

JDX-2006150

# きぼう船外実験プラットフォーム利用ハンドブック

平成18年10月 初版

宇宙航空研究開発機構

改 訂 履 歴

符号	日付	改訂履歴	備考
NC	H18.10	初版制定	

## 目次

0	はじめに	0-1
1	JEM曝露部上実験ペイロードの環境について	1-1
1.1	国際宇宙ステーション(ISS)	1-1
1.1.1	国際宇宙ステーションの軌道と姿勢	1-1
1.1.2	運用モードと供給可能リソース	1-2
1.1.2.1	運用モード	1-2
1.1.2.2	供給可能リソース	1-2
1.1.2.3	国際間の利用リソース配分	1-4
1.2	宇宙環境	1-4
1.2.1	大気	1-5
1.2.2	プラズマ	1-5
1.2.3	電離放射線	1-5
1.2.4	電磁波	1-6
1.2.5	メテオロイド(隕石)及びスペースデブリ	1-6
1.2.6	熱環境	1-7
1.3	汚染環境	1-7
2	JEMシステムへの搭載について	2-1
2.1	JEM曝露部(JEM-EF)への搭載	2-1
2.1.1	物理的条件	2-1
2.1.2	ペイロード側装置交換機構(PIU)の設置	2-2
2.1.3	曝露部の運用モードと供給可能リソース	2-2
2.1.3.1	運用モード	2-2
2.1.3.2	曝露部上の搭載可能位置及び供給可能リソース	2-2
2.1.4	曝露部からの視野	2-2
2.1.5	曝露部の微小重力環境	2-3
2.1.6	曝露部姿勢擾乱	2-3
2.1.7	電界環境	2-3
2.1.8	曝露部の熱制御	2-3
2.1.9	JEM衛星間通信システム(ICSS)からの条件について	2-4
2.1.10	その他	2-4
2.2	補給部曝露区(ELM-ES)/HTVへの搭載及び打上げ	2-5
2.3	JEMマニピュレータ(JEMRMS)とのインタフェース	2-5
2.3.1	親アーム(MA)からの条件	2-6
2.3.2	子アーム(SFA)からの条件	2-6
3	曝露実験運用におけるJEMの実験支援(サービス)について	3-1
3.1	JEMRMSの利用	3-1
3.2	JEM与圧部(JEM-PM)/エアロックの利用	3-1
3.2.1	エアロック使用上の条件	3-1

## 目 次(つづき)

3.2.2	JEM与圧部への搬入に関する条件	3-1
3.3	搭乗員船外作業(EVA)サポート	3-2
3.4	搭乗員船内作業(IVA)サポート	3-2
3.5	JEM通信制御系の利用	3-2
3.5.1	通信制御サブシステムの機能	3-2
3.5.2	伝送系の種類とデータの流れ	3-3
3.5.2.1	JEMペイロード・バス#2	3-3
3.5.2.2	中速データ(イーサネット)伝送系	3-3
3.5.2.3	高速データ伝送システム	3-3
3.5.2.4	ビデオシステム	3-4
3.5.2.5	音声系	3-4
3.6	ラップトップターミナルの利用	3-4
3.7	軌道上でのデータ記録	3-4
3.8	補助データの利用	3-5
3.9	JEM共通テレビカメラの利用	3-5
3.10	地上からの実験支援	3-6
4	JEM曝露上実験ペイロードの運用について	4-1
4.1	地上の施設・設備	4-1
4.1.1	地上施設・設備の概要	4-1
4.1.2	ユーザ運用エリア内設備の概要	4-1
4.2	運用計画	4-2
4.3	軌道上運用	4-3
4.3.1	地上からの運用	4-3
4.3.2	搭乗員による実験支援	4-5
4.4	軌道上実験期間	4-5
5	安全要求及び安全審査について	5-1
5.1	安全に関わる設計要求	5-1
5.2	安全審査	5-4
6	曝露実験ペイロードの開発及び打上げ準備について	6-1
6.1	曝露実験ペイロードの開発	6-1
6.2	曝露実験ペイロードの射場運用	6-1
7	開発要求/適用文書について	7-1
7.1	適用文書	7-1
7.1.1	JAXA文書	7-1
7.1.2	米国政府文書	7-2
7.1.3	標準文書	7-3
7.2	参考文書	7-3

## 目 次(つづき)

7.2.1	JAXA文書	-----	7-3
7.2.2	米国政府文書	-----	7-3
8	参考文献書について	-----	8-1
付録A	JEM曝露部搭載用共通バス機器部(共通バス部)の概要について	-	A-1
付録B	略語集	-----	B-1
付録C	JEM曝露部搭載実験装置の概要について	-----	C-1

図表

表1. 1. 1-1	国際宇宙ステーションの軌道 -----	1-8
表1. 1. 1-2	国際宇宙ステーションの姿勢 -----	1-8
表1. 1. 2. 1-1	微小重力モードにおける微小重力性能 -----	1-9
表1. 1. 2. 2-1	国際宇宙ステーションー地上間の通信能力の概要 -----	1-10
表1. 1. 2. 2-2	国際宇宙ステーションー地上間の通信で扱う 主要なデータの種類 -----	1-10
表1. 1. 2. 3-1	4極間の利用リソース配分 -----	1-11
表1. 3-1	I S S設計上の外部汚染環境 -----	1-11
表2. 1. 3. 1-1	J E M曝露部運用モードの概要 -----	2-6
表3. 1-1	J E M R M S使用上の主要な条件 -----	3-7
表3. 2. 1-1	エアロック使用上の主要な条件 -----	3-7
表3. 4-1	軌道上での実験支援サービス -----	3-7
表C. 1-1	M A X I基本仕様 -----	C-2
表C. 2-1	S E D A - A P基本仕様 -----	C-4
表C. 3-1	S M I L E S基本仕様 -----	C-5
図1. 1. 1-1	国際宇宙ステーションL V L H姿勢 -----	1-12
図1. 1. 2. 1-1	I S S運用モードの概要とその遷移 -----	1-13
図1. 1. 2. 1-2	I S S運用モードのサイクル(例) -----	1-14
図1. 1. 2. 2-1	国際宇宙ステーションー地上局間通信の概念 -----	1-15
図1. 1. 2. 2-2	I C S搭載図 -----	1-16
図1. 2. 1-1	高度と大気密度／真空度の関係 -----	1-17
図1. 2. 3-1	放射線帯粒子フラックスの分布例 -----	1-17
図1. 2. 6-1	国際宇宙ステーションの太陽ベータ角プロファイル (解析結果例) -----	1-18
図2-1	曝露実験ペイロードの標準的な例 -----	2-7
図2. 1-1	J E M曝露部の概観と曝露実験ペイロード取付位置 -----	2-8
図2. 1. 2-1	装置交換機構(E E U)の概観 -----	2-9
図2. 1. 3. 2-1	曝露実験ペイロードの取付位置区分 -----	2-10
図2. 1. 4-1	曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例) -----	2-11
図2. 1. 5-1	国際宇宙ステーションの準静的加速度環境 (N A S A解析結果例) -----	2-32
図2. 2-1	E L M - E Sで打上げる場合の曝露実験 ペイロードの典型的な例 -----	2-33
図2. 2-2	H T V曝露パレットで打ち上げる場合の曝露実験 ペイロードの典型的な例 -----	2-34
図2. 2-3	宇宙ステーション補給システムの概念 -----	2-35
図2. 2-4	H - I I Bロケット及びH T Vの概観 -----	2-36
図2. 3. 1-1	グラブルフィクスチャの概観 -----	2-37
図2. 3. 2-1	ツールフィクスチャの概観 -----	2-37
図3. 2-1	エアロックの概観 -----	3-8
図3. 2. 1-1	エアロック通過可能エンベロープ -----	3-9
図3. 9-1	J E MのT Vカメラ取付位置と概観 -----	3-10
図3. 9-2	子アームのT Vカメラ取付位置 -----	3-11
図4. 1. 1-1	主要な地上施設の概要 -----	4-6

図表（つづき）

図4. 1. 1-2	J E M運用システムの概念 -----	4-7
図4. 1. 1-3	J E M運用管制システム(O C S)の機能概要 -----	4-8
図4. 1. 2-1	ユーザ運用エリア内の設備(一例) -----	4-9
図4. 2-1	I S Sの運用・利用計画に関する詳細化の流れ -----	4-10
図A. 1-1	ミッションインタフェース構造部の基本形状 -----	A-3
図A. 5-1	伸展機構の概観 -----	A-4
図C. 1-1	M A X I 概要図 -----	C-2
図C. 2-1	S E D A - A P 概要図 -----	C-3
図C. 3-1	S M I L E S 概要図 -----	C-5

## 0 はじめに

本書は、きぼう船外実験プラットフォーム（以下、「JEM曝露部」とも言う）上にペイロードを搭載して実験を計画されている方に、曝露部上の実験環境、曝露実験ペイロードの搭載／実験運用を行う上で宇宙ステーション及びJEMより提供を受けることができる各種サービス、曝露実験ペイロードの開発／実験運用を行う上での各種制約条件等の概略を記述した文書であり、入門用ガイドラインとして活用していただくことを目的としています。

実際に曝露実験ペイロードの開発を進める上では、別途規定されている「JEMペイロードアコモデーションハンドブック」その他後述する各種規定文書に従いかつ、曝露部やマニピュレータ、補給部曝露区等の支援システムとの詳細なインタフェース調整が必要となります。また、打上げ／運用時の安全性について審査を受ける必要があります。

本書は、極力、作成時点における最新の情報に基づいて構成されていますが、実際の曝露実験ペイロードの開発を進めるに当たっては上記の各種規定文書に基づく必要があり、本書はあくまでも参考文書としてご活用頂きますよう宜しくお願い致します。

本書の内容について、不明な点、問い合わせ等ございましたら下記にご連絡ください。

宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター内  
宇宙基幹システム本部  
宇宙環境利用センター  
第二期利用準備 曝露実験ペイロード担当  
TEL : 029-868-3713  
FAX : 029-868-3956

## 1 JEM曝露部上実験ペイロードの環境について

### 1.1 国際宇宙ステーション(ISS)

国際宇宙ステーション(ISS)は、現在アメリカ、日本、カナダ、ヨーロッパ各国、ロシアが協力して計画を進めており2010年に完成の予定です。

#### 1.1.1 国際宇宙ステーションの軌道と姿勢

国際宇宙ステーション(ISS)は、ノミナル高度約400km、軌道傾斜51.6度の円軌道を、通常、トルク平衡姿勢(TEA)と呼ばれる姿勢で飛行し、約90分で地球を一周します。

ISSでは上記のノミナル高度が設定されていますが、約350km~460kmの間を変動すると予測されています。また、TEAは、空力及び重力傾度等の外乱に対して力学的に平衡な姿勢で、図1.1.1-1に示すようなLV LH姿勢(ISSのX軸を常に進行方向に向けた姿勢)付近を変動します。

曝露実験ペイロードは通常、ISS進行方向前方左舷の「JEM曝露部」側面または上面に搭載され、実験を行うこととなります。

ISSの構成や運用等の概要については、NASA発行の“International Space Station User's Guide”にも記載されています。

#### (1) ISS軌道

ISS軌道高度は大気抵抗により1日当たり平均200m程度低下しますが、これを補償するため、ISS自身のスラスタにより高度上昇(リブースト)を定期的に行います。ISSの軌道決定精度と制御精度は表1.1.1-1のとおりです。

#### (2) ISS姿勢

ISSは、米国が提供するCMG(Control Moment Gyro)などの非推進力(内力)、あるいは、ISS自身のスラスタの推進力(外力)により姿勢制御を行い、LV LH付近で姿勢が変動します。熱・電力・通信等に関するISSシステム全体の設計上の理由から、LV LH姿勢からの許容姿勢範囲はロール/ヨー軸で±15度、ピッチ軸で-20~+10度とされています。また、姿勢決定精度とTEA保持性能は表1.1.1-2のとおりとされています。ただし、これらはISS設計の進展に伴い変更されることがあります。最新の情報はSSP 41000“System Specification for the International Space Station”に記載されています。

## 1.1.2 運用モードと供給可能リソース

### 1.1.2.1 運用モード

I S Sの運用では、ミッション達成を支援することを目的として、微小重力環境の保持、I S Sリブーストやスペースシャトル等の接近などに対応する運用モードが定義されています。I S S運用モードの概要とその遷移を図1.1.2.1-1に示します。また、参考としてI S S運用モードのサイクルを図1.1.2.1-2に示します。I S S運用モードの遷移は、通常、地上局あるいは搭乗員からのコマンドで行われますが、サバイバル・モードへの移行はI S Sシステムで自動的に行われることがあります。

標準モードはI S S運用の中心となるもので、船内外の実験ペイロードの運用支援を行います。

微小重力モードでは、微小重力研究を含む実験ペイロードの運用支援を行います。搭乗員の体カトレーニングやラッチ・ヒンジ操作などを行う機器の影響を極力抑え、また、推進力を使用しないでI S S姿勢制御を行い、 $10^{-6}$  Gオーダの微小重力環境を確保します。

標準モードと微小重力モードは、主に実験ペイロードに対してI S Sを安定な状態に維持するためのもので、長期間継続します。

上記以外のモードでは、図1.1.2.1-1に示す機能をそれぞれ有します。リブースト／接近／外部運用モードは一般に短期間(24時間以下)であり、実験ペイロードの運用支援を行うことも可能です。ただし、サバイバル・モードでは実験ペイロード支援を保証していません。

### 1.1.2.2 供給可能リソース

I S Sは、日本／米国／欧州等が実施する実験に対して電力、通信、排熱、搭乗員作業時間等のリソースを提供します。曝露実験ペイロードは、これらのリソースの一部をJEMより再配分を受けて使用します。I S S全体として軌道上実験に利用できるリソースについては、SSP 50112 “Operations Summary Document”に記述されています。

#### (1) 電力

組立完了(AC)以降、図1.1.1-1に示す米露の太陽電池アレイはI S S全体におおよそ75kWの電力を発電することができます。その内、日本／米国／欧州／カナダの4極へ供給される電力は米露の太陽電池アレイにより発電され、その供給電力からI S Sシステム運用で消費する電力を差し引いた残りが4極の実験全てに提供されます。提供される電力は米露の太陽電池アレイによる発電電力の3分の1程度です。なお、I S S運用モードが標準モード・微小重力モード以外するとき、利用できる電力は大幅に少なくなることがあります。

I S S 完成後は日本の実験に使用できる電力は J E M 全体で平均約 5.6kW と見込まれています。ただし、国際協力ミッションであったり、国際間での合意が得られる場合は、5.6kW を超える電力を使用することも可能です。

## (2) 通信

地上と I S S 間における実験コマンド、実験データ・画像データ等の通信については、米国の追跡・データ中継衛星システム (T D R S S)、あるいは我が国のデータ中継技術衛星システム (D R T S S) を介して行う計画です。I S S - 地上間通信の概念を図 1.1.2.2-1 に示します。また、通信能力の概要を表 1.1.2.2-1、扱うデータの種類を表 1.1.2.2-2 に示します。

米国の T D R S S では、S バンド (2GHz 帯) 及び Ku バンド (15GHz 帯) 等を用い、複数の静止衛星 (T D R S) 及び米国内のホワイトサンズ地上局などの施設を利用します。T D R S S を利用した I S S - 地上局間の通信は常に可能ではなく、I S S の通信アンテナと複数の T D R S の位置関係などに伴う制約により通信ができない時間帯 (不可視時間帯) があるため、通信が可能な時間帯はおおよそ 40% になります。また、ダウンリンク伝送速度 70Mbps 程度が実験に利用可能とされています。ただし、利用可能な通信リソースは日本 / 米国 / 欧州 / カナダの 4 極の実験に利用できる総通信量を指します。

一方、我が国の D R T S S では、Ka バンド (23/26 GHz 帯) を用い、静止衛星 (D R T S) 及び国内の地上局などの施設を利用します。J E M には、T D R S S を用いた基幹通信回線の補完システムとして衛星間通信システム (I C S) が搭載され、D R T S S による I S S - 地上局間の通信に利用される計画です。I C S 搭載図を図 1.1.2.2-2 に示します。T D R S S と同様に不可視時間帯が発生するため、I S S - 地上局間の通信は常に可能ではありません。また、D R T S は人工衛星の運用にも活用される予定であり、I S S との通信がさらに制限される可能性があります。

なお、不可視時間帯に取得されるデータは、必要に応じて軌道上で一旦記録され、不可視時間帯以降の通信可能な時期にダウンリンクすることができます。

I S S 完成後の日本の実験に使用できる通信量は J E M 全体で平均約 9Mbps と見込まれています。ただし、国際協力ミッションであったり、国際間での合意が得られる場合は、9Mbps を超える通信レートを使用することも可能です。

## (3) 排熱

サバイバル・モードを除く全 I S S 運用モードに対し、ペイロードへの排熱リソース供給が保証されています。この排熱リソースも、4 極の実験にそれぞれ配分されます。

J E M 曝露部における排熱は、J E M 曝露部から供給される冷媒 (A T C S) に

よる排熱の最大3kW（冷媒供給系統が2系統あるEFU#1,2位置は最大6kW）に加え、実験装置からの深宇宙への放熱（PTCS）を利用することが可能です。

#### （4）搭乗員作業時間

I S S組立完了以降は最大6名の搭乗員が滞在し、搭乗員の作業時間は原則として1日8時間、週休2日とされています。6名中3名分相当の搭乗員作業時間からI S Sのメンテナンスに必要な時間を差し引いた残りが日本／米国／欧州／カナダの4極の実験に利用されます。なお、3名分相当の搭乗員作業時間の権利はロシアが保有します。

I S S完成後の日本の実験に使用できる搭乗員作業時間はJ E M全体で平均約4.5hr/Weekと見込まれています。ただし、国際協力ミッションであったり、国際間での合意が得られる場合は、4.5hr/Weekを超える搭乗員作業時間を使用することも可能です。

#### 1.1.2.3 国際間の利用リソース配分

我が国と米国との間では、宇宙基地協力協定に基づき了解覚書(MOU)が合意されており、そこでは日本、米国、欧州、カナダ、ロシアの各極への利用リソース配分が定義されています。日本、米国、欧州、カナダの4極に提供される電力と搭乗員作業時間に関しては、我が国への利用リソース配分は12.8%とされています(表1.1.2.3-1)。通信に関しては、各極の利用リソース配分に相応する範囲内で今後調整されます。我が国に配分される利用リソースは、さらにJ E M与圧部及び曝露部での個々の実験に割り当てられます。

I S Sを利用する上でのリソース配分については、「民生用国際宇宙基地のための協力に関する日本政府とアメリカ合衆国航空宇宙局との間の了解覚書」によって国際間の取り決めが行われています。

#### 1.2 宇宙環境

I S S及びJ E M曝露部に搭載された曝露実験ペイロードが飛行する低中高度域では、概略、以下のような宇宙環境であることが知られています。なお、詳細については、SSP-30425 “Natural Environment Definition for Design”及びJCX-95068「J E M環境条件規定」に記述されています。

### 1.2.1 大気

地球周辺の大気密度は、太陽活動及び地磁気活動により変動します。太陽活動に伴い変動する太陽極紫外線強度（一般には地上で計測可能な波長10.7cmの太陽電波強度をインデックスとして使用）と大気密度は、よい相関を示すことが知られています。太陽活動極大期に極紫外線強度は最大となり、一般に強度が増すと大気密度も増加します。また、地磁気は太陽フレア（太陽面爆発現象）やコロナルホール（高速太陽風の吹き出し口に相当）からの太陽粒子フラックスにより変動します。

大気密度は昼夜、季節、緯度によっても変動します。主な大気成分は酸素、窒素、ヘリウム、水素です。参考として、高度と大気密度／真空度の関係を図1.2.1-1に示します。図よりISSノミナル高度（約400km）での真空度は $10^{-5}$ Pa程度ですが、ISSからの排気などにより真空度が低下する可能性があります。

大気は、宇宙機の軌道高度低下及び姿勢外乱の発生原因である空力抵抗として作用します。

原子状酸素は、材料の表面を酸化、浸食、汚染する成分としてよく知られています。また、宇宙機からの汚染物質と大気との宇宙機表面での相互作用により発光現象が起きることが報告されています。

### 1.2.2 プラズマ

プラズマは、電子、酸素、水素、ヘリウム、一酸化窒素等のイオンから成ります。これらは、主に中性大気が宇宙線や太陽光などによって電離したものです。一般に、電子密度は、高度250～300kmで極大（日照側で $10^{12}$ 個/m<sup>3</sup>オーダ）となります。

プラズマは、宇宙機表面と相互作用し、帯電・放電の原因になることがあります。また、材料の表面破壊や装置等の異常動作を引き起こすことがあります。

### 1.2.3 電離放射線

電離放射線に関連する粒子としては、放射線帯粒子、銀河宇宙線、太陽フレア粒子の3つに大別されます。

#### (1) 放射線帯粒子

放射線帯粒子は、地球磁場により捕捉された荷電粒子が地球をドーナツ状に取り巻いたものです。これらは、電子、陽子、 $\alpha$ 粒子、重粒子等から構成されますが、その殆どは電子と陽子です。荷電粒子のエネルギー範囲は、比較的広く、エネルギー範囲の中心は、電子で数十keV、陽子で数MeVとされています。特に、図1.2.3-1に示すように、南大西洋異常帯(SAA)上空で粒子のフラックスは大きく増加します。

荷電粒子は、シングルイベント（荷電粒子が半導体中の能動領域を通過する際に回路ノードに雑音電流を与える一時的な現象）と呼ばれる装置等の誤動作を引き起

こすことがあります。

## (2) 銀河宇宙線

銀河宇宙線は、陽子、ヘリウム、炭素、酸素、鉄などの多くの核種から成ります。これらは、広いエネルギー範囲（ $10\sim 10^{16}$  MeV／核子以上）を有します。約10GeV以下のエネルギーを有する核子のフラックスは、太陽活動により変動し、太陽活動極大期には減少します。銀河宇宙線は、シングルイベントと呼ばれる装置等の誤動作を生じさせる可能性があります。

## (3) 太陽フレア粒子

太陽フレアに関連して発生する高エネルギー粒子では、数～数百MeVのエネルギーを持つ陽子が大部分を占めています。陽子はトータルドーズ効果（放射線が半導体中の酸化膜あるいは結晶に損傷を与え、長期的にデバイス性能の劣化が進行）として作用し、また、シングルイベントを引き起こすこともあります。

### 1.2.4 電磁波

地球周辺の電磁波には、宇宙からの電磁波、地球周辺で発生する電磁波があります。宇宙からの電磁波には、主に太陽からのものがあり、その他、銀河、クエーサ、パルサ等からの電波やX線、赤外線などがあります。地球からの電波には、大気中の自然現象(雷放電、オーロラ等)により生じる電氣的雑音である空電があります。

太陽電磁波のスペクトルは、ガンマ線、X線、紫外線、可視光、赤外線、電波の広範にわたっています。太陽電磁波には、宇宙機システムと相互作用を引き起こすものがあり、特に、X線は、トータルドーズ効果による部品・材料劣化の主要因です。また、紫外線は、塗料等の変色や複合材料の劣化などに大きく影響します。

電磁環境については、上記自然環境のほか、地上や他の宇宙機等から発生する電波等の影響も考慮しておく必要があります。

### 1.2.5 メテオロイド(隕石)及びスペースデブリ

メテオロイドの起源は、彗星や小惑星等と考えられます。主要な成分は、鉄、酸素、珪素、マグネシウム等であり、高度2000km以下では大半が径0.1mm程度で、総重量約200kgとされています。

また、スペースデブリ(宇宙ゴミ)の起源は、人工衛星の爆発、表面材料剥離、ロケットの固体燃料噴射等と考えられます。高度2000km以下では、10cmを越える大きさのスペースデブリが約11000個あることが確認されています。また、1～10cmの大きさのデブリは10万個以上、1cm以下の大きさのスペースデブリに至っては1000万個以上存在していると推定されています。

宇宙機に対するメテオロイドの平均衝突速度は20km/sec程度、スペースデブリの平均衝突速度は10km/sec程度とされています。

メテオロイド及びスペースデブリは、宇宙機の外壁や曝露実験ペイロードを破壊することがあります。曝露実験ペイロードの設計に際しては、別途定義されるデブリ環境を考慮する必要があります。

### 1.2.6 熱環境

I S S上の構造物は、太陽光の直接入射、太陽光が地球大気により散乱され戻ってくる地球アルベド、地球からの赤外放射(O L R)、宇宙背景放射の熱環境に曝されます。曝露実験ペイロードを設計する際の熱環境条件については、SSP 30425 “Space Station Program Natural Environment Definition for Design”に記述されており、太陽定数が1321~1423W/m<sup>2</sup>、高度30kmでのアルベドが0.08~0.4、高度30kmでのO L Rが177~307 W/m<sup>2</sup>、宇宙背景放射温度が3Kとされています。ペイロードの熱設計においては、周辺構造物の遮蔽や反射等を考慮に入れて、これらの熱環境条件に基づく必要があります。

I S Sは、米国及びロシア双方からの運用を可能とするため、ロシア上空を通過する高い軌道傾斜で運用されますが、I S S軌道面と太陽方向とのなす角である太陽ベータ角が図1.2.6-1のとおり変動しますので熱環境も大きく変動します。

### 1.3 汚染環境

宇宙機自体からの主な汚染源には、アウトガスを放出する構造材料等、船内からの排気(ベント)及びリーク、排気物(プルーム)を放出するスラスタなどがあります。また、地上で機器等に付着した汚染物質がその状態で打ち上げられ、宇宙空間で再放出される場合もあります。

これらの汚染物質は、宇宙機の表面に付着し、表面の光学特性・熱特性等を変化させることがあります。また、周辺の大気密度・組成を変化させ、光を吸収・散乱することがあります。さらに、排気口またはスラスタからのプルームの衝突によって表面が損傷することもあります。

I S S設計では、SSP 30426 “Space Station External Contamination Control Requirements”に規定される条件(表1.3-1参照)で、I S Sシステムが所定の性能(発電、排熱等)を発揮することとされており、曝露実験ペイロードにおいてもこの程度の汚染を想定しておく必要があります。また、ペイロードが汚染物質を放出する場合、I S Sシステムや他の実験装置への影響の問題から、上記文書で規定される要求を満足する必要があります。

表1.1.1-1 国際宇宙ステーションの軌道

項目	主要な特徴等
ノミナル軌道	軌道高度：407km、軌道傾斜：51.6degの円軌道
最小運用高度制約	180日間の高度低下(Natural Decay)後においても、278kmの高度を確保でき、かつ、微小重力性能（準静的加速度：表1.1.2.1-1）の要求を満たすこと
最大運用高度制約	ロシアCTV* <sup>1</sup> ：425km(ランデブ・ドッキング)、460km(分離) ロシア補給機及びロシア提供要素：460km
軌道決定精度	位置：914 m以内(3 $\sigma$ 、RSS)* <sup>2</sup> 軌道長半径：305 m以内(3 $\sigma$ )* <sup>2</sup> 、* <sup>3</sup>
軌道制御精度 (リブースト終了時)	軌道長半径：305 m以内(3 $\sigma$ )

(注1) ISS組立完了以降が対象です。なお、最新の情報については、下記文書の最新版を参照して下さい。

(注2) \*1：Crew Transfer Vehicle

\*2：ISS並進マヌーバ時は対象外です。

\*3：米国のGPSアンテナ位置での値です。

(出典) System Specification for the ISS(SSP41000BC)

表1.1.1-2 国際宇宙ステーションの姿勢

項目	主要な特徴
姿勢決定精度(保証値)* <sup>1</sup> 、* <sup>2</sup>	姿勢角： $\pm 3$ deg以下(各軸, 3 $\sigma$ ) 姿勢レート： $\pm 0.01$ deg/sec以下(各軸, 3 $\sigma$ )
TEA保持性能	連続日数：30日以上* <sup>2</sup> 、* <sup>3</sup>
	姿勢変動：3.5 deg/軌道以下(各軸)* <sup>2</sup> 、* <sup>3</sup>
	姿勢レート： $\pm 0.002$ deg/sec以内(各軸) (微小重力モード時)* <sup>2</sup> 、* <sup>3</sup> 、* <sup>4</sup>

(注1) ISS組立完了以降が対象です。最新の情報については、下記文書の最新版を参照して下さい。

(注2) \*1：全ISS運用モードに適用されます。

\*2：太陽電池アレイや熱制御系放熱板などの回転する要素を除きます。

\*3：非推進力による姿勢制御時が対象です。

\*4：与圧モジュールが対象です。

(出典) System Specification for the ISS(SSP41000BC)

表1.1.2.1-1 微小重力モードにおける微小重力性能

項目		微小重力性能
準静的加速度 (<0.01Hz)		1.0 $\mu g$ 以下
振動加速度	加速度制限	<p>ISSシステム的全振動擾乱源（実験ペイロードを除く）に対する与圧実験モジュール実験ラック位置での応答特性上の制限</p> <p>加速度 <math>a</math> (<math>\mu g</math>) (1/3オクターブバンド、100秒間の RMS 値)</p> <p>周波数 <math>f</math> (Hz)</p> <p> <math>0.01 \leq f \leq 0.1 \text{ Hz} : a \leq 1.6 \mu g</math>  <math>0.1 &lt; f \leq 100 \text{ Hz} : a \leq f \times 16 \mu g</math>  <math>100 &lt; f \leq 300 \text{ Hz} : a \leq 1600 \mu g</math> </p>
	トランジェント加速度制限	<p>個々の擾乱源に対する瞬時値：1000 <math>\mu g</math>以下（各軸）                      全擾乱源に対する積分値：10 <math>\mu g \cdot sec</math>以下（各軸、10秒間）</p>
適用期間		年間日数：180日／年以上、連続日数：30日以上
適用位置		<p>準静的加速度：50%以上の与圧実験モジュール実験ラック中心位置                      振動加速度：50%以上の与圧実験モジュール—実験ラックとの構造インタフェース位置</p>

(注1) 最新の情報については、下記出典の最新版を参照して下さい。

(注2) 与圧実験モジュール実験ラックに適用される微小重力性能です。曝露実験ペイロードの微小重力環境については、2.1.5項を参照してください。

(出典) System Specification for the ISS(SSP 41000BC)  
 Microgravity Control Plan(SSP 50036B)

表1.1.2.2-1 国際宇宙ステーション-地上間の通信能力の概要

項目		通信能力
米国 TDRS システム <sup>1)</sup>	伝送速度	Kuバンド : 43.2 Mbps Sバンド ・アップリンク : 72kbps ・ダウンリンク : 192kbps または 12 kbps
	スループット	ビデオデータ及び高速データ : $1.5 \times 10^{12}$ bit/24hr. 以上* <sup>1</sup> システムデータ及び音声 : $6 \times 10^9$ bit/24hr. 以上* <sup>1</sup>
日本 DRTS システム <sup>2)</sup>	伝送速度	Kaバンド ・アップリンク : 3 Mbps* <sup>2</sup> ・ダウンリンク : 50 Mbps* <sup>2</sup>

(注) \*1 : TDRSSが利用できない時間 (EVAやビークルへの電磁放射制約などのため、通信を制限) を除きます。

\*2 : パケットのヘッダを含みます。

(出典) 1) Segment Specification for the United States On-Orbit(SSP 41162R)

2) JEMシステム仕様書(NASDA-ESPC-840J)

表1.1.2.2-2 国際宇宙ステーション-地上間の通信で扱う主要なデータの種類の種類

データの区分		データの種類の種類	
TDRSS	アップリンク (地上→JEM)	コマンド	・システム・コマンド ・ペイロード・コマンド
		コンピュータ データ	・プログラム ・ファイル/データ 等
		音声	・音声
	ダウンリンク (JEM→地上)	テレメトリ	・システム・ヘルス&ステータス・データ ・ペイロード・ヘルス&ステータス・データ
		コンピュータ データ	・プログラム ・ファイル/データ 等
		音声	・音声
ビデオ		・運用ビデオ ・ペイロードビデオ	
	実験データ	・低速実験データ ・高速実験データ	
DRTSS	アップリンク (地上→JEM)	・システム・コマンド ・ペイロード・コマンド/データ ・ファイルデータ ・音声データ ・フォワードビットストリームデータ	
	ダウンリンク (JEM→地上)	・システムデータ ・PDH出力データ ・高速実験データ ・USOSSデータ ・中速実験データ ・音声データ ・リターン圧縮画像データ ・再生データ	

(出典) JEMシステム仕様書(NASDA-ESPC-840J)

JEM衛星間通信システム開発仕様書(NASDA-ESPC-1850C)

表1.1.2.3-1 4極間の利用リソース配分

利用リソース	日本	米国	欧州	カナダ
電力* <sup>1</sup>	12.8%	76.6%	8.3%	2.3%
通信	(別途定義)			
排熱* <sup>2</sup>	(利用リソース配分に関する規定なし)			
搭乗員作業時間* <sup>3</sup>	12.8%	76.6%	8.3%	2.3%

(注)\*1: 米国が提供するリソースからハウスキーピング用リソース(各提供要素の組立や検証、メンテナンス等に使用する分)を差し引いた残りを利用リソースとして定義しています。

\*2: JEM運用計画にて配分します。

\*3: ISS組立完了以降、6名の搭乗員に対し、3人分相当の搭乗員作業時間から宇宙ステーションのメンテナンスに必要な時間を差し引いた残りを利用リソースとして定義しています。(ロシアは3人分相当の搭乗員作業時間の権利を保有しています。)

(出典) 民生用国際宇宙基地のための協力に関する日本政府とアメリカ合衆国航空宇宙局との間の了解覚書, 1998年1月29日

表1.3-1 ISS設計上の外部汚染環境

項目	ISSリブースト、スペースシャトルドッキング、EVA等の期間	左記以外の期間	備考
分子付着率(MD)	$1 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2/\text{年}$ 以下 (表面温度300K)	$1 \times 10^{-14} \text{ g/cm}^2/\text{sec}$ 以下 (1日平均、表面温度300K)	付着物の密度を $1 \text{ g/cm}^3$ とすると、MDの合計は年間約130Å以下の厚さに相当
分子カラム濃度(MCD)	—	$1 \times 10^{14}$ 個/cm <sup>2</sup> 以下 (成分毎)	
微粒子数(PB)	—	口径1mの望遠鏡で見たとき、大きさが100μm以上の微粒子に対し1周回、視野角 $1 \times 10^{-5}$ strあたり1個以下	半頂角30度の視野に対し毎分50個程度に相当

(注) ISS設計では、上記の汚染環境に曝された条件で、ISSシステムが所定の性能(発電、排熱等)を発揮することとされています。

(出典) Space Station External Contamination Control Requirements (SSP-30426D)

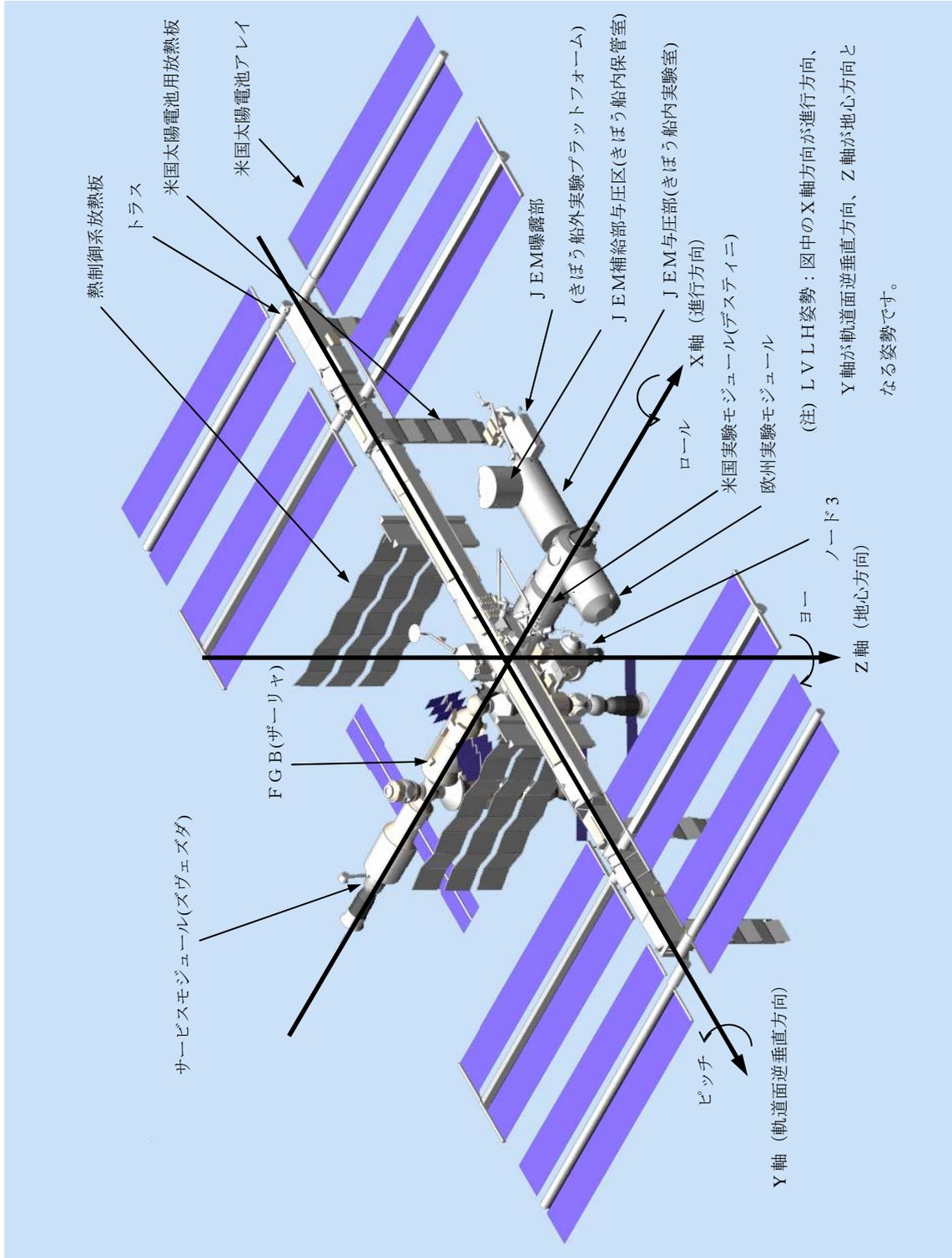
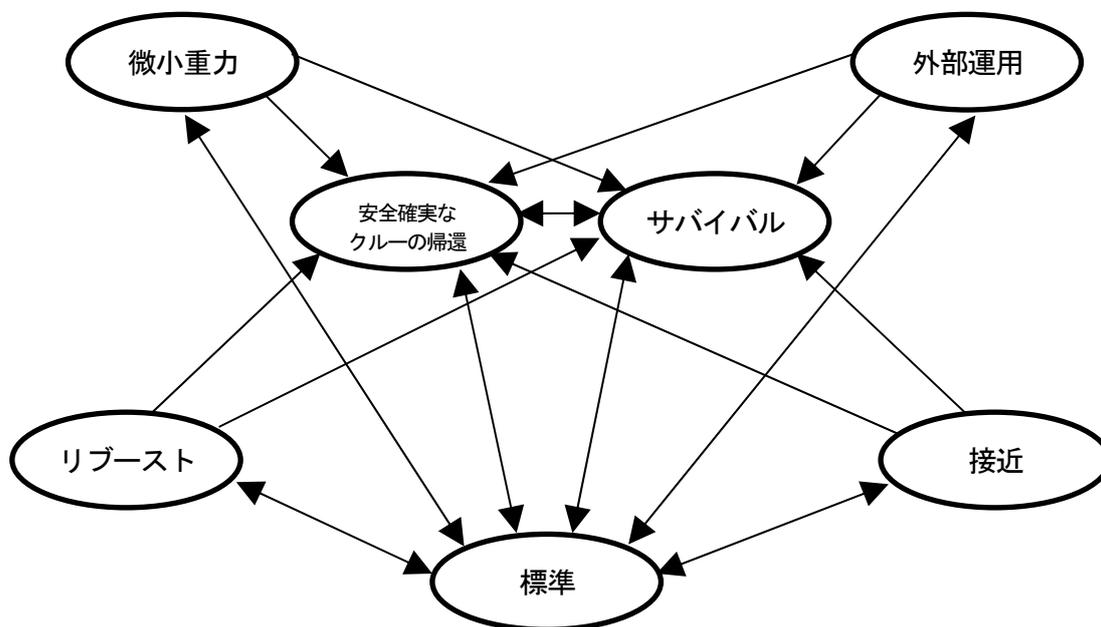


図 1.1.1-1 国際宇宙ステーション LVLH 姿勢



運用モード	概 要	パイロード 運用支援*1
標準	ISS運用の中心となるモード。	○
リブースト	ISS軌道の変更(リブースト等)を行うモード。	○
微小重力	表 1.1.2.1-1 に示す微小重力性能が適用されるモード。	○
サバイバル	差し迫った危険(ISS姿勢、電力の異常等)の恐れがある場合などに発動されるモード。	×
接近	他の宇宙機に対して安全な運用支援を行うモード。	○
安全確実なクルーの帰還 (ASCR)	搭乗員の生命が危ぶまれる場合などに搭乗員を安全に地上へ帰還させるモード。	○
外部運用	ISSをベースとした船外作業(搭乗員の船外活動作業(EVA)、船外ロボティクス運用)を行うモード。	○

(注) \*1: ○印はパイロード運用支援(電力、通信、排熱サービス等)を保証するモード、×印は保証しないモードを指します。

図 1.1.2.1-1 ISS運用モードの概要とその遷移

(出典) System Specification for the ISS(SSP 41000BC)



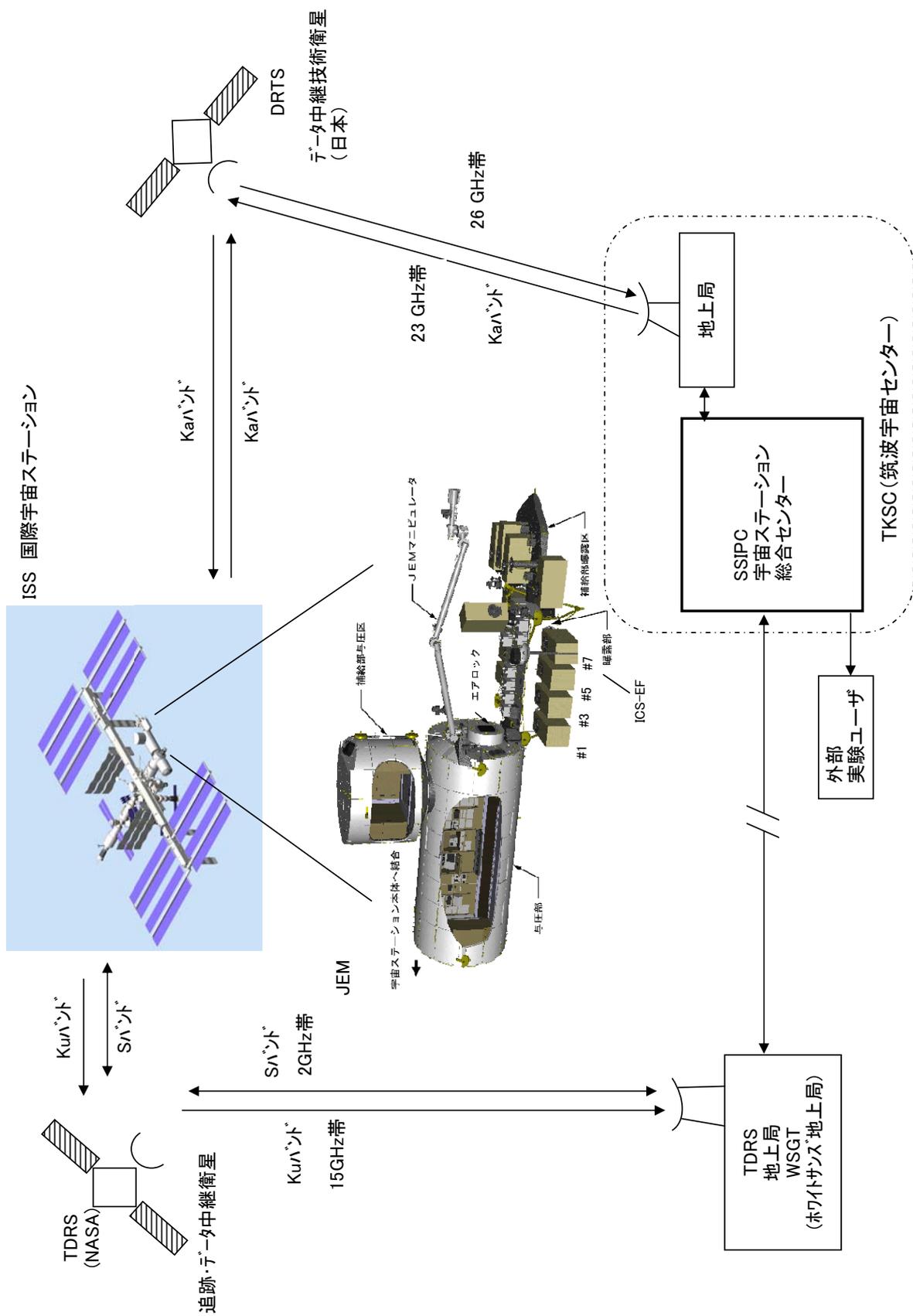


図1.1.2.2-1 国際宇宙ステーション-地上局間通信の概念

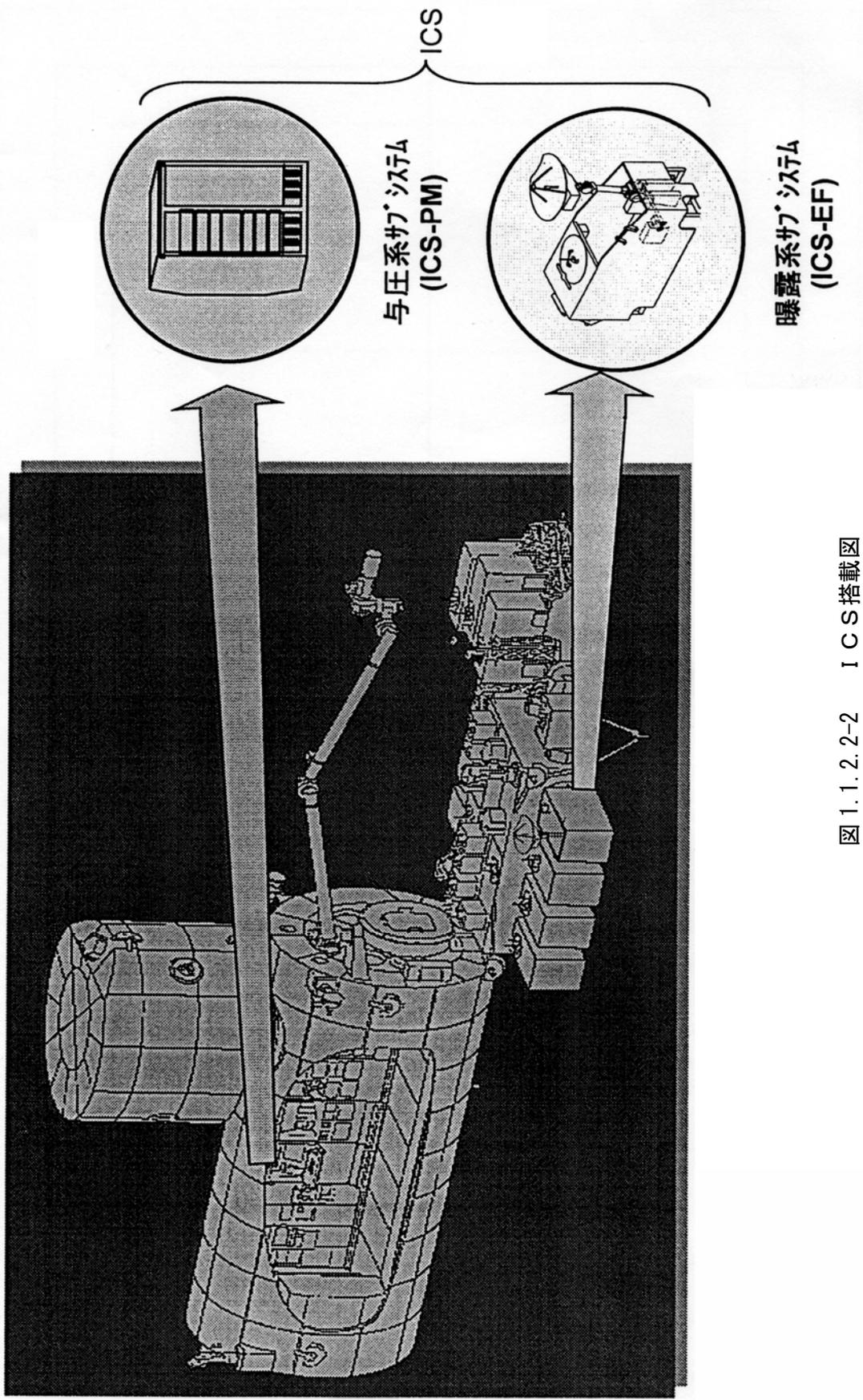


図 1.1.2.2-2 ICS搭載図

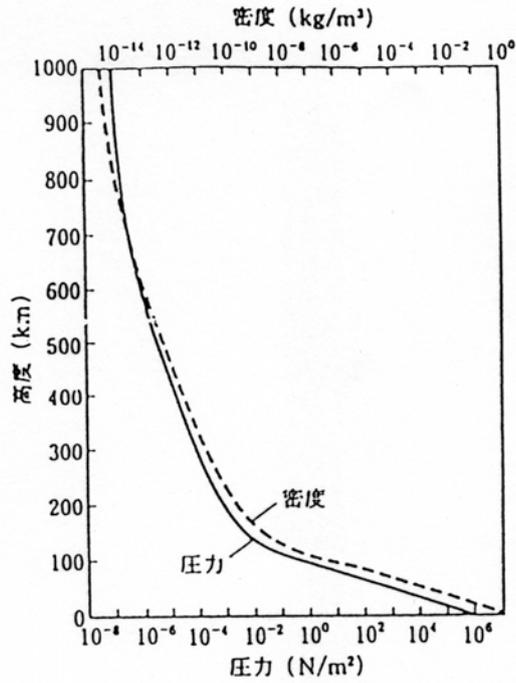
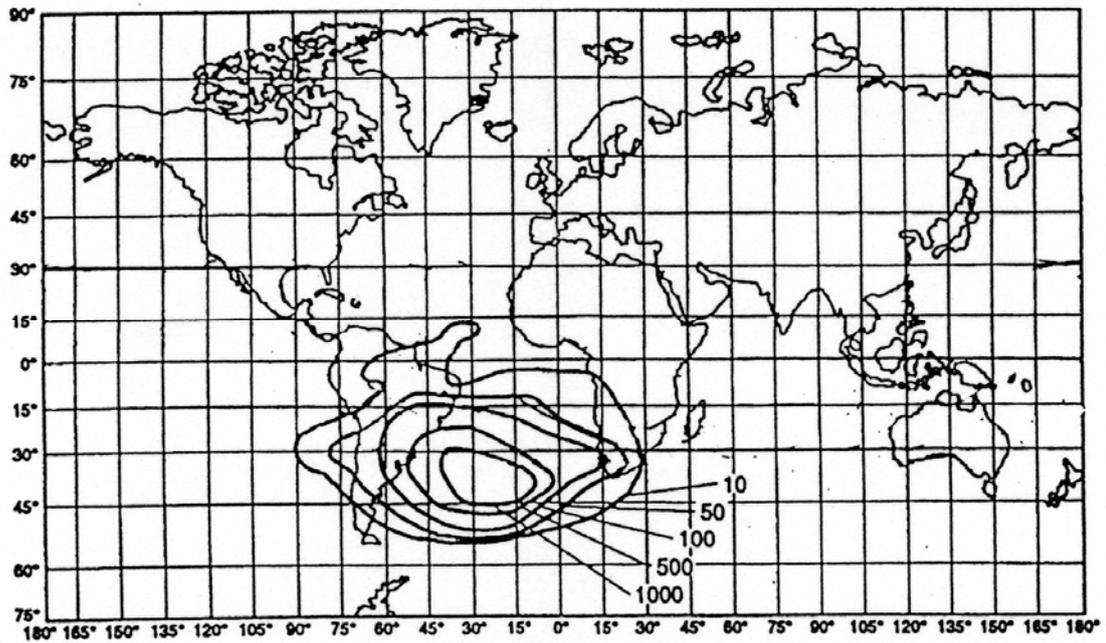


図 1. 2. 1-1 高度と大気密度／真空度の関係

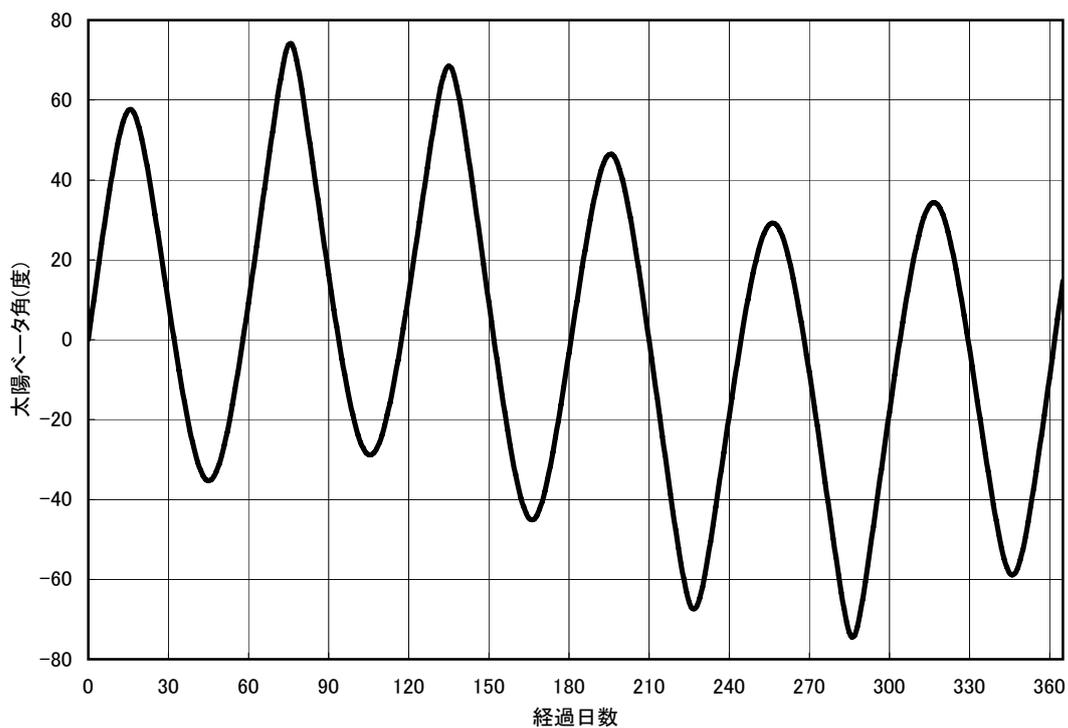
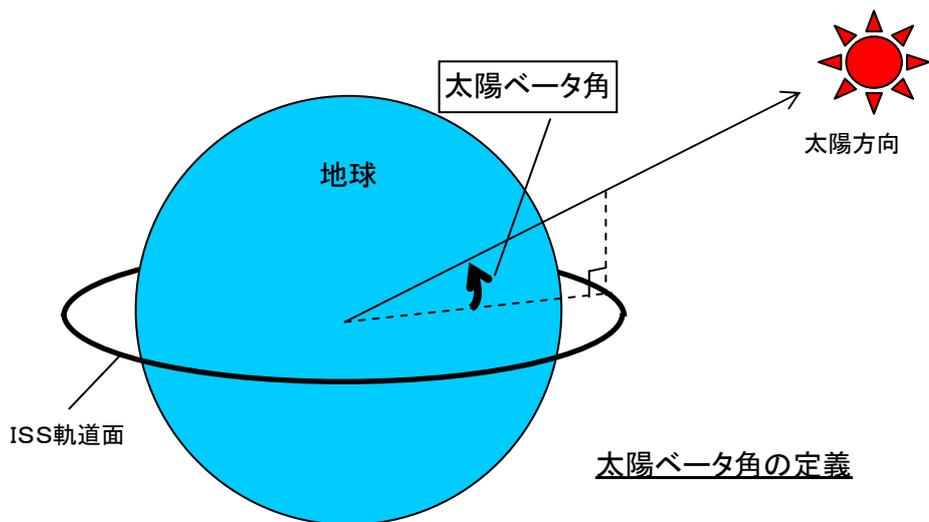
(出典) 「宇宙と材料」、日本材料学会編、1991. 10



注：(1) 陽子のフラックス [ /cm<sup>2</sup>sec ]、30MeV以上  
 (2) 軌道高度 296km

図 1. 2. 3-1 放射線帯粒子フラックスの分布例

(出典) Natural Environment Definition for Design (SSP-30425B)



- (注1) ISS軌道高度をノミナル高度(407km)、軌道傾斜を51.6度としています。
- (注2) 春分の日を0日とし、そのときの昇交点赤経を0度と仮定しています。
- (注3) 軌道変動要因は地球の偏平性のみを考慮しています。

図1.2.6-1 国際宇宙ステーションの太陽ベータ角プロフィール (解析結果例)

## 2 JEMシステムへの搭載について

JEM(通称「きぼう」)システムは、与圧部(PM、通称「船内実験室」、曝露部(EF、通称「船外実験プラットフォーム」、補給部与圧区(ELM-PS、通称「船内保管室」、補給部曝露区(ELM-ES、通称「船外パレット」)及びマニピュレータ(JEMRMS、通称「ロボットアーム」)から構成されます。

曝露実験ペイロードは、ELM-ESに搭載されて米国のスペースシャトル(\*)にて、あるいは、宇宙ステーション補給機(HTV)キャリアに搭載されて日本のH-II Bにて地上より打ち上げられ、ISSの軌道上でELM-ESまたは曝露パレットを曝露部に結合させた後、JEMRMSにて、曝露部側面または上面の実験位置に運搬/搭載されます。曝露実験ペイロードの標準的な例を図2-1に示します。

従って、曝露実験ペイロードの設計にあたっては、打上げ/軌道上運搬に関わる条件と曝露部上に搭載された状態での条件の両方を満足するように考慮する必要があります。

JEMシステムを利用する上での条件については、NASDA-ESPC-2560~2567「JEMペイロードアコモデーションハンドブック(JPAH)」に記載されています。

(\*)スペースシャトルはISSの完成を以って引退することが米国により決定されており、その後の曝露ペイロードの打上は主にH-II B/HTVが担うこととなります。スペースシャトルの後継機としてNASAによるCEVの開発や、民間の宇宙機の利用が検討されていますが、計画段階であり、現状では詳細についてはまだ決定されていません。

### 2.1 JEM曝露部(JEM-EF)への搭載

ここでは、曝露部(図2.1-1参照)に搭載し、実験運用を行う上でのJEMシステムが提供するサービス、各種条件の概略を記載します。詳しくは、NASDA-ESPC-2563「JPAH Vol.3 JEM曝露部/ペイロード 標準インタフェース管理仕様書」に記述しています。

#### 2.1.1 物理的条件

曝露部に取り付けられる標準実験ペイロードのエンベロープ、重量は、約0.8×1.0×1.85m、500kg以下となっています。これ以外のペイロードは大型実験ペイロードとして識別されています。

曝露実験ペイロードが上記エンベロープを越える場合、JEMRMSによる運搬、宇宙飛行士の船外活動作業(EVA)、他のペイロードの運用、JEM外部TVカメラ/照明の視野等との干渉が生じる可能性があります。

また、軌道上で展開・伸展される構造物は、JEMRMS運用や宇宙飛行士による船外活動(EVA)を妨げないように考慮しておく必要があります。

したがって、物理的条件を満足できないペイロードや、展開・伸展物を有するペイロードの提案にあたっては、その仕様について宇宙航空研究開発機構の担当者と事前に調整を行う必要があります。

### 2.1.2 ペイロード側装置交換機構(PIU)の設置

曝露実験ペイロードは、図2.1.2-1に示す装置交換機構(EEU)により曝露部本体に取り付けられ、EEUを介して電力・通信・排熱のリソースが供給されます。EEUは曝露部側装置交換機構(EFU)及びペイロード側装置交換機構(PIU)から構成されます。したがって、曝露実験ペイロードにはPIUの設置が必要です。

### 2.1.3 曝露部の運用モードと供給可能リソース

#### 2.1.3.1 運用モード

曝露部は、ISS及びJEMの運用状態・運用モードに対して曝露部固有の運用モードが定義されています。JEM曝露部運用モードの概要を表2.1.3.1-1に示します。

#### 2.1.3.2 曝露部上の搭載可能位置及び供給可能リソース

曝露部には、図2.1.3.2-1に示すように曝露実験ペイロードの搭載位置が10ユニットあり、その内、8ユニットには、重量500kg以内の標準実験ペイロード、2ユニットには、重量2500kg以内の大型実験ペイロードの搭載を想定しています。

我が国は、10ユニット中5ユニットを利用できますが、各曝露実験ペイロードの搭載位置については、実験のニーズに基づき国内及び国際間の調整を通して割り当てる必要があるため、必ずしも希望する位置に搭載できない可能性があります。

曝露部は、曝露実験ペイロードに対し電力、実験制御や実験データ・ビデオデータ等の通信制御、流体ループによる能動的熱制御等を提供する能力を有します。これらのリソースについても、国際間のリソース配分の範囲内で国内及び国際間の調整を通して各実験へ分配する必要があるため、必ずしも希望するリソース量を供給できない可能性があります。

#### 2.1.4 曝露部からの視野

曝露実験ペイロードからの開放視野は、曝露部本体への取付位置(図2.1.1-1)により異なります。特に、天頂方向側では、ISS進行方向側(ラム側)の取付位置の方がその反対側(ウェーク側)よりもISS自体の構成要素で遮蔽される領域が少ないと言えます。また、ISSの姿勢角変動やコンフィギュレーション等により、開

放視野領域が異なります。曝露実験ペイロードからの開放視野を図2.1.4-1に示します。

太陽光が曝露実験ペイロードへ直接入射する時間帯も、その取付位置によって異なります。太陽ベータ角の周期的な変動、及びISS構成要素等の幾何学的な位置関係により、入射する時間帯は変動します。

#### 2.1.5 曝露部の微小重力環境

宇宙機には、大気抵抗、重力傾度等の低周波の外乱が常時作用し、準静的加速度が生じます。ISSでは、図2.1.5-1に示すように $10^{-6}g$ オーダの準静的加速度が予測されています。また、準静的加速度のISS内部擾乱には、与圧モジュールからのベントや、太陽電池アレイの熱歪みの発生などもあります。これらの擾乱も曝露実験ペイロードに作用する可能性があります。

振動加速度環境に関しては、年間に半年程度以上の期間にわたり半数のペイロード取付位置で与圧部ペイロードに準じた微小重力環境を曝露部が提供することとされています。これは微小重力モード時に適用されます。

また、曝露実験ペイロードが加振源を有し、他の実験の微小重力環境に影響を与える場合には、曝露部に対する機械的擾乱の要求を満足する必要があります。この要求も微小重力モード時に適用されます。

#### 2.1.6 曝露部姿勢擾乱

1.1.1項(2)にISS許容姿勢範囲やTEA時の軌道周回当たりの姿勢変動量を示しましたが、これにはISS構造の柔軟性の影響も含まれています。

ISS全体及び曝露部の姿勢擾乱(ジッタ)に関しては、現在検討中です。高い指向精度、姿勢安定性、姿勢決定精度が必要な実験の場合は、実験装置側で対策を講じる必要性が生じる可能性があります。

#### 2.1.7 電界環境

曝露実験ペイロードは、1.2.4項に示す電磁波の他にISSと地上やスペースシャトル、TDRS等との通信による電波放射にも晒されることがあり、JCX-95068「JEM環境条件規定」に規定される電界環境で誤動作や性能低下が起きないように要求されています。

#### 2.1.8 曝露部の熱制御

曝露部搭載時の曝露実験ペイロードへの熱入力には、太陽、地球アルベド、OLR(1.2.6項参照)の他、曝露部本体からの熱伝導、曝露部を含むISS本体からの熱放射・熱反射があります。曝露実験ペイロードはこのような熱環境に常時曝され

るため、運用時・保存時に曝露実験ペイロードの熱制御を行う必要があります。曝露実験ペイロードの熱制御は、放射冷却を用いた受動的熱制御(P T C S)と流体ループを用いた能動的熱制御(A T C S)が可能ですが、曝露部に対するインタフェース上の要求を満足する必要があります。

#### 2.1.9 JEM衛星間通信システム(I C S)からの条件について

I C Sの地球センサ、太陽センサの視野の確保のため、I S Sの進行方向へのペイロードの伸展に対しての条件、及びI C Sの運用上アンテナの駆動範囲に対して、上部への条件があります。I C Sは、通常の運用状態ではE F U#7に搭載され、バックアップ運用時(E F U#7故障時)は、E F U#5へ搭載されることとなります。したがって、太陽センサや地球センサ、I C Sアンテナからの制約もI C S搭載位置によって異なります。

##### (1) 太陽センサからの条件

初期チェックアウト時や追尾系異常時からの回復時、高精度の姿勢決定が必要なI C S運用時には、太陽センサの視野範囲に曝露実験ペイロードが進入しないようにする必要があります。I C Sは2台の太陽センサを太陽ベータ角の正負によって切り替えますので運用の約半分の期間にこの制約を受けます。

##### (2) 地球センサからの条件

常時、地球センサの視野範囲に曝露実験ペイロードが進入しないようにする必要があります。

##### (3) I C Sアンテナによる条件

図1.1.2.2-3に示すI C Sアンテナは2軸周りに駆動し、電波放射をしますので曝露実験ペイロードは上部への展開に対して、I C Sへの障害や自身への電波放射という点で制約を受けます。

#### 2.1.10 その他

##### (1) 電磁波の放射

I S Sに新規の通信システムを搭載する場合、そのシステムに対し、

- ・ 国際電気通信連合(I T U)の無線通信に関する規約、使用可能な無線周波数帯の配分に従うこと。
- ・ I S S通信システム(ベースライン)の優先順位は高く、新規システムによりI S S通信システムの変更はなされない。

等の指針が示されています。曝露実験ペイロードが他の宇宙機や地上局等と無線通

信を直接行う場合、曝露実験ペイロードもこれらの指針に従う必要があります。このため、ISSミッションやISS運用への電磁干渉を最小にするよう、曝露実験ペイロードに利用される無線周波数帯の使用計画、打上げ後の運用に関する調整が曝露実験ペイロード設計の早期段階から開始される可能性があります。

また、通信を含め曝露実験ペイロードが電磁波を放射する場合には、ISSでの安全性要求を満足する必要があります。詳細については、5.1項(12)、(13)を参照して下さい。

## 2.2 補給部曝露区(ELM-ES)／HTVへの搭載及び打上げ

曝露実験ペイロードの軌道上輸送については、ELM-ESに曝露実験ペイロードを搭載してスペースシャトルで軌道上へ輸送し、実験終了後回収する方法と、日本の補給手段である宇宙ステーション補給機(HTV)及びH-II Bロケットによって軌道上へ輸送し、実験終了後廃棄する方法とがあります。これら輸送手段によって、曝露実験ペイロードが曝される打上げ時の環境条件や回収／廃棄時の環境条件が異なるため、どちらの手段を用いるか十分に検討する必要があります。ELM-ESで打上げのペイロードの典型的な例を図2.2-1、HTVで打ち上げる場合のペイロードの典型的な例を図2.2-2に示します。また、宇宙ステーション補給システム概念を図2.2-3、H-II Bロケット及びHTVの概観を図2.2-4に示します。

ELM-ES搭載上の各種条件についてはNASDA-ESPG-2565「JPAH Vol.5 JEM補給部曝露区／ペイロード 標準インタフェース管理仕様書」、HTV曝露パレット搭載上の各種条件についてはKAE-97008「HTVカーゴ標準インタフェース要求書」に記載されています。

## 2.3 JEMマニピュレータ(JEMRMS)とのインタフェース

JEMマニピュレータ(JEMRMS)は、曝露実験ペイロード等を把持して移動を行う親アームと、この先端に取付けられて細密作業を行う子アームから構成されます。

JEMRMSを利用する曝露実験ペイロードの物理的条件は、別途定められたJEMRMSとのインタフェース条件に適合する必要があります。また、曝露実験ペイロードに軌道上交換ユニット(ORU)等を有し、エアロックを使用する場合は、与圧部／曝露部間のエアロックからの条件にも従う必要があります。エアロックからの条件は3.2項で示します。ここでは、JEMRMSとのインタフェースに関する条件の概略を示します。詳しくは、NASDA-ESPG-2564「JPAH Vol.4 JEMマニピュレータシステム／ペイロード 標準インタフェース管理仕様書」に記述されています。

### 2.3.1 親アーム(MA)からの条件

曝露実験ペイロードの曝露部－ELM－ES/HTV－EP間の移動及び脱着には、親アームを使用する必要があります。したがって、曝露実験ペイロードには、親アームで把持するための標準のグラブルフィクスチャ(GF)を取付ける必要があります。GFには通常用いられるFRGFと親アームに把持されたときに電力・通信が可能なEMGF等があります。GFの概観を図2.3.1-1に示します。

### 2.3.2 子アーム(SFA)からの条件

被把持物には、子アームとの物理的インターフェイス構造であるJEM標準のツールフィクスチャが取り付けられている必要があります。ツールフィクスチャの概観を図2.3.2-1に示します。ツールフィクスチャには2タイプ有ります。I型では把持及びトルク供給を受けることができ、II型では把持及び電力供給、信号の授受機能を有します。

表2.1.3.1-1 JEM曝露部運用モードの概要

曝露部 運用モード	運用モードの概要	対応する ISS/ JEMの 運用モード	供給可能 リソース			加速度 の制限 注2	JEMRMSによる曝露実験 ペイロードの 交換
			電力	通信	熱制御		
曝露部保存	曝露部システムを最小のリソースで保存するモード。	サバイバル	×	×	×	—	×
ミッション 運用	曝露部のミッションを運用する通常モード。	標準	○	○	○	—	×
		リブースト	○	○	○	—	×
		微小重力	○	○	○	○	×
		接近	○	○	○	—	×
		外部運用	○	○	○	—	○
特殊運用	上記以外のモード。	安全確実なクルーの帰還	○	○	○	—	×

(注1) ○：保証します／適用されます ×：保証しません／適用しません  
—：現状では規定されていません

(注2) 曝露実験ペイロードに対する微小重力環境及び機械的擾乱の制約が適用されます。

(出典) JEM曝露部開発仕様書E改訂(NASDA-ESPC-1559E), 1999年11月

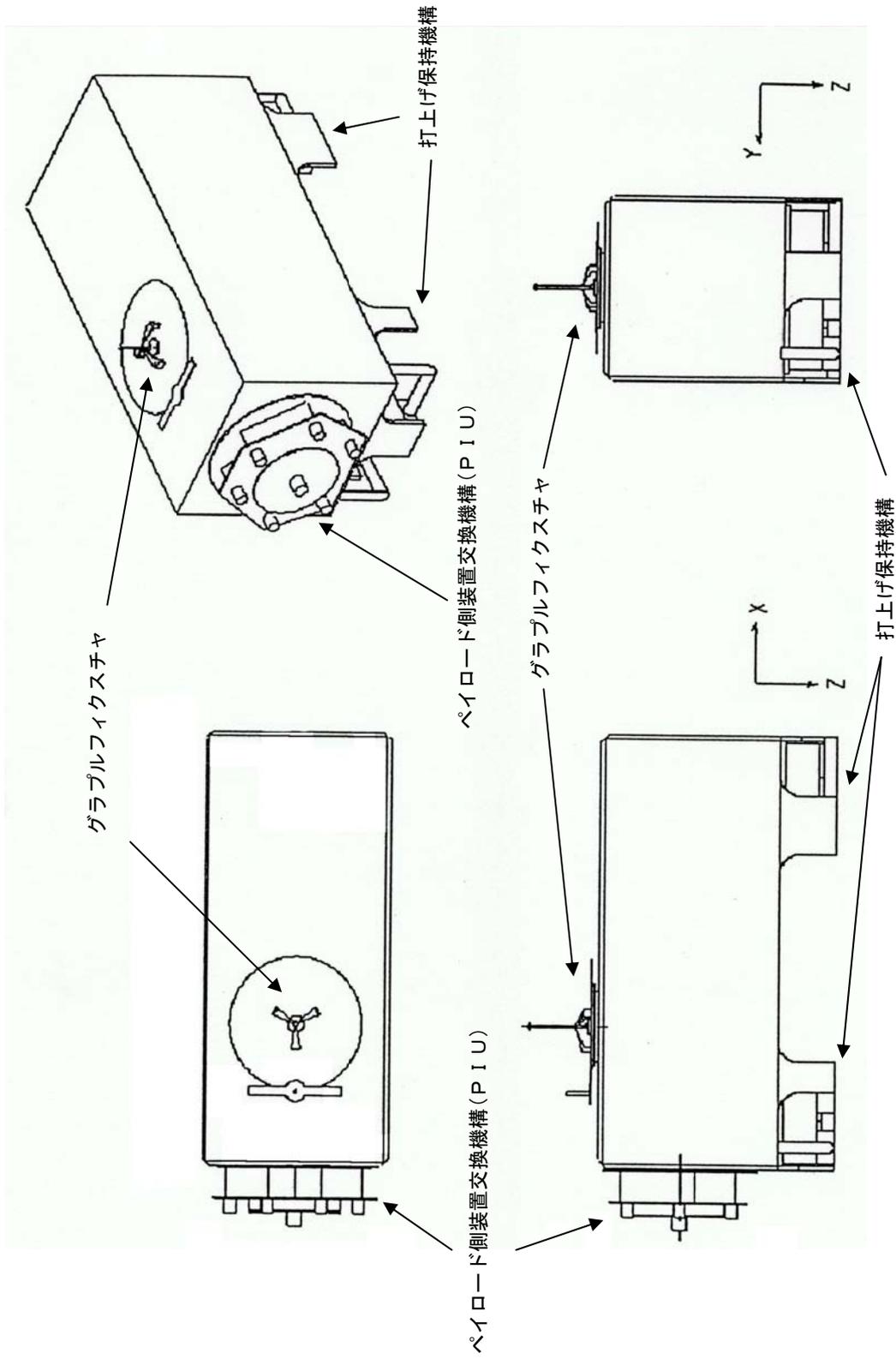


図 2-1 曝露実験ペイロードの標準的な例

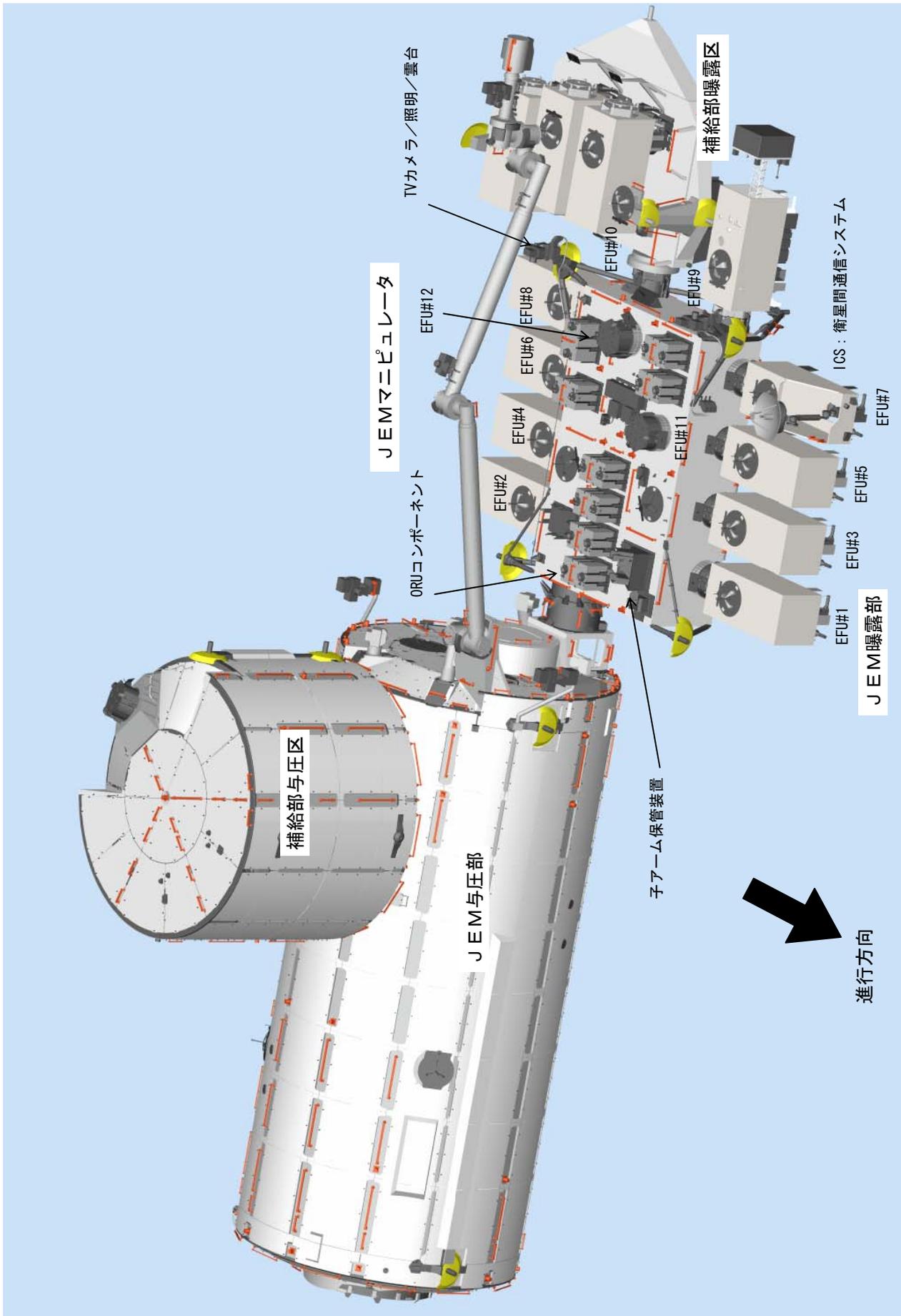


図 2.1-1 JEM曝露部の概観と曝露実験ペイロード取付位置

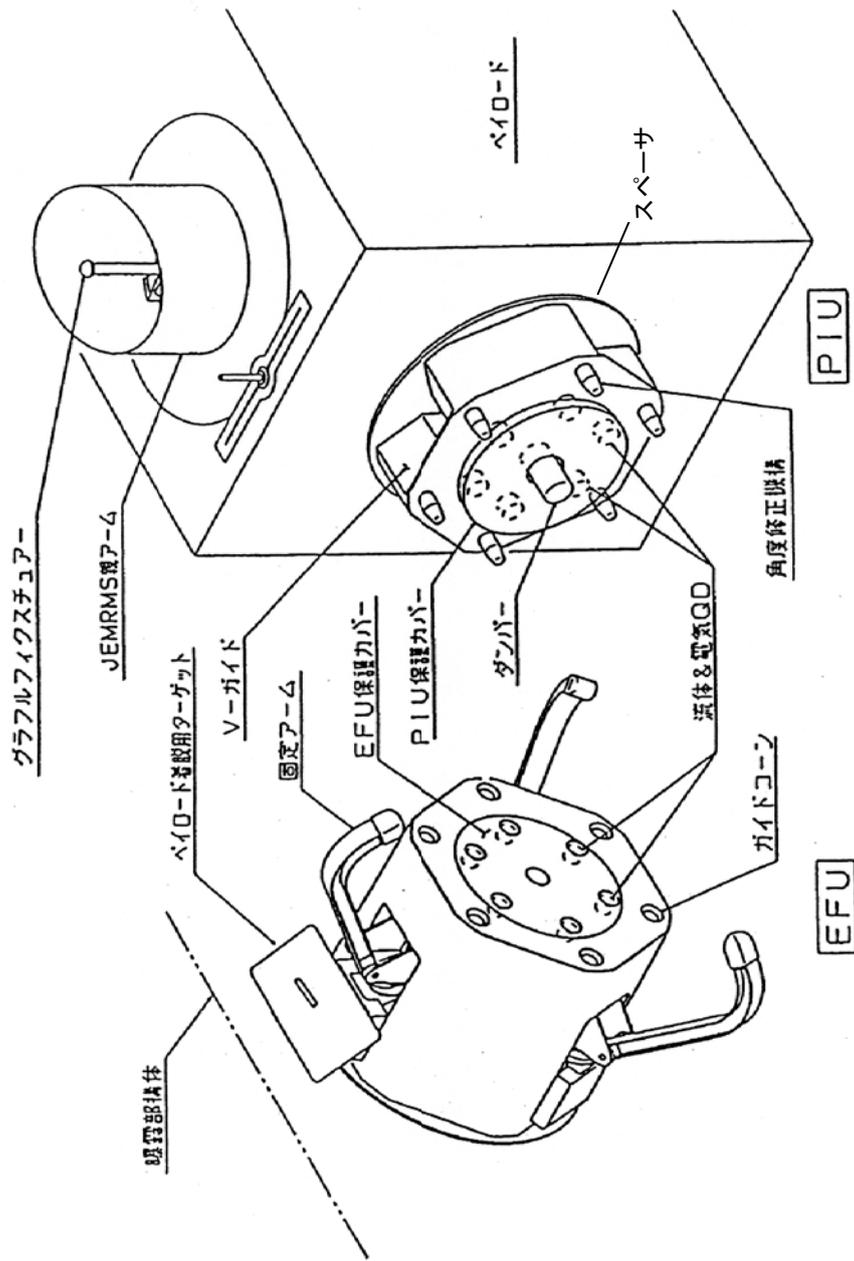
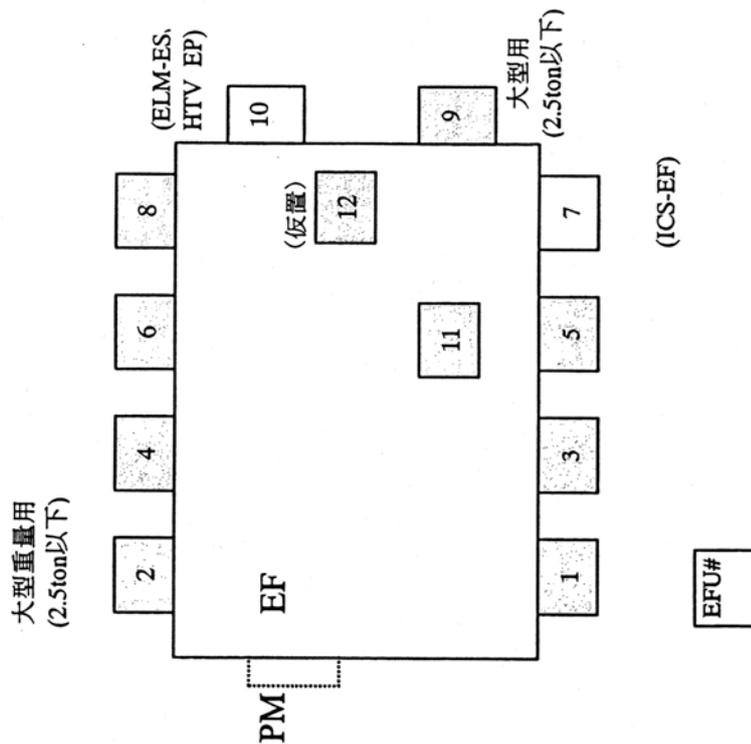


図 2.1.2-1 装置交換機構 (EEU) の概観

(出典) JEMペイロードアコモデーションハンドブック Vol. 3 露露部 / ペイロード標準インターフェイス管理仕様書 (NASDA-ESPC-2563), 2000. 12

供給リソース一覧表 (系統数、ただしRは冗長を示す)

EFU #	用途		電力		通信制御					熱制御	
	3kW バス	100W サーバ	ローカル バス	ローカル バス	ビデオ	高速 データ	イーサ ネット	HK データ	ICS ライン	システム ローカル バス	3kW 冷媒
1	U	2	1	1R	1 <sup>*3</sup>	1	1	1	2R	-	1(6kW)
2	U	2 <sup>*1</sup>	1	1R	1 <sup>*4</sup>	1	1	1	2R	-	1(6kW)
3	U	1	1	1R	1 <sup>*4</sup>	1	1	1	2R	-	1
4	U	1	1	1R	1 <sup>*3</sup>	1	-	1	2R	-	1
5	U	1	1	1R	1 <sup>*3</sup>	1	-	1	2R	1R	1
(ICS用バックアップ) <sup>*5</sup>											
6	U	1	1	1R	1 <sup>*4</sup>	1	1	1	2R	-	1
7	S	- <sup>*2</sup>	1	1R	-	-	-	-	2R	1R	-
(ICS-EF用) <sup>*5</sup>											
8	U	1	1	1R	1 <sup>*3</sup>	1	-	1	2R	-	1
9	U	1	1	1R	1 <sup>*4</sup>	1	1	1	2R	-	1
(ES、EP用バックアップ) <sup>*5</sup>											
10	ES	1	1	1R	-	-	-	-	2R	-	1
(ELM-ES、HTV EP用) <sup>*5</sup>											
11	U	1	1	1R	1R	1R	1R	1R	2R	-	1
12	U/S	1 <sup>*1</sup>	1	1R	1R	1R	1R	1R	2R	-	1
(パイロード仮置)											



(注1) 上記は曝露部の有する能力の最大値を記載したものであって、実際にパイロードが利用できるリソース量とは異なります。

(注2) U: ユーザ用 S: システム用 ES: ELM-ES用 HTV EP: HTV曝露パレット用

(注3) \*1: EFU#2の3kW電力バス系統とEFU#12の3kW電力バスの同時使用は不可能です。

\*2: EFU#7の電力は0.6kWです。

\*3: ビデオラインは、EFU#1, #4, #5, #8から1系統を選択します。

\*4: ビデオラインは、EFU#2, #3, #6, #9から1系統を選択します。

\*5: EFU#7(ICS)、EFU#10(ELM-ES、HTV EP)が不具合等で使用できない場合、それぞれEFU#5、EFU#9をシステム側(ICS、ELM-ES、HTV EP)が優先して使用します。

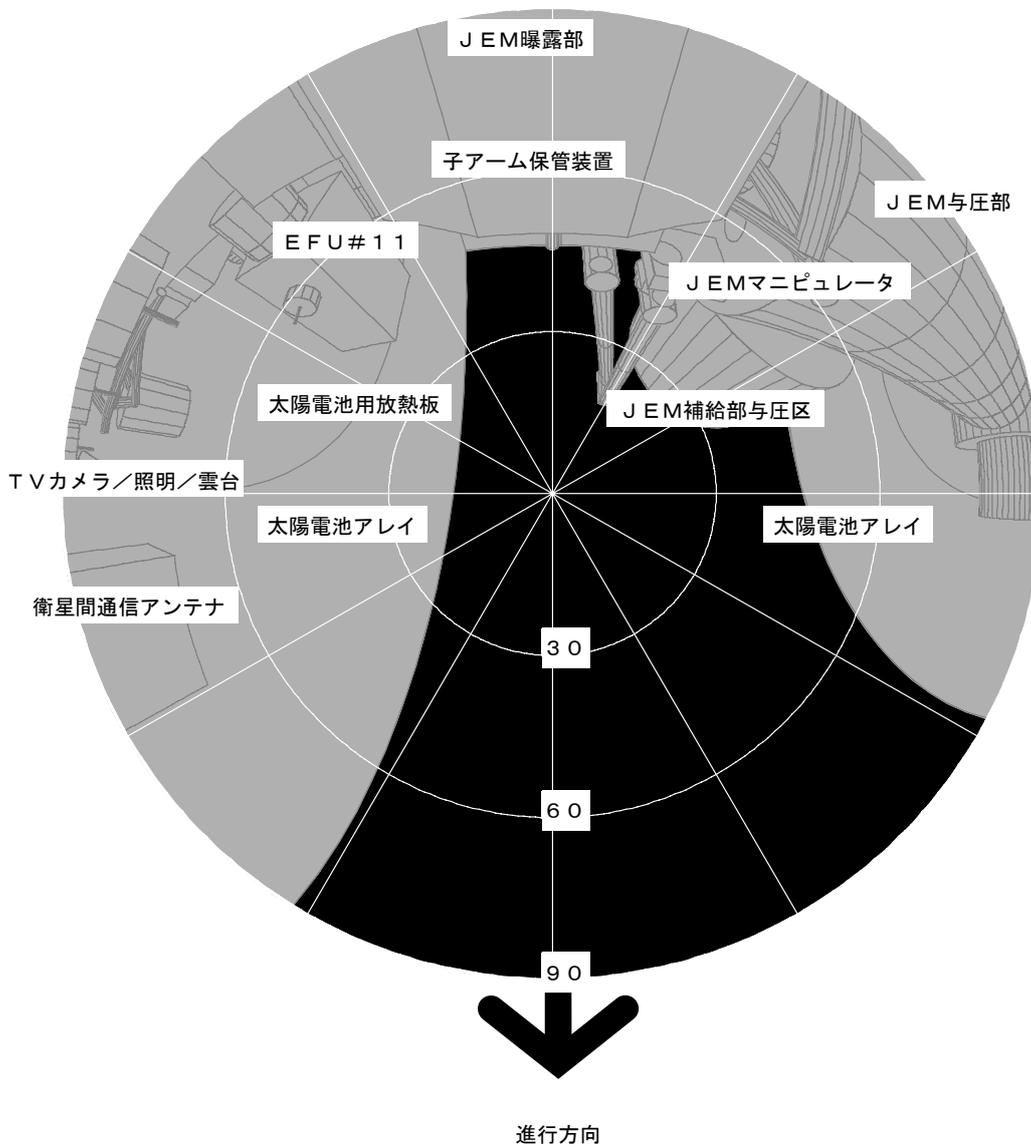
\*6: NASA専用の1553Bのラインです。

\*7: ハウスキーピングデータは、パイロードの健全性をJEMシステム側で確認する為に必要なデータです。

(注4) 高速データはPM内パッチパネルへ伝送されます。

(注5) EFU#10はELM-ES不在時にのみ使用可能です。

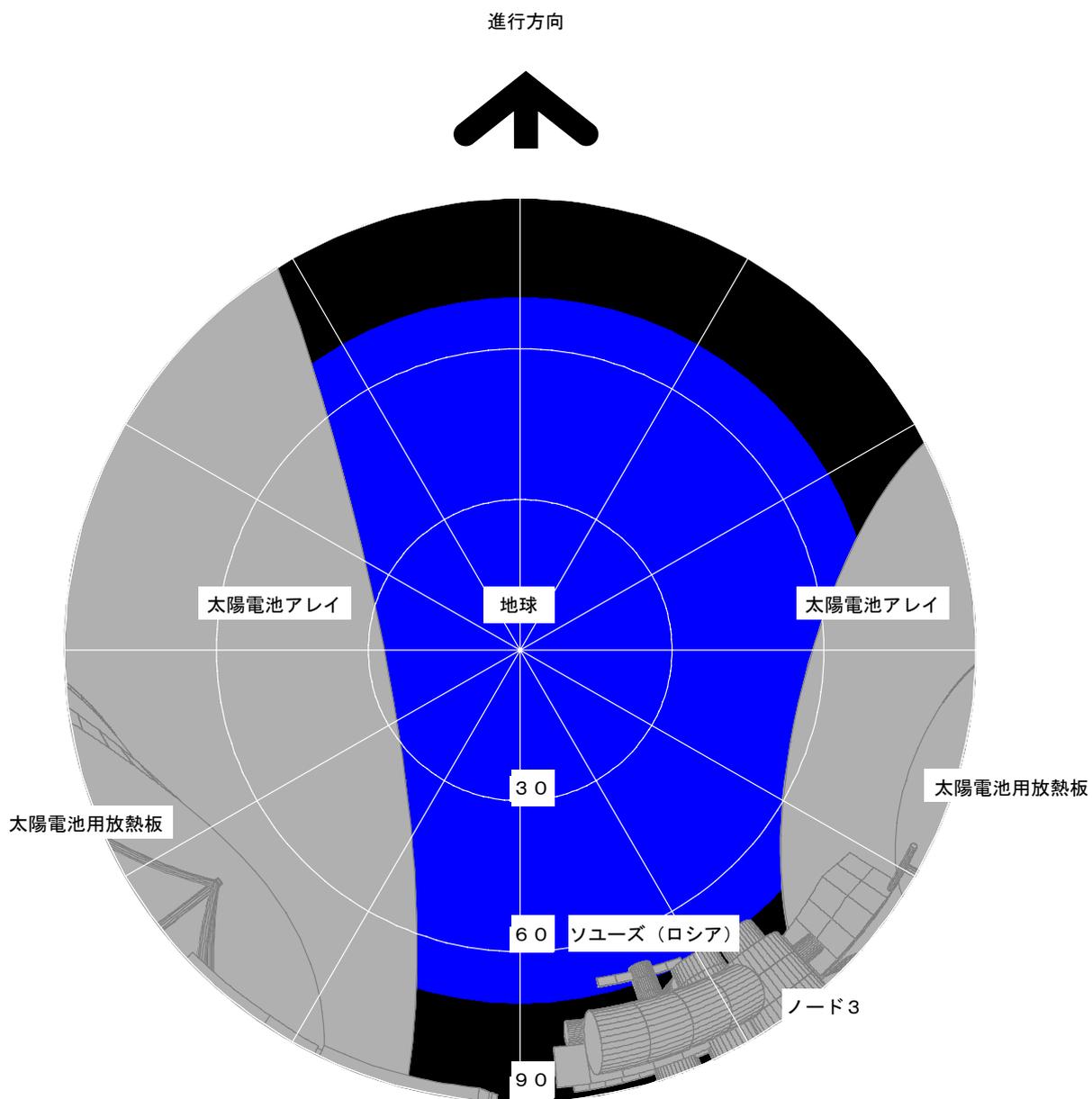
図 2.1.3.2-1 曝露実験パイロードの取付位置区分



視点位置：EFU#1標準実験ペイロードエンベロープ上面中央  
視線方向：天頂方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

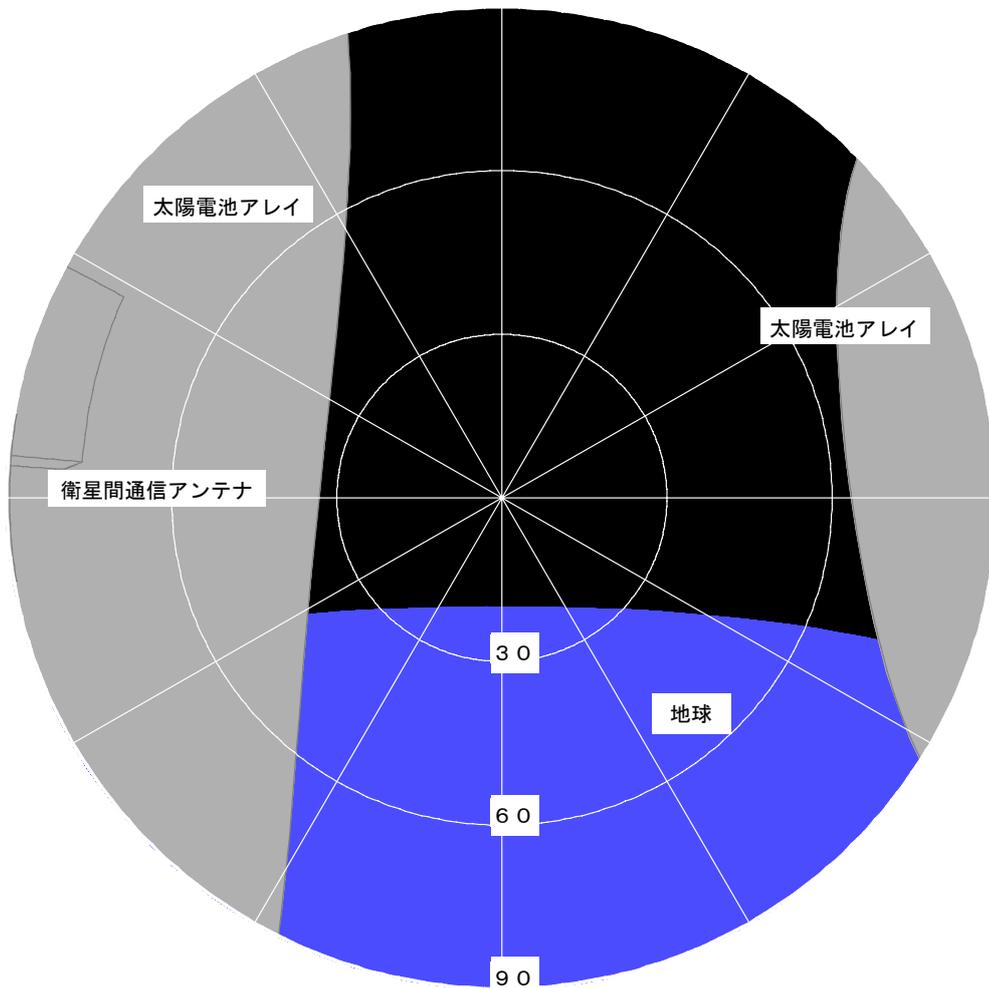
図2.1.4-1(1/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#1標準実験ペイロードエンベロープ下面中央  
視線方向：地心方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

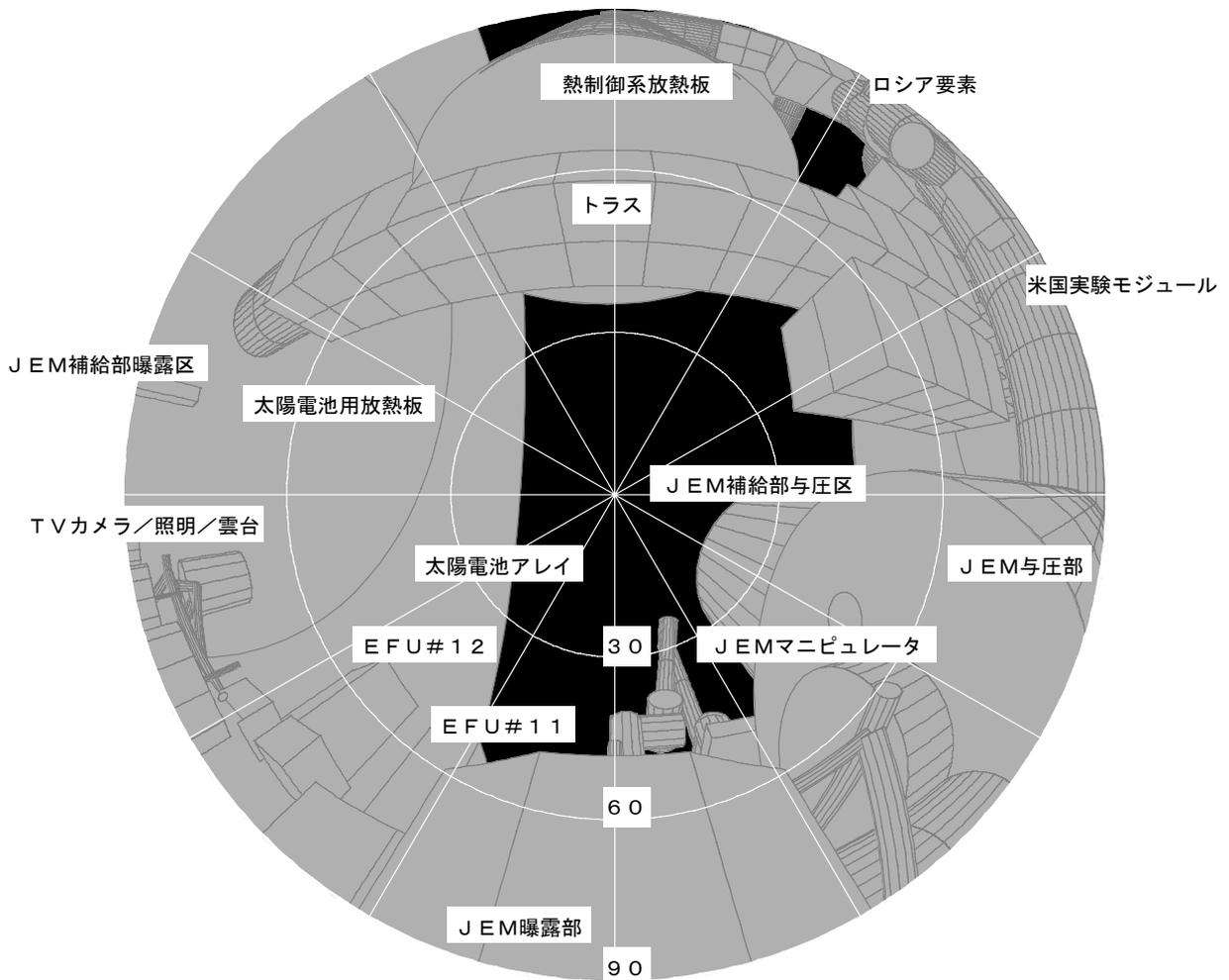
図 2.1.4-1(2/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：E F U # 1 標準実験ペイロードエンベロープ前面中央  
 視線方向：ラム方向

- (注 1) 図中のE F U番号については、図 2.1-1 を参照してください。
- (注 2) I S S 姿勢はL V L H 姿勢、高度はノミナル高度 (407km) を仮定しています。
- (注 3) 回転要素 (太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板) は回転包絡域をモデリングしています。
- (注 4) J E M マニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注 5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

図 2.1.4-1 (3/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野 (解析結果例)

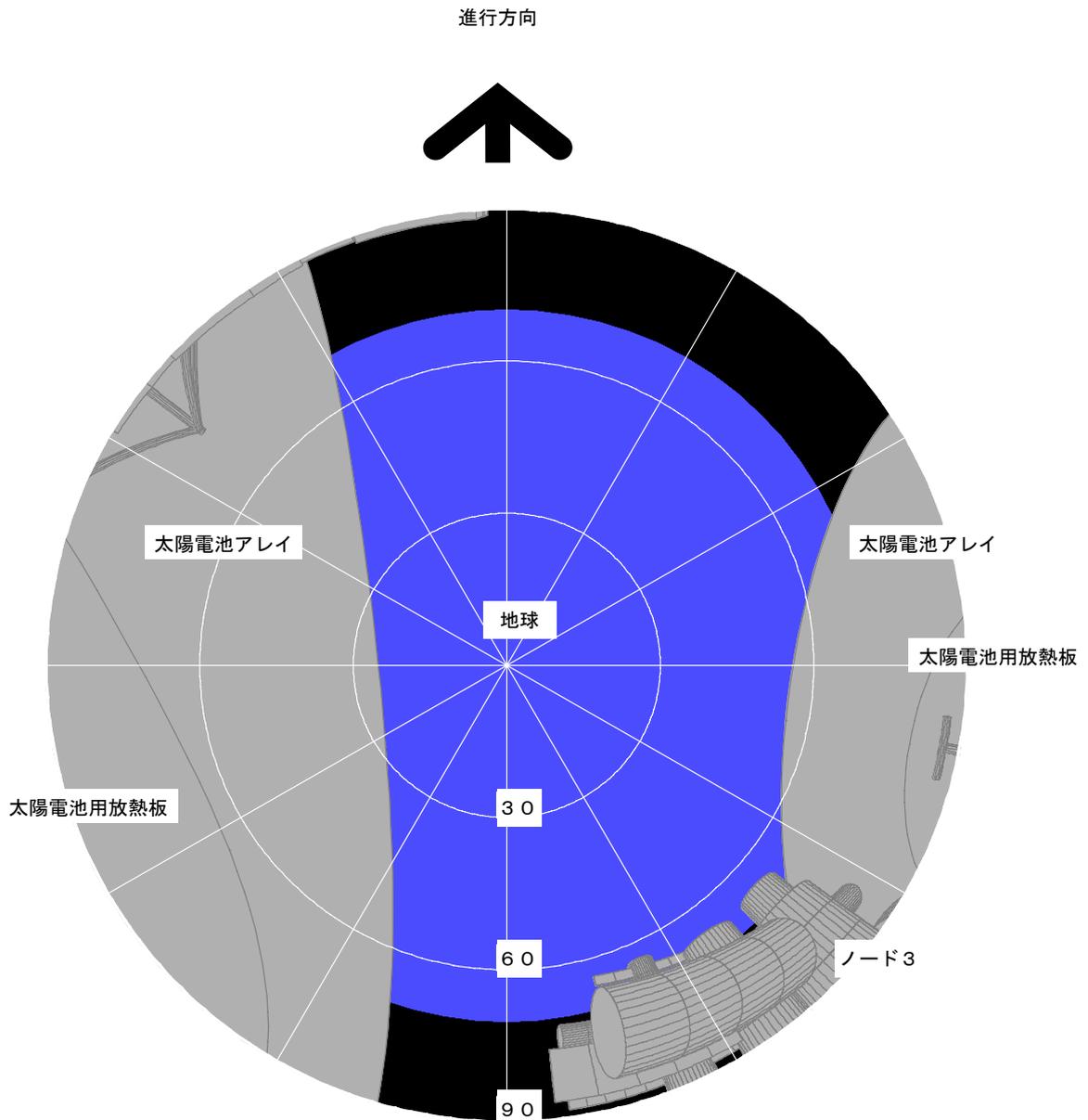


進行方向

視点位置：EFU#2標準実験ペイロードエンベロープ上面中央  
視線方向：天頂方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

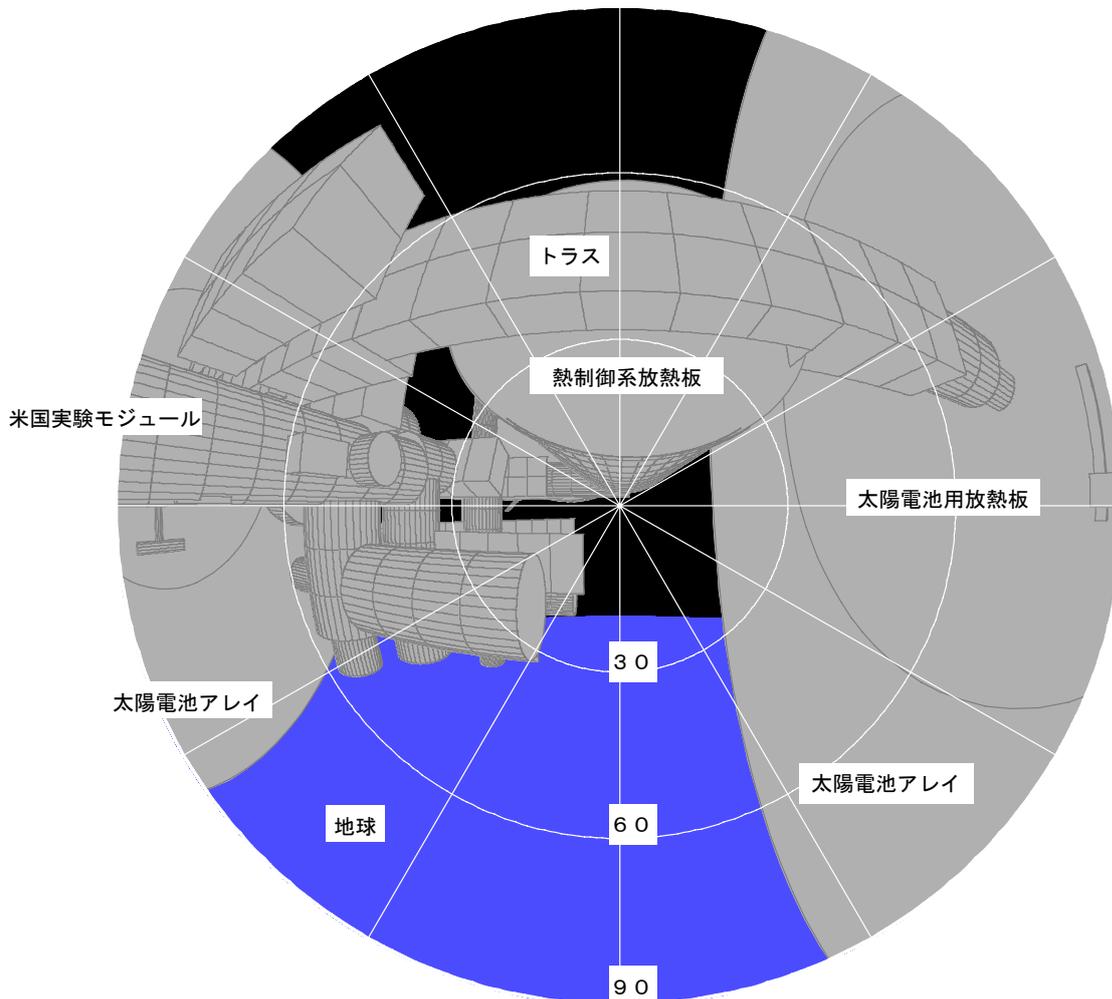
図2.1.4-1(4/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#2標準実験ペイロードエンベロープ下面中央  
視線方向：地心方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

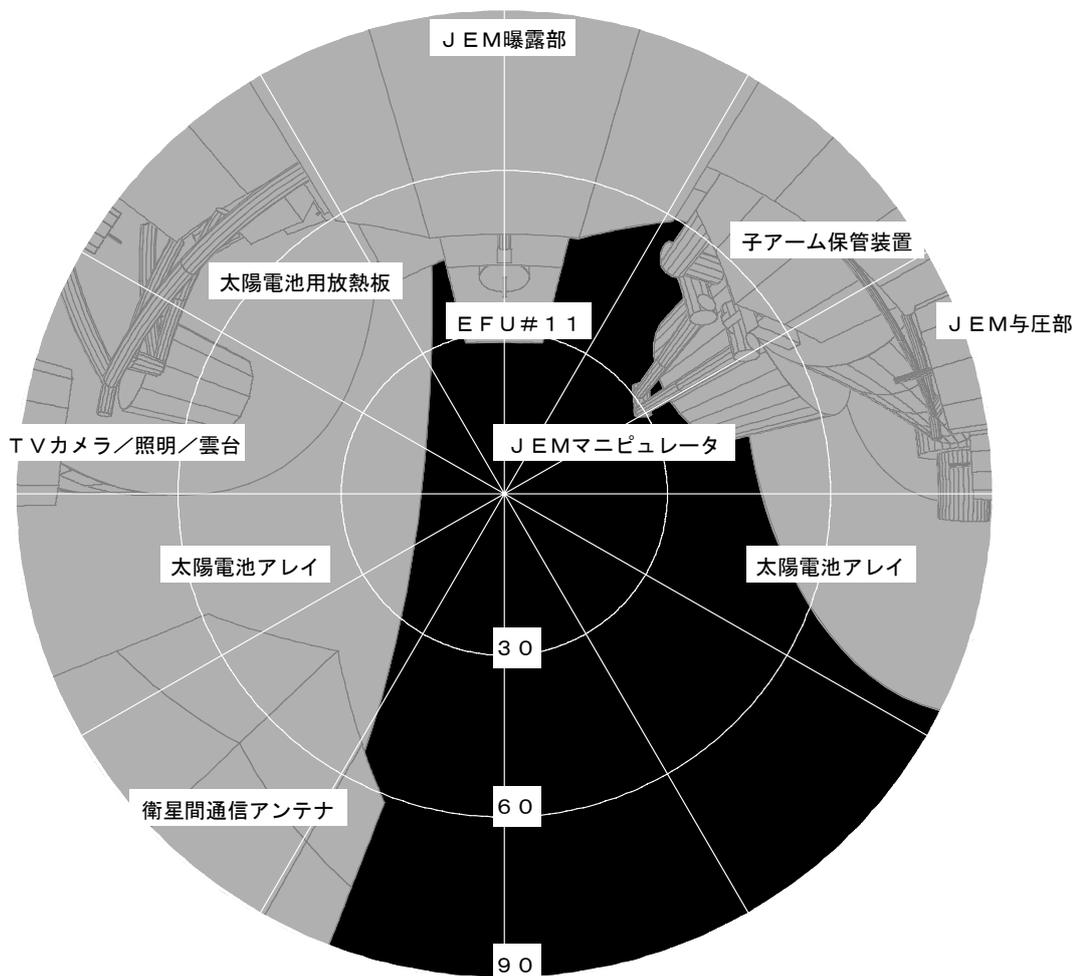
図2.1.4-1(5/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#2標準実験ペイロードエンベロープ後面中央  
 視線方向：ウェーク方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

図 2.1.4-1(6/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)

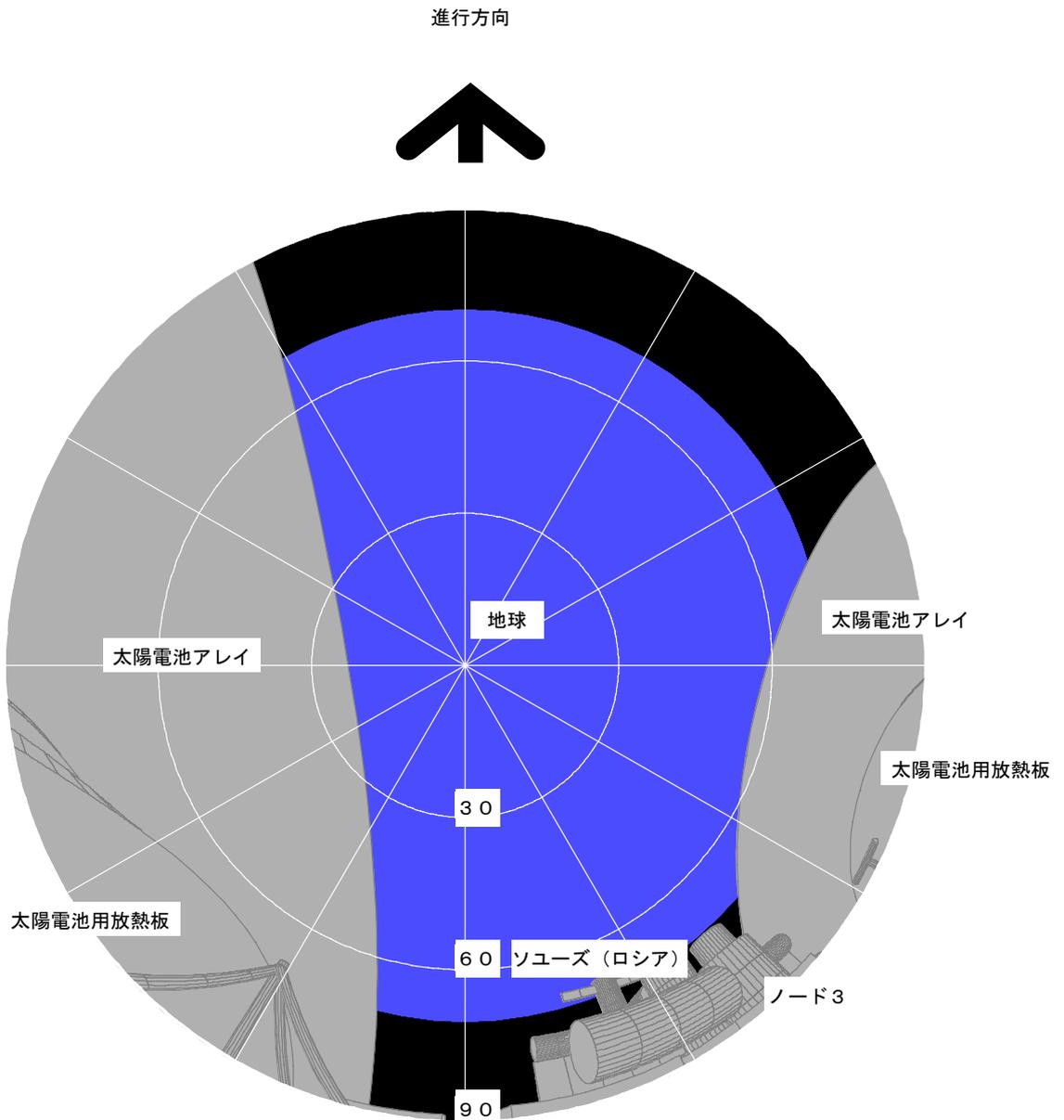


進行方向

視点位置：EFU#5標準実験ペイロードエンベロープ上面中央  
視線方向：天頂方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

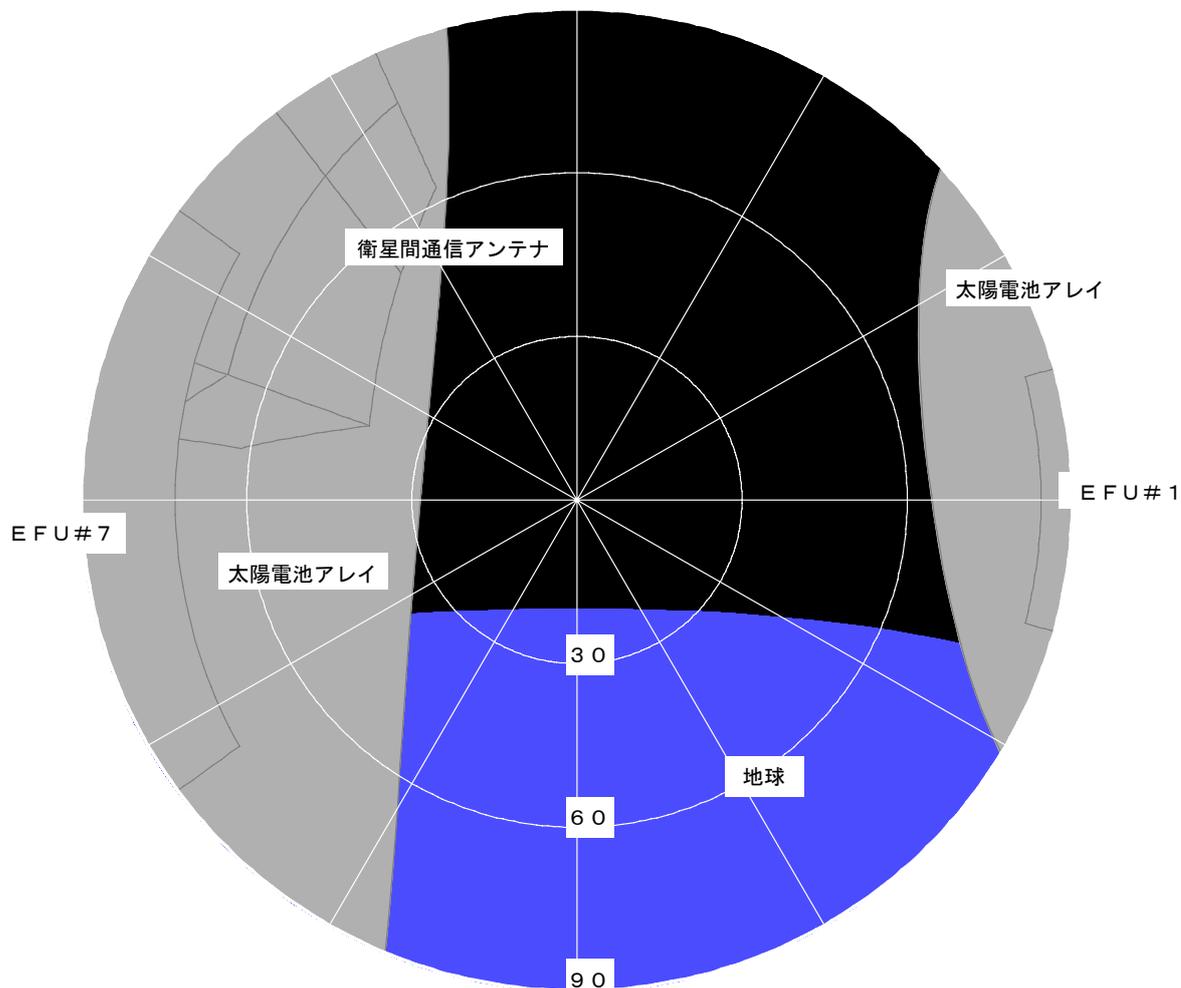
図2.1.4-1(7/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#5標準実験ペイロードエンベロープ下面中央  
視線方向：地心方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

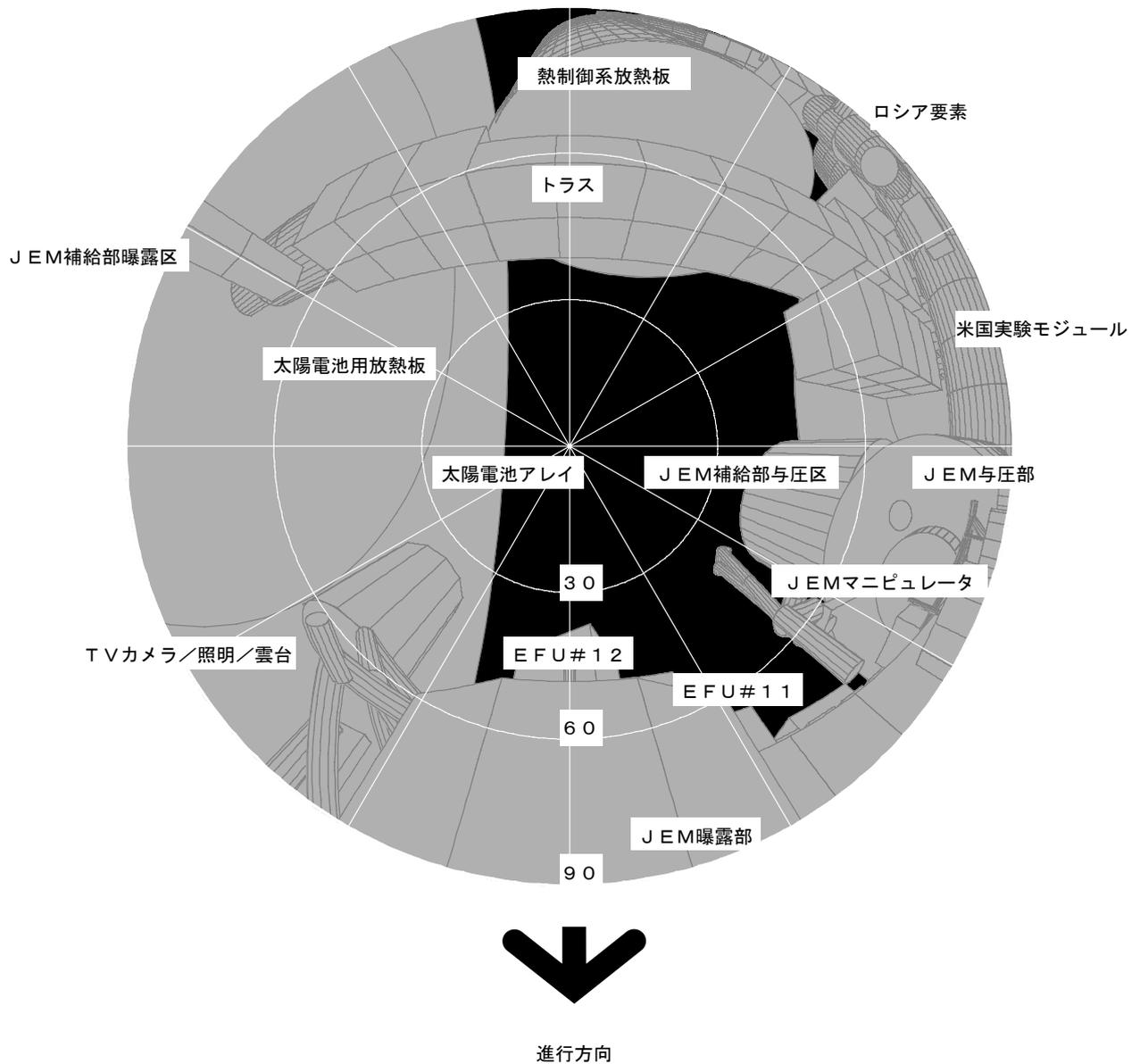
図2.1.4-1(8/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#5標準実験ペイロードエンベロープ前面中央  
 視線方向：ラム方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

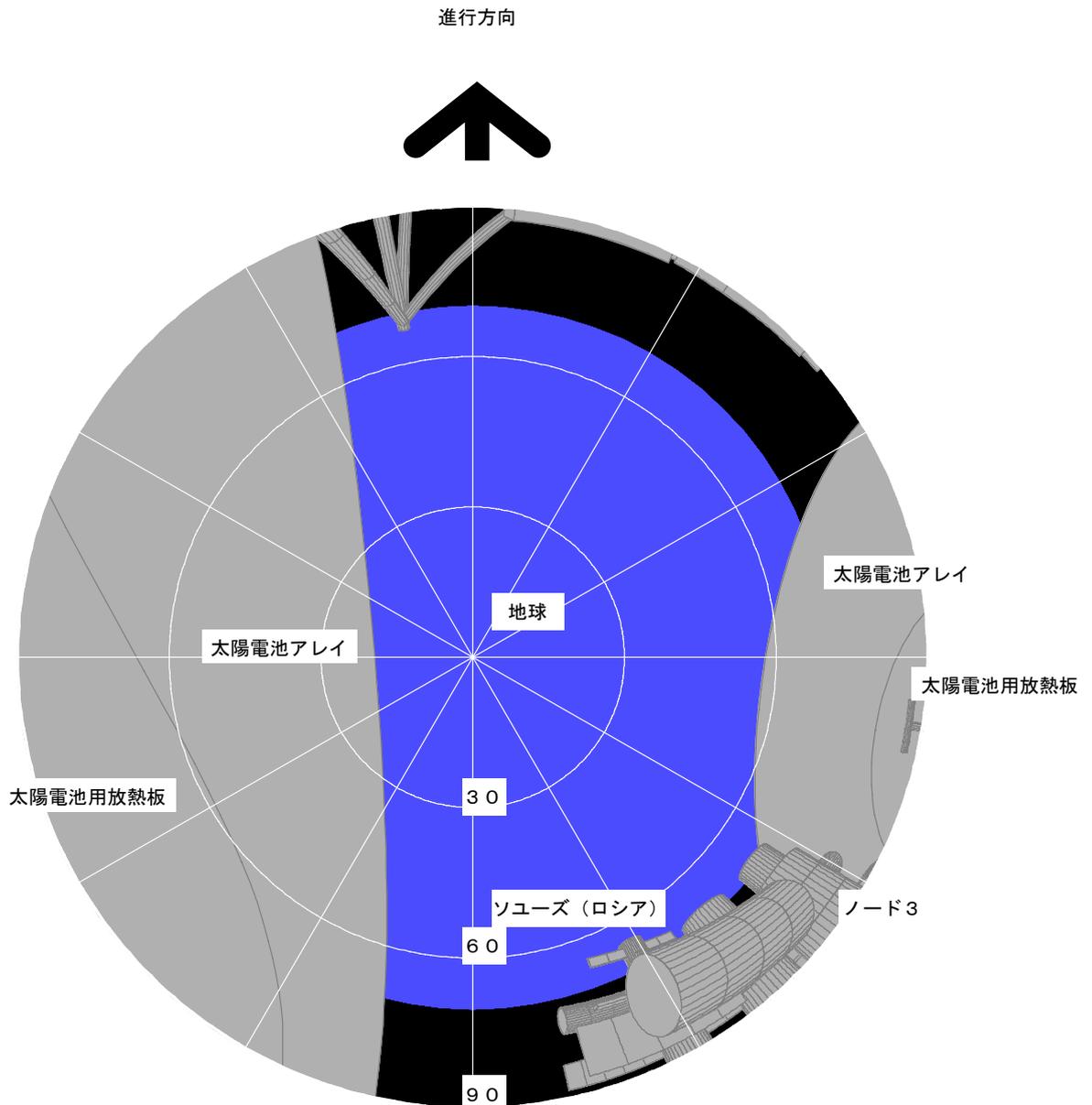
図2.1.4-1(9/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#8標準実験ペイロードエンベロープ上面中央  
 視線方向：天頂方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

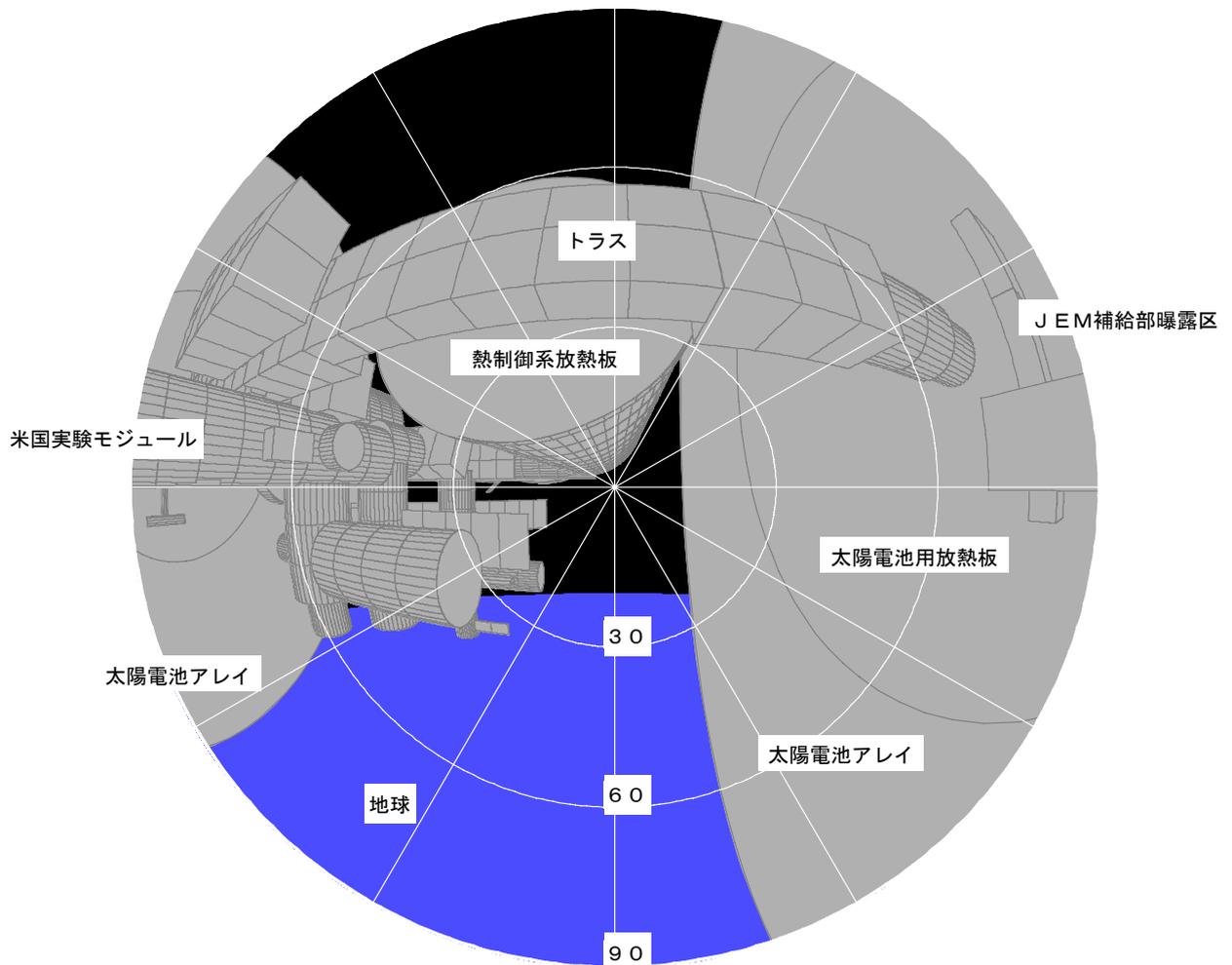
図2.1.4-1(10/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#8標準実験ペイロードエンベロープ下面中央  
視線方向：地心方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

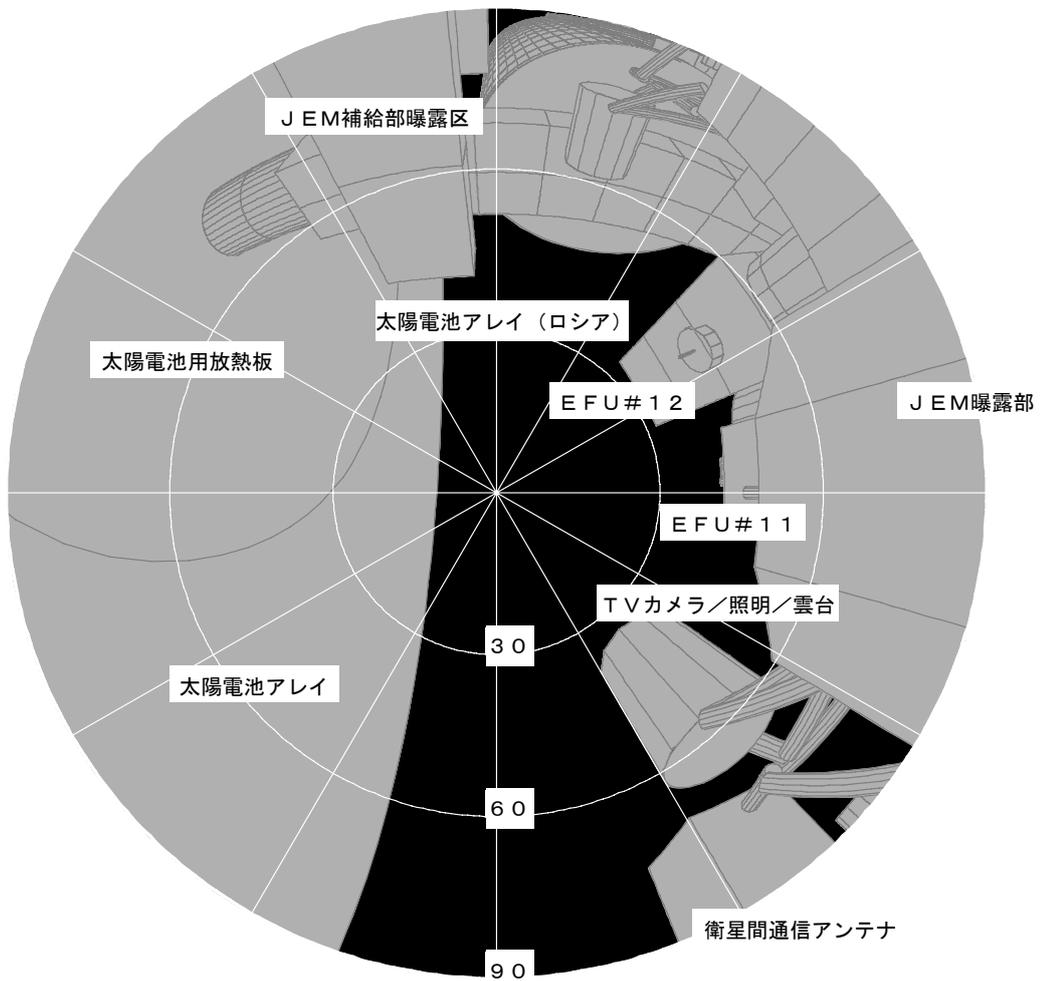
図2.1.4-1(11/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#8標準実験ペイロードエンベロープ後面中央  
 視線方向：ウェーク方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

図2.1.4-1(12/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



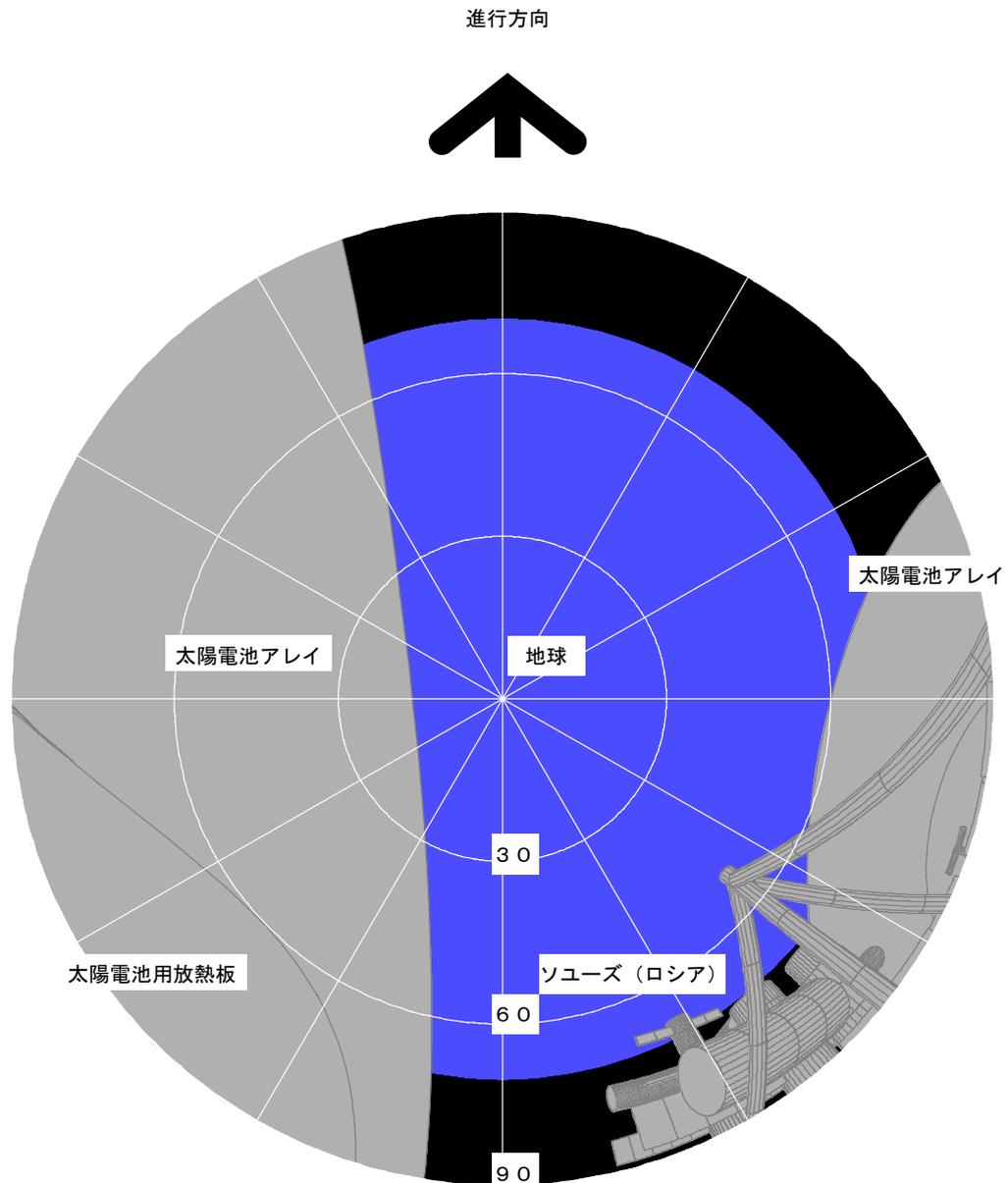
進行方向

視点位置：EFU#9標準実験ペイロードエンベロープ上面中央

視線方向：天頂方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

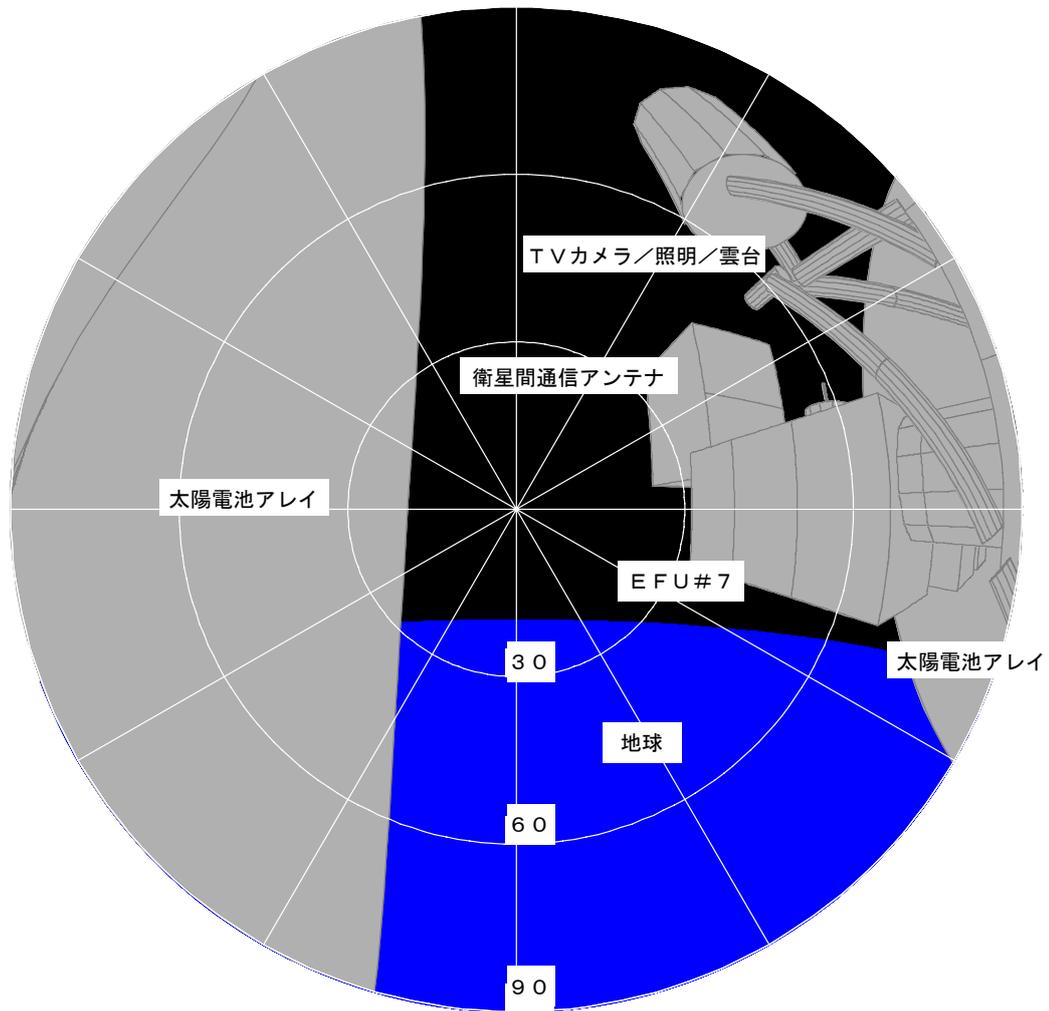
図2.1.4-1(13/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#9標準実験ペイロードエンベロープ下面中央  
視線方向：地心方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

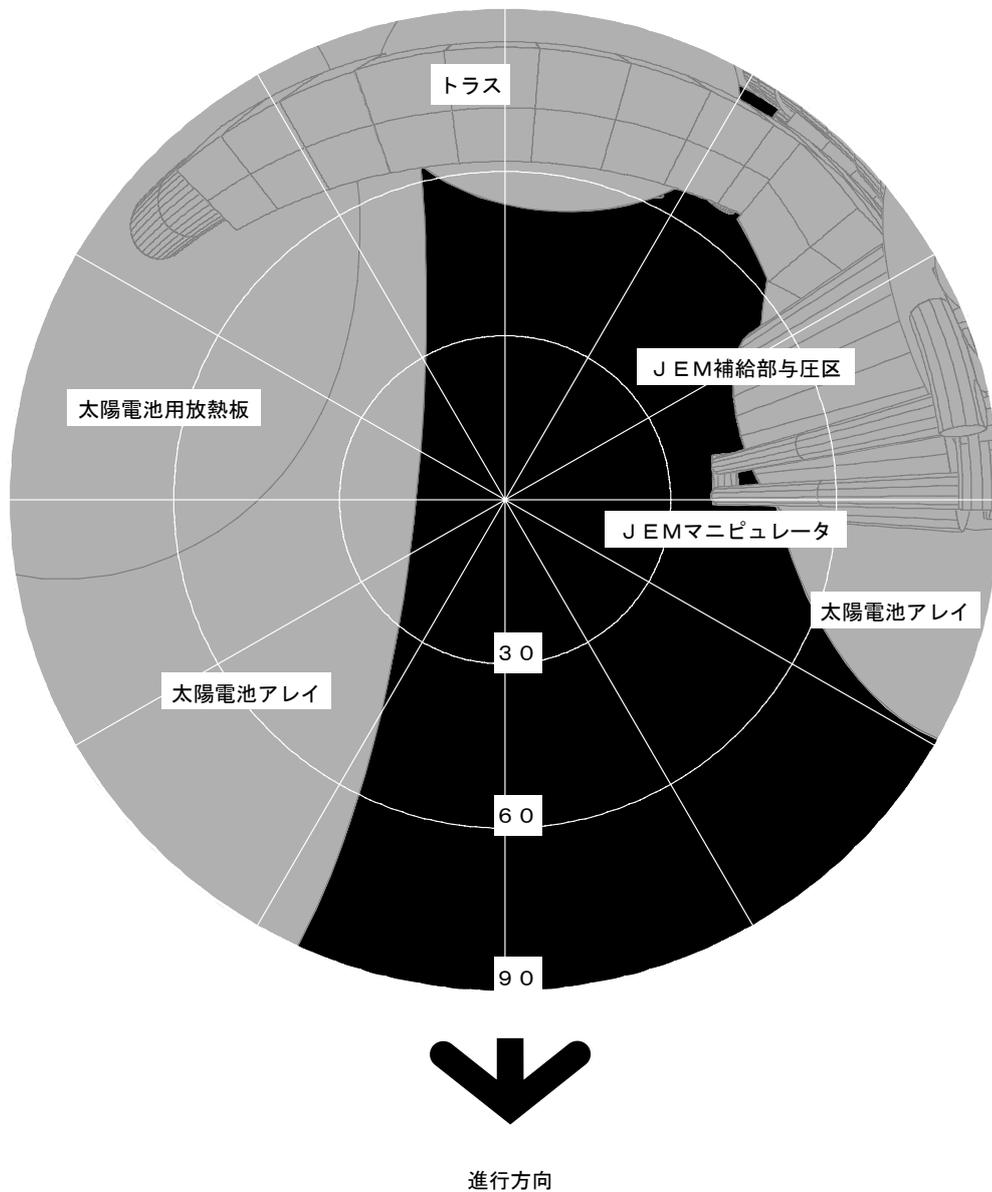
図2.1.4-1(14/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#9標準実験ペイロードエンベロープ前面中央  
視線方向：ラム方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

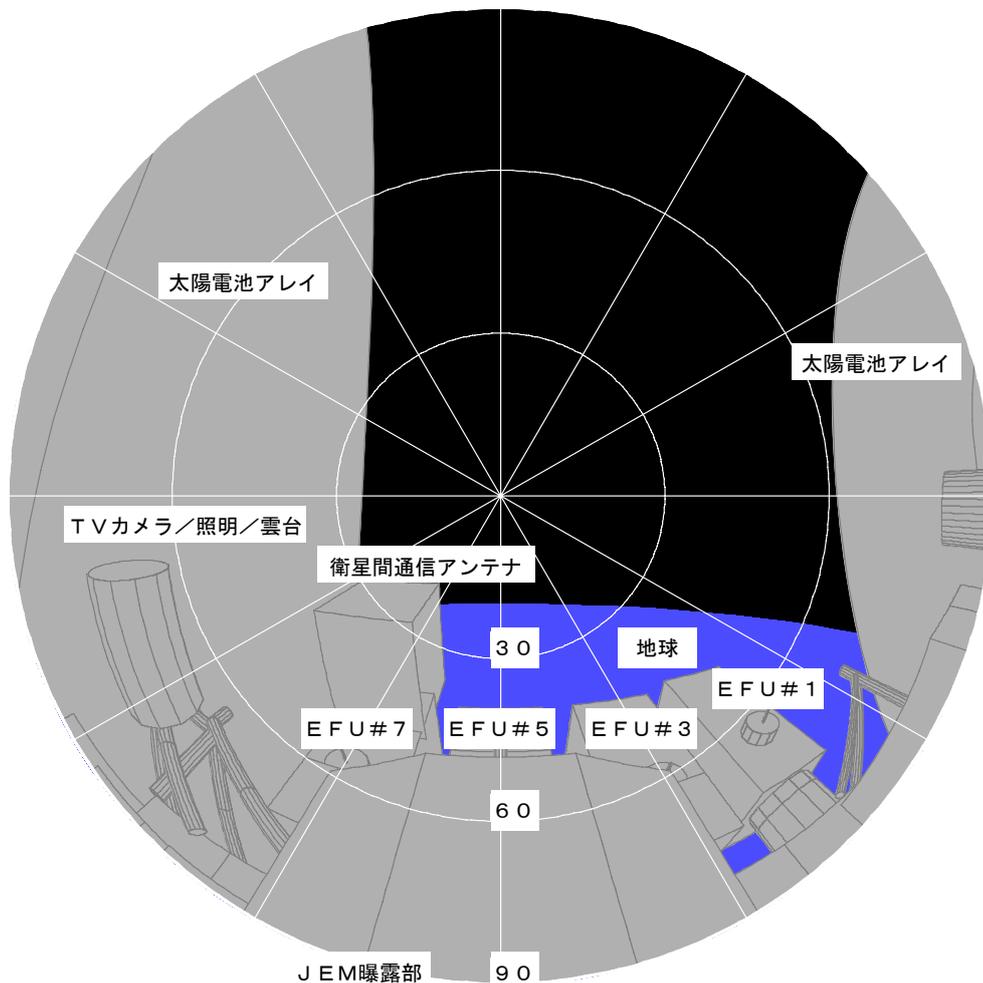
図2.1.4-1(15/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：E F U # 1 1 標準実験ペイロードエンベロープ上面中央  
 視線方向：天頂方向

- (注1) 図中のE F U番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) I S S姿勢はL V L H姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) J E Mマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

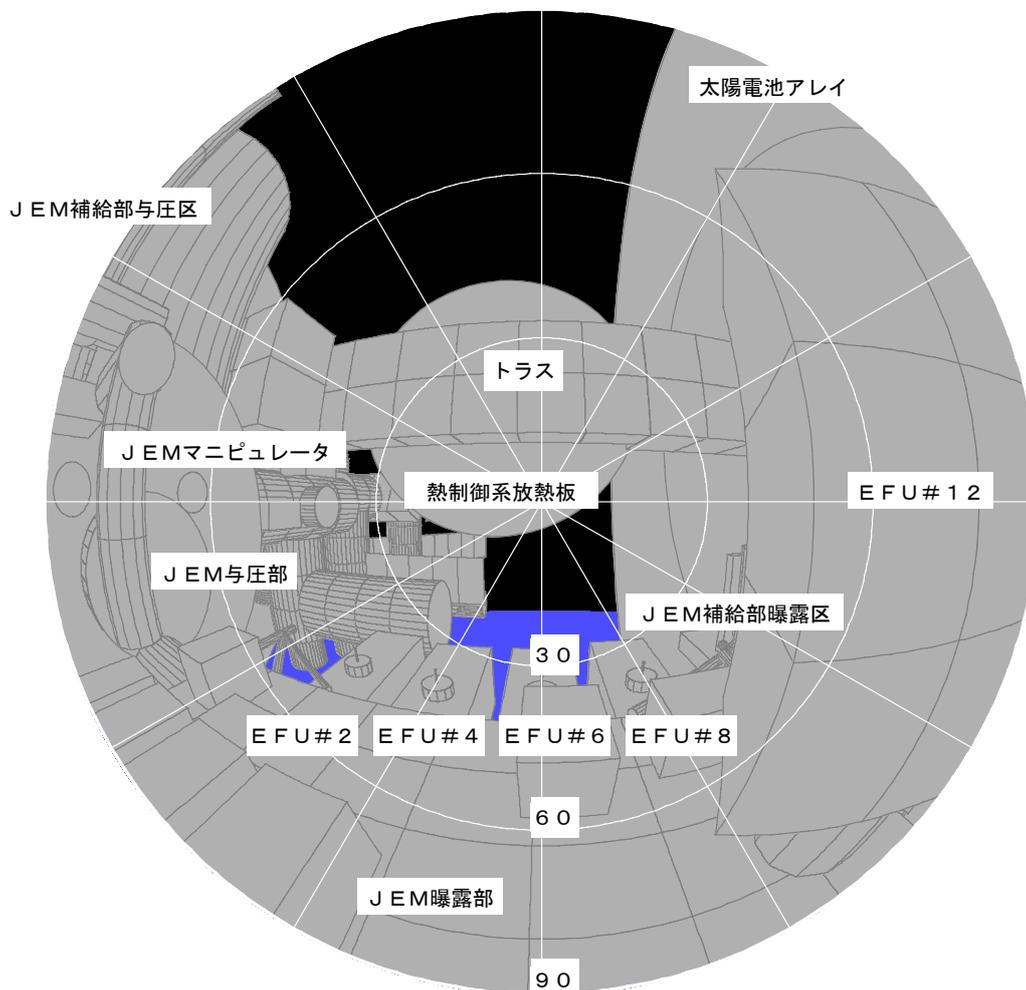
図2.1.4-1(16/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#11標準実験ペイロードエンベロープ前面中央  
視線方向：ラム方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

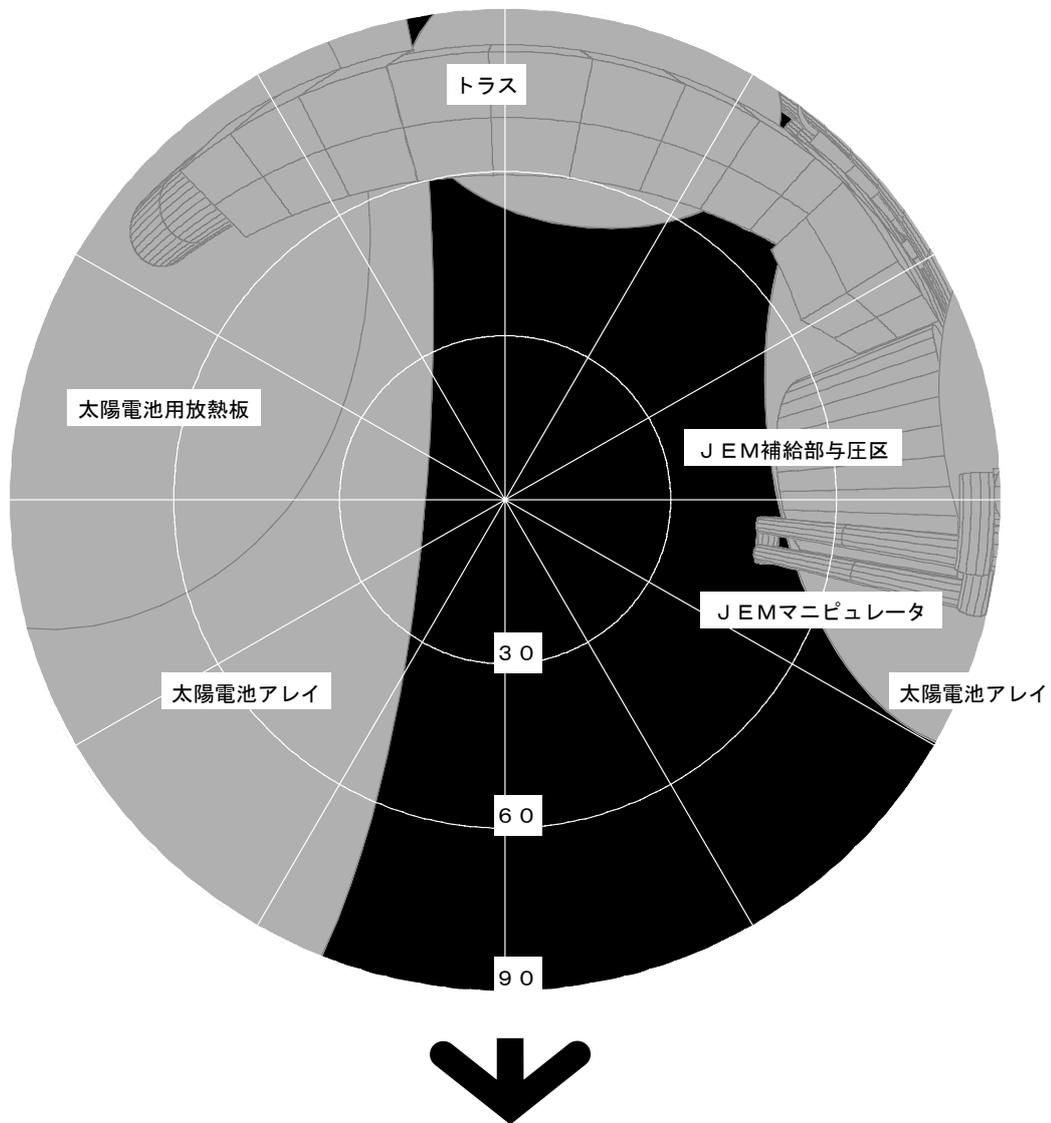
図2.1.4-1(17/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#11標準実験ペイロードエンベロープ後面中央  
 視線方向：ウェーク方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

図2.1.4-1(18/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)

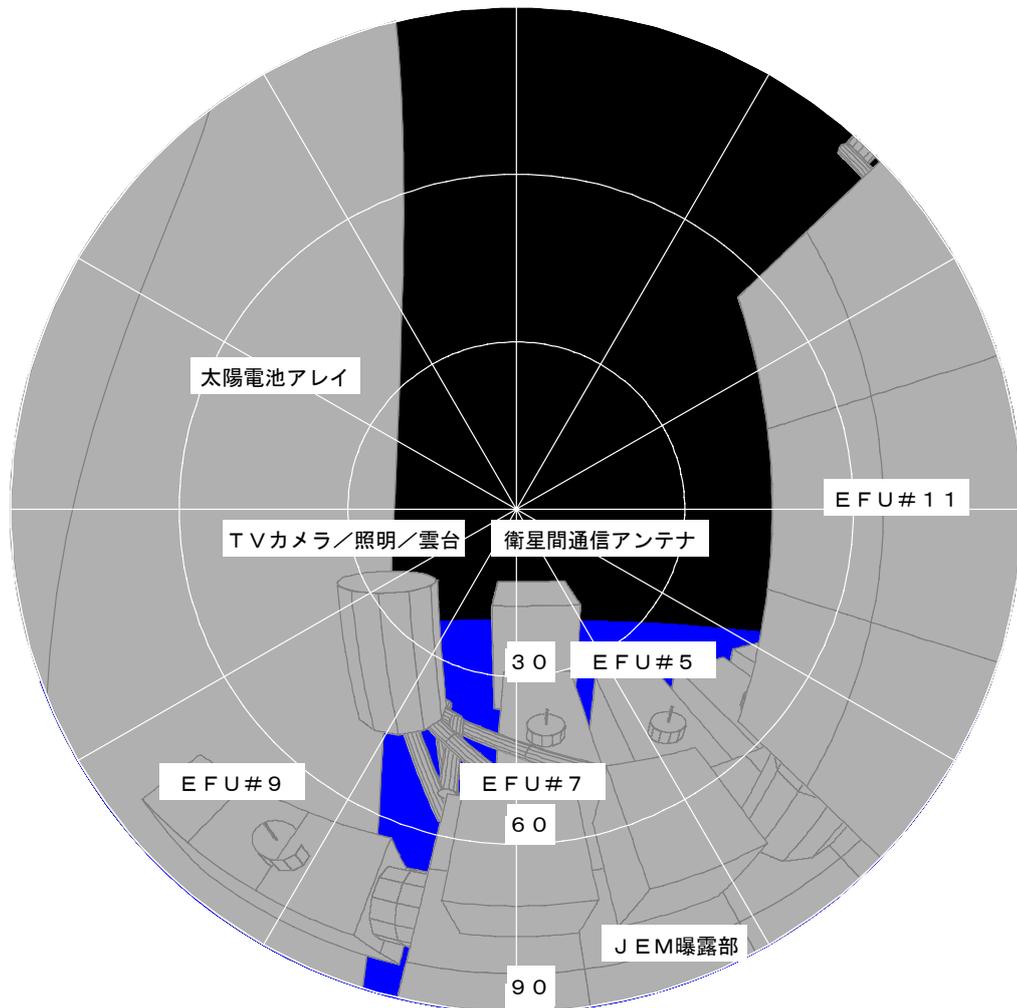


進行方向

視点位置：EFU#12標準実験ペイロードエンベロープ上面中央  
視線方向：天頂方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

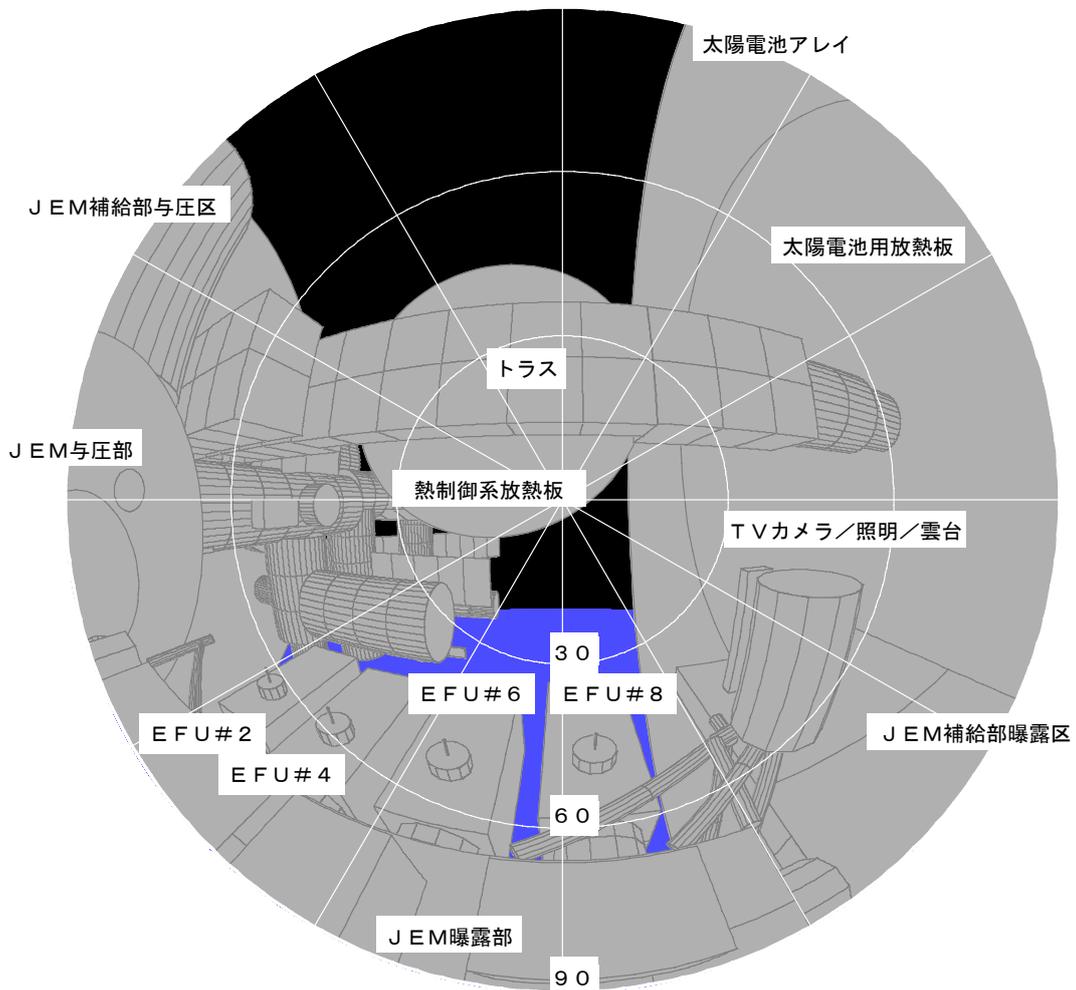
図2.1.4-1(19/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#12標準実験ペイロードエンベロープの最前端となる辺の中央  
視線方向：ラム方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

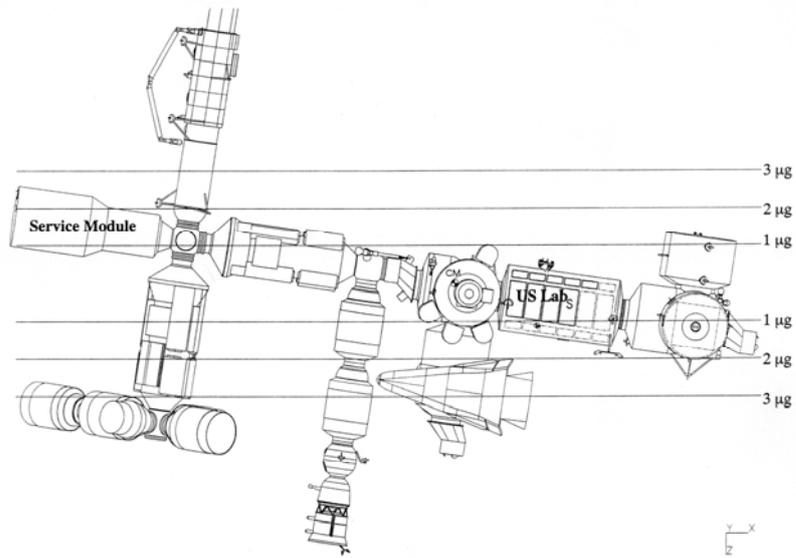
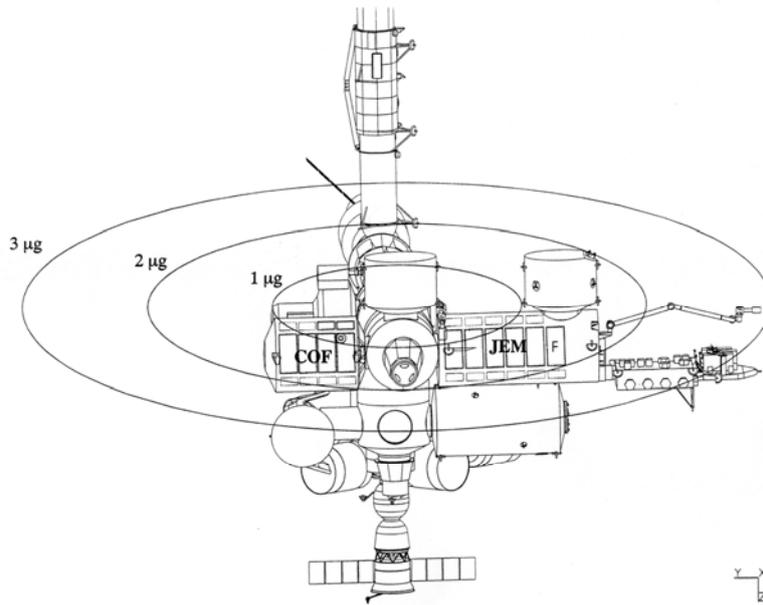
図2.1.4-1(20/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



視点位置：EFU#12標準実験ペイロードエンベロープの最後端となる辺の中央  
視線方向：ウェーク方向

- (注1) 図中のEFU番号については、図2.1-1を参照してください。
- (注2) ISS姿勢はLVLH姿勢、高度はノミナル高度(407km)を仮定しています。
- (注3) 回転要素(太陽電池アレイ、太陽電池用放熱板、熱制御系放熱板)は回転包絡域をモデリングしています。
- (注4) JEMマニピュレータは、待機姿勢をモデリングしています。
- (注5) 衛星間通信アンテナは、駆動領域をモデリングしています。

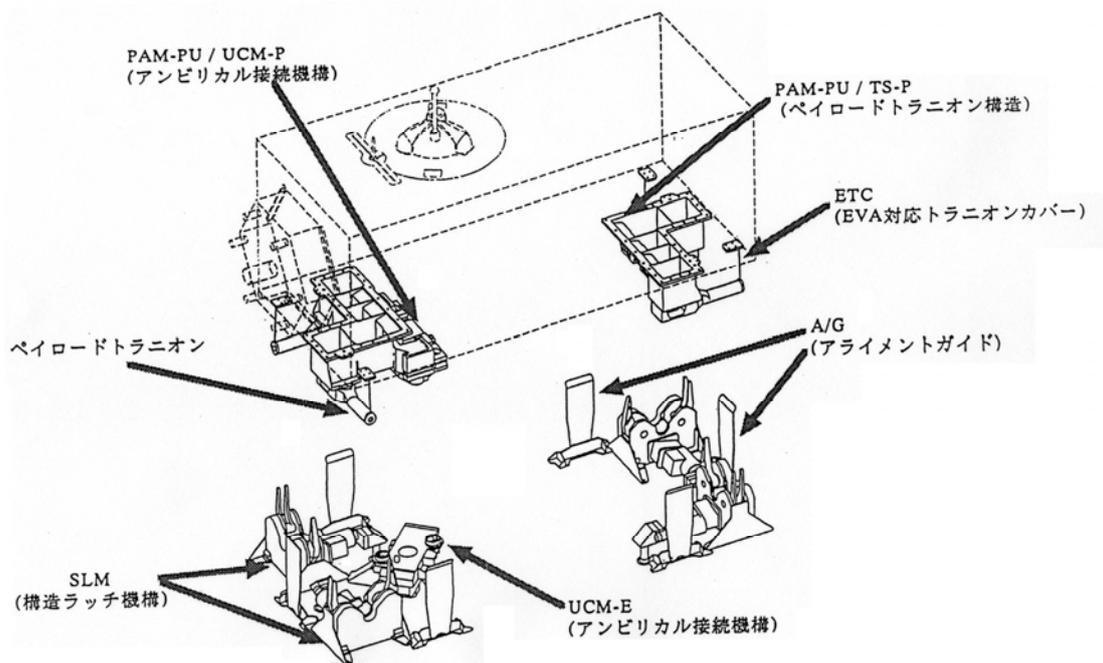
図2.1.4-1(21/21) 曝露実験ペイロードからの開放視野(解析結果例)



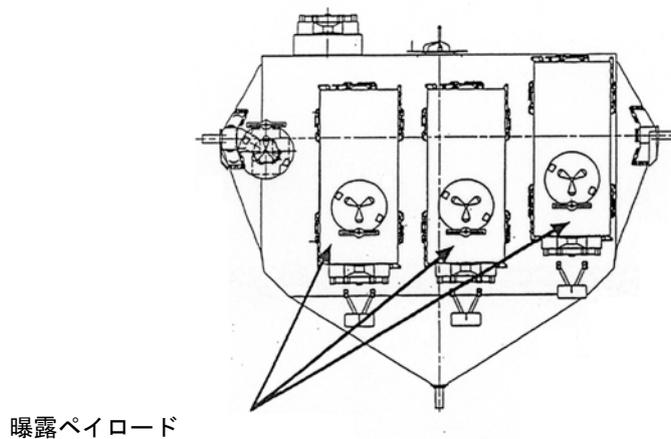
(注) 上図は、ISS組立シーケンス Rev. D に基づき解析した結果です。現状では組立シーケンスやISS質量特性等も異なりますので、上図はあくまでも参考です。

図 2.1.5-1 国際宇宙ステーションの準静的加速度環境 (NASA 解析結果例)

(出典) ISS Microgravity Environment, SSUAS, June 23, 1999



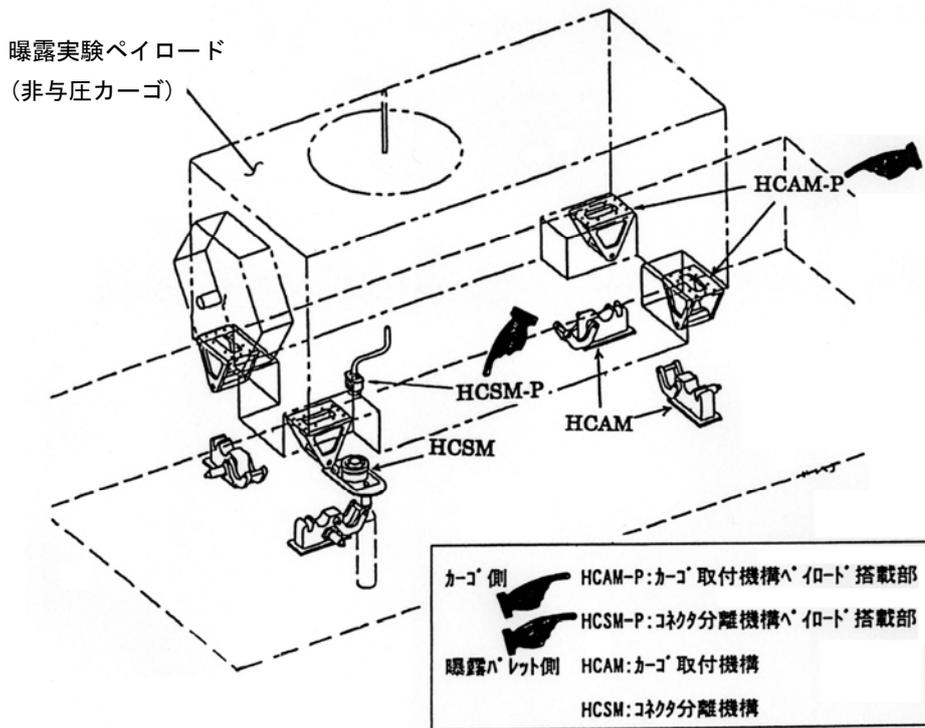
(a) ペイロード取付機構 (PAM) の概観



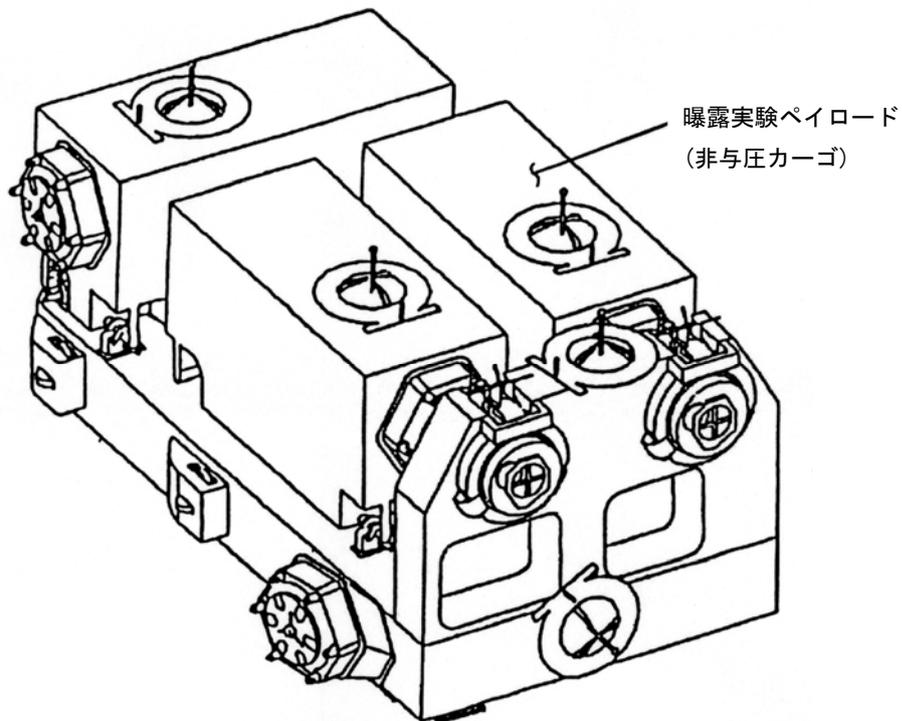
(b) ELM-ESへの曝露実験ペイロード搭載例

図 2.2-1 ELM-ESで打上げる場合の曝露実験ペイロードの典型的な例

(出典) 補給部曝露区/ペイロード標準インタフェース管理仕様書 (JPAH Vol.5), NASDA, 2001.4



(a) 曝露実験ペイロード搭載部の概観



(b) 曝露パレットへの曝露実験ペイロード搭載例

図 2.2-2 HTV 曝露パレットで打ち上げる場合の曝露実験ペイロードの典型的な例

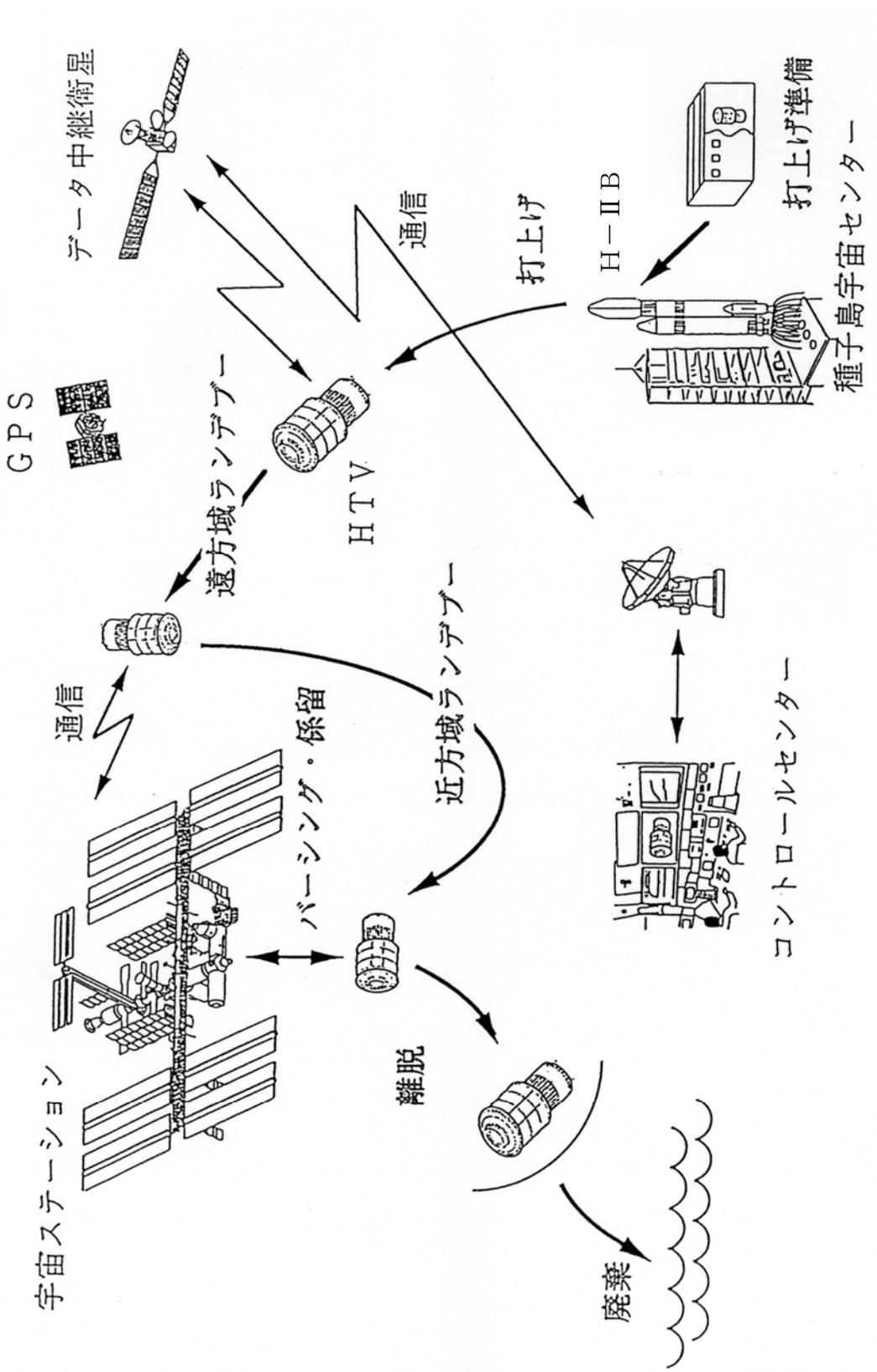


図 2.2-3 宇宙ステーション補給システムの概念

(出典) 宇宙ステーション補給機 (HTV) システム設計検討資料、NASDA、1996. 6

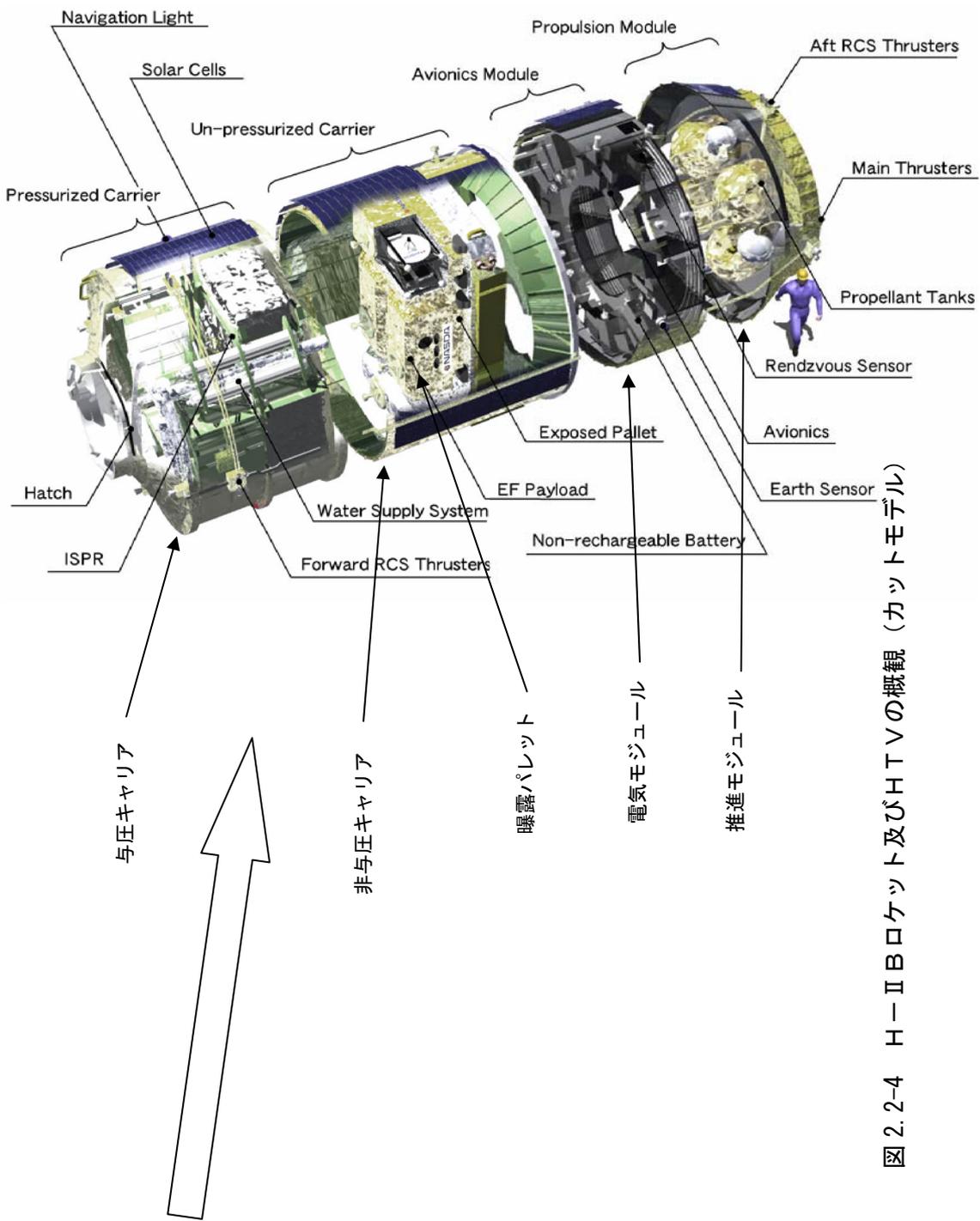


図 2.2-4 H-II ロケット及びHTVの概観 (カットモデル)

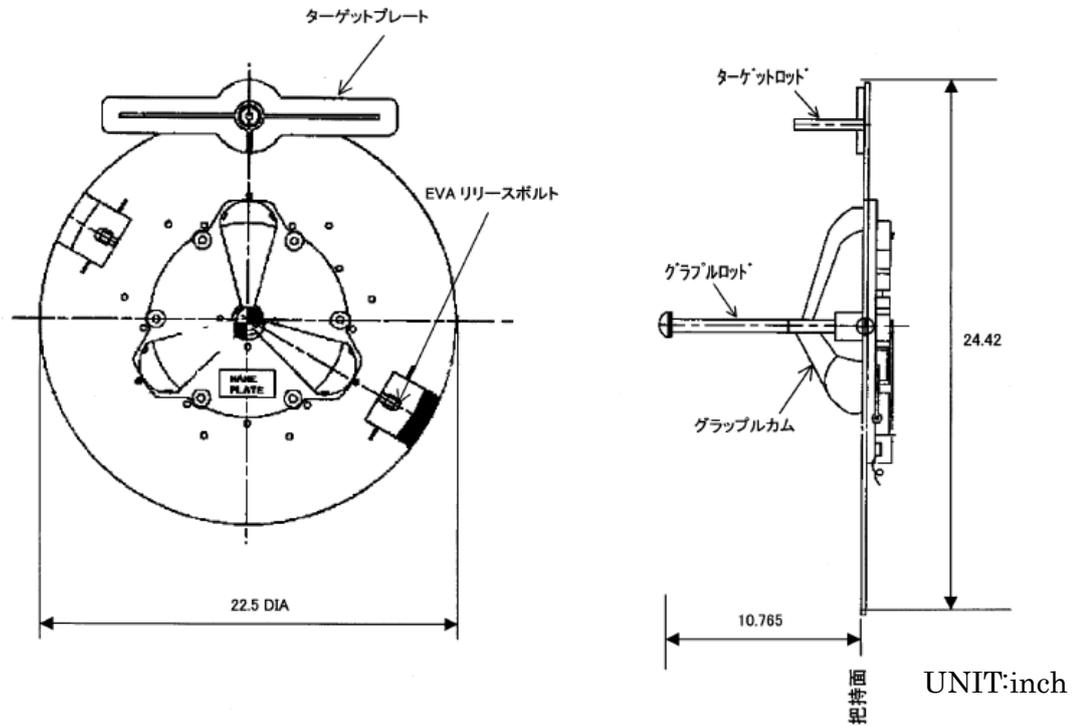


図 2.3.1-1 グラブルフィクスチャの概観

(出典) JEMマニピュレータ/ペイロード標準インターフェース管理仕様書 (NASDA-ESPC-2564), 2000.12

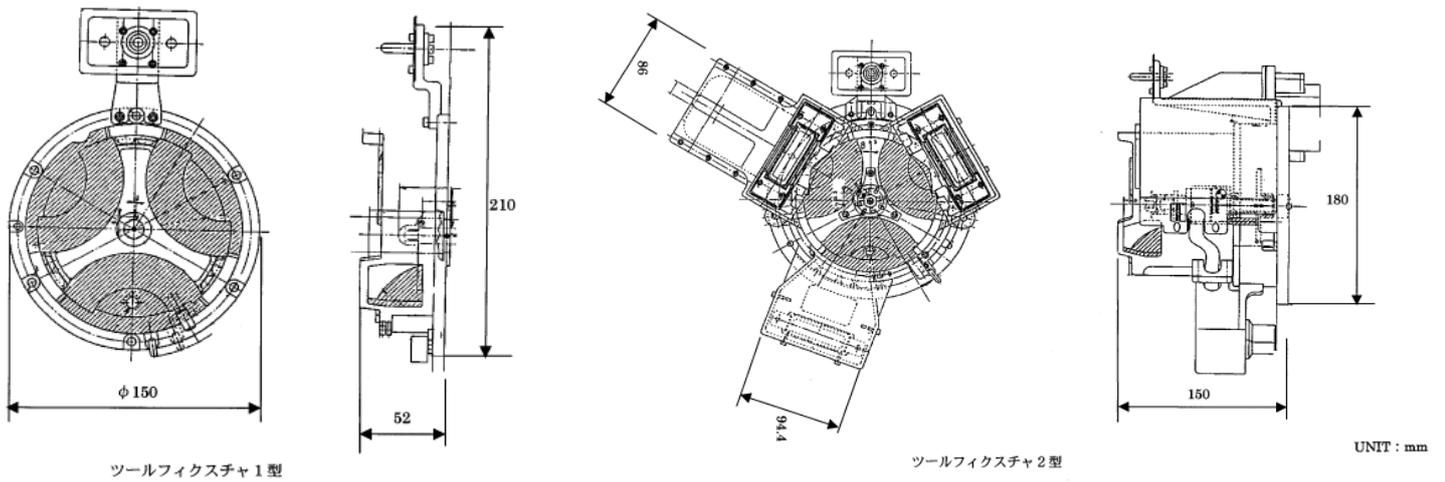


図 2.3.2-1 ツールフィクスチャの概観

(出典) JEMペイロードアコモデーションハンドブック (NASDA-ESPC-2564), 2000.12

### 3 曝露実験運用におけるJEMの実験支援(サービス)について

JEMは、曝露実験ペイロードが曝露部に搭載された状態で実験運用や保全を行う上で、以下のサービスが提供可能です。ただし、提供を受けるサービスの内容によっては、ペイロードの仕様や運用に様々な条件が生じることを考慮しておく必要があります。これについては、NASDA-ESPC-2560「JEMペイロードアコモデーションハンドブック 一本編」に詳しく記述されています。

#### 3.1 JEMRMSの利用

実験運用中の実験試料や機器(軌道上で交換できる単位をORUと言います)の交換、移動、操作等が必要な場合、2.3項で示したJEMRMS(親アーム、子アーム)の利用が可能です。ただし、JEMRMS(親アーム、子アーム)でハンドリングを行う場合には、NASDA-ESPC-2564「JPAH Vol.4 JEMマニピュレータシステム/ペイロード 標準インタフェース管理仕様書」の条件を満たしている必要があります。JEMRMSを使用する場合の代表的な条件を表3.1-1に示します。

#### 3.2 JEM与圧部(JEM-PM)/エアロックの利用

JEM与圧部は、図1.1.1-1に示すノード2の左舷側に結合し、搭乗員が宇宙服などの特殊な服装を必要としない環境で、実験作業が可能な実験施設です。また、エアロック(図3.2-1)は与圧部に設置され、与圧部内の環境を保持したまま与圧部と曝露部間で実験機器、ORU等の移送を行うことが可能です。

##### 3.2.1 エアロック使用上の条件

曝露実験ペイロード用ORU等は、与圧部内に保管されます。したがって、曝露部との間の搬入出は、エアロックを介して行います。このため、ORU等に対してはエアロック使用上の条件(NASDA-ESPC-2566「JPAH Vol.6 JEMエアロック/ペイロード 標準インタフェース管理仕様書」)を考慮する必要があります。JEMエアロックを使用する場合のエンベロープを図3.2.1-1に、代表的な条件を表3.2.1-1に示します。

また、エアロックを介してのORUの与圧部内搬入搬出は、JEMRMSの子アームを使用しますので、上記の条件に加えて子アーム使用上の条件を満たすことが必要になります。

##### 3.2.2 JEM与圧部への搬入に関する条件

曝露実験ペイロード用ORU等をJEM与圧部内に保管するためには、搭乗員や機器に対する安全性等を十分に確保する必要があります。JEM与圧部へ搬入するORU等は、前項の条件を満足する他、その取扱い方に関する与圧部内の安全要求

を満足することが必要とされます。

### 3.3 搭乗員船外作業(EVA)サポート

展開・伸展・着脱機構を有するペイロードで、これらの機構が故障し且つ、JEMの運用またはペイロードの回収の際の安全性を確保する目的であって、JEMRMSでは対処できない場合は、EVAサポートが受けられます。ただし、EVAサポートを受ける必要がある場合には、EVAに対応した設計が新たに制約として追加されます。また、EVAの操作を受ける部分に対して、無重量水槽試験によってそのアクセス方向や移動通路の設定、操作性を事前に確認する必要があります。

### 3.4 搭乗員船内作業(IVA)サポート

利用者は、曝露実験ペイロードの軌道上運用に際して、表3.4-1に示す与圧部内搭乗員のサービスを受けることが可能です。ただし、搭乗員支援を受ける場合、一定の時間、搭乗員を拘束する必要があり、国際間の搭乗員作業時間の配分を踏まえ、個別の調整が必要となります。

### 3.5 JEM通信制御系の利用

JEM通信制御系は、計算機システム、バスシステム、中速データ伝送システム、高速データ伝送システム、ビデオシステム、音声システムから構成されます。本項では、そのうちの曝露実験ペイロードとの通信制御に関連する事項を示します。詳細については、NASDA-ESPC-2567「JPAH Vol.7 JEM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」に記載されています。

#### 3.5.1 通信制御サブシステムの機能

通信制御系は、JEMの各種データの伝送処理を行うとともに、JEMの運用、及びクルー活動に必要な管制、制御を行うサブシステムです。

構成機器として、JEMシステム内のデータ処理・運用管制を行う管制制御装置(JCP)、ペイロードの運用支援・監視を行う実験データ処理装置(PDH)があり、次項に示す各種伝送系を用いてJEM内の通信制御を行います。主な機能としては、コマンド/テレメトリ処理、スケジュール実行(予めスケジュールリングされたコマンドを地上から受領し、一旦蓄積し、実行管理する機能)や監視制御(曝露実験ペイロード等JEM機器の監視・制御及び故障診断等を行い、通信異常が起きた場合、それを検知して、異常箇所の識別を行う機能)があります。

### 3.5.2 伝送系の種類とデータの流れ

#### 3.5.2.1 JEMペイロード・バス#2

ペイロードバスはPDHをバス・コントローラとして5系統のバスから構成されますが、日本の曝露実験ペイロードはペイロードバス#2とインタフェースします。また、USペイロードの場合はSSペイロードバスを利用します。伝送規格はMIL-STD-1553Bであり、プロトコルの詳細は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」に規定されています。主な機能は以下の通りです。

- (1) 地上からJCP, PDH経由、または、ペイロードラップトップターミナル(PLT;3.6項参照)からのコマンド、ファイルを曝露実験ペイロードに伝送します。
- (2) JCPから時刻、姿勢情報等の補助データを受け取り、曝露実験ペイロードに配布します。
- (3) 曝露実験ペイロードのH&Sデータ、実験データを収集し、JCP経由または、高速データ伝送系経由でダウンリンクします。また、クルー表示データとして必要なH&Sデータ、実験データをPLTへ伝送します。

#### 3.5.2.2 中速データ(イーサネット)伝送系

曝露実験ペイロードのイーサネットデータはJEM与圧部内のペイロードイーサネットハブ・ゲートウェイ(PEHG)を経由して、

- (1) 高速系に変換された後、APSに伝送され、TDRS経由でダウンリンクされます。
- (2) ICSへ伝送され、DRTS経由でダウンリンクされます。なお、ICS/DRTS経路のアップリンクも可能です。
- (3) また、PLTを利用した双方向の通信が可能です。

#### 3.5.2.3 高速データ伝送システム

光ファイバを用いた高速データ伝送システムは、JEM与圧部内の高速データ多重切替装置(HRMS)で多重化や、伝送路の切替を行います。

曝露実験ペイロードからの実験データは、

- (1) HRMSのリピータ部を経由して米国提供要素(USOS)内のAutomated Payload Switcher(APS)へ伝送されダウンリンクされます。
- (2) またはHRMSのリピータ部を経由してJEM衛星間通信システム(ICS)に送信されダウンリンクされます。

また、前項で示したPDH経由のペイロードH&Sデータは、APS経由、またはHRMS/I CSを経てダウンリンクされます。

#### 3.5.2.4 ビデオシステム

ビデオシステムはNTSC方式(平衡信号)のビデオ信号を伝送します。

曝露実験ペイロードのビデオ信号は、

- (1) 曝露部のビデオスイッチャ(VSW)で最大で同時に2カ所選択切り換えをして、与圧部のビデオ制御装置(VCU)に送信されます。

そこから、

- (2) USOSに送信されダウンリンクされます。
- (3) またはJEM ICSに送信されダウンリンクされます。
- (4) また、VCUから画像取得処理装置(IPU)へ送信されそこで一時記録することが可能です。
- (5) 記録されたデータは高速系のフォーマットでHRMSに送信されAPSまたはICS経由でダウンリンクされます。

#### 3.5.2.5 音声系

音声系は直接、曝露実験ペイロードとインタフェースしませんがラップトップターミナル等の操作においてクルーに指示を送るために使用されます。

### 3.6 ラップトップターミナルの利用

JEM与圧部内に準備されるラップトップターミナルを用いることにより、与圧部内から搭乗員によるペイロードへの低速系、中速系のコマンド送信、データのモニタリングが可能です。ただし、これらは地上から運用を行うことを基本とし、地上からの運用を補完するために利用することが原則とされています。また、一定の時間、搭乗員を拘束する必要があるため、国際間の搭乗員作業時間の配分を踏まえ、個別の調整が必要となります。

### 3.7 軌道上でのデータ記録

軌道上でのデータの記録については、システム機器としてNASAのCommunication Outage Recorder(COR)、およびJEM ICSの高速データレコーダ(HRDR)があります。インタフェースは、CORは高速データ伝送系、IC

Sは高速系、またはイーサネット系になります。

また、JEM実験支援装置として画像取得処理装置(I P U)があり、動画像(N T S C)の圧縮、記録が可能です。なお、詳細については、JBX-95258「画像取得処理装置／実験装置インタフェース確認書」に記載されています。

### 3.8 補助データの利用

曝露実験ペイロード及び実験運用者には、補助データとして米国の誘導・航法制御システムより軌道決定値・姿勢データ等とリアルタイムの時刻データが必要に応じて提供されます。I S Sで配信可能な補助データは、SSP 50540 “Software Interface Definition Document Broadcast Ancillary Data”に記載されています。

リアルタイムの時刻データは、U S O SからJEMに配信された際に生じる遅れの修正をJEM J C Pで行った後、P D H経由でユーザに配信されます。ただし、ユーザに配信される時刻はP D Hでの処理時間により約300～500msの遅れが生じます。

また、JEM曝露部への衛星間通信装置(I C S)用アンテナの搭載が現在計画されています(1.1.2.2(2)項参照)。これには、慣性基準装置及び地球センサ等が設置され、曝露実験ペイロード及び実験運用者に対して米国より提供される姿勢決定値(1.1.1(2)項参照)より高精度の姿勢情報を配信することが可能です。姿勢情報については宇宙ステーション座標系(L V L H座標系)からI C S-E F座標系へのオイラー角などのデータが配信されます。また、その精度は3軸について0.3deg以下となっています。ただし太陽センサを使用しないときはヨー軸のみ0.4deg以下へと変わります。

これらのデータは、ペイロードバス(MIL-STD-1553B)を介して各実験ペイロード及び地上に配信されます。時刻誤差が問題となる場合には、実験装置側で時計・G P S受信機を設け時刻を貼り付ける必要があります。

なお、詳細については、NASDA-ESPC-2567「J P A H Vol.7 JEM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」に記載されています。

### 3.9 JEM共通テレビカメラの利用

JEMには外部テレビカメラ／照明／雲台が取り付けられており、JEM与圧部、曝露部及びJEMマニピュレータに配置されます。利用者は、これらのテレビカメラを用いて、伸展・展開や収納状況など、曝露実験ペイロードの外観を観察することが可能です。JEMのTVカメラ取付位置と概観を図3.9-1に、子アームのTVカメラ取付位置を図3.9-2に示します。

ただし、曝露部が曝露部保存モード(表2.1.3.1-1参照)のときには、JEM共通テレビカメラの利用を保証していません。

### 3.10 地上からの実験支援

利用者は、宇宙航空研究開発機構が提供する地上施設・設備を利用し、軌道上実験の監視や制御、実験データの解析などを行うことができます。詳細については、4章に記述しています。

表 3.1-1 JEMRMS 使用上の主要な条件

項目		JEMRMS 親アーム*1	JEMRMS 子アーム
機械的インターフェース	重量	500kg 以下	80kg 以下
	被把持構造	図 2.3.1-1 参照	図 2.3.2-1 参照
	慣性能率	1500kgm <sup>2</sup> 以下	8kgm <sup>2</sup> 以下
	ペイロード寸法	約 0.8×1.0×1.8m	最大 Φ0.8m×0.6m
	CG オフセット	ペイロードエンベ ロープ内	0.3 m 以内
電気系インターフェース*2		470W 以下	470W 以下

\*1：標準ペイロードに対する条件です。大型のペイロードについては個別に調整が必要になります。

\*2：電気インターフェースのある把持機構の装備が必要です。

表 3.2.1-1 エアロック使用上の主要な条件

項目	条件	
機械的インターフェース	重量	300kg 以下
	ペイロード寸法	図 3.2.1-1 以内
電気系インターフェース	電力供給は行われません。	
汚染検知	有毒ガスが発生する可能性のあるペイロードは、ガスが外部に漏出しない容器を用いるか、汚染検知方法を準備する必要があります。	
環境条件	運搬	運搬速度：最大 10cm/sec 運搬加速度：最大 2.5cm/sec <sup>2</sup>
	環境条件	エアロック内 内部圧力：0～15.2psi 圧力変化率：0.1psi/sec 以下
	開放時間	1 時間以内

表 3.4-1 軌道上での実験支援サービス

項目	実験支援サービス
搭乗員による 実験支援サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実験データのモニタ、実験コマンドの送信</li> <li>・ 画像データのモニタ</li> <li>・ 窓を介した直接視野による視認、監視等</li> <li>・ JEMマニピュレータを用いた実験支援(ORUの交換等)</li> </ul>
間接視野の提供	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ カメラによる間接視野の提供</li> </ul>

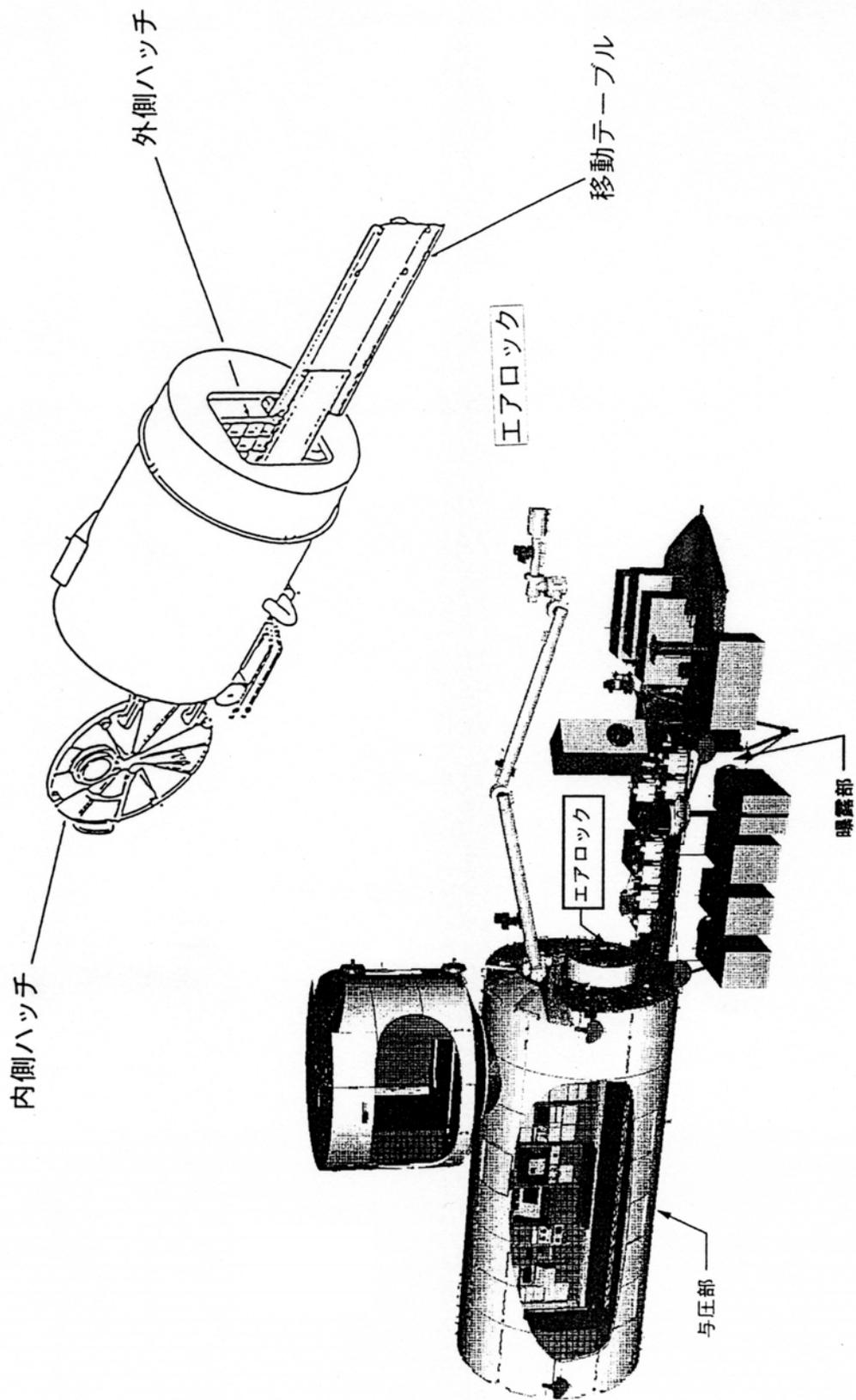


図 3.2-1 エアロックの概観

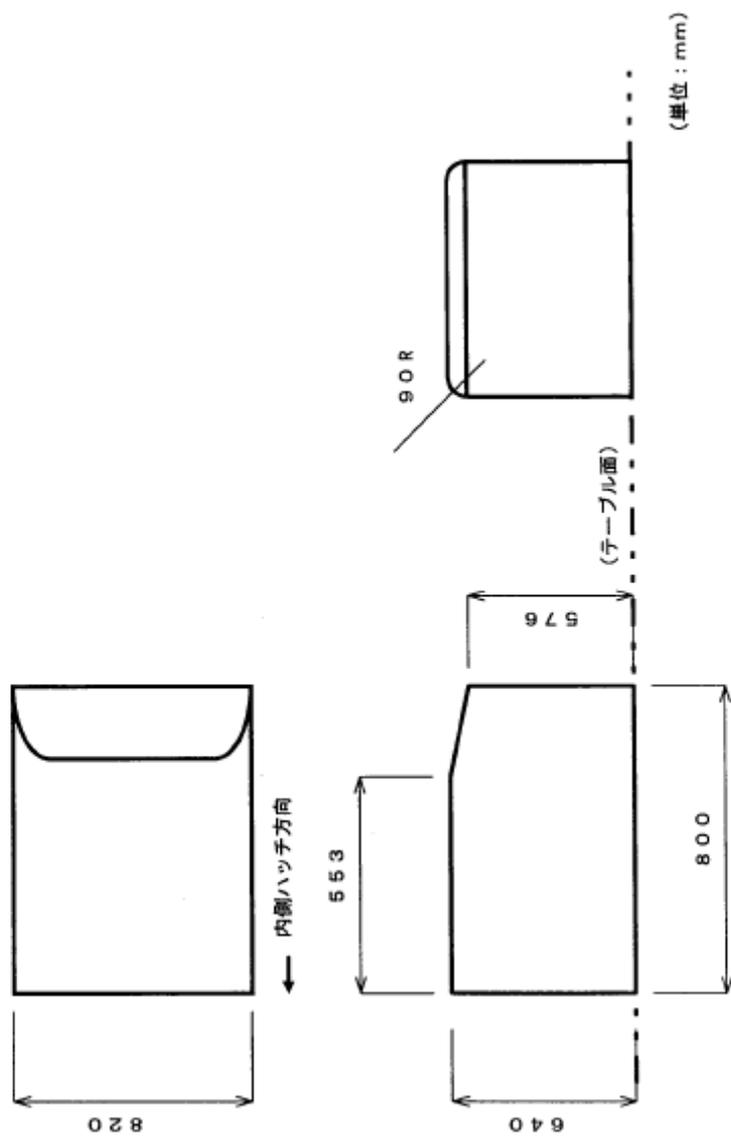


図 3.2.1-1 エアロック通過可能エンベロープ (移動テーブルの把持機構を使用)

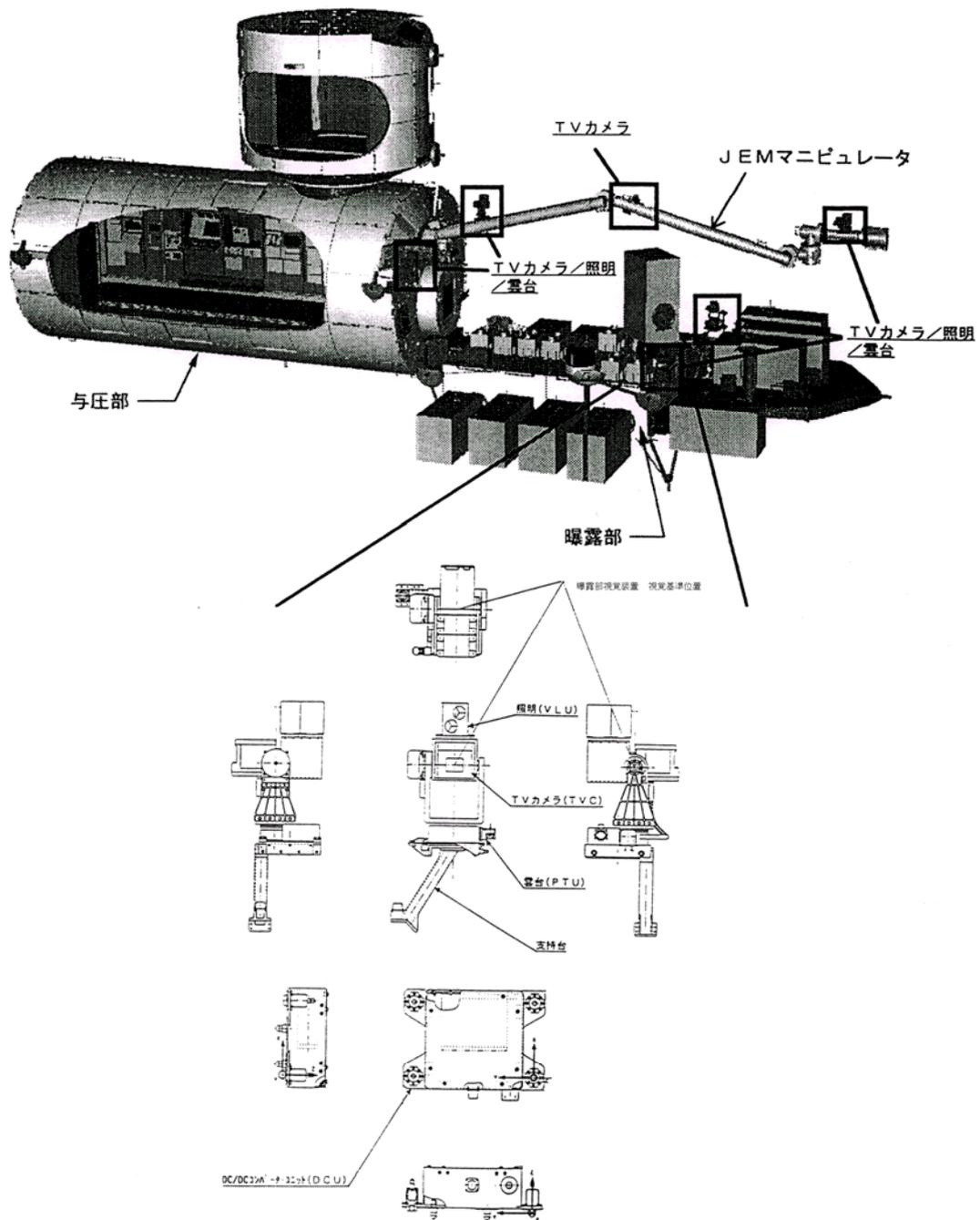


図 3.9-1 JEMのTVカメラ取付位置と概観

(出典) 下図：JEM曝露部システム開発仕様書 D改訂(NASDA-ESPC-1559D)，NASDA，1997.10

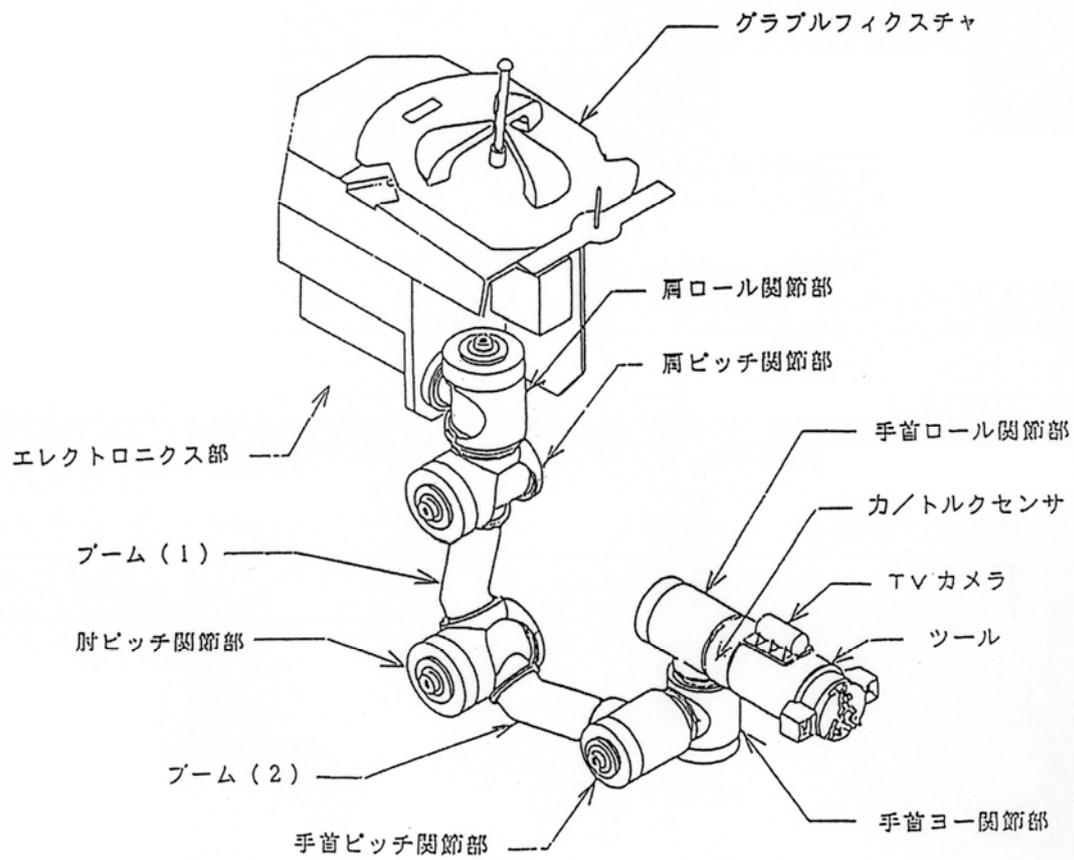


図 3.9-2 子アームのTVカメラ取付位置

(出典) JEMマニピュレータ/ペイロード標準インタフェース管理仕様書 (NASDA-ESPC-2564), 2000.6

## 4 JEM曝露部上実験ペイロードの運用について

### 4.1 地上の施設・設備

#### 4.1.1 地上施設・設備の概要

国際宇宙ステーション全体の運用は、米国内に設置される宇宙ステーション管制センター(SSCC)およびペイロード運用統合センター(POIC)を中心に実施されますが、JEMの運用は、宇宙航空研究開発機構が筑波宇宙センターに設置する宇宙ステーション総合計画センター(SSIPC)が主体となって実施する計画です。主要な地上施設の概要を図4.1.1-1に示します。

JEMシステム及びJEMに搭載するペイロードの運用を支援するため、軌道上のJEMシステムの監視制御、日本のペイロードの運用、計画の実施、射場作業の支援などを行う機能をもつJEM運用システム(図4.1.1-2)の整備が進められています。この内、JEMシステムと日本のペイロードのためのテレメトリ/コマンド運用などが可能なJEM運用管制システム(OCS)(図4.1.1-3)の整備も進められ、宇宙ステーション運用棟内を拠点として運用が実施されます。

利用者は、宇宙ステーション運用棟内のユーザ運用エリア(UOA)を拠点として軌道上の曝露実験ペイロードの運用を行うことができます。この他、利用者の研究施設(外部利用者施設)でも実験データの取得などを可能とする方向で調整を進めています。

#### 4.1.2 ユーザ運用エリア内設備の概要

軌道上の曝露実験ペイロードの運用を行うため、利用者は以下に示すユーザ運用エリア内の設備やその設備が提供するインタフェースを活用することができます。詳しくは、JAX-97006「運用管制システム/実験運用システムインタフェース管理仕様書」に記述されています。

##### (1) UOA内設備

UOA内には、図4.1.2-1に示すように利用者端末である実験運用支援クライアント(OCS-CL)や音声端末、ビデオモニタ端末、時刻表示盤などを用意し、利用者に提供が可能です。

実験運用支援クライアント(OCS-CL)は、ダウンリンクされた実験データ、補助データ(3.8項参照)等の取得、表示、コマンドの入力/送出等の実施が可能な端末です。OCS-CLには、宇宙航空研究開発機構が別途整備する予定の利用者組み込みソフトウェア(U-BIS; User Built-In Software)がインストールされ、実験データの数値/グラフ表示・出力、ISSの位置・姿勢情報の表示、コマンド設定等のサービスを利用

者に提供が可能です。。

## (2) UOA内設備とのインタフェース

OCS-CLにはインタフェースポートが用意され、利用者自身が持ち込むコンピュータ等とインタフェースをとり、利用者のコンピュータ上のプログラムで実験データの処理ができるよう技術的な検討を進めています。また、実験データを外部利用者施設に配布できるよう調整が進められています。

## 4.2 運用計画

日本、米国、欧州が提供するISS構成要素には、与圧モジュール内で計40ヶ所程度、曝露環境で計20ヶ所程度の搭載位置に実験装置を搭載することができます。ISSの限られた利用リソースの範囲内で、国内外の多くの利用者がそれぞれ実験装置を運用しますので、国内及び国際間の調整を通して各実験装置の運用計画を取り決める必要があります。

運用計画の取り決めにあたっては、大別して長期レベル、詳細レベル、実行レベルの3つのレベルでの調整が行われ、年単位から分単位まで運用計画を順次詳細化していきます。ISSの運用・利用計画に関する詳細化の流れを図4.2-1に示します。

長期レベルでは、各実験装置の開発計画等に基づき、各極に予め配分される利用リソース(1.1.2.3項参照)の範囲内に収まるように5年分の国内利用計画が作成されます。ここでは、年毎の打上げ/回収する実験装置名や各極が使用する利用リソースの年間総量等が規定されます。各極の国内利用計画及びISSシステムの運用計画に基づき国際間の調整が行われ、ISS全体の運用・利用計画をまとめた「宇宙ステーション統合運用利用計画(COUP)」が打上げの5年程前から発行されます。

詳細レベルでは、各実験装置のミッション目的や打上げ/回収時期、重量、容積、利用リソース等に関する要求に基づき国内外の調整を経て、フライト単位でISS全体の詳細な運用・利用計画をまとめたインクリメント運用要求書(IDRD)が打上げの2年程前から発行されます。インクリメントとは、ISS組立段階では搭乗員の交代から次の搭乗員の交代までの期間を指し、組立完了以降では別途定義されます。

実行レベルでは、インクリメント全体を対象とした日単位の「軌道上運用サマリ(OOS)」、1週間分を対象とした実施時間レベルの「実時間運用計画(STP)」、3日分を対象とした「軌道上実行計画(OSTP)」が打上げの2年程前から順次設定されます。

なお、詳細については、SSP-50200”Station Program Implementation Plan”に記述されています。

### 4.3 軌道上運用

各曝露実験ペイロードは、4.2項のプロセスを経て決定される運用計画に従って、4.1項の地上施設・設備を利用して、または搭乗員による実験支援を受けて軌道上運用を行うことができます。

地上とISS/JEM間のデータは、1.1.2.2項(2)に示したように、米国のTDRSを経由する通信と、日本のDRTSを経由する通信との2系統(図1.1.2.2-1参照)が用意されます。ただし、TDRS/DRTSはISS/JEM専用ではないため、他の人工衛星がTDRS/DRTSを使用している間は、JEMはこれを利用できません。また、TDRS/DRTSとISS/JEMの通信アンテナとの位置関係により、ISS構造自身や地球に遮蔽されて地上との通信が途絶える時間帯(不可視時間帯)があります。このため、リアルタイムでのコマンド等のアップリンクや実験データ等のダウンリンクは、通信リンクが確保できる時間帯に限られます。また、この時間帯には、複数のペイロードに対するコマンドアップリンク要求が重なる可能性がありますので、4.2項に示した運用計画の設定の段階でコマンド送信のスケジュールに関する調整が行われます。

また、地上と軌道上との間のデータの送受信には時間的な遅延が起こります。この遅延時間は無線電波の伝搬時間というよりも、データ、特にアップリンクを行うコマンドの内容がISS/JEMにとってハザードスでないか、計画通りであるかの判定処理等を行うために生じるものです。

ここでは、軌道上の曝露実験ペイロードの運用イメージを記述します。曝露実験ペイロードとOCSとのインタフェースについては、NASDA-ESPC-2328「JEM運用管制システム/実験装置 標準インタフェース管理仕様書」に詳しく記述されています。

#### 4.3.1 地上からの運用

##### (1) ペイロードの監視

ペイロードの監視と状況把握のためのデータは、TDRSまたはDRTSを介して送付されてきます。JEM内では、伝送データの種別及び量に応じて設けられた5つの伝送系を流れるデータ(3.5.2項参照)は、米国提供要素(USOS)のSバンドアンテナ/Kuバンドアンテナ、または曝露部のICSのKaバンドアンテナから、それぞれTDRS、DRTSに向け送信されます。

利用者は、UOAの利用者端末から実験監視・状況把握ができます。なお、JEM内の中速データ(イーサネット)伝送系を流れるデータについては、対応する地上設備の整備が進められています。

#### a. テレメトリデータの監視

テレメトリデータとは、ペイロードのON/OFF等の作動状態、実験に係る数値データ等を言います。この他、送り元となるペイロードと各種識別ID等のヘッダ情報、必要に応じて、PDHを介して配信されペイロード自身で貼り付ける時刻情報も地上へダウンリンクされます。なお、配信される時刻はGPS時刻とされています。

#### b. ビデオ・画像データの監視

アナログのビデオ画像(NTSC規格)はデジタルデータに変換され、地上に送信されます。

#### c. 音声データの監視・交信

実験運用に携わる搭乗員と地上の運用管制要員間、並びに地上の運用管制要員同士の音声交信をモニタすることにより、軌道上での実験運用状況を把握することができます。また、必要に応じ、利用者が地上の運用管制要員と会話をすることも可能です。

### (2) ペイロードの制御

#### a. 自動実行運用

自動実行運用は、軌道上で自動的・自律的に行われる操作・制御です。それぞれの実験毎に、運用計画に基づき制御タイミング等を含めて事前に設定されたコマンド群がJCP(3.5.1項参照)内にJAXA運用データファイル(JAXA ODF)として格納されます。実験開始後の時間経過等に基づいて、各コマンドが順次自動的に当該ペイロードに対し送信されて、実行されていきます。ペイロードで行う実験毎にコマンドとその送信順序を設定した一連のコマンド群をJAXA ODFとして、予め計画段階で用意しておく必要があります。

このように、実験に必要な一連のコマンド群を、予めまとめて軌道上に格納しておく方法は、コマンド一つ一つを地上から送信する手間を省くことができる長所を有する反面、利用者の実験状況の判断に応じたコマンド送信を行うことができない短所を有します。

#### b. リアルタイム運用

リアルタイム運用は、実時間で地上から軌道上ペイロードの制御を行うことです。JAXA ODFがJCP内に格納されていなくても、ペイロードに対して地上からコマンドを送信することができます。実験に必要なコマンドを一つ一つ送信する必要がありますが、コマンドとその送信条件等を予め計画しておき、利用者が実験状況を監視しながら、必要なコマンドを適切なタイミングで送信することも可能です。

利用者は、UOAの利用者端末からペイロードを監視し、コマンドのアップリンク要求を出すことで、実験操作・制御が可能となります。これらのコマンドは、TDRSのSバンドリンク、DRTSのKaバンドリンクを介して送付されます。送付されたコマンドは、JCP及びPDH(3.5.1項参照)を経由しペイロードに送付されます。なお、前述のとおり、地上からペイロードにコマンドが送信され、その実行結果がUOA内の利用者端末に表示されるまでには時間(タイムラグ)を要します。

#### c. ファイルアップリンク

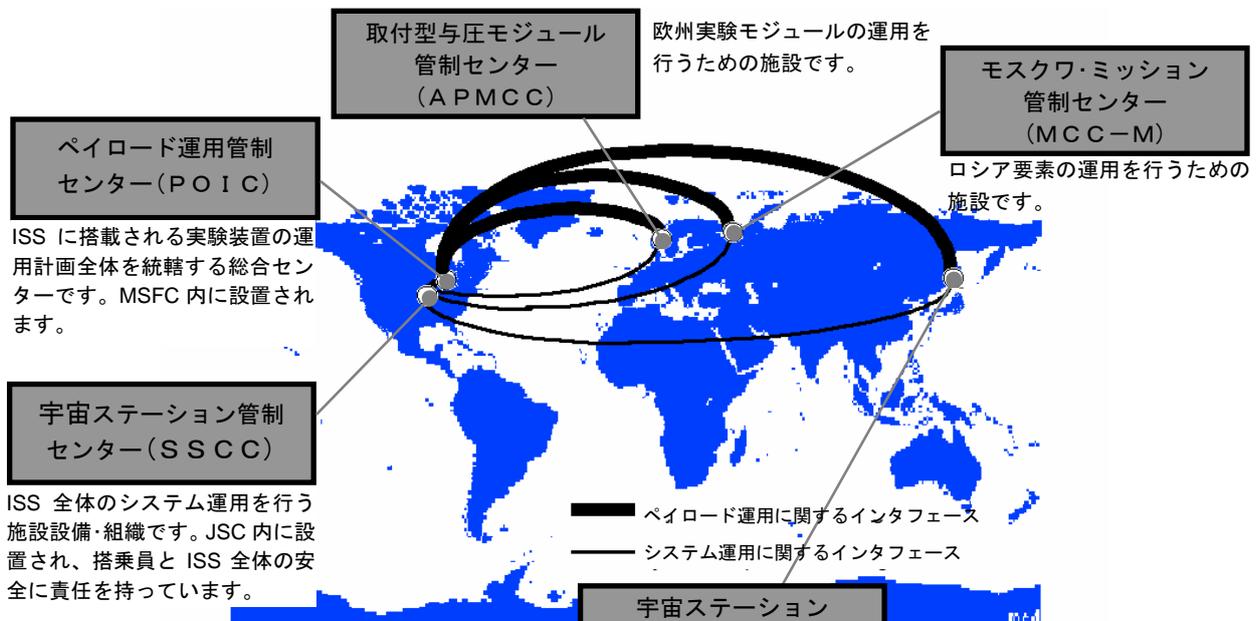
JAXA ODFとして格納されているコマンド内容を変更する場合、及びペイロードの制御ソフトウェア等を変更する場合には、変更するファイルを地上からアップリンクすることができます。

### 4.3.2 搭乗員による実験支援

1.1.2.2項(4)に示したように、搭乗員の作業時間は原則として1日8時間、週休2日とされています。したがって、EVAサポート(3.3項参照)、3.8項に示したPLT利用などのIVAサポート(3.4項参照)を受け、かつ、搭乗員による実験支援状況をリアルタイムで把握する必要がある場合には、搭乗員の作業時間帯に応じた地上での運用作業が必要になります。

### 4.4 軌道上実験期間

軌道上の実験期間は、ISS-地上間の輸送時における曝露実験ペイロードの重量・容積、打上げ機会、回収/廃棄の機会などにより左右されます。曝露部への個々の曝露実験ペイロードの搭載期間は、4.2項に示す運用計画にて定義されます。



<p><b>宇宙ステーション試験棟</b></p>  <p>JEM 構成要素を組み合わせた全体システム試験や機能試験、ペイロードの適合性試験、軌道上運用技術支援などを行います。</p>	<p><b>宇宙ステーション運用棟</b></p>  <p>SSCC や POIC と協力し、JEM の運用管制を行う他、JEM システムや JEM で行われる実験の運用、運用計画の立案、運用性・搭載性の解析などを行います。</p>
<p><b>宇宙実験棟</b></p>  <p>宇宙実験に必要な技術開発、実験計画に係る利用者への支援、宇宙実験の準備、実験解析の支援などを行います。</p>	<p><b>運用管制室</b></p>  <p>運用管制室は、JEM のリアルタイム運用が 24 時間体制で行われる、JEM 運用の中核となる部屋です。JEM システムや日本の実験装置の状態監視、コマンドの送信及び実時間運用計画の進行管理などが行われます。</p>
<p><b>宇宙飛行士養成棟</b></p>  <p>ISS 搭乗員の選抜、養成訓練、健康管理の実施及びこれら選抜・養成訓練・健康管理に係る技術開発を行います。</p>	<p><b>ユーザ運用エリア (UOA)</b></p> <p>JEM で行われるそれぞれの実験状況や実験データ等がここに配信され、利用者は実験データの監視・制御・解析を行うとともに、軌道上の実験を地上から支援または実施します。</p>
<p><b>無重量環境試験棟</b></p>  <p>宇宙の微小重力環境を模擬することのできる水槽を利用し、JEM の設計確認試験や JEM の保全・搭載機器交換のための手順書の作成、搭乗員の基礎訓練などを行います。</p>	<p><b>運用計画室</b></p> <p>JEM に配分される電力、搭乗員作業時間、データ伝送容量などを踏まえ、JEM の軌道上及び地上運用計画がここで立案されます。</p> <p><b>運用リハーサル室</b></p> <p>運用管制室とほぼ同等の機能を有し、管制要員の訓練、統合リハーサル及び NASA との共同統合訓練が実施されます。</p>

図 4.1.1-1 主要な地上施設の概要

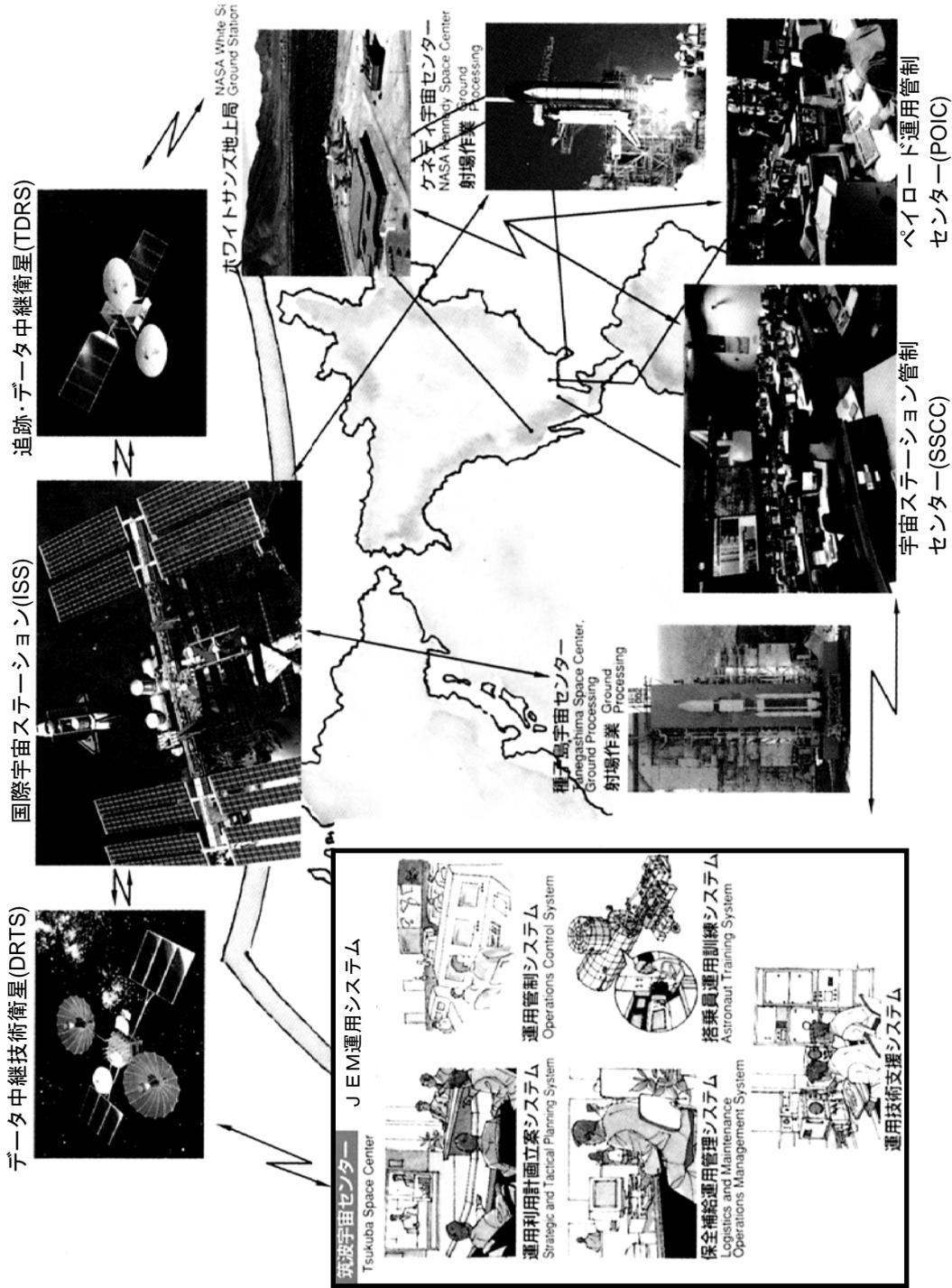


図 4.1.1-2 JEM運用システムの概念

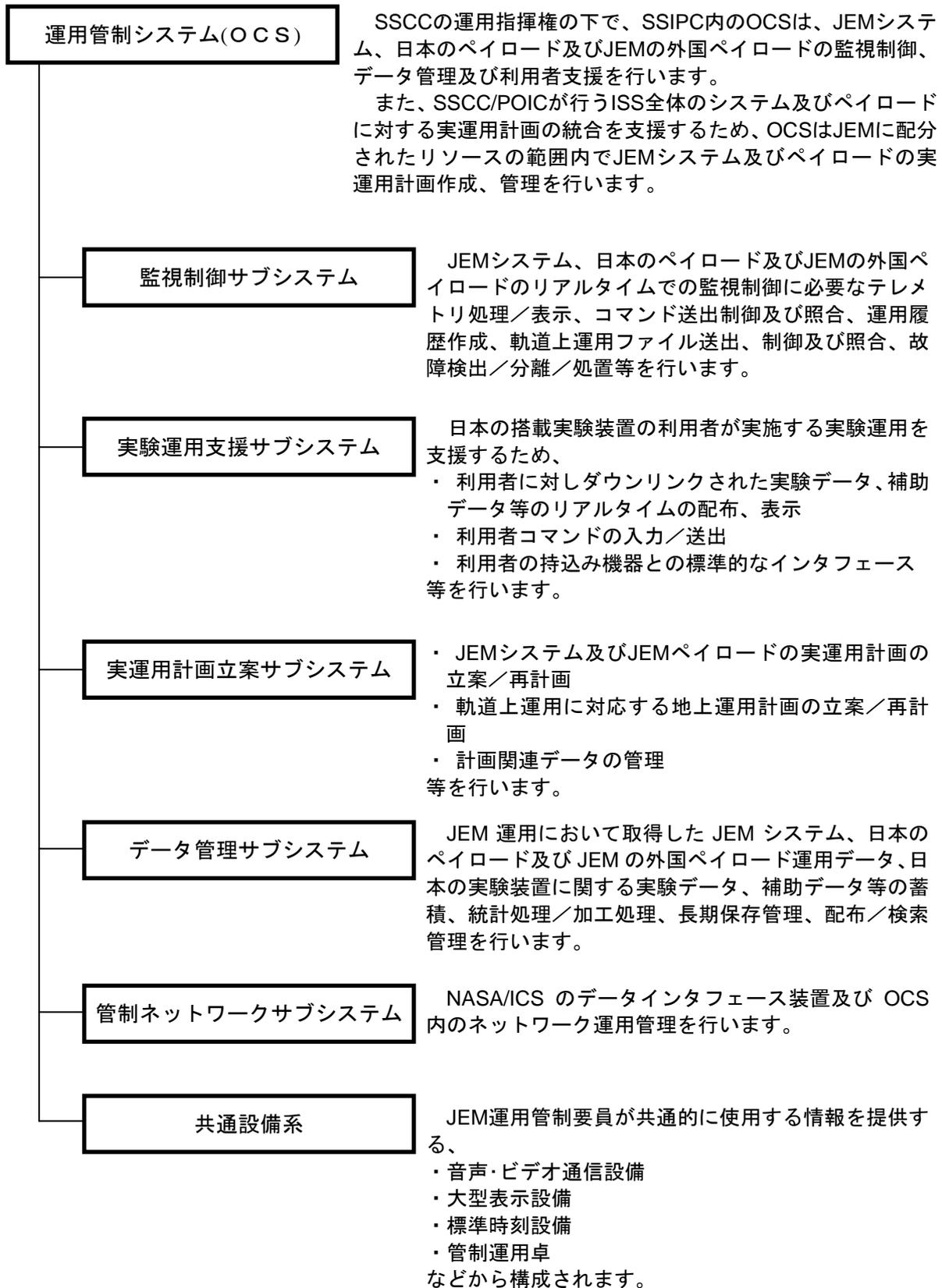


図 4.1.1-3 JEM運用管制システム(OCS)の機能概要

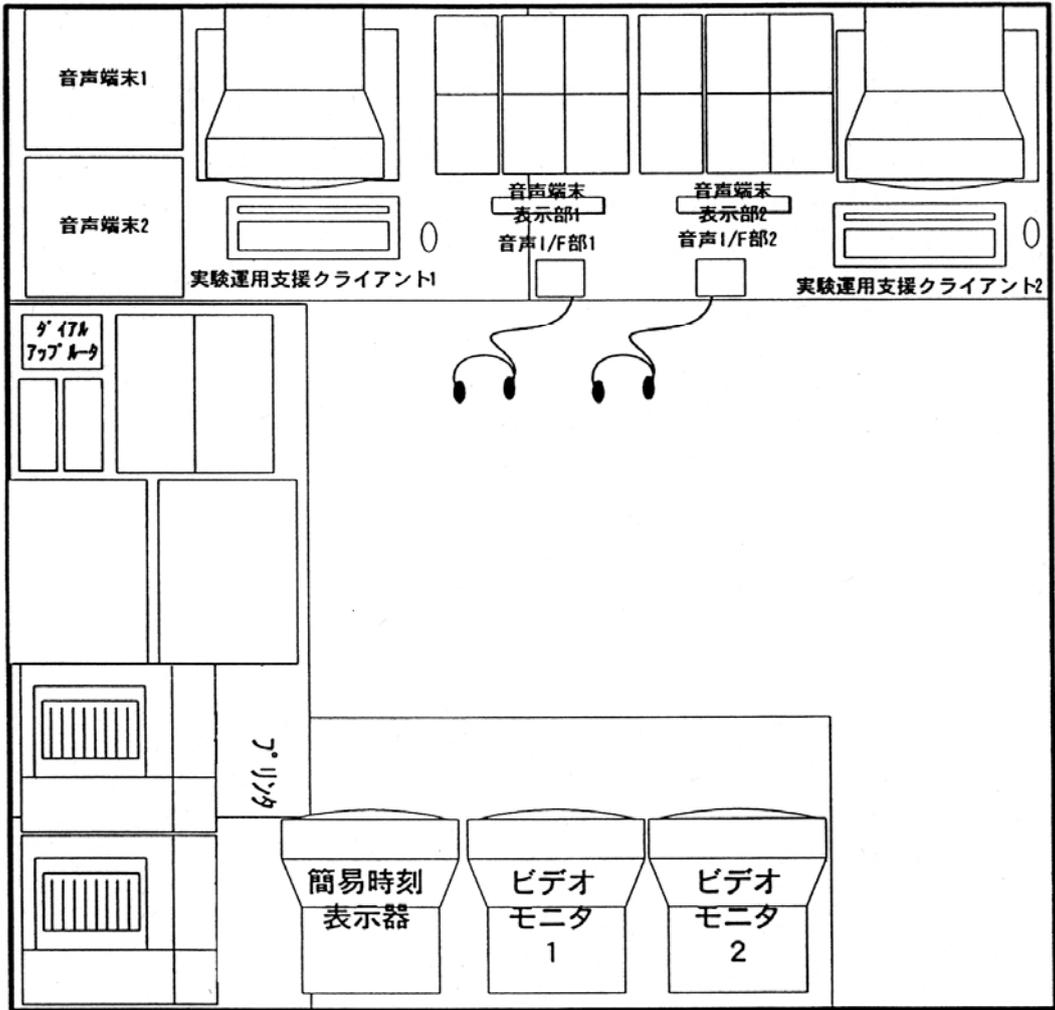


図 4.1.2-1 ユーザ運用エリア内の設備(一例)

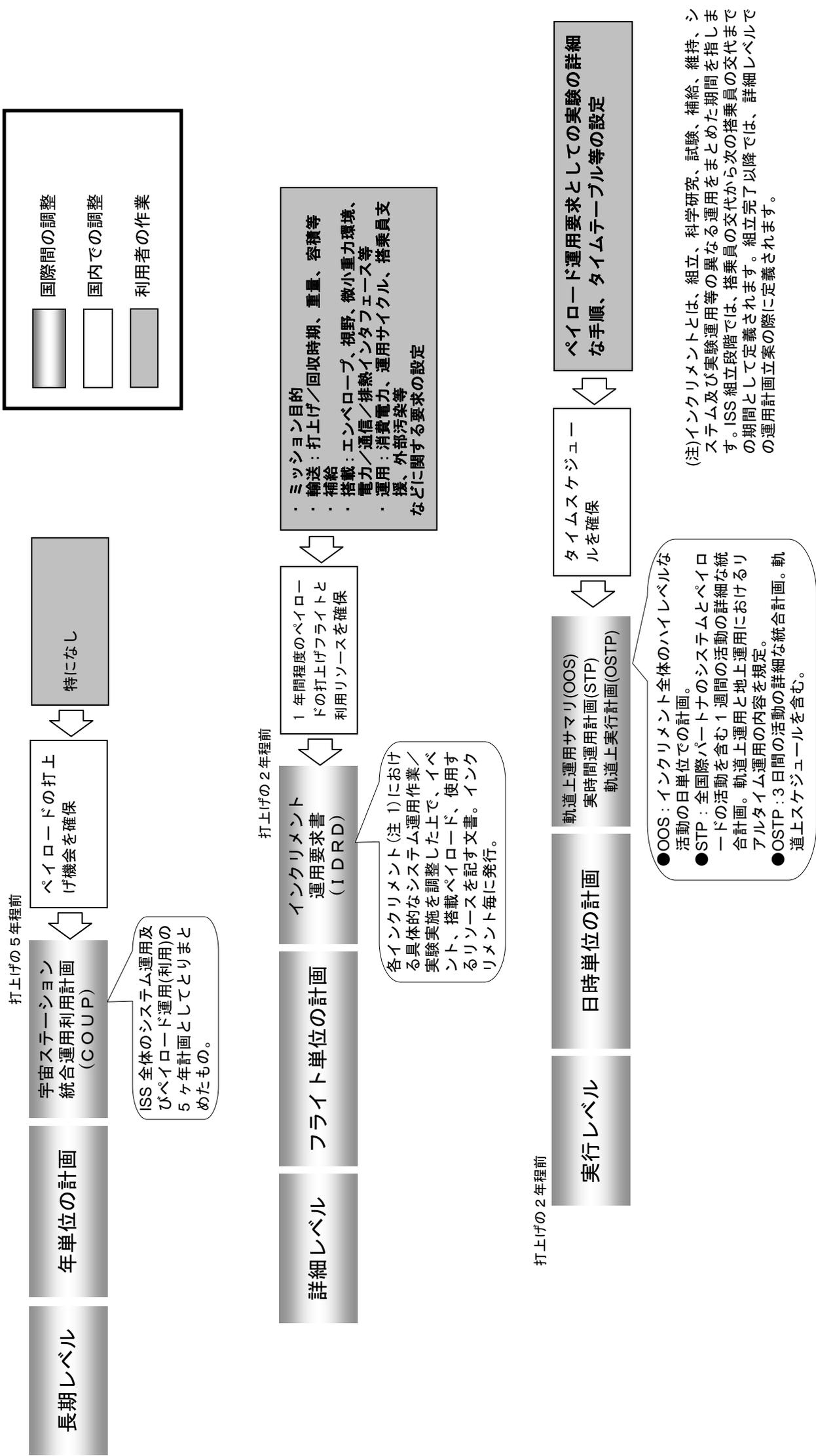


図 4.2-1 ISSの運用・利用計画に関する詳細化の流れ

## 5 安全要求及び安全審査について

実験装置開発者は、実験装置及び実験の安全（クルー、宇宙ステーション、JEM、シャトル等に危害を及ぼさない）を確保する責任を有します。

ここで、安全とは、ハザード（危険な状態：事故をもたらす要因が潜在または顕在する状態）が存在しないか、または存在しても制御されていることをいいます。ハザード原因の識別に当たっては、ペイロード単独の故障のみならず、JEMシステムの故障により生じる影響も考慮に入れる必要があります。

したがって、安全を評価するために安全性解析を実施し、打上げ時（シャトルまたはH-II B）及び軌道上での安全について、曝露実験ペイロード及び関連する地上支援設備を対象としたJAXA及びNASAの安全審査を受け、合格する必要があります。

スペースシャトルに搭載する場合には NSTS-1700.7 “Safety Policy and Requirements”、HTVに搭載する場合には JSX-2000046 “HTV Cargo Safety Requirements”(DRAFT)、ISS/JEM利用においては NSTS 1700.7 Addendum “Safety Policy and Requirements for payload using the ISS”等の要求に従った設計を行う必要があります。また、打上げ時の射場作業についてもそれぞれの射場で適用される安全要求があります。ここでは、例としてISS/JEMを利用する上での安全要求及び安全審査の主要事項について記載します。

### 5.1 安全に関わる設計要求

安全要求に対してはハザードを識別し、存在する場合にはその原因に対して適切な制御とその検証方法を示す必要があります。機能の喪失または意図しない動作がハザードとなるような場合には、「故障許容設計」（致命度により故障許容数が異なる）により制御を行う必要があります。この他、構造、圧力容器、圧力配管及び継ぎ手、機能的火工装置、クリティカルな部位に適用するメカニズム、材料の適合性／可燃性等に関連するハザードは、「リスク最小化設計」（特定の要求に適合する設計とすること）により制御を行う必要があります。一般的には以下のようなハザードを考慮します。この他にミッション特有なハザードが識別される場合にも適切な制御、検証方法を示す必要があります。

#### (1) 構造の損傷について

曝露実験ペイロードの構造的損傷によってシャトルやステーションに被害が及ぶことを防止します。構造について、打ち上げ、緊急着陸、軌道上荷重（EVAクルー荷重も含む）に対して、規定された安全係数を用いて設計したり、適切な部品、材料を用いたりすることでコントロールします。

## (2) 可動部品について

モーター、軸等の回転体を有する場合にはクルーの接触を防止する設計にする必要があります。回転体自身の損傷によりステーション等に被害が及ばないようなガードが必要です。

また、伸展物等の不意の動作がハザードとなる場合には、そのハザードの度合いに応じた故障許容設計を行います。例えば、カタストロフィック・ハザード（ステーションやシャトル等の損失、クルーへの致命傷となるようなハザード）に対しては2故障許容設計（2つの故障や誤操作が起こっても安全なように3重の独立な抑制手段を設ける）にし、その内2つはモニタ可能でなければなりません。

## (3) 接触温度について

曝露区域のEVAクルー接触温度については、偶発的に接触する可能性のある箇所、クルーが作業上特に把持する必要があり、放すとハザードになるような箇所に対してそれぞれ規定されます。

## (4) シャープエッジについて

EVAクルーに対して、曝露実験ペイロードの表面は、平滑でばりがないことが必要です。またコーナーやエッジについては規定(NSTS07700)に従った面取り等の処理を行います。

## (5) 挟み込みについて

EVAクルーに対して、不用意に手等が挟み込まれないように、可動部の隙間については、保護をするか規定以上のスペースを確保する必要があります。

## (6) 汚染について

シャトルまたはステーションに危険となる物質を放出しない設計にする必要があります。

## (7) 可燃性について

曝露実験ペイロードについても打ち上げ等の射場作業時に火災を起こさないために、規定された材料を用いるか、それ以外の材料を使用するときには火災を起こさないことを示し使用の許可を得る必要があります。

## (8) ガラス部品について

ガラスを使用している場合には、破損した際EVAクルーに対してハザードとな

らないように保護しなければなりません。

(9) 圧力容器、シールド容器について

中に気体等が入っている密封容器で、約  $2 \times 10^4$  J以上の内部エネルギー（完全気体の断熱膨張に基づいて）が入る容器、または約  $7 \times 10^5$  Pa以上の最大設計荷重を受ける容器、または放出された場合ハザードを生じる約  $1 \times 10^5$  Paを超える流体が入る容器は、圧力容器として、これ以外のものはシールド容器として規定されます。この場合それぞれの分類に応じて規定された圧力に対するプルーフテストや疲労解析を行って安全性を示す必要があります。

(10) 電気ショックについて

電気ショックによりクルーに危害が加わらないように、接地・導通についてステーションの規定（SSP30240、SSP30245）に従った設計をし、高電圧部位についてはクルーが触れないような設計をします。

(11) 電気回路について

過電流やショートにより、上流（ステーション等）に故障が伝搬しないように、カレントリミッタやヒューズ等の保護回路を設けたり、適切なサイズのワイヤリングを行う必要があります。また、コネクタについて、曲がったピンにより生じるコネクタ内のピン間の短絡で、ハザードの抑制機能が同時に2個以上無効にならないように設計します。

(12) EMCについて

機器の電磁干渉により、自身及び他のステーション機器の安全性を損なう誤動作が起こらないように、ステーションの規定（SSP30237）に従ったEMC設計をする必要があります。

(13) 光学機器について

レーザ等を使用する機器については作業中のクルーに不意に照射されないような設計にする必要があります。

(14) ガスの放出について

EVA作業中のクルーの安全を確保するために、EVA作業中にはペイロードからのガスの放出を制限する必要があります。

## 5.2 安全審査

曝露実験ペイロードに関する安全審査としては、予備安全審査(フェーズ0)及び主要設計段階(基本設計、詳細設計、検証試験後審査時)でそれぞれフェーズⅠ、Ⅱ、Ⅲの安全審査が、実際に曝露実験ペイロードを開発するメーカーの社内審査として実施されます。

この社内審査の結果、提出された資料を基にして、JAXAにおいてJEMペイロード安全審査会(JPSRP)及びNASAにおいてペイロード安全審査パネル(PSRP)が実施されます。

安全審査は、安全評価報告書(SAR)を審査対象文書として実施されます。

SARの記述レベルは、各フェーズの安全審査の目的に添ったものとし、設計の進捗により改訂していくこととなります。

### (1) フェーズ0

審査対象の基本設計の中間段階において、ハザードの識別、安全技術要求の明確化等を行い、安全を評価し、設計に反映されていることの確認を目的とします。

### (2) フェーズⅠ

審査対象の基本設計が安全技術要求を満足していることを確認し、また、ハザードの制御及び安全の検証方法が適切であることを確認することにより、基本設計段階における安全を評価し、設計に反映することを目的とします。

### (3) フェーズⅡ

審査対象の詳細設計が安全技術要求を満足していること、及びハザードの制御が設計上実現されていることと検証方法の詳細が適切に確定していることを確認することによって、詳細設計段階の安全を評価し、設計に反映することを目的とします。

### (4) フェーズⅢ

審査対象の安全に関する検証が全て完了していること、設定されたアイテムが全てクローズされていること、及び最終のSARの承認を行うことによって、安全を最終的に評価することを目的とします。

## 6 曝露実験ペイロードの開発及び打上げ準備について

### 6.1 曝露実験ペイロードの開発

0章で述べたように、本書は曝露実験ペイロードを提案されようとしている方の入門用ガイドラインとして、あくまでも概要を記述しているものです。本書に記載されている内容は、本書の発行時点では最新の情報を使用するよう注意していますが、ISSやJEMシステム、地上設備等の設計の進捗等により、今後変更される可能性がありますので、実際に曝露実験ペイロードの開発を行うにあたっては、7章に示すような各種適用文書や、参考文書の最新版に基づき実施するようして下さい。

### 6.2 曝露実験ペイロードの射場運用

#### (1) ペイロード射場運用(TBD)

曝露実験ペイロードは、シャトルまたはHTV打上げのために、専用コンテナに搬入しTKSCからアメリカ(KSC)または種子島へ輸送されます。射場到着後、開梱室(前室)に搬入、開梱して指定されたクリーンルームへGSE(地上支援装置)と共に移動後外観チェック及びテレメトリ・コマンド通信チェックを行います。

#### (2) システム運用

ペイロードとして射場運用を行った後はシステム側へ引き渡します。シャトル打上げの場合、ELM-ESに搭載された後、シャトルに搭載されます。シャトルに搭載されるとペイロード側からは基本的にアクセスできません。アクセスが必要な場合、レイトアクセスとしてシステム側と調整が必要です。曝露実験ペイロードはELM-ESへ搭載され、その状態でシャトルに搭載されていますので、レイトアクセスとしてできる作業は、この打上げコンフィギュレーションを変えなくてもできる簡単な作業に限られます。

H-II B打上げの場合にも、原則としてHTV搭載状態でのレイトアクセスはできません。HTV搭載以降、標準サービス以外のサービスを受ける場合には個別調整が必要です。

## 7 開発要求／適用文書について

0章で述べたように、本書は曝露実験ペイロードを提案されようとしている方の入門用ガイドラインとして、あくまでも概要を記述しているものです。実際に曝露実験ペイロードの開発を行うにあたっては、以下に示すような各種適用文書や、参考文書の最新版に基づき実施するようにして下さい。

各種適用文書等の最新版は、曝露実験ペイロードの開発着手時点に宇宙航空研究開発機構より提示いたします。

### 7.1 適用文書

曝露実験ペイロードの開発にあたって適用される文書の一覧を以下に示します。ペイロードの打上げ方法や、運用方法、形態等によって、適用される文書や各文書中の適用される項目は異なってきます。また、特殊なペイロードについては、本リスト以外の文書を適用する必要がある場合もあります。

したがって、実際にペイロードの開発を行う上では、これら適用文書を引用し、ペイロード固有の条件を明確に示した各ペイロード個別の「ペイロード開発仕様書」や、「JEMシステム／曝露実験ペイロード個別インタフェース管理仕様書(仮称)」を作成し、関係者が合意した上で開発に着手することになります。

#### 7.1.1 JAXA文書

- |                      |  |
|----------------------|--|
| (1) NASDA-ESPC-1681  | JEMペイロード安全・開発保証要求書   |
| (2) NASDA-ESPC-2562  | JEMペイロードアコモデーションハンドブック(JPAH) Vol.2: JEM与圧部搭載ペイロード 標準インタフェース管理仕様書 |
| (3) NASDA-ESPC-2563  | JPAH Vol.3: JEM曝露部／ペイロード 標準インタフェース管理仕様書                          |
| (4) NASDA-ESPC-2564  | JPAH Vol.4: JEMマニピュレータシステム／ペイロード 標準インタフェース管理仕様書                  |
| (5) NASDA-ESPC-2565  | JPAH Vol.5: JEM補給部曝露区／ペイロード 標準インタフェース管理仕様書                       |
| (6) NASDA-ESPC-2566  | JPAH Vol.6: JEMエアロック／ペイロード 標準インタフェース管理仕様書                        |
| (7) NASDA-ESPC-2567  | JPAH Vol.7: JEM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                     |
| (8) KAE-97008        | HTVカーゴ標準インタフェース要求書   |
| (9) NASDA-ESPC-2328  | JEM運用管制システム／実験装置 標準インタフェース管理仕様書                                  |
| (10) CRS-95060       | JEMペイロード安全審査計画書  |
| (11) NASDA-ESPC-1986 | JEM管制機能共通仕様書 Vol.1   |
| (12) NASDA-ESPC-1987 | JEM管制機能共通仕様書 Vol.2   |
| (13) NASDA-ESPC-1988 | JEM管制機能共通仕様書 Vol.3   |

### 7.1.2 米国政府文書

- (1) NSTS-1700.7 Addendum Safety Policy and Requirements for payload using the ISS
- (2) NSTS 07700 Space Shuttle System Payload Accommodations Volume XIV
- (3) KHB-1700.7B Space Transportation System Payload Ground Safety Handbook
- (4) NSTS 13830 Implementation Procedure for NSTS Payloads System Safety Requirements
- (5) NHB 8060.1 Flammability, Odor and Offgassing Requirements and Test Procedures for Materials in Environments That Support Combustion
- (6) SSP 30237 Space Station Electromagnetic Emission and Susceptibility Requirements for Electromagnetic Compatibility
- (7) SSP 30238 Space Station Electromagnetic Techniques
- (8) SSP 30240 Space Station Grounding Requirements
- (9) SSP 30242 Space Station Cable/Wire Design and Control Requirements for Electromagnetic Compatibility
- (10) SSP 30243 Space Station Requirements for Electromagnetic Compatibility
- (11) SSP 30245 Space Station Electrical Bonding Requirements
- (12) SSP 30425 Space Station Program Natural Environment Definition for Design
- (13) SSP 30426 Space Station External Contamination Control Requirements
- (14) SSP 30482 Electric Power Specifications and Standards Volume 1 : EPS Electrical Performance Specifications
- (15) SSP 30512 Space Station Ionizing Radiation Design Environment
- (16) SSP 41165 Segment Specification for the Japanese Experiment Module
- (17) SSP 42004 Mobile Servicing System to User (Generic) Interface Control Document
- (18) SSP 50005 International Space Station Flight Crew Integration Standard (NASA-STD-3000/T)
- (19) SSP 50006 International Space Station Internal and External Decals and Placard Specification
- (20) SSP 50036 Microgravity Control Plan
- (21) SSP 52005 Payload Flight Equipment Requirements and Guidelines for Safety-Critical Structures
- (22) NASA-STD-5003 Fracture Control Requirements for Payloads Using the Space Shuttle

### 7.1.3 標準文書

- (1) CCSDS 701.0-B-2 CCSDS Recommendation for Space Data Systems Standards: Advanced orbiting System, Networks and Data Links: Architectural Specification (bluebook)
- (2) MIL-STD-1553B Military Standard Digital Time Division Command/Response Multiplex Data Bus NOTICE2

### 7.2 参考文書

曝露実験ペイロードの開発に際し、参考とすべき文書を示します。これらの文書は、ペイロードの仕様を設定したり実験計画を設定する上で非常に重要な事項が記載されています。

#### 7.2.1 JAXA文書

- (1) NASDA-ESPC-840 JEMシステム仕様書
- (2) NASDA-HDBK-1001 宇宙開発信頼性技術ハンドブック
- (3) NASDA-ESPC-2560 JEMペイロードアコモデーションハンドブック (JPAH)―本編―
- (4) JAX-97006 運用管制システム/実験運用システム インタフェース管理仕様書
- (5) JCX-95068 JEM環境条件規定

#### 7.2.2 米国政府文書

- (1) SN-C-0005 Contamination Control Requirements
- (2) SSP 41000 System Specification for The International Space Station
- (3) SS-HDBK-0001 Space Station Payload Accommodation Handbook
- (4) MSFC-HDBK-527 Materials Selections List for Space Hardware Systems
- (5) MIL-STD-454 Standard General Requirements for Electronic Equipment's
- (6) SSP 30233 Space Station Requirements for Materials and Processes

## 8 参考文書について

下記の文書は、曝露実験ペイロードの開発適用文書ではありませんが、本書を補足する上で参考となる文書です。こちらもあわせてご参照下さい。

- (1) International Space Station User's Guide
- (2) ISS Familiarization Manual
- (3) JAXA Note

また、上記文書のほか、今後、ISSに関する各種情報は次に示す宇宙航空研究開発機構及びNASAのホームページで随時開示していきますので、そちらもご利用下さい。

### 宇宙航空研究開発機構ホームページ

<http://iss.sfo.jaxa.jp/>

### NASAホームページ

<http://spaceflight.nasa.gov/station/>

## 付録A JEM曝露部搭載用共通バス機器部(共通バス部)の概要について

曝露実験ペイロードを開発するためには、本文で説明したようにJEM曝露部本体、ELM-ES、HTV、JEMRMS等との様々なインタフェース上の制約や、振動等の環境を考慮し、詳細事項の調整や各種検証試験が必要となります。また、打上げ時の荷重を受け持つ主構造は、安全審査においても最も厳しく審査される事項の一つです。

宇宙航空研究開発機構では、実験ペイロード開発におけるこれら煩雑な作業を極力回避できるよう、できるだけ多くの実験装置が使用できる共通バス部を準備しています。

共通バス部は、ミッションインタフェース構造部、JEMシステムと実験機器間の通信をつかさどる通信制御部、JEMシステムからの実験用電力を変圧して各実験機器に分配する電力分配器、ヒータの自動制御機能を持つヒータ制御器及び伸展機構の総称です。詳細については、NASDA-ESPC-002401「JEM曝露部搭載用共通バス機器部 製品仕様書」に記述されています。

なお、この共通バス部を使用した曝露実験ペイロードの開発を行う場合には、選択された共通バス部の仕様を明確に取り決めておくため、別途規定される範囲内で共通バス部と搭載実験機器間の個別インタフェースを定めておく必要があります。

### A.1 ミッションインタフェース構造部

ミッションインタフェース構造部は、その基本形状の相違により、図A.1-1に示す箱型とパレット型の2種があります。これらは、実験機器を搭載した状態で、ELM-ES搭載時の打上げ/回収、JEMRMS(親アーム)による軌道上輸送、曝露部への搭載等に必要なインタフェース(PAM-PU、GF、PIU等)を有し、それらの荷重環境に耐える能力があります。

切り欠きや開口部の位置や大きさについては、制約の範囲内で調整・対応いたします。また、放熱板(パッシブラジエータ用)やMLIを取り付けることも可能です。

### A.2 通信制御部

通信制御部は、JEM通信制御系と通信インタフェース(MIL-STD-1553B)を持ち、ペイロード内の各機器から取得された実験データ等を編集し伝送できる機能を有します。また、地上または搭乗員から各機器へのコマンド等を伝送する機能を有します。

利用者からの要求により、別途調整の上、ディスクリットコマンド、アナログテレメトリのch数を増加させることができます。

### A.3 電力分配器

電力分配器は、曝露部からの実験用電力を変圧しペイロード内の各機器に供給する他、低電圧制御(遮断)、高電圧制御(遮断)、過電流制御(遮断)、瞬断に対する出力の保持、各 ch 毎の On/Off を行う機能を有します。

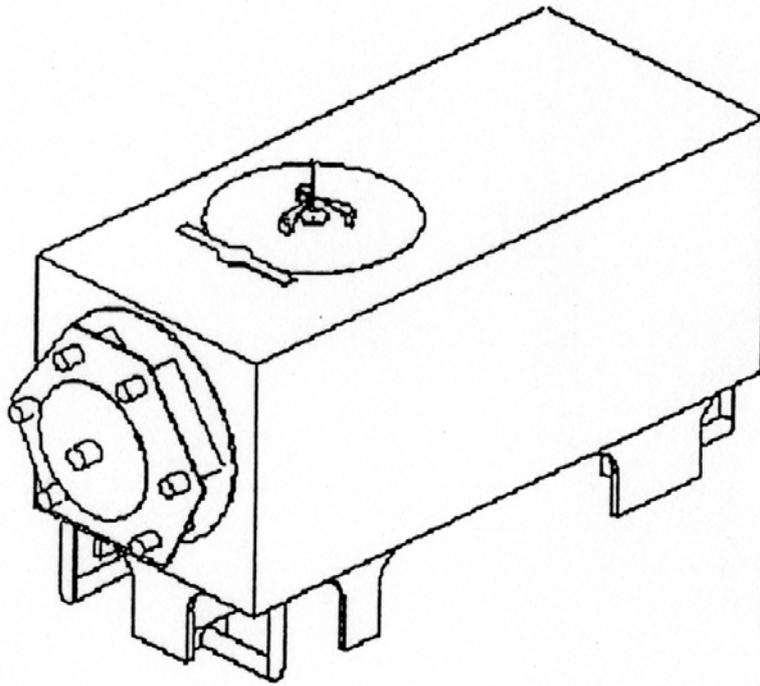
### A.4 ヒータ制御器

通常時、ヒータ制御部は電力分配器から電力供給を受けてヒータ制御を行います。また、サバイバル時や E L M - E S 搭載時にはそれぞれ曝露部、E L M - E S からの電力を各ヒータに分配することができます。

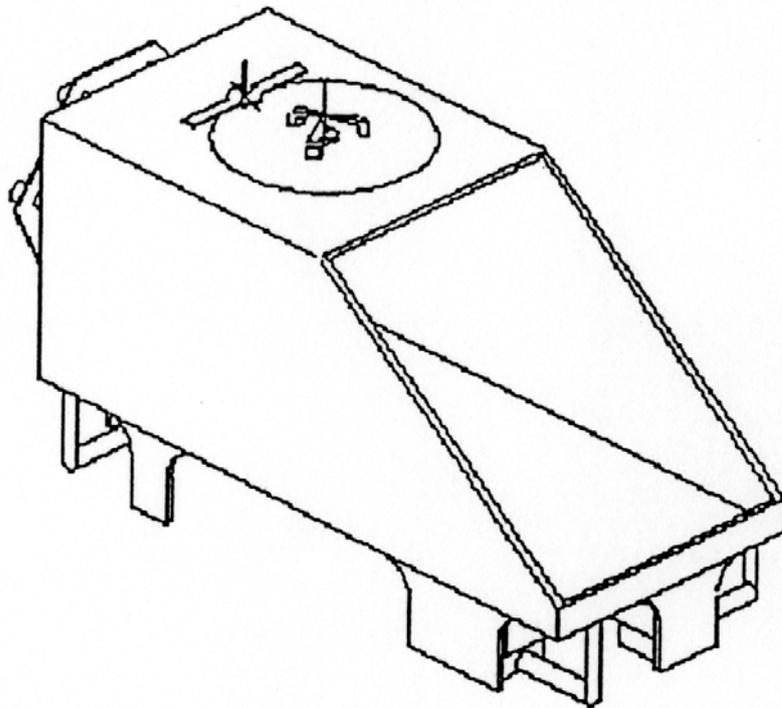
### A.5 伸展機構

曝露実験ペイロードが伸展物を有する場合、伸展物の故障に備え 3.3 項に示すような様々な設計上の対応が必要となります。この対応として、宇宙航空研究開発機構では伸展機構を用意しています。図 A.5-1 に示すように、伸展機構はインタフェースプレートに取り付けた実験機器を伸展する機能、また、スペースシャトルによる打上げ/回収時に伸展部分を保持するロンチロック機構を有しています。

本伸展機構は、通常運用に対するバックアップ用として E V A による伸展/収納、保持/解放のためのインタフェースを有します。

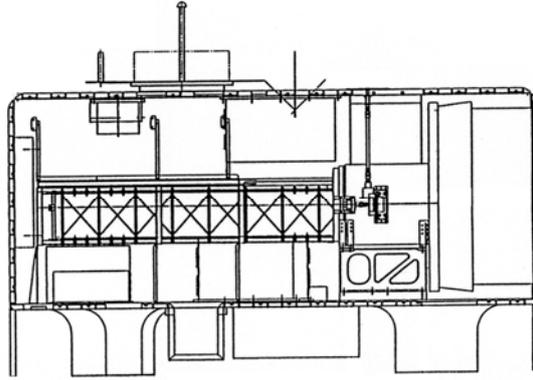


(a) 箱型

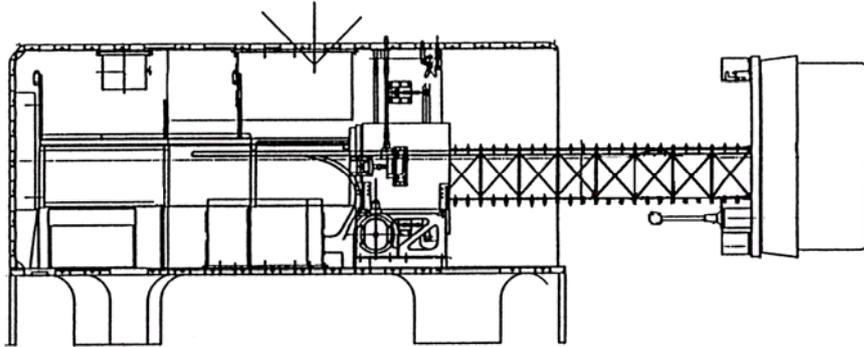


(b) パレット型

図 A.1-1 ミッションインタフェース構造部の基本形状



(a) 収納時



(b) 伸展時

図 A. 5-1 伸展機構の概観

## 略語集

略語	Full Name	日本語訳
AC	Assembly Complete	組立完了
APMCC	Attached Pressurized Module Control Center	取付型与圧モジュール管制センター(欧州)
APS	Automated Payload Switcher	ペイロード自動切替器
ASCR	Assured Safe Crew Return	安全確実なクルーの帰還
ATCS	Active Thermal Control System	能動的熱制御系
CCSDS	Consultative Committee for Space Data System	宇宙データシステム諮問委員会
CDR	Critical Design Review	詳細設計審査
CMG	Control Moment Gyro	コントロール・モーメント・ジャイロ
COR	Communications Outage Recorder	軌道上データ記録装置
COUP	Consolidated Operations and Utilization Plan	宇宙ステーション統合運用利用計画
CTV	Crew Transfer Vehicle	搭乗員輸送機
CVCM	Collected Vacuum-Condensable	再凝縮物質量比
DRTS	Data Relay Test Satellite	データ中継技術衛星
DRTSS	Data Relay Test Satellite System	データ中継技術衛星システム
EEU	Equipment Exchange Unit	装置交換機構
EF	Exposed Facility	(JEM)曝露部(通称、船外プラットフォーム)
EFU	Exposed Facility Unit	曝露部側装置交換機構
ELM-ES	Experiment(al) Logistics Module-Exposed Section	補給部曝露区(通称、船外パレット)
ELM-PS	Experiment(al) Logistics Module-Pressurized Section	補給部与圧区(通称、船内保管室)
EMC	ElectroMagnetic Compatibility	電磁適合性
EMGF	Electrical Mechanical Grapple Fixture	電力・通信が可能なグラブルフィクスチャ
EVA	Extravehicular Activity	船外活動
FM	Flight Model	打上げ用モデル
FGB	Functional Cargo Block	コントロールモジュール(通称、ザーリヤ)
FRGF	Flight Releasable Grapple Fixture	機械的インタフェースのみを有するグラブルフィクスチャ
GF	Grapple Fixture	固定把持具
GPS	Global Positioning System	航行測位衛星システム
GSE	Ground Support Equipment	地上支援装置
H&S	Health and Status	ヘルス・ステータス
HCAM-P	HTV Exposed Pallet, Cargo Attachment Mechanism - Passive	カーゴ取付機構ペイロード搭載部
HCSM-P	HTV Exposed Pallet, Connector Separation Mechanism - Passive	コネクタ分離機構ペイロード搭載部
HK	House Keeping	衛星の状態監視
HRDR	High Rate Data Recorder	高速データレコーダ
HRMS	High Rate data Multiplexer and Switcher	高速データ多重切替え装置
HTV	H-II Transfer Vehicle	宇宙ステーション補給機
HTV EP	HTV Exposed Palet	HTV曝露パレット
ICS	Inter-orbit Communication System	衛星間通信システム
IDRD	Increment Definition Requirements Document	インクリメント運用要求書
IPU	Image Processing Unit	画像取得処理装置
ISDN	Integrated Services Digital Network	サービス総合デジタル網
ISS	International Space Station	国際宇宙ステーション
ITU	Internatinal Telecommunication Union	国際電気通信連合
IVA	Intravehicular Activity	船内活動

付録B

JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JCP	JEM Control Processor	JEM管制制御装置
JEM	Japanese Experiment Module	宇宙ステーション取付型実験モジュール(日本)(通称、きぼう)
JEMRMS	JEM Remote Manipulator System	JEM遠隔マニピュレータ・システム(通称、ロボットアーム)
JPAH	JEM Payload Accommodation Handbook	JEMペイロードアコモデーションハンドブック
JPSRP	JEM Payload Safety Review Panel	JEMペイロード安全審査会
JSC	Johnson Space Center	ジョンソン宇宙センター
KSC	Kennedy Space Center	ケネディ宇宙センター
LVLH	Local Vertical / Local Horizontal	局地的鉛直/局地的水平
MA	Main Arm	親アーム
MCD	Molecular Column Density	分子カラム濃度
MCC-M	Mission Control Center - Moscow	モスクワ・ミッション管制センター(ロシア)
MD	Molecular Deposition	汚染付着率
MLI	Multi Layer Insulation	多層断熱材
MOU	Memorandum of Understanding	了解覚書
MSFC	Marshall Space Flight Center	マーシャル宇宙飛行センター
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NASDA	National Space Development Agency of Japan	宇宙開発事業団
NTSC	National Television Standards	米国テレビ委員会
OCS	Operations and Control System	運用管制システム
OCS-CL	OCS Client	実験運用支援クライアント
ODF	Operations Data File	運用手順ファイル
OLR	Outgoing Long-wave Radiation	赤外放射
OOS	On-orbit Operations Summary	軌道上運用サマリ
ORU	Orbital Replaceable Unit	軌道上交換ユニット
OSR	Optical Solar Reflector	太陽光反射板
OSTP	On-board Short Term Plan	軌道上実行計画
PAM	Payload Attach Mechanism	ペイロード取付機構
PAM-PU	Payload Attach Mechanism-Payload Unit	ペイロード側ペイロード取付機構
PB	Particulate Background	微粒子数
PDH	Payload Data Handling unit	実験データ処理装置
PDR	Preliminary Design Review	基本設計審査
PEHG	Payload Ethernet Hub Gateway	ペイロードイーサネットハブ・ゲートウェイ
PIU	Payload Interface Unit	ペイロード側装置交換機構
PLT	Payload Laptop Terminal	ペイロードラップトップターミナル
PM	Pressurized Module	(JEM)与圧部(通称、船内実験室)
POIC	Payload Operations Integration Center	ペイロード運用統合センター(米国)
PQR	Post Qualification Review	認定試験後審査
PSR	Pre-Shipment Review	出荷前審査
PSRP	Payload Safety Review Panel	ペイロード安全審査パネル
PTCS	Passive Thermal Control System	受動型熱制御系
RSA	Russian Space Agency	ロシア宇宙庁
RSS	root-sum-square	自乗和平方根値
SAA	South Atlantic Anomaly	南大西洋異常帯
SAR	Safety Assessment Report	安全評価報告書
SFA	Small Fine Arm	子アーム
SLM	Structure Latch Mechanism	構造ラッチ機構
S/N	Signal, Noise	信号・ノイズ
SSCC	Space Station Control Center	宇宙ステーション管制センター(米)
SSIPC	Space Station Integration and Promotion Center	宇宙ステーション総合センター(日本)
STP	Short Term Plan	実時間運用計画

付録B

TBD	To Be Determined	未定
TDRS	Tracking and Data Relay Satellite	追跡・データ中継衛星
TDRSS	Tracking and Data Relay Satellite	追跡・データ中継衛星システム
TEA	Torque Equilibrium Attitude	トルク平衡姿勢
TKSC	TsuKuba Space Center	筑波宇宙センター
UOA	User Operations Area	ユーザ運用エリア
USB	unified S-band	ユニファイドSバンド
USOS	US Orbital Segment	米国提供要素
UT	Universal Time	世界標準時
U-BIS	User Built-In Software	利用者組み込みソフトウェア
VCU	Video Control Unit	ビデオ制御装置
VSW	Video Switcher	ビデオスイッチャ
WSGT	White Sands Ground Terminal	ホワイトサンズ地上局(米国)

## 付録C JEM曝露部搭載実験装置の概要について

曝露実験ペイロードの参考例として、現在開発が進められている実験装置を紹介いたします。

### C.1 全天X線監視装置(Monitor of All-sky X-ray Image : MAXI)

MAXIは、全天のX線天体を史上最高の感度で監視する観測装置です。国際宇宙ステーションの「きぼう」の曝露部の初期利用ミッションです。MAXIは、2種類のX線スリットカメラ：GSC (Gas Slit Camera)と、SSC (Solid-state Slit Camera)を搭載します。それぞれ、検出器部分にガス比例計数管、X線CCDを用いており、2-30 keV、0.5-10 keVのX線を検出します。スリットカメラは細長い視野を持ち、宇宙ステーションが地球を一周する間に、ほぼ全天をスキャンします。

MAXIは史上最高の感度で天体を観測するため、我々の銀河系内の天体の活動を観測するだけでなく、銀河系の外で起こっている活動天体のダイナミックな振る舞いを調べることが初めて可能になります。巨大ブラックホールをその中心核にもつ活動銀河（クェーサーやセイファート銀河など）、銀河系外で起こる超新星の爆発、謎のガンマ線バーストなどを全天にわたって監視します。また、活動銀河の全天の分布を調べ、光とは違った描像を示すX線による「宇宙の大構造」を調べることができます。MAXIによって全天1000個を超えるX線天体の1日から数カ月にもわたるX線強度の監視が行なわれます。この時間尺度で活動銀河やジェット天体など銀河系外の天体がX線で系統的に監視されるのは世界で初めてです。また、急に増光するX線新星やガンマ線バーストなど突発的な天体は、即時にデータを解析してインターネットを通して世界に速報され、いろんな望遠鏡で早期に詳しい観測が可能になります。さらに、我が太陽系を取り囲んでいる大きく広がった超新星の名残と考えられる高温領域の詳しいX線マップをつくります。

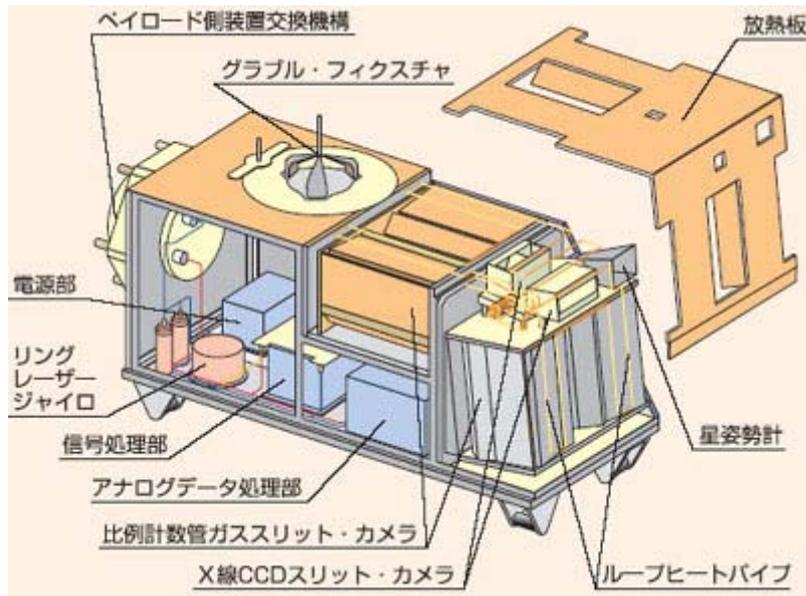


図 C. 1-1 MAXI 概要図

表 C. 1-1 MAXI 基本仕様

項目	仕様	備考
外形	約 0.8×1.0×1.85m	
質量	約 537kg	
電力	最大 318.1W	
通信	最大 360kbps (TBD)	低速系、中速系を使用
排熱	ATCS (能動的熱制御系) 使用	X線 CCD 部の冷却のために別途ループヒートパイプを搭載
寿命	2 年以上	
EFU 位置	EFU #1 (通常時) EFU #5 (バックアップ)	
その他	正確な時刻・姿勢情報を得るために GPS、星姿勢計、ジャイロセンサを搭載	

C.2 宇宙環境計測ミッション装置 (Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload : SEDA-AP)

宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP) は、「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォーム利用を目指す実験装置が共通的に利用する為に「きぼう」本体に搭載する上で必要な機能を装備した“JEM曝露部搭載型共通バス機器部 (APBUS)” (付録Aにて紹介) に、宇宙での様々な環境を計測する計8種類の各種センサ／計測装置を搭載した観測実験装置です。これら多種のセンサを用いて「宇宙の百葉箱」として、宇宙環境計測を行います。

SEDA-APは、「きぼう」の船外実験プラットフォームを最初に利用する実験装置の一つであり、国際宇宙ステーション (ISS) の周回軌道における宇宙環境の計測を行うとともに、付録Aにて記載している“JEM曝露部搭載型共通バス機器部 (APBUS)”の軌道上での技術実証を行うことも目的としています。

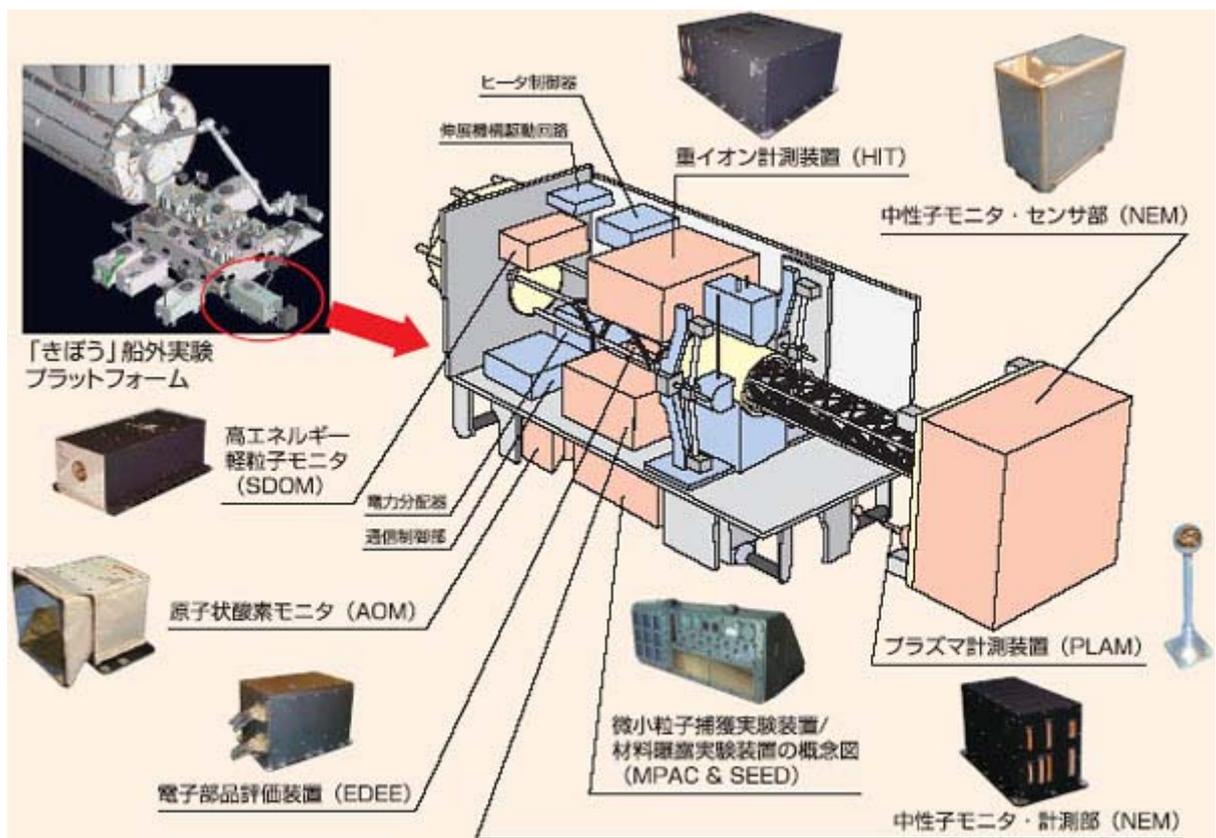


図 C.2-1 SEDA-AP 概要図

表 C. 2-1 SEDA-AP 基本仕様

項目	仕様	備考
外形	約 0.8×1.0×1.85m	
質量	約 450kg	
電力	最大 230W	
通信	約 14.5kbps	低速系を使用
排熱	PTCS（受動的熱制御系）のみ使用	
寿命	3年以上	
EFU 位置	EFU #9(通常時) EFU #11(バックアップ)	
その他	伸展機構により一部のセンサを約 1m 伸展可能	

### C. 3 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder : SMILES)

SMILES は超伝導を利用した超高感度サブミリ波受信機を用いて、オゾン層破壊及び地球温暖化の原因となる成層圏大気中の微量気体の 3 次元グローバル観測を行う実験装置です。

オゾン層の破壊は年々進行しており、そのプロセスの解明とトレンドの把握が極めて重要な課題となっています。また、オゾンは、地球温暖化への関与も報告されており、現在そのメカニズムの研究が進められています。従って、オゾン層破壊並びに地球温暖化のプロセスを解明しそれらに対する対策を立てるため、また年々の変動をモニタし将来動向を予測するためには、これら成層圏大気中の微量気体の 3 次元グローバル観測が必要不可欠となっています。特に、将来の地球環境の予測を行うためにはモデルによる推定が唯一の手段であり、この精度向上のために世界気象機構 (WMO) 並びに気候変動に関する国際パネル (IPCC) は、グローバル・データの取得と研究を提言しています。SMILES はこれらの国際的な要請に応えることも目的の一つとしています。

また、宇宙におけるサブミリ波帯の利用や、超伝導技術の利用、及びそれを可能とする 4K 級冷凍機はこれまでに例のないもので、これらの実現は通信・材料・生体など広範囲な分野への大きな波及効果が期待されています。

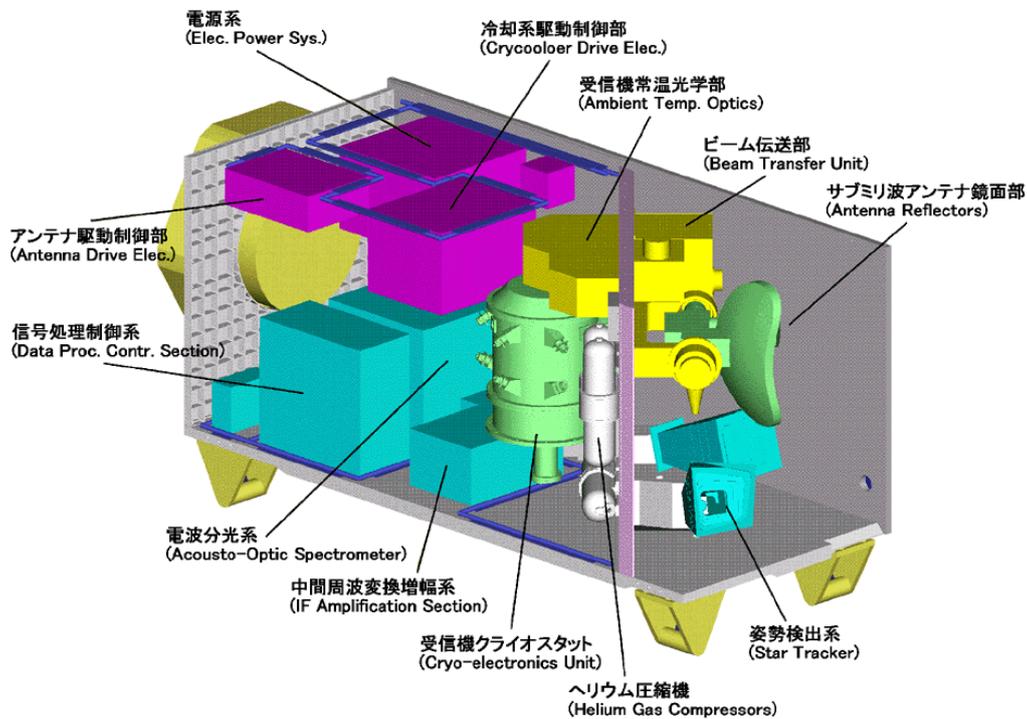


図 C. 3-1 SMILES 概要図

表 C. 3-1 SMILES 基本仕様

項目	仕様	備考
外形	約 0.8 × 1.0 × 1.85m	
質量	約 512kg (TBD)	
電力	最大 761W	
通信	最大 305kbps (TBD)	低速系、中速系を使用
排熱	ATCS (能動的熱制御系) 使用	
寿命	1 年以上	
EFU 位置	EFU #3 (通常時) EFU #5 (バックアップ)	
その他	正確な姿勢情報を得るために星姿勢計を搭載	