

第5回宇宙委員会 宇宙産業・科学技術基盤部会
宇宙科学・探査小委員会 議事録

1. 日 時：平成28年5月16日(月) 16:00～18:00

2. 場 所：内閣府宇宙開発戦略推進事務局大会議室

3. 参加者：

(1) 委員

松井座長、市川委員、小野田委員、倉本委員、藤井委員、山崎委員

(2) 事務局(内閣府宇宙開発戦略推進事務局)

佐伯審議官、行松参事官、高見参事官、松井参事官

(3) 説明者等

東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 杉田教授

東京大学大学院工学系研究科 中須賀教授

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 常田所長

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 久保田教授

4. 議事次第：

(1) 宇宙科学・探査分野における人材育成について

(2) X線天文衛星「ひとみ」について

(3) その他

5. 議 事：

松井座長 それでは「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5回会合を開催したいと思います。委員の皆様におかれましては、お忙しいところ御参集いただきお礼申し上げます。

本日の最初の議題は、前回に引き続き「宇宙科学・探査分野における人材育成について」です。

本議題について、まずは有識者として、東京大学の杉田教授より説明をしていただきたいと思います。それでは、よろしく申し上げます。

< 東京大学杉田教授より、資料1に基づき説明 >

松井座長 ありがとうございました。

質疑は宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(以下、ISAS)の人材育成に関してプレゼンテーションの後にまとめて行いたいと思います。それでは、ISASより、前回の議論も踏まえ、人材育成に関して改めてプレゼンテーションをお願いします。

< JAXAより資料2に基づき説明 >

松井座長 ありがとうございます。それでは、質問等ございましたらお願いします。

市川委員 杉田先生に質問ですが、超小型衛星は1機当たりコストはどのくらいでしょうか。

中須賀教授 50キロ衛星だと1機3億円を一つの目標として作っています。もちろんミッション系の複雑さによりますが、バス系の部品やコンポ費用は大体1億円から1.5億円で出来ますので、人件費などを入れて全部で3億円くらいです。ミッション系によってプラスアルファ、あとは打ち上げ費が追加でかかる可能性があります。

市川委員 一回の打ち上げにつき、相乗りは幾つくらい出来るのですか。

中須賀教授 メインの衛星1個に対してその回りに乗せられますから、そのロケットに余剰重量がある分、できます。例えばプロキオンは65kgで、「はやぶさ2」と相乗りでH2Aロケットで深宇宙に向かって飛び出しました。デッドウェートのかわりに衛星を乗せるという考え方があります。

市川委員 もう一点、このくらいの規模のものを作り上げるのに人的なソース、色々な分野の様々なレベルでの人的ソースが必要と思うのですが、どのくらいの人が研究室におられますか。

中須賀教授 プロキオンの例を挙げると25名くらいです。プロキオンの時は、うちの学生が15名くらい、JAXAの若手が10名くらい入っていただいて、その中でやっていました。JAXAの若手にとっても一つのいいトレーニングの場になったのではないかと思います。

杉田教授 それに理学の測器がまた幾つかくつつくという感じです。

中須賀教授 もちろん全部を自分達で作るわけではなく、当然ある部分は外部に作っていただくこともあります。しかし、全体のシステム設計とか、非常に大事なアセンブリ・インテグレーション&テストの部分は必ず内部でやります。それにより知見とノウハウが溜まっていくという、この体制がとても大事だと思っています。

藤井委員 非常に優秀な人を育てていくという観点で、パイロットプログラムとしてこのような拠点を作られたのは非常に有効だと思います。要は、全日

本でどのようにそういう人材を育成していくか、そういう仕組みを作るかだと思います。今は東京大学とJAXAで先端的な試みをやるということですが、今後、どのように伸ばしていこうとしているのですか。そこがやはり全日本として予算を投入するときに最も重要なポイントだと思うのです。

あと、今、10名ほどISASの方が入られたということですが、この超小型衛星は世界的に趨勢になってきている中で、ISASとして超小型衛星をどのように位置づけているのかも聞かせいただければと思います。

JAXA これは所内でも議論になっています。今、きっちりとした議論をやっているわけではないのですが、やはり100キロ級以下の超小型衛星については大学を中心にやってもらおうと考えています。今さらISASがメインストリームとして傾注することではないのではないかと考えています。一方、先ほど先生からお話があったプロキオンが大成功しまして、技術的な面、科学的な面で、人材育成を含めて非常に成果がありました。東京大学のプロジェクトとして位置づけるものの、ISASも一部参加し、コンポーネントの開発や観測機、あるいはVLBI(超長基線電波干渉法)の手法等で貢献しています。先ほど説明があったような小さい衛星で探査をやるのは、ミッションの中身としても、人材育成としても非常に効果があったと見ています。この協力をどう発展させるかという一つのプラットフォームが先ほどの連携だと思っています。東大側もそのように捉えてくれていると思います。

藤井委員 1つは、こういうものを進めていく上の予算をどこが主体的にやるのかということです。今は大学がある程度主体となって概算要求等をされていると思うのですが、中型、小型はISASの枠組みの中である程度やることになっているので、ISASの枠組みの中にそういう小さいものも入れていくというような構想があるのでしょうか。

JAXA プロキオンの予算はISASということでは必ずしもないのですが、JAXAが出して、先ほどの4億円程度だと思うのですが、やっています。

では、プロキオン2号機があったときに、どういう考え方で予算をとっていくかという質問ですが、東京大学が全部準備しなければいけないということではなくて、やはり宇宙機関の役割の一つとして考えていかなければいけないことだと思います。

藤井委員 その仕組みがない限り、その場その場の対応になりますね。だから、ある程度実績ができた段階で、やらないならやらなくてもいいと思うのですが、そういう制度をつくっていく必要があるのではないかと考えるのです。

JAXA そのとおりだと思います。

松井座長 工程表の小規模プロジェクトは外国のプロジェクトに測器を乗せるというイメージですが、別にそのように固定して考える必要もなく、こう

いうものも含めて小規模プロジェクトと思えばよいかと思えます。むしろ2年に1回こういうプロジェクトをやっていくためにはかなりしっかりしたスキームを作る必要があります。

私は、ISASの小規模プロジェクトを柱にして、きちんとそうしたスキームを作っていく必要が将来はあるのではないかと思います。

市川委員 東京大学だけではなくて、例えば北海道大学等はじめ日本の中にはまだ他にも超小型的なことをやっているところがありますので、そこも含めて考えていく必要があります。この拠点が全体のラッピングをかけるというのであれば、非常に良いと思いますが、そういう門戸を広げるという意味でどういう構想をお持ちなのでしょうか。

杉田教授 理学に関しては割とやりやすいかなと思っています。全ての装置を例えば東京大学で開発するのは余り現実的ではないです。色々な装置を色々な大学で特色あるものを作っていますから、これをプロジェクトが決まった時に色々入れることは割と自然にできることだと思っています。そういう意味では、搭載装置を様々な大学と共同で開発するという事で門戸を開いていくというのは割と自然だと思っています。

あと、工学も、要素技術であればそういう形で一緒にできると思います。ただ、インテグレーションの技術をどこが持つべきに関しては、複数に分けるのがいいのか、あるいは1か所にまとめて置いた方がいいのか、少し議論の余地があると思っています。

中須賀教授 そうですね。超小型衛星のバスの技術で言うと、ほどよしプロジェクトを通して日本でそれぞれの技術を持っている人達のネットワークができましたので、要素技術はそれぞれにやっていただくのかと思います。ただ、やはりインテグレーションを担うところに経験が溜まっていき、より信頼性が上がり、いいものが安く、早くできるということになりますので、分散するよりは、どこかを拠点にして、そこに来ていただいて訓練するという体制の方が、私はいいのではないかと思います。

松井座長 イメージとしては、東京大学的なものは1個でいいけれども、測器的なものは全国に幾つかあって、インテグレーションする機能は、今、中須賀教授がやっているようなところが持ち、そこが教育も受け入れるということですね。

中須賀教授 ISASが普通の衛星の中型・大型衛星の拠点であるように、例えば超小型衛星の拠点になって、そこが大学共同利用機関的になっていくという方が、衛星バスに関してはいいのではないかと個人的には思っています。

市川委員 そのときに、例えば東大の拠点到ファンが行ったとすると、他の色々な大学でやっているところももちろん予算は必要ですので、それをどの

ようにサポートするかという体制が必要です。結局、東京大学だけはいいけれども、他のところはひどいことになるので、もし共同利用拠点のようなことをやるつもりならば、それも含めて責任を持つような体制にしていただけたらなと思います。

中須賀教授 そうです。ファンディングも含めてですね。おっしゃるとおりだと思います。

松井座長 今、東京大学の話に関する質疑が中心になっていますが、プロジェクトマネージャーも前回から引き続いて非常に重要な人材育成の一つのゴールだという話をしています。ISASの方でまた新たな仕組みを作ろうという話もありますが、本件についても何か質問はあるでしょうか。要するに、出口をちゃんと見据えてやっていかないと、ポストクだけ幾ら採ってもだめなのだという話だと思いますが。

山崎委員 今回の拠点の構想ですが、やはり継続的にやられることが非常に大切かと思うのですが、この構想は特に期限が決まっているのでしょうか。

杉田教授 ノミナル4年プラス2年更新の可能性あります。

JAXA 永久と言うわけにはいかないもので、どうしても時限的にする必要があります。ただ、出口が非常に大事で、そこでリセットして何もかも解散というとなんのためにやったのかということになるので、ISASと大学側に出口を恒久化するような努力がこれから必要だと考えています。始めたばかりなので、最終的な出口の形態が見えない面もありますが、先ほどの東京大学の場合は、より大きな組織の一部と位置づけて、出口のイメージを固めつつあると理解しています。特定のプロジェクトに特化したような連携の場合はそういうやり方。それから、もっと普遍的な今の超小型探査の拠点となるものにはまた別のやり方があると思います。いずれにしる時限がある中で、その後どうするかというのは極めて大事な問題だと思っています。

山崎委員 おっしゃるとおりでして、やはり継続的にどこかにノウハウを培わないといけません。そのノウハウを培う場として、今、大学とISAS・JAXAと両方になるわけですが、そこは役割分担がプロジェクトの中であって、それぞれの技術を双方で培っていくことになるかと思うのです。双方が恒常的な拠点という形であるために、大学の位置づけが時限で終わってしまった後の継続的な次のプランも走りながら、ぜひ考えていただければと思います。

JAXA ISASは何といっても巨大ですので、色々な人がISASのことを心配してくれるのですが、やはり大学との協力があってこそその宇宙科学ですので、大学側がISASに比べるとどうしても脆弱であるというところを何とかしなければいけません。そうしないと日本の宇宙科学は全体として強くなりません。そういう意味で、ISASから持ち出してでも大学を強化するにはどうしたらいいかとい

う全体的な問題意識で取り組むべきだと思っております。

藤井委員 プロジェクトマネジメントは衛星が非常に複雑化していく中で、プロジェクトをよくわかっている偉い先生が全て見るという従来の体制が今後成り立つのでしょうか。プロジェクトサイエンティストは当然必要だと思うのですが、どういう分野の人からマネジメントの人を出すのでしょうか。今まではどちらかというと宇宙の理工学の先生方から、または全国の先生の中から出たと思うのですが、ここまで衛星が複雑化した中で、「ひとみ」とかそういうことも色々ある中で、そういう体制ができるのかは少し疑問に思うのです。

JAXA そこも非常に大事な点で、いわゆるISASのプロマネと呼ばれているプロジェクトマネジャーは非常に多くのことを期待されています。学術分野をまず取りまとめ、それから、ミッションを立ち上がりから発射台まで持っていき衛星システムやサイエンスの内容について知っていなければいけない。それから、メーカーを動かさなければいけないので、メーカーとやりとりをして予算やスケジュールの管理等、ありとあらゆることをやっています。今までは逆に1人あるいは非常に少ない人に全ての情報があつたので、ポジティブに考えると非常に安い費用で物事がうまくいきます。ISASのこれまでのサクセスのかなりの部分はそれがうまく回っていたという点があるし、依然としてそのことを忘れてはいけません。小さいシステムでやるのはあると思うのですが、例えば米国、ヨーロッパ等でISASのプロマネのような形で1人が全てのことをやっているということは既にないわけです。今まではそれは我々の良さとして誇っていたのですが、課題が生じると、それが一転して、問題のあるシステムであると見られるようになってきているわけです。

ただ、今までこのやり方でやってきて、ISASの人はそれに非常になじんでいて、そのいい面を知っています。今いる人達に受け入れられるより良いシステムで、かつ負担がリーズナブルなところにどう持っていくのかは大きな課題であります。今のままで行くことはやはり難しく、例えばPIという学術的なところを中心に全責任を負う人と、プロジェクトマネジャーという、要するにハードウェアを決められたお金と納期でつくって科学者の求める性能のものをつくるプロマネ、それから、コミュニティーをまとめるプロジェクトサイエンティストと、そういう役割分担をしていかねば、もうできないのではないかと問題意識は所内にもあります。ただ、これは後の「ひとみ」のこととも関連して、非常に大きな課題であります。

藤井委員 ここまでシステムが大きくなって複雑化してくると、必ずしもISASの先生方が得意とする分野かどうかわからなくて、むしろJAXA全体でそういう非常にすぐれたシステム工学的な人もおられると思うので、より広い視野で育てていく必要がある気がするのです。

JAXA ISASに限る必要は全くなくて、既に色々な科学衛星に、プロマネの下のサブプロマネとか、それからプロキオンにも一般職の人が入っていますし、非常に戦力になっています。表面的にはISASの衛星となっていますが、その中には、JAXAとの統合効果があらわれていると思います。

ただ、それを一層進めて、基本的にISASの先生がやると思われていたところを、JAXAの総合力を使って、これからどうしていったらいいかという点は先ほどの問題そのもので、大きな課題だと思いますが、やはりオールJAXAという、やはり科学というのは国が進める、どこの機関も一つメインの追求すべき宇宙開発をやるべきこととしてより強く出してきていますので、JAXAもそれはISASだけの専売事項ではなくて、JAXA全体がやる宇宙科学という方になっていくと、よりいいと個人的には思っております。

小野田委員 杉田先生に質問ですが、これがうまくいくと大変いいと思うのですが、相乗り打ち上げを基本的には前提としているのですね。

杉田教授 そうですね。

小野田委員 そうすると、いつ、どういう軌道にチャンスが出てくるかというのは割と間近にならないとわからないという状態だとすると、2年に1回というのが本当に2年に1回あるのでしょうか。あるいは次に何が出てくるかわからないから、様々な場合をケーススタディーして準備しておかなくてはならないということになると、ペーパーワークだけをずっとやらなければならないというような話にもなりかねません。プロキオンの場合は打ち上げのどのくらい前にわかったのですか。

中須賀教授 本当に最終的に決まったのは14カ月くらい前です。

小野田委員 でも、14カ月あったのですね。

中須賀教授 いや、14カ月は厳しかったです。実際には12カ月でつくりました。

小野田委員 下手をすると、ペーパーワークだけで本来狙った人材育成に、ならない可能性もあるかと思います。それから、2年に1回という目標に対して、少なくとも今まではそのくらいの頻度でチャンスがあったのでしょうか。過去の統計がどうだったかという話と、今のようない問題にどう対処していくのかという2つを教えてください。

杉田教授 非常に本質的な点です。まだ数は多くないわけですが、過去3回くらいは2年置きくらいで実績がありました。プロキオンが2014年に打ち上がって、今年はインタープラネタリーではないのですが、惑星大気に突入するための準備という意味も含めてISSからの放出衛星があります。その次の2年後、2018年にNASAのSLSの相乗りの機会にむけて準備を進めています。ここまでは何とかぎりぎり2年ごとにやれてきていて、機会はそれなりに増えています。例

例えば火星探査の機会なども、かなりの国が色々と進めています。実際にはペーパーワークだけで終わってしまうとか、作ったけれども乗せられないということは否定できないのですが、何とかできる可能性があるのではないかなと思っています。

あとは、木星探査機のJUICEだって、物すごく小さいデッドウエートは必ず生じるはず。60キロ級はなかなか難しいかもしれませんが、Cube衛星クラスの重量が出てくる可能性は高いでしょう。それで、良いものを提案できるということになれば頑張れます。目的地が距離が遠いので、そこまで耐久性を出せるかどうかは検討の余地がありますが、実現の可能性はあります。現状は、以上のような状況になります。

ただ、やはりおっしゃる通り、これからもずっと相乗り機会のみを頼り続けていていいのかという課題は存在します。静止遷移軌道(GTO)からキックモーターで1~2km/sの増速すれば惑星探査ができるので、そういった方策も課題として考えています。

中須賀教授 もう一つ言うと、深宇宙探査だけではなくて、地球周回衛星という、これはもうある程度相乗りという可能性が見込まれますので、それもあわせて両方で技術力を高めていく必要があるのではないかなと思っています。我々も実はまだ打ち上げていないのですが、Nano-JASMINEという超小型天文観測衛星を国立天文台と一緒に開発しており、打ち上げ機の問題で打ち上げは遅れていますが、これも世界のトップサイエンスをある程度狙えるような38キロの衛星を作っております。地球周回の観測衛星も一つの技術を高めていける土台になるのではないかなと思っています。その両方で2年に1回ぐらいのイメージですね。

あるいは、インフレーターバルーンのように、将来は惑星に行くけれども、まずは地球で試してみましようという事前実証の機会もあると思うので、そういうものを全部入れればこれぐらいの頻度で可能ではないかと考えております。

小野田委員 ぜひうまくチャンスを確保していただければと思います。

松井座長 質問ですが、キックモーター的な開発は、要するに地球遷移軌道から打ち出すためには必要なのですが、そういう開発はどこかやっているのですか。

中須賀教授 我々が個別に企業と相談して始めていますが、まだオフィシャルなプログラムにはなっていないです。

松井座長 これは非常に重要ですね。

杉田教授 重要です。

松井座長 こういうプロジェクトを新たにやっていくということを入れれば、2年に1回というのはかなり現実的になりますね。

杉田教授 あとは電気推進を使ってある程度軌道高度を高くしてから、ぱんと最後に放り出すという形もあると思うのです。電気推進はもうプロキオン等で実証しましたので、使えると思います。

市川委員 相乗りが保障されないと、いつ打上げが出来るようになるかわからないので、常に相乗りを保障する枠組みをつくり出すことが大切です。先ほどの小規模プロジェクトの枠組みを1つ使うというように具体的に持っていないと今までと同じになってしまいます。ぜひしっかりとした枠組みを作ること考えてほしいと思います。

松井座長 ありがとうございます。それでは、2つの発表の質疑をこのぐらいにしたいと思います。では、杉田先生、中須賀先生、バックシートにお戻りください。

前回と今回の議論を踏まえた議論のポイントにつきまして、事務局から説明があると思うのですが、よろしくをお願いします。

行松参事官 前回、それから今回も、資料を拝見しながら、今後議論をどうまとめていくかということの一助として、4点ほどメモ的にまとめさせていただきたいと思います。

まず1つは、様々な科学技術分野の知見、産学官の人材、設備、施設、資金を統合しつつプロジェクト管理を進めていくことができるプロジェクトマネジャーの存在が不可欠ではないかというのが1点。

2つ目として、個別のミッションに応じた多様な機器開発を行える高い専門性・技術性を有した機器開発人材を継続して育成するため、適切な人材の評価が重要ではないか。

3つ目として、プロジェクトが長期にわたることを踏まえて、長期間安定的に雇用が可能となる環境を整えることが重要ではないか。

4つ目として、プロジェクトの数が限られている中で、プロジェクト参加機会の最大化をすることが重要ではないか。

ということで、今後まとめるペーパーに関してたたき台を用意させていただこうと思うのですが、柱立てをするとしたらこういうところではないかと思っております。いかがでしょうか。

松井座長 それでは、ただいまの御説明に関して御質問、御意見等ありましたら、お願いします。今後、取りまとめとして案を作る際のポイントの論点整理をした結果が今の4点です。

藤井委員 何か具体的な施策が出てくると考えていいのですか。例えば、長期的・安定的に雇用を可能とする環境を整えることというのが出ていますけれども、これに対して、例えばこういう制度をつくったらいいとかという案が出てくるのでしょうか。

松井座長 本当はそういう政策として提案できるようなものが出てくれば望ましいと思います。現在、ISASの方で具体的にそういう話をされており、それがここで言っているものと合致すれば、それはそういう方向を進めていくということになるかと思いますが、現段階では、具体的な施策というよりは、とりあえず考え方です。一方で、提案されている具体的なプロジェクトも幾つかあるわけですね。例えば東京大学の案にしても、ISASの案にしても、幾つかあるわけですから、そういうものでプッシュできるものがあれば将来的にはそういうものを工程表の中に入れ込んでいくことになるかと思いますが。

小野田委員 質問ですが、プロジェクトの数が限られているという説明でしたが、これはプロジェクトの数を増やす方向も包含していると思っていいのでしょうか。限られた数の数はもう限定で、いかにして参加機会を拡大するかというだけではないという理解でよろしいですか。超小型衛星のようなものでプロジェクトの機会を増やすことも排除しているわけではないということでしょうか。

松井座長 排除はしていないと思います。むしろ配慮したほうがいいのではないかということですね。大体こういう方向でとりまとめるということではよろしいですか。ありがとうございました。

それでは、次の議題に移りたいと思います。2つ目の議題として、先日異常が発生し、運用を断念することとなってしまったX線天文衛星「ひとみ」について、JAXAより報告をしていただきたいと思います。

JAXA ASTRO-H「ひとみ」ですが、4月28日にJAXAとして運用断念の決定を行いました。一度も本格的に衛星を運用しないまま運用断念ということで、この衛星の開発を長い期間にわたって開発を行ってきた日本及び米国の研究者、技術者にとっては痛恨の極みの事態であります。

また、NASAにおいては独自の大型X線計画を持たずに、ISAS、JAXAとの国際協力により、米国のX線分野の存続をかけてという政策を明確に出しております。国際協力における信頼関係の観点からも、JAXAとISASの打撃は大きいものがあります。

さらに、政府及び国民の広範な期待に応えられなかったことも含めまして、大変申しわけなく思っております。

この状況で、JAXAは、理事長をトップとします「ひとみ」運用異常対策本部を立ち上げまして、その下にISAS所長をトップとします原因究明チームを編成して、現在、活発に活動しております。原因究明チームは、ISASだけでなく、JAXAの他部門の支援を得ながら、直接的な技術的原因の解明のみならず、衛星開発、それから衛星運用のプロセス及びその体制を含む背景要因について深掘りしているところであります。

原因究明作業に当たりましては、技術的、プログラムの、あるいは体制的原因を徹底解明することが大事でありまして、これなくしてはISASの再起は望めないという立場で取り組んでおります。

そういった状況の中で、「ひとみ」のプロジェクトチーム及び支援メーカーより積極的な不具合に関する情報開示があり、原因究明作業は順調に進んでおりまして、大変ありがたいことと思っております。

背景要因まで含めました原因究明の後に、先ほども少し議論となりましたが、ISASの科学衛星探査機の開発体制全般の見直しを行わざるを得ない状況であります。また、今回失われましたASTRO-H「ひとみ」のサイエンスをどう回復するかについては、これらの作業にめどがついた段階で対応していきたいと思っております。

不具合の直接の技術的原因については調査がかなり進んでおりますので、本日はまずその辺を中心に、プログラムディレクターの久保田より説明させていただきたいと思っております。よろしく申し上げます。

< JAXAより資料3に基づき説明 >

松井座長 ありがとうございます。それでは、ただいまの説明に関しまして、御質問、御意見等ございますでしょうか。

市川委員 スタートラッカが異常な情報を出したことが原因で、あとは想定されたことで動作しているのですか。

JAXA スタートラッカが一旦、星を同定して姿勢を出した後に、それから数分程度データが来なくなったということが一つのトリガーにはなっておりますが、そういう高い値でバイアスレートが保持されたことが異常だと考えています。通常、0.05とか0.03deg/hという非常に小さい値です。バイアスレートがこのくらいですと、数日ほっといても大きな姿勢変更をしませんので、後ほどスタートラッカのデータをリジェクトしていますけれども、スタートラッカのデータを使わなくても、次の可視時間でどちらのデータが正しいか判断して復旧ということはできたのですが、今回、高い値に保持されたために速く回ってしまって、こういう事態が生じたと考えております。

ただ、スタートラッカが一時トラッキングして姿勢データを出して、再び戻ってしまった原因については、今、詳細に解析しているところでございます。

藤井委員 今の説明をもう少し詳しくすると、スタートラッカがアクイジションモードに入るといえるのはいつでもあり得ることですね。

JAXA はい。

藤井委員 ですから、それが偶然、高い値から下がってくる途中の比較的高

いところでアクイジションモードに入ったということは問題というよりも、いつでもそれは起こり得るのではないかと思うのです。むしろアクイジションモードに入ったときには、そのデータ自体は有効ではないというステータスを立てて、それを使わないとか、そういうことになっていけば、恐らく大丈夫だったと思うのですけれども、高い値になった、偶然そこでアクイジションモードに入ったからではないのですか。別段そこでとまったというわけではない。

JAXA 高い値にするのは、収束時間を短くするために過去20回以上同じようなことをやっていますけれども、同じように高くして収束させていたのです。

藤井委員 その間には、いつもアクイジションモードにその途中で入らなかったのではないですか。だから大丈夫だったわけで、今回はその途中でアクイジションモードに入ったからこういうことが起きたという理解をしているのですけれども、それでいいですか。

JAXA そのとおりです。スタートラッカがアクイジションモードに一旦戻ったので、姿勢データを出さずにいましたので、そこは保持されたところです。

藤井委員 それを本当のデータだと思ったのが間違いというか、アクイジションのときにはそれは使わないシステムにはなっていなかったわけですね。

JAXA スタートラッカが一旦アクイジションモードに戻りますと高い値が保持されてしまうので、それを使わずに、慣性基準装置(IRU)のデータも最初の値にするとか、そういうことをしていれば。

藤井委員 していればね。

JAXA そういうことはしていなかったということです。

藤井委員 そのようなところが想定はされていなかったと。

JAXA そこも今、調べています。

松井座長 今回の件は、偶然そういうことが起こったということですか。

JAXA 偶然かどうかは今、調べているところです。

藤井委員 今回起きなくても、こういうのはある確率でどこかで起きる可能性があったと考えるのですけれども、そういう理解でいいですか。

JAXA 今、調査していますけれども、そう考えていいかと思えます。

小野田委員 1つ教えてほしいのですが、IRUが角速度の認識に一定の誤差が入ってしまった、IRUが思っている角速度に一定の誤差が入ってしまったわけですね。それが残ってしまった。それでリアクションホイールの速度がどんどん上がるのは何でしょうか。

JAXA 何も無い宇宙空間にただ漂っているだけでしたら、単にゆっくりと回っているだけでリアクションホイールの回転数も上がりません。

小野田委員 誤差分が回転するだけですね。

JAXA 回転数は上がらないのですが、これは地球周回の衛星ですので、どう

しても重力の傾斜の影響を受けて傾きます。ASTRO-Hの衛星は姿勢を保持するために、姿勢が傾く力を直そうとして、リアクションホイールはさらに回転数を上げて姿勢を保持します。そうすると回転数がどんどん上がっていくので、宇宙空間に漂ってしまいたらリアクションホイールの回転数は一定なのですが、地球を周回して、その重力の影響を受けて、姿勢が外乱を受けますので、それを直そうとして回転数が上がっていったということになります。

小野田委員 それはIRUの認知した角速度に誤差がなくても上がるのですね。

JAXA なくても同じです。

小野田委員 わかりました。だから、リアクションホイールがどんどん回転数が上がったのは、この誤差があったからというわけではないという理解でいいのですか。

JAXA 誤差があるなしにかかわらず、地球を周回していますと回転数は上がっていきます。

小野田委員 誤差があるなしにかかわらず、セーフホールドモードに最終的には入ったはずだと。

JAXA もう一つありまして、通常ですと回転数が上がっていくのですが、アンローディングといって回転数を下げるようにします。ただ単に下げただけですと姿勢が傾きますので、MTQ(磁気トルカ)を使って姿勢を保持しながら回転数を下げるのですが、そのときにIRU誤差を用いた推定をしたときに正しい方向の姿勢ではないのにもかかわらず正しいと思ってアンローディングをかけたので、アンローディングが正しく働かなかったということで、さらに増えたということです。

小野田委員 MTQがうまく機能しなかったから、リアクションホイールの回転数が上がってしまったという言い方もできるということですね。

JAXA MTQ自体は問題ないのですが、姿勢系が持っている姿勢でMTQをかけましたので、実際には正しい姿勢ではないので正しく働かなかったということです。

小野田委員 私が働かなかったと言ったのは、その意味のつもりです。

それから、IRUの誤差だとか、MTQが効率的に働けなかったということが起きようが起きまいが、何らか全く別の原因であっても、セーフホールドモードに仮に入ったら、そこで破綻していたという理解でいいですか。違うスラスタが作動するようになっていたので、セーフホールドモードに落ちることがあれば、そこで破綻したであろうという理解でいいですか。

JAXA 正しく説明しますと、セーフホールドには2種類ありまして、リアクションホイールでセーフホールドにかけるモードと、スラスタでかけるモードと2つありました。姿勢系が正しくて、他の何らかの要因で姿勢異常を検出し

た場合には、リアクションホイールモードでセーフホールドをかけるということもありますので、故障事象によっては起こらなかったかとも思います。

小野田委員 スラスト使用モードでセーフホールドに落ちたら破綻していた。JAXA はい。

山崎委員 運用体制について少し教えていただきたいのですが、通常の科学衛星と今回、運用体制を特に変えたとかいうことはあるのでしょうか。

JAXA 運用体制は、基本的には同じような体制でやっていたのですが、クリティカル運用が終わって、初期機能確認を行って、その後、幾つかのキャリブレーションフェーズを終えて、定常運用を行う予定でいました。マスパロマスのレンジ運用の時にリアルタイムで運用していれば、異常はもっと早くわかったかと思います。それにつきましては、姿勢マヌーバ後の確認はクリティカル運用の時に行っておりまして、その時には海外局も全てリアルタイムで運用してきました。その後、初期機能確認に移るところでレンジ運用のところのリアルタイムでの運用をちょうどなくした移行期間であったと考えています。

定常運用にいきますと、これは通常の科学衛星でも非可視のときにリアクションホイールでの姿勢マヌーバは行っているのですが、そこは同じなのですが、時期に関して早かったかどうかにつきましては、原因の背後要因を含めて今、調査しているところです。事実としては、クリティカル運用では必ず姿勢マヌーバした後もリアルタイム運用で確認はしてきたところで、そのちょうど移行期間に入ったところでこういう事象が起こったと考えています。

山崎委員 状況はわかりました。

リアルタイム運用ではなかったもので、例えば異常のフラグが立ったというのは、通知までは来なかったということですか。

JAXA はい。リアルタイムで運用しなくて、ただ、10分間のHKデータはおろしておりまして、データレコーダーに入れておりました。その期間のデータは翌日の内之浦のパスで確認をしておりました。データレコーダーにためて、自律機能でアラームを出すという機能は持ってありませんでした。

倉本委員 推定メカニズムの24ページ目の図を見ているのですが、これは基本的には のところが、ここでうまく動作していれば救えたのだけれども、ここがうまくいかなかったと理解してよろしいのですか。

JAXA 起こった事象のメカニズムなのですけれども、そういう考え方もあるかとは思いますが。

倉本委員 それから、 のところで不適切なパラメータ設定をしていたということなのですが、これは実際に不適切な値が入っていたことが確認されたということですか。

JAXA 衛星に書き込んだデータを確認して、不適切だったことを確認してお

ります。これは本日御説明しませんでした。スラスタの制御パラメータにつきましては打ち上げ前にセットしまして、ロケット分離後、スラスタを使っています。そのときは適切なパラメータでございました。

その後、EOBという伸展式光学ベンチを延ばしますと重心位置が変わりまして、質量分布も変わりますので、パラメータの書きかえをEOBを展開した後に運用で行いました。その時にスラスタの制御パラメータも同時に変えたので、変えた時に不適切なパラメータを入れてしまったということでございます。

スラスタに関しては、打ち上げ後、スラスタを使っていますので、圧力が変わっています。このスラスタはブローダウン方式で、使うごとに推力がちょっと弱くなっていきますので、その最適化を行うために、スラスタのパラメータもそこで書きかえた時に誤りが入ってしまったということです。

小野田委員　そういうパラメータの書きかえは今までの衛星でも頻繁にやっていたのでしょうか。そこは大変重要なところなので慎重にやって、他の衛星では今までこんな大きな問題にはならなかったと思うのですが、今回、アップロードする時に、従来、普通にアップロードするのとは違う何か特殊な事情とかがあったのですか。

JAXA　オペレーションに関しましては、通常のパラメータの書き方と同じオペレーションでやっていますので、そこに異常があったとは考えておりません。そこでどういうことが起こったか、今、調べているところです。

実際にセットしたパラメータを衛星に送って、衛星に送ったデータと正しいものが書き込まれたというのもダンプデータを降ろして確認していますので、オペレーション自体は特に異常はなかったと考えています。

藤井委員　そういう色々なミスみたいなものは起きると思うのですが、セッティングした時にそれをオンボードでは必ずしもなく、チェックする機構というのはあるわけですね。そのように設定した時にどういう動作をするか。そのチェックというのが重要かと思うのですが、今回はやっていなかったのですか。

JAXA　検証している部分としてない部分があって、こういうことになった原因は、その検証が不十分だったと考えています。

藤井委員　それから、そういうプロトコルが実際にこういうことをやる時にはこういう手順でこれをやりなさいというような決まり方はしていなかったということですね。

JAXA　ある部分となかった部分があるとか、そこは今、原因究明チームで背後要因を含めて詳細に検討しているところです。

山崎委員　そうすると、その値を計算した段階でその値の設定自体がいけなかったのか、あるいはその値と違う値を何らかの事情で入力してしまって、それが阻止できなくて行ってしまったのか、どちらかというところはまだ調査中

でしょうか。

JAXA 送るときのデータが誤ったというのは確認していますので、そのパラメータを作る段階でミスがあったと考えています。

山崎委員 ということは、運用というよりは、むしろその前の段階のパラメータを決めるというところに問題があったということでしょうか。

JAXA 運用をどこまでやるかは別です。パラメータを決めてから、コマンドとして上げる運用には問題なかったと思いますが、そのパラメータを作る過程での運用という観点で今、調査しています。

松井座長 パラメータを作る過程とはどういうことをやるのですか。

JAXA これはスラスタが4つありまして、4つの噴射時間と、どのスラスタを使うかというものを決めるパラメータなのですが、実際には重心位置と慣性性能率が変わったということと、スラスタの圧力がテレメトリーデータからおりてきますので、そのデータをもとに決める過程の中でミスがあったと考えていまして、作った後のデータを送る過程ではミスはなかったと。

小野田委員 制御系のパラメータなどをアップロードする時には、事前にシミュレーションをやるとか、そういう普通にやる手順があるのではないかと推定するのですが、その手順が今回やられていたのでしょうか。

JAXA 今、そこの確認をしているところです。

松井座長 この問題はこれから原因究明と、このASTRO-Hに関してサイエンスとしてどうしていくかとか、あるいは工程表に書き込まれているものにどう対応していくかとか、色々な検討をしなければいけません。現時点では、原因究明をしっかりとやってもらって、それが進展した状況でまた話を聞くということかと思えます。

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。

行松参事官 次回の開催日程に関しましては、今後、事務的に調整をしたいと思えます。

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。

以 上