

## 第 69 回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和 8 年 1 月 26 日（月） 15:00－17:00

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、樋口参事官

(3) 関係省庁等

文部科学省宇宙開発利用課

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

迫田戦略官

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）

藤本理事

川崎理事補佐

藤本チーム長

○常田座長 定刻となりましたので、「宇宙政策委員会宇宙科学・探査小委員会」の第69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、御参加いただきまして、お礼申し上げます。

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 本日は、杉田委員、野村委員、山崎委員がこの場で御出席くださっています。篠原委員、関委員、永田委員がオンラインで御出席くださっています。

それでは、本日の議題につきましては、議題 1「技術のフロントローディングに関する全体報告」、議題 2「マイクロ波背景放射偏光観測宇宙望遠鏡(LiteBIRD)の今後の推進計画に関する報告」、議題 3「月面・小惑星資源探査における取組と今後の方向性について」、議題 4「宇宙技術戦略のローリングに関する審議」です。

落丁などありましたら事務局までお申しつけください。

それでは、議事に入りますので、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 それでは、早速ですが、議題1「技術のフロントローディングに関する全体報告」であります。資料1に基づきまして、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）から報告をお願いいたします。

<JAXAより資料1について報告>

○常田座長 藤本所長、ありがとうございます。

それでは、質疑に入りたいと思います。

野村委員。

○野村委員 どうもありがとうございます。

様々な技術、それぞれ大事な技術だと思います。その中で一つ、冷凍機についての質問ですが、前回のお話ですと、LiteBIRDは少し後のほうになるというお話だったと思うのですが、それまでの期間に、この冷凍機をちゃんと開発していくという点で海外との連携も含め、もし計画などありましたら教えていただけますでしょうか。

○JAXA 今、御指摘のように、まず2K-JT冷凍機をはじめとする冷凍機技術の開発は、LiteBIRD計画は少し後ろのほうに送られたということではございますけれども、実際には、今後3～4年というタイムスケールの中でこの冷凍機システムを組み込んだトータルな冷却システムの検証という、かなり大きな技術実証ということ海外機関との連携として計画しています。その意味で、タイムスケールといたしまして、今、この開発のタイミングは、LiteBIRD計画における海外協力を強化する観点にも資するというで継続してまいりたいと思います。

一方で、今、御質問ありましたように、海外の協力というところでこの技術は非常に優位性がございますので、既に資料に記載のミッションのほか、幾つかのミッション候補というところと対話をしているところであり、御指摘いただきましたように、今後もそのような機会を捉えて、この技術を活用していきたいと思います。

○野村委員 どうもありがとうございます。

○常田座長 それでは、関委員、お願いします。

○関委員 ありがとうございます。

私からは、今後実施の検討が必要な事項、14ページについて御質問があります。③の小型科学衛星バス技術の刷新は、公募型小型の頻度が結構落ちてしまっているというのが問題になってきている中、すごく重要だと思う一方で、標準化することによって自由度が失われるという部分もあると思います。コミュニティにどういう将来計画のニーズがあるかをリサーチしながら、その意見を

取り入れるのがとても大事だと思います。その辺り、コミュニティとの連携をどの程度やられているのか、教えてください。

○JAXA（藤本理事） 今まで提案があった計画はこちらで把握していますので、それらの計画がちゃんと当てはまるぐらいの軌道あるいはサイズ感というようなことは考えています。

あと、今、御質問は科学の用途をどれぐらい調査されているのですかということだったと思いますが、どうして打上げ頻度が下がってしまったのかということと考えますと、科学のためだけを考えるとなかなかうまくいかないというところもありまして、メーカーさんのやりたいこととか、それ以上に、日本の宇宙開発においてこれぐらいの衛星バスというものはどういう使われ方をするのだろう、そういった意味での調査も行ない、そういったことも勘案しながら標準バスをつくっていかうと思っています。標準化することとの裏表なのですけれども、標準化するのであれば、作り方もできるだけいい形をつくろうではないか、そういったことも含めて、こういった技術開発を進めていきたいということはここに書いてあるとおりです。

○常田座長 今の御質問は、標準化すると安く早くなるのでいいけれども、宇宙科学ミッションは多様な個性があるので、そういう多種多様な仕様をちゃんとアコモデートできますかという御質問だったのですが、その点については一言、いただけますか。

○JAXA（藤本理事） 科学ミッションだけでそれを全て受け取ることはできないので、中型ミッション、さらには海外での参加を勝ち取るためにはいろいろなことをやらなければいけないという意味において、技術のフロントローディングを宇宙実証まで含めてはどうだろうかというようなことを考えています。ですので、御質問に直接お答えすれば、小型科学衛星で受け取れるところは狭くなりますが、その分、標準化によって頻度を上げていきたい、宇宙科学プログラム全体のバランスを取ることで日本の宇宙科学全体を盛り上げていかうと考えています。

○常田座長 それでは、永田委員、お願いします。

○永田委員 ありがとうございます。

技術のフロントローディングというのは、当初は日本のミッションの先出しの技術開発として立ち上がったものなのですが、それが海外のミッションも含めて波及効果があるというのはすごくいい話だなと思いながら伺っていました。これはなかなか今までなかった話だと思っていまして、例えば「はやぶさ」ミッションで再突入技術が注目されて、それが海外に波及されたというように、ミッションが終わった後の波及というのはこれまでもあったのですけれども、ミッションが立ち上がる前の、先行された技術開発が海外のミッションに波及し

ていくというのはこれからどんどん広げていくべき話だろうと思います。

その意味でも、まず軌道実証をどんどん積極的にやっていくというのは波及効果を考えればぜひやるべきことであり、基本的には賛成なのですが、ただ一方で、13ページで御紹介いただいたものは、おそらく、軌道実証していないのではないのでしょうか。それが海外での目に留まったということは、何らかの売り込みがあったのか、どういう経緯で立ち上がったのか、今後もしろいろな波及のさせ方の参考になるのかなと思って、お伺いしたいです。

○JAXA（藤本理事） 私が理解している範囲でお答えしますと、これは、もともとやっておられた方はかなり難しいことをやられようと思いました。将来に向けて原始重力波を測ろうとしますので、衛星間距離を非常に精密に制御しながら測ることが必要です。そのために必要なコンポーネントということでこういったものを開発されてきたのですけれども、それがもともとは、今、進行中のヨーロッパの重力波計画でも使えるのではないかとということで、そのコミュニティである種、うわさとして広まって、ヨーロッパ経由でドイツの、宇宙の重力波ではなくて地球の重力場を測るミッションなのですが、そこでも使えるのではないかとということになっています。結局、将来に向けて難しいミッションを実現しようと思って、いいコンポをつくったら、直近の海外のミッションでも活用してもらえるとということです。オーバースペックなのではないかという気もしますが、私が理解している範囲ではそういうことになります。

○永田委員 では、学会に出したとか展示会に出したとかいうのではなくて、口コミで目に触れたという感じなのですか。

○JAXA（藤本理事） そうです。重力場あるいは重力波コミュニティとって、技術的にははっきりしていて、究極的にはこういうミッションをしなければいけないとか、そういったイメージは共有されているのだと思いますが、そういった大きな流れは共有されている中でこういったコンポが出てくると、やはりそれは注目されるのだというふうに私は理解しています。

○永田委員 なるほど、分かりました。ありがとうございます。

○常田座長 ありがとうございます。

杉田委員。

○杉田委員 ありがとうございます。

フロントローディングについてですけれども、長年継続されてきて、着実に成果が出ている非常に良い取組だと思って聞きました。その上で、ほかの今日の資料も併せて見たときに気づく点があります。これは私だけが気づくものではないと思いますが、ここは基本的にはハードウェアのフロントローディング、開発が中心になっています。まず、ハードがないとどうしようもないわけですし、国際的なプレゼンスやビジビリティを上げるのは「最初に世界で初めて何

かしました」というニュースも重要です。ですが、その後でその取得データが世界的にずっと使われるというような形で、じわっと浸透していくこともあります。その面で言うと、データを取った後、使いやすくするところの技術、ソフトウェアの技術、データ利用のところというのはなかなか予算がつけられなくて、そこもこういうフロントローディング、これはフロントではなくてバックローディングかもしれないのですが、役立てられるとよいと考える次第です。NASAでもESAでも非常に労働集約的に人手をかけてデータの整理は物すごく細かくやっています。その細かい作業をAIの技術等を使って省力化して進めると、今までできなかったような丁寧なことができたりする、こういう技術の開発の要素というのはあるのではないかと思います。その辺を含めて、今後、検討したり、提案の機会をプロモートできたらいいなと思います。

○常田座長 藤本理事、どうでしょうか。

○JAXA（藤本理事） アメリカの状況とか見る中で、あの規模でやることはできないのですが、日本ならではのことはしたり、日本でもある程度のところまでやっておかなければいけないのだろうなということは意識しています。AIなどがヒントになっていると思います。

○常田座長 ありがとうございます。

翻ってみますと、これは2020年度から始まっていて、ちょうど5年目で、令和7年度当初予算は8億円程度だったと思いますが、文科省が頑張ってくれて、かなり多額の予算がこれについているということだと思います。前も言ったのですが、大学共同利用機関法人あるいはそのほかの研究所でこういうプロジェクトを定めない形でこれだけのお金がついているというのはほかにはなくて、宇宙科学研究所だけだということです。それだけにこの資金の成果というのが問われてくるものと思います。

2020年度から始まる前に2010年代の後半、故松井座長の時代に、このフロントローディングという概念が宇宙科学・探査小委員会から出てきまして、それで実現されていきました。初期の頃の宇宙科学・探査小委員会と宇宙科学研究所の間でフロントローディングの定義について若干のずれがありました。我々としては、目的、ミッションが初めにあって、それを実現するための技術開発ということだったのですが、宇宙研のほうでは、もう少し広く基礎開発的なことにも使いたいというのがあったと思います。それでいつもそのことを言っていたのですが、先ほどの藤本所長の御説明は、当初の本小委員会の趣旨を100%捉まえていただいているということで感謝申し上げたいと思います。

それから、成果を見ますと、一部のする出版論文を頂いて見たのですが、7億で何年かやってきて、これだけの成果が出ているというのは本小委員会としても高く評価したいと思います。額を増やすのは難しいかもしれませんが、少な

くともこれは継続していくことが非常に大事で、今後も宇宙研で頑張っているなどところで成果を出してもらえと思っています。

梅原課長、このフロントローディングについて、予算面でもいいですが、文科省としてコメントがあれば、お願いします。

○文部科学省（梅原課長） プロジェクトにもJAXA全体にも影響が非常に大きいと思っておりますので、引き続き予算の確保に向けて取り組みたいと思います。

○常田座長 力強いコメントがありました。

藤本理事、どうぞ。

○JAXA（藤本理事） 出口ということですがけれども、これは面白いもので、「はやぶさ2」とか「SLIM」があるおかげで、ある種の宇宙研でやっていることに対するビジビリティがあり、その舞台の上でみんながやりたいと思っていることで少し成果を出すと、出口が見える部分が結構あるのです。ですので、フロントローディングという活動のおかげで、もともとは日本のミッションでということだったのですが、実は海外ミッションにおける勝てる立場を取っていく上においてすごく効果的だと今は思っています。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、次の議題に参りたいと思います。議題2「マイクロ波背景放射偏光観測宇宙望遠鏡(LiteBIRD)の今後の推進計画に関する報告」です。資料2に基づいてJAXAから報告をお願いいたします。

#### <JAXAより資料2について報告>

○常田座長 ありがとうございます。

それでは、質問、コメントをお願いします。

山崎委員。

○山崎委員 御説明ありがとうございます。

先ほど小型ミッションの頻度もなかなか保つのが難しい状況という中で、中型も非常に難しい状況であり、その中で期待されているミッションだと思いません。体制も含めて様々リフォーミングされたわけですがけれども、こうして形が整ってきたということで御発表くださり、ありがとうございます。

質問としましては、検出器がやはり非常にクリティカルな部分だと従来から言われているわけですがけれども、フロントローディングも日本としてやってきたということをおっしゃっていたのですが、日本でやっていたフロントローディングはどの部分をやられていてTRLを高めようとしているのか、また、検出器の部分については日本はどのような形で絡んでいくのか、もう少し教えていた

だけのでしょうか。

○JAXA（藤本チーム長） まず、フロントローディングに関しては、観測装置に対して、我々がペイロードモジュールと呼んでいる部分に含まれる冷凍機等について含めて進めてきました。冷凍機等については、先ほどの技術フロントローディングという形で着実に進めているところです。

観測装置に限って説明しますと、もともと観測装置が3台、望遠鏡が3台あって、そのうちの1台を日本が担当するというので、KEKを中心にフロントローディングを行っておりました。特に重要な点としては検出器に関するところ、あと、今日は述べませんが、偏光変調器についても、もともと日本が1台を担当するというのでフロントローディングを進めていました。リフォーメーションにより現在は、望遠鏡が1台に集約され、日本が観測装置全体を担当ということはなくなって、ヨーロッパがここを担当することになっています。そこに我々がこれまでのフロントローディングで得られてきた知見を投入して一緒にやっていくというものです。決して、ヨーロッパが担当するので、あとはよろしく願いますということではなくて、そこに日本がしっかり入り込んで、我々がこれまで得てきた知見も反映して確実にミッションを実行していきたい、そういう計画で進めようとしております。

○山崎委員 承知しました。これまでやられてきたことがきちんとつながるように日本としてもフォローしていただけたらよいと思います。ありがとうございます。

○常田座長 ありがとうございます。

野村委員、どうぞ。

○野村委員 どうもありがとうございます。

似たような質問になってしまうかもしれませんが、これまではKEKが米国の技術を使ってという話でしたけれども、今回のですと、欧州が直接入ってくるという形になるのかと思いますので、そこを日本のミッションとしてどういうふうにするのか、コミュニケーションをしっかりと取る必要があると思いました。補足でもし何かありましたら、よろしくお願いします。

○JAXA（藤本チーム長） ありがとうございます。

検出機は欧州がリードするということになりましたが、日本もそこにしっかり入り込んで一緒になって進めていく、これまで日本で得られた知見はヨーロッパに還元して確実に検出器を実現していく、そういうことを考えております。

もともと、検出器の開発についてはヨーロッパのチームが名のりを上げてくれたのですが、それだけだと予算的な裏づけが非常に曖昧でして、そこはJAXAのほうでもプッシュして、ESAに入ってもらうことでより確実に実施できるようにになりました。特にESAの技術局に入ってもらって、まずはフロントロー

ディングというか、R&Dをしっかりと実施する、そこには日本のチームも入り込んで確実に実施していく、そういう体制を構築しているところです。

○常田座長 関委員、お願いします。

○関委員 御説明ありがとうございます。

LiteBIRDはかなり厳しい時期があったのをここまでスリムアップして復活させていただいた努力には敬意を表したいと思います。

一方で、KEKが開発から手を引いたのは、JAXAと違う別の予算の研究機関と協力することの難しさも提示していたと思います。新しい計画では東大IPMUと岡山大とJAXAで中心的な役割を果たすということだったのですが、予算的には全てJAXAで見えるような、JAXAミッションに戻ったというふうに理解してもよろしいのでしょうか。

○JAXA（藤本チーム長） もともとKEKが支出する予定だったところについてはヨーロッパのほうに移りまして、日本に関してはおおむねJAXAリードのミッションになっています。ただし、地上の科学データ解析のところは東大IPMUがリードするのですが、ここは東大IPMUにも予算も取ってきていただく形を考えております。

○関委員 ありがとうございます。

そうしましたら、欧州との国際協力がきちんと順調にいけば、ほかの研究機関の事情によってまたストップがかかるというようなりスクはなくなったと理解してよろしいですか。

○JAXA（藤本チーム長） そこは非常に整理されて、もちろんヨーロッパが今後、資金拠出できるという前提ではありますけれども、KDP-2の際にレターにより各機関からの参加意思の確認しておりますので、これまでよりはしっかりした体制になっていると考えております。

○関委員 分かりました。

○常田座長 ありがとうございます。

LiteBIRDについては再三にわたって懸念が表明されてまいりました。これは、当事者の大変な努力があるにもかかわらず、ミッションが難しいということに本質的に起因するものです。最初、難しさを反映してTES（Transition Edge sensor）という検出器の心臓部分をNASAとの国際協力でやろうとしたのですが、NASAのいろんな方針の変更があって、ドアが閉ざされてしまった。この点に関するNASAとの国際協力を前提としてミッションが組み立てられていたので、LiteBIRDの人達はプロジェクト提案を根本から見直すことになりました。そこでKEKが出てきて、米国開発予定部分を引き取りますという提案をされ、コスト的にもその部分を負担しますと表明いただきました。このような形で再起を図ったのですが、今回、先ほど報告にあったようにKEKが撤退することになりま

した。宇宙科学研究所としては、はしごを外されたということで、LiteBIRDに関わる2研究所間でトップが決めた取決めにもかかわらず、こういうことがあったというのは大変遺憾です。宇宙研及び周りの先生方の大変な努力がこういうことで生かされなくなったというのは、私としても遺憾の意を、表明せざるを得ない。

その後、KEKの撤退を受けて、今回ご報告のあった3回目の大きな体制変更がありました。これもミッションをやりたいという若い方の熱意があるからということで、KDP-2も通ったということで、ぜひ頑張っていたいただきたいのですが、3つほど懸念があります。

お答えが難しい場合は次のMDR(その2)までに検討してもらえばいいのですが、一つはTransition Edge sensorです。米国の独占状態で、日本ができないというだけではなくて、欧州でもできていなかったというところがあります。この機会を使って欧州で開発しようというふうに理解していますが、そこをやり切れるかというところの見極め、これはぜひMDR(その2)までにやってもらいたいということでありす。

それから、難しいがゆえに総コストも随分高くなってしまして、それが理由だと思えますが、以前の体制では望遠鏡を日本で開発、先ほどのTESはKEKと米国で連携して開発するなど、大事な部分は日本が担っていたのですが、今回の体制では望遠鏡もセンサーも欧州による開発で、衛星バスとH3ロケットだけが日本の貢献という形になっています。これは当事者としては、じくじたる思いがあると思えますが、さっきの御担当者の説明では、「欧州チームに入り込んで開発に加わる」とか「一緒になって開発する」というのがありますが、これは規模の大きさ、システムの複雑さを考えたときには、かけ声だけではなくて、本当にそういうことができるというのをプロジェクトとしてしっかり担保していただきたいということです。そうしないと、外国製の先端科学ミッションを日本のロケットとバスで打ち上げて、中身を持っていかれかねません。総費用も物すごく高くなっているということで、やはり指摘せざるを得ないということがあります。

3つ目は、工程表に長い線を引かれて、2030何年に打ち上げるということで、戦略的中型はLiteBIRD打上げまでありませんとなってしまうことを懸念しています。2026年から2036年まで戦略的中型は、LiteBIRDの線が1本あるだけです。これがコミュニティに間違ったメッセージを与えるといけません。ここにどういうやり方で天文学だけではなくて探査ミッションとかが入っていくかというのをちゃんと説明していただかないと、工程表の出すメッセージが非常にネガティブな効果になるというのがあると思えます。

その3点を御指摘したいのですけれども、答えられる範囲で藤本理事、よろ

しくお願いいたします。

○JAXA（藤本チーム長） まず、2つ目のことに関しては、まさにおっしゃっていただいたとおりで、かけ声だけでは駄目だというのはそのとおりで、今後しっかりした形で計画としても取り込んでいきたいと思っていますけれども、日本に対する貢献も期待されていますので、検出器開発だけでなく望遠鏡全体の較正等含めてしっかり日本チームが入り込んだ形の計画を明確にしていくようにしたいと思っています。

TESの開発が難しいということはそのとおりで、だからこそ今までアメリカからの調達を想定してきましたが、今回はヨーロッパが中心になります。なぜヨーロッパだったらできると考えているかということ、中心になる機関がオランダ宇宙研究所（SRON）だからです。SRONはミリ波のTESはやったことはないのですが、SPICA用の赤外線TESボロメータ、Athena用のX線、TESカロリメータの実績を持っています。SPICAは計画が中止になり、Athenaの検出器は最終的にはアメリカが担当することになりましたが、十分優れた技術がSRONにはあり、そこがほかの機関と大きく違っているところです。もちろん、だから必ずできるということではなくて、実際KDP-2ではいろいろ懸念も表明されているのですけれども、まずはそういう形で我々としてはしっかりした体制になっているとあって、これで着実に進め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。

工程表での扱いを最後をお願いします。

○JAXA（藤本理事） その前に私から、どう見えているかということなのですが、TESが難しいというところに来たわけですが、技術的なものでミッションができるかできないか決まるのは割とフェアな挑戦だと思っています。

そういった難しい、例えば検出器における日本の役割なのですが、LiteBIRDはESAが協力してくれてここまでどうにか持ち直しているのは、ESAにおいて、あるいはヨーロッパ全体において日本とヨーロッパの協力を深めていこうではないかと、日欧で本当に協力していこうということがありますので、いろんなところで一緒にやらないかと誘われているのはすごくいい形になっていると思っています。

1つ前の話ですが、TESは難しいという御指摘でしたけれども、ヨーロッパではイタリアの素粒子研究所が実は開発に参画することになっているので、その意味でもかなりいい形になっています。そこのコネクションもできたりして、そういった意味では日欧の協力は非常にいい形になっているということです。

LiteBIRDが後ろに行ったから、10年間、中型はできないではないかとおっしゃっていただいたことは、中型計画を提案しなさいと指示していただいたことと私は解釈します。

○常田座長 ありがとうございます。

大変率直かついい御返事があったと思うので、アンノウンのところは致し方ないので、これだけまた固めて報告していただきたいと思いますが、今の議論を受けてどなたかコメントとか何かございますか。

先日SPIEに出席したのですが、欧州の人のLiteBIRDに対するJAXAへの期待が物すごく高い。あれを聞いていると、やれなくなったら大変なことになるなというようなところがありまして、ぜひ当事者には頑張ってもらいたいと思います。

それでは、議題2は終わりました、議題3は「月面・小惑星資源探査における取組と今後の方向性について」ということで、資料3で文部科学省から報告をお願いいたします。

#### <文部科学省より資料3について報告>

○常田座長 ありがとうございます。

質問、コメントをよろしくお願いいたします。

山崎委員。

○山崎委員 ありがとうございます。

月・火星探査をこれから考えたときに、今、宇宙戦略基金などで走っていますけれども、いろいろな実証をし、TRLが上がってきたところをきちんと実際に実現まで持っていくためのつなぎ、特に科学探査に関しては、そうした部分、アンカーテナンシーが衛星などの分野に比べてまだまだこれからだと思いますので、資料にも書いてくださっていますように、出口をきちんと見据えた、実現につながるような道筋を考えていただけるといいと思います。

○文部科学省（迫田戦略官） ありがとうございます。

まさに科学分野へのフロントローディングとか数多くの技術の実証の場として活用していただきたいと思いますので、なるべくオールJAXAとか、また、JAXAと大学、アカデミアが連携するような体制を構築していきたいと思います。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、お願いします。

○永田委員 ありがとうございます。

民間との戦略的なシナジーというところがアップデートの上ではかなり大事になるのだらうと思いますが、古いイメージでは、JAXAや宇宙研がリスクのある技術開発をやって、技術が獲得できたらそれを民間に展開していくというようなイメージでしたが、最近は民間の技術開発も結構ステージが上がってきて、

JAXAが獲得した技術を基盤としてさらに高度化して商業活動に利用していくというような活動も宇宙戦略基金の資源とかを獲得しながら進められていると思うのです。一方で、宇宙研の技術開発の中に民間の活動のこういうところを取り込むというところがいまいち見えていない気がして、このところはもっと積極的に、取り込む側についてもぜひシナジー効果を見込んでいった計画を立ててほしいと思います。宇宙戦略基金との連携の面でもこれは非常に重要なことだと思しますので、それが目に見えるような形で改定できないものかなと思いつながら伺っていました。

以上です。

○文部科学省（迫田戦略官） ありがとうございます。

JAXAでそういったオープンイノベーションハブなどの取組を活発にされており、個人的には成功事例なのかなと思っていますので、こういったところをさらに伸ばして、宇宙戦略基金のみならず、科学と産業の連携だったり、今、科学と産業はかなり近くなってきていますので、お互い連携できるようなところが見える化、または見える化するのみならず、強化していきたいと思います。ありがとうございます。

○杉田委員 御説明ありがとうございます。

まず、ここには非常に適切なことが書かれていると思います。これに加えて、先ほどもちょっと述べたのですけれども、既に取られたデータ、あるいはLUPEXのような現在進行中の探査プロジェクトのデータがこれから国際的に広く使われる、あるいは非常によく見える形になることが、国際的なビジビリティをきちんとつくるという意味で非常に大事だと思います。そこに関して、今後の強化方針に関する議論や意見があったら教えてください。

○文部科学省（迫田戦略官） ありがとうございます。

現時点でそういったデータの充実であったり、ビジビリティ向上のために提供していきましようという議論は、されていないというのが現状でございます。今後、半年かけてそういったデータの提供、月で何をしていくのかというときには今までデータを取ってきたものをどう活用していくのが重要ですし、また、世界に発信していくことによって日本の調査力というか、プレゼンスを示すことができますので、頂いた御意見の観点も含めて議論を煮詰めていきたいと思っています。ありがとうございます。

○杉田委員 ぜひよろしくお願いします。

○常田座長 ありがとうございます。

私からのコメントですが、科学技術・学術審議会で行われている月面の検討と、内閣府中心で行われました月面アーキテクチャ検討会の関係性についてです。参考資料3-1は非常に読みやすくしっかり書かれています。これは、現在

の計画が決まっています、それがだんだん将来に向けた案になってきた辺りまでが書かれているので、ある意味、書きやすいところを書いている。一方、月面アーキテクチャ検討会のほうは、2040年代に1000人規模の居住圏があって産業があるという前提で、そこにいくにはどうしたらいいだろうということでバックキャストしているので、非常に難しい検討だったと思います。

2つの検討は目的が違うので、それぞれやっていただければいいのですが、横軸に時間軸を書いたときに、文科省の月面の報告書（「月面探査における当面の取組と進め方について」）は2030年ぐらいで消えていって、アーキテクチャのほうは2040年代ということで、2つをつなぐ具体的な計画がない面があります。科学技術・学術審議会（宇宙開発利用部会国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会）の検討においても、アーキテクチャ検討会で言われている困難をどう咀嚼するのかという観点が入ってくるとよいと思います。コメント欄を見ても、月面アーキテクチャと関連づけるコメントが見当たらないので、その辺を文科省にコメントいただきたいと思います。

○文部科学省（迫田戦略官） 分かりました。この月面活動に関するアーキテクチャ検討会の報告は、どちらかというとバックキャスト型なのかなと思っています。我々の月面に関する報告はフォアキャストとなっていますので、うまくマージしていきたいと思っています。残り半年でございますけれども、アーキテクチャも踏まえて議論していきたいと思っています。

○常田座長 この辺、JAXAで月を全体的に見ている国際宇宙探査の方とか、あるいはアーキテクチャ検討会で尽力された局長とか、何かコメントございますか。

○JAXA ありがとうございます。

今、常田座長がおっしゃられたところが我々も非常に大事だと思っていて、これをやらないといけないと思っています。よく我々の言い方では、ある朝、起きたら2040年の月面開発はできていないという言い方をして、朝起きたら雨が降っていたらいいし、いろいろあったらアーキテクチャにつながるわけですが、そんなのが突然現れるわけではないですので、そこに着実に向かっていくプロセスが必要だろうと思います。座長をしていただきました白坂教授も同じようなことを言っておられて、アーキテクチャというのは最終的なアーキテクチャだけではなくて、途中伸びていくアーキテクチャというものもあるのですというお話をされていて、それが非常に大事だと思っておりますので、我々JAXAはそこを中心になって検討させていただきたいと思っています。

以上でございます。

○常田座長 ありがとうございます。

○風木局長 ありがとうございます。

今、常田座長からありましたとおり、2024年3月に月面アーキテクチャ検討会の報告書を出すときにも2年間引っ張っていただきましたし、山中センター長ももちろんですし、それから文科省も当然参加されて、あと、関係省庁も参加していました。今の議論との関係で言えば、今、宇宙戦略基金で7つのプロジェクトがあるのです。これが今後、ステージゲートにおいて評価されて進められていくわけです。それから、アルテミスⅡもいよいよですし、アルテミスⅢになれば、またさらに進展していく中で、実際に資源のレベルであるとか、経済的なビジビリティが分かってくるというレベルにだんだんなっていくわけです。今、2030年から2040年をつなぐようなという話がありましたけれども、その具体的なミッション、例えば輸送、日本で強い会社が非常に関心を持っているわけですが、その輸送のアンカーテナンシーを、どういう機器を、与圧ローバは もちろんありますけれども、それ以外に月面3科学やその他の分野で様々な可能性があります。その中で、NASAは当然ミッションがあるし、ほかの国も協力しているわけですが、日本のほうで具体的にJAXAや文科省でのアンカーテナンシーにつながるようなミッションのビジビリティをどうやってつないでいくかというのが課題だと認識しています。今、考えておられるというのを聞いているので、その辺りがどういう形で世の中に見せられるかというのが課題かと思っています。

○常田座長 ありがとうございます。

今の議論を受けて最後に何か一言言いたいという方ございますか。

それでは、この議論は終わりました、本日の議題の最後、議題4「宇宙技術戦略のローリングに関する審議」に移りたいと思います。

宇宙技術戦略につきましては、本小委員会を含む各省委員会での審議を踏まえ、宇宙政策委員会で審議されることになっております。本小委員会では、宇宙技術戦略の3分野のうち、探査分野について御議論いただきます。委員の皆様には事務局より本文及びロードマップの改訂案が事前に送付されていると思いますが、各委員からは積極的な御議論を頂ければと思います。

まず、資料4についてJAXAより御発言をお願いいたします。

#### <JAXAより資料4について説明>

○常田座長 ありがとうございます。

実際にどう変更されたかは、参考資料4-1の何ページに記載があるというのが今の御説明の資料にありますので、見ていただくと改訂案が見られます。

全体の印象として、修正の規模はそんなに大きくないのですが、重要な点をきめ細かくJAXAから改訂提案を御提案いただいたと思います。これの議

論も行うのですけれども、ちょっと前に事務局から依頼しましたように、委員の先生方から何か違う観点で、「こういうところはどうなのだ？」というのがありましたら、御提案いただきたいと思いますのですが、どうでしょうか。

では、山崎委員。

○山崎委員 どうもありがとうございます。

HTV-X 1号機、おめでとうございます。今後の低軌道、それから探査を考えると、HTV-Xの技術をどんどん発展させていくことがすごく大事だと思います。ここでも軌道上での制御や発展型の追加の技術を書いてくださっているのですが、ぜひ検討いただきたいのがHTV-Xの回収・往還技術です。点線で有人往還技術が後半には書いているのですが、まず、無人の物資の回収を考えるべきではないかと思います。というのは、国際的にHTV-Xを競争力を持つものとするのであれば、今、Cargo Dragonもそうですし、中国、いろいろな国が回収技術を持っている中、そこは避けては通れないと思っております。そこが将来的な有人輸送技術にもつながる一番クリティカルな共通するパスではないかと思っております、そこを早期に検討いただくのが大事だと思うのですが、いかがでしょうか。

○常田座長 有人宇宙輸送、有人打上げ等に関連した技術は既に技術戦略にかなり入っている中で、回収のところまで今まで抜けていた、入っていないところを今、山崎委員から御指摘いただきました。まずは、HTV-Xを使ってこれらの技術を実現することを検討できないかという御提案ですね。

○山崎委員 そうです。

○JAXA（川崎理事補佐） それは我々も重要だと思っております、内部検討はやっているものの、まだ具体的に予算化されているものではないので、今後の検討だと思います。

○常田座長 ありがとうございます。

関委員、お願いいたします。

○関委員 御説明ありがとうございます。

改訂内容は納得のいくものだったのですけれども、私からの一つ要望としましては、宇宙科学・探査と月面探査・開発が独立で、連動していない書き方になっていることの改善があります。例えば資料4の2ページ目の宇宙実証を推進していくというのと、月面のほうで8ページ目の月面への輸送機会の中で科学研究・技術実証の機会を提供するというのはかなり連動していると思うのです。最初の参考資料4-1の48ページの改訂のところでは宇宙実証というのが具体的にどういうことを想定しているのかについて、文言を一言つけ加えるだけだと分かりにくいので、具体例とか、どういう宇宙実証の機会を提供したりしようとしているのかという辺りがもう少し書けるとよいと思いましたが、もちろん宇宙科学のほうの宇宙実証は、月、火星だけではないと思いましたが、その辺り、部

局をまたいだ議論とかはどのくらいされているのでしょうか。

以上です。

○常田座長 これは重要な御指摘ですね。48ページに単に宇宙実証と書いてあるのがどういう宇宙実証か？、ちょっと舌足らずではないかということだと思いますが、藤本理事、お願いします。今、何でもかんでも答える必要はないので、まず、問題意識が共有できたかというところの確認をしたいのですけれども。

○JAXA（藤本理事） ここで意識しているのは、先行的な技術開発にとどまるのではなくて、それを宇宙で動かしてみせるところまでやりましょうと、先ほど技術のフロントローディングで申し上げたことを強く意識していますが、確かにおっしゃるように、月面で動かしてみせるのは問題意識は一緒といえば一緒ですね。

○JAXA（川崎理事補佐） 多分、宇宙実証の場としては、月面だけではなくて宇宙ステーションであるとかポストISS、いろんな場所があるので、そういった場所で実証していくという意味で書かれていると思います。

○常田座長 資料4の2ページの宇宙実証というのは宇宙研の提案で、観測ロケットとか大気球で宇宙実証を行ってきた実績があり、これをちゃんと位置づけてやりましょうということです。参考資料4-1の48ページのところは、月面にまで輸送手段を確保して、NASAのCLPSみたいなところまでいこうということですが、今、それが分かっているけれども、つなげるにはどうしたらいいですか？というのが関委員の御指摘だと思います。

○関委員 はい、参考資料4-1の48ページの宇宙実証は、従来の宇宙実証機会以外にも、せつかく月・火星が盛り上がってきているので、そういう背景もあるということが追記されると、宇宙科学のコミュニティの人はそこしか見ないかもしれないですし、何か一体感が出ていいかなと思いました。強い意見ではないですが、以上です。

○常田座長 大事な御指摘で、従来の観測ロケット、大気球で宇宙に行く、宇宙実証を行うということが強調されたのですけれども、今や、月のフィールドで宇宙実証をやらなければいけない、やることができるというふうに大胆に関連性を指摘していただくのもいいと思います。

ほか、どうでしょうか。

永田委員、お願いします。

○永田委員 ありがとうございます。

全体的に特に強い反対はないというか、みんなできるといいですよということなのでも、それでも項目によっていろいろ色が違うという印象を持っています。特にこれは大変ではないのかなと思ったのが、月面からのサンプルリターン、これはもちろんできればいいのですけれども、重力天体からの

サンプルリターンというのは非常に大変なわけです。単純に考えると、重力天体から飛び立つための推進剤を重力天体の表面にまた運び込まなければいけないので、指数関数的にミッションが大きくなるというのが従来の重力天体からのサンプルリターンであって、それが大変なので、日本は、ほとんど重力がない小天体からのサンプルリターンにおいて頭角を現してきたものと思います。これは従来の力業でやるというようなアイデアの一環として書かれているのか、あるいは推進剤での現地調達というようなことで、従来の飛び立つための推進剤も運び込まなければいけないのだというような古いアイデアからは外れた新しい技術の開発を目指しましょうねというニュアンスで書かれているのか、その辺のところはどんなニュアンスで変更提案されているのでしょうか。

○JAXA（川崎理事補佐）　ここで書いている月面からのサンプルリターンは、そのような大きなものは考えていなくて、あくまで小型のサンプルリターンしか考えていません。数グラムレベルのものを考えており、恐らくそんなに大きなミッションにならないと思っています。

○永田委員　どこまで持って帰るものを狙いすまして絞り込んだ上で、どれぐらい小さくできるかという意味での技術開発、そんなニュアンスですか。

○JAXA（川崎理事補佐）　そうです。

○常田座長　永田委員の**訊** かれたことから触発されてコメントするのですが、アルテミス計画で我が国は日本人宇宙飛行士を出して、月の資源探査等を行うというのが一つ大きな項目で、そこには当然、有人によりサンプルを持って帰るというのがあるわけですね。この無人でのサンプルリターンがそのプリカーサーとして、有人の前にいくなら意味があるのですけれども、これはほとんど時期が重なってくるのではないかと、そうすると、無人のサンプルリターンの位置づけというのがもう少しはっきりしないといけないのではないかと、思うのですがいかがでしょうか。

○JAXA（川崎理事補佐）　おっしゃるとおり、これはプリカーサーだと思っています。本格的に有人活動で持ってくる前にちょっとでも持ってくると、これはサイエンスの意味もあるかもしれませんが、地球に持って帰るべきものがあつた場合には持って帰るとのことだと思っています。

○永田委員　とにかく持ってくるというイメージとは違うのかなと思いつつ伺っていたのですが、今の御回答を伺って、よりイメージがシャープになりました。

○常田座長　NASAの予算が復活して喜ばしいのですけれども、一つだけ復活しなかった大型プロジェクトがあつて、それはマーズサンプルリターンなのです。議会でもこれに対して復活の動きはなかったです。その理由はよく分かりませんが、一つ説明としてされていたのは、アメリカは火星に有人が行く

ことになっているため、わざわざ巨額のお金をかけなくても有人で持って帰ればよいということがあったと思うので、米国の議論と当委員会での議論は、重なっている部分があると感じます。

杉田委員。

○杉田委員 ありがとうございます。

今の議論に関連した観点で申し上げます。最初の関委員の「サイエンスと探査がちょっと分かれていますね」という意見は一緒なのですが、それに加えて、月を調べるという行為自体がサイエンスであり探査にも直接役立つのだということをお願いいたします。今回もし無人でサンプルを少量でも持ってくるのができたら、これはどんな採掘技術が必要でどんな状態の物質を取るべきかということを知るためにすごく大事な情報になると思っています。採掘の技術の開発は絶対大事だと思いますが、どこにどれだけのどんな形での資源があるかを調べるのが大事です。その情報を得るためには、月面での計測だけではやはり不十分で、サンプルをちょっとでも持ってくることによって圧倒的に得られる情報が高くなります。このことは、「はやぶさ」や、アポロの時にも我々が学んできたことです。その要素は皆さんが理解されていることだと思います。さらに、月物質の分析は月自体を理解するという意味では理学とも言えるし、宇宙飛行士の安全性の観点、資源の有用性の観点でも似たような分析をしますので、探査にも役立ちます。この側面が入ると、理学と探査のところがちょうどうまく、実は両方が必要としているということがはっきりしてよいのではないかと思います。そうすると、先ほどの無人でまず行って、その後、有人につながるということにも自然につながって、よいのではないかと思います。御検討いただけたら幸いです。

○常田座長 ありがとうございます。

野村委員、お願いします。

○野村委員 ちょっとずれてしまうかもしれないのですが、いろんなところをつなげるということで、今回、HWOを認識していただいたのですが、その話のときに地上の技術と望遠鏡の技術をちゃんと組み合わせるといった話があったと思います。例えば宇宙物理でやっているような結構スペシフィックなところを追求するというのは、ほかの探査とかでも使えるのではないかという話も出たことがあるので、そういったところで何かつなげられるようなことができると、全体が一体感を持って進められるようになるかなと思いました。

以上です。

○常田座長 これは藤本理事ですかね。天文学的なものと探査の横通しの必要性についての御意見です。まずは、野村委員の御指摘が正しく理解されたかということだけ確認すれば、あとは検討してもらおうのですが、宇宙物理で

いろんな開発をしていて、探査と宇宙物理も別の縦割りになってきらいがあるので、その関係性を言われたということです。確かにこの技術戦略全体が、章立てがどうしてもそのようになってしまうので、横のつながりが書きにくい面があります。ほかのことも地球観測衛星と天文学との関連は全然なくて、それを言い出すと、そういうセクションが要するという話になってしまいます。今日出た御指摘をどういうふうに咀嚼するかは後でまとめてやりたいと思います。ありがとうございます。

私のほうからも、幾つか提案があります。

一つは、問題意識だけ言いますけれども、赤外線イメージセンサーは、天文学、探査、地球観測というところで、いろんなところで引用されていますけれども、近赤外線から遠赤外線まで何を見るか、近赤外線だと太陽の照り返しとか温度の高いもの、遠赤外線だと室温程度のものを見るということで、目的もセンサーの構造も検出器システムも大きく異なります。ただ、技術戦略では、しばしば赤外線センサーということで、それを開発しなければいけない、どこまでできているということの記述しかないので、第1弾はそれでよかったのですけれども、第2弾はそれをもう少し細かく見て、どういう目的にはどういうセンサーでどうしなければいけないという記述が要ると思います。全部網羅的にやり出すと大変ですので、宇宙科学・探査で天文学では大体10ミクロンぐらいまでが大事ですが、天文学以外の目的にも非常に大事な波長域ですので、そこを識別できるといいという提案です。

それから、冷凍機については、さっきLiteBIRDのところでも出ましたが、日本の強みとされているのですけれども、例えばAthenaで日本製の冷凍機が外国製に競り負けたというのがあって、その理由は寿命が保証されていないことだと聞いています。今は、1年もつ、2年もつではなくて、基本的に故障フリーしなければいけないということです。長寿命性だけでなく、冷凍機の出す擾乱、衛星や望遠鏡が揺られてしまい像を乱すことをどう防ぐかが、世界的な国際競争力を維持するための技術のフロントになっているので、もう少し、強みに本当になっているかという分析と、何をやらなければいけないかというところの記述が要るかと思います。

それから、宇宙冷凍機をやっているのは日本で1社なのですけれども、国際市場への進出がゼロです。日本の冷凍機が外国で使われている例は1個もないと思います。その理由を把握する必要があり、何で外国に出られないのかということも分析する必要があると思います。

それから、宇宙科学・探査についてのAIの活用です。AIについては今の技術戦略でもいろんなところに出てきていますけれども、案外、宇宙研のところでもAIという言葉が少なく、宇宙研こそ先陣を切ってほしいと思います。

最後は、以前の本委員会で言っているのですけれども、月面アーキテクチャで前提とするビジョンを実現するには、電源問題を避けて通れないと思います。外電で入ってきましたけれども、NASAとDOE（Department of Energy）がMOUを結んで、カナダを含めて月面に原子炉を置くための長期の協力に入ったということです。これは非常に大きい動きです。いろんな社会課題がありますけれども、うまい形でもう少し取っかかりをつかめないかと思っています。

以上、指摘しておきます。

最初のJAXAの提案について色々御指摘がありましたけれども、全般、そのほかの御指摘があるかお聞きします。よろしいですか。

本委員会からの指摘事項はテークノートしつつ、今回のJAXAからの提案は本委員会として大変いいものであるということで、了承いたします。

そのほかに、山崎委員をはじめ、大事な提案が出ました。今日出た指摘事項については事務局の方でまとめていただき、取り扱いについては座長に一任いただきたいと思います。

○常田座長 それでは、予定した審議を終わりました、最後、委員の先生方からほかに何か追加の御意見や御質問あるでしょうか。

事務局、それから文科省、どうでしょうか。文科省、いいですかね。

局長、最後をお願いいたします。

○風木局長 先ほど申し上げたとおりなので、宇宙関係については政策に対するニーズが非常に高まっておりまして、スピード感というのが非常に出てきているというのは改めて申し上げたいと思っております。宇宙政策委員会、次回、そして例年夏ですと重点事項を決めていくような形になりますので、それに向けてもそうですし、それから現在行っている予算の執行についてもしっかりとやっていきたいということを改めて申し上げたいと思います。これまでの数年前の記憶でゆっくりやっていた時代からだんだん政府全体の政策の動きが非常に速くなっていて、かつ成果も求められているというところもあります。成果というのは各分野によっていろんな濃淡ありますので、必ずしも指標が一致しているわけではないのですけれども、成果を出す、それからスピード感を持ってやるというところを改めて最後に申し上げたいと思います。今後どうぞよろしく申し上げます。

○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。どうもありがとうございます。