

第19回 宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日時：平成30年6月15日（金） 9：58－11：56
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、市川委員、小野田委員、倉本委員、竝木委員、藤井委員、山崎委員
 - (2) 有識者
大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台 常田台長
 - (3) 事務局（宇宙開発戦略推進事務局）
高田事務局長、行松審議官、佐藤参事官、須藤参事官、高倉参事官、山口参事官
 - (4) 関係省庁等
文部科学省研究開発局宇宙開発利用課 谷課長
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究所 國中所長
4. 議題
 - (1) 宇宙科学・探査に関する課題に関する検討の進め方について
 - (2) その他

5. 議事

○松井座長 「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19回会合を開催します。

本日の議事に入る前に、6月7日開催の宇宙政策委員会で配付された「宇宙基本計画工程表改訂に向けた中間取りまとめ（案）」を参考資料2として配付していますので、宇宙科学・探査関係部分について、事務局から簡単に説明をお願いします。

<事務局より参考資料2に基づき説明>

○松井座長 補足しますと、この科学・探査と国際宇宙探査に関して、宇宙政策委員会の場で、当日は松山大臣と和泉補佐官も出席されていましたが、私か

ら参考資料1を使って背景を説明しました。今まで安全保障、民間利用を2大柱でやってきたけれども、その根っこにある科学・探査が非常に弱体化している。これを何とかもとに戻したいという取り組みが今年は特に重要ですよということを述べました。宇宙政策委員の方々にはこの問題が今年非常に重要な問題だということは認識していただきました。そして、この小委員会で今後に向けて、新しい考え方を詰めていただきたいというのが、宇宙政策委員会としての考えです。ですから、本日、これから議論していただくことは、今後それを基本に宇宙政策委員会として、重点的なところとして取り上げられていくので、ぜひ、いろいろな活発な議論をお願いしたいと思います。

それでは、本日の議題「宇宙科学・探査に関する課題に関する検討の進め方」に入ります。

初めに事務局から説明をお願いします。

<事務局から資料1に基づき説明>

○松井座長 プログラム化は本日の議題にも入っていますが、メインはフロントローディングで、プログラム化については後半のほうで議論したいと思います。

続いて、JAXAから宇宙科学・探査に関する課題について検討いただいたことを説明をいただきます。

<JAXA宇宙科学研究所（ISAS）から資料2に基づき説明>

○松井座長 今、非常に多岐にわたる項目について御説明いただきました。この後、フロントローディング、あるいはプログラム化といったところに焦点を絞って議論をするので、ここでは全般的な考えについて何か御質問あるいは意見がありましたら、お願いします。

○市川委員 今回のこの資料を読ませていただいて、非常に論点が明確になって、非常にわかりやすくなったと思います。特にこの4ページ目のプログラム化のイメージの全体像が非常に明確になりました。先ほどの資料1の最後のところで、プログラム化の対象が、宇宙基本計画のとおり太陽系探査科学分野に絞ることよいかという提案がありましたが、実はプログラム化というのはそのように矮小化されたものではなく、むしろここに書かれたように、大きな流れの中に太陽科学、惑星科学があるのだと、プログラム化があるのだということが、これでよく理解できる非常に重要なところだと思います。

1点質問ですが、従来は、JAXAとISASが乖離しているというイメー

ジがあります。新しいアイデアでは、JAXAのブラッシュアップというように、フロントローディングに関して、JAXAの協力というか、取り込みが非常に重要だと考えられます。JAXA側との意思の疎通が、現在どの程度共有されているかというところをお聞きしたい。

○ISAS 人的リソースのやりとり等も昨今は大変進んでいますし、技術分野だけではなくて、事業推進系の人たちの人的交流も大変よく進んできています。もちろん統合したのが2003年で、文化、人的な考え方、人の考え方、お金のやりとりの仕方等、それを意思疎通するには時間がかかったのは事実ですけれども、大分うまく回ってきているように思っています。

相模原にある設備は小さいですから、筑波の施設を使わせていただくとか、また、あいている設備を相互に利用するであるとか、筑波で実施するETS-9というような、利用系の衛星の技術開発も相模原で引き取って開発をするなど、大変有機的なリンクが形となってあらわれていると思っています。ただ、もっとそれを加速していかなければいけないのは事実だと思っています。

○市川委員 4ページのフロントローディングの考え方そのものもJAXA側と理解のすり合わせは進んでいるのでしょうか。

○ISAS 本日は宇宙科学の領域でフロントローディングということをお説明させていただいていますが、それは別に宇宙科学だけに特有の概念ではなくて、利用衛星でもそういったことは必要で、これはJAXAと共有していると考えています。

○小野田委員 フロントローディングに関して、9ページあたりを見ながらお話しさせていただければと思います。大変大きな改善がなされようとしていると理解したので、そこを確認したい。要するに、従来は概念設計、計画決定段階で、まだプロジェクトがスタートしていないので、概算要求をしてお金をとることができなかった。そこは10年前、20年前からずっと苦労してきたところですが、そこに対して、今度は、基盤経費でもプロジェクト経費でもない別の予算項目を項目立てして、プロジェクト経費と同じかどうかは余り意味がありませんけれども、フロントローディング用の予算を立てて、ある程度の規模、やりたいことができるだけの規模の予算をここに立てて充当して、プロジェクト化前までにTRL5以上にしようということが行われようとしているという理解でよろしいですか。

○ISAS ミニマム、イエス。最低限、そこは確保していただきたい。

○倉本委員 先ほどの4ページにかかわるところなのですが、ここはこれまでとミッションの選定のプロセス自体を変えていくという形だと思っていますね。

○ISAS 選定は今も宇宙理学/工学委員会で実施していましたので、選定プ

ロセスについてはここでは変更ありません。

○倉本委員 例えばプログラム化ということだと、これまでは選定というところと1つ選ぶというイメージだった。仮にそこで落ちたものもプールさせておいて、先に生かしていくという発想で進めるという理解なのか。

○I S A S 実質的にはそうなると思いますが、今回の資料はそういうことを述べているのではなく、宇宙科学、それから、日本が求めている技術や科学が、どういう長期的なビジョンに立っているかを踏まえ、その未来も見据えて決めなければいけないということを述べています。決して今回だけ最適化されたものを選定していくということではなくて、それは未来に続く何かでなければいけないということを意味していると思います。

○倉本委員 そうですか。ただ、現実問題としては、かなり練られたものが上がってきて。

○I S A S 当然そういうことになります。練度が高くなければいけませんし、未来につながるものでなければいけません。

○倉本委員 そうしますと、その段階では、落ちたものでも後々生かしていく形をとっていくということ。

○I S A S 実質的にはそうなると思いますし、そういったことを、そういうコンセプトを入れて、落ちたミッションが次にもう一回リファインして、次の提案をしていくことは十分考えられると思います。

○倉本委員 わかりました。

○松井座長 この資料には非常に重要なことがいっぱい入っています。例えば11ページなどは「宇宙科学の次期中長期計画をめぐる戦略的シナリオ」ということも出てきています。これは将来的にはもっと詰めた話をします。大体概略はこのような説明があったとか、フロントローディングとかプログラム化だけではなくて、その他の話もいろいろ入っているので、その辺、目配りして議論してください。

ほか、いかがでしょうか。

○藤井委員 先ほどのカテゴリーで、重力天体、重力天体でないもの、物理宇宙科学ですか。たしかそういう大きな3つのカテゴリーに分けていたと思いますが、それがI S A Sのカテゴリーの分け方ということで、それで全体を含むことができるという考え方ですか。

○I S A S そうです。

○藤井委員 わかりました。

○松井座長 重力天体として、今、ここでは、月・火星という例しか書いていないですよ。

○藤井委員 先ほどの説明で、どこかに3つに分けるとということがたしか書い

てあったと思います。それがこれで全体が何か。

○ I S A S 5番の戦略シナリオは5つと申し上げたことですか。

○ 藤井委員 5つなのですけれども、実際のミッションのカテゴライズしたところが、重力天体と小天体と宇宙物理学という形ですので、それで全部分けられる。

○ I S A S 宇宙工学というのもあります。

○ 藤井委員 11ページのロードマップは、重要なものがピックアップされていると思うのですが、どういう戦略でどういう順番でそれが提案されていくかというところまで議論されているのですか。こういう考え方が必要だということは、どのようにこれをやるかということはR F Iに書かれていると思いますが、プログラム化も含めて、どういう順番でやっていくかというシナリオは、ここは提案しているのでしょうか。

○ I S A S 順番までは定義できていません。

○ 藤井委員 ロードマップではなくてマスタープランになっているということですね。

○ I S A S そうです。順番は技術のマチュリティーのレベルアップであるとか、コミュニティの集積度合い、糾合の度合いとかというもので、順番は結果として決まってくると思います。

○ 藤井委員 10年とか15年のショートピリオドでは、優先順位にある程度めどがついていなければいけないと。

○ I S A S その単位ではそういうことになると思います。

○ 藤井委員 その範囲では大体そういう順番みたいなものも考えているということですね。

○ I S A S そうですね。そういったものをみんなでディベートするために、この探査シナリオというものが設定されていて、重力天体、小天体、宇宙物理という脈絡の中で、皆さんでブレストをして考えをまとめていきましょうということになります。

○ 市川委員 この11ページの理解に関してですが、私はこの戦略シナリオは、これは非常にわかりにくいところもあるのですが、概念としてすごくいいように思います。というのは、先ほども説明されましたけれども、10年、20年という長期的な展望をコミュニティの中で議論をポリッシュアップしながら、こういう基本計画の工程表の中に取り込んでいく。ぐるぐる回しながらやっていく。だから、どこで決めるというプロセスではなくて、むしろ中長期の戦略シナリオをつくるプロセスの方法を提示していると思うのです。これはある意味では、特にコミュニティでの活動というものが点線で非常に大きくくくってあるというところが、私は非常に大事だと思っています。つまり、どこかか

らおりにくるのではなくて、コミュニティの議論がぐるぐる回ることによって、プログラム化もできるし、いろいろな問題点が明らかになるという意味で、非常にこれは重要な図だと思います。

○I S A S どうもありがとうございます。

○松井座長 今のことに関係しますが、17ページに2030年までの探査プログラムが書いてあります。時期を延ばしていくときに、こういう考えでやっていきますという考え方についても、今回ではありませんが、重要な課題なのでまた後でやりたいと思います。全般的な話はそのぐらいでよろしいですか。

それでは、今のJAXAの説明を踏まえて、フロントローディングというものに対する議論を始めたいと思います。

先ほど事務局から説明がありましたけれども、フロントローディングとは何か、その実施段階、内容、実施体制、対象についていろいろ説明されましたが、皆さんとの認識の共有はまだないと思います。その辺を整理するために議論をしたいということです。例えば実施段階ですが、フロントローディングを行う時期ですね。開発研究フェーズ前、開発研究段階、開発の前半、いろいろあると思いますが、フロントローディングは、今、JAXAから説明があったような考え方でいいのかどうか、その辺から議論を始めたいと思います。

○藤井委員 資料1の6ページを見ているのですが、資料2だと7ページとか8ページだと思いますが、小型衛星などを見ていると、ワーキンググループでつくられた案が実現性が高くないみたいなことがあって、ミッションがなかなか上がってこないようなことがあるかと思います。そういう意味ではミッション探求フェーズというのは極めて重要ではないかと思っていて、現在、それをサポートするような支援室みたいなものがたしかあると思いますが、必ずしもそれが十分にべったりとついてサポートできないような感じがあって、上がってきたもののマチュリティーが低いということがあるかと思うのです。

今回の提案は、これはフロントローディングには入ってなくて、フロントローディングは技術的な開発だと思うのですが、この辺のところを基盤経費でやられるとは書いてありますけれども、より強化するのが一番重要かと思っているのです。ですから、フロントローディングの定義によると思います。

○松井座長 内容についてですね。フロントローディングとはそもそも何を指すのかということがはっきりしないと。実はこれが非常に重要なのは、予算の中にこういう項目を入れて、毎年予算を一定にしたいということです。プロジェクト化が進むと予算が増えて、終了すると減るというのではなくて、一定にしたいという思惑もあるわけです。

○藤井委員 私が言いたいのは、恐らくこのフロントローディングの定義をもう少し広げて、この辺のところも予算化できるといいのではないかと。

○松井座長 そこが悩ましいところで、基盤経費のようにフロントローディングという費目があるわけではない。予算確保に取り組んでいく方策の分類として入ることになる。予算の中にフロントローディング費などという格好で入るわけではないわけです。だから、かなり具体的になります。どういう段階からそういう形で取り組んでいくかという問題に絡んで、非常に微妙なところがあります。

○藤井委員 そうすると、支援室みたいに、いろいろなプロジェクトに非常に重要なものだけでも、全てに対応するようなものは、そういう予算になじまないということですね。

○松井座長 そもそもミッション提案があって、やりますという段階がある。今まででいけばプロジェクト化に進んだ段階から詳細検討が始まる。それだと遅れてしまうから、これを前倒ししようと言っているわけです。プロジェクト化という決定はまた別にどこかで決めなければいけない。ミッション提案があって、その提案をプログラムとしてI S A Sが真剣に検討しますという段階があって、その時期からでないフロントローディングは始まらない。

○藤井委員 今の流れは、しっかり決める前にこういうものをちゃんとやるのが重要だということですね。プロジェクトとして確定して決める前に、それを選ぶ段階で、いろいろな候補がある段階から、それをしっかり選んでいく、そういう過程の中で、こういう最初のミッション探求フェーズみたいなプロセスが必要で、それを支援するちゃんとした組織が必要と。

○松井座長 ミッション探求というフェーズがあるのはいい。しかし、フロントローディングと言っているものが、このミッション探求のところから含めて考えるかどうかというのは、まだ何も決まっていない。説明の中でいろいろ出ていましたが、例えば16ページの宇宙工学分野の戦略シナリオで、技術的な課題が書いてある。こういうものはプロジェクト化前段階とかにかかわらず、基本的に必要な技術ということで、フロントローディング的な発想でやっていくということは考えられる。これは具体的なミッションというわけではない。ミッション提案などの段階で、ここで言っているフロントローディング的な考え方が入ってくるのかどうかはわかりません。それは國中所長、どうですか。

○I S A S 今まではこのワーキンググループ活動などをやっていたところは基盤経費でやっていて、そこで技術的な芽出しはできているけれども、まだまだシュアになっていない。プロジェクト化されないと、実際に予算はつかないわけです。ですから、そこが大きな死の谷になっていて、それをどうやって乗り越えるか、その手段が人であり、技術であり、お金なのですから、ある意味、お金をつけてもらわないと、人も技術も力がかからない。そこを今回はフ

ロントローディングという言葉で表現していますけれども、資金的な補強をしていただいて、その死の谷を乗り越える方策を整備していただけないかと。

○松井座長 今、基盤経費はどのくらいあるのですか。毎年、ほとんど決まった額ですか。

○I S A S 何とか確保してはいます。

○松井座長 その基盤経費で、藤井委員が質問しているようなことは賄っている。ここで言っているフロントローディングはもうちょっと先に進んだ段階というイメージを私は持っていますけれども。それが、I S A Sが提案したものと共有しているかどうかはわかりません。あとはこの小委委員会でそういうイメージをどう共有できるかというところだと思います。ここまで実施段階について議論してきましたが、内容も議論の中に入ってきているので、その内容まで含めて何かありますか。

○藤井委員 大体予算レベルでどのくらいかかっているのかというイメージがないと、例えばアイデア創出の支援室というのは、2人ぐらい人がいるとすると。

○I S A S P O室というのは数名います。

○藤井委員 そこに非常に経験のある優れた人が必要なわけですね。そうすると、例えば3,000万とかというような感じを受けるのですけれども、フロントローディングというのは恐らくもっとずっと大きいですね。

○I S A S 技術開発ですので。

○藤井委員 数億。

○I S A S 先ほどのものは人件費ぐらいのものだと思います。

○藤井委員 だから、それと並びで余り議論してみても、額が違い過ぎるから、そういうものを倍にしたとしても基盤経費ではやっていけるということですね。一番最初のミッション探求フェーズのようなサポートは、額が小さいから基盤経費でもできる。

○I S A S そうですね。まだミッションになっていませんし、それが確実にミッションとしてできるとも限らない。

○藤井委員 一番重要なことは、どの予算でやるかというよりも、こういうものをちゃんとできる体制をいつも持っていて、十分な体制がとれるということで、基盤経費のできるのであれば全然問題ないと思います。ただ、基盤経費もどんどん減っていると思うから、どうなのかなという気はします。

○I S A S まだミッションとして目鼻がついていない部分の技術投資については、当然基盤経費でやらざるを得ないと思っています。ただ、今までのやり方では、このプロジェクト準備フェーズに必要な費用も基盤経費から支出せざるを得なかったもので、十分に支弁ができない、十分に技術が進捗しない、後段

で予算化されたミッションもうまくいかないという負のスパイラルに入ってしまったわけですから。それを基盤経費から少なくとも外出しでフロントローディングの部分は何十億の規模で支弁していただけないと、基盤経費も圧縮されて、未来の玉出しができないし、やらなければいけないミッションもうまく成立しないというイビルサークルに入ってしまうということです。

○松井座長 今の問題に関して、参考資料2「宇宙基本計画の工程表改訂に向けた中間取りまとめ（案）」の工程表25の記述を読んでもらうといいと思います。平成31年度から、宇宙科学・探査全体を俯瞰した戦略的なプロジェクトの実施と開発リスクの低減に向け、プロジェクトのフロントローディングを強化するために必要な方策を講じる、と書いてあります。これは重要なことで、必要な方策というのは、フロントローディングの費用を新たに考えてやっていきましょうということまで含んだような表現だと解釈できるわけです。

だから、基盤経費というのと、このフロントローディングは違うのだということをもっと認識してもらわないといけない。それも数億とかというレベルではない。イメージであって、まだ具体的になっていないから何とも言えないけれども、来年度はこのフロントローディングについては、MMXで具体的に考えますという話があったと思います。MMXという既にスタートしているプロジェクトから、このフロントローディング的な要素を切り出して予算化していく。これは、来年度の概算要求に向けた話です。したがって、ここで議論すべきことではないのだけれども、そういうことを頭の中に入れて、フロントローディングの実施とか、時期とか、中身とか、そういうものを議論してもらいたい。

○市川委員 フロントローディングというのは、プロジェクトが決定した後のものですか。資料2の7ページを見ると、幾つかかなり進んだ計画があって、それぞれに対してクリティカルなところが検討し切れないから、そこにお金を投入すると理解していました。新しい概念があるのでしょうか。

○松井座長 まだ未確定で、いろいろな内容が含まれていると思います。資料2の16ページの宇宙工学分野などを見ると、ミッションそのものが、技術というカテゴリーで分けられている。これはもっと基盤的な技術も含めてフロントローディング的な対応ができるようにする意図だと思います。ISASもそう考えているという理解で良いですね。

○ISAS はい。

○松井座長 ということで、個別のミッションでの非常に難しい技術も入るし、もっと基盤的な、基本的なもので、これからチャレンジしていくような技術もある。いろいろあると思います。今、ここで全部挙げられないけれども、それがフロントローディングの現在の状況だと思います。

○山崎委員 やはり理学/工学委員会で候補選定されてから実際にプロジェク

トがスタートするまでに期間があつて、今回もその間にミッション探求フェーズやミッション定義フェーズがつくられていて、ミッションプロジェクト準備フェーズは前からあつたかもしれないですけども、そういった準備の充実が非常に大切です。プロジェクトを正式にスタートする前から技術的にリスクを抑える点、リスクを潰していく技術を早目にやっておくというのはすごく大切だと思ひます。

これは科学・探査だけではなくて、ほかの人工衛星などでも一緒だと思ひます。どうしてもプロジェクトはスケジュール、コスト、人的な制約の中でやらないといけないという、いろいろな制約の中で最適解をつくっていくと思ひます。もう少し時間があれば、例えば、本来は国産化したいけれども時間の制約で今はできないから、海外の部品を輸入するとかやりくりをしないといけません。ぜひ中長期的な戦略に立って、ここは時間がかかっても培いたい技術というものを、このフロントローディング制度を使ってぜひやっていただきたいと思ひています。

ですから、イメージとしては、資料2の中にもトータル的なコストを下げますという図もありましたが、それに加えて、スケジュール的にもぜひタイムリーな形で従来の開発期間はできるだけ短くできるような形、また国際的な競争力を培えるような形も視野に入れていただければと思ひています。

○ I S A S 特にMMXについては、世界的にこの火星圏に進出するという意味で、非常に世界からもなるべく早期の実現を求められていますので、国際公約という意味でも、MMXの早期立ち上げを強く主張させていただきたいと思ひています。

今、議論にありましたフロントローディングにつきましては、プロジェクト経費の一部前倒しということをお考えいただければありがたいと思ひています。これまでは数億程度の技術開発、前段の投資しかなかったのですけれども、それを全プロジェクトの5ないし10%規模に格上げしていただけないかということをお望みしています。

○ 藤井委員 フロントローディングの内容がちょっとよくわからないので、イメージが湧かないのですけれども、私が前にフロントローディングがあつたほうがいいなと思つたのは、プログラムが決まった後に、非常にクリティカルな性能が必要だつたにもかかわらず、実際にやってみたら非常に困難であつたと。例えば電波の鏡面が何とか、そういうようなイメージを持っていて、プロジェクトの最初の部分だけをやるというよりも、まずそもそもスタートする前に解決しておくべき課題がはっきりしていて、それをやるというイメージなのですか。ですから、前倒しにするということが必ずしも常に必要なわけではなくて、そういう意味でいいのですか。

○ I S A S 満遍なくするという意味ではなくて、あるミッションを考える上で獲得しなければいけない、かつハイリスクな技術であるということに集中的に投下するということになると思います。

一般論で言いますと、I S A Sの目指すミッションは比較的いつも挑戦的であるので、結果として、そういうものはいつも出てくることになろうかと思えます。例えばMMXでは資料2の7ページで紹介していますが、火星衛星は重力が比較的強いので、脚を地面に設置させて、タッチ・アンド・ゴーではなくて、長時間着陸した上でサンプリングを行います。マニピュレーターでサンプルしたいところを探して、コアリングで地層を維持したまま採取し、それをカプセルに入れるというような新しい技術獲得が必要です。そこがMMXについては重要な、事前に解決しておくべき目鼻を立てておくべきところだと抽出しています。そういった難しいところも前広にフロントローディングとしてプロジェクト経費を前倒ししていただいて、投下していただきたいという希望です。あるミッションの最初の10%の部分を満遍なく開発しますということを行っているのではないです。

○ 藤井委員 フロントローディングがフェール（失敗）した場合には、その計画自体がいかないと解釈していいわけですね。

○ I S A S そのとおりです。

○ 藤井委員 そういう意味からすると、決定後というよりも、条件つきで決定されるということでもいいですか。

○ I S A S 何かそういった定義でということを考えています。

○ 藤井委員 でしたら、納得できます。

○ 小野田委員 フロントローディングは、私のイメージとしてまず必要なところは、プロジェクトスタート前にしっかりベースを確立しておく。これを失敗したのがLUNAR-Aだったり、ASTRO-Gだと。ここは絶対に必要で、ここでTRレベルを上げるというのは、私は賛成です。

数回前からの議論を聞いていて、もう一つ。プロジェクトがスタートして、途中でスタックする場所というところが、理学委員会、工学委員会のお金でやっていて、そこから先、I S A Sが受け取る部分での一段を乗り越えられなくて、スタックしてしまっているプロジェクトが少なくとも直近では幾つかあったので、そこはI S A Sが引き取って、そこをもっとブラッシュアップしましょうというお考えだと聞いたので、その部分もフロントローディングに入れて強化すべきではないかと私は思っています。

それから、私は余り思っていなかったのですが、先ほど座長がおっしゃったように、16ページのような将来必ず必要になるであろう技術、これもフロントローディングに含めても悪くないかなと思います。この中はもちろん

先ほども出ましたけれども、総花的ではなくて、これとこれは、今から始めようとするプロジェクトに絶対に必要だよねというものを選んで、フロントローディングに含めるのはいいことだと思います。だから、イメージでは3つぐらいが入っていいのではないかと思います。

○松井座長 今回のコメントに関して、どうですか。

○I S A S もちろん潤沢に費用があれば大変ありがたいと思いますし、そのように前広に技術開発を行っていきたいと思っています。今、いろいろな方策でそういったことを実現していただければありがたいと思っています。

○松井座長 私からひとつ質問していいですか。TRLと書いてあるでしょう。これはミッションごとに、ミッションの内容によって個別に、その内容によってTRLそれぞれ違うレベルがあるのではないかと思うのですが、ミッション全体としてのTRLなどはないですね。

○I S A S 最近ではCML、Concept Maturity Levelという別の定義の概念を導入しつつありまして、TRLというのは純粋に技術です。それがEMをつかったのか、宇宙で実証したのかということであらわしているだけです。

○松井座長 それは例えば衛星そのものなのか、観測装置なのか、あるいは先ほど説明したように、着陸したときの脚の強度がどうかというレベルの話なのか。ミッションの中身を個別に分けないとTRLというのは出てこないのではないですか。ミッション全体で、TRLのレベルというものが本当に定義できるのですか。

○I S A S TRLは純粋に技術論になります。

○松井座長 技術論はいいけれども、個別技術を合わせてミッションになっているわけでしょう。

○I S A S それはCMLという別の概念があります。Concept Maturity Level、ミッション全体として科学的な意味、技術的な落とし込み、科学者のそういった考え方は別にあります。

○松井座長 技術の組合せが全体の技術になっているように思うけど。

○I S A S それはCMLという別の評価方法があります。

○文部科学省 再突入カプセルだったら再突入カプセルで、TRLというものが定義されるわけですが。サンプリング装置だったらサンプリング装置という固まりとしてTRLというものが設定されるということです。

○I S A S 書き足りなかったかもしれませんが。ミッション全体のストーリーの進捗度合いはCMLという別の指標で評価します。ここは純粋に個々別の技術を上げましょうということを言っています。全部を上げるのではなくて、今回御提案しているのはクリティカル技術だけフロントローディングでTRL5を狙いますということを言っています。

○松井座長 そういうことが共有されないと、ここで言っている内容とか、時期というイメージが違ってきてしまうと思います。その辺はきちんと分けてもらいたい。

○I S A S 例えば末端の挑戦的なミッションは、最後の観測装置が仮にフェールしたとしても、ミッション全体がフェールするわけではないです。ですから、全部がTRL内になっていることを成功としているわけではなくて、一部の技術が仮に失敗しても、ミッションは成立しますというような、そういった複雑なつくり込みができます。ミッションはCMLという別の概念で評価しますし、全部の技術が9になっていなければいけないというわけではありません。

○松井座長 CMLでいくと、計画決定というのはあるレベル以上を計画決定と言っているわけですか。

○I S A S そうです。これは純粋に技術です。必要な技術が全部TRL5以上になっていないと、プロジェクトにはならないということです。

○松井座長 個別に全部TRLがあって、その個別のものが全部5以上になるという意味ですか。

○I S A S そうです。

○小野田委員 1つだけ質問で、先ほどTRLでプロジェクト決定までにレベル5以上ということについて、ミッションクリティカルなものについてのTRLは5以上とおっしゃったときと、全てTRLが5以上とおっしゃった場面があったのですがけれども、私はやはりそこは多少めり張りがあって、本当にミッションクリティカルなものについては、少し重みづけがあってもいいのかなと思います。

○藤井委員 先ほどの資料2の17ページあたりを見てみると、科学的目的等に関しては、合格なものが例えば2つある。LiteBIRDとOKEANOSがあるという場合、おのおのクリティカルなことがあると思います。そうすると、フロントローディングというのは、この両者に対してやると考えていいですね。

○I S A S そうです。

○藤井委員 ですから、フロントローディングの対象は複数になる可能性が非常に強い。

○I S A S もちろんそうです。

○藤井委員 だから、それは非常に重要で、恐らくそこでしっかりとできたところが先に行くというのが最もいいと思う。

○I S A S そのようにしたいと希望しています。

○倉本委員 私は正直混乱しています。資料2の8ページに書かれているフロントローディングは、狭い意味でのフロントローディングで、プリプロジェクト化されたもののクリティカル技術を高めるというような趣旨のフロントロー

ディングだと思えます。ただ、今の議論で出てきた選定途中になっている2つの候補があって、そのフロントローディングをするというのは、またちょっと違う文脈のフロントローディングになるのですか。

○ I S A S 例えば具体例で申し上げますと、ここで現在、先ほどのOKEANOSとLiteBIRDというのがプロジェクトフェーズにあって、少ないながらも基盤経費を組み合わせながらフロントローディングを、規模は小さいですけれどもやっています、この2つについて本年度中にダウンセクションをして、プロジェクト化を目指すというストーリーになっています。

○ 倉本委員 では、プリプロに2つともなっていると。

○ I S A S 既になっています。

○ 倉本委員 そういことですね。

○ 松井座長 それは、今年改革しようという、その前のプリプロジェクト化という意味でしょう。改革後でいくと、この2つの計画はどこに当たるのですか。

○ I S A S 改革後も結局プリプロジェクト状態にありますので、ここは今は不十分なフロントローディングがなされているということになります。

○ 松井座長 今までのやり方でいくと、ミッション定義段階という段階では幾つぐらい候補はあったのですか。具体的に今、LiteBIRDとOKEANOSというのが残っていると行ったけれど。改革後でいくと、これからは、概念設計のところの前からプリプロジェクト化になるわけでしょう。そういう意味でいくと。

○ I S A S 今、中型ミッションでは、まだ取りまとめしていませんけれども、小規模ミッションでは現在選定中のものがありまして。

○ 藤井委員 理学で3つあったと思えます。工学で1個入ってきているけれども、そのうちの1つがLiteBIRDだったと思いましたが。選定の段階で。

○ I S A S 例えば24ページ目を見ていただきますと、これは公募型小型のAOを出して、今、審議を行っているものですがけれども、この小型については6件と、JASMINEというものが1つありまして、全部で7件。これは小型の規模のものですがけれども、こういうラインアップが準備されていると。

○ 松井座長 前はそうでしたということですね。新しいフロントローディングという考えを入れて、このプリプロジェクト化を進めていくとすると、従来のもので、かなりのものが残るのですか。それとも落ちてしまうのですか。

○ I S A S ダウンセクションをかけていきますので、例えば10が2になり、最後に1になるというストーリーで考えています。

○ 松井座長 TRのレベルで評価していく中で、科学的な意義は高くても、それが低いと落ちるとかありますね。

○ I S A S そういことになってしまいます。

○ 松井座長 フロントローディングが強化されると、それが救えるようなもの

も出てくるということですか。

○ I S A S おっしゃるとおりです。例えば基盤費の中で救うことができると考えています。

○ 松井座長 そこで見通しが出ないと、フロントローディングにはつながっていかない。

○ I S A S フロントローディングの領域までのレベルには上げられない。基盤費で、少ないながらもそこを充足して T R L を上げる努力ができれば、次のステップに進める。

○ 松井座長 普通、基盤費で、T R L を例えば 1 段階上げるとするのはどのくらいあるのですか。

○ I S A S 概念的に言えば、10 の規模の案があり、それを洗練化していく段階で、このプリプロジェクトに行くのはそのうちの 2 ぐらいの規模になってしまいます。

○ 松井座長 大体はどういうところで落ちるのですか。2 しか残らない一番大きな理由は何なのですか。

○ I S A S 技術の洗練度が上がらずに、確実性の根拠が担保できない。

○ 松井座長 それはフロントローディングという考えを入れてやっても、基本的に変わらないということですが、玉磨きとしては、玉が多く出てくる可能性が出てくるということですね。

○ I S A S おっしゃるとおりです。

○ 竝木委員 16 ページの図にまた戻るのですけれども、ミッションとして、あるいはプロジェクトとして提案されたものだけではなくて、もっと広げたところまでフロントローディングの対象にしたいと。それはすばらしいと思う一方で、はっきりしたプロジェクトとかミッションの目標がないままに、技術だけ先行するというものに、そのフロントローディングの費用をつけるというのは、筋道が立つのかなと。

○ I S A S それはなかなかつかないと思います。ですから、そこにどういう技術を開発しなければいけないのか、投資しなければいけないのかというめどをつけていただくのが、11 ページ目に書いてあるようなコミュニティーとのディスカッション、ディベートであって、大学の先生の方々は、宇宙科学は今、こういう領域を求めているのだということ、このサイクルの中で見出しているのだと思います。そこで見出していただいて、そこに研究リソースを投入し、何か成果が出れば、皆さんはそこに注目して、これを使えばきっとこのようなことができますよねという対話が進み、それをだんだんミッションに昇華していくのだと思います。ですから、そこにすべからくフロントローディングができるほど、恐らく潤沢に費用があるはずがないので、どこにでも、ここ

にでもお金を使えるという状況であるはずがないと思っています。

○松井座長 内容とか時期だけではなくて、今、考えている推進体制が妥当なのかどうか、そちらのほうも含めて議論してください。

○藤井委員 先ほど申し上げたように、最初のフェーズのところは明らかに人が足りないと思います。支援室のところ。だから、それを今あるワーキンググループをしっかりと進捗状況も管理しながら、しっかりとフォローアップしていくという体制がどのくらいの人が必要なのか。御提案のように1.5倍でいいのか。そもそもすごくエキスパティーズのある人しかできない仕事なので、そういう人がいるかどうかも含めてなのですが、少なくとも大学から持ってくるのはかなり難しいと思うので、JAXAにいるかどうか。

○I S A S この概念検討段階で具体的に、例えば小規模ミッションで言いますと、現在JUICEでは予算をいただいている、それをテニュアトラック助教の採用というところに使わせていただいています。そういった方式でもって若い人を集めて、そこに人を充てる。概念設計レベルの活動に、そこに人を充てるということが考えられると思っています。

○藤井委員 規模感がどのくらい本当に必要なのかということをごひ実際に動いているものも含めて示していただきたい。それから、エキスパティーズが必要なので、若い人だけではなくて、例えば退職した人も含めて非常に幅広くサポートすることが必要では。おっしゃる1.5倍では足りないような気がしていて、2倍とか3倍かなと、直感的にはそう思います。

○松井座長 皆さん大学に在籍している人が多いので、大学との連携という点でI S A Sの考えはどうですか。推進体制として、大学はそんなに余裕があるのかなという感じがしなくもないのだけれども。

○藤井委員 ここでやらなければいけないのは比較的にはシステムですね。

○倉本委員 ただ、サイエンスという意味では、特に惑星科学のほうだと大学との連携が必要な面があるとは正直思います。

○小野田委員 TRLの観点から言うと、技術ですね。

○倉本委員 そうですね。それは技術ですね。

○小野田委員 大学の先生方の活躍の場があると思うのですけれども。

○藤井委員 最も重要なのは、I S A Sの体制、J A X Aの体制のような気もしますけれども。

○倉本委員 うまくそこが連動していく形ですか。

○松井座長 今ここで提案されている案で何とかかなりそうだという感じですか。

○藤井委員 昔みたいに大学との間の人事交流を、プロジェクトごとにしっかりと責任者みたいな人が入ってこられるような、そういう流動性があると、例えばX線天文学などはそういう体制をとってきたと思いますけれども、そう

いうものがあると、チームリーダーになるような能力のある人も入ってきたわけだから、いいと思いますが、それ以外とすると、JAXAとISASの連携かなという気はします。

○ISAS ミッションにおいては、大学の方にプライマリーインベスティゲーター（PI）を担っていただくということを積極的に進めていまして、そのために、一つの方策としては、クロスアポイントメントで大学に人件費相当分をお支払いして、JAXAにエフォートを割いていただくということをやっています。

○山崎委員 2点あります。1点目が、このフロントローディングで人の拡充と技術の拡充ですけれども、それはISASの中だけではなくて、大学の研究機関だとか、外部と連携することが大切なので、場合によってはそういうところと業務委託をするようなことにも使えるような形で、ぜひリソースをとっていただきたいと思っています。それはそういう理解で合っていたでしょうか。

○ISAS はい。

○山崎委員 2点目が、理学のミッションに関しては、先ほどの御説明のとおりでフロントローディングのイメージがつくのですけれども、資料2で言う15ページにある宇宙工学分野の戦略シナリオの中の、特に最後の段落で、航行・輸送分野に関してなのですが、将来深宇宙探査、Deep Space Fleetという配備を考えたときに、ロケットの推進技術、軌道間輸送システム技術、すごく大切になってくると思います。ここは日本としても戦略的に技術を培っていただきたい点だと思うのですが、それに関しても、このような考えで大丈夫でしょうか。それとも、この輸送分野における、例えばロードマップを考えるときにも、技術間の検討というものが必要で、ロードマップの検討自体にもある程度の基礎研究が必要だと思っています。このあたりはどう考えていらっしゃるか、もう少し教えていただけますでしょうか。

○ISAS 輸送系で言いますと、いわゆるケミカルロケット、液体ロケット、固体ロケット、電気推進系があります。液体ロケットは、主にはH3ロケットの開発で、ISASではなくて第一本部でやっているプロジェクトになります。固体ロケットは、イプシロン級のもは第一本部でやっていますが、観測ロケットはISASの所掌範囲で、技術研究開発、運用を行っています。昨今は宇宙科学の利用だけではなくて、民間企業がそういった技術を自己の技術として、衛星打ち上げ事業に参画したいと言っている会社もたくさん聞いていますので、そういったところに技術移転というマインドで、技術協力、費用の調達、人材の交流ということを軸に考えています。

電気推進系も、今、ETS-9のホールスラスタというものをISASで引き取って、技術研究開発をしています。こういったものは将来の大型静止衛星

にも使えますし、ゲートウェイへの物資輸送というところにも応用が可能かもしれません。それから、DESTINY⁺では、小ぶりのイオンエンジンでスパイラル軌道遷移でGTO（静止遷移軌道）から月まで出かけて行って、深宇宙に出ていくという技術獲得を目指していきまして、そういったものは将来も軌道間輸送に十分使える技術だと思っています。

そういう意味で、宇宙科学のレベルからISASとしても輸送技術の発展には貢献できると思っていますし、具体的に今回のフロントローディングとかというようなものとはちょっと違う脈絡で、技術のトピックスや費用の調達、人の交流というものが、本日はそういった話はしていませんけれども、別の脈絡でできると考えています。

○山崎委員 そうすると、これは基盤費の中で引き続き技術を培っていき、具体的なミッションの中で、こうした技術が使われているときには、場合によってはそれが技術的な先端的なものであれば、フロントローディングを使う可能性もあるということですか。

○ISAS 少し関係のあるところと言うと、DESTINY⁺のあたりが今後出てくるとしています。

○山崎委員 わかりました。このあたりもぜひ戦略的にお願いいたします。

○竝木委員 先ほど松井座長からおっしゃられた、大学のほうでこの体制でよいかという話のところですが、フロントローディングの資金やリソースが全部メーカーに流れてしまい、大学になかなか残らないというのはあり得ることだと思います。その対策に、クロスアポイントメントだとか、若手研究者ということが書かれています。ただ、大学の先生でクロスアポイントメントで週に3日などつけられても、なかなか実際にはそこに時間を割くことは難しいと思います。できれば1年間ぐらいの出向のような形で集中できるような形ができれば、それがよろしいのではないかと。

○ISAS それも大学との交渉の案件になるかと思えますけれども、そういったことができれば大変ありがたいと思っています。

○倉本委員 それに関係したことですが、クロスアポイントという仕組みだと一本釣りみたいなのところがあって、大学からすると人を供出しているというか、単にとられていると下手をすと思われてしまうということになったりします。ですから、なるべく大学にとっても何らかのメリットというか、そういうものが見える形になっていくといいなと思っています。そういう意味では、例えば連携拠点みたいなものとかいう制度を組み合わせるとかですね。

もう一つが、ミッション探求フェーズというのは、恐らく個々の玉について人が配置されていて、磨いていくのだと思いますけれども、玉同士の交流というのが、これまで余りなかったような気がするのです。情報交換というか、要

するに、戦略的にどう位置づけていくと技術発展としていいのかみたいなところが弱かったような気がします。

最初のほうのところで、11ページにRFIの応募がありまして、これは結構惑星科学分野にはいい効果があったと思っただけで、惑星分野では、実は今、あるミッションの玉みたいなものを全部集めてきて、情報を集めてきて、こういう配置で進めていくといいのではないかという案として提案をしている。しかも、それに1年に1回リバイズをかけていくというようなことが始まっているのです。ですから、そちらにもISASとして何らかの支援といいますか、それを盛り立てていけるような仕組みがあるといいなと思いました。

○ISAS 基盤経費のレイヤーになると思いますけれども、戦略的基礎研究開発費というものも公募していますので、そういったチャンネルに申請していただくということが考えられると思います。それは宇宙理学/工学委員会を介して公募していますので、うまくそういったところを情報開示して行って、交流していきたいと思っています。

○松井座長 今までのフロントローディングに関する議論を聞いていて、常田台長、何か御意見はありますか。

○常田台長 今の議論はいろいろなことを明確化する大変いい議論だったと思います。少し細かいことですが、MMXは2024年の打上げが国際的にも重要ですので、その工程は是非守っていただければと思います。

○文部科学省 フロントローディングの活動がどういうものかということについては、本日御議論をいただいて、だいたい整理がされて、共通的な認識ができたのかなと思っています。

本日の御議論でもあったとおり、フロントローディングは、今は実際にプロジェクト段階に入ってからやる、非常にハイリスクな技術開発というものを前倒しでやりましょうという説明でだいたい御理解いただけたと思います。

○松井座長 フロントローディングの考え方については、座長一任でまとめるということによろしいですか。

もう一つプログラム化に関する議論がありますが、これは次回以降に引き続きということで、よろしいですか。

○須藤参事官 今、松井座長からフロントローディングについての考え方を一任ということがありました。事務局からの御提案ですが、フロントローディングはこういう形だという共通認識というものについて、座長の御指示を踏まえて、ペーパーを作成してまたお諮りしたいと思います。

○行松審議官 プログラム化について、市川委員の最初のコメントもありましたので、補足だけさせていただきます。プログラム化の対象ということで、基本計画のとおり太陽系惑星探査に絞ることでよいかと資料1にはあります。

恐らくプログラム化というのは、いろいろ考え方があると思いますが、基本計画にはそう書いてあるので、まずはこの小委員会では太陽系の探査科学に絞ってやりましょうということ。もう一つは、特に惑星科学と書いてあるのは、太陽系探査科学分野といったときに、恐らく太陽物理学とか、宇宙空間物理学とか、そういうところも入ってくると思うので、まずは小委員会としてこの惑星科学を、まずそのプログラムということを中心に議論をするということによろしいですかという意味での問いかけになっています。

○松井座長 惑星科学というのは、先ほどから出ているように重力天体であるとか、個別の天体についてという意味です。

○市川委員 プログラム化の概念をこれに絞るという意味ではないですね。

○行松審議官 そういう意味ではないです。この委員会でどこから議論するかというところで、まずここということによろしいですかということの確認という意味です。わかりにくくなったかもしれませんが、1点だけ補足です。

○松井座長 いずれにしても、時間をもう一回とって議論したいと思います。

事務局は次回までに我が国の太陽系惑星探査のあり方をまとめるに当たっての論点と検討スケジュールの案をまとめていただきたいと思います。次回はその説明と具体的な検討に着手していきたいと思います。

最後に、事務的な事項について、事務局から説明してください。

○須藤参事官 御議論いただきたいことが非常に多くありますので、大変恐縮ですが、これからも月1回程度で年末まで開催させていただきたいと思っています。後ほど12月までの各委員の皆様の御予定をまた確認させていただいて、日程調整させていただきたいと思いますので、よろしく願いいたします。

○松井座長 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。