています。

太古の海

少なからぬ研究者が、こんな金星にも、46億年前に太陽系がつくられたときにはたくさんの水があった、と想像しています。水は水蒸気となって高層大気に運ばれた後、紫外線によって水素と酸素に分解され、軽い水素は重力を振り切って宇宙空間に逃げ出してしまった、という筋書きです。ただし、水に含まれていた酸素がどこへ失われたのかは大きな謎でした。これに関して近年、原始の金星大気では相対的に酸素が乏しかった(還元的だった)ため、水素さえ失われれば現在の組成になる、という考えが神戸大学のはしもと じょーじ氏により提唱されています。

大昔の金星で、水が海として存在したのか、水蒸気として大気中にあったのかは、興味のあるところ。惑星が吸収する太陽エネルギーがある値を超えると、海はすべて蒸発して厚い水蒸気大気ができることが、理論的に予想されます(暴走温室)。ある計算によれば、雲の効果を考えないとき、誕生直後の金星には、ぎりぎり海が存在

図2 金星に到着して周回軌道に入るために逆噴射をしているPLANET-Cの想像図。観測対象の一つであり赤外線のみで見える大気深部の雲をイメージとして重ねて描いている。(画：池下章裕氏)



できます。雲があると太陽光が反射されて温度が下がるので、海が存在した可能性がさらに高くなります。火星にも多くの流水地形が残されていることを考えると、惑星がある時期に海を擁するのは意外と普通のことなのかもしれません。太古の金星でどのように風が吹いてどれだけの雲が覆い、海がいつまで存在したのかは、惑星に海が存在する条件は何かという問題にかかわってきます。

超回転

金星の古気候や、雲が金星全体を覆うメカニズムといった気候形成の問題について考えると、大気がどのように循環するのが問題となります。ここに立ちただかるのが、「超回転」と呼ばれる不思議な風です。金星は地球とは逆に東から西へと自転していて、周期は243地球日、赤道での自転速度は1.6m/秒です。従来の気象学からは、このように自転の遅い惑星で吹く風は自転と同程度に遅いと考えられるのですが、1974年に米国の探査機マリナー10号がとらえた金星の風は予想を裏切るものでした。雲の高さを中心に、自転の60倍、100m/秒もの速さで大気が自転と同じ方向に流れて、約4日で1周していたのです(図1)。超回転はフランスのアマチュア天文家によって先に発見されていたものの、そんな風が吹くはずがないと決め付けられて長らく無視されていた、という話が残っています。

ひるがえって、地球の風はどうでしょうか。低緯度では貿易風という東風があり、中緯度には偏西風という西風がありますが、風速はせいぜい30m/秒程度で、これは自転速度460m/秒の1割にも達していません。地球大気は基本的に自転に引きずられて地面と一緒に回っています。そして南北・上下方向にも弱い流れがあり、南北半球でそれぞれ3つの循環が、地球全体にエネルギーを行き渡らせています。火星の風も、基本的にはこのような地球の風に似ているようです。一方、2004年に欧州と米国によるホイヘンス着陸機が土星の衛星タイタンを調べたところ、そこでは金星と似た風が吹いていることが分かってきました。タイタンは窒素の大気を持ち、金星と違って極寒の世界ですが、ゆっくりとした自転(周期16地球日)の10倍の速さの風が吹いているらしいのです。宇宙全体で見れば、超回転はありふれた風の一つなのかもしれません。

超回転がなぜ起こるのかについて近年、東京大学の高木征弘氏や九州大学の山本勝氏など日本の研究者を中心にいくつかのアイデアが提唱されて、注目を集めています。基本的には、大規模な流体波や循環の作用によって地面から低

高度の大気へと力が伝えられ、その力がさらに高層へと伝えられて自転方向の加速を生じる、というものです。とはいえ、超回転を計算機シミュレーションで再現することは難航しています。登場する力学過程は地球にも存在するものの、なぜ地球大気が超回転しないのか、すっきりした説明もない状態です。そういうわけで、地球・火星型の風系と金星・タイタン型の風系を分ける要因は、はっきりしていません。20.5光年彼方の地球型惑星で吹く風は、どちらのタイプでしょうか。

夢

このように金星の気象は、その特異な運動ゆえに、また惑星の気候形成の手掛かりとして、我々を惹き付けてやみません。この世界で何が起きているのか、手に取るように見る方法はないものか……。そんな、惑星の流体圏に興味を持ってしまった者の究極の夢をかなえるのが、2010年に日本が打ち上げるPLANET-C(Venus Climate Orbiter)ミッションです(図2)。金星には東西冷戦期に米国とソ連が競い合うように探査機を送り込み、今また欧州のビーナス・エクスプレスが周回軌道上にありますが、PLANET-Cはそれらとはまったく違っています。いわば金星版の気象衛星で、冒頭の気象衛星のように大気全体の運動を動画として映像化します。ユニークな点は、人の目では見えない雲の下まで見通せる特殊な赤外線カメラなどを用いて、大気の3次元の動きをとらえることです(図3)。大気循環のメカニズムや雲形成、雷放電などの理解を一気に進めます。

このようなミッションが、これから我が国のお家芸になるかもしれません。同様のアイデアを火星や木星に応用する、気球を浮かべて詳しく調べるなど、いろいろな構想があります。変動する惑星大気圏の姿を臨場感をもって伝えることで、人類の地球観が少し広がるならば、うれしいことです。研究者でもない一般の人たちが、天気予報を見て地球のエネルギー収支に思いをはせたり、金星や火星の天気と比べてどうかしらと思ったりする社会は、夢物語でしょうか。

まずはPLANET-Cを成功させることです。打上げ前には明星神社に参らねばなりません。

(いまむら・たけし)

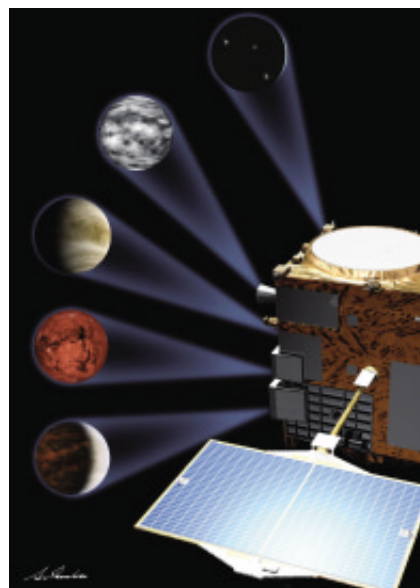


図3 PLANET-Cは異なる波長の光を見る5つのカメラを使って、大気の異なる高度面を同時に可視化する。上から、雷や大気光(可視光線)、雲の温度分布(中間赤外線)、雲頂の化学物質やヘイズ(紫外線)、地表面や水蒸気(近赤外線)、下層の雲や化学物質(近赤外線)。(画:池下章裕氏)

「かぐや」クリティカルフェーズ終了

2007年9月14日に種子島から打ち上げられた月周回衛星「かぐや(SELNE)」は、月の周回軌道に入った後、高度を下げる途中で、子衛星「おきな」(リレー衛星)および「おうな」(VRAD衛星)をそれぞれ高度2400km、800kmで分離し、10月18日には観測軌道である高度約100kmの極軌道に入りました。そして10月19日には、観測を行うために観測機器を常に月の中心方向に向ける、定常制御モードに移行しました。その後、バス機器の詳細な特性把握および観測装置の機能性能の確認を、12月中旬完了を目標に実施しているところです。

打上げから定常制御モード移行までの約40日間はクリティカルフェーズと呼ばれ、その言葉通り、衛星がロケットから分離されてから独り立ちするまでの最も不具合の生じる可能性の高い時期でした。そんな時期を「かぐや」は極めて順調に乗り切ることができました。その上、ハイビジョンカメラによる“上弦の地球”の観測も行いました。月軌道に投入されてからは、地球との通信用アンテナや太陽電池パドルなどの展開確認用モニターカメラを使って、月の撮影を行ってきました。図1は、モニターカメラによって高度100kmから撮影した月の南極付近です。月の夏の時期に南極付近を撮像したのは「かぐや」が世界で



図1 モニターカメラの撮影画像
ボグスラフスキー(BOGUSLAWSKY)クレータの位置は、南緯72.9°・東経43.2°

初めてで、遠く浮かぶ地球も見ることができます。このモニターカメラでも約300mの細かさ(解像度)で月の表面を見ることができますが、観測機器の一つである地形カメラ(TC)では10mの細かさで月の表面を見ることができるので、より鮮明で細かな月の表面の画像を「かぐや」から提供できるようになります。

図2に示す「かぐや」の地上システムは、相模原キャンパスのSELNEミッション運用解析センター(SOAC)を中心に整備・運用されています。この地上システムは、「かぐや」のコントロール(管制)を行う追跡管制システムと、「かぐや」の観測データを処理・保存・提供するミッション運用・解析系システムに、大きく分かれています。「かぐや」の追跡管制システムは、衛星バスおよび観測ミッションの運用、クリティカルフェーズ中の衛星の軌道計画・軌道決定を行うSOACのシステムとともに、国内外に設置されたJAXAの追跡管制用の地上受信局(新GN系)、および「かぐや」の軌道計画・軌道情報を提供する軌道力学系システムから構成されています。また、ミッションデータの受信を行う大型アンテナをもつ臼田と内之浦の受信局も、追跡管制システムの一部です。

これらのシステムを効率的かつ高い信頼性を維持しながら使うことにより、「かぐや」の確実な運用を実現しています。これまで、ハイビジョンカメラによる動画やモニターカメラの画像を公開してきましたが、12月までには観測装置による観測結果を広報目的で分かりやすい形にした「画像」として公開するほか、打上げ2年後にはL2プロダクト(標準成果品)*をインターネットを通じて全世界に向けて公開する予定です。

今後も「かぐや」の確実な運用を継続していくとともに、広く月の情報を「かぐや」ホームページなどを通じて皆さんに提供していく予定です。ますますの応援のほど、よろしくお願い致します。(祖父江真一)

*「かぐや」の観測データをユーザーが科学研究などに利用できるように加工(処理)したもの

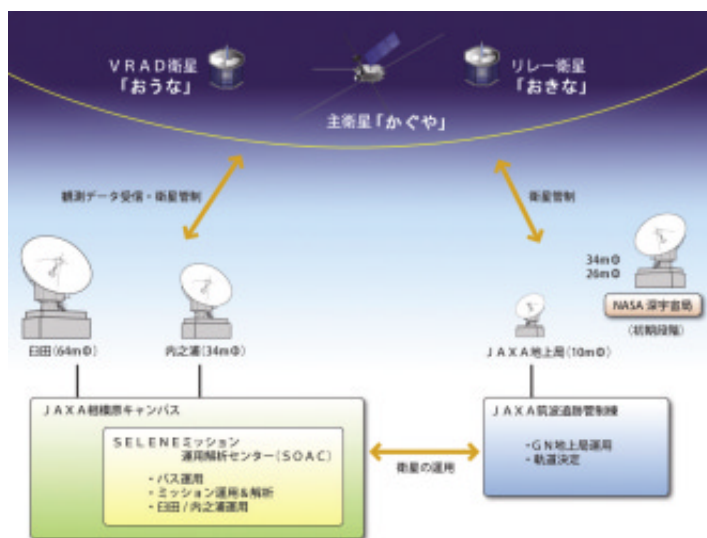


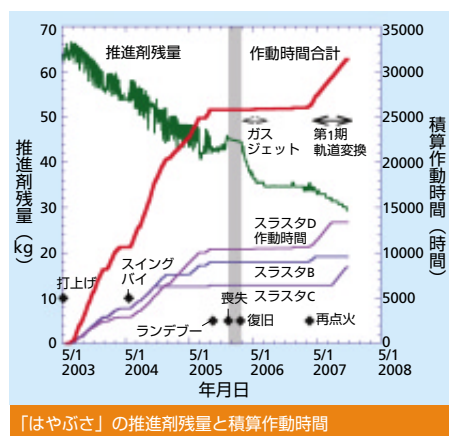
図2 「かぐや」の地上システム

「はやぶさ」復路の第1期軌道変換を完了

「はやぶさ」は現在、地球距離0.9AU(天文単位)・太陽距離1.4AUの位置にあり、2010年6月の地球帰還に向けて鋭意運用中です。2007年4月よりイオンエンジンによる動力航行を実施していましたが、帰還計画に則し、予定通り第1期の軌道変換が達成できたので、10月18日にイオンエンジンを停止させました。ここまで、イオンエンジンの宇宙作動時間合計は3万1000時間、軌道変換量1700m/sに達していますが、推進性

能も推進剤残量も十分に余力を残しています(図参照)。精密な軌道決定の結果、目標通りの誘導が確認できたので、10月24日にリアクションホイールを停止して姿勢制御をいったんスピン安定モードに移行しました。

本年7月からは次第に太陽から離れる位置関係にあり、太陽電池からの発生電力を最大限に維持するため、スピン安定姿



「はやぶさ」の推進剤残量と積算作動時間

勢に入っても太陽を追尾し続ける必要があります。キセノン推進剤を温存するため、ガスジェットを用いずに、太陽輻射圧を用いたスピン軸制御のみで太陽電池を常に太陽指向させる、非常に微妙な姿勢制御を実施します。2006年にも適用したこの方法で2009年2月まで運用し、その後第2期の軌道変換としてリアクションホイールとイオンエンジンを再起動し、地球帰還のための軌道へ誘導する予定です。第1期軌道変換は近日

点を挟む前後4ヶ月の運用であったのに対し、第2期軌道変換は遠日点前後6ヶ月と難易度が上がります。探査機は依然として大変クリティカルな状態のままでありますが、今後も引き続き各搭載機器の状態に注意を払いつつ、最大限の努力をもって「はやぶさ」運用に取り組んでまいります。地球帰還までの残り軌道変換量は、たったの400m/sです。されど400m/s。(國中 均)

コスミック・ビジョン

「コスミック・ビジョン」とは、あまり聞き慣れない言葉かもしれませんが、実は今の宇宙科学にとっては重要なキーワードの一つになっています。ESA(欧州宇宙機関)が2015年から2025年にかけて打ち上げる科学衛星や探査機の構想に関する公募を締め切ったのは、今年の6月末のことでした。この公募は“Cosmic Vision 2015-2025”と呼ばれ、打ち上げるミッションを直接選定するのではなく、複数の打上げ候補を選び、検討フェーズに入るといった趣旨です。

今回の公募で選ばれた候補ミッションの検討には、ESAによる資金的な支援が与えられます。最終的な評価選定が2009年に行われ、その中から選ばれた2つが、2017年と2018年に打ち上げられることになります。

公募の対象はヨーロッパの宇宙科学研究者でしたが、国際協力が奨励され、ヨーロッパに対し、日本とアメリカから多くの協力が提案されました。日本からは8件の協力提案を行いました。いずれも、今回急に出てきた提案ではなく、理・工学委員会のもとワーキンググループで長期の検討を行ってきた「自信作」でした。ESAでは、第三者的な研究者による審査委員会により綿密な評価を行い、50件にも及ぶ提案の中から、わずか8件のミッションを選定しました。10月19日のことです。選定された8件の中で、日本の協力を前提としたミッションが何と

5件です。ヨーロッパから宇宙科学のパートナーとして日本がこのように頼りにされるということは、別の見方をすれば日本の宇宙科学の実力が高く評価されたということでもあり、JAXAにとって誠にうれしい結果です。日本の協力を前提として選ばれたミッションは次の5つです。

- 大型ミッション(約1000億円規模):ラプラス(木星探査)、ゼウス(X線天文)
- 中型ミッション(約500億円規模):クロス・スケール(宇宙ブラズマ)、マルコポーロ(小惑星サンプルリターン)、スピカ(赤外天文)

ESAの科学局長のDavid Southwood教授からは、今回の結果を受けて早速、井上宇宙科学研究本部長あてに手紙が届き、担当科学者間の情報交換会の提案がありました。一方、これとは別に、NASAの科学局の局長Alan Stern博士も、天文、太陽系科学、宇宙ブラズマの各分野の部長とともに12月に来日して、宇宙科学ミッションの日米の協力を議論することになっています。つまり、今や宇宙科学は、国際協力が欠かすことのできない重要な要素となりつつあります。国際協力は、1+1が3にも4にも化けるマジックであり、それだけに、日本側の実力と熱意が国際舞台で問われることになり、科学者たちは身の引き締まる思いをしています。(中谷一郎)

再使用ロケット実験機ターボポンプ性能試験

再使用ロケット実験機・第3次ターボポンプ単体試験 (TP-RVT-3) を、9月3日から10月6日まで、角田宇宙センター・ラムジェットエンジン試験設備で行いました。推力制御の応答性改善やロバスト性向上を目指して新規設計・製作した、再使用ロケット実験機 (RVT) の液体水素ターボポンプの特性取得が試験目的です。液体水素ターボポンプの新規設計に当たっては角田宇宙センター・パイロットエンジンチームの全面的な協力を得ており、試験条件の設定や試験準備・実行、試験後のデータ検討などでも角田宇宙センターと協働することができました。ルールの認識不足やら何やらでご迷惑をお掛けしましたが、自分の庭のように試験をさせていただくことができました。荻田センター長はじめ角田の多くの方々のご協力に感謝しております。

表紙の写真は、JAXAに入って1年目と2年目の職員の岩田直子 (左) と福吉美由子 (右) です。RVTは、小さいながらもH-II Aと同じ液体水素/液体酸素のエンジンを持ち、ロケットとして必要なものは一通りそろっています。彼女らは、日本の液体水素/液体酸素エンジンの草創期から開発に携わってきている大先輩たちから、現場で手取り足取り一からたたき込まれています。

彼らは彼女らとは「親子」以上の年の差があり、教える方にも気合が入るようで、はたから見ている種はほえましいものがありました。当然ながら仕事上男女の区別はありません。あるメーカーのベテランいわく、「女性が液体ロケットの現場で男性と変わらず普通に作業しているのを初めて見ました」。彼女らは現場で、配管を締めたり漏れを探したりしているだけではありません。自分の締めた配管が漏れないか冷や冷やししながら、オペレーションのループに入り、データ解析をし、実験のパラメータを決めるところまで携わっています。

彼女らは飛翔体・探査機の熱設計にかかわる技術者として配属されていますが、RVTでは極低温から超高温までの温度環境があるため、「熱」というのはいろいろ難しいという経験を積んでもらうことも参加目的です。この経験は将来のいろいろな飛翔体や探査機などの実現に生かされると期待しています。

かなり厳しい現場だったのですが、彼女らは生き生きとして楽しく仕事をしていました (まわりのオジサンたちも)。この次は、今回のデータを使って、能代でエンジンに仕立てて火をつけます。もちろん彼女らもやります。
(小川博之)

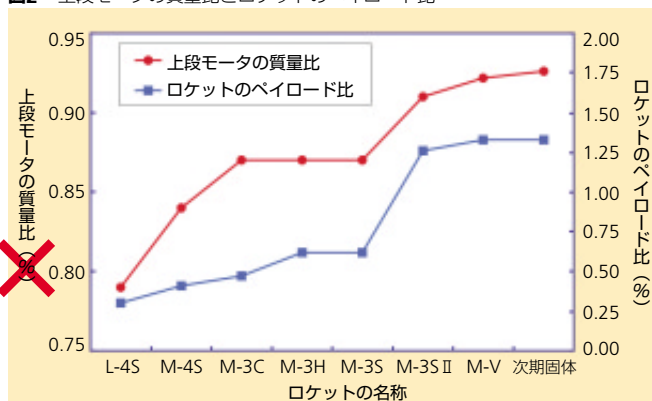
お詫びと訂正

『ISASニュース』2007年10月号の「宇宙科学最前線」の中で、編集側のミスにより、以下のような重要な誤りが生じました。執筆者と読者の方々に深くお詫びするとともに、訂正致します。

ISASニュース編集委員会

左縦軸「上段モータ質量比」の単位
(誤) %
(正) 無次元数のため単位はない

図2 上段モータの質量比とロケットのペイロード比



ロケット・衛星関係の作業スケジュール (11月・12月)

	11月	12月
相模原	S-310-38号機 晒合せ試験	PLANET-C 観測装置電気性能試験
	BepiColombo 基本設計審査会	
能代	再使用ロケット実験機 ターボポンプ式エンジン 第2次地上燃焼試験 (RVT-12)	
	NAL-735-2・3 大気燃焼試験	
ブラジル	平成19年度日本・ブラジル共同気球実験	

現在と40億年前の 月磁場・プラズマ環境を観測する

■月磁場・プラズマ観測装置 (MAP)

太陽とそのまわりの惑星は宇宙の中の小さな点にすぎず、周囲の宇宙空間はほとんどが真空であるように見えます。しかし、太陽からは水素などのイオンが大量に宇宙空間に放出され、その太陽風プラズマは毎秒数百kmという超音速で惑星・衛星に向かって吹き付けています。一方、地球は地磁気によって磁気圏という守備範囲を形成して、太陽風プラズマの侵入を防いでいます。月は大規模な磁場を持たず、公転により太陽風にさらされる領域と地球磁気圏への出入りを繰り返しています。「かぐや(SELENE)」に搭載された月磁場・プラズマ観測装置(MAP: MAGnetic field and Plasma experiment)は、このような現在の月の磁場・プラズマ環境を観測すると同時に、数十億年前の月磁場環境・月深部の進化を研究することを目的にしています。

MAPは、磁場観測装置(LMAG: Lunar MAGnetometer)とプラズマ観測装置(PACE: Plasma energy Angle and Composition Experiment)の二つのサブコンポーネントで構成されています。

■磁場観測装置 (LMAG)

LMAGは、センサ部とコントロール部の二つに分けられます。センサ部は、先端に3軸リングコアセンサを付け



図1 「かぐや」搭載モニターカメラによる伸展マスト(左側)の画像。広角レンズのため曲がって見えるが、実際は12mまで直線的に伸びている。背景は100km下の月面。

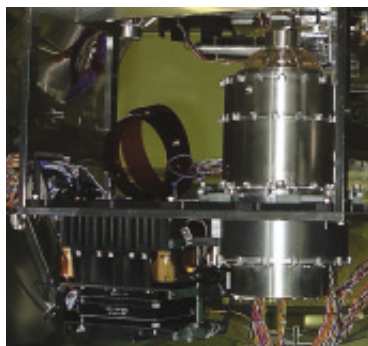


図2 イオン質量分析器PACE-IMA

た12m伸展マストと、伸展駆動部からなります。2007年10月28日深夜にマストを展開し(図1)、観測を開始しました。LMAGによる観測データは、①月周囲の磁場環境観測、②月固有の磁気異常観測(磁場直接観測、電子反射法)、③月内部電気伝導度構造探査に分けられます。①と②はPACEと共同観測になり、特に月磁気異常観測ではセレーネ・サイエンスの全体テーマでもある月形成・進化の解明を目指します。

月磁気異常は30億~40億年前に形成されたと考えられ、最も強いものは、15km高度で約50nT(ナノテスラ: 地磁気の単位)になります。磁気異常形成には何らかの磁場の存在が必要ですが、その起源として30億~40億年前の月ダイナモの存在を考えるモデルがあります。ダイナモとは発電機のこと、磁場を生み出す天体内部の発電作用を指します。一方、火星サイズ惑星の地球衝突による月誕生という最近の地球・月形成モデルからは月コアのサイズはたかだか100kmとされ、その小ささゆえに月ダイナモは困難とも考えられています。この場合、大隕石衝突あるいは彗星衝突で発生した高温プラズマが惑星間空間磁場を圧縮したときに磁化を獲得した物質が、月磁気異常の原因になったというモデルがあります。LMAG班では、磁気異常形成時の磁場起源の解明を目指しています。

■プラズマ観測装置 (PACE)

PACEは、月のまわりの電子を計測する電子分析器2台(ESA[Electron Spectrum Analyzer]-S1とESA-S2)、太陽風イオンを計測するイオン分析器1台(IEA[Ion Energy Analyzer]-S)、そして月周辺のイオンを計測するイオン質量分析器1台(IMA[Ion Mass Analyzer]-S)で構成されています(図2)。PACEの各センサは静電分析器と呼ばれるもので、センサ内部にある球殻状の電極間に電圧をかけることで、測定する電子、イオンのエネルギーを選別します。IEA-S、IMA-Sには電氣的に感度を変える機能があり、さらにIMA-Sにはイオンの質量を測定するための質量分析器が取り付けられています。分析器に飛来する電子やイオンのエネルギーを選別して1個ずつ計数することで、月周辺に存在する電子やイオンの密度、速度、温度を測定することができます。

最近、地上からの光学観測によって月の大気にナトリウム、カリウムなどの元素がかなりの量で含まれていることが明らかとなりました。これらの大気は月表面を起源とするものと考えられていますが、その成因はまだよく分かっていません。PACEの2台のイオン分析器IEA-SとIMA-Sは、月周辺空間でイオンのエネルギーや質量を測定することでこれらの成因を明らかにすると同時に、起源となっている月表面のナトリウム、カリウムなどのアルカリ物質の分布を調べます。PACEは12月の初めに高圧を投入し、観測を開始します。

(つなかわ・ひでお、さいとう・よしふみ)

インド出張記

IAC(国際宇宙会議)に参加するため、9月末にインドに行ってきました。私はインドを訪問するのは初めてで、生活習慣や食事・飲料水等々、短い期間とはいえ滞在中の生活面での心配をしていたところ、8月末のテロ事件、出発直前の高速道路工事現場での事故などの情報が入り、安全面でも心配事に追い打ちをかけられました。が、無事に戻ってきましたので、ご報告です。

今年の会議は、インド中南部のハイデラバードで開催されました。ハイデラバードは人口が約550万人で、インド5番目の都市です。現在IT産業を中心に経済発展を目指しており、IAC会場付近は近代的なオフィスビル群の建設ラッシュでした。

インドの宇宙開発は今とても盛んで、この先多数のロケット打上げ計画があります。日本の大学のキューブサットの打上げなども予定されており、教育プログラムにも力を入れています。また、インフラの整備や安全保障の観点からも、ロケット・衛星開発は国策として重点的に進められているところです。

会議は5日間行われ、私が泊まったホテルから会場まではバスで約40分かけて移動します。ホテルは街の中心部、会場は郊外といった感じです。送迎バスは、ホテル発7時45分、会場発19時ごろの往復1本ずつしか動いておらず、それ以外は自分で移動手段を手配しなければなりません(ただし、それが結構大変です)。その結果、まわりに何もない郊外の会場に約12時間も拘束されるため、セッションの合間やバス待ちなどに時間を持て余すことがあります。そんなときに、向こうの人たちは気さくに話し掛けてきます。私の印象では、インドの人はみんなこやかでフレンドリーでした。

去年東京に出張していたインド宇宙研究機構の人は、日本の物価の高さをずっと私に訴えていました。「東京の地下鉄1区間の料金でインドなら1000km移動できる」とか「日本のトマト1個の代金でインドでは野菜を車1台分買える」等々。インドの技術力の自慢もたくさんしていましたが、面白

ったのは、水処理に関して「素晴らしい技術を持ってはいるのだが、フィルターが良くないからインドの水は飲んではダメだ」と言っていたことです。インド人も水は買っているそうです。ただ、ペットボトルの水は高いのでポリタンクで買うようです。よく聞いてみるとペットボトルも我々が購入しているものとは違う、もっと安い種類があるそうです。ポリタンク水はそれよりも下(?)とまでは聞けませんでした。

水に関しては出発前から絶対に飲むなど注意されていたので、一応気を付けて、ホテルか会場のペットボトル水もしくは栓のされたビールを飲んでいました。しかし、歯磨きは気にせず流しの水を使っていました。聞くとところによると、日本人はみんな歯磨きも歯ブラシを洗うのもペットボトル水を使っていたようです。私の泊まったホテルの水が良かったのか、私の胃腸が強かったからかは分かりませんが、取り合えず体調を崩すことはありませんでした。

インドに行ったことがある方ならお分かりでしょうが、車両の交通マナーには驚かされます。インドも日本同様、朝夕は渋滞が起こります。そこでの彼らの運行ルールは、日本人には想像できないものです。まず、車線はあっても守りません。道幅いっぱいみんな広がって、少しでも前に進もうとクラクションを鳴らし続けます。2車線くらいの道幅でも4~5台は横に並びます。その間をオートバイやリクシャー(インドでは定番のオート三輪のタクシー)がすり抜けていき、事故が起こらないのが不思議なくらい、みんなギリギリ近寄って走っています。だから、ほとんどの車はサイドミラーがないか倒したままの状態です。

そして、さらにすごいのは、そのほとんどないスキ間を人間が歩いていることです。バスやトラックなどの大型車両の横でさえも車を触りながらすり抜けていくのです。オートバイは2人乗りが当たり前で、3人以上、家族5人で乗っている姿も見かけますし、左側通行も平気で無視します。私の文章ではそのすごさをうまくお伝えできないのがとても残念です。現在この渋滞緩和のために中心部に高架高速道路を建設中ですが、その工事がまた渋滞の原因となってしまう、最近の渋滞は特にひどいと運転手さんが言っていました。

文化、宗教、常識がまったく異なるインドでの新見聞は、まだまだたくさんありますが、今回はこの辺で。
(しもせ・しげる)



路面市場とリクシャー

下瀬 滋

システム開発部 実験用飛翔体システム開発グループ



野村民也先生との思い出の中から

ISASニュース編集委員の方から、野村民也先生(2007年5月31日ご逝去)の思い出を書いてほしいと頼まれました。長い間我々を指導してくださった先生は、ご家族のお話によると、6年前から体調を崩されていたようです。

私が初めて先生にお会いしたのは、1963年(昭和38年)4月、当時六本木にあった東京大学生産技術研究所に入所したときでした。以来、1987年(昭和62年)3月、先生の定年ご退官まで、24年の長きにわたりお世話になりました。数々の思い出の中から、日本初の人工衛星「おおすみ」の成功、内之浦での出来事などをご紹介します。

日本初の人工衛星「おおすみ」の成功

4回連続失敗後、見事、L-4S-5号機によって「おおすみ」を軌道に乗せることに成功したとき、実験主任の野村先生は、テレメータセンターの片隅で、地球を1周した「おおすみ」からの電波を、じっと下を向いて待ってられました。「悲劇の実験主任」と呼ばれた、長く苦しかった道のりを振り返っておられたのかもしれませんが。そのときの光景を今でも鮮明に覚えています。「おめでとうございます」と先生と握手したことが懐かしく思い出されます。

芋焼酎の洗礼

内之浦のロケット実験の中で、私にとって忘れられない出来事の一つに芋焼酎の話があります。当時の芋焼酎は、鼻を突く大変臭いものでした。実験班は宿に帰ると、必ず焼酎を飲みながら一日の反省をしていました。ある日、疲れて宿に戻ったとき、すでに盛り上がっていた先輩たちに勧められるままに、焼酎をすきつ腹にコップ酒でぐいぐいと、駆けつけ3杯以上飲み干しました。日本酒では若干の自信があった私ですが、焼酎は初めての経験でした。

井上浩三郎

宇宙科学研究本部 共同研究員

今では考えられない“生^きのまま”で飲んでしまったのです。

気が付いたときは布団の中で、仲間たちの話では夜通しなっていたようです。先輩の坂本さんが近所の医者を選んでくれました。先輩たちは三日三晩交代で介抱してくれました。医者には、「こんな飲み方をすると死んでしまうぞ!」としかられ、太い注射を打たれたことを覚えています。「若い者に、仕事に差し支えるまで酒を飲ませるものではない!」と、先輩たちは野村先生から厳しくおしかりを受けたそうで、申し訳ないことをしたと思っています。しかられる覚悟で仕事に復帰した私に、先生は「気を付けなさい」と、一言おっしゃっただけでした。そのときの先生のお気持ちはありがたく、それ以来、無茶な酒は慎むようになりました。

野村先生退官記念パーティでの出来事

先生の定年退官を前にした1987年(昭和62年)2月、内之浦町の開発センターで

記念パーティが開催されました。ちょうどM-3SⅡ-3号機による「ぎんが」打上げのフライトオペレーションの最中で、パーティには、実験班、町長、婦人会長はじめ多数の方々が参加されました。

祝辞に立たれた婦人会長は、実験場建設当時のこと、東大口ケットのこと、「おおすみ」誕生までのことなどを、熱く語られました。その間、底冷えの中、直立不動で傾聴しておられた野村先生は急に具合が悪くなられました。町長の連絡で、すぐに内之浦病院院長が駆けつけてくださり、先生は診察を受けることができました(内之浦宇宙空間観測所の白坂友三さん談)。院長に伺ったところ、「心臓をはじめ、3ヶ所弱っていますね」という診断でした。「野村先生、具合はいかがですか」とお聞きしたところ、私の耳元で「井上君、年はとりたくないもんだね」と、か細い声でおっしゃいました。いかなるときでも毅然と振る舞っておられた先生が、珍しく弱音を吐かれたのでした。その後大事には至らず、具合も回復されました。パーティでの司会を仰せ付けていた私も、一時はどうなることかと、不安が脳裏をよぎったことを覚えています。

先生は何事にも紳士的で、そのスタイルはスマートでした。眼鏡に手をやるしぐさ、電話の受話器を取り上げるしぐさ、お話をされるときの顎に手のひらを持ていくしぐさ等々、どれを取っても、自然にスタイルが確立されていました。先生のこの紳士のしぐさは崩れることがなく、研究室内外で、いつも間近にお見受けしていた私にとっては、一言で言えば「挙止端正」という言葉がピッタリの先生でした。

思い出は尽きませんが、心より、先生のご冥福をお祈り申し上げる次第です。

(いのうえ・こうざぶろう)



内之浦での退官記念パーティで。
(左)野村民也先生、(右)小田稔先生。

衛星データ処理システムのエキスパート

システム開発部 探査機システム開発グループ 開発員

馬場 肇

—— JAXAには、この4月に入られたそうですね。

馬場：はい。経験者採用枠の「科学衛星運用・データ処理システムのソフトウェア開発」という職種で採用されました。JAXAは最近では、新卒30人前後、経験者10人前後を毎年採用しており、そのうち数人が宇宙科学研究本部に配属になるようです。

—— なぜ宇宙研に？

馬場：大学・大学院での専門は恒星物理学で、明るさが大きく変化する激変星の研究をしていました。卒業後は、国立天文台、宇宙研、二つの大学そしてJAXAと、6年間で5回、職場が変わっています。宇宙研時代には、赤外線天文衛星「あかり」のデータ処理やデータ公開システム、大学ではコンピュータを用いた学習システムの構築にかかわっていました。どれも仕事は面白かったのですが、任期制のポジションでした。もっと腰を落ち着けて、5年、10年といった長い時間スケールの仕事をしたいと思っていたところに、JAXAで経験者採用があることを知ったのです。

—— 大学での専門とは違う道を選ばれましたね。

馬場：大学院入試に失敗して浪人していたとき、ちょうどはやりだしたインターネットで毎日遊んでいて、コンピュータにはまってしまったのです。それまでコンピュータはむしろ苦手でしたが、フリーソフトを書くようになったら、これが面白い。大学院を出るころには、自分はサイエンティストよりもエンジニア向きだと悟っていました。

—— 採用面接ではどんなアピールをしたのですか。

馬場：「JAXAのWebサイトのトップページ右上に検索窓がありますが、あれはNamazuという日本で最もよく使われている全文検索システムです。私が開発メンバーの一人で、書籍も執筆しました!」。そういう話をしたら、インパクトがあったみたいです。大学院生のとき、ある方が開発した検索システムの存在を知って、メールのやりとりをしながら一緒に改良していったのが、現在のNamazuです。でも、こんなにたくさんの人に使われるようになるとは、思わなかったですね。

—— 現在はどのような仕事を？

馬場：科学衛星の設計、開発、試験、運用からデータ処理、そしてデータの公開まで、一連のデータの流れにかかわるソフト



ばば・はじめ。1971年、大阪府生まれ。理学博士。京都大学大学院理学研究科博士後期課程（物理学・宇宙物理学専攻）単位取得退学。国立天文台教務補佐員を経て、2002年、宇宙科学研究所宇宙科学企画情報解析センター研究機関研究員。任期満了後、早稲田大学助手、茨城大学講師を経て、2007年より現職。専門は、恒星物理学、データベース天文学、コンピュータネットワーク/ソフトウェアの開発運用。現在は、科学衛星運用・データ処理システムのソフトウェア開発にかかわる業務全般を担当。

ウェアや計算機システムの開発をしています。JAXAが2005年に発表した「長期ビジョン」の中に「宇宙科学のトップ・サイエン

スセンター」という目標があります。その実現のためには、技術基盤としてのデータ処理システムの機能強化が不可欠だと思うので、やりがいがあります。

—— 具体的には？

馬場：例えば、運用のための地上系システムは、衛星管制装置や共通QL装置などの計算機ネットワーク、コマンド計画・テレメトリ診断系のISACS、テレメトリデータベースのSIRIUS、工学データベースのEDISON、科学データベースのDARTSなどで構成されています。それとは別に、衛星の運用計画立案やデータ処理は、プロジェクトごとにそれぞれのやり方で行われています。データの流れという観点から見ると、とても複雑になっているのです。しかし、衛星も大きくなり数も増えた今、運用からデータ処理、公開までスムーズに流れていくようにするために、既存システム間の関係を整理して、より効率的で信頼性の高いシステムに変えていく必要があります。

まずは現場を見て、現状の問題点を知ることから始めています。宇宙科学研究本部の各衛星の運用はもちろん、宇宙利用推進本部における実用衛星の運用・データ処理のやり方を学んだり、海外や民間の衛星での現場も参考にしたいと思っています。その上で、これまでのやり方も踏まえつつ、宇宙科学研究本部の10年以上先を見据えて、一連のシステムを理想の姿にもっていきたいですね。

—— 趣味は？

馬場：大学のときは居合道をやっていました。日本刀を抜いてから納めるまでの形の正確さなどを競う武道です。襲いかかってくる仮想敵を斬る稽古もあります。宇宙研の廊下を歩きながら、私が腕を振り回していたら、それは仮想敵を斬っているとき。気を付けてくださいね。

ISASニュース No.320 2007.11 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

月からの「かぐや」の最初の贈り物は、ハイビジョンカメラによる月の地平線から上る青い地球と、まるで自分が「かぐや」に乗って見ているようなリアルな月面の映像でした。「はやぶさ」のイトカワに続く、素晴らしい画像と科学的成果を期待しましょう。
(周東三和子)

* 本誌は再生紙（古紙100%）、大豆インキを使用しています。

100
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