

## 第64回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和6年11月12日（火） 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宇宙開発利用課

嶋崎課長

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）

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

川崎理事補佐

山中センター長

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構有人宇宙技術部門

小川部長

国立天文台

井口教授

4. 議題

(1) 宇宙基本計画工程表改訂に向けた検討について

(2) 月面での越夜について

(3) 月面天文台の検討の進展について

5. 議事

○常田座長 では、全員お集まりのようなので、定刻よりちょっと早いのですが「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64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集いただき、御礼申し上げます。

本日は、5名の委員の御出席をいただいております。議題は3つ。

1つ目が「宇宙基本計画工程表改訂に向けた検討」。

2つ目が「月面での越夜について」。

3つ目が「月面天文台の検討の進展」。

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。

松本参事官、よろしく申し上げます。

#### <事務局より資料の確認・タブレット操作に関する説明>

○常田座長 ありがとうございます。

参事官、いずれ紙はなくなるのですか。

○松本参事官 はい。漸進的にそのようにしたいと思っております。ごく必要な、どうしても進行上、ぱっと見る必要があると思われる座長のような方のお手元には紙が要ると思っています。

ただ、それ以外の傍聴者や委員の先生方の紙は、おいおい削減する方向で考えております。

○常田座長 ありがとうございます。

そういう方向だということでございます。

それでは、議題1に入りまして「宇宙基本計画工程表改訂に向けた検討」ということで、資料1について、JAXAから報告をお願いいたします。

#### 【JAXAから資料1について説明】

○常田座長 これは工程表の改訂案で、本委員会です承した後、さらに上部委員会である宇宙政策委員会、最終的に宇宙開発戦略本部で決めるので、ここではまだ案だということ御理解いただきたいと思っております。このことは大事で、誰が決めるのかという主語の問題です。

ありがとうございます。

では、御質問、コメントをお願いいたします。

永田先生、何か言いたそうにしているので、ぜひ口火を切っていただきたい。

○永田委員 これは皆さん分かっている中だと思って、控えていたのですが、BepiColomboへの参画は、今まで書いていなかったのですか。

○JAXA（國中所長） いいえ。打ち上げてしまったので、そこから消えてしまっていたのだと思います。

○永田委員 そうしたことなのですね。

○JAXA（國中所長） 運用は続いていることを明確にしました。

○永田委員 打ち上げ後のことを書いていなかったが、明記するようにしたと理解しました。

ありがとうございます。

○常田座長 ほかにどうでしょうか。

急にいっぱいミッションの日程変更が出ていて、今までの本委員会における審議で、それぞれ理由があるのですが、全てを覚えているわけではないでしょうから、何で遅れたのですかという質問でも構いませんので、どうでしょうか。

山崎委員、お願いいたします。

○山崎委員 ありがとうございます。

項目立てが「新たな知と産業の創造」の9項目、10項目が月面及び地球低軌道となっておりまして、今後、ゲートウェイ周回ステーションのような月の周回という活動も出てくるわけですが、それは今後、どこに包含していったらいいのかということは議論されましたでしょうか。

○常田座長 これは、JAXAですね。

○JAXA（川崎理事補佐） JAXAというか、工程表を見ていただきますと、9項の一番上「ゲートウェイ居住棟への我が国が強みを有する技術・機器の提供」がゲートウェイになりますので、ここで読むことになります。

○山崎委員 承知いたしました。

この中に包含するというので、ありがとうございます。

○常田座長 よろしいでしょうか。

野村委員。

○野村委員 どうもありがとうございます。

Ariellについてですが、こちらは、多分、以前から事業としてはあったと思うのですが、今回記載することになったのは、特に何か理由があるのでしょうか。

○JAXA（國中所長） これまでは予算要求せずに小さな規模で活動してきましたが、明示的に国際計画への参加を表現するという意味で、ここに記載していただきたいということです。

○野村委員 分かりました。

もう一点、LiteBIRDについては、前回、1年後をめどに再検討するというので、こちらはそのままという理解でよろしいでしょうか。

○JAXA（國中所長） はい。少しトーン落とした表現になっています。

○野村委員 どうもありがとうございます。

○常田座長 それぞれ理由があるのですが、打ち上げ時期が各ミッション大幅に遅れていっていますね。

どうでしょうか。

杉田委員。

○杉田委員 9番の月面における持続的な有人活動についてですが、与圧ローバの打ち上げ時期を新たに記載というのは、2031年に打ち上がることが記載されたということだと思っておりますが、これは、この次の工程表の参考資料に書かれているということなのですか。

○JAXA（川崎理事補佐） 現状記憶がないので、今回、書いていただきたいという御提案になります。

○杉田委員 なるほど。

これは現状で、先ほどの案ということで入れてくださいということですね。分かりました。

2031年というのは、NASAとの合意で決まったということなのですね。

○JAXA（川崎理事補佐） そのとおりです。

○杉田委員 それは、ルナクルーザー、与圧ローバの打ち上げ予定のことですか。

○JAXA（川崎理事補佐） そうです。

○杉田委員 分かりました。

○常田座長 ほかによろしいでしょうか。

そうしますと、この議論は以上とさせていただきます。

文科省は、嶋崎課長、特にないですか。

○文部科学省（嶋崎課長） これまでも計画の変更は見えているもの、見えていないものとありますので、入れられるものはしっかりと工程表に書き込んで、しっかりと終わっていきけるようにしていきたいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

○常田座長 それでは、この議題は以上といたします。

2番目「月面での越夜について」ということで、資料2でJAXAから報告をお願いいたします。

関連議題ですので、陪席者の井口先生には、ここから入室いただいてよろしいかと思っております。

では、お願いいたします。

（井口教授入室）

○常田座長 どうぞ。

○JAXA（川崎理事補佐） それでは、月面での越夜について、今回、LUPEXと有人与圧ローバの2つについて説明していただきたいということで、御説明させていただきます。

○常田座長 その前に、言い忘れたのですが、何で唐突に越夜のことが出てく

るかという説明をしておくべきでした。

今、月面アーキテクチャについて検討が行われていまして、そこでは月面での経済活動について、2040年代をイメージして、現在から2040年代にどうビルドアップしていくかという議論が行われています。

大変活発な議論が行われていて有効な会議なのですが、現実を見てみますと、電力や越夜などの技術がキーとなります。米国との関係もあって、日本として、そういうインフラをどういうレベルで仮定していくのか、どこを自分でやらなくてはいけなくて、どこを米国との連携で対応していくのかということところは時期尚早でして、議論できる状態ではないのです。それがゆえに、LUPEXとか有人与圧ローバでかなりJAXAが努力されていますので、どのように日陰・越夜に対応しているのか、お話を聞くことが、このセッションの目的です。

そういうことでJAXAに説明をお願いしているのですが、委員の先生方からここまで何かコメントとか御質問はありますか。

杉田委員。

○杉田委員 そうすると、これは、例えば先ほどのルナクルーザーの話も含むかもしれないけれども、基地のようなものを造ることも想定して、モバイルなものとステーションリーなものと両方含めてどんな影響があるかとか、どんな技術ができるかということで議論されるということでしょうか。

○常田座長 そんなグランドピクチャーではなくて、月面与圧ローバは、日本としてコミットして、夜もある条件の下でサバイブしなくてはいけないので、どういう前提かということも確認しつつ、JAXAのローバ単体での対応を聞くということで、月面活動の全体システムとしてどのように対応するかというのはまだ見えていない、議論が十分にされていないという理解です。

○杉田委員 では、そういう議論が月面アーキテクチャ検討会等で議論されているのに並行して、もうちょっと部分的なお話を今日聞くということですか。

○常田座長 そうですね。

月面アーキテクチャの検討では2040年代を見据えていますので、かなりそういうものが整ったという前提をもしかしたらしているかもしれませんが、月面での人類の活動領域の拡大の先兵として科学が役に立っていくという位置づけをしていただいています。なので、我々が宇宙科学ミッションを考えていく上で、科学観測機器の越夜対策はどうするのか、電力はどうするのかという問題があるので、そういう意味でこのお話は大事です。そういう観点で聞いていただければと思います。

では、JAXAのほうでお願いいたします。

【JAXA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。

質問、コメントをお願いいたします。

杉田委員。

○杉田委員 説明ありがとうございました。

非常に大事な開発をされているなと思いながら聞いております。

既にコメントがありましたが、SLIMで実質的に越夜ができたのはすごく大きな実績だと思うのですが、今回の資料の中で、ここに使われていますというような形のものはあるのでしょうか。

実際には並行して進んでいると思うので、なかなか簡単にはフィードバックが効かないかもしれませんが、それがあったと言ったほうが大事ですし、実績と机上の計画値は違うので、その辺がありましたら教えてください。

○JAXA(川崎理事補佐) 具体的に、排熱の設計といったものはSLIMではやっていませんが、断熱とか、そういったところの熱設計は同じようなところがありますので、今、我々が注目しているのは、SLIMがなぜこれに耐えられたかについては、今、軌道上のデータを分析していただいていますので、それを踏まえて、例えば部品に対する要求とか、そういったものが過剰であるか、何かがあったのだらうと思いますので、そこを今見ているところでございます。

○杉田委員 分かりました。

今後もっと出てくるということで理解しました。

もう一点、細かい点ですが、有人と圧ローバの越夜の要求性能は、人が乗っているときには1.5日分の夜を耐えられることになっています。太陽が当たりやすい場所にいるということで、短い越夜が想定されていることは当然のことかと思えます。もう一個あるSPA(南極エイトケン盆地)という巨大盆地を無人で探索するかもしれないときには、ずいぶん低緯度まで行くので、越夜の条件が随分悪くなってしまうと思うのですが、その辺の数字は、どの程度だと見積もられていますでしょうか。それから、それに対して設計を大きく変更するのかどうか、その辺を教えてもらえたらありがたいです。

○JAXA(川崎理事補佐) 設計の前提条件といたしましては、南極エイトケン盆地、低緯度というか、緯度で言うと南緯30度ぐらいのところまで行くと思うのですが、その辺りに行きますと、14.5日とか、そういった夜がありますので、そこに耐えることを前提として設計しています。

ミッションをするときに、ここで本当に有人探査をするかどうかは、今はまだ議論が進んでいまして、この設計とか性能を見ながら決めていくことになるかと思えます。

○杉田委員 その辺の設計の反映は、今後ということですね。

分かりました。

ありがとうございます。

○常田座長 ほかにどうでしょうか。

関委員、お願いします。

○関委員 御説明ありがとうございました。

質問は2つあったのですが、最初の質問は、杉田先生と同じで、SLIMはもともと越夜を目指していなかったと思うので、越夜できた理由を知りたくて御質問しようと思いましたが、状況がわかったので、割愛させていただきます。

2つ目の御質問は、先ほど最後に、宇宙戦略基金のうち探査関係で半永久電源システムに関する言及はあったのですが、もう一つ、再生型燃料電池についても基金テーマがあったと思います。そちらは、ステージゲートが2年後とか、かなり早い開発という御説明が3回前ぐらいのこの委員会でもあったと思うのですが、そちらとはどう関係するのですか。全く別々に開発するのか、そこで得られた技術が生かされるのかを教えてください。

以上です。

○常田座長 これは誰が。

まずは、JAXAのほうで答えていただいでよいでしょうか。

○JAXA（川崎理事補佐） 今、基金のほうで募集しております、それで得られた成果をぜひ使いたいと我々として思っているところでございます。

○常田座長 文科省はどうでしょうか。

○嶋崎課長 全く同じでありまして、初めからこの計画、ミッションの中に組み込むということではないのですが、基金で培った成熟した技術を使って、ミッションでも活用できることになるといういいなということで、両方進めている状況でございます。

○関委員 そうすると、二重に無駄な開発をしているわけではなくて、うまく有機的に、相互に活用しながら進むと思ってよろしいのでしょうか。

○文部科学省（嶋崎課長） おっしゃるとおりです。

そういう意味では、今回の有人与圧ローバのプロジェクトだけでなく、こういったシステム全般は、月面での活動をするに当たって、民間企業を中心として技術力の向上を図っていくことが望ましいと思っております。

一つの見えているアプリケーションとして、有人与圧ローバがありますので、基金で技術成熟度を上げていただく企業等が、有人与圧ローバにも参画していくことを我々は非常に大きく期待しておりますが、宇宙戦略基金でターゲットにしているのは、有人与圧ローバの開発だけではなくて、広く月面でのこういった動力源の確保というところで、技術力の向上に努めていただきたいということで、決して無駄なものでもありませんし、相互に関係しないものでもない

と認識してございます。

○関委員 ありがとうございます。

「期待している」という部分が具体的にどういう仕組みで、情報のやり取りをするのかとか、そういう制度設計までであると分かりやすいと思いました。

以上です。

○常田座長 ほかにどうでしょうか。

永田委員。

○永田委員 熱制御の技術で、放熱と排熱、断熱の話はあったのですが、蓄熱の話が全然なかったと思います。これは十分な蓄熱密度を持ったものがないので、全くお話にならないから検討対象にならなかったのか、あるいは別途どこかで検討されているのか、どちらなのでしょう。

○JAXA（川崎理事補佐） 熱源があるわけないので、蓄熱というよりも、バッテリー、ヒーターで温めることしかないのです。

○永田委員 熱をためるものについても、バッテリーに比べると、密度がお話にならないくらい低いということですね。

分かりました。

○JAXA（川崎理事補佐） RTDとかはあるのですが、非常に効率が悪いので、もし使おうと思うと非常に大きくなってしまいますので、こういう探査機には向かないところでは。

○永田委員 分かりました。

ありがとうございます。

○常田座長 ほかにどうでしょうか。

LUPEXでいろいろな工夫をしていただいて、非常に面白いのですが、これがうまくいくかどうかの一つ非常に大事で、さらに、有人と圧ローバは、使う技術がかなり違いますが、それでも関連しているところがあるので、まずはLUPEXということかと思えます。

山中センター長、この全てが越夜と電源に係ってくるのですが、月での人類の居住圏の拡大が大きな話題になる中、まだ足腰が弱いのです。JAXAとしてはどう捉まえるか、コメントをお願いします。

○JAXA（山中センター長） ありがとうございます。

足腰が弱いと言っていて、そのために、今、LUPEX、ローバを開発しているのですが、一方で、これは皆さん御存じのとおり、例えば日本ですと、これまで宇宙ステーションのバッテリーはずっと日本製で来ております。それぐらい信頼度があって、世界的に評価されていますので、今はもう3世代目ですか、ずっと日本製のものが使われています。

また、ゲートウェイでもバッテリー、太陽電池パドルは日本製のものが海外

で使われていますので、基本的なものとして持っているのは、SLIMもそうだったのですが、強い、良いものがあると思うのです。

月においては、それをこれから有機的に、積極的に使っていくフェーズになるのだと思っています。

ですので、これまでの宇宙開発で培ってきたもので良いものがあるのだというのをまず認識して、それを日本だけで閉じるわけではないので、アルテミス計画は、みんなで月面活動をしていこうという中ですから、そういうところで、特に電源系等に関しては、日本の良さをアピールして、ぜひ世界の中で使ってもらえるのが楽しみだと思っています。

以上です。

○杉田委員 そこに対して1つ聞きたかったことがありました。参考3にあるように、基本的にはラジオアイソトープで電源を供給して探査するわけです。有名な火星のローバなども、その方式でやっているわけです。日本はそれが技術的にできないわけではないのだけれども、やらないようにというくびきがあって苦労してきたと思うのです。ですが、ラジオアイソトープと有人探査は相性がすごく悪いはずですよ。

放射線とかがあるので、防護すればいいのですが、それはいろいろとリスクを抱えることになります。ですから、むしろこれまで苦労したのが、これからの有人の月等において非常に有効に活躍できるというか、売りになるのかなと思っていたのです。そのような形で売り出していけそうなのか、実はほかに競合があるのか、もしコメントをいただけたら大変参考になります。どんな状況でしょうか。

○JAXA（山中センター長） 特に初期は、月面活動においても、いきなり原子力というような踏み込んだものより、現実的には、例えば太陽電池タワーのようなもので、当面人類の活動を行っていく期間がまずは手前にやってくるはずですよ。

そういうところでは、日本のコンポーネント、機器その他は、特殊というよりは、非常に信頼度が高く、効率も良いという意味において、足腰が強いというか、基本的な能力としては十分に高いと思っていますので、そういうところは、先生がおっしゃってくださったように、これまでの努力の成果がここまで来ているものですよ。そこは誇れるものだと考えています。

○杉田委員 なるほど。

月面での原子力みたいな話も以前聞いたりしたこともあるのですが、むしろそっちに行くのと相補的な感じで活躍できるというような見方をしてもよいということですか。

○JAXA（山中センター長） そう考えていますし、当然ですが、時間軸に少しず

れがあるはずですので、最初に何がやってくるか、その次に何がやってくるかというような考え方をしています。

○杉田委員 分かりました。

ありがとうございます。

○常田座長 今回の杉田委員の御質問は、半永久電源を開発しても、放射線の問題があって、無人ミッションならいいけれども、有人で同じように活用できるのですか、有人ではまた電源の最適化が違ってくるのではないかという質問と捉えました。

○杉田委員 それに近い感じで、ものすごく準備をしないと、怖くて、宇宙飛行士をそんな近くに持っていけないということが絶対に出るので、少なくとも初期段階においては、太陽電池等、アイソトープを使わないのが大事になるのかなと思います。だから、日本の役割が大事になるという話になるのかなと思ったということです。

○常田座長 御趣旨は分かりました。

ほかにどうでしょうか。

月面3科学を本委員会で議論して、宇宙基本計画にも掲載されているのですが、3科学の一つは、月面地震計。地震計がゆえに、月の割と広い範囲に展開しなくてはいけない、高緯度だけではないと理解しています。

それから、月面電波天文台。月面の裏面とか、月面の極に置くということが検討されています。

それから、サンプルリターン。

その3つにトップダウンで決めてしまうといけないので、そのほかも入って「月面3科学」「月面4科学」と言われています。

月面アーキテクチャの議論に関連して、アルテミス計画全体を進展させる中で、科学が貢献していくには、ミッションを具体化していかななくてはいけない。フィージビリティがあるのか、ないのか、全然情報がない状態ですので、政策立案の観点から、その辺の見通しを得ていく必要があります。

地震計にしる、月面天文台にしる、検討しているのはコミュニティで、研究者レイヤーですので、そこに越夜はできませんとか、これぐらいできますという情報がないと、設計一つできないという状態です。

今、紙の上で検討している原理的な検討の段階を終えつつあって、全体システムを考えなくてはいけないときに、一体どういう条件なのですかというのが出てこない、なかなか進みにくいところまで来ている状況です。今日御報告があって、この2つについては分かったのですが、今後、本委員会で、越夜、あるいは電源について、どのようにやっていけばいいのか。

LUPEXとローバを中心に、JAXAの検討を時折報告してもらい以上に、プロアク

タイプに何かできるわけでもない気もしますが、その辺で何か委員の先生方で御意見があれば、お願いします。

永田先生。

○永田委員 冒頭で、月面は非常に昼夜の温度差が激しいという御説明はいただいたのですが、これは表面近傍の話でありまして、1メートルぐらい掘れば、ほとんど温度は変わらないところに行くわけですね。

移動するようなLUPEXや探査ローバとかでは使えませんが、据置型のもので、定期的に越夜しなければいけないものについては、地下の熱源を利用して、その熱をくみ出しながら越夜することも、設置型であれば十分だと思うのですが、そういった検討はどこかでされていますか。

○常田座長 宇宙技術戦略にさえまだないのではないですか。

欧米に頼るわけではないけれども、そういう検討は進んでいるのですか。川崎理事補佐。

○JAXA（川崎理事補佐） 電源はそうではないのですが、結局、地下の熱伝導を高めるために、樹脂のようなものを流し込んで、熱伝導を高める技術があるそうなので、今、それは宇宙探査イノベーションハブで共同研究とかをやっているところがございます。

○永田委員 ありがとうございます。

○常田座長 ほかにどうでしょうか。野村委員。

○野村委員 勉強不足なので、ちょっと教えてほしいのですが、先ほどのお話しでは、日本は、原子力を使わない安全なエネルギー源ということで、一方で、欧米ではいろいろと原子力を使った電気もあるかと思うのですが、そういうところで、欧米と日本とで、それぞれ技術力のあるところで協力し合うとか、そういう方向はあるのでしょうか。

○JAXA（山中センター長） それは大いにあると思います。

アルテミス計画全体がそういう考え方というか、思考で動いていると思っています。

ローバも、例えば日本の自動車という技術は優れているねということで任せられている部分があるように、各国それぞれのヒストリーも踏まえて得意になっているところがありますので、そこは積極的に良いもので貢献し合っていくという思想は、今後も続くと思います。

○野村委員 ありがとうございます。

○常田座長 この議論はこれぐらいにするのですが、本委員会としては、この問題は非常に大事であるという共有ができました。

その前に、山崎委員、お願いいたします。

○山崎委員 失礼いたします。

宇宙戦略基金でも、半永久電源に関わる要素技術は、TRL4相当ということで取り組まれています。この後、どういう戦略を持って進めていくかということがとても大切になるのではないかと思います。続く月面における利用を具体的に見越していらっしゃるのか、この辺りの応用について、今、どのような計画でいらっしゃるか、伺えますでしょうか。

○常田座長 どこですか。山中さん。

○JAXA（山中センター長） 例えばJAXAで言いますと、探査センターが取りまとめている国際宇宙探査シナリオ、全体のシナリオを検討しております。2021年版も出ているのですが、少し改訂したほうがいいので、今、改訂しかかっているとところなのですが、そういうところでの議論があります。

それから、最初に常田座長からありました月面アーキテクチャ検討会でも、大きく見れば、そういうものも含めた議論になろうかと思えます。

です。意識はしてはいて、その中で、シナリオとしてそこを入れ込んでいくという意識は持っています。

ただ、先ほど杉田先生に問われたとおり、どうしてもここは時間軸を抜きには考えられないと思っていて、最初に何をやっていくのか、次に何をやっていくのかという中で考えたいと思っています。

それから、原子力、今回のRI、その先を含めても、得意なところで貢献するとは言いながら、全くやらないのもあまりよくないと思っていて、要素技術のレベルを高めるとか、そういうことは必要だと思っていますので、そういう準備は行って、最終的には、国際社会の中で貢献できるような形にしていきたいと考えています。

以上です。

○常田座長 さっき言いました月面3科学の一つの月面天文台の検討が日本でも進んでいますし、NASAでも急速に進んでいます。

その辺の国際状況を踏まえて、ミッションの意義、それから、本当にできるのかというところを国立天文台の井口先生に御説明いただきたいと思えます。

お願いいたします。

#### 【国立天文台井口聡教授から資料3について説明】

○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。では、永田委員から。

○永田委員 細かい質問というか、確認というか、3ページですか、100キロヘルツから切っているものもありますが、それぞれの計画が何メガヘルツから何メガヘルツまで見られるのかという話と、先ほど井口先生がそんなに精度は出

ないのではないかとおっしゃっていた6ページの15メガヘルツにおける観測感度の話はどう対応するのかというか、これを踏まえて修正すると、見られるメガヘルツ帯も下限が変わってくるのかということをお教えいただきたい。

○国立天文台（井口教授） 観測周波数帯域は、宇宙論で見たときに、ページ数で言いますと、このページの下で、横軸に観測周波数、縦軸にグローバルシグナルという観測量を示したパラメータがあります。

50メガヘルツ以下のところは「暗黒時代」を観測すると思っただけだと思います。

200メガヘルツ辺りにある吸収量を含む50メガヘルツ以上と書いているものは「宇宙の夜明け」時代の吸収量を観測しようとしています。

ただ、こちらは、星形成とか銀河形成の影響が含まれるので、メインとすると、宇宙論だけでなく、むしろ天文学かなと思っています。なので、これら観測波長の違いは、ターゲットとしてのサイエンスが違うということになります。

あと、感度の話は、ちょうど15メガのところが一番吸収量が大いのです。

なので、最大ピークの吸収量を量る上で、どういう設計がベストかというのを比較させていただいたのが次のページになります。

○永田委員 なるほど。

だから、補正しても、見られると言っていた周波数が見られなくなるわけではないということですね。

○国立天文台（井口教授） そういうことです。

○永田委員 分かりました。

ありがとうございました。

○常田座長 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。

私も、周波数帯に関する質問なのですが「暗黒時代」を見るために、この周波数帯はすごくいいと思うのですが、もちろん、ほかにもいろいろとおっしゃったように、ターゲットはあると思うのですが、月で見るときに、この周波数帯がよいとかいうのは何かあるのでしょうか。

○国立天文台（井口教授） 右上の図を見ていただくと、地球では、この周波数帯は電離層の影響によりまず観測できません。50メガヘルツ、30メガヘルツ以上だったら何とかやれるのですが、15メガヘルツという一番大事なところはかなり厳しいのです。

周回衛星等でも、多分、それは見られると思っただけなのですが、地球からの電波源を相当我々は気にしてしまっていて、月に行きたいというのは、月の裏は「かぐや」のデータがあります。アメリカも、このデータを使って、裏に行くべきだと思っただけで「かぐや」の測定結果は大事だったのだと思っています。

ただ、長い間、月面に置いて電波の環境を見るという実験はまだまだやっていかななくてはならないので、まず、1号機でアメリカや日本もそれは見たいのだと思っています。

月に行きたいメリットは2つで、電離層が地球に比べて圧倒的に薄いという点と、地球そのものが電波障害を生んでいますので、それらから逃げたいという2つです。

○野村委員 分かりました。

あと、天の川と地球のノイズがあるという話だったのですが、こういうものは、モデルで引くのは難しいのでしょうか。もちろん、引いてもある程度残ってしまうと思うのですが。

○国立天文台（井口教授） モデルで引くしかないと思っけていまして、天の川の詳細マップがあります。

オランダとアメリカが共同で、今、天の川の詳細マップを大体数十メガヘルツ帯で描かれて、そろそろ公開されるのではないかと思うのですが、すごくきれいな絵があって、それをマルチフレームでつなぎながら、我々はきれいにモデルを作ろうと思っています。

そのときには、プランクとかWMAPの高い周波数も全部使ってモデルを作らなくてはならないと思っけていまして、とりわけ低い周波数は、基本シンクロトロン放射なので、直線ヒットでいいから、相当精度良くモデルは作れると期待しています。

地上のデメリットはもう一個ありまして、月が邪魔するのです。

月がたまに天の川の前を通過していくように見えます。地上で観測されている方はこの影響の除去に相当苦労されています。

だから、もう一個のメリットは、そういった大きな惑星が横切らないという意味でも、月から観測することはメリットとして大きいかなと思っています。

○野村委員 モデルで差し引くことを考えると、地球のノイズよりも、天の川のノイズのほうがまだよいということにはならないと思うのですがいかがでしょうか。

○国立天文台（井口教授） これは純粋に感度なので、天の川そのものが何百万ケルビンとありますので、要は、観測時間に影響してきます。だから、極に持っけていったほうが観測時間は4分の1で済みます。私たちはそこに魅力を感じています。

ライフタイムを長くするというのは、それだけエンジニアリングに対する要求が上がりますので、なるべく短いのがよく、我々は8,000時間が必要とされていますが、米国はさらに短い時間で、でも台数を増やす検討をしております。なるべく感度を上げたいということで、我々はさらに天の川からの放射も避けたい

と考えています。

○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 その前に、関委員から。

○関委員 御説明ありがとうございました。

1つコメントと、1つ御質問があるのですが、まず、9ページの惑星科学に関してなのですが、木星型惑星の磁気圏が観測できても、そんなにハビタビリティは関係ないと思うのですが、一方で、恒星電波バーストを測ることができると、恒星風の情報が得られるので、そうすると、たとえ地球型惑星が観測できなくても、その惑星をとりまく宇宙環境が分かるので、かなりハビタビリティへの手がかりになるので、面白いと思いました。これはコメントです。

御質問は、高さのある設計の望遠鏡にするというお話だったのですが、実際に月面に設置するに当たって、技術的な開発要素がどのくらいあるのでしょうか。また、設置に関しては無人でやろうとしているのか、有人が必要なのか、その辺りを教えてください。

○国立天文台（井口教授） 1つ目のコメントに対しては、全くおっしゃるとおりで、我々もそういう理解でおります。

特に恒星電波バーストは、タイプ2、タイプ3等を見ようと思ったら、観測周波数が低いほうがいいのですが、実は地上の望遠鏡群でも最近観測されたと聞いております。

もう一個、後半の技術のところなのですが、強度設計、構造設計は、現状、試作のものでは検討させていただいているのですが、将来、台数を増やしていったら、どうやっていくかというのは、おっしゃっているとおり、多分、安定度や強度を今後よく検討していかなくてはならなくて、それはこれからもっとねじを巻いて検討しなくてはならないかと思っているところで、御指摘の点は重々理解しております。

ただ、具体的にどうやってそれを技術的に全て応えられるかというのは、今後、要件とさせていただければと思っています。

また、パートナーとなっただけのように、いろいろなところとの協議の上で決めていくことかなとも思っています、我々は、まず、サイエンティフィックな最低限必要となる、開発するための要求条件をしっかりと提示していくことが大事かなと思っています。

○関委員 ありがとうございます。

そうすると、設置の仕方は、有人なのか、無人なのかはまだ決まっていないということでしょうか。

○国立天文台（井口教授） 両方できるようにやりたいと思っています、SLIM

等の位置決定精度は、我々の要求している精度より高いので、どこにどの望遠鏡を置いてほしいかというのは、干渉計をやる上では非常に大事です。

ただ、現状のSLIMの100メータという位置設定は、我々にとっては十分に仕様を満たしていただいているので、SLIM型で望遠鏡を展開するやり方もありますし、ローバで配っていただくというやり方もあり、両方から検討できればと思っております。

○関委員 ありがとうございます。

○常田座長 杉田委員。

○杉田委員 ありがとうございます。

LuSEE-Nightがすぐに実現するように、着々と進んでいるのが一つすごく驚く話ですが、スポンサーがDOE（エネルギー省）だと伺ったわけですが、彼らは何をモチベーションにして予算を取ってきたか、もし御存じでしたら、教えていただけますでしょうか。

○国立天文台（井口教授） 完全に宇宙論でして、参加しているのはLawrence Berkeley laboratoryとBrookhaven laboratoryです。

両方から金額も教えていただいているのですが、相当大きな額を出されていて、NASAと共同ですすめられたようです。

○杉田委員 彼らとしては、宇宙論の知見が得られれば、エネルギー省としてはペイするという形でやっているのですか。

○国立天文台（井口教授） DOEは宇宙論が大好きなようで、これまでいろいろな宇宙論に関するプロジェクトに投資をしているようです。どういう意図かまでは、そこに聞かないとよく分からないのですが、傾向としては顕著に見えています。

○杉田委員 なるほど。

似たようなDOEによるプロジェクトで、National Ignition Facilityとか、もあるのですが、もうちょっときな臭い話が大抵後ろについていたり致します。今回に関しては、そのようなことは特にないと聞いています。

○国立天文台（井口教授） そういう方々が見えた感じは全くしませんが、そこに関しては分かりません。

○杉田委員 ありがとうございます。

○国立天文台（井口教授） 純粋な研究者とはお会いできていて、議論はしています。

○常田座長 ほかはどうでしょうか。

井口さん、ご提案の月面天文台は、JUICEで日本が貢献した波動観測装置のRF系のハードウェアがかなりそのまま使えるということで、また、アンテナを月面から上に上げる部分も、マストの展開技術は日本飛行機さんとかがあります

ので、日本で十分にできる、割と既存技術でできてしまうということですね。

○国立天文台（井口教授）　そうです。

だから、下の台座さえ用意していただいたら、その上にこれを展開していければ、かなり計画の実現性をあげられると思っています。

○常田座長　この感度表が井口さんたちの成果だと思うのですが、LuSEE-Nightに対してTSUKUYOMIがちょっと高いのは何ででしたか。

○国立天文台（井口教授）　偏波の数です。

○常田座長　そうなのですね。

○国立天文台（井口教授）　はい。

日本のものにはルート2がかかり、高さの部分で我々が多少感度を稼げているのですが、我々のダイポールアンテナも2本用意すると、もちろん、感度は良くなります。

○常田座長　そういうことね。

分かりました。

この前、ワシントンに行ったときに、フォックス科学局長と懇談したのですが、LuSEE-Nightはやるということで、月の裏面に降ろすということでした。できていると。

わが方の感度計算やブロック図を示して、日本が極域に降りるなら、双方向的なので、協力しようというお話をしました。

ただ、こちらはいつになるか、まだ分からないのですが、向こうは今、2026年と言っているわけですね。

○国立天文台（井口教授）　はい、そう聞いております。

○常田座長　それで、極での電波環境と月面裏面での低周波電波環境を日本と米国で比較できると良いと思います。

その結果を受けて、次のアメリカのディケイダルサーベイのアストロノミー、アストロフィジクスに、月面天文台干渉計を一つのタマとして出していく可能性もあると思っています。

そのインプット情報とするには、日本も、米国の2026年打ち上げにほぼ同期したところで打ち上げると非常に強力になるということです。ディケイダルサーベイのオーソライズを得ないと、干渉計システムは予算的にもできないというお話でしたので、日米の検討が本格化しているところであります。

何かほかに御意見等はございますか。

月面3科学、月面4科学ということですので、月面天文台だけにフィーチャーし過ぎるとよくないので、月面地震計の進展も、JAXAから次回にお聞きしたいと思いますので、準備をよろしく願いいたします。

月面サンプルリターンは、一歩後になっているかという理解で、地震計のほ

うをまずお聞きするということでどうでしょうか。

ほかにどうでしょうか。

よろしいですか。

井口教授、どうもありがとうございました。

○国立天文台（井口教授） どうもありがとうございました。

○常田座長 今日予定した議題は終わりましたが、委員の先生方からほかに何か追加の御意見、御質問はございますでしょうか。

それでは、事務局、文科省から何か追加でございますか。

よろしいですか。

では、今後の予定について、事務局から連絡をお願いいたします。

○松本参事官 次回の会合ですが、技術戦略のローリングのお話がございますので、1月ぐらいに開催を考えておりますが、また詳細の日程は調整させていただきたいと考えております。

それから、過去の議事録の点検を先生方をお願いしていきまして、できるだけ早く公表できる形にしたいと考えておりますので、御協力をよろしくお願いいたします。

以上です。

○常田座長 ありがとうございます。

次回の議案は、事務局と整理するのですが、幾つか予告しておきますと、XRISMの事象についてお願いしたいと思えます。これは、NASAとの関係もあって、非常に大事です。

それを次回、1月でしょうか、2月でしょうか、そこでお願ひしたいということと、フロントローディングで進展があるミッションがありますので、赤外線センサー等について、ここまでフロントローディングの成果が出たということも含めて、次回、報告してもらいたいと思えます。

事務局からほかに宇宙技術戦略について、次回やることはどうなっていましたか。予告していただきたいです。

○松本参事官 先ほど申し上げたとおり、技術戦略のローリングの話がございまして、政策委員会からそれを頼まれて、下部の委員会にそれが落ちてきている状況ですので、一応、それを御審議いただくことになろうかと思えます。

○常田座長 分かりました。

それでは、今日もありがとうございました。

ちょうど時間ですね。

終わります。