

第65回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和7年1月24日（金） 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、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、松本参事官

（3）関係省庁等

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）

國中所長

川崎理事補佐

塩谷准教授

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

東京大学

新谷教授

○常田座長 委員の先生方、そろいましたか。

局長が遅れて参りますが、始めたいと思います。

定刻前ではありますが「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65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。

本日は、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、杉田委員には、オンラインで御出席いただいております。

本日の議題でございますが

○「宇宙技術戦略のローリングに関する変更提案」

○「月面地震計の開発状況報告」

○「HWO（Habitable Worlds Observatory）に関する報告」

でございます。

まず、事務局から配付資料の確認や諸連絡をお願いいたします。

＜事務局より資料の確認＞

○常田座長　ありがとうございます。

議題１の「宇宙技術戦略のローリングに関する変更提案」に入りたいと思います。

資料としては、１番の「宇宙技術戦略の変更提案について」JAXAから報告となっておりますが、宇宙技術戦略のローリングを１年ごとに行うということで、今回の審議になっております。ここで変更提案いただいたことが、その後、どう決まっていくのか、その全体像を審議官か、参事官に御説明いただきたいのですがいかがでしょうか。

○松本参事官　本日の時点では、資料のとおり、JAXAからの変更提案ということで、資料１のとおり頂いております。

それから、各省からも変更の提案をいただいております。今日、先生方の御意見も伺った上で、最終的にどのような形にするかというところの事務局案を取りまとめまして、政策委員会に御報告し、御審議いただく形を今後予定しております。

○常田座長　まず、変更提案を誰ができるかというところですが、委員の先生方から、ここは直したほうがいい、ここはいかがなものかというものがあれば、もちろん言っていただいて構わない。そのために、しばらく前に事務局から資料も配付されていると思います。

それから、今、参事官からお話があったように、各関係機関、関係省庁等からの修正提案がなされている、ということです。参事官、これは宇宙科学に関する部分だけという理解でよろしいでしょうか。

○松本参事官　はい。宇宙科学・探査の部分が今回の議論の対象です。

○常田座長　今すぐに委員の先生方にどうですかと聞いてもいいのですが、まず、JAXAからボリュームのある変更提案がございますので、それを聞いて、さらに委員の先生方等から修正意見等があれば、お願いしたいと思います。

それでは、JAXA、よろしく願いいたします。

【JAXAから資料１について説明】

○常田座長　國中所長、すみません。

本文がどのように直されているかというところも確認したいので現行の本文では何ページの話でしょうか。

○JAXA（國中所長）　46、47ページになります。具体的な技術要素については、

47ページ目の「技術開発の重要性と進め方」に、技術要素を書き下したいと思っています。

○常田座長 46ページから47ページへの修正意見が、さっきのパワーポイントの2ページに対応している。

パワーポイントだけだと分かりにくいので、本文を見てしまったほうが早いです。

先生方の頭に入っているかというところをよく見ないと、表面的になってしまいますので。

これから、全然違う話題に飛んでいくので、ここで質問があれば、言っていたいていいです。

もう一回質疑の時間を入れますので、後でももちろん構いません。

本文の何ページのどこだということも言いつつ、説明を続けていただけますか、國中所長。

○JAXA（國中所長） 分かりました。

【JAXAから資料1について説明】

○常田座長 線表の変更なのですね。

○JAXA（國中所長） ロードマップのほうは、88ページ目となっております。

○関委員 大きく分けて3つ変更点があると理解したのですが、最初の「超小型探査技術」は、今まで漠然と書かれたところに具体的な技術をかなり加筆したいというのが主な提案だと思ってよろしいのでしょうか。

だから、大枠の方針は変わっていないくて、より具体的にどういう技術開発が必要かという変更だと思ってよろしいのですか。

○JAXA（國中所長） はい。提案としてはそうっております。

○関委員 惑星保護に関しては、本文は49ページに既に書かれていたので、ロードマップの年表だけの変更と理解すればいいのですか。

○JAXA（國中所長） はい。そのとおりだと思います。

○関委員 そうすると、基本的な技術開発の考え方とか方針は変わっていないくて、より開発が進んだ状況に合わせて具体的なことを加筆したいと理解すればいいのですか。

○JAXA（國中所長） はい。こちらの希望としてはそうであります。

○関委員 確認でした。ありがとうございます。

○常田座長 この段階でほかに質問はございますか。

では、一旦次に行っていただきましょう。

【JAXAから資料1について説明】

○常田座長 これではJAXAからの変更提案を説明いただいたわけですが、委員の先生方から質問、コメント等がございますでしょうか。

永田委員。

○永田委員 幾つかあるのですが、全体にわたって申し上げてよろしいですか。

○常田座長 はい。どうぞ。

○永田委員 全体的に非常にいい提案だと思います。

ですので、基本的に賛成なのですが、まず、46ページの小型探査技術を使って、プラネタリーディフェンスに生かしていくのは、Comet Interceptorに似たようなアイデアかと思いますが、これは小型宇宙機の使い方として非常にいいやり方だと思っています。

ただ、特にプラネタリーディフェンスを考えると、日本だけでやるような話ではないと思いますので、これをぜひ国際的な活動として、日本が主導で引っ張っていくことで、日本のプレゼンスを発揮するようなことに生かしていただけるような書きぶりにできないかと思いました。

それから、46ページのiiの重要性と進め方の文章は、冒頭が「超小型衛星は」で始まっているのですが、地球の周りを周回しないものも全部「超小型衛星」と呼ばれていることが前から非常に気になっておりまして、この機会に、深宇宙に行くものは「超小型宇宙機」という呼び方に統一してはどうでしょうかという提案です。

それから、深宇宙軌道間輸送技術の「技術開発の重要性と進め方」で「静止軌道を含むシスルナ領域との共用化」云々の後で、部材高騰などの環境においても低コスト化を実現するための技術の発展・維持について追記したいという提案をいただいておりますが、特に搭載される小型宇宙機の低コスト化に当たっては、使用するキックモーターというか、OTVの低毒推進技術がすごく重要だと思っています。

輸送系の71ページの話では、低毒技術に取り組むと④の上の段落に書いてあるのですが、低コスト化・効率化に非常に有効であることはこちらでも共通して言えることだと思いますので、コスト削減に取り組む手段の一つとして、低毒技術もぜひ入れていただきたいと思います。

取りあえず、以上です。

○常田座長 永田委員、小型衛星はどのように言いましょうと提案されたのですか。

○永田委員 「小型宇宙機」です。

○常田座長 深宇宙に行くものも従来は「小型衛星」と単純に言われていたの

を「小型宇宙機」と呼ぼうということですね。

○永田委員 はい。

なので、そこは「宇宙機」と呼ぶべきだと思います。

○松本参事官 事務局で書きぶりの際に検討させていただきます。

○常田座長 それが先生の1番目の変更提案で、もう一つ、コスト低減効果の中で、燃料の低毒化をあらわに48ページに書いたほうがいいのではないかといいことでしたか。

○永田委員 はい。

こうやってコストを下げますということが幾つか並列で書いてありますので、その中に入れていただきたいということです。

○常田座長 では、これも検討事項とします。

ありがとうございます。

ほかはどうでしょうか。今のことで、JAXAのほうでいいとか、悪いとかあれば、言っていただいていいのですが、よろしいですか。

ほかはどうでしょう。野村委員、お願いします。

○野村委員 どうもありがとうございます。

少し細かいところになりますが、先ほど永田委員からも欧米とかとの関係という話がありましたが、9ページにも欧米とも計画の取組を進めておりとあるので、そちらとの関係はどのようになっているのでしょうか。変更内容としてはいいと思うのですが、何かもう少し具体的なものがあってもよいのかなと思ったのですが、そこら辺はいかがでしょう。

○常田座長 53ページの本文のほうを見ていただくと。

○野村委員 はい。そちらにある箇所です。

○常田座長 具体的に「NASAとESA」云々と書いてあって。

山中センター長、お願いします。

○JAXA（山中センター長） 今回の箇所は、今回の改定案では、NASA、ESAの具体的な状況を書き込んだほうがよいのではないかとということで、提案させていただきました。

○野村委員 なるほど。どうもありがとうございます。

○常田座長 今回の改定は、ベンチマーク的な記載があったほうがよいということで、国際動向が何か所か加わっている中の一つかなと思います。

ほかはどうでしょうか。永田委員。

○永田委員 ありがとうございます。

47ページにある「技術開発の重要性と進め方」の変更提案として、「長寿命化、超長距離通信」等、バス機器のこういう能力を伸ばしたいというものが並んだ後に「自律的誘導制御」云々とあるのですが、小型宇宙機の技術戦略の考え方の

中に入れていただきたいのが、小型宇宙機に合った冗長系確保、信頼性確保の考え方をぜひ整理いただきたいたいと思っております。

というのは、小型宇宙機の中に冗長系を入れ込むのは、かなり困難なのです。

機能冗長まで入れ込んで、やっと何とかできるか、できないかというところだと思うのですが、一方で、小型宇宙機は、2～3機用意しても、それほどコストはかからないので、1個あたりにそこまでの信頼性が必要なのかということも議論すべきだと思います。

ですので、具体的には、2～3機でグループになって冗長系を確保する、複数機での信頼性確保の考え方を小型宇宙機特有の信頼性設計としてぜひ取り組んでいただきたいたいと思います。

○常田座長 そうですね。

冗長系の考え方も、超小型になると変わってくるのですが、その記載がないので、何かをすぐに開発しろということではなくて、検討しようという記述を入れようということで、これも検討ということをお願いします。

ありがとうございます。

関委員。

○関委員 今の永田先生のご質問に関してなのですが、一応、47ページの「技術開発の重要性と進め方」の「信頼性を確保しつつ」がそういう趣旨なのかなと思ったので、今、そんなに具体的に書けないのかなと思ったのですが、どのように修正しようというお話でしょうか。

○永田委員 この書きぶりだと、信頼性を確保して1機作りなさいということになってしまうので、1機当たりだと信頼性を確保できなくても、こういう考え方で信頼性を確保することができますねという特有の考え方が必要だと。つまり、小型宇宙機に合ったシステム設計の考え方ですね。

それが重要ですよということが読めるようにしてほしいという趣旨なのですが。

○関委員 深宇宙に行く超小型宇宙機でも、複数ということですか。

複数機行けることはあまりないような気もするのですが。

○永田委員 はい。例えば複数機で冗長性を確保するという考え方です。

○常田座長 一般に、超小型衛星だと、多数を運用するということで、1機当たりの冗長性を持たない、あるいはさらにもう少しぞんざいに作っても、多数あればいいという考え方をアメリカで取っているような話も聞いています。宇宙機の信頼性確保に関する考え方が大幅に変わってきている中で、それぞれの状況、用途に応じて、日本は日本で考えていく必要があるということでもあります。

さらに、深宇宙に行く超小型機についても、冗長性についてどう考えるのかとの質問があります。

虎の子の1機なので、小型といえ、ある程度冗長性を確保した機能冗長、完全冗長等、いろいろな考え方があると思います。冗長性を確保しなくてはならない場合もあるし、複数行くのだから、1機減ってもミッションを達成できるという考え方でやる場合もあるということで、信頼性が何を意味するかが変わってきています。そこを永田委員に御指摘いただいたので、何もガイドラインがないと、てんでばらばらに冗長系について対応することになるので、論点整理か、オプション整理かは分かりませんが、単に信頼性を確保しましょうと言うよりは、もう少し積極的に1語、あるいは1行入れておいたほうがいいのではないかという御提案です。

それを事務局のほうで理解して、検討することになりました。

○関委員 了解しました。

○常田座長 今日は、総務省の方が本委員会に初めて出ていただいていますので、ぜひ貴省の修正提案のご趣旨の説明をお願いいたします。

○総務省（三宅課長補佐） 総務省でございます。

総務省からの修正提案の趣旨をご説明する上で、総務省における現在の取組から少し御説明させていただいたほうが分かりやすいかと思しますので、そこから御説明させていただきます。

総務省では、宇宙戦略基金で月面におけるネットワーク構築をどのように実現していくのかというところのフィージビリティスタディを実施させていただいているところです。

総務省として、月面におけるネットワーク構築については、フィージビリティスタディの中で、月面においてどのような通信環境が必要なのか、それはどのような技術があれば作っていくことができるのかというところをまず調査した上で進めていきたいと考えております。

なので、まさにネットワーク構築を図るところについては、我々としては、どちらかというところネットワーク構築をどうすれば可能としていくことができるのか、まずはその通信技術を開発していくところが重要でしょうということで、ゴールに向けての道筋をある程度明確に分かるような形で書き直したかったところが趣旨でございます。

○関委員 この1年間の進展によって、具体的な研究開発の記述が可能になったから、そのように変えたいという提案だと理解すればよろしいですか。

○総務省（三宅課長補佐） そうですね。

具体的にどのような技術開発をしていくのかというところについて、まさに今調査を進めていただいているところでございますので、そこは恐らく、来年や再来年に明らかにできるのではないかと考えているところです。

今年変えさせていただきたいと考えているのは、具体的な技術が明らかにな

ったというよりは、我々として、どのようにして月面におけるネットワーク構築を我が国として進めていくのか、そのプロセスが昨年度より明確になったというところでございます。

○関委員 よく分かりました。

ありがとうございます。

山崎委員。

○山崎委員 まず、こうした1年間の技術の進歩と世界動向を織り込んでくださっているのは非常に分かりやすいと思います。

ぜひ今後ともその方向でお願いできればと思いますが、1点御質問といえますか、コメントは、本文の50ページに得られたデータや知見、技術を今後の月面インフラ構築等に資する基礎情報として活用する旨記載したいという提案がなされていることが、とても大きいかなと思っています。科学と産業と、きちんと橋渡しをしていく上で大事だと思います。

今後は、具体的にどういうイメージか、もう少し具現化できていくといいのかなと思うのですが、恐らく、今回の御説明の範囲外ではあったのですが、最後の5章の「分野共通技術」で将来像、環境認識、ハードウェア技術、ソフトウェア技術とありまして、ソフトウェア技術の部分と非常に関係は深いのかなと思っています。

③のソフトウェア技術の「i. 環境認識」でも「AI等による着陸地点、探査地点の判別等」と書かれているのですが、そうしたデータをきちんと産業界と橋渡しするのは、探査もそうですし、衛星でもそうですし、いろいろな部分で共通的な要素もあると思います。データを圧縮して通信を効率化する面と、AIによる状況判断の面、かつ、ほかのユーザーに使いやすくする面などがある中で、3番目がまだ共通分野のところに記述があまり見られないので、その部分をもう少し強化されてもいいと感じました。

以上です。

○常田座長 ありがとうございます。

私からも2点コメントと追加の要望がありまして、まず、本文55ページの水資源とテラヘルツのところなのですが、テラヘルツ波センサーによって月面の水資源を探査しようという検討が行われているわけですが、テラヘルツ領域を使って、ピンポイントでここに水がありますということが分かるような認識を一部の人にされている状況を危惧しています。

これは全く新しい領域なので、水探査より少し間口を広くして「月表面の情報をテラヘルツで得る」として、その中で水も含めるとしておいてはどうでしょうか。

○常田座長 総務省、何かコメントはありますか。

○総務省（三宅課長補佐） 総務省でございます。

いただいた御指摘を踏まえて、記載の修正を検討させていただきます。

○常田座長 2番目は追加の提案なのですが、パワーポイントの資料の7ページで「月面探査・開発」ということで、半永久電源について宇宙技術戦略の該当部分が抜粋されています。月面アーキテクチャの検討において、越夜問題、電源問題は、ピンポイントでこういうものがないと、月面経済圏の確立は難しいことは、みんなはっきりと頭の中にあるのですが、それがあらわに議論されていない状況が不十分だと私自身は思っております。

その中で、半永久電源が技術戦略に書かれて、先般、宇宙戦略基金でもラジオアイソトープの崩壊熱を熱源・電源として利用する技術開発を進めることになったことは大変いいのですが、2040年代に、科学を先兵として、月面経済圏を確立していくという日本のアルテミス概念をリアルなものにするには、電源問題を避けて通ることができません。

月面アーキテクチャの中で科学が先導して、経済的貢献をしていかなければいけないとうたわれていますので、ここで言うわけです。

月での時間の半分は夜だけになります。最初は、昼間だけ行って帰ってこようとか、夜は観測機を止めようとかとあるわけですが、長い夜を太陽電池と蓄電池だけで賄うことが可能なのでしょうか。あるいはその手段があるかもしれません。だから、それはそれで大いにやっていただくべきだと思うのですが、一方で、核分裂反応を利用した電源も考えないと、今考えている月面アーキテクチャの美しい絵を実現するには甚だ心もとないと思っています。

それが技術的に実現できないものかということ、実は、2010年代に、日本原子力研究開発機構がかなり宇宙用原子力電源について検討を進めていまして、これは論文として発表されているわけです。

地上の原子炉より随分簡単な構造で、温度差を使って、スターリングエンジンで発電するか、熱電変換素子で発電するか、2つのアイデアがあるようです。月は、温度の低い状況をつくれるので、それと原子炉の温度の高いところの温度差で発電するという概念で、地球の原子炉とは大分違っているものであります。

論文にはっきりとそのコンセプトが書かれています。一方、最近、NASAのアルテミスの検討の中での電源問題についての公開情報を見ますと、Lockheed MartinとWestinghouseとか、宇宙企業と原子力企業が組み合わさって、今3グループぐらいが、並走して検討していまして、公開資料によると、2010年代に日本原子力研究開発機構が考え出したコンセプトとほぼ同じ概念にたどり着いています。

だから、アメリカも、日本も専門家が考えることは同じなのか、あるいはこち

らのものが参考になったのかは分かりませんが、アメリカは、着々とコンセプトから実機へ進むかもしれない段階にあるということで、アルテミス計画において、月面に進出していくことがちゃんとできる担保を取った対応をしている。

このあたり、さすがアメリカだなというところもありますが、我が国がそれを全部同じようにできるわけではないが、アメリカとの協力の中で、科学も、それ以外もやっていく中で、我が国として何をすべきかを考えるべきです。そのような状況で、検討がゼロだと、アメリカと協力していくにも、なかなかギブできない、テークだけというのは難しい。原子力電源については、申し上げたように既に検討している土壌があるので、今回の技術戦略の半永久電源、あるいはその辺りに、核分裂反応を利用した原子力電源についてスタディをするべきではないかと。何か物を作るとか、まだそういうところに行かなくても、基礎開発をするべきではないかと述べるべきと考えます。

日本原子力研究開発機構のほうでは、既に要素技術として3点か4点、ここをクリアしなければというものが同定されているようですので、それをやっていくことを入れるべきではないかと思っています。

まずは、内閣府、文科省、あるいは関連省庁と検討していただきたいと思います。

○松本参事官 今御指摘の点について、日本原子力研究開発機構も文科省の所管法人になりますので、嶋崎課長や原田戦略官と調整をさせていただきたいと思います。

○常田座長 今日いろいろと出ましたJAXA等からの変更提案について、当委員会としてエンドースをしたいと思います。

さらに、それに加えて何点か改善提案、新規提案が出ましたので、内閣府のほうで関係省庁と検討いただきたいと思います。

○松本参事官 今後としては、まず、いただいたコメントを踏まえまして、関係省と宇宙技術戦略の実現性を保つ観点から、予算的に、どういう出口を考えているのかといったところも含めて、各省と調整しながら、最終的な書きぶりを事務局案としてまとめまして、今年度内の改定にむけて宇宙政策委員会にお諮りすることになろうかと思っています。

○常田座長 ありがとうございます。

それでは、本件は以上といたしまして、本日の議論、提言等を踏まえまして、関係省庁でも再検討いただき、内閣府にて修正案を取りまとめるということをお願いいたします。

○常田座長 総務省は、こちらの案件までで御退席されます。三宅さん、ありがとうございました。それでは、次の議題に参りまして、月面地震計の開発状況ということで、東京大学の新谷教授から報告をお願いいたします。

(新谷教授入室・総務省退室)

○常田座長 新谷先生、おいでいただきましてありがとうございます。

月面地震計については、月面3科学プラス1、「1」というのはその他ですが、その一つとして、非常に期待されておる観測装置でございます。

今回、開発状況について、今まではこういう機会がありませんでしたので、少し丁寧に開発状況について御報告いただければと思います。

よろしくお願いいたします。

【東京大学新谷教授から資料2について説明】

○常田座長 ありがとうございます。

御質問、コメントをお願いいたします。

関先生。

○関委員 御説明ありがとうございました。

私からは2つ御質問させていただきたいのですが、まずは、国際優位性というか、国際的位置づけに関してです。火星とかの探査の検討に関わっている中で、InSightで実績のあるフランスが、科学的に価値のある広帯域・高感度地震計ではかなり先んじているという話を聞いたのですが、日本の強みは、LUNAR-Aでやっていた短周期の地震計と資源探査みたいなアクティブエクスペリメントを組み合わせる部分だと思ったらいいいのですか。

広帯域・高感度にも何か優位性があれば、教えてください。

○東京大学（新谷教授） もちろん、InSightは実績がありますので、圧倒的に有利だと考えています。

日本の優位性ですが、日本は、地震計に関しては宇宙探査の実績がありませんので、InSightの地震計とダイレクトに比較した優位性は難しいのですが、特徴というか、強みはLUNAR-Aの短周期の地震計、それから、先ほど御指摘のあった地下の探査、アクティブ地震探査が、アイデアとしてはほかの国がやっていないものになります。

あと、我々は光学式の地震計、光を使った広帯域地震計を提案しています。

光を使った地震計は、実はフランスのグループも着手してしまっていて、光の優位性が認識されていて、ある意味ライバル関係になりつつあるのですが、我々の方式は、彼らとは違っている部分があるのと、日本として、いずれは光でほかの国も追い上げてくると思いますので、その部分で少し先に検討を始めているので、あとはその技術を実際の月の探査として実現する。その部分をぜひ進めたいと考えています。

○関委員　ありがとうございます。

では、実証の機会が早期にあることが大事と理解しました。

2つ目の御質問は、プリカーサミッションでパッケージが20キログラムと書いてあったのですが、これは、12ページの下に書いてあるように、結構豪華な地震計、いろいろな種類、5台ぐらいが含まれているパッケージなのでしょうか。

○東京大学（新谷教授）　そうです。この写真にある装置全体で20キログラムぐらいの想定です。

これをランダーの下に取り付けて、それをアームで月面上に降ろすということですので、重量としては大体このぐらいが限界かなと考えております。

○関委員　逆に、20キロは宇宙では結構重いですので、どこまで軽量化できるかというのは、どのような感触なのでしょうか。

○新谷教授　今、地震計としては、広帯域地震計が3台、短周期地震計が2台で設計をやっているのですが、光地震計は、短周期地震計のLUNAR-Aのものを組み込んでいるので、短周期地震計は、場合によっては切り替えて、これをそのまま使うことも考えられるので、計測する地震計の組合せとか、数を減らすとか、そういう形で一部は軽量化できるのではないかと考えています。

ほかにもいろいろと軽量化できる余地は、初期の設計段階なので、まだこれからあるかと思います。

○関委員　ありがとうございます。

私からは以上です。

○常田座長　ありがとうございます。

山崎委員。

○山崎委員　御説明くださいます、ありがとうございます。

月震計の設置の方法をもう少し教えていただきたいのですが、御説明の資料によりますと、ロボットアームで着陸機から降ろして設置するように見えるのですが、これは表面に置けばいいものなのか、ある程度掘って入れるものなのか、その辺りを教えてください。

○東京大学（新谷教授）　ありがとうございます。

地震計は、地面に密着しないといけないので、例えばVikingなどでは、仕方がなくランダー上に載せたりしていたのですが、ランダーの動きとか、そういうものが入ってくるので、かなり重要度の高い要求として、表面に置きたいというのがあります。

それから、さらに掘って設置するのが理想です。

例えば地球ですと、そういう理由で掘るのですが、状況的にそういうことができない場合が地球でもありまして、ましてや月面上ですと、非常に分厚いレゴリス層があるので、掘ってもあまり効果がないかもしれないのです。

ですので、今考えているのは、とにかく月面上には設置する。

ただし、置くだけなのですが、なるべく密着するように、脚の形を工夫して、レゴリスにしっかりと据え付けるような方式にする。

さらに、全体を熱的にシールドするために、表面にカバーをかけるようなことを考えていますので、御質問の答えとしましては、基本的にはロボットアームで表面に設置するけれども、脚の形状などを工夫して、なるべく月面上にしっかりと固定されるようにすることになるかと思います。

○山崎委員　ありがとうございます。

追加でもう一ついいですか。

○常田座長　どうぞ。

○山崎委員　ありがとうございます。

大体全球をカバーするのに5つ設置できると好ましいとおっしゃいましたが、例えば着陸機を1つ降ろした近辺には、月震計モジュールは1つという理解で、5か所着陸機を降ろすようなイメージで考えていらっしゃるのでしょうか。

○東京大学（新谷教授）　そうですね。

月の全球的な構造を調べるには、全球的に考えて、満遍なくです。

だから、5点だとすると、例えば赤道に2～3つ、両極に1つずつとか、そのぐらいのスケール感が必要なので、ランダーと一緒に置く場合は、ランダーの近くに1つというような組合せになります。

ただし、そのときにランダーがもったいない、せっかくあるのだからというように、最後にご説明したアクティブ探査をランダーの近くで展開して、ランダーの着陸地点の近くの構造を複数の地震計で測る。

この場合は、ローバと組み合わせていますが、そういうオプションも可能ですので、月の中心付近の構造を知りたいと思ったら、本当に月の表裏含めて満遍なくという設置になります。それは、どういう目的で、どのぐらいのリソースが提供できるかというので変わってくるかと思います。

○山崎委員　ありがとうございました。

○常田座長　ほかにどうでしょうか。

野村委員。

○野村委員　どうもありがとうございます。

あまりよく知らないのですが、教えていただきたいのですが、例えば天文台を建てるときに、どういう環境になっているかで、地震があるか、ないかとかは必要だと思いますし、地盤が固いか、軟らかいかとか、そういうところもこういうもので分かるようになるという理解でよろしいでしょうか。

○東京大学（新谷教授）　ありがとうございます。

これは、探査方法によりますが、例えば今、アクティブ探査を想定した話なの

ですが、地面を一方で揺すって、どこで観測するかによります。地震の波は、震源から近いところで観測すると浅いところの波を捉えやすく、遠いところで観測すると、深いところも捉えられるという性質がありますので、距離を変えていって、いろいろな方向で測ることによって、その周辺の地盤が固いか、軟らかいか、場合によっては、何か層があると、そこで反射した地震波を捉えることができます。ローバと震源の組合せは、そういう意味ではローバをいろいろと動かして、その周辺の地盤をくまなく調べることができるという意味では、工学上は非常に有用ではないかと思います。

○野村委員 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。

ほかにまだ質問したい方はいますか。

これはぜひ実現していただきたいと思います。本委員会としては応援させていただきますので、ぜひよろしくお願いいたします。

どうもありがとうございました。

○東京大学（新谷教授） お時間をいただき、どうもありがとうございました。
よろしくお願いいたします。

（新谷教授退室）

○常田座長 それでは、本日最後の議題であります、Habitable Worlds Observatory（以下HWO）に関する報告です。本委員会でも、NASAがリードするHWOについて、参加の方策について何度か審議してきたところでありますが、それを受けて、本日、JAXAからこれらの審議を受けての対応に関してまとまった報告があります。

よろしくお願いいたします。

【JAXAから資料3について説明】

○常田座長 ありがとうございました。

御質問、コメントをお願いいたします。

天文系の先生というと、野村委員。

○野村委員 どうもありがとうございます。

こちらに挙げていただいた問題点もそうだと思いますし、コミュニティとの関係ということで、70名規模のサイエンス検討を目指しているということになるのかと思うのですが、こちらは今、どのくらいコミュニティの支持を得ているとか、そういうものはあるのでしょうか。

○JAXA（國中所長） 学会を通じて議論が進んでおると聞いておるところです。

私どもが把握しているのは、今、そのあたりでございます。

○野村委員 分かりました。

どうもありがとうございます。

○常田座長 ほかはどうですか。

関委員。

○関委員 前回よりかなり具体化して、経緯が分かって、御説明ありがとうございます。

具体的な日本の貢献要素として、主に2つ考えられているということだったのですが、現在、日本の代表になられている先生方は、必ずしもUVの専門家ではないと思うのですが、今後、伝言ゲームにならないためには、結構国際対応チームを拡充していったほうがいいと思うのですが、そういうことは考えていらっしゃるでしょうか。

○JAXA（國中所長） この領域に関しましては、立教大学の亀田先生や、宇宙研側でいうと村上豪などがおりまして、それらが連携して活動を行っております。

今後、米国側の紫外の受皿は、コロラド大学にあるグループがいるのだと聞いておりまして、そういったグループに働きかけをして、共同の技術開発を志す。

そこで、日本はこれまでも実績がありますし、テーパーをかけたマルチチャンネルプレートで、紫外領域で非常に感度を確保することに実績もありますので、そういったことで売り込みをかけていくことを当面考えております。

○関委員 分かりました。

いろいろなオプションを考えている段階だと思うので、コミュニティに情報がうまく回って、インプットしやすいような形をぜひ考えていただければと思います。

ありがとうございます。

○常田座長 今の関先生の質問は、紫外線というと、光、赤外線に比べて端っこのほうなので、陣容が十分にいますかという質問だったと思います。

国立天文台に太陽を研究している人がいっぱいいて、真空紫外線波長までかなり高度な技術開発をしているので、いつまでも太陽だけではなくて、こういうものをやったらどうですかと言ってみたらどうですか。かなりいい人たちがいます。

ありがとうございます。

ほかに質問は。

永田先生。

○永田委員 資料の9ページ目に、2029年3月までにTRL5まで上げるべく、開発計画の策定が一部で要請されているという説明がありますが、この要請は、海外の参画を検討しているところにもそういう要請が行っているのでしょうか。

行っているとしたら、どういうやり方で。

例えば2029年3月時点でTRL5まで行った中から、参画要素を設定しますよというアナウンスがあるのかどうかという質問です。

お願いします。

○JAXA（國中所長） 今後の開発方針は、そういった2029年までにTRL5まで獲得していないと、候補にならないということが説明されていると聞いております。

○永田委員 それは、もうアナウンスされているのですね。

○JAXA（國中所長） されております。

○永田委員 分かりました。

では、海外では、参画したいならそういうスケジュールで進めてくださいという要請になっている。

○JAXA（國中所長） はい。

○永田委員 分かりました。

○常田座長 ありがとうございます。

天文学関係の宇宙科学研究所を取り巻く状況なのですが、惑星探査分野では、宇宙研は、JAXAのほかの部分の協力も得て、非常に高い成果と国際的評価、ビジビリティを保っていると思います。

ミッションの機数は、NASAに比べれば少ないのですが、少ない予算でよくここまでやっているというリスペクトがあるのは明らかだと思います。

ところが、天文分野が、それに比べてなかなか伸び悩んでいる。20年前はエックス線天文学と太陽物理学で一世を風靡していたのですが、随分状況が変わった。

それは、宇宙科学研究所が怠けているわけではなくて、望遠鏡が大型化して、ESAでも数千億、アメリカだと1兆円を軽く超えるお金をかけるようになったためです。ただの学問に何でそれだけお金を使うかというところから理解してもらう必要があって、それは、先端技術の振興、産業振興などです。

ヨーロッパも、アメリカも、科学はちゃんとビジネスになるという環境の中でやっている背景があって、日本はなかなかそこまで行きません。結果的に宇宙研の3本柱、工学、惑星探査、天文学という中で、天文学が落ちてきているということで、これは本委員会でも何とかしなくてはいけない、日本の国力に合ったレベルに今、天文学分野が追いついていない状態になってしまっている。このため、Habitable Worlds Observatoryについてはしっかりと対応していこうということで、今日、宇宙研から対応状況について報告がありました。

SPICA計画では、ESAがターミネートして頓挫しました。今度は、ヨーロッパのエックス線天文の大型衛星。

○野村委員 Athenaへの日本の参加の道がESA側から閉ざされました。

ESA側の対応について、僕は大変遺憾に思っているのです。

JAXAがかなり努力してきて冷凍機を開発してきたのに、政治的状況かどうかは分かりませんが、日本の参入の道を閉ざされたのは、SPICAについても、Athenaについても、国内の学術コミュニティに深い傷跡を残しています。

10年頑張った人がある日突然、これはもうないですという状況になって、これは結果的に非常に効率が悪いことになっています。宇宙科学研究所が今までそういう負の状況を背負ってきたところは、さっきの惑星探査における正の成果に比べて見えないのですが、これは今後、政策的に対応していく必要がある案件と思っています。

もう少し細かく言いますと、JASMINEでは当初、米国製の赤外線センサーを導入しようと計画していました。一昔前では、こういうことはNASAも喜んでやってくれたのですが、方針の変更で装荷できなくなった。

これはJAXAのフロントローディングの大きな成果だと思っていますが、同等性能の国産の赤外線センサーを開発して、米国センサーを国産に置き換えることができ、JASMINE計画が立ち上がることになりました。

LiteBIRDについては、いろいろなごたつきで、国際協力での進展が遅れているというのがあります。

いずれも天文のミッションは非常に規模が大きくなってきているのに対して、従来はボトムアップ型で、研究者だけの議論でスペースエージェンシーの意思決定の階段を上がって行って、同時並行的に外国機関を招待して、といった意思決定の方法をとってきており、このやり方で挙がる成果もあるのですが、それだけでは、さっきのような不測の事態を全部防げない状況に変化してきています。

良いミッションは、まず前提として、学術的に良いものでなければならないのだけれども、そういうものでも、研究者コミュニティと宇宙科学研究所の努力だけではなくて、もう少し本委員会をプラットフォームとして、いろいろなレイヤーでの意思決定に向けた対応をしないと、参加枠を取っていけない。

ヨーロッパ（ESA）はNASAとの協力を意欲的なので、NASAが新しい計画を発表すると、すぐにNASAに行って相談を、始めます。我が方はもう少ししっかりと練って対応していかなければなりません。今後は、天文大型ミッションのアプローチの仕方を宇宙科学研究所を中心に、少し変えていかなくてはいけないという問題点も今日の発表の中には含まれていると思います。

國中先生、その辺は何かありますか。ここはざっくりばらんに言っていたいで構わないので、Athena、SPICAと大変な対応をされてきたと思うのですが。
○JAXA（國中所長） 今、常田先生が御事情を説明していただいたとおりでありまして、天文ですと、少ない光子をどれだけたくさん集められるか、ですから、

望遠鏡をどれだけ大きくするか、センサーを冷却して、ノイズを下げる、感度を上げるところは限界が来ているところだと思います。なので、JWSTの6メーターという規模が出てくるわけで、そうなりますと、我が国の予算規模では、全く手も足も出ないというのが実情です。

なので、一つの方策としては、何とかポーションを持った形で大型計画に乗り込むという方法が大きく期待されるものです。

かといいましても、日本に技術力がないことには声はかからないわけで、そういう新技術を獲得するために、中型・小型を利用して新技術、それから、現在は中心的な課題ではないかもしれませんが、ニッチな領域にいち早く進出し、そこで実績を上げる。

恐らく、遠い将来、近い将来にはそれがメインコンテンツになってくるわけでしょうから、そういった二正面作戦を取って、日本の天文、宇宙物理を活性化させていくという方法になろうかと思います。

その大型計画で、今、本当に議論が進んでおるのがまさにHWOなので、ここにどういう施策を持って参画するかというのが大きなテーマだと思います。

○常田座長　ありがとうございます。

宇宙における米国を中心とする大型計画への我が国の参入が絵空事かというのと、全然違っていて、基礎技術力は全部あります。

だから、それをどうストラテジックにやっていくかというところが大切であり、課題は、非常に大きい観測装置を作っていくのに、まだ日本の宇宙は慣れていないところだけだと思います。

地上の天文台ですと、世界で1基だけの地上の望遠鏡をみんなで作ろうということに完全になっています。最近では、いわゆる西側諸国で1基、それに対抗して、中国側がもう一基というのがありますが、基本的に世界で一番いいものを1基作るという流れで、アルマやTMT、GMTとかはそうなっていて、我が国の国立天文台にも声がかかります。

ここでの貢献は、お金ではなくて、インカインドで、技術力に基づいて製作した機器を出してくれということで、これはもちろん、日本の産業界の底力があるからできていることです。これはJAXAにおいても同じだと思いますので、ぜひHWOに向けて、本委員会もJAXAを支援していきたいと思います。

この件でほかに何かございますか。

よろしいでしょうか。

それでは、これで本日予定した議案は全部終わりましたが、委員の先生方からほかに言い忘れたとか、追加でございますでしょうか。

事務局、文科省は何かありますか。

よろしいですか。

最後に、今日は風木局長に出席いただいておりますので、審議についての印象とかをお話いただければと思います。

○風木局長 本日は御審議ありがとうございます。

特に宇宙技術戦略については、ローリングに関する変更提案を御審議いただきまして、今、政府全体で昨年３月に策定した戦略をしっかりと世界の情勢に合わせてアップデートして、予算の要求や執行の参照にしようということで進めてまいりました。本日は、関係する皆様に検討いただきまして、ありがとうございます。

それから、今日取り上げていただいた月面の地震計の話やHW0の話も非常に重要だと思いますので、今後もよろしくお願いいたします。

本日、一つ御紹介がありまして、一昨日（１月２２日）、宇宙政策を担当します城内実内閣府特命担当大臣（宇宙政策担当）が、JAXAの宇宙科学研究所を視察され、國中所長に御案内、御説明いただきました。誠にありがとうございます。

当局からも渡邊審議官が随行いたしました、「はやぶさ２」に関連する施設やSLIMの模型、あるいは月面に関係する施設などをご視察いただき、また、若手の研究者の方々とも意見交換の機会がありました。国民の代表であり、今、閣僚をされている大臣にJAXAから非常にしっかりと御説明いただいたことで、一層宇宙政策を前進させていくことについて、本日の閣議後の定例会見においても、大臣からその旨の御発言があったところです。

その際も、これは宇宙政策委員会の資料になるので、発信ということになるのですが、現場の皆様には、ぜひ研究成果の発信を積極的に行っていただきたいという話もあったということでございます。

今、宇宙開発利用政策が非常に大きく動いておりますので、事務局を挙げて、あるいは政府全体で取り組みますので、今日、関係しているJAXAの関係者や委員の皆様にも今後、一層の御支援をお願いしたいと思います。

私からは以上です。

○常田座長 ありがとうございます。

事務局から今後の予定などについて、連絡をお願いいたします。

○松本参事官 事務局からですが、先ほど御説明したとおり、宇宙技術戦略に関しては、年度末までに宇宙政策委員会での議論を予定しておりまして、そちらの調整を進めてまいりたいと考えております。

次回の探査小委に関しては、また調整した上で、御連絡させていただこうと考えております。

よろしくお願いいたします。

○常田座長 ありがとうございます。

それでは、本日の小委員会は閉会といたします。
ありがとうございました。