

## 第2回宇宙開発委員会 安全部会 議事録(案)

1. 日時 平成20年9月16日(火)14:00～16:00
2. 場所 文部科学省 3階 2特別会議室
3. 議題
  - (1) 国際宇宙ステーションの日本の実験棟「きぼう」(JEM)の実験装置に係る安全評価について
  - (2) その他
4. 資料
  - 安全 2-1-1 国際宇宙ステーションの日本の実験棟「きぼう」(JEM) 実験装置に関する安全評価 質問に対する回答
  - 安全 2-1-2 国際宇宙ステーションの日本の実験棟「きぼう」(JEM) 実験装置の概要について(改訂版)
  - 安全 2-1-3 国際宇宙ステーションの日本の実験棟「きぼう」(JEM) 実験装置に関する安全検証結果について(改訂版)
  - 安全 2-1-4 国際宇宙ステーションの日本の実験棟「きぼう」(JEM) の実験装置に係る安全検証結果について(案)
  - 参考 2-1 安全設計の流れ
  - 参考 2-2 Micro-Satellite Impact Testing(花田特別委員の資料)
5. 出席者
 

【宇宙開発委員会】	
安全部会部会長	池上徹彦
部会長代理	青江 茂
委員長	松尾弘毅
委員	森尾 稔

- |      |       |
|------|-------|
| 特別委員 | 工藤 勲  |
| 特別委員 | 熊谷 博  |
| 特別委員 | 栗林忠男  |
| 特別委員 | 佐藤吉信  |
| 特別委員 | 下平勝幸  |
| 特別委員 | 首藤由紀  |
| 特別委員 | 竹ヶ原春貴 |
| 特別委員 | 中村 順  |
| 特別委員 | 花田俊也  |
| 特別委員 | 雛田元紀  |
| 特別委員 | 馬嶋秀行  |
| 特別委員 | 松尾亜紀子 |
| 特別委員 | 宮本 晃  |

### 【文部科学省】

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| 文部科学省研究開発局参事官付補佐      | 瀬下 隆 |
| 文部科学省研究開発局宇宙利用推進室室長補佐 | 辻 紀仁 |

### 【説明者】

- 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
- |                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| 有人宇宙環境利用ミッション本部有人システム安全・ミッション保証室 室長 | 小沢正幸 |
| 有人宇宙環境利用ミッション本部宇宙環境利用センター 主幹開発員     | 松枝達夫 |

## 6. 議事内容

- (1) 国際宇宙ステーションの日本の実験棟「きぼう」(JEM)の実験装置に係る安全評価についてJAXAから安全2-1-1、安全2-1-2、安全2-1-3及び参考2-1に基づき説明があった。主な質疑は以下のとおり。

【森尾委員】2故障まで許容するというケースですけれども、一つの故障が起こると、その結果として、またもう一つの故障が起こるというのを、二つと数えるのか、一つと数えるのかで随分違うと思うんです。ですから、2故障許容といった場合は、独立した事象二つを選ばないと大して意味がないように思うんです。その辺の考え方、基準というのは何かあるんですか。

【JAXA(小沢)】はい。今御指摘ございましたとおり、故障を考えるときには独立した二つの故障を考えてございます。別の手法としまして、一つの故障、例えば電源系が故障した場合、その電源から供給を受けているコマンドを送信するような通信系も電源が行かないので機能しなくなってしまうんですけれども、このような場合にはそれぞれFMEA(故障モード影響解析)という手法を用いまして、一つ一つの故障に対して、システムにどのような影響をするかということを検討してございます。ハザードを考える場合には、全く独立した故障が起こったときにどのようなものになるかということを検討してございます。

【池上部会長】よろしいですか。

【森尾委員】いや、ちょっとあんまりよくわからないんですけど、すみません。例えば、今御説明いただいた29ページに過電流保護回路の絵がありますね。資料2-1-1の29ページに、回答の中

の1番目には各電力分配器から電力が供給されます。2番目には、過電流保護回路がついていますと。3番目には、その過電流保護回路のこういう形式のものが入っていますという下の図に書いてあるものが書いてあって、4番目に、実験すればちゃんと動作しますということが書いてありますね。

故障というのは、例えばこの場合に電流検出抵抗とありますけれども、この抵抗がショートしてしまうと、過電流が流れても過電流が検出されないということになりますね。例えばそれが故障ですね。そういう故障と、例えばここに書いてある負荷機器というのがありますね。負荷がショートした場合、ここを多分省略されていると思うんですけど、間に入ったDC/DCコンバータというのは実はこういうふうに、この絵の両端は直流ですから、直接トランスになっているわけじゃなくて、この点線の中のトランスが書いてあるようですけど、これは実は機器、DCをACに変換して昇圧なり高圧なりして、またDCに変換する。この中にある種の機械が入っているわけですね。今私が申し上げました電流検出抵抗がショートして、しかも負荷がショートしたという場合は、真ん中のDCコンバータというのは、場合によっては火災を起こすリスクがあるわけですね。

例えばそういうところをどうやって実験したか、検討されたかということを実は御説明いただきたいので、過電流保護回路がこうなれば働きますというのは、正常に働くというのはある意味で当たり前であって、今のような2故障が偶発した場合にどうなのかという御説明がないと、なかなかわかりにくいということを申し上げたいんです。

【JAXA(松枝)】今のような負荷の機器と電源分配装置が同時に故障した場合には、結局のところ、今、30ページの図でござい

ような上流の船外実験プラットフォーム側の遮断回路に依存して、保護するしかないというふうに考えております。

【森尾委員】 そうだと、もっと上流の過電流保護装置のどこを過電流とするかという閾値が、下流のものとはべりゃ随分大きいわけですよ。だから、幾つもぶら下がっているものの一つがショートしても、上流の過電流保護装置がそれを過電流と認識できるかどうかの問題なのであって、だからここにそれぞれ過電流保護回路を入れられたんだと思う、設計者の意図としては。

ただ、過電流保護回路が出力抵抗ショートという事故に対して動作しなくなるわけですから、そのケースをどうやって救うか。ミッション機器が動作することを保証することは難しいと思うんですけれども、最悪火災になることをどう防ぐかということだと思っんですね。

【JAXA(松枝)】 火災自身につきましては、本装置は曝露環境で使うということになってございますので、本実験装置とか船外実験プラットフォーム上で火災が発生することは、空気がございませんで、ございません。

【森尾委員】 いや、今即答をいただかなくても、ちょっと専門家と御相談されて、こういうふうになっていますということを御説明いただければ十分だと思います。

【池上部会長】 我々がやっているのは機械の信頼性の話ではなくて、あくまでも有人に対する安全という点で見ているわけですよ。多分今の話は、カタストロフィックハザードに直接つながる話ではないので、クリティカルハザードに入れているんですか。電源周りの話というのは、答えられますか？

【JAXA(小沢)】 現在の制御方法について御説明いたします。現在の制御方法では、下流側にショートがあっても、その閾値に達し

ていないような、スマートショートという場合、電流がリークしている場合でも、130%以上流れるところまでは十分持つような設計にさせていただきます。流れても火災に至らないような設計方法をとってさせていただきます。

【森尾委員】 いや、今のは私が御質問したこととちょっと違うので、今日即答されなくても結構ですから、後で検討してお答えいただきたい。

もう一つ質問いいですか。電磁波の不要輻射のところがあります、21 ページですね。ここに記載されていることは、ペイロードの方が何らかの異常で、不要輻射といいますか、電磁放射雑音が増えた場合に、ISS 側に重大な影響を与えることがないようにするということですよ。

【JAXA(小沢)】 はい、そのとおりの意味でございます。

【森尾委員】 規格は 80 dB マイクロボルト/メートル、0.01 ボルト/メートルと書いてありますけれども、実際は試験をすれば 60 ボルト/メートルまでは誤動作しないとここに書いてありますが、この誤動作しないという意味は、ISS 側のいろいろな機器が誤動作しないという意味ですか。

【JAXA(小沢)】 はい。インターフェース条件が決められてございます。

【森尾委員】 いえいえ、電磁放射雑音ですから、オーミックコンタクトで来るものではなくて、飛んでくる電波による妨害ですよ。ですから、0.01 ボルト/メートルが規格で、実際は 60 ボルト/メートルというのが、すごく強い、例えば東京タワーの真下に行っても大体 1 ボルト/メートルぐらいですが、東京タワーが出している電波の帯域ではまず携帯は使えないぐらいの妨害を受けますね。だから 60 ボルト/メートルってすごく強い電界強度

だと思うんですが、それだけ出しても ISS の中のいろんな機器は重大な妨害を受けないということを試験で確認したというふうに読めるんですけども、そうなんですかという質問です。

【JAXA(松枝)】 ありがとうございます。筑波の EMC の試験棟におきまして、こういう環境の電波の中にそれぞれの装置を入れまして、感受性側はそれで誤動作しないということを確認してございます。

【池上部会長】 これについて、熊谷さん、この答えで満足いただけますか。

【熊谷特別委員】 いや、これは非常に大きな値なので、これが空間的な電界なのかどうか、ちょっとよくわからないんですが、これはこういう試験をされて大丈夫だったということなのかなと思ったんですけどね。

ただ、いわゆるエミッションとしての基準が 80 dB マイクロというのがあるので、これに対して別に感受性が 6,000 倍マージンがあるというのは、何かちょっと論理的におかしいような気がして、エミッションに対してどのくらいのマージンで今満たされているのかとか、それもちゃんと書いた方がいいんじゃないかなという気がするんですね。ちょっとそういう印象を受けたんですけど。

【森尾委員】 いや、私もあんまり違いすぎるので、ちょっと違うことをお答えになっているような気がして。

【池上部会長】 いや、でも、エミッションのレベルというのがこれだけ低いよということなんでしょ、機器の。ここで言いたかったことは、それはやっぱりおかしいですかね。

【森尾委員】 そうだったら、そう書いていただければいいのであって、6,000 倍まで大丈夫だというのはね。

【熊谷特別委員】 80 dB マイクロボルト/メートルというのは、これは基準ですか。規格であると。

【JAXA(松枝)】 ここにお書きしている数字は、それぞれ規格、エミッション側の規格と、サスセプト側の規格です。

【熊谷特別委員】 だから実際の、我々というか、こちらの装置のエミッションのレベルというのはこれよりずっと低いということが言われているわけですね。

【JAXA(松枝)】 そうですね。

【熊谷特別委員】 はい。まずそれが一つあって、それから感受性がこれだけあるよというのは、またちょっと別の問題かなと思ったんですがね。

【池上部会長】 ああ、そうか、表現の仕方がちょっとおかしいかもかもしれませんね。

これは平均値でしょう。サージなんかの場合はどう、これは一応サージのピーク値で見ているんですか。

【JAXA(松枝)】 ここでは要求が厳しい 200 メガヘルツの部分だけをおう数字であらわしてしまっていて、それぞれ周波数ごとにあるレベルが定まっていますが、御質問の意図が……。

【池上部会長】 要するにこれは ISS 本体側のデジタル信号に対するハザードですよ。サージでポーンと行った場合に、本体側のデジタル信号の方が影響を受けないように手は打っているとは思いますが、そういう意味で、これは平均の話なのか、それともピーク値も含めて言っているのか。ピーク値は当然これより大きくなりますよね。

【熊谷特別委員】 そうですよ。

【池上部会長】 というのは、例えばポーンと電源が断たれたときに妨害電源がポーンと上がるような話というのは大丈夫なんですか

ね。

じゃ、それもちよっと表現の問題については、これまた少しわかりやすく書き直すようにいたしましょう。そういうことでよろしいですか。どうぞ。

【松尾委員長】 2 故障許容というのが大変強く響いて、安全についてのキーワードのような印象を我々は持ちちゃっているんですけども、例えば 9 ページの表を見ますと、2 故障許容というのがこの中で二つ、三つしかないわけで、残りはみんなリスク最小化設計と書かれているんです。

何かその周りに可能性のあるファンクションが幾つか存在して、故障しそうな可能性があれば 2 故障許容設計をするけれども、そうでない場合は圧倒的にリスク最小化設計、なるだけ起こらないようにしますという設計を採用されている。そう読めるんですが、実際はそう思っただけでよろしいですか。

勝手にこちらが強く感じすぎているのかもしれないけど、このものは全部 2 故障設計になっておりますから大変安全ですと言うのかというと、必ずしもこれを見るとそうではないという気がしますね。ハザードの中には原因が一つだけであって、別にほかの理由はなくたって起こるものがあるわけで、そのときに無理やり 2 故障設計にするためにほかの理由を作る必要は全然ないと思いますけれども、そうすると、この表のようになるんでしょうかね。

【JAXA(小沢)】 ハザードに至るのはどのようなときかと考えますと、エネルギーが流れていったときにハザードを引き起こすわけなので、そのエネルギーをどのように遮断するかというときに、例えばスイッチを複数設けてエネルギーを遮断していく、こうなのが、一つが故障した場合でも、エネルギーが行かないという

設計をするということを故障許容と申しております。通常の場合は、考えられ得る負荷に対して十分なマージンが持てるのであれば、そちらの方向も検討していきますが、今回挙がったハザードにつきましては、最大の負荷に対しても十分なマージンを持てるような設計をすることができ、リスク最小化設計が多く手法としてとられたということでございます。

【松尾委員長】 要するに 2 故障許容というのはキーワードではなくて、幾つかあるやり方のうちの一つだという位置づけなんですねということを確認しているだけの話です。

それから、この上から二つ目のところに圧力システムの破裂・漏洩というのがあって、これはその前の方の文章では、二つ、配管系かバルクか何か知らないけど、そちら側で 2 故障があったとしても、そのとき生ずる最大の圧力がこの破断応力に至らないということになっているわけですね。

リスク最小設計で読もうと思うと、リスク最小設計の定義というのが、最悪の環境でも耐えられることで、その 2 故障という話が最悪の環境の中に吸収されているわけね。だから、どちらで読むんですか。まあ、どうでもいい話だけど、というようなところもございます、ここについては。

ここはたまたまリスク最小化設計というような位置づけになっているけど、これをもし 2 故障と書いておいてくだされば、私の質問も、まあ、二つしかないのが三つになるから、少しは和らいだかなと。これはどうでもいい話。

【池上部会長】 それはどうですか。要するに書かれていることが矛盾しているんじゃないですか。圧力についてですね。

【JAXA(小沢)】 どちらに焦点を置くかということで、現在のところ、配管設計について焦点を当てましたので、配管設計については

二つの故障が起こったときに最大になる圧力を評定しまして、その評定に対して十分持つような配管設計をさせていただきますが、おっしゃるとおり、その最悪はどのような環境で至るのかというときには、故障があった場合を想定して考えてございます。

【松尾委員長】これは大した質問じゃない。だから、要するにエクスクルーシブな概念ではないんですねという話なんですよ。

【池上部会長】どうぞ。

【佐藤特別委員】基本的なことなんですけど、1故障許容といった場合に、故障した場合に、自然に安全な状態に移行してしまうような場合もありますよね。それからあと、1故障した場合、自然には安全な状態にならないんだけど、さらに別の機能によって安全な状態を維持する。そういう意味で、1故障許容といった場合に二通りの場合があると思うんですけどもね。

2故障の場合でも、厳密に言えばそういうこともあり得る。二つ故障が起きていても、第3の機能が正常に働くことによって安全な状態を維持する。そういう場合と、たとえ二つ故障しても、後は何もなくても自然に安全な状態に移行しますという場合があるわけですけども、この1故障とか2故障といっただけでは、そのどちらなのかがあまりはっきりしないですよ。2故障といっても、じゃ第3の機能が働くことによってかろうじて安全が保たれるのか、それとも、2故障しても必然的に安全な状態に自然に移行するのか。そう考えると、むしろ逆に1故障で安全な状態に行っちゃった方が、安全といえば安全なんですけれども、その辺があまり明確でないということですね。

それから、故障といった場合は、御存じのようにいろいろな故障モードがあるわけで、あるハザードに対しては安全な方

向の故障もあるし、あるハザードとしては逆に危険な場合もあるわけですし、そういう意味で、もう少し詳しく、どういう故障モードがあって、どの故障モードに対して1故障許容なのか、あるいは2故障許容なのか。さらに2故障許容の場合、それは第3の機能が働くことによって安全な状態が維持されるのか、それとも自然に2故障することによって、あるいは1故障することによって安全な状態へ行ってしまうのか。その辺がわかると非常に安心感が出てくると思うんですが。

【池上部会長】今の点について、もちろんここで限られた時間内でやっていますので、全体のコンセプトの中での議論しかできないですね。

【佐藤特別委員】ちょっといいですか。ちょっとつけ加えますと、実は先ほど冒頭にちょっと質問がありましたように、共通原因故障が必ずあるわけですよ。共通原因故障を考えた場合に、例えば2故障許容であっても、共通原因で起きた場合には全く1故障と同じことになってしまいますので、それで通常は、場合によって違いますけれども、共通原因というのは大体故障率も1%とか、あるいは大きい場合は20%とか、そのくらい見込みますので、ひどい場合には2故障といったって、故障率が1けた程度せいぜい下がるくらいのもになってしまうわけですね。

そういうことを考えると、今申しあげましたような、故障した結果どうなっていくのかというのが非常に大事になってくると思うんですけども。

【池上部会長】今の考え方については、特にJAXAとしては意見はありますか。

【JAXA(小沢)】はい。どのような原因で発生するのかというハザードを

考えますので、ハザードに至る原因を制御している部分の故障のみを考えてございまして、故障したら、安全化に行くようなものについては故障許容の対象にはしてございません。これがうまく働かない場合には、ハザードに行ってしまうもののみを識別してございまして、その故障が複数発生しても問題に至らないというような考え方で整理を考えてございます。

【佐藤特別委員】 ええ、わかりました。

【池上部会長】 ですから、もし何か具体的な点でございましたら、直接委員の方に、もし説明できるものであれば、していただきたいと思います。おそらくバックに膨大な項目があるわけですよ。それをここで全部議論するというわけにはいきませんので、この問題で、特にこれについてちょっと心配だよという点がございましたら、JAXAの方に御連絡いただきたい。あるいは我々の方で結構でございますので、御連絡いただきたいと思ひます。

何かほかにもございますでしょうか。

【青江委員】 私もよくわからないんですけど、全局的を得ていない質問かもしれないんですが、前回だったか前々回だったか、そんなに鋭いエッジがあるから、そこに、ここは危ないですよというて貼りゃいいじゃないかという話がありましたね。それに対するお答えは、何となく、いや、めった行かんからいいんだみたいな御回答のように聞こえたんですよ。めった行かんからいいというのは、そんなばかなことはないだろうということだと思ひますよ。

それで、今御説明いただいた6ページに、警告処置は不要と判断をしたと書いてあるんですね。何らかの価値判断をして、必要がないと言ったんですね。それで、前のページに行くと、

いわゆるここは危険ですよとぺたぺた貼るやつは困難だと書いてある。許されるけれども、難しいということですよ。困難というのは、えらい手間がかかるとか、そういう意味ですよ。だけど、手間がかかる、それでめった行かん、その間をバランスとると必要ない、こういうプロセスですか。

それとも、前に書いてある、ぺたっと貼るやつが設計上許されないということであるのであれば、そもそも不要と判断なんていうんじゃないんですよ。できないからだめなんです。だから、どういう考えのプロセスで、どなただったか、首藤さんでしたっけ、私は実に素朴によくわかる。めった行かんからどうこうじゃなくて、危ないところはぺたっと貼りゃいいじゃないか。人間というのはミスするんだから、いわゆるマニュアルでもって逃げるなんていうことじゃなくて、ちゃんとハードウェアで手当てができることはちゃんとすりゃいいじゃないかというのが最初の御質問だったはずなんですよ。

どうもきちんと答えていないような気がしましてね。この考え方のプロセスがどうもよくわからない。だめならだめで、ぴしっと、こうだからだめなんです、だから貼ることはできないんですよと言ってくれりゃ非常によくわかるんです。

【池上部会長】 どうぞ。

【JAXA(小沢)】 御説明の順番を間違ったかと思ひます。張ることを検討いたしました。あるいは書くことを検討いたしましたところ、標準的なデカルといひますか、ラベルを貼るエリアが見つからなかったということと、塗装で書くというところがうまく見つからなかったということが、まず前提にございました。

では、それでそのまま大丈夫だろうかということ判断したときに、その後から行かないエリアであるとか、船外活動すると

きには手すりをつけなければいけないんですけれども、手すりをつけるエリアではないので、行かないということで認められたということで、説明する順番を間違えましたけれども、今、委員がおっしゃったとおり、まず設計的にできないエリアでありましたということを御説明すればよかったかと思います。

【池上部会長】 どうもありがとうございました。あと、これについて最初僕はアルミだと思っていましたよね。そうしたら、そうじゃなかったんですね、エッジ部分というのは、アルミよりは安全と考えていいんですか。

【JAXA(松枝)】 鋭利さの問題ですので、変わらないというか、切れるのは同じです。

【池上部会長】 やっぱり同じ。わかりました。アルミよりもプラスチックの方が切れないのかなと思ったけど、そういう話じゃない、こういうことですね。

ほかに何かございますでしょうか。

それでは、そういうことで一応皆様の御質問について御回答をしたということで、ここまで来ているわけでございますが、それに基づきまして、資料 2-1-4 という資料がお手元にあると思いますけれども、こういうような形で安全部会としては結論を出してみたらいかがでしょうかという案でございます。これについては事務局の方から説明していただきたいと思います。

次に事務局から安全 2-1-4 に基づき説明があった。主な質疑は以下のとおり。

【下平特別委員】 2の審議対象がMAXIとSEDA-APという表示になっているんですが、1ページの最後の2行のところ「きぼうの実

験装置に係る安全対策は」という、この実験装置が上の2点を使って安全装置は大丈夫だ、こういうように表現されているんですが、ここで対象となった実験装置にかかる安全対策ならば審議したと思いますが、今後の実験装置も何か安全だというように読めるんですが、これは特定化はできないんでしょうか。

【池上部会長】 それはそういうふうに修正しましょう。

【瀬下補佐】 申し訳ありません。修正いたします。

【池上部会長】 ほかに何かございますでしょうか。

【森尾委員】 いいですか。私としては、先ほどの質問にちゃんと答えていただいていないので、適切であると言い切れるかどうか、まだ疑問なんですけど。

【池上部会長】 意見として伺います。

【森尾委員】 部会長としては、やっぱりこれでやりたいですか。

【池上部会長】 私としては一応、皆さんの御質問等で、今回ここに書いてある表現で妥当だと考えております。先ほどの点についてはまた後で議論しても結構ですが、今回はあくまでも有人に対してどうかということが一番高い我々の審議の対象でありまして、どちらかといいますと、先ほど御指摘がありました機器の信頼性等についての話であって、むしろ共通な別にある機器全体の信頼性にかかわる話で、順番から言うと、プライオリティーは人に危害を与えるかどうかというところにあるのではないかと。そういう点で考えますと、妥当であると評価するというのは適正だと思っております。

【下平特別委員】 私は、森尾先生の御指摘について私が答えることはできませんと考えて、あえて討議しなかったんですが、事務局、JAXAさんの方でやはりきちんと説明していただきたいのは、



先ほどの御指摘のまずレベルの話とか、それに佐藤先生からの1故障、2故障の話もそうです。それからもう一つは、安全も故障が原因ですから、故障の独立性についても、特に電源系が一番問題であるということと圧力系と2点あるんですけども、この点について再三に質問されて、討議されておりますけれども、モニタが使えるということ、それからコマンドが使えるということ、それから閾値で2段階で切りますけれども、最後のまだおかしいというところの場合にはモニタを見て、船内からコマンドで分離をするということができるようになっていて、そういう説明がJAXA内の審査で議論されて、クローズされております。

それがこの質疑の中に出ておりましたので、私はオーケーと、こういうように判断して、JAXAさんの説明がまだ不足しているなというふうに感じましたが、討議されている内容は討議が既に終わっているなと感じておりますので、それは適切であると、私は逆に事務局にかわって提案したいんですが、いかがでしょうか。

【池上部会長】ほかに御意見ございますでしょうか。

それでは、もしございませんようでしたら、若干の先ほど御指摘があった修正につきましては、私主査よく聞いていたつもりでございますので、修正をするということを約束したいというふうに思っております。

【下平特別委員】了解します。

【池上部会長】そういうことでいかがでしょうか。御了解、本審査結果について、この案なんですが、御了解いただけますでしょうか。

(了解の声あり)

【池上部会長】どうもありがとうございました。

それでは、先ほどの修正したものににつきましては、修正したものを24日の宇宙開発委員会の方に上げて、そこで審議してもらいたいと思います。どうもありがとうございました。

(2) 参考2-1に基づき、花田特別委員より説明があった。主な質疑は以下のとおり。

【松尾委員長】速度が2キロ以下ですか。

【花田特別委員】はい。

【松尾委員長】普通当たるときの相対速度より随分低いと思いますけれども、40ジュールということのためにはそれで十分であるという意味ですか。

【花田特別委員】いえ、そういう意味ではないんですけれども、もともと九州大学の方では静止軌道で起こり得る破砕現象というものに着目しておりましたので。

【松尾委員長】静止ですか。わかりました。

【花田特別委員】はい。ということで、軌道投入時の速度が毎秒1.5キロぐらいということで、それが最大の相対速度になるであろうということで着目しておりましたが、NASAの方はもちろん高速の方が知りたいということで、最初にそれで高速と低速との違いを見るために高速と低速で実験をしております。

あとは、正直言いますと、こちら側の能力ですね。装置の能力で低速で続けております。

【松尾委員長】わかりました。

【池上部会長】どうぞ。

【工藤特別委員】2007年の試験で構体が残ったということですが、工

エネルギー的には、スレッシュホールドの 40 ジュールを超えて残っている訳で、これはどういうふうに説明されるんですか。

【花田特別委員】 スライドの 2 を見ていただきたいんですけども、こちらが 2007 年のターゲットなんですけれども、レーヤーが 5 枚あります。2005 年と先月の実験というのは、いずれもこのレーヤーに対して垂直に当てています。

主構体が残った実験というのは、実は平行に当てていまして、最初にアンテナに当たりました。その後、ここのサイドパネルに当たるんですけども、その後ほとんど何もありません。そのままずっと行ってしまっ、最初にアンテナに当たったことと、それからこのサイドパネルに当たった破片で、中身が吹っ飛んではいったんですけども、主構体は残ってしまったという感じになっております。

【工藤特別委員】 実際の衛星は、そうすると、全部破砕する方が多いということですか。たまたまプロジェクタイトルが平行のところの間を抜けているような感じですね。

【花田特別委員】 そうですね。当たり方によってどう違うかというのを見るために、2007 年の場合は、このレーヤーに平行と垂直で違いを見てみたということになります。いずれも NASA の予測どおり完全に破砕しております。主構体は残ったんですが。

【工藤特別委員】 ということは、中国の衛星破壊実験、ASAT (Anti-Satellite weapon: 対衛星兵器) なんかも完全に破砕されているということを示すものですかね。

【花田特別委員】 はい、そうです。実はなぜこの三つ目の実験をやったかといいますと、中国の衛星、あのとき破砕された中国の衛星というのは広い太陽電池パネルを持っておりました。それからほとんど全体が MLI (Multi Layer Insulation : 多層断熱材)

で困ってあったんですけども、その MLI と太陽電池パネル由来の破片を実際にされた中国の衛星破砕実験と比較するために、昨年実施したものに MLI と太陽電池パネルを加えて実験をしたというのが経緯になります。

【工藤特別委員】 ありがとうございました。

【池上部会長】 ほかに。

そのぶつけたものは、直感的に言いますと、どんな、ピストルの玉のような感じなんですか。バーンと撃って行くような感じなんですか。

【花田特別委員】 いえ、ここでは書いていないんですけども、全長 16 メートルもある二段軽ガス銃と言われるものです。

【池上部会長】 そうすると、通常の鉄砲とか大砲ではない。

【花田特別委員】 ええ。ちょっと違います。まず火薬でヘリウムガスを圧縮して、そのガスをまたプロジェクタイトルに与えるという形で、二段軽ガス銃と言われているものです。

【池上部会長】 ジュール/グラムというエネルギーだけで表現できるんですか。つまり、ぶつかるものの形状とか、そういうものは関係ないのですか。

【花田特別委員】 実はこの解析目的の中に入っているんですけども、現在、宇宙ステーションもそうなんですけれども、リスクアセスメントされるときに球形のプロジェクタイトルが使われているんですが、実際スペースデブリというのはそんな球状のものはないので、どんな破片が出てくるか、どういう形状のものが出てくるかというのをリスクアセスメントに生かすために、形状のモデリングをしましょうというのもこの中の目標に入っております。

もちろん、球形とそうでない場合とリスクが違いますよという

研究はされております。

【池上部会長】通常のデブリはこんなにエネルギーは持っていないということなんですか。ぶつかった場合に。

【花田特別委員】いや、もっと持っております。

【池上部会長】もっと持っている。大きさによって。

【花田特別委員】はい。ここでは直径3センチ、約40グラムのを約1.7キロとかいう速度で加速しているんですけども、実際地球系軌道では第一宇宙速度が8キロ近いですから、正面衝突すると16キロということになりますので、もっともっとエネルギーを持っているということになります。

【池上部会長】そうすると、有人の安全性にも非常に関連するのですね。今日議論いたしましたけれど、それ以外に大変なことがあるという。

【花田特別委員】あまり議論されない低い速度なんですけど、見ていただいたとおり、十分破壊能力はありますので。

【池上部会長】どうぞ。

【松尾特別委員】前面でプロジェクティルがぶつかっていて、後面のところでも通過するときに破裂したように見えるんですけども、プロジェクティルの形状としては、後面まで行ってもまだ形があると思ってよろしいんですか。その辺はどうなんでしょう。

【花田特別委員】残念ながら、それは確認できていないんですが、おそらく形にはなっていないと思います。粉碎されていることはないと思うんですけども、幾つかには分裂された状態で後面に達していると思っております。それが確認できないのが残念なところなんですけれども。

いつか、またNASAが支援してくれたら話ですけども、一番手前のサイドパネルを透明なアクリル板か何かにして、中

の破碎の様子を撮影してみたいなと思っています。

【馬嶋特別委員】興味本位であれなんですけれども、今回は20センチ掛ける20センチですけども、それが例えば2メートル掛ける2メートルとか、それから端っこに当てたときも同じように全部がばらばらになるんですか。

【花田特別委員】それは正直言いますと、やってみないとわからないです。実は、本当はこのMLIでカバーした衛星の実験ではなくて、50センチ級の衛星を使ってやろうという話を進めていたんですが、予算というか、それがNASAと折り合わずに決裂しまして、じゃMLIはいかがですかということにさせていただきましたというのが本当のところでございます。

【森尾委員】すいません、ちょっと聞き漏らしたのかもしれませんが、プロジェクティルというのは直径5センチぐらいの。

【花田特別委員】3センチです。

【森尾委員】アルミの玉ですか。

【花田特別委員】アルミの。

【森尾委員】温度は測定できませんか。

【花田特別委員】どちらの。

【森尾委員】衝突の瞬間とか。

【花田特別委員】はかってはいないです。考えてみます。今回の実験でははかっておりません。考えてみます。

【中村特別委員】当たった後に炎のように見えるのがあるんですけども、これは真空中なんですか。

【花田特別委員】一応真空中です。

【中村特別委員】最初のアルミの板でも何か炎のように、あと太陽電池のところですか、何か炎のように見えますけど。

【花田特別委員】あれは……。

【池上部会長】 もう一度ビデオを見せてください。

【中村特別委員】 ええ。何か炎のように見えますけど、あれは、じゃ違うんですか。

【花田特別委員】 これは光っています。もしくは MLI と MLI の間に樹脂を入れていまして、それが燃えている可能性はあります。というのは、真空といいますが若干空気が残っている。完全に宇宙と同じような真空中ではないので。

【中村特別委員】 でも、酸素濃度からいったら全然少ないですよ。

【花田特別委員】 あと、私の方はちょっと専門外なのでよくわかりませんが、CFRP(炭素強化繊維プラスチック)に対して球形のプロジェクタイルを使ったときに、比較的遅い速度で熱溶解が起こるといった報告がありまして、おそらくその関係で炭素が赤く見えているのではないかと考えております。

【中村特別委員】 エネルギーが放射エネルギーに変わっているということですよ。

【花田特別委員】 はい。

【池上部会長】 それは画像の端から端まで時間はどのくらいなんですか。

【花田特別委員】 単純な計算なんですけれども、衛星の大きさが 20 センチですので、そこで 1.7 キロメートル/sec で走っておりますので、そうするとどうなりますか。

【森尾委員】 0.1 ミリ秒ですか。

【池上部会長】 0.1 ミリ。

【花田特別委員】 ちなみにこれは 21 万コマ撮影できるモードでやっております、144 コマ撮影されております。

【池上部会長】 何かほかに御質問ございますでしょうか。

ここまで我々が面倒見なきやいけないという話になると、とて

もじやないけど、ちょっと不安になります。

【森尾委員】 興味本位の質問ですが、HTV なんかも外側に防護のためのものでありますね、アルミの板の間といいますが、ああいうもののこういう衝突実験したようなビデオというのはいないんでしょうか。

【花田特別委員】 実は世の中にはいろいろカメラがあるんですけども、カラーという意味ではNHKのこの高速度ビデオカメラが一番速くて、しかもコマ数も多いので非常に鮮明な映像が撮れているんですけども、おそらくそういった実験の場合は白黒カメラが使われているので、現象という点ではこのカメラで見た方がいいというか、こういった鮮明な映像はおそらくないと思います。大体白黒が多いです。ないことはないです。

ちなみに、2005 年の実験もビデオ映像があるんですけども、島津製作所が協力してくれまして、ただ、それは白黒なので、先ほどの質問にもありました発光現象がよくわからないということもありまして、皆さんにお見せするときはこちらのカラー映像の方を見せるようにしております。

【池上部会長】 何かほかに御質問ございませんでしょうか。

あと、今後の予定はどんなことをお考えになっていらっしゃるんですか。

【花田特別委員】 これからが一番大変なんですけど、すべての破片の質量それから寸法を計測します。そして、写真を撮影してカタログ化していきまして、解析をしてみたいです。一番興味があるのは、もちろん NASA の破砕モデルというのがありまして、それと比較することになるんですけども、比較項目としてはサイズ分布、それから面積質量比較、それとあと今後のリスクアセスメントのために形状分布というものをモデリングして加えて

いきたいと思っております。

【池上部会長】 わかりました。ちなみに資金はどこから出ているんですか。

【花田特別委員】 すいません、一番最初に戻っていただいていいですか。一応 NASA ジョンソンスペースセンターにありますオービタルデブリスプログラムオフィスというところから支援していただいております。

そこからのタスクとしては、実験をして、破片の質量、寸法を計測することと、その回収した破片のカタログ化をすることで、別に今、自分は相模原の方の客員をさせていただいております、中島俊先生のもとで、オプションになっております解析の方を主にやっております。

【池上部会長】 先ほど学生も実験に参加しているというお話だったんですが、やっぱり学生は非常に喜んでやっているんですか。

【花田特別委員】 難しい質問なんですけど。そうですね。今、私の研究室に14人ほど学生がいるんですが、大体毎年1人ぐらい変わり者がありまして、これはおもしろそうだからやりたいというのが大体毎年1人、幸いに。おかげさまで。

【池上部会長】 それでは、貴重なお話どうもありがとうございました。

【花田特別委員】 どうもありがとうございました。

【池上部会長】 なかなか宇宙はわからないという例として、「かぐや」の搭載されているNHKのHTVカメラがあんな長く持つとは思っていなかった。宇宙線で受像画面がやられるんじゃないかと予想していたんですが、結構持っているということなんですね。打ち上げた後、最初撮って、すぐだめになるんじゃないかと思ったんですけど、そうはなっていないくて、今生きているかどうかわからないんですが、画面もきれいだというのは驚きだった

そうです。ですから本当に宇宙というのは、そんな遠くないんですけど、よくわからないことがたくさんあるなと実感しています。

それでは、今日の審議は終わりましたが、事務局の方から、その他の追加について。

【瀬下補佐】 その他ということですが、今後の予定ですけれども、資料をお手元に配付しておりませんが、H-Aロケットの15号機GOSATの安全評価を10月の下旬に予定しておりますので、またその節には御連絡したいと思います。よろしくお願いいたします。

以上です。

【池上部会長】 ということでございますので、次回は打上げに関する飛行安全、それから地上安全についていろいろ御議論いただくことになると思います。よろしくお願いいたします。

以上で本日の議事は終了いたしました。これをもちまして本日は閉会したいと思います。どうもありがとうございました。

了