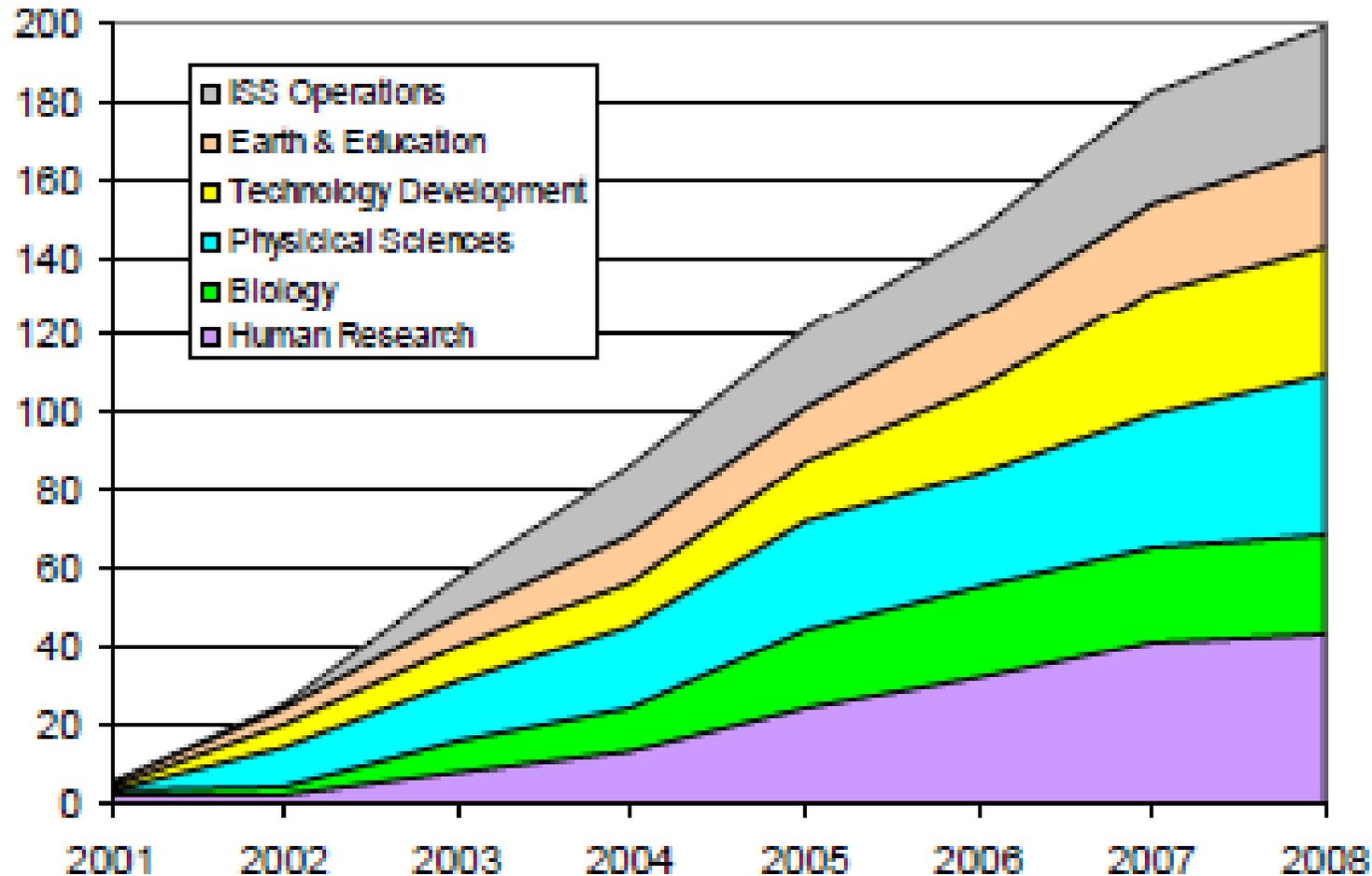


7.1.1 ISSでの実験データによる1次論文数(NASA)

(引用論文や関連論文は含まない。)



出展: ISS Science Research Accomplishments during the assembly years
NASA/TP-2009-213146-Rev.A

7.1.2 「きぼう」利用のコミュニティ(論文数など)

		課題			論文	特許	口頭	その他 投稿
		ライフ	材料	その他				
シャトル・ミール		72	32	0	218			
SFU		1	10	0	18			
小型ロケット		2	35	0	139			
ISS	きぼう外	344	2	2	51	3	196	116
	きぼう	83	10	18	485	29	1719	411

注：放射線計測はライフ系実験に計上。
 蛋白質結晶生成実験は1種類を1課題とカウント
 STS-107搭載実験は含まず

論文数等はH21年6月調べ

宇宙環境利用科学に関する研究機関数と研究班WGの増大				
	大学 レベル	講座 レベル	研究班WG(班員 総数:約560人)	
			物質・基礎 科学分野	生命科学 分野
機関数	101	237	39	29

宇宙環境利用科学に関する主な学会とその会員数	
日本マイクロ重力学会	: 367
日本結晶生長学会	: 721
日本燃焼学会	: 680
日本宇宙生物科学会	: 約500
生物の起源および進化学会	: 約250
生態工学会	: 約350

7.1.3. 我が国のISS利用状況

◆「きぼう」科学利用における募集選定・実施状況

- ✓ コロンビア事故やらISS計画のため、初期の募集では実験実施が想定から大きく遅れた。
- ✓ 第5回ライフや第6回ライフの応募が少ないのは、分野と時期を限定したためであり、応募は依然として増加の傾向にある。

	選定期間	選定時の実施想定	募集条件	応募数	選定数	きぼう以前での実施	ISS/きぼうでの開始時期		
							H20-21	H22	H28-
第1回JEM利用テーマ公募 (与圧部共通実験装置利用)	H6.7	H10年	科学テーマ(8分野)を幅広く募集。	208	50	10 (H8-H10)	6	1	0
JEM船内実験プラットフォーム ミッション公募	H9.9	H13-H14	天文学、地球観測、技術開発等を対象	72	4	-	9	0	0
第2回ライフサイエンス・医学分野国際公募	H11.6	H14-H15	医学・ライフ系テーマを募集	46	5	-	1	2	0
第3回ライフサイエンス・医学分野国際公募	H12.6	H18-H18	医学・ライフ系テーマを募集	25	1	-	1	-	-
第1回微小重力科学分野国際公募	H14.1	H14-H18	材料・物質科学系テーマを募集	19	5	-	0	9	0
第4回ライフサイエンス・医学分野国際公募	H14.1	H18-H18	医学・ライフ系テーマを募集	15	6	-	2	1	0
第5回ライフサイエンス・医学分野国際公募	H16.11	H18 (併期限定)	理由、シロイスナズナ、ヒト対象実験。 ※早期実施想定	7	5	-	4	1	0
第2期JEM船外実験プラットフォーム候補ミッション募集	H13.5	H23: 混載 H25: 占有	小型、大型のミッションを募集。	99	11	-	-	-	6
第2期(前半)JEM船内実験室候補テーマ募集	H21.5	H22-H23 (1.5年)	医学を除く科学テーマを募集	79	14	-	1	1	12
第2期(後半)JEM船内実験室候補テーマ募集	H22.9	H24 (1年間)	医学を除くテーマを募集	68	19	-	-	-	19
第6回ライフサイエンス・医学分野国際公募	H22.6 (TBD)	H23-H25 (2年間)	医学テーマを募集	21	選定中	-	-	-	TBD

7.2 ISS計画で獲得したもの 【「きぼう」利用成果(1/4)】

(1) 科学研究(「きぼう」船内での実験例)

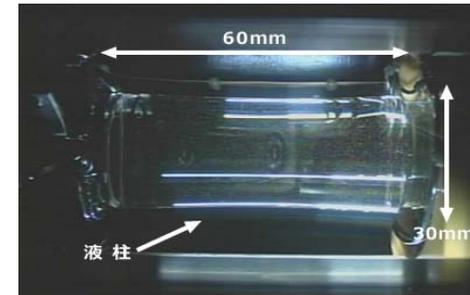
1) 流体・物質科学

- 流体の対流現象に関する研究(1回目の実験:2008年8~10月実施)
⇒ 半導体や光デバイス材料の高品質化等へ貢献
- 結晶成長機構の研究
 - 氷(2008年12月~2009年3月実施)⇒ 地球環境に影響を及ぼす海水等の結晶成長機構の解明へ寄与
 - 先端材料(2009年4月~6月実施中)⇒ 太陽電池パネル用材料等の生産効率向上へ寄与

2) 生命科学・植物

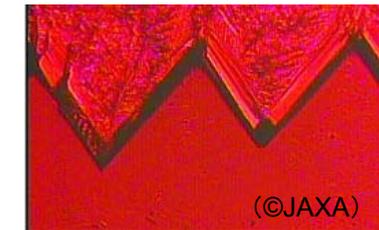
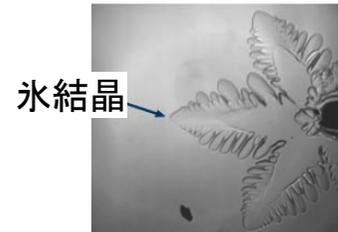
- 両生類培養細胞による細胞分化と形態形成研究(2009年3月実施)
⇒ 臓器形成の仕組み解明、臓器再生等への応用
- 宇宙での長期植物生育実験(発芽~成長~次世代種子生成)(2009年9月~11月実施)
⇒ 作物増収・有用な作物(倒れにくい等)への改良等への応用の可能性

対流現象の研究



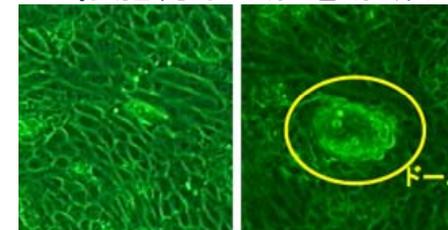
きぼうで大型液柱(60mm)を形成。世界で初めて詳細データを取得
(©JAXA)

結晶成長機構の研究



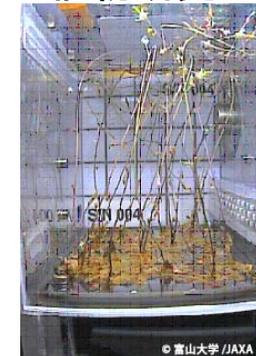
(©北海道大学/JAXA) 先端材料に使われる平面状結晶(モデル試料として有機溶剤の結晶)

細胞分化・形態形成



微小重力 1G(宇宙での人工重力)
(©東京大学/JAXA)

植物研究



宇宙で62日間生育したシロイヌナズナ(©富山大学/JAXA)

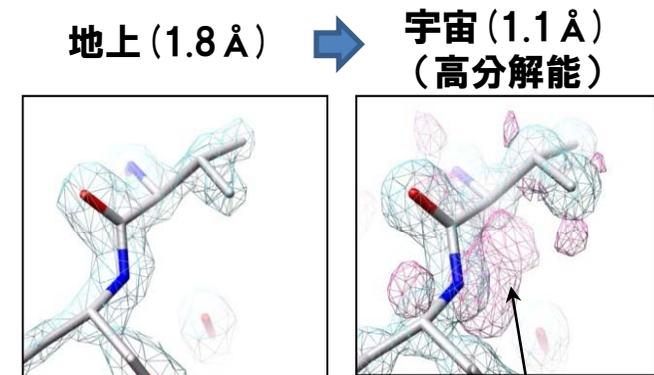
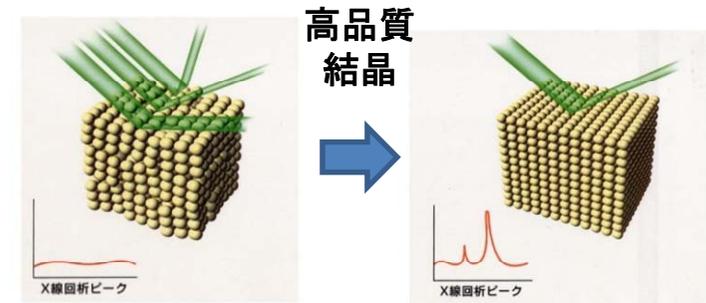
7.2 ISS計画で獲得したもの 【「きぼう」利用成果(2/4)】

(2) 産業等への応用を目指した利用の例

◆ 高品質タンパク質結晶生成による創薬

- 宇宙の無重量環境では、良質のタンパク質結晶を生成可能
⇒ 創薬等に必要な詳細な構造解析が可能
- 2003年から計6回のロシアサービスモジュールにおけるJAXAの実験では、60%のタンパク質において地上より結晶の品質が向上
- 創薬への適用(これまでロシアサービスモジュールで実験実施／2009年7月より「きぼう」で実施中)
 - 筋ジストロフィー治療薬(開発中)
 - 新たなインフルエンザ治療薬(宇宙実験中)

「きぼう」のタンパク質結晶生成装置を利用。
ロシアとの協力によるタイムリーな打上げ・回収



(提供: 兵庫県立大学 樋口教授)

宇宙実験の結果、水素原子の位置(赤い部分)など詳細な構造データを取得できた

7.2 ISS計画で獲得したもの 【「きぼう」利用成果(3/4)】

(3) 宇宙医学・有人技術研究の例

1) 骨量減少・尿路結石予防の研究

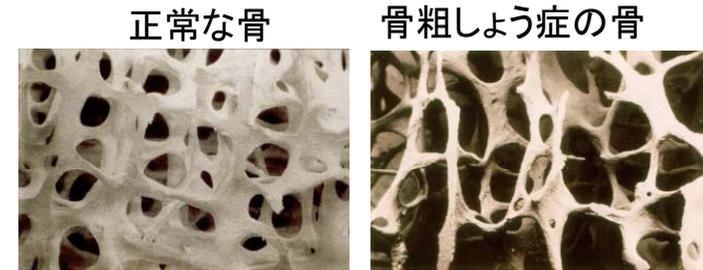
- 無重量環境では、骨量等の減少が加速(宇宙では、地上の骨粗しょう症患者の約10倍の早さで骨量が減少)
- 若田飛行士が自ら骨粗しょう症治療薬(ビスフォスフォネート)を服用し、医学データ取得(2009年3月~7月実施)
⇒ 加齢に伴う骨量減少等の影響に対し、地上よりも短期間で薬の効果を確認可能

2) 軌道上での簡易型生体機能モニターの検証

- 若田宇宙飛行士の24時間連続心電波形をホルター心電計で記録し、データをダウンリンク。
- HDTVカメラによる電極装着部位、皮膚等の遠隔診断
⇒ 遠隔医療等への応用

3) 「きぼう」船内の宇宙放射線環境・若田飛行士 搭乗時の被ばく線量計測

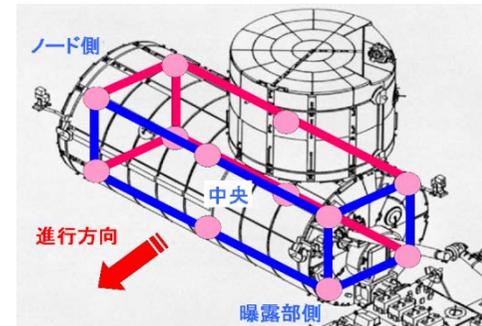
- ⇒ 宇宙長期滞在時の健康管理及びリスク評価への活用
- ⇒ 将来の有人探査等に必要な基礎情報として蓄積、活用



宇宙で骨・筋量減少が加速



デジタルホルター心電計



● は Area PADLESの設置位置

受動型線量計



7.2 ISS計画で獲得したもの 【「きぼう」利用成果(4/4)】

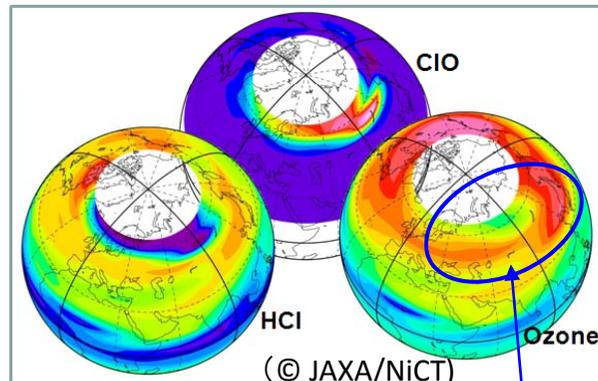


MAXI

SMILES

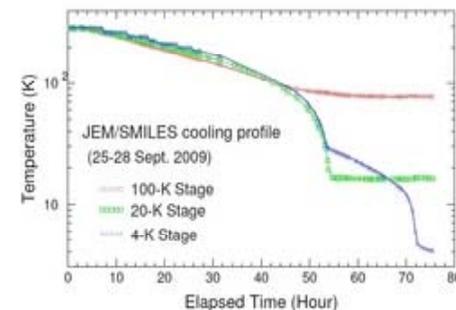
SEDA

超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)



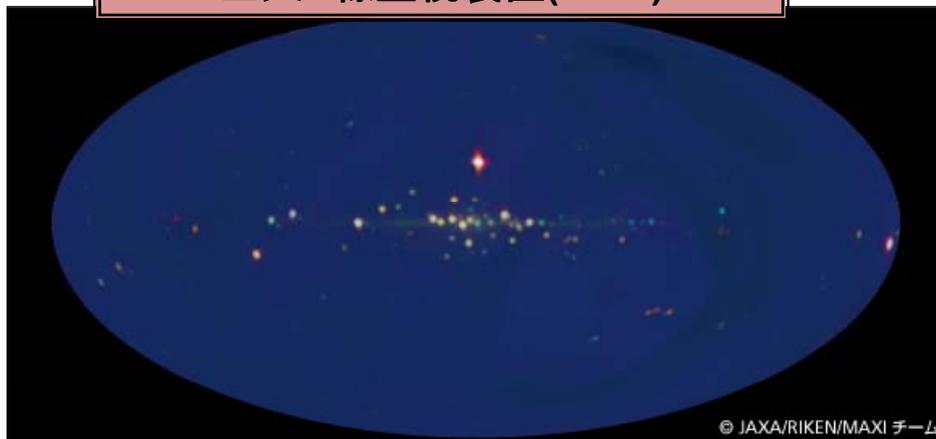
(© JAXA/NICT)

SMILESにより塩素化合物の化学反応によるオゾン層破壊現象を観測した。(© NICT/JAXA)



SMILESの高感度センサを実現する機械式冷凍機が4K(-269℃)の性能を実現

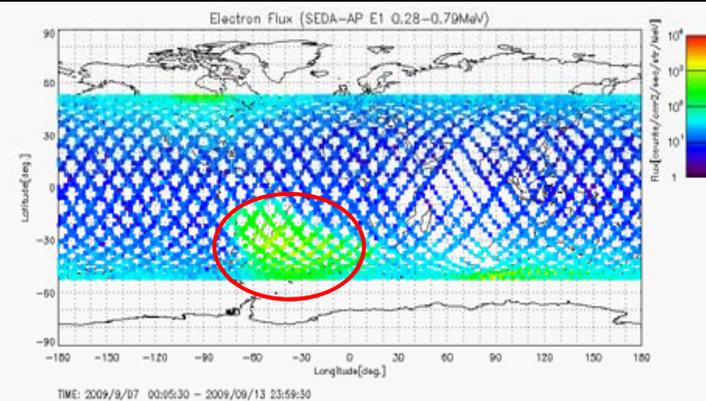
全天X線監視装置(MAXI)



© JAXA/RIKEN/MAXI チーム

MAXI搭載ガススリットカメラによる全天X線画像。2009年8月15日～10月29日までのデータより作成 (© RIKEN/JAXA)

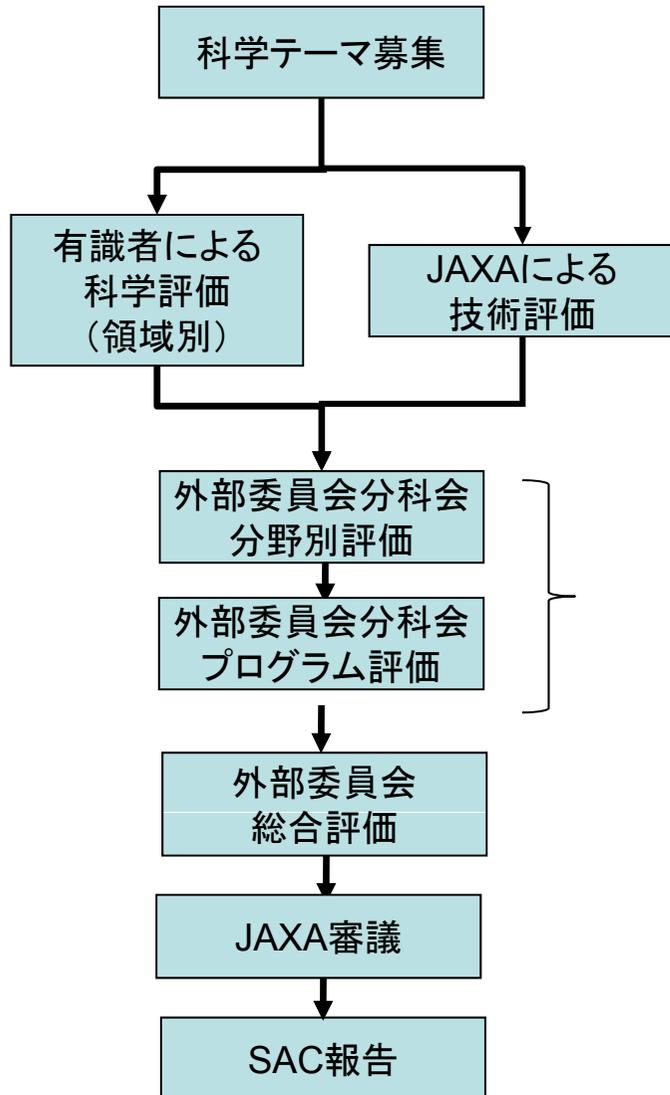
宇宙環境計測ミッション装置(SEDA)



(c) 2009 JAXA

初期機能確認中に得られた高エネルギー軽粒子計測データ(0.28-0.79 MeV) (© JAXA)

7.3 「きぼう」利用テーマの選定プロセス



① 科学評価

- 科学的意義、「きぼう」での実験の重要性、実験成果獲得までの実施体制などの視点で絶対評価を行う。
- 評価は、研究領域・分野別に外部の専門家、有識者から構成される作業チームで、領域別を実施。

② 技術評価

- 実施に向けた技術的成熟性、「きぼう」の実験装置での技術的及び運用性の成立性度合いの視点でJAXAが評価。
- 実験機会・サンプル等の統合化等、個々の提案(テーマ)の組み合わせによる最適化評価

③ プログラム評価、総合評価

- 利用リソース(打上・回収量、宇宙飛行士の作業時間など)や実験準備経費、「きぼう」利用方針との関連性など、プログラム面での評価を加え、ISS・きぼう利用推進委員会が総合評価と選定を実施。

※外部委員会:ISS・きぼう利用推進委員会(JAXA理事長諮問)

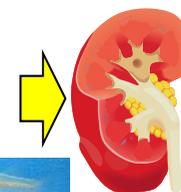
※選定の委員会等は非公開。但し、審議内容は情報公開可能

7.4 社会還元が期待される分野(例)(1/2)

1) 高齢化社会問題／安全安心医療

- 日本人宇宙飛行士の長期滞在を通じた宇宙医学研究推進
 - 高齢者の生活改善につながる骨粗しょう症・筋萎縮対策研究等の加速
 - 宇宙医学研究の地上社会(介護問題等)への貢献(寝たきり者のリハビリ・運動手法、宇宙での衣服・宇宙食等の活用)
- 高品質タンパク質結晶生成:創薬への応用拡大
 - 副作用が少ない医薬品、難病をターゲットとした医薬品等の開発
- 臓器培養につながる立体的な組織培養の実現
(再生医療技術の発展)

野口 古川 星出
(’09/12 - 5月)(’11春~6ヵ月)(’12夏~6ヵ月)



2) 環境問題・エネルギー問題・食糧問題

- 高品質タンパク質結晶成長技術の酵素への応用・発展
(2010年2~5月、及びその後4回程度実験実施予定)
 - セルロース分解酵素 → 食糧と競合しないバイオ燃料の製造
 - ナイロン分解酵素 → 廃棄物処理への応用



7.4 社会還元が期待される分野(例)(2/2)

3) 極限環境生体モニタによる遠隔医療 (古川飛行士搭乗時にパイロット的に実施を計画)

■ 軌道上の遠隔医療

- ・無拘束、非侵襲的に、飛行士のバイタルサインを測定。発病前に体の変化を捉える
- ・生活や業務に支障を与えない、地上からの健康管理・疾病予防

↓ 宇宙医学は予防医学

■ 地上の遠隔医療の意義(健康日本21より)

- ・生活習慣病予防で2.8兆円削減(厚労省試算)
- ・遠隔医療の普及は、家庭での健康管理(自分で計測し、自己管理する)も推進でき、医療費削減に寄与できる
- ・仮に、国民の平均血圧が2mmHg低下すれば
 - ✓ 約286億円の医療費削減
 - ✓ 脳卒中発症者は19,757人減少
 - ✓ 脳卒中死亡者は1万人減少

デジタルホルター心電計
軌道上
ハイビジョン映像伝送システム

小型(65x18x62mm) 軽
量(78g)



生体情報
映像音声情報

軌道上自己診断

地上

健康維持・健康管
理への活用



7.5.1 米国(NASA)のISS利用の概要

現在稼働中の実験装置(2001~2009)

2010搭載予定

米国実験モジュール



#1



#2



材料科学研究ラック
(MSRR)



#6

小型装置搭載ラック
(EXPRESS)



#7



観察窓ラック
(WORF)



#2

冷凍冷蔵庫
(MELFI)



流体科学ラック
(FIR)



燃焼研究ラック
(CIR)



材料曝露実験#1-7
(MISSI)

欧州実験モジュール



医学研究ラック#1,#2
(HRF#1,#2)



小型装置搭載ラック
(EXPRESS)



筋萎縮研究・運動ラック
(MARES)



微小重力科学
グローブボックス
(MSG)



#4

小型装置搭載ラック
(EXPRESS)



#5



#1

冷凍冷蔵庫
(MELFI)



#3

きぼう

船外



沿岸海洋観測/
電離層大気光放射観測
(HREP)



#8

小型装置搭載ラック
(EXPRESS)



アルファ磁気
スペクトロメータ
(AMS)

7.5.2 欧州のISS利用の概要

2008年2月に打上げられた搭載実験装置
(欧州実験棟「コロンバス」に搭載)

船内



生理学実験ラック(EPM)



流体科学ラック(FSL)

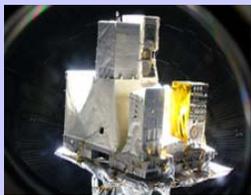


生命科学ラック
(BioLAB)

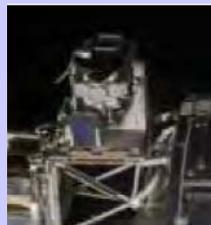


小型装置搭載ラック(EDR)

船外



技術開発テストベッド
(EuTEF)



太陽現象観測
(SOLAR)

他国モジュール



宇宙放射線被曝線量評価実験
(Matroschka)



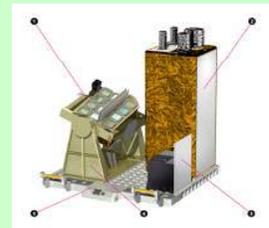
植物実験装置
(EMCS)



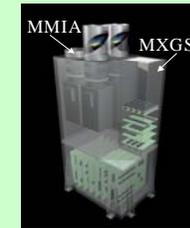
きぼうに搭載

米国実験モジュール
に搭載

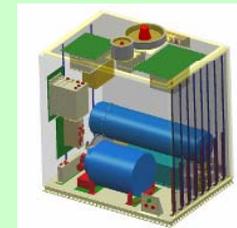
将来コロンバスに搭載予定の実験装置



ミリ波全天観測
(SPORT)



大気発光現象観測
(ASIM)



原子時計
(ACES)

7.6.1 各国の搭載計画(船内実験)

打上年度	2001～2007	2008	2009	2010	2011	2012
NASA開発	EXPRESSラック#1 (材料系・技術開発系) EXPRESSラック#2 (材料系・技術開発系) 医学研究ラック#1 医学研究ラック#2 EXPRESSラック#3 微小重力科学グローブボックス(MSG) EXPRESSラック#4 EXPRESSラック#5 MELFI(冷凍庫)#1	EXPRESSラック#6 燃焼研究ラック(CIR) Columbusに 移設 きぼうに 移設	材料科学研究ラック (MSSR) 流体研究ラック(FIR) 観察窓ラック(WORF) EXPRESSラック#7 EXPRESSラック#8 MELFI(冷凍庫)#2 MELFI(冷凍庫)#3 筋萎縮研究・運動ラック (MARES)	きぼうに 移設 Columbusに 設置		
ESA	生理学実験ラック(EPM) 生命科学ラック(BioLAB) 小型装置搭載ラック(EDR) 流体科学ラック(FSL) 輸送保管ラック(ETC)					
日本		流体実験ラック 細胞実験ラック		勾配炉ラック 多目的実験ラック		TBD

- 医学研究ラック内の一部の実験装置をESAが開発。ESAは、米国実験棟での早期利用機会を確保。
- コロンバス打上げ時には、ESA実験棟枠(5ラック)をすべて搭載。

※MIM(Multi-Increment Manifest Rev.J)による

7.6.2 各国の搭載計画(船外実験)

打上年度	2001-2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
米国	材料曝露実験#1-5	材料曝露実験#6	材料曝露実験#7 沿岸海洋観測/電離層大気放射観測(HREP)	国防省ミッション(DOD-Tech) 通信・航法実証ミッション(CoCONNECT) アルファ磁気スペクトロメーター(AMS)	材料曝露実験#8A,B NASAミッション(TBD) (材料曝露実験)	圏外生物学観察装置(FEBO 2A) (Deep Space)	材料曝露実験#8C 光通信実験 NASAミッション(TBD)	材料曝露実験#8D 通信・航法実証ミッション2(CoCONNECT2) 国防省ミッション2(DOD-Tech2) NASAミッション(TBD)	国防省ミッション3(DOD-Tech3)
欧州		太陽現象観測(SOLAR) 技術開発テストベッド(EuTEF)				技術開発テストベッド2(EuTEF2)	大気発光現象観測(ASIM) 宇宙原子時計(ACES) 量子通信実験(QUEST)	月面活動技術プログラム(LETP) ASI光通信実験 光学的宇宙時計	
日本			宇宙環境計測(SEDA) 全天X船監視装置(MAXI) 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)		第2期ポート共有ミッション		CALET		TBD

きぼうに設置

7.6.3 「きぼう」における日米搭載計画（船内実験室）

- 「きぼう」船内実験室への実験用ラック搭載数は10ラック（全体では31ラック）
- うち、日本と米国で5ラックずつを保有。

【日本】

流体物理実験装置
溶液結晶化観察装置
蛋白質結晶成長装置
画像取得処理装置

流体実験ラック
（設置済）

細胞培養装置
クリーンベンチ

細胞実験ラック
（設置済）

温度勾配炉
（開発済）

勾配炉ラック
〔HTV運用1号機
2010年度〕

水棲生物実験装置
チャンバー（燃焼）
【開発中】

多目的実験ラック
〔HTV運用1号機
2010年度〕

搭載装置未定
（候補：静電浮遊炉）

T.B.D.
〔HTV運用3号機
2012年度予定〕

【米国】

【複数搭載可能】
加速度計測装置
（SAMS-II）
（BSTC1）
（GSM1）
溶液結晶化実験装置
（DECLIC）

EXPRESS#4ラック
（設置済）

【単独搭載】
音波浮遊炉
（SpaceDRUMS）

EXPRESS#5ラック
（設置済）

冷凍庫

MELFIラック
（設置済）

（保管スペース）

保管ラック（予定）

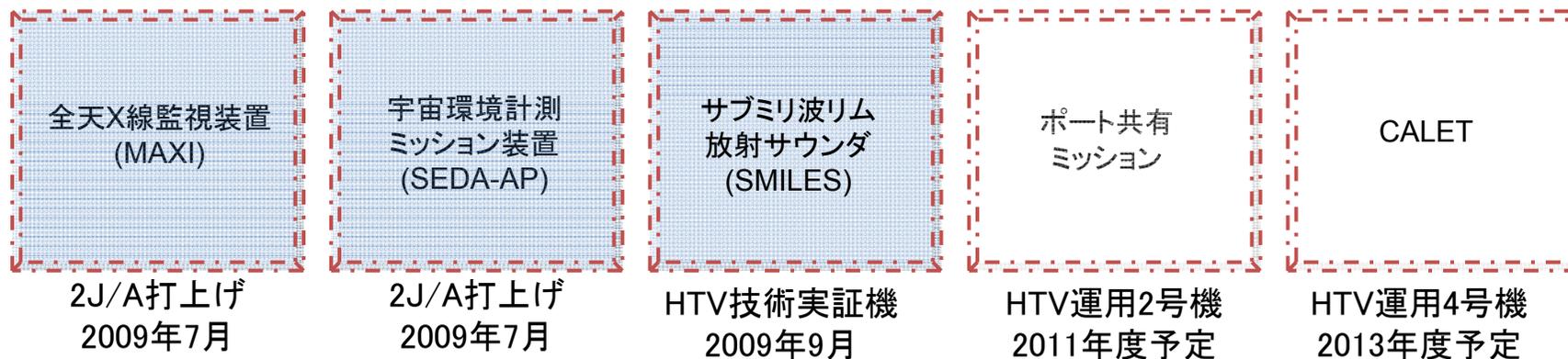
冷凍庫
〔日本が15%の
利用権を持つ〕

MELFIラック
（設置済）

7.6.4 「きぼう」における日米搭載計画(船外実験プラットフォーム)

- 「きぼう」船外実験プラットフォームへの実験機器取付場所は10箇所。
- うち、日本と米国で5箇所の実験機器取付箇所を保有。

【日本】



【米国】



7.7 ISSと他の宇宙実験手段との比較(詳細)

	宇宙ステーション 「きぼう」	無人衛星			小型ロケット
		フリーフライヤー	小型衛星	無人回収カプセル	
宇宙機の例		無人宇宙実験システム 「USERS」	JAXA 「小型科学衛星シリーズ」	「Foton」(ロシア)	ESA 「TEXUS」
ミッション期間	10年以上	3年 (回収ミッションは6ヶ月)	1年	30～90日	2～3時間 (打上～回収まで)
μ -g環境	良好(10^{-6} g) 擾乱あり	非常に良好(10^{-7} g) 擾乱なし	非常に良好(10^{-7} g) 擾乱なし	非常に良好(10^{-7} g) 擾乱なし	良好($10^{-4\sim 5}$ g) 初期擾乱あり
μ -g環境継続期間	30日以上	8.5ヶ月	1年	30～90日	6分30秒
軌道傾斜角	51.6° 固定	30.4°	任意		—
軌道高度	400km	500km	任意	220～400km	250km
有人支援	有り 230時間/年	無し	無し	無し	無し
輸送手段	HTV(日)、ATV(欧)、シャトル(米)、 プロトン/ソユーズ(露)	H-IIA デュアルロランチ	イプシロン	ソユーズ	TEXUSロケット
我が国の打上機会	約6回/年(与圧打上) 約1回/年(曝露打上)		3機/5年	1機/1.5～2年	全体:2機/年 日本としては不定期
回収能力	有り 40kg/年	有り(カプセル) 150kg	無し	有り 650kg	有り ペイロード部
通信	～150Mbps		～2Mbps		テレコマンド機能あり 映像:PALリアルタイム アナログ・デジタルデータ ダウンリンク可能
電力	日本:3.2kW (年間28,032kWh)	700W (全体電力2.5kW)	ミッション部250W程度 (全体電力1kW以下)	平均500W程度	300～500W (バッテリーにより可変)
機器重量	船内: 10ラック 7,000kg +試料 500kg/年 船外: 10装置 5,000kg	250kg (衛星全体1700kg)	ミッション部200kg以下 (衛星全体400kg以下)	最大900kg (船内650kg)	ペイロード全体:400kg 実験装置部:280-290kg
衛星バス	軌道上整備済み	開発済み (製作費要)	開発中 (開発完了後は製作費要)	開発済み (製作費要)	開発済み (製作費要)

7.8 アジア諸国とのISS利用協力

◆ 協力の目的

- ✓ きぼう利用機会等を通じて、将来に向けたアジア地域との協力関係を構築し、我が国のアジア地域でのプレゼンスを高める。
- ✓ 双方の利益に適う共同研究やきぼう利用協力の実現により、我が国の宇宙環境利用の効果的な推進を図る。
- ✓ きぼう利用の拡大と多様化を図り、成果を創出する。

◆ APRSAF(アジア太平洋宇宙機関会議)を通して、きぼう利用協力を推進中。各国の関心は高い。

- ✓ 韓国(KARI)：韓国国内でテーマ募集を実施、スクリーニング中。2010年内をメドにJAXAと共同で候補テーマを設定予定。
- ✓ マレーシア(ANGKASA)：タンパク質結晶生成実験に参加中(2012年まで)
- ✓ タイ、インドネシアの宇宙機関とフィジビリティスタディを実施中。
- ✓ このほか、人材育成やきぼう利用に向けた経験の蓄積として、学生航空機実験を実施(これまでの参加は、タイ、マレーシア)
- ✓ 本年1月のAPRSAF(16回)では、教育プログラム等、各国の関心が高く協力効果が高い分野の協力を注力する方向で意見が一致。