

第23回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：平成30年10月19日（金）9:59～11:45

2. 場所：宇宙開発戦略推進事務局大会議室

3. 出席者

(1) 委員

松井座長、市川委員、竝木委員、藤井委員、山崎委員

(2) 有識者

大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台 常田台長

(3) 事務局（宇宙開発戦略推進事務局）

高田事務局長、須藤参事官

(4) 関係省庁等

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課

藤吉課長

〃

宇宙利用推進室

倉田室長

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

国際宇宙探査センター

佐々木センター長

宇宙科学研究所

藤本副所長

4. 議題

(1) 太陽系探査科学分野プログラムについて

(2) その他の科学探査の状況について

(3) その他

5. 議事

○松井座長 「宇宙政策委員会 宇宙産業・科学技術基盤部会 宇宙科学・探査小委員会」第23回会合を開催します。

御出席の委員の皆様におかれましては、お忙しいところ、御参集いただき、お礼申し上げます。

本日、有識者として国立天文台の常田台長に御参加いただいています。

本日の議題は「（1）太陽系探査科学分野プログラムについて」「（2）その他の科学探査の状況について」「（3）その他」です。

それでは、議題「（1）太陽系探査科学分野プログラムについて」です。

まずは前回の議論におけるポイントを改めて確認したいと思いますので、事務局から、資料1の説明をお願いします。

【事務局から資料1について説明】

○松井座長 前回の議論ということですが、漏れている点、お気づきの点があれば、お願いいたします。よろしいですか。

それでは、続いて、9月25日にJAXA宇宙科学研究所（ISAS）において開催された、国際宇宙探査に関するワークショップで、JAXAが検討している国際宇宙探査について議論されたということですので、コミュニティからどういった議論があったか等について、報告をお願いします。

【JAXAから資料2について説明】

○松井座長 ただいまの御報告について、御意見、御質問はありますか。委員の中に、当日、ワークショップに参加された方がおられると思いますので、まず、補足すべき点があれば、お願いいたします。

○竝木委員 1点だけ補足させていただきますと、国際宇宙探査専門委員会のほうでもそれなりにコミュニティに意見を聴くワークショップをされていて、（コミュニティから意見を聴く）機会を何回か持たれています。

○松井座長 国際宇宙探査専門委員会は、国際宇宙探査センターが開いているものですか。

○JAXA いいえ。理工学委員会です。ISASとしても、国際宇宙探査に関する委員会を設けてきたけれども、今回、新しく国際宇宙探査センターの設置後初めてのワークショップだったということです。

○竝木委員 その中で、SLIMとか、あるいはその着陸地点に関しても、初めて聞いたという声も出ていたので、お互いにどうやって情報を共有するかというのは、この先、重要だと特に痛感しました。

○松井座長 関連情報はどのように公開しているのですか。例えば、ワークショップで出ていた意見など。

○JAXA まずワークショップそのものを開くことは、ISASには、メンバーという制度がありますので、そこに登録していただいた方には、メーリングリストでお知らせしています。

開催した結果、資料等は、ホームページをつかって、そこに置くという形になっています。

SLIMに関しては、（プロジェクトが）立ち上がってから今に至るまで、結構時間が経っています。SLIMの観測機で、いわゆるチームの外から参加する機会は1つだけでしたので、その意味では、広がりを持っていないのは事実ですが、

SLIMそのものへの興味ではなく、SLIMが切り開く将来の可能性について、きちんと発信していくべきと考えています。

○山崎委員 こうした意見交換の場は大切ということで、引き続き、今後、ワークショップも継続されることですので、それに期待したいと思っています。

Gatewayありきではなくて、月の科学的な探査の観点から捉えることが非常に大切で、その中で着地点を見い出していくプロセスが大切だと思っています。ですから、極域だけがありませんで、どのような科学探査がいいのかということが話し合えるのは、こうした皆さんが集まれる場なのかと思っています。

また、表面探査だけではなくて、資料にもありますけれども、月や火星の地下探査も含めて、日本の持っている技術力を生かしたいという意見も多かったことが印象的でした。

○松井座長 科学探査と国際宇宙探査の関係について、国際宇宙探査で月とか、火星の探査を行うということで、科学探査にどのような影響があるかなどといった議論はありませんでしたか。

○竝木委員 ありました。それはどちらかということ、参加者のコミュニティー側からの意見で、自分たちのやりたいことをどういうふうに関係宇宙探査専門委員会などに伝えていったらいいかということについては、何回か質問が出て、それに対して、正直言って、まだ明確な答えがないのです。

○松井座長 それは月・火星探査に関してですか。

○竝木委員 月・火星探査についてです。コミュニティーから国際宇宙探査専門委員会への伝え方をどうやってつくっていくかということが、このワークショップで1つ明らかになった問題点だと思っています。

○市川委員 似たようなことですが、今、国際宇宙探査というものが1つの大きな流れの中であって、科学探査という議論があったときに、国際宇宙探査に関する状況は、どれくらい明らかになっていて、それがコミュニティーの皆さんに知らしめられているかという点については、皆さん、十分と感じていらっしゃるのでしょうか。それとも、何となく国際宇宙探査については、まだ漠然とした情報しか持っていないのか。科学的に何かを研究していきたいというコミュニティーとしては、国際宇宙探査の状況について十分に知らされていないという不満が非常に強いものがあるとよく感じますし、ステップとしていいことなのだけれども、国際宇宙探査そのものの考え方と科学探査の考え方の間に齟齬がないかどうか、今後お互いの考え方についての情報交換がされていくのかもしれないかもしれませんが、そのあたりが十分に議論されていないという心配はあります。

○JAXA 国際宇宙探査に関する情報は、定期的に公開はしているものの、コミュニティーに対して、積極的に働きかけをしていなかったのは事実です。これもまだ国際宇宙探査に関する国としての方針が決まっていない状況の中で、

責任を持ってこういうことをしますと言い切れないところもあったので、ある程度差し控えていたところもあります。

ワークショップで議論をされていますので、その結果を踏まえて、今後、しっかりと発信したいと思っけていまして、そういう意味で、2～3カ月に一回という形でワークショップを開催して、コミュニティーにどんどん働きかけをしていきたいと思っけています。

○市川委員 ここで議論をしてきて感じることは、国際宇宙探査という大きな枠組みの中で、科学探査を行うことになったとき、科学コミュニティーの間で十分議論が進んでいながら、国際宇宙探査の方向性について知らなかったということになると、後で問題を起こすので、まだ不十分な状況であっても、コミュニティーに国際宇宙探査の状況を知らしめることは大事ではないかと思っけています。

○松井座長 そういうこともあって、1回目のワークショップを開催してもらいました。私の要望としては、頻繁にやってほしいということを伝えています。おそらく年内にまたワークショップを開催するというので、コミュニティーには、国際宇宙探査が何なのか、何をやろうとしているのかということ伝える機会はあると思っけています。そういう努力をJAXAにはしてほしいということです。

○藤井委員 参加できず非常に残念だったのですが、多くのことが議論され、ここに完結にまとめられているのではないかと思っけています。質問は、国際と言う以上、様々な国が様々な活動をしているわけで、将来計画もあります、それを踏まえた議論になっていたのかどうか。というのは、日本の特色として、極域をベースにしたと書いてありますが、極域は多くの国が狙っている、そういうことをベースにして、そういう人たちがどういうことをやろうとしているかについてのレビューがあって議論されたのでしょうか。

○JAXA そうです。極域に着陸して、水氷を探すことだけだったら、誰でもできます。でも、その先まで踏まれば、日本独自になるのではないかという形の議論は、まさにしたわけです。

○藤井委員 その場合、日本の特色について比較的具体的な議論まではいったのですか。

○JAXA そうです。工学の方がいらっかったので、極域には水氷があるということだけではなくて、長期日照領域があるとか、そういった流れの中での議論でした。

○藤井委員 それと、もう一点よろしいですか。日本惑星科学会では、将来の計画を作成してこられていて、その中に科学研究のリストがあります。その中で国際宇宙探査にフィットするものを選び出してくるという観点で、今まで作られてきたロードマップと国際宇宙探査とのすり合わせのような議論はされま

したか。

○JAXA すり合わせをしたわけではないのですが、すり合わせに対するキックオフだと思っています。すごくおもしろい観点でして、今回、象徴的だったのは、例えば火星探査に興味がある人が、月探査でこういったインフラが整備されますというものに対して、すごく興味を持って、高く期待するという発言をされていたということです。

つまり月そのものには、必ずしも興味があるわけではないが、月面をある種の練習場として、技術が開発されるのであれば、いずれ自分に返ってくる。国際宇宙探査という枠組みは、そういった大きな視野をある意味強制的に持つ形になるわけですが、大きな視野を持つことは、割と正しい方向に理解されつつあるという印象を持ちました。

例えば月探査でも、火星探査でも、科学探査のために全て自分で準備して、持っていかなければいけないとなると、敷居が高くなってできないのですけれども、国際宇宙探査という枠組みがあって、敷居が下がる中で、その機会を理解し、利用しようという発想は、皆さん、持ったのだと思います。

○松井座長 この課題はこの辺でよろしいですか。

続いて、前回までのプログラム化に関する議論を踏まえて、小委員会としての取りまとめ案を事務局に作成してもらいましたので、事務局から、説明をお願いします。

これは事前に各委員にもお送りしていると思います。お送りしたものが完成品というわけではないので、その後の反応も踏まえて、紹介してください。

【事務局から資料3について説明】

○須藤参事官 机上のみの配布とさせていただいていますが、急遽、小野田委員が御欠席になるということで、今朝、御連絡があり、コメントをいただいていますのでご紹介します。

1 ページ目の「1. 宇宙科学探査をめぐる状況」第3パラグラフの最後の「ボトムアップの議論に基づくだけでなく、プログラム化が必要である」という部分に関しましては、「ボトムアップの議論によるプログラム化もあり得ると考えると、若干違和感がある表現になっていませんか。『ボトムアップの議論に基づくだけでなく』は、削除したほうがわかりやすくありませんか」というコメントをいただいています。

2 ページ目の「(3) 今後の科学探査の強化に必要な工学技術研究の推進」については「『宇宙工学技術』は、宇宙科学の内の工学の部分の部分を指しているものと思います。そうであれば、工学コミュニティからの貢献を期待して『JAXA

が民間企業と連携して』と書いてあるところは、例えば『JAXAが大学や民間企業と連携して』あるいは『ISASがJAXAや大学、民間企業と連携して』とすることを提案します。また、タイトルの行が工学技術研究となっていて、説明文の宇宙工学技術と言葉が統一されていないので、それを統一することがよいのではありませんか」というコメントをいただいています。

以上です。

○松井座長 プログラム化に関するこれまでの議論のまとめ方について議論するために事務局にまとめてもらった案です。このような構成でよいのか、また、内容について十分か、先ほどのワークショップの報告も踏まえて、確認していきたいと思います。

まず全体構成がこれでいいか、について議論をお願いします。当初、当面のプログラム化ということで、議論を始めましたので「2. 月・火星探査等の進め方について」が主なポイントになると思います。その後の議論で、将来のプログラム化、あるいは資源という問題等、新たな問題も出てきましたので、当初、考えていたものよりも、将来的なものまで踏まえて、こういう構成にさせていただきました。

資料が4ページのものなので、特にどの項目についてというわけではなくて、全体について、議論していただければと思います。

○藤井委員 2(1)④ですが、「広域」と書いてあります。その下には、「全球」もあり、この場合の広域は、色々な地点からサンプリングをするという意味で広域と書かれているのでしょうか。周回とか、局所などの対応で、広域が入っているので、意味がよくわかりませんでした。

○須藤参事官 間違っていたら、JAXAから補足していただければと思います。まさに広域というのは、今、藤井委員がおっしゃったように、1カ所だけではなくて、複数の箇所を探査するという意味を指していると考えています。それを踏まえて、最終的には、月全体を対象としたものを考えているということだと理解しています。

○松井座長 この部分はISASのほうでこういう案を準備したのだろうと思うので、ISASから説明してもらったほうがいいと思います。

○JAXA 先ほどのインフラのバージョンアップは、すごくわかりやすかったということをワークショップでお話ししたと思いますが、①はまさに周回です。②は、着陸した場所での探査です。着陸して、ローバで100メートルオーダーを移動するのが③のイメージです。④の広域は、ローバの移動距離が10キロメートルオーダーになるということ、さらには数カ所からサンプルして、持って帰ってくることをイメージしています。⑤は、まさにGatewayを利用して、た

くさんの小さなローバが月面を走り回る、そういった将来をイメージしたものです。

○藤井委員 大体時間の流れということと、日本だけではなくて、国際協力という観点ですか。

○JAXA そうです。④と⑤以降はそうなります。

○竝木委員 この文書は、JAXAの出す文書ではなくて、この小委員会が出す文書です。

○松井座長 その通りです。原案として、小委員会の委員だけでは細かなところの議論はできないので、ISASが考えていることをヒアリングしてまとめています。

○竝木委員 その意味では、小野田委員の2番目のコメントに近いですが、2の「(1)当面の月・火星探査」でも、まだ偏っているという気がしています。先ほど山崎委員がおっしゃったように、もうちょっと宇宙科学とか、惑星科学の全体の中で、月・火星科学をどう位置づけるかみたいなことを、もっとここにしっかり示したいと思います。

そういう意味では、例えば私からここを直してくださいというものをお出ししても構わないのですか。

○松井座長 案としてなら構いません。

○竝木委員 それでは、ここを考えさせていただきたいと思います。文章として直したいのです。

○須藤参事官 大変恐縮ですが、本日の議論を踏まえて事務局が修正し、次回会合で大体のものをまとめたいと思っています。スケジュールの関係がありますので、修正意見提出の締め切りを後で御連絡させていただければと思います。

○市川委員 1と2ですが、1は、現在の状況なのですけれども、次に、いきなり進め方になってしまっているのも、その間に全体としての大きな目標を明記する、あまり長い文章にしないのなら要約になると思いますが、全体の要点をつかんだ大きな目標みたいなものが書かれなければいけないのではないかと、書き方の問題として感じました。

○松井座長 月探査に関しては、竝木委員からも指摘があったところですが、この部分を太陽系科学探査という脈絡の中で、月・火星探査をどう位置づけるかという意味ですか。

○市川委員 それもあります。

○松井座長 大きな目標という意味では、太陽系生命誕生の環境云々という記述があります。

○市川委員 後ろに記載があります。それをもう少し何行か増やして詳しくし

たらどうか。ただ、その中に、論点として入れなければならないのは、国際宇宙探査という観点です。科学的な探査のみでそこを書いていいのだろうか。ここの文章の目的にもよるのだと思いますが、科学コミュニティーが出す文章として、科学的目標の中だけで書けばいいというものならば、火星探査の将来も含めた科学的な目標をまとまって書けばいいと思うのですが、後で出てくるGatewayという話の中で、国際宇宙探査と科学探査との整合性がとれるのかという心配があります。

○松井座長 国際宇宙探査という枠組みができたから、それを利用して科学探査をやろうということなのですが、それがこの書き方ではあまり明確には見えないという意味ですね。

○市川委員 そうです。あからさまに書くかどうかは別ですが。もう一つ意見があるのですが、(2)の「Gatewayへの参画がそれ以外の科学探査活動の後退につながるといった悪影響がでないように十分配慮すべきである」のところは、今、言ったように、国際宇宙探査の枠の中に科学探査のプログラムが入ってくると、科学探査が国際宇宙探査の制約を受ける可能性もあるわけです。

例えば科学コミュニティーの中で、先ほど①～⑤をやろうとしたときに、Gatewayがあるがために、すごく制限されることはないだろうか。また、Gatewayは、これからの議論だと思うので、そこにフィードバックしていけばいいと思うけれども、Gatewayを国際宇宙探査の中でやろうとしたときに、本来、コミュニティーがやろうとしていることは、できなくなってしまうことがないか、という心配は、後ろにも書かれています。そういう意味で、国際宇宙探査の中の科学探査の整合性みたいなものをとる必要がある。

○松井座長 現在の状況を言えば、Gatewayは、何も決まっていません。だから、むしろ日本がGatewayに対して、こういうふうに使ってやっていきますということ、JAXAを通じて主張していくという意味では、Gatewayを使った科学探査としては、日本としての具体的な探査があれば、書き込めるのですが。今のところ、まだそこまでは検討されていないので、それを縛らないような書き方にすべきだということですね。

○山崎委員 例えばISASのロードマップですとか、そのほかにもいろいろ長期的なビジョンとか、考えられていらっしゃるのですが、そこの関係を少し言及されたほうがいいと思います。どういう書き方にするかは、相談しながらだと思うのですが、ロードマップと連携しながらとか、何か位置づけをもう少し書かれたほうが、混乱はしなくていいという気がします。

○松井座長 それはよくわかるのですが、現在公表されているロードマップは何年か前につくったものです。現在状況が大きく変わったので、ISASで検討しているロードマップはあると思いますが、検討中のものなので、ここでそれに

基づいてという書き方はできないと思います。

現在のロードマップの枠組みの中で新たに国際宇宙探査という枠組みが出てきた段階でどうやっていくか、フロントローディングという新しい考えが出てきたときにどうやっていくかは、多分この後の議論で、宇宙政策委員会として科学探査のロードマップに関する議論をしなければいけない。この段階で文言を入れる場合には、そういう書き方ではない形で入れなければいけない。それをいろいろ工夫して「4. 今後の課題」に書き込んであるつもりです。

前回、常田台長から、ISASが今考えている技術開発と科学探査を結びつけてやるべきだという意見がありました。それを踏まえると、ISASとしては、将来の科学探査の具体的なプロジェクトと開発すべき技術を結びつけてはじめて個々の探査の具体的な提案になるわけです。その議論は始めていると思うけれども、ロードマップとして書けるような段階ではないので「4. 今後の課題」という書き方になっていると理解しています。

○藤井委員 今の点は、12月を目途に日本学術会議とJpGU（日本地球惑星科学連合）が作成している夢ロードマップの中に、太陽系探査と宇宙科学の項目があります。JpGUの5つのうち1つのセッションが中心になり作成しています。恐らく藤本副所長もそのセッションのメンバーに入っていると思うので、議論に加わっておられると思いますが、そこには2040～2050年までの間の衛星計画を書き込むということで、今回リバイスします。ですので、非常に良いチャンスであるとは思いますが、ISASがどのくらいそれにしっかりと担保しながら議論しているかは不明ですが、そういうものができることは、1つの情報としてあります。

違う部分の意見ですが、1の最後の部分のコミュニティーにとってプログラム化がどこに適用されるかということは、すごく重要だと思います。ここはしっかり書いてあるように思いますが、もう少し具体的に当面は月と火星の探査に限るとか、限定する、と書かなくて良いのでしょうか。これでは、必ずしも限定しているということではなく、その検討を行った後に、プログラム化ということですか。

○松井座長 具体的にどこの部分ですか。

○藤井委員 1の「今般」のところで、一応月と火星を念頭に検討を行っているという部分です。

○松井座長 その部分の「当面」という意味ですね。

○藤井委員 当面は、月と火星に限定するといったほうが、コミュニティーは、プログラム化を考える時に検討しやすいのではないかと思います。

もう一つは、前回の議論で、将来計画については、先ほど御報告のあったワークショップでさまざまな具体案が出てくるので、それも含めてもう少し充実

する。という議論があったと思いますが、今回、月のSLIMとHERACLES（ヘラクレス）、MMXしか出てきていません。もう少しここを継ぎ足すには、何回かワークショップを開いて決めていくのだと思いますが、そういうものが出てくるのは、どのくらい先になるのでしょうか。

○JAXA 議論の結果なので、推測にしかありませんが、長期的な議論も並行して議論いただくので、目標としては、来年の6月とか、そういうところに提案できるような形で、議論を進めていただきたいと思います。

○松井座長 今回議論している背景としては、来年の概算要求で、科学探査として例えば200億円くらいの予算規模の原案ができるくらいのプロジェクト案を出してもらいたいということがあります。今のところ、それに間に合うような提案は出ていない。何度も言いますが、今後の課題のところで、今、ISASが検討して技術開発課題を、何とかフロントローディングの枠組みに組み込みたいと考えています。

フロントローディングとして行う技術開発と具体的な個々の科学探査のプロジェクトが結びついて、何年か後にプロジェクト化としてやれるようなものがあればいいということです。現段階で、そこまでまとめられないという状況の中でこのまとめを書いています。別具体的な案がないので、どこまで書けるかということです。

○藤井委員 それは結構だと思うのですが、こういうふうに書くと、1つずつの計画について、説明がしっかり書いてあるので、これしかないというように読めます。例えばSLIMなどです。

○松井座長 この部分は当面と書いてあります。

○藤井委員 当面と書いてありますが、例として、こういうものがあるくらいで、簡単に書いておけば、まだまだたくさんあるという感じは受けます。そういう意見です。

○須藤参事官 よろしいですか。事務局としては、当初は、藤井委員がおっしゃったように、プログラムということですので、個別具体的なプロジェクトで、まさに検討したものだけでもいいので、そういうものをプログラムに書けないかと思っていました。ただ、トップダウン的にそういうことを書くと、それはそれでボトムアップで議論を行っているコミュニティーの方々との関係もあるのではないかという御議論もありました。このため、プログラム化の意図も踏まえつつ、ここでは、基本的な考え方という形で書かせていただいています。これを踏まえて、今、おっしゃっていただいたように、しっかり科学コミュニティーに早目に御検討いただいて、それなりの成果を出していただいて、必要に応じて、予算要求に入れていくという形がいいと思って、こういう形にさせていただいているものです。

○藤井委員 現在、決定されている計画は、今書かれているものであるということですか。

○松井座長 月極域探査、HERACLESも決まっているわけではありません。今、出ている案としてということです。

○須藤参事官 そういう意味でいうと、それ以外のものは、皆さんの構想の中にはあるのですけれども、具体的な議論の俎上に上っていないという状況です。

○藤井委員 わかりました。

○松井座長 月極域探査とか、HERACLESを入れている背景を言えば、国際宇宙探査がスタートする中で、すでに検討されている案の中に名前が入っているわけです。それを今までは、JAXAが検討していますという段階ということで紹介してもらいました。何回か資料として出してもらっている中で、国際宇宙探査というプログラム化の1つの例としては、今、現実に国際探査として、インドと協議を行い、NASA、ESAと協議を行うプロジェクトとして、こういうものがある以上、それはそれで検討段階としては否定するものではない。そこで入れています。将来どうするかという話は、これからやればいい。決まっていることに限定すると、何も書けなくなってしまうので、書いているということです。

○市川委員

今の点を明確にする書き方として、2の(1)の先ほど①～⑤とありました。周回探査、局所探査、移動探査とあって、その後のこの探査に関してはという今のHERACLESまでずっと読んでいくと、①が何に対応して、②が何に対応して、③が何に対応してという形になっています。

けれども、①が明確に書かれていないのです。読めばわかるのですけれども「かぐや」は①の周回探査として、②がSLIMで局所探査として、その後、移動探査という書き方をすると、流れの中の具体的な例として、こういうものがあるという書き方になるのではないかと思います。ですから、もう少しここを①～④の具体的なところで、先ほど本格全球探査とは何かという議論がありましたけれども、①②③④の具体的な例として「かぐや」、SLIMとして、HERACLESと入れていけば、例として挙げられていて、これが決まっているというものでないという書き方にもなるのではないかと思います。

○常田台長 国際宇宙探査と宇宙科学の関係みたいなところは、この文章でもややもやして、それがいろんな意味から違う形で指摘されて、その問題意識は、みんなで共有したと思うし、今、松井座長にもまとめていただいたと思います。ただ、宇宙科学がこういう流れの中で、国際宇宙探査に影響され過ぎて、先ほどのワークショップもいいことだと思いますが、この枠内でしか、サイエンスは当面進まないのだということになると、もったいないと思います。

だから、表現をしにくいのですけれども、これはこれでいいとは思いますが、

ISASの覚悟というか、宇宙科学コミュニティーの覚悟というか、宇宙科学として国際的なベンチマークの中でやっていかなければいけないことに、ちゃんと軸を持ってやり続ける精神は、この中にないように思います。ですので、そういうものを書く文章ではないですが、ISASに覇気がないのです。

○JAXA その説明の機会をいただいたのだと理解しています。

○常田国立天文台長 うまく言いにくいのですが、そこだけは気になります。

○松井座長 科学探査のロードマップ的なものは、それとは別に議論する必要があります。その議論をいつやるのかについては、少なくともISASの中で、今までのロードマップを修正して、今後、例えば20年、30年は、こう考えていますという案ぐらいができないと、ここでその議論もできないわけです。

例えばこの小委員会でJpGUと日本学術会議が議論していることを聞いても構わないですが、今ここでの話とは関係ない。もちろんその議論が始まれば、藤井委員に内容を紹介してもらうということはあると思います。いずれにしても、日本が主体的にやるところで、こういうことを考えていますという案が出てこない、ここでどうすべきという話にはならないと思います。ここでは、国際宇宙探査のプロジェクト化ということでやっているの、ボトムアップ的な科学探査を入れて、別の書き方をするのは、今の段階では難しいのではないかと思います。

来年の概算要求で、今年は160億円といっている、その額に達しない可能性もある。SLIMとか、MMXのフロントローディング的なものが入って、ようやくその規模になっているのですから。常田台長時代の科学探査という意味の200億円を目指すという意味でいったら、国際宇宙探査をお賊徒という意味ですが、130億円ぐらいです。それを例えば200億近くに積み上げるためには、来年に向けて、いろいろやらなければいけない。そのためには、ロードマップ的な議論をその前にやらなければいけない。しかし、今、ここでそれをやるのは、時間もないし、資料もありません。おっしゃることはわかるので、具体的にどうするかという部分で、ここをこう書いたほうが良いということがあれば、取り込みます。

○藤井委員 基礎知識として教えてほしいのですが、今の話だと、国際宇宙探査もISASの予算として積み上げるということですか。

○松井座長 それは科学探査とは枠が違います。繰り返し言っている、皆さん、おわかりだと思いますが、これまでは、有人活動という枠と科学探査という枠でやってきたわけです。有人枠は、基本的に350億円ぐらいにしましょうというのが、宇宙政策委員会的に1つの目安として出したことです。将来的に安くするという過程の中で、400億ぐらいに膨らんだりということはあります。

それとは別に、科学探査として200億、あるいは220億ぐらいを目標にやりましたとやってきました。しかしそれが減ってしまった。そういう中で、去年、

国際宇宙探査が登場して、それに日本がかかわるということを政策として決めました。そうすると、今までやってきた予算の枠をどうするかという話があって、当然、宇宙政策委員会的な理解としては、有人活動の枠の中で国際宇宙探査はやりましょうということになっているわけです。

○藤井委員 その確認ですが、要するに予算枠を別にすることがすごく重要で、そちらの大きな予算が宇宙科学の予算にコンフリクトしないとか、侵食しないということが前提としてあったので、それでお聞きしました。別ということですね。

○松井座長 16日に基盤部会がありました。たまたま国際宇宙探査の予算がこれからどのぐらいかかるのか、例えば5年というスパンで見たときに、有人と国際宇宙探査を合わせた額がどのぐらいになるのかという説明があったので、そこで、枠をどうするかという議論が非常に重要だという話はしました。

○藤井委員 フォボスとか、そういうところも、今後つくっていくものがあります。科学予算からは離すということですね。

○松井座長 国際宇宙探査の枠組みの中で、SLIMもMMXもやるということですね。

○藤井委員 ますます200億をつくるのが大変になるということですね。

○松井座長 それで、今、苦勞して、こういう話をしているわけです。指摘したように、技術開発はいい。でも、将来の科学探査にちゃんと結びつけて、プログラム化していくようなロードマップがないと、なかなか200億にならない。このため、来年の概算要求に向けて、何とか整合性のあるような書き方にしていきたいというのが、今、この原案を書いている背景としてあります。

○市川委員 「3. 人材確保・育成」のところなのですが、テニュアトラック制度以外に、下に①②③④と4つ方法が書かれているのですが、本日のISASの説明の中で、今回の国際宇宙探査ワークショップは、民間企業には積極的に参加を呼びかけなかったということでしたけれど、ワークショップのようなものを開催することによって、民間の人を引き入れるというのは、大事な観点だと思います。その部分を人材確保という観点から、もう一つ加えたらどうかというのが提案です。①～④まであって、⑤としてです。

○松井座長 ⑤として、民間の技術者の参加を積極的に促して、それを人材育成につなげていくという意味ですね。

○市川委員 はい。

○松井座長 それに関して、何かありますか。

○竝木委員 直接民間の話ではないですが、私も3の項目はJAXA中心の人材確保に見えてしまっていて、JAXAの外でも人材を育てていくために、もっと人を循環させるとか、国際交流をもっと進めるということに触れてほしいと思います。

○松井座長 それは私も何度となく指摘しています。大学と連携しない限り、やれないわけですが、大学の状況はものすごく厳しい。JAXAが書いている大学との連携という話は、大学から見たときに、そんなことはできないでしょう。具体的にこうすれば、人材育成その他で大学もメリットがあってWin-Winの関係でやっていける、という案があまり出てこない。

○藤井委員 ハブをいろんなところに置いているとか、そういうことですね。

○松井座長 ハブを置くといっても、実際に大学の先生のエフォートを50%にできるかといったら、できないわけです。

○藤井委員 授業もあるし、それは難しいでしょう。

○松井座長 10%で、探査ができるのかと、普通は考えます。私から見れば、今、大学は、いろんな意味で、エフォートを10%ぐらいに絞りたいわけです。大学以外での活動に50%というのは、給料や定員数の問題を解決できる仕組みがあれば、また別かもしれないですが。

○藤井委員 クロスアポイントメントみたいなことですね。

○松井座長 クロスアポイントメントで、エフォート50%というのは、よほどでない限り、大学は認めない。

○藤井委員 7対3ぐらいがマックスです。

○松井座長 それはマキシマムです。東大などは、クロスアポイントメントを10%ぐらいに絞ろうとしています。そういう状況の中で、ここに書かれているようなことが本当に可能かというのは、議論が必要です。大学はなかなか大変なので、そこまで入れて書くということが、どこまでできるのか。

文科省も、宇宙探査と教育は、全く違う部局が担当している。大学共同利用機関としてのISASというものを、他の共同利用機関とは別個にこう考えますという案があって、大学との関係は考えられる。普通の共同利用機関とは違うようにやっていくとか、そういうことが整理されない限り、具体的にはできない。

去年のワークショップでもそうでしたが、大学の人も、JAXAの人も、そういうことに触れない。大学共同利用機関なのだからと、一緒くたに議論するわけです。例えば国立天文台とか、高エネルギー加速器研究機構とかは、同じく大学共同利用機関ですが、ISASはJAXAの中にある組織です。違った形の連携形式しかあり得ない。今、その具体的な事例があれば、そういうものを育てていくとか、将来的に重要だという言い方ができる。しかし、何もない段階で、大学との連携を深めるべきと書いても、あまり意味はない。

JAXAとしてはどう思いますか。大学との連携は、今、ハブをつくったり、やっているけれども、それでこういうことができますか。

○JAXA 大学連携拠点というもので、将来のことを考えてやらなければいけないのだけれども、ISASの体制ではやり切れないことについて、大学に担当

していただくことをお願いしています。現在の規模ですと、1拠点に対して、年間の決まった予算額があって、皆さん、明らかに不満です。額を増やせば、それに伴って人が増えて、額に見合うだけの成果を出せるようになるかというところ、結局、いわゆる有期雇用しか増やせない。今のところ、金額が少ないという不満を伺ってはいますが、お金を増やしたところで、その先、例えばこちらの支援がなくなっても、ぐるぐる回るような仕組みに本当に育っていくのかどうかということに対しては、みんな問題意識を持っています。

○藤井委員 あるプロジェクトのPIが、ISASの研究者ではなくて、外部の人材になる。例えばERGの場合などは、比較的名古屋大学が中心になりましたが、その人たちのエフォート率は、実際にもものすごく高くて、そのときには、客員の教官か何かにしてもらってやったと思います。それ以前は、例えばX線などだと、実際、PIに近い人たちがISASに移って、そのかわり、ISASの人が大学に来て、コストアップするような形でやっていたと思います。

今のままだと、外部の人の負担はすごく大きくて、ますます中だけでやることになってしまいます。このため、PIのサイエンティストとして、外から採用しようとしたときには、本格的に循環させるような、例えば5年なら5年移るような、従来あったシステムみたいなものを、もう一回やるのがいいのではないかと思います。

逆に言うと、PIの人たちも物すごく労力を使うので、ある程度立場をはっきりしたほうが、本当はやりやすいのではないかと思います。かなり苦労しているのを見ました。そういうものは、一般的にはできないかもしれないけれども、1つずつのケースの中では、ある程度できることではないかと思います。どちらにしても、その人たちはすごい労力を使うのです。

○松井座長 非常にいい案だと思います。しかし、大学の人プロジェクトの間だけ、10年近くISASに移って、その後また大学に戻るといった入れ替えのようなものを複数やるということができるとかということは、私はかなり疑問視しています。どうですか？そういうことは可能ですか。

○常田台長 大学の置かれた環境は、座長がおっしゃったとおりで、ISASとは大分違うので、そのギャップが大きい課題です。ISASは大学の先生に期待するけれども、大学はできないということで、双方がフラストレーションの塊みになっている。大学連携拠点をやっていただいているが、事実的な組織になっていくかということころは、なかなか難しい。コンセプトはいいのだけれども、もう一つ工夫がないと、宇宙科学のトータルな力になっていないところがあると思います。

○松井座長 それが課題です。課題を書いてもしようがないという気がします。

○藤井委員 ISASは、そうやらないと、大変苦しいことになると思います。

○松井座長 そうだとすると、全て絵に描いた餅です。探査プロジェクトのラインアップをつくっても、本当にやれるかとなると、私はかなり懐疑的です。陣容にしても、能力にしてもかなり問題が多い。大学が将来的にISASに代わって何かをやっていくということは、超小型とか、小型ならあり得るかもしれない。しかし、普通の探査プロジェクトを大学がやっていくということは、とてもできない。大学共同利用機関については本当は文科省に検討してもらいたい。しかし、文科省も担当部局が違うから、どこがやるのか、やるところがない。非常に大きな問題だと思います。

JAXAという組織の中にあるISASが、大学共同利用機関という枠で何かをやろうというときには、新しい枠組みをつくらない限り、できないのは事実です。今はできませんが、いずれ検討しなければならないでしょう。

そういうことで、議題（2）に移らせていただきます。「（2）その他の科学探査の状況について」です。

まずは、JAXAで検討されている月・火星探査以外の科学探査について、JAXAから資料4の説明をお願いします。

○JAXA 議題は、月・火星以外と書かれていますが、ISASで検討するときは、月・火星以外か、そうでないかは意識せずに、宇宙科学として意識しています。

【JAXAから資料4について説明】

○松井座長 ただいまのJAXAの説明について、御意見、御質問がありましたら、お願いします。

本日は時間の制約があるので、あまり長く議論はできませんが、これは非常に重要な問題なので、今後も議論を続けていきます。そのことを踏まえて、簡単に質問をお願いします。

○市川委員 8ページ目に、新しい考え方が出てきました。より優れたミッション提案・創出への敷居を下げるために、先行投資すべき技術開発を戦略に反映というのは、非常にわかりやすいし、いい方法だと思います。ただ、今までも大学などから出てきた計画に対して、開発経費を使っていました。そこには、審査の段階があって、将来への展望という意味を含めてやっているわけです。今までとこれは、具体的に何が違うのかを教えてください。

○JAXA とてもいい質問で助かります。今までは、どうしてもあるミッションを確実に行うための先行投資という言い方をしていました。かつ、なけなしの基盤的経費から絞り出した投資という程度のことですので、できる範囲内の投資ということしかしていませんでした。ですけれども、ここは発想を変

えて、いい提案を生み出すための先行投資だということです。

○市川委員 具体的には何なのですか。

○JAXA 小型技術を活用すれば、太陽系探査の領域が非常に広がるので、例えば本日最初にお見せした、MINERVAというものがあります。MINERVAが成功すると、惑星科学者で、自分がそういうものをつくれぬ人も、こんなものができるのかと思って、そんなものができるのであれば、自分のサイエンスのアイデアと結びつけて、こういう探査を提案するという事は、実際にあると思うし、実際に現在進行中だと思います。

それと同じで、とてもできそうにないと思われることを、大きな額の先行投資をすることで、実現可能になり、自分ではできないと思っている人が、それに乗っかって、その組み合わせでもって、新しいかつ強い提案が出てくる。そういったフレームワークをつくりたいと思っているわけです。

○市川委員 厳しいISASの予算の中で、どうやってそういうものを選んで、たくさん投資をするか。今までは少ない数しか投資していなかったのに、そこにどのようにして大きな投資をするのかということについてはどうですか。

○JAXA そこは鶏と卵だと思っていまして、大きな額を獲得するためには、あるミッションを実現するためのお金をくださいという言い方では、なかなか通らないと思っています。なので、ある技術領域を確立すれば、どんどんいいミッションが生まれるので、そのための投資が必要ですよという説明をしない限り、大きな額はとれないのだろうと、改めて整理をしたということです。

○市川委員 こういうことをするために、新たに予算を獲得するという方法ですね。

○JAXA 例えばフロントローディングという問題整理が、今、されているわけですがけれども、同じフロントローディングという言葉がいろいろと使われているので、ややこしいのですが、今のフロントローディングというのは、あるミッションを実現するためのフロントローディングなのですけれども、それ以前に、ミッション構想が出てくるためのフロントローディングがあってもよくて、かつそれはどんとやらないと、効果的ではないのではないかとということを申し上げています。

○市川委員 わかりました。

○松井座長 そういう意味では、研究開発の基盤経費が十分なのか、という問題もあります。その額が今のもので不十分であれば、もっと増やす必要がある。それとフロントローディングの区分けをちゃんとやって、どちらも増やすようにしていけば、今のような考えは実現できるでしょう。そう思いますので、サポートしていこうというのが1点です。

あと、今、非常に重要な指摘がありました。ISASとしては、小型探査機を日

本の売り物にしたいという点です。要するに、ほかの国がやらない、しかし日本が独自の技術で、優先的にやっていくような技術として、何があるか。いろんなことを言うと、わかりにくくなってしまうから、小型探査機という言葉で、日本の探査の1つの方向性を見せる。これはまさにプログラム化だと思います。文科省が財務省に対して説明するとき、今までより、はるかにわくわくするような提案ができるのではないかという意味では、非常に効果的な考え方ではないかと思っています。

○山崎委員 ありがとうございます。

関連してなのですが、資料4の26ページ、27ページに書いてあるところでして、これは先ほどの資料3のプログラム化の中にも、まさに「②我が国として獲得すべき技術－探査機の小型化技術－」ということで記述されています。

資料3に戻ってしまっていて恐縮なのですが、3ページ目の「②我が国として獲得すべき技術－探査機の小型化技術－」に書いてある中で、なお、これらの技術開発に当たっては、現在推進中のイノベーションハブ事業における技術の開発研究と連携して、ISASで実施する必要があるということなのですが、これだけを見ると、淡々とイノベーションハブなどを活用してやられているように見えるのですが、先ほどのお話を聞いていると、戦略的・先行的に培うということ、もう少し強調できればと思います。資料3の中でも、例えばフロントローディングなどを活用しつつ、もう少し戦略的に培う必要があるということ、強調していただくといいという印象を持ちました。

また、関連してですが、宇宙科学が宇宙開発自体の基盤となる、必要なものだというのは、我々は共通認識として持っているのですが、探査プログラムについての資料を読む方に対する主張としては「1. 宇宙科学探査をめぐる状況」と2の間に目標などを入れるのであれば、その中において、もう一度、宇宙科学の分野が宇宙開発を支える基盤であり、人材確保も必要であり、重要性をさらに強調していただくと、この資料がもう少し力を持つという気がしています。

○松井座長 今、指摘されたように、最後の話と絡めて入れるということができるようなら、考えてください。

○須藤参事官 この後のコメント等もありますが、入れられるものは、当然入れたいと思っています。

○藤井委員 小型機というのは、どういうものを言っているのでしょうか。

○JAXA 特殊なことを言っているつもりはありません。

○藤井委員 DESTINYクラスのを小型機と呼んでいるのですか。

○JAXA 木星、土星に行こうと思うと、さらに小さいものを考えます。

○藤井委員 打ち上げるのは、H-IIとか、H-IIIを使うけれどもということですか。

○JAXA それも考えどころだと思います。そこはまさにプログラムとしての魅力をどう高めるかということです。

○藤井委員 当初、ISASが決めたこととして、太陽系の探査は、小型衛星でやるという方針があって、今回、フォボスとは違うと思うのですけれども、それに戻るといえることですか。

○JAXA それよりも先鋭的なことを考えます。26ページをご覧ください。小型の太陽系のところで、SLIMやDESTINY+というのは、今、おっしゃった、以前決めたことですので、それを実証する以上は、それを使ったプログラムはもちろん考えるべきだと思います。

そのやり方ですと、行ける範囲があるわけです。ここで言っていることは、さらに先鋭的に、行けば絶対におもしろいに違いないという、探査というのは、そういう発想だと思うのです。そういう発想に基づいたときに、まず行ける技術をつくりましょう。行ける技術をつくれれば、惑星科学者はそれに共鳴して、おもしろい提案が出てくるに違いない。そういった戦略で述べていて、具体的には、イプシロンで土星に行くとか、それぐらいの野心的な高い目標を掲げて、現在、外の先生にも来ていただいて、内部で議論しています。

小型という言い方は、おもしろいと言われる一方で、特殊なことをやっているという誤解があると困るのですが、そもそも欧米のスタンダードから見れば、ISASがやっていることは全部小型ですし、小型化できるのであれば、やったほうがいいに決まっています。小型化できれば、柔軟性が増しますので、ISASの大型ミッションに対してもフィードバックがあるという意味でも、いいミッションを生み出すためには、小型化を進めるのがいい、そういったことも、今回のアイデアの背景にあります。

○松井座長 いろんなおもしろいことをやれる可能性が広がるという意味ですね。この議論は、先ほどから何度も出てきているように、ロードマップとか、将来のいろんな問題に絡んでいて、これから先、続けて議論していかなければいけないものです。とりあえず、今、ISASがこういうことを考えていて、資料3みたいなものをつくる背景には、こういう検討があるという程度で、将来的にはもっと議論していこうと思います。

それでは、続いて、科学探査における資源の取り扱いについて、JAXAとしての考えをまとめてもらっていますので、資料5の説明をお願いします。

宇宙政策委員会でも、資源という言葉が何度も出てくる。そこでそろそろきちんと議論しなければいけないだろうということです。資源探査というのは、基本的に、リモートセンシングでやるというのが最初の段階です。これは科学

探査そのものなので、そういう観点で、一度、資源について整理してもらっておこうということです。また、プログラム化というときには、資源探査が必ず入ってくる。そういう意味で、今回用意していただいています。

【JAXAから資料5について説明】

○松井座長 ただいまの説明について、御意見、御質問がありましたら、お願いします。

○竝木委員 空間のことは、資源として、ここでは扱わないとのことですが、エネルギーを採るときにいろいろあって、それはこの先の着陸地点の検討のときにも、必ず考えなくてはいけない要素なので、それはぜひ含めていただきたいと思います。

○松井座長 5ページにエネルギー源に利用可能とか、月に存在する放射性物質と書いてあります。以前ISASが新技術開発について説明した中で、新型の電池がありました。新型の電池というのは、トリウムに中性子を当てて、放射性物質にして、それをエネルギー源にして発電していくもので、私は重要な技術だと思っています。

深宇宙に出ていくときに、原子力電池を使わなければいけない。しかし、地球から打ち上げるというのは、抵抗があるかもしれない。

月のリモートセンシングのデータを見ると、月にはトリウムが多い流域があります。そのトリウムが新型電池に使えるかどうか。月にある放射性物質を使えるのならば、抵抗がないのではないか。各国がまだ提案していなかったら、日本が率先して先鞭をつけて取り組んでいくと、戦略的にはすごくいいのではないかと思います。そういう考え方は可能ですか。

○JAXA 可能だと思います。そこまで考えが至っていなかったもので、資源の可能性としては、リストアップしますけれども、確かにそれを組み合わせることによって、より有効に使えるのであれば、検討する価値があると思います。

○松井座長 これは国益にかなっていますし、将来の目玉になるのではないかと思います。

○常田台長 電池の開発は、ぜひやっていただきたいと思います。

○竝木委員 トリウムは、あるか、ないかでいえば、ありますけれども、量としては少ないので、利用できるかどうかというのは、かなり真剣に考えないとだめだと思います。

○松井座長 その辺を中心に調べる探査とかね。

○JAXA 完全にあるということではなくて、三角ぐらいで、よく調べようというレベルだと思っています。

○松井座長 マグマオーシャンができる過程でできた、放射性元素の濃縮した地域があるわけです。資源という観点でその地域の探査をするというのは、月探査の可能性としてありえます。で、それは月の進化に密接に絡むから、科学的探査としても重です。資源の利用という意味でも重要だし、ほかの国がやらないなら、日本がやってもいいのではないかと。特に新型の電池の開発と絡めて重要です。そういうふうに感じました。

○市川委員 5ページ目で、宇宙機関としてのJAXAの探査活動とか、資源というところで、JAXAとしての資源に対する明確な定義がされたということは、非常にいいことだと思います。宇宙機関としての探査活動を効率的に進めるために利用する原材料である。

一方、民間商業活動というのは、経済性が求められて、例えば持って帰って、それが有効でなければいけないという観点がある。ここでJAXAの立場を明確にしておくことによって、それが商業活動として経済的に成り立たないものであっても、科学探査としては、極めて重要であるということが全面に出ますので、今後も民間とは明確に考え方の違いを出していく必要があるのではないかと思います。

○藤井委員 民間商業活動ですけれども、これは資源に関する取り決めみたいなものを、例えば月に関してつくるような動きはあるのですか。南極などは、南極条約などで、石油とか、いっぱいあるのだけれども、やらないことになっています。

○JAXA そこは上位の部会でも議論をいただいていると思いますけれども、国としての取り決めと民間活動の取り決めの2種類があるそうです。私は専門家でないので、それ以上は答えられないのですが、議論は進められていると思います。

○藤井委員 国際的な動きという意味です。

○松井座長 ルクセンブルクなどは、資源探査の民間の動きが出ていると聞いています。そういうものに関連して、資源に関して、法律的な観点からの議論が、国際的な機関で始まっているようです。

資源についての取り決めについての国際的な動きがあるという意味で、日本がそれに対応してどうするかということで、資源の話は出ています。資源があるなしを調べるのは科学探査です。科学探査が主導して資源探査を整理しないと、わけのわからない議論が先になってしまって困る。そこで、こういう議論を始めたということです。

ありがとうございました。

議題(1)での議論も含め、この議題でも示された皆様の御意見を踏まえて、資料3を見直して、次回会合で最終稿としてお示しし、御確認いただきたいと

思います。

最後に、事務的な事項について、事務局からお願いします。

○須藤参事官 次回は、11月5日月曜日15時から17時に開催させていただきます。

次回、この議論をまとめさせていただきたいと思いますので、冒頭にありましたように、これから事務的に、いつまでに書面でコメントをいただきたいという御連絡させていただきますので、よろしくお願いたしたいと思います。

今後、この議論のほかに、年末に向けて、工程表の改定の議論等も予定しています。タイミング等もありますが、11月5日の次に、11月29日木曜日、16時から18時に開催予定ですので、よろしくお願いします。

また、冒頭、座長からお話しがあましたが、今後、宇宙科学についての予算は、来年の概算要求に向けてしっかり検討しないといけないということですので、大変恐縮ですが、1月以降も、月1回を目標に開催させていただきたいと思っています。この後、日程調整のメールも差し上げたいと思いますので、御多忙のところ恐縮ですが、よろしくお願いたします。

○松井座長 科学探査予算の将来についての正念場です。正念場という意味は、来年以降、200億円に回復してやっていくというのは大変なことです。その内容について、ISASだけに任せるのではなくて、我々も少しアイデアを出して、サポートしていくような方向でやっていくことを考えると、月1回ぐらいではやらないといけない。よろしくお願いします。