

第31回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：令和元年9月5日（木） 10：00－11：30

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、関委員、永田委員、永原委員、竝木委員、
山崎委員

(2) 事務局（宇宙開発戦略推進事務局）

松尾事務局長、行松審議官、星野参事官、吉田参事官、中里参事官、
鈴木参事官、森参事官

(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

倉田室長

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

國中理事

佐々木センター長

4. 議題

(1) 宇宙科学予算の状況について

(2) 国際協力による月探査計画への参画に向けて

(3) 国際協力による月探査計画への日本の参画について

(4) その他

5. 議事

○松井座長 時間より2分ぐらい早いのですが、全員そろっていますので「宇宙政策委員会 宇宙産業・科学技術基盤部会 宇宙科学・探査小委員会」第31回会合を開催したいと思います。

御出席の委員の皆様におかれましては、お忙しいところを御参集いただき、ありがとうございます。

本日は、大島委員、松本委員が御欠席となっております。

本日の議題は「宇宙科学予算について」及び「国際協力による月探査計画への日本の参画に向けて」及びそれについてとなっております。これは2つに分かれていますけれども1つの議題だと思ってください。

まずは議題1「宇宙科学予算の状況について」、検討したいと思います。
文部科学省から説明をお願いいたします。

【文部科学省から資料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。皆さん、一番関心のあるところだと思うので、活発な議論をお願いします。

皆さんが考えている間に少し背景を説明しておきますと、去年は145億円ぐらいでした。その前年が110億円という状態が少し回復しました。ことしもそれを同じぐらいふやしたいということで、174億円近い額を概算要求としては要求している。実はそれに加え深宇宙探査用地上局などの整備というものが別にあって、これが22億円ちょっと。合わせると200億円ぐらいです。これはそれぐらいが最低でも必要だという目標があるので、だんだんと近づきつつあるという概算要求だということです。

何か御質問はありますか。

○永田委員 細かい話で恐縮ですが、項目の中の小規模プロジェクト（戦略的海外共同計画）というところですが、これは要求立てする項目名として「小規模プロジェクト」という名前が使われるということでしょうか。以前、小規模プロジェクトだったら基盤研究でやりなさいというような議論の流れになってしまって、JUICEの予算がとれなかったということがあつたものから、非常に気になるのですけれども。

○文部科学省（藤吉課長） そうですね。2年前は確かにとれなくて、昨年7億円ということでしたけれども、今回、この小規模プロジェクトというのは、工程表にもありますけれども、カテゴリ別に戦略中型、公募小型、そして小規模ということで、そこで戦略的海外共同計画というものがありますので、そういったことを意図してやっております。そういったカテゴリ分けの中の戦略的海外共同計画の中で、今回、JUICEだということで、もちろんタイトルはこうなつていますが、当然、中身はJUICEへの参画ですので、そういったことで財務省には要求していくことになります。

○永田委員 決して小規模なプロジェクトではないのだということが伝わるように要求していただければと思います。

○文部科学省（藤吉課長） 了解いたしました。

○松井座長 山崎委員、どうぞ。

○山崎委員 予算がV字回復している中、関係者の皆様の努力にまず感謝したいと思います。

一点、細かいことですが、宇宙航空科学技術推進委託費について。今回、新たに月探査に必要な基盤技術の開発というものをつくっていただいています。こちらは出口としては実際に基盤技術を開発するとともに、それを月まで、相乗りなどで届けるという理解でよろしいですね。やはり実証まで、きちんとしていただきたいという意図です。

○文部科学省（藤吉課長） おっしゃるとおりです。

○山崎委員 具体的に、どこに相乗りをするといったことまでは。スケジュール感はまだこれからでしょうか。

○文部科学省（藤吉課長） そこまでは、まだでございます。

○山崎委員 わかりました。

○松井座長 これはいわゆる宇宙科学の予算というのではありません。先ほど説明があったように、文部科学省の内局の予算です。宇宙科学探査関連の予算も宇宙分野に閉じるのではなく、広げていく必要があります。これ以外にも例えばムーンショットなど、来年度に向けてのプロジェクトが幾つかあって、そこに宇宙も入っています。今回の175億円プラス22億円以外にも少し間口を広げていかないと、なかなか探査の予算はふえないという状況です。そういうことで文部科学省のほうで考えてくれた項目だということです。

この規模は何億円ですか。

○文部科学省（藤吉課長） 1.5億円程度です。想定しているのは通信系、推進系、センサの3つぐらいで、それぞれ5,000万円。（倉田室長）3年間ぐらいの支援を考えています。

○松井座長 こういう格好でふやしていければと思っています。

○永原委員 フロントローディングというのは去年つくられて、非常によい考え方だと、みんな喜んでいたわけですが、今回、MMXはもう、フロントローディングは外れて本開発ということですが、去年1年やった結果がどのようにレビューされていて、フロントローディングは今後こうやって強く要求していけるだけの結果が何か見えているのでしょうか。というのは、こういう考え方というのは宇宙開発だけでなく、先行して少し難しい部分に手をつけたいというのは、どういうところでも考えつくし、希望する。こういうものが本当にきちんと予算化されるかどうかというのは、やはり初めてやったときの実績などが非常に強く物を言うと思いますが、そこはどうなのでしょう。

○文部科学省（藤吉課長） 現在、MMXのほうにつきましては、実際にメーカー複数社に、将来リスクとなり得るようなものについて、あらかじめ競争させていまして、それについてある程度、低減させる見込みは立ったということで、成果は出てきていると思います。また、このリスクというのは、大体のものが請け負うメーカーのほうで将来こういうリスクがあるのではないかと

で予算を高く見積もってしまうということがあるのですけれども、そういったものを低減させるには非常にいい効果があったと思います。そういったものを受けて、来年度、本格的なプロジェクトに移行させたいと思います。また、今回はMMXでありましたけれども、次年度以降は技術のフロントローディングということで、フロントローディングということを表には出しておりますけれども、ただ、そうしますと、昨年来、この場でも議論がありました。ほかの基礎・基盤的研究とどう違うのかという批判が出ますので、それにつきまして、説明の中では、当然、先ほど申し上げましたLiteBIRDですとか小型JASMINEといったものに使えるような、例えば冷凍技術など、そういったものを深掘りして、将来のコストオーバーランを防ぐのだと、そういったことを説明していきたいと思っております。

○松井座長 これは非常に重要な点です。実は去年、本当は技術のフロントローディングというものを表に出したかったのですが、いろいろな事情があってMMXという探査に関連してフロントローディングという概念をアピールしたわけです。ことしは去年の議論を踏まえて、技術のフロントローディングという名称でそれをちゃんとやろうということです。ただ、探査と全く無関係というわけにはいかないの、LiteBIRDやJASMINEなど、今、決まっているプロジェクトとの関連ということで、ことしはやろうということです。そういうふうになっていますけれども、今年うまくいけば、来年は本来のフロントローディングという考えのほうに近づいたようなこともできるのではないかと思います。

いずれにしても、探査と無関係というわけにはいかないのですね。

関委員、どうぞ。

○関委員 2つありまして、1つ目は今のフロントローディングの予算額です。8億円くらいということで、今年度はフロントローディングという位置づけでMMXが16億円ということだったので、そのあたりの予算額については、どのような兼ね合いで決められたのでしょうか。もちろん、技術開発項目が違うので、それに最適化されたということなのかもしれませんが、この規模で出すのが戦略的によいと思われた結果なのかどうか、その辺を教えてくださいたいと思います。

○文部科学省（藤吉課長） 今年度は16億円がMMXで、来年度は新規で8億円ということでございますけれども、これは技術的にどうだというよりは、全体の予算の高さというものもありますし、新規ということで、これは政策というよりは、なかなか新規予算を要求して認められるというのが厳しい状況になっておりますし、宇宙科学も含めてJAXA全体の予算はかなり高く要求しておりますので、そういった中で何でもかんでも新規のものを入れ込むというのは、財務省との関係でもかなり難しいということで、このぐらいにしております。

○関委員 わかりました。

2つ目の質問とも関係があるのですけれども、今、宇宙科学全体の合計なども見据えつつというお話があったと思います。この中で、2つ目と3つ目の、MMXやSLIMなどは月・火星に関する探査で、JAXAの中ではどちらかというJSEC（国際宇宙探査センター）所掌の探査の位置づけで管理されていると理解しています。今回、今年はちょうどMMXの予算が30億円くらいで全体額としてはうまくはまったと思うのですが、MMX自体は2024年打上げなので、開発総額が464億円となっているということは、残り4年で100億円くらいずつかかると思います。学術コミュニティでは探査の色彩も強いので、従来の宇宙科学予算だけでなく、JAXAの中で探査という位置づけで、しっかり予算プロファイルを確保するという説明になっていたと聞いています。今年度はこれでおさまりがいいのかもしれませんが、来年度以降、2024年打上げに向けて予算要求していける見込みを、予算プロファイルをどうお考えかということをお教えいただけますか。

○文部科学省（藤吉課長） おっしゃるとおりで、総額がそのくらい大きいものですから、仮に来年度、この予算がとれたとしても、それ以降、毎年100億円くらい必要だということになります。これにつきましては、宇宙科学の中で閉じるというと非常に窮屈になってしまいますし、宇宙科学ではありますが、我々はJAXA全体の予算で要求していて、別に宇宙科学予算を要求しているわけではありませんので、宇宙科学も含めたJAXA全体の中で要求していきたいと思えます。特に来年度、再来年度につきましては、JAXA全体で言いますとH3ロケットの開発がピークを迎えます。逆に言いますと、そのピークを越えれば、その分、自然減といえますか、へこみができますので、そういったものをうまく活用しながら、JAXA全体でカバーしていきたいと考えています。

○関委員 では、来年度はこの額ですけれども、それから先は予算規模も考えて、宇宙科学に閉じずにJAXA全体で要求していくご予定ということですね。

○文部科学省（藤吉課長） はい。

○松井座長 科学探査予算ということですが、来年度以降はそれが300億円、400億円になり得る可能性はあるということです。200億円とか何とかという話ではなくて、もっとずっとふえる可能性もある。そのふえた分は何で吸収していくかというのが、今、課長のほうから説明があったように、JAXA全体の予算の中でどうかという観点を入れて考えていこうということです。令和3年度の打ち上げが幾つもあるわけです。全部やれば来年度、例えばX線のほうにしても100億円くらい、MMXも100億円だとすると、明らかに今年以上だから400億円近い要求額になり得るわけです。そうしたことを全く考えていなくて今年度のこの予算をつくっているわけではない。一応そういうことも全部視野に入れて、長期的視点の中でそれをどうやっていくかという判断のもとに、今年度の概算要求

として、こういう案を、要求しているということです。これは諸般の事情がありますから、どうなるか、それは確約はできないかもしれないけれども、今、説明があったように、JAXA全体の中で予算の分配があるわけです。今はH3を最優先でやっているわけですから、それが終わったり、また、それに関連していろいろな観測衛星、地球観測衛星を含めて、そういうプロジェクトの予算もあるわけですし、全体の予算の動向を見て、何とかしようということです。全くめどがないということだろうと私は理解しています。

○関委員 わかりました。

関連する科学コミュニティとしては2024年打上げでMMXが火星周回にいる間にNASAの小型衛星と共同観測するというような話も、ちらほら出てきているので、それに遅れないかどうかというところがすごく気になる場所ですので、是非、よろしく願いいたします。

○松井座長 今の話は次の国際宇宙探査とも関連するので、そこで火星をどうするのかという話も含めて、要するに、月だけではないわけです。国際宇宙探査というのは火星まで入っているわけですから、次の中でもちょっと議論できると思うので、今はそのぐらいでいいですか。

○関委員 はい。ありがとうございます。

○松井座長 常田座長代理、どうぞ。

○常田座長代理 JAXAに2つ質問があります。MMX、SLIM、DESTINY+と3つあって、さらにJUICEについてもレーザー高度計等の一部を開発しており、手を抜けないわけですね。今の宇宙科学研究所の陣容で3基の衛星を丸々開発して、さらにESAの基幹ミッションであるJUICEの大事なところを担っています。これは昔からの課題ですけれども、せつかく文部科学省や本委員会で頑張って予算をつけてもらっても、それを絶対に失敗しないで確実にこなせる体制に宇宙科学研究所の中がなっているのか。MMXだけで500億円近い衛星なので、これを宇宙科学研究所で全部やれというのは、これは國中先生が答えるべきことですが、やはりオールJAXAでこのお金を確実に生かしていくということが必要だと思うので、それがどうなっているのかというのが質問の一つです。

それからもう一つは、JASMINEとLiteBIRDです。それぞれ進展しているということですが、これらのミッションは国際的な評価もあるし、科学目的もしっかりしてきているし、いいミッションですけれども、提案者グループが今まで宇宙科学研究所での活動の実績のない人たちです。今まではサイエンス中心の提案書作成が活動の中心なので、あるところまでは行けると思っています。しかし、実行段階になったときに、どのような状況になるのかということです。ただ、これは宇宙科学研究所で議論があって、だからといって、「だめだよ」と言っていると、もう、新しい分野は一切入ってこられなくて、老舗のX線とか何と

か、そういうところしか残らない。新しい分野を入れていかなければいけないのですけれども、しかし現実を見ると経験者がいないということがあって、これはやはりJAXA全体として、てこ入れをし、研究者だけでなく、一般職のマネージャーでいい人を付ける必要があります。研究者層が弱体な場合はそういうところを強くするとか。それはX線衛星でもやったわけですが、そこはかなりシステマティックにやらないと、今後、危ないと思います。

その2つについて、どうでしょうか。

○JAXA（國中理事） MMX、それからDESTINY⁺、探査系のものについては、まさに「はやぶさ2」の近接運用がちょうどピークを越えたところですから、まさにそういった知見や経験を積ませるために、この「はやぶさ2」に多くの人材を充てて運用させてきたというところもあります。ピークを越えたことで、もう何人かについてはMMXやDESTINY⁺に所属、それからエフォート率の書きかえということを既に実施しております。幾つかまだ残務が残っておりますし、それから帰還運用がどんどん始まりますので、人の異動を早速始めているところです。それにつきましては宇宙科学研究所内の人材のみならず、JAXAの仕訳の中ではJSEC所属になっておりますので、宇宙科学研究所の人材をJSECに異動させるということも既に実施しております。また、研究開発部門からもエフォート率をいただいて、「はやぶさ2」、MMXの作業をしているところですが、その割り振りについてもかなり多く、大幅な見直しを今後行っていく予定でございます。

そしてまた、JUICEにつきましては、かなり製作のほうは進んでおりますので、仕事のピークとしてはそんなに高くなる見込みではありません。そのように見込んでおります。

それから小型JASMINE、LiteBIRDは御指摘のように、まさに立ち上げフェーズでありまして、科学をコンクリートにすることまでは、今まで一生懸命やってきたわけですが、いよいよ今後は組織立てを確実に実施していく必要がございます。これはJAXAレベルの、JAXA機構ミッションになりますので、プロジェクトマネージャー、プロジェクトエンジニア、プリンシパルサイエンティストという、この3つの独立した人を配して作業をするということになっておりまして、少なくともこの3人×2つのミッションを立ち上げるので6名規模が必要になるわけです。プリンシパルサイエンティストにつきましては、サイエンティストですので外部の方をお願いすることになると思いますけれども、プロジェクトマネージャー、プロジェクトエンジニアにつきましては、JAXA内部で人を配する必要があると考えております。これにつきましては第一宇宙技術部門とかなり密に折衝を行っておりまして、特定の方をぜひとも配置したいということで、数年前から地道に交渉しておりまして、具体的な人

についても目星がある状態になっております。具体的な異動につきましては、現在抱えている仕事の切りの部分もありますので、いつかということは、多分、年度を越えてというところになると思いますけれども、そこについては目途を得ていると考えております。

○常田座長代理 ありがとうございます。

○松井座長 竝木委員、どうぞ。

○竝木委員 宇宙航空科学技術推進委託費は、資金の流れが国から大学・研究機関・民間企業等に直接行っているのです、これはJAXAを通さずに、大学と産業界の人も直接結びつけるような試みということですね。

○文部科学省（藤吉課長） そうです。我々が公募をかけまして、手を挙げていただいて、我々が選定して、お金をつけて委託するという流れです。

○竝木委員 わかりました。それはすごくいいことだと思います。

○松井座長 ありがとうございます。

では次に、議題2「国際協力による月探査計画への日本の参画に向けて」について、文部科学省から説明をお願いいたします。

【文部科学省から資料2-1～資料2-3について説明】

○松井座長 ありがとうございます。

それでは、ただいまの説明について、質疑をお願いいたします。また、議題3「国際協力による月探査計画への日本の参画について」についても合わせて議論を行いたいと思います。

皆さんがどこまで御存じか知りませんが、今の工程表は10年という期間を想定してつくられています。もう半分過ぎたので、さらに5年、10年ぐらいの視野で工程表を改定する。そのために基本政策をもう一回ちゃんと検討しようということで、宇宙政策委員会の部会の一つとして基本政策部会をつくりました。今後10年の日本の宇宙政策をどうするかという議論をすることになっています。その場でもこういう議論をしますし、この小委員会の上の科学技術基盤部会でもやります。もちろん、ここの小委員会でもやる。それぞれ集まっている人のバックグラウンドが違うので、さまざまな観点から議論をしてほしいということです。

ということで、お願いいたします。

○竝木委員 国際宇宙探査が始まると、もちろん、我々研究者にとっても物すごく大きなインパクトがあります。先ほど常田座長代理がおっしゃったように、宇宙科学研究所はMMX等をやっている中で、さらにこれがふえるとなると、今のコミュニティの体制ではとても難しいとっていて、そこから作り直さなく

てはいけないと思います。そうすると、おっしゃったように、工程表を示していただくことが我々にとってはすごく重要で、どのように進んでいくのかということが。今は多分、国際宇宙探査についてはほとんど詳しいことは書かれていないので、大変だと思いますけれども、そこをできるだけ早目に出していただくことが、コミュニティや周辺にとって物すごく大事なことだと理解しています。

○松井座長 いえ、工程表を出していただくのではありません。ここで関連して、この場が出さないといけない。ほかで出してくれるわけではない。ここが国際宇宙探査について、唯一の中身のある議論をする場です。例えば月面探査及び火星などの深宇宙探査を目指す上での観点など、いろいろあります。そうした議論は基本的にこの委員会でもとめ、それをたたき台として、宇宙産業・科学技術基盤部会や宇宙政策委員会で議論するということです。出してもらうのではなくて、こっちが関連する内容を出していかないといけない。基本政策部会にも私や常田さんは入っているけれども、2人だけでは科学探査の全ての分野を見ているわけではない。関連するコミュニティの意見も反映させないといけない。それは皆さんから提案していただいて、こういうふうに進めるべきだという案がないと進められない。トップダウンで上から出してもらうのではなくて、こっちがつくらなければいけないのです。

○竝木委員 はい。その観点で一つ気になっているのは、国際協力なので、財政的な面も含めて海外との協力が重要ということで、ここには技術的な面は詳しく書かれているのですが、科学観測に関しては、まだほとんど議論になっていないので、そこはしっかり考えていきたいと思います。

○松井座長 関委員、どうぞ。

○関委員 まず、文部科学省のほうから説明して下さった計画ですけれども、この状況で月がメインというのは非常によく理解できるのですが、一方で、この委員会は科学の観点から議論する場だと思っています。今、米国は、ここにも書いてありますように、最終的に火星有人を目指してアルテミス計画をやっています。そうすると、米国も含めた科学コミュニティはどのような認識でいるかというと、国際宇宙探査は資料2-2の(注)にも書かれているように、有人探査、及び有人探査のために先行して行われる無人探査なので、ここで抜け落ちているなど感じているのは、米国では今、もう、30年代に火星有人だったら、その先行する無人探査は20年代にやらなければいけないということで、例えばカナダはまず、月に参加表明しましたけれども、もう水面下では火星の先行探査として自国が得意な観測機器でNASAとできないかというような交渉を始めているという話も聞いております。やはり2020年代に、国際的には次に火星へ人を送る前に、水資源の探査など、そういう先行無人探査が入ってくるという意

識が資料から抜け落ちているような気がします。そこに乗りおくれしてしまうと、また後手後手で外から言われて後からまた参加というか、おつき合いますというふうになってしまうのではないかと危惧しています。

今回、JAXAでは国際宇宙探査センターのほうで、火星についてもタスクフォースをつくられて、そういう動きに対してどのように日本の強みを生かせるかということを考えていらっしゃったので、今回は遅れないで入っていけるのかなという期待感が科学コミュニティにはあります。従いまして、タイムスケジュールとして、世界的には先行無人探査は20年代に、有人探査の前に来るという認識を、今日資料を拝見して、どう入れればよいのか、すぐにはわからないのですけれども、そのような意識を入れておくこと、持つておくことは、後手後手にならないためには非常に大事だと思います。インドや中国などもそういうところはわかっていて、見据えてやっていると思うので、そういう意識を入れられるといいなと思いました。

感想めいた意見になってしまいますけれども、認識共有ということで申し上げます。

○松井座長 実はこの議論は今回だけで閉じているわけではなくて、年度末まで続きます。この、国際宇宙探査をどうするか。科学探査絡みの議論とか、あるいは科学的な観点からの議論は年度末まで続く。とりあえずは、先ほどちょっと説明がありましたけれども、参加表明を早目にやらなければいけないという意味での議論があります。それから、その後、今おっしゃったような、火星探査まで含めて長期的に日本はどのようにこの国際宇宙探査にかかわっていくのかという議論もあります。10月以降来年度末までの何回かの中で議論していく予定なので、ぜひ提案があれば提案していただきたい。ちょっと考えて、こういうことをやるかというとか、こういう体制でやるべきだとか、何でも結構です。国際宇宙探査とは無人探査活動を範囲とするという文章があるわけですから、日本の国際宇宙探査にかかわる戦略としては、こういうふうにするべきだということを提案していただけるとありがたい。今年度末まで、来年3月までの議論の中で、具体的な話を提案していただければと思います。

○関委員 多分、NASAからも打診があって、今、JAXAの中では周りの大学関係者なども含めて検討を始められていると思うので、そういうタイムスパンであれば可能なのではないかと思います。

○松井座長 MMXをどう発展させて今のような話とどう関連させるのかという話がないといけない。

○関委員 はい。それは技術的にもサイエンス的にも考えながら、今、議論を進めていると思います。

○松井座長 そういう観点で、これから議論していくということです。

○関委員 今年度内ぐらいの余裕があるのであれば、それは可能だと思います。
○松井座長 山崎委員、どうぞ。

○山崎委員 ことし11月にAPRSAFが日本で開催されるということもありますし、理想としては、もしも可能であれば、その前に日本の態度を表明することができて、APRSAFの場でほかのアジア諸国とも、今、ISSでやっているような実験などの協力体制を打ち出すことができれば、アジアのハブとしての日本の発言力が増すのではないかと、その点では物すごくいい機会と思っています。

また、参画の仕方ですけれども、外交・安全保障上とありますが、文部科学省の資料の中にもあるように、月に本当に資源の可能性があるのかが観点になります。科学的な探査はまた別の観点がありますけれども、資源という意味で、極域は非常に限られた場になっていて、国際的に早い者勝ちのような動きがある中で、きちんと日本としても探査の道筋を立てていくことが大切だと思います。

それを考えたときには、やはり日本一国でというよりは、月に関しては国際協力でいく形を打ち出す今の方針に私も賛同しているのですが、例えば近々で言いますと、インドとの協力による極探査というものが構想としてあります。ただ、まだ予算や計画の中ではきちんと形づけられていないので、どう位置づけるかという議論が出てきます。

それから、先ほど関先生もおっしゃっていたように、月は一つの足がかりであって、これから火星、それから深宇宙を考えたときに、より戦略的にどの技術を培っていくかということを見ると、ここで書いてくださったようなランデブ・ドッキングを初め、重力天体での表面探査という、この部分をいかにきちんと日本として培っていくかということが、深宇宙探査も含めて大切だと思っています。

表面移動技術に関しては、当然、トヨタとの共同の大型プロジェクトがありますが、その前に、恐らく実証が必要になるとと思っています。では、その実証をどう行うのか。イノベーションハブでやられているような小型の探査技術を使うのか。直近では、そのあたりの道筋を一つ一つ、より精査していく必要があると思っています。

○松井座長 永田委員、どうぞ。

○永田委員 基本的には、参加していくことには賛成なのですが、アメリカの最終的な目的は、現状、口に出して言っているのは火星ですが、多分、最終的には太陽系全体を活動領域に入れるということだろうと思います。そのときに、最初の足がかりとして月と火星ということを行っているのだろうと思っています。これは別にアメリカに限った話ではなくて、人類全体の活動のやり方を広いスパンで見ると、いずれそうなるのは明らかなので、そこに日本が参加しないというのは、多分、あり得ないだろうと。ぜひ入れていただき

たい観点は、月や火星が最終目標ではなくて、その先も見据えるのであれば、例えば今、土星探査や木星探査をするというときには、地球をスタートして、そこに直接行くわけですね。ほかに寄るときには、スイングバイを使うぐらいが関の山で、地球スタート、観測地点がゴールという探査しかやっていないのですけれども、将来的に太陽系全体を活動領域に含めるときには、もっと効率的なネットワークがあるはずです。そのときの拠点として月がどう役に立つのか。例えば ΔV 全体で考えると損をするけれども、月で資源を獲得して大規模化していったほうが効率的ですねとか、太陽系全体をカバーするときの、いろいろな戦略があるわけです。

今、宇宙科学研究所の宇宙輸送系の中で、日本の宇宙輸送系研究者はこれからどのようなところに貢献していくべきかという議論をまさにやっているのですけれども、その中で、やはり将来は太陽系全体を探査したい。そのときに、直接探査するのではなくて太陽系全体をカバーするような、軌道間輸送ネットワークをつくって、定常的に探査できるような体制をつくっていくことが、いずれ必要でしょうと。それを日本だけでやるという話ではなくて、そういう軌道間ネットワークをつくらうと思ったときに必要な要素技術は何かという議論をしたことがあります。

ですから、ぜひ、太陽系全体をカバーするネットワークとはどのようなものなのかと。その中で、月や火星探査がどう位置づけられるのかということ、ぜひ検討していくべきだと思います。

○松井座長 それは非常に重要な観点です。国際宇宙探査に日本がかかわるということを決めるときに、課題の深掘りしなければいけない。その深掘りが進んでいない。今のような議論は非常に結構だと思うし、多分、中須賀さんあたりもゲートウェイを使って行くのが本当にいいのかとか、そういう議論もちゃんとやらないといけないというようなことを、これまでも何度となく述べている。

それは非常に重要なことだと思います。宇宙科学研究所というかJAXAでこの国際宇宙探にどう関わるかということについて、どう議論しているのか？何か進めているのですか。

○JAXA（國中理事） 探査専門委員会というものを設けまして、大学の諸先生方にお集まりいただいて議論を深めているところです。

先ほど火星圏に向けてどのようなプレゼンスを示すかということについて御質問がありましたけれども、まずMMXを確実に行うというのが大変重要な事項ではないかと思います。アメリカの今後の動きとしては、2020年、来年になりますけれども、Mars 2020というものを上げて、2026年にMAV (Mars Ascent Vehicle) ですか、Mars 2020が集めたサンプルを採取して、火星の軌道に上昇するモジュ

ールを打ち上げて、その後、2028年ごろに多分、回収機を打ち上げて、軌道上でランデブをして、2031年にサンプルを持って帰ってくるというのが、アメリカの時間読みになります。

ですから、これよりも前にMMXが、フォボスなりダイモスからサンプルをとってこないと、せっかくとってきたサンプルが陳腐化してしまうわけです。もちろん先んじて物があれば、火星表面の物質と火星の月の物質を対比することによって、物質の流れ、例えば火星から地球に隕石が降ってきたというようなスキームを検証していくことができるわけです。その意味で、このMMXの活動、2024年から2029年に地球に帰ってくるという、このアジェンダは非常に重要なアジェンダになっているということを、まず御理解いただきたいと思います。

その次に、火星圏表面に、どのようにアプローチをするかということ、我々としては、今、投資をして蓄積をしていかなければいけないと思います。そういった技術は多分、30年代以降にようやく実現するであろうと。そういった技術を手前のところで、どうやって蓄積して、実現していくかということに、技術研究開発という面では注力していきたいと思っております。

○松井座長 今、永田さんが言ったような、火星を越えて、太陽系全体の探査の中で、今言われている国際宇宙探査、ゲートウェイ、月面をどう利用していくのかという戦略も必要ではないかという話ですが、確かに必要だと思います。なぜなら、「月面探査及び火星などの」ということで、その両主体に閉じているわけではありませんからね。土星や木星まで入ってもいいわけで、深宇宙探査を目指すという意味での観点として、宇宙科学研究所かJAXA、JAXAの中のGSECですか、どこでもいいですけれども、そういう議論は何かされているのですか。

○JAXA（國中理事） はい、しております。当面の活動としては、水星から木星までは全天体に、5年以内に宇宙科学研究所の探査機を全て配置する状況がそろいます。具体的にはBepiColomboが水星に向かっておりますし、JUICE計画で木星圏にも到達できるという考えで、既に布石は打ってあるわけです。そういった全体のピクチャーを見たときに、次に宇宙科学研究所としてどこに進出するべきかという議論を若手にさせております。具体的には木星までは押さえたわけですから、その次に見えるのは土星というところに。我々の技術をもってして、それから予算や人材の範囲内で何ができるのかということ、今、議論させております。かなり具体的な案が出てきておりますので、そういったところもワーキンググループなりの形にして、プロジェクト化を目指して技術の積み上げと、それから予算についても今後、求めていくような活動を進めたいと考えております。

○松井座長 その中で国際宇宙探査に関連して、それとリンクさせるもの、あるいはリンクさせないもの、そういう区分けですね。というのは、10年ぐらい

の期間で基本計画、あるいは、ロードマップとか工程表を考えるときには、その辺の戦略がないとつukれないところもある。そういう議論が内部的にどのように行われているのかということを知っておく必要があるわけです。

○JAXA（國中理事） まず、科学オリエンテッドな領域と、それから探査の活動を、今は比較的、それぞれが検討していただいておりますけれども、それをどう有機的に連結させていくかというのは宇宙科学研究所の手腕が問われるところだと考えておまして、そういった活動もしていきたいと思っています。

○松井座長 常田先生、どうぞ。

○常田座長代理 最初に竝木委員が発言された内容がちょっと気になるのですが、この巨大プロジェクトが推進されることがコミュニティに説明されると、宇宙科学研究所の今やらなくてはいけないミッションの負荷が高い状況で、かつお金も制約されている状況があり、ちゃんと説明しないと、この計画自体に対する疑義が生じたり、学術コミュニティで議論が紛糾する面があると思って、そういうこともちょっとおっしゃったような気がするのです。

文部科学省の資料2-1の2ページが非常にわかりやすくうたっていて、これをなぜやるかというのが4点あって、ここに宇宙科学は余りないわけです。だから我々よりも、より上位のところで規定されてしまっているもので、これ自体の是非を議論というのは科学としてあってもいい。けれども、これを受け入れるとすると、右側に、その結果として生じるアウトカムみたいなものがあるって、そこに科学が出てきて、火星・深宇宙での技術開発や科学的知見の創出といったことが書かれている。

何を言いたいかというと、この計画自体の是非を議論するよりも、私はこれを進めるべきだと思いますけれども、その中で宇宙科学がどこで貢献すべきか、活動すべきかという土俵設定が曖昧だと、ありとあらゆる意見が出てくるので、やはり右に書いてあることの中で、宇宙科学研究所等がこの機会をどう使っていくか、ユーザーとしてオポチュニティーをどう使っていくのか、これ自体に技術的に貢献するのかもちょっとあるとは思いますが、その土俵設定がないといけないという気がするのですが、その辺はどうでしょうか。

○JAXA（國中理事） 国際宇宙探査ということと言いますと、やはりこれは国策的な意味合いがあって、純粹科学とはちょっとベクトルが違う活動であるということ深く認識した上で、それでも極域に進出する際に、どんな科学があるかということ前広に出していきたいと思っております。

例えば極域にあるであろうと言われている水氷というものがあるわけですが、それがどう濃集されてきたのか。どこから来て、どう濃集されてそこに集まったのかというようなことも一つの科学的なテーマですし、南極域に行くのであれば、サウスポールエイトケン盆地というところには巨大なクレータ

一があって、これは月の内部物質が露出していると考えられているわけですから、そこに極域から少しずつ進出して行ってサウスポールエイトケン盆地に出かけていくことができれば、まさに月の成因を調べるようなことにも近づけるのではないかと思います。ですから、月極域の活動をどのように科学を明らかにするスキームに乗せていくか、近づけていくかというのが我々の活動方針だと思います。今は幾つか思いつくところ、ぼんやり考えていることをお話しただけですけれども、多分、幾つかそういったルートがあり得ると考えています。

○松井座長 永原委員、どうぞ。

○永原委員 茫漠とした話で申しわけないのですが、将来において人類が太陽系全体に探査を広げていくことは間違いない。他方で、日本という国はもう確実に少子化で人材も減るし、予算規模も必ず縮小するわけです。現在ですらそうですけれども、大型探査というのはもう、どこも単独ではほとんどできなくて、こうやって国際協力を進める。だから国際協力の何らかの形で参加していくというのは、とるべき基本的なスタンスだろうと思います。

他方で、やはり当初より問題である費用対効果ということを考えたときに、4つの協力内容ですけれども、1番目は基本的にISSで獲得したことをやりますと。2番目も、そのサービスをしますと。それから3番目も、データ・技術の共有と言うけれども、これはアメリカにしてみたら何も日本にやらせる必要はほとんどなくて、自分でとれるものはとるので、ほとんどこれで得るものはない。そうすると残るは4番目ですが、ところが本当にこの先、日本が。MMXですら500億近くかかると言っているときに、日本が単独で月面探査機というか惑星上の探査機を開発することが本当に一番クリティカルなポイントなのか。あとの3点は余りメインでないとする、これが本当にクリティカルなポイントなのかと思うと、申しわけないのですが、私にはそうは思えません。

今後においても日本が何らかの形で太陽系内の探査をやっていくというときに、日本がもっと獲得しなければならない技術があるのではないかと。例えば現状で、通信がすごくビハインドだとか。日本が本来獲得しなくてはいけない技術があるはずで。先ほど永田さんがちょっとおっしゃった航行技術なども、もしかしたらそうかもしれませんが、やはり少なくとも、ここのメリットとして、もうちょっと、とにかくこれをとると確実に将来メリットとなるというように。日本という国は50年先に向けてどんどん、あきれほど縮小していく。そのような我が国であっても、やはり探査は単独できちんとできる独自のものを持てるというものが何かないといけない。肝心の具体的なものが全然言えなくて松井先生からお叱りを受けそうですが、やはりそういうものを打ち出さないことには参画する意義が本当の意味で出ないと思うのです。

もちろんこれは協力であって、科学目標ははっきり言って、私はそんなにないと思うのです。月の水氷にしても、そんなものは絶対にアメリカが先に論文を書くに決まっている。インドとやったにしても、日本がサイエンスですごい何かをできるはずはないので、それなら何か技術的な点でもうちょっと、日本が今後の宇宙を継続するのに必要な何かをきちんと、やはりクリティカルなものを打ち出していかないと、本質的な点で日本が参画する意義がないのではないかと。

○JAXA（國中理事） 僭越ではありますが、日本の有利なところを際立たせた国際プログラムへの参加は大変重要なのではないかと思います。今、この①～④の中には入っておりませんが、他国との比較において日本の優位性というのは、私の意見ではありますが、極東、オセアニア地域の北半球側にある西側国として、この地の利はすごく有益ではないかと思います。つまり具体的に言いますと、地上アセットです。深宇宙局です。例えばアメリカの裏側にあるわけですから、アメリカのアンテナでは追跡できない時間帯を日本はカバーできるわけです。これにより非常に大きな国際貢献ができると思っています。具体的にはWFIRSTというアメリカの望遠鏡衛星で、これはL2ミッションですが、アメリカで追跡できない時間帯のダウンリンクをしてくれないかというようなオーダーも来ております。

永原先生がおっしゃるのは、日本がどんどん縮小していく局面にあるという御指摘だと思います。日本単独で宇宙に進出できないような場面を考えた場合においても、深宇宙局というのは最後まで世界貢献できる、日本の技術拠点になるのではないかと思います。そういった事柄も含めていただければ、日本の戦略を考える上で大変重要なことになるのではないかと思います。

○永原委員 貢献できるという点ではいいのですが、私が申し上げたかったのは、やはり何か獲得するものがないと。日本が技術としてもっと獲得して、間違いなく今後にすごくそのことが有利に働くという、何かもうちょっとクリティカルなポイントをもう一つ。つまり月面探査機といっても、予算規模を考えたら、日本が単独で1トンの車を積んでいって、おろして探査できるはずがないわけです。そうではなくて、今後においても300億円とか400億円がマックスぐらいの探査をやるときに、やはり強みとして獲得できる技術のようなものを何か、最低限一つは持つべきだろうという点です。今おっしゃったことはよく理解できるのですけれども。

○JAXA（國中理事） 今の段階では、現在検討中のものを御披露するタイミングにはありませんし、そんなにシュアーにはできていないのですけれども、今おっしゃった300億円、150億円というような枠内で、世界があっというような

ミッションを、ぜひとも考えて、お示ししたいと思っております。

○松井座長 私は永原委員と全く同じ意見です。ほかの探査の科学目標と比べて、月の科学で今、何が残っているのか。それはみんな、科学的な意味はありますよ。意味はあるけれども、他の探査と比較したときに、月の探査というものが本当に生き残るか？客観的に考えたときに、なかなか難しい問題があるということです。そういう状況の中で、国際宇宙探査で月に行く。これがある種、必然的な道だとすると、惑星科学業界にとっては、このチャンスをどう使って、月の科学をどう進めるかということをもっと深く考えないといけない。アメリカ、ヨーロッパをはじめ、各国がやる中で、科学的な意味として、どういことをやればいいのかということをもっと真剣に考えなければいけない。しかし、そういう場があるとは思えない。

国際宇宙探査絡みで月のワークショップをつくって議論しましたという話があっても、そんなものは私からすると、ほとんど議論に値しないような議論をしている場にしか見えない。永原さんも基本的に同じ意見だと思いますが、本当にやるなら、きちんと、しかるべき人たちが集まって、こういう機会を利用して、こういう状況の中でどうするべきか。

今、科学としてどのような貢献が日本にできるのか、あるいは日本がすべきなのかという議論をする場をつくらないといけないのではないかと思います。この場でやることではないのですが、少なくともコミュニティがそういう状況をもっと真剣に受けとめて、本当に英知を結集して今のような議論をしないといけない。こういうことをすればいいという案はこの場では出てこないだろうと思う。そうだとすると、もう科学はやめにして技術だけでいきなさいよということになる。あるいはJUICEのように、日本は装置だけを開発するという選択かもしれない。そういう選択を、来年の3月ぐらいまでにやらなければいけないわけです。日本が国際宇宙探査にどうかかわるのかという議論の中には、そういう議論も含まれている。そういう場をこの小委員会が持つわけにはいかないし、宇宙科学研究所がもうちょっと真剣に考えてほしい。どこが主体でやるのかよくわからないですけどもね。月探査関係では科学はもう、日本はやりません。あるいは、やるならこうですよというぐらいの決断をしないといけないと思います。

○竝木委員 もしかしたら永原委員や座長には一蹴されるかもしれませんが、科学の人たちにも、もちろんその意識はあって、我々が今まで議論した中では、日本の一番強いところは地震学、火山学、それから土木、資源開発といったところではないか。それを今、月のミッションに使うのだとしたら、一番有望なのは資源探査の技術を月に持ち込むということではないかというような議論をしています。浅い地下構造から始まって、月の火山活動や内部構造などに。

○松井座長 資源とは何をさしているのですか。資源といってもその意味するところは余りにも広いから。

○竝木委員 今、具体的には水です。水を探す技術です。その先に多分、火星探査でも同じようなことが必要になってくると思っています。火星でも地下水圏を調べようと思うと、浅い数キロメートル以下ぐらいのところの構造を詳しく調べる技術が必要になってくる。そこを月で培って火星に行くというのが一つの道筋ではないかというような議論をコミュニティの中でしています。座長がおっしゃるように、そこはもっと英知を結集して、真剣に知恵を絞って考えなさいというのはおっしゃるとおりだと思いますので、そこは宇宙科学研究所と我々コミュニティで協力して、そういう場所をしっかりとつくっていききたい。実は今、まさにそれを始めようとしているところです。

○松井座長 具体的なことをここで議論してもしょうがない。何か検討をする場が必要で、いろいろな分野の人が集まって、多様な視野から科学的な意味というものを議論する。一般的な意味での資源探査というのは、今のところ余り出てきていない。途中までは月の資源とか何とかという話があったのですが、今はもう消えてしまっている。しかし、月の資源をどう考えるのかというのは実は非常に重要な議論です。そういうことも含めて、もっとちゃんと議論する場がないといけない。ここでやるわけではない。

○関委員 ここでは、そういう議論はできないと思いますし、学術会議のマスタープランなど、いろいろなところでやるべきだと思います。宇宙科学というと理学だけでなく工学もあって、航空宇宙工学だったら月に閉じず、火星、木星、深宇宙まで含めて、どのような技術を獲得していききたいかというような提案は学会として出されていたりします。火星だったら火星で、理工と一緒に検討することによって何か道筋が見えてくるということもあるでしょう。そういう場をつくれるのは宇宙科学研究所が大学共同利用拠点なので、理学に閉じていたり月に閉じていたり火星に閉じていたりするのではだめで、日本が今後、深宇宙探査をするときに、限られたリソースで、各ステップで何を入れたいのか、理工合同で検討することが重要です。

今は、月極域であるとか、具体的に例えばHTVなど、マチュアなものとそうでないものが可能性として書かれていると思うのですが、できれば年度末までには、向こうが認めてくれるという観点も重要ですけれども、我々が今後30年といったスパンでやるときに、どの技術を国際協働探査の機会をうまく使って獲得したいのか、どのような科学をしたいかということ、タスクフォースをつくるなりして、宇宙科学研究所で3ヶ月とかで検討することはできないかと思うので、そういう場をつくっていただくと、理学にも閉じず、対象にも余り閉じず、ただし国際協働という観点でつくっていただくと、具体的

にできると思いました。

要素はいろいろな学会でもう議論されていて、それをうまく集めてインプリメントすればいいだけの様な気もしています。中堅から若手にかけて、結構、いろいろなことを思って検討していますので、それが反映されるのが大事かなと思います。そういうタスクフォースの様なものをつくっていただけると有用だと思いました。

○松井座長 タスクフォースというわけではないが、去年ぐらいから、工程表を長期的な意味で改定する必要があるのだから、もう一回、ロードマップをつくり直してくれという要請は何度となくしている。今、関委員や皆さんからいろいろ出ているような意味でのロードマップ的なものはまだ出てきていない。

これは非常に重要なことなので、宇宙科学研究所がコミュニティを含めて、もっと大々的に人を集めて議論してもらいたい。宇宙科学研究所の内部に閉じてロードマップを考えるだけでなく、外部の人を積極的に取り込んで、そういう提案をまとめていくようなことを早急にやってもらいたい。そうしないと、この議論はずっと現状のレベルにとどまってしまう。我々の要望として、こうあるべきですねという議論しかできない。日本が国際宇宙探査で月にかかわっていく中で、日本の国益にかなうような成果を出すというところにつながらない。つながらない以上、私の立場としては、そういうものを推進するということにはならない。日本の財政事情は厳しいし、財政資源が限られている。その中で、どこに投資していくのかという優先順位を考えたときに、はっきり言って、皆さん大体同じ意見だと思いますが、月の科学はそんなに優先順位が高いとは思えない。しかし、やる以上は高くしなければしょうがない。そこは知恵を出さなければいけないわけです。その知恵がない。これはある意味で、我々自身の問題でもある。何やかやと、どこかに言うのもおかしいのですが、何か考えてもらいたいですね。早急に。

時間が長くなってきてしまいましたが、ほかに何か。10月までの参画表明ということに関しては、当面、報告があったようなことでいいと思います。きょうの議論として、参加することについては異論はないので、参加表明は構わない。ただし、そういう機会を使って国益につなげていくという意味では、ちゃんとした議論をすべきであって、それはまだ不十分なので、年度末に向けて、この場で議論を続ける。部会でも宇宙政策委員会でも、こういう意味での方針はまだ出てきていない。この委員会でちゃんとした提案がまとまらないと、政策としてつながらない。皆さんもぜひ、何か考えて、今言ったような議論を進めてもらいたい。

○山崎委員 一点だけ、簡潔に。科学的な意義を考えたときに、もちろん月面の表面、あるいは深部も含めてですけれども、それに加えて、やはりゲートウ

エイという拠点を月周回につくる以上は、そこでの無重力拠点ということの科学意義もぜひ考えていただきたい。地球周回ではなく月という、少し深宇宙に入ったところでの無重力の利用と、さらには月面上の重力との比較実験などもあるかもしれませんが、ゲートウェイ自体がどう生かせるかという観点もぜひ含めていただきたいと思います。

○松井座長　そういうことも含めて、とにかく広い意味で、日本が月で、何か科学的な知見を深めるという意味で、どのようなことが考えられるのかということも議論してまとめてほしい。そういう議論を文部科学省の部会でもきちんとやってもらわないと困ると思うのですけれどもね。

○文部科学省（倉田室長）　今回はどちらかという技術的な観点から議論を重ねてきたというのが事実でございます、2年前に、優位性を発揮できる、あるいは波及効果が大きい技術として4つを整理して、例えば日本はまだ重力天体に着陸も探査もしたことがない国ですので、まずは火星を含めて考えた上でも、やはり重力天体に着陸する技術、そして探査する技術が必要だろうと。それをするためには、まず、近い月から実証をするということで、まずはそこをやるとか、そういう観点で議論を積み重ねたという経緯がございます。

その上で、おっしゃるとおり、それをやりながら、では、科学でどのような観点があるかというのは必要でございます、國中理事からも先ほど御説明がありました、宇宙科学研究所の理工学委員会の下に専門委員会をつくっていただいて、まさに並木先生にも入っていただいて、議論は重ねていただいておりますが、そこを一度取りまとめて御報告させていただくか、あるいはまた御紹介させていただく機会をと思っております。

○松井座長　多分、今、紹介いただいた専門委員会では小さいのです。関委員や永田委員から、いろいろ意見が出ていますが、そういうものを吸い上げたような議論がそこでされているのかという疑問が出ています。その辺はもう一回、宇宙科学研究所の今の仕組みの中でその議論ができるのかということも含めて考えてもらわないと。国際宇宙探査に参加するかどうかというのは、将来的には非常に大きな問題なのです。きちんと議論をしておかないと、将来に禍根を残すこととなります。だからコミュニティももっと積極的にかかわらないといけないと思います。

ということで、時間がありませんので。

この議論はまだ、何回か予定されていますよね。小委員会は9月中にありましたか。

○星野参事官　次は10月です。

○松井座長　10月1日とか、10月に何回かあるし、それ以降もあるので、この議論はもう一回、そこでの議論の結果も踏まえて進めたいと思います。

ということで、最後にその他として事務連絡をお願いします。

○星野参事官 事務局から御連絡が2つございます。

1つ目は手違いで、冒頭に御紹介しなければいけなかったのですが、事務局の人事異動がございまして、新体制での最初の小委員会でした。まず、私から紹介させていただきますけれども、事務局長に松尾が着任してございます。それから、こちら側の一番右ですけれども、参事官として吉田。宇宙政策委員会、それから基本政策部会の担当でございます。それから、私のすぐ隣ですけれども、基盤部会担当の中里参事官です。それから活動法及び活動法の関係の小委員会の担当の鈴木参事官でございます。以上、事務局の人事異動でございました。

また、次回の日程でございますけれども、今回は10月1日に予定されてございまして、きょうの議論の整理のみならず、さらに基本計画改定に向けた議論についても深掘りをしてまいりたいと思います。また、その次は10月25日を予定してございますので、ぜひ、よろしく願いいたします。また、3月までに、さらに数回の議論を、少なくとも月1回程度の頻度でこの小委員会を設けたいと考えてございますので、何とぞ御協力のほどよろしくお願いいたします。

事務局からは以上でございます。

○松井座長 事務局から今、説明があったとおり、10月までは国際協力による月探査計画への参加表明に向けた議論の整理を行うということですが、特に異論はないので、こういう方向でやっていけばいいと思います。その後、宇宙基本計画の改定に向けた議論を来年3月ごろまで進める中で、月のみならず火星探査まで見通した戦略、あるいは深宇宙、もっと先の、火星より先の深宇宙まで含めた戦略を、この場でしっかり議論していくこととします。

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。