

3. 技術

1. 我が国の宇宙開発利用を支える技術への取組み

文部科学省／JAXAでは、宇宙基本計画を推進し、宇宙開発利用を支える技術の基盤を構築するため、

JAXAにおいては、

- 宇宙活動の新たな領域を開拓するイノベーション創出に向けて、創造的・挑戦的・革新的な技術や最先端技術の研究開発を行う。その成果を軌道上で具現化することにより、新規ミッション／ユーザを創出／獲得し、将来にわたる我が国の国際競争力の維持・向上を図る。
- 我が国の宇宙活動を構成するミッション／プログラムの確実な推進と新たな利用を創出するため、持続的な新規技術の研究開発を体系的・戦略的に行い、高度化するミッションに対応できる技術力を維持する。
- これらの技術の研究開発を階層的にとらえ、共通的な技術分野についてはJAXA機構内横通しで対応している。

また、大学等における超小型衛星の研究開発や宇宙技術の利用促進などを公募等により行っている。

2. 技術へのアプローチ(創造的・競争的)①



文部科学省



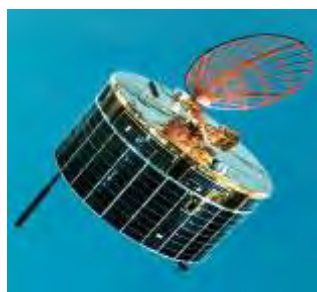
科学衛星技術の 発展の一例

将来の月探査ミッションの
足がかりとなる、月周回軌道
投入技術等の獲得

工学実験衛星
「ひてん」「はごろも」
(月周回軌道への投入)



ハレー彗星探査試験機
「さきがけ」(太陽風の観測)



日本初の人工衛星
「おおすみ」



日本を宇宙開発
国家へ

惑星間航行技術の実証等
で宇宙先進国のハレー艦
隊に参画し、仲間入り

ハレー彗星探査機
「すいせい」



(打上げ)

2003

1998

1990

1985

1970

超遠距離の惑星間航行技術や世界初の微
小重力天体からのサンプルリターン技術の
実証等で国際的プレゼンスを発揮

小惑星探査機「はやぶさ」
(小惑星「イトカワ」のサンプルリターン)



月周回衛星「かぐや」
(月周回からの観測)

月周回軌道からの高精度観
測技術や精密落下制御技術
の実証でアポロ計画以来最
大規模の月探査を実施



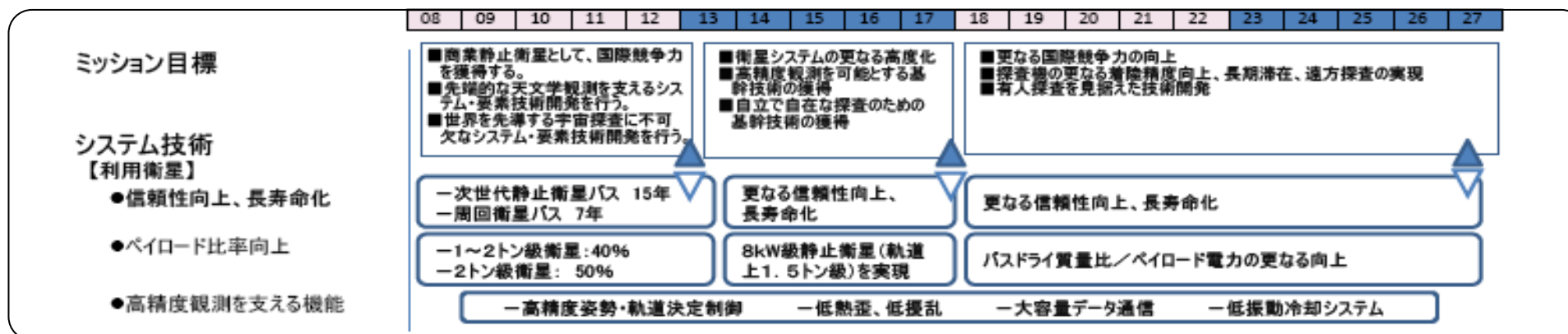
火星探査機「のぞみ」
(火星周回からの観測)

我が国として初となる惑星
探査へ挑戦し、挑戦精密軌
道制御技術等の確立

2. 技術へのアプローチ(体系的・戦略的)②

- 20年先を見据え、10年程度以内に実用化すべき技術の方向性、考え方をロードマップにまとめ、各階層の研究を体系的にマネジメント。
- ロードマップは産業界等との認識共有のためのコミュニケーションツールとしても活用。

システム技術のロードマップの一例



- 今後は、宇宙基本計画にある「宇宙開発利用推進連絡会議」等と連携することにより、より利用ニーズに則した技術の抽出や研究開発に取り組む。

(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>

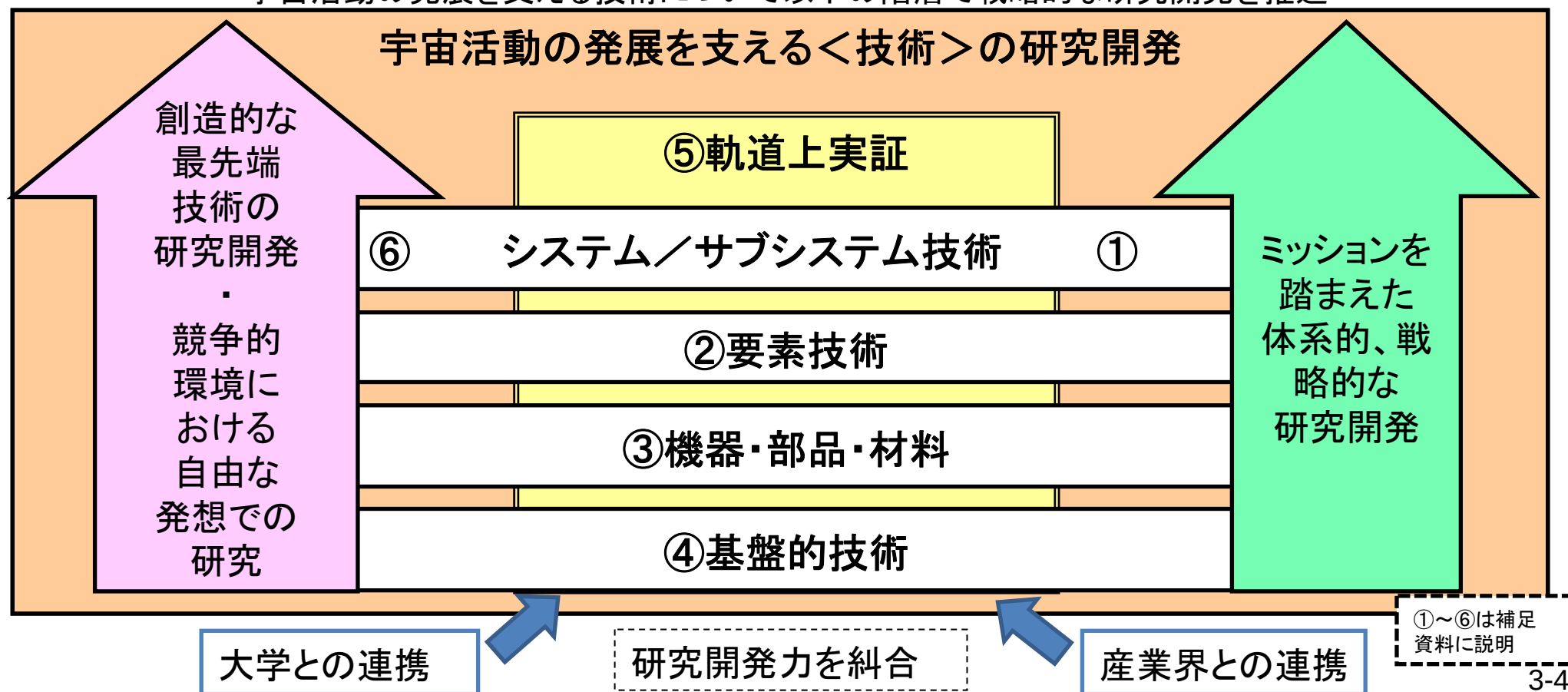
3. (1) 我が国の自律性確保に必要な基盤技術(輸送系・衛星系など)の獲得・確保

今後の宇宙の重要性に鑑みれば、我が国として、宇宙活動に係る自律性を保持し続けることが必要不可欠である。(中略)今後とも、我が国が、これらの技術を確認し、自律性を確保していくためには、長期的な視点に立った弛まない新たな技術開発を継続的に行い、人材の育成や経験・知見の蓄積を図ることによってロケットや衛星に係る総合的な技術力を継続的に発展・向上させていくことは必要不可欠である。その際、それらの技術を支えている戦略的な部品を開発・確保することについても留意することが必要である。特に、これまで海外からの輸入に依存している部品の中には、今後、その輸入が困難になることが見込まれるものもあり、早急な対応が必要である。(後略)

3. JAXAにおける＜技術＞の研究開発



宇宙活動の発展を支える技術について以下の階層で戦略的な研究開発を推進



4. 宇宙太陽光利用システム

◇宇宙基本計画（平成21年6月）

宇宙太陽光発電研究開発プログラム

以下の主な社会的ニーズと今後10年程度の目標に対応するプログラムとして、宇宙太陽光発電研究開発プログラムを設定し、5年間の開発利用計画を推進する。

①社会的ニーズと今後10年程度の目標

(a) 地球規模の環境問題の解決（低炭素社会の実現）

「低炭素社会を支えるエネルギーの実現」というニーズに対して、地上では低炭素社会を実現する再生可能エネルギー電源（太陽光発電、風力発電等）の利用が進められているが、安定性などの課題があり、この課題等が克服できる宇宙におけるエネルギー利用はまだ行われていない。今後、地政学的な影響を受けず、安定的でクリーンなエネルギーを利用可能な宇宙における太陽光発電システムに関して、実現に必要な技術の研究開発を進め、地上における再生可能エネルギー開発の進捗とも比較しつつ、10年程度を目途に実用化に向けた見通しをつけることを目標とする。

②5年間の開発利用計画

上記目標の実現に向けて、以下の施策を推進する。

・宇宙太陽光発電について、関係機関が連携し、総合的な観点からシステム検討を実施する。並行して、エネルギー伝送技術について地上技術実証を進める。その結果を踏まえ、十分な検討を行い、3年程度を目途に、大気圏での影響やシステムの確認を行うため、「きぼう」や小型衛星を活用した軌道上実証に着手する。



- 宇宙基本計画に基づき、実現に必要な技術の研究開発を着実に進める。
- 東日本大震災を受けたエネルギー政策の見直しの動向等も踏まえることが必要。

5. 宇宙太陽光利用システム(SSPS)の研究開発

- 我が国、或いは、世界が今後直面することとなる課題解決に向け、JAXAは革新的なミッションを可能とする宇宙システムの研究開発の一つとして、宇宙太陽光利用システム(SSPS)の研究開発を実施

研究概要と方針

(1)2001～2007

- ・SSPSシステム総合研究を主体として進める。
- ・システムコンセプト検討を通じてクリティカル技術(課題)を抽出し、ロードマップを策定するとともに要素技術検討／試作試験を実施する。
- ・技術開発のみならず、環境・安全性の問題，社会的受容性の検討，経済性検討を実施し、社会的・経済的な成立性についても評価を実施する。

(2)2008～

- ・宇宙基本計画に基づき研究開発を着実に進める。
- ・2007年度までのSSPSシステム総合研究で識別された主要課題に対応した研究項目を抽出し、中枢的な要素技術の研究，技術的な地上実証実験に研究の重点を移して進める。
- ・「きぼう」や小型衛星を活用した軌道上実証ミッション検討を行う。
- ・中枢的な要素技術として、マイクロ波方式エネルギー伝送技術，レーザー方式エネルギー伝送技術，大型構造物組立技術等のシステム技術に分けて研究活動を実施する。
- ・マイクロ波エネルギー伝送技術についてはUSEFと連携してkW級地上エネルギー伝送実験を行う計画を立て、JAXAはビーム方向制御装置を担当して研究開発を進める。

外部との連携

- ・マイクロ波方式エネルギー伝送技術：USEFとの研究連携、京都大学等との研究協力
- ・レーザー方式エネルギー伝送技術：福井大学、大阪大学、光産業創生大学院大学等との研究協力
- ・大型構造物組立技術等のシステム共通技術：名古屋大学、九州工業大学、三菱総研等との研究協力

京都大学では30年以上前より宇宙太陽光発電(SPS)を実現することを目的とし、以下の研究を実施。

- (1) SPS実現のために必須の電力試験衛星の実現
- (2) SPSのマイクロ波送電システムのために、商用マイクロ波送電応用システムの実現を目指した研究

[これまでの主な研究概要]

1980年代～ ロケット実験や計算機実験を手段としたSPSマイクロ波送電ビームと宇宙プラズマとの非線形相互作用に関する研究

1983 世界初の無線送電ロケット実験に成功

1990年代～ マイクロ波送電を用いた様々な地上実証実験の成功

1992 ビーム方向制御可能なマイクロ波送電を用いた飛行機の飛行実験

2009 完全リモートでの上空から地上へのマイクロ波送電実験 他

1990年代～ 様々な研究機関や企業と協力し、マイクロ波送電システム、受電システムの開発

(JAXA, NICT, 東京大, 金沢工大, UCLA, 三菱電機, 三菱重工, IHI Aerospace, 等)

1996～ マイクロ波送電のための研究設備導入と、設備の全国共同利用化(2004-)によるSPS研究の推進

[研究の現状と今後の展開]

(1) SPS実現のために必須の電力試験衛星の実現

- ・2010年京都大学に導入された研究設備を、全国共同利用・共同研究によりSPSを目指した電力試験衛星の設計に関する基礎研究を推進する。
- ・また、マイクロ波送電システムは、現在、高重量・高コストであるため、高性能薄型マイクロ波送電システムを研究機関やメーカーと共に開発中。5-10年後の地上実証、宇宙実証を目指す。

(2) SPSのマイクロ波送電システムのために、商用マイクロ波送電応用システムの実現

- ・2011年5月には世界初の無線電力伝送専門の国際学会2011 IEEE MTT-S (IMWS-IWPT2011)を、京大篠原実行委員長のもと開催(参加175名)。
- ・マイクロ波送電用の受電素子レクテナの理論・技術の体系化とその商用応用(携帯電話無線充電、電気自動車無線充電など)に取り組む。



ISASロケットを用いて行われた
世界初の無線送電ロケット実験(1983)



上空50mからのマイクロ波送電実験(2009)



マイクロ波送電実験
全国共同利用設備AMETLAB(2013-7)

(参考) SPS研究における京都大学とJAXA(旧ISAS,旧NASDA)との連携

京都大学(生存圏研究所)

(含旧宙空電波科学研究センター, 旧超高層電波研究センター)



☆マイクロ波送電
ロケット実験MINIX
1983

Rocket実験

(旧) ISAS

☆設立時より
宇宙エネルギーWGへの
積極的参加

設計に参加



☆マイクロ波送電
ロケット実験ISY-METS
1993

Rocket実験

☆設立時より
SPS研究会への
積極的参加
(幹事, 委員等)

1998~

☆京大研究会会場

☆第2回SPS研究会
1999

☆マイクロ波送電研究設備
全国共同利用化 2004~



☆JAXA(ISAS)客員准教授
(篠原, 2007.4-2009.3)

専門委員会
委員参加

2003 JAXA誕生

☆京大研究会会場

☆第12回SPS研究会
2009

宇宙エネルギーWG ISAS

SPS研究会(事務局ISAS(現JAXA))

1988~



☆実証衛星計画
SPS2000
1992

(旧) NASDA

1998~

NASDA(現JAXA)SPS検討委員会

共同委員会

☆SPS模擬システム
SPRITZ開発
2001

2000~

経済産業省(USEF委託)
SPS検討委員会

経済
産業省

☆検討委員会を通じた
共同研究的開発

☆受託研究 (2004-2008)
主にマイクロ波送電関連

☆JAXA客員研究員
(篠原, 2004.4-2005.3)

☆設立時より
SPS検討委員会への
積極的参加
(委員長(2009-), 委員等)

主にSPSシステム設計と
マイクロ波送電技術に
関する共同研究・協力関係を
築いてきた。

京都大学(続き)

☆設立時より
SPS検討委員会への
積極的参加
(委員長, 副委員長, WGリーダー等)



補足資料

□ JAXAが研究開発を行い、成果を段階的に実利用に移転し、高度化を図って来た。これにより商業受注等の競争力を強化して来た。

⇒ 研究開発を通じて、設計・製造技術、システムを次世代の高い競争力を持つものに刷新すべき。

◆世界レベルの技術を維持し、高度化するミッションに我が国の宇宙システムが的確に対応し続けるためには、次世代宇宙システムの構築に必要な研究開発を常に継続し、その成果をもって、定期的な宇宙システムの世代交代を図る必要がある。

(1) 衛星基幹技術について

- 我が国の各種衛星システムの開発を進める上で、常に技術の向上を図るべき衛星基幹技術として、通信、気象・観測分野等における新しいミッションへの対応が可能な新型静止衛星バス(最先端の技術を適用:衛星内ワイヤレス化、衛星内高速処理・自己診断によるインテリジェント化等)を開発

(2) 通信ミッション機器技術について

① 大型展開アンテナの大型化、高周波数化

- 現在、携帯電話程度の大きさの受信機で直接受信を可能とする30m級S帯アンテナの研究を進めており、これを踏まえて更なる大型化
- 高周波数化により可搬局でインターネット通信を可能とする5m級Ka帯アンテナ

② 宇宙光通信の実用化

- 光通信の適用により衛星間通信機器を小型化し、観測衛星とデータ中継衛星に配備

③ その他、共通通信機器の先端技術による小型化、高効率化(窒化ガリウム素子を用いた送受信機等)

◆観測センサ技術

利用者ニーズに応える観測センサ開発の継続が重要。

➤ センサの精度向上

□ 我が国の得意技術の維持・発展

- だいち、いぶき、GCOM-C搭載光学センサ後継機に向けたイメージャ、多バンド放射計、フーリエ分光計の空間・観測波長分解能向上
- だいち、GCOM-W、GPM、EarthCARE搭載電波センサ後継機搭載に向けた、合成開口レーダ、マイクロ放射計、降水・雲レーダの空間・観測波長分解能向上

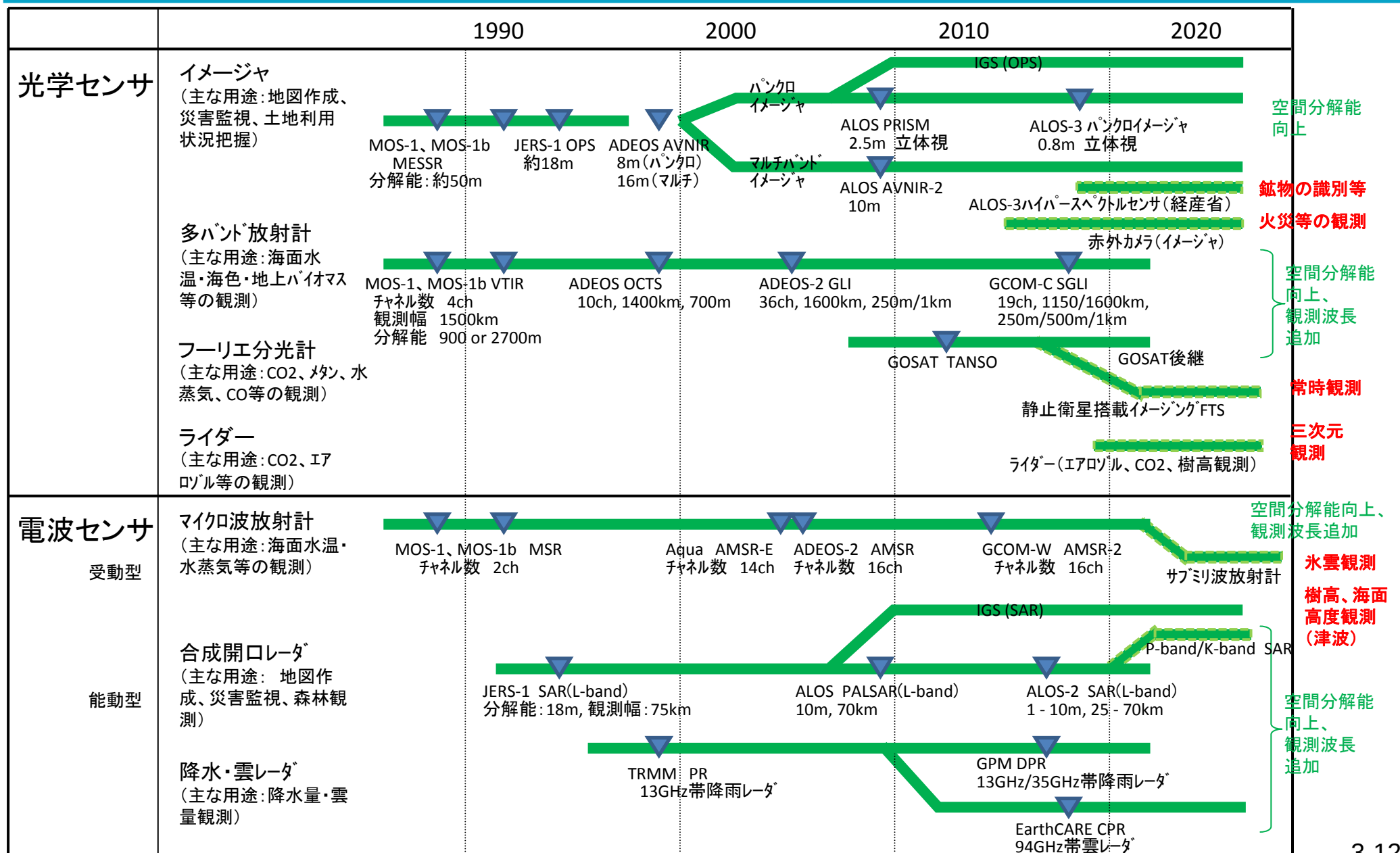
□ 新たなニーズに応えるセンサの研究開発

- エアロゾル、CO₂、樹高観測等に資する衛星搭載ライダーの開発
- 常時観測を実現する静止衛星搭載センサの開発 等

➤ 継続的かつ効率的な観測頻度の向上に資する海外衛星へのセンサ搭載

- 国際協力プログラムへの継続的なセンサ搭載(GPM/DPR後継機等)

補足1 ①システム/サブシステム技術の研究開発(3/3)



補足2 ②要素技術の研究開発

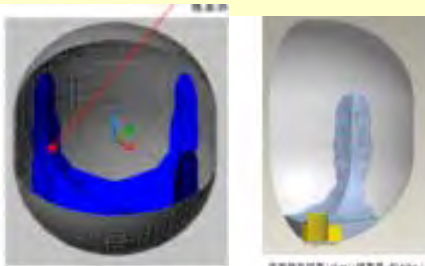
□先進ミッションを達成する高度な宇宙システムの実現のため、高性能化、長寿命化、信頼性向上、小型・軽量化のための要素技術研究を行っている。

◆要素技術の継続的な研究開発により、先進ミッションを確実に達成する、高度な宇宙システムが初めて実現可能。

- ・高性能化(高機能、高精度、高速化等)
- ・長寿命化、信頼性向上
- ・小型・軽量化

宇宙熱技術

宇宙機寿命／ミッション期間の延長に直結する、残燃料の高精度推定手法の研究



燃料タンク内推薬挙動解析

高度化する宇宙機の熱制御系への要求(高発熱密度、高排熱、極低温、高精度温度制御等)に基づいた宇宙機熱制御技術を研究開発



高効率、高精度熱制御技術を用いた展開型ラジエータの研究

外惑星探査を目指した推進システム

小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」のミッション

1. 大型膜面の展開・展張
2. 薄膜太陽電池による発電
3. ソーラーセイルによる加速実証
4. ソーラーセイルによる航行技術の獲得

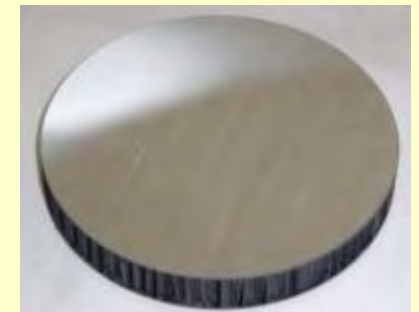


⇒帆だけで宇宙空間を航行できること及び薄膜太陽電池で発電できることを世界で初めて実証

構造技術

天文観測や地球観測ミッション共通の課題である微小変形の克服に取り組む

- ・静的な変形(寸法安定性)
- ・動的な変形(動的安定性)



高精度な天文観測や地球観測のための炭素繊維強化プラスチック製軽量ミラーの研究

- ❑ 我が国の国際競争力を維持し、適正な価格での安定供給を担保することを目的として、我が国の自在な宇宙活動に不可欠なものや、調達の自在性に制約が伴うもの等に重点化して研究開発を進めている。

機器・部品・材料の研究開発においても、既開発品の継続的使用と並行して、高性能化・高度化を進めることにより陳腐化を回避する“世代交代を念頭においた研究開発”が不可欠。

◆ 宇宙用機器の戦略的開発

以下のいずれかの要件を満たすものを「戦略コンポーネント」と位置付け、重点的に研究開発投資を行い、企業・JAXAが協力して安定的な供給を維持している。

- ① 宇宙機システムが国際競争力(機能・性能、信頼性・長寿命、コスト・納期)を得るために必須の機器
 - イ) 世界的な優位性を確保できる (世界一を目指す機器)
 - ロ) 宇宙機システムとしての商業化を支える機器
- ② 我が国の自在な宇宙活動に不可欠な機器
- ③ 我が国の得意分野で、世界の宇宙活動に貢献できる機器(結果として市場の一定シェアを獲得し企業の自立的な維持発展が期待できる)



長寿命な姿勢制御用機器

・寿命性能のみでなく、価格面でも国際競争力を確保
(開発中)



国産姿勢制御用機器

・海外製品に不具合が多く、自在な宇宙活動に支障
・機械環境性能の向上
(開発中)



国産スターリング冷凍機

・高感度、高空間分解能、長寿命な観測ミッションに不可欠
・世界最高の冷却効率を実現



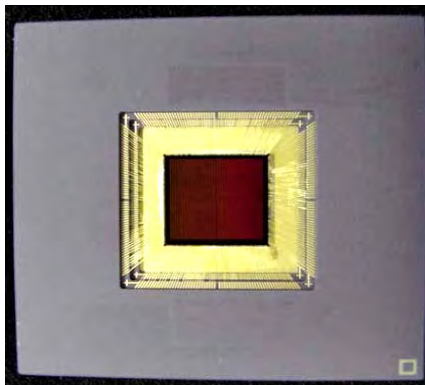
衛星用送受信機

・データレートや機能の変更が容易な、軽量マルチモード送受信機

◆ 宇宙用部品に関する戦略的研究開発

我が国が「自在な宇宙活動」を行うために、宇宙機システムに用いる「必要な部品(性能・品質)」を、「必要な時」に「適切な価格」で入手できる状態が「持続的に維持」されていることを目標に、以下の研究開発を推進している。

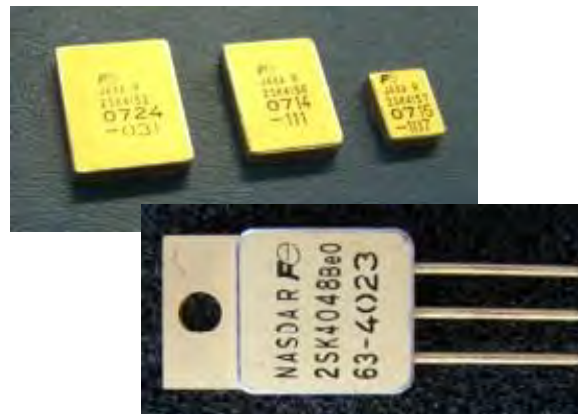
- ① 部品の国産化(高機能・高集積部品及び自在性と高める部品の開発)
- ② 欧州連携(欧州との相互補完体制維持)
- ③ 輸入部品の調達性改善(輸入部品のQCD改善)
- ④ 認定部品の利用促進(安定的に供給すべき部品)
- ⑤ 先行的技術開発の実施(将来にわたる自在性確保のための技術研究)



書込型高集積論理回路(450kG級)

- ・再プログラミング可能なゲートアレイ
- ・高速で、低消費電力を実現するプロセス適用により宇宙用世界最高クラスの放射線耐性／大容量ゲートを実現

(欧州(CNES)と共同開発中)



電力用トランジスタ

- ・性能／耐放射線耐性において国際競争力を有す
- ・欧州プロジェクトで多数採用



LSI用超小型電源

- ・世界最小サイズ
- ・デジタル回路安定動作のため高性能MPUやFPGA近傍に設置する局所配置型DC/DCコンバータ

補足3 ③機器・部品・材料の研究開発(3/3)

これらに加え、将来の宇宙システムへの適用の可能性がある新規技術についても研究。

◆ 微小電気機械システム(MEMS)

従来の切削・圧延・鍛造等の製造技術による機械構造では、小型軽量化に限度がある。将来宇宙機の大幅な小型軽量化、省電力化、あるいは高性能化には、半導体製造プロセスを応用して微細な機械構造を構築したMEMS(Micro Electro Mechanical System)デバイスの利用が有望。

- ・最高性能／特殊機能を有するOnly Oneデバイスの開発
- ・民生用MEMS部品の宇宙適用

◆ ナノテクノロジー

物質を原子レベルで制御し、量子効果が支配的になるナノメートル単位の大きさ(1ナノメートル=100万分の1ミリメートル)のデバイスを構築するマイクロ・ナノ技術の宇宙機器適用で、機器の高度化、超小型化、省電力化、航空宇宙材料の高強度化等の実現を目指す。

- ・ナノ加工技術、ナノ材料の調査
- ・ナノ設計による新触媒技術に関する研究

MEMSデバイスの試作評価



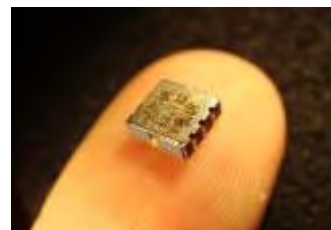
マイクロピンセット



次期探査機の高度計への利用が期待されるスキャンミラー

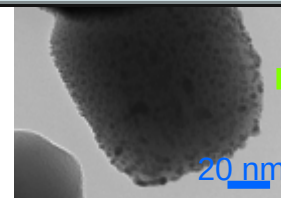


ジャイロ
(12.5 × 20 × 6mm)

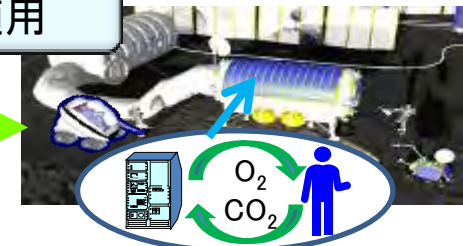


加速度センサ
(4.5 × 5 × 2mm)

ナノ材料・加工技術の適用



ナノテク応用CO₂還元触媒



長期ミッション用空気再生装置



カーボン
ナノチューブ

ナノ加工技術



小型電子源 3-16

補足4 ④基盤的技術の研究開発

～試験・計測、シミュレーション技術、設計標準・技術情報～

- 宇宙システムの機能・性能を事前に検証し、効率的に開発を進めるための試験・計測技術やシミュレーション技術の研究を実施。
- これまでに蓄積された技術情報を設計に適切に反映するための設計標準やデータベースを整備。

◆ 試験・計測技術

- ・宇宙機システム／サブシステム、機器及び部品・材料に至るまで、品質、信頼性を充分に実証する試験・計測技術、及び試験インフラの整備を推進
- ・新たな試験・計測技術に関する技術研究を推進

◆ シミュレーション技術

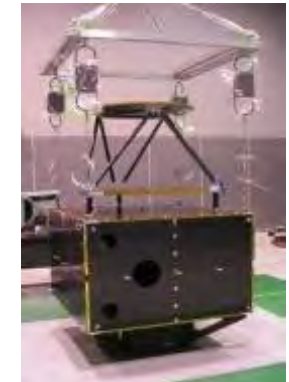
- ・数値シミュレーション技術による人工衛星等に関する信頼性の更なる向上や低コスト化を推進
- ・先端的技术等に関する研究開発を効果的・効率的に実施

◆ 設計標準・技術情報

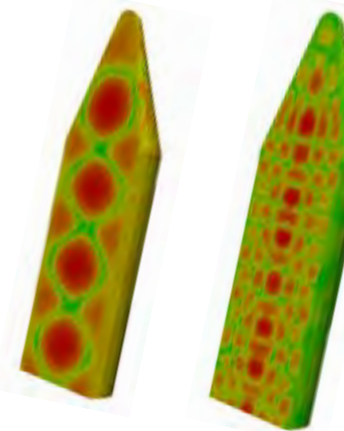
- ・設計標準は、宇宙システムの開発結果に基づく継続的改善によって培われた技術の集大成であり、宇宙システムの設計・開発・運用を確実にを行うための重要な指針として整備
- ・海外の宇宙機関や企業との連携を考慮し、JAXAが獲得した知見を国際的に共有できるよう、積極的に国際標準への働きかけを継続的に実施
- ・宇宙適用のための各種材料の評価試験結果や機器の開発結果について、データベースを構築
- ・だいち、こだま、いぶき、JASON-2(欧州CNES衛星)等で取得された宇宙環境計測データは、データベース化され、衛星運用・設計に活用



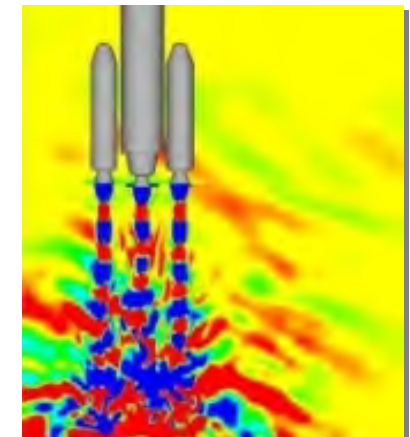
熱制御材料の性能評価
(多層断熱材の実効放射率精密測定)



微小擾乱の試験計測及び
軌道上衛星擾乱の予測手法



ロケットプルーム解析結果に基づく、
フェアリング内音響環境予測(世界初)



ロケット打ち上げ時
の排気騒音解析

- 新規技術を導入する際の技術的リスクを低減するため、システムレベル、機器・部品・材料レベル等の軌道上実証を実施。

◆ システムレベルの軌道上実証

これまでも技術試験衛星(ETS)による静止衛星バスの軌道上実証を実施してきており、次世代衛星バス等のシステムレベルの軌道上実証を継続する。

◆ 機器・部品・材料の軌道上実証

小型衛星により、実証対象・規模に合った軌道上実証プラットフォームとしての小型衛星バスを活用し、リスクの大きい技術、新規開発の機器・部品・材料をタイムリーに軌道上技術実証する。

- SDS-1(いぶき相乗り): 100kg級スピンバス(ミッション時三軸)
- SDS-4(GCOM-W相乗り予定): 50kg級三軸バス

システムの設計解析からインテグレーション、各種試験までをJAXAの研究者が中心となってインハウスで行っており、システムエンジニアリングなど各種専門能力を短期間で経験できるために、若手技術者育成にも寄与。



SSPSの研究実績, 研究体制

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
システム総合研究	委員会／WG形式による総合的研究										
軌道上実証計画	マイクロ波伝送システム設計	レーザー伝送システム検討		軌道上組立システム検討			「きぼう」／小型衛星利用システム検討				
	「きぼう」利用システム検討				ビーム方向制御装置の研究開発						
要素技術検討／試作試験	マイクロ波送受電技術(増幅器, アンテナ, ビーム方向制御等)の設計, 試作試験										
	レーザー送受電技術(レーザー発振部, 大気中の伝送, ビーム方向制御, 太陽光集光技術等)の設計, 試作試験										
	ロボット・構造技術(大規模構造物展開技術, 平面パネル展開・保持機構等)の設計, 試作試験						大型構造物組立技術(展開トラス構造物, インフレイタブル構造物)の設計, 試作試験				
	その他技術(熱管理制御技術, 発電技術, 地上系技術, 輸送システム)の設計検討, 一部の部分試作試験										
地上エネルギー伝送実験	レーザー伝送システム設計／製作				▲実験	▲実験					
研究体制	SSPS研究(マイクロ波関連)に関わるUSEFとの連携										
	委員会／WG形式による大学, メーカー, 研究機関との協力						レーザー技術関連に関わる大学, メーカーとの協力				
	大型構造物組立技術の研究に関わる大学, メーカーとの協力										

SSPSの研究項目(2008～2011)

2007年度までの170名の外部有識者からなるSSPSシステム
検討委員会(茅陽一委員長)で識別された主要課題

主要課題に対応した研究項目と地上／軌道上実証の必要性

総合システム検討

- ・エネルギー伝送方式の決定
- ・SSPS実用モデルコンフィギュレーションの決定



宇宙からのエネルギー伝送に必要な技術の実証

- ・マイクロ波及びレーザーによるエネルギー伝送の技術実証(地上、軌道上)
- ・太陽光直接励起レーザーの高効率化(20%以上)
- ・エネルギー伝送にかかる安全対策

宇宙でのエネルギー収集技術の実証

- ・太陽光エネルギーを集光・収集するための反射鏡の高反射率(95%以上)、大型化、軽量化

SSPSの宇宙セグメント構築に必要なシステムに共通的な技術の実証

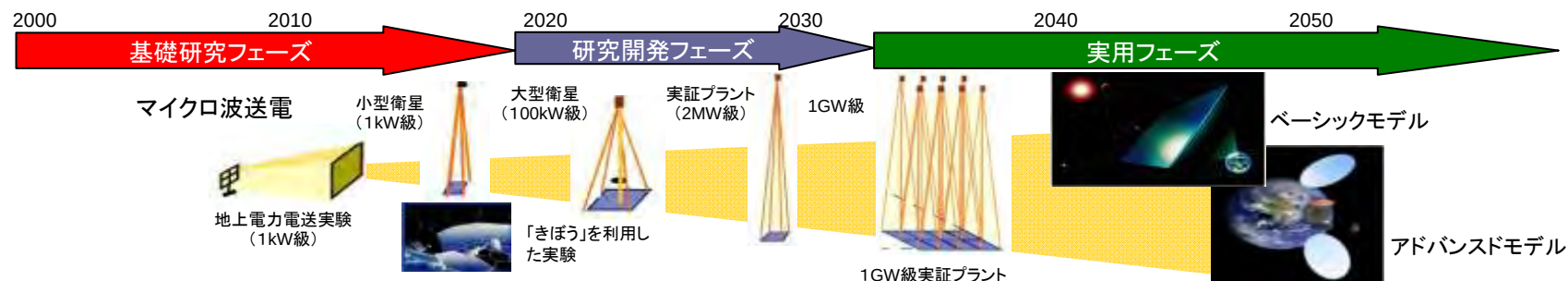
- ・大型構造物の構築技術(ロボット技術、軽量化技術等を含む)の確立
- ・大型構造物の軌道制御、姿勢制御技術、運用・保全技術の確立
- ・半導体、構造材料等の耐宇宙環境技術の確立
- ・熱制御技術による大容量の排熱技術の確立
- ・低コスト輸送機の実現

社会的要請への対応

- ・環境評価の実施
- ・マイクロ波、レーザーの安全性確保技術の確立
- ・構築、運用時のコスト、雇用創出効果等の経済性評価
- ・エネルギー伝送のための国際間周波数調整

主な技術	技術内容	地上／軌道上 実証の必要性
マイクロ波 エネルギー 伝送技術	位相制御による高効率無線エネルギー伝送技術 マイクロ波ビームの方向制御技術 電力→マイクロ波→電力変換用高効率半導体技術 高電力密度マイクロ波と電離層との相互作用の解明	地上 地上／軌道上 地上 軌道上
レーザー エネルギー 伝送技術	太陽光による直接励起レーザー技術 レーザービームの方向制御技術 レーザーからの高効率光電変換技術 レーザーの大気中伝送時の挙動解明	地上 地上／軌道上 地上 地上
太陽光集光 技術	高倍率の集光技術	地上
大型構造物 組立技術	構造物展開・収納技術 構造物組立・保守技術(ロボット技術) 軽量化技術 軌道・姿勢制御技術	地上／軌道上 地上／軌道上 地上 地上／軌道上
熱管理・制御 技術	大量排熱技術	地上／軌道上
新輸送技術	再使用型輸送技術、軌道間輸送技術等	地上／軌道上

SSPSの技術ロードマップ



マイクロ波方式エネルギー伝送技術のロードマップ



レーザー方式エネルギー伝送技術のロードマップ



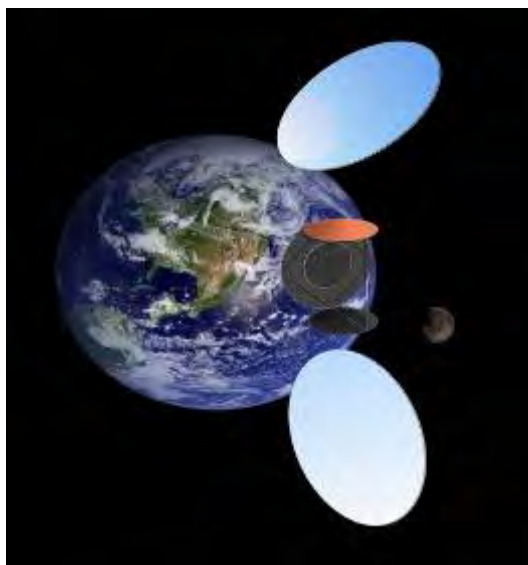
大型構造物組立技術等のシステム共通技術のロードマップ

マイクロ波送電とレーザー送電の長所，短所

	長所	短所
マイクロ波送電	・大気，降雨等による送電電力の減衰及び変動が小さい。 ・送受電装置の技術成熟度が高い。 ・送電素子及び受電素子の電力変換効率が高いため、送受電効率が高い。 ・レーザー送電と比較してビーム幅が広い ため、要求されるビーム方向制御精度が 低く、技術的難易度が低い。	・大電力マイクロ波と電離層との非線形相互作用による電力損失及び電離層への影響評価が今後必要。 ・周波数免許の獲得が必要。 ・レーザー送電と比較して使用波長が長い ため、地上受電設備が大きくなる。
レーザー送電	・周波数免許が必要ない。 ・マイクロ波送電と比較して使用波長が短 いため、地上受電設備が小さくなる。	・大気，降雨等による送電電力の減衰及び変動が大きい。 ・送受電装置の技術成熟度が低い。 ・光増幅器及び受光素子の電力変換効率 が低いため、送受電効率が低い。 ・マイクロ波送電と比較してビーム幅が狭 いため、要求されるビーム方向制御精度 が高く、技術的難易度が高い。 ・アイセイフティの安全基準に対する評価 が今後必要。

SSPS研究の主な成果(システム総合研究)

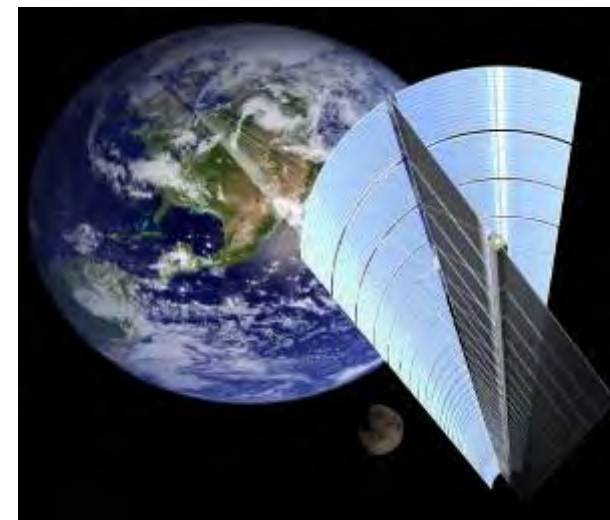
外部有識者からなるSSPSシステム検討委員会において、原子力発電所1基分に相当する発電電力(100万kW)をもつマイクロ波方式SSPS(M-SSPS)リファレンスモデルを構築した。また、原子力発電所1基分と同等の目標発電コスト8円/kWh達成に向けた各コンポーネントの技術課題、性能、コスト目標を定めた。同様に、レーザー出力100万kW級のレーザー方式SSPS(L-SSPS)リファレンスモデルを構築した。



M-SSPSリファレンスモデル
(2007年版)

目標発電コスト達成の主な
前提条件)

- ・太陽電池発生電力の高効率化
- ・送受電部の高効率化
- ・ビーム方向制御の高精度化
- ・構造物の軽量化
- ・低コスト輸送機の開発
- ・システムの長寿命化

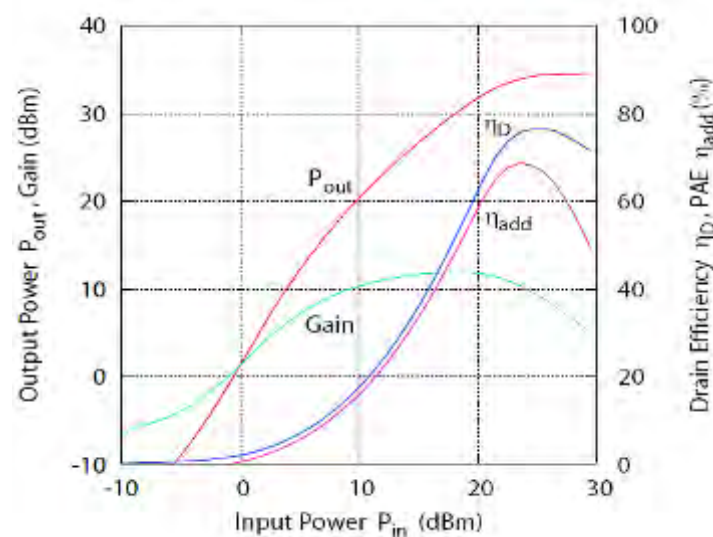


L-SSPSリファレンスモデル
(2007年版)

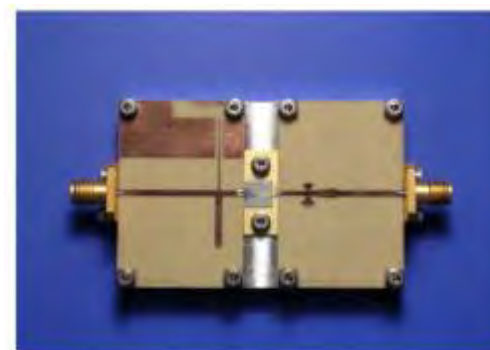
SSPS研究の主な成果(マイクロ波増幅器)

高効率半導体増幅器(GaN)の設計検討、試作試験(2004～2007)

GaN-HEMTデバイスを用いて1.9GHz帯でF級増幅器を設計・試作し、「最大ドレイン効率80%、最大付加電力効率(PAE)72%」を達成した。70%を超える高効率の実証は、**世界／我が国ともに初となる成果**である。さらに、5.8GHz帯のF級増幅器の設計手法等を検討し、試作を行い、5.8GHzで出力2.4W、ドレイン効率76%、付加電力効率68%という高い効率を達成した。これらの値は**5.8GHz帯の増幅器としては最高レベルの効率**である。



試作デバイス性能試験結果



試作した5.8GHz帯F級電力増幅器モジュール

SSPS研究の主な成果(レーザー長距離エネルギー伝送)

2006～07年度に200W出力のレーザー長距離エネルギー伝送実験を実施し、基本技術の確認と課題の抽出を行った。実験は多くのメディアで報道された。

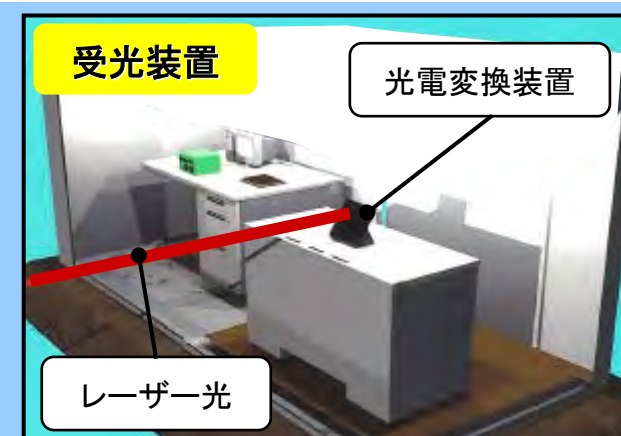
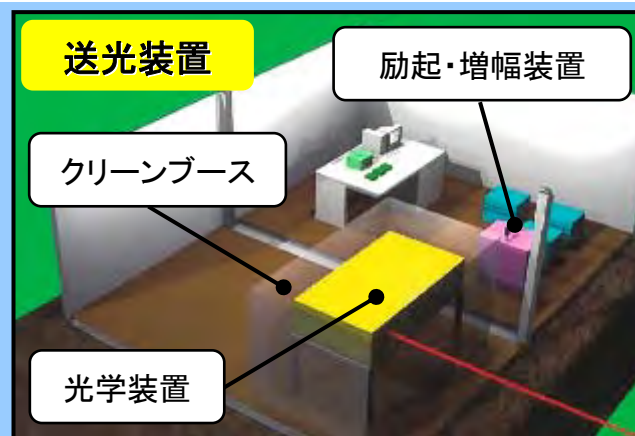
装置構成

実験の主要諸元

- ・レーザー出力 800W
- ・レーザー波長 $1.07\mu\text{m}$
- ・伝送距離 500m

長距離エネルギー伝送確認 試験結果

- ・レーザー出力 200W
- ・受光エネルギー 180W



送光建屋



送光建屋から受光建屋を望む

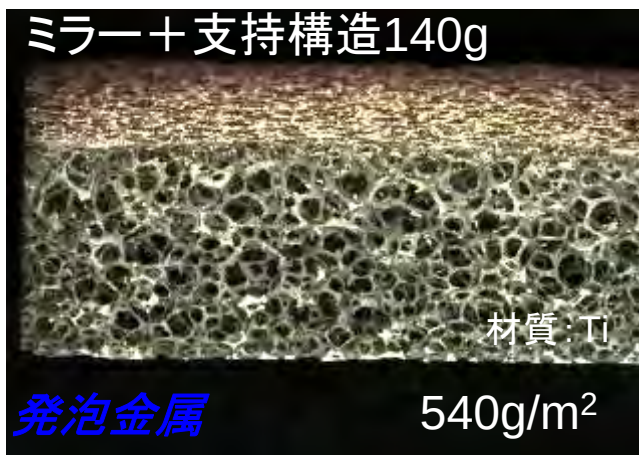
角田宇宙センターに整備したレーザー伝送実験設備

SSPS研究の主な成果(太陽光集光ミラー)

ミラー厚 $100\mu\text{m}$ 、寸法 50cm 口、単位面積あたりの質量 $500\text{g}/\text{m}^2$ 、反射率96%の全反射軽量ミラーの製作が可能であることを示した(2010年度)。現状技術は $2\text{kg}/\text{m}^2$ であることから、大幅な軽量化が図れた。

支持構造重量: 70g

ミラー+支持構造140g



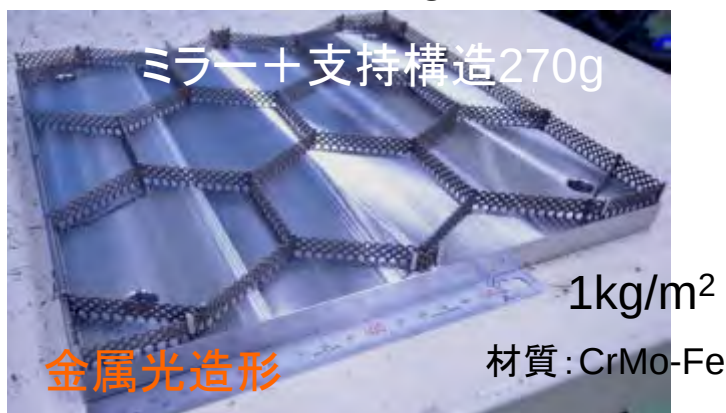
支持構造重量: 110g

ミラー+支持構造180g



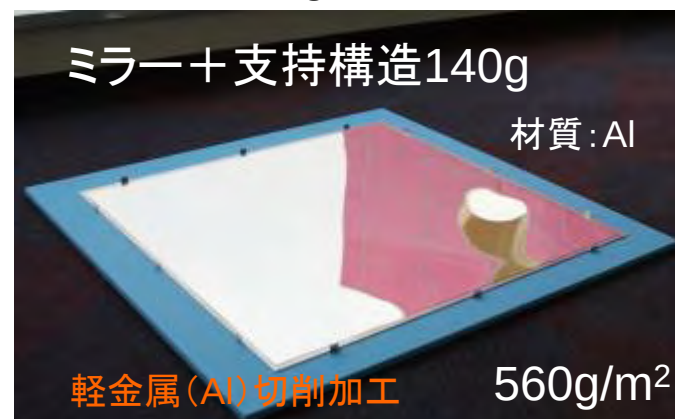
支持構造重量: 200g

ミラー+支持構造270g



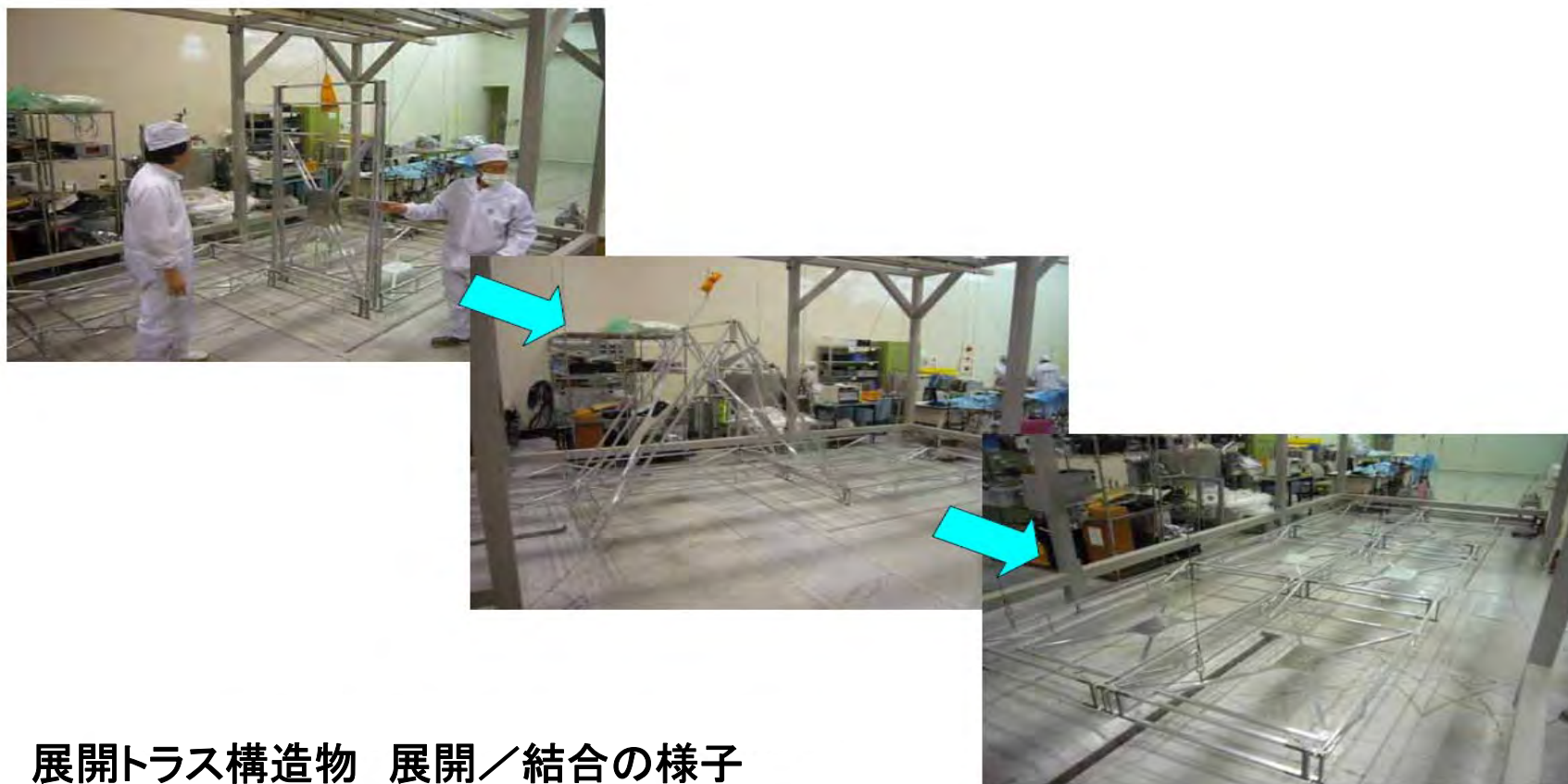
支持構造重量: 80g

ミラー+支持構造140g



SSPS研究の主な成果(展開トラス構造物)

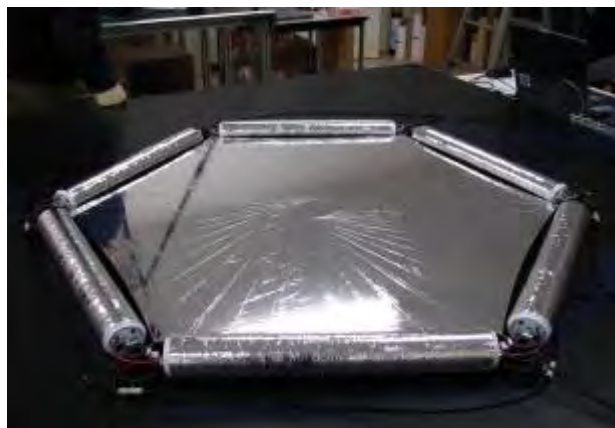
トラス構造物が展開しつつ隣接するトラス構造物と結合(本結合技術についてはメーカーが昨年末に特許出願済)実験を実施し、良好な結果を得た(2010年度)。この構造物の技術が獲得できれば、H-IIBロケット1回の打上げによる構築面積はきく8号(ETS-8)搭載大型展開アンテナ面積の約2倍に拡大可能である。



展開トラス構造物 展開／結合の様子

SSPS研究の主な成果(インフレーター構造物)

インフレーター構造物の試作試験を実施し、良好な結果を得た(2008, 2010年度)。
大型構造物への適用可能性を確認できた。

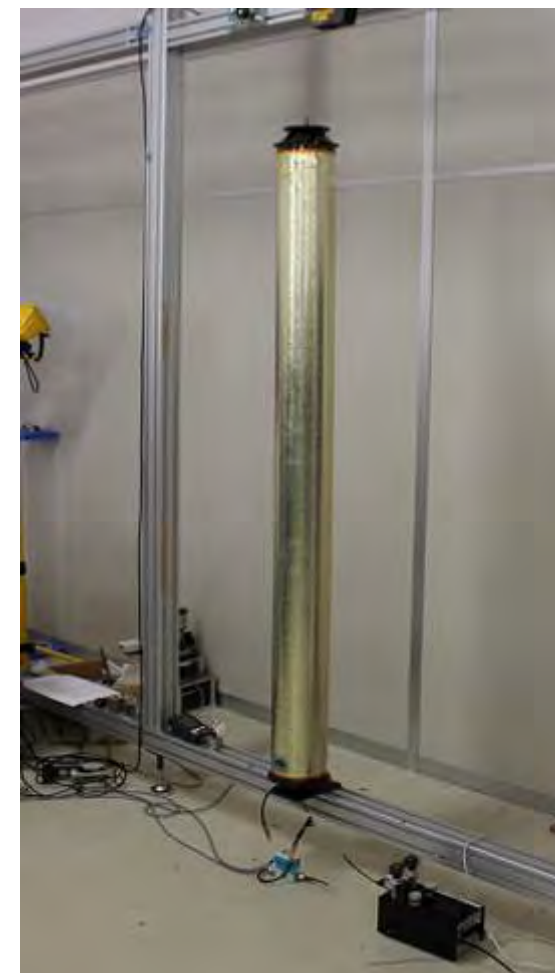


2008年度に試作した
インフレーター構造物

チューブの硬化材料を
熱硬化樹脂から
連鎖硬化ポリマーに変更
電熱線や電力が必要なくなる



チューブの膨張ガスを
ポンプによる昇圧エアから
昇華剤に変更
高圧ガスタンク、配管が必要なくなる

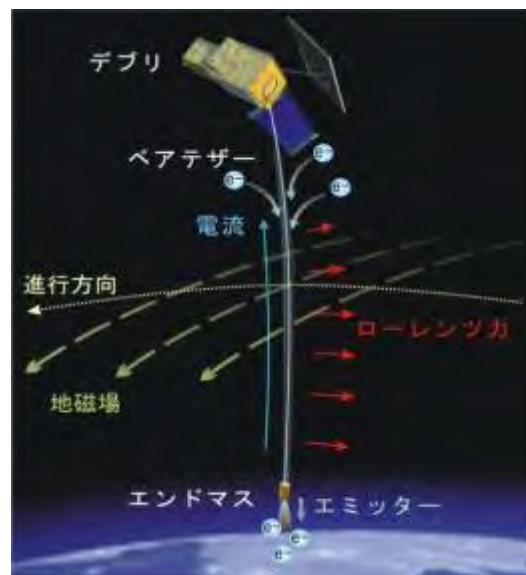


2010年度に試作した
インフレーター構造物

◆ デブリ除去システム

今後ますます増え続ける軌道上デブリを、軌道から除去する技術を研究中。
キー技術として、以下の項目について重点的に取り組んでいる。

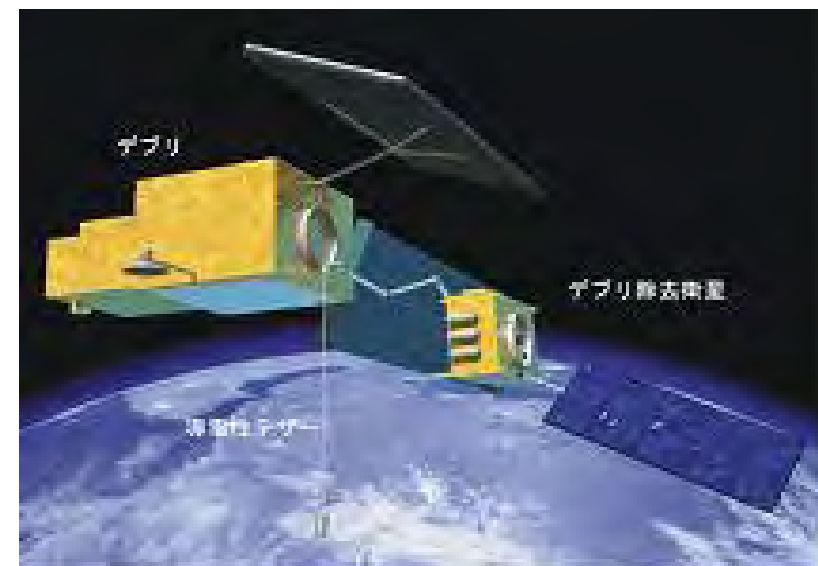
- ・非協力ターゲットへの接近航法、運動推定技術
- ・捕獲技術
- ・高効率デオービット技術(導電性テザーによる軌道変換技術)
- ・デブリ除去実証機のシステム技術検討



導電性テザーによる
デブリ除去の原理



導電性テザーを利用した
既存デブリ除去衛星のイメージ



◆宇宙航空システム技術一体化による社会貢献

① 災害観測

1. 人工衛星による定常的・広域的な観測と、航空機による機動的・詳細な観測を相互補完させた総合的災害観測システムの構築
 - a. 災害観測衛星による災害広域全容の早期把握
 - b. 被災地に飛来する無人機が収集する情報は通信衛星を介してリアルタイムで関係機関に展開

② 国境パトロール

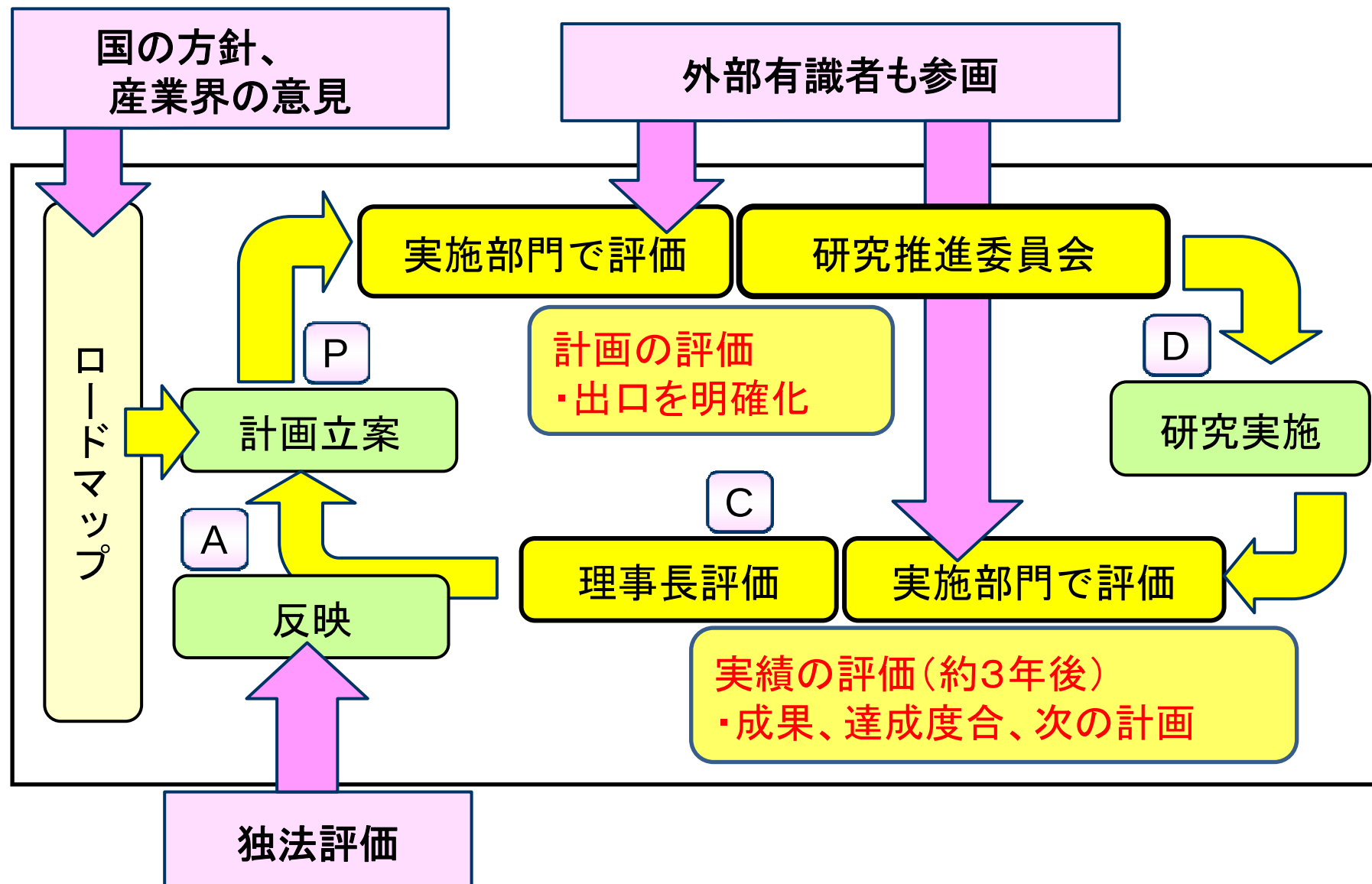
③ 大気・地表科学観測

JAXAの有する基盤技術
(自律飛行、遠隔操縦、安全基準・運用等)

背景となるJAXAの衛星技術
(測位、センシング、通信、運用等)

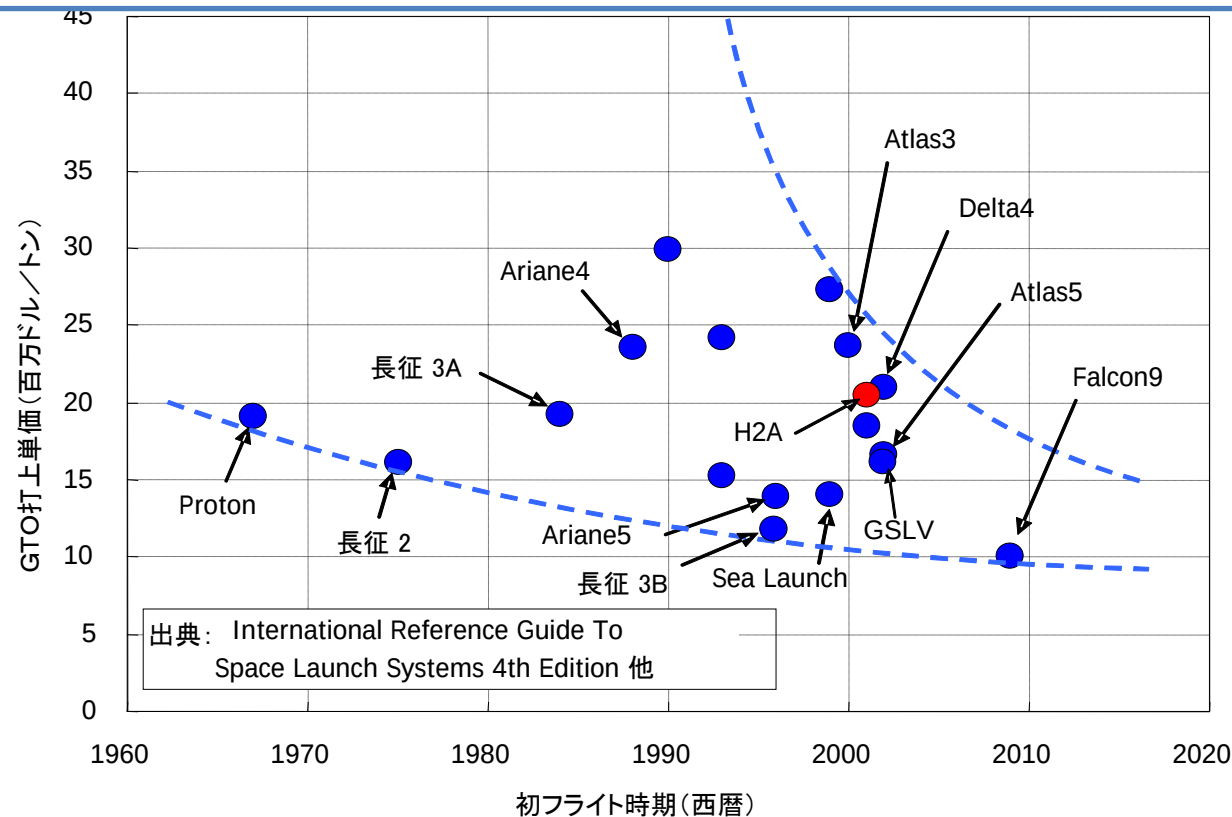


参考資料



2007年のリファレンスモデルでは、目標発電コスト8円／kWhを達成するための輸送コストは1,700万円／トン(=\$191/kg =\$0.191百万ドル/トン)と試算されている。

世界の使い切りロケットの静止トランスファー軌道(GTO)への打上げ単価がどの様に推移しているかを示すデータは以下の通り。



再使用型輸送システムについては、打上げ単価\$800/lb (\$1,700/kg) 以下を達成出来れば、新たな需要が喚起され、市場が創出されるとのNASAの検討例もある。

出典：NASA, 1994, "Commercial Space Transportation Study Final Report"

4. 事業シート

小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C) 事業	1
月周回衛星「かぐや」(SELENE) 事業	3
小惑星探査機「はやぶさ2」 事業	6
小型ソーラー電力セイル実証機 (IKAROS) 事業	9
第21号科学衛星「あかり」 事業	11
第22号科学衛星「ひので」 事業	13
小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX) 事業	15
第23号科学衛星「すざく」 事業	17
第24号科学衛星「あかつき」 事業	19
第25号科学衛星「ASTRO-G」 事業	21
BepiColombo 総合プロジェクト事業	22
小型科学衛星シリーズ事業	24
第26号科学衛星「ASTRO-H」 事業	26
日本実験棟「きぼう」(JEM) および宇宙ステーション補給機「こうのと り」(HTV) の開発・運用・利用事業	28
宇宙太陽光発電システム事業	30
小型実証衛星プログラム事業	32

小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C) 事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
事業開始年度：平成8年度

1. 事業目的

●「工学技術実証」の探査機として、将来の本格的なサンプルリターン探査に必須で鍵となる技術を実証することを目的としている（下記参照）。

「5つ」の重要技術の実証：

- ①イオンエンジンを主推進機関として用い、惑星間を航行すること。
- ②イオンエンジンとスウィングバイの併用による加速操作を実証すること。
- ③光学情報を用いた自律的な航法と誘導で、接近・着陸すること。
- ④微小重力下の天体表面の標本を採取すること。
- ⑤カプセルを、惑星間飛行軌道から直接に大気突入させ、サンプルを回収すること。

2. 事業概要

平成15年5月、M-V-5号機により打ち上げられ、イオンエンジンで航行の後、平成17年9月小惑星イトカワに到着、その後着陸・試料採取・離陸を行い、地球帰還に向け航行を開始した。地球の軌道により精密に近付ける軌道誘導を行い、平成22年6月にカプセルを大気圏に突入させ、オーストラリアのウーメラ砂漠に着地させた。

「はやぶさ」事業は、旧宇宙科学研究所 (ISAS) のプロジェクトを引き継いだものであり、JAXA 内での月・惑星探査プログラムグループ発足以降、科学的・技術的な作業や課題を中心にマネジメントしていたプロジェクトチーム業務に、対外調整、ロジスティクス等のプロジェクトマネジメントを行う事業推進部門が連携して、積極的に一体となって業務を実施した。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
予算	3	9	12	27	63	42	38	6	0.5
年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23		
予算	1	1	1	1	2	5	3		

合計：215 億円 各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。

注：平成24年度以降もキュレーション作業を実施予定。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

●「5つ」の重要技術の実証とその達成状況を以下に示す。

①イオンエンジンを主推進機関として用い、惑星間を航行すること。	イオンエンジン作動累積時間4万時間に達し、惑星間航行を成し遂げ、世界一の信頼性を達成した。
②イオンエンジンとスウィングバイの併用による加速操作を実証すること。	イオンエンジンとスィングバイを併用した技法により地球スィングバイに成功した。

③光学情報を用いた自律的な航法と誘導で、接近・着陸すること。	「はやぶさ」搭載の星姿勢計（スタートラッカ）で、到達目標である小惑星イトカワを捉えることに成功するとともに、撮像画像をもとに、地上からの電波による観測を複合させて、「はやぶさ」探査機の精密な軌道決定にも成功した。また、自律航法による着陸・試料採取・離陸に成功した。
④微小重力下の天体表面の標本を採取すること。	自律航法により、小惑星イトカワの表面に着陸・試料採取・離陸に成功した。
⑤カプセルを、惑星間飛行軌道から直接に大気に突入させ、サンプルを回収すること。	はやぶさ搭載の帰還カプセル地球大気圏に再突入し、オーストラリアにて帰還カプセルを回収。カプセルにて持ち帰ったサンプルが小惑星イトカワ由来のものであると判断され、世界初の小惑星サンプルリターンを達成した。

5. 成果及び事業評価

《成果》

小惑星探査機「はやぶさ」（MUSES-C）は、平成15年に打ち上げられ、平成22年までの間に、小惑星「イトカワ」の高精度観測、世界で初めての小惑星への着陸及び小惑星からの試料回収を実現した。これにより、「5つ」の重要技術の実証を達成した。また、「はやぶさ」の観測データにより、「イトカワ」の構造、「イトカワ」表面の二分性、「イトカワ」全球の主要元素組成分布等、惑星の形成過程等の解明に貢献する新たな知見が得られた。こうした成果は、米科学誌「サイエンス」の特集号などとして発表されている。さらに、「イトカワ」から採取したサンプルのキュレーション作業を現在進めており、その後の分析等により新たな知見が得られることが期待される。

また、「はやぶさ」プロジェクトチームの、英知を結集し、幾多のトラブルを克服する姿が、国民に夢と希望を与え、全国で開催される帰還カプセルなどの全国展示では、来場者数は、のべ50万人を突破するなど、社会的にも大きな反響を得ている。さらに、プロジェクトを通じ、協力国である豪州との首脳レベルの国際交流に貢献しており、平成22年12月には、APEC首脳会談の際には、首脳晩餐会会場入口で展示された。現在も、複数の映画会社で「はやぶさ」の映画化が進められるなど社会現象となっているといえる。

《事業評価》

平成21年度独立行政法人評価において、「平成21年度に実施すべき中期計画を超えて特に優れた実績を上げたもの」と考える。（S評価）」との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

- ・特になし。

7. 主な委託先とその分担

探査機システム・地上システムの開発取りまとめ・運用：日本電気

探査機の開発・設計・製作：NEC 東芝スペースシステム

回収カプセルの開発：IHI エアロスペース

月周回衛星「かぐや」(SELENE) 事業

〇. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
事業開始年度：平成 8 年度

1. 事業目的

月周回衛星「かぐや」(SELENE) プロジェクトは、月科学及び月利用調査、基盤技術の開発と蓄積、宇宙開発や月探査の普及・啓発を目的としている。15 種類の観測ミッション（ハイビジョンカメラを含む）を 1 年以上にわたり実施し、元素分布、鉱物分布、地形・表層構造、月周辺環境、重力分布、精細画像等に係るデータを取得し、米国のアポロ計画以来の本格的な月探査を実施したプロジェクトである。

2. 事業概要

SELENE プロジェクトは、平成 7 年に月周回衛星・着陸実験衛星として研究着手が了承され、平成 10 年に開発への移行が了承された。その後 H-II ロケットをはじめとする一連の事故・不具合が発生し、JAXA プロジェクトについて、より確実な実施が求められ、平成 12 年に SELENE プロジェクトから月面着陸実験を分離し、月の周回観測に特化することとし、平成 19 年 9 月に打ち上げられた。

打上げ後、約 1 年間にわたる定常運用、約 7 ヶ月にわたる後期運用が実施され、平成 21 年 6 月 11 日に主衛星を月の表側に制御落下させ、ミッションが完了した。平成 21 年 11 月 2 日より観測データの一般公開を実施している。

本プロジェクトは、旧宇宙科学研究所 (ISAS) と旧宇宙開発事業団 (NASDA) の共同プロジェクトを引き継いだものであり、JAXA 設立後も、衛星システム及びプロジェクトマネジメントにおける確実さと信頼性を重視する NASDA 方式と、観測機器開発における研究者主体で最先端のミッションを目指す ISAS 方式の組合せが強化されており、一本化された指揮命令系統の下、一体的なプロジェクトの実施体制が適切に機能したものと評価されている。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
予算	0.3	1	11	37	64	54	39	41	40
年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23		合計
予算	48	105	92	13	8	5	2		558

注) 単位：億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。

4. どのような計画や目標をたててやっているか？その計画や目標の達成度は？

技術開発ミッションと 15 種類の観測ミッション（ハイビジョンカメラを含む）での目標と達成状況を以下に示す。

(1) 技術開発ミッション

目標	達成状況
衛星を月周回軌道へ投入する。	ロケット分離後、軌道の誤差修正のための軌道制御、月との会合条件を合わせる周期調整、月と会合する軌道への投入を順次実施し、最終的に所期の目的である高度 100km × 100km の円軌道に投入し、目的を達成した。
月周回中の 3 軸制御、熱制御及び追跡管制運用を実施する。観測のための衛星運用 (3 軸制御、熱制御、軌道制御など) が行われること。	初期運用から定常運用、後期運用に至る 1 年 9 ヶ月の間、観測のための衛星運用 (3 軸制御、熱制御、軌道制御など) を良好に実施し、定常運用期間までで観測機器が月の表面の 95% 以上の観測ができるように運用を行い、目的を達成した。

(2) 科学ミッション

目標	達成状況
(元素分析) ・太陽からの X 線を受けて月面から放射される二次 X 線を観測し、月表面の Al、Si、Mg、Fe 等の元素分布を調べる。 ・月面から放射される γ 線を観測し、月表面の放射性元素(U、Th、K 等)分布を調べる。	・蛍光X線分光計(XRS)はCCDの放射線ダメージ及び太陽活動が静穏であったことによりデータ取得は限定的であったものの、ガンマ線分光計(GRS)により元素分布に関する所望のデータを後期運用の補完観測で完了した。なお、XRSで期待された数十 km 程度のスケールのクレータイジェクタを対象とする地下物質の元素分布の抽出には制約を生じるが、マルチバンドイメージャ及びスペクトルプロファイラで観測できる鉱物分布を利用することが可能であり、目標を達成している。
(鉱物分布) ・月からの可視近赤外光を複数の波長で観測し、地質を調べる。 ・月面からの可視赤外光における連続スペクトルを観測し、地質中に含まれる鉱物の組成等を調べる。	マルチバンドイメージャ(MI)、スペクトルプロファイラ(SP)により、所期の観測を実施し、全球のMIの分光データおよびSPのスペクトルデータを取得し、目標を達成した。
(地形) 高分解能(10m)カメラ2台のステレオ撮像により、標高を含む地形データを取得する。月面にレーザー光を発射し、その反射時間により、地形の起伏、高度を精密に測定する。	地形カメラ(TC)、レーザー高度計(LALT)により、所期の観測を実施し、全球の地形・高度データを取得し、全球の地図を作成し、目標を達成した。
(表層構造) 月面に電波を発射し、その反射により月の表層構造(地下数 km 程度)を調べる。	月レーダサウンダー(LRS)のサウンダ観測によって全球の表層探査のデータを取得し、海の部分の表層構造を明らかにし、目標を達成した。
(磁場分布) 月面および月周辺の磁気分布を観測する	月磁場観測装置(LMAG)による全球にわたる磁場の観測データおよびプラズマ観測装置(PACE)の電子反射計による月面からの反射電子の観測により全球磁気異常マップの作成に必要なデータを取得した。
(重力場分布) ・主衛星が月裏側を飛行中に地球局との4ウェイドップラ計測を行う。主衛星の軌道擾乱から月裏側の重力場データを取得する。 ・2機の子衛星に搭載する電波源に対し地球局から相対VLBI観測を行い、両衛星の軌道を精密に計測する。これにより月重力場を精密に観測する。	リレー衛星中継器(RSAT)の2way および 4wayドップラー観測により初めて月全球の重力計測データを取得した。また相対 VLBI 用電波源(VRAD)の相対 VLBI 観測のデータも取得しており、高精度な重力場モデル作成に必要な観測データを取得した。

目標	達成状況
(月周辺環境(電磁、宇宙線)の観測) ・月周辺における、宇宙線や太陽から放射される高エネルギー放射線、及び月面から放射される α 線を観測する。 ・月周辺の太陽風の電子とイオン及び月面からの反射電子と二次イオンを測定する。	粒子線計測器(CPS/PS)は、5つの検出器のうち2つが継続的に運用できなかったもののそれ以外の検出器の継続観測を優先させるとともに、磁力計(LMAG)による磁場計測、プラズマ観測装置(PACE)による電子、イオンの観測、月レーダーサウンダー(LRS)による自然電波観測、電波科学(RS)による電波科学観測、高エネルギー陽子・電子観測を実施した。これらにより、十分な月周辺環境の観測データを取得し、所期の目的を達成した。
(地球電磁気及び惑星電波の観測)	月レーダーサウンダー(LRS)の自然電波観測、プラズマイメージャ(UPI)の地球磁気圏の観測、プラズマ観測装置(PACE)の電子、イオンの観測により、プラズマ物理/惑星電波について十分なデータを取得した。
月面上の「地球の出」等のハイビジョン撮影を行う。	定常運用期間を通して、計画以上の地球の出、入り、月の映像を取得できた。後期運用で追加の映像取得を行い、超低高度映像の撮影を実施した。

5. 成果及び事業評価

《成果》

平成22年までの間に「かぐや」は、月全表面の鉱物分布や元素分布、磁場のこれまでにない高精度な観測や、世界で初めて月の裏側を含む重力の全球観測を行うなど、最高性能の月探査実施により、月の起源と進化に迫る新たな知見を獲得した。その成果は世界的にも認められ、平成22年2月に米科学誌「サイエンス」の特集号が組まれるなど大きな成果をもたらした。月探査においては日本が先導する原動力となっている。

また、科学的成果以外にも、月周回軌道への投入技術の確立、月の裏側での通信技術の確立などの技術的成果も上げるとともに、ハイビジョンカメラによる「満地球の出」の撮影や、Google Moon への地形データ提供等により、広報・教育等の観点からも成果も上げた。

《事業評価》

宇宙開発委員会の事後評価（平成21年6月26日）では、総合評価として「期待以上」と判定された。

平成21年度独立行政法人評価において、「平成21年度に実施すべき中期計画を超えて特に優れた実績を上げたもの」と考える。（S評価）」との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

SELENE で得られたデータを用いて JAXA は、国土地理院、国立天文台と共同開発で月面地図の作成を実施した。

7. 主な委託先とその分担

バス機器：日本電気、三菱電機、IHI エアロスペース

観測機器：明星電気、富士通、日本電気、住友重工業、日本飛行機

ハイビジョンカメラ：NHK

衛星管制運用：日本電気、富士通、SED、沖電気

データ解析：日本電気、新日鉄ソリューションズ、富士通、MSS、NTT データ CCS

小惑星探査機「はやぶさ2」事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 JAXA
事業開始年度：平成23年度

1. 事業目的

「太陽系の起源・進化の解明や生命の原材料物質を調べる」ために、

- C型小惑星の物質科学的特性を調べる。特に鉱物・水・有機物の相互作用を明らかにする。
- 小惑星の再集積過程・内部構造・地下物質の調査により、小惑星の形成過程を調べる。

「日本独自の深宇宙探査技術の確立」のために、

- 「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、技術として成熟させる。
- 衝突体を天体に衝突させる実証を行う。

2. 事業概要

はやぶさ2プロジェクトは、太陽系の謎の解明に迫るとともに、我が国独自の深宇宙探査技術の確立を目指し、「はやぶさ」の成果を踏まえ、イトカワと異なるタイプの小惑星（始原天体）の物質を地球に持ち帰るサンプルリターン計画である。

探査機の開発、地上設備整備等をJAXAインテグレート方式（JAXAがシステム全体を取りまとめる方式）で実施するとともに、ミッション機器開発については他大学と協力し進める。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
予算	0.3	30	73	100	82	3	3	3	3
年度	H31	H32	H33	合計					
予算	3	5	5	310					

注）単位：億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目的	目標（ミニマム）	目標（フル）	目標（エクストラ）
理学目的1 C型小惑星の物質科学的特性を調べる。特に鉱物・水・有機物の相互作用を明らかにする。	小惑星近傍からの観測により、C型小惑星の表面物質に関する、新たな知見を得る。（※） 達成判断時期：探査機の対象天体到達1年後 （※）小惑星表面の分光データを10セット取得する。	採取試料の初期分析において、鉱物・水・有機物相互作用に関する新たな知見を得る。（※） 達成判断時期：試料回収カプセルの地球帰還1年後 （※）サンプルを100mg以上取得する。	天体スケールおよびミクロスケールの情報を統合し、地球・海・生命の材料物質に関する新たな科学的成果を上げる。 達成判断時期：試料回収カプセルの地球帰還1年後

理学目的2 小惑星の再集積過程・内部構造・地下物質の直接探査により、小惑星の形成過程を調べる。	小惑星近傍からの観測により、小惑星の内部構造に関する知見を得る。(※) 達成判断時期: 探査機の対象天体到達1年後 (※)小惑星のバルク密度を±7%の精度で決定する。	衝突体の衝突により起こる現象の観測から、小惑星の内部構造・地下物質に関する新たな知見を得る。(※) 達成判断時期: 探査機の対象天体離脱時まで (※)生成されたクレーターを中心として100m四方の画像データを空間分解能20cmで取得する。	衝突破壊・再集積過程に関する新たな知見をもとに小惑星形成過程について科学的成果を挙げる。 探査ロボットにより、小惑星の表層環境に関する新たな科学的成果を挙げる。 達成判断時期: 試料回収カプセルの地球帰還1年後
工学目的1 「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、技術として成熟させる。	イオンエンジンを用いた深宇宙推進にて、対象天体にランデブーする。 達成判断時期: 探査機の対象天体到達時	・探査ロボットを小惑星表面に降ろす。 ・小惑星表面サンプルを採取する。(※) ・再突入カプセルを地球上で回収する。 達成判断時期: 試料回収カプセルの地球帰還時 (※)サンプルを100mg以上取得する。	N/A
工学目的2 衝突体を天体に衝突させる実証を行う。	衝突体を対象天体に衝突させるシステムを構築し、小惑星に衝突させる。 達成判断時期: 生成クレーター確認時	特定した領域に衝突体を衝突させる。(※) 達成判断時期: 生成クレーター確認時 (※)衝突目標点から半径100mの範囲	衝突により、表面に露出した小惑星の地下物質のサンプルを採取する。 達成判断時期: 試料回収カプセルの地球帰還時

平成26年度打上げ、平成30年度小惑星に到着を目標としている。

5. 成果及び事業評価

開発研究への移行に際し、宇宙開発委員会による評価を受けた。

平成22年宇宙開発委員会資料(委29-1-2)抜粋を以下に示す。

「(略) その結果得られるC型小惑星の表面データ、内部表面データ、それぞれのサンプルデータなどにより、太陽系と生命の原材料とその進化についての新たな知見が期待され、科学的意義は大きい。また、本プロジェクトは単なる「はやぶさ」の再履行ではなく、その経験を継承して、より確実に深宇宙探査を行える技術確立するものであり、衝突体等新しい技術の挑戦も検討しており、技術的意義は大きい。さらに、世界をリードする人材を育成し、社会の「はやぶさ」で見られた強い関心に引き続き応え、日本のすばらしさを具現化し得るものであり、社会的意義も高い。

今回の事前評価では、はやぶさ2プロジェクトの目的、目標、開発方針について審議をおこなった。その結果、現段階までの計画は、具体的かつ的確であり、「開発研究」に移行する準備が整っていることを確認した。(略)」

6. 関係省庁との協力体制

- ・特になし。

7. 主な委託先とその分担

探査機システム・地上システムの開発取りまとめ・運用：日本電気

探査機の開発・設計・製作：日本電気、MHI 長崎造船所、明星電気、

IHI エアロスペース

回収カプセルの開発：IHI エアロスペース

小型ソーラー電力セイル実証機（IKAROS）事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）
事業開始年度：平成21年度

1. 事業目的

将来の外惑星（木星圏）探査などの宇宙探査を格段に効率良く柔軟に実現するため、ソーラーセイル（超薄膜太陽帆）による航行（光子加速）やハイブリッド推進に向けた薄膜太陽電池での発電などの世界初・世界最先端の技術実証を目指す。

2. 事業概要

平成22年5月、金星探査機「あかつき」と共に、H-IIA ロケット17号機により打ち上げ、ソーラーセイルの展開、薄膜太陽電池による太陽光発電の実施、ソーラーセイルによる加速実証、ソーラーセイルによる軌道制御・航行技術の獲得を行った。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H21	H22	合計
予算	5	10	15

注）単位：億円

注）打上げ経費は「あかつき」に計上。平成23年度以降は、共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目標	達成状況
(1) 大型膜面の展開・展張	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・展張を実証した。 また、スピン展開・展張挙動は解析による事前予測と概ね一致することを確認し、飛行実証で得られたデータを解析モデルに反映した。
(2) 電力セイルによる発電	セイル上に搭載された薄膜太陽電池システムの発電を実証した。 また、惑星間環境における薄膜太陽電池システムの特性を地上試験での予測劣化曲線と比較し、特性を把握した。
(3) ソーラーセイルによる加速実証	膜面展開後、軌道決定（測距データ、距離変化率データ）により光子加速の効果を確認した。（推力は設計値とほぼ一致した。） また、得られた加速性能を評価し、目標天体までの軌道を設計する計算手法に反映した。
(4) ソーラーセイルによる航行技術の獲得	探査機の追跡を含む実運用に耐える軌道決定手法を確立し、実運用において有効性を確認した。 能動的なセイル姿勢状態制御により、軌道制御可能であることを確認した。また、金星相対の誘導を実施し、航法誘導技術を確認した。

5. 成果及び事業評価

《成果》

小型ソーラー電力セイル実証機（IKAROS）は、平成 22 年 5 月に打ち上げられ、約半年間で、（１）大型膜面の展開・展張、（２）電力セイルによる発電、（３）ソーラーセイルによる加速実証、（４）ソーラーセイルによる航行技術の獲得の 4 つの主ミッションを行い、いずれも世界で初めて成功した。

《事業評価》

平成 21 年度独立行政法人評価において、「平成 21 年度に実施すべき中期計画を超えて特に優れた実績を上げたものとする。（S 評価）」との評価を受けた。

6、関係省庁との協力体制

- ・特になし。

7、主な委託先とその分担

探査機の開発・設計・製作：日本電気

探査機の運用：富士通、日本電気

第 21 号科学衛星「あかり」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

事業開始年度: 平成 9 年度

1. 事業目的

赤外線天文衛星「あかり」は、大気に遮られて地上からは観測できない赤外線で全天サーベイ観測し、百万個以上の天体を従来衛星の数倍から数十倍高い感度・解像度で検出して、銀河・星・惑星系の形成過程を探る。

2. 事業概要

赤外線領域全体にわたる高感度の観測を理想的な環境で行うため、液体ヘリウムを搭載して望遠鏡全体を極低温に冷却。2つの観測装置、近・中間赤外線カメラ、及び遠赤外線サーベイヤで全天サーベイと指向観測を実施。

衛星の開発はJAXAが中心となり、名古屋大学、東京大学、情報通信研究機構他の大学・研究機関の協力で実施した。データ受信と「赤外線天体カタログ」の作成は、欧州宇宙機構、欧州の4大学連合、韓国ソウル大学との国際協力で実施中。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	合計
予算	6	17	10	39	19	20	37	10	56	214

注) 単位: 億円。平成 18 年度以降は、共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
2ヶ月以上の観測で、遠赤外線サーベイヤによる1000平方度以上のサーベイ観測、または近・中間赤外線カメラで数100回の指向観測を実現	液体ヘリウム冷却による観測期間約16ヶ月を達成した。この間、遠赤外線サーベイヤによる、高感度、高空間分解能の全天サーベイを達成し、「赤外線天体カタログ」を作成した。また、液体ヘリウム冷却による観測期間中、約5000回の指向観測を行い、遠赤外線サーベイヤ、及び近・中間赤外線カメラによる撮像・分光観測を達成した。
1年以上の軌道寿命、液体ヘリウム冷却寿命の実現。遠赤外線での全天サーベイ観測、及び近赤外線～遠赤外線にわたる特定天域の多波長観測の実現	
以下のいずれかを実現 (1)遠赤外線での分光観測 (2)中間赤外線での全天サーベイ (3)液体ヘリウム消費後も冷凍機のみによる近赤外線観測の継続	(1)遠赤外線サーベイヤによる分光観測を達成した。 (2)近・中間赤外線カメラによる中間赤外線での全天サーベイを達成した。 (3)液体ヘリウム枯渇後も機械式冷凍機のための冷却で近・中間赤外線カメラを用いた近赤外線撮像／分光観測(指向観測)を継続し、平成 20 年度以降に 12,000 回以上の指向観測を実施した。

5. 成果及び事業評価

<成果>

平成 22 年 3 月には約 130 万天体に及ぶ「赤外線天体カタログ」を世界の研究者に向けて公開し、今後の天文学の進展に大きく寄与する日本発のデータベースとなった。カタログへのネット経由のアクセス数は、平成 23 年 5 月初旬時点で 23 万回を越えている。

全天サーベイや指向観測データに基づく天文学的成果は、100 億年前にさかのぼる宇宙の星形成史の解明、惑星原料である塵が終末期の星や超新星爆発により形成される過程の解明、核融合反応を起こせない小さな星の大気の解明、また太陽系の中の塵の分布の新しいモデルの確立、従来の 2 倍の数に上る小惑星のサイズや反射率データの提供、等々、多岐にわたる。それらの成果は、日本天文学会欧文報告誌や欧州の主要論文誌での計 3 回の「あかり」特集号を中心に発表されている。これら成果には、宇宙用機械式冷凍機や炭化ケイ素(SiC)ミラー望遠鏡の開発成功が大きく貢献している。

<事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成 19 年度業務実績評価において「特に優れた実績をあげたものと考えられる」(S 評価)との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

総務省所管の独立行政法人情報通信研究機構の協力を得て、衛星の開発を行った

7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス担当：日本電気、三菱重工業、他

ミッション機器担当：住友重機械工業、ニコン、明星電気、他

地上システム担当：日本電気、富士通、他

第 22 号科学衛星「ひので」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

事業開始年度: 平成 12 年度

1. 事業目的

太陽観測衛星「ひので」は、世界に開かれた軌道上太陽天文台として、太陽表面や太陽コロナで起こるさまざまな爆発現象や加熱現象を観測する。太陽大気中で発生する磁気エネルギーの変動現象を捉え、太陽の外層大気であるコロナの成因、および光球での磁場構造の変動とコロナでのダイナミックな現象の関係などの宇宙プラズマ物理学の基本的諸問題を解明する。

2. 事業概要

観測波長の異なる 3 つの望遠鏡を搭載し、可視光磁場望遠鏡による世界初の三次元磁場計測、高分解能 X 線望遠鏡によるコロナ構造の観測、コロナの運動を解き明かす極端紫外線撮像分光の観測を実施する。

衛星の開発は国際協力で実施。JAXA が衛星システム及び可視光望遠鏡の本体部分の製作を国立天文台の協力を得て行い、米航空宇宙局 NASA、英素粒子天体物理学研究評議会 PPARC (現・科学技術施設会議 STFC) が 3 望遠鏡の製作を分担した。衛星運用及び観測データ処理・解析では、国立天文台、情報通信研究機構他の関係機関の協力を得て国内大学研究者の統合科学チームを組織して行う他、開発参加した米英研究機関に加えて欧州宇宙機関(ESA)も地上局を提供して参加している。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	合計
予算	9	12	19	22	23	61	58	203

注) 単位: 億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。平成 19 年度以降は、共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
3つの搭載観測装置の同時観測で太陽物理学研究に大きなインパクトを与える観測・研究成果を得る。	太陽黒点の3次元的な磁場・速度場構造等を明らかにするなど、太陽物理学研究において大きな成果を得た。
以下の衛星性能、搭載観測装置性能を達成する。 ・衛星が所期の観測条件をフルに満足し、3年間の主ミッション期間中(日陰期間中を除く)、継続的な観測を実施すること ・観測装置に関して、3つの望遠鏡全てで所期の性能を達成すること —可視光・磁場望遠鏡が回折限界分解能を達成し、ベクトル磁場の鮮明な画像を生み出すこと —X線望遠鏡が視野中心で空間分解能1秒角を達成すること —極端紫外線(EUV)撮像分光装置が全波長域で空間分解能2秒角、波長分解能4000を達成する	平成 18 年 9 月の打上げ以降、搭載された3つの観測器は全て所定の機能・性能を達成しており、現在も観測運用を継続している。

こと	
3年間の主ミッション期間を超えて、太陽物理学研究にインパクトを与える観測を継続し、新たな研究成果を生み出しつづける。	平成 18 年 9 月の打上げ以降、現在まで観測運用を継続しており、太陽極域にパッチ状に分布する強磁場の存在を発見するなど新たな成果を生み出している。

5. 成果及び事業評価

<成果>

3つの望遠鏡は、得られた観測画像から、今までに実現されなかった優れた性能を持つことが実証され、太陽大気で起きる様々な物理現象を理解する上で重要な新しい科学的成果(アルヴェーン波検出、彩層や光球のダイナミクス、太陽風の流源特定、黒点や静穏領域での微細な磁場構造等)を挙げている。これらは、米国科学誌「サイエンス」、「日本天文学会欧文論文誌」、欧州天文専門誌「Astronomy & Astrophysics」にて特集号が組まれるなど大きな注目を浴びた。

<事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成 19 年度業務実績評価において「特に優れた実績を上げたものと考えられる」(S 評価)との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

総務省所管の独立行政法人情報通信研究機構の協力を得て、衛星運用及び観測データ処理・解析を行っている。

7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当：三菱電機

ミッション機器分担：三菱電機

地上システム担当：日本電気、富士通、他

小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX) 事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
事業開始年度：平成12年度

1. 事業目的

小型高機能科学衛星「れいめい」は、小型衛星による中精度3軸姿勢制御等の先進技術の投入、撮像と粒子の同時観測などのオーロラ観測により、先進技術を盛り込んだ小型衛星の開発・運用ノウハウの取得と、小規模・高頻度の科学ミッションの経験を積むことを目的とする。

2. 事業概要

工学ミッションと理学ミッションの2つに区分される。工学ミッションとしては、次世代衛星技術の軌道上実証、具体的には高速プロセッサによる制御、超小型GPS受信機、フレキシブル可変放射素子、反射型太陽集光パドル、リチウムイオン電池などの先進的な技術を盛り込んだ機器の軌道上実証を実施する。理学ミッションとしては、オーロラの微細構造の観測、オーロラの撮像と粒子の同時観測を実施する。また、インハウス技術の保持のためにJAXA宇宙科学研究所の職員が製作及び運用現場に直接手を触れる機会を作るなど、若手技術者・科学者の育成についても配慮している。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H12	H13	H14	H15	H16	H17	合計
予算	1.5	0.5	1.2	0.4	0.4	1.0	5.1

注) 単位：億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。平成18年度以降は、共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

計画・目標	達成状況
工学ミッション	平成17年8月24日、ドニエプル・ロケットによりカザフスタンのバイコヌール宇宙基地からピギーバック衛星として打ち上げられた。衛星搭載の先進的機器は、すべて正常に機能し、先進技術の軌道上での実証という工学的ミッションを達成することができた。
理学ミッション	オーロラカメラによる3チャンネル同時動画取得、電子/イオン分析器によるオーロラ観測を内容とする理学ミッションを成功させた。

5. 成果及び事業評価

〈成果〉

工学ミッションでは、誤差0.05度以下の精度という70kg級の小型衛星としては卓越した三軸制御能力を実証した。また、車載用GPS受信機を宇宙用にソフトウェア改修した宇宙用GPS受信機を実証し、ベンチャー企業より国内海外販売を開始するなどの成果を得た。

理学ミッションでは、オーロラ微細構造をオーロラカメラで高速撮像するとともに、オー

ロウ発光現象を引き起こす電子やイオンを高時間分解能で観測することにより、華々しく活動するオーロラ発光現象の成因に迫る知見を得た。

〈事業評価〉

平成21年度独立行政法人評価において、「平成21年度に実施すべき中期計画についても達成したものと考えられる。(A評価)」との評価を受けた。

6、関係省庁との協力体制

・特になし。

7、主な委託先とその分担

衛星バス：アドニクス、エーディー、三菱重工業等

工学ミッション機器：日本無線等

理学ミッション機器：浜松ホトニクス等

第 23 号科学衛星「すざく」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

事業開始年度: 平成 13 年度

1. 事業目的

X線天文衛星「すざく」は、様々なX線天体について、従来の衛星に比べ広いエネルギー領域とより高いエネルギー分解能かつ高感度で観測することで、宇宙の構造と進化の解明(宇宙最大の規模を持つ銀河団が衝突・合体した時のガス運動の挙動、ブラックホール直近領域の探査等)に挑む。

2. 事業概要

宇宙からやって来る X 線は、地球大気により吸収・散乱されるので、大気圏外での観測が必要である。「すざく」は平成 17 年 7 月に打ち上げられた日本で 5 番目の X 線天文衛星で、4 種類の観測装置を組み合わせ、従来よりも高精度の測定を行う。

観測装置の開発は日米国際協力を実施。望遠鏡(XRT)は、米航空宇宙局(NASA)・名古屋大・首都大学東京・JAXA、微少熱量計(XRS)は JAXA・NASA・首都大学東京、CCD カメラ(XIS)は京都大学・大阪大学・JAXA・マサチューセッツ工科大学(MIT)・立教大学・愛媛大学、硬 X 線検出器(HXD)は東京大学・JAXA・広島大学・埼玉大学・金沢大学、青山学院大学がそれぞれ開発。運用とデータ処理などを含めると、全国 21 の大学・研究機関と米研究機関の研究者が総力を結集して実施している。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H13	H14	H15	H16	合計
予算	26	27	57	50	160

注)単位:億円。平成 17 年度以降は、共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか?その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
・3種類の観測装置を用いた観測により、X線天文学研究に大きなインパクトのある研究成果を得る。 ・以下の観測を2年間以上行う。 - ーXRT-IとXISを組み合わせたシステムにより、X線撮像を行い、同時にX線エネルギー分解能の半値幅として、6 keVのX線に対して約150 eV以下を達成すること。 - ーXRT-SとXRSを組み合わせたシステムによるX線観測を行い、X線エネルギー分解能の半値幅として、6 keVのX線に対して約10 eV以下を達成すること。 - ー硬X線検出器(HXD)により硬X線観測を行い、15-50 keV、50-200 keVのエネルギーバンドで、それぞれ“かに星雲”からのX線の約1/1000、約1/50の強度のX線を検出する感度を達成すること。	打上げから約 1 か月後に XRS は不具合により観測機能を喪失したが、その他の機器は所定の機能・性能を達成し、現在も観測運用を継続している。 40keV までの高エネルギー X 線を含む広帯域 X 線スペクトル観測等をもとに、銀河宇宙線の起源が超新星残骸であることを確実にする(英国科学誌「ネイチャー」掲載)など、X 線天文学研究にて大きな成果を得た。

上記を満たす最低2年の観測運用を行った後、さらに長期の観測運用を継続し、新しい天体や、新しい現象の発見を行う。	現在も世界に開かれた X 線軌道天文台として観測運用を継続しており、銀河団外縁部に至る X 線スペクトルを世界で初めて測定する(米国科学誌「サイエンス」掲載)等、新たな成果を継続して生み出している。
---	---

5. 成果及び事業評価

<成果>

広いエネルギー帯域での世界最高レベルの感度とエネルギー分解能などの優れた観測能力を実証し、順調に宇宙の構造形成等に係る科学的成果をあげている。平成 19 年には、米国 Thomson Scientific 社調査によりすざく衛星論文が世界の Space Science 分野で最も引用された論文に認定された。これらは、X 線天文研究に与えたすざく衛星のインパクトの大きさを示している。

<事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成 19 年度業務実績評価において「特に優れた実績をあげたものと考えられる」(S 評価)との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当: 日本電気

ミッション機器担当: 日本電気、三菱重工業、日本飛行機、明星電気、住友重機械工業

地上システム担当: 日本電気、富士通、他

第 24 号科学衛星「あかつき」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

事業開始年度: 平成 14 年度

1. 事業目的

金星探査機「あかつき」は、惑星を取り巻く大気の運動のしくみを本格的に調べる世界初のミッションとして、金星の雲の下に隠された気象現象を、新開発の赤外線観測装置等を用いて周回軌道から精密観測する。これにより、従来の気象学では説明できない金星の大気力学(惑星規模の高速風など)のメカニズムを解明し、惑星における気象現象の包括的な理解を得る。

2. 事業概要

観測装置として 5 台のカメラを搭載し、波長によって光が発せられる金星大気高度や放射メカニズムが異なることを利用して、金星大気を立体的に可視化する。これらのデータを組み合わせて大気超回転(スーパーローテーション)加速の仕組みの解明に挑む。

衛星の開発は JAXA が中心となり、観測装置開発は東京大学、北海道大学、東北大学、他の大学・研究機関の協力で実施した。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	合計
予算	1	1	5	6	19	20	42	61	97	252

注) 単位: 億円。平成 23 年度以降は、共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
雲が東西方向に1周する1週間にわたって、金星周回軌道上からいずれかのカメラによって画像を連続的(数時間毎)に取得し、全球的な雲の構造を捉える。	平成22年12月に金星周回軌道投入に失敗し、現在は太陽周回軌道を飛行中。現在は失敗原因究明並びに対策に必要な技術的事項について調査するとともに、金星周回軌道への再投入に向けた検討を実施している。よって、現時点で左記の目標は達成していない。
雲領域の大気構造が変動する時間スケールである2年間にわたり以下の全ての観測を行う。 ・1 μ mカメラ、2 μ mカメラ、紫外イメージャ、中間赤外カメラによって金星の画像を連続的(数時間毎)に取得し、三次元的な大気運動を明らかにする。 ・金星で雷放電存在の有無把握のために雷・大気光カメラを用いた観測を行う。 ・電波科学により金星大気の温度構造を観測する。	
以下のいずれかを達成する。 ・太陽活動度の変化に伴う大気構造の変化を捉えるため、4地球年を超えて金星周回観測を行う。 ・1 μ mカメラにより金星の地表面物性あるいは火山活動に関するデータを得る。 ・2 μ mカメラにより地球軌道より内側での黄道光の分布を観測する。	金星周回軌道投入前の太陽周回軌道上で、黄道光の分布を観測した。

5. 成果及び事業評価

＜成果＞

平成 22 年 5 月に打上げを行い、同年 12 月に金星周回軌道への投入運用を実施したが、投入成功には至っていない。投入直後に金星から約 60 万 km の距離において世界で初めて 3 つの波長（近赤外、中間赤外、紫外線領域）での金星大気同時撮像を実施し、データを取得するとともに、観測機器の健全性を確認した。

＜事業評価＞

独立行政法人の業務実績評価では、平成 21 年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」(A 評価)との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス担当: 日本電気(システム)、三菱重工業(推進系)、他
地上システム担当: 日本電気、富士通、他

第 25 号科学衛星「ASTRO-G」事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 宇宙航空研究開発機構（JAXA）

事業開始年度：平成 19 年度

1. 事業目的

電波天文衛星「ASTRO-G」は、地上の電波望遠鏡群と協力して、口径約 35,000km 相当の電波干渉計を構成（スペース VLBI）することで達成し得る人類史上最高の空間分解能によって電波天文観測を行う。これにより、これまで見る事ができていなかったブラックホールに肉迫した領域やジェットを超根元を直接撮像観測し、ブラックホール極近傍の構造やジェット発生メカニズムの解明等を目指す。

2. 事業概要

ASTRO-G プロジェクトは JAXA と国立天文台（NAOJ）の共同プロジェクトであり、電波天文観測衛星「はるか」（平成 9 年～平成 17 年）によって培われた、世界において我が国だけが実現しているスペース VLBI 技術を継承・発展させるものである。電波領域における最高の空間分解能を実現し、得られた観測データを利用した天文学研究を行うとともに国内外の天文学者へデータ提供を行う。

スペース VLBI 観測の実現には国内外機関の参加・協力が不可欠であり、全国の大学・研究機関をはじめ、米国・欧州・豪州・韓国・中国・南アフリカ・ロシア等の海外研究機関・天文台の参加を得て実施する。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H19	H20	H21	H22	合計
予算	6	6	8	0	20

注）単位：億円。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目標	達成状況
平成 24 年度に衛星を打ち上げる。目標寿命 3 年。	・平成 17 年度 基礎研究開始 ・平成 19 年度 開発研究フェーズ移行 ・平成 20 年度 開発フェーズ移行 (現在プロジェクト中断中)

5. 成果及び事業評価

開発フェーズにおいて、大型展開アンテナ（高精度 9m 展開アンテナ）に関する克服すべき技術課題等が顕在化し、技術課題検討及び開発計画の再評価をふまえた ASTRO-G 計画に対する最終判断に向けて作業を進めている。

6. 関係省庁との協力体制

特になし

7. 主な委託先とその分担

衛星システム：日本電気、三菱重工業 他

ミッション機器：日本電気、住友重機械工業、住友電工、三菱特機 他

BepiColombo 総合プロジェクト事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

事業開始年度: 平成 15 年度

1. 事業目的

国際共同水星探査計画「BepiColombo」は、欧州宇宙機関(ESA)との国際協力により、謎に満ちた水星の内部・表層・大気・磁気圏にわたる総合的観測を行って、「惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性」と「地球型惑星の起源と進化」を解明することで、水星の現在と過去を明らかにするミッションである。

2. 事業概要

全体構成は、2つの探査機「水星磁気圏探査機(MMO)」と「水星表面探査機(MPO)」からなる。日本は、得意分野である磁場・磁気圏の観測を主目標とする MMO 探査機の開発と水星周回軌道における運用を担当し、ESA が、打ち上げから惑星間空間の巡航、水星周回軌道への投入、MPO の開発と運用を担当する。両探査機は一体で 1 機のロケットで打ち上げられ、水星到着後に分離し、互いに協力して約 1 年間の観測活動を行う。

搭載観測機器は国際公募により日欧より世界トップクラスの性能を持つ物が 5 つ選ばれている。この内の 4 つは日本人が主任研究者(東北大学 1 名、東京大学 1 名、JAXA 2 名)を務め、他の 1 つは欧州(オーストリア)が務めているが、開発は国内外の研究者の協力の下に開発が行われている。国内では 20 を超える大学・研究機関に所属する研究者が BepiColombo 計画に参加しており、日欧合わせて 200 名近い研究者が開発段階から参画している。MMO 衛星の運用は平成 32 年の水星周回軌道投入後、ESA 側モジュールから切り離された後から単独運用が開始される。運用の形態は従来の科学衛星と同様に搭載観測機器の関係者が主体となって相模原から行われる予定である。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
予算	1	2	7	7	7	20	20	18	30	36	3	2	153

注)単位:億円。打上げは ESA が担当であるため、打上げ経費は含まない。平成 27 年度以降は共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

計画・目標	達成状況
平成 26 年度に衛星を打ち上げる。水星到着後、ミッション期間 1 年、設計目標期間 2 年の観測運用を行う。	平成 15 年度に基礎開発研究を開始、平成 16 年度は、観測装置の国際公募による決定と関連した必要なシステム検討を実施。 平成 17-20 年度には衛星システム検討、サブシステム設計・試作、観測装置の設計・試作、熱構造モデル・EM モデルの製作・試験を実施。 平成 21 年度に EM モデル試験を完了し衛星のフライトモデルの製作に着手した。 現在は、平成 24 年度末～25 年度始めの ESA への MMO 衛星引渡しを目指し、フライトモデルの製作を順調に実施中。

5. 成果及び事業評価

＜成果＞

MMO の熱試験モデルを用いた熱真空試験を実施するなど順調に設計作業が進んでおり、詳細設計審査が完了した機器から順次フライトモデル製作に着手している。また、水星探査に必要な高温高太陽光環境への耐性設計作業を通じて、精度の高い探査機の熱数学モデルを作ることが可能となり、これは今後の科学・実用衛星の熱設計等にも貢献することが期待できる。

＜事業評価＞

総合科学技術会議(CSTP)による平成 23 年度概算要求における優先度判定で、「極めて高い意義がある」「積極的に実施すべき」との判定を受けた。

独立行政法人の業務実績評価では、平成 21 年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」(A 評価)との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当: 日本電気(システム)、三菱重工業、日本飛行機、他

ミッション機器担当: 三菱重工業、明星電気、住友重工業、日本飛行機、他

地上システム担当: 日本電気、富士通、他

小型科学衛星シリーズ事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
事業開始年度: 平成 20 年度

1. 事業目的

小型科学衛星シリーズは、(1) 従来の中型科学衛星の補完的な位置づけとして、特徴ある宇宙科学ミッションを迅速かつ高い頻度で実現する、(2) 宇宙科学コミュニティが提案するミッションの多様性を吸収しつつ、低コスト・短期での小型衛星開発を実現する、(3) イプシロンロケットと対になる形で、タイムリーな宇宙科学観測・実験の機会を整備する、ことを目的としている。

2. 事業概要

高頻度・低コストの実現とともに宇宙科学コミュニティからの多様なミッション要求を包含するために、単一仕様の標準バスではなく、衛星仕様のカタログ化を進めたセミオーダーメイド型バスを開発する。

小型科学衛星のミッション選定にあたっては、宇宙科学コミュニティから宇宙理学委員会または宇宙工学委員会にミッション提案が行われた後、JAXA 内外の委員から構成される「小型科学衛星専門委員会」での評価・選定作業を経て、JAXA にて最終的な選定を行う。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H20	H21	H22	H23	H24	H25	合計
予算	0.3	2	4	5	34	3	48

注) 単位: 億円。

注) 小型科学衛星 1 号機のみ記載(打上げ経費は含まない)。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

計画・目標	達成状況
約 5 年間に 3 機程度の小型科学衛星を打ち上げる。	極端紫外光(EUV)による金星、火星、木星の観測を行う小型科学衛星 1 号機を平成 25 年度の打上げに向けて開発中。また、後続号機のミッション候補選定を目指し約 10 テーマが活動中。
シリーズ化衛星を低コストで短期間に打ち上げることのできるセミオーダーメイド型バスの技術を習得する。	開発中の小型科学衛星 1 号機は、詳細設計審査が完了した部分から順次フライトモデルの製作を開始している。

5. 成果及び事業評価

<成果指標>

標準小型衛星バスをシリーズ化することで、後続号機は衛星バスの設計・試作試験を省略して低コスト・短期開発を実現するとともに、同一設計の利用による開発リスク低減により高信頼性・汎用性を高める。将来的な世界的標準バスへの展開も期待される。

<事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成 21 年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」(A 評価)との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

標準バス: 日本電気

1号機ミッション部: 住友重機械工業

第 26 号科学衛星「ASTRO-H」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
事業開始年度: 平成 21 年度

1. 事業目的

X 線天文衛星「ASTRO-H」は、X 線超精密分光と硬 X 線撮像分光とによる広帯域・高感度観測を実現するミッションで、現代宇宙物理の基本的な課題である宇宙の構造と進化にかかる数々の謎の解明に挑む。特に、巨大ブラックホールの進化と銀河形成に果たす役割、ブラックホール極近傍での相対論的時空の構造、重力や衝突・爆発のエネルギーが宇宙線を生み出す過程、ダークマターと暗黒エネルギーが宇宙の構造形成に果たした役割の解明を行う。

2. 事業概要

我が国が世界をリードしてきた X 線天文学の分野における国際的ミッション。世界に公開される観測装置として、機能面で諸外国が計画する小規模衛星計画を大きく上回り、平成 32 年以降の国際大型計画に向けた重要な先駆的研究として世界をリードする内容をもつ。

衛星の開発は日本が国際協力チームをリードして行っている。日本側は全体取りまとめ、衛星システム・バス機器と、硬 X 線望遠鏡(HXT)、硬 X 線撮像検出器(HXI)、軟 X 線撮像検出器(SXI)、軟ガンマ線検出器(SGD)の開発を担当する。米航空宇宙局(NASA)側は、超高分解能軟 X 線分光システム(SXS)と軟 X 線望遠鏡(SXT)の開発を日本と共同で行うとともに、地上データ処理の一部を担当する。開発を支える体制は、約 20 の大学等研究機関から 200 名を超える研究者が衛星開発・運用・データ解析に参加。米国および欧州の 12 の研究機関の研究者により、サイエンスワーキンググループ、テクニカルレビューチームを組織。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H21	H22	H23	H24	H25	合計
予算	0.3	1	30	166	86	284

注)単位:億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。平成 26 年度以降は共通経費で運用を実施。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか?その計画や目標の達成度は?

開発・運用方針	達成状況
平成 25 年度に衛星を打ち上げる。ミッション期間 3 年以上。	・平成 17~19 年度 基礎開発研究を実施 ・平成 20 年度は衛星バス及び観測機器の研究を学術研究で実施、同年 9 月にプロジェクト移行。 ・平成 21 年度から衛星の設計・検討に着手 ・平成 21-24 年度 衛星試作 ・平成 23-25 年度 衛星製作 ・平成 24-25 年度 総合試験 ・平成 25 年度 打上げ 平成 25 年度の打上げに向け、詳細設計フェーズの作業を進めている。NASA との共同開発については、双方の作業スケジュールの整合に留意しつつ進めている。

5. 成果及び事業評価

＜成果＞

JAXA/NASA とともに詳細設計に移行し、順調に開発を進めている。また、カナダや ESA からの協力も成立し、硬 X 線望遠鏡アライメントモニターや搭載装置素材等のハードウェアに対する貢献を得ることになるなど、我が国主導のもとで国際協力・連携が進展している。

＜事業評価＞

日本学術会議のマスタープランにもとづいた科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会「学術研究の大型プロジェクトの推進について（審議のまとめ）－学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想「ロードマップ」の策定－」（平成 22 年 10 月 27 日）で aa の評価を受けた。

総合科学技術会議の平成 23 年度概算要求における科学技術関係施策の優先度判定で「優先して実施すべき」との判定を受けた。

独立行政法人の業務実績評価では、平成 21 年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」（A 評価）との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当：日本電気

冷却システム：住友重機

光学ベンチ：日本飛行機

ミッション機器担当：三菱重工業

（大学共同利用システムのプロジェクトとして各大学が開発に参加）

地上システム担当：日本電気、富士通、他

日本実験棟「きぼう」(JEM) および宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)の開発・運用・利用事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
事業開始年度：昭和 62 年度

1. 事業目的（何のための事業か？）

有人宇宙技術の蓄積、長時間の微小重力、高真空といった特殊な宇宙環境を利用した科学実験及び地球や宇宙の常時観測等による新たな科学的知見の獲得や実験成果の国民生活・社会課題解決への貢献、宇宙関連産業振興、青少年の教育・啓発、国際協力等の多様な成果を得ることを目的として、宇宙活動の基盤的施設となる国際宇宙ステーション（ISS）計画へ参加している。我が国は、「きぼう」の開発・運用、「こうのとり」による物資補給等を、安全かつ低コストの運用体制の確立を目指し、実施している。

また、ISS が人類共有の財産であり、我が国においても広い層の国民が間接的にその活動に参加できるという意識を持てるように努め、「きぼう」を始めとする諸要素が企業、研究者、文化人等に幅広く利用されるよう、利用体制等の環境整備を強化する。

2. 事業概要（誰・何を対象に、どのような方法で、誰がやっているのか？）

国際宇宙基地協力協定に基づき、国の責務を遂行するため、「きぼう」の運用・利用、「こうのとり」による物資補給を確実に実施している。

ISS 計画における日本の提供要素であり、我が国初の有人宇宙施設でもある「きぼう」については、平成 20 年 3 月より 3 回に分けてスペースシャトルにて打ち上げられ、平成 21 年 7 月に完成し、本格的な利用段階に入ったところである。また、「こうのとり」については、平成 21 年 9 月に 1 号機（技術実証機）、平成 23 年 1 月には 2 号機が H-IIB ロケットにより打ち上げられ、ISS への物資補給ミッションに成功し、継続的な物資補給が開始された。また、日本人宇宙飛行士については、若田宇宙飛行士及び野口宇宙飛行士が、それぞれ約 4 ヶ月半（平成 21 年 3 月から）及び約 5 ヶ月半（平成 21 年 12 月から）の長期滞在を実施しており、日本人宇宙飛行士が継続的に宇宙滞在を実施している。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	S. 62～H. 18	H. 19	H. 20	H. 21	H. 22	H. 23	H. 24 以降	合計
予算	5,526	368	384	402	456※	348	調整中	7,484 億円

※平成 22 年度補正予算（平成 23 年度予算の前倒し分）を含む。

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目標	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	(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。 ・ 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-AP) (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実施した。 ・ 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	(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。 (b) 科学的知見の獲得（流体科学、材料科学、生命科学） (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。
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) 「きぼう」、「こうのとり」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。

④ 国際社会への貢献	(a) 「きぼう」の完成、「こうのとり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。 (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。
------------	--

5. 成果及び事業評価（成果指標、その評価体制と実際の評価、評価の結果見直しをしたことがあればその内容）

<成果>

- 「きぼう」は、約四半世紀をかけた開発を経て、スペースシャトルにより平成 20 年 3 月から平成 21 年 7 月まで 3 回に分けて打上げられて完成した。基本性能（気密性、静音性等）や不具合発生件数の低さ（米欧実験棟の約 6 割程度）等、他のモジュールと比較しても高い性能を発揮している。
- 「きぼう」での実験利用は平成 20 年 8 月から開始され、重力に隠された物理・化学現象の仕組み解明に資する研究、生命の環境適応能力と進化の解明に資する研究、全天 X 線天体観測等の宇宙科学・地球科学研究、筋ジストロフィー治療薬等の開発に資する高品質タンパク質結晶生成による創薬研究、骨量減少・尿路結石予防の研究、高齢化社会に対応する予防医学研究などで成果が出始めている。
- ISS の共通システム運用経費の分担責任を果たすための物資補給を行う「こうのとりの成功により、我が国の ISS への貢献を確実なものとするとともに、国際的なプレゼンスを高め、また将来の有人活動に必要な技術の蓄積を果たした。その結果として、日本で開発する搭載実験装置に係る安全審査権限が NASA から完全委譲され、また、「こうのとりの一部技術が、米国の民間 ISS 輸送機に採用されることが決定した。
- 日本人宇宙飛行士については、これまでに若田飛行士及び野口飛行士が ISS 長期滞在を行い、NASA 等の国際パートナーから高い評価を得ている。また、若田飛行士は、これまでの訓練及び飛行の実績から、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任命された。
- 「きぼう」日本実験棟が、財団法人 日本産業デザイン振興会より、平成 22 年度グッドデザイン賞ベスト 15（グッドデザイン金賞）を受賞した。また、「きぼう」ロボットアームが、経済産業省／社団法人 日本機械工業連合会より、第 4 回ロボット大賞日本科学未来館館長賞を受賞した。
- 「こうのとりの技術が認められ、第 39 回日本産業技術大賞文部科学大臣賞、第 20 回日本航空宇宙学会技術賞、平成 23 年度科学技術分野文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞した。

<事業評価>

平成 21 年度独立行政法人評価において、上記の成果が中期目標等で掲げた計画を超えた優れた実績であることが認められ、「S」評価を得た。

また、総合科学技術会議（CSTP）による平成 23 年度概算要求における優先度判定で、「積極的に推進することが必要である」との判定を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

「きぼう」開発・製作：三菱重工業（株）、（株）IHI エアロスペース、日本電気（株）、三菱電機（株）、川崎重工業（株）、日立製作所（株）、

「きぼう」運用：有人宇宙システム（株）

「こうのとりの開発・製作：三菱重工業（株）、三菱電機（株）、（株）IHI エアロスペース

宇宙太陽光発電システム事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）
事業開始年度：平成13年度

1. 事業目的

将来のエネルギー供給源の選択肢となる可能性を有する宇宙太陽光発電（SSPS）について、特に宇宙で実現しなければならない先端的な技術に関する研究開発を行うことを目的としている。

2. 事業概要

(1) 平成13～19年度

- ・SSPSシステム総合研究を主体として進めた。
- ・システムコンセプト検討を通じてクリティカル技術（課題）を抽出し、研究開発のロードマップを策定するとともに要素技術検討／試作試験を実施した。
- ・技術開発のみならず、環境・安全性の問題，社会的受容性の検討，経済性検討を実施し、社会的・経済的な成立性についても評価を実施した。

(2) 平成20～23年度

- ・宇宙基本計画との整合を図りつつ研究を進めている。
- ・平成19年度までのSSPSシステム総合研究で識別された主要課題に対応した研究項目を抽出し、中枢的な要素技術の研究，技術的な地上実証実験に研究の重点を移して進めている。
- ・「きぼう」や小型衛星を活用した軌道上実証ミッションの検討を行う。
- ・中枢的な要素技術として、マイクロ波方式エネルギー伝送技術，レーザー方式エネルギー伝送技術，大型構造物組立技術等のシステム技術に分けて研究活動を実施する。
- ・マイクロ波エネルギー伝送技術については財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構（USEF）と連携してkW級地上電力伝送実験を行う計画を立て、JAXAはビーム方向制御装置を担当して研究開発を進める。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H13	H14	H15	H16	H17
予算(億円)	1	1	2	2	2

年度	H18	H19	H20	H21	H22	H23	合計
予算(億円)	2	3	3	3	4	2	22

注）平成24年度以降の事業費は未定

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

宇宙基本計画に基づき、10年程度を目途に宇宙太陽光発電システムの実用化に向けた見通しをつけることを目標として、関係機関が連携し、総合的な観点からのシステム検討、エネルギー伝送技術について地上技術実証を進めている。

5. 成果及び事業評価

JAXA における研究の主な成果は次のとおりである。また、成果に対する評価は、JAXA（旧 NASDA）が独自に構築している ALL-JAPAN の専門家からなる各技術専門委員会にて行っているほか、JAXA が誕生した平成 15 年度以降は独法評価委員会にて「宇宙航空基盤技術の強化」の一つの先端研究という位置付けでも行っており、計画通りに進んでいるとの評価を受けている。

- ・ マイクロ波方式 SSPS では、高効率な各種の発振・増幅器が必要不可欠である。そのため、平成 16～19 年度に 5.8GHz 帯の F 級増幅器の設計手法等を検討し、試作を行い、5.8GHz で出力 2.4W、ドレイン効率 76%、付加電力効率 68%という高い効率を達成した。これらの値は 5.8GHz 帯の増幅器としては世界最高レベルの効率である。
- ・ 平成 18～19 年度に 200W 出力のレーザー長距離エネルギー伝送実験（本実験におけるレーザー出力及び伝送距離は世界最高水準）を実施し、基本技術を確認した。
- ・ 上記 2 つの成果等を踏まえ、平成 19 年度に原子力発電所 1 基分に相当するマイクロ波方式太陽光発電システム、レーザー方式太陽光発電システムのリファレンスモデルを構築した。また、目標発電コスト達成に向けた各コンポーネントの技術課題、性能、コスト目標を定めた。
- ・ 上記で定めた技術課題の 1 つである大型構造物組立技術について、平成 22 年度にトラス構造物が展開しつつ隣接するトラス構造物と結合する技術の試作試験を実施し、良好な結果を得た。なお、本結合技術は特許を出願した技術である。

6、関係省庁との協力体制

- ・ マイクロ波エネルギー伝送技術：USEF との研究連携、京都大学等との研究協力
- ・ レーザーエネルギー伝送技術：福井大学、大阪大学、光産業創生大学院大学等との研究協力
- ・ 大型構造物組立技術等のシステム技術：名古屋大学、九州工業大学等との研究協力

7、主な委託先とその分担

- ・ マイクロ波エネルギー伝送技術：三菱電機
- ・ レーザーエネルギー伝送技術：明昌機工、ワールドラボ、NT スペース
- ・ 大型構造物組立技術等のシステム共通技術：川崎重工、三菱重工、三菱総研

小型実証衛星プログラム事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）
事業開始年度：平成 19 年度

1. 事業目的

利用衛星や科学衛星の信頼性向上、性能向上を目指し、小型衛星を利用した宇宙機器・部品・材料の軌道上技術実証を行う。

2. 事業概要

50～100kg 級の小型衛星を活用し、新規開発の機器・部品・材料等の放射線、熱などの総合的な宇宙環境における軌道上実証を実施している。

平成 21 年度に小型実証衛星 1 型（SDS-1）を「いぶき」の相乗り副衛星として打ち上げた。平成 23 年度に水循環変動観測衛星（GCOM-W）の相乗り副衛星として小型実証衛星（SDS-4）を打ち上げる予定。

小型実証衛星の開発（システム設計解析、インテグレーション、各種試験）は JAXA の研究者を中心に実施し、JAXA 若手技術者育成にも寄与する。

3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H19	H20	H21	H22	H23	合計
予算(億円)	6	5	0.6	0.4	3	15

注）平成 23 年度以降の事業費は未定

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

○小型実証衛星 1 型（SDS-1）の目標と達成度

目標	達成状況
マルチモード統合トランスポンダの軌道上実証	4 種類の通信機能を持ち高速データ伝送が可能な小型・軽量・低消費電力のトランスポンダの機能性能を地上ネットワーク～データ中継衛星（こだま）～小型実証衛星間を結んだ総合システムにおいて実証した。
先端マイクロプロセッサ軌道上実験装置の軌道上実証	以下の部品を搭載した高性能計算機ボードの軌道上複合環境下で機能・性能を実証した。 ・ 320MIPS 級 64 ビットマイクロプロセッサ（MPU） ・ 36Mbit SRAM ・ DC/DC コンバータ
スペースワイヤ実証モジュールの軌道上実証	スペースワイヤ規格を発展させた次世代ネットワーク型データ処理技術および、データ処理技術を活用した超高感度加速度計による重力波計測装置の動作を実証した。

○小型実証衛星（SDS-4）の目標と達成度

平成 23 年度に水循環変動観測衛星（GCOM-W）の相乗り副衛星として打ち上げ、以下の軌道上実証を実施する予定。

- ・ 海洋監視手法の研究とした「衛星搭載船舶自動識別実験」
- ・ 将来宇宙機の表面汚染のモニタや、宇宙材料の劣化確認への応用が期待できる「水

晶発振式微小天秤」

- ・ 微少重力下での性能評価により将来の宇宙機熱設計の改善につながる「平板型ヒートパイプ」
- ・ フランス国立宇宙研究センター（CNES）の開発した「熱制御材料劣化状況取得装置」を搭載し、日仏での材料表面特性の軌道上曝露劣化データ取得実験

5. 成果及び事業評価

小型実証衛星 1 型（SDS-1）の軌道上実証により今後の利用衛星や科学衛星の信頼性向上、性能向上に向けた成果を得た。

- （1）マルチモード統合トランスポンダの軌道上実証により、今後の地球観測衛星（GCOM-C1、ALOS-2 など）への適用の目処を得た。
- （2）先端マイクロプロセッサ軌道上実験装置の軌道上実証により、今後の地球観測衛星のマイクロ波放射計（GCOM-W の AMSR2）の 64 ビットのマイクロプロセッシングユニットへの適用の目処を得た。
- （3）スペースワイヤ実証モジュールの軌道上実証により、今後の水星磁気圏探査機（BepiColombo）やX線天体衛星（ASTRO-H）、小型科学衛星のバスへの適用の目処を得た。

「文部科学省独立行政法人評価委員会による JAXA の平成 21 年度に係る業務の実績に関する評価」において「小型実証衛星 1 型（SDS-1）について順調に進められており、平成 21 年度に実施すべき中期計画についても達成した」として、「A 評価」を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

- ・ システム設計解析支援：エイ・イー・エス
- ・ システム組立／試験、運用作業支援：エイ・イー・エス、コスモソニックツーワン
- ・ コンポーネント製造：明星電気、三菱重工業、シキノハイテック、エイ・イー・エス、ディ エス テクノロジー、三協製作所、テクノソルバ、オービタルエンジニアリング。