

国際宇宙ステーション(ISS)に提供する実験装置 (汎用宇宙曝露実験用ハンドレール取付機構 (ExHAM))に関する安全審査結果について

平成26年1月28日(A改訂)

平成26年1月14日

独立行政法人
宇宙航空研究開発機構

A改訂内容

- ①標準ハザードの制御方法の補足説明を追記(p.7)
- ②ハザード識別としてFMEAを追加(p.4,15,18,19)

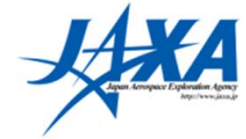
説明者

有人宇宙ミッション本部
有人システム安全・ミッション保証室

室長 上森 規光

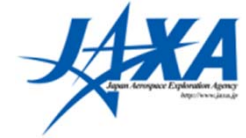
ExHAM;
Exposed Experiment Handrail Attachment Mechanism

目次



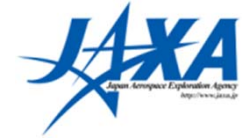
1. 目的
2. 審査経緯
3. 審査結果
4. 標準的な制御方法により検証した事項
5. 特徴的な制御方法により検証した事項
6. 結論

1. 目的



JAXAによる安全審査プロセス(資料7-1-2)を実際のシステムに適用した事例として、JAXAが行った汎用宇宙曝露実験用ハンドレール取付機構(ExHAM)に対する安全審査の結果を示す。

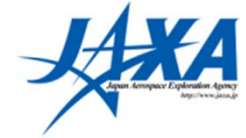
2. 審査経緯



JAXAは、ExHAMに関する有人安全審査会及び安全審査委員会を下記の通り実施し、平成25年4月に終了した。

	有人安全審査会	安全審査委員会
フェーズ0/1 (基本設計終了時)	平成23年9月30日	平成24年2月7日
フェーズ2 (詳細設計終了時)	平成24年8月21日	平成25年1月29日
フェーズ3 (認定試験終了時)	平成25年2月14日	平成25年4月16日

3. 審査結果(1/3)



(I) 有人安全審査会において下記を確認した。

1. ハザード及びハザード原因が適切に識別されていること(フェーズ0/1)
 - 識別されたハザードを次ページに、**ハザード識別**を添付1に示す。
2. 識別された全てのハザード原因に対して、ハザード制御方法が適切に設定されていること(フェーズ2)
 - 安全解析結果を添付2に示す。
3. ハザード制御方法が適切に検証されていること(フェーズ3)
 - 検証結果を4章及び5章に示す。

(II) 各フェーズにおける有人安全審査会の結果について、安全審査委員会で審議・了承した。

以上によりJAXAとしての、汎用宇宙曝露実験用ハンドレール取付機構(ExHAM)の安全審査プロセスを完了した。

3. 審査結果(2/3)－標準ハザード

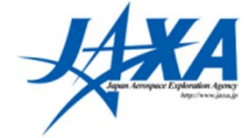


識別されたハザード及びその審査結果を以下に示す。(安全解析結果の概要は添付2を参照。)

ハザード番号	標準ハザード*1	結果
1	打上げ荷重による構造破壊 (輸送用バッグにて打ち上げられるものが対象)	ユニークHR:ExHAM-02で評価
2	シールを有する圧力機器の破損	該当なし
3	ベントポートを有する機器の破損	該当なし
4	鋭利端部への接触、挟み込み	ユニークHR:ExHAM-04で評価
5	ガラス破損	該当なし
6	火災(可燃性物質の使用)	検証結果が妥当であることを確認した
7	船内空気の汚染(使用材料からのオフガス)	同上
8	電磁適合性	該当なし
9	電池の破裂/漏えい	該当なし
10	高/低温部への接触	ユニークHR:ExHAM-03で評価
11	電力系の損傷	該当なし
12	発火源の有無(シャトル打ち上げの場合)	該当なし
13	回転機器(循環ポンプ、ファン)の破損	該当なし
14	電力コネクタ着脱時の感電	該当なし
15	クルー退避時の障害	検証結果が妥当であることを確認した
16	水銀による船内空気の汚染	該当なし

*1:標準ハザード:標準化された方法で制御が可能なハザード。

3. 審査結果(3/3)－ユニークハザード



ユニークハザードは、製品に特徴的な制御が必要となるハザード。

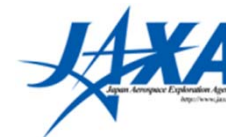
ExHAMは、以下の特徴を有するため、それに対応したユニークハザードを識別。

- ✓ 「きぼう」ロボットアームを使用して取付／取外しを行う。
- ✓ 船内及び船外の両方で運用する。

	ユニークハザード	結果
1	ハンドホールドからのExHAMの不意な放出 (UNQ-ExHAM-01)	検証結果が妥当であることを確認
2	ExHAM又はハンドホールドの構造破壊 (UNQ-ExHAM-02)	同上
3	高温/低温部への接触 (UNQ-ExHAM-03)	同上
4	鋭利端部への接触 (UNQ-ExHAM-04)	同上

上記ユニークハザードについて、5項で説明する。

4. 標準的な制御方法により検証した事項



標準 ハザード 番号	タイトル	想定されるハザード	制御	検証
6	火災(可燃性物質の使用)	可燃性物質を使用していた場合、「きぼう」内で火災が発生する恐れがある。	適切な材料プロセス(JAXA宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書)に従った材料選定を行う。 ^{*1}	材料使用リスト(MIUL; Material Identification and Usage List)を審査し、承認した。
7	船内空気の汚染(使用材料からのオフガス)	機器からのオフガスがクルーに危害を与える恐れがある。	適切な材料プロセス(JAXA宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書)に従った材料選定を行う。 ^{*2}	材料使用リスト(MIUL; Material Identification and Usage List)を審査し、承認した。
15	クルー退避時の障害	機器が障害となり、緊急時のクルーの退避を阻害する恐れがある。	クルーの緊急時の退避経路を阻害しないエンベロープとする。	ExHAMのエンベロープが規定値以内に収まることを確認した。

*1; ExHAMに使用する材料は、可燃性のレーティングが低い材料から選定する。

*2; ISSで規定された選定基準(「きぼう」のボリュームを考慮して、各物質ごとの人体に対する許容量が定められている)に従って使用する材料を選定する。非金属からのオフガスについては、少量かつ使用実績のある材料を用い、オフガス発生量をISSで設定される基準レベル内とする。

5. 特徴的な制御方法により検証した事項



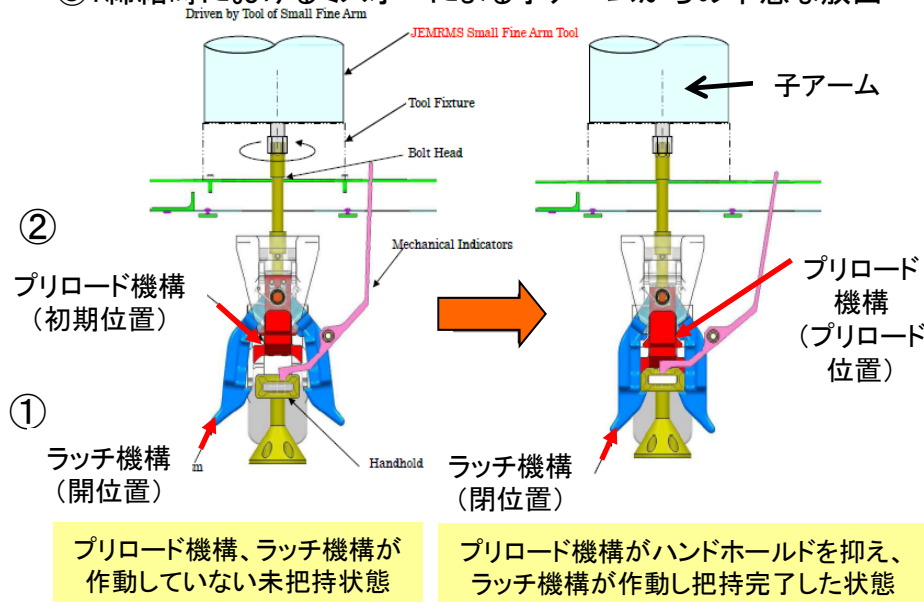
UNQ-ExHAM-01: ハンドホールドからのExHAMの不意な放出

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード (ISS、「きぼう」の損傷/搭乗員の死傷)

• ハンドホールドからのExHAMの不意な放出により、ExHAMが浮遊し、ISS、「きぼう」もしくはEVAクルーと衝突し損傷/死傷させる。

【ハザード原因】

- ①: 締結時におけるラッチ機構の故障
- ②: 締結時におけるプリロード機構のジャミング
- ③: 締結時におけるミスオペによる子アームからの不意な放出

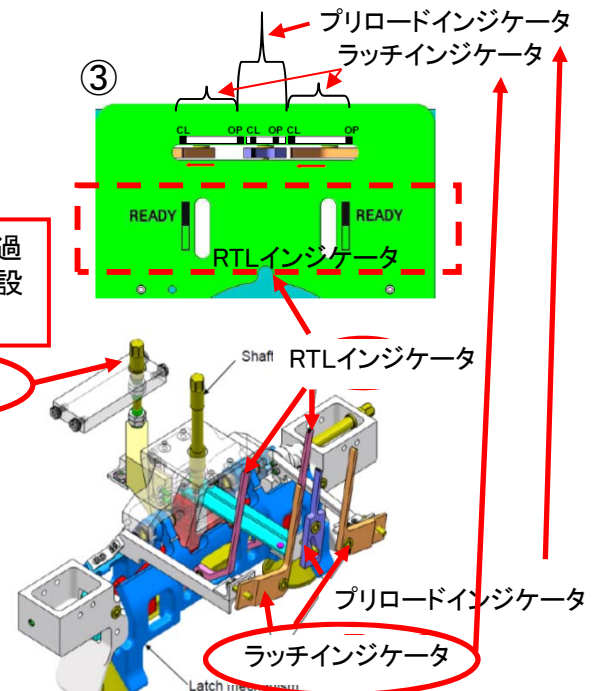


プリロード機構、ラッチ機構が作動していない未把持状態

プリロード機構がハンドホールドを抑え、ラッチ機構が作動し把持完了した状態

安全審査φ01の過程で、EVA対応設計に変更した。

EVAシャフト



【制御方法、検証方法】

ラッチインジケータは当初は1つだったが、安全審査φ01の過程で、2つに設計変更した。

制御	検証
①-1, ②-1 ISS共通の要求に基づく機構設計 (1故障許容相当)	①-1, ②-1 解析及び試験結果(機能、ランダム振動、熱真空、寿命)を確認
①-2 ラッチ不良時には子アームによりラッチ機構を再解放し、その後船内へ持ち帰る (運用制御)	①-2, ②-2, ③ 運用制御合意文書を確認
②-2 プリロード機構のジャミング時は、EVAクルーによりプリロード機構を解放し、その後、船内へ持ち帰る (運用制御)	②-2, ③ 機構解析、機能試験、現品確認の結果を確認
③ プリロード機構及びラッチ機構の把持状態を表示するインジケータによる目視確認 (運用制御)	③ 視野解析結果を確認

5. 特徴的な制御方法により検証した事項

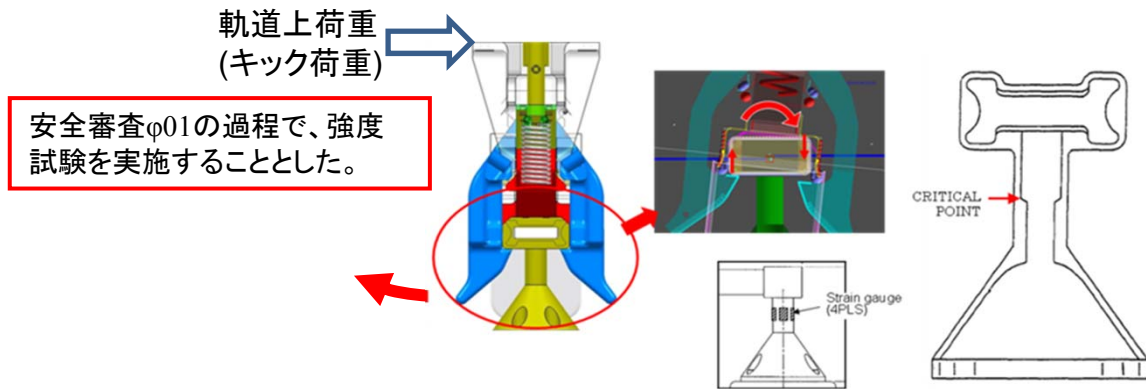
UNQ-ExHAM-02: ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊(1/2)

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(ISS、「きぼう」の損傷／搭乗員の死傷)

- 打上げ荷重／軌道上荷重の負荷によりExHAM、ハンドホールドもしくはハンドホールドインタフェースの構造破壊、ExHAMの把持開放によりそれらが浮遊し、ISS、「きぼう」もしくはEVAクルーと衝突し、損傷／死傷させる。



打上げ用バッグに梱包された状態で打ち上げられ、打上げ荷重を受ける



【制御方法、検証方法】

制御	検証
<p>• ハンドホールド／ハンドホールドインタフェースの強度に関する強度解析、強度試験を行う。 EVAキック荷重に対しては、不適合報告書(NCR)の承認を得る(次ページ参照)。</p>	<p>• 構造解析及び強度試験結果を確認、構造検証計画を承認。不適合報告書(NCR)が承認されたことを確認。</p>
<p>• ExHAMの打上げ荷重に対して、安全係数1.5(降伏)、2.0(終極)を、軌道上荷重に対して、安全係数 1.25(降伏)、2.0(終極)を適用した構造設計を行う。 • ISS要求を満たす材料を使用する。 • フラクチャコントロール計画及びファスナコントロール計画を作成する。 • 軌道上で取り付けるファスナについては、トルク管理を手順書に記載する(運用制御)。</p>	<p>• 構造解析、現品確認の結果を確認、構造検証計画を承認、図面を確認。 • 材料リスト(MIUL)及び材料使用合意書(MUA)を承認。 • フラクチャコントロールステータスレポート／サマリレポートを承認、ファスナの図面確認、現品確認の結果を確認。 • 図面確認、現品確認、運用制御合意文書を確認。</p>

5. 特徴的な制御方法により検証した事項

UNQ-ExHAM-02: ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊(2/2)



宇宙飛行士の船外活動(EVA)中のキック荷重が負荷された場合、ハンドホールドのブラケットの強度余裕が負となり、要求を満足しない(詳細は添付5参照)。これについては、以下により受入可能と判断した。

●受入根拠

- (1)ハンドホールドのブラケットは2つあり、破壊するのは1つのみ(ハンドホールドが破断しExHAMが外れて飛んでいくことはない)。
- (2)使用するハンドホールドはEVAクルーの移動経路ではない(図3-1)。
- (3)EVAクルーによるExHAMの解放時には、EVAクルーの姿勢から、キック荷重は負荷される恐れはない(図3-2)。
- (4)手順書でクルーに注意喚起する。

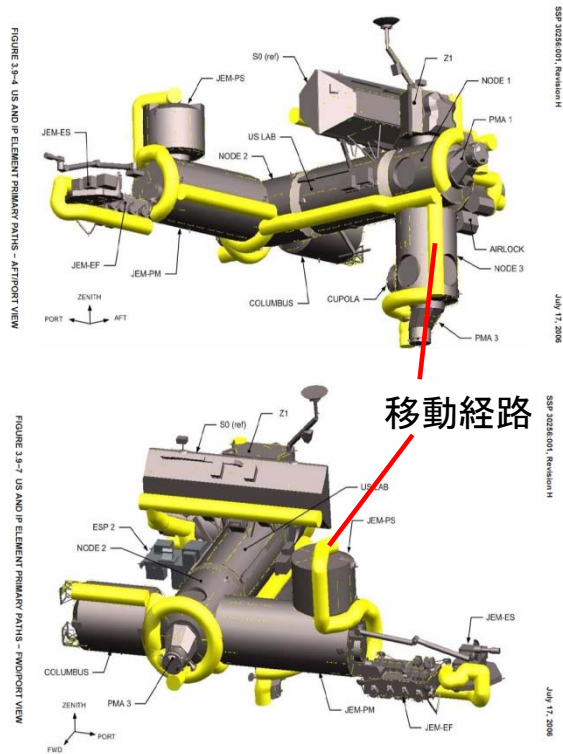


図3-1 EVAクルーの移動経路

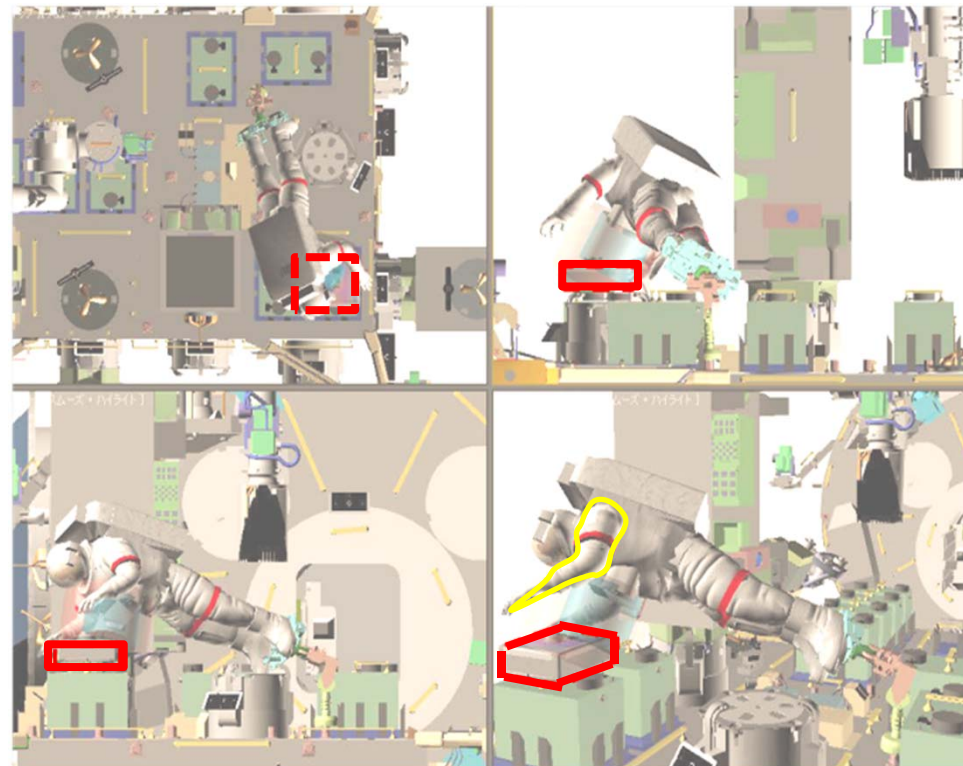


図3-2 ExHAMの解放時のクルー姿勢

5. 特徴的な制御方法により検証した事項 UNQ-ExHAM-03: 高温／低温への接触



【想定されるハザード】: クリティカルハザード(搭乗員の負傷)

•ExHAMの接触温度範囲超過により、クルーを負傷させる

(1)クルーがExHAMを「きぼう」曝露部からエアロック経由で船内へ移送する際、軌道上環境により

ExHAMがクルー接触温度範囲(IVA: -18°C~49°C、EVA: -118°C~113°C)を逸脱する

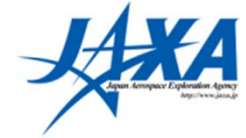
(2)不適切な設計・製造によりクルー接触温度範囲を逸脱する

【制御方法、検証方法】:

制御	検証
<ul style="list-style-type: none"> •ExHAMをエアロック経由で船内に移設する際に、ExHAMの温度がIVAクルー接触温度範囲内になる待ち時間を設定 •IVAクルーはExHAMが許容温度範囲内になる待ち時間を過ぎてからハッチをオープンする(運用制御) 	<ul style="list-style-type: none"> •熱解析結果を確認した •運用制御合意文書を確認した
<ul style="list-style-type: none"> •EVAで許容される表面温度範囲内であることを確認する。 <ul style="list-style-type: none"> ・偶発的な接触: -118°C~+113°C ・意図的な接触: -42.8°C~+62.6°C ・上記を満足しない場合、Heat rateが許容値以下であることを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> •熱解析結果の確認を行った。結果EVAボルトとマイクロコニカルフィッティングの温度が許容範囲を逸脱したが、Heat rateの解析結果、EVAボルトとマイクロコニカルフィッティング共に許容値以下であることを確認した

注) 運用制御合意文書: 運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書

5. 特徴的な制御方法により検証した事項 UNQ-ExHAM-04: 鋭利端部への接触(1/2)



- 【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(ISS、「きぼう」の損傷/搭乗員の死傷)
- ExHAM外表面に鋭利端部があると、クレーが接触した場合、クレーを損傷させる



図1-1 ExHAM天頂部



図1-2 ExHAM下面部

【制御方法、検証方法】

制御	検証
<ul style="list-style-type: none"> •ISS共通要求に基づく設計 (ラッチアームの鋭利端部については、次ページ参照) •ラッチアームの鋭利端部を接触禁止エリアとする(運用制御) 	<ul style="list-style-type: none"> •図面確認、現品確認、強度試験及び寿命試験後の現品確認、接触試験、不適合報告書(NCR)が承認されたことを確認。 •運用制御合意文書を確認。

注) 運用制御合意文書: 運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書

5. 特徴的な制御方法により検証した事項 UNQ-ExHAM-04: 鋭利端部への接触(2/2)

ラッチアームの一部が鋭利端部の要求を満足できない(図4-1)。これについては、下記により受入可能と判断した。

●受入根拠

- (1)ロボットアームによるExHAM取外し作業に失敗した場合のみ、クレーによる船外活動が必要になる。取り外されたExHAMはバッグに保管されるため、鋭利端部にクレーが触れるおそれはない。
- (2)ラッチアームの鋭利端部は、クレーの触れにくい位置にある(図4-1)。
- (3)鋭利端部をクレーの接触禁止エリアとして識別する(図4-2)。
- (4)ラッチアームの接触がハンドホールドに鋭利端部を生じさせないことを試験により確認している。

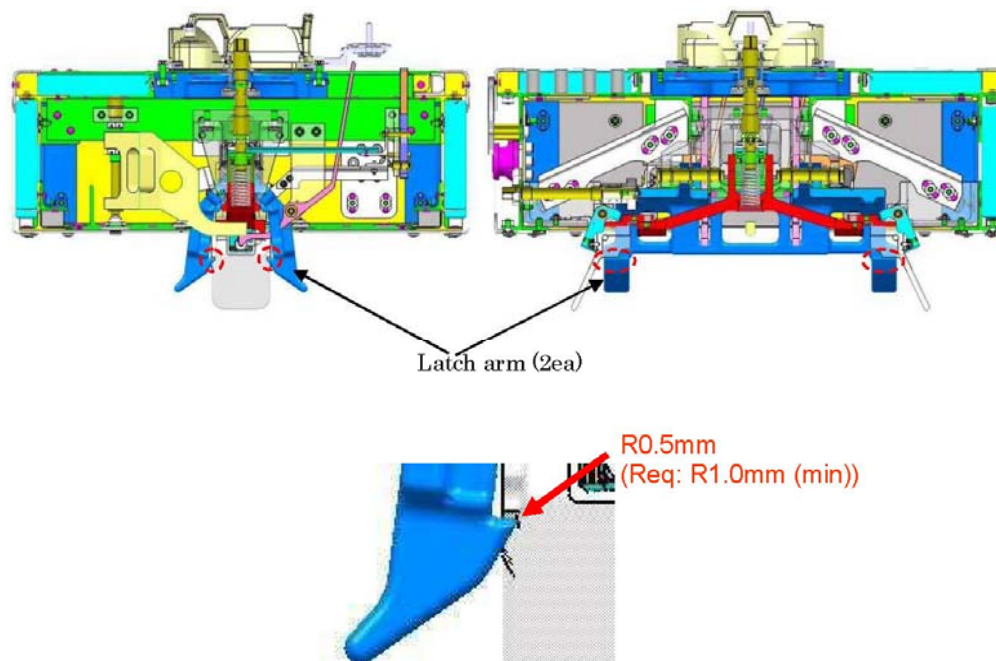


図4-1 鋭利端部

クレーの接触禁止エリアとして設定

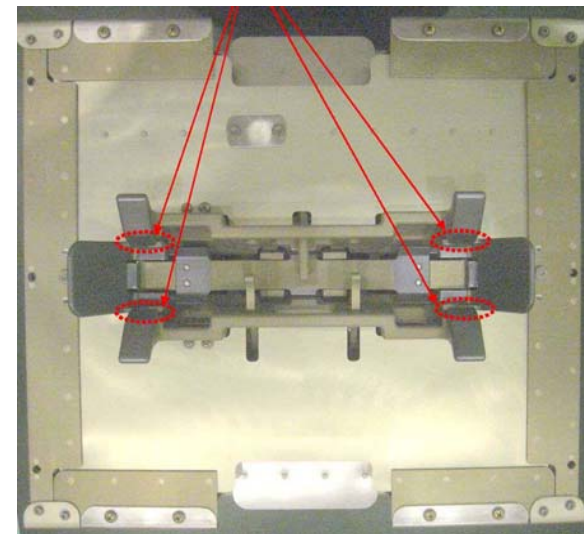
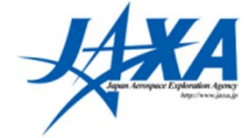


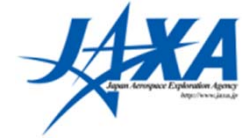
図4-2 接触禁止エリア

6. 結論



JAXAは、汎用宇宙曝露実験用ハンドレール取付機構 (ExHAM)について、JAXA内の安全審査を完了し、安全検証は完了したと判断した。

添付



添付1 ;ハザード識別

(1) FTA

(2) FMEA

添付2 ;安全解析結果

添付3 ;標準ハザードレポートの例

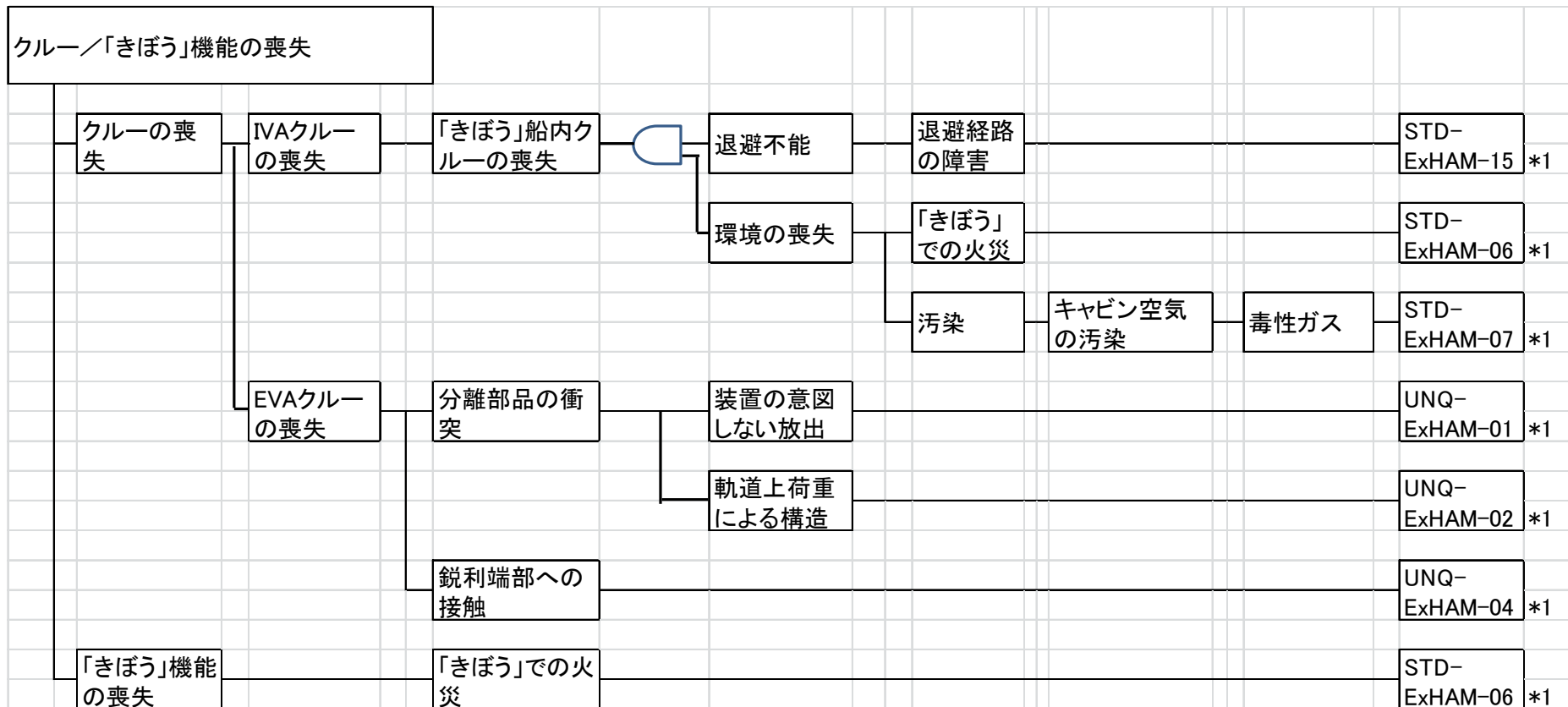
添付4 ;ユニークハザードレポートの例

添付5 ;ハンドホールドの構造解析結果

付表-1 ;安全評価のための基本指針に対するExHAMの安全検証結果

添付1 ;ハザード識別(1/4)

(1) FTA (1/2)

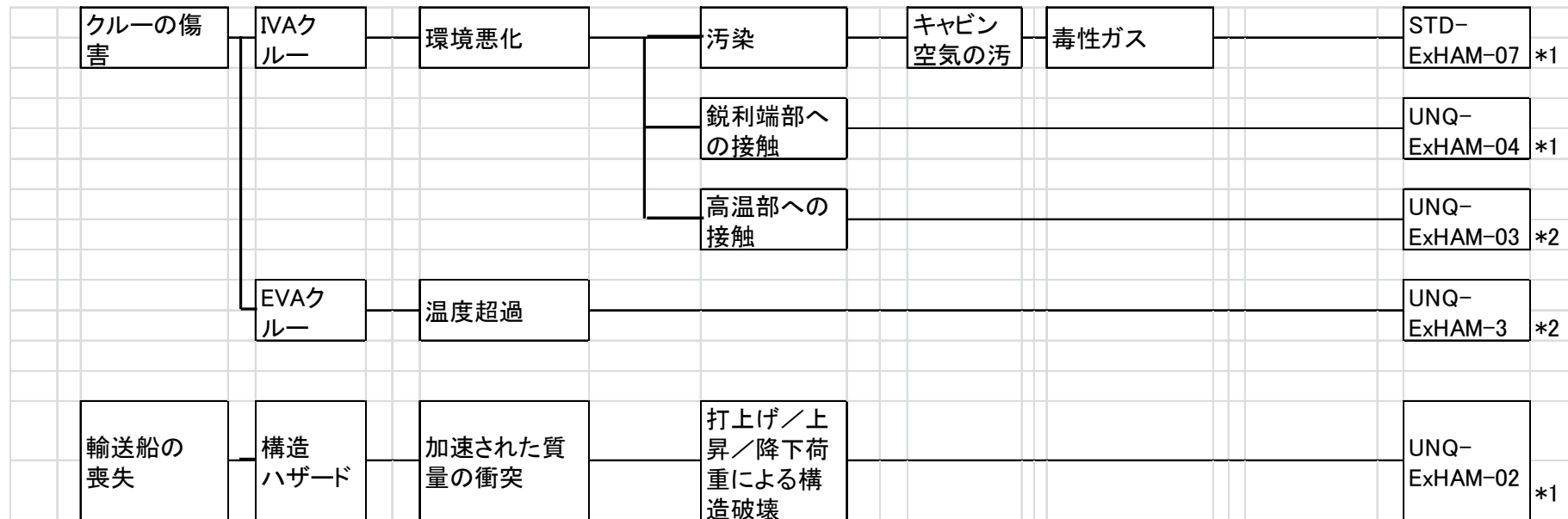


注

1. 図中でORの表示は省略している。
2. *1はカタストロフィックハザード、*2はクリティカルハザードを示す。

添付1 ;ハザード識別(2/4)

(1) FTA (2/2)



注

1. 図中でORの表示は省略している。
2. *1はカタストロフィックハザード、*2はクリティカルハザードを示す。

(STD-ExHAM-07とUNQ-ExHAM-04は「クルーの喪失」の大きな要因になるため、被害の度合いが大きいカタストロフィックハザードとしている)

添付1 ; ハザード識別(3/4)



(2) FMEA (1/2)

品目	数量	機能	Critical Item	故障モード	原因	故障の影響		検知方法	発生時の処置	Category	分類した理由	対策
						Local	System					
シャフト/ナット	1	ラッチを開閉する プリロード機構を駆動する	NO	シャフト回転 不能	異物噛み込み 摺動部の固着	ラッチを開閉できない プリロードアームをハンド ホールドに押し付けでき ない	ExHAMをハンドホールド に固定できない ExHAMをハンドホールド から取り外せない	子アームツールの 回転数及び 電流リミット ミッタ作動、 ラッチインジケ ータ、プリロードイ ンジケータ(但 し子アームツ ール故障との 分別不能)	シャフトが回転しない 時は、ミッションの継 続を中止。 ラッチが中途半端に 掛かった状態で停止 した場合や、分離時 に回転しなかった場 合はEVAが強制分離 機構でバックアップす る	3A	子アームが把持して いる限りはExHAMを 放出することはない	ExHAM-01 Control 1.2a, 1.2b-1, 1.2b-2 (プリロードメカニズムの一部と して整理)
ラッチ機構	2	ハンドホールドを把持/解放 する	NO	把持不能/ 解放不能	シャフト部に異物噛み 込み シャフト部の焼き付き	ラッチを開閉できない	ExHAMがハンドホールド を把持できない ExHAMをハンドホールド から解放できない	把持時:ラ ッチインジケ ータ 解放時:ラ ッチインジケ ータ、 子アームツ ール 回転数、電 流リミット	把持不能時:子ア ーム退避、EVAにて取 外し 解放不能時:固定し たまま放置	3A	子アームが把持して いる限りはExHAMを 放出することはない	ExHAM-01 Control 1.1a, 1.1b
				把持不能	ねじりバネ破壊	ラッチを閉じることができ ない	ExHAMがハンドホールド を把持できない			3A	把持できないためミ ッションが継続できな い	
プリロード機構	1	軌道上荷重でのがたつきを 抑える 子アーム押込み後のZ軸回り 残留ミスアライメントを修正 ボンディング機構の駆動	NO	バネ力が作 用しない	バネ破壊 (メカレターを適用する ことにより、破壊後も 荷重を受け持つため、 このモードは考慮せ ず。)	全くバネ力が働かない と、プリロード力を作用さ せることができない	ハンドホールドの固定が できない(ラッチでは把持 していても、構造とみな すことはできない) ハンドホールドに作用するプ リロードを解放できない Z軸回りの残留ミスアライ メントを修正できない ボンディング機構を駆動で きない	—	圧縮バネが破損して も荷重の低下はわず かなため、問題となら ない	3C	圧縮バネが破損して も荷重の低下はわず かなため、問題となら ない	使用条件に対し十分なバネ強度 を確保する、圧縮バネを採用して いる
				ジャミング	ジャミング	プリロードアームが動作 しない	把持時に1故障目で途中 停止した後、2故障目で ジャミングすると、ExHAM をハンドホールドから取り 外せない。	ラッチインジケ ータ、プリロードイ ンジケータ共 に途中で停 止	ミッションの継続を中 止。 EVAが強制分離機構 でバックアップする	3A	子アームが把持して いる限りはExHAMを 放出することはない	ExHAM-01 Control 1.2a, 1.2b-1, 1.2b-2
ボンディング機構	2	ExHAMとハンドホールド間のボン ディング	NO	ジャミング	異物噛み込み	ExHAM~R-ORU間のボン ディングが取れない	帯電した場合に子アーム へ影響を及ぼす可能性 がある	—	冗長構成のため処置 不要	3C	帯電して子アームへ 影響が出ることを想 定 冗長構成	冗長構成
ラッチ解放機構	1	ExHAMを正常に固定できな かったり、或いは中途半端な 状態で取外しできなくなった 場合に、EVAによりラッチを 解放する	NO	ジャミング	異物噛み込み 摺動部の固着	ラッチを解放できない	ExHAMをハンドホールド から取り外せない	PGTで90度 回転できな い	ExHAM取外しを中断 し、テザー等にて浮 遊を防止する	3C	ラッチ機構/プリロ ード機構の故障時に使 用される機構であり、 単一故障はhazardに つながらない	周囲をカバーしている 固体潤滑剤を適用

添付1 ; ハザード識別(4/4)

(2) FMEA (2/2)

品目	数量	機能	Critical Item	故障モード	原因	故障の影響		検知方法	発生時の処置	Category	分類した理由	対策
						Local	System					
プリロード解放機構	1	ラッチ解放機構/ボンディング解放機構作動前に、プリロード機構によるプリロード力を解放する	NO	ジャミング	異物噛み込み	プリロードが解放できない	ラッチ解放機構やボンディング解放機構を作動させることができず、EVAによるExHAM取外しができない	PGTで所定の回転数回せずに停止	ExHAM取外しを中断し、テザー等にて浮遊を防止する	3C	ラッチ機構/プリロード機構の故障時に使用される機構であり、単一故障はhazardにつながる	周囲をカバーしている
					摺動部の固着							固体潤滑剤を適用
RTLインジケータ	2	子アームによる押し込み状態を表示する	NO	ジャミング	異物噛み込み	子アームの押し込み状態を誤表示する	(押し込み操作時) 誤ってRTL表示を出すと、結合できない状態で結合動作を行う 誤ってNot RTL表示すると、押し込み操作を何度もやり直すことになる (結合動作完了時) 結合がうまくいかなかった場合に誤ってRTL表示すると、結合完了と誤判断する 正常結合時にNot RTL表示することはない	子アームの押し込み動作に伴いNot RTL→RTLへ変化しない時検知可能 結合完了後の誤表示はタッチインジケータで検知可能	(押し込み操作時) 誤ってRTL表示を出した場合、左記の検知方法で判別可能。運用断念。 誤ってNot RTL表示し続ける時は、押し付けを繰り返し、RTLにならない場合は運用を断念する (結合動作完了時) 正常結合できなかったことはタッチインジケータで判別可能、繰り返し運用し、最終的に運用断念 安全化処置は不要	3A	RTLインジケータの変化、またはタッチインジケータとの整合で判別できるため、運用断念すれば良く、ハザードではない	周囲をカバーしている
					摺動部の固着							固体潤滑剤を適用
プリロードインジケータ	1	プリロード力の作動状態を表示する	NO	ジャミング	異物噛み込み	プリロード力の作動状態を誤表示する	ラッチ開時に誤ってプリロード完了と表示する場合は、故障検知可能。 ラッチ閉時に誤ってプリロード非完了と表示すると、結合動作完了が判断できない。	タッチインジケータが閉を示す前にプリロード完了を表示すると検知可能	いずれの場合もミッション継続を断念する。安全化処置は不要。	3A	インジケータの故障が検知できるか、或いはプリロード完了が判断できない状態のため、運用を断念すれば良く、ハザードではない。	周囲をカバーしている
					摺動部の固着							固体潤滑剤を適用
ラッチインジケータ	2	ラッチの開閉状態を表示する	NO	ジャミング	異物噛み込み	ラッチの開閉状態を誤表示する	ラッチ開時に誤ってラッチ閉と表示すると、故障検知が可能 ラッチ閉時に誤ってラッチ開と表示すると、結合動作完了を判断できない	プリロードインジケータがプリロード表示前にラッチ閉を示すと故障検知可能	いずれの場合もミッション継続を断念する。安全化処置は不要。	3A	いずれの場合もミッション継続を断念すれば良く、ハザードは無い。	周囲をカバーしている
					摺動部の固着							固体潤滑剤を適用
ツールフィクスチャ	1	子アームにて把持される	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	製造元であるIA廠においてクリティカルアイテムがないことが解析されている
エアロックアダプタ	1	親アーム取付型実験アダプタ上でExHAMを固定する	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-

添付2 ;安全解析結果(1/4)



該当ハザード番号	ハザードタイトル (注1)	ハザード原因	ハザード制御	検証方法
UNQ-ExHAM-01 (不意な放出)	ExHAMのハンド ホールドからの 不意な放出 (I)	ラッチ機構の不具合	<ul style="list-style-type: none"> ・リスク最小化設計を行う ・子アームを使用し、ラッチ機構を再度開とする 	解析、試験 手順検査
		プリロード機構のスタック	<ul style="list-style-type: none"> ・リスク最小化設計を行う ・ラッチ機構がEVA作業にて開できるように設計する ・EVAクルーによりラッチ開放する ・プリロード機構を保持するためプリロードバネを有する設計とする ・プリロードバネのEVAボルトを回転させる ・プリロードバネが緩まないようにセルフロックタイプのインサートを用いる 	解析、試験、機能試験、 手順検査、現品検査
		子アーム又はIVAとの協調 作業中のExHAMの不適切 な放出	<ul style="list-style-type: none"> ・機械的インジケータを2つ持つように設計する ・ラッチステータスを子アームTVカメラにより地上及びIVAクルーで目視確認する ・子アームがツールフィクスチャを捕捉したことを地上及びIVAクルーで目視確認する ・IVAにてExHAMをエアロックアダプタのハンドホールドに取付後、インジケータのステータス確認を行う 	解析、試験、手順検査

添付2 ; 安全解析結果(2/4)



該当ハザード番号	ハザードタイトル (注1)	ハザード原因	ハザード制御	検証方法
UNQ-ExHAM-01 (不意な放出)	ExHAMのハンドホールドからの不意な放出 (I)	ハンドホールド捕捉後のExHAMの不意な放出	<ul style="list-style-type: none"> ExHAMがハンドホールド捕捉後、20kgfのプリロードを加える 	解析
			<ul style="list-style-type: none"> 2次緩み機構を適用する 	試験
		外部荷重によるExHAMの構造破壊	<ul style="list-style-type: none"> バネエネルギーからEVAクルーを守るため及びプリロード機構を保持するようプリロードバネを設計する EVAクルーによりプリロードバネを操作する プリロードバネのEVAボルトを回転させる プリロードバネが緩まないようにセルフロックタイプのインサートを用いる 	解析、手順検査、現品検査
	EVA作業時のEVAクルーに対するExHAMの不意の放出	<ul style="list-style-type: none"> プリロード解放前にPreload Spring Stopperを作動させる 	解析、手順検査、現品検査	

注)ハザードの被害の度合いの尺度としてカタストロフィックをⅠ、クリティカルをⅡと()内に表示した。

添付2 ;安全解析結果(3/4)



該当ハザード番号	ハザードタイトル (注)	ハザード原因	ハザード制御	検証方法
UNQ-ExHAM-02 (構造破壊)	ExHAM、ハンドホールド、又はハンドホールドインタフェース構造のISS/JEM/EVAクルーの衝突荷重による構造破壊 (I)	軌道上荷重によるハンドホールドの構造破壊	荷重に対して安全係数を持った設計を行う	解析、構造検証計画の承認、試験
		軌道上荷重によるハンドホールドインタフェースの構造破壊	同上	解析、構造検証計画の承認

注)ハザードの被害の度合いの尺度としてカタストロフィックをⅠ、クリティカルをⅡと()内に表示した。

添付2 ; 安全解析結果(4/4)

該当ハザード番号	ハザードタイトル (注1)	ハザード原因	ハザード制御	検証方法
UNQ-ExHAM-3 (高温/低温部への接触)	高/低温部への接触 (Ⅱ)	高温/低温表面との接触	<ul style="list-style-type: none"> 表面温度或いは熱伝導率が基準内となる設計を行う。 もしくはグローブの損傷温度には至らないことを確認する 	解析
UNQ-ExHAM-04 (鋭利端部)	鋭利端部、突起物への接触及び挟み込み (Ⅰ)	鋭利端部、突起物等の存在	<ul style="list-style-type: none"> 鋭利端部、突起物等がない設計・製造を行う 鋭利端部が残る部分はアクセスを回避する設計、手順とする 	現品検査、図面検査
		挟み込み	<ul style="list-style-type: none"> 挟み込みが起こらないようISS要求を満足する設計をおこなう 	現品検査、手順検査
STD-ExHAM-06 STD-ExHAM-07 (可燃材料及びオフガス)	<ul style="list-style-type: none"> 火災(可燃性物質の使用) 船内空気の汚染(使用物質からのオフガス) (Ⅰ)	可燃性物質の使用 オフガスの発生	<ul style="list-style-type: none"> ISS要求を満たす材料を使用する 可燃性評価を行う 	MUA及びMIULの評価承認、現品検査
			<ul style="list-style-type: none"> オフガス試験及び評価を行う 	MUA及びMIULの評価承認、現品検査
STD-ExHAM-15 (緊急退避)	クルー退避時の障害 (Ⅰ)	退避経路の阻害	<ul style="list-style-type: none"> 船内の避難経路を阻害しない設計とする 	解析

注)ハザードの被害の度合いの尺度としてカタストロフィックをⅠ、クリティカルをⅡと()内に表示した。

添付4 ;ユニークハザードレポートの例(1/6)



UNQ-ExHAM-02
ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊

PAYLOAD HAZARD REPORT		a. NO: ExHAM-02
b. PAYLOAD: ExHAM (Exposed Experiment Handrail Attachment Mechanism)		c. PHASE: III
d. SUBSYSTEM: Structure	e. HAZARD GROUP: Collision	f. DATE: 2013.3.19
g. HAZARD TITLE: Structural Failure of ExHAM, Handhold or Handhold interface structure		i. HAZARD CATEGORY <input checked="" type="checkbox"/> CATASTROPHIC <input type="checkbox"/> CRITICAL
h. APPLICABLE SAFETY REQUIREMENTS: SSP 51700, 3.9.1 Structural Design, 3.9.3 Stress Corrosion, SSP 52005, SSP 30559		
j. DESCRIPTION OF HAZARD: Failure of ExHAM structure, Handhold or Handhold interface structure could result in floating and collision to JEM and/or EVA crew and/or ISS hardware.		
k. HAZARD CAUSES: (See continuation sheet)		

添付4 ;ユニークハザードレポートの例(2/6)



UNQ-ExHAM-02
ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊

I. HAZARD CONTROLS: (See continuation sheet)		
m. SAFETY VERIFICATION METHODS: (See continuation sheet)		
n. STATUS OF VERIFICATION: (See continuation sheet)		
o. APPROVAL	PAYLOAD ORGANIZATION	SSP/ISS
PHASE I		
PHASE II		
PHASE III		

添付4 ;ユニークハザードレポートの例(3/6)



UNQ-ExHAM-02
ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊

PAYLOAD HAZARD REPORT CONTINUATION SHEET	a. NO: ExHAM-02
b. PAYLOAD: ExHAM (Exposed Experiment Handrail Attachment Mechanism)	c. PHASE: III
<p>k. HAZARD CAUSES:</p> <p>1. Structural failure of Handhold or Handhold interface structure by external load</p> <p>1.1 Structural failure of Handhold by external load On-orbit load such as EVA kick load, handling load, JEMRMS collision load, cyclic acceleration of 0.2 g max by reboost may cause structural failure of Handhold and ExHAM to be released from Handhold.</p> <p>1.2 Structural failure of Handhold interface structure by external load On-orbit load such as EVA kick load, handling load, JEMRMS collision load, cyclic acceleration of 0.2 g max by reboost may cause structural failure of Handhold interface structure and ExHAM/Handhold to be released from Handhold interface structure.</p>	
<p>l. HAZARD CONTROLS:</p> <p>1.1 To confirm that applied load to Handhold through ExHAM is within strength capability of Handhold. Note: As for EVA kick load, NCR is applied for approval (Refer to NCR-ExHAM-1). <Op> ExHAM shall be relocated for any EVA task where ExHAM is located within the EVA worksite envelope or translation path volume, and caution will be included in EVA procedures for ExHAM itself or EVA around theExHAM so that special attention should be paid not to kick the ExHAM.</p> <p>1.2 To confirm that applied load to Handhold interface structure through ExHAM/Handhold is within strength capability of Handhold interface structure.</p>	

添付4 ; ユニークハザードレポートの例(4/6)



UNQ-ExHAM-02

ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊

m. SAFETY VERIFICATION METHODS:

1.1-1 Structural Analysis of Handhold

1.1-2 Structural Verification Plan will be reviewed by JAXA.

1.1-3 Strength test will be performed in configuration of attaching ExHAM to Handhold and applying critical load (i.e., EVA handling load) to ExHAM in order to confirm that Handhold can withstand such load condition.

1.1-4 Approval of NCR

1.1-5 Verification is completed once formal acceptance is provided by JAXA Operation Community through JAXA OCM.

1.2-1 Structural Analysis of Handhold interface structure

1.2-2 Structural Verification Plan will be reviewed by JAXA.

n. STATUS OF VERIFICATION:

1.1-1 Closed : KST-12-X077 Status report for study of Handhold strength test result, dated 2012.04.27

1.1-2 Closed : KST-11-X066C ExHAM Structural Verification Plan, dated 2012.05.29

1.1-3 Closed : KST-12-C007A ExHAM Handhold strength test report, dated 2012.05.23

1.1-4 Closed : NCR-ExHAM-1

1.1-5 Closed : Refer to OCM-ExHAM-11 (OCAD No.: JO00696), dated 2012.10.10

1.2-1 Closed : 67C-M-23-151 Structural Assessment of R-ORU Structure against ExHAM Loads
NU-39896A Strength Assessment of JLP Handhold Support Structure against ExHAM Loads

1.2-2 Closed : KST-11-X066C ExHAM Structural Verification Plan, dated 2012.05.29

添付4 ; ユニークハザードレポートの例(5/6)



UNQ-ExHAM-02
ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊

PAYLOAD HAZARD REPORT CONTINUATION SHEET	a. NO: ExHAM-02
b. PAYLOAD: ExHAM (Exposed Experiment Handrail Attachment Mechanism)	c. PHASE: III
<p>k. HAZARD CAUSES:</p> <p>2. Structural failure of ExHAM by external load External load such as EVA kick load etc. may cause structural failure of ExHAM and ExHAM to be released from Handhold.</p> <p>2.1 Inadequate structural strength for launch, ascent, on-orbit load (including crew applied load and thermal effect), RMS collision load, disposal, or de-pressurization.</p> <p>2.2 Improper materials selection and processing, including usage of stress corrosion sensitive materials.</p> <p>2.3 Metal fatigue or propagation of inherent cracks or internal flaws.</p> <p>2.4 Use of counterfeit fasteners.</p> <p>2.5 Loosing of fasteners during launch and on-orbit.</p> <p>2.6 Improper manufacturing and/or assembly.</p>	
<p>l. HAZARD CONTROLS:</p> <p>2.1a Designed to meet the applicable requirements for soft-stowed items for launch as defined in JMR-002, ESA-ATV-1700.7b, II 32928-103. As maximum factor of safety, a factor of safety of 1.5 for yield (derived from HTV requirement), and a factor of safety of 2.0 for ultimate (derived from ATV requirement) will be applied to launch loads.</p> <p>2.1b Designed to a factor of safety of 1.25 for yield, and a factor of safety of 2.0 for ultimate on-orbit loads as defined in SSP 52005.</p> <p>2.1c Preload from 16kgf to 20kgf is applied by compression coil spring in order to keep structural integrity of ExHAM for on-orbit cyclic loads in handhold attached condition.</p> <p>2.2 Proper material and processing method are selected according to CR-99117, JAXA Space Station Program Requirements for Materials and Processes. Materials used will be listed in Material Identification and Usage List (MIUL) and the materials which are not categorized rating A in MAPTIS and special process will be indicated in Material Usage Agreement (MUA).</p> <p>2.3 To prevent a catastrophic failure, fracture control will be performed in accordance with SSP 52005 and NASA-STD-5003.</p> <p>2.4 Fastener control will be implemented based on JBX-97159 "JEM Payload Fastener Control Plan.</p> <p>2.5a To prevent loosening of fasteners, self lock type nuts are used.</p> <p>2.5b <Op> Operational torque control will be conducted for the fasteners of sample holder (20-25 in-lb) and Airlock Adapter (50-70 in-lb). (See Attached Sheet 02-2.5-1).</p> <p>2.6 Inspection will be performed at each manufacturing phase.</p>	

添付4 ;ユニークハザードレポートの例(6/6)

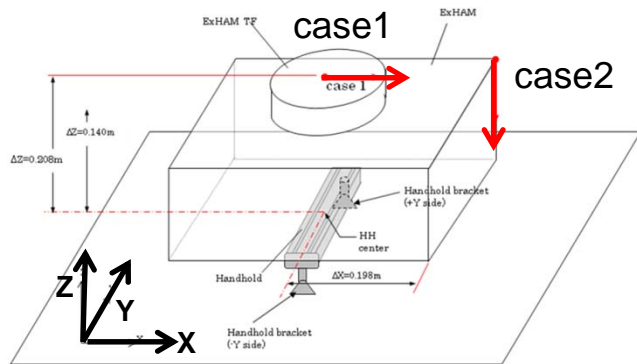


UNQ-ExHAM-02 ExHAMまたはハンドホールドの構造破壊

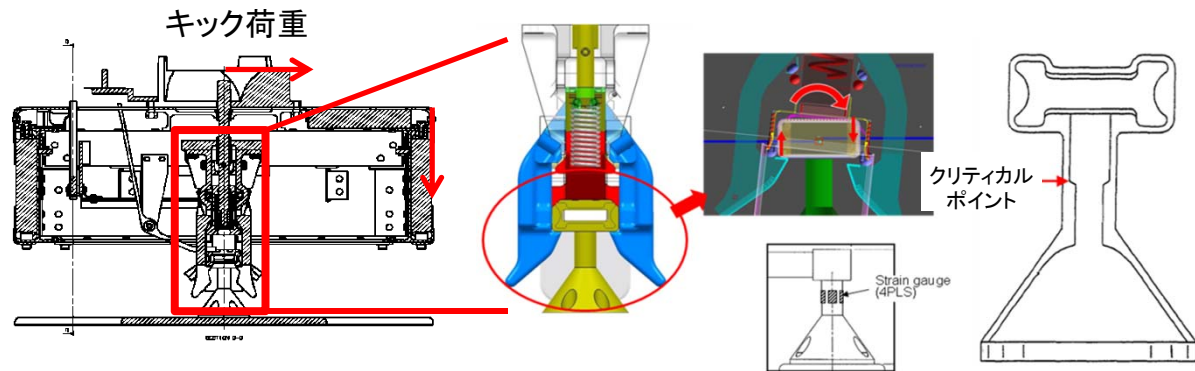
- m. SAFETY VERIFICATION METHODS:
- 2.1a-1 Mass Property Analysis
 - 2.1a-2 Inspection of hardware (including that the hardware is properly packed in CTB with cushion)
 - 2.1b-1 Stress analysis is performed to verify structural integrity.
 - 2.1b-2 Structural Verification Plan will be reviewed by JAXA.
 - 2.1c-1 Review of drawing (including review by MSWG for preload mechanism)
 - 2.1c-2 Inspection of hardware (including measurement of preload)
 - 2.2 MIUL and MUA will be approved by JAXA.
 - 2.3-1 Fracture Control Plan will be reviewed and approved by JAXA.
 - 2.3-2 Fracture Control Status Report is submitted to JAXA, and approved by JAXA.
 - 2.3-3 Fracture Control Summary Report is submitted to JAXA, and approved by JAXA
 - 2.4-1 Review of drawing
 - 2.4-2 Inspection of hardware
 - 2.4-3 Verification of supplier's certification
 - 2.5a-1 Review of drawing
 - 2.5a-2 Inspection of hardware
 - 2.5b Verification is completed once formal acceptance is provided by JAXA Operation Community through JAXA OCM.
 - 2.6-1 Review of drawing
 - 2.6-2 Inspection records will be stored to verify manufacturing process has been completed.

- n. STATUS OF VERIFICATION:
- | | |
|--------|---|
| 2.1a-1 | Closed : KST-11-X063D ExHAM Mass Property Analysis, dated 2012.06.12 |
| 2.1a-2 | Closed : USH1011-101 CP order, dated 2012.11.26 |
| | Closed to SVTL : SVTL No. ExHAM-VTL-01 |
| 2.1b-1 | Closed : KST-11-X110A ExHAM Strength and Stiffness Analysis (Report 2), dated 2012.12.24
KST-12-X086A ExHAM Strength Analysis for RMS Impact Load (Report 2), dated 2012.06.04 |
| 2.1b-2 | Closed : KST-11-X066C ExHAM Structural Verification Plan, dated 2012.05.29 |
| 2.1c-1 | Closed : USH1010 ExHAM PFM, dated 2012.10.30 |
| 2.1c-2 | Closed : USH1011-101 CP order, dated 2012.11.26 |
| 2.2 | Closed : KST-12-X082A ExHAM MIUL, dated 2012.09.21 |
| 2.3-1 | Closed : KST-11-X059B ExHAM Fracture Control Plan, dated 2011.07.21 |
| 2.3-2 | Closed : KST-12-X087A ExHAM Fracture Control Status Report, dated 2012.06.01 |
| 2.3-3 | Closed : KST-12-X176B ExHAM Fracture Control Summary Report, dated 2012.12.25 |
| 2.4-1 | Closed : USH1010 ExHAM PFM, dated 2012.10.30 |
| 2.4-2 | Closed : USH1011-101 CP order, dated 2012.11.26 |
| 2.4-3 | Closed : USH1011-101 CP order, dated 2012.11.26 |
| 2.5a-1 | Closed : USH1010 ExHAM PFM, dated 2012.10.30 |
| 2.5a-2 | Closed : USH1011-101 CP order, dated 2012.11.26 |
| 2.5b | Closed : Refer to OCM-ExHAM-08 (OCAD No.: JO00693), dated 2012.10.10 |
| 2.6-1 | Closed : USH1010 ExHAM PFM, dated 2012.10.30 |
| 2.6-2 | Closed : USH1011-101 CP order, dated 2012.11.26 |

添付5 ; ハンドホールドの構造解析結果



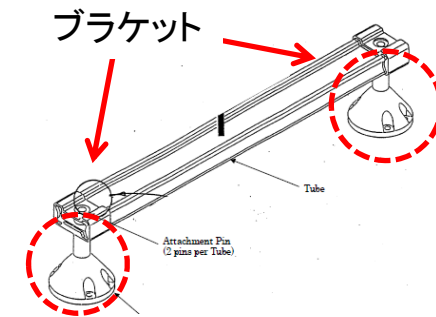
荷重入力のケース



横から見た図

表1 強度余裕(M.S.) 計算結果

case	荷重条件	最大許容応力 [MPa]	ハンドホールドブラケットの 強度余裕(M.S.)	
			+Y	-Y
1	125 lb (×安全率1.5)	648.1	0.08 > 0	-0.18 < 0
2			0.39 > 0	-0.02 < 0



ハンドホールド

強度余裕(M.S.)の計算方法

1. 試験で45[lb]を負荷し、その時のブラケットの歪を測定し、発生応力を求めた。
2. この結果を基に、キック荷重である125[lb] × 1.5が負荷された場合の発生応力を解析により求めた。
3. この結果からM.S.を算出した。

ハンドホールドのブラケットは2つある(+Y, -Y)。-YのM.S.は負となるが、+YのM.S.は正である。