

「きぼう」自動実験システム(GEMPAK)
システム要求書(案)

2023年10月

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

目次

0. 前提	6
1. 範囲	6
2. 関連文書	6
2.1. 適用文書	6
2.1.1. 宇宙航空研究開発機構文書	6
2.1.2. 米国政府関係文書	6
2.2. 参考文書	7
2.2.1. 宇宙航空研究開発機構文書	7
2.2.2. 米国政府関係文書	7
2.3. 準拠文書	7
3. 要求事項	8
3.1. 品目の定義	8
3.2. 開発方針および前提条件	9
3.2.1. 開発方針(案)	9
3.2.2. 前提条件	10
3.3. インタフェース要求	10
3.3.1. 輸送機インタフェース要求	10
3.3.2. クルーインタフェース要求	11
3.3.3. MSPR インタフェース要求	11
3.3.4. Cold Stowage インタフェース要求	11
3.3.5. MHU Glove Box インタフェース要求	13
3.3.6. PORTRS とのインタフェース要求	14
3.3.7. ユーザ(マウス)インタフェース要求	14
3.4. システム特性	14
3.4.1. バス機能部特性	14
3.4.1.1. 構造	14
3.4.1.2. 封入機能	15
3.4.1.3. 環境監視・制御機能	15
3.4.1.4. 軌道上管制制御機能	15
3.4.1.5. 地上管制制御機能	15
3.4.1.6. 電力供給機能	15
3.4.2. ロボット制御部特性	15
3.4.2.1. マニピュレーション機能	15
3.4.2.2. マニピュレーション制御機能	16
3.4.2.3. モニタ機能	16

3.4.2.4.	照明機能	16
3.4.3.	ミッション機器部特性	17
3.4.3.1.	解剖機能	17
3.4.3.2.	マウス保定機能	17
封入機能	18	
3.4.3.3.	18
3.4.4.	物理特性	18
3.4.4.1.	形状および寸法	18
3.4.4.2.	質量	19
3.4.4.3.	消費電力	19
3.4.5.	信頼性	19
3.4.5.1.	故障の伝搬	20
3.4.5.2.	運用期間	20
3.4.6.	保全性	20
3.4.7.	拡張性	20
3.5.	環境条件	20
3.5.1.	地上保管時の環境条件	20
3.5.2.	地上輸送時の環境条件	21
3.5.3.	飛行中の環境条件	21
3.6.	設計基準	21
3.6.1.	機械設計	21
3.6.1.1.	強度・剛性要求	21
3.6.1.2.	発生騒音	22
3.6.2.	熱設計	22
3.6.3.	電気設計	22
3.6.3.1.	電磁適合性	22
3.6.3.2.	ディレーティング	22
3.6.3.3.	ボンディングと絶縁・接地	22
3.6.3.4.	漏電	22
3.6.3.5.	ワイヤリング	22
3.6.3.6.	ソフトウェア設計	23
3.6.4.	材料及び部品	23
3.6.5.	ラベル及びマーキング	23
3.6.6.	ワークマンシップ	23
3.6.7.	人間工学	24
4.	品質保証条項	24

4.1.	一般	24
4.1.1.	検証の責任	24
4.2.	検証事項	24
4.2.1.	検証方法	24
4.2.1.1.	検証方法の分類	26
4.2.2.	解析・類似性	26
4.2.3.	検査	26
4.2.4.	デモンストレーション	27
4.2.5.	試験	27
4.2.5.1.	試験要求	27
4.2.5.2.	試験及び検査に関する一般的規定	27
4.2.5.3.	試験項目	27
5.	出荷準備	28
5.1.	一般	28
5.2.	表示	28
5.3.	静電気保護対策	29
5.4.	梱包要求	29

改訂記録(1/1)

符号	日付	改訂記録	備考
NC	表紙による		

0. 前提

本仕様書に定義する要求案は RFI において修正の提案を受け付けるたたき台(案)である。

1. 範囲

本仕様書は、「きぼう」自動実験システム(μ -G Experiments by Manipulators with Precise Actuation in Kibo, GEMPAK、以下本システム)が、ミッション要求を満足するために必要なシステムの機能・性能、設計、製作および品質保証等に関する要求事項を規定する。

2. 関連文書

以下に本仕様書の関連文書を規定する。2.1 項、2.2 項に示す適用文書、参考文書は、原則として契約時の最新版とする。ただし、契約後、該当文書に変更があった場合は、その適用について契約の相手方と協議をするものとする。なお、本仕様書と本文書に呼び出される適用文書の記述について矛盾が生じる場合は、本文書の記述内容を優先する。また、本仕様書は 2.3 項に示す準拠文書に準拠する。

2.1. 適用文書

2.1.1. 宇宙航空研究開発機構文書

以下の文書は本文書にて指定される範囲において本文書の一部をなす。

- (1) JX-ESPC-101177 多目的実験ラック・多目的実験ラック 2 号機/実験装置標準インタフェース管理仕様書
- (2) JHX-2017034 HTV-X 与圧カーゴ標準 IRD
- (3) JDX-2023177 「きぼう」自動実験システム GEMPAK 向けロボットアーム要求事項
- (4) NASDA-ESPC-1681 JEM ペイロード安全・開発保証要求書
- (5) NASDA-ESPC-2561 「JEM ペイロードアコモデーションハンドブック VOL.1」
- (6) NASDA-ESPC-2567 「JEM ペイロードアコモデーションハンドブック VOL.7」
- (7) CR-99117 JAXA 宇宙ステーションプログラム材料および工程要求書
- (8) CR-99050 JAXA 宇宙ステーションプログラム EEE 部品管理計画書
- (9) JBX-97077 JEM 共通実験装置に使用する電気・電子・電気機構(EEE)部品の選定方針
- (10) JDX-2001230 民生品コンポーネント搭載化ガイドライン
- (11) JMX-2005173 ISS 用デカル及び IMS ラベル申請要領
- (12) JERG-0-039B 宇宙用はんだ付け工程標準

2.1.2. 米国政府関係文書

- (1) SSP57000T Pressurized Payloads Interface Requirements Document
- (2) 6354-GD7100H Cygnus Pressurized Cargo Module (PCM) to Internally-Carried

Payload Interface Definition Document (IDD)

- (3) SSP50005H International Space Station Flight Crew Integration Standard
- (4) SSP52005G Structure Requirements and Guidelines for Safety Critical Payloads
- (5) SSP30237T Space Station Electromagnetic Emission and Susceptibility Requirements
- (6) SSP30238E Space Station Electromagnetic Techniques
- (7) SSP30243N Space Station Systems Requirements for Electromagnetic Compatibility
- (8) SSP51721 ISS Safety Requirements Document
- (9) SSP30242 Space Station cable/Wire Design & Control Requirements for Electromagnetic Compatibility

2.2. 参考文書

以下の文書は本文書に関連する情報を補充するものである。

2.2.1. 宇宙航空研究開発機構文書

- (1) (TBD) PORTRS とのインタフェース要求書
- (2) CR-99291 JAXA 宇宙ステーションプログラム EEE 部品デレレーティング基準
- (3) JSX-2017001 民生コンポーネント適用ガイドライン
- (4) JSX-2013014 オフガス評価ガイドライン
- (5) JSX-2015005 ウィスカ評価ガイドライン
- (6) JSX-2012012 可燃性材料の適切な使用方法

2.2.2. 米国政府関係文書

- (1) SSP30245 Space Station Electrical Bonding Requirements
- (2) SSP30312 Electrical, Electromagnetic, and Electromechanical(EEE) and Mechanical Parts Management and Implementation Plan for Space Station Program

2.3. 準拠文書

本文書の記載は以下の文書の定めに従うものである。

- (1) JDX-2020102 小動物飼育ミッション 第3フェーズ ミッション要求書
- (2) JDX-2020100 小動物飼育ミッション 自動化・自律化の利用・運用コンセプト
- (3) JDX-2021208 小動物遠隔解剖システム 利用運用コンセプト
- (4) JJX-2017018 有人宇宙技術部門における開発・検証等の見直しに関する基本方針
- (5) BDB-06005B JAXA 技術成熟度(TRL)運用ガイドライン

3. 要求事項

3.1. 品目の定義

本システムは、国際宇宙ステーション日本実験棟与圧部内の多目的実験ラック、あるいは多目的実験ラック2号機(2つのラックを総称して以下、「MSPR」という)に搭載する。

本システムは3つの構成からなる。図3.1-1に構成別機能の分類を示す。

- (1) バス機能部
- (2) ロボット制御部
- (3) ミッション機器部

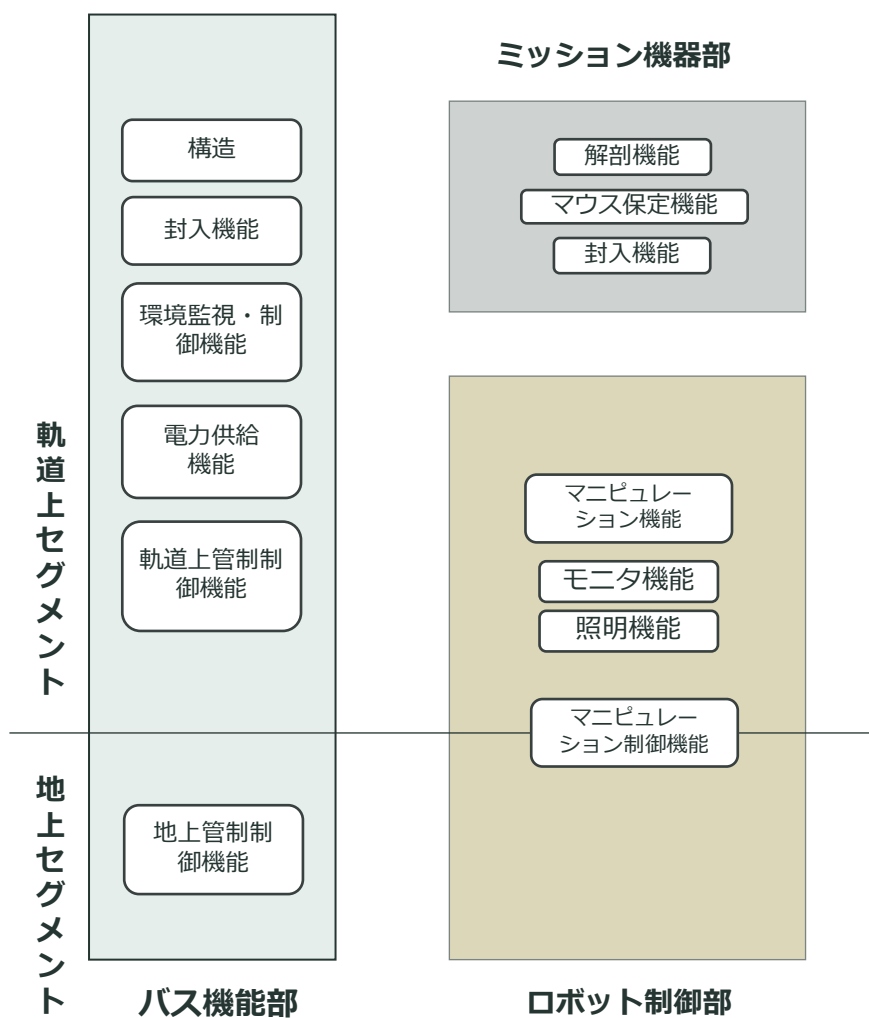


図 3.1-1 構成別機能の分類

3.2. 開発方針および前提条件

3.2.1. 開発方針(案)

本システムの開発方針案を以下に示す。なお、開発方針は、2.3(4)「有人宇宙技術部門における開発・検証等の見直しに関する基本方針(JJX-2017018)」に準拠する。

(1) クルー作業の最小化と実験・利用中のクルー関与ゼロ

クルー作業についてはクルータイムの最小化を目指す。また、地上から行うマウス解剖作業において、クルーに対し緊急の対応を要請することがないよう、タイムクリティカルな対応を極力要求しない設計とする。但しコスト・技術的成立性の観点から、クルーによる対応が望ましいと判断した場合はその限りではない。

(2) 利用ユーザに強いる負担(有人安全対策等)の最小化

軌道上における実験は、クルー安全及び ISS システム安全の優先のため、地上実験と同等の条件での実施が難しい。このことは装置の利用ユーザの拡大および、より大きなインパクトを持つ科学成果の創出の目標を阻害する要因となりうる。GEMPAK は内部に安全化された空間を有することにより有人安全要求がユーザから見て有意な程度に緩和された実験機会を提供することを目指した設計とする。そのほか、標準化することでユーザの開発要素を最小化することやシミュレータの構築等による利用機会の拡大に取り組む。

(3) 拡張性を有する設計とする

GEMPAK は、主な利用ミッションであるマウスの軌道上解剖に必要な機能に加え、優先度等の考慮の上、自動分注機能や多様な利用機会の提供機能を含む発展的な活用方法に供するためのインタフェース機能を有する設計とする。

(4) 民生品の積極的な活用と開発要素の最小化

地上産業等で十分に成熟していると考えられる技術や、それを使用した民生品を積極的にシステム構成部品として活用し、開発費の低減、開発期間の短縮に努める。特に、ロボット制御部を構成する品目については開発要素を最小限に抑える方針とし、入手性、メンテナンス性が高いこと。

(5) 開発方式は BBM/PFM とする

基本方針(JJX-2017018)に照らし合わせて、BDB-06005B「JAXA 技術成熟度(TRL)運用ガイドライン」に基づき、TRL 評価を行う。TRL に応じ、BBM を用いて、製作・試験を実施して設計の妥当性を評価し、フライト品を製作する前のリスクを低減する方針をとる。

※BBM(Bread Board Model) : 新規技術要素を有する開発において、設計の実現性を確認するために製作・試験されるモデル。

※PFM(Proto Flight Model) : 設計に問題がないことを確認すると共に、打上げ用の実機としての品質を備えていることを確認するモデル。

3.2.2. 前提条件

開発の前提となる条件を示す。

(1) 多目的実験ラック:MSPRを使用する

本システムは多目的実験ラック(MSPR)のワークボリューム(WV)、小規模実験エリア(SEA)、ワークベンチ(WB)に設置する。

(2) クルーにより軌道上でシステムの設置・取外しが可能なこと

多目的実験ラックは複数実験で使用する共用スペースのため、取外し含めクルー作業で対応すること。また、非運用時は軌道上において保管ができること。

(3) ロボット制御部に関わるソフトウェアは打上げ後のアップデートが可能なこと

研究開発用途に拓かれた開発環境を提供するため、ロボット制御部に係るソフトウェアは打上げ後のコンフィグ変更が可能な仕様とし、動作環境はロボット用ソフトウェアプラットフォームである、Roboto Operating System(ROS)及びその上位互換との互換性を有することが望ましい。

3.3. インタフェース要求

当システムが外部と有するインタフェースの項目と要求種別の対応について表 3.3 に示す。

3.3.1 項以降にて適用箇所の詳細を示す。

表 3.3 インタフェース要求

(○:適用、-:非適用)	機械的	熱的	電氣的	通信
輸送機インタフェース要求	○	-	-	-
クルーインタフェース要求	○	-	-	-
MSPR インタフェース要求	○	○	○	○
Cold Stowage インタフェース要求	○	○	-	-
MHU Glove Box インタフェース要求	○	-	-	-
PORTRS インタフェース要求(今回の対象外とする)	○	-	-	-
ユーザ(マウス)インタフェース要求	○	○	-	-

3.3.1. 輸送機インタフェース要求

本システムの輸送機として HTV-X、SpaceX Dragon、Orbital Cygnus を用いる。各輸送機との機械的インタフェースを以下に示す。

(1) HTV-X

2.1.1 項(2) JHX-2017034 HTV-X 与圧カーゴ標準 IRD によること。

(2) SpaceX Dragon

2.1.2 項(1) SSP57000 の Appendix D によること。

(3) Orbital Cygnus

2.1.2 項(2) 6354-GD7100G によること。

3.3.2. クルーインタフェース要求

本システムとクルーとの機械的インタフェース要求は、2.1.2 項(3) SSP50005 によること。ただし、本機能の実装に関しては今回の RFI の対象外とする

3.3.3. MSPR インタフェース要求

(1) 機械的

- ① 2.1.1(1)の 3.3 項の要求に従い、MSPR に取り付けられること。
- ② WV 内機器と SEA 内機器をケーブルで接続する場合は、2.1.1(1)の 3.10.3 項に示す貫通ポートを通じて接続できること。
- ③ 2.1.1(1) の 3.6.1.2 項(1)の要求に従い、MSPR の冷却水系インタフェースに接続できること。
- ④ 2.1.1(1)の 3.4.1 項の要求に従い、MSPR の電力インタフェースに接続できること。
- ⑤ 2.1.1(1)の 3.5.1 項の要求に従い、MSPR の通信インタフェースに接続できること。

(2) 熱的

- ① MSPR から供給される冷却水を介して排熱が可能であること。インタフェースの詳細は、2.1.1(1)の 3.6.1.2 項(3)によること。
- ② MSPR から供給されるアビオニクスエアを介して排熱が可能であること。インタフェースの詳細は、2.1.1(1)の 3.6.2 項によること。また、2.1.1(1)の 3.6.2 項(1)に示すアビオニクスエアポートを遮らないこと。

(3) 電氣的

- ① 2.1.1(1)の 3.4.2 項の要求に従い、MSPR より電力供給を受けるインタフェースを有すること。
- ② 2.1.1(1)の 3.4.2 項に示す電力供給性能にて運用が可能であること。

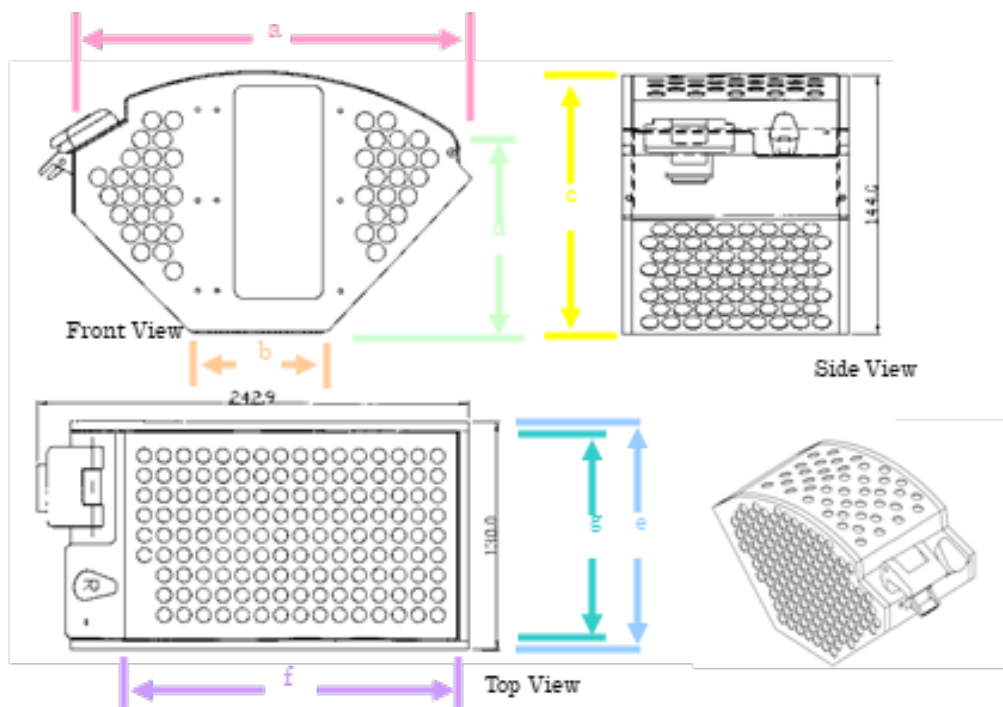
(4) 通信

- ① MSPR を介して、コマンドの受信、テレメトリ・映像の送信ができること。インタフェースの詳細は 2.1.1(1)の 3.5 項によること。

3.3.4. Cold Stowage インタフェース要求

(1) 機械的

打上げ、軌道上運用、回収に使用する Cold Stowage の内寸法及び許容搭載質量を図 3.3.4-1、表 3.3.4-1 及び表 3.3.4-2 に示す。



Internal Volume	(a)Max width	(b)Min width	(c)Max width	(d)Min width	(e)Lengt h/Depth	(f)Door width	(g)Door length
5.79 L	220 mm	75 mm	143 mm	105 mm	270 mm	185 mm	260 mm

図 3.3.4-1 MELFI 1/2 Box Module

表 3.3.4-1 Cold Stowage 寸法

品名	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
FROST2	332	282	195
GLACIER	267	197	185
POLAR	337.6	210.3	157.0
MERLIN	419.0	258.7	172.5
DCB	349	222	171

表 3.3.4-2 Cold Stowage 搭載可能質量

品名	質量 [kg]
GLACIER	16.3
POLAR	6.76
MERLIN	10
DCB	8.2

(2) 熱的

制御温度範囲を下記に示す。

① 冷蔵品

2.1.2(1)SSP-57000 Appendix-H Cold Stowage Interface Requirements の Refrigerated Temperature Range を適用すること。

② 冷凍品

2.1.2(1)SSP-57000 Appendix-H Cold Stowage Interface Requirements の Freezer Temperature Range を適用すること。

3.3.5. MHU Glove Box インタフェース要求

小動物飼育ミッションで使用している Glove Box との機械的インタフェースを図 3.3.5-1 に、グローブボックスの実物を図 3.3.5-2 に示す。

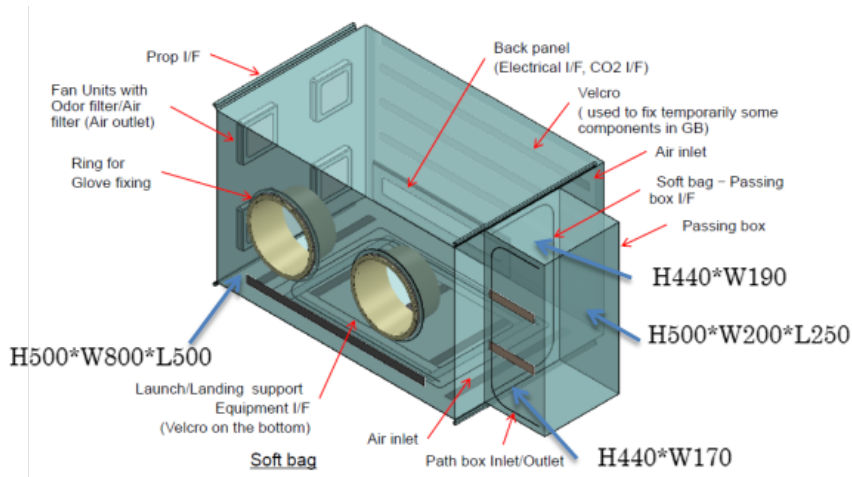


図 3.3.5-1 グローブボックス詳細



図 3.3.5-2 グローブボックス実物

3.3.6. PORTRS とのインタフェース要求

(今回の対象外とする)

※軌道上の船内ペイロードを自律的に管理・運搬・操作するシステム (Payload ORganizarion and Transportation System :PORTRS)

3.3.7. ユーザ(マウス)インタフェース要求

(1) 機械的

解剖を実施するにあたり、マウスの四肢を広げた寸法を図 3.3.7-1 に示す。

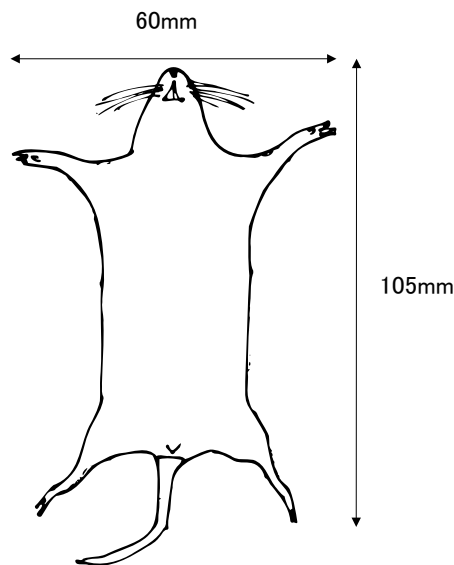


図 3.3.7-1 マウスの標準的な寸法

(2) 熱的

マウスの平均体温は 37.5~39℃であり、安楽死処置後に周辺温度に近づいていく。

3.4. システム特性

3.4.1. バス機能部特性

3.4.1.1. 構造

- (1) バス機能部は MSPR 内に設置できること
- (2) 搭載物に対する位置決めができること
- (3) ロボット制御部を設置できること
- (4) ミッション機器部を設置できること
- (5) 3.5.3(c)に示す環境条件に耐えられること

3.4.1.2. 封入機能

- (1) 毒性評価において THL2 以下の試薬等を扱えるようにバス部として 2 重封入機能を有すること(ミッション機器部と合わせて 3 重封入)
- (2) 封入を維持した状態で物品を出し入れできるインタフェースを有すること
- (3) 封入を維持した状態でクルーがミッション機器部にアクセスできるグローブボックス機能を有すること
- (4) 軌道上マニピュレータ作動時に封入が破られないこと

3.4.1.3. 環境監視・制御機能

- (1) ミッション機器部の温度・湿度がモニタできること
- (2) ミッション機器部の温湿度は、キャビンエアの要求温度を逸脱しない温度であること

3.4.1.4. 軌道上管制制御機能

- (1) 以下の機能を有すること。
 - ① コマンド受信・処理機能
 - ② テレメトリ送信機能
 - ③ ファイル転送・更新機能
 - ④ ヘルス & ステータスデータ収集機能
 - ⑤ 時刻同期機能

3.4.1.5. 地上管制制御機能

- (1) 以下の機能を有すること。
 - ① コマンド送信機能
 - ② テレメトリ受信機能
 - ③ ファイル送受信機能

3.4.1.6. 電力供給機能

- (1) MSPR から供給される電力をシステム構成品に分配できること
- (2) 緊急時には軌道上でクルーによりハザードの原因となる機器への電力共有を遮断できる機能を有すること。

3.4.2. ロボット制御部特性

3.4.2.1. マニピュレーション機能

- (1) 十分に安定したシステム構成であり軽量且つ柔軟物を対象として微細に操作可能な機能を有すること。詳細は 2.1.1(3)JDX-2023177 「きぼう」自動実験システム GEMPAK 向けロボットアーム要求事項によること。

3.4.2.2. マニピュレーション制御機能

(1) 全体要求

- ① マニピュレーション制御機能は以下の(2)、(3)の二つの駆動モードを有すること。駆動モードは装置の起動中において任意のタイミングに切り替えが可能であること
- ② マニピュレーション制御機能は安全化のため、不可侵領域の設定ができること
- ③ マニピュレーション制御機能は安全化のため、システムによる異常動作検知による自己安全化が可能であること

(2) オペレータコマンドオートシーケンス (Operator Commanded Auto Sequence, OCAS) 駆動モード

- ① OCAS 駆動モードは、軌道上マニピュレータ先端部の位置及び姿勢を数値で指定して軌道上マニピュレータ先端部への動作指令値を生成するモードである
- ② マニピュレーション制御機能は OCAS 駆動モードにおいて、①の駆動が可能であること
- ③ マニピュレーション制御機能は OCAS 駆動モードにおいて、シーケンス化した動作指令値を一コマンドとして登録できること
- ④ マニピュレーション制御機能は OCAS 駆動モードにおいて、駆動中の動作を中段させる機能を有すること
- ⑤ マニピュレーション制御機能は OCAS 駆動モードにおいて、一コマンドで軌道上マニピュレータの姿勢を指定されたホームポジションに移動させる機能を有すること

(3) 遠隔リーダフォロワ (Leader Follower, LM) 駆動モード

- ① 遠隔 LF 駆動モードは、地上側マニピュレータの姿勢変動をサンプリングすることにより、軌道上マニピュレータ先端部への動作指令値を生成する制御モードである
- ② マニピュレーション制御機能は遠隔 LM 駆動モードにおいて、①の駆動が可能であること
- ③ マニピュレーション制御機能は遠隔 LM 駆動モードにおいて、時間遅れがある通信環境の下で柔軟物への精細な操作を行うことを想定した設計とすること

3.4.2.3. モニタ機能

- (1) モニタ機能はマウス 1 匹の全身と摘出前後の臓器の撮像が可能であること。
- (2) モニタ機能は MSPR WV に設置したシステムの内部空間を地上から視認可能なこと。
- (3) モニタ機能は供試体を精細に把握するためズームアップ機能を有すること。
- (4) モニタ機能は軌道上においてクルーがミッション部内を視認する手段を提供すること。

3.4.2.4. 照明機能

- (1) 照明機能はミッション部内の照度を制御する機能を有すること。照度の上限の目安は、主

ミッションであるマウスの軌道上解剖が可能なレベルとする。

3.4.3. ミッション機器部特性

3.4.3.1. 解剖機能

- (1) 安楽死処置後に心採血を行い、システム機器に対して腹部を上にして保定された状態のマウスから臓器の摘出ができること。摘出対象臓器は(2)のとおりとする。なお、マウスについて動物種はマウス野生型(C57BL6/J)、性別はオス、体重は15g~40g、週齢は8週齢以上を想定したものとする。
- (2) 保定されたマウスに対し、4組織(心臓(1つ)、胸腺(1つ)、腎臓(2つ)、精巣(2つ))を摘出し化学固定ができること。
- (3) サンプルへの異物混入を防ぐため、システム機器がマウスと直接接触する部分についてはクーラー操作を前提とせずに軌道上で交換が可能なこと。
- (4) 解剖機能は上記の操作を実施するにあたり、膀胱および腸管の破損をしないこと。
- (5) 解剖機能は上記の操作を実施するにあたり、心臓は上下で半割し、摘出できること。
(TBD)
- (6) 解剖機能はマウス1匹に対し、サンプル搬入前準備である安楽死後から解剖を行い、化学固定までの時間を目標15分、ワースト2時間45分以内を目途に可能であること。
- (7) 解剖機能は摘出したサンプルを、他のサンプルと混じらないよう個別に保持できること。
- (8) 解剖機能は化学固定後に固定液を生理食塩水に置換し、90%以上(目安)の固定液を除去できること
- (9) 解剖機能は上記作業の実施中において保定されたマウスと接する面の温度を $4^{\circ}\text{C} \pm \text{TBD}^{\circ}\text{C}$ に維持できること。
- (10) 解剖機能は摘出したサンプルの保持中にサンプルの温度を $4^{\circ}\text{C} \pm \text{TBD}^{\circ}\text{C}$ を目途とした低温に維持できること。
- (11) 解剖機能は、軌道上で取得し、保存し、地上に帰還して解析に供するサンプルの品質として、臓器の立体情報が維持され解析に充分供する程度の品質に保つための能力を有すること。システムへの要求の範囲は臓器の取得から軌道上保存までとする。3.2.1項(1)から逸脱しない範囲においてクーラー作業が前提することは可能であるとする。

3.4.3.2. マウス保定機能

- (1) マウス保定機能は、クーラーがグローブボックス内で安楽死処置後のマウスの四肢を広げた状態でロボット制御部のモニタ機能が仰向けに視認できるように保定できること。なお保定状態を、解剖中も維持できること。
- (2) マウス保定部はグローブボックスのパスボックスを通過できること
- (3) マウス保定部はMSPRの前面側からアクセスし、クーラー操作により密閉バッグに収納後、MSPR内の解剖システムから取り外せること

- (4) マウス保定部は保定されたマウスをクレーによりバス機能部内の所定の場所に設置および取り外しができること。

3.4.3.3. 封入機能

- (1) 毒性評価において BSL (Bio Safety Level) 1 であるマウスをキャビン内で移動するためにグローブボックス内およびバス機能部内で 1 重封入できること。
- (2) 毒性評価において THL (Toxic Hazard Level) 2 以下の試薬等を、バス機能部内で扱う場合にはミッション部として 1 重封入機能を有すること (バス機能部と合わせて 3 重封入)
- (3) 毒性評価において THL (Toxic Hazard Level) 2 以下の試薬等を、キャビン内で移動する場合にはミッション部として 3 重封入機能を有すること
- (4) 除去したホルマリンは 3 重封入を維持したまま廃棄できること

3.4.4. 物理特性

3.4.4.1. 形状および寸法

(1) 打上げ時

本装置は、表 3.4.4.1-1 に示す CTB (カーゴ輸送用バッグ) に搭載できること。尚、各辺 20mm 以上の緩衝剤部分を考慮し当該サイズ以下とすること。

CTB のサイズが大きくなるに従い、打上げの機会が減る方向となるため、打上げサイズの最適化を図る必要がある。また、複数の CTB に分割搭載してもよい。

表 3.4.4.1-1 CTB 搭載可能寸法

Cargo Stowage Bag	寸法 L x W x H [mm]	打上げ機会調整の容易さ
Half CTB (0.5 CTB)	241 x 413 x 229	○
Single CTB (1.0 CTB)	483 x 413 x 241	○
Double CTB (2.0 CTB)	483 x 413 x 470	○
Triple CTB (3.0 CTB)	724 x 413 x 470	△
M02 CTB (4.0 CTB)	483 x 901 x 470	△

(2) 軌道上運用/回収時

① 冷蔵品

1 個体につき 1L 以下 (TBD) の容積とし、3.3.4 項に示す MERLIN もしくは Double Coldbag (DCB) に搭載できること。なお、搭載コンフィギュレーションは最適化し、Cold Stowage の 1 区画に対して極力多くのサンプルを搭載できること。

② 冷凍品

1 個体につき 1L 以下 (TBD) の容積とし、3.3.4 項に示す POLAR に搭載できること。なお、搭載コンフィギュレーションは最適化し、Cold Stowage の 1 区画に対して極力多くのサンプルを搭載できること。

3.4.4.2. 質量

(1) 打上げ時

打上げ品は表 3.4.4.2-1 の CTB 搭載可能質量以下とすること。なお、梱包材等の付帯物品も考慮すること。

表 3.4.4.2-1 CTB 搭載可能質量

Cargo Stowage Bag	重量 [kg]
Half CTB (0.5 CTB)	13.6
Single CTB (1.0 CTB)	27.2
Double CTB (2.0 CTB)	54.5
Triple CTB (3.0 CTB)	81.7
M02 CTB (4.0 CTB)	90.8

(2) 軌道上運用時

MSPR に搭載する構成品の質量は 2.1.1(1)の 3.3.3 項によること。

(3) 回収時

① 冷蔵品

3.3.4 項に示す MERLIN もしくは Double Coldbag (DCB) の許容質量以内であること。

② 冷凍品

3.3.4 項に示す POLAR の許容質量以内であること。

3.4.4.3. 消費電力

(1) 打上げ時

N/A

(2) 軌道上運用時

MSPR に搭載する構成品の消費電力は 2.1.1(1)の 3.4.2 項によること。

(3) 回収時

N/A

3.4.5. 信頼性

信頼性に関するプログラム要求は、2.1.1(4)「JEM ペイロード安全・開発保証要求書」を適用すること。ただしシステムの特性に合わせて適用範囲をテーラリングすることがある。

3.4.5.1. 故障の伝搬

コンポーネント等の単一故障が JEM システム、他の装置、および搭乗員に損傷を与えないような設計とすること。

3.4.5.2. 運用期間

- (1) 3.5.1 項に規定された保管時の環境条件、必要な点検等のもとで、本仕様書の要求を満足すること。
- (2) 消耗品を除き、軌道上環境で機能・性能劣化が想定される構成部品は、軌道上にて補用品と交換することにより、運用寿命を維持できること。

3.4.6. 保全性

組立、組立、取扱い、試験、保管、輸送、軌道上運用等における作業を容易にするために、次の事項を考慮して設計すること。

- (1) 地上での整備が容易にできるよう設計すること。
- (2) 地上での分解・再組立が容易にできること。
- (3) マウスと接触する構成部品については、地上での滅菌が容易にできること。
- (4) 交換を要する部品等の識別が容易であること。
- (5) 軌道上での交換が容易であること。
- (6) 機器の表面は軌道上で容易に清掃できること。
- (7) 組立、取扱い、試験、保管等において、人間の誤りによる不具合の発生を少なくするような設計をすること。
- (8) 有効寿命が明確な部品に対しては有効寿命品目リストに識別し、予防保全が可能であること。
- (9) 軌道上での保全はクルー1名で可能なこと。
- (10) 不具合の原因の特定が容易となるようダウンリンクテレメトリの設計をすること。
- (11) 搭載ソフトウェアのアップデート・ログ取得が容易であること。

3.4.7. 拡張性

(TBD)※RFIの結果により追加予定

3.5. 環境条件

3.5.1. 地上保管時の環境条件

地上における保管時または取り扱い時の環境条件を下記に示す。

- (1) 温度:4.4~49°C
- (2) 湿度:(1)の温度範囲において相対湿度 25~75%
- (3) 圧力:通常の大気圧

3.5.2. 地上輸送時の環境条件

地上輸送時の環境条件は、3.5.1 項の保管時の環境条件と同様とする。

3.5.3. 飛行中の環境条件

(1) 打上時の環境条件

① HTV-X

2.1.1 項(2) JHX-2017034 HTV-X 与圧カーゴ標準 IRD 3.3.4 項 Payload environment を適用すること。

② SpaceX Dragon

2.1.2 項(1) SSP57000 Pressurized Payloads Interface Requirements Document の Appendix D によること。

③ Orbital Cygnus

2.1.2 項(1) SSP57000 Pressurized Payloads Interface Requirements Document の Appendix D によること。

(2) 帰還時の環境条件

2.1.2 項(1) SSP57000 Pressurized Payloads Interface Requirements Document の Appendix E によること。

(3) 軌道上運用時の環境条件

① JEM 与圧部

2.1.2 項(5) NASDA-ESPC-2561「JEM ペイロードアコモデーションハンドブック VOL.1」によること。

② MSPR

2.1.1 項(1) JX-ESPC-101177「多目的実験ラック・多目的実験ラック 2 号機／実験装置標準インタフェース管理仕様書」によること。

3.6. 設計基準

3.6.1. 機械設計

3.6.1.1. 強度・剛性要求

- (1) 安全係数:構造強度設計のための安全係数は、2.1.2(4)SSP52005「Structure Requirements and Guidelines for Safety Critical Payloads」3.5 項に従うこと。
- (2) 強度余裕:構造強度部材の強度余裕は、いかなる場合にも負にならないこと。

3.6.1.2. 発生騒音

騒音レベルについては、2.1.1(1)「多目的実験ラック・多目的実験ラック 2 号機／実験装置標準インタフェース管理仕様書」3.3.6 項の要求に従うこと。

3.6.2. 熱設計

許容発熱量は、2.1.1(1)「多目的実験ラック・多目的実験ラック 2 号機／実験装置標準インタフェース管理仕様書」3.6.3 項の要求に従うこと。

3.6.3. 電気設計

3.6.3.1. 電磁適合性

本システムは、2.1.1(1)「多目的実験ラック・多目的実験ラック 2 号機／実験装置標準インタフェース管理仕様書」および 2.1.2(5)SSP 30237T「Space Station Electromagnetic Emission and Susceptibility Requirements」に規定された電磁環境適合性要求を満足すること。

試験は 2.1.2(6)SSP 30238E「Space Station Electromagnetic Techniques」に従って実施すること。その他、EMC 設計要求については 2.1.2(7)SSP 30243N「Space Station Systems Requirements for Electromagnetic Compatibility」によること。

3.6.3.2. デイレーティング

本システムの構成品の内、開発行為を含む品目に対しては、電氣的パラメータのデイレーティングは、2.1.1 項(5)CR-99291「JEM EEE 部品デイレーティング基準」の要求を適用するものとする。要求の適用範囲についてはJAXAと協議するものとする。

3.6.3.3. ボンディングと絶縁・接地

2.1.1(1)「多目的実験ラック・多目的実験ラック 2 号機／実験装置標準インタフェース管理仕様書」によること。

3.6.3.4. 漏電

2.1.2 項(8) SSP51721「ISS Safety Requirements Document」のLeakage current の要求を満足すること。

3.6.3.5. ワイヤリング

ワイヤおよびシールドグラウンドについては、各電線の用途および電圧・電流・周波数、負荷インピーダンス等の特徴を考慮し、2.1.2 項(9)SSP30242「Space Station cable/Wire Design & Control Requirements for Electromagnetic Compatibility」に示されるEMC クラスおよびシールドグラウンド要求、異なるEMC クラスのワイヤ間のクリアランスに関する要求を満足すること。

3.6.3.6. ソフトウェア設計

破壊、侵入、不正アクセス、コンピュータウイルスその他の脅威から本装置の情報システムを防護するとともに、その不正使用を防止するためのIT セキュリティを確保するため、2.1.1(6)項 NASA-ESPC-2567「JEM アコモデーションハンドブック(JPAH)-別冊7 通信プロトコル・管制サービス標準インタフェース管理仕様書」5 項の要求を満足すること。

3.6.4. 材料及び部品

- (1) 部品・材料及び工程は、本仕様書に示す機能、性能、安全性、信頼性等の諸要求を満足するのに十分な品質を有すること。下記の要求を呼び出すこと。ただしシステムの特性に合わせて適用範囲をテラリングすることがある。
- (2) 材料及び工程については、2.1.1(7)項 CR-99117「JAXA 宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書」を適用すること。
- (3) EEE 部品については、2.1.1(8)項 CR-99050「JAXA 宇宙ステーションプログラム EEE 部品管理計画書」を適用すること。ただし、EEE 部品に民生品を使用する場合は、下記の文書を適用すること。
 - 2.1.1(9)項 JBX-97077「JEM 共通実験装置に使用する電気・電子・電気機構(EEE)部品の選定方針」
 - 2.1.1(10)項 JDX-2001230「民生品コンポーネント搭載化ガイドライン」

3.6.5. ラベル及びマーキング

- (1) 品目管理用(IMS)ラベル及びマーキングは、2.1.2(3)SSP 50005H「International Space Station Flight Crew Integration Standard」を適用すること。
- (2) IMS ラベルについては、2.1.1(11)JMX-2005173「ISS 用デカル及び IMS ラベル申請要領」を適用すること。

3.6.6. ワークマンシップ

- (1) 工程手順書または工程仕様書で製造の品質の規定を行いがたい場合にはワークマンシップ標準(標準サンプル)を準備すること。
- (2) 作業員により品質のばらつきの生ずるもの(特にハンダ付け、配線、表示、溶接及びろう付け、塗装、メッキ、リベット打ち等)については作業員検定を行うこと。
- (3) ハンダ付けは 2.1.1(12)JERG-0-039B「宇宙用はんだ付け工程標準」を適用すること。ただし、民生品については適用外とするが、識別を行い、S&PA 計画書にその旨を明記すること。
- (4) 部品のバリや鋭い端は基本的特性に影響のない限り除くこと。ただし、取り除くことができない場合でもクルーの安全に留意した処置を施すこと。

3.6.7. 人間工学

人間工学的な設計は、2.1.2(3)SSP 50005H「International Space Station Flight Crew Integration Standard」を適用すること。

4. 品質保証条項

4.1. 一般

3章の要求事項に適合していることを確認するため、以下に規定する方法による検証を実施すること。

4.1.1. 検証の責任

契約者は、本装置に要求される、機能及び性能等、3章の要求を確認するための検証を実施する責任を有する。

4.2. 検証事項

4.2.1. 検証方法

各要求項目に対する検証方法は原則として表 4.2.1-1 によること。

表 4.2.1-1 要求事項 検証マトリクス

項番	項目	適用外	検証方法			
			解析	検査	デモ	試験
3	要求事項	○				
3.1.	品目の定義	○				
3.2.	開発方針および前提条件	○				
3.2.1.	開発方針(案)	○				
3.2.2.	前提条件	○				
3.3.	インタフェース要求	○				
3.3.1.	輸送機インタフェース要求		○			
3.3.2.	クルーインタフェース要求		○			
3.3.3.	MSPR インタフェース要求		○		○	○
3.3.4.	Cold Stowage インタフェース要求		○			
3.3.5.	MHU Glove Box インタフェース要求		○		○	○
3.3.6.	PORTRS とのインタフェース要求		○			
3.3.7.	ユーザ(マウス)インタフェース要求		○			○
3.4.	システム特性	○				
3.4.1.	バス機能部特性	○				

3.4.1.1.	構造		○			○
3.4.1.2.	封入機能		○			○
3.4.1.3.	環境監視・制御機能		○			○
3.4.1.4.	軌道上管制制御機能		○			○
3.4.1.5.	地上管制制御機能		○			○
3.4.1.6.	電力供給機能		○			○
3.4.2.	ロボット制御部特性	○				
3.4.2.1.	マニピュレーション機能		○			○
3.4.2.2.	マニピュレーション制御機能		○			○
3.4.2.3.	モニタ機能		○			○
3.4.2.4.	照明機能		○			○
3.4.3.	ミッション部特性	○				
3.4.3.1.	解剖機能		○			○
3.4.3.2.	マウス保定機能					○
3.4.3.3.	封入機能		○			○
3.4.4.	物理特性	○				
3.4.4.1.	形状および寸法		○	○		
3.4.4.2.	質量		○	○		
3.4.4.3.	消費電力		○			○
3.4.5.	信頼性	○				
3.4.5.1.	故障の伝搬		○			
3.4.5.2.	運用期間		○			
3.4.6.	保全性		○			
3.4.7.	拡張性	○				
3.5.	環境条件	○				
3.5.1.	地上保管時の環境条件		○			
3.5.2.	地上輸送時の環境条件		○			
3.5.3.	飛行中の環境条件		○			○
3.6.	設計基準	○				
3.6.1.	機械設計	○				
3.6.1.1.	強度・剛性要求		○			
3.6.1.2.	発生騒音					○
3.6.2.	熱設計		○			○
3.6.3.	電気設計	○				

3.6.3.1.	電磁適合性					○
3.6.3.2.	ディレーティング		○			
3.6.3.3.	ボンディングと絶縁・接地		○			○
3.6.3.4.	漏電		○			○
3.6.3.5.	ワイヤリング		○			
3.6.3.6.	ソフトウェア設計		○			
3.6.4.	材料及び部品		○			
3.6.5.	ラベル及びマーキング			○		
3.6.6.	ワークマンシップ		○			
3.6.7.	人間工学		○			○

4.2.1.1. 検証方法の分類

この仕様書における検証方法は次のように分類される。

- 解析(類似性を含む)
- 検査
- デモンストレーション
- 試験

4.2.2. 解析・類似性

(1) 解析

インタフェースコネクタには、必要に応じ導電性または非帯電性のダストキャップを取り付けること。保証された又は信頼性が評価された数学モデル(含む計算機シミュレーションソフトウェア)、広く学術的に認知されている論理則等の手法、ツールを用いた計算によって、設計内容や製品がその要求事項を満足していることを確認・評価する方法である。この方法は、試験、検査によって検証することが困難でかつ解析・計算によって要求条項を立証することが可能な場合に用いる。

(2) 類似性

既存で実績のあるシステム・製品との比較により、認定要求、設計内容の実現性を確認評価する方法である。

4.2.3. 検査

特別な試験装置、手順、試験補助具や試験支援を用いることなく、製品の物理的特性が、そ

の要求に適合していることを確認・評価する方法が検査である。

この検査の標準的な方法として、物理的条件・規格等が設定された文書や図面に基づいて、製品の完成状況(できばえ)を外観目視及び測定器具で質量や寸法等を計測する。

4.2.4. デモンストレーション

供試体の特性の質的な面を調べる検証の方法である。人間工学面、実用性、アクセス性、輸送性等を特殊な検査機器を用いず観察により評価する。通常試験計画の中で示される。

4.2.5. 試験

4.2.5.1. 試験要求

本項では最終製品に対する検証試験要求を示す。設計段階で製作するモデルに対する検証項目は別途規定するものとする。各試験は、試験の項目・内容・手続き等の詳細を示した各試験仕様書(試験計画書)及び各試験手順書に従って実施すること。

4.2.5.2. 試験及び検査に関する一般的規定

(1) 標準試験環境

特に指定しない限り、試験は下記の標準環境下で実施すること。

- (a) 温度 : 室温 (10~30[°C])
- (b) 相対湿度 : 30~60 [%RH] (ただし、結露しないこと)
- (c) 気圧 : 大気圧
- (d) 清浄度 : クラス 100,000 以上

(2) 許容誤差

特に指定しない限り、測定値は下記の許容誤差を満足すること。

- (a) 圧力 ± 1.5 [%F.S.]
- (b) 流量 ± 5 [%F.S.]
- (c) 温度 ± 1 [%]または ± 1 [°C]の大きい方
- (d) 電圧 ± 1 [%F.S.]
- (e) 質量 ± 0.3 [%]または ± 10 [g]の大きい方
- (f) 長さ ± 0.3 [%]または ± 0.3 [mm]の大きい方
- (g) 時間 ± 1 [%]または ± 1 [秒]の大きい方
- (h) 抵抗値 ± 1 [%F.S.]
- (i) 電流 ± 1 [%F.S.]

4.2.5.3. 試験項目

試験項目案は表 4.2.5.3-1 によること。なお、本案は RFI 検討の前提として示すものである。

表 4.2.5.3-1 試験項目

	BBM 対象	PFM 対象
機能・性能試験	—	○
ランダム振動試験	—	○
モーダルサーベイ	—	—
加振力試験	—	—
音響試験	—	—
熱平衡試験	—	—
熱真空試験	—	—
熱サイクル試験	—	—
電磁適合性試験	—	○
バーンイン試験	—	○
質量特性試験	—	○*1
オフガス試験	—	○
可燃性試験	—	—
騒音試験	—	○
解剖操作試験	○	○
MSPR GM 組合せ試験	—	○
保全整備性能試験	—	○
通信システム組合せ試験	—	○
統合試験 (End-To-End 試験)	—	○

○… 適用, — … 非適用

*1: 質量、質量中心位置の測定。慣性能率については解析または実測を実施する。

5. 出荷準備

5.1. 一般

出荷にあたっては、輸送中の環境保持、安全性、輸送の容易性等を十分に考慮するとともに、輸送後の作業の容易性を十分に考慮すること。

本装置の腐食劣化、機械的損傷を防ぎ、良好な状態で引き渡しできるように保護するための梱包を行うこと。

5.2. 表示

(1) 各々の梱包は少なくとも、以下の情報を表示ラベル等により表示すること。表示ラベル等は、読みやすく、耐久性があること。

(a) 調達仕様書番号

- (b) 品名
- (c) 部品番号
- (d) 一連番号
- (e) 製造業者名

(2) 表示ラベル等は、開梱したときに破れないような位置に貼ること。

5.3. 静電気保護対策

(3) インタフェースコネクタ保護

インタフェースコネクタには、必要に応じ導電性または非帯電性のダストキャップを取り付けること。

(4) ラッピング

静電気シールドラップまたは非帯電性シートにより機器をラッピングすること。

5.4. 梱包要求

打上げ／回収時梱包要求を提示すること。