

宇宙産業分野における 複数課題プログラム（中間評価） 補足資料

平成31年1月24日
製造産業局宇宙産業室

目 次

1. 宇宙産業分野における複数課題プログラムの概要及び評価
2. 複数課題プログラムを構成する研究開発課題(プロジェクト)の概要及び評価
 - A 石油資源を遠隔探知するための衛星利用技術の研究開発(終了時評価)
 - B 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発(終了時評価)
 - C 石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発(中間評価)
 - D 超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発(終了時評価)
 - E 宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(SERVISプロジェクト)(中間評価)
 - F 宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発(中間評価)

1. 宇宙産業分野における複数課題プログラムの 概要及び評価

1. 1. プログラムの概要

ー宇宙産業概観ー

宇宙機器

宇宙輸送（ロケット）

MHI, IHI(日)/ United Launch Alliance, SpaceX, Blue Origin(米), Arianespace(欧), Rocket Lab(米・NZ)

地上設備（追跡局、データ受信局、データ処理施設）

MELCO, NEC(日)/ Raytheon, L-3 Communications, KRATOS(米), Zodiac Data System(欧)

人工衛星

MELCO, NEC(日)/ Boeing, Lockheed Martin, SSL, Orbital Sciences(米), Airbus Defense and Space, Thales Alenia(欧)

通信・放送

測位

地球観測

科学衛星

その他

利用サービス

衛星情報（データ）

科学探査

新分野

通信・放送

スカパーJSAT
Inmarsat
Intelsat
Oneweb

測位

日立造船
QSS

地球観測

NTTデータ
富士通
NSソリューションズ

RESTEC
パスコ
Axelspace 等

安全保障

国際航業
JSI

I S S

JAMSS(日)
Nanoracks
(米)

深宇宙探査

ispace(日)
Planetary
resources
(米)

デブリ除去

アストロ
スケール
(日)

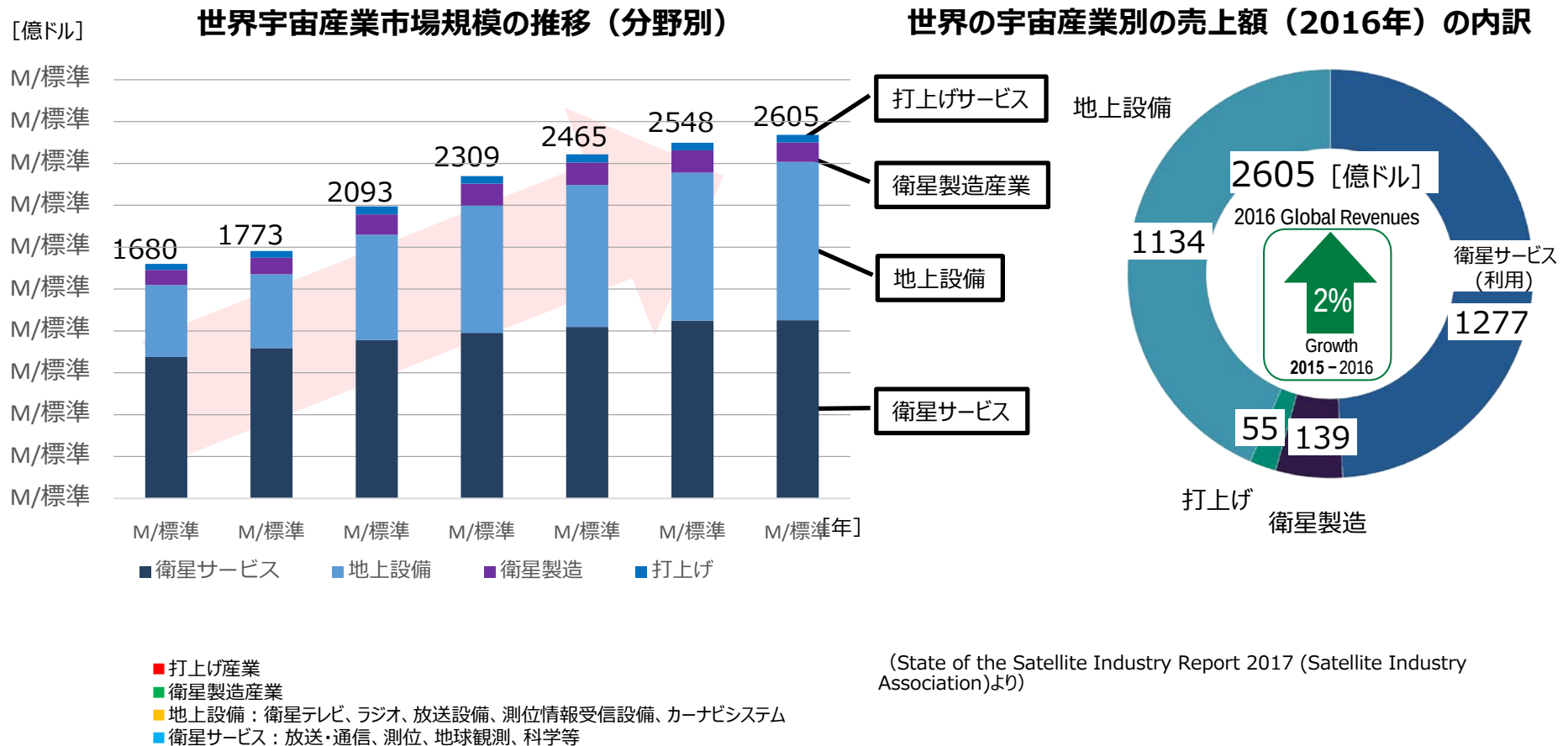
エネルギー
(SSPS)

N/A

1. 1. プログラムの概要

ー宇宙産業の動向ー

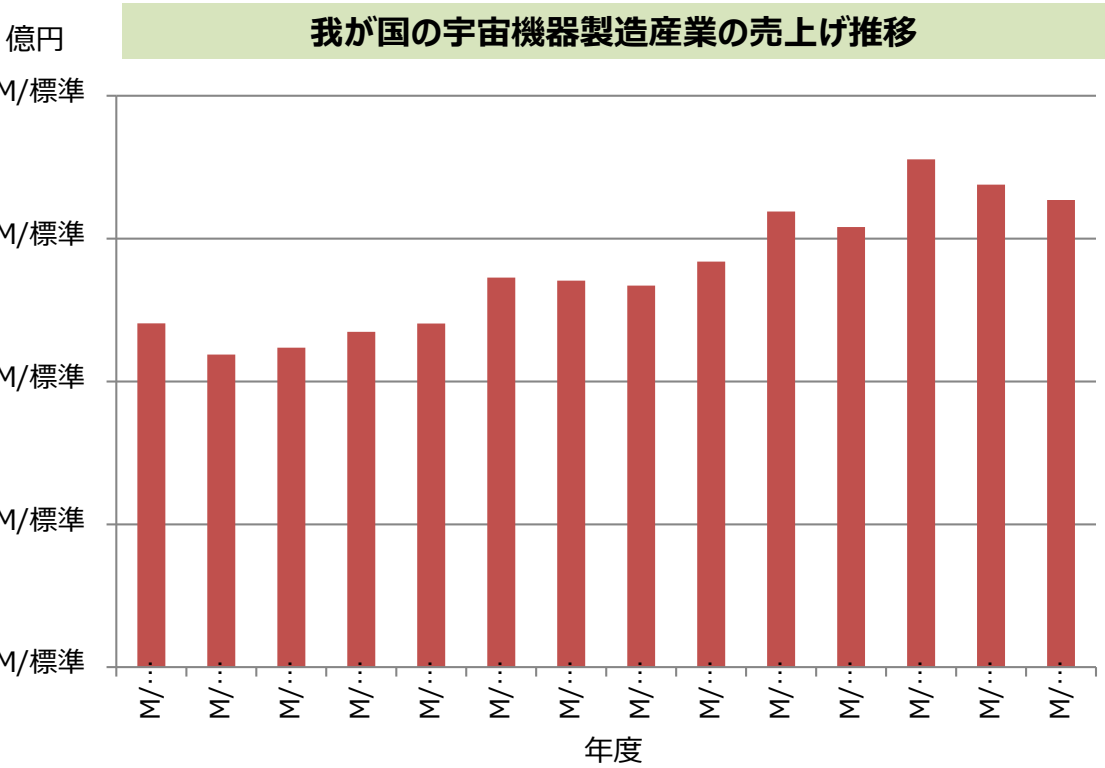
- 世界の宇宙産業の規模は毎年拡大し、新規参入等の活発な動き。
- 今後、特に衛星サービス（通信・放送、測位、リモートセンシング（地球観測）等）の分野が大きく進展。



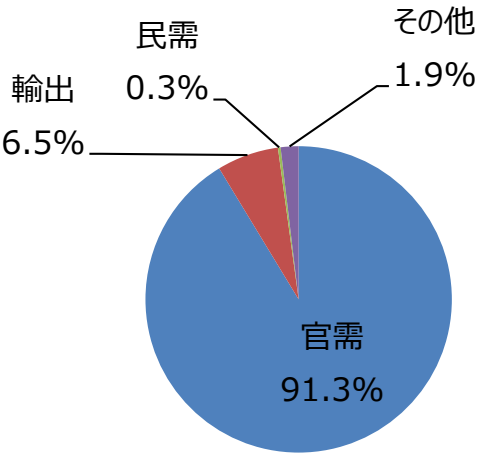
1. 1. プログラムの概要

ー我が国宇宙機器産業の現状ー

- 日本の宇宙機器製造産業の売上高は、近年漸増で推移。
- 政府からの需要に大きく依存。



我が国の宇宙機器産業の最終需要先における
売上の構造
(2016年度)

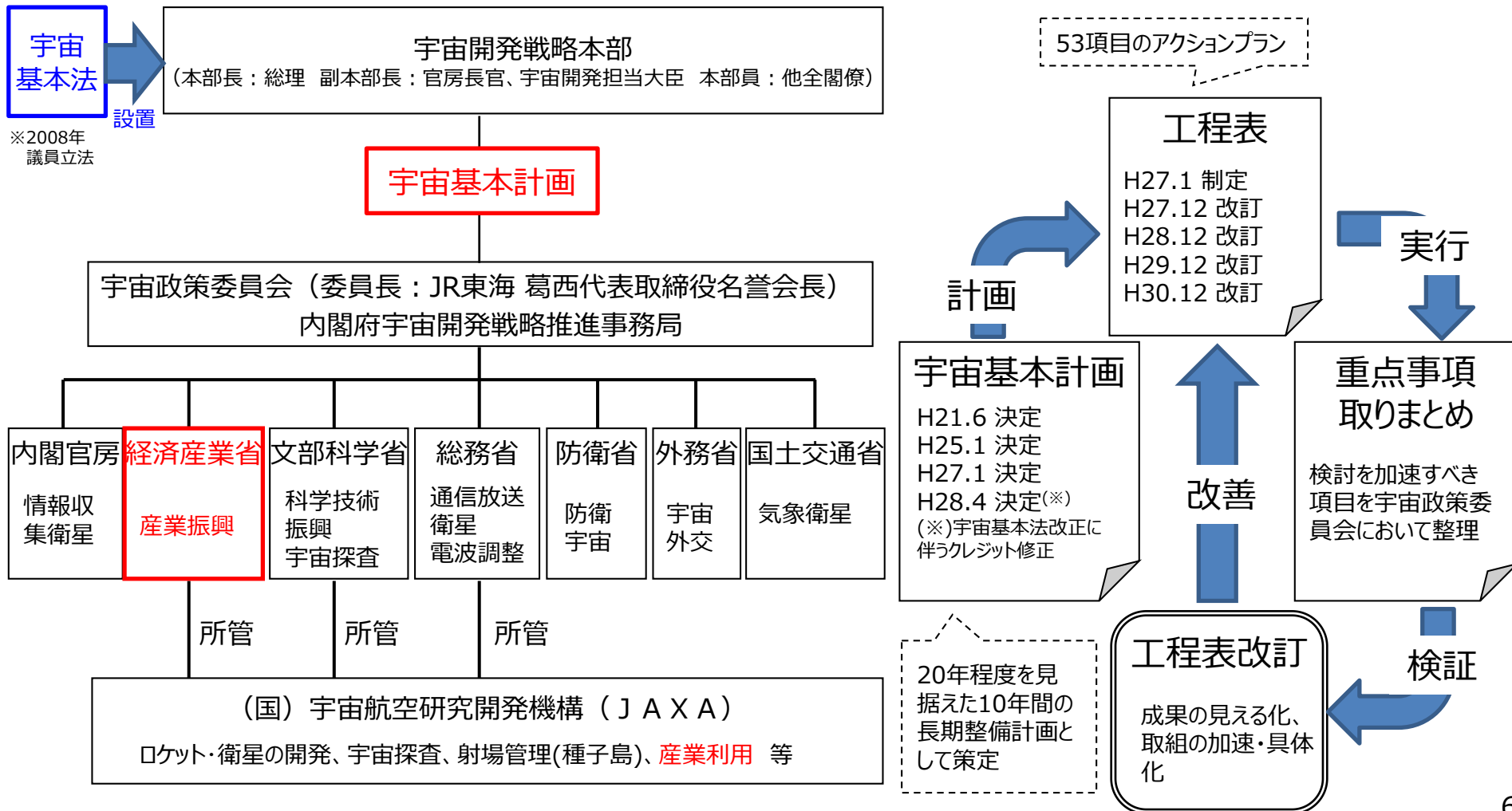


(一社) 日本航空宇宙工業会 平成29年度宇宙産業データブックをもとに作成。

1. 1. プログラムの概要

政府の宇宙政策の推進体制

- 内閣府の宇宙開発戦略推進事務局を中心に、省庁横断的に宇宙政策を推進。
- 宇宙基本計画は、日本の宇宙開発利用の最も基礎となる計画として、宇宙基本法に基づいて策定。



1. 1. プログラムの概要 宇宙基本計画(概要)

環境認識、目標、基本的スタンス

平成28年4月1日
閣議決定

○宇宙政策を巡る環境変化を踏まえ、「国家安全保障戦略」に示された新たな安全保障政策を十分に反映し、また産業界の投資の「予見可能性」を高め産業基盤を維持・強化するため、今後20年程度を見据えた10年間の長期的・具体的整備計画として新たな「宇宙基本計画」を策定する。

1. 宇宙政策を巡る環境認識

- ① 宇宙空間におけるパワー・バランス変化**
 - － かつての米ソ二極構造は多極構造へと転換
 - － 宇宙活動国増加に伴い、商業宇宙市場が拡大
- ② 宇宙空間の安全保障上の重要性が増大**
 - － 国家安全保障戦略を踏まえ安全保障分野で宇宙を積極的に活用していくことが必要に
 - － 日米宇宙協力の新しい時代が到来
- ③ 宇宙空間の安定利用を妨げるリスクが深刻化**
 - － 宇宙ゴミ(デブリ)が増え、対衛星攻撃の脅威も増大
 - － これらのリスクに効果的に対処し宇宙空間の安定的利用を確保する必要
- ④ 地球規模課題解決に宇宙が果たす役割が増大**
 - － エネルギー、環境、食糧、自然災害等の地球規模課題が顕在化し国際社会にとって大きな脅威に
 - － わが国も宇宙システムを活用し地球規模課題解決へ貢献する必要
- ⑤ 我が国宇宙産業基盤がゆらぎつつある**
 - － 自前で宇宙活動するため産業基盤は不可欠
 - － しかし「投資の予見可能性」不足等の要因により事業撤退が相次ぎ、新規参入も停滞
- ⑥ 科学技術を安全保障・産業振興に活かす有機的サイクルが不在**
 - － 宇宙の安保利用に関する研究開発や、民生宇宙分野の研究開発成果を産業振興に活用する取組が不十分

2. 宇宙政策の目標

① 宇宙安全保障の確保

- ① 宇宙空間の安定的利用の確保
- ② 宇宙を活用した我が国の安全保障能力の強化
- ③ 宇宙協力を通じた日米同盟等の強化

② 民生分野における宇宙利用推進

- ① 宇宙を活用した地球規模課題解決と安全・安心で豊かな社会の実現(国土強靱化等)
- ② 関連する新産業の創出(G空間情報の活用等)

③ 産業・科学技術基盤の維持・強化

- ① 宇宙産業関連基盤の維持・強化
- ② 価値を実現する科学技術基盤の維持・強化

3. 宇宙政策の推進に当たっての基本的なスタンス

宇宙政策の目標のうち「宇宙安全保障の確保」を重点課題として位置付け環境変化等を配慮しつつ以下の3点を踏まえて宇宙政策を推進

- ① 宇宙利用による価値の実現(出口戦略)を重視**
 - － 安全保障や産業振興等の宇宙利用ニーズを十分吸い上げ、体系的に具体化・明確化
 - － 宇宙システムが利用ニーズに対しどのように貢献するのかにつき事前に十分に検討
- ② 予算配分に見合う政策効果の実現を重視**
 - － 政策項目ごとに今後10年の明確な成果目標を設定
 - － 事前の検討のみならず事後の評価を徹底。検証・評価・改善のサイクルを回し、政策効果の最大限の発揮を追求
- ③ 個々の取組の達成目標を固定化せず環境変化に応じて意味のある目標に**
 - － 環境変化や進捗状況の検証結果を踏まえ政策の達成目標を柔軟に見直し、新規施策を追加
 - － 宇宙基本計画は「本文」「工程表」の二部構成とし「工程表」を毎年宇宙開発戦略本部で改訂し「常に進化し続ける宇宙基本計画」とする

4. 具体的アプローチ(1) 目標達成に向けた政策体系

① 宇宙安全保障の確保

- 準天頂衛星・日米衛星測位協力
- SSA・日米SSA協力
- デブリ除去技術
- Xバンド防衛衛星通信網
- 情報収集衛星
- 即応型の小型衛星、早期警戒、日米MDA協力
- 先進光学衛星、先進レーダ衛星、光データ中継衛星等

② 民生分野における宇宙利用推進

- 気象衛星ひまわり
- GOSAT、環境観測衛星、資源探査衛星
- 準天頂衛星、情報収集衛星
- 先進光学衛星、先進レーダ衛星、光データ中継衛星
- 衛星測位情報とG空間情報の連携による自動化・無人化・省力化の実現
- リモートセンシング情報等のビッグデータ処理による新産業創出

③ 産業・科学技術基盤の維持・強化

- 新型基幹ロケット、イプシロンロケット
- 技術試験衛星
- 政府が「工程表」に沿って着実に施策を実施。
宇宙機器産業の事業規模として「官民合わせて10年間で5兆円」を目指し、その実現に向けた取組を進める
- 利用ニーズを踏まえたJAXA・官民の研究開発により、
科学技術・安全保障・産業振興の有機的サイクルを構築

4. 具体的アプローチ(2) 具体的取組

宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施方針

衛星測位

- 準天頂衛星7機体制の確立
⇒ 平成29年度めど着手、平成35年度めど運用開始

宇宙輸送システム

- 新型基幹ロケット
⇒ 平成32年度の初号機打上げを目指す
- イプシロンロケット
⇒ 平成27年度高度化完了し次の検討着手
- 射場

衛星通信・衛星放送

- 次期技術試験衛星
⇒ 平成33年度めど打上げを目指す
- 光データ中継衛星
⇒ 平成27年度着手、31年度めど打上げ
- Xバンド防衛衛星通信網3号機
⇒ 平成28年度めど着手

宇宙状況把握

- SSA関連施設の整備及び政府一体の運用体制の確立
⇒ 平成30年代前半までに構築

宇宙科学・探査、有人宇宙活動

- 宇宙科学・探査ロードマップを参考にしつつ、今後10年で中型3機、小型5機を打上げ
- ISS: 2020年まではこのとおり2機に加え将来に波及性の高い技術で対応
2024年までの延長については他国動向等も十分勘案し費用対効果等を総合的に検討
- 国際有人探査: 他国動向も十分勘案の上、外交、産業、費用等の観点から総合的に検討

衛星リモートセンシング

- 情報収集衛星の機能強化・機数増
- 即応型の小型衛星関連調査
- 先進光学衛星
⇒ 平成27年度着手、31年度めど運用開始
- 先進光学衛星後継機
⇒ 平成34年度めど着手、38年度めど運用開始
- 先進レーダ衛星
⇒ 平成28年度めど着手、32年度めど運用開始
- 先進レーダ衛星後継機
⇒ 平成35年度めど着手、39年度めど運用開始
- ひまわり8号 ⇒ 平成27年夏めど運用開始
- ひまわり9号 ⇒ 平成34年度めど運用開始
- 静止気象衛星後継機
⇒ 平成35年度めど着手、41年度めど運用開始
- 温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)
⇒ 2号機を平成29年度めど打上げ
⇒ 3号機を平成29年度めど着手、34年度打上げを目指す

海洋状況把握

早期警戒機能等

宇宙システム全体の抗たん性強化

個別プロジェクトを支える産業基盤・科学技術基盤の強化策

新規参入を促進し宇宙利用を拡大するための総合的取組

- 「宇宙活動法」やリモートセンシングに関する法律等 ⇒ 平成28年通常国会提出を目指す

宇宙システムの基幹部品等の安定供給に向けた環境整備

- 部品戦略を策定し関連計画に反映
- 軌道上実証実験

将来の宇宙利用の拡大を見据えた取組

- 東京オリンピック・パラリンピックを契機に宇宙を活用した先導的社会実証実験を平成31年度に実施
- LNG推進系の実証試験、再使用型宇宙輸送システムの研究開発、宇宙太陽光発電等

宇宙開発利用全般を支える体制・制度等の強化策

政策の推進体制の総合的強化

調査分析・戦略立案機能の強化

国内の人的基盤の総合的強化、国民的な理解の増進

法制度等整備(宇宙活動法、リモートセンシングに関する法律等【再掲】)

宇宙外交の推進及び宇宙分野に関連する海外展開戦略の強化

宇宙空間の法の支配の実現・強化

国際宇宙協力強化

- 米国、欧州、豪州、ASEAN等

「宇宙システム海外展開タスクフォース(仮称)」の立ち上げ

- 官民一体となって国際商業宇宙市場を開拓する枠組を平成27年度前半に構築

1. 1. プログラムの概要

宇宙産業ビジョン2030のポイント

2017年5月29日
宇宙政策委員会

- ◆ 宇宙産業は第4次産業革命を進展させる駆動力。他産業の生産性向上に加えて、成長産業を創出するフロンティア。安全保障上も基盤。
- ◆ 宇宙技術の革新とビッグデータ・AI・IoTによるイノベーションの結合。小型化等を通じたコスト低下による宇宙利用の裾野拡大。
- ◆ 民間の役割拡大を通じ、宇宙利用産業も含めた宇宙産業全体の市場規模(現在1.2兆円)の2030年代早期倍増を目指す。

宇宙利用産業

<課題>

- ◆ 衛星データの継続性が不足、入手経路が分かりにくい
- ◆ 衛星データソリューションビジネスが立ち上がっていない
- ◆ 事業が立ち上がるまでの安定需要が不足

対応策

①衛星データへのアクセス改善

衛星データの利用促進に向けた環境整備

- ・ 衛星データの種類、保存場所等を一覧化。今後、データの利用方法等も付加。データの継続性強化。
- ・ データ利用拠点(データセンター)の整備

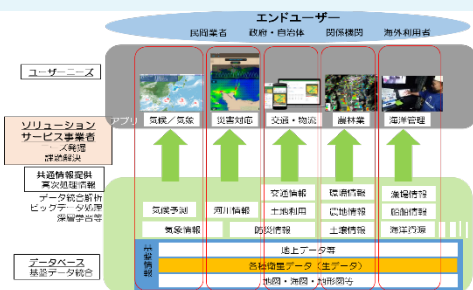
政府衛星データのオープン&フリーの推進

- ・ ベンチャー企業等による衛星データの活用を容易にし、事業の創出を促進

②衛星データの利活用促進

モデル事業の推進

- ・ AI・ビッグデータ解析とその人材の活用
- ・ リモセン衛星や準天頂衛星等の衛星データと地上データを統合した新たな活用事例を創出
- ・ 潜在ユーザーとしての省庁・自治体等と連携して、利用拡大と産業化を図る



宇宙機器産業

<課題>

- ◆ 国際競争力の強化(技術開発、実績、コスト等)が必要
 - ◆ 新規参入に向けた技術面でのハードルが高い
- (2015年の宇宙基本計画では、『我が国の宇宙機器産業の事業規模として10年間で官民合わせて累計5兆円を目指す』旨記載)

対応策

①国際競争力の確保

継続的な衛星開発(シリーズ化)

- ・ 市場ニーズに応じた継続的な開発

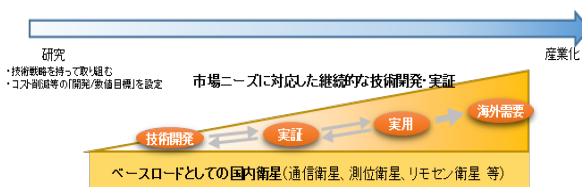
新型基幹ロケット(H3)の開発・推進

- ・ コスト半減や製造期間の短縮

部品・コンポーネント技術戦略の推進

- ・ キーとなる部品・コンポを選定・開発

関連制度の改善/技術開発支援の強化



②新規参入者への支援

宇宙軌道実証機会の充実

- ・ 実証機会の充実及び関連支援策のワンストップサービス化

小型ロケット打上げのための射場整備

- ・ 指針等の整備及び小型ロケットベンチャーの動向等、市場動向を調査

海外展開

<課題>

- ◆ 相手国の発展段階を意識した戦略的取組、国際連携強化
- ◆ 長期的・持続的な戦略の検討・推進

対応策

相手国のニーズに応じたパッケージの組成・強化

- ・ 経協インフラ戦略会議とも緊密に連携し、機器やサービス、人材育成等パッケージを組成・強化

国際連携の推進

- ・ 準天頂衛星によるアジアやオセアニア向け高精度測位サービスの展開、Galileoとの日欧協力
- ・ APRSAF^{※1}やERIA^{※2}、NASAやDLR等との連携強化

継続的支援コーディネート機能の構築

- ・ プロジェクトマネージャーを新設し、継続的・積極的にプロジェクトを推進

※1, Asia-Pacific Regional Space Agency Forum : アジア・太平洋地域宇宙機関会議
※2, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia : 東アジア・アセアン経済研究センター

新たな宇宙ビジネスを見据えた環境整備

<課題>

- ◆ リスクマネーが不足し、新規参入者の層が薄い
- ◆ 海外では新たなビジネスを見据えた法整備へ

対応策

新たなアイデアや事業の奨励・振興

- ・ リスクマネー供給の強化
- ・ アイデアコンテストの実施及び事業化支援(S-NET等)

新たなビジネスに対応した制度整備

- ・ 軌道上補償や宇宙資源探査への対応措置を検討

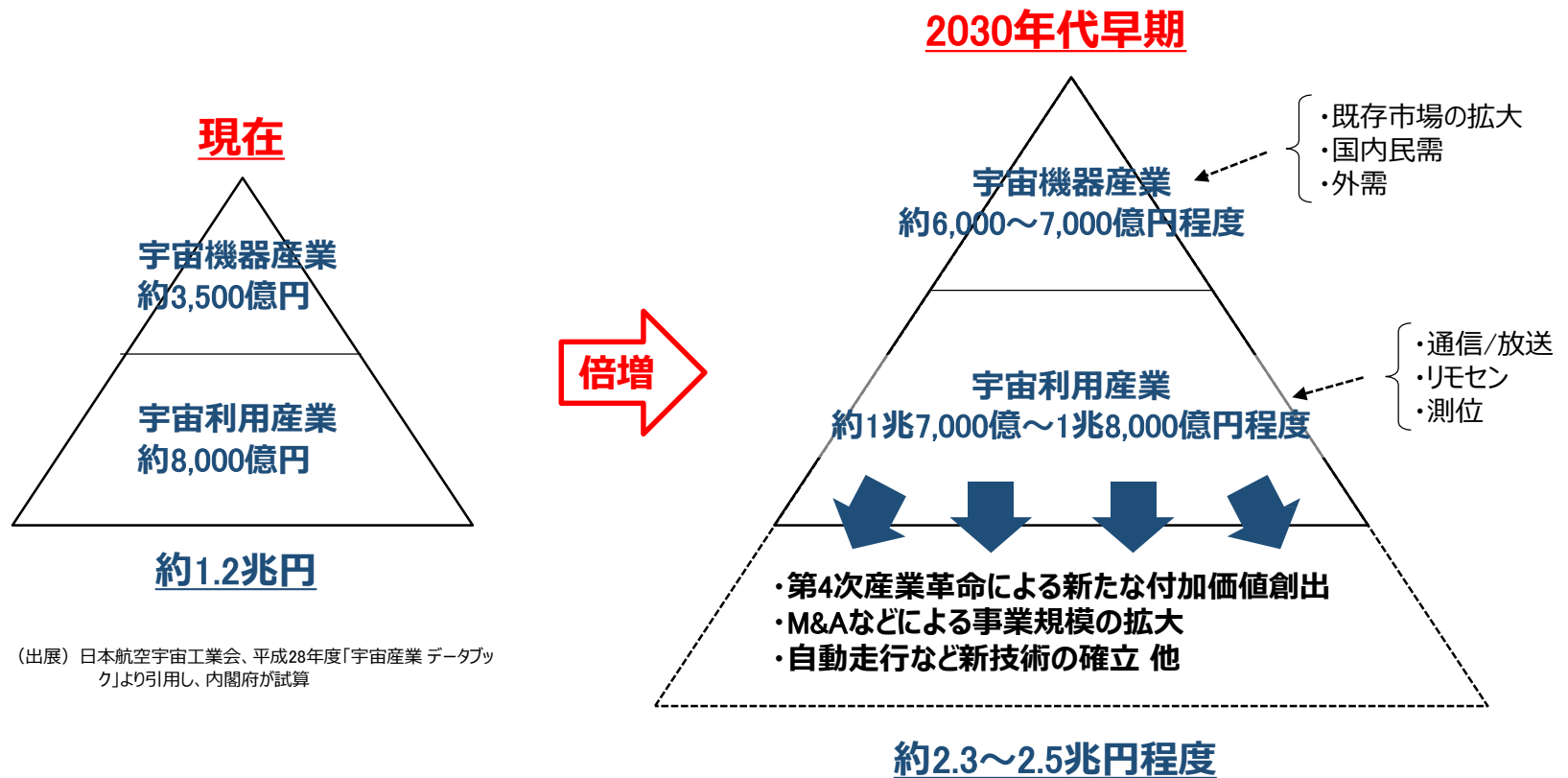


(総理大臣賞 + 大臣賞(8府省))

1. 1. プログラムの概要

— 宇宙産業の市場規模の将来目標（宇宙産業ビジョン2030） —

- 我が国経済の活性化・成長に向けて、宇宙利用産業も含めた宇宙産業全体の市場規模（現在1.2兆円）の2030年代早期の倍増を目指して、その実現に向けた取組を進める。



1. 1. プログラムの概要

－宇宙産業政策の方向性－

- 宇宙から得られる衛星画像や測位情報などのデータが質・量ともに急激に増大。ビッグデータ、AI、IoT等の技術革新により、宇宙データを活用したアプリケーションの拡大、ソリューションビジネスが急速に進展しつつある。
- アプリケーション産業の発展による宇宙利用の裾野拡大と宇宙機器開発を両輪として推進し、我が国の宇宙産業の市場規模拡大・競争力強化を目指す。

衛星地球観測サービス

政府機関による
グローバル観測

ALOS
(JAXA)

LANDSAT
(USGS)

Sentinel
(EU/ESA)

※欧米のデータは
無償開放の流れ

民間による高解像度
衛星画像販売

ASNAO
(日)

WorldView
(米)

※軍事・情報機関が下支え

リモートセンシング法
(2016年成立)
による環境整備

民間による小型衛星
コンステレーション

Axelspace
(日)

Planet
(米)

衛星測位サービス

GPS (米)
(精度10m)

※GPSを利用した
サービスは
既に定着

準天頂衛星 (日)
(精度数cm～1m)
※2018年度サービスイン
(海外配信)

相互運用性

Galileo (欧)
(精度1m)
※2016年度サービスイン

ロケット打ち上げサービス

政府機関による政府衛星打ち上げ

H-IIA, H-IIB
イプシロン
(JAXA)

デルタ
(NASA)

民間企業による
打ち上げ受注

三菱重工
(日)

SpaceX
(米)

上記ニーズを踏まえた
小型ロケット
打ち上げサービス

スペースワン、
インターステラテクノロジズ (日)

宇宙活動法(2016年成立)
による環境整備

宇宙用機器

➤ 民生品利用によ
る低価格化

1. 1. プログラムの概要

概要

- ビッグデータ、AI、IoT等の技術革新により、宇宙から得られる様々な衛星データを活用したアプリケーションの拡大、ソリューションビジネスが進展しつつある。
- 経済産業省は、宇宙基本計画及びエネルギー基本計画に基づき、関係府省と分担・協力しつつ、宇宙機器開発と、官民双方の宇宙利用の裾野拡大を両輪として推進し、我が国の宇宙産業の市場規模拡大・競争力強化を目指す。

評価期間

平成27年度～平成29年度(3年間)※対象事業の実施期間は以下のとおり

プロジェクト名

開始・終了年度

平成29年度までの予算総額(うち直近3年間の予算額)

【競争力ある宇宙機器や利用技術の開発】

①石油資源を遠隔探知するための衛星利用技術の研究開発

S56年～H29年

ASTER:760億円(うちH27年度:3.1億円)、ASNARO1:16億円(うちH27年度:6.4億円、H28年度:4.8億円、H29年度:4.8億円)

②次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発

H18年～H29年

43.5億円(うちH27年度:3.06億円、H28年度:3.06億円、H29年度:2.5億円)

③石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発

H19年～H33年(予定)

151.7億円(うちH27年:8.7億円、H28年:11.5億円、H29年:11.5億円)

④超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発

H23年～H29年

163.8億円(うちH27年:5.0億円、H28年:5.0億円、H29年:24.7億円)

⑤宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(SERVISプロジェクト)

H23年～H33年(予定)

15.7億円(うちH27年:3.0億円、H28年:3.5億円、H29年:3.5億円)

【グローバルな課題解決に資する宇宙技術の研究開発の推進】

⑥宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発

H26年～H35年(予定)

10.0億円(うちH27年:2.5億円、H28年:2.5億円、H29年:2.5億円)

【衛星データ利用の促進】

⑦政府衛星データのオープン＆フリー化及びデータ利用環境整備事業【※】

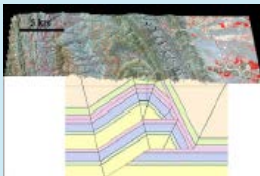
⑧衛星データ統合活用実証事業【※】

【※】「政府衛星データのオープン＆フリー化及びデータ利用環境整備事業」及び「衛星データ統合活用実証事業」は平成30年度から開始した新規事業であり、また、「極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システム、次世代合成開口レーダ等の研究開発」は平成28年度に終了時評価が完了しており、今回のプロジェクト評価対象事業から除く。

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

【競争力ある宇宙機器や利用技術の開発】

①石油資源を遠隔探知するための衛星利用技術の研究開発(旧:石油資源遠隔探知技術の研究開発)[昭和56年度～平成29年度]

事業の内容	事業イメージ
事業目的・概要 ● 石油資源の確保に資するため、人工衛星により取得された地球観測データの処理・解析技術の研究開発を行います。 ● 具体的には、資源探査用衛星センサ・高分解能画像（ASTER、ASNARO-1）による衛星データについて、高度な処理・解析を施すアルゴリズム開発及び石油資源探査等への実証研究・事例蓄積を実施します。併せて、データの取得・処理・解析等を通じて、データの有用性を検証し、効率的な石油資源探査に有効な技術の研究開発を行います。 ● また、効率的な石油資源探査のため、地表面状況把握による適切なプランニングの検討や探査地域等のモニタリング等を行います。 ● これらにより処理したデータを用いて、石油資源埋蔵の可能性のある地質構造及び岩相区分等を抽出技術を開発し、我が国における石油資源探査事業の効率化等に寄与します。 ● なお、衛星の利用拡大は、宇宙基本法及び宇宙基本計画の「宇宙開発利用」の趣旨に沿うものです。 条件（対象者、対象行為、補助率等） 国 委託 民間企業等	ASTERセンサ・ASNARO-1による衛星画像を利用した石油資源探査 経済産業省が開発した衛星の実証運用 衛星により取得したデータの解析 衛星データの有用性を検証し、効率的な石油資源探査に有効な技術の研究開発 効率的な石油資源探査の実現 光学センサASTERで捉えた画像 ASNARO-1衛星    

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

【競争力ある宇宙機器や利用技術の開発】

②次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発[平成18年度～平成29年度]

事業の内容

事業目的・概要

- 現在開発中のハイパースペクトルセンサは、ASTERセンサ（※）に比べ、格段に解析能力が高く、鉱物種の特定や土壌塩害の把握はじめ様々な分野において、強力なツールになると期待されています。
- 本事業では、国際宇宙ステーションに搭載した同センサからの観測（リモートセンシング）によって地質等を判別できるようスペクトルデータのデータベースを作成するとともに、データを処理・解析するソフトウェアを開発します。
- リモートセンシングの利用拡大は、宇宙基本法及び宇宙基本計画で謳われている「開発から利用へ」の趣旨に沿うものであり、ひいては将来の成長が期待される宇宙産業の発展に寄与するものです。

（※） ASTERセンサ

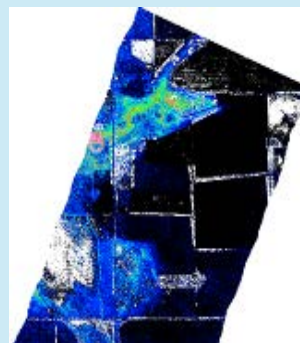
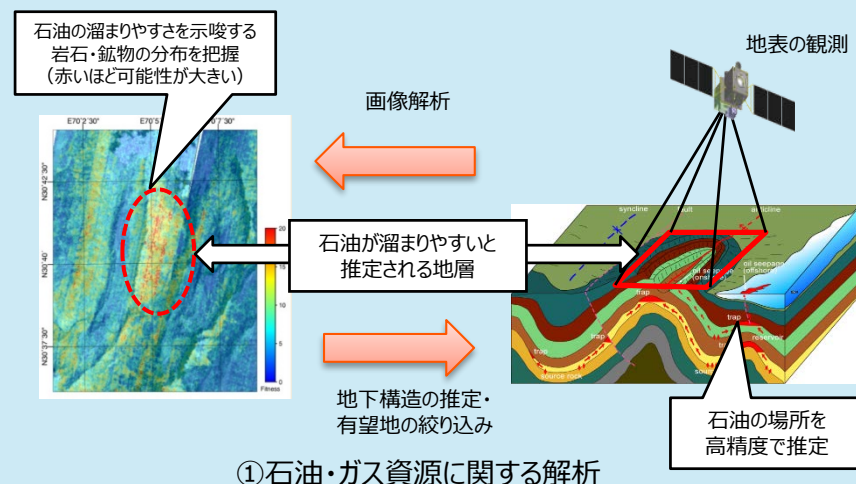
平成11年から運用している資源探査用光学センサ。現在、当初の設計寿命（5年）を大幅に超える運用を行っています。今後、後継機に切り替えるための調整を実施していく予定です。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

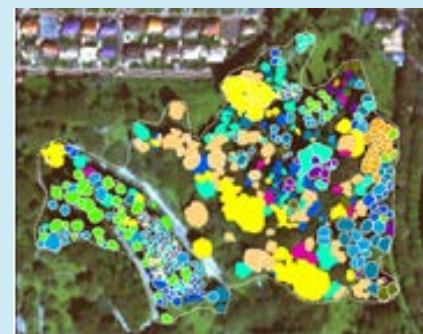


事業イメージ

ハイパースペクトルセンサの利用が見込まれる例



②土壌の塩害化による影響度評価



③森林の樹種分類

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

【競争力ある宇宙機器や利用技術の開発】

③石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発(旧:ハイパースペクトルセンサ等の研究開発)[平成19年度～平成33年度(予定)]

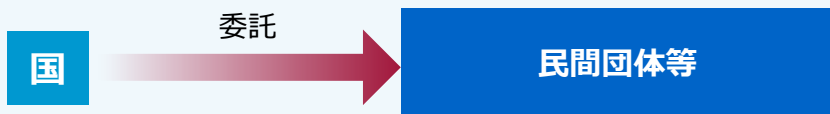
事業の内容

事業目的・概要

- 現在運用中のASTERセンサ(※)の13倍の光の波長の違いを識別する能力(スペクトル分解能)を持つハイパースペクトルセンサを開発し、世界に先駆けて宇宙実証を行います。
- スペクトル分解能の向上により、宇宙空間から識別できる物質の種類が増え、より高い精度で地表に存在する物質を把握できるようになり、石油資源の遠隔探知能力の大幅な向上につながります。その他にも、効率的なパイプライン建設、周辺環境への影響評価(土壌汚染、水質汚濁)への活用が期待されるなど、我が国の資源開発の強力なツールになり得ます。
- 衛星データの利用拡大は、宇宙基本法及び宇宙基本計画で謳われている「開発から利用へ」の趣旨に沿うものであり、ひいては将来の成長が期待される宇宙産業の発展に寄与するものです。

(※) 経済産業省が開発した資源探査用センサ。平成11年から、当初の設計寿命(5年)を大幅に超えて運用を行っています。

条件(対象者、対象行為、補助率等)



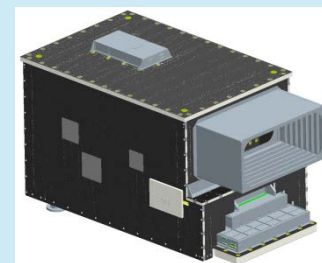
事業イメージ

ハイパースペクトルセンサについて

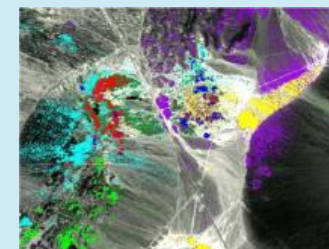
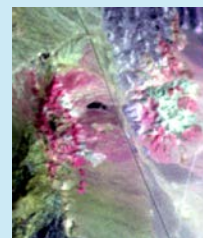
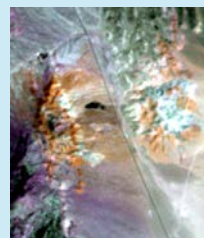


搭載を予定している国際宇宙ステーション

分解能 : 20×31m
観測幅 : 20km
バンド数※ : 185
※観測可能な波長帯数



従来センサとハイパースペクトルセンサの比較



ASTERセンサ(14バンド)による
鉱物種推定
地表にどのような物質があるかを
推定可能(10種類程度)

ハイパースペクトルセンサ(185バンド)
による鉱物種特定
地表にどのような物質があるかを
ほぼ断定可能(30種類程度)

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

【競争力ある宇宙機器や利用技術の開発】

④超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発[平成23年度～平成29年度]

事業の内容

事業目的・概要

- 現在、我が国の宇宙産業の国際競争力を強化するため、小型かつ高性能な地球観測衛星（レーダ衛星）を開発しています。
- 本衛星の宇宙空間での適切な稼働を確認するために必要な、衛星の管制や衛星画像の処理を行うための地上システムを開発します。
- 本事業を通じて、民間事業者が衛星の運用実績を積み重ねることで、衛星運用事業者の育成を図ります。
- また、衛星本体、地上システムの開発及び運用を一体的に行うことにより、民間事業者が国際市場への参入を目指す上で、衛星システムとしての売り込みを行うことが可能となります。

※ Xバンド合成開口レーダ

波長が短い電磁波を用いて、画像情報を取得するレーダ。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

高性能小型衛星（レーダ衛星）の研究開発

- 衛星搭載用としては我が国初のXバンド合成開口レーダセンサを搭載する衛星を開発。
- 本衛星は短納期、低コスト、小型で世界最先端クラスの空間分解能を有する。
- 先行して開発・実証中の光学衛星と組み合わせることにより、高頻度の地球観測システムを構築することが可能。

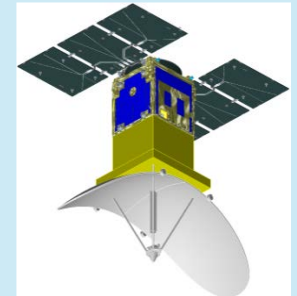
【主な諸元】

レーダ分解能：1 m

データ伝送速度：800 Mbps

寿命：5年

質量：550 kg程度



我が国宇宙産業の国際競争力の強化

- 国際衛星市場への参入（アジア・中東等）
- 国内地球観測衛星等への活用
- 先端技術・部品の実証

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

【競争力ある宇宙機器や利用技術の開発】

⑤宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(SERVISプロジェクト)[平成23年度～平成33年度(予定)]

事業の内容

事業目的・概要

- 我が国宇宙産業の国際競争力の強化には、人工衛星やロケットの抜本的な低コスト化とあわせて高機能化、短納期化を実現することが必要です。そのためには、自動車用部品など、我が国が有する他分野の優れた部品・技術を活用していくことが有効です。
- こうしたことを踏まえ、我が国が有する他分野の優れた技術等を活用して、低価格・高性能な宇宙用コンポーネント・部品を開発し、人工衛星やロケット等の低コスト化を実現します。
- また、平成28年3月策定の「宇宙用部品・コンポーネントに関する総合的な技術戦略」に基づき、我が国として注力すべき宇宙用部品・コンポーネントの開発を支援し、我が国の宇宙活動の自立性の確保及び宇宙機器産業の発展を実現します。
- さらに、これまで政府機関・宇宙機関・企業・大学等が個別に持っている他分野部品等の宇宙機器転用に関する情報を集約し、衛星等の低コスト化を促進します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

他分野の技術等をベースにした低価格・高性能な宇宙用コンポーネント・部品の開発

【開発機器の例】

従来の宇宙用機器と比較して、安価、小型、省電力などの特長を持つ機器を開発中。

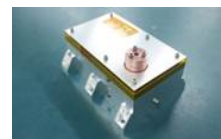
●低毒性衛星推進装置

人工衛星の推進装置には有毒な推進剤（ヒドラジン）が使用されているため、毒性の低い推進剤を使用した推進装置を開発。



●宇宙環境計測装置

人工衛星が受けた放射線の量を計測し、故障時の解析等に使用するための装置。従来品と比較して省電力かつ安価。



平成28年3月策定の「宇宙用部品・コンポーネントに関する総合的な技術戦略」に基づいた、宇宙用部品・コンポーネントの開発を補助事業にて支援。

開発にあたっては複雑な工程管理を適切に行う必要があるため、執行管理団体を經由して支援を行う。

関係機関が有する情報の集約

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

【グローバルな課題解決に資する宇宙技術の研究開発の推進】

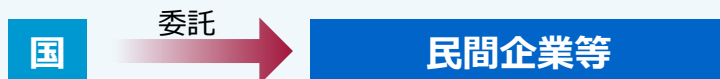
⑥宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発(旧:太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発)[平成26年度～平成35年度(予定)]

事業の内容

事業目的・概要

- 宇宙太陽光発電システムは革新的なエネルギーとして、宇宙基本計画（平成27年1月宇宙開発戦略本部決定）及びエネルギー基本計画（平成26年4月閣議決定）において、中長期的に研究開発を進めることとされています。
- 本事業では、宇宙太陽光発電システムの実現に向けた重要な要素技術であるマイクロ波無線送電について、送受電効率の改善や送受電システムの薄型軽量化に向けた研究開発及び実証を行います。
- また、宇宙太陽光発電システムの研究は長期に及ぶ取組となることから、中長期の研究開発のロードマップを作成します。
- 宇宙では昼夜・天候等にほとんど左右されることなく安定した量の太陽エネルギーを得ることができるため、本技術の実用化により、安定的に供給可能な新たな再生可能エネルギーの利用可能性が広がります。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

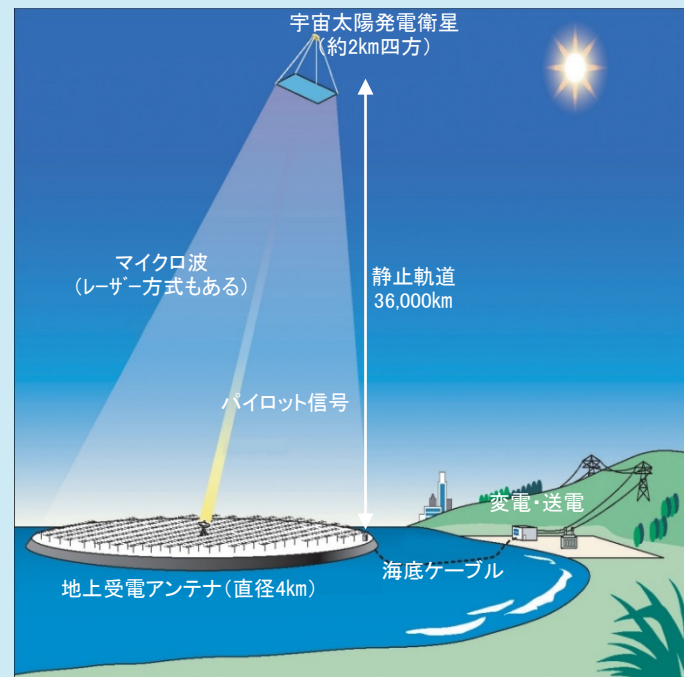


事業イメージ

宇宙太陽光発電システムについて

宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）とは、宇宙空間において太陽エネルギーで発電した電力をマイクロ波などに変換のうえ、地上へ伝送し、地上で電力に変換して利用する将来の新エネルギーシステム。

(イメージ)



1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

【衛星データ利用の促進】

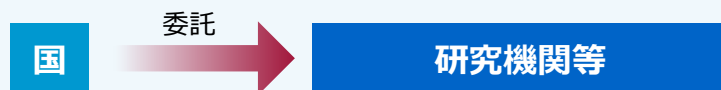
⑦政府衛星データのオープン＆フリー化及びデータ利用環境整備事業[平成30年度～平成32年度(予定)]

事業の内容

事業目的・概要

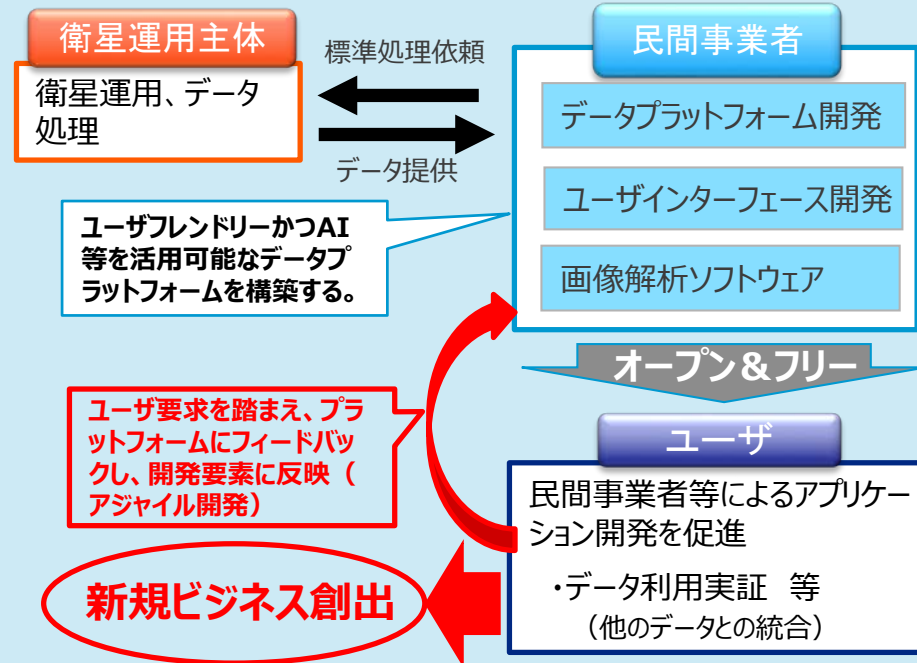
- 昨今、技術革新や新規参入等を背景に、宇宙由来の様々なデータの質・量が抜本的に向上しつつあります。こうした中、衛星データは単なる宇宙由来のデータではなく、ビッグデータの一部として様々なデータと組み合わせることで、農業、漁業、防災分野等の課題に対しソリューションを提供していくことが期待されています。
- 一方、政府が運用する地球観測衛星のデータは、産業ユーザーが利用可能なフォーマットでオープン化されておらず、また、衛星データの加工には高い専門性や高価な処理設備・ソフトウェアが要求されることから、その産業利用は限定的な状況に留まっています。
- そのため、本事業では、政府衛星データのオープン＆フリー化を行うとともに、AIや画像解析用のソフトウェア等を活用したデータプラットフォームの開発を行います。これにより、民間企業や大学等が衛星データを利用しやすい環境整備を実現し、新規アプリケーション開発による新規ビジネス創出を促進します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

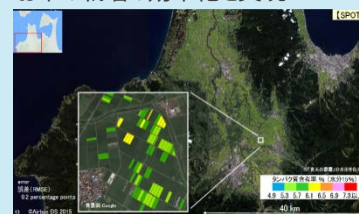
データプラットフォームの開発・利用の流れ



衛星データ活用事例

<農林水産業>

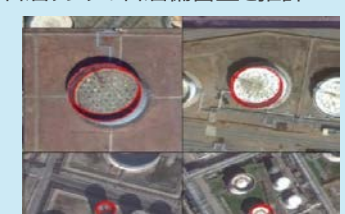
青森県では衛星データを活用してお米の栽培の効率化を実現



(出典：地方独立行政法人青森県産業技術センター資料より引用
(2017年9月宇宙産業シンポジウム))

<先物投資情報提供サービス>

米国の企業は衛星データにより世界中の石油タンクの石油備蓄量を推計



(出典：Orbital Insight社ホームページより引用)

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

参考

【衛星データ利用の促進】

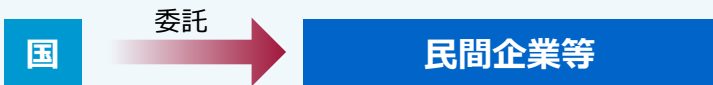
⑧衛星データ統合活用実証事業[平成30年度～平成32年度(予定)]

事業の内容

事業目的・概要

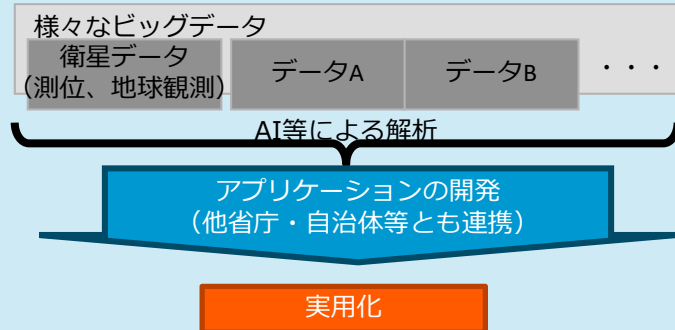
- これまでも衛星データを活用したアプリケーションが開発されてきましたが、衛星データ単体では多面的な情報としては十分であるとは言い難く、開発したものがビジネスとして実用化されることは限定的でした。
- 昨今、IT技術やAIの急速な発展により、多岐な分野に亘るビッグデータを統合して解析することで、新たなビジネスが出現しつつあります。衛星データについても、その質・量ともに向上を続けており、ビッグデータ解析の重要な柱のひとつとしての活用が期待されます。
- そのため、新たなアプリケーションビジネスを創出すべく、衛星データと地上データを統合し、ビッグデータのひとつとして活用するアプリケーションの開発・実証を行います。また、アプリケーションの活用先としてユーザー官庁や自治体等との連携も図ることで、実用化も推進します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

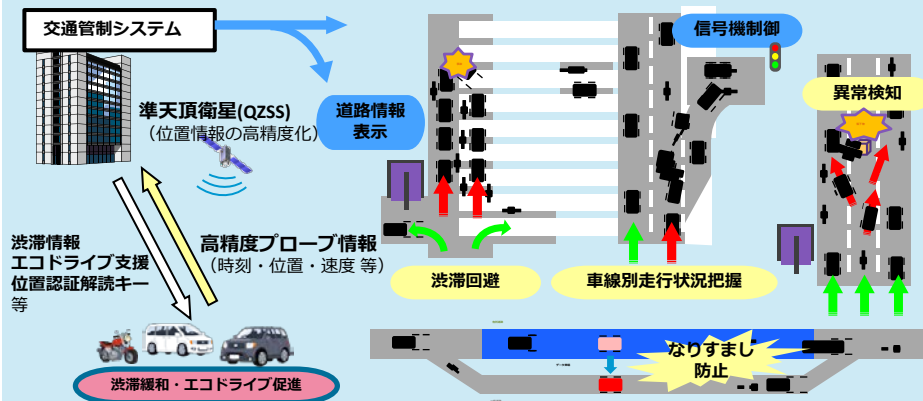


事業イメージ

（１）事業の概念図



（２）準天頂衛星システムのアプリケーション事例 (高精度プローブ情報を活用した渋滞緩和システム)



1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

各事業の研究開発課題・アウトプット・アウトカム(1)

プロジェクト名	研究開発課題	アウトプット指標・目標値	アウトカム指標
①石油資源を遠隔探知するための衛星利用技術の研究開発(旧:石油資源遠隔探知技術の研究開発)	我が国石油資源の安定供給確保及び宇宙産業の販路拡大の観点から、ASNARO1衛星 ^[1] 及びASTERセンサ ^[2] の運用・利用技術の開発を行うもの	【ASTER】 ・衛星画像データの石油資源探査への利用技術の開発件数 ・衛星画像データの処理数・ユーザへの提供数 【ASNARO1】 ・石油資源探査におけるASNARO-1の画像データ提供件数(シーン数)	【ASTER】 ・生産した衛星画像データ及びその利用技術が石油資源探査等で利用された件数 ・量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供を通じた国際社会へ貢献 【ASNARO1】 ・石油開発企業の資源探査・開発等における衛星画像データを活用した事業件数
②次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発	ハイパースペクトルセンサから得られる衛星データの高度利用のための校正・処理アルゴリズム研究、観測計画策定研究、利用分野研究を行うもの	・HISUI ^[3] データを想定した校正・補正処理手法の開発 ・観測効率の最大化を実現する観測計画策定手法の開発 ・事業アウトカムで挙げた7分野の利用技術開発及びハイパースペクトルセンサ・データの利用を支援するツールの開発 ・研究開発内容に係る論文及び学会の発表	・石油資源、金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋の7分野での高度利用に関し、宇宙機に搭載したハイパースペクトルセンサを用いて実証 ・ハイパースペクトルデータの利用拡大に向けた研究公募の運用
③石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発(旧:ハイパースペクトルセンサ等の研究開発)	従来センサに比べ物質をよりきめ細かく特定可能となるスペクトル分解能(185バンド)を有するハイパースペクトルセンサの開発・実証を通じて石油資源の安定供給確保への貢献を目指すもの	・新型ハイパースペクトルセンサの実用化に向けた技術の確立 ・本研究開発内容に係る論文又は学会における発表数	石油開発企業等によるデータの総利用シーン数(センサ打上げ後の実証フェーズ)、データ利用希望者による事前登録件数

[1]ASNARO1衛星:経済産業省による支援の下、2014年度にNECが開発した地球観測光学衛星。

[2]ASTERセンサ:平成11年から運用している資源探査用光学センサ。現在、当初の設計寿命(5年)を大幅に超える運用を行っている。今後、後継機に切り替えるための調整を実施していく予定。

[3]HISUI:Hyperspectral Image SUiteの略。経済産業省の下で開発中の、資源探査用として宇宙から地球を観測するハイパースペクトルセンサ及びセンサを搭載するペイロード等を含むシステム。

1. 2. 各事業の概要及びアウトプット・アウトカム

各事業の研究開発課題・アウトプット・アウトカム(2)

プロジェクト名	研究開発課題	アウトプット指標・目標値	アウトカム指標
④超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発	小型かつ高性能、低コスト、短納期の地球観測用レーダ衛星の開発を通じて我が国宇宙産業の国際競争力強化を図るもの	・超高分解能レーダセンサ(SAR)等の開発 ・高電力小型衛星バスの開発 ・国際競争力確保のための短納期衛星製造プロセスの確立	・我が国宇宙産業の国際競争力の強化
⑤宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(SERVISプロジェクト)	人工衛星やロケットの低コスト化を実現するため、我が国が有する他分野の優れた技術等を活用し、低価格・高性能な宇宙用部コンポーネント・部品の開発を行うもの	(宇宙の極限環境に適応する民生品の活用に関する研究開発) ・民生部品、民生技術を活用した高性能な宇宙用コンポーネントの開発件数	民生品や他分野の部品・技術を活用した機器の実用化数
		(民生品を活用した宇宙機器の軌道上実証) ・民生品等を活用した機器の実用化に向けた要素技術の研究開発件数	
⑥宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発(旧:太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発)	宇宙太陽光発電システムの実現に向け、重要な要素技術であるマイクロ波による無線送受電技術について、送受電効率の改善や薄型軽量化に関する研究開発を行うもの	宇宙太陽光発電システムの重要な要素技術であるマイクロ波無線送受電システムの基盤技術に関する研究開発件数	受電部及び送電部の総合効率
⑦政府衛星データのオープン&フリー化及びデータ利用環境整備事業	政府衛星データを原則無償解放するとともにユーザが使いやすいデータプラットフォームを整備することで民間企業による新たな宇宙ビジネスの創出を図るもの	プラットフォームへのユーザ登録件数、ユーザアクセス件数	宇宙利用産業の市場規模への貢献額
⑧衛星データ統合活用実証事業	衛星データと様々な地上データを統合活用した民間企業によるアプリケーションビジネス創出を促進するためのもの	アプリケーションの開発件数	宇宙利用産業の市場規模への貢献額

1. 3. 当省(国)が実施することの必要性

- 人工衛星などの宇宙システムは、我が国の重要な社会インフラであり、国の責務として戦略的な研究開発を行い、宇宙産業基盤を維持・強化することが重要。
- 人工衛星の開発から打ち上げ、運用には多額の費用と極めて長い期間を要することに加えて、宇宙機器・宇宙用部品は、宇宙空間という特殊な環境下で使用されるため、非常に高度な技術や高い信頼性が求められる。民間事業者が開発段階から全ての事業リスクを負担するのは困難。
- 一方、宇宙空間のような極限環境に使用可能な技術・製品は、他産業分野への応用も可能であり、広い波及効果が見込まれる。このため、国が基盤技術の研究開発について主体的に取組み、他産業への転用を積極的に促していくことが必要。
- また、技術革新を背景として衛星画像等の宇宙データの質・量が抜本的に向上しており、幅広い分野での活用が見込まれる。しかしながら、衛星画像解析に特殊なソフトウェアが必要であることなどの理由により、利用は限定的。宇宙利用の裾野を拡大し、宇宙産業全体を活性化させるために、衛星データを幅広く活用できるような開発・利用環境基盤を国が整備することが必要。

(参考)宇宙基本法(平成20年法律第43号)(抜粋)

第4条(産業の振興)

宇宙開発利用は、宇宙開発利用の積極的かつ計画的な推進、宇宙開発利用に関する研究開発の成果の円滑な企業化等により、我が国の宇宙産業その他の産業の技術力及び国際競争力の強化をもたらし、もって我が国産業の振興に資するよう行われなければならない。

第8条(国の責務)

国は、第二条から前条までに定める宇宙開発利用に関する基本理念にのっとり、宇宙開発利用に関する総合的な施策を策定し、及び実施する責務を有する。

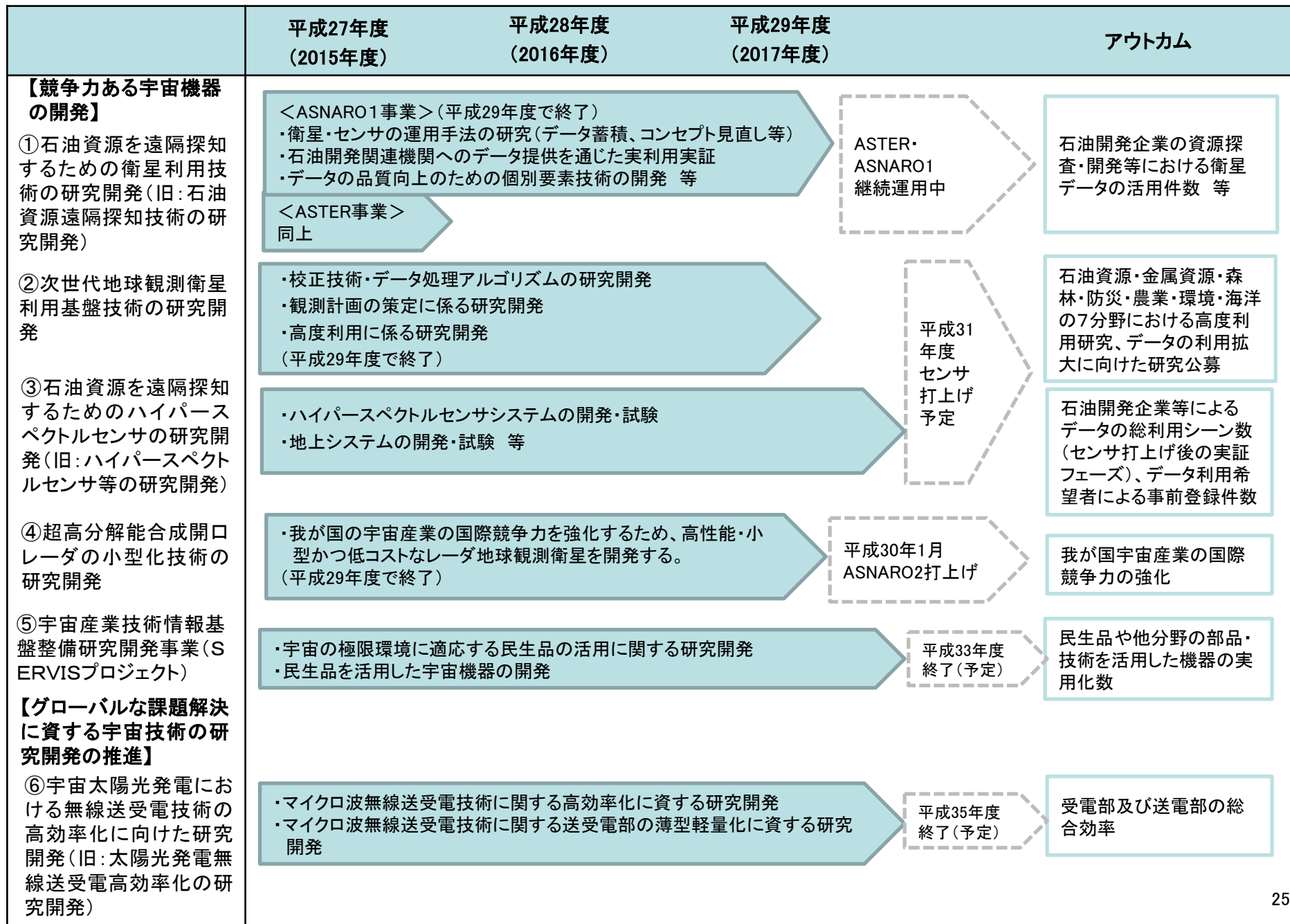
第16条(民間事業者による宇宙開発利用の促進)

国は、宇宙開発利用において民間が果たす役割の重要性にかんがみ、民間における宇宙開発利用に関する事業活動(研究開発を含む。)を促進し、我が国の宇宙産業その他の産業の技術力及び国際競争力の強化を図るため、自ら宇宙開発利用に係る事業を行うに際しては、民間事業者の能力を活用し、物品及び役務の調達を計画的に行うよう配慮するとともに、打上げ射場(ロケットの打上げを行う施設をいう。)、試験研究設備その他の設備及び施設等の整備、宇宙開発利用に関する研究開発の成果の民間事業者への移転の促進、民間における宇宙開発利用に関する研究開発の成果の企業化の促進、宇宙開発利用に関する事業への民間事業者による投資を容易にするための税制上及び金融上の措置その他の必要な施策を講ずるものとする。

第24条 政府は、宇宙開発利用に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため、宇宙開発利用に関する基本的な計画(宇宙基本計画)を作成しなければならない。

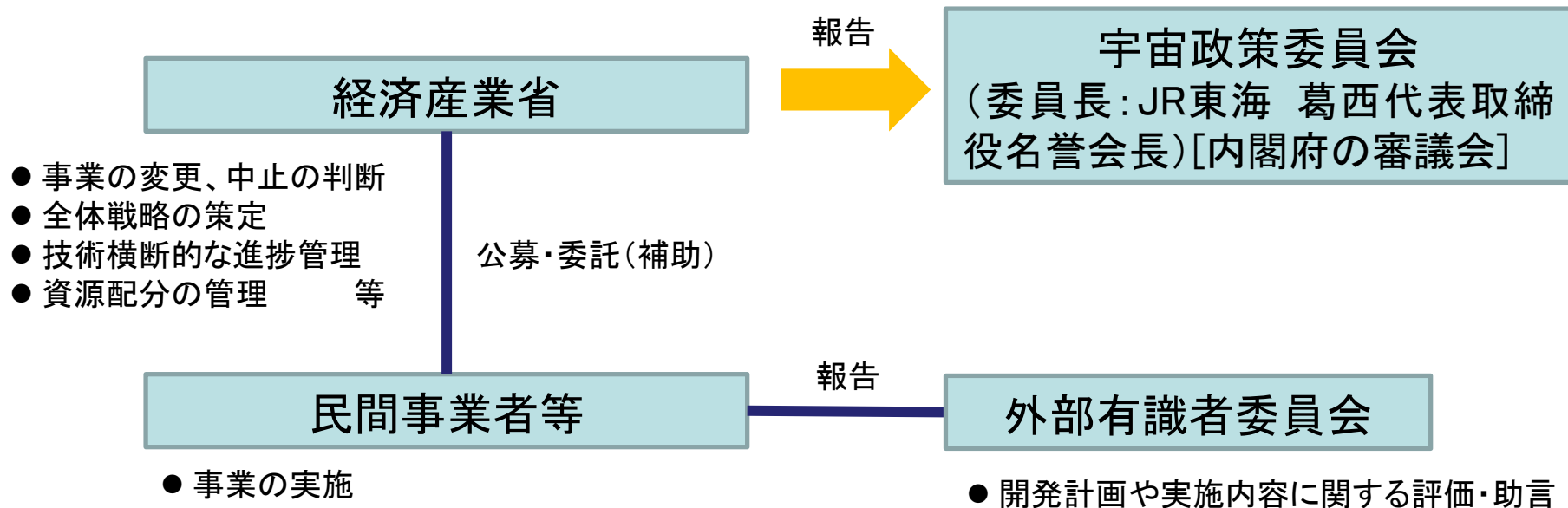
8 政府は、宇宙基本計画について、その実施に要する経費に関し必要な資金の確保を図るため、毎年度、国の財政の許す範囲内で、これを予算に計上する等その円滑な実施に必要な措置を講ずるよう努めなければならない。

1. 4. 各事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



1. 5. プログラムの実施・マネジメント体制等

- 各事業では、外部有識者等により構成される委員会を設置。同委員会を毎年度3回程度開催し、研究開発計画や実施内容に関する評価や助言を受けている。
- 同委員会からの指摘事項を研究開発計画や実施内容などに反映し、マネジメント体制を確保している。
- さらに、各事業は宇宙基本計画工程表に反映し、宇宙政策委員会等に取り組状況を報告している。



1. 6. 費用対効果

事業名	直近3年間の予算額 (H27-29年度)	主な効果
①石油資源を遠隔探知するための衛星利用技術の研究開発 (旧:石油資源遠隔探知技術の研究開発)	【ASNARO1】 ・H27:3.3億円 ・H28:4.8億円 ・H29:4.8億円 【ASTER】 ・H27:3.1億円	・石油資源探査の効率化 等 ※ASTER・PALSARデータ ^[4] を利用した解析により、計16件の権益獲得又は石油開発に繋がった。 ※なお、一般的には、費用削減効果の観点では、ある資源探査事業案件のケースで異なるものの、衛星データの利用を通じた探鉱探査の絞り込みによる効果は、1案件あたり数億円～数十億円程度 ・論文又は学会発表 449件 (ASTER事業) ・特許等(出願含む) 2件 (ASTER事業)
②次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発	・H27:3.06億円 ・H28:3.06億円 ・H29:2.50億円	・石油資源・金属資源等の高度利用分野の研究、学術的な成果による効果 等 ※論文又は学会発表 249件、特許 2件 ※この結果、例えば、海域におけるオイルスリック ^[5] のマッピング手法や鉱物種・塩分濃度に必要な吸収スペクトル位置の相関などが確立され、将来のHISUIデータの利用に貢献が期待。
③石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発(旧:ハイパースペクトルセンサ等の研究開発)	・H27:8.75億円 ・H28:11.5億円 ・H29:11.5億円	・H31年度に打上げ予定。H32年度以降は実証を通じて衛星画像データのクオリティ担保に必要な運用手法の確立(校正・補正)により、石油資源開発関連会社等での活用拡大に貢献が期待。例えば、H33年度まで5400件のデータ総利用数を予定。 ・論文又は学会発表 54件、特許 2件
④超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発	・H27:5.0億円 ・H28:5.0億円 ・H29:24.7億円	・衛星運用画像事業:3年間で50億円の売上を目指す ・小型衛星パッケージ販売:1パッケージあたり100-150億円の売上を目指す。 ※H30年1月打ち上げ。現在、継続運用中。

[4]PALSAR:Phased-Array type L-band Synthetic Aperture Radarの略。経済産業省と宇宙航空研究開発機構が共同で開発したフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダで、我が国のALOS衛星に搭載され2006年1月に打ち上げられ、2011年5月まで運用された。

[5]オイルスリック:海底からの自然渗出油やタンカーの海難事故、人為的な油放棄等の原因によって海面に広がる油膜。表面は鏡面状となり、周辺海面とは異なる反射特性を示す。

1. 6. 費用対効果

事業名	直近3年間の予算額(H27-29年度)	主な効果
⑤宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(SERVISプロジェクト)	【部品・コンポーネント】 ・H27:0.81億円 ・H28:1.32億円 ・H29:1.80億円	・Liバッテリーは商用衛星の約40%の世界シェア獲得し、これまでの販売数から、推定100億円の波及効果があった。また、H28年3月にはISO17546として制定。 ・小型衛星に係る実証用部品・コンポーネント等の開発事業論文 10件等
	【小型ロケット】 ・H27:2.18億円 ・H28:2.18億円 ・H29:1.70億円	・民生品等を活用したロケット用部品等の開発により、小型ロケット打上げサービスの競争力強化を実現することで、我が国事業者による小型衛星打上げ市場の獲得への貢献を目指す。 ・本研究開発により、民生品等を活用して低コスト化を図った小型ロケットSS-520をH30年2月に打ち上げ、民生技術を活用して開発・製造した超小型衛星の軌道投入に成功。 ・本研究開発に基づき提出した論文は12件、特許出願は2件。
⑥宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発(旧:太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発)	・H27:2.5億円 ・H28:2.5億円 ・H29:2.5億円	・マイクロ波による無線送受電技術等の必要な研究開発により、宇宙太陽光発電システムを実現することで、温室効果ガスの排出量低減による地球温暖化対策や、我が国のエネルギーの安定的な確保への貢献を目指す。 ・本研究開発により、受電部の総合効率が42%から54.9%に向上(目標値:50%)したほか、送電部の総合効率が35%から44%に向上見込み(目標値40%、H30年度中に測定)。 ・本研究開発に基づき提出した論文は91件、特許出願は1件。

1. 7. 外部有識者の評価等

1. 7-1. 評価検討会

評価検討会名称

平成30年度宇宙産業プログラムに関する事業評価検討会

評価検討会委員

座長

建石 隆太郎 国立大学法人千葉大学 名誉教授

委員

菊池 純一 青山学院大学 法学部・大学院法学研究
科 教授

木村 真一 学校法人東京理科大学 理工学部電気電
子情報工学科 教授

白坂 成功 慶應義塾大学大学院 システムデザイ
ン・マネジメント研究科 教授

三宅 弘晃 学校法人五島育英会 東京都市大学 工
学部機械システム工学科 准教授

- ・第1回検討会：平成30年10月15日開催
- ・第2回検討会：平成30年12月28日開催（書面審議）

1. 7-2. 評価結果抜粋(複数課題プログラム)

(i) 事業アウトカムの妥当性

- 民生技術活用や小型衛星打ち上げなど、世界の潮流に合わせて、先導的に取り組んでいる点は評価できる。各研究開発課題(プロジェクト)の事業アウトカムの指標・目標値も、総合してみたときに日本経済にプラス効果を与えるものになっている。
- 長期間の研究開発を通じたアウトカムが有効でなくなることが起きており、今後は短期間のアウトカムを設定し、長期間のものは、アウトカムそのものを柔軟に評価し直すことが必要である。
- 現在の事業アウトカムの指標・目標値において、アウトプットと混同している事業が見受けられるので、社会情勢(市場動向)調査を踏まえて、適切な事業アウトカムを設定することが望ましい。

(ii) 複数課題プログラムの内容及び事業アウトプットの妥当性

- それぞれの研究開発課題(プロジェクト)において、技術的優位性の高い、優れた技術開発が実現されており、技術的成果は非常に高い。
- 今後、より一層宇宙産業の基盤を強化し、その裾野を拡大し、もって、国際競争力の強化を目指すのであれば、事業アウトプットの評価軸に国際比較の視点が必要。
- 技術開発と同時にそこで見いだされた原理・手法等について、一般化することは、技術全体を高める上で重要。その意味で大学等の連携を活用するのも一つの可能性として考えられる。

1. 7-2. 評価結果抜粋(複数課題プログラム)

(iii) 当省(国)が実施することの必要性

○全ての研究開発課題(プロジェクト)において、長期的・継続的に支援が必要な事業であり、国が実施することに疑いの余地はない。民間企業が開発していくには、昨今の社会情勢や高い事業リスクを鑑みると国の支援が必要不可欠。

我が国に必要な技術分野や技術的優位性の高い分野に集中して、宇宙関連の産業を誘導・牽引している点や、民生技術の活用や小型衛星の打ち上げなど、世界的な潮流に合わせて戦略的に取り組んでいるのも非常に高く評価できる。

○大手企業、中小・ベンチャー企業、両者の連合など、体制も考えた上で、複数のアプローチを積極的に混ぜて実施することが、現在の時代に合っており、成功の可能性を上げると考える。

○宇宙産業は、世界的に見て非常に活発であり、今後、日本初の技術を将来のスタンダードにしていくなれば、国が積極的に予算を確保し、補助事業を継続的に拡大していくことを期待する。

(iv) 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

○宇宙産業プログラム全体としては、事業アウトカム達成に向けたシナリオが整理されており、その中の一部は実際に事業に結びついているものも見受けられることから、ロードマップは概ね妥当と考えられる。

○今後は、民間企業がユーザーなど外部との連携で試作品を開発する前段階に行う新しいアイデアの実証やデモンストレーションの段階から、国が支援していくことが有効であり、それで確度が分かれば民間投資も進むものと思われる。

○開発した技術を国内外で広く利用されるためには、国際標準化や知財管理など戦略的な取組が欠かせない。技術の実用化までではなく、さらに広範に活用されるための戦略についても積極的に検討する必要がある。

1. 7－2. 評価結果抜粋(複数課題プログラム)

(v) 複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等の妥当性

- 経済産業省のイニシアティブの下、複数の研究開発課題(プロジェクト)の進捗に大きな差はなく、適切に計画・立案を行い、研究者・開発者等が適切に配置されており、適切な実施体制が組まれている。
- 宇宙産業における新たなイノベーションの創出には、組織の目標達成に必要な能力の構築・向上といった観点から、従来の研究開発の実施体制に加えて、ユーザー側が新たなアイデアを創出できる場を構築していくことが必要である。
- 今後も複数の実施主体を選定していくことで、産業の広がりを作っていくことが宇宙産業の育成では必要。技術開発・研究において、まだ大学が果たせる役割があることから、今後、大学との役割分担についても積極的に検討されることを期待する。
- 研究開発課題(プロジェクト)の多くが着実に成果が上がっているにもかかわらず、国民への浸透が十分とは言えない。国民に広く浸透することで、新たな宇宙利用などの可能性が広がることもあるため、国民に対する周知・広報活動の拡充を期待する。

(vi) 費用対効果の妥当性

- 各研究開発課題(プロジェクト)は、投下された国費に見合った成果が着実に出ている。また、搭載機器開発などのプロジェクトの進捗状況に合わせて、全体として適切にリソースが配分され、限られたリソースの中で優れた技術開発を実現している点は高く評価できる。
- 宇宙開発の広がりに対応するためには、一層のリソースの拡充が必要不可欠。ベンチャー企業が挑戦できるような研究開発を今後も進めていくことが必要。
- 事業アウトカムが達成される時期はプロジェクトによって異なるため、効果が見込まれる時期をより明確にした方がよい。また、研究開発の取りまとめ者の必要性・コストに関する説明の明確化にも期待する。

1. 7－2. 評価結果抜粋(複数課題プログラム)

(vii) 総合評価

- 国の上位計画に基づき宇宙産業の振興、国際的な市場確保を目指し、適切に宇宙機器開発と宇宙利用技術開発を進めている。宇宙利用は、技術開発だけでなくデータの利用まで踏み込んで、宇宙利用全体を活性化していく考え方は非常に高く評価できる。
- また、民生技術活用や小型衛星打ち上げなど、世界の潮流に合わせて、適切に各研究開発課題(プロジェクト)を設定して、先導的に取り組んでいる点は高く評価できる。そのような点で、今回の評価対象ではないが、政府衛星データのオープン＆フリー化及びデータ利用環境整備事業も評価できる。
- 近年、宇宙開発は手法・アプリケーション・産業との関わり方など、これまでの宇宙開発のあり方にとられない、より柔軟な対応が求められている。また、宇宙政策全体でも宇宙基本計画(2016)をはじめ、大きく舵が切られて、宇宙産業に求められる役割も多様化しつつある。
- 今後、宇宙産業の拡大に向けて適切に対応するため、より一層のリソースの拡充や、プロジェクトの可能性を広げるための技術・学術的分野との連携、また、新規事業では宇宙産業を取りまく変化の早い状況を考慮しながら実施していく必要がある。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 宇宙開発は大きな変革期にある中で、国の果たすべき役割は大きく、柔軟で、幅の広い宇宙産業施策に期待したい。こうした中で、産・官・学が効果的に連携していくことは効果的であり、学を効果的に活用する仕組みについて拡充すると良いと思われる。
- 宇宙開発の広がりに対応するため、リソース全体を拡充する努力を期待する。小型衛星によるコンステレーションや、最新テクノロジー(ビッグデータ、AI)などを活用した宇宙産業に関する研究開発を強化する必要がある。
- 宇宙産業における新たなイノベーションの創出には、組織の目標達成に必要な能力の構築・向上といった観点から、従来の研究開発の実施体制に加えて、ユーザー側が新たなアイデアを創出できる場を構築していくことが必要である。

提言に対する対処方針

- 経済産業省では現在、大学や産業界と連携し、衛星データ活用スキル習得機会の拡大や宇宙関連人材のマッチング支援等を通じた人的基盤強化に向けて取り組んでいるところ。引き続き、宇宙関連産業の競争力強化に向け、様々な観点から産・官・学の連携に取り組んでまいりたい。
- 宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(SERVISプロジェクト)では、最新の技術開発動向を踏まえたロケット・衛星のコンポーネントの開発を提案公募型により支援している。また、平成30年度から実施している政府衛星データのオープン＆フリー化及びデータ利用環境整備事業では、衛星データを利用しやすいプラットフォームを整備し、ビッグデータやAI等の技術を活用した新たな宇宙ビジネス創出を図っており、これらの事業を通じ、宇宙産業の活性化を図ってまいりたい。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 各研究開発課題(プロジェクト)の中で、事業アウトプットは、国際比較や事業開始前後での弱みや強みの変化を比較するといった視点が必要である。
- 研究の実施体制は、大手企業だけでなく、様々な実施主体が取り組む体制が必要である。
長期にわたる研究開発よりも、短期間(3年程度)で終了する研究開発をどんどん立ち上げていくことで、変化が早い時代に合った研究開発を実施することが可能となる。
宇宙産業プログラムを構成する各研究開発課題(プロジェクト)の中には、取りまとめをしている受託者の顔が見えてこない案件も見受けられるため、取りまとめを行っている受託者の必然性を明確化すべきである。

提言に対する対処方針

- 各プロジェクトの事業アウトプットや事業アウトカムについては、国内外の市場動向等を踏まえつつ、適切に見直しを行ってまいりたい。
- 研究開発の実施体制・期間については、例えば、宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業(SERVISプロジェクト)では、中小の部品メーカーと大学、ベンチャー企業の協力や、ベンチャー企業と大企業の協力といった新たな取組が生まれるよう支援を行っていく。また、技術開発のスピードが加速していることを踏まえ、最新の技術開発動向を把握した上で、より効果的・効率的なプログラムの実施を行ってまいりたい。
なお、多くの事業者が関わるような一部のプロジェクトでは、より効率的に事業を進める観点から専門的知見を有する者がプロジェクト全体の進捗管理を行っているが、こうした体制の妥当性については今後も適切なタイミングで評価を行い、必要な見直しを行ってまいりたい。

2. 複数課題プログラムを構成する研究開発 課題(プロジェクト)の概要及び評価

A 石油資源を遠隔探知するための衛星利用 技術の研究開発(終了時評価)

1. 事業の概要

概 要

(1) ASTER

人工衛星から取得される画像データを用いて、石油資源探鉱の効率化、権益確保のための事前情報取得など、石油資源の安定供給確保に貢献できる衛星画像データ利用技術開発を行う。

また、品質が保証された衛星画像データをユーザに対して安定的に提供を行うため、ASTER及びPALSARデータの品質管理および地上システムの安定的な運用を行う。

(2) ASNARO-1

<目的>

これまでに開発した実証人工衛星等(ASTER、ASNARO-1等)を用いて、石油資源探査に資する情報を効率的に得る技術の実証研究開発を行い、石油資源埋蔵の可能性のある地質構造及び岩相区分等のより効率的な抽出を可能にし、我が国における石油資源探査事業の効率化等を図る。

<概要>

軌道上での実証のためのセンサや人工衛星(ASTER、ASNARO-1等)を運用して各種の画像データを試験的に取得するとともに、そのデータを高度かつ自動的に処理・解析する技術等を開発し、石油資源探査への有用性の検証など、実証研究・事例蓄積を進める。あわせて、複数の資源探査衛星を統合的に運用するシステムの実証等を行う。

実施期間

昭和56年度～平成29年度

予算総額

731.2億円(委託事業)^[6]

(ASTER:718.3億円(うちH27FY:3.1億円)、ASNARO-1:12.9億円(うちH27FY:3.3億円、H28FY:4.8億円、H29FY:4.8億円))

実 施 者

ASTER:(一財)宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems)、(独)産業技術総合研究所(AIST)
ASNARO-1:(株)パスコ

[6]平成29年度までの総予算額。括弧内の金額は直近3年間の予算額。

2. 事業アウトカム

(1) ASTER

事業アウトカム指標	指標目標値		
石油資源の安定供給確保等に貢献するため以下について達成することをアウトカムとする。 ①本事業において生産した衛星画像データ、および合わせて開発した衛星画像データの利用技術が石油資源探査等において利用される。 ②量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供を通じて、国際社会へ貢献するとともに、日本の技術力を示す。	事業開始時	計画：事業アウトプット指標を達成する。	実績：－
	中間評価時	計画：事業アウトプット指標を達成する。	実績：－
	終了時評価時	計画：事業アウトプット指標を達成する。 加えて以下を達成する。 ①生産した衛星画像データおよびその利用技術が石油資源探査等において利用される。 ②量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供を通じて、国際社会へ貢献する。	実績：合計16件の石油資源探査案件において利用された。 量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供し、石油資源探査以外にも広く利用され、国内外の社会貢献に繋がった。
	目標最終年度(平成29年度)	計画：①衛星画像データおよびその利用技術が継続して利用され、石油資源探査等に貢献する。 ②衛星画像データの継続的な提供を通じて、国際社会へ貢献する。	

2. 事業アウトカム

(2) ASNARO-1

事業アウトカム指標	指標目標値		
【成果目標】 本事業は、石油ガス探査に係る実利用を想定してASNARO-1衛星を実証運用し、運用方法の確立について研究開発を行うことを目的とする。 効率的な運用を実施し、ユーザに対して十分な品質・精度を有するデータを遅延なく、かつ長期継続的に提供することで、石油開発企業等が資源探査・開発において、毎年度2件以上の事業に衛星画像データを活用することを目指す。 【事業アウトカム指標】 衛星画像データを活用した件数とする。	事業開始時 (平成27年度)	計画(目標値): 2件	実績:3件のプロジェクトについて、対象地域の画像撮像を行い、被雲率50%以下の画像について提供を行った。 また、画像提供のフィードバックとして、画像を事業に利用するうえでの課題等があげられた。
	中間評価時 (平成28年度)	計画(目標値): 2件	実績:4件のプロジェクトについて、対象地域の画像撮像を行い、被雲率50%以下の画像について提供を行った。 また、画像のさらなる利活用について、検討を行うとともに、1年目の課題の対応策を検討した。
	終了時評価時 (平成29年度)	計画(目標値): 2件	実績:2件のプロジェクトについて、対象地域の画像撮像を行い、被雲率50%以下の画像について提供を行った。 オイルスリック判別のための海域の画像については、繰り返し撮像を実施した。
	目標最終年度 (平成29年度)	計画:同上	

3. 事業アウトプット

(1) ASTER

事業アウトプット指標	指標目標値		
アウトカムの達成に必要なとなる以下の成果を達成することをアウトプットとする。 ①衛星画像データの石油資源探査への利用技術を開発する。 ②そのために必要な、品質の保証された衛星画像データを処理生産し、ユーザに提供する。 指標： ①開発した利用技術の開発件数 ②衛星画像データの処理数(平成27年度の目標は日平均500シーン)・ユーザへの提供数	事業開始時	計画：衛星画像データの生産システム、およびその利用技術の開発を開始する。	実績：ASTERとPALSARデータの生産システム、およびその利用技術の開発を開始した。
	中間評価時 (衛星運用開始時)	計画：衛星画像データの生産システムの開発を完了し、システムの運用とデータの提供を開始する。	実績：ASTERとPALSARデータの生産システムの開発を完了し、システムの運用とデータの提供を開始した。
	終了時評価時	計画：衛星画像データの処理生産(平成27年度の目標は日平均500シーン)と提供と品質管理を継続する。衛星画像データの利用技術の開発が全て完了する。	実績：ASTERとPALSARの観測データの全量(平成27年度の実績は日平均534シーン)を適切に処理生産し、その内約30万シーンをユーザに提供した。利用技術を合計57件開発し、全ての石油資源探査への利用ケースを網羅した。

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプ の作成
449	—	2	—	—	—	—

なお、上記の中で平成27年度から平成29年度においては、全て0件。

3. 事業アウトプット

(2) ASNARO-1

事業アウトプット指標	指標目標値		
【指標】 石油資源探査における ASNARO-1の画像データ提供 件数(シーン数) 【設定理由】 アウトカムに記載した内容を達成するため、経済産業省から指定されたエリアの撮像を実施し、画像を提供する。	1年目(平成27年度)	計画:242シーン	実績:369シーン
	2年目(平成28年度)	計画:396シーン	実績:471シーン
	3年目(平成29年度)	計画:300シーン	実績:246シーン

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプ の作成
—	—	—	—	—	—	—

4. 当省(国)が実施することの必要性

(1) ASTER

本事業は以下の①～⑤の全てを満たすため、当省(国)において、当該事業を実施することが必要である。

①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合

⇒本研究開発は、世界最先端の衛星の長期間運用・そのデータ処理・利用技術開発と、技術的に高い難易度を有している。

②環境問題への先進的対応等、民間企業では市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合

⇒本研究開発は、知的基盤の整備を目的としているため、ミクロの市場原理が働かない。

③標準の策定、データベース整備等知的基盤の形成に資する研究開発の場合

⇒本研究開発は、全球を観測する衛星データとその利用技術という、重要な知的基盤の整備を目的としている。

④国の関与により異分野連携、産学官連携等が進展し、研究開発活動に新たな付加価値が見込まれる場合

⇒本研究開発により提供される衛星データと利用技術は、幅広い分野において利用され、新たな価値を創造する。

⑤その他、科学技術的価値となる卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合

⇒本研究開発は、世界最先端の衛星データを提供するため、科学技術的価値として卓越性・先導性を有している。

4. 当省(国)が実施することの必要性

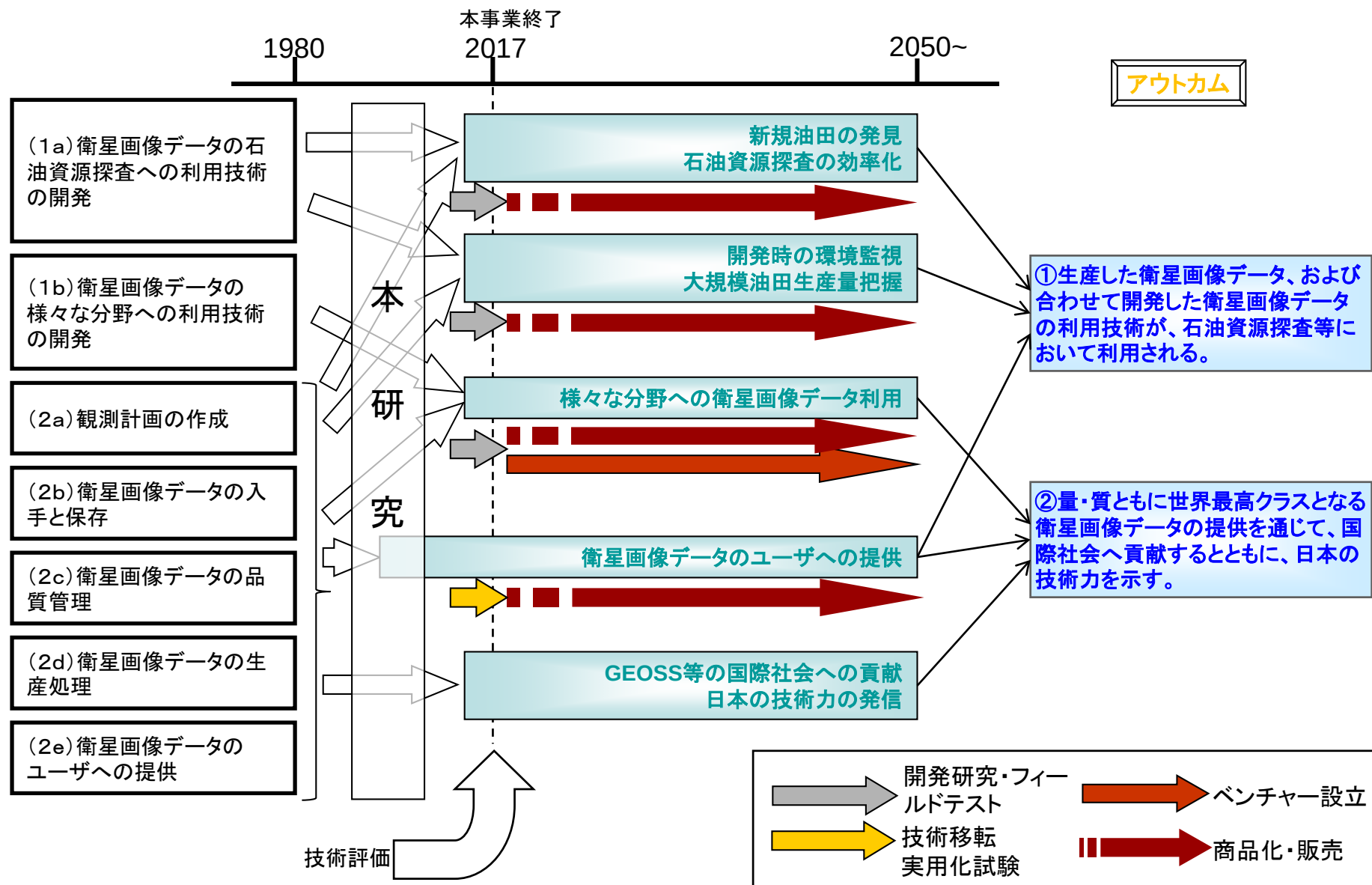
(2)ASNARO－1

当該研究開発課題(本プロジェクト)を実施するには、実施者(民間)と石油資源に関連する機関が参画する必要があり、当省においては以下の理由により、実施することが必要であった。

理由	詳細
実証国の選定	石油資源のポテンシャルのある国をASNARO-1衛星で観測する必要があるが、民間企業の判断だけでは実証国を選定するのは困難であった。 本事業を国が実施することにより、機微情報である石油資源のポテンシャルのある国の選定及び衛星による観測を可能とする。
高い技術難度	石油資源探査については、高い技術難度が求められ、石油資源に関連する機関の本事業への参画が不可欠であった。
異分野連携	本事業は「石油資源確保」と「宇宙利用促進」の事業目的が設定されており、「エネルギー政策」と「宇宙政策」を所管している経済産業省(国)で実施する必要があった。

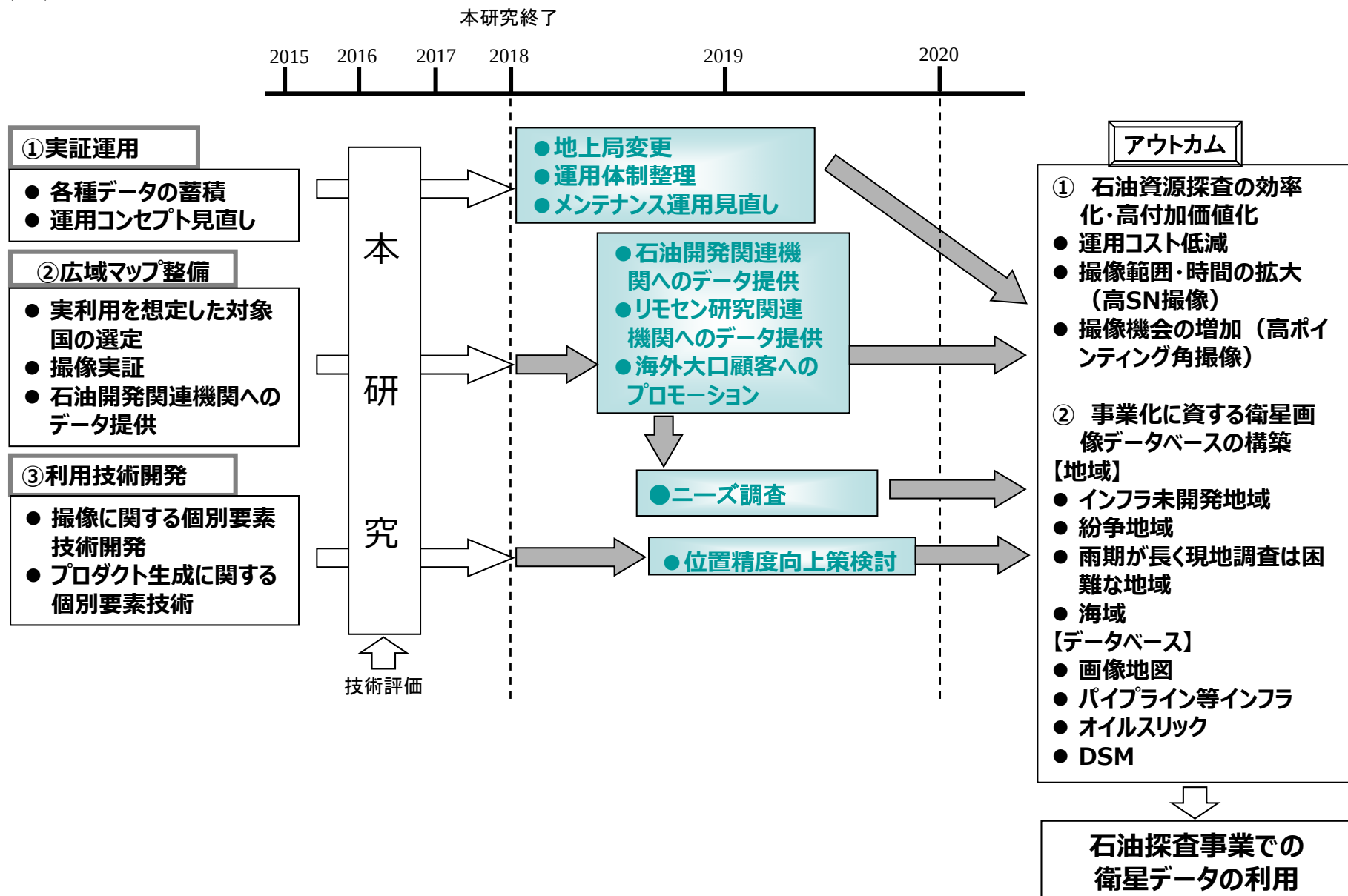
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(1) ASTER



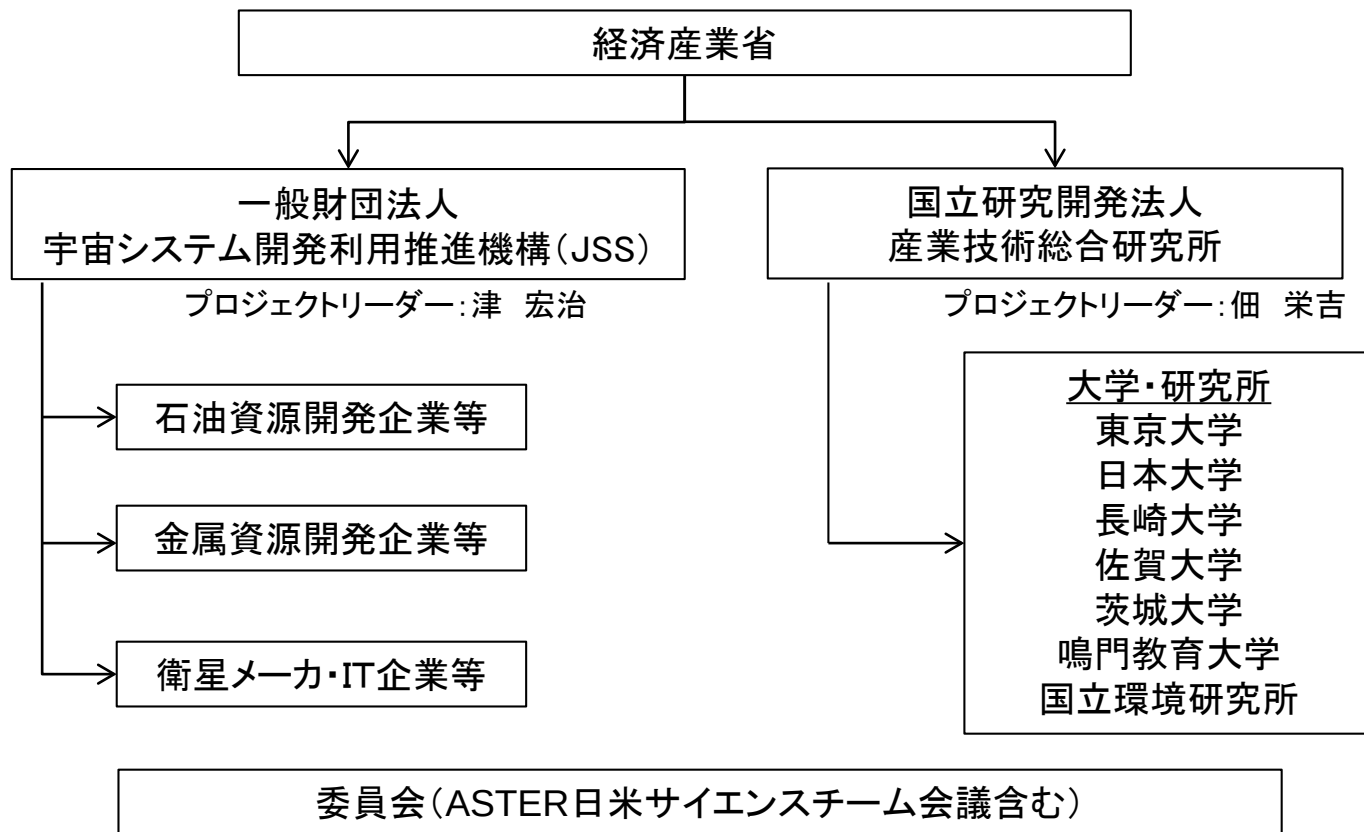
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(2) ASNARO-1



6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

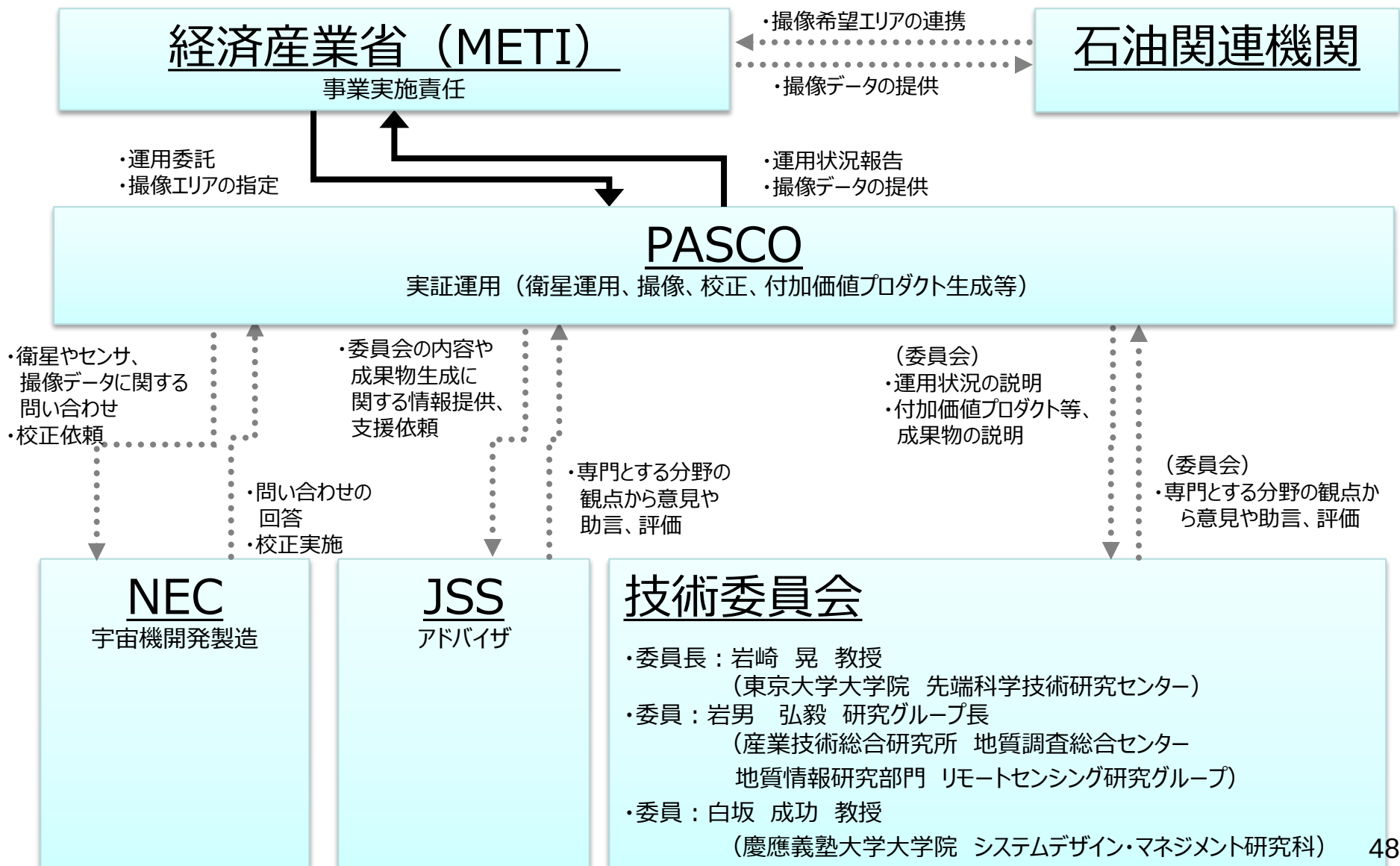
(1) ASTER



※体制については事業年度によって詳細が異なる。

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(2) ASNARO-1



7. 費用対効果

(1) ASTER

1. 石油資源の発見あるいは石油資源探査の効率化による効果
 - ✓ 新規油田の発見・開発が実現した場合、数兆円～数十兆円の経済効果が期待される。
事業終了時において新規油田の発見は実現していない。(現時点の経済効果は0円)
 - ✓ 衛星データの利用による費用削減効果は、一案件当たり数億円～数十億円となる。
事業終了時における利用案件数: 16件 × 十億円 = **経済効果は160億円**
その後の利用案件数(推定) 年2件 × 十億円 = **経済効果は20億円／年**
2. その他の分野における利用による効果
 - ✓ 金属鉱物資源
カセロネス銅鉱山「年400億円台の利益貢献を見込む」
 - ✓ 環境
 - ✓ 防災
3. 利用以外に本事業を通じて技術が得られたことによる効果
 - ✓ 本事業を通じて得られた技術を他事業に展開(以下は一例)
 - 大量データ処理システムの構築・運用する技術
 - 衛星画像データから地形データを作成する技術
4. 学術的な成果による効果
 - ASTER・PALSARに関連した論文発表の掲載数は事業終了時点で300件超／年

7. 費用対効果

(2) ASNARO－1

◆前提条件

- 投入された国費総額：12.9億円（平成27年～平成29年第3四半期）
- ASNARO-1の設計寿命を平成31年度までとする
- 平成29年度第4四半期より商業化がスタート

◆主な効果

●石油資源探査の効率化

・オイルスリックの目視確認が可能であることや、パイプラインの本数がわかる高精度な地図の作成等が検証できた。
これまでの撮像画像を利用することで広域地図の作成が可能である。

また、類似分解能をもつ海外衛星による新規撮像による画像整備と比較すると、コストは55%程度となり、大幅な原価削減となる。

●我が国の宇宙産業拡大

・今後も撮像を継続し、過去分の撮像も含めると、年間4000シーン程度の画像データをユーザー市場に提供。一部はオープン＆フリー事業のプラットフォームでも提供を予定。高分解光学画像の衛星需要を喚起し、衛星画像の利活用推進に貢献。

8. 外部有識者(評価検討会)の評価等

8-1. 総合評価

○非常に長期間にわたるプロジェクトを進める中で、データの取得だけでなく活用に関する総合的な取組を展開し、石油資源採鉱の効率化を実現しつつある点は非常に高く評価できる。プロジェクトで醸成されたデータ活用や組織間の連携の仕組みについても後継のプロジェクトに効果的に継承されることを期待する。

鉱物・石油に係る画像の解析結果を基に開発の事業判断ができる校正システム、特に画像利用上の課題である要素技術であるオルソプロダクト(衛星画像データを正射投影に変換した製品)生成や高さ情報(DSM)データ生成技術等を開発してシステムとして構築し、その結果精度の良い画像が利用できる環境が整ったことも評価できる。また、それらの画像を利用した、インフラ整備状況やオイルスリック(海面に広がる油膜)などの環境状況の判別に利用できることを実証したことも意義深く、事業者のリソース確保・効率的な執行、リスク低減の観点から非常に有用である。

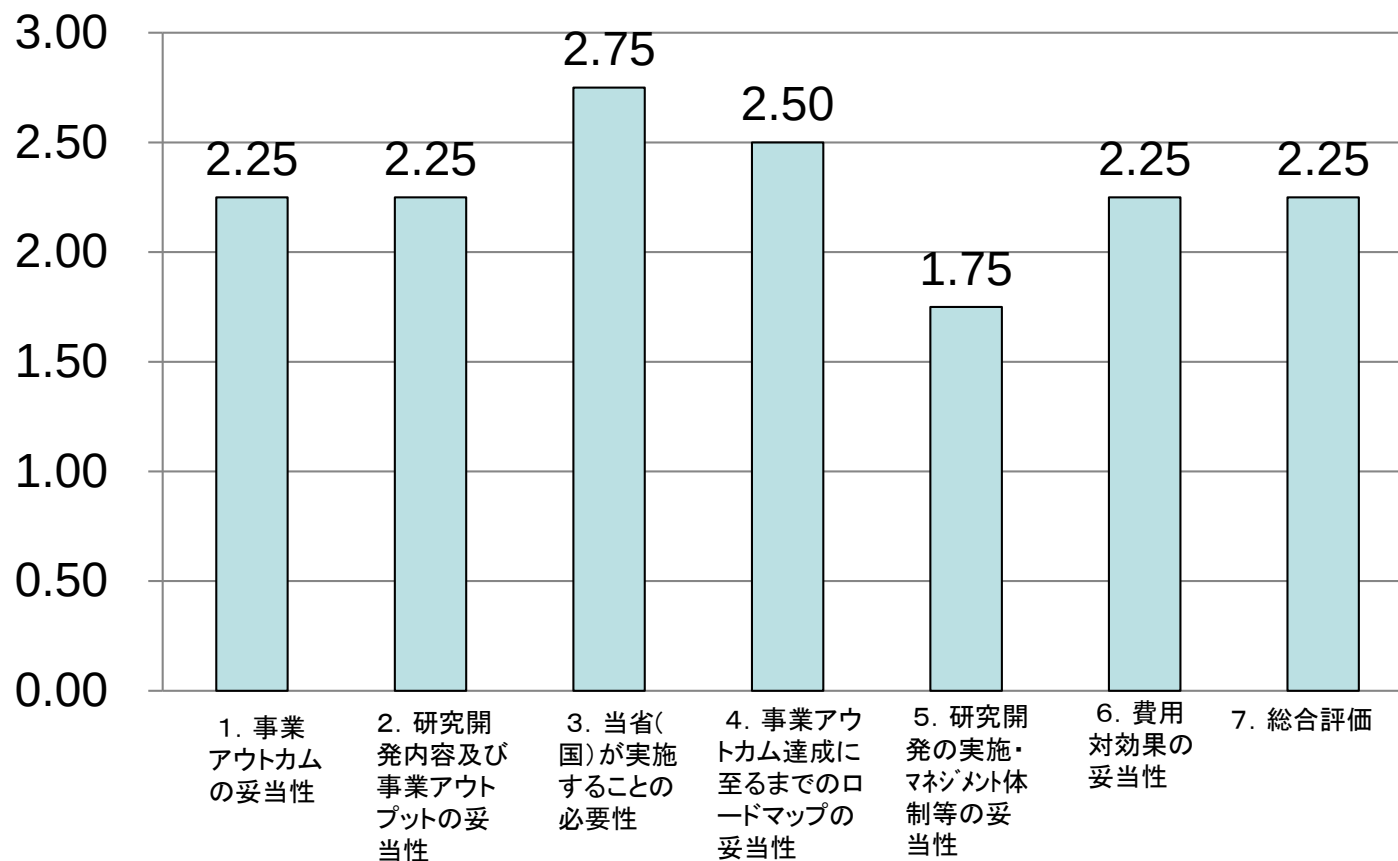
○一方で、既に研究開発を終えて、実運用のフェーズに入っているからだと推察されるが、評価対象期間中の事業アウトプットで論文や特許等の共通指標の実績がない。運用上のノウハウ等についても、研究成果としてまとめることも検討されることを期待する。また、実運用における事業アウトカムを得ていると考えられるので、効果的な広報を行うことも期待する。

提供したデータが活用された事業アウトカムによって得られた総合的な費用対効果についても、可能な限り検証すべきである。本事業の高い有用性は、利用件数のみで判断できるものではないので、データが活用された結果が示されてこそ、アピールできるものとする。

なお、複数の組織間のマネジメント体制に関わる相互調整を円滑に進める組織が必要だったと思われる。また、事業アウトカムが正しく記載されていない所は改善の余地がある。

8-2. 評点結果

「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト終了時評価において、評点法による評価を実施した。



【評価項目の判定基準】

評価項目1.～6.

3点:非常に重要又は非常に良い

2点:重要又は良い

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

評価項目7. 総合評価
(終了時評価の場合)

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあつた。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分なところがあつた。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 本プロジェクトは、開発したASTER/PALSARが石油資源探査のみならず、他の多くの利用に役立つことが実証され、優れた産業応用を確立しつつある点は非常に高く評価でき、35年間の全実施期間を通じて日本の衛星リモートセンシングに大きく貢献し、目標は十分に達成できたと考えられる。今後は、本プロジェクトで得られたノウハウを、今後の日本のリモートセンシングの発展に生かすことが重要。
- 宇宙からのリモートセンシングの効果的な活用事例として、効果的に広報することで宇宙開発全体を活性化させる効果が期待できる。
なお、「事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ」では、事業終了後の3年間の間に「ニーズ調査」が入っているが、世界最先端の動向とニーズ・市場調査は常に調査を行っていく必要であると考ええる。

提言に対する対処方針

- 我が国リモートセンシングの更なる発展に向けて、引き続き、幅広い産業への活用を促す方針である。
- 現在、政府衛星データのオープン＆フリー化及びデータ利用環境整備事業において、ASTER/PALSARを含む衛星リモートセンシングデータをユーザにとって使いやすくするためのプラットフォームの整備を進めており、活用事例も併せてユーザの目に留まる機会を増やすことで、民間企業等による産業利用の更なる加速を図ってまいりたい。
- また、引き続きデータ事業者と連携し、既存のユーザからの要望を踏まえたデータ提供の在り方について検討してまいりたい。

B. 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発(終了時評価)

1. 事業の概要

概要

本事業では、宇宙機搭載のハイパースペクトルセンサ（地球表面の物質が放射あるいは反射する電磁波のスペクトルを“連続して高い波長分解能で”観測できる最新型のセンサ）から得られる地球観測データの高度利用に係る研究開発を行う。

本事業の目的は、①取得するハイパースペクトルセンサ・データの信頼性を向上させるため、ハイパースペクトルセンサの校正技術及びデータ処理アルゴリズムの研究開発を行うこと、②石油資源、金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋の7分野で観測ニーズを踏まえた効率的なデータ収集を行うため、長期および短期の観測計画の策定に係る研究開発を行うこと、そして、③石油資源、金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋の7分野でユーザニーズに応えるため、ハイパースペクトルセンサの高度利用に係る研究開発を行うことである。

実施期間

平成18年度～平成29年度

予算総額

43.6億円（委託事業）^[6]
（平成27年度：3.11億円 平成28年度：3.11億円 平成29年度：2.50億円）

実施者

（一財）宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems)
（独）産業技術総合研究所(AIST)

[6]平成29年度までの総予算額。括弧内の金額は直近3年間の予算額。

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標	指標目標値		
【指標】 以下により将来的にハイパースペクトルデータによるリモートセンシングの実利用が推進されること。 ①石油資源、金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋の7分野の高度利用に係る研究開発の成果を、宇宙機に搭載したハイパースペクトルセンサを用いて実証する。 ②ハイパースペクトルデータの利用拡大に向けた研究公募50件を運用する。 【指標設定の根拠】 エネルギー・資源の安定供給のためには、石油資源や金属資源の安定的な確保は重要な課題であり、資源探査に必要な上質かつ即時性のある情報を他国に先駆けて入手することが求められている。また、地球規模での気候変動や生物多様性の消失といった環境問題への対応や、食糧需要の増大にともなう農地の荒廃化や輸入作物の高騰化への対応など、我が国をとりまく様々な問題に対処していくことが求められている。	事業開始時 (平成18年度)	計画: 将来のアウトカム指標達成に向け、データ利用に必要なソフトウェア開発等の検討を行う。	実績: 7分野の高度利用に係るソフトウェア開発等の検討を行った。
	中間評価時 (平成21年度)	計画: 将来のアウトカム指標達成に向け、データ利用に必要なソフトウェア開発等を行う。	実績: 7分野の高度利用に係るソフトウェア開発等を行った。
	中間評価時 (平成24年度)	計画: 将来のアウトカム指標達成に向け、データ利用に必要なソフトウェア開発等を行う。	実績: 7分野の高度利用に係るソフトウェア開発等を行った。
	中間評価時 (平成27年度)	計画: 将来のアウトカム指標達成に向け、データ利用に必要なソフトウェア開発等を行う。	実績: 7分野の高度利用に係るソフトウェア開発等を行った。
	終了時評価時 (平成29年度)	計画: 将来のアウトカム指標達成に向け、データ利用に必要なソフトウェア開発等を行う。	実績: 7分野の高度利用に係るソフトウェア開発等を行った。
	目標最終年度 (平成33年度 予定)	計画: 事業の開始時から終了時までに実施してきた7分野(石油資源、金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋)の高度利用に係る研究開発の成果を宇宙機において実証し、また利用拡大に向けた研究公募を運用することにより、将来ハイパースペクトルデータによるリモートセンシングの実利用の推進が期待される。	

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標1	指標目標値		
HISUIデータの利用実証を実施し、そして実用化を推進するためには、HISUIの従来のセンサには無い光学系歪み等に対して、適切に校正を施し、高品質なHISUIデータを提供する必要がある。このため、HISUIデータを想定した、校正・補正処理手法を開発する。	事業開始時(平成22年度)	計画:校正・補正処理手法の検討を開始する。	実績:校正・補正処理手法の検討を開始した。
	中間評価時(平成27年度)	計画:打上前室内校正、代替校正、相互校正のそれぞれの既存技術評価を行い、各校正の改良技術を開発する。補正処理のためのアルゴリズムを開発する。	実績:打上前室内校正、代替校正、相互校正のそれぞれの既存技術評価を行い、各校正の改良技術を開発した。補正処理のためのアルゴリズムを開発した。
	終了時評価時	計画:HISUIが搭載される衛星を考慮して、各校正手法および補正処理のためのアルゴリズムを開発する。	実績:ISS搭載のHISUIを前提として、各校正手法および補正処理のためのアルゴリズムを開発した。
	事業目的達成時	計画:データの高度利用を実証するために、HISUIデータを校正し高品質なデータを提供する。	—

事業アウトプット指標2	指標目標値		
HISUIデータの利用実証においては、主目的である石油資源探査の他、多様な分野への応用可能性を利用実証するため、各分野での利用実証に適切な地域の観測データを取得することが必要である。また利用実証後の実利用を推進するためには、可能な限り多くの観測データを取得することが必要である。これらを実現するために、衛星の地球周回軌道やダウンリンク・レート等の観測制約を踏まえつつ、観測効率の最大化を実現する観測計画策定手法を開発する。	事業開始時(平成22年度)	計画:長期観測計画および短期観測計画の検討を開始する。	実績:長期観測計画および短期観測計画の検討を開始した。
	中間評価時(平成27年度)	計画:長期観測計画の最適化に必要な長期観測シミュレーションソフトウェアを完成する。長期観測シミュレーションを実施し、様々な条件による長期観測状況への影響を把握する。短期観測計画の作成アルゴリズムを開発する。	実績:長期観測シミュレーションソフトウェアを完成させた。長期観測シミュレーションを実施し、様々な条件による長期観測状況への影響を把握した。短期観測計画の作成アルゴリズムを開発した。
	終了時評価時	計画:HISUIが搭載される衛星を考慮して、長期観測計画策定方針の策定および短期観測計画の作成アルゴリズムの開発を実施する。	実績:HISUIがISSに搭載されることを前提とした上で、その仕様に踏まえた長期観測計画策定方針の策定および短期観測計画の作成アルゴリズムの開発を実施した。
	事業目的達成時	計画:データの高度利用を実証するために、HISUIの長期観測計画を達成する。	—

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標3	指標目標値		
①事業アウトカムで挙げた7分野における利用技術開発、およびハイパースペクトルセンサ・データの利用を支援するツールの開発を実施する。 ②研究開発内容にかかる論文および学会における発表を実施する。 7分野における研究テーマは、事業開始時に行ったハイパースペクトルセンサに関する技術動向調査、ユーザ要求調査、およびセンサ要求調査の結果を踏まえて設定した。また、事業開始後も調査を継続して行い、社会情勢の変化や技術の進歩に合わせて新規の研究テーマを設定した。これらの研究テーマは、最終的に事業終了時のアウトカムとして、宇宙機に搭載されたハイパースペクトルセンサで実証する。以下は、7分野のそれぞれで実施した件数である。 (1)石油資源分野(4件)、(2)金属資源分野(4件)、(3)森林分野(2件)、(4)防災分野(1件)、(5)農業分野(7件)、(6)環境分野(3件)、(7)海洋分野(3件)、(8)支援ツールの整備(3件)	事業開始時 (平成18年度)	計画:技術動向調査、ユーザ要求調査、センサ要求調査を踏まえて、高度利用に係る研究開発を開始する。	実績:なし
	中間評価時 (平成21年度)	計画:高度利用に係る研究開発、および支援ツールの整備を開始する。	実績:森林分野で1件、農業分野で4件、海洋分野で1件の研究開発を開始した。また、支援ツールであるスペクトルデータベース/ライブラリの構築を開始した。
	中間評価時 (平成24年度)	計画:高度利用に係る研究開発、および支援ツールの整備を継続して行う。	実績:石油資源分野の1件、森林分野の2件、農業分野の2件、海洋分野の1件の研究開発を完了した。また、支援ツールであるスペクトルデータベース/ライブラリの構築を継続して行うとともに、HISUIシミュレーションデータ作成技術の開発を開始した。
	中間評価時 (平成27年度)	計画:高度利用に係る研究開発、および支援ツールの整備を継続して行う。また、HISUIシミュレーションデータを用いた事前実証を行う。	実績:石油資源分野で1件、金属資源分野で3件、農業分野で4件、環境分野で2件、海洋分野で1件の研究開発を完了した。さらに、既に完了している7つのテーマに対してHISUIシミュレーションデータを用いた事前実証を行った。また、支援ツールであるスペクトルデータベース/ライブラリの構築を継続して行うとともに、利用ガイドブックの作成を開始した。
	終了時評価時	計画:高度利用に係る研究開発、および支援ツールの整備を完了する。	実績:石油資源分野で1件、金属資源分野で1件、防災分野で1件、環境分野で1件、海洋分野で1件の研究開発を完了した。また、支援ツールであるスペクトルデータベース/ライブラリの構築と利用ガイドブックの作成を完了した。
	事業目的達成時	計画:高度利用に係る研究開発の宇宙実証を完了する。	—

<共通指標実績>

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
249	—	2	0	—	0	—

なお、上記の中で平成27年度から平成29年度においては、論文数は33件、特許等件数は0件。

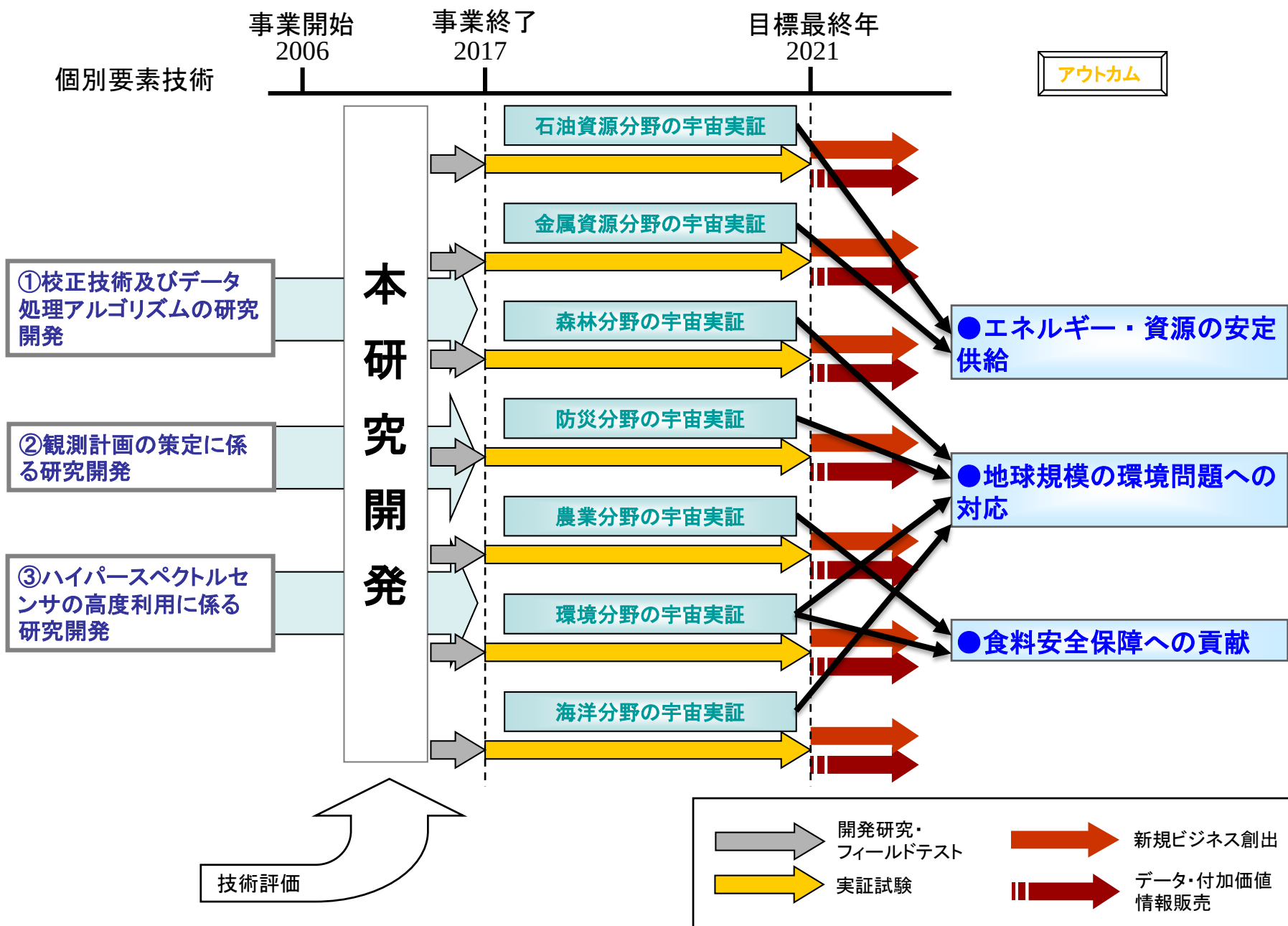
4. 当省(国)が実施することの必要性

ハイパースペクトルセンサから得られるデータの処理技術は、国際的に見て極めて高度な技術が要求されるために未だ研究段階であり、商業段階にはないものの、そのデータへの要望は世界的に拡大している。具体的には、従来のリモートセンシング市場における重要な購買層である資源探査会社、インテリジェンス機関、航空測量会社、地図作成会社等による活用だけでなく、環境観測・災害監視・森林観測・食糧分野等の産業利用が大幅に拡大することが期待されている。その一方で、衛星に搭載するセンサ及びそのデータの利用技術・処理技術の開発には大規模な初期投資が必要なため、民間による自主的な取組を期待することは難しい。

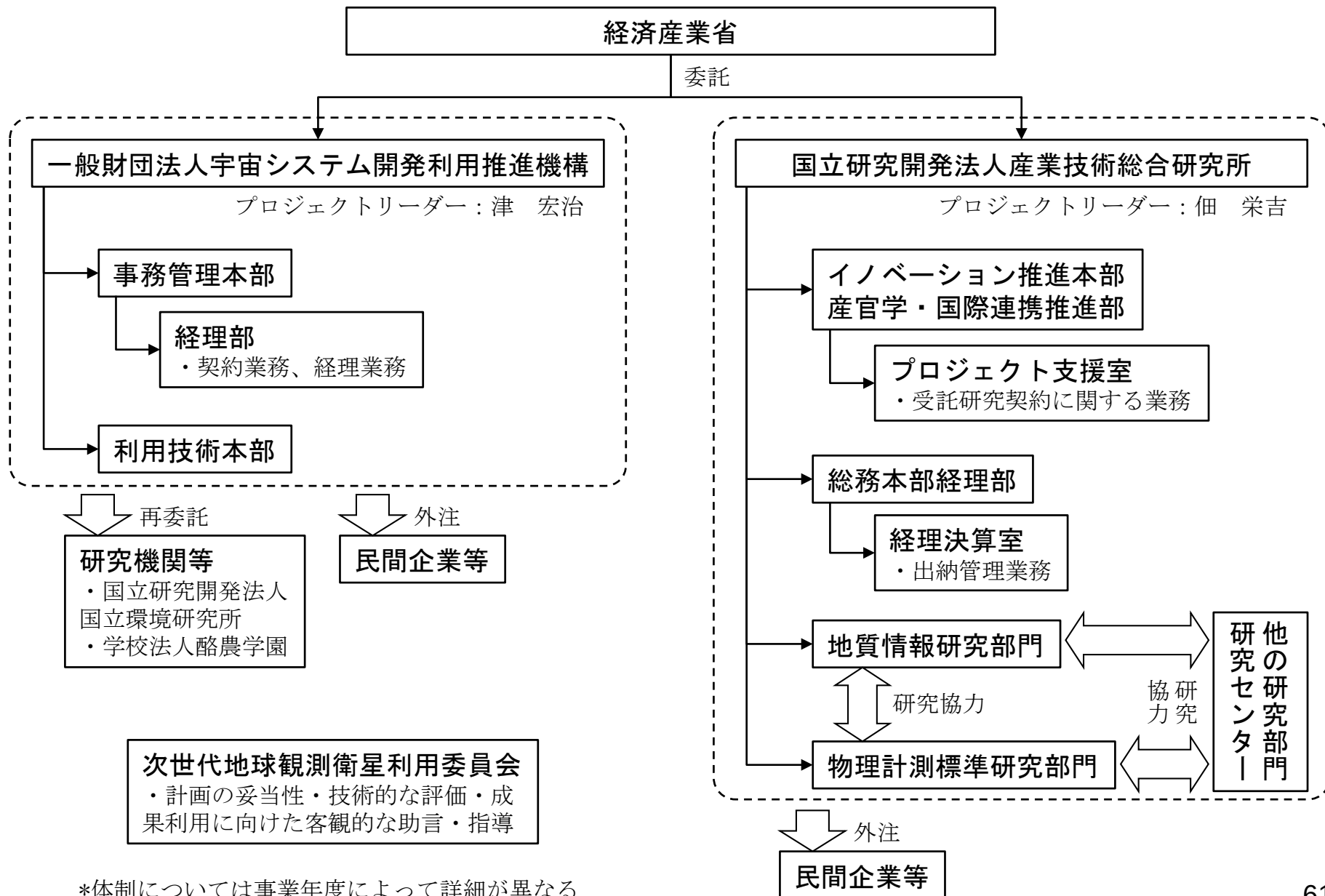
鉱物資源分野においては、資源価格高騰等により、資源国は豊富な資金を有し、資金面のみからのパートナーは必ずしも求めていない状況の下、我が国リモートセンシング技術は、資源国から高く評価されるとともに、一部の資源メジャーとの関係構築に発展している。鉱物資源の供給に関しては制約やリスクが大きく、市場メカニズムのみによって安定供給確保を図ることが困難である中で、エネルギー基本計画に記載されている「2030年までに自主開発比率を40%以上にする」という目標に貢献するものであり、国が技術開発等に積極的に支援することが必要不可欠である。

平成27年1月に改訂された、宇宙基本計画において「現在開発中の災害予防・対応、地球環境観測や資源探査のための取組を着実に進める」と記載されており、政策目的の達成手段として必要かつ適切な事業である。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



*体制については事業年度によって詳細が異なる

7. 費用対効果

BCC Research Market Forecasting“REMOTE SENSING TECHNOLOGIES AND GLOBAL MARKETS”による地球観測衛星の世界市場規模(2019年予測)の金額に対して、ハイパースペクトルデータの市場が20%で且つ日本はハイパースペクトルの市場の10%を占めると想定して金額を計算した場合、森林分野では1億円、防災分野では5億円、農業分野では13億円、環境分野では10億円、海洋分野では4億円と試算される。石油資源分野や金属資源分野については、ハイパースペクトルデータを利用することによって日本の資源開発の総投資額が1%削減されるとして市場規模を想定した場合、それぞれ15億円と6億円とに試算される。

なお、アメリカの地球観測衛星Landsatの経済効果分析によると、その経済効果は米国内で\$1.70billion、国際的に\$400million、合計\$2.19billionと評価されている(下表を参照)。本事業で実利用を想定しているハイパースペクトルセンサは、Landsatよりも高機能であることから、これ以上の経済効果が期待される。

○アメリカの地球観測衛星Landsatの経済効果分析。利用分野別の経費の節約効果

利用分野	データ利用による節約効果
1. USDA Risk Management Agency	over \$100 million
2. U.S. Government Mapping	over \$100 million
3. Monitoring Consumptive Agricultural Water Use	\$20 - \$80 million
4. Monitoring Global Security	\$70 million
5. Landsat Support for Fire Management	\$28 - \$30 million
6. Forest Fragmentation Detection	over \$5 million
7. Forest Change Detection	over \$5 million
8. World Agriculture Supply and Demand Estimates	over \$3 - \$5 million
9. Vineyard Management and Water Conservation	\$3-5 million/year
10. Flood Mitigation Mapping	over \$4.5 million
11. National Agricultural Commodities Mapping	over \$4 million
12. Waterfowl Habitat Mapping and Monitoring	\$1.9 million/year
13. Coastal Change Analysis Program	\$1.5 million
14. Forest Health Monitoring	\$1.25 million
15. NGA Global Shoreline	over \$90 million (one time)
16. Wildfire Risk Assessment	\$25-50 million (one time)

引用資料: National Geospatial Advisory Committee - Landsat Advisory Group1

The Value Proposition for Landsat Applications - 2014 Update

<https://www.fgdc.gov/ngac/meetings/december-2014/ngac-landsat-economic-value-paper-2014-update.pdf>

8. 外部有識者(評価検討会)の評価等

8-1. 総合評価

○地球からの観測技術の活用が広がる中、ハイパースペクトルセンサへの期待は高い。その中で、ハイパースペクトルセンサにより取得できるデータについて、これまで実績のある石油資源に加えて、金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋など様々な利用形態について利用拡大を図っている点が評価できる。

また、ハイパースペクトルセンサ(HISUI)の構成技術やデータ処理技術に関する研究開発やHISUIを用いた高度利用に関するデータ分析技術の開発などを完了するなど、軌道上運用開始後に必要となる校正技術が着実に得られていると認識でき、運用後に直ちに利用できる環境が整備されている。成果発表も当初の計画通りに進んでおり、本プロジェクトが順調に進んでいることが伺える。

○一方で、宇宙開発を取り巻く環境が大きく変化し、高性能を目指して時間をかけるより、少し性能が落ちてもち早く宇宙で実証することが重要となってきた現状において、長期にわたるプロジェクトは時代とのズレを感じざるを得ない。今後は、特に日本が強みを発揮すべき分野ほど、時間をかける研究と、早く実証する開発を併用しながら、世界に先んじて実証することで優位性を得ることを考慮するのが良い。

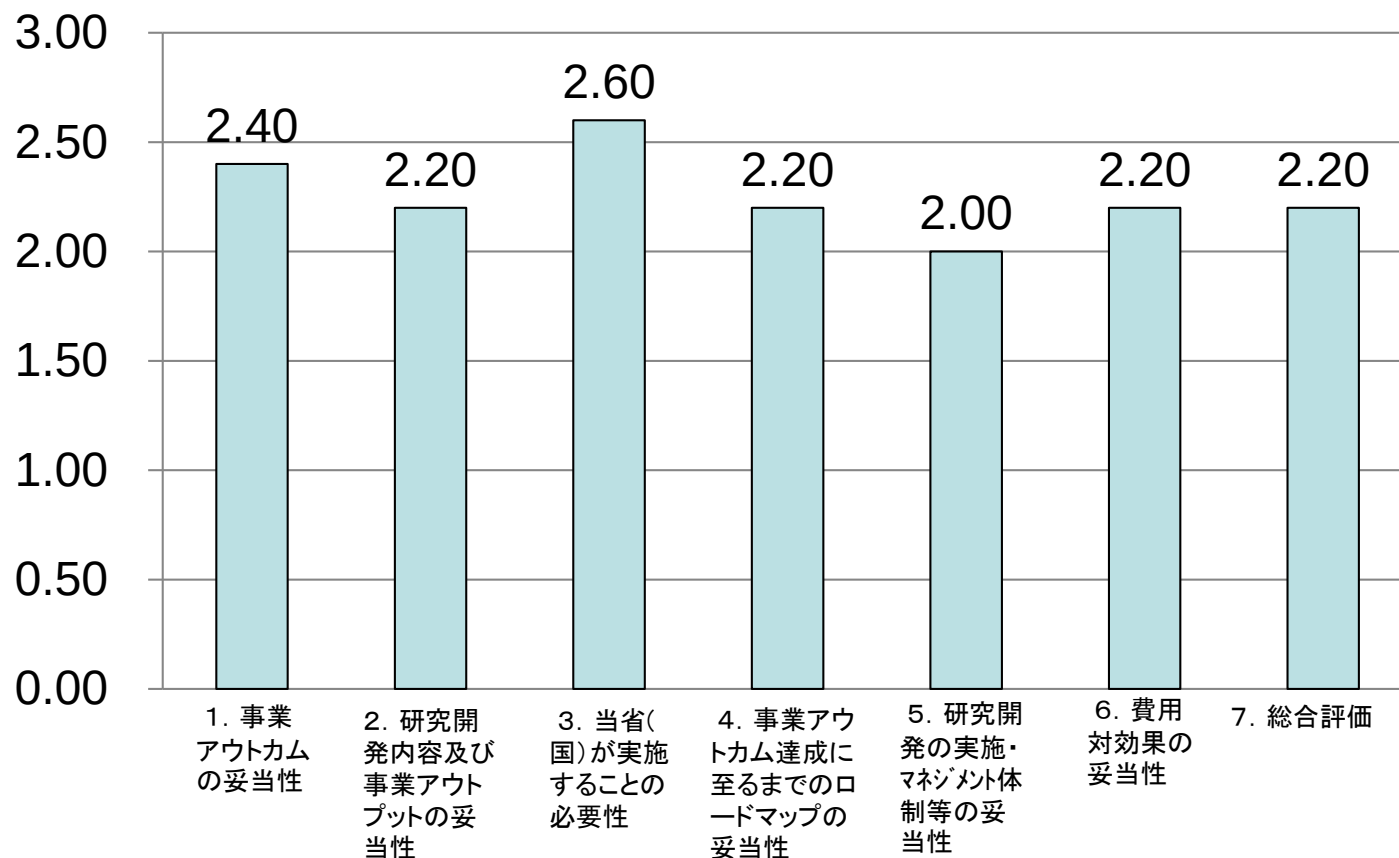
ハイパースペクトルセンサ(HISUI)の開発とは独立した事業として進められているが、一体的に研究開発を進める方が効率が良いのではないかとと思われる。

事業終了後の責務として、知的財産(データベースを含む)の管理を含め、具体的な取組が示されていない。

本当にユーザーを獲得したければ、想定するだけでなく、模擬データ等を活用して、本当にユーザーがどういったものならば使えるのかを評価することで、事業アウトカムに繋がるロードマップの実現に繋がる。また、目標値はある程度数値を用いた設定が必要。

8-2. 評点結果

「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト終了時評価において、評点法による評価を実施した。



【評価項目の判定基準】

評価項目1.～6.

3点: 非常に重要又は非常に良い

2点: 重要又は良い

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

評価項目7. 総合評価
(終了時評価の場合)

3点: 実施された事業は、優れていた。

2点: 実施された事業は、良かった。

1点: 実施された事業は、成果等が今一步のところがあつた。

0点: 実施された事業は、成果等が極めて不十分なところがあつた。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- ハイパースペクトルセンサにより取得できるデータについて、これまで実績のある石油資源に加えて、金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋など様々な利用形態について利用拡大を図っている点が評価できる。
- まずは、ハイパースペクトルセンサ(HISUI)を軌道上で運用し、高性能な情報が得られることを示していく事が重要であるが、今後の宇宙開発の方向性を考えると、小型衛星主体による運用(コンステレーション含む)等が主流の一つになっていくと考えられる。日本が当該領域をリードし続けられるよう、ニーズ・研究動向調査研究をしっかりと進めて頂く必要がある。
- また、今後のハイパースペクトルデータの利用促進のためには、既に公開しているものを含め、本事業で実施した多分野での利用手法開発の結果を、一括して公開することが有用と考えられる。
- 宇宙開発を取り巻く環境が大きく変化し、高性能を目指して時間をかけるより、少し性能がおちてもいち早く宇宙で実証することが重要となってきた環境においては、長期にわたるプロジェクトは時代からのズレを感じざるを得ない。今後は、特に日本が強みを発揮すべき分野ほど、時間をかける研究と、早く実証する開発とを併用することで、世界に先んじて実証することで優位性を得ることも考慮するのが良い。今後、世界最高性能を目指すよりもスピードを重視することを念頭におくことで改善することが望ましい。

提言に対する対処方針

- 軌道上での着実な実証とともに、時代のニーズ動向を踏まえた利用の促進につながるための取組みを進めていく方針である。
- データ利用促進の観点では、現在、ハイパースペクトルデータを含む衛星リモートセンシングデータをユーザにとって使いやすくするための環境整備を進めており、活用事例も併せてユーザの目に留まる機会を増やすことで、民間企業等による産業利用の更なる加速を図ってまいりたい。
- また、今後の宇宙開発プロジェクトの遂行にあたり、ユーザニーズを踏まえることは必要不可欠。その中でも、例えば、早期に実証してユーザニーズに応えていくケースと、高度な技術開発によって産業利用を開拓するケースがあると考えており、これらを両立して国としてプロジェクトを遂行していくことが重要と考えている。

C. 石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発(中間評価)

1. 事業の概要

概 要

ハイパースペクトルセンサは宇宙から地球表面を観測するセンサである。資源探査用衛星センサであるASTER(1999年打上げ。既に設計寿命(5年)を超えて運用中)の後継機として開発を行い、物質の解析に有用なスペクトル分解能を飛躍的に向上させ、より高精度なデータを得ることを可能とする。このデータを解析することによって石油埋蔵地域のより詳細な特定を行うことができるため、今後の石油資源の安定的な確保に非常に有用である。

ASTER センサと比較し、スペクトル分解能を向上(バンド数:14→185)させたハイパースペクトルセンサを開発する。ASTERでは10種類程度の地表鉱物の推定が可能であったが、ハイパースペクトルセンサでは、30種類程度の鉱物の特定ができる。このセンサにより、一層精度の高い石油資源の遠隔探知(リモートセンシング)が可能になるほか、事業化段階における効率的なパイプライン建設、周辺環境への影響評価(土壌汚染、水質汚濁、森林・農業への影響)への利用が可能となるため、国際宇宙ステーション(ISS)に搭載した宇宙実証を行う。

実施期間

平成19年度～平成33年度(予定)

予算総額

151.9億円(委託事業)^[6]
(平成27年度:8.8億円 平成28年度:11.5億円 平成29年度:11.5億円)

実 施 者

(一財)宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems)

[6]平成29年度までの総予算額。括弧内の金額は直近3年間の予算額。

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標	指標目標値		
①センサそのものまたはセンサを搭載した衛星システム(地上局含む)を販売する事業、②衛星から得られる観測データや付加価値をつけた情報を販売する事業、の2種類の事業化を考えている。また事業化に至る前提として、ハイパースペクトルセンサは、ISSへの搭載を想定し、平成31年度以降の打上・宇宙実証を想定している。このISSでの軌道上実証をもってセンサの実用化を確認することとする。 【アウトカム指標設定の根拠】 ①近年、海外では低価格の衛星やセンサを複数組み合わせたコンステレーションによる複数衛星による地球観測のニーズが出てきている。そこでハイパースペクトルセンサというユニークなセンサとして海外への販売や技術提供、更には地上システムを含む衛星システム全体の提供を、官民の連携による海外売込みを推進していくことが重要である。②ハイパースペクトルセンサは沢山の波長を有していることから、高付加価値情報を広い分野に提供出来る可能性を有している。このため、現在開発中のセンサによる情報の活用を広く官民に促し、データ提供及び利用事業の発展を目指すことで市場の掘り起こしに務めることが重要である。	事業開始時(平成19年度)	計画:将来のアウトカム指標達成に向け、必要となる技術開発等の検討を行う。	実績:将来のユーザを想定したスペック等に係るヒアリング等を行った。
	中間評価時(平成30年度)	計画:将来のアウトカム指標達成に向け、必要となる技術開発やデータ利用促進に係る検討等を行う。	実績:計画に基づき、技術開発等を行った。
	終了時評価時(平成34年度)	計画:ISSでの軌道上実証をもってセンサの実用化を確認する。	実績:—
	目標最終年度	計画:①センサそのものまたはセンサを搭載した衛星システム(地上局含む)を販売する事業、②衛星から得られる観測データや付加価値をつけた情報を販売する事業、の2種類の事業化を達成する。	

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標	指標目標値		
以下に性能目標を示す 世界最高レベルの高分解能ハイパースペクトルセンサを開発する。 (ア)ハイパースペクトルセンサ(軌道高度410km時): 空間分解能 20m×30m以下、 観測幅 20km、バンド数 185以上、S/N比 VNIR 450以上、SWIR 300以上 宇宙実証し、本事業終了時には、新型ハイパースペクトルセンサの実用化に向けた技術を確立する。 (イ)当研究開発内容に係る論文ないしは学会における発表数を年間2件以上とする。	事業開始時(平成19年度)	計画: 高分解能ハイパースペクトルセンサの目標性能を設定する。	実績: 高分解能ハイパースペクトルセンサの目標性能を設定し、開発を開始した。
	中間評価時(平成30年度)	計画: ①上記性能目標を持つハイパースペクトルセンサを開発する。 ISS搭載用ハイパースペクトルセンサ機能強化、曝露ペイロード開発および宇宙実証システム開発において設計を完了する。 ②H27～H29年度の論文ないしは発表数 6件以上	実績: ①(達成) 空間分解能 20m×30m以下、 観測幅 20km、バンド数 185以上、 S/N比 VNIR 450以上、 SWIR 300以上 各システムの設計および設計審査を完了し、製造を開始した。 ②(未達成) 論文ないし発表数:5件
	終了時評価時(平成34年度)	計画: ①同上、 ISS搭載用ハイパースペクトルセンサを搭載した曝露ペイロードを打ち上げ、JEM曝露部に設置して、宇宙実証する。 ②論文ないし発表数 30件以上	実績:—

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
38	—	2	—	—	—	—

なお、上記の中で平成27年度から平成29年度において、論文数は5件、特許等件数は0件。

4. 当省(国)が実施することの必要性

我が国石油資源の安定供給確保は喫緊の課題である。

こうした中、石油資源の遠隔探知を可能とする衛星データの活用により、例えば、諸外国の探鉱調査や有望地の絞り込みなどが可能となり、エネルギー安全保障の観点から、石油資源会社をはじめ近年では活用が進んでいる。

ハイパースペクトルセンサは従来のセンサ(ASTER)に比べスペクトル分解能が格段に高く、よりきめ細かく物質を推測・特定できる特徴を有することから、石油資源確保等への貢献が期待されている。

他方、本センサの開発には極めて高度な知見・専門性を要するものであり、世界各国でも開発競争が進められているがその専門性からいずれも発展途上段階。また、開発には多額の費用を要しかつ長期にわたる研究であるため民間企業にとって投資リスクも大きいことから、国主導で事業を実施する必要がある。

そのため、委託事業として実施する必要がある。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

事業化を推進するためには、現在開発中のセンサによる実用化(宇宙実証)の成果が極めて重要。センサについては実際に軌道上で機能・性能を達成し、実データが取得できることを実際に示すことが肝要。データ提供については、軌道上からの観測データが実際に利用分野で活用できることを、実データでユーザに示すことが利用拡大に繋がる。この点で宇宙実証が事業化・販売促進のキーポイントと考えられる。

本事業では、平成31年度末頃に目標性能を満足するセンサがISSに搭載され、平成31～33年度頃の軌道上実証により、実用化を確認する予定。

<事業アウトカム達成(事業化)構想>

①センサ又はセンサを搭載した衛星システム(地上局含む)を販売する事業

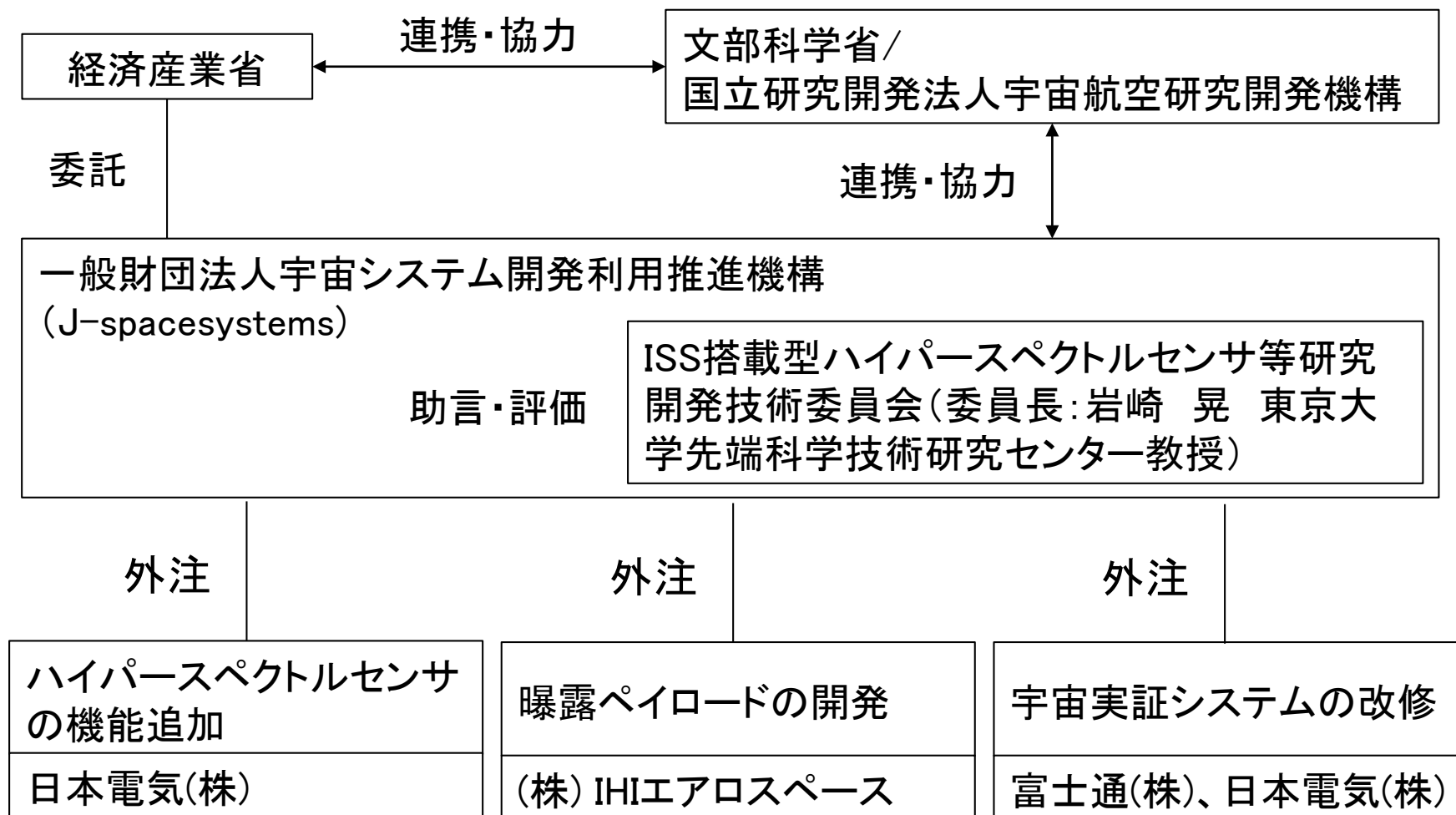
- ・日本におけるプログラムの立上げの提案
- ・海外プログラムへの販売の促進

②衛星から得られる観測データや付加価値をつけた情報を販売する事業

- ・データ受信や処理に関する官と民の役割分担等明確化が必要な事項があるが、今後関係機関との調整を行ってこれらを明確化し、またデータ利用に関心のある企業との連携を深めデータ提供事業の発展を目指す。
- ・データ利用ユーザを含めた業界コンソーシアム等の実現を目指し、官民の利用ユーザへのつながりのスキームを構築するよう努力する。衛星からの取得データの配信から、付加価値データの展開までを視野に入れて、専門企業等との連携を図りながら需要の拡大に努める。また、国際的な事業協力も含めた事業を目指して推進する。

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

ハイパースペクトルセンサ等の研究開発(平成27年度～)



7. 費用対効果

(1) 事業化の計画

今後これらの実現に向けて各方面への提案活動や、連携を働きかけていくことが必須。特に、国内の官のプログラムでの計画、データ利用事業の立ち上げによるセンサへの需要、官民連携による海外への売り込み等について、現在開発中のセンサによる拡販活動を今後更に活発化して事業化の可能性を高めていくことが重要。現在開発中のセンサのデータが各種ユーザに展開された後、その後継機の実現や更に高性能化したセンサへのニーズが出てくることが期待される。

センサ及び関連システムでの事業規模を非常に概略で以下に推定する。

これまでの官のプロジェクトの場合には、性能の向上を図ることを目的に、開発要素を多く要する開発であったため、開発費用は比較的大規模になる。宇宙基本計画実現により、データ利用重視の方針が打ち出されており、繰り返しの観測継続が求められる場合には、現在開発中のセンサを継続して製造することとなる。また、民間や海外への販売を想定する場合には、小型衛星に搭載して地上システムまで含めた全体システムの提供を想定することになる。

現在開発中のハイパースペクトルセンサ打上後の3年間程度で、データ利用が進むと国内外で衛星や地上系の継続に期待がかかると考えられる。この期間にハイパー関連のプログラムが国内外需要によって2～3システム立ち上がるとすると、数100億円程度の事業規模となると推定される。

(2) 事業化の規模

ハイパースペクトルセンサから得られる情報の種類及び量は従来のマルチスペクトルセンサの場合よりもはるかに広く多くの利用への潜在的な可能性があることを考慮して、現状での世界的なデータ利用のビジネス規模から、本センサによる観測データ利用が始まった場合の市場の規模や波及効果の規模の推定を行った。

世界の衛星画像の売上は\$1.5B (2023年予測: \$3.6B)。世界の衛星画像売上: 安全保障59%, その他(公共、民間)41%。世界の衛星画像売上: 光学84%(1m以下は62%), SAR16%。国内市場は約104億円(平成25年度)と推定されるところであり、1mGSD以上の光学センサの比率は22%、330億円(2013)。2023年には790億円と推定される。内閣府資料では地球観測市場は、年平均11.4%の伸びを示している。

当然のことながら、これはハイパーだけのデータではないが、データとして最も多くの情報を含むデータであることから、ハイパースペクトルセンサでの市場は非常に期待できる可能性がある。一方、日本でのデータ利用事業に関しては、衛星データ全体で現状約100億円程度の規模の事業になっている。今後ハイパースペクトルセンサの打上に伴い、データ利用の分野が増えることが期待されることから、国内における市場規模も、海外と同様に大幅に伸びてくることが期待される。

8. 外部有識者(評価検討会)の評価等

8-1. 総合評価

○地球からの観測技術の活用が広がる中、ハイパースペクトルセンサへの期待は高い。世界的な競争力確保の観点からも早期の軌道上実証が必要であり、ASTERの後継機として、ISS搭載用ハイパースペクトルセンサの開発を着実に進め、搭載機器開発を実現した点は非常に高く評価できる。性能は全ての設定した目標値を満たしており、着実に実施されていることが伺える。

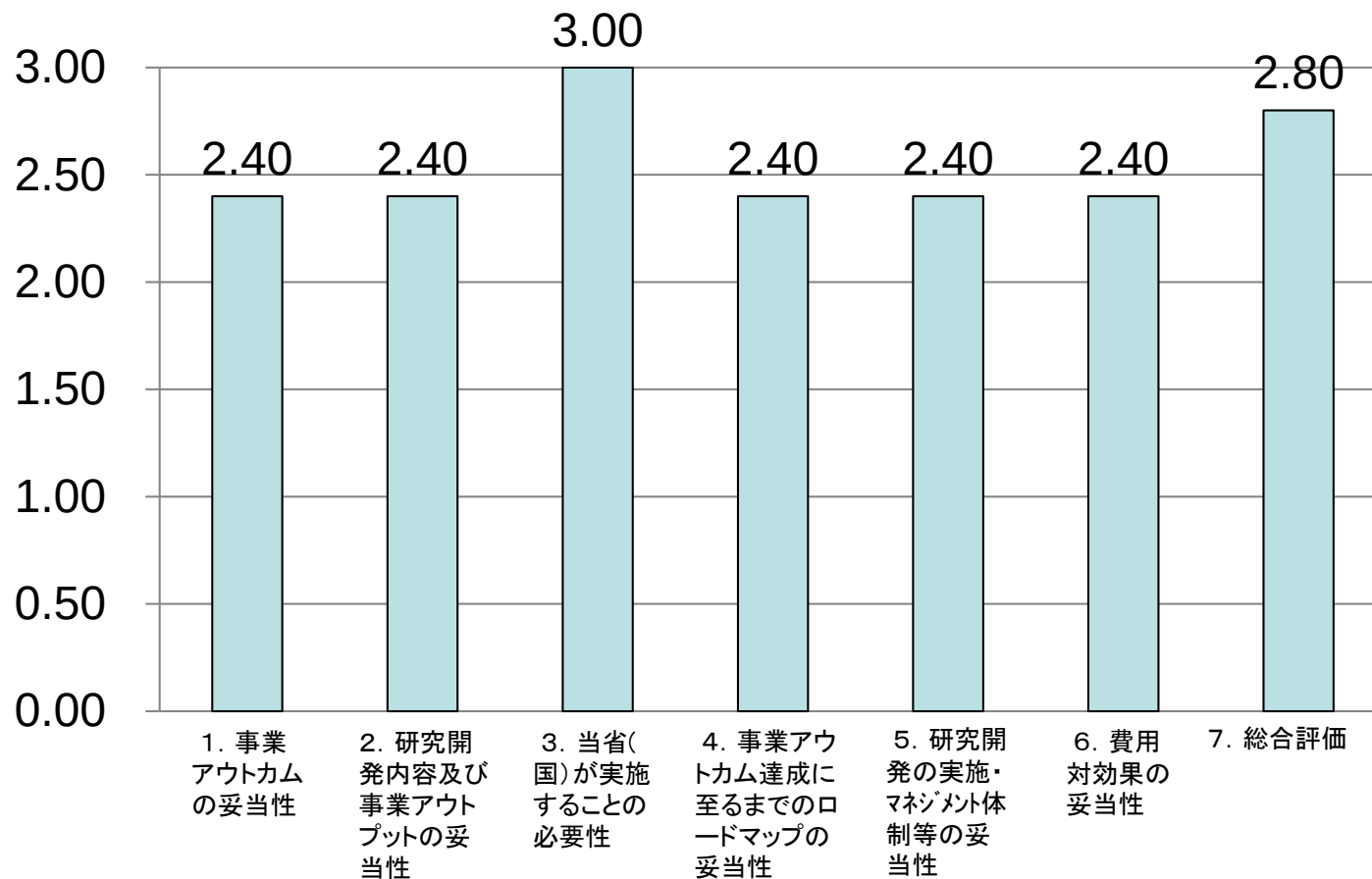
また、資源探査のみならず本センサが環境観測、災害監視等の社会保障に資することは明確であり、国の事業として実施することが妥当である。

○一方で、開発に集中した事情は理解できるが、論文成果が目標を下回り、また国際会議発表論文に留まっている点は問題と言える。

○事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの時間軸が記載されていないが、これまでの研究開発成果を商用化に向けた活用をする方向で良いと考える。ハイパースペクトルセンサ(HISUI)の研究開発でセンサの技術開発が行われたので、これを元に2つの方向で進められるのがよい。一つは、データ利活用の推進であり、これは現在進められている方向であると考ええる。もう一つは小型・低コスト化することで超小型コンステレーションに可能なセンサとし、より早く実証・実用・高性能化を繰り返すことである。これも小型ロケット開発で進められているアプローチであり、今後それを衛星側でも進めていくことが日本の強みにすることにつながると考える。

8-2. 評点結果

「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト中間評価において、評点法による評価を実施した。



【評価項目の判定基準】

評価項目1～6.

3点: 非常に重要又は非常に良い

2点: 重要又は良い

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

評価項目7. 総合評価

(中間評価の場合)

3点: 事業は優れており、より積極的に推進すべきである。

2点: 事業は良好であり、継続すべきである。

1点: 事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。

0点: 事業を中止することが望ましい。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

○ISS搭載ハイパースペクトルセンサの開発を進め、ISSでの実証実験やデータの利活用に向けて着実にプロジェクトを進めており、高く評価することができる。

石油資源の遠隔探知をはじめとするリモートセンシングデータの利活用は、宇宙開発の効果的な活用の代表例として、広く成果を発信することが宇宙開発全体を発展させる効果があると考えられるため、積極的な情報発信を期待したい。

○今は、ISSへの搭載・運用に注力していくことが重要だが、一方で、引き続き継続する必要がある。ユーザー機能を見つけてその費用で継続することが望ましい。むしろ、現在の世の中の流れをみると、小型・低コスト化することで超小型コンステレーションに可能なセンサとし、より早く実証・実用・高性能化を繰り返せる仕組みを作り出すことが望ましい。

○本プロジェクト終了後の事業アウトカムやロードマップは、単なる行動計画ではなく、中短期的な視点でPDCAサイクルを推進する仕組みを作っていくことが望ましい。

また、本プロジェクトの事業を進めていく中で、データ利用のユーザーとの連携を作ることで、ユーザーに適したデータ提供を目指して欲しい。

提言に対する対処方針

○ユーザによるデータ利用の促進と情報発信の観点では、現在、ハイパースペクトルデータを含む衛星リモートセンシングデータをユーザにとって使いやすくするための環境整備を進めており、活用事例も併せてユーザの目に留まる機会を増やすことで、民間企業等による産業利用の加速を図ってまいりたい。

○引き続き、有識者により構成された研究開発技術委員会の助言・評価を得て適切にPDCAを回しつつ、軌道上での着実な実証を進め、並行して、時代の流れ(ニーズ)に即した宇宙開発を見据えてプロジェクトを進めていく方針である。

D. 超高分解能合成開口レーダの小型化技術 の研究開発(終了時評価)

1. 事業の概要

概 要

本プロジェクトは、国際競争力の強化のため、高機能、低コスト、短納期な、小型化等による先進的宇宙システムの開発技術を継続活用することを目的とする。主な課題：①国際競争力ある高分解能レーダセンサの開発②高電力・高出力のレーダに対応する小型衛星バスの開発（ASNAROバスの後継）③高分解能レーダセンサに搭載する高出力増幅器の開発 ④宇宙実証を行う。

実施期間

平成23年度～平成29年度

予算総額

204.0億円(補助事業)^[6]

(平成27年度:43.2億円 平成28年度:5.0億円 平成29年度:24.7億円)

実 施 者

日本電気(株)(NEC)

[6]平成29年度までの総予算額。括弧内の金額は直近3年間の予算額。

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標	指標目標値		
①高性能小型衛星(レーダ衛星)の研究開発 ・小型の光学衛星と合成開口レーダ衛星を組み合わせることにより、高頻度の地球観測システムを構築することが可能 ・衛星搭載用として我が国初のXバンド合成開口レーダ ・低コストで世界最先端クラスの分解能 ②我が国宇宙産業の国際競争力の強化 ・国際衛星市場への参入 - 国際産業協力、ODA案件形成 ・政府衛星の計画的・効率的な発・調達 - 科学衛星等への活用 - 先端民生技術・部品の実証機会の提供 ・新たな衛星システム運用への展開 - 複数機運用による広域観測や高頻度観測	事業開始時	計画:衛星システム受注数	実績:一
	中間評価時	計画:衛星システム受注数	実績:一
	終了時評価時	計画:平成29年度中までに宇宙システムを1件受注する。	実績:現在、海外案件受注に向けて有望案件の発掘、交渉を進めているところ。
	目標最終年度	計画:平成35年度中までに宇宙システムを3件受注する。	

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標	指標目標値		
超高分解能レーダセンサ (SAR) (設定理由) 諸外国の中型大型のXバンドの合成開口レーダ衛星に比肩する性能をもつことで、国際競争力を確保する必要がある。	事業開始時	計画: 分解能1m未満を目標とするXバンド小型SAR衛星仕様を設定する。	実績: 達成 分解能1m未満(軌道高度505km)となるXバンド小型SAR衛星仕様書の策定を完了させた。
	中間評価時	計画: 分解能1m未満を目標とするXバンドの合成開口レーダの設計を完了する。	実績: 達成 要求仕様を満足する、分解能1m未満となるXバンド合成開口レーダの設計を完了させた。
	事業終了時	計画: 分解能1m未満を目標とする我が国初のXバンドの合成開口レーダを開発する。	実績: 達成 軌道上で要求仕様を満足することを確認した。
小型衛星バス (設定理由) 高電力小型衛星バスとしてSARミッション機器に対応しやすい規模(適切な電力と姿勢制御可能)として350kgのバス質量を設定した。	事業開始時	計画: バス質量350kg程度以下の高電力対応の小型地球観測衛星の仕様を設定する。	実績: 達成 バス質量350kg程度以下のあり高電力対応の小型地球観測衛星仕様書策定を完了させた。
	中間評価時	計画: バス質量350kg程度以下の高電力対応の小型地球観測衛星の設計を完了する。	実績: 達成 バス質量350kg程度以下の高電力対応の小型地球観測衛星の設計を完了させた。
	事業終了時	計画: バス質量350kg程度以下の高電力対応の小型地球観測衛星を開発する。	実績: 達成 要求質量を満足した高性能小型の高電力対応衛星を開発した。
パルスTWTA (設定理由) 消費電力を削減する目的として小型衛星搭載用の高出力増幅器の開発する必要がある。	事業開始時	計画: SARセンサに搭載する高出力増幅器の仕様を設定する。	実績: 達成 小型衛星SARセンサ搭載用高出力増幅器の仕様書策定を完了させた。
	中間評価時	計画: SARセンサに搭載する高出力増幅器の設計を完了する。	実績: 達成 要求仕様を満足するSARセンサ搭載用高出力増幅器の設計を完了させた。
	事業終了時	計画: SARセンサに搭載する高出力増幅器を開発する。	実績: 達成 高性能小型SAR衛星に必須となるTWTA5台開発した。

事業アウトプット指標	指標目標値		
短納期の仕組み (設定理由) 製造試験期間を2年間に短縮することで、国際競争力を確保する必要がある。	事業開始時	計画: 短納期を実現する製造試験期間の目標値を設定する。	実績: 達成 短納期を実現する製造期間の目標値を設定した。
	中間評価時	計画: 衛星システムの全製造試験期間(2年)のうち前半に相当する、「バス機器の製造着手から機器試験完了まで」、1年間で実現する。	実績: 達成 標準ネットワーク方式採用により、変更対応力を強化し、バス機器製造着手から機器試験完了までを1年間で実現した。
	事業終了時	計画: 2年間で製造試験を実現する仕組みを構築する。 【製造試験期間=システム製造着手～衛星システム試験完了迄】	実績: 達成 試験の自動化、システムの製造・組立から衛星システム試験完了までを2年で実現する仕組みを構築した。
国内ロケットへの適合 (設定理由) 小型衛星の打上げ手段として確保する。	事業開始時	計画: 国内ロケットに適合する衛星仕様を設定する。	実績: 達成 国内打上げ機に対するインターフェース仕様の策定を完了させた。
	中間評価時	計画: イプシロンロケットへの適合性確認を完了する。	実績: 達成 イプシロンロケットとの適合性満足することを確認した。
	事業終了時	計画: 我が国の打上げロケットを活用し、宇宙産業の国際競争力を強化する。	実績: 達成 イプシロンロケット3号機及びJAXA内之浦射場設備への適合性を確認した。2018/1/18に予定軌道への投入に成功した。
宇宙実証 (設定理由) 小型衛星の軌道上実証を通して、軌道上運用の仕組み、やり方を確保する。	事業開始時	計画: 運用仕様を設定する。	実績: 達成 運用仕様書の策定を完了させた。
	中間評価時	計画: 運用準備を完了する。	実績: 達成 運用環境および運用手順の整備を完了させた。
	事業終了時	計画: 軌道上実証を実現する。	実績: 達成 打上後 3.5ヶ月の初期チェックアウトにおいて、要求される衛星機能が実現され、性能が満足することを確認した。

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
5	—	1	—	—	—	—

4. 当省(国)が実施することの必要性

- ・従来、地球観測衛星は安全保障目的の情報収集衛星やJAXAが有する研究開発衛星が存在していたが、その後、世界的に民生用途における衛星画像を利用したビジネスが世界的に拡大。
- ・他方、我が国では民間ベースでの地球観測衛星を活用したビジネス体質が構築されておらず、競争力の観点で課題が存在した。

そのため、我が国宇宙産業の国際競争力強化の観点から、小型かつ高性能、低コスト、短納期といった特徴を有する地球観測衛星の開発を通じて、①新興国等への衛星製造から打上げ、人材育成までをパッケージにした海外輸出、②衛星画像の利用促進による衛星運用事業者・画像販売ビジネス事業者の育成を図るため、産業振興を所管する当省が主導して支援を実施。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

事業アウトカム達成を実現するため、小型観測衛星事業の今後10年間の事業ビジョン・戦略を以下のように定め、事業を推進する計画である。

- ・国内外民間・政府の画像データ利用ニーズの高まりを受け、ASNARO-2画像データの販売を展開
- ・新興国を中心とする海外顧客の需要を軸に、ASNARO-2衛星のパッケージ販売を推進
- ・並行してその次の5年間に向けた、今後予想される市場・業界の変化(リアルタイム性・付加価値の追求)に対応するための検討を進める。

H30年度～H34年度(次の5年間)

ASNARO-2画像データ販売事業の展開



ASNARO-2を軸とする小型衛星パッケージの海外展開



H35年度～H39年度(その次の5年間)

安全保障市場・民生市場の「リアルタイム性」「付加価値サービス」ニーズの高まりへの対応を進める。

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

日本電気株式会社

・研究項目：

- (1) 標準的小型衛星バスの開発・製造
ASNAROバス(NEXTAR)を活用した
衛星システム及び衛星バスの開発
- (2) パルス型高出力増幅器(パルスTWTA)の
開発・製造
- (3) 地上システム開発・製造
 - ① (1)の開発に伴う地上システム(管制、
運用計画、データ処理)の開発
 - ② SAR固有部の開発
- (4) 国内ロケットへの適合確認
- (5) 宇宙実証
(1)～(3)に伴う衛星システムの軌道上実証

請負

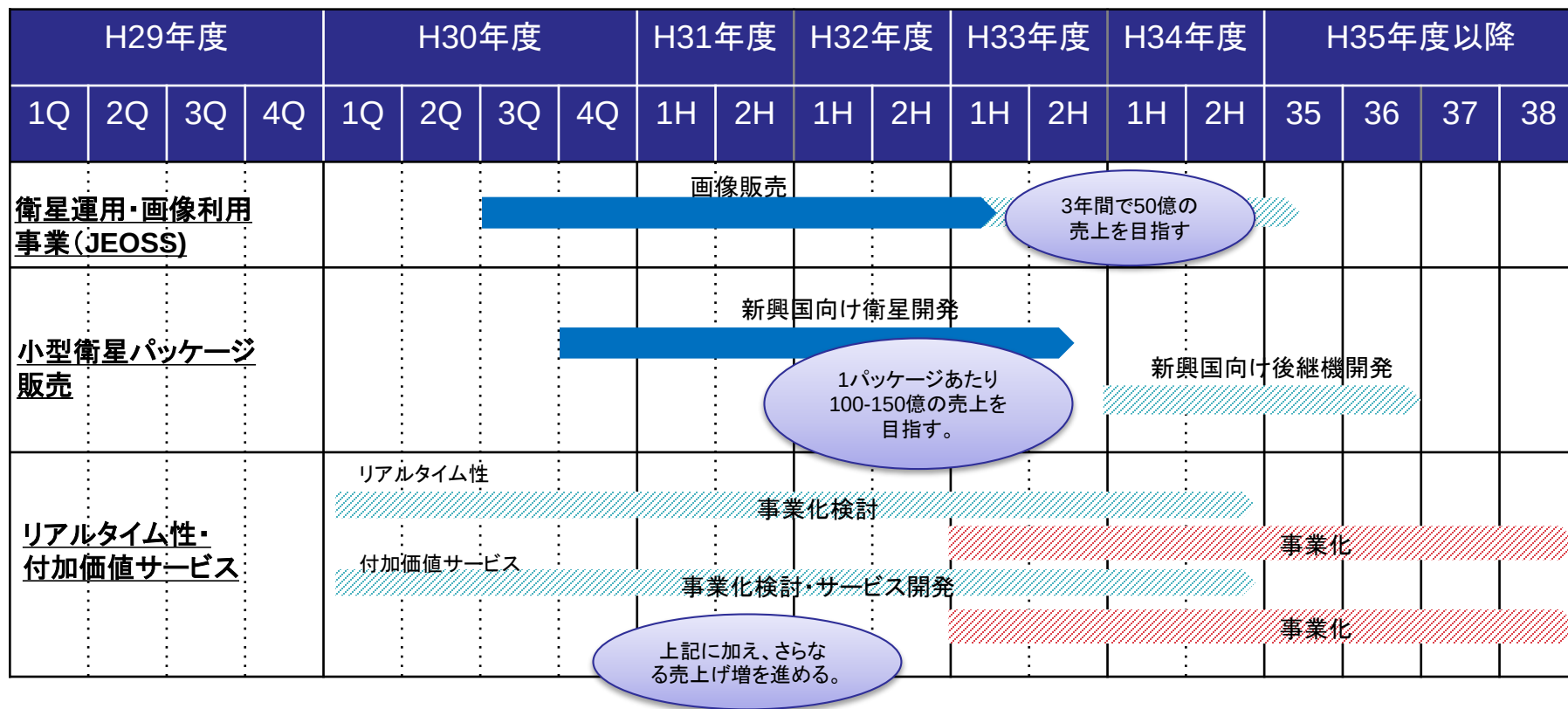
三菱電機株式会社

・研究項目：

- (1) 搭載ミッション機器の開発
SARミッションサブシステムの開発・製造
- (2) SAR固有部開発・製造
- (3) 宇宙実証
(1)(2)に伴うSARミッションの軌道上実証

7. 費用対効果

ASNARO-2の成果を用いて、今後3年間で200億以上の売り上げを目指すとともに、リアルタイム性向上・付加価値サービス事業を進めることでさらなる売上げ増を計画中である。



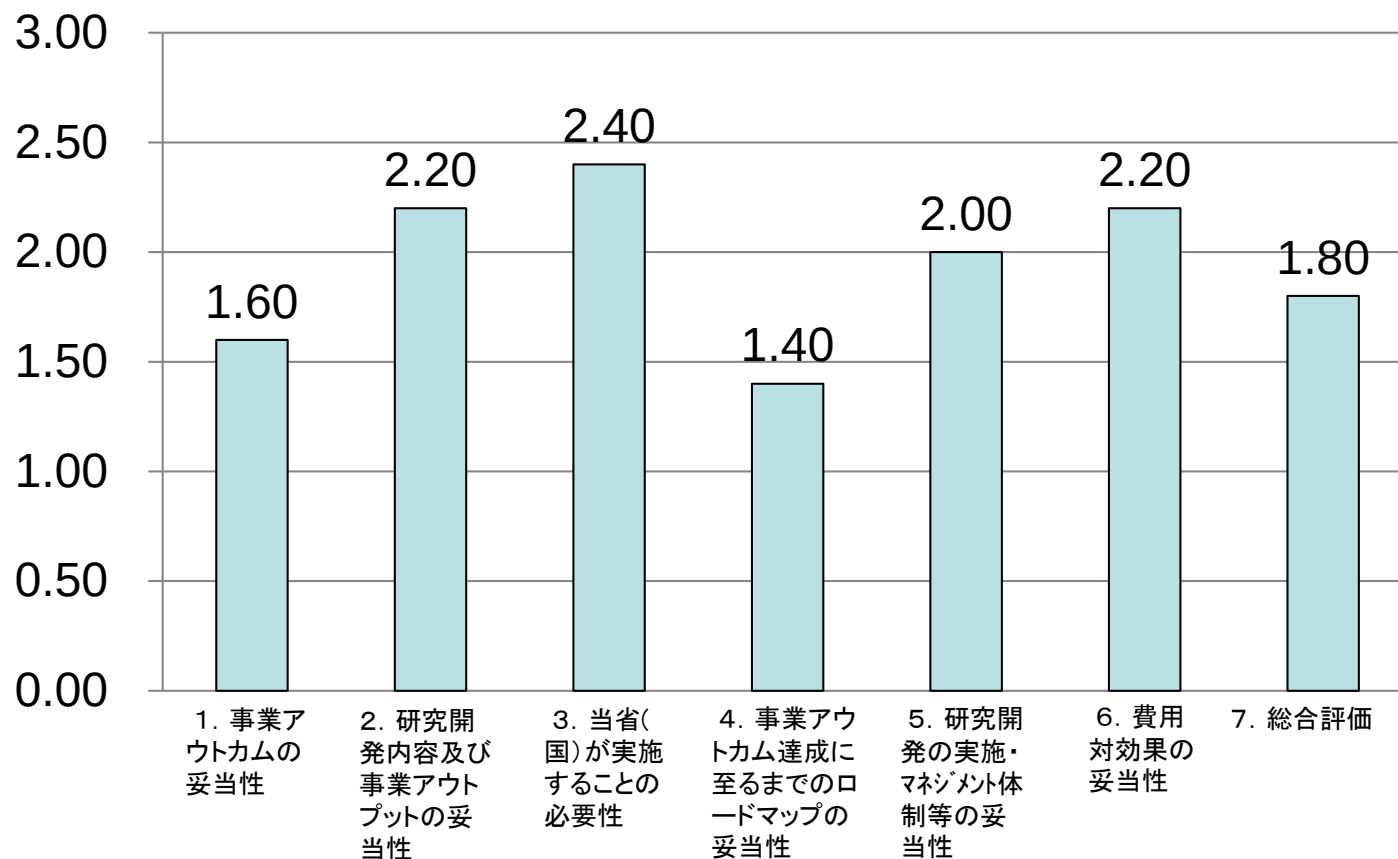
8. 外部有識者(評価検討会)の評価等

8-1. 総合評価

- 日本の宇宙産業の国際競争力を強化するためには、小型・低コスト・省電力の合成開口レーダの開発は必須である。この観点から、本プロジェクトの全開発項目の当初目標をクリアし、軌道上実証まで達成できたことは大いに評価できる。また、商用分野を目指すためにXバンドで1m分解能を目標として設定したのは適切である。2年間で製造・試験完了まで対応できるという短納期の仕組みを構築できたことは、競合国に対するアドバンテージになるため、この点も大いに評価できる。
- 一方で、近時の国家プロジェクトでは、事業終了後のアウトカム達成に至るまでのロードマップを示すことが求められる。今回の研究開発を事業アウトカムに繋げるために、事業者は国の新たな資金に頼るのではなく、自ら市場を見つけていく努力が必要である。
また、現在の世の中の流れをみると、小型・低コスト化することで超小型コンステレーションに可能なセンサとし、より早く実証・実用・高性能化を繰り返せる仕組みを作り出すことが望ましい。
- 本プロジェクトのような研究開発では、事業アウトプット指標には数的議論が不可欠であり、数値が示されなければ、工学的にみて定量的な議論や判断ができない。成果に関する知財の取扱い等も不明確である。

8-2. 評点結果

「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト終了時評価において、評点法による評価を実施した。



【評価項目の判定基準】

評価項目1.～6.

3点:非常に重要又は非常に良い

2点:重要又は良い

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

評価項目7. 総合評価
(終了時評価の場合)

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあつた。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分なところがあつた。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 超高分解能合成開口レーダの開発を着実に進めるとともに、小型衛星ASNARO-2の開発を達成、軌道投入を実現し、機能性能の実証を実現しつつある点は高く評価できる。
本プロジェクトでの開発成果を活用して、小型観測衛星システムパッケージとして商用展開を検討している点は非常に重要で、高く評価できるが、世界的な動向を踏まえて、より積極的にスピードアップを図ることが期待される。
- 単なるデータ提供に終わらず、社会に役立つデータ利用と連結させていくことが重要であり、開発したSARデータが社会で十分に利用されるために他のデータ利用推進者と連携していくことが望まれる。
- また、今後の事業展開に向けて、新興国向けの衛星開発や衛星運用・画像利用事業を通じた新規市場開拓が重要である。

提言に対する対処方針

- 小型衛星システムパッケージとして、新興国を対象に商用展開を目指しており、引き続き、事業者と協力して、取り組むとともに、衛星運用や画像利用というソフト面の支援も検討してまいりたい。
- ASNARO2の衛星データについては、多くのユーザに利用してもらうべく、現在整備を進めている衛星データプラットフォームとの連携を図る方向で検討を進めているところ。

E. 宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVISプロジェクト）（中間評価）

1. 事業の概要

概 要	(1)部品・コンポーネント 自動車用部品など、我が国が有する他分野の優れた技術等を活用し、低価格・高性能な宇宙用部品・コンポーネント等を開発し、人工衛星やロケット等の低コスト化を実現する。また、我が国として注力すべき宇宙用部品・コンポーネント等の開発を支援し、我が国の宇宙活動の自立性の確保及び宇宙機器産業の発展を実現する。 また、開発した部品・コンポーネント等の市場投入を支援するため、各種試験のワンストップ化や軌道上実証機会の拡充に向けた取組を行う。 (2)小型ロケット 超小型衛星の打上げ需要の増加を見据え、我が国の優れた民生部品・技術等を活用して、低コストな商業用超小型衛星打上げシステムの実現に向けたロケット用機器・部品及び民生品を適用した実用超小型衛星の研究開発・軌道上実証を実施する。 具体的には、①低コストモータケース製造技術に向けてCFRTP(熱可塑性樹脂含浸カーボン繊維複合材料)の基礎検討の実施、②固体ロケット用の実用組成を適用した捏和(=混練)検証により捏和可能の証明、③アンモニウムジニトラミドを基材とする高エネルギーイオン液体の組成設計検討及び液滴の微細化による着火技術基盤の構築、④軌道上実証に必要とされる小型ロケット向けの飛行安全管理システムの検討、同搭載追跡用コマンド受信器(MRT:ミニチュアレーダトランスポンダ)及び小型軽量電源の開発、⑤軌道上実証に向けた衛星の設計検討、⑥炭化水素系液体推進剤ロケットエンジンシステムの改良を実施する。
実施期間	平成23年度～平成33年度(予定)
予算総額	16.3億円(委託・補助事業) ^[6] (平成27年度:3.0億円 平成28年度:3.5億円 平成29年度:3.5億円)
実 施 者	部品・コンポーネント:(一財)宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems) 小型ロケット:(研)宇宙航空研究開発機構、インターステラテクノロジズ(株)

[6]平成29年度までの総予算額。括弧内の金額は直近3年間の予算額。

2. 事業アウトカム

(1) 部品・コンポーネント

事業アウトカム指標	指標目標値		
民生品や他分野の部品・技術を活用した機器の実用化数。 (民生分野の技術を活用した部品・コンポーネントの実用化には、地上実証や宇宙実証が必要であり、開発から実用化までに、一定のハードルが存在するため、開発のみで終わらず、実用化にたどり着くために、当該目標設定が適当。)	事業開始時	計画：目標設定なし	実績：－
	中間評価時 (平成23-26年度)	計画：宇宙実証を行った民生技術を活用した機器の実用化数5件(平成27年度中まで)	実績：平成22年度に上げた実証衛星2号機により、11件の部品等について、平成23年度中まで、宇宙空間での実証を行い、評価・運用を経て実用化し、目標を達成。
	中間評価時 (平成27-29年度)	計画：民生部品・技術を活用した機器を5件実用化する。(平成29年度中まで)	実績：JAXA小型実証衛星1号機への搭載予定のグリーンプロペラント推進系(GPRCS)及び環境計測装置(SPM)の2件の開発を終え、平成30年度の宇宙での実証に向けて準備を進めている。また、平成29年度の研究開発支援により、3件の開発が終了し、目標を達成。
	事業終了時・事業目的達成時	計画：民生品や他分野の部品・技術を活用した機器を平成33年度中までに、5件実用化する。(平成31年度中までに3件)	

2. 事業アウトカム

(2) 小型ロケット

事業アウトカム指標	指標目標値		
民生品や他分野の部品・技術を活用した機器を宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業全体で5件実用化する。	事業開始時 (平成27年度)	計画：－	実績：我が国の優れた民生部品・技術等を活用して、低コストな商業用小型衛星打上げシステムの実現に向けたロケット用機器・部品及び民生品を適用した実用超小型衛星の研究開発に着手。
	中間評価時 (平成30年度)	計画：－	実績：平成30年1月に小型ロケットの打上げ実験を行い、開発した飛行安全系の搭載機器及び関連装置が正常に動作したことを確認。また、実用超小型衛星(3U-CubeSat)を同ロケットに搭載し、正常に動作したことを確認。
	事業終了時 (平成32年度)	計画：－	実績：－
	目標最終年度(平成33年度予定)	計画：5件	

3. 事業アウトプット (1) 部品・コンポーネント

事業アウトプット指標		指標目標値	
我が国宇宙産業の成長や国際衛星市場への参入を進める方法の一つとして、我が国企業が得意とする安価かつ高性能な民生部品・民生技術の衛星への転用を進め、信頼性を確保しつつ衛星の低コスト化、高性能化等を図ることが必要となる。 本事業を通じて、民生部品（CPU、メモリ等）・民生技術を活用する知的基盤を整備すること等により、衛星・コンポーネントの低コスト化、高性能化、短納期化を実現し、我が国宇宙産業の国際競争力を強化する。	事業開始時	計画：衛星製造の低コスト化、短納期化、高性能化を実現するため、宇宙環境で実績のない民生部品・民生技術を適用するための知的基盤の構築を推進する。	実績：実証衛星1号機及び2号機の実証試験結果を受けて、民生部品・民生技術データベース、民生部品・民生技術選定評価ガイドライン及び民生部品・民生技術適用設計ガイドラインのドラフトを構築した。
	中間評価時（H23～H26）	計画：実証3号機の設計開発を通して、搭載機器の要素試作を行い、使用している民生部品・民生技術を適用するための知的基盤を構築し、活用状況をフォローする。	実績：実証衛星3号機等の開発を開始し、この中で最新の民生部品・民生技術に対する地上模擬試験を実施した。また、実証衛星2号機の宇宙実証試験を評価することにより、民生部品・民生技術データベース及びガイドライン類を改訂した。並行してこれらの活用状況をフォローした。
	中間評価時（H27～H29）	計画：宇宙実証試験の実験装置として、GPRCS、SSPA、SPMの開発を推進し、製造試験を実施する。また、低価格、高性能な宇宙用部品・機器開発のための補助事業を実施する。さらに、小型衛星民生部品データベースを構築し、輸出拡大に向けた広報等を推進する。	実績：SSPAの開発を完了し、JAXA小型実証衛星1号機への搭載が決定されたGPRCS、SPMの製造、試験を推進し、JAXA側に引渡しを完了した。また、国内の部品・機器メーカを対象に、補助事業を展開し、新製品開発の援助を行った。小型衛星に搭載された民生部品を調査し、小型衛星民生部品データベースを構築した。更に、小型衛星部品・機器の販売WEBサイトを公開し、輸出拡大に向けた広報を推進した。
	事業終了時・事業目的達成時	計画：GPRCS、SPMの運用を実施し、低価格・高性能な宇宙用部品・機器の補助事業を実施する。また、小型衛星向け民生部品データベースの累計アクセス回数を平成33年度中までに500件にする。	実績：—

< 共通指標実績 >

※【用語の名称】GPRCS：グリーンプロペラント推進系、SSPA：半導体増幅器、SPM：環境計測装置

論文数	論文の被引用度数	特許等件数（出願を含む）	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
38	不明	2	不明	—	1	—

なお、上記は平成23年度から平成29年度の実績である。この中には実証衛星1号機及び2号機の研究開発において実施されたものも含まれる。なお、上記の中で平成27年度から平成29年度においては、実証衛星3号機に関するものが中心となり、論文数は8件、特許等は0件、国際標準への寄与が1件となる。

3. 事業アウトプット (2) 小型ロケット

事業アウトプット指標	指標目標値		
民生品や他分野の部品・技術を活用した機器の実用化に向けて、要素技術を開発。	事業開始時(平成27年度)	計画: ①工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットモータを開発する。 ②民生技術(人工筋肉)を転用した固体推進薬の製造技術を開発する。 ③民生技術(イオン液体)を利用した低毒性液体推進薬を開発する。 ④飛行安全系の搭載機器及び関連装置を開発する。 ⑤実用超小型衛星(3U-CubeSat)を開発する。 ⑥工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットエンジンを開発する。	実績: 我が国の優れた民生部品・技術等を活用して、低コストな商業用超小型衛星打上げシステムの実現に向けたロケット用機器・部品及び民生品を適用した実用超小型衛星の研究開発に着手。 ①低コストモータケース製造技術に向けてCFRTP(熱可塑性樹脂含浸カーボン繊維複合材料)の基礎検討を実施 ②固体ロケット用の実用組成を適用した捏和(=混練)検証により捏和可能を証明 ③アンモニウムジニトラミドを基材とする高エネルギーイオン液体の組成設計検討及び液滴の微細化による着火技術基盤を構築 ④軌道上実証に必要なとされる小型ロケット向けの飛行安全管制システムの検討、同搭載追跡用コマンド受信器(MRT:ミニチュアレーダトランスポンダ)及び小型軽量電源の開発 ⑤軌道上実証に向けた衛星の設計検討を実施 ⑥炭化水素系液体推進剤ロケットエンジンシステムの改良を実施
	中間評価時(平成30年度)	計画: ①工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットモータを開発する。 ②民生技術(人工筋肉)を転用した固体推進薬の製造技術を開発する。 ③民生技術(イオン液体)を利用した低毒性液体推進薬を開発する。 ④飛行安全系の搭載機器及び関連装置を開発する。 ⑤実用超小型衛星(3U-CubeSat)を開発する。 ⑥工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットエンジンを開発する。	実績: ①低コストなCFRTPによるモータケース成形とレーザー溶着技術の適用可能性を確認するとともに、RTM(樹脂注入)成形によりノズル形状成形物の形成を完了 ②実用レベルに近いソフトアクチュエータ式固体推進薬捏和装置を製作し、固体ロケットモータの試作実証実験、燃焼試験を実施し、ロケットとしての推進性能が既存技術で製造したものと同等以上であることを確認 ③アンモニウムジニトラミドを基剤とする高エネルギーイオン液体推進剤を適用した液体推進系の実現性を実証実験で確認 ④超小型ロケット向け搭載追跡用コマンド受信器(ミニチュアレーダトランスポンダ)及びCMD(コマンドデコーダ)、小型軽量電源の開発を行いロケットに実装し、軌道上実証により、総合的な機能検証を実施 ⑤民生品を活用した3Uサイズの衛星を実際に開発して小型ロケットに搭載し、軌道上実証を実施し、正常に機能したことを確認 ⑥軌道投入用ロケットエンジンのポンプシステムのガス発生器とタービンの地上試験段階の基礎開発を完了

3. 事業アウトプット

(2) 小型ロケット

事業アウトプット指標	指標目標値		
民生品や他分野の部品・技術を活用した機器の実用化に向けて、要素技術を開発。	終了時評価時(平成34年度)	計画:①工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットモータを開発する。 ②民生技術(人工筋肉)を転用した固体推進薬の製造技術を開発する。 ③民生技術(イオン液体)を利用した低毒性液体推進薬を開発する。 ④飛行安全系の搭載機器及び関連装置を開発する。 ⑤実用超小型衛星(3U-CubeSat)を開発する。 ⑥工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットエンジンを開発する。 ⑦自律飛行安全システムの開発 ⑧量産化を見据えた小型液体ロケットエンジンシステムの開発 ⑨量産化を見据えた小型液体ロケット機体製造技術開発	実績:—

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
12	—	2	—	—	—	—

4. 当省(国)が実施することの必要性

(1) 部品・コンポーネント

宇宙システムは、特殊環境下で極めて高い信頼性が求められ、研究開発や技術実証には多額の費用が必要となるため、世界各国ともに国が責任を持って進めている。特に、宇宙空間において不具合の発生するリスクがMIL部品と比べて高い民生部品・民生技術の宇宙実証は、民間企業のみで実施することが困難である。

このため、国が宇宙実証等の機会を提供し、民生部品・民生技術の衛星転用に必要な知的インフラ(データベース/ガイドライン)を整備する必要がある。また、本事業を通じて整備する知的基盤は、我が国産業界に公開し、整備の受益者が特定企業に限られないため、個別企業による事業実施は現実的でなく、国による事業実施が必要となる。

(2) 小型ロケット

宇宙基本計画や宇宙産業ビジョンにおいて示されているように、民生部品・民生技術を活用した宇宙用部品・コンポーネントの低コスト化は、我が国の宇宙機器産業の競争力強化に不可欠であるものの、一般的な民生部品・技術は宇宙空間という特殊な環境下での使用を前提とした設計・仕様になっていないため、低コスト化と信頼性を同時に達成するという高度な開発課題の解決が必要となる。

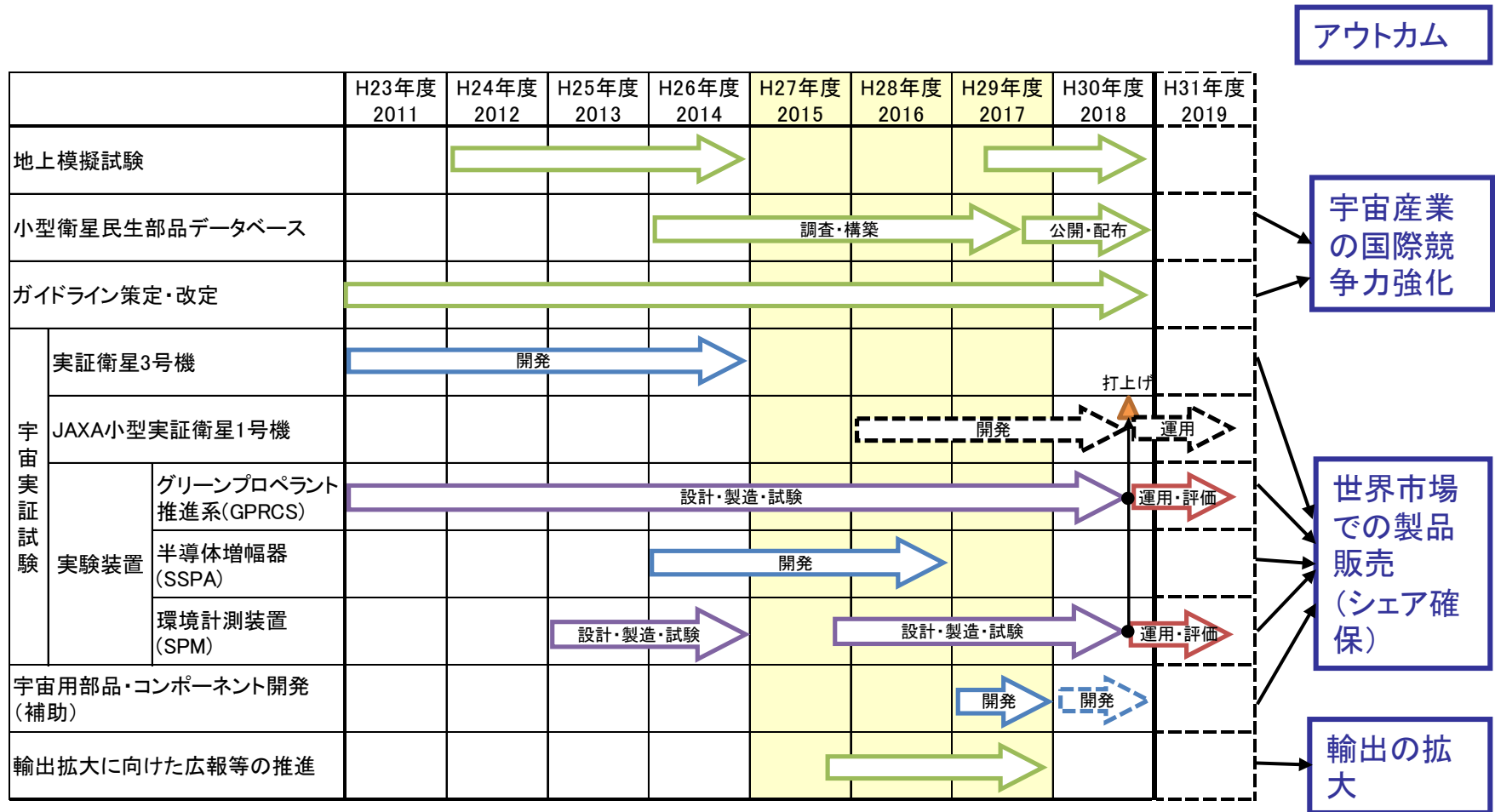
また、コンステレーション型ビジネス等の進展に伴い、現在、小型衛星の需要増加を踏まえた、低価格な小型衛星用打上げサービスの開発が各国において積極的に進められているものの、いずれも事業化には至っておらず、世界に先駆けて、競争力を有する打上げサービスの投入が重要となっている。

このため、低価格な小型衛星用打上げサービスの実現に資する民生部品・民生技術を活用した宇宙用部品・コンポーネントの低コスト化については、新規技術の研究開発であり、開発要素及び研究におけるリスクが大きいことから、本技術の研究開発は国による委託事業として実施することが必要。

なお、本事業は、これまでロケット打上げに係る知見やデータを蓄積してきたJAXAや小型ロケットのビジネス化に取り組むインターステラテクノロジズを中心として進めており、開発完了後に本事業の成果を民間事業者に移転することで、我が国小型ロケット産業全体への波及効果が期待できる。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(1) 部品・コンポーネント



* H27-29年度が今回の評価範囲

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(2) 小型ロケット



平成27年～

我が国の優れた民生部品・技術等を活用して、競争力のあるロケット用機器・部品等の開発

- ① 民生品を適用したロケットモータ、ノズル材料の研究開発
- ② 民生技術(人工筋肉)を転用した固体推進薬の製造技術に関する研究開発
- ③ 民生技術(イオン液体)を利用した低毒性液体推進薬の研究開発
- ④ 飛行安全系の搭載機器及び関連装置の開発
- ⑤ 実用超小型衛星(3U-CubeSat)の研究開発
- ⑥ 工業製品や汎用材料を用いた小型・軽量・高性能なロケットエンジンの研究開発

民生部品・技術等をロケット用機器・部品等に活用するための技術基盤の創出

平成30年～

- ・基盤技術研究に基づくサブシステム等の開発
- ・小型ロケット等への組込、統合試験
- ・地上実証、軌道上実証、評価

民生品等を用いたロケット用機器・部品等の信頼性を確保するための評価手法等の整備

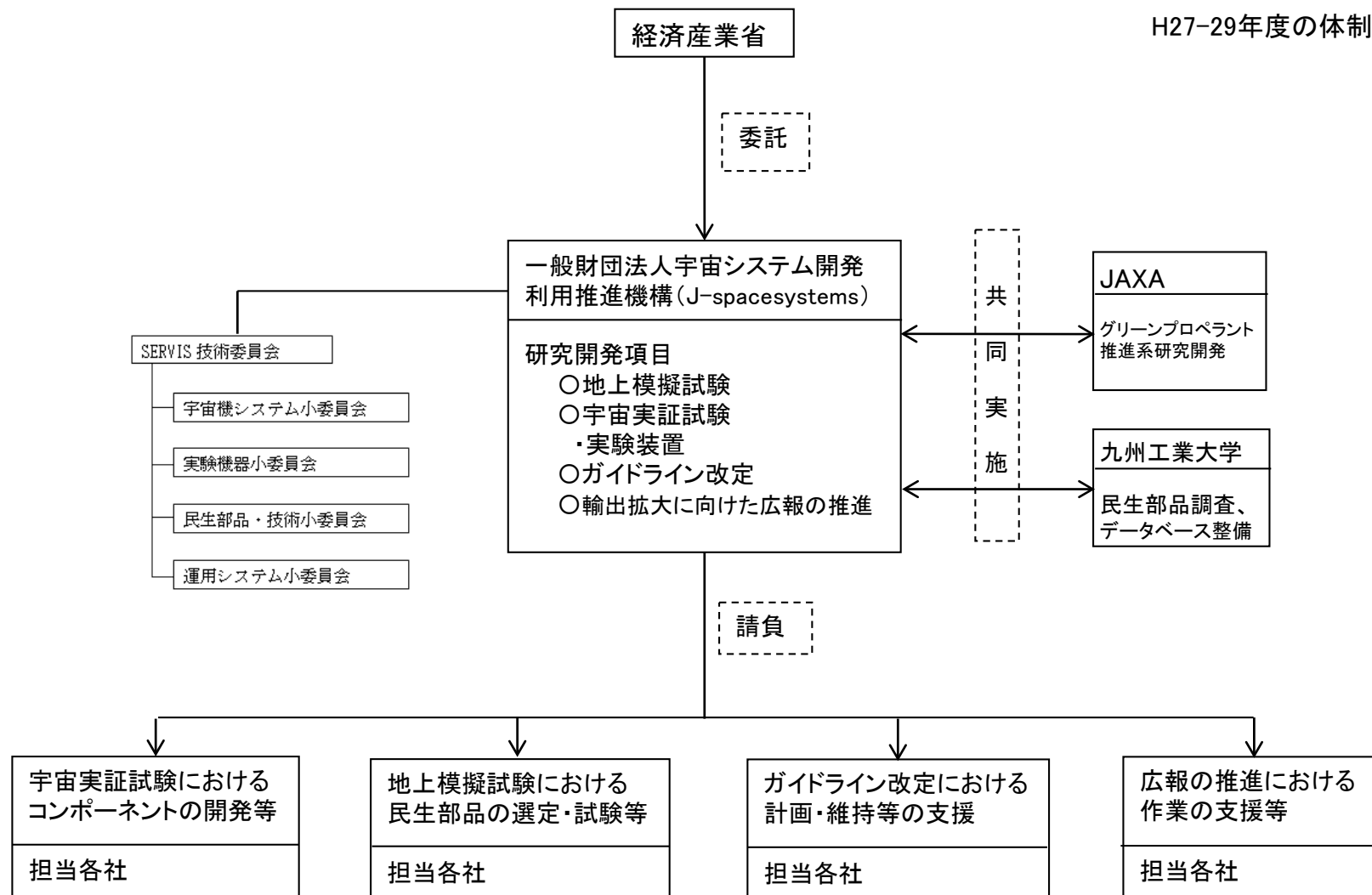
平成33年～

- ・商業用小型衛星打上げシステムでの活用(実用化)
→ 民生品や他分野の部品・技術の活用により、価格や性能の面での競争力が強化される。

アウトカム: 民生品や他分野の部品・技術を活用した機器の実用化

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 部品・コンポーネント



(2) 小型ロケット



7. 費用対効果

(1) 部品・コンポーネント

(i) 知的基盤による効果

本研究開発で構築された民生部品・民生技術データベース、民生部品・民生技術選定評価ガイドライン、民生部品・民生技術適用設計ガイドラインは我が国で初めて構築された知的基盤であり、本研究開発に参画した企業等では継続して活用されている。更に、ベンチャー企業や大学等においても大いに役立っている。これらの情報は機構に申請を頂き審査した結果、提供する形としている。平成27～29年度は、データベースが4社・組織に提供し合計で753品種、またガイドライン類は6社・組織に提供した。これらは我が国の宇宙産業の底上げと裾野拡大に継続的に貢献している。

更に平成26年度より、国内で開発・運用されている超小型衛星及びCubeSatを対象として民生部品の調査・収集を行い、新たに小型衛星民生部品データベースとして構築し、平成29年10月より一般に公開している。こちらのデータベースは平成29年度末時点で約1900件のアクセス数を記録しており、我が国の超小型衛星等の開発ユーザに有益な情報を提供している。小型衛星民生部品調査及びデータベースに関する、平成29年度までの論文数は3件である。

(ii) 実験装置をベースとした機器・コンポーネントの世界市場での販売

ア. リチウムイオンバッテリー(LIB)

実証衛星1号機で3億円程度で開発し宇宙実証された実験装置の1つであるLIBは開発企業により世界市場での販売がなされており、世界の商用衛星の約40%のシェアを獲得している。

LIBの世界展開により、バッテリーセルメーカーへの波及効果があり、国際宇宙ステーション(ISS)のバッテリーは平成28年以降全てこのバッテリーセルメーカー製のLIBに置き換えられることとなった。

更に、LIBの開発・利用での優位性を維持・強化するため、日本がリードして国際標準化を推進した。その結果、ISO17546として平成28年3月に制定された。

現在までの販売数は100台を超えており、販売価格はサイズによって異なるため単純には示せないものの、1台数億円程度と推定され、推定100億円の波及効果。

7. 費用対効果

(1) 部品・コンポーネント

(iii) 実験装置をベースとした機器・コンポーネントの世界市場での販売

イ. その他の機器・コンポーネント

実証衛星1号機及び2号機で実証された実験装置の販売も努力を継続しているが、国内衛星への搭載が中心であり海外への展開は容易ではない。

実証衛星3号機の開発における実験装置は、グリーンプロペラント推進系(GPRCS)及び環境計測装置(SPM)をJAXA小型実証衛星1号機で宇宙実証する計画である。この実証結果により世界市場への販売が可能である。GPRCSとSPMを合わせた開発費は約3億円であり、これらはこれまで我が国が0であった世界市場で、一定のシェアを確保することを目指している。平成29年度までの論文数はGPRCSが5件、SPMが2件である。

(iv) 衛星バスの低コスト化

実証衛星1、2号機の衛星バスについては、本研究開発の成果として低コスト化の見込みが得られた。これらの実証衛星と同程度の規模(500～1500kgクラス)の衛星バスの場合、将来のリカリング販売においてはコストが半減できる見込みである。

実証衛星3号機に関してはシステム統合化検討の結果、100kg級衛星バスについてペイロード搭載比率向上とペイロードインタフェースの簡素化等によって拡張性と操作性に優れたバスを構築可能となった。その結果として衛星バスの低コスト化が期待できる。実証衛星3号機に投じた開発費は当初計画より1桁小さい約1.4億円であるが、今後の小型衛星バスのベースとなるキー技術を獲得し、将来の海外市場展開への足掛かりとなった。本小型衛星バスに関する、平成29年度までの論文数は5件である。

7. 費用対効果

(2) 小型ロケット

小型衛星の打上げ需要の増加に伴い、小型衛星を柔軟かつ安価に打ち上げることが可能な小型ロケットのニーズが世界的に高まっているものの、現在、小型ロケットの打上げサービスを事業化している企業は世界にない。このため、世界に先駆けて、価格競争力のある小型ロケット打上げサービスを提供できれば、小型衛星の打上げ市場を獲得することが可能となる。

本研究開発では、民生部品や民生技術を活用した低価格な宇宙用部品・コンポーネントを開発し、地上実証や小型ロケットによる軌道上実証を経て成果を着実に積み重ねているところ。これら成果や現在開発を進めている自律飛行安全システム等により、打上げ価格を数億円規模で低減させることが可能と考えており、これらが我が国小型ロケット事業者へ技術移転されれば、海外のロケット事業者に対して価格・打上能力の観点から比較優位となるため、相当程度の打上げ需要の獲得が期待でき、研究開発費を大きく上回る費用対効果を有する。（日本や米国で開発されている小型ロケットの打上げ価格は5～10億円程度を予定。）

なお、内閣府の小型・超小型衛星の打上需要調査結果（平成30年5月）によれば、我が国企業が獲得の可能性のある小型ロケットの打上げ機数は、最大105機/年との予測。

8. 外部有識者(評価検討会)の評価等

8-1. 総合評価

○宇宙産業技術情報基盤を整備していく上で重要な技術について、戦略的に取り組み、搭載機器開発、小型衛星・ロケット打ち上げなど多くの成果を上げている点は高く評価できる。また、要素技術研究を多数含み、大学やJAXAとの効果的な連携を図っており、研究論文等も多数実現できており、学術的な貢献としても特筆に値する。

今後の超小型衛星の増加を睨み、世界中で小型ロケットの開発が進められている。特にロケット開発は、費用がかかる上、技術的にも実現が難しいものが多いため、国が主導してこれにいち早く取り組んだことは妥当である。また、時代を見据えて、大手企業だけでなく、ベンチャー企業を体制に入れていることや、限られた予算で実際に実証を行っていることも評価できる。

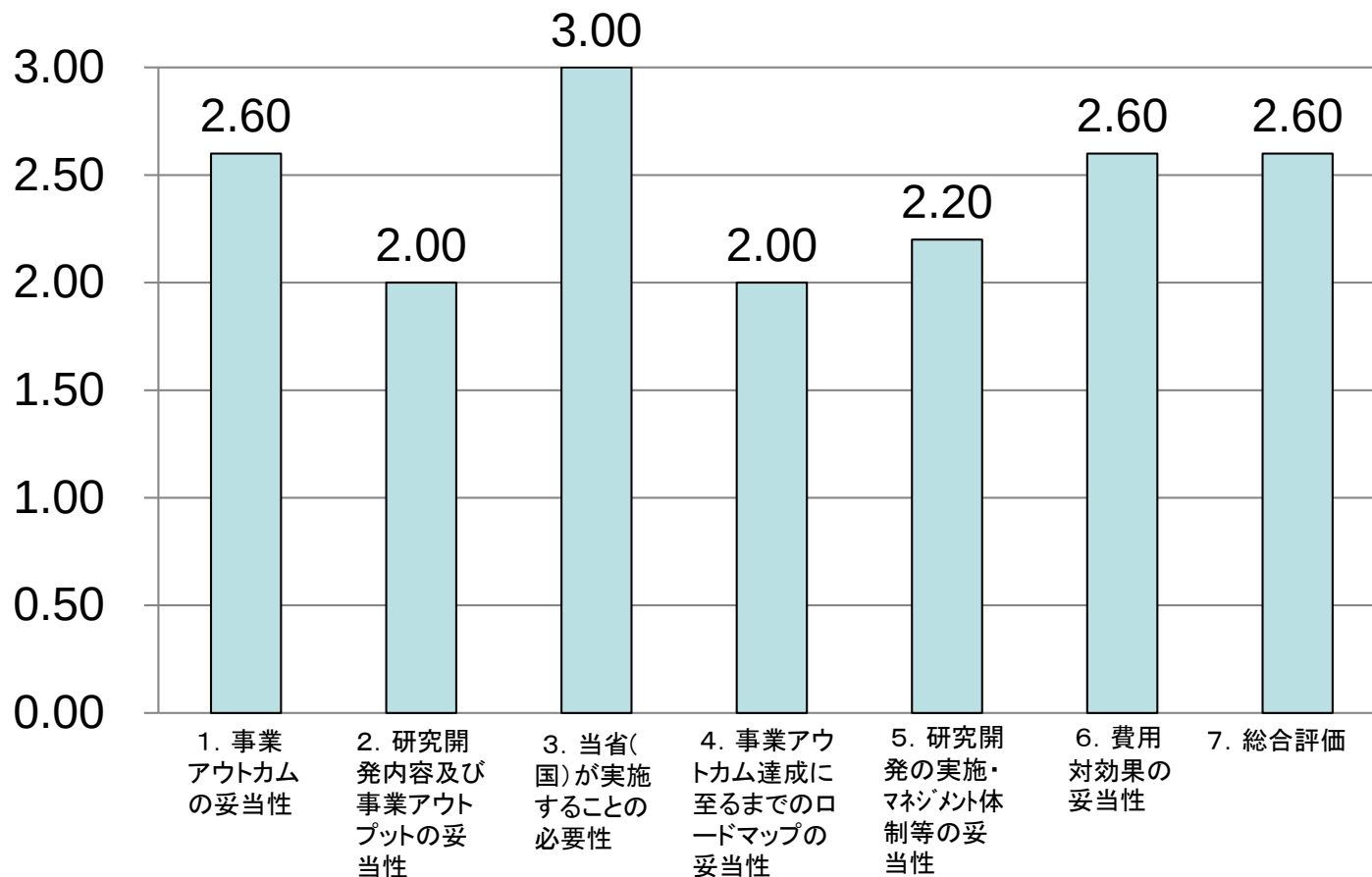
衛星開発では基本的に認定品を用いている中、民生部品の転用促進に向けて、中小企業にとって宇宙実証を行うにはハードルが高いため、実証機会を国が提供することは非常に重要である。

○SERVISにおいて開発された機器の一部の軌道上実証を見送った点は戦略的判断として理解できるが、搭載機器にとって軌道上実証は非常に重要な要素であるので、何らかの機会に軌道上での実証を実現することが期待される。また、軌道上実証を実現した機器についても、国内外のミッションで活用されることが、アウトカムとして非常に重要であり、継続的に取り組まれることが期待される。

○また、事業アウトプットの目標値は達成されていると理解できるが、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成などの成果について具体的な言及が少ない。

8-2. 評点結果

「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト中間評価において、評点法による評価を実施した。



【評価項目の判定基準】

評価項目1～6.

3点: 非常に重要又は非常に良い

2点: 重要又は良い

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

評価項目7. 総合評価
(中間評価の場合)

3点: 事業は優れており、より積極的に推進すべきである。

2点: 事業は良好であり、継続すべきである。

1点: 事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。

0点: 事業を中止することが望ましい。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 軌道上で重要となる機器や、民生技術を効果的に活用した宇宙開発の試みなど、近年の宇宙開発において非常に重要な研究開発を先導的に実現している点は非常に評価できる。世界的にみると、実利用・商品化については非常にスピード感を持って取り組む必要があり、開発の達成までではなく、様々なミッションでの活用まで含めて積極的に推進されることを期待する。大学等との協力関係もより積極的に展開されると良いと考える。
- また、1社に全てを任せるのではなく、複数組織に発注し、進めることはプログラムマネジメント的に正しい。これから立ち上がるプロジェクトも、同様の形態で実施するのが良い。本プロジェクトは、複数の異なる実施主体であったが、例えば、ベンチャー企業と大手企業の連合を作るプログラムも試すのが良い。
- 一方で、部品・コンポーネントの開発において、軌道上実証の機会が少ないため、独自の軌道上実証への展開も視野に入れて、宇宙産業振興の加速させる機会を提供して欲しい。そのためには、現在実施されている地上試験と軌道上実証の必要性を明確に示し、広く理解を得ていく必要がある。

提言に対する対処方針

- 民生品等を活用した価格競争力のある人工衛星や小型衛星用ロケットシステムの開発に向けて、これまでも大学等と連携しながら進めており、引き続き、大学等からの必要な協力のもと、開発成果が速やかに衛星の製造・開発及びロケット打上げビジネスで活用されるよう取り組んでまいりたい。
- 小型衛星用ロケットシステムの開発及び小型衛星の部品・コンポーネント開発ともに、公募及び外部有識者の審査により委託・補助先を決定しており、引き続き、適正な手続きを経て、より効果的に事業を実施してまいりたい。
- 部品・コンポーネントの開発後、速やかに市場投入が可能となるよう、軌道上実証の支援を平成31年度から行う方針であり、その事業の中で、中小の部品メーカーと大学、ベンチャー企業の協力や、ベンチャー企業と大企業の協力といった新たな取組みが生まれるよう、支援をしてまいりたい。

F. 宇宙太陽光発電における無線送受電技術 の高効率化に向けた研究開発(中間評価)

1. 事業の概要

概 要	将来の新エネルギーシステムである宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）の中核的な技術であるマイクロ波による無線送受電技術の確立に向け、送受電効率の改善、低コスト化のための薄型軽量化を図り、宇宙実証・産業応用を可能とする基盤技術の研究開発を実施する。 宇宙太陽光発電システムの実現に向けた重要な要素技術であるマイクロ波による無線送受電技術について、研究開発の中長期のロードマップに基づき、送受電部の高効率化等の研究開発等を行う。また、開発した無線送受電技術の垂直方向での実証を行う。
実施期間	平成26年度～平成35年度（予定）
予算総額	10.0億円（委託事業） ^[6] （平成27年度：2.5億円 平成28年度：2.5億円 平成29年度：2.5億円）
実施者	（一財）宇宙システム開発利用推進機構（J-spacesystems）

[6]平成29年度までの総予算額。括弧内の金額は直近3年間の予算額。

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標1	指標目標値		
平成30年度までに、受電部の総合効率を50%に改善。 【アウトカム指標設定の根拠】 宇宙太陽光発電システムの実用化に向けたマイクロ波無線送受電技術等の研究開発に係るロードマップに基づき設定。	事業開始時 (平成26年度)	計画:50%	実績:42%
	中間評価時 (平成30年度)	計画:50%	実績:54.9%
	終了時評価時 (平成36年度)	計画:60%	実績:—
	目標最終年度 (平成57(2045)年頃)	計画:80%	

事業アウトカム指標2	指標目標値		
平成35年度までに、周辺回路を含めた送電部の総合効率を60%に改善。 【アウトカム指標設定の根拠】 宇宙太陽光発電システムの実用化に向けたマイクロ波無線送受電技術等の研究開発に係るロードマップに基づき設定。	事業開始時 (平成26年度)	計画:40%	実績:35%
	中間評価時 (平成30年度)	計画:40%	実績:(平成30年度中に計測)
	終了時評価時 (平成36年度)	計画:60%	実績:—
	目標最終年度 (平成57(2045)年頃)	計画:80%	

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標	指標目標値		
宇宙太陽光発電システムの重要な要素技術であるマイクロ波無線送受電システムの基盤技術に関する研究開発事業数をアウトプット指標として設定した。 具体的研究開発項目については、研究開発ロードマップに基づき抽出。 〔具体的研究開発項目〕 ①高効率化に資する研究開発 ②薄型軽量化に資する研究開発	事業開始時(平成26年度)	計画:1事業/年	実績:1事業/年 マイクロ波無線送受電システムの基盤技術に関する研究開発に着手。 (1)高効率化に資する研究開発 (2)薄型軽量化に資する研究開発
	中間評価時(平成30年度)	計画:1事業/年 (1)高効率化に資する研究開発 ①送電部に使用するGa _N HPAの電力付加効率(PAE)を70%から80%に向上させる。 ②量産化HPAの電力付加効率(PAE)を60%から平均68%以上に向上させる。 ③受電系高効率化として、捕集効率を80%から90%に向上させる。 (2)薄型軽量化に資する研究開発 ④送受電システムの薄型軽量化として、厚さを約25mmから10mm以下にする。	実績:1事業/年 マイクロ波無線送受電システムの基盤技術に関する次の研究開発を事業として実施。 (1)高効率化に資する研究開発 ①実績のある製造プロセスをC帯周波数に適用・改良した短ゲート長プロセスの適用により、HPA素子のドレイン効率および利得の向上を行うとともに、反射特性改善による整合回路損失の低減を行った。HPA 2次試作のロードプル測定(最適付加条件)において、最大PAE 81%を達成した。 ②量産化にあたり信頼性・製造性を考慮してデバイス構造を決定した。量産プレ試作、量産試作、内部整合回路の調整等を行い、量産化HPAの評価結果は、30素子を製作して、平均PAE 69.5%を達成した。 ③アンテナ内部の低損失化および捕集効率を最大化できるアンテナの最適配置を検討した。単素子、ペア素子、合成器の試作・評価を行い、アンテナアレイに適用して問題ないことを確認した。高効率受電アンテナアレイの試作・評価を行い捕集効率の実測値は81.7%から89.3%となり8ポイント程度改善することを確認した。 (2)薄型軽量化に資する研究開発 ④半導体デバイスはGa _N とSi とし、シリコンプロセスを用いてその周りの受動回路をSi 基板上に作製し(IPD: Integrated Passive Device)、さらにこれら半導体デバイスとIPD を、Si ベース基板上に実装してHySIC 整流回路とした。世界初のHySIC技術を適用したレクテナアレイ(アンテナ+HySIC+RFスイッチ)を試作し、厚さ10mm以下を達成した。
	終了時評価時(平成36年度)	計画:1事業/年	実績:—

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数(出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプ作成
91	>21	1	1	0	0	8

なお、上記は平成26年度から平成29年度の実績である。評価対象となる平成27年度から平成29年度においては、論文の被引用件数が「>20」となる(それ以外の指標は平成27年度以降の実績)。

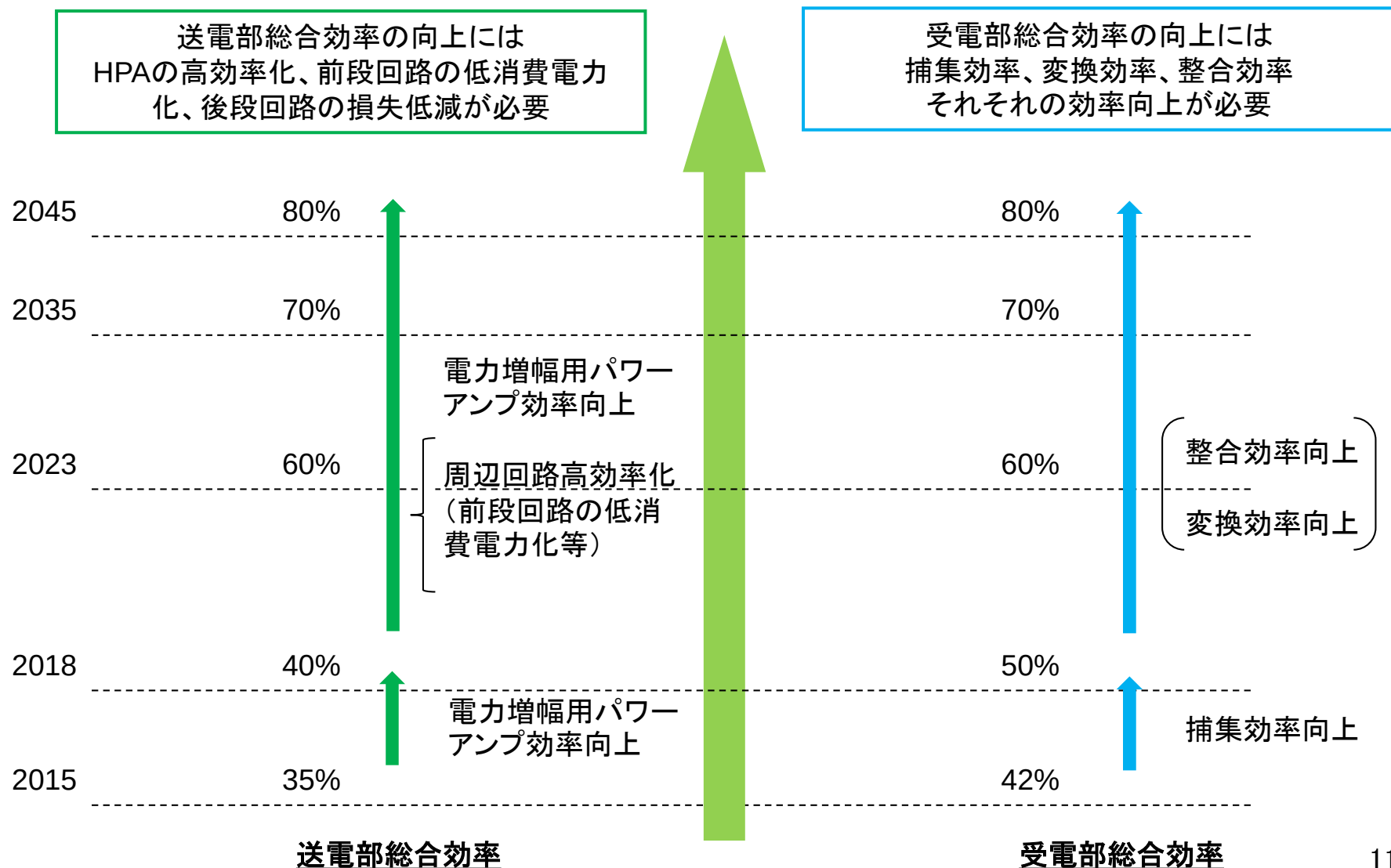
4. 当省(国)が実施することの必要性

宇宙太陽光発電システムについては、発電時に温室効果ガスの排出がなく、地上太陽光発電と異なり昼夜や天候に左右されることなく発電が可能であることから、地球環境問題等への対応やエネルギーの安定供給の確保の観点から、将来の新エネルギーシステムとなる可能性を有している。このため、エネルギー基本計画や宇宙基本計画等において、宇宙太陽光発電システムの実現に向けた研究開発の必要性が明記されている。

一方で、宇宙太陽光発電システムの実現には、先端的な半導体技術から高信頼性が求められる宇宙技術に至るまで、多岐にわたる専門技術と長期の取組が必要であり、民間企業だけで研究開発や技術実証を行うことは困難であるとともに、新規技術の研究開発であることから、開発要素及び研究におけるリスクが大きく、本技術の研究開発は国による委託事業として実施することが必要。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

マイクロ波無線送受電技術における送電部総合効率及び受電部総合効率に係るロードマップを以下に示す。



(参考)宇宙太陽光発電システムのロードマップの作成

宇宙太陽光発電システムの実用化へ向けたマイクロ波無線送受電技術等の研究開発に係るロードマップは、策定したH19年度から長期間が経過していることから現状を踏まえた改訂を実施することとした。

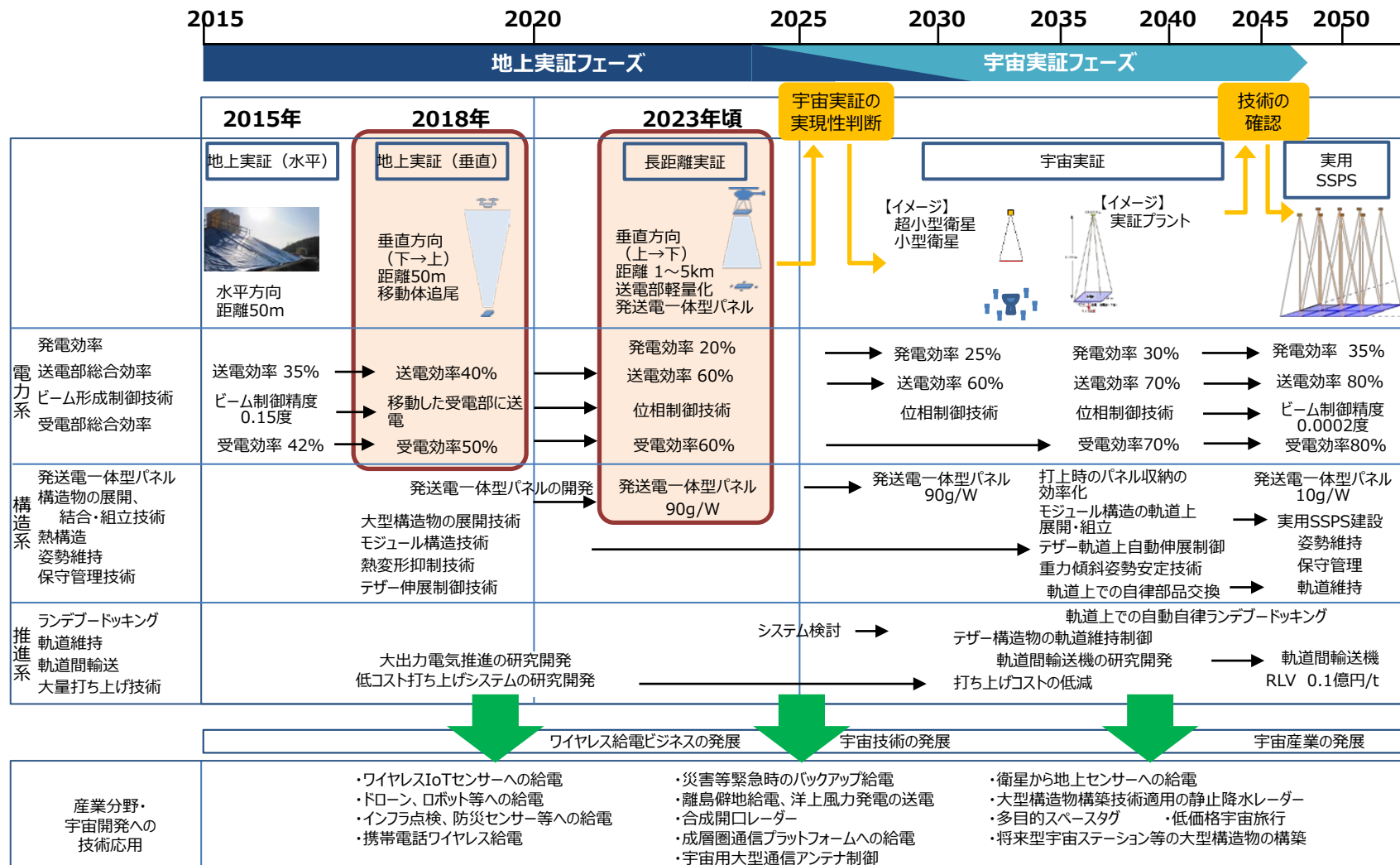
(1) マイルストーンとしての実証試験の設定

- ・ 将来にわたり着実に技術開発を進めていくため、実用システムに到達するまでの過程に段階的にマイルストーンとなる実証試験を設定し、その段階で開発目標とする技術項目や水準を検討。
- ・ 当面の開発目標となる地上での実証試験は具体的に設定。その後の宇宙実証の実施にはまだ時間があり、現時点で実証方法を絞り込むことは現実的ではないと判断し、想定されるイメージとして複数案を記載。

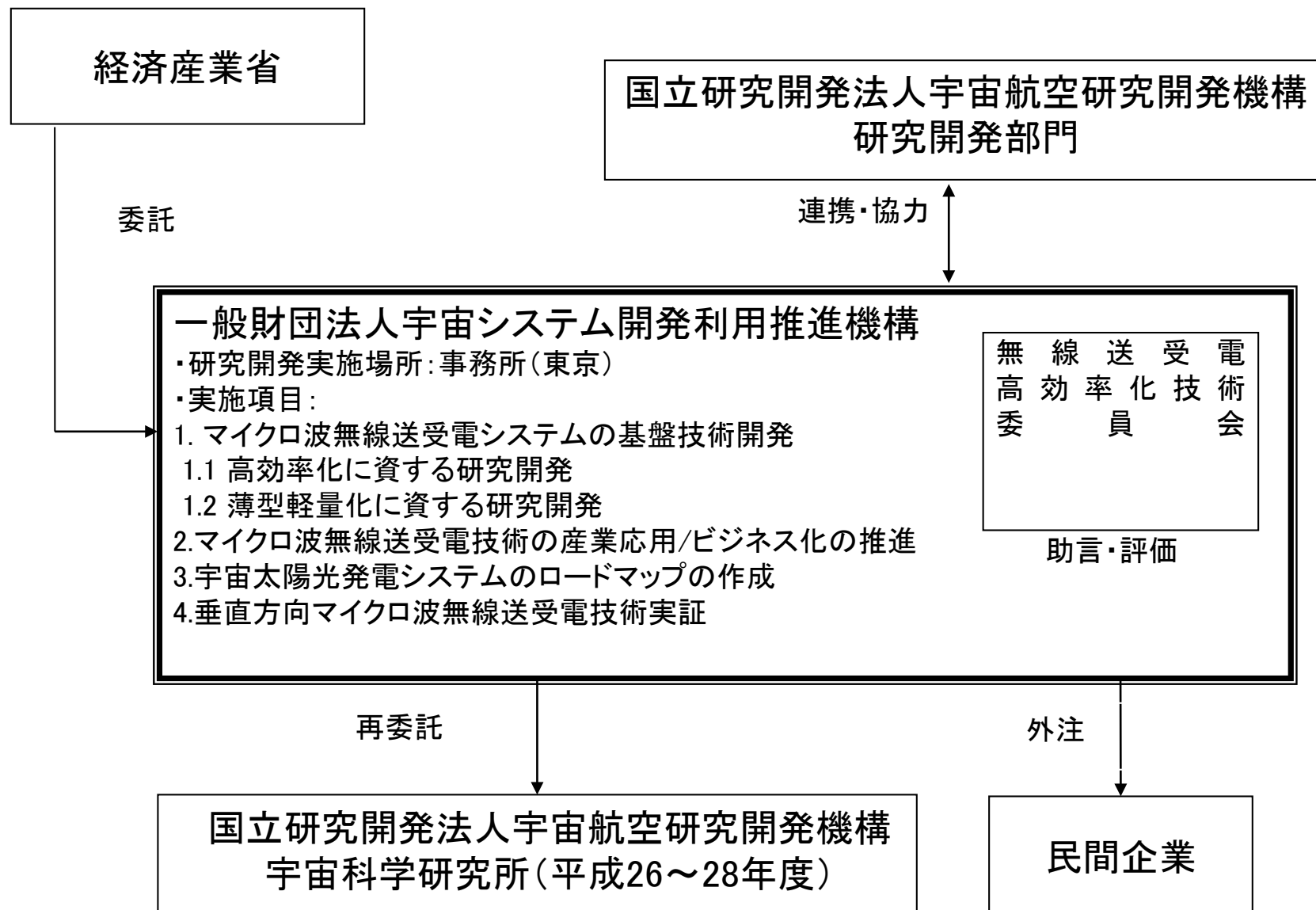
(2) 開発技術の産業への応用、スピンオフ

- ・ 宇宙太陽光発電システムの実現まで長期の取組となる中、研究開発の途中段階においても、研究成果を積極的に産業分野や宇宙開発へ応用していくことが開発を継続していく上で重要であることから、開発した技術のスピンオフの可能性も併せて記載。

発電電一体型宇宙太陽光発電システム2006モデル研究開発ロードマップ



6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



7. 費用対効果

宇宙太陽光発電システムについては、地上太陽光発電と異なり昼夜や天候に左右されることなく発電が可能であるとともに、火力発電等とは異なり発電時に温室効果ガスを排出しないという特長がある。

このため、宇宙太陽光発電システムの実現により、我が国として、エネルギーを安定的に確保することができるとともに、石炭等火力発電から代わることにより、CO₂の発生を削減することが可能となる。

将来の宇宙太陽光発電システム稼働時のCO₂削減効果については、SSPSの発電単位当たりのCO₂排出量は31.4g-CO₂/kWh(運用中の補修含む)*¹であり、原子力発電や風力発電等の再生可能エネルギーとほぼ同等、LNG火力(複合)[474g-CO₂/kWh]、LNG火力(汽力)[599g-CO₂/kWh]や石油火力[738g-CO₂/kWh]、石炭火力[943g-CO₂/kWh]と比べてはるかに排出量は少ない。*²

*1: 出典 「宇宙太陽光発電衛星のある地球と将来 宇宙産業と未来社会についての学際的研究」(慶應義塾大学出版会)

*2: 出典 「日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価」(電力中央研究所報告)

本事業では、平成26年度からの5年間(計12.5億円)で、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な受電部と送電部の総合効率改善に向けた研究開発等を実施し、受電部は目標を達成、送電部も達成を見込んでおり(今年度中に測定)、着実に成果を積み重ねている。

なお、本事業の成果である送受電系の高効率化、薄型軽量化については、ワイヤレスIoTセンサへの給電、インフラ点検・防災センサ等への給電といった活用が期待できるほか、HySIC技術については、通信機器等での活用も可能である。このため、マイクロ波無線送電に関しての研究や事業化を進める関係者が一堂に会し、情報交換や交流を行うための研究会を事業の一環として開催し、宇宙太陽光発電システムの実現に必要な要素技術が地上産業での活用を促す取組も実施するなど、事業の波及効果拡大を進めている。

8. 外部有識者(評価検討会)の評価等

8-1. 総合評価

○宇宙太陽光発電システムは、将来のエネルギーの選択肢の一つであり、本技術の確立は将来の安定電源の確保のために、非常に重要である。

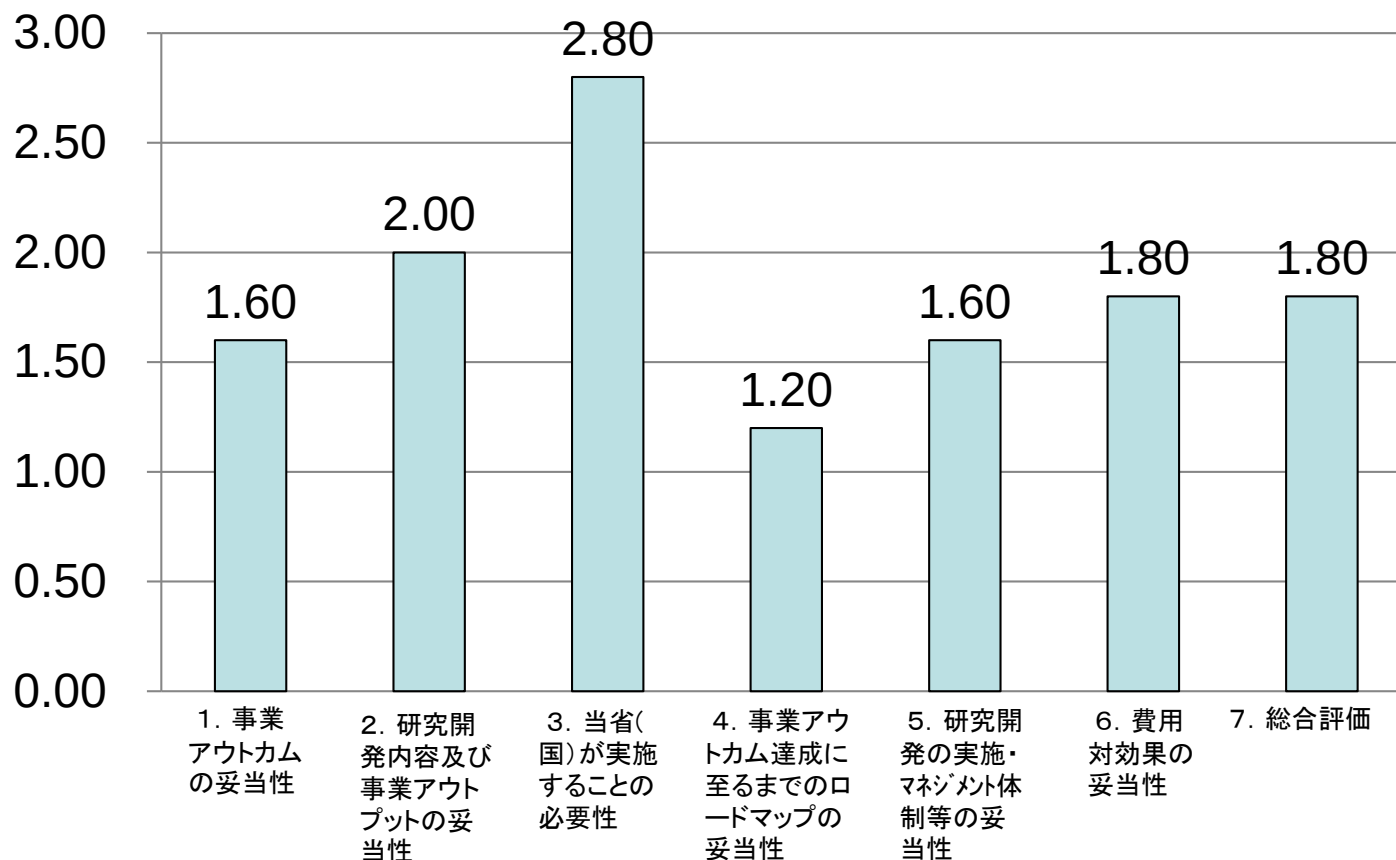
本プロジェクトは、将来の宇宙太陽光発電を実現する上で必要となる要素技術に関する研究であり、論文等の学術的成果も多く、技術の達成度としては高く評価できる。また、重要な要素技術の研究開発について、費用対効果の面でも妥当である。基盤技術開発の数値目標も大部分でクリアしており、基本的には順調に開発が進んでいるものと理解できる。

○一方で、アウトプット指標・目標値の設定がどの様にして設定されたのかが理解しづらいところがあり、どのような問題をどのようにクリアすれば、効率がどのように改善できるのかなどを、具体的に分かり易く示すことも必要。

○また、宇宙太陽光発電全体の実現へ向けた戦略を同時に考えていく必要があり、そのためのロードマップを明快にし、その中で本プロジェクトの位置づけを明確にしていくことが、研究開発を推進する上で重要と考える。また、派生的な利用などについても積極的に提示していくことも重要と考える。

8-2. 評点結果

「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト中間評価において、評点法による評価を実施した。



【評価項目の判定基準】

評価項目1～6.

3点: 非常に重要又は非常に良い

2点: 重要又は良い

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

評価項目7. 総合評価

(中間評価の場合)

3点: 事業は優れており、より積極的に推進すべきである。

2点: 事業は良好であり、継続すべきである。

1点: 事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。

0点: 事業を中止することが望ましい。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

○宇宙太陽光発電の開発については、日本の宇宙産業の発展という目標を超えた、全人類にとって便益の大きい課題であることから、無線送受電の効率化という部分的な技術開発にとどまらず、宇宙太陽光発電の実現に向けて全体のロードマップを明確にし、経済産業省が総力を挙げて取り組んで貰いたい。また、本プロジェクトが将来の宇宙太陽光発電へ向けた要素技術に関するものという位置づけは理解でき、関連して多くの技術的・学術的な成果を上げている点は高く評価できる。一方で、宇宙太陽光発電そのものを実現させるため、本プロジェクト以外の他の部分の研究開発との情報交換を継続し、本プロジェクトの定量的な目標を明確にしていく必要がある。

○送電関連だけでなくそれを支える高電圧や絶縁などの基盤技術、宇宙・地球などの電波伝送経路にあたる空間の環境との相互作用、生体への影響なども含めて研究開発を進めていき、宇宙太陽光発電を社会インフラとして進めていける基盤を育てていく必要がある。このほか、先の長い研究開発では、他分野における研究開発が役立つことも多いので、より幅広く他の研究分野と情報交換を行いながら、進めることが重要である。

提言に対する対処方針

○宇宙太陽光発電システムについて、経済産業省では、2017年3月に策定した、定量的な目標を含む研究開発ロードマップに基づき、本プロジェクトを進めているところ。引き続き、宇宙太陽光発電に関するその他の研究開発との情報交換や連携を図るとともに、開発の進捗に応じて必要な定量的目標の見直しを行いながら、宇宙太陽光発電システムの実用化に向けて取り組んでまいりたい。

○ご指摘の点は、宇宙太陽光発電システムの実現にあたっての重要な課題と認識しており、高電圧への対応技術や周囲の環境への影響等に関する研究開発は、今後の送受電関連技術の研究開発の進捗に応じて、適切な時期に実施を検討してまいりたい。また、宇宙太陽光発電システムの要素技術のビジネス化に向けて、様々な分野の企業や研究者が一堂に会する研究会を開催しており、そのような機会等を通じて、幅広く他の研究分野と情報交換を行ってまいりたい。