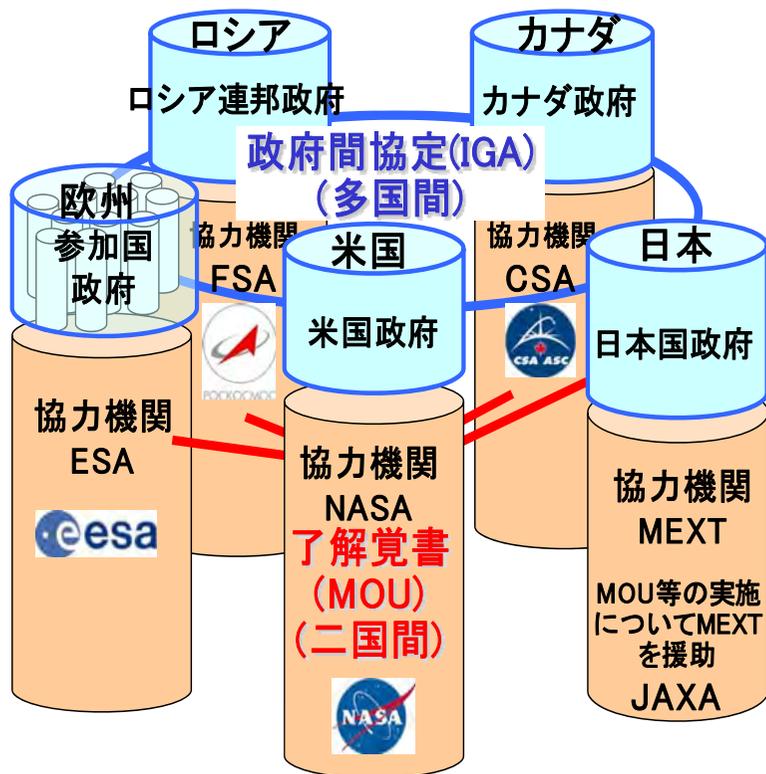


参考資料

参考1 これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

— ISS計画の枠組み(IGA/MOU) —



参加15カ国

- NASA: 米国航空宇宙局
- FSA: ロシア連邦宇宙局
- ESA: 欧州宇宙機関
- CSA: カナダ宇宙庁
- MEXT: 文部科学省
- JAXA: 宇宙航空研究開発機構

欧州参加国(11カ国):

ベルギー、デンマーク、スペイン、フランス、ドイツ、イタリア、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、スイス、イギリス



IGA(Intergovernmental Agreement):「民生用国際宇宙基地のための協力に関するカナダ政府、欧州宇宙機関の加盟国政府、日本国政府、ロシア連邦政府及びアメリカ合衆国政府の間の協定」(1998年)

- ①国際宇宙基地の詳細設計、開発、運用及び利用を行うことに関する参加主体(各国政府)間の長期的な国際協力の枠組み(権利及び義務を含む)及び民生用国際宇宙基地の計画について定める政府レベルの多数者間協定。
- ②日本は、日本国政府(外務省)が署名し、国会の承認を得て批准している。

MOU(Memorandum of Understanding):「民生用国際宇宙基地のための協力に関する日本国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)

- ①IGAを実施するために、米国の協力機関(実施責任機関)であるNASAと二者間で締結した合意文書。
- ②日本は、日本国政府(外務省)が署名し、本文書において協力機関として科学技術庁(当時)を指定。科学技術庁を援助する機関としてNASDA(当時)を指定。

【「きぼう」の概要】

- 我が国初の有人宇宙施設
- ISSで最大容積かつ高機能な実験施設

船内保管室



船内実験室



(船内)



「きぼう」は、船内と船外で本格的な宇宙実験が可能な日本独自の施設

日本独自の宇宙ロボットアーム

船外実験プラットフォームの実験装置を交換する



船外パレット（船外実験装置等の輸送に使用）



船外実験プラットフォーム



地球・天体観測および宇宙環境を利用した実験を実施

エアロック



船内－船外間の実験装置等の出し入れを行う

国内宇宙企業の総力をあげた国産開発：三菱重工、川崎重工、IHI、三菱電機、IHIエアロスペース、NTSpace(旧NEC、旧東芝)、日立、NTTデータなど

国内約650社が参画

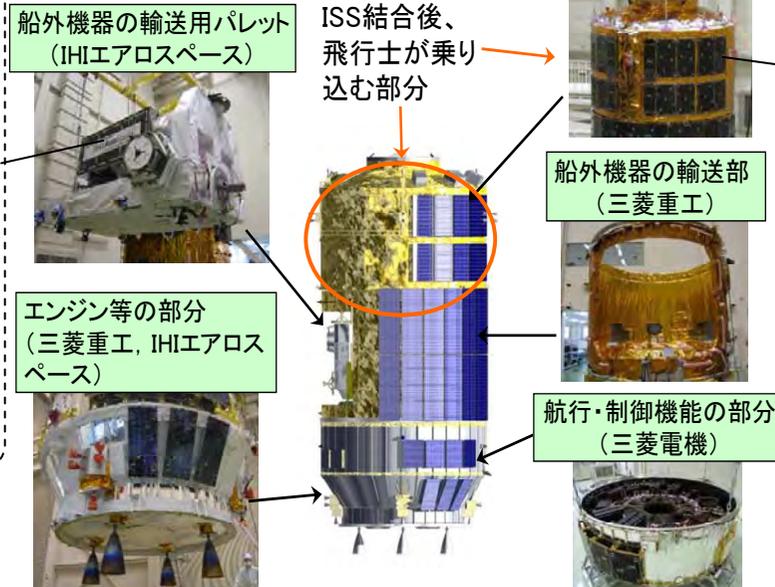
【「このとり」の概要】

- ① 国際宇宙ステーションへ無人で安全に物資を輸送する我が国初の補給船
- ② 国際宇宙ステーション運用や「きぼう」の運用・利用に必要な補給品(食料や水、大型実験装置など)の輸送サービスを提供
- ③ 2009年～2015年に年1機(計7機)を打上げ
- ④ 2011年のスペースシャトル退役後は、船外大型機器、船内実験ラックを輸送できる唯一の手段であり、国際宇宙ステーション全体の運用を支える重要な役割を担う

(船外貨物の例)



各構成要素の概観



(船内貨物の例)



H-IIIBロケットにより打上げ



国際宇宙ステーションに接近



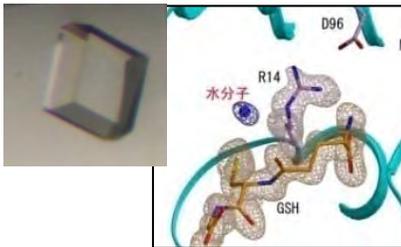
ロボットアームで把持



ISSと結合成功

【高品質タンパク質結晶生成技術を用いた創薬産業等への貢献】

- 「きぼう」で継続的に実施中。(ロシア、マレーシアによる利用を含め、これまで150程度のサンプルで実験)
- 大学などの研究機関と企業(製薬企業、食品・化学関連企業など)が連携して製品化を目指している。
 ✓ 現状では治療法のない難病デュシェンヌ型筋ジストロフィーに有効な医薬品を開発中(例示)
 (現在、医薬品候補について動物実験のフェーズまで開発進行中)
- ロシア等との間で本実験に係る相互協力を実施
 (日本:「きぼう」での実験機会の提供。 ロシア:日本分も含めた実験試料の打上/回収の提供)



筋ジストロフィー治療薬開発
 【動物実験による有効性と安全性の検証実験実施中】

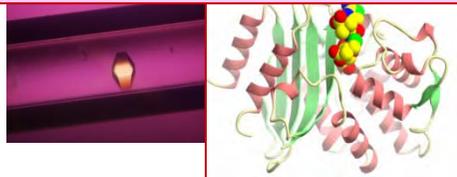
微小重力環境の有効性

- 対流や擾乱の少ない宇宙環境で生成した高品質なタンパク質結晶を地上で分析。
- 「きぼう」のタンパク質結晶生成技術では、タンパク質の活性部位と化合物の結合状態が判別可能な1 Å以下の分解能を実現。
- きぼうを使って立体構造情報に基づく効率的な薬剤設計(製薬企業等による利用)、工業的価値の高い触媒開発(化学企業等による利用)に取組中。



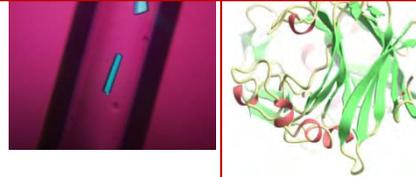
どんな型のインフルエンザウイルスでも増殖を抑える治療薬開発
 【きぼう実験中、製薬企業との連携を進めている】

構造データの分解能: 0.84 Å



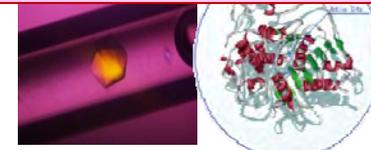
抗生物質を分解する酵素に対抗する新薬開発

構造データ分解能: 0.96 Å



非食糧系由来バイオエネルギー生産(高活性な分解酵素の開発)

構造データの分解能: 1.15 Å



ナイロン副産物(廃棄物)の再生利用(環境負荷の少ない分解酵素の開発)
 【産業化に向けて検討中】

参考6 これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

— これまでのISS利用成果の例(2/5) —



【環境・エネルギー問題に資する革新的ナノ材料の開発】

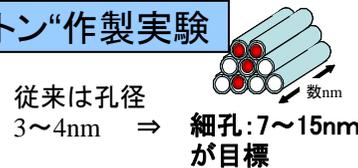
- ナノスケルトン(環境保全や光エネルギー開発に向けた革新的ナノ材料)の生成条件など取得。現在実験継続中。大学や化学関連企業等と連携、高効率な色素増感太陽電池やガソリン生産用触媒などの新素材の開発を目指す
- ナノテンプレート(高効率・低コストな半導体素材の製造用基板)の作製実験を継続中。大学や半導体関連素材メーカー等と連携、高効率半導体開発による電子材料の大幅な省エネ化、高速化を目指す

多孔質材料の性能を向上新しい材料“ナノスケルトン”作製実験

ナノスケルトン(表面積の大きい骨格構造)

- ①ナノレベルの多孔質
- ②骨格(孔壁)が高い機能性を有する素材

- **環境**: 水浄化装置、空気中の有害物質除去装置
- **エネルギー**: 高機能色素増感太陽電池、機能性触媒
- **医療**: 細孔を利用したドラッグデリバリーでの活用可能性
- **宇宙開発**: 宇宙船内空気からの有害物質除去



孔に機能性物質が入る。孔のサイズを拡げれば、より大きな機能性物質を取込み可能

- ・色素の取込み:
 - 色素太陽電池の電極
- ・触媒の取込み:
 - 様々な有害物質を取込んで分解

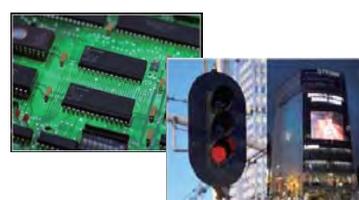
微小重力環境の有効性
対流のない宇宙で、ナノスケルトンを作成。対流や浮上などの影響を排除した単純なモデルを、地上の計算シミュレーションに取りこみ、**最適な合成条件(組成、温度、時間)を取得**

宇宙実験で得られたデータを基に、**地上でナノ構造材料を生成**

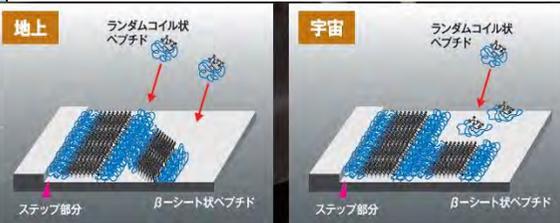
高効率な色素増感太陽電池や、ガソリン生産用触媒等**環境・エネルギー問題の解決に貢献**

高品位の半導体素材を目指す2次元ナノテンプレート作製実験

- ①ナノレベルの物質が規則的に配列したパターン(ナノテンプレート)を宇宙で形成
- ②それを地上で製造用基板に転写して製品化



- 現在の水準で作られる半導体素子よりも**高品質の半導体を低コストに製造**
- 日本がトップシェアを誇る**青色発光ダイオード**や、**大容量通信に使われる増幅素子**の高効率化により、電子材料の省エネルギー化、高速化が可能



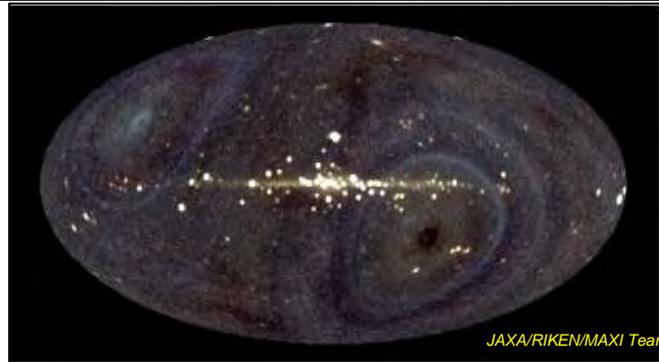
微小重力環境の有効性
微小重力のもとでは、対流が生じないため、拡散によってゆっくりと自己組織化が進み、**高品質なパターンが形成**

新素材の創成から産業化へのプロセス

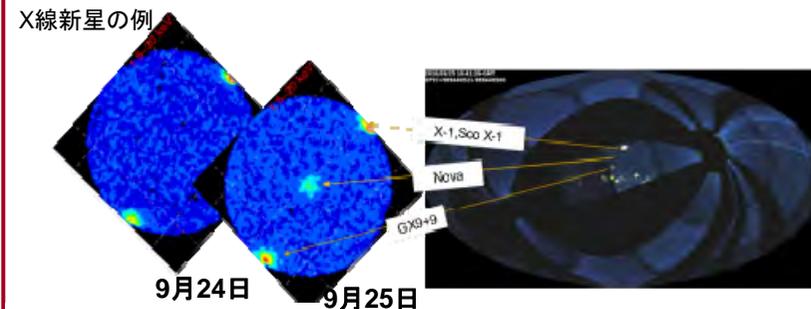


【全天X線監視装置(MAXI)による最新X線天文学への貢献】

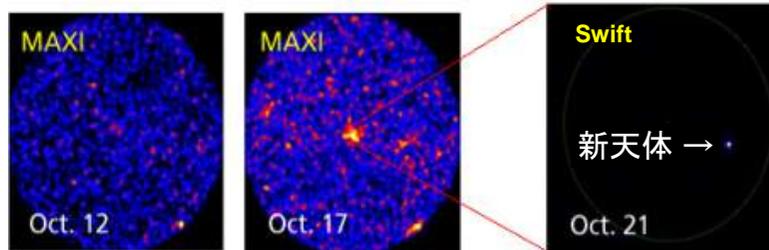
世界最高感度で全天のX線天体を常時モニタ



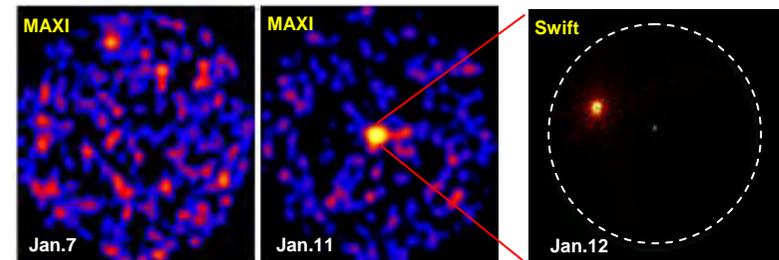
これまでに、4つのX線新星の発見を含む、
 多くの天体増光を発見し速報(世界最短)



「へびつかい座」のX線新星 (MAXI J1659-152) 2010年9月25日



「ケンタウルス座」のX線新星(MAXI J1409-619) 2010年10月17日

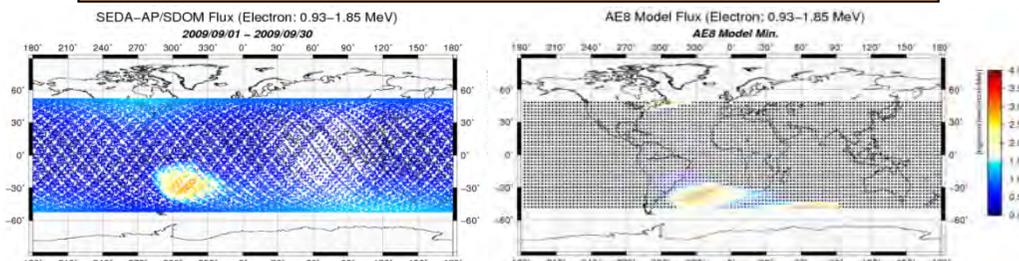


「はと座」のX線新星(MAXI J0556-332) 2011年1月11日

- 米国HEAO衛星以来、約30年ぶりに全天画像を取得。全天画像の世界最短の期間(約2年間⇒約3か月)での取得に成功。
- 90分に1回、活動天体を高感度で系統的に全天モニタする世界初の試みにより、X線新星やγ線バーストなどの突発的な天体発見に即応。発見と同時にインターネットを通じて世界の望遠鏡に速報、追観測を実現。
- 2009年12月以降、70以上の速報を提供しており、これまでは観測が難しかった現象発生 of 早い段階から、速報を受け取った世界中の天文学者による詳細な観測が行われている。
- 1年半の観測で4件のX線新星を発見(MAXI以前は、1年に1件程度)

【宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP)によるISS周回軌道における宇宙環境の測定と宇宙機器開発への貢献】

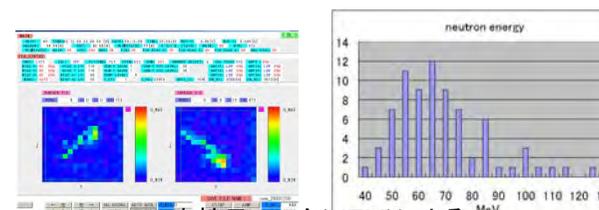
これまで観測データが少なかったISS周回軌道上
 (高度400km)での宇宙放射線の定量測定



SEDA-APの観測結果(電子)
 高エネルギー軽粒子モニタ(SDOM)による。

従来モデル(計算値)
 (黒い部分のデータが無かった。)

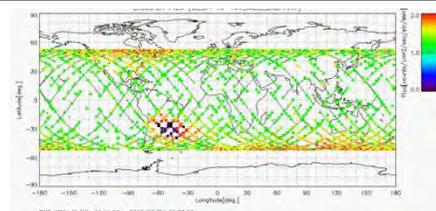
ISS船外で唯一の中性子モニタ



中性子モニタ(NEM)による。

ファイバー方式による中性子の飛来方向およびエネルギーが判別可能な計測は世界初かつ日本独自の技術。

異常放射線帯のモニタ



重イオン観測装置(HIT)による。

材料曝露サンプルの回収による宇宙用材料への影響評価



8.5ヶ月の曝露実験後、回収された微小粒子捕獲・材料曝露装置(JEM/MPAC&SEED)



スペースデブリ、マイクロメテオロイドの評価



紫外線や原子状酸素等による宇宙用材料の劣化評価

将来の人工衛星や宇宙機の開発、宇宙飛行士の安全に役立つ基盤データの蓄積を継続中

- 宇宙放射線データに関し、従来の衛星では得られなかった低高度(約400km)の貴重なデータを蓄積しており、国際標準(ISO)での放射線帯モデルの更新に貢献している。
- 太陽フレア時の計測データ解析により、フレア時に発生した荷電粒子がどの程度ISS軌道まで飛来するかを明らかにし、宇宙飛行士の有人被爆管理支援や宇宙機器故障時のシングルイベント調査を実施。
- 放射線等の宇宙環境による部品・材料の劣化・誤動作等の調査
- 太陽活動極小期の観測により、銀河宇宙線について科学的にも貴重なデータが得られた。

【地球環境問題・防災等への貢献(ISSは宇宙の火の見櫓)】

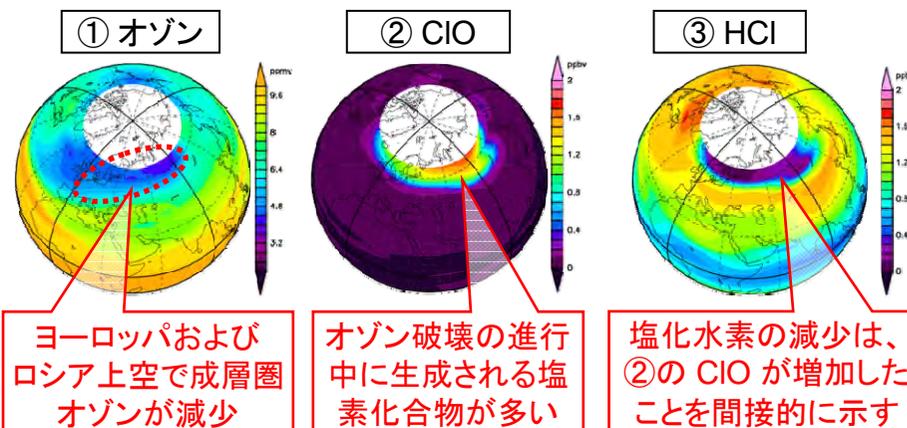
JEM/SMILES(超伝導サブミリ波リム放射サウンダ)による成果(例)

オゾン等の全球分布・日変化の把握を行い、地球環境問題に資する大気科学の発展に貢献

減少が止まったと見られる成層圏のオゾン量が、今後年ごとにどう増減するか、詳細が未解明。

高精度観測データにより衛星長期観測の誤差を補正
 塩素化合物の化学反応によるオゾン破壊 (2010/01/23:高度 22km)

- 成層圏オゾン化学に関連する大気微量分子の同時観測かつ精密な観測は、オゾン層回復の将来予測の精度向上に寄与。
- また、成層圏オゾン化学が対流圏の気候に及ぼす影響の解明にも役立つことから、地球温暖化問題にも寄与する可能性。



SMILES は、近年運用した大気観測センサでは、成層圏オゾンの化学過程に焦点をあてた唯一のセンサ

従来の地球観測衛星では、各種塩素化合物の観測精度に限界があり、1日単位での分布の変化を検出することが困難

SMILES は、世界初の高感度をいかし、オゾンそのものの減少(①)だけでなく、塩素化合物が変化している状況(②の増加、③の減少)も1日単位で捉え、オゾン破壊現象を多面的に観測

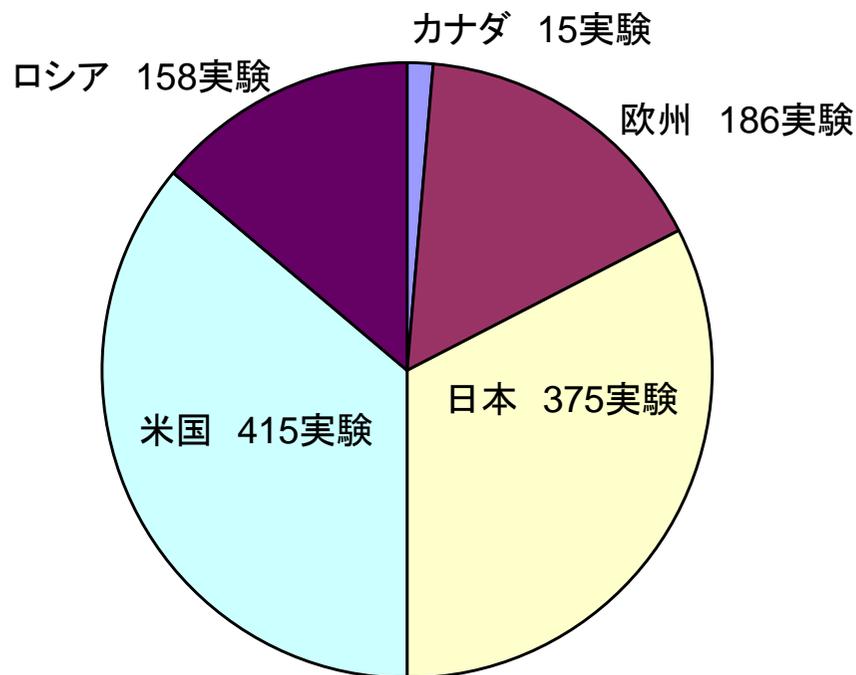
宇宙飛行士による国際宇宙ステーションからの災害状況等の観測(例)

- 約51度の軌道傾斜角を利用し、極軌道衛星に比べ、人の多く住む中緯度地域を高頻度に観測(日本近辺は1日2回程度)。
- 宇宙飛行士が「観る」という運用の柔軟性も活かし、地震や火山などの災害発生時の規模の把握、情報の提供

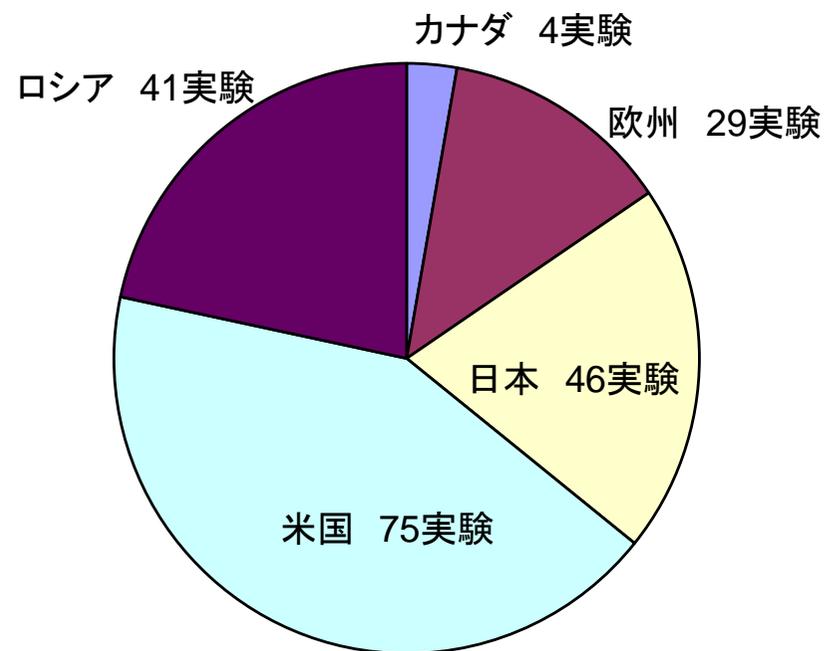


ISS参加機関の利用状況

各国の実験実施数 (NASAによる集計)



全実験数 (1998年12月から2010年9月)
(ISS Expeditions 0~24)



最近の利用状況 (2010年3月~9月)
(ISS Expeditions 23/24)

- 欧州は、米国・ロシアとの協力により、欧州実験棟完成前からISSを利用
 - ・米国実験ラックをESAが開発
 - ・ソユーズタクシーフライトを利用した早期実験

- 日本は、蛋白質結晶で「きぼう」完成前からISS (ロシアモジュール) を早期利用 (左図375実験のうち239実験)

(1)ISS計画

- 米国、ロシア、欧州は、少なくとも2020年まで運用継続することを決定。日本は、2016年以降もISS計画に参加していくことを基本とし、今後、我が国の産業の振興なども考慮しつつ、各国との調整など必要な取組を推進する(平成22年8月27日:宇宙開発戦略本部決定)。
- ISS計画全体として、地球的・人類的課題(地球環境変動など)の解決や、宇宙探査技術の開発のための利用を指向。

(2)国際宇宙探査協働グループ(ISECG)

- 国際協働ベースの宇宙探査計画(特に有人探査)を技術的に検討・調整するために2007年に設立。参加機関はISS参加国を含む14機関。JAXAも主要メンバーとして参加。
- 昨年までに米国コンステレーション計画ベースの国際有人月探査計画1次案を合意。
- 現在は、最終的に有人火星探査を見据えつつ、フレキシブルな有人探査ミッションシナリオの再構築を進めている。(2011/6には3つの技術的なオプションシナリオを合意予定)
 - 2B: 低軌道→ラグランジェ(E-M L1)→小惑星→火星
 - 3A: 低軌道→月→小惑星→火星
 - 3B: 低軌道→ラグランジェ(E-M L1)→月→火星

(3) 米国

- NASAは、ISS運用・利用を通じた「有人宇宙探査技術」の開発を指向。
 - 「探査」担当部局と「宇宙運用(ISS)」部局とを今春に統合。
- ISSを含む低軌道への輸送(有人及び貨物)は、民間企業に移行する方針。NASA経由で民間に開発資金を投入している(“COTS”、“CCDev”)。
 - 2012年以降のISSへのカーゴ輸送、及び2016年以降のISSへの搭乗員輸送は、こうして開発された民間輸送機を使用する想定。
- 民間では、サブオービタルの宇宙旅行サービスが実現しつつある。また、民間独自の宇宙ステーション・宇宙ホテルの建設構想も挙がっている。
- 2011年4月に、米国科学アカデミーからNASAに対し、有人探査に向けた技術開発に加えISSを利用した科学研究を推進するよう提言が出された。
- また、ISSを「National Lab」と位置づけ、米国実験室の半分をNASA以外の機関や民間に開放。国全体でISS利用の推進を図る体制が整いつつある。

(4) ロシア

- ISS計画では、ソユーズ宇宙船への民間人搭乗や、商業宇宙利用機会の提供など、商業利用路線を進めている。2012年以降に新たな実験モジュール(MLM)の打上を計画。
- 極東アムール州にポストーチヌイ宇宙基地を建設中、宇宙ビジネス拡大に意欲的。
- また、MARS500(地上で火星探査ミッションを模擬する長期の閉鎖環境実験—現在実施中)など、有人探査計画にも前向き。

(5) 欧州

- ISSを利用した有人探査技術(生命維持技術、食物生産技術など)の実証を検討中。
- 独自の低軌道有人輸送能力獲得を目指し、ISS用補給機であるATVの貨物回収機への改良と有人帰還技術の実証、アリアンロケットの有人化の検討を進めている。

(6) 中国

- 2003年に神舟5号で有人宇宙飛行を実現。その後、神舟6号(2005年)、神舟7号(2008年)と連続で成功。また、神舟7号では船外活動を実施。
- 2009年5月に、中国科学院は、太陽系探査ロードマップを発表。
 - 2030年に有人月探査、2050年に有人火星探査実施の目標。
- 2011年後半には、神舟8号(無人)と天宮1号とのドッキング試験を実施予定。独自の宇宙ステーション建設に向けた技術開発を着実に進めている。

(7) インド

- 2007年から有人宇宙飛行の予算が認められ、検討開始。2015～2016年ごろの有人宇宙飛行を目指している。
 - ロシアと共同でソユーズの改良型を開発、サティシュダワン宇宙センターに新射点を建設する予定。



1987年(昭和62年)7月 宇宙開発委員会 宇宙基地特別部会報告
「宇宙ステーションの開発利用の本格化に向けて」より抜粋

(1) 宇宙科学の発展及び地球観測の推進への寄与

- (a)軌道上の恒久的観測所として、地上では実現できない長期間の天体・宇宙観測を可能とする
- (b)大規模な科学探査を行うための前進基地の役割
- (c)地球及び周辺環境の長期的観測を通じて地球資源の有効利用、環境保全、防災等に資する
- (d)科学衛星、地球観測プラットフォームの大型化、長寿命化を可能とし、理工学実験、観測の効率化
- (e)新しい科学的知見の増加、新しい科学技術の誕生

(2) 宇宙環境利用の実用化の促進

- (a)定常的有人宇宙活動により、大規模かつ継続的な材料創製や医薬品の製造・精製等の実験が実施でき、本格的な宇宙環境利用が可能
- (b)産業活動の宇宙への領域拡大の期待

(3) 宇宙科学技術の高度化及びこれに伴う科学技術一般の振興

- (a)宇宙での大型構造物の建設・組立技術、宇宙空間での保守・修理技術、有人サポート技術等、高度な宇宙科学技術の開発
- (b)先端科学技術の諸分野の開発を進めることにより、科学技術一般の進展・高度化、更には将来の宇宙開発利用に極めて重要となる有人宇宙活動に関する技術基盤の確立に多大な貢献を期待

(4) 国際社会への貢献

- (a)国際社会での我が国の役割に対する期待に応える
- (b)米欧諸国との友好関係を維持・促進のため重要

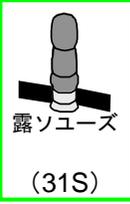
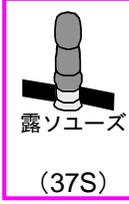
参画意義(1987年当初)に対する達成状況

宇宙ステーション計画への参画意義	現時点における達成状況
①宇宙科学の発展及び地球観測の推進への寄与	<p>(a)軌道上の恒久的観測所として、天体・宇宙観測を開始した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・宇宙の進化の解明に寄与する、全天X線監視装置(MAXI) ・衛星障害等の原因究明に寄与する、宇宙環境計測ミッション装置(SEDA) <p>(b)「きぼう」船外実験プラットフォームに、地球観測センサを搭載し、環境保全、防災等に資する地球観測を開始した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)
②宇宙環境利用の実用化の促進	<p>(a)「きぼう」の完成により、宇宙環境利用のための実験環境を整備した。</p> <p>(b)科学的知見の獲得(流体科学、材料科学、生命科学)</p> <p>(c)高品質タンパク質結晶生成実験の成果を活用し、地上での創薬等において成果が出始めているところ。</p>
③宇宙科学技術の高度化及びこれに伴う科学技術一般の振興	<p>(a)「きぼう」、「HTV」の開発を通じて、大型システム統合技術、安全評価管理技術、有人運用技術、搭乗員関連技術等の有人宇宙活動に関する基盤技術を獲得し、運用継続により更なる技術を獲得し、高度化を計画。</p>
④国際社会への貢献	<p>(a)「きぼう」の完成、HTVの成功などにより日本の技術力を実証し、国際的にその貢献を高く評価されている。なお、日本人宇宙飛行士の活躍も高く評価されている。</p> <p>(b)25年間にわたる国際的な技術調整及び交渉等の共同作業を通じて、国際社会における人脈と友好・信頼関係を構築。</p>

日本人宇宙飛行士の搭乗実績と今後の計画

(*特に記載のないミッションの日付は日本時間)



1992年 (平成4年)	1994年 (平成6年)	1995年 (平成7年)	1997年 (平成9年)	1998年 (平成10年)	2000年 (平成12年)	2005年 (平成17年)		
 毛利宇宙飛行士 搭乗	 向井宇宙飛行士 搭乗	 若田宇宙飛行士 搭乗	 土井宇宙飛行士 搭乗	 向井宇宙飛行士 搭乗	 毛利宇宙飛行士 搭乗	 若田宇宙飛行士 搭乗	 野口宇宙飛行士 搭乗	
 エンデバー STS-47	 コロンビア STS-65	 エンデバー STS-72	 コロンビア STS-87	 ディスカバリー STS-95	 エンデバー STS-99	 ディスカバリー STS-92 (3A)	 ディスカバリー STS-114 (LF1)	
平成4年 9月12日 打上げ	平成6年 7月9日 打上げ	平成8年 1月11日 打上げ	平成9年 11月20日 打上げ	平成10年 10月30日 打上げ	平成12年 2月12日 打上げ	平成12年 10月12日 打上げ	平成17年 7月26日 打上げ	
2007年 (平成19年)	2008年 (平成20年)	2009年 (平成21年)	2010年 (平成22年)	2011年 (平成23年)	2012年 (平成24年)	2013年 (平成25年)		
 土井宇宙飛行士 搭乗	 星出宇宙飛行士 搭乗	 若田宇宙飛行士 長期滞在	 野口宇宙飛行士 長期滞在	 山崎宇宙飛行士 搭乗	 古川宇宙飛行士 長期滞在	 星出宇宙飛行士 長期滞在	 若田宇宙飛行士 長期滞在	
 エンデバー STS-123 (1J/A)	 ディスカバリー STS-124 (1J)	 ディスカバリー STS-119 (15A)	 エンデバー STS-127 (2J/A)	 露ソユーズ TMA-17 (21S)	 ディスカバリー STS-131 (19A)	 露ソユーズ TMA-02M (27S)	 露ソユーズ (31S)	 露ソユーズ (37S)
平成20年 3月11日 打上げ	平成20年 6月1日 打上げ	平成21年 3月16日 打上げ	平成21年 7月16日 打上げ	平成21年 12月21日 打上げ	平成22年 4月5日 打上げ	平成23年6月8日から 約5ヶ月半滞在予定	平成24年6月頃から 約6ヶ月間滞在予定	平成25年末(11~12月頃) から約6ヶ月間滞在予定
		(7月31日帰還)(6月2日帰還)						

回収機能付加型宇宙ステーション補給機の概要

施策の概要・目的

- 国際宇宙ステーションの物資補給・廃棄を行う宇宙ステーション補給機(HTV)に、ISSからの利用成果や軌道上機器の地上回収を可能とする回収機を搭載する。
- 将来の有人活動に必要な要素技術である回収技術を実証すると共に、ISSの運用利用計画における輸送サービスの更なる自在性を確保するため、宇宙ステーション回収機の開発を実施する。

得られる成果

- 我が国独自の有人宇宙活動に繋がる基盤技術の確立。
 - 大型の構造物の帰還を可能とする熱防護材製造技術
 - 低荷重でより正確な範囲への降着を可能とする揚力飛行制御技術、 など
- HTVによるISSへの物資輸送に加え、我が国が物資回収を担うことによる、ISSの万全の運用体制構築への貢献。

(参考) 宇宙分野における重点施策について(平成22年5月宇宙開発戦略本部決定)(抜粋)

また、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を目指し、これまで我が国が確立していない宇宙からの帰還技術など、我が国としての自律性の確保・向上を図る上で不可欠な技術についての研究開発を戦略的に進めていくことが重要である。具体的には、現在、国際宇宙ステーションへの物資の輸送・補給を担っている宇宙ステーション補給機(HTV)を活用した再突入技術の実証などが挙げられる。

HTV-R外観図



運用概念図

