



宇宙産業の課題への取組みについて

2014年3月14日

宇宙航空研究開発機構

1. 衛星産業の国際競争力強化(提案)
2. 宇宙利用拡大に向けた取組み(現状)
 - ◆SSPS研究について
 - ◆「きぼう」利用について
 - ◆新事業促進センターについて

1. 衛星産業の国際競争力強化 (提案)

衛星技術の発展・先導



新生JAXAが目指すもの

<2003年10月>
JAXA発足

<2013年10月>
JAXA10周年

新生JAXAが
目指すもの

<Phase>
技術の実証

<Phase>
技術による課題解決

失敗・
教訓

技術基盤
の獲得

“強み”の伸長

技術の
発展・先導

社会への
価値提供

JAXAシンポジウム2013
奥村理事長プレゼン資料
(2013年10月)より

提案(1) 国家基幹技術としての衛星技術



衛星技術を、国家基幹技術と位置付ける。

- 国家の基幹技術は、国家の総合的な安全保障にも資する重要な技術
- 国家的な目標と長期戦略を明確にして取り組むもの

- **衛星技術を国家基幹技術と位置付け、
宇宙利用の自立性の確保
国際競争力の確保
社会への価値提供**

の視点で目標仕様を定め、新たな衛星システム技術を獲得する。

- **併せて、同衛星を新型基幹ロケットで打ち上げるパッケージの商業受注を獲得する戦略を設定する。**

提案(2) 衛星技術獲得の在り方



政府による需要

社会インフラ(安全保障等)

<静止>

【観測】 気象、監視

【測位】 準天頂

【通信】 Xバンド、データ中継 等

<周回>

【観測】 情報収集、監視

最大限
共有化

科学技術・学術・国際協力

<静止>

【観測】 環境観測

<周回>

【観測】 環境観測、陸海域観測

【有人】 ISS/HTV

<周回及び地球圏以遠>

【科学・探査】 惑星探査・天文

第6回 宇宙産業部会 経済産業省資料(2014年2月) p.9に、下線赤字部を加筆

- 政府による需要を見据えつつ、国際競争に勝てる目標仕様を設定
- 社会インフラと科学技術・学術・国際協力で使用する技術を最大限共有化
- 国際競争力確保に有効ではあるが民間企業が技術リスクを負い難い先導的技術を、科学技術・学術・国際協力ミッションで先行して宇宙使用（技術の実証、獲得）
- 社会インフラと科学技術・学術・国際協力という多様な両ミッションを通じて、実運用実績を蓄積、また、国際社会に成果を顕示
- 国家基幹技術として設定し推進することにより、民間企業の自己投資・人材確保を促進

提案(3) 「社会への価値提供」の視点



- 宇宙開発利用の成果がより一層社会に価値を生み出せるよう、社会のニーズを踏まえた研究開発と利用拡大への取り組みを実施。
- 民間・利用省庁・自治体などの幅広いステークホルダと連携した利用研究・利用実証、及び、衛星データの利用技術の研究開発を、JAXAの強みを活かして実施。

上記提案を進めるにあたっては、民間・関係機関等と意思疎通を図り、社会的ニーズの反映や民間の事業計画と協調する。

提案(3)については、宇宙産業部会 第3回(平成25年5月)及び第5回(平成25年10月)においてご説明済みであるので、今回資料では各論には言及しない。

衛星技術の現状と課題<静止衛星>



これまで、基幹ロケットの新規開発に合わせ、新しい打上げ能力に見合った静止衛星バスを開発してきた。

- 例) H-Iロケット : ETS-V(きく5号、1987) 550kg級静止3軸衛星バス技術の確立
- H-IIロケット : ETS-VI(きく6号、1994) 2トン級静止衛星バス技術の確立
- H-IIAロケット204型 : ETS-VIII(きく8号、2006) 3トン級静止衛星バス技術の確立

ETS-VIIIで軌道上実証された技術成果が国産商用衛星としてシリーズ化され、10機以上の政府衛星をはじめ商用衛星や海外衛星として活用。

ベースとなったETS-VIIIの設計、技術は既に10年以上を経ており、海外の最新衛星と比較し、特にコストパフォーマンスの点で対抗することが困難な状況になりつつある。

供給可能電力 : 海外では20kW級の衛星に対して、国産衛星では12kW級

質量 : 海外では同じ衛星質量でもより多くのミッション機器を搭載可能

新たな衛星技術を獲得・展開するために、軌道上実証が必須だが、その機会がない。



きく5号とH-Iロケット



きく6号とH-IIロケット



きく8号とH-IIAロケット(204型)

周回衛星

周回衛星においても静止衛星と同様、基幹ロケットの打上げ能力に見合ったバスを開発し、活用してきた。

GOSAT ALOS-2並びにGCOM-W1 GCOM-C1では、衛星機能を支える基本的な部分(衛星バス部)の共通化は行われたが、ミッション達成を最重要視したため、実績ある機器を採用し、先端的な技術の導入・実証が遅れた。

海外では、多様な周回衛星のミッションに対応でき、様々な打上げ手段に適合可能なコンパクトなシリーズ衛星が主流になりつつある。

静止衛星・周回衛星の共通課題

一般的に開発期間が長く、ミッションの実現が遅れる。

(1) ミッションの最大化

静止通信衛星

通信データ量の最大化(通信帯域当たりのコスト最小化)

→衛星の大電力化、軽量化(化学燃料推進から電気推進へ)

周回衛星(リモートセンシング衛星等)

衛星の小型化(打上げコストの削減)、高機能化

→衛星バス部の高機能化、小型・軽量化

(2) ニーズへの迅速な対応

開発期間の短縮

→衛星機能配分の最適化、汎用計算機の採用、ソフトウェアの
再利用性向上

衛星技術開発の目標



ユーザ(ペイロード)にとって魅力的な衛星バスを開発・供給

(1) 長寿命化

静止衛星バス

現在の10年以上から、
15年以上へ

周回衛星バス

現在の5年以上から、
10年以上へ

要素技術

- 1) バッテリー寿命 充放電サイクル評価
- 2) 太陽電池パネル寿命 耐放射線向上、熱サイクル耐性向上

- 3) 耐放射線性向上 電子部品
- 4) 機構部品寿命 パドル駆動機構(PDM)

システム技術(設計の刷新)

- 1) サバイバビリティ向上 機能冗長の強化
- 2) 故障率を下げる温度環境 衛星機器内温度の低温化で部品故障率低減

(2) ミッション機器搭載自由度向上

衛星全体質量に対するミッション機器質量比の増大

ターゲット

周回衛星で、大型の高性能センサの搭載をにらみ、衛星全体2.5トン以下で50%以上のミッション機器比率

衛星全体質量に対する大電力化

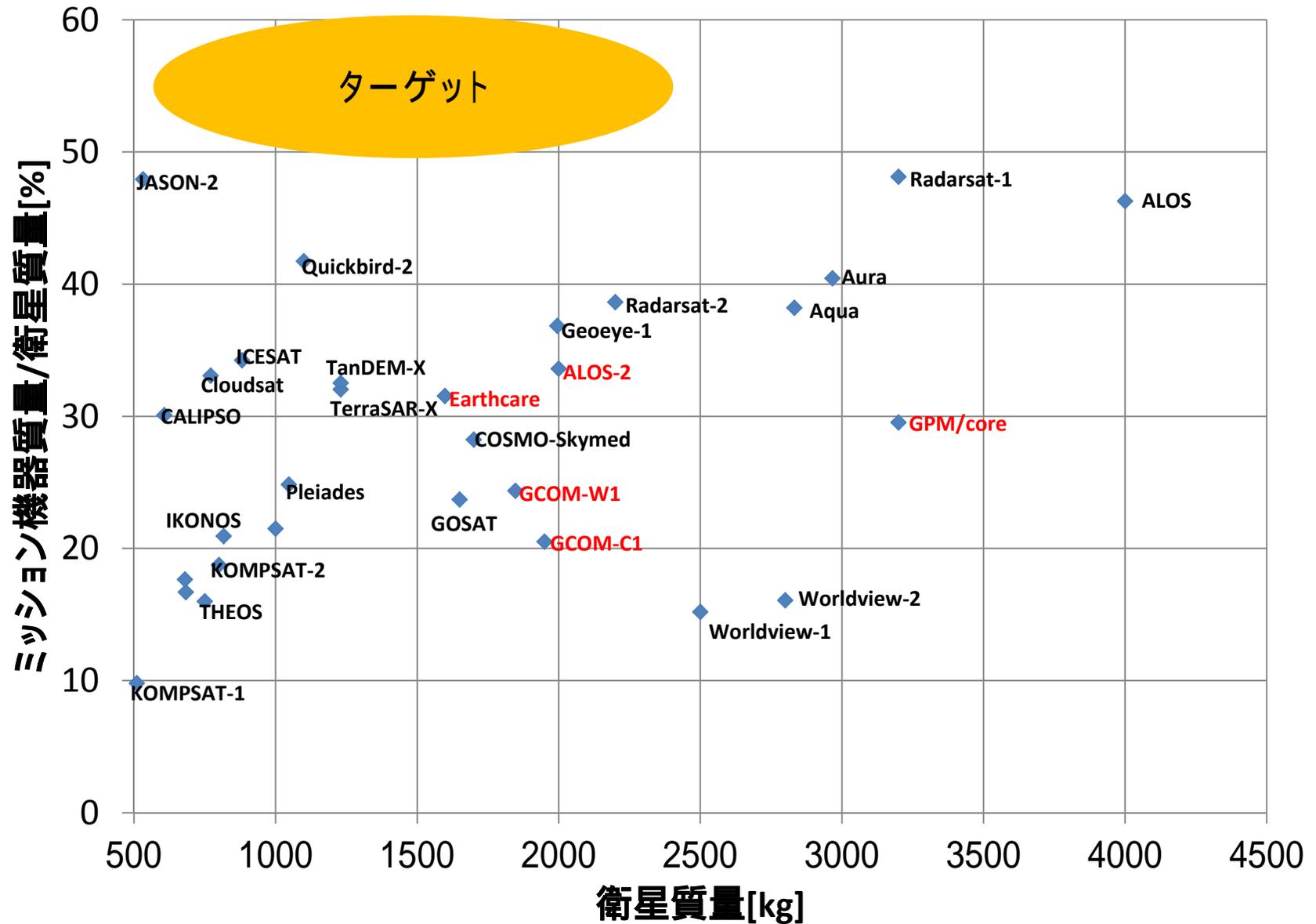
ターゲット

静止衛星で、1トン当たり4kw(現状2.5kw程度)の発生電力を確保する大型衛星(打上時質量5~6トン、20kW級)

要素技術(軽量化の観点から)

- 1) バッテリー
リチウムイオンバッテリーの電極改善による軽量化
- 2) 太陽電池
薄膜軽量パドルの採用
- 3) データ処理系
衛星内ワイヤレス通信の導入

周回衛星バスのターゲット設定



現状認識

- 最高性能の観測センサの保有は、安全保障・防災等の観点から社会インフラとして不可欠。重要性が益々増大。
- 最高性能の観測センサ技術は、国際社会に日本の能力を示す上で重要であるとともに、国際協力での重要アイテム。
- 国際競争力ある観測衛星を保有すれば、商業受注に発展。
- 我が国は、観測センサの技術開発・実証の実績を積み重ね、一部観測センサにおいては世界最高レベルの技術を保有。
- 我が国は、これら観測センサにより、地球規模の環境問題への取り組みへの貢献など、国際社会において重要な役割を果たしている。

今後の在り方

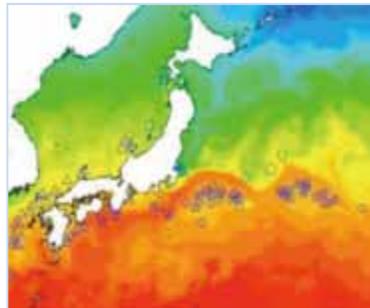
- 今後も観測センサ技術を継承・発展させ、国の基幹技術として観測センサ技術を確固たるものとする。
- 国の社会インフラ衛星、国際協力による外国衛星、「きぼう」曝露部などで搭載機会を確保し、観測センサ技術・人材の継承・発展させる。
- これら搭載機会を活かして運用実績を積みつつ、商業観測衛星(+ロケット打上げサービス)を受注する。

世界最高レベルの我が国観測センサ

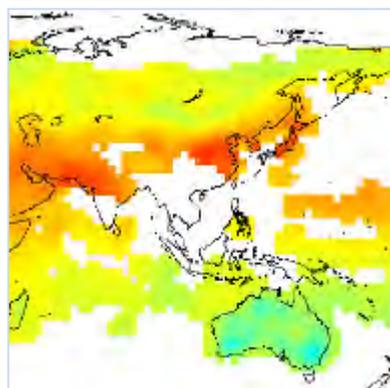
- Lバンド合成開口レーダ (SAR) (ALOS-2等搭載)
- マイクロ波放射計 (GCOM-W1「しずく」等搭載)
- 温室効果ガス観測センサ (GOSAT「いぶき」搭載)
- 2周波降水レーダ (GPM主衛星等搭載)



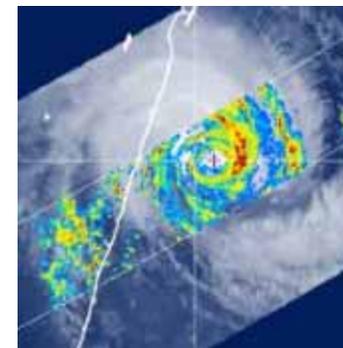
Lバンド合成開口レーダ



マイクロ波放射計



温室効果ガス観測センサ



2周波降水レーダ

部品開発

(1) 自立性確保

- 「必要な部品(性能・品質)」を、「必要な時」に、「適切な価格」で入手できる状態を「持続的に維持」する品目を選択。(例:MPU、FPGA等の電子部品)

(2) 産業競争力強化への取組み

- 様々な機器に多用途で使用できる機能部品の開発(例:アナログデジタル混載SOI-ASIC等)
- 高性能な民生部品や新規技術の宇宙適用を目指した研究開発(例:MEMSデバイス、3Dプリンタ技術等)

コンポーネント開発

機能・性能が衛星のシステム性能を決定的に左右するものを選び優先的に開発する(例:搭載計算機、バッテリー、冷凍機等)。その上で、下記の要件を満たすものを加える。

(1) 自立性確保

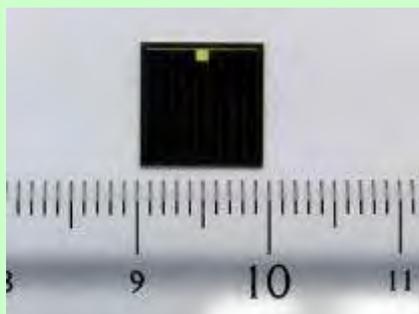
- 国内外で安定的に供給されない、あるいは不具合時の情報アクセスが困難なコンポーネントを選択。(例:ホイール、スラスタ等)

(2) 産業競争力強化への取組み

- 世界最高水準の機能・性能で競争力を狙う品目を選択。
- 機能・性能は最高水準ではないが、価格・納期で競争力を狙う品目を選択。

衛星バスが目指す大電力化・軽量化を見据えた技術開発に注力。

衛星バスの大電力化を見据えた研究開発(例)



高効率太陽電池セル



大容量バッテリー
(リチウムイオン電池等)



大電力用電力制御器

衛星バスの軽量化を見据えた研究開発(例)



薄膜セル応用太陽電池パドル

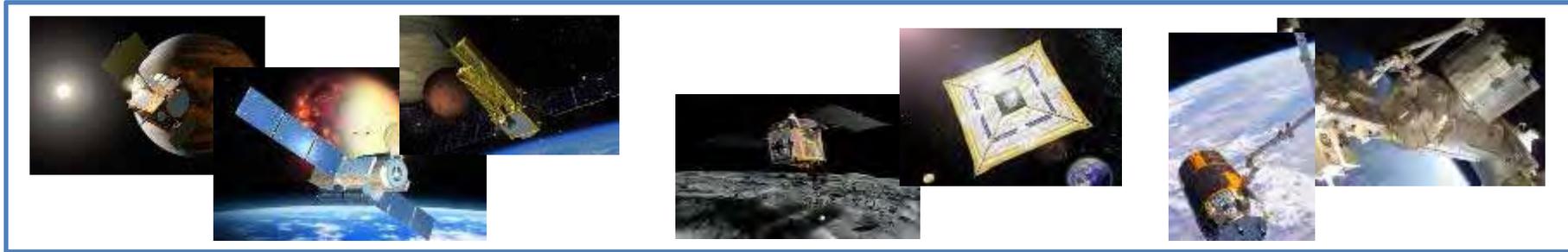


大推力イオンエンジン



高排熱システム
(平板型ヒートパイプ)

- 科学・探査は、学術コミュニティからの特異・極限的なミッション要求を実現するため、また、有人計画 (ISS) は、宇宙空間での巨大施設建設・運用・滞在・補給・帰還を安全に実現するため、共にハードウェア及びソフトウェアでの新規技術の獲得や既存技術の飛躍など、ブレイクスルーを実現する領域。
- また、科学・探査・ISSは、先進国同士が競争しつつ国際協力するものであることから、これらミッションで切磋琢磨し成功を収めることは、日本企業の能力 (製品、技術、組織、人材等) の卓越性・信頼性を世界に顕示する絶好の機会 (商機を得る可能性)。
更に、国家間の宇宙事業協力を通じて得た信用・コネクションを活用・発展させれば、商業受注のみならず、海外ミッションへの搭載やバーター提供等の機会を獲得可能。



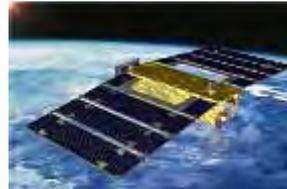
- 衛星小型軽量化
- センサ技術
- 高効率太陽電池

- イオンエンジン
- リチウムイオン電池
- トランスポンド

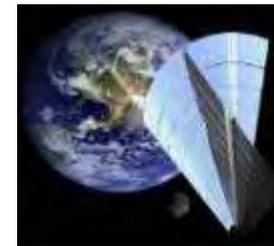
- 高信頼性技術
- 大型システム技術
- スラスタ



地球観測衛星の小型化



超低高度試験衛星(イオンエンジン)



宇宙太陽光発電



赤外観測装置



高効率太陽電池パネル



衛星搭載用リチウムイオン電池



500Nスラスタ

2. 宇宙利用拡大に向けた取組み (現状)

SSPS研究の目的・内容



- 将来の安定的でかつ二酸化炭素排出の極めて少ないエネルギー源として、宇宙空間から太陽光エネルギーを低コストで地上に伝送し、電力等に変換して利用することを目指す。
- マイクロ波やレーザー光によるエネルギー伝送技術の確立、宇宙空間での大規模建造物の構築技術の確立を目標に、地上間、宇宙-地上間でのエネルギー伝送実験や建造物の組立実験を実施。

JAXAが主導する技術的研究

(マイクロ波地上伝送実験はJ-spacesystemsと連携して実施)

無線による送受電技術の研究

- マイクロ波によるエネルギー伝送技術の研究
- レーザーによるエネルギー伝送技術の研究

要求の提示



中核技術の向上



SSPSの技術的課題、コストの精査・低減に関する研究・検討

- 大型建造物組立技術に関する試作/試験
- 宇宙空間での実証の検討 (費用対効果の検討を含む)
- SSPS総合システムの検討 (輸送費の精査、低減の検討を含む)

有識者委員会主導の社会・経済的視点の検討

(JAXAとりまとめ)

無線送受電技術のスピノフのための取組み

- 産業界へのヒアリング新たなニーズの掘り起こし 等

無線送受電技術の社会的認知度、受容度の向上による改善効果を期待

SSPSの事業性、競合技術、社会的受容性の調査・検討

- エネルギー事業としての成立性の検討
- SSPSに競合する各種技術の動向調査
- 安全性を含む社会的受容性の調査等

研究成果の社会還元

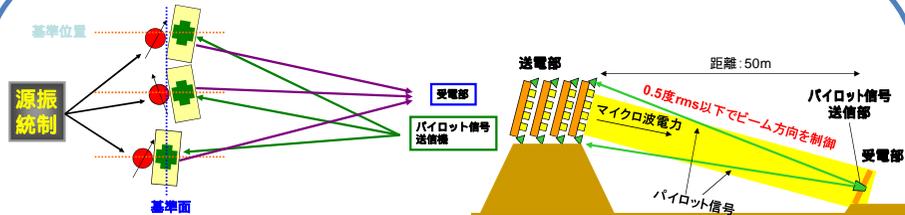
ニーズの提示

SSPS技術的検討結果

SSPSの社会、経済的課題を提示

SSPS研究のこれまでの成果

マイクロ波伝送技術の研究



ビーム方向制御方式として振幅モノパルス&REV法を選定

マイクロ波地上伝送実験
(J-spacesystemsと共同実施)

静止軌道からの伝送時の目標制御精度0.001度に対し、アンテナ素子数から換算される目標制御精度である1.6度rms以下の0.8度rmsを達成した。(ビーム方向制御装置評価モデルにて)

レーザー伝送技術の研究



レーザー伝送地上実験 (@JAXA角田)

レーザー地上伝送試験(伝送距離500m)を実施し、ビーム制御精度を計測。精度は、大気擾乱の小さい時(シンチレーションインデックス(I2) 0.1)に数 μ rad、大気擾乱の大きい時(I2 1.0)に数十 μ radであることを確認した。

発送電一体パネルの試作・試験



太陽電池セル実装アンテナ
試作試験 (@JAXA相模原)

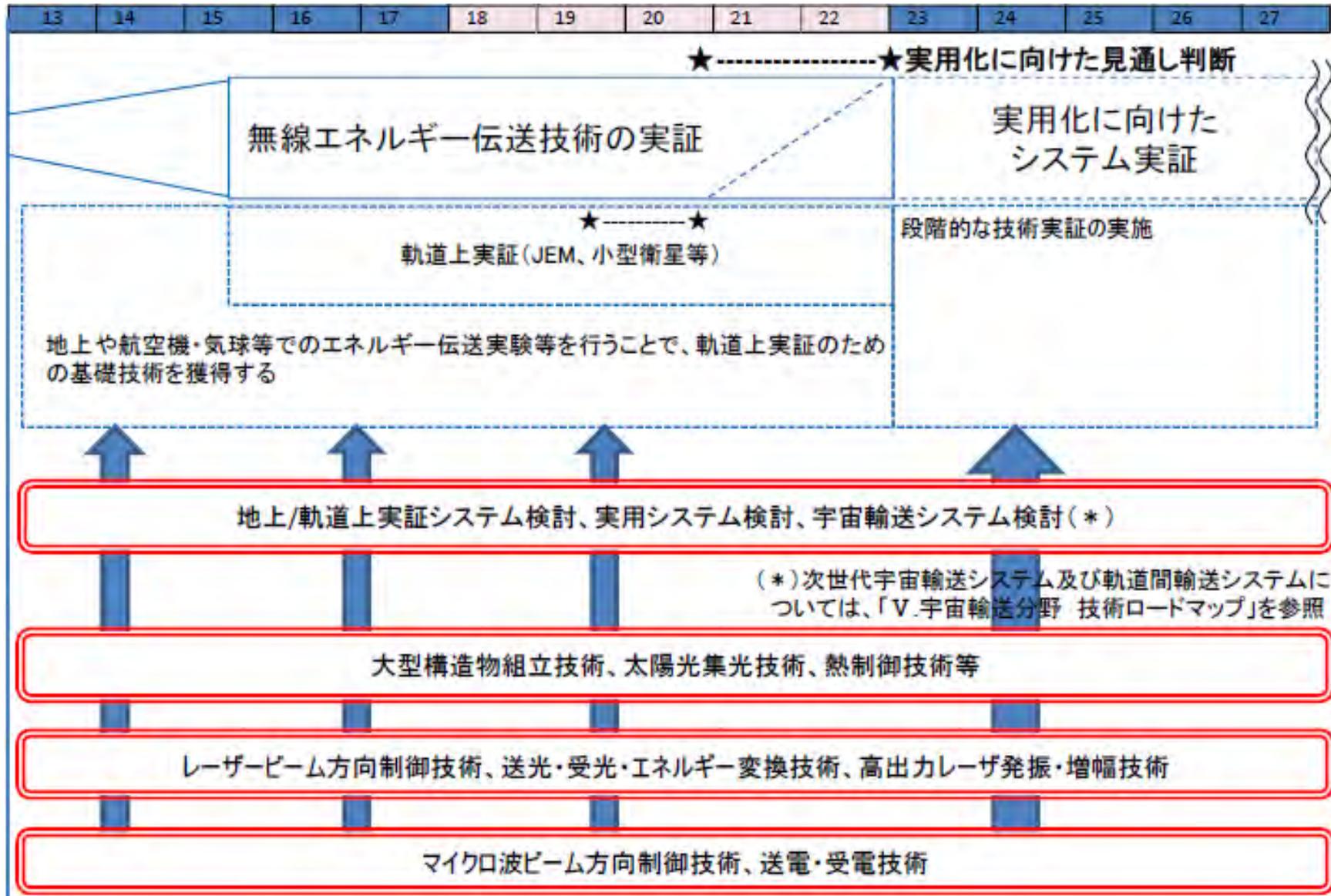
マイクロ波1GW級BasicモデルSSPSを想定した発送電一体型パネルの試作を行った。

大型構造物組立技術の研究



展開トラス地上実験 (@JAXA筑波)

展開トラス組立実験装置の設計・製作・試験を実施。軌道上組立を想定したトラス自動展開・結合機能を確認した。



新たな「きぼう」利用の方向性



【これまで (Before)】

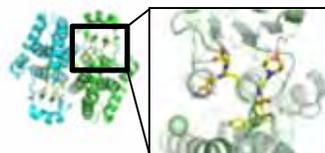
宇宙環境利用の可能性を切り開く、様々な分野・領域の利用実験を実施。

- 宇宙環境が有効に作用する研究分野・領域の見定めやコミュニティの発掘に効果。
- 2013年度までに約80件の利用実験を実施。利用開始5年目で、研究成果(学術論文)や民間による利用が始まり始めたところ。
- 2020年までを見据えた基礎研究分野の「きぼう利用シナリオ」を策定し重点化に着手。
- これまでの成果の中やシナリオから、社会や産業競争力強化への貢献しうる有望分野（「きぼう」の強み）を識別。
 - a) 骨・筋肉・免疫領域における加齢・老化モデル(後天的ゲノム修飾の研究に)
 - b) タンパク質結晶の高品質化技術
 - c) 先端技術の実証場としての利用

【これから (After)】

国の戦略的な科学技術研究の場「National Lab」として活用促進

医療分野など国の戦略・最先端研究テーマに「場」を提供し、国の科学技術施策と連携した組織的な取組みで「きぼう」利用を促進。



民間企業の利用・新規参入の拡大

高品質タンパク質結晶生成実験など、民間企業の需要にあった、使いやすい新たな仕組みを構築、より参入を促進。

先導的技術の獲得

我が国の優位性を顕示する宇宙技術の実証(我が国の宇宙技術や宇宙医学等の発展への積極活用)

「きぼう」利用による
社会イノベーションの創出

国際競争力の
確保

「きぼう」民間利用拡大に向けた取組み (1)



高品質タンパク質結晶生成実験

■ テーマ選定に当たっての基本方針

- 民間企業の利用を促進し、産業競争力の強化、社会還元成果の創出等を図るため、新たに「**民間利用促進コース**」を新規設定し、民間企業ユーザのテーマの発掘・取り込みを図る。
民間企業が利用しやすい制度の構築、培ったタンパク質結晶化技術等をトータル・サービスパッケージ化して提供等
- 大学・公的研究機関を対象ユーザとした「**基盤研究利用コース**」を設定し、社会的・学術的に価値の高い高難易度タンパク質の構造解明等や新たなJAXA技術開発に資するテーマを選定する。

■ テーマ選定状況

	第1回実験 搭載予定タンパク質数 (H26.3.26打上予定)	第2回実験 応募タンパク質数 (H26.9月打上予定)
民間利用促進コース	3	5
基盤研究利用コース		
- 創薬系	23	24
- 産業用酵素	12	15
- その他(結晶解析技術研究等)	4	5
- JAXA技術開発	3	5

■ 民間利用促進コース

- 第2回実験応募時点までで、4ユーザ(製薬企業、創薬ベンチャー企業、バイオ企業と連携のある大学)が参加予定

■ 基盤研究利用コース

- 利用開拓(営業)活動の結果として、国の戦略・最先端研究の一つであるJSTのERATOやCREST等の外部資金獲得テーマについても参画予定(全25ユーザ中16ユーザ)

「きぼう」民間利用拡大に向けた取組み (2)



超耐熱材料や高性能ガラスの研究開発に繋がる物性計測・提供 (静電浮遊溶融)

■ 民間利用拡大への取組み

- 地上の装置で目途をたて(判断ポイント)、宇宙でデータを取得する、リスク軽減ステップを設定。
- 宇宙での成果創出の確度を高めるとともに、地上のみでも成果が創出できるように、民間スピードに配慮
- NIMSとの連携協力や民間への営業活動を実施。民間企業が、地上段階でのデータ取得を実施中。



静電浮遊法による無容器実験。直径2mmの金属球を浮遊溶融。

新規宇宙材料や部品の耐宇宙環境評価データ取得 (長期宇宙曝露)

■ 民間利用拡大への取組み

- 成果公開型(無償)のサンプル募集及び、成果占有型(有償)のサンプル利用機会を提供
- JAXA内の宇宙用部品の研究開発部門や民間への営業を実施し、一部民間からの需要あり
- 民間の需要を受け、成果公開型のサンプル募集を実施。



アルミニウム蒸着した単層ポリイミドフィルムが原子状酸素の影響を受けて破断(1年間の曝露後。ISSでの先行実験)

「きぼう」のエアロックとロボットアームによる小型衛星放出

■ 民間利用拡大への取組み

- 有償の利用機会を設けることにより、商業目的や複数回の利用(平成26年度から予定)を可能にする。
- 米国は、NASA支援のもと、ベンチャーが衛星放出ビジネスを展開中。



民間からの研究開発利用にきめ細かに応える「きぼう」有償利用

- 「きぼう」の貴重な軌道上のリソース(クルータイムや打上げ機会等)を、民間の研究開発に提供。
- 民間の研究開発プロセスに対して、魅力あるツールとして、民間需要に沿ったきめ細やかなサポートを行い、「きぼう」の産業競争力強化に繋がる成果を創出。

定型化した利用サービス; タンパク、静電浮遊溶融、長期材料曝露、小型衛星放出

民間ユニークな利用: 個々にきめ細かな対応

- 個々に企業への働きかけを実施している。

創薬プロセスの加速に繋がる成果

< タンパク質結晶生成実験 >



「きぼう」で生成した高品質タンパク質結晶から得た分子構造情報を元に、難病治療薬等の研究・開発が進行中。

- ・筋ジス治療薬開発 (動物実験が最終段階)
- ・その他、アルツハイマー病研究、副作用の少ない飲む抗がん剤、型によらないインフルエンザ治療薬開発等 (分子構造解析中)
- ・地上の膜タンパク実験成果がNature掲載

高齢者医療・福祉に繋がる成果

< 宇宙飛行士の体を使った実験 >

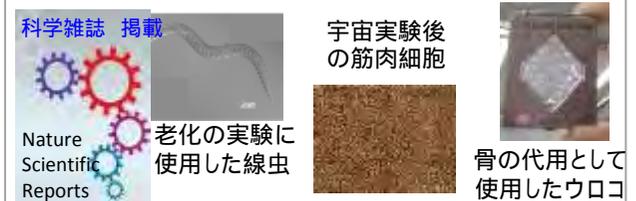


宇宙では骨・筋量の減少が加速

- ・無重力環境で骨や筋量減少が加速される効果を利用、骨粗鬆症治療薬の「予防」効果を確認。
- ・宇宙飛行士の健康管理技術の獲得を通じ、地上での筋力低下対策やリハビリ技術にも応用可能な技術や知見を蓄積。

筋肉や骨の衰え、老化等の対応策に繋がる生命科学に関する学術的成果

< 動植物の細胞や小動物を用いた実験 >



- ・宇宙では神経や内分泌の信号伝達に関わる遺伝子の働きが低下、老化が遅くなることを発見。
- ・筋肉萎縮の原因酵素の働きを解明。(筋肉萎縮予防食を開発中)
- ・宇宙での骨を壊す細胞の活性化、骨粗鬆症薬候補物質の骨密度低下抑制効果を確認。(地上で動物実験中)

電子デバイスの高性能化等に繋がる物質・材料科学に関する学術的成果

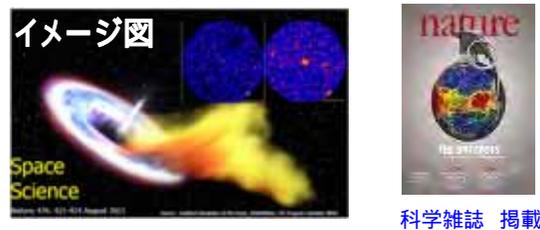
< 材料の結晶生成等の実験 >



- ・高性能・低消費電力の電子デバイスに繋がる次世代半導体結晶の生成手法を宇宙で実証。
- ・自然界の基本物質である水について、水の結晶成長の新理論を構築。食品や臓器の冷凍保存技術等への応用が期待。

X線天文学の最先端の学術的成果

< 船外の搭載装置による観測 >



- ・星を吸い込む巨大ブラックホールを世界初観測 (Nature掲載)。新星爆発開始直後のX線、観測史上最大級のガンマ線バースト (Science掲載) など、数々の世界的な観測・発見。
- ・世界最速ペースでX線天体を発見 (4年半で12個)、発見を世界に速報し世界規模の追観測の起点として貢献。

東日本大震災や火山噴火、洪水等の規模・状況把握に繋がる情報の提供

< 飛行士や船外搭載カメラによる撮影 >



- ・宇宙飛行士が直接「観る」「撮影する」という利点を活かし、被害状況等の情報を国際的な災害情報共有の仕組みを通じ被災国等に提供。

新事業促進センターについて



- JAXAは、宇宙基本計画の重点課題の一つである「産業振興」に資するため、平成26年4月1日付で、以下の組織改正を伴う体制強化を図る予定である。
 - 「新事業促進センター」を設置する。(産業連携センターを廃止する。)
 - 新事業促進センターは、JAXA全体の産業振興の方針等を策定・推進する。また、現在の新事業促進室(注)の業務・成果を継承し、新たな事業のより一層の推進を図る。
 - JAXA各部署は、産業振興への取り組みを強化するとともに、新事業促進センターとのJAXA内連携を緊密に行う。

【補足】 新事業促進室の設置の狙い・実績等

- ・ JAXA法改正を踏まえ、民間事業者・政府機関等からの協力・支援要請等に基づく新たな事業に適切かつ迅速に対処するため、平成25年3月1日に設置。
- ・ 民間事業者等からの相談を継続的に受け、技術支援等を実施。これまで1年間で約100件の問合せに対応。契約実績18件。
- ・ 民間事業者等の要望内容に応じ、以下を実施。
 - 技術コンサルタントとしての支援
 - 民間プロジェクトの研究開発部分の支援
 - 民間事業者への技術的知見やノウハウの提供