

第66回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和7年4月28日（月） 13：00－15：00

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、篠原委員、杉田委員、関委員、永田委員、野村委員、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、三木参事官

（3）関係省庁等

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課

梅原課長

文部科学省研究開発局戦略官（宇宙利用・国際宇宙探査担当）付

原田戦略官

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（ISAS）

藤本所長

澤井副所長

川崎理事補佐

鹿野特任教授

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

東京大学

諸田准教授

○常田座長 委員の先生方が集まりましたので、「宇宙政策委員会 宇宙科学・探査小委員会」の第66回会合を開催いたします。

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。

議事に先立ちまして、事務局より連絡事項についてお願いいたします。

○三木参事官 4月に宇宙科学・探査の担当参事官に着任しました三木と申し上げます。何とぞよろしくお願い申し上げます。

本日、杉田委員、関委員、永田委員、野村委員、山崎委員に御出席いただいております。

また、今期より、本日御出席の篠原委員が着任されました。

篠原委員、一言御挨拶をお願いいたします。

○篠原委員 京都大学の篠原と申します。よろしくお願いします。

○三木参事官 ありがとうございました。

また、今期をもちまして大島委員が離任されましたので、大島委員から離任に当たってのコメントをいただいております。私のほうから代読させていただきます。

東京大学の大島まりです。

宇宙科学・探査小委員会にて、平成31年、2019年4月1日から今年3月まで宇宙政策委員会臨時委員として勤めさせていただきました。COVID-19前はオンラインの対面で出席しておりましたが、COVID-19以降は私自身、オンラインで参加することが多かったように思います。本来であれば、委員会の会場で皆様にお会いして、退任のご挨拶をするべきところ、代読での挨拶となりますこと、申し訳ございません。

私は機械工学がバックグラウンドであり、専門は流体力学、特にバイオ流体力学となり、最近ではデータ駆動型の流体力学、画像処理、およびAIを組み合わせた研究に取り組んでいます。そのため、宇宙におけるエンジニアリングや技術的な分野、あるいはデータ利活用などについてコメントさせていただくことが多かったのではないかと思います。

工学の分野を目指した大きなきっかけは、幼少時代のアポロ11号の月面着陸です。そのため、6年にわたり委員会に関わることができて、大変嬉しく思うとともに、大変勉強になりました。現在、宇宙を取り巻く環境は、ビジネス展開も含めて、大きく変化しています。また、政権などが代わり、国際連携の形態も変わってきています。その中で、日本の果たす役割は大きく、宇宙政策に関わる本委員の影響はさらに重要になると考えられます。今後の委員会、そして皆様の、益々のご発展を心よりお祈り申し上げます。

簡単ではございますが、退任のご挨拶とさせていただきます。

以上となります。

さらに、今回から宇宙科学・探査小委員会に参加される方からも一言ずつ御紹介させていただきたいと思います。

まず、文部科学省宇宙開発利用課、梅原課長よりお願いいたします。

○梅原課長 4月1日に嶋崎の後任で宇宙開発利用課長に着任いたしました梅原と申します。よろしくお願いいたします。

○三木参事官 ありがとうございました。

続いてJAXAから、藤本所長、澤井副所長、順次お願いいたします。

○JAXA（藤本所長） 4月1日より所長になりました藤本です。

いろいろな課題があるけれども、それらに対して真正面から向かい合って解決していきたいと思っています。そのため、今年度から、副所長を2人体制にし

ました。今日は来ていませんが、津田が一人で、もう一人は澤井です。はやぶさ2、SLIMで活躍したメンバーを登用しています。

○JAXA（澤井副所長） 副所長の澤井です。よろしくお願いいたします。

副所長が2人ですけれども、私のほうは主に技術的なところを見ることになっています。

よろしくお願いいたします。

○三木参事官 ありがとうございます。

それでは、本日の議題ですけれども、

（１）宇宙科学予算についての報告

（２）宇宙技術戦略の改定に関する報告

（３）技術のフロントローディングによる赤外線センサ（InGaAs）宇宙用化・高性能化 開発状況報告

（４）月面からのサンプルリターンに関する報告

（５）ポストISSに向けた利用の充実に関する検討状況の報告です。

資料に不備等ありましたら事務局までお申しつけください。

それでは、議事に入ります。

ここからの進行は常田座長にお願いいたします。

○常田座長 ありがとうございます。

さっきの大島先生の退任の挨拶にあったのですけれども、本委員会の役割というのが、科学の議論にとどまるのではなく、やはり政策に反映していくというところが大事であるということです。NASAやESA、諸外国の割合に比べて、日本の宇宙科学予算はまだ大分少ないです。そういう中で我々が今後どうしていったらいいかというのを、宇宙政策委員会に提言していけるような議論ができる委員会でありたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

それでは、議題の（１）「宇宙科学予算についての報告」ですが、資料1について文部科学省から報告をお願いいたします。

<文部科学省より説明>

○常田座長 ありがとうございます。

それでは議論に移ります。御質問、御意見のある方はお願いいたします。

まず関委員。

○関委員 御説明ありがとうございます。

私からは、技術のフロントローディングについて特にお伺いしたいのですが、技術のフロントローディングは、最初のページにあったMMXの立ち上げ時とかにも重要な役割を果たしており、これからいかに魅力的なミッションを

実効的にやっていくかという点ですごく重要だと思います。前年度と同じだけ額が確保されたというのは喜ばしいことと思う一方で、現在、円安とか物価高とかがある中で、本当に必要な額を確保できているのか、今後増やす必要があるかという辺りをJAXAから御回答いただければと思います。

以上です。

○常田座長 藤本所長。

○JAXA（藤本所長） 金額が足りる足りないということを直接お答えするのは難しいのですが、できるだけ魅力的な計画を上げていきたいと思っています。実際、ちょうど2024年度で5年間かけて終わったテーマが5つぐらいありまして、それについてはまとまった御報告もいつかの時点でさしあげるのがいいかと思っていますけれども、私自身はその報告を受けており、かなりいい感じで仕上がってきているので、やはりこのプログラムは適切であったと思います。ですので、金額が満足かどうかというのはお答えを差し控えさせていただきますが、今後とも将来を見据えた上でいい提案を出していきたいと考えます。

○関委員 ありがとうございます。

この辺り、本小委員会でもどういう規模のものが本当に将来の宇宙科学・探査のために重要か議論できればと思いました。

以上です。

○常田座長 ありがとうございます。

野村委員。

○野村委員 説明いただきましてありがとうございます。あと、教育のほうにも力を入れていただいているとのことですが、引き続きどうぞよろしくお願いします。

1つ質問は、LiteBIRDに関してですが、今年の秋ぐらいをめどに方針をどうするかを決めるという話だったと思うのですが、途中経過など少しお聞かせいただくことをお願いできますでしょうか。

○常田座長 藤本所長。

○JAXA（藤本所長） 去年の夏頃に基本的な検出器のことを担当していたKEKが抜けるということになりまして、これは非常に難しい観測で、いい検出器をつくれるかどうかというのが根本ですので、大きな衝撃は走りました。けれども、その後、リーダーシップも変更して、より若手でかなりやる気のある方たちが、とにかくこのCMBという分野、背景放射を測る分野の人類科学史における意義ということをきっちり理解した上で、今この瞬間日本がやらなければいけない観測は何なのだとすることを突き詰めて、よりシンプルな計画になっています。

かつ、検出器に関しては、今まではアメリカからの提供ができないか探っていたのですが、そうではなくてヨーロッパから提供いただく方向も検討

し始めています。御心配いただいているのは多分去年の秋とかの段階、あるいは冬の段階ではないかと思われ、この頃はかなり雲に覆われていたような状態だったのですけれども、今は晴れ間が出始めたところです。何よりも、より若い世代の人がすごくやる気を持ってやっていて、これは日本に限らずヨーロッパのチームも含めてなので、現段階ではかなり上げ潮になっているかなと感じています。

○野村委員　ありがとうございます。

○常田座長　ほか、どうでしょうか。

山崎委員からお願いします。

○山崎委員　ありがとうございます。

私も技術のフロントローディングに関して質問させてください。

また別途詳しく御報告の機会があるかもしれませんが、今ここで項目として挙げてくださっているサンプルリターンのカプセル技術に関しては、今後どのようなサンプルリターンを見越した技術なのかというところを教えてください。月のサンプルリターンなどもありますけれども、その辺りを見越したもののなのか、一般的なもののなのか、もう少し教えてください。

また、惑星保護に関しましてもとても大切な技術になっていくと思うのですが、どのレベルまでを国内として満たそうとお考えでしょうか。それと、今後の火星などの有人探査においてもきちんと耐え得るものを将来的に目指していくという方向性なのか、目指しているミッションの部分をもう少しイメージを教えていただければと思います。

○JAXA（藤本所長）　まずサンプルリターンですけれども、基本的には2つ方向性があります。カプセルそのものとカプセルを地上に届けるための技術という2つの方向があります。

前者に関しては、より遠くから、つまり突入スピードがより速いものについて、どのような技術が必要なのかということですが、日本ではすごく大きなカプセルを作ることではできませんので、リソースを膨らませない範囲内で、より速度の高い再突入に耐えるにはどうしたらいいのかといったことが一つの方向性です。

サンプルリターンという意味では、カプセルだけではなくて、地上に届けるための技術も必要ですが、それについては、何度か御紹介しているかもしれませんが、ハードシェルではなくて、ソフトエアロシェルを使う方法で、より小規模なものを地上に届けるのであれば、より簡便なやり方を、特に火星着陸を意識して開発してきたということがあります。その技術に関しては、現在、宇宙戦略基金による支援が進められており、そちらにハンドオーバーする形で移行されようとしています。

惑星保護については、今申し上げたように、もともとはMMX、火星の衛星からのサンプルリターンであっても、火星の近くにいる天体であるから注意深く対応しなければいけないというところから、より本格的に検討し始めました。今では先ほど申し上げたように、日本の火星着陸探査というのが視野に入りますので、火星着陸ということを視野に入れて技術検討しているということになります。

○山崎委員 承知しました。

全てではないですが、こうした技術のフロントローディングと、宇宙技術戦略、あるいは様々な基金などもありますけれども、その辺りが有機的に結びついていく必要があると思いますので、ぜひ次回、フロントローディングなどを説明くださるときには、その辺りのつながりも意識して教えていただければ幸いです。

ありがとうございます。

○常田座長 技術戦略や基金とフロントローディングの関係を少しはっきりさせるのと、これらの資金とJAXAの宇宙理学委員会が差配している運営費交付金から出ている戦略的開発研究費、科研費との違いをある程度理解しておく必要があると思います。ありがとうございます。

永田委員。

○永田委員 冒頭の関委員からの質問にも関連するのですが、一番最後の基盤的経費が昨年度並みという金額になっていて、環境の状況というか、端的に言えば人件費は人事院勧告で増えるわけです。海外で活動すると、海外での価格高騰の影響が大きく、国内でも価格は上がりつつあるということで、特に大気球観測なんかは結構活動していますから、その辺の価格高騰の影響もかなりあるのではないのかと思います。ですので、前年並みの金額でできる内容は少なくなり、ほぼ減額になるということです。ですので、ベースアップ的に金額を増やして初めて昨年度並みの活動ができるというのが一般的な状況だと思うのですが、これが昨年度並みの金額になっているというのは、実質宇宙研の基盤的な活動に対する評価がネガティブだったのか、あるいはポジティブなので昨年度並みの金額を確保できましたという理解になるのか、基本的にどちらの考え方なのでしょうか。

○常田座長 文科省、お願いいたします。

○文部科学省（梅原課長） JAXAは、交付金全体で言いますと3億円ぐらいの減になってございます。その中でこの項目は維持されておるといようなところでもございまして、こういった学術研究の部分をしっかり維持しないといけないというところの問題意識は強く持っているところでございます。

ただ、一方で、おっしゃるように様々な経費も上がっておりますし、他の研究

機関も含めての課題ではございますけれども、基盤的な部分を確保していかないといけないというところはしっかり問題意識として持って予算要求に挑みたいと思っております。

○永田委員　ありがとうございます。

これは宇宙研だけに限った話ではなくて、もう大学も含めて全部同じような状況になっていると思っております。僕が関わっているプロジェクトも、評価が物すごくポジティブなので昨年度並みにしますというようなシステムになっていて、普通の評価だと減額がデフォルトです。学術教育全体にこういう雰囲気があるのはいかかなものかなと思っておりますので、何まなければベースアップというような予算のつけ方になっていく必要があるなといろいろなところで常々思っております。

○常田座長　ありがとうございます。

篠原委員、お願いします。

○篠原委員　初めて参加するので、的外れなことを言っていたら申し訳ありません。

2つお聞きしたいのですけれども、戦略的海外共同計画が3つほど挙がっていますが、単に私の興味なのですが、海外の総予算というのはオープンになっているのでしょうか。要するに、海外の総予算に対して日本としてどれだけ貢献しているのかが見えると、もう少し日本の費用対効果も見えてくるのではないかと思ったのです。

○常田座長　主担当するエージェンシーの予算総額に対する日本の割合ですね。

○篠原委員　そうです。大体で構いません。

○常田座長　正確なものは後で御報告いただいて、全体的な析で言うとうどうですか。

○JAXA（藤本所長）　1番（Hera）、3番（CometInterceptor）は数百億円という話で、2番（Roman望遠鏡）はおそらく数千億円です。ですので、コストという意味では、数%または、それ以下という感じです。

けれども、これは是非参加してほしいと言われて参加しているということが非常に大事だと思っております。金額規模があって、金額規模に応じてどれだけのメリットがありますという議論に全くなっております。日本は是非ここに参加してくれという要望を受ける形で参加していますので、かなりの発言権を持って、いずれの計画にも参加していると考えます。

○篠原委員　分かりました。

あともう一つ、先ほどから御議論のある学術のところ、私も非常に重要だと思っております。逆に大学から見ると、基礎に対する研究の割には結構金額が大きいと思うレベルなのですが、今度は逆、内部の内訳、要するに教育的な

ところにどれぐらい使う予定で、ロケットや気球等々にどれぐらい使う予定だみたいなものは提示していただけるのでしょうか。

○常田座長 宇宙研のほうで答えてくれますか。本委員会としては、個別の予算が幾らで多い少ないという議論は多くの意見が出てくるため、あまりしてきませんでした。それではなくて、その元となる政策的なところを審議していくという形でやっているのです、この中でブレークダウンしていくらかというところは基本的に議論していません。宇宙科学研究所のほうで全体の趣旨を捉まえてやってくださいということです。

○篠原委員 分かりました。

最近、日本全部で若手の研究者の元気がなくなっていて、なかなか育たなくて、結局日本の国力が落ちているという流れの中で、是非、教育にたくさん使っていただきたいと思っております。

○常田座長 ありがとうございます。

私から、SOLAR-Cについて、一言。SOLAR-Cは、イプシロンSロケットでの打上げを予定しています。イプシロンに2回不具合が起きており、NASAのほうも懸念していると思うが、その見通しを藤本所長、お願いします。

○JAXA（藤本所長） まだ検討中ですので詳細は申し上げられませんが、NASAがそういう懸念を持っているということはよく分かっていますので、密にコミュニケーションしながら打開策を見つけていこうと今、動いています。

○常田座長 これは宇宙研の責任ではなくて、ロケットのほうがまずしっかりしなければいけないということです。そこと連動した話ですが、本委員会としてはSOLAR-Cの状況については次回以降少し詳しくお聞きしようかなと思います。

それから、Romanなのですけれども、日本の貢献で一つ大事なものが資料に抜けています。これを立ち上げたときの経緯で、すばる望遠鏡の観測時間をNASAに渡すことになっています。すばる望遠鏡で一晩観測すると約1000万円ですので100晩で約10億円のコントリビューションで、それが一番日本からの貢献で大きいです。これは公開資料になりますので書かないともったいないと思います。

○JAXA（藤本所長） これは多分JAXAがやることしか書いていませんので、本当に失礼しました。

○常田座長 国立天文台では、NASAと独自のMOUを結んでやろうとしたのですけれども、NASA側から、日本からの貢献は地上、宇宙を問わずに全部JAXAで取りまとめてくださいということで、JAXAのMOUの中に国立天文台の貢献が入っていますので、次回以降、よろしくお願いいたします。

あと、フロントローディングのところでいろいろな意見が出たのですけれども、宇宙科学研究所は大学共同利用システムという言い方で、大学共同機関に

準じてやっているのですが、技術のフロントローディングのような開発資金を持っているところは他の大学共同利用機関にはありません。技術のフロントローディングとしてそれ自身が事項化されて自由に使える研究費があるというのは、日本の研究機関の中では宇宙研だけであって、しかも7.8億円という巨額のお金がついています。是非、宇宙研のほうで効率のいい使い方を考えてもらいたいと思います。

先ほどもちょっと出たのですけれども、学術研究・実験の一般のところ、さっきの教育のことと絡んで観測ロケット、気球というものが非常に大事です。内之浦の活性化と絡んで、観測ロケットの打上げ機会を増やしていくという話もあったと思うのですが、今年度については同額ということになっており、宇宙研のほうにそういう問題意識があるのでしょうか。

○JAXA（藤本所長） 観測ロケットの数を増やすとか増やさないという議論はあるのですけれども、この金額のままではもちろんできませんので、そこは打開していこうと思っています。

実験場の拡充というのはすごく大事だと思っていて、今日はここには書いていませんけれども、能代ロケット実験場というのも、液体水素の技術のメッカにしようという意味において結構頑張っているところがあります。が、外部からの要求に対して、なかなか内部側の体制がうまく整っていないところがあります。どうしてもニーズが先に来て、それに応える形で体制を強化していく形になると思いますので、宇宙産業が盛り上がっていること、あるいは宇宙で培った技術が水素技術のように宇宙以外の分野でも使われつつあるということを踏まえて、実験場など、なかなか他のところでは提供できないような場を提供するのはJAXAの役割だと思っており、こういった設備は今後は大事にしていくということが大きな論点になると思います。

○常田座長 ありがとうございます。

かなり活発な意見交換ができましたけれども、先生方、ほかに言い残した点とかございますか。

それでは、この議題はこれで終わりにいたしまして、次に（２）「宇宙技術戦略の改訂に関する報告」でございます。

今回の改訂に向けましては、前回の本小委員会でも、技術戦略のローディングに関して審議を行い、内閣府において修正案をまとめていただくこととしました。その後、私も委員長代理として出席いたしました3月25日の宇宙政策委員会で審議の上、取りまとめられております。

それでは、資料2について、内閣府から報告をお願いいたします。

<内閣府より説明>

○常田座長　ありがとうございます。

それでは、質疑をお願いいたします。

永田委員。

○永田委員　ありがとうございます。非常にいい改訂をしていただいたと思います。

特に超小型探査機に適した信頼性設計の考え方を検討すべきであるとか、あるいは超小型衛星という言葉の使い方が全面的に改訂されておりまして、非常に適切な表現になっていると思います。

1つ気になったのが、軌道間輸送機（OTV）のところで、スペースXのような大量に打ち上げるような形態ではなくてということ、この資料でいうと3ページです。本文のほうでスペースXではカバーし切れないというような、別途そういう輸送システムがというようなニュアンスで書いてあるのですが、ただ、僕の理解としては、例えばスペースXのスターシップは地球周回軌道に100トン規模で上げるわけです。例えば静止軌道に1トン上げるという場合でも、スターシップの相乗りで10トンのものを一緒に上げてもらって、そこからはOTVでいくというようなやり方のほうが、むしろ打上げコストが安いのではないかと考えています。、そうすると、OTVというのはスペースXのスターリンクと対峙するようなものではなくて、両方をつなぎ合わせて有機的に使っていくべきものなのではないのかなと考えているのですけれども、そういうことも含めた書きぶりになっているのか説明いただけますでしょうか。

○渡邊審議官　NASAのSLS、スペースXのスターシップでの大量輸送では軌道での制約があるというのは、今まさに永田委員のおっしゃったように、同時に打てるけれども、おのおのの衛星が自らの行きたいところに打ち上げることができないので、その後の輸送のために必要であるということを書いてあるので、まさに永田委員のおっしゃる必要性を踏まえたものと認識しております。

○永田委員　そうであれば結構です。ありがとうございます。

○常田座長　ほかはどうでしょうか。

杉田委員。

○杉田委員　私もこれを拝見しまして、非常によい改訂をされたなと感じているところです。

1点質問は、ここに書いてある月面での計測ですとか探査、資源利用の技術の活用というのが書いてある一方で、有人と圧ローバなどの有人活動も積極的に支援していきますということが書いてあります。それぞれ正しいわけですが、この両方が絡むところはどうなっているのでしょうか。

例えば、改訂のスライドの5ページ、上から2個目に宇宙飛行士が石を調査

しているような絵があると思うのですが、実際にこういうときに使うような探査技術はなかなか今、世界的にも薄れてしまっています。本当は必要だと思うのですが、そういう技術を開発はどう位置付けられているのでしょうか。個人的にはそれは非常に大事なことだと感じています。無人で計測するものも必要だし、それから有人が活動すること、あるいは有人と圧ローバのようなものをつくることも大事なわけですが、そこで連れて行った宇宙飛行士が具体的に月面で何かやるといったときにツールが必要であるが、どのように手当てするのでしょうか。大体は書かれている感じには見えるのですが、ちょっと複数のセクションに跨っているので見えにくいという印象はあります。ここに今回入れなければいけないというほどではないかもしれませんが、もしその内容が読めるのであればこう読めるというのを教えてください、お願いします。もし補足が必要だったら今後考えていただけたらと思う次第です。

○常田座長 山中センター長をお願いします。

○JAXA（山中センター長） ありがとうございます。センターの山中です。

今、先生がおっしゃったことは誠にそのとおりだと思って、文書を改訂して下さる中でもそのことは念頭に置いてくださっているのだと思います。それから、御存じのとおり内閣府さんを中心に足かけ2年でいい整理をしてくださった月面活動におけるアーキテクチャ検討というものも、その有機的なつながりというのは非常に大事ですということをその中で一番上位のほうに書いてくださっていますので、あれもアーキテクチャ全体を通じて見えてきたことなのだと思うのです。

ですので、ここでは例えば月面活動のユースケースを念頭に置いた開発に早急に取り組むというようなことが書いてありますので、意図としては入っているかなと思うのですが、もし先生のほうでもう少し有人と無人の有機的なつながりみたいな部分を明示すべきということでしたら、我々のほうでも検討させていただいて、見直しの中で入れるかどうかを検討していきたいと思います。御意図は真にそのとおりかなと思います。

○渡邊審議官 参考資料1に本体が配られていると思うのですが、61ページのところでもともと月表面探査技術というのがあって、iiの真ん中辺りに例えば「有人操縦と地上遠隔操作の融合技術などを含む」というようなことを書いてあって、ここの部分で月表面の探査技術が重要だということは書いてあります。今回の改訂のポイントで改めて追加したり変更したりということではないので、パワーポイントの資料には入っていないのですが、もともとの技術戦略にはそれなりに書いているという認識でございます。

○常田座長 ありがとうございます。よろしいですかね。

関委員。

○関委員 この委員会でも議論があったところは、うまく改訂して取り込んでいただいています、ありがとうございます。

1点だけ御質問したいのは、資料の3ページにある、超小型探査技術に関して超長距離通信とか、他のところで高速通信と書いてあるのですけれども、本文でも超長距離通信については言及があるのでしょうか。通信はすごく大事だと思うのです。例えば現状、深宇宙に有人探査の取組が広がっているときに、高速通信は国際的にもすごく重要な点だと思うのですが、日本は必ずしも国際的に勝っているわけではないと認識しています。どこに書いてあるかが読み取れなかったので教えていただいてもいいのでしょうか。

○渡邊審議官 53ページの一番下のパラグラフ、技術開発の重要性と進め方という中に、要素技術としての長寿命化、超長距離通信というのを加えたということでございます。

○関委員 たくさん羅列しているところに文言が加わったということですね。

○渡邊審議官 今まで具体的に書いていなかったことを具体化したというのが今回の改訂になります。

○関委員 了解しました。ありがとうございます。

○常田座長 今回の資料2は改訂点のみを書いているので、あたかもこれが項目だと思ってしまっはいけません。これは忘れてしまいがちなもので、両方見なければいけないところです。

ほかございますか。

宇宙技術戦略は、毎年ローリングといって改訂していくことになっています。より重要性の下がったものあるいは進んだものを退役させて、新しいものを入れていくということで、最初に御説明がありましたが、これがいろいろなところで参照されるということです。これがだんだん厚い文書になると、つい我々は見なくなるのですけれども、自分のところをよく見て、またすぐ改訂が来ますから、是非、本委員会では先生方から意見出しをしていただきたいと思います。宇宙科学はいつも改訂して最新になっているという状態がよろしいかなと思います。

個別のことは今、意見を聞いたのですけれども、宇宙技術戦略全般についてよろしいですか。

書いてあるかもしれないのですけれども、委員から少し出ました有人の下での技術戦略、有人で科学をどうやるかという観点がまだあまり書かれていません。それは日本にとって非常に新しいことで、これは宇宙研と山中センター長のほうで一緒にやるようなところだと思うのですけれども、それをどう反映していくか、それは杉田委員がおっしゃったことだと思うのですけれども、一つ大事だと思います。

それから、今日は意見が出なかったのですけれども、最後の地球低軌道のISS関係も非常に大事でして、年間300億円使っていますので、もう終わるということで、全然違う形態に移行するということで、そこについても技術戦略の観点から何を入れていったらいいのか、今、浮いた状態になっているようなところがあるので、これも本委員会だけではないですけれども、本委員会でも議論していきたいと思います。

では、これは終わってよろしいですか。

ありがとうございました。

次に（３）「技術のフロントローディングによる赤外線センサ（InGaAs）宇宙用化・高性能化 開発状況報告」であります。

突然、赤外線センサというのが唐突に出てきた背景なのですが、技術のフロントローディングが始まって、宇宙科学研究所のリーダーシップでいろいろなことが行われたわけですが、赤外線センサの開発という、今まで日本に全くなかったものが宇宙用として使えるようになってきたということで、フロントローディングの顕著な成功例ということで、今日、特出しで御紹介します。だから、赤外線を本委員会として重視しようとかそういうことではなく、サクセスストーリーとして聞いていただければと思います。

それでは、JAXAの鹿野特任教授にお願いいたします。

<JAXAより報告>

○常田座長 ありがとうございます。

質問、コメントございますか。

杉田委員。

○杉田委員 1つコメントと2つ質問したいと思います。

コメントですが、インジウム・ガリウム・ヒ素（InGaAs）は月面の探査や表面の観察にも非常に役立つ波長域なので、こういうものを作っていただけるとすごくうれしいです。水の吸収帯もありますし、いわゆる岩石、シリケートの吸収帯もこの辺りにいっぱい入っていますので、非常に良いです。

質問ですが、赤外線センサは伝統的にアメリカがすごく強くて、日本を含め他の国ではすごく大変で、軍事にも使われるという理由で、なかなか障壁も高いということでしたので、これは何年もかけてよく実現したと思うわけです。今まで難しかったのが今回成功した理由はどこにあるのでしょうか、できたら端的に答えていただきたい。

2個目は、これでせっかくできたものも、なかなか売り先がいかないと産業として長く続かない。ないものねだりな質問というのは分かっているのですけ

れども、他の基幹技術でも同じような問題が出ると思うのです。例えば、なかなか米軍に売るという話にはならないと思うのですけれども、どういうところに売り先を考えているかを、支障がなければ教えてください。

○常田座長 鹿野先生、どうでしょうか。

○JAXA（鹿野特任教授） どうしてできたのかというところは、非常に重要なのが、国立天文台で科研費にて事前に進めていた地上からの天文観測用のセンサ開発だと思っています。産業用ですと、受ける光が多いためにノイズが多くても対応できるわけですが、そこは科研費で進めていた方が非常に低ノイズというところをこだわっていて、担当している国内半導体メーカーとも非常にマッチして、御理解いただけて進められたというところがあると思います。

もう一点のご質問については、チームとしては、需要はいろいろお聞きしています。宇宙ミッションで言うとガンマ線バーストの天文観測をやっているHiZ-GUNDAMからも興味をいただいておりますし、地上観測のところでも、基板除去による放射線への対応というところで、宇宙だけではなくて、地上でも二次放射線がありますので、長時間撮像に基板除去は非常に有効です。

ただし、天文観測としては、現時点の不良画素5%は許容しうるところですが、メーカーの意見としては、まだもう少し先に進みたいという意見があります。なので、現時点ですぐにオープンになるわけではないのですが、非常に重要なことだと思います。

○杉田委員 分かりました。宇宙品ではないところにもこういうものの需要はありと、そういう可能性があるかと理解しました。ありがとうございます。

○常田座長 ありがとうございます。

永田委員。

○永田委員 まずは非常にいい成果が得られたということで、喜ばしいことだと思います。

これがフロントローディングとしての成果であるということをうたうためには、是非その後のプロジェクトにつながっていかないとフロントローディングにはなりませんので、ぜひJASMINEの事業化までつなげていただきたいと思うのですけれども、それに当たって、今、全体的なコスト増が問題になっているという話がありました。これに関連して、フロントローディングの狙いというのは技術開発のリスクを下げるということにあって、これによって大分リスクは下がったと思うのですが、それに応じて全体の経費を見積もるときのバッファは削ってもいいのかと。つまり、バッファを1割積みなさいというのは、たとえばフロントローディングでリスクを下げててもそこは動かないのでしょうかというのが質問の1つ目です。

あともう一つは、これを使って海外ミッションへの参加というのは何か可能

性があるのでしょうか。

○常田座長 要するにフロントローディングでリスクを下げたのに、プロジェクトのほうで同じだけコンティンジェンシを持っていて、予算が高止まりしてしまっていていいのかという質問ですね。

澤井副所長ですか。

○JAXA（澤井副所長） 御質問ありがとうございます。

まずバッファといいますかマージンにつきましては、この開発をやることで、今、想定しているマージンに対応するということです。開発の現場でいろいろなことが起きますので、予定どおりに起きないこともあります。その範囲内に収めるためにはフロントローディングで、まず危ない技術に対処していく必要があるということです。その意味で、これで普通の衛星計画のように安心して開発できるようになってくる、そういうのがフロントローディングというものでございます。

コスト低減につきましても、一般論になってしまいますけれども、同じ機能を果たす衛星をつくるにしても、衛星のつくり方、例えばある部分の機能を豪華にして、その分ある部分の機能を貧弱にする、インターフェースと申しますけれども、そういうところのバランスを取ることで、一般論としては衛星の開発コストというのはかなり変わってまいります。JASMINEでもそういうところはないのかというのが今ここで書いてあるコスト低減というものでございまして、今日の時点でどうこうということではございませんけれども、引き続き検討してまいりたいと思います。

○常田座長 すぐ予算で何億円下がるとかは言えないけれども、確実にリスクが下がって、予算的にもめどがついているということが先生のおっしゃったように非常に大きいので、効果があると思います。そういうお返事ですよ。

○永田委員 通常のバッファでカバーできるところまでリスクが下がったのが成果であると理解しました。

○常田座長 ほかどうでしょうか。

少し経緯を言いますと、宇宙科学研究所のミッションでSPICA、LiteBIRD、JASMINEというのがあって、いずれもセンサが難しかったということで、宇宙科学研究所としては国際協力で実施しようとしてしました。NASA、一部欧州もあったかもしれませんが、国外機関にプロポーザルに出したところ、いろいろな事由で国際協力として実現しなくて、理由は少し違うかもしれませんが、SPICAは消えてしまいました。では、SPICAは学問的価値が低いのかというと、最近NASAのプロジェクトでそっくりのプロジェクトが現れて、全部概念を持っていかれてしまっています。かなり予算もかけて、宇宙科学研究所で10年はやったと思うのです。ところが、ある種の体力不足と、センサのところを押さえて

いなかったことで、こういうことになったのだと思います。

LiteBIRDはさっきちょっと議論しましたが、これもTESというセンサが難しく、アメリカに押さえられているということで、今、立ち上げに苦しんでいます。

JASMINEも、日本にローノイズの赤外線イメージセンサは全くありませんでしたので、当初、宇宙科学研究所は、米国から導入しようと思ったのですが、ドアを閉ざされてしまいました。このため、自主開発に切り替え、これがうまくいったということです。やはり、米国はシステムを押さえ、かつ中枢のセンサも押さええているということで、強いということです。これはさっきの宇宙技術戦略にも何がしかの示唆を与えていると思います。

杉田委員から質問のあった赤外線センサの用途なのですが、今、JASMINEの用途では鹿野先生、長波長側の感度限界は1.6ミクロンないし、1.7ミクロンまででしょうか。

○JAXA（鹿野特任教授） 1.6ミクロンです。

○常田座長 同じ化合物で2.5ミクロンまで行くと思っていいのでしょうか。

○JAXA（鹿野特任教授） はい。

○常田座長 そうすると、少なくとも天文学的にはかなり大事なところをカバーするので、あと惑星科学的にも2.5ミクロンまで行くことは重要と思います。ただ、JASMINEはもうインセンティブがないので、それに向けた開発は違うところでやることもかもしれません。

米国ですと、欧州は赤外線センサの技術が今のところないです。米国も1社、もう少しやっているかもしれませんが、テレダインが主で最新型の4k×4kだとチップ1個でもう四、五億円になります。日本は学術目的には費用の面で買えなくなっていますし、アメリカの研究者も買えなくなっているということで、逆に米国からこのチップに関心があり、引き合いがある状態になっています。1桁安いというのがございます。

よろしいでしょうか。

鹿野先生、ありがとうございました。

次は「月面からのサンプルリターンに関する報告」なのですが、今まで月面3科学と言われるもの、月面天文台、月面地震計というものの御報告を聞きまして、今日はその最後のサンプルリターンであります。

まず、各ミッションからよく話を聞いて理解して、その後これをどうしたら実現できるのかという議論を今回少しして、次回以降つなげてまいりたいと思います。

今日、月面サンプルリターンということで、東京大学の諸田先生においでいただいています。お願いいたします。

○杉田委員 御着席なさっている間に1つコメント。

この資料を見ると分かると思うのですが、私は、この中に関わっております。退席などが必要ないかと事前に相談したのですが、これは審議ではないから問題ないというお話でしたので、席にいらさせていただきます。また、仲間内の関係にあることをあらかじめ言っておいて、その上で議論させていただきたいと思います。よろしくお願いします。

○常田座長 わざわざ丁寧にありがとうございます。議論にも加わってください。

では、諸田先生、お願いします。

<東京大学 諸田教授より説明>

○常田座長 ありがとうございます。

それでは、委員の先生方、御質問、コメントをお願いいたします。

関委員。

○関委員 詳細な御説明をありがとうございます。

私からは2つ御質問があるのですが、まず1つ目は国際的な優位性に関するものなのですが、8ページに月面サンプルリターンの海外動向を示していただいて、本日のお話では、既に持ち帰られているアポロとか嫦娥6号のものではできないということだったのですが、これからアメリカのアルテミスのサンプルリターンとかが恐らくこのミッションより先に行くと思うのですが、マグマオーシャン起源の初生的な地殻岩の重要性は世界的に認知されていると思うので、先にやられるようなことがあり得るのかということと、あとは、一つだけ持って帰って来ればそれで全部解決というわけではないと思うので、国際的に先にやられたとしても、このセンサがどういうふうに強みを持つのかについて教えてください。

以上です。

○諸田准教授 ありがとうございます。

まず、先にやられてしまわないかという観点で言うと、全くないかというと言えないのですが、最初に行くのは極域でして、極域というのは非常に複雑な地質、進化をこれまでたどってきているのです。すぐ隣には巨大なSPA盆地があります。そこから放出してきたものがどさっと乗っかって、その後にも100キロサイズのクレーがどんどんあって、それがひたすらかき混ぜられているところで非常に複雑な地質を持っていて、そこで初生の岩石を見つけようと思うと、かなり練られた装置を持っていかないと恐らくなかなか見つからないと思います。なので、実際アルテミス計画で試料を持ち帰って、どのような極域の

地質になっているかがそこで明らかになると思うのですけれども、その上でどういう装置を持って行って、初生の物質が極域のどこにあるかというのを、次に戦略を練るのだと思っています。そのときには、我々が今、開発しているような装置が威力を発揮するのではないかなと考えております。

○関委員 運がよければ、ある意味持って帰ってこられてしまうかもしれないと理解したのですけれども、一方で、持って帰ってきたとしても、その後そこで探査が終わるわけではないと思うので、この機器とか日本の開発しようとしているものがどう生かされ得るかについても教えてください。

○諸田准教授 科学的な観点で言いますと、まず極域のサンプルで分かる初生的な情報というのは、おっしゃっていただいたようにそれ全てで月の材料物質が分かるとはあまり思っていないです。というのは、月が最初にマグマオーシャンからつくられていったときには、月の裏側から地殻が非常に厚くて、リモートセンシングのデータから見ても、月の裏側からできたというような痕跡が見えていて、極域というのはその中間段階なので、幾つかの領域で今後そういう資源的な物質を取っていくというのが重要になってくると思うのです。その観点で言うと、やはりこの機器がまず大事になってくるというのが一点。

もう一点は、月面活動を続けていく中で、科学と同時に資源探査という観点でもこの装置はまさに使えますので、そういう観点で月面活動に載せていくということが大事なかなと思っています。

○関委員 ありがとうございます。

あまり世界で初めて持ってくるということを強調するよりは、探査と科学のシナジーがとても大事だと思うので、今答えていただいたようなことも含めて説明していただくと分かりやすいかなと思いました。

以上です。

○諸田准教授 ありがとうございます。

○常田座長 ほかどうでしょうか。

篠原委員。

○篠原委員 御説明ありがとうございます。

今やっておられる開発としては、11ページにある顕微分光カメラの方向性を開発していると御説明があったのですが、その前の10ページを見て、二極化していて、大型長距離と超小型化、パラメーターだけ見ると、途端にレーザーのパワーが大きいものと長距離大型、に見えるのですが、数字だけ見るとその中間ぐらい、中型、中距離になりそうな気がしているのですがいかがでしょうか。

○諸田准教授 御指摘いただいたように、質量はレーザーの出力と関係があります。ただ、我々が狙っているのは、火星でこれまでやられてきたようなキュリオシティ、パーサヴィアランスに載っているようなレーザーと同じぐらいの出

力、実際はもう少し出力が強いのですけれども、その能力を保った状態で小型化を狙っているという状況です。

○篠原委員　そこでちょっとサジェスチョンなのですが、どうも最後のページには名前が挙がっているのですが、うちの大学はレーザーでフォトリソグラフィというもので、こんなに小さいものでうん十ワット出せるものを開発されている特別教授がいるのです。もちろん波長とかいろいろな意味で使えるかどうか分からないのですけれども、いわゆるワット・パー・グラムみたいな指標で言うとフォトリソグラフィはすごいらしいのです。聞いたらJAXAと衛星通信のほうでは共同研究していると本人は言っていたのですが、figure of merit、大きくてハイパワー、小さくてローパワー、フォトリソグラフィを持ってくるとこの直線よりすごく上のほうに出そうな気がしてまして、レーザーの高出力、小型化というのはそういう手もうちの大学は持っているようでして、御参考の情報です。

以上です。

○諸田准教授　ありがとうございます。また後で御相談させていただけるとありがたいです。

○常田座長　山崎委員。

○山崎委員　御説明ありがとうございます。

先ほどの御説明ですと、「かぐや」のデータでマグマオーシャンから生成された物質のある程度の分布は分かっているということでした。それは偏在をしているのか、どこかに固まって分布しているのかということまで分かっているのでしょうか。

○諸田准教授　分かっております。まず月面にかなり広域に点在しているということが分かっています。それぞれの領域は数キロメートルぐらいの広がりを持って分布しているということまで分かっております。

○山崎委員　分かりました。

先ほど極域でもそうした資源分布が非常に複雑だというお話もありましたけれども、科学の観点でも、資源利用の観点でも、複数箇所からのサンプルを採取して、それを分析し、必要によってサンプルリターンをすることが大事だということは共通していることなのかなと思います。ですので、こうしたハンディな小型の月面用の技術というのは、宇宙技術戦略でも書かれているように、資源の観点からもとても大切だと思います。

そこで御質問させていただきたいのが、これは全て初期分析をその場でして、この辺りの岩石が有効そうだというのを分かった後は、それを全て持ち帰るのがいいのか、あるいはもう一段階、分析装置などがあって、その場である程度分析できるものなのか、月面あるいはゲートウェイ、月周回のプラットフォーム

などもあるので、そうしたところでの分析が可能なのか、どういうふうを考えていらっしゃるでしょうか。

○諸田准教授 御質問ありがとうございます。

まず、持ち帰るとするのは恐らく科学の観点になると思うのですが、1キロメートルぐらいの領域で露出した岩体の中で、まずは宇宙飛行士の方にいろいろな岩石を測っていただいて、まずその空間的な分布、どれぐらいの分布があるのかというのを理解した上で、どれぐらいの試料を持ち帰るべきかという判断があると思います。

実際持ち帰って地球で分析する分には、1か所につき1～5キログラムぐらいの岩石が持ち帰れば、分析としては十分にできます。なので、そこをゴツゴツ持ち帰る必要はなくて、そこではある程度の広範囲にわたって計測をして、その分布を理解するというのと、その中で何点か1キログラム弱のサンプルを持ち帰ることができれば、科学的には十分達成できるというものになります。

○山崎委員 ありがとうございます。

それはやはり月面であったりゲートウェイのような周回にそうした分析装置を置くというのは難しい、サンプルを地球上まで持ち帰る必要があると。

○諸田准教授 将来的には月面でのラボみたいなものができることによりよいとは考えておりますが、まず初期段階では持ち帰って、地上でしっかりキャリブレーションされている装置でしっかり測るとというのがまず最初ではないかなと思います。

○山崎委員 分かりました。ありがとうございます。

○常田座長 御質疑ありがとうございます。

最初に言いましたようにちょっとだけ全体的な議論をしたいのですが、月面3科学のお話を聞きまして、それぞれ非常に学術的意義があるし、有人ということを考えたときに、人間の介入によって物事がやりやすくなる、成果が大きくなるという論点もそれぞれ出ていたと思います。

前回かその前に報告があったと思うのですが、宇宙科学研究所内に月面・火星科学推進ラインというのができていまして、ここがハブ機能をこれから果たしていくということになっています。

アルテミス計画の全体的な動き、それから宇宙技術戦略、宇宙戦略基金等でのサポート、いろいろなファクターがあるのですが、これをどう進めたらいいかというところで少し意見交換したいと思うのですが、どうでしょうか。関わっているということで、杉田委員どうですか。

○杉田委員 発言が難しいのですが、1個は全体的な話で言うと、JAXAの有人部門と、宇宙研や我々科学者コミュニティが直接開発を一緒にやったり提案をしたりできるのが良いと思うのです。探査センターに仲介や調整を全部

お任せしてしまうのではなくて、もうちょっと現場同士で一緒に開発できるような状況に、今すぐではなくても割と近い将来、月面3科学などを通じて雰囲気醸成する、あるいは体制を整備していくとすることができるのいいのではないかなと感じております。

○常田座長 JAXAで、宇宙研、探査センター、有人部門の3つが関わるわけで、それから研究者コミュニティがあるわけです。そこをどうするかというのはJAXAのほうでコメントいただけないですか。山中センター長と藤本所長ですか。

○JAXA（藤本所長） その辺、問題意識はありまして、参加していただいたかと思うのですが、まず有人与圧ローバをどうするかという話で、NASAと2週間に1回会議をずっとやってきました。その会議では、どうしても開発する技術者同士の話し合いと言うのですか、チェックリストがあってどうだどうだという話になってしまいがちなのですが、有人与圧ローバの議論だけではなくて、アルテミス、科学全体の中で有人与圧ローバの位置付けみたいなことを話しましょうと少し軌道修正して、いろいろな話をしてきました。NASA側から情報を得たりもしています。

そうするともちろん結構面白い話なのです。なので、アルテミス全体の中で有人与圧ローバはこうなのだというようなことを位置付けるようなコミュニティも参加するワークショップをやろうではないかということで4月の頭に開催したら、ピュアにオンラインで結構時差がある中でもそれなりに人が集まりました。日本が有人与圧ローバを出すということは、それほど知られていなかった部分もあるのですけれども、そういったワークショップで情報を出していくと、いろいろな情報が出てきて、日米の間、特にアメリカのコミュニティのコミュニケーションは開始されたみたいないところがあります。

ですので、問題意識がある中でそういった努力を始めていますし、4月に私、所長になったのですけれども、JAXAの理事でもあるので、他の部門の理事の方と、川崎さんが理事補佐でいらっしゃるのですけれども、そういった方とも会話を開始してくる中で、何となく宇宙研は離れているのかなと思っていた部分があるのですけれども、必ずしもそうでもないのかなというところがあったりで、問題意識を持っていますし、進めていけると思っています。

川崎さん、いかがですか。

○JAXA（川崎理事補佐） 国内のほうでも今、宇宙研と有人部門、それから探査センターがまとめて、つい先日、LUPEXの国内ワークショップをやりました。その中ではISASの研究者、それから国内の研究者を集めてやったのですが、LUPEXに限ることなく、今おっしゃったようにアルテミスを含めて今後どうするかという議論を始めています。

その中で、さっき杉田委員がおっしゃったように、現場レベルのニーズの意

見交換といったものと、我々が何をやろうとしているかということ、今から次のことを考えるということをはじめておりますので、その中で活動報告も出させていただきますと思います。

○常田座長 山中センター長、どうですか。JAXAの中の統合したエフォートというイメージでということなのですか。

○JAXA（山中センター長） ありがとうございます。

先生は半分以上御存じでおられながら聞いていらっしゃると思うのですけれども、有人と圧ローバを開発する最初から、もちろん有人と圧ローバはそれぞれが目的ではないので、できてよしというものではない。もともと何のために使うのだというのが、それは開発チームも最初から強く意識しております。もちろんリフトオフの全体重量の制限とか、発生できる電力の制限とか、物をつくっていくとどうしてもどこかには制限はあるのですけれども、その中で何で最大化できるかというのは、ローバチームの肩を持つわけではないのですけれども、彼らは最初からその点については非常に意識してやっております。

本体の開発がどうしても忙しくなり過ぎますので、先ほど先生が御提案された直接対話みたいなものをもっと増やすというのは、是非そうさせていただきたいという意思はあります。我々が間に入っていようが、入ってまいが、それも目的ではありませんので、特にサンプルリターンなんかは、例えば出先をどうするといったか、どれぐらいの能力があると良いみたいな話も具体的にさせていただいていたりとか、開発に直結するような話もさせていただいています。そういう対話をもっと頻度も上げて深さも入れてやっていくのが、有人と圧ローバの開発そのものにも非常に役に立つと思いますので、是非そうさせていただきたいと思います。

○常田座長 原田戦略官、どうぞ。

○文部科学省（原田戦略官） 文部科学省の原田と申します。

アルテミス計画に関して、文科省のほうでも推進をさせていただいている観点から、こちらのほうでも国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会という宇宙開発活用部会の下にある小委員会のほうで、宇宙探査、特にアルテミス計画を中心とする月探査の在り方のような検討も昨年度もさせていただいているのですけれども、今、山中センター長、川崎理事補佐、藤本所長のほうからもあったとおり、JAXAのほうでも例えば有人と圧ローバは何をやるかとか、あるいは有人ならではの科学は何かといったようなところの検討は、まだ第13期の小委員会は立ち上がっていないのです。けれども、こちらのほうでも立ち上がり次第、JAXAともコミュニケーションさせさせていただきながら、サイエンスコミュニティのほうともコミュニケーションしながら、そういった観点でもまた議論したいと思っております。

○常田座長 さっき藤本所長の言いましたJAXAの有人部門とNASAで主催したZoomのシンポジウムがありましたね。部分的に出席したのですが、ちょっとびっくりしまして、NASA側の研究者の有人と圧ローバへの関心の高さ、これを使って俺はこういうことをやりたいという発表があって、日本側も対応する発表があって、非常に面白かったです。今あれがやっと始まったというところなのですかね。

杉田委員。

○杉田委員 ありがとうございます。心強いコメントをいただきまして大変うれしく思います。

もう一個付け加えます。有人と圧ローバにしても、アルテミス計画にしても、日本人の宇宙飛行士にしても、かなりの予算をかけて、結構期待も背負ってやっていくと思います。端的に言うと、そこで宇宙飛行士が月面に降りて地球に帰ってきた後、「あなたは月で何をしましたか」という趣旨の質問を受けることになります。そこでその宇宙飛行士が何を話すかはその人の自由というか、そこで決めてもらえればいいと思うのですが、その裏には日本で何をやらうとしたかというのが結局は表れてくるわけです。やっていないことを、私はやりましたと言わなければならない状況や、すごく薄っぺらいことをやりましたと言わざるを得ないようにするのは宇宙飛行士にとってすごく残念なことです。そのような場で、言ってもらえる材料を我々みんな考えて、「よくやってくれた」と思われるようにしたいのです。我々も、視聴者みたいな感じで見てみると、「あの宇宙飛行士がやってくれたのだな」と思うのだけれども、もうちょっと引きで見ると、日本の宇宙科学ないし開発者全体でやったことの反映になるわけです。そこで宇宙飛行士が何を言ったかが実質的にJAXAの発表のようにもなるし、具体的な技術の説明にもなり得ます。このイメージを皆でつくっていくような感じで現場が動くようになると、納税者も「よくやってくれたな」と思って支持もしてくれるし、国際的にも尊敬が得られて、信任が得られていいなと思います。その宇宙飛行士のコメントがどうなるかというのが一つの重要なイメージになるのではないかと思います。ここは言い過ぎかも分からないのですが、それが今後の指導原理の一個に入れられるといいかなと思っています。

○常田座長 今、非常に大事なことをおっしゃっていただいたのですが、有人探査によってすばらしい科学的成果が得られたと国民に見せていくことが重要であると思います。宇宙飛行士に十分仕事をしていただくことが非常に大事ということです。そうすると山崎委員に何かコメントを求めるのですが、いかがですか。

○山崎委員 有人と科学と探査と、両輪といいますか一緒にやっていくことが

大事だと私も思っていますので、よろしくお願いいたします。

○常田座長 あともう一つ議論したかったのは、月面3科学です。松井先生が座長だったときに、当時の藤本副所長らと一緒に、この3科学の概念を本委員会を出していったと思います。それを今見てみると、それぞれ非常に重要な、欧米基準で見ても非常に大事なものを含んでいます。私は、月面3科学とその他と言っていて、3科学だけでその他を排除する姿勢ではなくて、その他もいいものを拾える枠組みが必要と思うのですけれども、その辺は委員の先生方はどう思っておられますか。取りあえずこれをやればいいのか、この他にもいいものがあるのかとか、その辺はどうでしょうか。

関委員。

○関委員 ありがとうございます。

この3科学以外にも、これまでJSECさんのほうでフィージビリティスタディは他にもやられているので、科学コミュニティからの興味という意味ではもっと広いポテンシャルはあると思います。

一方で、この3科学のお話を聞いていて私が気になっているのは、おのこの3科学が有人と圧ローバを意識して検討しているのはよいのですけれども、3科学の間の独立性が高過ぎて、お互いあまり連携していない感じがいたします。一方で、アルテミス3 y 4の公募は別途進んでいて、せっかく科学のほうでいいものを考えても、国際宇宙探査は別の枠組みで進んでいるようなことにならないのが望ましいと考えます。先ほどそうならないための国際ワークショップも始まっているという話はありませんでしたが、3科学が、どういうタイムラインで、どういうロードマップで進めていくかというのがまだよく分かりません。今のところ3科学が各々こうしたいというのは示していただいたのですけれども、それを年表とかロードマップに落とし込んでいただくと、よりコンセンサスを得やすくなると思います。そのときにその他の科学としても節目節目ではパブリックコメントとか、あとは他にもフィージビリティスタディの公募をかけるとか、時々刻々と国際情勢は動いていますので、新しいアイディアを取組む努力も並行してやっていくとよいだろうと思いました。

雑多な意見ですけれども、以上です。

○常田座長 大事な点です。

杉田委員、お願いします。

○杉田委員 幾つか大事な点が出たと思うのですけれども、それに関連してプラスで、1つは例えばアルテミス3、4の公募は出ていて、宮本先生中心のLDAなんかは採用されていて、すごく喜ばしいわけですが、あれは月面3科学の中心に入っているわけではないわけです。そこはいろいろな形で先鋭的なよい提案を出して実現したと。

アルテミス4に関しては、月面3科学の2つは地震とLIBSは提案していて、それが通るかどうかわかるといって、競争率がすごい高いので予断を許さないと思うのですけれども、そのところは打上げ機会を見ながら進めているという形なのかなとは思っています。ただ、日本で全部決めることもできないので、こちらのほうで日本独自でやっていくものと、国際協力でやっていくものと、両にらみでやるのかなとは思っています。

その他のことに関しては、これが一押しですみたいなことは言うべきでもないし、なかなか今、思いつかないのですけれども、もし3科学のほうが一つ一つ進展していったら、フロントローディングで育ってきた歴史があるので、そこに適宜よいものを入れて、今回の3科学と同じような形で育て始めるというような、まさに関委員会がおっしゃった線表のような形で入れる節目を設けておくというのがいいやり方ではないかなという気はしております。

○常田座長　ありがとうございます。

アルテミス3のサイエンス公募の日程がアンビシャス過ぎて、あのスケジュールでいくかどうかちょっと不明確ですけれども、いずれにしろ準備が始まっているということで、日本としてもマイルストーンをちゃんと持っておくべきではないかというのは関委員会もおっしゃっていたところです。この辺をぼんやりしていると、将来日本の有人と圧ローバがアメリカにだけ使われることになりかねません。藤本所長もそういう心配をしていたと思うのです。

今日ではなくていいのですけれども、今日の議論を基に、JAXAとしてどのように対応していくか、枠組み的なところです。個別ミッションのどれがいいという話ではない形で、出してもらいたいのですけれども、山中センター長、どうでしょうか。

○JAXA（山中センター長）　まだ何も具体的に決まっているわけではないのですけれども、1つ考えていることをこの場でお話しさせていただきたいと思います。

先ほど関委員会、それから杉田委員からもいただきました、3科学以外に例えば月面の環境を測るとか、昔からの言葉で言うと宇宙天気予報、将来の有人活動においても特に重要になってくるその先の安全にも関わってくるような宇宙天気予報的な予測の話もありまして、他にもたくさんその要素はあります。そういうものも3科学以外に可能な範囲で我々としても支援させていただいているのですけれども、私個人で思うのは、大事なものは、平たく言うと機会、オポチュニティだと思うのです。ここで今、フロントローディングでFS0させていただいて、その次が有人と圧ローバとなると、突然ジャンプアップしてしまいます。

それに対して、アメリカは御存じのように年2基、CLPSというものを上げていて、2基上げるということを宣言することによって、みんなそこに予見性を

持てますし、そういう機会があるのかなというのを先に知っていて、機器の開発もありますし、最終的な実際使うものに対してどうつないでいくかというようなことが段階的にできるような状況になっていると思っていて、いろいろリソースの制約があるとは思っていますけれども、何らかあれに近いとか日本的なものがあるべきではないかなと。それによって機会がたくさんあって、そして最終的な実用の有人与圧ローバのところにつながっていくという、そういう途中をつなぐものがないと、突然あそこには行けないのではないかなと思います。

○常田座長　ありがとうございます。

今日はこの辺りでこの議論は終わらなければいけないのですけれども、非常に重要な御意見が先生方、JAXAから出ましたので、事務局と相談し次の議論の方向性を検討いたします。

○JAXA（藤本所長）　こういう話は山中センター長とよくやっているのですけれども、打上げ機会は2種類あって、海外主催のものと日本で確保するものだと思うのです。多分議論は、日本で確保するものに関してはできるだけ戦略的だということなのですけれども、海外が主催する機会に関しては、軽くて面白いものなので、開発者側の工夫に依存するのかなということになると思います。

○常田座長　今日の議論を事務局のほうでまとめて、次の回に今日の議論を反映した議案を設定して、具体的にどうやれば月面科学が全体の中で実現していけるかというところをもう少し深掘りしたいと思います。よろしくお願いします。

最後も大事な話題でありまして、「ポストISSに向けた利用の充実にに関する検討状況の報告」ということで、文科省の原田戦略官、お願いいたします。

<文部科学省より報告>

○常田座長　ありがとうございます。

質問、コメントをお願いいたします。

山崎委員。

○山崎委員　御説明どうもありがとうございます。

ポストISSの広範囲にわたってまとめてくださいますと、まさに利用拡大に向けた取組を、今、国際宇宙ステーションがあるうちからこうした施策をどんどん進めていくことがスムーズなハンドオーバーになると思いますので、ポストISSの枠組みを検討するとともに、並行して今のISSをどう利用拡大できるかという点も含めて、引き続き是非お願いしたいと思います。

その点でコメント兼質問なのですが、やはりISS、プラットフォームが

低軌道にあるという意義は非常に大きいですが、例えば実験などを考えたときには、人がいることによって安全審査が厳しくなったりする、どうしても制約となってしまう面もあるかと思います。ですので、こうした新たなポストISSの低軌道プラットフォームをつくるときには、日本として独自の自律性を持っていくことが大切であって、今まで培ってきた知見を含めて、例えば実験における安全審査ですとか、誰を搭乗させるというときの搭乗員に対する条件ですとか、その辺りを極力アメリカに全て任せるのではなくて、日本としても自律性をできるだけ持つような形で是非調整をしていただきたいと思います。その辺りの調整状況がもし進んでいたら是非教えてください。

あともう一点なのですけれども、参考資料のほうの35ページ目に低軌道の市場規模というコンサルの資料があります。試験・実証・研究開発も伸びていくという予想ですが、宇宙旅行が今のISSの利用を見ている民間利用を見ているやはり大きい、これからますます大きいというのはあると思います。ですので、ここに対して日本がどのように取り組んでいくのかというところはまだまだ議論ができていないのかなと思いますので、ポストISSのプラットフォームでまずできるだけ自律性を持った上で、こうした宇宙旅行事業に対しても、日本としても知見を培えるような枠組みも検討されてはいいのかなと思います。

以上です。

○文部科学省（原田戦略官） コメントと質問ありがとうございます。

自律性の件はまさにおっしゃるとおりでして、日本として「きぼう」で培ってきた有人技術もごございます。これもしっかり将来にわたって継続させたいと思っているのは事実でございますが、もちろんある程度の自律性とか、搭乗条件とか、日本の主観がある程度生きるとは考えております。けれども、現状、CLTに関しては、具体的なインターフェースの調整が実はあまり進んでいないというのが現状でございます。ここは今の米国の政治状況もございまして、NASAの長官がまず決まっていないとかです。

宇宙旅行につきましては、私あるいは文科省、あるいはJAXAとしてもなかなか言いづらいかもしれないのですが、ここは恐らく民間事業者の方、CLTにつながってやろうとする事業者さん本体でも、もちろん宇宙旅行をイメージされているバストさんとかもそうですし、当然それに連なるような日本の事業者さんは、恐らくそういったビジネスを考えていらっしゃるだろうと思っておりますので、そういったいろいろな将来ニーズみたいなものも、可能であれば我々の小委員会、あるいはこの小委員会も含めて、様々な意見もあるという形で御紹介をさせていただければと思います。

○山崎委員 ありがとうございます。

○常田座長 今のことは大事な質問だと思います。小川部長どうですか。

○JAXA（小川部長） 今、原田戦略官に御説明いただいたとおりなのですが、JAXA側としても、ISSが動いていると同時に、ポストISSの準備もしなければいけません。いきなり急にこの日から「きぼう」を終わり、次から違うものと切り替わるわけにはいきませんので、当然事前のところからお客様利用需要を開拓する、そして日本の企業の底力も上げていくといったこともやっていかなければいけないので、まさに今こういった活動を一個一個我々の中で重点項目をつくって、利用需要のお客様を開拓する、そして多様化させる、そしてさらに日本の企業の次につなげる体力をつけるということの作業をしております。

その中では、当然勝てる利用サービス、我々は今まで「きぼう」の中ではたんぱく質とか細胞培養、あるいは小動物のミッションといったところで、米国よりも少し一歩進んだような技術サービスを培って民間に移管してきたけれども、それが5年先、10年先にもそのお客様がついてこられるか、そういったことを見ながらどれを残していこうかという議論も今まさに文科省さんと一緒にやろうとしているところです。

少し補足させていただきました。

○常田座長 8ページの資料で、右側のポストISSのスキームで、日本もアメリカも民間事業者同士が最終的なインターフェースになっているのが心配ですと前に言いました。左のスキームだと、やはりNASA、JAXA、MEXTというのがあって、政府間の大きな枠組みの中でやっていたのが、右のポストISSの絵だと全部民間同士になって、そこに投資している国の関与がこのスキーム上見えないのです。だから、今出たようなことがちゃんと反映されるのかというのがちょっと分かりづらいと感じるのですけれども、山崎委員の御発言の中にはそういうところもちょうとあったと思います。

もう時間がないのですけれども、ほかはどうですか。ISSは非常に大事です。永田委員。

○永田委員 13ページにある萌芽的な研究に研究者が参入していく具体的なスキームについてなのですが、例えば企業が研究開発投資として実験機械を買い取るとか、あるいは国が競争的な枠組みとして、ここでの実験機械をセットにした研究公募を出すとかいろいろあると思うのですけれども、大体どんなことが想定されているのでしょうか。

○文部科学省（原田戦略官） 現時点なのですが、両方と考えていただいているかと思います。基本的に今やっている「きぼう」のプラットフォームと、いわゆるフラッグシップのような枠組みというのは、恐らくポストISSになっても継続するであろうと思いますし、他方で、ポストISSを狙っている民間事業者さんの中には、基礎研究サービスみたいなことを提供しようということを狙っている方もいらっしゃると思いますので、同時並行になるかもしれませんが、そこは

引き続き整理をさせていただければと思っております。

○永田委員 ありがとうございます。

じきに機会を国が買い取って、アンカーテナンシーの役割も果たすというような理解でよろしいですか。

○文部科学省（原田戦略官） はい。

○永田委員 ありがとうございます。

○常田座長 ありがとうございます。

時間をちょっと過ぎてしまいましたので、本件の審議はこれで終わりたいと思います。

ISSについても本委員会で随時議論してまいりたいと思います。

本日の議題は以上でございますが、委員の先生方から他に何か追加の御意見、御質問等ございますでしょうか。

風木局長、最後に一言お願いいたします。

○風木局長 ありがとうございます。

今日、5つのとても大事なアジェンダをやっていただきまして、宇宙科学・探査をめぐる令和7年度宇宙科学予算について、特に基盤的予算の重要性がますます高まっているということかと思えますし、2番目に宇宙技術戦略を改訂いたしまして、これが毎年アップデートできるような体制になってきました。それから、技術のフロントローディングについての好事例の紹介、そして月面については、月面3科学がこの小委員会での本当に成果で、これが具体化している中で、今日も御指摘があったように、科学と探査と有人をセットでしっかり今後進めていくべきだというのは、まさに宇宙政策委員会での議論そのものにもなってくると思います。それから、月面からのサンプルリターンについては、科学のみならず資源にも活用できるというコメントが何人かからもあって、非常に全体に大きな有益な話になってくるのかなと思いました。

それから、ポストISSの議論も今、民間に移行するだけでなく、政府やJAXAの役割が重要だということで、一昨年、昨年来から特に重点的に文科省やJAXAで進めているところでございまして、今日の御指摘なども踏まえながら、ちょうどいいタイミングでこの小委員会を開いていただきました。5月からは宇宙政策委員会の審議、そして毎年、政府の予算に関しての重点事項を決めていくようなプロセスが宇宙開発戦略本部でございますので、委員会での重要事項の審議や予算の経費の見積りの審議、そして本部での重点事項の審議を経て、例年5月以降、5月、6月にかけて本部で重点事項を決定いたしまして、その後、各省の予算要求があり、年末に宇宙基本計画の工程表が改訂される、こういうプロセスが今ちょうどいいタイミングで全体の議論をいただきました。今日も線表とかスケジュール感というのが非常に出ていまして、最後の最後は宇宙基本

計画の工程表にどう具体的に書かれていくかというのが政府全体としては非常に大きいポイントでございますので、大変有益な御審議を今日いただいたかなと思っております。まずお礼と、今後の大きな段取りとしてはそういうことになりますので、今後もし是非よろしく願いいたします。

以上です。

○常田座長 今のご発言が本日の審議の大変いいまとめだったと思いますが、文科省は何かございますか。梅原課長は初めて参加しているので、何か所感を一言言っていただければと思いますが、どうでしょうか。

○文部科学省（梅原課長） 予算の話も今回しっかり出ましたので、基盤的な経費の確保に向けて頑張っていきたいと思っております。

どうもありがとうございます。

○常田座長 ありがとうございます。

それでは、事務局から今後の予定などの連絡をお願いいたします。

○三木参事官 次回の開催は未定ですが、夏頃をめどに事務局より日程の調整を御連絡させていただきたいと思っております。よろしくお願いします。

以上です。

○常田座長 それでは、本日の小委員会を閉会いたします。ありがとうございました。