

宇宙環境利用の展望

平成14年 3月26日

宇宙開発事業団

井口 洋夫

宇宙環境利用の展望

目次

- 1．国際宇宙ステーションの現況
- 2．きぼう利用分野
- 3．ISS利用の目的
- 4．宇宙環境利用の理念
- 5．ISS周辺における宇宙環境の特徴
- 6．宇宙開発事業団におけるフライト実験実績
- 7．宇宙環境利用に必要な手段
- 8．日本の実験棟「きぼう」
- 9．きぼう利用の現状
- 10．宇宙環境利用の5つの視点
- 11．宇宙環境利用の将来展望

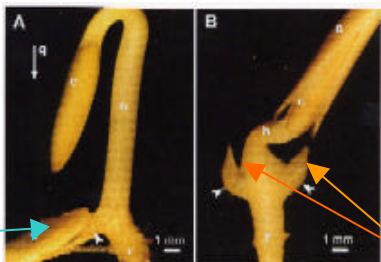
(Back Up Charts)

1. 国際宇宙ステーション(ISS)の現況



2. きぼう利用分野(1/3)

先端科学技術への挑戦



地上 微小重力

生命の起源
生命の発生・成長過程での重力影響

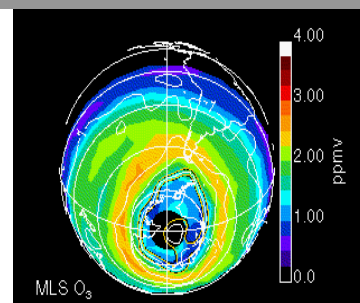
先端技術開発
宇宙ステーション開発での技術力の蓄積 (例: 太陽光発電)

キュウリの発芽の際のハギ(突起)発生の様子。微小重力環境下では2つのハギ発生が見られる
生物の発生と重力の関係を解く鍵
写真: 東北大学高橋先生ご提供

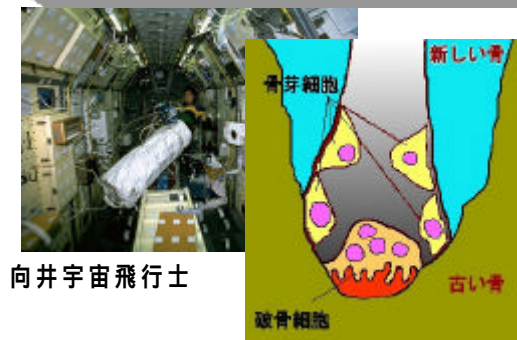
地球観測
地球環境観測台の建設

宇宙医学
有人宇宙活動と地上の予防医学へ応用 (骨粗鬆症予防)

宇宙の起源
超高エネルギー宇宙線の定量的検出



宇宙からオゾン層破壊の状況等を観測
ISSは長期連続観測、高分解能・高感度計測に有利
<参考>ISSはセンサーを置換することで多種の観測に柔軟に対応できる



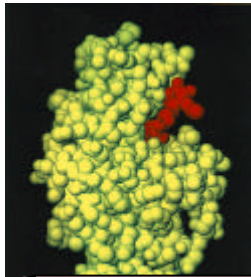
向井宇宙飛行士

宇宙飛行士の骨密度変化のメカニズム解明
骨粗鬆症の予防や治療への応用を期待

高エネルギー粒子線等による地球大気発光現象による「空気シャワー」の観測
宇宙の起源を解く鍵

2. きぼう利用分野 (2/3)

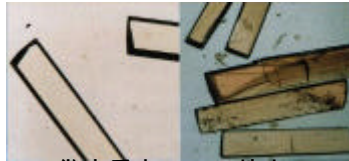
社会経済への貢献



タンパク質の立体構造

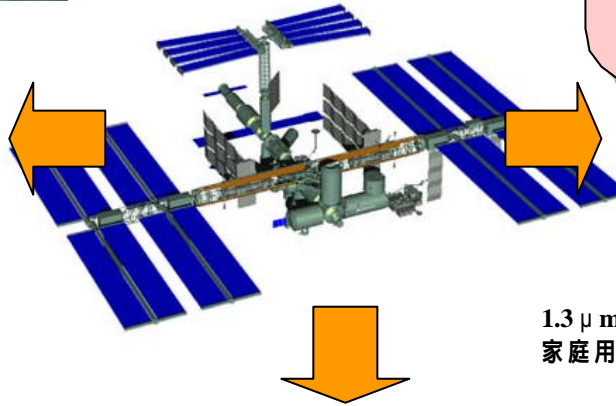


X線による
構造解析



微小重力 地上

応用研究(ポストゲノム)
地上では困難な蛋白質の結晶化：構造解析の実施

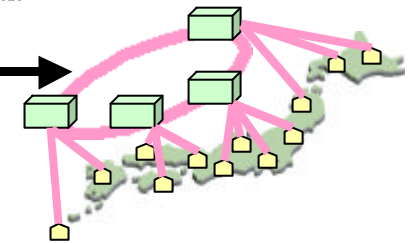


応用研究(IT、ナノ・材料)
 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ の作成(赤外半導体レーザー)
そのプロセスを地上へ



インジウム・ガリウム・ヒ素
単結晶

1.3 μm 帯赤外レーザー素子：
家庭用光通信端末に必要



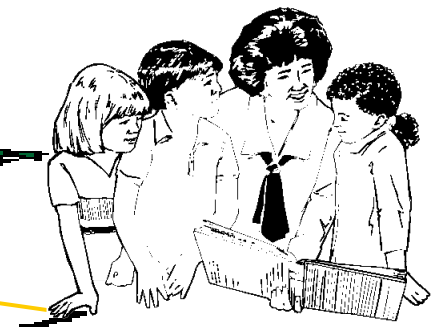
一般的利用(教育、文化、民間利用etc.)

宇宙授業
新芸術
新しい地球学

地球人として人類社会や地球環境
を考える新しい価値観



微小重力や宇宙からの映像
を利用した宇宙授業

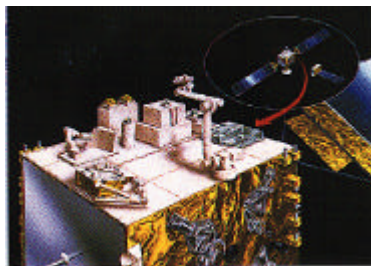
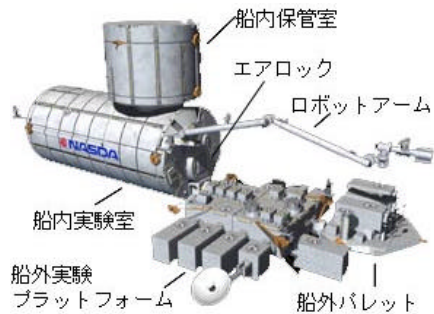


2. きぼう利用分野 (3/3)

宇宙活動基盤の強化

有人宇宙機の開発技術

- ・宇宙空間で「きぼう」内部の環境を維持する技術
例 常温、1気圧
- ・船外実験プラットフォームを操作するロボットアームの開発
- ロボティクス技術の獲得



基盤となる宇宙技術

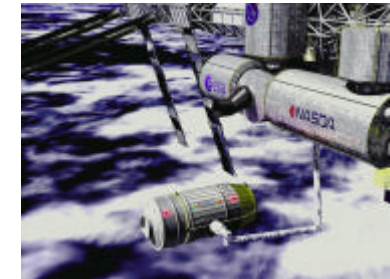
- ・宇宙環境下で使用する素材・機器等は高信頼性・高耐久性が求められる
- 特殊な環境(高温、低温、高真球等)での試験技術の蓄積
- 新素材の応用化の研究等
- <例>テフロンコーティング技術
- ケブラー素材

有人宇宙システム技術の習得



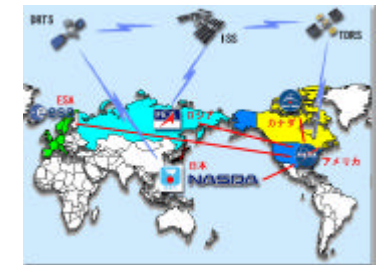
宇宙飛行士関連技術

- ・宇宙飛行士が宇宙で操作する機器の設計に関する技術
- 例 ヒューマン・マシン・インタフェース
- ヒューマンファクター
- ・無重力環境下での飛行士の動作や操作手順の検討・検証技術
- ・宇宙飛行士の選抜、養成訓練、健康管理に関する技術



高度な宇宙機器技術

- ・地上から「きぼう」への補給を行う宇宙ステーション補給機(HTV)打ち上げ
- ランデブー、ドッキング等高度な宇宙機器技術が獲得できる。



有人宇宙機運用管制技術

- ・有人宇宙技術は厳格な安全性が要求される。ISSの運用管制は24時間体制で行われる。
- ・運用時の通信にはデータ中継技術衛星(DRTS)を活用。
- DRTSで獲得されるIT技術は地上の技術に応用

3. ISS利用の目的

人類の未来を開拓するために

有人宇宙活動の価値の発見
科学的、技術的なフロンティアの開拓
新しい自然観、生命観、世界観の醸成
安定して調和した未来の追求

新たな宇宙利用を生み出すために

「宇宙からの情報発信拠点」
地球規模の問題解決のための「社会的インフラ」
身近な宇宙利用のための「文化的・教育的インフラ」
「新たな文化や価値観」の創生に向けた人文社会科学の実験の場

総ての人々が協力して生活できる地球社会の建設

4. 宇宙環境利用の理念

1) 第一期

科学が技術を育て、技術が科学を産む：
ISSはその実験場

2) 第二期

人類の未来へ明るい展望
想像力を養う教育
環境とエネルギーの問題解決に向けて

3) 第三期

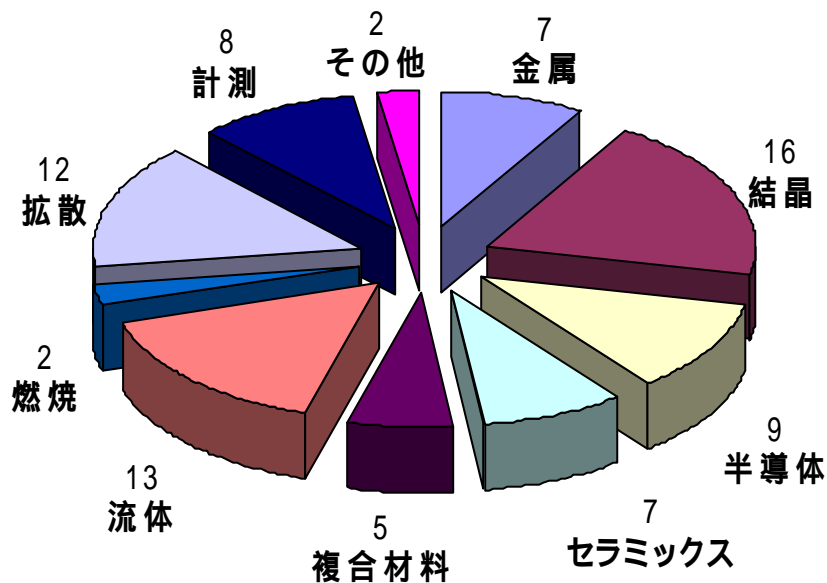
地球を護る
生物存在の奇跡の尊重
民族融和と宗教の共存

5 . ISS周辺における宇宙環境の特徴

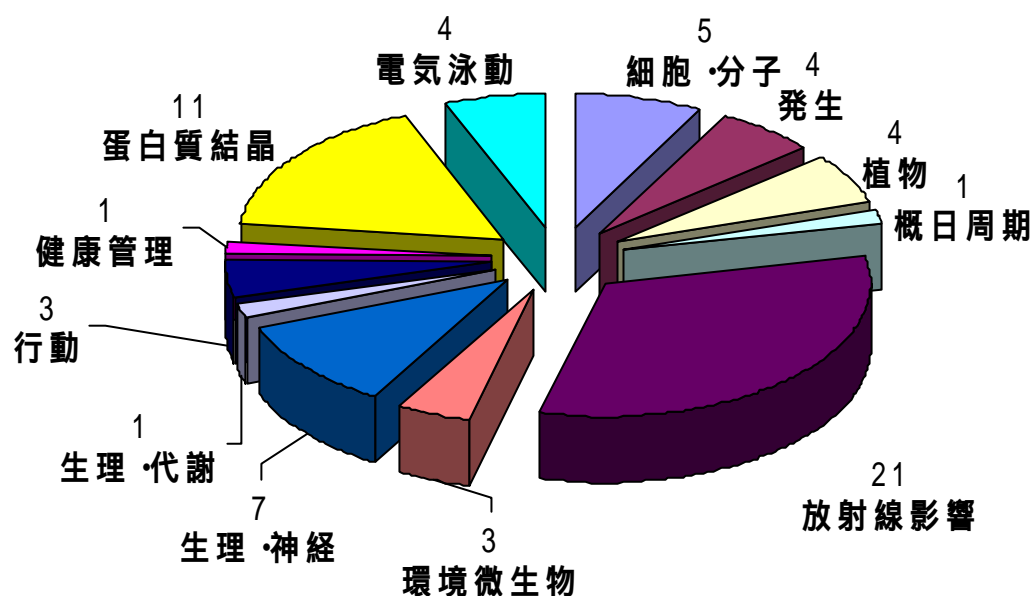
微小重力	$10^{-6}g \sim 10^{-4}g$
高真空	10^{-5} Pa (パスカル) の空間 (10^{-11} Pa に達する超高真空の創生)
宇宙放射線	さまざまな宇宙放射線の複合環境
広大な視野	全天視野の確保
特徴的な大気組成	85%が原子状酸素
豊富な太陽エネルギー	$1.4 \text{ kW} / \text{m}^2$
過酷な軌道上熱環境	真空・微小重力環境での熱・流体管理

6. 宇宙開発事業団におけるフライト実験実績(1991-2000)

物理・化学・工学分野 (合計: **81** テーマ)



生物学・医学分野 (合計: **65** テーマ)



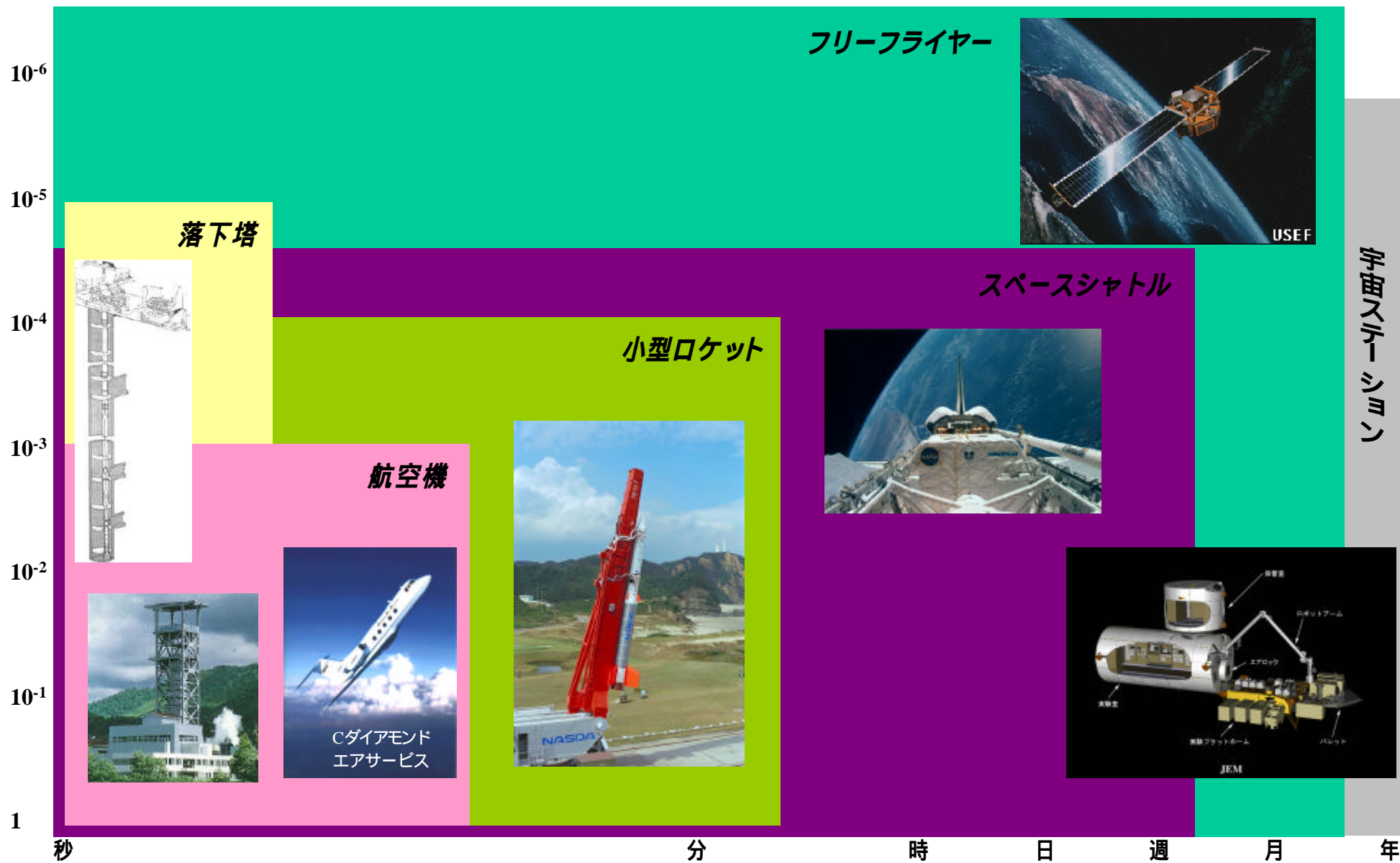
手段	回数
スペースシャトル	12
ミール	2
SFU*	1
小型ロケット	7

* Space Free flyer Unit: 宇宙実験フリーフライヤー
この他にISASで6テーマ実施

7. 宇宙環境利用に必要な手段(1/2)

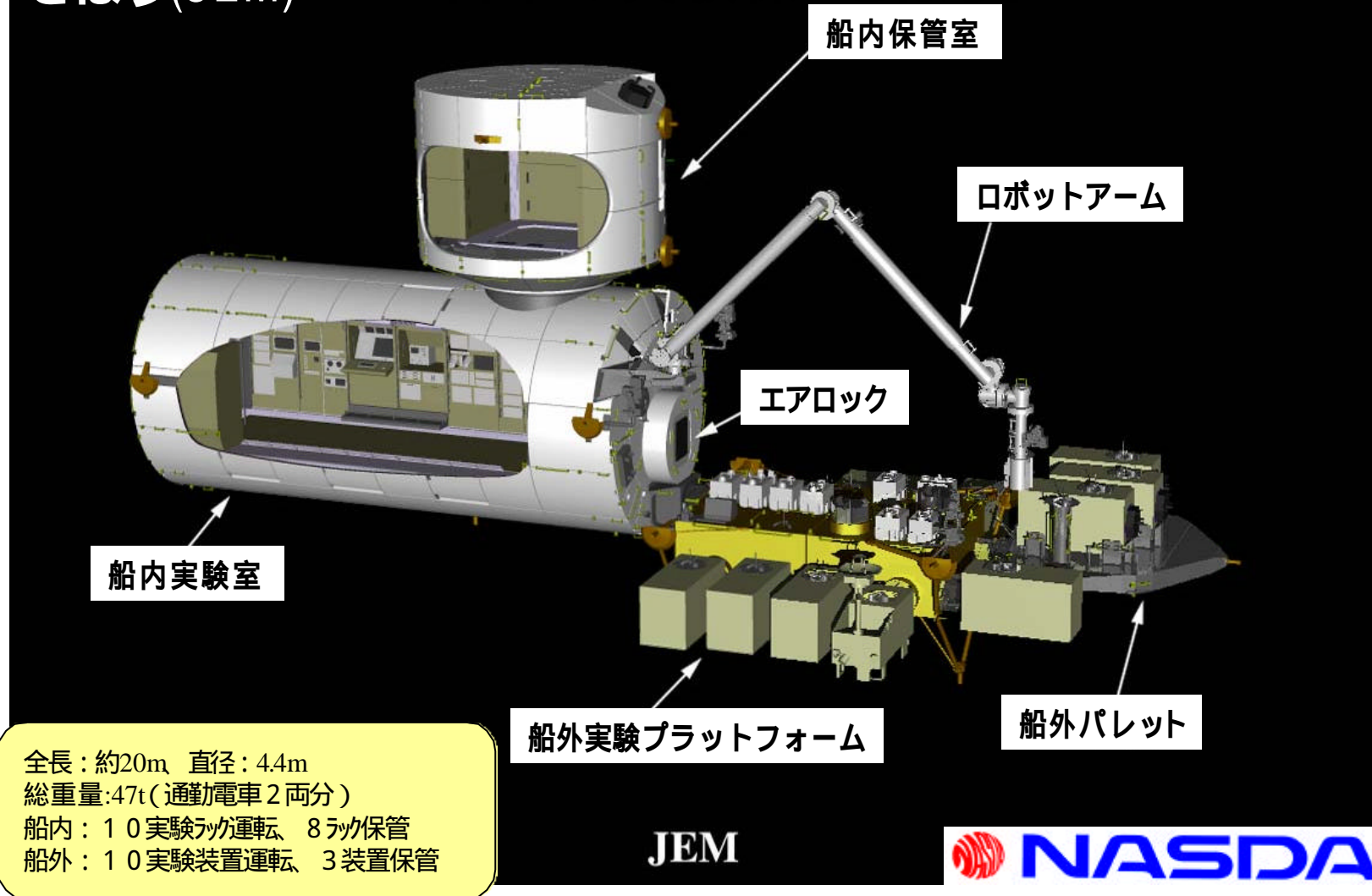
手 法	時 間		
落下塔	4.5秒、10秒	}	
航空機	~ 20秒		無人
小型ロケット	6分		
フリーフライヤー	数時間 ~ 数日	}	
スペースシャトル	数時間 ~ 2週間		有人
宇宙ステーション	~ 10年		

7. 宇宙環境利用に必要な手段(2/2)



8. 日本の実験棟「きぼう」

きぼう(JEM)



9. きぼう利用の現状(1/3) - 船内実験室利用(研究領域の例) -

< 生命科学系 >

地球生命圏外での生存・健康維持のための研究(宇宙医学)
生命の発生・活動における重力の役割解明(重力生物学)
放射線による損傷・修復の研究(放射線生物学)
生命の起源と地球外生命の探索(圏外生物学)

< 物質科学系 >

ナノ構造機能材料の創生
自己組織形成のメカニズムと制御
高速化学反応の制御
熱物性と液体構造の相関

< 人文社会科学系 >

紛争処理(実験倫理学)

< 基礎科学系 >

(1) 基礎物理学

臨界点近傍の流体ダイナミクス
複雑性をもたらす非線形・非平衡現象
原子冷却技術と巨視的量子現象

(2) 基礎化学

化学反応のゆらぎと協同現象
超分子の自己集積
無容器化学反応
星間分子と分子分光

9 . きぼう利用の現状(2/3) - 船外実験プラットフォーム利用 -

- **全天X線監視 (MAXI)**

いままでになかった高い感度で全天X線の長期的な時間変動を観測

- **光通信実験 (LCDE)**

レーザー光による高速(数百M ~ 数Gbps)地上 ~ ISS通信実験

- **地球大気環境の観測 (SMILES)**

オゾン層破壊、地球温暖化の原因となる成層圏大気中の微量気体の観測

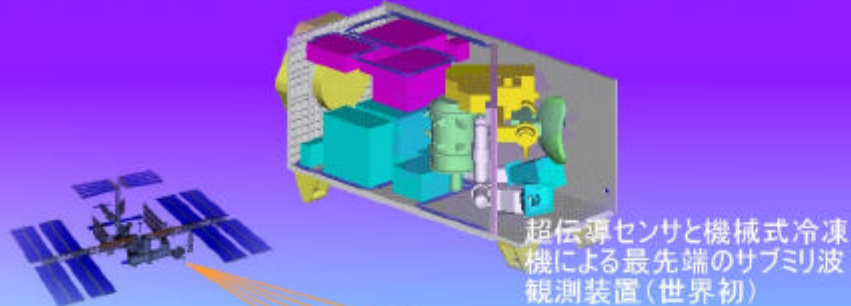
- **宇宙環境計測 (SEDA)**

放射線などの宇宙環境データを定量的に把握

2005年 ~ 2006年に実験を予定。

9. きぼう利用の現状(3/3) - 地球を護る/SMILES -

SMILES aboard ISS-JEM



オゾン分解を促進



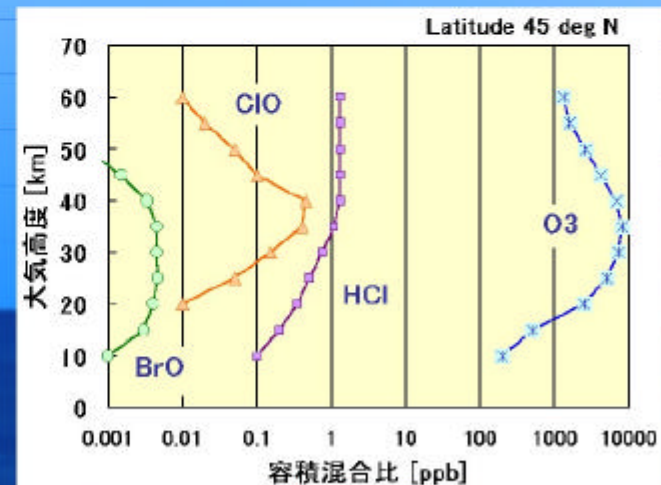
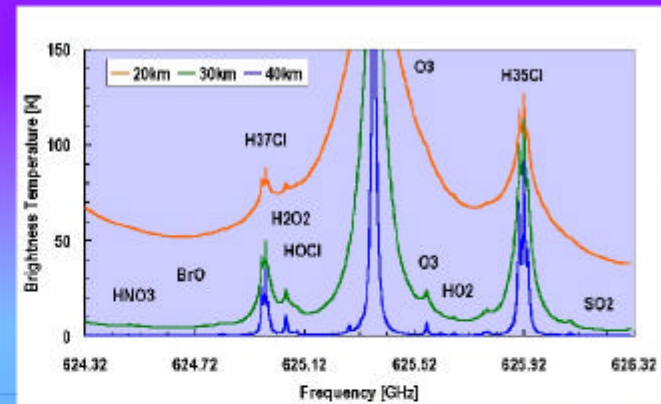
NO_x HO_x
BrO ClO

口径40cmの高精度アンテナを走査して、微量分子の高度分布を調べる

SMILESは BrO, ClO, HO_x 等の微量分子を測定して、オゾン破壊の現場を押さえる

Superconducting Submillimeter-wave Limb-emission Sounder, to be launched in 2005

微量分子のサブミリ波スペクトルを短時間に高い精度で効率よく測定(受信電波の波長は約 0.47 mm)



微量分子の高度分布と時間変動を地球規模で解明し、オゾン層の将来予測の基礎データを与える

10. 宇宙環境利用の5つの視点 - ISSの利用の具体例 -

利用の視点	環境条件の特徴	利用課題例	利用成果(目標)
広い視野 “宇宙と地球大気”	観測箱としての地球大気の利用 大型装置の搭載	超高エネルギー宇宙線の観測 反物質の観測	“宇宙創生の神秘”の探求
重さがない (1)	重力の抑制と静水圧の排除	臨界点近傍の緩和現象 臨界点近傍の核形成	臨界点近傍における特異なダイナミクスの解明
重さがない (2)	対流の抑制	結晶成長機構の探求 反応拡散機構とパターン形成の探求	微小重力環境における“輸送現象”と“パターン形成”の数理の理解
容器不要	無容器・無界面での物質保持	浮遊制御技術の確立 無容器・無界面の化学反応	浮遊技術を利用した“熱物性値”の体系的取得 “化学反応”の本質の理解
重力がない	重力の制御と抑制	細胞の重力応答機構と重力環境による生体内反応カスケードの解明	“生命現象”や“進化と重力環境”の相関に対する理解

11. 宇宙環境利用 (ISS利用) の将来展望

分野	21世紀初頭のトピックス	未来展望
<ul style="list-style-type: none"> ・微小重力科学 ・基礎科学 	微小重力、浮遊、無容器、等方的環境を利用した新しい物理学、化学、物質科学の展開の試み	新たな基礎科学の誕生
<ul style="list-style-type: none"> ・生物科学 ・宇宙医学 	<ul style="list-style-type: none"> ・生物の重力感受機構と形態形成 ・長期宇宙滞在と医学データの蓄積 	健康と高齢化対策への貢献
<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙科学 ・地球科学 	<ul style="list-style-type: none"> ・高エネルギー - 宇宙線の観測と宇宙の神秘の解明の試み ・地球圏の全水量推定の試み 	<ul style="list-style-type: none"> ・素粒子物理や宇宙物理への貢献 ・地球気象の掌握
<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・有人活動支援の宇宙ロボット技術開発 ・宇宙環境の体系的な理解 ・無限の太陽エネルギー利用技術開発 ・科学ミッションの組立基地として利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・地球エネルギー問題への貢献 ・宇宙インフラの発展的利用
<ul style="list-style-type: none"> ・新しい展開 (人文社会科学) 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報発信拠点としての機能整備 ・新たな文化や価値観の創生に向けた人文社会科学の実験の場 	<ul style="list-style-type: none"> ・社会インフラ整備 ・科学・技術と人文社会の「総合」

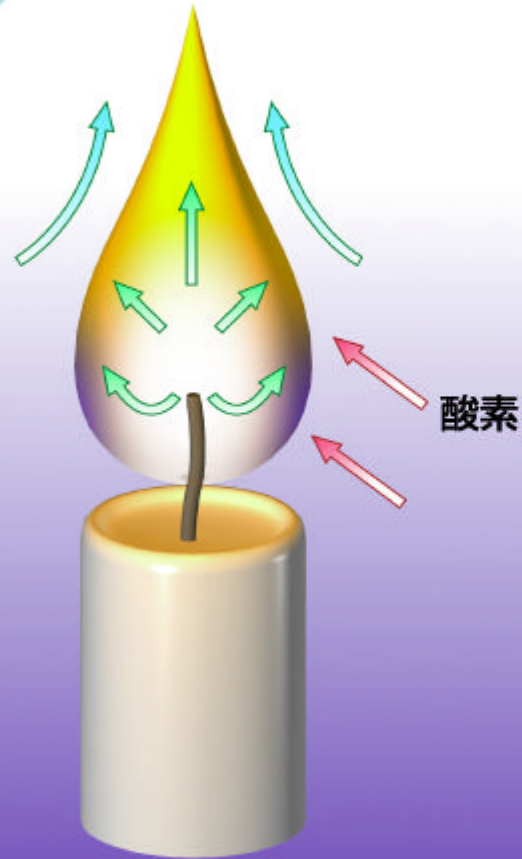
Back Up Charts

研究分野と環境条件

	微小重力	真空	宇宙放射線	広大な視野	大気組成	太陽エネルギー	軌道熱環境
基礎科学							
微小重力科学							
生物科学							
宇宙医学							
宇宙科学							
地球科学							
技術開発							

ろうソクの炎

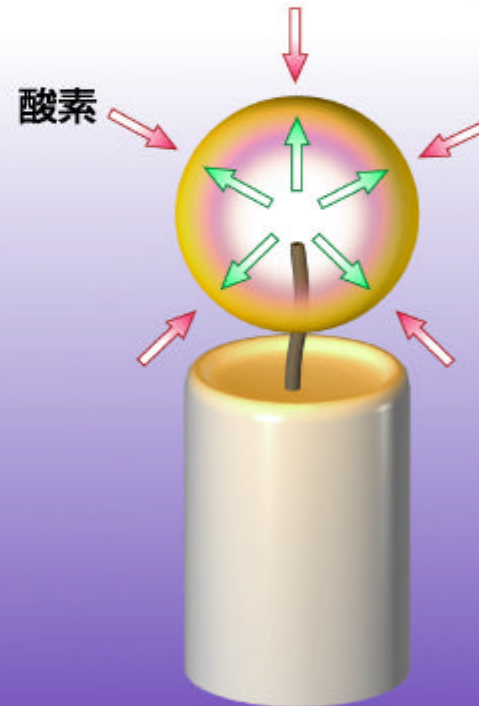
地上



自然対流 + 拡散

無重力

球形火炎

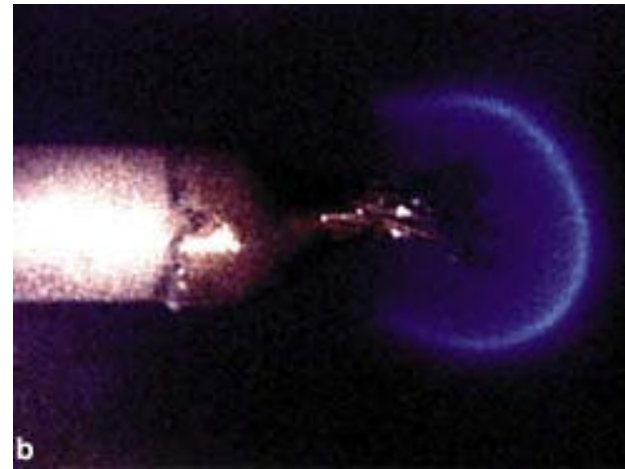


拡散

燃燒



地上(1g)



宇宙(μg)

出典: NASA