

国際宇宙ステーション(ISS)に提供する ISS構成要素及び搭載物の安全確認について

【審査対象】

軌道上装填型小型衛星放出機構※ 審査結果説明資料

令和3年1月27日
国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

説明者

有人宇宙技術部門
有人システム安全・ミッション保証室

室長 白井 達也

※軌道上装填型小型衛星放出機構(J-SSOD-R:JEM Small Satellite Orbital Deployer -Resuppliable)

1. 目的
2. 審査対象
3. 安全解析の概要
4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果
5. 結論

添付資料

1. 目的(1/2)



JAXAによる有人安全審査プロセスの文部科学省による認証を維持するため、JAXAが実施した「軌道上装填型小型衛星放出機構」(J-SSOD-R)に対する安全審査の結果を示す。

JAXAにおけるJ-SSOD-Rの有人安全審査は、下記の通り実施し、令和3年1月に終了した。

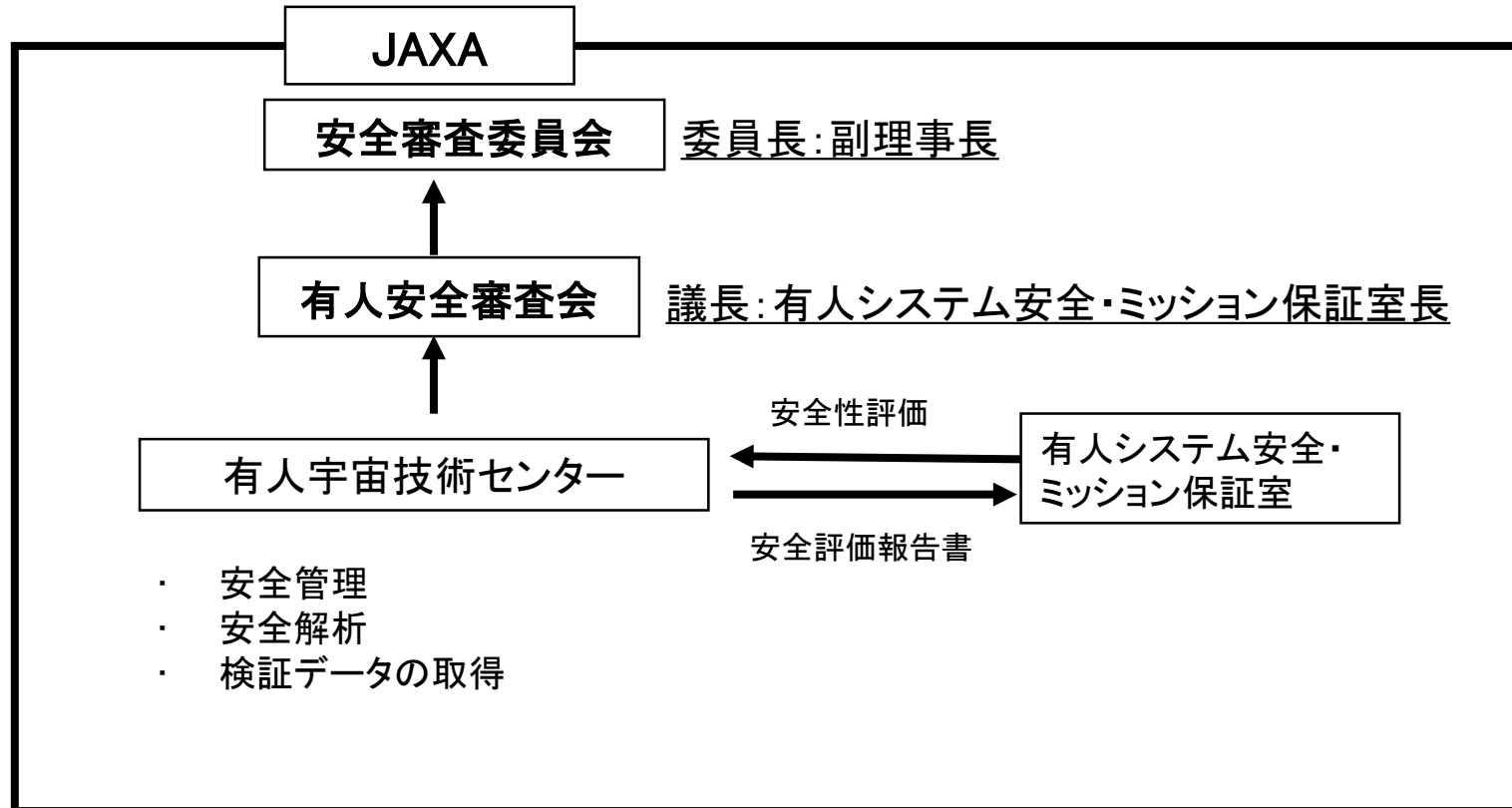
| | | |
|------------------------|---------|-------------|
| フェーズ0/1 (基本設計終了時) | 有人安全審査会 | 平成29年6月28日 |
| フェーズ2 (詳細設計終了時) | 有人安全審査会 | 平成30年12月11日 |
| デルタフェーズ2 (詳細設計見直し時) | 有人安全審査会 | 令和2年3月17日 |
| フェーズ3 (認定試験終了時) | 有人安全審査会 | 令和2年8月20日 |
| | 安全審査委員会 | 令和3年1月18日 |

JAXA有人宇宙技術部門の有人安全審査会においてJ-SSOD-Rの安全評価結果について確認した。

また、JAXA安全審査委員会にて、有人安全審査会の審査結果及び、文部科学省による「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する適合性について確認した。

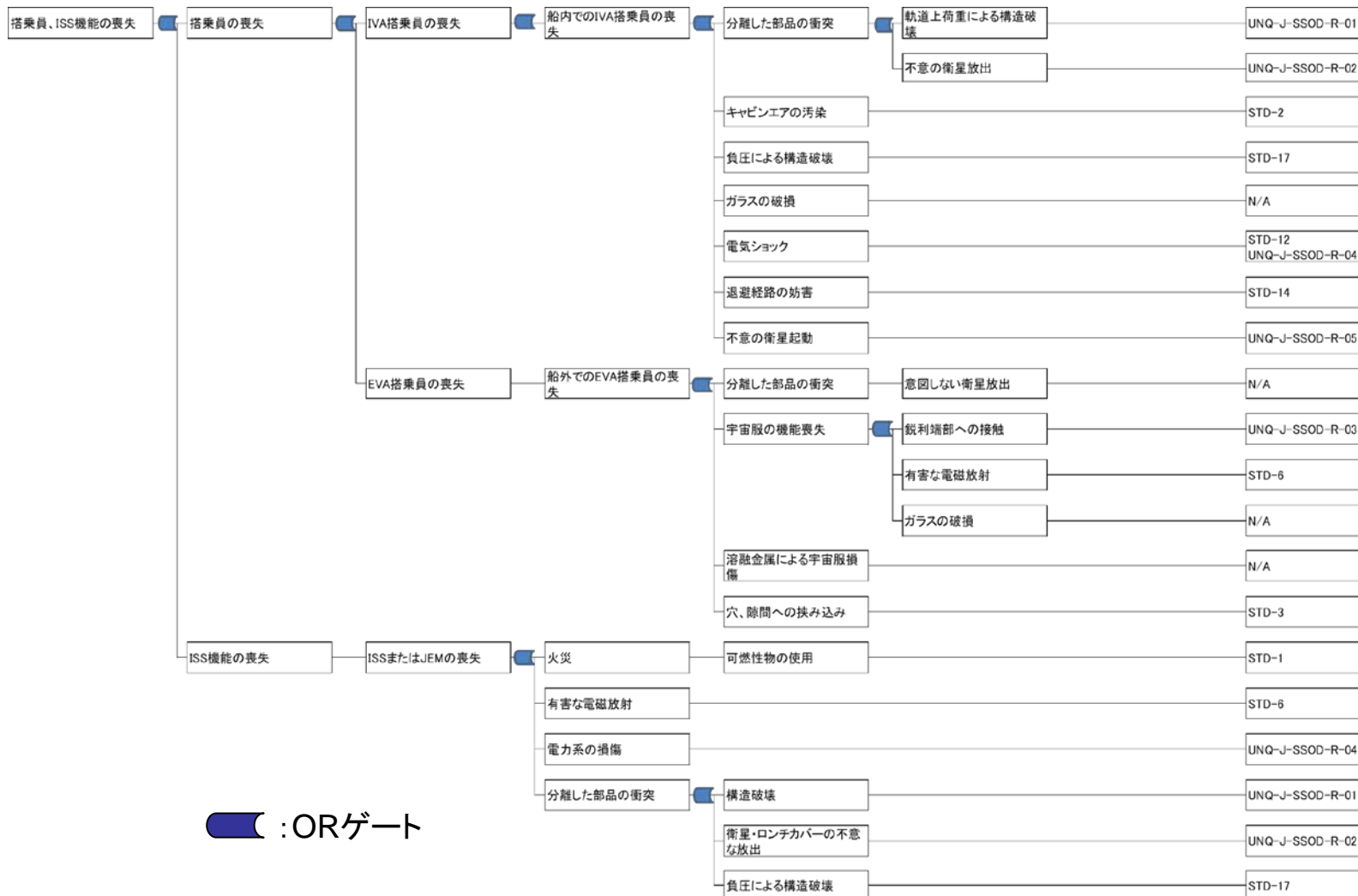
本資料では上記の結果について、報告する。

2. 審査対象 J-SSOD-Rの安全審査体制



3. 安全解析の概要 ハザードの識別 FTA(1/2)

ハザードの識別は、FTA (Fault Tree Analysis、下図参照)を使用して、トップ事象が**1) 搭乗員、ISS機能の喪失、2) 搭乗員の負傷**に至るハザードを識別した。その結果、14件のハザードが識別された。ハザードのリスク表については、添付3を参照。



 :ORゲート

3. 安全解析の概要

ハザードの識別 FTA(2/2)



 :ORゲート

3. 安全解析の概要 ハザード識別結果



識別した14のハザードは以下の通り。

- ①【標準ハザード】過去の経験をもとに標準化されたハザードの制御・検証がひな形にされたもの
- ②【ユニークハザード】標準化された方法以外で制御・検証するもの。

| 番号 | ハザード | 対象 |
|-----------------|----------------------|-------------|
| STD-1 | 火災(可燃性物質の使用) | 機器全般 |
| STD-2 | 船内空気の汚染(使用材料からのオフガス) | 機器全般 |
| STD-3 | 穴、隙間による拘束 | 搭乗員接触箇所 |
| STD-4 | 高温・低温部への接触 | 搭乗員接触箇所 |
| STD-6 | 電磁適合性 | 機器全般 |
| STD-12 | 電気ショック | 電気コネクタ |
| STD-13 | 回転体の飛散 | 分離機構のモータ |
| STD-14 | クルー退避経路の妨害 | 船内設置作業 |
| STD-17 | 通気口を有する機器の破損 | 電気ボックス、分離機構 |
| UNQ-J-SSOD-R-01 | 構造破壊 | 打上げ～軌道上荷重全般 |
| UNQ-J-SSOD-R-02 | 意図しない機器分離 | 搭載衛星・ロンチカバー |
| UNQ-J-SSOD-R-03 | 鋭利端部への接触 | 搭乗員接触箇所 |
| UNQ-J-SSOD-R-04 | 電力系の損傷 | 機器全般 |
| UNQ-J-SSOD-R-05 | 衛星装填時の衛星の誤起動 | 衛星装填作業 |

3. 安全解析の概要 標準ハザードの検証結果(1/4)



ハザード原因に対して制御/検証手段が適切に設定され、検証結果が妥当であることを確認した。

| 標準ハザード番号 | タイトル | 想定されるハザード | 制御 | 検証結果 |
|----------|----------------------|---|--|---|
| STD-1 | 火災(可燃性物質の使用) | 可燃性物質が使用された場合、「きぼう」内で火災が発生する可能性がある。 | 安全要求(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。 | 材料使用リストを審査し、安全要求を満足する材料が選定されていることを確認した。 |
| STD-2 | 船内空気の汚染(使用材料からのオフガス) | 使用材料からのオフガスにより「きぼう」内が汚染され、搭乗員に危害を及ぼす可能性がある。 | 安全要求(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。 | 材料使用リストを審査し、安全要求を満足する材料が選定されていることを確認した。 |
| STD-3 | 穴、隙間による拘束 | 機器の穴や隙間に搭乗員が手指を入れ拘束されることで死傷する可能性がある。 | ISS共通の安全基準に基づき、機器は許容できない穴や隙間のない設計とする。 | 穴及び隙間に関する共通の要求に合致していることを現品検査により確認した。 |

3. 安全解析の概要 標準ハザードの検証結果(2/4)



| 標準ハザード番号 | タイトル | 想定されるハザード | 制御 | 検証結果 |
|----------|------------|---|--|--|
| STD-4 | 高温・低温部への接触 | 高温部或いは低温部との接触により、搭乗員が死傷する可能性がある。 | 外部環境の最悪条件下において、安全要求を満足する温度範囲となるよう設計する。 | 熱解析を実施し、温度要求を満足することを確認した。 船外からの搬入時には接触許容温度範囲に入るまでエアロックに待機させることを運用制御とする。 |
| STD-6 | 電磁適合性 | 電子機器から発生する電磁波によって、周りの機器や搭乗員に影響を与える可能性がある。 | 電磁適合性(EMC)要求に適合した設計とする。 逸脱する項目がある場合は、JEMや周りの機器への影響がないことを示す。 | EMC試験を実施し、要求を満足することを確認した。 |

3. 安全解析の概要 標準ハザードの検証結果(3/4)



| 標準ハザード番号 | タイトル | 想定されるハザード | 制御 | 検証結果 |
|----------|--------|---|---|--|
| STD-12 | 電気ショック | 搭乗員が電力コネクタの着脱時に高電圧表面に触れることにより感電し、搭乗員の死傷に至る可能性がある。 | 高コネクタ上流はソケットタイプとし、また適切に設置した。高電圧(32V以上)のコネクタを着脱する場合は上流のスイッチを遮断する手順とする。 | コネクタのタイプを図面、検品検査により確認した。高電圧コネクタを着脱する運用はないことを確認した。 |
| STD-13 | 回転体の飛散 | モータ(分離機構)の破損により、破片等により搭乗員を負傷させる。 | ISS共通の安全標準に基づき、回転機器(モータ等)の運動エネルギーが規定値以内であり、金属筐体等で覆われる封入設計とする。 | 回転機器が金属筐体で覆われていることを確認した。回転機器の仕様を確認し、運動エネルギーが規定値以内であることを確認した。 |

3. 安全解析の概要 標準ハザードの検証結果(3/3)



| 標準ハザード番号 | タイトル | 想定されるハザード | 制御 | 検証結果 |
|----------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| STD-14 | クルー退避時の障害 | 船内においてケーブル等がきぼうのハッチ等と干渉し、緊急退避時の障害となる。 | 船内での運用コンフィギュレーションが緊急退避を妨害しないような設計とする。 | きぼう船内でのコンフィギュレーションを図面により緊急退避を妨害しないことを確認した。 |
| STD-17 | 通気口を有する機器の破損 | 機器の破損により、船内の搭乗員が負傷する可能性がある。 | 容積に対する開口部の面積の比率(容積／開口部の面積)を規定値以下とする。 | 容積に対する開口部の面積の比率が規定値以下であることを確認した。 |

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-01 / 構造破壊

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(搭乗員の喪失,ISS機能の喪失)

- ・ 打上げおよび軌道上運用中の加速度荷重によりJ-SSOD-Rが構造破壊を起こし、それらが浮遊し、ISSあるいは船外活動中の搭乗員と衝突し、搭乗員の喪失に至る可能性がある。

【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計、運用手順

| 制御 | 検証結果 |
|--|--|
| (1) 打上げ・軌道上運用における全ての荷重モードに対し、十分な剛性・強度を持つよう設計する。 (2) 軌道上で搭乗員によって取り付けられるボルトについては、規定のトルクをかけるよう運用手順を設定する。 (3) 打上げ荷重に耐えうる適切な梱包形態を設定し、地上梱包手順として設定する。 | (1) 設計および検査により適切に設計・製造されていることを確認した。 (2) 運用用制御合意文書*へ規定されていることを確認した。 (3) 地上梱包手順通りに作業が実施されたことを確認した。 |

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

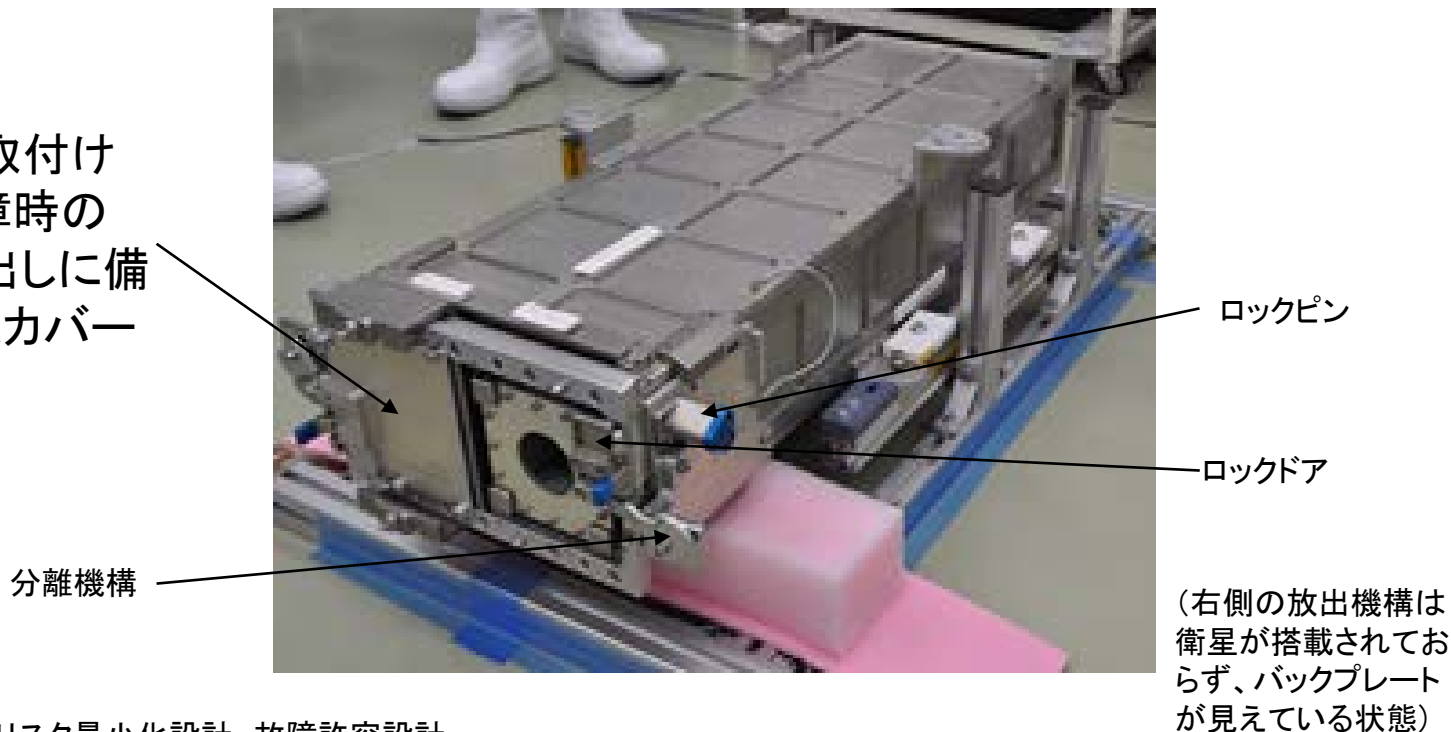
3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-02/意図しない機器分離(不適切な衛星放出による衝突)(1/6)

【想定されるハザード】: 船内:クリティカルハザード/船外:カタストロフィックハザード

- きぼう内でのチェックアウト中の分離機構の機械的な故障により、衛星が不意に放出され、船内クルーもしくはきぼう内機器を損傷させる。

分離機構取付け
までは故障時の
衛星飛び出しに備
えてケースカバー
を装着



(右側の放出機構は衛星が搭載されておらず、バックプレートが見えている状態)

【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計、故障許容設計

| 制御 | 検証結果 |
|--|---|
| <p>(1)打ち上げ時は、小型衛星放出口にケースカバーをつけることで誤放出を防ぐ設計である。</p> <p>(2)軌道上衛星装填後は、分離機構のカムとロックドアにより誤放出を防ぐ。分離機構は3本のロックピンで放出ケースに固定される。</p> | <p>(1)運用制御合意文書*へ規定されていることを確認した。</p> <p>(2)カムは軌道上荷重によって誤回転しないこと、ロックピンは1本でも分離機構を固定できることを確認した。</p> |

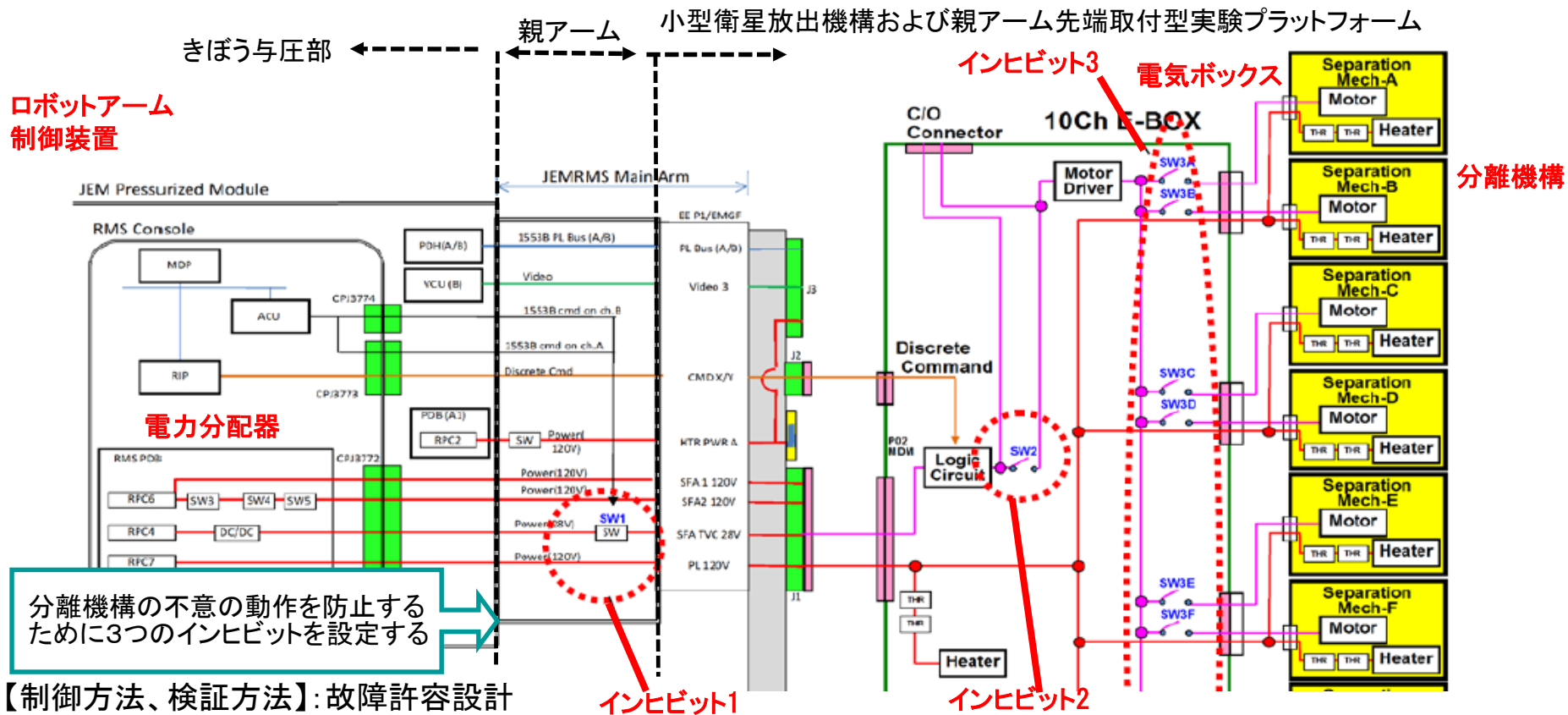
* 運用制御合意文書: 運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書

3. 安全解析の概要 (ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-02 / 意図しない機器分離 (不適切な衛星放出による衝突) (2/6)

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

- 分離機構の電氣的な誤動作による衛星の不意な放出により、ISSと衝突しISS機器を損傷させる。



| 制御 | 検証結果 |
|--|--|
| (1) 分離機構の誤作動の防止のため、インヒビット (電源スイッチ) を3箇所設ける。 | (1) 放出可能位置に移設するまでインヒビット解除を行わない手順について運用制御合意文書*へ規定されていることを確認した。 |
| (2) 2つの放出ケースから同時に放出されたとしても、衛星がISSへ衝突する軌道に入らない (許容角度18度の範囲) である | (2) フライト品の機能試験により分離機構が正常に動作すること確認した。 |
| | (3) 解析により、2つの放出ケースから同時に衛星が放出され、放出角度誤差によって衝突した場合でも許容角度 (18度) の範囲であることを確認した。 |

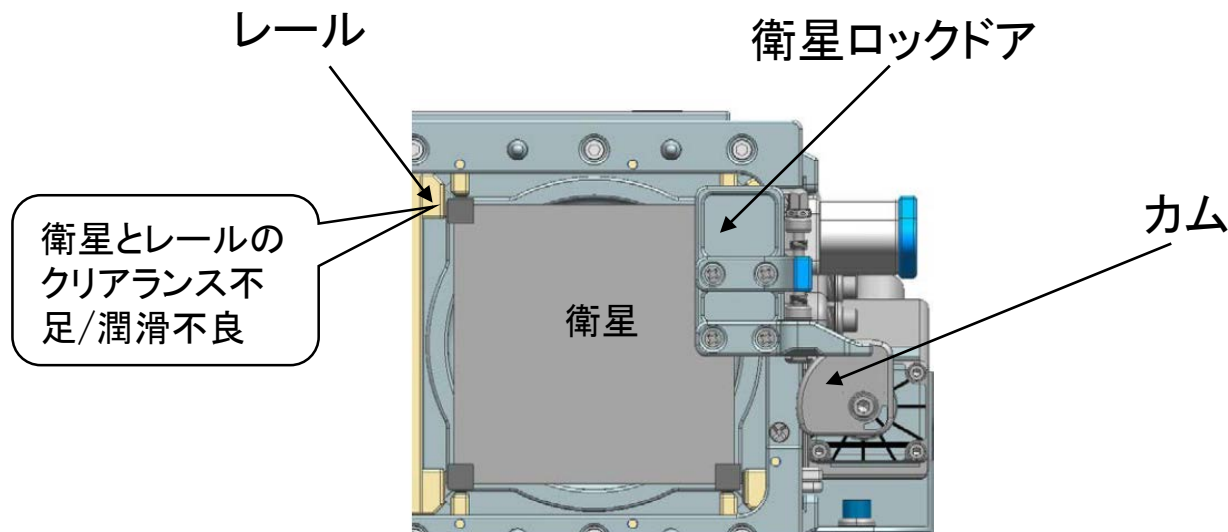
* 運用制御合意文書: 運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-02/意図しない機器分離(不適切な衛星放出による衝突) (3/6)

【想定されるハザード】: 船内:クリティカルハザード/船外:カタストロフィックハザード

- 衛星放出中に摺動部(衛星/レール間)の干渉(クリアランス不足/潤滑不良)により、放出速度が不足し、衛星が意図しない方向に放出されISS機器を損傷させる。



【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計

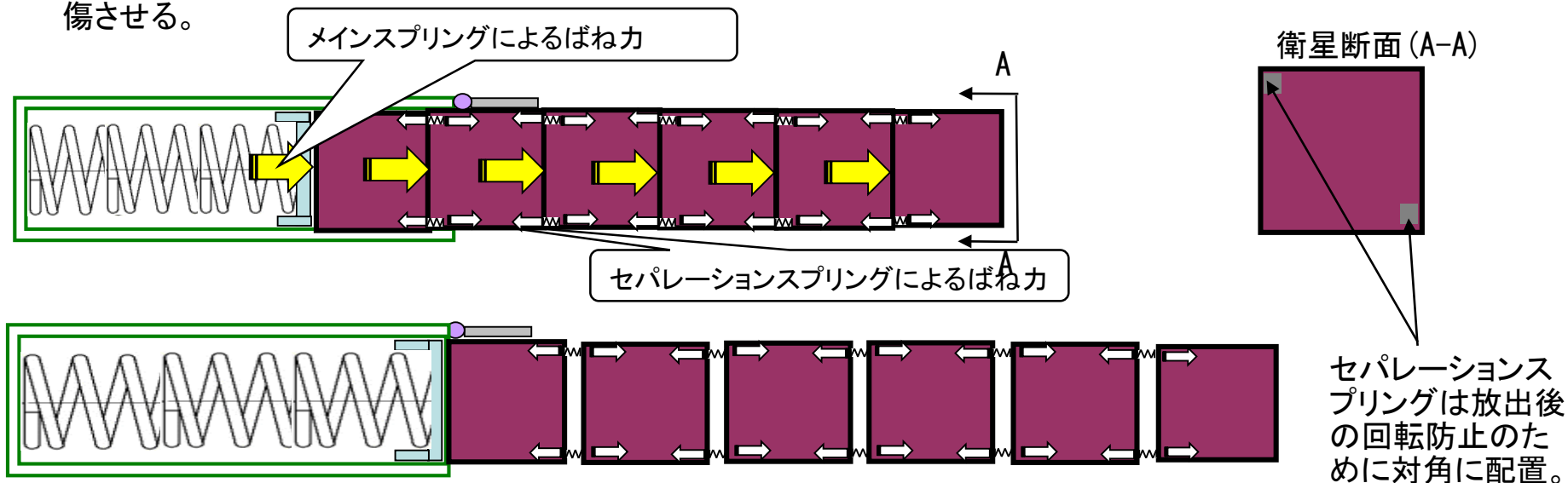
| 制御 | 検証結果 |
|---------------------------------------|--|
| <p>(1)摺動部には適切なクリアランス設定と固体潤滑設計を行う。</p> | <p>(1)誤差解析および検査により、J-SSOD-Rは要求に従って精度で組み上がっていることを確認した。また現品検査により所定の潤滑剤が塗布されたことを確認した。</p> <p>注1)衛星側がインターフェース通りに製作されることは別途確認する。また衛星搭後の最終形態の確認は安全検証追跡ログにより確認する。</p> <p>注2)衛星ロックドアが開く直前に電気故障により分離機構のカムが停止した場合、完全にドアが開かず不安定な状態になるリスクに対しては、可能性が非常に低いことをNASAとともに確認している。</p> |

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-02/意図しない機器分離(不適切な衛星放出による衝突)(4/6)

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

- 放出中の衛星同士がケース内でセパレーションスプリング力により分離し、メインスプリング力により加速された後方の衛星が、分離した前方の衛星と衝突することにより、衛星が意図せぬ方向に放出され、ISS機器を損傷させる。



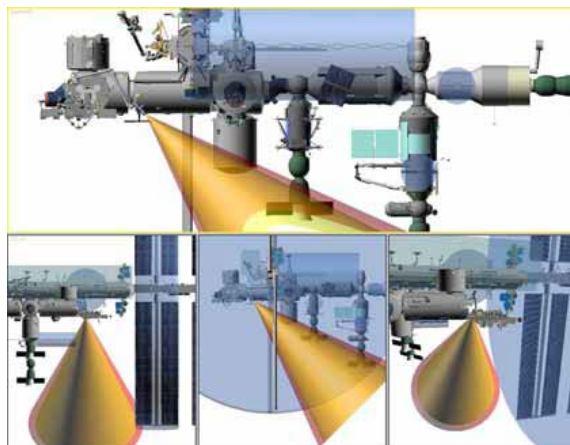
【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計

| 制御 | 検証 |
|--|---|
| <p>(1) メインスプリングにより衛星を押し出す力を、セパレーションスプリングにより衛星を押し戻す力より大きくすることにより、セパレーションスプリングがケース内では伸びることができない状態とする。この状態を全衛星がケースを出るまで維持できるよう、メインスプリングおよびセパレーションスプリングのばね定数とストロークを設定する。</p> <p>(2) 全衛星がケースから出るまでメインスプリングのばね力を衛星に負荷できるように、メインスプリングの自然長をケース長より長くする。</p> | <p>(1) ケース内で衛星同士が分離しないことを、機構応答解析および機能試験により確認した。</p> <p>注)衛星側に対しては、インタフェース管理文書にてJAXAの提供するセパレーションスプリングを使用することを要求する。(検証結果は衛星の審査時に確認予定)</p> <p>(2) 現品検査により、図面どおりのメインスプリングであること確認した。</p> |

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果) UNQ-J-SSOD-R-02/意図しない機器分離(不適切な衛星放出による衝突)(5/6)

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

「きぼう」から放出された衛星が放出直後および軌道周回中にISSと衝突し、ISS機器を損傷させる。



放出先に障害物がないことの確認

【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計

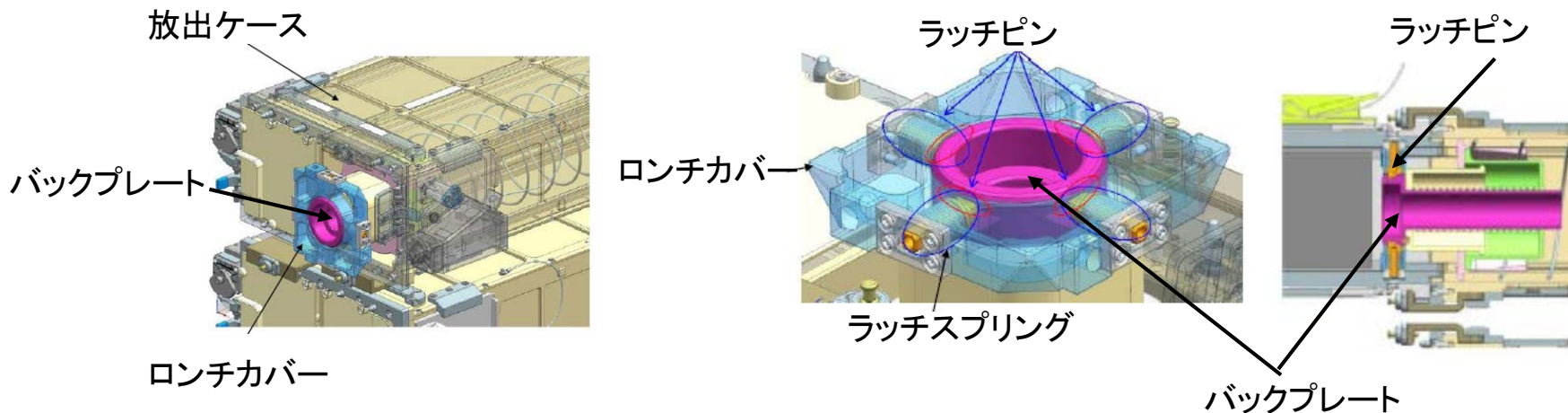
| 制御 | 検証結果 |
|--|---|
| <p>ISSからの放出物体に対する以下の技術要求に適合させる。</p> <p>(1)放出直後のISSへの衝突を防ぐ。</p> <p>(2)放出された衛星の弾道係数100kg/m^2以下であり、1周回後にISSを中心とする半径200mの球体外側にあるように、放出速度、弾道係数を設定する。</p> <p>(3)衛星放出速度0.5m/sを達成できること</p> | <p>(1)放出角度の誤差は、許容角度 18° の範囲内でありISSへの衝突がないことを解析により確認した。</p> <p>(2) 弾道係数100kg/m^2 (小型衛星に要求する最大値)の場合、1周回後のISSとの距離が半径200mの球体の外側にあることを軌道解析により確認した。</p> <p>(3)解析により6Uサイズ14kg(小型衛星に要求する最大値)である場合、0.5m/sを達成できることを解析により確認した。また、放出時に衛星がひっかかり速度低下することのないよう、ケース内部をフラットな平面となっていることを設計および検査により確認した。</p> |

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-02/意図しない機器分離(ロンチカバーの誤放出)(6/6)

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

衛星放出時にロンチカバーが意図せず分離することで、ISSと衝突し、ISS機器を損傷させる。



【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計、故障許容設計

| 制御 | 検証結果 |
|--|--|
| <p>ISSからの放出物体に対する以下の技術要求に適合させる。</p> <p>(1)ロンチカバーは4本のラッチピンによってバックプレートと結合される設計とする。</p> <p>(2)ラッチスプリングにより、スライドロック機構締後に衛星装填することで自動でラッチピンがバックプレートに固定される機構となっている。</p> <p>(3)搭乗員がスライドロック機構が締結されたことを機械インジケータによって確認する手順とする。</p> | <p>(1)軌道上荷重に対し、1本のラッチピンでも構造上耐えうることを解析にて確認した。</p> <p>(2)機能試験によりラッチピンが自動で固定されることを確認した。</p> <p>(3)スライドロック機構の締結確認手順について運用制御合意文書*へ規定されていることを確認した。</p> |

* 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

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-03/鋭利端部への接触

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

- J-SSOD-Rの分離機構、機能上の必要性から船外クルーに対するISS要求(R1.5) に対する要求を満足できないシャープエッジ部位があり、船外服を損傷させる可能性がある。
- 船外クルーが接触することにより、衛星の表面の太陽電池パネル(ガラス材質)が破損し、シャープエッジ部位となる可能性がある。
- 船外クルーの接触防止のため、これらの箇所を接触禁止エリア(NTA: No Touch Area)として規定し、運用による制御を行う。



【制御方法、検証結果】: リスク最小化設計

| 制御 | 検証結果 |
|--|--|
| (1) ISS共通のR要求に従った設計を行うこと。 (2) 搭乗員が接触することにより破損する可能性のある部位に対して接触禁止エリア(No Touch Area)を設定する。 | (1) 図面および検査により適切なRが取られていることを確認した。 (2) 接触禁止エリアが運用制御合意文書*に規定されたことを確認した。 |

*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

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果)

UNQ-J-SSOD-R-4/電力系の損傷

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(搭乗員の喪失、ISS機能の損失)

- 電源系統の地絡電流により、JEMまたはISSの安全上重要な機器に損傷を与える
- 不適切な電力サイズの選定により加熱し火災に至る。
- 不適切な接地設計により高電圧部を形成し、搭乗員が感電する。

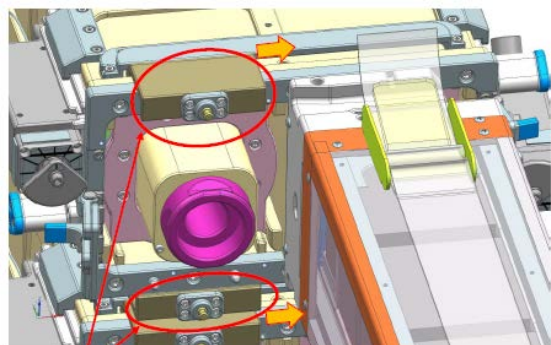
【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計

| 制御 | 検証結果 |
|--|---|
| (1) ISS要求に従った回路保護装置の適切なデレーティングと選定を行う。 (2) 漏電防止のためISS要求に従ったボンディング・接地設計を行う。 | (1) 要求に従った回路保護の設定、ワイヤ選定がなされていることを回路図、解析書および製造検査記録で確認した。 (2) 要求に従ったボンディング・接地設計を行っていることを回路図、解析書、製造検査記録で確認した。 |

3. 安全解析の概要(ユニークハザードの検証結果) UNQ-J-SSOD-R-5/衛星装填時の衛星の誤起動

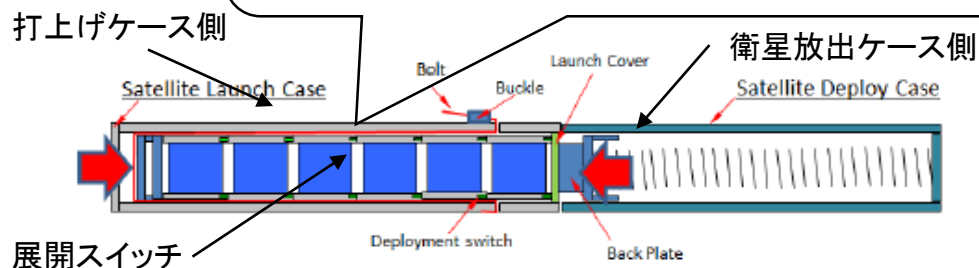
【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(搭乗員の喪失)

- 搭載衛星は放出されるまで起動しないための「展開スイッチ」を有しており、船内作業においては展開スイッチが押された状態(電源OFFの状態)を維持する必要がある。
- クレーンによる放出機構への衛星装填作業時、展開スイッチを押下する力を失うと、搭載衛星の展開スイッチが一時的に解放され(衛星の電源がONとなり)、それに伴い意図せず衛星のハザードな動作(電磁放射等)が発生し、クレーンの死傷やISS機器の損傷に至る可能性がある。



スライドロック機構

衛星装填中、打上げケース側のベルトによる押付け力、衛星放出ケース側のメインスプリングによる押付け力が維持されるため展開スイッチは押下され続ける設計となっている



【制御方法、検証方法】: リスク最小化設計

| 制御 | 検証結果 |
|---|---|
| <p>(1) スライドロック機構によって衛星装填作業時に打げケースと衛星放出ケースが構造的に締結される設計とする。</p> <p>(2) 打上げケースのベルトと押し出し用プレートによる押付け力と、衛星放出ケース側のバックプレートとメインスプリングによる押付け力によって、搭載衛星間に押付け力が働いた状態を維持し、展開スイッチが押下された状態を維持する設計とする。</p> <p>(3) 搭乗員がスライドロック機構が締結されたことを機械インジケータによって確認する手順とする。</p> | <p>(1) 図面および検査により適切に設計されていることを確認した。</p> <p>(2) 展開スイッチを有するダミー衛星によって衛星装填試験を行い、展開スイッチが押下された状態が維持されることを確認した。</p> <p>(3) スライドロック機構の締結確認手順について運用制御合意文書*へ規定されていることを確認した。</p> |

*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

4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果(1/7)



「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。詳細は付表-1参照。

| 基本指針項目 | J-SSOD-Rの適合性評価結果 | 関連する項 |
|--------------------------|--|---------|
| 1. 目的及び位置付け | 基本指針に基づきJ-SSOD-Rの安全性を確認した。 | なし |
| 2. 適用範囲 | JAXAの有人安全審査プロセスの文部科学省による認証を維持するため、J-SSOD-Rの安全性確認結果を宇宙開発利用部会 調査・安全小委員会に報告する。 | なし |
| 3. 基本的な考え方 (1)安全確保の対象 | J-SSOD-Rに対してハザード原因を抽出し、ハザードの制御方法およびその検証結果が妥当であることを確認した。 | 3項(P.7) |
| (2)安全確保の方法 | <ul style="list-style-type: none"> • J-SSOD-Rによる火災 • J-SSOD-Rによる船内空気の汚染 • J-SSOD-Rの穴、隙間による拘束 • J-SSOD-Rの高温・低温部への接触 • J-SSOD-Rからの電磁波 • J-SSOD-Rの電気ショック • J-SSOD-Rの回転体の飛散 • J-SSOD-Rによるクルー退避経路の妨害 • J-SSOD-Rの通気口を有する機器の破損 • J-SSOD-Rの構造破壊 • J-SSOD-Rの意図しない機器分離 • J-SSOD-Rの鋭利端部への接触 • J-SSOD-Rの電力系の損傷 • J-SSOD-Rの衛星装填時の衛星の誤起動 | |

4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果(2/7)



| 基本指針項目 | J-SSOD-Rの適合性評価結果 | 関連する項 |
|--|---|-------|
| 3. 基本的な考え方 (3) 有人活動の特殊性への配慮 | 有人活動の特殊性に配慮した設計を行っている。 | なし |
| 4. 宇宙環境対策 (1) 自然環境からの保護 ア 隕石・スペースデブリ | 適用外 | なし |
| イ 宇宙放射線 | 部品、材料に関して放射線照射試験や解析評価を行い、耐放射線性があることを確認した。 | なし |
| ウ 高真空、微小重力等 | 熱真空試験を行い、高真空下での耐環境性を確認している。また微小重力下での搭乗員による取扱手順が適切に設定されている。プラズマによる機器の劣化については、適切に接地が確保され、帯電防止が行われている。軌道上の熱環境に対しては熱解析を行い、船内・船外ともに機器の故障が生じないこと、搭乗員が許容できる外表面温度になることを確認した。酸素原子に対しては、多層断熱材(MLI)で覆い、防護対策を講じている。 | STD-4 |

4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果(3/7)



| 基本指針項目 | J-SSOD-Rの適合性評価結果 | 関連する項 |
|---|---|---------------------------|
| 4. 宇宙環境対策 (2) 誘導環境からの保護 ア 打上げ時の誘導環境 | J-SSOD-Rは、打上げ輸送機の振動・加速度・音響・圧力等の諸条件に対して、構造破壊・劣化等を起こさないよう設計、検証されている。 また、J-SSOD-Rはベントホールを有する機器があるが、最大差圧に対する強度を持たせた設計としている。 | STD-17 UNQ-J-SSOD-R-01 |
| イ 軌道上の誘導環境 (ア) 雰囲気空気 | 適用外 | なし |
| (イ) 汚染 | J-SSOD-Rに使用される材料は、安全要求(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っている。 | STD-2 |
| (ウ) 振動、音響、電磁波 | J-SSOD-Rは船内では電源がOFFであるため、振動、音響、電磁波を発生しない。船外で発生する振動、音響は他の機器に影響を与えるレベルではない。電磁波に関してはJEMや周りの機器への影響がなく受入可能であることを電磁適合性試験、解析で確認した。 | STD-6 |
| (3) 軌道上環境等の保全 | J-SSOD-Rは軌道上でデブリになるような固体や液体を発生しない。 | UNQ-J-SSOD-R-02 |

4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果(4/7)

| 基本指針項目 | J-SSOD-Rの適合性評価結果 | 関連する項 |
|--|---|-----------------------------------|
| 5. 構造 (1) 設計 | 搭乗員・搭載機器を宇宙環境から保護し、安全に支持するため、J-SSOD-Rの打上げ・軌道上等の定常運用における全ての荷重モードに対し十分な剛性・静荷重強度を持つよう設計され、その結果は解析及び試験によって検証され、十分な安全性を持つことが確認されている。 | STD-17 UNQ-J-SSOD-R-01 |
| (2) 剛性及び強度 ア 剛性 | J-SSOD-Rは、打上げ荷重、軌道上荷重に対して十分な剛性を持つことを解析、試験により検証している。 | UNQ-J-SSOD-R-01 |
| イ 静荷重強度 ウ 疲労強度 | J-SSOD-Rは、打上時静荷重の影響を解析により評価を行い、構造強度が十分な安全余裕を有していることを確認した。 | UNQ-J-SSOD-R-01 |
| (3) 構成材料 | 可燃性・ガス発生、破壊靱性、耐腐食性・耐応力腐食性・耐電食性等を考慮した材料の使用、表面処理が施されていることを確認した。 | STD-1 STD-2 UNQ-J-SSOD-R-01 |
| 6. 安全・開発保証 (1) 安全性 (2) 信頼性 ア システムの独立性 | 電力系については保護回路を設置し、地絡による過電流が生じても伝搬しない設計としている。 | UNQ-J-SSOD-R-04 |
| イ 故障検知 | 適用外 | なし |

4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果(5/7)



| 基本指針項目 | J-SSOD-Rの適合性評価結果 | 関連する項 |
|--|---|-------|
| 6. 安全・開発保証 (2) 信頼性 ウ 自律性の確保 エ 自動機能に対する オーバーライド | 適用外 | なし |
| (3) 保全性 ア 機能中断の防止 | 適用外 | なし |
| イ 危険防止 | J-SSOD-Rは保全作業を行わない。また、J-SSOD-Rはエアロックから船外に搬出され、ロボットアームにより設置されるため、搭乗員の船外活動を必要としない。軌道上で粉塵等を発生する作業も行わない。 | なし |
| (4) 品質保証 | 安全上重要な機能について性能等を満足していることを確認するため、サブシステム、システムレベルの段階において、試験・解析・検査による検証を実施し、記録類、解析書、試験データ、評価結果等のエビデンスの確認を通して、検証の妥当性を確認した。 | 全般 |

4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果(6/7)



| 基本指針項目 | J-SSOD-Rの適合性評価結果 | 関連する項 |
|--------------------------------------|--|---|
| <p>7. 人間・機械系設計</p> <p>(1) 搭乗員の保護</p> | <p>穴、隙間はISS安全要求に従った設計を行いフライトハードウェアに対する検査を実施した。</p> <p>火傷や凍傷を防止するため、安全要求を満足する温度範囲に入っていることを確認した。</p> <p>着脱するコネクタは高電圧が印可されないことを確認した。外傷を防止するため、回転機器についてはISS共通の設計に従って設計されている。</p> <p>鋭利端部については接触禁止区域による運用制約を課した。</p> <p>短絡・接続不良等による漏電、感電を防止するため、電カラインが露出していないことをフライトハードウェア検査にて確認した。また接地の確認のため絶縁抵抗試験、ボンディング・グランディング抵抗測定を行った。</p> | <p>STD-3</p> <p>STD-4</p> <p>STD-12</p> <p>STD-13</p> <p>UNQ-J-SSOD-R-03</p> <p>UNQ-J-SSOD-R-04</p> |
| <p>(2) 誤操作等の防止</p> | <p>ハザードス・コマンド(ハザード制御に関連するコマンド)については、搭乗員又は地上要員は安全のための必要条件を満足していることを確認した後、コマンドを発信することを、試験、手順への反映により確認した。</p> <p>衛星装填作業時に衛星の展開スイッチがONとなることで誤起動しないよう、適切な押付け力が維持され続ける設計であることを確認した。</p> | <p>UNQ-J-SSOD-R-02</p> <p>UNQ-J-SSOD-R-05</p> |

4. 基本指針に対するJ-SSOD-Rの適合性評価結果(7/7)



| 基本指針項目 | J-SSOD-Rの適合性評価結果 | 関連する項 |
|------------------------|---|-------------|
| 7. 人間・機械系設計 (3) 共通化 | 適用外 | なし |
| 8. 緊急対策 (1) 緊急警報 | 適用外 | なし |
| (2) アクセス | 軌道上で必要となる安全上重要な手順書は、軌道上で搭乗員がアクセスできるよう電子ファイル媒体、文書として保管・掲示されることになっている。 またJ-SSOD-Rのエアロックテーブルへの取付作業は搭乗員の脱出・避難を妨げない範囲で実施されることが評価されている。 | STD-14 |
| (3) 減圧及び再加圧 | 適用外 | なし |
| 9. 安全確保体制 | 有人宇宙技術センターから独立した安全・開発保証部門である「有人システム安全ミッション保証室」が安全、開発保証活動を実施している。安全上の問題については、開発・運用の責任者まで報告・検討される体制が確立されている。 さらに、J-SSOD-Rの開発・運用に携わる者への安全教育・訓練が実施されるとともに、安全確保に係る事項の周知徹底が図られている。 | 2項審査体制(P.4) |

5. 結論

1. 各フェーズにおける有人安全審査会において、ハザードの識別、制御方法の設定、検証結果を審査し、安全解析が適切に実施されていることを確認した。
2. 有人安全審査会の結果を安全審査委員会で審議し、了承された。
3. 軌道上装填型小型衛星放出機構(J-SSOD-R)は「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に適合していることを確認した。

以上により、JAXAは「軌道上装填型小型衛星放出機構(J-SSOD-R)」が安全要求を満足していると判断し、安全審査を完了した。

なお、今後NG-15(Northrop Grumman15号機)での打上げを予定している。

添付1 : 適用文書及び審査文書

添付2 : 略語集

添付3 : リスク表

付表-1 : 「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する安全検証結果

(1) 適用要求

- SSP 41165

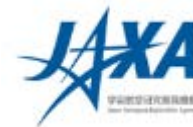
Segment Specification for the Japanese Experiment Module

(2) 審査文書

- JMX-2017181C

Safety Assessment Report for JEM Small Satellite Orbital Deployer-Resuppliable (J-SSOD-R) (Phase III)

添付2. 略語集



| 略語 | 正式名称 | 和訳 |
|----------|---|----------------|
| EMC | Electro Magnetic Compatibility | 電磁適合性 |
| EVA | Extra-Vehicular Activity | 船外活動 |
| FMEA | Failure Mode and Effect Analysis | 故障モード及び影響解析 |
| FTA | Fault Tree Analysis | 故障の木解析 |
| J-SSOD-R | JEM Small Satellite Orbital Deployer - Resuppliable | 軌道上装填型小型衛星放出機構 |
| ISS | International Space Station | 国際宇宙ステーション |
| IVA | Intra-Vehicular Activity | 船内活動 |
| JAXA | Japan Aerospace eXploration Agency | 宇宙航空研究開発機構 |
| JEM | Japanese Experiment Module | 日本実験棟 |
| MIUL | Material Identification and Usage List | 材料使用リスト |
| MLI | Multi Layer Insulation | 多層断熱材 |
| S&MA | Safety and Mission Assurance | 安全及びミッション保証 |

添付3. リスク表

リスクが高いため許容できない

発生の可能性を下げる 

未

| | | 発生の可能性 | | | | |
|--------|-----|--------|--------|--------|---------------|-------------------------|
| | | A | B | C | D | E |
| 被害の度合い | I | Red | Red | Red | UNQ-1,2,3,4,5 | STD-1,2,3,6,12,13,14,17 |
| | II | Red | Red | Yellow | STD-4 | Green |
| | III | Red | Yellow | Green | Green | Green |
| | IV | Green | Green | Green | Green | Green |

被害の度合いは変わらない

ハザードレポート作成の範囲

ハザードレポート不要

被害の度合い

| 被害の度合い | 用語 | 説明 |
|--------|-----------|--|
| I | カタストロフィック | 打上機／ISSの喪失、致命的な人員の傷害となり得る状態 |
| II | クリティカル | 打上機／ISS機器の損傷や人員の傷害となり得る状態 |
| III | マージナル | 要員の軽度の人的被害、ISS機器の軽度の損傷、または軽度の環境への影響をもたらす状態 |
| IV | ネグリジブル | 要員の軽度の人的被害やISS機器の軽度の損傷、または軽度の環境への影響をもたらさない程度 |

発生の可能性

| 発生の可能性 | 説明 |
|--------|--------------|
| A | しばしば発生する。 |
| B | たまに発生する。 |
| C | まれに発生する。 |
| D | ほとんど発生しない。 |
| E | ほとんど全く発生しない。 |