

第2回宇宙輸送小委員会

1 日 時 令和5年6月27日（火）10:00～11:40

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

松尾座長、青木委員、石田委員、片岡委員、新谷委員、山崎委員

(2) 事務局（宇宙開発戦略推進事務局）

河西局長、坂口審議官、齋藤参事官、植木参事官補佐

(3) 関係省庁等

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課	竹上企画官
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構経営企画部	森次長
同 研究開発部門第四研究ユニット	南里研究領域上席
同 有人宇宙技術部門	内山ファンクションマネージャ
同 宇宙輸送技術部門	小谷主任

○松尾座長 それでは、定刻となりましたので「宇宙政策委員会 基本政策部会 宇宙輸送小委員会」の第2回を開催いたします。

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、御礼申し上げます。
中須賀先生は御欠席です。

本日の議題は「（1）宇宙輸送に関わる技術戦略の策定にむけて」。

「（2）宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像、重要な技術・取組について」。

「（3）個別論点（有人輸送に関わる国内外の状況について）」です。

事務局より、配付資料の確認をお願いいたします。

○齋藤参事官 それでは、配付資料を確認いたします。

議事次第のほか、資料1として「宇宙輸送に関わる技術戦略の策定にむけて」。

資料2として「宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像について」。

資料3として「ロケット開発の海外事例及び我が国の取組状況について」。

資料4として「有人宇宙輸送技術に関する海外事例と日本の現状」。

以上となります。

○松尾座長 ありがとうございます。

それでは、議題1「宇宙輸送に関わる技術戦略の策定にむけて」に入ります。

6月13日に宇宙基本計画が閣議決定され、宇宙技術戦略の策定が総理により指示されたことを受けて、委員の皆様にご議論いただきたいと思います。

それでは、事務局より御説明をお願いいたします。

○齊藤参事官 それでは、資料1を御覧ください。

1ページ目でございますが、基本計画における、特に宇宙輸送に関する記載を抜粋してございます。

今般の宇宙基本計画においては何を指すのか将来像を掲げ、それに向けてどのようなスタンスで臨み、具体的にどのようなアプローチを取っていくのかという整理で記載されております。

宇宙輸送に関しましては、1つ目の囲みにございますように「他国に依存することなく、宇宙へのアクセスを確保し、自立的な宇宙活動を可能にする」という目標を将来像に向けまして、2つ目の囲みにありますように、我が国として開発を進めるべき技術を見極め、その開発のタイムラインとともに技術戦略を策定し、アジャイルな開発手法を取り入れた技術実証を行っていくこと。

3つ目の囲みでは、具体的なアプローチとして、基幹ロケットの高度化や民間ロケットの開発・事業支援の拡充、新たな宇宙輸送システムへの対応等に取り組むこととしてございます。

本小委員会では、このうち、技術戦略の策定に向けて、今後、御議論いただくことを予定しております。

その検討項目について、2ページ目を御覧ください。

これらについては、この後の議題で御説明、御議論いただくか、次回以降のテーマとしてございますので、御審議のほどよろしくをお願いいたします。

○松尾座長 ありがとうございます。

今の事務局からの説明に対して、御意見はございますでしょうか。特にございませんね。

それでは、次の議題に移ります。

議題2「宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像、重要な技術・取組について」ということで、まず、事務局より資料2を御説明いただき、御議論いただきます。その後、続けてJAXAより資料3を御説明いただき、その説明について御議論をお願いいたします。

○植木参事官補佐 それでは「宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像について」お手元の資料2を使って御説明申し上げます。

資料2は、これまで宇宙基本計画の策定に向けて、基本政策部会等で用いてきた資料を多く含んでおります。

本日の私からの御説明内容の中で、それに加えて踏まえるべきことであつたり、抜けていること、また、認識の齟齬などがあれば、皆様から御意見をいただければ幸いです。

それでは、説明に入らせていただきます。

資料2、宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像として、4点。

1番が「世界の人工衛星等の打上げの動向」。

2が「我が国の宇宙開発利用の動向」。

3「世界の宇宙輸送システムの動向」。

4が、我が国の宇宙輸送システムの将来像と、そのために重要な技術／取組についてでございます。

2ページ目を御覧くださいませ。

まず、世界の人工衛星等の動向でございまして、過去10年間の人工衛星の打上げ数の推移を可視化したグラフをつけてございます。

こちらは、2013～2022年まで10年間の人工衛星等の打上げ数の推移でございまして、人工衛星を5色に分けております。

群青色のものが、商業衛星の中で、スターリンクの打上げ。

濃い目の水色の部分が、スターリンク以外のコンステレーションに用いられる商業衛星。

薄い水色の部分が、単独で運用される商業衛星。

オレンジが政府衛星。

グレーがその他の衛星で、大学等が運用する技術実証衛星であったり、ISSや中国の宇宙ステーション「天宮」への打上げ、そこから放出される衛星等を示しております。

数字といたしましては、2022年に打ち上げられた人工衛星の数は2,368機でございまして、一番左側の2013年が206機でございますので、この10年間で約11倍に人工衛星の打上げ数は伸びているところでございます。

自明のことかとは思いますが、増加の中心を占めるのは商業衛星、ブルー系の部分でございまして。

その中でも、群青色のスターリンクは、2019年に打上げが開始されまして、この4年間、2022年までに3,564機打ち上げてございます。

また、スターリンクに加えて、濃い目の水色の部分、2022年の271機という部分でございまして、数十～数百機程度のコンステレーションの構築に向けて打ち上げられる地球観測や通信の衛星。例えばワンウェブであったり、Planet、ICEYEなどのようなところ、また、中国が構築を進める地球観測等に向けた衛星コンステレーションの打上げなども行われているところでございます。

3ページ目に参ります。

先ほど今までの10年間を御説明しましたが、これからはどうなるかというところでございます。

これからの人工衛星の打上げの見込みでございまして、細かい予測値は、調査会社によってもろもろ異なってまいりますので、ここでは一例として、通信分野における主なコンステレーション計画として、下に表で示してございます。

商業衛星としては、スターリンクはもちろんのことでございますが、計画数として、ジェネレーション1、第1世代で4,408機、ジェネレーション2、第2世代として2万9988機、合計して3万4000機程度の打上げを計画していると。

その中で、打上げ済みのものが、6月23日時点で4,698機でございますので、今後、3万機程度は打ち上がってくると。

また、スターリンクの下、Guowang、中国版スターリンクと言われるものでございますが、計画数として、約1万3000機程度は計画されていると。

アマゾンの子会社のカイパーシステムズが進めるカイパーという通信コンステにおいて、3,236機程度の打ち上げがこれから予定されているところで、ここにある今後打ち上げられる計画数だけを合計してみると、今後、打上げ数としては、通信コンステに用いられる衛星だけで5万機を超えてくるところでございます。

一方、政府衛星としても、打上げ機数の増加は、商業衛星に比べると緩やかではございますが、安全保障分野における衛星や、新興宇宙国の打ち上げる衛星などが増えてくる見込み。

また、民間宇宙ステーションや月ゲートウェイなどの活動拠点の建設に用いる構造物、また、そこへの物資・人員の輸送など、人工衛星以外の打上げ、新たな宇宙活動も活発になってくる見込みでございます。

4 ページ目に参ります。

このような人工衛星を運用する国と打ち上げる国の関係性を示したものでございます。

どの国の衛星をどの国のロケットが打ち上げているか、需給の関係性というところで、2013～2022年、10年間の累計で、政府衛星、商業衛星の比較で示してございます。

まず、左側は【政府衛星】でございますが、この10年間で打ち上げられた政府衛星の数は、左方上に細かく（N=1,171）と示しておりますが、合計1,171機がこの10年間で政府衛星として打ち上げられてございます。

そのうち9割「その他（102）」という部分を除くと、政府衛星を運用しているのは米、欧、中、露、印、日と、ロケットを持っている国が運用してございます。つまり、政府衛星の中で、9割はロケットを保有する国が打ち上げている衛星。

では、ロケットを保有する国の政府衛星をどの国が打ち上げているかという【政府衛星】の右側の縦棒の「打上げ国」を見ていただきたいのですが「米国」の横に「99.3%（280/282）」と記載してございます。これは、米国が打ち上げた政府衛星は282機でございますが、そのうち280機は自国で打ち上げている。

中国においても「99.8%（477/478）」とございますが、中国が運用している政府衛星478機のうち477機は自国が打ち上げているところでございます。

ロシアにおいても100%。

日本においても「29/31」で、93.5%自国の衛星を自国のロケットで打ち上げているところでございます。

ちなみに、日本で抜けている2機は、先日、SLSで打ち上げられたOMOTENASHIとEQUULEUSでございます。

このように、米、中、露、日は、ほぼ自国の政府衛星を自国のロケットで打ち上げてい

るところでございますが、その背景として一つ考えられるのは、例えば日本と米国においては、国内の宇宙輸送産業の基盤維持に向けて、自国の政府衛星は自国のロケットで打ち上げる政策を取っている部分が一つ背景として考えられるかと思えます。

一方、欧州は、割合としては少なく「70.2% (59/84)」でございますが、約3割の政府衛星は欧州域外、海外から打ち上げているところでございます。

この背景として考えられるのが、欧州域内の輸送産業の維持に向けて必要な打ち上げ数は、アリアンスペースは、商業宇宙を通じ、一定程度確保できていると。それにより、欧州としては、機密性の高い政府衛星を除いて、政府衛星の打上げには経済合理性も追求していて、安い打ち上げ手段を探しているところでございます。

一方【商業衛星】は右側のグラフでございます。

こちらは、スターリンクを除いた数でございますが(N=2,039)。この10年間で打ち上げられたスターリンクを除く商業衛星の数は2,039機でございます。

政府衛星と比べ、国際的な流動性、他国から打ち上がる割合が多くなってございまして、米国においては「56.2%」と右下に数字を記載してございまして、米国の企業が運用する商業衛星のうち、56.2%を米国から打ち上げている。

つまり、約4割は海外から打ち上げているところございまして、欧州においても64%。

日本においては、残念ながら0%でございますが、政府衛星と比べ、商業衛星のほうが国際的な打ち上げ市場で取引されている割合が高いところでございます。

この中で、ロシアは、右側の棒グラフに「ロシア(181)」とございまして、この10年間で181機の商業衛星を打ち上げてまいりました。

ロシアのウクライナ侵略により、ロシア製ロケットの使用が困難になっている状況の中、ロシアから打ち上げている部分を誰がカバーしていくかというところで、国際的な流動性は一層高まってくると考えられます。

5 ページ目に参ります。

このような商業衛星の打上げの市場シェアの変化を可視化したものでございます。

これも10年間の推移を静止軌道、地球低軌道それぞれで表してございます。

特徴的な部分は、特に地球低軌道なのですが、緑のロシア、オレンジのインドの割合が後退しながら、群青色の部分、スペースXが大きく拡大している。2022年においては、スペースXのシェアが静止軌道は50%、地球低軌道では54%というところで、大きく拡大してございます。

衛星事業者からのヒアリングによると、このようなスペースXによる市場の寡占は、衛星側の価格交渉力を含めた交渉力の低下につながると懸念しておりまして、スペースX以外の打上げサービスを求める需要も顕在化しつつあると。

海外の衛星事業者から、H3ロケットに対する期待感是非常に高いものがあると我々も感じておりまして、H3ロケットは、スペースX以外の打上げサービスを求める打上げニーズに対応できる国際競争力を備えることで、このようなスペースX以外の打上げサービスを

求める需要を取り込むことができるのではというところでございます。

6 ページ目が「我が国の宇宙開発利用の動向」で、7 ページ目に参ります。

このような世界の打ち上げ需要環境の中、我が国としても、今回策定された宇宙基本計画におきまして、各分野における我が国の宇宙利用の将来像を定めております。

「宇宙安全保障」「通信」「地球観測」「衛星測位」「宇宙科学・探査」「月面」それぞれの分野において将来像を定めてございまして、その将来像を実現するのに必要な宇宙システムとして、現在、宇宙基本計画工程表上では、今後10年間で政府衛星を合計38機打ち上げるというところで計画してございます。

また、これに加えて、我が国の民間事業者が打ち上げる商業衛星でございますが、我々のヒアリングによると、今後10年間で合計280機以上が打ち上がってくるところでございます。

今後、我が国が自立的な宇宙活動を実現する上では、政府衛星はもちろんのこと、我が国の衛星事業者が打ち上げる商業衛星も、他国に依存することなく、我が国から打ち上げられるようにすることが必要だという認識でございます。

8 ページ目、9 ページ目に参ります。

9 ページ目は、衛星の打ち上げ需要の変化の中、サプライサイドであるロケットはどのような動向を示しているかというところでございます。輸送能力の強化・大型化でございます。

各国で大型ロケットの開発と運用は進展してございます。

下のグラフは、グレーが世界で開発中のロケット、オレンジが現在運用中のロケットでございます。見ていただければ分かるように、スターシップであったり、左側の長征9号は、低軌道150トン級の打ち上げ能力を保有していると。

昨年、初号機が打ち上げられましたSLSも95トン。

中国で開発中の長征が70トン。

また、米国で開発中のニュー・グレン、バルカンが45トン、27トンと、相当大型のロケットが開発されているところでございます。

この背景として考えられるのが、衛星コンステレーション構築に向けた衛星の多数機打ち上げであったり、静止衛星の大型化、商業宇宙ステーションや月ゲートウェイ、月近傍の活動拠点の建設に用いる構造物の輸送、そこへの物資・人員輸送。これらの従来より大型のペイロードの打ち上げニーズへの対応を目的として、このようなロケットの大型化が進んでいるものと認識されます。

10ページ目に参ります。

価格の部分でございます。

こちらは、大型ロケットの地球低軌道への質量単位当たり、つまり、ペイロード1キロ当たりの輸送単価、USドルベースの推移でございます。

見ていただくと、丸ポツが集まっている1990～2000年頃は、この黒の丸ポツが大体10k

ドル、つまり、1キロ当たりのペイロード輸送単価が1万ドル程度の部分に集中してございます。

これが2019年にファルコン9が出てきまして、現在、キロ当たり2.9k/kg、つまり、1キロ2,900ドルの打上げ単価を実現していると。

スターシップに関しては、グラフ右下の外れにございますが、イーロン・マスクの公表によると、1キロ当たり40ドル程度が目指されるところでございます。

アリアン6においては、現在、欧州で開発中でございますが、今、1キロ当たり4.4kドル、4,400ドル/kgの打ち上げ価格を実現する見込みというところで、打上げ価格の低減が進んでいるという認識でございます。

11ページ目に参ります。

高頻度化の部分でございます。

こちらは、2010～2022年まで、この13年間の世界の国別のロケット打上げ数の推移を示したものでございます。

2010年を起点にしているのは、スペースX社がファルコン9を初めて打ち上げたとしているところで、2010年を起点にしてございます。

現在、2022年、昨年1年間では、世界のロケットの打上げ数は過去最大の178機でございました。

米国は84回、中国は62回。

米国が増えているのが一番よく分かる部分でございますが、スペースXが打上げ数を伸ばしていることに起因して、米国がぐっと打上げ数を増やしている。

スペースXは、2023年は100回の打上げを目指すと発表しているところ、6月23日、最新時点では現在43回でございまして、年間90回ペース程度の打上げが見込まれているところでございます。

また、中国においても、打上げ数が近年非常に増えている。長征シリーズの打上げに加えて、複数の民間企業も立ち上がってきまして、彼らが打ち上げることで、米、中において打上げ数が急増されているところでございます。

環境認識の最後、12ページ目に参ります。

「ロケット開発へのスタートアップの参入」でございます。

民間企業によるロケット開発は、参入しているところは、皆様御自明のところかと思いますが、例えば日本においては、スペースワンが、低軌道への打上げ能力が0.25トン、250キロ、インターステラテクノロジズが0.15トン、150キロのロケットの開発をしております。

今、世界で一番打ち上げている民間の小型ロケットとしては、ロケット・ラボのエレクトロン、日本の下の部分にございます。これが低軌道0.3トンでございます。

ただ、衛星コンステレーションの打ち上げなど、複数の衛星を同時に打ち上げるような大型のペイロードの輸送の需要を背景として、例えばロケット・ラボは、エレクトロンに

次ぐ新しいロケットとして、低軌道13トンの打上げ能力を持つニュートロン。

また、ロケット・ラボの下にございますレラティビティスペースという米国の企業も、テランR、大型でございますが、低軌道23.5トンの打上げ能力を持つロケットを開発している。

中国においても、例えば中国の欄の一番上にあるギャラクティック・エナジーという民間企業がございます。現在、セレス1という低軌道0.4トンの固体燃料ロケットを打ち上げてございますが、パラス1という液体燃料ロケットで、低軌道5トンのものを開発している。

ispaceという企業も、ハイパーボラ1という固体燃料ロケットで、0.35トンのものを開発していますが、ハイパーボラ2という1.9トンまで増強したものを液体燃料ロケットで開発しているところがございます。従来、スタートアップが開発するロケットは、小型のものが中心かなというところがございますが、輸送能力を数トン級まで向上させた中型ロケットの開発も活発化しているところがございます。

ここまでが環境認識でございます。14ページ目が「我が国の宇宙輸送システムの将来像」として、宇宙基本計画の中で、我が国の宇宙輸送の将来像として掲げた内容を図示したものでございます。

他国に依存することなく、宇宙へのアクセスを確保することで、将来にわたって我が国の自立的な宇宙活動を実現する。そのために、基幹ロケットの高度化、民間ロケットの開発・事業支援、次期基幹ロケットの開発検討、宇宙旅行などを実現する民間主導の新たな宇宙輸送システム。このような輸送システムを持った宇宙輸送ポートフォリオを我が国全体として構築していく必要があるという認識でございます。

最後に、15ページ目を用いて御説明させていただきます。

先ほど図示いたしました我が国の宇宙輸送システムの将来像を実現していく上で、共通する要求事項となってくるのが、一つは輸送能力の強化。

また、打上げ価格の低減。

打上げの高頻度化。

多様な打上げ需要への対応などがございます。

これらに対して、構造系であったり、推進系、飛行安全系、アビオニクス系それぞれでいろいろな技術、取組を実現していかなければいけないところであり、今後、輸送小委の中で、ここに関しても、皆様から御議論をいただけるような時間帯を設けていきたいと考えております。

以上でございます。

○松尾座長 ありがとうございます。

それでは、まずは、この点について御議論ですか。

○植木参事官補佐 そうですね。

何かございましたら。

○松尾座長 この点につきまして、資料2の内容ですね。

資料2の内容につきまして、御意見がございましたら、今、お受けいたしますが、いかがでしょうか。

では、お願いいたします。

○片岡委員 資料の質問はないのですが、資料の分析、印象、コメントになってしまうのですが、こういう状況だと、技術戦略をどういう形で最終目標として、絵姿、前も言いましたが、商業的に自立する宇宙産業基盤を目指すのか、多少お金がかかっても、技術的な宇宙輸送システムの技術基盤を維持していくか。

商業的に自立する基盤をつくるのだということになると、相当なお金と時間がかかるような気がするのですが、そこを目指して技術戦略をつくるのか、それとも、多少お金がかかっても、安全保障上の利用もあるので、その確保をするために、技術戦略をつくっていくか。これから少しそこのところの切り分けの議論が必要だと思うのです。

これはロケットの部分ではないのですが、似たような分析は、航空機の開発の部門とか、戦闘機の開発の部門です。

戦闘機の開発の部門は、基本的には、我が国単独での開発は難しい。だから、アライアンスを組むのです。イギリス、イタリアとのアライアンスを組んで、必要な技術基盤を維持していく形でかじを切ったのです。だから、そのかじを輸送システムでも切る必要があるのかどうかという議論が一つあります。

さらに、ちょっと心配するのは、商業的な自立を追求して、これは最後は会社が結構頑張らないとならないと思うのですが、失敗したら撤退すると。撤退してしまったら、我が国の宇宙輸送の自立性も失われる可能性があるので、コメントになってしまいますが、そこも少し心配なので、どちらにポイントを置いてやるのか、少し議論したほうがいいのではないかと。

○松尾座長 この点につきまして、ほかの委員の方から御意見はございますでしょうか。

これは、以前より商業的に自立すべき、やるのかどうかという話があったかと思ひまして、難しいのは、今、企業と最初に立ち上げるときは、JAXAというか、政府がつくることになっているのですが、その後、一旦うまく動き出すと、民間のほうに移管される形になっている。

そうなってくると、最終的にはですが、最初の立ち上げはちょっと違うかもしれませんが、民間は、少なくとも現状で商業的な自立がある程度必要なものになっているということは、政府としてもそのようなスタンスなのかなと私は思っているのですが、それによろしいですか。

○齊藤参事官 ありがとうございます。

先生が御指摘のとおりかと思ひます。

開発の段階では、国が研究開発にかなり力を入れて、一緒に取り組んでいく。特にH3に関しては、かなり民間サイドに開発を任せつつも、キー技術は国で持ちつつ、軌道に乗れ

ば民間に運営を移管する形になっているかと思えます。

その中で、民間に移管した後も、経済性という観点からは、ある程度機数を打ち上げないと、商業的に自立できない部分もございますので、それをどのように官需で支えながら、民に取っていくか。その中で、ここでも書いてございます高度化でたくさん打ち上げるとともに、低価格化を目指していくことによって、さらなる需要を取り込んでいくことによって経済的な自立性、商業的な自立性を目指しているところでございます。

フェーズとしては、段階的に取り組んでいかなければいけないと思っていますので、技術戦略を取りまとめる中でも、その観点も取り入れつつ、まとめてというよりは、フェーズも認識しながら取りまとめていきたいと考えていますので、またここで御議論いただければと考えております。

○河西局長

ちょっと補足させていただきたいと思いますが、他国に依存することなく、宇宙へのアクセスを確保することが一番のボトムラインだと思っていて、そのさらに中核にあるのが安全保障も含む政府衛星であって、政府ミッションを他国に依存することなく、宇宙へちゃんとアクセスできる。これが宇宙政策、輸送の根本の根本の根本だと思っています。

これを実現する上で、あるいはこれを実現するとともに、今の商業化、低価格化、大型化の流れの中で、どう工夫していくかということが知恵の絞りどころなのではないかと。

簡単ではないと思っていますのですが、その一つが、当然であります、高頻度化。政府衛星をちゃんと打ち上げてもらうだけですと、コストも下がっていきませんので、民間の需要も取っていく、海外の需要も取っていく。

海外の需要も、今の状況を見ますと、ファルコン9一強になってしまっていて、ヨーロッパの政府衛星などもファルコン9で打ち上げざるを得ない状況もありますが、彼らの本音としても、全てファルコン9に任せていいのかというところはじくじたる思いがあるようであります。

そういったところは経済合理性だけで割り切れないところもあるのではないかと思いますので、そういうところも考えながら、しかしながら、できれば商業、経済合理性だけでも勝っていけるようなところも、これができるかどうかはかなり難しいところもあるのかもしれませんが、そういうところをデジタルでイチ、ゼロで割り切るというよりは、工夫しながら全体を考えていくということなのだろうと思っています。

非常に難しいことだとは思いますが、ボトムラインのボトムラインは、政府衛星を他国に依存することなく、打ち上げていくことだと思っています。

○片岡委員 私もそれでいいと思うのです。

商業的自立性を第一の目標にして追求するのではなくて、我が国の輸送システムの自立性を目指すためにやるのですと。

そのプラスアルファで、1.5の目標みたいな形で、商業化も併せて検討を進めますということだと思うので、そういう観点から技術戦略も見ると、技術を維持するためには、これ

はよく分かりませんが、これからの議論だと思いますが、アライアンスを組めるのか。

ヨーロッパとアライアンスを組むような方式は、日本にバーゲニング・パワーがないと組めませんから、組む方式もひとつ考えておく必要が出てくるのではないかと思いますので、そういう観点も幅広く議論していく必要があるのではないかと思います。私も、局長がおっしゃっているとおりだと思います。

○松尾座長 どうぞお願いいたします。

○山崎委員 ありがとうございます。

政府衛星は、国内から自立的にアクセスを持たせるのは大前提だと思います。

プラス、今後10年間で280機以上あると予測されている商業衛星につきましても、極力日本から打ち上げられるような整備をするのも、大きな目標として掲げたほうがいいと思っています。その目標がある上で、きちんと政策を立てていく。この辺りは今まであまり言われていなかった点ですので、ここはきちんと改めて打ち出せるといいと感じました。

2点目としましては、技術戦略に関してですが、多様な打上げ需要への対応という中で、将来的なP2Pなども見越したような軌道間、P2P技術などを、きちんと技術戦略の中にも入れてもいいのではないかと感じています。

以上です。

○松尾座長 ありがとうございます。

どうぞ。

○石田委員 ありがとうございます。

技術戦略に関して、御質問になるのですが、輸送の技術戦略をつくるに当たって、先ほどの国としての自立性という話と商業化という話を踏まえると、少なくともこれをつくっていくときに、政府の基幹ロケットを主体的にやっつけていかれるJAXAの意見と、安全保障の衛星とかを運用して打ち上げていくお客さんとしての防衛省とかの意見と、商業打ち上げサービスを提供したいと思っている新しいスタートアップとか民間企業の意見と、3つの意見が入って、初めて技術ロードマップができるのではないかと考えています。

アメリカとかだと、宇宙機関だけではなくて、DoDとスタートアップの間での対話とか、NSSLのプログラムがあったりという形で、いろいろな形で打ち上げ産業に関わる技術を意見交換するためのいろいろな場が多分ある。

日本の場合は、多分、それを今回の技術戦略を起点に、これからつくっていこうということになっているので、大分ステージが違うことは理解しつつ、先ほど申し上げたJAXAとしての意見、宇宙安全保障構想に関わっているユーザーサイドの意見、民間のスタートアップも含めた事業者の意見も反映させていく必要があるかと思っています。

○齊藤参事官

まとめ方は、官というか、基幹ロケット、民間ロケットとをどのように切り分けて書くのかというのは、また工夫次第かと思っていますので、また御議論いただければと考えております。

○石田委員 理解いたしました。

いずれにせよ、1回目の取組なので、全てが全てベストというのは無理だと思っていて、これを起点にそういった対話の場ができていくのがいいのかなと思っているのですが、民間のSBIRでいろいろと支援していくことも決まっているとは思っているので、民間のスタートアップも含めた、必ずしも国に頼らず、自分たちの事業としてがんがんやりますと言い切っている方々の意見と、ユーザーサイドの防衛省等も含めたものの意見と、3つのコミュニティーの意見が技術戦略にまとまっていくように、2年目、3年目とかに向けてできるいいのではないのかなと思いました。

以上です。

○松尾座長 ありがとうございます。

ほかにございますでしょうか。

高頻度化について、これはメーカーさんが高頻度化しようと思って、造ろうと思っても、作成能力といいますか、どんなに頑張っても、例えば基幹ロケットだと、ボディーは今のままだと、投資しない限り作れませんとか、フェアリングの何かが作れませんとか、そちらの高頻度化というところで、基幹ロケットとか大きなものにつきましてはあるかと思えますので、その点も考えていかないと、高頻度化にならないのかなと思いました。

ですから、これは、ここの技術要求というわけではないのですが、それも併せて御検討いただければと思います。

ほかにございますでしょうか。ほかに御意見はないですか。

それでは、続けて、JAXAの説明に移りたいと思います。

技術の研究開発・実証に向けては、宇宙基本計画の中で「失敗を恐れず、高い頻度で宇宙実証を行うアジャイルな開発手法を取り入れた技術実証を行っていく」と記載されております。

本日は、JAXAより、国内外におけるロケット開発・技術実証に関する状況などについて御説明いただき、その後、議論したいと思います。

では、JAXAから資料の説明をお願いいたします。

○JAXA研究開発部門 おはようございます。

それでは、お手元にある資料3に基づきまして、JAXAの南里から御説明いたします。よろしくをお願いいたします。

資料をめくっていただきまして、2ページ目になります。

「経緯と本資料の目的」でございます。

先ほどまでの御説明と一部かぶることはございますが、念のため、ざっと御説明させていただきます。

1段落目になります。

昨年7月に、文部科学省におかれましてロードマップが作成され、以下の2つの点の必要性が示されております。

一つは、基幹ロケット発展型の開発を進めること。

もう一つは、高頻度往還飛行型を官民連携で開発する。この2つの必要性が示されております。

2段落目になります。

また、並行して、JAXAにおきましては、このロードマップの実現に向けて、オープンイノベーションなどによる技術獲得や、民間事業者の開発環境整備を実施しているところでございます。

3段落目です。

6月の宇宙基本計画におきましては、新たに宇宙技術戦略を策定し、これに基づき技術開発を強化する方針が示されております。

このロードマップに示された基幹ロケットや官民連携の輸送システムを含め、我が国全体の宇宙輸送に係る重要な技術を検討することとなっております。

4番目です。

この技術戦略の策定に向けた検討項目として、本日の内閣府の資料1にも示されている検討項目におきまして、この場におきましてロケット開発・実証に関する海外事例や我が国における取組状況を御説明するものでございます。

めくっていただきまして、3ページ目になります。

宇宙基本計画に書かれていることを一部ピックアップして記してございます。

宇宙活動を支える総合的基盤の強化に向けて、大きく4つのことが記されております。

一つは、基幹ロケットの継続的な運用と強化。

2つ目は、民間ロケットを担う事業者の開発・事業支援。

3つ目は、新たな宇宙輸送システムの構築。

4つ目は、宇宙輸送に関わる制度環境の整備でございます。

このうち、1番目と3番目について、2段落目、3段落目で少し詳しく記述してございます。

2段落目です。

H-IIAロケット等の基幹ロケットにつきましては、打上げ能力の獲得を目指した高度化、打上げ能力の強化等にスピード感を持って取り組むこととされております。

もう一つ、新たな宇宙輸送システムに関しましては、我が国の宇宙活動の自立性を確保するためにも、次期基幹ロケットの開発に向けた取組を進めると書かれてございます。

このような基本計画の記述を念頭に、今、検討を進めているところでございます。

4ページ目以降は「他国におけるロケット開発・技術実証に関する状況」を紹介してまいります。

5ページ目を御覧になってください。

アメリカにおけるファルコン9の段階開発の例を示してございます。

我々はブロックアップグレードと呼んでおります。

ブロックといいますのは、部品や小さなコンポーネントという単位の改良ではなくて、そういうものを幾つかまとめたワンステップ、いわゆるブロックとした塊としてロケットを改良し、ロケットの価値、打ち上げ能力等を高めていく。これをブロックアップグレードと呼んでございます。

ファルコン9の例を表で示しております。

ポイントは、下から2段落目になります。

左側に日本語がありますが、静止トランスファー軌道へのペイロードは、打ち上げ能力になっています。

ファルコン9バージョン1.0が3.4トン、次の段階では4.85トン、1.2では8.3トン、さらに1.2、ブロック5になりますと、最終の打ち上げ能力が5.3~5.5と、このようにエンジン、ロケットの機体などに改良を重ねることによって、徐々に打ち上げ能力を向上していつていることがお分かりいただけるかと思えます。

6ページ目を御覧になってください。

先ほどは技術の段階でしたが、今度は時間軸でのことを述べております。

左の上のほうにチェックマークで説明を示していますが、上から2つ目になります。

ファルコン9は、バージョン1.0からバージョン1.1で3年間、バージョン1.1からバージョン1.2で2年間で実施し、新しい技術や改良をかなり短い期間で開発・改善を続けていることが分かります。

また、チェックマークの上から4つ目です。

前のバージョン、いわゆる現時点で開発しているロケットの開発が終わった後、すぐに次のバージョンの開発に移行しながら、なおかつ、実際に衛星を打ち上げている実機を使いながらエンジン、構造、アビオニクス、自律飛行安全等のシステムを段階的に実証している。かなり効率的に、なおかつ、速いサイクルで彼らがロケットを改良していることが分かります。

7ページ目を御覧になってください。

同じく、アメリカのスペース・ローンチ・システムの段階的开发の例を示しております。

下に表を大きく3つ入れております。

「Block1」「Block1B」「Block2」と3種類、2段階の開発が計画されております。

それぞれ1段のロケットエンジン、または固体ロケットを改良することによって、打ち上げ能力を大体10~20%ずつ段階的に向上していくという取組が行われております。

8ページ目です。

今度はヨーロッパの例になります。

アリアン6につきましても、同じくブロックアップグレードが計画されてございます。

下に表がありますが「Block1」が今年12月頃、年末ぐらいに打上げが予定されていますが、これに対して「Block2」は2025年頃を目指して改良・開発が行われております。

具体的には、固体ロケットの長さを延長して、打ち上げ能力を伸ばす、または2段エン

ジンを改良するなどによって、低軌道への打ち上げ能力を3トンほど増加するという改良が計画されております。

9ページ目を御覧になってください。

「諸外国における開発の動向」を少し長い時間軸で示したものでございます。

横軸が時間、縦には各国のロケットを参考として示しています。デルタ、アトラス、ソユーズ等が並んでおります。

このグラフの中に、赤い三角のマークが幾つか並んでいると思います。これがロケットの改良、または新しいロケットを開発したポイントとなります。

全部で21個の三角マークがありまして、大体20年間か25年間ぐらいの間に、今は20個を超えるような開発が世の中で行われていると。かなり速い頻度で、間を置かずに新規ロケット、もしくは改良ロケットの開発が行われていることが分かります。

10ページ目になります。

今度は逆の例をお示ししております。

外国におきましては、かなり速いサイクルで開発が行われていますが、一時期そういうことが行われなかった場合の例を2つ示しております。

一つは、NASAの例です。

NASAにおきましては、ロケットエンジンの開発を10年間ほど行っていなかった期間が生じまして、その間、開発の経験等が散逸しまして、ロケットエンジンを開発するに当たりまして、高齢の技術者の支援を受けて何とかもっている状況が一時期ございました。

続いて、ロシアの例です。

ロシアは、一時期ロケットの打上げの失敗が重なっておりまして、その原因の一つとして、中間的な年齢層、30～60歳ぐらいの中間層が欠落し、それによって品質が劣化して、打上げ失敗に至ったのではないかという分析も行われております。

このように、一定のサイクルの開発がない場合には、負の作用が起きる場合があるという例でございます。

11ページ目以降は、日本におけるロケット開発の例を紹介してまいります。

12ページ目を御覧になってください。

日本における液体ロケットの開発の経緯を示してございます。

横軸が時間軸、縦にロケットの種類をそれぞれ並べております。

1970年代のN-1ロケットの開発から始まりまして、ほぼ連続的に、絶えることなくロケットの開発と運用をずっと続けてまいっております。

特にH-IIロケットにおきましては、2000年からこれまで23年使ってきておりますが、その間、12ページ目の中に青い付箋がついておりますが、その途中におきましてH-II Bロケットという打ち上げ能力を強化したもの、また、H-II Aロケットという長い時間のミッションに対応したもの、ロングコーストに対応したものの開発を行うことによって、技術者・技術力の維持を図ってきている経緯もございます。

13ページ目を御覧になってください。

次は、固体ロケットの開発経緯でございます。

同じく、1950年代のペンシルロケットから始まりまして、固体ロケットにつきましてもほぼ途絶えることなく開発と運用が続けられておりましたが、右側のほうに青い付箋がまたついております。2010年代です。ちょうどこの頃に開発が途絶えて、技術者が散逸する危機に直面したときがございました。現在はイプシロンロケットの開発・運用によって持ち直しておりますが、日本においても一時期技術が途絶える危機があったという事例でございます。

14ページ目になります。

基幹ロケットの開発における考え方について、少し考察をまとめたページになります。

1段落目は、基本計画に書かれていることをもう一度記述してございます。

基幹ロケットの継続的な運用と強化を進めること、また、打上げ能力の獲得を目指した高度化にスピード感を持って取り組むことが求められてございます。

2段落目です。

このような政策的要請を踏まえまして、基幹ロケットの着実な打ち上げと国際競争に向けた強化を進めるとともに、技術の継承、技術の伝承を間を置かず、絶え間なく、ほぼ連続的に新規または改良型のロケットにつなげることが重要ではないかと考えられます。

それに関する観点として、3段落目の小さな四角として、4つ述べてございます。

一つは、打上げ能力の強化。より重いものを打ち上げる能力を有するロケットが要る。

2つ目はコスト。価格競争力を持つこと、

3つ目は、衛星に対して柔軟に対応するもの。例として、多様化する複数衛星搭載インターフェース、コンステレーションの打ち上げに対応することなどが考えられます。

4つ目としまして、これらの3つの事項について、柔軟性とスピード感を持った開発手法を志向し、変化に対して対応力を強化していくことが必要だと考えられます。

15ページ目に移ります。

これは現時点における取組を紹介しているページでございます。

基幹ロケットに対する具体的な取組として、3つ挙げてございます。

一つは、H3ロケット成熟度の向上としまして、小型のコンステレーション衛星を多数打ち上げるシステムの開発を実施中でございます。

2点目は、自律飛行安全。自律でロケットが飛行安全システムを有するシステムの開発を実施中でございます。

3つ目は、基幹ロケット打上げの高頻度化です。1年当たりの打上げ機数をなるべく増やすことができるように、製造能力の強化や衛星の整備場所の確保などの活動を計画しているところでございます。

また、こういう実行に併せまして、検討中の項目を2段落目に示してございます。

国際市場に対応する打上げ能力の獲得を目指した高度化に向けて検討中の項目として、

大きく2つのポイントを挙げております。

一つは、次期基幹ロケット、将来のロケットにつながる国際競争力の強化・デブリ化防止技術を先行的に開発、または早期に実装するという考え方についての検討。

もう一つは、固体ロケット技術に関する低コスト化についても検討を進めているところでもあります。

16ページ目になります。

スピード感を持った開発サイクルの方法としまして、2つ例を述べております。

一つは、開発期間の短縮化として、先ほど海外の例でもありましたとおり、ブロックアップグレードという考え方を取り入れることが考えられます。

短期間で小まめに改良することによって、ロケットの品質・能力・競争力を高めていくという考え方でございます。

もう一つは、需要／動向変化を柔軟に反映できる仕組みとしても、ブロックアップグレードが有効ではないかと考えられます。

長い時間の開発期間を取って、一気に改良・開発するのではなく、小さいサイクルで適時修正を図ることによって、より市場に柔軟に対応していくことができる方法の一つではないかというものでございます。

2つ目の段落になります。

また、この開発サイクルにつきましては、将来、2030年代頃に次期基幹ロケットのシステム開発、または部分システム開発の検討が行われていますが、その必要な技術の先行熟成の役割をブロックアップグレードで果たすことができるとも考えられます。

つまり、将来のロケットの技術を先行的に実証するという考えと、さらには実証することによって、今あるロケットを常にアップグレードしていくという2つのことを一つでやるのがこのサイクルの考え方でございます。

17ページ目からは、次期基幹ロケットに関する技術実証の考え方を紹介しております。

次期基幹ロケットにおける研究開発の考え方でございます。

次期基幹ロケットでは、打上げ価格を大幅に低減することを目的としまして、主に製造部品をさらに大幅に低コスト化すること。

もう一つは、1段を再使用化することによって、打上げ価格を下げっていくという取組でございます。

この2つのアイテムは、それぞれレベル、技術内容が高いものでございますので、十分な技術成熟度の検証が必要不可欠であり、3段落目にありますとおり、主に3つの検証を考えております。

一つは、地上試験による検証。

2つ目は、運用機による検証。

3つ目は、実証機による検証でございます。

それぞれ次のページで簡単に紹介してまいります。

18ページ目は、地上試験による検証です。

解析の例や試験の例を写真等で示しておりますとおり、メッセージは上から2段目になります。

技術レベルの検証につきましては、これまでの研究開発と同様に、主として基本は解析や地上試験によって行うものだと考えております。

19ページ目になります。

実際のロケットの運用機によって実証するという考え方です。

1段落目で少し述べております。

ロケットには、地上で総合的な検証が難しい事項が幾つかございます。

例えば空気抵抗等については、実際にロケットを飛ばしてみても、フライトデータが必要ですし、ロケットは、エンジンが作動していない時間帯がありますが、無重力環境下で挙動する場面もあります。このように、飛行しないと分からない事項につきましては、実際のミッション、H3ロケットやH-IIAロケットのような実用機に適用して、早期に実証することが考えられます。

また、この考え方は、先ほどの重複となりますが、ブロックアップグレードの考え方と同じでありまして、次期基幹ロケットの技術を先行で適用し、実証する。実証した暁には、それが運用段階に回りますので、早期に運用機の国際競争力を高めることができるという考え方でございます。

20ページ目になります。

続きまして、実証機による検証の方法について述べてございます。

今回、次期基幹ロケットでは、再使用型機体の検討を行ってございます。

再使用型機体は、通常の使い捨て型に比べまして、追加で装置等を搭載する必要がありまして、さらには、減速と着地のためのエンジンを追加で噴射するという新たな機能があります。

このような新たな機能や付加装置につきましては、技術的な難易度が高いということ、さらには、1段を繰り返し使用することにつきましても、まだ初めての事項でありますので、その確立には技術課題が幾つか存在しているものであります。

これを検証するために、例えばの例でございまして、技術実証機を試作しまして、実際に飛行して、実際に再整備作業を1回ではなく、繰り返し試行することによって検証を行っていくという考えがあります。

21ページ目になります。

次は、その実証機があればのことですが、実証機を用いた実証検証機会の提供という考え方です。

メッセージは3段落目になります。

実ミッションでの飛行実証ができればよいのですが、残念ながら難易度やリスクが高くて、実際のロケットで衛星を打ち上げながら、横で飛行実証をするにはハードルが高いよ

うな事項もございます。

このような事項につきましては、仮に実証機があれば、これに搭載し、または機能として組み込みまして、実際にフライトする、もしくは飛行実証をすることによって検証度を上げて、今飛んでいる実運用機に早期に適用するというブロックアップグレードを支援するような考え方もあるというものでございます。

22ページ目以降は、参考資料でございます。

再使用型というキーワードに関しまして、23ページ目は、これまでJAXAにおきまして行われてきた研究開発の事例を年表として示しております。

24ページ目は、1段再使用の例としまして、低高度飛行実験機としてRV-Xの取組。

25ページ目は、CALLISTOとして、JAXA、フランス、ドイツの3機関で連携して、ギアナ宇宙センターで飛行実証を予定していますCALLISTOプロジェクトについて、簡単に紹介しているものでございます。

説明は以上です。

○松尾座長 ありがとうございます。

それでは、議論に移ります。

御意見はございますでしょうか。

では、お願いいたします。

○新谷委員 御説明ありがとうございました。

低コスト化がすごく難しいのだろうとっておきまして、御質問したいことと、意見が1つあるのですが、17ページに「製造部品のさらなる低コスト化」と書いてあって、H3のときも低コスト化とすごく言われていて、部品を実績があるものから海外のものに一部替えたこともあったと思うのですが、今般できる限り国内部品でという方向性が良いだろうとっており、ここは具体的にどのように部品を低コスト化していくのかなとと思っています。低コスト化を考えるときに、文科省で革新輸送のロードマップをつくったときにも、オープンイノベーションなどの言葉は出てきていましたが、部品の低コスト化、特に国産の部品で考えたときに、具体的にどう低コスト化することを現時点でお考えかを教えていただきたいというのが質問です。また、ファルコン9の開発について、非常に細かく調査していただいているのですが、以前、ファルコン9の開発では、使っている製造部品は、全部地上でテストブルなものを使っているという御説明を聞いたことがあるので、もしそこについて何か方針などを御存じでしたら、知りたいです。

意見としては、部品を安くするとか、再利用は技術的にも難易度が高いという中で、ファルコン9などを見ますと、絶対に打上げ需要のある政府の衛星の打上げについては高い価格で受注して、商用的に売るときの営業価格としては安く売ってという二重価格の話もずっと出ていることではあります。特に基幹ロケットでは、そういったことができるというのではないかという意見を持っております。

以上です。

○JAXA研究開発部門 御質問ありがとうございます。

まず、17ページ目に書かれています「製造部品のさらなる低コスト化」について御回答いたします。

次期基幹ロケットで製造部品の低コスト化の例としまして、一つは、3Dプリンターを使ったものを考えております。

例えばロケットエンジンですと、今、燃焼室を作るのに、電鋳という作り方をしています、電極を用いて、イオン化によって積み重ねていって物を作るというやり方がありますが、これは製造するのに大体半年とか、長い時間がかかって、かなりコストがかかっております。

こういうものに対して、今、3Dプリンターを使って、かなり早く、短期間で製造できるという技術がありますので、こういうものをいろいろな範囲を増やして、より低コスト化することが一つとして考えられます。

もう一つは、部品につきましては、海外品、国内品という議論はあるかと思いますが、まず考えているのは、民生品という考えです。

おっしゃるとおり、信頼性とか宇宙利用ならではの観点、例えば放射線等の問題があるのですが、そういうのをうまく評価し、もしくは冗長性等を組むことによって、民生品を使ってより安く製造することはできないか、部品の低コスト化を図れないかと考えてございます。

○JAXA宇宙輸送技術部門 では、残りのファルコン9のお話ですが、ファルコン9は、確かに例えば加工品とかテストできないものはなるべく使わないという考え方で、基本的には電気で動くもので、地上でテストできるものを使っているのは、我々も聞いたことがあります。

それをやると何がいいかというと、当然、地上でテストができるので、それだけ品質を担保できるだけのデータを蓄積できるということになるかと思いますが、先ほど南里の話にもあったとおり、こういった民生品を実証するに当たっては、そういう品質保証をするようなデータをどれだけ取れるかということも重要になってきますので、ブロックアップグレードの考え方で、なるべく実証機会を多く設けて、そういったデータを取っていくことが重要になってくるかと思えます。

○新谷委員 ありがとうございます。

この前少しだけ調べてみたのですが、民生品を使うときのJAXAの基準は、公表していただいているものがあって、今後もこれを守れたら使っていきたいという厳しい基準のうえで何回も実証していくという感じでしょうか。それとも、民生品の転用についても少し改革などが見込まれるのでしょうか。

○JAXA宇宙輸送技術部門 そうですね。

放射能耐性とか、そういったものは、実データを取っていくことで、基準をどう見直していけばいいのかという根拠になっていきますので、より打上げを多くして、実証を多く

していくことによって、そういうところも見直せればと思っています。

○新谷委員 ありがとうございます。

○松尾座長 ほかにございませんでしょうか。

では、お願いいたします。

○片岡委員 質問と意見なのですが、H-IIでブロックアップグレードをやっていなかったと。

今までロケット開発でブロックアップグレードはやっていなかったということですか。

○JAXA経営企画部 答えいたします。

H-II Aですと、部品や機器単位で、部品枯渇を背景とした再開発の取組などはさせていただいておるのですが、冒頭に南里からも御説明いたしました、能力の向上や抜本的な価格の低下を目的にした塊のような単位で物を変えていくという取組はこれまで行っておりません。

先ほど触れましたH-II Aの高度化という改善・改良の開発を一度は立ち上げさせていただいていますが、それは一度きりの改良・開発プログラムでございまして、今日御説明させていただいたようなブロックアップグレードという継続的にそういった取組によってロケットの価値を市場に合わせて高めていくような活動はしていないのが現状でございます。

○片岡委員 ミリタリーの世界では、ブロックアップグレードは、エンジンやアビオとか機体を含めて、ずっとやってきた手法なのです。ファルコン9で2000年の頭ぐらいからやり始めたので、ぜひ進めていったほうがいいと思います。

このときの主体は、ブロックアップグレードは、アップグレードの度合いによって、あまり官が絡まないほうがいい場合があるのです。民に任せてしまう。

だから、JAXAがアップグレードの管理をするのではなくて、スタートラインに着いてきたメーカーが自発的にブロックアップグレードを回していったほうが非常に速いと思うのです。

ブロックアップグレードは、時間との競争になると思いますので、そのところは、こういう手法はいいのですが、では、主体は誰がやって、どのような経費を持ってきてやるかというのをこれから詰めたほうが。次期基幹ロケットの開発がスムーズにいくかどうかといったところは、ブロックアップグレードを3つぐらいやったら、H-IIがH3になるような形なのです。

ミサイルなどもそうなのです。後ろの推進薬を替えて、ヘッドを替えてやると、3回ぐらいやると、別のミサイルになってしまうというアップグレードの考え方がありますから、採用されていないのだったら、ぜひH3も、イプシロンもこの考え方をやっていけば、開発自体は結構うまくいくような気がします。

○JAXA経営企画部 ありがとうございます。

H3が完成いたしますと、市場の期待も高いことから、打上げサービス事業を担います三菱重工の商業受注活動も活発化されることが期待されます。

そういった活動を通じまして、市場のタイムリーなニーズの変化を三菱重工がいち早く把握し、それをブロックアップグレードという今後の新たな取組ができれば、そういったものに生かしていくことで、まさに民間が担う役割は大きくなるものと期待されますので、先生がおっしゃっていただいたような方向で、私どもも民間と連携してまいりたいと思います。

ありがとうございます。

○松尾座長 では、お願いいたします。

○青木委員 ありがとうございます。

御質問と、それに関係したコメントになると思います。

資料3の9ページ、12ページ、13ページについてですが、新規ロケットの開発とあって、20年に約20回ということだったのですが、開発と言っていいものと、俗な言葉で言うところの「改良」と言っていいものが混じっているものなのではないでしょうか。

この回数と、12ページ、13ページと見ていきますと、日本もずっと開発を続けていて、努力という意味では、世界に劣っているとは言えなかった。むしろ非常に努力していた時期もあったように見えますというところと、資料2の打ち上げの高頻度化。これは11ページとの比較です。

11ページの前の1957年からの変化がずっとあると思うのですが、新規ロケットの開発を常に進めることと、打ち上げ回数が多いことは、必ずしも強い相関はないのではないかとこのようにも見えます。この考え方は正しいのでしょうか。

常に開発をしていかなければいけないということは確かなのですが、開発を続けていくことと、打ち上げ回数を増やすということとはかなり違う問題なのではないかとも思えるのですが、この点はむしろ私の考え方の間違いを教えてください。

まとめますと、「開発」として使われている言葉の中の意味の違い（開発、改良などを含めて開発とっているのか、という点）と、打ち上げ回数を増やすためには開発が必要なのか、打ち上げ回数と開発の相関の関係について教えてください。

○JAXA宇宙輸送技術部門 直接のお答えになっているかは分からないのですが、まず、今回、9ページでお示しした開発年表ですが、ここに示している赤い三角は、改良と開発が混じっている部分はあるのですが、ロケットの仕様が変わるような割と大きな開発をしたものをプロットしています。例えば電子部品を替えましたとか、高性能なものに替えましたみたいな改良は、ここに必ずしも記載はしていないものになります。

例えばファルコンですと、かなり細かな改良をしているのですが、バージョン1.1、バージョン1.2とか、大きな改良をしたものが赤いプロットで示されているものになります。

日本も、これまで開発を段階的に、シームレスにつなげてやってきたわけなのですが、大きなポイントとして、昨今、打ち上げニーズが大きく変わってきている。特にこの10年の間に衛星も大型化していったり、デジタル化を導入して小型化していったり、かなり市場の動向が大きく変わっている中で、ロケットは仕様を合わせていかないと打ち上げられな

いので、仕様を変えるようなアップグレード、改良を頻度よくやっていくのが昨今求められているものになります。

なので、10年に1回開発するだけでは、仕様がついていけないところもあるので、そこがポイントになるかと思っています。

○松尾座長 9ページと、10ページでロシアの例を見ますと、2012年8月の段階で、多数打ち上げが失敗して、30～60歳以下となっているとあるのですが、その間、2001年からソユーズは3年置きぐらいに新しいものが出ているのですが、これは根本的な開発をしていなかったからということなのですか。電子機器、デジタル化とか、そういったものであったので、2012年ぐらいのときにうまくいかなかったということなのでしょうか。

○JAXA宇宙輸送技術部門 ロシアのソユーズの場合は、開発の考え方は欧米とは少し違うのですが、彼らは、ソユーズというものは、設計した当初から段階的に、何年か置きに改良を重ねていくという前提で作られているシステムであります。なので、当初からブロックアップグレードの考え方でやり始めているものになります。

なので、こういった失敗が連続して、開発が滞る期間が続くと、そういった技術者の散逸が起きてくるというのを表しているものになります。

○松尾座長 ただ、一番下の行で「60歳以上か30歳以下」と。

これはどういうことなのですか。

○JAXA宇宙輸送技術部門 そうすることで、ちょうど間の中間層の年齢、経験値をより蓄積しなければいけない年齢の人たちが、一時期そういった失敗とか、開発が滞った時期があると、技術者が成長せずに、そこだけが欠落した状態になってしまうというのが、ロシアが抱える課題としてあるかと思っています。

○松尾座長 ということですか。

分かりました。

6ページの「Falcon9の段階開発」で、ファルコン9は、この年表で考えると、最初から相当長期にわたる計画をそれなりに持ってやっていたのかなというところはあるのですが、線表で例えばたくさん打ち上げるようになったのが2017年ぐらいなのですが、2017年以前だとしても、縦に見ますと、相当線が重なっているかと思えます。

資料2の11ページを見ますと、2010年からのファルコンの特出しで、下の水色のところで打ち上げの機数があるのですが、それまで決して数がそれほど多いわけではないですね。10も行っていない。

失敗もあったかと思いますが、これは成功した例だけだと思いますが、そのぐらいあったかと思うと、大した数でないときであったとしても、継続的に幅広く開発をしていて、ブロックアップグレードを積み重ねていたと思ってよろしいのですね。機数が少ないときから長期計画を立てていたと。

○JAXA宇宙輸送技術部門 そうですね。

機数が多くなると何がいいかというのは、まず一つは、実証する機会を多く取ることが

できる。つまり、開発するスケジュール的な効率を上げることができるという点と、より多くのデータを取ることができるというメリットはあります。

ただ、必ずしもたくさんないとできないというものではなくて、スペースXの特徴では、リスクが低い分野は、実証機に次に開発しているものを載せて、例えば1段の着陸脚の部分とかは、ミッションそのものには影響を与えないので、着陸脚を取り付けて、実際の歩脚のミッションを行って、帰ってくる運用をして、かなり有名な話ですと、何度も破壊することをしてはいますが、そういった実証も繰り返して、データをたくさん取れたというのがあります。

そういう開発手法を実践することで、スペースXは、最初は数が少なかったのですが、今は多くの実証を重ねてデータを取っているものになります。

○松尾座長 そういったものを含めて、21ページにあります。次期基幹ロケットの開発については、難易度やリスクが高い事項については、技術実証機を用いた実機体運用試験や飛行試験によって、そういったことをいろいろとやりたいということになるのですか。

○JAXA研究開発部門 答えいたします。

ファルコン9のブロックアップグレードの例は、どちらかといえば19ページ目の御説明になります。

既に研究開発等で得られている知見を早期に実運用機に適用して、早い段階で回していくものはブロックアップグレードの考え方で、19ページ目が主なその主体になります。

21ページ目は、さらにリスクが高い事項です。

最初に衛星と一緒に打ち上げてやるにはちゅうちょするような事項については、実験機を使って、リスクを下げて実証することが考えられるというものでございます。

○松尾座長 ということで、ブロックアップグレードをするときに、運用機にも適用してやる必要があります。使えると。

今の日本は、そのようなことはあまり行われていないかと思いますが、そうすることによって検証が進むということですね。

○JAXA研究開発部門 はい。そのとおりです。

○松尾座長 分かりました。

可能であれば、よいことかなと思っております。

○JAXA研究開発部門 ありがとうございます。

○石田委員 御説明ありがとうございました。

先ほどの片岡さんの話に絡むところなのですが、論点になっているブロックアップグレードに関していくと、学ぶべくは、多分、ブロックアップグレードを2年に1回かけているスピード感なのかなと思っています。

スペースXが2年に1回アップグレードをできるのは、スターリンクも全く同じ構成になっていると思うのですが、個人的には2つ理由があるのかなと思って、さっき考えたのですが、1個は、開発と製造と運用が一社に閉じていることが多分一番大きいのではない

のかなと思っています。

当然、開発をして変えた場合に、部品とかサプライチェーン、工場の回し方も変わったりしますし、運用しているデータから日々フィードバックがかかってくる場所もあると思うので、開発と製造と運用が一体化していることがこのスピード感を生む結構大きな強みかなと思ったときに、基幹ロケットはそれと全く同じ状況をつくるのは多分難しいと思うのです。

どうしても開発はJAXA側が主体的にやっている、製造・運用は民間企業側がやっている、運用に関しても、ロケットの運用と射場の運用で役割が違うというのがあると思うので、物作りとしてのブロックアップグレードができるための拡張性を開発上つくることはできると思うのですが、本当に2年に1回アップグレードをかけるのであるとすると、JAXAと民間企業の関わり方とか役割分担は相当見直しをかけないと、多分難しいかなと。

先ほど片岡さんがおっしゃったのは、大型の拡張性あるプラットフォームをつくるころぐらいまではJAXAとかがやるのだけれども、細かいアップグレードは民間に任せてしまったらというのも多分、一つの考え方だと思っていて、いかに高頻度に開発・製造・運用の連携を高めていくかが、これを次期基幹ロケットで実装しようとしたときの肝かなと思うので、民間企業とJAXAの役割と連携の在り方は結構大きな論点なのかなと思いました。

もう一つが、恐らく、これができる背景にあるのは、資金調達ができるということも結構あると思っていて、それも開発・製造・運用が一体化しているので、事業の状況に応じて投下する開発資金を変えることも結構フレキシブルにできますし、民間からの資金調達も数年に一度回すときに、ロケットの開発状況を見て、必要な開発資金をフレキシブルに資金調達をできる環境下にあると思うのですが、政府でこれをやろうとすると、何か追加で開発しようとする、何とか委員会というのにいっぱいかけて、いっぱい議論して、そこでいろいろな正当性の理由があって、増えたり、減ったりしながらやらないと決まらないというがあるので、サイクルを回すのに合わせた追加の資金投下が多分難しいような気がしています。

そういう意味でも、JAXAが中心となってやるべきところまでと、こういった高頻度なアップグレードを行っていくためのところは、恐らく、官の強さと民の強さをうまく役割分担できるような設計が実行する上では結構大事かなと思うので、それを掛け違えると、ブロック構造になっただけで、アップグレードが5年に1回しかかからないみたいになってしまったりと思うので、ぜひその辺りの民間との役割分担、資金調達のフレキシビリティも含めて、今後議論できるといいかなと思いました。

以上です。

○松尾座長 ありがとうございます。

○片岡委員 ブロックアップグレードは、多分、2年に1回ずつやっていくと、開発の製造機数、いわゆる技術者の維持とか、ライン維持の観点から、複数年で数珠つなぎにやっていくのは、逆に大規模な数をこなすよりも、小さな製造数の中で、ライン、技術を維持

するために非常に有効な手段で、ブロックアップグレード1・2をやって、1が成功しなくても、まとめてやっても、日本に非常に合った開発手法になってくるのではないかと思います。投資しないと、企業は技術者の維持とかライン維持は難しいですから、これを有効に使っていく。

これを有効に使うためには、結構お金を投資しないとないと思うので、石田さんがおっしゃったように、その予算確保も極めて重要な感じがします。コメントです。

○松尾座長 大分時間も過ぎておまして、申し訳ありませんが、ただいまの議論の内容については、事務局で技術戦略の検討への反映をお願いいたします。

では、議題3が残っておりますので、そちらに行きます。

「個別論点について」に入ります。

今回は「有人輸送に関わる国内外の状況」をテーマとしています。

宇宙基本計画の中でも、有人輸送については、海外の開発動向も踏まえ、有人輸送に必要となる要素技術の開発を進める。

有人輸送に関わるシステムの在り方について検討すると記載されております。

また、国内では、有人輸送を目指した宇宙輸送システムの開発に取り組んでいるスタートアップもございます。

そのようなことから、技術戦略の策定に向けた検討項目の一つとして、有人輸送に関わる技術について、まずは国内外の状況をきちんと把握する必要があると考えます。

本日は、JAXAに資料を用意していただいておりますので、早速、資料の説明をお願いいたします。

○JAXA有人宇宙技術部門 それでは、資料4になりますが、JAXAの有人宇宙技術部門の内山から説明させていただきます。

2ページ目の「経緯」からです。

昨年7月7日付で文科省による革新的将来宇宙輸送システム実現に向けたロードマップ検討会が取りまとめされています。

その中で、状況の予測として、3点書いておりますが、2030年初頭までに宇宙利用市場の主体は、地球周回軌道及びサブオービタル軌道での地球観測、通信インフラ、それに加えて宇宙旅行が想定されます。

例えば地球周回軌道においては、年間1,000機程度のロケットの打上げ、またはサブオービタル軌道での宇宙旅行では年間3,400回程度のフライトが試算されている。

2040年代に移行すると、国際協力を進めております月探査、月経済圏の拡大、あるいは旅客輸送を伴うP2Pの拡大が想定されております。

今月閣議決定されました新たな宇宙基本計画において、新たな宇宙輸送システムの構築として、有人輸送などに必要となる要素技術の開発、有人輸送に関わるシステムの在り方についての検討が記載されました。

新たに宇宙技術戦略を策定し、その技術開発を強化していく方針が示されております。

ここでは、その技術戦略における有人輸送技術に関わる議論に向けまして、有人輸送技術についての海外事例及び日本の現状をまとめて説明させていただきます。

3 ページ目ですが、まず、有人輸送で必要になるシステムはどのようなものなのかを運用イメージで1枚の絵に描いてお示ししております。

まず、左側からですが、有人対応のロケットが必要です。

人がロケットに乗るために必要となる地上インフラ関係が必要になります。

ロケットは、現在の技術では100%打ち上げ成功ということにはなりませんので、乗員が乗った場合には、たとえ打ち上げが失敗したときでも、乗員を生きて帰すことができるアボートシステムが必要になります。

軌道上に到達して、宇宙船として機能するときには、軌道変換するような宇宙船の能力であったり、乗っている乗員に対する生命維持システム技術が必要になります。

これを併せて「有人宇宙船システム」と呼んでおります。

拠点に向かう場合には、その拠点に対するランデブードッキング技術も必要になります。

最後、無事に乗員を地球に戻す必要がありますので「帰還・回収システム」で大気圏再突入、乗員に対してけが等がないように、かかる負荷を軽減するような揚力誘導飛行技術であったり、降下技術であったり、最後は着水か、着地か、オプションはありますが、そこでしっかりと乗員を生きて帰すところを含めての「帰還・回収システム」が必要になります。幅広い総合システムの範囲になるというところをここでお示ししております。

4 ページ目ですが「海外事例の紹介」になります。

4 ページ目はサマリーですので、事例を米国、インド、欧州について、それぞれまとめておりますので、5 ページ目に行かせていただきます。

まず、米国のコマーシャルクループログラム(CCP)ですが、COTSプログラム、商業宇宙輸送プログラムの一部として、民間を主体としてISSへの往來を行う、安全性が高く、費用対効果が高い商業乗員輸送サービスで、2010年の商業乗員輸送開発から、2020年以降は、実際の搭乗員の輸送を開始しております。これは、現在スペースXが行っているところでございます。

これは、もともとスペースシャトルに代わる新しい米国の有人輸送手段を民間企業で行えるようにする取組でございまして、段階的に技術育成プログラムを通じまして、マイルストーンの審査を通じて、技術提供であったり、資金提供を行って、民間企業の技術獲得支援を行ったものであります。

非常に参考になる取組だとは思いますが、1点、米国と日本の違いとして、米国は既にアポロ計画であったり、スペースシャトル、有人輸送技術を獲得していたという状況で、その知見・経験を持った人材が民間企業にも流れていた点については、日本でこれに倣う場合に、留意が必要かと思っております。

このページには、細かく主要概念であったり、得られた教訓などをまとめておりますが、今日はスキップさせていただきますが、いろいろと参考にできると考えております。

次のページでは、米国における民間企業を主体とした宇宙への乗員輸送がどのような仕組みの中で行われているかというところを1枚でまとめております。

図の左側は、NASAのコマーシャルクループログラムの中で、どういう立てつけで行っているかというものを図に表しております。

NASAが要求設定、審査、認証までを行っていて、NASAの宇宙飛行士を安全に宇宙ステーションへ乗員輸送するところのお墨つきを与えている。

一方で、FAAについては、その打ち上げと再突入に関する公共安全、パブリックセーフティと呼ばれますが、それを対象とした審査を行って、許認可、ライセンスを与えている状況です。

右側の「商業宇宙飛行」ですが、NASA CCPの中で認定された機体を使ってはいるのですが、NASAは一切これに関与していない状況で、それぞれの企業がそれぞれの乗員サービスを行っている。FAAは、それに対して公共安全を対象とした審査を行って、打ち上げ、再突入のライセンスを与えている状況です。

下のほうに細かい字で書いておりますが、米国連邦議会が商業有人宇宙飛行産業の成長・発展を阻害するような規制をFAAに対して制限しているところがありまして、3ポツ目に書いておりますが、FAAが搭乗員安全に対する追加規制を行うことに対して、まだ産業界として学習期間を設けようという期間が延長されておりまして、現在もまだ搭乗員の安全に関する追加規制は行っていない状況です。

一方で、NASAが行うCCPの中では、FAAとNASAがMOUを締結し、連携しまして、FAAによる公共安全、NASAによる搭乗員安全の双方を促進しながらも、商業プロバイダーに対して安定したフレームワークを提供すると。その要件や基準とかの相反・重複を回避するところで取組を行っている状況でございます。

7ページ目は、インドですが、インドは国家事業として独自の宇宙計画に従いまして、他国の協力関係もうまく利用しつつ、自国開発を進めている状況です。

左下に表を書いておりますが、これまで着実に開発試験を行ってきた。それに対して政府も必要な資金を承認している状況が見てとれるかと思えます。

現在は、2025年に最初の有人デモフライトを計画している状況です。

8ページ目をお願いいたします。

欧州の事例ですが、欧州は、強い政策の下で有人探査と地球低軌道への自律的かつ持続的なアクセス確保を欧州以外に頼らない、欧州独自で実施するのだというところで手段の獲得を目指している状況でございます。

オライオンのサービスモジュールは、米国のSLS、オライオンの計画の中で、有人仕様の宇宙船に搭載されるサービスモジュールの開発を探査向けに行ってきた、運用を始めている状況。

あと、スペースライダーというリフティングボディの無人の再使用往還機を開発中。

一番下になりますが、スージーと呼ばれる有人の再使用往還機です。これもリフティン

グボディなのですが、アリアン6（SRB4本形態）に搭載して打ち上げるという提案をアリアングループが政府に対して行っている状況になります。

9ページ目からは「我が国の現状」で、有人輸送に関する現状認識及び取組に対する考え方を述べております。

1ポツ目ですが、我が国は、有人輸送の実績がありません。これまで十分な有人輸送技術獲得も行っていない状況でございます。世界市場で勝てる競争力のある勝ち筋を見定めるところも含めて、新規要素のみならず、ライフサイクル全般をあらかじめ考慮した中長期的・戦略的な取組が必要な状況であると考えております。

JAXAにおいては、宇宙基本計画工程表に昨年追加されました「有人輸送に資する信頼性・安全性技術等の技術開発」に係る検討を開始したところでございます。

有人輸送を行うために必要となる信頼性・安全性を定量的に評価する手法の確立。これは、
有人輸送を行うに当たっての安全基準であったり、設計仕様の設定などに必要な非常に重要な技術・手法の確立ですので、有人輸送技術を獲得する上での基盤となる重要な技術だと考えております。

一方、有人輸送を直接はやっていないのですが、それに活用できる技術がISSプログラム等の関連ミッションで獲得できてきているものもあると考えております。

ここでは、生命維持環境制御技術、ヒューマンファクターエンジニアリング技術、再突入回収技術と3点挙げておりますが、次のページでもう少しお話しさせていただきます。

4ポツ目で、日本においても野心的な宇宙輸送事業ビジョンを掲げる複数の民間企業が現れてきている状況で、最後のポツですが、民間宇宙輸送システムの競争力強化、競争力を高めるような土台として、技術以外にも法整備関係、安全認証や飛行ライセンス制度設計、共通インフラ／実証環境の構築、ライフサイクル全般のデモンストレーション等、こういった共通基盤となるようなところの整備も、技術以外の観点で留意が必要かと考えております。

10ページ目ですが、有人宇宙輸送に必要な技術開発のイメージを5つの技術要素に分けて記載させていただいております。

この5つの技術を大きく2つに分けています。

赤星印で書いている「これまで取り組んでいない技術」と、三角黒字の「関連ミッションで一部獲得した技術」。大きく分けると、このように分解されるかと考えております。全てが有人輸送を行うために必要な共通基盤技術になっていると考えています。

まず、右側の黒字のほうからですが、一番上です。

「宇宙船向けマンマシンインタフェース(ヒューマンファクターエンジニアリング技術)」と書いておりますが、要は、人が乗るということで、人とのインタフェースが宇宙船に対して必要になる。

ここは、ISSプログラムを通しまして、一部獲得している技術ですし、日本は宇宙飛行士

も有しておりますので、様々な宇宙船に搭乗経験のある者がこういった技術提供ができる状況ではないかと考えております。

上から2番目です。

「小型宇宙滞在システム」は、生命維持環境制御技術ですが、これもISS「きぼう」の開発・運用を通じ、また、現在、ゲートウェイ開発を通じても獲得中ですが、生命維持環境制御技術を小型にして、宇宙船にフィットさせる形で搭載すれば、有人輸送に対して使うことができます。

これは、宇宙船は1年とか半年と長く使うわけではなくて、数日～1週間レベルでの滞在になりますので、コンパクトで、かつ、乗員が快適に暮らせるような環境を提供できれば良いです。

下の「帰還回収再利用システム」です。

これもISSプログラムですが「このとり」で2018年に小型回収カプセルの開発・運用を行っております。

ISSの実験試料は、重力に対しても非常にセンシティブなのですが、揚力誘導技術を用いて、4G以下でソフトに大気圏再突入し、洋上回収を行った実績がございます。

人を乗せるためには、それを大型化しないといけない、また、信頼性を上げないといけない部分もあるのですが、既にそういった軌道上実証実績がある状況でございます。

一方、赤字の左側です。

「有人輸送向け地上支援設備群」は、共通の基盤インフラでございますが、もしロケット異常時にアポートシステムが働いた後、もしくはノミナル帰還時もそうなのですが、乗員をリカバリーする、もしくはレスキューするといった必要な設備群も含めて、これを地上支援設備群と呼んでいます。こういった搭乗員を支援するような設備が必要となります。これはこれまで取り組んでおりません。

もう一つは、打ち上げ時に異常があったときでも、乗員を生きて帰すシステム「アポートシステム技術」が必要になります。

これを大きく分けると、異常検知のシステムと、異常を直ちに検知した後、適切に退避できるためのエンジン、または安全な海域に着水するための制御システムの2つが必要になりまして、技術成熟度としては非常に低く、開発リスクのある技術になります。

11ページ目、最後になりますが、日本の民間事業者との対話の状況ですが、2040年代に想定される旅客輸送を伴うP2P等の大型輸送市場をにらみまして、日本の企業が一定のシェアを獲得できる世界を実現させていこうと考えますと、高頻度往還飛行型宇宙輸送システムがありまして、それに対する対話を行ってきております。野心的な事業ビジョンを掲げる民間事業者が現れている状況です。

小さくて恐縮ですが、左下にそういった民間事業の事業プランをサマリーした表を載せております。JAXA及びこれら民間事業者の間で事業コンセプト共創活動を進めております。

必要となる要素技術の識別であったり、国際競争力を高めつつ、効率的に技術開発を行

うことができるような官民のベストマッチな役割分担を民間事業者とJAXAの間での対話を行いつつ、検討していく予定でございます。

民間事業者との対話で識別された要素技術、役割分担等は、今後の技術戦略の検討に反映していく予定となっております。

説明としては、以上になります。

○松尾座長 ありがとうございます。

それでは、議論に移ります。

御意見はございますでしょうか。

では、山崎さん、お願いします。

○山崎委員 御説明ありがとうございます。

夏に向けてロードマップを含めて作り込んでいく中で、とても大切な観点だと思えます。

垂直型・水平型によって違いますが、垂直型を考えたときに、今のH3等を有人化する場合、何が足りないのか、ロケット側と宇宙船側とで切り分けていただいて、ロケット側としては、冗長性とか信頼性にどれぐらいギャップがあるのかを示していただけると、ロードマップの作り込みに役立つと思っています。

足りない点は、アポルトシステムや地上システムもありますし、ISS、今後の月等も含めて、セットで考えていかないといけない点だと思っています。

ISSの成果を今度は地上に持ち帰ると、それは研究者にとっても非常にメリットがあることで、アメリカで解析しなくても、日本でその実験が完結できるのは、低軌道利用の研究者たちにとっても非常にメリットがあることだと思っています。

ですので、ロードマップをつくるときに、まず、ロケット側、宇宙船側、HTV-Xで何ができるか、今日でなくてもいいので、その辺りをもう少し整理していただけると検討がより進むと感じました。

○JAXA有人宇宙技術部門 コメントありがとうございます。

ロケットと宇宙船側で、今のロケットに対して何が足りないのかというところです。

先ほど9ページ目の2つ目のポツで「有人輸送に資する信頼性・安全性技術等の技術開発」に関わる検討を開始したところです。

定量的なリスク評価手法を用いることで、例えばですが、H3をリファレンスして、有人化したときに、ロケットとして何が足りないのかというところは、定量的なリスク評価の中で何が不足しているのか、どうしないといけないのかというところをあぶり出そうという検討もこの中に含まれておりますので、そこはしっかりと見える形でお見せできるようにしたいと考えております。

○山崎委員 ありがとうございます。

私見ですが、H3改良型としては、ペイロードとして、無人も、有人も載せられるような基幹ロケットとしていくことは大事だと思っています。

かつ、その上に載せる有人宇宙船を国がやるのか、民間がやるのかとか、今後、いろいろなディビジョンメーカー、ポイントがあるかと思いますが、ロケット側としては、有人にも耐えられるようなものを基幹ロケットとして持っていくことは大切なのではないかと考えております。

○松尾座長 ほかにございますでしょうか。

感想みたいなものなのですが、6ページにあります米国のCCPというところで、これはNASAとしてのISSへの乗組員の輸送と、商業宇宙飛行と全く別物のように扱っていることと、これは民間の支援みたいなことで、制限を持たないということで、いまだに学習期間と表現されておりますが、どんどん延長していることがあるのですが、これは学習期間が終わったらどうなるのでしょうか。

○JAXA有人宇宙技術部門 これは推測も入るのですが、先日、国際学会の中でFAAの人からヒアリングしたことなのですが、搭乗員安全を保護するための規制をつくらうと思うと、どうしても機体の設計開発に負担がかかることになるので、こうしなければならないというものをFAAが決めることは非常に難しいと。

これは、産業界の中で、それぞれの企業が提案し合って、これだけは安全に対してこの部分は守るといふものをつくるべきではないかという議論が行われているようで、そこから具体的に総意としてこういうものを制定すべきではないかという議論がまとまると、それが基準になっていくかもしれないですし、10年以上議論が続いている状況から考えると、なかなか難しいところ。連邦議会自体は、規制を強くすることに対して、非常に難色を示している状況の中で、どういう落としどころに落ち着くのかは現時点分らないです。

○松尾座長 日本でも、商業の中での有人ということがありますので、日本は何かをするときに、大体政府が規制をまずつくるみたいな感じがあるところはあるのですが、そういったものは、確かに、何かがあったときに、すぐに責任がということになると、規制は国がやらなければいけないということはあるかもしれませんが、こういった割と緩い中での発展を目指せるようなものは、うまい落としどころがあって、民間の商業化を促進できるようなものがあるとういのではないかと思いますながらこの基準を見ておりました。

ほかに何かございますでしょうか。よろしいですか。

では、大分時間も過ぎておりますので、申し訳ございません。

それでは、ただいまの議論の内容について、事務局は技術戦略への反映をお願いいたします。

では、議論4「その他」及び閉会なのですが、委員の先生方からほかに何か追加の御意見や御質問などはございますでしょうか。

また、宇宙事務局や文科省からはいかがでしょう。特にございませんね。

では、事務局から、今後の予定などについて、連絡をお願いいたします。

○齊藤参事官 次回会合は7月下旬を予定しております。

今、皆様からの御予定を踏まえて、事務局にて日程調整中でございますので、確定しま

したら、また事務的に御連絡さしあげます。

以上になります。

○松尾座長 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。

ありがとうございました。