

第40回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和2年9月18日（金） 14：00－16：00

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

松井座長、常田座長代理、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）

松尾局長、岡村審議官、川口参事官、吉田参事官

（3）関係省庁等

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課

藤吉課長

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

國中理事

佐々木理事

宇宙科学研究所

藤本副所長

4. 議題

（1）宇宙科学プロジェクトの進捗状況について

（2）アルテミス計画での科学について

（3）その他

5. 議事

○松井座長 それでは、少し早いのですが「宇宙政策委員会 基本政策部会 宇宙科学・探査小委員会」第40回会合を開催いたします。

御出席の委員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お礼申し上げます。

本日は、永原委員、竝木委員、松本委員が御欠席となっております。

本日の議題は、「宇宙科学プロジェクトの進捗状況について」「アルテミス計画での科学について」の2つです。

まず、議題「（1）宇宙科学プロジェクトの進捗状況について」を議論いたします。

JAXAから、説明をお願いします。

【JAXA（國中所長）から資料1について説明】

○松井座長 ありがとうございます。

それでは、質疑をお願いします。

これは非常に重要なところですよ。というのは来年度の概算要求にいろいろ含めていくからです。しかも、今までやってきたやり方を変えなければいけないような問題を含んでいるのです。中型、小型というのを我が国が独自にやると言っているが米国に依存せざるを得ないような体制があるわけですけども、そういう問題点が浮き彫りになっているということと、もう一つはフロントローディングで、本当に技術のフロントローディングという意味では今年が最初になるということがあります。去年からそうなっているんですけども、技術のフロントローディングというのは新しい予算の中の枠組みで、将来的には数十億という規模でやっていきたいと考えている重要な柱です。それを今年、最初にスタートしたときはMMXに関連していたので16億円ぐらいついていたのですが、その後3億円ぐらいになった。ですから、今年それをどうするかというのが重要なところでして、文部科学省といろいろ協議をしながら技術のフロントローディングというものを育て上げていきたいわけですよ。宇宙科学研究所のほうから説明があったようなことを考えてもらいますが、これは非常に将来的にも重要な議題なのです。

ですから、ぜひ皆さんの御意見をお聞きしたいと思っています。

○関委員 技術のフロントローディングに理学センサの開発が入ったというのはすごく大きなよい変更だと思いました。ご質問は、先ほど御説明いただいた際に、前回は産業界の広がりとかそういうものも考えないと、担当するメーカーとかが成り立たないのというような御指摘があったんですけども、その辺りのめどもついて国産で開発する方向になったということなのではないでしょうか。

○JAXA（國中所長） 1つは、天文台殿で開発をした赤外線センサに進捗があるということと、そういったベースメントがあるということです。

もう一つは、米国にこのセンサは頼っておって、今までも米国頼りにこの領域は進んでおったわけですけども、それに対してオートノミーを獲得するという必要性と、産業的な意味合いはこのカドミウムを使わないというところは波及効果が非常に高く、また産業的にも商機があるという幾つかの条件を検討して、こういった方向に進みたいと考えて、今はまだまだ調整を行っておるところですけども、そういった方向で舵を切りたいと考えています。

○関委員 もしそういうことでしたら、やはり公募型小型をあまり海外の状況に依存せずに進められるというのはすごく重要なことだと思いますし、今回の提案は結構いろいろなことが整合してきてすっきりしたと思います。思逆にLiteBIRDとかお互いに協力しないと自分のときだけ協力してというわけにもいれないと思うので、そういう意味ではたくさん報告していただいたのですけれど

ども、いろいろなものがつながってきて整理されたと思ったので、基本賛成いたします。

○永田委員 今のものに関連して、国内で対応できるように技術を開発していきましょうというのは賛成なのですが、一方で国内でできた技術がさらに海外でも競争力があると、というか国内だけの需要ではなかなか維持していくのは難しいと思うので、海外にどんどん提供していけるような競争力があれば持続性があるのかなと思うのですけれども、その辺はどのような評価なのでしょうか。

○JAXA（國中所長） ある意味、海外から請われて、海外のミッションに参画できるということは、JAXAの世界的なプレゼンスは評判が高いとリスペクトを勝ち取っているという証拠であると思います。

そういったものは、戦略的中型や公募型小型で宇宙科学研究所、JAXAが自立的に技術獲得をした成果をTRLの高い技術を求められているのだということだと思います。

また、そういったチャンスを棒に振ると彼らは致し方なく自主的にそういった領域の技術を獲得しようと努力してしまうわけですね。そうするとある意味、我々の優位性が奪われると言いましょか、いいチャンスを送ってしまうことになるのでなるべく我々の技術を発展させて彼らの進出を阻むというか、そういったことにも寄与できるのではないか。そういった戦略性を持って活動していきたいと思っております。

一方、企業努力としても今、宇宙科学研究所やJAXAが絡まずに企業間でそういった活動がされることを期待はしておりますけれども、なかなか企業側は尻込みするようなどころもありまして、宇宙科学研究所、JAXAとしては応援しますよと申し上げても、企業側は少し拒否するところがまだまだあります。でも、宇宙科学研究所が看板となってやる場合には企業もかなり前向きに対応してくれています。

○永田委員 このJASMINEの検出器についてもそのような考えのもとに進められているということですか。

○JAXA（國中所長） はい。ぜひともそうしていきたいと思えます。

○永田委員 分かりました。

○山崎委員 フロントローディングに関するTRLをまとめてくださってありがとうございます。

この17ページの表ですと、2020年度の項目でして、フロントローディング後のTRLも2020年度の終わりの目標値だと認識しているのですけれども、もともとフロントローディングは2、3年ぐらいを目安にして技術を高めていくという構想の中で、今年度以降の2021年度以降、これらの技術を最終的にフロントロ

ーディングでどこまで持っていきたいのか、来年度は特にどこを強化していき
たいのかというところが、もう少しめり張りが、ここからは読み切れないので、
それはどうまとめていらっしゃいますか。

○JAXA（國中所長） 今、本年度着手しましたものについては、1年というわ
けにはいかないかなと思っておりますけれども、数年後のことをフロントロー
ディング後とここでは言っているつもりであります。

次年度以降は、まずは④、⑨のところを追加していきたいと希望しておりま
す。

○山崎委員 そうすると、④、⑨を追加すると同時に、このフロントローディ
ング後は今年度ではなくて最終的な値ということで、それに向けてということ
ですね。

○JAXA（國中所長） そうです。

○山崎委員 分かりました。

例えば、MMXのフロントローディングですとプロジェクト開始というつなぐ出
口が非常に分かりやすいので道筋が分かるのですが、このセンサも分かりやす
いのですけれども、ほかの技術などは、では高めた後それをどうしていくのか
という道筋まできつと求められていくと思うのです。

それはまた、過程を経ながら考えて検討されていかれる状況ですか。

○JAXA（國中所長） はい。

既に、例えば1番から3番ぐらいのものは、いずれ必要になる技術で、軽量
コンポーネントはどこにでも応用できるものだと考えておりますし、EDLという
のはEntry, Descent, and Landingというカプセル関係の技術のことを言ってお
りますけれども、これについてもJAXA内でISSからのカプセル実験なども有人本
部で実施しておりますし、研開本部もこのEDL技術についてはかなり研究を進め
ております。宇宙科学研究所は「はやぶさ」「はやぶさ2」でのカプセル技術。
こういったものを統合した活動をつくり込めないかということもJAXA内でも検
討しております。この出口イメージを確実に持った上で、このフロントロー
ディングをしていきたいと思っております。

○山崎委員 ありがとうございます。

○永田委員 このフロントローディングで、どういう開発をするのかというの
は、またもう一点すごく重要な議論になっている戦略的中型・公募型小型の枠
をどうするのかという話と結構つながりがあるのかなと思っております。と
いうのは今、宇宙理工学委員会の下のワーキンググループのタスクフォースの
中では、戦略的中型の規模で、でも戦略的と言いつつ実は公募型になっていま
すよねという議論になっていまして、あの規模で公募の形で皆さんが競争する
とコミュニティ全体が疲弊してかえってミッションが出てこないのではないかと

という意見が結構あって、ですのであの規模は複数のコミュニティにかなり高いレベルまで練らせて競わせるのではなくて戦略的にやったほうが成果は出るのではないかという議論になっています。

そのときに、その戦略的中型は戦略的にストーリーを持ってやっていくのだというのをやるのであれば、その中にこの技術のフロントローディングを組み込むべきなので、そういうストーリーの中で予算要求をしていくような流れになっていくのが望ましいと思うのです。

それは、戦略の議論も絡めてぜひ検討していく必要があるのかなと思いました。

○松井座長 ちょっと今話が出たので、その戦略的な進め方については、理工学委員会のタスクフォースか何かでやっているのですか。

要するに、それは3番のところでもどうやって将来的に変えていくかと。今のままではいろいろ矛盾があるので変えていくかという話については、どういう議論が出ているのですか。

○永田委員 今、理学、工学からタスクフォースという形にして週に1回ぐらい意見交換をやっています。

いろいろ議論が出ているのですけれども、まずは戦略的中型と公募型小型と今打ち上げロケットで分けているようなカテゴリー分けになっていますけれども、そうではなくて戦略的にやるものと公募的にやるものというカテゴリー分けにしてはどうかという話とか、あるいは全て公募型にするとコミュニティ全体が疲弊してしまっていて大変ですよという話。さらには、公募はかけるにしても、公募をかける側に戦略が何もなくてもいいのかという話とか、そういった議論が出ております。

○松井座長 その議論はいつごろまでに終える予定なのですか。

○永田委員 大分まとまってきている感じはするのですけれども。

○松井座長 まとまったらどこへどういう報告を出すのですか。

○永田委員 まずは理工学委員会に報告の予定です。

○松井座長 ここでもそれに関連した議論をやっているのですが、その議論を多少反映させないと意味ないので。

○永田委員 実は、毎週やっているのは本小委員会での議論に間に合わせるようにということを進めているところです。

○松井座長 いろいろな意味で、今年は非常に重要な年なのです。分岐点みたいなところでして、これは後で文部科学省から紹介してもらえるのかどうか知りませんが、予算もかなり本気で取りにいかないと、今までのように難しいよねというよりはむしろ積極的に拡大して取りに行くような、それが必要なのです。

ということで、今ここのフロントローディング云々の話も予算を増やすとなると、具体的な開発項目について、いろいろ議論が出ているわけですね。

○永田委員 その予算に関する議論でいうと、まず検討に参加している方々の総意としては、宇宙科学が使うことを期待されている10年でH2、H3規模3基、それからイプシロン規模が5基というのは全部使いに行きましょうという合意ができています。

その上で、「ひとみ」事故以降の業務改革を受けるとお金がかかりますよねという理由だけで、予算を増やしてくださいというのは多分通らないだろうと。ですので、こういうやり方をすればもっとよくなるという新しいポジティブな提案をする必要がありますよねという議論になっています。

その中の一つが、戦略的中型は戦略的にやりましょうとか、公募型小型の公募ももっと戦略的に公募をかけましょうとか、一個一個の打ち上げにストーリーを持たせましょうとか、そういった提案も交えて10年で2300億というのは増やしていく方向で提案していきましょうという議論になっています。

○松井座長 今日、今、説明があったように、LiteBIRDと小型JASMINEはアメリカのNASAで不採択になってしまっていて云々ということで、それでいろいろやっているのですが、そういう状況の変化というのは分かっているわけですね。

○永田委員 はい。それも議論に入っています。

その中で、海外共同ミッションというか、海外にも参加していただくものというのは、例えばJAXAとNASAとか機関同士の調整が必要になってくるので、ですのでそれは戦略的に進める必要があるのではないかという、その程度の話なのです。

○松井座長 何を言っているかというのと、理工学委員会で例えば小型JASMINEにしてもLiteBIRDも、ゴーサインを出しているわけでしょう。

○永田委員 はい。

○松井座長 そのときに、センサの主要部分がNASAのそういうものに依存しているというのも分かっていたわけですね。

ですからそれを、今後こうしていくという議論をしているのだけれども、こういうような考え方で行くことは、大体皆さん納得されているのですか。

○永田委員 こういうようなというのは。

○松井座長 例えばLiteBIRDでいったら、第1選択肢はNASAと協議をして何とか復活したいということですか。その見通しとしては、XRISMが終わればNASAも1個選べるからLiteBIRDになるだろうと見立てでしょうか。だけれども、小型JASMINEは難しい。

それで小型JASMINEは自立的な開発をしようというのが、今の説明ですね。そういう流れというのは皆さん御存じなのではないでしょうか。

○永田委員 そうだと思いますけれども、そのタスクフォースの中では個別具体的な議論にはなっていないです。

○松井座長 そういう変更があるのは知っている。

○永田委員 皆さん了解していると思います。

○松井座長 今説明があったように、JASMINEについてはフロントローディングという枠を使って自立的な開発をやっていくという方針ですね。

先ほどから出ているように戦略的な部分は機関同士の打合せが必要だから、LiteBIRDはそういう意味では戦略的に選んだということになるわけですか。そうではないのですか。

○永田委員 今、既に選ばれているものは全て公募ですので。

○松井座長 公募ですよ。

今後は、そこまで含めてやっていこうという議論をしていると。

○永田委員 我々が戦略的と言っているのは、モデルケースがMMXです。

MMXは公募ではなくて、最初のミッション立ち上げのときに集中的に投資をして、すごく短期間でいいミッションが立ち上がったので、あれを戦略的中型のモデルケースにしたいという議論になっています。

○松井座長 なるほど。LiteBIRDみたいなものは違うんだ。

○永田委員 違います。

○松井座長 ほかに何かございますか。

○関委員 LiteBIRDも小型JASMINEもこれでどうしても遅れると思うのですが、どの程度遅れる見込みで、その辺りはサイエンスの競争力という意味では問題ないかというのだけ確認させていただけますでしょうか。

○JAXA（國中所長） LiteBIRDについては、2020年代後半、2028年というところが当初の目標であったのですが、1年ほどのディレイを今想定して、準備に取りかかっているところです。

それから、小型JASMINEについては同規模のミッション計画、海外での活動は今のところ聞いておりませんので、引き続き科学的意義・価値は高く維持されているものと考えております。

また、これにつきましては、年の半分は銀河の中心を観測しますが、残りの半分は観測ができませんので、このアセットを使いまして系外惑星の観測に振り向けるというマルチの目的を目標としておるミッションになります。

○関委員 国内開発だと、なかなかどのくらいで開発できるかを見込むのは難しいと思いますけれども、小型JASMINEについて何年くらい遅れると想定されていますか。

○JAXA（國中所長） そこにつきましては、関連企業と引き続き調整をしているところです。

○関委員 今のところ、遅れても他でやられてしまうとかいうことはなさそうということですか。

○JAXA（國中所長） ないと考えています。

○関委員 分かりました。

以上です。

○松井座長 あとは、Hera。

○JAXA（國中所長） 二重小惑星探査計画。

○松井座長 そういう海外のミッションに参加して少額で本格的にやっている。これは3本柱の1つですよ。

それに関してもHera以外にも2つ候補があって、それに積極的に参加しているという方向なのですが、その点に関してはどうですか。

来年度の概算要求という意味では、取りあえずはHeraなのですけれども、その後は。

○JAXA（國中所長） RomanとWSO-UVです。

○松井座長 Heraは一般的にはプラネタリー・ディフェンスと言って結構注目されているから、それに日本も参加するというのは非常にインパクトがあると思うのだけれども。

○永田委員 関連してよろしいですか。

○松井座長 どうぞ。

○永田委員 「はやぶさ2」の後期ミッションで、2026年にフライバイするというのがHeraとの関連で説明いただいたのですけれども、DARTが衝突するのが2022年なので、その後に「はやぶさ」。

○JAXA（國中所長） そうですね。

それらを先行することはできていませんけれども、同種の技術獲得はできると考えています。

それからもう一つ、DESTINY+がそのすぐ後に小惑星に到着する段取りで今、とり組んでおりまして、そことのシナジー効果というのも期待できるものと考えています。

○松井座長 先ほど、MMXが戦略的にスタートした好事例という話が出たのだけれども、もっと大きな枠の中では日本の惑星探査はやはりサンプルリターンと小型ミッションというのが一つの大きなターゲットになっているので、そういう意味でもちょっと統合的にいろいろなことに参加していくというのは重要だろうと思うのです。

そういう意味でいくと、あとは天文ミッションですよ。LiteBIRDの後、天文ミッションをどういうふうに戦略的に進めていくのかというのは何か考えはあるのですか。これはちょっと最後のほうに関連するかもしれない。

○常田座長代理 太陽系科学は非常に順調に工学と理学が協力してやっているのに対して、天文学は10年前とは様変わりでかなり劣勢になっていまして、所長から御説明があったように今の天文ミッションは平気で1000億、2000億かかる状態になっていて手が出なくなっている。

そういう意味で、この戦略的海外共同計画に入っていくというのが非常に大事で、ゼロからゼロではない値に行くというのは大きな意味がある場合があるので、とにかくチームに入っていくというのはいいと思います。

それから、今、座長のおっしゃったLiteBIRDをどう実現していくかというのは、やはり1000億ミッション、2000億ミッションが並ぶときに300億で重要なサイエンスをやらなければいけないので、予算面からも難度は非常に高いということで、ここに書いていただいたJAXA中心でNASAの協力を得てLiteBIRDをやりますということが具体的にもう少しどう担保されるかという説明がないと、ミッションを知っている人は結構大変だなというのがあります。やるべきことが多いということです。

それから、フロントローディングのところですけども、さっき山崎委員の言ったことが非常に大事で、宇宙科学研究所の17ページの表がやや平板で、もう一個右にコラムをつけて、開発成果が具体的にどういうミッションに使われるかという情報がないと基礎開発をやっているような印象があって、従来の基礎開発経費的なものと文部科学省は金が取れないと思うのです。ですから、9番はJASMINE、ほかにもあるのですけれども、8番もある。ですから1番、2番は右のほうにどういうミッションかという情報を入れてあげないと、これはちょっと取りつく島がない印象があると思います。

○JAXA（國中所長） 分かりました。ありがとうございます。

○松井座長 宇宙政策委員会にこの表を上げたって、誰も議論できないですよ。もうちょっと分かりやすい説明を考えなければいけないとは思っているのです。

あと、追加のコメントをしておくと、先日、自民党の宇宙部会の人と話をする機会があったのだけれども、やはり科学・探査の技術を民生にどう利用できるのかと、そういうものがどういうものはあるのですかと私は質問を受けたわけです。その答えとしては、赤外線の話と、もう一つは小型の電池ですね。分かりやすく言うと原子力電池なのだけれども、戦略的にも日本もそういうものを持つべきだと。

これは将来的に幾らでも民生利用という可能性があってということで話したのだけれども、そういう観点で見ている人も多いから、単に科学・探査だから全部科学に閉じているというよりは、その技術がどう波及していくのかというところもあったほうがいいのですよね。

ほかに何かありますか。

ありがとうございました。

それでは、JAXAにおきましては本日の議論を踏まえて取り組んでいただくようにお願いいたします。

次に、議題「(2) アルテミス計画での科学について」を議論いたします。

まずは、JAXAから説明をお願いします。

【JAXAから資料2について説明】

○松井座長 ありがとうございました。

それでは、質疑をお願いします。

○永田委員 本質的な議論から外れるかもしれないのですが、このアルテミス計画の中で科学的成果を獲得しようという活動に係る予算というのは、宇宙科学予算の枠内に入るのですか。

○松井座長 宇宙科学というか、科学・探査の予算というよりは、国際宇宙探査というかそちらのほうの予算ですよね。

○永田委員 そちらでカウントされるのですね。

○JAXA（佐々木理事） 観測、搭載ミッションとかそういうものは、国際宇宙探査の枠の中で一部にすると。

○永田委員 分かりました。ありがとうございます。

○川口参事官 本日永原先生は欠席なのですが、事前にこの議題についてコメントをいただいているので、私のほうからかいつまんで内容を御紹介させていただきます。

先生の指摘は、6ページから9ページのいわゆる、2の(C)ですね。アルテミス計画と呼応する月面探査ミッションの企画検討についての科学的意義についてコメントをするということで、総論とそれぞれ3つの計測器についてのコメントになっています。

最初に総論について書かれていますが、この極域における水の存在というのは、これまでいろいろな探査・実験とかそういうものの中で水があるのではないかという可能性は指摘されているというところなのですが、この資料の中ではこれまでの過去の研究成果の総括の上に立って科学として何を明らかにすべきなのかとか、そのために求められる情報が何で、その要求精度がどういうレベルかというのが明確でないので、科学目標に向けたミッション提案がなされているかどうか判断できないといったコメントをされています。

また、特にその中で過去の探査機によるリモセンデータに対して、極域というのはどこかに着陸するわけなので、極めてローカルになされる表層探査とか

分析がどのような貢献をなすかというのも、この資料からは見えませんでしたということでした。

こういった結果、現状では当然計測をしますので、何らかの情報を得られることが分かっても、その結果それがどのような新しいサイエンスに展開するかというのを理解することが困難であると。特に、今話があったとおりの月への揮発性成分の供給過程への理解という言葉が書かれているが、この辺が一般的・抽象的で具体的に何の情報を得られたら供給過程が理解できるのかが不明であるということでした。

また、NASAの有人活動のための情報提供をすることが目的であるならば、日本独自の科学というべきではないだろうというコメントをいただいています。

次は、具体的にこの6ページ目のちょっと右のほうに書いてある3つの①、②、③の採択提案についての意見になっています。

ここで、8ページの得られる情報として幾つかの4項目、ここで言っているのは繰り返しになるのですが、リモセンで明らかになっている分布以上に、極めてローカルな水の分布を得ることが供給理解の過程というのにどうつながっているのかとか、地下の水素の分布が分かるとそれがさっき言った供給過程の理解にどう知見を与えるのかとか、レゴリスの中に水分子があるということが分かったということで供給過程の理解につながるのかとか、水素の化学種が多分この計測器から分かるということなのでしょうけれども、そこでそれが彗星であったということが本当に検証ができるのかと。先生によると、ジュピターとかOort cloudとかいろいろなところでその辺の状況も違うので、水素の化学種だけでそういったことが分かるのかとか、そういったいろいろなこと。

いずれにしても、それ以外に機器の実現可能性とかもあるのかもしれないけれども、その辺の評価がどう出されたのか分からないし、その点のこの3つの提案の科学的意味を明確にする必要があるのではないかと。

また、こういう機器も名称自体が一般的過ぎるので、もう少し具体的な精度とか開発の意義みたいなものも明確にするべきではないかといった御意見をいただいたところでございます。

○松井座長 ありがとうございます。

永原さんの意見は、惑星科学をちゃんと研究している人にとっては至極当然の疑問であって、だから本来はこういう議論が、先行したさっきの委員会で十分なされなければいけないと思うのだけれども、そこが不明確なのでこういうコメントが来ていると思うのです。

まず、このコメントに対するものを、ちょっと。

○JAXA（佐々木理事） 我々の選定も含めてなのですけれども、やはり水資源を探しに行くというのが主目的ですので、やはり科学のためにセンサを選ぶの

ではなくて、水を見つけるためのセンサということで今は選ばせていただいています。というのがまず前提にありまして、その中で水が分かるようなものを選んでいると。ただし、提案者の中には、当然その先の自分の科学というのを念頭に置いて提案されている方があるので、言葉が入ってしまっているのですけれども、我々としては要求ではなくて提案者側の希望としてどういう計測をしたいというのが見えているので、そういう御指摘をいただいているのかなと思います。

我々としては、水資源のせっきく取ったデータを何らかの科学に使っていただきたいという思いでこういうふうに取り組がしたいと御提案をさせていただいていますが、まだ道半ばといえますか、検討をいただいているというところで、これについては引き続きサイエンス側で検討をいただけるものと期待しています。

○JAXA（藤本副所長） 今、佐々木理事のほうから説明があったのですが、そもそもの選定というのはもともとの水資源の探索ということで決められていますので、例えば感度は何で決めているかということ、水分子の量を量るのはこのぐらいの感度に設定してくださいねとなっています。

その水資源の探索という意味での要求はクリアしながら、例えば質量分析装置ですと、そんなに大きなリソースを要求することなくそれよりも高い性能を実現することができるので、その中でサイエンスをいかにやっていくのかというような構えになっています。

例えば、質量分析装置ですけれども、質量分解能という意味では例えば酸素の同位体分析とかはできるわけですが、実際には水の量がどれぐらいあるか分からない中で、これだけの感度があれば確実に量れますということはなかなか約束できない。なかなかというか、水の量すら分かっていない段階では約束ができない状況なわけで、その状況の中で科学を提案するというのはなかなか難しくてこのような書きぶりになっています。

その意味で、水資源の探索というチャンスが科学にどう生かすかという意味においては、観測機提案者の腕の見せどころという状況になっているというのが現状です。

その一方で、各機器の提案者にお任せするのですかということ、今のところはそうだったのですけれども、その点は反省したいと思う。大事な練習という言い方は語弊があるかもしれないですけれども、天体の表面にローバを落としてそこで科学をやるという意味においては、これはとても貴重な機会になっているわけですから、そこでしっかり観測をしてしっかりデータを得るといったようなこと。それぞれの科学のテーマというよりも、このような観測機会をちゃんと運用するということのノウハウは宇宙科学研究所としてしっかり受け止

めていかなければいけませんので、そういった体制のようなことはしっかり考えてきていなかったというのは、今回御指摘いただいて反省する点です。

以上です。

○松井座長 この件に限らず、まず全般的に今の永原さんのコメントはそういうことで、あとでそれに関連した議論もあってもいいですけども、そのほかにもしあればお願いします。

どうぞ。

○関委員 まず、今の科学とこの探査の関係については、今のような御説明だったら7ページのところの「月への揮発性成分（特に水）の供給過程の理解」という学術テーマと書かれるよりは、むしろ将来の重力天体探査とかそういう部分の技術実証とか、そういうほうを書いていたほうが、科学コミュニティとしてもすんなり受け入れられやすいのかなと思いました。

あと全く違う件で、先ほど超小型探査機にいろいろな提案があったというお話があって、ほかにも先ほどの宇宙科学研究所さんからの説明でもいろいろな探査機の小型化というお話があって、昨年、私のほうから超小型衛星を利用した人材育成はすごく大事ではないかというお話をしていて、今のところ具体的な提案にはなっていないと思うのですけれども、やはり今コロナの状況の中で、ハンズオンの教育が、いつにも増して難しくなっていっちゃると思うのですね。

ですので、こういうときに、こういう機運もあるのであれば、そういう超小型探査機を生かしたような人材育成をぜひ立ち上げることは、ハンズオンが必要になるような分野に進もうという学生が激減するみたいなことを防ぐような意味もあります。こういう分野を元気づけるような施策を立ち上げることが今、重要なのではないかなと思っていて、ここで言うのが適切かどうか分からないのですけれども、そういうこともぜひ関連づけて発展させていただけるのではないかなと思いました。

コメントです。

○JAXA（佐々木理事） 1つ目につきましては、ちょっと水という言葉でキーワードで並べて、親和性が高いのかなということを書かせていただきましたけれども、御指摘もありますのでそこはちょっと言い方を変えたいと思います。

○松井座長 そこが重要なところで、これは資源探査なのだから、別になんでも基礎科学と結びつける必要はないのです。

だけれども、そのチャンスを使って何か科学をやるわけで、もうちょっとそのところはそれだけではありませんよと。水の量が分かる以外にも、水の量がこのぐらいあればこの検出器でこのぐらいのことが分かってという、やはり将来の、この期間だけに限った話ではないですよ、重力天体のローバの探査、

それから科学との関連と分けて書けば永原さんも理解すると思うのだけれども、やはり科学というのを安易に考え過ぎているのだよね。どう見ても。

○JAXA（佐々木理事） 何らか貢献したいという思いが強く出過ぎたかなと。

○松井座長 僕の疑問は、これは個人が提案しているの。

それとも何かそういうサイエンスチームがあるの。

○JAXA（佐々木理事） チームとして御提案しています。

○松井座長 サイエンスチームがある。

その代表がこういう人ということ。

○JAXA（佐々木理事） 代表がこの方で、あとはいろいろな機関も含めて協力して御提案いただいたということです。

○松井座長 分かりました。

○JAXA（佐々木理事） もう一つにつきましては、我々もそういう意図で、公募をした際もかなりのアカデミアから提案がありましたので、そういう人材育成に貢献できるという思いで、今、準備をしています。

○松井座長 何か具体的なものはあるのですか。

人材育成という言葉がすごく安易なんだよね。これと、具体的にどういう形で人材育成がつながるのか。システムとして、人材育成というのとこれがどう絡むのかという具体的な話が欲しいよね。

○JAXA（佐々木理事） まずは場として、今この話の流れの中では月周回に超小型が送り込めるだけのシステムをつくるというところまでですが、確かにその先の人材育成としてどういう仕組みをつくるかというのは、すみません。寄与と書いているので、具体的な仕組みまではまだ検討不足だというのはおっしゃるとおりです。

○松井座長 新しい視点だよね。

やはりコロナという時代に、こういうものをどう展開していくのかというのは、これまた新しい問題で、まだ当分続くわけですから、そういう中で人材育成を。対面授業ですら大変な時代に、どういうふうにやっていくのかというのは非常に大きな問題なので、そのぐらいまで視野を広げて議論してもらいたいけれどもね。

○山崎委員 周回と月面探査の科学と両方書いてくださっているのですが、インフラとしては大学などでの人材育成の寄与を目指すと書かれているのは、まず周回のほうなのですけれども、これは非常に大切だと思っています。

地球低軌道辺りまでは相乗り、ISS放出などそうした大学が参入できる枠組みがあるのを月まで伸ばすということがすごく大切だと私も思っているのですけれども、ここの枠組みで、例えば実施形態として民間企業からサービス調達をすることを想定という形であるのですが、これは分からないのですけれども

HTV-Xを活用されるのか、それとも全く別の枠組みなのか。

○JAXA（佐々木理事） いろいろな可能性を探っています。

ただ、HTV-Xを考えると大分先になってしまうので、今、なるべく早くできるという観点でいくと、やはり既存のロケットを使ったサービスだろうと思います。

輸送サービスパッケージというのは、例えば地球周回でも相乗り衛星を提供するのもサービス化をしていますので、同じような考え方で大型ロケットを使うか、小型ロケットを使うか、これもいろいろなオプションがあると思いますが、これを使って月に周回までは日本も送り込む技術を持っていますので、そういう場を使って提供するような仕組みをつくりたい。

当然、相手がありますので、サービス提供しますと言ってくれないとできないので、そこはそういうエンカレッジをしつつ最悪はJAXAの仕組みを革新実証とか、そういう仕組みを使ってやることも可能性としてはあるかなと思います。

○山崎委員 分かりました。

では、具体的な形態はもちろん今後検討ですけれども、できるだけ早く実施をするということで理解いたしました。

あともう一つですけれども、今度は月面のほうなのですが、極域探査ミッションに関してで、海外機関からも提供を受ける機器というのがあるのですけれども、これは月極域の例えばどこに着地をしてどこを探査するというような主体的な決定権は日本が持っているということで、この海外協力は海外から機器をいただいてデータを共有するという理解で合っていますか。

○JAXA（佐々木理事） いろいろな宇宙機関、関与の機関がありますが、少なくともNASA、ESAについては機器を提供するのみということなので、議論はJAXAがリードします。

ただ、ISROにつきましては着陸機を提供するという大きな役割分担がありますので、ISROとは当然議論をした上で決定すると。ただし、最近ちょっと追いつかれつつありますけれども、もともと月周回は我々が先行していますので、我々としての情報量からそういう能力についてはまだ上ですので、議論の中でも我々のほうがかなりリードして決定できるのではないかと思います。

○山崎委員 永原先生からの御指摘もありますけれども、やはり今、日本の科学にも寄与するというのも視野に入れているので、ぜひこの辺りはもちろんインドとも共同しながらですけれども、主体的にやっていただければと思います。

○松井座長 今の問題に関して言うと、着陸地点の議論はどのような議論の段階なのですか。

○JAXA（佐々木理事） 一応、候補としてある程度水がありそうな場所に近い

ということと、それからある程度干潟で降りやすいところ。それから邪魔な石があまりないところという条件を当てはめていくと、大体4つ5つぐらいの標点があるが、これは誰がやっても決まってしまう。そこをいかに早く行くかというのがポイントになるかと。

○松井座長 ですから、着陸地点選定委員会みたいなものがある、そこで日本側とインド側が出て議論をする場があるのですか。

○JAXA（佐々木理事） あります。

○松井座長 その議論というのは、どこかに公開されるのですか。

○JAXA（佐々木理事） ここはちょっと微妙なところ、国際的な競争の部分があるので、軽々に公表してしまうとそこを追い越されて取られることもありますので、そこは注意深く。

○松井座長 こういう場で発表できる内容はあるのですか。

○JAXA（佐々木理事） はい。

○松井座長 1回お願いします。これは来年度の概算要求に入るのですか。

○JAXA（佐々木理事） はい。入っています。

○松井座長 だとすると、そういう情報は一回出してもらって。

○JAXA（佐々木理事） 注意しながら対応したいと思います。

○松井座長 あと、インドもコロナがひどいわけでしょう。

○JAXA（佐々木理事） はい。

ただ、宇宙機関のほうも活動再開をしていますし、チャンドラヤーン3は来年打つと発表していますので、肅々と宇宙機関としては進めているのではないかなという感じです。

○松井座長 ほかに何かありますか。

○大島委員 少し重なるところもあるのですけれども、2点ほど質問させていただけたらと思います。

1点目は2の②のゲートウェイ実現に伴う月探査の活発化です。

これの月周回の軌道利用促進というのは、非常に民間などを意識したことなのかなと思っています。

その際に、よく分からなかったのは、これはもう既にあるサービスではなくて、これからいろいろと開発するというイメージを持っているのですけれども、その際にこういうものは今までのサイエンス的なものの研究開発とは全然違う、それに関する研究開発も必要になるのかなと思ったのですけれども、それに関してはどうのような対策をされているのかなというのが1点目です。

5ページ目です。「月周回軌道利用促進の施策」です。

ですので、これは既にあるサービスではなくてこれから構築されるわけですよ。

○JAXA（佐々木理事） はい。

○大島委員 そうすると、エグジスティングなものではないので、これに対していろいろと事業化も含めた開発になると思うので、そうするともうフェーズとしてはサイエンティフィックなものとは異なりますよね。

○JAXA（佐々木理事） そうですね。

この仕組み自体は、地球周回の低軌道ではJAXAとして革新実証プログラムといった形で行っています。ですので、それを月周回のほうに展開したいという考え方ですので、仕組み的にはある程度、JAXAとしては持っているものと考えています。

ただ、そこをどこまで、人材育成、サイエンスのほうに貢献できるかという意味では、全てを競争というのではなくて、人材育成枠とかそういうような工夫が要るかなとは思っています。

○大島委員 サービスなので、もちろんサイエンスということも大事だと思うのですが、どちらかというところとエンジニアリング的なイメージが非常に強いのですけれども。

○JAXA（佐々木理事） そういう部分も大事なので、そのサイエンスとエンジニアの両産業をバランスを取ってやる必要があると思っています。

○松井座長 ですから、今、あなたが言った意味でいくと、今、ISSでやっているシステムがありますと。それを基本にして考えていますというのが。

○JAXA（佐々木理事） ISSではなくて、革新実証という。

○松井座長 低軌道か。

○JAXA（佐々木理事） 低軌道でやっている。

○松井座長 そうではなくて、低軌道でいろいろやっている革新的実証プログラムというのがある。

○JAXA（佐々木理事） イプシロンを使っているプログラムというのがあります。

○松井座長 要するに、地球の周りでもっと低軌道でやっている実験プログラムがあって、そこでいろいろな技術的なことをやっている。

○JAXA（佐々木理事） 実証機会を提供しています。

○松井座長 ですから、それを基にと言ったって、大分違うわけだから。

○大島委員 ですから、それをそのままスライドできるわけではないですよね。

○松井座長 ゲートウェイに持っていったときにそれと同時に、今つながるのかという。

○大島委員 はい。そういうことです。

○JAXA（佐々木理事） ゲートウェイよりも先にできるようにということで、ロケットで直接月周回のほうまで持っていくと。

○松井座長 いやいや、違う。

ですから、低軌道でやっている実証プログラムがありますと言って、あなたは説明したわけです。

○JAXA（佐々木理事） はい。

○松井座長 これの基礎がありますと。

だとすると、月の周りに持っていったときに、それをそのまま使えるわけではないでしょうと。だからどうするのですかと。

○大島委員 そうなのです。

ですので、そのためにはそれのための開発というのにも必要になってきますよね。

○JAXA（佐々木理事） そこは、技術としてはSLIMが周回まで行けますので、SLIMの技術を使えば大きな開発はなく月周回までは持っていけると思っています。

○松井座長 それは、私もよく分からない。

無理なく持っていけるということと、その先ほどの低軌道でいろいろ実験をやっていますという話はどうつながるのですか。

○大島委員 そうです。

多分、その実証も必要になるのかなと思っています。

○JAXA（佐々木理事） 低軌道でやっていますと言っているのは、仕組みとして公募をして、皆さんに参加をいただいて、放出してできると。

○松井座長 そういう募集をしたり、何か実施している体制が参考になりますよということ。

○JAXA（佐々木理事） はい。

○松井座長 彼女が質問しているのは技術が違うでしょうということ。

○JAXA（佐々木理事） 技術的にはSLIMが地球から打ち上げられて自力でまず月周回に入ります。それから着陸するのですが、着陸が一番難しいということなので、その着陸の手前の周回までは、SLIMの技術を使えば、簡単とは言い難いのですが、実証はその前にされるということです。

○松井座長 SLIMで実証するということ。

○JAXA（佐々木理事） はい。

SLIMで実証された月周回があって、そこから放出する技術があれば、超小型の放出は可能だと思います。

○大島委員 なるほど。

では、そういうことも含めていろいろと計画されて考えていらっしゃるということなのですね。

○JAXA（佐々木理事） 検討中ということですよ。

○大島委員 検討中ということなのですね。

ちょっとそこら辺が、私はエンジニアなので、非常に気になったので質問させていただきました。

2点目は、10ページの月面データサイエンスの整備ということで、これは多分日本だけではなくて、いろいろな国際的な協力も必要だという認識だと思うのですね。

そうなったときに、やはりデータを利用するもしくは提供するというのは、非常にセンシティブな事だと思っております。ですので、そちらに関してはどのような体制及び検討が進められていらっしゃるのでしょうか。

○JAXA（佐々木理事） ここは大島先生から前回御指摘いただいて、そこから始めたところなのでほかに比べてまだ検討レベルが浅いのですけれども、宇宙科学研究所のほうで月惑星探査データ解析グループという組織が準備されていて、その中で必要なある程度コントロールしなければいけないデータと、それから公開データというのは識別しながら準備をされているので、それをうまく活用して取捨選択できるような形にしたいと思っております。

何か補足があれば。

○JAXA（藤本副所長） すごく簡単に答えが出ないということをお分かりの上で御質問されたかとは思っておりますけれども、すごく悩ましいです。

今日御紹介したのは、割とデータエンジニアリングにフィードするようなお話ばかりなのですけれども、座長からいただいていたのは将来的な惑星科学の形を変えるようなことも考えていけということですので、そのような方面でしたらデータを公開するという事は比較的容易かなと思っておりますけれども、今日お見せしたような内容ですと悩ましいところです。

○大島委員 いろいろデータを公開することによって非常に進むという研究自体、あと皆さんにとって非常に貴重なということもありますけれども、一方で、なかなかその管理ですよね。難しいので、まだ始まってこれから計画を立てる段階なので、ぜひ国際的な協調も含めて御検討いただけたらと思っております。

○松井座長 これに関連してですけれども、分野以外のデータサイエンスをやっている人を入れて検討などもしているわけですか。

○JAXA（佐々木理事） 共同研究などでは、産総研さんとか地上でいろいろと研究されているケースがあるので、それを我々のほうに適用していただくような協力はしております。

○松井座長 少し本格的に、きちんと検討したほうがいいと思っております。

小手先で何かやるというのではなくて、やはり日本がデータサイエンスと組み合わせて新しいことをやっていこうというわけだから、宇宙科学研究所関係だけで閉じてというよりは、もうちょっと日本のデータサイエンス関係者の意

見を聞くとか、何かそのぐらいの広がりです。やったほうがいいと思うのです。というのは、将来的にはそのぐらい重要だから。

○大島委員 比較的、リモセンとかは日本が強くて、その産業利用とか進んでいますよね。

ですので、そういうところとかはかなり先進的に行なっていらっしゃるような気もするので、ぜひいわゆるデータサイエンス的に進んでいる分野の、松井先生がおっしゃったように御意見を聞いてフレームワークを考えたほうがいいのではないかなと思います。

○JAXA（藤本副所長） 現時点では、ここにお示ししましたように割とエンジニアリングへのフィードバックで、ニーズがあってやっている部分があって、かつJAXAが主導しやすいテーマでこういうことをやっています。

現場の人から聞く分には、データサイエンス研究者の方も、新しいアプリケーションがあってそこで開花するようなことがあるとすごく喜んでいただいているようなので、ここに書いてあるようなテーマについては、物すごくうまくいっています。

ですけれども、将来的にはこういうことで、これはある意味やりやすいテーマ、かつニーズが高いテーマでやっているのですけれども、将来的にはそういうデータサイエンスの人と組むことのポテンシャルの高さということは惑星科学のメンバーに見せていって、その中から新しい惑星科学の形をつくるのだということについては、それこそコミュニティの方が先導していただかないとできないことですので、今、とにかくこういったことのポテンシャルを見せるのだという活動だと思っています。

○大島委員 ありがとうございます。

○松井座長 私が何で重きを置くのかというと、実は鉱物学などは今すごくデータサイエンス化しているのです。日本にそんなことをやっている人はいないわけです。

要するに、地球上で見つかっている鉱物種って5,000種ぐらいあって、ほとんど希少鉱物なのです。どこの鉱山でどういう鉱物が見つかったという種類の膨大なデータを使って今や全く新しい鉱物学が進められようとしているわけです。それこそ、一般的には鉱物学だけれども、炭素なら炭素というのに特化してやれば生命と関係してくる。

そういう意味で、月だって基本的にそういう延長上にあるわけだから、そういう意味のビッグデータ、データサイエンスってあり得るのだけれども、日本の惑星科学に行ったら誰もそんなものは分からない。大体、そもそもそんなものがあることすら認識していないかもしれないです。

ですから、これは結構深刻な問題なのです。コミュニティというよりは、も

うちよつと広げてしまつて、データサイエンスというくらいまで広げて、どう
いうアイデアがあるのかということまで含めてやらないと、この分野は日本が
そんな先行して新しい分野を切り開くということはとてもできないと思う。で
も、すごく面白い分野なのだよね。

ありがとうございました。

今日の議論を踏まえて、JAXAのほうでももう一回検討を進めていただきたい
と思います。

それでは、最後に事務局から今後の日程等について説明をお願いします。

○川口参事官 宇宙科学・探査小委員会は、今、10月、11月に開催しようとい
うことで、10月については中旬ぐらい、11月については中旬か下旬というこ
とで、先生方の予定も見ながら最終確認を進めているところでございまして、ま
た決まり次第御案内したいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

○松井座長 それでは、本日の会合を閉会したいと思います。

ありがとうございました。