

I. 3. 宇宙探査

評価項目	中期目標期間 内部評価	H24年度 内部評価	H23年度 独法評価	H22年度 独法評価	H21年度 独法評価	H20年度 独法評価	頁
I.3. 宇宙探査	S	A	A	S	S	S	C-1

I. 3 宇宙探査

本年度 内部評価	A	これまでの独法評価結果			
		H23	H22	H21	H20
		A	S	S	S

中期目標記載事項: 我が国の国際的な影響力の維持・強化、人類の知的資産の形成、人類の活動域の拡大及び我が国の総合的な技術力の向上を目的とし、国際協力枠組みを活用して、我が国が主体性・独自性を持つ形での宇宙探査プログラムを検討した上で、月・惑星等における世界初の活動を行うことを目指した研究開発を行う。

中期計画記載事項: 人類の知的要求に応え、活動領域を拡大するとともに、国際的な影響力の維持・強化、我が国の宇宙開発技術の牽引、技術革新の創出促進を目的として、国際協力を主軸とする月・惑星探査計画の策定及び国際協働による宇宙探査システムの検討を着実に実施する。具体的には、(a)小惑星探査機(MUSES-C)、(b)月周回衛星(SELENE)を運用し、月周回衛星(SELENE)後継機や小惑星探査機(MUSES-C)後継機等の月、惑星、小惑星の探査機・観測実験装置に係る研究開発を行う。これらのうち、小惑星探査機(MUSES-C)については、本中期目標期間中の地球への帰還に向け、所要の作業を行う。

なお、取得データについては、宇宙科学研究等の発展に資するため、国内外に公開・配布するとともに、将来の月・惑星探査や宇宙科学研究等の成果創出に有効に活用する。

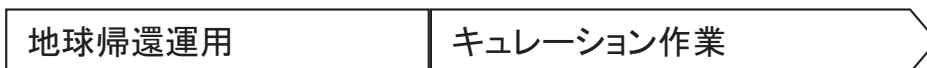
特記事項(社会情勢、社会的ニーズ、経済的観点等)

- 平成24年度は、米国で開催された国際宇宙探査会議(5月)、日本で開催された第1回国際宇宙探査シンポジウム(10月)、仏国で開催されたAStec国際宇宙探査シンポジウム(12月)等、国際協働による有人宇宙探査について議論が高まっている。
- 平成24年4月1日から平成25年2月末までの間にJAXAへ寄せられた寄附金のうち、「はやぶさ2」に対する寄附金が総額の52%(19,216,482円)を占め、国民から高い支持を得ている。*JAXA全体の寄附金総額 36,632,582円(平成25年2月末現在)

マイルストーン



MUSES-C
(はやぶさ)



▲H22.6 カプセル回収

SELENE
(かぐや)



▲
H19.9.14
打上げ

▲H20.10.31 定常運用終了

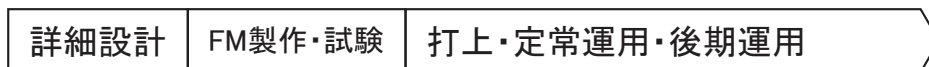
▲H21.6.11 運用終了

▲H21.11.2 データ一般公開

▲C-SODAに移管
(H25~H27にかけて段階的に移管)

※C-SODA=科学衛星運用・データ利用センター

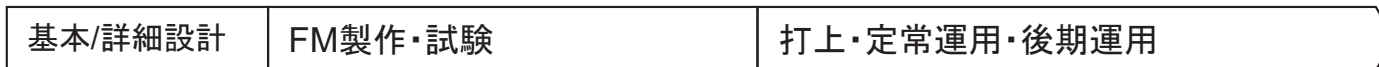
IKAROS



▲H20.9-11 CDR1 ▲H22.5 打上げ

▲H21.1-3 CDR2 ▲H22.12 定常運用終了

はやぶさ2



※CDR=詳細設計審査

▲H24.3 CDR

▲H26年度打上げ(目標)

平成24年度実績

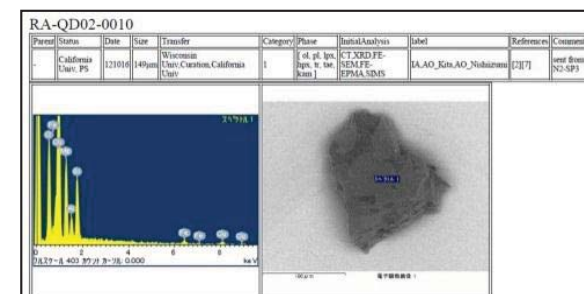
1) 小惑星探査機(MUSES-C(「はやぶさ」))のサンプル収納容器から回収した微粒子のキュレーション(試料の受入・処理・保管)及び試料分析についての国際公募の作業を引き続き進める。

実績:

- ① 平成24年度はサンプル収納容器から約170個の粒子を回収(累積個数約430個)。
- ② 「はやぶさ」運用で協力を得たNASAに対し、粒子10個を分配実施(累積分配数25個)。
- ③ 世界一級の科学者が「はやぶさ」サンプル分析で最大の科学成果を上げられるよう、国際研究公募の枠組みを設定した。これにより、平成23年度末までに提案のあった31件の研究提案の中から、国内外の有識者からなる委員会において選考審査を実施し、17件(主研究提案者は日、英、仏、豪、米、独の6か国)を選定し、研究提案に対する試料分配(粒子64個)を実施。
- ④ 国際公募に際して、サンプル顕微鏡写真と鉱物組成を推定するためのスペクトル情報等を記載したサンプルカタログを改訂・公表し、世界中の研究者から同カタログへのアクセスが可能となるよう整備を行った(データベースの登録数260→430)。
- ① 上記国際研究公募に引き続き、第2回国際研究公募を平成25年1月より開始。申請を受理し、現在選考審査中。
- ② 第75回国際隕石学会、地球惑星科学連合大会国際セッション2012、第44回国際月惑星科学会議等において、計10件以上のはやぶさサンプル分析に関する研究結果をJAXAキュレーションメンバーが主著者または共著者として発表した。
- ③ 更なる研究等の促進のため、多数の外部有識者を含むJAXAキュレーション専門委員会を設置し、日本のコンソーシアムによる粒子研究の枠組み等を設定した。

効果:

- ① NASAジョンソンスペースセンターに「はやぶさ」サンプル受入れ専用の設備(Hayabusa Lab.)が作られた。
- ② 国際公募に対して、英国としてコンソーシアムチームが結成され、科学的に貴重なサンプルに対して総合的な分析が行われた。その成果は、2013年3月開催の第44回国際月惑星科学会議において発表された。同会議を含め等で、JAXA外の研究者により計10件以上のはやぶさサンプル分析に関する研究結果が発表がされた。
- ③ 宇宙航空研究開発機構(JAXA)の施設がある4市2町で組織する「銀河連邦」(相模原市、能代市、大船渡市、佐久市、肝付町、大樹町)が、はやぶさが地球に帰還した月日である6月13日を「はやぶさの日」と制定し、日本記念日協会が認定した。



サンプルカタログ(一例)



NASA Hayabusa Lab

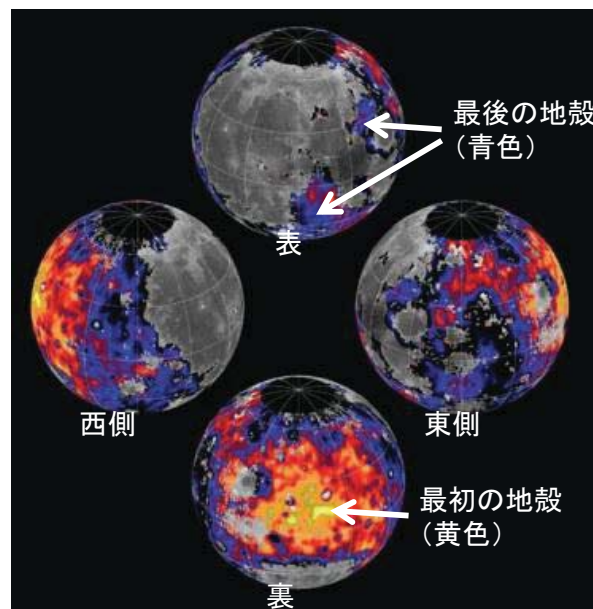
2) 月周回衛星「かぐや」(SELENE)の観測運用により得られたデータの解析を実施し、世界最高水準の宇宙科学、探査技術等に関する研究成果を得る。

実績:

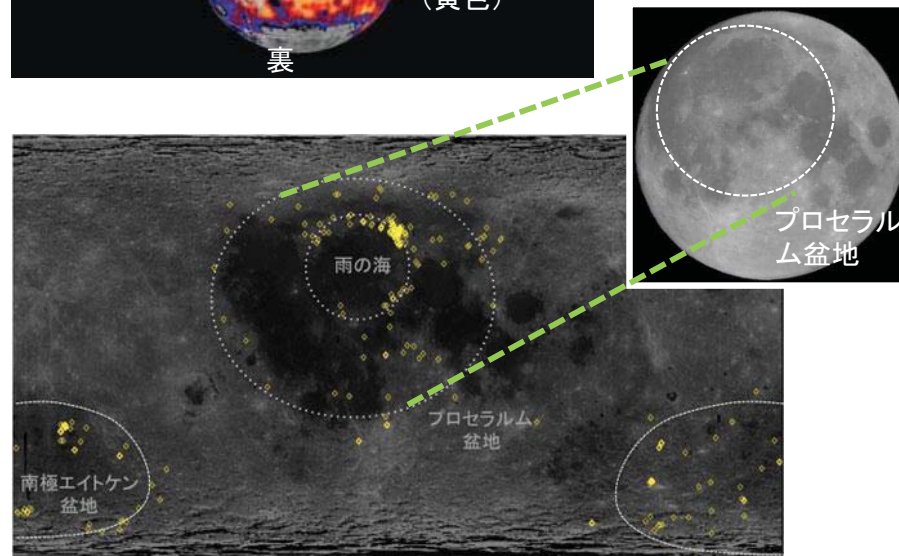
- ①「かぐや」の観測データの補正処理を進めた後、これらのデータを使用して月地殻の形成過程、巨大衝突を裏付ける痕跡を世界で初めて明らかにするなど、月の進化の解明に寄与した。いずれも「かぐや」の質の高いデータに依るものである。これらの成果を含む15編の査読論文を英科学誌「Nature Geoscience」やJournal of Geophysical Research等著名な国際科学雑誌に公表するなど、研究成果を国内外のコミュニティに普及した。
- ② 今後さらなる科学成果を出すことを目的として、複数の観測データを組み合わせた研究である「統合解析」を行うために必要なデータ配信システムのプロトタイプを完成した。

効果:

- ①「かぐや」の観測データを用いた研究により明らかにされた月地殻の形成過程、巨大衝突の痕跡は地球、火星などの天体の進化の解明にもつながる成果であり、報道でも取り上げられた(平成24年4月30日付 日本経済新聞、平成24年10月29日付 日本経済新聞、読売新聞、他)。
- ② JAXA以外(東北大学、東京工業大学、カーティン大学[豪]、中国地質大学[中]他)の研究者によりJournal of Geophysical Research等著名な国際科学雑誌に一年間で6編の査読論文を公表するとともに、第44回国際月惑星科学会議などの会議で発表し、「かぐや」の観測データによる研究成果を国内外のコミュニティに発表した。



「かぐや」の観測データによる研究により得られた月地殻の形成過程色は地殻が形成された時期の違いを表し、黄色が最も古く、橙・赤・青への新しくなる。月の裏側中央の黄色の領域で最初に地殻が誕生し、周囲、そして月の表側へ徐々に地殻が広がったことが明らかにされた。



「かぐや」の観測データによる研究により得られた巨大衝突の痕跡黄色の点が巨大衝突の際の溶融により生成された岩石(カルシウムが少ない輝石)の分布。今回の研究で「プロセラルム盆地」(直径3000km)が巨大衝突によるものであることが明らかになり、月の二分性(表側と裏側で地形や元素の分布が異なること)の原因が巨大衝突によることが示唆された。(産業技術総合研究所ウェブサイトの図を引用)

3) 小型ソーラ電力セイル実証機(IKAROS)の運用により得られたデータの解析評価を行い、航法誘導等に関して後継機の研究等に資する知見を獲得する。

実績: ① 後期運用段階で平成24年1月から冬眠モード(搭載機器シャットダウン)に入っていたIKAROSに対し、姿勢・軌道予測に基づいて探索運用を行った結果、9月に冬眠モードからの復旧を確認した。(11月には再び冬眠モードに移行)

② 上記冬眠モードから復旧している間、IKAROSの姿勢・軌道データを取得。予測値との差異を評価し光学パラメータモデル精度を向上させた結果、ソーラセイルのフリー挙動が予測可能となり、**深宇宙での長期間にわたるソーラセイル宇宙航法技術を獲得。**

(エキストラ成功基準達成(表1参照))

③ 膜面の波打ち、しわ、折り目、貼付部材の反りを考慮した力学モデルによる解析及びIKAROS搭載モニタカメラによる撮像での確認を踏まえ、膜面剛性が増大するメカニズムを解明。(エキストラ成功基準達成(表1参照))

④ 研究発表を多数実施。(査読付論文:27件, 国際学会:10件, 国内学会:37件, 特許:1件)

効果: ① 海外研究機関等からソーラセイルに関する共同研究の打診が、4件(NASA2件、DLR1件、米国惑星協会1件)届いている。

② 幅広い分野から高い評価(以下は主な受賞)を受けた。

- ・技術賞(日本航空宇宙学会)、最優秀論文賞(米国航空宇宙学会)、宇宙科学奨励賞(宇宙科学振興会)
- ・IKAROSとIKAROSに搭載した分離カメラ(DCAM)がギネス世界記録™に認定

IKAROS金星フライバイの画像
IKAROSのセイル(中央)と金星(右上)

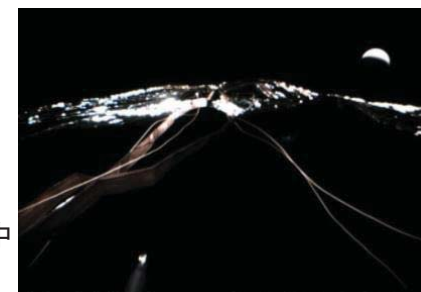


表1:エキストラ成功基準のうち平成24年度追加ミッション

- 1.長期間姿勢制御を行わない状態で後期運用を行い、さまざまな太陽角、太陽距離でのソーラセイルのフリーの挙動の推移を監視する。これにより、正確な航法誘導制御の見通しを得る。
- 2.膜面変形の発生メカニズムを把握し、モデルを詳細化する。

4) 小惑星探査機後継機(「はやぶさ2」)については、フライトモデル等の製作、地上システムの開発を行う。

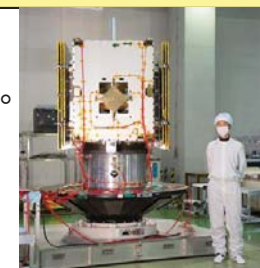
実績: ① 平成24年4月には、探査機システムの詳細設計フェーズを完了した。サイエンスコミュニティの参画も得ながら、探査機設計を固めるとともに、フライトモデルの製作試験フェーズへ移行することが出来た。

② 探査機主構造の打上げ時の振動等に対する耐性や、搭載機器が晒される振動環境の評価を目的とする「機械環境サーベイ試験」を12月より開始し、所定のデータ取得を完了した。

③ 平成25年1月から、製作中のフライトモデル機器間ならびに探査機システムとのインタフェース上の問題を事前検証することを目的とした、「一次噛み合わせ試験」を開始した。

④ 探査機を地上から追跡管制するための設備の開発に着手した。

⑤ 国際協力・分担として、ドイツ航空宇宙センター(DLR)と小型ランダ(MASCOT)のはやぶさ2搭載や欧州追跡管制網のはやぶさ2運用への提供等を定めた了解覚書(MOU)を平成24年10月に締結した。また、11月には米国航空宇宙局(NASA)との間で、はやぶさ2とNASA小惑星探査ミッション(OSIRIS-REx)にかかる多角的協力の可能性検討のための書簡取決め(LOA)を締結した。



はやぶさ2一次噛み合わせ試験用機体
(平成24年12月機体公開)



ドイツ航空宇宙センターとの了解覚書調印
(平成24年10月 両機関長による調印式)

5) 国際宇宙探査協働グループ(ISECG)の活動を通じて、国際協力を主軸とする将来の月・惑星探査計画及び宇宙探査システム及び技術開発計画の検討を行う。また、これらにおける国際協働協議を進める。

実績: ①「はやぶさ」「かぐや」の成果、国際宇宙ステーション計画の有人技術を背景に、平成23年度に引き続き、JAXAは世界14カ国・地域*の宇宙機関からなる国際宇宙探査協働グループ(ISECG)の議長を務め、ISECGの活動を主導している。有人宇宙探査の意義や月・惑星探査の技術シナリオ等を記述した“国際宇宙探査ロードマップ(GER)”の第2版制定(平成25年5月頃)に向けて、各国の現状や技術動向を踏まえながら議論集約を実施している。

*米国・ロシア・欧州(欧州宇宙機関)・カナダ・ドイツ・フランス・イタリア・イギリス・ウクライナ・オーストラリア・インド・中国・韓国・日本

② 国際協力を主軸とする月・惑星探査計画、宇宙探査システム、技術開発計画の検討として、ISECGでの議論の動向を踏まえつつ、我が国の主体性確保に必要な宇宙システム、無人探査での技術獲得、ISSでの探査技術実証計画、有人月探査に向けた段階的な有人ミッションや全体システム構成などの検討を行った。

効果: ① ISECG議長を務めることにより、国際協働の取り組み・議論を主導し、日本のプレゼンスを高めた。

特に5月開催の「国際宇宙探査会議(GLEX)@米ワシントンDC」ではISECG代表として宇宙機関長セッションに参加し、AStec国際宇宙探査シンポジウム@仏パリ(12月)でも基調講演の議長を務めるなど、日本の宇宙外交における地位向上に寄与した。

② 国際宇宙探査シンポジウム(@東京(10月))を実施し、一般市民や産業界のみならず政策責任者にも国際宇宙探査の意義や世界の動向を伝えることにより、宇宙基本計画の議論に影響を与えることができた。



国際宇宙探査会議(GLEX)
@米ワシントンDC
宇宙機関長セッション(5月)
[出典: <http://glex2012.org/>]



国際宇宙探査シンポジウム(第1回)
パネルディスカッション(10月)

6) 月面着陸・探査ミッションについては、機体や搭載観測機器・実験機器の研究を継続する。

実績: 月面着陸・探査ミッションについては、月周回衛星(SELENE)後継機(SELENE-2)として、以下の研究を実施した。

- ① 着陸・探査ミッションを実施するために必須となる着陸、表面移動、越夜の各技術について重点的に研究を実施した。着陸技術としては、着陸脚の落下試験を実施し、性能データを取得した。表面移動技術としては、探査ローバ走行系にステアリング機能を追加し、斜面走行・段差乗越試験等を実施した。越夜技術としては、リチウムイオン電池のサイクル寿命試験を行い、ミッション寿命を達成できる目処をえた。
- ② 観測機器については、搭載優先度の高い分光計と広帯域地震計について、クリティカル技術の研究を実施した。分光計については、岩石研磨機能の概念設計を行い、耐熱環境性、摩耗寿命などの技術的成立性を確認した。国際協力で開発している広帯域地震計については、フランス、スイス、ドイツ製作部分とのインターフェイス試験を実施し、問題点の抽出を行った。
- ③ 大規模な国際協力の可能性を広げるため、NASAが提案するEML2(月・地球系ラグランジェ点)ステーションを利用する場合の探査機システムの変更点について検討を実施した。

効果: これらの研究活動がテレビ番組等(「宇宙兄弟」、「コズミックフロント」等)で取り上げられ、国民の月探査への興味と理解が深まった。

7) 今後の月・惑星探査データの世界への普及を目的として、探査機の観測データ、調査・検討・解析データ等のデータベース上のデータの更新、理学研究を行う。

実績: ① 全世界の研究者に高精度な観測データを提供するため、「かぐや」による観測データの解析処理を進め、マルチバンドイメージャ、ガンマ線分光計、月磁場観測装置などの観測データの追加・更新を行い、それらを用いて理学研究を実施した。

② 平成24年4月より、ユーザからのアクセス向上とデータ普及促進のために、能力向上とユーザインターフェイスの改善・更新したデータアーカイブシステム(開発は平成23年度)の本格運用を開始した。同システムは、利便性の向上のための改良として、検索・ダウンロード制限の緩和(最大注文 3GB、100ファイル→100GB、1000ファイル)とダウンロード方法の変更(グラフィカルユーザインターフェースによるファイルの選択等)を有しているため、大幅なダウンロード量の増加につながった。

効果: ① 「かぐや」の観測データの高次処理を進めた結果、月の全球に亘る分光観測の反射率データ、3次元地形データの精度が改善された。これにより、海外からのアクセスはアジア(中国、韓国、インド)、欧州(ドイツ、スペイン、ポーランド、ロシア、イギリス、ポルトガル)、北米(アメリカ)などの83箇国におよび、「かぐや」のデータを使用した研究が世界中で進められている。

② かぐやデータアーカイブの運用開始(平成21年11月)からの累計ダウンロード量は平成24年度末までの3年5ヶ月間で約38Tbyte。特に平成24年度は新たなデータの追加および利便性向上の効果により1年間で約20Tbyteに達した。これは、運用開始から平成23年度末までの2年5ヶ月間におけるダウンロード量とほぼ同じであり、1年間で倍増となった。

評価結果	評定理由(総括)
A	<p>宇宙探査に関し、中期計画に従い設定した平成24年度の事業について全て実施した。加えて、我が国独自の取り組みにより、世界をリードする以下の成果を創出した。</p> <p>(1) 世界一級の科学者が「はやぶさ」により回収した小惑星「イトカワ」の粒子(「はやぶさ」サンプル)分析で最大の科学成果を上げられるよう、国際研究公募の枠組みを確立。世界中の研究者に対して研究機会の門戸を開いた。</p> <p>(2) 「かぐや」の観測データを用いた研究により明らかにされた月地殻の形成過程、巨大衝突の痕跡は、月の進化の解明を大きく進めるだけでなく、地球、火星などの天体の進化の解明にもつながる成果である。</p> <p>(3) 世界初となるソーラー電力セイル技術を獲得した「IKAROS」は、後期運用段階である現在も深宇宙航行を続けており、実飛行でしか得られない航行技術データを長時間にわたり獲得、宇宙航法技術実証を果たした。これは、今後の「燃料を用いない宇宙推進技術」の発展・応用につながる成果となった。</p> <p>(4) 平成23年度に引き続き国際宇宙探査協働グループ(ISECG)で議長を務め、ISECGの活動を主導するとともに、国際宇宙探査会議(GLEX)ではISECG代表として出席するなど、日本の宇宙外交における地位向上につながった。また、国内外の宇宙機関、産業界、政策責任者に働きかけ、東京で国際宇宙探査シンポジウムを開催するなど、国際的な取り組みでのリーダーシップを発揮した。</p>

補足説明資料

プロジェクトの成功基準と達成状況一覧

衛星/センサー	ミニマム成功基準	フル成功基準	エクストラ成功基準	平成24年度の達成状況
小型ソーラー電力セイル実証機 (IKAROS)	<p>(期間:平成22年5月～6月)</p> <p>＜大型膜面の展開・展張＞</p> <ul style="list-style-type: none"> 将来探査機と相似の機構を用いて、真空かつ無重量状態で差し渡し20mの大型膜面を展開・展張する。 <p>＜薄膜太陽電池による発電＞</p> <ul style="list-style-type: none"> セイル上に搭載された薄膜太陽電池で発電し、膜面上ハーネスを通じてIKAROS本体で確認する。 	<p>(期間:平成22年6月～12月)</p> <p>＜大型膜面の展開・展張＞</p> <ul style="list-style-type: none"> 展開運動および展張状態を評価し、展開・展張シミュレーションに使用する解析モデルに反映する。 <p>＜薄膜太陽電池による発電＞</p> <ul style="list-style-type: none"> セイル上に搭載された薄膜太陽電池のデータを取得し、特性を把握する。 <p>＜ソーラーセイルによる加速実証＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ソーラーセイルによる加速効果を軌道決定により確認する。 加速性能を評価し、目標天体までの軌道を設計する計算手法に反映する。 <p>＜ソーラーセイルによる航行技術の獲得＞</p> <ul style="list-style-type: none"> 光子加速状態での探査機の軌道決定技術を確認する。 セイル操舵による光圧ベクトルの能動的制御、および、それを用いた航法誘導技術を確認する。 	<p>(期間:平成23年1月～平成24年3月)</p> <p>＜追加ミッション＞</p> <ul style="list-style-type: none"> 膜面挙動・膜面形状の変化を積極的に引き出して展張状態の力学モデルを構築する。 膜面形状変化から太陽光圧の反射率と面積の分離精度を向上させて膜面の光学パラメータモデルを構築する。 IKAROSと地球の距離が大きくなることを利用して、光子加速下の軌道決定精度を評価する。 軌道周期単位の長期的な誘導制御性を評価する。 <p>※追加ミッションによるエクストラ成功基準は後期運用移行時に新たに設定された。</p> <p>(期間:平成24年4月～平成25年3月)</p> <p>＜追加ミッション＞</p> <ol style="list-style-type: none"> 長期間姿勢制御を行わない状態で後期運用を行い、さまざまな太陽角、太陽距離でのソーラーセイルのフリーの挙動の推移を監視する。これにより、正確な航法誘導制御の見通しを得る。 膜面変形の発生メカニズムを把握し、モデルを詳細化する。 	<p>エクストラ成功基準を満足した。</p>

中期目標期間実績

I.3 宇宙探査

中期計画： 人類の知的要求に応え、活動領域を拡大するとともに、国際的な影響力の維持・強化、我が国の宇宙開発技術の牽引、技術革新の創出促進を目的として、国際協力を主軸とする月・惑星探査計画の策定及び国際協働による宇宙探査システムの検討を着実に実施する。

実績： ① 平成19年に結成された14の国・地域(*)の宇宙機関からなる国際宇宙探査協働グループ(ISECG)に、JAXAは当初から積極的に参加し、国際的な宇宙探査戦略の検討・調整を行っている。

*14の国・地域＝米国、ロシア、欧州(欧州宇宙機関)、カナダ、ドイツ、フランス、イタリア、イギリス、ウクライナ、オーストラリア、インド、中国、韓国、日本

② JAXAは平成23～24年の間**1年半にわたりISECG議長を務めており、参加機関の議論や活動を主導するとともに、合意形成の中心的な役割を担ってきた。**

③ 京都でISECG参加機関役員級会合を開催(平成23年8月)。JAXAは議論のけん引役として、有人宇宙探査の意義や月・惑星探査シナリオとなる国際宇宙探査ロードマップ(GER)の初版制定を実現させた。また、平成24年度には、GER第2版制定(平成25年5月頃予定)に向けた議論集約の中心を担った。

④ 平成24年10月には、第1回国際宇宙探査シンポジウムを主催。

国内外の宇宙機関、産業界、政策責任者らを招き、無人有人宇宙探査における最新動向を踏まえ議論を行った。



ISECG 京都会合(平成23年8月)

効果： ① ISECGの議長を1年半にわたり務めるなど、宇宙探査における国際協力における議論を主導し、日本のプレゼンス向上に寄与した。

② 欧州閣僚級会合(平成23年11月@イタリア)にJAXAがISECG議長として招待され、スピーチを実施。日本の宇宙外交における存在感を示した。

③ 国際宇宙探査会議(GLEX,平成24年5月@アメリカ)、AStec国際宇宙探査シンポジウム(平成24年12月@フランス)においてISECG代表として参加し、引き続き日本の宇宙外交における地位向上に寄与した。

④ 上記のとおり、このISECGの活動は関係各国を中心に世界的にも認められ、各国の宇宙機関に対して影響力を持つ存在となっている。



欧州閣僚級会合
イタリア(平成23年11月10日)

中期目標期間実績

中期計画： 具体的には、(a)小惑星探査機(MUSES-C)、(b)月周回衛星(SELENE)を運用し、月周回衛星(SELENE)後継機や小惑星探査機(MUSES-C)後継機等の月、惑星、小惑星の探査機・観測実験装置に係る研究開発を行う。これらのうち、小惑星探査機(MUSES-C)については、本中期目標期間中の地球への帰還に向け、所要の作業を行う。なお、取得データについては、宇宙科学研究等の発展に資するため、国内外に公開・配布するとともに、将来の月・惑星探査や宇宙科学研究等の成果創出に有効に活用する。 <1/4>

実績：(a)小惑星探査機(MUSES-C)「はやぶさ」

- ①小惑星探査機「はやぶさ」は、**月以外の天体への離着陸・地球帰還を世界で初めて実施。プロジェクト成功基準の全てを完遂した。**
 - 1) **世界初**となる地球～小惑星間の往復航行達成
 - 2) イオンエンジン宇宙作動積算時間延べ4万時間、動力航行時間2万6千時間を達成(**単一宇宙機において世界一**)。
 - 3) “小惑星からのサンプルリターン技術”に関する技術を確立。
 - 4) **世界初**となる小惑星サンプル獲得(小惑星「イトカワ」由来微粒子約1500個)
- ② サンプルキュレーション(試料の受入・処理・保管)技術を確立。
- ③ 小惑星イトカワ微粒子の初期分析結果や「はやぶさ」観測データにより、小天体の形成過程等に関する新たな知見が実証データに基づき明らかになった(**史上初**)。また初期分析結果に関する査読付き論文6編が米科学誌サイエンスに掲載されるなど、惑星探査分野における研究を国際的にリードした。
- ④ 世界一線級の科学者が「イトカワ」微粒子分析で最大の科学成果をあげられるよう、国際研究公募の枠組みを設定。2回の公募を実施。(第1回(平成24年1-3月):応募31件から17件の研究提案を採択/第2回(平成25年1~3月):現在選考中)



大気圏再突入で輝く「はやぶさ」



着地状態の再突入カプセル



初期分析成果論文が掲載された「サイエンス」

効果：

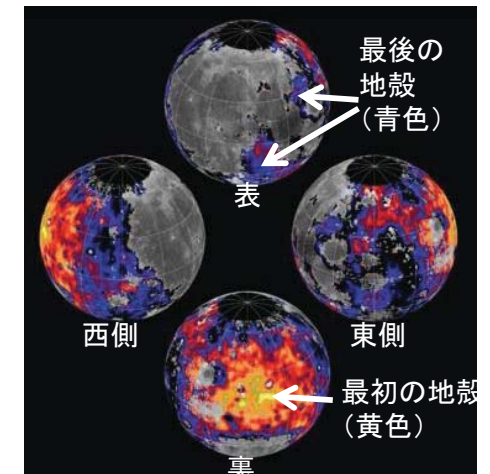
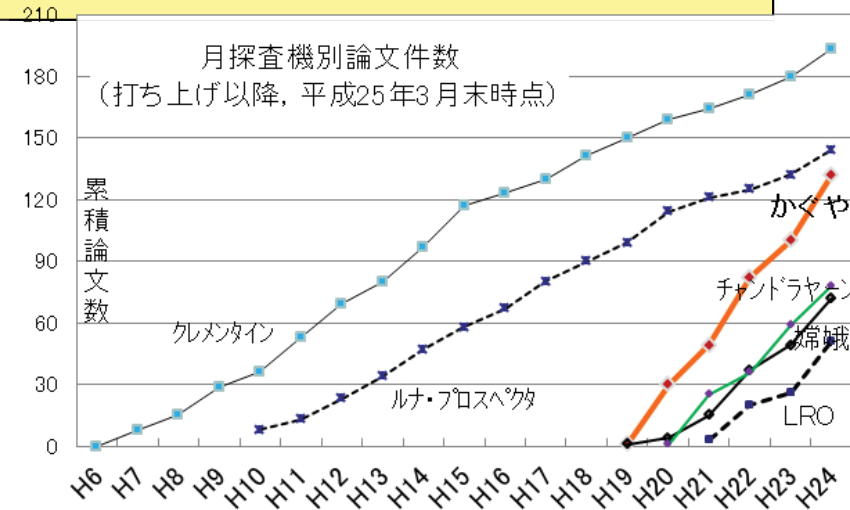
- ① NASAが小惑星探査ミッション(OSIRIS-REx)を立ち上げた背景には、「はやぶさ」の成果が大きく影響。また、イオンエンジン技術においては、海外向けの販路を開拓(日本のメーカーと米国主要エンジンメーカーによる販売パートナー交渉が継続中)
- ② 皇后陛下が「はやぶさ」地球帰還を題目とした御歌を詠まれるなど、各界から注目を集め、宇宙探査の普及・理解促進に貢献。平成22年度にはJAXA認知度が79.4%に達し、これは「はやぶさ」効果が特に大きいと言える。(それ以降70%以上をキープ)
 - 主な例: 1)「はやぶさ」映画3作品の制作・公開。(同じテーマによる同時期複数制作・公開は日本初)
 - 2) 帰還カプセル実物展示を全国43都道府県69ヶ所にて実施。総来場者数 892,446人を記録。(但し、公募において応募のなかった4県を除く)
 - 3) 地球帰還時(平成22年6月)のJAXA公式Webサイト・アクセス数は過去最高(3,125万件/月)を記録。前年度(21年度)の年間平均795万件/月に比べて4倍となった。

中期目標期間実績

中期計画： 具体的には、(a)小惑星探査機(MUSES-C)、(b)月周回衛星(SELENE)を運用し、月周回衛星(SELENE)後継機や小惑星探査機(MUSES-C)後継機等の月、惑星、小惑星の探査機・観測実験装置に係る研究開発を行う。これらのうち、小惑星探査機(MUSES-C)については、本中期目標期間中の地球への帰還に向け、所要の作業を行う。なお、取得データについては、宇宙科学研究等の発展に資するため、国内外に公開・配布するとともに、将来の月・惑星探査や宇宙科学研究等の成果創出に有効に活用する。 <2/4>

実績：(b)月周回衛星(SELENE)「かぐや」

- ① 定常運用期間(平成19年12月-20年10月)及び後期運用期間(平成20年11月-21年6月)の観測ミッションを終了し、**プロジェクト成功基準を全て(エクストラ成功まで)達成**。米アポロ計画以降の本格的な月探査プロジェクトとして、**月探査分野での日本の地位を獲得**。
- ② 14の観測機器により、月全表面の鉱物分布や元素分布、詳細な地形データ、表面付近の地下構造、磁気異常、重力場の観測、プラズマ、電磁場、高エネルギー粒子など月周辺の環境計測を実施。**世界で初めて月の裏側を含む重力の全球観測データ取得、過去の月探査衛星で探査されていない極域を含む従来データの10倍に及ぶ月全球の高さ情報取得など、高精度の観測データを獲得した**。
- ③ 本中期計画期間中、**130編を超える**「かぐや」に関連した査読付論文が著名な国際科学雑誌に掲載された。
- ④ 「かぐや」観測データの一般公開/データアーカイブシステムの運用を開始(平成21年11月~)。全世界の研究者に対して、高精度な観測データを提供。月地殻の形成過程や巨大衝突を裏付ける痕跡を**世界で初めて明らかにする**など、地球や火星の進化過程解明にもつながる新たな知見獲得に至った。



「かぐや」の観測データによる研究により得られた月地殻の形成過程
色は地殻が形成された時期の違いを表し、黄色が最も古く、橙・赤・青への新しくなる。月の裏側中央の黄色の領域で最初に地殻が誕生し、周囲、そして月の表側へ徐々に地殻が広がったことが明らかにされた。

・効果：①世界の月探査・観測計画に「かぐや」及びその観測データが与えた影響

日本のみならず**他国の月探査衛星の探査・観測計画の立案検討重要な役割を果たし、基準データとして扱われている**。

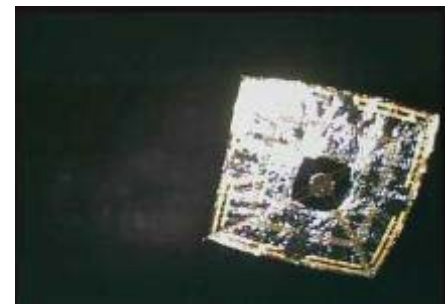
- 1)米国月探査衛星「ルナーリコネサンスオービター」の観測計画やその探査機「LCROSS」の衝突場所選定の際に活用された。
- 2)「かぐや観測データ」を基にした研究成果は米国、欧州の月着地点検討において利用されている。
例：米国の月惑星研究所(Lunar and Planetary Institute)による2012年発行「A Global Lunar Landing Site Study to Provide the Scientific Context for Exploration of the Moon」では、約15の「かぐや」研究成果論文が使用され、着陸地点の検討に重要な役割を果たした。

中期目標期間実績

中期計画：具体的には、(a)小惑星探査機(MUSES-C)、(b)月周回衛星(SELENE)を運用し、月周回衛星(SELENE)後継機や小惑星探査機(MUSES-C)後継機等の月、惑星、小惑星の探査機・観測実験装置に係る研究開発を行う。これらのうち、小惑星探査機(MUSES-C)については、本中期目標期間中の地球への帰還に向け、所要の作業を行う。なお、取得データについては、宇宙科学研究等の発展に資するため、国内外に公開・配布するとともに、将来の月・惑星探査や宇宙科学研究等の成果創出に有効に活用する。 <3/4>

実績：(c)小型ソーラ電力セイル実証機(IKAROS)

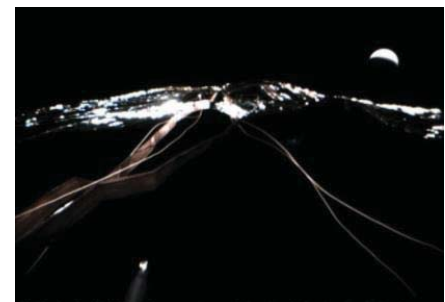
- ① **プロジェクト成功基準の全て(エクストラ成功まで)を達成**し、世界初となるソーラー電力セイル技術を実証した。
 - 1) 当初設定の4ミッション(大型膜面の展開・展張、薄膜太陽電池による発電、ソーラーセイルによる加速実証、ソーラーセイルによる航行技術の獲得)を全て実証し、ソーラー電力セイル技術を獲得(**世界初**)。
 - 2) 後期運用では、ソーラーセイル航行技術における未知の現象(宇宙膜構造の膜面のたわみ、太陽光圧による機体の渦巻き運動、風車効果による回転数変化など)に関するデータを**世界に先駆けて獲得**。
- ② 「気液平衡スラスタ(液化ガスを推進剤に使用)」技術を**世界で初めて宇宙で実証**し、小型宇宙機用の推進システム技術に有用な知見を獲得。
- ③ **世界で初めてガンマ線バーストの偏光を確認**。(ガンマ線バースト観測29件のうち、偏光確認は3件)



宇宙空間で撮影された分離カメラからのセイル展開画像

効果：① ソーラーセイルのアイデアは100年程度前からあり、世界で研究開発が進められていた中、**本技術を獲得した世界で唯一の国**として、日本の惑星探査技術のプレゼンスを世界に示した。海外研究機関等からソーラセイルに関する共同研究の打診が、4件(NASA2件、ドイツ航空宇宙センター(DLR)1件、米国惑星協会1件)届いている。

- ② **深宇宙での長期間にわたるソーラーセイル宇宙航法技術を獲得**し、将来ミッション実現に向けたフロントローディングとしての役割を達成。さらに小型計画(副衛星ロケット相乗り)による技術実証の意義、実現性を示したことで、**大型プロジェクトに依らない宇宙工学実証の機会創出**の可能性を広げた。
- ③ 世界初のソーラー電力セイル技術実証の成功に対して、国内外の学会から高く評価された。(査読付論文約60件、国際学会発表約150件、国内学会発表約300件、外部表彰8件)
- ④ IKAROSチームは30歳代の職員を中心に構成され、さらに大学院生等も加わり、若手の力がミッション達成の原動力となった。この中から「はやぶさ2」プロジェクトの主要システム・サブシステムのまとめ役として活躍する人材が多数生まれるなど、JAXA内外ともに人材育成面での効果が得られた。



IKAROS金星フライバイの画像
IKAROSのセイル(手前～中央)と金星(右中上)

*学生参加人数は70名(そのうち論文としてまとめられたのは、博士論文6、修士論文34、学士論文20)

中期目標期間実績

中期計画： 具体的には、(a)小惑星探査機(MUSES-C)、(b)月周回衛星(SELENE)を運用し、月周回衛星(SELENE)後継機や小惑星探査機(MUSES-C)後継機等の月、惑星、小惑星の探査機・観測実験装置に係る研究開発を行う。 <4/4>

実績：①小惑星探査機後継機(「はやぶさ2」)

- 1) 平成23年 基本/詳細設計を実施。フライトモデル製造に着手。
- 2) 平成24年 探査機システム詳細設計を固め、フライトモデル製作試験フェーズに移行。地上システム(探査機の追跡管制に必要な設備)の開発に着手。
- 3) 設計開発体制において、サイエンスコミュニティ(研究者)の広い参画を得ながら進め、理学工学双方の知見を相乗的に活かす協働関係を促進した。
- 4) 国際協力・分担の枠組みとして以下を構築。
 - ドイツ航空宇宙センター(DLR)による小型ランダ(MASCOT)のはやぶさ2搭載
 - 欧州追跡管制網のはやぶさ2運用への提供
 - NASAと「はやぶさ2とNASA小惑星探査ミッション(OSIRIS-REx)にかかる多角的協力の可能性検討



はやぶさ2一次噛み合わせ試験用機体
(平成24年12月機体公開)



ドイツ航空宇宙センターとの了解覚書調印
(平成24年10月 両機関長による調印式)

②月周回衛星(SELENE)後継機

月面着陸・探査ミッションでキー技術となる着陸時航行センサー技術、月面越夜技術、探査ローバ技術などに関する技術検証試験、研究を実施し、探査機設計及びミッション実現に必要な基礎データ取得、技術成立性を確立した。

中期目標期間実績

評価結果	評定理由(総括)
S	<p>第2期中期目標期間中に実施した3つの宇宙探査プロジェクト(「かぐや」、「はやぶさ」、「IKAROS」)は、エクストラ成功までを含む全プロジェクト成功基準を完遂した。この3つのプロジェクトは、宇宙探査技術の実証、観測データに基づく研究成果など工学・理学両面においてそれぞれ世界初となる成果を残し、学術研究の面でも人類に新たな知見獲得をもたらした。</p> <p>これらのプロジェクト実績は、研究開発機関の研究者・技術者に加え国内メーカー・中小企業・町工場の技術者による創造力と技術力が結集して成し遂げられた結果と言える。例えば「はやぶさ」では、JAXAと企業99社・大学等19機関の全119機関が参画し、世界初となる“地球-小惑星間の深宇宙航行技術の獲得”、“小惑星からのサンプルリターン技術”等確立し、世界に日本の技術力の高さを示した。「はやぶさ」イオンエンジンは、宇宙での動作時間において世界一を達成(他国で最も実績のある米国探査機DeepSpace1搭載NSTARイオンエンジンの動作時間を凌駕)し、信頼性を獲得。この技術の海外向け販路開拓につながっている。また、「はやぶさ」の幾多の困難を乗り越えての地球への帰還は、宇宙開発への国民的な関心と理解を高めることとなった。</p> <p>世界各国から“各プロジェクトが獲得した成果と技術は将来の月惑星探査計画に必要な観測データ・技術”と高く評価されている。「かぐや」は“人類初となる月の裏側を含む全球重力観測”などの月全球にわたる高精度観測データを獲得。これらのデータは、米国月探査衛星の観測運用計画や月着陸点検討に使用され、日本のみならず世界の月探査・観測計画立案検討・研究に不可欠な基準データとなっている。「IKAROS」が世界で初めて実証したソーラセイル航法誘導制御技術は、“燃料を用いない新たな宇宙空間での推進技術”のさきがけとして地位を獲得し、その発展性を見据えた海外研究機関から共同研究パートナーとしての打診が届くなど、国際宇宙探査分野での日本の存在感が顕著に表れている。</p> <p>以上により、第2期中期目標期間中において、日本が産学官一体となって世界の宇宙探査分野でリーダーシップを発揮したことが明らかである。</p>
今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・小惑星探査機「はやぶさ2」プロジェクトの着実な実施。 ・月周回衛星(SELENE)後継ミッションの立ち上げ及び探査ミッション創出につながる研究等の実施。 ・多様な政策目的で実施される宇宙探査において、政府が行う検討への支援、働きかけを必要に応じて実施。

I. 4. 国際宇宙ステーション(ISS)

評価項目	中期目標期間 内部評価	H24年度 内部評価	H23年度 独法評価	H22年度 独法評価	H21年度 独法評価	H20年度 独法評価	頁
I.4.(1) 日本実験棟(JEM)の運用・利用	A	A	A	S	S	S	D-1
I.4.(2) 宇宙ステーション補給機(HTV)の 開発・運用	S	S	A	S	S	A	D-20

I.4.(1) 日本実験棟(JEM)の運用・利用

本年度 内部評価	A	これまでの独法評価結果			
		H23	H22	H21	H20
		A	S	S	S

中期目標記載事項: 日本実験棟(JEM)の運用を着実にを行うことで、国際宇宙基地協力協定における我が国の責務を果たすとともに、有人宇宙技術及び宇宙環境の利用技術等の宇宙技術の実証及び蓄積を進める。また、産学官等の多様なユーザと連携してISS/JEMの積極的な利用を推進することで、新たな知見の獲得及び産業への応用等を促進する。

中期計画記載事項: 有人宇宙技術及び宇宙環境利用技術をはじめとする広範な技術の高度化の促進及び国際協力の推進を目的として、JEMの軌道上実証と運用及び宇宙飛行士の搭乗を安全・確実に実施するとともに、将来有人宇宙活動を行う上で必要となる技術を実証し、その蓄積を進める。

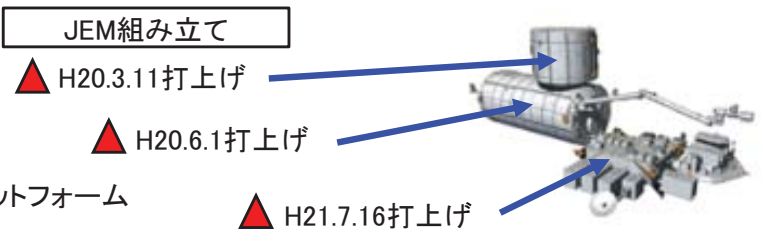
また、ISS/JEMという新たな活動の場を活かし、幅広い利用による社会・経済への還元を目指して、ISS/JEMの利用環境を整備・運用し、宇宙環境を利用するための技術の実証・蓄積を行うとともに、産学官等の多様なユーザと連携して、物理・化学や生命現象における新たな発見、産業への応用、文化・芸術における利用の拡大、アジア等との国際協力の拡大につながる利用を促進する。

特記事項(社会情勢、社会的ニーズ、経済的観点等)

- 平成25年に制定された「宇宙基本計画」において、「有人宇宙活動は、国民に夢を与えると同時に、他の宇宙先進国との協力を通じて新たな技術を獲得する機会として重要である。また、国際協力として我が国のプレゼンスの発揮にも資するほか、宇宙教育等の観点からも意義がある。」とされた。
- 平成22年5月の戦略本部決定「宇宙分野における重点施策について」において、JEMを新素材・新薬開発などに本格的に活用するだけでなく、我が国がアジアで唯一のISS計画参加国であることを踏まえ、JEMにおける実験機会を外交資源として活用を図ることが重要であるとされた。
- 平成22年6月の宇宙開発委員会 ISS特別部会中間とりまとめにおいて、ISS計画への参加は利用による成果の創出や有人宇宙技術の蓄積、宇宙産業振興への貢献などに意義が認められ、我が国が2016年以降もISS計画に継続的に参画していくことが妥当であると結論付けられた。
- 平成22年8月の戦略本部決定「当面の宇宙政策の推進について」において、我が国が2016年以降もISS計画に参加していくことを基本とすることとされた。
- 国内約650社の企業が開発・運用・利用に参画することで、有人システム統合・運用技術、有人宇宙環境利用技術等、日本の技術力の底上げに寄与。

マイルストーン

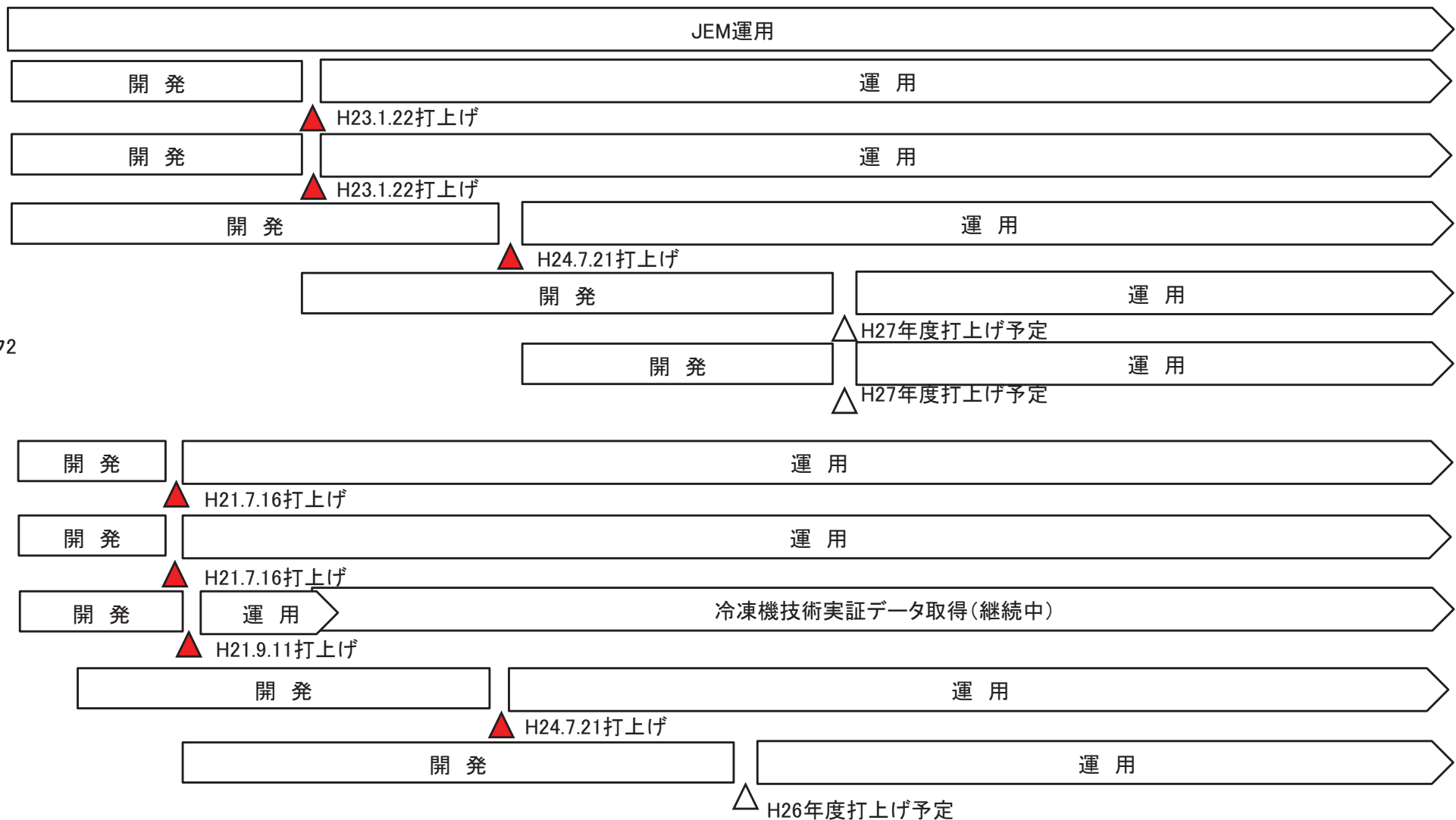
H20年度 (2008)	H21年度 (2009)	H22年度 (2010)	H23年度 (2011)	H24年度 (2012)	H25年度 (2013)	H26年度 (2014)	H27年度 (2015)	H28年度 (2016)	H29年度 (2017)	H30年度 (2018)	H31年度 (2019)	H32年度 (2020)
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------



JEM組立・運用

船内実験室利用

船外実験プラットフォーム利用



平成24年度実績

年度計画： 有人宇宙技術及び宇宙環境利用技術をはじめとする広範な技術の高度化の促進及び国際協力の推進を目的として、ISS/JEMという新たな活動の場を活かし、幅広い利用による社会・経済への還元(健康長寿社会実現や創薬、環境やエネルギーなどの社会的課題解決に繋がる成果創出等)、科学技術の発展、産業基盤強化及び教育への貢献を目指す。さらに、ISS計画の運用継続に向け、新たな利用を創出し、人類共有資産としての利用成果を最大化するために、以下を実施する。

(a) JEMの運用

1) JEMの保全補給を含む軌道上運用継続による技術蓄積及びISS/JEMの利用環境の提供

実績：

JEMの利用環境を継続的に提供するとともに、新たなJEM利用創出につながる技術を実証・蓄積。

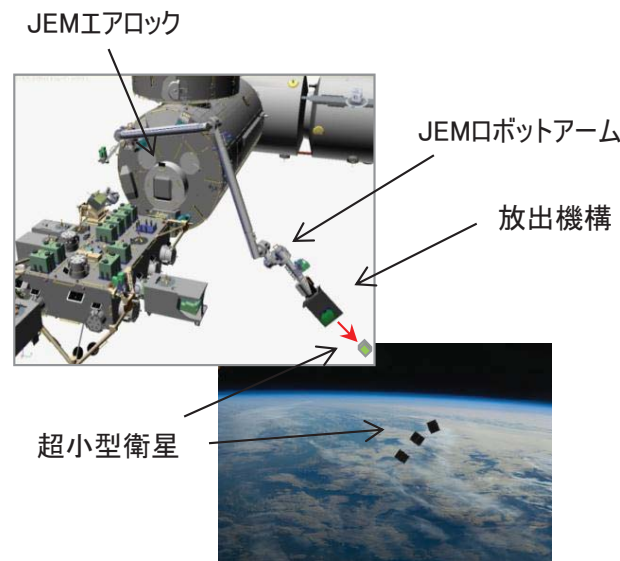
- ① JEMロボットアームとエアロックを使用した、ISSから宇宙飛行士の船外活動なしで簡易に超小型衛星を最大6個放出できる世界唯一のシステムを開発・実証。H24年度は海外衛星を含む5つの超小型衛星の放出に成功。今後放出する超小型衛星候補の通年公募を開始。
- ② H23年度に実証したJEMロボットアームの地上からの遠隔操作技術を用いて、HTV3号機の曝露パレット操作や超小型衛星の放出を地上遠隔操作で実施。また、ロボットアーム先端に取り付けた小型ロボットアーム(子アーム)の地上遠隔操作技術の軌道上実証を完了。
- ③ 以下の保全補給を確実にいき、JEMの安定した軌道上運用を継続。
 - ・不具合で運用停止中のJEM低温冷却水系循環ポンプを補用品と交換し、復旧。
 - ・不具合で運用停止中のJEM衛星間通信システムについて、原因を電源システムの故障と特定し、交換機器の製作を完了、25年度中に復旧する目途を付けた。

効果：

- (1) 超小型衛星放出システムの確立により、超小型衛星の打上げ環境(振動等)の劇的な緩和と多様な打上げ(放出)機会の提供を実現。
- (2) 遠隔操作技術の確立により、将来のクルーの負担軽減(船外活動回数の削減等)に目途。

世界水準：

- (1) 有人宇宙活動で最も重要な安全評価に関して、JAXAの安全評価技術(ISS搭載バッテリーの安全評価やJEM搭載装置の運用手順安全評価の技術)の高さがNASAに認められ、安全評価に係る権限がNASAからJAXAに委譲。
- (2) 有人宇宙機の大型ロボットアームの地上遠隔操作技術を獲得しているのは、世界でカナダと日本のみ。
- (3) 超小型衛星放出等のJEM船外利用について、特に海外からの利用要望が飛躍的に増大。



超小型衛星放出システム
船内貨物として打ち上げた超小型衛星を、船内からエアロックを通じて船外に搬出し、JEMロボットアームを用いて宇宙空間に放出。

2) 日本人宇宙飛行士のISS長期滞在の実施、ISS長期滞在に向けた訓練、及び健康管理の実施

実績:

(1) H24年7月から11月まで、星出宇宙飛行士がISSに長期滞在し、以下の任務を完遂。

- ① HTV3号機のISSへの結合や、補給物資(超小型衛星、実験装置等)の移送を完了。
- ② 星出宇宙飛行士と地上運用管制チームの連携により、5機の超小型衛星の放出に成功。
- ③ 科学実験・技術実証ミッションなどの数々のJEM利用運用を実施。特にメダカを用いた水棲生物実験について、装置の組立・点検、ソユーズ宇宙船で輸送されたメダカの移し替え等を行い、実験を開始。
- ④ ISSに発生した不具合に対応するため、日本人として初めてISS長期滞在中に船外活動を計3回にわたり実施。星出飛行士の船外活動の高い技量と安定性、作業の確実性、迅速性及び協力して船外活動を行うNASA飛行士とのチームワークをNASAから高く評価され、当初計画になかった追加の3回目の船外活動の実施者に選ばれ任務を完遂。船外活動中、ボルトが回せない事象が発生するなどしたが、冷静に対応し全ての任務を完遂。
- ⑤ 高いロボットアーム操作技量を活かし、米国ドラゴン補給船の把持・結合及び分離作業を実施。



超小型衛星放出の準備を行う
星出宇宙飛行士



船外で修理作業を行う星出(左)、
ウィリアムズ(右)両宇宙飛行士

(2) ISS長期滞在に向けた訓練及び健康管理の実施

- ① ISS長期滞在が決まっている若田宇宙飛行士(H25年11月打上げ予定)、油井宇宙飛行士(H27年6月頃打上げ予定)に対して、ISS長期滞在に向けた訓練及び健康管理を実施。
- ② ISS長期滞在中を完了した星出宇宙飛行士に対し、帰還後のリハビリテーション・飛行後健康管理を実施。

効果:

- (1) 今回で4回目となる日本人宇宙飛行士のISS長期滞在により、宇宙飛行士運用技術(訓練・健康管理・搭乗支援技術)を蓄積。さらに、船外活動によるISS機器の修理作業により、船外で長期運用される機器の設計や交換に係るノウハウ等、将来の有人宇宙活動に資する知見を蓄積。
- (2) 野口宇宙飛行士が、35ヶ国375名の宇宙飛行士が参加する世界宇宙飛行士会議(ASE)におけるアジア地区唯一の常任理事として、自己のISS長期滞在の経験・知見を報告・共有した功績が評価され、11月に設立されたASEアジア支局(10ヶ国21名)の初代支局長に任命。



第25回ASEにおいてアジア支局長に
任命され、スピーチを行う野口宇宙飛行士

2) 日本人宇宙飛行士のISS長期滞在の実施、ISS長期滞在に向けた訓練、及び健康管理の実施（続き）

世界水準：

- (1) 星出宇宙飛行士のISS長期滞在により、これまで宇宙滞在を行った日本人の宇宙滞在累積日数（ISS長期滞在以外含む）が740日になり、世界第3位を継続。世界有数の長期宇宙滞在に関する技術・知見を蓄積し、宇宙先進国としての位置づけを維持。
- (2) 星出飛行士の船外活動の高い技量と安定性、作業の確実性、迅速性及び協力して船外活動を行うNASA飛行士とのチームワークをNASAから高く評価され、当初計画になかった追加の3回目の船外活動の実施者に選ばれ任務を完遂。この星出宇宙飛行士の船外活動実施により、日本人宇宙飛行士のISSでの船外活動時間は計約41時間となり、米露に次ぐ世界第3位に上昇。

	国名	日数
1	ロシア	22,180日
2	アメリカ	15,814日
3	日本	740日
4	ドイツ	494日
5	フランス	432日

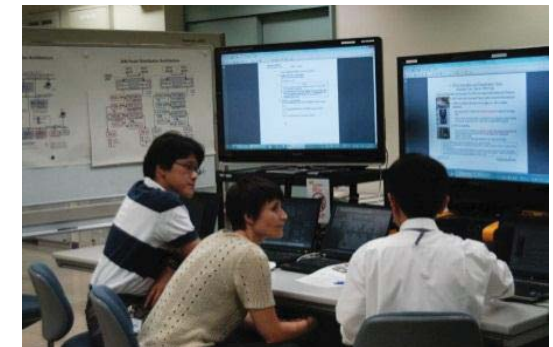
各国の宇宙滞在累積日数
（平成24年11月19日時点）

3) 日本人及び国際パートナーのISS宇宙飛行士に対するJEM訓練の実施

実績：

日本人及び国際パートナーのISS宇宙飛行士26人（NASA、ロシア、欧州、カナダ、JAXA）に対して、JEM及びHTVシステムの運用訓練及び実験装置運用訓練を実施。

- ① ソユーズ32～ソユーズ37までに搭乗するISS宇宙飛行士21人の訓練を実施し、H24年度中に全ての訓練を完了した16人については、ISS搭乗に向けJAXA認定を実施。
- ② 日本人宇宙飛行士2人に対し、JEMスペシャリスト訓練を実施。
- ③ JEM訓練インストラクタのインストラクション技術の高さは国際的にも評価されており、NASA及びESAからの要請を受けて、搭乗が決定していない宇宙飛行士3人についても、追加の訓練を合計16日間実施。そのバータとしてNASAの極限環境訓練に日本人宇宙飛行士が参加する機会を獲得。



近傍通信システムの運用について訓練を行う金井（奥）、クリストフォレティ（中央）両宇宙飛行士

4) ISS運用継続を受けたJEM運用計画の策定

実績：

我が国の2016年以降のISS計画参加方針を踏まえ、JEM運用計画について以下を実施。

- ① これまでのJEM及びHTVの運用実績と運用技術の蓄積を踏まえて、JEMとHTVの運用体制を統合・合理化。
- ② ISS運用継続に向けたJEM寿命評価結果に基づき、JEM機器のスペア調達を継続。
- ③ 2016年以降のISS共通システム運用経費の日本の分担について、HTVの追加提供だけでなく別の方法による分担についてもNASAと協議を実施。

(b) JEMの利用

1) JEMの利用を通じた宇宙環境利用技術の実証・蓄積

1. タンパク質結晶生成技術の高度化

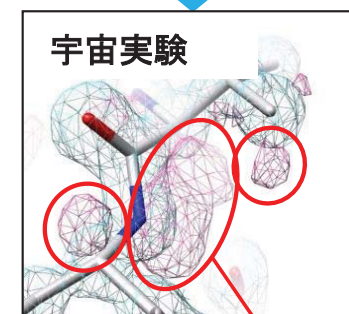
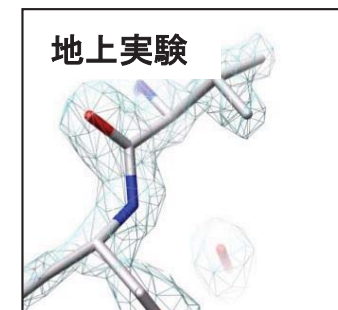
画期的な医薬品や廃棄物分解酵素等の探索・開発のさらなる迅速化、効率化に寄与することを目指し、これらにつながるタンパク質の内、地上では高品質な結晶を得難いものについて、宇宙での高品質結晶生成技術を開発・適用することにより、地上生成結晶よりも詳細・精密な構造データの取得を可能とすることを目的とする。

画期的な医薬品の開発等につながる
タンパク質結晶生成実験

実績:

宇宙での対流抑制等により、地上よりも分子配列の揃った単結晶が得られ易いという特徴を最大限引き出すため、最適条件予測法、結晶生成技術、高圧凍結による結晶保存技術等の高品質結晶生成技術の開発を行うと共に、企業や研究機関と連携して、創薬等につながるタンパク質など、延べ106種に及ぶタンパク質の宇宙実験を実施した(うち58種は軌道上実験中)。

その結果、高品質な結晶生成には、特に、タンパク質試料の均一化、粘性の高い溶液の利用等による拡散抑制が極めて重要な因子であることを見出すと共に、地上準備プロセスにてこれら条件の最適化が計れたタンパク質については、7割以上の確率で、宇宙実験にて地上より高品質・高分解能な結晶を生成することに成功した。



創薬等の鍵
となる情報

効果:

上記宇宙実験を実施したタンパク質の内から、以下のような効果が得られている。
・希少・難治性疾患であるデュシェンヌ型筋ジストロフィーに関するタンパク質については、従前地上では取得できなかった精密な構造データに基づき、迅速に複数の薬剤候補化合物が抽出でき、さらに動物実験により治療効果と安全性を確認できた。今後、製薬企業との提携、人に対する治験等を経て、オーファンドラッグ(希少疾患治療)としての創薬を目指す予定。

世界水準:

宇宙先進国のロシアが日本のタンパク質結晶生成技術を高く評価し、日露間でタンパク質結晶生成実験協力協定(※)を締結、24年度は第5回実験の回収、第6回実験の打上げを実施。ロシアとの協力の継続に向けた協定の改訂作業が最終調整中。また、米国も本技術に関心を示している。

※日本が結晶生成装置とSPring-8の利用機会提供、ロシアが試料の打上げ・回収を担当。

日本の技術で結晶から得られるタンパク質構造データが世界最高レベルの分解能(0.69 Å)を達成。
0.69 Åは水素原子が識別でき、タンパク質と化合物の結合状態が判別可能なレベルであり、薬剤であれば薬剤化合物候補の探索が可能となる。

タンパク質分子構造の分析結果の比較例
(宇宙実験で生成したタンパク質(下図)の方が詳細・精密な分子構造まで見えている)

(b) JEMの利用

1) JEMの利用を通じた宇宙環境利用技術の実証・蓄積(続き)

2. 水棲生物長期飼育技術の獲得

実績:

長年の地上研究を通じ、他国が達成できなかった閉鎖系での安定した水質維持を2種類のフィルタの組み合わせ等により解決することで、**宇宙で長期間(2ヶ月)に亘り人と同じ脊椎動物であるメダカを健康な状態で飼育することに成功(スペースシャトルでの約2週間の短期間飼育の約4倍)**。水棲生物長期飼育技術(水質維持、排泄物処理等)を世界で初めて獲得。

効果: 脊椎動物として宇宙で初めて世代交代が確認されたメダカ等の水棲生物を長期に宇宙で飼育することが可能となった。これにより、宇宙環境で生じる筋・骨量の減少、長期低線量被曝の生物影響評価等に加え、世界初となる地球環境を全く知らない3世代目の脊椎動物の創出が可能となり、地上では予測困難な宇宙での長期的な継世代の影響評価や新たな現象の発見が期待される。

2) JEM利用実験の準備、軌道上実験の実施(平成24年度分)

3) JEM船内・船外搭載実験装置の開発、及び打上げ・初期検証の実施

1. JEM船内実験

実績:

ISSの不具合・復旧作業や輸送機の打上げ計画変更等に柔軟に対応して実験を着実に進めるとともに、今後打上げ予定の実験装置の開発を実施。

- ① 船内実験室の8つの実験装置、3つの実験ラックを年間通じて運用。温度勾配炉はH23年度の初期検証中に発生した不具合対策を的確に行い、運用を開始。また、水棲生物実験装置の初期検証を完了し、運用を開始。
- ② 上記装置等の運用により、科学利用、応用利用、技術開発、文化・人文ミッション、有償利用の各分野で、合計31課題の軌道上実験を計画どおり実施。
- ③ 今後実施するJEM利用実験(合計20課題)の準備を実施。
- ④ 静電浮遊炉、多目的実験ラック2号機を開発中。
- ⑤ 小動物飼育装置の開発着手に向けた概念検討を実施。

世界水準: 温度勾配炉は、ISSの材料実験装置の中で最高の温度勾配と加熱温度を実現可能かつ実験できる試料の大きさも最大であり、幅広い実験条件に対応可能。

水棲生物実験装置



骨や筋肉にヒトの疾患と共通した異常を持つメダカを用いて実験を行うことにより、骨粗しょう症や筋萎縮疾患などの治療につながるデータ取得が可能

温度勾配炉ラック

- ・半導体材料を高温で溶解可能な電気炉
- ・地上では得られない良質な材料を製造することが可能となり、半導体素材等の飛躍的な進歩に貢献



- 2) JEM利用実験の準備、軌道上実験の実施(平成24年度分)
- 3) JEM船内・船外搭載実験装置の開発、及び打上げ・初期検証の実施(続き)

2. JEM船外実験

実績:

- ① 全天X線監視装置(MAXI)・宇宙環境計測ミッション機器(SEDA-AP)、ポート共有実験装置(MCE)を24時間、365日間絶え間なく運用し、観測データを連続的に取得。
- ② 簡易宇宙曝露実験用取付機構の開発を完了。
- ③ 高エネルギー電子・ガンマ線観測装置(CALET)を開発中。

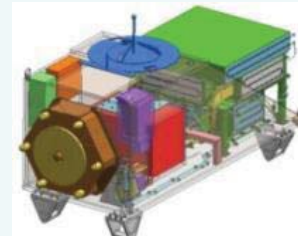
効果:

- ① SEDA-APによる通常の人工衛星では実現できない高度の計測結果により、衛星を設計する際の放射線環境や太陽フレア発生時の放射線量の予測に役立つ**日本独自の新しい放射線帯モデルを国際標準規格(ISO)に提案中**。

世界水準: 全天のX線天体を24時間連続監視しているのは世界でMAXIのみ(300個の天体を常時監視)。

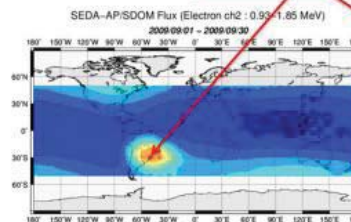
高エネルギー電子・ガンマ線観測装置

高エネルギー宇宙線の電子・ガンマ線の観測により、宇宙線の起源、暗黒物質を探索

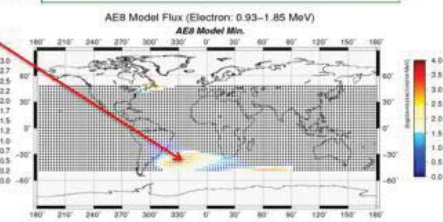


南大西洋異常帯の西方移動を確認

従来モデルでは欠落していたデータ(黒色の部分)を補完



SEDA-APの計測結果(今後提案するモデルに反映予定)



従来の放射線帯モデル

- 4) ISS運用継続を受けて策定した中長期利用シナリオに基づく、実験内容・実施時期等を規定した利用計画の立案・設定

実績:

- (1) 重点的に実施すべき領域を策定した「『きぼう』を利用した基礎研究シナリオ」に基づき、「生命科学分野」、「宇宙医学分野」、「物質・物理科学分野」に係る研究テーマ3件を選定。
- (2) 次期船外利用ミッションの募集方針を決定。H25年度から募集開始予定。
- (3) 国内利用要求の取りまとめと多国間調整を経て、H25年度前半までの週単位での最適な運用利用計画及びH26年度前半までの短期の利用計画を設定。さらに、(1)(2)の中長期の利用方針を踏まえて、H28年までの中期利用計画を設定。

5) 多様なユーザと連携した、幅広い分野の利用の促進と成果の創出(科学利用、産業や社会課題への応用、地球観測利用、技術開発、教育及び文化的利用)

効果:

理化学研究所、東京大学など、55にも及ぶ多様なユーザと連携し、以下の成果を創出。

MAXIが発見した極超新星の痕跡(イメージ)

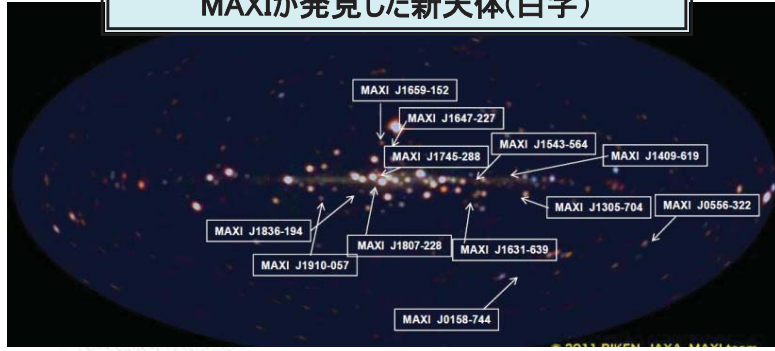


(1) 科学研究分野

① 全天X線監視装置 (MAXI): 天の川銀河で極超新星爆発の痕跡を発見(世界初)

- ・天の川銀河内では**世界初となる、通常の超新星爆発の100倍もの規模である極超新星爆発(銀河の中で10万年から100万年に一度しか起こらないと予測されている非常に珍しい現象)の痕跡を発見。**
- ・**X線新星を新たに3つ発見(従来の年1個から年2~3個という世界最短・最速ペースで累計12個発見)するとともに、41件の位置情報等を世界のX線天文学者等に速報。**

MAXIが発見した新天体(白字)



世界水準:

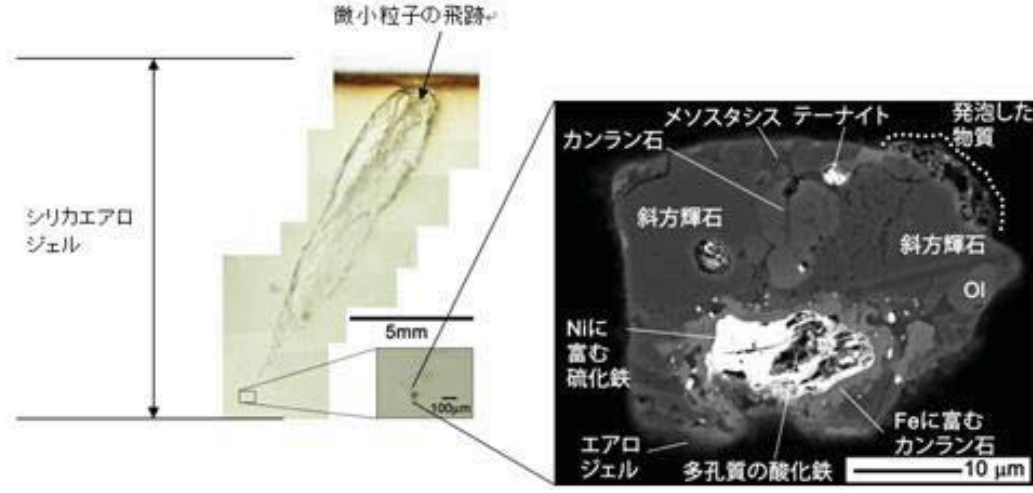
X線で宇宙を観測するためには大気の無い宇宙空間での実施が必要であり、予測できない天体の変動を捉えるには絶えず全天を見張る観測が必要。通常、観測視野を狭くしぼることでより感度をあげて観測するX線天文衛星が主流であるが、MAXIでは世界最大の広視野、且つ、高いスペクトル分解能を持つX線カメラを新規に開発、広域観測に特化し、超新星爆発等を広い視野で発見、関係機関に迅速に通報することで、観測視野の狭いX線天文衛星での詳細観測を可能とするなど相補的な観測によりX線天文学に貢献している。**全天のX線天体を24時間連続観測しているのは世界で唯一MAXIのみである。**

② 宇宙環境計測ミッション機器: 新たな地球外物質を発見

- ・大気圏突入前の加熱されず組成が変わらない微小粒子の捕獲及び回収が可能でISSならではのシステムを確立し、微小粒子の捕獲・回収に成功。**結果、今までに見いだされていない組織と鉱物組成を持つ微粒子(新種の地球外物質)を世界で初めて発見。**

日本ははやぶさの成果により、小惑星イトカワの試料も保有しており、複数の異なる試料の獲得により太陽系誕生の初期の時代に何が起きたかを解明することにつながる。

- ・科学誌「Earth and Planetary Science Letters」(インパクトファクター4.18)に成果が掲載。



宇宙捕集材(シリカエアロジェル)内の光学顕微鏡写真(断面図)と捕獲された「Hoshi」の拡大写真(断面の電子顕微鏡像)

5) 多様なユーザと連携した、幅広い分野の利用の促進と成果の創出(科学利用、産業や社会課題への応用、地球観測利用、技術開発、教育及び文化的利用) (続き)

③ 老化を進める遺伝子が宇宙で不活性になることを発見、国内外で報道。

・線虫を用いた実験の結果、**老化を進める遺伝子が宇宙では不活性になることを発見**。今後、更にISSを利用することで、老化をコントロールする新しい遺伝子を見出し、現在よくわかっていない老化のメカニズムを明らかにすることにつながる。

・世界的に権威のある**英科学誌ネイチャーグループのオンライン誌「Scientific Reports」に成果が掲載**。



超小型衛星の放出の様子

(2) 産業や社会課題への応用分野

① 宇宙での成果から骨粗しょう症の治療薬の開発に向けた産学の共同研究開始へ

地上より数倍現象が加速される宇宙環境を用いて、人間の骨のモデルとしてキンギョのウロコを用いて骨量減少を抑制する薬剤(日米で特許を取得済み)の作用を調べる実験を行い、その効果が認められた。この結果をもとに、**新しい骨粗しょう症治療薬の開発に向けた研究者と企業の共同研究が開始**された。

② 「窒化物半導体マルチビジネス創成センター」の設立へ

重力による歪みが発生しない宇宙環境を利用した新素材の創成とその応用に関する名古屋工業大学との共同研究における地上での実験、及び 2010-2012年に実施した**宇宙実験の成果を受け、従来より省エネ・小型の次世代半導体の実用化・事業化(家電や自動車のデバイス開発など)**を多くの企業とともに目指す「窒化物半導体マルチビジネス創成センター」の設立が名古屋工業大学で進められている。

(3) 技術開発分野

ISSから宇宙飛行士の船外活動なしで簡易に超小型衛星が放出できる世界唯一のシステムを確立し、大学、民間企業、アジア地域から5機の超小型衛星の放出に成功。

6) アジア諸国との国際協力による利用促進

実績:

ISS唯一のアジア参加国としての強みを活かし、ゲートウェイとしてアジア地域との国際協力を推進。

- ① マレーシアとの協力でタンパク質結晶生成実験を継続実施。マレーシアが **タンパク質結晶生成実験の成果を高く評価し、今後も協力の継続を要望**。
- ② **アジア・太平洋地域宇宙機関会議の下に、日本が中心となり、JEM利用創出を目指す国際協力枠組みを設置。アジアの子供向けJEM簡易科学実験、JEMから持ち帰った植物種子栽培実験(アジアの学生千数百人参加)等を実施。**

効果:

マレーシア、ベトナムの各宇宙機関から、衛星放出、植物実験、学生航空機微小重力実験等への参加希望が出されるなど、**アジア各国が自主的にJEM利用の提案を行う環境の整備が進み、アジア地域におけるISSへのゲートウェイとして日本の国際プレゼンスが向上**。

評価結果	評定理由(総括)
A	<p>年度計画に基づき、平成24年度は、JEMの軌道上運用における技術蓄積及び利用環境を継続的に提供し、JEMの利用を通じた宇宙環境利用技術を蓄積した。平成24年7月から11月まで、星出宇宙飛行士がISSに長期滞在し、日本人として初めて長期滞在期間中にISSからの船外活動を行った。船外活動は、宇宙飛行士の中でも資格を有する限られた者のみが実施する。船外活動によるISS機器の修理作業により、船外で長期運用される機器の設計や交換に係る知見を獲得した。また、船内実験室の8つの実験装置、3つの実験ラックを年間を通じて運用し、船外実験装置についても全天X線装置(MAXI)、宇宙環境計測ミッション機器(SEDA-AP)、ポート共有実験装置(MCE)を24時間・365日絶え間なく運用した。</p> <p>【定量的根拠】</p> <ul style="list-style-type: none"> ISS長期滞在を実施した星出宇宙飛行士は、船外活動の高い技量と安定性、作業の確実性、迅速性及び協力して船外活動を行うNASA飛行士とのチームワークを高く評価され、当初計画になかった追加の3回目の船外活動の実施者に選ばれ任務を完遂。これにより、日本人宇宙飛行士のISSでの船外活動時間は、計約41時間となり、米露に次ぐ世界第3位に上昇した。 長年の地上研究を通じ、他国が達成できなかった閉鎖系での安定した水質維持を2種類のフィルタの組み合わせ等により解決することで、宇宙で長期間(2ヶ月)に亘り人と同じ脊椎動物であるメダカを健康な状態で飼育することに成功した(スペースシャトルでの約2週間の短期間飼育の約4倍)。これにより、宇宙環境で生じる筋・骨量の減少、長期低線量被曝の生物影響評価等に加え、世界初となる地球環境を全く知らない3世代目の脊椎動物の創出が可能となった。 地上で観測できないX線で見えた宇宙の姿を全天X線監視装置(MAXI)を用いることにより、天の川銀河内では世界初となる、通常の超新星爆発の100倍もの規模である極超新星爆発(銀河の中で10万年から100万年に一度しかおこらないと予想されており、非常に珍しい現象)の痕跡を発見した。さらにX線新星を新たに3つ発見(従来年1個から年2~3個という世界最短・最速ペースで累計12個発見)するなどMAXIの観測開始以降、これまでに比べて天体発見速報が50%増加している。 <p>【定性的根拠】</p> <ul style="list-style-type: none"> JEMの安定した運用状況を背景に、ISS唯一のロボットアームとエアロックによる船内から船外への無人ペイロード運搬機能を活用し、超小型衛星を最大6個同時放出する世界唯一のシステムを開発、国内外の衛星の放出に成功した。これにより、クルーの船外活動無しにほぼ地上からの操作のみで簡易に衛星の放出が可能となった他、緩衝材入りバッグでISSに輸送されるため、打上げ環境(振動等)が劇的に緩和され、開発コストの低減や軌道上への確実な投入手段が確立した。放出する衛星候補の通年公募も開始され、多様な打上げ(放出)機会の提供を実現。特に海外からの利用要望が飛躍的に増大。 有人宇宙活動で最も重要な安全評価に関して、JAXAの実験機器の安全審査能力やISS搭載バッテリーの安全評価技術、JEM搭載装置の運用手順安全評価技術の高さが認められ、安全評価に係る権限がNASAからJAXAに委譲。 微小粒子捕獲実験及び材料曝露実験の結果、大気圏突入前の加熱されず組成が変わっていない新種の地球外物質を世界で初めて発見。日本は、「はやぶさ」の成果により、小惑星イトカワの試料も保有しており、複数の異なる試料の獲得により太陽系誕生の初期の時代に何が起きたかの解明につながる。

中期目標期間実績

I.4.(1) 日本実験棟(JEM)の運用・利用

中期計画: 有人宇宙技術及び宇宙環境利用技術をはじめとする広範な技術の高度化の促進及び国際協力の推進を目的として、JEMの軌道上実証と運用及び宇宙飛行士の搭乗を安全・確実に実施するとともに、将来有人宇宙活動を行う上で必要となる技術を実証し、その蓄積を進める。

1. JEMの軌道上実証と運用、及び技術の実証・蓄積

実績:

(1) JEMの軌道上実証(ISSにおけるJEMの組立て及び初期チェックアウト)

ISS中で唯一、専用のロボットアーム、機器用エアロック、船外実験用プラットフォーム、保管室をオールインワンで具備する、ISS最大の複合有人実験施設である日本実験棟(JEM)をスペースシャトル3便に搭載し、宇宙飛行士・地上運用管制チームの連携によって軌道上で組み立て、初期チェックアウトを行い、軌道上実証を成功裏に完了。これにより、長期間・安定的に微小重力・船外曝露等の宇宙環境を利用できる有人宇宙施設の獲得を実現。

また、この開発・実証を通じて、これまで得られなかった以下の有人宇宙技術を獲得。

- ① 開発管理・大型システム統合技術: 大規模・複雑なシステムを開発するための統合マネジメント技術
- ② 安全評価・信頼性管理技術: 有人宇宙システムの設計から運用まで全フェーズにおける安全性、信頼性及び品質の厳密な評価・管理技術
- ③ 有人システム基本機能技術: 構造・電力・通信・熱制御など有人システム構築に必要な基盤的技術
- ④ 生命維持技術: 温湿度制御、空気循環技術など宇宙空間で搭乗員の生命を維持するための技術
- ⑤ 活動支援技術: ロボットアーム、エアロック、船外カメラなど宇宙空間での搭乗員の活動を支援する技術
- ⑥ 実時間運用管制・運用サポート技術: 軌道上の宇宙飛行士との連携や地上からの監視制御、適切な軌道上機器の保全・補給により、長期間安全に有人システムを運用・利用する技術



組立中のJEM船内実験室



船内実験室内のラック移設作業



組立後のJEM

中期計画： 有人宇宙技術及び宇宙環境利用技術をはじめとする広範な技術の高度化の促進及び国際協力の推進を目的として、JEMの軌道上実証と運用及び宇宙飛行士の搭乗を安全・確実に実施するとともに、将来有人宇宙活動を行う上で必要となる技術を実証し、その蓄積を進める。（続き）

実績(続き)：

(2) JEMの運用

- ① JEMの組立て開始から現在に至るまでの5年間、搭乗員の安全が確保された安定的な運用を国際パートナーとの連携により実施。**H23年3月の東日本大震災で地上設備が被災して満足に使用できない中でも運用を継続**するとともに、さらにこの経験を活かして非常時のバックアップ設備を別建屋に整備するなどして、運用の信頼性・安定性を向上。
- ② 安全で安定した運用の継続実績を踏まえ、予定外の事態に対する即応能力を維持しつつ、より効率的・合理的な運用体制を実現。また、計画調整から実運用・成果物回収までの利用サービスを一貫して提供可能な体制を強化。
- ③ JEMロボットアームとエアロックを使用した、**ISSから宇宙飛行士の船外活動なしで簡易に超小型衛星を放出できる世界唯一のシステムを開発・実証**。宇宙環境利用技術を高度化し、JEM利用の可能性を拡大。



JEM運用管制室

効果：

JEMの開発・運用を通じて獲得・蓄積された技術・知見は、安全で安定したJEM運用の基盤技術として活かされ、軌道上での約400件以上の実験テーマ実施を支えるとともに、実験機器やHTVの開発・運用にも反映され、これらの安全・確実な遂行に寄与。

世界水準：

- (1) **JEMで発生した不具合の発生件数は、同規模の米国実験棟の件数の半分以下**であり、信頼性が高く安定した運用を継続。
- (2) 有人宇宙活動で最も重要な安全評価に関して、**JAXAの実験機器の安全審査能力やISS搭載バッテリーの安全評価技術、JEM搭載装置の運用手順安全評価技術の高さが認められ、安全評価に係る権限がNASAからJAXAに委譲**。



超小型衛星放出システム

中期計画： 有人宇宙技術及び宇宙環境利用技術をはじめとする広範な技術の高度化の促進及び国際協力の推進を目的として、JEMの軌道上実証と運用及び宇宙飛行士の搭乗を安全・確実に実施するとともに、将来有人宇宙活動を行う上で必要となる技術を実証し、その蓄積を進める。（続き）

2. 宇宙飛行士の搭乗、及び技術の実証・蓄積

実績：

以下のとおり宇宙飛行士の搭乗を安全・確実に実施。

- ① JEM及びHTVの運用・利用を安全・確実に実施するため、日本人及び国際パートナーのISS宇宙飛行士に対して、JEM及びHTVシステムの運用訓練及び実験装置運用訓練を実施。
- ② 今中期目標期間中に、**スペースシャトルによる短期ISS搭乗2回、ISS長期滞在4回を安全・確実に実施**。（短期ISS搭乗：星出宇宙飛行士・山崎宇宙飛行士、ISS長期滞在：若田宇宙飛行士（4ヵ月間）・野口宇宙飛行士（6ヵ月間）・古川宇宙飛行士（6ヵ月間）・星出宇宙飛行士（4ヵ月間）） これにより、計623日間におよぶ日本人宇宙飛行士の宇宙滞在を実現し（本中期目標期間以前の日本人による宇宙滞在は117日間）、米露に次ぐ宇宙滞在日数となった。
- ③ 日本人飛行士の搭乗にあたっては、他のISS参加国・機関と連携・協力しつつ、日本人飛行士の訓練、健康管理を確実に実施し、安全・確実な搭乗を実現。
- ④ スペースシャトルによる短期宇宙滞在の機会を利用し蓄積してきた日本の宇宙飛行士運用技術（訓練・健康管理・搭乗支援技術）について、上記の経験を通して、より高度な長期宇宙滞在のための技術（長期宇宙滞在のための効果的な宇宙飛行士訓練方法、長期宇宙滞在後のリハビリテーション技術、長期宇宙滞在のためのより極め細かな宇宙飛行士支援技術等）を確立、実証し、将来有人宇宙活動を行う上で必要となる技術を蓄積。

効果：

- (1) 若田宇宙飛行士が、これまでの訓練・搭乗の実績に基づき、宇宙飛行士としての技術的スキルに加えマネジメント能力もNASAから高く評価され、ISS長期滞在搭乗員の指揮をとるISSコマンダー（船長）に日本人として初めて決定。
- (2) 向井宇宙飛行士が、宇宙医学研究センターを率いて世界トップレベルの医学研究を指揮。
- (3) 土井宇宙飛行士が、国連宇宙部・宇宙応用課長として、宇宙をより広く世界の人々に利用してもらうための活動に従事。
- (4) 野口宇宙飛行士が、35ヶ国375名の飛行士が参加する世界宇宙飛行士会議（ASE）におけるアジア地区唯一の常任理事として、ISS長期滞在の経験・知見を報告・共有した功績が評価され、H24年11月に設立されたASEアジア支局（10ヶ国21名）の初代支局長に任命。

世界水準：

- (1) これまで宇宙滞在を行った日本人の宇宙滞在累積日数（ISS長期滞在以外含む）が740日になり、世界第3位に上昇。これにより、世界有数の長期宇宙滞在に関する技術・知見を蓄積し、宇宙先進国としての位置づけを維持。
- (2) 日本人宇宙飛行士のISSでの船外活動時間は計約41時間となり、米露に次ぐ世界第3位に上昇。日本人宇宙飛行士の技量の高さを証明。

中期計画: また、ISS/JEMという新たな活動の場を活かし、幅広い利用による社会・経済への還元を目指して、ISS/JEMの利用環境を整備・運用し、宇宙環境を利用するための技術の実証・蓄積を行うとともに、産学官等の多様なユーザと連携して、物理・化学や生命現象における新たな発見、産業への応用、文化・芸術における利用の拡大、アジア等との国際協力の拡大につながる利用を促進する。

1. JEMの利用を通じた宇宙環境利用技術の実証・蓄積

実績:

(1) 宇宙放射線データの蓄積

将来の有人宇宙活動に欠かせない宇宙放射線データを計測・蓄積。

(2) 高精細度カメラ技術の宇宙応用

日本が最先端を行く民生の高精細度カメラ技術を宇宙に応用し、技術実証。

(3) 水棲生物長期飼育技術の獲得

長年の地上研究を通じ、他国が達成できなかった閉鎖系での安定した水質維持を2種類のフィルタの組み合わせ等により解決することで、**宇宙で長期間(2ヶ月)に亘り人と同じ脊椎動物であるメダカを健康な状態で飼育することに成功(スペースシャトルでの約2週間の短期間飼育の約4倍)**。水棲生物長期飼育技術(水質維持、排泄物処理等)を世界で初めて獲得。

世界水準:

(1) **宇宙用線量計の放射線測定手法(さまざまな線種を幅広く高精度に検出可能な日本独自の手法)が、米露欧の宇宙放射線検出器にも採用され、事実上のISS標準となっている。**

(2) NASAが自国利用に使うなど、**日本の高精細度カメラ技術がISS標準となっている。**

2. JEM利用実験の準備、軌道上実験の実施、JEM船内・船外搭載実験装置の開発・打上げ・初期検証の実施

(1) JEM船内実験

実績:

- ①東日本大震災、ISSの不具合、輸送機のスケジュール変動等に対応し、悪影響を回避しつつ、4つの実験ラック、8つの実験装置、支援機器として高精細度カメラ、微小重力計測装置等を整備、5年に亘り、確実に運用。
- ②上記装置等の運用により、科学利用、応用利用、技術開発、文化・人文ミッション、有償利用の各分野で、合計74課題の実験を計画どおり実施。
- ③静電浮遊炉、多目的実験ラック2号機を開発中。
- ④小動物飼育装置の開発着手に向けた概念検討を実施。

宇宙放射線計測

人体内の宇宙放射線被曝影響の評価を目的として、人体模型を使った宇宙放射線計測(中性子、光子(γ 線)、重荷電粒子(He、C、Feなど)の国際共同実験を実施



中期計画: また、ISS/JEMという新たな活動の場を活かし、幅広い利用による社会・経済への還元を目指して、ISS/JEMの利用環境を整備・運用し、宇宙環境を利用するための技術の実証・蓄積を行うとともに、産学官等の多様なユーザと連携して、物理・化学や生命現象における新たな発見、産業への応用、文化・芸術における利用の拡大、アジア等との国際協力の拡大につながる利用を促進する。(続き)

(2) JEM船外実験

実績:

- ①全天X線監視装置(MAXI)・宇宙環境計測ミッション機器を3.5年間にわたり絶え間なく運用し、観測データを連続的に取得。
- ②ポート共有実験装置を運用し、観測データ・技術データを取得。
- ③高エネルギー電子・ガンマ線観測装置を開発中。

効果: MAXIの観測開始以降、天体発見速報が50%増加、世界中の追観測が広がるなど、X線天文分野の発展に貢献。

世界水準:

全天のX線天体を24時間連続観測しているのは世界で唯一MAXIのみ。観測視野の狭い通常のX線天文衛星では不可能な極超新星爆発(銀河の中で10万年から100万年に一度しか起こらないと予測されている非常に珍しい現象)の痕跡などの大規模構造の全体像を捉えることができるのは、広い観測視野と高いスペクトル分解能(従来の全天X線モニタと比べ、検出面積が約60倍で感度が約10倍)を持つMAXIが世界で唯一。従来の年1個から年2~3個という世界最短・最速ペースで3.5年間に12個のX線新星(内、ブラックホールは6つ)を発見。

3. ISS運用継続を受けた中長期利用シナリオの策定と、それに基づく実験内容・実施時期等を規定した利用計画の立案・設定

実績:

重点的に実施すべき領域を、「『きぼう』を利用した基礎研究シナリオ」として策定。それに基づき、「生命科学分野」、「宇宙医学分野」、「物質・物理科学分野」に係る研究テーマ3件を選定。

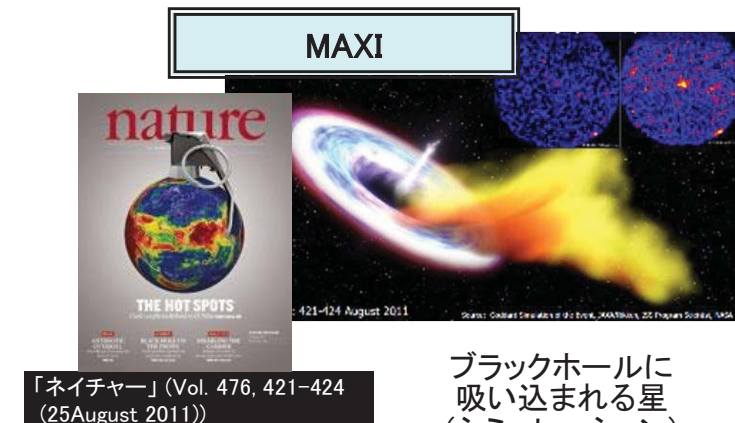
4. 多様なユーザと連携した、幅広い分野の利用の促進と成果の創出

効果:

(1) 科学研究分野

①全天X線監視装置(MAXI)

- ・全天画像を世界最短の期間(2か月)での取得に成功するとともに、リアルタイムで観測データを配信するシステムを実現し、変動する天体や爆発する天体の常時監視役としてX線天文分野をリード。
- ・巨大ブラックホールに星が吸い込まれる瞬間を世界で初めて観測し、その成果が英科学誌「ネイチャー」に掲載。ネイチャー掲載はISS参加各国で初となり、米国議会でも紹介。



中期計画: また、ISS/JEMという新たな活動の場を活かし、幅広い利用による社会・経済への還元を目指して、ISS/JEMの利用環境を整備・運用し、宇宙環境を利用するための技術の実証・蓄積を行うとともに、産学官等の多様なユーザーと連携して、物理・化学や生命現象における新たな発見、産業への応用、文化・芸術における利用の拡大、アジア等との国際協力の拡大につながる利用を促進する。(続き)

②超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES)

・オゾンやオゾン破壊に関連する大気微量成分(塩素や臭素系の物質)のグローバルな分布を高い精度で観測。観測例の少ない、オゾン破壊に大きな影響を与える臭素化合物の日変化データを取得。その一部として、**北半球でも南半球オゾンホールと同様なメカニズムでオゾン破壊が起こっていることを明らかにした**。科学誌「Journal of Geophysical Research」(インパクトファクター3.3)等に成果が掲載。

②宇宙環境計測ミッション機器:新たな地球外物質を発見

・大気圏突入前の加熱されず組成が変わらない微小粒子の捕獲及び回収が可能なISSならではのシステムを確立し、微小粒子の捕獲・回収に成功。結果、**今までに見いだされていない組織と鉱物組成を持つ微粒子(新種の地球外物質)を世界で初めて発見**。

日本ははやぶさの成果により、小惑星イトカワの試料も保有しており、複数の異なる試料の獲得により太陽系誕生の初期の時代に何が起きたかを解明することにつながる。

・科学誌「Earth and Planetary Science Letters」(インパクトファクター4.18)に成果が掲載。

③老化を進める遺伝子が宇宙で不活性になることを発見、国内外で報道。

・線虫を用いた実験の結果、**世界で初めて老化を進める遺伝子が宇宙では不活性になることを発見**。

今後、老化をコントロールする新しい遺伝子を見出すことで、現在よくわかっていない老化のメカニズムを明らかにすることにつながる。

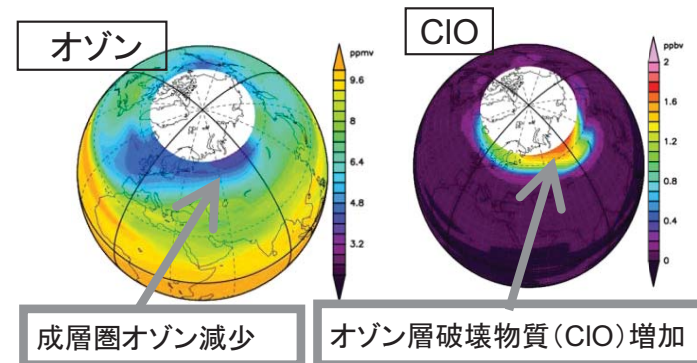
・世界的に権威のある**英科学誌ネイチャーグループのオンライン誌「Scientific Reports」**に成果が掲載。

(2) 産業や社会課題への応用分野

5年間で延べ6回の軌道上実験を行い、以下のような有望な成果が出てきている。

①**筋ジストロフィーに関するタンパク質構造をもとに複数の薬剤開発候補が抽出され、動物実験で治療効果、安全性を確認**。製薬企業等が参画しにくいオーファンドラッグ(希少疾病治療)の創薬に向けて着実に地上実証が進んでいる。

②アルツハイマー病の発症に関与するタンパク質については地上(2.1 Å)を上回る分解能1.38 Åを持つ結晶を取得。これにより、タンパク質の機能を定める部位の状態を詳細に把握することができ、**アルツハイマー病発症の要因の一つのメカニズム解明につながる見通しを得た**。

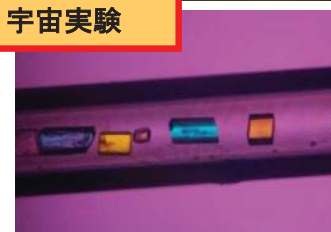


SMILESによる成層圏オゾン化学に関連する大気微量分子の同時観測

地上実験



宇宙実験



アルツハイマー病の発症に関与する蛋白質

中期計画: また、ISS/JEMという新たな活動の場を活かし、幅広い利用による社会・経済への還元を目指して、ISS/JEMの利用環境を整備・運用し、宇宙環境を利用するための技術の実証・蓄積を行うとともに、産学官等の多様なユーザと連携して、物理・化学や生命現象における新たな発見、産業への応用、文化・芸術における利用の拡大、アジア等との国際協力の拡大につながる利用を促進する。(続き)

(3) 地球観測分野

- ①古川宇宙飛行士がタイの洪水被害の様子をISSから撮影し、**アジアの自然災害時の衛星画像共有システムへ提供する等、災害観測に貢献。**
- ②災害状況の把握にISSを活用するべく、JAXAが中心となり、ISSからの地球観測画像を各参加機関が協力して国際的な災害データ提供機関等へ定常的に提供することを提案し、決定。



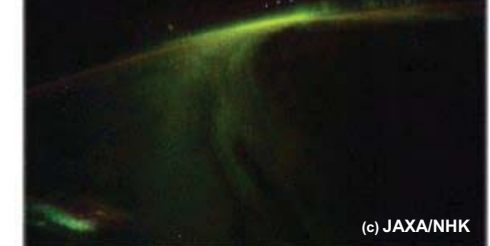
ISSから古川飛行士が撮影したタイ洪水被害の様子

(4) 技術開発分野

- ①安全評価に係る権限委譲されたことや最新機器を搭載可能とする民生品搭載化に向けた技術開発を推進した結果、NHKとの連携で宇宙用超高感度ハイビジョンTVカメラを改修、ISSに搭載し、従来のカメラでは撮影できず、これまで宇宙飛行士しか見ることのできなかつた、**宇宙から見たオーロラや大気光など地球の夜の様子を捉え、NHKスペシャル「宇宙の渚」として世界で初めて生中継。**
- ②ISSから宇宙飛行士の船外活動なしで簡易に超小型衛星が放出できる世界唯一のシステムを確立し、大学、民間企業、アジア地域から5機の超小型衛星の放出に成功。

超高感度ハイビジョンTVカメラ

宇宙から見たオーロラ



(c) JAXA/NHK

(5) 教育及び文化的利用分野

他国にはない日本独自の芸術利用や、軌道上での映像取得などの有償利用を実施。

5. アジア諸国との国際協力による利用促進

実績:

- (1) アジア諸国との間で、タンパク質結晶生成実験(マレーシア)、植物種子のJEM搭載ミッション(アジア4ヶ国参加)、JEM利用テーマとして選定された生命科学実験(日韓研究者の共同研究、韓国にて実験装置の設計・試作試験実施中)などの幅広い協力を実現し、アジア諸国によるJEM利用を促進。
- (2) アジア・太平洋地域宇宙機関会議の下に、日本が中心となり、JEM利用創出を目指す国際協力枠組みを設置。8ヶ国で日本との2国間協力ミッションの創出に向け活動中。

効果: アジアのISS非参加国の宇宙機関等のJEM利用の知識・経験を向上させた結果、アジア各国が自主的にJEM利用の提案を行う環境の整備が進み、**アジア地域におけるISSへのゲートウェイとして日本の国際プレゼンスが向上。**

評価結果	評定理由(総括)
A	<p>第2期中期目標期間中に、国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟(JEM)「きぼう」の建設を完了し、長期間にわたって人が宇宙空間で実験・観測・技術実証などをするための運用を開始した。JEMは、スペースシャトルで3便に分けてISSに輸送され、宇宙飛行士と地上運用管制チームの連携によって軌道上で組み立てられた。大規模で複雑な有人宇宙システムを完成させることにより、有人宇宙技術及び宇宙環境利用技術をはじめとする広範な技術を修得した。開発当初、日本は有人宇宙技術を全く保有していないため、信頼をされていなかった。だが、ISS計画を通して他国から日本の高い技術力が徐々に認められ、他国が計画を見直したことも重なり、結果として「きぼう」はISS最大容積かつ船内と船外で実験可能な実験棟となった。これらの開発、運用実績により、JEMはISS参加国から高い評価と信頼を得ており、安全評価に係る権限を委譲されるなど、日本の技術力を世界に示した。</p> <p>【定量的根拠】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・JEMが高い評価を得ている理由は、安全性と使いやすさにある。「きぼう」で発生した不具合の発生件数は、米国実験棟の件数の半分以下であり、信頼性が高く、安定した運用が行える。また、様々な不具合が発生しても運用できることを想定しており、東日本大震災で地上設備が被災して満足に使用できない中でも運用を継続させ、非常時での対応能力を発揮した。 ・日本人宇宙飛行士は、スペースシャトルによる短期ISS搭乗を2回(星出、山崎)、ISS長期滞在を4回(若田、野口、古川、星出)実施し、全ての任務を完遂させた。日本人宇宙飛行士は、「きぼう」の建設のみならず、他のISS建設作業も任されるほど、実績と技量が高く評価された。そして、若田宇宙飛行士の日本人初のISSコマンダー(船長)就任につながり、宇宙先進国としての日本の国際プレゼンスを向上させた。 <p>【定性的根拠】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「きぼう」はISSで唯一ロボットアームとエアロックを保有し、これらを活用した、宇宙飛行士の船外活動なしに船内から簡易に超小型衛星を放出できる世界唯一のシステムを確立した。衛星は緩衝材入りバッグに梱包された状態でISSに輸送されるため、打上げ環境(振動等)が劇的に緩和され、開発コストの低減や軌道上への確実な投入手段を獲得した。放出する衛星候補の通年公募も開始され、大学や企業に対し多様な打上げ(放出)機会の提供を実現した。 ・ISSで行われたタンパク質結晶生成実験では、筋ジストロフィー病、アルツハイマー病等の医薬品開発につながる精密な分子構造のデータの取得に成功。有用なX線回折データ取得数も徐々に増加してきており、地上で十分に分解能が出ない結晶に対して、分解能を向上させ地上での創薬等につながる筋道を示した。また、日本の結晶生成技術はロシアやマレーシアにも利用され、複数回にわたる実験を継続中。特に、SPring-8との連携や宇宙実験に有効なタンパク質の特性の明確化など、国際協力上のツールとしての有用性を発揮した。
今後の課題	<p>今後、「きぼう」を利用した基礎研究シナリオに基づく利用成果や、産業応用・社会課題解決につながる成果の創出に取り組む。</p>

1.4.(2) 宇宙ステーション補給機(HTV)の開発・運用

本年度 内部評価	S	これまでの独法評価結果			
		H23	H22	H21	H20
		A	S	S	A

中期目標記載事項: 宇宙ステーション補給機(HTV)の開発及び運用を着実にを行うことで、国際宇宙基地協力協定における我が国の責務を果たすとともに、将来の軌道間輸送や有人化に関する基盤技術の修得を図る。

中期計画記載事項: 「第3期科学技術基本計画」における国家基幹技術「宇宙輸送システム」の構成技術である宇宙ステーション補給機(HTV)について、ISS共通システム運用経費の我が国の分担義務に相応する物資及びJEM運用・利用に必要な物資を輸送・補給するとともに、将来の軌道間輸送や有人システムに関する基盤技術の修得を目的として、開発、実証及び運用を行う。

特記事項(社会情勢、社会的ニーズ、経済的観点等)

- 平成25年制定の「宇宙基本計画」において、有人宇宙活動プログラムとして「ISSの運営経費をH-IIBロケットで打ち上げるHTV(こうのとりのこ)による運搬で負担しており、2015年までに計7機を打ち上げることになっている。」と位置づけられている。
- 新成長戦略において、最先端宇宙科学・技術による競争力の確保が挙げられているところ、HTV運用機の継続調達により、長期にわたって国内宇宙産業の振興や技術力の向上に寄与する。
- スペースシャトルの退役に伴い、ISSやJEMで行う実験のための船外機器や大型船内機器に加え、ISS本体を維持するために必要な姿勢制御装置、電源機器等の大型機器の輸送は、現在、HTVが唯一の手段となっている。
- 平成22年5月の宇宙開発戦略本部決定「宇宙分野における重点施策について」において、「将来の我が国独自の有人宇宙活動につながる技術基盤の構築として、宇宙ステーション補給機(HTV)を活用した帰還技術の研究開発を戦略的に進めていくことが重要である」とされた。

マイルストーン

