

# 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(Cell Gravisensing実験※)】

令和4年2月24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 小林 亮二

※Cell Gravisensing: 細胞の重力センシング機構の解明

Elucidation of the Gravisensing Mechanism in Single Cells

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Cell Gravisensing実験の適合性評価結果
5. 結論

添付資料

# 1. 目的



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、本資料ではJAXAが実施した「Cell Gravisensing実験」に対する安全審査の結果を示す。

JAXAにおけるCell Gravisensing実験の有人安全審査は、下記の通り実施し、令和3年7月に終了した。

フェーズ0/1/2/3	有人安全審査	令和3年7月12日
	安全審査委員会	令和3年7月19日

## 2. 審査対象 Cell Gravisensing概要

- 代表研究者  
名古屋大学 曾我部正博氏

### ➤ 本実験の目的

- 宇宙生物学において「細胞がどのように重力を感知するか？」は大きな課題である。宇宙実験により、動物細胞が単独で重力を感知することが明らかになってきているが、重力感知メカニズムは殆ど分かっていない。

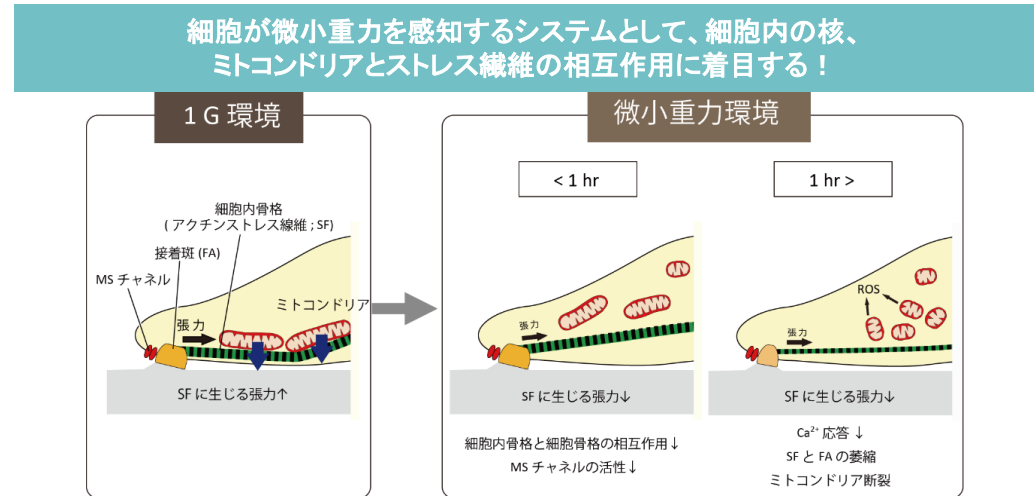
- 本研究では、「核・ミトコンドリアに対する重力作用の消失が、相互作用する細胞内骨格であるストレス線維の張力に影響を与える。さらに細胞内の小器官自体の機能や形態にも作用し、下流のシグナル系を賦活させ、細胞が重力環境を感知する」という仮説を実証することを目的とする。

### ➤ 本実験の意義

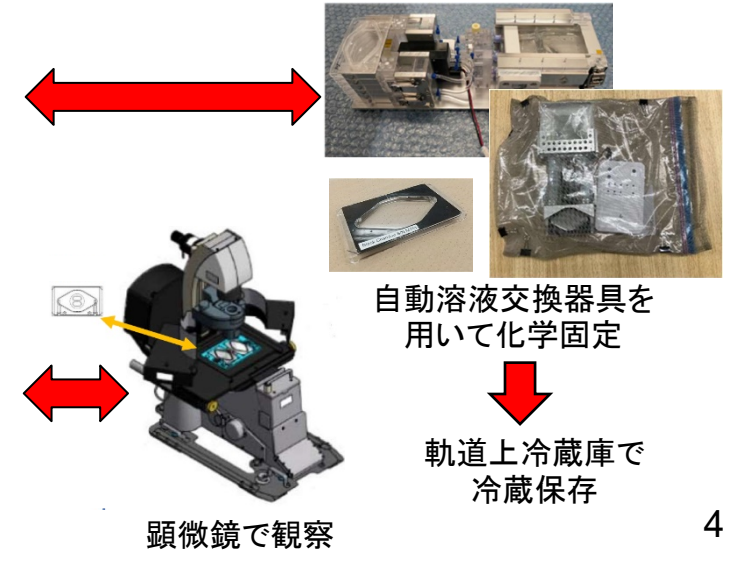
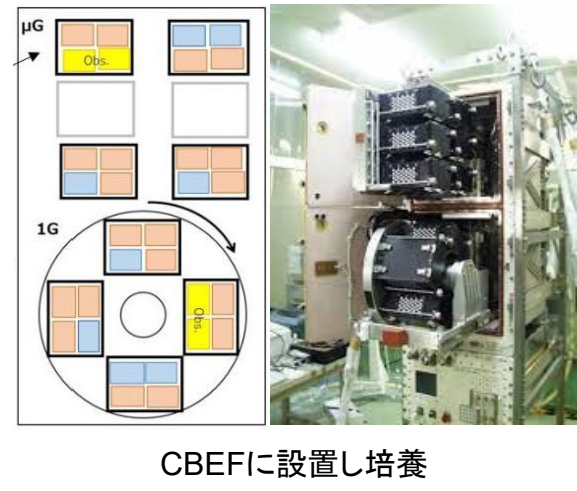
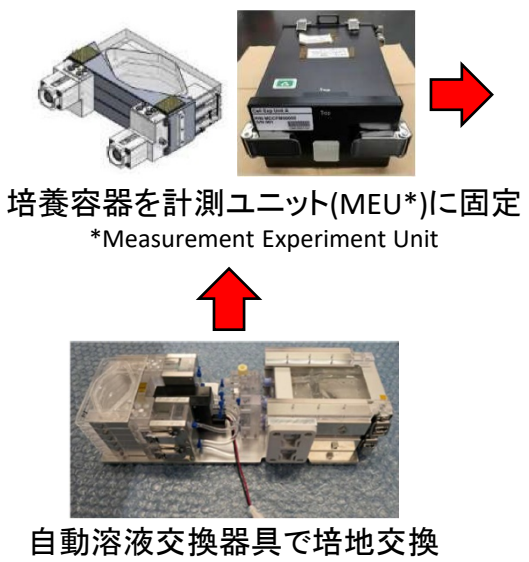
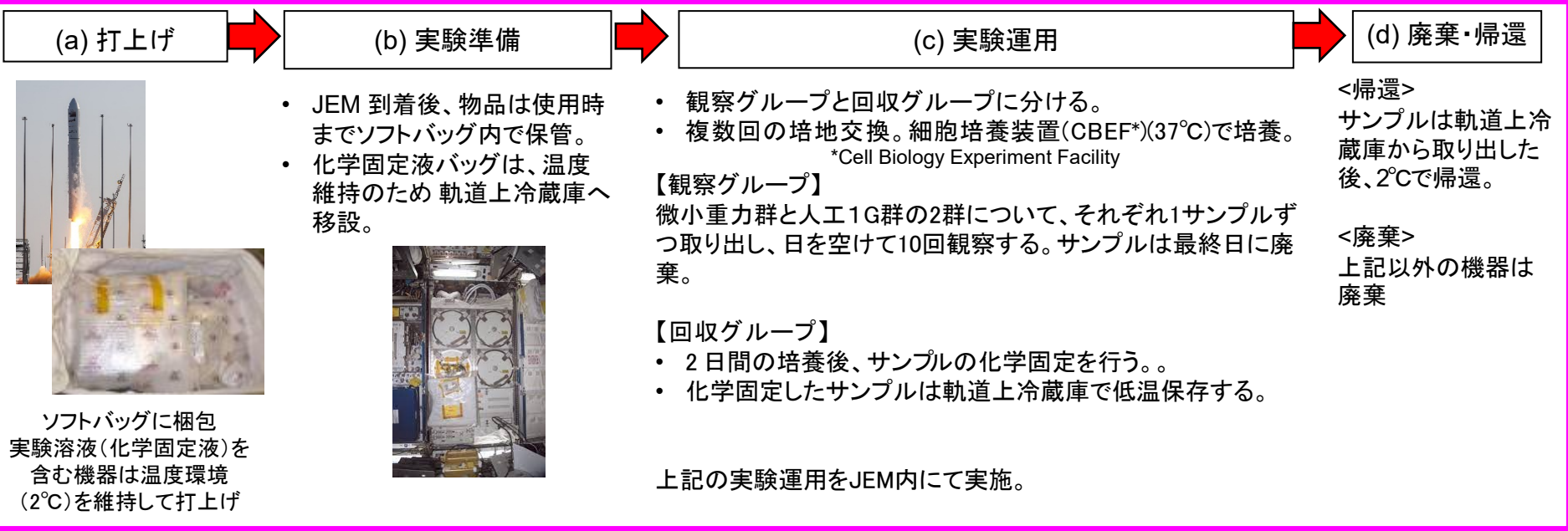
- 微小重力環境下では、細胞が微小重力を感知することに端を発し、そこから、組織・個体レベルでの筋萎縮・骨量減少へと繋がると考えられている。
- 根本となる感知(感受)メカニズムの解明は、宇宙飛行士に起こる筋萎縮・骨量減少、地上での寝たきり状態での病態の予防・治療法の開発に繋がり、高齢化社会の問題に貢献することが期待される。

### ➤ 本実験によるこれまでの成果

- 世界で初めて軌道上での生細胞の2色同時共焦点蛍光観察を行い、細胞内の分子シグナル(カルシウムイオン)のライブイメージングの技術実証に成功。
- 本技術を使用して今後細胞の重力感知のメカニズムの解明に向けて後続の実験ミッションを実施予定。
- 本実験系で開発された要素技術は、地上で行う細胞培養実験の自動化技術にも貢献が期待される。



# 2. 審査対象 運用フロー

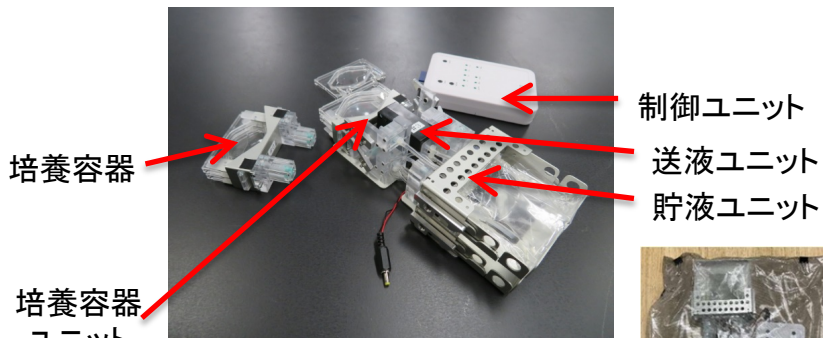
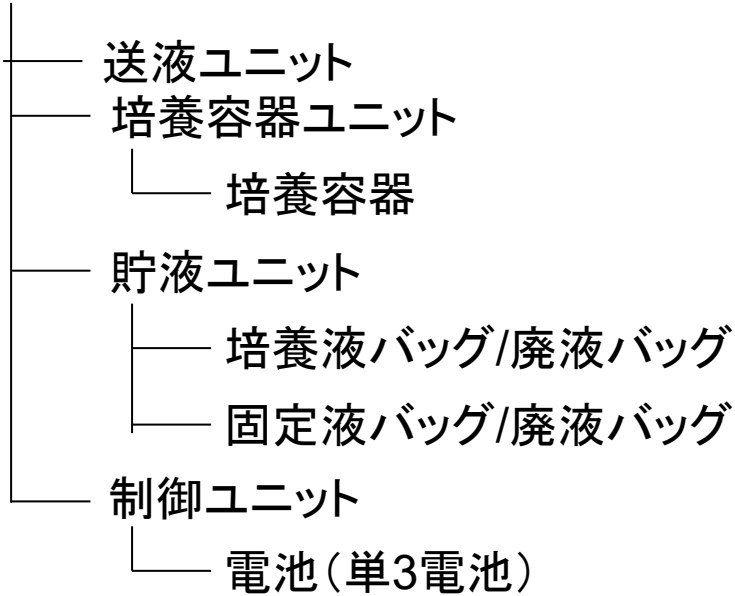


## 2. 審査対象

# Cell Gravisensing装置概要



### ●自動溶液交換器具



自動溶液交換器具



自動溶液交換器具封入バッグ



MEU

### ●軌道上サポート器具



### ●CBEF\*



### ●顕微鏡\*

### ●軌道上冷蔵庫\*

※審査対象外



CBEF



顕微鏡



軌道上冷蔵庫



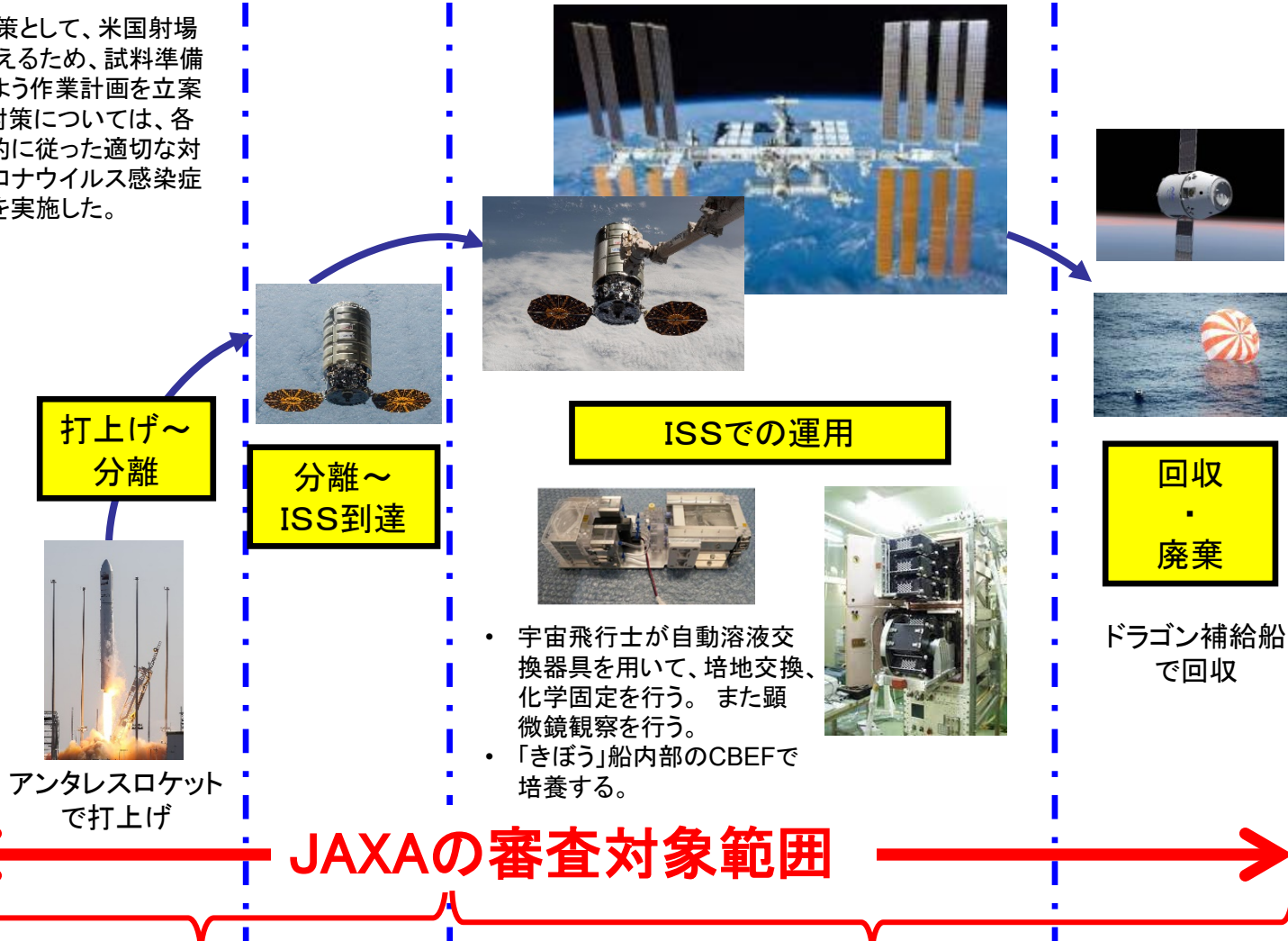
## 2. 審査対象 対象フェーズ

※ なお、コロナウイルス感染対策として、米国射場への派遣人員を最小限に抑えるため、試料準備作業を極力国内で完了するよう作業計画を立案した。米国派遣人員の感染対策については、各国、自治体および施設の制約に従った適切な対処を計画し、JAXA内新型コロナウイルス感染症対策本部の承認のもと作業を実施した。

**射場作業※**



NASAワロップス飛行施設での射場作業は米国が審査

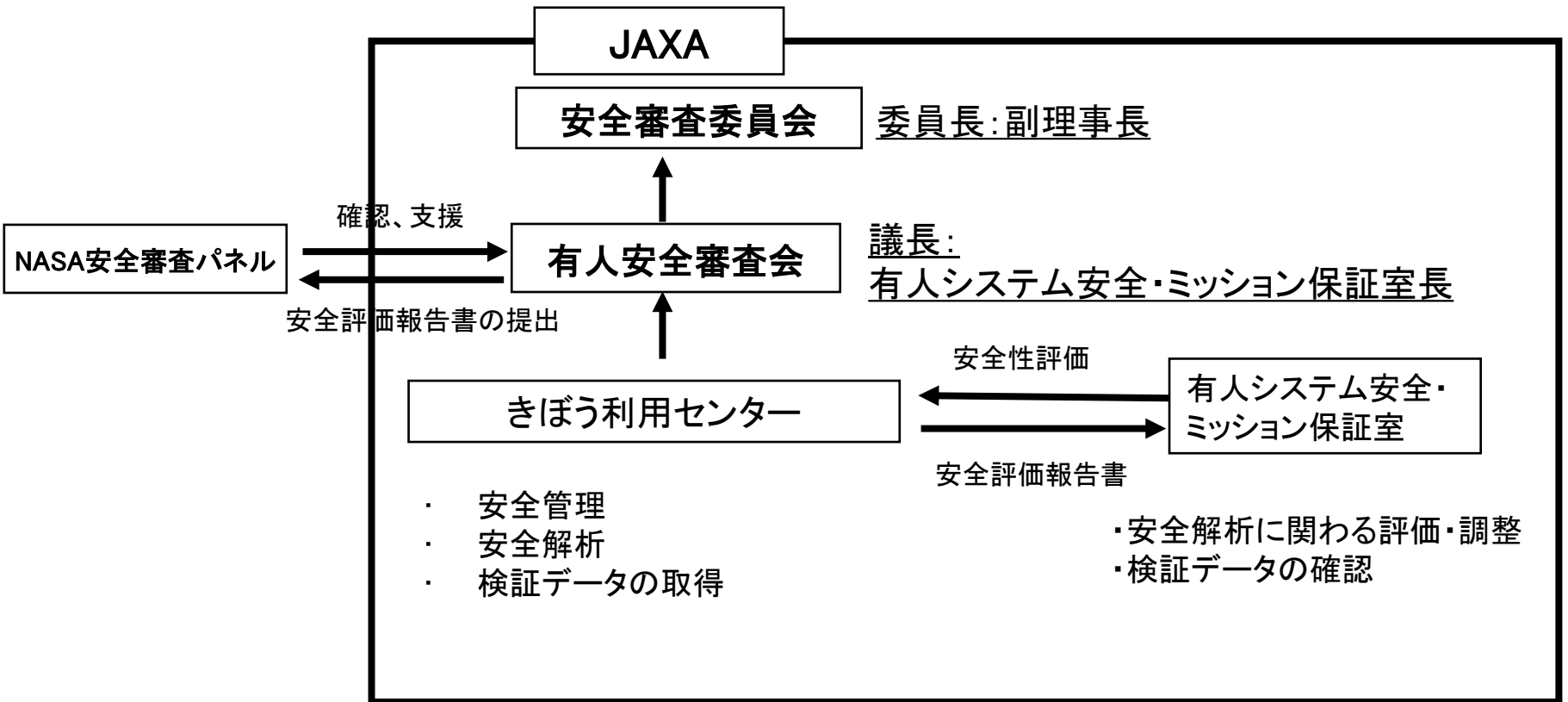


有人安全審査会はISSへのSafe on arrival (構造等が健全な状態でISSに到着させること) の観点から評価している。

有人安全審査会は、ISS及び搭乗員に対する安全について評価している。

# 3.安全解析の概要

## Cell Gravisensingの安全審査体制





### 3. 安全解析の概要 ハザードの識別(1/2)

ISS共通のスタンダードハザード、およびFTA・FMEAを用いて、下記の通りスタンダードハザード11件、ユニークハザード2件を識別した。

ハザードのリスク表については、添付3を参照。

搭乗員の死傷	CGSの設置・運用に起因する搭乗員の死傷	電気に起因する死傷	感電による死傷	電気ショック	対象ハザードレポート
			感電による死傷	電気ショック	STD-11
			火災による死傷	ワイヤ設計不良	STD-10
			光源(レーザー等)による死傷	N/A(対象なし)	
			バッテリーの破損による死傷	不適切なバッテリーの使用	UNQ-02
			発熱部への接触による死傷	高温部	STD-6
	構造・機構・材料・流体に起因する死傷		鋭利端部への接触による死傷	シャープエッジ	STD-5
			火災による死傷	材料	STD-1
			オフガスによる死傷	材料	STD-2
			流体漏洩による環境悪化による死傷	実験試料の漏洩	STD-3, UNQ-01
			電気駆動部の動作による死傷	ポンプのモーターによる巻き込まれ	STD-13
			挟み込みによる死傷	N/A(対象なし)	
			緊急退避路の阻害	N/A(対象なし)	
			破損ガラスへの接触による死傷	N/A(対象なし)	
			主構造破壊による死傷	N/A(対象なし)	
			封入構造破壊による死傷	圧力構造破壊	N/A(対象なし)
				封入物漏洩	STD-3, UNQ-01
				実験試料の漏洩	

# 3. 安全解析の概要 ハザードの識別(2/2)

	CGSの装置・運用に起因する環境悪化	火災による死傷	材料	STD-1	
			ワイヤ設計不良	STD-10	
		オフガスによる死傷	材料	STD-2	
		減圧による死傷	N/A(対象なし)		
		流体漏洩による環境悪化による死傷	実験試料の漏洩	STD-3, UNQ-01	
		騒音による死傷	騒音	STD-8	
JEMの喪失・損傷	CGSの装置・運用に起因するJEMの喪失・損傷	電気系統に起因するJEMの喪失・損傷	CGSからの漏電によるJEMの喪失・損傷	導通絶縁不良	STD-9
			CGSからの電磁干渉によるJEMの喪失・損傷	EMC	STD-12
		構造・機構・材料・流体に起因するJEMの喪失・損傷	CGSの構造破壊によるJEMの喪失・損傷	N/A(対象なし)	
	CGSの装置・運用に起因する環境悪化の影響によるJEMの喪失・損傷	火災によるJEMの喪失・損傷	材料	STD-1	
			ワイヤ設計不良	STD-10	
		オフガスによるJEMの喪失・損傷	N/A(対象なし)		
		減圧によるJEMの喪失・損傷	N/A(対象なし)		
		流体漏洩によるJEMの喪失・損傷	N/A(対象なし)		
		騒音によるJEMの喪失・損傷	N/A(対象なし)		

### 3. 安全解析の概要 ハザード識別結果



識別したハザードは以下の通り。

- ①【標準ハザード】ISSプログラムにて制御方法および検証方法が標準化されているハザード。
- ②【ユニークハザード】標準化された方法以外で制御・検証するハザード。ミッションユニークなハザード。

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	オフガスによるキャビンエアの汚染(使用材料からのオフガス)	機器全般
STD-3	化学、生物試料の漏洩	ハザードレベルの低い試料
STD-5	鋭利端部への接触	機器全般
STD-6	高温部への接触	搭乗員接触箇所
STD-8	騒音	機器全般
STD-9	不適切な導通・絶縁設計	機器全般
STD-10	不適切な電線選定	機器全般
STD-11	電気ショック	電気コネクタ
STD-12	有害な電磁放射	機器全般
STD-13	回転体への巻き込まれ	モーター
UNQ-01	化学、生物試料の漏洩	ハザードレベルの高い試料
UNQ-02	バッテリーの破損	バッテリー

### 3. 安全解析の概要 標準ハザードの検証結果(1/3)



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	化学、生物試料の漏洩(ハザードレベル低い培養液等のみが対象)	試料の漏洩によってクルーへの健康被害に至る可能性がある。	毒性、バイオセーフティの観点で専門家による人体への影響評価を行う。	NASA専門家による評価により、人体への影響が無い試料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(2/3)



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-5	鋭利端部への接触	鋭利端部への接触により、搭乗員が負傷する可能性がある。	有害な鋭利端部がないよう、Rを取る等の設計を行う。	接触試験を含む完成品の検査にて、有害な鋭利端部がないことを確認した。
STD-6	高温部への接触	高温部接触により、搭乗員が負傷する可能性がある。	外部環境の最悪条件下において、搭乗員の許容できる表面温度範囲(45°C)となるよう設計する。	熱解析を実施し、表面温度が規定以内であることを確認した。
STD-8	騒音	騒音により搭乗員の健康被害に至る可能性がある。	騒音試験により、有害な騒音が発生しないことを確認する。	騒音試験を実施し、問題ないことを確認した。
STD-9	不適切な導通・絶縁設計	不適切な導通・絶縁設計により、機器破損や発火等に至る可能性がある。	漏電等が発生しない適切な導通・絶縁設計を行う。	接地設計、バッテリー駆動部の絶縁設計等が適切であることを確認した。
STD-10	不適切な電線選定	不適切な電線選定により、機器破損や発火等に至る可能性がある。	想定電流に応じた適切な電線の選定。	適切なサイズの電線が選定されていることを確認した。

### 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-11	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-12	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。	電磁適合性試験にて放射電磁波要求に対し一部逸脱があったため、自動溶液交換器具は封入バッグ内で駆動させることを運用制御として実施した。
STD-13	回転体への巻き込まれ	モータ(ポンプ)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。	回転エネルギー、回転体サイズ、回転数はクライテリアを満足しており、封入された状態で使用することを確認した。



### 3. 安全解析の概要(ユニークハザード)

UNQ-01／化学、生物試料の漏洩(ハザードレベルの高い試料)



#### **【想定されるハザード】: クリティカルハザード**

与圧環境下での船内実験であるため、液体実験試料の漏洩は微小重力下での浮遊等により意図せずクルーが接触し、健康被害(軽度の炎症)に至る可能性がある。

#### **【評価結果】**

- ・培養容器、自動溶液交換器具、配管、バッグは常時封入していること
- ・追加で、打上、帰還、廃棄時は、ジップロックバッグに入れて2重封入する。
- ・培地交換や顕微鏡観察でクルーが機器を取り扱う際は、クルーは保護具(ゴーグル、手袋、マスク)を着用し、漏洩を発見した場合は速やかにふき取ることにしている。

### 3. 安全解析の概要(ユニークハザード) UNQ-02/バッテリーの破損

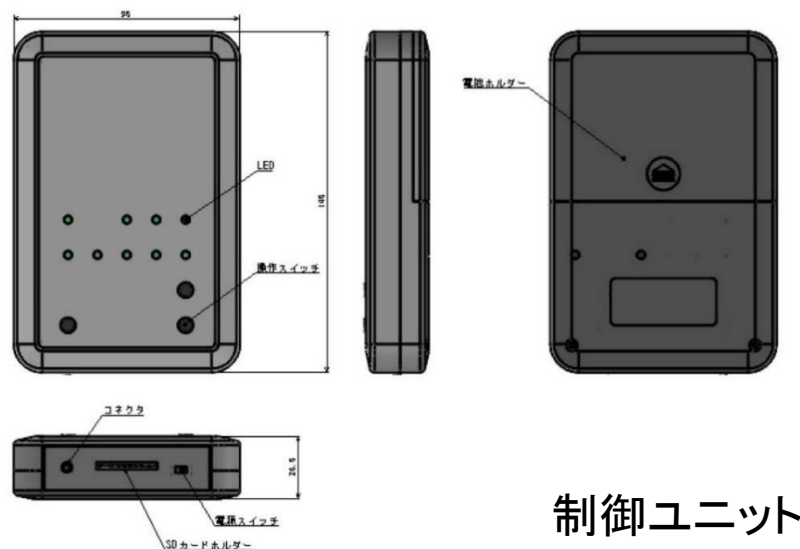
#### 【想定されるハザード】:クリティカルハザード

- 不適切なバッテリーの使用により、破裂や溶液の漏洩により、クルーの軽度の負傷に至る可能性がある。

#### 【評価結果】

- 自動溶液交換器具1個あたり市販の単3アルカリ電池を4本直列で使用する。
- 使用される電池全数に対し、下記の検査・測定を実施し、異常のない適切な電池であることを確認した。

- ✓ 外観検査
- ✓ 質量検査
- ✓ 開放電圧測定
- ✓ 負荷電圧測定



制御ユニット

## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(1/9)



「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」に対する評価結果概要を以下に示す。全項目適合していることを確認した。詳細は付表-1参照。

基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性評価結果概要
<p>1. 目的及び位置付け                      本指針は、宇宙開発利用部会として、宇宙ステーションの全体計画との整合性をとりつつJEMの開発及び運用に係る安全確保を図ることを目的とする。                      また、本指針は、宇宙開発利用部会において、JEMの安全対策について総合的かつ系統的に調査審議する際の指針と位置付ける。</p>	<p>基本指針に基づきCell Gravisensingの安全性を確認した。</p>
<p>2. 適用範囲                      本指針は、JEMの開発及び運用の各段階において行う安全評価に適用することとし、各段階において新たに必要となる事項等については、適宜追加、改訂を行うこととする。                      なお、JEMを利用して実施される実験の装置、試料、方法等の安全性については、本指針を準用して評価を行う。</p>	<p>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、Cell Gravisensing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。</p>

基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>3. 基本的な考え方 JEMの安全確保のため、以下の基本的な考え方に従って十分な安全対策を講じ、リスクを可能な限り小さくすることとする。</p> <p>(1)安全確保の対象 宇宙ステーションは、人間をその構成要素として含むシステムであり、搭乗員の死傷を未然に防止するため、安全確保を図ることとする。</p> <p>(2)安全確保の方法 JEMの開発及び運用においては、すべてのハザードを識別し、以下の優先順位に従ってハザードを制御し、残存ハザードのリスクを評価することとする。</p> <p>ア ハザードの除去 ハザードについては、可能な限り除去する。</p> <p>イ リスクの最小化設計 故障許容設計、適切な部品・材料の選定等により、リスクが最小となるようにする。</p> <p>ウ 安全装置 異常が発生したとしても被害を最小限にするように、安全装置を付加する。</p> <p>エ 警報・非常設備等 異常が発生した場合には、警報が作動し、また、万一緊急の措置を要する事態に至った場合には、緊急警報が作動して、搭乗員に異常を知らせる。 さらに、異常の発生に備えて、非常設備及び防護具を備える。</p> <p>オ 運用手段 リスクが最小となるような運用手順を整備する。</p> <p>カ 保全 適切な予防保全により、異常の発生頻度を小さくする。</p>	<p>Cell Gravisensing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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cell Gravisensingによる火災</li> <li>• Cell Gravisensingからのオフガスによるキャビンエアの汚染</li> <li>• Cell Gravisensingからの化学、生物試料の漏洩(スタンダードハザードおよびユニークハザード)</li> <li>• Cell Gravisensingの高温部への接触</li> <li>• Cell Gravisensingからの騒音</li> <li>• Cell Gravisensingの不適切な導通・絶縁設計</li> <li>• Cell Gravisensingの不適切な電線選定</li> <li>• Cell Gravisensingによる電気ショック</li> <li>• Cell Gravisensingからの有害な電磁放射</li> <li>• Cell Gravisensingの回転体への巻き込まれ</li> <li>• Cell Gravisensingの鋭利端部への接触</li> <li>• Cell Gravisensingのバッテリーの破損</li> </ul>

## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(3/9)



基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>3. 基本的な考え方 (3) 有人活動の特殊性への配慮</p> <p>JEMは、自然環境及び誘導環境から搭乗員及び安全に関わる機器を保護するために、十分な構造上の強度、寿命等を有するとともに、安全に関わるシステムの故障(誤操作を含む)に対する適切な許容度の確保、容易な保全等ができるようにする。</p> <p>また、火災、爆発、危険物等による異常の発生の防止並びに外傷、火傷、感電等の傷害及び疾病の発生の防止を図るとともに、緊急対策に十分配慮する</p>	<p>有人活動の特殊性に配慮した設計を行っている。</p>
<p>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</p> <p>隕石・スペースデブリの衝突により、JEMの安全に関わるシステムが損傷し、搭乗員が危険な状態とならないよう、可能な限り防御すること。</p> <p>なお、万一隕石・スペースデブリがJEMに衝突した場合には、JEMから宇宙ステーション本体等への退避により、搭乗員の安全確保を図ること。</p>	<p>適用外(船外環境で使用されないため)</p>
<p>イ 宇宙放射線</p> <p>JEMの安全に関わる機器は、放射線による誤動作、故障及び性能劣化を可能な限り生じないこと。</p> <p>また、搭乗員が搭乗期間中に受ける放射線の被曝量をモニターすること。</p>	<p>放射線の影響が懸念される部品については、トータルドーズ及びシングルイベントに対する解析評価等の対策を講じている。</p>
<p>ウ 高真空、微小重力等</p> <p>JEMは、高真空、微小重力、電磁波、プラズマ、高湿・低温、原子状酸素等の環境に対して、搭乗員の安全及び安全に関わる機器の正常な動作を確保できること。</p> <p>また、与圧部に設置される安全に関わる機器は、減圧に耐え、再加圧後正常に動作すること。</p>	<p>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。</p> <p>搭乗員の接触が許容できる外表面温度(0~45℃)以内であることを熱解析により確認している。</p>

## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(4/9)



基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>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 構造及び安全に関わる機器は、打上げ時における振動、加速度、音響、圧力等の誘導環境について、打上げ輸送機搭載時の諸条件に耐えられること。</p>	<p>Cell Gravisensingは、打上げ輸送機内の振動条件に対して、封入設計を担う構造の破壊・劣化等を起こさないよう振動試験にて検証されている。</p>
<p>イ 軌道上の誘導環境 (ア) 雰囲気空気 酸素濃度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素濃度、気圧等の環境については、宇宙ステーション本体の機能に依存するが、JEMにおいても異常を搭乗員に知らせること。 また、搭乗員の安全に影響を及ぼさないよう、温度、湿度及び気流を適切に制御するとともに、微生物及び微粒子を適切に除去すること。</p>	<p>適用外(環境制御の機能を持たないため)</p>
<p>(イ) 汚染 有害物質は、使用しないことを原則とするが、使用することが避けがたい場合は搭乗員の安全に影響を与えないこと。 なお、一旦発生したものの低減は、宇宙ステーション本体の機能に依存するが、大量の有害物質が発生した場合には、一旦与圧部内の空気をJEMの外に排出すること。</p>	<p>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。 実験試料については、毒性およびバイオセーフティの観点からNASA専門家によるレビューを受け、ハザードの度合いに応じた封入設計や漏洩対策を実施している。 使用されるバッテリーについては、破損や液漏れなどが発生しないよう、検査によって適切にスクリーニングされたバッテリーを選定、使用している。</p>
<p>(ウ) 振動、音響、電磁波 JEMの機器が発生する振動、音響及び電磁波は、搭乗員及び安全に関わる機器に影響を与えないこと。 また、安全に関わる機器は、宇宙ステーションより発生するこれらの環境に十分耐えられること。</p>	<p>機器から発生する音響は他の機器や搭乗員に影響を与えるレベルではないことを騒音試験により確認している。 電磁適合性試験にて放射電磁波要求に対し一部逸脱があったため、自動溶液交換器具はシールド効果のあるバッグ内で駆動させることを運用制御として実施した。</p>



## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(5/9)



基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>4. 宇宙環境対策 (3)軌道上環境等の保全</p> <p>宇宙空間における不要な人工物体となるものの発生については、合理的に可能な限り抑制するように考慮すること。このため原則として、固体の廃棄物及び短期間に気化しない液体の廃棄物を軌道上に投棄しないこと。</p>	<p>適用外(船外環境で使用されないため)</p>
<p>5. 構造</p> <p>JEMの構造は、搭乗員及び搭載機器を宇宙環境から保護するとともに、安全に支持するため、十分な余裕度をもって設計・開発されなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> <p>(1)設計</p> <p>不測の事態において一つの構造部材が損傷しても、搭乗員を危険な状態に陥らせないこと。また、圧力容器(与圧部構造体及び補給部与圧区構造体を含む)は、リークビフォアラプチャ又は安全寿命設計であること。</p> <p>(2)剛性及び強度</p> <p>ア 剛性</p> <p>JEMの構造は、打上げ時及び軌道上において想定される環境条件の下で、有害な変形を生じないこと。</p> <p>また、打上げ輸送機搭載時に要求される最低振動数要求を満足すること。</p> <p>イ 静荷重強度</p> <p>JEMの構造は、打上げ時及び軌道上において想定される最大の荷重に対して、十分な強度を有すること。</p> <p>ウ 疲労強度</p> <p>JEMの構造は、長期の運用に対して、十分な疲労寿命を有するか、又は疲労寿命に対する十分な余裕をもって交換できること。</p>	<p>Cell Gravisensingは打上げ、軌道上荷重(クルーハンドリングや細胞培養装置内での加速度環境)に耐える設計をしている。</p>

## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(6/9)



基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>5. 構造</p> <p>(3)構成材料</p> <p>構成材料については、可燃性、臭気・有害ガス発生、腐食、応力腐食割れ等の特性を十分考慮して使用すること。</p>	<p>火災防止、搭乗員の健康障害防止のため、Cell Gravisensingの非金属材料には不燃性・難燃性で、ガスの発生が極めて少ない材料が使用されていることを確認している。</p> <p>また、発火源とならないよう、電線はISS共通要求に従って選定、設計している。</p>
<p>6. 安全・開発保証</p> <p>搭乗員の安全に影響を及ぼすシステムについては、安全性並びに安全性を確保するための信頼性、保全性及び品質保証を十分考慮しなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> <p>(1)安全性</p> <p>安全に関わるシステムについては、適切な故障許容(誤操作を含む)を確保すること。</p> <p>(2)信頼性</p> <p>ア システムの独立性</p> <p>安全に関わるシステムについては、他のシステムの故障の影響を可能な限り受けないようにすること。</p> <p>また、冗長系は、可能な限り互いに分離して配置すること。</p>	<p>溶液漏洩に関するクリティカルハザードに対しては、2重の漏洩対策を取っている。</p> <p>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。</p>
<p>イ 故障検知</p> <p>安全に関わるシステムの故障は、可能な限り自動的に検知され、地上要員に通報されるとともに、緊急を要するもの等必要なものは、搭乗員にも通報されること。</p>	<p>クルーが溶液の漏洩を視認したときはクルーがふき取る運用となっている。</p> <p>安全に関する自動の故障検知機能は有さない。</p>

## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(7/9)



基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>6. 安全・開発保証 (2)信頼性 ウ 自律性の確保 安全に関わるシステムについては、地上管制が受けられない場合においても搭乗員の安全を確保すること。 エ 自動機能に対するオーバーライド 安全に関わるシステムの自動機能については、搭乗員及び地上操作によるオーバーライドができること。</p>	<p>適用外(オーバーライドの機能はない)</p>
<p>6. 安全・開発保証 (3)保全性 ア 機能中断の防止 安全上連続的に運用する必要のあるシステムは、重要な機能の中断なく保全できること。</p>	<p>適用外(JEMシステムの運用上重要な機能はない)</p>
<p>イ 危険防止 保全作業については、船外活動の最小化、粉塵等の発生の最小化、流体の放出の最小化、最適な防護措置等が行われること。 また、保全に伴う機器の取付け及び取外しは、安全かつ容易にできること。</p>	<p>Cell Gravisensingは船外環境で使用されない。また、粉塵等を発生する作業も行わない。 電源コネクタには高電圧が印加されないことを確認した。</p>
<p>(4)品質保証 安全に関わるシステムの機能、性能等を確保するため、製造管理及び十分な検証を行うとともに、その記録を保存すること。 また、JEMの安全確保に必要なデータは、その効率的蓄積・利用に資するために、問題報告・是正処置、部品情報、材料・工程情報等についてデータベース化を図ること。</p>	<p>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、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。</p>

## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(8/9)



基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>7. 人間・機械系設計</p> <p>JEMは、我が国初めての本格的な有人宇宙活動を提供する場であり、安全確保を図る上で人的要因を十分考慮しなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> <p>(1) 搭乗員の保護</p> <p>搭乗員が触れる可能性のある部分は、適切な丸みを持たせるとともに、破損しても破片が飛散しないようにするなど、外傷、火傷、感電等が生じないようにすること。</p> <p>また、足部固定具、取っ手等は、荷重に十分耐えられること。</p>	<p>Cell Gravisensingの回転機器については、ハザードにならないエネルギーであり、かつ搭乗員が接触できない設計となっていることを確認した。</p> <p>搭乗員が接触する可能性のある箇所については、ISS共通の安全要求に従って、角・鋭利端部に丸みを持たせる設計が行われており、設計図面、製造図面に反映され、製造中に発生する可能性のあるバリ等の有無も含めて最終的にフライトハードウェアに対し、目視、触診等による検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。</p> <p>船内活動中の搭乗員が許容できる外表面温度(0~45℃)以内であることを熱解析により確認している。</p> <p>電源コネクタには高電圧が印加されないことを確認した。</p>
<p>(2) 誤操作等の防止</p> <p>安全に関わるシステムについては、搭乗員の負担を軽減するとともに、誤操作及び操作忘れの発生を防止するため、可能な限り自動化すること。</p> <p>また、JEMの内部装飾、機器の操作手順、視野等については、誤操作等の生じにくいよう十分配慮すること。</p>	<p>クルー操作上の留意事項は運用手順書として申し送られており、安全上重要な作業については地上でクルー訓練を実施している。</p>
<p>(3) 共通化</p> <p>安全に関わるシステムについては、可能な限り国際的に共通化を図ること。</p>	<p>適用外(警告・警報や避難・非常操作・緊急処置等に係る機器はない)</p>

## 4. 基本指針に対するCell Gravisensingの適合性評価結果(9/9)



基本指針項目	Cell Gravisensingの適合性 評価結果概要
<p>8. 緊急対策</p> <p>火災、減圧、汚染等の異常が発生し、緊急を要するときにおいても、搭乗員の安全に重大な影響が及ばないようにしなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> <p>(1) 緊急警報</p> <p>緊急警報は、人命に脅威となるような異常を識別でき、安全に退避できるよう十分早く発信できること。</p> <p>また、人命への脅威に関する緊急警報は、異常を発見した搭乗員が警報ボタン等により手動で警報を発生できること。</p>	<p>適用外(緊急警報に係る機器はない)</p>
<p>(2) アクセス</p> <p>非常設備、防護具、安全上重要な手順書等は、緊急時においても、搭乗員が容易に取り出して使用できるように保管すること。</p> <p>また、通路は、搭乗員が安全かつ速やかに脱出・非難できること。</p>	<p>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。</p>
<p>(3) 減圧及び再加圧</p> <p>火災、汚染等の異常が発生した場合には、与圧部及び補給部与圧区内の空気を排出するため、減圧及び再加圧ができること。</p> <p>また、JEMの起動に際し、搭乗員のJEMへの移乗前に安全の確認ができること。</p>	<p>適用外(減圧、再加圧を担う機能はない)</p>
<p>9. 安全確保体制</p> <p>JEMの安全確保に関わる活動については、開発及び運用の担当部門から独立した部門においても行うこと。</p> <p>また、安全上のあらゆる問題点について、開発及び運用の責任者まで報告される体制を確立すること。</p> <p>さらに、JEMの開発及び運用に携わる者への安全教育・訓練を実施するとともに、安全確保に係る事項の周知徹底を図ること。</p>	<p>きぼう利用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。</p> <p>さらに、Cell Gravisensing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。</p>

1. JAXA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. Cell Gravisensing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「Cell Gravisensing」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。



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 51700

Payload Safety Policy and Requirements for the International Space Station

## (2) 審査文書

- JDX-2019800

Phase 0/II/III/III SAFETY ASSESSMENT REPORT FOR Cell Gravisensing Run1

## 添付2. 略語集

略語	正式名称	和訳
EMC	Electro Magnetic Compatibility	電磁適合性
FTA	Fault Tree Analysis	故障の木解析
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
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 

		発生の可能性				
		A	B	C	D	E
被害の度合い	I	Red	Red	Red	Yellow	STD-1,2,9,10,11,12
	II	Red	Red	Yellow	Green	UNQ-01 STD-3,5, 6,8,13 UNQ-02
	III	Red	Yellow	Green	Green	
	IV	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。