

## 第44回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和3年4月28日（水） 16:00－18:00

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、常田座長代理、関委員、永田委員、永原委員、山崎委員

（2）事務局（宇宙開発戦略推進事務局）

松尾局長、岡村審議官、川口参事官、吉田参事官

（3）関係省庁等

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課

福井課長

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

國中理事

JAXA宇宙科学研究所

藤本副所長

4. 議題

（1）宇宙科学プロジェクトの今後について

（2）月と火星の探査に係る宇宙科学・探査ロードマップの改訂について

（3）月面における科学について

5. 議事○松井座長 それでは、時間になりましたので「宇宙政策委員会 基本政策部会 宇宙科学・探査小委員会」第44回会合を開催いたします。

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加いただき、お礼申し上げます。

本日は、大島委員、松本委員が御欠席、永原委員がオンライン参加となっております。

本日の議題は「（1）宇宙科学プロジェクトの今後について」「（2）月と火星の探査に係る宇宙科学・探査ロードマップの改訂について」「（3）月面における科学について」です。

今日は非常に重要なことをいろいろ議論しなければいけないので、皆さんの意見をお聞きしたいのですが、まず議題の「（1）宇宙科学プロジェクトの今後について」ですが、これは工程表が今、参考資料で配られていますが、この工程表でいいのかどうかという議論です。

何が論点かと言うと、一番重要なのは、実はここにいっぱい書いてあって、並列的に書いてあるわけです。並列的に書いてあると、これは令和3年度が今年ですけれども、令和4年度、令和5年度、令和6年度という格好で並列的に

やっていって、本当にここに書かれている中型にしても小型にしても戦略的海外にしてもできるのかという問題です。

特に重要なのはMMXに関してです。MMXが成果として一番期待されるのは、火星圏からサンプルを持ち帰る。それは2029年に今のところ持ち帰るということで、実はこれはすごく意味があるわけです。意味があるというのは何かと言うと、人類として初めて火星圏からサンプルを持ち帰る。これがもし遅れるとなると、実は2030年以降になると、NASAが火星本星からのサンプルリターンというものをやるのです。そうすると、これは二番煎じになるわけです。

何で我々がこんなに一生懸命MMXをやってきたかと言うと、まさに人類初の火星圏からのサンプルリターンを実現したいがためにこのことを一生懸命やってきたということがありまして、これが二番煎じになってしまうのだったら当初の目的はやはり、実現したとしても意味がかなり薄れてしまうというふうにも思えるわけです。特に最近の火星探査からいくと、メタンの話にしても何にしても、火星の生命というものはかなり可能性が地下にいるかもしれない可能性が高くなっていることなので、そうするとそこにかつて天体衝突があったりすると、実はそこから試料が火星軌道周辺に巻き上げられて、これは分かりませんが、フォボスの地表には火星地表のサンプルがいっぱい入り込んでいる可能性があるわけです。

ですから、火星のサンプルリターンというものはひょっとするとそういうところで火星の生命の痕跡が見つかるかもしれないという、これは物すごい発見になるわけで、それに関わるようなプロジェクトだということです。ですから、それを最初に日本がやるのかやらないのかというのは物すごく大きなことだと思うのですよ。

そういうことで、実は今の書き方だとそういうことが見えないわけです。みんな並列にやっていきます。それで、実は昨年度の予算を見ても、特別、MMXをこの予定どおり、2024年に打ち上げて、2029年にサンプルリターンをするという、その予算として本当に十分なのかということを考えると、私としては全然足りないのではないかと。本気でやらなければこんな2024年の打ち上げはあり得ないのではないかと思えるわけです。

したがって、こういう書き方ではなくて、MMXはまず最優先で2024年打ち上げを目指します。そのための予算はどういうふうになるのかということが工程表に書かれていないと、対財務省との折衝でやはり横一線でしか評価されないわけです。それはどのプロジェクトも重要なのは分かるのですが、多少遅れてもその成果がすごく重要な成果と、そのときに持ち帰るから成果があるものとは全然違うと思うので、そういうことを考えると、これは2029年というものが、後ろが決まっている状況の中で、2024年に打ち上げなければいけない。そうす

ると、今の予算の獲得状況で本当にそれが実現できるのかというのは私がいろいろ考えて不安に思っていることなのです。

だから、それをやはり最優先で来年度以降の概算要求で取っていかないと実現しないのではないかと。そういう意味では、実現しないのなら、本来、これは遅れるならやめたほうがいいかもしれないのです。だって、2030年以降は火星からサンプルを持って帰るわけですから、本当にそれは日本の技術開発としてフォボスに降りるとかというのはあれだけれども、科学的な評価という意味では物すごく落ちてしまうわけです。

そういうことで、今日はそのことを議論していただきたいのです。工程表を、これでいいという人はこれでいいのですが、やはり今のような観点からこれでいいのかどうかということを議論していただきたいということです。

ちょっと長くなりましたけれども、非常に重要なことなので、御意見をどうぞ。

どうぞ。

○関委員 MMXに関しては、やはり2024年に打ち上げないと、火星圏は打ち上げ機会が約2年に一度しかないのだから、そういう意味ではかなり科学的価値が損なわれてしまうことを避けるのは、サイエンスコミュニティとしてはすごく広く熱望されていることで、私自身は多分、1年前のときにもその前の年もこれで2024年に打ち上がるのかという質問をさせていただきました。そのときの御説明は、今回から100億円規模の予算がつけば2024年に打ち上がりますという御説明でした。そこで一つ心配なのは、今回頑張って来年度から予算がついたら、技術的には間に合うのかということと、もし技術的に間に合うのであれば、どういう予算プロファイルが必要になるのかということ、まずは教えていただければと思います。

○松井座長 だから、それは宇宙科学研究所のほうに、考えられる、幾らなら実現できるのかという案をつくってくださいとは言っているのですが、ちょっとまだそれが間に合わない段階です。

何か答えられることがあれば宇宙科学研究所のほうで答えてもらえれば、昔、書いてもらった予算の、このぐらいが毎年必要ですという案はあったのですが、それは2年ぐらい前の話だったと思うので。

○JAXA（國中所長） まず現状は、総事業費は370億円だと思ったのですけれども、それで昨年度と今年度。

○松井座長 ちょっと待ってください。

永原さん、聞こえていますか。

○永原委員 失礼しました。遅くなって申し訳ありません。よろしく願います。

○松井座長 今、議題（１）で工程表の話をしているのですが、私が今、説明したところはどの辺から聞きましたか。なぜ、議題（１）が重要なのかという話をしたのですが。

○永原委員 申し訳ありません。松井先生の御説明が終わったところでつながったので。

○松井座長 それでは、要点だけ言いますと、実はこの議題（１）は何かと言うと、MMXをどうするかという話です。

MMXは、この工程表では2024年に打ち上げて、2029年にサンプルを持ち帰ることになっているわけです。2029年というものは非常に重要で、2030年以降になるとNASAが火星からサンプルリターンをする。その前に火星圏からサンプルを持ち帰ることが科学的な意義としては、このプロジェクトの非常に大きな部分を占めている。

したがって、2024年打ち上げでないと、これは2026年とかになってしまったら、科学的な成果は出るでしょうけれども、その意義みたいなところでかなり下がってしまう。どうしても2024年に打ち上げるように工程表でしっかり書き込まないといけないのではないかということを経験していただきたいということで、この議題（１）で今、議論を始めようとしていたところですよ。

よろしいでしょうか。

○永原委員 前回、予算の件でも問題になった件ですね。了解しました。

○松井座長 それで今、関委員から発言があったところです。

それで関委員は、どのぐらいの予算だったらちゃんと2024年打ち上げで可能なのかという質問が今、出ているところで、JAXAの國中所長からそれに対する説明をしていただくという段階ですよ。

では、お願いします。

○JAXA（國中所長） 2020年度、2021年度で25億円程度頂いておりますので、合わせて50億円程度になりますので、キュレーションなどの設備はもっと後年度の技術で造る計画がありますので、打ち上げまで、2024年までには、2022年、2023年、2024年と100億円を超える費用を頂く必要があるということになります。

これまでも「はやぶさ2」などでも、打ち上げの前の年と前の前の年で100億円を超えるような費用を頂くというプロファイルであったことも事実ではあります。

○松井座長 そういうことです。「はやぶさ2」の例がありましたが、要するに今まで25億円だったものを来年から100億円にするのは、普通にはなかなか大変です。私も今までいろいろ説明を文部科学省から聞いているのですが、予算を獲得するのは大変なことで、だけれども、やはり我々としては、それをどうしても実現したいというのだったら、工程表にその意思を明確に示す以外は

我々としてできることはないわけですね。そういうことで今日御議論いただきたいということです。

○永田委員 一足飛びに翌年度から予算を増やせというのは難しいのは確かにそのとおりだと思うのですけれども、こちらの2024年打ち上げがすごく大事なのだということが、JAXA側の対応というか、当事者側の対応ですごく必死さが伝わるような展開が必要かなと思ってしまして、といいますのは、何年か前に宇宙科学研究所の予算が110億円まで落ち込んだときがあって、そのときに、これは宇宙科学にとって大変なことだということで、JAXA全体で調整していただいて、JAXA予算の中でいろいろ割り振りをしてちょっと増やしていただいたというのがあって、その後、宇宙科学はこれではちょっとまずいというのが、JAXAもその必死の取組が財務省にも伝わって、その後の回復につながったのではないかという外から見ていて思ったものですから、今回も、既に今年度の予算でこの規模だと、MMXは2024年打ち上げは無理だという声を実際、現場から聞いております。

ですので、今回の概算要求で次年度盛り返せたとしても、今年を何とかしないとつながらないと思いますので、まず、今年を何とかする。その上で来年、これだけ積んでいただければ何とか間に合う。そういう絵を描きつつ、JAXA側でも内部の対応として今年度できることを一生懸命やる必要が、それをやらなるとなかなか難しいのではないかというふうに現場の声を伺っていると感じます。

○松井座長 今年の予算を今から何とかというのはなかなか難しいわけですよ。あなたがおっしゃった110億円から回復するというのはそんな簡単なことで実現したわけではないので、かなりUnusualなプロセスがあって回復への道筋が始まったわけですよ。だから、JAXAの内部で努力したら来年以降何とかかなという話ではないと思います。

○永田委員 でも実際、ほかの予算と調整して一部補填されたという話を。

○松井座長 だから、それはプロセスとしてはそうだけれども、そういう指示がほかからあったからやったので、JAXAが自動的にそういう判断をしてやったわけではないということです。だから、MMXの予算状況がこう深刻だからといって、JAXAの執行部が今、言っているようなことをやるということは今の状況ではあり得ないことです。

だから、それをどうするかという対応案として、わざわざ工程表でどうするかという話をしているのであって、だから、もしそういう状況ならもう2024年を諦めて、そもそも、このプロジェクトそのものを諦めなければいけないということになります。だから、それをどうやって回避するかという話として、この工程表をどうするかという話をしていると思ってください。

○永田委員 まず、概算要求で盛り返して、もし盛り返したとしたらつながるのかというところがちょっと心配しているところですので。

○松井座長 それは宇宙科学研究所で答えてもらわないと、私は分かりません。

○JAXA（國中所長） 100億円を超える費用をお手当ていただければ、間に合わせることは可能だと考えています。

○松井座長 そういうことなのです。

○JAXA（國中所長） JAXA内で少し費用のやり取りなどで内部的に調整することはありますけれども、最終的には打ち上げ年度までに総額をつけていただかないことには打ち上がらないというメカニズムになっています。

○永田委員 それは分かります。

○松井座長 だから、多分、来年が100億円、再来年が100億円、その次が100億円、合わせて300億円ぐらいを予算として手当てしないと2024年打ち上げは実現しないという話です。そのためにこの工程表をどう書いたら今のような実現可能性が世の中に分かってもらえるかということだろうと思います。

○山崎委員

まず、大前提としてMMXが24年打ち上げを死守するということをきちんと認識を合わせることが大切だと思います。これは科学的にもそうですし、サンプルリターンの技術継承でも世界を先駆ける意味で大切ですし、また今後、アルテミス計画が月から火星へと移行する中でもこのMMXは大きな貢献になると考えています。工程表の中でも打ち上げは2024年で印はあるのですが、きちんと文章として2024年を死守することが大切という文言を入れられるといいのではないかと考えています。

また、場合によってはですが、2023年、インド、極域、LUPEXとの優先順位をきちんと明確にすることも大切だと思っております。LUPEXをもし遅らせる可能性もあるのかどうか、分かりませんが、それによって予算配賦なども検討する段階なのかなとも思います。

○松井座長 その点に関して言うと、これはその次の議題（2）にも関わりますけれども、正直に言うと、去年の概算要求、今年分は今、MMXは25億円云々ですが、SLIMもやはりそのぐらいなのです。それは国際宇宙探査の予算で賄われていないのです。これは科学探査の予算なのです。

あなたのおっしゃったLUPEXは国際宇宙探査の予算です。だから、それを云々という話は今の場合には直接には関係しないのですよ。

○山崎委員 では今後、何を国際探査に入れるのか、後の議論であると思うのですけれども。

○松井座長 この後のところでその議論をやろうと思っているのですが、今は取りあえずMMXをどうやったら実現できるのかという観点で工程表をどうすればいいのかということで議論いただきたいのですよ。

○山崎委員 ですので、すみません。重ねてで恐縮なのですが、そのMMXがきちんと国際協力であるプログラムに期するというで国際探査の枠に入り、その中できちんと優先順位がつけられるのが本当はいいのかなという思いで発言させていただきました。

○松井座長 だから、その記述で今、言っているようなことをどのぐらい書けるのかということですよ。2024年打ち上げは、このMMXというものの科学的なゴールを考えたら、もうそれしかないのだと。そのためにどうするかということが取りあえずは今、この工程表の中で一番重要なことですよということをどういう形なら書き込めるのですか。

○岡村審議官 実際の書きぶりは御相談させていただければと思いますけれども、先生方がおっしゃっているように、2024年の打ち上げがこのプロジェクトの存続を含めての非常に重要なことであることをここに明確に書くということで、それに向けての実現を。

○松井座長 どこにですか。取組ですか。

○岡村審議官 このMMXのところですよ。ここを1行でも2行でも増やして書いて。

○松井座長 だから、これは並列ではなくて、やはりMMXでちょっと項を変えて、MMXに関してはこうだということを書かないと、これだとみんな横並びで重要だというだけだから。

○岡村審議官 そのところは、まずは工程表は年末に書くことにはなりますが、6月の時点では重点事項というところになりますので。

○松井座長 それで、重点事項というものは何ですか。

○岡村審議官 この文章をそのまま直すわけではないのですね。

○川口参事官 はい。

○岡村審議官 これをどういうふうに、年末にこの紙をどういうふうに書いていく方向にするかという、もっとアブストラクトといいますか、そういうものをまとめて数枚のものを書いていくということなので。

○松井座長 それは対財務省、それから、文部科学省、JAXA、全部で共有できるものですか。

○岡村審議官 重点事項は政策委員会決定になりますか、本部決定になりますか。

○吉田参事官 本部決定を目指しますので、財務省とも相談することになると思います。

○松井座長 それは6月ですか。

○吉田参事官 6月前です。

○岡村審議官 そこにきちんと書けばよろしいと思います。

○松井座長 では、工程表というよりは、そこにMMXの重要性を書き込むことがあればということですね。

○岡村審議官 そうです。

ちょっと書きぶりについては、本当に安全保障から基盤までたくさんあるので、具体のところは周りとのバランスで御相談させていただきたいと思いますが、この委員会の御趣旨のところは最大限どう書くかを御相談させていただければいかがでしょうか。

○松井座長 そういうことですが、僕もその辺、どういうふうにするのか。工程表に書けばいいのかと思ったらそうではなくて、6月に本部決定というもので今年の予算の方針みたいなものが出る。そうすると、そのところでMMXがとにかく2024年打ち上げは至上命令ですということを書き込んでもらうことになるようです。

○山崎委員 かしこまりました。

○松井座長 そういうことで、議論としてはそういう方向性でいいのかどうか、あるいはどうなのかということで、そんなにMMXを特別視しなくてもいいという意見もあると思うのですが、永原さん、いかがですか。

○永原委員 MMXは科学的にも、国際的な日本のプレゼンスという意味においても非常に重要な役割を持っています。このチャンスを逃したら絶対に存在意義そのものがないという計画ですので、これはいかなることがあろうと、これを優先的にやるというぐらいの決意をしない限り、その優位性が失われてしまいます。

何でそこまでMMXにという批判が出るかもしれませんが、タイミングがあること、それから、今回「はやぶさ2」は非常に国際的な評価も高く、これからの試料の分析などの準備も非常に順調に進んで、間違いなく成果が出ると期待できます。この流れを日本の宇宙科学・探査が確実に実現していくことは日本の宇宙にとって根本的に重要なことだと思います。若干の批判は出るかもしれませんが、このタイミングを逃したら今までに投じてきたお金も計画そのものも全て無になってしまうぐらいの強い基本的な認識を進めていくしかないのだろうと思います。

極論すると、もし2024年に打ち上げないのならば、やめてしまったほうがこれ以上税金の無駄にならない、そういう性質のものだと思います。

以上です。

○常田座長代理 MMXの24年打ち上げの重要性について、先生方の御意見は一致

しているので、私もぜひ2024年ということでもいいと思うのですが、かなり急いで準備しなければいけないので、やはり宇宙科学研究所の準備状況、メーカーの準備状況というところはもう一回確認すべきと考えます。國中先生に2024年は確実にやり切れるか、特にメーカー、三菱電機を含めて、いくかどうかということについてちょっとコメントをいただきたい。

○JAXA（國中所長） メーカーはCDRが終わって、それから、JAXAでの総合CDRも終わりました、いよいよ基本設計に入ったところで、三菱電機自体は深宇宙機にはあまり知見がない会社ではあります。先行してSLIMも三菱電機がプライムで開発しておるところですけれども、SLIMとMMX自体は物が違いますので、いわゆる技術的な交流そのものはできないにしましても、JAXAの中で三菱電機に対するいわゆるアドミニストレーションとしての関わり方など、SLIMとMMXプロジェクト間で情報交換をなささいという指導などもしておいて、その部分はかなりスムーズに進むようになってきていると考えております。

特にJAXA内での指摘は、例えばHTVなどがISSとランデブーするときはかなり綿密な練習なり、接近のためのソフトウェアの検証などを綿密にやっておるのですが、まさにフォボスへのランデブーも大きな意味でISSへのランデブーに近いような関係にありまして、そういった技術を、そのままとは言いませんけれども、MMXにも取り入れて技術開発を加速するよという指導が今、なされつつあるところです。

○松井座長 MMXを基本的にやる。それも、やる以上は2024年に打ち上げる。それで、2029年のサンプルリターンを目指すという大枠に関しては、探査小委の委員の方々は否定的な意見は一つもないので、ぜひ実現したい。あとは、次回で。今の話は6月に本部云々という話がありましたから。

○川口参事官 先生、次回の5月21日の会議でこの重点事項を議論していきますので、今日の議論を踏まえて、先生と相談して、文章を考えて、次回の探査小委で決めて、それを、5月26日に基本政策部会がありますので、そこに持ち込んでというプロセスに入れていきたいと思えます。

○松井座長 そういうことになります。ですから、これはもう一回議論できますが、そのときには今のような具体的な話ですよ。本当に実現するためには、今年2021年ですから、2022年、2023年、2024年で予算が本当にどのぐらいなのかという話を一回説明してもらわないと、来年幾らで再来年幾らでというものがないと多分、我々としても判断できないと思うのですよ。これは途中で駄目でしたという話では絶対にまずいわけですから、必ず実現するためにはどうなのかという発想で検討してもらわなければいけないので、それに関する、今日の話で大體、可能だという方向性が見えると思うのですけれども、今日の話だけでは何か心もとないところもあるので、もうちょっときちんとお願いします。

○永田委員 今、予算100億円規模で必要という議論になったときに、ずっとついでに宇宙科学一定枠という中で議論されるのがちょっと心配でありまして、このMMXというものは確かに2029年に戻ってこないと科学的価値が全然違うのはそのとおりなのですが、これは科学的にだけではなくて、国際宇宙探査の中での日本のプレゼンスも全然変わってくるという意味においては、その重要性は科学分野には収まらなくて、もうちょっと広い意味での政治的な意味も入ってくるという意味で言うと、これが宇宙科学一定枠の中でここまで予算を増やしてどうなのかという議論になると、ちょっとMMXの重要性が理解いただけなくなるのも心配しております。

ですので、これは宇宙科学の枠の中だけの議論ではないのだということが分かるような書きぶりにしていただけると、一定枠の中からちょっと外れているのではないのかという意見になったときに、いや、これはそういう議論ではないからということが言えるのではないかと思います。

○松井座長 それは次の議題で考えていたことなのです。だから、ここは取りあえずやるということが重要であって、では、そのやるためには具体的には今、おっしゃったように、探査の枠でやるのか、国際宇宙探査とどういう関わりでやっていくのかという話をしなければいけないのが次の議題なのですよ。

だから、第1の議題は、そういう意味ではほぼ皆さん、MMXを必ずやる。2024年打ち上げ、2029年帰還でやるということですので、そのためのいろいろなことを今後考えていくということで第1の議題は議論を終えたいと思います。

今の話に関係して、議題の「(2)月と火星の探査に係る宇宙科学・探査ロードマップの改訂について」なのですが、今、永田委員から指摘があったように、今まではそこら辺が曖昧であったがために、実は去年の予算で192億円とかと言っているけれども、SLIMとMMXが入った予算なのです。これらのミッションの予算が50億円とすると、実際の宇宙科学研究所の予算は142億円なのです。これは、200億円に持っていくための方策について話をしているのが今までの皆さんが共有している認識だと思うのですが、ちょっと違うわけですよ。

というのは、今までの過程を知っている人しか、これは議論できないのです。この中でいきますと、山崎委員は多分そういう議論を知っていると思いますし、あと何人か、宇宙科学研究所の人は知っていると思いますが、要するにいずれこれはちゃんと別枠の予算でやっていく。それで、科学探査予算は200億円を目指すということなのです。ところが、いつの間にかそれが全然忘れ去られてしまって、今もって探査予算の中にSLIMとMMXが入っているのは変な話なので、私としては少なくとも、このSLIMの25億円は来年度の予算では国際宇宙探査に完

全に移してもらって、MMXの予算は50億円からスタートするような感じで、100億円という感じで、そうすると当然、200億円を超えます。でも、それはしょうがないですね。そのしょうがないという意味は、単年度当たりでこぼこするのは、ある意味、しょうがないわけですから、それを目指してもらおうと考えています。

でも、そのためには、この議題（2）で月と火星の探査に係るロードマップの記述をどうしたらいいのかと考えて今日の議題にした次第です。ですから、そろそろ、このロードマップの中に今、言ったようなことを明確に書いてもらわないと、これは私とか山崎さんがいなくなってしまうたら、これは全然、そういう話は立ち消えになってしまうわけですよ。そういうことで、ロードマップの議論をしてもらおうと思って今日入れました。

JAXAより、そのロードマップ改訂について説明をお願いいたします。

#### 【JAXAから資料1について説明】

○松井座長 それでは、質疑をお願いします。これは議題（1）とも関連していますし、実はその後の議題（3）とも関連しています。

○永田委員 実はMMXとSLIMについては、宇宙科学ではなくて国際宇宙探査の予算の枠組みに移りましたという説明を常田先生が宇宙科学研究所の所長の頃に伺っております。理工学委員会でもそういう説明をいただいたと思いますので、それがいつの間にか、元に戻っているのは私から見ても意外です。

何でそうなったのかというのが、いろいろな説明があるかと思うのですが、僕が想像するに、一番腑に落ちる説明は、これはもともと、MMXは戦略的中型で立ち上がって、SLIMは公募型小型で立ち上がっていますので、戦略的中型も公募型小型も宇宙科学研究所のミッションであるので、宇宙科学の枠内になるのかなというふうに考えると、やはりこれを切り離さないとなかなか宇宙科学の枠から外には出ていかないのではないのかなと思っています。

ですので、今、8ページ目にあるように、この探査を公募型小型とか戦略的中型の枠組みで行うというのだとあまり状況が変わらないというふうにちょっと危惧しておりますので、例えば宇宙科学研究所の外で探査ミッションが行われて、そこに科学ミッションを宇宙科学研究所が乗せに行くとか、そういうものは現有の枠組みの中では入らないわけですね。あるいは宇宙科学研究所と大学のコミュニティで探査ミッションを組んで、それを国際宇宙探査としてやるとしても、それは公募型小型とか戦略的中型の枠組みの、全くほかの枠組みをつくってやらないと、これは宇宙科学の枠の外の話なのだというにはなかなか見えないので、ここのところが、区別は緩やかでもいいと思うのですが、

公募型小型で立ち上がったものがその枠から外れて探査ミッションになるとか、そういった途中での移行はあってもいいと思うのですが、これは公募型小型のミッションであるというものでずっと走ると、いずれはやはり宇宙科学の枠組みに戻ってしまうのではないかなというふうに心配します。

○松井座長 いや、実は私もずっと、予算の過程で文部科学省とも議論してきたのだけれども、今、言った公募型小型と中型というミッションでスタートしてしまっているから、途中で予算の枠を変えることができないのですという説明をさんざん受けてきたわけです。でも、それはおかしいでしょうということで、何年か前ぐらいからは少なくともSLIMに関しては国際宇宙探査という格好で整理するという言葉だけは何度も聞いているわけです。

ところが、実態としては去年の概算要求の話としても科学探査という枠の中でSLIMもMMXも処理されているのが現状で、実はそこに危機感を覚えて、こういう議題を取り上げているということです。ですから、どうすればいいのかという案があればぜひ皆さんに言っていただきたいのですが、私としては少なくとも、これは明確に従来の科学探査ミッションの選定という話と国際宇宙探査でやるという話は予算的に違うのです。MMXとSLIMは、もともとの出自は科学だけれども、途中から国際宇宙探査に移す以外、本当はないと思うのですが、今、途中でこの段階で、さすがにMMXまで一気にということは難しいと思うのです。

だから、SLIMの打ち上げがこれからあるので、それは国際宇宙探査という枠のほうに移してもらって、これだってすごいお金かかるわけですから、それでMMXは科学探査の予算的だと、これは妥協です。本来はMMXだって国際宇宙探査にすべきなのだけれども、今からそんな議論をしても、とても今、今年のこのMMXの議論に間に合わないから、私としては妥協として、MMXは科学探査の予算でやっていく、SLIMは国際宇宙探査にするのが現実的ではないかというふうに判断しているだけです。だから、皆さんがどう思うかというのはまた別の話なので、今日いろいろ意見をいただければ、またそれはそれで考えたいと思っています。

#### ○山崎委員

今後の整理の話もありますので、やはり何が国際宇宙探査で、何が宇宙科学予算なのかというところの普遍的ないろいろな基準が本当はあるといいのかなと考えておりました。

月探査のC改訂案でもありますが、プログラム化の議論も過去にずっとしてきておりますが、そのプログラム化として判断されるものに関しては国際宇宙探査の枠組みに入れるのが実はすっきりするのかなと思っています。そのプログラム化の考え方もいろいろありますが、一つがやはり友好国で

あたり同盟国との国際協力。これはSLIMもリフレクターを置くということでデータの寄与する意味でも含まれます。MMXもまさにそうだと思います。

あとは、これからの宇宙探査に関する、やはりインフラであるとかプログラム構築に寄与する意味で、これは技術的な寄与であったり、SLIMのリフレクターのようにデータを構築するという寄与であったり、あるいは様々な今後のアセットに寄与する。そういうプログラム化に資するものが国際宇宙探査に資する。そうした基準があると、一つ一つのプログラムというよりも今後、プロジェクトが立ち上がってきたときに判断が皆さん、誰が考えても合意ができるような何か基準があったほうがいいのかなと思います。

○松井座長 いや、だから、そういう観点で今、この宇宙科学研究所から出ている改訂案は、これで今言っているようなことが含まれているのか、いや、足りない、これをこう変えるべきだというものがあればちょっとおっしゃっていただきたいのです。

○山崎委員 基本的に含まれる、原則としてというところで、その原則がやはり国際協力に期するというところと今後のプログラムに資するという2つの考え方を持つと考えるのがすっきりするのではないかなと思います。

もう一つ、工程表の書き方としては一つ、プログラムという欄を設けて、小型で始まろうと中型で始まろうと、それがプログラムと判断されたものは別の欄に読めるようにしたほうが皆さん誤解がないのかなというふうにも思います。

○松井座長 だから多分、ここにはSLIMの開発はまだ入っているのですね。それで今、山崎さんが言った趣旨でいけば、SLIMはLUPEXみたいにインドとのプロジェクトの前提として位置づけられているわけです。まず、その技術の開発をSLIMでやって、それを生かす。そういう意味で、SLIMは、国際宇宙探査のプログラムに入っているわけですから、これを移す理由は成り立つと思うのですよ。MMXはちょっと、今、言っているような理由付けを今の段階で打つのは難しいのが一点。

それから、もう時間がないから、MMXの予算は来年度概算要求でどうするかという話ですから、これはこのまま科学探査予算の中に入れておくというのが私の先ほどの説明なのですよ。

ほかに何か。

○関委員 前回の小委員会で私が問題提起させていただいたものに真っ向から答えてくださっている検討方針だと思うので、ありがとうございます。

これまで国際宇宙探査に関しては、科学コミュニティはどちらかと言うと境界条件がかなり決まってから、この意見を出してくださいとか、この部分だけ公募しますとか、そういう感じで後手後手になって協力してきたところがあると思うので、やはり既存のミッションをどうするかというものとは別に今後、

日本みたいにリソースが限られた国でどうやって探査と科学がシナジーを持って進むかという仕組みを考える。しかも、これは国際宇宙探査センターも一緒に考えるという御提案なので、ぜひ進めていただきたいと思います。

もう一つは既存のミッションをどうするかという問題で、やはりMMXは科学的な価値という意味もありますし、NASAのほうはアルテミス計画に関連して、この1年でも火星に有人がすごく入ってきて、組織改編とかもしていますので、有人と科学のシナジーを強化するような人員配置にしたりとか、やはり国際的な動きがすごく速いので、始まったところがどこかというよりは、国際的な枠組みの変化に対応して、もうちょっと何か、恐らく実際に予算を取る努力をしている方はいろいろしがらみとか前例とかがあって難しいのだとは思いますが、やはり臨機応変にできるような枠組みをつくっておかないともったいないことになってしまう可能性はあります。来年度の概算要求に対して、このままMMXが科学予算ということはあるかもしれないですが、こういう検討が進んできた場合に月と火星の枠組みがこれで決まってきたら、どこかの時点ではMMXも火星のプログラムとかで移したほうが自然だと思うので、それは継続検討することにしておいていただくのがいいかなと思いました。

以上です。

○松井座長 今回の意見に対して言いますと、実はこの後、月面の科学の話をするのですが、アメリカは火星まで視野に入れて、月面をステップとして考えているわけです。日本がアルテミスに参加するということに、そのシナリオを全く受け入れて参加しているわけではないのですよ。日本は基本的に月面での活動ぐらいまでは視野に入れて、だから、これから10年後ぐらいの議論をするにしても、月面に探検ではなくて、複数の人が長期的に滞在するような基地を造って月面を利用していくというぐらいは日本のゴールとして考えられるけれども、アメリカが考えているような、月をステップにして火星に行くというところまで考えていないのです。

だから、日本が考えるアルテミスのゴールとアメリカが考えるアルテミスのゴールは違っているわけですから、今、おっしゃっている話はアメリカと全く同じステップでいくのだったら火星探査をそういう格好で含めることはできるのですが、今の段階ではそれはなかなか難しいのではないかと。そういう状況の中で最大限、国際宇宙探査といわゆる科学探査は違うのですということがこのロードマップの中で読み取れるような格好でどう書いたらいいのかということとを今、議論していただいているわけで、これでいいのかどうかということです。

○永田委員 20ページ目に赤字で書き入れていただいた、科学コミュニティの

力を最大限に生かした企画立案の仕組みとか、各活動に大学、宇宙科学研究所が参画できる仕組みとかというものはまさに必要だと思ひまして、これは今の既存の公募型小型、戦略的中型の枠組みがまさにそういう参加を促す枠組みとしても出来上がっているわけです。

科学コミュニティとしては、これは国際宇宙探査として提案しようということとは多分考えないで、やりたいミッション、月探査か火星探査かもしれませんが、科学的に意義があるミッションを提案してくる中で提案されたものが、これは国際探査プロジェクトの枠組みでやったほうがいいですねというのは多分、別の判断になると思うので、やはり立ち上げの枠組みとしては公募型小型、戦略的中型にならざるを得ないというか、その枠組みの中で立ち上げていくのが一番やりやすいと思うのですが、立ち上がった後でそれを宇宙科学の外にどうやって持っていくのかということがロードマップでどう見えるか、見えやすいように書くかという問題だと思うのです。

なので、今、ロードマップの中には公募型小型と戦略的中型という矢印が右側に走っていますけれども、多分、これの間にまたがる形で、オーバーラップする形で国際宇宙探査というものがあって、その立ち上がったものが一部、そこに移っていくのだと思うのです。戦略的中型の。

○松井座長 だから、それは月と火星に限る話で、一般的な天文まで含めたいわゆる科学探査とはちょっと違うので、それをどう書くかというのでこういう話をしているわけです。

そうすると、もう一つ、また別の、全体としては中型、小型云々だけれども、月とか火星に関してはこうですという書きぶりを入れればいいのかというのが今の書きぶりになっているわけで、その枠組みまで全部含めて、月と火星を超えて国際プログラムのなものはないわけです。

そういう意味では、そういうよりは月と火星に限定した話としてやればいいのかと思いますし、火星まで含めるかどうかはちょっと議論があると思うのです。だから、月探査に関しての提案は、今後は国際宇宙探査のあれに従って、受け付けると言うとおかしいですが、検討しますという書きぶりならいいけれどもね。

○永田委員 でも、例えばMMXは戦略的中型として立ち上がったわけですね。

○松井座長 だから、それは別にいいと言っているのです。

○永田委員 SLIMも公募型小型で立ち上がって、立ち上がった後、いや、これは国際宇宙探査の枠組みに入りますねという判断は後からされるわけではないですか。なので、その立ち上がる枠組みとしてはこれはすごくいいと思って、その立ち上がった後の判断で国際宇宙探査の中に分かれるということがあり得るので、それが分かるような線表がこの絵の中に入れていけば。

○松井座長 どの絵の話ですか。

○永田委員 このロードマップです。

○松井座長 ロードマップというか、今、議論しているのはこれですよ。宇宙科学研究所が用意したロードマップで、その書きぶりの話をしているので、そっちはどう書くかという話とはまた違うので、それは別にしておいてください。そうしないと、議論がそんないろいろなことを一遍にやる時間はないのですから、この書きぶりでも、言っていることがいいのかどうかということです。

○常田座長代理 20ページの赤字の部分についてのコメントなのですが、最初のほうには大学共同利用の仕組みということで書いてあるのですが、もう一つ、現実問題として、SLIM、MMXなどのミッションをやるときに、宇宙科学研究所だけだと規模的に支えるのに小さい。絶対失敗しないでこれらのミッションを行うには、やはりオール宇宙科学研究所、オールコミュニティだけではなくて、オールJAXAの取組が要するというのがあると思います。「はやぶさ2」でも筑波の支援というものは非常に貴重であったし、SLIM、MMXにおいてもそういうファクターが要すると思います。

そういう観点があるとすると、ここに書いてあるものが、宇宙科学研究所からコミュニティ側のことは書いてあります。JAXAの中で宇宙科学、それは宇宙科学研究所対宇宙科学研究所外について、国際宇宙探査というキーワードでもう少しJAXA内を横通ししていただいて、確実にミッションをやっていくために、この国際宇宙探査の下で集結するという考え方もちょっと入れていただければ、良いと思います。このままだと宇宙科学研究所が疲弊してしまうと思うのです。非常に高度のことをやっているには規模が制限されているところはあるかと思うのです。

○永原委員 先ほどから私も通信状態が悪いのですが、論点は、今、國中所長から御説明のあった改訂案の部分だと思って発言させていただきます。

7ページの基本的考え方である、今後、月と火星はプログラム化して、原則として月と火星はこちらのプログラムで進めるという考えはこれでよろしいと思います。

ただし、プログラムというものは今、常田先生がおっしゃったように、もう宇宙科学研究所だけのものではないわけで、JAXAのプログラムの一部であるという整理が必要だろうと思います。今後科学の側から、何かプロジェクト提案をしたい場合には、やはりどちらに提案するのか。科学探査で提案するのか、あるいは国際宇宙探査のほうで提案するのかは提案者が判断すべきことという整理ではないかと思います。

問題になるのは、既に走っている途中のSLIMとMMXという2つの扱いはだと思えます。MMXに関しては、最初の議題でも問題になったように、突然、探査予算

にして来年から100億円ずつという乱暴な議論は不可能と思いますし、打ち上げが直近のことなので、現状で仕方ないかと思います。

SLIMのほうは、若干の検討の余地がある。私はSLIMのことは十分に知らないので意見は差し控えたいと思いますが、そういうことではないかと思います。

もう一つは、改訂案の20ページです。宇宙探査へのアカデミアのメンバーの参画を促すために共同利用の仕組みを利用というのは少し違うかなと思います。探査となれば、自然科学的な要素だけではなくて、工学的な要素からのチャレンジがたくさんあるはずですので、大学共同利用の仕組みを最大限に活用し、民間についても参画を広げていく必要があると思います。

したがって、宇宙科学研究所この部分は宇宙科学研究所ではなくJAXAの基本的なプランとして整理していただいくべきでしょう。

以上です。

○松井座長 ありがとうございます。

ほかに何かございますか。

○関委員 今の永原先生の御意見と常田先生の御意見を伺って思ったのですが、これも、これは、宇宙科学研究所側から見た書類なので、でも、国際宇宙探査でやるということは、主体はJSEC（JAXA国際宇宙探査センター）になる中でどう宇宙科学研究所の持っている大学利用の仕組みを生かして協力していくかという視点で書かれています。これはこれでいいと思うのですが、やはりJSECが主語になった、JAXA全体としてどう進めていくかという説明も併せて今後いただくと全体像が見えるのかなと思いました。

5～6月に議論して、その後、7月から出てくるということなので、そのタイミングでもいいと思うのですが。

○松井座長 7月から出てくるというのは何がですか。

○関委員 スケジュールとしては7月から10月に具体的な進め方を考える。

○松井座長 これのですね。

○関委員 はい。ですので、その段階では宇宙科学研究所側から見たものだけではなくて、JAXA全体としてどう考えているかを御説明いただけるとかなりすっきりするのかと思います。

○松井座長 だから、基本的にロードマップは宇宙科学研究所の基本方針みたいなものだから、国際宇宙探査はそれとはまた別のものなので、今、おっしゃったことはJSECとの関係性みたいなことを明確に書いておくということなので、

○関委員 はい。

○松井座長 だから、そこのところに、永原さんが言っているように、大学共同利用機関というものも宇宙科学研究所の中の話で、JAXAとか民間というもの

はまた別なので、お互いの関係性をもうちょっと明確にしてくれということだろうと思いますけれども、そういうことでよろしいですか。

実はまだ月面の話があるので、それも関係するので、取りあえず、この議題（２）はこれでよろしいですか。

○山崎委員 簡単に、短めで。

７ページのC改訂案は、国際宇宙探査センターさんとはこれから調整ということですか。

○JAXA（國中所長） いや、もうすり合わせをしたものでございます。

○山崎委員 かしこまりました。ありがとうございます。

○松井座長 だから、これから11月に向けて改訂案を、これを変えて、こうしていきますという話は今後のこの会でも報告してもらえれば今の話が生かされているかどうかという判断はできると思うので、そういうことでよろしいですか。

○山崎委員 はい。

○松井座長 それでは、次に議題の「（３）月面における科学について」です。

これは、実は今日、時間を非常に多く取っていたつもりなのですが、結構時間が迫ってきてしまっていて、JAXAから資料２の説明は20分程度になっているのですが、これは15分程度にちょっと縮めて。

#### 【JAXAから資料２に基づいて説明】

○松井座長 ありがとうございます。それでは、質疑をお願いします。

大分今までよりはずっと整理されて、科学的にも面白いテーマが並んでいると思いますが、お願いします。

○永田委員 非常に魅力的なテーマが方向ごとに整理されて、とても分かりやすい資料かと思います。さらに冒頭提示いただいた時間進行イメージが、何でもこういうものがこの時期に実現してほしいのかという裏打ちにもすごくなっている点でも非常にいい資料だと思います。

あとは、その時間進行イメージというものが（１）と（３）で目指している月探査の進行イメージとの整合性が取れていることが重要だと思うのですが、そのところはどうなっているのでしょうか。

○松井座長 これは科学探査という意味で今、質問されています。

○JAXA（藤本副所長） 10年、20年という粗い数字ですがけれども、基本的には最初に国際宇宙探査センターのほうから聞いている話は意識して、この数字は入れています。今のいわゆる科学コミュニティで考えている範囲では、10年後までに小型ローバー、小型着陸機は固い考え方だと思います。

○松井座長 ちょっと背景を説明していきますと、日本はアルテミス計画に参

加する。アルテミス計画に参加すると言っても、実は戦略はまだ何も決まっていないわけです。

戦略とは何かと言うと、アメリカは基本的に月をステップにして火星に行きます。だから、月がゴールではないわけです。日本の場合に同じシナリオでいくかと言うと、そんなことは全く、ここから先は何も議論していないから私の個人的意見ですが、恐らくそういうことはないでしょう。要するに、日本が月をステップにして火星に行くなどということを国として目指すことはないだろうと思っているのですよ。だから、アメリカが行くのに付き合うことはあるにしても、そうすると、日本の場合の月はそれだけで何か完結するシナリオにならなければアルテミス計画で参加することにならない。

だから、ここから先は私の意見です。私の意見としては、一時的に滞在すると言っても、かなり長期に、しかもある程度の人が滞在するフェーズはアメリカがステップとして考えても実現するだろうと思うのです。それは多分に、月の水がどのくらいあって、どのくらい利用できるかということなのですが、少なくとも利用可能な水があれば、何か基地を造って、その水を処理して、それを使って火星を目指すというシナリオは考えられるわけです。だから、月面に基地を造ったりということはアメリカも考えているだろう。

そうすると多分、そこぐらいまで日本は役割分担でどういうところをやるかということが考えられると思うので、私としては取りあえず10年先には日本はそういう形で参加する。そのためにはどんな技術が必要かとか、あるいは民間の活力をどう利用するかという議論はあると思うので、それを基本政策部会で議論してもらえばいいと思っていて、だけれども、では、20年後に日本がそこに参加するにしても、ただ、基地を造りましたが、その基地をどう使うかという話が日本にとっては重要なわけです。私はそれを月面天文台という、30年後ぐらいのゴールとしては、日本は月面天文台を目指すためにこういう基地が必要ですよという話につなげられるのだろうと考えているのですよ。

だから、日本がアルテミス計画に参加するというのは月がゴールです。その月を科学としてどう利用するかという議論をここでしてもらえばいいと考えているわけで、その説明を今、藤本さんにしてもらったのですけれども、これは当初の宇宙科学研究所の月面の云々というまとめがあったのですが、それはとてもここで議論に値するような内容でなかったもので、急遽、ここ1週間でこういう案をつくってもらったのですよ。だから、その中身について議論していただければと思うのです。

永原さん、いかがですか。

○永原委員 ありがとうございます。

月のストーリーは基本的に結局、1960年代の終わりから1970年半ばぐらいに

かけてのサイエンスに基づいて全てがつくられているわけです。それで今、藤本さんからお話のあったのもそれのもう少し詳細とか、そのストーリーの検証というイメージが若干感じられたのですが、そのストーリーが正しいのかという部分がもっと重要なことではないかと思います。

月の科学を月の科学としてだけ捉えようと思うと、正直言ってそれほど面白くない。むしろ、地球との関わり、あるいは太陽系全体の進化との関係を追求する部分が重要な部分で、この点は今、藤本さんからも説明がありましたけれども、その点に重きを置いて、初期の月の進化はNASAによってつくられたストーリーが本当に正しいのかということを検証することを大きな目標に置いてもいいのではないかと思います。

従来ストーリーは月の表側からのサンプルに、非常に大きく依存しています。しかし月は二面性が非常に大きいので、本来であれば裏側からのサンプルを分析するのが、科学的には最も価値のある結果になるだろうと思います。ただし、国際探査で造られるステーションの立地とか、月面での活動のスタイルとかに非常に大きくよってしまうので、実現可能なかどうかというあたりは私にはよく分からないのですが、月のストーリーそのものをもっと深いところから疑いを持って、月の起源は地球の起源でもあるという観点で、抜本的な部分に踏み込めるところまで検討していただくとよいのではないかと思います。

以上です。

○松井座長 ほかにどなたか。

○関委員 私も、これまでよりは確かにすごくよく分かるようになったという印象です。

一方で、私は専門ではないですけれども、永原先生のコメントにも共感するのは、やはり内部構造とか古い話題で前世紀から結構ずっと言われているものなので、今、サンプルリターンをしたいというのは方向性としてそのとおりでよいと思うのですが、今みたいに常識と思っているものを疑う必要があるということであれば、その辺をもう少し前面に出すと分かりやすくなるのかなという気はしました。

あとは、月面天文台をゴールにするかという部分については、やはりまだすごく柔らかい感じはしていて、この後、この資料で説明があるのかもしれないですけれども、私の印象だと天文で地上望遠鏡とかをやっている方はたくさんいて、まだそこまで肝心の天文学コミュニティを巻き込めていないような気はしています。その辺は最終的なゴールなので、まだ今、固まっている必要はないと思うのですが、地上と月面とのトレードオフとかも含めて、これをきっかけに議論が進んでいくとよいと思いました。

以上です。

○松井座長 今回の永原さんと関さんのコメントに答えろと言っても多分、藤本さんは難しいと思うので私が答えると、基本的に月で月震計というか、月に地震計を置いて月の地震活動を調べるこの意味は、もしここで書いているように、月が多少でも何か活動的なところがあると、地球の場合でもそうですけれども、地震波トモグラフィというものがあって、実はマンツルの動きが物すごく明らかになったのですよ。だから、月に地震計を置いて、もしそういう月の中で多少でも今でも何か活動的なところがあればそれを検出するのは物すごく重要なことなのです。だから、古いテーマでも何でもなくて、地球の地震学から見ても、発展段階としてマンツルのそういうダイナミックスが分かったことが非常に大きいわけで、月についてそれをやるのは重要なことですし、それは先ほどから出ているマグマオーシャン仮説というものはどこまでかという、その検証にもつながるし、それは先ほど説明したようなPAN(斜長岩地殻端成分)、であるとかなんとかという話が出てきましたね。これなども基本的にマグマオーシャン仮説が本当なのかどうかをきちんと検証するという話であって、今、お二方から出た意見と矛盾するものではないと私は思うのですよ。

その月面という問題は何せ20年以上先の話ですから、具体的に今、どうこうという議論をするのではなくて、ただ、日本が参加するときのゴールは多分、科学的な何か目標をゴールにするのがいいだろうと思っているわけです。日本人を月に立てるなどをゴールにするよりはよほどいいのではないかというのが私の個人的な意見で、では、科学の月面での話はどういうことかと言うと、さらに背景を言えば、中国が月の裏側にいろいろ基地を造ったりする可能性があるわけです。そういうときに、月の裏側にアメリカと日本が一緒になっているような基地を造ったりする可能性が高いわけです。それはどういうふうにご利用するのかと言えば、月面天文台みたいな形でやればこれはすごく利用価値があるということで提案しているだけであって、それ以上の検討は今の段階ではとてもできないので、この程度の書きぶりではしか書けないと思います。

○関委員 了解いたしました。

○山崎委員 時間軸と合わせてまとめてくださって、ありがとうございます。やはりこうした20年先の何か科学的な目標を持つことによって、いろいろな技術、それから、科学の知見が、方向性が分かるのは非常に大切なことだと思いますので、すごく分かりやすいと思います。

今回つくってくださいましたけれども、今後いろいろ詰めていく中で、例えば小型着陸はどれくらいの精度での着陸が必要なのかとか、長距離走破はどれくらい長距離である必要があるのかとか、どの程度の裏側が目標なのかという、これから月面での活動を考えていく中で、まさにワーキンググループに資するような何かインプットを出せると、初期の段階から連携を取ることに意義があ

と思っていますので、ぜひこれを皮切りにして連携を深めていただけたらと思います。

○JAXA（藤本副所長） 45個のプレートの年代が分かると、太陽系の最初の一気に広がった時代が見えるのはすごく魅力的だと思っている。そういう魅力的な話と、ここに行っていていただいてこういうサンプルを持って帰ってくると分かるのですというふうにリクワイアメントは落とし込めますので、おっしゃったような議論はできるのだと思います。

○山崎委員 ぜひお願いいたします。

○松井座長 私はいろいろなところでこの説明をしなければいけないので、恥ずかしくない説明ができないと困ると思っています、今まではなかなか説明に使えるような資料が出てこなかったのですけれども、今回はようやく何とか使えるような資料になってきたかなというのが印象で、先ほど地球との関わりが重要であるというのはまさにそのとおりなので、それを前面に出しているわけです。

要するに、地球で分かっていない歴史を月面で調べるのは非常に重要なところで、そういう意味で藤本さんの説明と私がちょっと違ったことを考えているのは生命探査です。基本的に、地球から飛んでいった物質が月にはたくさん堆積しているはずなのです。それは当たり前ですが、Heavy Bombardmentが地球にあれば、その頃のサンプルが月に降っている可能性もあるし、あるいはもっと後、20億年とか30億年、地球ができてしまっているときにだって衝突は起きているわけです。

そうすると、その頃、地球には、微生物ですけれども、生命がいるのです。微生物は宇宙空間に放り出されれば、これは凍結乾燥して配達されるのです。ということは、月面のこういう、要するに高地とかというところで大々的にサンプルを集めて試料の分析をやると、地球の上では分からない生命進化みたいなものが見えてくるわけです。だから、別に火星と結びつけなくても、これは非常に地球との関連で面白いテーマであるし、地球では絶対見えないことですからね。

これは補足説明です。

○常田座長代理 ちょっとコメントさせていただきたいのですが、先ほどの宇宙科学研究所の資料が月の科学、それから、月での科学についてはやりやすい例を挙げて、大変良かったと思います。

もう一つ、宇宙科学研究所先ほどの松井座長のコメントにあったのですが、最初にアルテミスの話が出たときに、松井先生がここでおっしゃったことなのですけれども、日本人宇宙飛行士ということも大事ですが、やはり人類が月に恒久的な施設を造る人類史的意義を考えた計画でやっていかないと

いう趣旨の御発言だったと思います。

それで、国立天文台のほうにワーキンググループをつくりまして、まず絶対、地球ではできないサイエンスという課題設定をします。ちょっとサイエンスを進展させるようなミッションではなくて、やはりトランスフォーミングであるという観点から考えました。

絶対、地球でできないというのは何かと言うと、一つは電離層で100メガヘルツぐらいですか、ある周波数より低くなると遮断周波数というのがあって、完全に観測できない周波数帯域ものがあります。それから、大気圏外に出てもオーロラとかいろいろな電波源があるので微弱な宇宙からの電波を観測できないというのがあるので、低周波の観測は月面に行かなければいけない。これは絶対的に地球でできないものです。

天文学的になぜ低周波でいくのがいいと言うと、遠くなるほどどんどん波長が長くなりますので、一番遠いところを見るにはどんどん周波数が下がってきて低周波の電波になるということで、電波環境が非常にいいと予想される月面の裏側に電波天文台をつけると、地球では絶対できないサイエンスができる。その方面の専門家の先生が入って、具体的にどういう成果が得られるかということをもとめています。

それはほかに大気がないから、大きい可視光望遠鏡を作れば鮮明な画像が得られるとか、そういうこともありますけれども、一番特徴を出すとなると、超低周波の観測で新しい世界観を開くというのが一つあります。

こういう大きい計画を言うと、これはすぐ予算とか、そういう話に行くのですけれども、ここはそれは取りあえず置いておいて、まず日本が先導して、月でしかできないサイエンスをはっきりさせるところが一つポイントで、その後はいろいろな国際協力の考え方を使っていくのだと思います。NASAでも全く同じ低周波のサイエンスでJPL等の人が入って検討されています。NASAの月面望遠鏡については、フェーズⅠで12.5万ドルだったものが、さらに最近、フェーズⅡに進んで50万ドルに格上げして検討が進んでいるそうです。

もう一つ、中国の動向なのですが、月面の裏側に着陸機を置いて電波観測をしているということで、最近ではデータを公開しているところまで来ているということで、同じモチベーションで進んでいるのかなということがあって、国外の動向もモニターして先ほど言ったモチベーションで検討を進めたいと思っています。

それで、具体的に次の一手なのですが、まず、サイエンスケースをはっきりさせる。要するに、月面に天文台を置くとしたときに、さっきの前提でどういう仕様のもをつくれればいいかというのは科学的問題ですので、輸送とかそういうことはありますが、取りあえず画期的なサイエンスという観点でサ

イエンスの仕様をつくるにはホワイトペーパーというものをつくり、こういうサイエンスということで日本国内の一番の専門の先生に入ってもらって、そういうものをつくるのに1~2年かけたいと思います。

そうすると科学的目標がはっきりして、それを望遠鏡性能に焼き直して、今度、それがいつかとか輸送とか、そういう問題のコンテキストからどれぐらいコンプロマイズがなければいけないのかとか、全然、箸にも棒にもかからないのかというのがある程度見えてくると思っています。

そういう意味で、さっき関先生がコメントされた、天文の研究者は、日本は宇宙より地上の天文台のほうが10倍ぐらい人がいるかと思うのですが、地上の天文学の人たちに月面天文台がまだ届いていないのは、まだ海のものと山のものとも分からないところがあるもので、やはりこういうこともアルテミスの周辺の一つにあるということで、こういう委員会で位置づけをしていただいて、非常に少額で数年検討させて、最終的に報告書が出るということをやると、さっきの米国の動きとか中国の動きに対してかなりはっきりメッセージを出していけるかなと思っています。

それで、宇宙からの天文観測というものは非常に大変なのですが、地上からの天文観測は日本の場合、アルマでもTMTでも欧米と一体のチームに組み込まれて、完全に対等になっています。一旦、地上の天文台というイメージを持って月面天文台を検討するとかなりみんなサイエンスの面でも検討が進むかと思うので、その辺も本委員会で御検討いただければと思います。

以上です。

○松井座長 今の件に関してもう一つ付け加えると、やはりこれからの宇宙は小型の衛星が物すごい数、このコンステレーションをつくっていろいろなことをやる時代に入ってくるのですよ。だから、大型の何かすごい高性能の衛星がぼつぼつとあるのではなくて、この空を衛星が覆い尽くすようなイメージなのです。そうすると、そういう時代になると、地上の望遠鏡はだんだんと価値が下がってくると僕は思うのですよ。だって、それは絶えず空をちらちらといろいろなものが飛んでくるわけですから、私の予想では、これからは宇宙望遠鏡という時代になるのですよ。だから、日本は天文の分野で、科学探査という中でも、この少し地球周りの望遠鏡とか地球軌道上に展開する望遠鏡とかということを検討しなければいけなくなる時代が来ると思うけれども、それより先にやはり月面を使わない手はないわけです。

今の話は非常に大型の施設なのですが、別にそんな大型でなくても、これから10年の間に月面に日本が試験的に無人の何かを降ろして、それを天文台として裏側で活用する。いろいろな段階が考えられるわけです。だから、そういう検討をするのも月面の科学としては重要なところで、だから、今、アメリカに

おける検討でも、そんな大型ではないようですね。だから、日本も小型で、しかもソフトランディングさせて月の裏側で何か観測するような、そういう提案があってもいいわけです。そういう提案があれば、国際宇宙探査としてそういうものを組み込んでやっていく。そうすると今、常田さんがおっしゃったような予算がついて検討する段階になるわけですね。

だから、ぜひ天文のほうから、実際にこれから10年の間に月面にこういう小型天文台を造りますという種類の提案をして、それこそ予算が中型になるのかどうかは分かりませんが、国際宇宙探査にそういうものを出してもらって予算を取っていくことが必要なのではないかと思うし、それは可能ではないかと思うのですが、国際宇宙探査がこのまま進むとすると、去年だって500億円近いお金がついているわけです。別に去年は技術的課題ということで既に決まっているようなことが全部あるわけですが、そういう中にこれからの月面の科学として日本が貢献すべきものとして小型の天文台を設置していくとかというものがあってもいいわけですね。

そういうことで、この月面の科学について、そのほか、永原さん、ありますか。

○永原委員 今、常田先生からの御提案を大変興味深く伺いました。

論点は、地上ではできないものを月面でということ、主に波長、つまり地上ですといろいろな形で妨害があるものを月面であればという点だったのですが、もう一点、重要だと思うのは、衛星でやる天文観測との比較です。従来、地上でできないことを衛星でやってきたわけですが、ただ、これは時間的に非常に制限があって、ある限られたミッションをやっている短期的な時間しかできない。でも、月面であれば全く継続的に長時間できるというメリットで、そこから得られるサイエンスがあるのではないかと思うわけです。

ぜひ、今日頂いた資料というか、委員会での検討事項にそういう別の視点でのことも加えていただけたらと希望します。

以上です。

○松井座長 ありがとうございます。

○関委員 常田先生にご質問なのですが、このFARSIDEからの観測は、私はよくコロラド大学へ行くのですが、2年ぐらい前に聞いたことがあって、結構、NASAは自由にこういうシーズみたいなものに検討のお金を出してやっていると思います。こういうものに日本国内で積極的にサイエンスだけでも加わって構想の一部を担っているとか、そういう動きはあるのでしょうか。それとも何か、今からゼロから始めるような感じになるのでしょうか。

○常田座長代理 FARSIDEについては報告書が出ていまして、しっかりとした冊子になって、天文学的意義とか技術的なこととかが書いてあって、技術的なと

ころはアメリカが持っているローバー技術で、ここに絵の描いてあるようなことは既にやれるということでもとまっているのです。だから、報告書はしっかりしているものが米国ではできている。

一方、その報告書を国立天文台の電波天文学の研究者が分析するわけですが、全部できるのだという、要するに基本は簡単な干渉計なわけで、全部できるのだという。むしろ宇宙科学・宇宙工学的にちゃんと月に展開するところに検討の重心があります。アメリカと一体となったような動きは日本はないし、この報告書に書いてあるようなところに日本が入っていつているわけではないですが、今のここにある資料のレベルをさっき言ったようなホワイトペーパーで伸ばしていけば、向こうにも振り向いてもらうところまで行く、さらには日本のほうでいいアイデアを出していける、入っていくというより引き継げるというのができればよりいいかなと思っています。

○松井座長 いや、僕はそれよりは日本が小さなものを取りあえず10年で目指すような動きは天文分野では考えられないですか。

○常田座長代理 さっきの藤本先生とか國中先生が10年で、月面ローバは固い線というお話がありました。そういう中で、この絵にあるような干渉計は、最初は機数は少なく、だんだん機数を増やしていけるのです。最低2機あれば干渉計となるので、そういうものを最初にDeployして、まだ天文学的成果には行かないけれども、月の裏側の電波環境を測るとかというものでも大きなインパクトがあり得る。中国はやっていて、かなり関心を集めているところで、アメリカはまだやっていない、ヨーロッパもやっていない、中国がやっているところを追い越していくことはできるかなと思っています。

○松井座長 日本も、はっきりしているのは月面ローバーです。与圧の、人が乗って動くローバーの開発は日本がやる格好でNASA的にはまとめられているので、多分、それを使えばいろいろなことができるのだろうと思いますけれどもね。

○常田座長代理 そういうものが走り出したときに、小さい電波望遠鏡を、先生がおっしゃったようにやらない手はない。

○松井座長 だから、それは天文のほうからそういう提案がないと、宇宙科学研究所でそれを考えることはできないので、私としてはそういう提案というか、それに予算をつけるようなことだったら幾らでもサポートできるのではないかと思いますけれどもね。

○常田座長代理 天文学者はやはり地面に張りついていまして、なかなか情報的にも問題意識的にも少しギャップがあるので、やはり少しJAXAとかで非常に少額の方角づけがあったり、全体の枠組みづくりがあるとぐっと進むかなというのがあります。

○松井座長 僕は、JAXAの天文グループは、ほとんどSPICAとか大型のプロジェクトが頓挫していく中で今、そういう発想はないのですか。月面に小さな天文台を造って観測していこうとか、そういう天文グループはいないのですか。

JAXAの中に天文関係は何人ぐらいいるのですか。

○JAXA（國中所長） 宇宙物理研究系で20人ぐらいですか。

○松井座長 20人ぐらいいれば1人か2人、そういうことに関心を持って、今までと違う天文の科学探査をやろうではないかというのがいてもおかしくないように思うのですけれども、それは難しいですか。

○JAXA（國中所長） いえ、新しいコミュニティ、それから、領域に進出するのをテーマに持っておりますので、そういった人材を求める可能性はあろうかと思えます。

○松井座長 やはりそういうところから始めないと、これは20年後だからといって、では、ちょっとペーパーを検討してつくっていきましょうというのでは、僕はやり方としてあまり進まないのではないか。だから、それよりは今、言っているように、裏側に1点、2点、3点とだんだん増やしていくようなプログラムを国際宇宙探査プログラムの科学として展開するようなことが提案してもいいのではないかと思うけれども、そうすればこういう話につながっていくわけです。それは、ひいては宇宙科学研究所にとってもメリットのある話です。

○JAXA（藤本副所長） 宇宙工学の部分は地震計をばらまくのと同じ話ですから、その親和性は高いと思えます。

○松井座長 だから、そういう提案をどんどんやはり国際宇宙探査にしていかないと、検討だけしていてもしょうがないと思うのですよ。

そういうことで、ちょっと時間が来ましたが。

○永田委員 すみません。ちょっと簡単に教えていただいてもよろしいですか。

先ほどの永原委員の宇宙望遠鏡との比較の話に絡んで、その比較もこの資料の中には出てくるのですけれども、地球から出てくる電波の妨害のことには触れられていないのですが、月の裏側に天文台を造ったときというのは、28日に1回は太陽からも地球からも陰に入るわけですね。それはあまりメリットではないのか。この中では入っていないような気がするのですけれども、そこは宇宙望遠鏡と比べてメリットにはならないのですか。

○常田座長代理 この低周波の電波観測ということに限って言いますと、オーロラとかで地球周回軌道に電波望遠鏡をもっていても、ジャミングはある。月の裏側に行けばいいだろうということで、昼夜関係なしに、とにかく場所として、まず月の裏側を選んで、その環境調査から入りましょうというふうの流れがなっています。中国が先導しているという状態で、軌道望遠鏡でもそもそもできないという問題意識で、この低周波の電波天文台についてはスタート

しています。光の天文学観測についてはまだだと思えます。

○永田委員 分かりました。

○松井座長 ほかに何か。

これは先ほど、スケジュールで26日の基本政策部会でいろいろな検討をする中にこの月面の科学というものは当然入る。ただ、月面の科学しか書いていないのですけれども、ここが文章として、かなり膨らみにあるものの中にこういう議論が反映されるようにしたいと思うので、次回、この話題はそれほどあれではないかもしれませんが、報告するという意味で今日の議論を踏まえてまとめたいと思えます。

それでは、最後に、事務局から今後の日程等について説明をお願いします。

○川口参事官 次回の探査小委は5月21日14時から16時となっていますので、また引き続き出席のほうをお願いいたします。

○松井座長 どうもありがとうございました。