

第59回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和5年12月5日（火） 9：00－11：00

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

常田座長、大島委員、関委員、永田委員、山崎委員

(2) 事務局（宇宙開発戦略推進事務局）

風木局長、渡邊審議官、松本参事官

(3) 関係省庁等

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課

上田課長

鈴木室長

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

佐々木理事

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

國中所長

藤本副所長

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構国際宇宙探査センター

山中センター長

小川部長

川勝プロジェクトマネージャ

東京大学

杉田教授

国立天文台

野村教授

4. 議題

(1) 宇宙技術戦略（宇宙科学・探査）に関する考え方（案）について

(2) 国際宇宙ステーション（ISS）のこれまでの成果と今後の活用の在り方について

(3) 月面の科学について

(4) NASA Habitable Worlds Observatory への日本の参加体制について

5. 議事

○常田座長 おはようございます。定刻となりましたので「宇宙政策委員会 基本政策部会 宇宙科学・探査小委員会」の第59回を開催いたします。

御出席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、御礼申し上げます。

本日は、大島委員が御欠席でございます。そのほか、今日は、東京大学の杉田教授にオブザーバーとして参加していただいています。それから、まだ入ってきていないかもしれませんが、国立天文台の野村教授にもオブザーバーとして御参加いただく予定でございます。

本日の議題は、4つプラスそのほかでございます。1番が、宇宙技術戦略（宇宙科学・探査）に関する考え方（案）について、それから、前回に引き続きまして、国際宇宙ステーションのこれまでの成果と今後の活用の在り方について、3番目、月面の科学について、4番目、NASA Habitable Worlds Observatory、これはポストJWSTの巨大天文台であります。それへの日本の参加体制についてということで、盛りだくさんでございます。

まず、事務局から配付資料の確認をお願いいたします。

【事務局から資料について確認】

○常田座長 ありがとうございます。

それでは、議題の1に入りまして「宇宙技術戦略に関する考え方」でございます。

前回の小委員会では、宇宙技術戦略に関する考え方、技術開発項目の必要性について御議論いただきました。今回は、前回の議論を受けまして、改めてJAXAのほうで重要技術のスクリーニングを実施いただき、技術開発項目と開発の必要性の資料を修正していただきました。

では、まずJAXAから説明をお願いいたします。

【JAXAから資料について説明】

○常田座長 ありがとうございます。

これから少し議論に入るのですけれども、常にクライテリア、具体的には技術的優位性、自律性というところに照らして評価するというので、逆に、必要な技術がこのクライテリアと整合していない場合は、クライテリアのほうを考えなければいけないので、そこも含めて見ていただければと思います。

今の宇宙科学研究所のプレゼンに対して、細かいところで、こういう技術があるとか、こういう技術が入っていないではないかとか、そこはちょっと置いておいて、もっと大ぐくりで、かなり粒度を粗くしたので、まず先生方の御意見をいただきたいのですけれども、どうでしょうか。

永田先生。

○永田委員 非常にすっきりまとめていただいたと思います。評価のそれぞれの項目についても異論はないのですけれども、このまとめ方についてもうちょっと分かりやすくならないかなと思っています。特に、技術的優位性の中に、その技術が国際的に見てどれくらいの競争力を持っているのか、つまり、参入障壁としてどれくらい機能しているのかという話と、それが宇宙科学にどれくらい役に立つのかという話と、それが宇宙科学以外にどういうふうな波及効果を持っているのかという3つが混在しているので、これは分けたほうがいいのではないかと思うのです。

1番目の、他国が参入してくるのがかなり困難なぐらい技術的に優位なのだという話、これが宇宙科学にとって重要なのだという話、波及効果についても言っています。多分それぞれについて評価するものと思いますので、それに応じて評価の項目を分けるだけですので、事務的な作業だと思うのですけれども、これを分け直していただいたほうがいいのではないのでしょうか。

○常田座長 技術的優位性、自律性とあって、それがクライテリアの大きく分けた2つに対応していて、どう対応しているのか分かりにくい。だから、もう少しクライテリアとひもづけた記述にさせていただくといいいということでしたか。

○永田委員 もしくは、項目を分けて振り分けてもいいのかなと。

○常田座長 例えばこの技術的優位性だと、それごとにつけてみる。

○永田委員 それでもいいですかね。いずれにしろ、どこが評価されたのが分かりやすいようになっていけばよいと思います。

○常田座長 宇宙科学研究所のほうで何か反応ありますか。

○JAXA（國中所長） 個々のクライテリアと合わせて考える方がよいと思います。そのように整理をさせていただきたいと思います。

○常田座長 ほかはどうでしょうか。

関先生。

○関委員 前回よりはすごく分かりやすくなったのでよかったと思うのですけれども、何でこの項目が非常に重要になっているのかというのがいまひとつ分からないところがあります。技術的優位性についてどう評価されたかというのが分からない一方で、この文章でそれをどこまで明確にすべきかも不明です。その辺はバランスかなと思うのですけれども、理解を深めるために個別の質問をしてもよろしいですか。

○常田座長 個別に入りましょう。

○関委員 例えば、宇宙物理分野の観測技術とかで、その技術的優位性が重要になっているのですけれども、これは理学分野にいる者にとってみれば、もともと国際的な優位性が高いセンサーシステムの話をしているので、なぜこれが

非常に重要にならないのかというのは、疑問に思う人が多いと思うのです。これを例にとって、なぜ技術的優位性が検討になっているのかというのを御説明いただけると、どんなふうに判定がついているのかが理解しやすいと思うのですが、可能でしょうか。

○JAXA（國中所長） 高感度のセンサといいますと、例えばTESであるとか、赤外線センサであるとか、そのような領域が宇宙科学では応用されるわけですが、これは軍事とかなり密接に進歩しているところがあります。いわゆるオーダーがないと、メーカーとしては作っても売り先がないということであると、最先端なセンサというのはどうしても軍事と密接な関係があって、日本ではなかなか追いついていけないような場面があります。

例えば「JASMINE」などでは米国からセンサを手に入れようと思ったわけですが、この方法ができませんで、致し方なくということもないですが、浜ホトと共同開発をあえてしなければいけなかったという状況があったりします。それから、今回の「XRISM」のセンサの部分も米国から提供されているところで、日本の優位性という意味では少し劣るのが現状で、致し方がないかなと思っています。

○関委員 ただ、ここでの説明だと、今後、優位性を獲得できるような技術が開発されつつあるというふうに説明を受けてきたような気がしていたのですが、検討が必要ということですよ。そのあたりが、科学的に高い評価を得られるセンサであることは当たり前なので、そのあたりを再考いただけるといいかなとは思いました。

○常田座長 御質問は明確で。

上田課長、お願いします。

○文部科学省（上田課長） 事務局に代わって回答申し上げます。

こちらは単純に、技術的優位性について検討が必要になっています。それが科学的に高い評価を得られるという書き方でこの欄に書いてあると事務局の一員としては理解しています。

同じように、永田先生からあった質問も、どのクライテリアでやっているのかといったことはこの欄の縦欄に書いてありますので、一応そこで説明責任を果たしているというふうに事務局の一員としては理解しています。

○常田座長 ただ、今、関委員から御質問があったように、背景がなかなか分かりにくいということ。ただ、書いていくと元に戻ってってしまうので、こういうときはコンメンタルというか、吹き出しで、こういう理由があるとか、見たいときにだけ見られる注記があるといい場合もございます。文章が固まってしばらくたつと、これは何で重要だったのかなというところもございまして、今の先生方の質問に対して書式をどう対応していくのかというのは、事務局を

含めて検討してもらいたいと思います。

ほかございますでしょうか。

山崎委員。

○山崎委員 前に比べてとても分かりやすくまとめてくださいます、本当にありがとうございます。

すみません、ちょっと基本的なところかもしれないのですが、総合評価は、前述の技術・自律・時間的な観点から、かなり自動的につけられているのかなという気はしますが、その総合評価をどう用いていくのかということをもう少し教えていただけますか。

といいますのが、技術的にはいいけれども、時間的には緊急性がないとされている場合と、時間的には緊急性があるけれども、技術的には検討が必要とされている場合、一緒くたに総合評価で表れてしまうので、そこは一緒くたに評価するのか、どうしていくのかということをもう少し御説明いただくと助かります。

○常田座長 國中理事。

○JAXA（國中所長） ここは機械的に総合評価しています。

一方で、我々、2030年代以降にどういったミッションに挑戦すべきか、世界のトレンドとしてどういった方向に動くかというのは、調査の結果なりでおぼろげながら方向性は何となく見えているというところもありまして、そういったもやとした想像の部分と技術的な根拠を紐づけていくという作業も一部入っているかなと思っております。

○松本参事官 よろしいでしょうか。

事務局といたしましては、技術戦略を作るときに、表現ぶりを書き分けることになろうかと思っております。戦略的に非常に重要というものと、あと、検討すべきみたいなもの、多分そういった3段階の記述になろうかと思っております。それで、今、先生がおっしゃったとおり、JAXAのほうでやり方をそろえて判断をいただいたのですが、文章にすると、そうはいつでもこれは特殊事情があるから書きぶりを少し変えろとか、最後のところで調整というのはあってしかるべきかと思っております。今のところは、これで押しなべて評価をした上で、文章を組み立てて、最後、この委員会ですとか政策委員会本体のほうでさらに議論していただいて、ほかの分野とのバランスも考えながら仕上げていくといった形になろうかと理解しております。

○山崎委員 ありがとうございます。

そうすると、最終的なアウトプットになるときに、その文言として、恐らく技術あるいは時間的な観点も入れて分かりやすくしていただけるのかなと期待しています。

もう一点、関連してなのですが、時間的に緊急性はないものであっても、技術的に有用な場合で、むしろ、だからこそ先行的に日本がやっておくべきだということも、特に宇宙科学・探査の分野ではあると思うのです。決して優先順位が下がるというのではなくて、温めていくといいますか、そのあたりがむしろ戦略かなという気もしますので、留意しながらアウトプットとしてまとめていただければと思います。

○松本参事官 ありがとうございます。

今回、JAXAのほうで、宇宙科学研究所のほうで整理していたときに、今までのいろいろな議論の蓄積があって、今、先生がおっしゃったような、特に重要なものはフロントローディングにもう既に乗っている。フロントローディングに乗っているものはこの中でも評価が高くなっているという形なのですけれども、もし可能であれば、國中先生のほうから、宇宙科学技術ロードマップからどう絞り込んでいるのかとか、その中の調整のプロセスを少し御説明いただけると分かりやすいかと。

○JAXA（國中所長） スクリーニングした結果を前回お示ししたのですけれども、それでも多いということで、さらにそこから絞り込んでここまで持ってきております。バックグラウンドとなるデータのエビデンスは整えております。

○常田座長 私のコメントなのですけれども、粒度ですね。例えば、次の国際宇宙探査のところを見るとかなり細かくなっています、それぞれ理由があると思うのです。宇宙科学・探査のところをここまですっきりさせたといういい面と、今度は、これは一体何を意味しているのか、個別の技術にしたときにほとんど分からない、何でもありみたいなどころになり得るので、いい面と課題とが両方あるような面があるのですね。

私が具体的に個別の技術のよしあしについて言うとはよくないのですけれども、冷凍機は誰でも入ると思います。だけれども、冷凍機のどこを改良するかでリソースの投資の仕方が全然違ってくるのです。AthenaでJAXAが敗退したという事実の報告があって、これは非常に重く受け止める必要があるのです。1つは、冷凍機の性能が米国製のパルスチューブに比べて悪かったということ。では、寿命をよくするためにパルスチューブの開発に入るとしても、今、日本に基礎がないもので、大規模な新しい開発になるわけです。

一方、先ほど國中所長が言った、力擾乱を減らすならかなり研究しているのでやりようがあるということで、この中でどういう方向に行くかまで書くことでもないのしょうけれども、もう少し中身がないと分からない。

宇宙用センサについては、先ほど議論があったのですけれども、例えば天文用のTESとか、これから宇宙に使われ出すMKIDSとか赤外線センサは圧倒的に米国が強いです。ヨーロッパも日本も非常にビハインドにある中で何をやるのか。

今からTESを開発しようといってもなかなか難しいので、米国と国際協力でやったほうがいいわけですから、やることを曖昧に取捨すると、やらないほうがいいこともやってしまうとか、このセンサについてはさらに分解した考察が要るようなところがございます。

それから、編隊飛行です。これもESAが重力波望遠鏡で編隊というのをやるのですけれども、端から見ていてもなかなかチャレンジングだと思うのです。これは複数衛星が必要な大規模計画で、これを見たコミュニティは、これを本当にやるのかと思うと思います。投資が非常に必要だということです。

もう一つ、衛星のほうにも編隊というのがあって、ちょっとコンフィージングなのですけれども、違う意味の編隊が別の資料に出てきて、その調整も要ると思います。それから、軽量構造制御技術というのも、これが何を意味しているかがよく分からない。軽量化は今、もう極限まで行っています。複合材料に日本は強くて、制御技術も、普通の意味の宇宙科学・探査の制御については一通りできて、ここは一体何を意味しているのか。私自身ここが分からなかったです。そういうふうにな何を意味しているかがはっきりしない、あるいはあえてははっきりしないようにしておくかというところがちょっと課題かなと思います。

それを議論し出すとたいへんなので、構造が違うことがよく分かるので、次の国際宇宙探査のほうをお願いいたします。

○JAXA（佐々木理事） では、その辺を留意しながら御説明をさせていただきます。

国際宇宙探査と地球低軌道活動をまとめております。技術的優位性に関しては少し違う整理がありまして、現時点でも優位性があるもの、それから地上技術に優位性があるもの、そして市場獲得のポテンシャルといった形で個別に設定をさせていただいて、どれに当たるものかという整理をしております。そして、時間的優位性というところを今回追加させていただきました。先ほどありましたように、技術開発に着手が必要であります。着手しているもの、それから、国際約束等で事業の設定がされているもの、それから、近年中に技術開発に着手するものを緊急性があると、中長期的なものは緊急性が低いという整理の中でまとめさせていただいております。

まず、月面の探査です。ここは、大項目としては、資料1の青字で書いてある「月着陸技術」「エネルギー技術」「表面探査技術」「月資源開発技術」「月面における資源利用技術」の5つの大項目の中に、中項目、小項目として、例えば着陸であれば、航法誘導、障害物検知、降着系技術、エンジン技術、推進管理技術といった形で分けて整理をさせていただいております。

全部を説明させていただくと時間がかかりますので、この例で御説明をさせていただくと、月着陸技術として、「SLIM」の延長で様々な、特に航法誘導制

御に関しては進められているということでもあります。一方で、将来大型の着陸機であればエンジンが液酸・液水であるとか、そのための推薬をしっかりと高精度の断熱材であり、蒸発低減技術が必要であるというくくりの中で整理をさせていただきます。技術的優位性、自律性に関しては、着陸技術というのは自律性に必要でありますし、技術的な優位性としても、今までポスト「SLIM」や液酸・液水のエンジン開発等で行ってきていますが、時間的にどこまで必要かといったところになりますと、現状、具体的なミッションが議論中ということですので、着陸技術そのものについてはこのまま進めていく。それから、液酸・液水のシステムについてはまだ具体化されていません。そういう結果として、総合評価としては、前者の着陸系の航法誘導関係につきましては非常に重要ですが、エンジン、推薬管理技術については重要という総合評価になるといった形で全体を整理させていただきます。

全体の項目としては、10年来いろいろな議論がありまして、日本として重要な技術として、着陸と表面探査技術という2つに関しては、従来から識別されてきました。それに加えまして、昨今、スターダスト計画として、エネルギー関係、通信・測位、資源といったところについても取組がされていますので、そういう形で大項目をセットさせていただいて、それぞれ具体化をしてきているところになります。

特別な評価になっているところについて御紹介をさせていただきます。基本的に技術的優位性と自律性はあるもので選んできていまして、時間的優位性について評価ポイントに大きく作用していますので、その観点で御紹介します。

エネルギー技術につきましては、発電・蓄電という形は既にシステムとしても必要な技術ですし、現在想定されているミッションにも必要な技術ということです。一方で、送電技術についてはまだ具体化されていないので、全体としてはこの形になります。

それから、月通信・測位技術につきましても、地上との通信であるとか測位というのは非常に重要な技術で、利用先も固まっていますけれども、拠点間のRE通信技術につきましてはまだそこまで具体化されていないので、この形になります。

それから、表面探査につきましては様々な取組がされていますけれども、直近、与圧ローバも含めましていろいろなミッションが設定されつつあります。一方、資源開発に向けた資源探査の技術については、当然、最初のフェーズで必要な技術ですので、ここは時間的優位性がありまして、一方、利用技術については、見つけてからということなので、時間的に大分先で、全体としてもこうなるといった整理をさせていただきました。

地球低軌道活動について、物資補給、回収・往還技術、拠点システム技術、実

験技術という大きなくくり中で、補給技術につきましても従来からいろいろな委員会の中で御議論いただいて重要な技術として識別されています。回収・往還、拠点システム技術、実験技術につきましても、宇宙ステーション計画におきまして獲得する技術として識別されてまいりましたので、これについて大項目として設定させていただいて、それぞれ細かく整理をさせていただいています。

特徴的なのが物資補給技術になりますけれども、大きくは自動ドッキング技術と航法誘導技術、補給効率向上、そして燃料補給技術といった形で中項目をセットさせていただいています。

自動ドッキングと航法誘導制御につきましても、低軌道だけではなくてゲートウェイ等にも使われる、将来的には民間も利用するという重要な技術ですので、時間的優位性もあるとしています。補給効率向上につきましても、そこまでではないということで、時間的優位性としては低いですが、全体としてはこの評価になります。そして、燃料補給技術は具体的にミッションが設定されていないですし、今のところ実績もないということでこの形にさせていただいているという整理になります。

その後、回収・往還につきましても、物資回収技術については飛行実績もありますが、現在、具体的なミッションが設定されておらず、全体としては、今後、必要性もあるということにさせていただいています。

一方、有人往還技術は、非常に悩ましい、我々だけでは判断つかないところもありますけれども、具体的な有人ミッションが設定されていないということで、全体としてこの形にさせていただいています。

同様に、拠点システム技術につきましても、モジュールにつきましても具体的なミッションも検討中ですし、技術的にも獲得してきたということですが、一方、宇宙ステーション全体を左右するようなインフラ技術につきましても十分獲得していないですし、現在、日本の宇宙ステーションを作るという計画もないのでこの形になります。

あと、健康管理技術のあたりになりますと、これも自前の宇宙ステーションである場合には、当然、宇宙飛行士の管理をしなければいけませんので必要になりますけれども、現在そういう計画がないということです。

宇宙環境利用技術につきましても、現在行っていますし、この後御説明させていただきますが、継続的に優位な部分を伸ばしていくということです。

ちょっと急ぎ足でしたけれども、全体としてそういう考え方で整理をさせていただきました。

○常田座長 これは宇宙科学・探査と大分違うわけです。御説明を聞いていると、やはり目的志向で、目的からブレークダウンして必要な技術を丹念に書いているということで、これはこれで、今、皆さんよく分かったのかなと思います

けれども、質疑をお願いいたします。

○永田委員 ありがとうございます。非常に分かりやすいです。

1つお伺いしたいのは、技術的優位性の中に1、2、3と3項目あって、その中のどれが当てはまるのかなというのを表の中に書き入れていただいているのでけれども、複数当てはまるものも結構あるように見受けられるのです。その場合はどのような扱いになっているのでしょうか。

○JAXA（佐々木理事） これについては、優位のあるものについて選んだということですが。

○永田委員 分かりました。

○常田座長 ほかはどうでしょうか。

関先生、お願いします。

○関委員 特に技術的優位性で何に○がついているかというのが全部書かれているのはすごく分かりやすいなと思いました。宇宙科学のほうも、技術的優位性のところの4つあるうちのどれに○がついているかというのがここに書いてあると、統一感もありますし、分かりやすくなるのかなとは思いました。

一方で、「特筆すべき小項目」のところ、まとめて○が書いてあるところと分けて一々書いてあるところが、どういう基準で分けたり分けなかったりしているかというのがいま一つよく分からなかったのです。例えば13ページ目のところの走行機構技術とかは、全ての特筆すべき項目に対して「技術的優位性」は1つの枠になっているのに対して、次のページの水資源利用技術とかだと、同じ欄に全部○がついているのに別々に書いてあるとか、ちょっと粒度が違う感じがしたので、そこだけ説明していただけますでしょうか。

○佐々木理事 これは今後整理しなければいけないと思うのですがけれども、作成する段階で、JAXAが関わっている部分と、かかわってなくて推測で書いている部分が一部あります。例えば、今おっしゃった周回資源探査技術でテラヘルツセンサ技術というのがありますが、これにつきましては、いろいろな話を伺った上で、JAXAではなくて別なところでやられているということで、我々としての理解として○をつけさせていただいています。言い方が少し違うということになります。

○常田座長 まとめ方についての議論に入りたいのですがけれども、例えば国際宇宙探査のほうを宇宙科学研究所みたいな書き方にしろと言われても多分困るでしょうね。これぐらい書いておかないと。

佐々木理事、どうですか。

○JAXA（佐々木理事） 最終的には別文書にまとめられるので、我々として、なるべく情報を整理してお渡しするというのが役目と思ったので、なるべく詳しくという考え方でありました。

○常田座長 分かります。

逆に、宇宙科学・探査のほうをこの国際宇宙探査のほうに書くと、要するに個別技術を書いていくことになるので、そういう書き方になったとしたら、國中先生、どうですか。相手側のスタイルに合わせてみるというと、できますかという質問です。

○JAXA（國中所長） ちょっと難しいかもしれないですね。

○常田座長 やはりその領域の性質の違いも多少反映していて、ここまでくっきり決め打ちでやるというのはちょっと難しいという率直な御発言だったと思いますが、これ、事務局のほうでどうしたらいいのか。かなり違うのだけれども、このままでいいというのと、何とかしろというのと、どうですか。

○松本参事官 そろってれば、それは望ましくはあるのですが、最終的には、先ほど佐々木理事からのお話がありましたけれども、文章になっていくお話なので大丈夫かなとは思っております。

○風木局長 まず、今回、作業をありがとうございます。○、△、△-で、特に両者とも時間軸をしっかりと入れていただいたので。我々としては、技術戦略の考え方を今日の午後の宇宙政策委員会に出しまして、年度末に向けての技術戦略にかなり詳しく書いていくのですね。そのときの優先順位づけなので、今、参事官からあったとおり、今後の文書のほうでしっかりロードマップと併せて書いて、全体像を見ていただくというのが政府全体としては説明責任を果たしやすいなと思っておりますので、その考え方でいいかなと思います。

○常田座長 分かりました。今後、文章になっていくときの重要な参考資料という位置づけです。一方、ここが出発点で、これはインプット情報ですので、今日の議論を基に、宇宙科学・探査、それから国際宇宙探査、それぞれのアップデートをしていただく。そして、○、△、△-というのが極めて大事で、それを打つのに、○か△かと非常に悩まれると思うのですが、やはりそこは考え抜いてやっていただくということかなと思います。

そのほか全体で。

山崎先生。

○山崎委員 ありがとうございます。

1点質問としては、地球低軌道の部分に関して、例えば軌道上サービスに関する部分が、ここには燃料補給以外には含まれていないのですけれども、それは衛星のほうでカバーされるのか、あるいは全く検討外なのか、どちらでしょうか。できれば項目だけでも入れておくと、今後の検討には抜けがないかなとは思った次第です。

○常田座長 佐々木さん。

○JAXA（佐々木理事） 我々としては、今のところ、全体として見ていただいた

ほうがいいと思うので。

○風木局長 では、私からすみません。

軌道上サービスは衛星のほうでカバーします。技術戦略全体を作るときに、衛星と輸送とこの探査、あと共通部分があるので、全体を見てしっかりとカバーされているような形にはしたいと思っています。同時に、これは初めからずっとこうあるのですけれども、お互い横を見るような形を意識していただくのが既に9月からのプロセスで重要になっています。山崎委員の指摘は非常に大事で、最終的に作っていくときに、最終的な成果物が整合性がとれないとだめだと考えていますので、そういう意味では、衛星のところを中心に軌道サービスは書いていきます。他方で、当然、関係はありますので、そこを意識しながら作成していただけるとありがたいということでございます。ありがとうございます。

○山崎委員 ありがとうございます。

○渡邊審議官 すみません、補足でいいですか。

○常田座長 どうぞ。

○渡邊審議官 補足いたします。

逆に、まだ重複している部分があって、先ほど常田先生からも、軽量化技術とか群制御はほかにあるのだという話がありましたけれども、そういうものはまとめて書くのか、それともそれは個別に必要なのかということも考えて、共通部分で書こうとかということも今後やっていかななくてはいけないのかなと思っております。

○山崎委員 ありがとうございます。

○常田座長 ありがとうございます。

○文部科学省（上田課長） すみません、もう一つ。

○常田座長 上田課長、お願いします。

○文部科学省（上田課長） 一省庁で申し訳ないのですけれども。

これは事務局内でも渡邊審議官、松本参事官とよく話していないのですけれども、これは政府全体として策定していく。JAXAが技術的知見で支えてきてここまで来てくれたのです。最後、全体の観点というのが必要だと私は思っていて、実はその観点が3つ懸念があります。

この表の「開発の必要性・緊要性、優先順位」ということで、国がプロジェクトでやるものもあれば、基金でやるものもあれば、民間がやっていくものもあるのだという理解ですね。なので、技術戦略を定めた後に、そのうち、プロジェクトでやっていくもの、基金でやっていくものというふうに分かれていく。これは民間を励ます内容を含み得るのですが、まず思うのは、今後、内閣府さんを中心に月面アーキテクチャを考えていきますけれども、民間頑張れというもの

あるのです。そのときに、どうしてもJAXAの視点で先端基盤技術に行きがちで、具体的に言うと、エネルギー技術の送電技術が総合評価学位が低いです。

エネルギー技術の送電技術。これはスターダストでも一部、経済産業省が民間の技術開発を支援していて、民間も今後やっていくかもしれないなというところでちょっとメッセージ性が。JAXAから見ると要検討なのかもしれませんが、政府全体で見るとちょっと違うかなというのが1つ。

2つ目が、月資源利用技術全般です。月資源利用をどうしていくかについても民間参入が考えられるので、メッセージ性としては政府全体の視点も必要かなと思うところです。

3点目は、今、山崎委員からあったように、燃料補給技術もそうです。JAXAさんは大きくかかわっていないと思いますけれども、経済安全保障の観点で燃料補給技術は既に着手が決まっていますので、ここも政府全体の観点での調整が必要かと思いました。

○風木局長 いいですか。

○常田座長 局長。

○風木局長 今、上田課長からあった点は事務局内でしっかり議論している点なので、余り気を遣わなくても大丈夫であります。

これは、まさにJAXA宇宙科学研究所で作成していただいた重要な参考資料であるわけですね。他方で、政府全体では民間の視点も当然あるし、輸送の視点もあって、衛星の視点もあるので、これは当然、プライオリティづけの最初の、ある意味、これまでの知見を結集した要望というか、こういう形で分析した資料で重要な資料とっております。

一方で、これは民間事業者との関係で月が典型なのですが、月経済圏や月面アーキテクチャについて、宇宙基本計画で書いてあるとおり、今後議論をしていくことになっておりますし、これまで、宇宙開発利用推進費や経済安全保障重要技術育成プログラム（Kプログラム）、SBIR、いずれも文部科学省、経済産業省を中心に相当な資金を投入しています。それから、宇宙開発利用推進費は全省庁、ユーザー官庁の国土交通省や農林水産省、環境省を含めて21のプロジェクトをずっとやってきているので、そうした話を含めて技術戦略の考え方ができ、それで技術戦略ができるという仕組みになっているのです。ですから、その上での議論の一つの重要な資料と捉えております。

これは、国会等でも常に聞かれています。技術戦略と補正予算が完全にリンクしているわけではなくて、技術戦略が来年3月できます。これは国として初めて出す戦略です。これまではAIとか量子とか半導体とかバイオとかあるわけですが、うちはこうですと。これに基づいて一定の勝ち筋を日本政府全体として示すというところに物すごい意味がある。これはまさに予見可能性

を全ステークホルダーに示すということで、当然、科学者、民間企業者、有識者、世界全体に対しても非常に大きなメッセージになるし、これをまたローリングしていくということなのですね。

その措置については、予算については、当然、JAXAの今までの運営費交付金や補正予算があります。それから、先ほど申し上げた各種プログラム、それから、今回補正予算で1兆円10年ということで一定の予見可能性を指針に出しているわけです。それから、民間が独自に投資するものも当然あるわけです。半分民間負担で出すものももちろんあるし、民間が独自に進めるものも当然ある。もっと先に行くと、大学自身がやっているプロジェクトも当然あるわけです。これは科研費の世界もあるわけです。そういう全体を見据えた上でこの技術戦略を作っていくということなのです。

ただ、こうは申し上げたところで、今回、経済対策で国の意思として、10年1兆円でしっかり資金を投入するというのは、宇宙政策について効果としての意思を表明したということなので、それと今回の考え方や技術戦略のプロセスが同時に走っているのは非常に重要なことで、そういう中で、今申し上げたような宇宙をめぐる科学技術開発、民間の活動全体を一回見通して、今後、来年度以降のプロセスを全部見直すというか、もう一回ギアアップするというプロセスだと御理解いただければと思います。それが大前提なので。

最後に大事なポイントをありがとうございます。これは9月の段階からその前提で御説明しているのですけれども、ようやく政府全体でも閣議決定もされて、法律も通ったということなので、政府の方針となりましたので、この技術戦略は年度末に向けて非常に重要でございますので、引き続きよろしく願います。

○常田座長 そうすると、今の上田課長と風木局長のコメントを受けてどう対応すればいいかということなのですからけれども、先の先までいろいろ見てJAXAに直してもらおうという考え方と、これはこれで一回まとめて、後で、より上のほうで、事務局、政府のほうで、そういう修正はやっていただくということによろしいですか。

○JAXA（佐々木理事） 我々はあくまでもプライオリティづけの順番でいくとこうなるという御提案だということで、お任せします。

○常田座長 そうすると、余り気にせずに、自分が大事だと思うものでつけていく。

○JAXA（佐々木理事） いや、1つの宇宙機で必要なもの、それから、複数飛ばないと必要にならないものという感じで順番をつけていただけです。

○常田座長 もちろんそうです。

いろいろな論点が出ましたので、JAXA等にどう直してもらおうかということ

は、この会議の後に、こういう方向で直してくださいというのを事務局でまとめていただいておりますというのでどうですか。

○松本参事官 今の議論は大変参考になる議論で、今、衛星の書きぶりをスタンダードにして作業をしようかという話をしているのですが、衛星の話だと、官のほうで開発する要素というのはそんなに中心にならなくて、やはり科学のほうは官民どういう分担で書くかというのを本文のときはかなり議論していました。技術的優先度や時間的優先度とは別のレイヤーで、どこでやるかというのを意識しながら書くというのが大事なところかなというのを改めて思いましたので、本文を書くときにまたちょっと工夫をして検討したいと思いません。

○常田座長 そうすると、本日の議論を受けまして、事務局、文部科学省のほうで改定の方向性についてまとめていただきます。その際、実際に作業に当たるJAXA等に改訂方針をちょっとお示しした上でやらないと、またベクトルがいろいろな方向に行くと思いますので、よろしく願いいたします。

今、局長からお話があったように、これは極めて大事で、メディアでも宇宙技術戦略というのは最近頻繁に出てきております次の宇宙科学・探査小委員会が1月に開催予定ですね。

○渡邊審議官 それぐらいに開きたいなという事務局の思いです。

○常田座長 次に、セミファイナル版になるようにお願いいたします。

この議題については以上といたしまして、次に、議題の(2)の「国際宇宙ステーションのこれまでの成果と今後の活用の在り方について」に参りたいと思います。これは、前回も議論いたしました、参考資料にありますように、運用延長の際に留意事項が出ております。2030年までについての留意事項、その終了後における留意事項がございまして、今日はこの参考資料にある2030年までの期間についての留意事項を意識しつつ説明いただくということでよろしくお願いいたします。

佐々木理事、よろしくお願い致します。

○JAXA(佐々木理事) それでは、座長からお話がありましたように、ISSの延長期間における対応ということで御説明をさせていただきます。構成としては、最近の今までの成果といったところと、今後の2030年までの活用の在り方という整理の仕方をさせていただきます。

まず、ページを送っていただきまして、これまでの実績になります。3ページ目に、どういう観点で進めてきたかという整理をさせていただきます。前回2024年まで延長されたということで、現在は、文部科学省さんの国際宇宙ステーション国際宇宙探査小委員会で議論いただいた上で、宇宙政策委員会のほうで議論いただいて、戦略本部等まで上がって延長が決定されましたし、その

中で、宇宙基本計画のほうに重点分野としてポイントを整理いただいております。そこでは、国際宇宙探査に必要となる技術実証、宇宙環境利用を通じた知の創造、新たなビジネス・サービスの創出、宇宙活動を支える人材基盤の強化、国際宇宙協力の強化が5つの重点分野として設定されましたので、それにのっかってJAXAとして進めさせていただいてきました。

4 ページ目になります。まず技術実証の観点です。特にアルテミス計画と将来の低軌道において日本が引き続き重要な役割を担って先導していくための不可欠な高度な技術やノウハウ獲得といったところで、具体的には、物資補給を通じた深宇宙補給技術の獲得。それから、左下になりますが、搭乗員を支援する遠隔制御技術の獲得ということで、クルーの作業支援や代替ロボットの自動技術への発展。それから、右側になりますが、搭乗員の生命を維持するための技術の獲得ということで、水再生システムの開発・取組をしています。それから、健康管理技術や宇宙医学に関する知見を宇宙飛行士の長期滞在といった観点で進めてまいりました。また、下のほうには、宇宙環境利用実験や技術実証技術の獲得を行っていくといったところで、特にパーシャルGでのいろいろな実験、それから、船外での小型の光通信実験装置といった実証に取り組んでまいりました。

また、5 ページにあります宇宙環境利用を通じた知の創造ですが、大きく船内と船外での活動があります。船内につきましては、たんぱく質の結晶生成実験であるとか、小動物飼育実験を通じたヒトの健康長寿に向けた知見の獲得というのを進めてまいります。特にライフサイエンス系の技術というのが大きくあります。それから、静電浮遊炉を使って非常に高温での材料のデータ取得、それが実用化につながるという形で取組をさせていただいています。

一方、船外では、御存じの方も多いと思いますが、全天のエックス線監視装置MAXIが初期から現在まで運用されていまして、多くの観測を実現しています。それに加えて、高エネルギーの電子・ガンマ線観測のCALET。それから、地上のほうに対しては、ハイパースペクトルセンサHISUI。これは経済産業省さんのほうで取り組まれています。そういう形で様々な観測を実現してまいりました。

6 ページ目が新たなビジネス創出の取組ということで、有償利用、トライアルユース、民間事業者に対して移管をするといったものでサービス化を推進してまいりました。特に確立したきぼう利用プラットフォーム、たんぱく質の生成実験でありますとか船外ポート利用、超小型衛星放出につきましては、ここに書いてありますような企業さんのほうに事業移管しまして取り組んでもらうという形で、ビジネスの方向性を示しています。また、JAXAでのJ-SPARK（民間との事業共創活動）を通じた民間アイデアに基づく利用創出ということで、企

業による技術実証の利用であるとか、JAXAではできないような宇宙放送局といった取組を進めてまいりました。

7ページ目、人材基盤の強化です。宇宙ステーションは、純粹に研究者だけではなくて宇宙飛行士がいるということで、青少年、学生の学ぶ機会を提供していますし、宇宙開発技術者の育成、ひいては宇宙飛行士の育成といった様々な層の人材の育成に取り組んできております。右にありますように、青少年に対しての様々な講演であるとか、公募型簡易宇宙実験、ロボットプログラミング競技会等、各層に対してのいろいろな人材の育成に貢献をしてまいりました。

8ページ目は、国際宇宙協力の強化ということで、前回の延長におきましては、特に日米協力というのは非常に強く打ち出されまして、JP-USのOP3を通じた協力ということで、繰り返しになりますが、マウス実験であるとか静電浮遊炉の実験、ロボットプログラミング競技会等、日米の協力の下、進められています。当然、宇宙ステーションは、15カ国参加している国際ミッションですので、その参加各国の国際協力というのは今でも継続しております。併せて、アジア各国との宇宙協力の強化。全体として、KIBO-ABCといった形で14カ国、19機関との連携をしていますが、さらに進化しまして、個別の宇宙協力として、タイ、マレーシア、トルコ、UAEといった形で協力を進めているということで、宇宙協力も進化をしているところになります。

こういう状況を踏まえまして、2030年までの活動の在り方ということで、10ページ、11ページ目、これまでの宇宙政策委員会、宇宙開発利用部会での議論を示させていただいています。延長するに当たっては、国際宇宙探査で必要となる技術の獲得・実証の場として不可欠であるということ、それから、繰り返しになりますが、社会的課題解決、知の創造、人材育成等につながる継続的な成果創出の場として引き続き利用価値が高いということと、民間活動の拡大のための準備機会を提供し得ることということで提言をいただきまして、併せて、先ほど常田座長からコメントいただきましたように、宇宙政策委員会では、意義と留意点ということで、先ほど述べていただいたような内容について指摘をいただいています。

それを踏まえまして、宇宙開発利用部会等でも議論いただいた上で基本計画が今年6月改定されていますが、その中では「きぼう」の利用拡大と成果の創出の最大化という点、民間利用ニーズの掘り起こし、ポストISS時代の事業展開を目指す企業やエンドユーザーの拡大、それから、技術獲得、技術実証、要素技術・システム研究開発の3つの柱で具体的なアプローチをすることにさせていただいています。

12ページ目が、基本的な考え方として、先ほどありましたような3つの仕組みをしっかりと取り組むといった形になります。今まで科学利用や教育というと

ころをかなり占めていましたけれども、先ほどありましたように、民間のプレーヤーを増やすといったところ。2030年以降、ポストISSは民間利用が主体となるということなので、そこをしっかりと広げていくというのが1つの柱になるかと思っています。その3つの柱を均等に取り組む形で進めようという形になります。

13ページ目、「きぼう」利用拡大と成果の創出・最大化ということで、今まで確立した利用サービスについては引き続きしっかりと利用成果を創出することとしたいと考えています。また、より高いインパクトが期待できる領域については、様々な分野の調査をしましてテーマ募集を実施しております。船内については、右下に広がっているところの上になります。船内フラグシップミッションとして、新たな分野での取組を公募させていただきました。船外利用につきましても、今、ポートがかなり埋まっている状態ではありますけれども、今後2030年までと限られた期間でもありますので、数を増やすという意味では、大型のものを1つというよりは、中型・小型ミッションを中心としてしっかりとテーマ募集を実施しております。

さらにこれらを支えるための宇宙環境利用の実験の高度化については並行して取り組ませていただいています。

14ページ目になります。民間利用ニーズの掘り起こし・ユーザー拡大ということで、現在、利用促進やユーザー開拓、事業実証のための制度についていろいろと見直したり導入をしたりしています。やはり輸送等のリソース料が非常にネックになりますので、まずはトライアルとして使っていただくために、減免措置等について拡大をして様々な方々に参加をいただくという工夫をしています。また、かなり商業利用という形になりますと、例えばコマーシャルメッセージの撮影とか、そういった柔軟な案件についても取組をさせていただいています。今後さらに利用促進策、フレームワークを検討して有効な取組を進めたいと考えています。併せて、利用者が利便性をしっかりと持って使えるということで、船外の利用についてリモートで、JAXA外で運用できるようにするという取組、それから、標準的なアダプターを準備して利用しやすくすること、それから、インターフェースについても自由度の高い実験ラックを整備するという準備を進めさせていただいているところです。

最後、技術獲得・技術実証です。先ほども議論ありました重要技術分野がありますけれども、これについて「きぼう」を使って実証していくといったところで、これからのドッキング技術の実証であるとか、二酸化炭素の除去装置の実証であるとか、「きぼう」での自動・遠隔実験を使うといった様々な技術実証について取り組んでいきたいと考えてございます。

ちょっと駆け足ですけれども、御説明は以上になります。

○常田座長 ありがとうございます。JAXAを中心に大変な努力をして成果も出ているということがうかがえる内容かと思いますが、質疑をお願いいたします。

ここはまず山崎先生ですかね。

○山崎委員 ありがとうございます。

2030年までの「きぼう」の利用の方針と、今行っているいろいろな取組を御紹介いただいております。その中で、今回、例えば利便性向上のための機器・装置などの整備なども新しく追加されていらっしゃる、減免制度などを設けてくださっているのですが、こういうことを行いつつ、2030年までに民間の需要を喚起して低軌道は商業化という流れにどの程度向かいそうか。それでもまだ足りないもの、目標に対して現在地がどのあたりにいるのかというところを教えてくださいませんか。

○JAXA（佐々木理事） 若干私見にはなりますけれども、やはりプレーヤーの数ですね。いきなり全部民間だけでやるのは難しいと思うのですが、事務方が費用を出して全部使うといったプレーヤーをいかに増やすかといったところは1つの課題かなと思っています。減免制度とかをやって増やす努力はしていますけれども、裏を返すと、そこまで十分できていないところもありますので、そこが一番の課題かなと思っています。

○山崎委員 ありがとうございます。

○常田座長 ほかはどうでしょうか。

今の御説明で、現在まで、それから2030年までについてある程度イメージがつかめたと思います。宇宙政策委員会のもう一つの留意事項は、2030年以降ということで、これを土台にどうしていくのかということで、2030年までのところに、2030年以降の出口戦略とか接続性を考えておかないといけない。今のままだと国費でこれだけ大規模な事業をやって、2030年で、はい、終わりになってしまうわけです。その移行みたいなものをどう考えるかというのが次回以降のもう一つの議題になると思うのですが、その辺、佐々木理事、どうでしょうか。

○JAXA（佐々木理事） そこは文部科学省さんのほうの。

○常田座長 すみません。文部科学省のほうでお願いいたします。

○文部科学省（鈴木室長） 御指摘のとおり、考えていかなければいけないことかなと思っています。ただ、アメリカ側の状況も見つつ実施していくことが必要だと思います。まずは誰が使いたいのか。今、リソース料の減免をして、安ければ使っていいよという人ばかりを増やしていて、そこから、お金を払っても使いたいよという人をまず見つけていくことが重要なのかなと。その上で、使いたい人がいるということを前提に、それに合うような形を考えていくことが必要なのかなと。

あともう一つは、民間に宇宙ステーションができた場合についても、これまでやってきた輸送等では貢献できますし、モジュールみたいなものを作ることも考えられますので、そういった日本でお金を出して使いたい人を増やすということと、これまでと同様に科学的利用については、ある程度政府等が補助をして使い続けるということと、今まで技術的優位性が高いものについては、当然、米国等の民間の宇宙ステーションに買っていただくという形で技術をどんどん伸ばしていくというところかなと思ってございます。それについて一部この基金等でも支援できればと思ってございます。

○常田座長 前回の本委員会で文部科学省のほうから、2030年度以降について米国の動向を中心に御説明いただきました。米国以外に動きがないからということだと思えるのですけれども、その前回の御説明と今回の2030年まで頑張っていますというところは別世界になってしまって、その接続と申しますか、そういうのを今後どう考えていったらいいか。必ずしも本委員会で何もかもということではないと思うのですけれども、ちょっと気になるころではあります。JAXAのほうのコメントはどうでしょうか。

○JAXA（佐々木理事） JAXAとしては、あくまでも2030年以降を念頭に、今「きぼう」の利用の仕方を工夫しているということで、切れるわけではなくて、それを見据えていろいろな取組を。ユーザーを増やすとか、実験技術を高めるとか、今、室長がおっしゃったようなところにつながることをしているという見方です。

○常田座長 先ほど佐々木理事は、やはり2030年以降を見据えると、民間により使っていただいて、ありがたみを分かってもらおうという方向性をおっしゃったような気がします。

○JAXA（佐々木理事） とにかく使いたいという人を増やすというのが一番大事なことだと思います。

○常田座長 はい。

関委員、お願いいたします。

○関委員 2030年にどういう形になっていると理想なのかという形がいま一つ分からなかったもので、教えていただきたいです。

12ページ目のところに円グラフがあって、2030年に民間が3分の1くらいという絵が描いてあります。一方で、宇宙技術研究開発の割合は余り変わっていないように見えるのですけれども、2030年以降もJAXAの関与の規模はあまり変えずに、科学研究を減らして民間を増やすという戦略なののでしょうか。その辺りを理解したいための質問なのですけれども、よろしく申し上げます。

○JAXA（佐々木理事） これはあくまで模式図なのですが、減らすとか減らさないとかというよりは、この3つの分野を均等にやっていくということになります。

す。技術開発については、引き続きJAXAとして探査に向けた取組を継続しなければいけないというのはおっしゃるとおりで、そういうことを考えています。有償利用、民間利用については、先ほど述べましたように、広がっていくことが望ましい。2030年の丸は、同じサイズではなくて広がっているようになっていきますが、量的には、自動化をすとか様々な取組をして、より使えるようにするという観点で、一個一個については減らすとかというのではなくて、それぞれを増やしていったら、その結果として均等にいろいろな方が使えるようになる、使っていただくというのが目指す姿かなと思っています。

○文部科学省（鈴木室長） すみません、ちょっと補足なのですけれども、2030年以降については、民間の宇宙ステーションが実施していくことになりますので、この民間利用の部分については民間が自らお金を出して使っていただくことを想定しています。この宇宙技術研究開発であつたり科学利用の部分については、引き続き政府のほうから補助等をして実施していくという形かなと思っています。宇宙ステーションは浮かんでいるためにかなりお金がかかりますので、政府のところの利用だけだと今後の宇宙ステーションをなかなか支え切れないということもございますので、2030年までに民間利用をしっかりと増やしておくことが必要であるので、目標としてこういった3分の1ぐらいまで民間利用を増やすということかなと思っています。宇宙技術研究開発であつたり科学利用についても、2030年以降、民間宇宙ステーションを使ってしっかりと実施していきたいと思っています。

○常田座長 関先生、よろしいですか。

○関委員 NASAなどだと、NASAの負担をかなり減らすという議論をしているかなと思うのですけれども、30年以降も日本政府としては結構支えていく方針ということで理解しました。

○文部科学省（上田課長） 今、鈴木室長が申し上げたとおりなのですけれども、省内、課内ではどういう議論をしているか御紹介できればと思うのです。

官民分担のほうは、土台型官民分担とか基盤型官民分担と言っていて、官の役割はあるだろうと。商業宇宙ステーションで商業促進しなければいけないのだけれども、官の活動はあるだろうと。それは宇宙飛行士の訓練であつたり、科学目的そのもの、パブリックユースです。パブリックユースというのは、きちんと土台として確保しなければいけない。逆に、土台を官側が提供することで民が羽ばたくという考えもあるのではないかということで、これを私どもの課内では土台型官民分担とか基盤型官民分担と言っています。

○常田座長 土台だけになってしまうと困るわけですね。ありがとうございます。

ISSについての理解が深まったと思いますけれども、事務局のほうで何かコメ

ントございますか。

○風木局長 このポストISSの、特に民間の活動について、先ほども鈴木室長や上田課長からもありましたけれども、内閣府のほうにも、米国勢がものすごい勢いで説明に来るといふか、ローディングといふか、ものすごい勢いですね。これに我々はちゃんと対抗できているのかというところは、正直なところ若干心配しています。4つのグループがあって、開発もかなり進んでいて、次々先に進んでいますので、そこに国の部分をどうやって組み込んでいくかというのはもちろんありますけれども、民間がそれにしっかりついていけるのかというので、委託調査に出したり、いろいろやっているものの、世界のスピードといふか、米国のスピードがものすごく早いので、これは率直にいうと課題だと思っています。この委員会で掘り下げていくのか、宇宙政策委員会全体の問題なのか、あれですけども、宇宙基本計画にも記載されているとおりで、昨年ようやく延長のところがしっかりしたので、もう次のステップに早急に取りかからないといけないという問題意識は強く持っております。

○常田座長 今のがサマリーで、危機意識を持って取り組むということで、次回どういう議論をしたらいいかというのは、事務局等と相談して、ISSについては継続して一定の議論を本委員会でもしてまいりたいと思います。

それでは、次へ参りまして、議題の「(3)月面の科学について」であります。

JAXAから説明をお願いいたします。

○JAXA(國中所長) 資料が3番目のものになります。「月面科学の具体的な進め方について」という資料になります。

1ページ目をめくっていただきまして、本委員会におきまして、アルテミス計画に参加するに当たっては、当面は日本としては科学のマインドで火星、アルテミス計画に参加する。そのためにこそ、日本のアルテミス計画において宇宙科学研究所が責任をもってその科学のコンテンツを作るべしという御指導をいただいております。

これを実現するために、まず1、コミュニティと連携し、国際宇宙探査の機会を活用することを目指しております。ここで「コミュニティ」といいますのは、科学者、大学、アカデミアの人たちをアルテミス計画に動員することを考えております。

2番目、月科学の2本柱といたしまして、まず①が月面の3科学であります。これは後に絵を御紹介しますが、月面からの天文、月のサンプルリターン、月震計ネットワークを構築するという。それ以外の科学、特にアルテミス計画では、米国のアルテミスロケットの打ち上げに際しまして、結構急に混載機器のAAOなどが出てきますけれども、そういったチャンスを貪欲に獲得して月、火星に出かけていくという方針を取る、それに対応できる体制を取ること

がもう一つのテーマかと考えております。それから、月以遠、具体的には火星ですけれども、火星を見据えた技術研究開発が大きなテーマだと思っております。

そういった考え方を絵にしましたものが2ページ目になっておりまして、横軸が時間の軸、縦軸が、上から有人探査技術、それから科学に特化したもの、さらにはそれを火星に向かって仕向けるというもの。そのような軸としてお読み取りください。

まず、手前のところといたしまして我々がやるべきことは、観測装置のパッケージ化の研究開発を目標にしております。その下は、LEAD（月探査促進ミッション）に乗り込むようなペイロード、観測装置の開発。それから、電源技術としまして、一番下の欄になりますが、半永久電源、特に夜を超えるために必要な電力技術というのが重要な項目だと考えております。こういった技術開発を進めまして、中段の半ば頃が一番上から、多彩な月への進出機会があります。具体的には、月周回機「Gateway」、その次がCLPSやLEADの後続機、有人と圧ローバ、一番下のほうが火星探査機となるわけですけれども、こういった宇宙進出の機会に、手前で作り出したパッケージ化された観測装置をタイムリーに提供していく、こういった作戦を考えておるものになります。

パッケージする具体的な目標の一つは、先ほど御紹介しました月の3科学でありまして、3ページ目にあります。左側から、パッケージ化された月面という問題を与圧ローバからロボットアームで展開していくこと。それから、岩塊からサンプルを採取してアームでピックアップしていく方式。それから、パッケージ化された月震計を与圧ローバなどを使って月面上に展開していくこと。そういったことが月面科学のカンセイケイガイということになります。

次、前回の報告時からの具体的な進捗を御説明いたしますが、まず、4ページ目の一番最初の①は、有人と圧ローバのミッション定義審査（MDR）が完了いたしました。これが大きな契機であります。

2番目も、それまではフィージビリティスタディを実施しておりましたけれども、いよいよそのスタディを基に、フロントローディングフェーズに進んでおります。

それから、NASAとの具体的な対話が開始されておりまして、NASAのやりたい科学、日本が考えておる科学の相乗りや取捨選択が今後行われていく予定になってございます。

次のページ、4番目ですけれども、有人と圧ローバのMDRを契機に、JAXAの内部組織であります国際宇宙探査センター有人宇宙技術部門、それから宇宙科学研究所でこういった役割分担をするかの議論を今行っておるところです。今年度中には分担を明確化していきたいと思っております。コミュニティをどういうふうここに動員していくかということも積極的に進めておりまして、具体

的には、お金の問題ですけれども、交付金、基金、競争的資金などを巧みに使いまして、技術開発、それから成立を目指していきたいと考えておるものです。

6 ページ目に行きまして、宇宙科学から見た現状の認識になります。まず、①ですけれども、具体的な搭載機会の確保・明確化。これも、先ほど御説明いたしましたけれども、米国アルテミス計画に乗り込むためには、時間タイミングとしては予測的ではあるのですけれども、搭載条件などはかなり急にあてがわれるので、予測するのが難しい部分もありますが、アルテミスの余剰スペースを使いこなすマインドで研究・開発を進めていきたいと思っております。

一方で、アルテミスさんは遅れますよということのごく最近ニュースに出たりしておりますので、時間的にはちょっと読みにくい部分もあるわけですが、事前にTRLを高める努力を推し進めたいと考えております。

次のページに行ってくださいまして、与圧ローバの立上げ、民間の輸送サービスなどの利用も範疇に入れた想定が必要なのだろうなと思っております、いずれにしても、そういった乗り物を想像しつつ、標準的なペイロードを仕立てるということを進めていきたいと思っております。

繰り返しになりますが、次の宇宙科学研究所のタスクといたしまして、大きいステークホルダーを結合させるための結節点として機能する所存でございます。また、LEADミッション、月探査促進ミッションにつきましては、今後、基金の使い方なども含めて、民間企業が実施する可能性もありますけれども、そういったことも想像しながら、技術研究・開発を進めていく考えでおります。

ちょっと駆け足な説明になりました。

○常田座長 決意表明も含めて明快な御説明だったと思うのですが、質疑を少ししたいと思えます。どうでしょうか。

永田先生。

○永田委員 全体の戦略として非常によく検討いただいていると思うのですが、突発的に出てくる相乗り機会にすぐに対応できるようにパッケージ化を進めていって、その原資としては、コミュニティが広く協力して、競争的資金とかいろいろな資金を活用しながらというお話があったのですけれども、一方で、我々、競争的資金を取ろうと思って提案書を書くときに、こういう計画でこんなデータが取れますということはある程度の確度をもって書かなければいけないということがどの競争的資金に対してもあって、そのときに相乗り機会が突発的にというのにどこまで対応できるのかなというのがちょっと見えにくいなと思えました。

一方で、そういう突発的な対応が可能な資金もあるのかもしれないのですけれども、こういう機会は最低限見えますよというのがある程度見えて、さらにこういう機会が出てきたときにはこういう資金も使えますよというような戦略

の練り込みがこれから必要になってくるのかなと思ったのです。そのあたりの、こんな資金が使えて、この資金はこんな感じで対応できるとか、そういった検討はもう既にされているのでしょうか。

○常田座長 これは文部科学省も含めてコメントを。

宇宙科学研究所ですか。

○JAXA（佐々木理事） 1つの例としてですけれども、もともと3科学に向けたフロントローディングというのはJAXAとして取り組みました。その先として、アルテミス3に搭載するものを御提案いただいているところもありまして、それについては一定のJAXAの協力というのはさせていただいています。全てができるわけではないですけれども、そういうオプションも1つのアイデアとしてはありますというのを御紹介します。

○永田委員 一部でも見えているとすごく書きやすいです。

○JAXA（佐々木理事） 直接説明しますと、例としては、フィージビリティスタディで何チームか選んだのが2年ぐらい前でしたか。そこで研究した成果を宮本先生がお取りまとめいただいて、先ほどのアルテミス着陸船のほうのパッケージとして提供するという提案を米国にしている段階で、その具体的なハードの開発についてはある程度JAXAから支弁するという方針で進めております。

いずれにしても、そういうふうには提案のネタがないことには全く提案しようがないので、まず、そういったチャンスがあるのだということを標榜しながら、手前のところでどういったパッケージを作るかということ而努力したいと思っております。

○渡邊審議官 すみません、私からもコメントしたいのです。

まさに今日、NASAの科学局と話を始めたというのは非常にいいと思っていて、我々日本側としてはこういうことをやりたいということでもここを議論しているわけです。多分、向こうもこんなことをやりたいということを考えていて、このまま放っておくと、アメリカからこんなことをやりたいのだとばーんと来てしまって、受けるだけになってしまうというのは余りよくないパターンなので、できたら事前に、日本はこういうことをやりたい、アメリカはこういうことをやりたいのだと。そういう意味では、宇宙科学研究所のチャンネルもそうですし、探査センターのほうのチャンネルも、多分、ローバを作るのにどういう仕様で研究できるようにするのだという議論がある。そういう幾つかのチャンネルで。政府のほうでも多分あるので、そういうところと連携して、やはり擦り合わせをしていくことが重要だと思うのです。その上で、そのような公募みたいなものがあるのか。それともちゃんとプロジェクト化しないと乗せられないのかということも詰めていかなければいけないと思っておりますので、まず情報をあらゆる段階で取りながら、中身を調整して行って、我が国がやりたいこ

とをなるべく反映させる。相手側、ヨーロッパ、ESAも多分いろいろ考えているので、そういうところと連携しながら、なるべく全てがウィン・ウィンになりつつ、我々のやりたいことをなるべく入れ込んでいく戦略が必要かなと思います。その上で、当然、コミュニティの方々のアイデアも踏まえながらということが重要かなと思います。

もう一つ押さえておきたいと思っているのは、これは科学分野の議論ですが、月面探査に当たっては、資源開発とか、民間の需要、要望もあるので、多分それどこかで取り込んでいく必要があると思います。当然JAXAのほうでアルテミスというところで全体を取りまとめているわけですが、そういう視点も優先順位として何を調査していくのかというのは考えていく場が必要かなと思っています。よろしくをお願いします。

○常田座長 ありがとうございます。

先ほど國中所長の御説明で、宇宙科学研究所がコミュニティと接点になって、3科学あるいは3科学以外についても取りまとめを行っていくというお話があって、これは宇宙科学研究所のファンクションとしてそうだと思うのですが、一方、システム全体として取りまとめるときに、月面という経験のない環境でのインターフェースとか、全体システムとか、そういうことが分からないと、あるところで科学側の検討が止まってしまうというのがあるので、そういう意味で、宇宙科学研究所に早く拠点を作って、今年度末ということがあったと思いますが、その辺の検討を鋭意進めることが重要かなと思います。そうするというふうにお話があったのですが。

もう一つ、科学ですので宇宙科学研究所が中心になるのですが、ざっくりばらんに言って、従来からローバについても国際探査センターとのコミュニケーションはもっと良くすべきだというのがありまして、この件も、宇宙科学研究所で閉じてしまう、科学だからといって全部宇宙科学研究所でやりますということではなくて、もう少しオールJAXAでやるメカニズムも含めてこの体制整備をしていただきたいというのが本委員会の何となくの雰囲気だと思うのですが、その辺、委員の先生方から何か御意見はございますでしょうか。

○山崎委員 同感です。

○常田座長 皆さんうなずいておるので、オールJAXAでこの國中先生から説明のあった体制づくりを明らかにしていただきたい。今年度末ということは次の委員会ぐらいでイメージが出てくるタイミングだと思いますので、次回以降の委員会でよろしくをお願いします。

佐々木理事。

○JAXA（佐々木理事） 御指摘はごもっともで、しっかりとオールJAXAで動くような体制づくりをしたいと思います。

1つ、探査センターが司令塔機能ということなので、そこはしっかりとやっ
てもらおう。今までは与圧ローバが探査センターの中にあっただけですから、ど
うしても与圧ローバ側に見えてしまうところに危惧がありましたので、そこは
切り離して、探査センターは今、その両方をバランスよく見るような体制に変
えておりますので、しっかりと取り組みたいと思います。

○常田座長 言うまでもないですけども、アルテミス計画というのはJAXA全
体に影響を与えるぐらい巨大なプロジェクトで、絶対失敗できない、成果を出
さなければいけないという中で、科学が受益者でもあるし、盛り立てていくと
いうことで、今日の議論は非常に大事だと思います。次回以降もだんだん具体
化してくると思いますので、議論を続けさせていただきたいと思います。

この議題、よろしいですか。

関先生、まだ何か言いたいことが。

○関委員 時間が押しているのかもしれないんですけども。

科学コミュニティを巻き込むという部分で、既に宇宙をやっている科学コミ
ュニティをどう月に巻き込むかという観点と、あと、例えば私の近いところだ
と、月震計とかだと、地震学は日本はすごく大きなコミュニティがあるのです
けれども、そういう宇宙をやっていない人たちを巻き込んでいくというときに、
5ページで話されていた基金とか、そういう新しい取組で、今まで宇宙をやっ
ていなかった人をどのくらい巻き込もうとしているかというあたり、何か戦略
があったら一言教えていただきたいと思います。

○常田座長 より広いコミュニティを巻き込む。地球上と月面上のある種の類
似性があるわけですね。だから、もう少し広くできないかということですかね。

○JAXA（國中理事） 月震計については東大の研究センターに大変お世話にな
って、DragonFlyの地震計の作り込みなどには大変御協力をいただいております。

それから、火星のIce Mapperみたいなものは、レーダーで火星の地下の水を
調べるという技術です。LバンドSARを使うのですけれども、実はこれは日本が
地球観測では大変強い領域でして、LバンドSARのチームであるとか、JAXAの地
球観測、それから、JAXAだけではなくて地球観測の人たちの技術もぜひともそ
ういった方面に取り込めるのではないかということはJAXA内部でも相談をして
おります。そのような例かなと思います。

○常田座長 今の関委員の御指摘は大事なことで、次回以降の体制の議論にもし
ていただけるといいかなと思います。よろしいでしょうか。

大変いい議論ができたと思います。ありがとうございます。

次は議題の（4）で、「NASA Habitable Worlds Observatoryへの日本の参加
体制について」ということで、宮崎さん、お願いいたします。

皆さん手元に資料がありますので、画面に投影しても投影しなくても大丈夫

です。

○国立天文台（宮崎所長） 分かりました。

国立天文台ハワイ観測所の宮崎と申します。本日は、NASA Habitable Worlds Observatory、略してHWOについて、特に日本の参加体制について御紹介させていただきます。

1枚めくっていただき2ページ目を御覧ください。HWOは、NASAがJWSTとその後のローマンの後継機として位置づけている天体観測衛星で、予算規模はほぼ10ミリオンUSドルだったわけですが、JWST並みとされています。そして、その科学目標は、我々の太陽系内に人類が居住可能な惑星を探すということになっていて、コロナグラフと呼ばれる観測装置をこれまでにないほど高い精度と安定度で実現して、その科学目標の達成を目指しています。

それで、このHWOの下地になっているのは、2ページ目の左側の2枚の図で示していますが、これまでにHabExとLUV0iRという2つのコンセプトスタディがありまして、これが下地になっています。HWOでは、これらの検討結果を引き継ぎ、目標を達成するための研究手法の詳細な検討、また、それを実現するための装置のエンジニアリングの検討の進化を目的として、STARTというチームを組織しました。STARTとはScience Technology architecture Review Teamの略なわけですが、このチームを組織しました。

このSTARTは、米国の会計年度24年、25年の2年間で、望遠鏡の仕様と、HWOの焦点面観測装置の選定までを行うことを目標としています。このSTARTには、外国の宇宙機関のレプリゼンタティブをEx Officioとして迎え入れようとしています。それで、JAXAからは、私、宮崎と、大阪大学の住先生が推薦されて、レプリゼンタティブとなりました。実際、ヨーロッパのESAは、既にこのHWOに向けて動き出していて、実際、LUV0IRのほうのコンセプトスタディに300ミリオンユーロ規模の焦点面装置を提案しています。日本でもこれまで一部有志による検討は進められてきてはいるのですが、これに比べて大きく出遅れています。

そして、最後の3ページ目ですが、このHWOのSTARTの最初のミーティングが10月31日、11月1日、11月2日の3日間に行われました。参加しているチームのメンバー、名前を中段に表の形で示しています。研究者に緑と赤でカラーコードしているのですが、緑のほうがこれまで主として宇宙望遠鏡を研究に使ってきた者、赤のほうは主として地上望遠鏡を使って研究してきた者です。これを見て分かるように、宇宙望遠鏡のコミュニティだけではなくて、地上の科学望遠鏡の観測者も多数参加していることがお分かりいただけると思います。実際、2人いる共同議長の1人、John O' Mearaさんという方なのですが、この方は「すばる」で、マウナケア山のお隣の口径10メートルのケック望遠鏡の副所長相当の方です。このように、アメリカは、オールアメリカ体制でJWST後のフラッグシ

ップのミッションスタディを進めつつあるという状況にあります。

このSTARTの最初のミーティングでは、キックオフにふさわしくて、NASAのミッションの進め方とか、過去のミッションに学ぶこと等、シニアな科学者が次世代を担う若手にいろいろ教授するという内容が多かったように思います。あとは、顔見せということだとは思いますが。

このミーティングは来年早々またフェース・ツー・フェースで行われます。今回私は行きませんでしたけれども、それには私も現地参加してきたいと思います。そして、我々は、JAXAと国立天文台を中心に、HWOに焦点面観測装置を日本から提案できる体制を早急に整えたいと考えています。

以上です。

○常田座長 ありがとうございます。

御質問、コメント等ございますでしょうか。

これは、宇宙基本計画においても、米国のフラッグシップミッション、天文学分野等が入っていきこうと。というのは、日本だけでできなくなってきていますので、そういう位置づけがあることを受けてのJAXAでの委員派遣ということでもあります。これからが大事で、こういうときのESAの活動というのは、私も見聞きしているのですけれども、物すごいです。最初に始まる前から、とにかくやりたい、中身を考える前からやりたいというのがまず来て、入っていくというビジネススタイルが強烈です。我が国は我が国のやり方でやっていくのですが、どういう日本の強みを活かしてどういうものを供給したらいいか、地上の天文学のヘリテイジも含めて今後体制を整えて考えていく必要がある。委員は2人なのですけれども、その裏にバックの組織をちゃんと作って支援しないと、この手のことは長続きしないので、ここにも宇宙科学研究所のリーダーシップを期待したいと思います。

國中先生、何か一言ありますか。

○JAXA（國中所長） 手前のところのナンシー・グレイス・ローマン望遠鏡の小さな部分ではありますが、参加をしておりますので、こういった地の利も使えるのではないかと考えております。

○常田座長 では、よろしく願いいたします。

宮崎所長、ありがとうございました。

○国立天文台（宮崎所長） どうもありがとうございました。失礼いたします。

○常田座長 それでは、議題の「（6）その他」にまいります。

まず、「SLIM」についての説明を、國中所長、お願いいたします。

【JAXAより報告】

○常田座長 ありがとうございます。簡単な質問があればお願いいたします。
ぜひ成功させてください。

○JAXA（國中所長） プロジェクトメンバーに伝えます。

○常田座長 それでは、もう一つありまして、「MMX」についてJAXAの川勝マネージャからお願いいたします。

【JAXAより報告】

○常田座長 ありがとうございます。

若干の質問、議論をしたいと思いますが、どうでしょうか。

関委員。

○関委員 今の御説明だと、2026年はもともとバックアップウインドーだったと思うので、科学的な成果とかはそれほど損なわれないということだと思うのですが、2年遅れたことによるコスト増はどうなるのかという見積もりがあれば、教えていただきたい。

本件はH3の状況によって遅れるか間に合うかというのがもともとあると思うのですが、恐らくプロジェクト側としては、現段階でそれが決まっていなくて両方を考えなければいけなくて負担のような気がするのです。これはプロジェクトへの質問ではないのですが、H3の状況とかを踏まえても、いつ方針が決まるのでしょうか。

○常田座長 コストのほうは川勝マネージャ、お願いします。

○JAXA（川勝プロジェクトマネージャ） コストは、計画が決まった後、メーカーとも相談しながら決めていかなければいけないので、今、厳密な数字は出せません。特にロケットの価格が、我々が計画したところ、それから24年に打ち上げるとき、それぞれ提示していた価格は、26年になった場合にどういう価格かということまでは全く予想がつかないので、ロケットについては分かりませんが、その部分の変動を除かせていただければ、超概算ですが、MMXの元の計画費から1割以上高くなるとか、そういうことはないと思っています。正確なところはJAXAの中で計画を立てる中できちんと評価していただいて、役所とも相談して提案していきたいと思っています。

○常田座長 ありがとうございます。

2番目のいつまで宙ぶらりん状態が続くのかということころは、どなたが答えてくれますか。

○風木局長 では、私のほうから。

H3の打ち上げについては、先日、JAXAの山川理事長から、年度内にH3の2号機の打ち上げをということを口頭で発表されております。今後、夏に宇宙基本

計画、工程表があるわけですがけれども、これを改定していく作業がございますので、そこでより明確になっていくこととなります。H3の2号機が年度内ですので、来年の3月までの間に打ち上げるということがやがて発表されることとなります。その先についても、それをベースにして工程表の見直しをするというのが政府の方針です。例年ですと毎年年末に工程表の改定が行われますので、そこである程度の見通し、予見可能性が高まっていくということで考えております。

○常田座長 工程表の改定は年末ですので、そこでどう書かれているかということで、間もなくはつきりするのではないかということかと思えます。

山崎委員。

○山崎委員 関連してですけれども、以前の委員会の場においては、そのMMXの打ち上げの期日を年内ぐらいに定めることができれば、その2024年打ち上げの準備が滞りなく進められるという、その判断のポイントが大体年内ぐらいという御意見を伺っていたと思うのですけれども、それは今も変わらないとするならば、年内に決めるということでしょうかという確認です。

○風木局長 はい。まさにH3の打ち上げの2号機が年度内という方向性が口頭で出ていますので、それを受けて、その後の3号機以降も含めた打ち上げのスケジュールが工程表で政府全体として示されるというプロセスになりますので、基本的には年内ですね。年内には分かる。

○常田座長 ありがとうございます。

どうぞ。

○山崎委員 そうすると、今日はどこまで決めればよいのでしょうか。伺うだけでいいのか、何かを決めるのかというところをすみません。

○常田座長 前回の川勝マネージャの御報告は、国際競争力の面で、いわゆる先を越されると科学成果が若干棄損されるということもあるので、そこをよく理解しようということです。もともと24年度死守といったのは、米国等が早かったからでありまして、それが遅れつつあるということで、本委員会としては打上げ年度が26年になっても科学成果が棄損されることはほぼないというふうな結論しました。

今回はそれに加えて、26年になったときにどういう準備が要るか、どういう課題があるかということが中心です。火星の位置も全然変わりますし、地球との距離も変わって、着陸運用一つとっても検討のやり直し部分がかかなりあるということで、その費用もばかにならないというお話もあったと思います。本委員会としては打上げ年度が26年になっても総合的に問題ないということを確認することになるとは思いますが、よろしいでしょうか。

では、JAXAにおかれましては、今回の審議にミッションの成功に向けて必要

な活動をしていただきたいと思います。

○常田座長 よろしいですか。

それでは、MMXの議論を終わりたいと思います。

「その他」で最後に1点ございまして、前回、JAXAより、Athena計画において、冷凍機を中心に長年ESAと協力をしてきたにもかかわらず、最終的にESAが日本を切ったというお話があって、Athenaに日本が参加できなくなった、日本のエックス線天文学は今まで輝かしい歴史があったわけですがけれども、これが非常に危機に瀕しているという状態で、本委員会としては、JAXAにESAに対して適切なコメントをしてほしいというのを申し入れたところであります。その結果どうなったか、JAXAから御報告いただきたいし、まだなら今後どうするつもりなのかを報告していただきたい。これは黙って終わらすわけにいかないのです。今まで私はESAとJAXAが協力してどれだけ努力してきたかというのを見てきていますので、それをレター1通で、なくなりましたということは、本委員会として納得できないので、國中先生、お願いいたします。

○JAXA（國中所長） その旨、先方に申し入れまして、しかるべき筋から事のてんまつを御報告いただきたいということは申し入れておまして、メールがないので確認はできないのですが、既にお返事はいただいている、ヨーロッパの事情で日本の御提案を受け入れることはできない状況になったという報告と、科学面での引き続きの協力関係は進めていきたいという趣旨の返事をいただいております。

また、先ほど少し申し上げましたけれども、今週、ESAのモレル局長一行が来ておまして、今日の午後、相模原訪問ということになっていて、その席でもそのことは話題になる予定であります。

○常田座長 今の申し出は、國中所長からESAの科学局長に申し入れたと。

○JAXA（國中所長） しております。それから、テレホンもマンデル局長とお話しておいて、我々としては大変残念に思っている、リストアポイントだということは言っております。

○常田座長 JAXA理事長から向こうには何か言っているわけではないのですね。

○JAXA（國中所長） 理事長レベルでは特段はやっていないのではないかと思います。

○常田座長 今後の科学協力の内容なのですからけれども、せっかく「XRISM」でエックス線天文学が挽回しているところ、その後が完全にドアを閉ざされた状態になって、エックス線コミュニティは激震が走っておるわけですね。これまで10年にわたって積み重ねてきて、JAXAは国費もかなり使っています。今日の午後あるということなので、結果が出ればいいという話ではないですがけれども、要するに観測時間がないと話にならないのですね。その辺を含めて、こういう

事態になってやれることは限られているかもしれませんが、JAXAのほうで山川理事長ともよく話していただきたいということでもあります。また次回報告をお願いします。

○JAXA（國中所長） はい。

○常田座長 今日は、予定していた議題はこれで終わりますが、そのほか何かございますでしょうか。

では、ちょっと時間を過ぎていますが、事務局からお願いいたします。

○松本参事官 先ほどもお話がありましたが、次回の探査小委は1月ぐらいで調整させていただきたいと思っていますので、また事務的に御連絡を差し上げます。よろしくお願いいたします。

○常田座長 それでは、今日は閉会といたします。ありがとうございました。