

ISS計画の最新状況と 新たな知見の創造

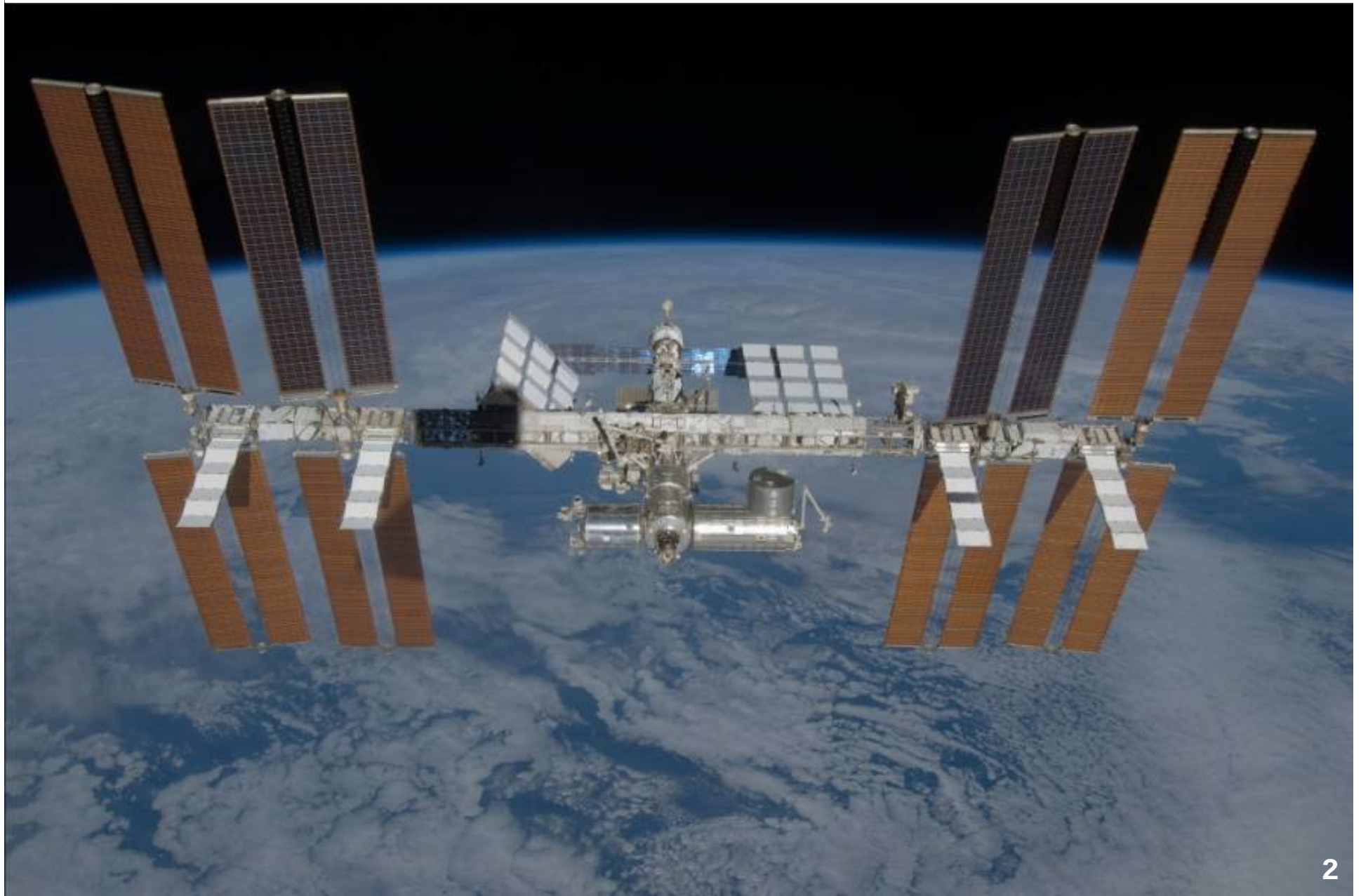
平成21年3月26 日

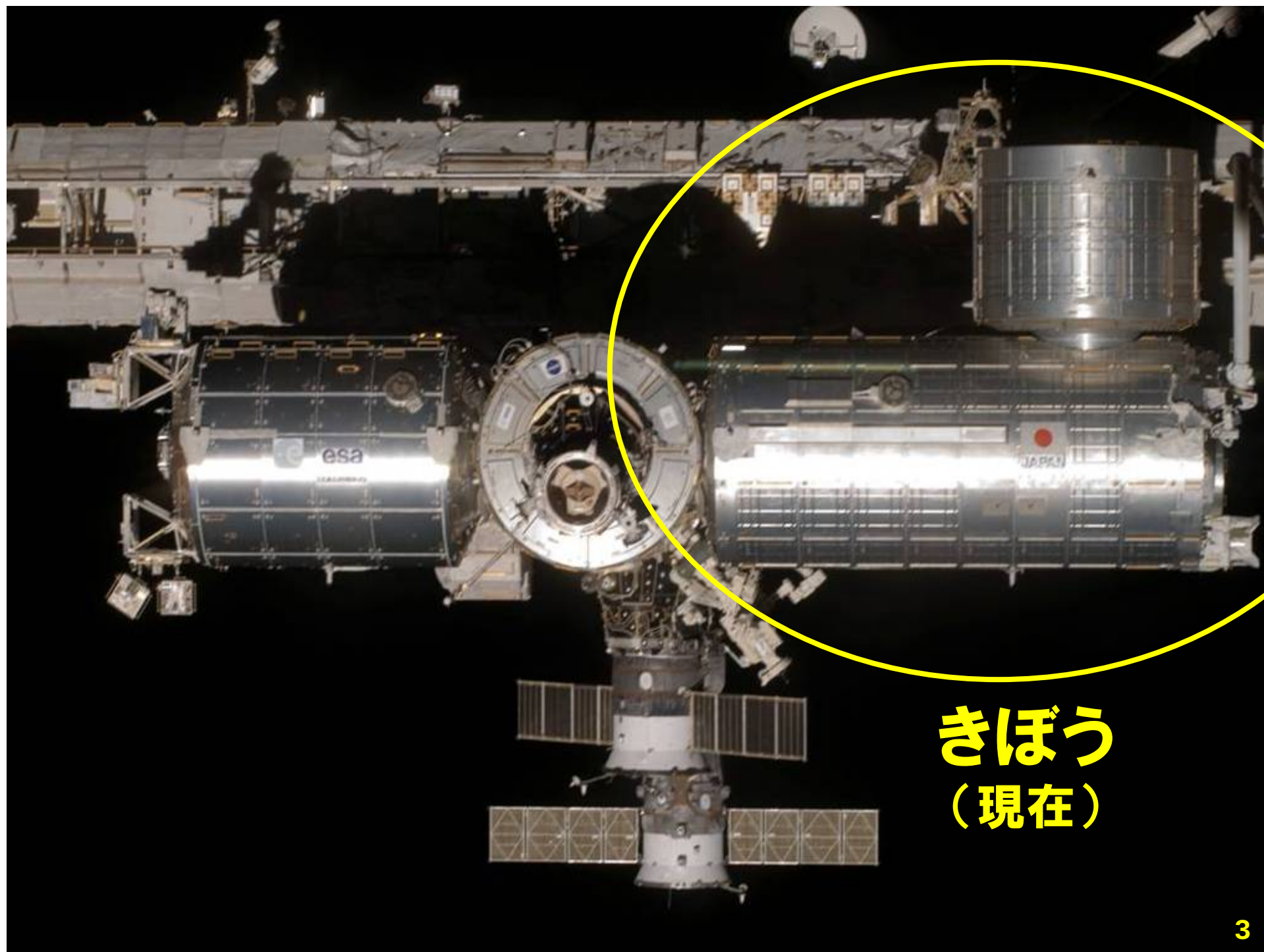
宇宙航空研究開発機構
有人宇宙環境利用ミッション本部 (講演当時)

山浦 雄一

- ISS計画とは
- 日本の役割とISS計画参加の意義
- 日本実験棟「きぼう」(JEM)
- 宇宙飛行士搭乗計画
- 宇宙ステーション補給機(HTV)
- 有人宇宙技術
- 「きぼう」の利用
- ISS計画参加により得たもの/得るもの

現在の国際宇宙ステーション(ISS)





きぼう
(現在)

ISS計画：国際合意と建設の経緯

ISSの目的：宇宙空間の科学的、技術的及び商業的利用を促進

- 科学的探究・応用・技術開発のための宇宙の実験室
- 地球や宇宙の常設観測施設
- 将来の月面基地、火星有人ミッション、惑星ロボット探査等のためのテストベッド
- 宇宙の商業利用を促進する研究施設

(政府間協定・了解覚書)

1984年：ロンドンサミットでレーガン米大統領
が提唱し、西側先進国に参加招請



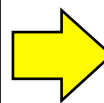
1989年：政府間協定を国会承認し、批准

1993年：ロシアも宇宙ステーション計画へ参加



1998年：新政府間協定を国会承認し、批准

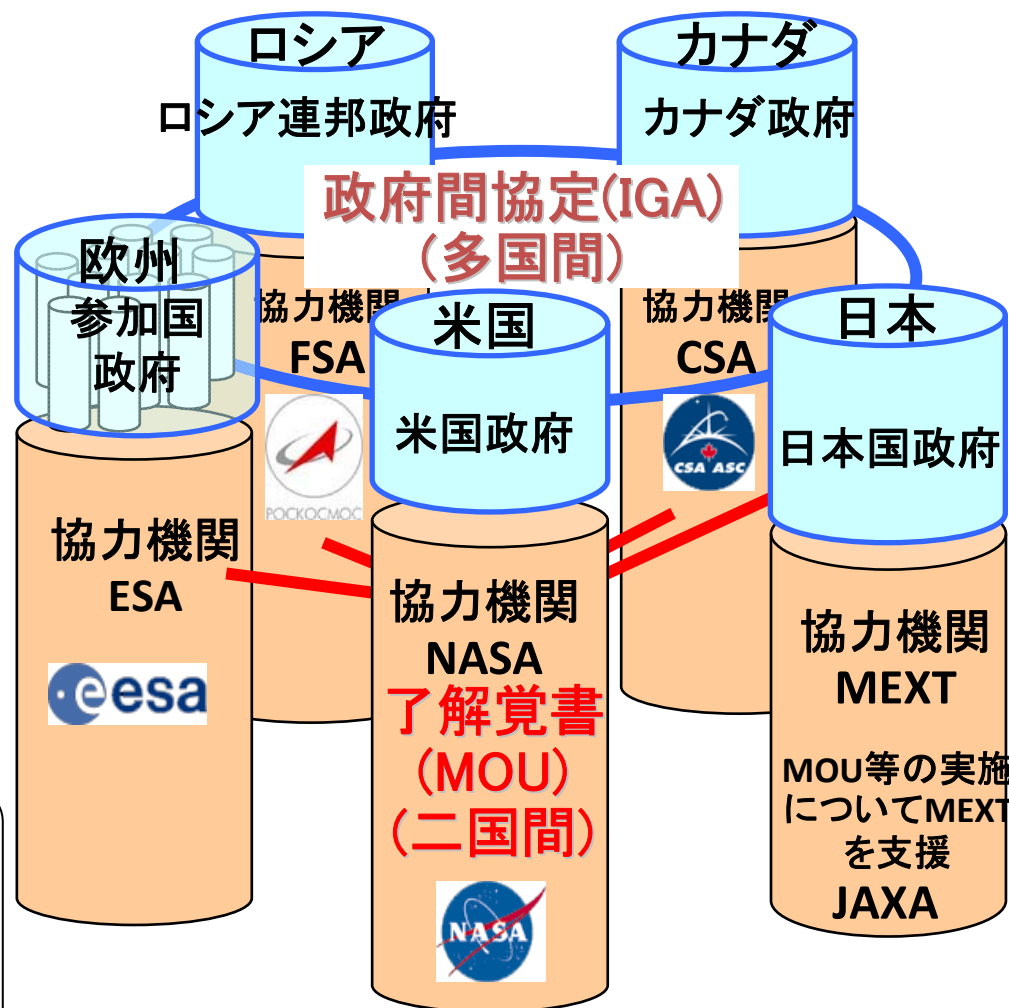
1998年：軌道上の組立て開始
2000年：宇宙飛行士の常時滞在開始
2008年：参加全パートナーの施設がISSに設置



2009年：「きぼう」完成
2010年：ISS完成
運用継続(～20XX年)



ISS計画：国際合意の枠組



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

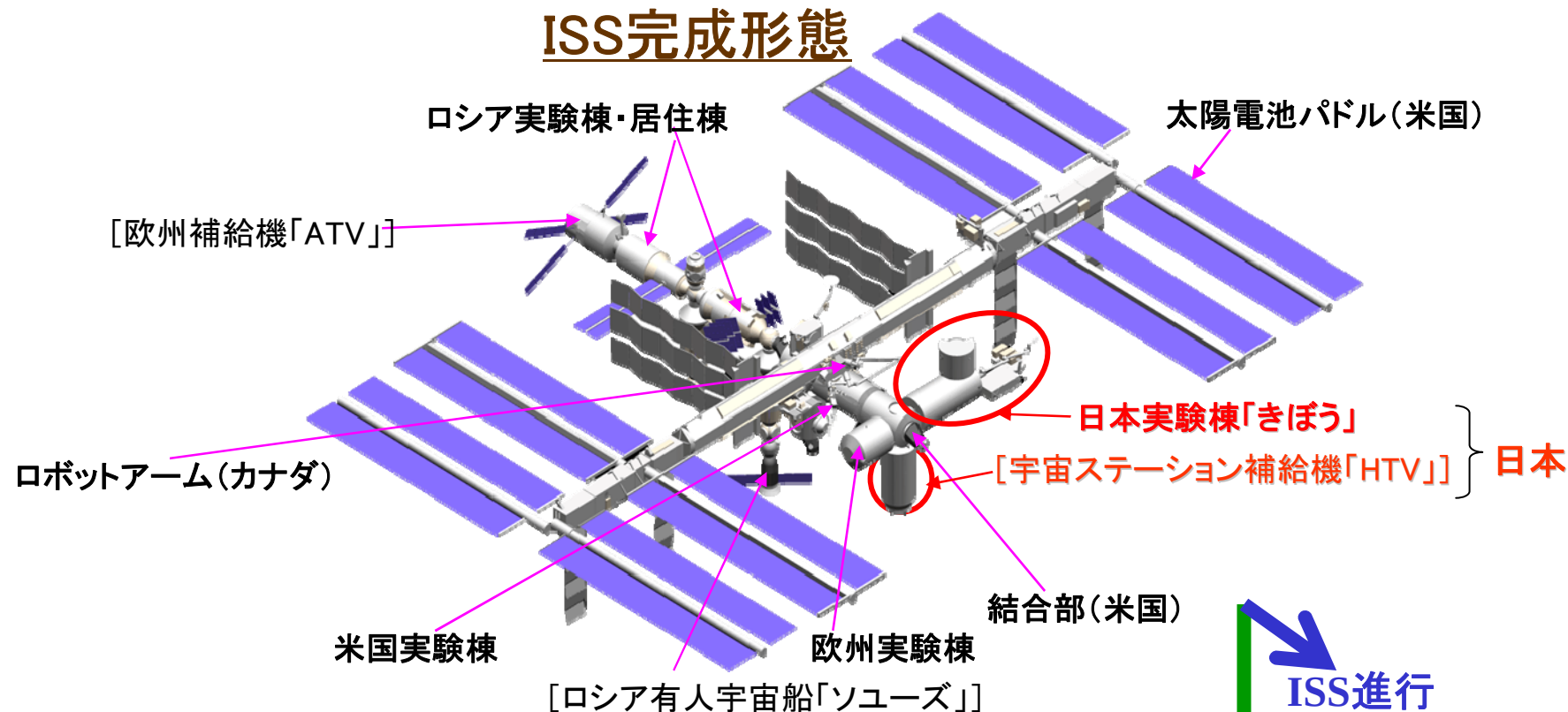
ISS計画 宇宙機関長会合



(2006年 米国ケネディ宇宙センター)

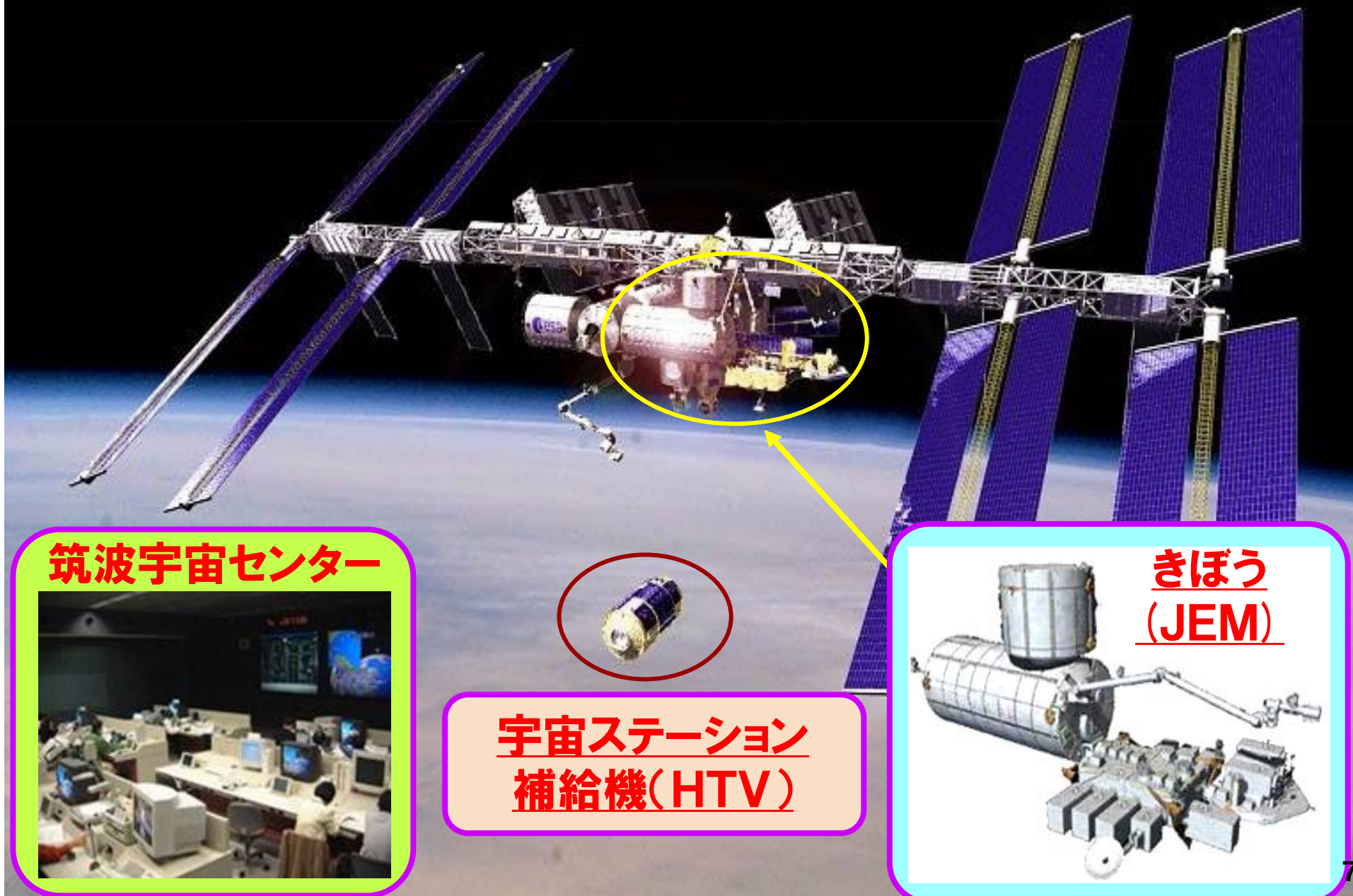
ISSの構成・規模

ISS完成形態



- 大きさ: 約110m × 74m (サッカー場と同程度)
- 重さ: 約420トン (小型乗用車420台分)
- 船内の広さ: 約935m³ (ジャンボジェット機の1.5倍)
- 軌道: 地上から約400km上空
- 速度: 秒速約8km

ISS完成形態(イメージ図)



日本の権利と義務(IGA、MOU)

日本の権利

a. 利用権

- ◆ JEM設備の51%の利用
(残り49%は米国・カナダが保有)

b. 利用リソース

- ◆ 電力
- ◆ クールタイム
- ◆ ISS-地上間通信(有料)
- ◆ 物資輸送(有料)

c. 宇宙飛行士の搭乗権

(備考)

IGA: 政府間協定(参加国間)

MOU: 了解覚書(日本国政府-NASA間)

日本の義務

A) JEM(「きぼう」)の提供

- ◆ JEMの開発

B) 軌道上のJEMの維持・運用

- ◆ 地上からの運用管制
(地上システムの維持含む)
- ◆ JEM運用のための訓練システムの提供
- ◆ JEM維持のための補用品製作・打上げ

C) ISS共通運用経費の分担

- ◆ JEM船内実験室の軌道上検証後に発生

D) 日本の利用(自らの必要に応じ)

- ◆ 実験装置の製作、打上げ
- ◆ 実験試料の製作、打上げ・回収
- ◆ 実験装置の地上からの運用
(地上システムの維持含む)

我が国のISS計画参加の意義



[SAC利用部会報告書「我が国の宇宙ステーション運用・利用の今後の進め方」(平成16年6月)による。]

① 有人宇宙技術をはじめとする広範な技術の高度化等の促進 (大規模システム) (高齢医療)

ISSで得られる
先端技術



有人安全技術
システム統合技術



輸送技術



将来の宇宙
開発への応用



地上での他分野におけるシステム
の開発・管理・運用の高度化

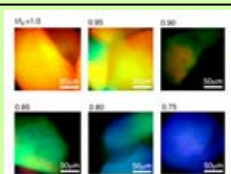


② 経済社会基盤の拡充

宇宙活動で
得られる知見・
技術・成果



高品質蛋白質結晶

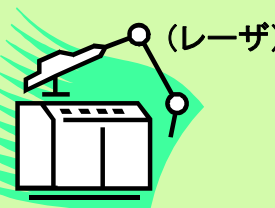


新規材料創製



(創薬)

飛躍的な技術革新・新技術
とそれに伴う市場の拡大



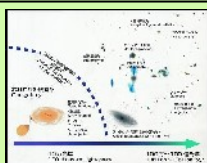
(レーザ)



新たな付加価値を
有する産業活動

③ 新たな科学的知見の創造

宇宙活動で
得られる普
遍的な知
識・知見



宇宙の起源



生命の起源



人類共通の
知的資産



(研究)



人々の探究心の醸成



(教育)



新たな文明・
文化の源

④ 国際協力の推進

国際社会に
おける我が国
の役割への
期待に応える



諸外国との友好
関係の維持・促進

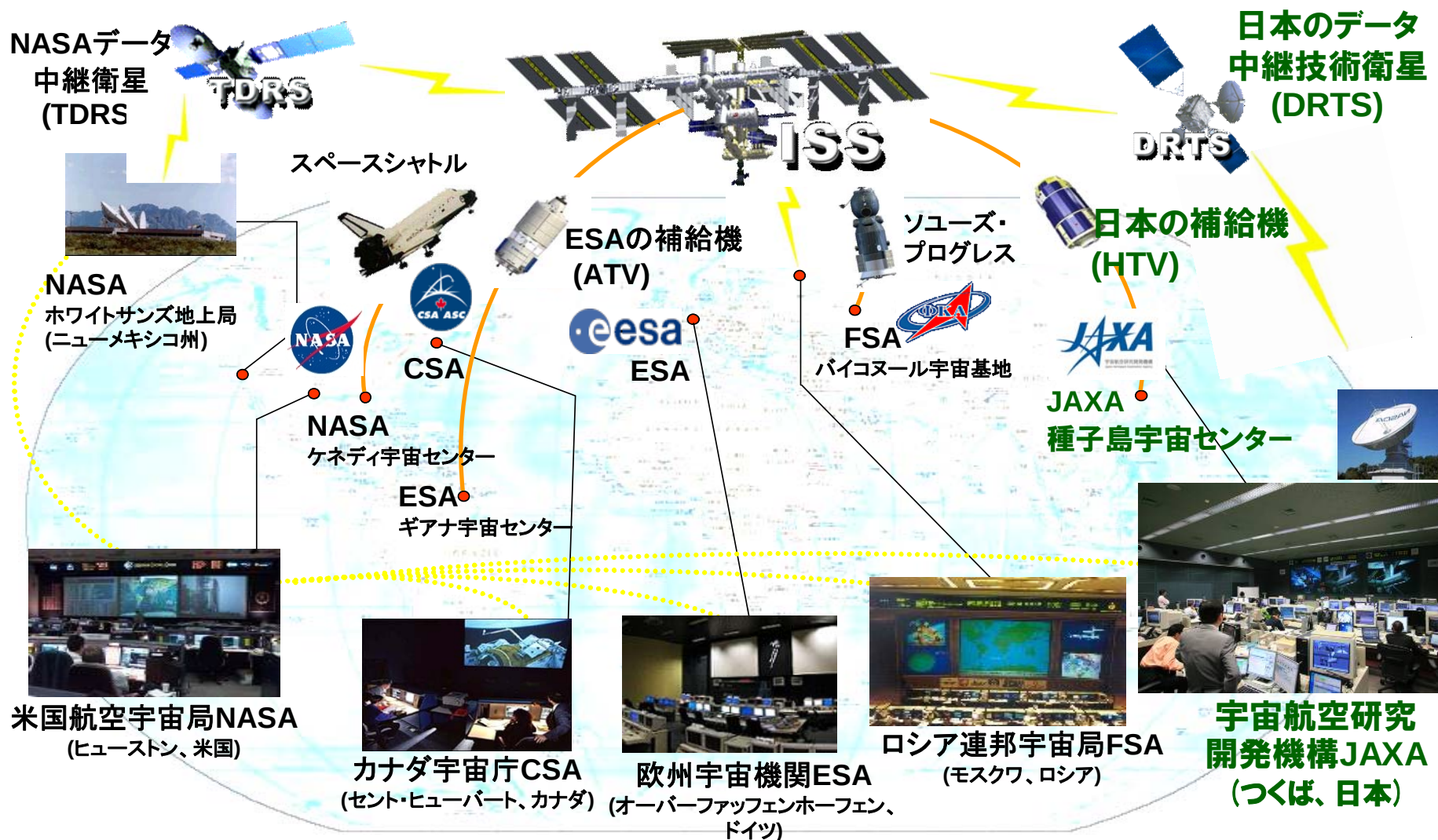


広範な協力活動の推進



国民の自信

ISSと関連システムの運用概念



各宇宙機関は、自国の管制センターから自国のISS構成要素を運用

ISSへの輸送(人、物資)

有人輸送機



スペースシャトル(米国)
[~2010年]



ソユーズ(ロシア)

物資補給機



プログレス(ロシア)



ATV(欧州)
[2008年2月~]

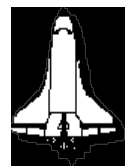


HTV(日本)
[2009年秋~]

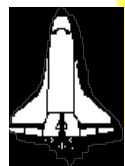
「きぼう」組立と日本人宇宙飛行士の搭乗



2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
-------	-------	-------	-------	-------



1J/A



1J

船内実験室、
ロボットアーム
2008年6月打上

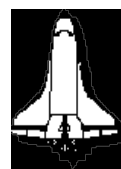


星出飛行士

船内保管室
2008年3月打上



土井飛行士



19A



山崎飛行士

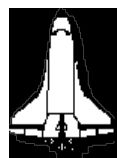
2010年2月頃
飛行予定



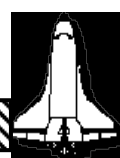
↑ 2009年12月頃
から6ヶ月間滞在 ↓



野口飛行士



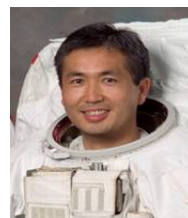
15A



2J/A

2009年3月打上

2009年3月中旬から3ヶ月間滞在



若田飛行士

船外実験プラット
フォームなど
2009年6月
打上予定



↑ 2011年春頃
から6ヶ月間滞在 ↓



古川飛行士

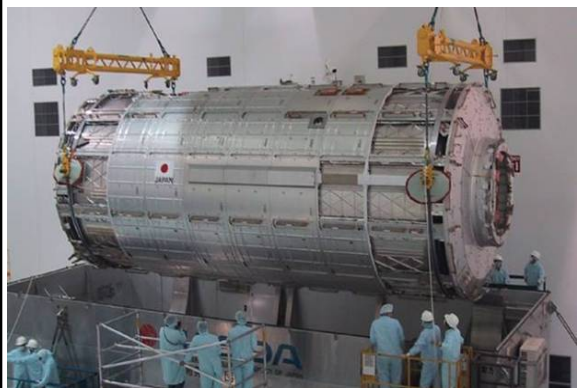
日本実験棟「きぼう」(JEM)

- 地上の室内と同様に1気圧の空気が温湿度管理された有人宇宙施設

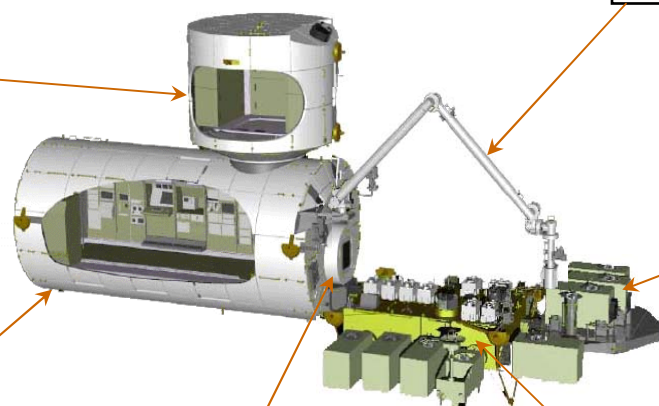
船内保管室



船内実験室



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、石川島播磨重工、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300社が参画



日本独自の宇宙ロボットアーム
船外活動によらず装置の交換が可能



船外パレット(船外実験装置等の輸送・保管に使用)



エアロック



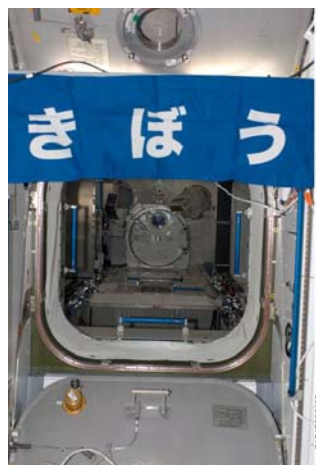
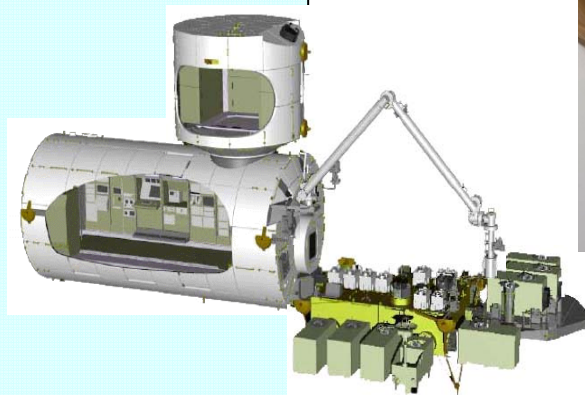
船内ー船外間の実験装置等の出し入れが可能

船外実験プラットフォーム
(ISSで最も高機能な船外実験設備)



「きぼう」船内実験室

- 10個の実験ラック(装置収納棚)を搭載
- システム維持機能は2系統確保
 - 大規模制御コンピュータ
 - 24kWの大電力供給
 - 水冷による熱制御
 - 空気循環・温湿度制御
- 軌道上でラック・機器の交換可能
 - 故障時の修理
 - 実験ラックの交換
- 宇宙飛行士が安全に活動しやすい環境(人間工学、火災検知・消火、低騒音)を維持
- 宇宙ロボットアーム



宇宙医学と地上への応用

宇宙での予防医学等

生理対策技術

- 骨量減少対策(徳島大学)
- 筋萎縮対策(東大、久留米大)



長期ベッドレスト検証

精神心理面対応

- 人間行動学*
- 心理リスク管理*
- (産総研、日本大学)*計画中



長期閉鎖実験

軌道上遠隔医療

- HDTVの活用
- ポータブル医療機器



JAXAハイビジョンカメラ

日本の宇宙食

- 独自の技術開発
- 日本ならではの品目



宇宙日本食

飛行士の健康管理

- 過酷な環境下での健康管理
- 長期宇宙滞在時のパフォーマンス維持



地上からの健康管理

地上の生活への応用

保健・予防医学の実践

- 高齢者の健康維持
- 健康増進への活用
- 予防医学への応用

心の健康対策

- ストレス対策への応用
- 不眠対策など

医療の充実

- 医師不足への貢献(遠隔地医療)
- 災害医療、救急医療

食の安全・安心

- 安全な食品製造
- 健康機能食、災害食
- 環境に優しい容器

産業保健の充実

- 長時間勤労者の健康管理
- 有害環境リスクからの保護
- メンタルヘルス対策

世界の有人技術による スピノフ例

- 診断装置
 - 赤外線式体温計
 - 錠剤型体温計
- 小型治療機器
 - 体内外間データ通信・測定
 - ペースメーカー
- その他
 - 食品加工管理手法(HACCP:ハサップ)
 - 空気/排水浄化システム
 - 冷却スーツ

宇宙ステーション補給機(HTV)

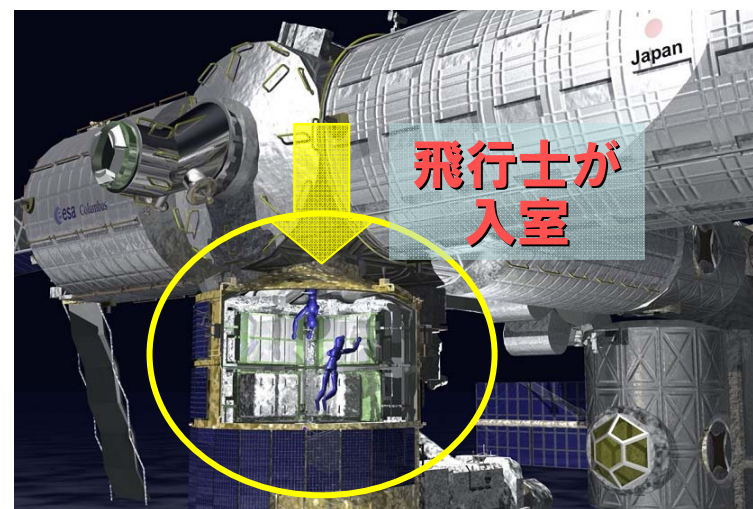
■ISSの運用・利用や宇宙飛行士の生存に不可欠な船内・船外の機器や水・食料などをISSに輸送。

- 有人宇宙施設の安全要求に適合
- 打上げ後、自立飛行しISSに接近(ランデブ)、結合、ISS係留
 - 国際連携による飛行運用
 - ISSに徐々に近づき、ISSのロボットアームで把持、結合(世界初)
 - ISSから飛行士がHTV内に乗り込み、作業を実施

● 制御された大気圏再突入(廃棄)

■ISS計画での共通運用経費負担義務を物資輸送により履行(国内に技術還元)

- ・HTV重量: 16.5トン
- ・HTV寸法: 全長10m、直径4.4m
- ・物資補給能力: 6トン
- ・打上げ: 平成21年から毎年1機を予定



打上げ
[H-IIIBロケット]

ランデブー/結合/
ISS係留

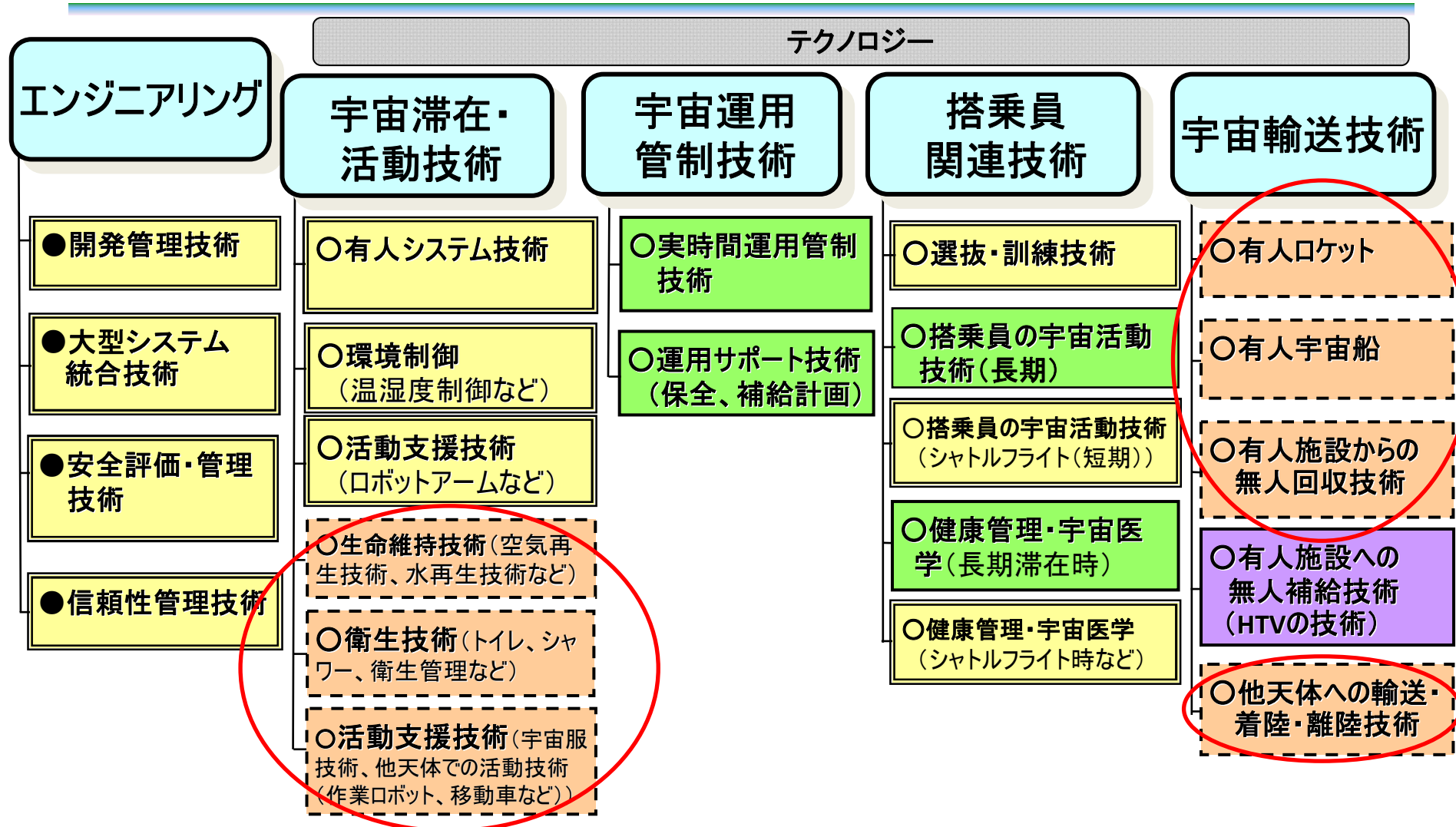


運用管制
(筑波宇宙センター)



廃棄

我が国の有人宇宙技術の獲得状況



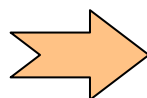
備考: 日本実験棟「きぼう」の開発を通じてこれまでに獲得してきた技術(注) 「きぼう」の運用を通じて獲得している(今後獲得する)技術 自立性・国際貢献等の観点から、今後(長期的に)獲得すべき技術 HTVの開発・運用を通じて獲得する技術

(注)技術獲得の完成には今後運用を通じて実証することが不可欠

HTVの発展構想(アイディア)



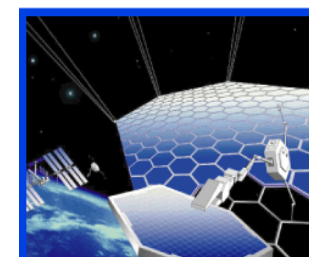
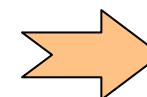
HTV



軌道間輸送機
(OTV)



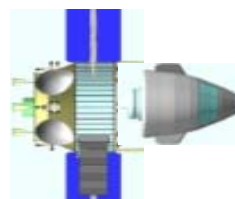
月・惑星への輸送



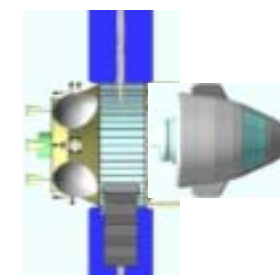
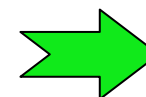
地球周回の大規模
構造物資材の運搬



H-IIIBロケット



ISS物資回収機
(HTV-R)



有人宇宙船
(HTV-H)

「きぼう」の利用 (1/3)

(1) 「きぼう」の特徴

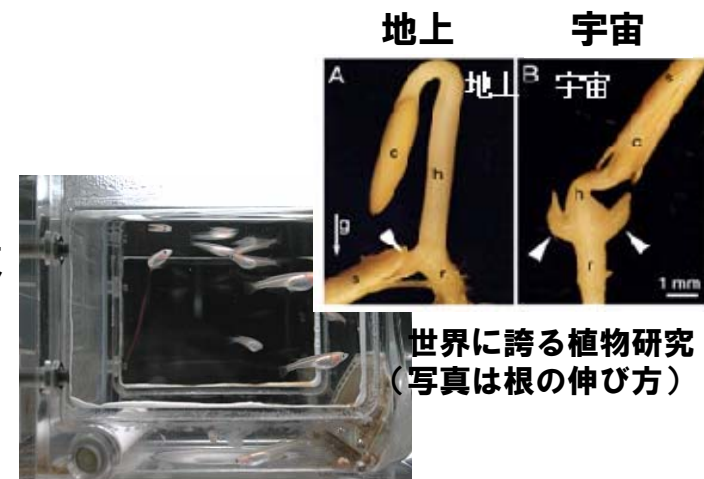
- 1) 宇宙の無重量環境を利用した研究・実験
- 2) 地球及び天体の観測施設
- 3) 誰もが使える施設 ➡ 専門家から一般人まで
多彩・多様な利用
- 4) 宇宙飛行士が常に滞在 ➡ 人間の能力をフルに活用可能
（「目」、「手」と「判断力」）
- 5) 実験装置が交換でき、
定期的な打上げを可能 ➡ 先端技術のテストベット

「きぼう」の利用 (2/3)

(2) 先端分野で活用

1) 世界最高水準のサイエンスを実施

- 生命科学として生物の進化と環境適応能力を探索
(発生・分化のしくみ、放射線影響などを遺伝子レベルで解明)
- 宇宙科学における新たな発見
(全天X線マップ、X線新星や超高エネルギー宇宙線の観測)



世界に誇る植物研究
(写真は根の伸び方)

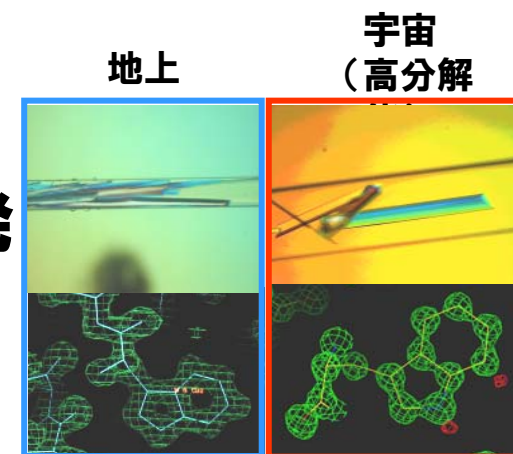
2) 世界を先導する日本の技術を実証

- 大型構造物技術(軌道上ロボット、軌道上膨張型構造)
- 宇宙利用技術
(低雑音受信機用冷凍機(−270度)、高感度のX線検出(20倍))

メダカ(日本原産のモデル生物)
を使って、様々な視点で実験

3) 社会ニーズを踏まえた実用的な研究開発

- 高品質なタンパク質結晶を創製し創薬に活用
(筋肉萎縮に関連するタンパク質では医薬品開発が進行中)
- 宇宙の予防医学(骨量と筋量の減少)を高齢化医療に応用



タンパク質結晶の比較
(消化酵素の単結晶と電子密度図20)

「きぼう」の利用 (3/3)

(3) 宇宙拠点を活かした利用

1) 地球規模で起きている諸問題の迅速な把握と情報発信

- 自然災害(噴火、火災、地震等)の撮像と情報提供
- 地球環境変動の要因を同時観測
(対流圏、成層圏、中間圏から電離圏、惑星間・星間空間を観測)
- 地球大気や地上の継続的な監視
(オゾン層回復状況の監視等)



エトナ山(イタリア)の噴火(2002年10月)

2) 国民に開かれた宇宙活動の場

- 宇宙活動や未来を担う人材の育成、学生教育
(子どもたちの興味・好奇心、学生参加型の実験)
- 日本文化の発信(芸術、宇宙連詩など)
- 民間による有償利用

NASA宇宙飛行士
による教育実験
(2002年11月)



3) 国際協力

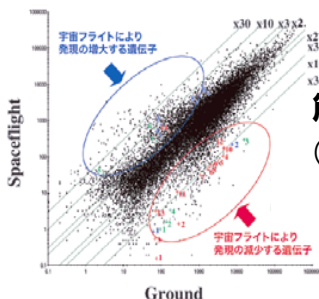
- アジア利用
(我が国はアジアにおける唯一のISS参加国)

日本の学生実験
(シャトルでのタンパク実験)



「きぼう」利用課題例 (1/2)

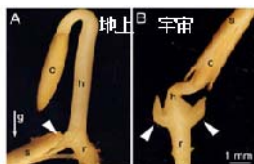
■船内実験室の利用 (生命科学分野)



筋萎縮のメカニズム解明
(筋肉の分解に関連するタンパク質を分析)



カイコを利用した長期宇宙放射線影響評価



植物の抗重力反応の解明

- 生物の進化における重力の役割
- 生物の宇宙環境適応能力の理解
- 月惑星探査で人類が安全に活動するための知見獲得と対策
(医学的対処法、生命維持技術へ活用等)

将来展望(2013~)

- 植物栽培の基礎的研究
- 骨量減少・筋萎縮メカニズム
- 血圧や心拍など循環動態の変化
- 長期宇宙放射線影響の評価
- 微生物の生態把握と汚染解析

第2期(～2013):計画中

人間の環境適応能力を理解

- 動物・植物細胞の重力感受機構 (伝達シグナル、受容因子)
- 細胞の分化と組織化の過程
- 宇宙放射線影響の解析
- 筋萎縮メカニズム

第1期(～2010):90の実験を準備中

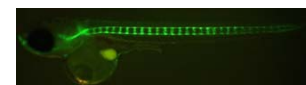
細胞レベルで環境適応能力を探索
(進化の過程で生物が得た重力利用の術を知る)

生物(固体)の環境適応能力を探索
(世代を超えて適応する術を確認する)



モデル生物を使って
様々な視点で実験

(放射線影響、生殖、血液循環、骨量変化・筋萎縮のメカニズム等)



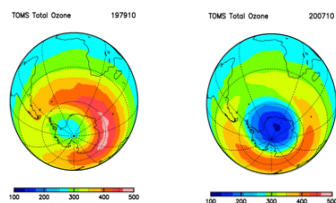
骨形成遺伝子の発現を
可視化させたメダカ
(東工大・工藤教授提供)

※メダカの特徴

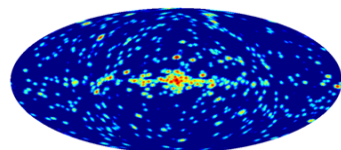
- ・全ゲノムが解明済み
- ・ヒトの疾患モデルとして利用
- ・45日で世代交代

「きぼう」利用課題例 (2/2)

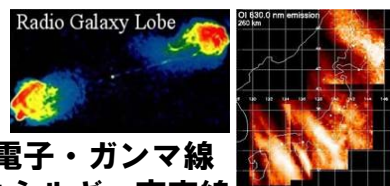
■船外実験プラットフォームの利用



オゾンホールの変化(データはNASA提供)
(左:1979年 右:2007年)



全天X線天体マップ(予想図)



宇宙電子・ガンマ線
超高エネルギー宇宙線

大気光

- 月惑星有人探査への技術開発
 - 宇宙科学の未知なる領域へ
 - 地上生活への貢献(地球環境変動、宇宙天気、太陽エネルギー利用等)
- 将来展望(2013~)**

■大型構造物技術の実証

(船外活動支援ロボット、インフレーター(膨張式))

■地球環境変動の観測

(超高エネルギー宇宙線・ガンマ線、大気発光)

■宇宙星間物質の探索

■先端技術の実証(長期連続運用の極低温機器)

第2期(~2013):計画

■1000超のX線天体を監視・速報

■苛酷な宇宙環境の長期観測

■成層圏オゾンの回復状況の監視

■先端技術の実証

(世界初の機械式宇宙用4K冷凍機や
世界最大・最高感度の広視野X線カメラの搭載)

第1期(~2010):11実験を準備中

日本が誇る科学研究、
チャレンジな技術

船外利用の可能性を拓く

ISS計画参加を通じて獲得した/獲得する成果



(1) 国際社会への能力顕示、良好な国際関係の構築

- 約束履行
- 実施能力(国家・組織、産業、科学・技術、人材)
- 信頼関係

(2) 国際レベルの有人宇宙技術の獲得

(3) 日本の有人宇宙活動の手段・権利の確保

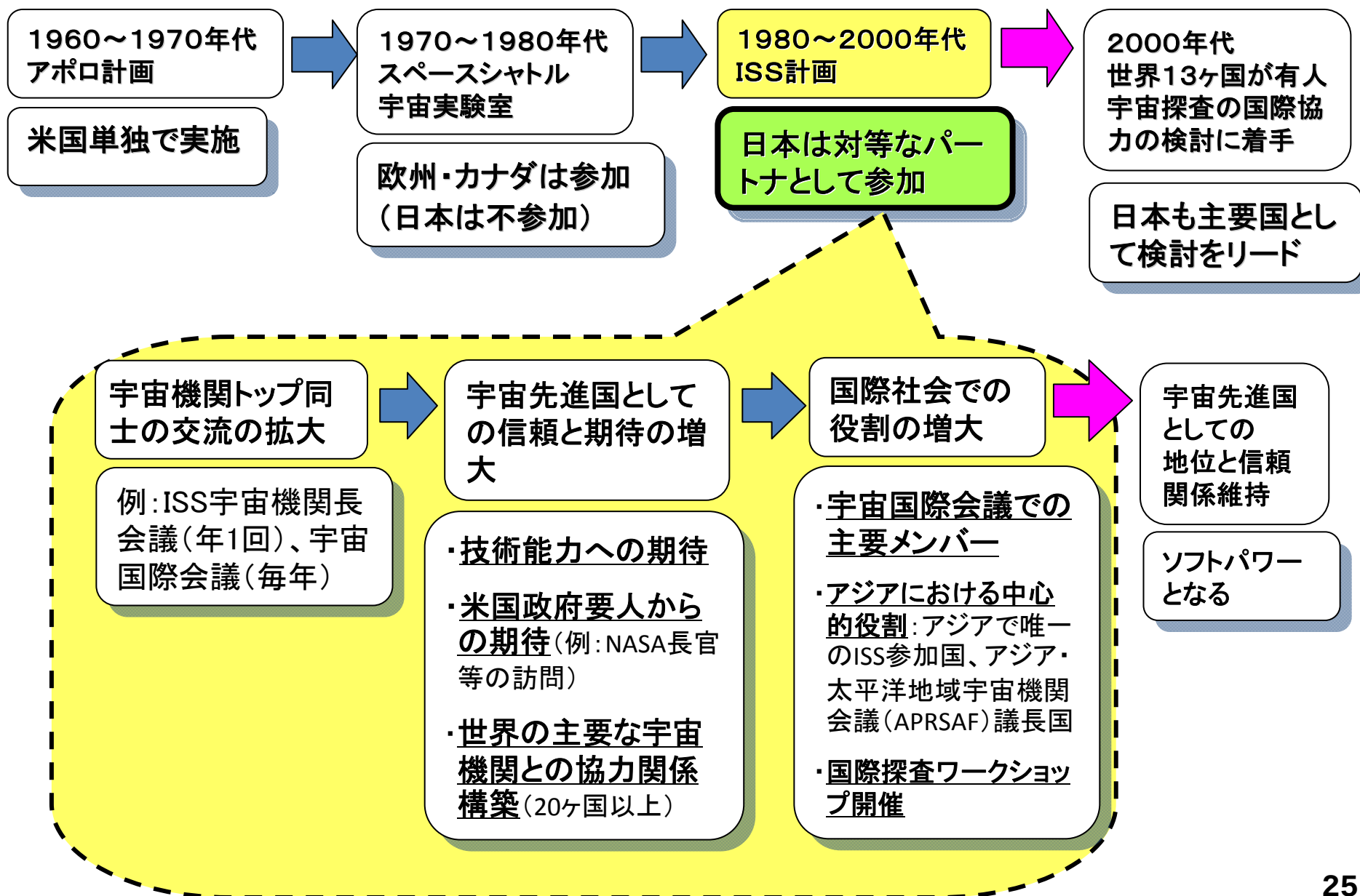
- 有人施設「きぼう」の獲得、日本の利用権
- 有人施設に飛行・結合できる無人輸送機「HTV*」の獲得
- 日本人宇宙飛行士の搭乗権

* H-2 Transfer Vehicle

(4) 世界で活躍できる人材の育成

(5) 国民の自信と希望

宇宙先進国としての地位獲得



次代を担う子供達の育成

ISS計画での活動

宇宙先進国のメンバーシップ

日本の科学・技術力

国際舞台での日本の役割

日本人宇宙飛行士の活躍

宇宙からの教育イベント
(交信、おもしろ実験、etc.)



宇宙ステーション施設見学(筑波宇宙センター)



子供たちの希望・自信、教育

技術立国としての自信

夢と知的好奇心の喚起

人生の目標設定



宇宙飛行士との交信



ISSとの宇宙授業

世界最先端の有人活動参加の意義

技術立国としての持続的发展

-  最先端の宇宙技術の獲得
-  産業基盤の確保、競争力の向上
-  人材の育成

外交力の確保

-  世界先進国との信頼関係
-  先進国としての地位

人類のフロンティア活動の国際枠組み構築への貢献

国民の自信と希望、次世代の教育