

**国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」  
(JEM)実験装置に係る安全評価  
質問に対する回答**

平成 20 年 9 月 16 日  
宇宙航空研究開発機構

**【本資料の位置付け】**

本資料は、平成 20 年 9 月 4 日に開催された第 1 回宇宙開発委員会安全部会における国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)実験装置(全天 X 線監視装置(MAXI)、宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP))に係る安全評価についての報告に対して同部会構成員から提出された質問等に対し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が回答をまとめたものである。

**2. 適用範囲に関連する質問**

2-1	ペイロードの審査について
-----	--------------

**3. 基本的な考え方に関連する質問**

3-1	ライフサイクル全体のハザード識別
3-2	ハザード制御の考え方
3-3	警報装置等について
3-4	chain of events のハザード識別
3-5	ハザードの危険度
3-6	船外活動のハザード解析
3-7	機能・性能に対する影響
3-8	安全設計の前提について

**4. 宇宙環境対策に関連する質問**

4-1	放射線源の表示
4-2	機器間の電磁干渉
4-3	電磁干渉のマージン(その 1)
4-4	電磁干渉のマージン(その 2)
4-5	実験装置移動時のハザード

**5. 構造に関連する質問**

5-1	可燃性材料による火災について
-----	----------------

**6. 安全・開発保証に関連する質問**

6-1	船外活動時の制御方法
6-2	電源系のハザードについて

6-3	ETS-8 軌道上不具合の反映
6-4	供給系のハザードについて
6-5	伸展マストのハザードについて

## 9. 安全確保体制に関連する質問

9-1	NASA の審査支援
9-2	JAXA 安全審査委員会と有人安全審査会

(注) 質問番号の項番は、「宇宙ステーション取付型実験モジュール(JEM)に係る安全評価のための基本指針」の項番に対応しています。

## 2. 適用範囲に関する質問

【質問番号 2-1】ペイロードの審査について

### 【質問内容】

(1)これまでの部会の審査の基準は、JEM 乃至はステーションに対するものであったのですが、今回の審査の対象が所謂ペイロードであり、従ってペイロード安全審査と考えます。即ち、ペイロードの不測の事態が JEM/ステーションに対し安全を担保することが要求されていると思います。

(2)説明資料では大凡 JEM に対する影響を提示されているようです。しかし私の上記質問は、JEM を中心として実験装置の起こす不測の事態に関し、JEM、ステーションが受ける影響を強調して説明されていないために持った質問です。

(3)何とか今からペイロード安全基準を模索していただけないでしょうか。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4

【回答者】JAXA/SAC 事務局

### 【回答内容】

(1)及び(2)

曝露ペイロードの不測の事態における基本動作としては、船外実験プラットフォームからの電力停止(保存用ヒータ電力の供給はミッション継続性の観点から可能であれば継続します)及び冷却水の停止を行います。この場合でも機械的には、装置交換機構により結

合されているため、装置の浮遊による ISS との衝突には至りません。

(3)

ペイロードについて宇宙開発委員会 安全部会で審議する指針としては、「宇宙ステーション取付型実験モジュール(JEM)に係る安全評価のための基本指針」(平成 8 年 4 月 24 日 宇宙開発委員会 安全評価部会)で包絡しており、この基本指針で十分であると認識しています。

### 3. 基本的な考え方に関する質問

【質問番号 3-1】ライフサイクル全体のハザード識別

【質問内容】

今回の審査では対象とした機器のライフサイクルに対して安全確認をしなくてはならないと考えるが、説明を聞く限り「きぼう」への設置までの検討に留まっている印象である。

例えば、実験終了後、中性子センサマストを収縮して HTV に収納する必要があるが、そのような機能があるのかどうか、また、ベアリングの固着で収納ができないなどの不具合があった場合に関するハザードがそもそも識別されていないように思える。HTV への収納については NASA Safety Review Panel は関知しないだろう。

打ち上げ直後の対 NASA 項目のみが検討されているのではないか？

NASA が関係しない日本独自の審査項目に漏れはないか？

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 34 ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

今回の報告範囲は、打上げから軌道上運用までとしております。運用終了後に曝露ペイロードを HTV 曝露パレットへ搭載し、HTV とともに実験ペイロードを大気圏突入させる運用に関する安全の確保については、別途安全審査が行われる予定です。大気圏突入フェーズの安全審査については、ご指摘とおり、国内審査のみで審査

される予定です。

SEDA-AP は実験終了後、伸展マストを収納した後、HTV 曝露パレットに搭載します。HTV 曝露パレットとのインタフェースは、安全 1-1-3 の 17 ページに示します、装置交換機構により取り付けられることになっております。

伸展マストがアクチュエータによる展開/収納が不可能となった場合には、船外活動員が ISS 共通ツールを用いて、伸展マストを伸展させるボルトを回転させて、収納させます。

【質問番号 3-2】ハザード制御の考え方

【質問内容】

ハザードの制御として、設計、安全装置、警告、警報装置、特別な手順、があるとのことだが、P18 の鋭利な端部による船外活動員の損傷のハザードを例にとり、どのようにハザードの制御をするように考えたのか、発生確率を考慮した基本的考え方を示すこと。

その際、なぜ、No touch area をハードウェア上に明記しないのか理由を明確にすること。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 18 ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

MAXI 恒星センサのシャープエッジの制御にあたっては、下記の点を考慮しました。

- ・ MAXI が船外パレット上にあるときに、装置交換機構カバーを外すための活動のみ、船外活動が計画され、船外活動員が移動する経路は、曝露ペイロードの搭載面と反対の面(船外パレットの下面)に設定されているため、MAXI とは直接接触しないこと。
- ・ 軌道運用中は、船外活動員が移動できる経路(EVA Translation Path)は、船外実験プラットフォーム上にしか設定されておらず、実験試料の特殊な回収要求がない限り、船外活動では曝露ペイロードに触れる機会がないこと。
- ・ 装置交換機構からは最も遠い位置に恒星センサが配置されており、また MAXI には船外活動員が移動の際につかまるハンドレール(取っ手)がなく、船外活動員はシャープエッジ部

には近寄れないこと。

- ・ 運用期間中に保全等の船外活動が計画されていないこと。
- ・ 恒星センサ近傍で作業する計画はないが、船外活動中は、テレビモニタにより地上で監視しているため、万一船外活動員が当該シャープエッジ付近に近づくような場合にはリアルタイムで、接触しないように指示することができる体制であること。
- ・ 開発当初、ラベル等により警告表示をすることを検討しましたが、恒星センサを囲んでいる金属面(ヒートパイプラジエータ)の表面は、熱特性上の要求から、特別の白色塗料が塗られており、この上からマーキング或いはラベルを貼付することは、塗料が剥がれる可能性があり、困難であること。またバッフルそのものについては、迷光防止ため黒色の状態が必要であること。

また、ハザードの発生確率の区分については、下記4区分に識別されます。

- (1) Probable(運用中にハザードがかなりの確率で発生する)
- (2) Infrequent(運用中にハザードが発生する可能性がある)
- (3) Remote(ハザードの可能性はあるが、運用中に発生することは考えにくい)
- (4) Improbable(運用中に発生することは起こりえない)

MAXI のシャープエッジによるハザードの発生確率としては、上記の(3)remote もしくは(4)Improbable の非常に低い区分に識別されると判断しています。

以上のことから、シャープエッジの位置を表示するための特別な警告処置は不要と判断しました。また、この処置については、NASA の船外活動担当部署による専門会議でも審議され、同様の決定がなされました。

【質問番号 3-3】警報装置等について

【質問内容】

- (1)この実験装置に関する警報装置はないのでしょうか。
- (2)EVA 作業時の暴露部に関する監視、インヒビット処置等安全処置はどうされているのでしょうか。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4

【回答者】JAXA

【回答内容】

- (1)MAXI 及び SEDA-AP には警報装置はありませんが、質問番号 6-4 の回答のとおり、MAXI の冷媒がリークし、船外実験プラットフォームのアクキュムレータの水位が下がった場合は、自動で遮断弁が閉じる処置を行い、その状況が地上の監視装置によりモニタされることになっています。
- (2)SEDA-AP に関しては、安全 1-1-4 8.4 項(3)のとおり、SEDA-AP に近づくような船外活動が行われる場合に、伸展マストの駆動機構の電源遮断としてインヒビットを以下の箇所に設けています。MAXI については、インヒビットによって制御する機器はありません。

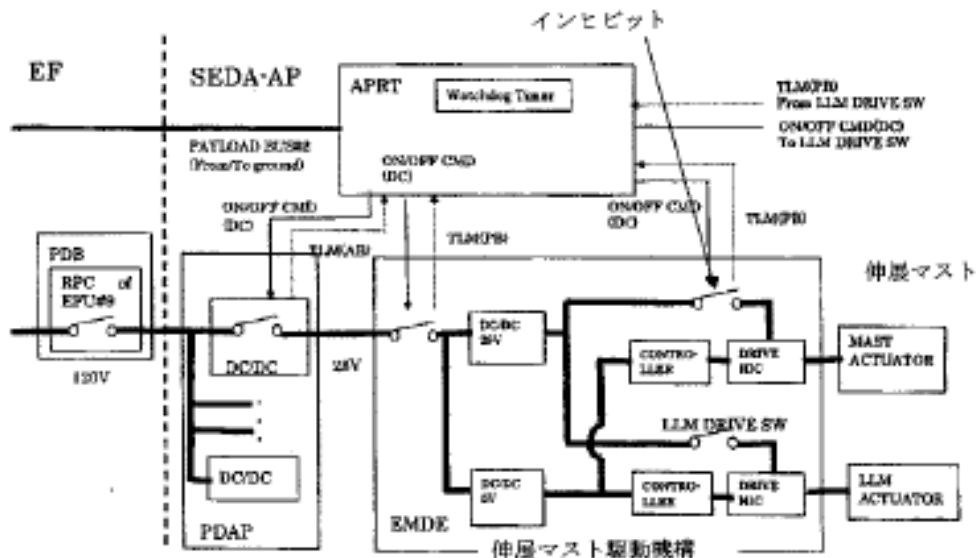


Fig. SEDA-AP-7-1 Power off diagram for EMDE

【質問番号 3-4】 chain of events のハザード識別

【質問内容】

“予測可能なすべてのハザード”となっているが、すべてシングルイベントとしてのハザードの識別になっている。いわゆる、chain of events としてのハザードの識別はどうなっていますか。

【資料の該当箇所】

【回答者】JAXA

【回答内容】

安全解析は、ハザードの危険度に応じて、故障許容の数が定められます。

危険度	定義	必要な故障許容数
カタストロフィックハザード	能力の喪失に至る致命的な人間の傷害になり得る状態	2 故障許容
クリティカルハザード	重度な人間の傷害、疾病をもたらす状態	1 故障許容

カタストロフィックハザードと識別されたものについては、想定されるいかなる 2 故障 (1 故障と 1 操作ミスあるいは 2 回の操作ミス) を想定した場合でも、安全であることが要求されますので、手法としては 2 故障許容マトリクスというものを作成し網羅性を確認しております。

質問番号 3-8 への回答とも関連しますが、例として圧カシステム破

裂防止のための最大圧力解析に対しては、2 故障許容マトリクスを用いて、いかなる複合イベント(2 故障)が生じた場合でも安全性が、破裂が生じないことを確認しております。

参考:構造、圧力容器、流体配管の強度設計等の故障許容設計が合理的でない場合は、故障許容設計の対象外とし、リスク最小化設計の適用が許容されます。これは、打上げ時及び軌道上にて課せられる最悪の環境条件下で十分な設計マージンを確保することにより、リスクの最小化を図る設計として適用しております。

(1 つの故障で 2 つ以上の事象が発生する場合の対処について)

故障モード影響解析(FMEA: Failure Mode and Effect Analysis)により、個々の主要装置或いは部品に対して、それが故障した場合のシステムへの影響(機能喪失、ハザード)を調べます。これにより、1 つの部品が複数のハザードを引き起こす場合があれば、その事象も抽出されます。

その後 FTA で識別されたハザード事象と FMEA で識別されたハザード事象を照らし合わせることで、制御すべきハザードの抜けがないか確認します。

【質問番号 3-5】ハザードの危険度

【質問内容】

危険度に応じて対処が異なっているが、その危険度を明示すればわかりやすい。個別の【想定されるハザード】の後ろに危険度を示す言葉を追加し、資料修正のこと。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4

【回答者】JAXA

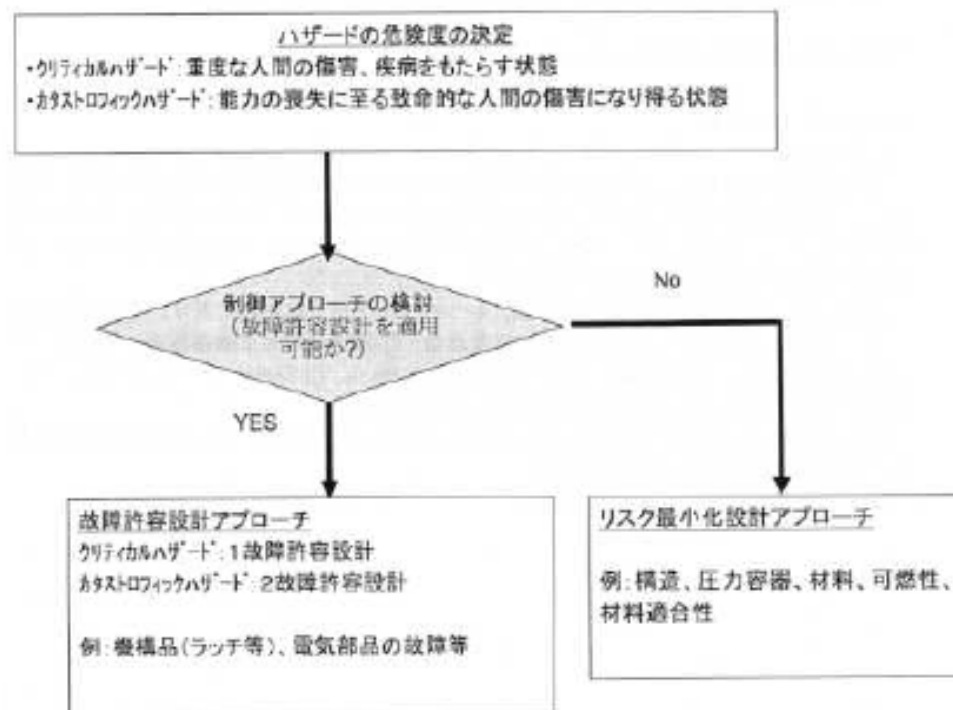
【回答内容】

危険度及び設計の考え方は以下のとおりとなっています。下記について安全 1-1-4 を修正します。

項目	ハザード内容	危険度	設計
8.2 項	電磁干渉による機器の誤作動	クリティカルハザード	リスク最小化設計
8.2 項	圧力システムの破裂・漏洩	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.2 項	打上げ、上昇、軌道上及び下降時の構造破壊	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.2 項	可燃性材料への着火による火災	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.2 項	静電気による火災	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.2 項	有害物質の船内放出による汚染	クリティカルハザード	リスク最小化設計
8.2 項	電力系統の地絡時の過電流による機器損傷	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.2 項	鋭利な端部、突起物	船外活動員に対してカタストロフィックハザード、船内活動員に対してクリティカルハザード。	リスク最小化設計
8.2 項	高温/低温部への接触	船外活動員に対してカタストロフィックハザード、船内活動員に対して	・2 故障設計(能動熱制御系を有する MAXI)

		クリティカルハザード。	・リスク最小化設計 (能動熱制御系を有さないSEDA-AP およびMPAC & SEED)
8.3 項(1)	放射線への被爆	クリティカルハザード	リスク最小化設計
8.3 項(2)	鋭利な端部による船外活動員の そん傷	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.3 項(3)	ガラス破損による船外活動員の そん傷	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.3 項(4)	レーザー照射による船外活動員の そん傷	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.4 項(1)	船外で浮遊した機器の衝突	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計
8.4 項(2)	進展マストの打上げ時固定機構 の破損	カタストロフィックハザード	2 故障許容設計
8.4 項(3)	可動機器の船外活動員への衝 突	クリティカルハザード	1 故障許容設計
8.4 項(4)	ガラス破損による鋭利な端部	カタストロフィックハザード	リスク最小化設計

設計のための制御アプローチとしては、ハザードが識別された後、はじめにカタストロフィックハザードに対しては2故障許容設計、クリティカルハザードに対しては1故障許容設計の適用の可否を判断します。その上で、故障許容設計を適用することが合理的でない場合は、個々に設定されたNASAの安全基準(安全率、フラクチャコントロールの適用等)を満たすことによりリスク最小化設計(Design for Minimum Risk)を適用することがNASA安全要求に定められます。以下にフローを示します。





## 【質問番号 3-6】船外活動のハザード解析

### 【質問内容】

船外活動は手順に従ってハザード解析を実施した方が有効ではないか？

【資料の該当箇所】安全 1-1-4

【回答者】JAXA

### 【回答内容】

船外活動については、タスク内容を時系列的に示した「船外活動タスク定義書」を作成し、どのようなハザードが有りうるか、注意事項を記述し、NASA に提示することになっております。これにより、ハザードレポートで抽出したハザード内容と齟齬がないか再度チェックできるようになっております。

例として、MAXIの船外活動タスクは、4つのタスクが予定されており、それぞれについて、タスクの概要、必要な船外活動員数、船外活動対象機器名称、個数、対象機器の仕様、作業場所、作業に必要なツール、シャープエッジ/立入り禁止区域の有無、運用による制御方法を記しております。

MAXIの場合は、恒星センサのシャープエッジがありますので、にその該当箇所及び に制御方法が記載されております。

タスク定義書の抜粋を添付します。

回答 3-6: MAXI に関する MLI (多層断熱材) 取り外しに関するタスク定義書の抜粋 (1/4)

<u>1. TASK</u>	
TASK ID	: EVA-A-MAXI-1
TASK NAME	: TEMPORARY MLI COVER REMOVAL
CATEGORY	: SCHEDULED (ASSEMBLY)
DECISION POINT	: SCHEDULED ASSEMBLY TASK DURING 2J/A. PERFORM AFTER BERTHING
/CRITERIA	: ELM-ES TO EF & BEFORE UNBERTHING MAXI FROM ELM-ES BY EVR
DESCRIPTION	: - EV CREW GO TO ELM-ES(MAXI) WORKSITE - REMOVE PIU COVER FROM MAXI - BRING BACK MLI COVER
PREREQUISITE	: NONE
<u>2. REQUIRED CREW NO. :</u> 1	
<u>3. ITEM :</u> PIU COVER (NON-DRU)	
<u>4. QUANTITY :</u> 1	
<u>5. H/W INFO.</u>	
MASS	: 1.0 [kg]
SIZE	: 550x642x280 [mm <sup>3</sup> ]
SHAPE	: PIU COVER (FIG.-1)
EVA I/F	: (TABLE-1)
<u>6. TASK REQUIRED</u>	
WORKSITE LAYOUT	: MAXI ON ELM-ES ZENITH (FIG. 4-6(1/3) & 4-8 IN SECTION 4)
EVA IMAGE	: ACCESS BY EV CREW IN FREE FLOAT (FIG.-3)
APPR SETTING	: N/A
<u>7. TOOLS &amp; EQUIPMENT</u>	
ISS STANDARD TOOLS	: (TABLE-3)
JEM UNIQUE TOOLS	: NONE
<u>8. SHARP EDGE/STAY OUT ZONE :</u> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">SHARP EDGE ON VISUAL STAR CAMERA(VSC) BUFFLES (FIG.-2) SURFACE OF LOOP HEAT PIPE RADIATION SYSTEM(LHPRS) IS DEFINED AS NO TOUCH AREA (FIG.-2)</span>	
<u>9. EVA OPS HAZARD CONTROL</u> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">SHARP EDGE ON MAXI PAYLOAD (FIG.-2) (RR No.:MAXI-3)(NCR:MAXI-1)</span>	

回答 3-6: MAXI に関する MLI (多層断熱材) 取り外しに関するタスク定義書の抜粋 (2/4)

TABLE-1 EVA I/F

EVA I/F	NAME	QTY	DESCRIPTION	NOTE
EVA AIDS	N/A	-		
EVA BOLT/FASTENER	N/A	-		
TETHER POINT	HANDLE, TETHER LOOP	1ea	BELT STRAP END HANDLE CAN BE TETHERED	FIG-1
ALIGNMENT MARK	N/A	-		
SOFTDOCK	N/A	-		
INDICATOR/MARKING	No. OF STRAP	1ea	INDICATE No. OF BELT STRAP	FIG-1
EVA CONNECTOR/CLAMP	N/A	-		
HANDLE/LEVER/BUTTON /COVER/TAB/etc.	BELT STRAP	2	PULL TO REMOVE THE COVER FROM MAXI	FIG-1
EVA LABEL	ID LABEL, INS LABEL	1ea	FOR COVER ID	
OTHER	N/A	-		

TABLE-2 ISS STANDARD TOOLS

TOOL	QTY
1. LARGE TRASH BAG	1

10. TASK PROCEDURE & CHARGEABLE TIME

No.	Procedure	Time (min.)
1	EGRESS AIRLOCK	-
2	TRANSLATE TO TOOL STORAGE AREA(ETS)	-
3	BRING TOOLS OUT	-
4	TRANSLATE TO ELM-ES ZENITH*	-
5	PULL BELT STRAPS AND REMOVE PIU COVER**	3
6	STOW PIU COVER INTO TRASH BAG	1
7	TRANSLATE TO AIRLOCK	-
8	TRANSLATE TO TOOL STORAGE AREA(ETS)	-
9	STOW TOOLS	-
10	INGRESS AIRLOCK	-
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
	Total	4
	Chargeable time/(+20%margin)	5

\*: Translation Route:

From ELM-ES nadir (Long strap connected from PIU cover)

\*\* : At first phase, pull both of strap1 and 2 together.

回答 3-6: MAXI に関する MLI (多層断熱材) 取り外しに関するタスク定義書の抜粋 (3/4)

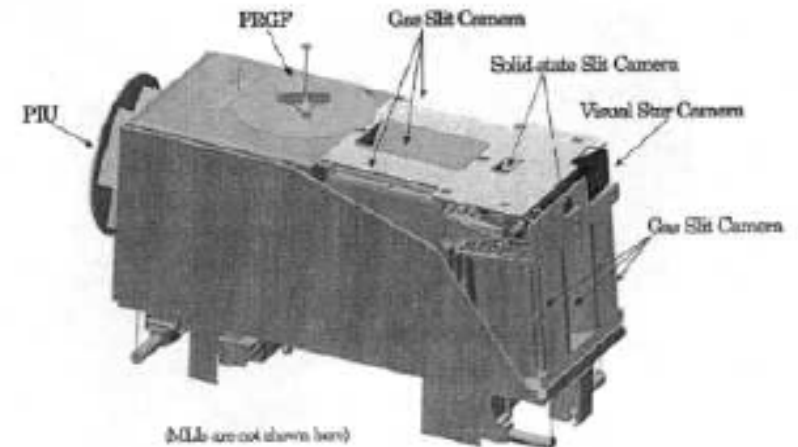


Figure 10/2 MAXI Overview

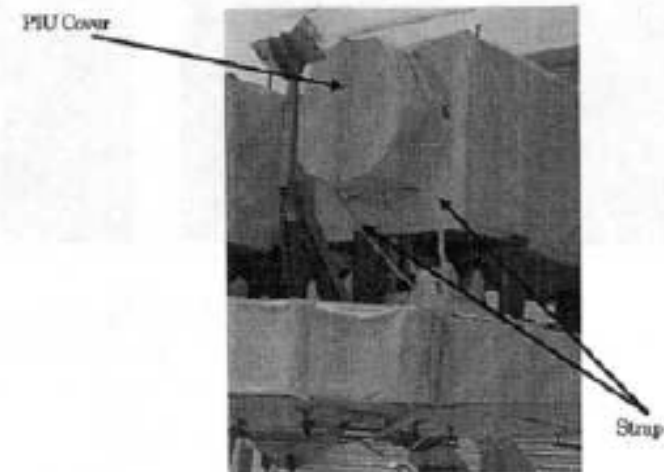
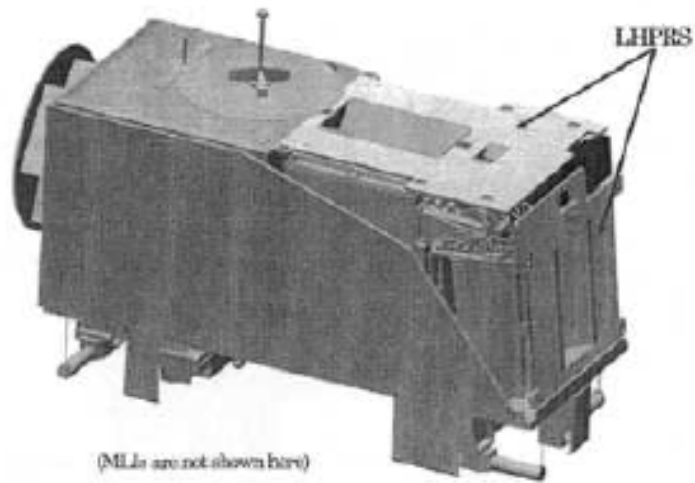


Figure 10/2 MAXI PIU COVER



(MLIs are not shown here)

Figure 2(2/2) NO TOUCH AREA

### 【質問番号 3-7】機能・性能に対する影響

#### 【質問内容】

安全性確保の為に、計測器、観測器、監視装置等の機能、性能等を犠牲にしている例はありますか。

#### 【資料の該当箇所】

#### 【回答者】JAXA

#### 【回答内容】

安全要求を優先するために、搭載を断念したものではありません。また現在搭載された機器についても、安全要求の制約から性能を落とした機器はありません。

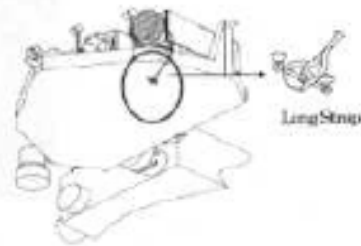


Figure 3 EVA Image (From ELM-ES Node)

## 【質問番号 3-8】安全設計の前提について

### 【質問内容】

今回の安全部会での審査は、MAXI 及び SEDA-AP に関するものでその内容は安全審査が満足されたものであると思っております。安全部会の討議の中でもございましたが、安全審査とは、ISS 及び JEM 本体と各装置間のハザードが simple event でも chained event でも無いという事が重要であると考えます。

JEM が無事打ち上げられ、JEM における種々の実験の成果は世界から注目されております。今回の審査が行なわれた船外実験装置を含めまして種々の異なる装置が打ち上がり、実験が開始されようとしています。その際、電気使用量、各装置間の電気を使用する上で起きる影響等が問題となりそうですが、そもそも、安全設計を行なう段階で、全ての装置が稼働することを前提で安全設計をおこなってきたのでしょうか？ また、電気量が不足で、ある種の実験ができない、または、十分できず結果が出なくなるようなことは起きないであろうという前提で安全設計を行ってきたのでしょうか？ このことは安全設計を行なう上で、やや哲学的な問題かもしれませんが、JEM における我が国の宇宙研究を成功させるために是非大切な問題だとおもっておりますのでご回答の程よろしく願いいたします。

### 【資料の該当箇所】

### 【回答者】JAXA

### 【回答内容】

安全解析は、想定される外部環境下(例:温度、湿度が最高及び

最低条件)においてすべての機器が動作した場合(発熱量が最大となる場合)を想定して行っております。

さらに、圧カシステム破裂防止のための最大圧力解析については、2故障許容性を満足するために、圧力上昇を防止するアキュムレータが機能しなくなった場合、冷却システムが機能しなくなった場合等の想定しうる要因をマトリクス化し、どの故障要因の2つの組み合わせによっても、最大発生圧力が、設計圧力を超えないことを確認しております(圧カシステムの2故障許容マトリクス例を添付します)。

なお、電力系については、船外実験プラットフォーム上の電力分配装置により各実験装置への電力配分を制御しており、全実験装置に対して合計で最大 10 kW の供給が可能です。実験装置には、主電力とは別系統から保存用電力が分配されており、主系が故障した場合にも、装置の保温維持が可能な構成となっております。(なお万一、保存用電力が分配されない場合でも、MAXI 及び SEDA-AP については、安全上問題となる機器はないことを確認しております)。

#### 4. 宇宙環境対策に関する質問

Figure MAXI-2-A-4 (8 of 12)

Summary of double failure mode and its effect

Phase (2-1) MAXI standby mode

No.	Failure	see Table MAXI-2-A-4
O-M-1	Failure of MAXI component	
O-M-2	Failure of Accumulator #A of MAXI	
O-M-3	Failure of Accumulator #B of MAXI	
O-E-1	JEM-EF ATCS stop	EF5
O-E-2&3	JEM-EF pump failure(FPP over rotating failure) & JEM-EF software fault	EF6
O-E-4	ERU Valve#1 incorrect close	EF1
O-E-5	ERU Valve#2 incorrect close	EF2
O-E-6	Leak detection and its FDR execution(valve #1&2 shut off, pump stop)	EF3
O-E-7&8	Leak detection and its FDR execution & FPP valve close	EF4

Summary of double failure mode and its effect on MAXI and JEM-EF

○	coolant circulation continue(both of ERU valves are open)	-> JEM-EF accumulators control MAXI pressure (0.78MPa MAX)
●	coolant circulation stop(both of ERU valves are open)	-> JEM-EF accumulators control MAXI pressure (0.31MPa MAX)
△	coolant circulation stop for MAXI only(one of ERU valves close)	-> JEM-EF accumulators control MAXI pressure (0.78MPa MAX)
▲	coolant circulation stop for MAXI and JEM-EF(one of ERU valves close)	-> JEM-EF accumulators control MAXI pressure (0.31MPa MAX)
□	coolant circulation stop for MAXI only(both of ERU valves close)	-> MAXI accumulators control MAXI pressure (1.04MPa MAX)
■	coolant circulation stop for MAXI and JEM-EF(both of ERU valves close)	-> MAXI accumulators control MAXI pressure (1.04MPa MAX)

	O-M-1	O-M-2	O-M-3	O-E-1	O-E-2&3	O-E-4	O-E-5	O-E-6	O-E-7&8
O-M-1		○	○	●	N/A	△	△	■	N/A
O-M-2			○	●	N/A	△	△	■	N/A
O-M-3				●	N/A	△	△	■	N/A
O-E-1					N/A	▲	▲	■	N/A
O-E-2&3						N/A	N/A	N/A	N/A
O-E-4							□	■	N/A
O-E-5								■	N/A
O-E-6									■
O-E-7&8									■

[Note]  
Each ERU valve (#1 and #2) has Back Pressure Relief mechanism(BPR).

いずれのケースも最ッ設計圧力 (1.57Mpa) を超過しないことを確認。

【質問番号 4-1】放射線源の表示

【質問内容】

放射線源の入っている容器には、放射線源の存在を示す表示 (国際標準のピクトグラムあり) は行わないのか。

想定される線量レベルが低いため、そもそも必要ないのかもしれませんが...

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 16 ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

放射線源の使用については、NASA の安全審査とは別に NASA の放射線の専門会議において使用方法について審査され、特に表示等は必要ないことで承認されております。

## 【質問番号 4-2】 機器間の電磁干渉

### 【質問内容】

P11 電磁干渉による機器の誤作動で、機器間の電磁干渉による誤作動はハザードとして識別し、確認しているか？ 確認しているなら、資料を修正すること。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 P11

【回答者】JAXA

### 【回答内容】

ISS への影響のとして、MAXI 及び SEDA-AP から他装置への影響も含めて検証しておりますので、以下のとおり修正します。

	ハザード内容	想定されるハザード	制御方法	検証結果
	電磁干渉による機器の誤作動	・ISS 或いは他装置からの電磁波による電磁干渉により、実験装置の安全上の機器が誤動作する。 ・MAXI 或いは SEDA-AP から発せられる電磁波により、ISS 或いは他装置の安全上重要な機器が誤動作する。	・ISS 或いは他装置の放射・伝導電磁環境にマージンを加えた環境に対し、誤動作しないように設計する。 ・発生する放射・伝導による電磁波が、ISS 或いは他装置が許容できる電磁環境レベルより十分に低くなる設計とする。	電磁干渉試験(放射・伝導雑音試験及び放射・伝導感受性試験)により、要求値内であることを確認した。

なお考え方としては、ISS 一装置、装置-装置間の電磁干渉がないよう ISS 共通の電磁波放射雑音要求(Emission)と感受性要求(Susceptivity)の要求値にマージンが含まれております。マージンについては質問番号 4-3 を参照ください。

## 【質問番号 4-3】 電磁干渉のマージン(その 1)

### 【質問内容】

P11 「電磁干渉試験により要求値内であることを確認した。」と記述があるが、この要求値とはマージンをもった値か？ マージンは ISS の仕様値であれば、記述が不適切なので修正すること。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 P11

【回答者】JAXA

### 【回答内容】

ご指摘のとおり、ISS の要求値にマージンが含まれておりますので、「制御方法」を以下のとおり修正いたします。

「ISS で共通的に要求される放射、伝導電磁環境下において、機器が誤動作しないように設計する」。

なお、参考として、最もマージンが少ない 200 MHz 帯においては、電磁放射雑音は電界強度を約 80 dB  $\mu$ V/m(0.01V/m)以下に抑えることが要求されるのに対して、感受性としては 60 V/m まで電解強度を負荷させても誤動作しないことを試験で確認しており、約 6000 倍のマージンを有することになります。

ISS における電磁適合要求は、国際規格である米軍規格(MIL 規格)を基に作成されております。

【質問番号 4-4】電磁干渉のマージン(その2)

【質問内容】

P11 制御方法に「十分低くなる設計とあるが、十分とはどのレベルか？ 定量的に示す。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 P11

【回答者】JAXA

【回答内容】

マージンの程度につきましては、質問番号 4-3 への回答をご参照ください。

【質問番号 4-5】実験装置移動時のハザード

【質問内容】

- (1) 実験装置をシャトル搭載のパレットから暴露部までロボットで移動し搭載する時のハザードが説明されていないように思いますが、これは私の見落としでしょうか。
- (2) 移動でのハザード、把持出来ない、ステーションへの衝突等が考えられますが、この問題は日本側の責任ではないのでしょうか。
- (3) 所定の位置に搭載出来ないと言う事故は考えなくて良いのでしょうか。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4

【回答者】JAXA

【回答内容】

(1)及び(2)

実験装置の船外パレットから船外実験プラットフォームに移設に関するハザードは平成14年のJEMシステムの安全審議にて報告させていただきました。識別されたハザードは、実験装置が放出されることによる衝突(ハザードレポート NASDA-0011)とロボットアームの衝突(同 NASDA-0012)でした。以下に平成14年の報告資料の抜粋を添付します。

(3)

MAXI 及び SEDA-AP はそれぞれ EFU#1 及び EFU#9 が取付け位置ですが、もし何らかの原因により、取り付けられない場合は、

MAXI は EFU#5、SEDA-AP は EFU#11 の位置に取り付けられることになっています。

## 6. 安全・開発保証に関する質問

### 【質問番号 6-1】船外活動時の制御方法

#### 【質問内容】

P28「船外活動が近傍で行われるときには、電源を遮断する。」とあるが、近傍での作業でなくても、「船外活動をするときは、電源を遮断する」としてはどうか？

#### 【資料の該当箇所】安全 1-1-4 P28

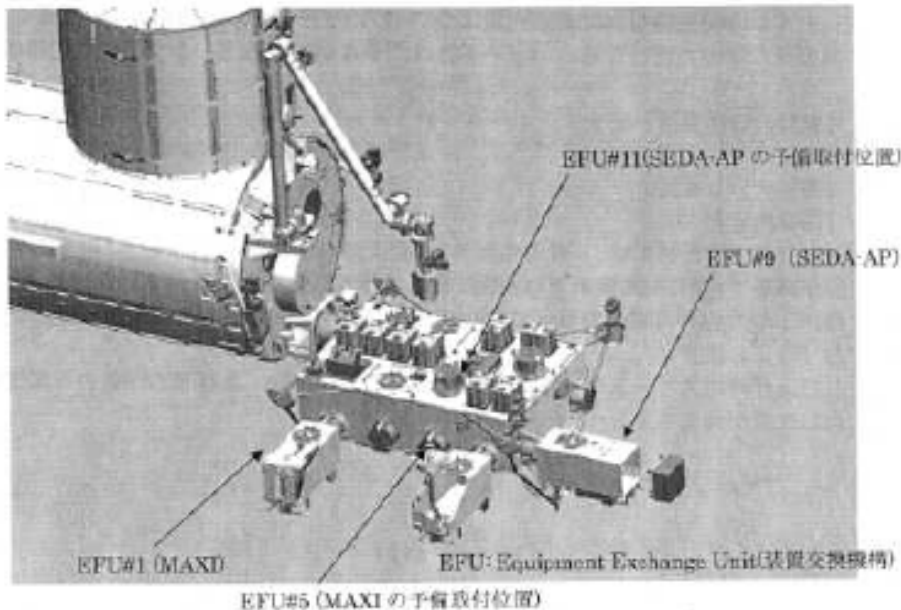
#### 【回答者】JAXA

#### 【回答内容】

9月4日に JAXA 説明者より説明した意図は、「SEDA-AP に関する船外活動を行う場合には、SEDA-AP の伸展機構駆動回路の電源を遮断する」でしたので、そのように修正させていただきます。なお、伸展マストの通常 0.83 m/秒、最大は 4.17 m/秒であり、仮に船外活動員と衝突した場合でも致命的なハザードにはならないクリティカルハザード(1 故障許容設計で対応可能なハザード)と JAXA 有人安全審査会及び NASA 安全審査によって判断されました。

表-4 JEM 安全設計・検証結果(ハザードレポート) (3/7)

ハザード タイトル	影響の 重大性	発生 頻度	ハザード原因	安全設計	検証方法及び結果*	JEM 安全設計(編 集)の対応状況
NASDA-0009 展開マストの 故障	1	C	- 展開マストの長さの変更 - 展開マストの長さの変更	- 長さの変更範囲を規定できる半自動制御の 実装及び ECU の設置	- FEM 解析、強度試験、真鍮 試験	2(1)対策 3(1)対策
NASDA-0010 打上げ上昇機 下昇機の変位 による構造 破壊	1	C	- 構造強度不足 - 不適切な材料の採用 - 肉抜きする文様による疲労 破壊	- 打上げ等の動作に対する安全余裕の確保 - 基準を満たす材料の採用 - コマンドチェックコントロールの適用	- 構造解析、有限要素法、シミュ レーション - 材料試験及び実機テスト (MATE) - 強度試験結果、強度解析	2(2)対策 3(1)対策、イ テ 3(2)対策 3(3)対策
NASDA-0011 固定されて いない機構との 衝突(衝突上)	1	C	- 船外活動時の不慮の動作 - 船外活動時の不慮の動作によ る衝突 - 船外活動への準備時の誤作 動	- 船外活動時の動作の範囲を設定、ハンド ホールド等によるインターフェイスに より防止 - 衝突回避の不慮の動作防止のためのインビ ジブル領域の定義 (ロボットアーム、エアロック等の拡張領域、 実機試験等) - ロボットアームと船外活動時の動作中に船 外活動の衝突防止のための保護領域の 定義	- 実機試験、強度試験、半 自動 - 実機試験、強度試験、半 自動 - 実機試験	2(1)対策 2(1)対策 5(1)対策 5(2)対策、実 機
NASDA-0012 JEM マスト エレベータの 故障	1	C	- マストエレベータの エレベータへの衝突	- 衝突領域での回避 (a) 展開マストを行うエレベータ制御の 完了による動作停止設計 (b) 動作停止時に安全装置に動作できるよう に制御領域の定義 - 故障領域での回避 (a) 展開マストの制御系とエレベータが衝突 する際の回避の確保	- 強度試験、実機試験 - 強度試験、実機 試験	2(1)対策 5(1)対策 5(1)対策





## 【質問番号 6-2】電源系のハザードについて

### 【質問内容】

- (1) 電力系のハザードは、地絡のみと表示されていますが、それは正しいか確認したいのですが。
- (2) それが正しいとして、制御手段の内容を提示してください。例えば、サーキットブレーカー、コマンドスイッチ。またその事故表示はどうなっていますか。

### 【資料の該当箇所】安全 1-1-4

### 【回答者】JAXA

### 【回答内容】

- (1) 電力系のハザードについては、地絡のほか以下が考えられます。

(地終に至らない)過電流による火災及び接触温度異常  
電気コネクタ着脱時の電気ショック上(船内活動員に対して)  
電気コネクタ着脱時のスパークによる船外活動服の損傷(船外活動員に対して)

については、電力線のデレーティング解析(電力線に対する余裕量の解析)及び電力分配器内の DCDC コンバータの適切な選択等で制御されます。

と については、コネクタ着脱前に上流の電力分配器のスイッチを遮断することにより制御します。曝露ペイロードについては、船外実験プラットフォームと曝露ペイロード間の装置交換機構が故障時に、船外活動員による電力コネクタ切り離しを行う場合、ア

ーク(火花)発生に伴う船外活動服の損傷が想定されますが、これに対しては JEM 船外実験プラットフォーム側の電力分配器のスイッチを遮断することで制御されます(船外実験プラットフォームのハザードレポートにより審査されましたので今回の対象からは除外しております)。

- (2) 地絡によって生ずる事象としては、過電流による上流機器の損傷及びシャトルカーゴベイ内でのケーブルの発火が想定されます。

過電流に対しては、船外実験プラットフォームの電力分配器内の電流遮断機能付き ON/OFF スwitchに閾値以上の電流が流れた場合は、自動で電力供給を遮断し安全化を行います。また、ソフトショートのような自動電流遮断に至らない場合においては、船外実験装置の電力分配器内でペイロードの消費電力を計測し、そのテレメトリを地上監視装置及び軌道上ラップコンピュータにおいてモニタしておりますので、コマンドによる電力遮断が可能です(質問番号 6-3 回答の図参照)。

また、ケーブルの発火に対しては、ISS 共通要求に従って、地終時の最大電流の 130%の電流を流した場合でも、ケーブル被覆の最大温度が熱分解温度以下となることを確認しております。

### (警告・警報に対するご質問への回答)

警告・警報に対する要求は以下の 3 つのカテゴリに分類されます。

- ・ CLASS 1 (Emergency) : クレーの生命を脅かす事象で、是正処置よりも先に避難等の処置が必要なもの(例: 火災発生時等)

- ・ CLASS 2(Warning) : ミッションの喪失、潜在的にクルーの損失を招く事象に対して是正処置が必要なもの。(例: JEM の熱環境制御システムからの水リーク、実験ペイロード内で潜在的な熱源の検知等)
- ・ CLASS 3(Caution) : クルーの生命維持のための故障許容機能のひとつが失われた場合(例: JEM 制御装置の通信エラー、煙検知機能の異常等)

なお MAXI、SEDA-AP を含む曝露ペイロードについては、警報を発生すべきイベントはありません。

## 5. 構造に関する質問

【質問番号 5-1】可燃性材料による火災について

【質問内容】

P13 可燃性材料による火災について、ハザードとする理由は何か？ ISS 共通材料要求に従っただけなら、ハザードとは関係ないのではないか？ 整理して示すこと。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 P14

【回答者】JAXA

【回答内容】

火災発生のためには、「可燃性物質」「発火源(ignition source)」「酸素の供給」の要因が必要ですが、ISS 要求では、それぞれについて制御することが求められます。P13 は、1 つめの「可燃性物質」について示しており、「想定されるハザード」を以下のとおり修正します。

「打上げ時のスペースシャトル内の発火源により、MAXI 及び SEDA-AP の可燃性物質へ着火し火災が発生する」

【質問番号 6-3】ETS-8 軌道上不具合の反映

【質問内容】

“電力系統の地絡時の過電流による機器損傷”については対策が十分なのか疑わしい。

ETS-8 の教訓がどの程度生かされているのか。

【資料の該当箇所】

【回答者】JAXA

【回答内容】

- (1) きぼう船外プラットフォーム(EF)から供給される電力は、MAXI の電力分配器(PDAP)により各機器に供給されます。
- (2) PDAP 内に、各機器への供給電流が超過した場合に電力を遮断する過電流保護回路(カレントリミッタ)を各供給チャンネル毎に設けています。
- (3) 図-1 に保護回路が動作する複式図を示します。1 次電源側に保護回路を挿入し、2 次側(出力側)とは DC/DC を介してアイソレーションされています。2 次側の過電流は DC/DC で変換されて 1 次側のリターンラインを流れるため、これを検出して過電流保護回路が動作します。
- (4) これらのカレントリミッタの動作については、各チャンネルごとに過電流負荷試験を行い正常に動作することを確認しています。
- (5) なお、MAXI 内の各機器単位でも過電流保護機能があるため 2 重の保護処理がなされています。また、きぼう船外プラットフォーム

側の電力分配器(EF-PDB)にも過電流保護回路があるため、MAXI での故障が他に影響を及ぼすことはありません。

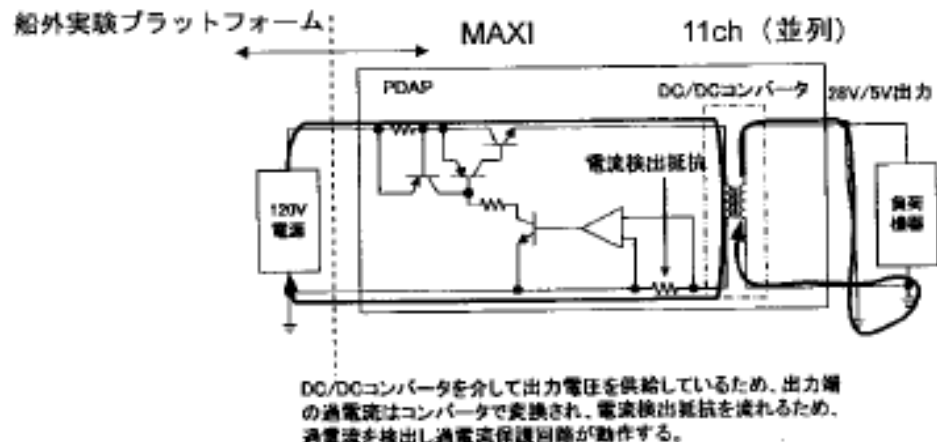
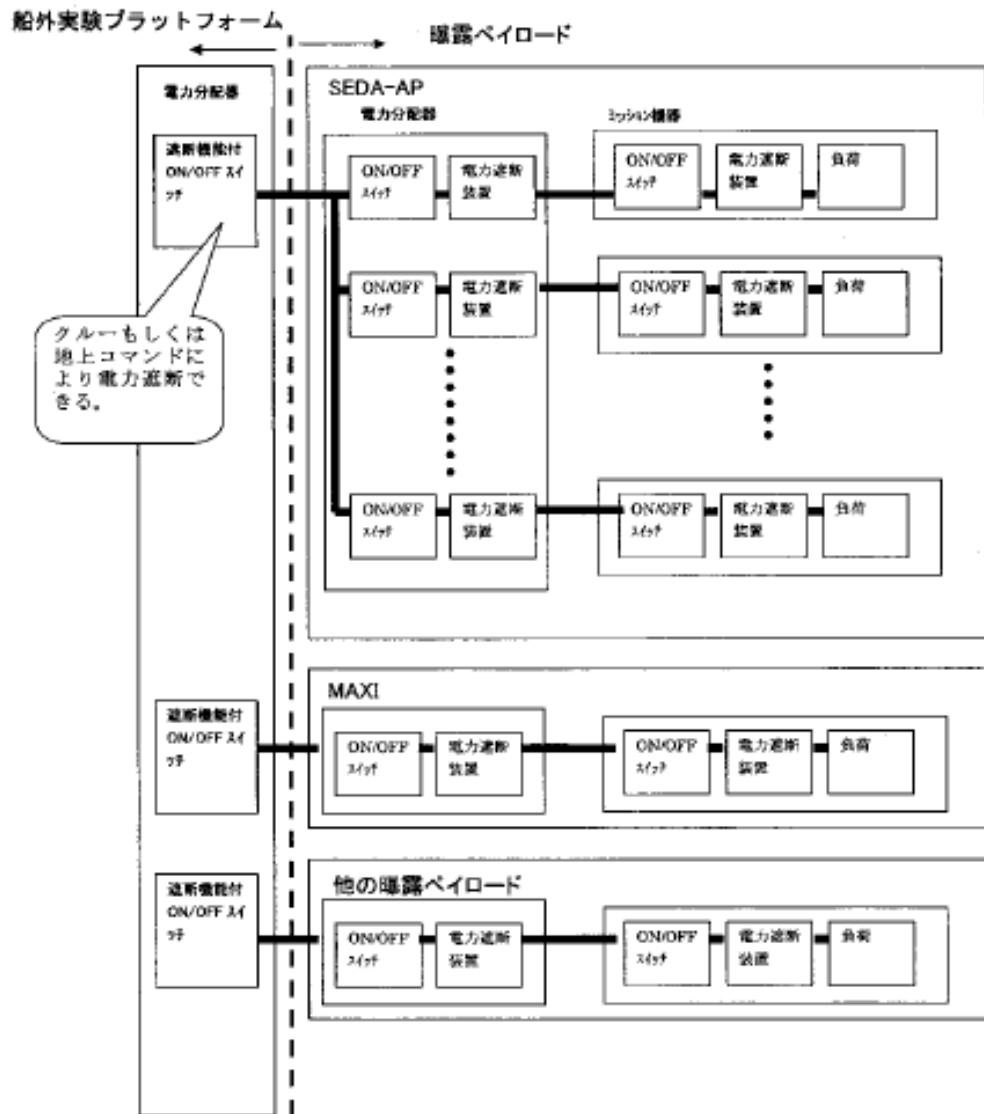


図-1 過電流保護回路

- (6) また、ETS-8 不具合での反映事項としてあがっておりましたミッション機器の故障分離機能の確保については、MAXI 及び SEDA-ともに各ミッション機器内及びその上流の電力分配器内の各ミッション機器への電力供給ライン各々に電流遮断機能がついておりますので、1 つのミッション機器内で短絡で遮断機能が働いても、他のミッション機器の電力の供給は可能な設計となっています。同様に、船外実験プラットフォームの電力分配器の電力遮断機能が働いた場合にも、遮断機能は個々の曝露ペイロードに対して付いておりますので、他の曝露ペイロードでの電力供給は継続可能です。



## 【質問番号 6-5】 伸展マストのハザードについて

### 【質問内容】

伸展マストの想定ハザードとされている「意図しない作動」は、縮んだ位置からの伸展だけでなく、伸展している状態から縮む方向についても同様の扱いとなっているか。また、例えば「マストが思い通り伸展しないので、確認・修理のために船外活動を行う」という場合を想定した上で、安全確保がなされているか。

【資料の該当箇所】 安全 1-1-4 27 ページ

【回答者】 JAXA

### 【回答内容】

伸展マストの「意図しない作動」に対しては、ご指摘のとおり縮む方向についても同じ制御を適用しています。

また、伸展マストが思い通り伸展しなかった場合は、船外活動員が ISS 共通ツールを用いて、伸展マストを伸展させます。この際にも不意の動作を起こさないように、電源を遮断する制御方法を用います(安全 1-1-4 の 27 ページ参照ください)。

## 9. 安全確保体制に関する質問

### 【質問番号 9-1】NASA の審査支援

#### 【質問内容】

MOU には「NASA は他の参加機関によるこれらの審査に参加し、支援する」となっていて、NASA 側は日本が提供する要素および搭載物の安全審査に参加・支援をすることになっている。これは PSRP が担当しているものと思うが、図 4-1 で JAXA 有人安全審査会に出向いてきているのだろうか？ 矢印は日本側から NASA 側への一方通行となっている。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 5 ページ

【回答者】JAXA

#### 【回答内容】

NASA 安全審査パネルは、JAXA 有人安全審査会には出向いてきてはおりません。ただし、船外活動もしくは毒性評価など、NASA の意見や知見が必要な課題がある場合には JAXA 有人安全審査会を実施する前に、適宜 JAXA 及び NASA の安全担当者間で技術調整を実施し、NASA の支援を得ています。

### 【質問番号 9-2】JAXA 安全審査委員会と有人安全審査会

#### 【質問内容】

JAXA の安全審査は常に NASA の審査に先立って実施されている。ここに記載されている JAXA 審査は安全審査委員会だと考えられるが、これだと変ではないか？ 最後の砦である JAXA 安全審査委員会は SRP 沖 SRP の審査結論をも反映して開催されるべきと思う。今回の資料では、宇宙開発委員会に出される最終的な JAXA の見解が NASA 審査分を含んでいないということになってしまう。

【資料の該当箇所】安全 1-1-4 7 ページ

【回答者】JAXA

#### 【回答内容】

表 6-1 の JAXA 安全審査は 5 ページ図 4-1 の JAXA 有人安全審査会の完了日を示しております。JAXA 安全審査委員会につきましては、NASA の安全審査が終了した後に実施し、NASA 安全審査の結果も含めて審査しております。

MAXI JAXA 有人安全審査会:平成 20 年 5 月 30 日  
NASA 安全審査パネル:平成 20 年 8 月 20 日  
JAXA 安全審査委員会:平成 20 年 8 月 26 日

SEDA-AP JAXA 有人安全審査会:平成 19 年 11 月 22 日  
NASA 安全審査パネル:平成 20 年 4 月 9 日  
JAXA 安全審査委員会:平成 20 年 8 月 26 日