

◆JAXA 宇宙科学研究所 宇宙物理学研究系 准教授 山村 一誠  
 「宇宙からのメッセージ ～天文観測衛星の捉えたもの～」

名前	内 容
【「あかり」が発見したものについて】	
質問者	「あかり」で新しく発見したもの、分かったものなどを教えてください。
山村	ノーベル賞級の発見はまだしていません。しかし、例えばこのようなことが分かりました。「あかり」のデータから、現在～数十億年前にわたって星を作る活動がいつどのくらい活発だったかというのを示したグラフを作成したところ、現在から過去に向かって活発さの度合いが上がっています。実はあかりの観測能力の限界でだいたい90億年くらい昔までさかのぼれるんですけども、その間、基本的にはずっと活発になっています。これは実はあまりわかっていなかったことです。今までの観測でも断片的にはわかっていたんですけども、「あかり」は高感度で空全体を見ているので、そういう統計的な解析をするためのデータがたくさんあります。それを使って、いつの時代にどれくらいの星を作る活動が活発だったかということが正確に決められました。90億年前は活発だったということ、これは一つの発見です。この先を知ることは、「SPICA」でやりたいと思っていることのひとつです。それ以外にも、新しい研究方法を提案した、ということがあります。それは、宇宙の中でのガスの流れの方向と速度を調べることができるというものです。今まではそういう研究というのはあまりされたことがなかったのですが、「あかり」の観測データがきっかけとなって、そういう解析の方法というのが新しく作られました。それに気づいたのは日本人です。「あかり」の天体カタログは今のところ130万天体の情報が含まれていますが、今改良版を製作中です。これを元にさらに解析が進んで、新しい発見が出てくることを期待しています。
【星の起源について】	
質問者	どんなところで星がたくさん生まれますか？
山村	基本的には星となる材料（ガスやダスト）が濃く集まっているところです。つまり材料がたくさんあるところで材料同士が引き付けあって星になります。では、「濃いところ」とはどのようにして生まれるのか。それは非常に難しいです。何故なら、自然は基本的には勝手に動いています。たまたま動いて、濃くなったところを種として星になってくる。もう一つは、たとえば星の周りのガスが星の光によって吹き払われ、外側に押し付けられて濃くなります。そうして濃くなったところから星が出来る。すると今度はそこでできた星を中心にまた周囲に星ができるという連鎖反応が起きると考えられています。
坂下	画面で見ると丸い輪のようになっていますが、円ではなく、球状のかまぐらのようになっています。
【宇宙でのガスの動きについて】	
質問者	ガスの動きについて、真空内の宇宙で風など起きないのにどのような方法でガスが移動しているのでしょうか。
山村	光というのはものを押す力を持っています。光がガスにあたると、ガスを押すことになります。例えば理科の実験等で真空容器の中に風車が入っていて、そこに懐中電灯などで光をあてるとクルクル回るのを見たことがあるかもしれません。それと同じ原理です。すごく弱い力ですが、ガスは軽いので、すごく弱い力でも時間とともにどんどん加速し、最後は毎秒数百キロ～毎秒千キロくらいの速度で吹き飛んでいく。だから、力の源は星の光です。星の光で押されたガスが動いていくということは、風が吹いているということになります。そして押し付けられるというのは到達した先のガスの濃いところで止まるわけです。止まるというか圧縮されるわけで

	す。
坂下	JAXAで打ち上げたイカロスというソーラーセイルがあるんですが、太陽の光を受けて、その力で宇宙を浮遊する宇宙船の実験機というのがあって、積極的にその力を利用して、14m四方の正方形のセイルで1.12mNで、地球上で0.114gの物体にかかる重力にほぼ等しいくらいの小さな力です。
山村	他に力がなければ光が押す力だけだから、ガスは動いていくということです。
【天体カタログのデータについて】	
質問者	130万個の天体カタログの図では、ところどころブロック状に見えるのは何故ですか？
山村	全体的にモワモワ見えているパターンはプロジェクターのせいですので、本物ではありません。ただ、作るときに機械的に拾うので若干のごみみたいなものは入ります。それが人工的なパターンを作る場合もあります。そういうゴミを減らすという事も含めていま改良版を作っています。
坂下	お聞きしたところによると傷みたいところは観測できなかったところだと聞いたのですが。
山村	観測できなくて、データがなかったのが穴が開いてしまいました。理由としては、ひとつはせっかく観測したのに衛星からの電波を受け損ねてデータが無くなってしまった。もうひとつは「あかり」はまんべんなく見てるだけではなく、特定の天体をじっと見るという観測もしています。その場合は全天サーベイ観測はお休みになるので、データが欠落します。どっちを観測するかというのは、どっちが科学的な価値が高いかということを決めていて、ある意味自ら穴をあけたということになります。こういう細かい傷は少しで、全天の98%くらいはちゃんとデータを取っています。(これ以外にも、衛星の一時的な機能障害や、月の光の影響などでデータが得られない場合があります。次回同じ場所を観測するチャンスがある場合には、このようなデータ欠損をなるべく補うように綿密に観測計画を立てて運用していました)。
【X線の特徴について】	
質問者	X線の観測での得意なことを教えてください。
山村	超新星爆発といった、太陽より10倍くらいかそれよりももっと重い星というのは、最後は爆発します。爆発の時の衝撃波が広がってきて、温度が数百万度とか1億度にまで上がります。ただ、温度は上がるんですが、すごくガスは薄いんです。高温の電離したガス、これはプラズマという状態ですが、そういうところから出るのがX線です。ある天体からのX線はどのくらいの波長をどのくらい出しているのかというのを見てやると、ボコボコとところどころ山があるんですが、この山一つ一つは実は高温プラズマの中に含まれている元素に対応しています。つまり、プラズマ中に酸素、ネオン、マグネシウム、ケイ素、ヨウ素、カリウム、カルシウム、鉄がどのくらいに入っているか見えてくる。このくらい高温にならないと、こういうデータというのは、なかなか取りにくいんです。例えば星の中で作られたケイ素(シリコン)は超新星爆発で宇宙空間にまき散らされます。赤外線で見えるような低温の状態だと、ケイ素はみんな分子だとか砂になってしまいます。それはそれで観測できますが、まさに超新星爆発のときにケイ素が吐き出されたものを見ようとする、高温の状態を見る必要があります。超新星爆発によって一瞬にしていろんな元素が作られたり、まき散らされたりされますが、最近のX線での研究では作られ方に何かのムラがあることが分かってきました。このような研究は、今の我々がいるためには宇宙の歴史のなかで、どれくらい超新星爆発が起きて、どれくらいの元素が作られ、まき散らされたのか、そういうことを知る上で大事です。まとめると、X線で観測する

	天体の条件は、基本的には温度が高いことです。もちろん世の中で光だとかを出す方法は温度だけじゃなくて、他にもいろんないくつかの方法がありますが、一言で分かりやすく言うと高温のものです。宇宙の中には実は目に見えていないところで非常に高温のすごく薄いガスが、銀河の間に満ちていると言われていています。そういうものを観測して宇宙の姿を明らかにしようというのが、X線天文学。たとえば、この1個1個、銀河の間に数百万度のガスが取り囲んでいるらしいんですね。そういうものも観測します。
--	---

#### 【図の見え方について】

質問者	先ほどの図を見て感じたのですが、赤外線で撮った時にリング状に見えるのは、もしかして周辺減光のような状態が起こっているということでしょうか。
山村	これも薄い殻なんです。中ぬけの薄い殻、ピンポン玉とかボールのような。そういうものを透かして見ると、淵のところが、減光というよりこれは逆に光っているので、視線方向に見通してもものがたくさんあるところがより光っていてそれがリング状に見える。あくまでこれは三次元的に考えなくてははいけないんです。

#### 【超新星爆発の時にできる元素について】

質問者	超新星爆発の時にできる元素は地球ではできないのか。
山村	超新星爆発の時にできる元素、鉄は超新星爆発でしかできません。先ほど言った太陽みたいな星でできるのは、炭素、酸素、窒素などです。この先例えばシリコンとか鉄は超新星になるような重い星の中で作られますが、超新星爆発を起こす前の星の中では鉄までしかつくられません。爆発した瞬間に鉄より重い元素、たとえば金・銀・銅・プラチナ・ウランなどができます。一方、いわゆるレアメタルと言われているもののいくつかは、太陽のような軽い星の中で穏やかにつくられる方法があって、その過程を詳しく研究している人たちが色んな反応ルートを探して、計算しています。一言でいうと炭素・酸素くらいまでは太陽みたいな星で、それから、鉄までは超新星爆発を起こす時にまでにできていて、それより重い元素は超新星爆発をしたときに一気に作られる。
坂下	そうやってできた元素をそのままとってくるわけではなく、宇宙を巡り巡って、惑星のような塊になったものを我々が取ってくる。
山村	そうです。宇宙が138億年前に生まれたときは重さで言って水素が約75%、ヘリウムは約25%でその次のリチウムがほんの少しでできていて、それより重い元素は無かったらしいです。いわゆるビックバン理論というやつです。ほかの元素は、星の中で作ったり、爆発したりした時にできたもの。今この部屋のなかで見ている元素のほとんどは星の中で合成されたものです。

#### 【「あかり」で見たときの「すばる」について】

質問者	「すばる」を「あかり」でみたらどうなるんですか？
山村	そういう絵はきょうは用意していないので今度用意しておきます。「あかり」では、オリオン座のイメージのようにたぶんモヤモヤが見えて星は見えないと思いますが、私も見たことがあります。130万個のデータを作る元になったデータがあって、そこから画像を作ろうとしています。まだお見せできるものではないのですが、天体写真集を作ろうという話もあるので、楽しみにしててください。

#### 【3次元の天体カタログについて】

質問者	130万個の天体カタログを作ったその天体の中で、表示のデータの3次元のものを作る予定はあるのでしょうか？
山村	3次元は奥行きを測らないといけないのですが、天体までの距離を測るのは中々難しいのです。

物差しを持っていくことはできないので、三角測量が一番良い方法ですが、測れる距離には限界があります。130万個の天体1つ1つの奥行きを測ったり見積もったりするのはなかなか難しいです。1つの簡単な方法は、たとえばすべて100ワットの電球だと仮定して、元の明るさは同じだから遠くに行けば暗くなるという原理を利用し、実際に見えている明るさが遠くに行ったから暗いと考えて距離を推定し、三次元に並べるという方法があります。あとはすごく遠い天体だと、赤方偏移というのを使って作るというのがあります。ただ、「あかり」のデータだけから、きれいな三次元の宇宙の地図を作るのはちょっと難しいと思います。先ほどお見せしたのは、一つの星の周りだけで、あれは他にも地上から観測したデータなどがあって、ちゃんと三次元で奥行きがあってこうなんだというのが、別途調べることができたので、ああいう形に解釈ができます。

【赤外線の写真について】

質問者	普通のカメラで写真を撮るとしたらシャッタースピードとかがあると思いますが、赤外線で撮るときも1枚の画像で何秒とるとかいうものはあるのでしょうか？
山村	基本的には長ければ長いほどいいです。基本的に空の天体というのは月や惑星とかでなければすごく暗いです。だから遠慮なくシャッタースピードを長くしたい。だけど、衛星は動いています。自分が動いているので空を見ていると地球の裏に入ってしまうと見えなくなってしまうので限界が出てきます。「あかり」はシャッターを開けっ放しにして、ずっと空をスキャンして、何個かの検出器で順番に見ていくんですが、一つの星あたりの露出時間は合わせても1秒以下です。そういう限界があるので検出できた天体が130万個なんです。「あかり」の軌道ではできませんが、例えば1か所1時間ずつだと全天を観測するのに何百年もかかると思います。ただ、ずっとずっと感度のいい、暗いものが写ったデータが撮れます。SPICAはじーっと同じ場所を見るための衛星なので、地球の周りではなく、ラグランジュポイントという地球から離れたところにいます。地球のことを余り気にせず、何時間かずっと同じ天体を見続けることができるので、すごく感度が良い観測が出来ます。だから、衛星が何をやりたいかによって軌道をどのようににするかとか、どういう設計にするかとかを決めていきます。

【「あかり」とSPICAの関係性について】

質問者	SPICAには「あかり」にはなかった別のポイントで、ずっと長い時間星を見続けるという機能があると聞きましたが、その点から見て、「あかり」とSPICAは後継機のような関係にあたるのでしょうか。
山村	この図は世界の赤外線天文衛星を並べたものです。横軸が年代、世界最初(IRAS)は1983年なんです。日本最初のX線衛星が1979年です。それより後ですね。実はこれは「あかり」と同じサーベイ衛星です。赤外線で光る天体がどこにあるかわからなかったら、詳しく調べようにも調べられないので、だからまず地図を作ったんですね。それを使って1990年代にヨーロッパの衛星(IS0)、2000年代にはアメリカのスピッツァー衛星などが詳しい観測をしました。しかし、30年前衛星では検出器の感度とかがよくないので、もう一度もっと精密な地図を作り直そうとしたのが「あかり」です。「あかり」とちょっと後にアメリカの衛星(WISE)で違う波長を観測したものがあって、この二つが地図を作り直したんです。そして「あかり」の見つけた130万個の天体の中で、面白そうなものを詳しく調べようというのがSPICAです。アメリカのNASAではJWSTという計画が進んでいます。これは打上が2018年といわれています。SPICAは2020年代半ばの打ち上げと言われていますが、まだプロジェクトが正式にスタートしていないのでわかりません。SPICAはJWSTよりももっと長い波長で、もっと冷たいものを観測することができるので、「あかり」が見つけた中で特に冷たい、星が生まれるというか卵のような状態のものや、

	遠くの銀河、さっき言った 90 億年以上昔の世界を調べようとするのが得意です。まとめると、探して詳しく、探して詳しくという順番で研究をしていて、現在はその 2 順目を行っています。SPICA より先のことは世界中でも具体的な計画はまだありません。
坂下	SPICA とか JWST とかになると望遠鏡の口径が小さい字で書いてありますが、桁が上がるんですね。※SPICA の主鏡はハッブル宇宙望遠鏡 (2.4m) を上回る 3.2m の大口径。
山村	JWST は望遠鏡を積極的に冷やしていません。ちょっと生暖かい望遠鏡なので、望遠鏡自身が赤外線を若干出している。SPICA は望遠鏡を冷却するので、そこで感度が上がる。
<b>【星の見え方について】</b>	
質問者	先ほどの地図なんですが、あれで一番明るい真ん中のそこは「天の川銀河」ですか？
山村	図の中央部分が「いて座」の方向です。我々の「天の川銀河」は渦巻銀河だと思われていますが、その中心付近がこのへん。夏の星座っていうのはいて座から空の上の方に上がってきますよね？この辺（中央から左側）が「はくちょう座」、それから「織姫」と「彦星」はこの辺にいて、さらに左にいくと秋の星座です。その先が図の反対側（右端）に繋がっていて冬の星座ですね。夏の星座からすると、ぐるっと回って半年後に出てくるのが「おうし座」とか「すばる」なんかです。
質問者	写っているのはほぼ可視光で私たちがふつうにみる天体とマッチしていると考えていいんでしょうか。
山村	可視光でマッチしているのは、「ほぼ」ではないです。先ほど見せたオリオン座の「あかり」の画像で、赤い広がった雲のようなものはものは、可視光での天体写真には写ってなかったというふうに、赤く示している天体ははかなりが可視光で見たものと違います。青く見えているのは主に星と銀河なんですけど、その一部はは可視光でも見えていて、可視光で作ったカタログと照らし合わせると、相手が見つかります。可視光と赤外線でみた明るさの比がどうなっているか、ということから銀河の性質を分類したりという研究が行われています。
<b>【SPICA の打ち上げについて】</b>	
質問者	SPICA はどこの国が打ち上げるっていう計画があるんでしょうか？また、打ち上げを決める決め方もあれば教えてください。
山村	SPICA の場合はいまのところ H-IIA で打ち上げるということで関係各国では同意されています。ロケットというのは打ち上げにお金がかかるので、基本的には言い出した国が負担して打ち上げるのが普通です。場合によっては、ヨーロッパのアリアンで打ち上げることもあるかもしれませんが、SPICA の場合は JAXA が担当します。一般的には、科学衛星の場合はお金のやりとりで打上を受注するというよりは、研究協力の中で分担を決めることになります。過去には、宇宙研の関わった衛星でも作った国と打ち上げる国が違うというのは何回かありました。
坂下	今年度「GPM」の打ち上げがありますが、衛星そのものはアメリカが作って、日本はでかいセンサーを提携していますが、それはアメリカの登録になる衛星ですが日本で打ち上げることになっています。大きい衛星を上げられる国というのはアメリカ・日本・ヨーロッパ・中国・ロシアなど、限られていて、そうした中で主要な協力パートナーの国が上げることになります。そこから先は協議で決まっています、今回は日本ということになっています。特に H-IIA は今後はいわゆる商業利用のケースも出てくると思います。
質問者	SPICA は H-IIA で打ち上げるということはすごく大きいのでしょうか？
山村	大きいです。今の設計では望遠鏡の口径が 3.2 メートルで、実は H-IIA にとっても難しいです。赤外線というのは、みなさんも出していて、望遠鏡だって暖かくなれば赤外線を出します。暖

	<p>かい光っている望遠鏡で星を見てもよく見えないので、望遠鏡や検出器から赤外線を出さないようにマイナス 270 度くらいまで冷やします。そのためには液体ヘリウムを積んで、液体ヘリウムが蒸発していくときに熱をうばうので、その原理で冷やします。なので、液体ヘリウムを入れるタンクが必要になります。液体ヘリウムを保持するためには高性能な魔法瓶のような入れ物が必要なので、すごく重たくなります。衛星の重さと大きさのかなりの部分が、このタンクで占められています。そこで発想の転換で、打ち上げの時は暖かいままで打ち上げてしまって、宇宙に行ったら真空だし、冷凍機で冷やせばいいということで、そしたら液体ヘリウムもタンクもいらない。そうすると望遠鏡をギリギリまで大きくできる。これが SPICA の一番の技術的なアイデアです。逆に言うとこれが一番の技術的なハードルなのでまだ 10 年くらいかかることになります。</p>
坂下	<p>10 年すると次の基幹ロケットの打ち上げ目標に入ってくるので、もしかすると、今の基幹ロケットの H-IIA や H-IIB ではなくて、新型基幹ロケットで打ち上げることになるかもしれません。今、目標としては 2020 年の東京オリンピックの年に打ち上げられるようにということを目指にはしていますけれども、これから開発が始まることなので SPICA の打ち上げに間に合えば良いですね。</p>
山村	<p>衛星を作るのは 10 年がかりなので、10 年後の性能を 10 年前に決めてしまいます。10 年前の最先端の技術を使うので、10 年後から見るとちょっと古くなってしまいかもしれません。これから何年かの中で SPICA が 10 数年後打ち上げる時にどういう性能になるか決めていく中で、例えばロケットは新しいロケットになるだとか、そういうことも決まっていくと思います。</p>
【超新星爆発前と後でできる物質の重さについて】	
質問者	<p>先ほどの質問で超新星爆発前と後でできる物質の重さが違うとっていましたが、何故物質ができるのか、そして爆発によって重さが変わるのは何故かを教えてください。</p>
山村	<p>物質は変わりますが全体としての重さは変わりません。例えば炭素は陽子が 6 つ、中性子 6 つ、電子が 6 つできています。ヘリウムは陽子が 2 つ、中性子が 2 つ、電子が 2 つで、3 つ合わせると <math>4 \times 3 = 12</math> になります。そのようにできるわけです。だから全部としては、バラバラに 3 つあったものも合わさったものも、12 個の粒からできていることには変わらないので、全体としては重さは変わりません。実はほんのちょっとだけ変わるのですが、それが光となって出てきます。星が光っているのはまさしくその原理です。光も含めた全体としてのエネルギー、重さは変わりません。</p>

◆JAXA 有人宇宙ミッション本部宇宙船技術センター長 田中 哲夫  
「日本の技術がひらく未来 ～こうのとりの 4 号機～」

名前	内 容
【「こうのとりの」に積み込む荷物について】	
質問者	<p>「こうのとりの」で荷物を運ぶ際、苦労したこととか、運ぶのが難しかったものにはどのようなものがあるのでしょうか？また、運ぶのが難しかったものが出てきたときにどのような方法を使って国際宇宙ステーションに送り届けたのでしょうか？</p>
田中	<p>荷物で苦労したものは色々あるんですが、「生もの」を運ぶことが結構大変でした。荷物を積み込んでから組み立てるので、水を含めて 3 か月前くらいに積み込んでいます。なので、直前に積み込まないと困るような、「生もの」や急に運びたくなったようなものをいかに対応するかが問題になりました。全部組み上がってからも、フェアリングの部分に荷物なら運べるように</p>

	<p>人が入れるようにしてあります。ただし、時間もかかるし重力があるため、危ない作業なので数が限られていました。それからだんだん、20キロ、40キロくらいのもも運べるようになってきています。生ものに関しては、今回初めて果物を打ち上げてみました。実験で保冷庫みたいなものを作りまして、最初は温度計だけという案もありましたが、面白くないということで、チョコレートを入れる案も出てきました。ただ、チョコレートは常温でも運べてしまうということで、果物を入れました。これは食べるためではなく実験として入れたんですが、幸い、5日~1週間くらい持つ果物であれば運べるということが確認ができました。温度管理がきちんとできれば宇宙実験用の試料とかにも使えるということで、これからも活動を続けていきたいと思っています。</p>
坂下	<p>1号機、2号機はまさに私は荷物を積む係だったのですが、先ほどの直前に荷物を積むという話は、フェアリングのロケットの先端のところからハシゴを使って降りていくんですが、かなり大変でしたけど、当時の10倍20倍の重さの荷物を積めるようになったので大分改善されてきています。</p>
【生物の運搬について】	
質問者	<p>生き物や人は運べるんですか？</p>
田中	<p>今は生き物は運べないんです。今度はメダカを運びたいと検討しています。ただ、メダカをビニール袋の中に入れて、空気を入れて夜店みたいに持っていくという事はできないんです。なぜかという時間がかかってしまうので、生きた状態で運ぶための装置を作らなくては行けない。メダカもそうだし、今度ネズミも運びたいと思っています。そうするとネズミが活着しているような装置と一緒に積み込まないといけないうことで、また新たな課題が出てきています。今、一生懸命そういうことができるように頑張っているところです。</p>
坂下	<p>将来的には人が乗れるようになればいいですけど、そうすると機体から大掛かりな装置を作り直さないとはいけません。</p>
【太陽電池パネルの位置について】	
質問者	<p>衛星などは太陽電池のパネルが羽のようについていますが、なぜ「こうのとりの」は直接機体に付けているのですか？</p>
田中	<p>あれは開発をやっていたころ、すごく悩みました。羽みたいにした方がいいのか貼り付けた方がいいのか。結論から行くと、貼り付けた方が「こうのとりの」場合は、よかったと思っています。羽だと打ち上げるときは縮めていて、打ちあがったら広げる、それから、広げただけでは駄目で、広げた状態で太陽電池の面を太陽の方に向けないといけません。開発にお金がかかってしまいます。また、「こうのとりの」は、おなかに船外品を運んでいて、船外品が冷えないように常におなかを地球に向けるようなデザインにしています。ということで、発電量さえ確保できれば良いので、羽を付けるのはやめて、貼りつけることにしました。</p>
坂下	<p>大体動くところがあると壊れてしまいます。</p>
田中	<p>動かなければ、壊れません。宇宙船でいかに安全にランデブーする極意を知っていますでしょうか？結論は、近づかないのが一番安全です。安全に作るよういろいろ考えていくと近づけなくなってしまう。どこで境目を作って、いかに今のデザインの範囲で安全に近づくかということです。</p>
【積荷の計画について】	
質問者	<p>「こうのとりの」に積み込むのは3か月前ということですが、実際に何を載せるのかどのくらい前から計画が立てられているのでしょうか。</p>

田中	1年前くらいです。標準のインターフェースはもう決まっていますから、それに合わせて打ち上げの時期を決めます。そして、優先順位を決めて荷物をセットします。プロセスがあって、国際調整で決めています。決まった形の荷物なら、直前でも大丈夫なのですが、船外品などいろいろな形があって、宇宙にさらした状態のものですから、温度の問題や移動の時に太陽が当たりすぎては困るなど条件が加わるので1年前くらいにだいたい決まっていなくて、大変厳しいです。
----	--

#### 【ロケットの再利用について】

質問者	現在、「こうのとりのとり」は物資を運ぶだけで、帰ってはこないということでしたが、今後スペースシャトルのように帰って来て再利用するようになるというプランというのはどういう形で進んでいくのでしょうか。
田中	帰ってくるという話は二つあって、荷物だけ戻すという話と機体全体が帰ってくるという話があります。前半の話ですが、我々は決められた場所に荷物を落とすという技術をまだ完全には持っていません。しかし、「こうのとりのとり」のデザインを少し変えてカプセルを積み、できるかなと思っています。さらに宇宙ステーションからの今後の物資の回収や宇宙探査をする時の回収として技術を磨いていきたいなと思っています。後者のいわゆるスペースシャトルのような方法については、再使用するかどうか議論されていますが、カプセルタイプで戻すのが、いまのところ最適と考えています。

#### 【戻ってくる技術について】

質問者	日本が戻ってくる技術を先進的に進めることができれば、たとえば火星の滞在計画というものも現実味を帯びてくるのかなと思います。日本の戻ってくる技術の位置づけといいますか、最先端を走っているのでしょうか。
田中	回収の技術というのは色々あって、カプセルの話に限らせていただくと、今までいくつかやったことがあります。一番最近では、「はやぶさ」で、小惑星から微粒子をもって帰ってきました。大気に高速で入ってきても燃え尽きないようにする技術は我々は持っています。今までは大気圏に再突入する時に燃え尽きないようにすることが一つ、もう一つは正確に狙った場所にコントロールしながら落としていく技術があります。100キロとか200キロの範囲内には落ちるだろうということは今でもできていますが、10キロ以内に落としたいとか、1キロのエリアに落としたいとか、究極はその校庭に落としたいとか、そこまでの回収の為の制御技術というのが大事な技術です。日本は残念ながら、いい断熱材を国産化できていません。いろいろ試作中で、今度は実証していきたいと思っています。それから、コントロールするということは逆に言うと今までカプセルで実験はやったことない。制御技術は我々も技術はあると思っていますが、経験がありません。これをやっていかなければ、次へ進めないというのが、今おかれている立場です。残念ながら、ここの部分だけ追いつけていません。

#### 【スペースデブリについて】

質問者	「こうのとりのとり」がISSに着くまでにスペースデブリに当たることはないのですか？
田中	当たる可能性はあります。宇宙ステーションもデブリにさらされているので当たる可能性があります。ではどうしているかという、大きいデブリについてはモニターしていて、ステーションの周り4キロ以内に10cm以上のデブリが来そうであれば、アラームが鳴って、軌道を変えなければならないということを日常的にやっています。アラームが来ると私のケータイにメールが来て「アラームが出てます」というのがみんなに通知されます。必要であれば軌道を変えて、軌道を変えたという連絡が時々来ます。「こうのとりのとり」も同じように、打ち上げ前に軌道にデブリがないことを確認しています。デブリが当たることは、確率的には非常に低いんですけど、



	気にしていかないといけない時代かなと思います。
坂下	テレビとかで出てくるようなデブリの絵がありますが、あれは誇張して書かれていて、密度としては低くて、当たる確率も低いですが、デブリが増えてきているので無視はできません。
<b>【宇宙飛行士の仕事内容について】</b>	
質問者	今 ISS の実験は宇宙飛行士がすべてやっていますが、将来的に有人宇宙飛行のハードルが下がってきたら、目的によってそのスペシャリストを連れていくことになるのでしょうか。
田中	そうなってほしいですね。今は6人しか入れないから、みんないろいろな仕事があってそれを兼務しなければいけない。だけど、本当は専門家というのが確約できる規模になるというのは一番理想ですね。
<b>【補給機の帰還場所について】</b>	
質問者	補給機を地球に帰還させるということで聞きたいのですが、今は落とす技術がまだということなんですが、もし今の技術のままで落とすとしたら、ソユーズのように広い開けた場所に落とすようなことになるのでしょうか。
田中	ソユーズも実は結構制御していて、そんなに広い領域じゃないんです。あれは数キロで結構な技術で実は僕らもそれを目指しています。日本の場合は今検討していますが、やはり海だと思います。海にちゃんと狙ったところに降りれば、できるだけ近くに船や飛行機がいて、すぐに拾ってもらう。そっちの方が日本としては現実的だと思います。
坂下	去年、星出宇宙飛行士が帰還した時に現地に入ったのですが、車で待機していて10~15分くらいには落ちたところに着くという、そのくらいの精度で彼らは落としています。