◆ALOS-2　プロジェクトマネージャ／大澤　右二

「「だいち」から「だいち 2 号」へ」

名前	内　　容
【レーダ画像による作物の種類特定について】	
参加者	レーダの画像で、ある程度作物の種類の違いは特定できるものなのでしょうか。
大澤	100%分かる訳ではないですが、例えばトウモロコシが植えてある場所と、そうではないところ（例えば道路の辺り）はレーダ画像の色が変わります。また、観測幅最大だと 490km まで広域で見ることができ、一気に観測ができるので、水害などにも全体が見えるので有効と思っています。
参加者	例えば特定できる場合は、ケシ畑を見つけて悪い企みを事前に防ぐことなどもできると思うのですが、そういう方法は国内に限らず実際にとっている例はあるのでしょうか。
大澤	ケシ畑というのは多分誰もわからないようにしてあると思いますが、そういう意味では、衛星で畑の大凡の状態が今はこういう状況になっていますと、農協経由でお知らせなどできればいいのかなと思います。
名村	人工衛星は今、農業や漁業にたくさん使われております。農業だとお米、お茶などで、人工衛星データからどういう特徴のものか識別できるようになっています。もちろん人工衛星だけで「これが美味しい」となるわけではないのですが。漁業に関しても、今は宇宙から海の表面温度が 0.5 度刻みでわかります。魚は種類によっては数度の温度幅でしか生きられない。そのようなことが漁業の皆様にデータとして入っていきます。現在漁船は勘に頼ってと言うより船にパソコンが入っていて、そのデータに基づきそこへ行くことができます。それは乱獲につながるということではなくて効率的な漁業ということで使われています。
【地球温暖化への関わりについて】	
参加者	「だいち」が私たちの生活にいろいろ役にたっているのはわかったのですが、地球温暖化に関して何か実用面で使われているケースはあるのでしょうか。
大澤	「だいち 2 号」では直接は無いと思いますが、今 JAXA の中でも、海の温度が分かるような GCOM-C という衛星の開発もしております。
名村	人工衛星で直接対策を取る所まではいっていませんが、今話があった GCOM や、既に上がっている「いぶき（GOSAT）」という衛星があり、温暖化効果の高いガスを宇宙から観測しています。地球で図るとポイントポイントでしか測ることができませんが、グローバルに地球全体として温室効果ガスがたまっている場所、どの国が出しているか等が分かります。それをもとに改善を求めたり、対策を考えるなどのデータとして使えるような貢献をしています。
【だいち 2 号の観測方法について】	
参加者	「だいち 1 号」は右側だけでしかレーダの観測できなかったということですが、それは右斜め 30 度に傾いて測定したのですか。「だいち 2 号」は左右で観測できるということですが、傾けるのは遠隔操作で地上から信号を送ると思うんですが、傾ける動力は何ですか。
大澤	「だいち 1 号」では、太陽電池パドルが左側にあるので、そちら側（左側）には観測センサを付けられませんでした。「だいち 2 号」を傾ける動力についてですが、衛星の中にリアクションホイールという円盤状のものが 4 個入っていて、それぞれの円盤状のものが回転するスピードを調節することで、衛星を傾けます。
【だいち 2 号の電力関係の改良点について】	
参加者	「だいち 2 号」は「だいち」の 3 倍程の電力消費を改良するということですが、「だいち」が「だ

	いち 2 号」になるにあたり、電力関係で改良点がありましたら教えてください。また、2006 年 1 月 26 日頃、「だいち」の打上げが間もなく迫っている頃に行方不明中のはやぶさが発見されました。はやぶさサイドではなく、だいちサイド、JAXA サイドではやぶさの速報が入った時の状況で感想やアンテナなどの分担で問題があったなど、お話いただけることがありましたら教えてください。
大澤	電力については「ADEOS」、「ADEOS2」と連続で失敗をしているということで、その後は電源系を今まで以上に確認して今に至っています。「ADEOS」、「ADEOS2」、「だいち 1 号」もそうですが、片翼になっていてかなり大電力を使っている。それに対して「だいち 2 号」は太陽電池の効率もだいぶ良くなっています。しかし、確認をしっかり行わないと同じ事になる可能性もありますので、確認作業を JAXA の中でしっかり行っています。
名村	はやぶさについては國中の方からもコメントがあると思いますが、JAXA 全体としても大きな話でしたので、我々も「やった！」という思いはありました。
國中	宇宙システムには地球を回る人工衛星と、「はやぶさ」や「あかつき」などのように太陽の周りを回る宇宙機があり、使っている装置、特に地上のアンテナなどは異なります。太陽を回る宇宙機は地球を回る衛星と比べればはるかに遠いので、大きなアンテナを使わなければ通信できません。長野の臼田にある 64m のアンテナか、鹿児島にある 34m のアンテナを使っています。地球を回る衛星はこのような大きなアンテナでなくても大丈夫。ですので「はやぶさ」の追跡と人工衛星の運用が直接重なって困るということは通常ありません。
【カーナビの進化と無人操縦について】	
参加者	25 年ほど前にカーナビゲーションシステムというのが登場しまして、当初とても高級なもので一般には手が届かなかったと思います。手が届くようになってからも、海沿いを走っていたら、画面は海の中だったりしました。現在ではとても高性能になっていると思います。それを踏まえて、カーナビが進化して農業のトラクターなどに取り付けると、無人で収穫作業ができる様になるような話を確か耳にしたのですが、そのような研究はされているんでしょうか。
名村	現在主にカーナビで使われている GPS はアメリカの衛星です。日本でも「みちびき」という衛星が数年前に打ちあがりました。これはまだ 1 機だけなので残念ながら 24 時間は使えず、1 日に 8 時間程の運用になっています。このみちびきを GPS と組み合わせて使うと、アメリカの衛星だけだと 10m 位の誤差があったんですが、数センチまで誤差が縮めることができます。誤差が数センチまで縮まると無人のトラクターも安心して使用できるということで、既に実験等行われています。それから、自動車も安全システムが必要になりますが、無人で運転することもできてくるようになります。今後国の方針として 2010 年代後半までに、日本の測位衛星を 4 機入れようとしています。4 機あると 24 時間常にそれが使えます。これからちょっと席を移動したら、「今動いた」ということが分かるくらいの精度が実現できることになります。そのような研究は続けておりまして、そう遠くない未来に実現できる技術だと思います。
【日本の資源／レーダの種類　について】	
参加者	レーダを使った解像度が上がってきていると思います。今後の資源探査について、例えば日本全域を撮った時に、地下資源なども含めてどれくらいあるのでしょうか。あと、今の衛星は基本的にはマルチバンドで行っていると思います。いろいろな波長を使って観測する時代ですが、レーダーの中でも何パターンかあるのでしょうか？雲なども透過してみることによって海などもある程度のところまでは見えるのかなと気になりました。
大澤	「だいち」でも資源探査というものを経済産業省さんがやっていました。ただ、資源が見つかった、や、どこに資源があるかというのは誰も教えてくれませんでした。なので、私自身が具

	体的なことを聞いたということはありません。公開すると、人がそこへ行って、鉱物を持っていく人たちがいるという話を経産省さんから聞いたことがあります。 もう１つの話ですが、ドイツ、イタリア、カナダや日本がレーダー衛星を開発して運用しているのですが、ドイツとイタリアはＸバンドといって 8GHz 帯の電波を使っています。カナダはシーバンドという 5GHz 帯を使っています。だいち１号２号はＬバンドで 1.2GHz の電波を使っていて、それぞれ良し悪しがあります。これらをうまく組み合わせて解析をすると新しい成果が出る可能性はかなり高いと思っています。
【プレート移動の観測が可能かについて】	
参加者	精度の高い変化が分かるということにつながると思うんですが、先般の大地震がありましたが、ああいったプレートの移動なんかは海を通してみることはできるのでしょうか。
大澤	残念ながら海まではわからないです。深海の深さを見ることも難しいです。
参加者	では地震とかプレートの移動とかは観察できないということですね。
大澤	プレートは難しいのですが、「だいち２号」は、「だいち１号」の時より倍くらい精度があがっているので、例えば陸上での地殻変動などは、地震が起こって、どこかが高くなったりなどはわかります。それを予想することは難しいですが。
参加者	変化を素早くとらえることはできないのですか？
大澤	そうですね。2 センチの変化に対して 1 センチくらいまで観察できると、何か見える可能性がありますので、、そのようなことも科学的に観測や解析をする必要があると思っています。
参加者	そういうことに期待したいと思っています。
【国防とのかかわりについて】	
参加者	解像度が 1m×3m になると、様々なものが見えてくると思います。少し前に北朝鮮がミサイルを打ち上げるという話があり、アメリカの観測衛星では夜や雲がかかっている時は見えないという話も聞いたのですが、「だいち」だと見えると思います。そのような国防について「だいち」も関わっていくことはあるのでしょうか。
大澤	政府の方で様々なことを考えているのかもしれませんが、今のところは少なくとも私はそういう話は聞いておりません。
【だいち２号の試験について】	
参加者	「だいち２号」の PALSAR-2 レーダは５枚のパネルを軌道上で展開させて起動するという話なんですが、大変複雑な展開方法とお聞きしました。試験などは順調ですか。
大澤	展開試験は既に数回行っていて、全部合格になっています。
参加者	首ふりをするときにパネル間で揺れが発生してしまうとか、そういうことが無いように頑丈な作りになっているんでしょうか。
大澤	アンテナの振動の周波数と、それ以外のものの周波数を区切っているので、基本的に問題はないです。なお、地上で展開試験や振動試験をやったところで、やはりそれが 100%とは思っておらず、宇宙に行き、きちんと確認するということが必要だと思っています。
【JAXA の予算・資金について】	
参加者	JAXA は研究費や開発費が非常にかかっていると思います。観測して得た情報などは非常にお金になると思います。お金になる情報を作り、いろいろなところから情報料をもらうということは JAXA では考えていないのでしょうか。
名村	だいちなどで撮った画像ですと、既に画像提供でお金をいただくシステムはあります。これまでは技術実証で終わっているものが多々あったのですが、今後は JAXA で研究開発した成果をも

	っと産業界につなげていこうと思っています。JAXA の技術や成果を独占的に使うのであれば民間からお金をいただくということも考えています。
参加者	今はアメリカにしても民間が参入してやっています。日本もそのような形で持っていかないと継続は厳しくなると思います。その辺を実際どのように考えているのかをお聞きかせください。
名村	おっしゃる通り予算は横ばいどころか下がっております。何かをきっかけに予算が増えるということは難しいと我々も思っております。「はやぶさ」の時はかなり応援していただき、「はやぶさ 2」プロジェクトは立ち上がりましたが、全体的にみるとやはり下がっている状態です。ご意見いただいたポイントは我々も重要だと思っていて、民間とのさらなる連携や業務分担を進めていきたいと考えています。
【宇宙ゴミについて】	
参加者	「だいち 2 号」も、何年かしたら運用が終了になると思います。近年宇宙ゴミの問題が大きく取り上げられていると思うのですが、JAXA は宇宙ゴミに対して具体的にどのような対策をしているのでしょうか。
名村	ゴミというのは運用を停止した衛星や、人工衛星を打ち上げるためのロケットなどで、大きいものだけでも何千という数が回っています。すぐに行える対策として、我々は打ち上げたロケットはできるだけ早く落そうとしています。人工衛星についても運用を停止し、完全に衛星が壊れてしまう前に軌道を下げて早く地球に落ちてくるようにしています。上の方に行ってしまった衛星は落とすのが大変なので、使う価値がある軌道からは遠ざけて必要な空間を確保しようという取り組みもしています。 地球に落とすのも危険だという問題もありますが、制御して落とすとほとんどは燃え尽きますし、材料的にも燃え尽きるものを使う工夫もしています。しかし実際に宇宙に上がっているものはどうするんだということですが、これらも長い年月をかければ徐々に落ちてきます。なかには、何百年何千年という単位で落ちてこないものもあり、特に大型のものは積極的に落そうとしています。捕まえに行ったり、捕まえて引っ張って落として来たり、ということを研究段階ですが、JAXA でも行っています。ロケットを打ち上げて大きなものを一つ一つ捕まえて落とすというのは、大変な技術ですしお金もかかる、という中でまだ研究段階ですが真剣に取り組み出しています。
【打ち上げられているレーダ衛星の数について】	
参加者	世界的にレーダの衛星はだいたいどのくらいの数上がっているのでしょうか。
大澤	公表されていないものの方が多いと思います。イタリアは 4 機体制になっており、ドイツは 2 機体制で、もう少しすると 3 機体制になるかなというところ。カナダにはレーダーサットというだいぶ昔の衛星ですが、レーダーサット 2 という衛星もあり、更にレーダーサットの次の衛星まで考えているので、それだけでもかなりの数にはなります。それ以外の所はなかなか情報がないので、わかりません。
【今後の開発について】	
参加者	各国が衛星を上げているということですが、今後大きな目的というか、どういうところをターゲットに置きながら開発をしていくのでしょうか。
大澤	日本は地震国でもありますので、海外の衛星で使っている周波数では地殻変動のようなものが見れません。周波数の範囲は全世界で ITU というところで決められております。何年かかるかわかりませんが L バンドという周波数をもっとうまく使える様に、幅を広げるようなことも、JAXA の中でもやり始めています。できるだけ L バンドを上手く使うためには周波数の拡大とい

	うことが必要だと思っています。
【次世代の教育について】	
参加者	若い世代の教育は具体的にどのようにしているのでしょうか。
名村	JAXA としても教育は非常に重要だと考えており、宇宙教育センターという別組織を立てております。子供達への直接的なプログラムを各種行っており、学校の先生方に、宇宙に関してこんなことをすると子供たちにわかってもらえるという形で教えることでそこからまた広がっていくという形の取り組みを行っています。また、様々なところに研究スタッフ的なボランティアの方、今全国に 6000 人程おりまして、その方々に宇宙について学んで頂き、地元のいろんなイベントで宇宙について語っていただくという取り組みも行っています。
國中	私の主たる職場の相模原地区では、毎年夏休みに小学生中学生を集めた数日間の「君ッション」プログラムを開催しています。また、JAXA には大学院教育プログラムがあります。宇宙科学研究所は総合研究大学院大学に所属しており大学院教育に携わっています。私は東京大学に籍があり、東京大学から大学院学生を受け入れています。私の研究室では電気ロケットの研究をしていて、大学院の学生の研究課題として出来上がったものの１例がイオンエンジンです。学生が教育を受けるということだけではなく、学生の創意工夫で宇宙の研究を行い、それが具体的な事物となって宇宙の現場で利用されるという、教育・研究・実用・評価というサイクルが繰り広げられています。
【各国の関係と情報公開の仕組みについて】	
参加者	レーダー性能が良くなり、衛星もたくさん上がるようになってくると、データがたくさん集まると思います。データの収集や資源探査等は人類にとって有益なものを見つけるという協力体制ではなくて、各国が競争でやっているのでしょうか。また、データを公開する場合は、各機関、JAXA、政府などがコントロールしてデータを公開するのでしょうか。情報公開の仕組みはどうなっているのでしょうか。
名村	データの種類にもよりますが、最近打ちあがった「しずく」という衛星があります。これは水の観測で海面温度などを計り漁業等で使っていただいているのですが、JAXA から無料で提供しています。基本的には JAXA としては国の予算で開発して得たデータは国民の皆様に還元しています。確かに地球上のデータをとりますので、それをどのような形で提供するかはそれぞれ国の方針もあります。「だいち 2 号」の観測データのようなものは全てさらけ出すという性質のものでないと思います。もし資源ということになってくると、JAXA としてはそのようなデータを持っている、資源国としては資源を持っているがどこにあるかはわからない、という状況のもと、国際協力の中でデータが授受されていくのではないかと思われます。
國中	「だいち 1、2」や「ADEOS1、2」は地球の周りの話でしたが、JAXA は地球だけではなく例えば月の観測も行っています。「かぐや」という探査機を月の周りに回しまして、データを取りました。かぐや搭載の光学センサーにより、どこに何があるのかがずいぶん分るようになってきました。JAXA ではかぐやが撮ったデータをの科学利用のために、基本公開しています。月の話に限定すると、今各国が月に探査機を上げ、月がどんな状態になっているのかを科学的な知見から観測しようとしております。同時に並行して、こういったデータを利用して月の鉱物分布を調べています。なぜなら、ゆくゆくは資源利用しようという考え方があるからです。現状、月から資源を地球に持って帰ってくるということはすぐさまできそうにはありませんが。少なくとも我々はデータを自ら取り、それを自分たちの使いたいように使いこなす技術を持っていなければいけないと JAXA は考えています。

大澤	海外との連携という意味では、だいち 2 号は開発段階ですが、イタリアやドイツ、カナダは、日本の災害時の枠組みは既に作ってあります。やはり数があった方が様々な画像が得られるため、そのような枠組みを作りました。
【だいち 2 号開発の苦労について】	
参加者	だいち 2 号は雲など影響なく観測できるということで観測幅が広がるということでした。そこまで行くプロセスの中で技術開発、情報収集のご苦労の一端をお聞きしたいです。また、福島の方では今回の震災における放射能の問題がありますが、だいち 2 号は放射能の観測もできるのか、また視野に入っているのかということもお聞きしたいです。
大澤	残念ながら放射能は測ることはできません。苦労についてですが、プロジェクトチームが始まってからずっと大変でした。衛星ができて打ちあがって、観測ができて、という中で、色々な画像を見ることが一番楽しみなところです。私はだいち 1 号を 10 年強開発しておりましたので、観測できた時は涙が出そうでした。

◆月・惑星探査プロジェクトグループ　はやぶさ 2 プログラムマネージャ

「はやぶさ 1 号／2 号が拓く深宇宙探査」

名前	内　　容
【他の惑星の探査計画について】	
参加者	はやぶさは小惑星イトカワに行きましたが、他の惑星の探査機はどの様な計画が立てられているのでしょうか。
國中	小惑星探査ということですと、小惑星は数えきれないくらいたくさんあります。それに全部行かなくちゃいけないかというとそうでもなくて、小惑星は望遠鏡で観察した結果、スペクトルで分類されています。イトカワは S 型と言い、石でできています。光で観測するとだいたいどんな物質でできているのかが分かります。1999JU3 は C 型炭素質です。あと M 型、これは金属製です。などなど、いくつか分類されているので、その代表的なものに出かけて行き、いくつかを調べることで小惑星全体のことを把握しようとしています。後は惑星というと水星、金星、木星、土星、火星とあります。日本は今、あかつきという探査機を金星に送ろうとしています。少しトラブルがあり予定通りには金星周回軌道に投入できていません。金星を一旦すり抜けてしまい太陽の周りを回っているのですが、2015 年に再度金星に接近するチャンスがあるのでこの時に投入できるよう準備しているところです。水星に向かう探査機も今作っています。MMO と言い、これをヨーロッパの宇宙船に乗せて水星まで運んでもらう計画が今進行中です。火星についてはのぞみという探査機があったのですが、これは大変残念なことに火星軌道に投入することができませんでした。
【寄付金で取り付けたカメラ／はやぶさ 2 の名前／相乗り衛星の公募　について】	
参加者	皆さんの寄付金でカメラが搭載されることになりました。あれはインパクター観測に使う DCAM3 と同じようなものを固定で搭載するのでしょうか。
國中	「DCAM3」とは少し違いますが、固定カメラを搭載しています。打ち上げてまず太陽電池を開きます。「サンプラーホーン」というタッチダウンする時に設置するノズルがついていますが、これが打上げの時は畳んであるので、次にそれを伸展させます。その伸展させた状況をとらえるための固定カメラを準備しています。これは、寄付金で作らせていただいたものです。
参加者	名前はどうなるのでしょうか。ミューゼズ C、工学実験機の愛称がはやぶさだったわけで、今回は正式な探査機になるにあたって、正式な名前がどうなるのかということと、愛称を新規に

	募集するのかということを知りたいです。
國中	特に考えてません。「はやぶさ 2」でいこうと思います。
参加者	相乗り衛星の公募がかかってましたが、決まってますでしょうか。
國中	今現在、選定プログラムが走っているところだと思います。そろそろアナウンスがあるのではないかと思いますが。
【水素イオンエンジンの別の活用方法について】	
参加者	水素イオンエンジンを使うと従来のエンジンよりも 10 倍ほど早くなるということを聞いたのですが、そういうエンジンがあるなら、人工衛星以外の別の活用方法はあるんでしょうか。
國中	宇宙くらいしか使うところはありません。はやいジェットは作れますが大気中ではなかなか動かせないので地上応用というのは、我々の身の回りでは無いと思います。皆さん直接目にすることはありませんが、半導体を製造する装置、イオンジェットで金属を削るという技術があります。そういう所にはたくさん使われていますが、工場などで使われている技術ですね。
【ミネルバの重さについて】	
参加者	「ミネルバ」は「はやぶさ 2」ではどのくらいの重さになるんですか。
國中	分離ロボットは「はやぶさ 2」では 4 機積んでいきます。1 キロの「ミネルバ」が 3 機と「マスコット」10 キロが 1 つ、合計 4 つの分離ロボットがついています。
参加者	はやぶさの前の方についているのはスタートラッカーですか。
國中	そうです。スタートラッカーを冗長系として 2 機搭載しています。
【1999JU3 の愛称について】	
参加者	今度行く小惑星が 1999JU3 という所なんですが、イトカワのように愛称がつくのでしょうか。はやぶさが打ち上げられた後に名前がついたのですか。
國中	多分つけると思います。交渉事であり、国際的な組織に正式に申請する必要があるので、準備は着々としております。具体的にどのような名前を付けるかはまだ何も決まっていません。
【木星探査計画について】	
参加者	木星探査計画でははやぶさのイオンエンジンとイカロスの太陽光圧ソーラーセイルのハイブリッドという JAXA の総合技術を結集した探査機を計画していますが、イカロスのソーラーセイルは回転しないと帆がはれないと思います。本体が回転してしまったらイオンエンジンはまともに飛べないと思うのですが、回転したままイオンエンジンを噴射するのか、それとも赤ちゃんのベビーベッドの上にあるモビルのようにそこだけ分離し回転して、本体は固定した状態になるのかが知りたいです。
國中	是非とも JAXA の力、日本の力で木星まで探査機を飛ばしたいと私どもは考えています。木星というのは太陽系の中で最大級の惑星ですから、科学的な興味は尽きません。科学の観点の他に工学技術の観点からも大変重要なマイルストーンになります。木星は大きな天体のため重力が大変強いので、木星の重力を使う重力スイングバイという技術があります。パイオニアやボイジャーなどアメリカが打ち上げた探査機があり、木星の向こう側の冥王星などの写真を撮ってきました。今現在は太陽系のふちまでようやく到達したところです。このような遠くに行く探査機はすべて木星の重力を使ってスイングバイをして、木星の重力の力で加速をしてその先に向かいました。木星というのは太陽系の中のインターチェンジみたいなところで、そこを必ず通過する必要がある。そのような意味で科学的にも技術的にも大変興味がある天体で、是非とも日本の技術で木星までの航路を開拓したい、そうすればその先が拓きます。しかし、木星は厄介なことがあります。木星の距離は太陽から 5 天文単位という距離になります。太陽の光は

	距離の二乗で弱くなりますから、5 天文単位ということは地球の距離は 1 天文単位ですから、1/25 になって、太陽の光はすごく弱くなります。しかし今太陽電池の性能は 40%ほど出ますから、1/25 になってもギリギリそこそこの電力を得ることができます。今の太陽電池の技術を使えば木星まではなんとかたどり着くことができるだろうと考えています。実はアメリカの木星に行った探査機は太陽電池でなくて、原子力電池を利用しています。原子力電池の方が何かと良いのですが、日本で宇宙用の原子力電池までは手が届きませんので、太陽電池でなんとか木星までをやり切りたいと思います。そのためにはある程度大きな太陽電池が必要になります。大きな太陽電池は重くなります。重くない太陽電池を作らないといけない。そのためにはペラペラの膜面の上に太陽電池を貼り、ペラペラだとくしゃくしゃになってしまうので、それを回転させて遠心力で広げるということを考えています。その練習を行ったのがイカロスという実験機で、直径 20m の膜面を展開することに成功しました。この技術を発展させて木星に行きたい。そのためには 50m の膜面展開を行う。その上に太陽電池を張りつめて、木星に行った後でも何キロワットという電力を得られるようにして、地球のそばでは電気は有り余っていますから、その有り余った電気でイオンエンジンを運転して木星まで到達しようというのが全体的な計画です。これを我々は「電力セイル計画」と呼んでいます。何とかこれも実現させたいと思っております。先ほどのご質問ですが、イオンエンジンを噴射しながら、全体が回っています。そうすると噴射のジェットの方向が定まらないじゃないですかというご心配があろうと思いますが、いろいろな方法があります。全体は回転していますが、デスパンプレートというのを付け逆回転させ、推力の方向を調整するという方法もあります。推力は一部損をしてしまうが、スピン軸の方向に噴射して推力を出し続けるという方法もあります。今はどちらが得かというのを考えているところなので、まだ決まっておりませんがどちらでも成立するだろうと考えてます。今計画を立てているところですが、予算事情が厳しいので、すぐさま政府から認めていただき開発に着手するという状況ではありません。その手前でもたくさんの技術開発をする必要はあります。今から直ぐ取り掛かれと言われてもまだ技術が足りない所もあります。予算をつけていただくのに少々時間がかかるでしょうから、それまでに技術を蓄積してより確実に宇宙ミッションを成立させるため、準備をしているところです。
【はやぶさ Mk2 について】	
参加者	「はやぶさ 2」の次の「はやぶさ Mk2」というのを聞いたことがあります。それは木星の近くまで行くと書いてありましたが、それもイカロスに似たものを付けてそれで帰ってくるということですか。
國中	今ようやく「はやぶさ 2」の予算をつけていただき、2014 年打ち上げを目指して開発をしているところなので、「はやぶさ Mk2」やその先のミッションは具体的に考えられる余裕がない状況です。従来の Mk2 の計画では、はやぶさ 1、2 が 500～600 キロの衛星だったのに対して、1 トン級の探査機を作る、その大型の探査機というのを Mk2 と呼んでいました。海外と一緒にやろうということは相談しているところで、ESA がマルコポーロ R ミッションを計画しており、ぜひ日本から協力してくれと請われています。電力セイルの計画で、木星に行くという話をしましたが、木星のそばにトロヤ群小惑星というのがあるのですが、ここに探査機を送り込んでそこからサンプルを採取して地球に帰ってこようということも考えています。日本が一部技術を提供してアメリカとヨーロッパと協力して、大きな小惑星か彗星探査を共同でやるという考え方もあります。これはどれか一つというわけではなくて、二つや三つともやってしまうかもしれませんね。
【はやぶさの微粒子は本当に小惑星から取ってきたものかについて】	

参加者	はやぶさの微粒子は地球ではない物質があると言っていましたが、その微粒子は他の衛星とか惑星にはないのですか？
國中	取ってきた微粒子は本当に小惑星から取ってきたものかということでしょうか。先ほど言ったように小惑星は望遠鏡で見て分類されていて、S 型、C 型、M 型などと分類されています。隕石が地球に落ちてきます。隕石は小惑星起源です。だから、隕石を分析することによりある程度小惑星のことがわかります。小惑星に光を当てて分光観測をした結果と望遠鏡で観測した結果を比べることができるわけです。はやぶさがイトカワに出かけていく前に一つ大きな謎がありました。S 型小惑星が望遠鏡で見るとたくさん見つかるのですが、望遠鏡で見た S 型小惑星と同じスペクトルを持った隕石が見つからなかった。それはすごく大きな謎だったのですが、はやぶさが行き、それを解明することができました。それは宇宙風化という現象です。小惑星の表面物質というのは長い間宇宙にさらされているので、太陽風によって変化し、スペクトルが違ってしまう。隕石というのは表面が溶けてしまうので、大変新鮮な表面が露出しているといます。つまり、宇宙風化を受けた表面は隕石には存在しないのです。望遠鏡で見た結果と隕石の表面のスペクトル分析は一致しなかったのです。はやぶさが初めてそれを証明することができた。はやぶさは本当にイトカワから物質を持ってきたのかということに答えなくてはいけませんね。それは地球上の分析装置で酸素の同位体を調べました。普通の酸素は質量数 16 ですけれども、17 とか 18 とか同位体というものがあります。同位体比というのを見ると、地球起源の物質とは違う比率を見出すことができました。その同位体比というのはまさに小惑星から来たものだという数値でした。地球から紛れ込んだものではないということです。隕石を分析することによってある程度小惑星の物質を分析することができますが、大きな問題は、地球に落ちてる隕石というのは、地球で見つかったので、地球の物質に汚染されている可能性がある。特に隕石は落ちた瞬間すぐ見つからず、10 年 20 年して見つかるということが多いです。そうすると多分隕石起源の物だろうと思うが、もしかしたら地球に落ちた瞬間に汚染されてしまったものかもしれないという疑念が残る。その意味で、はやぶさは本当にきれいな状態でサンプルを取ってくることができました。地球の分析室でカプセルの蓋を開けた時に中はまだ真空だったのです。少し空気は入っていましたが、まだ負圧だった。ということは地球で蓋をしたのではないということが証明されている。はやぶさはまさに小惑星からサンプルを取ってきたのだという根拠が複数あります。
【火星と木星の間に小惑星がたくさんあるのはなぜかについて】	
参加者	火星と木星の間に小惑星がいくつもあると思いますが、小惑星はなぜあるんですか。
國中	それは難しいですね。僕も良くわからないです。ある程度成長したと言われています。成長したところで木星の重力によって成長が止まり、小惑星同士の衝突が起きてまたバラバラになったという説もあります。ただ、それがどうしてそうなっているのかを、はやぶさ 1、2 が小惑星から物質を取ってくるという方法で、太陽系の進化を調べるのが一つ大きな目標です。最近の科学的な仮説ですが、今私たちの知っている太陽系というのは、水・金・地・火、ここまでが岩の惑星ですね。その先の木星・土星・海王星・冥王星というのはガスの惑星です。実は長らく私たち地球人は太陽系の情報しか知らなかったので、この並びが普通だろうと思っていました。ハビタブルゾーンという言葉もあります。あまり太陽から遠いと寒いので、水が凍ってしまって循環が起こらなくなります。あまり近いと大気が蒸発してしまって、水星の様になにもなくなってしまう。ちょうど良い距離、地球ぐらいの距離には水や大気がある惑星があるだろう。もしそういう惑星があれば生命が宿っているに違いないと今までは考えていました。たくさんの望遠鏡を衛星にて打ち上げて、系外惑星というものを探しています。太陽じゃない星の

	周りに地球のような星を探しています。たくさん見つかってきました。そうすると私たちの持っていた常識と全く違うんです。すごく近い所に木星みたいな大きな惑星がいたり、遥か彼方にいたりと、私たちの知っている水金地火木土天海冥というのは、ジェネラルなルールではないのではないかという仮説が出てきています。たまたま太陽系はそうなっていただけで、たまたま地球の場所に生命が宿ったのかもしれないという風にも考えられてもいます。もっとさらに進んだ仮説は「ジャンピングジュピター」という仮説があります。木星は今木星の場所にあるのではなくて、あれはいろんなところに移動したのではないか。移動した結果、小惑星が壊れてしまったり、地球に隕石が落ちにくくなったり、という考え方です。今私たちの所にあまり頻繁には隕石は落ちてこないのですが、月にはたくさん隕石が落ちた形跡があります。月のクレータをよく調べると、たくさんの頻度で隕石が落ちた時期があるらしいということが分かりました。でも今は落ちなくなりました。それはどうしてできたのかというのはいろんな仮説があってまだ決まっていませんが、ジャンピングジュピター仮説だと説明がつきます。何が正しいのかはまだよくわかりません。それを調べる方法の一つがはやぶさ１号２号だし、一つは系外惑星を観測する方法です。だから残念なことに今の質問には、僕は答えられません。いろんな仮説があって、今それを精査するべく努力をしているところです。
【イオンエンジンの最高スピードについて】	
参加者	イオンエンジンの理論的な最高スピードというのは、どの程度のものになるのでしょうか。
國中	スピードというのはジェットの速さということでしょうか。いくらでも早くできます。はやぶさでは平均噴射速度で秒速 30km というものを作りましたが、木星を狙う電力セイルに乗せるため、秒速 100km のジェットをつくるエンジンを研究しているところです。これについてもだいたいできる目途はたっています。速い側は 100km とか 300km というものは作ろうと思えば作れると思います。イオンエンジンについて言うと、遅いエンジンを作るのはむしろ難しく、秒速 10km とかいうのを作りたいのですが、ここはイオンエンジンでは難しい。他の型式としてホールスラスターやアークジェットという技術があるのですが、こういう技術を持って遅いジェットを作るという研究もしています。
参加者	スピードの部分と電力の消費量というのは比例するのでしょうか。
國中	はやぶさに乗せたイオンエンジンは 1 台 300W くらいで、白熱電球 3 個くらいですね。で、秒速 30km。それを秒速 100km にしたエンジンは電力はたくさん必要になりまして 2kW くらいになります。10 倍近く電力が増えます。速いジェットを作ろうと思うと電力はたくさん必要になります。先ほど話をしました電力セイルは木星に行っても数 kW 発生できるようなシステムを想定しているので、2kW でも十分運転できるような乗り物になります。
【はやぶさのエピソードとイカロスの今後について】	
参加者	はやぶさで最後に危機があった時に、ダイオード 1 本がその危機を救ったと伺っています。そのダイオード 1 本については川口先生もご存じないような検証されていない技術を組み入れていると伺っています。技術者としてそういうものを載せるのは非常に心の葛藤があったのではないかと思うのですが、その辺差しさわりが無ければ教えてほしい。はやぶさ 2 にはそういうシステムが搭載されていくのかと、私はイカロスのファンなんですが、6 月に冬眠から覚めて、今何とかつながっているようですが、この後のことをお聞かせいただければと思います。
國中	ダイオードの話は、映画の脚色です。ちゃんと証明したものを了解をとって取り付けました。はやぶさ 2 についても載せないわけにはいかないので、似たような機能がついています。イカロスについては現在通信がとれるようになってきています。イカロスは膜面展開した状態では大変大きな直径 20m 位のものがかなり速い速度でクルクル回っています。大きなものが回って

	いると方向を変えるのは難しいです。燃料もすでにないので、スピン軸を調整することができません。たまたま太陽電池の貼ってある側に太陽の光が当たるようになると、そういう季節になると電気が通って通信ができます。と言っても微弱な電波しか飛ばせないアンテナしか地球に向いていないので、非常にかすかな電波しか届いていません。イカロスからの電波だということはわかりますが、どんなデータ届いているかはわかりません。ただ、ここはまだ決まっていませんが、今は斜めの方から我々は見ているのですが、計算ではだんだんと地球の正面に向います。そうすると強い電波を出せるアンテナが地球に向く可能性があります。そうするとレコーダーの中にデータは残っているので、強い電波を受けられる位置関係になったならば情報を解読することができる様になるかもしれません。是非ともデータを取り出したいと思って虎視眈々と様子をうかがっているところです。そういうタイミングで良いデータが取れたら、直ぐにお伝えしたいと思っています。
【レーダーでできることについて】	
参加者	小惑星探査や惑星探査になると、受動的なセンサーがメインになりがちなんですが、あえて、レーダーはこれができるぞということがありましたら是非教えてください。
國中	日本の技術として「かぐや」にはサウンダーが積んであって、月に電波を打ち込んで反射波を分析して内部構造の測定を行いました。それから来年になると ESA の「ロゼッタ」という探査機が「シュリモフ・ジュラシメンコ」という彗星にたどり着きます。それにもサウンダーが載っています。彗星は氷でできていると考えられていて、ここに着陸機を降ろします。母船の方から電波を打って、氷の中を貫通させて彗星の内部構造を調べようという計画もなされています。だいちに載せているような 2 次元型のセンサーではなくて、一点しか通らないので、断面を見るレーダーですが、そういう技術があります。
参加者	姿勢制御系のデータ処理系なんですが、計算機と各コンポーネントを結んでいる経路で、AOCU で一つまとまっていますが、これってルーターと AICM に類する機能を一体化したものなんでしょうか。
國中	AOCU とは、attitude & obit control unit 姿勢／軌道制御計算機のことです。衛星用データ通信規格としては、科学衛星では PIM bus、海外では IEEE1553B や RS422 が一般的のようです。小型衛星ですと CAN bus といって自動車にも使われている規格、最近では Space Wire というのが流行りです。AOCU とデータ通信規格は任意の組み合わせが原理的に可能です。